

システム開発

20-F-11

次世代立体視コンテンツ制作環境の開発に 関するフィージビリティスタディ

報 告 書

- 要 旨 -

平成21年3月

財団法人 機械システム振興協会

委託先 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。

<http://ringring-keirin.jp>



序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、都市、防災、住宅、福祉、教育など、直面する問題の解決を図るためには技術開発力の強化に加えて、多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢の変化に対応するため、財団法人機械システム振興協会では、財団法人JKAから機械工業振興資金の交付を受けて、システム技術開発調査研究事業、システム開発事業、新機械システム普及促進事業を実施しております。

このうち、システム技術開発調査研究事業及びシステム開発事業については、当協会に総合システム調査開発委員会（委員長：東京大学名誉教授 藤正 巖氏）を設置し、同委員会のご指導のもとに推進しております。

本「次世代立体視コンテンツ制作環境の開発に関するフィージビリティスタディ」は、上記事業の一環として、当協会が財団法人デジタルコンテンツ協会に委託し、実施した成果をまとめたもので、関係諸分野の皆様方のお役に立てれば幸いです。

平成21年3月

財団法人 機械システム振興協会

はじめに

本報告書は、財団法人デジタルコンテンツ協会が（DCAj）が、財団法人機械システム振興協会から平成20年度事業として受託した「次世代立体視コンテンツ制作環境の開発に関するフィジビリティスタディ」の成果をまとめたものです。

政府の取り組むe-Japan計画の推進に伴い、文化をはじめ、行政、学術研究、教育などにおいて幅広くデジタルコンテンツの活用が期待されている。しかし3D分野において、3Dコンテンツの制作技術の遅れによりコンテンツやクリエイターの不足という、3Dコンテンツの産業・文化としての普及を阻害する要因が指摘されています。

そこで、3Dコンテンツの産業振興を担う上で即効性を期待される課題に対処するという観点から、クリエイターや配給者にとって利便性が高く、視聴者に対する安全性や快適性を踏まえた3Dコンテンツ制作・評価にかかる応用技術・環境を確立・整備することとしました。

そのなかにあって本スタディでは、第一にステレオ映像とデプスマップを同時に取得する次世代の3Dカメラシステムを開発し、Z軸（奥行き方向軸）を活用した演出やカメラワークを考慮した制御アルゴリズムを実証的に確立していきます。

第二として、経験の浅いクリエイターでも多様な呈示環境下で質感や奥行き感が十分に表現される必要がある3Dコンテンツ作品の制作を容易にするための機能を検討する。具体的には、取得されたデプスマップを呈示条件毎に変換し、その分布バランスを先行事例や実験的研究により策定した基準値と照合し、その結果を撮影時に可視化するという機能です。

第三として、3Dコンテンツはホームユースの3D放送からモバイル環境に至る幅広い活用が期待され、視距離や画面サイズといった視環境により視差量、すなわち立体感や奥行き感が変化し、安全性や快適性に大きな影響を及ぼすことが知られている。上述の評価システムを応用することで、多様な呈示環境に対応し得る、最適な視差分布への自動補正機能を検討します。

本スタディの実施にあたり、ご指導・ご支援をいただいた関係の官庁、関係機関の各位に感謝の意を表します。

平成21年3月

財団法人 デジタルコンテンツ協会

目 次

1 . スタディの目的	1
2 . スタディの実施体制	2
3 . スタディの内容	6
4 スタディ成果の要約	7
4.1 次世代3Dカメラシステムの開発	7
4.1.1 システムの概要	7
4.1.2 カメラ	8
4.1.3 コントロールユニット	8
4.1.4 3Dコンバータ (TDC-1000)	9
4.1.5 可動マウント	10
4.1.6 カメラ回転ステージ (MM-40 θ)	11
4.1.7 マウントカメラ回転ステージ (ARS-936-HP)	12
4.1.8 距離センサ	13
4.1.9 統合プロトタイプと制御方法	14
4.2 3Dコンテンツ制作現場における課題の検討	18
4.2.1 撮影・編集作業の観点からの課題	18
4.2.2 放送事業者の観点からの課題	19
4.2.3 CG制作現場の観点からの課題	22
4.2.4 実写とCGの融合観点からの課題	26
4.3 安全性・快適性の評価とマルチユースに関する検討	30
4.3.1 安全性・快適性評価への視覚工学的課題	30
4.3.2 マルチユースへ向けた制作・呈示技術の課題	35
4.3.3 デプスデータの活用に関する検討	37
4.3.4 システム化にあたっての基本アプローチ	40
4.4 安全性・快適性の観点からの実験的検討	44
4.4.1 目的	44
4.4.2 方法	45
4.4.3 結果	48
4.4.4 考察と得られた知見	50
5 スタディの成果と今後の展開	52
5.1 スタディの成果の概要	52
5.2 制作現場からの課題の検討	52
5.3 技術開発の観点からの課題	53
5.4 システム化へ向けたアプローチ	53
5.5 安全性・快適性の観点からの実験的検討	54
5.6 今後の展開	54

1 . スタディの目的

両眼立体視を用いた立体映像（以降'3D'と表記）は、100年以上前から、その将来を繰り返し展望されながらも、現在まで普及していない。約10年の周期で到来してきたブームによる、3Dディスプレイの開発技術の発達に比べ、3Dコンテンツの制作技術の遅れが指摘されてきた。それにより、コンテンツやクリエイターの不足という、3Dコンテンツの産業・文化としての普及を阻害する要因を生み出してきたといえる。

そこで、(財)デジタルコンテンツ協会では、平成17年に当該分野の有識者からなる委員会を構成し、3年間にかけて3Dコンテンツの制作・利活用にかかる課題の調査を行った。図1-1は、平成18年度の調査・検討結果であるが、映画、アニメーション、ゲームなどの諸分野において、共通する6種類の課題が明らかとなった。

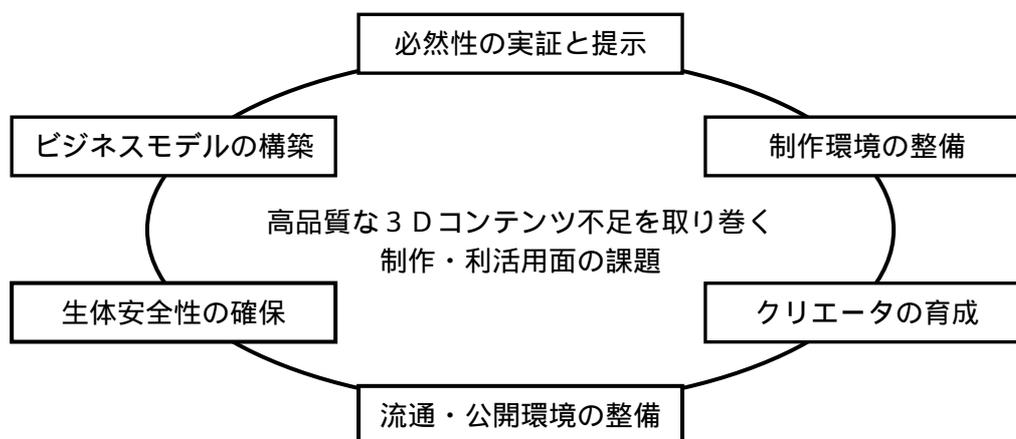


図 1-1 3Dコンテンツ調査委員会（平成18年度）の結論

上記の課題は、いずれも相互に連鎖していることから、理想的には全てが同時に解決されるような取り組みが行われるのが望ましいといえるが、現実的には困難である。そのため、即効性の期待される課題を選択し、課題間の積極的な相互作用を及ぼすことに取り組むのが、3Dコンテンツの産業振興を担うのに妥当であるという結論に至った。

そこで本スタディでは、クリエイターや配給者にとって利便性が高く、視聴者に対する安全性や快適性を踏まえて制作されたデジタルコンテンツを「次世代立体視コンテンツ」と定義し、その制作・評価にかかる応用技術・環境を確立・整備することを目的とした。

2 . スタディの実施体制

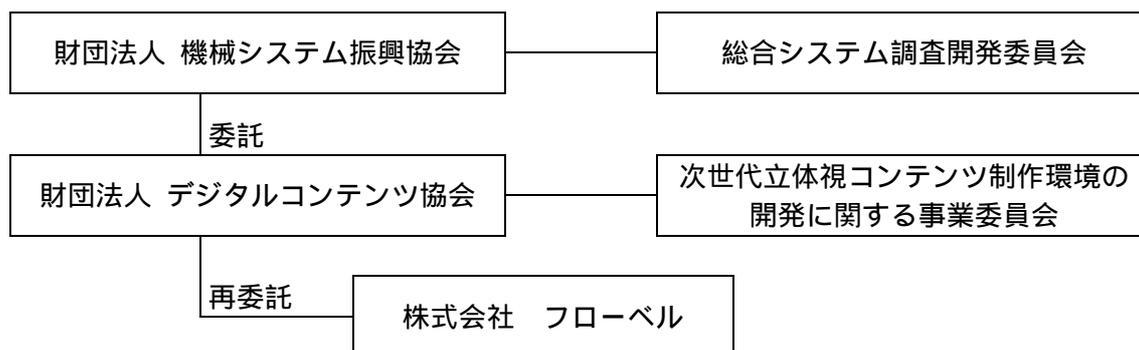
財団法人機械システム振興協会内に「総合システム調査開発委員会」を、財団法人デジタルコンテンツ協会内に当協会会員会社と外部有識者などからなる「次世代立体視コンテンツ制作環境の開発に関する事業委員会」を、それぞれ設置して、本フィージビリティスタディを実施した。

当該事業委員会は、3Dコンテンツの制作、利活用、評価にかかわる多様な専門性を有した委員から構成され、活発な議論・検討が行われた。

制作現場という観点では、実写型3Dコンテンツ、コンピュータグラフィックス(CG)、実写とCGの融合からBSテレビ放送に至る範囲が網羅された。

技術開発という観点では、3Dコンテンツの表現・利活用から、視覚工学や人間工学といった人の特性に至る範囲で、システムの要件から基礎的な知見を得るための実験的な検討まで、幅広い取り組みがなされた。

また、スタディの一部の業務は、財団法人デジタルコンテンツ協会より(株)フローベルに再委託を行った。



総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	東京大学 名誉教授	藤 正 巖
委 員	埼玉大学 総合研究機構 教授	太 田 公 廣
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 研究部門長	金 丸 正 剛
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター 招聘研究員	志 村 洋 文
委 員	東北大学大学院 工学研究科 教授	中 島 一 郎
委 員	東京工業大学大学院 総合理工学研究科 教授	廣 田 薫
委 員	東京大学大学院 工学系研究科 准教授	藤 岡 健 彦
委 員	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授	大 和 裕 幸

次世代立体視コンテンツ制作環境の開発に関する事業委員会

(順不同・敬称略)

委員長	早稲田大学 大学院国際情報通信研究科 教授	河合隆史
委員	東京眼鏡専門学校 校長	畑田豊彦
委員	NHKメディアテクノロジー 事業開発センター 制作部長	緒形京
委員	パナソニック株式会社 本社R&D部門 デジタルネットワーク技術担当 参事	吉田純
委員	シャープ株式会社 研究開発本部 主事	北浦竜二
委員	日本BS放送株式会社 新技術開発・推進室 3D放送推進チームリーダー	磯部なつみ
委員	株式会社オーク情報システム ITソリューション第二事業部 スタジオアロ 部長	西口勇
委員	大日本印刷株式会社 C&I事業部 理事	久保田靖夫
委員	株式会社キャドセンター プロモーション事業部 技術開発チーム マネージャ	曾根敦
委員	株式会社東芝 研究開発センター ヒューマンセントリックラボラトリー	森下明

委員	早稲田大学 大学院国際情報通信研究科 助手	岸 信 介
オブザーバ	パナソニック株式会社 AVCネットワークス社 主任技師	三 谷 浩
オブザーバ	凸版印刷株式会社 総合研究所 情報技術研究所 主席研究員	小 黒 久 史
オブザーバ	株式会社フローベル 営業部 部長	小田島 伸 寿
事務局	財団法人デジタルコンテンツ協会 常務理事 (兼) 事業開発本部長 事業開発本部 先導的事業推進部長 事業開発本部 先導的事業推進部 研究主幹 事業開発本部 先導的事業推進部 研究主幹	田 中 誠 一 増 井 武 夫 千 葉 祐 治 土 屋 光 久

3 . スタディの内容

(1) 次世代3Dカメラシステムの開発

米国での3Dコンテンツは、主としてシネマ向けのステレオ方式で制作されている。一方、ヨーロッパでは、デジタル放送に適合するよう、MPEG-2 TS にデプスマップを付加した方式を採用している。これらの方式は、それぞれトレードオフがあり、対応した3Dディスプレイも限定されている。そこで本スタディでは、ステレオ映像とデプスマップを同時に取得する世界初のカメラシステムを構築する。ステレオ映像とデプスカメラを併用することで、メガネの有無、二眼・多眼の、いずれにも対応できるシステムが構築できる。同時に、Z軸（奥行き方向軸）を活用した演出やカメラワークを考慮した制御アルゴリズムを実証的に確立していく。

(2) 安全性・快適性の評価機能の検討

3Dコンテンツでは、2Dに比べ過度の負担を与えないことと同時に、3Dならではの質感や奥行き感が十分に表現される必要がある。そこで本スタディでは、多様な呈示環境下で、経験の浅いクリエイターにも、安全かつ快適な作品制作を容易にするための機能を検討する。具体的には、取得されたデプスマップを呈示条件毎に変換し、その分布バランスを先行事例や実験的研究により策定した基準値と照合し、その結果を撮影時に可視化するという機能である。

(3) 多様な視環境に対応した変換機能の検討

シネマ向けの高品質な3Dコンテンツは、ホームユースの3D放送からモバイル環境に至る幅広い活用が期待されるが、上述のように方式の互換性に問題がある。加えて、3Dコンテンツでは、視距離や画面サイズといった視環境により視差量、すなわち立体感や奥行き感が変化し、安全性や快適性に大きな影響を及ぼすことが知られている。そこで本スタディでは、上述の評価システムを応用することで、多様な呈示環境に対応し得る、最適な視差分布への自動補正機能を検討する。

4 スタディ成果の要約

4.1 次世代3Dカメラシステムの開発

4.1.1 システムの概要

(1) 立体映像

両眼立体視映像（以降「立体映像」と表記する）は、ハリウッドを中心とする全世界的な供給などの要因により、近年急速に普及しつつある。また、デジタルシネマ対応のシネコンの割合が増加にともない3D対応のシネコン割合も増えると見られる。2010年では全体の5%、2015年には全体の20%が3D対応になる可能性がある。このように立体映像を呈示する映画館は急速に増加しているなか、2007年12月から日本BS放送による3D放送が行われている。

これまで立体映像が次世代のメディアとして注目を集めながらも本格的な普及には到らなかった原因は主に、テレビなどの機器の問題、視聴者が受ける視覚的な負担の問題、コンテンツ不足の問題の3つに大別される。視聴者の視覚的な負担を考慮しつつ視聴者が心地よく感じる良質なコンテンツを創るためには非立体の場合以上に専門的な知識技術を要するため、コンテンツの不足は深刻な問題である。また、映像の安全性にかかる社会的な関心は以前にも増して増大しており、様々な安全性の評価基準が設けられている。（「3DC Safety Guidelines」や「IWA3: Image Safety」）そのため、クリエイターの負担は更に増大してきて、安全性を確保しつつ視聴者に快適な映像を撮影することを補助するカメラシステムの開発が急務であると考え、本システムの開発を行った。

(2) 本システムの構成を以下に示す。

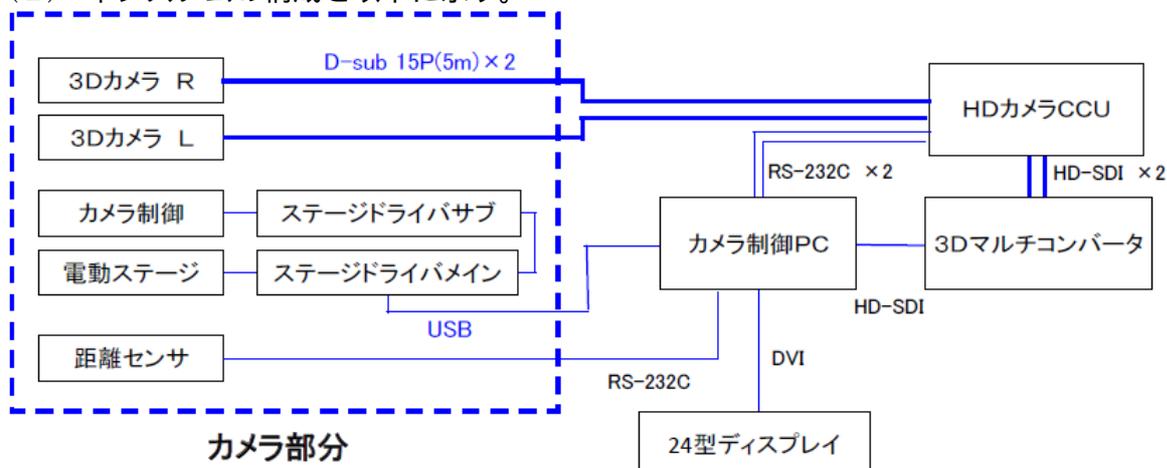


図 4.1-01 システム構成ブロック図

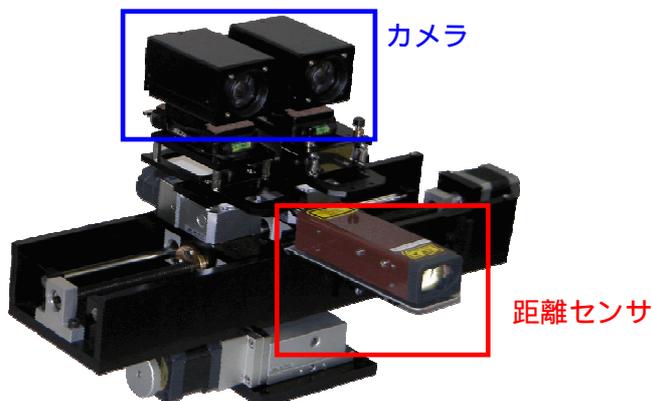


図 4.1-02 立体視のカメラ部分

次世代3Dカメラシステムは、距離センサを含めた左右2眼のカメラからなるカメラ部分、カメラ制御ユニット、3Dマルチコンバータ、カメラ制御PCから構成され、そのシステム構成を図4.1-01に、カメラ部分の写真を図4.1-02に示す。

被写体までの距離を計測する距離センサを前面に搭載し、制御PCは被写体までの距離によるパラメータを元にカメラ間隔・輻輳角を制御する機能を有する。それと同時に撮影された映像内容を分析し、その環境で最適な映像が得られるようにカメラ間隔・輻輳角を微調整する機能をも有する。この結果、被写体を含めた撮影映像全体で安全・快適になる3D画像になるように自動調整することが実現可能となる。

4.1.2 カメラ

(1) 概要

フルHD(1080i)入力対応のSony社製高精細カラーカメラモジュールであるFCB-H10を、左右の目に対応する位置に2台並べることで、3D撮影に対応した(図4.1-03)。正常な立体視のためには左右カメラの間隔を、瞳孔間隔に対応する65mmに設定する必要がある。

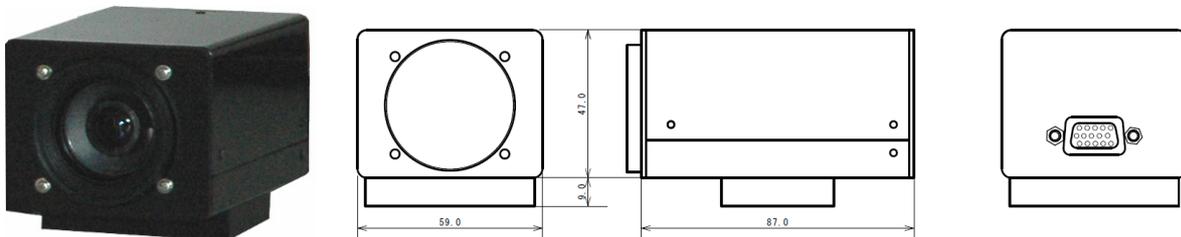


図 4.1-03 カメラと設計図面

(2) 仕様

- ・ 撮像素子： 1/3型 CMOS
- ・ 有効画素数： 約200万画素
- ・ 映像出力： HD-SDI、Y/Pb/Pr
- ・ レンズ： 光学10倍ズームレンズ
f = 5.1 mm (WIDE) ~ 51.0 mm (TELE), F 1.8 ~ F 2.1
- ・ 画角(水平)： 50.0° (WIDE端) ~ 5.4° (TELE端) / HD, SD信号出力時
- ・ 最至近撮影距離： 10 mm (WIDE端) ~ 800 mm (TELE端)
- ・ 最低被写体照度： 最低被写体照度：12 lx (F 1.8, 50 IRE)
- ・ S/N比： 50 dB以上
- ・ 電子シャッター： オート/マニュアル 1/2 ~ 1/10,000 (21ステップ)
- ・ ホワイトバランス： オート(ワンブッシュ)、マニュアル(R/B)
- ・ ZOOM： WIDE/TELE
- ・ IRIS： OPEN/CLOSE
- ・ FOCUS： FAR/NEAR
- ・ 質量： 約160g
- ・ 外形寸法： 59(W) × 47(H) × 87(D) mm

4.1.3 コントロールユニット

(1) 概要

図4.1-04、図4.1-05に示したコントロールユニットは、カメラ映像信号のホワイトバランス、感度や、レンズの画角、焦点、絞りなどをコントロールし、HD-SDI、Y/Pb/Pr映像を出力する。

外部からは RS-232C 通信インタフェースでコマンドを送信することでコントロールすることができる。



図 4.1-04 コントロールユニットと設計図

(2) 特長

特長を以下に記す

- ・ 左右カメラ個別に映像の赤成分、青成分の調整および出力ゲインの調整が可能
- ・ 左右カメラ個別あるいは同時に光学ズームを広角や望遠に調整。フォーカス位置を「遠」「近」に調整し、絞りを制御し映像を「明るく」「暗く」調整が可能

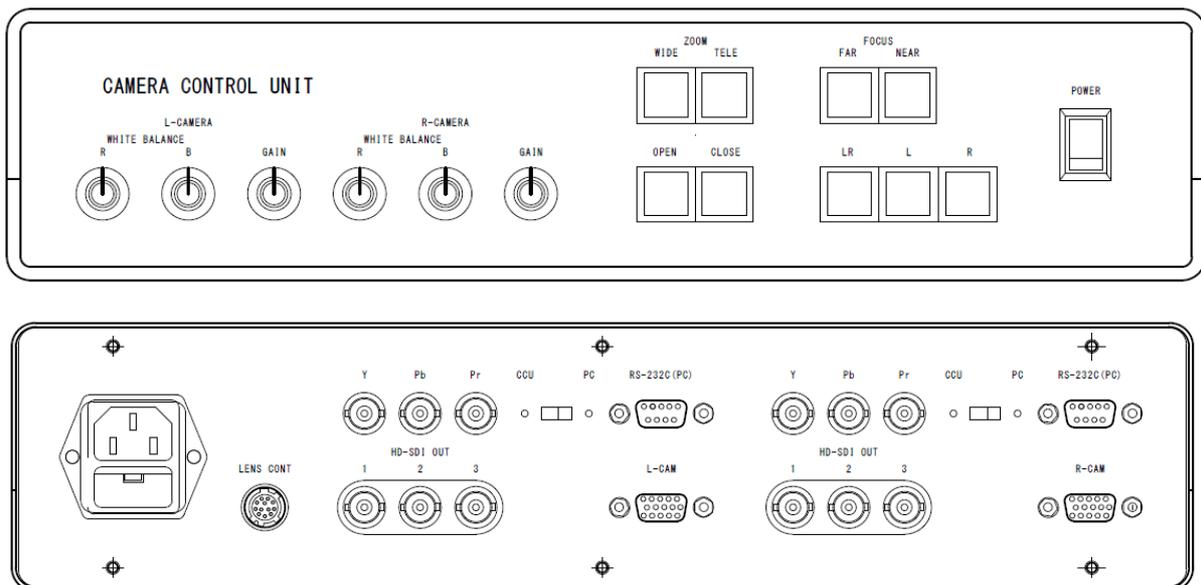


図 4.1-05 コントロールユニット前面パネル・背面コネクタ配置図

4.1.4 3Dコンバータ (TDC-1000)

(1) 概要



図 4.1-06 3Dコンバータ外観図

図 4.1-06 に示す 3D コンバータは、立体表示システムに用いる左右 2 系統の HD-SDI 信号を、インターレース方式や時分割方式、サイド・バイ・サイド方式やトップ・アンド・ボトム方式と

いった様々な立体表示フォーマット変換するユニットで、本装置から出力する HD-SDI 信号をレコーダで記録してその再生を立体表示することが可能である。

入力は HD-SDI 3 系統、出力は HD-SDI 1 系統及びアナログ RGB 2 系統を実装している。

(2) 特長

特長を以下に記す。

- ・ HD-SDI 入力は、59.94Hz/60.00Hz 対応
- ・ レコーダ入力 (HD-SDI) 対応
- ・ HD-SDI 出力の上下分割、左右分割、フィールドミックス対応
- ・ アナログ RGB 出力のマイクロボール、フレームシーケンス対応
- ・ アナログ RGB 出力の画像位置補正機能
- ・ 映像信号のフリーズ

(3) 機能

図 4.1-07 に示す製品は、HD-SDI の映像入出力や 3 D DISPLAY の映像出力方法に関連した以下の機能がある。

- ・ カメラ HD-SDI 入力 L R の映像及びレコーダ HD-SDI 入力の映像を、切り替えや合成、加工し、HD-SDI と DVI へ出力
- ・ 入力した映像をフリーズさせて HD-SDI と DVI へ出力
- ・ 映像表示位置の調整
- ・ 各種設定の保存
- ・ RS-232C 通信による操作

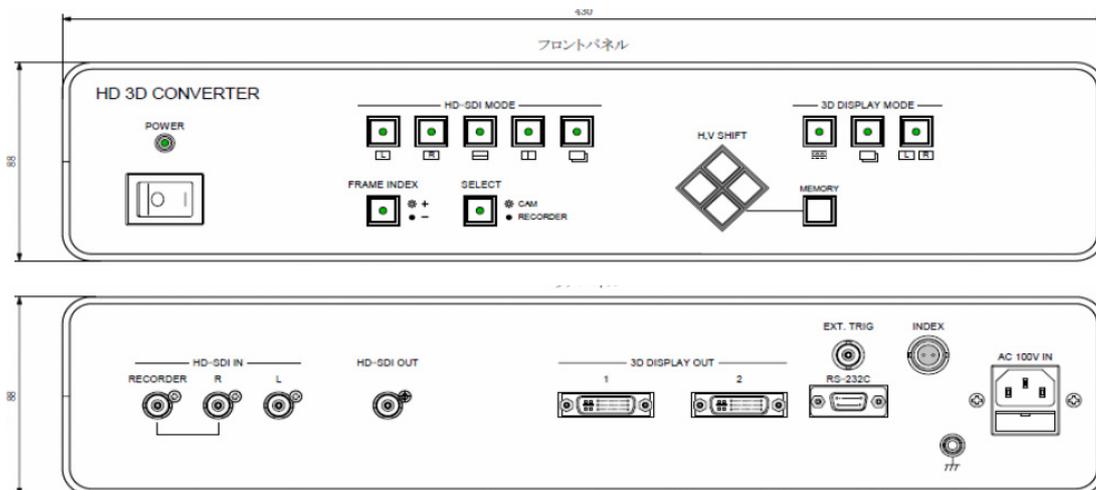


図 4.1-07 3 D コンバータ フロント・リア パネル

4.1.5 可動マウント

(1) 概要

左右カメラの輻輳角、架台全体の旋回 (パン) の 3 軸について、回転ステージが組み込まれている。また、左右カメラの間隔はステッピングモータにより変更可能である。これらの計 4 軸について、ステージドライバ (QT-CM2) により制御可能で、治具の設定データをリアルタイムで PC に収録することができる。概観図及び設計図を、図 4.1-08 に記す。

(2) 仕様

左右カメラのすぐ下に回転ステージ「MM-40」をそれぞれ搭載しており、これらが輻輳角を変更する。また、首にあたる部分には架台回転ステージを搭載し、架台全体が旋回可能となって

いる。左右カメラの間隔はステッピングモータにより変更可能である。

(3) 構成

- ・ マウント本体： FL-3DAS-ASM3
- ・ 左右カメラ間隔制御： ボールネジ方式
- ・ 左右カメラ移動範囲： カメラ中心間距離 60 mm (MIN) ~ 300 mm (MAX)
- ・ カメラ回転ステージ： MM-40
- ・ マウント回転ステージ： ARS-936-HP
- ・ レーザ距離センサ： LDS-6A-1

(4) 機能

- ・ カメラ間隔調整： 被写体までの距離に応じて左右のカメラの間隔を変化し、視差量を調整する。
- ・ カメラ光軸角度調整： 左右カメラの回転を制御する。
- ・ 治具角度調整： マウント自身（全体）を回転し、左右カメラを同一方向へ回転制御する。
- ・ 垂直視差調整： 左右のカメラの高さを調整することで、垂直視差を除去する。
- ・ 焦点位置機能： 焦点位置を制御するために被写体までの距離を計測する。

(5) 形状

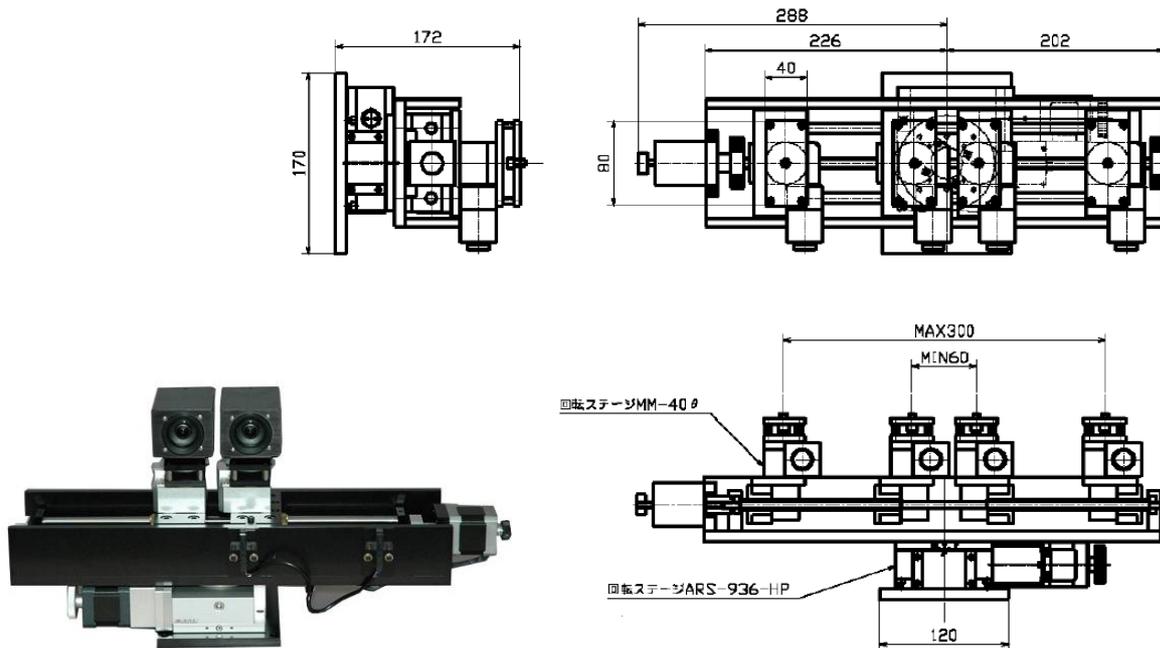


図 4.1-08 可動マウント及び設計図

4.1.6 カメラ回転ステージ (MM-40)

(1) 概要

左右のカメラの回転を制御し、両眼カメラの輻輳角をコントロールする。

(2) 仕様

- ・ 移動方向： 回転方向
- ・ 移動量： 360°
- ・ ステージ面： 40 mm

- ・ 使用モータ： PH533-NB 相当 (5 線式ペンタゴン結線)
- ・ 分解能： 0.01 °
- ・ 移動ガイド； ボールベアリング
- ・ 心振れ： 0.02 mm
- ・ 面振れ： 0.06 mm
- ・ 位置決め精度： 0.18 °
- ・ 繰り返し精度： ±0.003 °
- ・ ロストモーション： 0.02 °
- ・ 耐荷重： 29.4 N (3kgf)
- ・ 質量： 0.4 kg
- ・ 最高速度(5,000pps 時)： 50 °/sec
- ・ 原点センサ (動作論理)： N.O. (ノーマルオープン) ホール IC

(3) 形状

カメラ回転ステージの設計図面を、図 4.1-09 に示す。

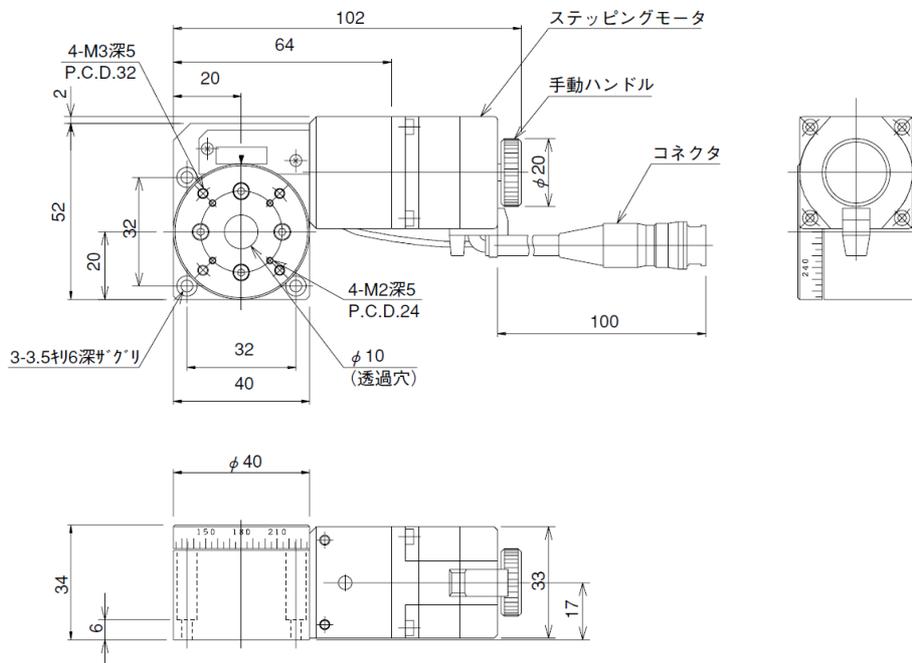


図 4.1-09 カメラ回転ステージ設計図

4.1.7 マウントカメラ回転ステージ (ARS-936-HP)

(1) 概要

図 4.1-10 に示したように、可動マウントの首部分に相当し、架台全体を回転ができる。

(2) 仕様

- ・ 移動方向： 回転方向
- ・ 移動量： 360 °
- ・ ステージ面： 90 mm
- ・ 使用モータ： PK545-B 相当 (5 線式ペンタゴン結線)
- ・ 分解能： 0.004 °
- ・ 移動ガイド： クロスローラベアリング
- ・ 心振れ： 0.01 mm
- ・ 面振れ： 0.015 mm

- ・ 位置決め精度： 0.025 °
- ・ 繰り返し精度： ±0.003 °
- ・ ロストモーション： 0.003 °
- ・ モーメント剛性： 0.2 sec/N・cm
- ・ 耐荷重： 98 N(10kgf)
- ・ 質量： 2.4 kg
- ・ 最高速度 (5,000pps 時)： 20 ° /sec
- ・ 原点センサ (動作論理)： N.O. (ノーマルオープン) フォトセンサ
- ・ 原点前センサ (動作論理)： N.O. (ノーマルオープン) フォトセンサ

(3) 形状

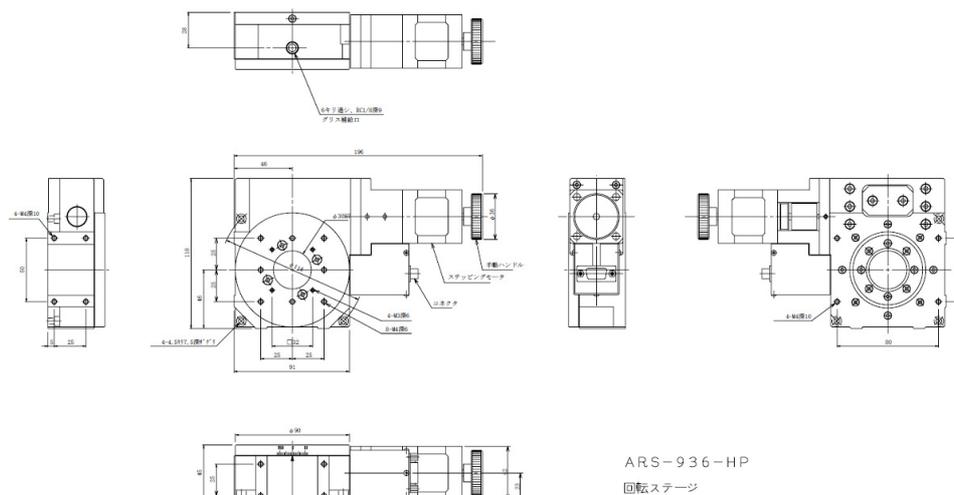


図 4.1-10 マウント回転ステージ設計図

4.1.8 距離センサ

(1) 概要

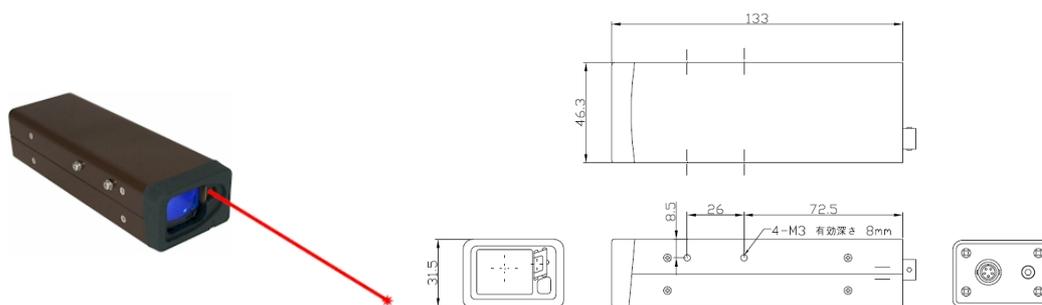


図 4.1-11 距離センサ 概観と設計図

図 4.1-11 に示す距離センサは、目標物にレーザ光を照射し、物体にて乱反射した光を検出し、この照射光と反射光の位相差を検出、演算処理することにより、距離を測定する。測定対象物からの反射光が検出できれば 500 m の距離でも測定することができます。センサは小型・軽量のため省スペースで、またパソコンと RS-232C で接続し、自動計測システムの構築が可能である。

(2) 仕様

- ・ 型式： LDS-6A-1
- ・ 測定距離： 0.05 m ～ 約 50 m (専用ターゲットプレート使用時: 30 m ～ 約 500 m)

- ・ 測定精度： ± 1.5 mm
- ・ 最小表示単位： 0.1 mm
- ・ 応答時間： 0.2 秒 ~
- ・ 光源： レーザダイオード： 620~690 nm (赤色可視光)
- ・ レーザクラス 2： (IEC 規格)
- ・ レーザスポット径： 4 mm (5m 先) 8mm (10m 先) 40 mm × 25 mm (100 m 先)
- ・ 応答時間： 0.2 秒 ~ 4 秒
- ・ 外部出力： RS-232C
- ・ 使用周囲温度： -10 ~ +50°C (氷結、結露なきこと)
- ・ レーザ寿命： 約 5 万時間 (20 にて、連続使用時)
- ・ 外形寸法： 46(W) × 32(H) × 133(D)mm
- ・ 質量： 約 250 g

4.1.9 統合プロトタイプと制御方法

(1) ハードウェアのインタフェース仕様

RS-232C インタフェースを採用しているため、各装置はバイト列の通信により動作する。ステータスドライバの架台に組み込まれているステップモータは、一定数のパルスを送ると精確に一定の角度だけ回転し、カメラの間隔や内転角はそのパルス数に応じて一定量ずつ変化する。

カメラモジュールは Sony 社の独自プロトコル (VISCA) で、ズーム倍率やフォーカス距離などの対応表が仕様化されている。また距離センサは、機能ごとにコマンドが用意されており、返却値として距離などの値が得られる。

(2) 制御ソフトウェアの構成について

カメラ制御用ソフトウェアは、撮影画像の取り込み、それを加工することによるカメラおよび架台の設定値の作成、作成した設定値のカメラへの設定、の 3 段階に大別される。

これらの、入力、加工、出力のそれぞれについて、対応するソフトウェアモジュール (クラス) を作成し、あるクラスの出力を別のクラスの入力とすることで、一連の処理を順番に適用する。はじめに、ソフトウェア全体の構成を図 4.1-12、図 4.1-13 に表わす。

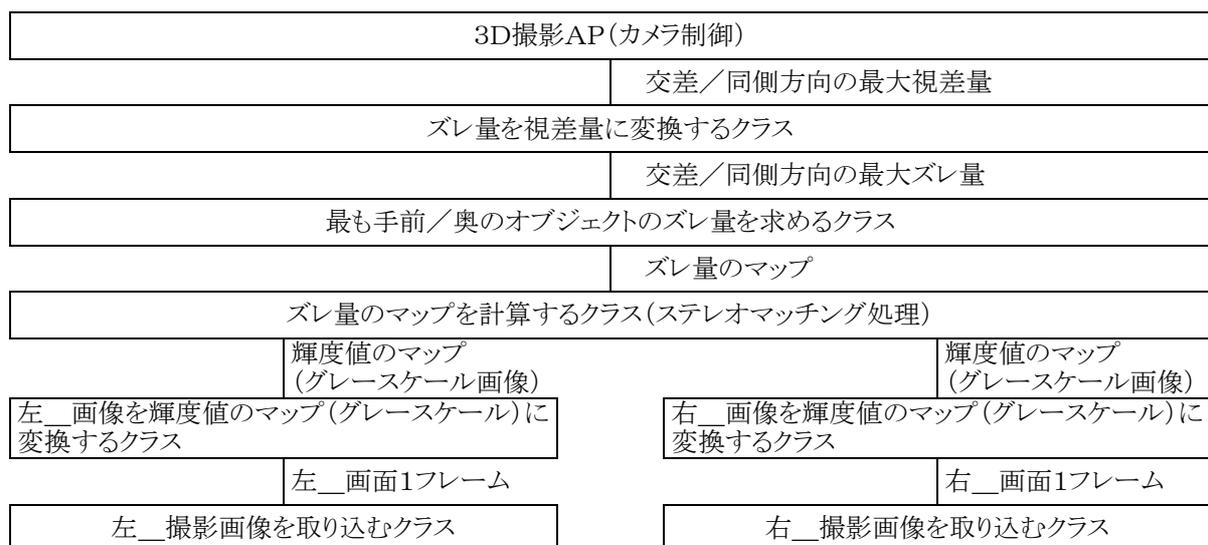


図 4.1-12 本システムの処理フロー

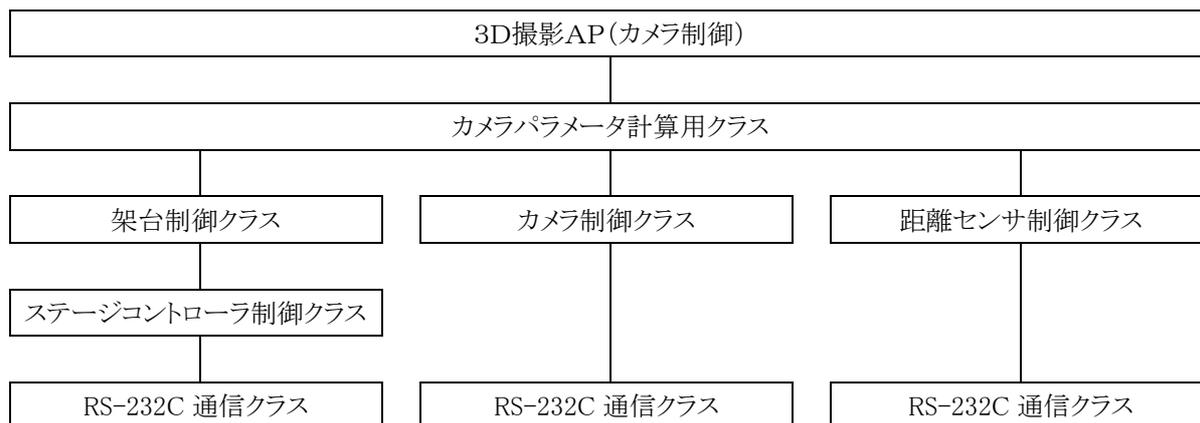


図 4.1-13 本システムの処理フロー

(a) 撮影画像を取り込むクラス

Matrox 社製画像キャプチャボード (Matrox DSX) からの映像取り込みを行う。キャプチャして取り込んだ映像から 1 フレームを取り出して使用している。このクラスが制御用ソフトウェア全体のうち、入力に相当する。

(b) ハードウェア制御用クラス群

制御すべきハードウェア毎にクラスを用意し、ハードウェア固有処理及び固有パラメータを隠蔽し、角度や距離、倍率などのシステム標準パラメータでインタフェースをとる。このようなクラスを作成することでハードウェアが変更になっても他のクラスやアプリケーションへの影響をなくすることができる。今回使用した RS-232C インタフェースや USB ケーブルインタフェースもハードウェア制御クラスとして隠蔽する。

RS-232C 通信用クラス

このクラスは OS の機能を使用し、ハードウェアとの間で RS-232C による通信を行う。通信の開始と終了、及びバイト列を送受信の 4 つの処理を関数として持つ。

ステージドライバ制御用クラス

このクラスはカメラの間隔や (左右カメラの光軸が並行な状態を 0 度とした) 内転角を指定するとそれをステッピングモータのパルス数に変換し、ステージドライバ上の絶対移動、相対移動を制御する関数群を備えている。また、移動速度の指定、軸毎の状態の取得も可能である。通信には RS-232C 通信用クラスを使用する。

カメラ架台制御用クラス

このクラスはカメラの内転角 (度) とカメラ間隔 (mm)、架台全体の旋回角度 (度) を設定する関数のほか、カメラ間隔を取得するための関数を備えている。内部ではステージドライバ制御用クラスを使用する。ステージドライバ 2 基は互いに通信し、PC とは一本の USB ケーブルで接続するため、ソフトウェアからは 1 基に見える (インスタンスオブジェクトは一つだけ)。

カメラモジュール制御用クラス

ズーム倍率、フォーカス距離、シャッタースピード、アイリス、ゲイン、ホワイトバランスなどのカメラを制御する関数で構成され、それぞれパラメータを内部用バイト列に変換して RS-232C で送信する機能を持っている。内部用バイト列へ変換するにあたり、ズーム倍率の指定などの離散的なものについては回帰分析の関数を利用してバイト列への変換を行った。

距離センサ制御用クラス

RS-232C 通信用クラスを使用し、センサで測定した被写体までの距離を取得する。初期化が済めば、残る処理は各時点の距離を取得する関数を呼び出すのみなので、データの流れはセンサから制御用PCへの一方向となる。

(c) 撮影画像から設定値を計算するために必要となる各処理を実装するクラス群

撮影した左右の画像からカメラパラメータを計算するまでの過程には、様々な処理が存在する。RGB フルカラー画像から輝度値のグレースケール画像への変換、ステレオマッチングなどの処理毎にクラスを作成した。

画像を輝度値のマップ（グレースケール画像）に変換するクラス

取り込んだ直後の画像データは RGB 値のマップとして表現されている。これを YUV カラー空間に変換し、輝度成分である Y のみを取り出すことで、輝度のマップに変換する。この処理が必要となるのは、後続のステレオマッチング処理の計算量を、輝度成分のみを対象とすることで減らす目的のためである。

ズレ量のマップを計算するクラス（ステレオマッチング処理）

ズレ量の計算は基本的に、左右のフレーム間で、対応している画素 (4.1-14)。



図 4.1-14 計算されたズレ量のマップ

(上は元画像、赤が交差方向で青が同側方向、画像は映像情報メディア学会の立体映像標準チャートから抜粋)

ブロックマッチング法では、まず、対象となる左右の画像の一方において、対応点を検出したい画素を中心とした小領域をブロックとして記憶する。次に、他方のフレームにおいて、先のブロックと同じ大きさの領域（比較ブロック）について、画像の類似度を求める。画素の類似度は輝度差の絶対値、ブロックの類似度はブロック内全画素の類似度合計で表す。更に、フレーム内の比較ブロックをずらし、同様に類似度を求める。これをフレーム内の全領域について行う。その中から最も類似度が大きい領域を、対応する領域とみなす。この領域

の中心座標と先に記憶したブロックの中心座標の差分が、中心画素間のズレ量である。ブロックマッチング法は、フレーム内の全領域で対象ブロックとの類似度を求めるため、処理量が莫大になる。そこで、処理速度の様々な改善方法が提案されている。その中から、ここでは、再帰相関演算法を使用した。これは、比較対象とする複数の比較ブロックが一部を共有している場合に、その部分の計算結果を再利用するという手法である。これにより、大幅に計算量を減らすことが可能となる。

最も手前/奥のオブジェクトのズレ量を求めるクラスとズレ量を視差量に変換するクラス視差量を基準にカメラパラメータを決定するため、まずは視差量を求める必要がある。その方法は以下のとおりである。

始めに、撮影中の左右の画像間で、画素毎に対応点を求め、一方の画像を基準とした場合のズレ量のマップを作成する。このステレオマッチング処理には、再帰相関演算によるブロックマッチング法[5]を使用する。対応点が定まることにより、一方の画像を基準とした場合のズレ量が求まる。次に、算出したズレ量マップ中から、判定に使用する領域のみを抜粋する。立体映像中の主な視対象は中央部に存在するという考えに基づき、領域の範囲は横方向に中央5分の3程度を使用することを考えている。

その後、交差・同側方向それぞれの最大視差量を求める。自然画像中では被写体毎に深さがほぼ一定となることから、ズレ量マップ中の値の出現率には偏りがあると考えられる。具体的には、被写体が存在する深さに対応する値の出現率は高く、それ以外は低くなるはずである。そのため、全画素数に対して高い割合を占める値のうち最小値と最大値が、それぞれ最も手前と奥に存在する被写体のズレ量であると考えられる。これらのズレ量から視差量を求めることで、交差・同側両方向の最大視差量を求めることができる。

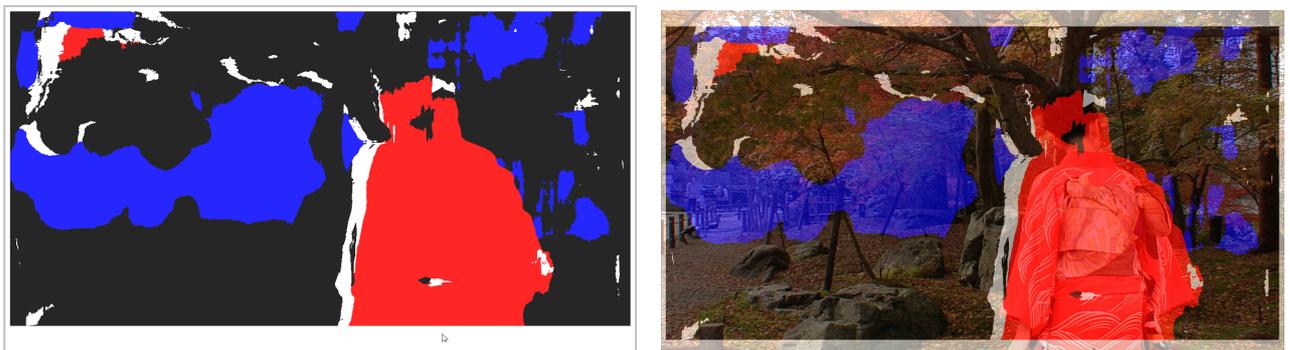


図 4.1-15 交差方向及び同側方向のズレ量が上位 10%の領域
(赤が交差方向で青が同側方向)

ここで、平らな被写体が視線方向に対して垂直となる位置に存在する場合には、1種類の値の割合が高く、その前後の値については低くなる。しかしほとんどの被写体には厚みがあるため、実際には一つの被写体が複数の値にまたがって存在する 경우가一般的であると考えられる。そのため、直接判定の対象とする値より端側に存在する値の割合、すなわちパーセンタイル値を基準に、被写体の存在の有無を判定することとした。具体的には、ズレ量マップ中の値の上位 10 パーセンタイル値を視差量に直したものを同側方向の最大視差量、下位 10 パーセンタイル値を視差量に変換したものを交差方向の最大視差量とした(図 4.1-15)。

カメラパラメータ計算用クラス

交差・同側方向の最大視差量、被写体までの距離、ズーム倍率やフォーカス距離といったカメラ自体が持つパラメータ、カメラの間隔及び内転角といった値が、最終的に一つのクラスに集められる。このクラスはこれらの値を基に、人間工学的な観点から、最適と思われるパラメータセットを計算・提案する。クリエイターが受け入れれば、それらの値がハードウェア

ア制御用クラス群を通して、ハードウェア群に設定される。このモジュールが担当する処理の内容については、「4.3.4 システム化にあたっての基本アプローチ」で詳しく述べる。

4.2 3Dコンテンツ制作現場における課題の検討

4.2.1 撮影・編集作業の観点からの課題

コンテンツの映写環境と人間の日常生活環境の違い、コンテンツ映像の制作意図と見る側の注視する場所の相違、人間の目と撮影機材の性能・機能の相違による違和感、編集された映像であることによる時間的な不連続性などの問題点である。

このことは3D映像のみならず2D映像についての問題点でもあるが、3D映像の場合はカメラ2台で撮影し、その映像を加工して映写しそれを人が見ることに起因する3D固有の問題点が更に加わることになる。

安全性・快適性について考える場合には、視覚・聴覚など人の知覚の作用に基づいた考察が必要であり、個体差などから一概に決め付けられない部分があるとしても、最大公約数として多くの人の平均的な感覚を大切に映像制作を行うべきである。

映像制作の場合は常に視聴者の意識が画面に没入することを前提にして、「心地よさ」を伴う非日常的である映像を提供することが求められている。

ここでは、2眼式立体カメラによる実写コンテンツの制作を中心に考えていく。

(1) 撮影機材の精度・設定に起因する問題点

人間の両目はそれ自体の単体特性が一致又は相似しているかどうかに限らず、立体映像として知覚しやすいように脳内で処理されているものと考えられる。

それと同等の結果を求められる3Dの撮影機材は、そのような処理を行う機能は設けられていないため、人の脳の処理能力範囲内で映像を制作することが必要になってくる。

(a) 機材の精度・性能

3D撮影の場合、2台のカメラの映像同期のみならず、「アイリス」「フォーカス」「ズーム」の同期や「レンズ収差」「色再現性」など、あらゆる特性が高い精度で合致することが求められることはいうまでもない。

3Dの映像制作では、安全性・快適性を確実に・安定的に追求するため、また大型スクリーンでも高画質を確保するため、高価なプロ用機材を使用することになる。

これが2D映像を制作する際の機材条件とは決定的に異なる部分である。

(b) 機材の設置・設定

3Dカメラによる撮影では、2台のカメラの間隔が人の目に近い65mmというのが基本になるが、これは二つのレンズの中心間隔である。

また、レンズの光軸を平行にするのか交差させるのか、交差させる場合の角度の設定なども映像設計の大きな要素である。

また、左右のカメラの撮影している範囲が異なる場合、片方の映像が欠落しているため、映像歪などによる違和感が発生する。特に、被写体がフレームアウトする際に多く発生するため、立体映像として投影する際には注意が必要である。

いずれも視覚疲労につながりやすいことを認識した上で適切な映像設計を行う必要がある。

(2) 撮影手法・編集方法に起因する問題点

これまでも述べてきているように、3Dの撮影は2Dの場合よりも繊細な気配りが必要になっ

てくるが、実際に撮影するに当たってのカメラワーク・編集についても同様である。

(a) 撮影手法

2D撮影の場合は様々なカメラワークを多用しても、それほど大きな違和感にはつながらないが、3D撮影の場合はスクリーンの注視するポイントを前後に移動することによる奥行き感の変化が、不快感・疲労感につながることを認識した上で、映像設計・機材セッティングをしていかねばならない。

現場での撮影の際には、映写スクリーンやモニタの大きさを考慮した上で、編集時に映像の「飛び出し感」や「奥行き感」を設計どおりに修正できる範囲を正確に認識しながら、全ての作業を行うことが必要である。

(b) 編集方法

編集点の前後において奥行き位置の異なる映像を設置することにより注視点が著しく変化し前のカットからは予測できないような動きをする場合など、見ている側の脳内処理能力を超えると、違和感・疲労感は大きくなっていく。

編集にあたっては、撮影時に修正し切れなかった映像の修正も行うことになるが、撮影手法の項でも述べたように、編集時に修正可能な範囲にも限界があるため、一定の範囲内で違和感なく行えるような映像設計を当初から考えておく必要がある。

撮影した映像の最終処理段階となるため、個別映像の持つ問題点や映像が連続することによる問題点、「没入感による映像酔い」など視聴環境の持つ問題点を総括的に把握した上で「快適性」を重視した編集を行うことが重要である。

(3) 安全性・快適性に向けた今後の対応

これまで述べてきたように、3D映像の安全性・快適性については、制作を行ってきた経験の中から様々なノウハウを蓄積してきた。これは2Dの場合も同様であるが、2Dの場合にはいわゆる「ポケモン現象」と呼ばれる光点滅に関する指針（ガイドライン）があり、ハーディング・マシンなど測定器もできているが、制作者は必要に応じて自主的に映像修正を加えることになっており、あくまでガイドラインとしての運用となっている。

今後も3D映像を制作していく中で、様々な問題点の発見があると思われるが、映像表現の幅を制限しないという意味からして、制作者の自主的な判断を重視する必要がある。同時に、違和感・不快感・疲労感を伴う映像づくりは極力避けるべきであると考えられる。

今後の3Dコンテンツの普及に向けて、安全・快適な状況を早期に実現するために、科学的な裏づけのあるガイドライン構築の必要性を制作現場でも感じているところである。

4.2.2 放送事業者の観点からの課題

立体映像は、映画を始め様々な分野ですで既に実用化されている。本格的放送と見做せる客観的事実を挙げると、以下のようなことがある。

制度的には実験ではなく本放送であること。

編成的には一時的ではなく継続的であり、毎日しかも1日に数回放送されていること。

商業的にも提供CMが伴っていること。

以上のほか、BS11の編成方針において、3D立体放送（以下、BS11で放送される3D番組全体を「3D立体放送」という）を継続して実施することはもちろん、今後拡大充実し、BS11の編成の柱の一つに育て上げることを目標としていることが挙げられる。

(1) 3D立体放送の開始に至った経緯

(a) 本格的な3D放送は何故行われなかったのか

3D映像というと、東京ディズニーランドに3D映像のアトラクションが誕生したのは、

20年以上前だ。現在では3D映像は技術的には相当の完成度を持つと考えてよい。それにもかかわらず、BS11の3D立体放送は、これまで3Dに取り組んで来られた専門家にとってさえ、本当に放送を始めたのかという驚きの感覚で受け止められた。メーカーから見た場合、受信機を発売できない最大の理由は、「3Dの放送番組がない」という一点にあった。

(b) 3D立体放送は第3の放送革命

日本のテレビ放送の歴史を振り返ると、白黒テレビは、
昭和14年 NHKが日本初のテレビの試験放送を開始
昭和28年 シャープが国産初の受信機を発売
カラーテレビは、
昭和31年 NHKがカラーテレビの試験放送を開始
昭和35年 東芝が国産初のカラーテレビを発売
となっている。

その後、ハイビジョンの登場など放送界の技術革新はいくつかあったが、BS11は3D立体放送を、白黒テレビ、カラーテレビに続く「第3の放送革命」と捉え、3Dは今後革命的に飛躍する、と考えている。

(2) 3D立体放送の受信環境について

(a) 3Dテレビの発売前

BS11の3D立体放送は、2007年12月の放送開始から2008年3月までは受信機が販売されていなかった。そのため、2007年12月下旬から順次ビックカメラの店頭で3D視聴用の試作テレビを設置した。

(b) 3Dテレビの発売

HYUNDAI IT JAPAN(株)より、3D立体放送受信機能付のエキスポール方式による46インチフルハイビジョン液晶受信機が2008年4月から発売、12月に同機種の32インチも発売された。3D立体放送だけでなく、通常のハイビジョン放送にも対応している。

(参考)BS11の放送とは関係がないが、このテレビには全放送局の全ての番組を、自動的に疑似的な立体的映像に変換できるという機能が備わっている。

(c) 3Dテレビ技術に対する考え方



図 4.2-01 画面の映像

BS11が唯一、技術的選択をしているのは、二つのカメラで撮影した映像を、フルハイビジョンでサイド・バイ・サイド方式により送信するということである(図 4.2-01)。

(3) 3D立体放送の現状

(a) 編成

3D立体放送を始めた2007年12月から2008年3月までは、15分番組「3D立体革命」(表4.2-01)のみであったが、3Dテレビの発売を受け、4月からは20分番組と30分番組の「3Dプラネット」の放送を開始した。3D立体放送は、基本的に毎日行っており、時間枠は前後のバランスをとって配置している。

表 4.2-01 3D立体革命(15分バージョン)の構成(イメージ)

オープニング	(0.5分)
CM	(1分)
3D立体放送の説明前半	(3分)
3D立体放送映像	(2分×3コンテンツ=6分)又は (3分×2コンテンツ=6分)
3D立体放送の説明後半	(0.5分)
CM	(1.5分)
エンディング	(0.5分)

(b) 3D立体放送の内容

3D立体放送用のコンテンツは、現在35タイトル50作品を揃えているがまだまだ不足している。

3D立体放送開始から1年のタイミングで新しい分野にも挑戦をし、音楽ライブや女子プロレス、3Dアニメーションのコンテンツ制作を行った。その中でも、オリンパス ビジュアルコミュニケーションズ(株)提供の「リフレッシュ3D」は、3D映像を見ることによって、眼のリフレッシュができるというコンテンツである。3Dの新たな側面として注目をしている。

番組の最初に3D立体放送とは何かを説明し、その中で2画面の理由も説明するとともに3D映像の放送中はスーパーでも説明することとした。

BS11のコールセンタに寄せられる問い合わせは、3D番組に関するものが全社の中で一番多く(全体の6割から8割程度)、大きく分けると次のようになっている。3D立体放送の視聴方法について6割、3Dテレビの販売について2割、番組の内容について1割である。

(4) BS11の戦略

今後個別課題としては、コンテンツの充実(スポーツ中継の実施など)、自社制作力の向上、社外専門家との連携、受信機メーカーとのタイアップ、3Dカメラマンや3Dオペレーターの育成などがある。

「(他社も含めて)3D映像の導入期(～2011年)」: 3Dの魅力を広く一般に伝えるために、3D映画紹介番組や、3D映像を身近に楽しめるイベント情報番組、3Dコンテンツの撮影から放送までの紹介番組など、具体的な番組の制作を行っていきたい。

「3D立体放送としてのビジネスモデルを確立する期(2011年～)」: BS11以外の放送局も3D立体放送を開始することにより、協力と競争を生むと考えられ、3D映画を3D立体放送として放送することにより、3D専門チャンネルも可能性として準備を進める。

(5) 3D立体放送の課題と要望

(a) 3Dコンテンツの演出

これまで、3D映像を単なる画面から飛び出す映像と捉え、見ている人を驚かせることに主眼を置いた3Dコンテンツが多く存在した。3D映像の普及を阻害することのないよう、3D立体放送で用いる立体演出については、十分注意を払わなくてはならない。

(b) 視聴者にとって見やすい映像とは

全国に無料放送を行っているBS11にとって、視聴者に見やすい3D映像の定義は非常に重要である。3Dコンテンツの制作は、生体安全性への配慮なくして行えないということである。

両眼視差を手がかりとした立体視について、眼精疲労をすぐに起こす人や立体に見えにくい人が少なからず（2割程度）存在する。また、3D立体放送の視聴時間は、どれくらいまで許されるかという問題もある。人に優しい3D普及のためにも、一日も早い安全性・快適性の客観的な評価基準が望まれる。

(c) 放送局の拡大と受像機の普及

一般的に、家電製品を始め放送も、協力関係と適度な競争があって市場が活性化する。米国の2009 International CESでは、パナソニック、ソニー、サムスン電子など、大手家電メーカーはいずれも3D映像に関する展示を行い、多くの観衆を集めていた。HDMI規格も既に3D拡張を発表している。

この1年間様々な3Dコンテンツを制作する過程で、スポーツ映像と3Dの組み合わせのインパクトは、とりわけ優れていた。3D映像の時代は、すぐそこまで来ており、その動きは年々早さを増してきているように感じる。一日も早く、3D立体放送を行う放送局が増えてくることが望まれる。

3D映像は、今後開発・発見されるべき多くの優れた可能性を秘めていると思う。BS11は、先発の放送局としてその未知の深みへのチャレンジャーとして試行錯誤を続けていく考えである。

4.2.3 CG制作現場の観点からの課題

(1) 3D映像の必然性

定期的ブームを繰り返しながら大きなブレイクに到っていない3D映像。その原因として、3D映像鑑賞に必要なハードウェア設備のハードルの高さ、一般の鑑賞者を引き付けるコンテンツの不足が挙げられてきた。これまでのブームにおけるコンテンツは、「飛び出す映像の目新しさ」という要素に売りを託し、映像作品としての質に疑問を残すものも多く、鑑賞者の関心は自ずと短期的に終わってしまっていた。

そして近年、ハリウッドを中心とした映画界では、鑑賞環境の整備と、単なる「飛び出す映像の目新しさ」を超えた映像作品として質の高いコンテンツ提供が進み、「3Dブーム」がいわれている。しかし今のところこれらは、巨額の費用を投入できる限られた企業が提供する、限られた空間での娯楽形態の成立に向けた流れとなっており、日常的な映像として普及を図るには、少し違った道筋が必要と考える。ここでは、CGでの3D映像という狭い範囲の経験ではあるが、コンテンツ制作者として実際の制作現場で気づいた現状の課題点から、「より身近な3D映像」に至る道のりを考えてみたい。

3D映像の普及とは、技術者でもクリエイターでもない一般の鑑賞者の日常に、3D映像が入ることである。映画館など専用施設ではない、日常での3D映像鑑賞への移行の一般的な例は、現在家庭のリビングに置かれている2D映像用ディスプレイを3D映像用に、もしくは2Dと併用して3D映像を見られる製品に替えて日常的に3D映像を見る、という形が考えられよう。それには、地デジへの移行と違い、現在の2D映像鑑賞よりも3Dに替えた方がよいから替える、という一般鑑賞者の選択が前提となる。

現在、テレビや映画（DVD鑑賞含め）など広く一般に見られている2D映像への鑑賞者の欲求を大別すると、ニュース番組など“情報の獲得”と、映画やドラマ、スポーツ中継など“感動・刺激の獲得”への欲求、ということになる。内容の良さを問わず、鑑賞環境という点からいえば、これらの欲求は、日夜生み出され続け、かつこれまでの蓄積豊富なコンテンツ数と、解像度など技術的に高水準な製品が手の届く範囲の価格で販売されている2D映像ディスプレイの現状という両面から既になかなか満たされているといえるのではないかと。ここで新たに“個々の懐を痛めても3D映像”という選択をさせるには、現状の2D映像鑑賞の満足度を維持し、かつ3Dであることによってそれ以上の何かを得られるという確固たる「3D映像を選択する必然性」が必要となる。

これを鑑賞者の立場から考えると、ハードウェア面では、今見ているディスプレイと同水準の画質が維持され、手の届く範囲の価格で手に入り、わずらわしい手間がいらぬ 同じような価格であれば2D専用より3D映像が見られるものを選択する、ということであろうし、またコンテンツ側からの索引を考えると、「3Dで見た方が圧倒的に感動が大きい」「3Dに対する対価を払っても見たい」映像との出会いと数の充実が、切り替えのきっかけとなり、例えば2D鑑賞設備より多少価格が高くて納得がいく、ということになる(いずれも鑑賞者=消費者と考えてみれば当然のことである)。そして、その必然性を提供するものが、ハードウェアメーカや、われわれコンテンツ制作者である。しかし現状、その提供は実現できておらず、コンテンツの点でいえば、特に「数」の充実は圧倒的に図られていない。この要因として、提供者側の必然性不足があると考えられる。

では、コンテンツ制作者の立場での「3Dで制作する必然性」とは何か。まずは、3D映像制作が事業として成立すること。3D映像の制作にはこれまで制作してきた2D映像の数倍の労力(=コスト)がかかる。制作機材やソフトウェア、クリエイターの労力を含め「手が届く範囲のコスト」(労力に見合う対価)での制作が第一の条件となる。かつ、3D映像にすることで、鑑賞者に「2Dより大きな感動を与えられる」というクリエイターとしての欲求をより満たす方式だから選択する、というのが、もう一つの重要な必然性となる。

これは、今後目指す日常的3D普及の手前の段階、現在行われている映画や展示などでの3D映像採用増加を目指すにあたって同様な要素といえる。以下、2006年6月から約2ヶ月行われた上野の東京藝術大学大学美術館「ルーヴル美術館展～古代ギリシア芸術・神々の遺産」で上映した3D映像『VENUS VENUS』の制作を例に、この二点の現状について紹介する。

(2) 制作事例(ミロのヴィーナス3D映像)

(a) 制作経緯

(コンテンツ制作)協力:ルーヴル美術館

『VENUS VENUS』は、ミロのヴィーナスを題材とした、約6分半のドキュメンタリーである。前半の3分は資料写真を使った2D映像、後半がCGによる3D映像という構成となる。キャドセンターでは、展覧会開催以前にルーヴル美術館にてこの像の三次元レーザ計測を行い、そのデータに基づいた精緻なCGを制作・保有しており、展覧会にあたって、主催者からの“実物に替わりこのCGを見せたい”という意向に応じて展示物を制作することになった。展示方式には様々な形態が考えられたが、現実的な施工が可能で、展示物としての品質を維持でき、なによりこの実物との誤差がほとんどない精緻さを特徴とするCGを活かしながら、全方向からの鑑賞を意識して制作されたというミロのヴィーナス像を、最も臨場感をもって体験してもらえる方式として、3D映像はベストと考えられた。立体物を立体で表現できる そのものの形状自体に意味を持つ美術品を題材にする場合、それは特に大きな意義を持つ。鑑賞者にとっても、3Dであることの必然性を十分に感じてもらえ、また制作者として、題材、映像素材、演出などそれぞれにおいて2Dではない方式の意義を実感できる。

3D映像の方式選択では、単に立体にしたというだけでなく、映像作品としての美しさを最も表現できる点も重視し、結果偏光式を選択した。上映場所となるシアターは約10m四方、天井高約5m、前方に3D映2台横並びで設置、映像再生はプレイヤー2台を使用し、同期信号発生器からリファレンス信号を送る(図4.2-02)。

映像は、午前9時の開館から閉館までループ再生を行う。来場数は20万人以上、老若男女の鑑賞が予想される場所での上映となる。3D映像特有の目の疲れや気分の悪さを起こさせぬ配慮は不可欠であり、同時に美術展という場所の性質上エンターテイメント寄りの奇を衒った演出は望ましくないながら、3Dならではの臨場感や驚きを作り出さなければならない。またハードウェア面でも、20万人の鑑賞者に貸し出す偏光メガネの運用方法など、様々な要検討事項、条件の下で制作を開始することになった。



図 4.2-02 ルーヴル美術館展会場

(b) 制作現場での試み～インハウスツールの開発と仕組み

3D映像を制作する上で、フルCGのコンテンツは、左右のカメラをプログラムでコントロールするという意味では、実写に比べ理想を追求しやすい。3D映像制作の技術面におけるその理想というのは、人の感覚（視覚）に違和感なく視差のある映像を届けることができるという意味でもある。立体感とは脳内で処理している右目・左目の像の「視差」で決まる。CGでは、その視差を常に意識しながら、上映環境、鑑賞位置、見せるべきコンテンツをプログラムに落とし込み、アルゴリズムとして制御することができる。それぞれ要素は定数になったり変数になったりし、そのバランスが崩れると鑑賞者の脳への負担につながり、違和感のある映像を送ることになる。

それぞれの要素とは4つあり、以下に述べる。

視野角

人の眼がもともとズーム機能を備えていないという面からしても、視野というものは、ある程度限定される。人の眼は単焦点のレンズとも言い換えることができる。

スクリーンサイズ

展览会や映画館のような大型のスクリーン、TV、PCなど個人用としてのディスプレイなど、再生の環境は様々である。『VENUS VENUS』の場合、200インチというスクリーンサイズが決定している。

鑑賞位置

鑑賞者どの位置でその映像を観るか。会場では、スクリーンから2m程度の位置から鑑賞者用の椅子が配置されるが、その中でもどの位置に照準を合わせるか。

眼隔距離

人それぞれといえればそれぞれだが、標準的な左目と右目の距離60mm～70mm程度を想定する。

この4つの関係をもう少し掘り下げると、ある程度の答えは見えてくる。

の鑑賞位置が決まれば の視野角により、理想の スクリーン設定できる。逆に スクリーンサイズを確定すれば、 の視野角により理想の 鑑賞位置を確定できる。 にあげた眼隔距離はほぼ定数として扱う。『VENUS VENUS』上映の場合、会場施工の関係から との範囲は決定していたため、自ずとその他の基準要素が決まってきた。このような関係を実際にカメラマンが現場で行うのは現状大変な作業あり、プログラムで完全にシミュレートできるというのは、CGでの3D映像制作における利点といえる。

次に実際の映像制作作業となるが、『VENUS VENUS』は、映像のほとんどで、カメラが連続的にミロのヴィーナスの周囲を撫でるように回り、それぞれの部位を説明していくカットで構

成されており、先に挙げた要素に矛盾が生まれる。会場の鑑賞者は椅子に座り映像を見ており、鑑賞位置は変わらない。しかし、映し出される映像内のカメラ位置は次々に動き、場面を変えていく。こうしたカメラワークは感動や迫力を作り出す大事な要素であり、それを活かしつつ矛盾を解消する作業が必要になる。

そこでまず全体の基本型として、演出の中で一番単純な「シアター会場のスクリーンの位置にあたかもヴィーナスが立っている状態」を、CGのシーン内に再現することから始めた。このときの眼隔距離は70mm。この状態を基本の型とし、カメラの動きにより変化する対象物までの距離に対応し左右のカメラの距離を制御するインハウスのツールを開発した。左右のカメラと対象物を結んだときにできる輻輳角が一定以上大きくなると脳に負担をかけ、気分の悪さを引き起こす要因となる。それを解消するため、開発したツールで、カメラが対象物に近づいたときには左右の距離を狭くするようにすべてのフレームで監視する。つまり鑑賞者は、自分の体が小さくなり、巨大なヴィーナスに接近していくような感覚を得ることになる。これにより、鑑賞者が“自分の体を小さくする”というバーチャル体験が追加の演出として加わることとなった。

インハウスのツールは演出家やデザイナーが、制作の途中で、スクリーン面に対して現状の制作物がどう見えるかを直観的に把握することができるインタフェースにもなっている(図4.2-03)。

鑑賞者に対してどの部分に注目し、立体的に認識してもらいたいかという、制作サイドの意図をコントロールする上でも非常に役に立つツールになった。

このインハウスツールでコントロールしているのは、左右のカメラ距離であり、視野角ではない。視野角をコントロールするという従来のカメラ演出は、実際の制作経験上なじまず、『VENUS VENUS』でも使用しなかった。

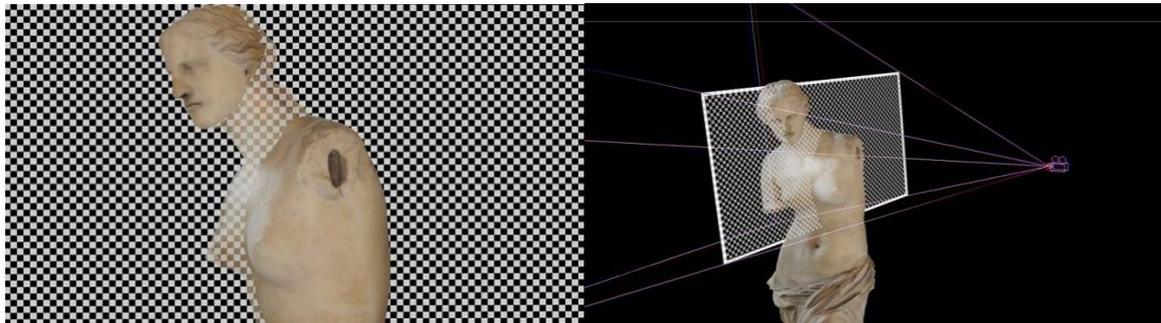


図 4.2-03 インハウスツール インタフェース

CGでも実写でも、肉眼では見られない表現や鑑賞不可能な場所からの映像演出として3D映像は効果的である。また今回紹介した立体の美術品という題材においては、奥行きという情報を3次元的に理解する仕組みとして、高い説得力を持つと考える。この事例では様々な見せ方の試行錯誤の結果、スクリーン面の奥に「深さ」を感じさせることをメインとし、時々対象物が画面の外に顔を出すぐらいの演出にとどめたことが、映像作品としての魅力を作ったといえる。これまで「飛び出す映像」として語られた3D映像であるが、こうした「深さ」をより意識した演出ノウハウは、3D映像たる必然性を支える一つの要素として機能するのではないかと考える。

(3) 制作を経て～現状の課題

今回紹介した例の場合、「2Dより大きな感動を与える」ための作業を、すべて行った。CG制作、演出などこれまでの映像制作作業に加えた3D映像のための作業の重さは、企業として気軽に取りかかれる負担ではない。紹介したプロジェクトは、美術展への協力という文化貢献的意義を汲み、展覧会終了後の営利用についての権利処理が実現できて始めて可能になった事例であり、CG制作会社の日常の営利事業枠には収まらない。そのため、このような特殊な事例以外に、

この新しい方式の上で創り手の創造力を発揮し、目の疲れなど考慮した鑑賞に心地よい映像に仕上げるのに不可欠な、経験と試行錯誤を積み上げられない状態にあるのが現状である。例えば、この事例で紹介した「深さ」に関する事項などは、経験により始めて得られたノウハウである。映画館での興業など巨大な事業枠内での動きでない限り、質、量ともに「日常の3D映像」提供に見合う制作必然性を見出せていないのが現状である。

この状況の打開には、まず現時点で高額になってしまっている（ならざるを得ない）制作コストについて、ソフト及びハードの面も含めて低価格にする流れが重要と思われる。

テレビ番組であれ、事例のような展示物であれ、クライアントが映像にかけられる予算相場というものが存在する中、その制限の中では、制作用ハードウェアやソフトウェアの質や使いやすさの上昇と、価格面での入手のしやすさが不可欠である。それを利用することでまず労力部分の削減が得られていく。小さな制作会社でも対応できる状況が成り立てば、必然コンテンツは増え、その経験の蓄積から3Dという方式にまだまだあるであろう新しい魅力の発掘につながり「2Dより大きな感動を与える」ためのノウハウが蓄積される。これには、制作用ハードウェア、ソフトウェアメーカーの協力が必要となる。更に、3D映像制作者の多くは、2D映像制作者からの移行者であり、制作ノウハウ・映像の志向も2D映像のそれをベースにして行われることが考えられる。またひとくちに2Dといっても、実写とCG、またテレビ用映像制作者、映画制作者などその出身でベースも違ってくる。「2Dより大きな感動を与えられる作品を作れるから」というコンテンツ制作者の必然性を満たすには、3D映像制作用の機材、ソフトがどれだけその志向を実現できるつくりになっているかが大きく問われる。開発時のヒアリングは不可欠であろうし、われわれも3D映像に関わる他業種へ、自分達の経験から得た課題点の伝達を微力ながらの貢献として、行っていくべきだと考える。

今、このタイミングでのハードウェア、ソフトウェア、コンテンツなどそれぞれの提供側間のコミュニケーションは非常に重要である。そこで各々の必然性を同時に高めるという努力が不可欠であり、それが鑑賞者の「3D映像という選択」につながるのではないかと考える。

ここまで書いて思い出すのは、CG制作業務の黎明期においても同様なことが起こっていたことである。高額なグラフィックスワークステーション、UNIX上でのみ動作する決して操作性がよいとはいえないソフトウェア、当時はCGの制作ができるのは限られた企業だけであり、その制作期間も今とは比較にならないくらいかかっていた。が、現在では数十万も出せば、当時の映像を遥かに凌ぐクオリティの映像が短期間で安価に、個人レベルでも実現できる。この歴史を見てきた者にとって、同様の流れを3D映像の世界でも実現できるのではと密かに期待している。

以上、CGによる3D映像制作者の立場から、現状と課題を挙げてみた。狭い範囲での事例で恐縮であるが、実写、CGなど形式を問わず、問題の共通部分をご参考いただければ幸いである。

4.2.4 実写とCGの融合観点からの課題

(1) 実写映像と2D, 3DCG映像との合成作業の概要

(a) テレビ放送で用いられるCG合成映像

テレビ放送の実写映像とCG映像の合成方法には通常2通りのシステムが利用されている。まず実写映像にワイヤフレームやシェーディングなどの簡易なCG画像を合成し、後日映像を仕上げる方法である。

一方、最近多くなっているものは、カメラの捉えている実写映像と3DCG映像をリアルタイムで合成し、そのまま放送する方式である。

この場合の合成は、まず実写映像（人物）と背景とをクロマキー合成（同系色を透明化して、背景映像と合成）した後、これを更に背景画像としてCG前景画像と再度合成する方法である。

現在、立体3D実写映像と立体3DCGを合成したテレビ番組を見る機会はないが、今回開発されたカメラで立体の合成コンテンツを制作すると仮定した場合にどのような課題がある

のか、現状の合成作業の概略を踏まえながら考察したい。

(b) 2D実写映像と2DCG映像の合成作業



図 4.2-04 ブルーバックでの撮影風景 人物の前に合成用のマーカを打つ

特徴として、ブルーバックで人物の映像を撮影しCGで制作された背景に合成する場合、後工程でCGのカメラが実写のカメラの動きに合わせやすくするため、予めブルーバックにマーカ（目印）を打っておくことが挙げられる。（図 4.2-04）

また、合成映像を自然なものに見せるため、合成ポイント全体にモーションブラー（動く物体のぼけ）効果を用いることも特徴の一つである。

(c) 2D実写映像と3DCG映像の合成作業

まず、実写映像の各フレームの中で動いているポイントを検出し、解析する。

更に、3DCGソフト上で前もって制作されていたCG画像とレンダリングを行うことにより2D実写映像と3DCG映像の合成が完了する。

また、実写映像の中の動きのポイント抽出から、解析、3DCGとの合成をリアルタイムで行うシステムの開発も進められており、最近のテレビ放送に見られるように、かなりのスピードで普及してきている。

(2) マッチムーブ技術とトラッキング作業

一般的に実写映像の中の物体の動きを追跡し、その動きを解析し、動きのポイントを直線で結びつける一連の作業を「トラッキング作業」と呼ぶ。

このトラッキング作業によって得られたデータをCGソフトのカメラワークと同一化することにより画像を合成する技術のことを「マッチムーブ (Match Move)」と呼ぶ。

マッチムーブとは「動きを合わせる」という意味であるが、実写と3DCGとの合成のためには、前述のように右視用、左視用のそれぞれが実写とのレンダリングも必要となり、現状では合成された立体視作品の制作に更に多くの作業時間を要することになる。

しかし、最近の合成用ソフトには、トラッキング作業を自動化するだけでなく、2D画像からZ軸方向のデプスデータ（深度情報）を仮想的に生成することによりマッチムーブ作業の省力化を図り、更に Stereoscopic Support（立体映像制作）機能が予め用意されているものも登場している。

従って、現状の立体3D合成ワークフローを省力化し、低コスト化するためには、コンピュー

タや周辺機器のパワーのアップだけでなく、合成用ソフトの高性能化と低価格化が必須といえる。

(3) アニマティックとモーション・コントロールカメラ

(a) アニマティックの合成への利用 (図 4.2-05)

アニマティック (Animatic、別にアニマティクス、Animatics と複数形で呼ばれることもある) とは、映画のプリプロダクション (制作初期段階) で各シーンの映像を検討するためのもので、動きのある映像による絵コンテのことである。

アニマティックは、近年実写とCGとの合成シーンが増えるにつれ、合成シーンを前もって簡易的に映像化することにより、そのクオリティの向上と合成作業自体の合理化、省力化を図るために考案された。

映画「スターウォーズ」の戦闘シーンを簡易なアニメーションを使ってシミュレーションしたことがそのルーツとして有名で、同じくハリウッド映画の「ミッション:インポッシブル」で映画史上始めとなる「列車とヘリコプターの衝突シーン」にCGを使ったアニマティックが制作された。

以後、ハリウッド映画のエンドロールには、Director などのスタッフ名に Animatics が追加され最近の公開作品には数多くの名前が銘記されるようになっている。

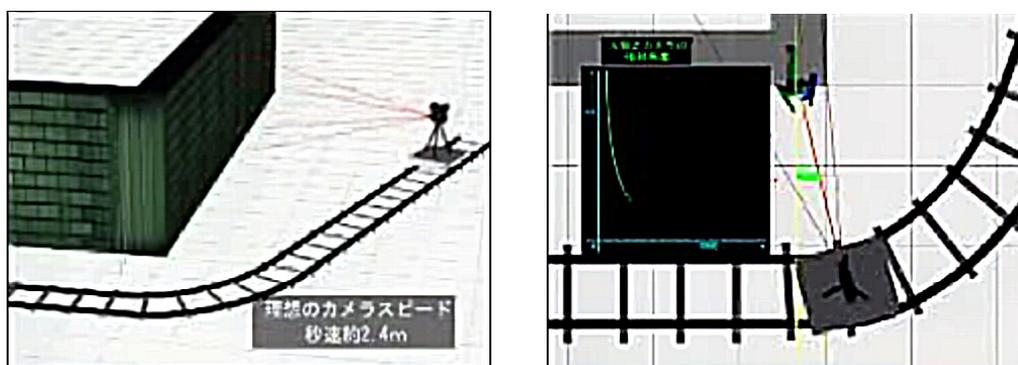


図 4.2-05 「走る人物」合成用アニマティックの画面
(カメラの軌道とスピード、人物撮影の位置と動きを入れてシミュレート)

そして現在では、アニマティックは、映画制作におけるCG合成シーンには不可欠で重要な存在となっている。日本国内でもその重要性が認知され、一部映画のVFXやCG合成、CMでの実写合成に用いられるようになってきている。

(b) モーション・コントロールカメラの利用 (図 4.2-06)

ハリウッド映画の影響を色濃く受け日本国内において合成作業に用いられているもう一つの技術がモーション・コントロールカメラを利用したものである。

コンピュータ制御によりカメラの動きと被写体の位置がフレーム毎に制御されるため、何度撮影しても予定されている映像を正確に捉えられ、決してブレない仕組みになっている。

また、このカメラの導入により日本の合成技術は飛躍的な向上を遂げたことも事実である。現在は、CM撮影などに多く用いられている。



図 4.2-06 モーション・コントロールカメラを使った撮影風景

(4) 3D実写映像と3DCG映像の合成における可能性と課題

(a) デプスデータの合成作業への応用

今回開発されたカメラは、赤外線を利用して被写体のデプスデータを取得できるが、逆算すれば2台のカメラの位置情報を得られることになる。

この位置情報を正確に把握でき、かつカメラの動きをデータ化できれば、3DCGとの合成作業の高品質化と省力化が期待できる。

更に、最近の合成用ソフトの Stereoscopic Support (立体映像制作) 機能と連動できれば、これまで時間と手間を要したレンダリング作業を迅速化できる可能性を秘めている。

今後リリースされる合成用ソフトで Stereoscopic Support 機能を持つものが淘汰されていく中、このカメラから得られたデプスデータやカメラの位置情報をどの様なフォーマットで提供するかが普及のための課題ともいえる。

(b) 立体3D合成用のアニメティックスの開発とモーションコントロール機能

3D合成にはハリウッド映画で利用されているアニメティックの存在が不可欠となっているが、立体3D合成においては更に必要かつ重要なものとなる。

公開はされていないが、ハリウッドが制作する立体3D映画には必ず独自のフォームによるアニメティックが存在しているはずである。

また、アニメティックでシミュレートされたカメラワークを立体3Dカメラに予めデータとして取り込み、コントロールできる機能が付加されれば合成作業の高度化と省力化が実現できると考えられる。

(c) MRやARとのコラボレーション

MR (Mixed Reality 複合的現実感) は、2Dの実写映像に3DCGを合成して、かつインタラクティブな空間や物体を表現できる技術でVR (Virtual Reality) の進化形として研究が進められている。

このMRは、HMD (Head Mounted Display) と呼ばれるメガネを装着して現実の空間の中に実際には存在しない物体とインタラクティブに対話できるなど思わず映画のシーンを想像させる近未来的なメディアである。

一方、こうしたVR技術と対極をなすAR (Augmented Reality) は、「強化現実」といわれ、

現実の環境の中へコンピュータで制作されたバーチャルな物体を合成表示する技術である。

VRと同様にHMDを利用するため混同されやすいが、あくまで現実の環境の中へバーチャルな物体に情報を埋め込む形となることからVRやMRとは大きく異なる。

MR, ARともに形態的には2Dの実写映像と3DCG映像の合成が行われており、同じく表示は2Dの装置を利用している。

これらが、立体3D表示されることにより生み出される臨場感は、両方の技術を飛躍的に向上させることは疑いない。

こうした既存の技術や表示環境を今回開発された立体3Dカメラが如何に大きく変革できるかが課題として挙げられる。

(d) 合成映像の産業分野への応用

既に2D実写映像と3DCG映像との合成映像を利用している主な産業分野としては、新車のデザインレビュー、都市景観シミュレーション、建設中の建物などのプレゼンテーション、外科手術のシミュレーションなどが挙げられる。

まず、こうした既存の利用分野で立体3D合成映像が受け入れられるか否かが重要な課題として考えられる。

また、産業分野での利用においては、エンターテインメント分野と異なり、被写体の正確なスケールを反映した映像表現が求められる。

このため、映像そのもの以外にも、例えばディスプレイの方式や投影サイズを検討し、リアルスケールとの乖離を発生させない工夫も必要となる。

(5) まとめ

まず、立体3D実写映像と立体3DCG映像との合成作業をシームレスな作業環境で迅速かつ低コストで処理できる専用ソフトウェアの開発が待たれることはいうまでもない。

また、それ以前のテーマとして映像編集用の標準3Dディスプレイが存在していない。

今回、立体3Dカメラが開発されたことにより撮影後のポストプロダクション工程の環境整備が急がれる。

カメラが完成しても一般に受け入れられるコンテンツを制作するための環境がなければ、カメラ自体の普及も当然のことながら難しくなる。

また、3DCGとの合成コンテンツについては、世間一般が注目するパイロット映像(例えば現在施行中の第2東京タワーの展望室から見られる東京の立体映像など)が制作され公開されることが普及策として望ましい。

参考資料

[1] 3Dコンソーシアム 安全ガイドライン部会:「3Dコンソーシアム安全ガイドライン(改訂版)」pp.15(2008)

4.3 安全性・快適性の評価とマルチユースに関する検討

4.3.1 安全性・快適性評価への視覚工学的課題

平面映像では、限られた表示条件(表示面サイズ、画質など)で、実際の空間を切りとり、繋ぎ合わせて、疑似的な三次元空間を再現してきたが、巧みな映像効果により、不十分な空間再現の違和感を許容すると共に、平面映像での空間を楽しむ習慣に順応してきた。更に、近年の映像技術の進歩に伴い、映像解像度の向上を始めとした高精細・高画質映像、観察範囲の制約を取り除く広視野映像での臨場感溢れる空間が体験できるようになった。

このような平面映像による空間再現を発展させ、奥行き情報も正確に再現する立体表示方式によって、見る人に違和感や負荷を与えない、より自然な三次元空間を再現することが残された課

題になっているのが現状である。

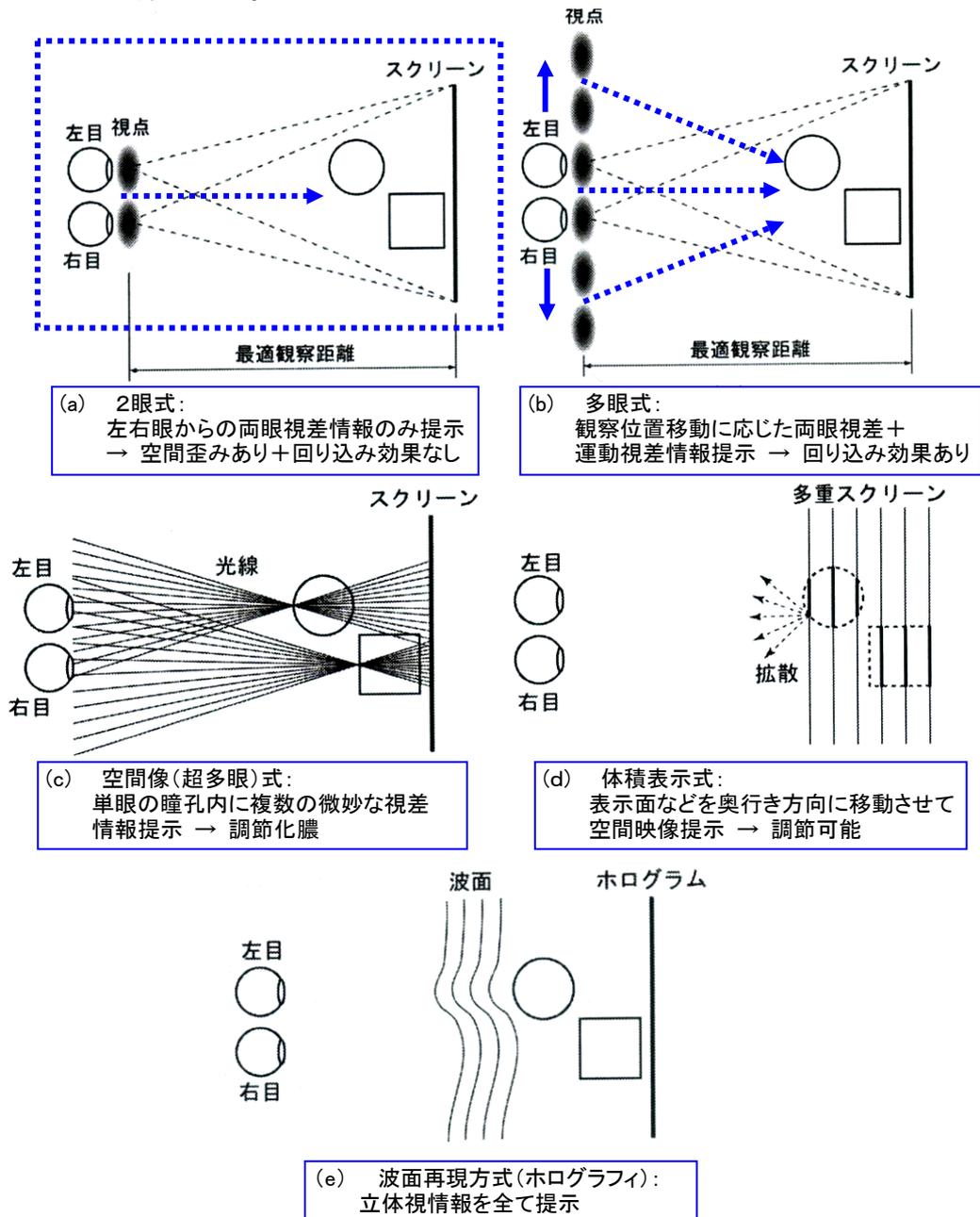


図 4.3-01 空間再現ディスプレイの各種方式 [1]

これまで自然な空間を再現する立体・空間映像として検討されてきた方式には、図 4.3-01 に示すように、立体視の基本情報を再現する 2 眼・多眼式立体表示方式(メガネ装用型、特殊スクリーンによる裸眼観察型)から、空間情報量を高密度表示する超多眼式、ホログラフィなどが映像提供メディアでの実用化に向けて、表示性能の向上や情報圧縮方式の検討が進められている。

(1) 2 眼式を中心とした立体表示方式の問題点の整理と対策

2 眼式立体表示方式に見られる不自然な空間再現状態、立体効果よりも臨場感効果の優位性、立体映像でなければならない必然性が欠如していたことが挙げられる。

次世代のディスプレイとして期待される立体映像技術が日常的にも安定して利用されるためには、これらの課題に対する改善策を見出すことが必要である。そのためにも、平面映像と比べて、2 眼式を中心とした立体映像の問題点と適正な表示・観察条件などを整理し、これまでに試みら

れた改善策の評価を改めて検討すると共に、本委員会で試作された2カメラ立体映像撮影システムを用いて、それらの問題点の解決に向けた実験要件（下線部）を調べ直す必要がある。

- (a) 2眼式立体表示方式特有の再現空間での歪みと対策
見かけの大きさ（箱庭効果）
- ・ 撮影/表示観察（卓上モニタ、テレビ、映画）条件の整合 映像効果（スクリーンサイズによる補正）
 - 観察位置移動時の不自然さ（回り込み効果の欠落に伴う映像の揺れ）
 - ・ 安定観察領域を拡大する多方向情報の提示 多眼（運動視差）方式
 - 画枠による空間歪み（張り付き効果）
 - ・ 画枠と再現空間の分離 仮想画枠の表示、画枠のぼかしなど表示条件の変化、基準視差位置の変化）
 - ・ スクリーンフリー状態（表示面反射の除去、空中像表示など）を作り出す 高臨場感を生み出す大画面方式やスクリーン面が直接見えない空間像方式
 - 立体的の扁平化（書き割り効果）
 - ・ 撮影/観察条件の整合、微小奥行き検出能の向上に必要な高精細映像や多方向情報の提供
 - 高密度映像表示による多眼方式
 - 調節と輻輳の不一致（調節-輻輳矛盾）
 - ・ ピント調節と輻輳機能の許容範囲内に立体像表示 映像効果（被写界深度の整合表示）
 - ・ 立体像位置に応じた表示面移動や空間像表示 像面移動型、空間像方式
 - ・ 立体像位置が再現位置に見える光束状態 多光束（超多眼）表示方式
- (b) 観察時の制約条件とその対策
両眼情報を分離提示装具・装置（メガネなど）による不自然・不快感
- ・ 指向性光束による表示 裸眼観察方式（指向性スクリーン、瞳孔内投射型）
 - ・ 両眼情報差による違和感（視野闘争発生条件、クロストーク）
 - * 既報実験 両眼独立刺激装置による静止画像での視野闘争による不安定な見え方などで、左右眼への提示像差の弁別閾と許容範囲が調べられ、以下のような数値が示されている。
 - ・ 大きさ：弁別閾 1.5% 許容値 15%
 - ・ 明るさ：弁別閾 5% 許容値 30% プルフリッヒ現象発生
 - ・ ボケ：弁別閾 10% 許容値 20%
 - ・ 回転：弁別閾 3° 許容値 6°
 - 試作システムによって、一般映像での見え方を確認する。
 - 両眼情報の提示による画質低下
 - ・ 継時的/空間的重畳映像による画質確保
 - 空間歪みが許容できる観察視域
 - ・ 平面/立体映像での安定観察視域の差
 - 平面映像での映像効果の適用条件
 - ・ 画面サイズによる空間再現域（奥行き範囲） 透視効果と立体表示範囲の整合性
 - ・ 観察/撮影位置の移動速度 視機能の時間特性

このような問題点を持つ立体映像表示方式ではあるが、平面映像に見られない空間再現効果が期待される。その具体的な効果例を見出すために、日常的に見慣れている平面映像の利用目的に応じた観察状態と、立体映像での空間再現状態と観察状態の許容度などを整理する。

平面映像では特定位置からの奥行き空間を再現し、適正な観察位置への制約が少なく、多人数による同時観察が可能であるが、2眼式立体映像では、特定位置からの両眼視差による前後立体空間を再現するため、適正な表示と観察位置の関係がかなり限定的に指定される。

現状の平面画像を利用観察する状態には、次のような位置関係があり、それぞれに応じた適正な立体映像方式の設計が必要となる。

- ・ 表示位置設定(固定): 視線移動+頭部運動による積極的な情報探索は生じるが、観察位置はほぼ固定状態にある。娯楽などでの映画・テレビ、情報利用での据え置き情報端末、教育訓練での座位操作シミュレータ 2眼式立体映像
- ・ 表示位置選択(自由調整): 積極的な情報探索に加えて観察位置の移動も可能で、表示空間への働き掛けが強くなる状況を作り出す。娯楽などでの双方向型ビデオゲーム、情報利用での携帯端末、教育訓練での位置移動型VRシステム 多眼式・空間像立体映像方式

現在のテレビ利用が映画鑑賞ほど固定された状況ではなく、据え置き型情報端末の利用状況も携帯端末ほどの自由度はないと想定して、単純化した利用状況の分類を行っているが、現実には、メディア利用の多様化により、立体再現方式への要求も異なり、適正な立体表現条件を正しく解析することが必要となる。

平面映像では映像解像度や階調・色調再現の改善による忠実再現映像の提供を目指しているが、2眼式立体映像では対象物体の微妙な凹凸再現などによる質感が期待される。更に、観察方向の移動に伴う対象物体の見えの変化によって、より自然な質感再現は多眼式立体映像ではじめて実現されることから、観察位置追従型立体映像方式が要求される。

多光束(超多眼)空間像方式

平面映像よりも、立体映像から観察者が感じる効果としては、『触れて(触感) 試して(実感) 作って(体感) みたくなる』能動的な状況を生み出すことで、平面映像での示す効果よりも強く観察者の内在的な要求に応えられる可能性がある。 スクリーンフリー・立体映像方式

本事業計画では、2眼式立体方式による立体映像によって作り出される映像効果が、平面映像に見られない空間表現により、観視者にとってどのような影響を与えるかを調べるのが重要なテーマである。立体映像によって作り出される状況を整理すると、次のような効果が見られる。

- (a) 受動的な観視時のびっくり効果(立体表示の強調)や迫力、臨場感などの心理効果がもたらす観視者への影響度
娯楽目的の立体映像に見られる表現手法のプラス(快適・自然感)/マイナス(負荷・違和感)効果を調べ、適正な立体効果を生み出す表示条件を示す。
- (b) 能動的な観視環境での立体映像空間での作業効果と理解度
観視者の作業精度・効率の向上効果、表現対象への主体的な働き掛け行為と学習効果を調べ、平面映像と比べて、教育・訓練での立体映像効果を示す。
- (c) 生活環境の創造・拡張により生活リズムの修正効果
活動-休息、単調-複雑の組み合わせによる生活リズムパターンを創造し、その人に適合した生活リズムや異常状態からの回復効果を見出す。

(2) 立体映像評価用チャート

これらの効果を、主観的・客観的な評価尺度によって調べるためには、図 4.3-03 に示す立体空間の基本条件に基づき、評価用立体映像としては、次のような観点からのテスト映像を作成準備する必要がある。

- (a) 映像性能検査用チャート

物理的に両眼情報の分離状態（クロストーク）や像（格子図形）歪みなどが自動検出できる規則的パターンを基本として、観察者が違和感のない許容範囲（視野闘争発生しない条件）内での両眼情報差がチェックできるパターンにより、表示ディスプレイの性能が調べられる。

解像度（分離閾、ズレ検出閾） 階調（輝度レベル、コントラスト） 色調（基本色の彩度成分）チェック用画質評価パターン

像歪みチェック（二次元格子の線分幅、間隔、コントラスト、配色）

クロストークチェック（コントラスト・輝度レベル・視差量を変化させた文字又は図形パターン）

(b) 立体視機能簡便測定用チャート

観察者の眼位、最小視差弁別（ θ ）・最大融像域（ D ）などを調べ、個人用映像では利用者の立体視機能に応じて、適正表示条件が段階的に調節できるパターンを準備する。

眼位（片眼に水平スケールパターン、他眼にマークパターンを提示し、両眼への提示視野の制限枠の有無で、マークがスケール上のどの位置に見えるかを答えることで、正常眼位か内・外斜位かを判定する） 斜位の状態によって、立体表示の負荷度が異なる。

最大融像域（ D 、基準パターンを注視した状態で、視差量を変化させた前後物体が安定した奥行き位置に見え、二重像に見える限界を調べる） 両眼情報の融像が無理な奥行き範囲に物体を提示することで、不自然な立体映像に見える。

最小視差（ θ 、視角数秒から数十秒の視差パターンを段階的に提示し、奥行き差が見分けられる視差量を求める） 観察者の立体視機能だけでなく、ディスプレイの表示性能のチェックにもなる。

これらの検査用視標としては、基本幾何図形又はランダムドットパターンによるチャートを準備する。

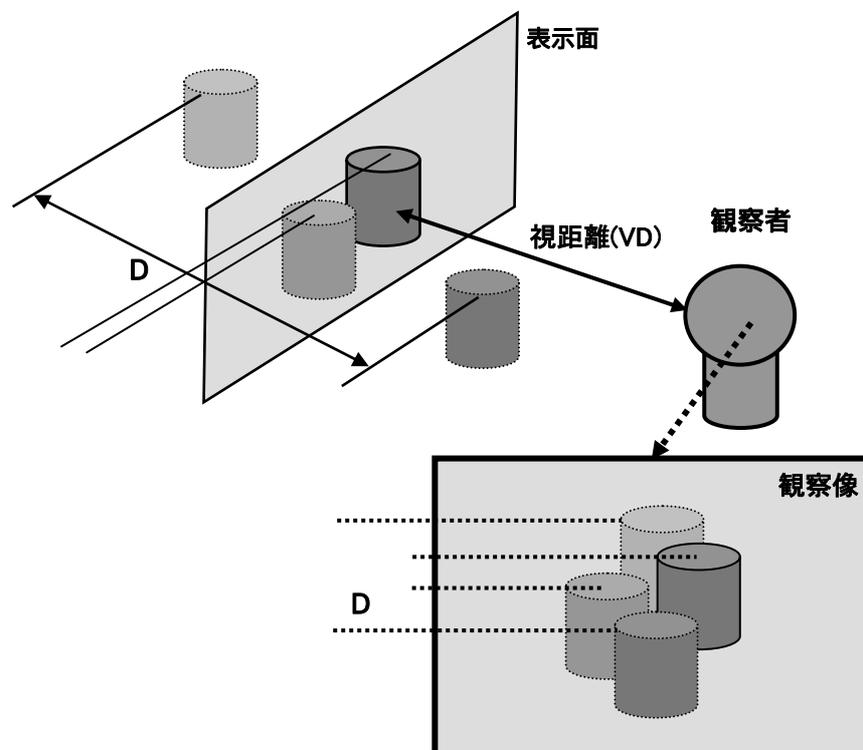


図 4.3-03 空間再現状態を評価する基本条件

(c) 表示画面サイズに応じた立体再現状態を調べる立体感評価チャート

携帯端末では、強調表現キャラクターとの箱庭対話、ゲーム効果、点滅/動きの安定表示条件が評価できる映像で主観評価する。

卓上モニタでは、サイズ効果を除き小型表示とほぼ同様で、対話・操作空間での表示が適正であるかが判定できる映像を表示し、枠制限による効果も主観評価する。

大型スクリーンでは、鑑賞空間を再現する近・中・遠距離空間での立体/平面分担表示が違和感なく見える映像で主観評価する。

(d) 利用目的に応じた立体対象による空間再現評価チャート

幾何図形を中心とした表示条件のチェックに加えて、娯楽、教育/訓練、環境再現で表示する一般画像（書き割り効果チェック用の樹木、箱庭・透視効果チェック用の街路+人物、構図分割効果の地平線を含む風景など）が歪みなく忠実に再現されているかを判定する。

- ・ 立体表示方式での微小弁別距離差（ ） ディスプレイ解像度の影響
- ・ 融像最大距離範囲（手前・奥方向のD） 画枠・注目対象など基準位置（VD）による影響
- ・ 重なり合いによる遮蔽状態（対象相互、画枠）の不自然さ 多眼式による改善度
- ・ 立体追従可能最大速度 連続/ステップ、奥行き - 水平 - 垂直 - 斜め方向による影響
- ・ 背景と対象物体の空間歪み 入力と表示条件での立体歪みのチェックパターン（格子）
- ・ 観察移動距離と速度による背景と対象物体との空間位置関係 張り付き・書き割り効果の改善される度合い

参考文献

- [1] 光産業技術振興協会 平成20年「自然な立体視を可能にする空間像の形成に関する調査研究報告書」より
- [2] S.Pastoor: Human factors of 3D images, Results of recent research at Heinrich- Hertz- Institut Berlin, Proc.IDW'95 3D-7,pp69-72(1995)
- [3] 山之上 他: 立体ハイビジョン映像における左右画像間の幾何学的歪みの検知限の検討、信学技報 HIR96-71(1996)
- [4] 畑田:「ビジュアル・パーセプションに関する調査研究(平成7年度)」p.18(1996)
- [5] B.Choquet: 3DTV studies at CCETT, TAO 1st. International Symposium (1993)
- [6] M.Ikeda, K.Nakashima: Wavelength difference limit for binocular color fusion, Vision Research, 20, pp.693-697(1980)
- [7] B.H.Tsou et al: Perspective projection and its tolerances in partial-overlap binocular head mounted display, Proc.SID'95,pp.364-367(1995)
- [8] 大谷、三橋: 両眼視差と立体感、NHK 技研月報、7,pp.307-310(1970)
- [9] T.Motoki: Three-dimensional television research at NHK, IDW'95 pp.65-68(1995)
- [10] S.Yano, I.Yuyama: Stereoscopic HDTV, experimental system and psychological effects, SMPTE J. 100-1, pp.14-18(1991)
- [11] C.M.Schor: Spatio-temporal properties of Panum's fusional area, Vision Research, 21, pp.683-692(1980)
- [12] C.W.Tyler: Spatial organization of binocular disparity sensitivity, Vision Research, 15, pp.583-590(1975)
- [13] M.Wopking: Viewing comfort with stereoscopic pictures, an the subjective effects of disparity magnitude and depth of focus, J.SID, 3, 3, pp.101-103(1995)
- [14] W.Richards: Response functions for sine- and square-wave modulations of disparity, J.Opt.Soc.Amer., 62, 7, pp.907-911(1972)

4.3.2 マルチユースへ向けた制作・呈示技術の課題

(1) 3Dコンテンツ特有の課題

3Dコンテンツの特徴である、奥行き・飛び出しなどの立体表現は、そのコンテンツを表示するディスプレイ装置に依存する。従って、3Dコンテンツ制作にあたって演出の意図は、特定の3Dディスプレイ装置の仕様・特徴を想定したものにならざるを得ない。

一方、現時点では、3Dディスプレイ装置のデファクトと呼べるものがなく、それぞれ個別の3Dディスプレイに合わせてコンテンツ制作がなされているのが実情である。

更に、3Dの場合、立体表現は、ディスプレイ条件（特にスクリーンサイズ）を想定してカメラパラメータを設定する。

すなわち、3Dコンテンツのマルチユースにおいては、

基準となる普遍的な表現形態が確立していない。

他の表現形態に移すとき、制作者の立体表現の演出意図が損なわれやすい

といった、2Dにはない技術的課題が存在する。

(2) ディスプレイ条件

コンテンツをある3Dディスプレイから、他の3Dディスプレイに移すとき起こる課題を解決するには、個々の3Dディスプレイの相違点を明らかにする必要がある。

ここでは、スクリーンサイズによって次のように3Dディスプレイを分類する。

(a) ビッグスクリーン：例えば、映画のスクリーンなど、場合によっては数100インチを超えるスクリーンサイズの3Dディスプレイである。逆に、このタイプの3Dディスプレイでは、空間の奥行きを自然な再現が重要である。

(b) スモールスクリーン：瞳間間隔に比べて、スクリーンサイズがあまり大きいとはいえないもの

スクリーンサイズが小さいため、スクリーン全体が視野に入り、表示する対象はほぼ限定される。また、スクリーンと眼の位置も近づくので、人が比較的近くにある物体を注視する際の左右の眼の視軸が一点に収束する状態を再現しやすい。

(3) マルチユース技術課題へのアプローチ

3Dコンテンツのマルチユースを図る際の技術課題を生じさせる、3Dディスプレイの特性の違いを、スクリーンサイズによって二つに分類した。

(a) 第一段階のインタオペラビリティのための処理スキームと必要条件

ビッグスクリーン向け3Dコンテンツの間では、ディスプレイの違いが、奥行き感の違いとなって現れることが多い。従って、いろんな3Dディスプレイ上で再生するためには、奥行き感の調整が容易であることが必要である。このため、奥行き調整がポスト処理で可能とするため、

- ・ カメラパラメータ設定
- ・ 撮影時の構図などへの制約条件

などを明らかにする必要がある。

スモールスクリーン向け3Dコンテンツの間では、方式（解像度、画素数、視点数）などの違いが表示品位に大きな影響を与える。このため、特定の3Dディスプレイ依存の表現形態ではなく、個々の3Dディスプレイに合わせたレンダリングが可能な形態で情報を持つことが望ましい。

(b) 第二段階のインタオペラビリティのための処理スキームと必要条件

異なる分類の3Dディスプレイの間では、理想的には元の被写体なり、オブジェクトの3次元座標情報が必要である。このためには、それぞれの表現形態に加えて、

- ・ 相互変換のために必要なメタデータ

を付加する必要がある。

よって、3Dコンテンツのマルチユースにあたっては、ディスプレイのサイズや視聴距離が3

Dの立体表現に大きな影響を与えるので、まず基準となる3Dディスプレイの規定が必要になると思われる。

4.3.3 デプスデータの活用に関する検討

(1) 距離センサの代表的な方式について

(a) 光を用いた測距センサ

汎用のセンサとして市販されているのは三角測量の原理を用いたもので、測距範囲はおおよそ4 cm ~ 3 mとなる。精度は、汎用低価格のもので10%程度、工場内の検査ラインなどで使用するセンサで1ミクロン(1/1000 mm)以下となる。

TOF (Time Of Flight) 法： レーザ・パルス光を放射し、対象物から反射して戻ってくるまでの時間によって距離を測定する方式で、数百m程度以遠の比較的長距離の測距に用いられる。

位相差検出法： 一定の周期で強度変調したレーザ連続光を放射し、対象物から反射して戻ってきた受信光と比較し、対象物の距離に応じて光の位相の差によって距離を測定する方式で、数 cm ~ 1 mm の分解能となる。

三角法： 投受光位置を一定間隔離すことにより測定対象からの反射光は距離に応じた角度を持つので、反射光をレンズを用いて光スポット位置情報に変換し、位置検出素子 (PSD) や CCD 素子により電気信号に変換することで距離算出が行う。原理的に遠くになればなるほど距離分解能が粗くなるため応用に限界がある。

(b) 超音波を用いた測距センサ

目標物から反射して戻ってくるまでの時間によって距離を計測し、測距範囲は数 cm から10 m程度で、精度は条件のよいときで約1%となる。超音波は目視が不可能なため、どこを計測しているのか正確に特定できず、非常に大きな制約となる。

(c) 電波を用いた測距センサ

測定ターゲットに到達する電波と、反射されるレーダなどの電波の往復時間から距離を割り出す方式で、0 mの至近距離から200 mの遠距離まで広い範囲の測距が可能である。マイクロ波を用いたセンサなど、他方式に比べ耐候性が高く、温度・悪天候に強いいため、環境の厳しい屋外でも安定した距離測定が可能。定在波の特性により広範囲を同時に測定が可能である。

(2) デプスデータの活用事例

デプスデータは、特定の一点までの距離を計測する(「距離センサ」という)ものと、複数画像の距離を計測し、(「距離画像センサ」という)形状を抽出し3次元モデルを構築することが可能な2種に分類できる。

立体映像では、観察者の位置を検出して、ヘッドトラッキングやインタラクションのシステムを実現したり、構築した3次元モデルを用いて立体映像を生成したりするといった用途が挙げられる。

(3) デプスデータの活用に関する課題

(a) 距離センサにおける課題

距離センサには、以下のような課題が存在する。

- ・ 距離センサの方式の違いにより、計測できる距離に差異が生じる。
- ・ 計測した距離の奥行き方向の分解能や精度が、計測点までの距離に応じて変化する。
- ・ 被写体の反射率の違いにより、計測にかかる時間が変化する。
- ・ 計測点までの距離が遠くなると、計測点のスポット径が大きくなる。

- ・ レーザ使用のセンサを人に向けた際、人体の影響がないかについて考慮する必要がある。
- (b) 距離画像センサにおける課題
 距離画像センサには、以下のような課題が存在する。
- ・ 取得できるデプスデータの解像度が低い。
 - ・ デプスデータの計測に時間がかかるため、高フレームレートへの対応が難しい。
 - ・ 価格が高い。
- (c) デプスデータの仕様について
 デプスデータの活用において、(a)、(b)で述べたような課題を考慮しつつ、目的に応じて、取得したいデプスデータの仕様についてあらかじめ決めておき、その条件を満たすような距離センサの選定が重要である。(表 4.3-01)

表 4.3.-01 必要なデプスデータの仕様 (例)

項目	備考
計測点数	1度に計測可能な点数(必要解像度)。
計測距離	計測可能な被写体までの距離。
分解能	計測した距離の分解能。計測点までの距離に応じて変化。
計測精度	計測データの精度。計測点までの距離に応じて変化。
計測時間	計測にかかる時間。被写体の反射率により、計測時間は変化。
スポット径	被写体までの距離によって変化。
レーザクラス	レーザの場合。人に向けて測定してもOKか？
計測範囲	複数点計測する場合。水平、垂直方向の計測可能な範囲(カメラ画角に相当)。

(4) デプスデータのもたらす可能性

本節では、次の観点から、デプスデータのもたらす可能性について検討する。

- ・ 立体映像の撮影の失敗を防ぐ。
- ・ 安全な立体映像を作成する。
- ・ 立体映像表示以外の利用可能性はないか？

以下では、デプスデータの活用例について述べる。

(a) 活用例 1 : ステレオマッチングの補正

撮影した立体映像に対してステレオマッチングを行い、特定の領域毎に視差抽出を行い、撮影した立体映像の快適性や安全性などを判定する方法が存在する。また、視差と撮影時のカメラセッティングの情報をを用いることにより、カメラと被写体までの距離や、被写体の形状を求めることが可能である。

この、ステレオマッチングにおいて、計算により求めた視差の値と、距離センサで測定したデプスデータを比較することにより、マッチングの誤差を求め、それをフィードバックすることにより、マッチングの精度を上げることが考えられる。

(b) 活用例 2 : オクルージョン対応

(a)で述べたステレオマッチングにおいて、カメラに対して手前の物体が後方の物体を遮蔽することにより発生するマッチングで対応点がとれない現象(以下、オクルージョンとする。また、対応点がとれない領域をオクルージョン領域とする)が存在する。このオクルージョン領域や、また、画像端などの対応点がない領域などの、ステレオマッチングでは視差を抽出できない領域に対し、距離センサで測定したデプスデータを活用することが考えられる。

(c) 活用例 3 : ステレオカメラの自動設定

距離センサは、ステレオカメラの輻輳点の自動設定に用いることができる。

まず、あらかじめ距離センサの測定位置を画面の中央となるように設置し、距離センサの測定位置に何らかの指標や被写体を配置した後、距離を計測する。

次に、計測した距離に輻輳点があうように、ステレオカメラの回転ステージを水平方向に回転させて、ステレオカメラの位置を設定する。

(d) 活用例 4：ステレオ撮影・編集時の活用

距離センサでは、センサから測定点までの距離をリアルタイムで測定する。

ステレオカメラの輻輳角や表示するディスプレイのサイズなどから、あらかじめ計算で立体視可能なカメラから被写体までの距離を求めておき、センサの測定距離がその範囲に収まらない場合、撮影者に立体撮影に不適切である旨を、カメラが自動で撮影者に通知することにより、立体撮影の失敗を未然に防ぐなどの活用が期待できる。

また、測定距離の時間的変化をチェックし、変化が大きい場合は、撮影者に立体として不適切なシーンである旨を通知するなどの活用が期待できる。

更にまた、撮影を止めることが難しい場合は、この測定距離データを記録しておき、後で、オフラインで編集する際の補助データとして使用するなどの活用が考えられる。

オフライン編集において、立体視に不適切なシーンをカットする際や、異なる撮影シーンをつなぐ際などの判断材料として、このデータを活用することができる。

(e) 活用例 5：2D/3D変換に活用

2Dの画像とデプスデータを使い、立体画像を制作するような事例が存在する。TEXNAI社のデプスマップ式2D/マルチビュー3D変換ソフト「Bas-Relief」では、オリジナル画像と、デプスマップを読み込み、デプスマップをもとにオリジナル画像を指定した複数のビューポイントから3Dレンダリングを実行し、種々の立体画像を作成することができる。

(f) 活用例 6：画像の合成に対する距離センサの活用

2Dの画像とデプスデータを使い、画像を合成する事例が存在する。例えば、Adobe社の映像を加工するためのソフトウェア「After Effect」では、「デプスマット」エフェクトという機能が存在する。「デプスマット」エフェクトは、3Dイメージの深度情報を読み取って、Z軸上の任意の場所でイメージをスライスし、画像を合成することができる。

(5) まとめ

本委員会で開発するステレオカメラにおけるデプスデータの活用の可能性として、以下の点を挙げた。

- ・ ステレオマッチング精度の向上
- ・ オクルージョンへの対応
- ・ ステレオカメラの自動設定
- ・ ステレオ撮影・編集時の活用
- ・ 2D/3D変換への活用
- ・ 画像合成への活用

今後、高解像度で高速な距離センサが開発されることにより、ステレオマッチングにかかる処理の軽減や、精度の向上、複数のオクルージョン領域への対応が可能となるであろう。

参考文献：

- [1] 株式会社グラッドレイ ホームページ：“光センシング・測距技術開発-トップページ-”
<http://www.gladray.com/past.html> (参照 2009-02-13)

- [2] 一柳星文・西台哲夫・竹之内真也・河合武宏：“光測距センサに適した動的探索アルゴリズムの開発高精度と高速応答の両立”，OMRON TECHNICS Vol.45 No.1(通巻 152 号)，pp.16-20(2005)
- [3] 株式会社新日本無線 ホームページ：“マイクロ波コンポーネント”
<http://mc.njr.co.jp/jpn.html> (参照 2009-02-13)
- [4] 株式会社テクネ ホームページ：“フォトショップ併用 2D/3D 変換ソフト Bas-Relief”
<http://www.texnai.co.jp/jap/3dmix/relief/relief.html> (参照 2009-02-13)

4.3.4 システム化にあたっての基本アプローチ

(1) 目的 (立体映像コンテンツに固有の問題点)

前節までで述べたように、立体映像には、非立体映像に比べて考慮すべき点が多く、多くの追加作業が必要となる。そのため、経験が浅い制作者には意図した通りの映像を得ることが難しく、熟練者にとっても非常に手間がかかる。特に、視差のつけすぎや急激な変化、呈示時間の過剰といった、諸要因への配慮が重要となる[2][3][10][11][12][13]。このことから、立体映像の安全性にかかる指標やガイドラインを、実際のコンテンツ制作の現場で作品に反映させるためには、評価にかかる制作者の負担を減らし、一般的なワークフローの一部として視覚負担の評価を組み込む必要があると考える。

一方で、制作者の本来の関心事は撮影対象や構図といった表現に関わる部分にあり、特殊な演出意図を持たず自然視に近づけたい場合には、撮影条件は半ば自動的に決定される。

本システムではこの点に注目し、安全かつ快適な立体映像コンテンツの制作を容易にする一助とすべく、非専門家による立体映像の評価を可能とし、その結果に基づく補正も、制作者自身の意図が反映される部分以外は極力自動的に行う機能の実現を目指す。

本システムは、撮影時のユーザビリティに配慮し、撮影前に特定の視環境のパラメータを入力することで、撮影対象に応じてその場で最適な条件に合わせて自動的に設定するとともに、後に異なる視環境で利用する際に備え、撮影時の環境を表わすパラメータをコンテンツのメタデータとして記録しておくものである。

(2) カメラパラメータの最適化

撮影した画像を実物と同じ大きさに呈示した場合には、像の上下、左右、奥行き大きさはいずれも、実物と同様に見える。また、被写体に対する再生像の大きさ、カメラ間隔に対する瞳孔間隔、撮影距離に対する視距離といった各部の距離を同じ倍率で拡大/縮小した場合には、像の上下、左右、奥行きの長さは同じ比率で変更される。しかし実際には、人間の瞳孔の間隔は半分にできないため、瞳孔間隔とその他の部分の比率が変化してしまう。その結果、例えば他の部分を全て $1/2$ にした場合、映像の縦横の長さは $1/2$ になるが、奥行き方向の長さはそれより小さくなる。例えば球体のボールを映したとすると、奥行き方向に平たくなる。そのため、実寸大以外で表示する場合には、大きさに応じたズレ量の調節が必要になる。具体的には、カメラの間隔と輻輳角を変更することで対応する。

カメラパラメータは以下の順に決定する。

カメラの画角を設定する。

撮影距離を決める (制作者による)。

上映時の画面サイズと視距離から、像の大きさ (視角) が決まる。

像の大きさ (XY 方向) と飛び出し量 (Z 方向) の比を保つため、カメラの間隔と輻輳角は、全体の長さの比 (視距離:撮影距離=瞳孔間隔:カメラ間隔) を保った位置に決まる。

カメラパラメータの決定後、それを反映し適切な状態になるよう、制御用 PC により自動的に調節する。

(3) 安全性 (人体への負担) 及び快適性の定量的な評価と閾値の設定

前述の方法により計算上理想的とされる状態に設定して撮影しても、まだ問題が起こる場合がある。具体的には、カメラの間隔が大きく、輻輳距離よりも大幅に手前もしくは奥に被写体が存在する場合に、ズレ量が大きくなりすぎ、視差量が過剰となる。その結果、観察者に負担を与える恐れがあるという、安全性に関する問題である。立体映像は視差量が増大することで人体に対する負担が増大するという結果が、複数の実験から得られている[4][7][8]。

また、飛び出し量が過少であれば、立体映像の魅力が失われる恐れがあるという、快適性に関する問題も挙げられる。特に、負担の原因となる視差量を減少させるようカメラパラメータを設定し直した場合には常に、奥行きが小さくなる。

こうした観点から、人体に対する負担が有意に増大する閾値及び、飛び出し量が小さくなりすぎ快適性が損なわれる閾値を、人間工学的な実験により調査する。そして、安全性については、交差・同側方向の最大視差量が閾値を下回るようカメラ間隔と輻輳角を自動的に調節することで、立体映像観察時の負担の増大を抑制する。また、快適性については、損なわれていないか評価・検証し、クリエイタ自身が被写体の再構成も含めて検討するヒントとなるよう、警告を表示する仕様を考えている。

静止画については、視差量1度前後を境に負担が有意に増大するとされている[2][4][8]一方で、動画像については未だ検討が十分になされていない。今後、動画像を対象とした人間工学的な評価実験を行い、時間軸を考慮した視差量の閾値を設けることを検討している。

(4) 距離センサの活用

距離センサにより計測した被写体までの距離をもとに、視差量のマップを計算する精度を向上するなどの方法を考えている。

(5) メタデータの活用

映像以外に撮影条件をメタデータとして記録しておき、修正を半自動的に行う機能の手がかりとして使用することを検討している。これにより、従来よりも高精度な補正が可能になると考えている。特定の観察環境を想定し撮影した立体映像コンテンツは、他の観察環境ではズレ量を調節し直す必要がある。本機能は、撮影時のパラメータ（カメラ間隔と輻輳角）を別途記録することで、この調節を支援する機能を追加するというものである。

(6) 台形補正の自動化

交差法で撮影した映像には、キーストーン歪みと呼ばれる台形型の歪みが生じる。このため、撮影したコンテンツには撮影後に台形補正が必要となる。本システムでは、これを自動的に行う仕様を検討している。

(7) 最大視差量をもとにカメラの間隔と輻輳を調節するアルゴリズムの一例



図 4.3-04 元画像（左目用）

上記の仕様の一部を、静止画の評価に限定し、試作・検討した。また、カメラの画角も 35 mm フィルムカメラ相当で 50 mm に固定している。今回は、著者らがこれまでに人間工学的な主観評価実験の結果に基づき試作した、立体映像コンテンツの安全性と快適性を評価するソフトウェア

[4]、及び、評価の結果修正が必要と判断した場合にそれを半自動的に行う機能[5]のアルゴリズムを応用し、始めから上映時の視環境に合わせた撮影を行う機能を試作した。

具体的には、クリエイターが入力した再生環境の情報（視距離と呈示面の大きさ）に基づき再生時の視差量を画素毎に計算し、交差・同側方向それぞれについて、視覚的な負担が増大する閾値[4]を超える画素が一定の割合を占めた場合には警告を表示し、制作者の希望に応じてカメラの左右間隔を短縮することで、遠景と近景のズレ量の過剰を抑制するという仕様である。「カメラパラメータの最適化」の項で述べた方法でカメラパラメータを仮決定した上でこの方法を適用することにより、安全な映像の撮影が可能となると考える。

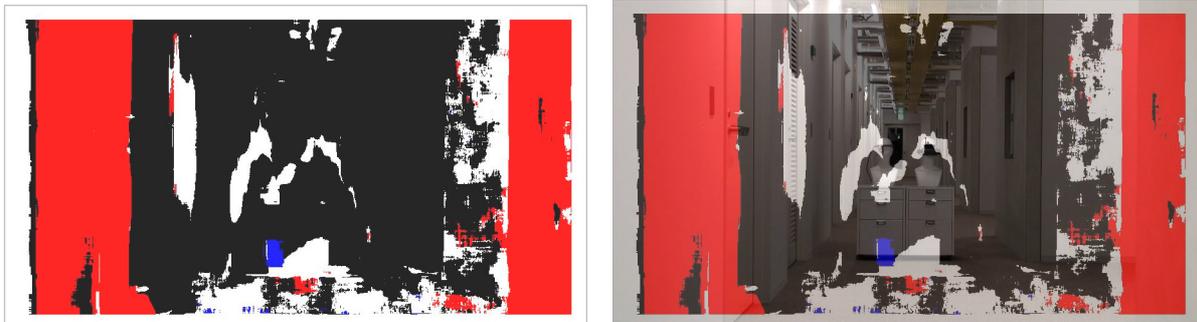


図 4.3-05 計算上の理論値に設定した状態の視差量マップ（逸脱部分）

図 4.3-05 は「カメラパラメータの最適化」の項で述べた方法で設定後に撮影した場合の、画像の視差量が安全性の閾値を超えた領域を表している。赤は交差方向を、青は同側方向を表す。左右両端の壁面部分が赤く塗られているが、これはスクリーン面よりも手前、つまり交差方向に飛び出しすぎていることを表す。青い部分は逆に、スクリーン面よりも奥、つまり同側方向に奥まりすぎていることを表す。黒は視差量が安全性の閾値に収まっていることを表している。白はズレ量を測定できなかった部分である。この画像を、想定した観察条件で見ると、左右の部分がやや手前に飛び出しすぎていることを意味している。これは、中央に存在するマネキン 2 体に輻輳距離を合わせているためである。



図 4.3-06 視差量をもとにカメラパラメータを修正した場合の視差量マップ（逸脱部分）

次に「4.1.9 統合プロトタイプと制御方法」で述べた方法により、ズレ量のマップを作成し、その中から最も手前と奥の被写体を探し出す。次に、指定された撮影条件と観察条件の組み合わせのもとで安全となる限界のズレ量を計算する。同側方向では、後方発散を起こす閾値となるといわれる瞳孔間隔 65 mm を、交差方向では主観評価実験で負担の有意な上昇が見られた視差量 1 度をズレ量に変換したものを、それぞれここでの閾値とした。画像全体の視差量をこの範囲内に収めることで、安全が確保されると仮定した。補正後には図 4.3-06 のように、全体的に奥側（同側方向）に移動し、ゼロポイント付近に分布している。この条件では、人間工学的に安全と考えられる範囲から逸脱した部分は問題のない広さに収まっている。

輻輳距離の変更のみでは安全な範囲に納まらず、交差方向か同側方向にはみ出してしまう場合には、どちらもはみ出さない最大の視差量になるよう、視差量のみを基準に設定し直す。具体的には、最も奥の被写体が同側方向側の閾値 MAX に、最も手前の被写体が交差方向の閾値 MAX になるカメラ間隔と輻輳角に設定する。実際に、この方法により設定した結果を図 4.3-07 に示す。被写体は図 4.3-04 と同様で安全性の閾値を超えた画素を塗り分けた図だが、手前も奥も、閾値を超えた部分はほとんど見られなくなっている。

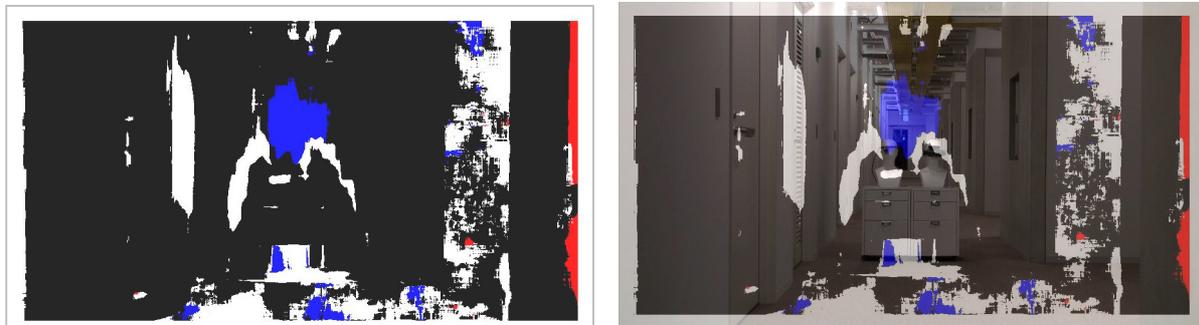


図 4.3-07 視差量のみを基準にカメラパラメータを設定し直した場合の視差量マップ（逸脱部分）

最後に、この方法による補正の流れ図を、図 4.3-08 に示す。

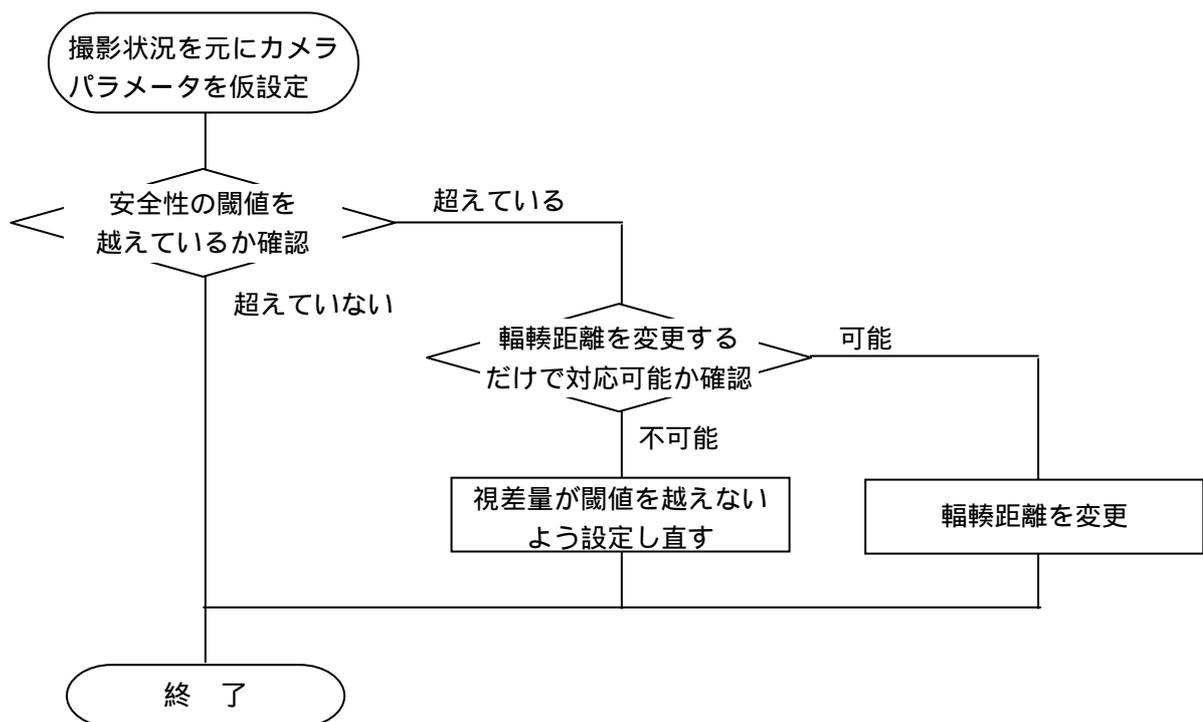


図 4.3-08 処理の流れ

(8) まとめ

本節では、「4.1.9 統合プロトタイプと制御方法」で構成を述べた制御ソフトウェアのうち、カメラパラメータ計算用クラスで行う処理のコンセプトについて述べた。最後に述べたアルゴリズムの一例は、あくまでも現在までに試験的に作成したものであり、今後は更に時系列を考慮するなど、実際の撮影に応用可能なアルゴリズムを開発する予定である。

参考文献

- [1]光産業技術振興協会 平成20年「自然な立体視を可能にする空間像の形成に関する調査研究報告書」より
- [2]岩崎常人, “3Dディスプレイを用いた視覚負荷による眼精疲労”, 人間工学, Vol.38 No.1 pp.44-53 (2002)
- [3]原島博 監修 元木紀雄 矢野澄男 共編, “三次元と人間の科学”, オーム社 (2000)
- [4]岸信介 他, “2眼式立体映像のコンテンツ評価システムの試作”, 映像情報メディア学会誌, Vol.60, No.6, pp.934-942 (2006)
- [5]Shinsuke Kishi 他:「Scalable 3D image conversion and ergonomic evaluation」, SD&A 2008, 2008
- [6]岡田慧 加賀美聡 稲葉雅幸 井上博允, “二次元再帰相関演算を用いた実時間オプティカルフロー生成システム - ロボット用実時間三次元視覚による運動空間再構成の研究 (その2) -”, 第 17 回日本ロボット学会学術講演会 (1999)
- [7]井上哲理 野呂影勇 岩崎常人 大頭仁, “視覚機能から見た立体映像の呈示条件”, テレビジョン学会誌, Vol.48 No.10 pp.1301-1305 (1994)
- [8]岩崎常人 田原昭彦, “立体像注視時の眼焦点調節応答特性からみた両眼視差の許容量”, 人間工学, Vol.40 (Supplement) pp.546-547 (2004)
- [9]D. M. Hoffman, A. R. Girshick, K. Akeley, M. S. Banks, “Vergence/accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue”, Journal of Vision (2008) 8(3):33, 1.30
- [10]Wann, J. P., & Mon-Williams, M. (1997). Health issues with virtual reality displays: What we do know and what we don't. ACM SIGGRAPH Computer Graphics, 31, 53.57.
- [11]Yano, S., Emoto, M., & Mitsunashi, T. (2004). Two factors in visual fatigue caused by stereoscopic HDTV images. Displays, 25, 141.150.
- [12]Emoto, M., Niida, T., & Okano, F. (2005). Repeated vergence adaptation causes the decline of visual functions in watching stereoscopic television. Journal of Display Technology, 1, 328.340.
- [13]Ukai, K. (2007). Visual fatigue caused by viewing stereoscopic images and mechanism of accommodation. In Proceedings of the First International Symposium on University Communication (pp. 176.179).

4.4 安全性・快適性の観点からの実験的検討

4.4.1 目的

本事業委員会の議論の過程において、緊急度・重要性の高い課題の一つとして、安全性・快適性に関わる時系列的評価が挙げられた。

さて、立体映像の安全性・快適性に関わる要因として、定量化が可能なものに視差角が挙げられる。これは、画面を注視する際の輻輳角と立体像を注視する際の輻輳角の差を、角度の単位で表したものであり、自然視からの逸脱の度合いを示す尺度として利用される場合が多い。立体映像の視差角と視覚的な負担との関連については、調査した範囲では1990年前後から関連分野において散見される[1][2]。近年では、3Dコンソーシアム[3]による3DCガイドラインにおいても、交差方向の視差角1度が許容範囲として考えられているが、動画像の場合は、時系列的な変化、すなわち観察時間をはじめ、対象の奥行き方向の再生位置の変化量や速度などの要因により、大きく増減すると予想される。立体動画像における浮き方向・沈み方向の最大視差角の変化イメージを、図4.4-01に示した。

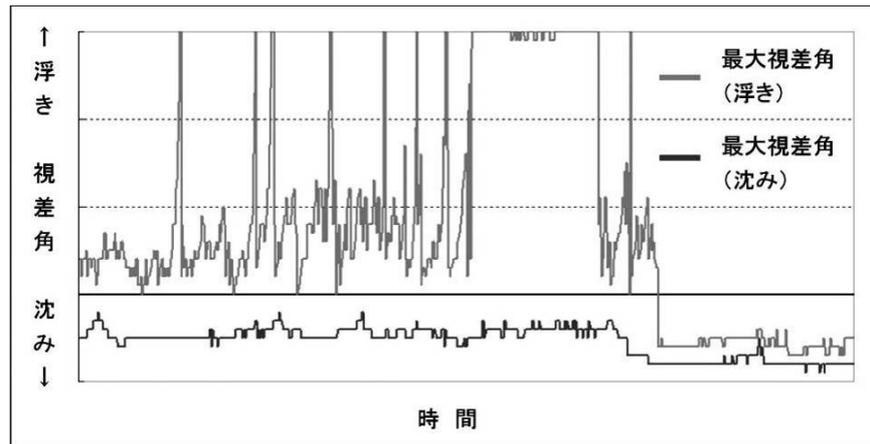


図 4.4-01 立体動画における時系列での最大視差角の変化イメージ

これまで、画像処理を用いた視差角の定量化と、眼精疲労に関する自覚症状、立体感との実験的な検討結果との対応による、立体静止画像の評価システムの開発を試みた[4]。課題として、動画における時系列的变化を考慮した評価方法の検討が残されている。立体像の再生位置と、時間経過に伴う視覚的な負担や立体感の変化に関する基礎的な検討を行い、次世代立体視コンテンツの制作環境における安全性・快適性の評価機能の開発に資する知見を得ることを目的とした。

4.4.2 方法

(1) 立体ディスプレイ

2007年12月より日本BS放送(株)が開始した立体放送を視聴可能な受信機として市販された46インチの立体テレビ(Hyundai IT, E465S)を視覚刺激を呈示するディスプレイに選定した。立体映像の呈示方式としては、偏光フィルター方式に分類されるが、Xpolという微細な偏光素子で構成された光学系を用いている点に特徴がある。Xpolは、液晶ディスプレイの画素のラインに合わせて、1ライン毎に特性の異なる位相差膜が配置されている。そのため、左右の画像は、それぞれ奇数ラインと偶数ラインに割り付ける、水平インターリーブという形式で表示される。

この立体ディスプレイの仕様を、表 4.4-01 に示した。

表 4.4-01 使用した立体ディスプレイ

 <p>http://www.hyundaiit.jp/product/dtv/dtving/e465sbig.jpg より引用</p>	画面サイズ	46インチ
	表示画面サイズ	1018.4(H)×572.5(V) (mm)
	画素ピッチ	1920(H)×1080(V)
	アスペクト	16:9
	表示色	約1670万色
	輝度(cd/m ²)	500(typ)
	コントラスト比	500:1(typ)
	ビューアングル	170°/170° (typ, CR:10)

(2) 実験環境

実験室は暗幕で遮光し、日本工業規格 C7612 照度測定方法に示された4点法による平均照度を計算し、床上80cmで150 lux、画面中心の高さで200 luxになるよう調整した。

視距離は、ディスプレイ垂直方向の有効画面57cmの3H(171cm)に設定した。このときディスプレイの水平視角は約38度、垂直視角は約19度であった。被験者は、ディスプレイに対し

て中央の位置に配置した椅子に着席し、眼の高さがほぼスクリーンの中心となるよう調整した。そして、顎台に使用し、円偏光フィルター付きグラスを装着してディスプレイを観察した。

(3) 実験刺激

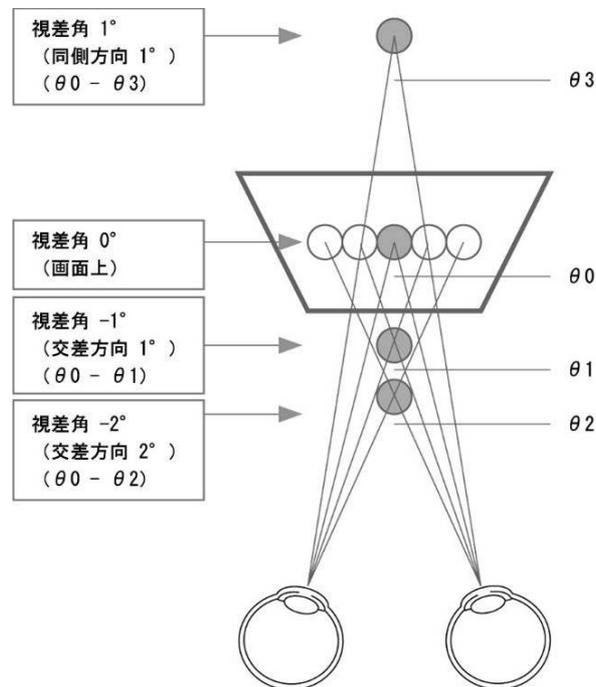


図 4.4-02 本実験における視差角の設定

実験刺激として、黒の背景に正方形、正円形、正三角形の図形を立体表示した。各図形の一辺の長さや直径は水平視角が2度になるように設定した。図形の表示色は50%のグレイとした。刺激の視差角は、1度(同側方向1度)、0度、-1度(交差方向1度)、-2度(交差方向2度)の4種類を用意した。本実験における視差角の設定を図4.4-02に示した。

刺激は、PCワークステーションを用い、上記立体放送と同様のサイド・バイ・サイド形式でHDMIインターフェースを介して入力された。図形は5秒間隔でランダムに変化し、被験者には図形の中心を注視すると同時に、正円形が表示された際にボタンを押下するタスクを求めた。本実験で構築した実験環境を、図4.4-03に示した。

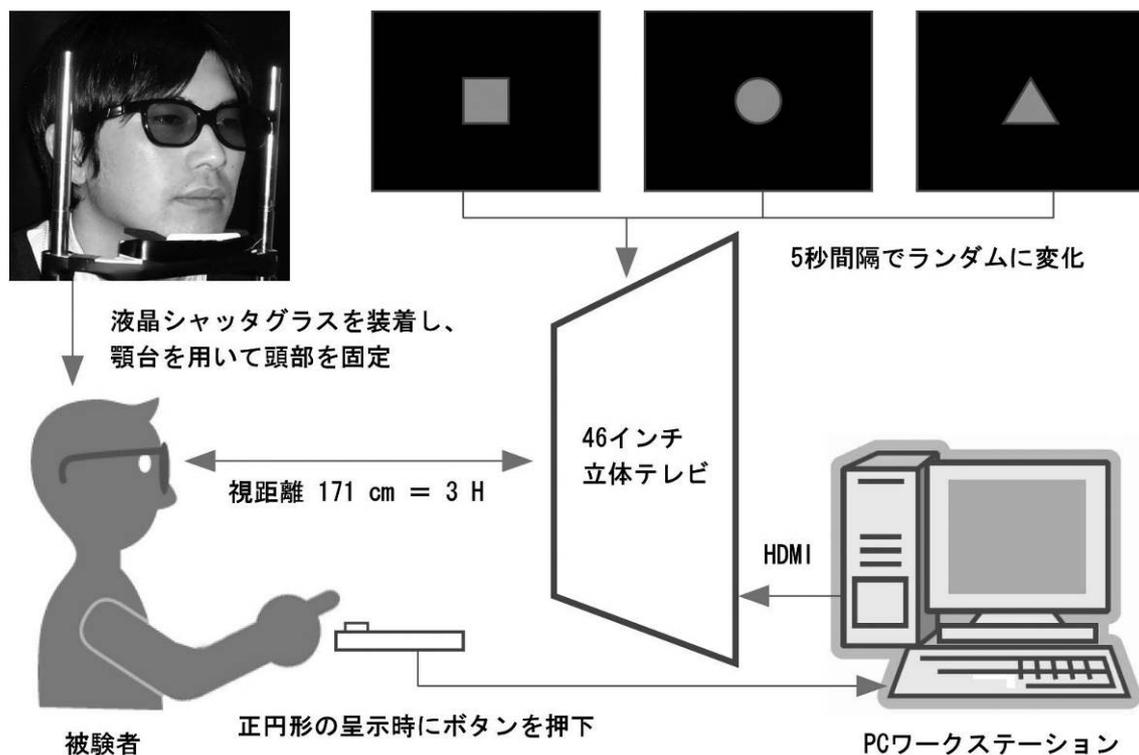


図 4.4-03 構築した実験環境

(4) 実験条件

交差方向に1度の視差角を有した刺激が、一定時間経過後に上述の4種類の視差角に変化する条件と、呈示開始から終了まで0度を維持する統制条件からなる、5種類を設定した。

(5) 被験者

被験者は、13例の成人男女(平均年齢28.3才)であり、あらかじめ本研究の主旨や方法などについて説明し、理解を得た上で、協力を求めた。

(6) 測定項目

眼精疲労の自覚症状と実験刺激の立体感に関して、評定尺度法を用いて、5件法による主観評価を行った。ここで、眼精疲労の自覚症状は安全性と、実験刺激の立体感は快適性と、それぞれ関連し得ると仮定した。刺激観察中にも測定を行うため、被験者がごく簡単に回答できるよう工夫して設定した。具体的に、眼精疲労に関する質問では、まったく疲れを感じない場合を「1」、強く感じる場合を「5」として口頭での回答を求めた。立体感についても同様に5件法としたが、その定義として、画面からの浮き・沈みについての印象が、どのカテゴリに属するかを報告するよう、教示した。

眼精疲労の自覚症状の測定時期は、刺激呈示の直前、刺激呈示5分後、刺激呈示10分後、刺激呈示15分後、そして30分間の休憩後の5回であった。一方、立体感については、刺激呈示5分後、刺激呈示10分後、刺激呈示15分後の3回、調査を行った。

なお、眼精疲労の自覚症状については、刺激呈示の直前に、全被験者の全試行において、まったく疲れを感じていないことを確認して実験を遂行した。

(7) 実験手続き

本実験は、以下の手順で実施した。

- (a) 刺激呈示直前の眼精疲労の自覚症状を調査
- (b) 刺激呈示から5分間経過時点での眼精疲労の自覚症状と立体感の調査

- (c) 刺激呈示から 10 分間経過時点での眼精疲労の自覚症状と立体感の調査
測定後に、視覚刺激の視差角が変化
 - (d) 刺激呈示から 15 分間経過時点での眼精疲労の自覚症状と立体感の調査
実験刺激の呈示終了
 - (e) 30 分間の休憩後の、眼精疲労の自覚症状の調査
- 本実験における実験条件及び手続きを、図 4.4-04 に示した。

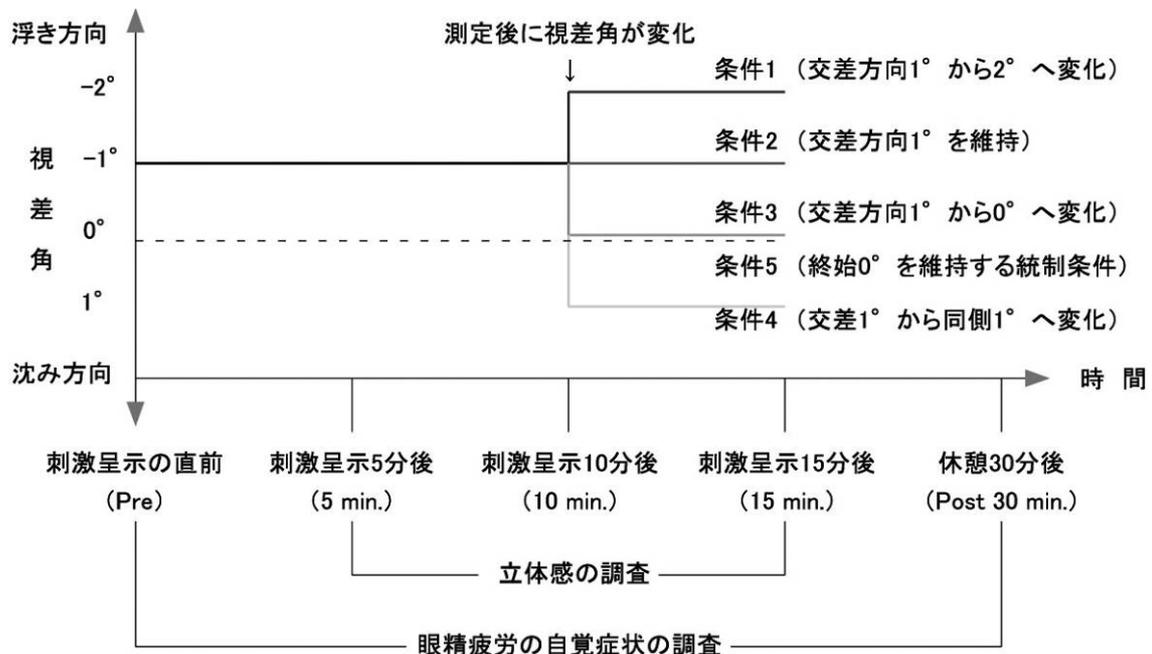


図 4.4-04 実験条件

4.4.3 結果

(1) 眼精疲労の自覚症状

各条件及び測定時期における眼精疲労の自覚症状の平均評定点を、図 4.4-05 に示した。この図から、すべての条件(視差角 1 度及び 0 度)において、観察 5 分間から 10 分間の経過に伴い、自覚症状が上昇している。そして、15 分後には、視差角による差異が顕著になり、30 分間の休憩により刺激呈示直前の状態まで回復していることが分かる。

測定時期及び実験条件を要因とした、2 要因の分散分析の結果から交互作用 ($F = 1.863$, $P < 0.05$) が、それぞれ認められた。また、刺激呈示 15 分後における実験条件を要因とした下位検定 (Fisher LSD 検定) の結果、条件 1 と条件 3、条件 1 と条件 5 の間に、有意差が認められた。

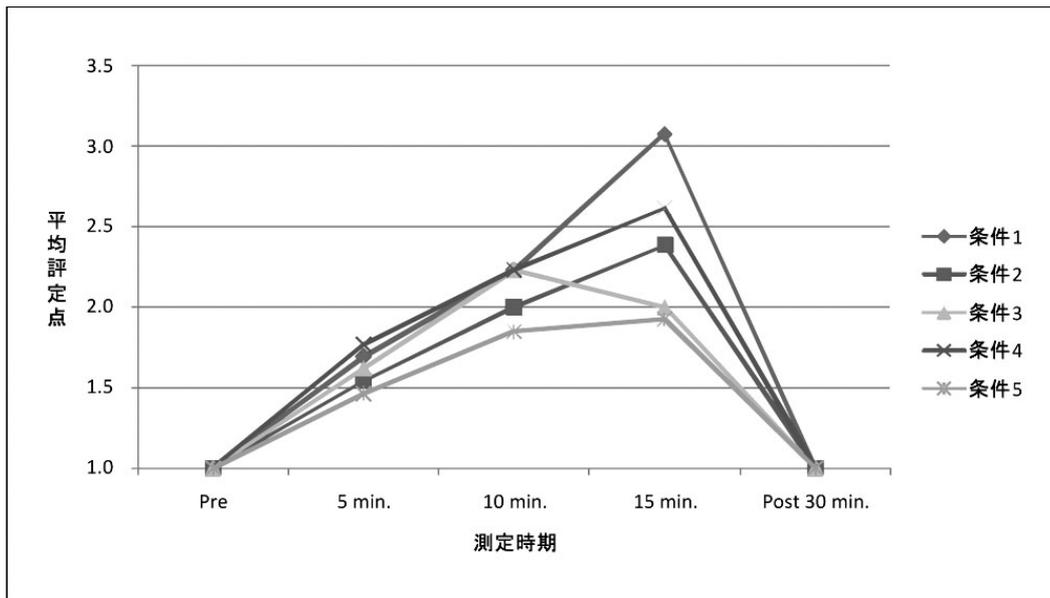


図 4.4-05 眼精疲労の自覚症状の平均評定点

(2) 実験刺激の立体感

各条件及び測定時期における実験刺激の立体感の平均評定点を、図 4.4-06 に示した。この図から、視差角に応じた立体感が知覚されていることが分かる。同時に、観察中の視差角の変化も、立体感の変化に影響を及ぼしている。

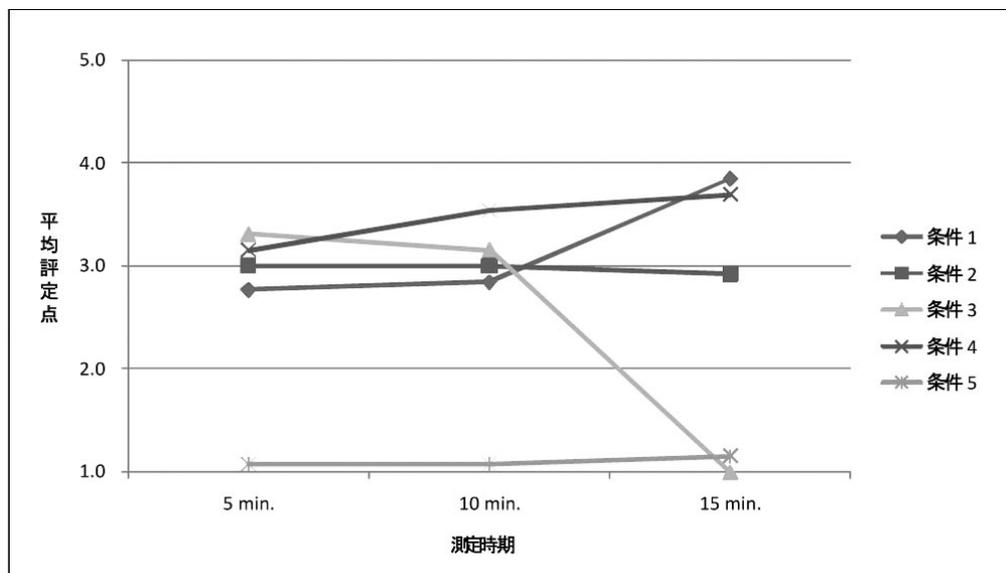


図 4.3-02 実験刺激の立体感の平均評定点

測定時期及び実験条件を要因とした、2 要因の分散分析の結果から、交互作用 ($F = 28.715$, $P < .01$) が認められた。また、刺激呈示 15 分後における実験条件を要因とした下位検定 (Fisher LSD 検定) の結果、表 4.4-02 のとおり、有意差が認められた。

表 4.3-01 下位検定の結果

	Vs.	Diff.	Crit. diff.	P-Value	
条件3	条件5	.154	.617	.6196	
	条件2	1.923	.617	.0001	S
	条件4	2.692	.617	.0001	S
	条件1	2.846	.617	.0001	S
条件5	条件2	1.769	.617	.0001	S
	条件4	2.538	.617	.0001	S
	条件1	2.692	.617	.0001	S
条件2	条件4	.769	.617	.0154	S
	条件1	.923	.617	.0040	S
条件4	条件1	.154	.617	.6196	

S = Significantly different at this level.

4.4.4 考察と得られた知見

本節では、次世代立体視コンテンツの制作環境における安全性・快適性の評価機能の開発に資する基礎的な知見を得ることを目的として、立体像の再生位置と、時間経過に伴う視覚的な負担や立体感の変化に関する実験的な検討を行った。

眼精疲労の自覚症状の結果では、交差方向の視差角 1° と 0° のいずれも10分間の観察後では同様に評定点が上昇し、観察15分後に条件間の差が顕著となった。観察15分後において、視差角が交差方向 2° の条件において、交差方向 1° を継続した条件及び同側方向 1° へ変化させた条件よりも、自覚症状の評定点が高くなる傾向がみられた。また、視差角を 1° から 0° に減少させることで、自覚症状の評定点が 0° を維持した統制条件と同程度となることが分かった。

これまでの取り組みにおいて、視覚的な負荷を与えた後の、視覚系の遠方化を意図した立体映像の呈示によって、眼精疲労を軽減する可能性が示唆された[5]。しかしながら、本実験では、浮き・沈みのいずれの方向においても、 0° の条件に比べ顕著な評定点の上昇が認められたが、静止した対象の固視を求めたことが関与していると考えられる。

一方、実験刺激の立体感の結果では、15分間の観察においては、時系列的な変化はほとんどみられず、視差角の変化に対応した一定の反応が認められた。観察15分後の結果では、視差角の絶対値が最大(交差方向 2°)の条件と、視差角の変化量が最大(交差方向から同側方向へ 2°)の条件において、有意な上昇がみられた。これは、対象の立体感という快適性に関わる評価についても、時系列的な変化を考慮する必要性を示唆している。

単純図形を注視するという限定された条件・タスクではあるが、上述の実験を通して考察された諸点から、以下の主な知見が得られたと考えている。

立体映像と平面映像(視差角 0°)の疲労感の差異は、一定時間の経過後に顕著となった。

時系列的な疲労感においては、視対象の視差角の 0° となる頻度が、影響する可能性がある。

注視対象の疲労感には視差角の絶対値の影響が大きく、立体感には絶対値と同時に時系列的な変化量も影響を及ぼし得る。

これらの知見は、次年度の本スタディにおける安全性・快適性の評価機能の開発、とりわけシステム設計に際して、有益に働くことが予想される。

本実験的検討で得た知見を、より具体的に活用していくためには、主に、以下の4点が今後の課題として残されている。

自然画像などの、多様な立体情報を含む視覚刺激の導入。

注視対象の奥行き方向の運動成分を含む視覚刺激の導入。

調節応答や輻輳運動など、客観的な評価指標の導入。
液晶シャッタ付きグラスを用いた時分割方式など、他の呈示方式・条件の導入。

参考文献

- [1] N. Hiruma, Viewing conditions of binocular stereoscopic TV images in the light of accommodation response of the eye, NHK Lab Note, 395, 12(1991)
- [2] 井上哲理, 野呂影勇, ほか, 視覚機能から見た立体映像の呈示条件, テレビジョン学会誌, 48(10), 1301-1305(1994)
- [3] 3Dコンソーシアム, <http://www.3dc.gr.jp/>(最終確認日 2009年2月6日)
- [4] 岸信介, 河合隆史, ほか, 2眼式立体映像のコンテンツ評価システムの試作, 映像情報メディア学会誌, 60(6), 96-104(2006)
- [5] 太田啓路, 河合隆史, ほか, 立体映像を利用した眼精疲労軽減の一手法, 映像メディア学会誌, 59(10), 47-53(2005)

5 スタディの成果と今後の展開

5.1 スタディの成果の概要

本事業では、クリエイターや配給者にとって利便性が高く、視聴者に対する安全性や快適性を踏まえて制作された立体映像コンテンツを「次世代立体視コンテンツ」と定義し、その制作・評価にかかる応用技術・環境を確立・整備することを目的とした取り組みを行った。

事業の推進においては、3Dコンテンツの制作、利活用、評価にかかわる多様な専門性を有した委員からなる事業委員会を構成し、制作現場及び技術開発の双方の観点で、具体的な検討と課題の抽出がなされた。

本年度の主要な取り組みは、以下の3点であった。

- (1) 次世代3Dカメラシステムの開発
- (2) 安全性・快適性の評価機能の検討
- (3) 多様な視環境に対応した変換機能の検討

(1)では、(2)及び(3)を検討し得る、次世代3Dカメラシステムのプラットフォームとしての開発を行った。具体的には、ハイビジョン(HD)品質のステレオ映像データと、距離データ、レンズデータなどを取得が可能で、左右のカメラの間隔や角度などを自在に制御可能な3Dカメラシステムを開発し、各種課題を検討するための基盤となることを目指した。HD品質のステレオカメラ、カメラコントロールユニット、3Dコンバータ、稼働ステージ及びそれらを制御するPCワークステーションが、当該システムの基本構成である。

(2)及び(3)においては、制作現場という観点では、実写型3Dコンテンツ、コンピュータグラフィックス(CG)、実写とCGの融合からBSテレビ放送に至る範囲が網羅された。一方、技術開発という観点では、3Dコンテンツの表現・利活用から、視覚工学や人間工学といった人の特性に至る範囲で、システムの要件から基礎的な知見を得るための実験的な検討まで、幅広い取り組みがなされた。

以下に、本年度の事業の成果として、検討・抽出された課題や知見について述べる。

5.2 制作現場からの課題の検討

まず、制作現場からの課題として、実写型3Dコンテンツでは、撮影機器のセッティングから編集に至る範囲で、依然として制作者の経験に依拠するところが多いことが挙げられた。そのため、安全かつ快適な3Dコンテンツの実現のために、現場での利活用が可能な、科学的なエビデンスを伴うガイドラインの必要性が指摘された。同時に、ガイドラインの方針として、映像表現の幅を制限しない、制作者の自主的な判断を重視すべき点が挙げられた。

CGによる3Dコンテンツでは、実際の制作事例が紹介され、それらを踏まえた上での課題として、ハードからソフト、流通などのプロセスのすべてにおいて、3Dを選択し得るような環境の整備が挙げられた。制作者が制作意図の反映の点からも3Dを選択できるようなツール、ビジネスモデルとして成立し得る制作コストなど、3Dコンテンツが普及していくための必然性が見出せるような取り組みが求められた。

実写とCGの融合では、本事業で開発された多様なデータを取得可能な3Dカメラシステムの、アニメティックへの応用可能性が指摘された。同時に、実写型3DコンテンツとCGによる3D

コンテンツとの合成作業を、シームレスな環境で迅速かつ低コストに処理できる専用ソフトウェアの必要性が挙げられた。更に、実写とCGの融合した3Dコンテンツの普及策としては、注目度の高いパイロット作品の制作と公開が重要であることが述べられた。

3Dコンテンツの放送においては、大きく3つの課題と要望が抽出された。一つは、3Dコンテンツの表現・演出手法の開拓であり、効果的かつ体系的なノウハウの蓄積が求められた。二つは、3Dコンテンツの安全性・快適性を担保し得る、客観的な評価基準の必要性が挙げられた。そして3つは、放送局ならびに受像機の拡大・普及が挙げられた。

5.3 技術開発の観点からの課題

次に、技術開発の観点では、まず、視覚工学的な課題として、3Dコンテンツによる空間表現に関わる立体視機能や要因について、再検討を行う必要性が指摘された。立体視の要因の見直しと、既存のガイドラインを再検討していくこと、特に呈示・観察条件やコンテンツの制作・利活用条件とのマッチングへの配慮が挙げられた。同時に、3Dコンテンツの利活用の目的を分類する必要性が示唆された。ここでは、一つに受動的観察時の迫力、臨場感などの心理効果、二つに能動的観察時の作業パフォーマンスや理解度、3つに日常生活環境の拡張効果という、3種類の分類が提案され、それぞれの目的に応じて、効果的な表現方法やシステム化を検討していく重要性が述べられた。更に立体視表現に関するガイドラインや評価、及び利活用における効果を検討するための、評価チャートと評価手法の確立が、重要課題として挙げられた。

多様な視環境への対応においては、3Dディスプレイの特性の違いを、2種類のスクリーンサイズとして分類し、検討が行われた。これにより技術課題へのアプローチについて、同一サイズディスプレイ間でのマルチコース、あるいは異なるサイズディスプレイ間でのマルチコースの2点が検討された。

前者においては、大型スクリーン向けの3Dコンテンツでは、ポストプロダクションでの調整を容易にするため、カメラパラメータと撮影時の構図などへの制約条件を明確にする必要性が、他方、小型画面向向けの3Dコンテンツでは、ディスプレイの方式毎にレンダリングが可能な形態での立体情報保持の必要性が、それぞれ挙げられた。後者においては、相互変換のために必要なメタデータの付加が、検討すべき課題として指摘された。

5.4 システム化へ向けたアプローチ

上述のように、3Dコンテンツの制作においては、安全性や快適性への配慮や、多様な視環境に対応し得る変換系などが、現状では制作者・事業者にとって、大きな負担となっている。本事業では、開発したカメラシステムをプラットフォームとして想定し、そのユーザビリティを向上させるための機能へのアプローチの検討が行われた。

まず、安全性・快適性の評価機能では、視環境に応じて撮影条件を設定した上でのステレオ映像の取得を前提としているが、その際の処理へのアプローチについて、事業委員会にて議論が行われた。具体的に、撮影した映像に対してステレオマッチングを行い、画素毎の左右の視差マップを生成する。この中から、所定の位置ならびに一定割合を考慮した上で、最も手前と奥の被写体を探索し、撮影・観察条件の組み合わせから安全性・快適性の指標との照合を行うという基本アプローチについて、具体的な提案がなされた。

また、上記カメラシステムに組み込まれた距離センサや、撮影時のメタデータを、視差マップと組み合わせた上での、デプスデータの活用方法の検討も行われた。この場合の課題として、処理の精度と速度のトレードオフが挙げられるが、その活用可能性として、以下の6点が提案された。

- ・ ステレオマッチング精度の向上

- ・ オクルージョンへの対応
- ・ 3Dカメラの自動設定
- ・ ポストプロダクションでの活用
- ・ 2D/3D変換への活用
- ・ 実写とCG合成への活用

一方、多様な視環境に対応した変換機能においては、各種記録・再生条件に対応し得る、コンバータのフォーマット変換機能のあり方について検討が行われた。同時に、デプスデータの活用方法を深耕調査することで、撮影時のパラメータの自動補正や、ポストプロダクションの段階における視差マップの調整への応用について、具体的なアプローチの検討を行っていく必要がある。

5.5 安全性・快適性の観点からの実験的検討

本事業委員会の議論の過程において、重要度の高い課題の一つとして、安全性・快適性に関わる時系列的評価を挙げた。そこで、立体像の再生位置と、時間経過に伴う視覚的な負担や立体感の変化に関する、基礎的な検討を行った。

実験結果で考察された諸点から、主に次のような知見を得ることができた。

- 立体映像と平面映像の疲労感の差異は、一定時間の経過後に顕著となった。
- 時系列的な疲労感においては、視対象の視差角の 0° となる頻度が、影響する可能性がある。
- 注視対象の疲労感には視差角の絶対値の影響が大きく、立体感には絶対値と同時に時系列的な変化量も影響を及ぼし得る。

これらの知見は、次年度の本スタディにおける安全性・快適性の評価機能の開発、とりわけシステム設計に際して、有益に働くと考えられた。

5.6 今後の展開

本事業の成果、すなわち安全かつ快適で、多様な視環境での3Dコンテンツの制作・利活用における課題や知見として抽出された上述の諸点は、専門性の異なる委員間で共通するものが多い。換言すれば、3Dコンテンツに関連する制作者や事業者、ならびに技術者や研究者の間で、問題意識が共有されていることを意味しており、このことは本事業の目的設定の適切さや緊急度が示唆されているといえる。

従って、本スタディの今後の展開としては、本年度の成果に基づいた深耕調査・検討と、検討結果の実現に関わる取り組みが推進されることが妥当と考えられる。具体的には、HD品質のステレオ映像データと多様なデプスデータを記録・制御することが可能な、次世代3Dカメラシステムをコアとして、デプスデータの活用による、安全性・快適性の観点からのコンテンツ分析・評価機能や制作支援機能、多様な視環境への対応など、制作・利活用におけるユーザビリティを向上するためのシステムの高度化にかかるアプローチの検討と、一部機能の試作を行っていく。

更に、そうした機能を支える科学的なエビデンスを取得するための、より多様な条件設定による実験室実験や、アプローチの実用性を評価・検証するための、フィールドでの3D撮影による実証実験なども、併せて行っていきたい。

- 禁無断転載 -

システム開発 20 - F - 11

次世代立体視コンテンツ制作環境の開発に
関するフィージビリティスタディ
報 告 書 (要旨)

平成21年3月

作 成 財団法人 機械システム振興協会
東京都港区三田一丁目4番28号
TEL 03-3454-1311

委託先 財団法人デジタルコンテンツ協会
東京都千代田区一番町23番地3
TEL 03-3512-3900

