

6 映像伝送・コンテンツ技術

6 Image Transmission and Contents Technology

6-1 3次元映像標準テストコンテンツの制作

6-1 Production of 3D Standard Test Contents

木村和宏 荒川佳樹 大井隆太郎 山本健詞

KIMURA Kazuhiro, ARAKAWA Yoshiki, OI Ryutaro, and YAMAMOTO Kenji

要旨

情報通信研究機構(NICT)は、3次元映像標準テストコンテンツおよび3次元映像コンテンツ変換ソフトウェアを開発した。3次元映像の研究開発や実用化が急速に進展しているものの、3次元映像機器の比較評価や画像処理技術の研究開発用に、誰でも自由に標準的に使用できる映像コンテンツがほとんどなかったため、「3次元映像支援技術」の研究開発の一環として標準テストコンテンツを制作した。また、2次元映像を3次元映像に変換する技術を研究するためのツールとして、2D/3D変換ソフトウェアを開発した。

NICT have produced 3D standard test contents, and developed 2D/3D conversion software. The contents can be used for performance evaluation of 3D equipment, such as 3D monitors and projectors, R&D of 3D image processing technology, and assistance of 3D movie production. 2D/3D conversion software is also useful for development and learning 2D/3D conversion technologies.

[キーワード]

3次元映像, 裸眼立体, 標準コンテンツ, テストチャート, 2D/3D変換
3D image, Auto-stereo, Standard contents, Test chart, 2D/3D conversion

1 まえがき

3次元(3D)映像に関しては、過去に何度か盛り上がりを見せたものの廃れるという歴史を繰り返し、2008年頃から3度目のブームになっている^[1]。科学館等を中心として立体映像が上映された過去の状況とは異なり、世界的に多数の映画館で3D映画が上映され、家電各社からも2眼式立体テレビが発売されるなど、急速に実用段階に移行している。

過去2回のブームでは、3D映像を映すために特殊な映写機が必要で、ましてやテレビとして十分に見るに耐えられる画質のものを家庭に導入で

きるような状況になかったが、近年では映写機がデジタル化されて3D対応が容易になったため、爆発的に普及することになったと考えられる。家庭用テレビについても、高画質のフラットパネルの普及やデジタル化により、通常のテレビに多少の付加的な機能をつけるだけで、3D映像が映せるようになってきている。

その一方で、3Dコンテンツの制作技術や演出技法などについてはいまだに開発途上であり、未成熟である。裸眼方式を含む各種3D映像表示装置の性能比較評価や、3D映像の圧縮・変換等の画像処理技術の開発のために標準となるような標準テストコンテンツについても、現状では映像情

報メディア学会から2眼式のテストチャートが頒布されているものの^[2]、裸眼を含めた各種立体映像方式には対応できず、研究者が自由にさまざまな研究目的やデモンストレーション等に利用できる状況にはなっていない。最近のブームで3D映像の制作者も増えてきているが、映像の再利用に関する著作権の壁が非常に厚く、制作当事者以外が研究開発や展示等に利用するのは極めて困難な状況である。3Dモニタ等の製造業者が自社の製品評価用に制作した映像もあるはずだが、これらも他者が使うことは認められず、各社が独自制作しているのが実情である。

NICTでは、3D映像に関する研究開発や人材育成を支援することを目的として、「3次元映像支援技術」の研究開発を実施した。本研究開発においては、今後開発される裸眼方式の立体映像技術に加えて、現在主流の2眼式においても利用が可能な標準テストコンテンツを制作した。また、コンテンツ制作者の裾野を広げ3D映像コンテンツ分野での研究開発や人材育成を支援することを目的として、2D/3D変換ソフトウェアを開発した。これらのコンテンツおよびソフトウェアについては、研究開発や機器等の評価、標準化検討、非営利での展示等に対しては自由に使用を認め、無償で配布しており、すでに約100件の配布を行った。

2 標準コンテンツ制作の経緯

3D映像の標準コンテンツについては、かねてから制作を望む声が多く、超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム(URCF)においても、3D映像技術の普及促進のための重要な課題と位置づけられていた。しかしながら、このようなコンテンツを制作するためには多額のコストがかかり、URCFの会員の協力だけで実現できる状況ではなかった。このような状況下でも、機会があれば制作できるように準備することを目的として、標準テストコンテンツ検討作業班を設置し、必要とされる標準コンテンツの制作に向けての課題抽出などを行っていた。

2009年4月に総務省が補正予算を獲得し、委託研究として、「眼鏡の要らない3次元映像技術の研究開発—3次元映像支援技術—」が公募された。NICTでは、URCFでの検討結果に基づい

て研究提案を行い、採択されて制作資金が確保できたことから、以下で述べるコンテンツ等の制作が可能となった。

3 標準テストコンテンツの基本仕様策定

制作仕様の決定にあたっては、利用が想定される研究者等からの意見を反映することが重要であることから、関係する有識者によりURCF内に「標準テストコンテンツ制作企画プロジェクト」が設置され、その検討結果を反映することとなった。

このプロジェクトの成果として、コンテンツ制作に関する要望書が作成され、これを受けてNICTで制作仕様を決定した。制作要望が出されたのは、以下の5種類のコンテンツである。

- (1) 多視点3次元映像コンテンツ
- (2) 超高精細ステレオ3次元映像コンテンツ
- (3) 測距カメラによる3次元映像コンテンツ
- (4) 3次元CGコンテンツ
- (5) スキャナ型カメラによる3次元映像コンテンツ

上記の(1)に関する要求仕様を表1に、(2)～(4)に共通する要求仕様を表2に、(2)、(3)、(4)に関する個別要求仕様をそれぞれ表3、表4、表5に、(5)に関する要求仕様を表6に示す。

上記の要求仕様を可能な限り反映し、標準テストコンテンツを制作することとした。基本的な考え方としては、3D映像表示機器の設置調整に必要となるテストパターンではなく、圧縮・符号化等の画像処理技術の研究開発、開発した映像表示装置のデモンストレーション展示等にも使えるように、屋内および屋外の被写体を撮影した実写映像やそれらを模擬したようなコンピュータグラフィックス(CG)映像を制作することとした。さまざまな研究開発目的の利用を想定し、画像データは一般的な動画ファイルではなく、1フレームごとの静止画ファイルの形で記録した。データは非圧縮とし、キャリブレーションのために、チェックボード(正対および上下左右方向に傾斜)およびマクベスチャートを撮影したフレームを添付している。また、撮影時のカメラパラメータ等のデータを添付している。

予算上の制約から、要望のあった全てのコンテンツを制作することが困難であることがわかり、

表1 多視点3次元映像コンテンツに関する要求仕様

| | |
|--------------|---|
| コンテンツの種類 | A) 主に補間映像生成を目的としたカメラ間隔1m以上の撮影素材の制作。 B) 裸眼モニター表示を目的としたカメラ間隔6.5cm程度の撮影素材の制作。 |
| カメラ・アレンジメント | ・ A) B) ともカメラ10台が直線上に均等に配置されていること。 ・ 円周上の配置もあると望ましい。 ・ 撮影後、なんらかの方法にて相関的な画像処理が可能な位置関係であること。 ・ カメラ位置および精度に関する情報を添付すること。 |
| 画角、方向調整 | ・ A) B) とも、撮影時での光軸合わせなど、最大限に注力すること。 ・ A) B) とも、撮影後の画像修正(幾何学ひずみなど)に関する情報を添付すること。 ・ 画角およびカメラの方向設定についての情報を添付すること。 |
| カメラタイプ | ・ 撮影時のカメラの仕様書が添えられていること。 ・ 10台のカメラが同一であり、画質の均一信頼性が高いこと。 |
| レンズタイプ | ・ 使用するレンズの仕様書が添えられていること。 ・ 撮影時には、レンズパラメーターを記述すること。 ・ レンズ性能は放送番組撮影レベルのクオリティが望ましい。 |
| カメラ間の同期 | ・ 放送用 GenLock レベルの同期精度があること。 |
| 解像度 | ・ 1920×1080画素、フィールド周波数60(59.94)以上であること。 |
| 色調整 | ・ 10台の色合わせが、撮影前に行われていること。 ・ カラーキャリブレーションパターンを使って撮影し、同パターン及び色補正が可能となる情報を添付すること。 |
| 圧縮 | ・ 記録は非圧縮であること。 ・ 撮影から、記録までの信号経路が詳細に提示されていること。 (信号経路上に圧縮される要素がないこと。) |
| 照明条件 | ・ スタジオ内撮影の場合 ア) なるべく均等に照明があてられている。 もしくは、 イ) シーンにふさわしい照明演出がなされていること。 ・ 屋外での撮影の場合 ア) 演出的な意図を除き、雨天曇天など色彩が十分に表現できない照明条件はさけること。 |
| 音声 | ・ LRで収録されていること。 |
| 著作権、肖像権 | ・ 「配布用標準コンテンツ」として問題なく処理されていること。 |
| コンテンツ詳細仕様 | 1) 誰もが研究や評価に使えるシーンが望ましい。 2) 1シーケンスあたり1分以上であること。 3) Aは2、Bは4種類以上の被写体とすること。 |
| カメラキャリブレーション | 1) カメラの撮影方法について、過去の実績など具体的な撮影方法があれば添付されていることが望ましい。 2) 同様に撮影時の画像調整、撮影後の画像修正について、その方法があれば提案がなされていることが望ましい。 |

表2 超高精細ステレオ3次元映像、測距カメラによる3次元映像、3次元CGコンテンツに共通の要求仕様

| |
|---|
| <p>1) 以下の2つの目的を想定して企画制作する。</p> <p>ア) 制作者向けの標準コンテンツ 制作プロダクション、クリエイター、学生などを対象に頒布 ・ 3DCGを制作するための「指針」や「入門ガイド」として活用する。 ・ 代表的な表示デバイスで視聴される際の最適な立体視パラメータを示す。 ・ 3D映像制作手法や処理方式の検討、研究開発のための素材として用いる。</p> <p>イ) 主観評価用標準コンテンツ 画質評価や生理評価だけではなく、高次の演出的効果を含めた評価を可能とする。 ア) と共通のコンテンツを活用する。 ア) の目的を優先し、イ) についても可能な範囲で対応を検討する。 ・ シーンは、実用のコンテンツと同様の豊かな表現性を持つものとして構成する。 ・ 実用コンテンツの制作経験のあるスタッフにより、本稿に示す利用目的を踏まえた適切な企画、ディレクションを行う。</p> <p>2) シナリオやストーリーは必ずしも必要では無いが、実用コンテンツとかけ離れた内容のものでは、コンテンツ制作の指針として有用でない。 ・ 空間構成、構図、輝度、色、周波数分布、動きなどのバリエーションについても考慮すること。</p> <p>3) 同一シーンを異なる立体視パラメータで提示して視覚効果を比較検証できること。 ・ 実写ステレオの場合、同一被写体を異なる立体視パラメータで撮影した映像を含める。</p> <p>4) 各種の映像効果の比較確認ができること。(ステレオ実写、ブレンドリングCGの場合) ・ カメラワーク、動き、シーンチェンジ、照明、質感、などの2Dとも共通な手法に加えて、3D映像ならではの表現手法の効果を取り入れ、これらを比較検証できること。(奥行きを利用したオーバーラップ表現、視野闘争を利用した眩しさの表現など)</p> <p>5) 人物や見慣れた対象物(携帯電話、建築物・・・)など既知サイズの被写体を用い、スケール感の再現性を検証できること。 ・ 撮影条件や制作条件の影響を分析できるよう、詳細な撮影データ、制作データを付加すること。 ・ 各方式に応じたキャリブレーションデータ(ジオメトリ、感度特性、色など)を付加すること。 ・ 提供データは未キャリブレーションとし、キャリブレーション用データを別途添付する方法が望ましい。</p> |
|---|

表3 超高精細ステレオ 3次元映像コンテンツに関する要求仕様

| |
|---|
| 1) シーンチェンジや動きによる輻輳距離の変化の影響(見易さ、疲労感、視覚効果など)を比較、確認できる。 これに関して適正な制作条件の指針を与えられる。 |
| 2) 輻輳距離を変化させた場合(シーン全体に手前に飛び出させた場合や引き込めた場合)の効果を比較、確認できる。 これに関して適正な制作条件の指針を与えられる。 |
| 3) 望まれない不自然な効果(書割効果、箱庭効果など)の確認、カメラパラメータとの関係を確認できる。 これに関して適正な制作条件の指針を与えられる。 解像度によってこれらの効果の影響度が変化する可能性(解像度向上によって抑止できるなど)を実験的に検証する目的での使用も想定する。 |
| 4) 56インチLCD(主に制作用)から200インチプロジェクタ投影(主に一般公開用)までの使用を想定する。 |
| 5) その他 ・映像データは4K非圧縮とする。 ・さらに以下の条件を加えて、屋内と屋外のシーンを制作する。 ア) 屋内 ・被写体の材質感(金属、布、透明など)の再現性の検証(解像度との関係、立体情報との関係など)ができる。 ・立体視や視環境による照明効果の変化を検証できる。異なる照明条件の比較検証が行える。 ・3Dでは陰影が弱くとも奥行き感が表現できるなどの可能性の検証を想定する。 イ) 屋外 ・奥行き方向に被写体が分布しているシーンが含まれ、遠近感の表現効果の検証ができる。 ・解像度の影響が確認できる十分なディテール感を持つ被写体とする。 ・撮影画角による映像効果の変化を比較できること。 ・画面サイズ、観視距離、撮影画角、映像効果の関係の検討に用いることを想定する。 |

表4 測距カメラによる3次元映像コンテンツに関する要求仕様

| |
|--|
| 1) アクシビジョンカメラの両側に、2台のHDカメラを配置して同時撮影を行う。 |
| 2) 映像データはHD非圧縮+距離画像とする。 |
| 3) 被写体距離は2m程度の範囲に限定する。 |
| 4) オクルージョンに関して、同一画面内で異なる特徴を持つ被写体を複数種用いる(形状など)。 (距離画像を用いて視差画像を生成する用途を想定する) |
| 5) 屋内で動きのある被写体を用いる。 |
| 6) バリエーションのある3シーン以上を制作する。 |

表5 3次元CGコンテンツに関する要求仕様

| |
|--|
| 1) プレンダリングCG ・豊かな表現性を持った高精細CGモデルと、合成などの後処理を行って表現性を高めたムービーデータを制作すること。 ・CGモデルは、3DsMAXやMayaなどの高品質CGの制作が可能な市販モデリングソフトのデータフォーマットとすること。 ・高精細CGモデルは、ソフトウェアによるフォーマット変換により、両眼、多眼立体等の多様な3Dディスプレイで表示可能であること。 ・CGモデルは、背景ありのモデルと背景なしのモデルを制作すること。 ・CGモデルは、カメラ、アニメーション、照明などの効果も含めたシーンデータとして提供し、提供データをレンダリングすることで、機械的に動画データが作成できるものとする。提供時のカメラ設定は2眼ステレオとする。 ・提供するムービーデータは2眼ステレオ方式とする。他の立体視方式に関しては、利用者がCGモデルから別途レンダリングして対応することを想定する。 ・ムービーデータは、HD非圧縮とする。ディスプレイは50インチから200インチ程度の観視環境を想定する。 ・軽量化CGモデルも制作する。ただし、照明効果、シェーディングなどの表現性についてもできるだけ高めるよう考慮する。 |
| 2) リアルタイムCG ・立体視パラメータをリアルタイムで変化させて3D映像の提示を行う。 ・立体視パラメータが与える影響を、簡易に制作者が理解できるシミュレーション機能を備える。 ・立体視パラメータ(輻輳距離、カメラ間隔、画角)をリアルタイムで変更できるとともに、CGシーン内のオブジェクトの配置と立体視パラメータの関係を利用者に分かりやすく図式的に表示できる。 ・代表的な2眼ステレオ方式(偏光立体LCDおよびプロジェクタ)に標準対応。 ・Mayaや3DsMAXなどのモデリングソフトウェアで利用者が制作したCGデータが利用可能であること。 ・標準フォーマットによるデータ交換、変換ソフトを提供することが望ましい。 |

多視点3次元映像コンテンツと3次元CGコンテンツのうちリアルタイムレンダリングCGコンテンツについては、制作を見送った。

4 制作した標準テストコンテンツの詳細

今回のコンテンツ制作については、基本的には

表6 スキャナ型カメラによる3次元映像コンテンツに関する要求仕様

| |
|---|
| <p>1) カメラ</p> <ul style="list-style-type: none"> 種類：三板式カラーカメラ 画角：30度以上 解像度：VGA以上 移動範囲：水平300mm、垂直200mm（NICTの設備の仕様） カメラの間隔：2mm |
| <p>2) コンテンツ（静止物体に限る）</p> <ul style="list-style-type: none"> 奥行推定の困難な被写体（隠れの多い物体、透明物体、鏡面反射物体）：植物、宝石やガラス細工、金属類など ジオラマ（屋外で風景を撮った場合を想定できるようなもの） |
| <p>3) 撮影時に必要な機材、ソフトなど</p> <ul style="list-style-type: none"> 照明器具（長時間安定なもの） 内部パラメータ推定・レンズ歪補正のためのソフト 内部パラメータ推定用のチェッカーボード HD（データ保存用） DVD-ROM（データ配布用） <p>※ XZステージ、制御PCはNICTにあるものを使用</p> |
| <p>4) 配布データ</p> <ul style="list-style-type: none"> 形式：bmp 付属データ：内部パラメータ 撮影条件（カメラ仕様、視点間隔、物体までの距離） 画像：レンズ歪補正済み <p>ただし、生データとチェッカーボードの情報は希望があれば配布</p> |
| <p>5) その他</p> <ul style="list-style-type: none"> データの配布は、DVD-ROM数枚を送付する方法とする。 |

裸眼式の立体映像表示を対象にしているが、2眼式においても利用できるように配慮している。制作したコンテンツは以下の4種類である。

- ・超高精細ステレオ3D映像コンテンツ
- ・測距カメラによる3D映像コンテンツ
- ・スキャナ型カメラによる3次元映像コンテンツ
- ・3次元CGコンテンツ

4.1 超高精細ステレオ3D映像コンテンツ

本コンテンツは、4Kカメラ2台を用いて、2眼式で撮影したコンテンツである。多眼式で補間処理等を行うことも想定した、超高精細のコンテンツである。ハイビジョン画質にダウンコンバートして、2眼式ディスプレイで表示することも可能である。データは4K解像度、非圧縮30pで、各フレーム左眼用映像および右眼用映像のTIFF連番ファイルである。すべてのカットに撮影条件（カメラパラメータ）が付属している。撮影は屋内および屋外で行った。

4.1.1 制作目的

近年、3D映像技術が実用化に向けて格段に進展してきている。特に、3D映像の高画質化・高品質化が実用化に向けて進んできている。3D映像技術を実用化するためには、表示、撮影、生

成、伝送、記録再生の諸技術がすべて高いレベルでバランス良く確立されることが必要不可欠である。そして、3D映像技術を実用化するにはあたっては、デバイス等の研究開発だけではなく、3D映像コンテンツ制作技術に関する研究開発も必須の課題である。

以上のような背景を踏まえて、超高精細3D映像技術およびそのコンテンツ制作技術の進展に寄与する、標準的な超高精細ステレオ3D映像コンテンツを制作した。

4.1.2 コンテンツの概要

超高精細ステレオ3D映像コンテンツ制作では、4K超高精細映像（水平3,840×垂直2,160画素）2枚から構成されるステレオ3D映像コンテンツをその対象とした。4K超高精細ステレオ3Dカメラ（4Kカメラ2台で構成）を用いて撮影される実写動画像を対象とした。

本コンテンツは、3D映像制作手法やその処理方式の検討、また、3D映像技術の研究開発のための標準コンテンツとして使用する。そこで、本コンテンツの制作にあたっては、特に、3D映像コンテンツ（立体ハイビジョン）においてこれまでに得られている知見に基づいて、かつ、HD映像と4K映像の違いを明確にすることを目標に取り

組むものとした。

4.1.3 コンテンツ内容

屋内および屋外コンテンツ制作に共通する事項は、以下のとおりである。

- (1) 本コンテンツは、コンテンツ制作プロダクション、コンテンツ・クリエイター、3D映像およびその関連する分野を研究する研究者・学生などを対象に頒布することを想定している。
- (2) 本コンテンツは、3D映像制作手法の検討、その処理方式の検討、3D映像技術の研究開発のためのコンテンツ素材として用いる。
- (3) シーンは、実用・商用のコンテンツと同様の豊かな表現性を持つものとして構成した。
- (4) シナリオやストーリーがあるコンテンツを制作した。
- (5) 空間構成、構図、輝度、色、周波数分布、動きなどのバリエーションについて考慮した。
- (6) 同一シーンを異なる立体視パラメータで提示して視覚効果を比較検証した。
- (7) 同一被写体を異なる立体視パラメータで撮影した映像を含めた。
- (8) 各種の映像効果の比較確認をした。
- (9) カメラワーク、動き、シーンチェンジ、照明、質感、などの2Dとも共通な手法を取り入れた。
- (10) 3D映像ならではの表現手法効果を取り入れた。
- (11) 人物や見慣れた対象物(携帯電話、建築物等)など既知サイズの被写体を用い、スケール感の再現性を検証できるコンテンツとした。

屋内映像コンテンツの制作概要は、以下のとおりである。

- (1) シーンチェンジや動きによる輻輳距離の変化の影響(見易さ、疲労感、視覚効果など)を比較、確認した。
- (2) (1)に関して適正な制作条件の指針を与えられるコンテンツを制作した。
- (3) 輻輳距離を変化させた場合(シーン全体に手前に飛び出させた場合や引っ込めた場合)の効果を比較、確認した。
- (4) (3)に関して適正な制作条件の指針を与えられるコンテンツを制作した。

- (5) 望まれない不自然な効果(書割効果、箱庭効果など)の確認、カメラパラメータとの関係を確認できるコンテンツを制作した。
- (6) (5)に関して適正な制作条件の指針を与えられるコンテンツを制作した。
- (7) 解像度によってこれらの効果の影響度が変化する可能性(解像度向上によって抑止できるなど)を実験的に検証する目的での使用も想定した。
- (8) 被写体の再現性の検証(解像度との関係、立体情報との関係など)ができるコンテンツを制作した。
- (9) 立体視や視環境による照明効果の変化を検証した。
- (10) 異なる照明条件の比較検証を行った。
- (11) 3次元では陰影が弱くとも奥行き感が表現できるなどの可能性の検証を想定した。

屋外映像コンテンツの制作概要は、以下のとおりである。

- (1) シーンチェンジや動きによる輻輳距離の変化の影響(見易さ、疲労感、視覚効果など)を比較、確認した。
- (2) (1)に関して適正な制作条件の指針を与えられるコンテンツを制作した。
- (3) 輻輳距離を変化させた場合(シーン全体に手前に飛び出させた場合や引っ込めた場合)の効果を比較、確認した。
- (4) (3)に関して適正な制作条件の指針を与えられるコンテンツを制作した。
- (5) 望まれない不自然な効果(書割効果、箱庭効果など)の確認、カメラパラメータとの関係を確認できるコンテンツを制作した。
- (6) (5)に関して適正な制作条件の指針を与えられるコンテンツを制作した。
- (7) 解像度によってこれらの効果の影響度が変化する可能性(解像度向上によって抑止できるなど)を実験的に検証する目的での使用も想定した。
- (8) 奥行き方向に被写体が分布しているシーンが含まれ、遠近感の表現効果の検証ができるコンテンツを制作した。
- (9) 解像度の影響が確認できる十分なディテール感を持つ被写体を撮影した。
- (10) 撮影画角による映像効果の変化を比較した。

(11) 画面サイズ、観視距離、撮影画角、映像効果の関心の検討に用いることを想定した。

4.1.4 撮影カメラ

RED ONE カメラ 2 台を、ハーフミラー架台(カメラ間隔調整 0 ~ 100 mm 程度)にて使用した。箱庭効果などで広げる場合は、通常の 3D 架台(130 mm ~)を使用した。ハーフミラー架台に 2 台のカメラを取り付けた状況を図 1 に示す。また、カメラの主要仕様を表 7 に示す。

4.1.5 屋内コンテンツのシナリオ

近代的イメージの室内セットを持つハウスタジオを使用した。若い女性をモデルに起用し、明るいイメージの中で洗顔、メイクをして、外出用のドレスを楽しげにいろいろ選び、ひとりファッションショーを練り広げる。

肌の質感・金属、スポンジなどのメイク道具の質感と色とりどりのアイカラーによる超高精細映像表現をした。更に洗顔での水しぶきや、メイク中にいたずらっぽくカメラにルージュを突き出すなど自然な動作の中での 3D 効果も可能なシーン設定と、室内ひとりファッションショーによる被写体の必然的な前後移動など、輻輳角の変化にあふれた 3D らしいシーン設定をした。シナリオの説明ポイントと内容を表 8 に示す。

4.1.6 屋外コンテンツのシナリオ

造形物と木々が織り成す風景を撮影した。人物



図 1 超高精細ステレオ 3D コンテンツ撮影カメラ

表 7 RED ONE カメラ主要仕様

| | |
|---------------------|--------------------------------------|
| センサー | 12 メガピクセル Mysterium™ |
| レンズサイズ | 24.4 mm × 13.7 mm (Super 35 mm) |
| 有効ピクセルアレイ | 4520(h) × 2540(v) |
| フルピクセルアレイ | 4900(h) × 2580(v) |
| ダイナミックレンジ | > 66dB |
| 被写界深度 | 35 mm シネレンズ相当 (S 16 mm ウィンドウセンサー) |
| 取得システム | 4K 16 : 9 |
| Delivery Formats | 4K RGB |
| Project Frame Rates | 23.98, 24, 25, 29.97, 30 fps 4K |
| ビデオ出力 | シングル/ デュアルリンク HD-SDI |
| REDCODE コーデック | 12 bit RAW 4K, 1-30 fps |
| オーディオ | 4 チャンネル 非圧縮, 16/24 bit, 48kHz |

表 8 屋内コンテンツのシナリオ

| 説明ポイント | 内容 |
|-------------------------------|--|
| ① シーンチェンジや動きによる輻輳距離の変化 | <ul style="list-style-type: none"> ・ LS から UP(逆も同様だが UP になる場合のほうが顕著)への 場面変換により、輻輳距離が大きく変化する場合、瞬間的に 3D 認識が困難となる場面が生じる。 ・ 対策 画角は同じでも輻輳距離変化を少なくする。 |
| ② 輻輳距離を変化させた場合の効果 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 画面やスクリーン面を基準として、映像が飛び出している場合と奥に引っ込んでいる場合での 3D 効果比較。極端な飛び出しでなければ、手前と奥行きを適度に使うことで、3D 領域を多く使うことができ、ダイナミックな 3D 効果を得られる。 ・ ただし輻輳角の変化が大きくなる場合は、編集でのつなぎかたの検証が必要。 |
| ③ 不自然な効果と原因 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 書き割効果 被写体の奥行きが不自然に圧縮された映像。薄い紙芝居のような映像になる。 ・ 原因 カメラ間隔が狭い場合や望遠撮影など、左右の映像の視差が少ないことが原因。ミニチュア撮影などには適合。 ・ 箱庭効果 被写体の比率が不自然に感じられる映像。小人効果とも呼ばれ、人物は周辺に対して小さく見える。 ・ 原因と対策 カメラ間隔が大きく手前と奥の映像が強調されすぎているのが原因。遠景や空撮では有効な手段にもなる。 |
| ④ 不自然な効果が 4K によって抑制(強調)されるか比較 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 書き割効果、箱庭効果の映像が 4K の高精細映像化により抑制(強調)されるか検証する。画面を 2 画面にして 4K / HD で実際に比較検証する。 |
| ⑤ 照明条件と 3D 効果の検証 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 照明条件の変化により 3D 効果に及ぼす影響を検証。 ・ 背景が明るいとき飛び出しの効果は? 奥行き感? ・ 背景が明るく、手前が暗いと 3D 効果は? ・ スポット光などによりどんな影響があるかなど比較する。 |
| ⑥ 2D 制作手法と 3D の比較 | <ul style="list-style-type: none"> ・ カメラワーク(PAN、クレーンなど)や、編集効果(ディゾルブ、ワイプなど)による、2D と 3D の比較。 ・ 同一の素材で 2D 視、3D 視をカットで比較する。 |

表9 屋外コンテンツのシナリオ

| 説明ポイント | 内容 |
|------------------------------|---|
| ①シーンチェンジや動きによる輻輳距離の変化 | ・屋外での3D撮影に際しては、壁などの障害物がない場合、奥行きが想定以上にあり3Dが見づらくなる場合がある。 ・被写体の動きにより、輻輳距離が大きく変化する場合、背景と、被写体が融合する範囲で3D調整を行う必要がある。 |
| ②輻輳距離を変化させた場合の効果 | ・画面やスクリーン面を基準として、映像が飛び出している場合と奥に引き込んでいる場合での3D効果比較。極端な飛び出しでなければ、手前と奥行きを適度に使うことで、3D領域を多く使うことができ、ダイナミックな3D効果が得られる。 |
| ③不自然な効果と原因 | ・屋外での書き割効果は望遠撮影を行ったときに起こりやすい。遠景を3D撮影する場合、カメラ間隔を意図的に広げるなどの対策が必要になる。 ・ただし、カメラ間隔を広げる事により箱庭効果が生じることにもなるため適正な調整が求められる。 ・このようにカメラ間隔の調整パラメータについても検証する。 |
| ④不自然な効果が4Kによって抑制(強調)されるか比較 | ・屋外の撮影条件下で、書き割効果、箱庭効果の映像が4Kの高精細映像化により抑制(強調)されるか検証する。画面を2画面にして4K/HDで実際に比較する。 |
| ⑤奥行き方向に被写体が分布している映像による3D表現効果 | ・奥行き方向に対象物を配置し、人物が移動する場合。視聴者の目線の変化により、3D効果に変化する事を検証。 ・3Dの制作においては、この目線の積極的誘導も3D効果を左右するポイントになるため、4Kでも検証していく。 |
| ⑥撮影画角の違いによる映像効果の変化 | ・被写体に近づきワイドで撮影するほど、3D効果は強調されていくが、奥行きとのバランスは崩れていく。 ・実際の撮影の中では、最終的な画面サイズ、観視距離を想定した上で、このバランスを調整していくことになる。 |

の歩きと、点在するオブジェクト、背景には森林がある。手前、中間、奥に3D効果の基準物がある場合と、無い場合の比較などが容易なシーンを設定した。シナリオの説明ポイントと内容を表9に示す。

特にHDと4Kでの3D効果の違いを実感できるように配慮した撮影を行った。4K映像により期待できる3D効果は以下である。

- ① 解像度の高さによる木の枝や葉の奥行き情報の増加。(重なるの認識などによる効果)
- ② 高精細化による視聴距離の短縮(画面やスクリーンに近づける)がもたらす没入感の増加。

4.1.7 撮影の様子と画像の例

撮影の様子を図2に示す。また、撮影シーンの例を図3に示す。

4.2 測距カメラによる3D映像コンテンツ

4.2.1 コンテンツの概要

奥行きデータ付き画像をこれまでにない高解像度で取得可能な測距カメラを用いて、同じ視点で撮影した通常の2D画像と組み合わせたコンテンツ制作手法を開発し、またこの手法によるコンテンツ制作を行った。

具体的にはNICTが保有する測距カメラ(非圧縮HD解像度を持つ測距カメラ)を用いて、実際の番組制作と同等レベルのディレクションを行い、

非圧縮カラーHD約1分の奥行きデータ付き映像/音声を4番組制作した。作成した番組はリビング、オフィス、ダーツバー、ダンスの4本である。

本技術において新たに、奥行きマップを用いた3Dコンテンツの処理において常に問題となるオクルージョン(陰面関係)を回避するため、水平方向にカラー3眼構成として撮影を行い、うち中央カメラのみ奥行きデータ付きとした。さらに、撮影時の各カメラ間の相対位置を規定するための指標として、平面上に配置した市松模様(チェスボード)を上下左右中央の5姿勢についてカット毎に撮影を行うとともに、各カメラレンズの歪率を検出する指標として全画面チェスボードを1枚撮影した。さらに、シーン毎にマクベスチャートおよびグレースケールチャートを撮影してカメラの感度特性を後から求めることができるようにしたほか、撮影時の被写体シーンの各被写体-中央カメラレンズ前球間の距離を実測し、シーンの構成図とともに電子データとして添付した。

成果として得られたコンテンツは1,920×1,080/59.94iの映像4系統(水平3眼+奥行きデータ)および48kHz/24bitの音声2系統(LR)で合計約4分のデータとなった。データ容量として約500GBである。

4.2.2 制作の背景

3D映像コンテンツの撮影・流通・表示につい



図2 超高精細ステレオ 3D コンテンツ撮影の様子

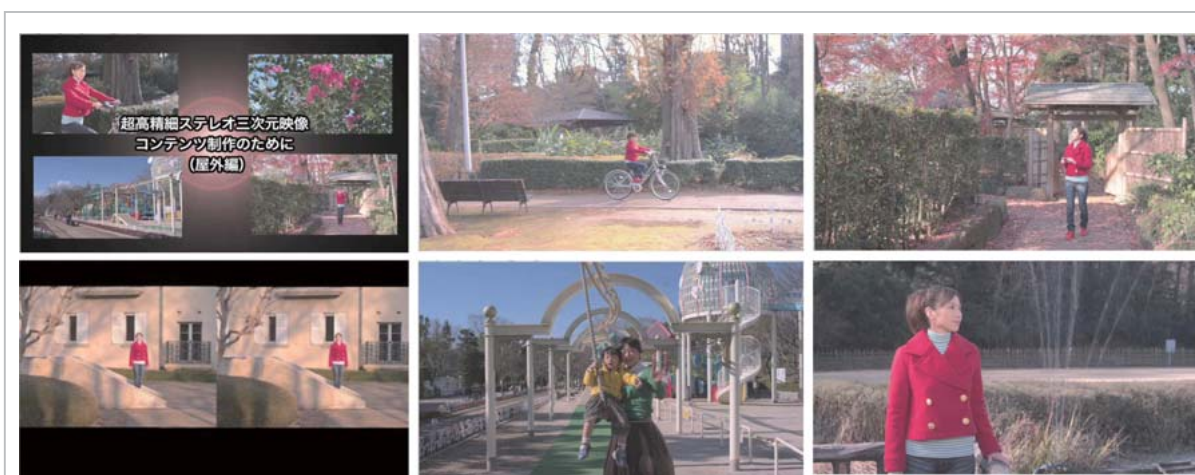


図3 超高精細ステレオ 3D コンテンツのシーン例

ては現時点で何らかの統一的手法が存在する訳ではなく、現在表示方式として種々の検討がなされている段階である。それら 3D 映像コンテンツにおける、標準的なコンテンツ制作技術の研究開発を行い、成果として表示装置の評価に利用できるようなコンテンツを制作することがこの分野では求められている。

奥行きデータ付き画像は、それ自体がある 1 視点から観測を行った際の、被写体空間の構造モデルそのものを構成しているのみならず、①多眼画像において、実際には視点のない位置における映像を内挿処理により合成する際に奥行きデータがあればより精度の良い内挿が可能となること、②他の 3D コンテンツとの合成映像を出力する際に被写体の前後関係を与える指標として用いられ

ること、③本来の 3D データから既存の 2D ディスプレイに表示を行う際に、例えばある特定の奥行き平面にある被写体のみをピンポイントで抜き出す処理(デプスキー処理、または Z キーなどと呼ばれる)に用いられること、④ホログラムなどにより高度な 3D 映像フォーマットへの変換方法が知られていること [3][4]、などの応用が存在する。従って、奥行きデータ付き画像は、種々の表示形式への変換のほか広く立体映像研究に利用されることが期待できる。

国内外の動きを見ても、MPEG 提案 [5] にみられるように、奥行きデータ付き画像の重要性は高まっている。ただし、文献 [5] においては奥行きデータを水平 174 × 垂直 144 画素から成る SD よりも低解像度のセンサで測定しており、光軸もカ

ラーの映像と異なる位置から撮影を行っている。

一方で、NICT が保有する測距カメラでは、被写体空間に人間には無害な近赤外線の変調光を照射して、得られた反射光から被写体の距離を画素単位でかつリアルタイムに得ることができる。このカメラでは被写体空間の正確な距離データ(正解値)を得ることができるフルスペック HD 解像度のカメラである。カメラ出力インタフェースに適合する補助入力装置を用いることで、配布可能なデータ(16 bit-TIFF フォーマットの個別ファイルおよび Wav ファイル)を得ることが可能である。

解像度 207 万画素の HD 動画シーケンスとして、奥行きデータ付き画像/左右画像/音声/詳細な撮影パラメータが標準データとして提供された先行例は未だなく、測距カメラによる 3D 映像コンテンツ制作技術の開発意義は大きい。

4.2.3 撮影装置の技術的仕様

測距カメラとして、現在商用で使用できる最高解像度のカメラである、NHK エンジニアリングサービス社製、Axi-Vision を用いた。このカメラの概観図を図 4 に示す。

Axi-Vision システムでの距離検出の方法を図 5 に示す。カメラに取り付けた光源より、時間とともに出力光強度が増加する変調光(増加変調光)を被写体に照射すると、被写体からの反射光は、カメラと被写体間の距離に応じた遅れをもってカメラ側へ戻ってくる。その反射光を高速シャッターカメラで短時間撮影すると、得られる画像には被写体までの距離に応じた輝度差が生じ、これによ

り被写体各点の距離が求められる。

光源により増加変調光を被写体に照射し、高速シャッターカメラで短時間撮像する場合、カメラに距離の異なる被写体 O_1 と O_2 からの反射光は、その往復時間に距離の差に相当する違いが生じる。そのため、短時間露光した画像 A では、 O_1 と O_2 の距離情報が画像の明暗として現れる。このときの画像内の O_1 、 O_2 の輝度値を I_1 、 I_2 とする。画像 A の明暗には、被写体の反射率や照射光量の空間的なむら、または拡散光の距離による減衰効果などの要因も影響しているため、時間とともに光強度が減少する光(減少変調光)を照射し、画像 B も撮像することでこれらを補正する。

画像 A と画像 B には、各被写体の反射率等による光量の減衰率を示す係数がどちらにも等しく含まれているため、画像間の輝度比をとれば、こ



図 4 測距カメラ(Axi-Vision カメラ)

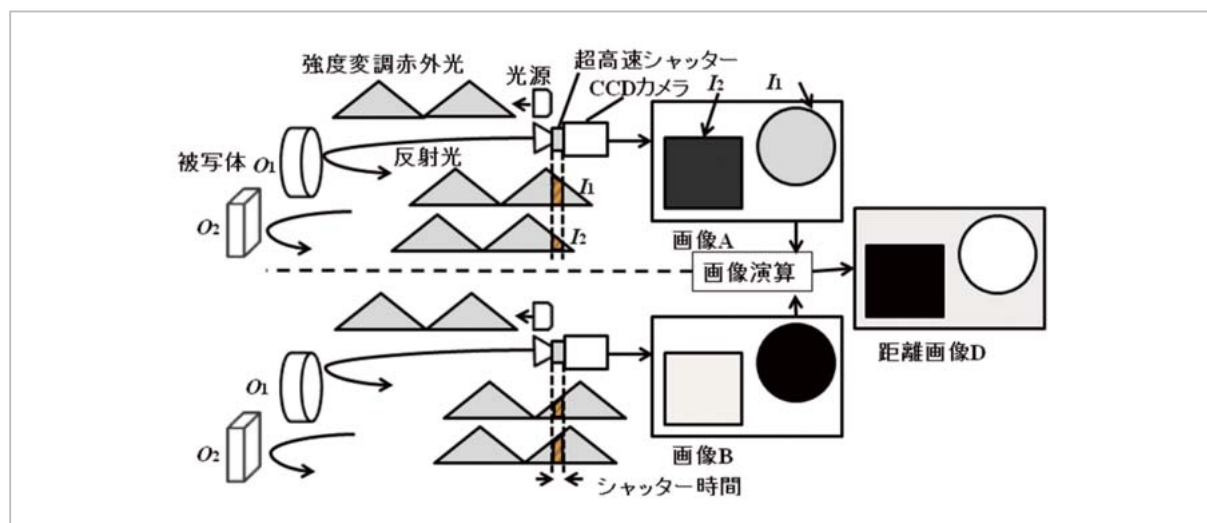


図 5 距離検出の基本原理

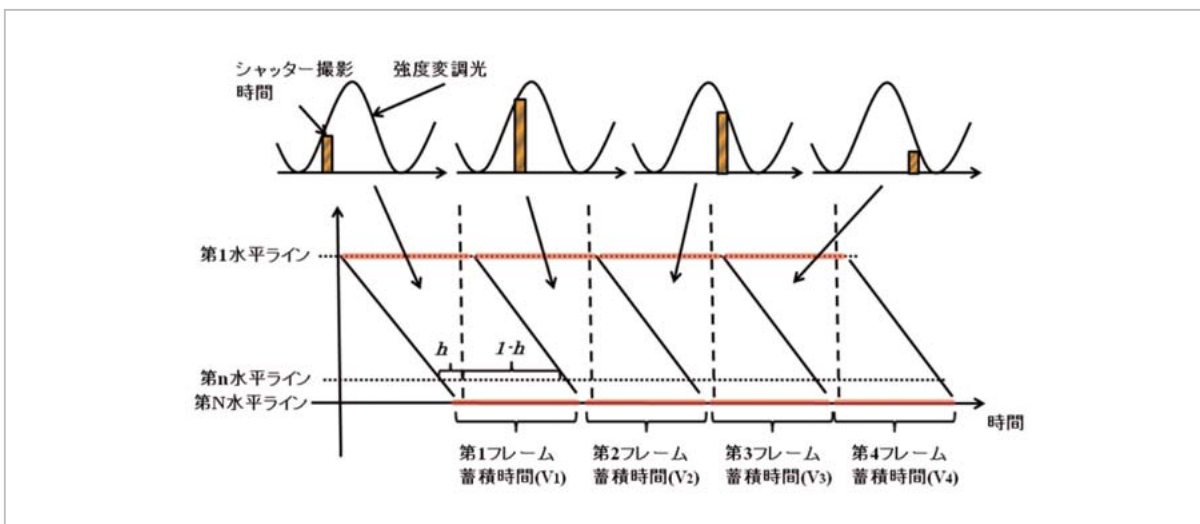


図6 Axi-Visionカメラによる距離検出方法

の係数がキャンセルされて、カメラから被写体までの距離を画像の明暗で表した距離画像Dが求まる。

測距カメラでは、距離 d は式(1)で求められる。ここで、 r は増加画像Aと減少画像Bの比、 T は変調周期、 v は光速速度、 t_s はシャッタータイミングである。

$$d = \frac{1}{2}v \left\{ t_s - \frac{T}{2} \left(\frac{r}{1+r} \right) \right\} \quad (1)$$

そして、Axi-Vision システムでは図6に示すように、1ビデオフレーム期間に4種類の位相の異なる強度変調光を被写体に照射して、被写体からの反射光の変化を検出して距離を算出する。この場合、距離値は式(2)のように求められる。

$$d = k * \arctan \left\{ \frac{h(V_1 - V_3) - (1-h)(V_2 - V_4)}{(1-h)(V_1 - V_3) + h(V_2 - V_4)} \right\} \quad (2)$$

ここで d を距離、 V_n ($n=1, 2, 3, 4$) を第 n の映像信号、 k, h は定数であり、この h は画像の水平走査ライン毎に値が変化する係数である。距離画像の測定範囲は強度変調光周波数や位相、式(2)の定数 h の値を変換することによって、距離検出の有効範囲を被写体に応じて調整できる。

今述べた距離検出原理からなる距離検出装置(図4)は、強度変調光を被写体に照射する光源部と、画像を撮影するカメラレンズを持つ。距離検出部は、高速シャッターを持つ撮像部としてイ

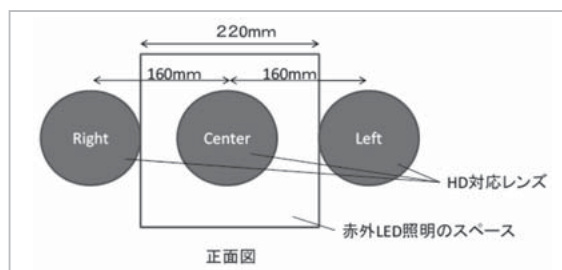


図7 カメラの配置

メージインテンシファイアを有し、その出力を水平走査ライン毎に蓄積転送を高速に行うCMOSセンサからなる。出力光の強度変調と、イメージインテンシファイアのシャッター動作は、信号発生器からの信号で同期駆動されている。また、同期信号に基づいて、映像フレーム毎に位相切り替え器で位相の切り替え制御を行う。

本コンテンツ制作においては、奥行きマップを用いた3Dコンテンツの処理において常に問題となるオクルージョン(陰面関係)の問題を回避するため、水平方向にカラー3眼構成として撮影を行い、うち中央カメラのみ奥行きデータ付きとした。

具体的には図7に示すようにAxi-Visionカメラの水平両側に同じ性能の2台のハイビジョンカメラを配置して同時撮影を行った。カラー画像は左(L)、中央(C)、右(R)の3ポジション。奥行き画像は中央(D)の1ポジションが得られ、合計で同期した4K×2K相当の映像を撮影した。

4.2.4 キャリブレーションデータ

本編撮影の前後にジオメトリのためのキャリブレーションチャートとして、平面上に配置した市松模様（一辺 10 cm の正方格子で作られた白黒のチェスボード）を予め撮影した。このチェスボードには 2 パターンが存在する。

(1) 全画面チェスボード

実際の撮影で用いたビデオレンズ（フジノン HA13 × 4.5 BRD）は、ズーム値、フォーカス値に応じて、幾何歪みパターンが変化することが、実験的に分かった。3 眼カメラそれぞれのレンズ歪みの補正に用いることができるよう、被写体ピント位置において各ビデオカメラの画角全てを覆うようにチェスボードを配置したパターンを、4 シーンを構成する全てのカット（各 4～7 カット）について撮影した。なお、撮影した全画面チェスボードの画像は、本編映像の各シーンの最後に全カット分をまとめて添付した。

(2) 画面中央部のチェスボード

左、中央、右の 3 台のカメラは、リハーサル時に、画角、光軸、垂直位置の物理的な調整を行ってから本番撮影に入ったが、カメラ自重や、ズームレンズの細かなずれが生じて、結果として、カメラ姿勢が完全にはそろっていない事が実験的に分かった。そのため、3 台のカメラの姿勢を事後的に割り出すための指標として用いるため、画面中央部にてチェスボードの傾きを変えながら、正面、上、下、左、右の 5 パターン撮影した。この画面中央部のチェスボードについても、4 シーンを構成する全てのカット（各シーン 4～7 カット）について撮影した。なお、撮影した画面中央部のチェスボードの画像は、本編映像の各シーンの最後に全カット分をまとめて添付した。

放送業務用の HD カメラ/レンズであっても、感度特性や色に対する応答特性にはバラつきが発生する。そのため、4 つあるシーン毎にマクベスチャートおよびグレースケールチャートを撮影してカメラの感度特性を後から求めることができるようにした。さらに、撮影時の各カメラのアイリス値、被写体輝度（一般的な撮影で測定されるもの）も電子データとして撮影時に保存した。

Axi-Vision カメラによって得られた距離画像が物理空間上では何メートルに対応しているのかを知るために、4 つのシーンの各カットにおいて、

代表的な被写体と Axi-Vision カメラである中央カメラ間の距離を実測し、この値も保存した。

(3) マクベスチャートとグレースケール

撮影後にカットをつないでリビング、オフィス、ダーツバー、ダンスの 4 シーンを作成する際に、1 シーンに 1 度以上、カラーチェッカーチャート（マクベス）とグレースケールチャート（感度特性用）を撮影した。なお、撮影したマクベスとグレースケールチャートの画像は、本編映像の各シーンの最後に添付した。

(4) 中央カメラ前球から各被写体までの距離データ

4 シーン中の全カットについて、中央カメラ（C：カラー HD 画像、D：Axi-Vision 奥行きデータ画像）のレンズ前玉から、シーンを構成する主な被写体までの距離をレーザ測定器により実測した。測定データは本編映像とは別に、電子データとして各カットの図面と共に記載した。具体的には MS ワード形式のファイルにまとめて、リビング、オフィス、ダーツバー、ダンス各シーンのフォルダ内に保存した。

(5) カメラのアイリス値、フォーカス値、被写体輝度、Axi-Vision の設定値

4 シーン中の全カットについて、左カメラ（L）、中央カメラ（C）、右カメラ（R）のレンズのアイリス値、ズーム値、フォーカス値、撮影面高さ、光軸角度、被写体中央付近における被写体輝度、色温度を実測した。また、Axi-Vision の設定パラメータである繰り返し周波数、I.I. ゲイン値、I.I. ゲート時間、ch5 位相の角度データを同じく全カットについて実測した。測定データは本編映像とは別に、電子データとして（4）のデータと共にカメラデータとして記載した。具体的には MS ワード形式のファイルにまとめて、リビング、オフィス、ダーツバー、ダンス各シーンのフォルダ内に保存した。

4.2.5 制作した画像の例

制作した 4 つの番組の画像の例を図 8～図 11 に示す。

4.3 スキャナ型カメラによる 3次元映像コンテンツ

4.3.1 コンテンツの概要

コンピュータコントロールされたスキャナ装置



(L)左カメラ

(C)中央カメラ

(R)右カメラ



(D)中央・奥行き

図 8 測距カメラによる 3D 映像コンテンツ(リビング)



(L)左カメラ

(C)中央カメラ

(R)右カメラ



(D)中央・奥行き

図 9 測距カメラによる 3D 映像コンテンツ(オフィス)



(L)左カメラ

(C)中央カメラ

(R)右カメラ



(D)中央・奥行き

図 10 測距カメラによる 3D 映像コンテンツ(ダーツバー)



(L)左カメラ

(C)中央カメラ

(R)右カメラ



(D)中央・奥行き

図 11 測距カメラによる 3D 映像コンテンツ(ダンス)

により、等価的に非常に高密度の縦横カメラ配列を構成し、水平だけでなく垂直方向にも狭ピッチかつ非常に多くの視点を持つ画像列を撮影する制作手法を開発し、またこの手法によるコンテンツ制作を行った。

具体的には RGB 各波長において均一な空間解像度を有する 3 板式カラーカメラ (非圧縮 IEEE1394 デジタルカメラ) を用いて、実際の放送番組における小道具と同等レベルの被写体を使用し、レンズ間隔 (ピッチ) がそれぞれ水平 2 mm、垂直 2 mm で 1 視点あたり約 120 万画素、各々 1 万 5 千点からなる静止画コンテンツを 2 シーン (合計 3 万視点相当) 制作した。作成した番組はクリスタル、ジオラマの 2 シーンである。

本技術において、撮影時のカメラの中央位置におけるカメラパラメータを特定するための指標として、平面上に配置した市松模様 (チェスボード) を上下左右中央の 5 姿勢について各シーン毎に撮影した。さらに、各シーン毎にマクベスチャートを撮影してカメラの色特性を後から求めることができるようにした。撮影に際しては、特に IEEE1394 における IIDC プロトコルを使用してカメラの状態を直接制御できるという利点を生かし、シャッター速度、ゲイン、ガンマ特性、ベデスタル、ホワイトバランス、フレームレート等の種々のパラメータを、標準データとして一般にふさわしいとされる条件に設定した状態で撮影を行った。

シャッター速度は 1/15 秒に固定、アンプゲインは 0 dB、ガンマ補正 OFF (リニア応答特性)、ベデスタルは初期値、ホワイトバランスは全白画像を各シーン毎に 1 回撮影して自動ホワイトバランス調整 (AWB ワンプッシュ) とし、シーン中は同ホワイトバランス設定を固定にして使用、フレームレートは毎秒 7.5 フレームに固定で撮影を行った。また、アイリスは可能な範囲で絞込み、パンフォーカス状態での撮影とし、焦点外れの影響を避けた。

成果として得られたコンテンツは 1,280 × 960 画素/RGB24 bit のビットマップ (BMP) ファイル 1 万 5 千視点 (水平 150 視点 × 垂直 100 視点) およびキャリブレーション用データ (チェスボード 5 視点 + マクベスチャート 1 視点) で構成される、2 シーン約 3 万視点の画像データとなった。データ容量として約 120 GB である。

4.3.2 制作の背景

3D 映像コンテンツの撮影・流通・表示については現時点で何らかの統一的な手法が存在する訳ではなく、現在表示方式として種々の検討がなされている段階である。それら 3D 映像コンテンツにおける、標準的なコンテンツ制作技術の研究開発を行い、成果として表示装置の評価に利用できるようなコンテンツを制作することがこの分野では求められている。

多視点画像データは、90 年代から盛んに研究されるようになった光線空間理論や Light Field Rendering 関連の 3D 映像技術においてよく取り上げられる。① 光線空間への実写の入力方法または、CG における仮想カメラの配置として、水平垂直に高密度配置された平行カメラはしばしば用いられる。図 12 に示すように、このデータセットを用いることによって、カメラ配置が光線空間の s-t 平面に対応し、カメラ内部の画素が u-v 平面に直接対応付けされることから、その後の処理が比較的容易となる。また、多視点画像データを用いることにより実写 3D 映像においてオクルージョン関係が保持された比較的良好な画質のレンダリング結果を得ることができている。さらに、ホログラム分野において② 古くからホログラフィックステレオグラム [6] として知られる手法においても非常にたくさんの 2D 画像列が用いられる。③ 近年の電子化されたホログラムの研究においても、焦点位置の設定に若干の違いはあるが、多視点画像データが用いられる [7]。当然のことながら、④ 多視点画像データから逆射影を行うことで被写体シーンの構造を推定することも可能であり、数多くの応用が存在する。従って、多視点画像データは、種々の表示形式への変換のほか広く立体映像研究に利用されることが期待できる。

国内外の動きを見ても、第 91 回 MPEG [8] にみられるように、多視点画像データの重要性は高まっている。国内においても、古くは平成 6 年に筑波大学の 大田友一教授らのグループによって制作された『筑波大学多視点画像データベース』と呼ばれる標準画像が存在する。これは数 cm 間隔で撮影された 9 × 9 視点の VGA 画像 (640 × 480 画素) で構成されており、内外の研究グループによってしばしば利用された。

NICT では、より高密度かつ多視点の標準画像

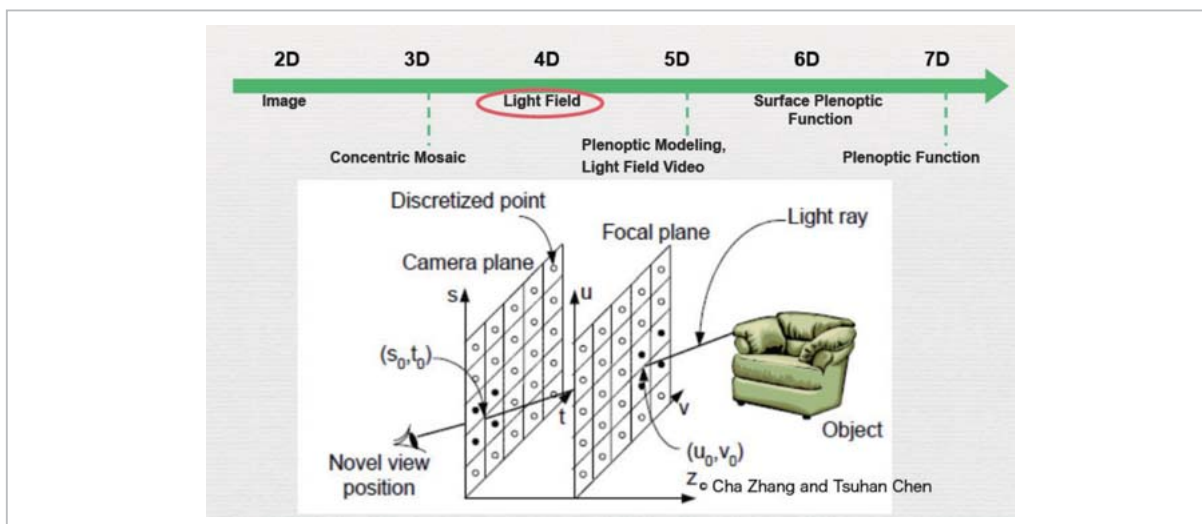


図 12 Light Field(出典: カーネギーメロン大学)

データを取得するために、新たな撮影機材を導入した。この制作ではカメラのレンズ前球から705 mm～1000 mmに配置した被写体を縦横2 mmピッチにて150×100視点で撮影しており、近年のコンピュータ機器の発達にもなって要望されているより高密度の撮影を行った。

多視点画像データはそのまま用いられる機会よりもむしろ、その後の画像処理、レンダリング処理を経ることが多いことから、その撮影に際してはR/G/B各々のサンプリング点が完全に一致している3板式カラーカメラを用いることが良いとされ、その事がさらに、制作の敷居を高くする側面があった。実写の光線空間やLight Fieldの撮影において、超高密度の撮影が行われる例^[9]はしばしばあるが、撮影手法や撮影データセット自体が研究対象であることから、それらが標準データとして提供される例は非常に少なく、スキャナ型カメラによる3次元映像コンテンツ制作技術の開発意義は大きい。

4.3.3 撮影装置と被写体の仕様

スキャナ型カメラ(多視点カメラ)の仕様のうち、被写体サイズや配置を決める際に必要となる項目の概要を表10に示す。サンプリング条件から導かれる被写体距離は次の通りである。

- 被写体-カメラ間距離: 705～1,000 mm

画角および被写体距離を含む上記条件から導かれる被写体前面における撮影視野は次の通りである。

表 10 スキャナ型カメラの概要

| | |
|-------------|-----------------|
| 撮像方式 | 3板式カラーカメラ |
| 画角 | 水平 30° 以上 |
| フォーマット | 1/2 光学系～1/3 光学系 |
| 解像度 | VGA 以上 |
| 撮像時解像度 | SXGA～XGA |
| カメラ移動範囲(水平) | 300 mm |
| カメラ移動範囲(垂直) | 200 mm |
| カメラ移動量(奥行き) | 0 mm |
| カメラ移動量(回転) | 0 度 |
| カメラ移動間隔 | 2 mm |

- 幅: 約 668 mm
- 高さ: 約 477 mm

従って、被写体の配置に際しては、特に幅、奥行、高さの各 30 cm の立方体空間内において、十分に細かくかつ密な物体配置とすることとした。上から見たスキャナ型カメラに対する被写体の空間配置を図13に示す。

最大でSXGA解像度相当のカメラにより多視点の撮影を行うことから、制作する被写体については、十分な精度(テクスチャの細かさ)を有しているものを製作し、スキャナ型カメラで撮影可能な範囲を被写体がまんべんなく埋めるように注意した。立体映像の標準コンテンツであることから、陰面関係(オクルージョン)に関して同一画面内で異なる特徴(形状など)を持つ被写体を2種類製作した。1つは、奥行き推定の困難な被写体として、

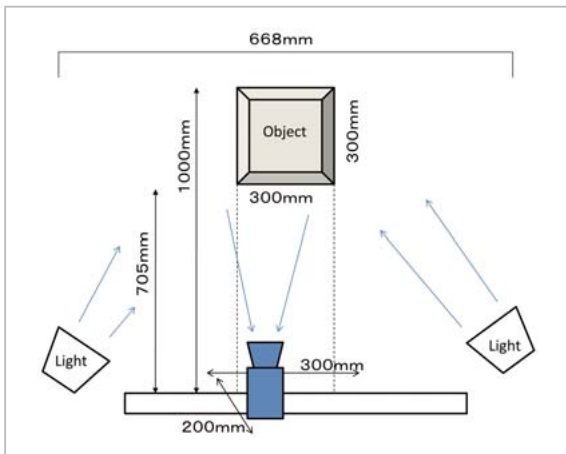


図 13 スキャナ型カメラに対する被写体の空間配置(平面図)

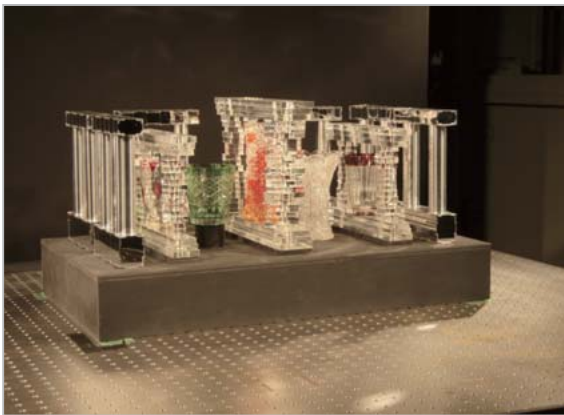


図 14 被写体(クリスタル)



図 15 被写体(ジオラマ)

隠れの多い物体、透明な物体、鏡面反射性の強い物体を含む「クリスタル」で、もう1つは、屋外において風景を撮影した場合を想定できるような街並みやビル、建物、樹木などを含む被写体である



図 16 スキャナ型カメラコンテンツ「クリスタル」の画像例



図 17 スキャナ型カメラコンテンツ「ジオラマ」の画像例

「ジオラマ」とした。それぞれの被写体を、図 14、図 15 に示す。

4.3.4 制作した画像の例

制作した画像の例を図 16、図 17 に示す。これらの図は、代表的な 9 点から撮影した画像のみを抜粋し、3 × 3 に並べたものである。それぞれの図の 9 枚の画像のうち最も左上の位置から撮影したものが左上の画像、最も右下の位置から撮影したものが右下の画像となっている。中央の画像は、スキャンの中心点で撮影したものである。

4.4 3次元CGコンテンツ

4.4.1 3次元 CG コンテンツの概要

3次元 CG コンテンツについては、豊かな表現性を持った高精細 CG モデルと、合成などの後処理を行って表現性を高めたムービーデータで構成される。



図 18 CG シーン「神秘的な海底神殿」の画像例

高精細 CG モデルについては、プリミティブや単なるモデリングデータだけにとどまることなく、適度に複雑な被写体や場面の設計に基づいて構成された6つのシーンからなる。空間構成、構図、輝度、色、周波数分布、動き等のバリエーションを考慮して、シーンを構成している。1パスのオフラインレンダリングのみで完結するシーンデータとなっている。フォーマットは、Autodesk Maya 2010 ネイティブフォーマットで、Mental ray for MAYA を使うことによりレンダリングが可能である。初期設定ではステレオ(2眼)カメラで交差法の設定になっているが、3台以上の設定をして複数の立体提示方式での利用が可能である。また、パラメータ変更により、さまざまな観視条件への対応が可能である。

各シーンは15秒または30秒で、30p対応である。シーンの中には、2眼方式において差し障りのあるような映像表現も含めている。また、3次元映像として、カメラワーク、動き、シーンチェンジ、照明、質感等の各種映像効果の比較確認ができるようになっている。

ムービーデータはレンダリング済みの122秒のHD画質、30pの連番TIFFファイル(右眼用および左眼用のセット)である。内容は、超臨場感コミュニケーション技術の未来像で、眼間距離、輻輳角、画角、カメラモーション、被写体の動き・色などにバリエーションをもたせている。

4.4.2 高精細 CG モデルのシーン概要

(1) 神秘的な海底神殿

海面から差し込む柔らかな光の帯、苔に覆われ

た岩、海藻が揺らぎ、マリンスノーが漂っている。朽ち果てた神殿の遺跡が、ひっそりと佇み、神秘的な情景を見せている。時折泡が立ち上がり、サメが悠々と群れを成して泳いでいる。突然、群れの中の一頭が眼前に迫り、反転し、神殿を抜けて再び深い海へと消えていく。以上のストーリーの15秒のシーンであり、代表的な画像を図18に示す。

(2) ミクロの世界～蜜蜂と花畑～

様々な種類の美しい花が眼前に展開される百花繚乱の花畑。風に吹かれた花卉が、ゆらぎながら浮遊し、あるときは、集束しながら、群れを成して飛んでいる。目を凝らして観察すると、蜜蜂が飛んでいる。蜜蜂の視線でカメラはダイナミックに花畑大ロングから、一輪の花へ移動する。ミクロの世界に移動すると、そこには一匹の蜜蜂が、花芯の蜜をねらっている。花芯の超クローズアップをよく観察すると蜜が太陽光を受けてキラッと光っている。以上のストーリーの15秒のシーンであり、代表的な画像を図19に示す。

(3) 小惑星に浮かぶ宇宙基地

壮大な宇宙空間に点在する小惑星に築かれた宇宙基地。宇宙服に身を包んだ作業員や、巨大なロボットが基地建設の作業を行っている。基地のゲート内部で他の小惑星に移動するために、スタンバイする小型ロケット。ゲート内からは、開くガラス扉越しに基地が見える。基地から発進した小型ロケットはロボットをかすめて飛んでいく。以上のストーリーの30秒のシーンであり、代表的な画像を図20に示す。

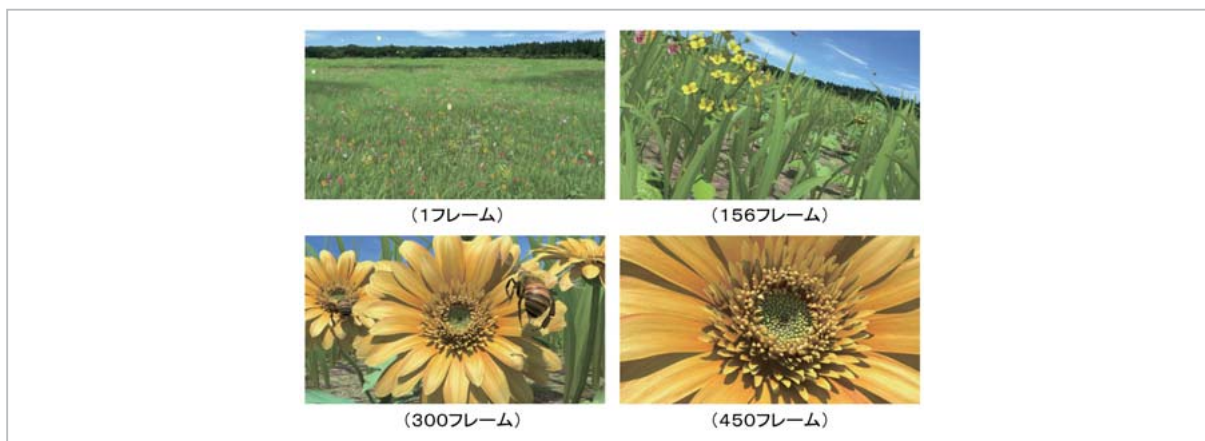


図 19 CG シーン「ミクロの世界～蜜蜂と花畑～」の画像例

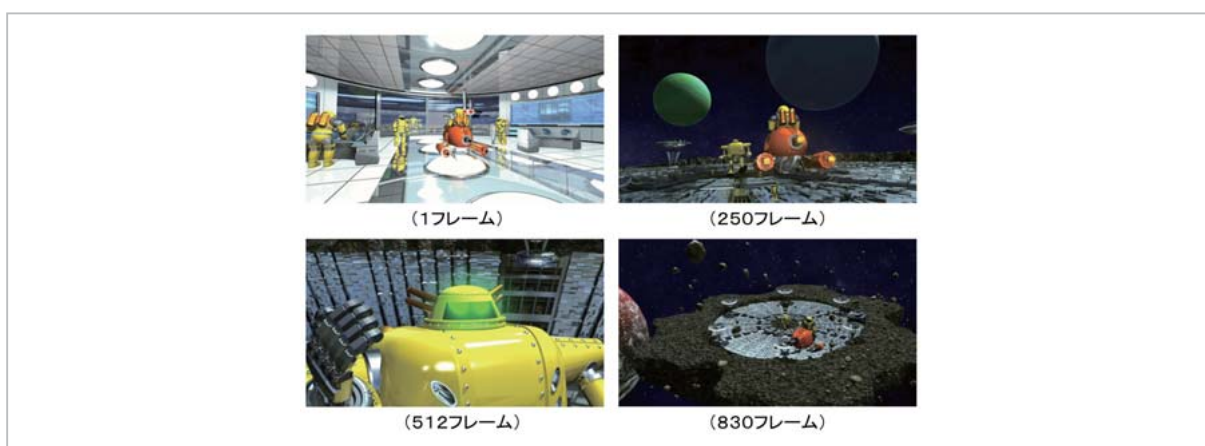


図 20 CG シーン「小惑星に浮かぶ宇宙基地」の画像例

(4) 不思議な世界～貴金属溶解～

画家「ダリ」の作品を彷彿させる奇妙な夢の中のようなイメージの不思議な世界。そこには、威光を放つ煌びやかな宝石や印象的な金属光沢を醸し出す懐中時計など、美しい貴金属が点在している。それらは次第に重力を超えて空中に浮き上がり、ゆっくりと溶解し、その形状を変えていく。通常照明に加え、ローソクや炎など様々な照明効果のもとで、それぞれの貴金属の美しさを不思議な世界の中で鑑賞することができる。以上のストーリーの 15 秒のシーンであり、代表的な画像を図 21 に示す。

(5) バーチャルライトミュージアム

「バーチャルライトミュージアム」と呼ばれる架空のミュージアム。“ボリューム感”あふれる様々な色調の「光のオブジェ」が展示されている。「光のオブジェ」は、無数の光り輝く点の集合体や、

無数の細い線で構成され、常にゆっくりと変化している。カメラは変化し続ける「光のオブジェ」の間を滑らかにクレーン移動したり、俯瞰やクローズアップの視点から様々な表情を見せる「光のオブジェ」を捉えていく。以上のストーリーの 15 秒のシーンであり、代表的な画像を図 22 に示す。

(6) 公園の風景

ある晴れた日の何気ない公園の風景。散歩をしている人、ボール遊びをしている子供、ベンチで語らうカップルなどが集う公園。カメラは穏やかな日常の中を歩くように進んでいく。以上のストーリーの 15 秒のシーンであり、代表的な画像を図 23 に示す。

4.4.3 3次元 CG ムービーのシーン概要

豊かな色彩の幾何学的な平面図形が立体的に浮かび上がり動き始める。その後、図形は、ゆっくりランダムに拡散し空間を漂い始める。次第に奥

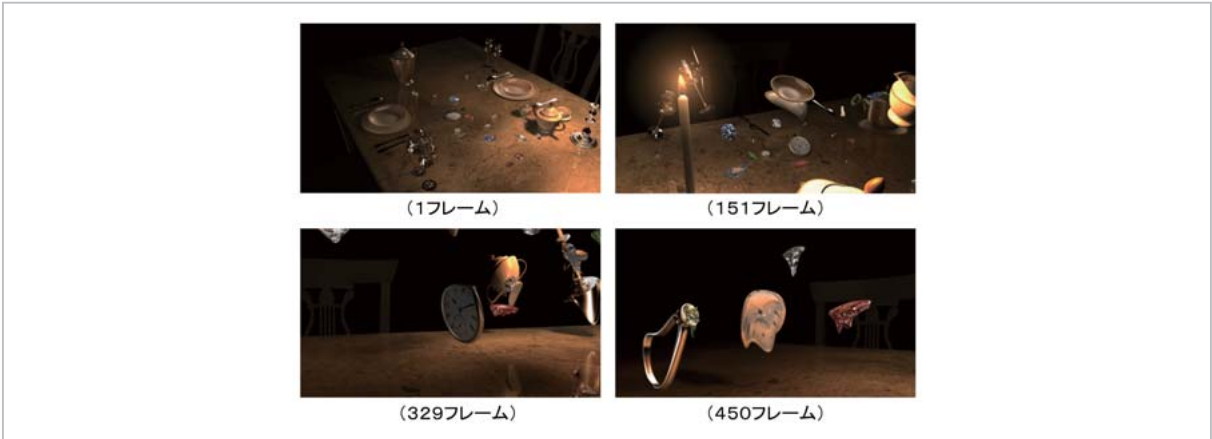


図 21 CG シーン「不思議な世界～貴金属溶解～」の画像例

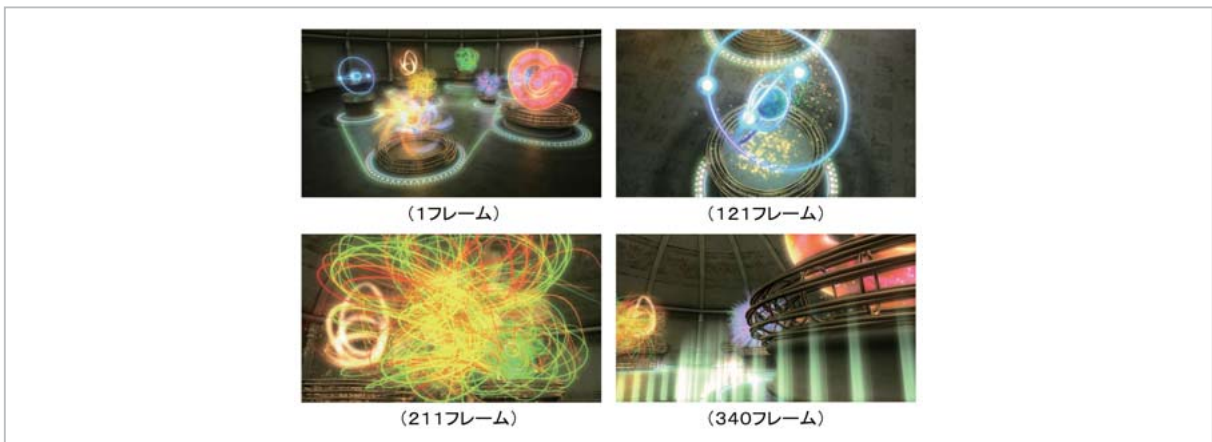


図 22 CG シーン「バーチャルライトミュージアム」の画像例

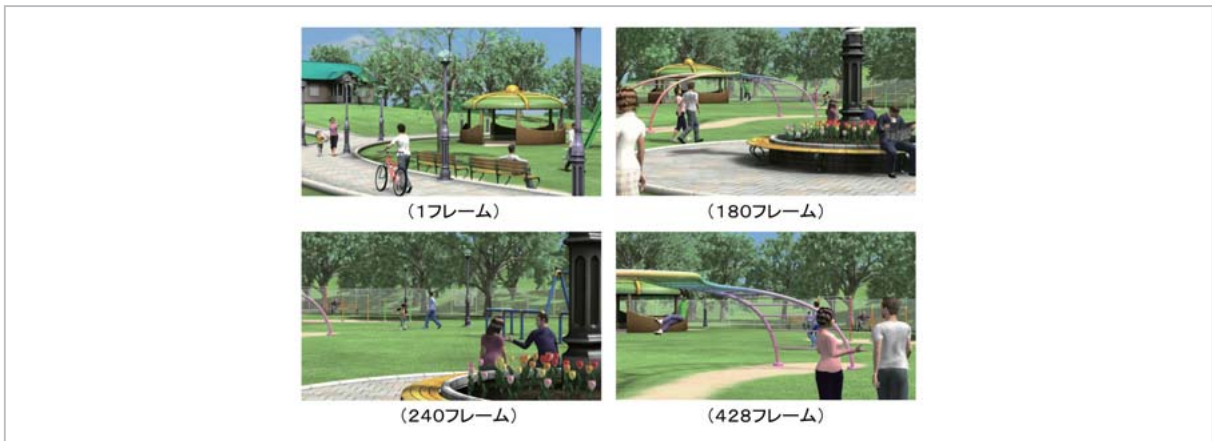


図 23 CG シーン「公園の風景」の画像例

行き感のある超巨大な空間の中で集束していく。広大な空間に形成された幾何学図形は巨大なステージとなっている。そこには、超臨場感コミュニケーションに関する様々な研究テーマイメージ

が展開されている。超臨場感放送・通信、遠隔医療、五感通信、技術伝承等、各研究テーマのイメージシーンが巨大なステージ空間の中で展開されている。以上のストーリーの122秒のムービー



図 24 CG ムービー「超臨場感の世界」の画像例

であり、代表的な画像を図 24 に示す。

5 2D/3D変換ソフトウェアの開発

3次元映像支援技術の研究開発においては、前章までに述べた標準テストコンテンツの制作、提供とともに、今後3D映像の制作を目指すクリエイターなどに気軽に3D映像制作を体験してもらい、人材育成に資するとともに、2D/3D変換技術の開発者を支援することを目的として、2D/3D変換ソフトウェアを開発した。

2D/3D変換とは、1台のカメラで撮影した映像から、経験則を使って被写体の奥行きを推定し、奥行き映像や左右眼用の映像を作り出す技術である。

5.1 開発した2D/3D変換ソフトウェアの概要

最近ではさまざまな2D/3D変換技術が開発され、市販されているものもある。今回開発したのは、本格的なプロ仕様のものとは異なり、初心者が気軽に使い簡便に3D映像を作れるものになっている。組み込んでいるアルゴリズムについては、特許に抵触しないような比較的簡易なもので

あり、フィルタを入力映像に順に掛けるという方式で奥行きを推定し、奥行き映像や左右眼用映像を生成している。自動変換の精度は不十分だが、手動修正の機能やユーザが独自に開発した変換フィルタを組み込んで試行錯誤できるような環境を組み込んでおり、開発支援ツールとして利用できるものである。また、さまざまな画像処理フィルタ等の効果を試すことができ、画像処理教育にも使えるものとなっている。

本ソフトウェアはWindows搭載のパーソナルコンピュータで動作する。1視点の映像を入力し、出力はその視点での奥行き映像、または左右2眼用映像である。さまざまなフィルタをかけながら奥行き推定していくという方式で、フィルタの組み合わせは自由に変えられる。推定に使えるようなOpenCV関数を、フィルタとして実装している。ユーザは簡単に操作でき、C#言語で独自のフィルタを作って組み込むことも可能である。ある程度の推定を自動で行い、詳細は手動で修正するという仕様になっている。

5.2 2D/3D変換の例

本ソフトウェアを用いた変換例を図 25 に示す。



図 25 2D/3D 変換ソフトウェアによる変換例

図 25 (A) の自動変換の結果では、空や雲の奥行き推定など誤っているところが見られるが、10 分程度の簡単な手動修正により、図 25 (B) のようにほぼ正しい変換結果が得られる。

6 コンテンツおよびソフトウェアの配布

開発した標準テストコンテンツおよび 2D/3D 変換ソフトウェアについては、国内に住所や事業所を持つ研究者や大学、法人等に対して無償で配布している。(コンテンツを収録するメディアであるハードディスク、およびその往復の輸送費については、申請者負担である。) 配布の申請は、以下の Web ページで受け付けている。

<http://3d-contents.nict.go.jp/>

この Web ページからコンテンツ配布サーバにアクセスし、ID 申請を行い、登録が完了すればコンテンツ等の配布請求が可能になる。

配布するコンテンツやソフトウェアについては、下記の目的での使用について包括的に許諾し、自由に使用できる。

- (1) 3D 関連機器の研究開発における評価管理映像としての利用
- (2) 業界標準化検討および画質教育用映像としての利用
- (3) 制作・編集・上映の工程における評価管理映像としての利用
- (4) 産業見本市や展示会などでの展示映像としての利用

の利用

- (5) その他の研究開発目的(画像処理・変換技術、圧縮伝送技術等の研究開発を含む)および非営利目的(教育、研修、啓蒙活動等を含む)の利用

以下の取り扱いについては原則として認めていないが、個別の許諾により認める場合もある。

- 本利用許諾者以外への再配布および複製に関わる行為(同一法人内での利用のための再配布および複製については可能)
- 営利目的での映像展示・放送・配信などに関わる行為
- 本映像の再編集(改変・剽窃など)に関わる行為

利用者の表示装置に合わせるためのダウンコンバートやフレームレートの変更、圧縮・符号化、フォーマット変換、補間処理等の研究開発目的の画像処理については、改変に該当しない。ただし、これらの変更を加えた画像を上映し、もしくは論文等で発表する場合には、その旨を記載する必要がある。

国際標準化機関(MPEG、ISO、IEC、ITU など)にテスト映像として提供する場合には、NICT が直接配布を行わず、その標準化に従事している担当者にコンテンツを配布し、外国を含めた作業部会等の関係者への配布を一任する許諾を行う。

配布しているコンテンツについては、幅広い研究開発目的で使用することを想定して、非圧縮の連番静止画ファイルで提供している。しかしなが

ら、本コンテンツを用いて、3D映像の人体への影響評価実験を多数の被験者を用いて行う場合や、民生用3Dテレビの性能評価等に使う場合を想定し、ユーザ側で変換処理をすることなく利用できる、ブルーレイ規格のフォーマット等に変換したものについても今後提供する。

7 まとめ

3次元映像機器の比較評価や画像処理技術の研究開発用に、誰でも自由に標準的に使用できる標準テストコンテンツおよび2D/3D変換ソフトウェアを開発し、無償での配布を開始した。

標準テストコンテンツの制作を実施した結果として、いくつかの課題が明らかになった。超高精細ステレオ3D映像コンテンツに関しては、カメラの入手が間に合わなかった関係で、30pのフ

レームレートでの制作となった。関係者からは60pのフレームレートの標準テストコンテンツを強く求められており、入手した60p対応のカメラを使用してコンテンツの再制作を行う必要がある。

今回は制作を見送ったコンテンツもあり、今後もコンテンツを充実していくことが望まれる。

謝辞

本報告は、総務省委託研究「眼鏡の要らない3次元映像技術の研究開発—3次元映像支援技術—」の成果である。

標準テストコンテンツの詳細仕様設定にあたりご助言をいただいた、超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム(URCF)標準テストコンテンツ制作企画プロジェクト関係各位に感謝する。

参考文献

- 1 “3Dディスプレイ, 3度目の正直,” 日経エレクトロニクス, 2008年9月22日号, Sep. 2008.
- 2 “立体映像標準チャート,” 映像情報メディア学会 Web, http://www.ite.or.jp/shuppan/testchart_index.html
- 3 大井隆太郎, 奥井誠人, “実写を入力としたフレネルホログラムの空間表示,” 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 30, No. 43, pp. 3–6, 2006.
- 4 大井隆太郎, 山本健詞, 奥井誠人, “Electronic generation of holograms by using depth maps of real scenes,” Proceedings of SPIE, Vol. 6912, No. 21, pp. 1–11, 2008.
- 5 GIST (Gwangju Institute of Science and Technology), “3D Video Test Sequence and Camera Parameters,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG2009/M16949, 2009.
- 6 J. T. McCrickerd and Nicholas George, “Holographic stereogram from sequential component photographs,” Applied Physics Letters, Vol. 12, No. 10-2, 1968.
- 7 大井隆太郎, 三科智之, 奥井誠人, 野尻裕司, 岡野文男, “実写ホログラムの高速な計算方法の検討,” 映像情報メディア学会誌, Vol. 61, No. 2, pp. 198–203, 2007.
- 8 Fraunhofer HHI, “HHI Test Material for 3D Video,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG1, MPEG2008/M15413, 2008.
- 9 Marc Levoy and Pat Hanrahan, “Light Field Rendering,” Proceedings of ACM SIGGRAPH, pp. 31–42, 1996.



きむら かずひろ
木村和宏
 ユニバーサルメディア研究センター
 推進室室長
 立体映像、衛星通信



あらかわ よしき
荒川佳樹
 ユニバーサルメディア研究センター
 推進室主任研究員 工学博士
 超高精細映像、3D映像、幾何モデリング



おおい りつろう
大井隆太郎
 ユニバーサルメディア研究センター
 超臨場感基盤グループ主任研究員
 博士(科学)
 光波伝播解析、ホログラフィ、3次元撮像技術、イメージセンサー



やまもと けんじ
山本健詞
 ユニバーサルメディア研究センター
 超臨場感基盤グループ主任研究員
 博士(工学)
 電子ホログラフィ、3次元画像工学