

Axi-Vision カメラによるモデリングとシャドウイング

白井 晓彦⁽¹⁾ 小林 希一⁽¹⁾ 河北 真宏⁽²⁾ 斎藤 豪⁽³⁾ 中嶋 正之⁽³⁾

⁽¹⁾(財)NHK エンジニアリングサービス 〒157-8540 東京都世田谷区砧 1-10-11

⁽²⁾日本放送協会 NHK 放送技術研究所 〒157-8510 東京都世田谷区砧 1-10-11

⁽³⁾東京工業大学 大学院 情報理工学研究科 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1

E-mail: {Shirai,kobayaki}@nes.or.jp, kawakita.m-ga@nhk.or.jp, {suguru, nakajima}@img.cs.titech.ac.jp

あらまし テレビ番組用 CG 合成技術の品質向上のためには、現状の 2 次元合成の延長ではなく、撮影物体の 3 次元形状を考慮した 3 次元画像合成が必要であり、実際の番組制作フローでは、撮影物体の高速かつ簡易な形状取得が必要となる。この報告では実験として、高速に奥行濃淡動画像の取得が可能なハイビジョンカメラ「Axi-Vision」を用いてスタジオセット等の撮影物体の形状取得を試み、取得した元画像とテクスチャつきで生成した形状に対する CG 物体の合成を行った。結果、被写体形状に応じた CG 物体の簡易で高速な配置が可能になり、被写体の凹凸を含む人工的な影を違和感なく元画像に合成することに成功した。

キーワード Axi-Vision, 奥行映像, 3 次元画像合成

Modeling and shadowing using Axi-Vision camera

⁽¹⁾NHK Engineering Services, Inc. 1-10-11, Kinuta, Setagaya, Tokyo Japan, 157-8540.

⁽²⁾NHK Science and Technical Research Laboratories 1-10-11, Kinuta, Setagaya, Tokyo Japan, 157-8510.

⁽³⁾Tokyo Institute of Technology 2-12-1, O'okayama, Meguroku, Tokyo, Japan, 152-8552.

Abstract This report describes a method of modeling and shadowing using a depth camera, Axi-Vision that can record depth images with normal RGB images on same time for three dimension based image synthesis on television program production. In this experiment, we generated a synthesized image using a mesh from depth image with texture from the same frame on experimental scene. To show an application, we set a light and virtual character to obtained scene and generated a synthesized image that have unevenness shadow from character to the mesh.

Keyword Axi-Vision, depth image, 3D image synthesis

1. はじめに

近年、テレビ番組用 CG 技術の発展は目覚しいが、多くの技術は、クロマキーを中心とした 2 次元合成技術の延長であることが多い。一方、映画制作用 CG 技術の多くは 3 次元 CG による合成映像をベースとしており、実写画像ベースライティング(IBL)など高品質な実写世界の再現がより進んでいる。その技術進歩指向の違いの背景は、テレビ番組と映画制作の制作時間、制作環境の違いによるものと考えられるが、ハイビジョン、デジタル放送の発展により、今後より高品質な CG 映像がテレビ番組用 CG 技術として要求されるであることは容易に想像できる。

2. 3 次元合成における技術的課題

例えば「CG キャラクタと実写人物の共演」といったシーンを想定すると、現状の 2 次元ベース合成技術の延長には、多くの技術的課題が存在することがわかる。実写俳優との共演による接触、室内のドアや平坦でない TV セット内での移動、照明状態や影の再現といった点、即ちコンピュータの演算速度向上によるレンダリング時間の改善によっても解決されない様々な

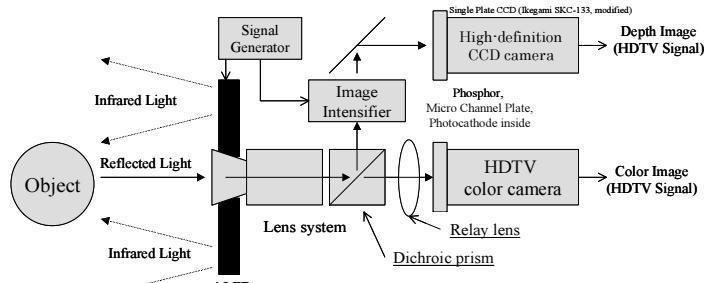
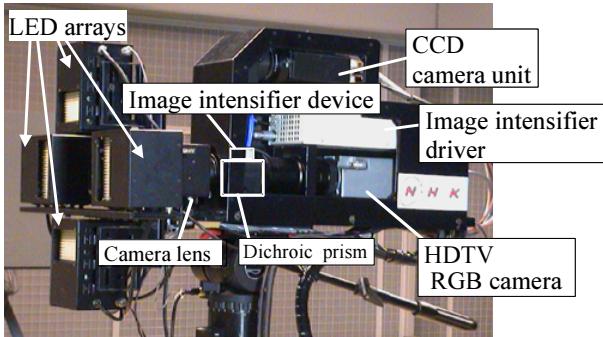
限界が存在する。現状多くのケースでは、カメラワークの工夫や、CG 生成作業での工夫によってこれらの問題を回避しているが、これらの課題を解決するためには、背景となる TV セットやその照明状態、共演者の位置や形状を簡易かつ高速に取得できる必要があると考える。

本研究では、このような背景から、実験として、通常のハイビジョン動画像と同時に、同軸光学系を用いた奥行濃淡動画像が取得できる特殊なカメラ「Axi-Vision」を用いて、簡易に撮影物体の合成に必要となる形状とテクスチャを取得することを試みる。またその応用として、撮影映像に対する任意の CG 物体を違和感なく合成し、ライティングとシャドウイングを施す方法について検討を行う。

3. Axi-Vision Camera

Axi-Vision カメラは NHK 放送技術研究所によって開発された、同軸光学系を用いた、カラー動画像と同時に奥行濃淡動画像が取得できるハイビジョンカメラである（図 1）。

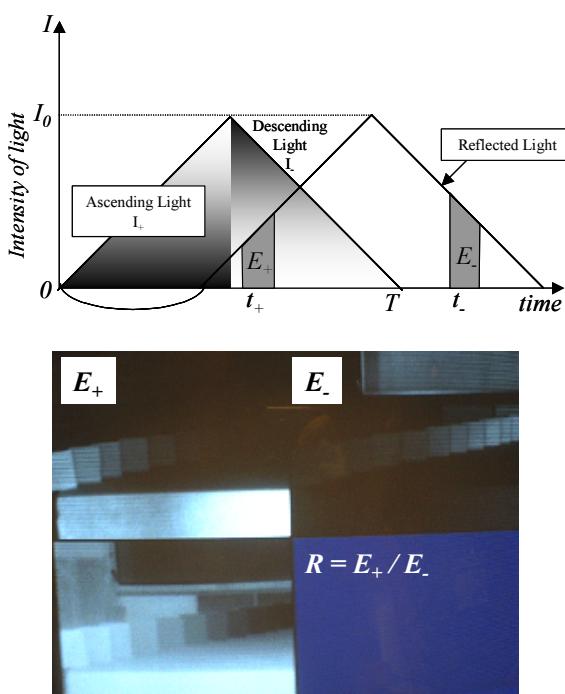
ダイクロイックプリズムによって分割された 2 つの



【図 1 : Axi-Vision カメラの外観と構造】

光学系に 2 台のハイビジョンカメラを有しており、一方はイメージインテンシファイア(以下 I.I.)によって高速で(1ns～)シャッタリングを制御することができる。ズームレンズ前面には近赤外の LED アレイが装備されており、変調した三角波で被写体を高速に明滅させることができる。

I.I.によって高速に LED 照明が「明→暗」のフレームと「暗→明」として被写体を照らしている瞬間の映像を、それぞれ E_+ , E_- とおく。この映像の光量は光源から被写体の距離に加え、その表面の傾きや拡散成分といった個々の特性を含んでいるが、その比である $R = E_+ / E_-$ を得ることで、個々の特性を除いた各画素の奥行を得ることができる。今回の実験に使用した Axi-Vision では、奥行画像の算出をハードウェアで行い、通常のハイビジョン動画像(RGB)と同時に、奥行濃淡動画像をハイビジョン信号として得ることができるカメラシステムとして利用できる。



【図 2 : Axi-Vision による奥行濃淡画像の導出】

4. 奥行濃淡画像を使ったモデリング

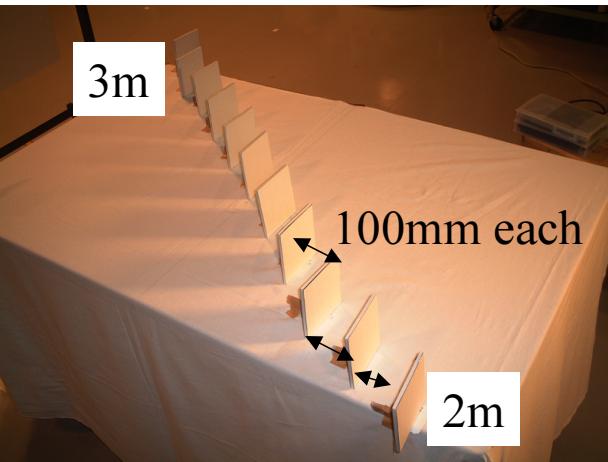
河北らは既に、Axi-Vision を用いたオクルージョンを考慮したリアルタイム合成を行っているが、この方法は奥行濃淡画像をキー信号として使用した 2 次元合成である。この方法は高速で簡易、かつ従来では表現できない映像表現が可能になる利点があるが、今回の実験では、奥行濃淡画像からオフライン処理にて被写体の形状を再現することを目的とする。

Axi-Vision による奥行濃淡画像からのモデリングは以下のようなステップで処理される。

- (1) Axi-Vision カメラでシーンを撮影
- (2) 奥行濃淡動画像を高ビット静止画に変換
- (3) 濃淡値から高さフィールドに変換
- (4) 用途によりプロジェクションモデルを適用
- (5) 取得したモデルのテクスチャとして同一フレームの RGB 画像を適用

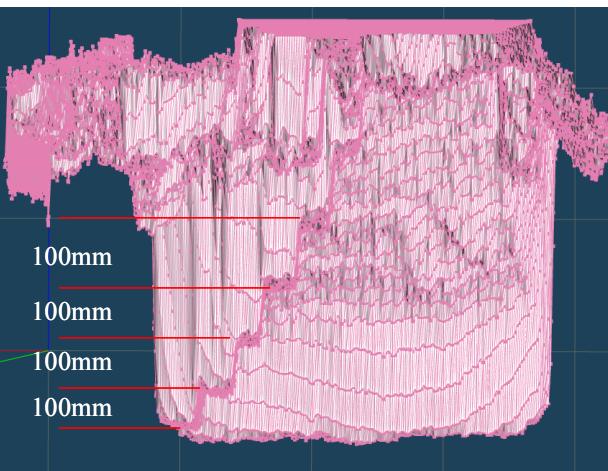
(1)は、図 3 のような自然物と、カメラの重心から 2 ~3m の奥行距離に 100mm ごとの間隔で配置した紙製のチャート板(図 3 下)によって構成されるシーンを撮影する。Axi-Vision カメラの変調周波数等の設定は、最も高精度になるよう設定し、RGB 動画像(図 3 上)と奥行濃淡画像(図 3 中)は D5 規格テープにデジタル保存する。次いで(2)において HD-SDI 信号(RGB 各 10Bit, 29.97fps)から 16Bit-TIFF ファイル形式もしくは Cineon ファイル形式を経由し、(3)において簡単なフィルタリングを施した上で、独自開発した変換プログラムによって処理する。アルゴリズムは将来的なリアルタイム化を踏まえ、単純に各画素の X, Y 座標に対して濃淡値が Z 座標になる平行投影モデルと、遠くの値ほど小さく見える透視変換モデルの 2 種が適用できるよう設計した。前者はスタジオセット等の測量が必要な場合に適しているが、同時撮影 RGB 画像によるテクスチャリングや実画像との合成時には、カメラパースなどの条件によって破綻が起きるため、より正確なテクスチャリングを行うために画素からメッシュ生成を生成する際に透視変換を施す後者の方針も利便性が高い。

採用したメッシュ生成アルゴリズムは 1 画素から 3 頂点の 2 ポリゴンを生成するため、最大頂点数の見積



【図 3 : 実験用シーンと奥行濃淡画像】

RGB 画像(上), 奥行画像(中), チャート配置(下)



【図 4 : メッシュ生成の結果】

もりが容易である。今回の実験では約 6 万頂点のメッシュを得るために, 1920x1080pixel の元画像を 240x135pixel に縮小して処理を行った。アルゴリズムに最適化をかけていない状態での処理時間は 1.2GHz Pentium III で約 10 秒程度であった。

図 4 は平行投影モデルにおけるサンプルシーンの変換結果の一例である(平行投影モデルによる生成メッシュを上面から見ている)。ノイズも多く含まれているが、チャート部分は面を構成し、その奥行もおおむね均一に取得できている。また、横方向に走る紋様は、奥行に対する同一ビット値の並びとして読むことができ、中心と周辺では弧状の補正が必要であることが読み取れる。

今回の実験では、元画像を縮小し、フィルタリング等の処理を全く施さずにメッシュ化を行ったが、浅見らにより、連続画像の積算値によって距離分解能の向上が報告されており[3]、画像処理技術の応用や高解像度化などでより精度の高い形状が取得できることが期待できる。

5. 元画像への凹凸のあるシャドウイング

前章で取得した形状データは、カメラ位置から見た形状であり、オクルージョン部分(サンプルシーンにおける板チャートの裏側)において、実際の形状と異なる。複数視点による形状再現なども考えられるが、今回は、このモデルデータの利用方法として、撮影シーンに対する破綻のない CG 物体の配置と、凹凸を持った背景に対するシャドウイング(Shadowing=影付け, Shading=陰影付けとは異なり、光源に対する不透明体による遮蔽効果のこと)への応用を試みる。

シャドウイングはリアルタイムレンダリングで動作可能な方法を含めて各種のアルゴリズムがあるが、今回は一般的な 3DCG オーサリング環境での利用を想定し Alias Maya™ に実装されているボリュームシャドウ法を使用する。

まずメッシュデータを OBJ 形式で記述し Maya 環境にインポートする。奥行濃淡画像を抽出したフレームと同一の RGB 画像をテクスチャとして適用するが、通常の Lambert 等のシェーディングモデルでは、光源に対する法線方向に従って陰影がつき、実際の RGB 映像と比べ、陰影に関してノイズを含むレンダリング結果になる(実際の RGB 映像には既に陰影となる照明要素が含まれることが原因である)。本実験では面の法線方向に依らず、ボリュームシャドウに対しては法線を考慮した演算結果を返すが、テクスチャの画素値はそのままの色値でレンダリングするシェーダを開発し、適用した(図 5 上)。またレンダリングに使用するカメラモデルは、図 4 のような平行投影モデルのメッシュデータに対して、平行投影カメラを用いた。カメラモ



【図 5 : メッシュデータへのテクスチャ適用結果】

ルが透視変換モデルの場合、レンダリング結果はノイズの影響を強く受け、本来見えない箇所（図中のパネル上部など）においては幾何的破綻を生じる(図 5 下).

図 5 上は良好なメッシュとテクスチャの取得結果であるが、元画像と全く変わらないため、実験として、取得した形状に対し、実験用 CG モデル「Stanford Bunny」を配置した（図 6）. CG スポットライトは右手前に設置しており、キャラクタから伸びる影がチャートの複雑な凹凸にあわせて形状を変化させる様子が観察できる。

従来の撮影映像に対する 3 次元合成ではこのような実写と 3DCG を合成する場合、配置先である机の平面を確認するため、ダミーの机をあらかじめモデリングし、その上に目的物体を配置し最終画像とのサイズやペースの比較をしながらモデルデータをスケーリング



【図 6 : シャドウイングを施した 3 次元合成結果】

する。今回的方式の利点として、ダミー物体のモデリングや最終画像との整合確認はほとんど必要なく、簡易な作業で目的の映像が取得できた（図 7）.

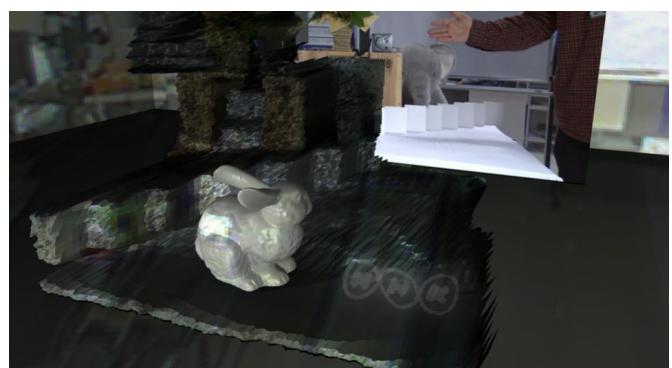
6. 考察

通常の動画像と同時に奥行濃淡動画像が取得できる同軸光学系を持ったハイビジョンカメラ Axi-Vision を応用し、奥行濃淡画像からメッシュ生成、RGB 画像からテクスチャ生成を行い、取得したメッシュを利用して、CG 物体とライトを簡易に配置し、実写と違和感なく合成されたシャドウイングに成功した。今回の実験における最終結果といえる図 6 は、影の凹凸が観察しやすいよう、あえてハードエッジが生まれるライティングにてレンダリングを施しているが、実際の映像制作においては、撮影時の実スポットライトの位置に近い場所から面積を持った光源で照らすことで理想的な結果を得られる。また魚眼多段階撮影映像等による HDRI 照明も効果的である(図 7 には照明に HDRI を利用している)。今後リアルタイム化に向けアルゴリズムの高速化と効果的な応用の開発を続けていく予定である。

謝辞 本研究は情報通信研究機構の委託研究「高精細・立体・臨場感コンテンツ技術の研究開発(第二期)」の一環であり、厚く感謝します。

文 献

- [1] M. Kawakita, T. Kurita, H. Hiroshi, and S. Inoue: "HDTV Axi-vision Camera," *Proc. IBC (International Broadcasting Convention)* 2002, September, Amsterdam pp.397-404 (2002).
- [2] M. Kawakita, K. Iizuka, T. Aida, H. Kikuchi, H. Fujikake, J. Yonai, and K. Takizawa, Axi-vision camera (Real-Time Depth- Mapping Camera), *Applied Optics*, Vol.39, pp.3931-3939 (2000).
- [3] 浅見典充,河北真宏,白井暁彦,小林希一,滝沢國治: “3 次元カメラの画像蓄積による距離検出分解能の向上と形状計測”,画像電子学会年次大会,2003.
- [4] A. Shirai, K. Kobayashi, M. Kawakita, S. Saito, M. Nakajima: “A new archiving system for TV studio sets using depth camera and global illumination”, NICOGRAPH International 2004, pp.85-90, (May 2004)



【図 7 : 取得メッシュと CG キャラクタの配置の様子】