

モチーフ編み形状モデラを用いたCGアニメーションのためのGUIの開発

古山隆志† 望月剛† 速水康晴†† 越川和忠††† 山本正信†

†新潟大学大学院自然科学研究科
〒950-2081 新潟市五十嵐2の町8050
電話:025-262-7462 Fax:025-261-2501
Email: furu@vision.info.eng.niigata-u.ac.jp
††日本電子計算機株式会社
†††電子技術総合研究所

概要 3次元の形状処理技術のための幾何モデラとして、先にモチーフ編み形状モデラを提案した。このモデラは、紙や布の様に、体積を持たないとみなした方が良い物体を、位相的には多面体として扱うことができる。したがって、退化形状や通常の物体も統一的なデータ構造で表現できる。この性質により、モデルの形状変化に対し、柔軟に変化することが可能である。このモデラの機能を拡張させ、様々な種類のモデルの作成を可能とした。モデルの作成を容易にするためのGUIを開発し、それを用いて作成したモデルとCGアニメーションを紹介する。

キーワード 幾何モデル, モチーフ編みモデル, GUI, CGアニメーション

A GUI for Motif-Knitting Models and Animation

Furuyama Takashi† Tsuyoshi Mochizuki† Yasuharu Hayami††
Kazutada Koshikawa††† and Masanobu Yamamoto†

†Graduate School of Science and Technology, Niigata University
8050 Igarashi 2-nocho, Niigata, 950-2081 Japan
Tel: +81-25-262-7462 Fax: +81-25-261-2501
Email: furu@vision.info.eng.niigata-u.ac.jp
††Japan Computer Corporation
†††Electrotechnical Laboratory

Abstract We propose a "Motif-Knitting Modeler" to geometrically model objects in the three dimensional scene. In this modeler, a piece of cloth, which had better been considered as an object with no volume, has the same topological structure as the polyhedron. So, this modeler can change a structure of the model from a solid to a degenerate, and vice versa. We develop this modeler, and we can create various kinds of models. A graphical user interface, which is produced, makes it easy to create models and animation.

Key Words Geometrical model, Motif-knitting model, GUI, CG animation

1 はじめに

コンピュータビジョンでは3次元シーンを測定し、その結果を幾何モデルを用いて表現している。正確なシーンの構築には、1枚の画像を使用するだけでは不十分で、多視点画像を使用し、シーンを構築していくことになる。新たな視点からの情報が得られる度に、シーンの解釈が変更される場合があり、モデルはその変化に対して、動的に対応していかなければならない。

通常、物体は体積を持っているが、紙や布のような対象は厚さがなく、体積のない物体とみなしたほうがよい。このような体積のない物体を、退化形状物体と呼ぶ。新たな情報の追加により、体積があると考えられていた物体が退化形状物体として修正される可能性があり、またその逆もありえる。

これまで一般的な幾何モデルとしてwinged-edge構造を持つものが使われてきた。しかし、この構造は構造化のメカニズム（ポイント類）が稜に集中しているため、体積のある物体と退化形状物体を動的に変化させることは困難であった。その解決策として、先に越川はモチーフ編み形状モデルを提案し[1]、それは望月により実装された[2]。

このモデルの構造は、形状要素としての頂点、稜、面を単なる素子の種類として考え、素子と素子とをつなぐ”継ぎ手”による関係づけによって形状を表している。したがって、素子は個々の図形要素の具体的な形状には直接関係していないので、紙や布などの薄いものも位相的には多面体と同じとみなすことにより、物体形状を統一的な構造形式で扱うことを可能としている。

本論文では、このモチーフ編み形状モデルを用いたCGアニメーション作成のためのGUIの開発について報告する。はじめに、モデルの基本形状の作成方法、続いて物体形状修正方法、最後にCGアニメーションを行うための機能の拡張について述べる。

2 モチーフ編みモデル

頂点、稜、面で区分された閉曲面の一部分を考えると、一般的には図2.1のようになる。稜の接続していない孤立頂点や、他に接続する稜のない行き止まり稜など(図2.2)も、その特殊な場合と見ることができる。

図2.1では、頂点、稜、面が点、線、区画で描かれているが、素子表現では、いずれも要素(素子)として参照される。それを表したものが図2.3である。しかし2.3では素子間を関係付けることができない。そこで図2.4の様に素子と素子をポイントによって関係付けることにする。しかし、素子にポイントを持たせると、素子としてのサイズが不定になり、素子を記憶領域に割り当てる際に不都合となる。

そこで、図2.5の様に素子間の関係を表すためだけの継ぎ手を用意し、これで素子間を関係付ける。また、継ぎ手同志を関係付けるポイントも導入する。このポイントは1つの素子間にある継ぎ手を関係付けるためのもので、これによって継ぎ手同志はつながって輪を形成する(図2.6)。このような構造によって、素子はこれらの継ぎ手のポイントの内どれか1つを持ってばよいということになる。このような構造を(単位となる図柄を編みつないで作る編物になぞらえて)「モチーフ編みモデル」と定義する。

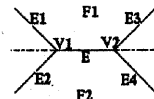


図2.1 一般図



図2.2 孤立頂点と行き止まり稜

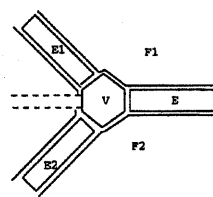


図2.3 図形要素としての素子

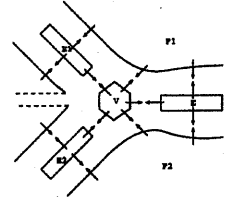


図2.4 素子間のポイント

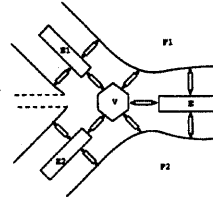


図2.5 継ぎ手の導入

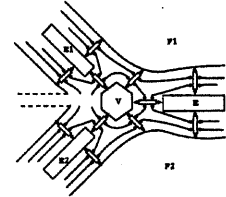


図2.6 継ぎ手による構造

図2.6の一部を拡大したものを図2.7に示す。ここで、面と頂点、頂点と稜、稜と面を関係付ける継ぎ手をそれぞれ α 、 β 、 γ 節とする。図2.7において1つの頂点、稜、面、および継ぎ手を関係付けるポイントは全部で12個ある。ここで α 、 β 、 γ 節を関係付けるための6個のポイントをひとまとめに考えると、これらの6個のポイントは不要となる。また素子をつなぐポイントは1つあれば素子を参照できるので、その代表以外は不要となる。

以上の点をふまえたものが図2.8であり、これをオイラー節と呼ぶ。このオイラー節を導入することでポイントの増加を抑えることができる。

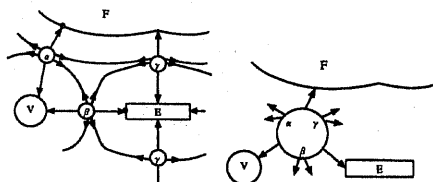


図 2.7 素子と継ぎ手

図 2.8 オイラー節

2.1 モチーフ編みモデルの操作

モデル生成の基本となる処理は次の2つである。

- 素子の生成, 削除
- 素子間の関係付け

モデルの生成においては, モチーフ編みモデルが成立する条件の下で, ある程度まとまった処理を操作単位として, 上記の2つの処理を行う。その操作単位は, Baumgart[3]が頂点, 稜, 面のトポロジーを常に保ちながら多面体を構築するために創始した「Euler操作」の考えを踏襲するもので, 「Euler操作子」と呼ぶことにする。この操作単位は次の3つの操作である。

- 個体の発生, 消滅
 - ・最も簡単な個体として, 頂点を1つ持つだけの面を発生させる
 - ・頂点を消滅させる
- 稜の編み込み, 解き外し
 - ・頂点と頂点を新たな稜で結ぶ
 - ・頂点と頂点とを結んでいる稜を取り除く
- 稜の分割, 融合
 - ・稜の途中に頂点を設け, 稜を2つに区分する
 - ・稜の途中にある頂点を取り除き, 稜を一本にする

これらの Euler 操作子を用い, モデル生成と, 変形を実行する。

3 モデルの作成

モデル作成の手順とそのときに使用する GUI について述べる。

3.1 モデルの作成

モチーフ編み形状モデルでは, モデル生成のための命令は

- Segment(線を作成)
- Polygon(1つの多角形を作成)
- Quads(複数のポリゴンからなる多面体を作成)
- Prism(角柱を作成)
- MPrism(角柱層を作成)

- Corn(角錐を作成)
 - Bez(ベジェ曲面を作成)
- などが用意されており, 面, 角柱, 角錐などの基本形状の他, 任意の形状が作成可能となっている。

一般にモデルの作成・修正は大変な時間と労力を費やす作業であり, 熟練した技術と経験をもったユーザでないかぎり, キーボードによる入力のみでその形状を把握していくことは難しい。これはモチーフ編み形状モデルにおいても同様である。

そこで, モデルの作成・修正の簡略化を目的として開発した GUI が図 3.1 に示すモデル作成 GUI である。ここでは, モデルのセーブ, ロード, 基本形状の選択, 座標値の表示などが行える。モデルの生成には画面上の左上, 右上, 左下の3面図を使用する。右下のウィンドウでは作成したモデルを任意の方向から確認することができる。この GUI を使用することで, 先に挙げた基本命令で記述された物体の生成ファイルを作成することができる。図 3.1 では 10×10 の 100 面体を作成した例を示してある。

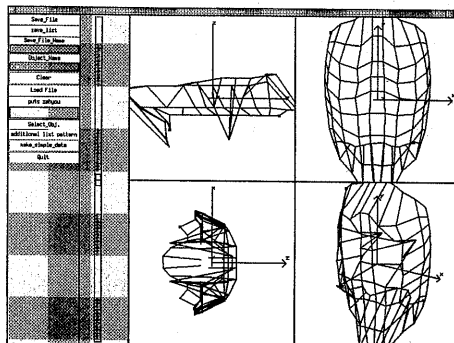


図 3.1 モデル作成 GUI

3.2 モデルの表示

図 3.1 に表示されているデータを用いて作成した Quads(多面体)モデル(ここでは顔の表面を作成した)を表示した例が図 3.2 である。また, 図 3.3 は Quads モデルの頂点をコントロールポイントとして Bez(ベジェ曲面)モデルを作成し, 表示したものである。

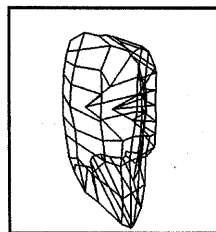


図 3.2 Quads

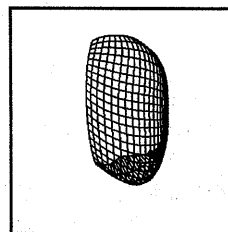


図 3.3 Bez

モデルの各パラメータを変更する GUI を作成し、様々な種類のモデルが作成できるようにする。この処理を行う GUI が図 3.4 に示すパラメータ設定 GUI である。ここで操作できる主なパラメータを次に挙げる。

- 光源の設定
 - ・光源を最大 8 つまで設定可能
 - ・光源の色, 位置の変更
 - ・並行光源, 点光源の切換
- 材質の変更
 - ・環境光反射率, 拡散光反射率, 鏡面光反射率の変更
- テクスチャマッピング
 - ・通常のテクスチャマッピング
 - ・環境マッピング
 - ・任意の画像をテクスチャとして使用可能
- 表示の切換
 - ・サーフェスモデル, ワイヤフレームモデルの選択
 - ・正射影, 透視法射影の選択
- 回転, 並進, 拡大縮小
 - ・モデルの回転, 並進, 拡大縮小はすべてマウスで操作することが可能
- 座標軸
 - ・座標軸の表示, 非表示の選択
- モデルの変形
 - ・モデルの変形については次章で述べる

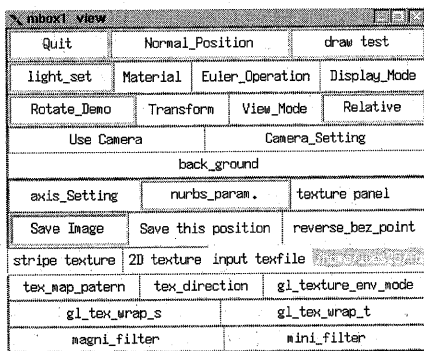


図 3.4 パラメータ設定 GUI

モデル作成の GUI を使用して作成した唇, 鼻, メガネのモデルを図 3.5 に示す。唇と鼻は Bez モデル, メガネは Prism(角柱) モデルである。このモデルの材質を, パラメータ設定 GUI を使用して変更し, 図 3.3 に示した顔の表面のモデルと組み合わせることによって図 3.6 に示す顔のモデルを作成することも可能である。

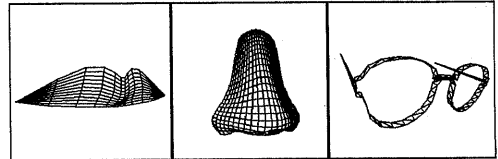


図 3.5 唇, 鼻, メガネのモデル

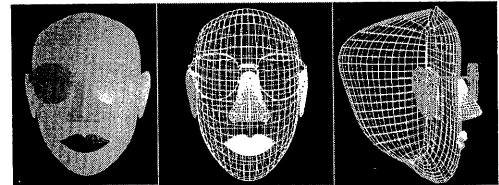


図 3.6 顔のモデル

4 モデルの変形

ここでは稜の編み込み, 解き外しと, 個体の発生, 消滅によりモデルを変形させていく例を示す。図 4.1 は 6 角柱のモデルを変形させていく様子を示してある。まず 6 角柱の上面を削除し, その後, 順に側面を削除していく。

面の削除, 生成はパラメータ設定 GUI の Euler Operation を選択する。ここで Remove Face を選択した場合, 稜の解き外しと, 個体の消滅が生じ, Create Face を選択した場合, 個体の生成と, 稜の編み込みが生じる。

この操作を別の物体に適用した例を図 4.2 に示す。球状の物体の面をランダムに削除していき, 穴の開いたモデルを作成した。

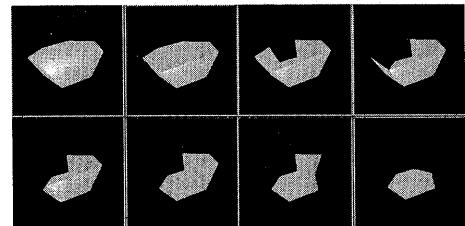


図 4.1 モデルの変形 1

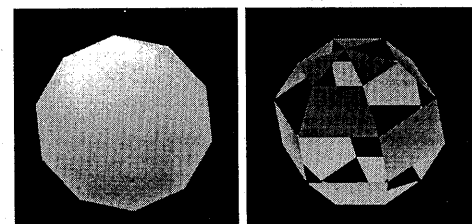


図 4.2 モデルの変形 2

5 CG アニメーション

5.1 モデルの階層構造

各モデルは固有の座標系を持っており、その座標系を基準に並進運動、回転運動を行う。人体を腕、脚等の複数のモデルを使用して表すとする。各モデルを人体を構成する位置に移動させ、階層を付ける。例えば上腕と下腕に階層関係を結ぶ場合であれば、下腕の座標系の原点が、肘になるようにモデルを移動させる。複数のモデル間に階層構造を結べば、階層が下のモデルは、階層が上のモデルの動きを継承するようになる(図5.1)。

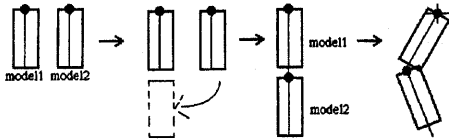


図5.1 モデルの階層付け

胴体、肩、腰、腕、脚、頭などの人体を構成するモデルに、階層関係を結ぶ(図5.2,5.3)。胴体(body)を人体モデルの最上位の物体と定義し、体の末端に向かって順に階層構造をつけた。

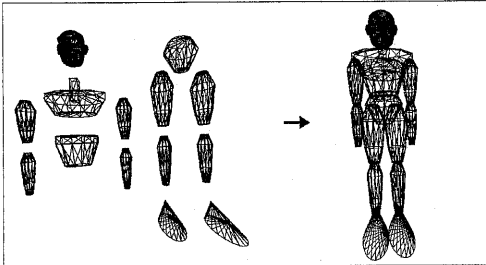


図5.2 階層付けした人体モデル

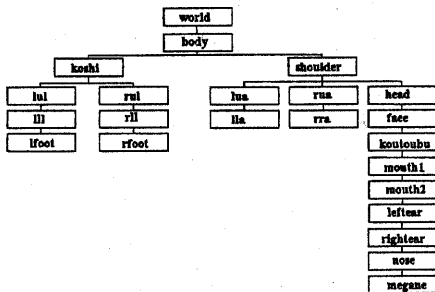


図5.3 人体モデルの階層構造

また、体積を持たない"world"という慣性座標系を表すモデルを用意し、これを階層構造の最上位として定義する。

ここで示した例は人体モデル1体のみが動作する場合であるが、worldモデルを定義しておくことで、複数の人体モデル、あるいは他のモデルとの相対的な動きを生成することが可能である(図5.4)。

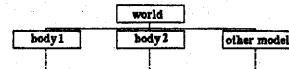


図5.4 複数のモデルを使用した場合の階層構造

5.2 階層構造モデルのアニメーション

本節では、多関節人体モデルが投球動作をするアニメーションを例に説明していく。

アニメーションの作成には、動画像追跡法[10]によって得られたデータ(これをムーブデータと呼ぶ)を使用する。ムーブデータは実際の人物の動作から得られるものであり、頭、胴体、肩、腰、両上腕、両下腕、両上脚、両下脚の並進運動と回転運動の値が記述されている。ムーブデータは投球動作の開始から終了までの約400フレームのデータが記述されている。図5.5にその第一フレームのデータを示す。

```

model Tx Ty Tz θx θy θz
body 0 0 0 0.037777 0.029809 -0.174198
shoulder 0.0 0.0 0.0 -0.016322 0.009039 -0.353484
head 0.0 0.0 0.0 0.016242 0.046633 0.336751
lua 0.0 0.0 0.0 2.7832 -0.083755 -1.66594
lla 0.0 0.0 0.0 -0.000775 -0.68179 0.002268
rua 0.0 0.0 0.0 -2.92848 -0.063656 1.7616
rla 0.0 0.0 0.0 0.334788 -0.795926 -0.334208
koshi 0.0 0.0 0.0 0.006339 -0.005925 0.130103
lul 0.0 0.0 0.0 -0.201189 -0.082662 0.190845
lll 0.0 0.0 0.0 -1e-06 0.298003 0.0
rul 0.0 0.0 0.0 -0.292832 -0.099038 -0.050118
rll 0.0 0.0 0.0 0.0 0.09163 0.0
    
```

図5.5 ムーブデータ

図5.5において、左足と右足のモデルである lfoot, rfoot はムーブデータが与えられていないが、これらのモデルは下脚の下の階層のモデルとなっている。そこで、lfoot, rfootにはムーブデータを与えず、下脚の動きを継承することで動作を補うことにする。これは head 以下の階層のモデルである、メガネや鼻などについても同様である。

作成したアニメーションの一部を図5.6に示す。アニメーションの実行中にはカメラの移動が可能であり、希望する角度からの映像を得ることが容易である。また映像の一時停止、早送り、巻き戻しなども可能である。

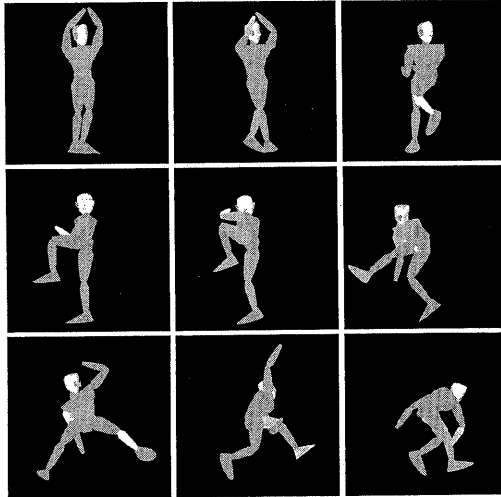


図 5.6 アニメーション

6 結論と今後の課題

モチーフ編み形状モデルを使用し、実際にモデルの作成、編集を行うための GUI を作成した。モデルの材質の変更、テクスチャマッピングなどを実行することで、クオリティの高い CG アニメーションを作成することが可能である。

人体モデルを用いてアニメーションを作成する際に多関節モデルを使用した。このモデルは人体の各部位から構成されているため、関節の伸び縮みによって変形する皮膚の様子を正確に表現できない。この点はさらに検討の余地がある。

5.2 で示した例では、ムーブデータを持たないモデルの動作は、階層が上のモデルの動きを継承するようにした。この場合足首が固定されたまま動作していくことになる。ムーブデータを持たないモデルに対して、どのようなムーブデータを与えれば良いか検討しなければならない。これを改良する手段として、キーフレームアニメーションを利用し、簡単な動作データを作成する方法などが考えられる。

今後の課題として、実画像から得られた情報の付加によるモデルの修正、再構築の実行などが挙げられる。

参考文献

- [1] 越川 和忠: “計算機による物体認識のためのモチーフ編みの形状モデリング”, 電子技術総合研究所研究報告 第 916 号, 1990.
- [2] 望月 剛, 速水 康晴, 越川 和忠, 山本 正信: “退化形状や非剛体をも統一的に表現できる幾何モ

デラの開発”, 情報処理学会研究報告, 97-CG-85, pp.1-6, 1997.

- [3] B.Baumgart: “Geometric Modeling for Computer Vision”, Stanford Artificial Intelligence Laboratory Memo AIM-249, STAn-CS-74-463, 1974.
- [4] 山口 泰, 木村 文彦: “非多様体位相の隣接関係の表現と操作”, 情報処理学会論文誌, Vol.32, No.6, pp.731-739, 1991.
- [5] 山口 泰: “境界表現のための位相モデルの分類”, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.1, pp.73-80, 1997.
- [6] Weiler, K.J.: “Topological Structures for Geometric Modeling”, PhD Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, 1986.
- [7] Desaulniers, H.and Stewart, N.F.: “An Extension of Manifold Boundary Representations to the r-Sets”, ACM Trans.Graphics, Vol.11, No.1, pp.40-60, 1992.
- [8] Higashi, M., Yatomi, H., Mizutani, Y.and Murabata, S: “Unified Geometric Modeling by Non-manifold Shell Operation”, Proc.Second Symposium on Solid Modeling and Applications, Rossignac, J., Turner, J.and Allen, G., pp.75-84, A.C.M.1993.
- [9] Gursoz, E.L., Choi, Y.and Prinz, F.B.: “Vertex-based Representation of Non-manifold Boundaries”, Geometric Modeling for Product Engineering, Wozny, M.J., Turner, J.U. and Preiss, K., pp.107-130, North-Holland, 1990.
- [10] 窪田 悌二: “モーショントワープによる動画像追跡”, 新潟大学修士論文, 1998.