

Axi-Vision を用いた三次元モデリング

山田 英樹[†] 白井 暁彦^{††} 河北 真宏^{††} 三ッ峰 秀樹[‡] 中嶋 正之^{‡‡}

[†] 東京工業大学 工学部 ^{††}(財)NHK エンジニアリングサービス

[‡]NHK 放送技術研究所 ^{‡‡} 東京工業大学 大学院 情報理工学研究科/国立情報学研究所

1 はじめに

近年、映画、TV 番組やゲームなど多くの場面で 3DCG 技術が使われるようになってきている。映画制作の場面では、多くの時間と手間をかけて人間の手作業によって高品質な CG キャラクターや CG オブジェクトを作成することが可能になってきているが、制作時間や制作環境がより制限されていることが多い TV 番組制作などの場面では、時間をかけず安価に CG デザインをする必要がある。

本稿では、TV 番組制作などに利用可能な CG 物体を自動的に作成する方法として、ハイビジョンのカラー画像と同時に同軸光学系を用いた奥行濃淡画像（距離画像）が取得できる奥行きカメラ「Axi-Vision」で撮影した画像を用いることで、モデリングとテクスチャリングを高速に行うことを試みる。

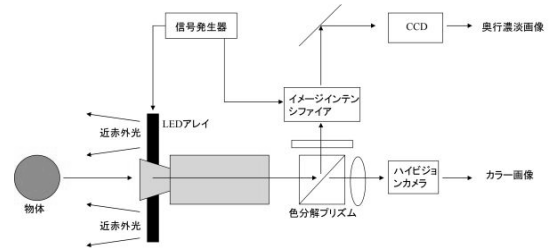


図 1: Axi-Vision の構成



図 2: カラー画像

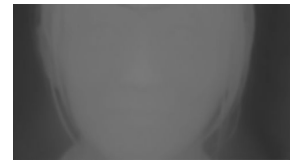


図 3: 奥行濃淡画像

2 Axi-Vision

Axi-Vision は NHK 放送技術研究所によって開発された、同軸光学系を用いて全く同じ画角の奥行濃淡画像とカラー画像を同時に撮影できるハイビジョンカメラである [1]。図 1 にその構成を示す。カメラレンズの周囲に配置された 4 台の LED アレイにより、三角波状に変調した近赤外光を被写体に照射する。物体からの反射光のうち近赤外光成分は色分解プリズムに反射され、高速シャッター機能を持つイメージンテンシファイアによって撮像される。変調された近赤外光の増加時および減少時に同期して撮像された 2 枚の画像より、距離画像を得ることができる。

図 2、および 図 3 が Axi-Vision によって同時に得られたカラー画像と奥行濃淡画像である。

従来のモデリング方法として、三次元レーザースキャナを用いるものや、ステレオ法、シルエット法などの画像ベースのモデリング手法が提案されている。それら

の方法と比べて、Axi-Vision をモデリングに用いる大きな利点は同軸光学系により画素が一致したカラー画像と奥行濃淡画像が欠落なく同時に取得できる事にある。奥行情報から形状をモデリングし、同画素のカラー情報をテクスチャとしてマッピングするだけで正確にテクスチャリングができる可能性を有している。また、容易かつ高速に画像を取得できるため、長時間の静止が難しい人物などの対象に適している。

3 画像積算によるノイズ低減

Axi-Vision で撮影した奥行濃淡画像は、イメージンテンシファイアのショットノイズなどに起因するノイズ成分が多く含まれ、距離検出分解能の制限要因となっている。浅見らは、本カメラに適した画像蓄積手法を提案し、ノイズの低減による分解能の向上を実証している [2]。本研究では同様の画像積算の処理を以下のような PC 上でのオフラインのデジタル処理で行う。

撮影した動画は通常の HD 番組制作と同様に D5 規格のテープに保存し、HD-SDI 信号 (10bit, 29.97fps) から CINEON ファイル形式 (非圧縮, 1920x1080, 各色 10bit, 8MB) の連番の静止画像でキャプチャする。キャプチャした画像を 32bit の変数上で桁落ちすることなく積算する。この方法による積算フレーム数とノ

3D modeling using Axi-Vision

Hideki YAMADA[†],

Akihiko SHIRAI^{††}, Masahiro KAWAKITA^{††},

Hideki MITSUMINE[‡], and Masayuki NAKAJIMA^{‡‡}

[†]School of Engineering, Tokyo Institute of Technology

^{††}NHK Engineering Services, Inc.

[‡]NHK Science & Technical Research Laboratories

^{‡‡}Graduate School of Information Science and Engineering,

Tokyo Institute of Technology/National Institute of Informatics

ics

[†]hideki@img.cs.titech.ac.jp

イズ低減率の関係 (図 4) から明らかなように、積算フレーム数の平方根に反比例してノイズが減っている。

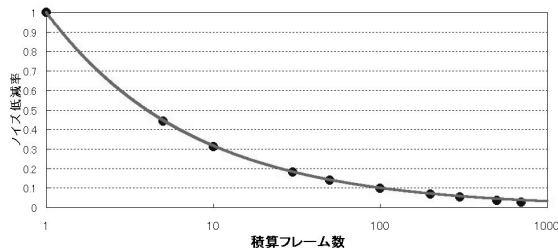


図 4: 積算フレーム数とノイズ低減率

4 モデリングとテクスチャリング

4.1 メッシュ生成方法

得られた奥行濃淡画像からメッシュを生成する方法として、単純に各画素の X, Y 座標における濃淡値を Z 座標として頂点を決める方法がある [3]。しかし、この方法では 1 画素から 2 ポリゴンが生成されるため、1920x1080 の画像に適用すると生成されるメッシュはポリゴン数が約 400 万にもなってしまう、冗長性が高くデータ量も非常に多くなるのでリアルタイムレンダリングをするには現実的ではない。そこで、複数の画素から最小二乗法を用いて最適な 1 枚のポリゴンを得る方法を提案する。この方法の概要は以下のとおりである。

奥行濃淡画像を三角形の領域に区切り、各々の領域から 1 枚の三角形ポリゴンを得る。ある領域に含まれる画素数を n とし、各画素の X, Y 座標とその濃淡値をそれぞれ $x_i, y_i, z_i (i = 1, 2, \dots, n)$ と置いて空間上の点群とみなす。また、求めるべき三角形ポリゴンが含まれる平面を、 $z = ax + by + d$ (a, b, d は定数) と置く。最小二乗法を用いて、この平面と点群との Z 座標の誤差を最小にする。つまり、各点における残差 $v_i = z_i - (ax_i + by_i + d)$ の二乗和 $S = \sum_{i=1}^n v_i^2$ が最小となるように定数 a, b, d を決めればよい。S を a, b, d で偏微分した結果をそれぞれ 0 とおくと次のような連立一次方程式を得ることが出来る。

$$\begin{pmatrix} \sum x_i^2 & \sum x_i y_i & \sum x_i \\ \sum x_i y_i & \sum y_i^2 & \sum y_i \\ \sum x_i & \sum y_i & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum x_i z_i \\ \sum y_i z_i \\ \sum z_i \end{pmatrix}$$

この方程式をガウスの掃き出し法によって解く。得られた平面を三角形の領域で切ることによって 3 頂点が求まり、1 枚の三角形ポリゴンが得られる。

この方法により得られるポリゴンの頂点は奥行濃淡画像のある画素と 1 対 1 に対応するため、同時に撮影されたカラー画像の同一画素をポリゴンの頂点とマッピングすることでテクスチャマッピングが完了する。

4.2 実験結果と考察

図 3 の奥行濃淡画像を 50 フレーム (約 1.7 秒分) 積算し、ポリゴン数 4608 のメッシュを生成し、図 2 のテクスチャをマッピングした。処理時間は PentiumM 1.10GHz の CPU で積算が約 23 秒、メッシュ生成が約 1 秒であった。図 5 および図 6 がその結果である。目、鼻、唇と言った顔の細部の形状も取得出来ており、さらにテクスチャが正確にマッピングされている事がわかる。

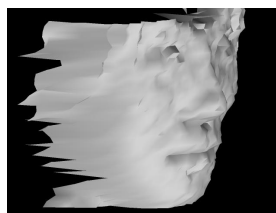


図 5: 三次元形状



図 6: テクスチャマッピング

5 おわりに

同軸光学系を用いて奥行濃淡画像とカラー画像を同時に取得できるカメラ「Axi-Vision」で取得した奥行濃淡画像を積算することによってノイズを低減させ、その画像を用いて人物のポリゴンメッシュ化を行い、細部の形状の取得と正確なテクスチャリングをすることに成功した。しかし、この方法では前面や側面の形状が取得できないため、今後は人物を複数視点から撮影した画像をマージし、全身をメッシュ化することを目標とする。

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。

参考文献

- [1] M.Kawakita, etc.: "High-definition real-time depth-mapping TV camera: HDTV Axi-Vision Camera", Optics Express, Vol.12, No.12, pp.2781-2794, Aug. 2004, <http://www.opticsexpress.org/abstract.cfm?URI=OPEX-12-12-2781>
- [2] 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", 2004 画像電子学会 第 32 回年次大会, 学生セッション 18, pp.71-72, June 2004
- [3] 白井暁彦, 小林希一, 河北真宏, 齋藤豪, 中嶋正之: "Axi-Vision カメラによるモデリングとシャドウイング", 映像情報メディア学会技術報告, VOL.28, NO.32, pp.9-12, 2004 年 6 月