

システム開発

21-F-9

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22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、教育等、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およ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 22 年 3 月

財団法人 機械システム振興協会

はじめに

今日、わが国におけるコンテンツ産業は 14 兆円という市場規模で推移し、米国に次ぐ規模となっております。経済産業省におかれましては、コンテンツ技術戦略マップ 2010 の策定、および “Japan 国際コンテンツフェスティバル”CoFesta(コフェスタ)を実施など、既存コンテンツ市場の活性化とともに、海外展開、ビジネスモデル開拓、新技術開発など新たなコンテンツ領域の創出へ向けて、様々な取り組み進められています。

こうして、新技術を盛り込んだハードウェアと魅力ある斬新なコンテンツの融合によって新たな市場を創造していくことで、コンテンツ産業全体の健全な発展、市場規模のさらなる拡大につながられると確信しております。

一方、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。

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 21 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ージビリティスタディ」の成果をまとめたものです。

本フィージビリティスタディ(以下「F/S」という。)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 22 年 3 月

財団法人 デジタルコンテンツ協会

目 次

1. F/S の目的	1
2. F/S の実施体制	2
3. F/S 成果の要約	6
3-1 次世代 3D カメラシステムの高度化	7
3-1.1 ハードウェアの改良	7
3-1.2 ソフトウェアの改良	8
3-1.3 高度化したシステムの構成	11
3-2 安全性・快適性の評価機能の検討	14
3-2.1 視差量の分析機能	14
3-2.2 安全性の評価機能	16
3-2.3 快適性の評価機能	17
3-2.4 まとめ	18
3-3 多様な観察環境に対応した変換機能の検討	19
3-3.1 観察環境に基づくカメラ制御機能	19
3-3.1.1 カメラパラメータの最適化	19
3-3.1.2 観察環境に基づくカメラ制御機能	21
3-3.1.3 最も手前および奥の被写体の視差量を基にカメラの間隔と輻輳を調節するアルゴ リズム	22
3-3.1.4 まとめ	25
3-3.2 メタデータの取得と活用機能	26
3-4 ユーザビリティテスト	27
3-4.1 予備テスト(スポーツのライブ中継)	27
3-4.1.1 予備テストの概要	27
3-4.1.2 撮影システム	28
3-4.1.3 撮影結果	31
3-4.2 アルゴリズムテスト	34
3-4.2.1 テストの立案と準備	34
3-4.2.2 テストの実施と結果	38
3-4.3 ヒューリスティックテスト	42
3-4.3.1 操作検証撮影概要について	42
3-4.3.2 撮影項目	43
3-4.3.3 撮影時の検証	46
3-4.3.4 まとめ	47
3-4.4 スケーラブルテスト	47
3-4.4.1 撮影前検証	48
3-4.4.2 撮影時検証	48
3-4.4.3 各シーン検証	49
3-4.4.4 まとめ	57
4. F/S の今後の課題および展開	58

1. F/S の目的

両眼立体視を用いた立体映像(以下「3D」という。)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。

(財)デジタルコンテンツ協会では、当該分野の有識者からなる委員会を構成し、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。

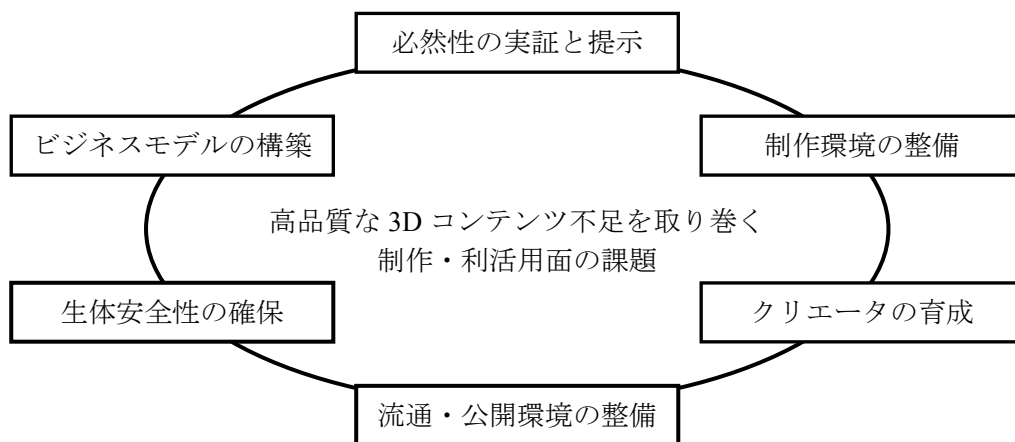


図 1-1 3D コンテンツ調査委員会（平成 18 年度）の結論

上記の課題は、いずれも相互に連鎖していることから、理想的にはすべ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 F/S では、クリエイタ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. F/S 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 F/S を実施した。

当該事業委員会では、3D コンテンツの制作、利活用、評価に関して活発な議論・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ヒトの特性に至る範囲で、システムの要件など基礎的な知見を得るための実証的な検討まで、幅広い取り組みがなされた。

次世代立体視(3D)カメラの高度化(開発)に関する F/S について、ハード関係を(株)フローベルに、ソフト関係を(株)ソリッドレイ研究所に再委託する。

また、本 F/S にて開発した 3D カメラシステムを利用したコンテンツ制作によるユーザビリティテストとして、(株)オーク情報システムにアルゴリズムテスト、日本BS放送(株)にヒューリスティックテスト、(株)キャドセンターにスケーラブルテストをそれぞれ再委託する。

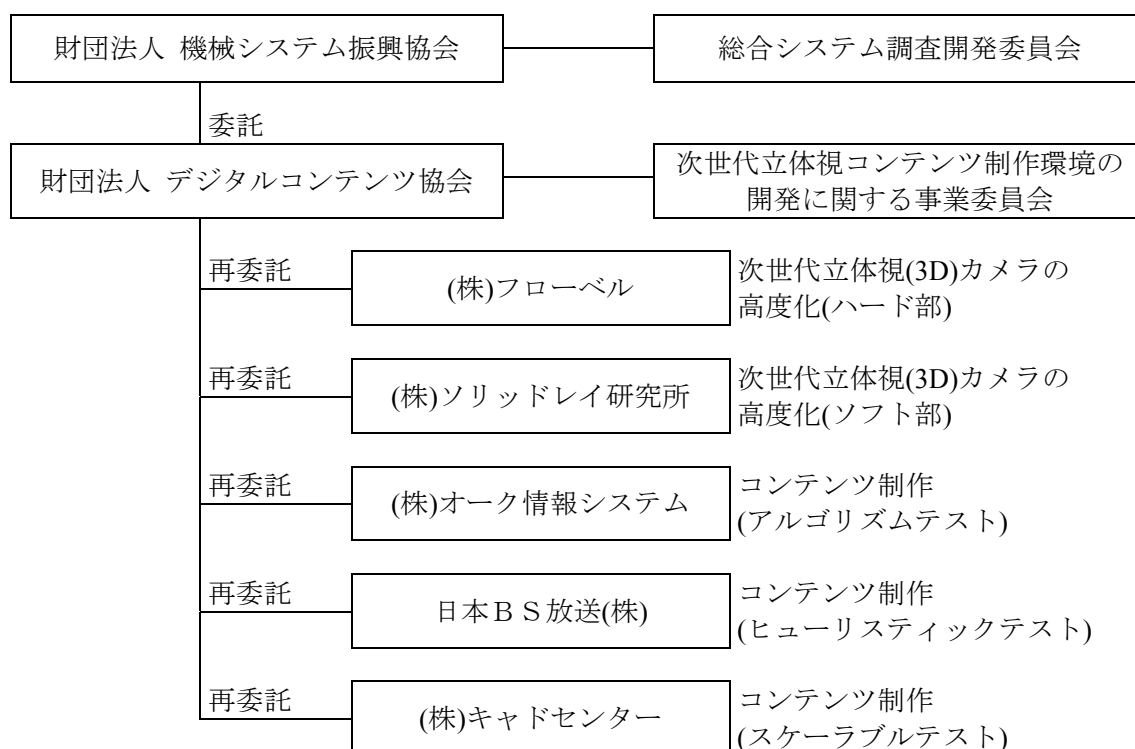


図 2-1 F/S の実施体制図

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	早稲田大学 研究戦略センター 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

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	電気通信大学 客員教授	竹 内 幸 一
委 員	株式会社 特撮研究所 デジタル+フィジカル・エフェクトスーパーバイザー 専務取締役	尾 上 克 郎
委 員	株式会社 レッツコーポレーション 社長室付 新規事業部 課長	坂 口 裕 介
委 員	STEREOeYe 代表	関 谷 隆 司
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	シャープ 株式会社 研究開発本部 主事	北 浦 竜 二
オブザーバ	ソニー 株式会社 B2B ソリューション事業本部 技術企画部	甲 賀 祐 二
オブザーバ	ソニーPCL 株式会社 クリエイティブ事業部 主幹技師	大 場 省 介

オブザーバ	東芝デジタルフロンティア 株式会社 制作部長	和 田 宏
オブザーバ	パナソニック映像 株式会社 東京制作第2グループ GM/エグゼクティブプロデューサ スタジオ部門総括GM	木 崎 浩 司
オブザーバ	大日本印刷 株式会社 C&I 事業部 AT 推進室	安 田 芽 里
オブザーバ	日本BS放送 株式会社 編成・制作局 3D 立体放送ディレクター	磯 部 なつみ
オブザーバ	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
オブザーバ	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
オブザーバ	株式会社 フローベル 営業部 部長	小田島 伸 寿
オブザーバ	株式会社 ソリッドレイ研究所 開発部 部長	鮫 島 正 大
オブザーバ	Office Computer Solution Aid	織 田 幹 雄
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	田 中 勉 増 井 武 夫 岩 下 康 子

3. F/S 成果の要約

本 F/S 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 3D 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ている。

F/S の推進においては、昨年に引き続き、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、制作現場および技術開発の双方の観点で、課題の抽出がなされた。

具体的には本 F/S では、3D コンテンツの発展・普及に伴う産業振興を目指し、制作環境における課題を次のように明確化した。

すなわち、柔軟性が高く、多様な撮影条件を設定可能な 3D カメラシステムの開発と、安全性や快適性を損なうことなくコンテンツを制作する方法論とそのための人材の育成、そして、それらを通じた 3D コンテンツの必然性の実証などである。

本 F/S は、上記課題に対しての取り組みの 2 年目に相当し、昨年度の成果を踏まえ、以下の項目を展開した。

(1) 次世代立体視(3D)カメラシステムの高度化

昨年度は、ステレオ画像と距離情報、レンズデータなどを同時に取得可能な 3D カメラを開発した。当該カメラシステムは、左右のカメラ間隔や光軸角度をはじめ、リアルタイムで各種パラメータを自在に制御が可能であるという特徴があるが、ユーザビリティという観点での制御系の統合化が行われていなかった。そのため本年度は、当該カメラシステムの制御における合理性や利便性、制御の精度などの観点から、制御アルゴリズムおよびソフトウェアの統合等の改良を加えることで、当該システムの高度化を図った。

(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り、安全かつ快適な作品制作を容易にするための手法が求められている。昨年度に検討した手法の一部試作を行い、当該カメラシステムに実装した。

(3) 多様な視環境に対応した変換機能の設計・試作

3D コンテンツは、シアターからモバイル環境に至る、幅広い活用が期待されるが、方式間の互換性および視環境の変化による立体感の変化が問題として指摘されている。昨年度に抽出したこうした観点の課題への解決手法について、具体的な検討・一部試作を行うこととした。特に、視環境に対応してカメラのパラメータを変更する制御機能について、上記カメラシステムに実装した。

(4) ユーザビリティテスト

上記のように高度化したシステムならびに試作・実装した諸機能について、3D コンテンツ制作のフィールドテストを通して、その有効性を検証した。エンジニアリングの観点だけでなく、クリエイターや放送事業者などとの連携により、利便性やコンテンツの品質を満たす制作環境の構築へ向け、諸課題の抽出や解決策の検討を行った。

3-1 次世代 3D カメラシステムの高度化

昨年度は、ステレオ画像と距離情報、レンズデータなどを同時に取得可能な 3D カメラを開発した。当該カメラシステムは、左右のカメラ間隔や光軸角度をはじめ、リアルタイムで各種パラメータを自在に制御が可能であるという特徴があるが、ユーザビリティという観点での制御系の統合化が行われていなかった。そのため本年度は、当該カメラシステムの制御における合理性や利便性、制御の精度などの観点から、制御アルゴリズムおよびソフトウェアの統合等の改良を加えることで、当該システムの高度化を図った。

ハードウェア、ソフトウェア双方からの改良により、当該システムを、後述するユーザビリティテストにおいて多様に活用することが可能となった。

3-1.1 ハードウェアの改良

(1) カメラマウントの調整

図 3-1.1-1 は、昨年度開発したカメラシステムである。このカメラのマウント箇所には、縦ずれを補正するための機能（つまみを指で回すことで左カメラの高さおよび左右の傾きを変更する）を追加した。左右のカメラ間隔を 65mm 以下にできるように改良した。

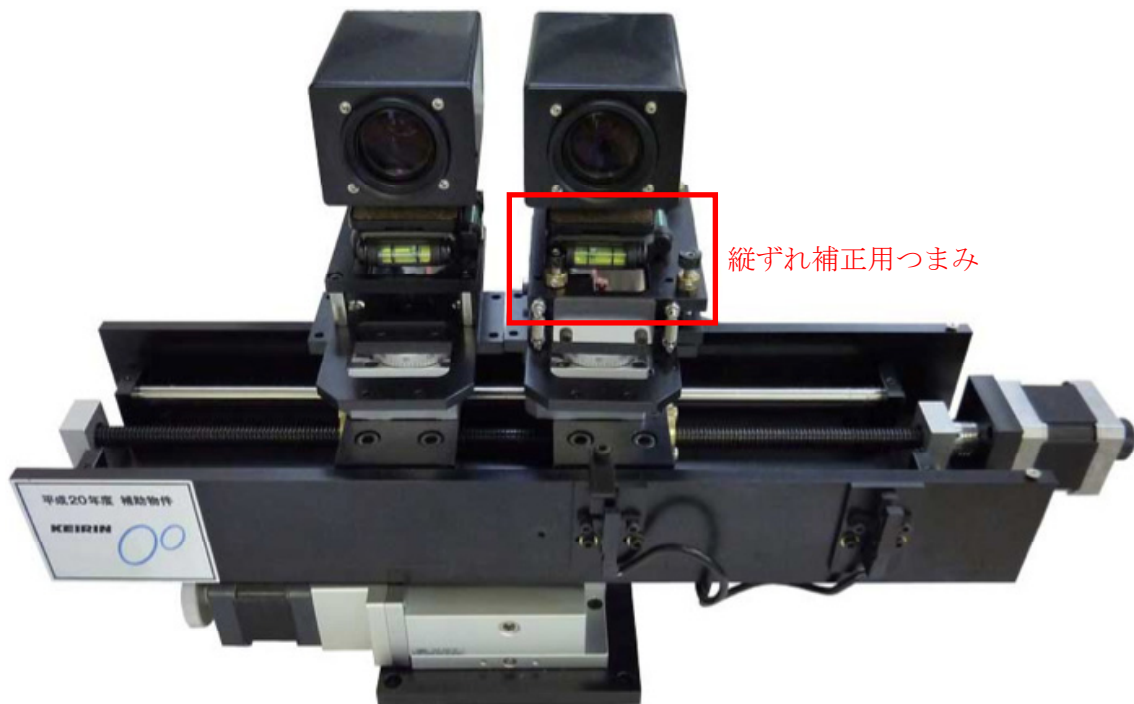


図 3-1.1-2 3D カメラシステムの縦ずれ補正用つまみ

(2) 3D コンバータの調整

3D コンバータのメモリ空間は 1920(H)×1080(V)のハイビジョン画素数で構成されており、その限られたメモリ配置で視差状態を大きくとるためにサイドバイサイド形式で入力する場合、左右映像の境界部(中央部)には黒い余白が表示される現象が発生した。

そこで BS11 で採用されている 46 インチのサイドバイサイドの映像配置に対して、等価の振り分けになるようにメモリ等のスペックアップを行い、ステレオ画像収録時の画像欠損の問題を解決した。

3-1.2 ソフトウェアの改良

(1) カメラの制御機能の拡張

カメラの制御機能の拡張においては、主に以下の6点を行った。

(a) カメラ制御プログラム改修

左右のカメラ間で、片方の処理終了後に他方の処理を実行していて、ズーム、フォーカスなどの同期処理が実現できていなかった。これらの処理コマンドの送信部をスレッド化しズーム、フォーカスおよびシャッタースピード、絞り、ゲインの同期制御を実現した。

(b) 被写界深度の調節(シャッタースピードと絞り)機能の追加

露出コントロールに、「フルオート」に加えて、「シャッター優先」、「絞り優先」を選択できる機能を追加変更した。

(c) サブフレーム同期 (シャッター同期) 問題に関する調査

① 問題点

本システムで使用している HD カラーカメラモジュールでは GENLOCK 等の機能がないため、左右の同期がずれた状態の映像が 3D コンバータに入力される。これら左右2つの映像が同じ時刻の映像として記録されると、映像中の動きの速い(特に左右の動き)被写体の視差が変化してしまうことになる。野球中継の実証実験の撮影データでは、上記が原因と思われるピッチャー、ランナー、旗のはためきなどで不自然な立体再生が確認されている。

② 調査項目

- ・ 左右カメラのコンポーネント出力 Y(輝度信号) オシロスコープ (Tektronix 2445 150MHz)で確認した。左右カメラの Y 信号を同時に見ることにより同期のずれを確認した。
- ・ オシロスコープでの確認例①。上が左カメラ、下が右カメラのコンポーネント Y 信号。左右で 4.8m 秒のずれが見られる。(図 3-1.2-3)
- ・ オシロスコープでの確認例②。上

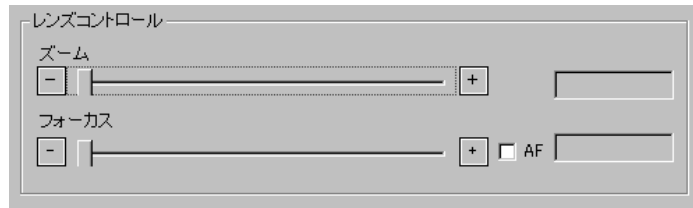


図 3-1.1-1 レンズ・露出コントロールスライダーパー

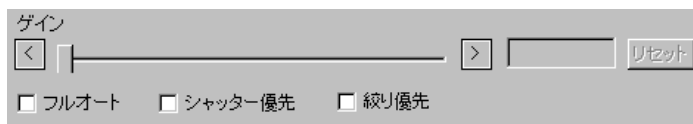
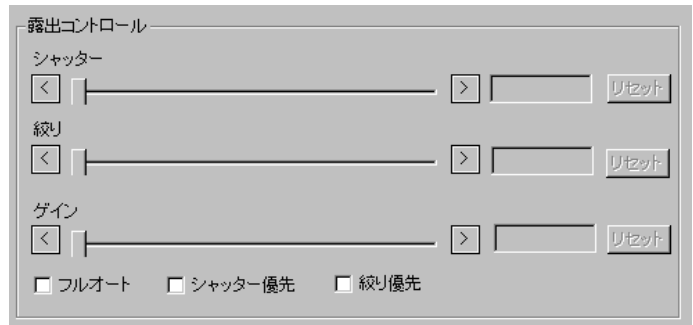


図 3-1.2-2 ゲインコントロール

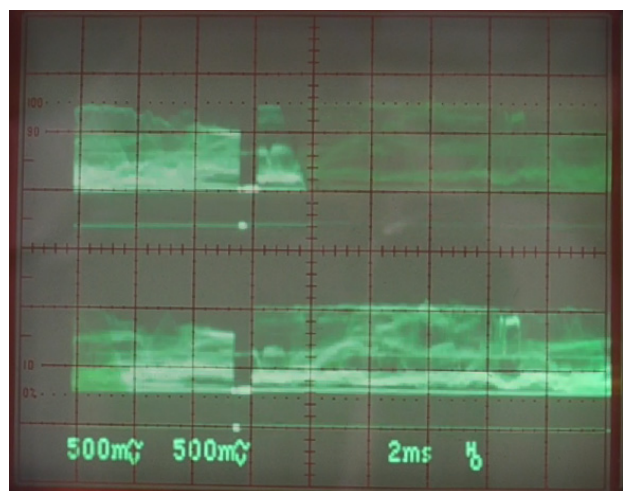
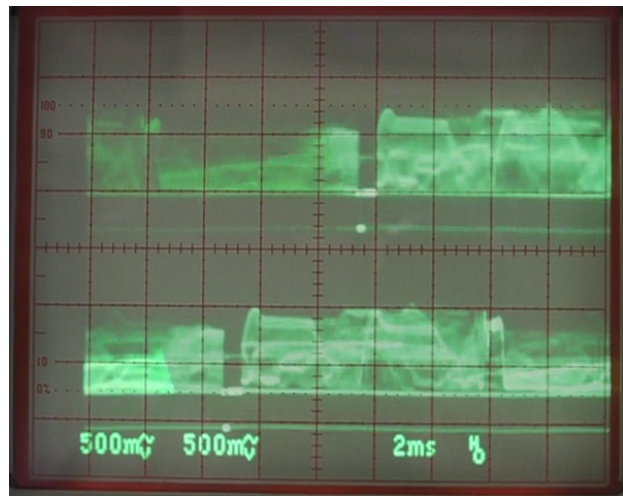


図 3-1.2-3 オシロスコープ画面 (①,②)

が左カメラ、下が右カメラのコンポーネント Y 信号。ほぼ同期が合っている状態。(図 3-1.2-3)

- SONY から提供されている FCB-HD10 用の VISCA コマンドサンプルソフト FCB-HD_Control_V2 を使用し、一とおりコマンドを右目用のカメラに送信したが、同期に変化が見られたのは Power OFF, Power ON を行ったときのみだった。(図 3-1.2-4)
- Power OFF / Power ON を行う (左右カメラに同時に送出) ボタンを GUI 上に配置し、このボタンを押すたびにオシロスコープで観察すると、同期のずれ量は変化したが特に規則性はなく、同時にコマンドを送出しても同期は取れないことがわかった。
- PC の 2 つのシリアルポートからコマンド送出タイミングにずれがないかを確認するために、シリアルケーブルの分岐ケーブルを作成し、PC の 1 つのシリアルポートから両カメラに同じコマンドを送出してみたが、変化はなかった。
- 結論として、2 台のカメラのサブフレーム同期を合わせるためには、信号をオシロスコープなどで監視しながら、Power OFF/Power ON を行う (左右カメラに同時に送出) ボタンを押し、タイミングが合っているときに録画を行うようにする必要がある。
- ただし、タイミングがあった状態でも時間がたつにつれ同期がずれてゆき、数十分で 1 周期ずれて元に戻るということがわかった。

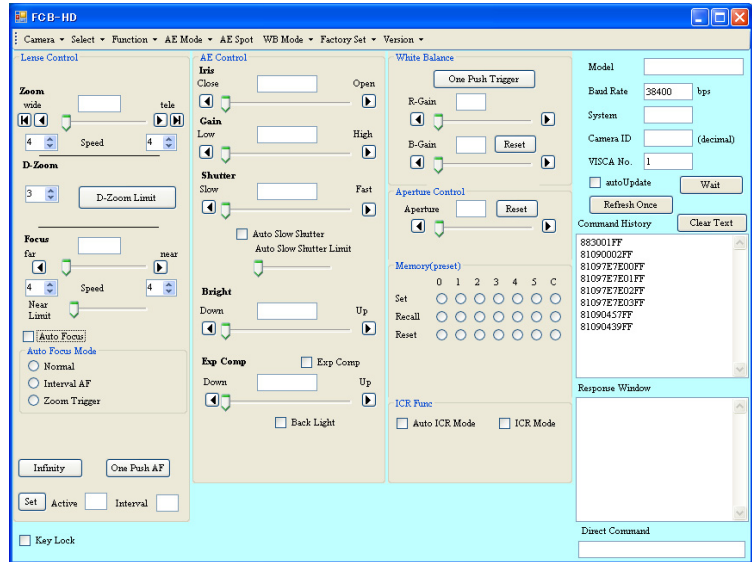


図 3-1.2-4 FCB-HD コントロールソフトウェアのメイン画面

(d) フォーカス距離テーブルの作成およびプログラム改修

本システムで使用しているカメラモジュール (FCB-H10) は数値によりフォーカス距離を指定することができるが、4.5m までの参考値しか公表されていない。

4.5m から 20m までのフォーカス距離を巻き尺で 1 カ所につき 4 回計測した。作成したフォーカス距離テーブルを元に多項式で曲線近似を行い、4.5m を超えるフォーカス値は以下の数式により計算し求める。(図 3-1.2-5)

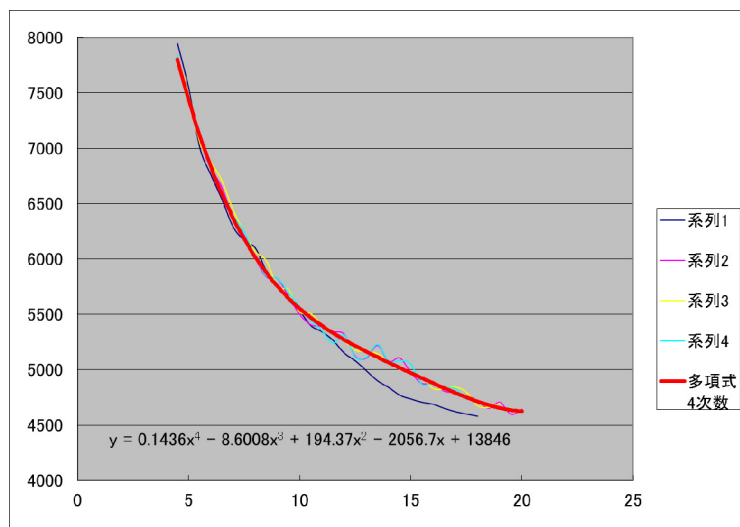


図 3-1.2-5 フォーカス距離測定結果と多項式近似

$$Y = 0.1436 x^4 - 8.6008 x^3 + 194.37x^2 - 2056.7 x + 13846$$

(e) カメラ間距離、輻輳距離、首振り角度の制御機能の追加

- ① QT-CM2 によるカメラ間距離、輻輳距離、首振り角度をスライダバーによって制御できるようにした。(図 3-1.2-6)

(f) 各種設定の保存、読込機能の追加

- ①カメラ、QT-CM2 の接続ポートの設定を保存できるようにした。
(読み込みは起動時に自動的に
行う、図 3-1.2-7)

- ②カメラのズーム、フォーカス、シャッター、絞り、ゲイン、および QT-CM2 のカメラ間距離、輻輳距離、首振り角度の値を新規・上書き保存、読み込みができるようにした。
(図 3-1.2-8)

(g) 自動原点復帰機能の追加

- ① QT-CM2 のカメラ間距離、輻輳距離、首振り角度をコントロールする各モータの原点復帰を自動で行うボタンを GUI 上に追加した。原点復帰は、輻輳距離および首振り角度についてはステージ内蔵の原点センサを用いて行う。カメラ間距離については取り付けられている2つのリミットセンサの位置を検出し、内側のリミットセンサをゼロポジションとする。(図 3-1.2-9)

(h) カメラパラメータ再生機能の追加

- ① 時間ごとのカメラのズーム、フォーカス、シャッター、絞り、ゲインおよび、QT-CM2 のカメラ間距離、輻輳距離、首振り角度の値が記述されたファイルを読み込み、再生する機能を追加した。(図 3-1.2-10)



図 3-1.2-6 スライダバー制御(カメラ間隔,輻輳,など)



図 3-1.2-7 接続ポートの設定



図 3-1.2-8 メタデータ操作

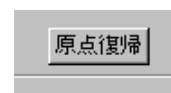


図 3-1.2-9 原点復帰ボタン



図 3-1.2-10 カメラパラメータ再生

(2) 動画データのキャプチャリング

昨年度までは Matrox 社製のサンプルソフトウェアや外部機器(VTR)を使用して動画データの記録を行っていたが、制御ソフトウェアにキャプチャリング機能を追加したことで、直接記録が可能となった。また、プロセスが1つに統合されたことで、キャプチャした画像を解析した結果を基に制御するなどの、高度な機能を実現可能となった。

当初は通常の映像キャプチャ用ボードと考えていたが、実際にはキャプチャ機能付きの映像処理用 DSP であり、大規模な API を備えた専用のライブラリ群を使用してプログラムする必要があった。そのため開発は難航し、計画およびスケジュールに大幅な修正が必要となった。

3-1.3 高度化したシステムの構成

高度化後の制御ソフトウェアは、以下の各ウィンドウから構成される。

(a) 制御用ウィンドウ

カメラおよび架台のパラメータ設定を行う。(図 3-1.3-1)

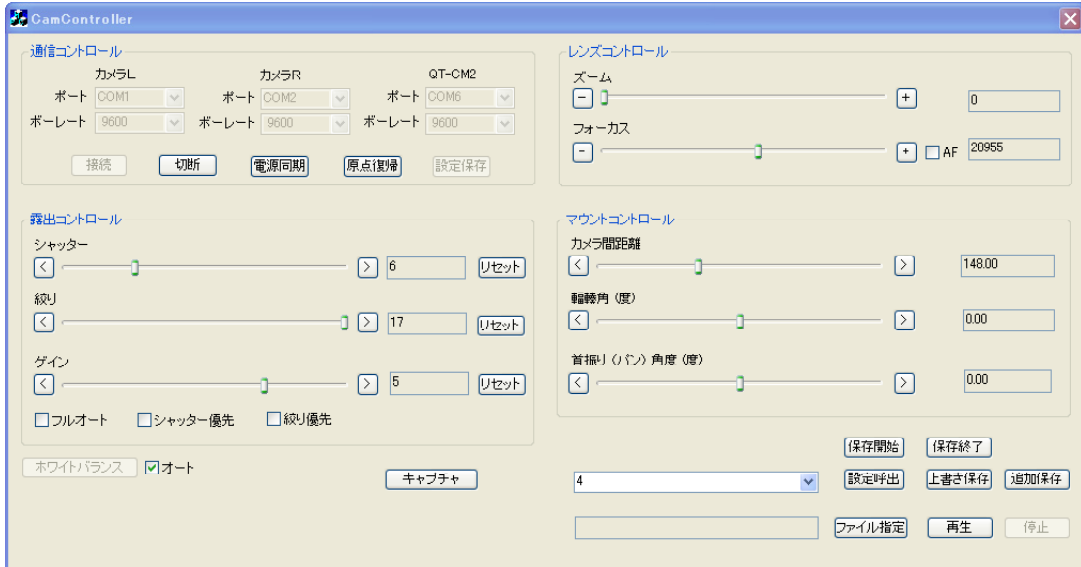


図 3-1.3-1 制御用ウィンドウ

(b) コーデック設定用ウィンドウ

出力するファイルの映像コーデックを指定する。(図 3-1.3-2)

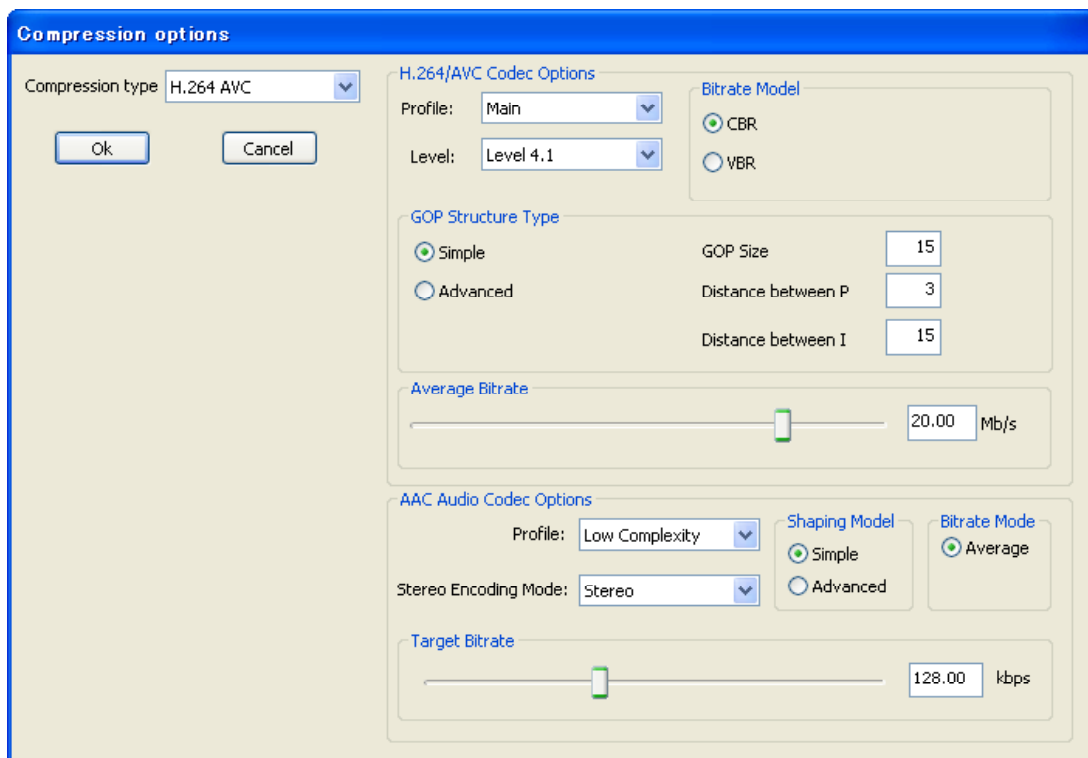


図 3-1.3-2 コーデック設定用ウィンドウ

(c) 映像キャプチャ機能の設定用ウィンドウ

カメラの種類に応じたパラメータを設定することで、正常に映像を受信可能にする。(図 3-1.3-3)

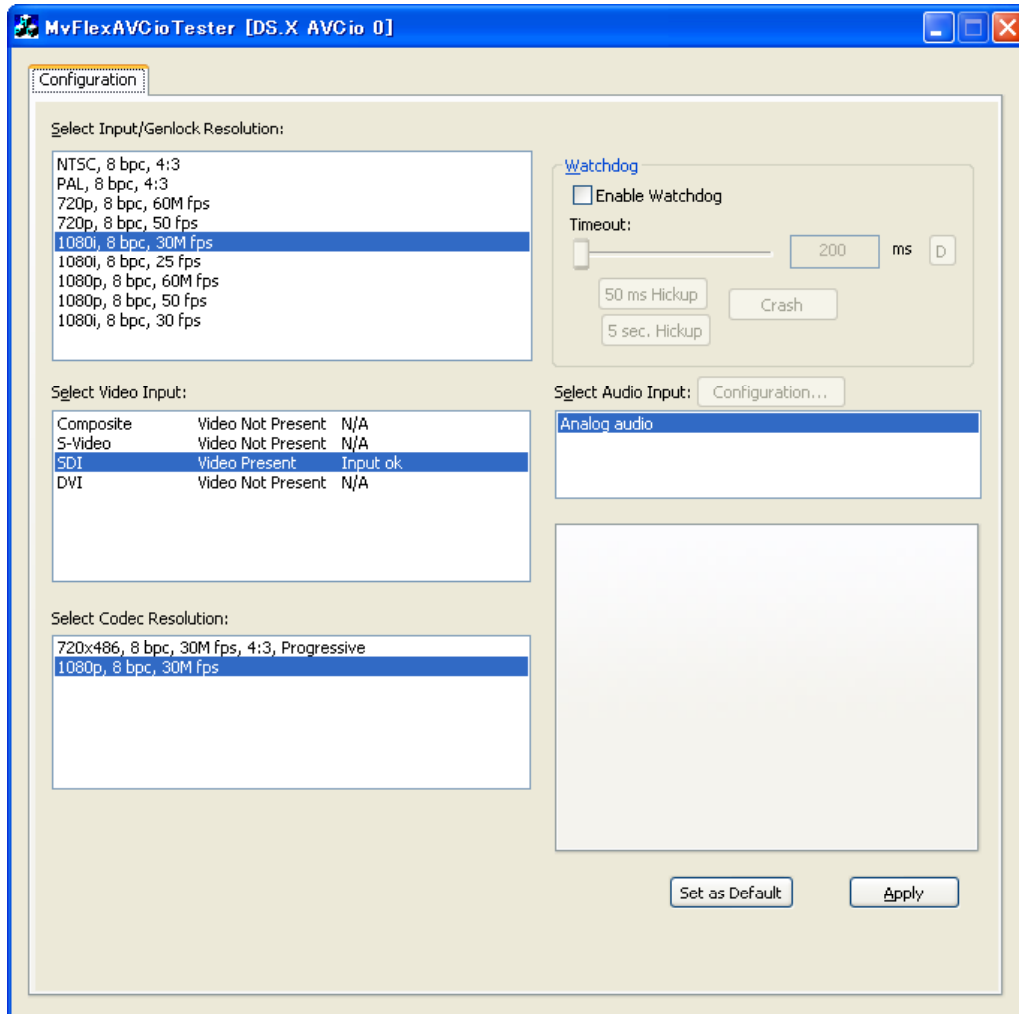


図 3-1.3-3 映像キャプチャ機能の設定用ウィンドウ

(d) 映像プレビュー用ウィンドウ

キャプチャ中の映像が表示される。(図 3-1.3-4)

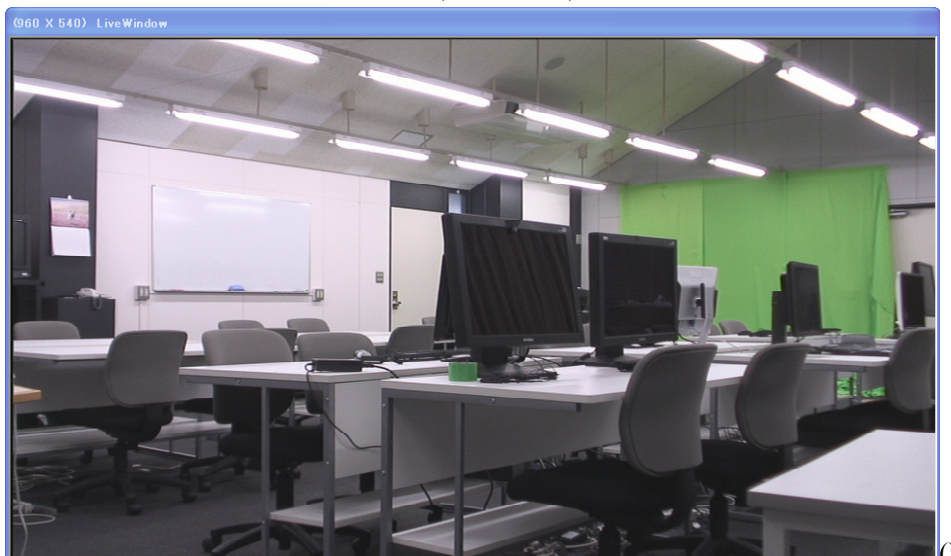


図 3-1.3-4 映像プレビュー用ウィンドウ

(e) 映像キャプチャ用ウィンドウ

映像を受信可能にする映像のキャプチャ、出力先ファイルのコーデックやパスの指定を行う。(図 3-1.3-5)

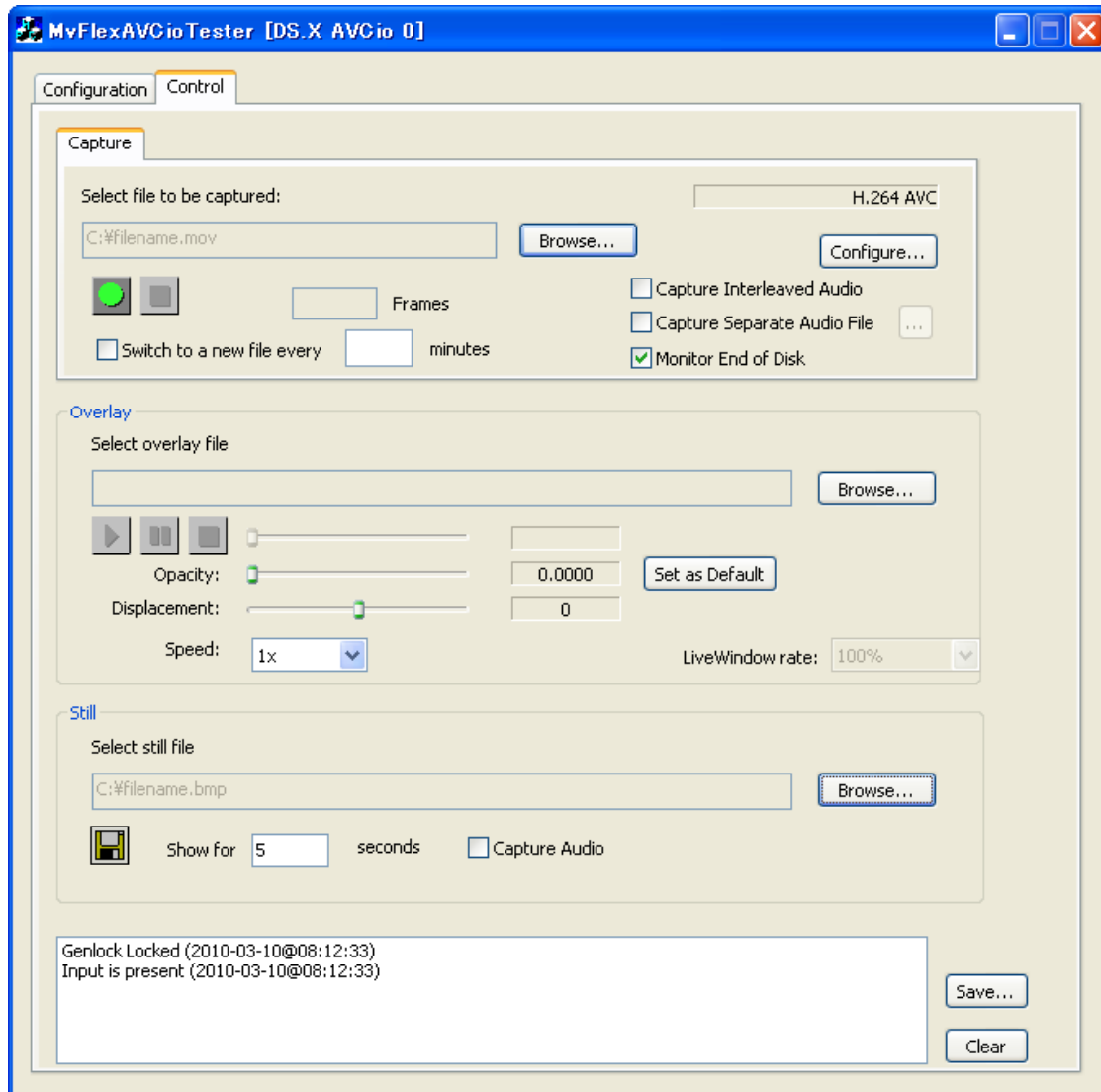


図 3-1.3-5 映像キャプチャ用ウィンドウ

3-2 安全性・快適性の評価機能の検討

3D コンテンツの制作・利活用において、最も重要度の高い課題の1つとして、安全性・快適性に関わる評価が挙げられる。昨年度は、本 F/S における安全性・快適性の評価機能について、撮影した映像に対してステレオマッチングを行い、画素ごとの左右の視差マップを生成し、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各指標との照合を行うという、基本アプローチが採用された。

本年度は昨年度に検討したこの手法の一部試作を行い、当該カメラシステムに実装した。

3-2.1 視差量の分析機能

立体映像の観察により生じる視覚負担の主な原因として、視覚系(輻湊と調節)の不整合が挙げられる。この不整合とは、両眼視差を利用した立体映像を観察する場合に、輻湊は立体像の再生位置を基準として働くのに対し、水晶体の調節は画像呈示面の近傍に固定されているために生じる、輻湊と調節との奥行き情報の矛盾である。この不整合によって生じる眼精疲労の機序は明らかではないが、不自然な視覚情報の影響は否定できない。

そして、輻湊と調節の不整合の大きさを定量化する際の指標としては、視差量が使用される。視差量とは、同一ディスプレイ平面上に投影した立体映像と平面映像をそれぞれ観察した際の輻湊角の、差を意味する。視差量が大きくなるほど平面映像から遠ざかるため、輻湊と調節の不整合は大きくなり、視覚負担は増大する。(図 3-2.1-1)

そのため、立体映像コンテンツの制作時には、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。また、立体映像の視差量は、コンテンツ自体の左右ずれ量以外に、視距離や呈示面の大きさといった、観察環境の影響を受けて変化する。具体的には、コンテンツの左右ずれ量が一定でも、視距離を短縮した場合、もしくは呈示面を拡大した場合には、呈示時の視差量は増大し、負担の原因となる。また、視距離を短縮した場合、もしくは呈示面を縮小した場合には、飛び出し量の減少により平面映像に近づき、立体映像に特有の魅力が失われる恐れがある。(表 3-2.1-1)

視差量の適正值はこのように、視覚負担という安全性、適正な奥行き感という快適性の、2つの側面から評価する必要があり、経験の浅い制作者には把握が困難である。

さらには、劇場シネマ向けコンテンツを後にテレビで放送するなど、特定の観察環境に合わせて用意されたコンテンツを異なる観察環境の下で呈示する場合には、それらの観察環境に応じた補正が必要となる。上記の補正の内容は、撮影環境と観察環境の組み合わせごとに、毎回異なる。また、撮影環境によっては、特定の観察環境に合わせた補正の幅に限界が存在する。

これらの理由により、視差量の適切性を評価する際には、実際に映像を再生して確認するか、適正值を推測できる専門家の経験に頼ってきた。立体映像コンテンツの撮影および再生には、上

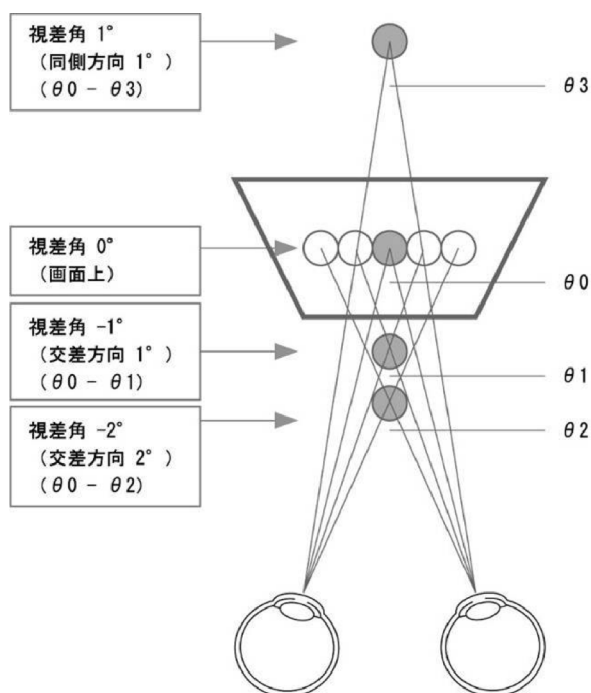


図 3-2.1-1 輻湊と調節、視差量の関係

表 3-2.1-1 視距離および呈示面の大きさと、視差量および飛び出し量の関係の仮設

		視差量	飛び出し量
視距離	短縮	増大	減少
	延長	減少	増大
呈示面	縮小	減少	減少
	拡大	増大	増大

記のように、非立体の場合には不要な、多くの考慮すべき点が存在する。

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、制作環境および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。例えば、コンテンツの撮影や編集時に、その都度、制作者の手計測により評価を行うのではあまりに煩雑であり、誠に実用的とはいえない。そこで本研究では、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自動的に行う機能を制作環境に組み込むことを目標とする。

クリエイターが指標たる視差量を把握することを補助するための機能として、本システムでは視差量を分かりやすく表示する機能を搭載した。一例を以下に示す。

図 3-2.1-2 は、視差量を画素ごとに求めたマップを表している。赤く塗られた画素は、スクリーン面よりも手前、つまり交差方向に飛び出していることを表す。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っていることを表す。黒は視差量が小さい、平面に近い部分を表す。白は視差量を測定できなかった部分である。

視差量を測定できない理由としては、オクルージョンの問題が挙げられる。手前にある物体が背後にある物体を覆い隠す場合、手前にある物体の左右両端に、片方の画像にのみ表れる領域が存在する。また、照明とカメラの角度によっては、一方の画像で輝度が高く、他方では低い領域も存在する。こうした領域では、画素の情報が左右で大きく異なるため、対応点の検出に失敗する。さらには、似通った値を持つ画素が広範囲に連続する場合、すなわち変化に乏しい領域では、対応点の検出が困難となる。

視差量のマップを作成する際には、左右の画像間で画素ごとに対応点を探索し、一方の画像を基準とした場合の横方向のずれ量を、ステレオマッチングと呼ばれるアルゴリズムにより計算する。それにより、一方の画像を基準とした場合のずれ量のマップを作成する。ステレオマッチングは主にコンピュータ・ビジョンの分野で、ロボット

の視覚を実現するために研究されているアルゴリズムである。本システムではその中でも、再帰相関演算を使用したブロックマッチング法[2]を使用した。そして求めたずれ量を、呈示条件に応じた視差角に変換する。立体映像コンテンツ自体のずれ量は画素数単位で記録されているが、これを実際にディスプレイ平面上に呈示し、観察する際には、上記のように視差量が重要となる。これを求めるには、1画素あたりの物理的な距離を基に像の大きさを計算し、視距離に応じた視差量に変換する必要がある。



図 3-2.1-2 視差量のマップの一例 (画像は映像情報メディア学会標準チャートより抜粋)

また、視差量はマップを画像として表示する他、数値を出力することでヒストグラムを作成することもできるよう配慮した(図 3-2.1-3)。ヒストグラム表示を活用することで、交差方向・同側方向とも、視差量が過剰とならないことを視覚的に分かりやすく確認することができるようになる。と考える。

さらに本システムでは、上記のように定量化した視差量を人間工学的な研究の結果として得られた基準値と比較することでコンテンツの評価を行う画像処理機能を実装した。これにより、撮影した立体映像の安全性および快適性を、非専門家でも撮影現場で撮影時に容易に評価できるようになったと考える。

視差量が大きすぎると視覚負担の原因となる反面、安全性を追求して視差量を少なくすれば、平面映像に近づき、立体映像としての魅力が失われ快適性が損なわれる。安全性と快適性の評価にあたってはいずれも、基準値を満たす値の割合をもとに判定することとした。交差・同側方向の最大視差量を用いなかったのは、視差量の計算結果には外れ値が含まれるため、それらを実評価に用いることになり判定結果に誤りが生じると考えたためである。したがって、最終的な評価は、閾値処理により条件を満たす範囲にあると判定された値が、画像全体に占める割合から決定する仕様とした。

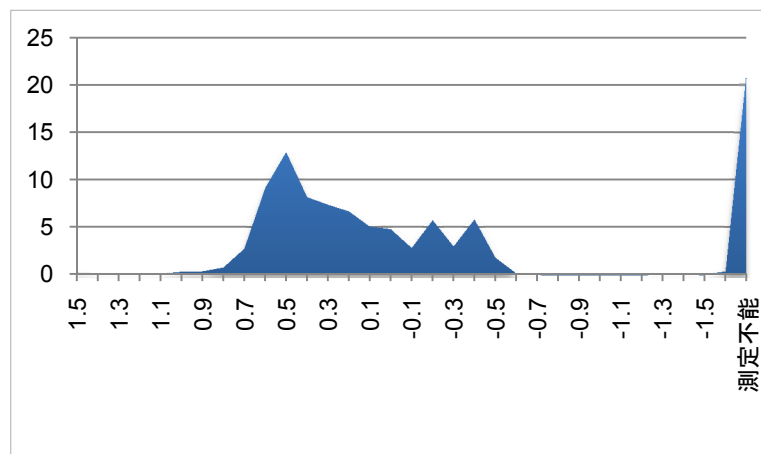
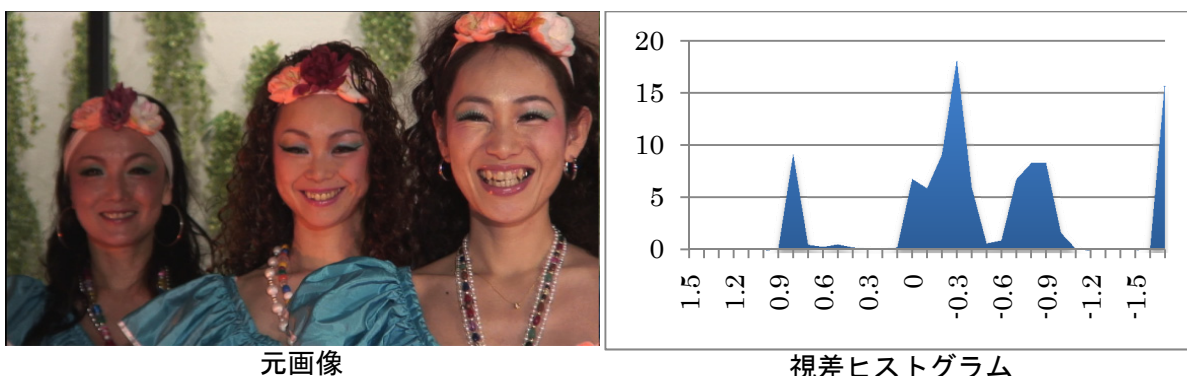


図 3-2.1-3 視差ヒストグラムの一例

3-2.2 安全性の評価機能

本システムで実装した安全性の評価機能では、便宜的に3つの閾値を決め、使用した。これらの値はあくまでも、先行研究等を参考にした仮の値であり、その検証も次年度に行いたいと考えている。仮定した安全性の基準値は、交差方向が視差量 1° 以内、同側方向のずれ量が 6.5cm 以内、というものである。

交差方向の閾値は人間工学的な評価実験の結果に基づくもので、実験結果からは視覚的な負担が有意に増大した。同側方向の閾値は、先行研究に基づくものである。これらの閾値を左右画像のずれ量に変換し、交差方向および同側方向の閾値を画素数単位で求める。全領域中に閾値を超える画素が一定量以上存在すれば、危険であると判定するものとした。なお、評価結果では、基準範囲内の画素を黒で、基準範囲を逸脱した画素を、交差方向は赤、同側方向は青で表示する仕様とした。これは、制作中のコンテンツの視差量が過剰な部分を、経験の浅い制作者でも一目で把握できるようにするためである。(図 3-2.2-1)



元画像

視差ヒストグラム



視差マップ



基準値以上の視差（赤と青が危険）
図 3-2.2-1 安全性の評価結果の一例

3-2.3 快適性の評価機能

安全性を追求するのみでは限りなく2次元映像と等しくなってしまう、立体映像としての魅力が損なわれる恐れがある。そのため、画像呈示面の前後にバランスよく視差が分布しているか否かを確認するための機能として、快適性の評価機能を実装した。

(1) 最も手前および奥の被写体の視差量を求めるアルゴリズム

初めに、最も手前側および奥側の最大視差量を求める。まず、ずれ量マップから視差ヒストグラムを作成し、階級ごとに全画素中に占める割合に変換する。この割合は、オブジェクトが存在する深さに対応する階級で高く、それ以外では低くなる。そのため、この視差ヒストグラムの最も外側に存在するピークが、両方向の最大視差量となる。ここで、平らなオブジェクト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階級の割合が高く、その上下の階級については低くなる。しかしほとんどのオブジェクトには厚みがあるため、実際には1つのオブジェクトが複数の階級間にまたがって存在する場合が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階級よりも外側に存在する階級の割合を合計した値を基準に、被写体の存在の有無を判定することとする。ずれ量は整数値であり一定の範囲内に収まるため、ヒストグラムの階級はずれ量の値ごとに設ける。両方向とも最も外側の階級(視差量 3° 以上)を始点に、 0° 側の階級を1階級ずつ足し込んでいき、初めて一定以上となる視差量をそれぞれ、最も手前側および奥側の視差量とする。なお、ここで使用した閾値も、安全性の評価で使用した閾値と同様、便宜的に決めた仮の値である。

計算上は、割合に対応するパーセンタイル値を基準に被写体の有無を判定することで、計算量を減らしつつ同様の結果を得られる。例えば、割合が10%の場合であれば、ずれ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最も奥側の被写体の視差量、下位10パーセンタイル値を視差量に変換したものを最も手前の被写体の最大視差量とした。

次に、最も手前側および奥側の視差量の間隔を計算する。この間隔が広すぎずかつ狭すぎない場合に快適であると判定する仕様とした。この快適性の概念は、人間にとって好ましい立体感、奥行き感が存在するという仮定に依拠しており、根拠となるパラメータは、現状では先行研究を参考に仮に設けている状態である。視差量の幅の変わりに飛び出し量の使用することも含め、妥当性の検証は次年度に行いたいと考えている。(エラー! 参照元が見つかりません。)

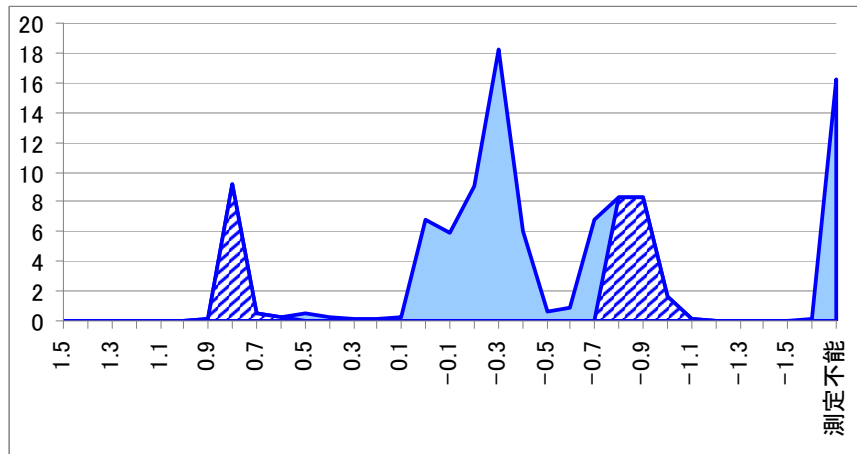


図 3-2.3-1 視差ヒストグラムの左右両端 (10%ile 値まで) を斜め線でハッチングしたもの

3-2.4 まとめ

当該アプローチは、本来、編集集中の 3D コンテンツの視差量を簡易に把握することを想定されていたが、本年度 F/S ではこれをカメラシステムの制御ソフトウェア上に実装したことで、撮影中の 3D コンテンツに対して簡易に安全性・快適性の評価を実施することが可能となった。

参考文献

[1]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)

[2]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)

3-3 多様な観察環境に対応した変換機能の検討

3-3.1 観察環境に基づくカメラ制御機能

多様な観察環境に対応するため、撮影される立体映像コンテンツに対する、3-2 で述べた評価結果が良好となるよう、被写体と呈示条件に応じて撮影前にカメラパラメータを制御する機能を検討・実装した。

立体映像の撮影法には並行法と交差法が存在する。並行法には、利用できる領域が狭くなるという原理的に不可避な欠点がある。また、交差法では光軸を交差させて撮影するため、遠景や近景では左右画像のずれ量が過剰となる恐れがある。また、実際の撮影時には、撮影環境と再生環境をもとに最適な撮影条件をその都度計算することが一般的であり、撮影後には光軸の交差角に応じて強くなるキーストン歪みの補正が必要となるなど、非立体映像に比べて考慮すべき点が多い。そのため、経験が浅い制作者には意図したとお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。

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 F/S ではこの点に着目し、制作者自身の意図が反映される部分以外の値を極力自動的に決定する機能の試作を行った。

3-3.1.1 カメラパラメータの最適化

撮影した立体映像コンテンツを実寸で呈示し、カメラに対応する位置から観察した場合には、像の上下、左右、奥行きの大きさはいずれも、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、奥行きの高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変更できないため、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、例えば他の部分をすべて 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ってしまふ。そのため、実寸大以外で呈示する場合には、大きさに応じたずれ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。(図 3-3.1-1)

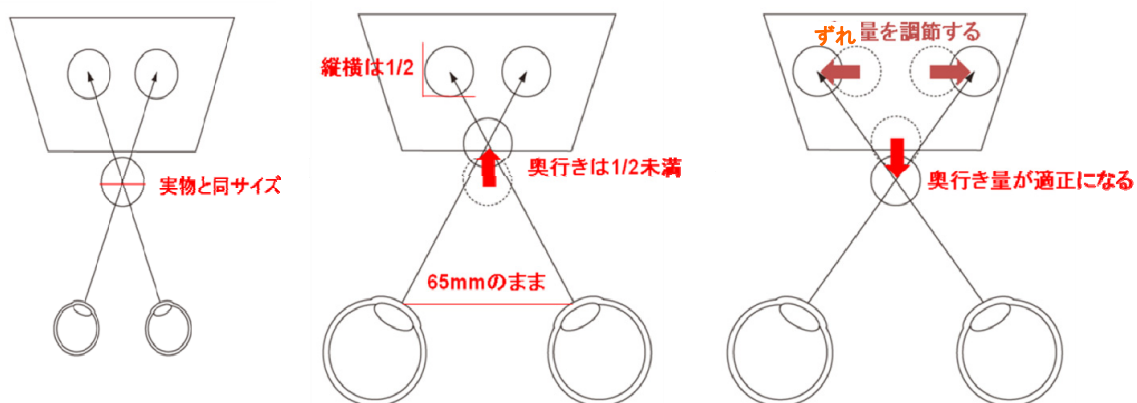


図 3-3.1-1 画面の大きさが「縦横:奥行き」比に与える影響

カメラパラメータは以下の順に決定する。

- ① カメラの画角を設定する。
- ② 撮影距離を決める (制作者による)。
- ③ 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。
- ④ 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。

図 3-3.1-3 の左は上記の方法で設定後に撮影した場合の、画像のずれ量を表している。元画像(図 3-3.1-2)で右下の胸像がある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っていることを表す。黒は視差量が小さい、平面に近い部分を表す。白はずれ量を測定できなかった部分である。このずれ量を、想定した観察条件で見ると、適正な奥行き感が得られている。

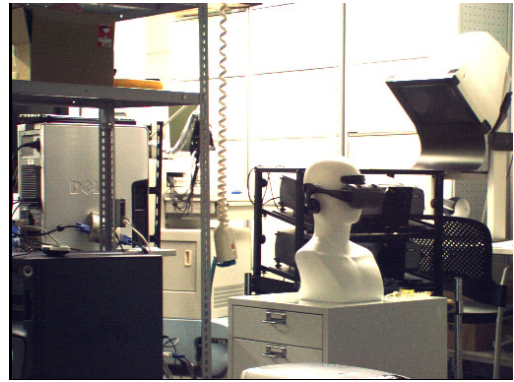


図 3-3.1-2 元画像 (左目用)

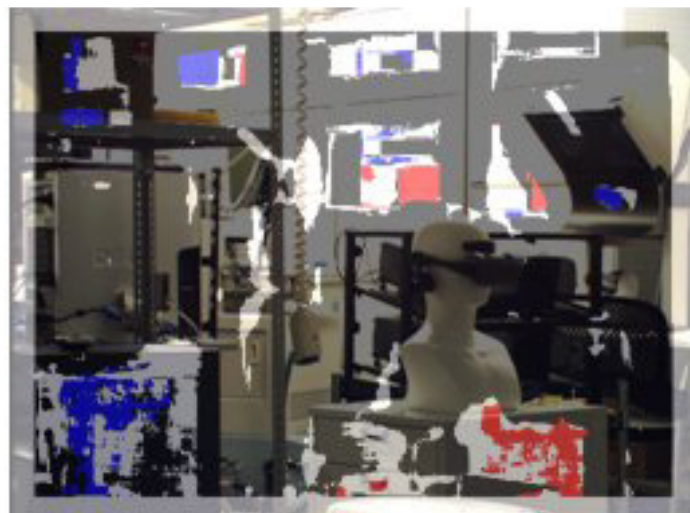
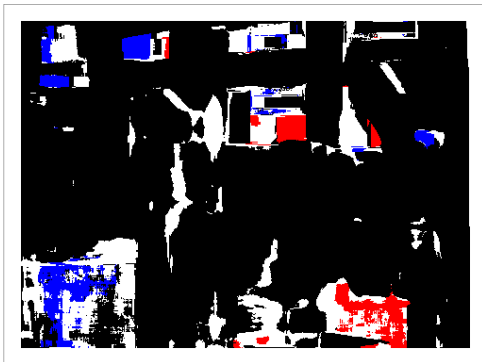
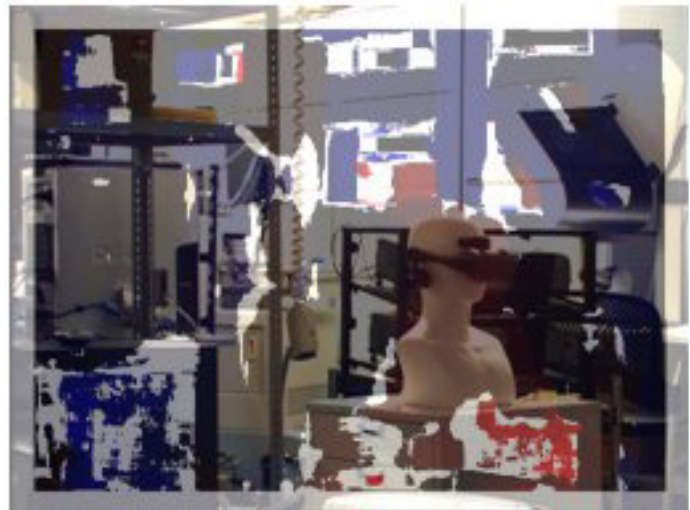


図 3-3.1-3 理論値に設定した場合の左右ずれ量

詳細は後述するが、図 3-3.1-3 の右は、人間工学的に安全と考えられる範囲から逸脱した部分を塗ったものである。赤は交差方向を、青は同側方向を表す。この条件では、逸脱した部分は問題のない広さに収まっている。

3-3.1.2 観察環境に基づくカメラ制御機能

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存在する。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、ずれ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。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を、人間工学的な実験により調査し、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手法を検討した。

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、および、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のアルゴリズムを応用し、初めから上映時の観察環境に合わせた撮影を行う機能を試作した。

具体的には、制作者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ごとに計算し、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、遠景と近景のずれ量の過剰を抑制するという仕様である。前述の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。安全性の評価の流れを図 3-3.1-4 図 3-3.1-5 に示す。

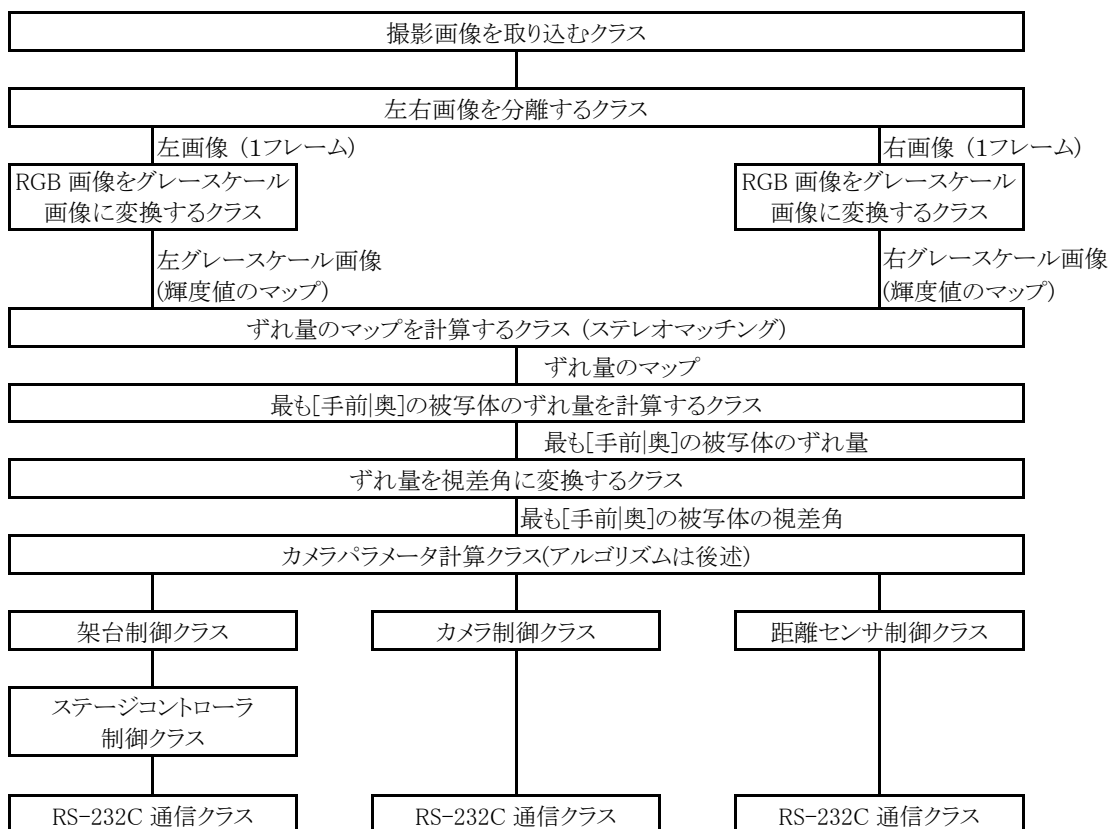


図 3-3.1-4 安全性の評価と結果に基づく修正の流れ

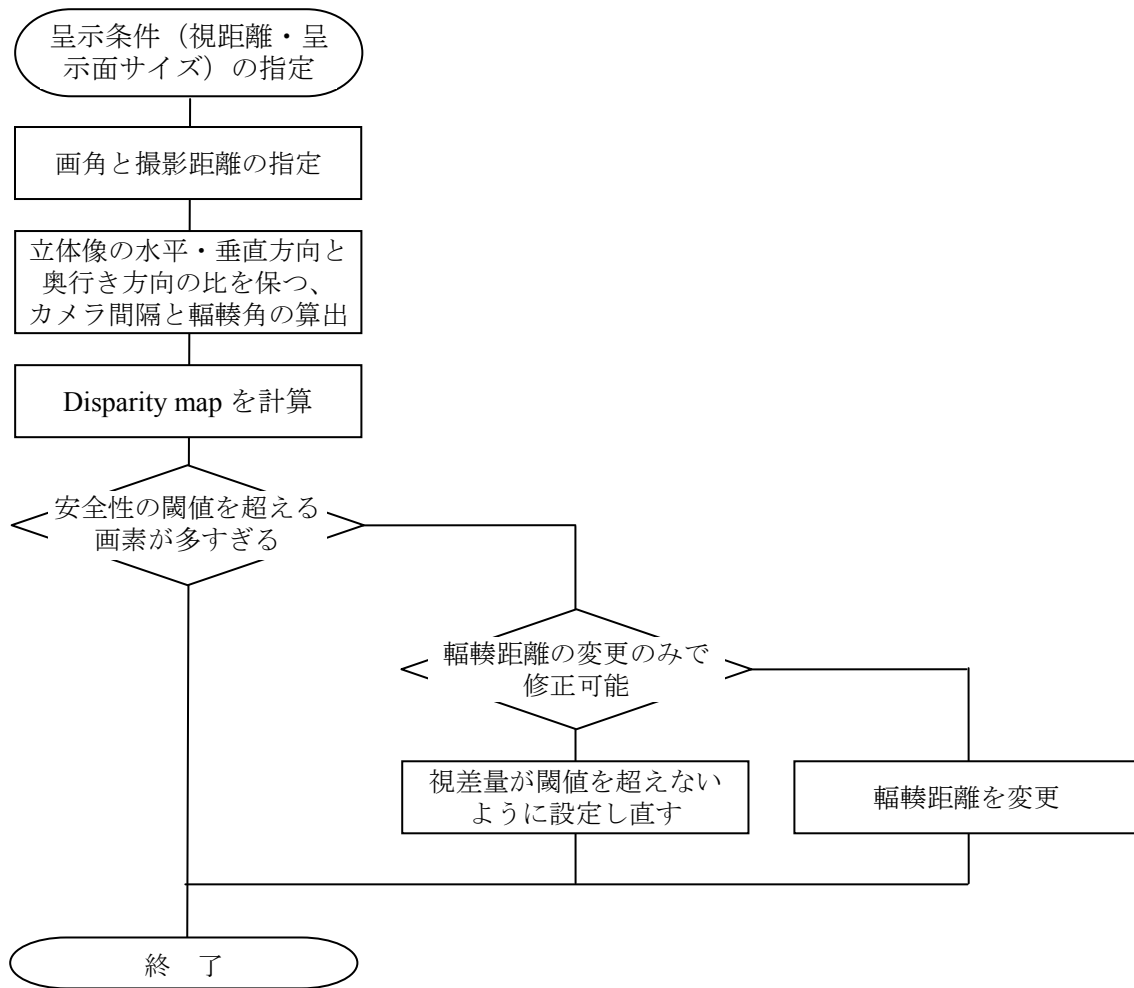


図 3-3.1-5 安全性の評価と結果に基づく修正の流れ (カメラパラメータの計算処理)

3-3.1.3 最も手前および奥の被写体の視差量を基にカメラの間隔と輻輳を調節するアルゴリズム

初めに、3-2.3(1)で述べた方法を使用し、撮影中の左右の画像間で画素ごとに対応点を求め、一方の画像を基準とした場合のずれ量のマップを作成する。その後、最も手前側および奥側の被写体の視差量を求める。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

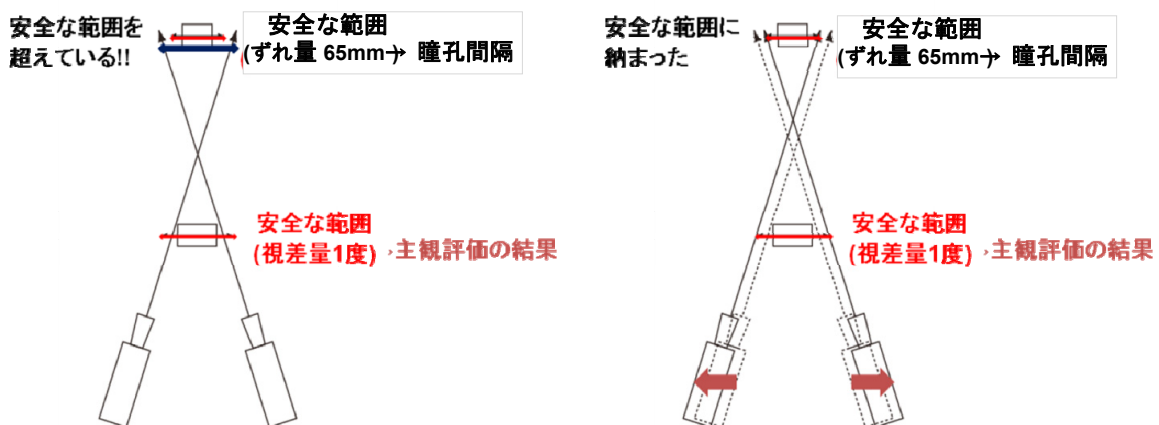


図 3-3.1-6 輻輳距離の変更による補正 (左が補正前、右が補正後)

限界のずれ量を計算する。安全性の評価時と同様、同側方向では後方発散を起こす閾値となると言われる瞳孔間隔 65mm 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 度をずれ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。なお、これらも便宜上設けた仮の値である。

図 3-3.1-6 の左では、同側方向(上側)で、安全な範囲を超えている。この場合は交差方向(下側)ではまだ余裕があるので、図 3-3.1-6 の右のように、カメラの左右間隔を変更することで、輻輳距離を変更し、安全な範囲に収める。実際にこの方法で修正した結果を以下に示す。被写体は、図 3-3.1-2 と同様である。

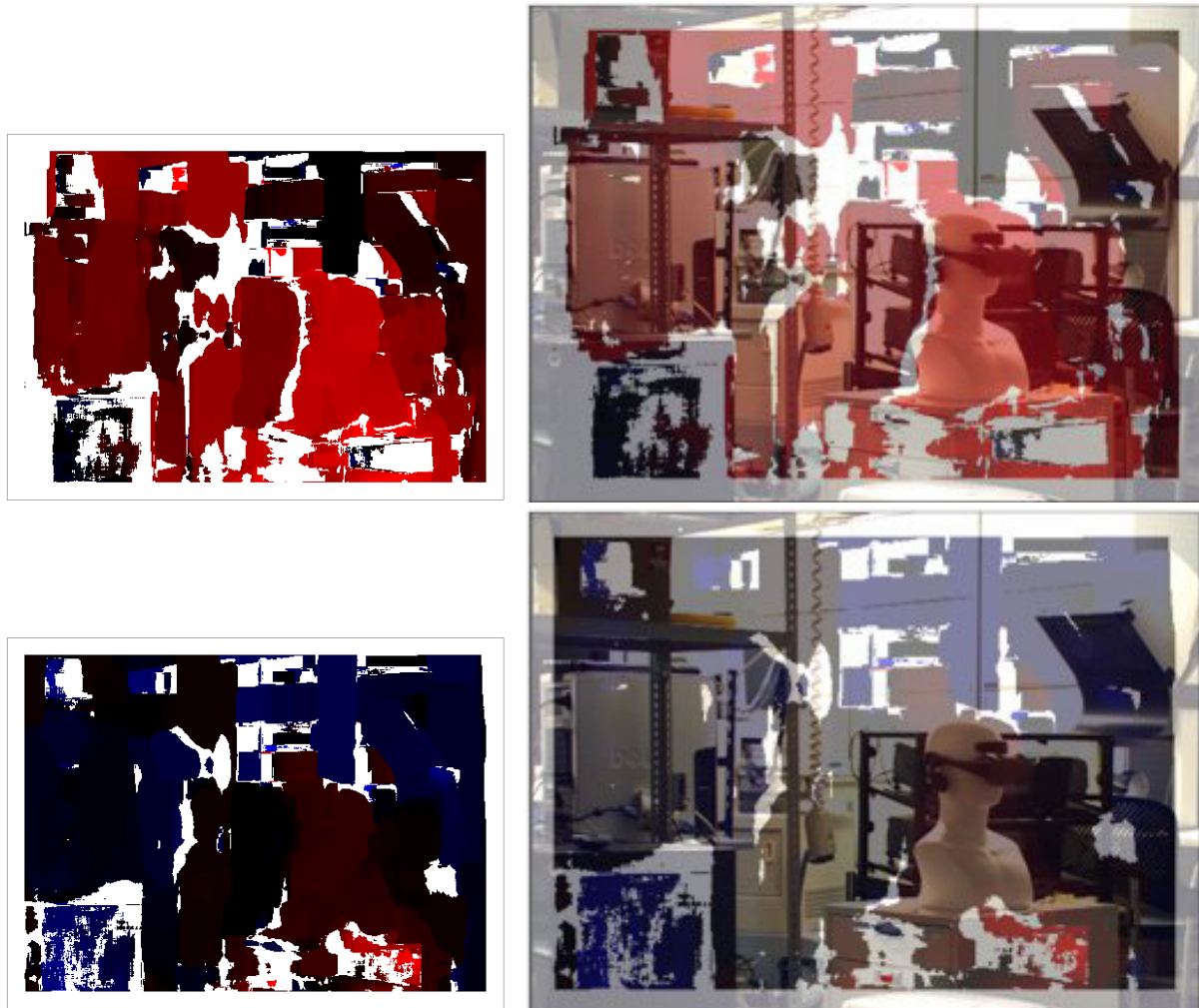


図 3-3.1-7 輻輳距離の変更による補正前後の比較

補正前のずれ量マップでは上のように、全体が手前側(交差方向)に飛び出し過ぎ、赤くなっている。補正後には下のように、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(図 3-3.1-7)。安全性の閾値を超えた部分を赤と青で塗った図を以下に示す。補正前(上側)では、全体に飛び出し過ぎ、赤くなっている。それに対し補正後には、閾値を超えた部分はほとんど見られない(図 3-3.1-8)。

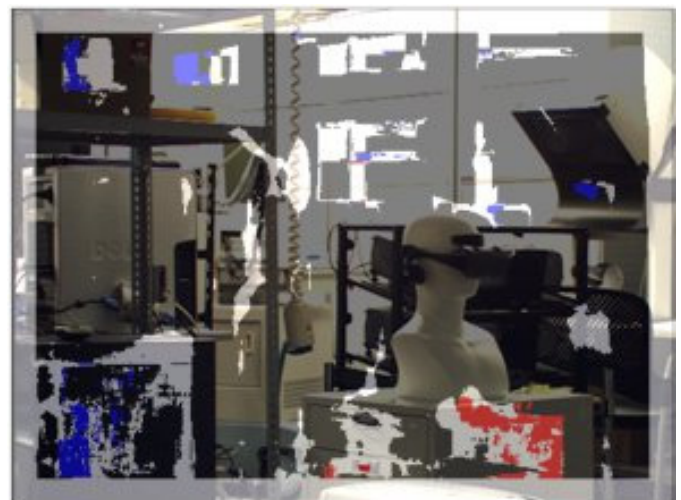
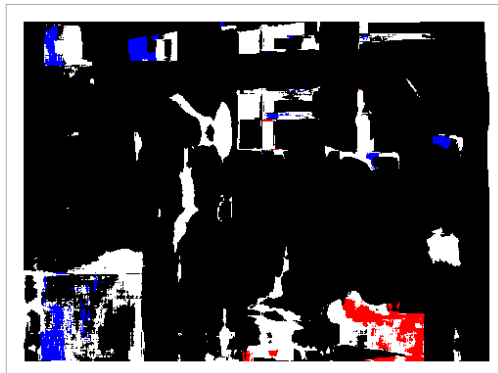
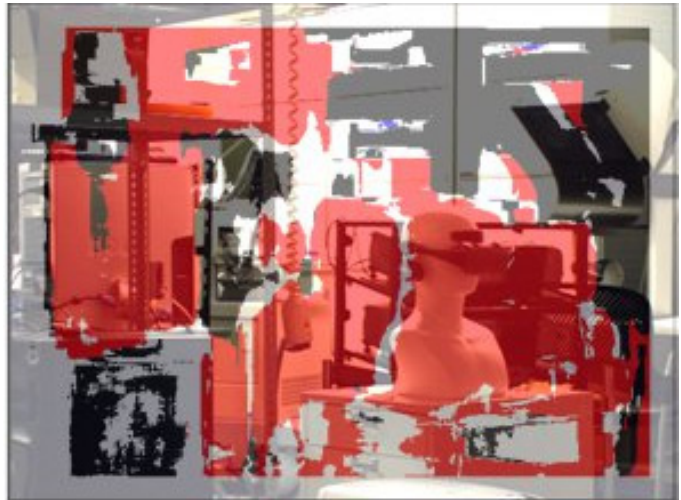


図 3-3.1-8 輻輳距離の変更による補正前後の比較 (安全性)

輻輳距離の変更のみでは安全な範囲に収まらず、交差方向か同側方向に必ずはみ出してしまう場合には、どちらもはみ出さないぎりぎり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ぎりぎりに、最も手前の被写体が交差方向の閾値ぎりぎりになるカメラ間隔と輻輳角に設定する。(図 3-3.1-9)

この機能の主な目的は、視差量の過剰により生じる視覚負担を抑制することである。計算上理想的なパラメータに設定して撮影した場合に生じる恐れがあるもう一つの問題として、飛び出し量が過少である場合に、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が挙げられる。特に、ずれ量のみに基づきカメラパラメータを設定し直した場合には、計算上の理想的な値に比べ、奥行き幅は必ず小さくなる。

単純に視覚的な負担を抑制することのみを目的とするならば、視差量を0に近づけることが効果的である。しかしそれでは、平面映像に近づき、立体映像に特有の魅力が損なわれる恐れがある。そのためここでは、安全性の閾値を超えないぎりぎりの位置とした。これは 3-2.3 で述べた、快適性に配慮した処理である。

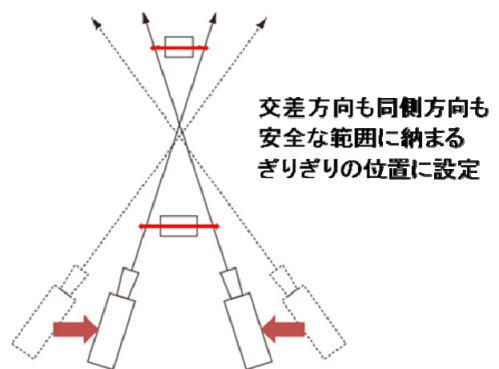


図 3-3.1-9 ずれ量のみに基づくカメラパラメータの設定

実際に、この方法により設定した結果を以下に示す。被写体は図 3-3.1-2 と同様である。左の図のように、ずれ量は全体的に控えめになっている。安全性の閾値を超えた画素を塗り分けただ右の図では、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 3-3.1-10)。

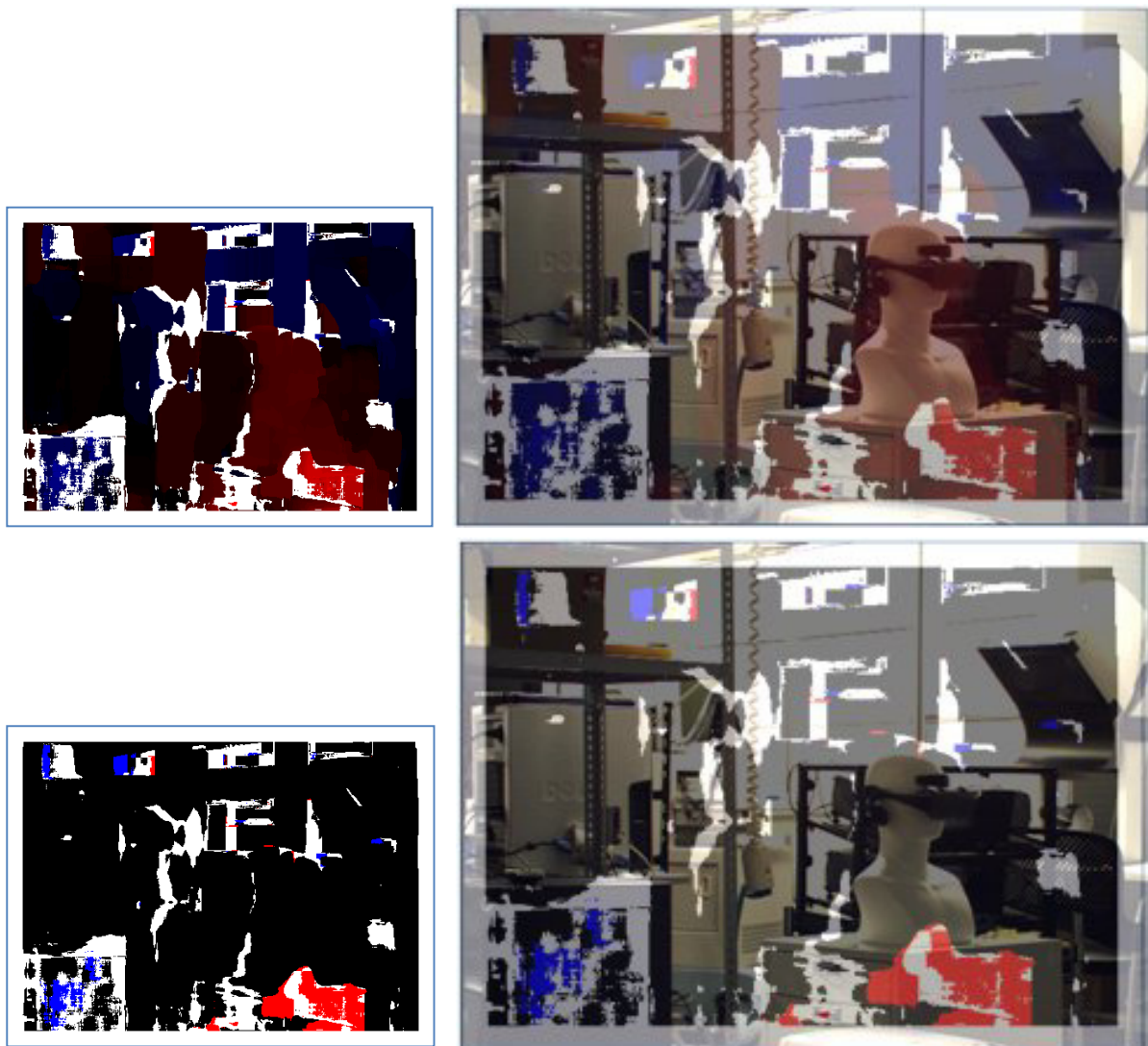


図 3-3.1-10 ずれ量のみに基づく設定後のずれ量マップ

3-3.1.4 まとめ

立体映像の撮影時には、撮影環境と呈示環境の間で各部の比率を等しくし、適正な奥行き量が得られるよう、計算した上でカメラを設定してから撮影する必要がある、制作者にとっては大きな負担になっている。輻輳距離と呈示面の大きさからカメラ間隔と輻輳角を計算および調節する機能により、自動的な設定を可能にすることで、上記の問題を解消する手法を検討した。

次に、理論値とおりに計算して設定・撮影しても、カメラの間隔が広く、非常に手前または奥に被写体が存在する場合には、手前と奥の被写体でずれ量が大きくなりすぎ、視覚負担が増大する危険があるという問題がある。これに対し、ずれ量のマップをもとに視差量を計算し、安全な範囲に収まるよう抑制する機能を検討した。

本年度の作業では、上記の機能を実際のカメラシステムに実装することで、実際に撮影している最中に、被写体に応じて設定を行うことが可能となったことが成果として挙げられる。

3-3.2 メタデータの取得と活用機能

映像以外に撮影条件、すなわち撮影時の全カメラパラメータをテキストファイルに記録しておく、撮影後の修正の手がかりとして使用する機能を追加した。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られる。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、他の観察環境ではずれ量を調節し直す必要がある。本機能は、この調節を支援する機能を追加するというものである。(図 3-3.2-1)

保存されるパラメータは、以下の 8 項目である。

- ・ ズーム倍率
- ・ シャッタースピード
- ・ ゲイン
- ・ 輻輳角
- ・ 焦点距離
- ・ 絞り
- ・ カメラ間隔
- ・ 架台角度

保存の際には、GUI 上のボタンをクリックした瞬間のパラメータを記録可能な他、ボタンのクリックにより開始と終了を指示し、その間のパラメータを毎秒記録することも可能となった。また、プログラムの簡単な修正により、30fps など任意の間隔で記録することも可能となる。

また、テキストファイルに行単位で時刻とカメラパラメータを書いておき、それを読み込ませることで、時刻ごとに指定したパラメータにセットされるようにする再生機能も追加した。読み込ませるテキストファイルのフォーマットは時刻の列を除き、先に述べた書き出されるファイルと同様である。そのため、カメラパラメータを変更しながらパラメータを時系列的に記録し、それに若干の修正を加えた上で読み込ませることで、動作を再現することも可能となる。

この機能を使用することで、撮影開始前にあらかじめ撮影の流れと被写体の位置などから時刻ごとのパラメータを決めておき、そのとおりに動作させながら撮影する、という方法が可能となった。

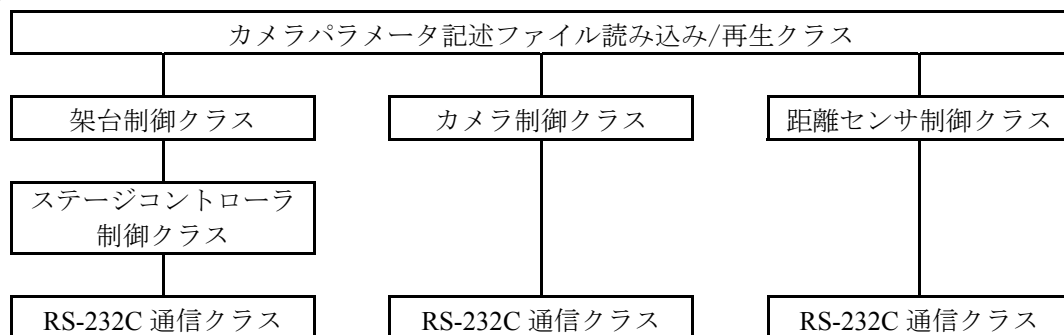


図 3-3.2-1 テキストファイルを読んでカメラパラメータを再生する機能のブロック図

参考文献

- [1] Shinsuke Kishi, Nobuaki Abe, Takashi Shibata, and Takashi Kawai, Makoto Maeda, Kouichi Hoshi, "Stereoscopic camera system with creator-friendly functions", SPIE, 7237, 72371M (2009)

3-4 ユーザビリティテスト

上述のように、高度化および諸機能が試作・実装されたカメラシステムを用いて、3D コンテンツの実制作によるユーザビリティテストを行った。本 F/S におけるユーザビリティテストでは、カメラシステムの高度化に際する課題検証を目的とした予備テストと、高度化・実装後のシステムのユーザビリティに関する以下の3種類のテストが、それぞれ実施された。

- ・ アルゴリズムテスト

実装された安全性・快適性の評価機能と、カメラパラメータの最適化機能を対象に行われた。被写体はダンサーであり、撮影は屋内で行われた。良好な撮影結果が得られたことから、当該システムで利用しているアルゴリズムの有効性が確認されたが、ユーザビリティという点では、自動設定後の手動による微調整の利便性の向上などが課題として挙げられた。

- ・ ヒューリスティックテスト

普段、ステレオ撮影を行っているカメラマンやディレクターに参加を求め、専門家の視点からシステムの評価がなされた。被写体は、人物および風景であり、撮影は屋外で行われた。移動車やミニクレーンを使用して、多様な撮影シーンに対して、当該システムをどの程度、適用し得るか確認がなされた。結果から、プロトタイプとしての制約を考慮する必要はあるものの、実用性の観点から多くの改善点や改善策に関する知見を得ることができた。

- ・ スケーラブルテスト

システムの拡張性に関するスケーラブルテストでは、CG との合成を想定した撮影とポストプロダクション処理が行われた。被写体はモデルルームであり、撮影は屋内で行われた。結果から、ステレオ画像のスケーラビリティにおける、撮影時のカメラパラメータの取得・活用の重要性が示唆された。

3-4.1 予備テスト(スポーツのライブ中継)

3-4.1.1 予備テストの概要

(1) 目的

3Dカメラシステムの予備テストとして、BS11 の協力の下、プロ野球の試合（東北楽天ゴールデンイーグルス VS 福岡ソフトバンクホークス）の撮影を行い、高度化前のカメラのユーザビリティを検証した。

(2) 実施日時・場所：

2009年4月8日(木)、9日(金)18:00～
東北楽天ゴールデンイーグルス VS
福岡ソフトバンクホークス
クリネックススタジアム宮城
URL: <http://www.rakuteneagles.jp/stadium/>

(3) カメラの設置位置

当初、バックネット裏からの撮影を予定していたが、バックネットが撮影の邪魔になること、会場全体の撮影を行いたかったことを理由に、全体を見渡すことが可能な右スタンド（ホームを背）客席内のカメラブースからの撮影を行った。図 3-4.1-1 にカメラの設置位置からの風景、図 3-4.1-2 に当日の試合の様子を示す。



図 3-4.1-1 カメラの設置位置からの風景

3-4.1.2 撮影システム

(1) システム図

今回の撮影に用いたシステム図を図 3-4.1-3 に示す。システムのハードウェア構成を表 3-4.1-1 に示す。



図 3-4.1-2 当日の試合風景 その1

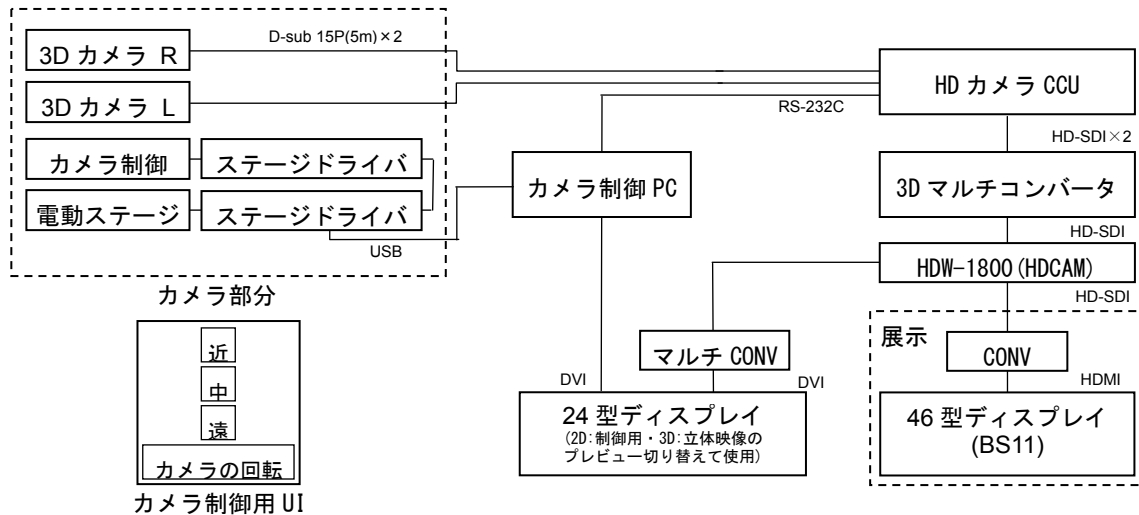


図 3-4.1-3 野球中継用 3D カメラシステム

表 3-4.1-1 システムのハードウェア構成

機材	型番
3D カメラ	SONY FCB-H10
HD カメラ CCU	フローベル制作
3D マルチコンバータ	フローベル制作
HDCAM	SONY HDW-1800
24 型 3D ディスプレイ	HYUNDAI P240W
46 型 3D ディスプレイ	HYUNDAI E465S

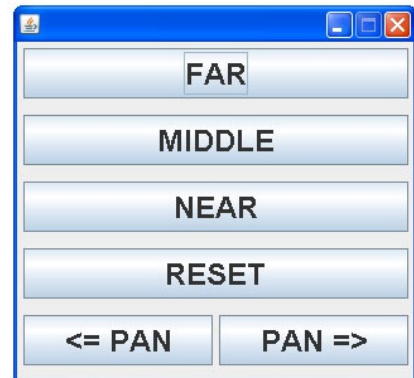


図 3-4.1-4 制御用 UI

(2) カメラ制御用 UI

3D カメラのパラメータを制御するカメラ制御用 UI を図 3-4.1-4 に示す。「FAR」、「MIDDLE」、「NEAR」3 つのプリセットボタンには、事前にカメラのパラメータが設定してある。設定できるパラメータは、「フォーカス」、「ズーム」、「カメラ間隔」、「輻輳距離」、「首振りパン角度」である。プリセットボタンをクリックすると、カメラの設定が自動的に変更される。「<=PAN」、「PAN=>」ボタンを押すと、あらかじめ設定した角度でカメラがパン回転する。

(3) 3D カメラシステムのパラメータの決定

試合開始前に撮影現場でのテスト撮影を行い、カメラ制御 UI の、「NEAR」、「MIDDLE」、「FAR」に設定するパラメータを決定した。表 3-4.1-2 にそれぞれのプリセットに設定したカメラパラメータを示す。

表 3-4.1-2 設定したカメラパラメータ

	フォーカス (mm)	ズーム (倍率)	カメラ間隔 (mm)	輻輳距離 (mm)	首振りパン角度 (Deg)
近距離	10,000.0	250.0	250.0	20,000.0	90.0
中距離	10,000.0	97.0	97.0	10,000.0	41.0
遠距離	10,000.0	97.0	97.0	10,000.0	41.0
RESET	10,000.0	147.0	147.0	10,000.0	41.0

(4) 撮影した映像

それぞれのプリセットに設定したパラメータを用いて撮影を行った。「NEAR」で撮影した映像のスクリーンショットを図 3-4.1-5 と図 3-4.1-6、「MIDDLE」で撮影した映像のスクリーンショットを図 3-4.1-7 に、「FAR」で撮影したスクリーンショットを図 3-4.1-8 に示す。

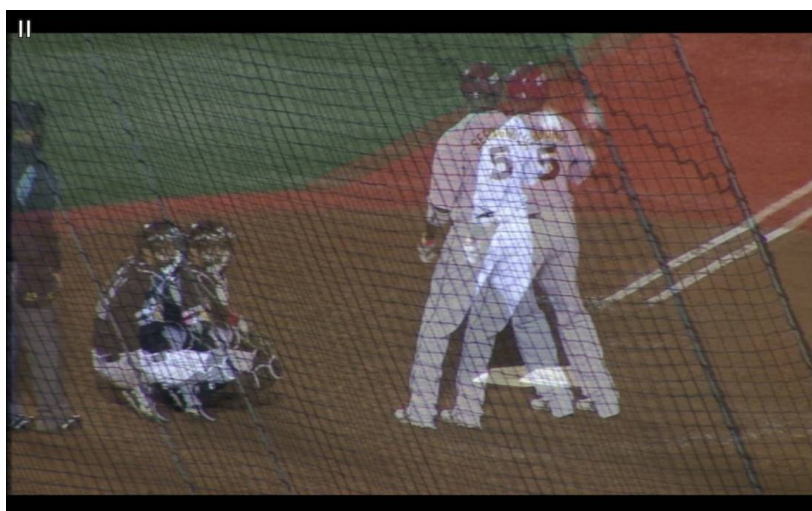


図 3-4.1-5 「NEAR」で撮影した映像：バッターボックスのズームアップシーン

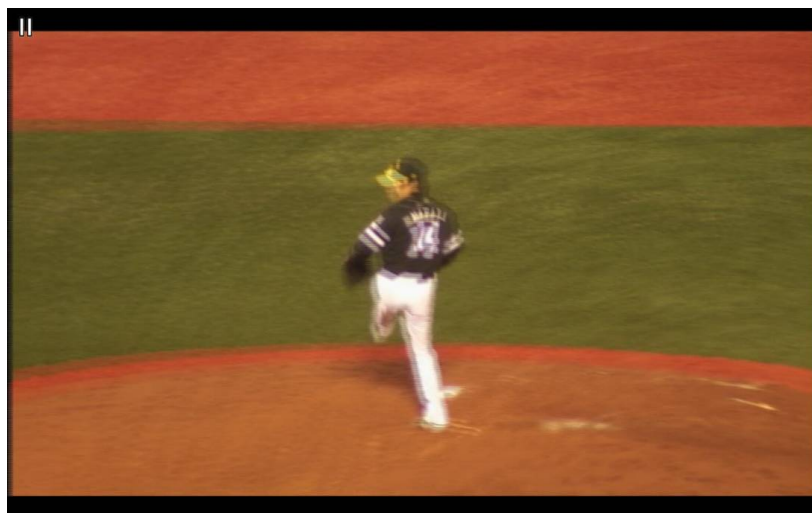


図 3-4.1-6 「NEAR」で撮影した映像：ピッチャーマウンドのズームアップシーン



図 3-4.1-7 「MIDDLE」で撮影した映像：バッターボックスのミドルショット



図 3-4.1-8 「FAR」で撮影した映像：球場全体のロングショット

(5) 3D カメラシステムの設置風景

3D カメラとリグを図 3-4.1-9、設置した 3D カメラシステム全体を図 3-4.1-10、カメラ位置からの風景を図 3-4.1-11、カメラ制御用 UI の表示画面を図 3-4.1-12 に示す。



図 3-4.1-9 3D カメラとリグ



図 3-4.1-10 設置した 3D カメラシステム全体



図 3-4.1-11 カメラ位置からの風景



図 3-4.1-12 カメラ制御用 UI の表示画面

3-4.1.3 撮影結果

(1) 撮影して得られた課題と対応策

撮影を通じて得られた課題とその対応策について考察したものを、表 3-4.1-3 に示す。

表 3-4.1-3 撮影によって得られた課題と対応策

課題	対応策
<ul style="list-style-type: none"> ・フレーム同期がとれていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影時点でハードウェアの同期がうまく機能していなかった。 ・今後、GenLock の導入を考える。
<ul style="list-style-type: none"> ・左右のキャリブレーションに時間がかかる。 ・垂直視差をなくすためのカメラ位置の調整が非常に困難である。 ・垂直視差は、指でつまみを回すしかない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ位置の調節をもっと簡易に行えるようなハードウェア上の改良が必要である。
<ul style="list-style-type: none"> ・カメラの初期位置設定が困難である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ハードウェアの改良が必要である。
<ul style="list-style-type: none"> ・映像の左右端がずれている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・垂直視差を補正する機能が必要である。 ・交差法で撮影されたために、キーストーンひずみが生じた。撮影後のひずみ補正機能が必要である。
<ul style="list-style-type: none"> ・視野闘争が顕著であった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・同期ずれが主な原因と考えられる。 ・同期ずれや垂直ずれをなくすことで解決できる。
<ul style="list-style-type: none"> ・以下の映像において、クロストークが顕著であった。 - 視差量コントラストが大きい映像 - 垂直視差が起きている映像 - 左右の分離がうまくいっていない映像 	<ul style="list-style-type: none"> ・左右のカメラのキャリブレーションが十分ではなかった。 ・あらかじめ、左右の色調整は行っているが、撮影途中でずれてしまうケースが多かった。 ・撮影前のキャリブレーションまたは、撮影後の左右の色合わせや垂直視差補正のためのシステムが必要である。 ・CG の場合は、背景を同系色にして目立ちにくくするなどの対応が可能である。
<ul style="list-style-type: none"> ・俯瞰視点(FAR)の時、白いユニフォームの選手にシャギーが観察された。 ・ウォームノイズ、虫が這うような「ニワニワ」が見えた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・画像の解像度が低い、または圧縮の影響が考えられる。 ・録画用のフォーマットの検討が必要である。
<ul style="list-style-type: none"> ・記録方式(左右分割)と呈示方式(上下分割)の違いによる解像度の犠牲が生じている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・記録フォーマットの改良が必要である。
<ul style="list-style-type: none"> ・システムが複雑なため、セッティングが非常に困難である。 ・特定の間人がいないとセッティングができない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・システムの簡素化が求められる。

第1に要求される機能として、以下の項目が挙げられる。

- ・左右映像を完全に同期させる機能 GenLock の導入が望ましい。
- ・撮影中、撮影後の縦ずれ、回転の補正機能
- ・被写界深度の調節機能 (シャッタースピード & 絞り)
- ・正確なフォーカス機能

これらの課題については、今後のケーススタディを通じて改良・検討していく予定である。

(2) カメラの自動設定アルゴリズムの妥当性を検証

撮影した映像と再生する環境から、最適なカメラパラメータを自動的設定するアルゴリズムを3Dカメラシステムに実装することを予定している。

テスト撮影時点では、3Dカメラで撮影した映像キャプチャ機能および、RS232Cを通じて制御する機能が未実装だったため、システム内で撮影した映像から自動的にパラメータを設定することが不可能であった。

そこで、本来ならば自動的に算出される映像のずれ量を撮影した映像から算出し、その数値を実装予定の自動設定アルゴリズムに入力し、最適なカメラパラメータを設定することとした。現時点では、自動設定アルゴリズムはスタンドアロンで動作する別プログラムである。

具体的には、カメラ制御UIの「NEAR」プリセットで撮影した映像をキャプチャし、画像処理ソフト(Photoshop)でずれ量を計測した。サンプルとして使用した映像を図3-4.1-14に示す。その値を自動設定アルゴリズムに入力し、最適と考えられるパラメータを算出した。そのパラメータをカメラ側にフィードバックして、再度撮影を行った。その映像の安全性を自作のプログラムによって評価することで自動設定アルゴリズムの妥当性を検証した。



図 3-4.1-14 元画像 (左)

図3-4.1-15に算出したずれ量のマップを示す。黒はずれ量0を表し、赤色が強くなるほど交差方向(飛び出し方向)にずれていることを示す。白は対応点が存在しない画素、または画像上の特徴が乏しく左右の対応が取れない画素である。

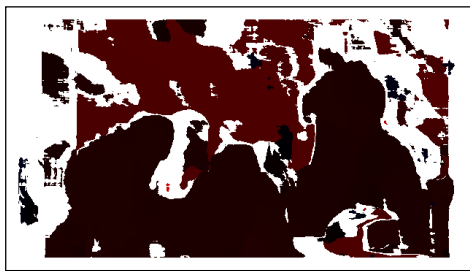


図 3-4.1-15 ずれ量のマップ

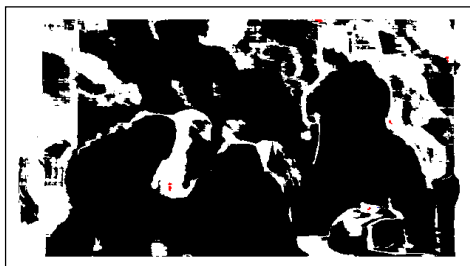


図 3-4.1-16 安全性の評価マップ

次に、ずれ量を視差量に変換した場合に、安全性に問題を生じる程度にずれ量が過剰な画素のみを、交差方向赤、同側方向青で塗り分けた安全性の評価マップを図 3-4.1-16 に示す。この画像では、赤がわずかに存在するのみであるため、安全性には問題がないと考える。

以上より、撮影した映像から自動設定アルゴリズムによって、安全性が考慮された撮影パラメータを算出することができた。本撮影においては、アルゴリズムの妥当性が証明できたが、サンプル数が十分とはいえないので、今後、他の映像を使用して検証する必要がある、再度、アルゴリズムの妥当性については評価を行い、実装フェーズへ進むこととする。

(3) その他（撮影した映像を検討した際に得られた意見・考察）

- ① 野球の試合全体を撮影する場合は、スタジアムが広く、球の動きが速いので、最低でも 4 台が必要である。今後、撮影できるカメラを増やす必要がある。
- ② アメリカンフットボールの生中継した例では、フィールドに降りて複数台のカメラで行った。二台のカメラをマニュアルで調節できる機能が必要である。
- ③ 複数台のカメラがあれば、パンする必要がなくなるため、パンの移動距離は短くできる。
- ④ パンする場合、野球の球のように高速な被写体ではなく、一定の速度で向かってくる電車などに対してステレオベースを調節する方法であれば撮影しやすいかもしれない。
- ⑤ 立体映像の撮影には、「被写界深度を狭くすることで、融像範囲が広がる」というような特性をうまく利用する必要がある。
- ⑥ 現時点では、ユーザビリティとしてはかなり課題が残されているが、今後ケーススタディを通して修正していく。
- ⑦ ヘルシンキで行った立体映像のラダーリング評価では、人の顔が写っている時に被験者の情動反応が大きかった。

本ユーザビリティ試験においては、以下の機能が望まれた。

- ① 左右映像を完全に同期させる機能 GenLock の導入が望ましい。
- ② 撮影中、撮影後の縦ずれ、回転の補正機能
- ③ 被写界深度の調節機能 (シャッタースピード & 絞り)

3D 映像には、どのような被写体が適しているか？という議論のなかで以下の意見があった。

- ① 匠のような人間の技術 (人が狭い範囲で価値のある動きをしている映像)
- ② カメラを動かす必要がないもの。設定を変える必要がないもの。
- ③ ミクロ映像
- ④ 料理 (解像度が低い場合や実寸でない場合は美味しそうに見えない危険がある)
- ⑤ 被写体として飽きない映像
- ⑥ 身近なものをワンショットで撮影する。

3-4.2 アルゴリズムテスト

3-4.2.1 テストの立案と準備

(1) 企画立案に至る経緯

(a) 「浅草サンバカーニバル」におけるアイデアハンティング：

東京都台東区で開催された「第 29 回浅草サンバカーニバル」を視察した結果、激しい動きと大振りなコスチュームに代表されるサンバダンスが、3D コンテンツとして視聴者を十分楽しませる力を有していることを確認できた。

しかし、開発中の次世代 3D カメラがこの激しい動きをとらえきれるか、また、大振りな衣装も含め立体的な 3D 表現に耐えうるか、課題として設定した。



図 3-4.2-1 サンバカーニバルでのダンスの模様と衣装

コンパクト 3D カメラで撮影した映像(図 3-4.2-1)の検討により、次の結論に達した。

- ・ 大振りな衣装をつけたダンサーの 3D 映像については、前後の動きのスピードを制限すれば左右に揺れる激しい動きには問題がないこと。
- ・ サンバダンスは、歓喜の感情表現として秀逸であり、衣装の艶やかさも手伝って映像化により鑑賞者に相当のインパクトを与えることができること。

これにより、企画コンセプトとして、「ダンサーの動きを創造美としてとらえ 3D 化によりインパクトの強い映像を創る」ことを決定した。

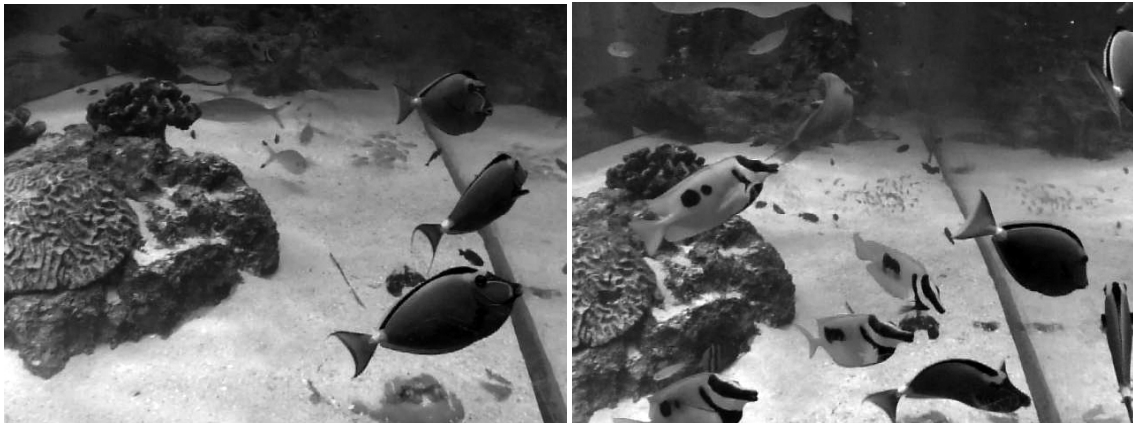
(b) ソニービル沖縄イベントにおけるアイデアハンティング：

東京銀座で開催された「第 42 回 SONY AQUARIUM 沖縄美ら海水族館」において、ハイ

ビジョン規格で収録された大型画面による 3D 映像が公開された。

水中撮影や水槽のガラス越しに撮影された美ら海水族館の映像での奥行き感や魚類の立体感は見事に再現されていた。カメラの輻輳を利用してコンバージェンス(奥行き感と飛び出し感の境界点)を決定した上での撮影、演出の効果は大きく、目の疲労感も感じられなかった。会場に設置されていた大型水槽の魚を 3D コンパクトカメラで動画撮影を試みた。(図 3-4.2-2)輻輳点を 2m 程度に設定すると、手前の魚が飛び出し、水槽の奥行き感も同時に得ることができ、魚の緩やかな泳ぎは、3D 映像との相性が良く、鑑賞時の疲労感も少ない結果となった。

しかし、照明が不十分で暗い画質の映像となったため、対策の必要が感じられた。



奥行き感を感じる 3D 映像

手前の魚が飛び出す 3D 映像

図 3-4.2-2 ソニービル前の水槽

沖縄に生息するカラフルな魚群の 3D 映像の撮影により、次の検討結果が得られた。

- ・ 魚単体の動きに加え、複数による群れの動きを足すことにより、エンターテインメント性が向上する。
- ・ 輻輳点(コンバージェンス)の設定により、奥行き感の表現がコントロールでき様々なシーンの演出が可能であること。

この結果から、企画コンセプトとして「複数のダンサーの表現を統合し全体としてのテーマを 3D 映像化する」ことを決定した。

(c) ゆりかもめ(お台場～新橋間)先頭車両におけるアイデアハンティング：

(カメラの移動による 3D 効果の検証、図 3-4.2-3)

カメラ本体の移動が 3D 映像に与える影響について検討するため、ゆりかもめ車両の最前列から前述のコンパクト 3D カメラを使用して撮影を行った。

お台場～新橋間でレインボーブリッジを通過後、カーブの少ない個所を選んだ。

駅を発車する際のスピードと走行中のスピード、停車時のスピードの違いが 3D 映像に与える効果、および、背景に建物が入る場合と何も存在しない場合の効果や、直線走行とカーブ走行での相違について検証を行った。

撮影時のカメラ本体の移動を想定して、ゆりかもめの先頭車両にカメラを持ち込み撮影した映像を検討した結果、次の結論を得られた。

- ・ 被写体に対して背景となるオブジェクトが存在する方が、立体感が増幅される。
- ・ カーブするカメラの移動は、3D 映像の効果が得にくい。
- ・ 走行中のスピードのあるカメラ移動では立体感が得られなかった。
- ・ 減速時やスタート時の緩やかなスピード変化では 3D 効果が得られた。

この結果「カメラ移動のスピードは極力抑え、一定の方向へ直線的に行う」ことに留意することとした。



大きくカーブする場合の 3D 映像



スピードダウンする 3D 映像

(d) 企画コンセプトの完成

こうした映像の検討により、今回の企画コンセプトを次のとおりとした。

- ・ ダンスの持つ表現力に注目し、その美的でエキゾチックな動きを 3D 映像で表現し、臨場感溢れる映像に仕上げる。
- ・ 複数のダンサーが全体として表現するテーマをダンスの「楽しさ」、「面白さ」の面から映像表現する。
- ・ ダンスの未来を予見させる動きをカメラワークでフォローし、全体として前衛的な表現としてまとめる。
- ・ テーマの選定理由、映像構成、映像コンセプト等をまとめ、さらに 3D 映像化のメリットとは何かについて検討を加えた。



直線走行で背景がある場合の 3D 映像
図 3-4.2-3 ゆりかもめ先頭車両の映像

(e) 撮影方針

開発されたカメラの基本性能を事前チェックし、首振り機能、連動機能等やパラメータ設定等による調整作業を実施する。

さらに、ダンサーにあらかじめ「立ち位置」と「ムービングパス」の指示を行い、正確な位置データを割り出した上で撮影を行う。

これによりダンサーの位置情報と 3D 映像との検証がリアルタイムで行われる環境をつくる。

(f) 事前カメラチェック

12 月 9 日開発中の次世代 3D カメラの実機を利用してカメラテストを行った。まず第 1 点として「ダンサーの動き(前後、左右)による 3D 映像のずれの回避」が指摘された。これについては、撮影現場でデプスマップ情報によりダンサーのムービングパスと移動範囲をあらかじめ設定しておき、カメラの自動制御機能に依存する形で調整を行うこととした。(図 3-4.2-4)

次に、カメラ移動により想定される映像への影響が心配されたが、この場での実験が不十分であったため、撮影現場でシミュレーションを実施することになった。



図 3-4.2-4 次世代カメラを利用したのシミュレーション(奥から手前へ回転しながら接近する)

また、カメラワークとしてパン撮影用のスライダーが PC 画面上に用意されているが、実際のカメラの動きとタイムラグがあるため、「空舞台」付きの大きめの範囲設定を行いプロ時に調整することとした。

さらにこの時点で輻輳時の自動調節機能の確認がとれなかったため、撮影時にテストの上利用することにした。

このテストの結果、撮影時に注意しなければならないポイントとその対応について検討を行った。

(g) 前日リハーサル(衣装合わせ、立ち位置、動きの確認)

リハーサル当日、運搬した撮影機材を組み上げ、カメラ、PC、コンバータ、3D モニターについてチェックを行った。この際、3D モニターがチラついたり、信号を受けなくなる現象が起きたがしばらくすると復旧したのでリハーサルに入った。

最初にダンサーが持参したすべての衣装を実装し軽いリハーサルを実施した。

この動きを 3D カメラ実機でチェックし、本番用衣装として 3 種を決定した。(図 3-4.2-5)

また、ペアダンスのリハーサルを行い、立ち位置の確認とダンスの動きの確認を行った。

さらに、デプスマップの取得やパラメータの自動設定についてもテストを行ったが、特に問題はなかった。



図 3-4.2-5 ダンスのリハーサル(衣装の検討、大振りの衣装を着けてのカメラチェック)

また、ダンサーのモチベーションを高めるために、3D モニターを通してリハーサル時の立体映像を鑑賞させ、自らの演技や構成等について再検討させた。

3D カメラ実機でのテストの結果、ダンサーの立ち位置や動きの範囲について、床にラインを引き目安とした。

ただし、このラインは、撮影シーンやカメラ位置により変化するので、その都度引き直すことを関係者全員で確認した。

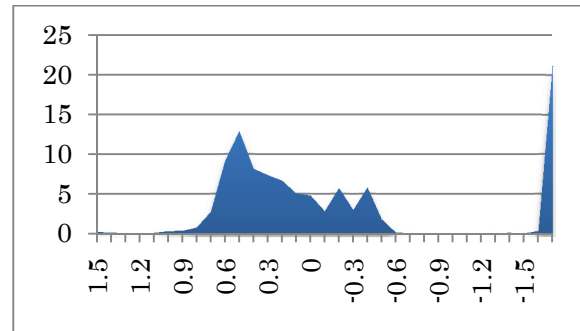
3-4.2.2 テストの実施と結果

(1) デプスマップの取得とキャリブレーション

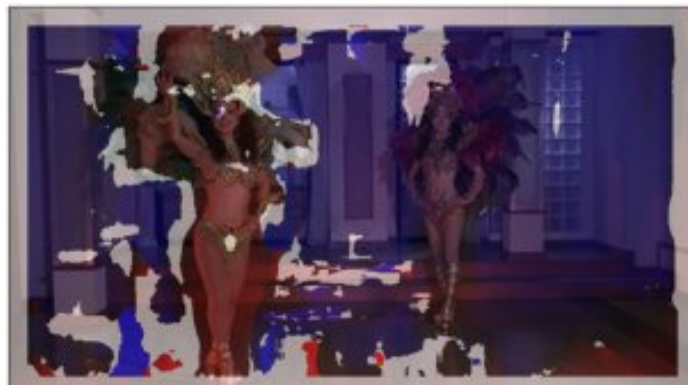
まず、ダンサーの立ち位置に人を立たせ、別途用意した赤外線センサでカメラからの距離を測定した。



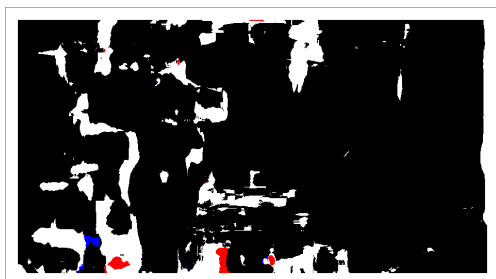
元画像



視差ヒストグラム

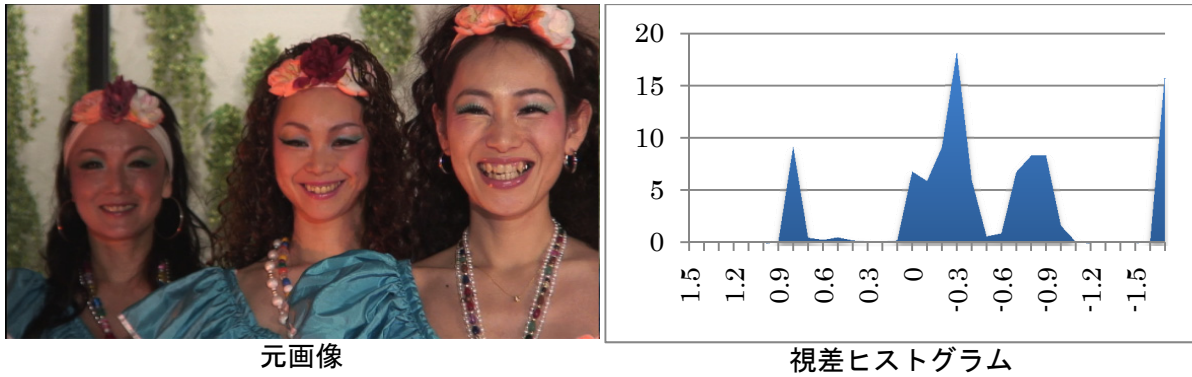


視差マップ



基準値以上の視差（赤と青が危険）

図 3-4.2-6 自動設定機能による設定の結果①（手動で微調整済み）



基準値以上の視差 (赤と青が危険)

図 3-4.2-7 自動設定機能による設定の結果② (手動で微調整済み)

次に、視差マップをもとにしたパラメータの自動設定機能を実際の撮影現場で使用し、一部の映像をそれで撮影することで、実装した機能の動作を検証した。自動設定機能で設定し、評価プログラムで確認後に手動で微調整し、撮影する、という流れで撮影を行った。

その結果、以下に示すように、良好な映像を撮影できた。この結果は、自動設定機能と評価システムの効果を把握する手掛かりになると考える。

一方で、自動設定した結果に対し、さらに良好な結果を得るため、手動で微調整を行った。この追加作業に 20 分～30 分の時間を要し、かつ以後も撮影シーンが変わるごとにこの作業を行ったため、無視できない時間を要した。(図 3-4.2-6、図 3-4.2-7)

架台の設定パラメータとして、現在はカメラ間隔と輻輳角を設定する仕様だが、使い手にとって重要な点 (直接操作したいパラメータ) は、以下の 2 点ではないかと考えられた。

(a) ゼロポイントを設定する被写体の選定 (輻輳距離)

飛び出しも奥まりもなくなる被写体の選定である。飛び出し感と奥まり感の両方を同時に得るためには、ゼロポイントの手前にも奥にも被写体が存在する必要がある。また、ゼロポ

イントを設定した被写体は視覚的な負担が最も低下すると考えられるため、最も主要な被写体に対してゼロポイントを設定するという方法も有効であると考えられた。

(b) 立体感の強さの決定 (左右カメラの光軸の交差角)

全体的な立体感の強さで、光軸が平行に近づくほど 2D 映像に近づき、垂直に近づくほど視差量と飛び出し量が増大する。

カメラ間隔や輻輳角を変更した場合は、(a)と(b)が同時に変化するため、希望どおりの立体感を得ることが難しくなり、前述のとおり時間がかかってしまう。ゼロポイントの設定は通常、シーンごとに1度ですむ。その後、視差ヒストグラムを参考にしながら立体感の強さのみを調節する機能を追加することで、こうした時間のかかり方が軽減されることが考えられた。

(2) 3D モニタリング

ダンサーも含め関係者で 3D 映像を確認し、演技や撮影についてディスカッションし、指示を行った。

再生予定サイズを 100 インチに設定した場合は、キャリブレーションおよび自動調節機能が働きやすいことも判明した。

40 インチ程度を想定する場合も同様の環境で機能するようになれば、調整の時間を短縮できると思われた。

(3) 収録映像の再生

通常、収録済み映像の確認や出演者への指示等に撮影直後に映像を再生することがあるが、今回のテストでは再生速度が遅いため利用できなかった。

できれば、3D モニタリング用の画面で再生や確認ができることが望ましい。

(4) 収録映像および設定データの保存

収録映像は、1920×1080 の画像解像度でかつ H.264 の圧縮方式で保存されるので極めて圧縮効果がよくかつ美しい映像となった。

加えて収録時のカメラのパラメータ等、各設定データも保存できるので、後工程での比較検討に役に立った。

(5) 今後の改善ポイント

今回のテストの結果、収録済みの映像は企画どおり満足のいく結果を得られた。

しかし、2D の撮影環境と比較して次世代 3D カメラの実用化には残されている課題が少なくない。

以下に今回の撮影現場でのテストを通じて改善等が必要と思われる項目を整理した。

(a) ロケハン時のコンパクトカメラの必要性

今回アイデアハンティングやロケーションハンティングには前述のとおり、富士フィルム社製の 3D コンパクトカメラ(FUJI FINEPIX REAL 3D W1)を利用したが、開発中の実機とは使用方法や機能面で大きく異なるため、機能を集約した小型カメラの必要を感じた。

むしろ、小型カメラが実用面で市場に出る製品となるのかもしれない。

(b) バックアップ機材の必要性 (図 3-4.2-8)

撮影現場で実際に使用する場合を考えバックアップを一式そろえておく必要があると思われる。PC 等精密機器については、移動や運搬による可視できない劣化が生じていることが想像できる。ケーブル類も同様に思える。



図 3-4.2-8 完成映像(ソロ、ペア、エキシビジョン)

(c) 撮影用照明がデプスマップの精度に与える影響の改善

撮影現場では頻繁に起きる照明機材の移動や調整が与えるデプスマップの劇的な変化について抜本的な改善が必要と思われる。

現状では、1回の調整に20分～30分程度かかっており、例えば10シーン撮影する場合、最低でも約3時間の調整が必要ということになり現実的ではない。

(d) 自動調整機能のあり方と機能強化

デプスマップの取得からキャリブレーションに至る工程を完全に自動化し、機能を強化する必要があると思われる。

今回のテストでも手動に頼らざるを得ないケースが相当あり、これに要する時間が長いため、出演者のモチベーション低下やコスト管理面からも問題が生じた。

また、手動での調整等の場合、開発関係者でないと手に負えない状況にあり、一般の使用にあたり自動調整機能を再度見直す必要があると思われる。

(e) 3Dカメラ全体としての小型軽量化

現在のモデルでは3Dカメラ全体のボリュームが大きすぎるため、撮影に利用されるケースやシチュエーションが限定される傾向がある。

機動性の面からも全体としての小型化、軽量化が望まれる。

また、屋外での撮影用にバッテリーパックを用意することも必要かと思われる。

いろいろと課題を挙げたが、これまでの開発作業の苦勞については敬意に値するものと思う。あともう少しで撮影現場での利用も十分期待できるレベルに達するものと期待できる。

さらに小型化により一般にも普及することは確実といえる。今後の仕上げ工程におおいに期待したい。

3-4.3 ヒューリスティックテスト

3-4.3.1 操作検証撮影概要について

(1) 検証テーマ

普段ステレオ撮影を行っているスタッフで、本テストを行うことにより、3D カメラの操作性や機能の不足などを検証する。

作品としてのまとまりよりは、本カメラシステムの自由度を利活用可能かという視点から撮影場所を決定し、撮影は屋外で行い、本システムの操作性や利便性、カメラ間隔などの調整制度を検証項目とする。

具体的には、1カット内で、カメラ間隔を変更させる撮影にどの程度、本システムが対応できるかを検証するため、移動車(長さ 5 メートル)、ミニクレーン(高さ 2 メートル)を使用し、映像に動きがあり、かつカメラ間隔を変更しなければならないシチュエーションを作り出す。その他、多くのテストパターンを撮影し、操作性に関するカメラマンへのインタビュー等により検証を行うという、いわゆるヒューリスティックテストを実施した。

(2) 評価者情報

撮影ならびに 3D カメラシステムのユーザビリティテストを行った 3 名の評価者の情報を示す。

カメラマン	・職務経験 20 年・3D 経験 3 年	・年間、約 10 本の 3D 制作に携わる。
ディレクター	・職務経験 20 年・3D 経験 4 年	・年間、約 10 本の 3D 制作に携わる。
3D テクニカルディレクター	・職務経験 32 年・3D 経験 20 年	・年間、約 30 本の 3D 制作に携わる。

(3) 撮影対象

早稲田大学理工学部キャンパスで撮影を行う。具体的には、大学内の施設、学生たちの様子の撮影を行う。

(4) カメラシステム本体の操作性について

(a) 検証項目

- ・ カメラより 2-3 メートル離れた位置に被写体をおき、室内でのカメラの操作性を検証する。
- ・ モニターサイドの操作性
- ・ 屋外での撮影になるため、引き回しやカメラ移動の視点からの検証

(b) 検証の結果

- ・ 撮影し録画を行っている映像と、モニタリングしている映像にタイミングに差が生じる。
- ・ 屋外撮影のため電源の確保が必須 PC へ電圧変化による負荷がかかるため、バッテリー不可
- ・ 3D カメラシステムを移動させる際に、コードの絡まりに特に注意が必要である。(図 3-4.3-1)



図 3-4.3-1 移動後の 3D システムの背面各機器の下に緩衝材を敷き、振動に対処する。

3-4.3.2 撮影項目

(1) 撮影当日の条件

実施日： 1月26日（火）曇天 9:00～15:30

早稲田大学1階中庭、2階の屋外の渡り廊下で撮影。移動距離のべ500メートル。

(2) 撮影シーン（図 3-4.3-2）

A. 午前中（※サイドバイサイド設定ミスにより立体映像が取得できず）

A-1	大学内に到着するバス
被写体までの距離：6メートル、カメラ間隔：10 cm、カメラの動き：PAN	
A-2	カメラに向かってシャボン玉を飛ばす女子学生
被写体までの距離：6メートル、カメラ間隔：10 cm、カメラの動き：PAN	
A-3	出発するバス
被写体までの距離：4メートル、カメラ間隔：6.5 cm、カメラの動き：PAN	
A-4	樹木ナメの校舎
被写体までの距離：樹木まで4メートル、カメラ間隔：8 cm、カメラの動き：FIX	
A-5	樹木ナメの校舎から Pan Down して学生2人
被写体までの距離：樹木まで4メートル、学生まで3メートル、カメラ間隔：7.5 cm、カメラの動き：Pan Down	
A-6	階段を下りる学生
被写体までの距離：3メートル、カメラ間隔：7.5 cm、カメラの動き：レール移動	
A-7	縄跳びをする学生
被写体までの距離：3メートル、カメラ間隔：7.5 cm、カメラの動き：FIX	



図 3-4.3-2 レール・クレーン使用時の撮影風景

B. 午後撮影

B-1	縄跳びをする学生
被写体までの距離：3メートル	
カメラ間隔:7.5 cm	
カメラの動き：FIX	

B-2 | ベンチに座る学生

被写体までの距離：3メートル

カメラ間隔：7.5 cm

カメラの動き：クレーン・ダウン



B-3 | カメラに向かってシャボン玉を飛ばす女子学生

被写体までの距離：2.5メートル

カメラ間隔：6.5 cm

カメラの動き：FIX



B-4 | 校舎から Pan Down して学生 2 人

被写体までの距離：

樹木まで 10メートル

学生まで 3メートル

カメラ間隔：10～6.5 cm

カメラの動き：Pan Down



B-5 | 歩いてきてベンチに座る学生 2 人

被写体までの距離：4メートル

カメラ間隔：7.5 cm

カメラの動き：レール移動



B-6 | 出発するバス

被写体までの距離：8メートル

カメラ間隔 9 cm

カメラの動き：PAN



B-7 | 大学内に到着するバス

被写体までの距離：8メートル

カメラ間隔：9 cm

カメラの動き：PAN



B-8 | 階段を下りる学生

被写体までの距離：3メートル

カメラ間隔：7 cm

カメラの動き：レール移動



B-9 | 中庭俯瞰

被写体までの距離：30メートル

カメラ間隔：13 cm

カメラの動き：FIX



3-4.3.3 撮影時の検証

(1) カメラ・可動マウントの操作性について

- ・ カメラのレンズ位置がカメラ本体の中心ではないため、カメラ間隔の操作が困難である。
⇒ 光軸を補正するモータが装備されていると、さらに撮影の幅が広がる。
- ・ カメラのケーブルの自重と弾力で、カメラ調整後もカメラが移動する（上を向く）。
⇒ ケーブルの軽量小型化や雲台に縛り付けるなどで影響を防止、ケーブル長の確保
- ・ 屋外での撮影には左右のレンズ別々に太陽光などの外光が入りやすい。
⇒ レンズフードの装着
- ・ 垂直視差調整ネジが片方のカメラのみにしかなく、かつ調整しにくい位置についている。
⇒ ネジの位置は、カメラ後ろ真下ではないほうが操作性がよい。
- ・ カメラの水平を取るのが困難
⇒ 2台のカメラのアライメントを自動で調整する機能の搭載
- ・ カメラ間隔を合わせるのに、PC まで向かう必要がある。
⇒ 手元でカメラ間隔やカメラの向きを調整できるリモコンがあると操作性が向上する。
- ・ レール使用時、衝撃をすべて受けてしまう。
⇒ 衝撃を吸収するような機能の追加
- ・ カメラ間隔を移動させるモータのスピードに変化をつけることができない。
⇒ カメラ間隔の変更用のモータスピードを制御機能や手動操作機能の付加

(2) コントロールユニット・3D コンバータの操作性について

- ・ PC 制御なので、単なる絞りとフォーカスを合わせに PC まで戻らなければならない。
⇒ リモコンで、絞りやフォーカス等を操作可能にする。
- ・ レコーダ出力にバリエーションが少ない。
⇒ 今後のことを考えると、L/R 別々の記録ができるとうい。
- ・ side by side の収録方法が 2 種類あり、L/R の映像がスクイーズされていないものがデフォルトの設定になっているため、電源の ON/OFF を伴う移動の際には設定に注意を要する。
⇒ 収録している映像をプレビューするウィンドウのフル画面化

(3) 制御用ソフトの操作性について

- ・ 移動時にはカメラなどの電源 OFF が必要となり、制御用 PC ソフトなどの再設定が必要
⇒ 電源を入れ自動でキャリブレーションができる機能の追加、ラスト設定を保存する。
- ・ 撮影ポジションを決定してから、設定の記録に時間を要する。
- ・ 撮影した映像をすぐにプレビューできないため、立体感などの調節が難しい。
⇒ 撮影した映像の再生機能（プレビュー機能）の追加

(4) その他 3D カメラシステム全般について

- ・ 屋外撮影時、モニターのカロストーク軽減の必要性
⇒ モニター上部にフードを装着しカロストークの軽減を図る。
- ・ カメラを操作時にモニターの確認ができなく、カンに頼った撮影になる。
⇒ できるだけ小型の 3D モニターをカメラマンの側に装備する。(図 3-4.3-3)
- ・ 収録される映像とモニターに表示さ



図 3-4.3-3 撮影時の 3D カメラシステム 3D カメラ
左の箱は、持参したカメラマン用モニター
(2D、コントロールユニットより分配)

れる映像に時間差が生じる。

⇒ カメラに素通しのファインダーを付ける。

- ・ 映像の縦ずれが、3D モニター上では自動で調整されてしまい発見できない。
- ・ カメラ架台が重く、またシステム全体が大きいため、移動に適さない。

⇒ カメラ部分 (架台も含む) の軽量化

- ・ バッテリーが装備されていないので、屋外の撮影には制限がある。

⇒ バッテリーの装備

(7) ユーザビリティの側面から

- ・ 書き出しのファイルフォーマットの種類に限りがあり、またファイル管理方法の整理

⇒ ファイルフォーマットの種類を増やし、保存ファイル名を、自動で付与する。

- ・ 撮影時にモニターで見た映像と、PC に記録された映像に違いが出る。

⇒ 撮影時モニターの精度を向上させる。

- ・ 同期ずれが編集時まで不明

⇒ ゲンロック機能の搭載

3-4.3.4 まとめ

以上のテストを作業別にまとめ、課題を表 3-4.3-1 に示す。

表 3-4.3-1 ユーザビリティテストのまとめ

作業	検証項目	課題
カメラリハーサル (撮影前テスト)	<ul style="list-style-type: none">・ 屋内でのカメラの操作性・ 屋外撮影にあたり課題のリストアップ	<ul style="list-style-type: none">・ 屋外撮影時の電源の確保・ 3D カメラシステムの移動等・ 3D 撮影時のケーブルの処置等
撮影時	<ul style="list-style-type: none">・ コントロールユニットの操作性・ 3D コンバータの操作性・ 可動マウントの操作性・ 制御用ソフトの操作性・ 3D カメラシステム全般の操作性	<ul style="list-style-type: none">・ 屋外撮影に耐えうるカメラおよび周辺機器の装備の補充・ 3D カメラシステムのセットアップ時間の短縮・ カメラの調節にかかる時間の短縮・ カメラ間隔を手動操作できる機能の追加・ カメラ制御機能から、収録・記録およびレビュー機能の分離
編集時	<ul style="list-style-type: none">・ 編集時のユーザビリティ検証	<ul style="list-style-type: none">・ 映像記録ファイルのファイル名の付与方法・ ファイルフォーマットを選択可能性

3-4.4 スケーラブルテスト

マンション販売センター内のモデルルームを人目線中心に撮影し、その実写映像に以下の CG を合成してバリエーション違いの空間を演出する。

- (・ 壁面や背景、 ・ 建具の色や背景の眺望の違い、 ・ 間仕切り壁を追加)

さらに、映像に+α の演出を加えることにより、次世代立体視カメラの用途の可能性を検討する。よって、本テストについては、以下の方針で行うこととした。

(1) 撮影後のCG処理を考慮した撮影方法について

本検証作業は、CG映像を合成するというスケーラビリティを拡大した用途を目的としており、その処理に最適な撮影方法の検証を行う。

(2) 撮影映像とCGとの合成手法について

実際の合成手法についての最適な方法を検証する。なお、合成のための加工内容としては、オブジェクトの出現や、静止画および動画との組み合わせ、カラーバリエーション、フレア、パーティクル表現、といった点を検証する。

3-4.4.1 撮影前検証

実際の撮影作業の事前に機能の検証を行い、その結果に基づいて、撮影作業、制作作業に着手した。

(1) 事前カメラ検証

(a) ハードウェア操作性の検証

- ① 三脚によるパン、チルト：カメラの重心が高いことにより、三脚操作の微細な動きや、滑らかな動きが難しいが、許容範囲と判断した。
- ② 視差、輻輳：カメラ自体の外形から、小さい視差のときは輻輳角に限界があると判断した。検証の結果、視差65mmのときの輻輳角は-2度程度までが許容値と思われる。

(b) ソフトウェア操作性の検証

- ① 視差、輻輳：同時操作が困難なために、クロスポイント固定の立体感調整は困難と判断した。
- ② ズーム：ズームスピードが速く、また縦ずれを誘発するため使用時には注意を要する。
- ③ パン：パラメータを一気に変える操作ができれば、一定の速度でパンが可能のため、慣れれば通常使用が可能と判断した。

(c) 画角による見え方の検証：約38mm（35mm換算）

- ① カメラ自体の寸法から、ワイコン取り付け時の視差や輻輳角にかなりの制限がでてしまうと判断して、ワイコンの使用は見送った。
- ② 教室内の一部をモデルルームと想定し、現状の画角は撮影許容範囲を判断した。

(d) カメラ検証結果から導き出した撮影方法、設定項目、確認事項

- ① 撮影方法は、カメラを固定、パン、手動チルトを基本とし、CG合成を考慮して、急激なカメラ移動などは行わないこととする。
- ② パラメータの設定は、視差を人間の目に近い65mm程度を基準に、目視で確認して状況に合わせて調整を加えていくこととする。

3-4.4.2 撮影時検証

撮影は、シティタワーズ豊洲マンションパビリオンで実施した。

(1) カメラ操作性

(a) ハードウェア操作性の検証

- ① ビデオ用三脚を用い、チルト、パン撮影：カメラの重心が高いことが影響し、三脚操

作の微細な動きや滑らかな動きが難しく、通常のビデオ撮影より手ぶれが起きてしまう。

② カメラやケーブルの自重によりカメラが動いてしまうことがある。

(b) ソフトウェア操作性の検証

① パン操作は、最初と最後の部分を捨て、間の滑らかな動きの部分を使うこととした。

② ズームについては、急速な動作になってしまうために利用しないこととした。

③ 輻輳操作については、完全に手動のために滑らかな動きが維持できないので利用しないこととした。

(2) CG との合成

(a) マッチムーブ： 映像の合成における技術の 1 つで、「動きを合わせる」という意味の CG 技術で、映像をトラッキングすることによってマッチムーブを行う。

(b) CG の立体処理

① 映像に合わせた擬似 3D 空間を制作する。

② 撮影状況に合わせた擬似的な立体視カメラを定義し、そこからの映像を作成する。あるいは、2D 上で映像に合わせた擬似的な視差をつけ制作する。

(c) CG 合成

① 実写映像と同期を取ったカメラを定義し、実写空間に合わせた環境を設定した CG 映像を制作し合成する。

② 制作する映像によってはマスク処理も必要となる。

3-4.4.3 各シーン検証

(1) カメラのパン時における CG 合成のカラーバリエーション検証 (color)

(a) 撮影条件 <視差：172mm、輻輳角：-0.2 度、カメラ動き：パン>

(b) CG 加工内容： カラーバリエーション

(c) CG 加工方法

① 撮影映像と CG のテイストを合わせる： 映像素材から壁の質感や色情報を抽出して合成壁に適用

② 撮影カメラと CG の動きの同期： マッチムーブ (boujou) によるトラッキング

③ 各カメラのマスク作成： 3dsMAX によるマスク作成

④ 合成素材作成： 3dsMAX.Photoshop による素材作成

(d) 検証の結果と考察 (図 3-4.4-1)

① 2D でのカラーバリエーションに比べて臨場感があり、演出効果がある。ただし、作業負荷が高く、撮影前の綿密な準備が必要と考えられる。

② 全シーンにいえることであるが、空間の実寸に加えカメラの高さ情報があると、合成をより正確に進めることができる。

③ 変化を見せるにあたって、パンがもう少し遅ければ演出の幅も広がる。

④ 動画からのマスクの取得 (特にソファなど) が両眼になると技術的に難しい処理となるので、あらかじめマスクを取得するものを決め、場合によってグリーンバックや対象物の有無での撮影をしておく必要があると考えられる。

- ⑤ トラッキングにおいて、パンのみでは奥行き方向の情報が不足するので、CG 処理を行う場合は、動画のみのトラッキングに依存せず、撮影位置、空間の情報も取得しておく必要があるといえる。



図 3-4.4-1 CG 加工（パン中にキッチン、壁面(絵画)、ソファのカラーバリエーションを行った）

(2) 定点による眺望合成（2D 画像）の検証（03_view）

(a) 撮影条件 <視差：65mm、輻輳角：-0.3 度、カメラ動き：固定>

(b) CG 加工内容： 眺望合成

(c) CG 加工方法

① 撮影カメラと CG の動きの同期： Photoshop および Aftereffects での作業

(d) 検証の結果と考察（図 3-4.4-2）

- ① 従来の CG 合成や現地モデルルームの窗外コルトン（実空間の窗外に印刷した写真を貼る演出）に比べて、窗外に奥行きが出て、窗外が遠いことで室内もより臨場感が増した。
- ② 静止映像なので、マスク処理も容易で制作負荷も 2D と比べて大差がないといえる。
- ③ 窗外が写真（2D）なので、外の立体感は乏しく、2D3D 変換や立体撮影された空撮画像を使用することにより、より良い効果が得られると考えられる。

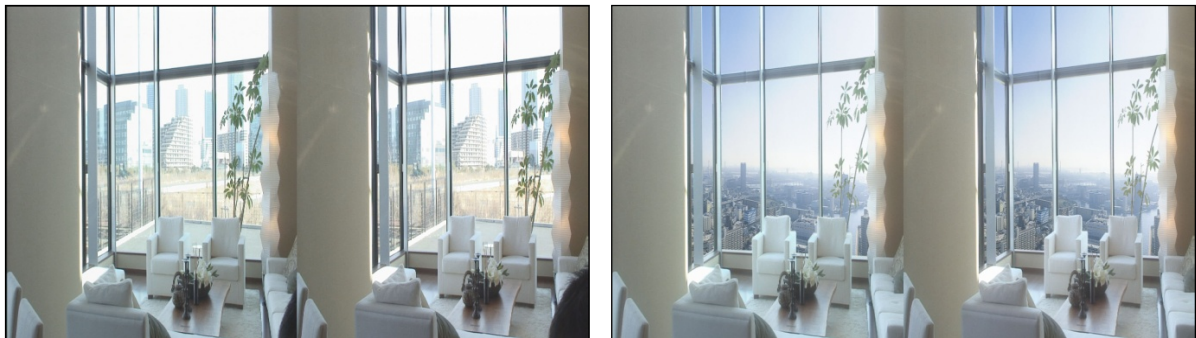


図 3-4.4-2 CG 加工結果（FIX の動画の窗外に眺望写真を合成、3 種類の眺望写真を変化させた）

(3) カメラのパン時における眺望合成（デプスマスク）の検証（04_view）

(a) CG 加工内容： 眺望合成（背景 2D3D 変換）

(b) CG 加工方法： デプスマスクを photoshop で作成し、2D3D 変換

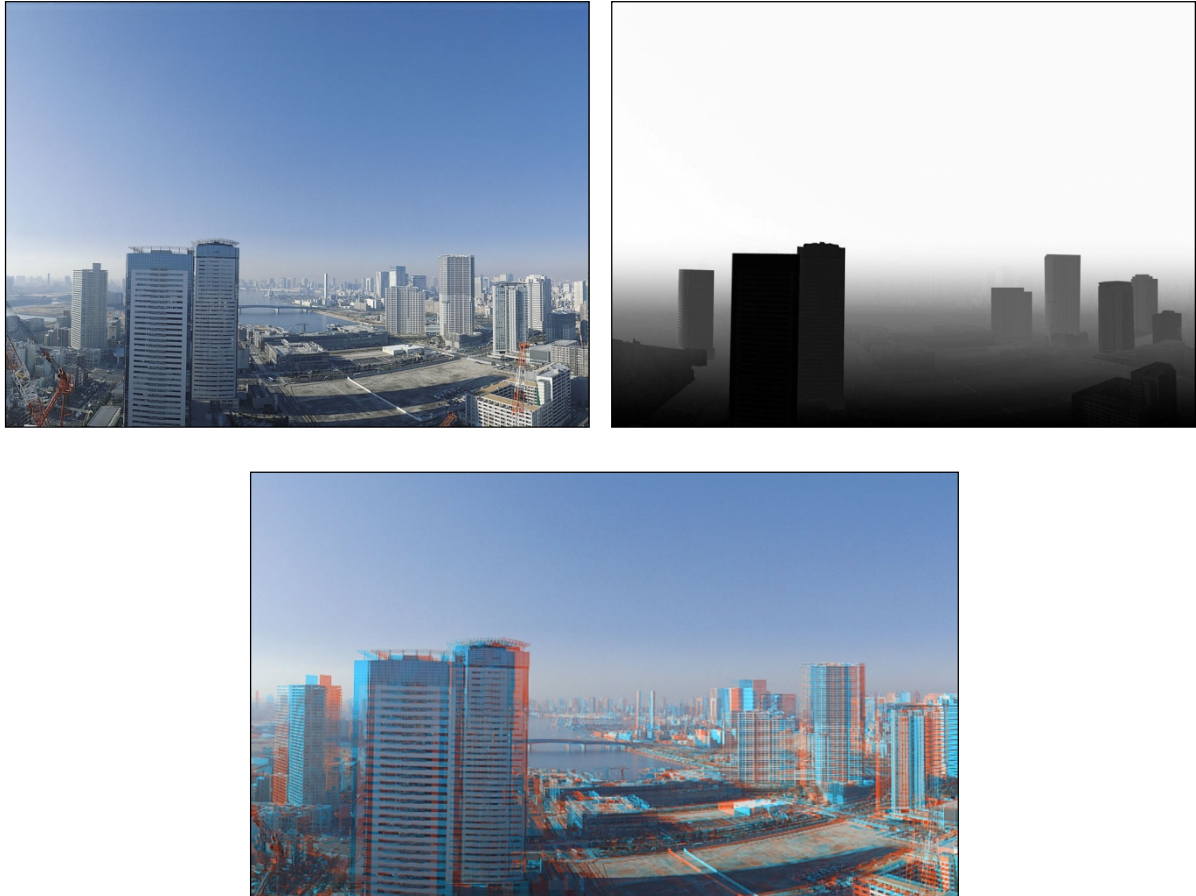


図 3-4.4-3 CG 加工結果

(c) 検証の結果と考察 (図 3-4.4-3)

- ① 写真画像を配置する通常の方法に比べると効果があり、特に、静止している場合は、より効果がある。
- ② デプスマスクの作成は労力がかかるが、主要な建物に対し作成するだけで効果がある。
- ③ デプスマスクにより交差したような画像が作成できたが、視差が弱かったので手動で左右にずらすことでより立体感を得られた。(デプスマスクだけで大きく変換しようとする
と画像が崩壊するためにこの手法を採用した)

(4) カメラのパン時における眺望合成 (動画) の検証 (05_view)

(a) 撮影条件 <視差：65mm、輻輳角：-0.3 度、カメラ動き：パン>

(b) CG 加工内容： 眺望合成

(c) CG 加工方法

- ① 撮影カメラと CG の動きの同期： マッチムーブ (boujou) によるトラッキング
- ② 各カメラのマスク作成： 3dsMAX によるマスク作成
- ③ 合成素材作成： 3dsMAX での素材作成

(d) 検証の結果と考察 (図 3-4.4-4)

- ① 視差が保持されていれば、昼から夜への演出など動画の色味が変化しても、立体感は維持できた。
- ② 撮影時にグリーンバックを使うと、動画のマスク処理に対して効果的である。
- ③ 2D の背景であるが、動画を用いることで静止画よりも立体感が増す。



図 3-4.4-4 CG 加工結果（パン動画の窓外に昼から夜までのパノラマ眺望映像を合成）

(5) フレアを 3D で合成した場合の効果を検証 (06_frea)

(a) 撮影条件 <視差：65mm、輻輳角：-0.3 度、カメラ動き：チルト>

(b) CG 加工内容： 眺望合成、フレア

(c) CG 加工方法

① 撮影カメラと CG の動きの同期： マッチムーブ (boujou) によるトラッキング

② 各カメラのマスク作成： 3dsMAX によるマスク作成

(d) 検証の結果と考察 (図 3-4.4-5、図 3-4.4-6)

① 通常の CG 制作工程では 2D 処理しているフレアだが、立体映像の場合、平面に見えるので、フレアを 3D で作成し空間に配置し、レンダリング画像処理を行うことにより立体感が出てきたと考えられる。

② フレアなどエッジがあいまいな物体は立体感が弱いことが考えられる。

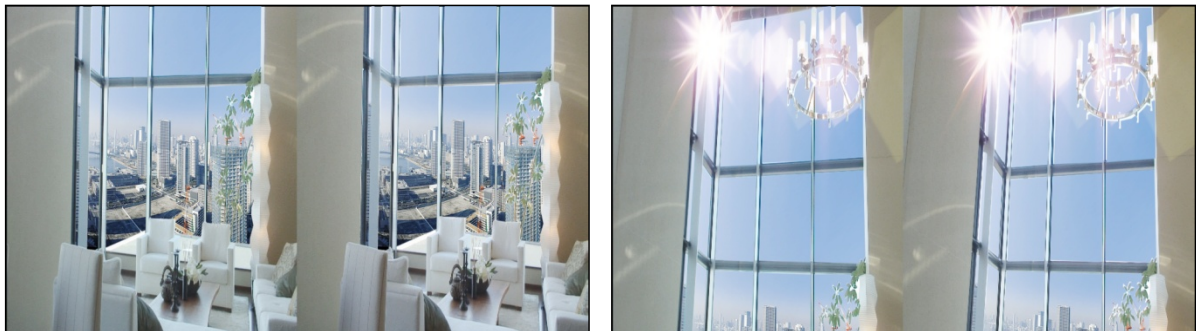


図 3-4.4-5 CG 加工結果

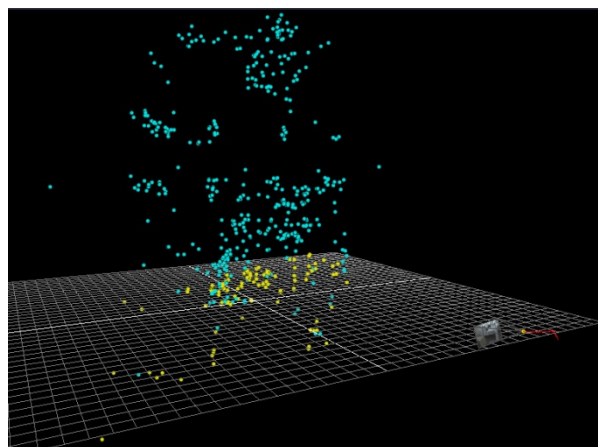


図 3-4.4-6 CG 加工(マッチムーブ (boujou) によるトラッキング)

(6) 焦点移動（ピント）の検証（07_fukusou）

- (a) 撮影条件 <視差：65mm、輻輳角：-0.4～-2.1 度、カメラ動き：輻輳角アニメーション>
- (b) CG 加工内容：眺望合成
- (c) CG 加工方法
 - ① 撮影カメラと CG の動きの同期： 3dsMAX によるカメラ作成
 - ② 各カメラのマスク作成： After Effects2D トラッキングマスク作成
 - ③ 各カメラの背景画像作成：3dsMAX による背景レンダリング
 - ④ 3D オブジェクトの配置： 3dsMAX によるオブジェクト作成
 - ⑤ 2D 処理： After Effects によるぼかし効果追加
- (d) 検証の結果と考察（図 3-4.4-7）
 - ① 輻輳角の操作が手動であったため、輻輳角アニメーションを等速に近づけるため速度を倍速にして補正した。
 - ② 輻輳角アニメーション単体では、クロスポイントの移動が識別できないため、CG 加工によるぼかし効果により調整を行い視覚的に判別しやすくした。



図 3-4.4-7 CG 加工

(7) パーティクル合成の検証（08_particle）

- (a) 撮影条件 <視差：65mm、輻輳角：2.8 度(カメラが外向きだった)、カメラ動き：チルト>
- (b) CG 加工内容： パーティクル（泡）の合成
- (c) CG 加工方法
 - ① 撮影カメラと CG の動きの同期：マッチムーヴによるトラッキング。ただし、定点でチルトのみの動きなので、奥行き情報は取得できなかった。
 - ② 撮影カメラと CG の立体感の同期：片側の映像のみを 2D ベースでトラッキングしてカメラを作成した。それを CG 上で複製して、撮影データとその見えがかり上の誤差を考慮して修正した情報を適用してステレオカメラを作成した。
 - ③ CG 上で実際に作成したステレオカメラのデータ：視差：10mm、輻輳角：-0.15 度
- (d) 検証の結果と考察（図 3-4.4-8）
 - ① 小さなパーティクルと映像の前後関係を正確に表現するにはかなり精度の高いトラッキングやモデリングが必要になるため、その方法は採らず、シーンではあくまで映像の立体感に合わせたパーティクル表現という程度にとどめた。
 - ② パーティクルの粒が小さく、かつ、カメラの動きと同一方向に動くため、リアルに視差をつけると、二重に見えるなど立体感に破綻が生じやすい。そのため想定していたよりも視差を少なくして検証した。
 - ③ ②の結果に基づき、カメラ方向に向かうパーティクルを付加した検証を試みたところ、ある程度ゆっくり時間をかけてカメラに向かってくるパーティクルは、強い立体感を感じられ、逆に速すぎたり、突然フレームインするような「画面に登場する時間の短いパーティクル」は、立体として認識しづらい。このことからパーティクルは、動く方向やスピード、時間といった要素がその立体感に大きな影響を及ぼすことが考えられ、制作時の綿密

な配慮が必要といえる。



図 3-4.4-8 CG 加工結果

(8) 定点カメラでドアの動作を検証 (09_door)

(a) 撮影条件 <視差：172mm、輻輳角：65 度、カメラ動き：固定>

(b) CG 加工内容： ドアが開く表現

(c) CG 加工方法

① 現実と同様の 3D 空間を作成

② 映像素材からドアの質感や色情報を抽出して合成ドアに適用

(d) 検証の結果と考察 (図 3-4.4-9)

カメラ固定の場合、合成に関してはマスク処理も含めてそれほど問題なく進めることができ、馴染（なじ）み具合も自然な感じになる。カメラの高さデータなどとの誤差も見られたが、見え方の誤差分を手動で調整することにより解決できることが判明した。



図 3-4.4-9 CG 加工結果

(9) カメラのパン時における CG 合成のカラーバリエーション検証 (10_color)

(a) 撮影条件<視差：65mm、輻輳角：-0.3 度、カメラ動き：パン>

(b) CG 加工内容： ソファのカラーバリエーション表現

(c) CG 加工方法

① 撮影カメラと CG の動きの同期：マッチムーブによるトラッキングカメラ固定のパンムーブのみのため奥行き情報は取得できない。

② 撮影カメラと CG の立体感の同期：2D ベースで取得したトラッキングデータを基にマスク処理した。

(d) 検証の結果と考察 (図 3-4.4-10)

マスクによる後処理の場合、トラッキングの誤差がエッジの正確性に大きな影響を及ぼす。本検証でも精度が 100%ではない部分に関しては、AfterEffects 上で手動によりマスクの調整を行っている。場合によっては、初めから 3D モデルの合成をした方が効率的とも考えられる。



図 3-4.4-10 CG 加工

(10) フレアを 3D で合成した場合の効果を検証 (11_frea)

(a) 撮影条件<視差：65mm、輻輳角：-0.3 度、カメラ動き：チルト>

(b) CG 加工内容： フレア

(c) CG 加工方法

- ① 撮影カメラと CG の動きの同期：マッチムーブ (boujou) によるトラッキング
- ② 各カメラのフレア作成：3dsMAX によるフレア作成

(d) 検証の結果と考察 (図 3-4.4-11、図 3-4.4-12)

- ① 通常の CG 制作工程では、フレアは 2D 処理しているが、立体映像だと平面に見えることから、フレアを 3D で作成し空間に配置し、レンダリング画像処理を行うことにより立体感が出てきたと考えられる。
- ② フレアなど、エッジがあいまいな物体は立体感が弱いことが判明した。

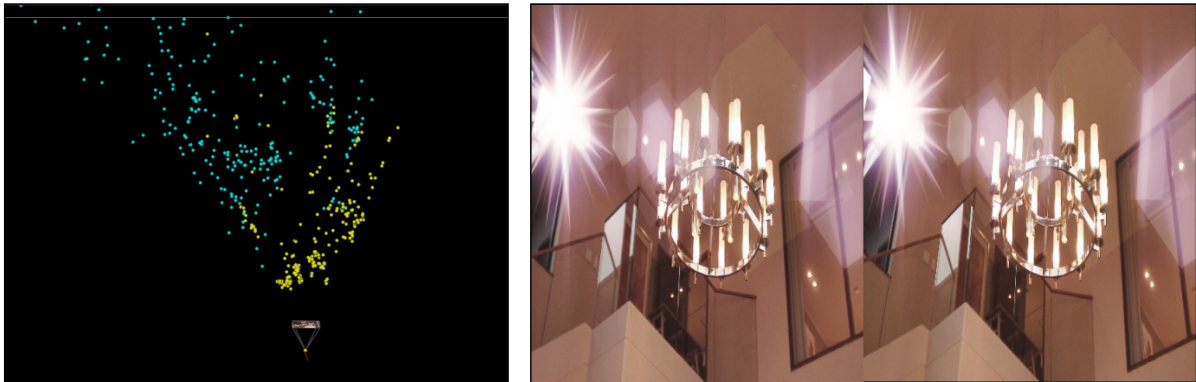


図 3-4.4-11 CG 加工結果

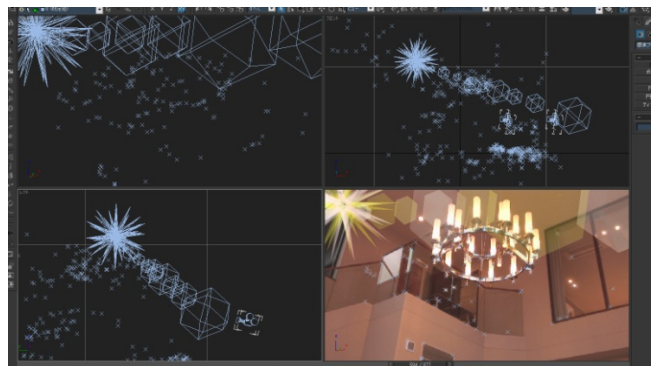


図 3-4.4-12 3dsMAX によるフレア作成

(11) CG アニメーションとの合成の検証 (12_table)

(a) 撮影条件<視差：65mm、輻輳角：-0.8 度、カメラ動き：パン>

(b) CG 加工内容： テーブルの上に転がるオブジェクトを合成

(c) CG 加工方法

- ① 撮影カメラと CG の動きの同期： マッチムーブによるトラッキング
- ② 撮影カメラと CG の立体感の同期：片側の映像のみを 2D ベースでトラッキングしてカメラを作成し、それを CG 上で複製して、撮影データとその見えがかり上の誤差を考慮して修正した情報を適用してステレオカメラを作成。

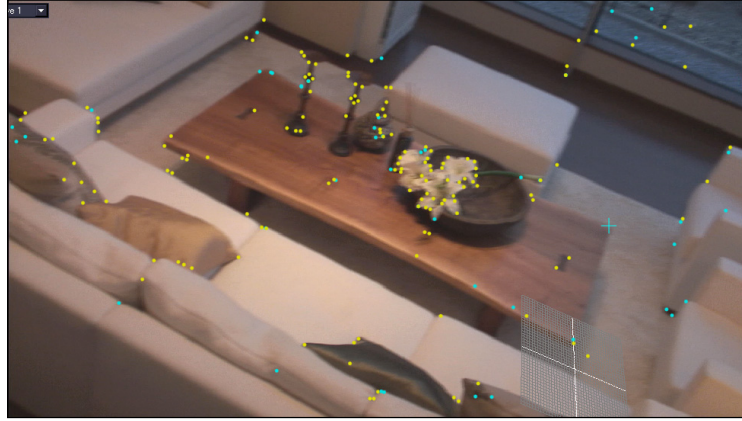


図 3-4.4-13 CG 加工

(d) 検証の結果と考察 (図 3-4.4-13)

- ① 輻輳角が -0.8 度ということで、フォーカスポイントであるテーブルよりもスクリーン面が手前にあるように見えたので、後処理のシフトにより視差を微調整することで、テーブルがより立体的に見えた。
- ② カメラの動きが足場や自重に影響を受け、安定したパンムーブを実現できなかった。それが合成の難度にも大きく影響を及ぼした。ブレに関しては、後からスタビライズをかけて、ある程度軽減させることができた。
- ③ テーブル上に合成するシーンを意図していたが、CG 上で空間を作成するのに参照しやすいテーブル周りでトラッキングポイントがあまり取得できなかったため、実際に合成前提でトラッキングも意識した撮影を行う必要があると考えられる。

(12) CG アニメーションとの合成の検証 (13_fruit)

(a) 撮影条件<視差：65mm、輻輳角： -0.3 度、カメラ動き：パン>

(b) CG 加工内容： 果物の合成表現

(c) CG 加工方法

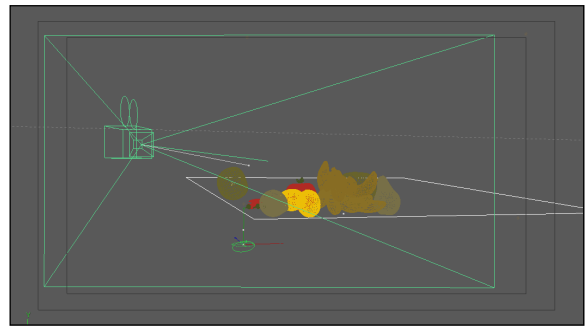
- ① 撮影カメラと CG の動きの同期：マッチムーブによるトラッキング。カメラ固定のパンムーブのみのため、奥行き情報が取得できない。
- ② 撮影カメラと CG の立体感の同期：片側の映像のみを 2D ベースでトラッキングしてカメラを作成し、それを CG 上でもう一つ複製して、撮影データとその見えがかり上の誤差

を考慮して修正した情報を適用してステレオカメラを作成。

- ③ CG 上で実際に作成したステレオカメラのデータ：視差： 100mm、 輻輳角： - 0.3 度 (誤差はシフトで調整)

(d) 検証の結果と考察 (図 3-4.4-14)

- ① 撮影時の縦ずれおよび注視点の手前に物が多く、立体視で見るとは厳しかった。このため、後処理で片方の映像をシフトして調整により見やすくなった。
- ② トラッキングポイントを多く作成できた(合成ポイント近くに物が多く点がとりやすかった)ことと、自動パンの動きがリニアだったため、誤差の調整がしやすかったことで合成がスムーズにいった。



3-4.4.4 まとめ

実施したテスト結果から、立体視に限らず実写映像と CG 映像の合成というスケーラビリティを拡充した用途では、撮影時パラメータがより多く取得できていることが、より良い合成につながると考えられた。特に立体視映像では、その傾向がより強くなるといえる。

今後の CG 合成や加工方法を考えると、立体視カメラでは「フレームレートに合わせた正確なパラメータ保存」機能が必要になってくると思われる。また、パラメータ保存に合わせて「チルト」機能も装備できれば、より複雑な合成も可能になると考えられる。

図 3-4.4-14 CG 加工結果

4. F/S の今後の課題および展開

本 F/S、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・利活用を目指したシステムの高度化、各種機能の試作とユーザビリティの評価に関わる取り組みでは、多岐に亘って所定の成果を得ることができたと考える。特に、抽出された課題や知見は、技術開発に携わる委員と制作現場に携わる委員とで共有し得るものが多く、3D コンテンツの制作・利活用における課題の明確化を示唆している。

以上のことから、本 F/S の今後の課題と展開として、以下の 3 点を挙げるができる。

(1) 3D カメラシステムの高度化とコンテンツ評価機能の統合

当該システムを用いたユーザビリティテストの結果から得られた各種改善点について、具体的な対応策を反映していく。また、当該システムに実装された安全性・快適性の評価機能を、制御や記録、プレビューなどの他の機能と統合し、1 つのユーザインタフェースで操作を可能とする。

(2) 多様な視環境に対応した変換機能の設計・試作

平成 21 年度では、多様な視環境に応じて、カメラパラメータを最適化する機能について設計・試作を行ったが、被写体やカメラの動きに対しても、これを適用可能とする必要がある。そのため、多様な視環境に応じて、時系列的な対応を可能とするための評価・変換のあり方について考案し、具体的な機能の設計・試作を行う。

(3) ユーザビリティテスト／モニタテスト

上記の改良・機能追加を行ったシステムを用いてコンテンツを試作し、ユーザビリティの向上を確認する。試作されたコンテンツを用いて、観察者によるモニタテストも実施する。モニタテストにおいては、異なる条件の視環境を設定し、エンドユーザの観点からのシステムの有効性について検証を行う。

以上

—禁無断転載—

システム開発 21-F-9

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22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

