

スマートデバイスを用いたモデル表面の 直感的変形手法に関する研究

真部祐太^{†1} 堀之内惇樹^{†1} 福田将瑛^{†1} 湊田孝康^{†1}

概要: 近年, 3D モデルが様々な場面で利用される機会が増えている. また, スマートデバイスの登場によって PC よりも直感性に優れたタッチ式の携帯端末を利用する人が増加している. 3D モデルを扱うにはモデリングの技術が必要であり専門的知識が必要になるが専用のソフトウェアは高価であり, 使用方法が複雑で初心者には敷居が高い. そこで本研究ではスマートデバイスを用いることでモデル表面を直感的に変形できる手法を提案し誰にでも簡単に利用できるモデリングソフトの開発を目的とする.

キーワード: 3D モデル, スマートデバイス, 直感性, 直感的, 変形, モデリングソフト

Study on intuitive deformation technique of the model surface using the smart device

YUTA MANABE^{†1} ATUKI HORINOTI^{†1}
SHOEI FUKUDA^{†1} TAKAYASU FUTIDA^{†1}

Abstract: In late years the opportunities when 3D model is used in various scenes increase. In addition, person using a touch-type handheld unit than a PC with advanced direct sensitivity skills increase by the appearance of the smart device. A technique of the modeling is necessary, and expertise is necessary to treat 3D model, but the exclusive software is expensive and usage is complicated and is difficult to approach for a beginner. Therefore I suggest the technique that can transform the model surface intuitively by using a smart device in this study and am aimed for development of easily available modeling software even to anyone.

Keywords: 3D model, smart device, direct sensitivity skills, intuitive, deformation, modeling software

1. はじめに

近年 3D モデルが CPU やメモリ性能の向上によって映画やゲームなどで利用される機会が増加している. しかし 3D モデルを使うためにはモデリング技術が必要となり誰にでも簡単に利用することは難しいといった問題がある. 専用のソフトウェアも高価であり使用方法も複雑で初心者には敷居が高い. また一方で近年スマートデバイスと呼ばれるスマートフォンやタブレットといったマルチタッチの機能がある電子端末保持者が増加している. これにより電子端末を簡単かつ直感的に操作できるようになった. そこで本研究ではスマートデバイスを用いることでモデリングの専門的知識がなくても誰にでもモデルの変形が簡単に行えるのではないかと考えた.

本研究では B-Spline 曲線を用いることで紐をベースとしたモデルの構築からその表面におけるモデルの変形手法を提案, 実装し直感性に優れたモデリングソフトの開発を目指す.

2. 変形対象モデルの構築

2.1 B-Spline 曲線

本研究においてモデル構築では B-Spline 曲線を用いる. 構築式(1)パラメータ(2)に従い構築する. 四つの制御点 P より紐モデルを構築し, それを基準に胴体部の生成を行う. これにより滑らかな変形を適応できるモデルを構築している.

$$R(i, t) = \sum N(k, t)P(i+k) \{k=0, 1, 2, 3\} \quad (1)$$

$$N(k, t) = \begin{pmatrix} \frac{(1-t)^3}{6} & (k=0) \\ \frac{t^3}{2} - t^2 + \frac{2}{3} & (k=1) \\ -\frac{t^3+t^2+t}{2} + \frac{1}{6} & (k=2) \\ \frac{t^3}{6} & (k=3) \end{pmatrix} \quad (2)$$

2.2 制御点を用いた従来のモデル変形

制御点を利用したモデル変形として[1]では読み込んだモデルに制御点を生成する手法などがある. 制御点を用いることで滑らかに変形を行うことができる. これは変形時に制御点を個別に動かす必要があった. また先行研究として[2]が行われていたがこれは変形方向が決まっておらず自由な形には変形が行えなかった.

^{†1} 鹿児島大学
Kagoshima University

2.3 モデル表面構造の構築

モデルの表面を操作するためにモデル表面に対して Half-Edge 構造を構築する[3]。構造の様子を図 1 に示す。Half-Edge 構造はすべての面(Face)、稜線(Half-Edge)、頂点(Vertex)が互いの接続情報を保持する。Half-Edge 構造では一つの稜線に対しその両側に位置する 2つの面を保持する。二つの面は稜線に対しそれぞれ半時計周りになるように始点、終点情報を記憶する。この処理をすべての稜線に対し行うことですべての面は反時計回りの稜線のループを持ち、稜線は一つにつき相互方向の接続情報 he.pair を保持することになる。この保持された構造に従い頂点の探索を接続情報 next,prev を元に行うことで効率よく面、稜線、頂点といった各要素情報にアクセスすることが可能となる。

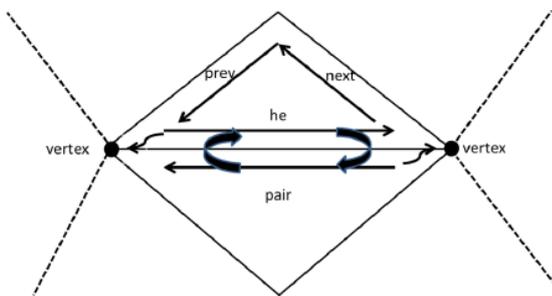


図 1 Half-Edge 構造

3. 実験環境

3.1 開発環境

OpenGL ES を使い Android Studio 上でモデリングソフトを作成する。実験装置は Eee Pad TF700, メモリ 1GB を用いる。

3.2 構築手法

今回スマートデバイスを用いたモデリング手法として 3つの手法を提案し構築することで直感性の向上を図ったモデリングソフトを作成する。

3.2.1 法線ベクトルによる変形指標円の作成

任意のモデルを読み込んだ際の変形手法として法線ベクトルを軸とした変形方向指標円による変形を提案する。軸となる法線ベクトルは変形を行いたい頂点を選択した際に Half-Edge 構造をもとに対象頂点の周囲の面の外積を計算し算出する。算出された法線ベクトルに対し先端に距離 rad となる円を作成する。そうして出来た指標円に変形方向を決定する線を追従することでワールド座標において奥行き方向への変形を可能とし直感性の向上を図る。

3.2.2 紐モデルにおける変形

2 つ目の直感的変形手法として紐モデルを基準とした変

形手法を構築する。紐モデルは B-Spline を軸としてその周囲に胴体部を生成する。紐モデルはスマートデバイスにおいてスクリーン座標の任意の二点を選択することで生成される。紐モデルはモデルの一点を抑えた状態で変形したい箇所を触り動かすことでその箇所に対応する制御点が動きモデルを滑らかに変形することができる。

また紐表面を変形するため紐表面に配置される頂点に Half-Edge 構造を構築する。紐モデル表面が個別に面情報を保持するため表面に対しても操作を個別に取り扱うことが可能となる。これにより紐モデル表面を部分的に変形させるといったことが可能となった。この手法では紐モデル全体と紐モデル表面の変形は操作を切り替えることでそれぞれの変形を行う。

3.2.3 形成補助紐による胴体形成

3 つ目の変形手法として形成補助紐による表面変形手法を構築する。変形対象となる紐(メイン紐)に対し変形したい表面に対応する形成補助紐(サブ紐)を適応する。サブ紐での変形した値をメイン紐の変形したい表面に与えてやることで直感性に優れた表面変形を行う。その様子を図 2 に示す。緑の紐がサブ紐であり茶色のメイン紐の表面に影響を及ぼしている。

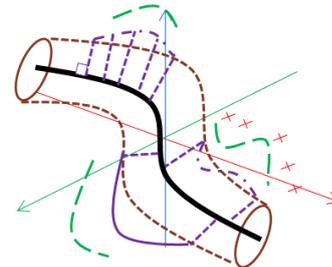


図 2 形成補助紐における表面変形のイメージ

3.2.4 その他の直感性向上のため実装機能

変形を行うにあたってソフト上に以下の機能を実装することで使用感の向上を図った。

- ・色変更-選択対象となる面の色情報を変更する
- ・光源切り替え-モデルに対して法線ベクトルより光源の適応を切り替える
- ・変形適応範囲の切り替え-選択した頂点からの変形影響範囲を切り替える

4. 実験結果

4.1 Half-Edge 構造の構築

実際に作成されたモデルに対して Half-Edge 構造を構築した。

モデルに対して Half-Edge 構造を適応したことを示すため RGB 情報を付加したものを図 3 に示す。図 3 では読み込む三角形メッシュの頂点順に RGB を配色している。そ

それぞれの面内部が半時計まわりになるように接続情報が保持されていることが分かる。

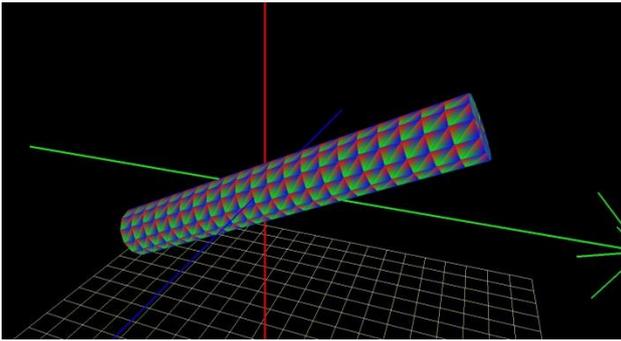


図 3 紐モデルの Half-Edge 構造構築の様子

4.2 変形指標円による変形

構成された指標円に従いモデルの変形を行った。読み込んだモデル表面をタッチすることで選択された頂点に変形指標円が描画される。指標円内を触ることで移動方向を決定する線が表示される。その様子を図 4 に示す。その後モデル内部から移動方向に対して指を動かすことでモデルの変形を行った。そのときの様子を図 5 に示す。

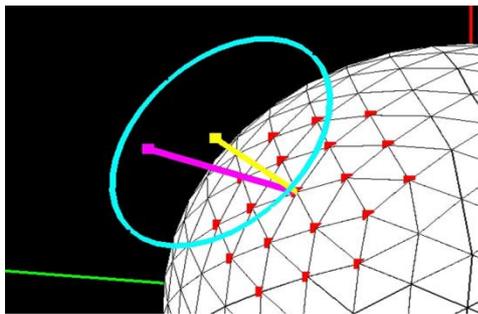


図 4 変形指標円の生成

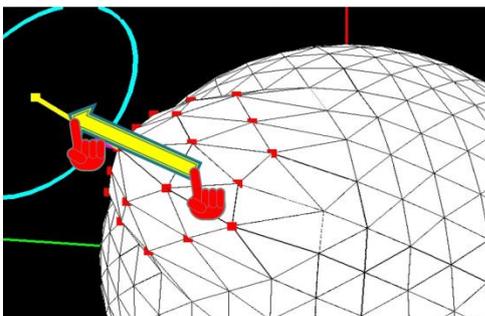


図 5 変形指標円によるモデル表面の変形の様子

4.2.1 考察

この手法では変形指標円内で移動方向を決定するため奥行き方向に対しても変形を行うことができる。しかし対象頂点を選択した後、移動方向を決定しモデルを移動方向へ動かすため操作手順が多くなってしまっている。操作手順が増えるとそれだけ一つのモデルを作成するのに必要な時間が増加する。これはモデリングの簡易性を損なってしまう。またこの手法はモデル表面を部分的に変形する手法でありモデル全体を曲げるといった変形を行うことができない。全体を変形するといった処理があるほうが部分変更

だけ行える場合に比べて操作回数の減少が期待されるとされる。

4.3 紐モデルにおける変形

制御点による変形が行える紐モデルの構築を行った。紐モデルの軸となる B-Spline は 10 個の制御点より生成した。図 6 より 10 個の制御点より軸となる紐が形成されていることが分かる。

紐モデルにおいて全体を変形させる処理は変形したい箇所を抑えて図 7 のように指を動かすことで紐の変形を行う。変形の際は図 6 で表示されている制御点が実際に動くため B-Spline の構築式に従い紐全体が変形するためなめらかな変形が可能となっている。

紐モデル表面は Half-Edge 構造によって操作可能となっている。図 8 では曲げた紐に対して部分的に表面を持ち上げたり、色情報を変えてみたりしたものである。部分形状の変形では変形したい表面を選択した後、指 2 本をピンチイン、ピンチアウトした際の変化量に変形量として与えられることで変形を行っている。表面形状が操作可能となることで自由度の高い変形が行えるようになり直感性の向上を図ることが出来た。

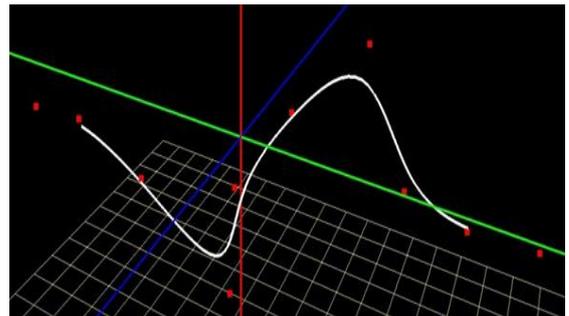


図 6 B-Spline 曲線実装

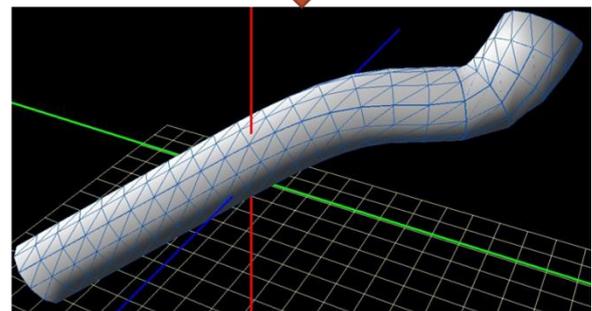
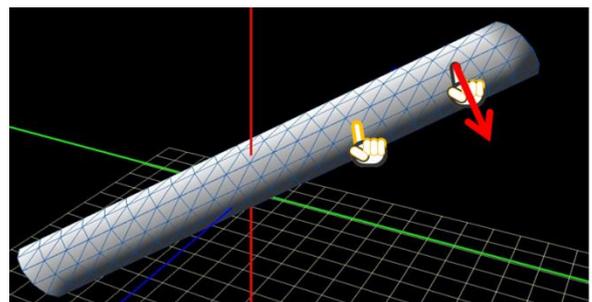


図 7 紐モデル変形の様子

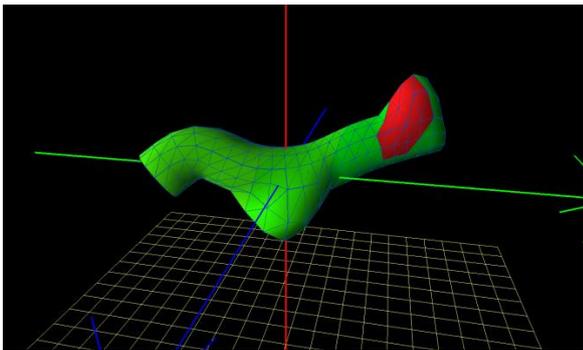


図 8 紐モデル表面に対しての部分的変更の様子

4.3.1 考察

紐モデルを用いることでスマートデバイスのマルチタッチを生かした変形操作となった。2本の指を用いることでユーザーは曲げるといった変形を直感的に行うことができる。しかし部分変更に関しては変形方向指標円による変形操作手法と同様に操作手順が変形対象点の選択を行ったのちに変形をするので増加している。また現状紐モデルは中心のB-Splineの軸からの距離によって表面を形成しているため自由な方向に動かせないといった問題がある。紐モデル表面の構築法について検討が必要である。

4.4 形成補助紐による変形の様子

作成された紐モデルをメイン紐としてその表面に影響を与えるサブ紐による変形を実装した。

サブ紐はB-Spline曲線により形成される。サブ紐の各セグメントは変形量を保持しており対象となるモデル表面の頂点に対して対象となる範囲に変化量を与える。対象範囲は今回の実験では紐モデルの表面一列を構成する頂点を指定してある。変形量はサブ紐のセグメントの位置が対象範囲の位置に対応するように実装してある。これにより紐表面をサブ紐によって変形させることが可能となった。変形の様子は図9のとおりである。サブ紐に与えられた変形量がメイン紐にも適応されていることが分かる。

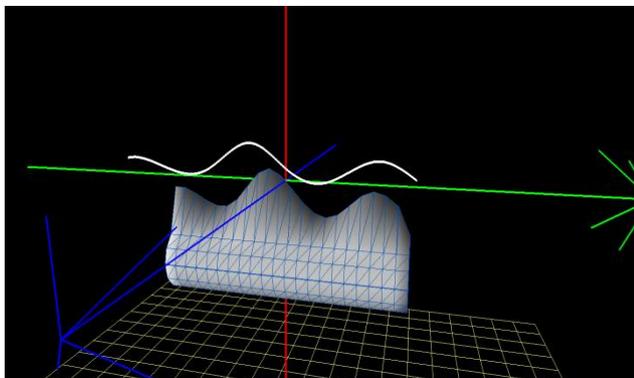


図 9 形成補助紐によるモデル表面の変形

4.4.1 考察

サブ紐を用いることで表面形状を変形させる際に移動方向を決定する必要がなく操作手順を減らすことができた。またサブ紐の変形量を適応してやることで変形箇所を個別に選択する場合に比べてより滑らかに形状を変形させることが出来ている。

しかし変形対象となる表面を現状では最初に指定してある。これは変形対象となる表面はユーザーが触った際に指定されるべきである。サブ紐も現状では表示されておりユーザーはそれを見ながら変形を行っている。サブ紐をユーザーは意識せずに操作しソフトウェアが内部的にユーザーの行いたい変形の変形量をサブ紐に与えてモデル表面を変形させるべきである。そのためサブ紐はユーザーが変形したいモデル表面を触った際に現在の視点を考慮した位置に生成される必要があるとされる。これによって、より直感性に優れた変形操作になると思われる。

4.5 モデル作成例

実際にモデルを作成した例を図10,図11に示す。紐を曲げる操作やモデル表面を部分的に変形する操作を組み合わせることで簡単にモデルの作成が行えた。光源を当てることで立体的に作成されている。

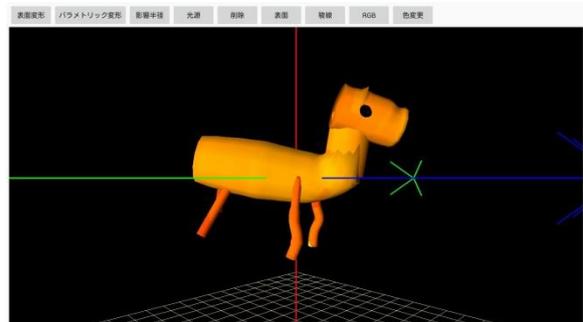


図 10 実際に作成したモデル例 馬

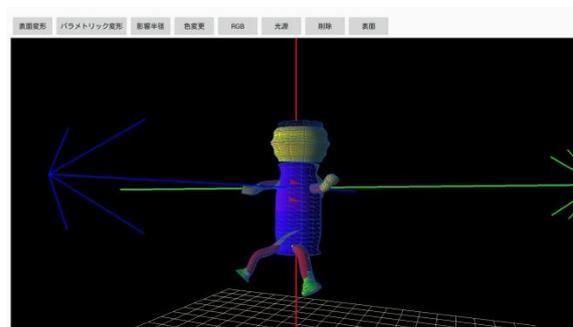


図 11 実際に作成したモデル例 人形

5. おわりに

本研究では3つの手法によってスマートデバイスによるモデル表面を直感的に操作する手法を提案しモデリングソフトの構築を行ってきた。紐モデル表面において部分的な変更を行う際は変形箇所を一度選択する必要があるが形成補助紐を用いることで操作手順を減らすことができ直感性につながることを期待される。

しかし現状3つの手法はそれぞれ独立した機構である。また形成補助紐も変形対象となる範囲も今回は事前に決めてある箇所を対象としていた。実際の変形の際は変形したい箇所を触るだけで好きな形に変形できるべきである。サブ紐も現状は描画されておりそれを操作しているので直感性が低下している。変形したい箇所を触った際に内部処理としてサブ紐が操作されユーザーはそれを意識する必要がないほうがより直感的であるとされる。今回提案した3手法の利点をそれぞれ生かした状態で様々なモデルの生成を直感的に作成できるようにすることが今後の課題である。また紐モデル以外での操作も実装しより自由度の高いモデリングソフトの構築を目指したい。

参考文献

- [1] 工藤 成司 ” 制御点を用いたメッシュ変形手法の研究” ,大学院研究年報 理工学研究科篇 第 41 号/2011
- [2] 西元 千恵, 堀之内 惇樹, 淵田 孝康” スマートデバイスを用いた直観的3次元形状モデリングの研究” , 電気・情報関係学会九州支部連合大会 11-2P-05/2014
- [3] ” ポリゴンモデルのデータ構造と位相操作”
<http://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/lecture/jikken/polygon_operation.pdf>, (参照 2017-02-01)