

財団法人日本自転車振興会
平成19年度デジタルコンテンツの保護・活用に関する調査研究等補助事業

デジタルコンテンツ制作の 先端技術応用に関する調査研究

報告書

平成20年3月

財団法人 デジタルコンテンツ協会



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。
URL : <http://ringring-keirin.jp/>



目 次

1. はじめに.....	1
1.1 調査研究の目的	1
1.2 本年度の活動.....	1
1.2.1 第1回委員会	2
1.2.2 第2回委員会	2
1.2.3 第3回委員会	2
1.2.4 第4回委員会	3
1.2.5 第5回委員会	3
1.2.6 第6回委員会	3
1.2.7 第7回委員会	4
1.2.8 第8回委員会	4
1.2.9 セミナー「GDC08 報告会 in 関西」	4
1.3 調査研究の実施体制	4
2. 国内外のインタラクティブ映像関連の先端技術研究.....	6
2.1 CEDEC2007 から見える技術的な課題	6
2.1.1 CEDEC 2007 の概要と技術的な課題.....	6
2.1.2 カプコンのMT Frameworkの統合開発環境.....	7
2.1.3 メインプログラマーはボトルネック	9
2.1.4 無理をしない技術的な開発「パワースマッシュ 3」	10
2.1.5 バンダイナムコゲームズの統合環境ケース	12
2.1.6 まとめ.....	14
2.2 DiGRAとゲーム技術の研究開発	17
2.2.1 DiGRAの全体像・概要.....	17
2.2.2 DiGRAにおける発表概要	21
2.2.3 DiGRAの貢献	26
2.3 インタラクティブ東京とゲーム技術の研究開発	27
2.3.1 インタラクティブ東京の全体像・概要	27
2.3.2 インタラクティブ東京 2007	28
2.4 GDCとゲーム技術の研究開発	37
2.4.1 概要.....	37
2.4.2 歴史的経緯.....	37
2.4.3 「力任せ法」と「自動化」の対決	38
3. ゲームAI分野	39
3.1 ゲームAI概観.....	39
3.1.1 ゲームAIとは何か?	39
3.1.2 仮想世界のゲームAIと現実世界におけるAIの相違	41
3.2 キャラクターAIの発展	43
3.2.1 キャラクターAIとは?	43

3.2.2	キャラクターAIの発展の歴史	44
3.2.3	キャラクターの思考の進化	47
3.2.4	知識表現・世界表現	48
3.2.5	記憶を持つAI	51
3.2.6	多層的な意思決定機能	52
3.2.7	インテグレーション	54
3.3	キャラクターAI技術概論	55
3.3.1	時間と記憶	56
3.3.2	空間と移動、及びオブジェクトの使用	58
3.4	「Killzone」(Guerilla, 2001) [GDC2001 技術発表]	61
3.5	Halo (Bungie, 2002) [GDC2002 技術発表]	68
3.5.1	キャラクターAI	68
3.5.2	世界表現	70
3.6	Halo2 (Bungie,2004) [GDC2005 技術発表]	72
3.6.1	スクリプトからシステムへ	73
3.6.2	Squadの制御	77
3.7	C4アーキテクチャ (MITメディアラボ) [GDC2001]	79
3.7.1	認識ツリーと記憶、予測、驚き	81
3.8	F.E.A.R.(Monolith Productions,2004) [GDC2006 技術発表]	83
3.9	Chromehounds(FromSoftware, 2006年) [CEDEC2006]	89
3.9.1	ゲーム概要	89
3.9.2	キャラクターAI	90
3.9.3	開発過程	95
3.9.4	マルチエージェント	96
3.10	GDC2008に見るキャラクターAIの地平	98
3.11	Halo3 (Bungie, 2007年) [GDC2008 技術発表]	100
3.12	Assassin's Creed (Ubisoft Montreal, 2007年) [GDC2008 技術発表]	103
3.12.1	アニメーション	104
3.12.2	パス検索	106
3.12.3	スポウニング	107
3.12.4	イベント反応システム	107
3.13	システムAI	108
3.13.1	ゲームレベル調整	109
3.13.2	ユーザー解析	110
3.13.3	プロシージャル生成	110
3.14	まとめ	110
4.	ゲーム・プロシージャル技術分野	114
4.1	プロシージャル技術とは何か?	114
4.1.1	概要	114

4.1.2	プロシージャル技術とは	115
4.2	プロシージャル技術各論	116
4.3	ダンジョン・マップ自動生成	117
4.4	グラフィクス自動生成	119
4.4.1	地形自動生成	120
4.4.2	植物自動生成	123
4.4.3	空・雲の自動生成	125
4.4.4	街の自動生成	129
4.4.5	テクスチャ自動生成	132
4.5	アニメーション自動生成	133
4.6	会話自動生成	136
4.7	プロシージャルAI	141
4.8	GDC2008に見るプロシージャル技術の発展	143
4.9	Sporeにおけるプロシージャル・ミュージック	144
4.9.1	モデル生成	145
4.9.2	テクスチャ生成	146
4.9.3	惑星の地表生成	147
4.9.4	植物の自動分布	147
4.9.5	アニメーション	148
4.9.6	音楽自動生成	150
4.9.7	まとめ	154
4.10	Far Cry 2におけるプロシージャル・データ作成	155
4.10.1	プロシージャル技術を導入するための3つの注意点	157
4.10.2	ゲーム開発、未来への提言	158
4.11	プロシージャル技術のこれからとゲーム開発	159
5.	コンテンツ管理技術	164
5.1	コンテンツ・パイプライン	164
5.1.1	概要	164
5.1.2	コンテンツ・パイプラインとは何か?	165
5.1.3	コンテンツ・パイプラインの形成	166
5.1.4	アセット管理技術	168
5.1.5	アーティストのためのプレビュー機能	169
5.1.6	プログラマーのための分散コンパイル環境	169
5.1.7	各企業によるコンテンツ・パイプラインの差異	170
5.1.8	市場としてのコンテンツ・パイプライン	171
5.1.9	日本と欧米の開発体制の相違	171
5.2	品質管理 (Quality Assurance)	172
5.3	産学連携	175
5.4	まとめ	177
6.	国内の産学連携事例についての調査	179

6.1	事例紹介	179
6.1.1	IKによるアニメーション作成システムAnimanium (アニマニウム)	179
6.1.2	新技術“Teddy (テディ)”をベースに使用したカイジュウディタ	180
6.1.3	TVゲームによって引き起こされる3D酔いの評価	180
6.1.4	ゲームの処方箋プロジェクト	181
6.1.5	リハビリテインメントマシンの有効性の科学的実証.....	182
6.1.6	「OctaveEngine」※ゲーム向けの物理(流体)シミュレーションエンジ ン.....	182
6.1.7	産学連携アライアンスの提携	183
6.1.8	「FLUIDSISTA」粒子法流体解析ソフトウェアの共同開発.....	184
6.1.9	「.hack//G.U.」オリジナルアニメを制作/産学連携ゲーム制作プロジ ェクト	185
6.1.10	「うるまでるびペイント(仮)」	185
6.1.11	デジタルアニメマニュアル	186
6.1.12	フリーハンドで立体画像を作成できる3Dグラフィックソフト『マジカ ルスケッチ』の発売.....	187
6.1.13	『ラクガキ王国』の発売	187
6.1.14	株式会社コナミ、大阪電気通信大学に「コナミホール・先端マルチメデ ィア合同研究所」を設置.....	188
6.1.15	コンテンツ創造科学産学連携教育プログラム	189
6.1.16	NPO法人「京都西陣町家スタジオ」がIT関連産業の人材育成	189
6.1.17	杉並区5大学と連携でアニメ講座・シンポジウムを開催	190
6.2	産学連携事例ヒアリング	192
6.2.1	東北大学 川島隆太教授	192
6.2.2	東京工科大学 三上浩司講師	196
6.2.3	東京大学大学院情報学環 七邊信重特任研究員.....	199
6.2.4	株式会社プレミアムエージェンシー 代表取締役社長 山路 和紀氏	203
6.2.5	株式会社セガ クリエイティブセンター テクニカルマネジメントセク ション 海老根 吉満氏.....	208
7.	学会などの論文検索を通じた海外のインタラクティブ映像関連の先端技術 研究	214
7.1	調査目的	214
7.1.1	国際的な研究動向	214
7.1.2	調査対象研究分野	214
7.1.3	調査対象の情報.....	215
7.2	調査方法	216
7.2.1	調査対象学会	216
7.2.2	調査対象の収集方法.....	216
7.3	海外におけるインタラクション分野関連研究.....	220
7.3.1	予備調査	220

7.3.2	本調査	229
7.4	ゲーム関連研究開発DB構築の考え方	239
8.	北米におけるゲームの産学連携	240
8.1	はじめに—調査の概要	240
8.2	事例研究—南カリフォルニア大学	241
8.2.1	教育における産学連携	242
8.2.2	研究における産学連携	245
8.3	事例考察—産学連携の成果と問題点	251
8.3.1	産学連携の成果	251
8.3.2	産学連携の問題点	253
8.4	日本におけるゲームの産学連携への提言	255
9.	MOD及びオープンコミュニティについて調査	265
9.1	北米のMOD及びオープンコミュニティについて調査と分析	265
9.1.1	はじめに	265
9.1.2	Modの意味	265
9.1.3	Mod戦略を展開するメリット	266
9.1.4	Modの歴史	269
9.1.5	「カウンターストライク」の大成功	270
9.1.6	「Unreal Engine」のケーススタディ	271
9.1.7	マイクロソフトの「XNA Game Studio Express」戦略など	275
9.1.8	Mod戦略が生み出す今後	275
9.1.9	Mod戦略の今後	278
9.2	日本のMODライク及びオープンコミュニティ的動向調査と分析	279
9.2.1	アマチュアのゲーム開発者の減少がもたらした弱さ	279
9.2.2	Mod戦略にとって重要なツール、流通、評価	280
9.2.3	日本でのMod戦略に近い例	281
9.2.4	ツール環境を提供したケース	282
9.2.5	ツールの品質と産業の評価の壁	283
9.2.6	動画サイトにより促されるMod戦略	285
9.3	日本のゲーム業界におけるオープンコミュニティの可能性	286
9.3.1	はじめに	286
9.3.2	日本でMod戦略を展開する上での障害	286
9.3.3	Mod戦略の展開手法	288
9.3.4	おわりに	292
10.	日本のゲーム関連研究開発の課題と施策	294
10.1	ゲーム関連研究開発の課題	294
10.1.1	ゲーム関連研究開発課題	294
10.1.2	開発課題の進め方	298
10.2	ゲーム関連研究開発をめぐる産学連携	300
10.2.1	成功事例からの教訓	300

10.2.2	産学連携の陥穽.....	302
10.2.3	産学連携を成功させるポイント.....	305
10.2.4	産学連携の仲介者.....	307
10.2.5	産学連携から産官学連携へ.....	308

図 表

表 1.3-01	平成 19 年度デジタルコンテンツ制作の先端技術応用に関する調査研究 委員会名簿	5
表 2.2-01	DiGRA2007 で取り上げられたゲーム研究の分野とテーマ	21
図 2.2-02	ビュー・ビュー・View	29
図 2.2-03	CoGAMEの説明(http://www.itl.t.u-tokyo.ac.jp/cogame/about_j.html)	30
図 2.2-04	多点入力デバイスを用いたアニメーション作成システム	31
図 2.2-05	ログログ	32
図 2.2-06	ビデオエージェント	33
図 2.2-07	Spilant World	33
図 2.2-08	Kobitoのケーキ屋	34
図 2.2-09	虫 HOW?	35
図 2.2-10	HOP AMP	35
図 3.1-01	現実世界における人工知能の図式	42
図 3.1-02	デジタルゲームとは何か？ [1]	43
図 3.2-01	キャラクターAI	44
図 3.2-02	キャラクターAIの歴史（パターン、構造化、エージェント化）	45
図 3.2-03	コンソールの発展とキャラクターAI	46
図 3.2-04	ゲームにおけるキャラクターにおけるエージェント・アーキテクチャ	48
図 3.2-05	知識表現 [7]	49
図 3.2-06	依存グラフ（dependency graph）の例 [9]	50
図 3.2-07	世界表現（World Representation） [7]	50
図 3.2-08	キャラクターに記憶を持たせる	52
図 3.2-09	多層的な意思決定構造	53
図 3.3-01	反射型AI	56
図 3.3-02	記憶と予測の関係	57
図 3.3-03	時間を支配するAI	57
図 3.3-04	簡単なプランニングの概念	58
図 3.3-05	キャラクターの移動手法と利点・欠点	60
図 3.4-01	チェスのアルゴリズムと『Killzone』のアルゴリズムの比較 [11]	62
図 3.4-02	『Killzone』のLOS事前計算の結果をウェイポイントに埋め込んでお く方法 [11]	63
図 3.4-03	Killzoneにおける世界表現を用いた戦術位置検出アルゴリズム [11]	65
図 3.4-04	Killzone における「威嚇射撃」のアルゴリズム [11]	67
図 3.5-01	Halo AI のエージェント・アーキテクチャ [8]	69
図 3.5-02	『Halo』の意思決定ロジックの中身 [8]	70
図 3.5-03	レベルデザイン内に敷かれた戦闘ポイント [14]	71
図 3.5-04	各エージェントが自分の戦術位置を選ぶ様子 [14]	71
表 3.6-01	Haloのオリジナルシステムが抱えていたスクリプトにおける問題	73

図 3.6-01	『Halo2』における階層型有限状態マシン(HFSM, heuristic FSM) [6]	74
図 3.6-02	状況によって変化するHFSM [6]	75
図 3.6-03	種族によって拡張されたHFSM[6] 左が一般の、右がGrunt(種族の名前の)HFSM	77
図 3.6-04	HFSMから一つの行動が産出される様子[6] 非常にシンプルである。	77
図 3.6-05	Style & Order によるSquad 制御の原理[10]	78
図 3.7-01	C4 アーキテクチャ[16]	80
図 3.7-02	C4 アーキテクチャに基づいてエージェント・アーキテクチャが実装されたダンカン[17]	81
図 3.7-03	認識ツリーとそれによって形成される記憶[17]	81
図 3.7-04	記憶と予測[17]	82
図 3.8-01	連鎖プランニングの原理[22]	84
図 3.8-01	F.E.A.R.におけるプランニングのコンセプト[20]	85
図 3.8-02	F.E.A.R.におけるキャラクターごとに用意されたアクションの要素[21]	87
図 3.8-03	キャラクターによって生成されるプランの違い	87
図 3.8-04	F.E.A.R. におけるエージェント・アーキテクチャ[23]	88
図 3.8-05	F.E.A.R.における記憶の形[21]	89
図 3.9-01	クロムハウズズのゲーム画像[25]	90
図 3.9-02	クロムハウズズにおけるナビゲーション・マップ[25]	91
図 3.9-03	Mat Buckland による階層型プランニングが実装されたAIが戦うゲーム[26]	92
図 3.9-04	階層型ゴール指向プランニングのコンセプト[25]	92
図 3.9-05	階層型ゴール指向プランニングの実装の仕方[25]	93
図 3.9-06	リアルタイムにゴールが分解されて行動のシークエンスが生成される様子	93
図 3.9-07	クロムハウズズにおける階層型ゴール指向プランニング[25]	94
図 3.9-08	クロムハウズズのAIにおけるゴール階層の全体図[25]	96
図 3.9-09	クロムハウズズにおけるゴール指向チームAI[25]	97
図 3.10-01	第3、4章で紹介するゲームAIの年表	99
図 3.11-01	Halo3 AI のデザインコンセプト[28,29]	101
図 3.11-02	Halo3 AI のタスク割り当ての原理[28,29]	102
図 3.11-03	Halo3 のタスク定義のためのツール[28,29]	102
図 3.12-01	Assassin's Creed におけるキャラクターによる割付けアニメーション表[29]	105
図 3.12-02	Assassin's Creed におけるキャラクター・アニメーションの内わけ[29]	105
図 3.12-03	Assassin's Creed におけるキャラクター・ナビゲーションの原理[29]	106
図 3.12-02	Assassin's Creed のイベント反応システム[29]	107
図 3.13-01	人とゲーム世界の間立つAI[1]	109
表 4.1-01	プロシージャル技術がデジタルゲームに与える可能性	115

図 4.1-01	プロシージャル・コンテンツの一部の分類.....	116
表 4.2-01	プロシージャル技術がゲームに対して持つ特徴	116
図 4.3-01	ダンジョン自動生成を応用したゲーム.....	118
図 4.3-02	迷路自動生成法 (Ishida So [7])	119
表 4.4-01	ゲームにおけるグラフィクス自動生成の分類.....	119
図 4.4-01	グラフィクス分野の自動生成の歴史	120
図 4.4-02	1次元における中点変位法[9].....	121
図 4.4-03	2次元における地形自動生成法[10].....	122
図 4.4-04	Introversion社の『Darwinia』	123
図 4.4-05	L-system による植物自動生成[13].....	124
図 4.4-06	確率的L-system による植物自動生成.....	125
図 4.4-07	空・雲のテクスチャーの基本原理.....	126
図 4.4-08	パリンノイズ.....	127
図 4.4-09	テクスチャを動的に変化させることで空の変化を見せる方法[20].....	128
図 4.4-10	Microsoft Flight Simulator 2004 の基本となったアイデア	128
図 4.4-11	雲の 3Dモデル自動生成.....	129
図 4.4-12	L-systemによる街の自動生成	130
図 4.4-13	L-system によるダンジョン生成.....	131
表 4.4-02	テクスチャ自動生成の歴史.....	132
図 4.5-01	アニメーション自動生成の現在の状況.....	134
図 4.5-02	スケルトン・ドリブン・アニメーションの原理[31]	135
図 4.6-01	会話自動生成の概観	137
図 4.6-02	ドラマ・ジェネレーター「Facade」のシステム[35,36,37]	138
図 4.6-03	ドラマ・ジェネレーター「Facade」のアルゴリズム[35,36,37]	139
図 4.6-04	ドラマ・ジェネレーター「Facade」の Beats システム[38]	140
図 4.6-05	ノンバーバル・コミュにケーションによるバーチャル・アバター[40]	141
図 4.7-01	プロシージャルAIの歴史.....	143
図 4.9-01	『Spore』におけるモデル・エディット ([45])	145
図 4.9-02	『Spore』におけるテクスチャ生成 ([46])	146
図 4.9-03	『Spore』における惑星の生成 ([47])	147
図 4.9-04	ハルトン・シークエンス[48].....	148
図 4.9-05	スケルトン駆動型動的変形アニメーション ([31])	149
図 4.9-06	PureData	150
図 4.9-07	Pd のグラフの例 1[3].....	151
図 4.9-08	Pdのグラフ例 2	152
図 4.9-09	Pdのグラフ例 3[3].....	152
図 4.9-10	Pdのグラフ例 3[51].....	153
図 4.9-11	Pd の演奏者の概念	153
図 4.9-12	EAPdのグラフ例[3].....	154
図 4.10-01	これからのゲーム開発の問題点	158

図 5.1-01	ゲーム開発における役割と構造	165
図 5.1-02	製作工程のプラン	166
図 5.1-03	デジタルゲームが出来る基本的な仕組み[2]	168
図 5.1-04	ツール・チェーンのイメージ	168
表 5.1-01	大規模化する開発のアセットの問題	169
図 5.1-05	欧米（左）と日本（右）における開発体制の相違	172
図 5.3-01	産と学の開発体制の相違と協調	175
図 5.3-02	学の側からの技術導入	176
表 7.3-01	検索結果の中でのキーワードの出現頻度（50位以内）	222
図 7.3-01	キーワードの出現頻度の分布	223
表 7.3-02	エッジの強度ごとの集計	225
表 7.3-03	キーワード対のエッジの強度上位 20	226
表 7.3-04	キーワードのエッジ数上位 50 件	227
表 7.3-05	予備調査結果	228
図 7.3-02	キーワードの出現頻度の分布	230
図 7.3-03	キーワードのネットワーク（出現頻度の高い 111 個のキーワード）	232
図 7.3-04	エッジの強度が 3 以上のキーワード（106 個）ネットワーク	233
表 7.3-06	キーワードの出現頻度上位 20	234
表 7.3-07	キーワード対のエッジの強度上位 20	235
表 7.3-08	エッジの強度ごとの集計	236
図 7.3-05	エッジの強度が 3 以上のキーワード（106 個）ネットワーク	237
表 7.3-09	インタラクション分野研究キーワード（太字は特に中心となるキーワード）	238
図 8.2-01	EAインタラクティブエンターテインメントプログラムの授業風景	244
図 8.2-02	EAイノベーションラボ（Robert Zemeckis Center for Digital Arts）	246
図 8.2-03	（左）EAイノベーションラボのプレイ環境、（右）ユーザビリティテスト室	246
表 8.2-01	ゲーム開発プロジェクト（インタラクティブメディア学科）	247
図 8.2-04	（左）ゲームパイプラボ、ゲームパイプラボのプレイ環境（右）	249
図 8.2-05	ゲームパイプラボの授業風景	249
表 8.2-02	2007 年度ゲームプロジェクト（ゲームパイプラボ）	250
図 8.3-01	利益相反の種類	253
図 9.1-01	ウィル・ライト氏のピラミッドモデル[3]	267
図 9.1-02	ラフ・コスター氏のピラミッドモデル	268

1. はじめに

1.1 調査研究の目的

映像コンテンツの高精細化に伴い、特にインタラクティブなコンテンツにおいては、より高度な表現を求めて、物理シミュレーションや AI 処理などの先端技術の活用が高まっている。そこで先端技術のインタラクティブ映像制作への応用を図るため、内外の関係情報を調査すると共に、新世代のデジタル制作技術基盤の方向性を追求し、核となる緊要な先端技術についての活用方策の提言を行い映像産業の振興に寄与することを目的とした調査を実施した。

これまでの調査から、我が国での映像産業の技術分野の牽引役は、ゲーム産業が担っていると考えられる。そこで、21 世紀のデジタルコンテンツを念頭におき、我が国のゲーム産業を中心としたインタラクティブなコンテンツに関連する研究の、映像制作への応用を図るため、学会における先端技術の産業界への応用が活性化する産学連携の在り方等を中心とした内外の関連する動向・事例を調査し、その方策を検討する。

1.2 本年度の活動

具体的な活動状況として、デジタル映像制作・表示の技術動向及びその適用における諸問題に関する内外の情報を収集し、学識経験者及び産業界の専門家により構成される研究委員会を計 8 回開催し、調査研究を行った。

海外の技術動向調査としては、米国におけるゲーム産業技術動向および産学連携動向の実態について、2008 年 2 月 18 日～22 日に米国サンフランシスコにて開催される世界最大のゲーム開発者向けカンファレンス GDC2008 に参加し、日本の実情と比較する形での調査を実施した。

また、「GDC08 報告会 in 関西」と題し、ゲーム産業の最新トレンドや、AI、プロシージャル、製作パイプライン等といった技術等について報告するセミナーを実施した。

1.2.1 第1回委員会

日 時 平成19年8月7日(火) 15:00~17:00

場 所 財団法人デジタルコンテンツ協会 会議室A

主な議題

- 平成19年度事業内容検討

1.2.2 第2回委員会

日 時 平成19年10月5日(金) 17:00~21:00

場 所 財団法人デジタルコンテンツ協会 会議室A

主な議題

- DiGRA2007 報告(馬場委員長)
- 産学連携と人材育成とアーカイブについて(馬場委員長)
- CEDEC 報告(新委員)
- ゲーム産業戦略と経済産業省の施策について(経済産業省 阿部課長補佐)

1.2.3 第3回委員会

日 時 平成19年11月15日(木) 17:00~19:00

場 所 財団法人デジタルコンテンツ協会 会議室A

主な議題

- オープンコミュニティ(新委員)
- 国内の産学連携事例(新井委員)
- 海外論文検索(常盤氏)
- 海外調査(馬場委員長)
- セミナーの開催について
- 再委託先の選定について

1.2.4 第4回委員会

日 時 平成19年12月19日(水) 17:00~19:00

場 所 財団法人デジタルコンテンツ協会 会議室A

主な議題

- 次世代ゲームにおける自動生成(プロシージャル)技術(三宅委員)
- ACM論文調査に関する報告(常盤氏)
- 産学連携調査(藤原委員)
- 国内の産学連携調査
- セミナーの開催について

1.2.5 第5回委員会

日 時 平成20年1月17日(木) 15:00~17:00

場 所 財団法人デジタルコンテンツ協会 会議室A

主な議題

- 海外の産学連携調査(藤原委員)
- 報告書の執筆状況について(新委員)
- 海外論文検索(常盤氏)
- 国内産学連携調査
- 報告書の執筆について

1.2.6 第6回委員会

日 時 平成20年2月14日(木) 17:00~19:00

場 所 財団法人デジタルコンテンツ協会 A会議室

主な議題

- 産学連携調査(松井氏)
- ACM論文調査(常盤氏)
- MOD及びオープンコミュニティについての調査(新委員)
- ゲームAI開発(三宅委員)
- プロシージャル技術(三宅委員)
- GDC2008(三宅委員)
- コンテンツパイプライン(三宅委員)

1.2.7 第7回委員会

日 時 平成20年3月18日(火) 17:00~20:00

場 所 財団法人デジタルコンテンツ協会 A会議室

主な議題

- 報告書進捗状況確認

1.2.8 第8回委員会

日 時 平成20年3月22日(土) 13:00~14:00

場 所 立命館大学

主な議題

- 報告書最終確認

1.2.9 セミナー「GDC08 報告会 in 関西」

日 時 平成20年3月22日(土) 14:00~18:00

場 所 立命館大学 充光館 301

公演内容

- ① GDC08 にみるゲーム産業の最新トレンド
新清士氏 (IGDA 日本 代表)
- ② ビジネスチャンスをつかむ場としての GDC
大信英次氏 (ナウプロダクション 企画室 室長)
- ③ GDC08 に見るゲーム研究の現状と展望
馬場章氏 (東京大学大学院 教授)
- ④ GDC2008 に見る AI、プロシージャル、製作パイプライン技術の発展
三宅陽一郎氏 (フロム・ソフトウェア 技術部 プログラマー)
- ⑤ パネルディスカッション
モデレーター: 馬場章氏

1.3 調査研究の実施体制

本研究委員会は、(財) デジタルコンテンツ協会 (DCAj) における事業開発事業として、事業開発政策委員会のもと推進体制を組んでいる。

委員会メンバーは下記の通りで、東京大学大学院 情報学環 馬場章教授の下、推進する体制とした。

事務局は、DCAj 事業開発本部デジタルシネマ推進部がこれを担当する。

表 1.3-01 平成 19 年度デジタルコンテンツ制作の先端技術応用に関する調査研究委員会名簿

	氏名	社名・所属	役職
委員長	馬場 章	東京大学大学院 情報学環	教授
委員	新 清士	IGDA 日本	代表
	津田 順平	株式会社コーエー ソフトウェア事業部 技術支援部	シニアエキスパート
	新井 瞬	株式会社セガ R&D 本部クリエイティブセンター	所長
	大塚 武	ソニー株式会社 B2B ソリューション事業本部 サービス&ソリューション事業部 ネットワーク アプリケーション事業開発本部 3 課	統括課長
	稲見 昌彦	電気通信大学 電気通信学部知能機械工学科	教授
	長谷川晶一	電気通信大学 電気通信学部知能機械工学科	准教授
	馬場 哲治	株式会社バンダイナムコゲームス 社長室	参事(技術担当)
	斎藤 直宏	株式会社バンダイナムコゲームス コンテンツ制作本部 制作統括ディビジョン	技術部 ゼネラルマネージャー
	三宅 陽一郎	株式会社フロム・ソフトウェア 技術部	
	藤原 正仁	東京大学大学院 情報学環	特任研究員
オブザーバー	阿部 幸子	経済産業省商務情報政策局 文化情報関連産業課	新映像産業専門職 (ゲーム産業・アニメ産業担当)
	沼波 和香子	経済産業省商務情報政策局 文化情報関連産業課	調査員
	常盤 拓司	東京大学大学院 新領域創生科学研究科	産学官連携研究員
	松井 悠	株式会社グループシンク	代表取締役
事務局	田中 誠一	財団法人デジタルコンテンツ協会	常務理事
	須藤 智明	財団法人デジタルコンテンツ協会 事業開発本部	主任

2. 国内外のインタラクティブ映像関連の先端技術 研究

2.1 CEDEC2007 から見える技術的な課題

(IGDA 日本 新 清士)

2.1.1 CEDEC 2007 の概要と技術的課題

日本最大のゲーム開発者向けカンファレンス CEDEC 2007 (主催 CESA) が、2007 年 9 月 26 日から 28 日まで開催された。最終的な受講者の数も 1900 名と過去最高の数字を記録している (講演者などは含まれていない)。展示会機能も持ち 1 万 6000 人を越える GDC と比較すると、まだまだ差が存在するが、それでも日本語のみのローカルなカンファレンスとしては、世界的に見てもゲーム系のカンファレンスとしては、規模の大きなものに成長してきている。

CEDEC 2007 で行われたセッションの数は、全体で 100 を越えている。基調講演 3、協賛セッション 4、スポンサーシップセッション 19、レギュラーセッション 49、ワークショップ 3、ラウンドテーブル 11 と、3 日間で 89 セッションに及んでいる。セッションの数が多いため、見たいセッションを全部見るができないという不満が、参加者から毎年出るが、それだけ充実した内容になっていると考えられる。

また、昨年は、「CEDEC/コ・フェスタ ゲーム開発者セミナー」(主催 CESA、経済産業省) も、9 月 24 日～25 日で行われ、海外からの招待講演者や、ゲーム業界以外からの講演者も含め、12 セッションが開催されている。そのため、昨年は全体のセッション数が 100 を越える数になった初めての年でもある。

CEDEC 2007 の特徴は、ゲームのメイキングをテーマにした内容が増加した点にある。レギュラーセッションのうちの 9 セッションがそのテーマを含んでいる。

- 「Lost Planet でのビジュアル表現」(カプコン 滝崇海氏他)
- 「GENJI -神威奏乱-」と「Foulks Soul」のムービーパートのメイキング「リアルタイムデモ for PS3 ～GENJI -神威奏乱-、Foulks Soul における CG ムービーメイキング～」(小プレミアムエージェンシー 澤賢侍氏他)

- 「三国無双BB」のメイキング「一騎当千の爽快感をオンラインへ」（コーエー 藤重和博氏）
- 「PS3 ゲーム開発ポストモータム」（ソニー・コンピュータエンタテインメント 堀川勉氏）
- 「アイドルマスター」「エースコンバット6」、「鉄拳シリーズ」のメイキング「バンダイナムコゲームスにおける3Dアニメーションへの取り組み」（バンダイナムコゲームズ 佐々木久美氏他）
- 「パワースマッシュ3の描画設計と多機種対応」（セガ 平山尚氏）
- 「『Elebits』の企画立案と制作について」（コナミ 向峠慎吾氏）
- 「オリジナルタイトルの意味と次世代機開発について ～「バレットウィッチ」開発現場から～」（キャビア 高橋徹氏）
- 「VirtuaFighter5 レンダリング技術事例～ティーポットからはじめるバーチャファイター～」（セガ 山之内毅氏他）

多くのゲーム会社にとって課題となっているプレイステーション3（PS3）、Xbox360、Wiiに代表される新型ゲーム機への対応が論点となっていた。特に、ハードウェア的な能力が高いため、技術的なハードルが高い高性能機種であるPS3とXbox360への対応をトピックにした講演に注目が集まった。

技術的な課題と考えた場合、論点は3つにまとめられるのではないと思われる。①企業内のマルチプラットフォームに対応した「統合的な開発環境」の整備、②それに伴う「人材リソース」をどのように確保するか、③「そこそこの技術」でどう優れたゲームを開発するかというものだ。特に②は、技術的な課題とは言えないかもしれないが、あえて議論する必要があると感じられるために扱うこととする。

これらの傾向を読み解くために、4つのセッションをこのレポートで紹介する。

2.1.2 カプコンのMT Frameworkの統合開発環境

まずは、①統合的な開発環境と②人材リソースの課題を代表すると思われる「Lost Planetでのビジュアル表現」のカプコン滝崇海氏と澤田泰英氏のセッションだ。

(1) 2004年11月から開発が進められたMT Framework

「Lost Planet」（Xbox360用）は、2004年から2006年11月末の期間で開発が行われている。元々はプレイステーション2（PS2）用に開発が行われていたが、2004年11月

に、カプコン社内のゲームの統合的な開発環境である「MT Framework」の開発を開始し、Xbox360版の開発を推し進めた。

PS2版は、未発表で未発売のものだが、2004年4月から12月まで開発が行われている。開発人数は20人で、ワールドワイドで展開するが北米・欧州をメインターゲットに置いてコンセプトが作られていた。

雰囲気重視したリアリティを持ち、ポストプロセッシングフィルタを多用するなど当時PS2で行うには、先端の技術を実装することが予定されていた。また、シューティングゲームで、ロボットの要素を持ち、ネットワーク対戦を行う。そして、メインターゲットを20歳代後半から30歳代半ばと位置づけている。このコンセプトは、最終的な製品版まで変わっていない。しかし、PS2というハードの制約から、実際の描画でフレームレートが出ないなど苦戦した点もあったようだ。

2006年度に入って、Xbox360への移行が決定し、すでに開発が始まっていた次世代機統合開発環境のMT Frameworkの開発が開始されており、それを土台にすることが決まっていた。

MT Frameworkは、高品質グラフィックス処理、マルチコア対応、マルチプラットフォーム対応、他社のソフトウェアも含め多彩な開発ツール群を統合するという、開発環境だ。DirectX9をベースにして、シェーダを用いるための環境構築が進められ、3DモデリングツールのXSIをはじめとするツールとの動作を検証する作業が進められた。テクスチャを利用したHDR Lighting、Per Pixel Lighting、Normal Mappingといったシェーダ表現が用いられている。それらのグラフィックスは、プログラマーとアーティストが、試行錯誤をする中で適切なデータ構造を求めて、模索を行って決められていった結果だという。

(2) ゲームエンジンというより開発環境

MT Frameworkは統合環境として、様々なツールの中心に位置づけられており、マルチプラットフォームを前提に開発が進められた。それにより、プログラマーは低いレベルのプログラムを意識することなく、個々のゲームのプログラムに専念し、多様なアニメーターの使用するグラフィックス用ツールや、サウンドも統合できるようになっている。

カプコンではゲームエンジンというよりも「開発環境」と位置づけており、様々なグラフィカルそれぞれのゲームにツールは個別に提供されるという形を採っている。

また、2007年1月～5月末に行われたPC版では、すでにMT Frameworkがマルチプラットフォームを前提としていたために、スムーズに開発が行われたという。特に、DirectX10環境への対応に力を注いでいる。DirectX10の持つ新しい機能を、ジオメトリシェーダー、ストリームアウトプットなどを通じてパフォーマンスを改善し、モーションブラーの効果をより表現豊かにして、ビジュアル表現の向上を図っている。

(3) モデルとして容易に真似のできない難しさ

カプコンが CEDEC 2006 で MT Framework の講演を最初に行った際、日本の大手のゲーム会社には激震とも言うべきインパクトがあった。北米では、ゲームエンジンといった統合環境を構築して、開発の効率性を引き上げることが一般的に行われている。特に PC 系ゲームを開発していた企業が、その面で先進性を持っている。Unreal Engine に代表される Epic Games といったところはそういう背景を持っている。

この開発手法で日本企業はかなり差をつけられていると考えられていたが、カプコンがすでにその方法論を確立することに成功しており、また、シェーダ表現等、グラフィックの表現技術でも海外の技術に引けをとらないレベルに達していることが明らかになったからだ。CEDEC 2007 での講演においても、その技術的な先端性、企業内の開発プロセスの統合の成功など、カプコンが生み出した統合的な開発手法は日本の各企業のモデルになるものとなっている。

しかし、一方で、この技術はどこの企業にも真似ができるものではない。カプコンは、MT Framework の開発に関わるプログラマーを積極的に応募している。高等数学を理解していることを前提としたプログラミング技術が必要なこともあり、実際に開発が行える人材は限られてくる。

2.1.3 メインプログラマーはボトルネック

(1) 優秀なプログラマーを増やすことは現実的でない…

「メインプログラマーはボトルネック」で、ポリゴンマジックの藤本文彦氏は、メインプログラマーに仕事が集中して、全体の開発効率が低下する問題を議論している。

「メインプログラマーが 1 人で休日出勤や徹夜作業をしている」、「メインプログラマー以外のプログラマーが暇そうにしている時間が多い」、「メインプログラマーの作業待ちでプロジェクト全体が止まることが多い」、「新人プログラマーが一人前の戦力に育つのに 3 年はかかってしまう」と行った状況が発生しているならば、「メインプログラマーがボトルネックになっている可能性が大きい」と論じている。この問題を解消するために、F1 レースチームのように、メインプログラマーのコーディング能力を徹底的に活用するために周囲を強調する重要性を述べている。

しかし、それでも解決できない場合として、一つの案として「優秀なプログラマーを雇用する」という案をあげている。そのために、優秀なプログラマーには「お金の糸目をつけないのが望ましい」としている。ただ、その待遇と見合うアウトプットを将来的にも維持できるかどうかは問題であるため、メインプログラマーに限っては、プロスポーツ選手のような年棒制が望ましいかもしれないともいう。

ただ、最後に「この提案はあまり現実的ではないが・・・」とも述べており、海外では当たり前の雇用形態でも、日本の開発現場の実情と必ずしもあわない可能性に触れている。

(2) 人材育成の必要性が根底に存在する

実際、MT Framework によって、カプコンは一手先んじること成功した。しかし、エンジン自体には、AI 部分等技術的な弱さも抱えており、世界的に見て追いつけたというレベルで完全に技術的に先行できたと言えようかどうかは難しい。結局は、さらに優秀な人材を集約して、MT Framework は様々な機能をさらに拡張する必要性が出てくる。

海外の汎用ゲームエンジンを開発している有力企業の場合も、プログラマーは高等数学の訓練を受けた先端技術を学習している極めて能力の高い技術者を高給で雇っている場合が少なくない。世界的に見ても、今後、優秀な人材を集約できた企業に、ゲームエンジンの寡占化は発生してくると思える。

カプコンのケースを他社が一般化して利用していくためには、次世代ハードでの開発環境を整えるためには、人材の絶対数が日本国内に足りないと思定される。実は、技術課題のように見えて、人材育成や日本の労働の雇用形態に関わる人材の問題が大きく横たわっているように考えられる。

2.1.4 無理をしない技術的な開発「パワースマッシュ 3」

(1) 見えない次世代に対応するための「現実との妥協」

一方で、逆のパターンで、次世代ハードへの対応を進めたケースも紹介されている。「PowerSmash3 の描画設計と多機種対応」の平山尚氏（セガ）のケースである。この講演では、ゲームセンター版と PS3 版の「PowerSmash3」のメイキングが語られているのだが、冒頭でこの講演に含まれるものとして「現実との妥協」を、そして、この講演には先端技術に対応したような「夢」が含まれていないと明言している。

「パワースマッシュ 3」は最大規模で 30 名の開発チームで開発が行われる。ゲームデザイナー、ディレクター、プロデューサーが 5~6 人、プログラマーが 7 人、アーティストが 20 人、サウンドが 1 人。「たかがテニスゲームなのに、なんでこんなにデカいんだ？」と述べるほど、テニスゲームを作るチームとしては大きすぎると平山氏は考えている。

かつてのシリーズは 10 人で 1 年で開発するプロジェクトだったのだが、次世代ハードに対応することが前提となってきたために、作業量が増加し現在の人数にまで膨らんだという。そのため、過去のシリーズと同じ開発手法を採ると必ずプロジェクトとして破綻すると考えた。

アーティストの数が多いために、画像用の素材を作るための手間が非常に大きい。登場してくるテニスプレイヤーを1人作るのに1ヶ月かかってしまう。ゲーム全体で12人が登場するため、仮に途中で仕様の変更が行われて、作り直すとなると大変なことになるため、十分に計画を立てて「安全」に進める必要性に迫られていた。

開発は、まずゲームセンター版が2004年7月に開発が解され、2005年12月に完成している。その後、2006年2月からPS3版が開発され、12月に完成している。ゲームセンター版が1年半、PS3版が1年というスケジュールだ。開発のプランとして「シェーダ搭載の新ハードウェアですごい絵のテニスゲームを作れ」というものがあったという。しかし、GPUのプログラム可能なグラフィックハードウェアという環境での開発がチームとして初めてであったために、ゼロから学習する必要性に迫られていた。

PC環境のゲームセンター基盤はどのようなスペックになるのか、最初の半年間は明確でなかった。そのために、どの程度の性能を定義すればよいのかが見えなかった。そのため、安全かつ確実な表現ができるグラフィック表示をターゲットにした。現実的な対応策として「技術採用の掟」を設定して選別している。

- 誰かがどこかのゲームでやったことしかしない。
- 難しいことはしない。
- サンプルコードが手に入ることしかしない。
- 理論的裏づけがあることしかしない。
- 自分でとんちを考えない。
- 素材を作るのが面倒くさくなることは極力しない。

次世代とは「ブルーム効果、放線マップ、セルフシャドウ」と定義し、Xboxレベルの技術表現でかまわないと判断を行っている。しかも、それらの技術はサンプルコードや文書がいくらかでも手に入る「枯れた技術」となっているものを選んでいく。

結局、この判断は適切で、表示しているポリゴン数が大幅に増えたりしたもの、ゲームセンター基盤に搭載されたGPUの性能が高かったために、ゲーム中の60フレームを実現に成功している。

(2) PS3の高性能さに目をつむる

PS3版も割り切り、PS3の性能の高さに目をつぶり、ゲームセンター版そのままの完全な移植でかまわないというアプローチで挑んでいる。途中で、PS3の当初の売りであった、フルHD対応にするために、実際のところ絵的には変わらないにもかかわらず、表示サイズを広げる必要性が求められている。家庭用ゲーム機では一般的に足りない、メモリ量を補うために、テクスチャのサイズを縮小したり、テクスチャすべてをメインメモ

りに置くのではなく VRAM に転送するといった手法を行っている。結果的にスケジュール通りに、リリースを実現している。

新型ハードの機能面で踏み込むべきかそうでないかを迷わせることを伺わせる議論も講演の中では紹介されている。PS3 の CELL プロセッサの SPU の問題である。どう考えても使いにくい。SPU 用のコンパイラが別なので作業フローも複雑化する」、「最適化をいちいち自力でやらねばならない」ということから、「使える用途はかなり限られる。データフロー等でバグが発生する危険と、そのデバッグコストを考えると、無理に使うことは妥当とは言えない」と平山氏は述べている。

「パワースマッシュ」3 のように特に他のマシンから移植する場合、また、昔からあるタイプのゲームの絵をきれいに表現したいだけの場合には使いにくいと述べている。

平山氏の述べている PS3 の CELL プロセッサの使用の難しさは、世界的に共通している問題だ。特にマルチプラットフォーム展開が前提となっているケースが増加しているため、PS3 と Xbox360 の環境をいかにして統合するのかという課題になっている。「パワースマッシュ 3」は Xbox360 版も開発されており、その移植作業は、セガのアメリカチームが別途行っている。

それぞれに分けて開発することは効率が悪いため、次のタイトルでは PS3 版と Xbox360 版との間に何らかの共通基盤を作る方向が打ち出されるものと思われる。

最後に、平山氏はプロジェクトのスケジュール通りの成功を、「無理をしなかったから」、「運が良かったから」、「身の程をわきまえていたから」と述べている。「テニスゲームを作るだけで何億も飛んでしまうこの狂った時代を生き抜くには、もう少し肩の力を抜いた方がいいのではなかろうか？」と締めしており、技術的な先端競争に挑むことだけが質の高いゲーム開発のアプローチではないことを示唆している。

2.1.5 バンダイナムコゲームズの統合環境ケース

(1) ゲームエンジンではなく、ライブラリのアプローチ

社内の統合的な開発環境についての講演は、具体的な企業内のケーススタディの発表が行われた。「内製ミドルウェア開発にみた前世代機から次世代機への移り変わり」で、バンダイナムコゲームズの富澤茂樹氏の講演だ。

次世代ハード以前にも『ライブラリ』はいくつかのプロジェクトで作られていた」という。それらはすべて、GS パッケージ作成支援、DMAC 制御支援ライブラリで、そのライブラリを使うためには「力」あるプログラマーを必要としたという。

例えば、特別なグラフィックスの環境を整える場合、VU プログラムを書き、それに

合わせたモデルフォーマットを作る、そのモデルフォーマットを出力するコンバータを作成する必要があった。それができる **ge** 実力のあるプログラマーが、どのチームにいるというわけでもないため、社内で対応がバラバラだったのだという。

そのため、そこまでの「力」を必要としない、「ミドルウェア」ライブラリの提案を行い、バンダイナムコゲームズ内の共通するミドルウェア・ライブラリの開発が始まったという。PS2 用のものとして開発が開始され、ゲームキューブ、Xbox などに拡張され、さらに大きく見直しを行って、現在の PS3、Xbox360、Wii への対応を行っているという。

ライブラリは、コア（グラフィックエンジン、ファイルシステム、コントローラ入力、デバッグ支援）、サウンド、モーション、フレームワークで構成される。

(2) ゲームエンジンと違うライブラリ・アプローチ

ライブラリの特徴は、欧米のゲームエンジンとかなり考え方が違う点だ。欧米のゲームエンジンが、レベルエディタ、フレームワーク、ミドルウェアの個々の機能が、明確に別々になっているものをセットにして稼働させているのが一般的である。この方法は、制作するゲームとゲームエンジンとが完全にマッチしていて、制作方法も完全にマッチしていれば非常に有用なのだが、おのずとジャンルが限定されてくるという欠点も持っている。

そのため、アクションゲームから RPG まで様々な製品ラインアップのゲームに対応することが求められるために、このアプローチは採らず、ライブラリとして、ゲームアプリケーションとミドルウェアの部分を明確な線引きを採らないで、個々のゲームごとに採用する部分を決めていく方法を選んでいる。

また、「マルチプラットフォーム・ライブラリ」のアプローチも選択している。これは、複数プラットフォームを対象としながら、各プラットフォーム特化機能も認めるという方法で、それぞれのゲームの開発チームのプログラマーが求めに応じて自由にカスタマイズできる環境を提供するものである。そのため、ゲームエンジンで一般的なクロスプラットフォームのアプローチを採っていない。これは複数プラットフォームにわたり完全に互換性を保つ代わりに、ハードごとの特化は認めないバーチャルマシン上で動く用にするという環境である。

「マルチプラットフォーム・ライブラリ」を選択したことで、マルチプラットフォーム展開を考えたタイトルだけでなく、単独プラットフォームで発売するタイトルにも数多く採用されたという。むしろ、単機種タイトルのほうが多いという結果になっている。

(3) ライブラリでマルチコアの問題を吸収

新型ハード向けに拡張されたライブラリの使用法としては、やはりマルチコアプロセッサの使用法についての議論に話が集中している。

ここでも、フレームワーク層まで取り込み、ゲームエンジンとしてマルチコアにジョブを振っていく、もしくは、ミドルウェアとしてはマルチコアを使わないので、ゲーム側で自由に使ってくださいという、アプローチに対して、当ライブラリがなるべくマルチコアにジョブを振っていく、ゲーム制作側は、いままでのようにシングルコア、シングルスレッドのように制作してかまいません、というやり方を採っている。

PS3 や Xbox360 のマルチコアの利用の問題をライブラリで吸収してしまうことで、ゲーム開発のチームは、これまでの開発手法を継続して開発ができるというものだ。ただ、並列処理をゲームで使用する難しさや、グローバル変数をマルチコアで使う危険性や、Cell プロセッサの SPU をチューニングしすぎるとむしろ速度が遅くなる可能性などが議論されており、まだ開発途上であることが感じられた。

2.1.6 まとめ

CEDEC 2007 では、少なくとも高性能ハードに向けて、過去のハード以上の社内の統合環境の整備をする必要性が高まっていることが明確になったことだ。それを企業として全体を管理していく R&D 部門の重要性は相対的に増しているとも言える。

しかし、統合環境の整備にはかなりの実力のあるプログラマーをそろえ、開発チームからあがってくる多様なニーズに応えられるような体制を整える必要がある。それはどこの企業にも行うことが可能なような容易な環境であるとは言えない。高等数学や物理などの知識を吸収したプログラマーが次世代ハードの性能を引き出すには求められているが、それらのできる人材の数は絶対的に限られている。今回の CEDEC ではヒューマンリソースに関する問題が、開発環境を整備する問題ともに横たわっている大きなテーマのようにも思われた。

一方で、そこそこのプログラマーを中心に、十分に質の高い製品を生み出せるのではないかという考え方も出てきている。先端のテクノロジーをどのゲームも必要とするわけではない。海外の文献が中心になるものの、技術的に枯れたものを通じて、十分に海外のゲームに対抗できるゲーム開発は可能である可能性もあるとも言える。

参考文献：

[1] CEDEC 2007

<http://cedec.cesa.or.jp/2007/index.html>

[2] CEDEC/コ・フェスタ ゲーム開発者セミナー

<http://cedec.cesa.or.jp/2007/cofesta/index.html>

[3] CESA、「CESA DEVELOPERS CONFERENCE 2007」を開催

http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070926/cedec_01.htm

- [4] セガ小口氏が基調講演 『『あそびをつくる』…その本質とは』
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070926/ogu.htm>
- [5] カプコン開発陣が明かす「ロスト プラネット」映像表現の内幕
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070926/lp.htm>
- [6] シリアスゲームの国内外の動向と、ビジネスとしての課題
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070926/seri.htm>
- [7] コーエー松原社長、次期事業戦略を社長として初披露
事業ポートフォリオによる開発とグローバルを意識した多作化に注力
http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070927/cedec_02.htm
- [8] マイクロソフトによる講演「Windows Vista ゲーム開発」
数多くの国内 PC ゲームが躓いた IME 問題は、SDK サンプルのささいなバグだった!?
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070927/wv.htm>
- [9] CRI・ミドルウェア、「ゲーム開発者のための秘技(ワザ)」
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070927/cri.htm>
- [10] コーエー藤重氏、「真・三國無双 BB」の技術的挑戦の軌跡を披露
中心は 20 代後半、8 割はソロプレイなど、ユーザーの実態を報告
http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070928/cedec_03.htm
- [11] サイバーコネクトツー、「.hack//G.U.」への取り組みと、未来の展望
開発会社が踏み込むことで成功した「クライマックスの連鎖」
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070928/connect.htm>
- [12] バンダイナムコゲームスにおける 3D アニメーションへの取り組み
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070928/namco.htm>
- [13] KONAMI、スクウェア・エニックス、セガ、バンダイナムコの大手 4 社が“技術部”のあり方を討議
パネルディスカッション「ゲーム技術の研究と共有のあり方について」
http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070929/cedec_04.htm
- [14] 7 人のパネリストによって模索される「アドベンチャーゲームの復権」
歴史、技術、シナリオ論……様々な視点によって分析されるゲームの方法論
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070929/adv.htm>
- [15] 「ゲームとは勝利と生存の喜びを表現する装置である」
脚本家・川邊一外氏による講演「ゲームとは何か?」を紹介
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070929/wg.htm>
- [16] ジー・モード宮路社長が明かす、モバイルで勝ち続ける秘訣
ターゲットは「ゲーム機を持っていない全ての携帯ユーザー」
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070929/gmode.htm>

- [17] KONAMI 向峠氏、Wii「Elebits」の制作手法を発表
ぶれない方向性を示し続ける、企画書作成までの長い道のり
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070929/ele.htm>
- [18] 3D アニメーション制作の現状とこれからの課題
「本物」を表現するために、クリエイター達はどうか努力をしていくか?
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070929/3danime.htm>
- [19] DeNA 畑村氏、「モバゲータウン」のビジネスモデルを説明
ゲームは入り口と話題作り、根幹は新世代広告メディアにあり
<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070929/mbga.htm>

2.2 DiGRA とゲーム技術の研究開発

(東京大学大学院 七邊 信重)

2.2.1 DiGRAの全体像・概要

(1) Digital Games Research Association の概要

国内外においてデジタルゲームは産業、経済、文化といったさまざまな側面から関心が高く、それゆえ学術的な研究の重要性が高まっている。海外ではゲームに関する研究は早くから行われており、書籍や論文なども多く発行されている。また、マサチューセッツ工科大学 (MIT) やカーネギーメロン大学 (CMU) など世界各地の大学がゲームについての研究教育プログラムに取り組んでいる。

とくにデジタルゲーム研究に関する国際学会としては、DiGRA (Digital Games Research Association) がフィンランドでいち早く設立され、世界各国の研究者が、「ゲームやゲーミングについての理論と美学」「ゲーミングと情報技術」「ゲームの制作、需要、消費」「デジタルゲームに関わる社会的・政治的・倫理的問題」「ゲーム文化やグローバル化」などをテーマにした活発な研究活動を行っている。また、DiGRA では研究者のみならずゲーム開発者とも連携して専門分野を越境した交流活動・情報交換を目指しており、IGDA (国際ゲーム開発者協会) や IEEE CS Game Technology Task Force といった他団体との連携も進められている。

さらに DiGRA は、ゲーム研究の国際的・学際的交流を図るための国際会議 (International Conference) を 2003 年より隔年で開催してきた。2003 年の第 1 回大会はオランダのユトレヒト大学で、“Level up” をテーマに開催された。また、2005 年には、カナダのサイモン・フレイザー大学で “Changing Views : Worlds in Play” をテーマに掲げた第 2 回大会が開催されている。この前回大会「DiGRA 2005」については日本国内でも報道されている[1]。大会終了後には発表論文を精選した論集も出版され、日本発のゲームについての研究発表も多数収録された[2]。

(2) DiGRA JAPAN の設立と DiGRA2007 日本開催の経緯

日本は、「ゲーム大国」「ゲームの聖地」と言われながらも、学術的な研究面での貢献では国際的に大きく遅れを取っており、産業界と大学の連携も不十分であった。現在では日本はゲーム研究において国際的に立ち遅れ、孤立している。

そこで日本における学術的なゲーム研究の場として、2006 年に日本デジタルゲーム学会 (DiGRA JAPAN) が設立された (会長：馬場章[東京大学])。そして日本デジタルゲ

ーム学会は、DiGRA の第 3 回国際会議 (The Digital Games Research Association (DiGRA)'s Third International Conference = "DiGRA 2007") を招致し、2007 年 9 月に東京での開催を実現した。これはアジアで初の本格的デジタルゲーム研究の国際学会であり、世界の第一線のゲーム研究者が東京に集結することになった。ゲーム大国と呼ばれる日本ではじめてデジタルゲームに関する国際学会が開かれたことは、これからの日本におけるゲーム研究の発展の重要なきっかけとなったと考えられる。なお本会議は、日本のコンテンツ産業振興を目的にゲーム、アニメ、映画などのイベントを秋に集中的に集めて開かれた、JAPAN 国際コンテンツフェスティバル 2007 (CoFesta2007) の一環として開催された。

(3) DiGRA 2007 のテーマ

今回の国際会議は、「Situated Play」、すなわち「状況論的ゲーム学の構築」をテーマとして行われた。ゲームで遊ぶことは真空の中で起こるわけではなく、そのことが可能であるためには、ゲームで遊ぶという行為がおかれた社会的・文化的・経済的・技術的な条件が揃わなければならない。それゆえ、ゲームを理解するためには、それがおかれた状況の様々な側面を照らし出す、極めて多様なアプローチが必要となる。

DiGRA 2007 は、ゲームのこのような状況論的な把握を進めることを主たる目標とした。職業的・地理的に多様な研究者・開発者が集まり、デジタルゲームの状況論的な分析を行い、多様な学問的アプローチを斬新な仕方で統合する論文が発表されることを目指した。

(4) 研究内容

DiGRA2007 の準備を行う過程で、プログラム委員会、組織委員会は国内外のゲーム研究者と連絡を取りながら、国内外のゲーム研究の動向を調査し、その結果を受けて DiGRA2007 のセッションを組織した。レビュー委員会は、国際的研究水準を基準に投稿論文、パネルプロポーザルを審査し、セッションにおける発表論文、パネル、ポスター発表等を決定した。また、プログラム委員会、組織委員会は、ゲーム研究の国際的な動向をもとに、ゲーム研究においてもっとも重要な研究者・開発者を招待し基調講演・記念対談と、シンポジウムを計画した。これらは大会プログラム、予稿集 (Proceedings) にまとめられたほか、論文集としても刊行される予定である。

DiGRA2007 における投稿論文は、170 本、採択論文は 103 本であり、ペーパーセッションの採択率は 0.63 であった。これは過去の DiGRA 国際会議の採択率よりも高く、したがってゲーム学、ゲーム研究では過去最高レベルの質の高さであったということが出来る。またこの他に、パネル発表、ポスター発表、ラウンドテーブル等の募集を行った。

会議では、分野ごとにセッションが組織された。また、会期後半の 3 日間は、「オンラインゲームデイ」「シリアスゲームスデイ」「ゲームインダストリーデイ」とテーマ別にそ

の日のプログラム全体が組織され、基調講演、シンポジウム、パネル、一般セッションが配置された。

(5) 開催概要

会議名：DiGRA2007

開催日：2007年9月24日（月）～28日（金）

会場：東京大学本郷キャンパス（東京都文京区本郷7-3-1）

参加者：29カ国 355名（国内94名、国外261名）

（CEDECの特別受講パス、コフェスタパスによる参加者100名以上を含まず）

ボランティアスタッフ 81名

概要：基調講演（2）、記念対談（1）、シンポジウム（6）、パネルセッション（8）

論文発表（103）、ポスター発表（16）、Work in Progress（20）

Late Breaking パネル（1）、学生メンタリングラウンドテーブル（2）

ライトニングトーク（9）、企業展示（5）

言語：英語および日本語（同時通訳セッションあり）

主催：日本デジタルゲーム学会（DiGRA JAPAN）

組織委員会：委員長 馬場章（東京大学）

副委員長 坂元章（お茶の水女子大学）

プログラム委員会：委員長 馬場章

レビュー委員会：委員長 Douglas Thomas（南カリフォルニア大学）

(6) メディア報道について

新聞社、雑誌社、テレビ局、ウェブメディアの取材依頼があり、会議中、会議後に報道が行われた。ここでは、主要な報道記事を掲載する。

- 「デジタルゲームテクノロジーに関する学会「DiGRA2007」が開幕」『CNET Japan』 2007.9.25
<http://japan.cnet.com/news/media/story/0,2000056023,20357092,00.htm>
- 「Wiiで引きこもり克服も——精神医療にゲームを活用」『IT media』 2007.9.28
<http://www.itmedia.co.jp/news/articles/0709/28/news068.html>
- 「国際的な学術会議 DiGRA2007 が開催。ファミコンの父と『パックマン』のクリエイターによる記念対談が実施」『ファミ通.com』 2007.9.29
http://www.famitsu.com/game/news/1210898_1124.html
- 「遊びをせんとや生まれけむ」——生みの親が語るファミコン成功の秘訣」『CNET Japan』 2007.9.30

<http://japan.cnet.com/news/tech/story/0,2000056025,20357581,00.htm>

- 「パックマン生みの親に学ぶ、惹き込むゲームの作り方」『CNET Japan』
2007.9.30.

<http://japan.cnet.com/news/tech/story/0,2000056025,20357582,00.htm>

- 「DiGRA 基調講演『日本のゲーム産業史』特別レポート」『GAME Watch』
2007.9.30

http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070929/cedec_05.htm

- 「ファミコンの父とパックマンの生みの親が DiGRA 2007 で講演！」『INSIDE』
2007.9.30

<http://www.inside-games.jp/news/239/23939.html>

- 「【DiGRA2007】『ゼビウス』遠藤雅伸氏と『ドシン』飯田和敏氏が日本のゲーム
業界について大激論」『INSIDE』2007.10.3

<http://www.inside-games.jp/news/240/24012.html>

- 「『良い影響にも注目を』ゲーム研究に成果 東大で国際会議」『朝日新聞』
『asahi.com』2007.10.4

http://www.asahi.com/culture/news_culture/TKY200710040119.html

- 「知識が広がる！シリアスゲーム」CS デジタル放送『日テレ G+ おとな館』
#123、2007.10.13

<http://www.yomiuri.co.jp/stream/tvotona/memo123.htm>

- 「ゲームソフトから学ぶ 実用目的に活用の動き」『読売新聞』『YOMIURI
ONLINE』2007.10.29

<http://www.yomiuri.co.jp/net/feature/20071029nt02.htm>

- 「広がるゲームの可能性～勉強…スポーツ…そして医療～」テレビ東京『ガイアの
夜明け』2007.12.11

<http://www.tv-tokyo.co.jp/gaia/backnumber/preview071211.html>

2.2.2 DiGRAにおける発表概要

(1) 研究の分野

DiGRA2007 で取り上げられたゲーム研究の分野とテーマは下記のものである。

表 2.2-01 DiGRA2007 で取り上げられたゲーム研究の分野とテーマ

分野	テーマ
プレイヤー	MMORPG の社会学・経済学、ゲームへの社会的アプローチ、ジェンダーとゲーミング、プレイヤーによる創造、比較文化研究
ゲームデザイン	ゲームデザインの理論と実践、ゲームストーリーテリング、ゲームグラフィックス
学習、教育	ゲームプログラムの教育とカリキュラム、シリアスゲーム、学校におけるゲーム、学習とゲーム
技術	ゲームプログラミング、AI、CG、コンピュータハードウェア
ビジネス	ゲーム産業の経済学、ビジネスモデル、ゲーム制作の社会学、著作権と法、ゲーム制作と人材養成の国家政策、独立系、アマチュアデザイナー
学際	上記のテーマを横断する研究や、他の分野にあてはまらない革新的な試み

(2) 発表内容

DiGRA2007 のプログラムは、招待制の基調講演／記念対談／シンポジウムと、公募制のパネルセッション／一般発表等に分けられる。ここでは、基調講演、記念対談、シンポジウムのすべてと、パネルセッション、一般発表の一部をピックアップして紹介する。

(a) 基調講演、記念対談

◆不信なオンライン経済 (Perfidious Oeconomy)

講演者：Edward Castronova

聴講者を壇上に上げてゲームをプレイしてもらいながら、無秩序状態よりルールが存在するとき、資源のプールが増加する（逆にルールが守られないとき社会的コストが発生する）ことを説明し、MMO におけるリアルマネートレードを許可しないことにより、ファ

ンタジーの世界、Magic Circle を保護すべきであると主張した。また、現実からの避難所としてファンタジーの世界を守るべきであると語った。

◆**ジャーゴンの惑星からの脱出 (Escape from Planet Jargon: Making Research More Useful to Practitioners)**

講演者：Marc Prensky

デジタルゲームが教育に役立つ理由を、現代の子供たちがデジタル化に親和的であることなどから説明した。また、James Paul Gee の著作などを挙げながら、ゲーム研究の記述を、開発者や教師などに分かりやすいものにしていくべきと主張した。

◆**日本のゲーム産業史：ハードウェアとソフトウェアの出会い／アーケードゲームと家庭用ゲームの出会い (History and Development of Game Industry in Japan)**

講演者：上村雅之、岩谷徹、馬場章

岩谷氏は「日本独自のゲーム設計思想」と題し、日本と欧米のアーケードゲームの設計思想の違いや、現在の家庭用ゲームに継承されている、ユーザーを夢中にさせる細かいゲーム展開やゲームバランスの重視という設計思想について、「パックマン」などを事例として説明した。また上村氏は「日本のゲーム産業史 ハードウェアとソフトウェアの出会い」と題し、ファミコンが大ヒットした 4 つの要因を説明しながら、ファミコンがビデオゲームだけでなくおもちゃのノウハウが作り出した新しい遊び道具だったと指摘した。

(b) シンポジウム

◆**DiGRA の現在と未来 (DiGRA Present and Futures)**

講演者：Tanya Krzywinska Douglas Thomas, Helen Kennedy, Patrick Crogan

DiGRA の現在と将来の方向性、計画についての議論。

◆**東京漂流：日本の開発者コミュニティへの示唆 (国際ゲーム開発者協会セッション) (Tokyo Drift: Imports to the Japanese Developer Community [IGDA Session])**

講演者：Jason Della Rocca, Colin Williamson 他

開発者向けセッション。IGDA (国際ゲーム開発者協会) エグゼクティブディレクターのジェイソン・デラロッカ氏が、日本のゲーム開発会社で働く外国人開発者 5 名に質問を行い、その後聴講者の質問を受け付ける形式。日本の労働環境の過酷さ、開発方法の孤立性などにもかかわらず、日本で働くことが外国人開発者を魅了する理由について。プランナーという日本独自の職業、給料、女性開発者比率、ユーザー・ジャーナリスト・政府との関わり、産業界と学会とのつながり、欧米のゲームが日本で売れない理由、外国人開発者への差別などが議論された。

◆大規模多人数同時参加型オンラインロールプレイングゲーム (MMoRPGs)

講演者：Tanya Krzywinska, T.L.Taylor, Torill Mortensen, Esther MaCallum-Stewart

大規模なマーケティングなどを駆使し、ゲームのニッチから幅広い層にアピールを持つものへと飛躍を遂げた MMORPG についての議論。MMORPG が、プレイヤーやゲーム文化、産業に何をもたらすか、様々な観点からアプローチを行っている研究者による討論。

◆ゲームと教育・医療 (Games, Education, and Medical Care)

講演者：香山リカ、高杉紳一郎、Marc Prensky、坂元章

日本の精神医療やリハビリテーションにおけるゲームの利用に関する事例研究、ゲームを取り巻く日本の環境についての議論。精神科医の香山氏は、ひきこもりだった女性が Wii のスポーツゲームを始めて回復した事例や、アスペルガー症候群患者の男性が、オンラインゲームを始めて、友だちとコミュニケーションするようになったことでうつ状態が改善された事例を紹介。整形外科医の高杉氏は、ナムコと共同研究・開発したゲームがリハビリに効果的であったことを紹介した。また、デジタルゲームの効用や利用可能性があまり理解されていない日本の環境についても議論が行われた。

◆ゲームデザイン・ワークショップ (国際ゲーム開発者協会 教育部会) (Game Design Workshop [IGDA Education SIG])

講演者：Suzan Gold, Robin Hunicke, Tracy Fullerton, Magy Seif El-Nasr

ゲームデザインについての実践的知識を教授するワークショップ。プログラムは、(1)イントロダクション、(2)グループ分けと『Sissyfight 2000』のプレイ、(3)創作のためのブレインストーミングとルール考案、(4)プレイテスト、再デザイン、(5)議論と振り返り。

◆日本におけるゲーム開発 (Game Development in JAPAN)

講演者：遠藤雅伸、飯田和敏、新清士

日本のゲーム開発状況、市場の特殊性についてのシンポジウム。新氏は、日本のテレビゲーム業界が玩具産業を起源とすること、仕様書を書かないスタイルが一般的で、ゲーム開発が大規模化して混乱の原因になったことなどを指摘。飯田氏は『巨人のドシン』の操作法の説明を、遠藤氏は日本でゲームをヒットさせるには女性ユーザーの取り込みが重要であると指摘した。また、新しいゲームを作る場としてのモバイルゲームや Flash、同人ゲームの可能性と課題、専門学校と大学の棲み分けなどが議論された。

(c) パネルセッション

◆ゲームにおける女性 2007 (Women in Games 2007)

講演者： Suzanne de Castell, Jennifer Jenson, Helen W. Kennedy, Doris C. Rusch,
Marianne Selsjord, Emma Westecott

「Women in Games Conference」から論文を集め、より広い文脈でそれらを論じた。ゲームデザインに焦点を絞り、新たなプラットフォーム、プレイヤー、展望について議論するとともに、権力、アイデンティティとジェンダー、ステレオタイプの女性像がどのように人びとにプレイされているかを討論した。

◆リアルへと移行する社会批判：「変化のためのゲーム」から「ゲーム内での変化」へ (Social Critique gets Real: From Games for Change to Change in Games)

講演者： Jennifer Jenson, Suzanne de Castell, Cindy Poremba, Lori Shyba

カナダの代表的な女性ゲーム研究者によるパネルディスカッション。デジタルゲームを社会批判と社会活動についての議論に位置づけ、ゲームデザインやゲームの文化的・社会的批評を発展させるための新しい方法論を提示した。

◆社会変革に影響を与えるゲームデザイン：デザイナー、学者、活動家からの見地 (Designing Games to Effect Social Change: Perspectives from Designers, Thinkers, and Activists in the Field)

講演者： Chris Swain, Douglas Thomas, Rafael Fajardo, Ellen Scott

シリアスゲームは現実の社会問題についての理解を、ゲームプレイを通じて私たちに与える。このパネルでは、社会問題についてのゲームのデザイン、理論、活動上の問題を議論した。

◆プレイヤー体験研究へのアプローチ (Approaches to Player Experience Research)

講演者： Bob Appelman, Jonathan Frome, Frans Mäyrä, Yvonne de Kort, Wijnand
IJsselstein

ゲームプレイ体験を抽出するための方法論についての討論。カルチュラルスタディーズのような質的な研究法に加え、プレイ体験を量的に測定するための変数の整理、尺度の作成などが議論された。

(d) 一般発表

一般発表のうち、委員からの評価が特に高かったもの[3]。なお、DiGRA2007の一般発表のアブストラクトは DiGRA2007の大会プログラムで、フルペーパーは DiGRA2007 プロシーディングスか DiGRA のデジタルライブラリ[4]で読むことができる。

◆**Leaving a Never-Ending Game: Quitting MMORPGs and Online Gaming Addiction**

発表者：Ichia Lee, Chen-Yi Yu, and Holin Lin

ゲームプレイヤーへのインタビューを元にした研究。ゲーム依存というオンラインゲームのネガティブな側面をプレイヤー視点から取り上げており、今後の社会的対応策を考える上で参考になる。

◆**"Blacks Deserve Bodies Too!" Design and Discussion about Diversity and Race in a Teen Online World Approaches of Player Experience Research**

発表者：Yasmin B. Kafai, Melissa S. Cook, and Deborah A. Fields

人種的ステレオタイプをゲームで扱った先駆的な研究。

◆**I Fought the Law: Transgressive Play and The Implied Player**

発表者：Espen Aarseth,

Jesper Juul とともに理論的なゲーム研究を牽引する著者による、これまで断絶してきた人文科学的と社会科学のゲームプレイヤー像を統合する野心的な試み。

◆**The Hegemony of Play**

発表者：Janine Fron, Tracy Fullerton, Jacquelyn Ford Morie, and Celia Pearce

デジタルゲーム産業の発展を支配してきた技術的、商業的、文化的権力の複雑なレイヤーと、それが創り出してきた地位体系が排除してきた女性や非ゲーマーのようなマイノリティについての研究。女性プレイヤーが存在しないかのような広告や記事（日本の広告を含む）についての分析。

◆**Exploring the Uncanny Valley with Japanese Video Game Characters**

発表者：Edward Schneider, Yifan Wang and Shanshan Yang Edward Schneider,

日本発のロボット工学の知見を、日本のゲームキャラクターに適用した研究。

◆**What's My Game Character Worth - The Value Components of MMOG Characters**

発表者：Tomi Kujanpää, Tony Manninen, and Laura Vallius

MMOG において自分のキャラクターが価値をもつ過程や、プレイヤーのバーチャルなアイデンティティに貢献する要素についての研究。「達成」「社会性」「没頭」という、キャラクターの価値の 3 要素を分析的に抽出するとともに、これらの要素が今後の MMOG の新しいビジネスにもたらす可能性について考察している。本研究は、ゲームデザインと開発に役立つ 2007 年の最も優れたゲーム研究 10 本を発表した、Game Developers Conference 08 の「Game Studies Download 3.0」において、2 位に選出された[5]。

2.2.3 DiGRAの貢献

DiGRA2007 で発表された論文が GDC08 においてゲームデザインと開発に最も役立つ研究のひとつとして選ばれたことに象徴されるように、DiGRA の研究成果が海外のゲーム研究だけでなく技術開発にも貢献してきたことは間違いない。しかしその一方で、今回 DiGRA の国際会議が日本ではじめて開催されたにも関わらず海外からの参加者の方が多かったこと、国内のゲームメディアで海外の研究がほとんど紹介されなかったことなどを考えると、DiGRA2007 の成果も、国内のゲーム研究・開発には還流せず、海外の研究、技術開発の現場にのみ還元されている恐れがある。今後、国内の研究者・開発者が、DiGRA のデジタルライブラリを利用して、その成果を積極的に共有、活用していくことが期待される。

参考文献：

- [1] DiGRA 2005 カンファレンス Changing Views : Worlds in Play レポート : Slash Games (<http://www.rbbtoday.com/column/seriousgames/20050701/index.html>)。
- [2] Suzanne De Castell and Jennifer Jenson (eds): Worlds in Play: International Perspectives on Digital Games Research, Peter Lang Pub Inc, (2007)
- [3] 本稿の執筆の機会を与えてくださった馬場章先生、優れた研究を紹介してくださった、渋谷明子、山根信二の両氏に深く感謝いたします。
- [4] DiGRA デジタルライブラリ (<http://www.digra.org/dl/>)。
- [5] Game Studies Download (<http://www.avantgame.com/top10.htm>)。

2.3 インタラクティブ東京とゲーム技術の研究開発

(電気通信大学 長谷川 晶一)

2.3.1 インタラクティブ東京の全体像・概要

(1) 趣旨

文化庁メディア芸術祭やデジタルアートフェスティバル東京の開催や都立写真美術館、ICC、国立新美術館等でのメディアアート作品の展示等メディア芸術分野に関する展示を目にする機会が増えてきている。しかしながらバーチャルリアリティやインタフェース技術をはじめとする技術を背景にしたインタラクティブ技術に関する一般向けの展示イベントは国内ではほとんど開催されてこなかった。SIGGRAPH Emerging Technologies や Advances in Computer Entertainment Technology といった国際的なインタラクティブ技術に関する学会・展示会では日本人研究者の活躍はめざましいものの、国内においては学会などの大会以外に展示する機会が無いのが現状であった。そこで日本科学未来館においてメディア「技術」祭とも言うべき「インタラクティブ東京」を 2005 年より開催し、日本最高レベルのインタラクティブ技術に関する実演展示を広く一般向けに行っている。

(2) 目的

インタラクティブ東京はインタラクティブ技術の振興・普及を目的としており、産業界との連携のきっかけとなることを目指している。

インタラクティブ東京の目的：

- 最先端のインタラクティブ技術の一般向け実演展示
- インタラクティブ技術の振興・普及
- バーチャルリアリティ、エンタテインメント技術など、インタラクティブ技術に関するナレッジの共有
- 専門家、先端研究者、関連産業間のコラボレーション強化
- インタラクティブ技術研究のアウトリーチ

(3) 開催形態

例年 2 日～3 日間に渡って、20 件程度の研究が体験可能な実演展示の形態で展示発表される。また、展示される研究内容についての口頭発表も行われる。研究のアウトリーチ（研究内容を学会だけでなく、産業界を含む一般に広く周知させること）を目的としてい

るため、来場者の参加費は無料とし、会期中は自由に会場に立ち寄ることができる。
2007年度来場者の統計データはないが、ゲーム開発者も多数来場している。

(4) 展示研究の公募・推薦

インタラクティブ東京では、その趣旨から国際会議や国際的な展示会など審査のある展示会に出展した研究、科学技術振興機構の ERATO・CREST・さきがけのような研究プロジェクトの研究成果を中心とした推薦と公募を行っている。推薦は実行委員会、公募はプログラム委員会によって審議され、展示作品が決定されている。推薦・公募の審議では、研究内容だけでなく展示・説明の分かりやすさも評価される。

(5) 学生コンテストの併催

インタラクティブ東京は、国際学生バーチャルリアリティコンテスト (IVRC: International collegiate Virtual Reality Contest) の東京予選大会を併催している。このコンテストは、1993年より続くバーチャルリアリティ、インタラクティブ技術の学生コンテストであり、東京予選大会では、書類・プレゼンテーション審査を通過した15程度の、学生によるバーチャルリアリティ・インタラクティブ作品が展示される。

学生らしい新しい発想が数多く見られるだけでなく完成度の高い作品も多く、来場者は作品を体験して楽しむことができる。

2.3.2 インタラクティブ東京 2007

(1) インタラクティブ東京 2007 開催概要

展示：9月29(土)・30(日) 10:00-17:00 日本科学未来館 7階

講演：9月29日(土) 10:30-12:00 IVRC コンテスト参加作品の口頭発表

9月29日(土) 13:00-17:00 iTokyo 参加作品作者によるパネル

9月30日(日) 10:00-12:00 iTokyo 参加作品作者によるパネル

主催：インタラクティブ東京 (Interactive Tokyo) 組織委員会 委員一覧

共催：日本バーチャルリアリティ学会、芸術科学会、情報処理学会 CVIM 研究会、電子情報通信学会 MVE 研究会、情報メディア学会

協賛：情報処理学会 EC 研究会

後援：文部科学省、経済産業省

運営：インタラクティブ東京実行委員会

(2) インタラクティブ東京 2007 出展研究

出展研究は、インタラクティブ技術を理解するために最適な体験やデモの形で発表される。

出展研究は、インタフェースやセンシングだけでなく、リアルタイムシミュレーション、キャラクターモーション、AI といったソフトウェア・コンテンツに関わる研究を含むものが多く、ゲーム技術に関係が深いものが多い。その中でも特にゲーム技術と関係が深いと思われる作品を紹介する。全作品の紹介についてはインタラクティブ東京 Web ページ (<http://interactivetokyo.jp/2007>)を参照されたい。

◆ビュー・ビュー・View: A Wind Communication Interface : 杉本麻樹(電気通信大学)ら
ビュービューView は、映像と風の入出力を融合したインタフェース。風を通すことのできる特殊なスクリーンの上で風の入出力と映像提示を融合することによって、バーチャル環境とユーザーとの直接的なインタラクションや、ネットワークを介したコミュニケーションに、風という新たな要素を付け加えることができる。体験者が画面に風を吹きかけることで、画面の中のバーチャル環境に働きかけることができる。バーチャル環境から体験者へのインタラクションもダイナミックに変化する風で行われる。風による入出力には、単一の画面が用いられる。体験者は映像、音声のみではなく、風による皮膚感覚を共有し、従来にないバーチャル環境との深い繋がりを感じつつ、インタラクションすることができる。



図 2.2-02 ビュー・ビュー・View

◆CoGAME : Manipulation by Projection : 伊藤俊廷(東京大学大学院)ら

CoGAME (こがめ) は、プロジェクタを用いてカメロボットをナビゲーションするインタラクティブゲーム。プレイヤーがハンドヘルドプロジェクタを用いてカメロボットに道画像を投影すると、カメロボットはその道に沿って歩き始める。複数人で協力しながら道画像をつなげて、カメロボットをゴールまで誘導していくゲーム。CoGAME は投影画面による新たなヒューマン・ロボット・インタラクションの可能性を探ることを目的としている。

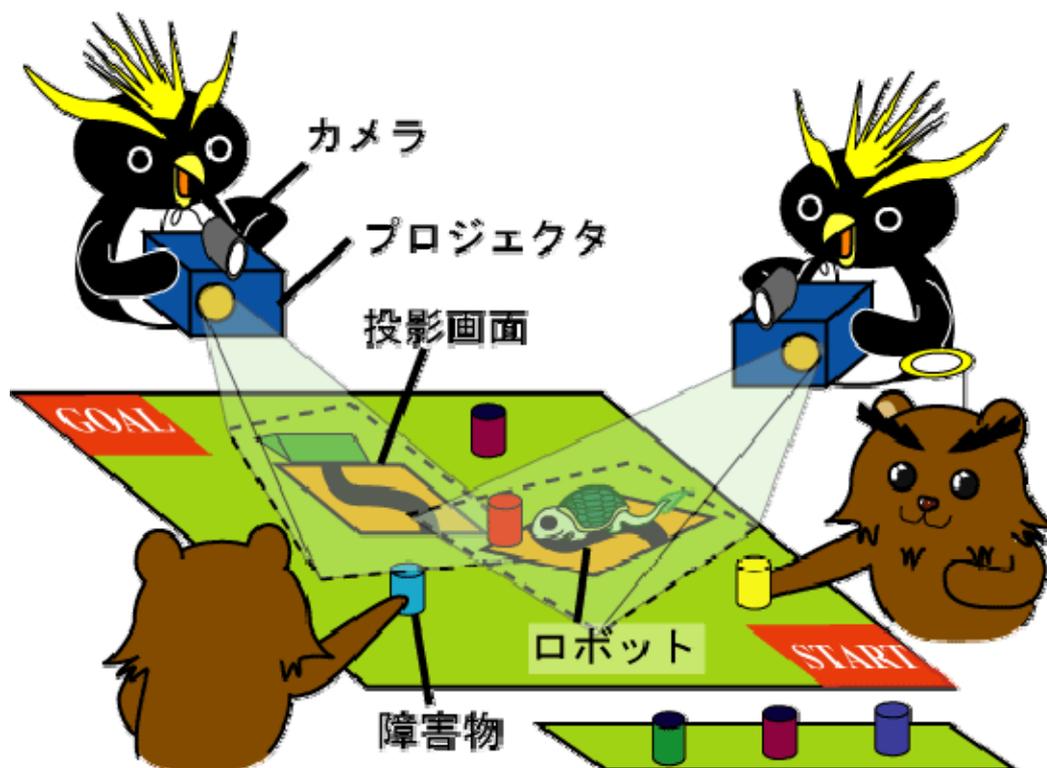


図 2.2-03 CoGAME の説明(http://www.itl.t.u-tokyo.ac.jp/cogame/about_j.html)

◆多点入力デバイスを用いたアニメーション作成システム : 高山健志、五十嵐健夫(東京大学)

画面に表示された 2 次元の絵を直接指で掴んで動かすことにより、初心者でも簡単にアニメーションを作成できるシステム。あたかも現実世界の物体を触っているかのような新しい感覚を体験することができる。

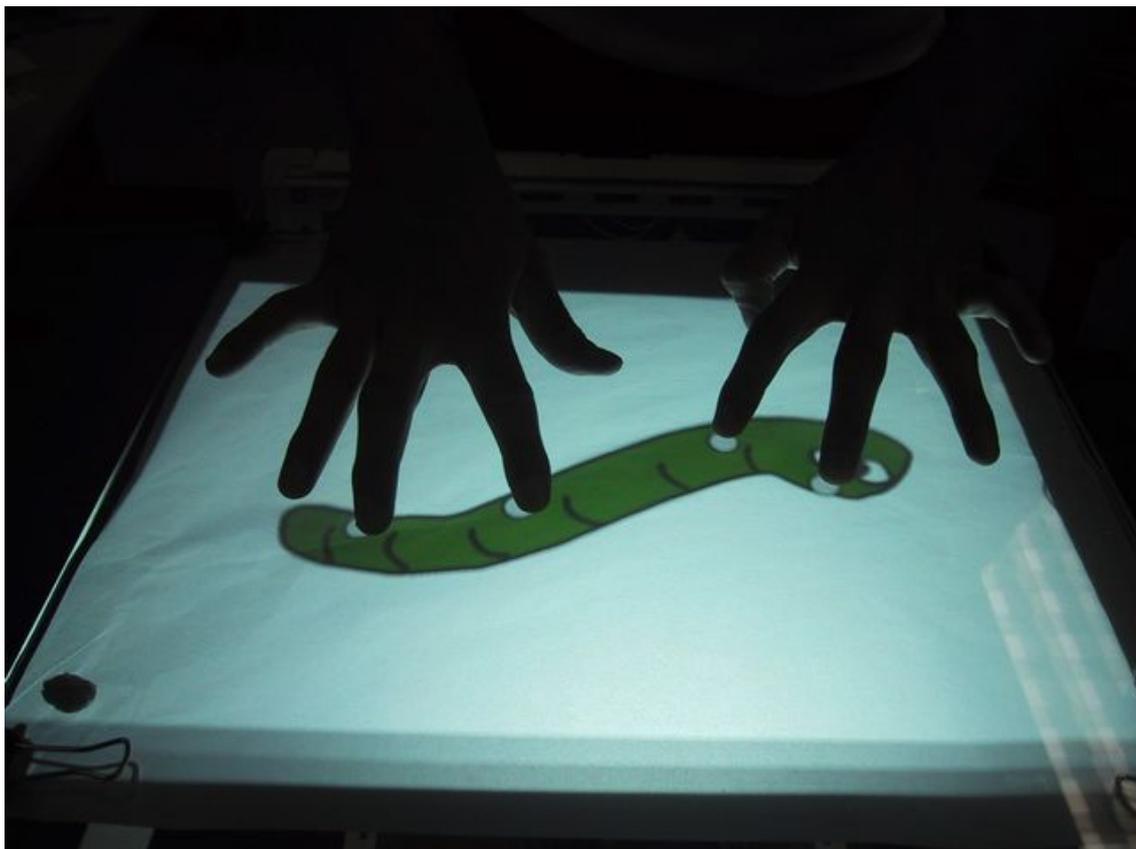


図 2.2-04 多点入力デバイスを用いたアニメーション作成システム

◆**ログログ**: 天野翔(東京大学大学院)ら

ログログは、公園や小川などにおける「丸太渡り」をモチーフにしたシステム。木製の平均台の左右に水の流れをイメージした流体の CG (コンピュータグラフィックス) 映像が投影されており、台の上に人が乗ると、流れがその場所でせき止められたかのように変化する。台の上を歩いたり、台に座ったりして、自分の動きと連動して変化する流体の映像を楽しむことができる。

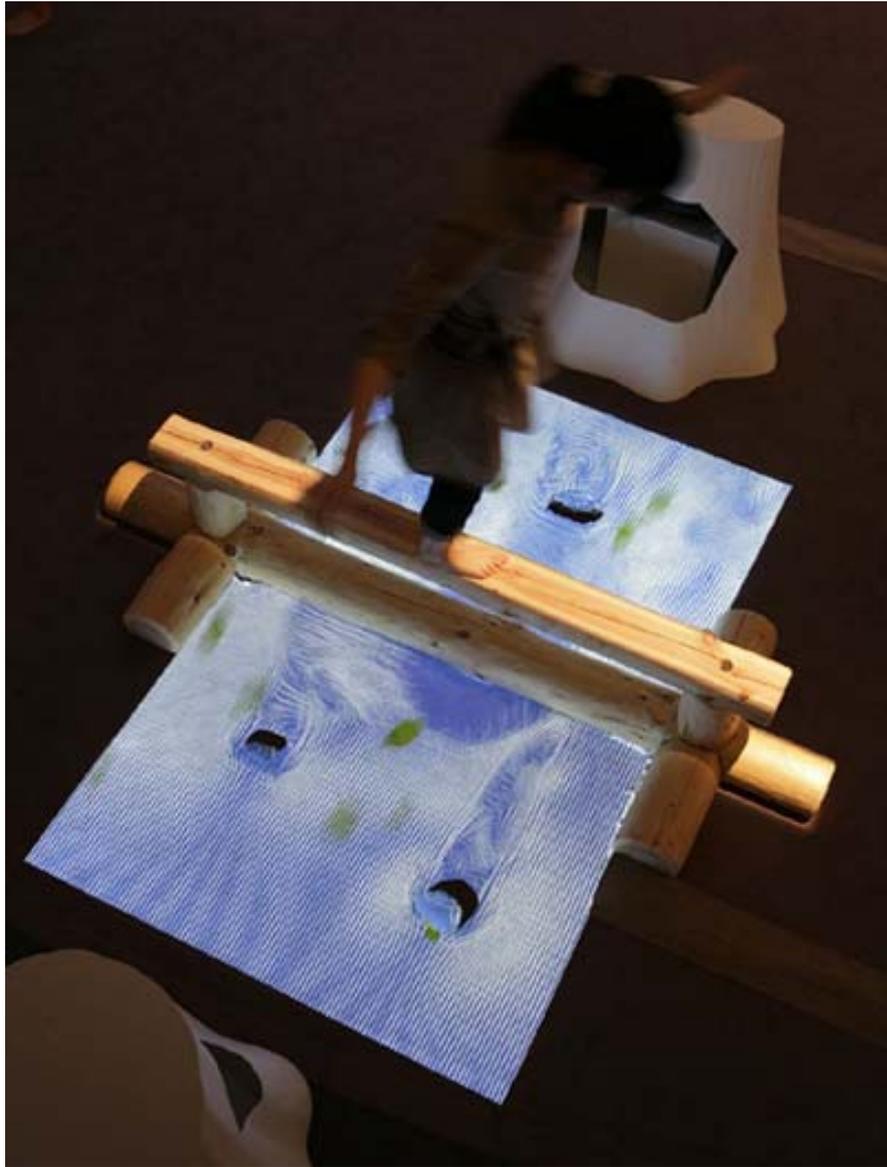


図 2.2-05 ログログ

◆ビデオエージェント：浅井和広(大阪大学大学院)ら

ビデオエージェントは、現実世界で撮影したビデオ映像を元にして作成されたインタラクティブなコンテンツ。ビデオ映像から抽出された人や動物がエージェントとなり、サイバースペース内で遭遇する様々なイベントに応じて自律的な行動を続ける。各エージェントは感情と生理の内部パラメータを個々に持ち、ファジィ推論によってそれぞれの行動が決定される。



図 2.2-06 ビデオエージェント

◆Spilant World : 星野准一 (筑波大学大学院)ら

SpilantWorld は、自由に動いているキャラクターの生き生きとした反応を楽しむインタラクティブコンテンツ。SpilantWorld では、タッチパネル画面に触れて、世界の中にちよっかいを出すことができる。



図 2.2-07 Spilant World

◆**Kobito のケーキ屋**：三武裕玄(東京工業大学)ら

『Kobito のケーキ屋』は、視線・表情・動作によって意図を表現するキャラクターとのインタラクションが可能な作品。ケーキを作るキャラクターに材料を手渡ししながら、キャラクターが何に興味を持っているか・何をしようとしているかを感じるができる。

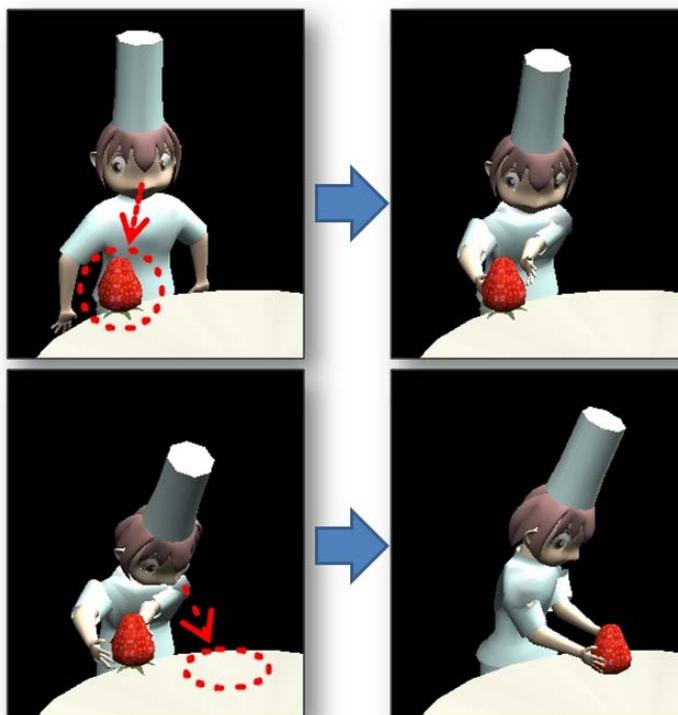


図 2.2-08 Kobito のケーキ屋

(3) **国際学生バーチャルリアリティコンテスト 2007(IVRC2007)出展作品**

東京予選大会参加作品の中から優勝と 3 位の作品を紹介する。準優勝チームはフランス Laval Virtual のコンテストからの参加作品であるため東京予選大会には参加していない。

◆**虫 HOW?**：チーム「たまごちゃん」電気通信大学

専用のグローブを装着して、画面上に表示されている虫に触れることで、手の甲から腕へと虫が這って行くようなぞわぞわとした感覚を体験できる不思議な作品。



図 2.2-09 虫 HOW?

◆**HOP AMP** : チーム「ライトフライヤー」筑波大学

もっと高く、もっと遠くへトランポリンでジャンプをすると数百倍のジャンプ力で跳んでいるような感覚が得られる。さらに、リズムよく跳び続けることで、ますます高い位置でジャンプすることができ、爽快な気分だけでなく恐怖心さえも与えてくれる。



図 2.2-10 HOP AMP

(4) メディア報道について

インタラクティブ東京/IVRC は、次のようにメディアにも取り上げられた。

- インサイド Web 記事 (<http://www.inside-games.jp/news/240/24017p4.html>)
- CGWORLD 2007 年 12 月号 vol.112 interactive tokyo & IVRC 2007 日本発の最先端アートに触れる。
- 文化庁メディア芸術祭ブログ

2.4 GDC とゲーム技術の研究開発

(株式会社フロム・ソフトウェア 三宅 陽一郎)

2.4.1 概要

GDC2008 における技術動向は全体として「創造性の復権へ向けた製作手法の効率化」と言うことが出来る。次世代ゲーム開発技術への対応の最初のフェーズが終わり、その傍らで抑制されて来た新しいゲームデザインへの試みが、新しい次世代技術基盤の上に始まろうとしている。

次世代 (PlayStation 3, Xbox360, Wii) ゲーム開発はハードウェアの側からコンテンツの容量の増大と質の向上を迫ることとなった。また、マルチプラットフォームの戦略は、同一のタイトルを複数のハードウェアに向けて開発する必要性を迫った。そこで、

- ① コンテンツ・パイプラインの効率化 (本報告書 第5章)
- ② コンテンツ・データの自動生成 (本報告書 第4章)
- ③ ゲーム AI の改善 (本報告書 第3章)

が大きな目標として掲げられたわけである。それぞれについて詳細な技術の蓄積と戦略は、

GDC2008 における講演内容の報告も含めて各分野、各一章をもって解説しているのでこちらをご覧ください。

2.4.2 歴史的経緯

こういった流れを理解するには、ゲーム制作がどのような経緯を辿って来たかを理解する必要がある。ゲーム制作は、その黎明期から、ゲームに必要なデータを一つ一つマニュアルで制作して行く体制であった。

ゲーム制作の黎明期には、データを編集するツールやドット絵を描くためのツールさえ自作しなければならない時期があった。これは、まだ PC という文化が新しい頃、さらに、アプリケーションが今よりずっと限られていた頃には、マニュアルで作成できる環境を整備すること自体が一つの開発の到達点であったことを思えば自然なことである。

この開発体制を原型として、ゲーム開発はハードウェアの発展と共に、

- ハードウェアが準備する容量の上にもますます大量に高品質なデータを載せること
- ハードウェアが準備する計算能力の上にもますますゲームを大規模化すること

に執心して来た。2D から 3D への変革期においても、この体制は、そのまま進行した。また、市販のアプリケーションがしのぎを削るように発展しても、やはり、内部の体制が変わることはなかった。携帯ゲーム機においても、こういった慣性の方向は変わらなかったのである。

しかし、この体制は、PlayStation 2, Xbox, Game Cube における開発を頂点として限界に達した。その時点で、次世代開発と聴いたときにゲーム開発者が思ったことは、このままのリニアな開発体制の拡大を支えることはもはや現実的に不可能である、ということであった。そこで、製作手法のあらゆる段階、分野における効率化を模索したのである。

2.4.3 「力任せ法」と「自動化」の対決

効率化の本質を一語で言えば「自動的な原理の導入」と言える。

コンテンツ・パイプラインは、データ管理ツールなどのアプリケーションによってある程度、自動化され、データ作成は、プロシージャル技術（手続き型データ自動生成技術）によって自動生成が目指され、ゲーム AI は、膨大な状態に一つ一つ行動を割り当てる労を、人工知能技術のアルゴリズムによって自動化する方向に開発の舵が取られた。

しかし、開発の効率化は、開発体制の規模の拡大を抑制こそすれ、コンパクトにすることはなく、次世代テクノロジーのキャッチアップの作業は、当のゲームコンテンツにおける創造性のある程度犠牲にして行わざるを得なかった。

2008 年という時期は、こういった次世代開発の初期フェーズが終わろうとしている時期であり、これまで各企業が行って来た上記の分野の自動化技術が大量に公開された。開発工程における「大掛かりな仕掛け」の時期は終わり、いよいよその「仕掛け」が発動しようとしている。次世代技術基盤の上に、いよいよ多種多様な創造的なゲームデザインの潮流が生まれようとしているのである。

3. ゲームAI分野

(株式会社フロム・ソフトウェア 三宅 陽一郎)

3.1 ゲーム AI 概観

3.1.1 ゲームAIとは何か？

デジタルゲームにおける人工知能技術の応用、或いはデジタルゲーム空間において形成される知性を「ゲーム AI」と呼ぶ。以下では、「ゲーム AI」分野の基本技術について解説することで、この分野全体の広がりを見渡し、これからゲーム AI 全体の発展を理解する。

ゲーム AI という分野はまず非常に抽象的な分野であり、その為、開発者が全体を捉えることを困難にし、かつユーザーにアピールしにくい要因となっている。その点が、グラフィックやサウンドと言った直接感覚に結び付いた分野とは異なる。にもかかわらず、開発者もユーザーもゲームにおける優秀な AI とそうでない AI の違いをはっきりと認識することが出来るということは、ゲーム AI がはっきりと形成されるべき姿、領域が存在していることを示唆している。

一般的に AI と言えば、Artificial Intelligence (人工知能) のことであるが、ゲーム業界ではキャラクターそのものを指す場合が多い。これは言葉の乱用の問題のみならず、人工知能技術のゲームへの応用の視野を狭めてしまっている現状があり、まずここで明確にゲーム AI が指す対象を定義しておく[1]。

ゲーム AI には、「システム AI」と「キャラクターAI」主に2つの種類がある。

(1) システム AI

ゲームシステムの中で、ゲームとユーザーの間に立ちゲームをコントロールする AI である。例えば「ユーザーのインプットから癖を読み取る」「ユーザーのレベルに応じて難易度を自動調整する」などの機能を指す。(キャラクターAIと比較して対応する適切な言葉がないので、ここではシステム AI と呼ぶことにする。広義のゲーム AI)

(2) キャラクターAI

作り出されたゲーム世界の中で機能する、ゲーム・キャラクターの知能。広義には、キャラクターの身体の制御まで含む。

「仮想世界の中で活動する」という点がゲーム AI 特有の可能性と問題を産み出す。

ゲーム AI はゲームデザインに対応して作成されるために、どんなゲームに対しても汎用的に使用できる AI のシステムを作り上げることは困難である。あえて効率化を求めて共通項を引き出そうとしても、逆に骨組みのようなものしか残らずになかなか成果を上げることが出来ない。FPS (ファースト・パーソン・シューティング・ゲーム)、RPG (ロール・プレイング・ゲーム)、スポーツゲーム、それぞれに要求される AI が全く違う。また、同じジャンルの中でさえタイトルが違えば全く適用する手法が異なるのである。よってゲーム毎に特化した AI を作成するのが普通である。また現在、ゲーム AI には CG やサウンドのようにデファクト・スタンダードと言えようなる製作ツールが存在しない。つまり、ゲーム AI のフレームを製作することはゲーム・プログラマーの仕事である。しかし、ゲーム性を限定することでゲーム AI をある程度、限定することが出来る。例えば、「Unreal Tournament」(EPIC GAMES) [2] や、「CryEngine」(Crytek) [3] と言った FPS に特化したミドルウェア上では、AI のフレームを限定し製作ツールが実現されている。しかし、ゲーム業界全体では、ゲーム毎に AI システムを再構築している企業が殆どである。

そこで、米国では 2002 年からゲーム AI 全体の枠組みを精密に定義し、共通の基本概念と技術の名称を標準化することを目標に、IGDA (国際ゲーム開発者団体) においてゲーム業界、ミドルウェア業界、大学・研究機関からメンバーを収集し人工知能標準化委員会 (AIISC[4]) が組織され、部門ごとに委員会を開催し討論が為され毎年報告書が作成されている (作成されない年もある)。しかし、実際的な成果は上がっていない。また、日本では業界全体を上げてこの問題に取り組んだ活動はない。

このように、現在のところゲーム AI という分野は、ゲーム製作全体ではゲーム製作工程 (パイプライン) が整備され、ツールチェーン (市販、自作ツールの連携によるデータ作成と管理) が成熟しているにもかかわらず、ゲーム毎に再構築せざるを得ない変化に富む分野として残されている分野である。

しかし、ゲーム AI 開発者から見ると毎回タイトルの毎に要求されるゲーム AI の形は異なるものの、抽象的な次元で共通する問題に直面し続けているという感覚がある。それは「ゲーム世界における膨大な情報を認識させ、最適な行動を生み出すためにはどのよう

にすればよいか」という問題である。これまでは、この問題に対して、ゲームデザイナーが分類した状況ごとにスクリプトなどで行動を定義して来た。こういった「力任せ」のアプローチに対して、一般的な人工知能技術とは、こういった問題をアルゴリズムによって自然に解消しようとする技術であり、この数年でいよいよ学術の分野で蓄積されて来た多くの AI テクニックがゲーム AI 開発に導入されようとしている。これは、ハードウェアの進化と共にますます複雑化するゲーム世界に対応するために、人工知能技術のデジタルゲームへの応用が強く求められているためである。

ゲーム AI はゲームデザインと密接に結び付くがゆえに、ゲーム AI の問題を解決することは、ゲームデザインの新しい可能性を拓くことでもある。現在、日本におけるゲーム AI 開発では従来のスクリプトで明示的に定義された「作り込み」AI が主流である。「ゲーム AI の可能性が見えにくいためにゲームデザインが限定され、さらに限定されたゲームデザインの上に、使用できるゲーム AI 技術が限定される」という悪循環の中にある。そういった悪循環を突破するには、技術者のみならず、企画、マネージメント、ディレクター、プロデューサー、さらにゲーム AI に対して鋭い感受性を持つユーザーに至るまで、多くのゲーム関係者のゲーム AI に対する理解と感覚の先鋭化を必要としている。本解説は、そういった方々へ理解を深め、ゲーム AI を深い部分で前進するために必要な情報を提供する助けとなるものを目指すものである。

第 2～4 節でキャラクターAI の技術について解説し、第 5 節ではシステム AI について解説を行う。

(注) 本解説で「次世代機」と言った場合は、PlayStation3、Xbox360、Wii、2007 年の時点でハイエンドなスペックを持つ PC を指す。

3.1.2 仮想世界のゲームAIと現実世界におけるAIの相違

ここで本論に進む前に、現実世界における AI と仮想世界のゲーム AI との顕著な相違について指摘しておく。一般的に、人間社会の中で実用的な AI は、当然ながら現実との接点を持つ。例えば、ロボットならば現実世界からの情報をカメラやマイクと言ったセンサー機器を通して収集し、解析して行動を決定する。多くの場合、現実世界から AI に必要な情報をセンサーによって「切り取る」という行為は、たとえ単純な問題であっても負荷のかかる仕事となる。例えば「机の上にボールが置かれている」という事象をカメラの画像情報からロボットが理解するためには、画像認識のアルゴリズムを走らす必要がある。そういった情報を積み重ねて意思決定を行い、逆に現実世界へ働きかけるときには、今度

は混沌に満ちた現実世界における行動を明確にデザインする必要に迫られる。現実世界における知能の実現には基本的で困難な問題が集積しているのである。

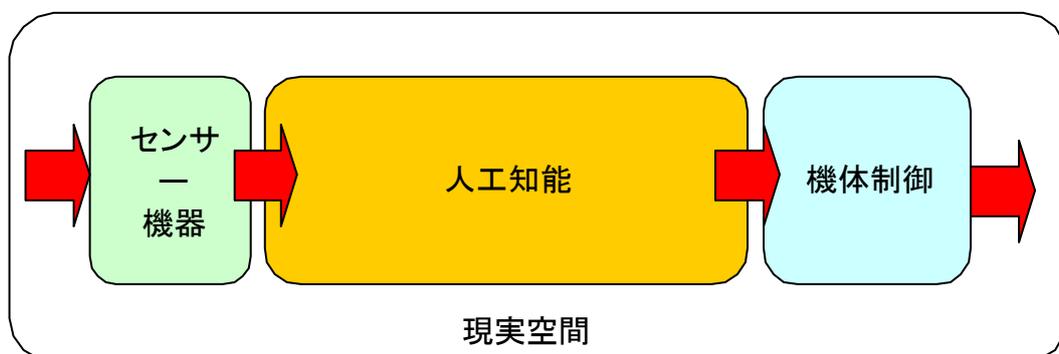


図 3.1-01 現実世界における人工知能の図式

ロボットなどの例である。現実世界は、ノイズで満ち溢れているが、デジタル世界ではそうではない。現実世界では、センサー機器を通して得た音声や画像の情報を解析して、現実空間における状態を分化、認識し、その情報の上に、意志決定、さらに行動の決定を行う。ロボットなど、機械の体を持つ場合は、具体的な機体制御まで行う。

一方、デジタルゲームは、まず「仮想的なゲーム世界」をデジタル空間上に実現し、その空間に対してユーザーがインターフェースを通じてゲーム内のキャラクターを操作することで、仮想世界へ現実の感覚を投影する仕組みの上に立っている。システム AI はユーザーとゲーム世界を俯瞰する視点からゲーム全体をコントロールする。キャラクター AI は仮想世界の中のキャラクターのブレインとして動作する。

キャラクターAIには二つのアプローチがある。

- ① 全キャラクターを動かすロジックを実装し、操り人形のように制御する。
- ② 各キャラクターに知能を持たせる。

①は言わば、世界を俯瞰する立場から AI を操作する方法であり、ゲーム AI 特有の方法であり、最も簡単で最も広く使われている方法である。②は、この数年で主流となりつつある方法である。仮想空間内である故に、全ての世界の情報がデータ化されているためキャラクターの認識は現実世界における AI よりずっと単純化できる。例えば、「机の上のボール」という事象はデータ情報として AI にメッセージングするだけで済んでしまう。「ボールをつかむ」というアクションも明確に定義することができる。ゲーム AI を作ることは「世界を作り、その世界の中の AI を作る」ことであり、いわば自作自演の行為に似ている。これが現実に直面する AI とは根本的に異なる点であり、ゲーム開発者は十分

にその利点を活かさねばならない。

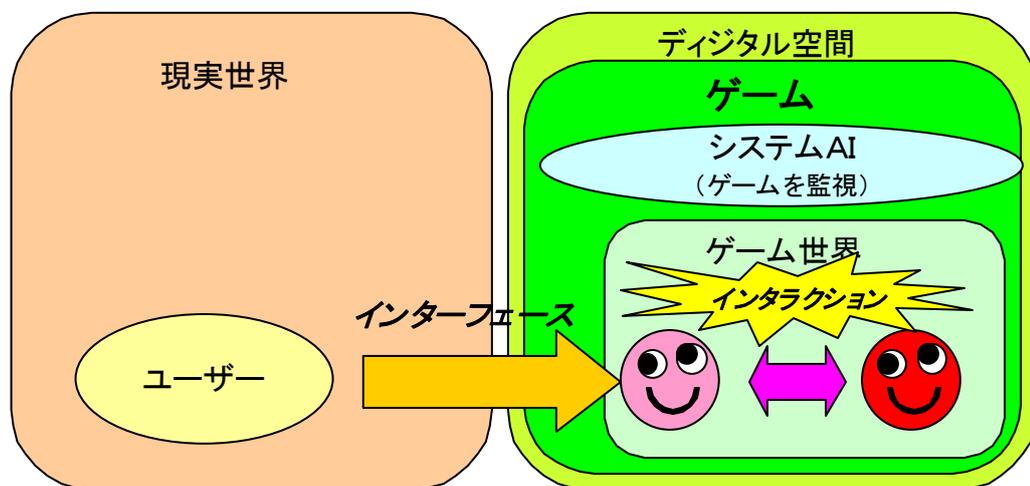


図 3.1-02 デジタルゲームとは何か？[1]

デジタル世界に仮想世界を形成しユーザーがインターフェースを通じて感覚を投影する世界のことである。

3.2 キャラクターAI の発展

本章ではキャラクターAI を製作するために必要な枠組みを解説する。本章を読むことで、エージェント・アーキテクチャを基礎としたのキャラクターAI を製作するためのフレームを理解することができる。第 3 章では、このフレームの中の各要素についての技術を紹介する。

3.2.1 キャラクターAIとは？

プレイヤーが操作しないキャラクターのことを NPC (ノン・プレイヤー・キャラクター) という。NPC が持つ知性をキャラクターAI という。NPC は身体と知性を持ち、「身体自由度」「知性の自由度」を獲得する。

NPC はゲームデザインが要求する役割に応じて形成される。例えば「プレイヤーが近くに来れば剣を振る NPC」から「プレイヤーを果てしなく追いつける NPC」「仲間として援護する NPC」まで NPC が果たすべき役割は多種多様である。「決まりきった判断しか行えない」AI から「自ら柔軟な意思決定を行う」AI まで存在する。「知性の自由度」という軸の上には多くの段階を持つキャラクターAI が存在する。

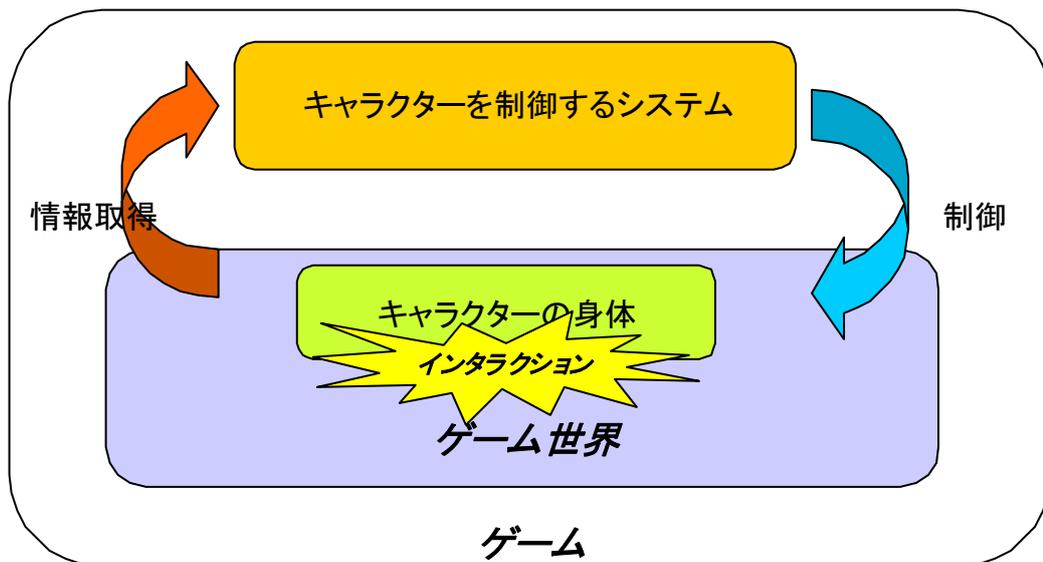


図 3.2-01 キャラクターAI

キャラクターAI とはゲーム世界の中で身体と知能を持ち、身体と知性の自由度を駆使した相互作用を通してゲーム世界で適切な行動を産出すシステムである。

キャラクターの身体はモデルデータが用意され、アニメーションによって動作する（アニメーション・データは準備されるか、その場で生成される）。一般に関節の数が多いキャラクターほど複雑な動きが可能である。NPC がどれだけの運動のバリエーションを持つかが「身体としての自由度」であり、一般に多彩なアニメーションが可能な身体としての自由度が高い AI ほど質の高い AI と言われる。キャラクターAI は、知性と身体の機能が相互に作用しながら、ゲーム世界で適切な活動を行うシステムである。

3.2.2 キャラクターAIの発展の歴史

キャラクターAI の発展の歴史は「身体と知性における自由度の発展の歴史」である。この歴史は以下のように大きく 3 期に分けることが出来る。

(1) 第 1 期 単純なパターン AI (1972～)

キャラクターに決められたパターンを準備し、場合によって切り替える。

各キャラクターが思考を持つのではなく、ゲームシステムの一部として、キャラクターの動作が決定される。主にアセンブラ言語によるプログラミング。

(2) 第2期 AIの構造化 (1994~)

「ルールベース法」(ここでは単に条件と行動のパターンを列挙する手法を指す)や「有限状態機械 (FSM)」「遺伝的アルゴリズム (以下 GA)」と言った AI の機能が構造化されて実装される。主に C 言語によるプログラミング。

(3) 第3期 NPCのエージェント化 (2001~)

単なるアルゴリズムではなく、キャラクター一体を 1 つの知性のモデルとして構築が始まる。これを「エージェント・モデル」[5]という。「まるで生き物のような独立した知性」を構築するフレームである。

主に C++、JAVA といったオブジェクト指向言語によるプログラミング。

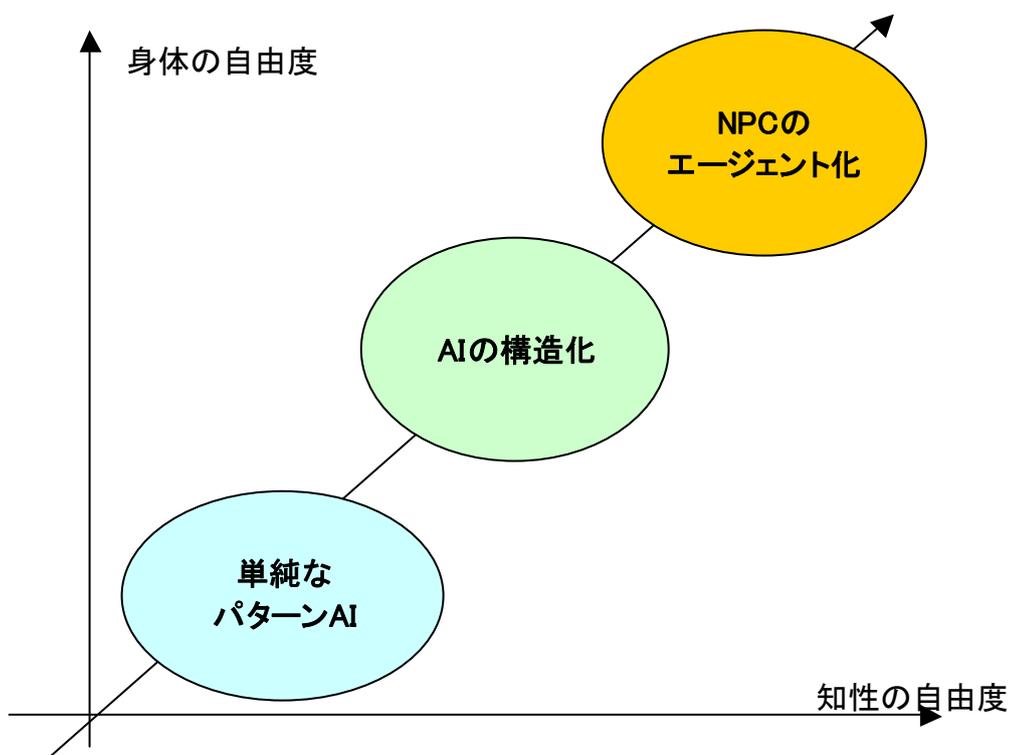


図 3.2-02 キャラクターAIの歴史 (パターン、構造化、エージェント化)

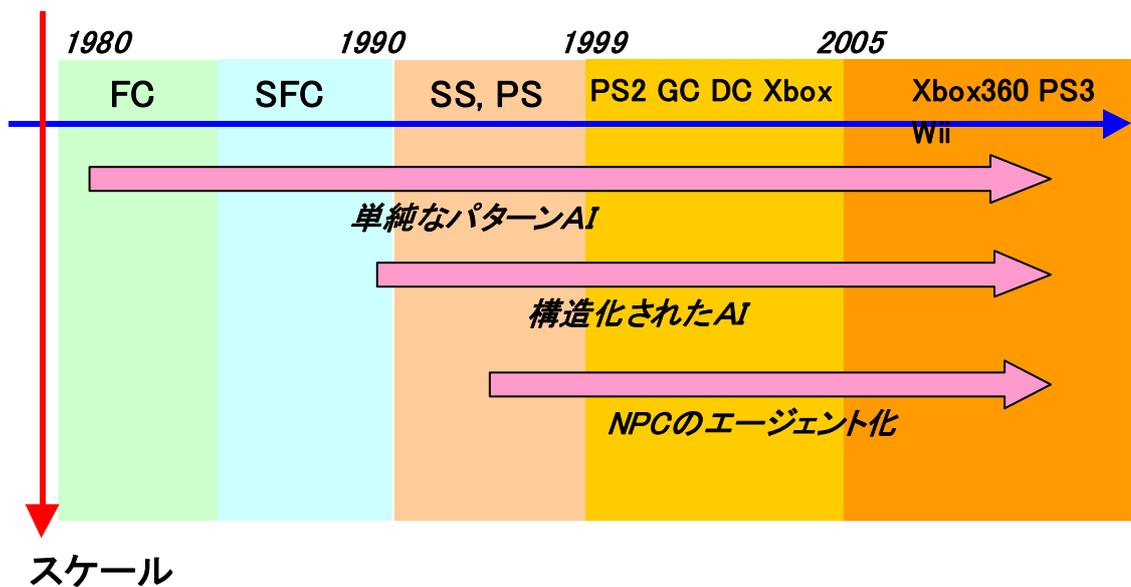


図 3.2-03 コンソールの発展とキャラクターAI

PC はスペックが一定しないため、敢えて記述していない。

身体の自由度の向上は、知性の自由度の向上を要求する。つまり、理想的にはアニメーションの数と複雑さの増大に応じて、思考システムが比例して進化する必要がある（生物の進化がそうであったように）。キャラクターの動作の多様性を持たせることは、今世代のハイエンドなゲームでは特に要求されている。つまり、必然的に状況によって動作を使い分ける強力な AI の手法を要求する。AI 技術の導入が欠落すると膨大なアニメーション・データを手工程で一つ一つ対応付ける必要があり、膨大な作業が発生しゲーム作成工程に大きく負荷をかけることになる。

この問題は、PlayStation2 のゲーム開発時期を端緒に大きな問題となり続けている。膨大な時間をかけて各状況に動作を割り当てるロジックを書いた経験を持つ開発者も多く、それを解消する技術として AI には大きな期待がかけられている。NPC の思考には、ゲーム世界の情報を解析し、状況に応じた意思決定を行い、適切な動作を自動的に生成する機能が求められている。人工知能の開発においては、身体と知性の関係を切り離して考えることはできない。ゲーム AI の発展の裏には、キャラクターの身体動作の複雑化とゲームそのものの複雑化、2つの要因が存在するのである。

また、ゲーム AI は単純な直線的な発展だけではない。単純な AI から複雑な AI まで、「賢い AI」から「面白い AI」までゲームデザインに対応して多様な AI が同時に必要とされている。一つのゲームステージの中でも幾種類の AI が共存しているのである。このよ

うに単純な AI から複雑な AI (AI の複雑さをスケールということがある) までを統一的にデザインできる (スケーラブルに実装できる) AI システムが求められている[6]。

3.2.3 キャラクターの思考の進化

高度な AI を作成するために必要なことは、思考システムと身体をエレガントな関係で結び付けながら、双方に高度なシステムを持たせることである。思考は身体を制御し、身体はゲーム世界とそのルール・法則に従って相互作用を行い、その相互作用を捉えて再び知能が意思決定を行う、というサイクルの中に知性は存在する。

ゲーム開発は多くの場合、特にアクションゲームでは、まずキャラクターのアクションを定義するところから開発が始まる。この視点から見ると、キャラクターAI とは身体の制御機関である。実際、そういった機能しか求められないゲームも多い (結果、アクションは精密であるが、知能としての機能が低いままであるというゲームが量産される。非常にもったいないことである)。

先に挙げたキャラクターAI の 3 つの発展期を、アクション制御という点から見ると、第 1 期は、ゲームシステムそのものが、キャラクターをゲームステージの一部として俯瞰的に動かしていた。ファミコンのキャラクターなどを想像して頂ければよい。第 2 期では、各キャラクターが独立に自身のアクションを制御できるように「ルールベース」や「FSM」と言った方法が導入された。このような「行動指向型 (behavior-oriented)」の実装は、ゲーム AI の本質的な要求をある程度満たしながらも、全ての要求には応えられない。ゲーム AI は、結果として行動を産み出す必要に迫られながらも、時間スケールの大きいより戦略的で、また計画的な行動を生成する必要にも迫られている。そこで第 3 期からは、NPC は単なるアクションをする自動人形を超えて、高度な知性を実現する大きな枠組みとして「エージェント」フレームが採用され始めた。

「エージェント」は各キャラクターを独立した一つの知性として扱うモデルである。即ち、情報収集を行う「センサー」(感覚)を持ち、意思決定を行い、世界に働きかける身体動作(エフェクタ)を持つモデルである。エージェント・モデルは、ゲーム世界の情報を収集し解析し、意思決定を行った上で行動生成を行う構造体である。実際、この思考の中に、階層型有限状態マシン(HFSM)、プランニング、といった様々な AI 技術の導入が可能であり、実際に次節から解説するように実装されている。そして、導入された技術に応じて、キャラクターはゲーム世界で様々な機能を獲得するのである。

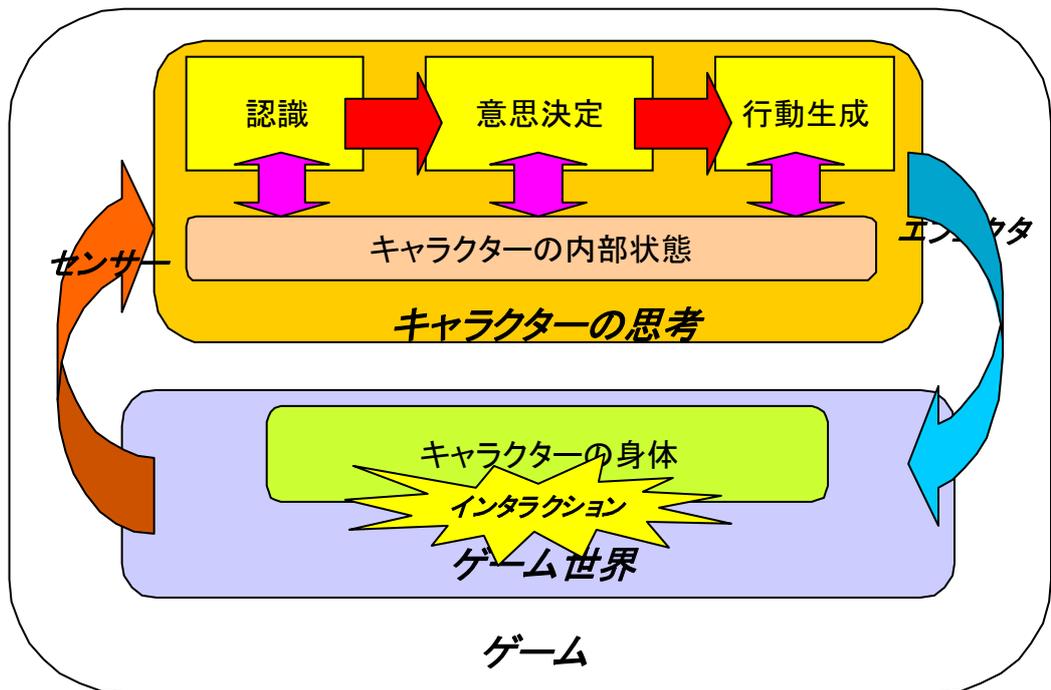


図 3.2-04 ゲームにおけるキャラクターにおけるエージェント・アーキテクチャ

ゲーム世界においては身体がインタラクションする。身体といっても、必ずしも肉体のことではない。例えば、将棋の AI における身体とは、盤面の駒の集合そのものである。そして、その相互作用を認識し、情報を取得し意思決定を行い、最後に行動生成につなげるのである。この行動は、またゲーム世界における相互作用を引き起こす。キャラクター AI とは、こういったサイクルの中で運動するソフトウェアなのである。

3.2.4 知識表現・世界表現

仮想世界では、世界そのものに情報を埋め込むことが可能である。例えば、キャラクター同士の関係をツリー構造で表現したり、或いは、対象に付随する情報をデータ化しておきさえすれば、その情報を AI はたやすく取得して意思決定に用いることが出来るのである。一般に、AI を取り巻く環境における関係やオブジェクトの情報の表現を「知識表現」(knowledge representation)といい、その中でも世界全体のグローバルな情報を「世界表現」(World representation)という。知識表現は AI 分野の一般的な用語であるが、世界表現はゲーム AI で特に重要な概念である。

知識表現とは？

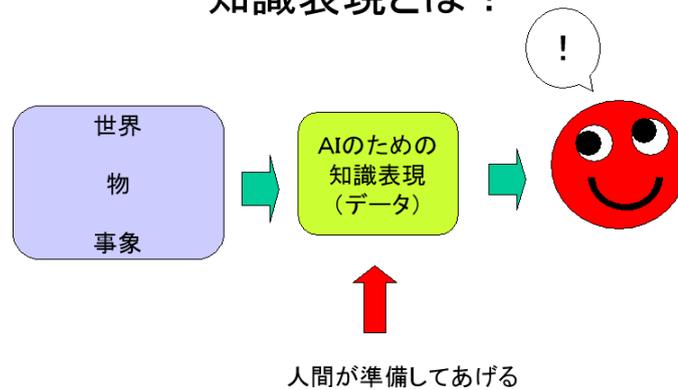


図 3.2-05 知識表現[7]

知識表現はゲーム AI のみならず AI の基礎である。どんな教科書を読んでもそういった記述を見ることができる。ところが「AI＝思考」という発想が強いためか、AI を製作する場合にすぐに思考ルーチンの記述へ飛びついてしまうと、結局、思考の中で情報を整理するという厄介な工程を抱え込んでしまう。AI を製作するときは、まず知識表現をどう工夫するか、というポイントから入るのがよい。そして、問題が起こるたびにそれを思考で解決すべきなのか、知識表現の側で解決すべき問題なのかを考えると見通しよく AI を製作することができる。

例えば、『Halo』(Bungie、2002)では、車に「乗ることが出来る」というアフォーダンス情報(許容情報)を与しておく。こういったフラグを利用して、車というオブジェクトを視認した段階で「車に乗る」という行動を選択することが出来るようになる[8]。また、『Age of Empire』では、ある物を作成するには、何が必要か、ということ依存グラフ(dependency graph) [9]で表現しておく。すると、AI がある対象を作成しようとする場合、それに必要な材料をそのグラフを辿ることで知ることが出来る。

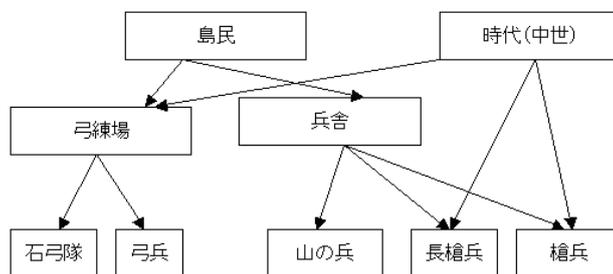


図 3.2-06 依存グラフ (dependency graph) の例[9]

矢印はそれを作るためには必要であるものを示す。AI はこの矢印を辿ることで、製作しようとする対象に必要なもの、段階を知ることが出来る。例えば、弓練場を作るには時代を中世まで進めて島民を確保することが必要である。

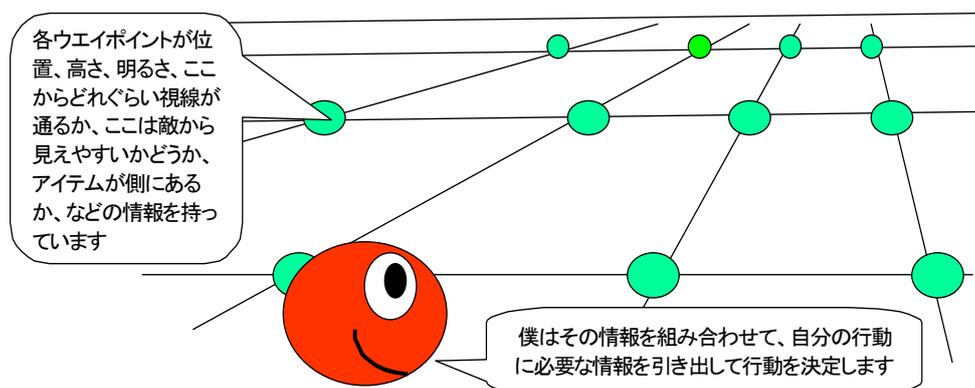


図 3.2-07 世界表現 (World Representation) [7]

世界表現とは、AI が属する環境世界全体に渡る知識表現のことである。多くの場合、グローバルなパスデータの上に構築するケースが多い。ウェイポイントに情報を埋め込むことで、より賢明なパス移動をすることが出来る。例えば、ウェイポイントにその場所の明るさ情報を付属しておけば、敵に見つからない暗い道を通ることが出来るようになる。

これらはゲーム開発者には自明なことであるが、しかし、それを知識表現という言葉でもう一度再認識することが肝心である。キャラクターAI を作る時に、どうしても、いきなり思考ルーチンを書いてしまうケースが多い。まず、知識表現、世界表現に十分な仕掛けを施すことで見通しよく思考ルーチンを簡素化出来る上に、小さな思考で大きな効果を得ることが出来る。キャラクターAI の基礎は、知識表現・世界表現にある。世界に十分な知識体系を AI のために準備しておくことで、キャラクターAI は僅かな思考で高度な行動を実現することが出来るようになるのである。また、ゲーム業界全体で様々な知

識表現・世界表現の実例を集めておくことで、知識表現の技術を集積しておくことが出来る。

3.2.5 記憶を持つAI

さて、ここでもう一つ大切な点をこのエージェント・モデルに付け加えておく。それは「記憶を持つ AI」という考え方である。ゲーム業界以外の方には不思議に思われるかもしれないが、これまでデジタルゲーム製作におけるキャラクターAI の意思決定は、主に現在か、少なくとも一つ前の状態からの変化の情報から行われて来た。ここに、反射的な AI が量産された原因がある。

記憶を持つことは過去の情報から学習し、目に見えている以上の情報を獲得する唯一の手段である（これは動物や人間においても同様である。どれぐらいの時間レンジの記憶を利用して次の行動を決定しているかを知性の指標とすることも出来るだろう）。キャラクターAI も「プレイヤーやオブジェクトに関する状態の記憶を一定期間に渡って所持し、そこから意思決定に必要な情報を抽出する」という方向へゆっくりと発展しつつある。例えば、ユーザーを目撃した位置ポイントの履歴を記憶し解析することで、プレイヤーが現在隠れている位置を見出す、といった機能を獲得させる、などである。このような「長期記憶を持つ AI」は、記憶なしでは得られない長い時間を支配する機能を獲得し、より高度な生物に近い知性を獲得するのである。

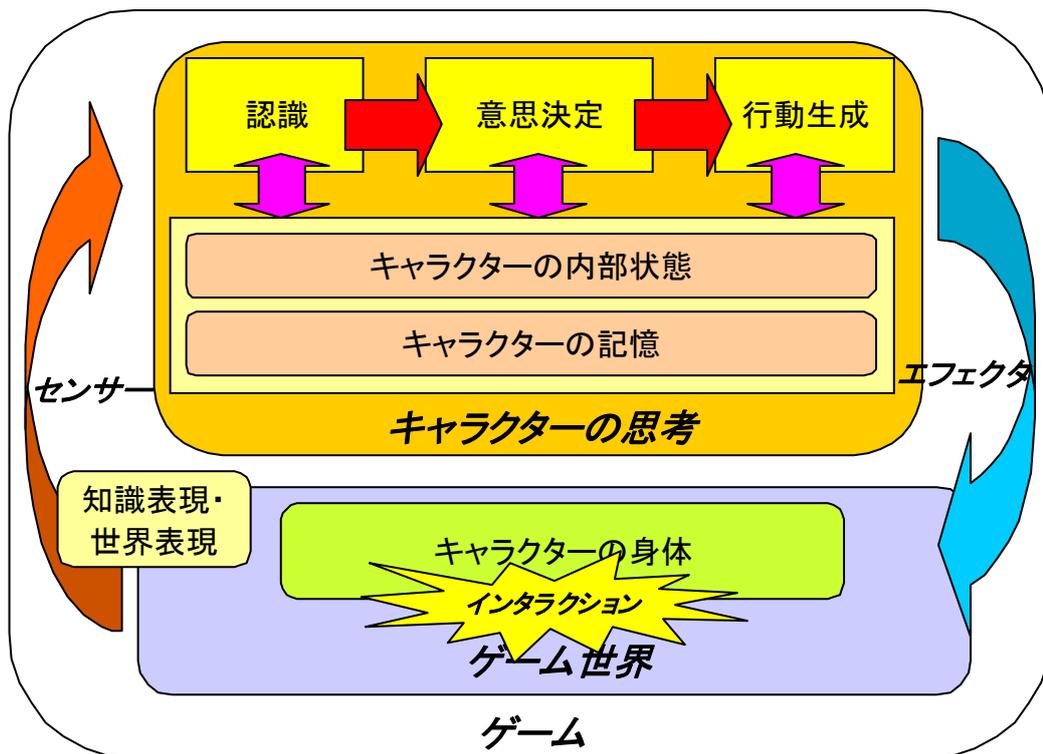


図 3.2-08 キャラクターに記憶を持たせる

キャラクターに記憶を持たせることは、過去の時間から学習と五感で捉えている以上の情報を獲得する唯一の手段である。

3.2.6 多層的な意思決定機能

高度な AI を作ろうとすると、情報処理の過程はますます重たくなり、思考の抽象性が高くなればなるほど、ゲーム世界の現実と乖離しない形で知性のダイナミクスを保つこと難しくなる。それは、「ヒトは高度で抽象的な情報処理機能を持つが野生の動物に敏捷性については劣る」という事実に呼応している。

ところが、そんなヒトでも危機に応じては突発的な意思決定を行うことができる。例えば、「ボールが飛んでくれば咄嗟によける」「落ちそうになるコップを支える」などである。つまり、意思決定機能というのは、単一のパスだけではなく、様々な時間のスコープ（長さ）に応じて多層的な構造を持っている。「10 年後の生活プラン」と「ボールをよけること」は明らかに異なるレベルの意思決定である。キャラクター AI においても同様である。「戦略的な意思決定」と「相手の刀をよける」意思決定は違うレベルである。

そこで、意思決定過程では、「敵が見えたら撃つ」と言ったような即応的な行動を行うための「速い意思決定パス」から、高度な戦略プランを決定する「遅い意思決定パス」ま

で、多層的な構造を持たせることで柔軟性を持たせ、スケラブルに多様な事態に対処することを可能にする。また、高度な思考になるほど、情報は高度に抽象化される必要がある。

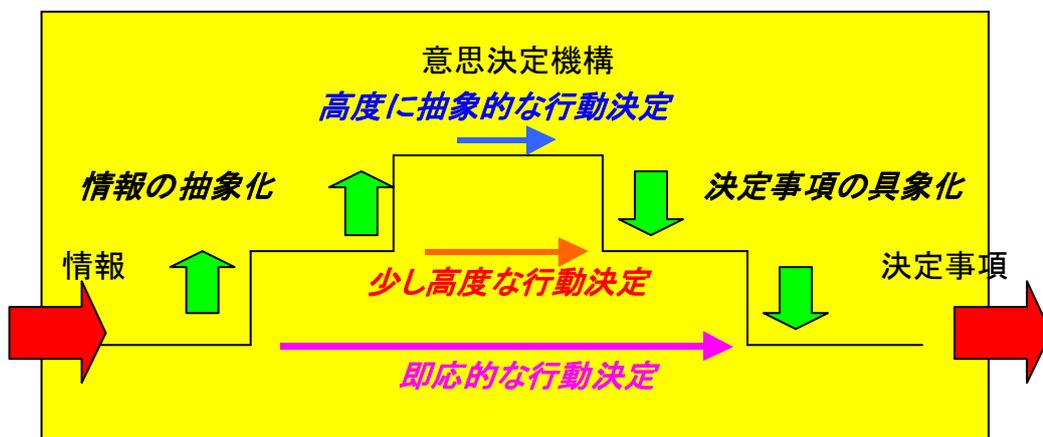


図 3.2-09 多層的な意思決定構造

即応的な事態は感覚的な情報から短い時間スケールで対応し、それ以外は、情報の抽象化の度合いに応じた時間スケールで意思決定を行う。これは、自然界の生物でも同じことである。

では、どのように状況に応じた意思決定パスを選択することが可能だろうか？ 選択するプライオリティーを付与することで、意思決定パスを切り替えること仕組みがまず考えられる。最も単純な形では「即応的な意思決定」が最もプライオリティーが高く、最も抽象性が高い戦略意思決定のプライオリティーを低く設定する。危急の用が済めば、だんだんと長期プランに沿って行動することが出来るようになる。ところが、ある場合には即応的な行動決定が断続するために、いつまでもたっても敵と絡み合うだけの AI になってしまう危険性もある。こういったことは、実際のゲーム AI 開発の途中でよく遭遇する問題である。意思決定過程を多層化し、それを使い分けるアルゴリズムの工夫がゲームに応じて必要である。例えば「移動的な戦略」に対しては長期的なプランで「逃走しつつ」、敵と遭遇すればとにかく応戦する、など「長期プラン」と「短期プラン」を重み付ける工夫が必要とされる。『Halo2』の意思決定機構は、階層構造とプライオリティーによるアルゴリズムによって状況スケールに応じた判断を迅速に行う[10]。

3.2.7 インテグレーション

前節まででエージェント・アーキテクチャの解説は終了である。まだ箱だけを提示した形であり、次章からは内部の各モジュールについて解説を行う。その前に、エージェント・アーキテクチャを「情報の流れ」から捉えることで、デジタル空間で AI が持つ本質的な姿を浮き彫りにしたい。

エージェント・アーキテクチャには 2 つの情報の流れがある。即ち、

- ① 時間に沿ってゲーム世界と AI の間を輪を為して流れる情報の流れ
- ② キャラクターの思考の中で、時間を越えて記憶として蓄積される情報の流れ

である。キャラクターAI は、「情報という水の流れを受け手駆動する水車」のような姿を持っているのである。また、そういった情報の流れとは直行する形で、流れる情報の中から時間を超越し情報を固定化し記憶領野に蓄積する、時間の流れとは垂直な情報の流れが存在する。

エージェントはこういった記憶を解析することで、過去の時間に擬似的にアクセスすることが出来、ゲーム世界の情報とその変化の流れを認識し、未来に為すべき行動を世界と自身の行動をシミュレーションしながら決定することができるのである。

こういった視点から見えて来ることは、エージェント・アーキテクチャは情報の流れの中にある情報構造体であり、それはプログラマーにとってはアプリケーションやソフトウェアの概念と似た構造を持つことを示唆している。

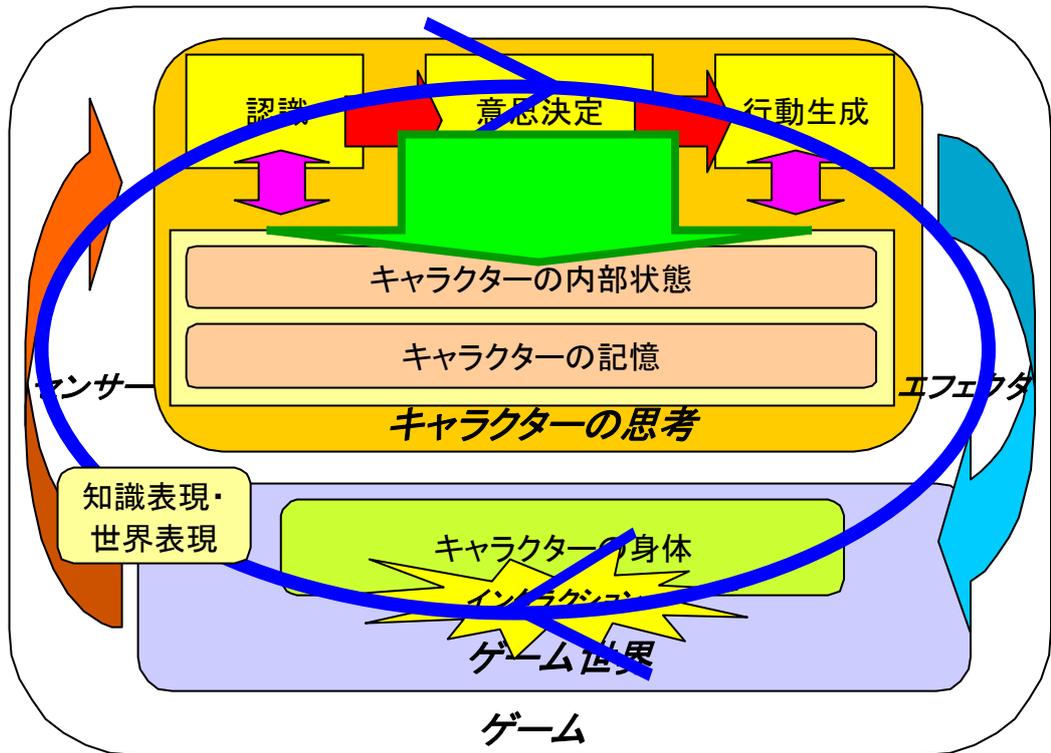


図 3.2-10 エージェント・アーキテクチャにおける記憶の流れ

まず知性と世界間の情報のやりが駆動する時間に沿った円を為す情報の流れ（青色）。そして、知性が時間を超えて残しておく記憶を固定化する時間と垂直な一方向の流れ。知性は、蓄積された記憶をトレースすることで、擬似的に過去から今に至る時間を確認する。

3.3 キャラクターAI 技術概論

前節までにキャラクターAI を作るためのフレームについて解説した。このフレームにゲームに応じた AI 技術を導入することで、NPC はゲーム世界における知性として創発される。現実世界における知性では、こういった進化は環境とのフィードバックの中で起こって来たことである。ゲーム開発では、開発者がゲーム世界でまず NPC にどのような知的活動をさせたいかを明確にし、必要な AI 技術を知能部分に埋め込むことになる。

ゲーム空間は多様であり（3次元空間だけではない）、ゲームのルールも多様であるので、一概にNPCが獲得する能力について詳細に分類することはできない。ここでは大きく「時間」と「空間」という点からNPCが獲得し得る能力を概説する。キャラクターの知性の高さは、そのゲーム空間を時間的に、そして空間的にどの程度支配できるかによって評価することができる。

3.3.1 時間と記憶

時間的な観点から AI の機能を考える。第 2 期までの多くの NPC は長期の記憶を持たなかったと前章で解説した。NPC は、その瞬間瞬間の世界を認識し行動を選択する反射型 AI が主流であった。ここでは、「継続した時間」という概念が存在しない。意思決定のタイミング毎に断続した瞬間があるだけである。

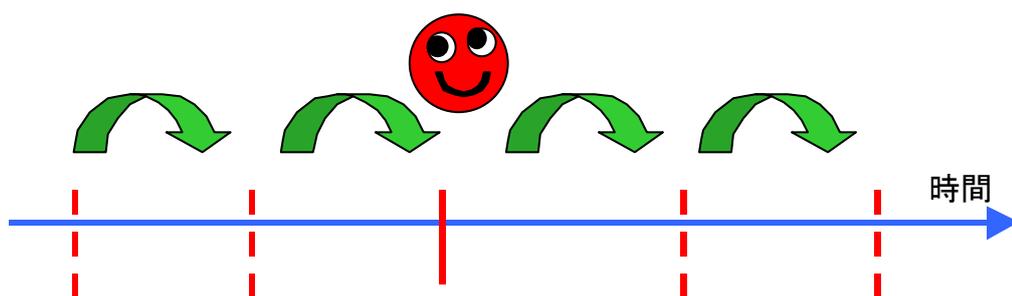


図 3.3-01 反射型 AI

彼にとっては瞬間、瞬間の情報しか存在しない。そして、その時の一点で行動を選択して、次の一点へ移って行く。

次に記憶を持つ AI を考える。記憶とは過去の世界と自身の状態を情報として蓄積することである。例えば、可視情報として敵の動きを 0.1 秒置きに情報を記憶していたとする。すると、その敵が遮蔽物に隠れながら移動していたとしても、敵が現れる位置を予測することができる。例えば、サッカーゲームでは、敵軍のプレイヤーの動きの履歴からこれから取るであろう動作を予測して、自身の行動を決定するというアプローチが考えられる。これは単純な例であるが、過去の情報を蓄積することで、未来の状態を予測できるという典型である。過去、現在、未来という時間の流れを支配しようとする知性の雛形である。実際のゲームではより複雑な記憶と未来予測を行って行動する。

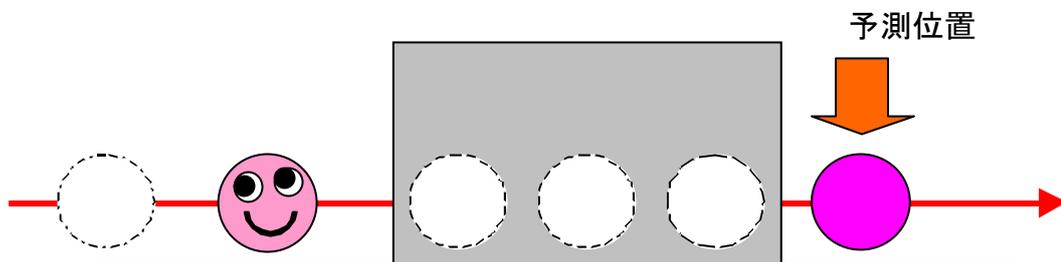


図 3.3-02 記憶と予測の関係

敵の位置の記憶は、たとえ見失ったとしても予測位置を延長によって与えることができる。

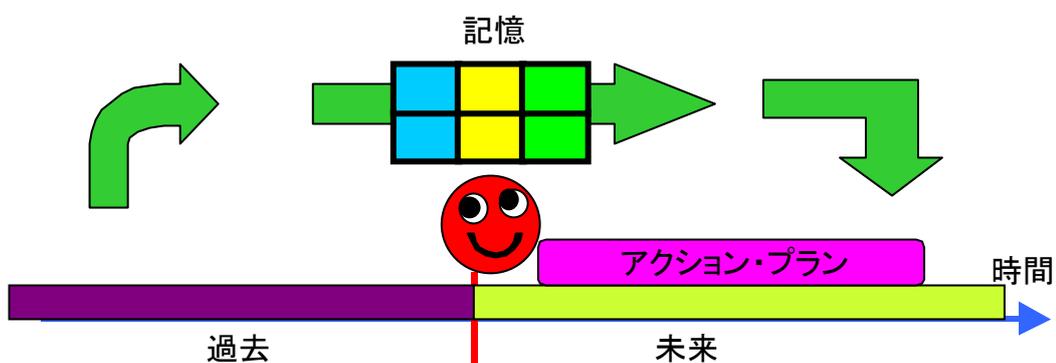


図 3.3-03 時間を支配する AI

記憶とそして未来の行動の設計は、知性に時間を制御する方法を与える。現在の存在にとって記憶とは過去であり、未来とは予測なのである。知性と時間とは切っても切れない関係にある。

未来に向かって「行動を一つ選択する方法」に対して「プランニング」という技術は、大きな目的を達成するために、未来に対する自身の行動のプラン、例えばアクションのシーケンスを構築する。実際はアクションの単位をスタックとして蓄積し、順次実行する。詳細のアルゴリズムについては後述するが、この技術は、未来の継続した時間に渡る行動を生成する「未来の時間をより積極的にデザインする」方法である。

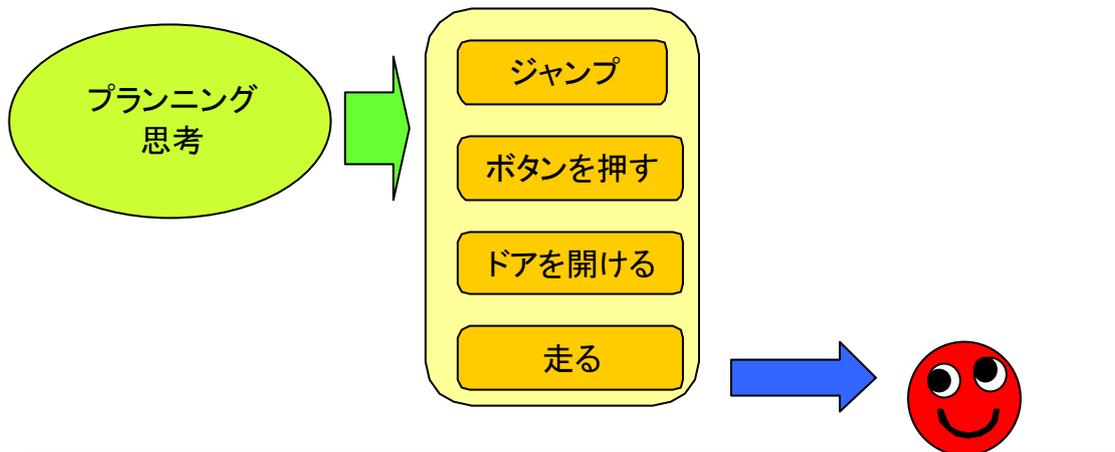


図 3.3-04 簡単なプランニングの概念

行動のシーケンスをキューのリストなどで持つ。この簡単な概念が次世代 AI ではキーとなる重要なコンセプトとなる。

3.3.2 空間と移動、及びオブジェクトの使用

次に空間である。空間的な能力には 2 種類の能力がある。即ち、

- ① 移動能力（グローバルなトポロジー（地形、オブジェクト）の利用）
- ② オブジェクトを利用（ローカルなトポロジーの利用）

移動能力とは、ゲーム世界の中で、最適な経路を探索し実際に移動できる能力を指し、次世代に入ってますます一般的な機能として AI に導入されている能力である。移動の機能は、領域やウェイポイント、ナビゲーション・メッシュのような移動のための補助データを活用することで可能となる。ここで、AI の移動能力の歴史を俯瞰する。

(1) 初期のキャラクター移動

初期のデジタルゲームにおけるキャラクターにおいては、移動というよりは、キャラクターは指定した動きを行うことで動かされていた。例えば、「右に速度 3 で 4 回動き、次に、左に速度 3 で 4 回動け」などである。見掛け上移動であるが、自律的に移動していたわけではなく、舞台装置の一つであった。

(2) 固定領域法

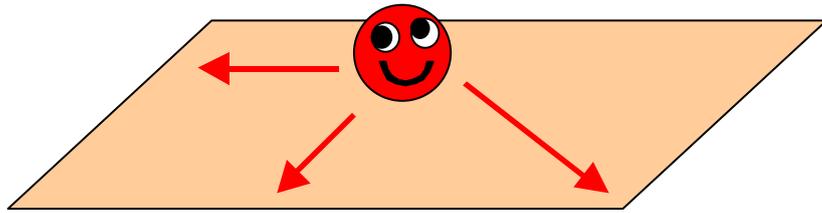
キャラクターの移動が許される障害物が含まれないことが領域を指定する。その領域内では、どのようにでもキャラクターを動かすことができる。

(3) 固定パス法

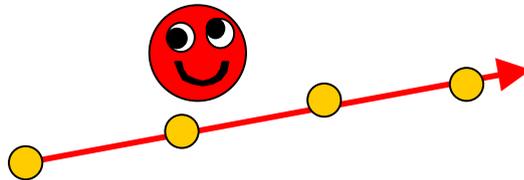
固定領域法では、単純な図形しか指定できないので、長距離の入り組んだマップの移動には向いていない。そこで、ポイントや領域の集合からなるパスデータを設定して、順番にその領域やポイントを辿ることで移動を行う。

(4) パス検索法

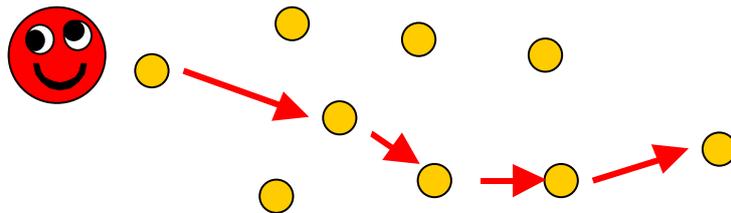
移動したいパスに対して領域を設定するのではなく、任意のポイント間の移動を実現するためには、マップ全体に移動の指標となるデータを敷き、そのデータ上で、パス検索を行う必要がある。その要素としては、ウェイポイント、ナビゲーション・メッシュが存在する。



固定領域法	利点と欠点
<p>凸多角形の中では、任意の点から任意の点への移動が可能である。そこで、あるキャラクターに対して1つの凸多角形を割り当て、行動領域を限定した上で移動の自由を許す方法である。</p>	<p>直感的で簡単な方法。領域が限られる。広い領域を取ろうとすると逆にレベルデザインを制限することになる。また、領域の微調整が必要になる。</p>



固定パス法	利点と欠点
<p>固定したパスを幾つか用意して、そのパスに沿った経路だけを移動することを許す方法。</p>	<p>移動距離自体は長くなるが、経路が予測されやすい。また、データを手で作り込む必要があつて製作時間がかかる。経路が予測されやすい。</p>



パス検索法	利点と欠点
<p>ウェイポイントやナビゲーションメッシュをマップ全体に敷き詰めて、リアルタイムに任意の点から任意の点へのパスを計算(主にA*法)に寄って求める方法。テーブルを用いたワーシャルフロイド法もある。</p>	<p>ゲーム内で任意の点と点の間を移動することが可能になる。データをマップ全体に渡って準備する必要がある。A*の計算量や特徴について理解して使う必要がある。</p>

図 3.3-05 キャラクターの移動手法と利点・欠点

パスデータ上に詳細な地形情報を埋め込んで行くことで、より高度な行動を取ることが可能となる。世界表現を詳細にすることで、NPC により高度な行動を取らせることが可能になる。

次に、オブジェクトを使う能力、簡単に言えば道具を使う能力である。野生動物の例にもれず、道具を巧みに使う AI はユーザーに新鮮な驚きを与える。例えば、オブジェクトをユーザーからの遮蔽物として使って「隠れる」能力や、またクレーンや落とし穴などゲーム世界内のギミックを使って「ユーザーに攻撃を仕掛ける」能力など、オブジェクトを状況に応じて使う能力である。こういった行動には、知識表現と共に、行動を制御する部分において**有限状態マシン (FSM)** で工夫するアプローチなどが考えられる。

この章では、具体的にキャラクターAI を作成する過程を解説する。開発者の思考を追体験することで、ゲーム AI の製作工程を理解することを目的とする。前章で解説したエージェント・アーキテクチャが全ての基礎となっている。また、年代順に技術を解説するので、キャラクターAI の発展の歴史を追って理解することができる。

これから説明するゲームは殆どが FPS のゲームの AI であるが、その事実は解説する技術が FPS だけに使えることを意味しない。AI 技術はそれが高度に抽象的な技術であればあるほど広い応用を持つのである。これからの開発へ向けて広い視野を持ってゲームへの応用を想定して読んで頂きたい。

3.4 「Killzone」(Guerilla, 2001) [GDC2001 技術発表]

『Killzone』(Guerilla,2001 PlayStation 2) は、広大なオープン (野外) 或いは室内フィールド、或いはその混在フィールドで、チーム戦 (プレイヤーはその一人となる)、或いは、集団の中のサバイバル戦を戦う FPS である。競争の激しい FPS の分野において、新規タイトルとしてミリオンセラーを獲得した。このゲームの特徴は、フィールド内を AI もプレイヤーも自由に駆け巡りながら戦うという点である。また、視界が遠くまで開けたマップが多いのも特徴である。従来の FPS 分野のパターンは、室内で、見通しのよくない場所でエイリアンのようなキャラクターがプレイヤーを襲うというシチュエーションだが、『Killzone』においては敵は人間だけでプレイヤーと全く同じ条件で戦う。

『Killzone』の AI が目指したことは NPC が戦況に応じて最適な位置取りを行う「戦術的位置取り」である[11] [12,13]。複数の敵軍の位置と射線を考慮に入れながら、自分が有利になる移動ポイントと移動経路を導く。

まず発想の原点として、「戦術的位置取り」の問題はとてもチェスのアルゴリズムに似ているという点から出発する。チェスのアルゴリズムには、次に自分の駒が移動できるポイントの候補の中から最も評価値の高い場所を選択し移動するという手法がある。当然、敵の駒が「効いている」場所の評価値は低くなるように評価関数を設定する。この「効き」はFPSでは敵軍の射線に相当する。

Figure 2 Position evaluations shooter game AI and in chess AI.

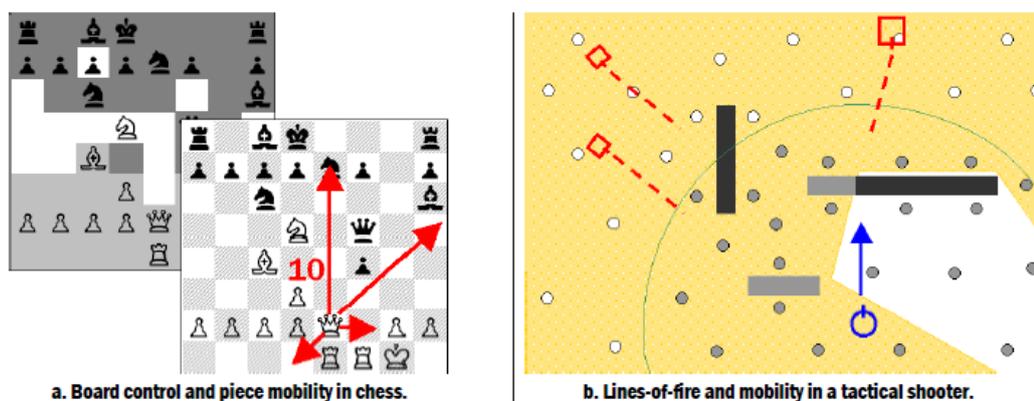


図 3.4-01 チェスのアルゴリズムと『Killzone』のアルゴリズムの比較[11]

さてチェスでは勿論マス目が碁盤の目状に切られているが、FPSの舞台ではそうではない。しかし、AIの移動用にウェイポイントが全マップに敷き詰められている。そこで、このウェイポイントの各点がその時点で戦術的に優れた位置であることを評価し点数をつけることで、次にAIが移動すべきポイントを選択するという方法を考案する。

ウェイポイントがパス検索において必要とされる情報は、隣接するポイントへの参照情報と座標情報でしかない。もし、その情報だけから、あるウェイポイントがAIの移動に適しているかを判断するにはどのようにすればよいだろうか？ まず、そのポイントが敵の射程内かどうか、敵の射線が通るかどうか、また、敵が見えているかどうか、などを、そのポイントから敵の位置までの仮想的なラインを引いて途中でオブジェクトと衝突するかどうかの判定(Line-of-sight判定、LOS判定)を行わなければならない。この計算負荷はある程度の数になるとかなり高い。ゲーム進行中で多数回行うことは大きな実行負荷をプログラムにかける可能性がある。また、キャラクターが増えれば増えるほど負荷がそのまま比例増大し、AIの設計としてもたいへん見通しが大変悪い。そこで、こういったアルゴリズムはもっと軽く済ます必要がある。

『Killzone』が取ったアプローチは、視線情報はオフラインで大雑把に計算した情報をウェイポイントに埋め込んでおく、という方法である。具体的には、各ウェイポイントに対して 8 方向にどれだ視線を伸ばすことができるか、という情報を（立った状態と座った状態に対して）計算し、その情報をウェイポイントに付与しておく。ゲーム内では、

- ① 最寄のポイントからあるポイントに射線が通るかどうかは、実際の距離が、事前に計算したその方角に対する距離より短いことで判定する（念のためお互いのポイントから相互に判定して、and を取る）。
- ② 敵のポイントから自分の位置が見えないかどうか（隠れることができるかどうか）は、実際の距離が事前に計算した可視距離より長いことで判定する（念のためお互いのポイントから相互に判定して or を取る）。

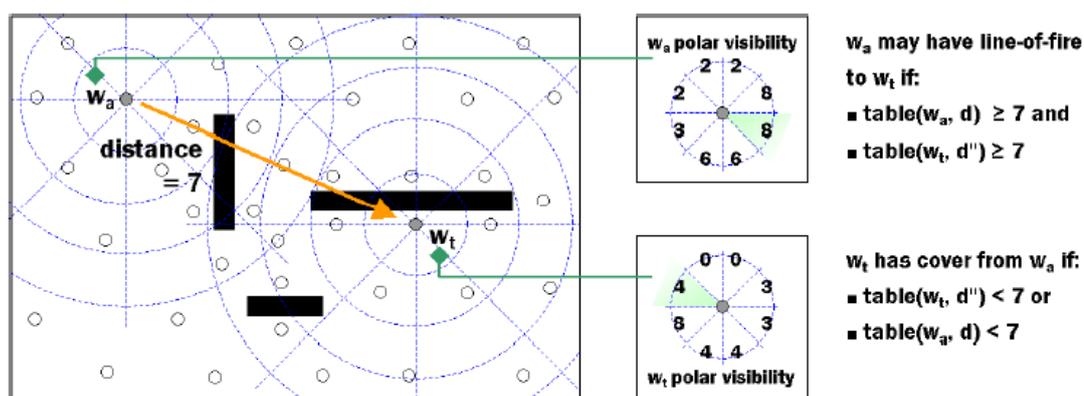


図 3.4-02 『Killzone』 の LOS 事前計算の結果をウェイポイントに埋め込んでおく方法[11]

8 方向に対して LOS の最大値を事前に計算しておく。その情報を用いて、簡単な計算で、「射線計算」「隠れる判定」を行う。8 方向だからアバウトというわけではない。キャラクターは常に移動しているので、逆にこれぐらいの粒度で十分であるという考えである。精度を上げれば（例えば 64 方向）では、それだけ正確になるが、精度に依存した AI は、微細な誤差や敵の急激な運動に弱くなることもある。なので、少々敵が動こうが、誤差があろうが、AI として健全に動くシステムを作る、これを「ロバストな AI」いう。

この手法の欠点は、まず 8 方向に限定しているために、その時点で情報が簡略化されているということである。そして、その上のアルゴリズムはさらに簡略化されたものである。そして、この手法の美点は圧倒的に処理が軽い点にある。

では、より精密に、極限的に射線計算をリアルタイムに計算すれば AI の精度が上がるだろうか？ 実は事はそれほど簡単ではない。細密な計算をすれば、その時点で射線が通っているかどうかを確実に判定することが出来る。しかし、キャラクターは常に移動し

ているので、その時点で判定するよりは、実は大雑把でもある幅を持って予想した方がよい、と『Killzone』の開発は考える。つまり、ある程度の誤差が出ても状況を大まかにつかみ続けることができるシステムを構築することを目指す、これを「ロバストなシステム」という。このロバストという考え方は一般的にAIを構築する上で大変重要な概念である。精密で少しの誤差で不安定に陥るよりも、ある程度の粒度で確実なシステムを作る、というアプローチは、現実世界のような誤差を含まざるを得ないシステムでは、そして、ゲームAIにとっても大切である。

この簡単な仕掛けが、『Killzone』で大きな威力を発揮するのを見るために、ある状況に対してAIが最適な位置を検出する例において、アルゴリズムを紹介する（図 3.4-03 参照）。

[状況] (図 a) AI (右下) が、左の 2 体の敵の射線を避けながら右上敵を攻撃できるポイントへ移動したい。

Step1. (図 b) 自分を中心に一定半径内の候補となるポイントをピックアップする。
近いほど評価値は高い。

Step2. (図 c) 右上敵に対して射線が通るポイントに評価値を与える。

Step3. (図 d) 左敵 2 体の射線から身を隠せる場所に評価値を与える。

Step4. (図 e) 右上敵から同心円を描き、その敵に対する最適攻撃領域に入っているポイントに評価値を与える。

Step5. 上記の全評価点がある重みをつけて足し合わせて、最も高い評価値を持つポイントへ移動する。

ここで注意すべきことは、上記で説明した本来処理の重たい射線計算が軽く済ますことができるために、射線計算を多数回、利用していることである。このアルゴリズムは軽い射線計算があって初めて実用的な方法なのである。

Figure 3 Tactical position picking to attack a threat. The AI wants to move to a position providing a line-of-fire to the primary threat, cover from the two secondary threats, preferably with partial cover from the primary threat and within the preferred fighting range of the threat. The best position to move to is computed in five steps.

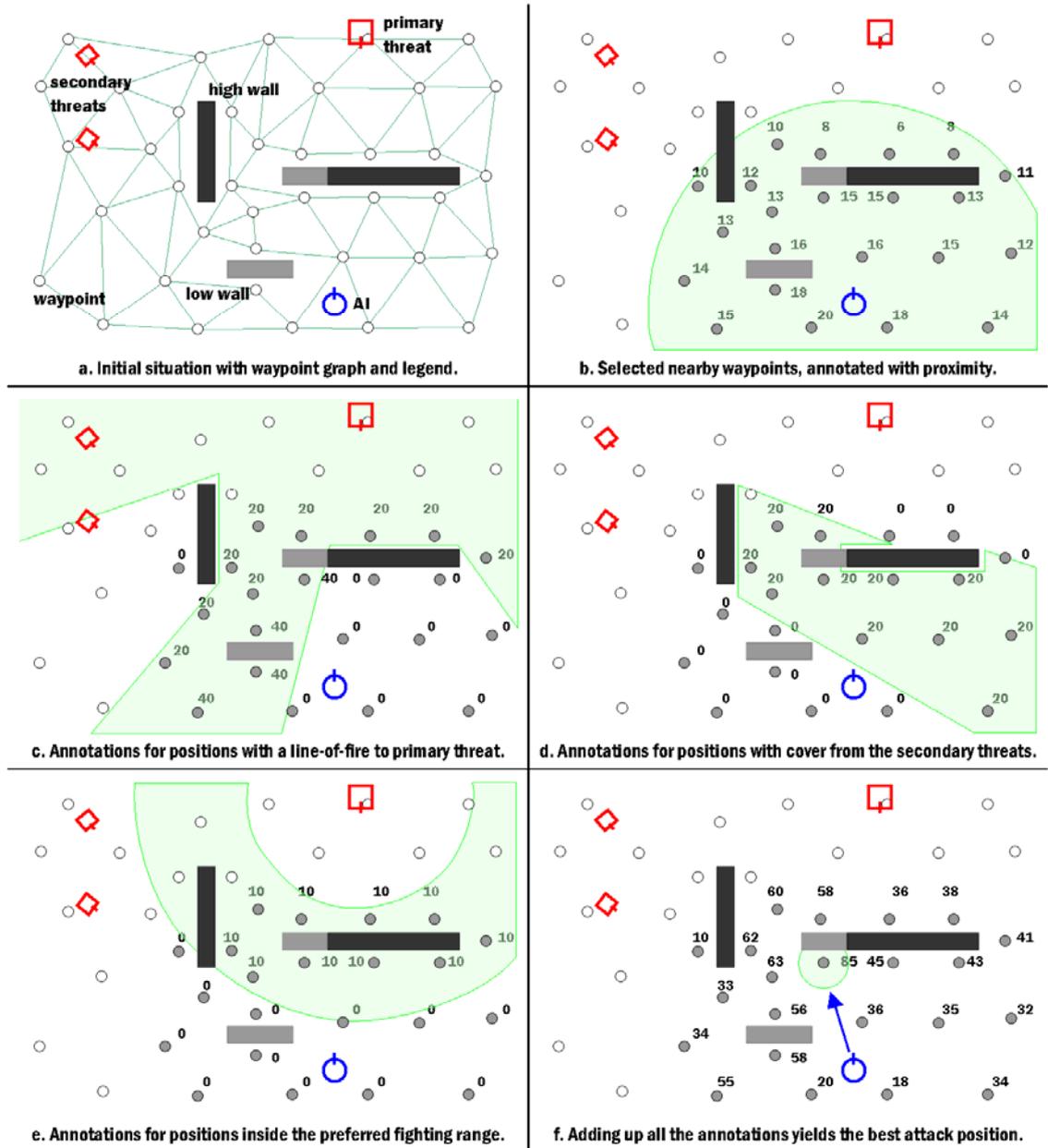


図 3.4-03 Killzone における世界表現を用いた戦術位置検出アルゴリズム[11]

ここまでは当初、想定した応用である。ところが、『Killzone』では、さらにこの方法を推し進めて、上記のアルゴリズムを敵側の想定してプレイヤーや敵の移動位置の予測を行うことができるように発展させた（図 3.4-04 参照）。

【状況】 右側にいる NPC が、左側に隠れている敵に威嚇射撃をかけたい。

Step1. (図 a) 敵 (左) を中心に一定半径内の候補となるポイントをピックアップする。

Step2. (図 b) 自分 (右) から射線が通るポイントに評価値を与える。

Step3. (図 c) 射線から身を隠せる場所に評価値を与える。

Step4. (図 d,e,f) 上記の総合評価値が 40 以上のポイントをピックアップして、方向を定めて弾を撃つ。

『Killzone』における AI 開発のポイント

世界表現を準備することで、地形情報の詳細を簡単に利用できる形でデータ化した。

- ゲーム内ではなく、開発段階で行える計算は事前に計算しデータ化した。
- 作り上げたアルゴリズムで相手の移動予測を行い「威嚇攻撃」など卓越した機能を追加した。
- キャラクターは常に移動するものであって、評価値を細密化することなく大胆に簡略化することで、計算負荷を削減した。

このように、世界表現を工夫し事前情報を詳細に準備し、その上にアルゴリズムを組み上げることで、高度な AI の行動を実現することが可能となる。

Figure 7 Suppression fire: computing the target positions to fire at in order to pin down the hidden threat.

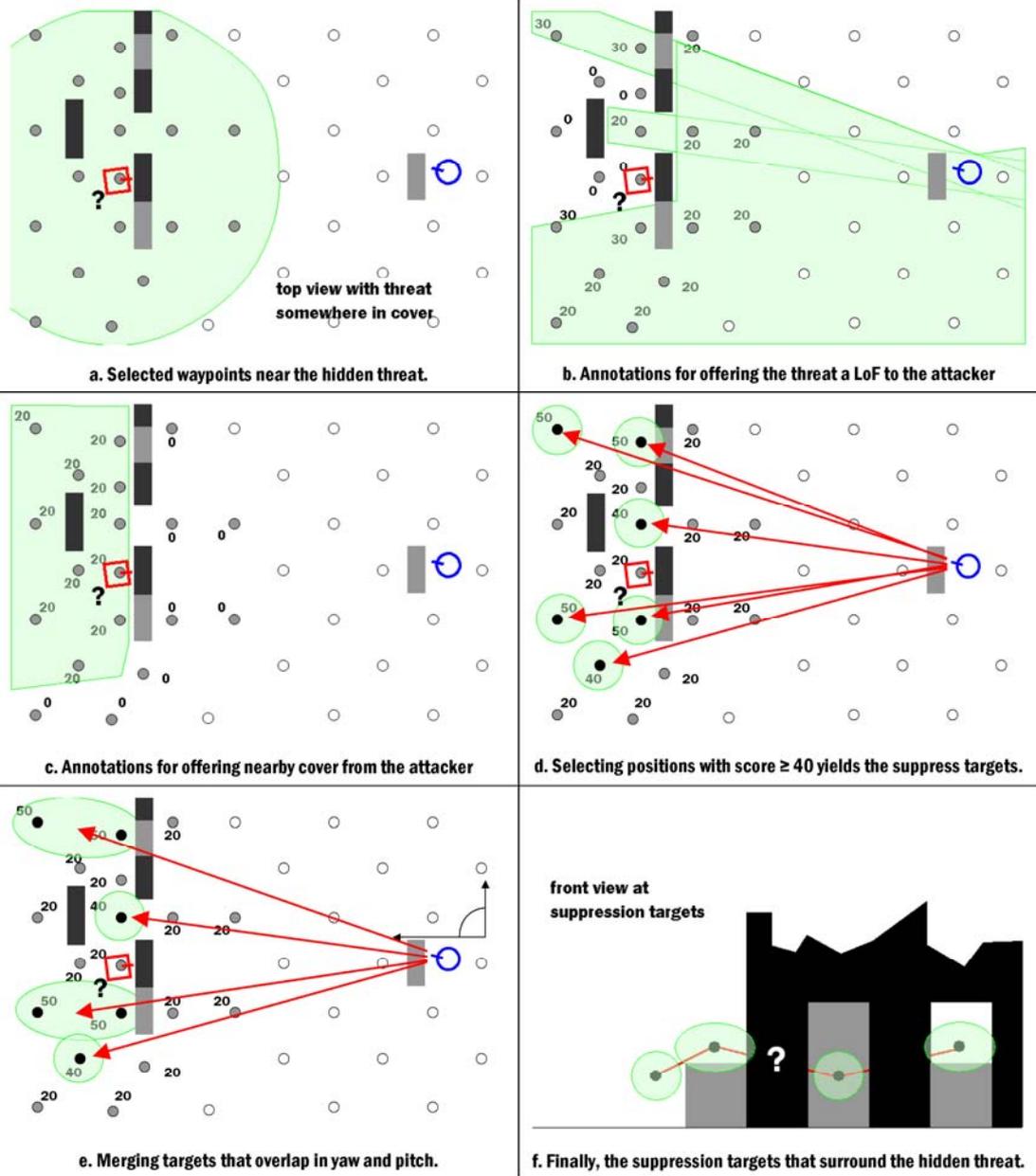


図 3.4-04 Killzone における「威嚇射撃」のアルゴリズム[11]

3.5 Halo (Bungie, 2002) [GDC2002 技術発表]

『Halo』は既に世界で最も有名なFPSであるが、勿論、最初のシリーズが出るまではそうでなかった。『Halo』は、これまでの洋ゲー（海外ゲーム）と異なり丁寧でわかりやすいゲームの作りで多くのファンを獲得した。また、キャラクターAIも丁寧に作りこまれている。その特徴を端的に表すと「優秀で愛嬌がある」。つまり、技術的に優れていて演出も丁寧に織り込まれている。

3.5.1 キャラクターAI

『Halo』のキャラクターAIの特徴は、キャラクターが周囲のオブジェクトと状況を認識して行動する、という点である。例えば、オブジェクトを遮蔽物として使用する、プレイヤーの前進に対して後退しながら隠れて物陰から銃を撃つ、といった行動をする。演出という面では、味方AIからは、状況に応じたセリフが通信を通して送られて来ることで、感情が演出される。こういった点はどうでもよいように思うが、AIの頭脳というのはいくら賢くしても、それを直接伝えることはできないため、実際、演出の方が安価でユーザーに対する効果が高い（もちろん、それはAIをきっちり作りこんだ後の話である）。HaloのAIのもう一つの特徴は、それほど長い距離をAIが移動しないことである。つまり、少なくとも2~3の部屋しか移動することはなく、逆に狭い領域を如何に利用して戦闘するかに主眼が置かれている。

そこで『Halo』のAI開発者が最初に目指したものは、敵AIの感情がプレイヤーにきちんと伝わるようにしようということであった[8]。そこで当初は、まず感情パラメータをファジーシステムによって変動させ行動へ反映させるという仕組みを構築しようとした。しかし、この試みはうまく行かなかった。ユーザーにはキャラクターの感情の変化がうまく伝わらなかったのである。これはゲームAIにつきまとう内部モデルと表現の問題を示唆している。キャラクターAIの内部状態は、アドベンチャーゲームであるように、感情指数が数値として見えるようにするわけではないなら、現実には直接表現されない。それは行動を通してしか表現されない。そこで、内部の感情指数の変動によって行動を決定しても、プレイヤーがその行動を自然であると納得することが出来ない。ゲーム世界におけるユーザーの視点を納得させることができることと、AIの内部モデルの間には多層的な壁がある。

そこから方向転換をして、Halo AIの開発は舵を変えて、イベント駆動型のAIを作成することにした。イベント駆動型のAIとは、ゲーム世界に起こったイベント「味方がやられた」「敵が撃って来た」などに対して反応を起こすAIの組み方である。こうしたイベ

ントはユーザーとAIが共有できる情報であるから、ユーザーはイベントをトリガーとして生成されるAIの行動を納得して受け入れることができるようになる。

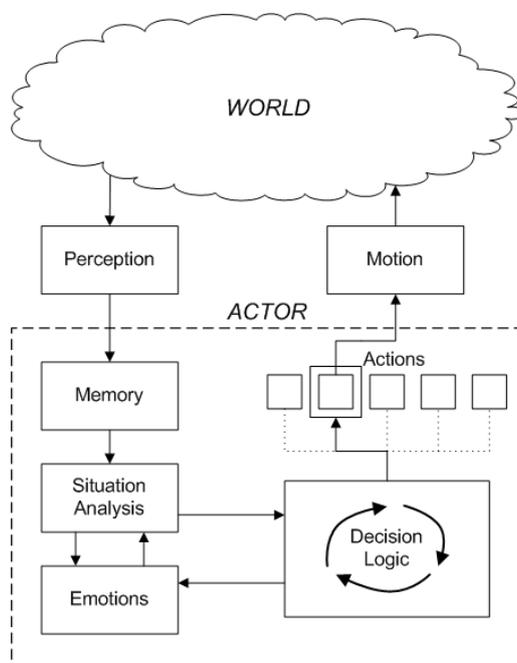


図 3.5-01 Halo AI のエージェント・アーキテクチャ[8]

世界と知能部分が、センサーとエフェクタを介して明確に分離されている。感覚は一端メモリに格納され、その情報をもとに、世界で起こっているイベントが判定される。その情報は意思決定機関へ渡され、行動選択が為される。ダイアグラムの矢印の向きを見ればわかるように感情は、行動には影響を及ぼさず、演出で使用される。

また、『Halo』はエージェント・アーキテクチャを採用している。世界から情報を受け取り、状況を解析し、特にどのようなイベントが起こっているかを抽出し、意思決定思考（Decision Logic）へと情報を渡すモデルである。意思決定思考は、キャラクターごとにスクリプトでカスタマイズされ、アクションを選択する機能を持つ。

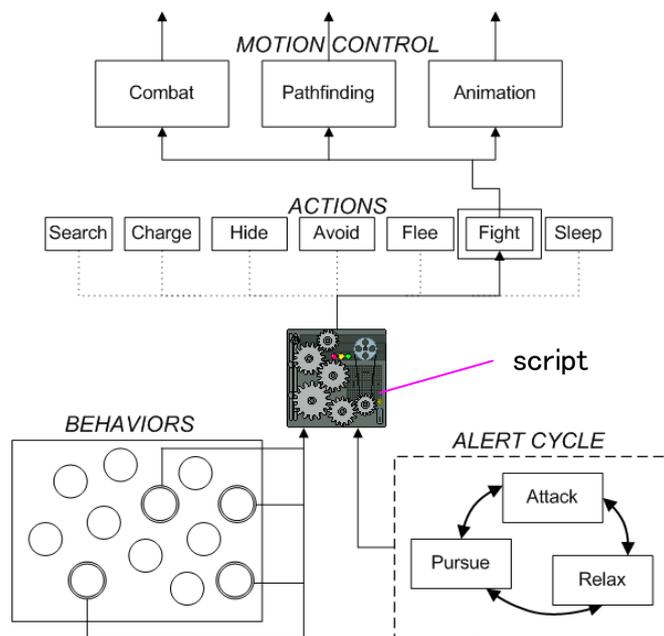


図 3.5-02 『Halo』 の意思決定ロジックの中身[8]

実行可能な振る舞い（BEHAVIORS）と状況認識 FSM の情報をもとに、キャラクター、ステージごとのスクリプトによって行動選択が決定される。

3.5.2 世界表現

次に『Halo』における空間の使い方を解説する。Halo の NPC は Squad の小グループに分かれている。デザイナーはレベルデザイン上にグループ化した戦闘ポイント（Firing Point）を置く。戦闘ポイントは幾つかのクラスター（ポイントからなる集合）に分けられて登録されている。Squad はこの一つのクラスターを割り当てられることで位置取りを行う。Squad の各メンバーがポイント群の中のどの点に位置取るかは、各メンバーの意思決定に任されている。

Squad 内では各 AI が選択したアクションによってポイント群内の位置を決定する。例えば「Cover」（隠れる）を選択した場合、候補となるポイントと敵位置から、LOS 判定をして射線を通ってないポイントを選択して移動する。実際、この計算が『Killzone』では工夫され軽くなっていた部分なのであるが、Halo ではまともに計算するために、全 AI の負荷の 60% を占めている。クラスター内の移動やカバーリング（隠れる）は低レベルのアルゴリズムで自動的に行われる。

Squad の移動はこのクラスターの割り当てを変更することで行うことができるが、これは多くの場合、定義されたゲーム状態の条件によって自動的に後退や前進が行われる。

特別な Squad 移動が必要な場合、デザイナーはクラスターの割り当ての変化をスクリプトによって指定することができる。



図 3.5-03 レベルデザイン内に敷かれた戦闘ポイント[14]

いくつかはグルーピングされている。各 Squad(チームのこと)には、一つのグループが割り当てられる。例えば緑色の戦闘ポイントを指定されれば、緑色のポイントの中で、自律した思考で動く。戦局が変わると、例えば、黄色の戦闘ポイントへ指定が変わり、後退して戦う。より、詳細な制御は、スクリプトを通して指定できるようになっている。



図 3.5-04 各エージェントが自分の戦術位置を選ぶ様子[14]

指定された戦闘ポイント群（ここでは緑色）に対して、敵からの射線が通っているか全て計算を行う。

このように Halo AI の特徴は、

- ① 各エージェントは **squad** に属する。
- ② **Squad** には戦闘ポイント群が割り当てられる。
- ③ **Squad** メンバーは自身の思考でポイント群内で位置取りと行動を決定する。
- ④ 簡単なスクリプト・ロジックが **Squad** に割り当てるポイント群を切り替えて移動させる。

である。

各 AI はエージェント・アーキテクチャをととしての構造の上に構築されており、**Squad** は簡単なロジックやスクリプトで移動が定義されている（前進、留まる、撤退）。あるポイント群を割り当てられた **Squad** 内の各エージェントは、自身の思考によって位置取りを行う。この **Squad** と個体 AI の二重の制御が、Halo シリーズ（1, 2, 3）を通しての特徴となって行く。

『Halo』における AI 開発のポイント

- エージェントモデルの採用
- 感情モデルの失敗からイベント駆動型への移行
- 狭い領域でポイント群をデザイナーによって手動設定し **Squad** の移動を制御する。
- **Squad** 制御と個体 AI 思考の二重性
- 会話による演出

3.6 Halo2 (Bungie,2004) [GDC2005 技術発表]

Halo AI は当時としてはエージェント・アーキテクチャの基本技術を要したシステムと、チーム制御を兼ね備えた高度な AI であった。またユーザーからも AI に対する支持が得られていたが、問題となったのは、開発工程でステージと敵の各種族ごとにスクリプトを書く必要があったことである。このスクリプトがどのようなものであったかは公開されていないが複雑なものであったのだろう。AI 開発に、新しく MIT のメディアラボから Damian Isla が参加し、Halo2 の開発のために AI のシステムは一から作り直されることとなった。一つの成功に留まらず、こうした技術革新をくり返すところに、これ以降の各分野における Halo の技術的発展の真髄を伺い知ることが出来る。

Halo2 の目指したところは、Halo において各ステージごとに、

- ① ストーリー
- ② 種族
- ③ その場に合った行動

という特徴を、スクリプトで記述して様々な AI を構築していたところを、ある統一的なシステムを構築し、そのバリエーションとして実現したい、というところにあった。つまり、統一システムの設定を変えるだけで、様々な AI を実現できるシステムを目指したわけである。

3.6.1 スクリプトからシステムへ

では Halo のオリジナルシステムが抱えていたスクリプトにおける問題とは何だろうか？ ロジックによって AI の行動を選択する、というシステムは一見単純であるが、以下のような点を、全てのステージで記述する必要に迫られる。

表 3.6-01 Halo のオリジナルシステムが抱えていたスクリプトにおける問題

行動の制約の問題	例えば、運転しながら銃を撃つことはできない。また種族ごとに選択できる行動が異なる。
行動のタイミングの問題	例えば、一つの行動が終わる前に次の行動を指定すると、ある場合には一つの領域や敵との接触において前進したり後退したりすることになる（制御領域の境界や、キャラクターに挟まれた AI がぶるぶるするという問題は AI の開発ではよく見られる）。
行動の常識	例えば、車から出るためには、ドアを開ける前に立ち上がる動作が必要など、人間なら当然の問題を AI には指定しなければならない。
賢明な行動	例えば、敵が自分を撃とうとしているなら、自分と敵の間にある障害物を探して隠れる必要がある。

行動レベルの複雑さを解消するために、上記の知識がルールとして埋め込まれたシステムを構築したい。Halo2 では、階層的な有限状態マシン (HFSM) 形式の Behavior Graph を採用した。行動を要素とする 一方向非循環グラフ (Directed Acyclic graph, DAG) である [10] [14] [6]。

DAG 型の HFSM の特徴は、

- ① 上層から下層（左から右）に向かって状態の粒度が階層的にスケーリングされていること。つまり、左端が最も大きな状態であって、右に行くほど細かい状態となっている。例えば、「Vehicle fight」という状態の下に含まれる状態には、「車における戦闘状態」だけを限定して考慮すればよく見通しがよい。
- ② 一方向であるがゆえに通常の FSM のように、遷移条件でがんじがらめにならない。（ゲーム AI の開発では最近、ゲームがある複雑さを超えると FSM も複雑になり、拡張性とメンテナンス性を失うので、別の方法を模索する傾向にある）
- ③ モジュール性。一つ一つの単位が独立している。

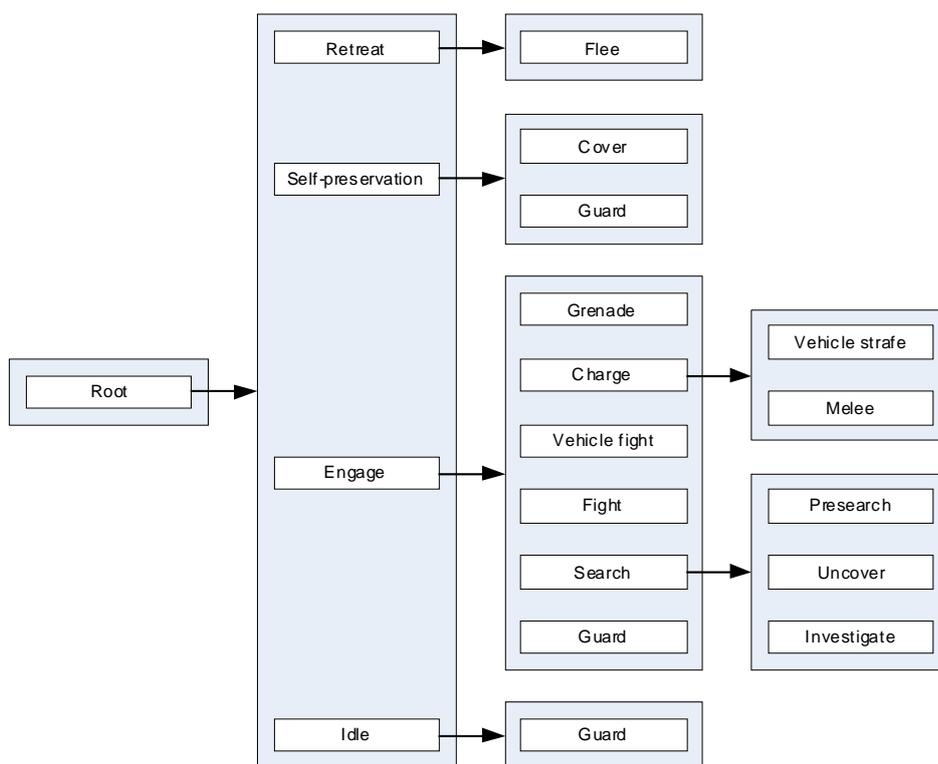


図 3.6-01 『Halo2』における階層型有限状態マシン(HFSM, heuristic FSM) [6]

一方向にしか伸びていないので形式としては非循環グラフ（Directed Acyclic Graph, DAG）である。簡単に、振る舞いグラフ（Behavior Graph）とも呼ばれる。左から右へ状況が「分類」されて「階層化」される。

このシステムがどのように、先に述べたような問題をどのように解決するかを解説する。

(1) 行動の制約の問題

各振舞い (behavior) には、それが実行できる条件が記述されている。各behaviorは自身の実行条件が満たされない場合はオフになり、AIはその行動を選択することができなくなる。このように、各behaviorは自身が実行条件を定期的に判定して自律的にアクティブか非アクティブかを決定し状態を変えることで、AIの思考は非常に単純化される (各behaviorは自身の実行条件を持ち、ビヘイビア自身が自身のオン・オフを決定するという発想は『Halo3』のAIに引き継がれることとなる)。

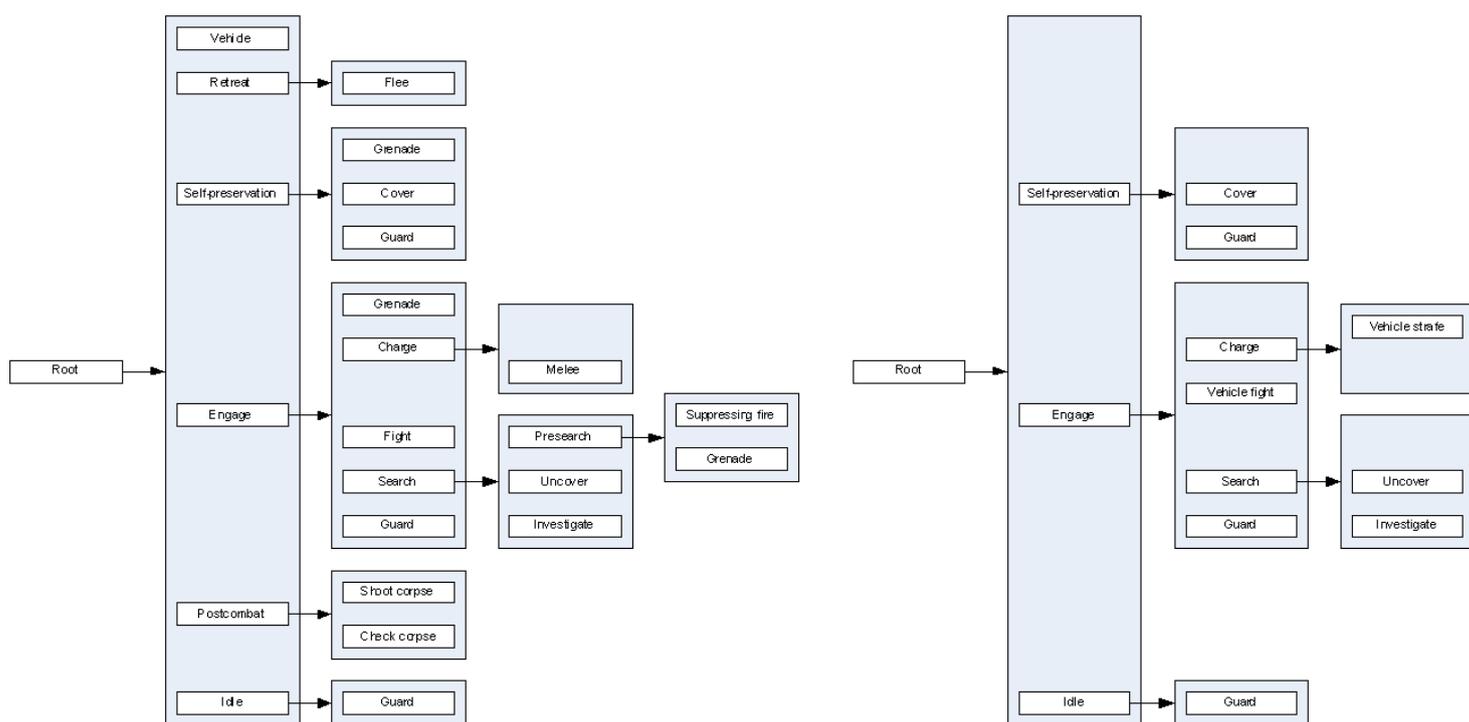


図 3.6-02 状況によって変化する HFSM [6]

各ビヘイビアは、自身の判定要素によってオン・オフの状態を変える。オフになったビヘイビアを除くと、このように変化しているのがよくわかる。

HFSM の各層における状態の中からどの状態を選択するというアプローチは二つ考えられる。

- (a) 親ノードがロジックによって子ノードの何れかを選ぶ。
- (b) 子ノードの自己評価値によって最高値のノードが選択される。

『Halo2』では、ノードの数が多いと条件が煩雑になるため(b)のアプローチを取る。このモデルを子ノード競合モデル (child-competitive decision model) という。同一グル

ープ内でも、子ノードの優先順序がある。例えば、プレイヤーが車に乗っている場合、「戦闘する」という行動より「車に乗り込む」という行動は優先されるように作りたい。評価値をうまく操って、プレイヤーが車に乗っているときにのみ、評価値が高くなるように工夫することも出来るが、パラメーター調整がトリッキーであり、また子ノードの数が増えるたびに微調整が必要であるから、『Halo2』では以下のようなシンプルなアプローチを取る。

- ① 子ノードにプライオリティーをつけて、高いプライオリティーから順番に評価値を計算する。
- ② 実行可能な行動が見つかった時点で、その行動を実行候補とする（つまりアクティブな行動の中でプライオリティーが最高のもを常に選択する）。
- ③ 実行候補が、現在、実行している行動よりプライオリティーの高い行動があった場合のみ、インタラプトして行動を切り替える。

例えば、「車に乗り込む」は通常、プレイヤーが車に乗っていない限りオフなので無視されているが、プレイヤーが車に乗り込んだ場合、選択可能になり、かつ高いプライオリティーを持つので、それよりプライオリティーの低い「戦う」が実行中であるとすればインタラプトすることになる。

(2) 種族ごとの行動の制約

次に各種族ごとの行動の制約という課題の解決としては、HFSM のダイアグラムを、一つの共通ダイアグラムの上に各種族ごとに追加モジュールを追加して使用する。これは、モジュール単位(部品単位)で HFSM が構成されている拡張性を利用した形である。

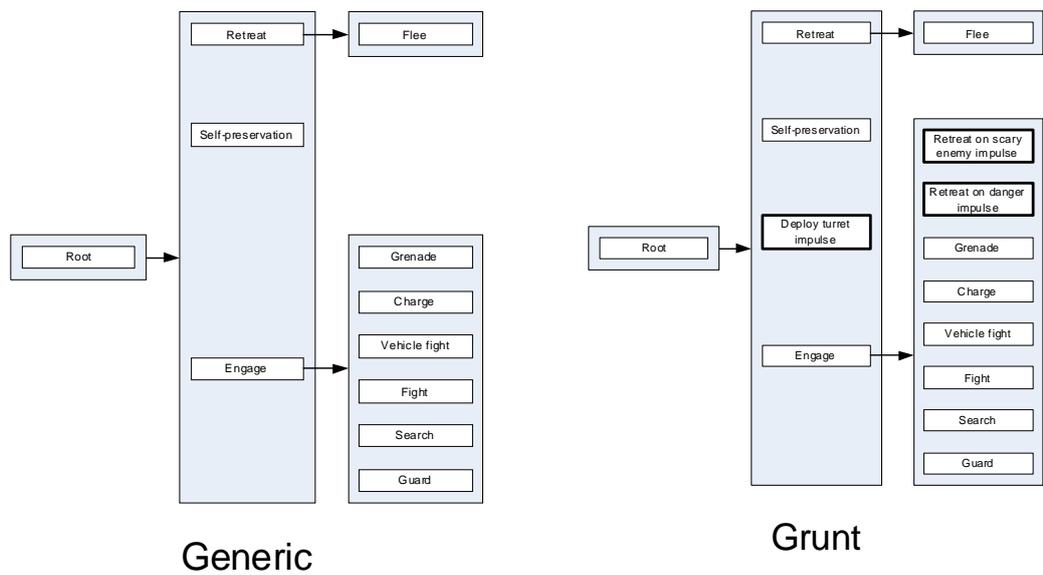


図 3.6-03 種族によって拡張された HFSM[6] 左が一般の、右が Grunt(種族の名前)の HFSM

このような仕組みの上で、AI は状況に適した一つの行動を選択する。

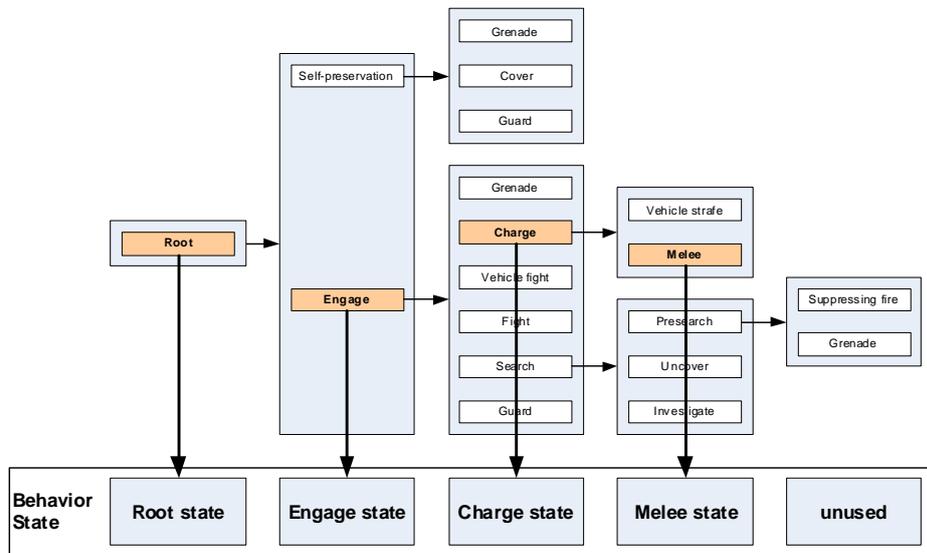


図 3.6-04 HFSM から一つの行動が産出される様子[6] 非常にシンプルである。

3.6.2 Squadの制御

最期に、Squad の制御について解説する。『Halo』においては、Squad があるポジション群に配置された後は各エージェントが自律した思考によって行動と立ち位置を決定(選択)した。『Halo2』では、より強い形で Squad の全体の行動を制御する「Style&Order」という独自の手法が実装されている。

『Halo2』においても、ポジション（エリア）群の集合が定義されゾーン（Halo では便宜上クラスターと呼ぶことにしていた）と呼ばれている。各ゾーンにはそこで許される行動から構成された HFSM が定義されている。これをスタイルと呼ぶ。スタイルに含まれない行動を取ることはできないので、このスタイルがそのゾーンでの Squad 全体の行動を特徴付けることになる。また、ゾーン間には、Squad の移動条件が定義され、条件がトリガーされると、前後のゾーンへ集団で移動する仕組みになっている。この二つの仕組みによって、Squad は集団として意図の明確な行動を取ることが出来るようになる。このスタイルは、ゲームデザイナーがマウスでチェックボックスを操作することで、簡単に作る事が出来る。

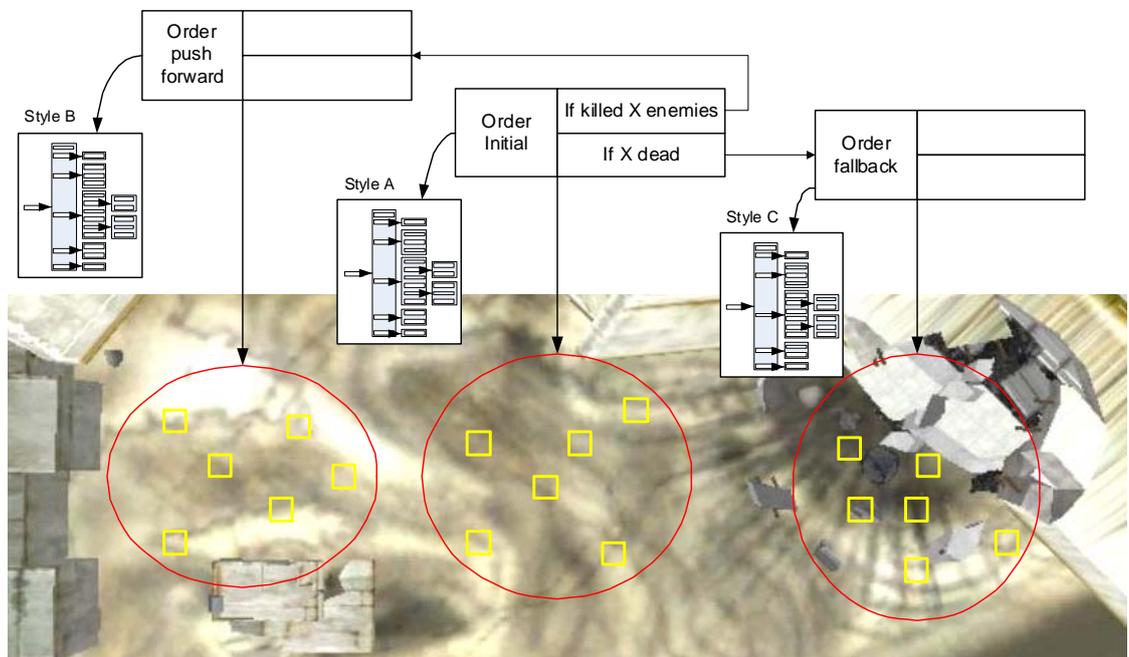


図 3.6-05 Style & Order による Squad 制御の原理[10]

グループ化されたポジションをゾーンと呼ぶ。ゾーンにはそこで許される行動を指定した HFSM が定義されている。これを Style と呼ぶ（行動のスタイルを定義しているから）。次に、各ゾーン間には、遷移条件が指定されている。例えば、「もし敵を 3 体やっつけたら前進」などである。つまり、ゾーンにおいて指定した戦い方を Style で定義し、Squad としての行動を Order で定義する。

(1) 『Halo2』におけるAI開発のポイント

- ① DAG形式のBehavior treeのHFSSMを採用する。
- ② 行動選択をプライオリティ付き子ノード競合形式とする。
- ③ ゾーンにスタイルと呼ばれるHFSSMを対応させ、さらにゾーン間にはOrderと呼ばれる遷移条件を定義して、Squadのチーム行動をカスタマイズできるシステム「Style&Order」を作る。

3.7 C4アーキテクチャ(MITメディアラボ)[GDC2001]

C4アーキテクチャは、MIT Media Laboratory（昨年の報告書参照）のSynthetic Characters Group[15]が「デジタル世界における生物の知能を再構成する」という研究における研究成果の一つであり、エージェント・アーキテクチャの一つである[16,17]。このグループには、上記のHalo2の解説者であるDamian Islaも参加していたが、Halo2のアーキテクチャにそのまま採用されてはいない。次節で解説を行うF.E.A.R.のAIのアーキテクチャはこのC4アーキテクチャを発展させた形で継承している。

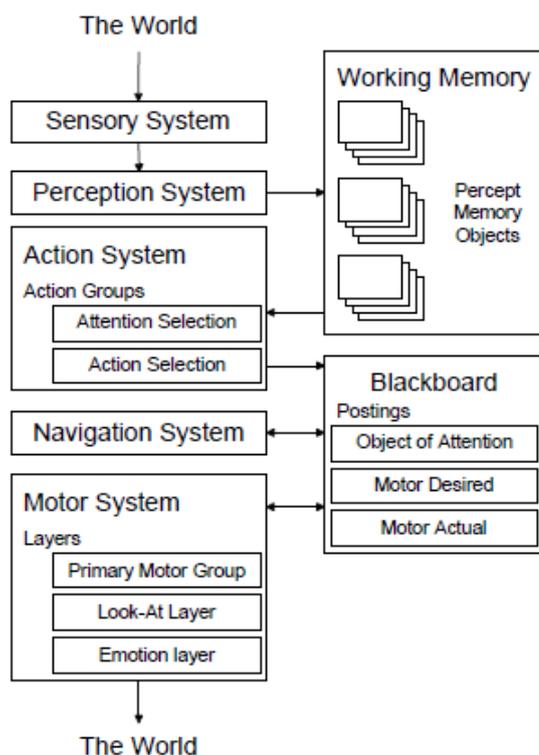


図 3.7-01 C4 アーキテクチャ[16]

MIT Media Laboratory の Synthetic Character Group が提案したエージェント・アーキテクチャ。C4 の C は Cognitive の C、試行錯誤の後の 4 つ目のモデル。特徴はまず全ての記憶が一定の形式で記憶（Working Memory）によって蓄積されるという点、そしてテンポラリーな行動計画はブラックボードに記述される点、学習機能を持つ点などである。

C4 アーキテクチャはゲームの特化して指向されたアーキテクチャではなく、より一般的な「デジタル空間内の生物の知能モデル」の研究成果である。その特徴は、

- ① 学習によって認識能力が向上すること。
- ② 世界からの認識は全て視点から見た画像情報や、ユーザーからマイクを通して得た音声データとして受け取って解析すること。
- ③ 一旦、全ての認識情報が記憶領域に蓄積されること。
- ④ ブラックボードに一時的な情報が書き込まれること。

である。特に②はデジタルゲームでは決して取らないアプローチであり、逆にこの点がこの研究の「デジタル生物」をテーマとして本質的な面白さに繋がっている。ここでは、ゲーム開発技術に近い例として、C4 アーキテクチャが実装された「Duncan」（以下、ダンカン）と呼ばれるデジタル牧羊犬における「認識過程」と「記憶」のアルゴリズムについて解説を行う。



図 3.7-02 C4 アーキテクチャに基づいてエージェント・アーキテクチャが実装されたダンカン[17]

3.7.1 認識ツリーと記憶、予測、驚き

ダンカンの知能に入ってくる情報は画像と音の情報である。ダンカンには、あらかじめ分類ツリーと呼ばれる分岐条件が付与された認識ツリー (percept tree) が実装されており、そのツリーによって感覚から得た情報を解析することで対象を認識する対象であるかを判別する。音声認識、及び、画像認識の技術が用いられる。

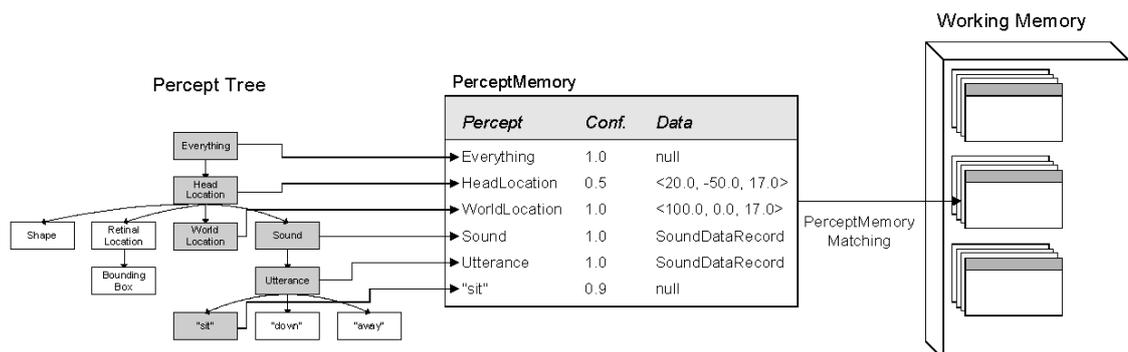


図 3.7-03 認識ツリーとそれによって形成される記憶[17]

ツリーの上部から画像、音声情報が流れて来る。まず、その方向、発生位置が解析され、音なのか、形なのか判定され、具体的にそれが何なのかまで分類される。このツリーを発展させることが認識の発展である、と C4 アーキテクチャは捉えるわけである。そして、その分類の過程が記憶 (PerceptMemory) として記憶領域 (Working Memory) に蓄積される。

このような認識過程を通して対象に対する情報が抽出されるが、こうしたオブジェクト毎の記憶は認識した時刻と共に蓄積される。例えば、羊という対象であれば、位置の情報とその認識時刻が記憶される。そして、この一連の記憶は、羊が障害物で隠れることがあっても、そこから出現位置を予測するのに役立つことができる。

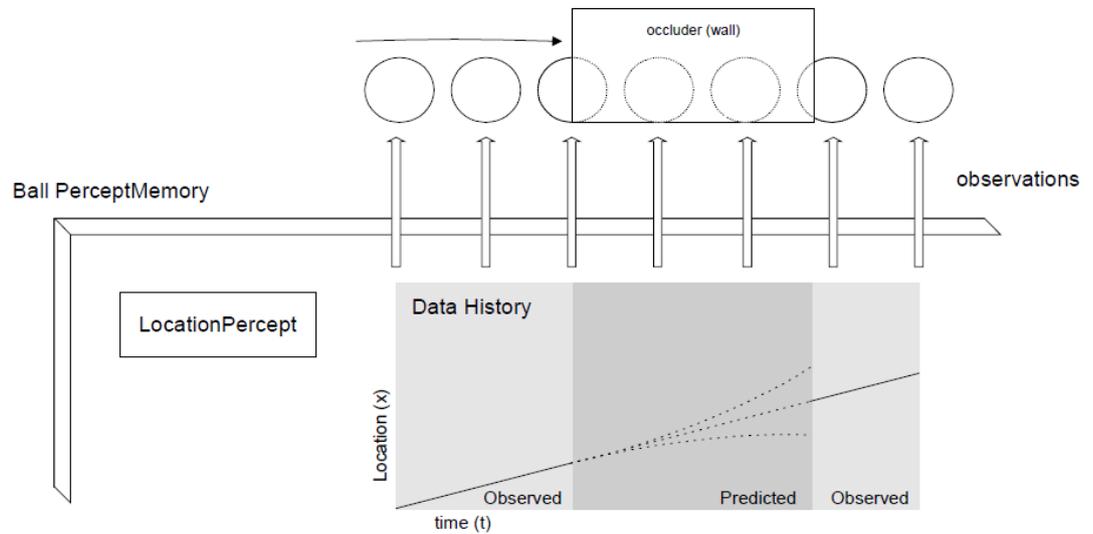


図 3.7-04 記憶と予測[17]

ボールについての記憶は、ボールを見失っても最後に観測した位置から延長することで、出現位置を予測することが出来る。牧羊犬ダンカンにとっては、この能力が複雑な地形で見失った羊を探索するときに役立つのだ。

ダンカンは牧羊犬であるから、この能力を見失った羊を探すために用いるのである。また、予測した位置に対象が見つからないとダンカンは驚く動作をする。これは、とても自然に驚くというリアクションを動的に生成している。

(1) C4 アーキテクチャにおける AI 開発のポイント

- ① デジタル世界における生物の知能のモデルとして、試行錯誤の後、C4 アーキテクチャと呼ばれる独自のエージェント・アーキテクチャを作り上げた。
- ② C4 アーキテクチャは認識と記憶の部分にオリジナルな仕掛けがあり、記憶から情報を抽出することで予測が出来るようになっている。
- ③ 予測が外れた場合「驚く」という動作を取り、自然に「驚く」という動作を定義している。

3.8 F.E.A.R.(Monolith Productions,2004)

[GDC2006 技術発表]

ゴール指向プランニングの技術は、それまで戦略ゲームでは使用されることはあったが[18]、F.E.A.R.は初めてリアルタイムのアクションゲーム、特にFPSの分野へ導入したという点で注目すべき作品である。F.E.A.R.のAIは、もはや単に一つのアクションを選択するのではなく、一連のアクションのプランを状況に応じて作成する。

F.E.A.R.はホラーテイストのFPSである。暗く狭い空間の中で敵AIが、見え隠れしながら銃を撃って来る、或いは直接襲い掛かって来るゲームである。敵キャラクターによっては壁や床を這うという行動を取り、オブジェクトを転がして遮蔽物にするなど、細かいアクションの積み重ねによってユーザーから高いAIの評価を得た。そこで開発され使用された技術が「ゴール指向型アクションプランニング」という技術である。

Monolith Productionsは、FPSとしてはこれ以前に2作のFPSを製作し、前作ではFSMによって行動を制御するという手法を取った。しかし、その開発で学んだことはFSMという手法は、状態数が増え状態遷移ネットワークが増加すると、途端に機能を拡張するのが困難になるという事実であった。そこで、行動の要素さえ準備しておけば、行動のプランを自動的に作成する「ゴール指向型アクションプランニング」という手法を導入することにした。この手法では、行動を一定の形式でストックするだけで後はアルゴリズムが状況に応じて「行動要素を繋げたもの」を自動的に生成してくれる。

「連鎖によるプランニング」の原理は単純である。行動の要素を「(行動を定義する)前提条件」「実際の行動」「(その行動による)効果」のセットとして定義しておく。「前提条件」と「効果」は、定義された一定の形式、F.E.A.R.ではシンボルによって定義しておく[19]。ある行動の「効果」と同じシンボルの「前提条件」を持つ行動の要素を繋げることを連鎖(チェイニング)という。ある初期状態と達成ゴール(これもシンボルで定義しておく)の間を用意された行動の集合によって連鎖でつなぐことを「ゴール指向プランニング」という。実際は、ゴールの方か前提条件と同じ効果を持つ行動セットを探して繋げる後ろ向きの連鎖によってプランを生成する。特にF.E.A.R.では行動(アクション)を繋ぎ合わせるので、「ゴール指向アクションプランニング」(Goal-Oriented Action Planning, GOAP)と称される[20,21,22]。

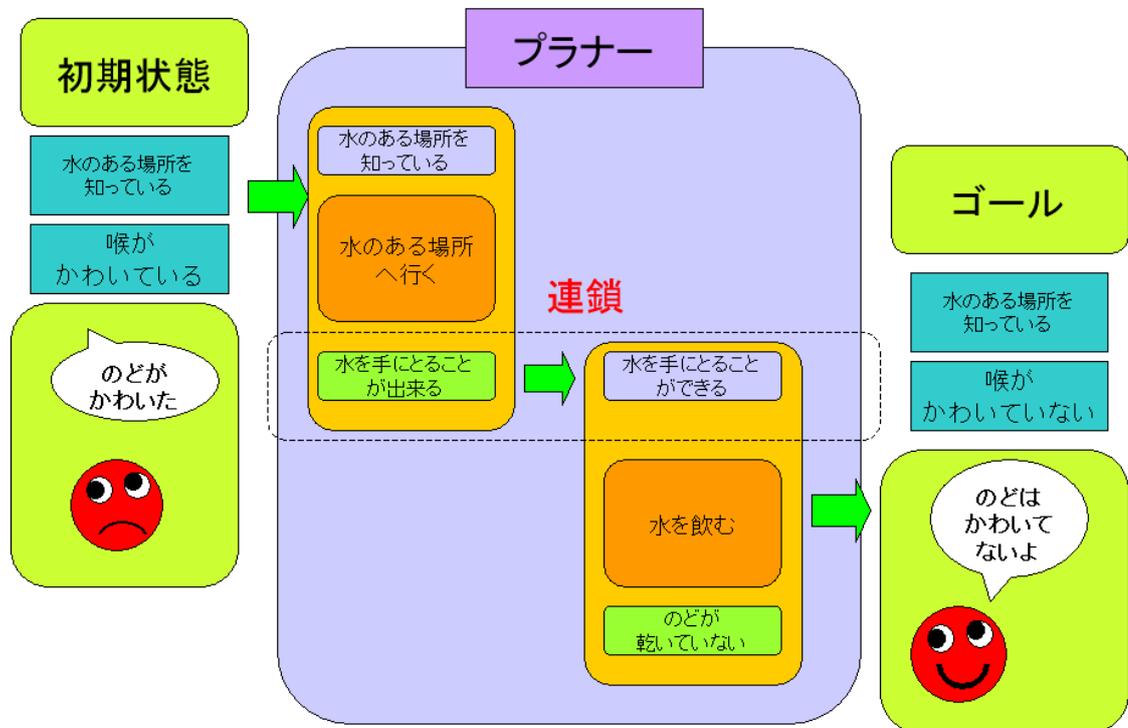


図 3.8-01 連鎖プランニングの原理[22]

行動の単位を「前提条件」（水のある場所を知っている）「アクション」（水のある場所に行く）効果「水を手にとることができる」の 3 つに分けて記述しておき、「効果」と「前提条件」が同じものを連鎖させると、一連の行動シーケンスが自動的に作られる。ここでは、解説のため、一つのシーケンスしか書いていないが、実際は 50 を超えるアクションの中から複数の行動プランが形成されて、その中から選択するのである。

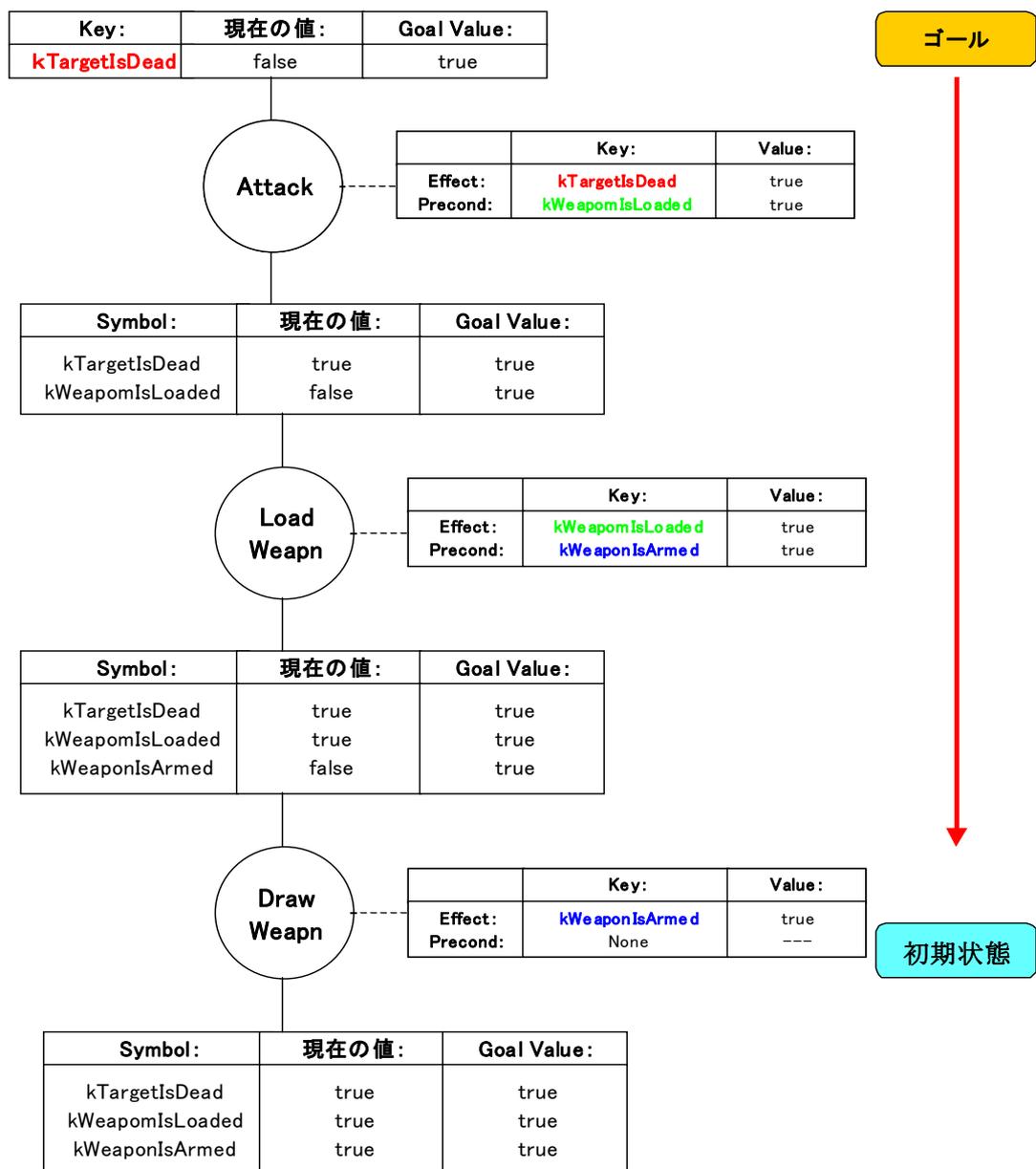


図 3.8-01 F.E.A.R.におけるプランニングのコンセプト[20]

一番上がゴール「kTargetIsDead」（プレイヤーを殺す）。全ての可能な行動の中から、そのシンボルを効果として持つアクション「Attack」を取り出す。続いて「Attack」の前提条件である「kWeaponIsLoaded」（武器装着）とを効果として持つ「LoadWeapon」を繋げる。そして、最後は現在のキャラクターの状態まで前提条件がたどり着けばプランニング終了である。

『F.E.A.R.』の開発者が考えたことは、

- ① 開発においてキャラクターごとに「行動のセット」を複数用意しておく。
- ② 状況に応じたゴールを選択する思考を作る。
- ③ 選択したゴールと現在の状態をつなぐ行動プランを連鎖プランニングによって生成する。

という流れであった。各キャラクター用に行動セットを用意して、プランニングを行うと、

(a) 一つのゴールに対して複数のプランが構築される。

これは、連鎖において複数の行動セットの候補が見つかることを考えればわかりやすい。複数のプランの中から、最もコストの低いプランを採用する。

(b) キャラクター毎に異なるプランが生成される。

用意された行動セットが異なるので、キャラクターごとの個性が、プランニングの原理によって自動的に生成されるという点が強力な利点である。

という特徴があり多様性に富むプランが生成され、キャラクターごとに個性を持った行動を取らせることが可能となる。

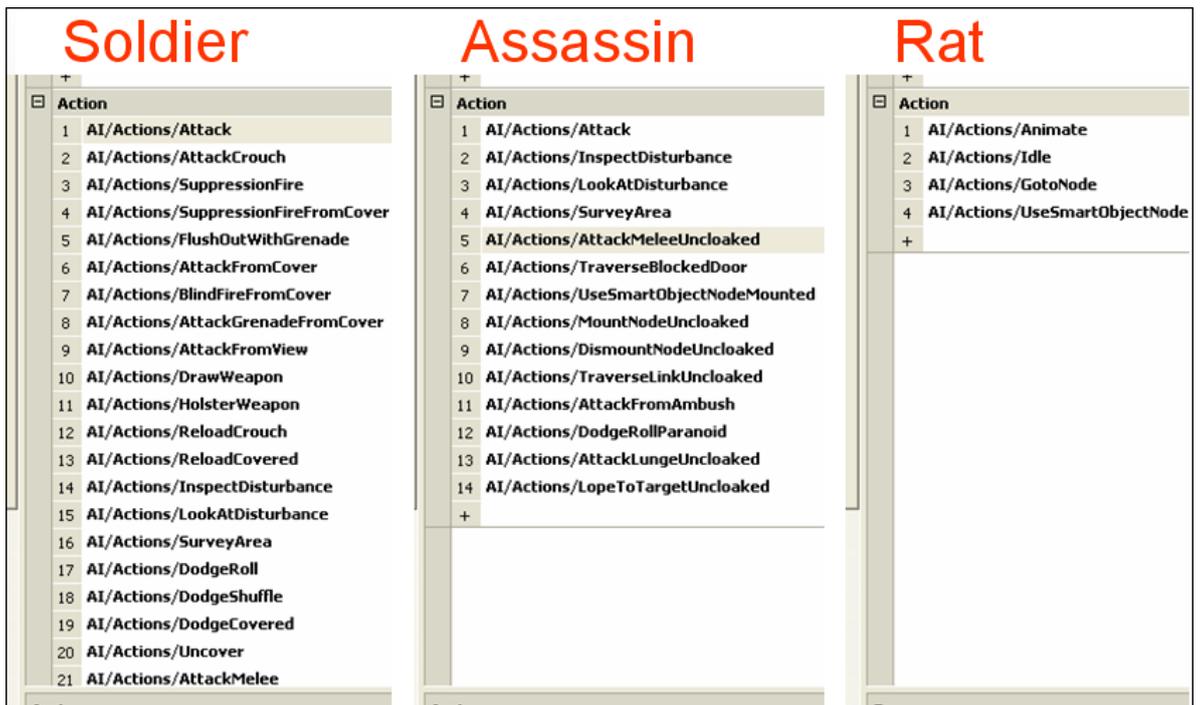


図 3.8-02 F.E.A.R.におけるキャラクターごとに用意されたアクションの要素[21]

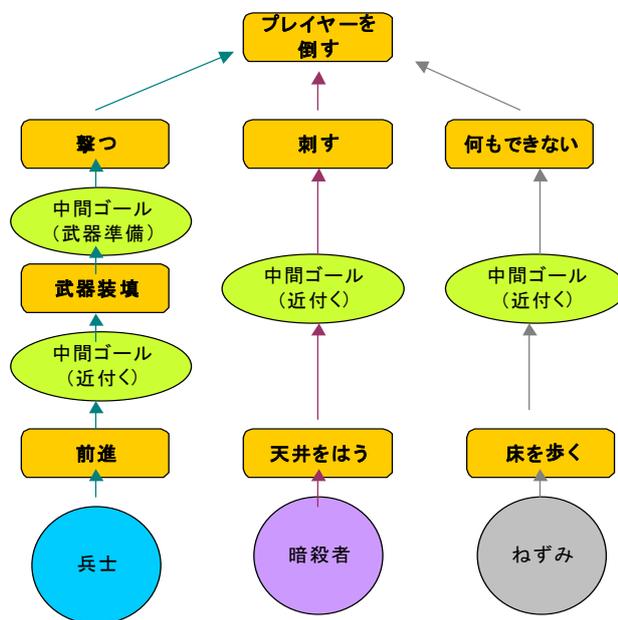


図 3.8-03 キャラクターによって生成されるプランの違い

要素を準備するだけで、連鎖アルゴリズムが自動的に多様なプランを形成してくれる。実際は一つのキャラクターの中でも状況ごとに複数のプランが形成されその中から一つ選択を行う。

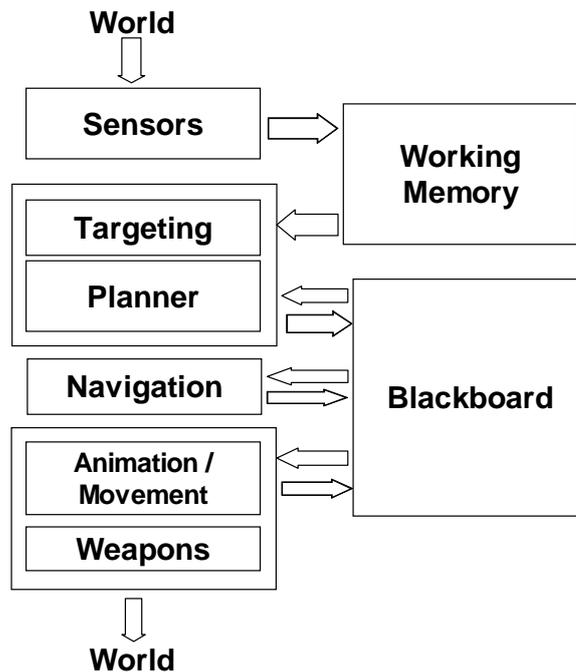


図 3.8-04 F.E.A.R. におけるエージェント・アーキテクチャ[23]

C4 アーキテクチャと同じ構造であるが、プランニングの機能や各要素が F.E.A.R.用に変更されている。開発者の Jeff Orkins は、C4 アーキテクチャを作成したグループと同じ MIT メディア・ラボ出身である。

『F.E.A.R.』の AI は C4 アーキテクチャを採用している。オリジナルから発展しているのは、思考部分にプランナー（プランニングをする思考）を採用し、そこで作成したプランをブラックボードに書き込んで制御を行うという点である。また、ゲーム内でキャラクターが観測した事象を記憶(Working Memory、作業領域)に「統一事実表現」として蓄積し、この記憶を解析することで推論機能を実現している。例えば、キャラクターの位置を追うことで、キャラクターの現在位置の予測を行うことができるのである。

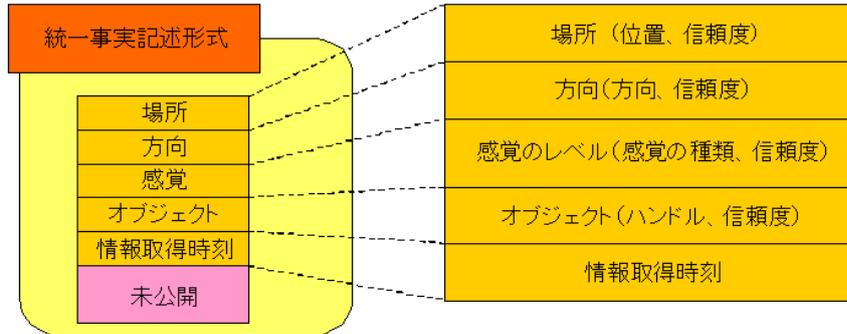
(1) 『F.E.A.R. 』における AI 開発のポイント

- ① C4 アーキテクチャを採用し、ゲーム世界内で生きているかのような知性の実現を目指した。
- ② C4 アーキテクチャの記憶の使い方を参考に、「統一事実表現」と呼ばれる汎用記憶フォーマットを定義して、その蓄積から抽象的な情報を抽出した。
- ③ 行動生成にプランニングを採用し、状況ごと、キャラクターごとに多様な行動プランを作成することに成功した。

統一事実記述形式

キャラクター オブジェクト 任務 事件 パス 欲求 ノード

全て以下の形式(フォーマット)で記述する。



全部で本当は16個の属性がある

```

WorkingMemoryFact
{
    Attribute<Vector3D>    Position
    Attribute<Vector3D>    Direction
    Attribute<StimulusType> Stimulus
    Attribute<Handle>      Object
    Attribute<float>       Desire
    ...
    float                  fUpdateTime
}

Attribute<Type>
{
    Type Value
    float fConfidence
}
    
```

図 3.8-05 F.E.A.R.における記憶の形[21]

C4 では認識ツリーから記憶の型を形成したが、デジタルゲームでは、生のデータから認識を形成したりせず、ゲーム世界の状態や知識表現・世界表現から情報の形成を行う。F.E.A.R.では特に、取得した情報をこのような統一フォーマットで記述して蓄積し、そこからデータマイニングによって抽象的な情報を取得する。

3.9 Chromehounds(FromSoftware, 2006 年)

[CEDEC2006]

3.9.1 ゲーム概要

クロムハウズはプレイヤーがオンライン上の 3D 空間でロボットを操作して戦うアクションゲームである。プレイヤーチーム (最大 6 体) 同士の対戦と、AI チーム (最大 6 体) との対戦を楽しむことができる。AI チームは人間チームと同等の条件のもとに、広大な空間で 15 分間、長期的 (5 分程度の感覚) には戦略的に、中期的 (1 分程度) には戦術的、短期的には銃による直接戦闘をこなす必要がある [24,25]。



図 3.9-01 クロムハウন্ズのゲーム画像[25]

プレイヤーはロボットを操作して、相手ロボットや基地を破壊する。ロボットのスケールが20mで、マップはだいたい5km四方であり、80を超えるマップが用意されている。通信塔を占拠することで初めて仲間同士の通信が可能になる。基本はプレイヤーチーム同士の対戦とAIチームとの対戦をプレイすることが出来る。

3.9.2 キャラクターAI

クロムハウন্ズ AI が求められた能力は2つあった。

- ① マップ上の任意のポイントからポイントへ自由に移動できる能力
- ② 戦略的な思考から戦術、接近戦闘までを組み立てられる思考能力

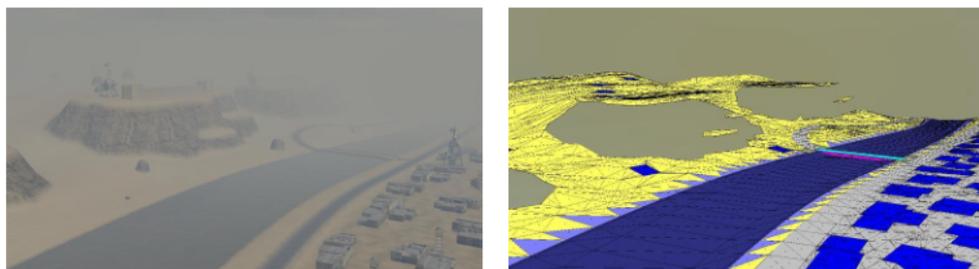
である。まず①はウェイポイントではなく、地形情報を利用できるナビゲーション・メッシュを採用した。ナビゲーション・メッシュを採用する利点は、

- (a) 衝突モデルから自動生成が可能であること。
- (b) メッシュ（ここでは三角形）持つ地形情報を利用できる。

という点である。キャラクターの移動スピードは地表の性質によって異なるため、各メッ

シユには地表情報（砂、水、コンクリートなど表面 ID）が埋め込まれ、この情報に従って A*パス検索においてコストがコントロールされ、最短距離パスではなく、最小時間パスの検索を可能とした。この「メッシュに対する情報埋め込み」という世界表現のアイデアは『Killzone』 [11] [12,13]の事例を参考にした。

情報が埋め込まれたナビゲーションメッシュ



- (1) 水や砂地は、ハウズのスPEEDを減速させるので、メッシュに表面の性質を埋め込んでおく

➡ 最短時間の経路を導く
ハウズが地表効果を考慮して移動する

- (2) 障害物が破壊されたら、メッシュのデータを更新する

➡ ハウズが状況の変化に対応して移動する

図 3.9-02 クロムハウズにおけるナビゲーション・マップ[25]

右上にあるのが、ナビゲーション・メッシュを埋め込まれた地表情報によって色分けして表示した画面である。この情報をもとにハウズは地形を利用した行動を行う。

パス検索システムは、開発初期において一つのマップでパスデータの作成とパス検索テストをくり返し、ある程度システムが確立した後、その後 90 近いマップをそこで開発された手法を用いてパス検索データが自動生成作成された。

思考システムにおいては「ゴール指向プランニング」を採用した。初期のモデルの雛形として、Mat Buckland が『Programming AI by Example』 [26]の中で作成したゴール指向による 2D タンクゲーム・デモのフレームを研究した。この簡単なゲームは、『階層型プランニング』というアイデアを含んでいた。

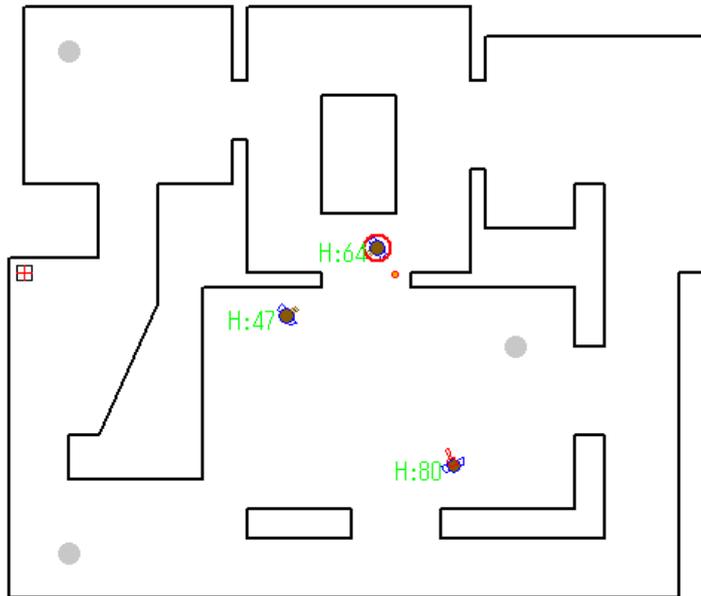


図 3.9-03 Mat Buckland による階層型プランニングが実装された AI が戦うゲーム[26]

階層型プランニングとは、アクションプランニングのようにアクションを並列的に繋げるのではなく、戦略という大きなゴールから戦術、戦闘というレイヤーへ分解しながらプランニングを行う方法である。

ゴールはより小さなゴールから組み立てられる

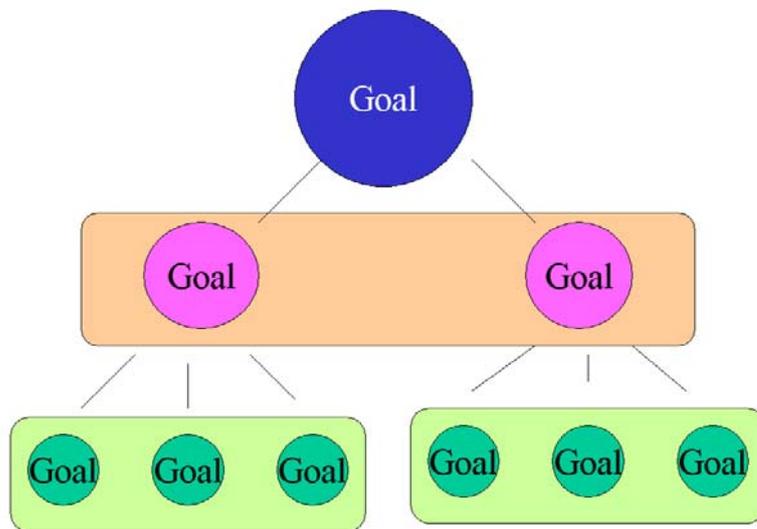


図 3.9-04 階層型ゴール指向プランニングのコンセプト[25]

大きなゴール（抽象的なゴール）を小さなゴールへ分けて、最終的に具体的に行動できるゴールまで還元し、それを順次こなして行くことでもとの大きなゴールを達成する。分解の仕方はゲーム状態によって異なるように、クロムハウズでは各ゴールに対してスクリプトで定義してある。

プログラマーのための実装工程
ゴール指向型プログラム構造
 (入れ子構造)

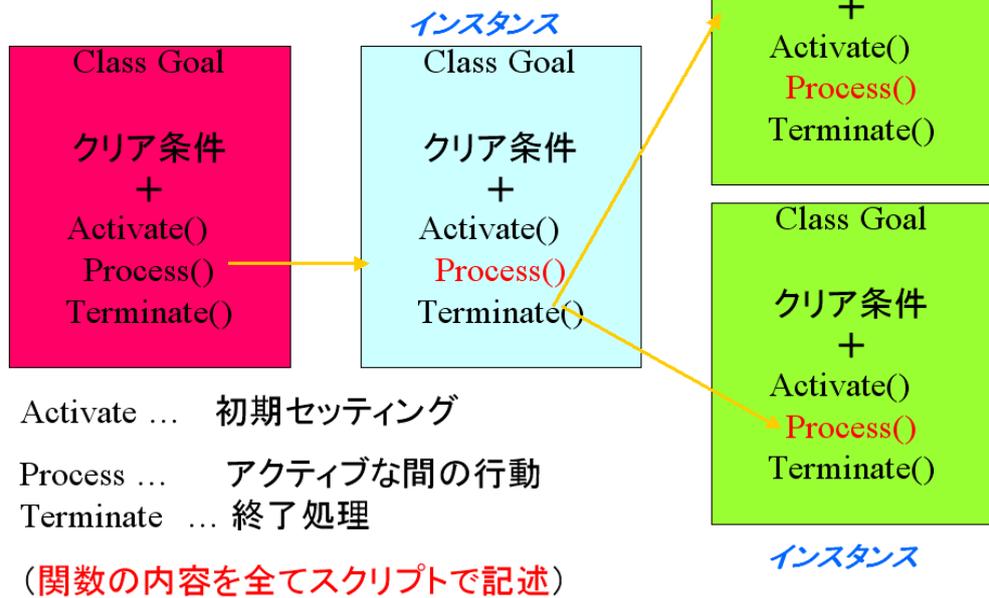


図 3.9-05 階層型ゴール指向プランニングの実装の仕方[25]

各ゴールには達成条件（クリア条件）と 3 つの関数を定義する。各ゴールには、さらに小さなゴールへの分解の仕方が、Activate、Process 関数の中で定義される。

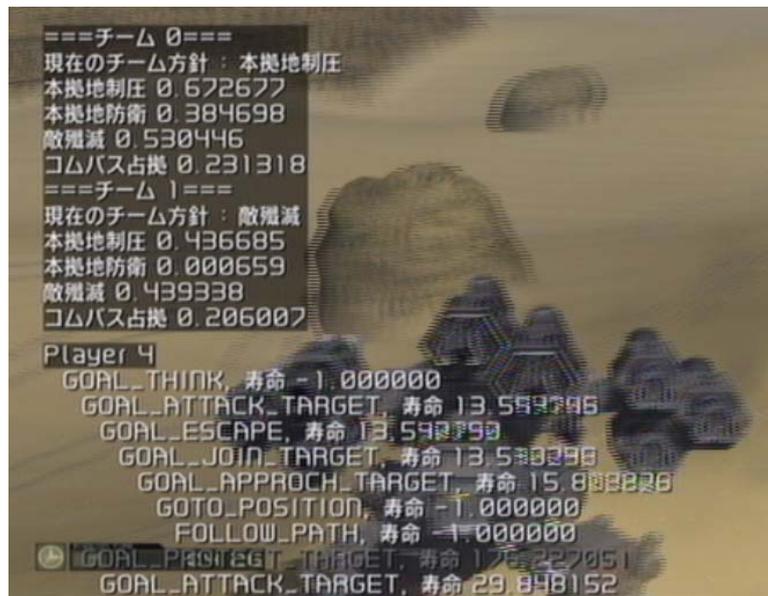


図 3.9-06 リアルタイムにゴールが分解されて行動のシーケンスが生成される様子

各ゴールには達成制限時間（寿命）が設定されている。（デバッグ画面）

クロムハウズではこの仕組みをより大きな時間と空間のスケールで行う必要がある。例えば、このゲームでは、仲間との通信を確保するには「通信塔」を確保する必要がある。通信塔を占拠するには「通信塔へ行き」「10秒間留まっていること」というさらに小さなゴールの達成が必要とされる。さらに、そのゴールは「パスに沿って移動」「静止」などさらに小さなゴールへ分解されて行く。結果的にゲーム全体では、10を超える戦略に対して、4層の中間ゴールを経て、実際の行動まで分解される仕組みを作成した。これらの要素は最初から設定するのではなく、テストプレイをくり返しながら、必要な戦略、戦術、行動を付け加えて行くという方法を取った。この方法は漸近的に拡張をくり返しながら漸近的に完成にたどりつくことを可能にする。このような柔軟な開発過程を許すことも、プランニング開発の特性であり、要素を加えるごとに遷移条件によって全体の中で身動きが出来なくなっていくFSMとは対照的である。ゲームによって必要とされるゴールの姿は大きく異なることとなる。「最上層の戦略を評価関数によって選択する評価値システム」によって戦略を決定し、それを「振る舞い」へ分解して行くという過程がプランニングとなる。この仕組みによってAIはエージェントとして自律的に行動する能力を獲得する。

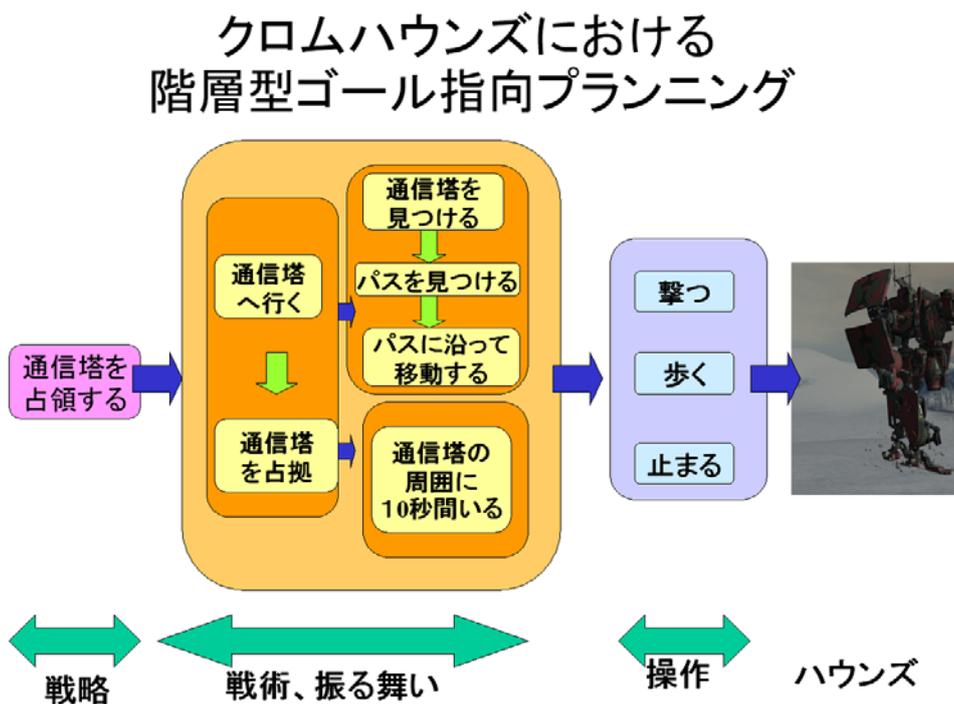


図 3.9-07 クロムハウズにおける階層型ゴール指向プランニング[25]

戦略、戦術、振る舞い、実際のアクションまで分解して行くことで、機体を制御する。抽象的なゴールが具体的なゴールまで分解されて行く。

3.9.3 開発過程

ここで開発過程の詳細について解説する。まず最初に「2点間移動」というゴール、そして単純なポイント間のパス検索による移動を組み合わせた「指定した2点を移動するゴール」システムを作成する。ここから、パス検索システムと思考部分の開発は独立したプロセスで並行して行う。

パス検索システムは、移動をより精緻化するために、各メッシュへ地表・地形情報の埋め込みを行い「スマートなパス検索」（地形情報を考慮に入れたパス検索）を実現した。例えば、地表の「砂、水、コンクリート」という情報はAIの速度に影響するため、そのコストをA*検索に含ませることで、足を取られにくい最短時間パス検索を行うことが可能になる。

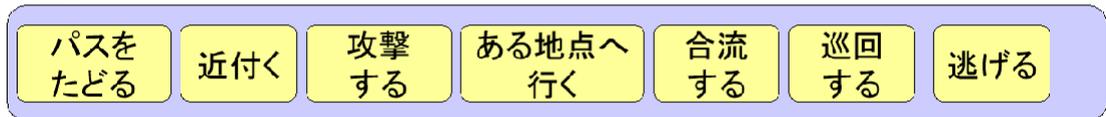
一方、ゴール指向プランニングは、先に述べたように必要なゴールをゲームから抽出して仕様書を書いては実装するというサイクルによって、ゴールを拡張し階層を積み重ねた。この開発の感覚は、ちょうど生き物を育てる感覚に似ている。新しいゴールを増やすごとにAIはますます高度に抽象的な行動を取るよう成長する。そうやって、開発の終盤までAIを育てていくことが出来た。

最終的なゴール総合図

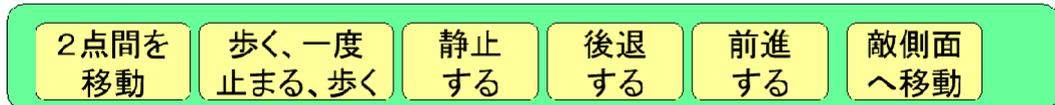
戦略層



戦術層



振る舞い層



操作層

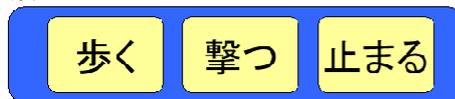


図 3.9-08 クロムハウズの AI におけるゴール階層の全体図[25]

まず意思決定のタイミングで戦略層から評価値によって一つの戦略が選択される。各戦略には、それが状況に応じてどのように分解されるべきかがスクリプトで定義されており、戦術ゴールのプランへ分解される（直接振舞い層へ分解されるケースもある）。さらに戦術層は振る舞いゴールのプラン、最終的には操作層のゴールのプランが形成される。

3.9.4 マルチエージェント

キャラクターAIを自律的に行動するエージェントとして構築した後は、エージェントたちをチームとして行動させ、プレイヤーチームに戦力をまとめて攻撃することが課題となった。その仕組みとしてチームAIを作成し、状況に応じてチーム戦略を評価値システムによって選択するシステムを開発した。チーム戦略は複数のエージェントに対する戦略ゴールのセットとして用意されており、各エージェントに割り当てられる。

戦略ゴールのセットは、AIチームの中で最適なメンバーに割り当てられる。最適なメンバーとは、例えば、「攻撃」「退却」というゴールがあった場合、残り戦力が多い方へ「攻撃」を割り当てる、ということである。

個々のエージェントがある程度完成した後、つまり各エージェントの戦略ゴールの基本が出来た段階から、チーム AI の実装は比較的スムーズに行うことが出来た。チーム AI の実装には複数のアイデアがあったが、結局、個々のエージェントと同じくゴール指向の仕組みを採用することで見通しのよいものになった。「チームとしてのゴール」を「個々のエージェントのゴール」へと分解するシステムを構築する。これは、ゴール指向プランニングの方法がチーム AI においてもシンプルで強力な方法であることを確認する結果となった。

チームAIの構造 = ゴール指向型の拡張 COMのゴール指向プランニングの上に、チームAIを積み上げる

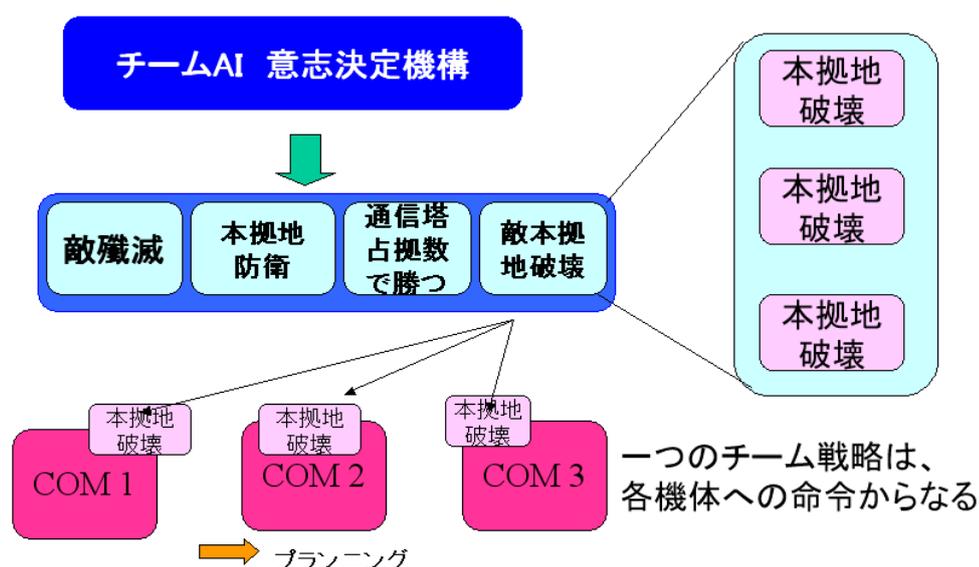


図 3.9-09 クロムハウズにおけるゴール指向チーム AI[25]

まずチーム戦略を用意する。チーム戦略はエージェントに対する戦略ゴールのセットとして定義される。評価値システムによってチーム戦略を決定し、各戦略を最適なチームメンバーに割り振ることで、チームとして統一の取れた行動を実現する。

(1) 『Chromehounds.』における AI 開発のポイント

- ① パス検索システムとしてナビゲーション・メッシュを採用し、メッシュに情報を埋め込むことで世界表現を完備し、スマートなパス検索を実現した。
- ② 思考部分として階層型ゴール指向プランニングを採用し、Mat Buckland のデモを拡張する形で高度な戦略までを達成する能力を持つ AI を作成した。

- ③ ゴール指向プランニングが拡張性に富み、漸近的にゴールを追加して行く形で開発期間を通して AI を育てることが出来た。
- ④ 個々のエージェントを統合するチーム AI を構成し、チームとしてのゴールを個々のエージェントのゴールへと分解し達成するシステムを構築した（チーム全体としてもゴール指向プランニングを持たせた）。

3.10 GDC2008 に見るキャラクターAI の地平

この章では、GDC2008 における二つの講演

- (3-11) よりよい戦場を構築するために: HALO 3 AI オブジェクティブ・システム
- (3-12) 「ASSASSIN'S CREED」における群集制御:リアルな群集を作る

を解説する。前章までで見たようにキャラクターAI は、2000 年の頃から自律した思考を持つエージェントとして実装される方向に進み、パワーのある PC や Xbox,そして、FPS 分野を中心に様々な技術が導入され完成されて来た。また、ある程度のエージェントの基礎が出来ると同時に、エージェントを統合してチームとして活動させる集団を制御する AI, 及びマルチエージェント・システムが構築されて来た。2005 年前後を境に、各プロダクションは次世代機へ向けた開発へ入り、2007 年になって次世代機向けの続編のタイトルが現れ始めた。当然そこには、各エージェントのみならず、チーム AI としての完成度も期待されるわけである。

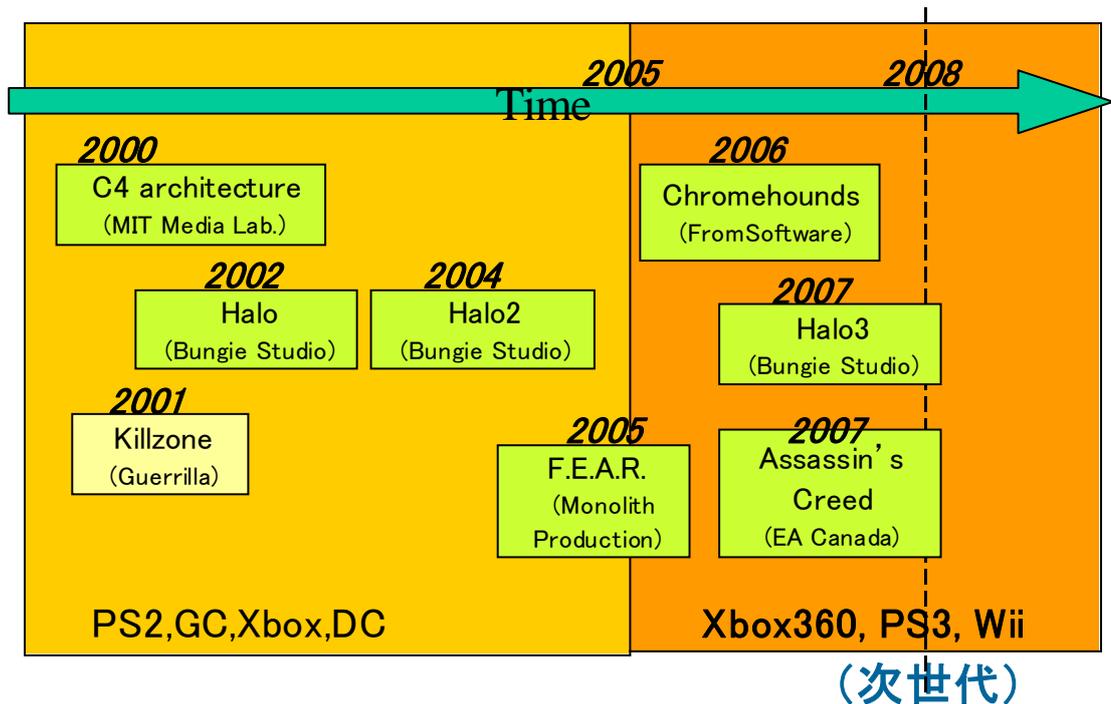


図 3.10-01 第 3、4 章で紹介するゲーム AI の年表

もちろんこれが全てではないが、FPS の AI がゲーム AI 分野を牽引していることは間違いない。また、ゲーム AI 技術に関しては、日本のゲームはあまり存在感がない。それは日本にゲーム AI がないのではなく、日本のゲーム業界が自分自身の仕事をきちんとした批判と評価をもって発表しないことが大きい。

その先鋒となったのが「Halo3」であるが、他のタイトルも次世代機向けに続編の開発が進められており、より高いレベルの AI の実現してリリースされると予想される。また、このような続編とは別に、今世代になって初めて実現可能になった AI を搭載したタイトル、例えば、リアルな 3D モデルの人物からなる街全体を再現した『Assassin's Creed』(Ubisoft Monreal)などがリリースされた。

この二つのタイトルを見て気付くことは、ゲーム世界の広がりや複雑さが拡大し、もはやデザイナーの作り込みだけで AI を構築できる時代は終わり始め、強力な AI 技術の上に立ったシステムを如何にカスタマイズするか、という点に開発の重点が置かれているという点である。つまり、(大きなゲームでは) ある程度の自律性を AI に与えないことには、広大なマップ、多くのオブジェクトを知的に活用する知能は実現できないのである。Halo3 の講演では、もはや個々の AI がエージェントは自律した知性を持っていることを前提に、チーム全体に関する制御だけを焦点として講演が行われた。

AI 技術はますますゲーム構造の基礎深くに位置付けられようとしている。これからの 2~3 年の GDC では、より一層はっきりとそういった事例が多く報告されると予想され

る。対して、日本のゲーム AI は、「AI 技術は個々のタイトルの特殊性の上に立脚する」という発想と、情報の非公開のためにゲーム業界全体として技術を積み重ねることが出来ず、完全に立ち遅れた状況にある。

だがそれは欧米的な評価軸の上での話である。ゲーム AI はゲームコンテンツの上に成立するために日本にしか作れないゲーム AI というものがあり、これまでも実際にそういった優れた AI が作られて来た。今最も必要なのは、日本が自身の評価軸を持って自分たちが作成して来た AI の成果をまとめて世界へ向けて広く発信することである。それはまた、自身のゲーム AI の系譜を確認を促し、これからの日本のゲームの発展の礎となるはずである。

3.11 Halo3 (Bungie, 2007 年) [GDC2008 技術発表]

Halo3 は「戦場の形成」を目標としている。これは、次世代機(Halo3)のパワーを活かして『Halo』『Halo2』よりさらに広がりを持ったマップにおいて、複数の AI チームを効果的に動かし、ユーザーを含む、敵チームと味方チームによる戦場を形成することを目指している。講演では各エージェントについては解説がなかったが、2006 年の GDC の発表情報によると「Halo2 の HFSM を改善して使用している」という報告がある[27]。Halo3 で新しく追加された部分は、複数のチームのマネージメント機能である。『Halo2』では「各チームをどのように動かすか」という点が焦点であったが、Halo3 では「複数のチームに適切なタスクを割り当てることで、よりよい戦場を形成する」ことを目標としているのである。

Halo3 AIデザインコンセプト

我々はチームに対して1つの戦略を選択したいわけではない
全チームの意思決定をマネージメントしたい



我々は複数のチームに対して戦略を振り分けたいのだ！

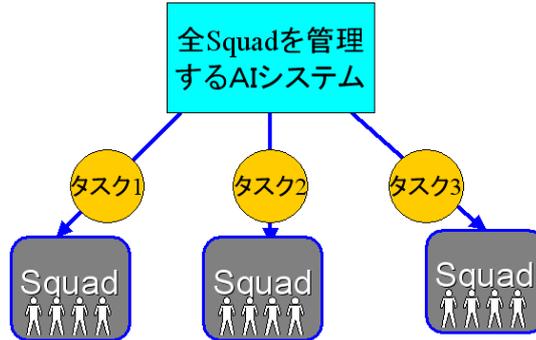


図 3.11-01 Halo3 AI のデザインコンセプト[28,29]

全 Squad を管理する AI があり、その状況で達成可能なタスク群を Squad 群にどう割り振るかがテーマとされる。

Halo3 では「複数の Squad を、その状況でどのタスクに割り当てるか」という問題を中心テーマにする。各 Squad がそれぞれのタスクをこなすことで、全体として目的と機能を持っているかのような集団による戦場を演出することが可能になるのである。この問題に対するアプローチは二つ考えられる。大まかな言い方をすれば、

- (a) Squad の思考がタスクを選択する。
- (b) タスクが Squad を選択する。

である。(a)はよくあるアプローチだが、これは各 Squad が複数のタスクから自分の適したタスクを選ぶという思考をくり返し行う必要がある。逆に、(b)の方法はタスク自身がいまず自身アクティブ、非アクティブ（実行すべきかどうか）を判定し、受け入れる（割り当てられる） Squad の条件を宣言(declare)し、その条件に合う Squad を受け入れる、という方法である。これは「declarative method」（宣言的手法）という概念である ([28] [30])。Halo3 では、この(b)の方法を採用する。以下、詳細を説明する。

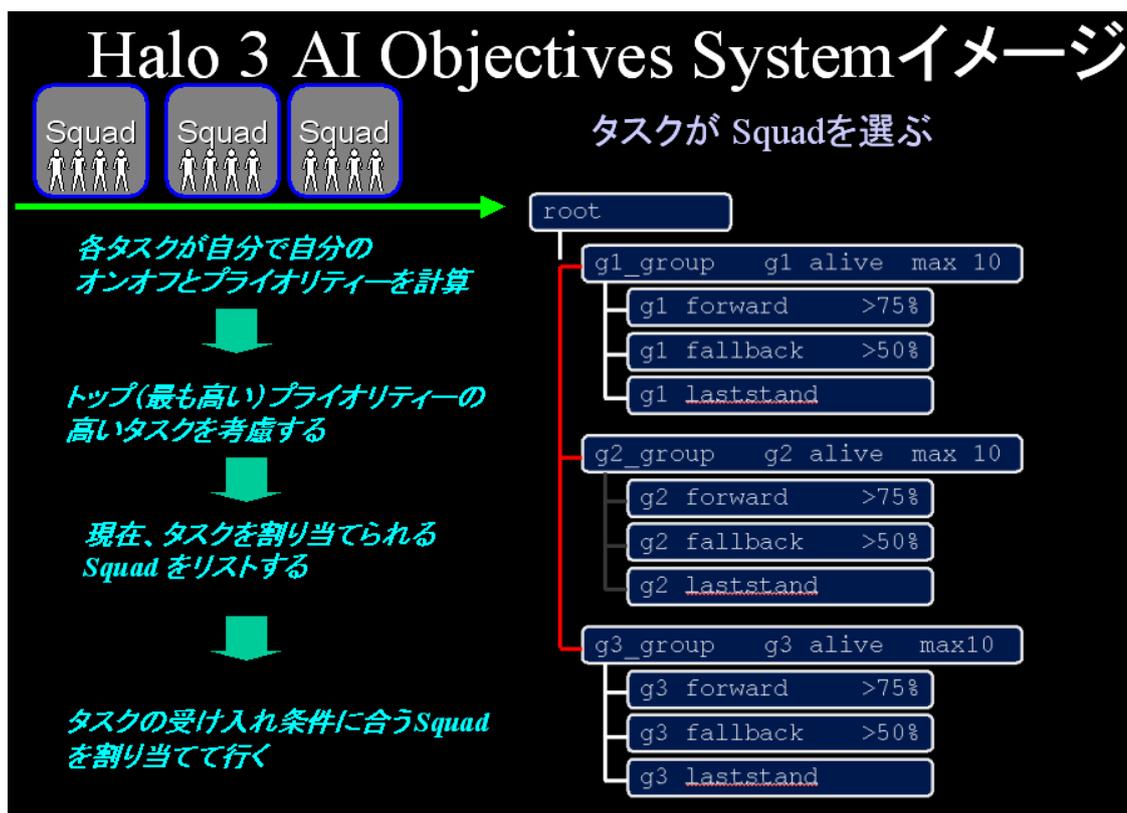
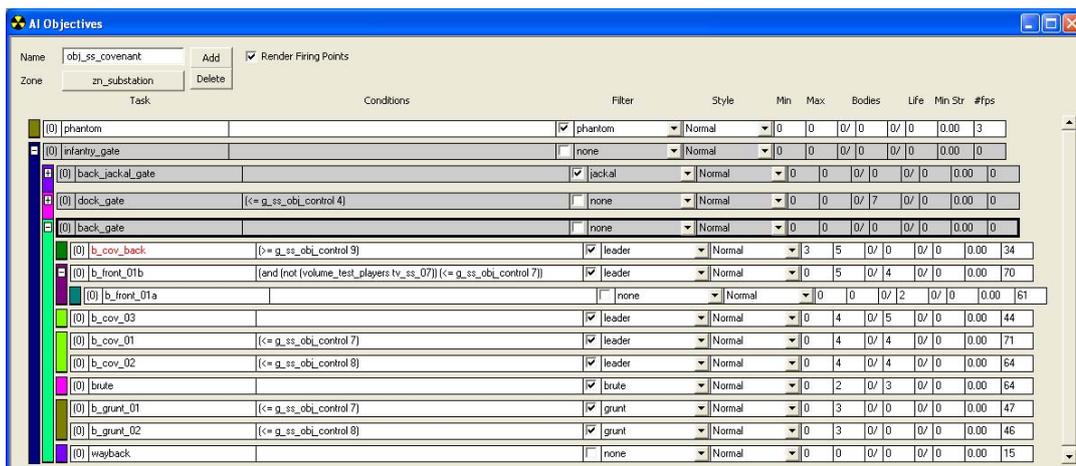


図 3.11-02 Halo3 AI のタスク割り当ての原理[28,29]

各タスクはタスク評価のタイミングで自分が達成するべきかどうかを条件式(condition)によって評価し、さらに候補としてリストされている Squad から最適な Squad が選ばれ割り当てられる。条件式と受け入れ条件は、デザイナー指定するツールが用意されている。



Name	Zone	Task	Conditions	Filter	Style	Min	Max	Bodies	Life	Min Str	#fps
[0] phantom				phantom	Normal	0	0	0/0	0/0	0.00	3
[0] minority_gate				none	Normal	0	0	0/0	0/0	0.00	0
[0] back_jackal_gate				jackal	Normal	0	0	0/0	0/0	0.00	0
[0] dock_gate			(<= g_ss_obj_control 4)	none	Normal	0	0	0/7	0/0	0.00	0
[0] back_gate				none	Normal	0	0	0/0	0/0	0.00	0
[0] b_cov_back			(>= g_ss_obj_control 9)	leader	Normal	3	5	0/0	0/0	0.00	34
[0] b_front_01b			(and (not (volume_test_players tv_ss_07)) (<= g_ss_obj_control 7))	leader	Normal	0	5	0/4	0/0	0.00	70
[0] b_front_01a				none	Normal	0	0	0/2	0/0	0.00	61
[0] b_cov_03				leader	Normal	0	4	0/5	0/0	0.00	44
[0] b_cov_01			(<= g_ss_obj_control 7)	leader	Normal	0	4	0/4	0/0	0.00	71
[0] b_cov_02			(<= g_ss_obj_control 8)	leader	Normal	0	4	0/4	0/0	0.00	64
[0] brute				brute	Normal	0	2	0/3	0/0	0.00	54
[0] b_grunt_01			(<= g_ss_obj_control 7)	grunt	Normal	0	3	0/0	0/0	0.00	47
[0] b_grunt_02			(<= g_ss_obj_control 8)	grunt	Normal	0	3	0/0	0/0	0.00	46
[0] wayback				none	Normal	0	0	0/0	0/0	0.00	15

図 3.11-03 Halo3 のタスク定義のためのツール[28,29]

アクティブである条件 (condition)、限定する種族 (Filter)、Squad メンバー人数、などから定義され、階層化されている。

アクティブなタスクは、それがアクティブになったタイミングで、現在、タスクが割り当てられていない Squad、或いは、そのタスクより低いプライオリティーを行っている Squad から、条件に適合する Squad を割り当てられる。

実際は「複数のタスクに対して、複数の Squad を割り当てる」という状況になる。あるタスクに Squad を割り当てる場合には、コストを計算する。コストとは、その Squad が、そのタスクを実行しやすさを表す。例えば、Squad の長距離の移動させることはコストが高い。結局、全体として「複数のタスクに対して、複数の Squad を割り当てる」全体のコストを最小にするという問題となる。これは、NP ハードのアルゴリズムとして有名なビンパッキングと同値であるが、それほど大量のタスクや Squad を扱うわけではないから、計算量が爆発するわけではない。また、コスト関数（これは明らかにされなかったが）が Squad 選択のポイントになるので、適切な形の関数を造ることが重要である。

(1) Halo3. における AI 開発のポイント

- ① 世代機になりさらに広大で複雑になった（つまりユーザーから見ると遠くから敵が進んで来る姿が見える）マップにおける戦場を演出するために、NPC の複数の Squad を複数のタスクに割り当てる手法が開発された。
- ② その中心となるコンセプトは「declarative method」（宣言的手法）であり、複数のタスクに複数の Squad を割り当てる過程において、まずタスク自身に定義された条件によってタスクが自身のアクティブ、非アクティブかを宣言し、受け入れ条件によって受け入れる Squad を選択する。
- ③ デザイナーのために条件式、受け入れる条件を指定するツールが用意されている。
- ④ Squad 選択には、タスクを実行するコストが計算され、全体としてコストの和が最小になるようにタスクが割り当てられる。

3.12 Assassin's Creed (Ubisoft Montreal, 2007 年)

[GDC2008 技術発表]

Assassin's Creed は次世代機が初めて可能にした高いグラフィクスによって、リアリティのある街を再現したゲームである。このゲームが開発者の注目を呼んだ理由は 3 つある。

- ① これまで実現しようとしても出来なかった美麗グラフィックによる「リアルな群集と街」の実現
- ② 群集の中で「暗殺」を行う、という新しいゲーム性
- ③ キャラクター・アニメーションの多様さとクオリティの高さ

①は、これまでも群集を再現したというゲームは複数あったが、3D モデルの質の高さと街の雰囲気演出において注目を集めた。②は、そういったリアルな群集が可能にした「暗殺と群集に紛れて逃走」という新しいゲーム性が注目を集めた ([29])。

「リアル群集を作る」ための技術として、以下の4点を中心に解説する。

- (a) アニメーション
- (b) パス検索
- (c) スポウンニング (発生)
- (d) イベント反応システム

3.12.1 アニメーション

Assassin's Creed のキャラクター・アニメーションは、プレイヤーキャラクターに関しては、リアルに (少し) 演出を足したような「かっこいい」アニメーションを目指した。モーションキャプチャー・データのキーフレームを調整してかっこよく見せる「スタイルド・アニメーション」という方法を採用し、リアルと非リアルの中間のアニメーションを作成した。ボーン数は、メイン 55、頭 35、プロシージャル・ボーン 40~80 という大きなサイズであるが、どのキャラクターも同じスケルトンデータを共有している。これは、アニメーション・データを共有しやすくするためである。トータルアニメーションの数は 168、うち 122 が移動動作のアニメーションである。特に、NPC がすれ違うときに肩を横に突き出して動く動作によって、街を歩く群衆の混雑さが特徴づけている。

その他						
市民 (女性)	地上移動	緊急				
市民 (男性)	地上移動	緊急				
兵士	地上移動					
兵士 (通常)	地上移動	緊急		戦闘		フリーラン
アサシン	地上移動	緊急	殺傷	戦闘	昇降	フリーラン
基本	地上移動	緊急	殺傷	戦闘	昇降	フリーラン

図 3.12-01 Assassin's Creed におけるキャラクターによる割付けアニメーション表[29]

基本セットをフルに使っているのはアサシン（プレイヤー）だけで、後は、それぞれの役割に応じたアニメーションを使用している(GDC2008 で発表)。

待機&何もしない 10	アニメーション 遷移用データ 108	移動 14	反復アニメーション の終わり 12	その他 24
何もしない	振り向き 出発	昇る		
待機(高)L	まっすぐ 出発	ゆっくり歩く		
待機(高)R	とまる	普通に歩く		
待機(低)L	逆方向に 走る	横に歩く	歩きおわる	振り返る
待機(低)R		早歩き& 走る	歩くのを 急にやめる	方向を 変える
		スプリント		

図 3.12-02 Assassin's Creed におけるキャラクター・アニメーションの内わけ [29]

移動アニメーションが如何に多いかがわかる(GDC2008 で発表)。

3.12.2 パス検索

まず、街路には「Navigation highway」と呼ばれる向き付けされたガイドラインが敷設されており、基本的に NPC はそれを沿って街を徘徊することが出来る。

それ以外に、パス検索システムが必要なキャラクターのために準備されており、以下のような工程と動作原理で構築される。

- ① 当たりモデルから、ナビゲーション・メッシュとウェイポイントを自動生成する。ナビゲーション・メッシュはキャラクターより十分に大きく、各メッシュはその上にあるウェイポイントをリストとして持つ。段差などがある特殊な地形を渡るウェイポイントには、メタリンク情報「飛ぶ」「梯子を昇る」が付与されている。
- ② キャラクターはまず大局的にナビゲーション・メッシュでパス検索を行う。
- ③ より詳細なパスをキャラクターに隣接するメッシュ上のウェイポイントによって検索を行う。

パス検索システムの作り方

Step1: 衝突モデルからナビゲーション・メッシュとウェイポイントを自動生成

(ウェイポイントを置くときは周囲の障害物とコリジョンをしないチェックもしているはずだ)

Step2: ナビゲーション・メッシュとウェイポイントを対応づける

Step3: 複雑なトポロジー(地形情報)上のウェイポイントにはメタリンク情報を埋め込む

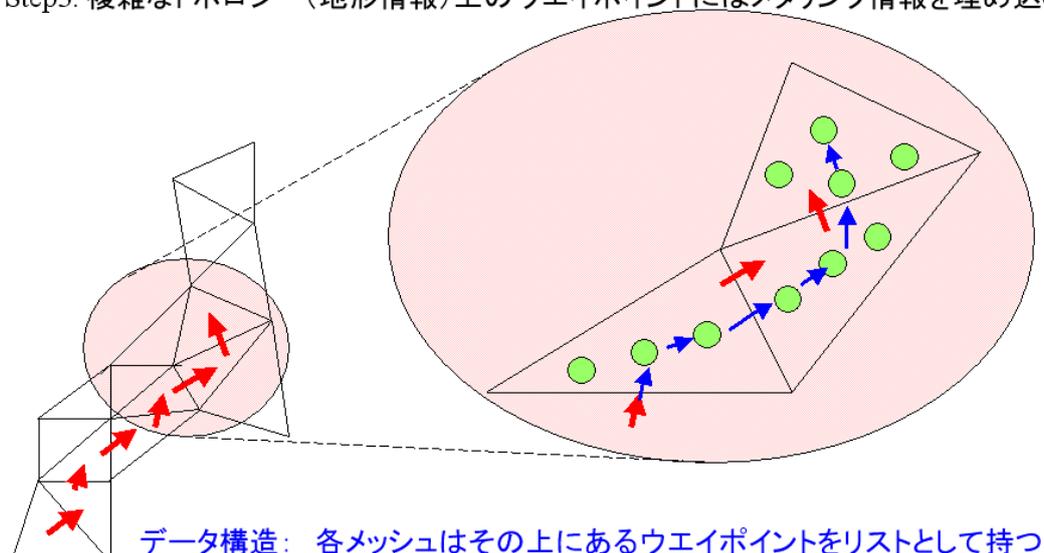


図 3.12-03 Assassin's Creed におけるキャラクター・ナビゲーションの原理[29]

スケーリングによって検索モードを切り替えるところに、大衆を動かす計算負荷を軽減しようとする工夫を見ることができる(GDC2008 で発表)。

3.12.3 スポウニング

スポウニング (spawning) とはキャラクターをいつ、何処で、どのように発生させるか、という問題である。広義にはどう消滅させるかも含む。ゲームの方針は「プレイヤーが見えている範囲で群集らしく見せる」ことであり、プレイヤーから見えるはずの場所に NPC をフラッドフィル (Flood-fill, 全体に対して均一に) に配置する。プレイヤーから見えないところでは、NPC は自由に消去することが出来る。全体としては、人口の密度を設定指標としてコントロールする。

発生するキャラクターは、背の高さ、体の部位、声、振る舞いなどバリエーションを持たせて生成できるシステムを構築し、デザイナーがコントロールできるようにした。

3.12.4 イベント反応システム

NPC はユーザーが起こした反応に対して、群集として次のような段階的な反応が設定されている。イベントを中心にして一定半径内にある NPC は立ち止まって注視し続ける。その半径より大きな円を描き、二つの円の間にいる NPC に対しては、一旦立ち止まって、注視して、再び進み続ける。それ以外は、それまでの行動を続けるシステムとなっている。

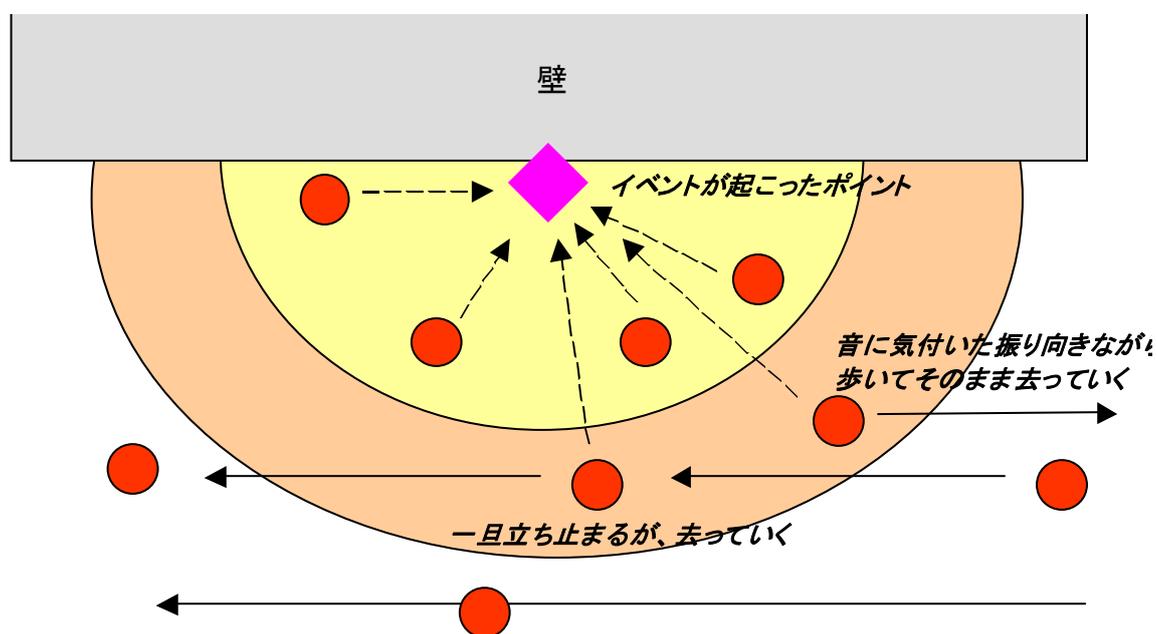


図 3.12-02 Assassin's Creed のイベント反応システム[29]

距離による段階的な反応によって群集を演出する(GDC2008 で発表)。

また、視覚情報以外でも、「音に反応して振り向く」という動作を入れることで、イベントに気付く群衆を演出した。

(1) 『Assassin's Creed』における AI 開発のポイント

- ① スケルトンの基本構造の共通化によってアニメーションデータを共有できるようにした。
- ② アニメーションはモーションキャプチャーのリアルなデータに対してキーフレームを操作してゲームの演出に合致させた。
- ③ パス検索システムはナビゲーション・メッシュがウェイポイントのリストを持つデータ形式を採用し、大局的にナビメッシュによって検索し、局所的にはウェイポイントを用いて検索することで計算負荷を最小限に抑えた。
- ④ キャラクター発生に対しては、密度とバリエーションをコントロールできるシステムを構築した。
- ⑤ 群衆のイベントに対する反応は、イベント点を中心に距離によって段階的な反応を設定するシステムとした。
- ⑥ 視覚情報だけでなく音声情報に対しても反応させることで群衆のリアルさを追求した。

3.13 システム AI

コントローラーの向こう側にいるユーザーの性格、スキル、嗜好、感情を捉えてゲームを変化させることは、常にゲームデザイナーの意図として存在する。システム AI とは、人とゲームの間に立つ AI に立って、ユーザーのインプットから様々な情報を受け取って、ゲームを変化させる AI である[1]。キャラクターのように実体を持たず、ゲームを根底でコントロールする。この分野は大きく 3 つの分野に分けることができる。

(1) プレイヤーの特性に応じてゲームを調整する。

プレイヤーの戦績に応じてゲームの難易度を調整する。或いは、プレイヤーが選択した行動に応じて、シナリオやゲーム進行に変化を持たせる。

(2) ユーザーからのインプット情報を解析する。

例えば、音声データを認識する音声認識システム。また、コントローラーのインプットからユーザーの癖を読み取る、などである。

(3) プロシージャル生成（自動生成）

ステージ自体を自動生成する。例えば、ユーザーが冒険するたびに、新しいマップを生成する、或いは、ユーザーの好みに合わせてレベルデザインのセッティングを行うなど、ゲーム世界の仕組みを柔軟に駆使して、ゲームをユーザーにカスタマイズする。

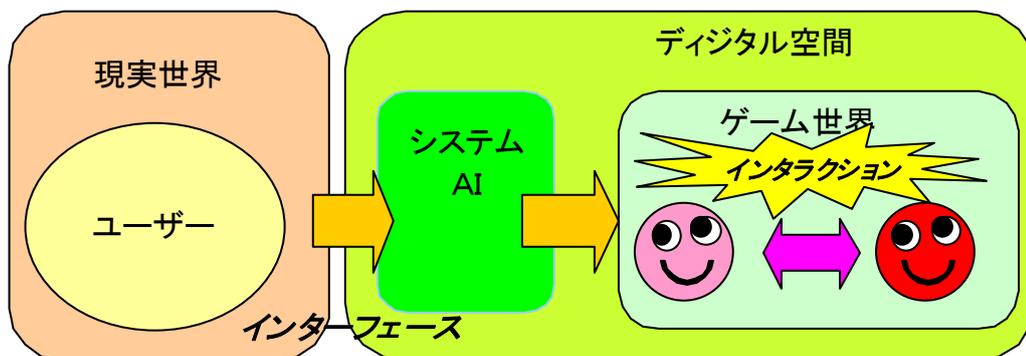


図 3.13-01 人とゲーム世界の間立つ AI[1]

普段はプレイヤーに意識されることなく、ゲームを円滑に進めるために、プレイヤーとゲーム世界の間を滑らかに橋渡しを行う。しかし、この AI の操作によって、ゲーム内容が違ったもののように見せることも可能であり、さまざまな可能性がある。

以下、この 3 つの詳細を解説する。

3.13.1 ゲームレベル調整

戦績を通じてゲームを適応させる「レベル自動調整」技術や、敵の出現パターンをコントロールする『ゼビウス』（ナムコ、1983）の例がある（[31]）。ユーザーのスキルは細かいスキルまでは判定しづらく、はっきりした指標、例えば、ある面までに撃墜されることなくクリアするなど、によって判定する場合が多い。操作スキルを詳細に解析することは今のところ提案されていない。最近では、ゲームの発展に伴い、「Easy mode」「Normal mode」「Hard mode」などを選択させる場合が多い。特にゲームセンターのように、ワンコインに対してある程度の時間の楽しを提供する必要のあるメディアでは、その傾向が強い。

3.13.2 ユーザー解析

ユーザーは、コントローラー、マイク、マッド、キーボードなど、様々なインターフェースを通じてゲーム空間へアクセスする。通常は、ゲームが要求する入力を待って処理することでインタラクティブ性を獲得する。

入力情報を解析することは、直接ユーザーを知る唯一の手がかりである。音声認識システムは、多くのゲームでは指定した言葉が入力されているか、候補となる単語とのマッチングを行うだけのことが多い。抑揚や声の大きさから、ユーザーの感情やテンションを読み取ることは難しい。しかし、ダイレクトに声が小さいことを指摘したり、同じ入力を2度くり返すことを逆に「しつこいな！」など演出に使用する例もある。こういった解析過程をゲームに組み込んだ例として『シーマン』（ビバリウム、1999）[32]が挙げられる。

『シーマン』にはこういった皮肉の聞いた演出が豊富にあり、音声認識というシンプルなシステムをゲーム演出まで高めることに成功した。

また、『Black & White』（Lionhead,2001）[33]ではキー、マウス入力を読み取って、正解の操作以外では「違うよ」とか「マウスをこう操作するのだ…」とガイダンスするキャラクターを登場させ操作方法を説明させることで、初心者でも操作を覚えやすくしている。

また、心拍数やカメラ映像など、ユーザーの情報を集めてゲームへ反映させようとするアイデア、さらに、コントローラーに入力ボタン以外のセンサーを付け、ユーザーの情報を詳細に集め、ゲームへ反映させるアイデアなどがあるが、これはまだ十分に探求されていない。

3.13.3 プロシージャル生成

詳細は第4章「プロシージャル技術」の項を参照して頂きたい。特に、『Spore』（EA、Maxis）は「ユーザー入力に対してプロシージャル生成を行う」というコンセプトの基に製作されている[34]。

3.14 まとめ

本解説の目的は、ゲーム AI 分野の基本と現状、そしてこれからの発展のビジョンを解説するのが目的であり、この数年のゲーム AI 技術全体を俯瞰した。ここで提示した情報はゲーム AI の表面の一端に過ぎず、参考文献や実際にゲームをプレイして、より深く豊かなゲーム AI の世界に触れて頂きたい。

また、各技術はゲーム毎にさらに詳細に分化したテクニックとして実装される必要があり、そういった事例が積み重なり報告されることで、ゲーム AI という分野はより豊かな広がりを獲得して行く。各課題についてゲーム毎に複数の詳細な報告が積み重ねられることで、各 AI 技術分野はさらに精密なものとなり、より応用のしやすいものとなるだろう。これから各ゲーム開発者の探求と、知識を共有するゲーム業界全体のナレッジ・マネージメントがこの分野を開拓して行くために是非とも必要なことである。

ここで報告された殆どの事例が GDC で発表された欧米の事例である。知識の共有と発展によってゲーム AI 技術を競い合ってきた欧米のゲーム業界に対して、日本のゲーム業界は知識を囲ってそれぞれ独自にゲーム AI に取り組んで来たが、ここにおいて大きく技術格差を明けられてしまった。今、新しくスタートを切った次世代開発期に、業界全体として知識の共有によって相乗的な技術発展体制を形成することが急務である。

参考文献：

- [1] 三宅 陽一郎： "デジタルゲームにおける人工知能技術の応用", 人工知能学会誌 Vol. 23 No. 1 (2008 年1 月) (2008)
 - [2] "Unreal Tournament", <http://www.unrealtournament3.com/>
 - [3] "Crytek (技術ページのマニュアルにAIの使用についての技術がある)", <http://www.crytek.com/>
 - [4] IGDA： "Artificial Intelligence Interface Standards Committee (AIISC)"
 - [5] スチュワート・ラッセル、ピーター・ノーヴィグ： "エージェントアプローチ 人工知能" (1997)
 - [6] Damian Isla： "Managing Complexity in the Halo2 AI,Game Developer's Conference Proceedings.", <https://www.cmpevents.com/Sessions/GD/ManagingComplexity2.ppt> (2005)
 - [7] 三宅 陽一郎： "ゲームAI連続セミナー「ゲームAIを読み解く」第1回「KillzoneにおけるNPCの動的な制御方法」資料", <http://www.igda.jp/modules/mydownloads/> (2006)
 - [8] Griesemer,J： "The Illusion of Intelligence: The Integration of AI and Level Design in Halo", http://www.gamasutra.com/features/gdcarchive/2002/jaime_griesemer.ppt (2002)
 - [9] Paul Tozour： "Introduction to Bayesian Networks and Reasoning Under Uncertainty", AI Game Programming Wisdom, 7.2 (2001)
- 【概要】 「依存グラフ」についての貴重な文献。これ以外にはまとまった情報は少ない。この記事もベイジアンネットワークの解説の中で派生的な情報として説明されている。Age of Empire の例だと思われるが、タイトル名は何処にも銘記されていない。

tech tree という呼び方もしている。tech tree については、Brian Schwab、"AI Game Engine Programming"などに解説がある。

- [10] Isla,D : "Managing Complexity in the Halo2 AI,Game Developer's Conference Proceedings",
<https://www.cmpevents.com/Sessions/GD/HandlingComplexityInTheHalo2AI.doc>
(2005)
- [11] Straatman, R., Beij, A., Sterren, W.V.D. : "Killzone's AI : Dynamic Procedural Combat Tactics", http://www.cgf-ai.com/docs/straatman_remco_killzone_ai.pdf
(2005)
- [12] Arjen Beij, William van der Sterren : "Killzone's AI : Dynamic Procedural Combat Tactics (GDC2005)", http://www.cgf-ai.com/docs/killzone_ai_gdc2005_slides.pdf (2005)
- [13] 三宅陽一郎 : "IGDA日本ゲームAI連続セミナー第1回資料 (2006) . (巻末に参考文献リスト) ", <http://www.igda.jp/modules/mydownloads/>
- [14] Isla,D : "Dude, where's my Warthog? From Pathfinding to General Spatial Competence", <http://www.aiide.org/aiide2005/talks/isla.ppt> (2005)
- [15] "The MIT Media Laboratory's Synthetic Characters group",
<http://characters.media.mit.edu/> (2004)
- [16] D. Isla, R. Burke, M. Downie, B. Blumberg : "A Layered Brain Architecture for Synthetic Creatures", <http://characters.media.mit.edu/Papers/ijcai01.pdf>
(2001)
- [17] R.Burke, D.Isla, M.Downie, Y. Ivanov, B. Blumberg : "The Art and Architecture of a Virtual Brain. In Proceedings of the Game Developers Conference", <http://characters.media.mit.edu/Papers/gdc01.pdf> (2001)
- [18] Brian Schwab : "AI Game Engine Programming", Charles River Media (2004)
- [19] Jeff Orkin : "Agent Architecture Considerations for Real-Time Planning in Games, AIIDE Proceedings.",
<http://web.media.mit.edu/~jorkin/aiide05OrkinJ.pdf> (2005)
- [20] Jeff Orkin : "Applying Goal-Oriented Action Planning to Games", AI Game Programming Wisdom 2, . Charles River Media. , 217-228 (2003)
【概要】 F.E.A.Rがリリースされる前の文献なので、F.E.A.R というタイトルは書かれていないが「連鎖によるプランニング」の中心的アルゴリズムを扱ったもの。手早く「連鎖によるプランニング」を理解したい人はこの記事をまず読むとよい。
- [21] Jeff Orkin : "Three States and a Plan: The A.I. Of F.E.A.R(GDC2006 (Document,PPT,Movie)", http://www.jorkin.com/gdc2006_orkin_jeff_fear.zip

(2006)

- [22] 三宅陽一郎 : "IGDA日本ゲームAI連続セミナー第2回資料 (巻末に参考文献リスト)", <http://www.igda.jp/modules/mydownloads/> (2007)
- [23] Jeff Orkin : "Agent Architecture Considerations for Real-Time Planning in Games - AIIDE 2005",
http://web.media.mit.edu/~jorkin/AIIDE05_Orkin_Planning.ppt (2005)
- [24] 三宅陽一郎 : "人工知能が拓くオンラインゲームの可能性, AOGC2007講演資料",
<http://www.bba.or.jp/AOGC2007/2007/03/download.html> (2007)
- [25] 三宅陽一郎 : "クロムハウズにおける人工知能開発から見るゲームAIの展望, CEDEC2006講演資料", <http://www.igda.jp/modules/mydownloads/> (2006)
- [26] Mat Buckland : "Programming Game AI By Example", WORDWARE Publishing (2005)
- 【概要】 「スクリプトによる制御」「FSM」「振る舞い」「ゴール指向」など「ゲームAI」の基本事項をわかりやすく説明した書籍。各章にはUMLによるプログラムのデザインと、ソース、デモが用意されており、「ゲームAI」を解説した書籍の中では群を抜く最高の書籍である。「実例で学ぶゲームAIプログラミング」(オライリー社)として翻訳も出版されている。
- [27] "「Three Approaches to Halo-Style Behavior Tree AI」(GameWatch)",
http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20070312/gdc_halo.htm
- [28] Damian Isla : "Building a Better Battle: HALO 3 AI Objectives (Halo3 9講演のPPT資料)", <http://www.bungie.net/Inside/publications.aspx>
- [29] 三宅 陽一郎 : "GDCに見る最新AIとプロシージャル技術 (IGDA日本 講演資料)", <http://www.igda.jp/modules/mydownloads/>
- [30] "The Bungie Podcast: 08/16/07",
<http://www.bungie.net/News/content.aspx?type=topnews&cid=12705>
(Halo3 AI の特集です。Damian がAIについて語っています)
- [31] "International Game Designers Panel, (GameWatch) ",
http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20050312/gdc_int.htm (2005)
- [32] "VIVARIUM Inc." , <http://www.vivarium.co.jp/>
- [33] "LIONHEAD Studios", <http://lionhead.com/>
- [34] Katie Salen : "10万個のお化け",
<http://www.adobe.com/jp/designcenter/thinktank/sprites/>

4. ゲーム・プロシージャル技術分野

(株式会社フロム・ソフトウェア 三宅 陽一郎)

4.1 プロシージャル技術とは何か？

4.1.1 概要

全てのというわけではないが、ゲーム開発者にはデジタル空間内に一つの世界を構築したい、という欲求がある。ファンタジーの世界であれ、現実の街であれ、一つの全体の世界を構築し、その世界へインタラクションを通じて入り込むゲームを作りたい、という欲求である。現実の世界は自然法則によって様々な物体や生命、関係が生成されて行くが、プロシージャル技術（手続き型自動生成技術）とは、デジタル空間にそういった生成の力をもたらす技術である。プロシージャル技術が対象とするコンテンツは、3D モデル、テクスチャー、音楽、シナリオ、AI、あらゆる分野に及ぶ。しかし、プロシージャル技術は魔法の杖ではない。プロシージャル技術は現実の自然法則のように根源から原理に従って生成する（例えば DNA から植物を作る）のではなく、あくまで生成の原理を模して生成する技術である。例えば植物モデルであれば、幹の分岐に似た **L-system** と呼ばれる分岐システムと複雑系の数学を組み合わせる生成する。こういった技術は対象ごとに異なり、多くのアルゴリズムを組み合わせる上にパラメータを調整して現実のモデルへ近づける研究が学術の分野では古くから進められて来た（見方によってはコンピューターの歴史そのものである）。ゲーム業界は次世代機のハードウェアによって、ようやくプロシージャル技術をいよいよ本格的に受け入れる基礎が与えられた。

Procedural Technologies meet Game Development.

この 2, 3 年のプロシージャル技術の動向は端的にこのように表現できる。その出会いから、まだ知らない可能性と問題が生まれ続けている。開発と実験がくり返され、対象を限定された応用から、ゲーム開発の基本構造そのもの変える応用まで幅の広い探求が試みられ、全体としてゲーム開発におけるプロシージャル技術のノウハウが加速度的に蓄積され始めている。

また、プロシージャル技術は、従来、アーティストの仕事であったコンテンツ製作をアルゴリズムが行うために、小人数で大規模なゲームを製作が可能であり、ゲーム産業構造から見ても注目を集める分野である。この技術を用いてグラフィッカーのいないプログラマー2人で3Dゲームを作った Introversion Software 社の『Darwinia』[1]、或いは、一

人で MMORPG を作ったという事例 (Eskil Steenburg 『Love』) ([2]) も存在する。本解説では、プロシージャル技術がゲーム開発にどのように導入され始めているかを示し、これからプロシージャル技術が拓くゲーム開発の可能性を解説する。各技術トピックについて参照した文献を章末にリストしてあるので、より深く知りたい方は、そちらを引用されたい。

4.1.2 プロシージャル技術とは

デジタル空間においてコンテンツ・データを作成するには 2 つの方法がある。即ち、ツールを通じてデザイナーが作成するという方法、そしてアルゴリズム (計算手続き) によって自動生成するという方法である。後者の方法をプロシージャル手法 (Procedural、手続き型自動生成手法) という ([3,4])。

プロシージャル技術がデジタルゲームに与える可能性は大きく二つに分類できる、さらにその中で幾つかのバリエーションに分類される。

表 4.1-01 プロシージャル技術がデジタルゲームに与える可能性

(1) 開発工程における コンテンツ制作	アーティストの補助ツールとして使用する (『Far Cry2』『Speed Tree』など)
	全自動生成
(2) ゲーム内における 自動生成	ステージ間のロード時間中などに自動生成する。 (つまり静的なデータをロードする代わりに自動生成を行う。 (『Rogue』『不思議のダンジョンシリーズ』など)
	ゲーム進行中に自動生成アルゴリズムを働かせる。 ① ゲーム内の仕掛けとして自動生成する。 ② ユーザーのインタラクションに応じて生成を行う (『Spore』など)

プロシージャル技術の特徴は、対象毎に独自のアルゴリズムを積み重ねて行く必要があることである。例えば、地形を自動生成する場合には、中点変位法 と ボロノイ図を組み合わせ、さらに設定パラメータをある領域に限定して自然らしい地形を生成する。しかし、この方法を取るのは地形を生成する場合のみであり、他のプロシージャル生成、例えばテキスト生成では全く異なる方法を取る。そこで次章からは、各分野ごとに技術各論を展開する。

(注) 本解説で「次世代機」と言った場合は、PlayStation3、Xbox360、Wii、2007 年の時点でハイエンドなスペックを持つ PC を指す。

ゲームに応用される様々なプロシージャル

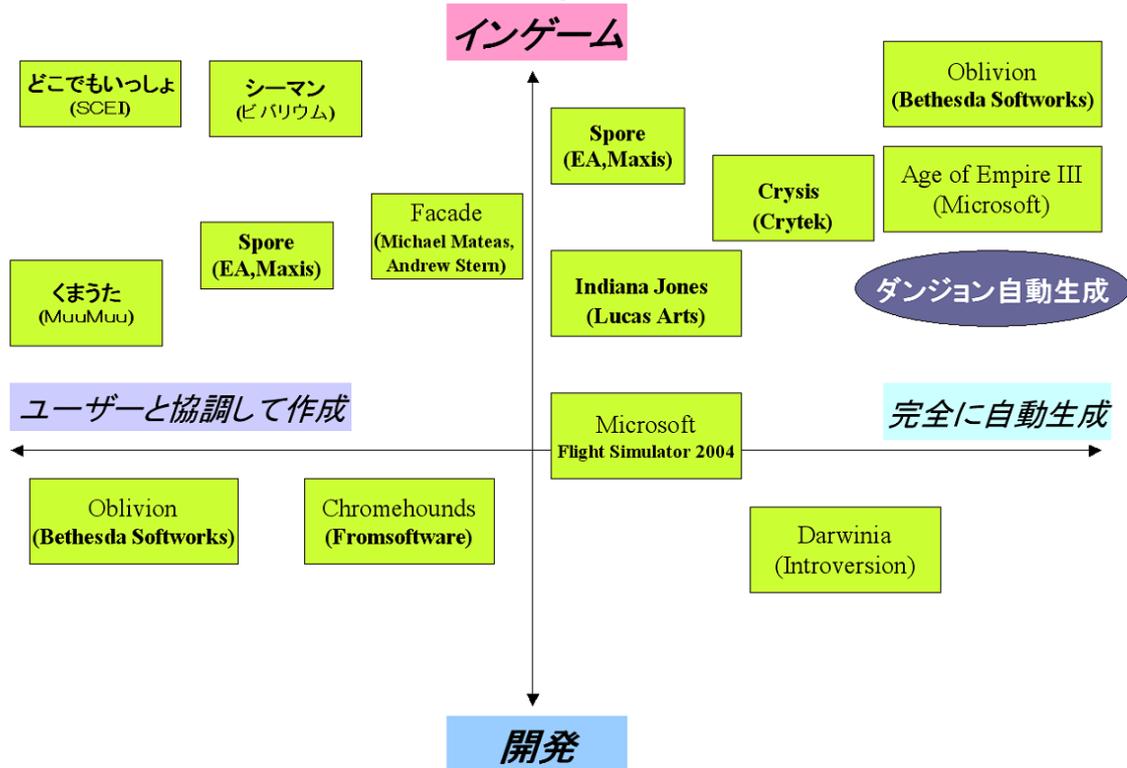


図 4.1-01 プロシージャル・コンテンツの一部の分類

本格的応用はこの 2, 3 年からであるが、それ以前にも、断続的にいろいろなタイトルで応用されて来た。

4.2 プロシージャル技術各論

プロシージャル技術がゲームに対して持つ特徴は 3 点ある。

表 4.2-01 プロシージャル技術がゲームに対して持つ特徴

多様性	バリエーションを持つこと	多様なコンテンツ
意外性	驚きがあること	ユーザーを喜ばせる。ゲームそのものに奥行きを持たせる。
クオリティー	ゲーム性にあつた質を持つていること	生成されたコンテンツが製品のレベルをクリアすること。製品の寿命を延ばすこと。

プロシージャル技術はこういった効果を目的として導入される場合が多い。また、通常デジタルゲームは一旦リリースされれば、拡張版を加えない限りコンテンツが変化することなく消化されて行くだけだが、プロシージャルはコンテンツ自身に変化を与えるために、コンテンツの寿命を延ばす効果が期待できる。以下、第 3 節から第 7 節では、プロシージャル技術そのもの、プロシージャル技術がゲームコンテンツに及ぼしている影響、そしてこれからの展望と課題、という 3 点を中心に各技術を解説する。

4.3 ダンジョン・マップ自動生成

ダンジョン・マップ自動生成はゲームにおけるプロシージャル技術の応用として最も古いものである。この分野の原点である『Rogue』（1980 年）は冒険するごとに姿を変えるダンジョンを実装し、それに続く多くの自動生成ダンジョン（或いはそう名前を冠した）ゲームに影響を及ぼした。『Rogue』は独自のアルゴリズムを実装したが（[5]）、一般的な迷路自動生成には「棒倒し法」「穴掘り法」「壁延ばし法」などが存在する。しかし、この分野の特徴として問題がシンプルであるため、オリジナルな手法がゲームの仕様の制限の中で開発される場合が多い。オープンワールド（野外）のマップ自動生成と比較して、クローズド（室内）のマップに対する難易度が低く（部屋単位で組合すことができる）実装例が多い。

通常レベルデザインはレベルデザイナーによってゲームの意図を反映する領域であり、マップ自動生成はオマケ的な要素として実装される場合が多い。つまり、入口が指定された空間的に閉じたステージ、或いは時間が区切られたミッション内において適用される。

プロシージャルの歴史: ダンジョン自動生成

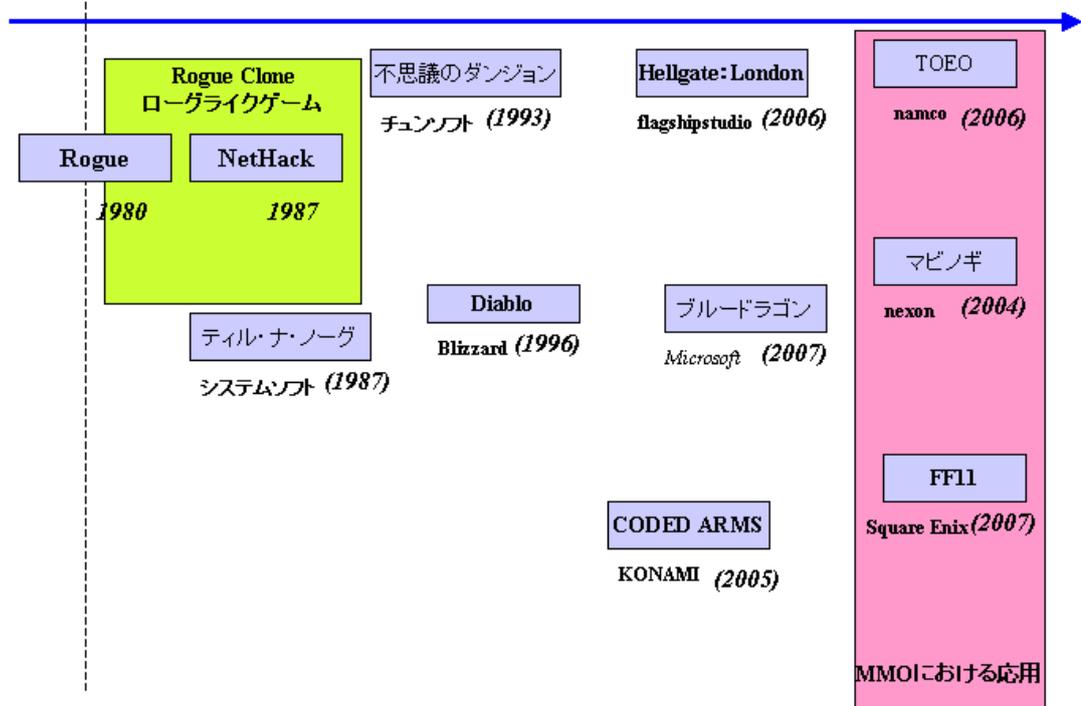
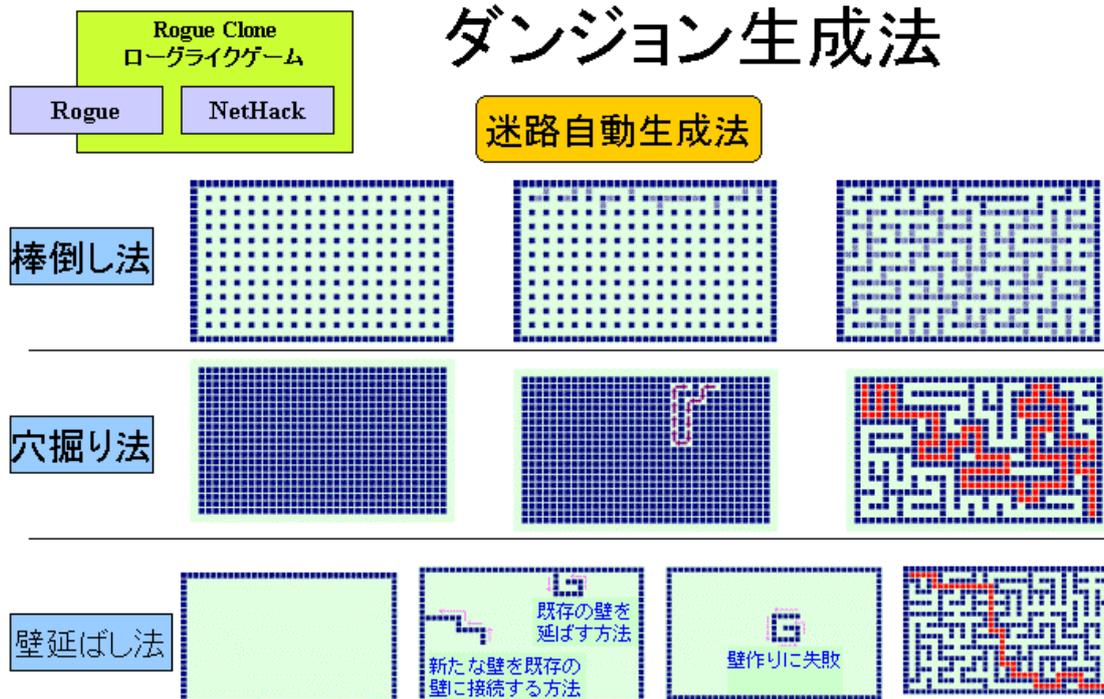


図 4.3-01 ダンジョン自動生成を応用したゲーム

ゲームデザインに真正面から取り込んだゲームとしては『Rogue』から『不思議なダンジョンシリーズ』であるが、それ以外の大きな系譜が存在しない。「ダンジョン自動生成を用いた新しいゲームデザイン」はこれからのテーマである。

また技術的な見地からは、迷路生成についての研究はあるが、「ゲーム・ダンジョン」は技術問題として取り上げにくいいため、包括的な研究は進められていない（国内では、CEDEC2004 の講演[6]が最も詳しい）。「ゲーム・ダンジョン」といった場合の対象が明らかではない。ゲーム・ダンジョンはゲームに依存する対象であるため共通の問題として抽象化しにくいのである。そのため開発側としても積み重ねが少なく、応用されるたびに一つのアイデアを試すか、方法を少し変えて実装されている。より深い探求とより包括的な研究の出発点を見出すことができれば、大きく飛躍する可能性のある分野である。

ダンジョン生成法



その他、いろいろな方がいろいろなところで独自のアルゴリズムを開発

Ishida So, 「迷路のプログラム」, 2005

図 4.3-02 迷路自動生成法 (Ishida So [7])

シンプルだが強力な方法である。しかし、迷路とダンジョンは異なる。ゲーム・ダンジョンを一般的に定義することは難しい。

4.4 グラフィクス自動生成

ゲームにおけるグラフィクス自動生成 ([8]) は主に 5 つの分野に分類できる。

表 4.4-01 ゲームにおけるグラフィクス自動生成の分類

自然物	地形自動生成
	植物自動生成
	空・雲の自動生成
人工物	街自動生成
	テクスチャ

このうち、自然物の自動生成は「フラクタル数学による自動生成」分野と深い関わりを持つ ([8,9])。以下、上記の順番に解説を行う。

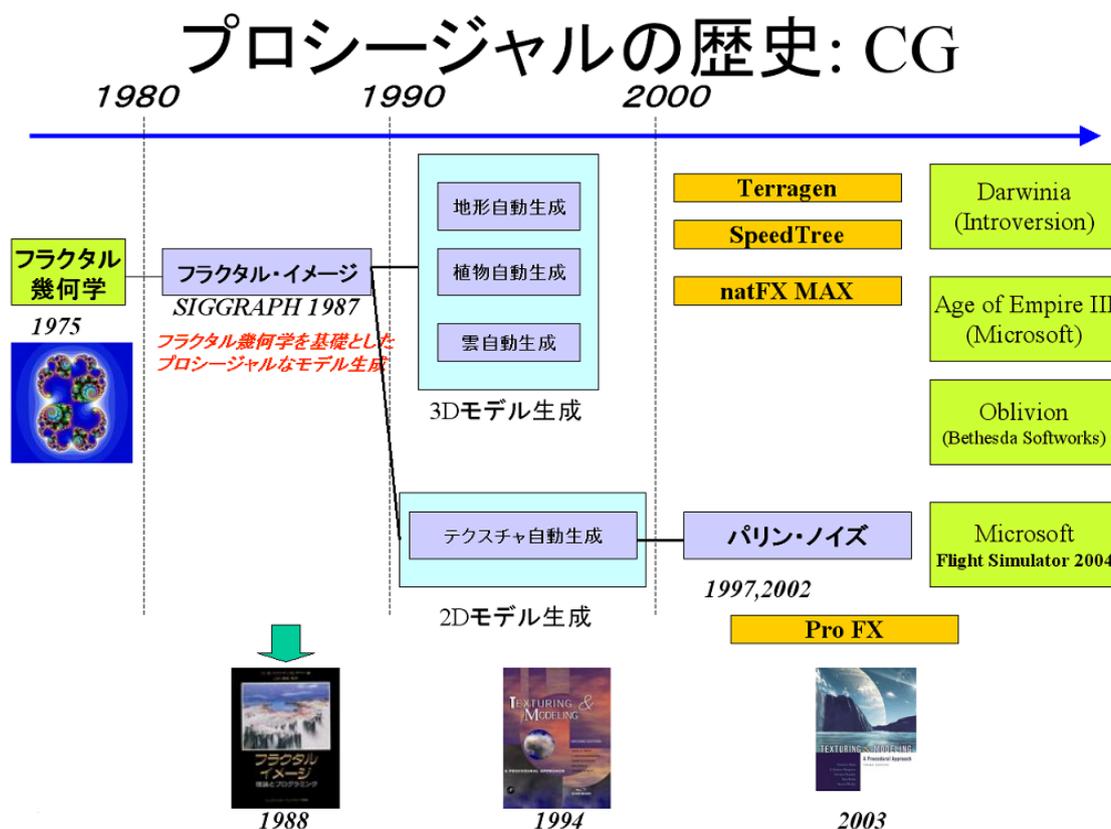


図 4.4-01 グラフィクス分野の自動生成の歴史

1988年のSIGGRAPHで成果がまとめられ書籍として出版された[9]。

4.4.1 地形自動生成

自然物の自動生成の基本概念は「スケーリング」と「反復」である。フラクタルでは、自然とは「スケールを変えながら同じ図形がくり返されるパターン」と捉える。例えば、山は一つの頂があるパターンであるが、これより少し小さな領域を見ても山型をしており、さらに小さな領域でも山型をしており、もっともっと細部を見てもギザギザの山型が見えるはずだ、という見方である。そこで、逆に自然物を生成する場合は、同一のパターンをスケールを変化させながら重ね合わせて行くという方法を取る。これがフラクタル数学による自然物造形の原理である。

特に地形自動生成では中点変位法を基礎として地形の凸凹を生成する。中点変位法とは、1次元では、直線から出発し、中点における頂点を全幅 h とする乱数だけ垂直に変位させる。そして、その頂点が生成した 2つの直線の midpoint を今度は、 $h/2$ を全幅とする乱数だ

け変位させる、さらにこれをくり返す、という方法である。これを基本として様々なバリエーションが存在する。

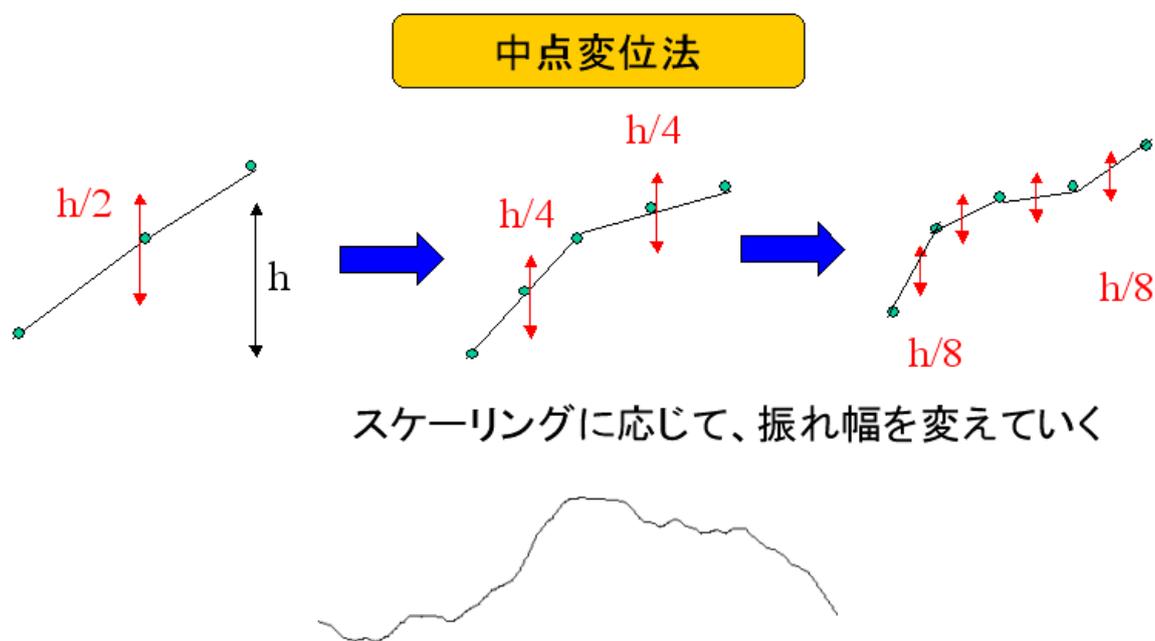


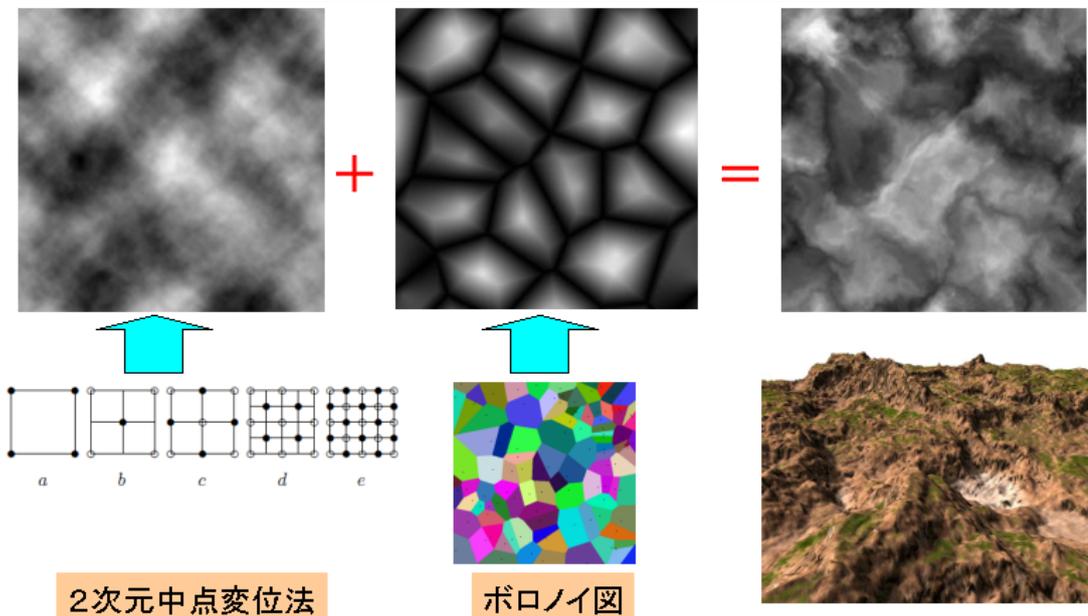
図 4.4-02 1次元における中点変位法[9]

最大の振れ幅を変えながら、だんだんと小さいスケールでギザギザを作っていく。

この手法は自然に 2 次元、多次元に拡張することが出来る。単一のアプローチだと全体的に均一な凸凹しか生成しないので、ポロノイ図など大局的な地形の変位と組み合わせることでリアルな自然地形へ近づけることが出来る[10]。

地形自動生成

ノイズ法(濃い=低い、白い=高い)



Jacob Olsen, *Realtime Procedural Terrain Generation*

http://oddlabs.com/download/terrain_generation.pdf

図 4.4-03 2次元における地形自動生成法[10]

これは一例であるが、基本は中点変位法とボロノイ図を組み合わせた方法である。ゲームごとによく調査して必要な論文を参照する必要がある。

地形生成の研究の歴史は長く、自然物のフラクタル数学による生成としては、多くの学術的成果が積み重ねられている。ただ、デジタルゲームにおいては、単にリアルな美しい地形が必要なのではなく、

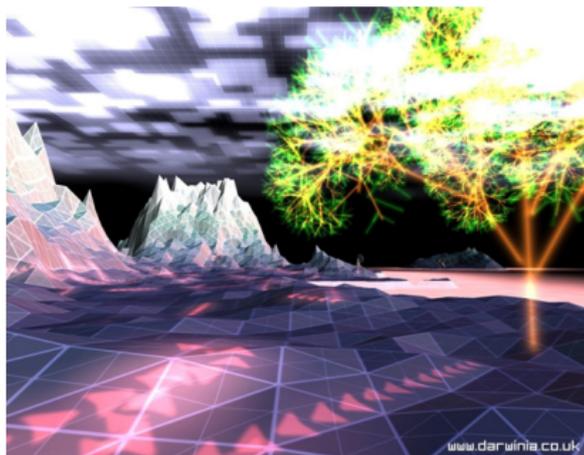
- ① ゲームの雰囲気にあっていること
- ② ゲームデザインの意図（戦闘や演出など）が実現できること

が必要とされている。そこで、現状では企画の意図のもとに 3D デザイナーがマップの製作を行うことが通例である。ゲームにこういった地形自動生成が使用されるためには、デザイナーの意図が反映できるシステムを構築するか、そもそも製作するゲームの雰囲気の沿ったツールを製作するしかない。

また英の Introversion 社は文字列をインプットとして地形生成ツールを作成し、グラフィッカーのいない4人のグループで『Darwinia』 ([1] [11,12]) という3Dゲームを製作した。

文字列からの地形自動生成

Darwinia(Introversion Software) **技術情報 未公開**



小さなプロダクションでも
プロシージャルを使うことで
質の高い大きなゲームを
作ることができる可能性を
知らしめて、英語圏の
ゲーム関係者に衝撃と注目を
集めている

- (1) 4人で製作
- (2) ベッドルーム・プログラマー2人
- (3) グラフィッカー 0人
- (4) 2006年 Independent game festival 大賞

[Introversion Software, "Procedural Content Generation", GameCareerGuide.com, 2007](#)

4gamers(体験版): <http://www.4gamer.net/patch/demo/darwinia/darwinia.shtml>

図 4.4-04 Introversion 社の『Darwinia』

たった4人の会社で2006年のGDCで独立系(規模の小さい会社でかつ低予算)向けの大賞を受賞し注目を集めた ([1] [11])。

4.4.2 植物自動生成

デジタルゲームでは、森林、ジャングル、およそ屋外のステージでは、木や植物をステージ全体に渡って配置する必要に迫られる場合が多いので、植物の自動生成は特別重要な役割を持っている。そこで、この分野はゲーム業界では特に重点的に開発・研究が(主に米国を中心に)進められている。植物自動生成はモデル生成に伴い、風やキャラクターとの接触に伴う変化、燃焼、破壊など、アニメーション、インタラクション、破壊の設定を同時に行えるようにしておかねばならない。

植物自動生成の最も有名なアルゴリズムは L-system である ([13] [14] [15])。L-system とは、記号の変換規則を設定して、その文法に従って変換をくり返す記号系であ

るが、この文法の要素を枝の分岐として解釈し、3D モデルを構築することと植物の形状を模擬することが出来る。

植物の自動生成をゲームエンジンレベルで取り入れたタイトルとして、島全体を覆うジャングルを舞台とした Crytek の『Far Cry』がある。Crytek 社は長い開発期間を経てプロシージャルと高品質なグラフィクスを実現した CryEngine[16]を開発した。また、そこから分岐した UbiSoft の「DUNIA Engine」もパーティクル・システムを模した植物プロシージャルシステムを実現している[17]。

植物自動生成

研究分野としては人工生命、CGにまたがる

Since 1968 A. Lindenmayer

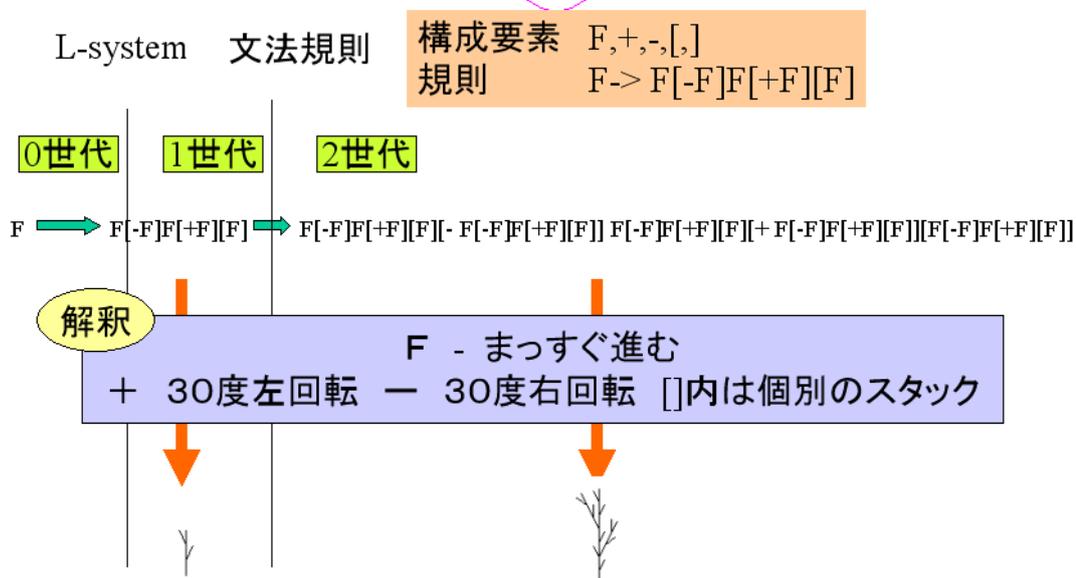
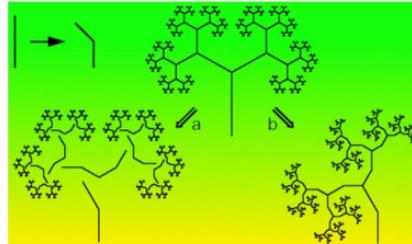
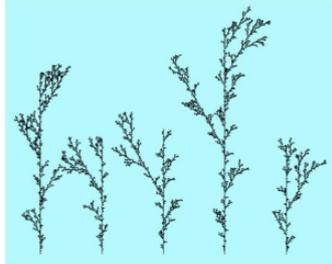


図 4.4-05 L-system による植物自動生成[13]

確率的 L-system

構成要素	F,+,-,[,]
規則	F → F[+F]F[-F]F 0.33
	F → F[+F]F 0.33
	F → F[-F] 0.33



規則を変えればいろいろな模様が自動的に生成される

図 4.4-06 確率的 L-system による植物自動生成

これは一つのパターンだけであるが、文法を組み合わせることでより多様なパターンが構築できる ([13])。

4.4.3 空・雲の自動生成

デジタルゲームにおいて、空、雲の表現はゲーム世界全体を演出する必須要素であり、かつ動的な空を作成するには多くの手間を必要とする。ゲーム毎に空の表現については検討されることが多い。

空の表現には、

- ① リアリティ
- ② 変化
- ③ くり返しが無い
- ④ 遠近感 (フライトシミュレーターなどで実際に雲の中を飛ぶ場合)

が求められる。製作手法としては、

- ① 天球にテクスチャ (空、雲が一体となった) を貼る。
- ② テクスチャを変化させることで空の雲の変化を見せる。
 - (a) テクスチャを変化させて空、雲が変化しているように見せる。
 - (b) 雲のビルボードを動かして変化させているように見せる。
- ③ 3D の雲のモデルを生成する。

などの手法がある。動的に空の様子を変えることはダイナミックなゲーム世界の変化を演出するのに最適であり、ゲームデザイン上の必要性も高い。そこで、プロシージャル技術は、そういった変化する空を演出する手法を提供することを可能にする。

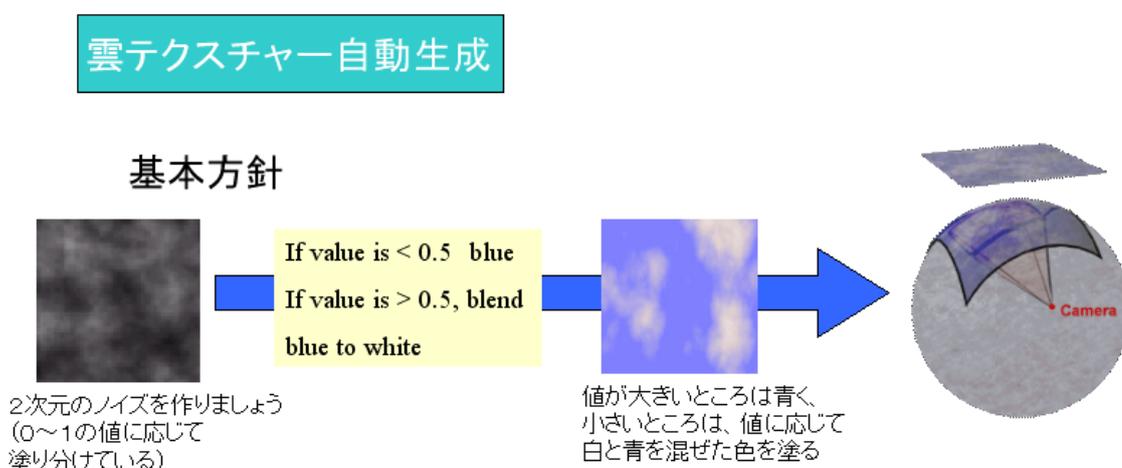
(1) テクスチャ生成の手法

空のテクスチャの自動生成法は、スケールを変えてノイズを重ね合わせるパーリンノイズ法が知られている ([18])。またスケールごとにノイズを更新するスピードを変化させることで、動的に変化する空の表現へ応用することもできる ([19,20])。

また『マイクロソフト・シミュレーター2004』では、雲のビルボードを多数用意し空間に配置し、プレイヤーの視点へ向けてフォグやライトスキヤタリングを工夫することで、雲の中を飛行する臨場感を演出している ([21,22])。

(2) 雲の 3D モデルの生成手法

3D の雲のモデルには、密度分布関数を幾つかの点を中心に重ね合わせることで作成する方法などが研究されているが他にも様々な研究が進められている。



どんなノイズがよいのだろう？

自然界にあるノイズパターンって何だろう？

Cloud Cover http://freespace.virgin.net/hugo.elias/models/m_clouds.htm

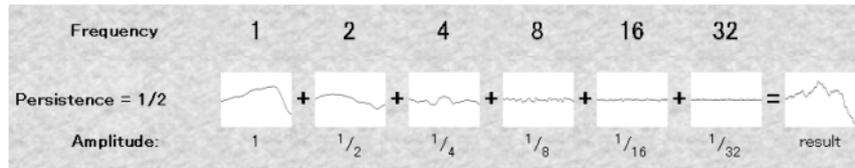
Generating Procedural Clouds in real time on 3D HW

<http://www.intel.com/cd/ids/developer/asmo-na/eng/segments/games/20534.htm?page=11>

図 4.4-07 空・雲のテクスチャの基本原理

作成したテクスチャのパターンから各ピクセルに対して色付け（ここでは青と白）を行い天球に貼り付ける ([19,20])。

パリン・ノイズ



階層的な分解能の波長を足し合わせて作るノイズ

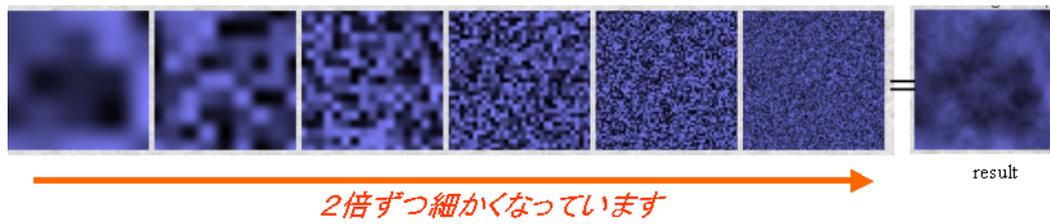
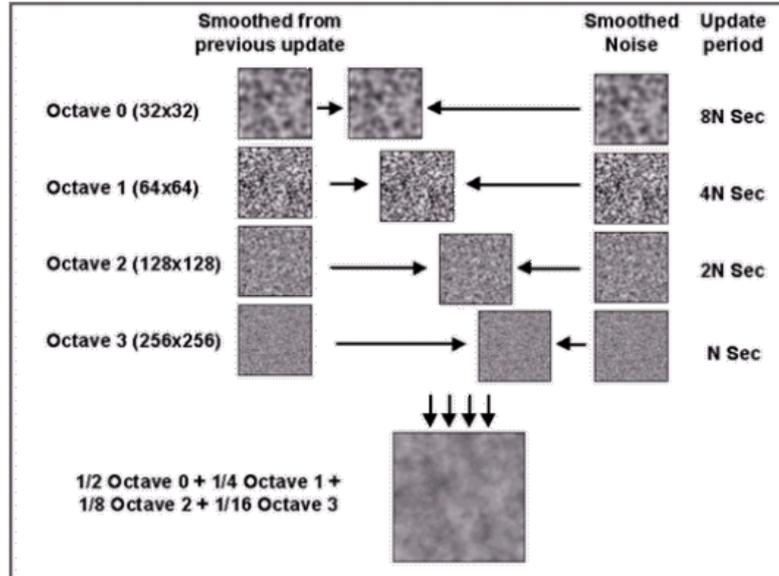


図 4.4-08 パリンノイズ

自然界にある自然なノイズパターンの構築法。ランダムであればよいのではなく、ここでもスケーリングされたパターンがフラクタルに重ね合わされている ([18])。

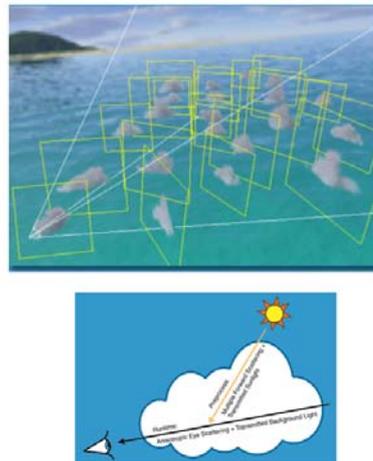
変化する雲の作り方



Kim Pallister, Generating Procedural Clouds in real time on 3D HW
<http://www.intel.com/cd/ids/developer/asm0-na/eng/segments/games/20534.htm?page=5>

図 4.4-09 テクスチャを動的に変化させることで空の変化を見せる方法[20]

パリンノイズを基礎に分解能が高いほど早く更新することで、スケールに応じた変化を組み込む。



ビルボードからの様々なレンダリング効果を重ねてリアリティーのある空を再現 (Skywork、GDCで発表)

Mark.J.Harris, REALISTIC CLOUD ILLUMINATION
<http://www.markmark.net/clouds/index.htm>

図 4.4-10 Microsoft Flight Simulator 2004 の基本となったアイデア

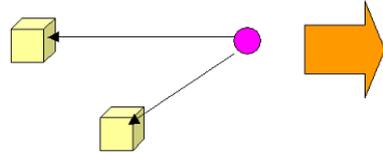
ビルボードを複数作り、ライティングを工夫することでリアルな空を演出する ([19,20])。

雲の自動生成

雲の3Dモデル自動生成

基本方針

ある点を中心とした密度を計算

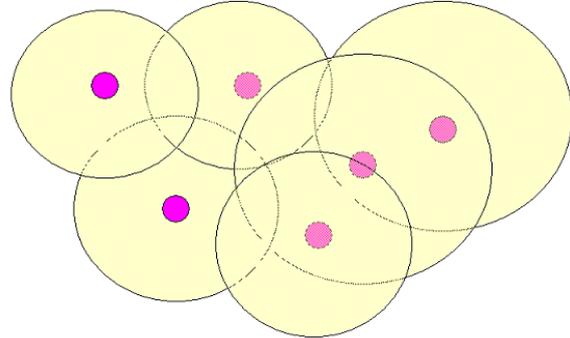


$$F_{cub}(r) = -\frac{4}{9} \frac{r^6}{R^6} + \frac{17}{9} \frac{r^4}{R^4} - \frac{22}{9} \frac{r^2}{R^2} + 1$$

Wyvill's standard cubic function



エレメントごとに足し合わせる



$$Density_{implicit}(p) = \sum_j (w_j F_{cub}(p - q))$$



David S. Ebert, Volumetric Procedural Implicit Functions,
<http://www.csee.umbc.edu/~ebert/cloud>

図 4.4-11 雲の 3D モデル自動生成

密度分布関数を使う方法である[23]。

4.4.4 街の自動生成

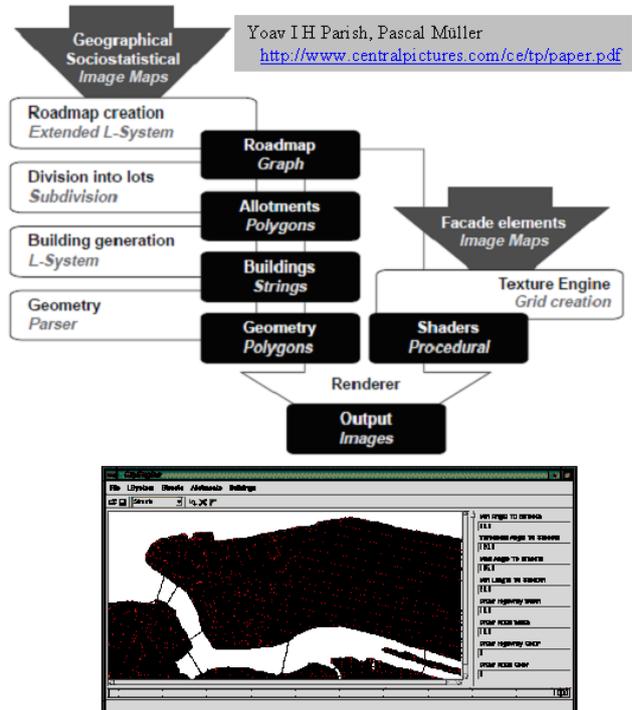
デジタルゲームにおける街は、舞台としてモデルが準備される場合と、『SimCity』(Maxis, 1989)のように「街形成シミュレーション」のゲームジャンルがある。特に、後者は、全ての建築をプレイヤーが構築するのではなく、幾つかの中心となる建物やパイプラインを配置した後は、自動的に街が発展するのを楽しむというゲームデザインが多く、そこにプロシージャル技術が導入されている。

前者に対しては、学術では 3D 空間上で自動生成を用いた街生成の研究が進められているが、ゲーム製作においてそのまま使用されることは多くない。デジタルゲームにおいて街に演出やギミックを仕掛けることが多く、単に街を作って戦闘だけというゲームは少ない。デジタルゲームでは、マップ内に「隠れる場所」「狙撃ポイント」「高い場所」「低い場所」「踊り場」などを用意することで、レベルデザインの質を上げて行く。しかし、現在のところ、そういった設定までを含んだ、「条件付きの街の自動生成」は実現されていない。ゲーム性の要求を含んだ上で街を生成するツールが出来れば応用へ一歩近付くことになる。

L-system による街の自動生成

City Engine(central pictures)

<http://www.centralpictures.com/ce/>



George Kelly, Hugh McCabe, A Survey of Procedural Techniques for City Generation

<http://www.gamesitb.com/SurveyProcedural.pdf>

図 4.4-12 L-system による街の自動生成

CityEngine のアルゴリズム。L-system を建築ルールを組み合わせたルーチンを研究して、様々な街を自動的に作り上げる研究である ([24,25])。

街の生成は全体の形状を定義する街路と、それによって生成された区画に建築を置く二つのフェーズに分かれる。全体の形状は L-system と制限を組み合わせで構築し、そこで形成された区画に対して建築を自動生成する機能をつけることで、街全体を形成することが出来る。また、同じ発想で、ダンジョンを作成することも可能である。

また、Introversion 社は次期タイトルとして、『subversion』というゲームのためにアルゴリズムによる街生成を実現している ([11,12])。

L-system によるダンジョン自動生成(三宅案)

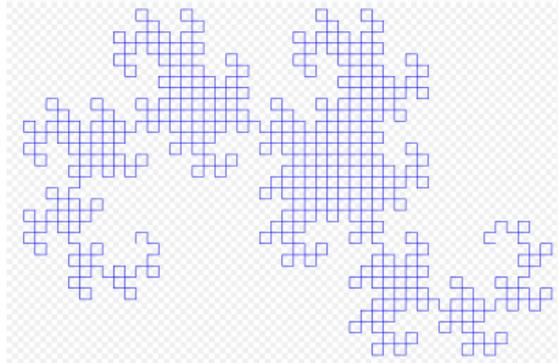
variables : X Y F

constants : + -

start : FX

rules : (X \rightarrow X+YF+), (Y \rightarrow -FX-Y)

angle : 90°



<http://en.wikipedia.org/wiki/L-system>

図 4.4-13 L-system によるダンジョン生成

角度を 90 度に変えると、碁盤目の街ができる。これをダンジョンと見なすことも可能である。L-system は非常に抽象度の高いシステムなので、解釈を変えれば多くの応用ができる [13]。

4.4.5 テクスチャ自動生成

テクスチャ自動生成には長い歴史がある[8]。

表 4.4-02 テクスチャ自動生成の歴史

1976	Blinn&Newell	フーリエ合成による生成
1978	Fu&Lu	構文文法規則による生成
1979	Schacter&Ahuja	フーリエ合成と確率モデル
1980	Schacter	フーリエ合成と確率モデル
1981	Garber	確率モデルからの生成
1982	Fournier,Fussel,Carpenter	フラクタルによる生成
1984	Haruyama&Barsky	フラクタルによる生成
	Cook	shade trees による生成
1985	Gagalowicz&Ma	確率モデルからの生成
	Perlin	確率モデルからの生成(パリンノイズ)
1991	Turk,Witkin,Kass	生化学の過程 (動物の皮膚の着色パターン)を再現した生成
1991	Sims	LISP 表現を用いた生成

1984 年にある Shade tree というのは、テクスチャや大気の設定によってテクスチャを描き分けるテクニックであり、透明テクスチャ、リフレクション・マッピング、バンプ・マッピング、ディスプレイメント・マッピング、ソリッド・テクスチャなど、現在のシェーダーの基本アイデアを含む概念である。テクスチャ自動生成と言った場合、模様のみならず、アルファチャンネル、バンプ情報、ディスプレイメントのための情報、材質、反射係数など総合的なテクスチャ情報を生成対象として考えることが必要である。

ゲームにおけるテクスチャ生成は、開発過程、或いはゲーム内のリアルタイム生成で使用される。現在、テクスチャはツール上で作られるか、写真を加工して作られているが(テクスチャを担当するグラフィッカーは「素材撮り」と言って撮影旅行に出かけることもある)、「ProFX」(Allegorithmic) [26]など自動生成ツールもゲーム市場に現れつつある。

「ProFX」は「Unreal Engine 3や PhysX のプラグインとして使用できる」([27]) ので、リアルタイムに生成させて使用することが出来る。リアルタイム・テクスチャ生成の導入における課題は、ロード時間と生成時間の差であり、これは巨大なテクスチャほど生成が有利であると GDC2007 のセッションの「ProFX」のセッションで発表されている

([27])。しかし、現在のところテクスチャ・リアルタイム生成は数えるほどしか実際の使用例は報告されていない。

4.5 アニメーション自動生成

3D ゲームではキャラクターに連結されたボーンが埋め込まれ、このボーンを運動させるアニメーション・データ（多くはツールかモーション・キャプチャーで作成する）によってボーンを運動させる。2D ゲームではスプライトと呼ばれる連続した絵のパターンを切り替えることで2Dアニメーションを形成する。

アニメーション・データは複数用意され、適切なタイミングで適用・切り替えを行うことでキャラクターを動かす。アニメーション・データが膨大な数になるにつれ、状況を読み取って適切なタイミングで制御するアルゴリズム（FSM など）が必要とされて来ている。こういったアルゴリズムはゲーム AI 分野とオーバーラップする。

アニメーションの分野においてもプロシージャル手法が導入されつつある。ここでは、アニメーションをゲーム内でリアルタイムに生成する、という意味である。

基本となる方法は、3つある。

- ① 基本アニメーションセットからアレンジして生成する(adaptive)
- ② 関節の動きを学習によって生成する(learning)
- ③ 物理的にアニメーションを生成する(Physically based animation)

この手法は現在、工程上、最もネックとなっているアニメーション・データ作成の手間を大きく削減する可能性を持っている。NaturalMotion 社（[28]）が開発した「endorphin」はゲーム内でインタラクションに応じてモーションを生成するアニメーション・エンジンであり『Indiana Jones』（Lucas Arts）（[29]）『EVE Online』（CCP, GDC2008 で endorphin を採用することを発表）などに導入されている（[30]）。

プロシージャルの歴史: アニメーション編

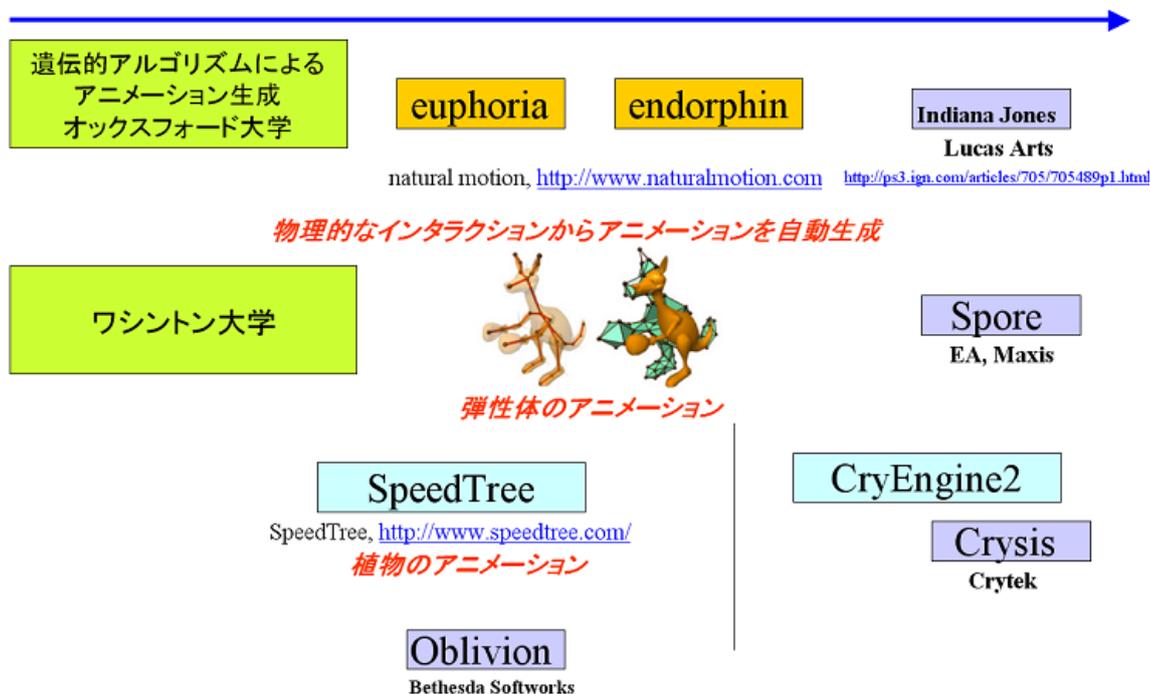


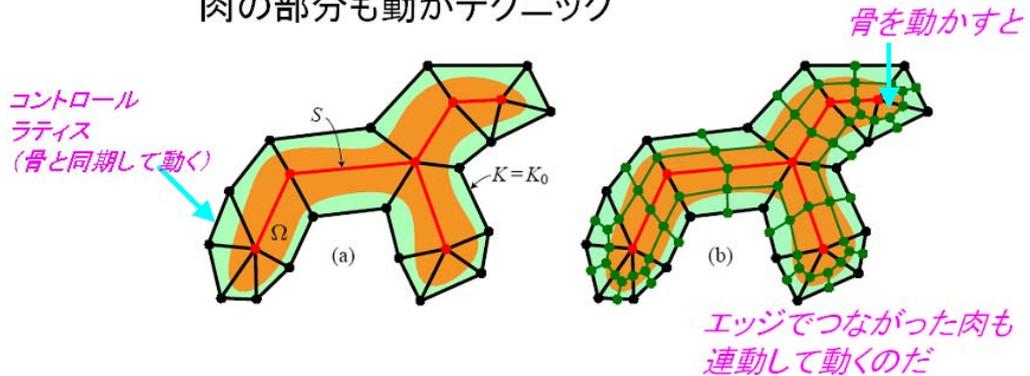
図 4.5-01 アニメーション自動生成の現在の状況

これからの分野であるが、アニメーション・データを生成する手間を省くことになれば、開発工程の負荷を大きく軽減することが出来る[28,29]。

以上は剛体（非弾性体、変形しないモデル）におけるアニメーションであるが、弾性体（変形する物体。例えば、ゴムや筋肉質のモデル）のアニメーション（deformable animation）のリアルタイム生成も導入され始めている。「Spore」では、ボーンの運動に合わせてボーンに付いた筋肉をシミュレーションする技術「skeleton-driven dynamic deformable animation」が採用されているという情報があり、ユーザーが作ったぶよぶよしたクリーチャーが作った瞬間から自然に揺れながら運動させることが出来る（[31]）。

スケルトン・ドリブン・アニメーション

骨を動かすことで、自動的に計算で、その周りに肉の部分も動かすテクニック



有限要素法

頂点をエッジ(辺)でつないで、頂点同士の運動関係を定義してシミュレーションする技術

Steve Capell et al., Interactive Skeleton-Driven Dynamic Deformations
<http://grail.cs.washington.edu/projects/deformation/>

図 4.5-02 スケルトン・ドリブン・アニメーションの原理[31]

Spore Developer Wiki ([32]) の情報では、『Spore』の非弾性体アニメーションに応用されているとのことだが、正式に発表があったかは定かではない。

また「Crysis」(Crytek, 2007)では植物の幹、葉に固さの情報を埋め込むことで、爆風やキャラクターとのインタラクションに応じて曲がり具合を計算し、リアリティを持ったインタラクションを持つジャングルを実現している ([33])。また、IDV 社の「Speed Tree」([34]) は、製作用 CAD からランタイム API までを持つ森林生成ツールであり、アニメーションを設定することも可能である。例えば天候に応じた森の揺れをカスタマイズすることも出来る。『Oblivion』(Bethesda Softworks)で導入されている。

4.6 会話自動生成

会話自動生成は特にゲームデザイナーから要望の多い分野である。

- ① NPC にくり返しのない会話をさせたい。
- ② NPC 同士、NPC とプレイヤーの自然な会話を実現したい。
- ③ RPG のパーティーでプレイヤーと仲間に毎回新しく自然な会話をさせたい。

など、会話自動生成はゲームデザインに対して大きな可能性を持っている。しかし会話自動生成は「会話」「言葉」「場の雰囲気」といったあまりに抽象的なテーマを対象とするために技術的な端緒が得られにくい分野であり、現在は少しずつ成果が出始めた段階であるが、ゲームに応用されるには至っていない。近年、米国で注目を集めたのは、「Facade」というドラマ生成を含んだインタラクティブ作品 ([35] [36] [37]) で、ユーザーのキーボード・インプットによる会話に応じてプレイヤーを含めた 3 人の会話の展開が変わって行く。シチュエーションを離婚寸前の夫婦に会う友人 (プレイヤー) に限定し、進行条件に応じて NPC の行動・会話プランを作成する。長期的にはビートシステムと呼ばれるエピソードを制御する思考によって大きなイベントを発生させる。技術的には新しいが ([38])、作りこんだ設定であるため、注目を集めたものの目立ったゲームへは応用例は知られていない。GDC2003 でも講演がなされた。

プロシージャルの歴史: 会話&自然言語



図 4.6-01 会話自動生成の概観

ゲームにおいて技術的には「まだ実現されていない」と言ってもいいだろう。しかし日本では巧みなゲーム演出の力でユーザーにあたかも生成されているかのように見せかける秀逸なゲームデザインの歴史を持つ。

日本の会話生成を用いたゲームは独創的なゲームが多い。データを大量用意する「作り込み」による作品が殆どだが、ゲームデザインによって自然な会話に見せる演出が特徴的である。『くまうた』(MuuMuu,2003)はプレイヤーのインプットした言葉とあらかじめ用意されたデータを用いて自動作詞を行う機能と、さらにそれを自動的に音声の歌として歌う音声生成システムの機能が実現されている。『どこでもいっしょ』(SCEI)はキャラクターからの質問にプレイヤーが応えた単語をデータとして蓄積し、会話の端々で使用することでユーザーを喜ばしたり驚かしたりする効果を実現している。『シーマン』(ビバリウム) [39]は音声認識によって認識した言葉に対して、シーマンが応える仕組みであり、その強い個性によってユニークなゲームとして成立させている。

また、会話は言葉だけから成立するものではない。身振り手振りを会話に加えることで相手を会話に引き込むことができる。これを「引き込み現象」という。渡辺富雄教授(岡山県立大学)はこの「ノンバーバル・コミュニケーション」(非言語コミュニケーション)に着目し、ユーザーのテキストインプットを解析して適切なタイミングで自動的にアバターがうなずくなどの動作をするアプリケーションを作成している ([40])。

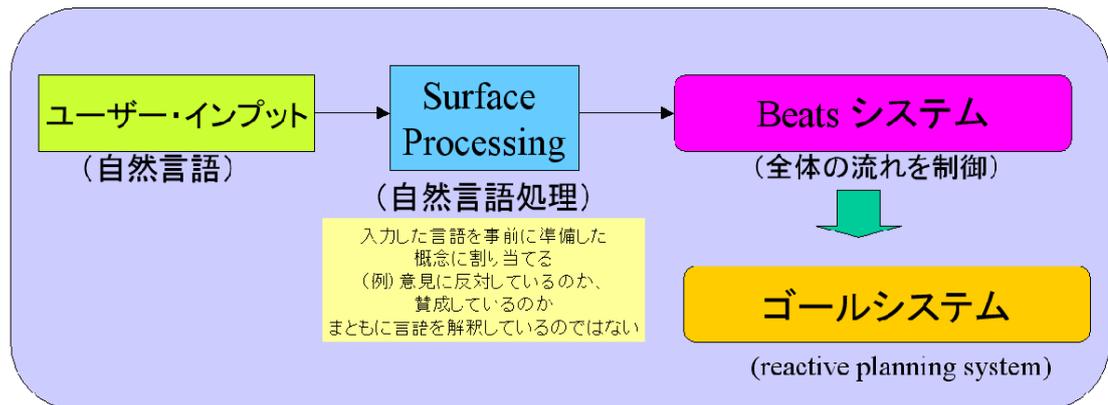


ドラマ・ジェネレーター「Facade」

Interactive Story

部屋の中で自動的に演技をする(大規模なストーリーでない)

全体のシステム



[Michael Mateas, Andrew Stern, "Facade", Procedural Arts, 2005](#)

図 4.6-02 ドラマ・ジェネレーター「Facade」のシステム[35,36,37]

5年の歳月をかけて研究され注目を集めた。特に米国では有名である。

ドラマ・ジェネレーター「Facade」

Interactive Story

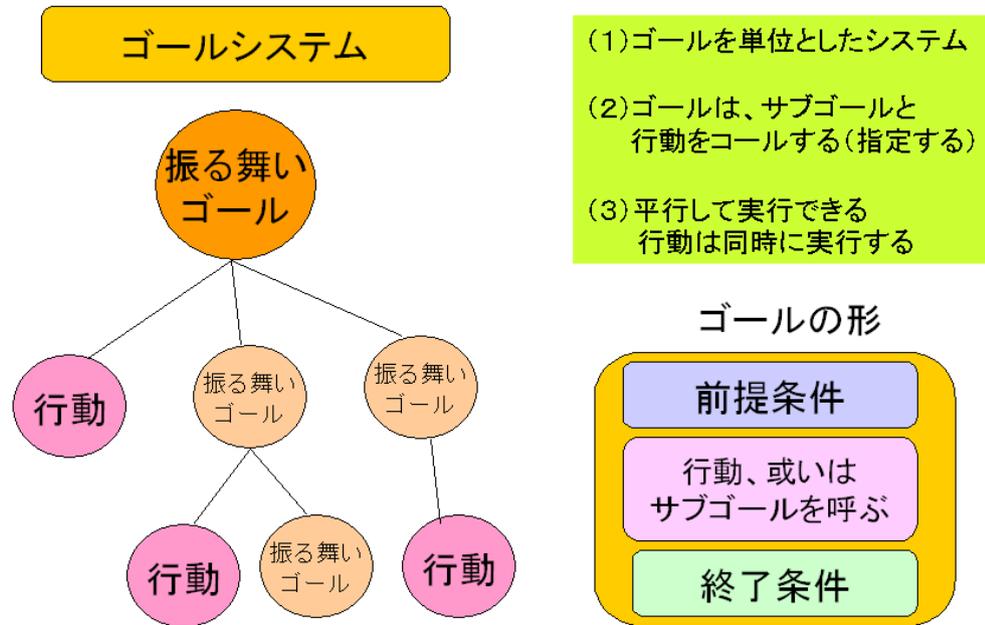
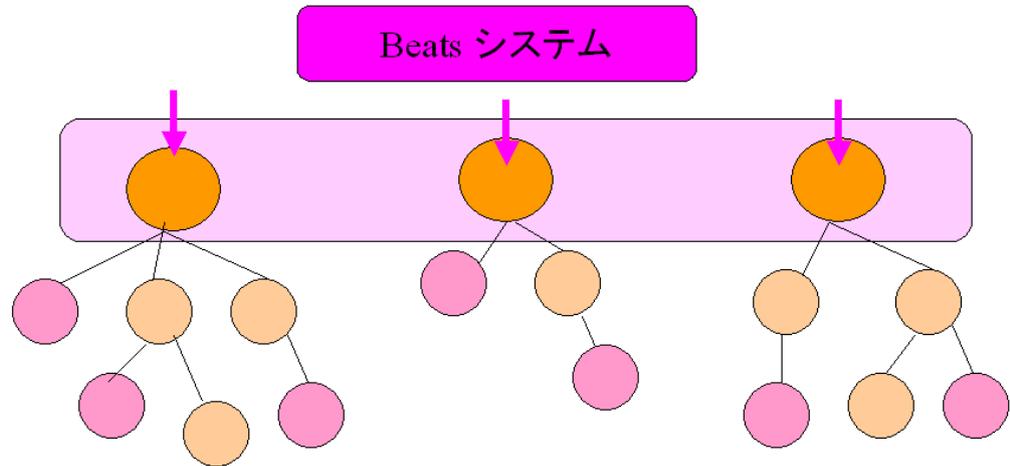


図 4.6-03 ドラマ・ジェネレーター「Facade」のアルゴリズム[35,36,37]

ゴール指向によって行動を生成する。

全体の流れ



Michael Mateas and Andrew Stern
[Facade: An Experiment in Building a Fully-Realized Interactive Drama](#)
Game Developers Conference, Game Design track, March 2003

図 4.6-04 ドラマ・ジェネレーター「Facade」の Beats システム[38]

全体の流れを制御するビートが投げ込まれ、ゴール指向で行動が生成される。

「引き込み現象」を用いた会話

バーチャル・アバター ノンバーバル(非言語)コミュニケーション



入力したテキストから解析して、アバターが適切なタイミングでうなづく動作を自動的に行う

言葉ではなく身体的な動作が会話をスムーズにする

岡山県立大学 渡辺研究室
<http://hint.cse.oka-pu.ac.jp/>

http://www.cm.or.jp/LABO/BABY/LEARNED/WATANABE/GIF/WATANABE_GAKKAISHI.PDF

図 4.6-05 ノンバーバル・コミュニケーションによるバーチャル・アバター[40]

岡山県立大学の渡辺富雄教授は言語を解析して適切なタイミングでうなづくアバターを開発している。

4.7 プロシージャル AI

ゲーム AI とは「ゲーム状況に応じて動作を指定することができる機能」と捉えることも出来る。すると、ゲーム AI は 2 種類に分類することが可能である。

- ① あらゆる状況を想定して、全ての状況に対してスクリプトなどで行動を定義しておく AI (「Scripting AI」「力任せ法」(brute-force approach)とも呼ばれる)
- ② ゲーム状況を自分で解析して行動を生成する AI (Procedural AI)

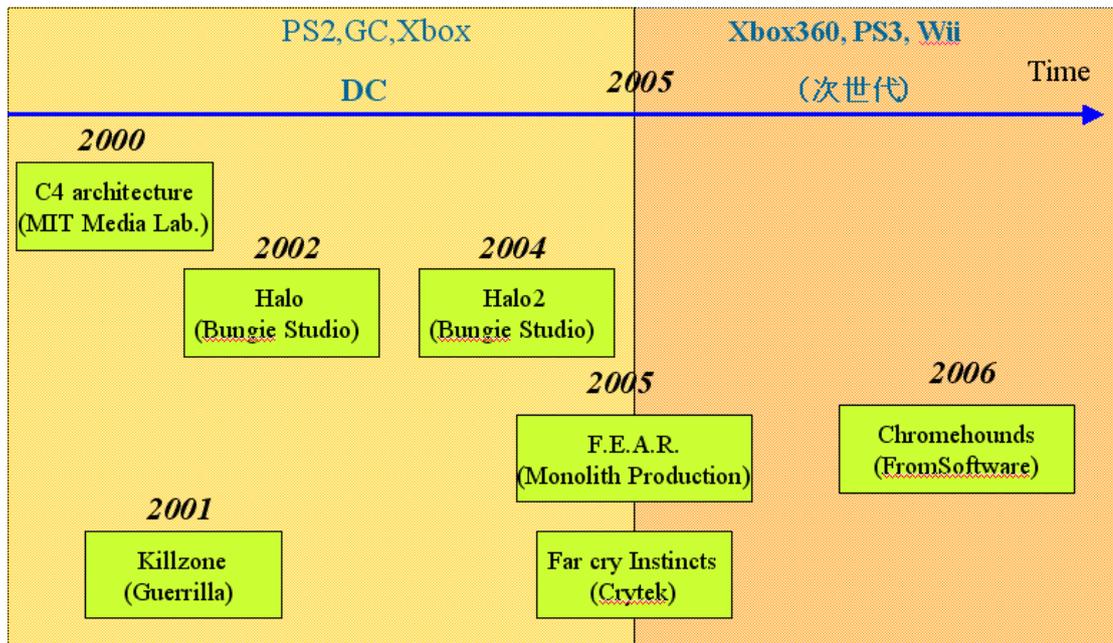
ゲーム AI の歴史、特に重点が置かれているキャラクターAI の歴史では、90 年代まではレベルデザインの一部として決められた動作をくり返す AI の需要が高かったために①が主流であった。いわば、ゲームとは一つのお化け屋敷であり、AI はそのアトラクションの一部としての要素が強かったのである。ところが、2000 年を前後して、AI は主に二つの要因によって変化を迫られることになった。

- (a) ゲーム表現とハードウェアの発展によって 3D でリアルな世界を構築されるようになった。
- (b) AI が処理するべき情報量が圧倒的に増えた。

(a)によってAIにはより状況に応じた反応が必要とされ、(b)によってスクリプティングの作業が飛躍的に複雑で膨大なものとなった。そこで、AI技術によって、こういった膨大なインプットの情報を効率的に解析しアウトプットとしてAIの行動を生成するシステムを構築するという動きが現れた。これは、本来の学術で研究されて来たAIそのものであり、学から見ればScripting AIの方が特殊に見える。敢えて、Scripting AI でないことを強調する場合は、Procedural AI と呼ぶこともある（Procedural AI については、本報告書第3章「ゲームAI」の事例報告をご覧ください）。

「Procedural AI」は、自身の持つ感覚器官からのインプット情報をアルゴリズムによって解析することで世界の状況を認識し、自身を取り得る行動の要素から、実際に取る行動をその場で組み上げるのである。この方法は、レベルデザインが複雑かつ広大になればなるほど威力を発揮する。これに対しScripting AIはますます困難な作業になるのである。

プロシージャルの歴史: AI編



プロシージャルAI = アルゴリズムによるAI

図 4.7-01 プロシージャル AI の歴史

もちろんこれだけではないが、特に技術が公開されているものを列挙してみた[41]。技術情報についてはゲーム AI の項を参照頂きたい。

4.8 GDC2008 に見るプロシージャル技術の発展

この章では、GDC2008 における『Spore』(Maxis)と『Far Cry2』(Ubisoft) の二つのタイトルにおけるプロシージャル技術の講演

- (3-1) 「Spore におけるプロシージャル・ミュージック」
- (3-2) 「Far Cry 2 におけるプロシージャル・データ作成」

を解説する。前章までで見たようにプロシージャル技術は専門性が高く、また対象を限定

して進める必要があるため、最初の技術的な障壁は大きいですが、範例が積重なりノウハウが蓄積されることで導入の閾値は少しずつ下がって行くと予想される。2008 年は、プロシージャル技術が本格的に導入されたゲームが大きな存在感を持ち始めたという意味で重要な年である。

次世代ゲーム開発において、プロシージャル技術によるアプローチを真正面から応用しようとする 2 つのビックタイトル「Spore」「Far Cry2」が存在する。「Spore」はゲーム内でユーザー・インタラクションに応じてプロシージャル生成を行い、「Far Cry2」は開発段階で設定した値に沿ってゲーム内でプロシージャルに生成される。以下、4.9 節、4.10 節でこの 2 つのタイトルの詳細を紹介する。

4.9 Spore におけるプロシージャル・ミュージック

『Spore』は『The Sims』(EA,Maxis)で著名なゲームデザイナー、ウィル・ライト氏がプロシージャル技術に惚れ込み ([42])、2000 年初頭からアイデアを暖め、2005 年に構想を発表し ([43] [44])、2008 年にリリースするゲームであり 3 つの顕著な特徴を持っている。

- ① 生物の原型から文明まで全てをシミュレートする(Sim Everything!)
- ② 進化の各段階でユーザーが生物や文明をカスタマイズできる(User Generated Contents)。
- ③ コンテンツは全てユーザーのインプットに応じてプロシージャルな手法によって生成される(Procedural Contents Generation)。

特に、2007 年の SIGGRAPH2007 では、

- モデル生成
- テクスチャ生成
- 星の表面の生成
- 植物の分布
- アニメーション

のプロシージャル技術が公開され、GDC2008 において初めて

- 音楽生成

の技術公開が行われた。

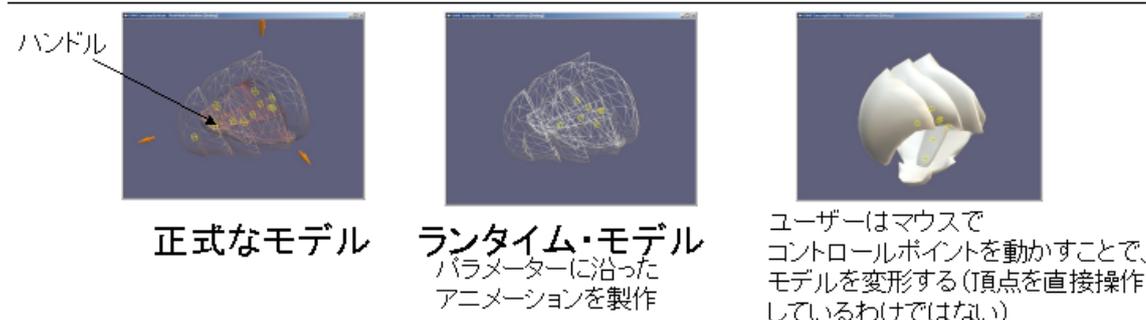
『Spore』はプロシージャル技術を「ユーザーの GUI を通したインプットから詳細なコンテンツを生成する」ために使用しているため、ユーザーから見ると僅かな操作で、膨大なコンテンツを生成するという喜びが得られる仕組みになっているのである。以下、この6つの技術を順番に説明する。

4.9.1 モデル生成

『Spore』のクリーチャー・モデルはユーザーがリグブロックと呼ばれるパーツを組み合わせて形成する ([45])。各リグブロックには、モーフィング・アニメーションのデータが付属されており、ユーザーは制御ポイントをマウスで操作するだけで、そのアニメーションに沿って各パーツを変形させることができる。各ブロックは変化に応じたアニメーションがつけられ、また嘴などであれば鳴き声も変化する。最終的には全体をまとめたデータが生成される。

(1) モデル生成

- ① モデルは「リゴブロック」と呼ばれるパーツからなる
- ② 「リゴブロック」はマウスによって制御ポイントを動かして変形することができる



Lydia Choy, Ryan Ingram, Ocean Quigley, Brian Sharp, Andrew Willmott
Rigblocks: Player-Deformable Objects, <http://www.cs.cmu.edu/~ajw/s2007>

図 4.9-01 『Spore』におけるモデル・エディット ([45])

ランタイム用のモデルで変形された後、よより詳細なモデルへ「bake」される。

4.9.2 テクスチャ生成

クリーチャーの表面のテクスチャは開発当初、ユーザーが自由にツール上で描くことが出来るシステムが作られていた。しかし、あまりに自由度が高く模様が乱雑になるため廃止された。しかし、一方でユーザーが与えられたセットから選択するシステムは自由度がなくなり、逆に自作クリーチャーに個性やバリエーションを持たせることが出来ない。つまり、その中間的なシステムを構築する必要があった。そこで、

- ① base ... 基本の色、材質テクスチャ
- ② coat ... 表面様、飾り
- ③ script... 表面にブラシなどでかけるエフェクト

を指定して一枚のテクスチャーが生成される仕組みを作った。これらをユーザーが選択した後、まるで布地を職人が作るように、手続き的な操作で（プロシージャルに）テクスチャーを生成する ([46])。

(2)テクスチャ生成

自由なペイントと単なる模様選択の間にあるようなシステムを目指す
細かすぎない シンプルすぎない

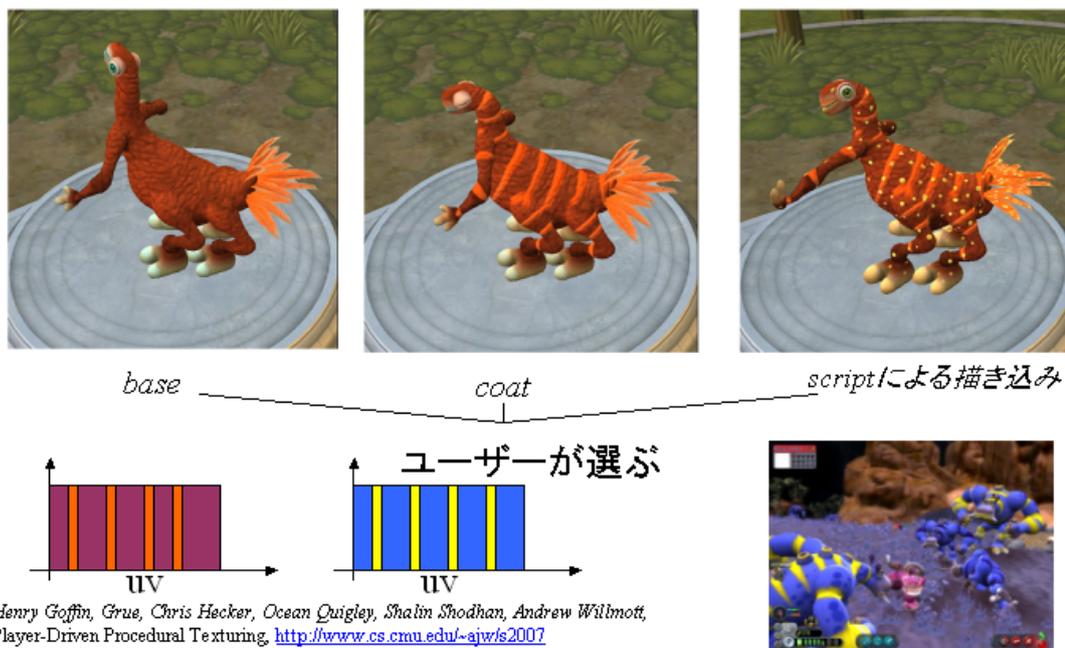


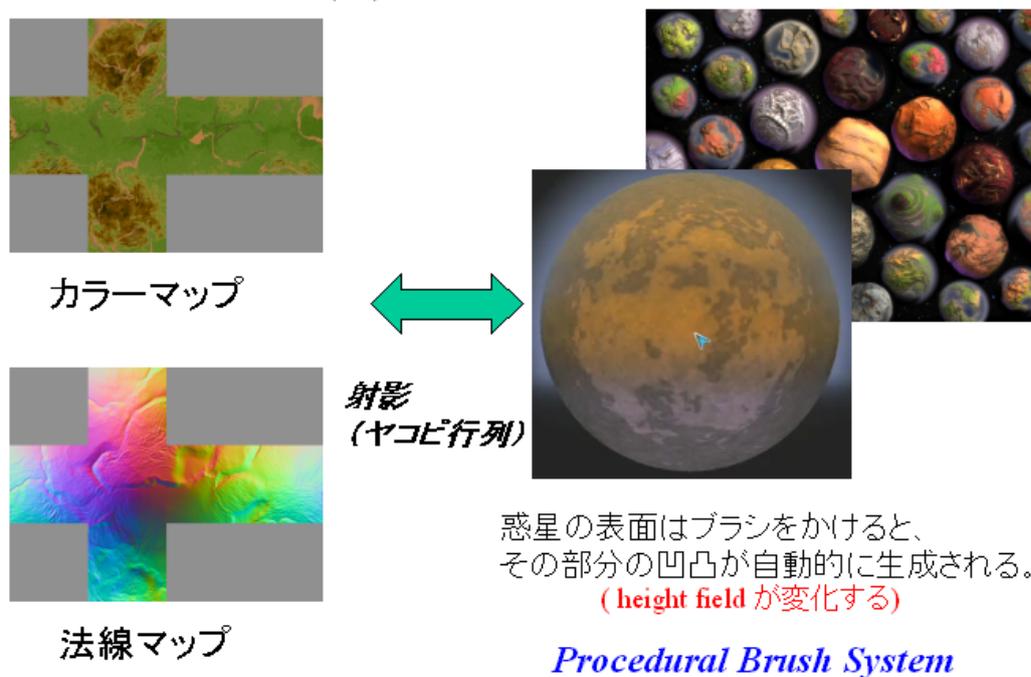
図 4.9-02 『Spore』におけるテクスチャ生成 ([46])

まず基本である「base」色を選び、模様となる「coat」を決めて、最後に塗装効果の書かれた script を選んで処理するとテクスチャが出来上がる。

4.9.3 惑星の地表生成

『Spore』では、ユーザーがブラシを使って惑星表面をなでることで惑星表面に凹凸のパターンを形成するアプリケーションが用意されている。ブラシの種類によって、凸凹の作られ方のバリエーションが決まる。ブラシの接触によって、惑星表面のポリゴン情報の height-field（高さマップ）がプロシージャルに変化しているのである。『Spore』では特にこれを「Procedural Brush System」と呼んでいる ([47])。

(3) 星を創る



Andrew Willmott, Creating Spherical Worlds, <http://www.cs.cmu.edu/~ajw/s2007>

図 4.9-03 『Spore』における惑星の生成 ([47])

ユーザーが惑星表面をブラシでなでることで凹凸のパターンが生成する。これを「Procedural Brush System」と呼んでいる。

4.9.4 植物の自動分布

次に、作成した惑星の表面全体に植物を分布させる。これは手作業で行えば膨大な作業になるが、「指定した植林密度に応じて均等に植林して行く」自動分布システムによっ

て補う。自動分布のアルゴリズムとして「ハルトン・シーケンス法」という均等分布パターンを生成するアルゴリズムを使用する ([48])。これは一つの素数から乱数に近い数列を作り出す方法である。乱数を使わないのは、なるべく決定論的な方法で擬似ランダムな配置を作ることによって管理を容易にするためである (乱数の性質は乱数関数によるので、出来るだけ中身の分かったアルゴリズムを使うことは安全であり、またデバッグも可能になる)。

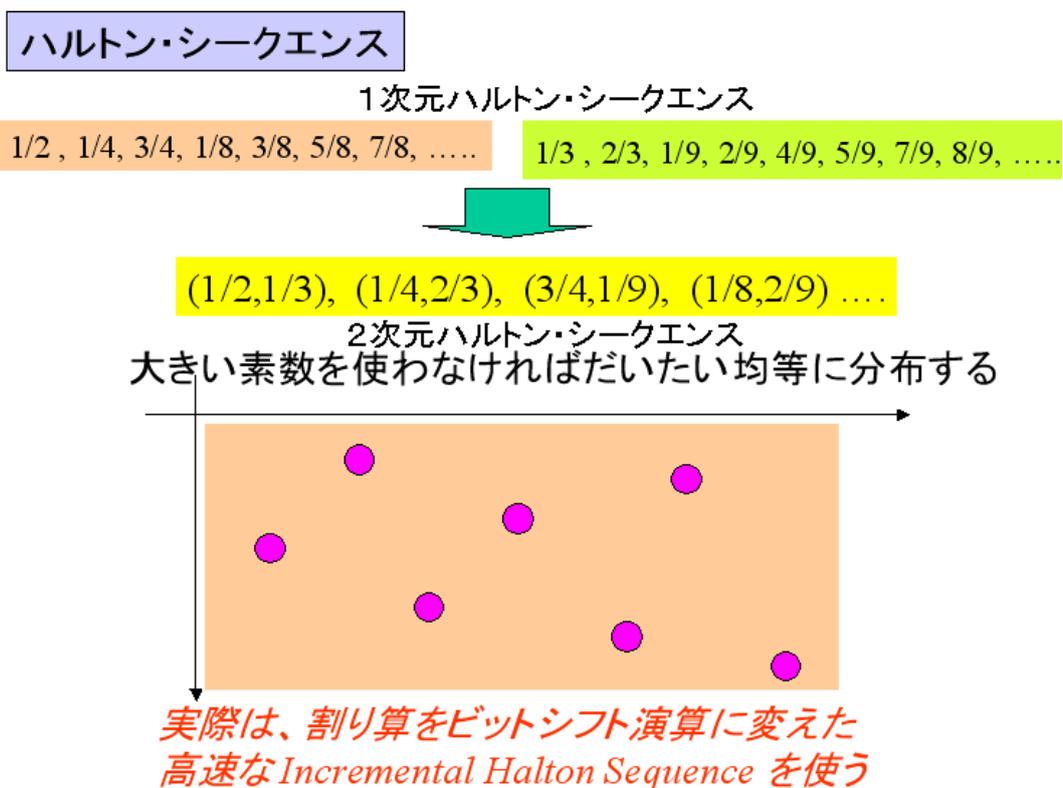


図 4.9-04 ハルトン・シーケンス[48]

素数 2 のハルトンシーケンスとは、まず (0, 1) 区間を 2 分の 1 にする。さらに、2 分の 1 にした領域を等分する。それをくり返して数列を作る。素数 3 も同様に数列を作る。この 2 つから座標を作る。あまり大きい素数だと、最初の数個は直線で並んでしまうので小さな素数を選ぶ。

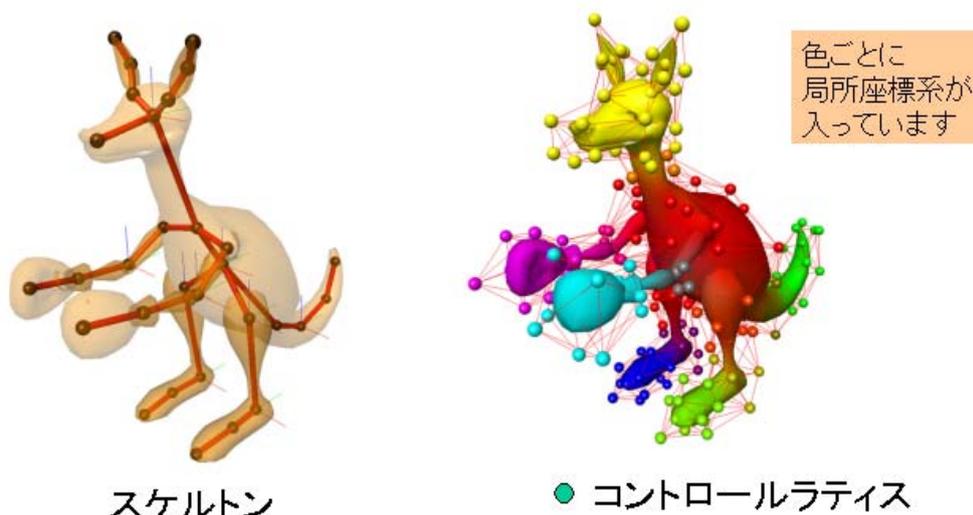
4.9.5 アニメーション

前章のアニメーションの項で説明したが『Spore』では非弾性体のアニメーション「skeleton-driven dynamic deformable animation」が採用されているという報告がある ([32])。この技術によって、作成したクリーチャーのモデルに従って弾力のある肉体を

振動して運動させることが可能となる。

この手法は、基本的にはボーンと筋肉を結んだモデルを、ボーンの動きと共にシミュレーションする方法である。基本としてパーツ毎に局所座標系を持ったコントロール・ラティス（外側を覆っている）が配置され、ボーンとコントロール・ラティスの間に筋肉のワイヤ・モデルが接続される。そして、ボーンの運動に連動して、リアルタイムに筋肉の変形を生成する。このモデルをまともに解こうと思えば非線形な偏微分方程式を解くため、とてもリアルタイムに動かすことは出来ないが、簡略化手法によって高速化できることが研究成果として報告されている（[31]）。

スケルトンとコントロールラティスの同期



有限要素法の非線型方程式(複雑)を解いてシミュレーション

Steve Capell et al., *Interactive Skeleton-Driven Dynamic Deformations*
<http://grail.cs.washington.edu/projects/deformation/>

図 4.9-05 スケルトン駆動型動的変形アニメーション ([31])

先のアニメーションの説明の図と共に眺めて頂きたい。骨が動くと、それにつながった筋肉が変形しながら運動する。こういった手法でアニメーションを動的に生成することが出来れば、ユーザーがその場で作成したキャラクターにその場でアニメーションをつけることが可能になる。「Spore Developer Wiki」 [32]によれば、この手法が『Spore』で取り入れられているとのことである。

4.9.6 音楽自動生成

『Spore』はシミュレーション・ゲームであるため同一のステージで長時間プレイする
場合が多い。例えば、エディット画面やある進化の階層ステージで長時間を費やす（はず
である）。そこで、『Spore』では、

- ① 長時間プレイしてもくり返しが無い。
- ② ユーザー・アクションに応じて音楽が変化する。

環境音楽を構築することを目的とする。そのために、「PureData」 ([49,50]) という音楽
プログラミング環境を EA のゲーム用にカスタマイズした環境 EAPd を用いる。

Pd とは？

- ♪ Pdとは、グラフィカルな環境で関数や変数を結線することで制御フローや
（音）信号の流れを定義するビジュアルプログラミング言語の一つ
- ♪ Miller Puckette によって1990年代に開発されたフリーの言語

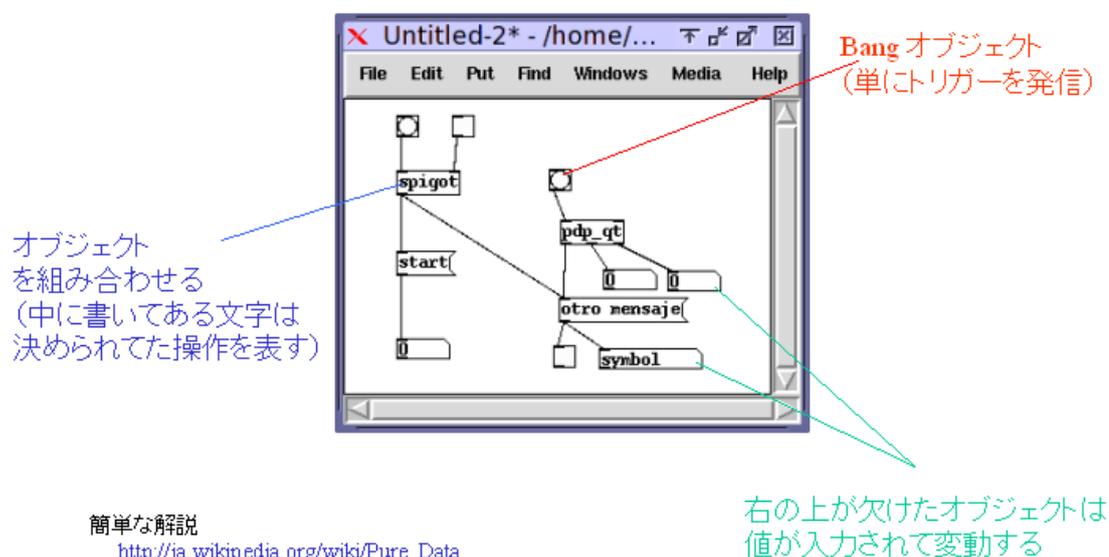


図 4.9-06 PureData

フリーのグラフィカルなプログラミング環境 ([3,49])

「PureData」とは、グラフィカルな環境で「変数や関数のボックス」を結線すること
で、信号や制御フローをデザインするプログラミング言語の一つである。メトロノームな
どのタイミング信号の発生源を配置し、その信号をタイミング・セレクターなどを通して

分岐させ、また、乱数の発生源を変換して **midi** に渡すことでランダムに登録された音やフレーズを鳴らすことにより、自動的に音源を任意の、或いはランダムなタイミングで鳴らすことで音楽を生成することが出来る。また、インターフェースを通じて **midi** における音のシーケンスを作成することが出来、これは、街フェーズでユーザーが作曲できるツールとして提供されている。

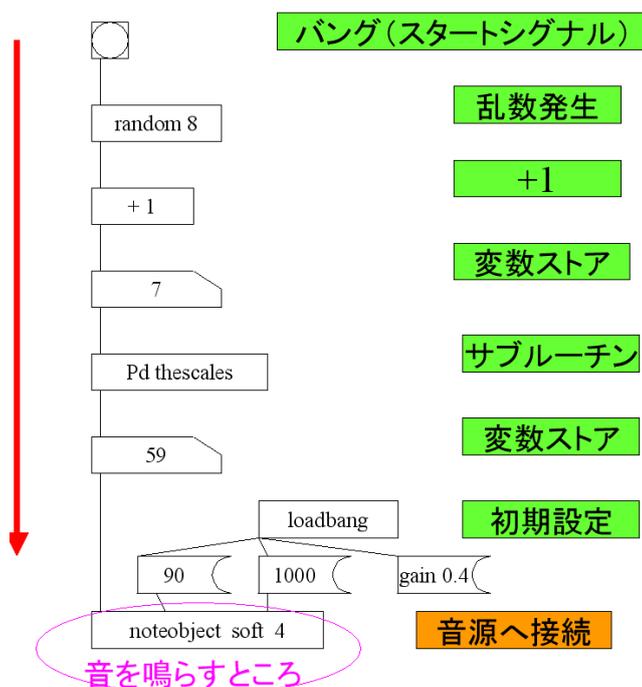


図 4.9-07 Pd のグラフの例 1[3]

講演における解説例。一番下に、音やそのシーケンスが番号によって定義された音源がある。乱数発生から 0 から 7 の乱数が発生し、+1 されて 1 から 8 に変換され、その値が変数にストアされる。それが、midi 番号にサブルーチンの中で変換されて (thescales の中は再び Pd のダイアグラム。このように階層的に Pd を書くことができる)、その値がストアされる。上記はたまたま 59 であるが、この値が noteobject に渡されて音が出る。ここでは、マウスでバングを叩くと、毎回違った音が出る解説のための簡単な Pd のダイアグラムである。

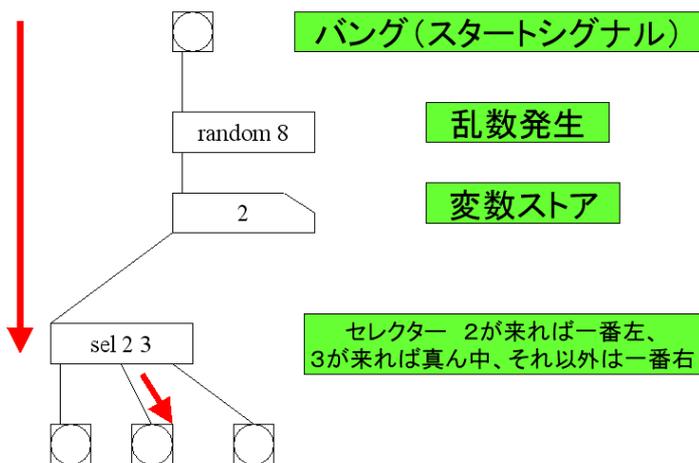


図 4.9-08 Pd のグラフ例 2

講演における解説例。セレクター「sel 2 3」によって経路を分けることができる。ここでは、簡単のため終端はバング（信号が来れば色が変わる確認用）にしてある。

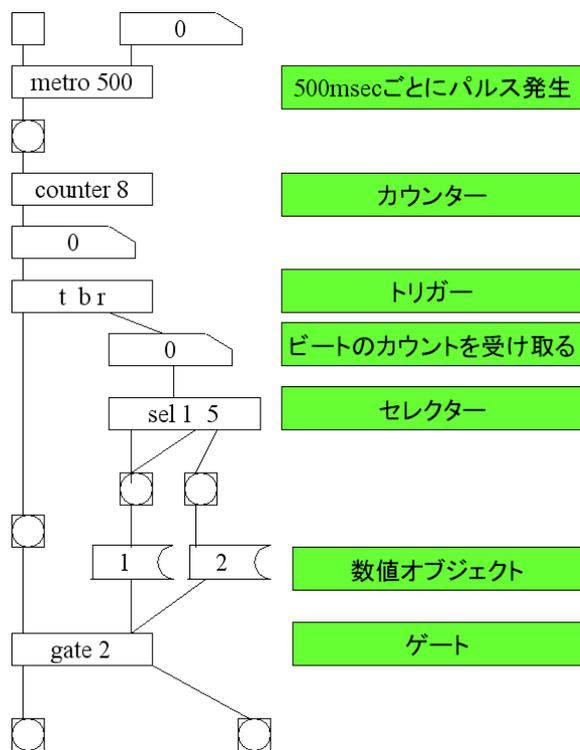


図 4.9-09 Pd のグラフ例 3[3]

講演における解説例。「metro 500」は 500msec 毎にパルスを派生し続ける。「counter」は最大 8 までの周期で数えて、それを出力する。トリガーは一つの入力を二つの出力に分けて発

信する。「selector」はビートカウントを受け取ってセレクトして3本の出力のうち一本に出力する。数値オブジェクトは信号が来れば、自分の値を「gate」に投げて、gateは来た数値によって信号を分ける。ここでは、定期的に打ち込まれるビートが、セレクターで4拍ごとに振り分けられていることに注目する。強拍は「gate」で左へ、弱拍は右へ行くので、そこに音源を置いておけば音楽が生成する（ここでは「bang」までしか描いていないが、実際の講演の図では、この下に音源が置かれていた）

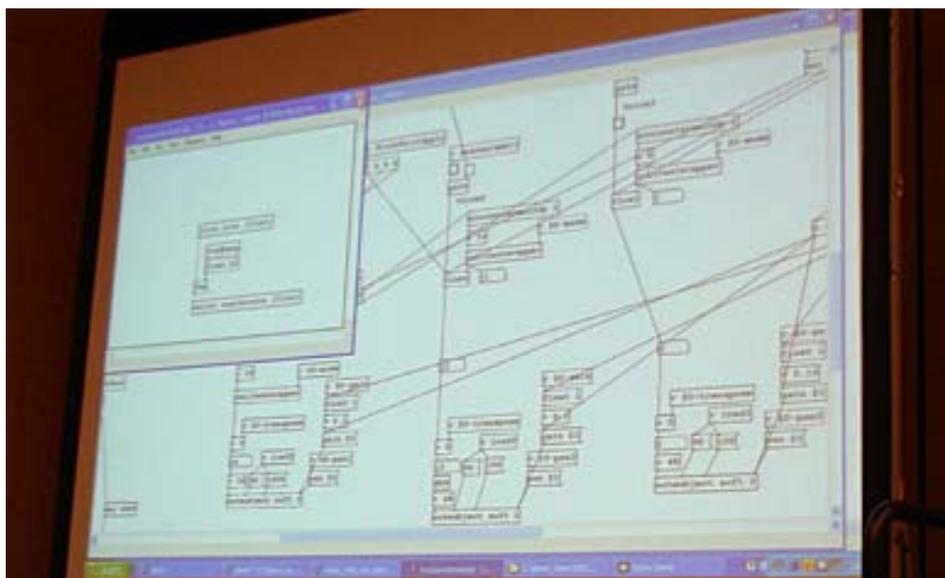


図 4.9-10 Pdのグラフ例3[51]

ゲーム内で実際に使用されるダイアグラムはとても複雑である。こういったダイアグラムを書くことが自動音楽における作曲である。

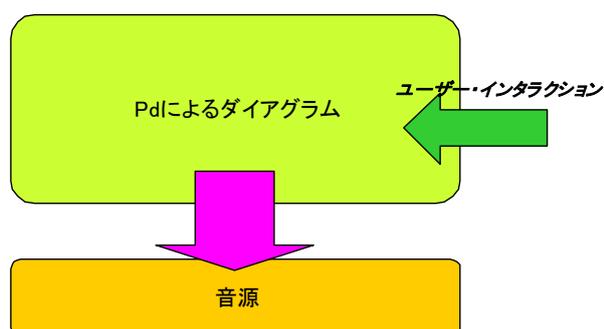


図 4.9-11 Pdの演奏者の概念

Pdによるダイアグラムは自身でクロックパルスを持ち、いわば自律的な演奏者としてのAIである。プレイヤーはいろいろなアクションを通して、この演奏者にインタラクションをかけることで音楽が変化する。

EAPd はいわば自動演奏者であり、この部分にユーザーがインタラクションをかけることで、音の鳴り方が様々に変化する。例えば、エディット画面ではアイコンの上をマウスが横切ると、新しい音が軽く追加される仕組みになっており、実際にパーツを選ぶと大きな音の変化になる。これは上記の Pd のトリガーなどを利用して実現できると推測される。

また、EAPd ではマウスを使って簡単なメロディーを作ることも出来る。街のステージについては、「リズム (ビート)」「メロディー(Anthem、聖歌)」「ambient(環境音楽)」を選択することが出来る。メロディーは、ポインターで音符を動かして作曲できる。これは上記のインターフェースが使われていると考えられる。

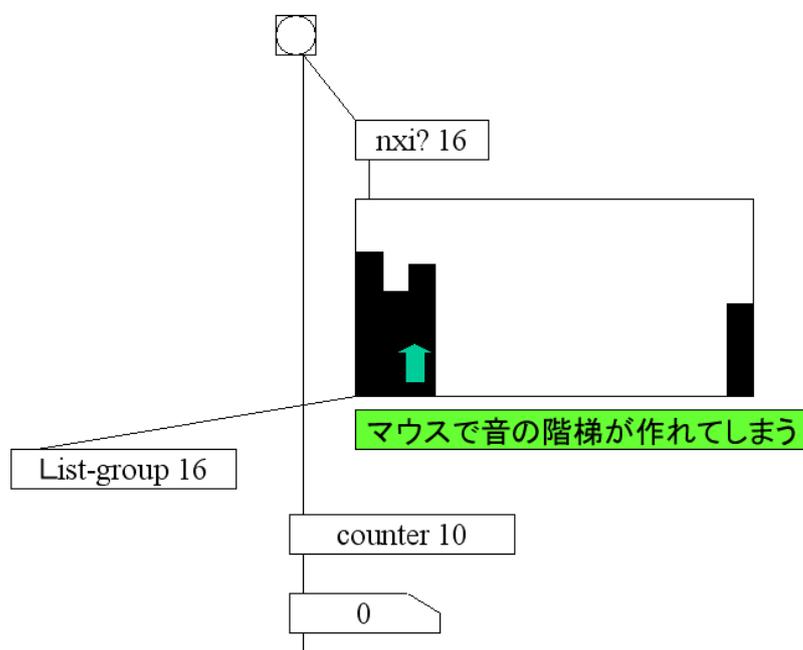


図 4.9-12 EAPd のグラフ例[3]

マウスで音の階梯を作ることが出来る。

4.9.7 まとめ

『Spore』は、ウィル・ライトがデモシーン（小さな容量を展開することでデモムービーを作り出す）（[52]）に衝撃を受けて、プロシージャルをあらゆる要素に渡って取り入れることを方針としたゲームである。各分野の専門家を、研究者、技術者、学生を問わず収集し、プロシージャル技術は EA、Maxis に集められ発展され、それがゲームの形を取ろうとしている。プロシージャルは各分野ごとに独自のアルゴリズムであると述べたが、逆に分野を限定すればゲームデザインによらない汎用技術として蓄積できる。EA、Maxis はこの数年で膨大なプロシージャル技術を蓄積し、斬新なノウハウを構築し、今

後、『Spore』を越えて、この技術が EA、Maxis の各ゲームへ応用されて行く可能性がある。次に EA、Maxis がどのようなプロシージャルなゲームを作るのかが注目される[53]。

4.10 Far Cry 2 におけるプロシージャル・データ作成

『Far Cry2』(Ubisoft)は 50km 四方の広大な土地に、成長・消滅する植物、時間によって変化する天候(空)、インタラクティブにアニメーションするオブジェクトと、生き生きとした世界をゲーム空間へ再現することを目標としている ([3])。

『FarCry2』で実装されたプロシージャル技術は以下の 4 点である。

- ① プロシージャル・キャラクター・アニメーション
キャラクターのモーション、振る舞い、感情表現に対するアニメーションレイヤー
- ② 植物プロシージャル生成
生成、アニメーションレイヤー
- ③ プロシージャル・スカイ・システム (天候システム)
天候が時間と共に変わって行く。
- ④ コレクション・システム (プロシージャル・コンテンツの統合管理システム)
地形、植物などマップ全体を含めた管理

天候や植物のアニメーション、キャラクターとのインタラクションが動的に生成され、活き活きとした森林と草原をデジタル空間に再現することに成功している。以下、順に説明を行う。

(1) プロシージャル・キャラクター・アニメーション

『Far Cry 2』では、キャラクターのためにプロシージャル・アニメーション・レイヤーが存在し、ポーズと感情の指定すると、そこから、動的にアニメーションをブレンドして生成するシステムが実装されている。例えば、「オブジェクトを見る」という行為と、「興味しんしんである」という感情表現、或いは「おそろおそろである」感情表現の指定によって、キャラクター・アニメーションを生成することが出来る。このシステムはコストと製作時間の削減に貢献している[54]。

(2) 植物プロシージャル生成

植物に要求されたプロシージャルな機能は以下の4つであった。

- ① インタラクションに応じたアニメーション
- ② プロシージャルな破壊
- ③ 燃える（燃え広がる）
- ④ 再生する（壊されても時間と共に）

この機能は、『Far Cry2』の植物がキャラクターや武器とのインタラクションから破壊される、炎によって燃え尽きる、或いは燃え広がることを可能にする。燃え尽き、或いは壊された後も、プロシージャルのゆっくりと再生できるシステム(regeneration)が実装されている。生成の方法は、あらかじめ用意されたアセット（枝や葉など）組み合わせるというよりは、パーティクル・システムのように、複数の生成点を設定して枝葉を様々な方向へ伸ばして行くというアルゴリズムを採用している ([17,55,56])。

(3) プロシージャル・スカイ・システム（天候システム）

当初、ライト・スキヤタリング法 ([57]) を用いてプロシージャルな空の変化を数学的に実現しようとしていたが、この方法はプログラマーが技術を囲うしかなく失敗した。そこで方針を変え、製作パイプラインの中でアーティストがカスタマイズできるような天候ツールを作成することで、プロシージャル・スカイ・システムの導入することに成功した。「空の色」「ライト・スキヤタリング」「雲の形成」「フォグ」「ライティング・パラメータ」の5つに要素の指定に沿って天候が生成されるシステムを実現した。

(4) コレクション・システム

コレクション・システムはレベルデザインに対して構築されたオブジェクト、アニメーションなど全てのデータ統合して管理するシステムであり、3つの要素からなる。

- ① コンテンツ・データ
- ② ルール
- ③ ハイレベルなコントロール

①はプロシージャルに生成されるコンテンツ・データである。特にプロシージャル・データは、生成・消滅するために管理が難しい。②はオブジェクト間、木々の間や木や土地の

関係のルールである。つまり従来であれば一つ一つのオブジェクトの配置を確認する必要があったところを環境のルールとして規定しておくことで、全体を自動調整してくれる。③は、ゾーンごとに設定を変える（例えばある領域の植物の生成率を変える）など、まとまった領域を単位としてレベルデザインをコントロールする機能である。

4.10.1 プロシージャル技術を導入するための3つの注意点

『Far Cry 2』が上記の4つのプロシージャル手法を導入する際に得た、いくつか反省点から導入するために必要なポイントを挙げる。

(1) パイプラインへ向けてツールを整備する必要性

新しい技術導入に際してツールを整備せずに、プログラマーに依存した形であると、工程や開発者に負担が掛かる。プロシージャル手法を導入を考えると、よいインターフェースを備えたツールをデザイナーや企画に向けて準備して、ゲーム製作工程の中で柔軟に変化できる機能を持つてなければならない。また、プロシージャル技術を理解している人間がよいツールを作れるとは限らないので、ツールを作れる人材を確保することが必要である。

(2) 技術が専門的になるためにプログラマーに依存するリスク

プロシージャル技術は専門性が高く最初の段階でR&Dが必要であり、必然的にプログラマーに研究、成果（質の向上）、スケジュールが依存する形になる。R&Dには際限というものが無いために、この期間も長すぎることがないように注意するべきである。また、コンセプトが実現することと、パイプラインに組み込まれることはまた別なことである。実際、植物自動生成に対しては、コンセプトの検証に5ヶ月、そして、それがパイプラインに円滑に載るまでに3年を要した。こういった時間のリスクがあることも忘れてはならない。

(3) テストシステム

全体を統合するコレクション・システムにおいて、デザイナーが植物の生成率を変えてある領域のモデルをいっぱいにしてフレームレートを下げってしまうということがあったが、その原因を広大な領域の中でなかなか見つけることができなかった。こういったバグを防ぐために3つの対策が必要である。

- ① パフォーマンスの自動テスト
- ② アクセス制限
- ③ 生成の制限と巻き戻し機能

特に巻き戻し機能についてはリアルタイムの巻き戻し機能と、コレクション・システムの巻き戻し機能（データのコミットを巻き戻す）が必要である。

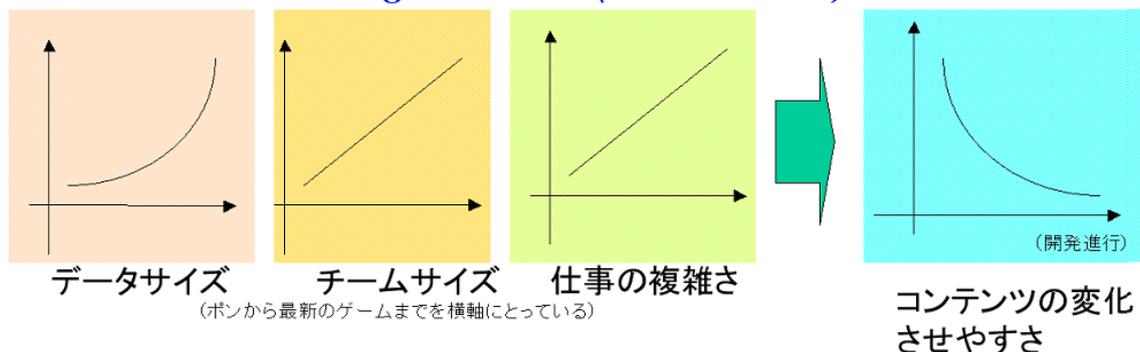
4.10.2 ゲーム開発、未来への提言

データ量の飛躍的増大と、チームサイズ、各工程の複雑さの増大は、大きく絡み合ったゲームシステムを構築することとなり、開発が進めば進むほどコンテンツの修正や改善を難しくしている。こういった問題に対してはツールやプロセスでなく根本的な解決策が必要である。しかし、この傾向はますます増大している。そういった状況から、これからのゲーム開発で重要なポイントを4つ挙げる。

- ① ゲーム開発におけるプロシージャル技術の導入、或いは常に一つの選択肢として覚えておくこと。
- ② 技術的な複雑さをイノベーションによって克服する姿勢を持つこと。
- ③ 長期的なコストコントロールができること。
- ④ ゲーム開発を力任せ (brute-force) のくり返し作業とデータの蓄積から解放すること。

これからのゲーム開発の問題点

Rushing into a wall (壁にぶつかる)



複雑に絡み合ったシステムでは、開発が進めば進むほど一部の変更で何処にバグが生成するかわからないので、データを触れなくなる。

開発が進むにつれて、ゲームコンテンツはますます変更しにくいものになる

図 4.10-01 これからのゲーム開発の問題点

以上が、GDC2008 における講演内容であるが、プロシージャル技術に挑戦する先駆者としての苦勞とリスクを解説してくれた。技術情報としても、製作パイプラインのノウハウとしても経験を踏まえた重要な情報である。

4.11 プロシージャル技術のこれからとゲーム開発

プロシージャル技術は学術的な研究として長い歴史を持ち、多くの分野で技術が積み上げられて来た。研究機関ではコンテンツを作り込むことよりは寧ろ、技術の発展そのものに力点が置かれる。一方、産業においてはコンテンツを作り込むことが中心である。ここに産と学の技術への取り組みの姿勢の違いがあったわけである。

ところが、ハードウェアの進化とゲーム開発の大規模化が、ゲーム産業にプロシージャル技術の受け入れる基盤を生成し、あらゆる分野で学術的なプロシージャル研究の成果がゲーム産業へ流れ込もうとしている。プロシージャル技術を導入しようとする企業は、多かれ少なかれ学術論文を参考にし、或いは研究者を実際に開発の現場に引き入れゲーム製作を行っている。プロシージャルは産学連携を自然な形で実現する、或いは必要とする分野なのである。

また「コンテンツが作り込むものである」という思い込みのもとでは、当然、予算と規模の大きなゲーム・プロダクションが大きなコンテンツを作るというのが、ほんの 2, 3 年前までの常識であったが、プロシージャルはこの通念を覆すものである。これからのコンテンツ製作は、人と、よく練られたアルゴリズムの自動生成によって製作されるものであり、開発者の少ない企業でも高い技術力さえがあれば、質の高いコンテンツを自動的に生成することが可能である。そのためには勿論、多くの技術やこれまでの研究を高いレベルで把握する必要がある。『Spore』を作っている EA と Maxis は巨大企業であり、『Darwinia』を作った Interoversion 社はたった 4 人の会社であるが、どちらもプロシージャルを自分の背丈に合った形で活用している。

『Far Cry2』の講演の最後に述べられていたように、いつの日か、ゲーム開発はくり返し作業や固定されたコンテンツの積み重ねから解放され、コンテンツを柔軟に変化・発展し続けながら真にクリエイティブな作業となる日が来るかもしれない。『Spore』はゲームであると同時に巨大な世界生成のツールである。ユーザーの僅かな操作からプロシージャルに巨大なコンテンツを生成してくれる。これは、ゲーム製作ツールの究極の姿を提示しているのかもしれない。この力がゲーム開発、ゲームデザインそのものに入ってくる時代はそう遠くないことである。それと同時に、奔放に生成されるプロシージャル・コンテンツを強力なチェック機能によって保障するシステムが必要であることは当然であるが、これもこれからの課題である。

現在、次世代機の開発が中盤にかかるようとする時期において、プロシージャル技術は常に開発手段の選択肢として開発者の頭の隅にあり、また、そうでなければならない。そし

てゲーム産業全体において、あらゆる開発の局面においてプロシージャル手法が試されることで、プロシージャル技術がゲーム空間で持つ可能性が明らかになり、そのノウハウが蓄積されて行くのである。その成果は、現在のゲーム開発工程とゲームデザインをゆっくりと、そして決定的に変えて行く。

プロシージャル技術分野においては開発者に向けて、その技術の動向を明確に伝えること、既に応用可能になった分野に目を向けさせることが大切である。研究者に対しては、高い研究能力と時間をもってしか解決できない、ゲーム産業における重要なプロシージャルの課題解決の必要性を提示し続けることが大切である。その成果は、プロシージャル技術の流れをゲーム産業へ注ぐための障壁を取り除き、ゲーム産業を根底から活性化させることになるはずである。

プロシージャル技術は中途半端な質のコンテンツを生成するのでは、殆ど役に立つことはない。ところが、一端質の高いコンテンツを作成する技術を構築することが出来れば、その技術はゲーム製作に圧倒的な効果を持って導入することが出来る。それはゲーム開発体制を変える不可逆な力である。このことは、上記で報告した例でも明らかであろう。

現在、欧米の水面下で進行しているプロシージャルにおける技術開発は、そういったクリティカルなポイントを目指してのことであり、こういった流れを無視していると「気が付けばプロシージャルの大きな流れが出来ていた」ということになってしまう可能性がある。そうなる前に、日本のゲーム産業としても、プロシージャル技術に真剣に取り組むべき時点に来ているのである。

参考文献：

- [1] "Darwinia(Introversion Software)(4gamers)",
<http://www.4gamer.net/patch/demo/darwinia/darwinia.shtml>
- [2] 奥谷海人： "Access Accepted第163回：たった一人で開発しているMMO(4gamers)",
<http://www.4gamer.net/games/036/G003691/20080306035/> (2008)
- [3] 三宅 陽一郎： "GDC08報告会 「GDCに見る最新AIとプロシージャル技術」 資料", <http://www.igda.jp/modules/mydownloads/> (2008)
- [4] 三宅 陽一郎： "ゲームAI連続セミナー最終回「次世代ゲームにおける自動生成技術」資料", <http://www.igda.jp/modules/mydownloads/> (2008)
- [5] 源馬照明： "「Racanhack コード解説」", <http://racanhack.sourceforge.jp/rhdoc/> (2005)
- [6] 有馬元嗣： "「混沌の世界をプログラムで作るダンジョン生成のキュートなアルゴリズム」", CEDEC2004 (2004)

- [7] Ishida So : "「迷路のプログラム」", <http://www5d.biglobe.ne.jp/~stssk/maze/>
(2005)
- [8] David S. Ebert , F. Kenton Musgrave , Darwyn Peachey , Ken Perlin , Steven
Worley : "Texturing & Modeling: A Procedural Approach, Third Edition",
Morgan Kaufmann; 3 edition (2002)
- [9] ハイネツ・オットー パイトゲン , ディートマー ザウペ : "フラクタルイメージー
理論とプログラミング", シュプリンガー・フェアラーク東京
- [10] Jacob Olsen : "Realtime Procedural Terrain Generation",
http://oddlabs.com/download/terrain_generation.pdf
- [11] Introversion Software : "Procedural Content
Generation(GameCareerGuide.com)",
http://www.gamecareerguide.com/features/336/procedural_content_.php
(2007)
- [12] Iain Simons(編) : "Inside Games Design", Laurence King Pub , 78-87
(2007)
- [13] "L-System Wiki", <http://en.wikipedia.org/wiki/L-system>
- [14] Marco Grubert : "Simulating plant growth",
<http://www.acm.org/crossroads/xrds8-2/plantsim.html>
- [15] Takashi Ijiri, Shigeru Owada, Takeo Igarashi : "The Sketch L-System:
Global Control of Tree Modeling Using Free-form Strokes", [http://www-
ui.is.s.utokyo.ac.jp/~ijiri/SketchLSystem/index.html](http://www-
ui.is.s.utokyo.ac.jp/~ijiri/SketchLSystem/index.html)
- [16] "CryEngine2.0 (サイト内の技術コーナーにマニュアルがある)",
<http://www.crytek.com/>
- [17] "Far Cry 2 Dunia Engine Tech Videos and Screens(N4G)",
<http://www.n4g.com/pc/News-89415.aspx>
- [18] "Perlin Noise", http://freespace.virgin.net/hugo.elias/models/m_perlin.htm
- [19] Hugo Elias : "Cloud Cover",
http://freespace.virgin.net/hugo.elias/models/m_clouds.htm
- [20] Kim Pallister : "Generating Procedural Clouds in real time on 3D HW",
[http://www.intel.com/cd/ids/developer/asmo-
na/eng/segments/games/20534.htm?page=11](http://www.intel.com/cd/ids/developer/asmo-
na/eng/segments/games/20534.htm?page=11)
- [21] Mark.J.Harris : "REALISTIC CLOUD ILLUMINATION",
<http://www.markmark.net/clouds/index.htm>
- [22] Niniane Wang : "Realistic and Fast Cloud Rendering",
<http://jgt.akpeters.com/papers/Wang04/>
- [23] David S. Ebert : "Volumetric Procedural Implicit Functions",

- <http://www.csee.umbc.edu/~ebert/cloud>
- [24] Yogi Parish and Pascal Mueller : "City Engine",
<http://www.centralpictures.com/ce>
- [25] Pascal Mueller : "The CityEngine",
<http://www.vision.ee.ethz.ch/~pmueller/wiki/CityEngine/Front>
- [26] "ProFX(Allegorithmic)", <http://www.profxengine.com/>
- [27] "自動生成ツール「ProFX」とは何か
(4gamers)", <http://www.4gamer.net/news/history/2007.03/20070308230123detail.html>
(2007)
- [28] "natural motion", <http://www.naturalmotion.com>
- [29] "E3 2006: Indiana Jones Eyes-on", <http://ps3.ign.com/articles/705/705489p1.html>
- [30] "CCP Enlists NaturalMotion's morpheme Animation Middleware for Existing,
Future MMO Titles (PC) (gamespy)", <http://pc.gamespy.com/pc/eve-online/853400p1.html>
- [31] Steve Capell et al. : "Interactive Skeleton-Driven Dynamic Deformations",
<http://grail.cs.washington.edu/projects/deformation>
- [32] "Development of Spore", http://en.wikipedia.org/wiki/Development_of_Spore
- [33] Tiago Sousa : "Chapter 16: Vegetation Procedural Animation and Shading in
Crysis", GPU Gems 3 (2007)
- [34] "SpeedTree", <http://www.speedtree.com/>
- [35] Michael Mateas, Andrew Stern : "Facade", <http://www.interactivestory.net/>
- [36] Michael Mateas and Andrew Stern : "A Behavior Language for Story-based
Believable Agents", appeared in Artificial Intelligence and Interactive
Entertainment, AAAI symposium", <http://www-2.cs.cmu.edu/~michaelm/publications/AI-IE2002.pdf> (2002)
- [37] Michael Mateas and Andrew Stern : "A Behavior Language: Joint Action and
Behavioral Idioms",
<http://www.interactivestory.net/papers/MateasSternLifelikeBook04.pdf>
- [38] Michael Mateas and Andrew Stern : "Facade: An Experiment in Building a
Fully-Realized Interactive Drama Game Developers Conference, Game Design
track, March 2003",
<http://www.interactivestory.net/papers/MateasSternGDC03.pdf>
- [39] "VIVARIUM Inc.", <http://www.vivarium.co.jp/>
- [40] "岡山県立大学 渡辺研究室", <http://hint.cse.oka-pu.ac.jp/>
http://www.crn.or.jp/LABO/BABY/LEARNED/WATANABE/GIF/WATANABE_GAKKAISHI.PDF

- [41] 三宅 陽一郎 : "IGDA日本ゲームAI連続セミナー特別編「ゲームAIを読み解く」講演資料 (CEDEC2007) " (2007)
- [42] Katie Salen : "10万個のお化け",
<http://wiredvision.jp/blog/compiler/200712/20071213144606.html> (2007)
- [43] 小野憲史 : "ウィル・ライトがデザインした細胞分裂から銀河探検を描くシミュレーション「SPORE」(rbb)",
<http://www.rbbtoday.com/news/20060514/30816.html> (2006)
- [44] "ウィル・ライト氏の新作「Spore」がついに公開!(4gamers)",
<http://www.4gamer.net/news/history/2005.03/20050314184429detail.html>
 (2005)
- [45] Lydia Choy, Ryan Ingram, Ocean Quigley, Brian Sharp, Andrew Willmott :
 "Rigblocks: Player-Deformable Objects", <http://www.cs.cmu.edu/~ajw/s2007>
 (2007)
- [46] Henry Goffin, Grue, Chris Hecker, Ocean Quigley, Shalin Shodhan, Andrew Willmott :
 "Player-Driven Procedural Texturing",
<http://www.cs.cmu.edu/~ajw/s2007> (2007)
- [47] Andrew Willmott : "Creating Spherical Worlds",
<http://www.cs.cmu.edu/~ajw/s2007> (2007)
- [48] Andrew Willmott : "Fast Object Distribution",
<http://www.cs.cmu.edu/~ajw/s2007/>
- [49] "Pure Data(wiki)", http://ja.wikipedia.org/wiki/Pure_Data
- [50] "Miller Pucket'site", <http://crca.ucsd.edu/~msp/>
- [51] "The Beat Goes on: Dynamic Music in Spore (GameSpy)",
<http://pc.gamespy.com/pc/spore/853810p1.html>
- [52] "Demoscene(farvrausch)", <http://www.farb-rausch.com>
- [53] 三宅 陽一郎 : "GDC2008日記 特集① 「Procedural Music in SPORE」",
http://www.igda.jp/modules/xeblog/?action_xeblog_details=1&blog_id=833
【概要】 動画を含むSpore における Procedural Music の情報がリストアップされている。
- [54] Graham Rhodes : "Procedural Data Generation in FAR CRY 2(gamedev.net)",
<http://www.gamedev.net/columns/events/gdc2008/article.asp?id=1331> (2008)
- [55] "データ自動生成技術を大胆に導入したFPS, 「Far Cry 2」の光と影(4gamers)",
<http://www.4gamer.net/games/047/G004713/20080222019/>
- [56] "GDC 2008: Far Cry 2's Gamble", <http://pc.ign.com/articles/854/854167p1.html>
- [57] "sky procedural rendering", <http://ati.de/developer/dx9/ATI-LightScattering.pdf>

5. コンテンツ管理技術

(株式会社フロム・ソフトウェア 三宅 陽一郎)

5.1 コンテンツ・パイプライン

5.1.1 概要

ゲームコンテンツを形成する主要なバックグラウンドとして、経済的要因、社会的背景、技術的基盤がある。経済とは主に予算（バジェット）の問題であり、社会とは、その時代、その社会においてどういったゲームが受け入れられるかという傾向であり、技術とは開発技術基盤である。経済的な傾向は国によって異なる。米国のように巨大なバジェットが動くと同時に、小バジェットがインディーズ・ゲームへ向けて多く存在するケースもあれば、日本のようにプロダクションとしてよりまず企業として成立することが第一とされる国もある。そういった場合、企業において年間の経済的な目標の上に開発プランが組み立てられ、複数の開発ラインの運営方法が決定されることになる。

社会的な文化や伝統はゲームコンテンツに大きく影響する。ゲーム企画の最初の段階では、マーケティングや社会的な調査、開発者の経験に基づいて、その企画がどの程度世間に受け入れられるか、ひいては、どの程度の利益を生み出すことが出来るかが検証される。また画質と音質の解像度の向上とメモリ容量の増大は、精緻なコンテンツを大量に構築する必要性を増すのみならず、その表現に文化的色彩を大きく反映することとなった。例えば、80年代のゲームでは、主にドット絵で十分であったキャラクターの衣服が、高性能なレンダリング能力を持つ3Dゲームでは精緻にモデリングされ、繊細なテクスチャーが張られ、材質に応じてインタラクション（アニメーション）する衣服として表現される必要があるために、そこには文化的な嗜好が表現されざるを得ない状況になっているのである。

最後に、技術的基盤はこの3つのうちで最も汎用的で普遍的なものである。しかし、各国、各企業、各開発ラインで技術へ取り組む姿勢と開発体制において大きな差異が現れる。ゲーム開発において技術は開発において利用できる形になって初めて有効化される。例えば、それはツールであり、ライブラリであり、スクリプト・システムであり、ある程度まとまったプログラムである。最終的には、各開発ラインの中でプロダクション・パイプライン、或いは、コンテンツ・パイプラインと呼ばれる、一連の製作工程を通してデー

タ・コンテンツの生成に貢献するか、或いは直接的にゲームコンテンツの有機的な一部として取り込まれて行くことになる。

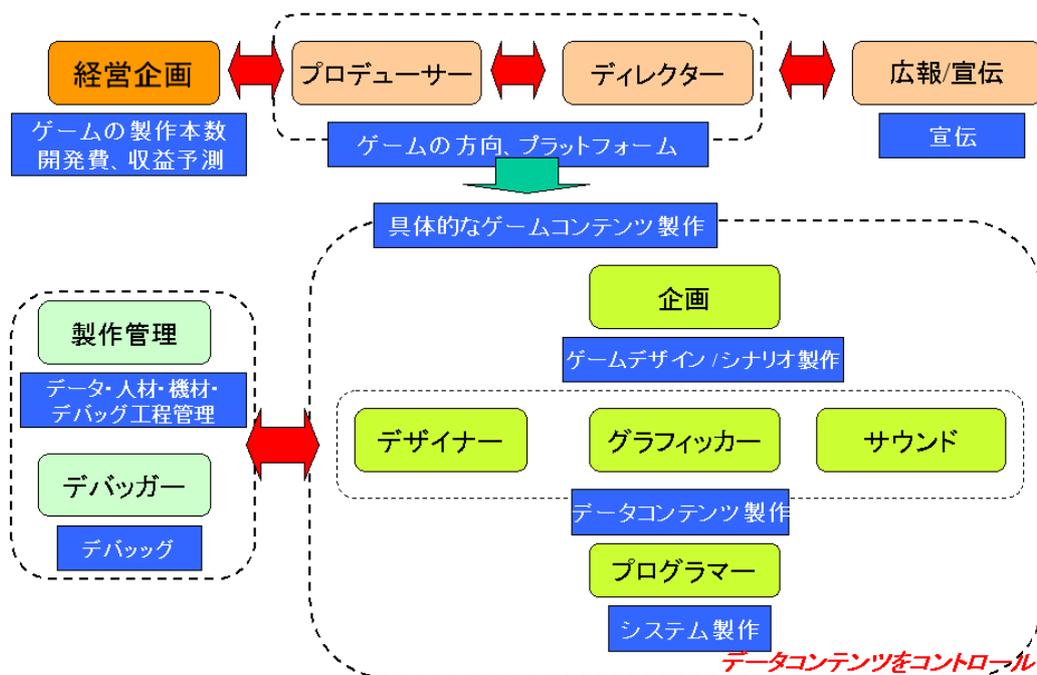


図 5.1-01 ゲーム開発における役割と構造

5.1.2 コンテンツ・パイプラインとは何か？

チーム全体として開発者を要素とするワークフローを「プロダクション・パイプライン」、殆ど同じ意味で使われるが、より狭い意味で、各コンテンツ制作における（CG、サウンド、2D、メニュー…）データフローを「コンテンツ・パイプライン」と呼ぶ。ここでは、「コンテンツ・パイプライン」という言葉を使うことにする。

コンテンツ・パイプラインは上記の 3 つのファクターが絡み合いながら、目標とするゲームデザインの実装へ向けて形成される。この 3 年においてゲームコンテンツの大規模化はワークフローの拡大を引き起こし、その拡大はそのまま制作コストと制作期間の拡大を引き起こして来た。ゲーム開発企業にとって、コンテンツ・パイプラインの改革によって新技術に対応すると共に、そういった制作コストと制作期間の拡大を最小限に抑えるという方向を模索することが中心的課題であった。

コンテンツ・パイプラインの設計思想の中核は、あらゆる段階における「くり返し作業」（イテレーション）の時間を最小限にすることにより、製作工程の流れを効率化することにある。例えば「キャラクターAI のロジックを変更して実機上でチェックを行う」1

回の作業が、「プログラムをコンパイルして実機にアップロードしてゲームをスタートさせて、所定のマップまで行ってチェックする」と言ったように、5分も10分かかってしまう工程と、リアルタイムにスクリプトで変化させることが出来る工程では、開発者の試行錯誤のモチベーションとコンテンツの質において大きな開きが出て来るのである。ゲーム開発では、デザイン画から3Dモデルとそのアニメーションを形成する一連の流れや、サウンドの発注から実際のゲームへの組み込みのように、各分野の各段階において様々な「くり返し作業」が発生する。そういった「くり返し作業」(コンテンツ・パイプライン)が組み合わせられることで、大きな「ゲーム製作作業」(プロダクション・パイプライン)を形成するため、一つ一つの作業を簡略化することが重要である。簡略化は開発者をデータフローや業務連携のためのストレスから解放し、真に創造的な仕事に集中させることを可能にする。ゲーム開発においては特に修正とチェックを迅速な形で行えることが第一となる。

製作プランニング

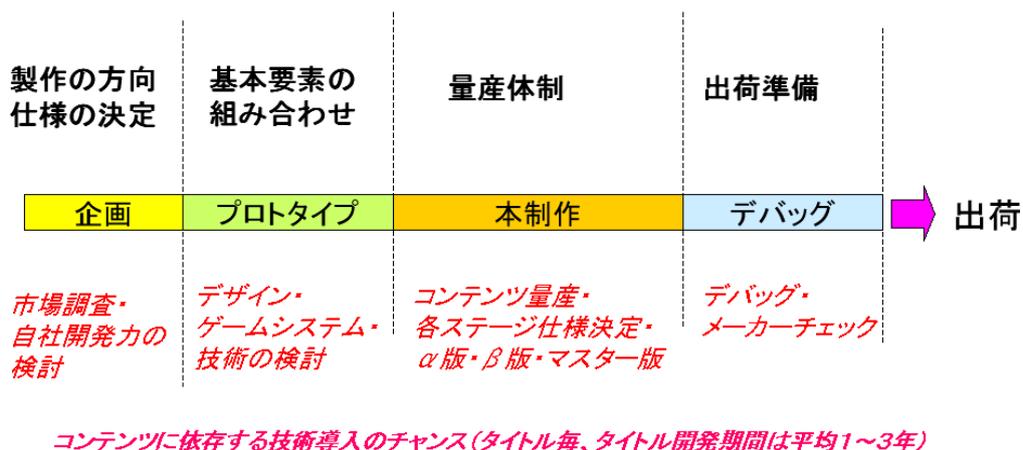


図 5.1-02 製作工程のプラン

5.1.3 コンテンツ・パイプラインの形成

コンテンツ・パイプラインは概ね開発の初期にデザインされる。コンテンツ・パイプラインは、最も強い意味ではゲームの製作過程を決定するものであり、最も弱い意味では単なるデータフローである。ゲーム企画が決定されると、通常はゲームコンセプトを試す期間が与えられる。この期間が持つ意味は、

- ① プロトタイプを製作する。
 - (a) コンセプトを確かめる。
 - (b) パブリッシャーに対するプレゼンテーション資料（デモ、ゲーム）を作成する。
- ② 技術的な可能性を見極める。
 - (a) コンセプトが実現可能かどうかを確かめる。
- ③ コンテンツ・パイプラインを構築するための準備を行う。

である。プロトタイプの製作は通常、少数の（精鋭）部隊で短期間で行う。可能な限りトライ&エラーを素早く繰り返すことでゲーム性を改善して行くことが理想的である。例えば、EAの『BOOM BLOX』([1])では、まずホワイトボードでアイデアを書き連ねて、一日のうちに何度もプロトタイプを作っては壊すという作業をくり返した（GDC2008で発表）。

また、プロトタイプは、コンテンツ・パイプラインの形をデザインするという役割も持つ。プロトタイプが企画的な意図、技術的な問題を解消した後は、どんな開発者が来ても作業内容と製作の流れを理解することが出来る仕様書を作成し、必要なツールや開発者を確保する。つまり、コンテンツ・パイプラインを組み上げてから、実際に開発者を投入して行く。しかも、この投入人数は、大規模なゲーム開発では100名単位となるタイトルもある。例えば、Assassin's Creedでは、アーティスト（50人）、プログラマー（50人）、デザイナー（50人）という規模であった（GDC2008の発表の質疑応答の返答より）。しかし、これは欧米の開発体制の理想的な場合で、日本ではプロトタイプに十分な時間を取ることが出来ない、或いは取らない企業が多いのが事実である。欧米では、プロトタイプの製作に1年から1年半もの期間を取ることが出来るタイトルも存在する。また、コンテンツ・パイプラインは運用し続けることで始めて浮き彫りにされる問題も多く、企業の規模によって専門の技術者から、一つの大きなチームまで、開発支援部隊としてコンテンツ・パイプラインをサポートするセクションを設ける企業が増えている。実際、ゲームプログラマーと言っても、実際にタイトル製作に関わるプログラマーと、ツールやパイプラインのサポートを担当しタイトルには間接的にしか関わらないプログラマーに分かれており、その分業はますます細分化されつつある。

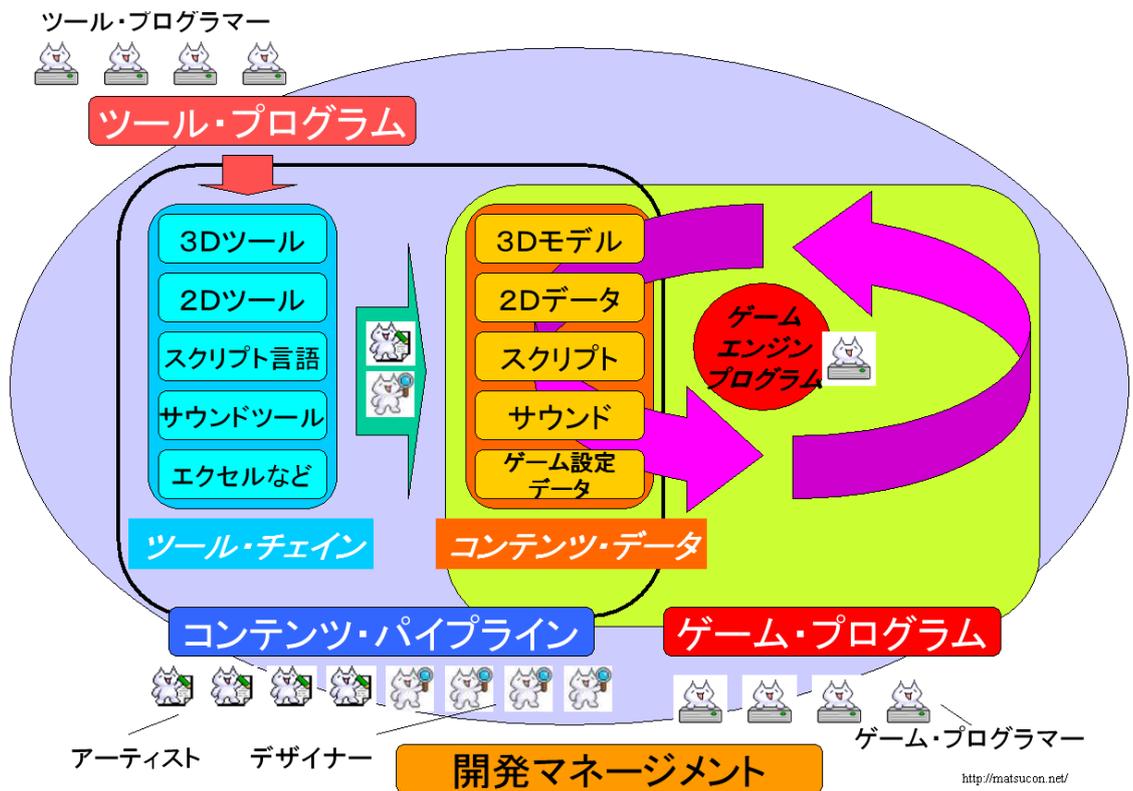


図 5.1-03 デジタルゲームが出来る基本的な仕組み[2]

5.1.4 アセット管理技術

ゲームデータとして意味を持つデータはアセット(asset)と呼ばれる。アーティストやデザイナーがツールを介して作成したアセットが、コンバート（変換）されながら、最終的なフォーマットでゲームデータとして形成されるのである。「データをツールで加工し、コンバートして次のツールへ渡される」ことを繰り返して最終的なデータを形成するので、この一連のツールによる過程は「ツール・チェーン」と呼ばれる。

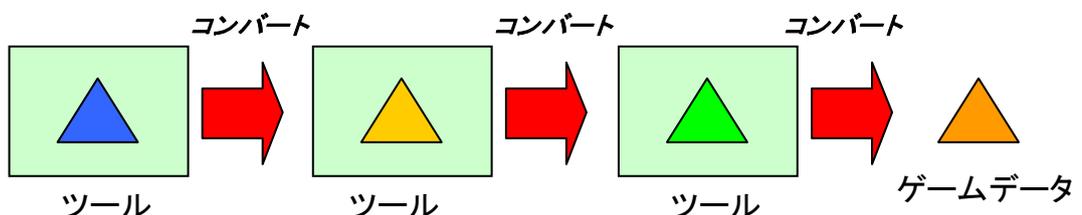


図 5.1-04 ツール・チェーンのイメージ

大規模化する開発のアセットの問題は大きく 3 つに分けられる。

表 5.1-01 大規模化する開発のアセットの問題

データ共有	共有するデータは便利だが、別々に更新され書き換えやすい。
データの分散	同一のデータが複数の場所に存在しているため同期が取れない。
データ同士の関係性	データが相互に複雑に関連して存在している。つまり、あるデータの更新は他のデータにも影響を及ぼす。

データ管理技術についてはゲーム開発企業が開発することは少なく、必要な機能を持つアセット管理システムを導入するのが普通である ([3,4])。

大きなデータの問題点は、転送に社内 LAN の帯域を取ること、ストレージに大きな容量を必要とすることである。つまり、データの足回りがたいへん悪い。アセット管理システムは、データサーバーを複数用意した場合でも、データの同期を取りながら、ユーザーに必要なデータを（ネットワーク構造を意識することなく）ツールを通して収集することを可能にする。データをアップロードする場合も同様である。また、誤ったデータを複数アップしてしまった場合でも、ボタン一つで前のデータ・バージョンに巻き戻すことを可能にする。プログラムデータの場合も同様にバージョン管理を行う。

5.1.5 アーティストのためのプレビュー機能

コンテンツ・パイプラインの本質は「くり返し作業」の効率化であり、製作と修正・拡張のターニング・ポイントにあるのが、コンテンツのチェックである。アーティストは自身が製作したコンテンツの出来具合から次の工程を決定するため、製作したコンテンツを、出来るだけ素早く PC 上と実機上でチェック出来るプレビュー機能が必要である。例えば、キャラクターに対しては、PC 上でプレビューできる機能も大切であるが、モデル、テクスチャー、アニメーションデータを結合したアセットを、実機上でレンダリングしながら動かして見ることが、より精緻なフィードバックを得ることを可能にし、コンテンツの質の向上に繋がるのである。

5.1.6 プログラマーのための分散コンパイル環境

ゲーム・プログラムとはコンテンツデータをゲーム内で動かすための命令からなるデータであり、プログラマーが記述するテキストデータを、お互いの参照関係を解決した形で各ゲーム機が読むことができるデータへ変換して作成する。このコンパイル、ビルド過程の時間の長さは、前世代機の頃から問題であったが、次世代機においては、もはや各プログラマーの PC で 「くり返しコンパイルする」にはあまりに長くなり過ぎたために（数

分とは言えくり返すのは冗長である)、コンパイル時間の拡大を抑えるシステムティックな解決方法が求められている。

その解決策の一つとして「分散コンパイル」の方法が挙げられる。これは、プログラマーがビルドサーバーにコンパイルジョブを投げると、(社内) LAN で繋がれた何れかの空き CPU リソースを使ってコンパイル作業を行うシステムである。このような処理の仕方を分散処理という。「分散コンパイル」機能もまた、市販のシステムで導入される場合が多い ([5])。

5.1.7 各企業によるコンテンツ・パイプラインの差異

効率化を求めるコンテンツ・パイプラインの形は企業間で共通した構造を持ちながら差異が現れるのは何故だろうか。それには、主に3つの要因が挙げられる。

- ① 企業の規模
- ② 企業が重点を置くポイント/タイトルが要求するポイント
- ③ それまで各企業が蓄積して来た技術

一つの小さな作業でも、開発規模が大きくなり何度もくり返す作業になると、パイプラインのボトルネックとして顕在化する。同様に、企業が重点を置くポイント、或いは、あるゲームタイトルに特有のデータ、或いは作業工程は、最終的にはパイプラインへの変更として吸収される。そのため、各企業の開発するタイトルの方向によってパイプラインの形が変形を受けることになる。

ここで、GDC2008 の講演で発表された幾つかの企業の特徴を解説する。

- 『Halo3』(Bungie) では、「Bungie Farm」と名付けた180台のマシンと300個のプロセッサによるサーバーを構築し、プログラム・ビルド、ツール・ビルド、ライトマップ・レンダリング、コンテンツ・ビルド(コンテンツのファイルをゲーム内データへ変換)の作業を行わせている([6])。
- 『UNCHARTED:DRAKE'S FORTUNE』(Naughty Dog)では、キャラクター・アニメーションのアセット・データの軽減を工夫している([7])。
- 『World in Conflict』(Massive Entertainment)では、大規模なステージを構築するためのアセット管理に力を入れている([8])。

しかし、効率化を求め次世代機への変換とはいっても、これまで使用して来たツールやフォーマットを大きく変更することは難しいために、これまで培って来た資産を活用し

ながらパイプラインを形成することが多い。そこにさらに企業の伝統的な文化・技術が反映される。

逆に、次世代機から初めてゲームを作るような企業は、先端的なパイプラインを思い切って作ることが可能である（ただしコストが大きくかかる）。例えば、『Star Wars The Force Unleashed』を製作するために Lucas Arts の開発チームは、マルチプラットフォームに対応した、新しい複数の最新のミドルウェアを取り込んだパイプラインを確立した（GDC2008 で発表[9]）。

5.1.8 市場としてのコンテンツ・パイプライン

コンテンツ・パイプラインは、各ミドルウェア・メーカー、ツール・メーカーが参入する市場でもある。各製作ツール（CG、サウンド、エフェクト…）、アセット管理システム、ミドルウェアなど、多くの分野で複数のメーカーが競合している。海外の企業が比較的多い。

導入される技術の中には、アセット管理ツールのように完全に開発工程内で閉じているツールもあれば、オブジェクト生成ツールのように、タイトル内のコンテンツとして現れるものもある。例えば、『SpeedTree』（Interactive Data Visualization, Inc.）[10]は、樹木生成のためのグラフィックツールから、作成したデータを動作させるゲーム内のライブラリまでを提供する。何れにしても、メーカーはまず自身の持つ技術をツールやライブラリの形にパッケージングし、適切なインターフェースを備えて一連のコンテンツ・パイプラインに適応できる柔軟性を持った形で製作しており、開発企業は、そういったツールのインターフェースを自社の持つコンテンツ・パイプラインと照らし合わせながら組み込む方法を検討し採用の可否を決定する。

5.1.9 日本と欧米の開発体制の相違

日本と欧米の開発体制の顕著な違いは、レベルデザインの作業において現れる。

米国では、「ステージ内のレベルデザイン、AI、ゲーム内の各パラメータをデザイナーが全てコントロールできる環境を整えてゲームを開発する」方向性が強い。

一方、日本では、デザイナーとプログラマー、アーティストが密接に口頭、仕様書などを通してコミュニケーションを取りながらゲームを製作する。デザイナーは仕様書を書く、シナリオを書く、パラメータ表を通じてゲームを調整する、スクリプトを書くなど、タイトルや企業によって作業内容がはっきりしない。また、口頭でプログラマーに仕様を伝えながら、プログラマーがコードを書くことでゲームを製作して行くというスタイルも存在する。こういった方向は小人数の製作であれば威力を大きく発揮するが、大規模開発につれて逆に連携と整合性のコストが逆に高くなり適合しない。また、口頭のコミュニケ

ーションは文書を残さないために、多人数では混乱を引き起こす原因となる。

米国の体制は量産と技術蓄積に向いているが、ゲームデザインのフレームは環境が構築された時点でおおよそ固定される。日本の体制は、量産には向かず、プログラマーの負荷が高いが、開発終盤までどのようにゲームデザインが変化するかわからない意外性がある。欧米の開発者から見て日本のゲームデザインの真似が出来ない理由は、日本の開発がこういった柔軟性を持っているからである。

コンテンツの大規模複雑化は各開発体制の長所と短所を大きく露呈させる結果となっている。日本の「開発の伝統」の良さを残しつつ大規模開発体制へ変化して行く方向が模索されている。

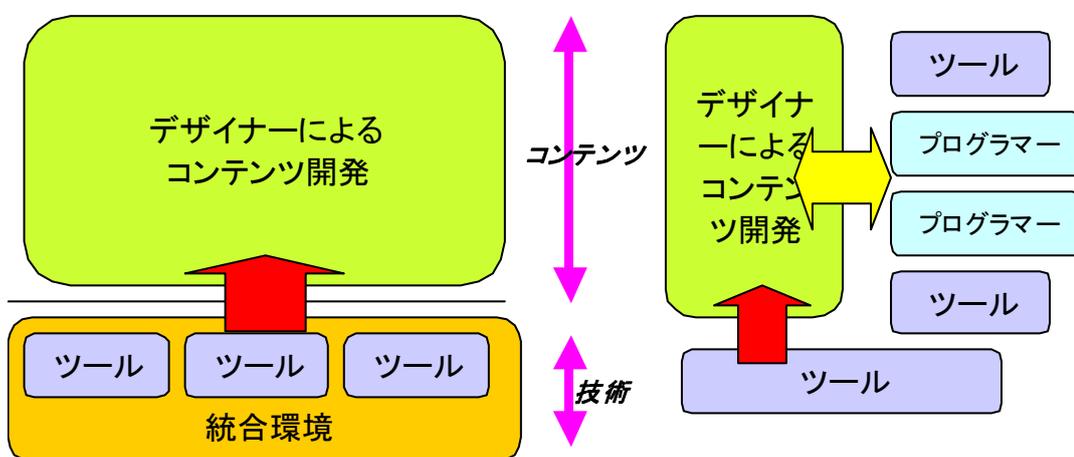


図 5.1-05 欧米（左）と日本（右）における開発体制の相違

あくまで大きな方向として違うということであって、アメリカでも日本のような開発をすることもあれば、日本でも欧米のような方法で高い水準にある企業も存在する。

5.2 品質管理(Quality Assurance)

品質管理はゲーム製作を通じて一貫して行われる。品質管理とは開発企画の段階から、最終的に製品を出荷する時点までの一貫した作業である。実際の品質保証から、限られた開発期間内で品質を保証するための開発管理まで含まれる。

品質管理には (1)企画段階、(2)開発段階、(3)デバッグの 3 つの段階にそれぞれ応じた作業が存在する。

(1) 企画段階

開発企画がマーケティングやレビューに照らして、市場に受け入れられ利益を確保する見込みがあるかを判定する。また、各プラットフォーム・メーカーの規約に適合しているかをチェックする。また、その企画からバグが高い確率で出る工程が想定される場合は、事前に開発側に情報を伝えて対応する。この時点で、後から取り返しのつかないバグを産み出す可能性のある原因を取り除いておくことが肝心である。

(2) 開発段階

品質の向上は工程管理を伴う。一定の期間内にどれだけ成果が上がっているかをチェックし、限られたスケジュール内に一定の品質を持った製品が製作できるように、開発ラインをコントロールする。

(3) デバッグ

完成した製品に、考えられるあらゆるケースを想定してバグ・チェックを行う。デバッガーはアルバイトなどで雇うケースが多いが、企業間でデバッグ体制とデバッグの位置付けが微妙に異なる。また、この段階でも各プラットフォーム・メーカーの規約の最終チェックが行われる。この他、各社毎のノウハウを基にした検査項目などがチェックされる。

品質管理は、様々な問題に直面しながらノウハウを蓄積して行くが、次世代機開発に入って新しい問題に直面している。ここで、そういった問題のうち主要な問題を挙げる。

(a) 開発期間とデバッグ期間のトレードオフ

大規模複雑化するゲーム製作過程は開発期間の予測をますます困難なものにし、開発期間の予測を超えた延長がデバッグスケジュールを圧迫する。

(b) オンラインゲームのデバッグ

オンラインゲームのテスト環境は実際の接続の環境・距離の問題など再現しにくい。企業内のデバッグ環境だけでは再現しないバグなどがあり、テスト方法の工夫とノウハウの蓄積が必要とされる。

(c) マルチプラットフォーム開発におけるデバッグ

近年、複数のハードに同一タイトルを同時発売するケースが増えており、同時に同一内容のタイトルを異なるハードウェア上でデバッグする必要に迫られている。単純計算で2つのハードだと工程が2倍に増えるわけである。

また各プラットフォームによって最適化できる部分が異なるために、品質を同一に保つ工夫が必要である。

このように、品質管理はゲーム開発の企画、開発、完成まで、適切なポイントで工程を引き締め、くり返し確認を行うことで品質の保証と向上に貢献している。一方で次世代機の開発における開発環境の変化と共に、品質保証の作業も大きな変更を受けることになった。各企業は、そういった品質保証のノウハウを蓄積し、次の開発タイトルに対して、陥りそうな罠を経験から予測し回避できるような開発体制の構築を模索している。

5.3 産学連携

コンテンツ・パイプラインは学の側からは見えにくい部分であり、かつ、表に出るゲームタイトルと違って企業側も積極的に公開しづらい部分である。日本ではツール・メーカーなどのユーザー事例の記事を通してインタビューなどが掲載されることがある([11,12])。

しかし、前節の「市場としてのコンテンツ・パイプライン」で説明したように、デジタルゲームにおいて技術は、コンテンツ・パイプラインを通して始めてタイトルに反映される。パイプラインへインターフェースを持たない技術は、パイプラインの中に組み込むことが出来ないため、技術以前の問題で却下されてしまう場合が多い。そこで、デジタルゲームへ研究成果を反映するためには、その成果をコンテンツ・パイプラインに如何に組み込むかという問題を克服する必要がある。具体的には、ツールを作成する、或いは汎用性の高いライブラリやサンプルコードとして完成される必要がある。そして、最終的にはゲームデザイナーが調整できる形に仕上げる必要がある。

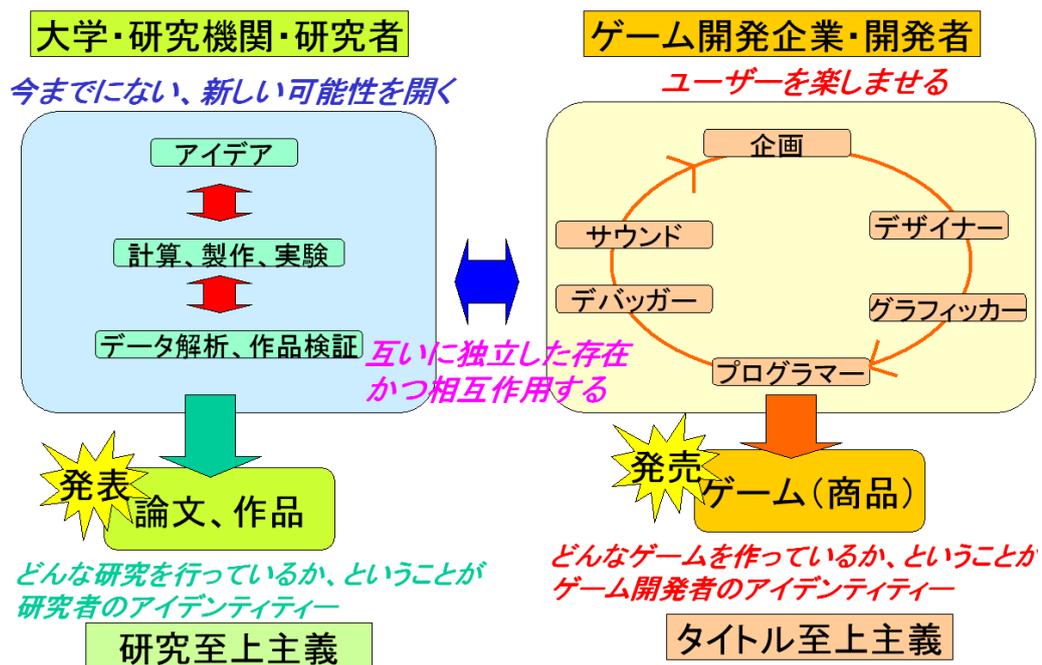


図 5.3-01 産と学の開発体制の相違と協調

目的は違うが協調できるはずだ。

ところが、こういった実際的な作業は、通常、研究のフェーズには入って来ない。研究の目的は研究成果を論文として世に発表することであり、実際の応用のために苦勞するよりも、研究成果を前進させることが優先される。そこで、産学連携を推進するために、ツール製作や共同作業を奨励する政策などが存在している。或いは、企業側が大学の基礎研究をツール化するケースも存在する。

しかし、まず産学連携の出発点として、産学がコンテンツ・パイプラインについての知識を共有する必要がある。企業側は、研究者が技術導入のポイントがゲームコンテンツへ繋がるコンテンツ・パイプラインにあることを認識できるための情報を十分に伝えることが必要である。また、研究側としては、研究成果の次にもう一つのコンテンツ・パイプラインの壁があることを認識しておくことが望ましい。ゲーム開発は、ますます大量生産体制に入っており、コンテンツ・パイプラインに耐えるだけの作成手法の明確さと安定性、調整手法の簡略化が必要とされている。

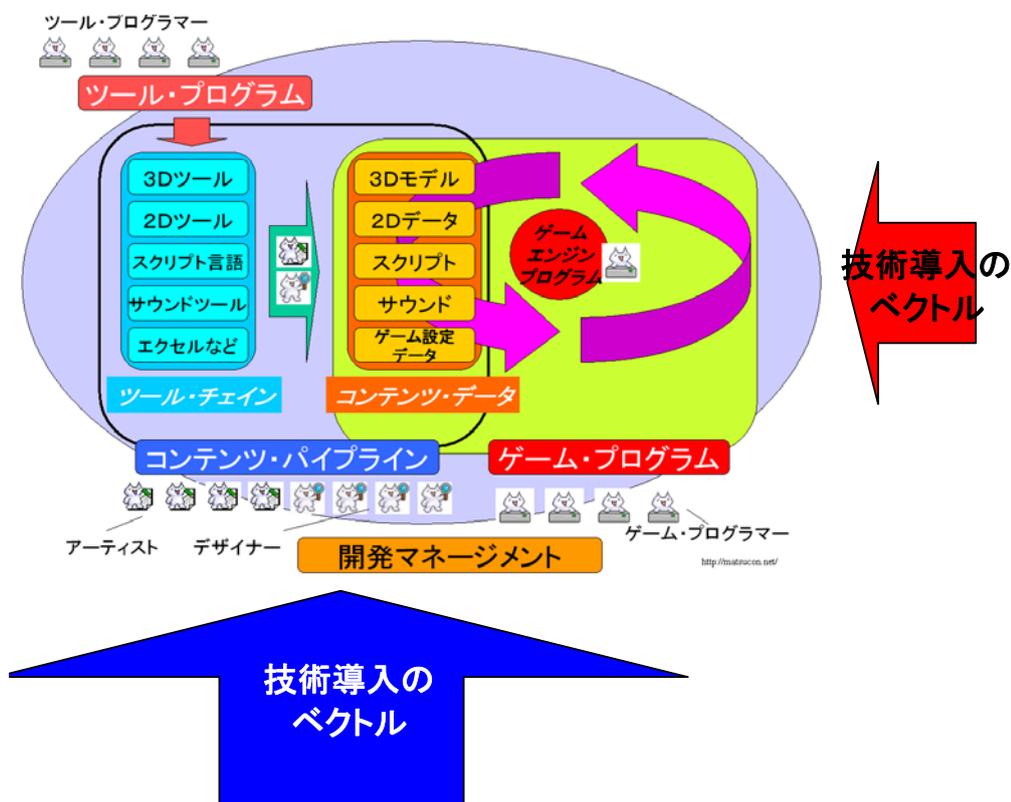


図 5.3-02 学の側からの技術導入

タイトルをターゲットとした技術開発のみならず、コンテンツ・パイプラインを通して技術導入をするという発想が必要である。また、パイプラインそのものも研究の対象となり得る。

5.4 まとめ

この章は、コンテンツ管理技術を中心に解説して来た。この視点は、実際の開発者が持っている視点と極めて近い。なぜなら、開発者はユーザーに対しては至高のタイトルを届けることを義務としながら、日常的にコンテンツ・パイプラインへ参加しているからである。大規模化され構造化されたゲーム製作においては、製作体制やコンテンツ・パイプラインの質は、タイトルの質に直結する問題である。一人の開発者の懸命な頑張りでカバーできる領域は、全体の工程の中でますます相対的に小さくなり、複雑化する工程の進化は円滑な連携なくして高い質を持つコンテンツを産出することを不可能にしているのである。

欧米における開発基盤技術の成熟度と完成度の高さは、開発者の間でますます存在感を増しつつある。欧米の開発者は、タイトルのみならず、開発工程をエンジニアリングすることに長けている。そして「楽しんでいる」ように見える。つまり、開発工程にいろいろな仕掛けをすることで飛躍的にゲームタイトルの質を向上させるという実験と検証をくり返し、一定の成果を实らせているように見えるのである。

一方、日本のゲーム開発は、ゲームタイトルに視点を固定させて来た。一つのゲームタイトルを焦点としてエンジニアリングを積み重ねるため、その姿勢は、少なくとも次世代機前までは多くの成果を上げて来た。その成果はゲームタイトルとして結実し、世界において日本のゲームタイトルが存在感を得ていたのである。しかし、タイトルが終わると、それらは、あいまいなノウハウとして伝承されるだけの存在になってしまう。

中規模で最も成功した方法が、そのまま大規模で通用するわけではなく、開発すべきコンテンツの量的な変化は、開発体制の質の変化を要求している。現代において、開発者は常にそういった要求を肌で感じながら仕事を行っているのである。

日本と米国の開発体制の相違が、何処に端緒を發しているかと言えば、一つは、上記で述べたエンジニアリングの姿勢の相違であり、一つは、日米のゲームプログラミング文化の違いである。日本のゲームプログラマーは、ソフトウェア業界の中でも、特定のコンソールに特化したプログラミング・スタイルの中で仕事をして来た。一方で、米国のプログラミング文化は PC ゲーム業界に大きな基盤を持ち、一般の PC 上のプログラミング技術や文化との接点を通じて、そこで育まれたソフトウェアのアーキテクチャの概念や技術をゲーム開発の現場へ導入し続けて来たのである。日本のゲーム開発者は、これまでの自分たちの美点を継承すると共に、こういった流れを取り込み、洗練された開発工程の上に再び

自由な創造性を獲得せねばならない。

参考文献：

- [1] "スピルバーグ初のゲーム『BOOM BLOX』は宮本茂氏との出会いから生まれた(ファミ通オンライン)", http://www.famitsu.com/game/news/1213774_1124.html (2008)
- [2] 三宅 陽一郎： "GDC08報告会 「GDCに見る最新AIとプロシージャル技術」 ", <http://www.igda.jp/modules/mydownloads/> (2008)
- [3] "Alienbrain", <http://www.comtec.daikin.co.jp/DC/prd/pm/prd/ab/>
- [4] "PERFORCE", <http://www.toyo.co.jp/ss/perforce/>
- [5] "IncrediBuild", http://www.xoreax.com/japan/jp_main.htm
- [6] Author: Luis Villegas , Sean Shypula : "Life on the Bungie Farm: Fun Things to Do with 180 Servers (Bungie)", <http://www.bungie.net/Inside/publications.aspx>
- [7] Christian Gyrling : "Creating a Character in Uncharted: Drake's Fortune (Naughty dog)", <https://www.cmpevents.com/sessions/GD/S6169i1.pdf> (2008)
- [8] Rodrigo Cortes : "Creating Scalable and Dynamic Graphics for World in conflict(GDC2008)", <https://www.cmpevents.com/sessions/GD/S6170i1.ppt> (2008)
- [9] "STAR WARS: THE FORCE UNLEASHED: How LucasArts is Building a Game, a Development Team and a Technology Pipeline... At the Same Time (GDC2008)", <https://www.cmpevents.com/GD08/a.asp?option=C&V=11&SessID=6743>
- [10] "SpeedTree(Interactive Data Visualization, Inc. (IDV))", <http://www.speedtree.com/>
- [11] "SOFTIMAGEユーザー事例 (SOFTIMAGE サイト内) ", http://www.softimage.jp/user_case/
- [12] "プロダクションマネージメントユーザー事例 (DAIKIN.COMTECサイト内) ", <http://www.comtec.daikin.co.jp/DC/prd/pm/user/>

6. 国内の産学連携事例についての調査

6.1 事例紹介

当調査における企業名、団体名、および個人役職名等は発表当時の名称を使用している。

6.1.1 IKによるアニメーション作成システムAnimanium（アニマニウム）

企業：株式会社セガ

大学：東京大学大学院情報理工学系研究科 中村・山根研究室

Animanium（アニマニウム）は、セガと東京大学中村研究室によって共同開発された、CGキャラクター用の動作作成アプリケーションである。

主に、3DCGの人間型モデル（以下キャラクター）の動作を、簡潔な操作で作成を可能にすることを目的に開発されており、東京大学中村研究所のヒューマノイド制御工学の応用により、キャラクターの手や足、頭や体などの部位を操作した際に、他の全ての部位がそれに応じて動作する。

また、キャラクターのポーズをキーフレームとして指定することで、キーフレーム間の動作を自動作成することが可能である。キャラクターの各関節は可動範囲を逸脱しないようなポーズが自動生成され、これによりユーザーはキャラクターのモデルを用意すれば、モーションキャプチャーに匹敵する精密な動作を作成することができる。

なお、IKとはInverseKinematics（インバースキネマティクス）の略で、複数のオブジェクトを鎖のように連結させて、それらのオブジェクトを連鎖的に動作させる手法である。

- [1] SEGA ANIMANIUM Web サイト
<http://www.animanium.jp/sa/index.htm>
- [2] 株式会社セガ Web サイト
<http://sega.jp/>
- [3] 東京大学中村・山根研究室 Web サイト
<http://www.ynl.t.u-tokyo.ac.jp/index-j.html>

6.1.2 新技術“Teddy（テディ）”をベースに使用したカイジウエディタ

企業：株式会社セガ

大学：東京大学先端科学技術インキュベーションセンター（五十嵐健夫研究室）

カイジウエディタは、東京大学の五十嵐健夫講師が発明した技術“Teddy（テディ）”を同講師の協力のもと、株式会社セガが家庭用ゲーム向けに改良を施したものである。

ユーザーが、マウスやペンタブレットで描いた2次元CGから、3次元CGを自動作成することが可能である“Teddy（テディ）”をベースに、手や足、胴体となるパーツを指定する事で爬虫類型などの3次元CGを作成可能である。

また、家庭用ゲーム機のコントローラーでの快適な操作性を可能にするためのインターフェースや、ゲーム向けの新機能を加えている。

このカイジウエディタを搭載した、家庭用ゲーム機ニンテンドーゲームキューブ用ソフト「カイジウの島～アメージングアイランド～」が、2004年1月15日にセガから発売されている。

[4] 株式会社セガ Web サイト

<http://sega.jp/>

[5] 五十嵐 健夫 Web サイト

<http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~takeo/index-j.html>

6.1.3 TVゲームによって引き起こされる3D酔いの評価

企業：株式会社セガ

大学：早稲田大学大学院国際情報通信研究科 河合隆史研究室

早稲田大学の河合隆史助教授と、同学生の太田啓路、そして株式会社セガの海老根吉満と、同社の山口理恵の4人は、共同で「TVゲームによって引き起こされる3D酔いの評価」についての研究を行った。

「3D酔い」とは一般的に3D映像に起因する、乗り物酔いに似た不快感のことである。この研究では、3D酔いを引き起こす映像パターンの検討、3D酔いを軽減する手法を、実際のゲーム制作に反映させることを目的に、基礎的検討・実験を行った。

実験には、映像の呈示装置に家庭用の比較的小さなディスプレイを使用した。また、映像の内容は実際のTVゲームを参考として、3D酔いを引き起こす可能性のある映像パターンの調査を行い、そのパターンを再現した映像を用いて評価実験を行った。

この実験結果から、不快な映像パターンを避けること、また適切な注視物体を設定して眼球運動を抑制することで、3D 酔いを軽減できる可能性が示唆された。

[6] 株式会社セガ Web サイト

<http://sega.jp/>

[7] 早稲田大学 大学院国際情報通信研究科 河合隆史研究室 Web サイト

<http://www.tkawai.giti.waseda.ac.jp/>

6.1.4 ゲームの処方箋プロジェクト

企業：株式会社ナムコ

大学：早稲田大学こどもメディア研究所

ゲームの処方箋プロジェクトは、早稲田大学こどもメディア研究所と、財団法人ニューテクノロジー振興財団、そして株式会社ナムコが共同で 2005 年 5 月に発足したプロジェクトである。

TV ゲームが人間に与える影響のうち、これまで注目されることが少なかった良い面と、その活用方法に関する研究を行うことで、TV ゲームが日常生活の中でサプリメントのような役割を果たすことを期待するものであり、TV ゲームがこれまで社会的な犯罪等の背景として取り沙汰されることが多く、悪影響への注目が大半を占めているのに対し、TV ゲームの良い影響を科学的に実証することを目的としている。

中間報告としてゲームの処方箋シンポジウムが、2006 年 7 月 14 日に都内で開催され、「心理的効果を中心としたゲームソフトの効能の調査」など、4 つの研究テーマの実験方法、結果発表などが行われた。

なお、現在もゲームの処方箋プロジェクトは第二期として研究が続けられている。

[8] 株式会社ナムコ Web サイト

<http://www.namco.co.jp/>

[9] 早稲田大学総合研究機構 こどもメディア研究所 Web サイト

http://www.kikou.waseda.ac.jp/waseda_open/houkoku/2000/Cont03_Initiatives/l5/l5.html

[10] 財団法人ニューテクノロジー振興財団 Web サイト

<http://www.robomedia.org/index.html>

6.1.5 リハビリテーションマシンの有効性の科学的実証

企業：株式会社ナムコ

大学：九州大学病院リハビリテーション部 高杉医師

リハビリテーションマシンとは、株式会社ナムコがゲームの要素を取り入れて、高齢者や障害者が楽しみながら、機能回復訓練や筋力トレーニングを行う事を目的として開発したゲーム機器である。

株式会社ナムコは 2001 年 3 月より、九州大学、そして「ちょうじゃの森（青森県八戸市）」と共同で、「リハビリテーションマシンが身体機能に及ぼす効果」についての研究会を発足し、1 年間にわたっての検証を実施した。

検証は、「ちょうじゃの森」に通所する在宅高齢女性のうち、株式会社ナムコ製のリハビリテーションマシンを使用した 8 人と、使用しなかった 29 人に対し、2 カ月に 1 回の定期的な体力測定を行いつつ、追跡調査した。

その結果、同社のリハビリテーションマシンが、共同研究先である九州大学によって、高齢者の“敏捷性”と“バランス”の改善に有効であることが確認され、2004 年 6 月 30 日に開催された転倒防止国際シンポジウムにおいて、その検証結果が発表された。

[11] 株式会社ナムコ Web サイト

<http://www.namco.co.jp/>

[12] 九州大学 Web サイト

<http://www.kyushu-u.ac.jp/>

[13] ちょうじゃの森 Web サイト

<http://www.myclinic.ne.jp/kawaraginaik/pc/index.html>

6.1.6 「OctaveEngine」 ※ゲーム向けの物理（流体）シミュレーションエンジン

企業：株式会社バンダイナムコゲームス プロメテック・ソフトウェア株式会社

大学：東京大学大学院工学系研究科越塚研究室 東京大学大学院新領域創成科学研究科西田友是研究室

「OctaveEngine」（オクターヴエンジン）は、プロメテック・ソフトウェア株式会社が、東京大学で研究・発明された、流体などの各種シミュレーション技術に基づいて開発した、ゲーム向けの物理シミュレーションエンジンである。

「水」の表現では、流体力学の理論に基づき、ゲーム中のキャラクターなどの位置や動きに応じて、波やしぶきの動きを実際に起こる反応とそっくり、かつ高速にシミュレーション

ョンする事ができ、激しく波が立つ場合、水煙や泡も水面の動きに応じて自然に表現することが可能である。また、「水」の他にも、「砂」や「空」のシミュレーションを行う機能も実装されている。

ゲームメーカー向けに、物理シミュレーション技術を「物理エンジン」として提供する会社は、既に数社の事例があるが、既存の物理エンジンは、ブロックなどの剛体の動きをシミュレーションするのにとどまっており、リアルタイムでの流体シミュレーションを実用的な物理エンジンとして、ゲームメーカーに提供するのは、OctaveEngine が世界でも初めての試みとなる。

なお、OctaveEngine は株式会社バンダイナムコゲームスが発売中の業務用ゲーム「鉄拳6」に導入されている。

[14] 株式会社バンダイナムコゲームス Web サイト

<http://www.bandainamcogames.co.jp/>

[15] プロメテック・ソフトウェア株式会社 Web サイト

<http://www.prometech.co.jp/>

[16] 東京大学 Web サイト

http://www.u-tokyo.ac.jp/index_j.html

[17] Koshizuka-Lab Web サイト

<http://mps.q.t.u-tokyo.ac.jp/main.html>

[18] 西田研究室 Web サイト

<http://nis-lab.is.s.u-tokyo.ac.jp/>

6.1.7 産学連携アライアンスの提携

企業：コナミ株式会社

大学：早稲田大学

コナミ株式会社と早稲田大学は、エンタテインメント分野のさらなる発展を目指して、先端技術の共同研究の実施と、オープン科目を開講することで合意したと、2004年2月9日に発表した。

アライアンスの第一歩として、早稲田大学総合研究機構に2004年4月より「インタラクティブ・エンタテインメント研究所」を新設して、次世代デジタルゲームに汎用できるAI、音情報処理、画像処理に関するプロジェクト研究を開始する。

同時に、早稲田大学オープン教育センターでは理工学部・小林哲則教授の主導によるオープン科目を開講して、コナミ株式会社のゲーム制作者および、各界の第一線で活躍するゲストを招き、ディスカッションや講義をする。

このアライアンスにより、学生がエンタテインメント産業の可能性に目を向け、今後の産業発展の担い手として、社会に貢献することを期待するとともに、高品質のコンテンツを生産性高く制作する技術やノウハウの確立、画期的な表現手法・技術を取り入れた商品の創出を目指す。

[19] コナミ株式会社 Web サイト

<http://www.konami.co.jp/>

[20] 早稲田大学 Web サイト

<http://www.waseda.jp/top/index-j.html>

[21] 早稲田大学総合研究機構 インタラクティブ・エンタテインメント研究所 Web サイト

http://www.kikou.waseda.ac.jp/waseda_open/houkoku/2000/Cont07_IT/41/41.html

[22] 早稲田大学オープン教育センターWeb サイト

<http://www.waseda.jp/open/>

6.1.8 「FLUIDSISTA」粒子法流体解析ソフトウェアの共同開発

企業：日本 SGI 株式会社 プロメテック・ソフトウェア株式会社

大学：東京大学大学院工学系研究科越塚研究室 東京大学大学院新領域創成科学研究科西田友是研究室

FLUIDSISTA（フルードジスタ）は、日本 SGI 株式会社（以下日本 SGI）と、プロメテック・ソフトウェア株式会社（以下プロメテック）が共同開発した、従来の流体解析手法では実現できなかった、水のしぶきや水面が激しく変化するような、自由表面流れのシミュレーションを、世界で初めて可能にした粒子法流体解析ソリューションである。

プロメテックの創業者の一人である、東京大学大学院工学系研究科の越塚誠一教授が考案した、シミュレーション手法である粒子法（MPS 法）を技術基盤としている。

また、日本 SGI の高性能コンピュータと可視化技術を組み合わせ、土石流や都市の地下水害、津波などを高い解析精度と表現力で実現する。

現在、日本 SGI とプロメテックは、粒子法解析ソフトウェアと、専用大規模データ可視化ソフトウェア、それに対応したサーバーなどのハードウェアを一体化したソリューションとして、FLUIDSISTA を提供している。

- [23] 日本 SGI 株式会社 Web サイト
<http://www.sgi.co.jp/>
- [24] プロメテック・ソフトウェア株式会社 Web サイト
<http://www.prometech.co.jp/>
- [25] Koshizuka-LabWeb サイト
<http://mps.q.t.u-tokyo.ac.jp/main.html>
- [26] 西田研究室 Web サイト
<http://nis-lab.is.s.u-tokyo.ac.jp/>

6.1.9 「.hack//G.U.」オリジナルアニメを制作／産学連携ゲーム制作プロジェクト

企業：株式会社サイバーコネクトツー

大学：九州大学大学院システム情報科学研究院情報理学部門岡田義広研究室

株式会社サイバーコネクトツーは、2007 年 10 月 3 日に新事業戦略発表会を東京・銀座の時事通信ホールにて開催。同社が開発、株式会社バンダイナムコゲームスが発売する、家庭用ゲーム機 PlayStation2 用ソフト「.hack//G.U.」シリーズの、オリジナルアニメを制作、発売することを発表すると同時に九州大学とのゲーム制作プロジェクトの発足を発表した。

3 次元ソフトウェア開発支援システムや、3 次元 CG アニメーション生成技術など、ゲーム開発手法の研究に取り組む、九州大学の岡田義広研究室の学生と共同で、家庭用ゲーム機向けソフトの企画開発を行う。

- [27] サイバーコネクトツー Web サイト
<http://www.cc2.co.jp/>
- [28] 株式会社バンダイナムコゲームス Web サイト
<http://www.bandainamcogames.co.jp/>
- [29] 九州大学 Web サイト
<http://www.kyushu-u.ac.jp/index.php>

6.1.10 「うるまでのびペイント（仮）」

企業：有限会社うるまでのびプロダクション

大学：東京大学大学院情報理工学系研究科五十嵐研究室

「うるまでのびペイント（仮）」は、有限会社うるまでのびプロダクションが、東京大

学の五十嵐健夫助教授と協力して開発する、ペイント&アニメーション・ソフトウェアである。

描いた絵のアニメーションの作成が簡単にできること、製作過程を楽しめることを目的としている。

同ソフトは、ペイントに関して、線を滑らかな直線・曲線へ自動修正する機能や、絵の原型をできる限り維持したまま、部分的に変形をさせる機能、アニメーションの作成に関して、絵の動かしたい部分を選択し、マウスで動きを指定することで、アニメーションを自動作成する機能などがある。

また、画像ファイルを読み込み、そこからアニメーションを作成する事も可能である。作成したアニメーションは、Flash SWF や、Quick Time などの動画ファイルとして出力が可能で、「うるまでのびペイント（仮）」を持っていない人も閲覧することができる。同ソフトは、2008年春に発売予定である。

[30] レッツゴー！うるまでのび Web サイト

<http://urumadelvi.jp/>

[31] 五十嵐 健夫 Web サイト

<http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~takeo/index-j.html>

6.1.11 デジタルアニメマニュアル

組織：デジタルアニメ制作技術研究会

大学：東京工科大学片柳研究所クリエイティブラボ

デジタルアニメマニュアルは、東京工科大学と、デジタルアニメ制作技術研究会(以下研究会)が共同で出版している出版物である。

研究会が、「デジタル時代に対応したアニメ制作工程や用語を統一しよう」という方向性の元に、アニメ制作に関する情報をまとめた技術マニュアルを目指して、デジタルを交えたワークフローの部分を解説した教科書的なもので、

デジタルアニメマニュアルは、研究会が 2002 年 2 月に発行した、「アニメーション・デジタル制作マニュアル Ver1.0」を元に毎年改定を行い、現在の最新では「プロフェッショナルのための デジタルアニメマニュアル 2006-2007 ～行程・知識・情報～」が 2007 年 3 月に発行されており、アニメ業界の関係プロダクション、大学や専門学校などの教育市場へ提供されている。

[32] デジタルアニメマニュアル Web サイト

<http://www.teu.ac.jp/clab/DAM/index.html>

[33] 東京工科大学片柳研究所クリエイティブラボ
<http://www.teu.ac.jp/clab/>

6.1.12 フリーハンドで立体画像を作成できる 3Dグラフィックソフト『マジカルスケッチ』の発売

企業：エクス・ツールズ株式会社

大学：東京大学大学院情報理工学研究科五十嵐研究室

「マジカルスケッチ」はエクス・ツールズ株式会社が、東京大学の五十嵐健夫助教授が研究・開発した技術「Teddy (テディ)」を基に、同社が開発・販売する 3DCG ソフト「Shade R4」に最適化して搭載した、“マジカルスケッチ”の機能を単体で製品化した、パソコン用の 3D グラフィックソフトである。

ユーザーがマウスやペンタブレットで描いた 2D グラフィックから自動で 3D グラフィックを作成し、それに絵を描き加えることなどが可能である。

簡潔なインターフェイスを採用しており、簡単に 3D グラフィックの描写ができるのが特徴となっている。

なお、エクス・ツールズ株式会社は、製品の開発・販売に関する全営業権を、2003 年に株式会社イーフロンティアへ譲渡しており、同社からは後継版となる、「マジカルスケッチ 2」が発売されている。

[34] 株式会社イーフロンティア Web サイト
<http://www.e-frontier.co.jp/index.html>

[35] 五十嵐 健夫 Web サイト
<http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~takeo/index-j.html>

6.1.13 『ラクガキ王国』の発売

企業：株式会社タイトー

大学：東京大学大学院情報理工学研究科五十嵐研究室

「ラクガキ王国」は、株式会社タイトーが開発・販売する家庭用ゲームである。

プレイヤーは「ラクガキ」と呼ばれるキャラクターを作成して、戦わせることにより、ストーリーおよびゲームが進行する。「ラクガキ」の作成は、プレイヤーが描いた 2D グラフィックから、3D グラフィックが自動作成される機能を中心に行うシステムで、東京大学の五十嵐健夫助教授の発表した、Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design の、論文の基本概念を参考に開発された。

株式会社タイトーは、2002年3月20日発売のPlayStation2用ソフト、「ガラクタ名作劇場 ラクガキ王国」をはじめ、「ラクガキ」の作成システムを主とした、ラクガキ王国シリーズを開発・販売している。

[36] 株式会社タイトーWeb サイト

<http://www.taito.co.jp/index.html>

[37] 五十嵐 健夫 Web サイト

<http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~takeo/index-j.html>

6.1.14 株式会社コナミ、大阪電気通信大学に「コナミホール・先端マルチメディア合同研究所」を設置

企業：株式会社コナミ

大学：大阪電気通信大学

「コナミホール・先端マルチメディア合同研究所」は、コナミ株式会社が、大阪電気通信大学四条曙学舎に設置した施設である。

様々なイベントに利用が可能で、950人を収容可能な多目的ホール（コナミホール）や、コンピュータグラフィックや映像、音像を作成、編集するスタジオなどがあり、大阪電気通信大学の、産学官連携の中心として利用されており、コナミ株式会社との共同研究も行われている。

特徴のひとつとして、主なスタジオの運営を、産業界のデジタル映像プロダクションが行っており、現場の学生をアシスタントとして使い、実際の仕事を通じて、技術、知識などを身に付けさせている。

[38] コナミ株式会社 Web サイト

<http://www.konami.co.jp/index.html>

[39] 先端マルチメディア合同研究所

<http://www.dmic.org/jiams/>

[40] 大阪電気通信大学

<http://www.osakac.ac.jp/oecu/index.html>

6.1.15 コンテンツ創造科学産学連携教育プログラム

企業：株式会社スタジオジブリ 株式会社コーエー 株式会社セガ 株式会社プロダクション・アイジー

大学：東京大学大学院情報学環

コンテンツ創造科学産学連携教育プログラムは、東京大学大学院情報学環に 2004 年度からの 5 年間の計画で設置された、映像、アニメ、ゲームなどのエンターテインメント産業において必要とされる、プロデューサー、技術開発者、指導的教育者の育成を行う、教育プログラムである。

最前線で活躍している、クリエイターや、プロデューサーによる実践的講義、東京大学の教員による基礎学問領域の講義、エンターテインメント企業に対するインターシップなどをとりまぜ、実践的な人材の輩出を目的としている。

コンテンツ創造科学産学連携教育プログラムの特徴として、株式会社セガや、株式会社バンダイナムコゲームス、株式会社コーエーといった、エンターテインメント企業や、映画監督や脚本家、漫画家など、多岐にわたるメンバーが、講義などを行っている点が挙げられる。

[41] コンテンツ創造科学産学連携教育プログラム Web サイト

<http://content.iii.u-tokyo.ac.jp/index.html>

[42] 東京大学大学院情報学環 Web サイト

<http://www.iii.u-tokyo.ac.jp/>

6.1.16 NPO法人「京都西陣町家スタジオ」がIT関連産業の人材育成

企業：任天堂株式会社

学校：立命館大学 京都造形技術大学 京都情報大学院大学

「京都西陣町家スタジオ」が、IT 関連産業の人材育成を目的として場所などを提供し、立命館大学と、京都造形芸術大学、そして京都情報大学院大学の、3 大学学生が、任天堂株式会社の助言を得て、同社が開発・販売する携帯ゲーム機ニンテンドーDS 用ソフトの開発を、2005 年 5 月から一年間に渡って行った。

これまでも、「インターンシップ」と呼ばれる短期間の企業内実習が行われていたが、一年間をかけて産学協同の体験学習を行うのは、全国で初めての試みである。

大学の講義と、企業の開発現場の両方を取り込むこの試みは、「インナーシップ」と名付けられた。

- [43] 株式会社任天堂 Web サイト
<http://www.nintendo.co.jp/index.html>
- [44] 京都西陣町家スタジオ Web サイト
<http://nishi-jin.net/>
- [45] 立命館大学 Web サイト
http://www.ritsumei.jp/index_j.html/
- [46] 京都造形芸術大学 Web サイト
<http://www.kyoto-art.ac.jp/>
- [47] 京都情報大学院大学 Web サイト
<http://www.kcg.edu/index.html>

6.1.17 杉並区 5 大学と連携でアニメ講座・シンポジウムを開催

組織：杉並区

大学：女子美術大学 高千穂大学 明治大学 東京立正短期大学 立教女学院短期大学

国内有数のアニメーション制作企業の集積地として知られている東京都杉並区は、同区内にキャンパスを持つ、女子美術大学、高千穂大学、明治大学、東京立正短期大学、立教女学院短期大学の 5 大学と共同で、アニメーションをテーマとしたシンポジウム「アニメーションの世界～文化・芸術・経済～」を、2007 年の 11 月 10 日、11 月 17 日、12 月 1 日にわたり開催した。

11 月 10 日には、各大学の学生と、アニメーション監督などのゲストらと共に、アニメーションを取り巻く様々なテーマについて話し合われた。

続く 11 月 17 日、12 月 1 日には、「ネットの上のアニメーションとマンガ」や、「実験心理学から見たアニメーション」、「地域産業とインキュベーション」など、インターネット、心理学的、経営学的等のアプローチから、それぞれの大学の講師達による連携講座が行われた。

- [48] 杉並区役所 Web サイト
<http://www.city.suginami.tokyo.jp/>
- [49] 女子美術大学 Web サイト
http://www.joshibi.ac.jp/index_j.html

- [50] 高千穂大学 Web サイト
<http://www.takachiho.jp/lib/index.html>
- [51] 明治大学 Web サイト
<http://www.meiji.ac.jp/>
- [52] 東京立正短期大学 Web サイト
<http://www.tokyorissho.ac.jp/index2.html>
- [53] 立教女学院短期大学 Web サイト
<http://www.rikkyo.ne.jp/grp/rittan/index.html>

6.2 産学連携事例ヒアリング

6.2.1 東北大学 川島隆太教授

川島 隆太（かわしま・りゅうた）

1959 年生まれ。東北大学医学部を卒業後、同大学院医学研究科で学び医学博士に。スウェーデン王立カロリンスカ研究所客員研究員、東北大学加齢医学研究所助手、同専任講師を経て、現在は東北大学加齢医学研究所教授。

産学連携を始めた経緯

—— 産学連携事業を川島先生が始められたのはいつ頃からでしょうか。

川島 僕の研究室が始めたのは独立法人化した前後くらいですから、もう 5 年くらい前からですね。

東北大学はもともと産学連携をずっとやっている大学ですので……。独法化した後からもっと加速はしましたが。

—— 産学連携を推進する目的というのはどういったものでしょうか。

川島 産学連携の目的の第一は産業界の依頼に応えるということです、それは大学の一つの使命ですから。それが一番大きいですね。大学からすれば、産学連携を通して収入がある。その 2 つだけだと思います。

—— 川島先生の具体的な産学連携の代表的な事例としては、「脳を鍛える大人の DS トレーニング」がありますが、そのほかには、どのようなものがありますでしょうか。

川島 山のようにあります。ですが、産学連携で具体的に何を今やっているかは言えないです。守秘義務がありますから。ただ、皆さんがだれでも知っているような企業がたくさん我々と一緒に仕事をしています。

—— 研究成果の公開は、製品の発売や、リリースの掲載以外に行われていますか？

川島 大学からの発表ではしていません。研究成果というのは、大学と企業と半々で持ちますが、僕たちは産学連携を研究としては位置づけてはいないので、それを学会発表する

なんていうことは一切していません。

—— 産学連携は研究としては位置づけておられない？

川島 はい。僕らは別個に研究の母体を持っていますので、それは世間の方がまったくご存じないところできちんと学会向けの顔があって、それが本来の顔だと思っています。どちらかというとも大学の使命として産学連携はやっていますので。論文を書くのはまったく違うフィールドで書いています。

産学連携のための技術と知識と、それから基礎研究のための技術と知識というのは分けています。

—— それは内部のスタッフィングも分けておられるということでしょうか？

川島 産学連携では自分の研究室のスタッフを使いません。委託元の産業界から来てもらいます。産学連携に大学生たちを使ったらかわいそうですから。彼らは研究するために集まっていますので。

—— そのスタンスは、産学連携をスタートさせたときからでしょうか？

川島 基本的には全部そうです。産学連携というのは、必ず受託研究員を出していただく。要は大学で僕の指導を受けて産業界の方が研究できて、それを企業に持ち帰るとというのが産学連携の姿です。

もちろん、スタッフも大学側でそろえる受託研究という制度もあります。要はお金の動きで、受託研究といって企業が全部こちらに依頼して大学が請けるものと、費用をいただいた上で、企業が大学に来て実験するという、共同研究のパターンと、いろいろあります。

その中で僕たちは共同研究を中心にやっています。

—— 産学連携は年度単位で進められているのでしょうか。

川島 そこも独法化してからフレキシブルになりました。以前は年度単位でしたけれども、今は年度越えもできます、年度途中からの契約もできますし、2年、3年の長期契約もできます。

ただ、企業側は単年度会計のところが多いので、大学側がよくても、企業はやりづらいついところがあります。

研究による成果の取り扱い

—— 研究成果の取り扱い、知的財産権や特許などはどういった形で処理されていますか？

川島 これは全部東北大学のルールで全部決まっています。ただ、原則、半々ですよ。大学側は主張することはあまりないですが…。

やはり、具体的な事例については、基本的には出せませんが、守秘義務はきちんとあります。契約で結ばれていますし。

産学連携における企業からの支援

—— 産学連携において、ゲーム業界側からの支援はございましたか？

川島 一切ないです。産学連携としての研究費は入ってきますけれども、それ以外は一切ありません。

してくれればありがたいですが、残念ながら……。日本はまだ大学や公的機関に投資するという企業はほとんどないですね、寄附の文化がないからだと思います。特に、アメリカは特殊で寄附の文化がすごいですから。

産学連携による副産物について

—— 産学連携事業を行った際に想像しなかった利益というのはありましたか？

川島 特に、僕たちにとっては、金銭的に研究費が入ってくるということ以外のメリットはないかもしれないですね。

僕個人としては産学連携によって人脈がどんどん広がりますが、それは僕個人にとっての話であって、大学や、研究室で何か大きなメリットがあるかというところでもないし、学生たちの就職先ができるかというところでもないしですね。

研究室にいる学生たちはみんな研究者になりたいので、企業に入りたい子が、そもそもおりませんから。

ただ、逆にそういう想定外の利益があってはいけないと思います。利益相反という考えとバッティングしてしまいますので。僕らは産学連携をやったとしても、あくまでもニュートラルな立場を保たなければいけない。申し込んできた企業自体のメリットに直接なるということも本当はやってはいけないんです。

産学連携の成果を、企業が自分たちの取り分をどう使ってビジネスをするかは別ですけど、大学側が企業のお金儲けに直接加担するということはできないわけです。そういう意味でも、そんなに大きな副産物はないですね。

産学連携を推進するためには

—— 様々な業界と産学連携を行われてきましたが、こういった部分に対して企業が気遣ってくれればよい、という部分はございましたか？

川島 僕たちの場合は一切ないですね。東北大学は、入り口も出口も全部きちんと整備されていますので。産学連携の事業については僕個人では一切やりません。全部、大学の本部を通してしか動きません。大学側にすべて決定してもらっています。どういうルートで、誰にどう流すというところはもちろん、やるかやらないかの審査もされますので。

企業さんが僕たちのところへ事前の下交渉に来られることもありますけど、最近「まず本部に行ってください」と本部を通してやってもらっています。

—— そのシステムは産学連携を始めたときからでしょうか。

川島 独立法人化の前は多少曖昧でした。というのは、国家公務員の研究者の権利のあり方が特殊でして、個人にも権利があるんです。国に半分、個人に半分というように。独法化しますと、研究者成果の権利は一般の民間企業と同じで全部組織のものになりますから、そこできちんとルールが統制されました。

それからすると、企業の感覚と一緒に、個人で請けるということはないわけです。全部企業として請けて、企業としてやれることはやる、やられないことはやらない。

—— お名前がゲームの中に出ているというのは、それは企業が希望をして、大学側が許可を出したということですか？

川島 そうですね。

—— 産学連携で進行運営上のトラブルというのは、ほとんどないですか。

川島 まったくないですね。産学連携のシステムをしっかりと大学側で用意しているからです。日本できちんとそういうシステムを持っている大学は東北大と東京工業大学です。ただ、東京工業大学は、工学の世界、僕たちよりももっと産業界に近いところでお仕事をされていますから、産学連携自体が研究につながることもあるかもしれません。

僕らは、そういう意味ではものづくりとは違う立場でお手伝いしていますから、極めてレアケースかもしれませんね。

6.2.2 東京工科大学 三上浩司講師

三上浩司（みかみ・こうじ）

東京工科大学メディア学部講師。表現工程論、ゲームプロデュース（コア演習）、インタラクティブ・ゲーム制作（プロジェクト演習）を担当。主な著書に「デジタル映像表現 -CGによる映像制作-」（CG-ARTS 協会・共著）、「プロフェッショナルのためのアニメマニュアル 2006-2007 工程・知識・用語」（東京工科大学/デジタルアニメ制作技術研究会）がある。

産学連携開始の経緯とシステム

—— 東京工科大学が産学連携を始めたきっかけをお伺いできますでしょうか。

三上 東京工科大学には開学から産学連携の精神がありました。経営者が実学教育を非常に重視しています。学校経営の出発が専門学校からなので大学をつくる時にも、やはり産業と連携したいということが念頭にありました。学校全体でいえば本当に最初から、産学連携の精神があったという形になると思います。

大学の理念に「実社会に役立つ専門の学理と技術の教育」といったものが最初に出てくるぐらい実学を意識しています。それから「先端研究開発を介した教育とその社会還元」、「理想的な教育と研究を行うための理想的な環境整備」という、この3つが大きな理念なので、そういう形で産業をすごく意識しているというのが、大学のポリシーとしてありますね。

—— そもそもスタンスがそうであると。

三上 産と学が何か課題があった時に双方が相談できる関係にあるかないかがすごく大きいかもしれません。

企業に相談したときに、企業の人には先端的な技術はわからないだとか、逆に大学の人にはゲームの実践的な技術はわからないという状態だと、まずコミュニケーションをそんな図らないですね。

ですから、大学で何かの課題が出た時に、実社会ではどのように取り組んでいるのかゲーム産業の誰々さんに聞いてみようだとか、ゲーム産業側から、何か新しい人材育成プランを大学でやっていないかとか、こういう先端研究の事例やその研究をやっている先生を知らないかとか、そういうコミュニケーションを図れるってことが一番大事なのかなと思います。

—— 東京工科大学の中で、産学連携の窓口を用意されているのでしょうか。

三上 研究協力部というセクションが設置されています。ですので、何もコネクションがない方がアクセスしたいときには、そちらにご連絡をいただく形になります。

研究成果の取り扱い、契約

—— 大学での研究成果、何か共同研究をされた時に、とりまとめて公開などはされていますか？

三上 大学の研究協力部の中で、著作物の取り扱い規定を作っています。

特に共同研究・受託研究等を行う場合に、公開する成果物の取り扱いに対して何か協議が必要なケースは、事前に契約するのが基本です。論文等での公開は、共同企業との共有の財産であることを前提にした上で公開しています。

ただし、利益を放棄するというものではありません。それは権利として大学がもったり企業がもったり、そのあたりは契約になるケースがほとんどです。契約は研究協力部が中心になって、大学の顧問弁護士の方と契約相手で相談しています。

—— いままで、産学連携を行った際にトラブルなどはありましたか？

三上 僕のまわりではありません。基本的に研究協力部の指導の下に企業の方との信頼関係の中でしか研究契約を結ばないことにしています。

5年ほど前から、明確な成果物の納品が義務付けられる受託契約は、基本的に結ばないという大学のルールができました。

確かに大学で納品義務を負っても、大学でそれをカバーできないことがあります。そのことを理解した上で、共同研究として、最後まで一緒にやってくださる企業さんがあればいいのですが、大学単体で完成したものを納品というのは難しいかもしれません。

産から学への支援

—— 学校側に対して、産学連携先の企業からの何かしらの支援はございますか？

三上 カリキュラムを共同で考案していただく、あとは本来ならなかなか来ていただけない現場の第一線で働いている方に来ていただけるコネクションがある、などはなかなか得がたい支援です。

また、研究テーマの提案もすごく大きいと思います。大学の、特に卒業研究修士の研究において、実際に産業の現場の中で話題になっているものは何なのか、学术界で話題になっているものを実際に研究したらどう産業界で活きるのか、そういったアドバイスは非常にありがたいです。

それから、設備の提供もあります。パソコンの台数が足りない、CG ソフトが足りない
ので研究の実施に当たって提供いただくこともあります。モーションキャプチャーの設備
についても、学側で導入が難しい場合、企業側で導入して大学に設置していただいたこと
もあります。

産学連携の副産物

—— 産学連携を行っていく上で、学側からみて、想定外の利益というものはあります
か？

三上 企業側にはあまり副産物が出てこないかもしれませんが、大学側にとってみればそ
れは非常に多いと思います。先ほどお話しに出ました、研究テーマの策定もそのひとつだ
と思います。

学生にとって、限定された世界にいる大学の先生から聞く話と、外の荒波に揉まれて
いる、ありとあらゆる年齢層の現場の人から聞く話では、受ける影響は全く違います。し
かも、自分が憧れてプレイしたゲームに携わっている人だったりすると、なおさらです。
さらに、もっと大事なのは、その話と学校にいる僕たち教員が普段話している話に整合性
が取れていることです。その場合は授業に対しての姿勢が非常に良くなり、学生のモチベ
ーションが高まる。

産学連携の未来

—— 三上先生がお考えになる、産学連携が今後推進されるために必要な要件とは、どう
いったものでしょうか。

三上 産学連携先の企業にのみ何かを要求するわけではなくて、大学の中でもそれを受け
入れられるシステムを作ることが大事だと思います。例えば、学校側で研究を行うとして、
その年の研究テーマに偏らずに、ずっと基盤的な研究を続けられて、なおかつ学部のカリ
キュラムに左右されないような。そういうのをしっかりとやっていかないといけないでし
ょうね。それは、大学の中になくてもいいと思います。産学連携、共同で作ったゲームア
カデミーでもいいと思います。そういうところで基盤的な技術をずっと研究し続けて、そ
の研究成果からいろいろと派生をしていく。それは、一つの企業、一つの大学だけではな
くて、いろいろな企業、大学が入ってくればもっと良くなっていくと思います。

6.2.3 東京大学大学院情報学環 七邊信重特任研究員

七邊 信重 (ひちべ・のぶしげ)

1976 年生まれ。早稲田大学大学院文学研究科博士後期課程単位取得退学。東京大学大学院情報学環特任研究員。東京大学馬場章研究室のスタッフとして、2006 年より株式会社コーエーの『大航海時代 Online』を用いた教育利用実験に取り組む。2007 年にはデジタルゲームの国際学術会議『DiGRA 2007 (Digital Games Research Association's the 3rd International Conference)』の開催に、組織委員会事務局長として携わった。

「オンラインゲームの教育目的利用のための研究」における産学連携の経緯

—— 東京大学大学院情報学環 馬場研究室における産学連携についてお伺いします。現在、馬場研究室では、CREST「オンラインゲームの教育目的利用のための研究」のために、コーエーのオンライン MMORPG「大航海 Online」を使った実験を行なわれていますが、馬場研究室とコーエーが産学連携をスタートしたのはいつ頃からでしょうか？

七邊 プロジェクト以前から、馬場（章）教授と株式会社コーエーの執行役員でオンライン担当（当時）をされていた松原健二様とのお付き合いがあり、2005 年初頭に、馬場教授とコーエーさんとの間で、「信長の野望 Online」の教育利用について合意がなされました。そして 2 月に、馬場教授と松原様が出席して本研究に関する記者発表が行われ、その席で産学連携の研究である旨も発表されました。当初から産学連携の研究でした。その後、正式に「信長の野望 Online」および「大航海時代 Online」を用いた教育効果研究の実施について、馬場教授とコーエーさんが正式に契約を交わし、現在に至ります。

—— 今回のプロジェクトは、何を目的に始められたものでしょうか？

七邊 コーエーさんは、もちろん、面白いゲームをユーザーの方に提供することを第一の目的としてオンラインゲームを開発、販売されているのですが、馬場研究室では、そうした娯楽の要素に加えて、ゲームには教育や健康管理などさまざまな用途があると考え、それを検証するという研究目的を持っています。さらに、こうした研究によって、オンラインゲームが潜在的に持つプラスの側面や社会的な利用方法を解明できる、と考えています。また、オンラインゲームを教育利用した場合の効果を測定する共同研究を通して、ゲームソフトの面白さや教育効果などを測定する評価基準を開発すること、これも目的のひとつです。

コーエーさん側も、娯楽としてのゲームを社会に提供するだけでなく、ゲームを社会に流通させていくゲームメーカーとしての社会的責任を果たす上で、ゲームの影響を科学的

に研究して、その結果を社会に発信する責務があるというお考えをお持ちだったようです。

—— これは、産学どちらからの要請で始まったのでしょうか？

七邊 2005年当時は、「ゲーム脳」「ネット中毒」に代表されるように、ゲームのマイナスの側面ばかりが誇張されて喧伝されていました。これに対して、科学的な反論や、ゲームのプラスの側面を科学的に明らかにしていく必要があるという点で、馬場教授側とコーエー側で認識が一致したというのが、プロジェクト立ち上げの経緯です。ですから、どちらからの要請というわけではなく、両者の要請が合致して、共同研究という形でスタートしたというのが、そもそもの経緯ですね。

—— 具体的に、こちらのプロジェクトはどのように展開されていらっしゃいますか？

七邊 香川県の詫間電波高専にて、コーエーさんの「大航海時代 Online」と「信長の野望 Online」を教育利用した実証実験を歴史授業の中で行ない、その教育効果を測定しています。また、馬場研究室内では、コーエーさんから提供していただいたログデータや、ユーザーの男女比、年齢比などの基礎資料をもとに、研究を行なっています。

研究成果の取り扱いと機密保持

—— 「オンラインゲームの教育目的利用のための研究」では、研究の成果をどのように公開されていますか？

七邊 2007年9月に東京大学で開催された国際会議「DiGRA2007」や、2008年3月にサンフランシスコで開催された「Game Developers Conference 08」など、国内外の発表会を通じて報告しています。

—— 具体的には、どのような内容を発表されていますか？

七邊 オンラインゲームの教育効果や教育利用方法に関する研究が中心です。たとえば、オンラインゲームを利用した授業が通常の授業と比較して、歴史学習へのモチベーション向上や知識の獲得・定着、社会的スキルの獲得に役立つことを明らかにした研究を発表しています。また、オンラインゲームユーザーの行動や意識、たとえばゲーム内でのアイテムや情報の提供といった援助行動や、アバターに対する意識に関する研究発表を行なっています。

—— そこで、知的財産権の取り扱いや機密保持はどのように行なわれているのでしょうか

か？

七邊 被験者やユーザーの個人を特定する情報については、一切公表しないという契約を取り交わしています。ゲームの大規模アップデートに関する情報などもそうですね。ユーザーの情報に関しては、コーエーさんからご提供いただいたログデータから得られる、ユーザーの行動やアイテム情報などを数量化してデータとして使わせていただいています。また、実験、調査、発表の内容については、基本的に事前にコーエーさんにご連絡して、許可をいただきます。

—— 馬場研究室の他にも、東京大学内で産学連携に関する事例はございますか？

七邊 東京大学には、東京大学院情報学環・学際情報学府が実施している「コンテンツ創造科学産学連携教育プログラム」という、科学技術振興機構から委託されたプログラムがありまして、そちらのほうで、ゲーム、映画、アニメ制作のプロデューサー育成が行なわれています。コンテンツ産業の開発者・経営者の方を講師としてお招きしていて、ゲーム業界からも、「オンラインゲームの教育目的利用のための研究」にもご協力いただいているコーエーの松原様、バンダイナムコゲームスの岩谷徹様、セガの鈴木裕様などにお越しいただいているそうです。また、その科目の中にインターンシップ制度があり、ゲーム関連でもいくつかの企業にご協力いただいているそうです。

—— そういった産学連携を行なう場合、東京大学では総合的な窓口が存在するのでしょうか？

七邊 大学内に、産学連携本部という部署があります。今回の「オンラインゲームの教育目的利用のための研究」における契約に関しては、産学連携本部を通じてではなく、直接共同研究の契約書を交わしています。

産学連携における企業からの支援・副産物効果

—— 「オンラインゲームの教育目的利用のための研究」では、ゲーム業界から金銭的な支援はございましたか？

七邊 これに関しては、コーエーさんから金銭的な支援はいただいません。研究を行うために必要なアカウント、プレイに関するログ、ユーザーに関する基礎的な資料のみを提供いただいています。また、ゲームメーカーとの産学連携ではありませんが、「DiGRA2007 の開催と同国際会議におけるゲーム研究の動向調査」として、中山隼雄科学技術文化財団さんから研究調査を委託されたことはあります。

—— 「オンラインゲームの教育目的利用のための研究」を行なう中で、当初想定されていた以外の展開、さらなる連携効果はございましたか？

七邊 高専での実験は、1、2年生を対象としているのですが、1年生は日本史の授業なので、共同で授業を開発している歴史の先生から、「大航海時代 Online」内で、日本にまつわる勉強をさせたいというご要望は数多くいただいています。具体的に「ゲームの中に、天正遣欧使節団のような、日本に関連するクエストはありませんか？」「日本には行けませんか？」「イスラムや南米、カリブからスタートできませんか？ アジアや南米から見た、大航海時代について学べると思いますが」などのご要望があり、コーエーさんにご提案させていただきました。コーエーさん側の都合もありますので、そうした提案をゲームの中に逐一導入していくことは難しいようですが、開発者の方からは、「これまでは、そうした提案を受けたことがなかったので、参考になりました」と、言っていただきました。

ゲーム業界における産学連携のこれから

——ゲーム業界との産学連携で、今後、どのような発展を期待されますか？

七邊 産業界と学術界では、産学連携における目的が異なるところはありますが、双方がそれを意識しながら進めることで、新たな展開は十分考えられますね。例えば、ゲームメーカーの方がこれまで気づかなかった、ゲームの遊び方、使い方を学術界からご提案して、ゲームの可能性や社会的な利用法を解明、開発したり、ゲームの科学的、客観的な評価方法を開発することはできると思います。そのように、お互いが気づいていない有用な情報、技術などの共有が、効果的な産学連携が成立する要件ではないかと思います。

——東京大学に限らず、その他にもゲーム業界との産学連携の例は増えてきていますが、プロジェクト同士での連携が行なわれる可能性はありますか？

七邊 そうですね。私どもの研究も、例えば、バンダイナムコゲームスさん、財団法人ニューテクノロジー振興財団さん、ナムコさん、早稲田大学こどもメディア研究所さんの4法人で行なわれている「ゲームの処方箋プロジェクト」とリンクする部分はありますので、今後は、産学連携プロジェクトが協力し合うような体制も考えられると思います。

6.2.4 株式会社プレミアムエージェンシー 代表取締役社長 山路 和紀氏

山路 和紀（やまじ・かつのり）

1994年、慶応義塾大学・環境情報学部を第一期生として卒業。株式会社セガ・エンタープライゼスに入社。ゲームタイトルの開発、プロデュースに携わる。2000年、マイクロソフト株式会社に移り、Xbox 事業部にて、ゲームタイトルのプロデュースを手掛ける。03年、マイクロソフト株式会社を退職。同年5月株式会社プレミアムエージェンシーを設立。現在、株式会社プレミアムエージェンシーの代表取締役社長。プロデューサー。東京工科大学の非常勤講師も兼任。

産学連携事業を開始した経緯

—— 御社が産学連携事業を開始された時期はいつ頃からでしょうか。

山路 2003年の4月からですね。その年の5月に会社設立をしましたが、その前に、現東京工科大学の金子満先生とお話をする機会がありました。そのとき、「そろそろ大学でも、ゲーム関係の教育をちゃんとやらないとマズイよね」という話を金子先生からいただきまして、ただ「大手の企業に大学として頼むと、大手の冠講座をやるようなことになる。あまりそれは望ましくない」と。どこかの会社の企業講座ではなくて、もっとオープンなものをやりたいということでした。

その当時は「東京工科大学で講師をやって、ちょっとずつ教えてみたら？」という話が最初にあって、それから徐々に教育プログラムの面で色々お話するようになっていきました。

金子先生自体、ゲームを専門でやられていませんので、ゲームについてわかる人はいないかといった時に、ちょうど私がおりまして。そこで、「きちんとした人材教育をやりましょう」ということで、取り組みをはじめました。

—— 会社を立ち上げるきっかけが、どちらかというとな緩やかな学側からの依頼によるというイメージでよろしいですか？

山路 はい。私からの提案というよりは、金子先生のお言葉がきっかけで。そういうところから実際にプランニングをはじめたのは2003年の夏ぐらいですね。

—— もちろん、産学事業のみで御社が生活しているわけではないと思いますが、その比率というのはいかがでしょうか。

山路 98%、通常のビジネスをやって2%くらいですね、産学連携は。私と、もう一人が

産学連携を担当して、ある種、ボランティア的にやっています。

ボランティアというか、僕自身は使命感にかられてやっているという感じです。金子先生との絶対的な信頼関係がありますし、同時に金子先生だけでも多分まわらないと思います。これは三上（浩司）講師がいてくれるというのが すごく大きくて、実際の教育を行う現場の世代でまわさないと、いくら先生がお題目を唱えても、なかなかうまくいきません。

三上講師と、金子先生と私は、慶応の SFC で一緒でしたから、そういうところでの信頼感があります。人間関係として、産学連携をやる土台があったのが大きいですね。ある日、突然大学の教授が「産学連携をやろう、あとはよろしく」って投げられても産業界側は多分取り組めないと思います。

—— 学との密接な連携として、御社では東京工科大学の人材育成を行っている。

山路 学校の側から「御社で産学連携を取り組まれるメリットは、人材供給の部分もあります」といわれますが、それはちょっと間違っていると思います。

学生を青田刈りするために僕は講義を行っているわけではなくて、彼らはもっと広い世界に大きく羽ばたいていかなければならない。僕が大学で講義を行うモチベーションは「10年後、優秀なゲーム開発者になってね」ということなのです。

僕は、一度も三上講師に生徒の青田刈りをお願いしたことはありません。年間 20 人～30 人採っている中に 1 人もいないですよ、お願いした人は。ただし、僕のゼミにいた学生で「山路さんのとこに行きたい」と言って応募する子はいます。

そもそも産学連携は生徒の自発性を高めることがあったとしても、就職の斡旋を行うものではないと思います。専門学校さんは「優秀な生徒を御社に」と、そればかり言いますね、それは産学連携には必要ありません。

それから、企業側の経営者として見ても、学閥ができるのはよくないですね。「どうせ、山路さんは東京工科大で教えているから、そこの学生しか採らないし、教え子は優遇されるのでしょ」という学閥が企業内にできるのはよくないですよ。僕は全社員に対して「採用するにあたっては全てオープンですよ」と言っています。

産学連携の具体的な事例

—— 具体的に、産学連携事例として挙げられるものは、山路さんの講義と……

山路 カリキュラム、育成システムを提供しています。それから、ゲーム開発の部分で、モーションキャプチャーの制作部分を、大学のスタッフと学生が参加して行っています。学校には施設があっても、実際に実践する場がないので、私の方で現場のプロフェッショナルがする映画の仕事、アニメの仕事、ゲームの仕事の中で、モーションキャプチャーを

やりたいというクライアントさんから、我々が企業として受諾する。その際に「コストを下げるかわりに、スタジオは大学のスタジオを使用します。納品責任は我々が企業として負いますが、学生が撮影に参加したりアシストしたりします」と。それは安くしてくれていうなら当然のことですし、それが嫌なら、もっと高いプロのところに行ってください、と。学生といってもしっかり弊社で研修した学生を使い、撮影のコアとなる重要なポジションは弊社の社員が担当しておりますので、成果物のクオリティ面を見ていただいても他社と比較しても変わりはなく、コストも下げられるということでご好評をいただいております。後、よく勘違いされている方がいるので、これははっきりしておきたいのですが、スタジオは弊社が毎回無料で使用している訳ではなく、スタジオの施設利用料を大学側に納めております。

という中で、我々としては学生達の教育の場と、同時にプロとして撮影現場でどういうことをやれば、モーションキャプチャー撮影が上手くいくかを習得してもらおうということをやっています。

—— その場合の機密保持の契約等々はどうされていますか？

山路 基本的に我々は学生をアルバイトとして雇用するので、我々側で全部機密保持の契約を学生さんと取り交わしています。

学校はスペースを提供するだけであって、私たちが雇用関係を学生さんと結ぶ。逆に結べない学生はその場所に入れないです。

それともうひとつ、抱く生産にタダ働きさせたくはないので、アルバイトとして雇用しています。インターシップはタダで使用する人が多いのですが、僕はお金を払いたい。そうでないと、勉強する真剣味もわかりませんし、プロの現場なので「何やってんだ！」と怒られたときに、「僕らは学生だから」って白けていたら仕事が上手くいくわけがない。

当然、本番の撮影の前にはトレーニングをやります。「我社のアルバイトになるためには、これだけのことは守ってください」と。大学では操作の説明だとか、ツールの使い方とか、基本的な仕事の流れとかを教えてもらいます。

—— 「プロ意識を持ってもらう」のが大事であると。

山路 そうですね。何もできない子は、撮影現場だとビデオカメラを回すだけの仕事もあるので、記録係として、そういうことをやってもらう。「アナタはまだ仕組みをわかってないから、これだけ一日ずっとやって」と言ってやってもらうと。すると現場の緊張感もわかるし、のほほんとした学生も、現場では怒鳴り声が飛び交うわけで、だんだんと真剣になってくる。

その時はただのビデオ撮影ですが、その後、制作するシーン制作の段階では、実はクリエ

ーターのガイドとなる大事なものです。ビデオ担当している人も段々その重要性がわかってきます。このシーンはこっちから撮った方が俳優さんがよく見えるから、カメラの位置を変えてみようと、指示しなくても段々考えるようになってきますね。

—— お給料を払おうというスタンスは最初の段階からですか？

山路 最初からですね。産学連携を実際に上手くまわすためには、産業界に対してきちんとスケジュールとコスト、納品の意識を学生側に徹底しなければいけない。ですが、大学の教員は学生を雇用しているわけではない。「頑張れ」とは言えるけども、そこまでです。学側は、学生が逃げた時に追いかけれられない。課題が提出されていなかったら D 評価で返すことはできますけど、途中でやらなかったからといって家まで追いかけて「納品しなさい」とはいえない。

共同研究をやるにしても、最初は「やるやる」といっても、土壇場で逃げていく学生もいるわけですよ。

アルバイトはアルバイトとしても、まずは制作現場を体験する。そこから先、成果をどうするか、などの問題はありますがそういった深い研究はこれからですね。まだまだそういった基盤は残念ながら学側にも準備不足なところもありますし、そこはもう少し全体的に先端的な研究科・分野の基盤づくりっていうのを、産学官でやっていく必要があるのではないのでしょうか。

産学連携の副次的な利益について

—— 産学連携を行った上で、想定外の利益というのはございましたか？

山路 ないと思いますし、企業はそういうことを求めて参加してはいけないと思いますね。

それは「10 年後に返ればいいじゃないか」っていう中長期的な視野を持つべきだと思います。

僕が育てた学生も、2 年生から教えていますから、卒業するまで 3 年かかる。そんな時のことまで考えて教えていないですし。

産学連携が成立するための要件

—— 産学連携が成立するための要件、企業も学校もこういうふうに変われば進みやすいのでは、ということはいかがでしょうか？

山路 僕は三上講師がいるし、金子先生がいますので、産学連携は非常にやりやすいですね。産学連携は、企業側は蓄積されたノウハウを提供する。大学側は学校の支援と学生の若い力。この 3 つが融合して、初めて可能になると思います。そこが重要なのです。これから、コンテンツ産業の中で人材育成を売りにする大学や学部ができれば、それはよろ

こんでお手伝いします。

僕は産学連携にあまりハードルを感じていないですね。ハードルを感じている企業は、多分実利を求めていると思います、「これでお金はいくらもらえるのかな」と。産学連携はそんなにお金が貰えるものではないし、それはあたりまえじゃないか、と思いますが。

とはいえ僕たちの会社も一大学の派閥みたいになるのは嫌なので、早稲田、あるいは東大の人も、もっとご参加いただきたいですし、そういうネットワークを広げたいと思うのですが、残念ながら、そこに積極的に他の大学が取り組んでこないな、という印象はあります。

いわゆる第一線で活躍されているゲームメーカーさんたちが産学連携をどんどん推進してくれれば、この動きも少し広がっていくのかな、と思います。僕たちみたいな中小企業でできることには、やっぱり限界がありますから。

6.2.5 株式会社セガ クリエイティブセンター テクニカルマネジメントセクション 海老根 吉満氏

産学連携を開始した経緯

—— まず、御社で産学連携の事業を開始した時期についてお伺いさせてください。

海老根 産学連携を意識してやったのは、2002年の早稲田大学の河合准教授と行った「3D酔いの実験的評価」からだと思います。それ以前にも大学と共同で事業をおこなった例はひとつありますが、それは開発部署が直接その大学に交渉してやった話ですので、セガとして行ったのは2002年からですね。

—— 早稲田大学との連携事業のきっかけはどういったものでしょうか。

海老根 きっかけは、当時役員だった方が早稲田大学をご存知で、早稲田大学そのものの研究部門の研究内容を紹介してもらえという話がありまして、一度全部紹介してもらいました。その中から、河合先生と何かやれないかなと考えて。光過敏症などについて何かゲーム側からアプローチできないか、と考えていまして、そういったことを解決できないのかなというのがきっかけだったと思います。

テーマとして、何がいかと探っていたときに、ファーストパーソン・シューティングゲームとか、そういったジャンルのゲームで「酔い」があるという話を聞いて。本当は、そういったジャンルのゲームをやりたいけれども、酔いがあるから苦手です、というユーザーも多いと聞きまして。それをなんとかできないか、防げないにしても、作り方をどういう風にしたら押さえられるのかという知見を得たかった。

—— 産側、セガからの要請からはじまった。

海老根 そうですね。最初は弊社からのアプローチです。ただ、その後は、東大を中心としたTLO（技術移転機関）から、ある程度の間隔を置いて、「こんなものがあるんですけど、どうですか」と教えてもらって、それに興味があれば行きます。

—— その中で、実際にビジネスとして使用できそうなものの割合は……。

海老根 思ったよりも少ないですね。今まで10件以上は紹介してもらっていると思いますが、その中で、何とかなるかな、みたいなのは2件……そのくらいですね。

特に、ハード絡みの話……「研究の試作としてこういうハードができました」とい

っても、応用化までにはかなりまだ時間がかかると思われるものがたくさんあるわけです。アイデアとしてはおもしろいのですが、それが来年までにできるかという、かなり難しかったりするわけです。

ビジネスプランを立てるときに、3年先の話はなかなかしないですから。当面、今期、来年までにどうするんですかって話が多いですから、そこにフィットしないような技術は、いくら良くても「それは将来的な話ね」というふうになってしまいます。

—— 企業側の時間と学校側の時間の感覚が異なるということですね。

海老根 それは感じています。もともと私がこの案件の担当になったときには、「産学共同」と称していましたが、共同ではないだろうという考えがあって、「産学連携」という言葉を使うようにしました。「共同」というのは、お互いにシェアして一緒に研究していくのが共同だと思いますが、ほとんどセガの場合は、技術協力や研究成果を開示してもらうことが主になって、それから先、どう応用するかはこちら側で考える部分が多いので、あまり共同はしていないという感じでした。情報のやりとりは、いつもやっていますけれども、そこら辺は共同というところまでいかないんじゃないかなという感覚で、「産学連携」という言葉を使っています。

ゲーム開発における大学の研究成果の取り扱いについて

—— 産学連携事業の知的財産権取り扱いや機密保持はどういった形で行われていますか？

海老根 大学に最初に行ったときは、その時点で話せる範囲内でやりますが、お互いにもう少し詳しくということであれば、機密保持契約は必ず結びます。だいたい、そのドラフト（案）は弊社で作成することが多いですね。

—— 成果の取り扱い、あるいは機密保持の部分で何かトラブルはございましたか？

海老根 特に開発を開始する、これから研究に入る、というタイミングでまた契約を行いますので、それ以前の話であればトラブルはほとんどないです。

知的財産権に関しては、基本的に研究してもらうのは大学、研究室の方ですから、知的財産権の主体は、それを研究した人か、組織に属していれば組織のものという考え方でやっています。

なぜかという、研究室のほうは、その研究からさらに追求を続けていく。そのときに契約書で、弊社との契約みたいなことで縛ってしまうと、研究ができないですから。大学の場合はそういう契約からは免除されるという特例があるという話もありますが、やりに

くなくなってしまいますので、研究の自由度を守るという意味で、知的財産権はそういう形で尊重しています。

ただ、実際に何か弊社が開発費や、研究費を出した場合は、別途契約を結びます。主に弊社が主張するのは「使用权」ですね。大体的場合は「優先的使用権」になります。

「優先的使用権」というのは、弊社以外にもゲームの会社がたくさんあるので、新規技術を入れる場合に、それが目新しくないといけない。ですから、少なくとも、他社さんに同じようなことを供与する場合には「弊社が製品として使った後にしてくださいね」という優先的な使用权を盛り込むことが多いです。

ただ、排他的にはしようとは思っていません。もともと知的財産権とか特許は大学にある以上、それを弊社が言える話ではなく、使用权のみが我々にある権利です。新しいものというのは、最初に製品として出てしまったら、そこからどんどん古くなってしまふ。その技術を見ただけで、他社さんも別の方法で表現してきますから、その時点からもう劣化が始まるわけです。ですから、それを無理して保持しても意味がないですね。

—— セガさんの社内では、産学連携の窓口としてこういった活動を行っていらっしゃいますか？

海老根 論文については、私が産学連携担当ということで、社内の技術者向けのウェブサイトの中で「産学連携ガイド」を作っています。

これは学会や業界の情報、研究室の紹介情報、それから論文に関しての技術研究情報、あとは補足的に勉強するとこんなことがわかりますよという参考的な資料です。学会と研究室の情報は数がある程度限られますから、それでも 30 件とか 40 件くらいは載せていますが、そういう形でまとめたものがあります。クリックしていけば個々の情報が見られて、それに関連する情報が幾つか載っていて、そこにいくようになっています。

また、社内での学会参加は一元化しようと思っています。多重参加は無駄ですから。研究室の情報は、東大や早稲田、全国の関係ありそうなところは調べ出して、全部挙げてあります。

もう一つ、論文情報は過去の論文を 4 年くらいずっとリサーチしています。未整理なものを含めると 200~500 論文、その中から関係ありそうなものを約 100 論文くらいまとめています。

大学への金銭的支援

—— 大学への金銭的な支援は行っていらっしゃいますか？

海老根 早稲田大学の場合は、もちろん研究費として出しています。

—— では、研究に関係なく継続的にどこかの教育機関に支援しているといったことはございますか？

海老根 それはないです。産学連携は会社としてやっていますが、予算自体はクリエイティブセンターの予算の中に盛り込んでやります。例えば、今年の3月で終わって、来年4月からと、そのときに予算化しなければいけない。その時点で目途がついているものがあれば、予算を大体見積もって入れておこうとしますが、そうではないときは、予算をそもそも計上しませんから。企業の予算として寄付を行うということはありません。「寄附することによって何が得られるんですか」ということになります。そこは多分どこの会社でもそうだと思いますが、目的と成果が基本的になれば、予算は通りません。

—— 予算の決定が4月ごろというお話がありましたが、学側から見た場合は、その時期にある程度目鼻のついたものを御社に提示したほうが通りやすいのでしょうか。

海老根 そうですね。下地としては、例えば5月とか6月から大学などと接触しながら話を詰めていって、年末くらいの時期で提案できるような形になって、1月から始まる予算の計画に盛り込めればベストですよ。

—— 会社の動くスケジュールに合わせて大学側もある程度考えた方が良いでしょうか。

海老根 そうですね。それは意識したほうが良いと思いますよ。例えば、新年度が始まった直後に「これ、どうです？」とか言ってもってこられても、予算が計上できない。その事情を大学はよく認識して動いたほうが良いと思います。

それから、企業もそんなにすぐに決定できるような話ではないので、ある程度、地道に時間がかかるということを認識してもらいたいですね。

産学連携による副産物について

—— 産学連携を行った際に、副産物はございましたか？

海老根 まず、第一にゲーム産業に携わっている人は、基本的に新しいものに対する興味、技術にしても、情報にしても、それは多かれ少なかれあると思います。そういう人でないと、ゲーム業界にいるのはきついですし。ですので、社員が潜在的にもっている要求に対してそれを会社としてどういうふうに見て止めるのかということになりますが、そういうものに対して、産学連携という切り口で窓を開いておくというのは重要なことだと思っていますし、だからこそ実際にやっているわけです。その意味では産学連携をやってきたというのは意味があると思っています。

—— 逆に、想像していなかった問題点といったものはございましたか？

海老根 そうですね。やっぱり、大学でも、研究が主になっている大学院大学や、研究が主体になっているところは別として、実際に大学と言われるところは授業とか講義とか、研究されている先生が講義に出られることが多いですから、なかなか時間の調整をつけるのは難しい。それは、そちらが本業ですから、そちらを優先されるのはしようがないと思っています。

もう一つは、地理的に弊社から遠いところが多いんですよ。1 時間話をしにゆくのに半日以上かけて行かなきゃいけない場所があったりすると、私にとっては非常にきついです。

産と学の溝

—— 産と学の溝を、今後どのように埋めていけばよいとお考えでしょうか。

海老根 まず、ゲーム業界に限った話でいえば、ゲームというものはいろいろな技術で構成されていますね。それは単に個々に集めるだけではなくて、再構成しないとできないわけです、組み合わせたり、分解したりして。

そういう意味で、単に 1 件 1 件、技術とか研究について「これをどうですか」と言われても、多くの場合、それとこれをどういうふうに組み合わせるかという話になるわけです。そうすると、そのことについて専門であっても、その周辺にある組み合わせる材料とか、別の研究とか技術でどうやって組み合わせるのかという話をできる人がほとんどいない。つまり、コーディネートできる人がほとんどいない。その役割をだれがやるかというと、TLO にはできないと思うし……一番期待するのがベンチャーの企業ですね。

産学連携というと、ある企業とある研究室が 1 対 1 で組み合わせあって、何かをやるみたいに聞こえますが、私のイメージはそうではなくて、産-産-学-学みたいな感じが理想なのではないでしょうか。

そういう広がりがないと、難しいと思います。技術は 1 つだけでうまくいくこともないので。例えば、ちょっとしたハードをつくりたいといった場合でも、それを研究されている方はそれ一本で押してくるわけです。でも、1 本だけで解決できる問題なんて、そんなにないですから。その周辺にあるところを集めた上で、それを再構成した形でないとなかなか使えない。

セガ、という企業に対して学側は「敷居が高い」と思っているのかもしれませんが、BtoB の関係で付き合いやすいような形になるといいですね。

—— 企業として、学校をビジネスパートナーにしたい、と。

海老根 ある大学の研究を見ていると、「あそこの研究室だとかこういうのと同じような、ちょっと違うことをやっていますよね」といったものがあります。ですが当事者にそれをいっても「あ、そうなんですか」と知らなかったりすることが多い……それが一つの大学ですらそうなのですから、全国津々浦々にある大学間で考えると、そういった研究の重複はかなりあるのではないのでしょうか。

—— 学校側の研究情報がまとまっていないということですね。

海老根 例えば、東大は TLO みたいな大組織をつくれますが、全国で見てもそこまでできる大学はそんなにないのかな、と。いろいろな人が同じテーマを競って研究されるのはいいことですが、優劣がないような研究内容だと、これはリソースの無駄になってしまうのではないかと。

「日本の産業界とか技術とか、研究というものをもっと強くしていくんだ」という話だったら、もっと大きい枠組みが必要になりますね。例えば、そのテーマが一つあったとしても、それぞれアプローチが違ってくるんじゃないか、つまり分担してもっと研究すれば、もっと効率良く、お互いに情報共有し、そういうものを整理していけば、自分の研究に対してユニークさというものも持たせられるし、付加価値ももっとつけられるはずですよ。

産・官・学と言ったときに、官の役割って何なのかというと、そういうものを仕切ればいいと思います。直接何かをコントロールする必要はなくて「そういう取り組みでやりましょう」というところに入ってきてくれればいいのではないのでしょうか。

7. 学会などの論文検索を通じた海外のインタラクティブ映像関連の先端技術研究

(東京大学大学院 常盤 拓司)

7.1 調査目的

7.1.1 国際的な研究動向

昨年度の調査において、日本国内のゲームに関連する研究者の状況について公開されている日本語で執筆された論文の書誌情報をもとに調査分析を行い、中心となる研究者の抽出を試みた[1]。研究者を中心に調査を行った背景には、日本国内の論文などの学術文書の書誌情報の統制が不十分なため、キーワード等による分析が難しいということがあった。

しかし、科学技術に関連する研究は日本国内にとどまるものではない。研究成果としての論文や学会発表は海外の学会で行われることが多い。特にゲーム分野に関連する CG やインタラクティブ技術に関連する研究の場合、ACM Siggraph などの国際会議における発表が中心となっている。したがって、海外の研究の状況についても調査を行う必要がある。

7.1.2 調査対象研究分野

昨年度の調査においてゲーム分野に関連する研究者を中心に調査を行った結果、日本国内においては、思考ゲームに関連する研究者が上位になった。人工知能分野はゲームを構成する技術の中でも重要な位置を占めている。しかし、ゲーム分野ではユーザとゲームのインタフェースやゲームの内容との関わり方に関する技術も重要となる。このような分野の研究は、インタラクションと総称される研究分野分野で行われている。

日本では 2005 年度より開始された科学技術基本法に基づく科学技術政策、第 3 期科学技術基本計画において情報科学技術分野の研究課題の一つとしてゲームなどを含むデジタルエンタテインメント分野の重要性が指摘され、科学技術振興機構創造的基礎研究推進事業 (CREST) において 2004 年に「メディア芸術の創造の高度化を支える先進的科学技術の創出」を戦略目標とする「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」領域 (以降 CREST デジタルメディア) が設置され、デジタルコンテンツ制作のための基礎技術が

学際領域において大きな研究テーマの一つとして認知されるようになった[2][3]。そしてこの研究プログラムでは、複数の研究グループがインタラクションに関連する研究を行っている。また、2008年度より科学技術振興機構創造科学研究事業（ERATO）において、東京大学五十嵐健夫准教授を代表とし、「メディア芸術の創造の高度化を支える先進的科学技术」を戦略目標とする「デザインインタフェース」領域（以降、五十嵐デザインインターフェース）においてインタラクション技術に主眼を置く研究が開始されることとなった[4]。これらから、インタラクション分野への研究分野として注目はさらに高まることとなるだろう。そこで本年の調査では、インタラクション分野を中心に調査を行う。

7.1.3 調査対象の情報

本調査では海外でゲーム分野の研究の全体像を把握するにあたり研究者の執筆する論文、研究報告などの執筆文書（以降これらを一括して論文と呼ぶ）に着目する。

論文に着目するのは、論文が研究者の主要な成果物で研究者の生産活動の中心をなすためである。論文は研究の立ち上げ段階や研究を構成する個々の課題の完了段階などにおいて執筆され、学術雑誌や学会等において公表される。論文は研究活動のマイルストーンである。研究活動そのものは論文を執筆するための準備作業といえる。また論文は研究部外者が研究者の活動の状況や結果を知る唯一の手段でもある。加えて論文には研究内容や研究の結果だけではなく、共著者や参考文献がデータベース上に登録されマイニングされることによって得られる被引用関係などの情報を得ることができる。これらは、研究者の研究上の人間関係や論文にまとめられた研究の他の研究との関係などを客観的に表すことが知られている。[5]

また、論文には査読者の選定や、後からデータベース上で効率よく検索できるようにすることを目的にキーワードが複数付与される。キーワードは著者が任意に選ぶことができる。しかし、論文が適切な査読者に配布される必要があることから、論文の内容を反映したものが選ばれる。また、論文は多くの人に読まれ引用されることで価値が高まることから、検索されやすくなるようキーワードの一部に、検索者が発想しやすい、論文の内容が属する研究分野で一般的なキーワードが選ばれる。また、学会によっては論文誌の編集委員や論文データベースのデータ入力担当者などの著者以外の人物が書誌情報をデータベースに登録する際に追加することもある。その結果、その研究分野で一般的なキーワードというものが暗黙的に形成されていくことになる。研究分野に関連する研究者にとっては研究活動の中で論文を読み書きするうちにこの研究分野において一般的なキーワードのリストが暗黙的に形成される。研究者はこの暗黙のキーワードのリストを利用することで効率よく論文をサーベイすることができる。従って、効率よい論文のサーベイを行うためには、その分野の研究に関連するキーワードがあらかじめわかっていることは有効であると考え

ることができるだろう。

そこで、本調査では海外におけるインタラクション分野の研究についてキーワードに着目し、調査を行い、インタラクション分野に関連する研究キーワードの抽出を行う。

7.2 調査方法

7.2.1 調査対象学会

海外でのインタラクション分野の研究は日本に対して先行しているが、インタラクション分野に関連する学会は少ない。日本の場合、学術分野の細分化に対して研究者が学会を増し対応する傾向がある。これに対して、特に米国の場合は学会を増やさずに学会の中の研究会の対象分野を広げる（場合によっては移す）という方法で対応しているためである。

米国の計算機科学に関連する学会として代表的なものとしては ACM (Association of Computing Machinery) [6]と IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) [7]がある。いずれも複数の SIG (Special Interest Group) や Society をもつ。ゲーム分野に特に関係性の深いことでも知られる SIGGRAPH は ACM の SIG の一つである。SIGGRAPH はそのミッションとして “Our mission is to promote the generation and dissemination of information on computer graphics and interactive techniques.” という文言を掲げている。そして、CG 技術だけではなくインタラクション技術についてもデモ展示やセッションを設けている[8]。また ACM には SIGGRAPH の他に SIGCHI (Special Interest Group for Computer-Human Interaction) [9]などのインタラクションに関連する SIG がある。一方 IEEE の場合は、IEEE Computer Society が IEEE VR などのインタラクション分野に関連の深い学会を開催している[10]。また、近年は IEEE と ACM の共催で ACE (International Conference on Advanced Entertainment Technology) [11]なども開催されている。いずれの学会もインタラクション分野に対する貢献は高い。

7.2.2 調査対象の収集方法

近年、インターネットの普及・発達によって、インターネットを通じた情報の公開や、情報の入手が一般的なこととなってきている。論文については、特に科学技術に関連した研究分野の場合、国内外いずれにおいても、学会のホームページなどで論文の全文や書誌情報などが広く公開されている。また、個別に各学会が公開するだけでは学会を横断する形での論文の調査が難しいことから論文の書誌情報の集積と検索サービスが提供されてい

る。国内においては、国立情報学研究所の論文情報ナビゲータ (CiNii) [12]や科学技術振興機構の論文検索サイト (JDreamII) [13]などがある。海外、特に米国においては、トムソンサイエンティフィック社の学術文献情報データベース (Web of Science) [14]や米国国立医学図書館 (National Library of Medicine (NLM)) の医学文献データベース (PubMed) [15]、Google 社の GoogleScholar[16]などが整備されている。また、学会によっては独自の介意向けサービスとして論文の検索サービスを提供している。

これらのサービスの大半は有料で、研究機関単位での利用が中心となっている。しかし一部については、一般の利用が可能となっている。以下に海外の論文検索サービスおよび、各学会の検索サービスについてまとめる。

(1) 論文情報ナビゲータ (CiNii) (運営母体：国立情報学研究所)

国内の学協会の発行する学術雑誌約 1000 誌に収録された論文、研究報告等に関する情報を納めた国内最大規模のデータベースである。SIST に準拠した形でデータが登録されており、著者名、発行団体、雑誌名、学術キーワード、フリーワードなど多様な方法で登録されている論文を横断的に検索することができる。有料の会員登録をした場合、抄録、各論文の引用文献と被引用文献のリストを閲覧することができる。また非登録者でも、各論文の著者名、タイトル、発行団体や発行日などの一般的な情報に加え、引用文献数、被引用文献数を閲覧することができる。海外で発行された論文は、収録された論文の参考文献に挙げられた論文の書誌情報のみが採録されている。

(2) JDreamII (運営母体：科学技術振興機構 (JST))

科学技術振興機構 (JST) が作成した科学技術や医学・薬学関係の文献情報のデータベースサービス。日本最大級の科学技術文献情報の文献データベースをうたい、4000 万件の論文情報を集積している。国内外の科学技術系のジャーナルや学会誌、協会誌、企業・大学・独立行政法人・公設試験場等の技術報告、業界誌、臨床報告等を、人手で抄録作成、キーワード付与した上で登録している。外国文献の抄録は日本語で作成されている。ただし、複数の下部組織 (研究会など) を擁する学会の発行雑誌が網羅されていないなど、登録されている情報に偏りがある。また、サービスの利用は完全有料制になっている。

(3) Web of Science (運営母体：トムソンサイエンティフィック社 (米国))

サービス全体が有料で、一般から情報を得ることができない。海外の論文を中心に膨大な量の論文を集積している。ホットペーパーと呼ばれる過去 2 年の被引用数に基づく論

文格付け手法で知られ、同社のデータベースは研究機関のベンチマークなどに利用される。

(4) PubMed (運営母体：米国国立医学図書館 (National Library of Medicine (NLM)))

医学分野で世界最大の文献データベースとされ、1966年からNLMでデータの収集が行われている。現在は、米国を中心に約70カ国から、900万件を超える文献が収録されている。

(5) Google Scholar (運営母体：Google社 (米国))

査読付き論文や研究報告、学位論文、書籍などを含む学術的な文章に特化した、Googleによる検索サービスである。対象分野は情報分野に限らず様々な分野を横断的に検索できる。フリーワード方式や著者名などで論文を検索することができる。検索結果は、被引用回数によって格付けされ、また引用した論文の一覧を見ることが出来る。ただし、Gtaoogleが検索対象としている学会や論文データベース、データの更新時期などは非公開となっている。

(6) BookPark (運営母体：情報処理学会 (日本))

情報処理学会が会員向けに運営するサービスである。サービスに登録している学会員は論文書誌情報の検索ができる。アブストラクトは全ユーザを読むことができる。学会誌、論文誌、登録研究会の予稿については全文を閲覧することができる。他学会の論文は検索されない。また情報処理学会が主催ではない学会の予稿は登録されない。[17]

(7) Transaction Online (運営母体：電子情報通信学会 (日本))

電子情報通信学会の運営する論文検索サービスである。特に登録せずとも論文の検索とアブストラクトの閲覧まではできる。学科員は、所属ソサイエティの和・英論文の全文PDFファイルの閲覧ができる。[18]

(8) ACM Digital Library (運営母体：Association of Computing Machinery (ACM))

ACMの運営する会員向けの論文検索サービスである。利用に際しては別途利用料が発

生する。ACM の発行する雑誌、論文誌、主催学会、共催学会の予稿について検索することができる。学会の予稿は原則学会の 2 週間後に公開される。検索は著者名やキーワード、フリーワードなどの一般的な項目から、年度や教員の（論文執筆当時の）所属機関、学会開催地などでの検索が可能となっている。[19]

(9) IEEE Explorer (運営母体 : The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE))

IEEE の運営する会員向けの検索サービスである。学会誌、論文誌、学会予稿、標準規格について検索することができる。タイトルや著者、キーワードなどの一般的な要素について検索することができる。[20]

今回の調査では、海外におけるインタラクション分野での研究の状況に関するものである。従って、海外で発行されている論文が登録されていること、特にインタラクション分野に関連する論文が含まれていることが保証されることが重要となる。そこで、インタラクション分野に関連する SIG をもち、インタラクション分野に関係する研究成果が多数発表される Siggraph や ACE など様々な国際会議を主催、または共催していることから、ACM のデータベースを用いて調査を行う。

参考資料 :

- [1] 財団法人デジタルコンテンツ協会 : 「デジタルコンテンツの次世代基盤技術に関する調査研究」報告書、2007
- [2] 文部科学省 : 第 3 期科学技術基本計画、
http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/kihon/main5_a4.htm、 2006
- [3] 科学技術振興機構 : デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術、
<http://www.media.jst.go.jp>、 2004
- [4] 科学技術振興機構 : 戦略的創造研究推進事業 (ERATO) 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト : <http://www.jst.go.jp/pr/info/info447/shiryo2.html>
- [5] Crane, Diana : “Invisible Colleges”、University of Chicago Press、 1972
- [6] ACM : <http://www.acm.org/>
- [7] IEEE : <http://www.ieee.org/>
- [8] ACM/Siggraph : <http://www.siggraph.org/>
- [9] ACM/SIGCHI : <http://sigchi.org/>
- [10] IEEE VR : <http://conferences.computer.org/vr/2008/prelim/>
- [11] ACE2008 : <http://www.ace-conf.org/ace2008/>
- [12] 国立情報学研究所 : 「論文情報ナビゲータ」、<http://ci.nii.ac.jp/>

- [13] 科学技術振興機構：“JDreamII”、<http://pr.jst.go.jp/jdream2/>
- [14] Thomson Scientific 社：“Web of Science”、<http://www.thomsonscientific.jp/>
- [15] National Library of Medicine：“PubMed”、<http://pubmed.gov>
- [16] Google：“Google Scholar”。<http://scholar.google.com/>
- [17] 情報処理学会：「情報処理学会電子図書館オンデマンドサービス」、
<http://www.bookpark.ne.jp/ipsj/>
- [18] 電子情報通信学会：“Transaction Online”、
http://www.ieice.org/jpn/trans_online/index.html
- [19] Association of Computing Machinery (ACM)：“The ACM Portal”、
<http://portal.acm.org/>
- [20] The Institute of Electrical and Electronics Engineers、 Inc. (IEEE)：IEEE
Xplore、 <http://ieeexplore.ieee.org/>

7.3 海外におけるインタラクション分野関連研究

本節では、海外におけるインタラクション分野の研究について、インタラクション分野に関連する研究キーワードリストの構築を目的に、ACM の The ACM Digital Library を用いて実施した調査について述べる。

調査は、予備調査と本調査の 2 回に分けて行った。予備調査では、インタラクション分野に関連する基本的なキーワードリストの構築を行った。本調査では予備調査の結果得られた基本的なキーワードのリストを用いて、インタラクション分野の研究を調査する上で有効なキーワードのリストの構築を行った。

7.3.1 予備調査

本節では、予備調査として行った、インタラクション分野に関連する基本的なキーワードのリストの構築について述べる。

(1) キーワードの抽出

ACM の発行する Journal、Proceeding、Transaction を対象に、論文に付与されたキーワード、およびキーワードの一部に、キーワード“interaction”とその形容詞である“interactive”のいずれかを含むものを The ACM Digital Library の検索ページを通じて検索し、書誌情報を収集した。

検索の結果、2148 件の論文が抽出された。論文に付与されているキーワードはのべ 11057 個、一論文当たり平均約 5.156 個のキーワードが付与されていた。キーワードを詳細

に見ると表記方法に幅が見られた。幅が見られた点を以下にまとめる。

- 熟語の場合に単語間をハイフン (-) でつなぐ場合かどうか
- 単語を大文字で始めるか、小文字で始めるか
- 単数形と複数形

いずれの表記も基本的に著者の考え方を反映しているものである。従って本来はすべての表記の幅は尊重される必要がある。しかしその幅を認めると、同じキーワードで分類されるべき論文が別々になる。これは調査の上で適切ではない。そこで本調査では、以下の3つの方針をとることとした。

- ① ハイフンはスペースとして扱う。
- ② 大文字、小文字の違いは無視する。
- ③ 単数形と複数形は別の単語として扱う。

③について補足する。本方針を検討するにあたり、該当するキーワードを含む論文を調査した結果、論文の内容を反映した結果として複数形が用いられている場合があった。そこで、本予備調査では単数形と複数形を別単語として扱うこととした。

この方針に基づいてキーワードを分類した結果、5654個のキーワードの種類が抽出結果に含まれていることがわかった。キーワード抽出結果の上位50位までを表7.3-01に示す。また、キーワードの出現頻度の分布をグラフ化したものを図7.3-01に示す。

図に注目する。出現頻度が1回しかない、つまり一つの論文にしか付与されていないキーワードは4077個あった。これは抽出結果のおよそ72%を占める。また、出現頻度が11回のところを境に急増している。

表 7.3-01 検索結果の中でのキーワードの出現頻度 (50 位以内)

順位	出現 頻度	キーワード	順位	出現 頻度	キーワード
1	203	interaction-design	26	24	3d-interaction
2	188	human-computer-interaction	30	22	mobile-devices
3	158	interaction	32	22	interactive-visualization
4	80	human-robot-interaction		21	participatory-design
5	75	interaction-techniques	34	21	input-devices
6	65	multimodal-interaction		20	user-research
7	57	ubiquitous-computing	35	19	user-interface
8	55	social-interaction		19	product-design
9	52	interactive		19	interactive-narrative
10	51	virtual-reality		19	entertainment
	51	augmented-reality	39	18	mobile-computing
12	43	children		18	games
13	42	user-experience		18	education
14	40	usability		18	animation
15	39	evaluation	43	17	user-studies
16	34	user-centered-design		17	tangible-interface
17	33	design		17	multimedia
	33	collaboration		17	context
19	32	user-interface-design	47	16	tangible-user-interfaces
20	30	information-visualization		16	tangible-interfaces
21	27	visualization		16	experience-design
	27	user-interaction	50	15	learning
	27	interactive-art		15	interface
	27	computer-vision		15	input-and-interaction-technologies
25	26	interaction-technique		15	haptics
26	24	tangible-interaction	15	embodied-interaction	
	24	mixed-reality	15	cscw	
	24	hci	15	affective-computing	

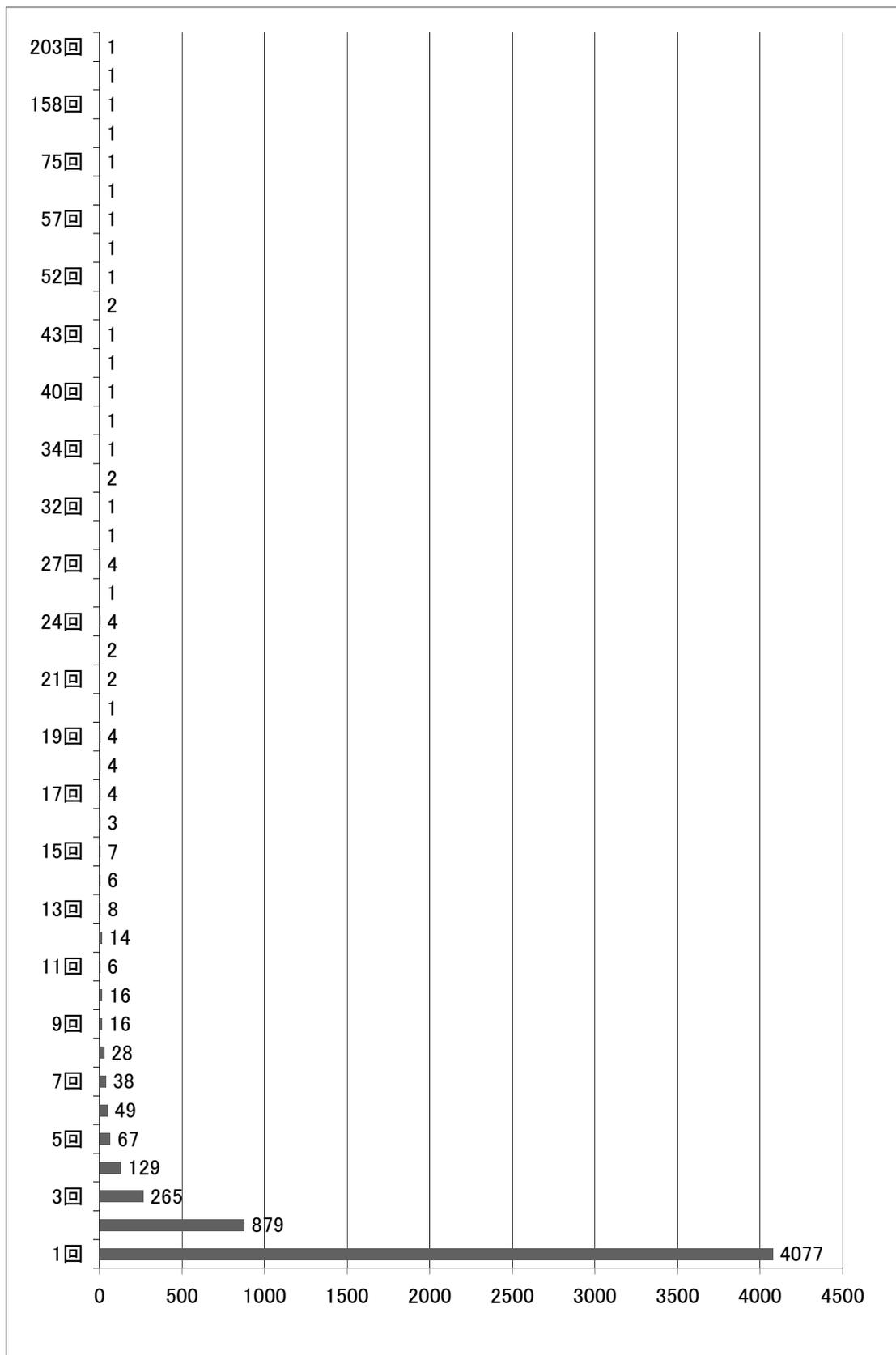


図 7.3-01 キーワードの出現頻度の分布

(2) キーワードのネットワーク構造

本節では調査で得られた論文に付与されていたキーワードのネットワーク構造について述べる。キーワードは通常一つの論文に対して複数付与されることから、キーワードの組み合わせの分析することで、ネットワーク構造を抽出することができる。

分析の結果得られたネットワークの概要について述べる。調査で得られた論文のキーワード間の接続（エッジ）は 421564 本であった。密度は約 0.026（ $421564 / (5654 \times 5653 / 2)$ ）であった。この結果はキーワードの持つエッジの数の偏りや、各キーワード間でのエッジの強度、エッジの強度の分布などを考慮していないものである。エッジの強度とは、本調査では、2つのキーワードが一つの論文に同時に付与された回数で、その組み合わせの結びつきの強さを表す。

エッジの強度と各キーワードのもつエッジの数について分析を行った。

エッジの強度について検討する。最も強いキーワードの対は“human-computer-interaction”と“interaction”の組み合わせで、強度は 62 であった。エッジの強度毎にエッジの本数をまとめた表 7.3-02 をみると、強度が 19 を下回るところから、エッジの本数が急増している。エッジの強度が 1~2 回のエッジは 415905 本あった。これはネットワークを構成する全エッジの約 98.7%を占めている。なお、このエッジの強度が 1~2 回のキーワード対とそのエッジを除外し密度を再分析したところ、キーワード数 614、エッジ数 5659、密度は 0.03 であった。

一方で、エッジの強度の強いキーワード対 20 件（表 7.3-03）をみると、同じキーワードが様々なキーワードと対になって出現している。そこで、上位 50 組まで対象を広げ、エッジの強度の上位を構成するキーワードについて分析したところ、含まれるキーワードは 19 個、密度は 0.29 であった。

次に各キーワードの持つエッジの数について検討する。最も多くエッジを持つキーワードは“interaction”の 4567 本であった。上位には“interaction”および“interactive”の 2つのキーワードが多いが、これは検索にこの 2つのキーワードを用いているためでもある。最もエッジの少ないキーワードは 13 個あり、いずれも 40 本のエッジを持っていた。また、エッジの数の上位 50 のキーワードのネットワーク構造について分析したところ、密度が 0.98 となった。この値はきわめて大きい。したがって、エッジの数の上位を構成するキーワードはきわめて高い密度のネットワークを構成していると考えられる。

表 7.3-02 エッジの強度ごとの集計

エッジの強度	キーワード対の数	エッジの強度	キーワード対の数
62	1	20	6
53	1	19	4
49	1	18	11
44	1	17	13
43	1	16	13
39	1	15	21
35	1	14	13
34	1	13	21
33	2	12	40
32	1	11	37
31	2	10	70
30	1	9	71
29	2	8	135
27	3	7	214
26	5	6	288
25	2	5	543
24	7	4	1042
23	2	3	3077
22	2	2	15794
21	3	1	400111

表 7.3-03 キーワード対のエッジの強度上位 20

順位	エッジの強度	キーワード対	
1	62	human-computer-interaction	interaction
2	53	interaction	interaction-design
3	49	human-computer-interaction	interaction-design
4	44	interaction	interaction-techniques
5	43	human-computer-interaction	interaction-techniques
6	39	interaction-design	interaction-techniques
7	35	human-computer-interaction	multimodal-interaction
8	34	interaction	multimodal-interaction
9	33	interaction-design	ubiquitous-computing
10	33	human-computer-interaction	ubiquitous-computing
11	32	interaction	ubiquitous-computing
12	31	interaction	social-interaction
13	31	augmented-reality	human-computer-interaction
14	30	augmented-reality	interaction
15	29	interaction-techniques	multimodal-interaction
16	29	human-computer-interaction	social-interaction
17	27	interaction-design	user-experience
18	27	interaction-design	social-interaction
19	27	interaction	usability
20	26	interaction-design	usability

表 7.3-04 キーワードのエッジ数上位 50 件

順位	エッジ数	キーワード	順位	エッジ数	キーワード
1	4567	interaction	26	1469	hci
2	4471	human-computer-interaction	27	1465	3d-interaction
3	3923	interaction-design	28	1452	interactive-visualization
4	3380	interaction-techniques	29	1419	interactive-art
5	2648	ubiquitous-computing	30	1348	input-devices
6	2626	multimodal-interaction	31	1331	tangible-interaction
7	2615	social-interaction	32	1305	user-interface-design
8	2525	augmented-reality	33	1294	mobile-computing
9	2241	usability	34	1211	user-interface
10	2230	interactive	35	1161	education
11	2181	collaboration	36	1148	context
12	2021	virtual-reality	37	1130	games
13	2005	user-experience	38	1101	participatory-design
14	1993	evaluation	39	1100	interactive-narrative
15	1952	design	40	1094	learning
16	1887	children	41	1088	user-studies
17	1706	user-centered-design	42	1059	affective-computing
18	1694	visualization	43	1046	tangible-interfaces
19	1692	computer-vision	44	1044	tangible-interface
20	1626	user-interaction	45	1014	embodied-interaction
21	1620	information-visualization	46	1001	physical-interaction
22	1575	human-robot-interaction	47	1001	mobile
23	1511	mixed-reality	48	1000	tangible-user-interfaces
24	1505	interaction-technique	49	998	animation
25	1475	mobile-devices	50	992	haptics

(3) インタラクション分野のキーワードの抽出

これまでの分析の結果、出現頻度やエッジの強度が小さなキーワードが検索結果に多数含まれている一方で、高い密度のネットワークを構成するキーワードがあることがわかった。この高い密度のネットワークを構成するキーワードがインタラクション分野のキーワードである可能性が高い。そこで本節ではこれらキーワードの抽出を行う。

これまでの分析によって一部のキーワードは高い密度のネットワークを形成していることがわかっている。高い密度のネットワークを形成するにはネットワークを構成するキーワードの大部分が多くのエッジを持っていることが必要となる。そこで、本調査では、エッジを 1000 以上持つキーワードを抽出対象とした。

また、エッジの強度については、表 7.3-02 より、20 以上で急増することから 19 回以上のキーワード対を抽出対象とすることにした。

この 2 つの条件に合致するキーワードを抽出したところ 19 個のキーワードが得られた。結果を表 7.3-05 にまとめる。

表 7.3-05 予備調査結果

augmented-reality	interaction-techniques
children	interactive
collaboration	multimodal-interaction
design	social-interaction
evaluation	ubiquitous-computing
human-computer-interaction	usability
information-visualization	user-centered-design
interaction	user-experience
interaction-design	virtual-reality
interaction-technique	

(4) まとめ

本節では、インタラクション分野に関連するキーワードの抽出のための予備調査として The ACM Digital Library 上で“interaction”および“interactive”をキーワードとして持つ論文を抽出した。その結果、19 個のキーワードが得られた。これらのキーワードはインタラクション分野の論文に関係している可能性が高いものである。しかしこれらのキーワードはいずれもが最初の検索に用いた 2 つのキーワードと関連を持っており、これらはより多くのインタラクション分野に関連するキーワードを探すための手がかりにしかすぎない。そこで、次節において本調査としてこの 19 個のキーワードを用いて再度、論文の抽出を行い、キーワードについて分析を行う。

7.3.2 本調査

本節では、前節までで行った予備調査によって得られた 19 個のキーワードと関連するキーワードの抽出を行い、インタラクション分野のキーワードリストの構築を行う。

(1) キーワードの収集方法

予備調査と同様、2003 年から 2007 年の間に ACM によって発行された Journal, Proceeding, Transaction を対象に、19 のキーワードのいずれかをキーワード、あるいはキーワードの一部として持つ論文の書誌情報を The ACM Digital Library の Advanced Search ページで検索し、収集した。その結果、6445 本の論文の書誌情報が収集された。この書誌情報には、のべ 31825 個のキーワードが含まれていた。このキーワードには、予備調査において指摘したのと同様の表記の幅がみられた。そこで、予備調査と同じ考え方に基づき分析を行った。

分析の結果について述べる。キーワードの重複を取り除いたところ、キーワードは 14492 個であった。このうち、出現頻度が 1 回のキーワードは 10615 個あった。これは全体の 73% を占めている。この出現頻度の低いキーワードはインタラクション分野のキーワードと考えることは難しい。

次にキーワードの出現頻度の分布、出現頻度の割合を図 7.3-02 に示す。出現頻度ごとのキーワードの数をみると 24 回を境に急激に増加している。そこで 24 回以上の出現頻度を持つキーワードを抽出したところ 111 個あった。この 111 個のキーワードは、インタラクション分野のキーワードである可能性が高いと考えられる。次にこの 111 個のキーワードについて詳細を分析する。

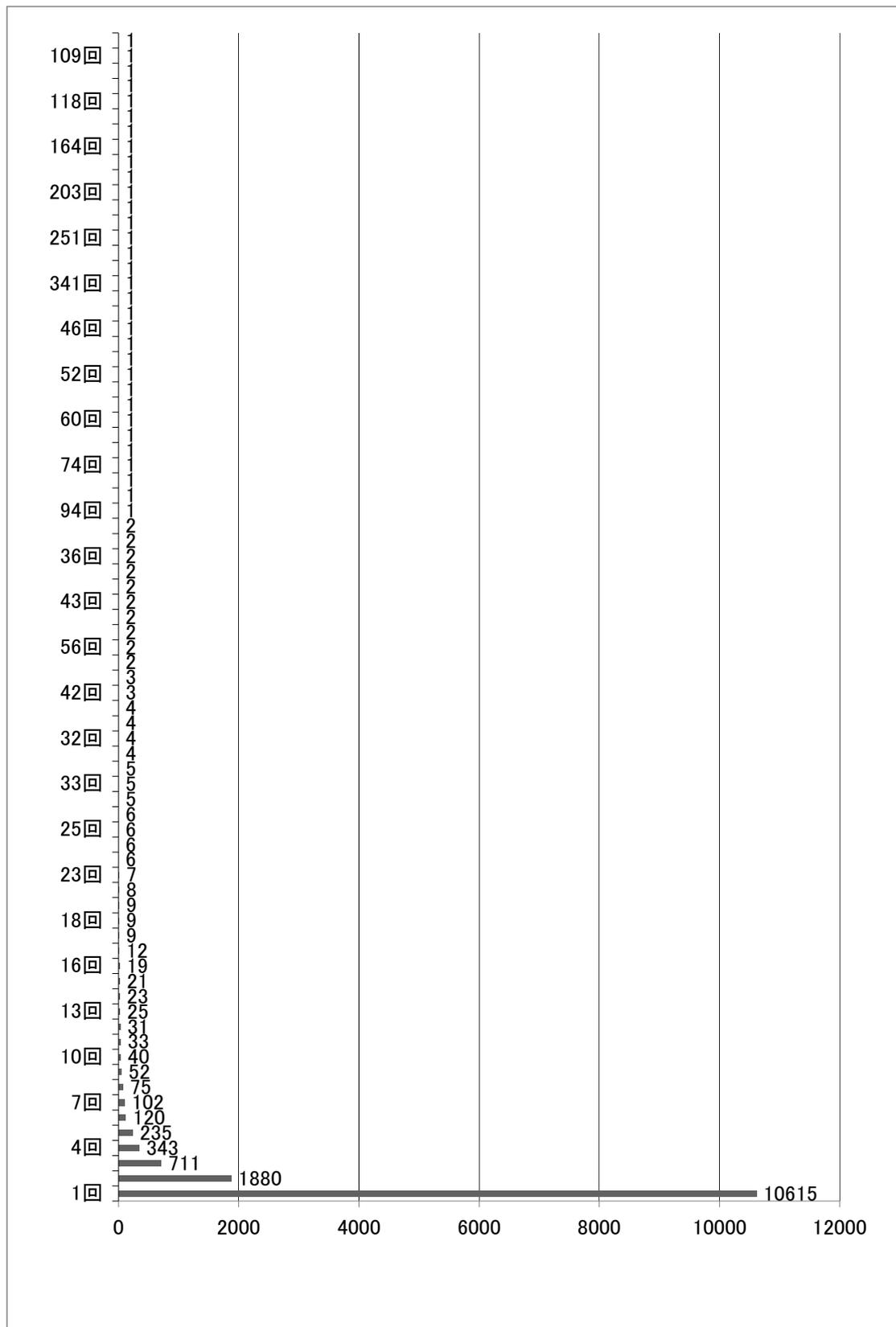


図 7.3-02 キーワードの出現頻度の分布

(2) ネットワーク構造の分析

分析結果のうちの出現頻度の高い 111 個のキーワードについて、そのネットワークの構造を分析した。図 7.3-03 に 111 個のキーワードのネットワーク図を示す。

ネットワークを構成するエッジについて検証する。ネットワーク全体では、1490 本であった。密度は 0.24 であった。最も多くエッジを持つキーワードは“design”の 76 であった。なお、予備調査において用いた“interaction”と“interactive”については、それぞれ 12 位（エッジ数：48）、67 位（エッジ数：21）であった。また、エッジの強さは“interaction-design”と“user-experience”の組み合わせが 23 で最も強かった。エッジの強度とキーワード対の数の関係を調べたところ、エッジの強度が 1～2 のものが合計 1088 本あった。これはこのネットワークを構成するエッジの約 73%にあたる。また、強度が 9 以下のエッジの総数は 1446 本で、全体の 97%を占めた。

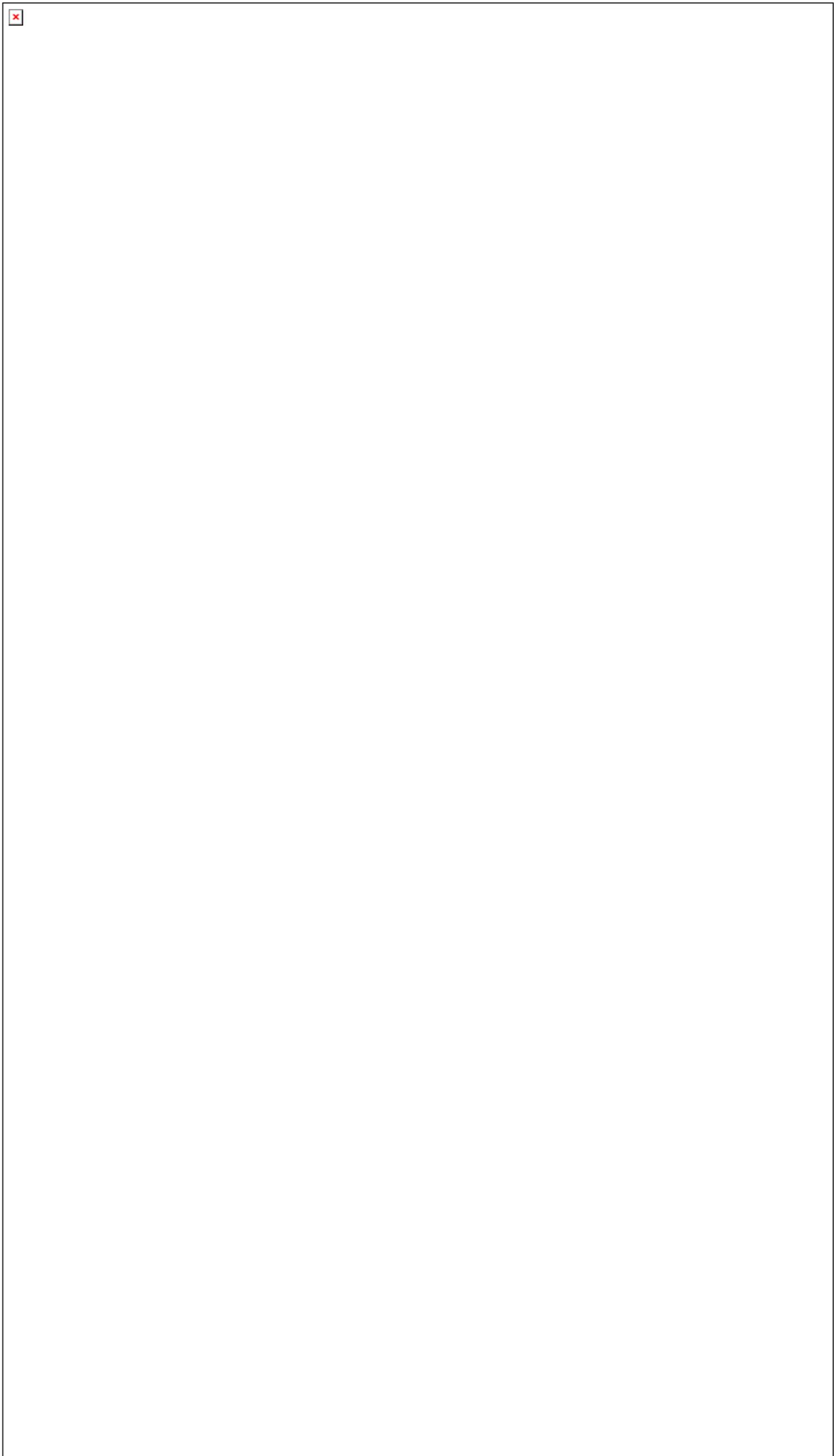


図 7.3-03 キーワードのネットワーク（出現頻度の高い 111 個のキーワード）

表 7.3-06 キーワードの出現頻度上位 20

順位	エッジ数	キーワード
1	76	design
2	73	evaluation
3	69	usability
	69	collaboration
5	67	ubiquitous-computing
	67	interaction-design
7	65	human-computer-interaction
8	54	augmented-reality
9	53	user-centered-design
10	51	virtual-reality
11	50	children
12	48	interaction
13	46	user-experience
14	44	participatory-design
15	42	user-interface-design
16	41	visualization
17	40	information-visualization
	40	education
19	39	hci
20	37	social-interaction

表 7.3-07 キーワード対のエッジの強度上位 20

順位	共起頻度	キーワード対	
1	23	interaction-design	user-experience
2	22	accessibility	usability
3	20	interaction-design	user-interface-design
4	19	user-experience	user-research
	19	evaluation	usability
	19	augmented-reality	mixed-reality
7	18	user-centered-design	user-research
	18	design	evaluation
	18	augmented-reality	virtual-reality
10	17	interaction-design	user-research
11	16	user-centered-design	user-experience
	16	usability	user-centered-design
	16	design	usability
14	15	user-experience	user-interface-design
	15	interaction-design	ubiquitous-computing
16	14	interaction-design	user-centered-design
	14	design	performance
18	13	usability	user-interface-design
	13	interaction-design	product-design
	13	input-devices	interaction-techniques
	13	context-aware-computing	ubiquitous-computing
	13	collaboration	communication
	13	children	participatory-design

表 7.3-08 エッジの強度ごとの集計

エッジの強度	エッジの数
23	1
22	1
20	1
19	3
18	3
17	1
16	3
15	2
14	2
13	6
12	6
11	6
10	9
9	13
8	18
7	17
6	31
5	58
4	80
3	141
2	317
1	771

表 7.3-09 インタラクション分野研究キーワード（太字は特に中心となるキーワード）

accessibility	architecture	mobile
augmented-reality	aspect-oriented-programming	mobile-devices
children	assistive-technology	mobility
collaboration	awareness	modeling
communication	computer-mediated-communication	multimedia
context-aware-computing	computer-vision	multimodal-interaction
design	context	navigation
education	context-awareness	object-oriented-design
evaluation	creativity	object-oriented-programming
experience-design	cscw	optimization
haptics	data-mining	partial-evaluation
hci	design-methodology	pedagogy
information-architecture	design-methods	performance-evaluation
information-retrieval	design-patterns	presence
input-devices	design-space-exploration	privacy
interaction-design	documentation	prototyping
interaction-techniques	embedded-systems	scheduling
mixed-reality	entertainment	simulation
mobile-computing	ethnography	social-interaction
participatory-design	eye-tracking	system-design
performance	game-design	system-level-design
pervasive-computing	games	tangible-interaction
product-design	human-computer-interaction	tangible-interface
reliability	human-factors	tangible-interfaces
security	human-robot-interaction	training
ubiquitous-computing	information-visualization	usability-evaluation
uml	interaction	usability-testing
usability	interaction-technique	user-interface
user-centered-design	interactive	user-interfaces
user-experience	interface	user-studies
user-interface-design	interface-design	user-study
user-research	java	virtual-environments
virtual-reality	learning	visualization
visual-design	low-power-design	xml
3d-interaction	machine-learning	
animation	metrics	

7.4 ゲーム関連研究開発 DB 構築の考え方

前節において、インタラクション分野の論文に対して付与される検索キーワードについての調査結果について報告した。最終的に得られたキーワードはいずれもアカデミックな領域の研究者にとっては一般的なものである。しかしこれらのキーワードは、その分野の研究に明るくないものにとっては、その分野の研究について論文を対象に調査する際に利用することで、膨大な論文の中から対象の範囲を狭めることができるようになるだろう。

今日、産学連携の重要性が社会から指摘されており、研究所や、研究助成団体、各大学などには、産学（官）連携を担当する部門や附属機関が設置されるようになった。しかし、これらは所属する組織の研究成果についての A2B (Academic to Business) を担うもので、研究分野全体での A2B を対象とはしていない。しかし、アカデミックな取り組みは、個々の組織毎に独立して行われているわけではなく、インビジブル・カレッジと呼ばれる組織を越えた研究者のネットワークを通じて行なわれるのが実際である。特にゲームに関連する研究分野は幅広く、複数のしかも国際的な研究者のネットワークが存在している。このような状況を組織毎に独立した産学連携部門が考慮するのは難しい。

このような背景から、アカデミックな領域において取り組まれている研究開発の状況について大学のような組織を越えた形で俯瞰でき、容易に最新の研究成果について調査することができる仕組みが、ゲームのような多くの研究分野が関連する分野には必要であると考えられる。本節ではこのような仕組みをゲーム関連研究開発データベースと呼ぶ。

日本国内ではユーザが PubMed において公開された論文をユーザが個々の目的や興味に基づきタグをつける Social Tagging の手法で整理する Sesami というサービスがすでに試みられている。しかし Sesami は対象とする論文検索サービスの内容から、医学・生理学分野に限定される。また、タグによる情報の整理は、十分な参加者がいなければ、一部の積極的なユーザの存在によって容易に偏りが生ずるという問題を含んでいる。また、トムソン・サイエンティフィック社の Web of Science のような、引用情報の解析に基づく論文や研究者、研究機関の格付けによる方法は、それらのベンチマークには向いているが、直接最新の研究成果に関する情報を得たいユーザには不十分である。

これらに対してゲーム関連研究開発データベースでは、ゲームに関連する論文や学会発表に関する最新の情報を自動的な仕組みで整理し、ユーザに提供することが主な仕組みと役割になると考えられる。ユーザはこのデータベースを通じてゲームに関連する研究の最新の状況を俯瞰し、論文や研究者などといった求める情報を容易に入手することができるようになるのが理想的な利用のなされ方となるであろう。

8. 北米におけるゲームの産学連携

(東京大学大学院 藤原 正仁)

8.1 はじめに—調査の概要

日本では、1995年の科学技術基本法施行を契機として、「産学連携」あるいは「産学官連携」という言葉がマスコミなどを通じて流布し、社会に広く認知されるようになった。1998年には大学等技術移転促進法（TLO法）が施行され、政府誘導で大学と産業界が接近していった。いわば、産学連携の「制度化」あるいは「社会化」が進められたのである。2001年には、経済産業省が「産業クラスター計画」を、2002年には文部科学省が「知的クラスター創成事業」を立ち上げ、産学官連携による地域経済の活性化が図られるようになった。そして、2003年には知的財産基本法が施行され、大学教員の所属機関に特許が帰属される仕組みが整備されるようになり、大学における知的財産の管理や活用が促進されることになった。また、「知的財産推進計画」（知的財産戦略本部）などの文書にみられるように、とりわけコンテンツ分野において産学連携、あるいは産学官連携が強調されるようになっている。

ゲームの分野においては、2006年8月24日、わが国では初となる「ゲーム産業戦略」が産学官によって策定され、ゲーム産業の2つの未来像とそれらを実現するための3つの戦略が明文化された[1]。2つの未来像とは、①日本のゲーム産業が世界をリードしていくこと、②日本のゲーム産業が社会や国民に広く支持を受けることであり、3つの戦略とは、①開発戦略、②ビジネス戦略、③コミュニケーション戦略である。とりわけ開発戦略において、人材育成ならびに技術開発面での産学連携の進展が期待されているが、その具体化は今後の課題として残されたままである。

しかしながら、ゲームにおける産学連携の功績は少しずつ蓄積されつつある。例えば、世界で1700万本以上売れた（2007年9月時点、続編含む）「東北大学未来科学技術共同研究センター川島隆太教授監修 脳を鍛える大人のDSトレーニング」（通称：脳トレ）は、東北大学のTLO（技術移転機関）が窓口となり、監修料のうち40%がTLOを通じて川島教授の研究室に配分されることとなった。ところが、川島教授はその権利を放棄して、全額を研究に再投資し、新たな研究機材や建物などに充当した[2]。この事例は、ゲームの共同開発における大学の知的財産管理ならびに利益相反問題に配慮したモデルケースとして挙げるができる。

他方、海外におけるゲームの産学連携事例をみると、カーネギーメロン大学エンターテインメントテクノロジーセンター（Carnegie Mellon University's Entertainment Technology Center）とアクティビジョン（Activision）、エレクトロニックアーツ

(Electronic Arts)、ハーモニクス (Harmonix)、シェルゲームス (Schell Games) などのゲーム会社とのコーオプ教育における協力関係[3]、南メソジスト大学ギルドホール校 (Southern Methodist University's Guildhall) とアクティビジョン (Activision)、エピック (Epic)、マイクロソフト (Microsoft) などのゲーム会社との PCゲーミングに関するアライアンス締結[4]などがあり、北米では一つの大学と複数の企業とが連携している点が特徴的である。日本では一大学と一企業との連携が目立っており、それに比べて、北米ではゲームの分野において産学連携が活発に行われているとすることができる。

これらの事実を受けて、本調査は、ゲームの産学連携が活発に行われている北米、なかでも南カリフォルニア大学とエレクトロニックアーツにおける産学連携に注目して、連携の実態を明らかにし、日本におけるゲームの産学連携の推進のために役立てることを目的とする。南カリフォルニア大学は、ゲームの教育・研究において世界的に先導的役割を果たしており、とりわけエレクトロニックアーツとの関係が強いことが指摘されている。したがって、本調査では、ゲームにおける産学連携の代表的な事例として、両者の関係性に焦点を当てた。

調査の方法は、エレクトロニックアーツの大学連携担当者ならびに南カリフォルニア大学の教職員・学生に対する半構造化面接を中心に行った。しかしながら、機密保持契約に阻まれて、面接だけでは具体的な内容を明らかにすることはできなかった。そこで、半構造化面接調査を補完するために、現地にて行った情報収集や資料収集、視察の分析結果を加えて、前述の目的の達成に迫り、日本におけるゲームの産学連携への含意を考察していくこととする。

青木・原山 (2003) は、産学連携を次のように定義している。

「大学と産業という二つの異なるドメイン (領域) が存在することを前提とする。そこに所属するアクターが何らかのチャンネルを通じて互いに働きかける。そこから相乗効果が生まれ、されには大学と産業が持つそれぞれのポテンシャル (人的資産の質、イノベーション能力、経済生産性など) が高まっていく。この一連の連鎖的なプロセスを「産学連携」と呼ぶこととする[5]。」

この一般的定義はゲーム産業の場合にも十分当てはまるものと判断されるので、本論における「産学連携」の概念は、とくに断りがない限り上記に従うこととする。

8.2 事例研究—南カリフォルニア大学

南カリフォルニア大学は、1880年に創立された17の学部を擁する全米屈指の総合大学である。1929年に設立された全米で最も古い歴史を持つ映像芸術学部 (School of Cinematic Arts) では、2002年にインタラクティブメディア芸術修士課程 (Master of

Fine Arts in Interactive Media) が、2005年にインタラクティブエンターテインメント芸術学士課程 (Bachelor of Arts in Interactive Entertainment) が設置された。これらのプログラムは、エレクトロニックアーツからの寄附により設置され、ゲーム産業における次世代のクリエイティブデザイナーやプロデューサーの育成を主眼としている。これらの課程では、手続き的なリテラシー (procedural literacy)、ゲームデザインのイノベーション、協同的なクリエイティブワークに関する教育が行われていることに注目したい。

2006年には、工学部 (Viterbi School of Engineering) に、ゲームに重点を置いたコンピュータサイエンス修士課程と同学士課程 (Master/Bachelor of Science in Computer Science) が設置された。これらのプログラムでは、映像芸術学部のコアプロダクションサイクルと統合されたカリキュラムを含んでいる点に特徴があり、養成目標はクリエイティブチームワークと共同経験が豊かなゲームプログラマーの育成に重点を置いている。

さらに、2007年には、芸術学部 (Roski School of Fine Arts) に、映像芸術学部と工学部のゲームコースを統合した2つの副専攻課程 (Minor in 2-D Art for Games / Minor in 3-D Art for Games) が設置された。設置後時間が経っていないので、その内容はこれから充実していくものと思われるが、副専攻ながら総合的観点からゲーム開発者養成課程を統合したことは、ゲーム教育のあり方として注目に値する。

これらの正規の学位課程に加えて、コミュニケーション学部 (Annenberg School for Communications) では、カルチュアルゲームスタディーズのコースが開設されている。主として、社会科学視点からゲームに関する多様な研究と教育が行われている。なお、2007年には全学ゲーム研究組織として「Games ORU (Organized Research Unit)」も設立されている。これは、ゲーム研究とゲームデザインに焦点を当てている全学のプログラム間で、カリキュラムや研究所の統合と協力についてより一層の進展を図っている[6]。

このように、南カリフォルニア大学では、2002年以降、ゲームの教育組織と研究組織が相次いで設置され、2007年には全学的な見地からそれらが再編成されつつある。

8.2.1 教育における産学連携

(1) 映像芸術学部インタラクティブメディア学科

近年、大学におけるゲーム教育の拡大は世界的潮流となっている。国際ゲーム開発者協会 (IGDA : International Game Developers Association) によると、北米だけでも82を超える多数のゲームデザインプログラムが提供されているという。これらの多くのプログラムは、技術的側面やツールの利用方法に関する教育に重点を置いているため、幅広い教養教育を提供していないという批判的な見方も存在している。

北米におけるこのような背景のもとで、南カリフォルニア大学映像芸術学部では、デザインはゲーム開発の全ての側面の中心にあるという哲学を持つようになった。1996年

に初めて開発されたゲームコースでは、ツール教育を超えて、ゲームの本質やデザインのプロセス、プレイの美学的原理について学生に研究するように求めた[7]。

2004年、エレクトロニックアーツは、EA インタラクティブエンターテインメントプログラム (Electronic Arts Interactive Entertainment Program) の開発と EA ゲームイノベーションラボ (Electronic Arts Game Innovation Lab) の設立のために、南カリフォルニア大学に対して 800 万ドルの寄附を行った。これにより、映像芸術学部インタラクティブメディア芸術修士課程は、金銭面で大きな支援を得ることとなった [8]。

EA インタラクティブエンターテインメントプログラムは、インタラクティブ経験の効果と面白さの重要性の理解、そのような経験を構想し、デザインし、プロデュースするためのスキルを習得する学生を育成することに焦点を当てている。また、学生は、チームの中で効果的に協同することを学習する。さらに、インタラクティブ性の新たな形態で探究や実験をする機会や、ゲームとインタラクティブエンターテインメントの未来を考察する機会が与えられる。

このプログラムは、「IGDA カリキュラムフレームワーク」(IGDA Education Committee、2003年)をもとに基礎が構築され、以下のような教育を提供している[9]。

- ゲームやインタラクティブエンターテインメントの歴史に関する広範な知識、ゲームジャンル、影響力のある作品、インタラクティブエンターテインメントの進化におけるさまざまな出来事的重要性
- ゲームの様式、劇的でダイナミックな要素の理解と分析のための感覚的な用語
- ゲームや人間社会と集団におけるゲームの空間、過去と現在における文化的な展望
- インタラクティブ経験を明確に想像したり表現したりするためのクリエイティブライティング、クリティカルシンキング、分析
- ビジュアルコミュニケーション、典型的なストーリーテリング、物語の構造、キャラクター開発、映画撮影技術、インタラクティブ性のためのそれらの関係性、参加のデザインに関する理解
- ゲームの理論、プレイの方法、参加のデザイン、インタラクティブ性、モチベーション、意味ある選択、ユーザ契約に関する理解
- ゲームプレイのデザイン、プロトタイプ、プレイテスト、成功したインタラクティブ製品の結果であるインタラクティブデザインのプロセスに関する実際の経験
- デジタル画像、インターフェイスデザイン、アニメーション、2D および 3D ツールに関する芸術的なスキル
- インタラクティブ性のためのプログラミング、ヒューマンコンピュータインターフェイス、ゲームロジック、コントローラーに関する技術的なスキル
- 学際的な環境におけるプロダクションと協力スキル

- インタラクティブエンターテインメント産業、プロセス、グループに関する知識、産業界で即戦力を有するクリエイターになるために必要なビジネススキル
- 産業界のリーダーとトレンドの提示
- ゲームデザイン、芸術ゲーム、教育ゲームにおける創発的なアイデアの提示



図 8.2-01 EA インタラクティブエンターテインメントプログラムの授業風景

(2) 工学部コンピュータサイエンス学科におけるゲーム教育

2006 年、南カリフォルニア大学工学部 (Viterbi School of Engineering) に、ゲームを専門とするコンピュータサイエンス学士課程 (Bachelor of Science in Computer Science (Games)) と、ゲーム開発を専門とするコンピュータサイエンス修士課程 (Master of Science in Computer Science (Game Development)) が開設された。これらの学位課程のカリキュラム開発においては、コンピュータサイエンス学部の教員だけではなく、利害関係のあるゲーム開発者とも議論が行われている[10]。

学士課程の目標は、卒業後すぐに次世代ゲームのエンジニアリングができる学生を養成することである。学士課程の学生は、ゲーム産業における役割に必要な芸術やデザインに加えて、コンピュータサイエンスの基礎知識を備えている。

一方、修士課程の目標は、専門的な教育により、次世代のゲームエンジニアリングと必要な技術を有する学生を養成することである。

これらの学位課程の卒業生は、コンピュータサイエンスの専門家、プログラマー、システム開発者として、学際的で協同的なゲーム開発チームで働くことが容易となっている。教育カリキュラムに、ゲームデザインからゲームエンジニアリングまで、全てのゲーム開発工程が学位課程に埋め込まれているところに特徴がある[11]。

コンピュータサイエンス学士課程への志願者は、2006 年には 223 名しかいなかったが、ゲームカリキュラムを開設以降、2007 年秋にはコンピュータサイエンス学士課程への志

願者数が 383 名に増加した。そのうち 164 名がコンピュータサイエンス（ゲーム）学士課程を希望していた。実際に、コンピュータサイエンス学士課程に在籍する学部生の数は、2007 年秋には 48 名であったが、そのうちの半分がゲームに所属していた。つまり、コンピュータサイエンス（ゲーム）学士課程の設置により、コンピュータサイエンス学科の入学者数は 2 倍になったのである[12]。

授業では、ゲーム産業界からゲストレクチャーを招聘して、講義が行われている。具体的には、人事部、エンジニア、デザイナーなどの職種の者が、ゲームエンジンの開発、トラディショナルグラフィックスとレンダリング、ネットワークゲーム、ネットワーク AI、モバイルゲーム、シリアスゲームなど講義を行っており、そこでは講師招聘という形態で産学連携が実現している。

8.2.2 研究における産学連携

(1) EA ゲームイノベーションラボ

EA ゲームイノベーションラボは、研究とシンクタンクという二つの機能を持っている。ここでは、ゲームデザイン、ゲームプレイ、ユーザビリティの新しいコンセプトやプロトタイプが開発され、商業的なゲーム開発におけるスケジュールなどの制約から独立した環境でテストプレイをすることができる。EA ゲームイノベーションラボの目標は、現在定義されているゲームのジャンルあるいは市場やプレイパターンを超えて、ゲームそのものを振興する概念を育てることである。これらの領域でブレイクスルーを起こすことは、ラボのスポンサーやゲーム産業界全体にとっても価値があると言える。

産業界と主要なゲーム開発者との強い関係構築により、製品開発スケジュールの特質と企業の資源配分のために、商業ゲームデザイナーが取り組むことができないイノベーションの領域にラボの研究は集中している。例えば、ラボでは、ゲームイノベーションの先導、プロトタイプとプレイテストの研究、学際的な活動、社会的プレイ研究、ナラティブプレイ研究、シリアスプレイ研究、試験的なジャンル研究などに率先して取り組んでいるのである。

南カリフォルニア大学映像芸術学部インタラクティブ学科では、これまでに 23 の研究プロジェクトが立ち上げられてきた（表 8.2-01 参照）。



図 8.2-02 EA イノベーションラボ (Robert Zemeckis Center for Digital Arts)



図 8.2-03 (左) EA イノベーションラボのプレイ環境、(右) ユーザビリティテスト室

表 8.2-01 ゲーム開発プロジェクト（インタラクティブメディア学科）

プロジェクト名	チームメンバー	アドバイザー	URL
Barfly	9	Peter Brinson, Erik Loyer, Andreas Kratky	http://interactive.usc.edu/thesis2007/papers/barfly/
Big Game	12	Bernie DeKoven and Tracy Fullerton	http://interactive.usc.edu/projects/biggame/
Cloud	8	Tracy Fullerton	http://interactive.usc.edu/projects/cloud/
Clownerstrike	15	Tracy Fullerton, Chris Swain, Jeff Lander, Scott Fisher	http://www.clownerstrike.com
Communio	2	Tracy Fullerton, Perry Hoberman, Jarrell Pair	http://deepeningchannels.com/communio.htm
Darfur is Dying	7	Steve Anderson, Peter Brinson, Adrienne Wortzel	http://www.darfurisdying.com
Dyadin	6	Chris Swain	http://www.dyadin.com/
E.L.E.C.T.	4	Chris Swain and Peggy Weil	
Food Chain/SnapShotMapPlot	4	Mihai Peteu, Marc Tuters, Paul Bellezza, Noah Keating	
Good Night Elysium	9	Peter Brinson, Tracy Fullerton, Chris Swain	
Here Be Dragons	1	Peggy Weil, Tracy Fullerton, Bruce Damer	http://interactive.usc.edu/members/todd
Intermediate Game Projects, Fall '06	11	Tracy Fullerton, Peter Brinson	
Intermediate Game Projects, Spring '06	14	Tracy Fullerton, Peter Brinson	
Intermediate Game Projects, Spring '07	11	Tracy Fullerton, Peter Brinson	
Kingpin	1	Tracy Fullerton, Chris Swain,, Jim Tso	http://www.kingpinthegame.com/
Passively Multiplayer Online Games	5	Scott Fisher, Tracy Fullerton, Julian Bleecker	http://www.passivelymultiplayer.com/
SONANOS	1	Chris Swain, Mar Elpano, Tracy Fullerton	http://www.dooxpark.com
Sims 2 Spooked	22	Chris Swain, Peter Brinson, Bing Gordon, Mike Lawson, Tim LeTourneau, Charles London, Sinjin Bain	http://interactive.usc.edu/ctin489
Sonorous	6	Peter Brinson, Tracy Fullerton, Erik Loyer	http://interactive.usc.edu/thesis2007/papers/sonorous/
Telmahre	4	Chris Swain, Peggy Weil, Scott Ruston	http://www.steffenstudios.com/TelmahreTrailer.htm
The Night Journey	15		http://www.thenightjourney.com
Torrent Raiders	2	Julian Bleecker, Michael Naimark	http://www.torrentraiders.com
fIOW	3	Tracy Fullerton, Chris Swain, Michael Licht, Kevin Mark	http://intihuatani.usc.edu/cloud/flowing

(2) ゲームパイプラボ

ゲームパイプラボ (GamePipe Labs) の使命は、未来のインタラクティブゲームの技術とゲームデザインにおける研究、開発、教育である。また複雑化する開発支援技術の開発や、ゲームプロデューサーのイノベーションから、政府や企業スポンサーなどのためのシリアスゲームやエンターテインメントゲームの開発に至るまでの応用的課題も使命である。

ゲームパイプラボでは、①インフラストラクチャー、②認知とゲーム、③没入感、④シリアスゲーム、⑤ゲームデザインの5つを研究開発の柱としている。

第一に、「インフラストラクチャー」は、未来のインタラクティブゲームの開発に必要なソフトウェアとハードウェア、大規模シミュレーション (MMOGs)、シミュレーションネットワークやゲームエンジン、ツール (インスタントゲーム)、ワイヤレス、モバイルゲーム、インフラストラクチャー (次世代コンソール) の研究開発を行っている。

第二に、「認知とゲーム」は、モデリング理論、シミュレーティングコンピューターキャラクター、ストーリー (モデリングやシミュレーティングの理論)、人間感情の提示、大規模ゲームプレイの分析、ゲームと教育の理論について研究開発を行っている。

第三に、「没入感」は、知覚刺激を通してゲームプレーヤーの心を惹くのに必要な技術、存在のための理論、人間の身体的な状態と感情を感じるための感情コンピューティング、存在感を増大させる理論の研究開発を行っている。

第四に、「シリアスゲーム」は、非エンターテインメント領域 (教育、トレーニング、健康、公共政策、防衛、戦略的コミュニケーション) のためのゲームとシミュレーションの研究を行っている。

第五に、「ゲームデザイン」は、ゲームデザインの理論、開発されたゲームの成果分析、ゲームデザインとゲームプロトタイプの開発を行っている。

2007年度、ゲームパイプラボでは23のプロジェクトが立ち上がっている (表 8.2-02 参照)。多くのプロジェクトはモバイルゲームの開発であるが、近年の特徴としては、とくにシリアスゲームの開発プロジェクトが拡大してきている点が注目される。例えば、サンディア国立研究所 (SNL: Sandia National Laboratories) と学生との連携で、「Ground Truth2」というタイトルのシリアスゲームを開発した。このゲームは、ある危機的事象が起こったときにどのように反応するか、生化学的な脅威があったときにどのように対応するか、消防署や警察署にどのように情報を伝達するかなど、緊急事態に対する災害トレーニングツールである。資金はサンディア国立研究所が提供し、コーディングなどのゲーム開発はゲームパイプラボの学生が行っている。

ゲームパイプラボでは、一セメスター (一学期) に一回、プロジェクト終了後、デモデイ (Demo Day) が開催され、学生は自分たちが開発したゲームをゲーム産業界のゲストに対してプレゼンテーションを行い、評価を受ける。ゲーム産業界からは、エレクトロニックアーツ、THQ、アクティビジョン、ディズニー (Disney)、ソニーコンピュータエ

ンターテインメント (Sony Computer Entertainment)、エムセンス (Emsense)、モトローラ (Motorola)、ミッドウェイゲームス (Midway Games)、マイクロソフトなどから、およそ 30~40 名が参加している。

デモデイイベントは、学生と企業との橋渡しの機能を果たしており、インターンの選抜や採用・就職においても一定の成果をあげている。



図 8.2-04 (左) ゲームパイプラボ、ゲームパイプラボのプレイ環境 (右)

(Ronald Tutor Hall 3 階)



図 8.2-05 ゲームパイプラボの授業風景

表 8.2-02 2007 年度ゲームプロジェクト（ゲームパイプラボ）

プロジェクト名	チームメンバー	学位課程・セメスター	授業科目	スポンサー
Ground Truth 2	6	学士・秋学期	Serious Games Development	サンディア国立研究所
Misadventures of P.B. Winterbottom	10	学士・秋学期	Final Games Development	
Ragnarokk	16	学士・秋学期	Final Games Development	
Errantry	19	修士・秋学期	Final Games Development	
Stick Fighter	6	修士・秋学期	Advanced Mobile Devices and Game Consoles	モトローラ
Bubble Game	4	修士・秋学期	Advanced Mobile Devices and Game Consoles	モトローラ
Spong	3	修士・秋学期	Advanced Mobile Devices and Game Consoles	モトローラ
Dog Fight	3	修士・秋学期	Advanced Mobile Devices and Game Consoles	モトローラ
Battle City	4	修士・秋学期	Advanced Mobile Devices and Game Consoles	モトローラ
Misadventures of P.B. Winterbottom	10	修士・秋学期	Advanced Game Projects I	
Ragnarokk	16	修士・秋学期	Advanced Game Projects I	
Errantry	19	修士・秋学期	Advanced Game Projects I	
Toxic City	5	学士・春学期	Serious Games Development	
Drum God	5	学士・春学期	Final Game Project	
Cirque Du Slay	6	学士・春学期	Final Game Project	
Euphonics	5	学士・春学期	Final Game Project	
Starquake	4	修士・春学期	Advanced Mobile Devices and Game Consoles	モトローラ
GunPowder	4	修士・春学期	Advanced Mobile Devices and Game Consoles	
Bejeweled	5	修士・春学期	Advanced Mobile Devices and Game Consoles	
DejaHue	5	修士・春学期	Advanced Mobile Devices and Game Consoles	
Drum God	5	修士・春学期	Advanced Game Projects I	
Cirque Du Slay	6	修士・春学期	Advanced Game Projects I	
Euphonics	5	修士・春学期	Advanced Game Projects I	

8.3 事例考察—産学連携の成果と問題点

8.3.1 産学連携の成果

(1) 産学連携によるカリキュラム開発

エレクトロニックアーツ大学連携部長のコリン・マクレアリー（Colleen W. McCreary）氏は、大学におけるゲーム教育について次のように言及している[13]。

「…心配しているのは、ある分野の専門技術を見ているわけです。エンジニアであれば、コンピュータサイエンスの学部が必要で、芸術であれば、才能だけではなくて正式な芸術の教育を受けた人が必要です。多くの大学で往々にして見られるのは、水増ししたプログラム、あれも取ってこれも取ってというケースが傾向としてあり好ましくありません。そういう大学を出て入社した人は力が弱いということがあります。あれもこれも、という具合にできるけれども、何か一つ突出したような才能がないという問題があります。

一方、USC の教育課程は大変優秀です。エンジニアリングの正式なカリキュラムにゲームの要素を取り入れた教育課程ということで、大変素晴らしいもので評価しております。USC では、それ以外に映像芸術学部のプログラムがあります。それは修士課程で、発足してから 3 年経っています。大学院レベルであれば、USC ではもっと成功しています。というのは、かなり長い時間をコンピュータサイエンス、もしくは芸術に費やして学んでいるわけです。その上に上乗せしてさらに教育していくわけですから、大変充実したプログラムと言えます。この工学部の新しい試みとしては、ゲームプログラムを新しくつくったわけです。USA やカナダでは理科系、エンジニアを志望する学生がどんどん減っています。そういった学生を惹き付けるためにもエンジニアプログラムを発足させる大学が多いようです。

USC ゲームパイラボのマイケル・ザイダ（Michal Zyda）教授が、この教育プログラムをデザインしました。マイケルさんと私がいっしょになって一つ一つのコースの内容を吟味しました。具体的に言えば、コンピュータサイエンスのプログラムです。今までは 4 年間必死で勉強して、その後卒業プロジェクトというものがあり、大きなことをやっていたのですが、それでは EA のインターンに参加するだけの力が付きません。私が助言して、最初から少しずつ実際のプロジェクトを手掛けるようにして、それをゴールとしてコンピュータサイエンスを取る教科、クラスを全部変えました。USC のシネマ、アートの要素も少し入れながら、最終的にはインターンで、EA で通用するようなレベルのスキルが付くようなカリキュラムにしました。このプログラムを開始してから USC のエンジニアリングの志願者の数が 40%も増えました。」

この発言からは、産業界が大学で行われている教育を熟知、評価し、産学協同で養成人材像を明確化し、カリキュラム開発を行っていることが窺われる。エレクトロニックアーツ

ツは、「EA University」というコーポレートユニバーシティ（企業内大学）を社内設置し、在職者向けの教育も大変充実しており、プログラム開発の専任スタッフも抱えている。また、エレクトロニックアーツは、ゲーム産業界の先導役としての自負があり、自社の利益のみならず、産業界全体、社会全体において果たすべき役割を深く自覚、認識している。このように、エレクトロニックアーツは社会的信頼が背景にあるからこそ、大学のゲーム教育に対しても対等の立場で発言できるのであろう。産学連携においては、一企業の利益を超えた立場、つまり社会的視座に立脚した関係構築が重要である。

また、ゲーム産業界を取り巻く変化（経営環境や技術革新など）のスピードは、他業界と比べると非常に速いため、大学はそのような変化に対してより柔軟に対応していく必要がある。したがって、産業界や社会のニーズを汲んだカリキュラムを維持していくためには、産業界や社会との継続的な関係構築も重要である。

(2) 産学連携による人材育成

南カリフォルニア大学では、人材育成において、産業界からの講師招聘という形態で産学連携が行われている。とりわけ複数の企業と関係を構築して講師を招聘している点が特徴的である。また、招聘する講師の職種も、人事部、エンジニア、デザイナーなどのあらゆる立場の者が講師として招かれている。すなわち、産業界の暗黙知を形式的に学習できる場が大学のなかに埋め込まれており、多様な人材によって、ゲームを基軸としたマルチディシプリナリー（領域横断的・領域統合的）な教育が行われているのである。

ゲームラボのティーチングアシスタント（TA）を務める大学院生デビン・ローゼン（Devin Rosen）氏の次の発言からは、大学教員は産業界の潜在的な情報収集を積極的に行っており、学生のキャリア形成支援に資していることが窺われる [14]。

「ザイダ教授がこの業界のコネクションを持っているので、学生にとって非常に有効な仕事を紹介するというのを先生はよくやっています。GDC やマイクロソフトのクルーズとか、大学と企業との関係を築くための活動を行っています。（中略）インターンシッププログラムがあれば、ザイダ教授がすぐに E-mail で学生に連絡します。週に 1 回のペースで。」

産と学の個人的な情報交換は、顕在化されていない情報の獲得につながり、情報の非対称性という問題を克服しうる。潜在的な情報を学生に提供していくことで、彼らのキャリア形成支援にも役立つであろう。

(3) 産学連携による知識創造

南カリフォルニア大学映像芸術学部インタラクティブメディア学科長のスコット・フィッシャー（Scott S. Fisher）教授は、産学連携のメリットについて次のように言及して

いる[15]。

「企業としては、ミステイク、過ちを犯すとか失敗は許されないところがあるのですが、アカデミックなところで長期にわたって失敗もおそれないでやるというところにメリットがあるのではないのでしょうか。我々が開発したものを産業界も利用できるというメリットがありますし、こちら側も企業の融資を受けていろんなことにトライすることができます。」

短期的利益を追求する企業と、長期的視野のもとに人材育成や研究開発を行う大学とでは、設立の理念や目的、成果達成のプロセスや評価に大きな違いがある。しかしながら、産と学が所有する資源を相互に有効活用したり、両者の中で知識やアイデアの環流が行われることによって、イノベーションを創発していくことができるだろう。また、近年、ゲーム産業では、開発費の高騰、開発期間の長期化などの諸課題を抱えているが、スコット・フィッシャー教授が指摘するように、大学を挑戦の場ととらえ、ゲーム開発の経験を産学で共有することによって、人材育成の役割を果たしていくことも可能であろう。

南カリフォルニア大学とエレクトロニックアーツに代表されるゲームの産学連携においては、ギボンズ（1997）が指摘するように[16]、従来の伝統的なディシプリンに基づくモードⅠから、多様なディシプリンの参加によって共同分散的に問題解決を図るモードⅡへと、知識生産様式が既に移行しているとみなすことが可能だろう。

8.3.2 産学連携の問題点

(1) 利益相反問題

産学連携の弊害は、一般的に「利益相反」と呼ばれている。具体的には、大学教員が産学連携業務に時間と労力を割き、本来の職務である真理を追究し、学生を教育するということができなくなること（責務相反）や、大学教員や大学組織が本来果たすべき使命を逸脱して、私的あるいは組織的利益を優先させること（利益相反）がある。

今田（2007）は、利益相反の種類を図 8.3-01 のように整理している[17]。

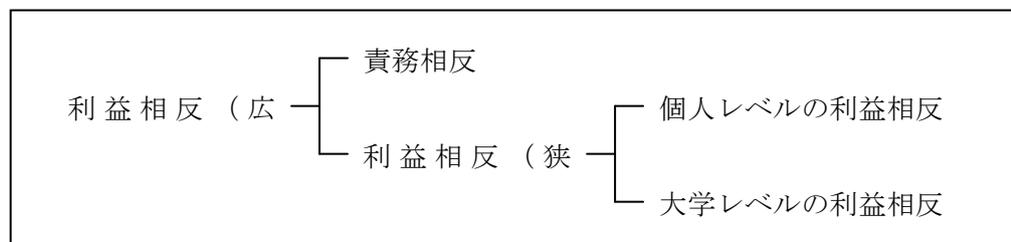


図 8.3-01 利益相反の種類

宮田（2002）は、利益相反を、①責務相反、②金銭的利益相反、③知的利益相反、④組織的利益相反、の 4 つのタイプに類型化しているが[18]、上述の今田（2007）の整理に従えば、②～③は個人レベルの利益相反、④は大学レベルの利益相反と分類できる。

第一に、「責務相反」は、大学教員が産学連携活動に時間と労力を割き、本来の職務である教育・研究活動がおろそかになることである。これは、大学教員の雇用契約やエフォート管理、兼業などとも絡む問題である。産学連携が個人的関係に依存している場合、とくにこのような問題が発生してくるようと思われる。

第二に、「金銭的利益相反」は、大学教員が、研究資金のスポンサー企業に有利に働くように研究結果を歪めること（捏造）である。また、実際に捏造が行われたかどうかではなく、そのように外部から疑われることも問題となる。したがって、利益相反は状況によって起こるもので、行為そのものによって生じるものではない[19]。

第三に、「知的利益相反」は、大学教員が自らの出世や社会的名声の獲得のために研究成果を歪めることである。

第四に、「組織的利益相反」は、大学組織や大学幹部が企業と金銭的關係を持ち、その判断が歪められることである。非営利組織である大学と営利組織である企業という設立目的の異なる二者間において、倫理的な基準を逸脱し、組織的な営利に傾斜してしまう問題である。

本調査では、ゲーム分野における産学連携の弊害となる利益相反問題について触れることはできなかったが、ゲーム教育研究の中核である南カリフォルニア大学映像芸術学部と工学部では、上述のとおり、エレクトロニックアーツのみならず複数の企業と関係を構築しており、とくに一社の利益に荷担しないよう、利益相反問題を未然に防ぐ体制が取られているものと思われる。また、責務相反の問題に対しては、教育組織の整備によって対応しているものと思われる。例えば、映像芸術学部の教育組織は、教員 21 名（常勤 12 名、非常勤 9 名）とスタッフ（教育研究支援職）4 名、事務職員で構成されている。とくに教育研究支援職であるスタッフの存在によって、教員は専門的な教育研究に専念できるとともに、手厚い学生指導が可能となる組織体制となっている。

(2) 機密保持と公共性の担保

南カリフォルニア大学とエレクトロニックアーツとの間では、NDA（機密保持契約）が締結されており、冒頭で述べたとおり、今回の調査では残念ながら具体的な教育研究の内容やあり方を把握することができなかった。このことから、NDA は厳密に守られていることが分かる。今回の調査では、企業よりも大学のほうが NDA を厳格に遵守するという姿勢が強い印象を受けた。

他方、NDA の問題としては、産学連携活動のなかから創出された知的財産が社会に還元されない場合、公共財としての知識提供がされない（秘匿主義）など負の側面が強まる

懸念も孕んでいる。大学は、様々な分野の人が集まり、自由に意見を交わし、新たな知を醸造しまた発信していく公の場であり、「公共性」、「中立性」、「多様性」、「創造性」といった特性を兼ね備えている[20]ことを忘れてはならないだろう。

なお、南カリフォルニア大学の場合は、学会誌やインターネットを通じて、産学連携の実践報告が公表されており、上記のような問題が生じないよう配慮されている。

(3) 知的財産の権利問題

産学連携活動のなかから創造される知的財産を管理するということは、それを権利として認めることでもある。学生の教育・研究活動のなかから生まれた知的財産は誰が所有するのだろうか。つまり、産学連携には知的財産の権利の帰属をめぐる問題が存在する。

南カリフォルニア大学映像芸術学部では、「知的財産権ポリシー」を明文化し、大学と学生との間で契約を締結している。契約内容をみると、大学は学生の創作物の権利（映像作品、知的財産権、スクリプト、アイデア、シナリオ、コンセプトなど）を保有しない、それらの開発・販売・流通において大学の許可は必要がない旨が明記されている[21]。この背景には、知的財産権ポリシーの範囲内で、学生のキャリア発達を支援するために、学生の創作物の公開を最大限支援することが大学の目標として掲げられていることが指摘できる。

南カリフォルニア大学では、カリキュラムの中で実践する創作活動が、卒業後のプロフェッショナルの道へとつながっている点が特徴的である。

8.4 日本におけるゲームの産学連携への提言

(1) 人的交流の促進

産学連携は、「産」と「学」という異なるドメインに所属する人（アクター）の相互作用のなかから生まれる。したがって、産学の人的交流を促進していくことが、産学連携の第一歩となる。

そのチャンネルは、講師派遣、協同研究、インターンシップなど多様である。また、近年では、GDC（Game Developers Conference）や SIGGRAPH、CEDEC（CESA Developers Conference）、OGC（Online Game & Community service conference）など国内外で開催される各種カンファレンスや、日本シミュレーション&ゲーミング学会、ゲーム学会、日本デジタルゲーム学会、日本バーチャルリアリティ学会、情報処理学会などのゲームに関する学会活動も活発に行われている。その他、IGDA（International Game

Developers Association) などの開発者コミュニティも拡大しつつある。

このようなチャンネル、場あるいはコミュニティを積極的に活用し、人的交流を促進することで、産と学の間にある溝が埋まっていくものと思われる。

(2) 産学連携推進のための組織づくり

社会における大学の役割が拡大していくなかで、教育・研究に続く社会的使命として、産学連携が認識されつつある。しかしながら、日本の大学は、多くの教育組織が教員と事務職員で構成されているため、産学連携活動を支援する専任スタッフが不在か、あるいは機能不全に陥ることが少なくない。その場合、教員の負担は増大するばかりの状況となっている。

文部科学省「大学知的財産本部整備事業」（2003年7月）以降、同省「スーパー産学官連携本部」モデル事業（2005年7月）などにより、漸次、大学知的財産本部の整備が図られ、専門人材の育成や専門組織の充実化が推進されつつある。大学教員は、このような資源を積極的に活用し、社会の発展に向けて産学連携を推進していくべきである。

と同時に、エレクトロニックアーツで産学連携担当部署が設置され、専門スタッフが配属されていたように、企業においても産学連携を推進していく人材と組織の充実化を図っていく必要があるだろう。

(3) 産学連携における共通基盤と役割分担

産と学は、根底にある設立理念や目的が異なるため、産学連携には正の側面のみならず、利益相反などの負の側面も孕んでいる。したがって、産学がパートナーシップとして発展していくためには、まず、両者の違いを理解し、法令遵守（コンプライアンス）はもちろんのこと、倫理を遵守するための価値基準（ガイドライン）を持つことが必要である。このような社会的信頼という共通基盤の上に、産学連携が成立するものと思われる。また、産と学がそれぞれの果たすべき役割を自覚し行動することも重要である。

しかしながら、産学の役割分担を明確にしていくためには、産学双方にある程度時間が必要となるかも知れない。個人あるいは組織という壁を超えて、社会の利益のために、産学がどのように貢献できるのか。その役割は、緩やかに形成されていくだろう。

先述したとおり、大学は公の場であり、「公共性」、「中立性」、「多様性」、「創造性」といった特性を兼ね備えたプラットフォームとしての役割を持っている。このプラットフォームをどのように活用していくかは、産と学、あるいは官をも巻き込んで、検討していくべき課題である。

USC School of Cinematic Arts
Master of Fine Arts in Interactive Media (M.F.A.)

科目番号	科目名	必修	選択	修了要件
Year One, First Semester				
CTCS 505	Survey of Interactive Media	2		9
CTIN 511	Interactive Media Seminar	1		
CTIN 534	Experiments in Interactivity I	2		
CTIN 541	Design for Interactive Media	4		
Year One, Second Semester				
CTIN 511	Interactive Media Seminar	1		9
CTIN 544	Experiments in Interactivity II	2		
CTWR 518	Introduction to Interactive Writing	2		
Electives*		4		
Year Two, First Semester				
CTIN 511	Interactive Media Seminar	1		11
CTIN 532	Interactive Experience Design	4		
CTPR 506	Visual Expression	2		
Electives*		4		
Year Two, Second Semester				
CTIN 511	Interactive Media Seminar	1		11-13
CTIN 542	Interactive Design and Production	4		
CTIN 548	Preparing the Interactive Project	2		
CTIN 558	Business of Interactive Media	2		
Electives*		2-4		
Year Three, first Semester				
CTIN 594a	Master's Thesis	2		4
Electives*		2		
Year Three, Second Semester				
CTIN 594b	Master's Thesis	2		4
Electives*		2		
Additional Requirement				
CTIN 495	Internship in Interactive Media*		2	2
				56

*選択科目のうち合計 14 単位が最低必要。フルタイムと思われる学期に最低 8 単位登録しなければならない。

**要件として CTIN 594ab 修士論文での登録を選択する場合、選択科目の最低 18 単位に加えて 4 単位取得しなければならない。

科目番号	科目名	必修	選択	修了要件
Electives (以下から少なくとも 6 単位)				
CMPP 591	Producing Practicum		2	6
CTAN 443L*	3-D Animation and Character Design		2, max 4	
CTAN 451	History of Animation		2	
CTAN 452*	Introduction to 3-D Computer Animation		2, max 4	
CTAN 462	Visual Effects		2	
CTAN 501	Interactive Animation		2	
CTAN 502a	Virtual Reality and Stereoscopic Animation		2	
CTAN 576	Seminar in Film/Television and New Technologies		4	
CTAN 577a	Fundamentals of Animation		2	
CTCS 409	Censorship in Cinema		4	
CTCS 478*	Culture, Technology and Communications		4	
CTCS 502	History of the Global Cinema After World War II		2	
CTCS 504	Survey of Television History		2	
CTCS 564*	Seminar in Film and Television Genres		4	
CTIN 401L*	Interface Design for Games		2	
CTIN 403L*	Advanced Visual Design for Games		2	
CTIN 404L*	Usability Testing for Games		2	
CTIN 405*	Design and Technology for Mobile Experiences		2	
CTIN 406L*	Sound Design for Games		2	
CTIN 458*	Business and Management of Games		2	
CTIN 459L*	Game Industry Workshop		4	
CTIN 462*	Critical Theory and Analysis of Games		4	
CTIN 463*	Anatomy of a Game		4	
CTIN 464*	Game Studies Seminar		4	
CTIN 482*	Designing Online Multiplayer Game Environments		2	
CTIN 483*	Programming for Interactivity		4	
CTIN 484L*	Intermediate Game Development		2	
CTIN 485L*	Advanced Game Development		2	
CTIN 488*	Game Design Workshop		4	
CTIN 489*	Intermediate Game Design Workshop		2	
CTIN 491abL*	Advanced Game Project		2-4	
CTIN 492L*	Experimental Game Topics		4	
CTIN 499*	Special Topics		2-4	
CTIN 590	Directed Research		1-12	
CTPR 455	Introduction to Production Design		2	
CTPR 472	Non-Theatrical Aspects of Film and TV Producing		2	
CTPR 530	Producing for Independent Films		2	
CTPR 566	Developing and Selling Your Film and TV Projects		2	
CTWR 410L*	Character Development and Storytelling for Games		4	
CTWR 513	Writing the Short Script		2	
CTWR 520	Advanced Scene Writing Workshop		2	
CTWR 528	Screenwriting Fundamentals		2	
CTWR 529	Intermediate Screenwriting		2	
CTWR 541	Writing from the Unconscious		2	
Electives (以下から 4 単位以上)				
CSCI 480	Computer Graphics		3	4
CSCI 485	File and Database Management		3	
CSCI 580	3-D Graphics and Rendering		3	

*Interactive Entertainment track の一部として提供されるコース。 **一覧にないコースは、この要件をプログラム長の承認で満たしてもよい。

USC School of Cinematic Arts
Interactive Entertainment (B.A.*)

*College of Letters, Arts and Sciences の管轄

科目番号	科目名	必修	選択	修了要件
Required Courses				26
CTCS 190	Introduction to Cinema	4		
CTIN 309	Introduction to Interactive Entertainment	4		
CTIN 483	Programming for Interactivity	4		
CTIN 484L	Intermediate Game Development**	2		
CTIN 488	Game Design Workshop	4		
CTIN 489	Intermediate Game Design Workshop**	2		
CTPR 241	Fundamentals of Cinema Technique*	2		
CTPR 290	Cinematic Communication*	4		
Electives (以下から少なくとも 3 科目)				6
CTAN 330	Animation Fundamentals		2	
CTAN 443L	3-D Animation and Character Design		2	
CTAN 452	Introduction to 3-D Computer Animation		2	
CTIN 401L	Interface Design for Games		2	
CTIN 403L	Advanced Visual Design for Games		2	
CTIN 404L	Usability Testing for Games		2	
CTIN 405L	Design and Technology for Mobile Experiences		2	
CTIN 406L	Sound Design for Games		2	
CTIN 458	Business and Management of Games		2	
CTIN 464	Game Studies Seminar		2	
CTIN 482	Designing Online Multiplayer Game Environments		2	
CTIN 485L	Advanced Game Development		2	
Electives (以下から少なくとも 1 科目)				4
CTCS 464	Film and/or Television Genres		4	
CTCS 478	Culture, Technology and Communications		4	
CTIN 462	Critical Theory and Analysis of Games		4	
CTIN 463	Anatomy of a Game		4	
CTWR 410L	Character Development and Storytelling for Games		4	
Electives (以下から少なくとも 1 科目)				4
CTIN 459L	Game Industry Workshop		4	
CTIN 491L	Advanced Game Project		4	
CTIN 492L	Experimental Game Topics		4	
General Education				
Foundations: I. Western Cultures and Traditions, II. Global Cultures and Traditions, III. Scientific Inquiry Case Studies: IV. Science and Its Significance, V. Arts and Letters, VI. Social Issues				
Writing Requirement				
Diversity Requirement				
Foreign Language Requirement				
				128

*CTPR 241 と CTPR 290 の登録は、同時に行われる。

**484L CTIN と CTIN 489 の登録は、同時に行われる。

USC Viterbi School of Engineering

Masters of Science in Computer Science (Game Development) (M.S.)

科目番号	科目名	必修	選択	修了要件
Computer Science Core Classes				9
CSCI 570	Analysis of Algorithms	3		
CSCI 580	3-D Computer Graphics and Rendering	3		
CSCI 555	Advanced Operating Systems		3	
CSCI 561	Foundations of Artificial Intelligence, or		3	
CSCI 573	Advanced Artificial Intelligence		3	
CSCI 571	Web Technologies		3	
CSCI 577a	Software Engineering		4	
CSCI 585	Database Systems		3	
EE 557	Computer Systems Architecture		3	
Game Development Core Classes				11
CTIN 488	Game Design Workshop	4		
ITP 485	Programming Game Engines	4		
EE 452	Game Hardware Architectures	3		
Project Classes				7
CSCI 529a	Advanced Game Projects I	4		
CSCI 529b	Advanced Game Projects II	3		
Electives (以下の4領域のうち1領域を選択)				6
<i>Infrastructure</i>				
CSCI 520	Computer Animation and Simulation		3	
CSCI 522	Game Engine Development		4	
CSCI 523	Networked Games		3	
CSCI 524	Networked Artificial Intelligence		3	
CSCI 526	Advanced Mobile Devices and Game Consoles		3	
<i>Cognition and Games</i>				
CSCI 524	Networked Artificial Intelligence		3	
CSCI 534	Affective Computing		3	
CSCI 541	Artificial Intelligence Planning		3	
CSCI 543	Software Multiagent Systems		3	
CSCI 569	Integrated Intelligent Systems		3	
CSCI 573	Advanced Artificial Intelligence		3	
<i>Immersion</i>				
CSCI 520	Computer Animation and Simulation		3	
CSCI 523	Networked Games		3	
CSCI 537	Immersive Environments		3	
CSCI 538	Human Performance Engineering		3	
CSCI 574	Computer Vision		3	
CSCI 588	Specification and Design of User Interface Software		3	
CTAN 502a	Virtual Reality and Stereoscopic Animation		2	
CTIN 488	Intermediate Game Design Workshop		4	
EE 619	Advanced Topics in Automatic Speech Recognition		3	
<i>Serious Games</i>				
CSCI 520	Computer Animation and Simulation		3	
CSCI 537	Immersive Environments		3	
CSCI 538	Human Performance Engineering		3	
				33

USC Viterbi School of Engineering
Bachelor of Science in Computer Science (Games) (B.S.)

科目番号	科目名	必修	選択	修了要件
Computer Science and Computer Engineering				37
CSCI 101L	Fundamentals of Computer Programming	3		
CSCI 102L	Data Structures	4		
CSCI 105	Object-Oriented Programming	2		
CSCI 201L	Principles of Software Development	4		
CSCI 271	Discrete Methods in Computer Science	3		
CSCI 303	Design and Analysis of Algorithms	3		
CSCI 377	Introduction to Software Engineering	3		
CSCI 402x	Operating Systems	3		
CSCI 460	Introduction to Artificial Intelligence	3		
CSCI 480	Computer Graphics	3		
EE 352L	Computer Organization and Architecture	3		
EE 450	Introduction to Computer Networks	3		
Game Development				42
CSCI 180	Survey of Digital Games and Their Technologies	3		
CSCI 281	Pipelines for Games and Interactives	3		
CSCI 486	Serious Games Development	3		
CSCI 491abL	Final Game Project	4-2		
CTAN 452	Introduction to 3-D Computer Animation	2		
CTIN 484L	Intermediate Game Development	2		
CTIN 488	Game Design Workshop	4		
CTIN 489	Intermediate Game Design Workshop	2		
EE 452L	Game Hardware Architectures	3		
ITP 280	Video Game Production	4		
ITP 380	Video Game Programming	4		
ITP 461x	Artificial Intelligence in Video Games	1		
ITP 481x	Video Game Graphics	1		
ITP 485	Programming Game Engines	4		
Math				11-12
MATH 125	Calculus I	4		
MATH 126	Calculus II	4		
MATH 225	Linear Algebra and Linear Differential Equations, or	4		
EE 241	Applied Linear Algebra for Engineering	3		
Science				4
PHYS 151Lg	Fundamentals of Physics I: Mechanics and Thermodynamics	4		
Writing				7
WRIT 140	Writing and Critical Reasoning	4		
WRIT 340	Advanced Writing	3		
General Education* **				20
Foundations: I. Western Cultures and Traditions, II. Global Cultures and Traditions, III. Scientific Inquiry Case Studies: IV. Science and Its Significance, V. Arts and Letters, VI. Social Issues				
Technical Electives				6
CSCI 351	Programming and Multimedia on the World Wide Web		3	
CSCI 410x	Translation of Programming Languages ***		3	
CSCI 477	Design and Construction of Large Software Systems ***		3	
CSCI 485	File and Database Management		3	
CSCI 490x	Directed Research		2-8	
CSCI 499	Special Topics		2-4	
CTAN 330	Animation Fundamentals		2	
CTAN 443L	3-D Animation and Character Design		2	
CTIN 401L	Interface Design for Games		2	
CTIN 403	Advanced Visual Design for Gamers		2	
CTIN 404L	Usability Testing for Games		2	
CTIN 405L	Design and Technology for Mobile Experiences		2	
CTIN 406L	Sound Design for Games		2	
CTIN 458	Business and Management of Games		2	
CTIN 459L	Game Industry Workshop ***		4	
CTIN 462	Critical Theory and Analysis of Games		4	
CTIN 463	Anatomy of a Game		4	
CTIN 482	Designing Online Multiplayer Game Environments		2	
CTIN 483	Programming for Interactivity		4	
CTIN 492L	Experimental Game Topics		4	
EE 320	Digital Media Basics for Multimedia		3	
ENGR 395abc	Cooperative Education Work Experience*** (students who take 3 units of Co-op may use it as one technical elective).		1 or 2, max 5	
				128

*General Education の履修要件は、24 単位。しかし、PHYS 151 も General Education III:Scientific Inquiry の履修要件を満たす。

**外国語の履修要件は、このプログラムでは学生は免除される。

***強く奨励する。

注:少なくともインターンシップの 1 単位を履修することを強く奨励する。

注:自由な選択科目:(0-1 の単位)

USC Viterbi School of Engineering, Undergraduate Non-Degree Program
Information Technology Program (ITP), Video Game Design and Management Minor

科目番号	科目名	必修	選択	修了要件
Core Courses				24
ITP 280	Video Game Production	4		
CTIN 483	Programming for Interactivity	4		
CTIN 488	Game Design Workshop	4		
ITP 391	Designing and Producing Video Games	4		
CTIN 484	Intermediate Game Development	2		
CTIN 489	Intermediate Game Design Workshop	2		
ITP 491	Level Design and Development for Video Games	4		
				24

USC Viterbi School of Engineering, Undergraduate Non-Degree Program
Information Technology Program (ITP), Video Game Programming Minor

科目番号	科目名	必修	選択	修了要件
Core Courses				19
CSCI 101L	Fundamentals of Computer Programming	3		
CSCI 102L	Data Structures	4		
ITP 280	Video Game Production	4		
ITP 380	Video Game Programming	4		
ITP 485	Programming Game Engines	4		
Elective courses (8 units- 4 must be ITP)				8
CSCI 460	Introduction to Artificial Intelligence		3	
CSCI 480	Computer Graphics		3	
ITP 382	Mobile Game Programming		4	
ITP 461	Artificial Intelligence in Video Games		1	
ITP 481	Video Game Graphics		1	
ITP 484	Multiplayer Game Programming		4	
				27

USC Viterbi School of Engineering, Undergraduate Non-Degree Program
Information Technology Program (ITP), Specialization in Video Game Production

科目番号	科目名	必修	選択	修了要件
Core Courses				4
ITP 280	Video Game Production	4		
Elective courses (Choose 2)				7
ITP 230	Video Game Quality Assurance		4	
ITP 345	Video Game Art & Animation		3	
ITP 380	Video Game Programming		4	
ITP 382	Mobile Games Programming		4	
ITP 391	Designing and Producing Video Games		4	
ITP 491	Level Design and Development for Video Games		4	
				11

USC Viterbi School of Engineering, Undergraduate Non-Degree Program
Information Technology Program (ITP), Video Game Courses

科目番号	科目名	必修	選択	修了要件
ITP 230	Video Game Quality Assurance	4		
ITP 280	Video Game Production	4		
ITP 345	Video Game Art & Animation	3		
ITP 380	Video Game Programming	4		
ITP 382	Mobile Games Programming	4		
ITP 391	Designing and Producing Video Games	4		
ITP 414	Advanced Project Development	3		
ITP 461	Artificial Intelligence in Video Games	1		
ITP 481	Video Game Graphics	1		
ITP 484	Multiplayer Game Programming	4		
ITP 485	Programming Game Engines	4		
ITP 491	Level Design and Development for Video Games	4		
				40

USC Roski School of Fine Arts, Minor in 2-D Art for Games

科目番号	科目名	必修	選択	修了要件
REQUIRED LOWER DIVISION COURSES				12
FA 101ab	Drawing	4-4		
FA 102	Design Fundamentals	4		
REQUIRED UPPER DIVISION COURSES				12-14
FA 436	Art and Technology	4		
CTIN 488	Game Design Workshop	4		
CSCI 491abL*	Final Game Project, or	4-2		
CTIN 491abL**	Advanced Game Project			
ELECTIVES (以下から 4 単位選択)				4
CSCI 281	Pipelines for Games and Interactives		3	
CSCI 486	Serious Games Development		3	
CTAN 330	Animation Fundamentals		2	
CTAN 451	History of Animation		2	
CTAN 452	Introduction to 3-D Computer Animation		2, max4	
CTIN 484L	Intermediate Game Development		4	
CTIN 489	Intermediate Game Design Workshop		2	
CTIN 491bL	Advanced Game Project		2	
FA 105	Painting I		2	
FA 150	Visual Culture and Literacy I		4	
FA 201a	Life Drawing		4	
FA 203	Digital Tools for Design		4	
FA 207abx	Two-Dimensional Art Workshop		2-2	
FA 210	Introduction to Digital Photography		4	
FA 331	The Human Figure in Narrative Drawing		2	
ITP 280	Video Game Production		4	
				28

*a と b の両方取得しなければならない。

**a だけ取得することができる(ただし、b を取得できず、学生がプロジェクトを導けない場合に限る)。

USC Roski School of Fine Arts, Minor in 2-D Art for Games

科目番号	科目名	必修	選択	修了要件
REQUIRED LOWER DIVISION COURSES				13
CSCI 281	Pipelines for Games and Interactives	3		
FA 106	Sculpture I	4		
FA 214	3-D/Actual and Virtual	4		
ITP 215x	3-D Modeling, Animation, Compositing and Special Effects	2		
REQUIRED UPPER DIVISION COURSES				11-14
FA 436	Art and Technology	4		
CTIN 488	Game Design Workshop, or	4		
CSCI 486	Serious Games Development	3		
CTIN 491aL	Advanced Game Project, or	4		
CSCI 491abL	Final Game Project	4-2		
ELECTIVES (以下から 4 単位選択)				4
CSCI 180	Survey of Digital Games and Their Technologies		3	
CSCI 486*	Serious Games Development		3	
CTAN 330	Animation Fundamentals		2	
CTAN 451	History of Animation		2	
CTAN 452	Introduction to 3-D Computer Animation		2, max 4	
CTIN 483	Programming for Interactivity		4	
CTIN 488*	Game Design Workshop		4	
CTIN 489	Intermediate Game Design Workshop		2	
CTIN 491bL	Advanced Game Project		2	
FA 150	Visual Culture and Literacy I		4	
FA 210	Introduction to Digital Photography		4	
FA 215	Introduction to Digital Video and Interactivity		4	
FA 330	Ideas in Intermedia		4	
FA 350	Art Theory and Criticism		4	
ITP 280	Video Game Production		4	
				28

* upper-division の修了要件を満たせない場合、選択科目を取得することができる。

参考文献：

- [1] 経済産業省： “ゲーム産業戦略～ゲーム産業の発展と未来像～”，
<http://www.meti.go.jp/press/20060824005/game-houkokusho-set.pdf>, (2006)
- [2] 日経 BP： “特集「脳トレ」経済は大学も潤す”，「日経ビジネス」2007年12月17日号， p.36, (2007)
- [3] Carnegie Mellon University – Entertainment Technology Center： “Cooperative Educational Program”，
<http://www.etc.cmu.edu/collaborators/coop.html>
- [4] Brandon Boyer： “SMU's Guildhall Joins PC Gaming Alliance”，
http://www.gamecareerguide.com/news/17809/smus_guildhall_joins_pc_gaming_.php ,
(2008)
- [5] 青木昌彦・原山優子： “はしがき” 原山優子『産学連携』, p.iv, 東洋経済新報社,
(2003)
- [6] IGDA Game Education SIG： “USC Program”， IGDA Curriculum Framework
—The Study of Games and Game Development ver.3.2bata, p.39,
<http://www.igda.org/wiki/images/e/ee/Igda2008cf.pdf>, (2008)
- [7] Tracy Fullerton： “Play-centric Games Education”， p.7,
<http://interactive.usc.edu/research/games/files/Play-centricGamesEducation.pdf>,
(2005)
- [8] Susan Carpenter *et al.*： “At work at play stations”， Los Angeles Times,
<http://www.calendarlive.com/printedition/calendar/calwknd/cl-wk-university24nov24,0,5404304.story>, (2005)
- [9] 前掲 Tracy Fullerton (2005) pp.12-13
- [10] Michael Zyda *et al.*： “Operating A Computer Science Game Degree Program”，
<http://gamepipe.usc.edu/pubs/ZydaCruisePaper2008-V5.pdf>, (2008)
- [11] University of Southern California – Viterbi School of Engineering： “About Gamepipe Labs”， <http://gamepipe.usc.edu/about.html>
- Michael Zyda： “Educating the Next Generation of Game Developers” IEEE Computer, pp.30-34, (2006)
- [12] University of Southern California – Viterbi School of Engineering： “Viterbi Game Day Builds USC Stature as National Center for Interactive Arts: A blue-chip line-up of industry representatives looks in on a sparkling multischool program”， <http://viterbi.usc.edu/news/news/2007/fall-semester-game.htm>,
(2007)
- [13] 2007年1月16日、Colleen W. McCreary氏へのインタビュー調査
- [14] 2008年2月28日、Devin Rosen氏へのインタビュー調査

- [15] 2008年2月28日、Scott S. Fisher氏へのインタビュー調査
- [16] Michael Gibbons (小林信一監訳) : “現代社会と知の創造—モード論とは何か”, 丸善, (1997)
- [17] 今田哲 : “産学連携と利益相反” 玉井克哉・宮田由紀夫『日本の産学連携』 p.161, 玉川大学出版部, (2007)
- [18] 宮田由起夫 : “産学連携の問題点” 宮田由起夫『アメリカの産学連携』 pp.145-159, 東洋経済新報社, (2002)
- [19] 前掲 今田 (2007) p.162
宮田由起夫 : “アメリカの産学連携” 日本高等教育学会『連携する大学』(高等教育研究第9集), p.31, 玉川大学出版部, (2006)
- [20] 原山優子 : “産学連携の進化” 日本高等教育学会『連携する大学』(高等教育研究第9集), p.18, 玉川大学出版部, (2006)
- [21] University of Southern California – School of Cinematic Arts : “School of Cinematic Arts Intellectual Property/Copyright Policy”,
<http://www-cntv.usc.edu/assets/014/6576.pdf>

9. MOD及びオープンコミュニティについて調査

(IGDA 日本 新 清士)

9.1 北米のMOD及びオープンコミュニティについて調査と分析

9.1.1 はじめに

日本のゲーム開発の開発力が、相対的に北米の開発力に比較して劣り始めているという認識が日本の開発者に広がりつつある。日本のゲームにおいて、1990年代に見られたような技術を通じて、世界的にゲームコンテンツの最先端を引っ張るという状況が、起きなくなってきた。

その大きな要因は、世界的にゲーム開発におけるイノベーションの速度が加速化していることが大きい。特に、2000年代に入って、ゲームデザインの方法論、複雑化するゲーム開発の手法をツールを通じて統合する方法論の発達が北米の技術を中心に引き起こされた。

そのイノベーションを牽引する上で重要な役割を果たしたのが、「Mod 戦略」と呼ばれるユーザー自体をゲーム開発のイノベーションの戦略の中に組み込んでしまう戦略である。この戦略が一般化したことによって、北米では多くのゲーム会社に所属していない趣味でゲーム開発を行うアマチュアのゲーム開発者を生み出した。そのユーザーが作り出したコンテンツの中から、様々なイノベーションが生まれ、また、多数の人材も輩出している。それが現在の北米ゲーム産業の層を作りだし、強力な産業を発達させる大きな要因となっている。

このレポートでは、日本のゲーム産業では一般的ではない「Mod 戦略」がどのような形で展開され、産業の競争力にどのような影響を与えたのかを検討する。また、最新のMod 戦略を展開する企業の戦略を見ることで、今後のゲーム産業に与える影響を検討する。

9.1.2 Modの意味

Mod とは、Modify（改変する、修正する）の略語であり、ゲーム会社がユーザーに対

して自社の開発環境を公開することによって、ユーザーによる自由な改変と、そのデータの公開を認める手法である。ユーザーが自由に開発をすることができる環境を提供していることから「ツールキット戦略」とも呼ばれる。2003年の段階で、94タイトルのうち35%がMod環境を提供している。[1]

公開される情報は、ゲーム自体のソースコード、グラフィックデータ、マップを作成するレベルデザインツール、統合されたオーサリングツール、開発ドキュメント等ゲームにより様々だ。ゲーム購入時にバンドルされて、自動的にインストールされるものや、開発会社のホームページに開発キットとして公開されたものをダウンロードして使用することが多い。Mod環境は、データの改変の容易さからパソコン用のゲームで行われるのが一般的だ。

また、ほとんどの場合が、作成したデータには契約にあたるレギュレーションが設定されており、商用利用を基本的に禁じている。商用利用を行う場合には、そのゲームの環境自体をライセンス購入する必要がある。

提供されているMod環境は、ゲーム会社が特定のゲームを開発を行った際に使ったものと、まったく同じ水準の環境が提供されるのが一般的だ。そのため、ユーザーは、ゲーム会社に所属することなく、ゲームを購入すれば、ゲーム開発の開発環境を自宅のパソコン上に構築することができる。ユーザーは、自分が生み出すデータをインターネット上にアップして、他のユーザーとの共有を行っている。

9.1.3 Mod戦略を展開するメリット

欧米のゲーム会社は、なぜMod戦略を展開するのであろうか。経験的にわかっているメリットは、いくつかの点にまとめることができる。

- インターネット上に特定のゲームのユーザーコミュニティを作るため。
- ユーザーによる追加要素の開発を通じて、タイトルの製品寿命を長期化するため。
- ゲームエンジンのライセンス販売の宣伝とするため。
- コミュニティを通じて有能な人材を確保するため。

オンラインマルチプレイヤーゲームのプレイされている状況では、Modの数とインターネット上で遊ばれているゲームとの連動性があることが確かめられている。[2]

ユーザーコミュニティの形成にも一定のパターンが存在することが知られている。ユーザーは提供されている環境を通じてエコシステム（循環システム）を形成するGDC2001の基調講演でMaxisのウィル・ライト氏が「The Sims」のケースで具体的な

数値を含めて提示した有名なピラミッドモデルがよく知られている。

このゲームは開発チームが小さかったために、タイトルのリリース時には、ゲーム内のコンテンツデータがあまり多く準備できなかった。そのために、意図的に Mod 環境を提供し、ユーザーに様々なコンテンツを開発してもらおうというスタンスを取った。

「The Sims」は、生活環境シミュレータともいべきタイプのゲームで、ゲーム内に登場する家族のキャラクター（アバター）から、家に存在する家具や、家そのものをユーザーが開発することができる。また、技術情報も公開しており、一部のユーザーがそれらのデータを作成するためのツールを作成して公開している、また、ゲーム内のシーンをスクリーンショットで保存する機能があり、ユーザーはゲームの展開を物語風にまとめアップロードすることができる。

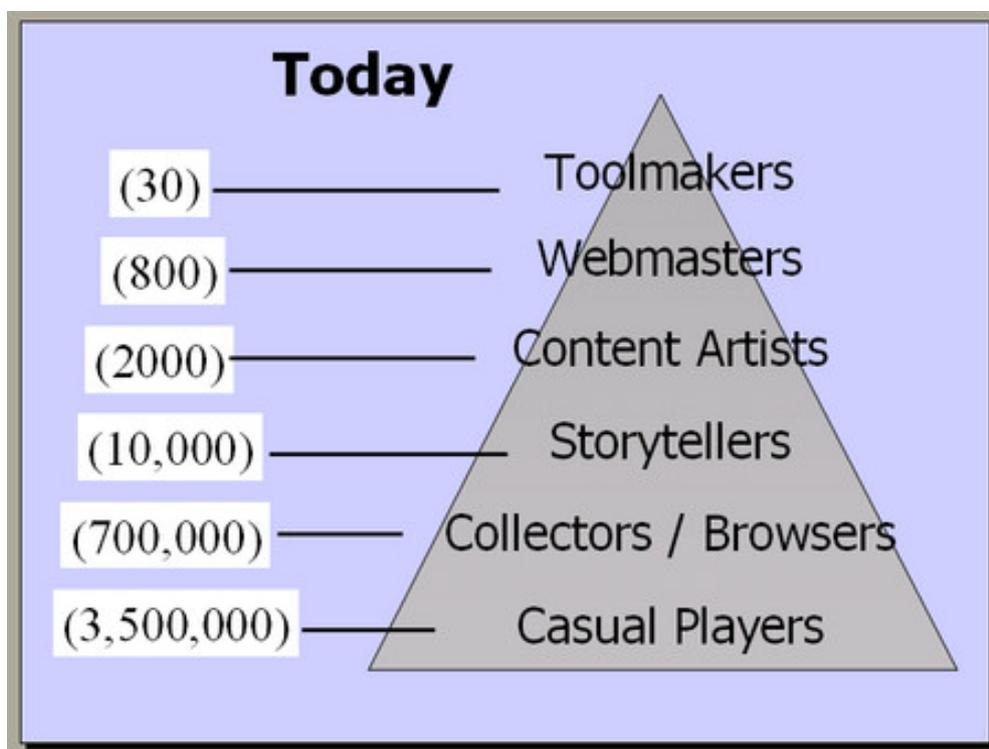


図 9.1-01 ウィル・ライト氏のピラミッドモデル[3]

ウィル・ライトの指摘するものでは、技術情報から、ツールを生み出すプログラマー（Toolmakers）がやはり一番数が少なく、しかし、ツールが作られるとそれを利用してコンテンツを生み出すユーザー（Content Artists）や、ゲームについての Web での情報サイトを作り始めるユーザー（Webmasters）が現れる。また、スクリーンショット機能を使って、自分のゲームプレイを通じて物語を作成するユーザー（Storytellers）が現れたりする。そしてそれらのコンテンツを集めるユーザー（Collectors/Browsers）が登場するようになり、最終的には一般ユーザー（Casual Players）の募集を増やすきっかけを

生みだしてゲーム自体の大ヒットを引き起こしていく。

上位のレイヤーの Mod 開発者が増えれば増えるほど、結果的に他のコンテンツを開発するユーザーに波及し、最終的には一般のユーザーの拡大を引き起こすというモデルである。

事実、「The Sims」は、発売後 3 年あまり北米の PC ゲームのチャートを独占する状態となり、300 万本以上を売り上げ、追加でリリースされたデータパックなども含めると 1000 万本を越える大ヒット商品になっている。

この議論は、2006 年にゲームデザイナーのラフ・コスター氏により、2006 年にさらに一般化が成される試みが行われている。[4]

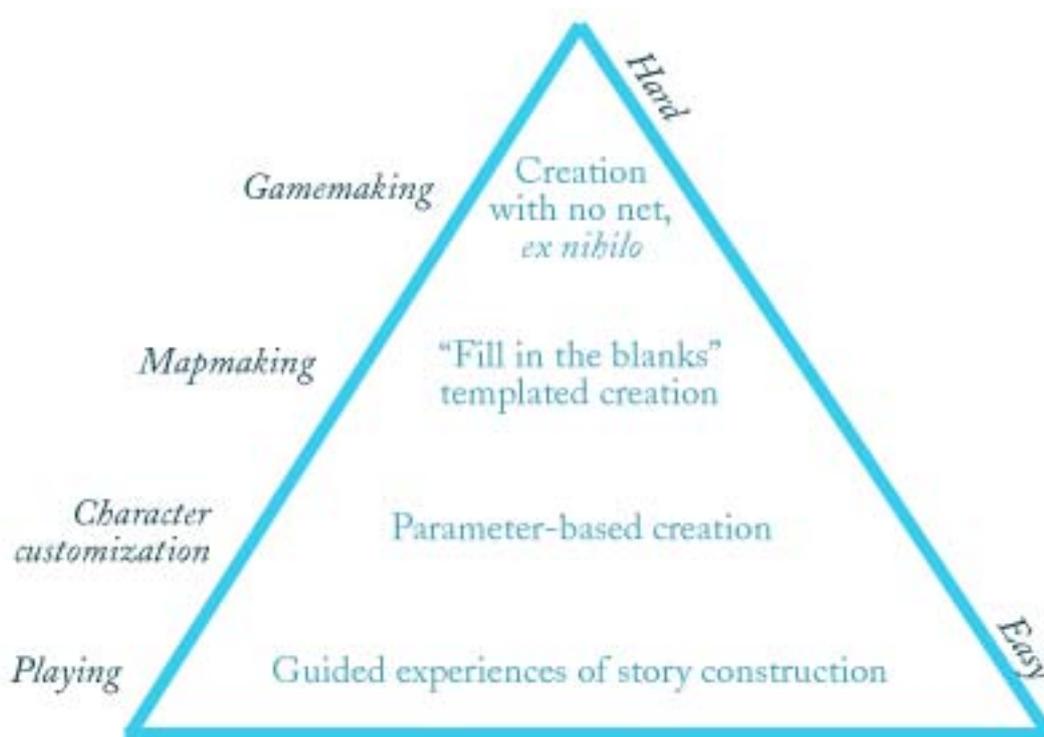


図 9.1-02 ラフ・コスター氏のピラミッドモデル

提供されている環境から、プログラム言語などを通じてゲームを開発する「ゲームメイキング (Gamemaking)」、付属する開発ツールを通じてマップなどを作るという決められたテンプレートを変更する形で開発する「マップメイキング (Mapmaking)」、ゲーム内のパラメーターを変更したりすることでキャラクターなどを作る「キャラクターカスタマイゼーション (Character customization)」、ストーリーを楽しんだりする「プレイイ

ング (Playing)」。

当然、開発する上での難易度が低いものほど、多くのユーザーにとって開発が可能なもので人数が多く、難易度が高いものほど開発できるユーザー数には限界がある。

ゲームはもちろんプログラムによって動くものである以上、根本的には、プログラム環境があれば開発することができるが、どのようなデータ構造にまとめ、コンテンツを作成するのかというものには、それぞれのゲームごとに違いが生まれる。しかし、一方でユーザーが扱うことができる Mod 環境をツールセットとして、提供することによって、ユーザーが関与できる領域は広がり、またユーザーが作成できるコンテンツの種類や量が決まってくる다고考えてもいいだろう。

9.1.4 Modの歴史

Mod 戦略の始まりは、1993 年に FPS (一人称シューティングゲーム) として登場した「Doom」(id software) のソースコードの公開にある。当時、同社のメインプログラマーのジョン・カーマック氏がパソコン通信上のコミュニティで公開を約束していたため、リリース後に実際に公開が行われた。そこから、Mod コミュニティの形成が開始される。

提供されたソースコードを分析することで、ユーザーによって様々な改造が施されるようになり、マップ作成ツール (レベルエディター) やそれを使った多様なマップの作成、キャラクターデータの置き換え、ゲームバランスの変更といったことが行われている。ユーザーは、商用利用をしないという条件において、作成したコンテンツのインターネット上での公開や配布が認められた。

94 年に発売された「DoomII」(id Software)では、4 人までの LAN 対戦が可能になった。当時は、ネットワークで対戦を行うためのノウハウは、まだ十分に確立されていない時代で、後に公開になったソースコードはユーザーによって検証が行われ、より優れたネットワークの対戦プログラムに書き換えられるケースが出ている。ユーザーによるイノベーションが実際に大きく成功した例でもある。

id software は、その後のタイトルでも、Mod 環境の提供を商用利用を禁止するといった条件で行い続けている。初期段階ではファンサービスの一環として考えていたが、公開したことによって、そこから派生するメリットが理解されるようになってきた。

最初に理解されたのは、製品寿命の長期化である。ユーザーが作り出す追加コンテンツは、そもそもの製品自体を越えて、様々な派生コンテンツを生み出し、長い期間遊ばれることになる。

次に、id software は、ゲームの統合環境であるゲームエンジンを他社に販売するビジネスモデルを構築も行い、現在のミドルウェアビジネスの原型を形成した。Mod の環境と同じ環境であるが、他のゲーム開発会社はゲームエンジンを購入することによって、ま

まったく別のコンテンツを開発することができる。ライセンス料は当時 1 億円といわれた高価な価格だったが、Mod を開発するユーザーによるコミュニティの形成は、ライセンスビジネスを進める上で、特にプロモーションとしては有効なことがわかってきた。さらに、Mod コミュニティで活躍する人材が、企業にとっては即戦力として有効活用できるために、教育コストを事実上アウトソーシングしているのと同様な効果を得られることが知られるようになった。

9.1.5 「カウンターストライク」の大成功

Mod 戦略の有効性が実例として知られ、各社が意識してその戦略を推し進めるようになったのが、Valve Software の「カウンターストライク」が生み出した大きな成功例の登場である。同社は、マイクロソフトのスパインアウト組が創設したベンチャー企業で、98 年にリリースした「ハーフライフ」によって大きな成功を収めた企業である。このタイトルはゲームエンジンの「Quake 2」エンジンのライセンス購入し、独自改良が行われている。

Valve は、ゲームのリリース直後から積極的に Mod コミュニティが形成できるようにかなり力を注いだ。開発ドキュメントの整備や Mod 開発者向けのコミュニティサイトの構築を積極的に行い、Mod 開発者の多くが「ハーフライフ」向けに開発を行うように促す戦略を取った。

また、Mod コミュニティからの開発者も積極的に雇用を進めた。

「Quake」用に「Team Fortress」を開発したオーストラリアのロビン・ウォーカー氏を雇用している。この Mod は、ユーザーが対戦時に決められた職種の中から選択するという「クラス制」の概念を生み出した Mod で、当時商用化が検討されたが、ユーザーが開発したものを商用化する難しさから、実際には単独での製品化が断念された。その段階で、Valve から声がかかり就職をするということが行われている。そして、ハーフライフエンジン用に、このゲームを移植し「Team Fortress Classic」というタイトルで追加コンテンツとして無償で公開された。

また、ウォーカーによると 100 名あまりの同社社員のうち、Mod コミュニティからの出身者は数が多すぎてわからないと述べている。[5]

「ハーフライフ」は、多数のユーザーが積極的に参加することで、Mod 環境として大きな成功を収める。特に Mod 戦略の重要性がゲーム残業全体に強く認知されるようになるのは、「カウンターストライク」が誕生し、社会現象とも言うべき大成功をしたことによってである。

「カウンターストライク」は、Mod コミュニティに所属していた数人のユーザーによ

って開発が行われた。99年6月に最初のバージョンであるβ1がリリースされた。「ハーフライフ」さえ所有していれば、インターネット上からダウンロードすることで、容易に追加することができる。

「ハーフライフ」は元々、SF的な設定のゲームであり、オンライン対戦機能も、個人がバトルロイヤル的に撃ち合いをするおまけ的な環境しか付属していなかった。それをユーザーはテロリスト対特殊部隊のチームに分かれた対戦ゲームというシチュエーションにし、実社会に存在している武器を使用しているというものに作り替えた。最初の公開から、高い人気を集め、インターネット上で実際にプレイしたユーザーの様々なフィードバックを受けながら、ゲームはバージョンアップを繰り返し、クオリティの高いものに洗練されていった。2000年には、Valveに正式に開発していたユーザーから権利を取得し、公式のソフトウェアとしてパッケージ版の販売に踏み切っている。

その後も人気は続き、バージョンは段々とアップデートされている。Modコミュニティを中心に成長した部分は大きく、コンピュータが操るAIについてもModコミュニティで開発が進められ、後に、公式なものとして採用され技術が買収されている。

チームで争うネットワーク対戦のゲームとしては、絶妙なバランスを持つゲームに発展したこともあり、一時は、プレイヤー人口は全世界で1500万人を越えるまでの高い人気を獲得した。現在までの販売累計本数は900万本にまで達している。特に、違法コピーを中心としたユーザーが中心であったが、2000年代はじめには中国でのオンラインゲーム産業の成立期に、ネットワークカフェのビジネスを立ち上げるキラータイトルとして機能している。

日本でも、2005年にナムコ（当時）が権利を取得し、ゲームセンター用に「カウンターストライク ネオ」としてグラフィックなどを差し替えたバージョンをリリースしている。また、2007年には、韓国のネクソンが「カウンターストライクオンライン」をリリースした。どちらも、ユーザーの認証の仕組みやグラフィックなどの変更が行われているが、基本的には、Modとして発展してきたバージョン1.6をベースにして開発が行われている。中核となるゲームシステムには現在も変更が行われていない。

9.1.6 「Unreal Engine」のケーススタディ

この「カウンターストライク」の大成功は、北米でのMod戦略を展開が決定的に重要なものとして理解される強く意識される要因となるものだった。

ゲームエンジンのライセンスモデル事業に後発で参入してきたEpic Gamesは、1998年にFPSの「Unreal」を発売する。id Softwareのゲームエンジンが支配的な状況で、

同社は他の企業へのライセンスビジネスを中心に据え、企業へのサポートに力を入れる。2002年に発売された「Unreal Tournament 2003 (UT2003)」のために開発された Unreal Engine 2 は、ライセンスビジネスを積極的に展開し、Xbox の登場と、PS2 やゲームキューブへの移植版を通じて、パソコン系のテクノロジーがコンシューマ機に本格的に展開されるきっかけを生み出し、欧米の企業が 2000 年台の大きな成長を引き起こす技術的なバックボーンと、開発会社での技術の標準化を引き起こす要因としても機能している。

同時に、同社は Mod コミュニティの成立にも力を注いでいる。「UT2003」および、2004年に発売された「Unreal Tournament 2004 (UT2004)」では、ゲーム自体に Mod 環境がバンドルしてあり、ゲームをパソコンにインストールすると、3D グラフィックツールの Maya をベースに独自に改良された自動的に Mod 環境もインストールされるようになっていた。ゲーム内で実際に使用されているデータをほとんど見ることができるといふユーザーにとっては非常にリッチな環境が、提供されていた。

UT2004 の発売時には、限定版には、インターネット上でチュートリアルビデオなどの販売や教育を行っている 3DBuzz が作成した、一般のユーザー向けに Mod 環境の基本的な操作を教えるチュートリアルビデオを 10 時間あまり収録した DVD がバンドルされた。後に、このビデオはインターネット上でも公開され、レベルエディターの使い方、スクリプトを使った武器といったものの変更の方法、キャラクターのモデリングやアニメーションデータ等のゲームへの統合といったツールを使う上での基本的な手法を解説している。950 ページを越える総合的な解説書「Masterring Unreal Technology The Art of Level Design」など、関連書籍も何点も発売された。

また、2003 年から 2003 年にかけて、ビデオチップメーカーの nVIDIA と提携して、「The NVIDIA \$1,000,000 Making Something Unreal Contest」というコンテストが行われている。これは Mod の開発者に様々な部門を用意して、何を作ることができるかをコンペ方式で競わせるものだ。100 万ドルという賞金総額の高さはさることながら、同時に、大手メーカーがそれだけ費用をかける価値があると判断されるほど Mod がその時期には盛り上がっていたことを意味している。

この賞では、スタート時には、どのような部門賞を設立するのかが明らかにされなかった。Mod 環境で開発できるものには幅があり、ユーザーに募集をしてみて、どのようなものが投稿されるのかを事前に予想することが難しかったからだ。最終的には、11 の部門賞が用意されたが、これ自体が Mod の環境を通じて、ユーザーが様々なデータを開発したことを示唆している。

- Best first-person shooter (オリジナルの FPS のタイトル)

- Best non-FPS (オリジナルの FPS でないタイトル)
- Best Level (オリジナルのデータを利用して開発されたマップ)
- Best Level with Original Contest (オリジナルのテクスチャーやモデルなどを使って開発されたマップ)
- Best Mutator (オリジナルな武器といった、パラメータなどの変更を通じて部分的な改造を行ったもの)
- Best Model (キャラクターモデル)
- Best Voice Pack (音声データを変更して完成度の高いもの)
- Best Vehicle (オリジナルの新しいゲーム内の乗り物)
- Best Tool (Mod 環境に追加される、オリジナルのツール)
- Best Game Type (ゲームデザインとして新しいもの)
- Best Use of Karma Physics (物理動作を上手く利用して開発されているもの)

最終的に、大賞を受賞した第 2 次世界大戦をテーマにした「Red Orchestra」の開発チームは、賞受賞をきっかけに Tripwire Interactive として起業し、2006 年に「Red Orchestra: Ostfront 41-45」として製品化されている。

このコンペが目標としていたのは、新しい人材を生み出す起爆剤となることだった。北米のゲームマスコミでもたびたび話題になり、多くのホビー開発者を生み出したものと考えられる。ほぼ時期を同じくして北米のゲーム産業の規模が急成長をしており、Unreal Engine 2 を使って開発されたタイトルも多数ヒットしたことから、ゲーム産業の即戦力となる人材の育成にも大きく役立ったものと思われる。

Epic は、2007 年に「Unreal Tournament 3 (UT3)」をリリースした。これにあわせて、2008 年 6 月から「\$1 Million Intel Make Something Unreal Contest」を行うと発表をした。[6]募集は 2008 年内続けられ、最終的な賞は 2009 年に発表される。

「UT3」は、欧米の企業だけではなく、日本でもスクウェア・エニックスなどの企業で採用されている最新のゲームエンジン環境の Unreal Engine 3 を使って開発がされている。ゲームインストール時に、Mod 環境がインストールされ、また、限定版には、10 数時間に及ぶチュートリアルビデオが収録された DVD ビデオが、付属している。

また、パソコン版以外に、プレイステーション 3 (PS3) 版もリリースされ、パソコン版で作成した Mod データを USB メモリを経由して、PS3 に持ち込むことができ、動作させることができる。このタイトルは、コンシューマ機に本格的に導入された、はじめての Mod 環境を提供したゲームということになる。

今回のコンテストでは、部門数が 21 部門に大幅に増えている。「UT3」の開発環境で可能な多様なコンテンツに評価を与えようという意図が見える。

- Best Mutator
- Best New Game Type
- Best Tool
- Best New Weapon
- Best New Character/Customization Pack
- Best CTF Level (「キャプチャー・ザ・フラッグ」ルールでのベストマップ)
- Best Warfare Level (「ウォーフフェア」ルールでのベストマップ)
- Best vCTF Level (「ビークル キャプチャー・ザ・フラッグ」ルールでのベストマップ)
- Best Deathmatch Level (「デスマッチ」ルールでのベストマップ)
- Best Use of Physics (物理計算を利用した効果的なコンテンツ)
- Best New Vehicle
- Best Game Mod
- Best Machinima (ゲームエンジンを利用して作成するオリジナルムービー)
- Best Graphics in Map (マップ内でのグラフィックスが優れているもの)
- Best New Weapon Set
- Best FPS Game Mod
- Best Non-FPS Game Mod
- Best Level for Game Mod
- Best Art for a Game Mod (ゲームとして、優れたアートを提供しているもの)
- Best New Vehicle Set
- Educational Category (教育部門)

また、リリース文のなかで、「Epic Games の開発チームで働いている半分近くが Mod 開発者 (mod-maker) だった」と明らかにし、また、Epic Games の人材募集ページにリンクが行われており、より直接的にこのコンテストが、人材の獲得が目標であることを示唆している。

また、注目すべきは、教育部門が新たに創設されている点である。UT2004 は、シリアスゲーム分野での研究に利用されたケースもでている。2005 年に行われたカーネギーメロン大学の「Hazmat Hotzone」である。[7]このプロジェクトでは、災害救助のためのシミュレーション環境を UT2004 用の Mod としてニューヨーク消防局の協力の下、開発が行われている。Mod であれば、3D の基礎となるゲームエンジンの環境を安価に構築できるため、教育分野での応用例が出てきている。

このプロジェクトの学生は、卒業後、災害シミュレーションを開発するベンチャー企

業を設立しており、単なるゲームだけの領域に Mod がとどまらない例といえる。

これらのケースから、優秀な人材を確保するために、Mod 戦略を展開することの優位性を伺うことができる。

9.1.7 マイクロソフトの「XNA Game Studio Express」戦略など

マイクロソフトは、Xbox360 を展開する上で、自作ゲーム開発者向けの統合開発環境として「XNA Game Studio Express」を展開している。[8]これは、究極の Mod 戦略ともいべきもので、これまではゲームのそれぞれの環境に依存しており、自ずと限界があったその枠組みを壊すものである。これは、ゲーム会社でなければなかなかアプローチできなかったコンシューマ機の開発環境自体を、多くのユーザーに提供して、ユーザー・イノベーションを引き起こそうという事例だ。

「XNA creators club」に所属していれば、年間 99 ドルを支払うことで、プログラム環境である「XNA Game Studio Express」で開発したゲームを Xbox360 上でリリースすることができる。開発できるゲームは、アクションゲーム、リアルタイムストラテジーなど多岐に渡る。

また、昨年話題になった「セカンドライフ」も、ユーザー・イノベーションを前提としたシステムであると考えてもいいだろう。開発したリンデンラボは、ユーザーがコンテンツを開発できるサーバ環境を提供し、ユーザーに提供している。ツール環境だけを提供し、ユーザー・イノベーションによって、仮想空間の価値を増す戦略である。

9.1.8 Mod戦略が生み出す今後

この Mod 戦略を「ツールセット戦略」という呼び方で一般的なイノベーションを引き起こす際にも使える戦略として議論を行っている研究者もいる。マサチューセッツ大学のエリック・フォン・ヒッペル教授である。ヒッペルは『民主化するイノベーション時代』（原題を直訳すると「イノベーションの民主化」）[9]の中で、ユーザーを巻き込んだイノベーションの有効性について論じている。

ヒッペルは、イノベーションプロセス全体についての議論を行っているため Mod 戦略についてのみの議論を行っているのではないが、なぜ Mod 戦略が有効であるのか、また、この戦略を展開する優位性が存在するのかを示唆する多くの知見を得ることができる。そのため、ヒッペルの議論を詳しく紹介する。

「イノベーションの民主化」とは何か。筆者はそれを製品やサービスの作り手であるメーカー（製造業者）ではなく、受け手であるユーザー自身の、イノベーションを起こす能力と環境が向上している状態と定義する。ここでのユーザーとは、個人か企業かを問わない。

ユーザー中心のイノベーション・プロセスは、何百年も経済活動の中心だったメーカー主体のイノベーション・システムに対して、大きな優位性を持っている。イノベーションを起こせるユーザーは、メーカーに「代理人」（しかも、それは不完全な代理人であることが多い）として行動してもらわなくても、自分の望むものを正確につくることができ、しかも、個々のユーザーはすべてを独力で開発する必要がなく、他人が開発したものをお互いに共有し合い、自由に使うことができる。

イノベーションの民主化へと向かう傾向は、ソフトウェアのような情報製品（無形製品）の場合ばかりではなく、有形製品（コンピュータ・ハードウェアのような物理的実態を伴った製品）の場合にもあてはまる。(P.14)

ヒッペルは、ユーザーによりイノベーションが起こされた例として、Linux といったオープンソース、図書館管理用ソフトウェア、ウィンド・サーフィン、モトクロスバイク等様々なものを例示している。その一つとして、Mod 戦略を紹介している。

ヒッペルの議論で着目するべき点は、イノベーションを引き起こしているユーザーは、リード・ユーザーと呼ばれる「重要な市場動向の最先端に位置する」ユーザーであるという点だ。

リード・ユーザーとは、①重要な市場動向に関して大多数のユーザーに先行し、②自らのニーズを充足させる解決策（ソリューション）から、相対的に高い効用を得る存在である。ユーザーによるイノベーションが、リード・ユーザーに引き起こされている確率はきわめて高く、そのイノベーションによる影響も極めて大きい。(P.18)

その上で、リード・ユーザーが引き起こすイノベーションが企業にとっても魅力的であり、実際に製品化するアイデアとして採用されたことを論じている。

また、Mod 戦略でもそうだが、ユーザーが時間コストをかけて開発したイノベーションによって、大半のものは契約で縛られており、商用化できない。では、なぜ多くのユーザーは、イノベーション自体から利益を得ることができないのに開発をするのかという点が疑問点となる。

ヒッペルは、ユーザーのニーズは非常にばらつきがあり、また、カスタムで開発する

コストがかかりすぎるため、そのアプローチは実施されにくいこと、また個人のユーザーの場合は、「イノベーションのプロセスを楽しむこと」(P.20)が、重要な要素となっているとしている。「イノベーションそのものの喜びや、イノベーションを通じた学びがあるからこそ、イノベーションのプロセスに価値を置く」(P.22)とも論じている。

また、ユーザーとメーカーが起こすイノベーションの違いについても論じている。

ユーザーは、機能面での新しさを持ったイノベーションを起こす傾向がある。
(略) 一方、メーカー側が起こすイノベーションは、すでによく知られたニーズへの改良や、開発のためのソリューション情報に関する豊富な理解を必要とするものであることが多い(P.23)

ユーザーがイノベーションを引き起こせる環境を提供したならば、ユーザーは企業が開発するものとは異質なものを開発する可能性があるという指摘がなされている。

これらのユーザー・イノベーションを戦略的に巻き込むことを前提として、企業ができる戦略には、以下の3つがあると論じている。

- ① ユーザーによるイノベーションを製品化して一般販売するか、特定ユーザーのためにカスタム生産を行う。
- ② 製品設計用のツールキットや、ユーザーによるイノベーション関連作業を容易にする「製品プラットフォーム」を販売する。
- ③ ユーザーによるイノベーションを補完する製品またはサービスを販売する
(P.31)

イノベーション・プロセスは、コンピュータ等の低価格化、インターネットなどの登場により、開発コスト自体は、特にソフトウェアの分野では劇的に下がっている。それがイノベーションを分散化させる傾向を生み出しており、さらにユーザーがイノベーションを引き起こす余地が起きている。そのため、そのプロセスをよく理解している企業は、「製品開発プロジェクトをソリューション情報の具現化に特化したサブタスクと、ニーズ情報の具体化に特化したサブタスクに分割する。そして、ニーズの具現化に特化したサブタスクは、効率的な作業を支援するツールキットとともにユーザーに割り当てられる。こうして、粘着性の高い情報と問題解決活動を同一空間（特定のツールキットで提供されるソリューション空間）内に共存させることにより、そこで実現するイノベーションがユーザーにとって低価格化する」(P.33)。そして、「このアプローチはユーザーをツールキットに引きつけ、その開発物と開発方法に影響を及ぼすことになる」(P.33)

Mod 戦略を通じて欧米のゲーム産業に起きているのは、まさにこの状態であり、多くのユーザーを引きつけ、実際にユーザー主導でイノベーションが起きているといえる。

9.1.9 Mod戦略の今後

ヒッペルの議論を紹介しながら、今後の将来像を考える。この Mod 戦略のアプローチが一般化した企業が直面することになる変化をヒッペルは指摘している。

ユーザー・イノベーションの支援と連携にツールキットのアプローチを採用したメーカーは、自社のビジネスモデルの大きな変化にまず直面し、その後に産業構造の重要な変化が起こる場合が多い。(中略) ツールキットが展開された分野を観察すると、顧客は、伝統的なメーカー中心の開発方式よりも、ツールキットの支援を得て自社のカスタム製品を設計することを好む傾向があることがわかる。結果として、ツールキットの展開に適している分野のメーカーにとっての唯一の現実的な先着は、ツールキットへの移行に先行するか、後追いつくかのいずれかということになる。(P.34)

今、ゲーム産業の全体に起きているのはこのプロセス自体だと考えてもいいだろうと思われる。マイクロソフトの「XNA Game Studio Express」の戦略は、ネット流通を使いながら、ゲーム産業の収益構造が大きく変化しようとしている前触れと考えることができる。

PC 用のタイトルと違い、現在のコンシューマ機は、クローズドなシステムであり、ユーザーが自由にデータを変えられる余地は制限されている。しかし、既存のパッケージメディアを主体とした収益構造が、現状のまま維持されるとは考えにくく、中長期的には、ユーザーのイノベーションはより、直接的に産業に影響を与える中心へと変化していく可能性が高い。

そのため、Mod 戦略を取る欧米企業は、今後のゲーム産業の産業構造の変化に、戦略的に対応するための動きをしているとも見ることができるのである。

Mod 戦略を通じて生まれたイノベーションは、非常に多種多様で、特にオンラインゲームなどに大きな影響を与えたものの、何がユーザー・イノベーションであったのかを特定して分類することは難しく、その評価は容易ではない。しかし、大きな影響を与えてきたことは間違いなく、その影響は今後も続くだろうと思われる。

予期できないイノベーションが引き起こされることで、これまでと違う質的な転換が発生する。しかし、その評価が難しい質的な転換こそが、収益を生み出す厳選となるものであり、欧米企業がすでに積み重ねてきている実績から学ぶことは非常に多い。

[1] LB Jeppesen, M Molin, "Consumers as Co-developers: Learning and Innovation Outside the Firm"

[2] Reina Y. Arakji and Karl R. Lang, "Digital Consumer Networks and Producer-

Consumer Collaboration: Innovation and Product Development in the Digital Entertainment Industry”, 2007

[3] GDC2001 のウィル・ライトの講演で使われた Powerpoint スライドより。公開は 2003 年に行われ、数値は 2003 年のものに更新されている。

[4] Raph Koster's Website User created content

<http://www.raphkoster.com/2006/06/20/user-created-content/>

[5] 2005 年に日本に DICE2005 のために来日時発言

[6] <http://www.makesomethingunreal.com/>

[7] http://www.etc.cmu.edu/projects/hazmat_2005/

[8] <http://msdn2.microsoft.com/en-us/xna/default.aspx>

[9] エリック・フォン・ヒッペル『民主化するイノベーションの時代』（サイコム・インターナショナル）,2005 年

9.2 日本の MOD ライク及びオープンコミュニティ的動向調査と分析

日本で Mod 戦略を用いたことで大きく成功したケースは、事実上存在していないと考えても間違っていないだろう。要因は、コンシューマ機中心でゲーム産業の形成が行われていたためと、相対的に PC ゲーム市場の規模があまりに小さすぎた点に大きな原因がある。

9.2.1 アマチュアのゲーム開発者の減少がもたらした弱さ

欧米市場の Mod 開発者は、アマチュアのゲーム開発者として考えることができる。

アマチュアのゲーム開発者であれば、日本にも存在してないわけではなかった。特に 80 年代から 90 年代はじめまでの国産パソコンを中心に層が形成されていた。特に 1982 年～2003 年まで発売されていた「マイコン BASIC マガジン」（電場新聞社）では、読者が投稿するプログラムのリストがそのまま印刷されており、アマチュア開発者はそれを見ながらプログラムを入力することで、自分のパソコンでゲームをプレイできた。インターネットが登場しておらず、また、記憶媒体の流通コストが高い時代には、それぞれのアマチュア開発者は個人で孤立しているという状況が一般的だった。

一方で、そのアマチュア開発者から、プロのゲーム開発者になっていったケースも少なくない。パソコンの雑誌媒体を中心とした情報流通は、プロへの登竜門的な意味を持っていた。

90年代に入り、PCでAT互換機が登場し、インターネット時代が来た時代に、日本のアマチュア開発者の環境は大きく変化する。一つには、日本の国産パソコンが、次々に撤退したことで、すでに形成されていたユーザーコミュニティは崩れたことだ。また、マイクロソフトが95年から提供し始めたゲーム用のライブラリ環境であったDirectXは、まだ標準的な環境とは言えず、また、ハードウェア間の性能のばらつきがユーザーには負担となり、PCゲーム市場も大きく成長することはなく、コンシューマ機に押された。

同時期に、94年にソニー・コンピュータエンタテインメントが「プレイステーション」を発売し、アマチュア開発者を多数コンシューマ機のゲーム開発者として、ゲーム産業のプロになるように促しており、それが現在までの日本のゲーム開発力の下支えとして実際に機能している。

しかし、その時期に日本のゲーム産業は大きな問題を抱え込んだとも言える。アマチュアのゲーム開発者が育つ余地がなくなってしまったのだ。当時の「プレイステーション」や「セガサターン」、「ニンテンドー64」といったハードウェアは標準化された環境ではなかったために、開発者はそれぞれに個別に契約企業にのみ公開される開発機材を使って学習する必要があった。つまり、ゲームの開発を学習するためには、ゲームを開発している企業に入らなければ事実上、不可能だったということだ。時代は、2D技術から、3D技術への移行期であり、まだ、3D技術は標準化された環境が登場していなかった。

一方で、Windows上で開発の訓練をしても、それはコンシューマ機とはあまりにも違った技術ノウハウであったために、開発者としては高く評価されるポイントではなく、実際に開発するハード向けに入社してから事実上学び直しになってしまう。そのため、アマチュアのゲーム開発者が育つための外部環境を失っている。これは、欧米企業がModを通じて、新しいイノベーションの方式を見つけていったのと、対照を成している。

そのため、日本には、コンシューマ機のソフトウェアの売り上げが1997年にピークを迎える一方で、アマチュアのゲーム開発者が事実上いなくなってしまうという時代を迎えていたと思われる。アマチュアのゲーム開発者は学生であることが多いため、結局は質の高い潜在的なゲーム開発者の層をゲーム産業は失ってしまったのである。それが現在の人材不足を引き起こしている、日本のゲーム産業の競争力低下の遠因となっているのではと考えられる。

9.2.2 Mod戦略にとって重要なツール、流通、評価

90年代後半に、欧米でMod戦略が一般化するプロセスとは反対に、コンシューマ機ではMod戦略を成立させることは難しかった。コンシューマ機の基本的な特質によるもの

である。コンシューマ機はインターネットに接続しておらず、仮に企業が「ツールセット戦略」を展開しようとしても、作成されたコンテンツの公開と流通コストが高すぎるために、事実上、ユーザーに積極的にコンテンツに開発を行わせる戦略を展開することは難しいからだ。

Mod 戦略が成功するためには、いくつかの基本的な条件が存在する。いわゆる「Web2.0」と呼ばれる戦略に近いものである。

- ツールセット配布によるコンテンツの開発コストの低コスト化
- ユーザーのコンテンツの流通コストの低さ
- コンテンツへの他のユーザーからの評価

ツールセットの配布は、ゲームにバンドルすることでコンシューマ機用のゲームでも展開することが可能だ。

一方で、コンシューマ機に取って苦手なのは、流通と評価である。

流通は、ツールで作成したコンテンツをインターネット上にアップロードし、他のユーザーに容易に閲覧できるようにするものである。また、同時にダウンロードして、持っているゲームのデータと入れ替えて遊ぶことが容易である必要がある。

評価は、収益を目的としない多くのユーザーがコンテンツを生み出すモチベーションとして重要な要素である。多くのユーザーは、コンテンツを通じて利益を得られるとは思っていない。それにも関わらず開発を行うのは、コミュニティからの評価が重要な役割を果たしている。

この 2 つが、インターネットに接続しない、パッケージモデルを前提としていたコンシューマ機には組み込むことができなかったのだ。本格的なインターネットを前提としたハードウェアは、現在の「プレイステーション 3」、「Xbox360」、「Wii」の世代まで待つ必要があった。

9.2.3 日本でのMod戦略に近い例

それでも、Mod 戦略的な試みをコンシューマ機で展開しようとしたケースが日本にもいくつかある。例えば、2005 年の「忍道 戒」(PS2、アクワイア/スパイク)である。PS2 というハードウェア的な限界のなかで、マップをユーザーが自由に作成できるツールを付属させている。

このツールは「Mission Editor 匠」と呼ばれ、ゲーム内で達成すべき目的(「任務」という名前と呼ばれる)を自由に設計できる編集ツールが付属している。このツールは非常に完成度が高く、使い勝手のよいインターフェイス設計がされている。そのため、はじめ

てこうしたツールに触る初心者でも、ゲームのルールさえ理解していれば、自由に「任務」を作ることができる。

特定の決められた敵を倒す「暗殺」や、登場するすべての敵を倒す「全滅」、敵陣の中から決められたキャラクターを連れて逃げ出す「救出」など、13種類ものゲームの「任務」を設定でき、ゲーム内の地形を自由に変形させたり、建物や植木や敵などを配置したりもできる。しかも、自分の作った設定はその場ですぐ、「忍道戒」のルールに従ってプレイして試すことができる。作り込んでいけば、ただの1ユーザーでもプロ並みのかなり完成度の高い任務を作ることができる。

しかし、弱点は、ユーザー間の流通の問題にあった。ユーザーがどんなに作り込んでも、PS2 という限界もあり、インターネットに接続して、そのデータを配布する機能は用意されていなかったため、メモリーカードに保存しておくしかない。他のユーザーには、そのメモリーカードを渡してデータを読み込めば配布をすることができたが、非常に限られた範囲でしか配布ができない。その任務の完成度を誰かから評価してもらうことはさらに難しい。創造的なユーザーを生み出せる可能性を持ちながら、十分に生かす環境にあるとは決して言えなかった。

スパイクは「忍道 戒」をリリースした後、ゲームユーザーからこのツールを使って作成した「任務」を集め、オリジナル任務130種類が収録された「忍道匠」を2006年にリリースしている。一般ユーザーが作成した「任務」であるだけに、設定のバランスが破天荒な作品もたくさん収録されている。

大量の侍が坂を上ってくる前に、山のように自分のまわりに積み上げられている爆弾を放り投げ敵を全滅させるという、とても忍者ゲームと思えない任務や、果てしなく階段だけで構成されたへんてこりんな場所での任務など、市販ゲームではあり得ないようなコンセプト的な任務が多数収録されている。一方で、「邪城滅決戦」というプロ顔負けに作り込まれた非常に美しく構成が練り込まれた城攻め任務もある。

一般からのデータ収集には苦勞した点多かったようだ。ユーザーから自作の「任務」を収録したメモリーカードを郵送してもらい、データを取り出したあと返却するといった面倒な作業を強いられた。

9.2.4 ツール環境を提供したケース

同じような、ゲーム内にツールを組み込むというケースを試しているタイトルは少なくはない。PS2用の「ガラクタ名作劇場 ラクガキ王国」(タイトー、2002年)、「ラクガキ王国 2 魔王城の戦い」(タイトー、2004年)といったタイトルには、筆のようなものを

使ってゲーム内のキャラクターを描いて、実際にアニメーションをつけて遊べる機能を持っている。メモリーカードを通じて、他のマシンに移動させることはできたが、同様に難しさを持っている。

Mod 戦略に近いことを行おうとしても、コンシューマ機用のゲームでは展開が難しかったケースは少なくない。

Mod 的なテンプレートにまとめた開発環境をリリースしているケースも存在している。

よく知られているものでは、「ツクール」シリーズ（エンターブレイン）がよく知られている。1988年にPC-88用のものとして「アドベンチャーツクール」が発売されている。スーパーファミコン、ゲームボーイ、PS、PS2など多様なハードウェアに展開されてきているが、やはり、コンシューマ機では、流通の仕組みがないに等しく、大きなユーザーコミュニティを形成するまでには至っていない。

一方で、パソコン用にも開発が続けられており、最新は2007年の「RPG ツクール VX」となっている。2Dで開発するRPG環境としては一定の評価を得ている。エンターブレインはコミュニティ機能を持たせることまで展開している。

ユーザー向けの開発情報は「ツクール Web」、ユーザーが開発したデータは「ファミ通.com」の無料ゲームコーナーに自由にアップロードできるようになっている。ソフトウェアを持っていなくとも、ダウンロードすれば独立して遊ぶことができるものの、サイトにはユーザーからの評価のシステムや自由に書き込めるようなコミュニティの仕組みが弱く、リード・ユーザーが層を形成しているように思えない点が現在の問題点である。

また、PSP用の「アドベンチャープレイヤー」（フロム・ソフトウェア、2005年）は、アドベンチャーゲームを容易に作成することができる環境が提供されていた。ただし、これも、ゲーム本体を持っていなければ他のゲームを遊ぶことができない。また、評価するためのコミュニティの仕組みが存在しないと、大きな問題点を抱えていたために、成功したとは言えない。

9.2.5 ツールの品質と産業の評価の壁

プリューゲルとフランケが行ったパソコンゲームのMod用のツールキットについて行った研究がある。ゲーム産業の100のツールキットが成功したかどうかについて研究を行っている。

そこから現れたのは、ツールキットが市場で成功するかどうかは、ツールキットの品質および業界の置かれた現状に大きく依存するというのだ。

つまり、「ツールキットの品質や利用状況との相関性が相当高いということだ。ツール

キットで可能となった試行錯誤でどれだけのことが学習できるか、設計のために提供されるソリューション・スペースがどの程度ユーザー固有の問題に適合するか、提供されるツールがどれだけユーザーフレンドリーであるか、そしてツールキットとともに提供されるモジュール化されたライブラリーがどれだけ高品質かに大きく影響を受けることがあきらかになった」[1]

過去の日本のゲーム産業でツールキット戦略がとられる場合には、ゲーム会社内で使われている環境からかなりダウンスペックした環境が提供されたケースしか今のところ存在しない。欧米企業のように、タイトルを開発したときと同じ社内環境をユーザーのパソコン上で再現できるほど踏み込んだ環境を提供したケースは存在しない。[2]

そのために、数少ないケースでも、ユーザーにツールとして提供専用、別途のツールとして開発して提供している。そのために、日本のタイトルで手に入る環境で開発されたユーザーのコンテンツは、ゲーム会社側の評価としては低く見られる傾向がある。ツールを使ってコンテンツを開発するユーザーの一つのモチベーションは、プロが作成しているものと同じレベルのものを作れるということであり、また、そのコンテンツを例示することでゲーム会社への就職を期待している点もある。

北米の学生であれば成り立つその点が、日本では成り立たない。エコシステムはユーザーの中だけで完結させるレベルの戦略しか採っておらず、実際には、エコシステムは成立していないのである。

日本のゲームの開発手法や開発情報の管理形態にも問題がある。

Mod 戦略を展開する上で避けられないのが、ゲームシステムの抽象化のプロセスである。Unreal Engine などのゲームエンジンは、開発プロセスの分業化と標準化を暗黙の前提としている。一方で日本のゲームは、前世代のハードウェアまで、各ゲーム会社のなかに標準化されたプロセスは存在せず、ツールセットなどは 1 つのプロジェクトごとにゼロから作り直すというやり方が一般的であった。

また、一般に開発に関する情報は、すべて秘密情報として分類されることが多く、社外に出してもなんのデメリットもない情報であっても、とりあえず情報を出さないということが行われる。そのため、開発の情報の流通コストが日本国内では高い。自分たちにとって何が重要な情報で、何がそうでないのかを的確に分類することができず、それが情報を過剰に隠してしまうという日本のゲーム産業のカルチャーを生み出している。そのため、ゲーム会社内のツールをユーザーに提供するという考え方にかかなり強い抵抗感がある。

それらの要因が、現世代のハードウェアによって、規模化の面、イノベーションの進展の両面で、欧米企業の後塵を拝する要因となっている。

欧米企業では、ユーザーも巻き込みながら、イノベーションが起きる速度が、加速化し

ているのであり、その速度に企業単独で挑んでいる日本の企業は大幅な遅れを引き起こしている。

9.2.6 動画サイトにより促されるMod戦略

しかし、ゲーム産業の外側に、それらの機能を補完する形で登場しているサービスが登場してきている。YouTube やニコニコ動画といった動画サイトの存在である。

動画にすることができれば、情報の流通コストは圧倒的に低くなる。また、ユーザーの書き込みによって評価を獲得することも容易に起きる。そのため、ゲーム系の動画において、ユーザーの創造性を多数見ることができている状態が起きている。

ニコニコ動画の場合、2007年4月現在、全体で90万件の動画のうち、ゲーム関係の動画は約30万件と一大分野を形成している。アニメや音楽よりも多い。もちろん、テレビ映像をそのままアップロードしているようなケースと違い、ゲーム会社にとってゲームプレー動画自体が、ゲーム自体の魅力を低下させているわけではないということから、削除の要請が少ないことが背景にあると思われる。

例えば、前述の「ラクガキ王国」の場合、ユーザーがアニメーションなどのキャラクターをツール上で再現した動画が多数アップされている。「ラクガキ王国」で検索した場合約500件が引っかかる。ツール自体の操作の使いづらさがあるにもかかわらず、ユーザーの創意工夫によって、イノベーションが引き起こされている。ただ、データそのものをパソコンなどに出力することができないために、ユーザーニーズを満たせる範囲は限定的ではある。

しかし、今後、同じようなケースは増加してくると考えてよいと思われる。動画サイトを中心に、ユーザーが作成したデータが映像などを通じて、配布され評価される。日本のゲーム産業が、積極的に取り込もうとしていないとしても、すでに他の産業からツールセット戦略に巻き込もうという動きが広がろうとしている。

そのため、ゲーム産業からのアプローチを行うには、重要なタイミングに直面していると思われる。

[1] 「民主化するイノベーションの時代」 P.207, Prugl and Franke 2005

[2] 最近リリースされた Wii 用の「大乱闘スマッシュブラザーズ X」（任天堂、2008年）では、マップの作成ツールが付属しているが、やはり、機能はかなり制限されている。

9.3 日本のゲーム業界におけるオープンコミュニティの可能性

9.3.1 はじめに

日本のゲーム産業の競争力を回復する上で、今必要なことは、アマチュアのゲーム開発者を育成することである。できるだけ多くのユーザーを巻き込んで、エコシステムを形成し、多くのユーザーがトレーニングを受ける環境の整備が緊急の課題といえる。それより、既存のゲーム企業の技術開発力を強化する可能性を作るとともに、ユーザーを巻き込んだイノベーションが起こる速度を引き上げることによって、産業の活性化を促す効果が期待できる。

しかし、日本で Mod 戦略を積極的に採用するには、ゲーム開発会社を取り巻くビジネス環境の難しさが存在している。日本で Mod 戦略の採用を増やし、そのケースを成功に導くためには、日本のゲーム産業で障害となっている点を考慮し、有効な形での受け入れを促す施策を整えていく必要がある。

このレポートでは、日本市場でのビジネス的な難しさを引き起こしている問題を検討し、その対応策と、有効な施策を検討する。

9.3.2 日本でMod戦略を展開する上での障害

Mod 戦略を通じて、新しいイノベーションを引き起こすといった、様々なメリットを欧米企業は享受している状況がありながらも、現実には日本企業での採用例は極めて限られている。特に、日本では大手企業での採用例はほとんどない。

原因として、日本のゲーム会社にとって、欧米企業と比べて大きな環境の相違があると思われる。ポイントとしては2点ある。

- ビジネスモデルの再編の必要性回避
- 日本の PC ゲーム市場の小ささ
- ユーザーの体験を完全にコントロールすることを求めがちな日本企業

(1) ビジネスモデルの再編の必要性回避

日本では、技術力の高い企業は、大手企業に集中しており、また、大手企業は、開発から出版までのすべてを自社の機能で補う垂直構造的な戦略を採っていることが、現在でも一般的だ。そのため、Mod 戦略を採用した場合、1983 年に、「ファミリーコンピュータ」がリリースされて以来、大きく変化してないパッケージ販売により収益を上げるというビジネスモデルの基本が崩れる可能性があり、その点が嫌われている。

Mod 戦略は採用した企業にとって、単なるパッケージを販売するモデルからの脱却を求めるといった、ビジネスモデル上の戦略転換を要求する。しかも、Mod 戦略を採ったことで、どの程度収益に結びつくのかが、短期的には不明瞭でもある。

一方で、欧米では、パブリッシャーとディベロッパーが明確に別れており、パブリッシャーの傘下のディベロッパーであっても、ある程度の独立性を保っている。グループ内でも競争力を維持する必要性があり、ディベロッパーは独自のブランドを確立し、独自の忠誠心の強いユーザーによるコミュニティを形成しておき、開発するタイトルを確実にヒットさせる必要がある。そのために、ディベロッパーは、Mod 戦略を積極的に採用して、多くのユーザーをつなぎ止める仕組みとして利用している面がある。

(2) 日本の PC ゲーム市場の小ささ

また、日本の PC ゲーム市場が極端に小さいことも戦略の採用を難しくしている。

欧米企業が Mod 戦略を展開するのは、基本的に PC 市場である。PC 市場はビジネスモデル的な制約もなく、開発環境となるソフトウェアを配布することも容易である。特に、PS3、Xbox360 市場のゲームは PC 用のテクノロジーを土台にして開発されることが多い。最近では、コンシューマ版をリリースした後に、時間をおいて Mod 環境を備えた PC 版をリリースするというパターンも少なくない。PC 版の移植コストは限りなく小さく、市場のゲームへの評価を十分に得た後に、Mod 環境を公開し、タイトルのブランドを維持するといったことが可能になっている。

ところが、日本のゲーム開発はコンシューマ機向けの開発を最初から展開するため、PC 版を新たに作り直さなければならない。しかし、PC 版への需要は日本市場では小さく、ヒットタイトルでも 1 万本程度と、収益はあまり期待できない。つまり、手間とコストが見合っていない。

(3) ユーザーの体験を完全にコントロールすることを求めがちな日本企業

さらに、日本企業は、伝統的にユーザーの体験をコントロールすることを好む傾向がある。日本のユーザーは受動的で与えられたゲーム体験の幅の中から出ることがなく、創造

性が低いと一般的に考えられてきた。2000 年代初頭頃まで、ゲーム開発者が日本のユーザーの特徴を述べるときには、この点がよく言及されていた。

しかし、その前提は間違いであることは、「ニコニコ動画」などの動画サイトが登場し、オリジナリティのあるユーザー生成コンテンツ（UGC）が登場するようになったことで、証明されつつある。

それでも、日本企業は管理を好む。Mod 戦略を行うことで、ゲーム会社にコントロールできない範囲で、多様なコンテンツが作られる。

そのなかには、一部は他のゲームの著作権侵害などを行うものが登場するが、そういうものが登場することを極めて嫌う。何が作られるのかがわからないという状況自体を嫌うともいえる。今の日本企業は、UGC の登場を意識はしているが、企業の完全な管理下でというスタンスは大きく変わっていない。

その状況が、Mod 戦略の採用を難しくしているといえる。

9.3.3 Mod戦略の展開手法

日本で施策を行っていく上で、Mod 戦略の採用を促すには、中小ゲーム会社で、かつ技術的な優位性を持っている企業に着目することが適当である。大手企業の場合は、現状への変化を嫌っており、なかなか採用が難しいからだ。

そもそも、欧米でも Mod 戦略を積極的に展開し、市場を切り開いてきた企業、id Software、Epic Games、Valve Software などの各社は中小企業である。大手企業に対するカウンター戦略として、Mod 戦略は有効に機能し、それらの企業にとっては産業内での競争力を強化する役割を担ってきたのは間違いない。

そのため、中小企業を想定対象にしたうえで、以下の施策を提案する。

- 開発環境の整備コストと PC 版の開発コストを負担
- 契約の仕組みを整え、情報を公開するデメリットをなくす
- Mod コンテンツの流通の仕組みを整える
- Mod 系のものの評価するための賞
- 英語でのサポートを促す

(1) 開発環境の整備コストと PC 版の開発コストを負担

中小企業にとってメリットが見えやすいのは、この戦略であると思われる。

現在のゲーム開発において、社内に自社ツールといった開発環境を整備していないゲ

ーム開発は存在しないといってよい。また、一般的に開発環境は、PC 上で構築されていることが多い。コストがかかるのは、ベースとなるコンシューマ機に最適化が行われているゲームエンジンの PC 用への対応作業である。しかし、3D 技術自体の標準化は進んでおり、近年の移植のための技術的なハードルは下がってきている。

その自社ツールや、ゲームのベースとなるゲームエンジンの PC 版の開発コストを負担することができれば、日本の中小企業の中にも、積極的に Mod 戦略を採用してくる企業は出てくるものと考えられる。

もちろん、コンシューマ機であってもオープンな戦略を認める余地があるプラットフォームであれば問題ない。現在、オープンになっているコンシューマ機は、一部企業にパソコンからのデータを移すことができるという形で、Mod 戦略を認めている PS3 しかない状況であるが、コンシューマ機で展開できるならば、多くのユーザーにとってメリットが見えやすく、多くの企業にとって、参入しやすいものと思われる。

ただし、PS3 の開発は一般的に難しく、また、PC 用の Mod 環境と、PS3 用の環境との整合性をとる難しさが現在も存在しており、PC 版を開発した上で、PS3 版も視野に入れるといった開発でなければ現状は難しい。

(2) 契約の仕組みを整え、情報を公開するデメリットをなくす

多くの日本企業が恐れるのは、Mod 環境を積極的に整備することによって、企業の技術開発力が丸見えとなってしまう、また、公開した情報が他社の技術に転用されてしまうということが起きて、企業としての競争力が削がれるのではないかという点だ。

そのため、欧米企業の Mod 環境がどのようなライセンス下で公開しているのかについての正確な情報を提供し、また、日本の法律上との整合性がとれるようにするライセンスのひな形を提供する必要がある。

ライセンスをどのように設計するのかということは、Mod 戦略が成功する上での重要な条件ともいえる。ユーザーの創造性を阻害しないようにしながら、企業にとってデメリットがないようにする仕組みのバランスを取ることが必要だ。

実際、id Software が Mod 戦略を推し進める上で、この問題に直面している。同社は、ソースコードの公開にまで踏み込んだが、当時、3D グラフィックスを表示するための仕組みは業界の最先端技術でもあり、公開したソースコードを利用して他社が容易にキャッチアップをすることを恐れたのである。

id Software は、オープンソースの契約としては一般的な「GNU General Public License」を採用している。それにより、Mod のために開発したユーザーは、配布時に同じライセンスによって公開することが必要になるため、勝手にコンテンツを商用利用する

ことができない。しかし、ユーザーが修正して新しく書いたプログラムやコンテンツはユーザーに著作権が残る。

このライセンスは、Mod によるユーザーのイノベーションにかかる制限はなく、一方で、企業にとってもデメリットが小さいということで、他のタイトルでも一般的に使用されている。

日本では、これらの整備と認知が一般的に成されていないために、企業の権利が及ぶ範囲が明確に切り分けられていない。多くのゲームで、明確なライセンスが示されることがない。多くの場合、ゲーム会社は、ゲーム内のコンテンツすべてのデータについて、ユーザーが作成したものであっても、企業の著作物とする閉じた戦略を採ることが、現在は一般的だ。

(3) Mod コンテンツの流通の仕組みを整える

Mod 戦略にとって重要なのは、Mod コミュニティをインターネット上で形成し、低コストでイノベーションが起きる仕組みを整えることである。ユーザーが作成したコンテンツをアップロードとダウンロードができるといった情報の集積が行え、また、それらのものについて、他のユーザーが評価を行う仕組みの整備が必要である。

すでに欧米企業では、Mod コミュニティの情報を配信する複数の商業ウェブメディアが登場し、その役割を担っている。

例えば、IGN グループの Planet グループは、それぞれのゲームについての専門 Mod 情報を配信している。「Planet Quake」、「Planet Unreal」、「Planet Half-Life」など様々なゲームが存在しており、そのゲームの専門情報や Mod の情報を毎日流している。また、「Mod DB」という Mod 情報の総合ポータルサイトも登場しており、すべてユーザー申告によるニュースの投稿や、コンテンツのアップロードやダウンロードの仕組みが整えられている。

もともと、これらのサイトはユーザーコミュニティとしてスタートしたものであるが、広告収入とダウンロード時の会員制のダウンロードサービスによって維持される商用メディアとしてゲーム会社の意図の外側で発展してきたものだ。

また、最近では、YouTube 等の動画サイトとの連携も進んでおり、開発中の Mod の動画がまとめられ、ニュースとして投稿されていることも増えている。動画サイトは、これまでダウンロードして、実際にインストールしてみなければわからなかった Mod の性質を簡単にわかるようにしたという点で、圧倒的な利便性を増しており、Mod コミュニティの活性化を促している。

日本では、同様の機能を持ったニュースサイトは存在しておらず、情報は分散してい

る状態にある。しかし、総合のサイトとならなくとも、欧米でも多くの企業は、自社サイト内に、情報を積極的に配信し、また、ユーザーが投稿できる掲示板を整えているのが一般的だ。日本では、炎上しやすいというリスクがあり企業には嫌われるが、Mod 戦略を採る企業は積極的に、自社内のコミュニティを育てるリスクを負っている。

ユーザーコミュニティサイトを自社サイトに構築するメリットは、サポートコストを減少できるという大きなメリットだ。特に Mod 環境の場合、様々なサポートがユーザーに対して必要になるが、そのコストも掲示板を利用するユーザーを通じて、ユーザー自身の間で完結させることでコストを小さく押さえている。そのメリットが知られているため、積極的に企業は構築する傾向がある。

特定のタイトルだけに絞るのであれば、企業内に掲示板等を構築することは非常に低コストでできる。また、動画サイト、既存のアップロードサイトなどを利用すれば、すでに他社のインターネットサービスを利用することによって、海外の Mod 戦略を採用している企業と同様の環境を日本企業も容易に構築できる。むしろ、他社のインターネットサービスを積極的に利用すべきだろう。

(4) Mod 系のものの評価するための賞

ユーザー側にとってのモチベーションの一つは、Mod 戦略を展開しているゲームで Mod を開発することで、ゲーム会社への就職の機会を得るというものである。

現在の日本企業では、Mod で開発を行ったアマチュアのゲーム開発者は、評価の対象になりにくい。そのため、その実力を適切に評価するために、Mod での開発者を対象とした賞の設立も重要である。

すでに、Mod DB では、年に1度、Mod を投票式で評価する賞が行われており、また、「ゲーム開発者会議 (GDC)」で結果が発表される「Independent Game Festival」でも Mod は評価される対象となっている。

Mod 戦略を採用した、それぞれの企業は、ウェブ上だけで Mod ユーザーを対象としたローカルな賞を行うことも少なくない。そのため、Mod 戦略を採用したタイトルは、必ず、独自の賞とセットにして、評価を生み出す仕組みもセットにして展開すべきである。

それらの賞に応募してくるユーザーは、非常にスキルが高く、また、入賞するまでのレベルの人材は、企業の即戦力として使える存在でもある。Mod 戦略には人材育成をアウトソースする側面があり、その効果があることを意識すべきだろう。

(5) 英語でのサポート

日本企業は Mod 戦略だけでなく、ゲームエンジンやゲームの要素技術であるミドルウェアの開発能力が低いことは、日本のゲーム市場の層として厚みを形成できない大きな問題点として知られている。日本の大手企業は、垂直構造の戦略を採っているため、有望なベンチャー企業が要素技術を持っていても、販売先が極めて限られるのが現実だ。

最大の問題は、日本企業は、なかなかすぐれたミドルウェアを開発することができたとしても、海外へと販売していくことができないという弱さである。その理由は、言葉の壁が大きい。ドキュメント類を英語で用意して、また、サポートも英語で行う必要があるため、多くのミドルウェア企業にとっては大きな障壁となっている。

Mod 戦略も同様で、欧米の企業は、英語で Mod 環境をリリースすることで、欧米圏全体へとリリースできるというスケールメリットを容易に享受することができる。

そのため、日本企業に採って切実に必要なのは、欧米圏へのリリースを視野に入れることであり、英語でのドキュメント整備や、サポートの仕組みを構築できる人材を育て、援助することでもある。

日本だけで、Mod 戦略を完結させるのではなく、Mod 戦略を展開する段階から、海外への展開を前提として考慮しておく必要がある。

9.3.4 おわりに

Mod 戦略の採用は、日本のゲーム産業を次の産業構造へと変化させる大きなきっかけになる可能性が大きい。すでに欧米のゲーム産業で起きていることでもある。

それは、次の時代の種となる要素を生み出すと同時に、収益が出る鍵となるポイントが大きく変化させるきっかけにもなると思われる。技術的なイノベーションを促すと同時に、ビジネスモデル上のイノベーションを生み出す考え方でもある。

また、Mod 戦略を採用すると言うことは、日本のゲーム会社の技術の標準化も促すものであり、ゲーム会社内の開発プロセスの再検討を要するであろう。そのため、企業の効率性や生産性をも向上させる可能性が高い。

現在進行しているパラダイムシフトで考慮する必要があるのは、企業だけがイノベーションの担い手であると考えることの間違いである。高性能なコンピュータの値段の低下に、インターネット網の発達によって、特にリード・ユーザーがイノベーションで果たす余地は、確実に今後も拡大する。

現在でさえ、すでに大きな役割を担っている。エリック・フォン・ヒッペルは、「ユーザー・イノベーションにもとづいて実際に主要な製品ラインを作った会社のマネジャーでさえ、「我々が開発した」というメーカー中心の見方をしている」[1]と述べている。「科

学機器のイノベーションに関する初期の研究では、機器メーカーによって商品化された重要な改良品のほぼ 80 パーセントがユーザーによって開発されていた」[2]と具体的な例を挙げているが、企業の担当者は納得しなかったと述べている。

ユーザーが主導になりつつあるという考え方に、我々自体が慣れることは重要なことであり、また、産業戦略上も考慮することは、極めて重要でもある。

ゲームにおいても、ユーザーはゲームという一つのコンテンツにおいて、閉じた環境で新しいコンテンツを生み出せない場合であっても、常に新しい遊び方を模索するリード・ユーザーが存在し、イノベーションを引き起こしていることが少なくない。

実際、企業はユーザーの遊び方を研究することを通じて、ゲームをブラッシュアップしていくことは多い。しかし、企業側はそれが最初にユーザーによって生み出されたイノベーションであるとは、現在はなかなか認めないであろう。あくまで、企業によるイノベーションであるという見方に固執するはずである。

しかし、ユーザーにもイノベーションを担う実力があり、そこから生み出されるイノベーションは強力であると考えられる必要のある時代に入っていることは意識する必要がある。

これは大きな潮流とも言えるものであり、早期に、そのモデルに日本の産業として適応することで、次世代までをターゲットに入れた、中長期のゲーム産業の競争力の向上にとって鍵とも言える概念になると思われる。これらの戦略を早期に整える必要性は、今後さらに高まると考えられる。

[1] エリック・フォン・ヒッペル『民主化するイノベーションの時代』P.233

[2] 同上

10. 日本のゲーム関連研究開発の課題と施策

(東京大学大学院 馬場 章)

10.1 ゲーム関連研究開発の課題

10.1.1 ゲーム関連研究開発課題

(1) ゲームの捉え方

ゲーム[1]に関連する技術の開発研究を考えようとする場合、まず、ゲームそのものをどのように捉えるかが大事である。ゲームのハードウェア（ゲーム機）やソフトウェア（ゲームソフト）をあわせてゲームとした場合、ゲームをどのように捉えるか、あるいは考えるかによって、ゲームをめぐる技術の考え方が違って来るからである。

ゲームを表現する言葉としてさまざまな言い方がされている。例えばゲームを「知的複合体」と呼び、また、ゲームを「総合芸術」と呼んでいる。「知的複合体」という表現が意味するところは、ゲームにはコンピュータサイエンスをはじめとする諸科学の最先端技術が生かされていることを意味している。ゲームがリアルタイムとインタラクティブを実現するために、コンピュータプログラミングやコンピュータグラフィックスの最新技術が生かされている。また、「知的複合体」という表現は、同時に、ゲームを通じて最先端の科学技術が家庭や社会に導入されるという意味も込められている。2000年3月のプレイステーション2（ソニー・コンピュータエンタテインメント）の発売が家庭にDVDが広まる契機となったことはあまりに有名であるし、最近では、2006年12月に発売された任天堂のWiiを通じてセンサー技術が改めて家庭内で活用されている。Wiiの1か月前に発売されたプレイステーション3がブルーレイディスク方式の標準化を導きつつあることは、今、私たちの眼前で起きている出来事でもある。ゲームが最先端技術を活用しているという事実は、とくにゲームをたかが遊びとして軽視する人々にとって再認識されるべき事実である。それに加えて、その最先端技術が家庭の中にはいりこみ人々の遊びのあり方を変えていくという事実は、ゲームを軽視する人々のみならず、ゲームをこよなく愛する人々にも再認識されなければならない。すなわち、ゲームはインタラクティブメディアの代表として最先端技術を家庭に持ち込むことで、社会的イノベーションを創発する可能性を有しているのである。もしも、ゲームをそのように見直すことが出来たならば、ゲームが持つ可能性は無限に広がっていると言うことが出来る。

ゲームを「総合芸術」と呼ぶ意味は、ゲームには人を楽しませる企画、プログラム、グラフィック、サウンドが統合されているという考え方に基づいている。また、同時に、ゲームは、やみくもに先端技術を搭載すればよいのではなく、人々を楽しませるものでなければならない、つまり、ゲームは人の心を豊かにする「芸術」であるという考え方もある。開発者の創造性を重視する見方が「総合芸術」という呼び方の基底に存在する。

ゲームを表現するふたつの言葉を取り上げただけでも、従来の、ともすれば偏見や先入観にまみれたゲーム像とは異なる、ゲームの本質が見えてくるのである。

(2) ゲームをめぐる技術の広がり

ゲームを技術にひきつけて見直してみると、ゲームに関連した技術の範囲はきわめて広い。技術開発の動向は特許申請に反映しているので、今、技術特許という観点からゲームの要素技術を俯瞰して項目を取り出してみると、以下の通りである[2]。

(a) 製造開発技術

- 製造（生産、検査等）
- 開発環境（ツールチェーン、データ管理、ミドルウェア、記述言語、テスト等）

(b) 入力技術

- ユーザーインターフェイス（ジョイスティック、キー、ボタン、タッチパネル、シミュレーション型コントローラ、ソフトウェアインタフェース等）
- センシング（音声、画像、傾き、加速度、図形・文字、圧力等）

(c) 出力技術

- 画像生成（ビットマップディスプレイ、仮想大画面、立体視等）
- 音声生成（効果音、音声、スピーカ等）
- 体感生成（振動、加速度、反力等）

(d) 処理技術

- 画像処理（二次元画像処理、三次元画像処理）
- 物体モデリング（物体形成、物理演算、衝突検知等）
- 人物モデリング（身体、感情、モーション、行動等）
- 分散処理
- 進行制御（全体構成、部分構成等）
- その他処理

(e) 通信技術

- ローカル通信（赤外線、無線 LAN、Bluetooth、有線等）
- ネットワーク通信
- 通信制御（負荷分散、同期制御、切断時対応、圧縮通信等）
- 認証・課金・決済（認証、課金・決済）

(f) 記憶技術

- 供給メディア（物理媒体、オンライン）
- 圧縮符号化方式（画像圧縮・符号化方式、音声圧縮・符号化方式等）
- コンテンツ管理（ユーザデータ記録、著作権保護、ソフトウェア更新）

(g) 構造技術

- ハードウェアアーキテクチャ
- 筐体
- 電力供給
- 排熱処理

上記の技術項目は、ゲームの要素技術と言えるもので、(a)から(g)までが大区分、続いて中区分、そして（ ）内が小区分と位置づけられよう。これらは出願特許の分類を目的としており、また、いわゆる業務用ゲーム（アーケードゲーム）も対象に入っているため、本調査研究が主要な対象としている家庭用ゲーム（コンシューマーゲームあるいはコンソールゲーム）にとっては必ずしも主要な技術項目とはならないであろう項目も入っているが、それでも、ゲームに関連する技術のジャンルの幅広さを理解するには十分である。

特許庁の報告書では、これらの中でもさらに注目される研究開発テーマとして、以下のような 10 項目を設定している。

- ① 経済性向上のための開発環境技術：ゲーム機の高機能化・多機能化の進展とともに、ゲームコンテンツの開発における効率の向上を実現するための開発環境技術の重要性が高まっている。
- ② 情報セキュリティ向上のための認証・課金・決済技術：据え置き型ゲーム機や PC によるオンラインゲームの市場拡大に伴い、高いセキュリティを確保した認証・課金・決済に関する技術の重要性が高まっている。
- ③ 携帯性向上のための筐体技術：携帯型ゲーム機の市場は拡大傾向にあり、端末の小型化・薄型化・軽量化等の筐体に関する技術による携帯性の向上の重要性が高まっている。
- ④ 操作性向上のためのユーザインターフェイス技術：携帯型ゲーム機の市場拡大やゲー

ム機の多様化に伴い、操作性が高く直感的なユーザインターフェイスに関する技術の重要性が高まっている。

- ⑤ リアリティの向上のための物体および人物モデリング技術：ゲーム機の計算能力及び描画能力の向上とともに、よりリアルな物体の形状・挙動を実現するための物体モデリング技術、および人物の外見やモーション、行動等についても、リアリティを追求するための人物モデリング技術の重要性が高まっている。
- ⑥ 体感性向上のためのセンシング技術：従来のアーケードゲームに加えて据え置き型ゲーム機や携帯型ゲーム機でも体感型ゲームが多く登場しつつあり、体感性の向上を実現するためのセンシング技術の重要性が高まっている。
- ⑦ エフェクト向上のための画像処理技術：水墨画調等の独特の雰囲気を出すためのレンダリング処理のように、ゲームのエフェクトとしての画像処理技術の重要性が高まっている。
- ⑧ 高速性向上のための通信制御技術：据え置き型ゲーム機のオンライン対応や PC によるオンラインゲームの拡大に伴い、ゲームプレイに高速な通信が求められるようになってきており、通信制御技術による高速性向上の重要性が高まっている。
- ⑨ 端末間・コミュニケーションのためのローカル通信技術：携帯型ゲーム機の市場拡大に伴い、端末間通信を利用したゲームプレイのニーズ・機会が増しており、端末間通信を介したコミュニケーションを実現・促進するためのローカル通信技術の重要性が高まっている。
- ⑩ オンライン・コミュニケーションのためのネットワーク通信技術：据え置き型ゲーム機のオンライン対応や PC によるオンラインゲームの拡大に伴い、インターネットを介したコミュニケーションを実現・促進するためのネットワーク通信技術の重要性が高まっている。

これらの注目課題は、センサー技術に基づくコントローラを搭載した Wii の成功、任天堂 DS とそれ向けの一部のシリアスゲームソフトウェアの成功、そして PC や据え置き型ゲーム機向けゲームソフトによるオンラインゲームの成功など、近年の動向に影響を受けている。これらは調査の性格上、すでに申請を提出した特許の分析軸なので止むを得ないが、このような技術開発課題は、少なくとも次の世代のゲーム機の登場までの今後数年間は継続するであろう。

(3) ゲーム技術関連カンファレンスの動向

本調査研究では、例えば、CEDEC 2007 (CESA Game Developers Conference、2007 年 9 月、東京にて DiGRA 2007 と同時開催)、DiGRA 2007 (The 3rd International Conference of Digital Games Research Association、2007 年 9 月、東京にて開催)、

GDC 2008 (Game Developers Conference、2008年2月、サンフランシスコにて開催)などゲームテクノロジーをめぐるカンファレンスの動向を調査した。これらのうち、CEDEC や GDC ははゲーム開発者向けのセミナーであり、また、DiGRA はゲーム研究者向けの国際会議があるなど、国際会議の性格はさまざまである。しかしながら、実は開発者であると研究者であるとを問わず、これらのカンファレンスに共通して参加する人々がいる。彼らこそ、ゲームの産学連携のキーパーソンと言えるかも知れない。なぜなら、産学連携の第一歩は「出会い」だからである。カンファレンスでは、今現在のゲーム開発にとってホットな話題と次を見据えた実験的なテーマがとりあげられている。本調査研究では、プロシージャルの技術や人工知能 (A.I.) やコンテンツ管理技術などについて、とくに注目して詳細に解説している。

ところで、「出会い」の方法はカンファレンスに出席するだけではない。ややアナログな方法であるけれど、学会誌のバックナンバーをぺらぺらとめくって検索する方法がある。現在では、学会誌掲載論文のデータベースや研究者に関するデータベースが充実してきているので、それらを十全に使いこなせば、ゲーム企業のニーズに応える大学の技術シーズが見つかる可能性がある。本調査研究では、海外の学会誌の論文検索に基づく研究者の存在と研究動向についても分析を行っているので参照されたい。

10.1.2 開発課題の進め方

前節に掲げたゲーム関連技術の開発課題は、特許申請の分類を行うために設定された要素技術の区分と、とりわけ近年の技術動向や市場動向を踏まえた重点的研究開発テーマであり、やや一般的な区分となっている。しかしながら、ゲームの開発現場では、それら一般的な開発課題とともに、個別具体的な、つまりそれぞれのゲームタイトルの制作に必要な開発課題に日々直面している。つまり、ゲーム産業が考えるゲーム関連開発課題は、個別具体的な課題として存在するのである。重要なのは、それら開発課題の系列を見極めて、短期的課題と中・長期的な課題を組み合わせ、ゲーム開発に有効な技術を効率的に開発することである。

近年では、ゲーム産業においても、各企業に研究開発部門 (R&D、Research and Development) あるいは技術支援部門などが充実しつつあり、企業自身の部署を動員して、ゲーム開発に必要な技術のみずから編み出し、また、海外等で開発された技術をいわばカスタマイズする形で自身の企業のゲーム開発工程に導入する例が多くなってきた。これは、企業のゲーム開発技術を不断に高度化させるとともに、企業に所属するゲーム開発者の新たな技術の習得には必須である。

しかしながら、企業の R&D 部門が中・長期的視野にたって、継続してゲーム関連技術の研究を続けるのは現実的ではない。ゲーム開発技術の遷移速度は非常に速く、かつ、プラットフォームホルダー (ゲーム機の開発発売会社) の動向が全体の帰趨を決定するゲーム

産業界においては、ゲームソフト開発会社がゲーム開発技術の未来を予測して、それを先取りして研究開発し、現実の開発工程に導入することは、極めて困難である。また、大会社であるならば R&D 部門の設置が可能であるが、体力の無い企業では不可能である。ゲーム産業は、いまだ日が浅い産業であると同時に、IT 産業と同じように、ベンチャー企業など中・小規模の企業が多い。それらの企業は、創業期を除いて次第に開発技術の優位性を失っていくことになる。つまり、産業界内での技術力の格差が歴然としてしまう。産業界全体の技術力のボトムアップがなければ、日本のゲーム産業が今後も世界に対して開発力の優位性を保持し続けることはできない。

そこで注目されるのが、産業界と大学との連携である。誤解をおそれずに端的に言ってしまうと、企業は短期的な利益を追求する集団である。それに対して、大学は長期的な基礎研究と教育を行う機関である。それらを組み合わせることによって、わが国のゲーム産業とゲーム研究の総合的な競争力を増大するのが産学連携の理想である。ゲーム会社と大学との連携によるシナジー効果をいかに実現するのか、それが個別の研究開発課題を超えた産学連携の課題だといえる。産学連携が企業にもたらすメリットには、

- ① 自社で行なうよりも低コスト・高品質のサービスの導入。
- ② より高度で専門的なサービスの導入。
- ③ 人件費の「固定費」から「変動費」への置き換え。
- ④ 企業活動を得意分野に特化させる「選択と集中」の実現。
- ⑤ 投資の削減。

などがある。

一方、産学連携が大学にもたらすメリットには、

- ① 研究費の確保。
- ② 企業の最新設備の利用。
- ③ 特許権など知的財産権の取得。
- ④ アイデアの幅の拡大。
- ⑤ 人的ネットワークの拡大。
- ⑥ 学生の活性化。
- ⑦ 学生に対する実践的課題の提供。
- ⑧ 企業のノウハウや技術の習得。
- ⑨ 研究者のマンパワーの獲得。
- ⑩ 技術還元等による社会貢献や地域貢献。

などがある。

10.2 ゲーム関連研究開発をめぐる産学連携

10.2.1 成功事例からの教訓

(1) ゲーム技術開発をめぐる産学連携

本調査研究では、ゲームの分野において先進的に産学連携を成功させていると思われる事項を集め、さらに、ゲームの分野で産学連携に携わる人々へのインタビューを試みた。これらはゲーム分野における貴重な成功事例といえる。さらにアメリカ合衆国における調査結果も含めて、これらの事例からいくつか教訓をまとめておこう。

まず、第一に気づくことは産学連携の幅の広さである。換言すれば、すでにゲームの分野でもゆるやかな産学連携から、目的を限定した本来の産学連携まで、多様な形態の連携が産業界と教育研究機関との間で進んでいることがわかる。

もっとも明確な意味での産学連携は、特定の技術開発を目的とするものである。つまり、大学において開発した技術を企業が商品開発に応用する事例である。これには、共同研究や委託（受託）研究、あるいは技術移転などの形態が存在する。多くは企業が研究資金を大学に提供し、大学内において、その人的物的資源を活用して研究が進められる。企業から大学に対して研究員などの身分で社員が派遣され、大学での研究に従事することもある。

このような産学連携は研究の成果物が明確で、大学の産業界への貢献が目に見える形で結実する。すでに明らかになっている大学の研究成果を利用する連携もあるが、それらはそのままでは商品に直結することは少ないので、研究成果を商品に応用するための技術研究（事業化研究・商品化研究）が行われることも少なくない。

技術開発に関する産学連携は、他の産業分野でもよく見られるリニア型の産学連携スタイルであるが、この場合気をつけなければいけないのは、このような産学連携が、大学の知財を企業に切り売りすることに繋がるおそれがあることである。

(2) 人材育成をめぐる産学連携

これらに対して、長期的な展望あるいは視野にたっで行なわれる産学連携には、大学の教育活動のための連携がある。これには大別するとふたつの形態があり、ひとつは企業から大学への教員の招聘であり、もうひとつは大学から学生を企業に派遣するインターンシップである。

まず、教員の招聘の場合、教員の身分はゲストスピーカーからはじまり非常勤あるいは客員の講師、そして常勤の講師などさまざまありうるだろう。大学が産業界から教員を招聘するメリットは、基礎的な研究や教育を重視する大学に対して、応用的で実践的な教育を行うことが可能となり、産業界との人的なネットワークが拡大できるという期待があ

る。しかしながら、産業界からパーマネントの教員を招聘した場合、その教員のキャリアパスに留意する必要があるだろう。すなわち、大学の教員になり身分を上げていくためには、一般に学問的な業績や学位が重視される。しかしながら、産業界出身の教員にそれらを期待することは難しい場合が少なくない。つまり、大学の教員としてのキャリアパスを描くことが難しいのである。産業界から教員を招く場合、その人物の業績の評価軸を新たに検討していく必要があるだろう。同様の問題は日本ばかりでなく、ゲーム教育が進んでいるアメリカ合衆国の大学などでも同様に抱えている問題である。

教育のための産学連携のもうひとつの形態であるインターンシップでは、学生を企業に派遣して実地の研修をする制度である[3]。近年では、わが国でもインターンシップを導入する大学が増大しているが、ゲームやその関連会社に派遣するインターンは必ずしも多いとはいえない。企業が主催して独自に学生を募集しインターンとして迎え入れる場合もあるが、本来、インターンは学生に対する教育の一環として行なわれるべきもので、教育機関が主催するゲーム分野でのインターン制度をもっと充実させる必要があるだろう。

わが国でゲーム分野でのインターンをさらに充実させるためには、まず、ゲーム産業の特徴を熟知して、的確なマッチングを行なうインターンシップの専門人材を養成することが必要である。そして、大学は、たんに学生をインターンとして派遣するだけでなく、業界研究やインターンとしての心構えなどを中心とする事前研修と、振り返りによるインターン経験の自己内在化をはかる事後研修などと組み合わせた教育プログラムを構築する必要がある。また、企業の側も、インターンを安価な労働力あるいはお客さんとして捉えるのではなく、あくまでも学生のキャリア形成の観点に立って、社内に専門の指導者を設置して万全の体制の下に迎えることが大事である。インターンは、決して無償の、あるいは安価な労働力ではない。余裕の無い企業にとってインターンの受け入れは一見すると負担のように思われるが、長い目で見れば、自社の人事制度などの見直しに結びつくことも少なくない。何よりも、優秀な人材の育成に参加することによって産業界全体の振興に貢献するメリットを認識すべきである。

(3) カリキュラムの共同開発

本調査では、アメリカ合衆国のロサンゼルスにある南カリフォルニア大学で、ゲーム教育における調査を行っている。その詳細は該当章に譲るが、特徴的な産学連携の成果として、エレクトロニックアーツと南カリフォルニア大学工学部によるカリキュラムの共同開発という事例に注目したい。カリキュラムの共同開発は前項の人材育成をめぐる産学連携に分類されるが、教員の招聘やインターンシップのように企業と大学間の人の往来に基づく人材育成のための産学連携とは異なるので、ここに特筆しておく。

ゲームがコンピュータ科学をはじめとする大学教育に有効であることは、まず、学生の学習に対するモチベーションの引き上げへの貢献として現れる。しかしながら、ゲーム教

育はそれにとどまることなく、ゲームプログラミング、コンピュータグラフィック、サウンド、さらにはプロジェクトマネジメントやプロモーションなど、教育の内容面における広さと深さを実現しうる。カリキュラムの共同開発は、大学にとって学生の興味を引き出し、教育に広がりや深みを増すばかりでなく、産業界にとっても、ゲーム開発の現場における開発工程を整理し体系化することに繋がり、現状の問題点の抽出にも役立つ。

わが国でも、すでに一部の大学においてカリキュラムの共同開発は行なわれているが、カリキュラムの正当性を示す教育効果などの検証はまだ済んでいない。大学が持つ高度な教育機能と企業が持つ開発のノウハウを結び付けて、専門的かつ実践的な職業教育を実現するという観点からも、産学連携によるカリキュラムの共同開発は重要である。

以上のように、国内外のゲーム分野における産学連携の成功事例を見てみると、技術開発と教育を連携の両輪としている点が特徴として浮かび上がってくる。

10.2.2 産学連携の陥穽

(1) 知的財産権の処理

ゲーム分野の産学連携には落とし穴も存在する。最も注意を要する点をあげるならば、知的財産権の処理と大学教員の利益相反・責務相反、そして学生に対する配慮である。

産学連携の成果は知的財産に結びつくことが多い。特許申請をはじめとして知的財産をどのような形で処理するかは、事前に契約書などで明確にしておかなければならない。幸いにして、産学連携に基づく研究成果をめぐる裁判などの係争が起きているという事実を聞いていないが、具体的な契約締結の場面を聴取すると、ゲーム会社と大学との間での知財権の処理はなかなか一筋縄では行かないようである。

国立大学の法人化に伴って、国立大学における発明特許などの知的財産権は機関に属することになった。そのため、各大学では産学連携を推進するための部署を設立し、技術移転などの産学連携に積極的に対応するための体制を整えてきた。その結果、知的財産をめぐることは、権利処理の能力以外にも、高度なマネジメント能力が要求されるようになってきている。現在の知財マネジメントをめぐる問題点としては、とくに次の3点に注意が必要だろう[4]。

① 知財を創出する機関のあり方

大手ゲーム会社で R&D 部門が充実してきていることは前述した通りだが、そこで行なわれている技術研究と大学で行なわれている研究との競合関係が問題となる。すなわち、ゲーム会社にとって安易な外部調達、同様の業務を担っている内部の従業員のモラルの低下をもたらす、経営効率の悪化をもたらしかねない。これに対しては、企業の知財部門がその企業の技術開発戦略の立案段階から関与する

ことで回避されるであろう。つまり、大学で開発された技術を単純に企業に移転するのではなく、研究開発戦略の展開の中で、外部調達可能な技術の移転を試みるという戦略オプションの設定を可能にすることである。

② 移転した技術の事業化・商品化の能力

大学で開発された技術は、そのまま商品化に結び付くことは少ない。とくにゲームに利用される技術は応用的であるので、企業が大学から基礎的技術を受け取ったのち、さらにそれを応用開発することで、はじめて商品化が可能となる。さらに技術そのものだけでなく、それに付随するさまざまな知識が習得されなければ、企業による商品化は困難である。平易な言い方をすれば、大学で開発された技術を、企業は「こなれた」技術にすることで、ゲーム開発への利用が可能となる。技術を事業化するためには、さらに、さまざまな経営資源、設備、人材、資金、そして時間が必要である。企業は受け取った技術の吸収能力（*absorptive capacity*）を持たなければならない。

③ 知財の評価をめぐる問題点

大学で開発されたゲームに関する技術をどのように評価するのか、という問題である。知財の評価として、まず定量的に経済的評価を行なうのが一般的である。これはその知的財産が将来いくらのキャッシュフローを生むかを予測して、その適切な範囲での積算を現在価値に換算するという手法で、ディスカウント・キャッシュフロー法（DCF法）と呼ばれる。しかしながら、知財の将来のキャッシュフローを予測することは困難である。そのため、産学連携による技術移転などの場合には、技術そのものの評価や法的な評価など定性的な評価をもあわせて行なうことが望ましい。評価の目的にしたがって、複数の評価要素を適切に組み合わせることが大事である。

(2) 利益相反・責務相反

ふたつめの問題は、大学教員の利益相反・責務相反である。この問題に対しては各大学でルールが整備されてきている。大学教員の職務専念義務と産学連携とは、一部に両立しがたい側面も有するが、教育と研究という大学の本来の使命と、大学の社会貢献という使命をうまく統一させて、大学は企業との産学連携を進めなければならない。利益相反マネジメントもまた、産学連携を適切に進めていく上で重要な課題である。

利益相反（*Conflict of Interest*、COI）とは、大学の教職員が、産学連携により生じる私益を優先させ、大学が社会にもたらすべき公益と相反する状況であり、責務相反（*Conflict of Commitment*、COC）とは、産学連携によって生じる私益のために学外で

生じる責務を優先させ、大学で果たすべき責務と相反する状況を言う。利益相反は法律によって一律に禁じられるものではない。したがって、このことがただちに法律的な罪に問われることは無いのだが、実際に利益相反による弊害が生じた場合、社会から、とくにマスコミから糾弾されることを覚悟しなければならない。これは教職員本人の責任だけでなく、これを放置した大学の責任も同様である[5]。

なお、利益相反に関しては、実際に利益相反が生じた顕在的利益相反（Actual COI）、利益相反の発生が推定される推定的利益相反（Appearance COI）、そして、利益相反が生じる可能性を推定しうる潜在的利益相反（Potential / Perceived COI）の3態様を明確にしておかなければならない。すなわち、教職員が私益を優先させたため大学における教育研究や大学の信頼を傷付けるような状況が実際に起こった場合だけでなく、実際に生じたかどうかにはかかわりなく、生じたのではないかという外部からの指摘や生じ得る可能性までを、予め想定しておかなければならない。

以上をふまえて、大学が制定する利益相反規定に盛り込むべき内容は概ね以下の通りと考えられる[6]。

① 利益相反規定を制定した背景あるいは目的

利益相反規定は、安心して産学連携を進めるために、大学と教職員を守るために制定される。

② 利益相反や責務相反に関する用語の定義

定義を示すだけでなく、ゲーム会社とのどのような関係状況が利益相反・責務相反になるのか具体的な事例をあげる。

③ 利益相反規定が適用される教職員

④ 開示すべき情報

利益に関する情報を報告すべき教職員と、個人の金銭的な利益や外部活動の内容など報告すべき情報を定める。ただし、金銭的な利益に関しては金額に閾値を設けることで、報告する教職員とマネジメントする機関双方の負担の軽減となる。

⑤ 情報開示の方法、開示を受けた情報の審査、審査結果に対する控訴

⑥ 利益相反が発生した場合、改善が必要な場合のマネジメントの方法

⑦ 利益相反に関する組織内のマネジメント体制

⑤～⑦は利益相反規定の運用主体と運用方法に関して定めるものである。多くの大学では全学的な組織を結成した上で、各部局単位で規定を運用することが多い。

(3) 学生に対する配慮

ゲームの分野での産学連携の推進力となると同時に、阻害要因ともなるのが学生の存在である。なぜなら、一般に学生にとってゲーム開発やゲーム産業はあこがれであり、多

大な興味を有している。したがって、大学とゲーム会社との連携に関わりたいと思う学生は多いのだが、学生の権利と義務の範囲、さらには産学連携による教育効果の実現という問題が存在する。実はこの問題は産学連携一般に言えることでもあるのだが、とりわけゲーム分野の産学連携の際には先鋭的に現れる。

技術開発を課題とする産学連携において、実際に開発に携わるのは教員や研究員だけでなく学生も含まれる。ゆえに、学生のゲームに対する意欲のみに依存して、学生の権利を無視した産学連携は成り立たない。研究の主体の一部を構成する学生の権利に対して十分に配慮しなければならない。また、反対に学生が守るべき義務にも配慮が必要である。産学連携の契約においては、ほとんどの場合秘密保持契約（Non-Disclosure Agreement, NDA）が結ばれるが、学生に対する NDA の内容および範囲をどのように設定するかという問題がある。学生は、卒業後にその研究分野を生かした職場に就職する蓋然性が高い。研究企業の競合他社に就職する可能性もあるだろう。したがって、産学連携による研究に学生を参加させた場合、学生の就職先しだいでは大学に提供した企業のノウハウが競合他社に流出するおそれがあるので、それを防ぐために、企業は学生に対しても企業は NDA を求めることになる。

しかしながら、大学の目的と機能は、教育、研究、そして社会貢献である。したがって、大学には、教育を通じて将来を担う人材を社会に送り出すという使命が存在する。だから、学生が在学中に従事した研究活動ゆえに学生の将来の活動分野が制限されることがあってはならない。そもそも、守秘義務を課せられた具体的な技術情報ではなく普遍的なスキルを、学生が就職先で活用することは許されるべきことであるどころか、奨励すべきことすらある。大学としては、企業の秘密保持の要請に配慮しつつ、学生の将来の活動に支障をきたさない内容と範囲での守秘義務を課すべきであり、企業もそれを理解しなければならない。

10.2.3 産学連携を成功させるポイント

大学と企業は、本来異なる目的と価値観を持っている。前述したように、大学の目的は教育と研究、さらに社会貢献であり、企業の目的は利益の追求である。これらは相容れないことはないが、対立する場面は多い。例えば、技術開発においては、大学では教育的な見地から、または先端技術を先進的に開発するという研究の特質から失敗も許される（失敗が奨励されているわけではない）。しかしながら、企業の営利活動においては一般に失敗は許されない（失敗が無いという意味ではない）。

産学連携を進める最大のポイントは、大学と企業の目的や価値観の違いの存在を認めて互いに尊重することである。決して、両者が本来の目的や価値観を一致させる必要は無く、むしろ違いを認識することが大事である。その上で、互いを認め合うところから連携は出

発する。一致させなければならないのは、個別の連携課題だけである。

それを前提に、ゲーム分野の産学連携を進めるポイントを列挙すれば以下になるだろう。

- ① 大学と企業が互いの目的や役割の違いを認識し、それぞれの価値観を尊重する。
- ② 大学と企業が、それぞれの立場から産学連携の目的を明確にする。その際、互いの目的が持つ公益性に十分配慮する。
- ③ 大学と企業の産学連携には、多様な内容と形態が存在することを十分に認識し、目的に照らして、それらのうちどの形態がもっとも適しているかを選択する。
- ④ 大学においては、大学の本来の目的や機能を見失わず、知財の切り売りにならないよう注意する。
- ⑤ 大学においては、多様な産学連携の形態に応じたマッチングから契約締結までを主導して大学の教職員をサポートする産学連携部署を充実させる。
- ⑥ 大学においては、産学連携を担当する部署の担当者が、ゲーム産業や個別のゲーム会社に関して、十分な知見を得ておかなければならない。
- ⑦ 企業においては、大学において産学連携を担当する部署の存在・仕組み・機能を十分に理解しておかなければならない。
- ⑧ 大学、企業ともに、法に準拠し、社会通念に合致した知的財産権の処理を行なう。
- ⑨ 研究契約においては、研究テーマを明確にし、産学双方において再吟味するとともに、研究スケジュールの明確化と適正な管理、研究成果の取扱いに関する取り決め、費用負担を明記する。
- ⑩ 大学、企業の担当者が相互訪問を心がける。
- ⑪ 各種助成制度の有効な活用を検討する。
- ⑫ 産学連携には失敗もありうることを理解して、事前にリスクマネジメントをしっかりとしておく。
- ⑬ 産学連携は一度で終わらない。成功した場合はもちろん、失敗した場合でも次につながる建設的で前向きな姿勢で取り組む。

ここには精神的・理念的レベルのポイントから実務的レベルのポイントまでが含まれている。しかしながら、いずれにせよ、ゲーム分野で産学連携を進める上で最も重要なのは、ゲーム産業界と大学の間の信頼感であり、相互理解であることは他言をまたない。

10.2.4 産学連携の仲介者

文部科学省では、2003 年度より、大学における知的財産の戦略的な創出・管理・活用等の体制整備を推進するため「大学知的財産本部整備事業」を実施し、モデルとなる実施機関を中心に整備の普及を図っている。その結果、国内の大学では知的財産本部・産学連携本部などの名称で、産学連携の窓口となり、契約実務などを進める機関が充実してきた。しかし、それらを担う専門人材の育成や、ゲームなどコンテンツ分野での取り組みには課題を残している。

企業においても、法務を取り扱う部署を充実させ、知的財産に対する意識や実務が向上している。しかし、大学に対して人脈を有する担当者は必ずしも多くなく、大学における研究を企業経営の効率化や人材の青田刈りの観点のみから発想する傾向が少なくない。法務部門と技術開発部門の連携、さらに、大学との人脈作りが今後も期待される。本調査研究では、海外学会などの論文検索を通じて得た海外のインタラクティブ映像関係の先端技術研究を紹介するとともに、その研究開発者の存在をも明らかにしている。昨年度の調査研究報告書[7]に掲載されている国内学会および学会誌の調査結果と併せて使用すれば、国内外のゲーム関連研究開発者の存在形態が明確となり、今後の人脈形成に役立つと考える。

産学連携を成功裏に進めるポイントのひとつに仲介組織の問題があることは前述したとおりである。今日では大学側の組織もかなり充実してきているが、企業側からみると、かえって分かりにくくなっているという側面もある。その理解を助けるために、東京大学の場合を見てみよう。

東京大学では、2001 年から産学連携に関する全学的な検討を開始し、2004 年には、産学連携本部が総長の直属下に設置され、担当副学長が本部長を兼任している。産学連携本部は、産学連携研究推進部（共同研究の新たな展開）・知的財産部（知的財産の管理と活用）・事業化推進部（企業支援・実用化支援）の三部門から構成されている。さらに、2004 年には、外部組織である株式会社東京大学 TLO（CASTI）と株式会社東京大学エッジキャピタルも発足して産学連携を推進する三者の役割分担が明確になった。株式会社東京大学 TLO は、産学連携本部の知的財産部と協力して東京大学の知的財産のマーケティングやライセンスを行なう認定技術移転機関であり、株式会社東京大学エッジキャピタルは、産学連携本部の事業化推進部と協力して起業資金の調達や人材交流を担う投資顧問会社である。さらに、産学連携本部の産学連携研究推進部が中心となって、新たな共同研究のスキームとして **Proprius21** が運用されており、計画的かつ効率的な共同研究推進のための基盤が整備された。なお、2004 年には、経済界・産業界と東京大学産学連携協議会も結成され、東京大学と経済界・産業界の交流が進められている。

以上のような体制のもとに、東京大学産学連携本部では、以下のような事業を進めている。

- ① コンサルテーション事業：産学連携相談窓口の設置。
- ② プラザ事業：産学交流の場の設置、前述の産学連携協議会の設置がこれに当たる。
- ③ モデル化事業：産学連携・起業・実用化モデルの開発。
- ④ サポート事業：制度的・法的実務環境の整備、各種手続・規程・書式の整備やマニュアル化、ガイドブックの発行。
- ⑤ マネジメント事業：知的財産権の管理・運用。
- ⑥ ガード事業：研究成果・秘密情報の保護。
- ⑦ ネクスト事業：産学連携推進教育研究プログラム、ベンチャー起業を中心とした学生のビジネスプラン作成訓練（アントレプレナー道場）。

東京大学産学連携本部では、これらの事業の推進に当たり、透明性・柔軟性・迅速性の確保、産業界とのイコールパートナーシップ、フロントランナーとしての新規分野創生を基本的なポリシーとしている。他大学でも同様の体制の整備が進んでおり、ゲーム分野での産学連携を進めようとする場合、ゲーム企業は、大学のこのような体制と役割分担を熟知しておく必要がある。

なお、産学連携の仲介者には、ほかにも、技術シーズと企業ニーズのマッチングを行なうリエゾン・オフィス、大学の研究成果の特許化・ライセンスを業務とする TLO（Technology Licensing Organization、技術移転機関）、技術の事業化を技術面・ビジネス面でサポートするインキュベータ、ベンチャー企業を含むハイテク企業に操業の場とビジネス・ファシリティを提供するサイエンスパーク、ベンチャー企業のスクリーニング・投資・育成を行なってリターンを上げることを目的とするベンチャー・キャピタリスト、人材のマッチングを役割とするヘッドハンター、そして、契約・知的財産に関わる法務サービスを行なう弁理士などが存在する。スペシャリストであるこれらの仲介者が多様なサービスを提供することで、大学と企業との間の連携が円滑に進むのである。

10.2.5 産学連携から産官学連携へ

産学連携の背景には、イノベーションモデルの再考、技術革新を牽引役とする経済成長への期待、科学・技術の社会に対するアカウンタビリティの要求など、産業界と大学を取り巻く環境の大きな変化がある。その根拠としては、知識集約型経済への移行、新企業・新産業創生による景気低迷からの脱出と雇用創出、技術移転を軸とする大学の社会貢献などが考えられる。そのような中で、本調査研究では、産学連携を、大学と産業という異な

るドメインに所属するアクターが多様なチャンネルを通じてお互いに働きかけ、そこから相乗効果が生まれて、さらには大学と産業が持つそれぞれのポテンシャルが高まっていく一連の連鎖的なプロセスとして捉えてきた[8]。そこでは大学と産業というそれぞれのドメインに属する機関・団体・個人が重要なアクターとなる。

しかしながら、産学連携に登場するのはそれらアクターばかりではない。大学と産業が連携して互恵的（mutually beneficial）関係を構築していくためには、インタフェイスとして機能する媒体、すなわち前節で述べた仲介者の存在も重要である。

ところで、産学連携のもうひとつ忘れてはならないアクターとして「官」あるいは「行政」が存在する。つまり、産官学連携である。一般に産官学連携という場合、「官」は政府系研究機関を意味する。したがって、産官学の連携とは、企業と大学のほかに政府系研究機関がアクターとして加わり、三者の内の三者、あるいは二者どうしの組み合わせによる、技術開発をめぐる連携の実現を意味している。ゲーム分野においても政府系の研究機関の存在が重要であることは、他の産業における産官学連携と同様である。しかしながら、ゲーム分野の産官学連携においては、政府・中央省庁そして地方自治体という意味での「官」、すなわち「官」そのものの存在が非常に重要である。

ゲームの分野に限らず、わが国のコンテンツ産業は、2000年頃までは政府による積極的な保護育成策を受けずに、言わば自前で発展してきた。それはたんなる事実にとどまらず、コンテンツ産業界の自負と自信の形成につながったが、他方では、産業界と行政との間に溝を生むことになってしまった。しかし近年では、わが国のコンテンツ産業は韓国・中国など国家的支援策をとる東アジア諸国から激しく追い上げられることとなり、窮地に追い込まれるに至った。同時に、2000年ごろから、わが国の知的財産戦略や科学技術政策の進展によりコンテンツ産業に対しても政府の目が向けられるようになった。これらの事情を背景として、政府によって積極的なコンテンツ振興政策がとられるようになったのである。

例えば、2006年8月、経済産業省は「ゲーム産業戦略」を発表した[9]。これは経済産業省を事務局として、ゲームならびにゲーム関連の産業界と有識者からなる委員会における議論を経て策定されたものであり、わが国のデジタルコンテンツ政策、なかんずくゲーム振興政策の一大転回を意味するものであった。この戦略がゲーム産業界から、驚きと賞賛と期待をもって迎えられたことは記憶に新しい。

また、地方においては、2006年、九州福岡のゲーム制作会社の団体（GFF[10]）と福岡市、九州大学の三者が結成した福岡ゲーム産業機構[11]が注目される。同機構のもとに三者一体となって、人材育成事業、市場開拓事業、広報事業などの事業を進め、福岡の地場産業としてゲーム産業の振興を図っている。わが国のゲーム産業は、東京とその周辺、大阪・京都とその周辺、福岡、北海道など日本列島の一部に極端な集積を示している。現在のところ、それらのうちで産官学連携が成立しているのは福岡だけであるが、可能性は他の地域にも存在している。

ゲーム産業戦略や福岡ゲーム産業機構における行政の役割は、国と地方という違いはあるものの共通している。すなわち、ゲーム産業と大学の出会いの場の提供、連携事業のための基盤提供、政策や事業の立案・実施のリード、政策に基づく助成、などである。産業界の自立が叫ばれ、規制緩和の推進によって護送船団方式が否定されている今日、あえてそのような意味での産官学連携を唱えることは奇異に聞こえるかも知れない。しかしながら、ゲームの分野でも国際的な競争が激化するなかで、わが国のゲーム産業が、開発力や販売力をさらに増大させていくためには、適切な役割分担のもとに産官学連携を強力に進める必要がある。

最後に、繰り返しになるが、産官学連携に期待されるのは、異なる価値観を有する機関や団体どうしが、互いの得意分野で結び付くことで、産業界と教育研究界、さらには行政にとって利益を生み出すためのシナジーである。ゲーム分野での産官学連携に期待する声は多い。他方でその困難さや遅れを指摘する声もまた多い。しかしながら、産官学のアクターが怠ることなく、今後も粘り強く連携を構築する努力を続けるならば、わが国のゲーム開発力・販売力は再び世界を牽引する力を持つに違いない。

参考文献：

- [1] 本章で言うゲームとは、とくに断らない限り、本調査報告書の他の部分と同様に電子ゲーム、とりわけコンシューマ向けゲーム機とゲームソフトを指している。コンシューマ向けゲームとは、家庭用据え置き型ゲーム機（Wii、プレイステーション 3、Xbox360 など）と携帯型ゲーム機（ニンテンドーDS、プレイステーション・ポータブル）、ならびにそれらのハード機向けに開発されたゲームソフトの総称である。
- [2] 特許庁「平成 19 年度 特許出願技術動向調査報告書 ―電子ゲーム―」2008 年 3 月。本報告書は、特許庁から調査を請け負った株式会社三菱総合研究所と、同研究所の調査のために設けられた委員会（委員長 馬場章）のアドバイスに基づいてまとめられたものである。
- [3] 馬場章・藤原正仁『コンテンツ分野における人材育成に関する調査研究報告書』2006 年 3 月。
- [4] 西村吉雄・塚本芳昭責任編集『産学連携と技術経営』（MOT テキストシリーズ）、丸善株式会社、2005 年。
- [5] 利益相反には、教職員個人の利益相反だけではなく、知財をマネジメントする組織としての利益相反もある。本章では紙幅の関係から個人の利益相反に限定しているが、利益相反の区分とそれぞれのレベルにおける留意点については本報告書の「事例考察―産学連携の成果と問題点」を参照されたい。
- [6] 長平彰夫・西尾好司編著『動き出した産官学連携』中央経済社、2003 年。
- [7] 財団法人デジタルコンテンツ協会『デジタルコンテンツの次世代基盤技術に関する調査研究報告書』（日本自転車振興会 平成 18 年度マルチメディア情報システム調査研

究等補助事業)、2007年3月。

[8] 原山優子編著『産学連携』東洋経済新報社、2003年。

[9] ゲーム産業戦略の本文は、以下の URL で見る事が出来る。

<http://www.meti.go.jp/press/20060824005/20060824005.html>

[10] 2007年1月現在、株式会社レベルファイブ、株式会社サイバーコネクトツー、株式会社ガンバリオン、システムソフト・アルファー株式会社、有限会社エレメンツ、株式会社アルファ・システム、株式会社算法研究所、株式会社ペガサスジャパン、SAMURAI ホールディングス株式会社の9社が参加している。

[11] 福岡ゲーム産業振興機構のホームページは以下の URL である。

<http://www.fukuoka-game.com/>

日 本 自 転 車 振 興 会
平成 19 年度デジタルコンテンツの保護・活用に関する調査研究等補助事業

デジタルコンテンツ制作の
先端技術応用に関する調査研究
報 告 書

発 行 平成 20 年 3 月

発行者 財団法人デジタルコンテンツ協会
〒102-0082 東京都千代田区一番町 23-3
日本生命一番町ビル LB
TEL.03(3512)3900
FAX.03(3512)3908

不許複製 禁無断転載



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。
URL : <http://keirin.jp/>

