

平成21年度「IT とサービスの融合による新市場創出促進事業  
(コンテンツ技術実証事業)」

報告書

平成22年3月

財団法人デジタルコンテンツ協会

株式会社オムニバス・ジャパン

ソニーピーシーエル株式会社

パナソニック映像株式会社



# 目次

序章.....	1
1 本事業の目的.....	1
2 事業概要.....	1
3 実施体制.....	2
4 活動経過.....	3
第1章 3D コンテンツについて.....	4
1.1 3D コンテンツに関する研究.....	4
1.2 本事業が対象とする範囲.....	4
1.3 用語の説明.....	5
第2章 素材収録.....	6
2.1 素材撮影の基本方針.....	6
2.2 撮影に使用した機器.....	8
2.3 撮影アイテム.....	9
第3章 3D コンテンツの編集.....	15
3.1 編集概要.....	15
3.1.1 編集システム.....	15
3.1.2 目的.....	16
3.1.3 後処理による歪作成作業.....	16
3.1.4 編集作業詳細.....	18
3.2 考察.....	21
第4章 CG合成に際して.....	22
4.1 目的.....	22
4.2 制作に使用した機材.....	22
4.3 制作した映像.....	23
4.3.1 写り込みの消し込み.....	23
4.3.2 実写+CG合成.....	24
4.3.3 実写+CG合成.....	25
4.3.4 実写+CG合成.....	26
4.3.5 実写+CG合成.....	28
4.3.6 実写+実写合成.....	30
4.3.7 ワイヤー消し込み.....	31
4.3.8 ターゲット消し込み.....	32
4.3.9 字幕.....	33
4.3.10 字幕.....	34
4.3.11 自動車.....	35
4.3.12 振り子.....	36

4.4 考察.....	37
第5章 3D コンテンツの評価.....	38
5.1 主観評価.....	38
5.1.1 評価方法.....	38
(1)二重刺激法による評価.....	38
(2)映像提示の全体構成.....	39
(3)評価の記入方法.....	40
(4)評価に使用した環境.....	41
5.1.2 主観評価の結果.....	42
5.1.3 考察.....	43
5.2 客観評価（生体反応計測）.....	44
5.2.1 3D コンテンツと視機能特性.....	44
(1)両眼視機能.....	44
(2)発達.....	45
(3)両眼視の成り立ち.....	46
5.2.2 3D 映像の生体反応計測法.....	49
(1)生体反応計測法.....	49
(3)融像幅測定.....	53
(4)脳機能（近赤外光脳内血流計測）測定.....	54
(5)生体反応計測の考察.....	56
5.2.3 考察.....	57
第6章 普及活動.....	58
6.1 報道発表.....	58
6.2 セミナー.....	58
第7章 課題と提言.....	62
7.1 3D コンテンツ制作上の課題と解決策.....	62
7.2 3D コンテンツこれからの展開への提言.....	63
第8章 まとめ.....	64
付録1 報道発表原稿.....	65
添付資料 映像集 BD.....	エラー! ブックマークが定義されていません。

## 序章

### 1 本事業の目的

サービス産業は現在、雇用・GDPとも日本経済の約7割を占める重要産業であり、少子化・高齢化等の社会構造変化や企業の業務効率化のためのアウトソーシング等により需要は拡大している。しかしながら、我が国サービス産業は、製造業や海外のサービス産業に比して生産性の伸び率の低さが指摘されている。持続的な経済成長のためには生産性は重要なバロメータであり、サービス産業の生産性向上は急務である。

また、IT化の進展に伴い、社会のあらゆるシステムが高度化されていくとともに、社会活動のあらゆる場面において情報の「創出」・「蓄積」が起こっている。このようなIT化社会では、様々な商業ベースのサービスはもちろん、消費や生活などあらゆるサービスの提供・受給において、ITを通じて社会・生活基盤にアプローチする状況が生じている。

こうした中、新たなサービスイノベーションを創出するとともに、誰もが豊かで効率の高い社会生活を送る仕組みをつくり出していくためには、情報技術を上手に、かつ効率的に使いこなしていくことが鍵となる。大量の顧客情報を蓄積・解析する技術や顧客のプライバシーを守る技術などは、このような様々なサービスの共通基盤技術となる重要かつ基盤的な要素技術であり、様々なサービス提供主体がこれら技術を組み合わせて活用できる基盤整備に対する社会的要請はますます高まっている。

平成21年度ITとサービスの融合による新市場創出促進事業は、公的・社会的な分野において、ユーザ起点・人間起点・生活起点の新たなサービス提供の実証を行い、実証の成果は要素技術群プラットフォームにオープンな形でフィードバックするとともに、当該プラットフォームを活用した知的財産処理のスキームの構築、併せて、プライバシーや知的財産権を始めとする制度的課題についてガイドラインや運用指針の策定等を目指すものである。

本事業においては、経済産業省が策定したコンテンツ技術戦略マップに基づき、コンテンツ技術の開発と開発された技術の実証事業を行う。実証事業を通じて、新たなコンテンツ産業の創出に向けて解決すべき課題と取り組むべき具体的なプランを明らかにすることで、ビジネス・プラットフォームの形成を促進し、新たなコンテンツ産業の創出環境の確立を目指すものである。

### 2 事業概要

3D映像制作は、その方法が確立されておらず、試行錯誤を行っているのが現状である。本事業では、失敗を未然に防ぐことが出来る3D制作法を開発し、3D映像集として体系化した。

#### (1) 基盤技術の開発

- ① 「誤った3D映像」として、幾何学歪、信号歪、設定誤りの映像を制作
- ② 「不自然な空間表現を持つ3D映像」として、箱庭、書割、額縁効果の映像を制作
- ③ 実写映像とCG映像を合成した際の評価映像の制作

#### (2) 基盤技術へのアクセス方法(API)の確立

上記技術開発の成果に一般クリエイターがアクセスできるように、BD(Blu-ray Disc)、HDD及びテープに映像を記録し、市販の機器で再生できるようにした。

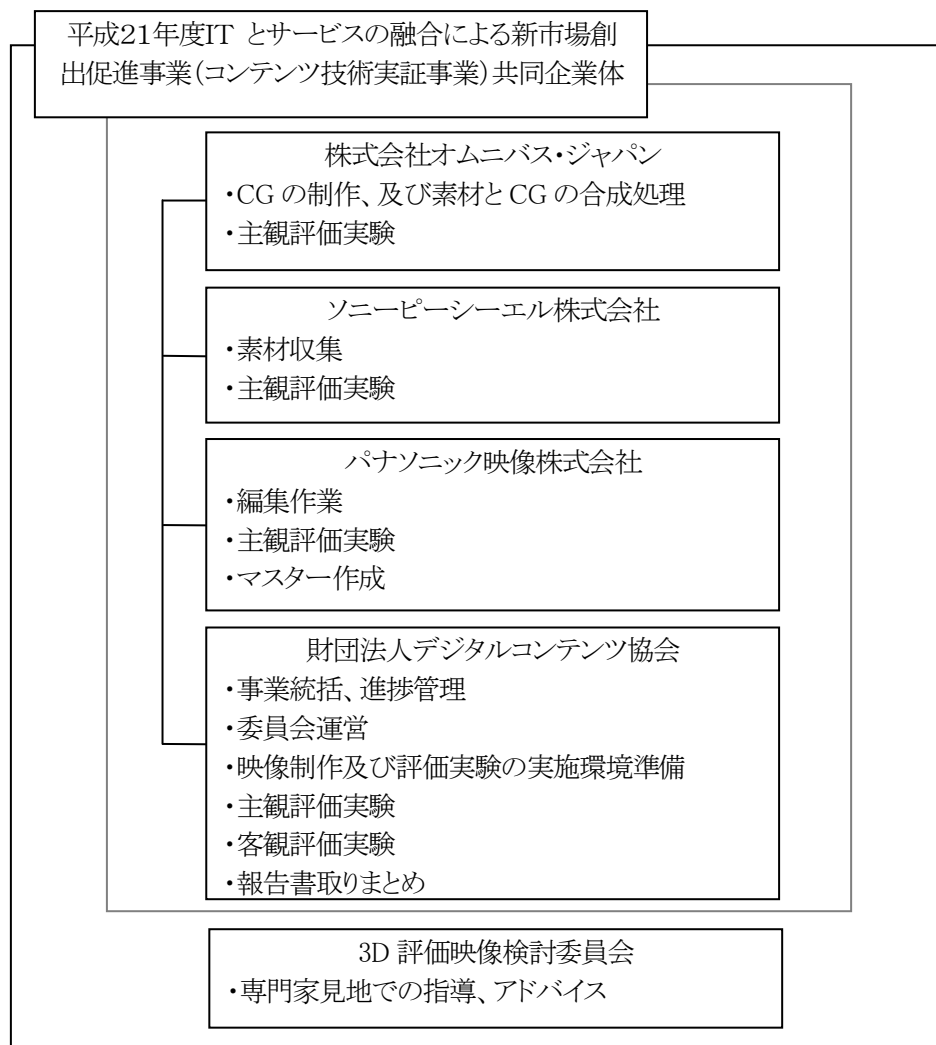
#### (3) モデル実証の実施

制作した3D映像に対して、一般被験者による主観評価と眼科的見地からの客観評価を行った。

#### (4) 検討委員会の設置

有識者8名による「3D評価映像検討委員会」を設置した。

### 3 実施体制



本事業は4者の共同事業体で推進した。また、事業体の進むべき方向、取り組む内容について専門的見地からの指導、アドバイスをを得るために「3D 評価映像検討委員会」を設置した。委員は当該分野の専門家により組織している。委員を以下に示す。

「3D 評価映像検討委員会」委員名（敬称略、順不同）

委員長	畑田 豊彦	東京眼鏡専門学校
	河合 隆史	早稲田大学
	半田 知也	北里大学
	氏家 弘裕	独立行政法人 産業技術総合研究所
	緒方 京	株式会社 NHKメディアテクノロジー
	尾上 克郎	株式会社 特撮研究所
	大口 孝之	映画ジャーナリスト
	江本 正喜	NHK放送技術研究所

#### 4 活動経過

2009年10月末から2010年3月19日まで活動した。4者の情報共有、課題検討のため毎週会議（開発会議）を開催した。また、事業の軌道修正のため、「3D評価映像検討委員会」を毎月開催した。

	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
仕様作成			→				
評価映像制作				← 撮影	→		
主観評価 1/20-29					→		
客観評価 1/20-29					→		
普及活動 報道発表、セミナー						→	
結果整理 報告書作成						→	
委員会開催 毎月			○	○	○	○	○
開発会議開催 毎週			→	→	→	→	→

## 第1章 3D コンテンツについて

3D 映像の歴史は、1950 年代の第 1 次ブーム、1980 年代の第 2 次ブームと盛衰を繰り返し、今第 3 次のブームを迎えている。これを単なるブームに終わらせることなく、産業として独り立ちさせていく必要がある。そのためには、3D の基本的課題である生体安全性や 3D 特有の違和感についての解決が必須であり、その上で 3D ならではの魅力的なコンテンツ制作技法を確立していかなければならない。ここでは 3D コンテンツ制作上の課題解決についての取組みについて概観する。

### 1.1 3D コンテンツに関する研究

3D コンテンツの安全性については、3D コンソーシアムが“3DC 安全ガイドライン”[1]にまとめている。同ガイドラインでは生体安全に関わる注意事項が科学的に説明されており、3D コンテンツの制作に携わる者は最初に読むべきものである。

3D コンテンツの見え方については、(財)映像情報メディア学会が様々な立体標準画像を制作し、主観評価を行う素材として使用できるよう“立体映像標準チャート解説書”[2]を作成した。

また、NHK 放送技術研究所は、3D を活かした効率的・効果的な番組制作に資することを目指し、“2 眼式立体画像における箱庭・書き割り効果の幾何学的考察”[3]の研究を行い、撮像空間から立体画像空間への写像関係を光軸設定の観点から幾何学的に解析した。

(財)デジタルコンテンツ協会は“3D コンテンツに関する調査研究 報告書”[4]に 3D コンテンツの制作要件を整理し、見やすく疲れない自然な 3D コンテンツの要件をまとめた。

北里大学医療衛生学部の半田氏は、眼科的観点から“立体映像注視時の調節・輻輳・瞳孔反応の検討”[5]の研究を行い、立体映像注視時の眼科的測定を通し、一定以上の両眼視差量の増大に伴い調節・輻輳・縮瞳が生じることを示した。

### 1.2 本事業が対象とする範囲

本事業では、“ある撮影条件で制作した 3D 映像が、実際にはどのように見えるかわからない”という現状の課題に対し、これまでの 3D に関する様々な研究を踏まえ、3D 映像を大局的に分類の上様々な撮影条件で改めて映像制作し、映像集としてまとめた。適切な方法で制作された 3D 映像と不適切な 3D 映像を示し、3D 映像の制作者は各事例と撮影条件を理解することにより、失敗しない映像制作を目指す。次ページに 3D 映像の分類を示す。

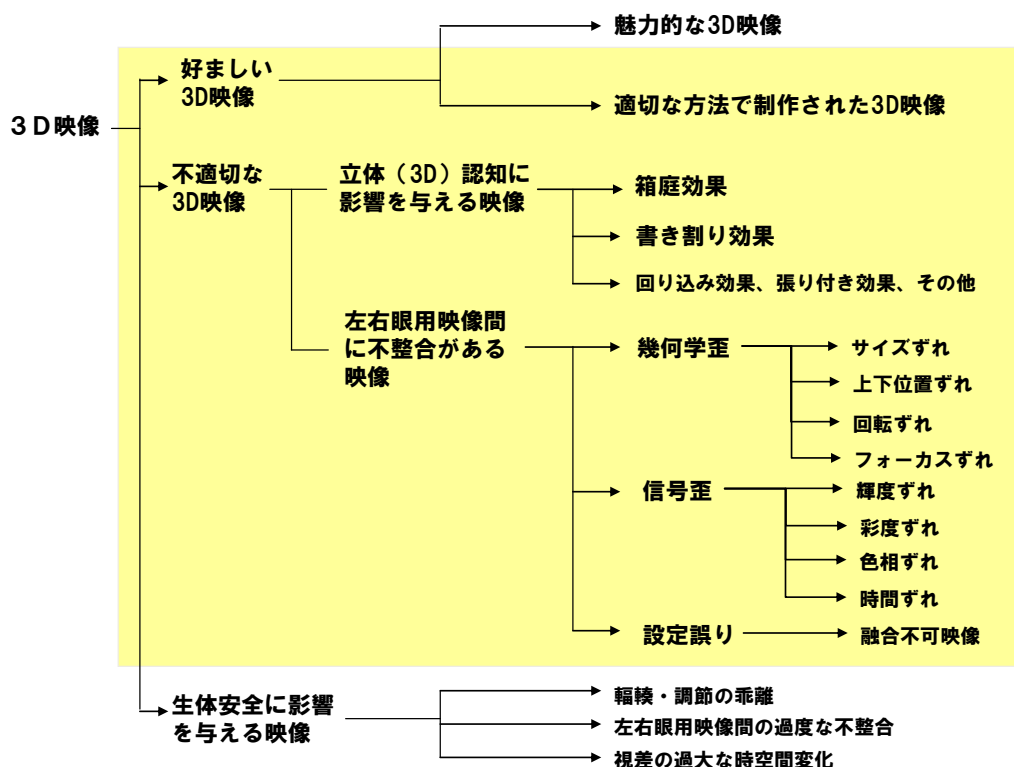


### 1.3 用語の説明

間隔、眼幅 : 撮影時の左右カメラ間隔 (レンズ軸間)

クロスポイント : 左右カメラの光軸交点

スクリーン面 : 撮影時はクロスポイントが、見るときはスクリーン自体がスクリーン面



参考文献 :

- [1] 3Dコンソーシアム：“3DC 安全ガイドライン”(2008)
- [2] 財団法人映像情報メディア学会：“立体映像標準チャート解説書”(1998)
- [3] 山之上裕一他：“2 眼式立体画像における箱庭・書き割り効果の幾何学的考察” 映像情報メディア学会誌 Vol.56 No.4 pp.575-582(2002)
- [4] 財団法人デジタルコンテンツ協会：“3D コンテンツに関する調査研究”pp.45-54(2008)
- [5] 半田知也他：“立体映像注視時の調節・輻輳・瞳孔反応の検討” 第 112 回日本眼科学会総会(2008)
- [6] 本田捷夫監修：“立体映像技術—空間表現メディアの最新動向—” シーエムシー出版(2008)

## 第2章 素材収録

本事業に於ける素材収録はソニーピーシーエル㈱が担当した。

収録する映像の内容に関しては、3D 評価映像検討委員会及び関係者で検討の上、決定した。以下にその流れを記す。

### 2.1 素材撮影の基本方針

まず、素材収録にあたり基本方針を以下のようにした。

- ①3D 映像制作に新たに取り組もうとしている人々に有用な知見を与えるために、被写体は単純な図形等ではなく、努めてテレビ放送等で頻繁に目にするものと類似した形式とする。
- ②立体感を決める各パラメーター（輻輳角、カメラ間隔、被写体距離等）の様々なバリエーションで同一の被写体を撮影する。
- ③箱庭効果、額縁効果等の立体映像に特有な映像サンプルを撮影する。
- ④2D 映像で多用されている CG との合成を 3D 映像で行う際の様々な有用な知見を得るため、合成用背景素材等の収録を行う。
- ⑤撮影時には、左右映像の差異である各種歪みが極力無い状態で収録し、編集時に電氣的に歪みを付加する。

以上の方針に基づき、一般テレビ放送の番組を参考にしながら委員会での議論により具体的な撮影場所、被写体の構成を決定した。

まず、撮影場所、方針については、以下の条件を念頭において決定した。

- ①様々な被写体を効率よく収録するため、ハウスタジオ（一般家屋全体が撮影スタジオになっており、様々な構図を構成しやすい）を利用する。
- ②遠景の山等が室内や、家屋と同時に撮影可能な地理的条件を満たす場所とする。
- ③登場人物は家族という設定とし、一般家庭生活での情景を基本的な被写体とする。
- ④CG 合成用の背景映像、様々な物品、物体の撮影も同一ハウスタジオで行う。
- ⑤当該ハウスタジオ、及び周辺で撮影が難しい被写体は別の場所にて撮影する。

検討の結果、ハウスタジオは河口湖近傍のスタジオ、追加撮影場所として横浜みなとみらい地区の2カ所で撮影する事とした。

次頁の図 2.1.1 と図 2.1.2 に撮影場所の詳細を記す。

- (1) スタジオリーフ河口湖 ハウススタジオ  
山梨県南都留郡鳴沢村字焼間8529-366

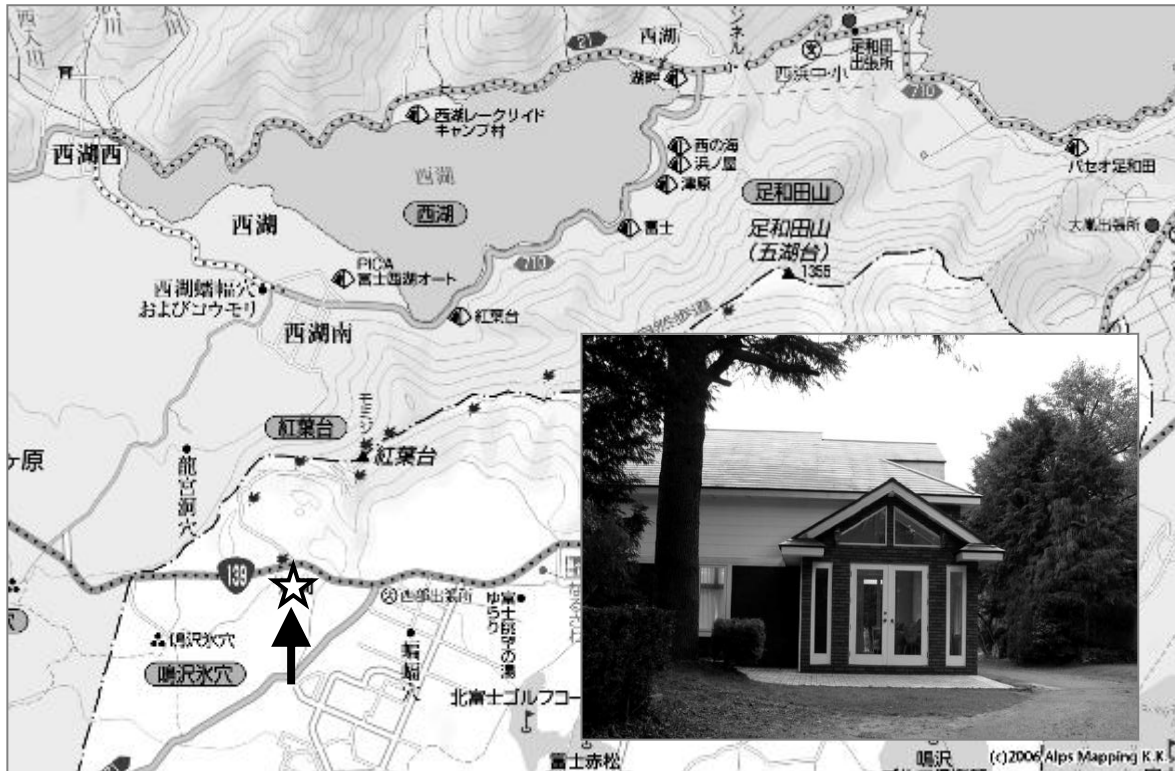


図 2.1.1 撮影場所 (河口湖)

- (2) みなとみらい地区  
神奈川県横浜市中区新港付近 2 カ所

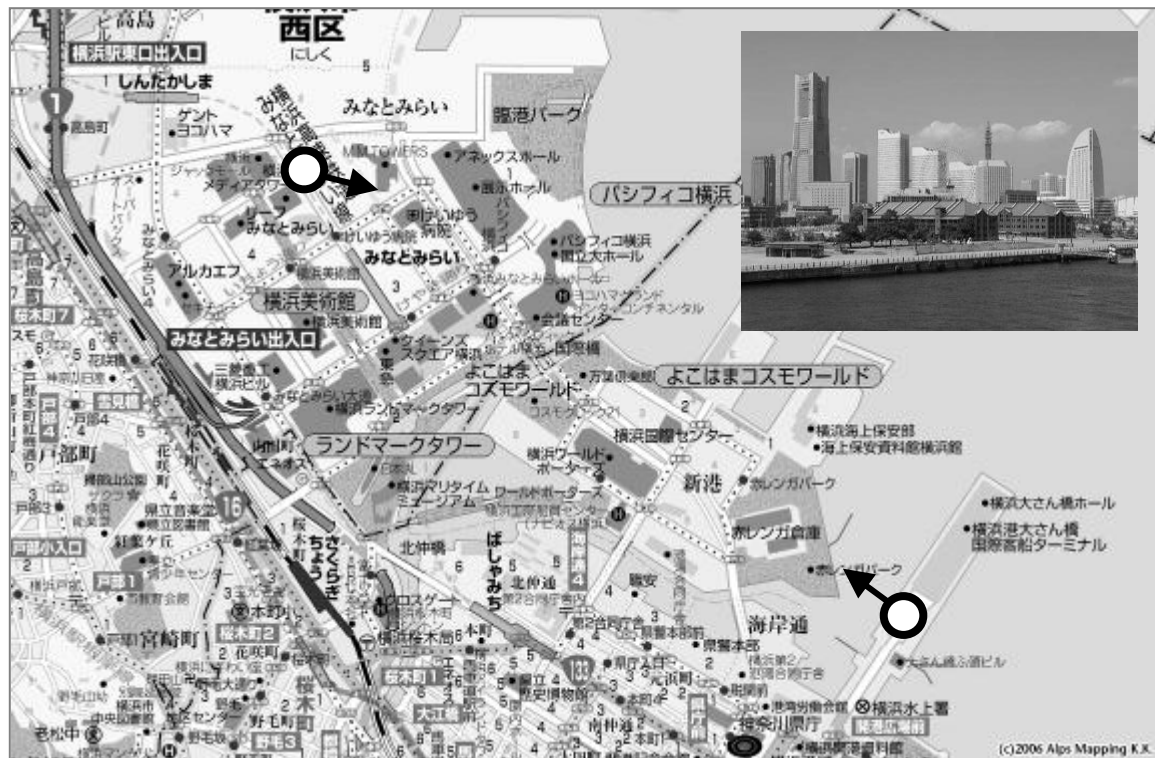


図 2.1.2 撮影場所 (みなとみらい)

## 2.2 撮影に使用した機器

図 2.2.1 に撮影に使用した機器の外観を示す。

三脚上が、ハーフミラーリグで左右映像撮影用のカメラが、水平と垂直に 2 台設置されている事が分る。

車輪付き台車の最下部が VTR、中段がカメラコントロールユニット、その上部が画質確認用のモニターである。

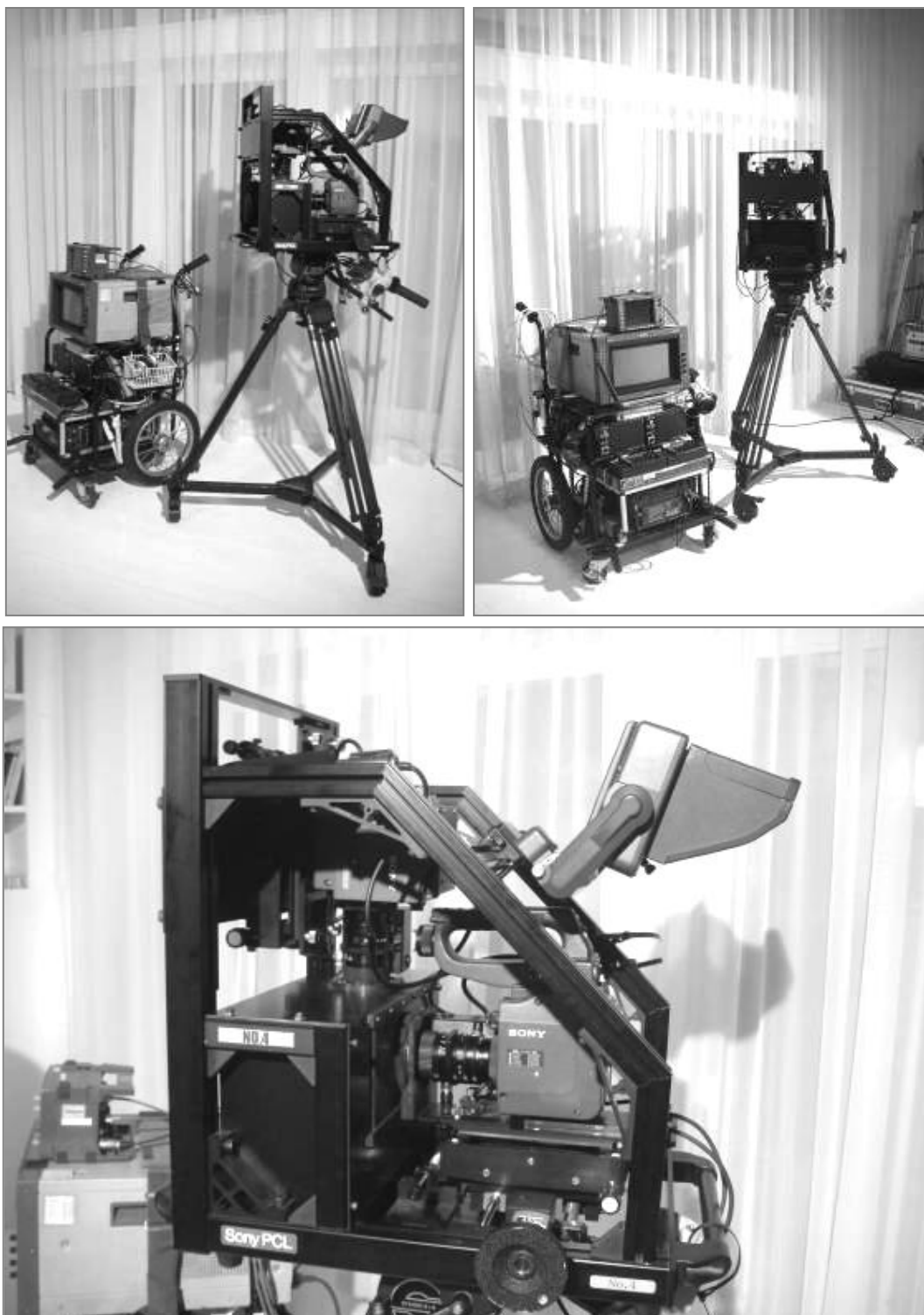


図 2.2.1 撮影に使用した機器

## 2.3 撮影アイテム

撮影アイテムについて、委員会にて種々議論した結果、次頁の表の通りとした。

冒頭の基本方針に従い、撮影アイテムの検討を進めるに当たり、

- ・ 幾つかの距離感による空間の奥行き感の様々なサンプル  
これは、撮影レンズによる像の大きさの変化による奥行き感（2D 映像として）と立体映像による奥行き感（3D 映像として）に整合性があるかという観点のサンプルである。
- ・ 物体の奥行き（厚み）感の様々なサンプル  
これは、球等の物体が、3D 映像上で正しく球として知覚できるかという観点のサンプルである。

の2点は基本であり、同一の被写体に対し、過去の研究で得られた知見を基に標準的と思われる輻輳角等を基準に、±方向に各パラメータを変化させた映像を複数収録する事とした。

パラメータの設定は、現場でのモニターの確認等を通じて決定した。以下にある表中のパラメータ数値は、事前に想定した標準値である。

次に、立体映像特有の現象、例えば、箱庭現象等のサンプル映像は、明確に例となるようなパラメータのみで収録する事とした。

更に、委員会での議論の中から立体視に様々な影響があると推測される、例えば暗部の多い映像等のサンプル映像も撮影アイテムとした。

収録後の各歪付加を念頭において、クロマ量の高い被写体や画面上に動きのある映像等も撮影アイテムとした。

CG 合成用の映像は、収録後、撮影レンズの焦点距離等のメタデータを記録し、事後の作業に役立てた。

CG 合成用以外の映像についても、被写体までの距離等のメタデータを採録し、事後の評価等に備えた。

図 2.3.1 に撮影の様態を示す。

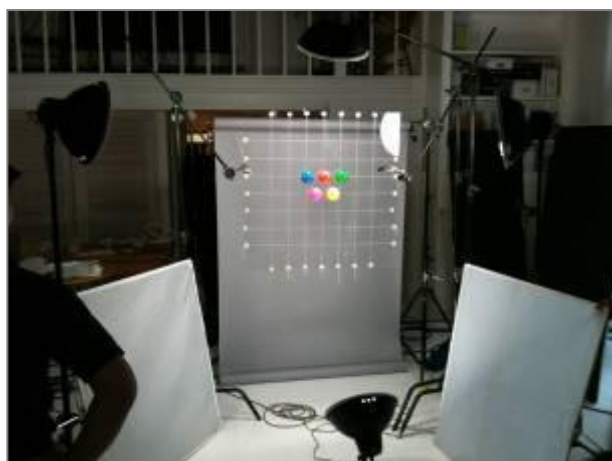


図 2.3.1 撮影の様態



実際の撮影は、ハウススタジオは 2009/12/1～12/3、みなとみらい地区は 12/4 の計 4 日間で行った。

図 2.3.2 に、撮影アイテムを一覧で記す。

	<p>建物外観 (Fix) 人物有り/無し</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：10m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：65mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>① 奥行き感の正しい立体</li> <li>② 書き割り化</li> </ul> </li> </ul>
	<p>室内俯瞰映像 (Tilt Down) 人物/イントレ3尺</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：5-6m程度</li> <li>・レンズ：広角系</li> <li>・間隔：65mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>① Pan Downによる視差ずれが生じないか。(窓枠や床など水平方向の物体)</li> </ul> </li> </ul>
	<p>奥行きのある室内 w/人物 (Fix) ドリー使用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：10～15m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：65mm / 40mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>① 奥行き感の正しい立体</li> </ul> </li> </ul>
	<p>限定された奥行き室内 (Fix)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：5m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：65mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>① 奥行き感の正しい立体</li> <li>② 箱庭現象</li> </ul> </li> </ul>
	<p>遠景風景と中景人物 (Fix) 人物/犬</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：15m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：65mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>① 奥行き感の正しい立体映像</li> <li>② 箱庭現象</li> </ul> </li> </ul>

	<p>犬の顔クローズアップ (Fix)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：1m程度</li> <li>・レンズ：ワイド系</li> <li>・間隔：40mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>①顔の厚みが正しい立体感</li> </ul> </li> </ul>
	<p>高い輝度の花束 (Fix)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：1-2m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：20mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>①花束の正しい立体感</li> <li>②色/輝度/色相ずれ</li> </ul> </li> </ul>
	<p>花のクローズアップ (Fix)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：0.2m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：20mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>①花の正しい立体/クローズアップ</li> <li>②色/輝度/色相ずれ</li> </ul> </li> </ul>
	<p>バスケットボール (Fix) 背景紙使用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：1-2m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：40mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>①正しい球体の立体</li> <li>②書き割り化</li> </ul> </li> </ul>
	<p>カラーボール (Fix) 背景紙/アクリル版使用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：0.5m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：40mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>①色の違いによるボールの距離感に違和感が生じないか</li> </ul> </li> </ul>

	<p>光沢のあるオブジェと花瓶（ガラス）（Fix）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：1m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：20mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>① 光沢のあるものとガラスの立体表現</li> <li>② 写りこみの消去</li> </ul> </li> </ul>
	<p>合成用手のひら（Fix）</p> <p>合成素材は、地球とリンゴ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：1m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：40mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>①CG合成された映像が自然な立体感で表現できるか。</li> </ul> </li> </ul>
	<p>合成用カップ（アイス無し）（Fix）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：1m程度</li> <li>・レンズ：ワイド系</li> <li>・間隔：40mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>①CG合成された映像が自然な立体感で表現できるか。</li> </ul> </li> </ul>
	<p>合成用キッチンテーブル(Fix)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：5m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：65mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>①CG合成された映像が自然な立体感で表現できるか。</li> </ul> </li> </ul>
	<p>合成用グリーンバックのモデル（Fix）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：3m程度</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：65mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>①CG合成された映像が自然な立体感で表現できるか。</li> </ul> </li> </ul>





COPYRIGHT: IPS DIGITAL STOCK. 0120-033-470. PHOTO NO: IPS-K-CD-0670

#### 紅葉の葉枝 (背景ボケ) (Fix)

- ・被写体距離感：15m程度
- ・レンズ：望遠系
- ・間隔：65mm
- ・ポイント：
  - ①自然なボケあしで立体表現できるか。
  - ②望遠レンズによる深度ずれが生じないか。



#### 木漏れ日・ハレーション (Fix)

- ・被写体距離感：10m程度
- ・レンズ：標準系
- ・間隔：65mm
- ・ポイント：
  - ①自然な光で木漏れ日を表現できるか。
  - ②左右にハレーション差違が生じないか。



#### 遠景のビル群 (Fix)

- ・被写体距離感：500-1000m程度
- ・レンズ：標準系
- ・間隔：65mm / 3m (三脚2台)
- ・ポイント：
  - ① 遠景の建物が自然な立体感で表現できるか。
  - ② 箱庭効果



#### 夜景 (Fix)

- ・被写体距離感：500-1,000m程度
- ・レンズ：標準系
- ・間隔：65mm
- ・ポイント：
  - ① 夜間建物の立体感・奥行き感が表現できるか。
  - ② 暗部の影響。


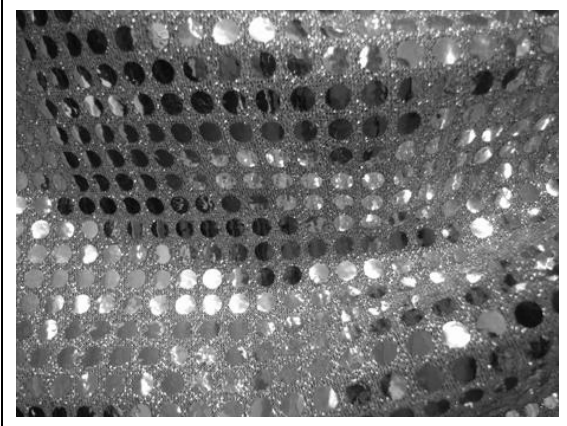

	<p>夜間の車ライト (Fix)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感：20m 程</li> <li>・レンズ：標準系</li> <li>・間隔：65mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>① 暗闇の中の車が立体として認識できるか。</li> </ul> </li> </ul>
	<p>リフレクション (Fix)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・様々な方向に拡散する反射光は、3D映像として効果があるか。</li> </ul>
	<p>ドリーを使用したカメラワーク (動きの中での立体感) 人物/ドリー使用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離感 4~5m</li> <li>・レンズ:標準形</li> <li>・間隔 :65mm</li> <li>・ポイント： <ul style="list-style-type: none"> <li>カメラワークによる立体感への影響</li> </ul> </li> </ul>

図 2.3.2 撮影アイテム

収録作業は、天候にも恵まれ順調に推移し、予定通りの工程で行うことができ、総記録時間は、約2時間に上った。

複数回の試写により、主観評価、客観評価用、セミナー用、配布用の使用映像を決定し、次の後作業工程へ収録素材は送られた。

それらの詳細は、次章以降に記す。

## 第3章 3Dコンテンツの編集

### 3.1 編集概要

#### 3.1.1 編集システム

撮影された映像素材を提示・頒布用に作品化するにあたり、Quantel社IQ/Pabloシステムを使用したポストプロダクションにおける後処理作業を実施。

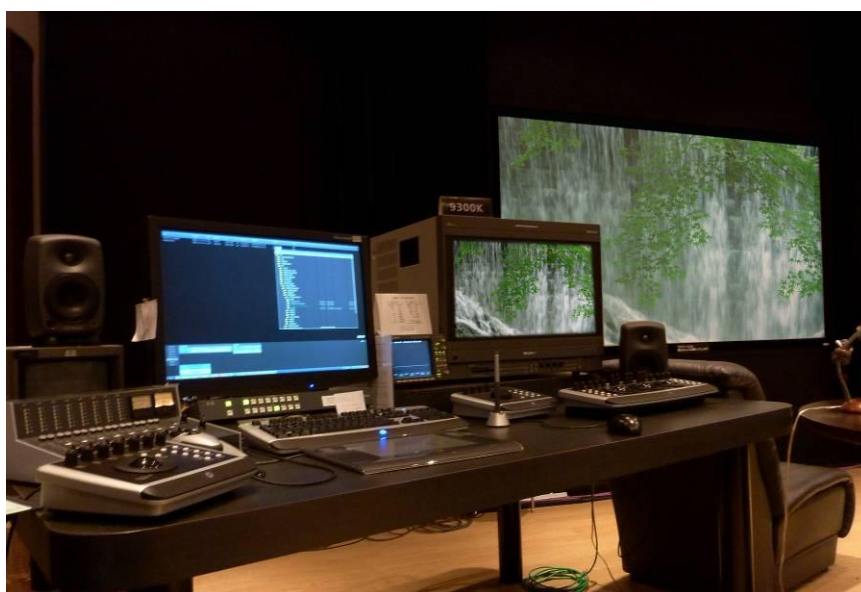


図 3.1.1 編集システム

ノンリニア編集システム：Quantel社IQ/Pabloシステム（Ver.4.1 REV5 P2）

3D表示方式：プロジェクター投影による円偏光方式

プロジェクター：Panasonic製（TH-AE3000）2台

スクリーン：ケイアイシー製パネル式張込みスクリーン103型HD特型仕様

スクリーンサイズ：103吋（16：9）横2,269mm×縦1,277mm

### 3.1.2 目的

編集された映像の用途として

- ① 主観評価試験向け提示映像
- ② 客観評価（生体反応計測）向け提示映像
- ③ 一般頒布用サンプル映像
- ④ セミナー用サンプル映像

編集方針として

①、② 委員会等で採用を決定した映像に歪加工等を施し、呈示方法に従い、並び替えて一本化する。必要に応じて、文字タイトル等を付加する。

③、④ 主観評価・客観評価結果、及び委員会での検討により、採用が決定された映像に文字情報等を付加して一本化する。

上記の要素を踏まえた上で、映像を比較することを前提とするため、確実に調整した3D映像を作成し、それを基準映像とした。基準映像は、まず左右の映像のサイズズレ、上下ズレ、回転ズレや、色、色相、彩度のズレ幅を最小限に調整加工した。基準映像を元にサイズズレ、上下ズレ、回転ズレの幾何学歪、輝度ズレ、彩度ズレ、色相ズレ、時間ズレの信号歪を、決定された付加量に準じて加工した（比較映像）。比較用に基準映像と比較映像を交互にならべ、一本化を実施した。

### 3.1.3 後処理による歪作成作業

歪加工の付加に関しては、評価映像分類（図 3.1.2）のうち“不適切な 3D 映像—左右眼用映像間に不整合がある映像”の部分（幾何学・信号歪）について、IQ システムのエフェクト機能を使用した後処理作業において作成。

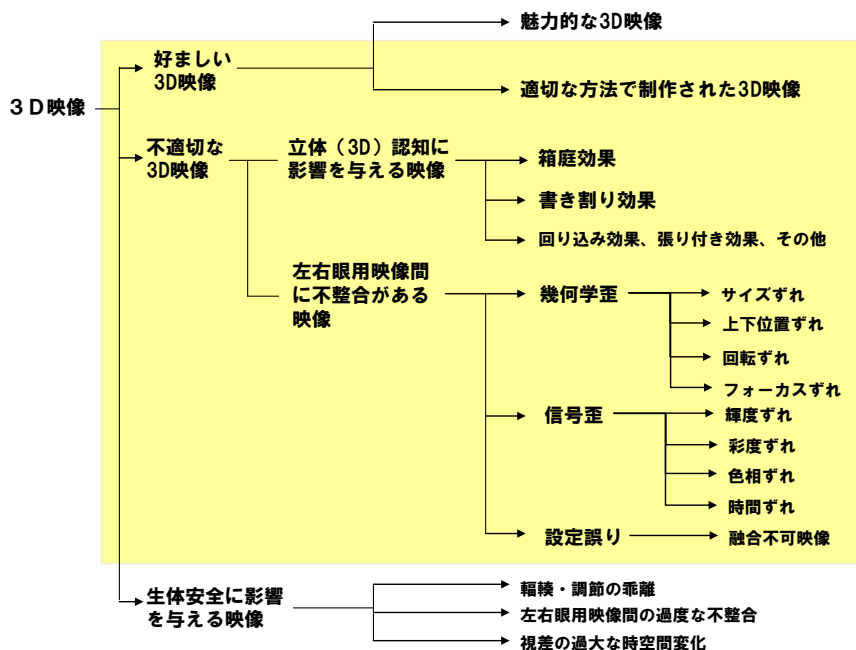


図 3.1.2 3D 映像の分類

歪付加量については資料A～Cを参考に、技術者の経験値・目視による基準値を仮定した歪サンプル映像を作成し、委員会における試写・評価を受けて最終歪付加量を決定した。


表 3.1.1 歪作成リスト

		幾何学歪			信号歪				
		サイズ	上下	回転	輝度	黒レベル (SET UP)	彩度	色相	時間
資料A		1.20%	画面高の0.7%						
資料B		1.21 ± 0.30	0.66 ± 0.49	0.53 ± 0.22					
		2.89 ± 0.21	1.45 ± 0.28	1.14 ± 0.16					
資料C		1.50%		3%	5%				
		15%		6%	30%				
x-1	%/Dig./Frm	0%	0%	0dig.	0%	0%	0%	0dig.	0Frm
x-2	%/Dig./Frm	+0.5%	+1.85%	-0.36dig.	-10%	+5%	-10%	10dig.	-1Frm
	pixel		20pixel						
x-3	%/Dig./Frm	+1%	+3.70%	-0.72dig.	-20%	+10	-20%	20dig.	
	pixel		40pixel						
x-4	%/Dig./Frm	+2%	+5.56%	-1.08dig.	-30%	+15	-30%	30dig.	
	pixel		60pixel						
x-5	%/Dig./Frm	+3%	+7.41%	-1.44dig.	-40%	+20		40dig.	
	pixel		80pixel						


### 3.1.4 編集作業詳細

#### ①主観評価

A	建物外観	眼幅違い	time:4m24s
# 1(人犬無)		<ul style="list-style-type: none"> <li>●基準眼幅65mm、対して20mm・40mm・80mmの視差で撮影された同一素材の連続視聴を目的に編集実施</li> <li>●左右の輝度・色成分に不可避のズレが生じるため、違和感のないレベルまで調整</li> </ul>	

B	限定された奥行き室内	眼幅違い	time:8m24s
# 4		<ul style="list-style-type: none"> <li>●基準眼幅 30mm、対して 20mm・40mm・90mm の視差で撮影された同一素材の連続視聴を目的に編集実施</li> <li>●前項同様、左右の輝度・色成分に対する調整</li> </ul>	


C	球体	眼幅違い	time:7m142s
# 9		<ul style="list-style-type: none"> <li>●基準眼幅 35mm、対して 5mm・15mm・25mm・45mm・55mm・65mm の視差で撮影された同一素材の連続視聴を目的に編集実施</li> <li>●前項同様、左右の輝度・色成分に対する調整</li> </ul>	

D	建物外観	サイズズレ	time:8m00s
# 1(人犬有)		<ul style="list-style-type: none"> <li>●基準眼幅 40mm の素材に対し、右眼のみ有効画面サイズを 0.5%・1%・2%・3% の範囲で拡大</li> <li>●A～C 項に加え、電氣的に拡大処理を実施</li> <li>●DVE 機能にて対応、実パラメータについては歪作成リスト参照の事</li> </ul>	

E	建物外観(人物あり)	上下ズレ	time:8m00s
# 1(人犬有)		<ul style="list-style-type: none"> <li>●基準眼幅 40mm の素材に対し、右眼のみ縦方向へのずらし幅を上にて 5pixel 単位で、5pixel、10pixel、15pixel、20pixel の計 4 パターンを作成した。委員会での検討結果、上へのずらし幅を 20pixel 単位で、20pixel、40pixel、60pixel、80pixel の計 4 パターン作成</li> <li>●A～C 項に加え、電氣的に縦位置移動処理を実施</li> <li>●DVE 機能にて対応、実パラメータについては歪作成リスト参照の事</li> </ul>	

F	建物外観(人物あり)	回転ズレ	time:8m00s
		<ul style="list-style-type: none"> <li>●基準眼幅 40mm の素材に対し、右眼のみ画像中心点を軸に右回り(時計回り)へ、回転幅 0.36°単位、計 4 パターン作成</li> <li>●A～C 項に加え、電氣的に画像回転処理を実施</li> <li>●DVE 機能にて対応、実パラメータについては歪作成リスト参照の事</li> </ul>	

G	建物外観(人物あり)	輝度ズレ	time:8m00s
# 1(人犬有)		<ul style="list-style-type: none"> <li>●基準眼幅 40mm の素材に対し、右眼のみ輝度(明るさ)成分のずらし幅を 10%単位、計 4 パターン作成</li> <li>●A～C 項と同様の処理を行った後、意図的に輝度落とし処理を実施</li> </ul>	

H	建物外観(人物あり)	彩度ズレ	time:6m24s
# 1(人犬有)		<ul style="list-style-type: none"> <li>●基準眼幅 40mm の素材に対し、右眼のみ彩度成分のずらし幅を 10%単位、計 3 パターン作成</li> <li>●A～C 項と同様の処理を行った後、意図的に彩度落とし処理を実施</li> </ul>	

I	建物外観(人物あり)	時間ズレ	time:4m48s
# 1(人犬有)		<ul style="list-style-type: none"> <li>●基準眼幅 40mm の素材に対し、右眼のみ時間軸を 1F 単位で遅れさせ、1F 遅れ、2F 遅れの計 3 パターンを作成。委員会での検討結果、標準と 1F 遅れのみ、計 2 パターン作成とした。</li> <li>●A～C 項と同様の処理を行った後、意図的に編集点のタイミングずらしを実施</li> <li>●タイミングずらし自体は通常の編集作業にて対応</li> </ul>	

J	輝度の高い花	色相ズレ	time:8m00s
#7		<ul style="list-style-type: none"> <li>●基準眼幅 20mm の素材に対し、右眼のみ色相成分のずらし幅を 10%単位で 0%、10%、20%、30%の計 4 パターン作成</li> <li>●A～C 項と同様の処理を行った後、意図的に彩度ずらし処理を実施</li> </ul>	

K	ビル群	黒レベルズレ	time:8m00s
#18 夕景		<ul style="list-style-type: none"> <li>●基準眼幅 65mm の素材に対し、右眼のみ輝度(暗さ)成分=黒レベルのずらし幅を 10%単位で、0%、10%、20%、30%の計 4 パターン作成</li> <li>●A～C 項と同様の処理を行った後、意図的に SETUP 変更処理を実施</li> </ul>	

L	2D/3D 比較	2D/3D 比較	time:9m36s
#11 スパシコール #17ex1 木漏れ日 #18 ビル群 #7 高い輝度の花 #11 光沢の有るオブジェ(ブタ) #11ex 光沢の有るオブジェ(花瓶)	     	<ul style="list-style-type: none"> <li>●各々基準眼幅を設けた素材について、同一面のみで構成された画像(2D)と 3D 画像の切り替わりを、計 6 パターン作成</li> <li>●A～C 項と同様の処理を行った後、意図的に同一面をステレオ配置</li> <li>●Stereoscopic Timeline 上で画像を再配置</li> </ul>	

M	CG 車(A) 1 秒	空舞台の有無による見え方の確認用	time:8m00s
CG 車 A		<ul style="list-style-type: none"> <li>●別途作成の車が右から左に走り抜ける CG 素材を車が走り出す前に空舞台を 1 秒付加した物と、付加していないもの比較</li> </ul>	



## ②客観評価

同時計測-1	限定された奥行き		time:3m10s
# 4		<ul style="list-style-type: none"> <li>●主観評価での作例・手法を基に、同一画像(2D)及び 3D 画像の比較、加えて眼幅 80mm の極端な 3D 画像の連続視聴を目的に編集実施</li> <li>●主観評価 A~C 項同様、左右の輝度・色成分に対する調整</li> </ul>	
同時計測-2	奥行きのある室内 (ドリー)		time:2m10s
# 3		<ul style="list-style-type: none"> <li>●主観評価での手法を基に、眼幅 30mm の 3D 画像へのスーパーインポーズを付加し、見え方の違いとその評価を目的に編集実施</li> <li>●主観評価 A~C 項同様、左右の輝度・色成分に対する調整</li> <li>●スーパーインポーズは CG ワークにて対応</li> </ul>	
眼精疲労	ドリー		time:4m10s
# 22		<ul style="list-style-type: none"> <li>●主観評価での手法を基に、眼幅 30mm の 3D 画像への上下ズレ処理を行い、連続視聴による評価を目的に編集実施</li> <li>●主観評価 A~C 項同様、左右の輝度・色成分に対する調整に加え、電氣的に縦位置移動処理を実施</li> <li>●DVE 機能にて対応、実パラメータについては歪作成リスト参照の事</li> </ul>	

図 3.1.3 編集した映像

## 3.2 考察

2 台のカメラで撮影する構造上カメラやレンズの個体差があり、またハーフミラー方式での撮影においては、ミラーによる屈折などの要素が加わるため、編集開始前に左右の色や、ここで検証した各種歪を取り除く必要がある。

左右の映像に若干の差異があっても立体視は可能であると判断できるが、視聴環境・視聴時間、視聴者の特性によっては疲労感・不快感を招く事もあるので、撮影時に発生した幾何学歪・信号歪の補正は必須であり、編集時にも左右映像の条件不一致が発生するような効果の使用には注意が必要である。

## 第4章 CG合成に際して

### 4.1 目的

3D で実際に CG と実写の合成が問題なく行え、違和感のない立体感が得られるのかを確認するため、成功例と失敗例を制作し検証する。左右の2チャンネル分の映像を、合成、編集するために2Dと比較して、どのくらい時間や労力が必要かを調べる。

### 4.2 制作に使用した機材

3DCG 制作用ソフトウェア  
コンポジットソフトウェア  
トラッキングソフトウェア  
モニタリング機器

autodesk MAYA2010  
adobe AfterEffects  
2d3d boujou4  
ASUNA 24inch xpol 方式立体モニター  
P-240W

編集合成機材  
モニタリング機器

Quantel Pablo  
NEC 製 DLP Cinema Projector NC1600C  
XpanD 3D 上映システム

## 4.3 制作した映像

### 4.3.1 写り込みの消し込み

成功例と失敗例を制作した。静止画での作業のため、難易度は高くない。

通常の写真込みは、消し込む部分の周りのパターンに合わせて素材をコピーしたり、塗り込むことで行うが、3D では、左右のそれぞれの画像に対応する位置から素材をコピーしたり、同様な塗り込みを行う必要がある。それぞれの画像で矛盾が無くても両眼視をした場合に消し込み部分が浮いて見えることがある。

動画の場合には写り込みの複雑さによって難易度の幅は、大きく変わる。



図 4.3.1-1 写り込みのある素材



図 4.3.1-2 写り込みを消した画像

### 4.3.2 実写+CG 合成

手の撮影素材に CG のりんごを合成し、成功例と失敗例を制作した。  
成功例は、実写のデータに合わせているが、失敗例では目幅を 150mm にしている。  
撮影時のステレオカメラのデータに合わせ、CG を配置することにより立体感に矛盾のない合成ができる。カメラや被写体の動きがある場合は、トラッキング作業が追加になる。



図 4.3.2-1 背景の実写素材 (手)



図 4.3.2-2 CG 合成後 (りんご : CG)

	成功	失敗
レンズフォーカルレングス :	40mm	40mm
眼幅 :	40mm	150mm
クロスポイント :	157cm	152cm

### 4.3.3 実写+CG 合成

手の撮影素材に CG の地球を合成し、成功例と失敗例を制作した。

成功例は、実写のデータに合わせているが、失敗例では目幅を 150mm にしている。

撮影時のステレオカメラのデータに合わせて、CG を配置することにより立体感に矛盾のない合成ができる。カメラや被写体の動きがある場合は、トラッキング作業が追加になる。



図 4.3.3-1 背景の実写素材 (手)



図 4.3.3-2 CG 合成後 (地球 : CG)

	成功	失敗
レンズフォーカルレングス :	40mm	40mm
眼幅 :	40mm	150mm
クロスポイント :	157cm	152cm

#### 4.3.4 実写+CG 合成

アイスコーンを持ち、手前に差し出す動きのある素材に CG のアイスクリームを合成している。

撮影時のステレオカメラのデータに合わせ、CG を配置することにより立体感に矛盾のない合成ができる。この例は、CG を合成する部分が動いているため、実写の動きをトラッキングして位置合わせをする必要がある。2D 作業の場合も同様の作業を行うが、3D では奥行き方向の矛盾が許容されない。2D 作業では、前後移動を大きさの変化にすり替えても大きな矛盾は生じない。しかし、3D では移動や大きさの変化が認識される。

3D でのトラッキングは 2D での場合よりも 3D 空間での正しい動きが求められる。

また、撮影時のカメラと合成が行われる対象との関係や、ステレオカメラの設定等が記録されていない場合は、推定するパラメータが増えるため、難易度が非常に高くなる。

トラッキングは右のカメラをトラッキングして左のカメラも合わせている。



図 4.3.4-1 背景の実写素材



図 4.3.4-2 CG 合成後 (アイスクリーム : CG)

レンズフォーカルレングス :	12mm
眼幅 :	40mm
クロスポイント :	200cm

トラッキングを行なう場合の必要とされるパラメータ

<2D の場合>

- ①カメラのフィルム or 撮像素子の有効サイズ
- ②レンズのフォーカルレングス
- ③カメラの 3D 空間での位置(x, y, z:座標)
- ④カメラの回転(x, y, z:角度)
- ⑤CG が合成されるべき 3D 空間での位置(x, y, z:座標)
- ⑥CG が合成されるべき位置の回転(x, y, z:角度)

<3D の場合>

- ①カメラのフィルム or 撮像素子の有効サイズ
- ②レンズのフォーカルレングス
- ③2つのカメラの間隔 (目幅)
- ④輻輳角 or クロスポイントまでの距離
- ⑤ステレオカメラの 3D 空間でのそれぞれの位置(x, y, z:座標)
- ⑥ステレオカメラそれぞれの回転(x, y, z:角度)
- ⑦CG が合成されるべき 3D 空間での位置(x, y, z:座標)
- ⑧CG が合成されるべき位置の回転(x, y, z:角度)

このように 3D では、推測するパラメータが増えてしまう。

トラッキングは専用のソフトウェアを使用して作業を行うが画像解析から位置情報を割り出す。これは、既知のパラメータを事前に入力することで精度を上げることが可能である。

既知のパラメータが無くても計算を行うことは可能だが、精度に問題が出る。

左右それぞれの素材をトラッキングしてもほとんどは、うまくいかない。

3D でのトラッキングは、左右どちらかの素材を精度良くトラッキングし、ステレオ設定のオフセットを加えて実現する。3D 対応のトラッキングソフトウェア(PF Track5)も存在する。

#### 4.3.5 実写+CG 合成

テーブルの実写素材に CG の皿、グラス等を合成し、成功例と失敗例を制作している。失敗例では、目幅を 80mm、クロスポイントを 265cm に変えてある。基本的に、撮影時のステレオカメラのデータに合わせて CG を配置することで立体感に矛盾のない合成ができる。しかし、この例では、CG 制作時に撮影時のデータを補正しながら作業を行った。画面の端から端まで CG を配置するような場合は、カメラリグや光学系の誤差や歪みを考慮して撮影時のデータを補正して CG を制作している。なぜなら特に空間の広範囲に CG を合成する場合、実写カメラの光軸センターからずれるにしたがって誤差が増える為、全く誤差や歪みの無い CG カメラと矛盾が生じるからである。

今回使用した 3D 撮影用カメラリグは、ハーフミラーで左右のカメラに光を分けるタイプのものであった。ハーフミラーには偏光フィルターの性質もある為、テーブルのエッジ部分のハイライトが左右の画像で大きく異なって見える現象が起った。そのため、背景となるテーブルのハイライト部分の修正を行っている。

質感的な部分は制作時間が許せば更に向上させることが可能である。



図 4.3.5-1 カメラ&カメラリグ (正面)



図 4.3.5-2 カメラ&カメラリグ (横)





図 4.3.5-1 背景の実写素材



図 4.3.5-2 CG 合成後 (皿、グラス等 : CG)

	成功	失敗
レンズフォーカルレングス :	9mm	9mm
眼幅 :	15mm	80mm
クロスポイント :	105cm	265cm

### 4.3.6 実写+実写合成

「子供達の映像と大人達の映像」は、大人達が縮小化した仮定で合成している。

大人達はグリーンバックで撮影した。

子供達と大人達のサイズの比率で大人達のカメラの設定を行った。

大人達は 1/9 のサイズになっている設定なのでカメラ間隔を子供達の撮影時の 9 倍、クロスポイントも 9 倍遠くし、カメラの位置も実際に合成される場所に対して 9 倍離れて設置した。

レンズのフォーカルレングスとカメラの回転角度は、子供達を撮影したときと同じである。このように大人達が縮小された時の立体感と矛盾が起こらないように素材を撮影した。



図 4.3.6-1 背景の実写素材



図 4.3.6-2 手前の実写素材



図 4.3.6-3 合成後

	子供達	大人達
レンズフォーカルレングス：	10mm	10mm
眼幅：	10mm	90mm
クロスポイント：	69cm	600cm

### 4.3.7 ワイヤー消し込み

グリーンバックで人物を撮影し、ワイヤーを消し込み背景にレンガの壁を合成した。  
3Dは左右に2素材ある為、作業時間も2倍かかっている。  
ワイヤーの髪の毛や衣装へのかかり具合によって難易度は変化する。  
写り込みの消しと同様に左右で矛盾の無い描き足しが必要になる。



図 4.3.7-1 グリーンバック素材



図 4.3.7-2 ワイヤー消し&背景合成

### 4.3.8 ターゲット消し込み

アートボードのターゲット(1~4)の消し込みを行った。

カメラから奥行き方向にそれぞれのターゲットは、ずれて配置されている。

作業は2Dでの場合と同様に消し込む部分の周りから素材をコピーし、貼り付ける。

3Dでは左右の映像とも同じ位置から素材をコピーし、貼り付けるのが望ましい。

今回は、静止画で升目パターンのあるアートボードを用意したので消し込み部分のサイズやパースを合わせるのに役立った。

動画の場合や、同じ画像にうまく対応するパターンが無い場合は難易度が高くなる。

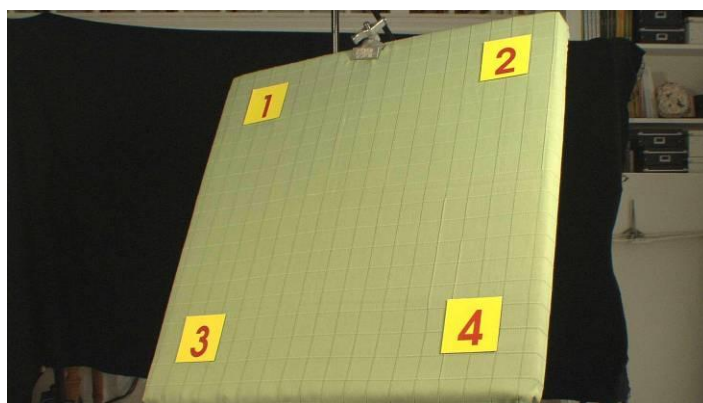


図 4.3.8-1 ターゲット有りアートボード素材

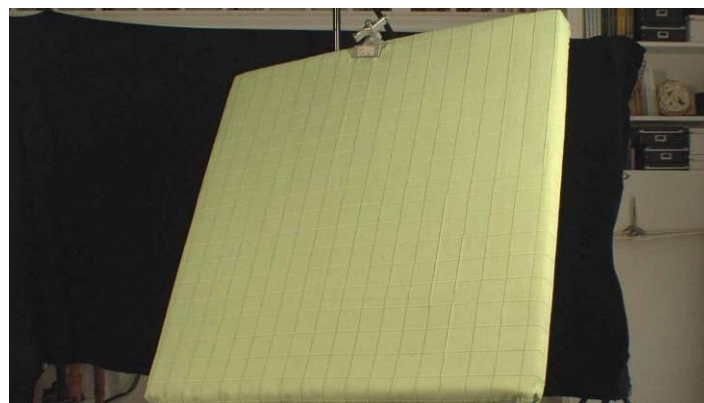


図 4.3.8-2 ターゲット消し込み後

### 4.3.9 字幕

奥行きのある実写素材にパース感を合わせて字幕を配置し、成功例と失敗例を制作した。

左右に移動しているカメラの動きをトラッキングして字幕を配置した場合は、カメラの動きに合わせて、曲がって見える錯覚が起こった。クロスポイントを超えて奥に字幕が移動すると位置的に被写体と干渉する部分が増えるため、違和感を覚える。

字幕は全ての被写体と干渉しない位置関係に配置しなければならない。

字幕は基本的にクロスポイントよりも手前側に配置するのが望ましい。



図 4.3.9 パースを合せた字幕

	成功	失敗
レンズフォーカルレングス：	4mm	4mm
眼幅：	15mm	65mm
クロスポイント：	50cm	50cm

#### 4.3.10 字幕

奥行き方向に動きのある被写体を含む実写に、字幕を配置するテストを行った。

この場合もクロスポイントより奥に配置するのは前後関係に矛盾が生じ易いため、問題が起こる。クロスポイントより手前側に配置することは基本的に変わらない。

しかし、動きのある被写体や、注視点と字幕との奥行き方向の差が大きい場合は見づらくなる。

また、誰もが字幕を認識できるように、表示時間も考慮しなければならない。

セリフの場合は役者との関係を考慮して配置する必要がある。

3Dでは、字幕にも演出意図を反映させ、位置を調整する必要があると思われる。

また、字幕の配置で眼精疲労を起こしやすい場合などを検証する必要がある。



図 4.3.10 字幕

### 4.3.11 自動車

画面を左から右に移動する3種類の速度の違う自動車を客観評価の為にCGで制作した。

画面の端から端までの移動距離は、19m。

カメラは自動車から17m離れており、クロスポイント（スクリーン面）も17mに設定されている。

移動速度は、68.4km/h、22.8km/h、13.68km/hになっていてそれぞれ画面の端から端までを1秒、3秒、5秒で通過する。

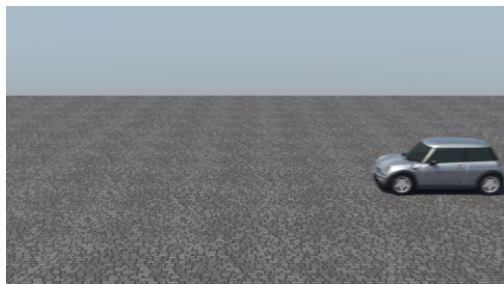


図 4.3.11-1 右端

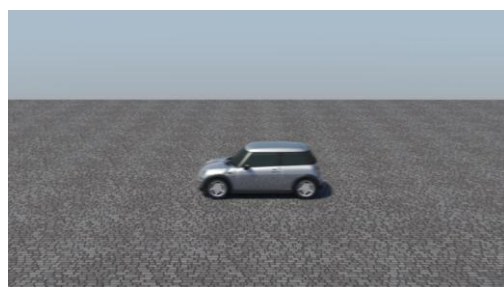


図 4.3.11-2 中央



図 4.3.11-3 左端

レンズフォーカルレンジス :	12mm
眼幅 :	90mm
クロスポイント :	17m

自動車の全長 :	3.7m
カメラ 自動車 :	17m
カメラ 高さ :	5m
カメラ ティルト角 :	下振り 12°

### 4.3.12 振り子

前後方向に動いている2種類の振り子を客観評価の為にCGで制作した。  
一つは、最も遠ざかった時にクロスポイント（スクリーン面）になる様に設定されている。（クロスポイントよりも前での動き。）  
もう一つは、最も近づいた時にクロスポイント（スクリーン面）になる様に設定されている。（クロスポイントよりも後での動き。）  
それぞれの周期は3秒で1往復になっている。



図 4.3.12-1 最も遠ざかった時



図 4.3.12-2 基準の静止位置



図 4.3.12-2 最も近づいた時

	手前	奥
レンズフォーカルレングス：	12mm	12mm
眼幅：	65mm	65mm
クロスポイント：	454.2cm	187.7cm
カメラ 振り子（静止状態）：	314cm	
振り子の振り幅：	250cm	



## 4.4 考察

実写とCGの合成では、撮影時のデータ記録が重要である。

正しいデータを基にCGを制作出来れば立体感の調整も問題は無い。

トラッキングが必要になる場合には、更に重要になる。2Dでもカメラ等の基本データが無い場合は作業として困難になるが、3Dでは、更に大幅に時間が必要となる。

撮影時のデータはCG合成の無い場合でも後処理作業での立体感の調整時に役立つ。

実写の修正、消し込みは静止画で作業時に3Dのモニタリング環境があれば、2D作業を2回行うのと同程度の時間で完了する。今回はペイント修正をワイヤー消しのみ動画での作業を行ったが、かかった時間は2倍程度で済んでいる。しかし、3Dで矛盾を生じさせないためには、複雑な形状の修正や消し込み、ペイントの場合は2倍以上の時間を要する。

通常の実写同士の合成の場合は、カメラ間隔、レンズのフォーカルレンジ、クロスポイント等のステレオ設定は同じになるように揃えて素材を撮影しなければならない。これらを見落とすと正しい立体感、奥行き配置が出来ない。

編集時に多少の修正は可能でも基本は同じ設定を守ることが重要である。CGの様に実写素材に合わせて自由に修正することは出来ない。

今回の大人の縮小化合成も理論的に比率が正しくなるようにカメラ設定を行ったため、成功している。単純に大人達の素材を縮小して合成すると「書き割り効果」の小さな大人達が合成される結果になり失敗する。

実写同士の合成を行う場合には、可能ならば事前にテスト撮影を行ったり、CGによるシミュレーションを行ってから臨むべきである。後処理としては、どの程度ならば修正可能で違和感の無い3D映像に出来るかの検証をする必要がある。

字幕については、認識のしやすさは勿論だが奥行き方向の配置については、演出意図を考慮して配置されるべきである。ただし、被写体と干渉したり前後関係の矛盾を感じる様な配置はしてはならない。今後は、字幕自体の演出も重要になると思う。

特に、失敗の許されない撮影であれば、テスト撮影やCGによるシミュレーション(プレビューアライゼーション)が重要になる。

フルCG映像と3Dの相性は非常に良い。実写撮影時の物理的な制限を全く考慮することなくステレオ映像を制作することが出来る。また、時間の許す限りトライ&エラーが出来る。

しかし、実写との合成になると全て実写に合わせる必要があるため、実写撮影のカメラシステムの設定や制限などを後処理を担当するCGや編集のスタッフも知っておく必要がある。

## 第5章 3D コンテンツの評価

評価の目的は以下の通りである。

適切な方法で制作されなかった 3D 映像（不適切な 3D 映像）を、人が実際に見て評価することで（主観評価）、不適切な映像は実際どのように見えるのか、不適切さはどこまで許容できるかを知る。また、人が 3D 映像を見るときに眼科的な測定を行うことで（客観評価）、主観評価で計ることができない生体への影響状況を客観データで裏付ける。

適切な方法で制作された 3D 映像（成功例）、不適切な 3D 映像（失敗例）及び撮影条件、上記評価結果をセットで提供することにより、クリエイタに 3D 映像制作時に考慮すべきポイントを納得性をもって理解させる。

なお、評価方法は、3D 評価映像検討委員会で議論して決定した。

### 5.1 主観評価

一般被験者に、作成した映像を提示し、評価結果を収集した。これにより、様々な条件で撮影した映像に対する、客観的な見え方（どう見えたのか）を知り、映像制作に対する指標を得ることを狙っている。

#### 5.1.1 評価方法

##### (1)二重刺激法による評価

主観評価方法として、いくつかの方法が提案されている。特に一対比較法は精度の高い評価ができるが、組み合わせ数が多く時間がかかる。ここでは、二重刺激法を採用することとした。評価のための時間や被験者への負担を考慮した結果である。二重刺激法とは、標準映像と評価する対象（比較映像と呼ぶ）をペアにして被験者に提示し、評価を行う方法である。実際には標準映像として、適正に撮影された映像を選択し（これを基準映像と呼ぶ）、比較映像は基準映像と同じシーンだが、撮影条件を様々に変化させた映像を用いた。

図 5.1.1 は、眼幅 65mm の映像を基準映像とし、眼幅 20mm の映像を比較映像とした例である。映像名を示すタイトルを表示し、短い黒を入れ、その後に基準映像、短い黒を入れて、比較映像を表示する。この後すぐに被験者に評価結果をアンケート用紙に記入していただくというシーケンスで映像提示を行った。映像の長さは、静止画は 5 秒程度、動きのあるものは 10 秒や 15 秒程度とした。

ブロック	内容	時間	
A-1	タイトル	3秒	
	黒	2秒	
	65mm	5秒	基準映像
	黒	2秒	
	20mm	5秒	比較映像
	黒	5秒(アンケート記入用)	

図 5.1.1 映像提示のシーケンス

## (2)映像提示の全体構成

A から M までの 13 種類のシーンを順番に提示した。最小単位は、二重刺激法に基づく基準映像と比較映像のペアであるが、同じペアを 3 回ランダムに提示することで評価のゆらぎを吸収した。

図 5.1.2 に映像提示の全体構造を示す。シーン A は建物の全景である。基準映像は眼幅 65mm で撮影した映像とする。また比較映像は眼幅 20mm,40mm,65mm,80mm の 4 種類である。同じペアを 3 回提示したため、被験者には 12 個のペアを提示した。

ひとつのシーンが終了した時点で、2 分間の時間を空けた。この時間は休憩とアンケート（感想等）の記入を兼ねている。また、1 時間毎に約 15 分の休憩を入れた。

セット	ブロック	内容	時間
A 建物外観 視差違い time:4m24s			
# 1(人犬無)			
			
1セット	A-1	タイトル	3秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
		黒	2秒
		20mm	5秒
	黒	5秒(アンケート記入用)	
	A-2	タイトル	3秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
		黒	2秒
		40mm	5秒
	黒	5秒(アンケート記入用)	
	A-3	タイトル	3秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
	黒	5秒(アンケート記入用)	
	A-4	タイトル	3秒
		黒	2秒
65mm		5秒	
黒		2秒	
80mm		5秒	
黒	5秒(アンケート記入用)		
2セット	A-5	タイトル	3秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
		黒	2秒
		40mm	5秒
	黒	5秒(アンケート記入用)	
	A-6	タイトル	3秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
	黒	5秒(アンケート記入用)	
	A-7	タイトル	3秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
		黒	2秒
		80mm	5秒
	黒	5秒(アンケート記入用)	
	A-8	タイトル	3秒
		黒	2秒
65mm		5秒	
黒		2秒	
20mm		5秒	
黒	5秒(アンケート記入用)		
3セット	A-9	タイトル	3秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
		黒	2秒
		20mm	5秒
	黒	5秒(アンケート記入用)	
	A-10	タイトル	3秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
		黒	2秒
		80mm	5秒
	黒	5秒(アンケート記入用)	
	A-11	タイトル	3秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
		黒	2秒
		65mm	5秒
	黒	5秒(アンケート記入用)	
	A-12	タイトル	3秒
		黒	2秒
65mm		5秒	
黒		2秒	
40mm		5秒	
黒	5秒(アンケート記入用)		
2分間休憩(感想記入)			
B, C, D ... と続く			
1時間毎に15分間の休憩をとった			

図 5.1.2 映像提示の全体構成

### (3)評価の記入方法

被験者からの評価結果をアンケート形式で収集した。図 5.1.3 に評価を記入する帳票である、主観評価票を示す（実際はA4サイズ）。被験者の情報と共に、座った位置情報も採取した。分析時に座位置による傾向を見るためである。評価結果は、基準映像と比較映像のペア毎に記入する様式とした。具体的には、10cmのスケールを置き、基準映像に違和感があった場合は真ん中よりも左方にチェックをつける。比較映像に違和感があった場合は真ん中よりも右方にチェックをつけることとした。真ん中近傍は、どちらとも言えない場合である。チェックは個人の主観による度合いをアナログ的に採点しチェックをつける。

映像と、評価の質問内容を以下に示す。

- A~C の映像            基準映像と比較映像のどちらが立体感がないか？
- 基準映像と比較映像のどちらが違和感があるか？
- D~K の映像            基準映像と比較映像のどちらが違和感があるか？
- L,M の映像            基準映像と比較映像のどちらが良いか？

評価に先立ち、被験者に違和感について理解させるために、違和感のある映像を3つ表示した。

3D映像 主観評価票			
評価日	2010年1月 日	年齢	性別 男・女
氏名			
座位置	スクリーン		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin: 5px 0;"> <span>①</span><span>②</span><span>③</span><span>④</span><span>⑤</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin: 5px 0;"> <span>⑥</span><span>⑦</span><span>⑧</span><span>⑨</span><span>⑩</span> </div>			

**注意事項**

- ・氏名、年齢、性別記入、座位置丸印をして下さい。
- ・映像は、タイトル(例 A-1)、黒、前の映像、黒、後の映像、黒(5秒間、評価を記入)の順に表示されます。
- ・前の映像と後ろの映像を比較して評価して下さい。アナログ的に応えて下さい(線上に V を書く)。
- ・違和感がある:画質が悪い、不自然、見にくい、目が疲れる等(違和感ある映像サンプルを閲覧)
- ・映像は15秒、10秒、5秒のものがあります。
- ・ブロック毎(例 A-1~A-12)に3分の休憩を入れます。この時に“どこに違和感を感じたか”書いて下さい。
- ・気分が悪くなったら映像の間を中止して下さい。決して無理をしないように。

\* 個人情報とは本実験以外には使用しません

3D映像 主観評価票	
映像No	評価(立体感)
例	<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <span>前が立体感ない</span> <span>差がない</span> <span>後が立体感ない</span> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> <span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span> <span style="display: inline-block; width: 10%; text-align: center;">V</span> </div>
A-1	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-2	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-3	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-4	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-5	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-6	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-7	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-8	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-9	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-10	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-11	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-12	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>

3D映像 主観評価票	
映像No	評価(違和感)
例	<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <span>前が違和感ある</span> <span>差もない</span> <span>後が違和感ある</span> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> <span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span> <span style="display: inline-block; width: 10%; text-align: center;">V</span> </div>
A-1	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-2	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-3	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-4	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-5	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-6	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-7	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-8	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-9	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-10	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-11	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>
A-12	<div style="text-align: center; margin-top: 5px;"><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></span></div>

どこに、どのような違和感を感じたか

図 5.1.3 主観評価票

#### (4) 評価に使用した環境

主観評価を行った環境を図 5.1.4 に示す。被験者は、スクリーン面から 3H (H はスクリーンの高さ) の位置に最大 10 名 (5 名以上は 2 列) 座らせた。主観評価の様子を図 5.1.5 に示す。室内の明るさは、アンケートに記入ができる程度 (真っ暗に近い) とした。

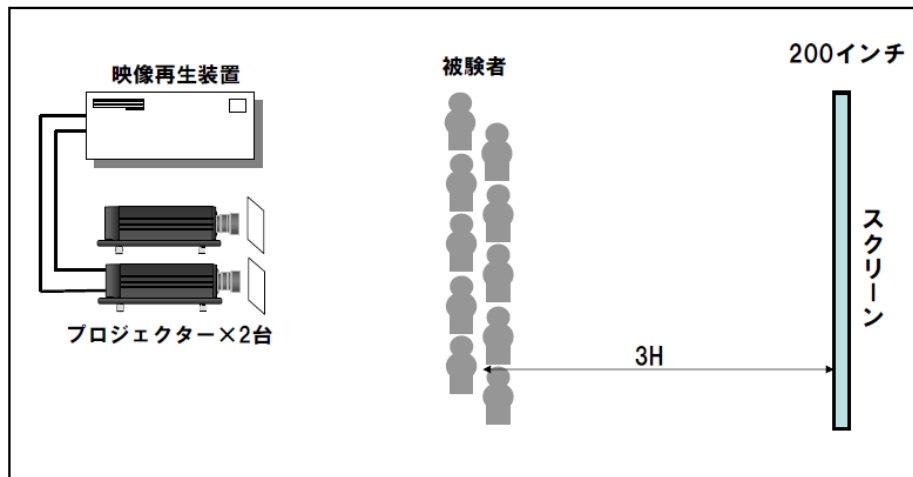


図 5.1.4 評価に使用した環境

- ・場所：パナソニック株式会社 AVC ネットワークス社  
デジタルソフトラボ シアタールーム  
(東京都品川区東品川 1-3-12)
- ・スクリーン：シルバースクリーン 200 インチ (キクチ科学研究所)
- ・投影：プロジェクタ Panasonic DW10000×2 台  
円偏光フィルター装備 (キクチ科学研究所)
- ・閲覧：円偏光型眼鏡
- ・映像再生装置：ディスクレコーダ 計測技研 UDR
- ・被験者 36 名  
性別 男 6 人、女 30 人  
年齢別 10 代 2 人、20 代 30 人、30 代 1 人、40 代 3 人



図 5.1.5 主観評価の様子

## 5.1.2 主観評価の結果

	評価用の映像	条件変化	基準映像	比較映像	評価値	主観評価から得られる指標
眼幅を変化させる		立体感/違和感				
A		眼幅	65mm	①20mm ②40mm ③65mm ④80mm	66/64 55/55 48/53 45/53	20mm、比較映像が立体感なし 且つ、違和感あり  その他はほとんど差がない
B		眼幅	30mm	①20mm ②30mm ③40mm ④90mm	57/53 50/51 43/55 19/79	90mm、比較映像が立体感あり 且つ、違和感あり  その他はほとんど差がない
C		眼幅	35mm	①5mm ②15mm ③25mm ④35mm ⑤45mm ⑥55mm ⑦65mm	67/53 63/52 52/51 49/50 45/55 37/62 37/64	15mm以下、比較映像が立体感なし 55mm以上、比較映像が立体感あり 且つ、違和感あり
左右映像がずれた場合(右目にずれた映像)						
D		サイズずれ 眼幅40mm	0%	①0% ②0.5% ③1% ④2% ⑤3%	51 51 57 68 78	1%以上、比較映像が違和感あり
E		上下ずれ 眼幅40mm	0pic	①0pic ②20pic ③40pic ④60pic ⑤80pic	51 59 74 87 91	20pic以上、比較映像が違和感あり
F		回転ずれ 眼幅40mm	0°	①0° ②0.36° ③0.72° ④1.08° ⑤1.44°	51 51 54 59 63	1.08° 以上、比較映像が違和感あり
G		輝度ずれ 眼幅40mm	100%	①100% ②90% ③80% ④70% ⑤60%	50 53 59 63 69	80%以下、比較映像が違和感あり
H		彩度ずれ 眼幅40mm	100%	①100% ②90% ③80% ④70%	51 52 53 55	ほとんど差がない
I		時間ずれ 眼幅40mm	07フレーム	①07フレーム ②17フレーム ③27フレーム	51 83 89	17フレーム以上、比較映像が違和感あり
J		色相ずれ	0°	①0° ②10° ③20° ④30° ⑤40°	50 55 68 78 84	20° 以上、比較映像が違和感あり
K		黒レベルずれ 眼幅65mm	100%	①0% ②5% ③10% ④15% ⑤20%	50 54 63 70 77	10%以上、比較映像が違和感あり

2D/3D映像の比較		素材	基準映像	比較映像	評価値	主観評価から得られる指標
L	1	 スパンコール	2D	3D	45	評価が分かれる (3Dはまぶしい、立体感ある)
	2	 木漏れ日	2D	3D	36	2Dが少し良い (3Dはまぶしい)
	3	 ビル群	2D	3D	47	ほとんど差がない
	4	 花束	2D	3D	64	3Dが良い (立体感)
	5	 光沢のある 置物	2D	3D	57	3Dが良い (立体感・質感)
	6	 光沢のある 花瓶	2D	3D	50	評価は分かれる (3Dはまぶしい、立体感ある)
動く物体		素材	基準映像	比較映像	評価値	主観評価から得られる指標
M	 高速で動く 車	高速で動く 車	空舞台無	空舞台有	60	空舞台ありが良い (自然・立体感・目の準備ができた)

図 5.1.6 主観評価の結果

### 5.1.3 考察

主観評価の結果を図 5.1.6 に示す。主観評価票に記入された値を各シーン (A,B 等) 撮影条件毎に平均値を求めた。ただし、同じ撮影条件の映像を 3 回提示した内、大きく評価値がずれているのは除外した。図には撮影条件毎に評価値を記した。上記平均値が左から 55%超であった撮影条件を、“比較映像が立体感がない”、“比較映像が違和感がある”、“比較映像が良い”と判定した。

A~K の映像は評価の傾向が明確に得られた。図 5.1.6 に、この主観評価から得られる指標も記した。クリエイターはこの結果を 3D 映像撮影時の指標として活用する。ただし、評価値は上記平均値の周りに分布しており、被験者によっては、上記指標では違和感を覚える者があり、またもっと緩い指標でも違和感を覚えない者もあるなどの個人差がある。従って、この指標は参考として用いていただきたい。場合によっては、R 指定を設けたり、条件を変えたいいくつかの作品を作り、視聴者に選んでもらう等の方策も検討する必要がある。

L (2D/3D 映像の比較) については、被験者によって 2D あるいは 3D が良いと感じるものが大きく分かれることがわかった。今後、3D の魅力を活かした映像制作をする上で重要な知見であり、さらに多くの映像で評価する必要がある。

また、早く動く映像についても、今回は空舞台を入れる/入れないという変化だけで評価した。多くの被験者は空舞台があったほうが目の準備ができて良かったと答えたが、空舞台がないほうがリアルに感じたとの答えもあり、さらなるバリエーションの映像を制作し評価する必要がある。

## 5.2 客観評価（生体反応計測）

3D 映画の公開以来、数多くのメディアに取り上げられ 3D 新時代の到来と期待されている。今後は一般家庭への普及が見込まれ、3D コンテンツが我々にとって身近な存在となることが予測される。3D 映像は我々ヒトの視機能・脳機能にとって負担のある映像であるのか、それとも好ましい映像であるのか、この課題を客観的に解明することが 3D 映画の発展・普及にとって重要である。本来、我々ヒトの生きる空間は 3 次元空間であり、当然ながらヒトの感覚器官は 3 次元を知覚できる機能を有している。ヒトの左右眼球の網膜に結像された外界の映像は後頭葉視覚中枢において画像処理・統合され、3 次元空間として知覚される。網膜上では 2D 映像でしかない視覚情報を脳が自動的に 3D に変換しているのである。このような視覚情報処理システムを有するヒトにとって、映像メディアの主流である 2D 映像が我々にとって本当に好ましい映像であるのか、ヒトの視覚機能・脳機能にとって本当に自然で好ましい映像とはどのようなものか未だ不明である。

映像メディアは情報伝達ツールとしてではなく、ヒトの感動を与える表現ツールとしての役割を担う。実体験に近いリアリティのある映像は我々に感動を与えてくれると仮定するならば、実際の体験に近い生体反応を生じる映像はリアリティを感じている映像といえる。ひとつの物体が遠方から近方に移動した際、ヒトの視覚は両眼の視線を対象に向け（輻輳）、水晶体を膨らませて焦点を合わせ（調節）、適切な光量に瞳孔径を調整（縮瞳）することで初めて適切な視覚情報を得る。この輻輳・調節・縮瞳は近見反応として連携した反射であり、ヒトが遠近感を得た際に鋭敏に反応する自動調整機構である。我々が映像にリアリティを感じ、遠近感を知覚した際にはこの輻輳・調節・縮瞳は自動的に誘発される。またその際の脳機能は実空間と同様に活動していると仮定される。立体映像は言い方を変えれば立体視覚刺激であり、観察者にとって不適切な視覚刺激であればリアリティとは反対の好ましくない生体反応が生じる。3D コンテンツとして適切なものであっても、観察者の眼状態が適切に矯正されていなければ違和感のある映像となり易いし、眼疲労も生じ易くなる。本年度は 2D 映像と 3D 映像の生体反応の違いに焦点を当てて眼科学的、脳科学的な観点から検討した。

### 5.2.1 3D コンテンツと視機能特性

#### (1) 両眼視機能

立体視機能を獲得する上で基本となる両眼視は右眼の視覚と左眼の視覚が脳の視覚中枢で同時に認識される感覚と定義される[1]。両眼視機能が正常の場合には左右眼の視覚はそれぞれ個々に同時に認識され、それらの像を感覚的に統合し、両眼融像（両眼単一視）が行われる。両眼融像した結果として得られる高次の両眼視機能が立体視機能である。広義の両眼視は外界の視物を同時に両眼で見ている状態を意味し、必ずしも各眼や相互の関係が正常であるとは規定していない。しかし、正常立体視機能という場合は両眼単一視または両眼融像を意味し、両眼でなければ得られない高度の立体視を含めて意味する。立体視機能を有することは正常な両眼視機能を有するという意味を意味する。正常者でも常に立体視機能を獲得できるとは限らない。特に左右眼の網膜像差が大きい場合は両眼融像が困難であり、一眼の像が抑制され他眼の像が認識されて、交代視、混乱視、両眼視野闘争などが生じ立体視機能が低下する場合がある。両眼視が成立するための必要条件として第一に左右差のない良好な視力、第二に不等像視左右眼の網膜像の大きさの差が一定の限界（5～7%未満）にあり不等像がないこと、第三に斜視がなく、外界の対象物が同時に其々の眼の中心窩に映っていること、第四にそれぞれの眼の中心窩と中心窩が同じ空間的局在（正常網膜対応）をもっていること、第五に後頭葉視覚中枢において両眼視細胞が存在していること。このような 5 つの条件が満たされていれば正常立体視の発達を阻害されることなく、正常に立体視機能が発達および獲得することができる。立体視は両眼視差像が融像されることによる感覚である。正常な立体視とは両眼視差 100 秒未満の小さい視差も弁別し、立体感を知覚で



きる能力を有する状態を示す。それを評価する立体視検査は両眼視差情報を手がかりにして物体の遠近感の有無を定量評価するものである。定量に使われる立体視の単位は両眼視差（左右眼像のずれ）で、 $360^\circ$ を単位とする弧の角度（second of arc）で表す。両眼視差1度は3600秒（1度は60分、1分は60秒）として表す。眼科臨床的な立体視検査は立体視知覚能力評価というよりも、斜視や弱視など両眼視異常を発見するためのスクリーニング検査、治療結果の評価にも用いられている。それ故、両眼視差検出能のみを評価しており、眼幅（瞳孔間距離）及び融像位置は考慮されていない。一般的に両眼視差100秒以下を知覚することができる場合を正常立体視と評価する。本検討において使用した立体視機能検査としてTitmus stereo testsを用いた。以下に代表的な検査方法であるTitmus stereo testsについて述べる。Titmus stereo tests（STEREO OPTICAL社）は近見立体視検査で最も一般的に使用されているものである（図5.2.1）。偏光眼鏡で両眼分離する。視標は実質図形パターンである。両眼視差：Flyは3000秒、羽根を横から掴ませ、画面より3～5cm浮いていれば立体視(+)。画面を触った場合は(-)であるが、年齢や理解を考慮する。立体視(-) (±)の場合には抑制検査として下方のR・Lの文字が同時に見えるかを聞く（文字の濃さに違いがないか確認する）・検査中は常に眼位を観察する。両眼視差は3000秒から40秒まで用意され、100秒以下を知覚できる場合を立体視機能正常とする。検査距離は40cmで近見立体視検査である。



図 5.2.1 Titmus stereo tests

## (2) 発達

正常な新生児は出生時に約0.02の視力を有していると考えられるが、両眼視はまだ存在していない。生後、外界の視物が各眼網膜に投影され、正常な視的環境にある乳幼児では鮮明に結像された網膜像が刺激となり、視力が発達すると同時に、調節や輻湊などの発達に伴い、後頭葉視覚領野の両眼視細胞の発達により、生後3～6か月ころから大まかな立体視が獲得されるようになる。その後、視力・調節・輻湊機能の発達に伴い、両眼視機能は6～8歳ころまでに完成するといわれている[1]。8歳ころまでの視覚感受期の間には両眼視の発達を妨げる眼疾患が生じた場合は正常立体視獲得を阻害し、特に生後6カ月以内に眼科的疾患を発症した場合は正常な立体視を有することは非常に困難となる。両眼視が成立するための必要条件として第一に左右差のない良好な視力、第二に不等像視左右眼の網膜像の大きさの差が一定の限界（5～7%未満）にあり不等像がないこと、第三に斜視がなく、外界の対象物が同時に其々の眼の中心窩に映っていること、第四にそれぞれの眼の中心窩と中心窩が同じ空間的局在（正常網膜対応）をもっていること、第五に後頭葉視覚中枢において両眼視細胞が存在していること。このような5つの条件が満たされていれば正常立体視の発達を阻害されることなく、正常に立体視機能が発達および獲得することができる。立体視は両眼視差像が融像されることによる感覚である。立体視は生後3カ月位から一歳半位の間には概ね発達し、その期間を立体視の感受性期間といわれる[2]。視覚の感受性期間とは視覚の発達機に視的環境の影響を受ける未熟な期間を意味する。たとえばその期間に一眼を眼帯などで一定期間閉じてしまうと閉じられた眼は弱視になり、立体視機能は著しく低下する。ヒトの視覚の感受性は生直後では低い、生後3カ月位から1歳半位までが最も強い時期である。

それ以後感受性は徐々に減衰していき 8 歳位まで続くと考えられる。感受性期間内に受けた刺激は視覚の発達に影響を与えることが予測される。立体映像を作成する場合には両眼視機能の発達には感受性期間があることを理解し、小児の立体視機能の発達を妨げないような映像であることが望ましい。

### (3) 両眼視の成り立ち

#### (a) 視覚伝導路

網膜上に光学的に結ばれた像は、電氣的興奮として視細胞から網膜神経節細胞の神経軸索である視神経を通り、視交叉で半交差して外側膝状体で中継されて大脳皮質第一次視覚野に伝えられる。このような経路で伝えられた両眼網膜の対応点からくる像が大脳皮質第一次視覚野の両眼視細胞によって融合されることにより両眼視が成立する。視覚情報科学的側面から考えると立体視には 2 つのある程度独立した処理経路を持つといわれる[3]。精密な立体視を司る P 系経路は網膜の中心部に分布の多い神経節細胞 (X-cell 系) が外側膝状体の P 細胞層に入り、腹側経路として視覚領野に至り、さらに後頭・側頭領に至る。一方、粗い立体視を司る M 経路は網膜の傍中心窩から周辺網膜におおい神経節細胞 (Y-cell 系) から外側膝状体の M 細胞層に入り、背側経路として視覚領野に至り、さらに後頭・頭頂領に至る。両経路は網膜から高次中枢に至るまで異なった経路を通るため生後の発達に少しずれがある。しかしながら、いずれも立体視は生後 3 カ月位から 1 歳半位の感受性期間に大概ね発達する。

#### (b) 網膜の視方向と網膜対応

網膜は視覚伝導路の先端の受容器の集まりであり、中心窩を中心として無数の網膜点が二次元に集合して構成されていると考えられる。これらの各網膜点は視物を主観的な視空間に定位するその点特有の局在すなわち視方向を有している。中心窩は物体を常に正面に定位する視方向を有しているため、中心窩に結像された物は常に真正面にあるように自覚される。耳側網膜に結像された物は鼻側に存在すると感覚され、また鼻側網膜に結像された物は耳側に存在すると感覚される。このように外界の視物はそれが存在する客観的物理空間とは無関係に、それが投影された網膜部位のもつ局在によって自覚的視空間に定位される。この主観的にみた物体の方向を視方向という。右眼の中心窩も左眼の中心窩もいずれも真正面という共通の視方向をもっている関係を網膜正常対応と呼び、各眼それぞれに共通の視方向をもっている各眼一対の点を網膜対応点と呼ぶ。すなわち両眼の網膜対応点は重なっており、実際には両眼で見ているが、視覚領野において眼はあたかも一つしかない状態である。斜視が小児期に発症した場合には両眼の中心窩が共通の視方向を有することができなくなることがあり、この状態を網膜対応異常という。

#### (c) ホロプターと Panum の融像感覚圏 (図 5.2.2)

両眼で一点を固視しているとき、両眼網膜の各一対の対応点を結ぶ軌跡をホロプター (horopter) と呼ぶ。この網膜対応点に結像するような外界の点の軌跡を描くと理論的には固視点を通る円となる。この円を Vieth-Müller circle と呼ぶ。したがってホロプター上にある物体はすべて単一視することができ、ホロプター上にない物体は理論的には単一視できず 2 つに見えることになる。実空間で 1 つの物体が自覚的視空間において 2 つに見える状態を複視というが、実際はホロプターの外にあっても近接した一定の範囲内は両眼融像可能な領域がある。この領域を Panum の融像感覚圏と呼ぶ。Panum の融像感覚圏は前後径の幅が中心窩の対応している固視点で一番狭く、周辺にいくにしたがって広がっている。Panum の融像感覚圏での融像は立体視を得るのに役に立っている。

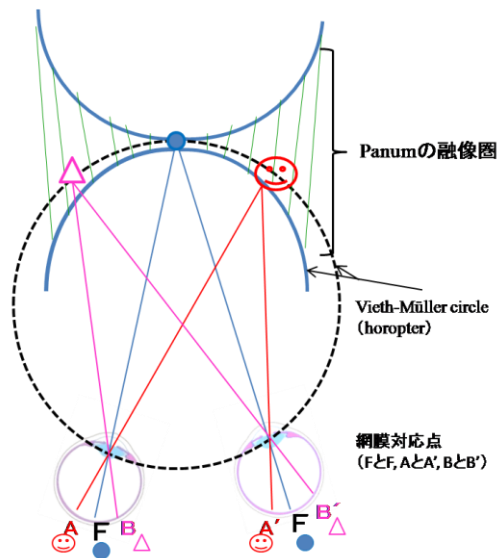


図 5.2.2 ホロプターと Panum の融像感覚圏

(d) 生理的複視

正常人なら誰でも感じる複視で、両眼で眼前の物体を固視しているとき、その固視点の Panum の融像感覚圏より遠くにあるものは両鼻側網膜に結像されるため同側性複視（右眼の像が右側，左眼の像が左側）となり、逆に固視点の Panum の融像感覚圏より近くにあるものは両耳側網膜に結像されるため交叉性複視（右眼の像が左側，左眼の像が右側）となる。この複視を生理的複視というが、実際にはよほど意識しない限り自覚することはない。

(e) 融像

両眼の一对の対応点に映った像を単一視する機能を両眼融像と呼ぶ。両眼融像は感覚性融像と運動性融像とに大別される。両眼の網膜像を単一視する機能を感覚性融像といい、基本的機能としては同時視と同義である。単一視を維持するために行われる眼球運動を運動性癒像という。臨床的には感覚性融像と運動性融像の両者を合わせて測定して融合幅（輻湊側，開散側）として表す。融像域の正常範囲は個人差が大きいが開散側  $4^\circ$ 、輻湊側  $20^\circ$ とされている。すなわち 3D 映像注視時において交差性視差の融像許容範囲は広いが、同側性視差の許容範囲は狭いことがわかる。

(f) 複視 (2重像)

日常空間に存在する一つの物体の各眼の像が一つに融像されず異なった場所に二つに見える状態を複視という。多くの場合複視は斜視により一眼に抑制が存在していない場合に生じる。斜視の無い正常人では一つの物体をみたとき、その物体は各眼の中心窩に投影され、正常網対応であるので両中心窩は同一の局在を持っているため物体は正面に一つにみられる。しかし斜視のある人では一つの物体が、一眼には中心窩に投影され、他眼には中心窩外（道づれ領）に投影されるので、正面に見える像とは別にもう一つ像がみえる。複視の二つに見える像のうち、固視眼に見える像を真像、斜視眼にみえる像を仮像という。固視眼を遮閉したときに消える像が真像で、斜視眼を遮閉したときに消える像が仮の像である。正常網膜対応を有する場合、仮の像は眼球偏位と反対方向に現れる。一眼が内方に偏位ずる内斜視の場合は同側性複視、一眼が外方に偏位ずる外斜視の場合は交叉性複視を生じる（図 5.2.3）。このような複視は 3D 映像の交差性視差が大きくなりすぎた場合に生じる 2重像知覚と同じ現象である。

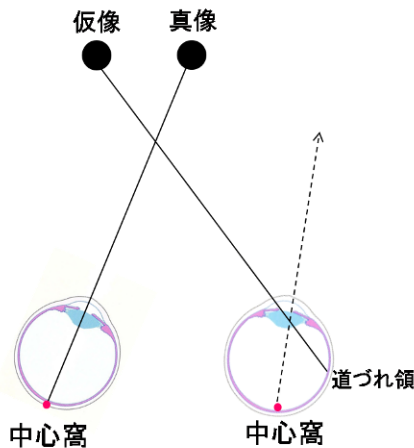


図 5.2.3 外斜視に起因する交叉性複視

(g) 斜視と斜位

斜視は眼位の異常である。眼位置の異常は眼位ズレといわれ、両眼の視線が目標に向かって交叉せず、一眼の視線が目標とは別の方向へ向かっている状態である。眼位には安静位、融像除去眼位および日常の両眼視眼位がある。安静位は睡眠中のように緊張から解放されたときの眼位置である。安静位に融像性輻輳を除いた眼位を融像除去眼位という。臨床的には融像除去眼位置をもって眼位を決定する。日常の両眼視眼位から融像性輻輳を除去したときに初めておこる眼位ズレを斜位あるいは潜伏斜視といい、融像では食い止められない顕性の眼位ズレが斜視である。斜視があると両眼視できず、視覚の発達過程にある乳幼児では両眼視異常や弱視を引き起こす。斜位は両眼視の異常や弱視を伴わない。

(h) 輻輳

輻輳は眼前の視物に視線を向け、両眼の網膜像を中心窩に合わせて両眼単一視させる高度な機能である。正常な両眼視機能があれば物体が近くに来た場合に輻輳が生じ、物体が遠ざかると開散が生じる。通常、輻輳運動は、両眼に視差のある視標が投影された場合に誘起され、これを融像性輻輳という。また網膜像のボケが誘因となり調節が誘起され、これによって起こる輻輳を調節性輻輳という。視覚中枢において輻輳系と調節系は相互作用して、眼位（輻輳）および調節がコントロールされている。融像性輻輳の潜時は約 200ms であるのに対して、調節の潜時は約 500ms と遅い。両眼視差のある立体映像を注視した場合など、融像性輻輳が先に生じその後調節性輻輳が誘起される。輻輳機能は中心窩が発達した生後 3 カ月位に獲得されるが、調節と連動した形で輻輳できるようになるのは生後 6 カ月位からである。輻輳は緊張性輻輳、調節性輻輳、近接性輻輳、融像性輻輳の 4 つの要素から構成され、日常視においてこれらが総合的に働いて、両眼視ができる状態に両眼の視線をコントロールされている（図 5.2.4）。

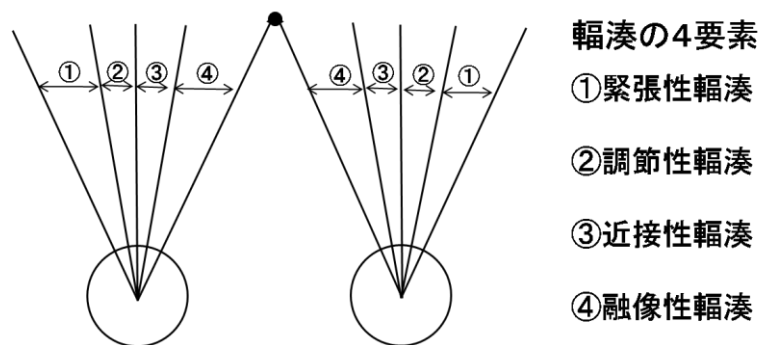


図 5.2.4 輻輳の 4 要素

### (i) 調節

調節とは様々な距離の視覚入力に対して連続して焦点を合わせる機構であり、毛様体筋の収縮と水晶体の弾性により眼球光学系の屈折力を増加させ、近くの物体を網膜面上に結像させる機能である[4]。機序としては毛様輪状筋の収縮により Zinn 小体は弛緩し、水晶体はそれ自身の弾性により前方に膨隆して厚みを増し、屈折力を増加させるという Helmholtz の弛緩説が現在でも最も支持されている。

### (j) 瞳孔

虹彩はぶどう膜の最前部を占め、血管に富み、前房と後房を仕切っている組織であり、円形の開口が角膜中心部よりやや下鼻側にあり、瞳孔を形成している。実際にわれわれのしている虹彩は角膜を通してみているため 1 割ほど大きいといわれている[4]。両眼の瞳孔はほぼ等しく変化も同時に起こる。瞳孔は以下の三つの機能を持つと考えられている。①明所で縮瞳し、網膜に達する光りの量を調節する。②明るいところで瞳孔を小さくし、色収差や球面収差によるボケを減少させる。③近方視時に縮瞳し、被写体深度を深め、ボケを減少させる。

## 5.2.2 3D 映像の生体反応計測法

生体反応計測はとても微妙な変化の計測であり、映像によっては測定値が明確に得られないこともある。このため、制作した映像の中から予備測定を行い図 5.2.5 の映像を選択した。(a)は奥行きのある映像で、(b)は前後に動く振り子である。どちらも、測定に適した視差の変化がある。



(a)実写映像 (リビング)



(b)CG 映像 (振り子)

図 5.2.5 生体反応計測に使用した映像

### (1)生体反応計測法

測定できる生体反応は中枢神経系の活動を表すものから抹消神経系の活動、内分泌・免疫系の活動まで多様な生体反応がある。被検者からすべての反応を測定するわけにはいかない。2D 映像と 3D 映像の生体反応の違いを導くことを目的とし、生体反応として融像幅、調節、そして脳機能（近赤外光脳内血流計測）を取り上げた。計測に際し、両眼解放下、低拘束計測可能な測定装置・方法を選択した。測定に使用したシステムを図 5.2.6 に示す。映像上映装置は主観評価時と同じ仕様である。

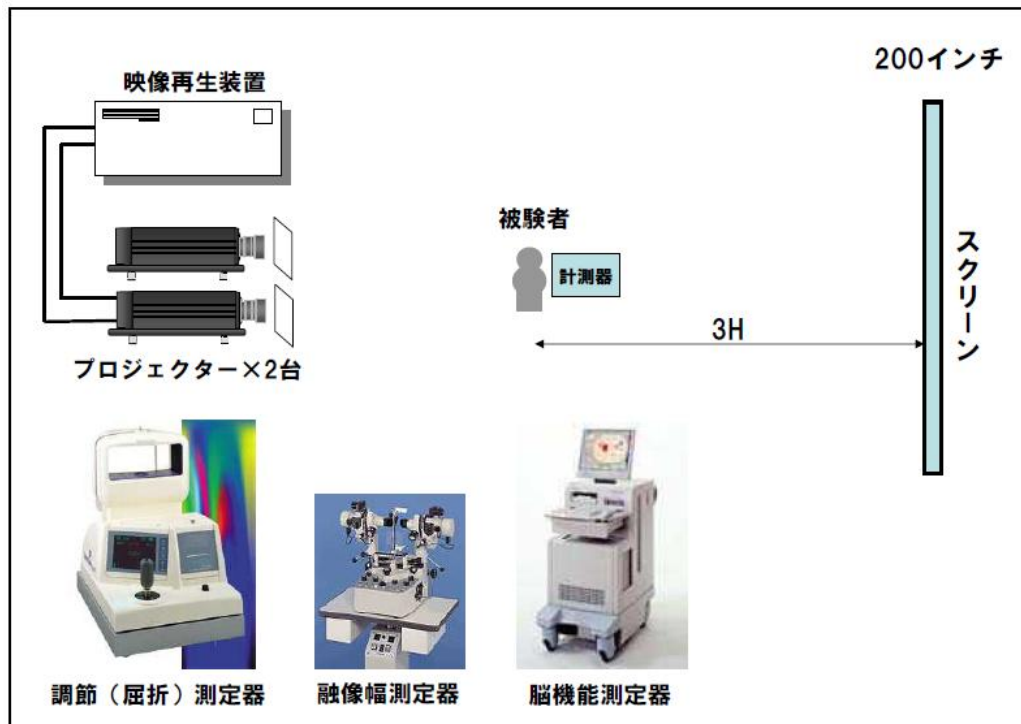


図 5.2.6 生体反応計測システム

## (2)調節(屈折)測定

- (a) 測定装置：両眼解放オートレフレクトメータ (グラント精工社)
- (b) 測定項目：他覚的な眼屈折度を両眼解放下で測定する。事前に偏光眼鏡装用下でも測定可能であることを確認した。眼屈折値の変化から調節量を算定する。
- (c) 被験者：軽度屈折異常以外に眼疾患なし健康青年 13 名。屈折異常はソフトコンタクトレンズにて屈折矯正された。全例遠方視力 1.2 以上の良好な視力を有し、両眼視機能は正常であることを確認した。実験に際し、研究内容および測定内容について十分な説明を行った後、同意を得られた者を対象とした。
- (d) 測定条件
- ① 実写映像 (リビング)：2D 静止画と 3D 静止画を注視した際の調節変化計測。遠景注視物として廊下奥のドアノブ (同側性視差 4.5cm、視角 0.34°)、近景注視物として男性が読んでいる雑誌スクリーン面 (両眼視差なし) を指定した。解析には優位眼の測定値を用いた。
  - ② CG 映像 (振り子)：2D 動画と 3D 動画 (交差性、同側性) を注視した際の調節変化計測。  
注視物は振り子の玉の中心を指定した。3D 振り子の最大視差は交差性、同側性共に 11cm (視角 0.84°) である。解析には優位眼の測定値を用いた。
- (e) 測定法
- ① 実写映像 (リビング)：遠景および近景の注視物を注視時の屈折値を 2D, 3D それぞれ 3 回測定し、その平均値を測定値として用いた。測定は 2D 静止画遠景、2D 静止画近景、3D 静止画遠景、3D 静止画近景の順に行った。

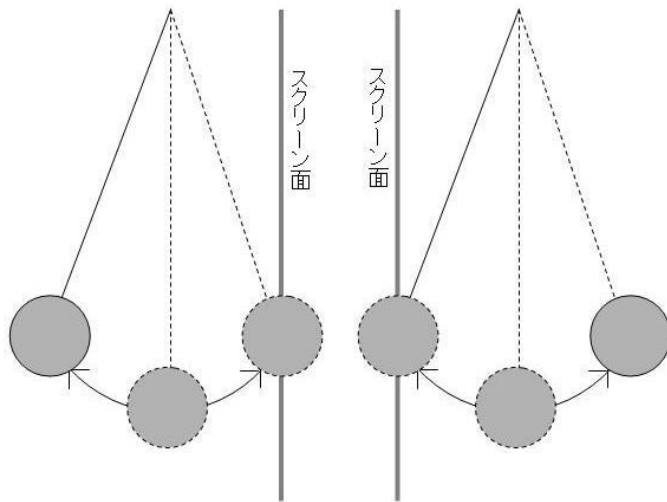


図 5.2.7 実写リビング注視時の調節測定風景

② CG 映像（振り子）：3D 動画（交差性視差、同側性視差）を注視した際の最前、最奥注視時の屈折値を測定。各点 3 回測定し、その平均値を測定値として用いた。測定は交差性視差最大（振り子最手前）、交差性視差なし（振り子最奥：スクリーン面）、同側性視差なし（振り子最手前：スクリーン面）、同側性視差最大（振り子最奥）、の順に行った。



(a)前から見たところ  
(前後に振れる)



(b)横から見たところ  
(スクリーン面より手前で動く)

(c)横から見たところ  
(スクリーン面より奥で動く)

図 5.2.8 CG 振り子の動き

(f) 測定結果

- ① 実写リビング：2D、3Dともに有意な調節反応（屈折変化）は認められず、すべての条件下で屈折値はスクリーン面付近を示した。図 5.2.9 に測定結果を示す。

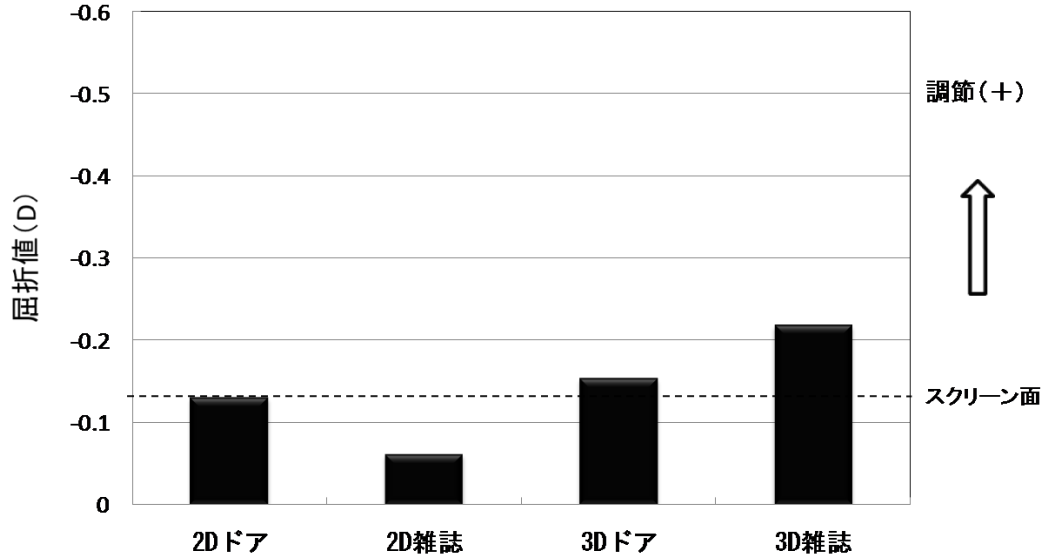


図 5.2.9 実写リビング注視時の調節（屈折）測定結果

- ② CG 振り子：交差性視差を与えた振り子を提示した際の屈折値は交差性視差最大時で $-0.49D$ 、交差性視差なし（スクリーン面）で $-0.11D$ であり、有意な調節反応（屈折変化）が認められた。一方、同側性視差を与えた振り子の場合、同側性視差なし（スクリーン面）で $-0.45D$ 、同側性視差最大で $-0.31$ と全体的に近視化しているものの、有意差は認められなかった。図 5.2.10 に測定結果を示す。

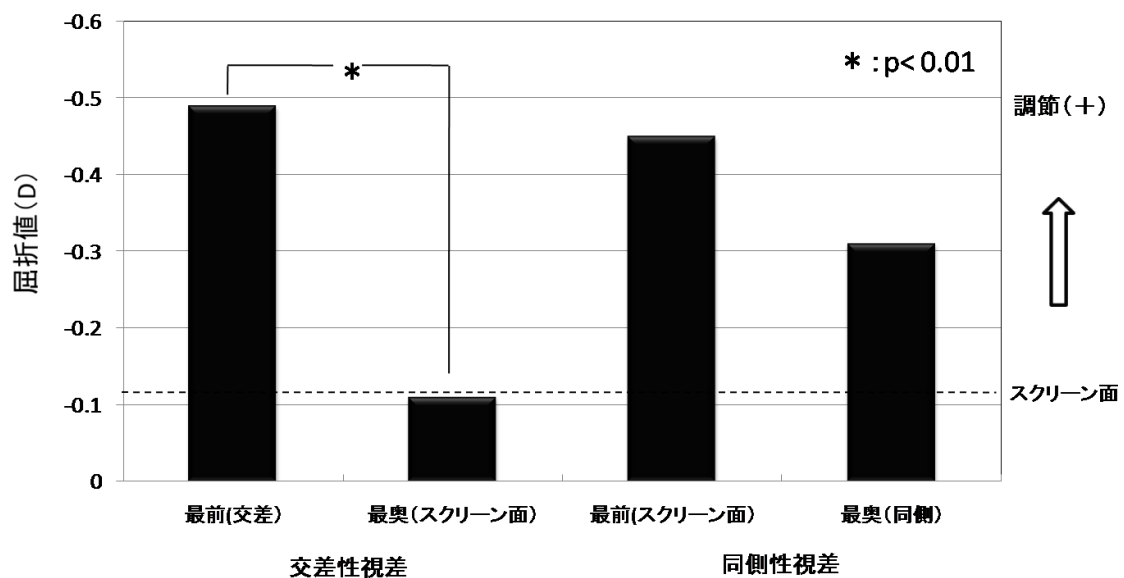


図 5.2.10 CG 振り子注視時の調節（屈折）測定結果



### (3)融像幅測定

- (a) 測定装置：大型弱視鏡（タカギセイコー社）
- (b) 測定項目：運動性融像幅（輻輳側、開散側）の測定。中心窩用スライド使用
- (c) 被験者：軽度屈折異常以外に眼疾患なし健常青年 10 名。屈折異常はソフトコンタクトレンズにて屈折矯正された。全例遠方視力 1.2 以上の良好な視力を有し、両眼視機能は正常であることを確認した。実験に際し、研究内容および測定内容について十分な説明を行った後、同意を得られた者を対象とした。
- (d) 測定条件：CG 映像（振り子）：3D 動画（交差性、同側性）を 3 分間連続して注視した際の運動性融像幅変化を測定。注視物は振り子の玉の中心を指定した。3D 振り子の最大視差は交差性、同側性共に 11cm（視角  $0.84^\circ$ ）である。
- (e) 測定方法：CG 振り子（交差性視差、同側性視差）を注視する前後の、最奥注視時の運動性融像幅を測定。各 2 回測定し、その平均値を測定値として用いた。測定は①CG 視聴前、②CG（同側性視差）3 分注視後、CG（交差性視差）3 分注視後の順に行った。

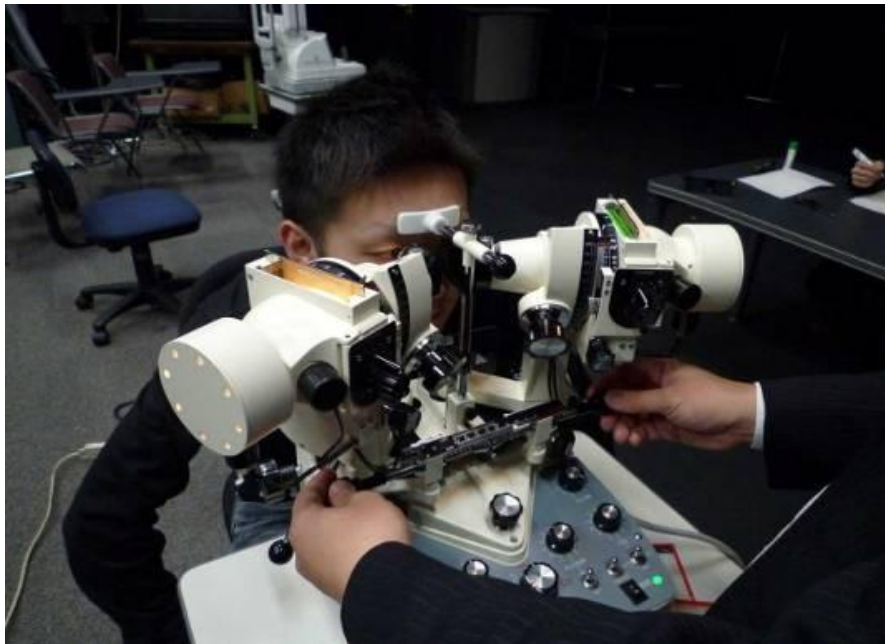


図 5.2.11 運動性融像幅測定風景

- (f) 測定結果：図 5.2.12 に測定結果を示す。輻湊側融像幅は CG 注視前 (24°) に比べ、交差性視差 CG 視聴後(35.2°)に優位に増加した。一方、同側性視差視聴後の融像幅に有意な変化は認められなかった。また開散側融像幅は交差性視差 CG、同側性視差 CG とともに有意な変化は認められなかった。

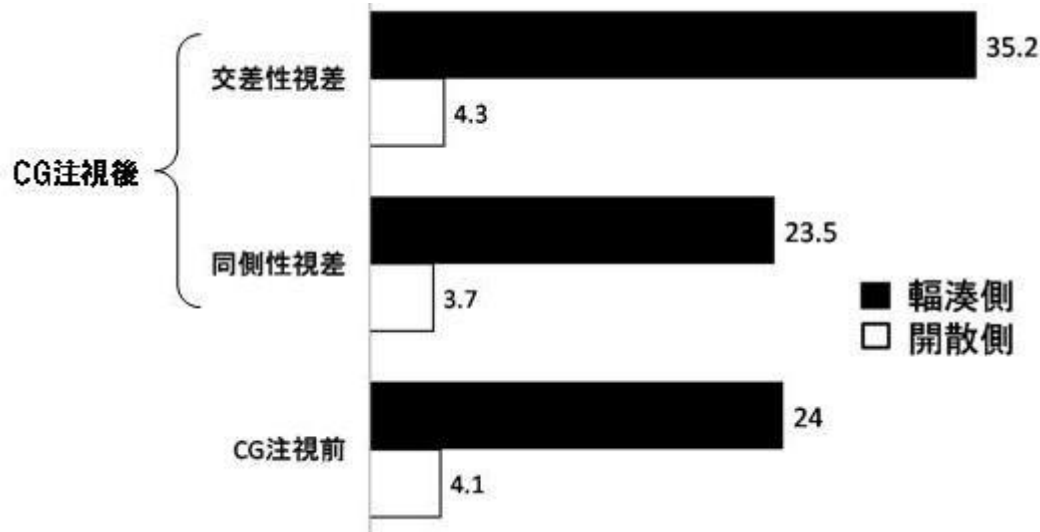


図 5.2.12 運動性融像幅の測定結果

#### (4)脳機能（近赤外光脳内血流計測）測定

- (a) 測定装置：光トポグラフィ（日立 ETG-4000/48ch）
- (b) 測定項目：後頭葉視覚領の脳内血流(Oxy-Hb, Deoxy-Hb, Total-Hb)変化
- (c) 被験者：6例（健常者4例、不同視1名（屈折矯正にて正常立体視獲得）、内斜視1名）  
 健常者4例：屈折矯正下の全例遠方視力 1.2 以上、立体視正常  
 不同視：右眼+0.5D、左眼-2.5D、屈折矯正下の遠方視力 1.2 以上  
 裸眼下で立体視異常、屈折矯正下で立体視正常  
 内斜視：屈折矯正下の遠方視力 1.2 以上、斜視角：約 20°立体視（-）
- (d) 測定条件：CG 映像（振り子）：3D 動画（交差性、同側性）を3分間連続して注視した際の脳血流変化を測定する。注視物は振り子の玉の中心を指定した。3D 振り子の最大視差は交差性、同側性共に 11cm（視角 0.84°）である。
- (e)測定方法:2D の CG 振り子と 3D の CG 振り子を注視した際の脳血流変化を測定する。測定は①2D 振り子と交差性視差の 3D 振り子の比較、②2D 振り子と同側性視差の 3D 振り子の比較の順に行った。映像の注視時間は合計 10 分（(2D 映像 1 分+3D 映像 1 分) × 5）であった。脳血流変化の指標として酸素化ヘモグロビン (OXY-Hb) 変化を用いた。



図 5.2.13 脳機能(近赤外光脳内血流計測)測定風景

(f)結果： 健常被験者において 3D 映像注視時の後頭葉視覚領の脳血流量変化（酸素化ヘモグロビン濃度）は 2D 映像に比較して増大した（図 5.2.14）。立体視機能（－）ではないが、左右眼屈折差に起因して立体視機能が低下している不同視症例においては健常被験者に比較して 3D 注視時の脳血流量変化（酸素化ヘモグロビン濃度）がわずかであった。立体視機能（－）である斜視症例においては 3D 注視時と 2D 注視時の脳血流量変化（酸素化ヘモグロビン濃度）に変化が認められなかった(図 5.2.15)。実際、斜視症例の自覚的にも 3D と 2D 映像の明らかな差異は知覚されなかった。

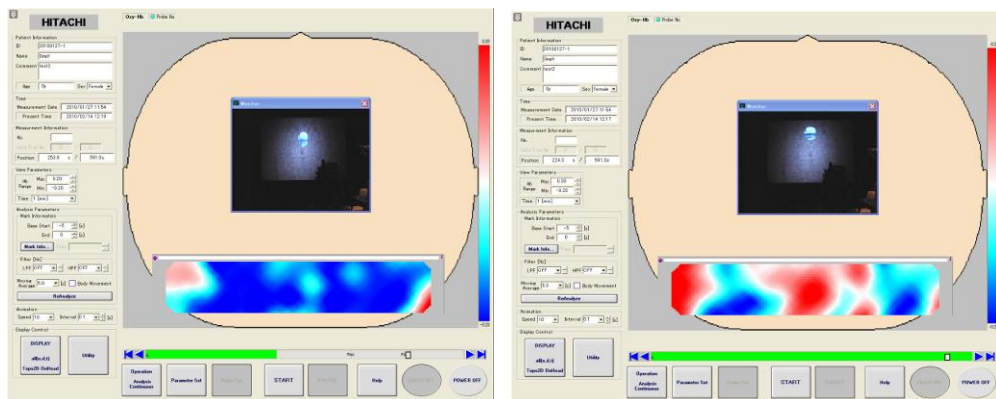


図 5.2.14 健常被験者の脳血流量変化（OXY-Hb）  
（左画像：2D 映像注視時、右画像：3D 映像注視時）

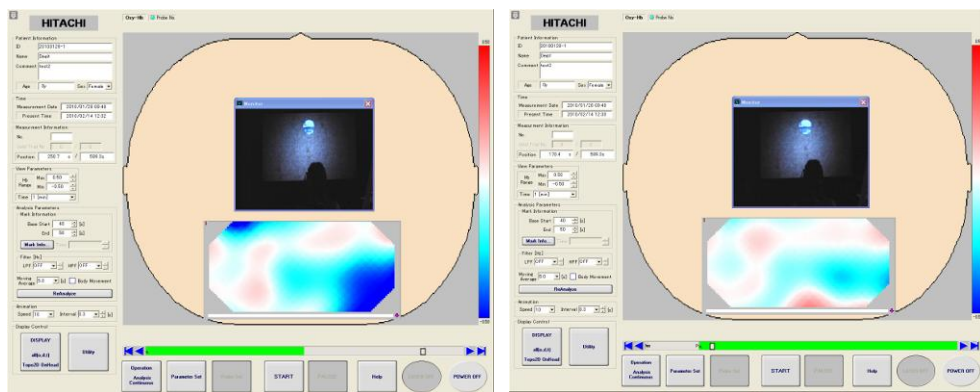


図 5.2.15 内斜視症例の脳内血流量変化（OXY-Hb）  
（左画像：2D 映像注視時、右画像：3D 映像注視時）

## (5)生体反応計測の考察

3D の生体反応を評価するため、2D 映像と 3D 映像の生体反応の違いを導くことを目的とし、生体反応計測項目として調節、融像幅そして脳機能（近赤外光脳内血流計測）について測定し検討をおこなった。その結果、調節反応は実物注視時に近い反応を示し、運動性融像幅は 3D（交差性視差）映像注視により改善した。脳機能（脳内血流測定）において、健常者の 3D 映像注視時の後頭葉視覚領の脳血流量変化（酸素化ヘモグロビン濃度）は 2D 映像に比較して増大した。しかし、立体視（両眼視差）機能の無い斜視症例の脳血流量変化（酸素化ヘモグロビン濃度）は 2D と 3D 映像注視時に明らかな差は認められなかった。

両眼解放下で立体映像注視時の調節反応を測定した結果、3DCG 振り子映像の交差性視差最大値（視角 0.84°）注視時において両眼視差なしの映像と比較して約 0.4D の調節が生じた。この際、眼幅 65mm の場合のクロスポイントは約 1.08m である。幾何光学的には眼前 1m の注視目標を明視するために 1.0D の調節と 1メートル角の輻輳が生じることとなる。しかしながら実際は、瞳孔の縮瞳による偽調節効果などにより眼前 1m の物体を注視した場合、個人差は大きいものの約 0.4~0.6D 程度の調節反応であることが多い。今回の検討において 3DCG 振り子映像注視時に生じた調節反応は実物を注視した場合近い調節反応が生じていると考えられる。これまでの定説では実物注視の状態では調節と輻輳は一致するが、両眼視差を利用した立体映像注視時には調節は実視標である視標提示面にあり、輻輳は立体再現位置にある調節-輻輳矛盾が起こるとされる。この調節-輻輳矛盾が視覚系への違和感や眼疲労を引き起こす主要原因の一つとされている。しかし、本検討結果はこの定説に反し、ある一定以上の両眼視差量を提示した場合には調節も生じることが示された。本来、ヒトが実物を注視した際、調節と輻輳が完全に一致しなくともよいある一定の範囲内がある。輻輳を一定にして単一明視できる調節の幅を相対調節、調節を一定にして単一明視できる輻輳の幅を相対輻輳という。3D 映像注視時においても相対輻輳、相対調節の範囲内であれば輻輳しても調節反応は生じないし、逆に調節反応は生じても輻輳反応は生じない。調節-輻輳矛盾が生じる。これまで定説とされてきた 3D 映像の調節-輻輳矛盾は両眼視差量が小さく、相対輻輳・相対調節の範囲内での反応であった可能性がある。また 3D 映像視聴時の調節反応には瞳孔の影響も大きい。瞳孔径が小さいと焦点深度による偽調節効果により調節反応が生じなくとも物体を明視できるため調節反応は生じない。3D 映像の調節、輻輳反応を評価する際には瞳孔反応の計測も必要である。今検討以外でも、我々は両眼視差を視角 10°(眼幅 65mm)でのクロスポイント：約 30cm)の両眼視差をつけた 3D 映像を提示した場合、約 2D 程度の調節と同時に輻輳、縮瞳が生じ、実物を眼前 30cm に提示して注視した場合の反応と大差ない近見反応が生じることを報告している[5]。これまで立体映像注視時の観察者の負担として調節・輻輳の関係のみが検討されていたが、これに瞳孔反応を含めた近見反応について検討する必要がある。また瞳孔反応は個人差や年齢差が非常に大きいことだけでなく、室内の明るさ（暗いと散瞳、明るい縮瞳）や情動などによっても変化するため立体映像の視聴環境についても十分考慮すべきである。

融像は感覚性融像と運動性融像から成り立っており、感覚性融像は両眼単一視を行うための知覚性の融像であり、運動性融像は感覚性融像を保つために眼球を輻輳・開散方向に動かせることのできる融像幅である。運動性融像幅は眼疲労の影響により低下し易い。今回、3 分間の 3D 映像を注視することによって映像視聴前に比べ明らかな増大を認めた。運動性融像は視能訓練によって増大することができ、後天的融像障害を生じた患者の場合は融像訓練により回復する場合が大きい。しかし、訓練効果が得るまでは眼科医・視能訓練士による特殊な装置を用いた長期間の反復訓練が必要であり、短時間で効果の得るものではない。3D 映像視聴により運動性融像幅を増大させることができるのであれば、効果的な融像訓練法としての医療応用が期待される。また運動性融像増大は眼性疲労軽減にも役立つと考えられ、3D テレビを適切な映像を視聴することで家庭での訓練効果も期待できる。今後 3D 映像を融像訓練法として確立するためには効果的な映像を導くため両眼視差量、色、輝度、動きなど映像の質を詳細に検討する必要がある。

両眼視差による立体視は PET や fMRI による研究が進んでいる。Random dot stereogram など立体指標を提示することで後頭葉視覚領が賦活されることが判明している[6][7]。近赤外光脳

内血流計測(NIRS)を用いた本検討において、3D 映像（両眼視差）注視により脳機能（脳内血流測定）において、健常者の 3D 映像注視時の後頭葉視覚領の脳血流量変化（酸素化ヘモグロビン濃度）は 2D 映像に比較して増大し、3D 映像注視時には後頭視覚領が賦活される可能性が示された。立体視（両眼視差）機能の低下した不同視症例では健常被験者に比較して 3D 注視時の脳血流量変化（酸素化ヘモグロビン濃度）が乏しく、また立体視機能の無い斜視症例の脳血流量変化（酸素化ヘモグロビン濃度）は 2D と 3D 映像注視時に明らかな差は認められなかった。これらの結果から、本検討において 3D 映像による脳機能（脳内血流）変化を客観的に捉えることができたと考える。今後、脳機能にとって適切な映像について脳科学的な見地から詳細に検討する必要がある。

### 5.2.3 考察

3D 映像の普及・促進及び映像メディアの新しい表現ツールとして文化的に定着するには生体への安全性を担保する必要がある。安全性が確認され、適切に作成された 3D 映像はヒトが現実空間で情報処理している視覚映像と同様な映像を仮想空間に提示できる可能性がある。逆に不適切に作成した 3D 映像は観察者に違和感や疲労を与える視覚刺激になる。クリエイターが作成した 3D 映像のプラス要素とマイナス要素を生体反応の観点から客観的に評価することが求められる。今後、ヒトの心に感動を与える好ましい立体映像の追及と共に、ヒトの生体にとって最適な映像とは何かについて眼科学、脳科学的な見地からより詳細に検討する必要がある。

参考文献：

- [1] 栗屋忍：両眼視の発達とその障害，視能矯正学改訂第 2 版（丸尾俊夫，栗屋忍編）金原出版，pp190-201（1988）
- [2] 不二門尚：両眼視機能の発達と検査、小児眼科・診療の最前線（山本節編）、金原出版、pp37-41，（2003）
- [3] Hubel DH, Livingstone MS: Segregation of form, color and stereopsis in primate area 18. J Neurosci 7:pp3378-3415（1987）
- [4] 石川 均：眼の自律神経/瞳孔・調節・輻輳視能学,文光堂,pp36-42，（2005）
- [5] 半田知也他：立体映像注視時の調節・輻輳・瞳孔反応の検討，日本眼科学会雑誌 112：pp237（2008）
- [6] Nagahara Y, et al.: Functional anatomy on perception of position and motion in depth.Neuroreport,7:1717-1721（1996）
- [7] Iwami T, et al.: Common neural processing regions for dynamic and static stereopsis in human parieto- occipital cortices. Neurosciences letters,327:29-32,(2002)

## 第6章 普及活動

事業の成果を広く普及するために、3D制作支援のための映像を体系化したことについて報道発表を行い、業界に知らしめた。次に対象とするクリエイタに3D映像について、より理解をさせるためにセミナーを開催した。今後、セミナーで得られた意見等を踏まえ、3Dの映像集と解説本を作成し、配布する。

### 6.1 報道発表

全国紙、業界紙、テレビ、雑誌等121媒体に案内を送り、記者発表の形式で報道発表を行った。その結果3誌に記事掲載された。図6.1.1に報道発表（記者発表）の様子を示す。また、報道発表原稿を付録1に示す。

発表タイトル：「3D制作支援のための映像を体系化」  
発表日：2010年2月16日 11時～11時半（ぶらさがりが12時30分まで続く）  
場所：パナソニックデジタルソフトラボ  
案内数：121社・媒体  
掲載数：業界紙3媒体



図 6.1.1 報道発表の様子

### 6.2 セミナー

これから3D制作に携わろうとするクリエイタを対象に、セミナーを実施した。案内先は映画、テレビ、アニメ等の業界団体等を中心とした。本セミナーでは図6.2.2に示す3D映像（約100シーン）を上映した。

セミナータイトル：「失敗しない3D映像制作法セミナー」  
実施日：第一回 2010年2月23日 15:00～16:30  
第二回 2010年3月3日 15:00～16:30

場 所：パナソニックデジタルソフトラボ（第5章参照）  
案内先：業界団体等にメールで案内、(財)デジタルコンテンツ協会ホームページで告知  
参加者：第一回 74名  
          第二回 80名  
プログラム：

15:00～16:00

- 本事業のスキーム
- 3D映像の原理
- 3D撮影機器・編集機器
- 色々な立体感を体感
- 実写とCGの合成
- 色々な立体歪を体感

16:00～16:30 質疑応答

講師 ソニーピーシーエル株式会社 大場 省介氏

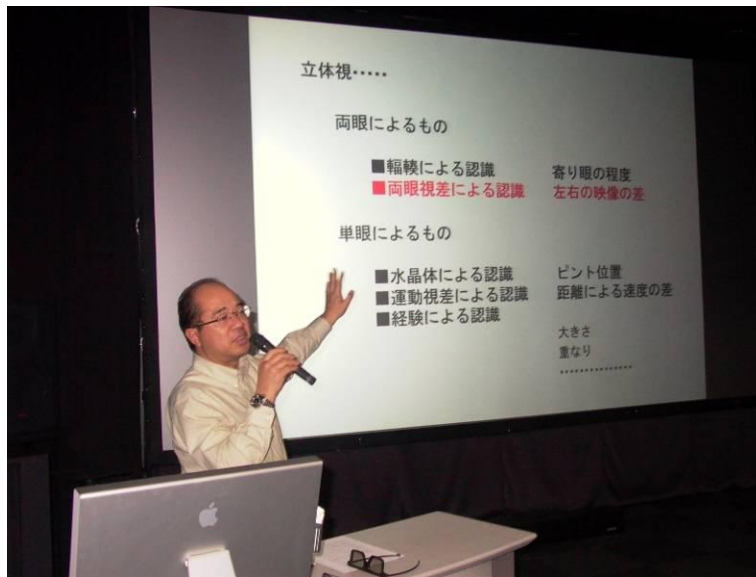


図 6.2.1 セミナーの様子

3D制作支援のための映像集

(財)デジタルコンテンツ協会

映像	撮影条件	映像	CG制作	映像	左右映像のずれ
	眼幅 20mm 40mm 65mm		写り込み消し		上下ずれ 20pic
	眼幅 20mm 30mm 40mm		実写合成		サイズずれ 1%
	眼幅 30mm 65mm		実写合成		回転ずれ 1.08°
	眼幅 45mm 65mm		実写合成		フォーカスずれ
	眼幅 20mm 30mm 40mm		実写合成		輝度ずれ 70%
	眼幅 5mm 25mm 65mm		FG/BG合成		彩度ずれ 70%
	箱庭効果 眼幅 3000mm		ワイヤー消し		色相ずれ 20°
	過度な立体 眼幅 90mm		CG消し		くろレベルずれ 15%
	額縁効果		字幕		時間ずれ 1フレーム
	暗いシーン 眼幅 40mm		字幕		
	木漏れ日				

Copyright 2010 Digital Content Association of Japan

図 6.2.2 セミナーで上映した 3D 映像



『失敗しない3D映像制作法セミナー』 アンケート

2010年3月3日  
デジタルコンテンツ協会

会社名： \_\_\_\_\_ お名前： \_\_\_\_\_

3D映像の原理	理解できなかった	どちらとも言えない	よく理解できた
	-----		
	ご意見下さい		
3D上映機器・製作機器	理解できなかった	どちらとも言えない	よく理解できた
	-----		
	ご意見下さい		
色々な立体感を体感	理解できなかった	どちらとも言えない	よく理解できた
	-----		
	ご意見下さい		
実写とCGの合成	理解できなかった	どちらとも言えない	よく理解できた
	-----		
	ご意見下さい		
色々な立体歪を体感	理解できなかった	どちらとも言えない	よく理解できた
	-----		
	ご意見下さい		
全体を通して または 3Dに関する課題	ご意見下さい		

図 6.2.3 セミナーのアンケート

セミナーでは、図 6.2.3 の様式で全員にアンケートをとり、98 名から回答があった。制作会社 63、放送局 22、メーカー 6、大学 4、通信関係 3 である。

講演内容に関しては、よく理解できたとの回答が多かった。ただし、

- ・ 3D 機器については、もっと具体的な機器を上げて説明が欲しかった
- ・ CG との合成については、映像が少なかったこともあり、もっと多くの映像を見たいとの意見が寄せられた。

3D の課題については、

- ・ 3D の制作コストが高いため、手が出せない
- ・ ワークフローの確立が必要
- ・ 効率の良い、低コストのカメラシステムが欲しい
- ・ オーサリング、プレスのコストが高すぎる
- ・ 3D を活かす撮影方法が知りたい
- ・ 評価の定量化をする必要がある
- ・ 制作現場に説明する機会をもっともって欲しい

との意見が寄せられた。

## 第7章 課題と提言

### 7.1 3D コンテンツ制作上の課題と解決策

2眼式による立体映像は、現行の映像システムを利用して、簡便に立体空間を再現することができる特長を持つ反面、特定位置からの両眼(視差)映像だけで空間を再現するため、不自然な空間歪みや違和感のある空間を再現する場合は生じやすい問題点も見られる。

このような問題点を解決する目的で開発された多眼・超多眼方式によって、より自然な三次元空間の再現を試みられるが、これらの方式に要求される映像情報量の多さ、映像取り込みから表示までのシステムを新たに構築することを考慮すると、一般家庭での新しいディスプレイとして実用化されるにはかなりの課題が残されている。

現時点における映像技術や画質面から、次世代映像として期待される2眼式立体映像も、これまで巨大イベントでのアイキャッチャーとして幾度と無く登場してきたが、一時的に注目を集めるだけで、映像メディアとして定着することはなかった。

その原因の一つとして、2D映像を見慣れた人々に、違和感のない魅力的な3D空間を提供できなかったことが挙げられる。特に、3D映像の特徴である飛び出し立体効果を強調し過ぎたビックリ映像が多く、画質や空間再現技術でも高品質化を進める2D映像との違いを明確に示す映像制作が少なかった。そのため、特殊な映像手法として特定分野の人々の関心を集めるだけに止まっていたことは残念であった。

このような2眼式立体映像に内在する問題点に関しては、今回の報告書の示された3D映像集でも検討されているが、次のような観点から更に改善することで、3D映像が生み出すプラス効果、例えば、再現空間への積極的な参加、潜在意欲の想起から創造への始動が誘起され、色々な分野の人達に3D映像空間での新しい活用効果が期待されることであろう。

#### (1)映像制作から

(a)2眼式で発生する空間再現の歪みは、撮像・観察条件の整合化によって、歪みの少ない自然な立体空間が観察できる範囲やその再現空間を拡張する条件が見出せる。

(b)極端な奥行き再現による違和感も、観察者の両眼視差融像範囲(最小視差検出と融像最大範囲)や再現空間の基準位置の設定から、輻輳-調節矛盾を解決することができる適正な奥行き再現範囲が見出せる。

(c)2D映像に比べて3D映像は、立体視に関連する中枢への働き掛けが見られ、緩やかな映像表現が望ましく、表現対象の運動や映像取り込み手法(カメラ・レンズ操作など)による動きの適正な条件を見出す事が必要である。

(d)左右眼への映像情報差により生じる不安定な見え(二重像、視野闘争など)に関しては、両眼情報差の許容範囲を基準に、映像情報処理ソフトによるより見やすい補正条件を見出す。

#### (2)表示性能から

(a)現行の2D映像の画質と比較して、許容できる表示性能条件(解像度、階調・色調範囲、リフレッシュレートなど)の範囲で3D映像の画質を保ちつつ、映像効果を増大させる。

(b)両眼への映像分離提示性能による不自然な見え方を出来る限り低減するために、左右眼映像差値(画質差、映像位置ズレ・歪み、視差再現域、時間ズレ、両眼分離度、視野闘争発生部)の測定と主観評価から、許容できる条件を見出し、客観評価で確認する。

#### (3)立体視機能と生体への影響から

(a)2眼式立体映像による3D空間の見え方に、個人差が見られることから、観察者の立体視機能(視力差、眼位、両眼差許容閾、立体弁別能(最小弁別閾~融像最大視差量)、時空間周波数特性、動き(表示面内、奥行き方向)追従能特性など)を簡便に調べ、出来る限り無理なく立体観察できる条件を見出し、それに従った3D映像の制作条件を確認する。

(b)映像刺激による生体への影響度については、主観評価に加え、末梢から中枢レベルでの生体

反応から調べて、反応レベルの低下/上昇から負荷度/活性状態を推定している。

主観評価では二重刺激法を採用し、2D/3D 映像の比較、3D 映像撮影条件による再現空間の歪みや違和感などの解決方策を示している。客観評価により、調節-輻輳反応や瞳孔径変動からは奥行き効果の度合、融像域の変化から負荷度が調べられ、2D と 3D 映像観察時での差異が見出されている。更に、中枢での反応状態を調べるために、後頭部領域での光トポグラフィが測定され、3D 映像観察時の脳内血流状態が、2D 映像より増加する結果が得られた。

このような生体反応の諸特性から、2D 映像より 3D 映像での脳内活動レベルが強く、活動領域も拡がり、3D 映像による空間表現が生体へ強い影響を与えることが推定されるので、さらに、2D/3D 映像を長時間観察した時の状態を測定し、眼精疲労を始めとしたマイナス効果と、快適な 3D 映像空間の再現状態を生み出すプラス効果を定量的に評価できるレベルまで向上させる必要がある。

## 7.2 3D コンテンツこれからの展開への提言

「3D映像によって生み出される超臨場感!」「これまで体験したこと無い未知の世界へ!」と、3D 映画での宣伝文句が示すように、これまでの映画の表現を越えた新しい空間への展開を切り開こうとしている。ただ、3D 映像特有の空間再現効果としての“超臨場感”や“未体験空間”とは一体どのような状態を作り出してくれるのだろうか?

2D 映像でも、高精細映像による「実物感」、動きやズームアップによる「迫力」、大型スクリーンのように表示面の存在が薄れることで「奥行き感」や「拡がり感」、映像表現空間からの「誘導感」などが引き起こされ、実在空間と映像空間との区別が付かなくなる臨場感を生み出してきた。これに“超”が付くと、各効果の程度が強くなるだけではなく、迫力や奥行き感とが相乗効果を示し、映像空間での誘発行動を惹き出すことが想定される。

これまでの 2D 映像での奥行き効果に加えて、再現空間での共存感を生みだし、実際空間での行動と共に、再現空間を主体的・能動的に楽しめることが 3D 映像に期待される条件になる。その結果、多人数固定座席型の映画観賞スタイルに加えて、半自由映像観察における観察者主体の空間体験環境で、3D 映像が生み出す立体効果をより効果的に発揮できる。

娯楽目的中心の 3D 映像が注目されているが、空間内での作業が円滑且つ正確にできる環境を作り出す 3D 映像の特徴は、教育訓練用としても早くから利用出来ることが期待されてきた。この場合は、2 眼式の問題点で残されている微妙な領域での不自然な見え方を解消するために、多方向からの高密度空間映像方式を採用するか、2 眼式映像の改善処理技法の開発を進めるか、何れかによる対策が要求される。

このように 3D 映像の利用目的の違いから、要求される映像条件も異なり、再現状態への要望にも差が出てくるのは当然で、観察者の映像への取り組みによる 3D 空間の質的な評価にも大きな差が見られる。

今後の 3D 映像の新しい分野への利用展開を想定すると、今回の 3D 映像作成支援のための映像体系化での映像例の作成条件に追加して、1)2 眼式カメラの高精度調整法、2)動き(カメラ移動、被写体の動きなど)のある立体化空間の適正な再現条件、3)立体空間の拡がり(画角変化)と適正な観察条件などを検討し、魅力ある 3D 映像効果を具体的な例で示すことが重要である。更に、3D 映像が定着した映像提供システムになるためには、観察者の立体視特性に関する機能チェックと、長時間 3D 映像観察による影響度を客観的に調べる手法の開発と解析も残された要件である。

このような取り組みは、限られた分野に限定することなく、立体映像を観察する人達の空間感覚を調べる心理学、視覚工学、眼科など生体機能研究分野、立体映像を表示する映像工学技術分野、立体映像を制作提供するコンテンツ制作分野、その利活用を創出するコミュニケーション分野が総合的に検討できる体制を作り、3D 映像のプラス面を抽出活用できる活動が早急に必要である。

## 第8章 まとめ

3D制作の基盤技術である、安全・快適なコンテンツ制作法を開発した。成果は、3D制作支援のための映像集としてまとめた。また、様々な条件で撮影した3D映像を一般被験者に提示し、主観評価を収集した。主観評価の結果、立体感や違和感のある撮影条件が把握できた。これは3Dクリエイターが映像制作する際の指標となる。また、客観評価（生体反応計測）を通して、3D立体視のメカニズムが少しずつわかってきた。この結果、3Dならではの魅力的なコンテンツ制作のための方法や、視能訓練等のヘルスケアの産業応用への展望が拓けてきた。

また、実証を通してクリエイターから現場の声が多く寄せられた。3Dコンテンツ制作は2Dに比べて2~4倍と言われており、今回の実証でも、3Dはカメラの調整、視差の計算、編集の複雑さ等制作コスト増が明らかである。よって、ローコストな3D制作を実現するための、ワークフローの開発は必須である（課題1）。同時に、ハードメーカーからのローコストなカメラ、編集機等の開発も必要である。本事業は3Dのマイナス面を顕在化させない制作法について解を出したが、3Dのプラス面を活かす映像制作法については未だ思考錯誤であり、体系化された方法は確立されていない。魅力的な（売れる）3D制作法の確立は次に果たすべき技術開発である（課題2）。本年度の成果及び今後の技術開発含めて、広く普及しグローバルに勝っていけるクリエイターの質・量を増やしていく人材育成も焦眉の急である（課題3）。

本年度の成果を基盤技術として、今後上記課題に取り組むことで、3Dコンテンツ産業の育成と発展に寄与していきたい。

## 付録1 報道発表原稿



報道発表

2010年2月16日  
財団法人デジタルコンテンツ協会

### 3D制作支援のための映像を体系化

財団法人デジタルコンテンツ協会（会長：中鉢良治 ソニー株式会社 代表執行役 副会長）は、株式会社オムニバス・ジャパン（社長：山下 欽也）、ソニーピーシーエル株式会社（社長：毛塚 善文）、パナソニック映像株式会社（社長：中西 正治）と共同事業体を作り、3D制作支援のための映像を体系化しました。本事業は、経済産業省の「平成21年度ITとサービスの融合による新市場創出促進事業（コンテンツ技術実証事業）」の一環として実施しました。

3D映画「アバター」は空前のヒットとなり、北米で3D映画産業が立ちあがりつつあります。一方、日本企業は家庭普及で巻き返しを狙い、3D対応のテレビ、BD、ゲームなどの発売を発表しました。

3Dテレビを中心とした家庭での普及は、この技術に対応した質の高い番組やコンテンツが供給されるかどうかにかかっており、それに呼応するように、スカパ・JSATやケーブルテレビ最大手のジュピターテレコム（JCOM）が3D放送を開始します。

この様に、3Dテレビの発売や番組の充実を図る機運ができつつありますが、国内においては、質の高い魅力的な3Dコンテンツを制作するクリエイターが、質・量共に不足しているのが現状です。

このような背景から、3D特有の映像制作方法の開発や人材の育成が急務です。今回体系化した「3D制作支援のための映像集」は、これから3D制作に携わろうとする経験の乏しいクリエイターにとって参考になることを目指しました。

具体的には、

- ・様々な条件で3D実写映像を制作しました。この中には失敗例や立体視が不自然なものを含みます。（図 制作した映像の分類）。
- ・実写映像とCG映像を合成し、字幕の付け方などの事例を制作しました。
- ・これらの映像に対して一般被験者による主観評価及び眼科的な生体反応評価を行い、本

「3D制作支援のための映像集」の客観性を担保しました。

今後、本成果を普及啓蒙することで、3Dクリエイターの質・量の拡大を図り、もって3Dコンテンツ産業発展にハード・コンテンツの両面より寄与してまいります。

具体的な普及啓蒙策は以下の通りです。

- ・クリエイターのためのセミナーを開催（2月及び3月の予定）
- ・制作した映像をパッケージ化し解説本とセットにして配布（4月以降）
- ・上映環境を提供（4月以降）
- ・関連業界団体等を対象に説明会を開催

問い合わせ先

〒102-0082 東京都千代田区一番町 23-3 日本生命一番町ビル LB

財団法人デジタルコンテンツ協会 吉田・中村

電話 03-3512-3903 ファックス 03-3512-3908

電子メール 3d-info@dcaj.or.jp

ホームページ <http://www.dcaj.or.jp/>

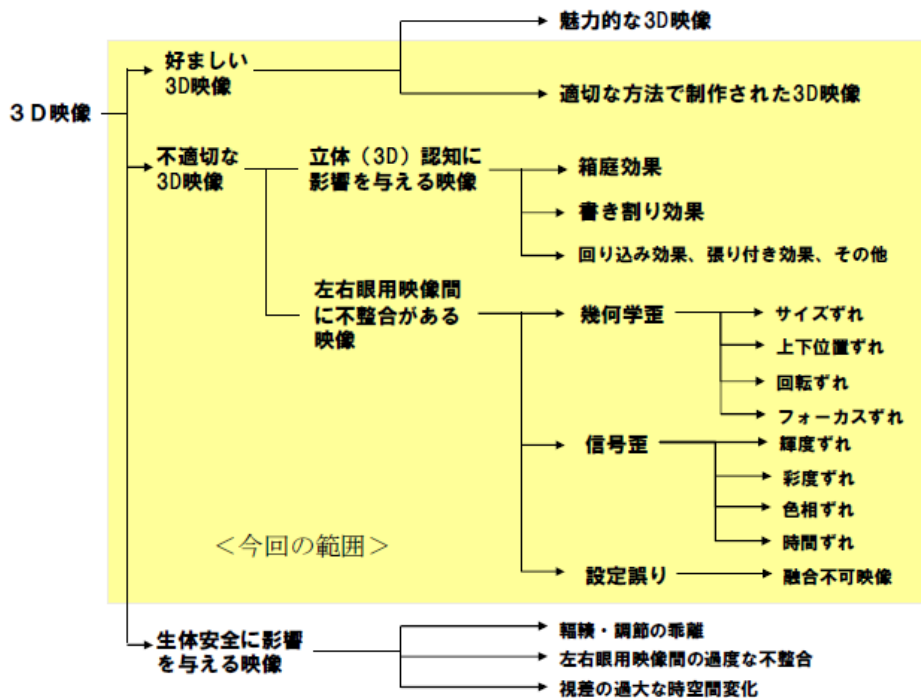


図 制作した映像の分類

