

セルアニメーションを用いた キャラクター頭部 3D モデル生成支援

吉 田 武 史[†] 高 井 那 美^{††} 高 井 昌 彰^{†††}

視点の異なるセルアニメーションの複数画像からイメージベーストモデリング技術を用いて、キャラクターの頭部 3D モデル再構築を行うモデリング支援システムについて述べる。セルアニメーションの特性から、表面の勾配検出や対応点の識別が難しいため、まず輪郭情報のみを用いるシルエット法^{1)~3)}をベースとし、輪郭から抽出されたボクセルデータに対して、あらかじめ用意した頭部ポリゴンメッシュモデルを対話的に半自動でフィッティングさせるアプローチを取る。プロトタイプの実装状況について述べ、本手法の問題点を検討する。

3D head model construction from cell animations

TAKESHI YOSHIDA,[†] NAMI TAKAI^{††} and YOSHIAKI TAKAI^{†††}

We propose a modeling support system that reconstructs a 3D head model of the animation character by using the image-based modeling from two or more different cell images with different viewpoints. Detection of the normal vector and the corresponding points on the surface is difficult problem due to the rendering characteristics of the cell animations. Hence, we first take an approach based on the shape from silhouette in a voxel space, and then we fit a 3D head polygon mesh to the voxel model. We present an implementation of the prototype, and discuss the feasibility of our approach.

1. はじめに

近年、フィギュア・食玩等がブームとなっており、2次元上に描かれたキャラクターを3次元モデル化する機会が増えている。しかしキャラクターの特徴を保持した3次元モデルを作成するには多くの手間や時間がかかる。そこで本稿ではセルアニメーションから取得した視点の異なる複数画像からイメージベーストモデリング技術を用いて、キャラクターの頭部 3D モデル再構築を行うモデリング支援システムについて述べる。

セルアニメーションは形状の物理的コンシステンシーが弱く、レンダリングの階調が低い等といった描画特性を持ち、表面の勾配検出や対応点の識別が難しい。そのためまず輪郭情報のみを用いるシルエット法をベースとし、そのボクセルデータにあらかじめ用意したポリゴンメッシュモデルを対話的に半自動でフィッ

ティングさせるアプローチを取る。

また頭部 3D モデルとは別に、複数の髪型モデルをあらかじめ用意し、画像より抽出した髪形状の特徴を元に最も形状の近いものを選択、スケール等を調節した後、頭部 3D モデル全体を再構成する。

さらにシルエット法で用いた画像を利用して影や輪郭線等といった余分な部分を取り除き、テクスチャを作成する。本稿ではプロトタイプの実装状況について述べ、本手法の問題点を検討する。

2. 関連研究

イメージベーストモデリングとは1枚、もしくは複数の二次元画像から3Dモデルを構築する手法でさまざまなアプローチが研究されている。アニメーションを用いた手法としては橋本らの研究⁴⁾や五十嵐らが開発したスケッチシステム teddy⁵⁾などが挙げられるがいずれも生成される形状は丸みを帯びたものに限定される。顔モデルの構築手法として多数の顔モデルのデータベースを用意し、それらを合成することで任意の顔モデルを構築する手法⁶⁾がある。

また複数の画像の差異から形状表面の深さを推定する手法⁷⁾⁸⁾や複数画像間で特徴点の対応をとり特徴点

[†] 北海道大学 情報科学研究科
Graduate school of Information Science and Technology,
Hokkaido University

^{††} 北海道情報大学
Hokkaido Information University

^{†††} 北海道大学 情報基盤センター
Hokkaido University Information initiative Center

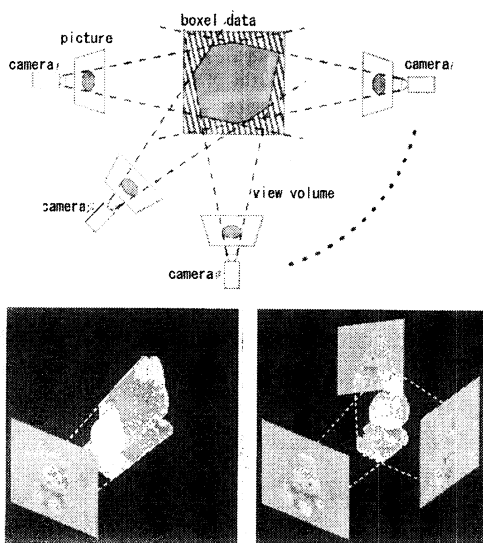
の3次元座標での位置を決定する手法⁹⁾がある。

しかしセルアニメーションは一般に階調が少ないために対応点を取りにくく、これらの手法は適さない。そこで本研究では物体の輪郭情報を用いるシルエット法をベースに用いることにする。シルエット法で構築されるデータはボクセルデータであり、マーチンキューブ法¹⁰⁾でポリゴンメッシュに変換、メッシュの簡略化¹¹⁾を行うのが一般的だが、本研究では対象を人物頭部に限定することでテンプレートモデルによるフィッティングを可能とした。

3. アルゴリズム

3.1 シルエット法

シルエット法は異なる視点の画像から抽出したシルエットをボクセル空間に投影し、交差するボクセルのみを保持することで3Dモデルを復元する手法である(図1)。本研究では背景と物体との判別の為にマスク画像を作成しそれを用いている。またマスク画像は顔と髪で色を変えており、ボクセルデータの部分の判別が可能となっている。



(c) Dick Bruna, Mercis

図1 シルエット法
Fig. 1 Shape from silhouette

3.2 顔部分のフィッティング

セルアニメーションにはデッサンの歪みや特徴の強調などにより、複数の画像間で物理的な矛盾が生じる場合があり、物理的コンシステンシーが弱いという特

徴がある。またシルエット法のみでは凹部を再現出来ないというオクルージョンの問題もあり、正しく形状を復元できず、顔としての形状を保持できない場合がある。そのため本研究では顔の形状を維持するために、あらかじめ用意した変形可能なテンプレートモデルをボクセルデータにフィッティングすることで適度な細かさの整ったメッシュモデルを生成する。

シルエット法で得られたボクセルデータからモデルの存在する範囲を判断し、テンプレートモデルを拡大・縮小する。この際、顔モデルに十数ヶ所の特徴点を定義し、この特徴点を移動させることで顔の特徴を一致させる(図2)。メッシュの各頂点 P は特徴点との距離に従って式(1)のように P' へと移動する。

$$P' = P + \sum \alpha (M'_i - M_i) \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{1}{1 + |M_i - P|^2} \quad (2)$$

ここで M_i は特徴点の初期値、 M'_i は移動後の特徴点の位置であり、係数 α は式(2)で求められる。またユーザーは対話的に特徴点を移動させることでフィッティング時の誤差を修正することができる。顔のテンプレートモデルとしてはメッシュの細かさの異なる複数のモデルを用意し、ユーザーの用途に応じて切り替えることができる。

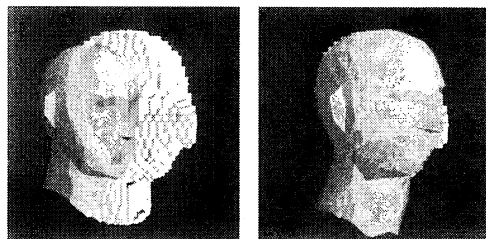
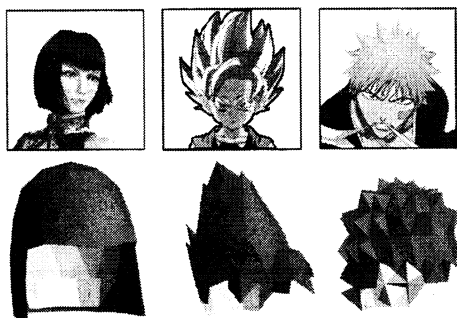


図2 テンプレートモデルのフィッティング
Fig. 2 Fitting of template model

3.3 髪型の判別・適応

セルアニメーションのキャラクターの髪型については形状が多岐にわたり、単一のモデルの頂点移動等による変換では表現が難しい。また、毛先の描画などはあまり正確ではない為、特にコンシステンシーが弱く、シルエット法で正確な形状を再現することが困難である。そのため、様々な髪型のテンプレートモデル(図3)を用意し、シルエット画像より最も近いものを選択・調整後、顔モデルと組み合わせる。

髪型の判別は前部、側面、後部でそれぞれ長さや範囲、毛先の特徴等を評価し、テンプレートモデルがそ



(c)namco
(c) バードスタジオ/集英社・東映アニメーション
(c) 久保希人/集英社・テレビ東京・dentsu・ぴえろ

図 3 髪型のテンプレートモデル例
Fig. 3 Hair template models

れぞれ持っている評価値と比較して判別する。

取得した画像とシルエット法実行時の視点より髪部を前部・側面・後部におおまかに分け、それぞれの長さ・毛先の特徴を評価し、数値化する(図4)。髪の長さは顔の長さを1とした時の髪部分の長さとし、毛先の特徴はその凹凸を数値化する為、髪の上下のy値の隣接差分の和とした。

髪型のテンプレートモデルもそれぞれ評価値を持っており(図5)、先ほどの評価値との二乗平均誤差の和(式(3))が最小となるものを採用し、適応する。

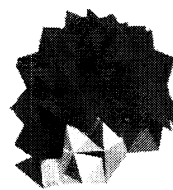
$$E_i = \sum_{j=1}^3 (l_j - l_{ij})^2 + \sum_{j=1}^3 (c_j - c_{ij})^2 \quad (3)$$

ここで l_j , c_j は取得画像の長さ、凹凸の評価値であり、 l_{ij} , c_{ij} はテンプレートモデルの長さ、 c_{ij} , 凸の評価値である。

3.4 テクスチャの生成

シルエット法適応時に取得した画像を用いることでテクスチャの生成する。しかし、取得した画像をそのまま貼り付けると影がテクスチャに描かれてしまう。また髪や輪郭線がモデル上に描かれてしまう場合があり不自然になってしまう(図6)。そのため影の部分は暗く描かれている影の部分を本来の色に戻さなくてはならない。また、目や口を除いた輪郭線などは不要なため取り除く必要がある。

本手法ではマスク画像より判別した顔・髪部分の範囲で、それぞれ最も明るい部分を本来の肌色とする。画像の目および口の範囲を求める為、顔モデルの目と口の範囲を定義し、画像に投影する。そしてその範囲のみ輪郭線を残し、その他の部分はすべて先の肌色を塗り換える(図7)。肌色については荒木らの研究¹²⁾を元に式(4)を用い判別する。



	長さ (length)	凹凸 (contour)
前髪	1.0	1.8
側面	0.6	2.0
後部	0.8	1.8



	長さ (length)	凹凸 (contour)
前髪	1.4	1.7
側面	0.9	2.2
後部	1.2	1.3

図 5 テンプレートモデルの評価値例

Fig. 5 Example of values of template models

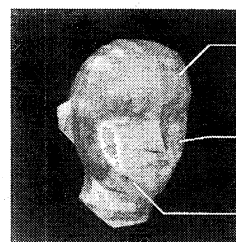


図 6 テクスチャの失敗例

Fig. 6 Example of failing texture

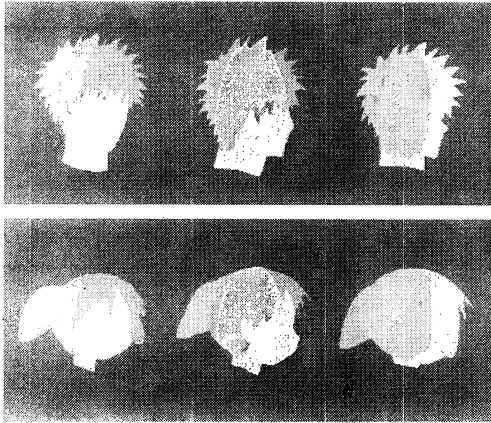
$$\begin{aligned} 0.3 < r < 0.7, & \quad r > g; \\ 0.25 < g < 0.4, & \quad g \geq 0.5 - 0.5r \end{aligned} \quad (4)$$

ここで、 $r = R/(R+G+B)$, $g = G/(R+G+B)$ である。

4. 考 察

実際のセルアニメーションからの画像の取得、マスクの作成をマニュアルで行い、プロトタイプシステムを用いた頭部モデル構築の実験を行った(図8)。

カメラの回り込みのあるワンカットの映像の一部から評価のため11枚の静止画像を抽出した(図9)。図10はシルエット法で物体と背景を区分するため用いるマスク画像であり、これらの視点の設定を行いシルエット法を実行した結果が図11である。マスク画像より髪と顔の範囲を判別し、色分けされている。シルエット法のみでは髪や鼻の部分で正しい形状を復元できていない。これはアニメーションのコンシステンシーの弱さやシルエット法のオクルージョンの問題と



	長さ (length)	凹凸 (contour)
前髪	1.0	2.1
側面	0.6	1.6
後部	0.9	2.0

	長さ (length)	凹凸 (contour)
前髪	0.9	1.4
側面	1.0	1.2
後部	1.1	1.1

図 4 取得画像の評価値例
Fig. 4 Example of values of picture

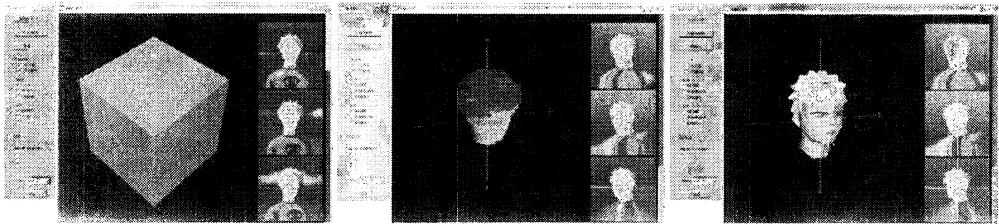


図 8 動作画面
Fig. 8 Operation screen

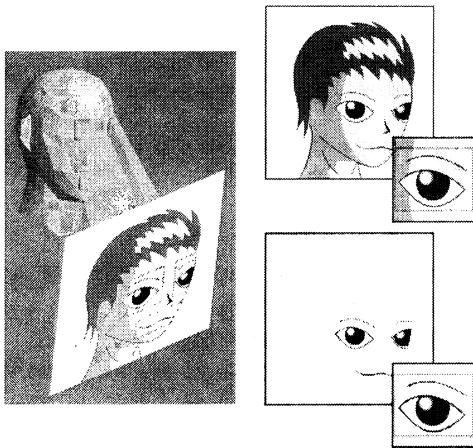
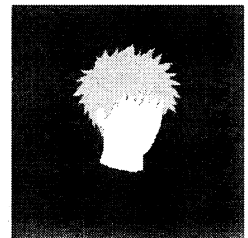


図 7 テクスチャの生成
Fig. 7 Making of texture

テンプレートモデルのフィッティングを行い、3.4 節で作成したテクスチャを貼り付けたものである。ボクセルデータの形状を保持したままテンプレートモデルのフィッティングによって滑らかなポリゴンメッシュへと変換できている。また、適切な髪型テンプレートが選択され、フィッティングが行われているのが確認できる。



(c) 久保裕人/集英社・テレビ東京・dentsu・びえろ

図 9 アニメーションから取得した画像

図 10 背景等を判別するためのマスク画像

Fig. 9 Picture from animation

Fig. 10 Mask picture

共に、視点の設定のわずかな誤差によって形状の歪みが生じる場合がある点が原因と思われる。

図 12 はこのボクセルデータに対して髪型の判別、

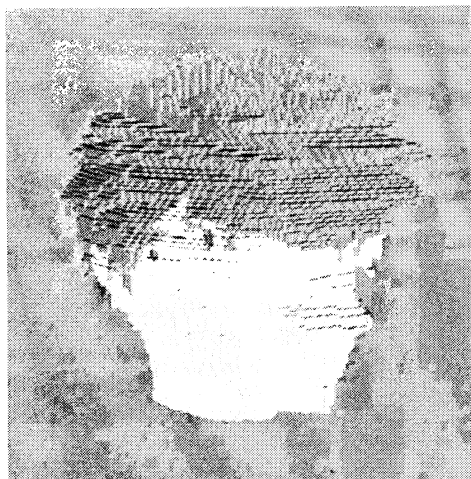


図 11 シルエット法による頭部ボクセルモデル
Fig. 11 Boxel model from silhouette

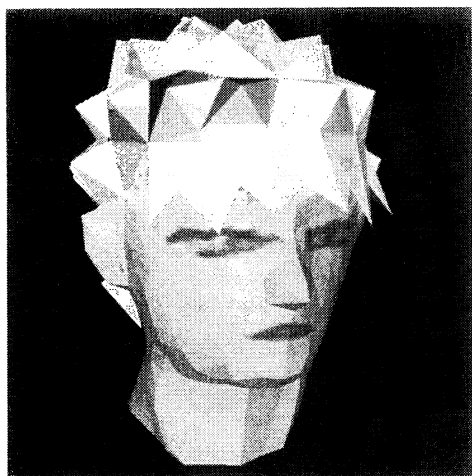


図 12 頭部 3D モデルの構築結果
Fig. 12 Result

5. ま と め

セルアニメーションからのキャラクターの頭部モデルの構築支援について述べた。今回実際のセルアニメーションからキャラクターの頭部 3D モデルを構築し、シルエット法・テンプレートモデルのフィッティングが有効であることを確認した。

今後の課題としては省略・強調といったセルアニメーションの形状特徴を踏まえ、キャラクター特徴を保持した 3D モデルの構築が挙げられる。

参 考 文 献

- 1) W.N.Martin, and J.K.Aggarwal: "Volumetric descriptions of objects from multiple views," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, pp.469-476, 2001.
- 2) Y.Kuzu, and V.Rodehorst: "Volumetric modeling using shape from silhouette," *Fourth Turkish-German Joint Geodetic Days.*, Vol. PAMI-5, No. 2, pp.150-158, 1983.
- 3) A.Bottino, and A.Laurentini: "Introduction a new problem: Shape-from-silhouette when the relation position of viewpoints is unknown," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, pp.1484-1493, 2003.
- 4) 橋本泰成, 小野豊, 橋本良太, 五十嵐健夫, 西田友是: "セルアニメーションからの三次元キャラクターの生成," *グラフィクスと C A D 研究会*, vol2003, no.086, pp.47-52, 2003.
- 5) T.Igarashi, S.Matsuoka, and H.Tanaka: "Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design," *SIGGRAPH'99*, pp.409-416, 1999.
- 6) V.Blanz, and T.Vetter: "A morphable model for the synthesis of 3D faces," *SIGGRAPH'99*, pp.187-194, 1999.
- 7) M.Okutomi, and T.Kaede: "A Multiple-Baseline Stereo," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, pp.353-363, 1993.
- 8) M.Kawakita, K.Iizuka, H.Nakamura, I.Mizuho, T.Kurita, T.Aida, Y.Yamanouchi, H.Mitsumine, T.Fukaya, H.Kikuchi, and F.Sato: "High-definition real-time depth-mapping TV camera: HDTV Axi-Vision Camera," *Optics Express*, Vol.12, pp.2781-2794, 2004.
- 9) 徐 剛, 辻 三郎: "3 次元ビジョン," 共立出版, 1998
- 10) W.Lorensen, and H.E.Cline: "Marchine Cubes, A High Resolution 3D Surface construction Algorithm," *SIGGRAPH'87*, pp163-169, 1987.
- 11) P.Heckbert, and M.Garland: "Optimal Triangulation and Quadric-Based Surface Simplification," *Computational Geometry*, vol.4, Issues 1-3, pp.49-65, 1999.
- 12) 荒木祐一, 島田伸敬, 白井良明: "背景と顔の方向に依存しない顔の検出と 顔方向の推定," *信学技報*, pp.87-97, 2002.