

例示ベース弾性変形における 形状指定方法の改良

熊田 和大^{1,a)} 藤澤 誠^{1,b)} 三河 正彦^{1,c)}

概要: 本論文では、例示ベース弾性変形における例示形状指定の改良手法を提案する。例示ベース弾性変形とは弾性体の変形形状を例示することによって直感的に変形の様子を制御することができるものである。従来の例示ベース弾性変形手法では「例示形状は元形状とすべてのメッシュ構造が同一の3Dモデルでなければならない」という制約があり、これがユーザの直感的なCGアニメーションデザインの妨げとなっていた。それに対して本論文では、ユーザが従来の制約を意識することなく例示形状の指定が行える手法を提案する。具体的にはユーザに2Dイラストベースで例示形状を入力させ、3Dの元形状を2D平面に投影した形状を2D例示形状に合わせて変形させたのちに、再度3D空間に逆投影して3D例示形状を得る。これによりユーザは直接制約に縛られることなく例示ベース弾性変形を行うことができる。

1. はじめに

現在、映画やアニメーション、ゲーム等、あらゆるエンターテインメント分野においてコンピュータグラフィックス(CG)による表現が多く用いられている。その中でも物理シミュレーションを用いて、3DCGモデルの動きの要素をコンピュータに計算させることで、熟練した技術を必要とすることなく、高品質なCGアニメーションを比較的楽に制作することが可能になっている。しかし、物理シミュレーションでアニメーションを生成するには、各種パラメータを調整する必要があり、直感的に意図した結果を導き出すことは難しい。そこで、アーティストの演出意図に沿ってシミュレーション結果を制御できる、例示ベース弾性変形という手法が提案された[1]。アーティストが変形形状として望む形状の例(例示形状)を与えることで、その例示形状に変形しやすい弾性体を実現できる。

例示ベース弾性変形では、アーティストは細かな物理パラメータを調整する必要がなく、直感的にCGアニメーションを制作することができるという利点がある。しかしながら、従来の例示ベース弾性変形手法では、例示形状に制約がある。それは、変形させたい弾性体の基本形状と、完全に同一のメッシュ構造を持った3Dモデルでなければならないという制約である。この制約は、例示形状を指定

する際のアーティストの直感的なデザインを阻害する可能性がある。

本論文では、弾性体の変形アニメーション制作支援における、より直感的なデザイン手法を目的として、この制約を意識せず行える例示ベース弾性変形手法を提案する。例示形状として望む形状の概形を2Dドローイングによって指定し、与えられた2Dの概形に合わせて、元形状と同一のメッシュ構造をもつ3D形状を生成することで、従来の制約を意識させない例示形状の指定を実現する。

2. 提案手法

本論文では小山らによって提案されたShape Matching法による例示ベース弾性変形手法[3]を用いる。提案手法における入力はあるステップにおける形状の内部に四面体メッシュ構造を持つ3Dメッシュと、ユーザが入力した2Dドローイングによって与えられる1種類以上の2D例示形状である。図1に処理の流れを示す。以下では各ステップについて説明する。

2.1 2D平面への投影

ユーザが2Dドローイングで例示形状を与える前に、現在の3D形状をユーザの視点からみたスクリーン上に投影する。2D平面へ投影する前に、3D形状の表面情報(頂点法線、頂点位置、エッジ情報、面との接続情報)とデプス値を取得しておく。そして、物体の表面の各頂点の3Dオブジェクト座標をスクリーン平面に投影し、2Dメッシュを得る(図1(a))。このとき、本手法では表面と裏面の両方

¹ 筑波大学
University of Tsukuba
a) kumada@slis.tsukuba.ac.jp
b) fujis@slis.tsukuba.ac.jp
c) mikawa@slis.tsukuba.ac.jp

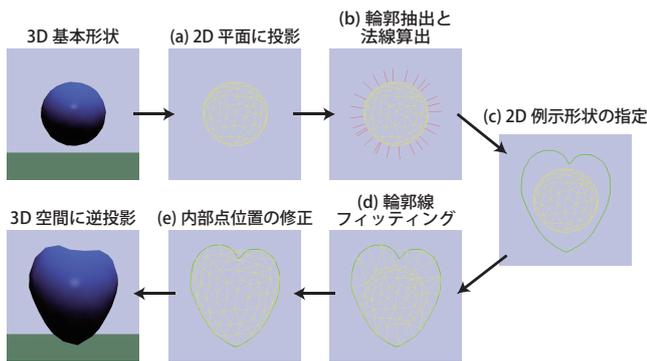


図 1 提案手法的流れ

を投影して、各面について以下の処理を行った後に、両面で共通となる輪郭頂点を基準に統合する。

2.2 輪郭点の抽出

2D 投影したメッシュ形状をユーザ入力の 2D 形状にフィッティングするために、輪郭点を抽出する。2D 投影されたエッジのうち、そのエッジを含む 2D ポリゴンが一つの場合、そのエッジは輪郭線であるとする。そして輪郭エッジに含まれる頂点を輪郭点とし、頂点法線を定義する。

本論文では、ある頂点 A につながる輪郭エッジベクトルの平均を頂点 A の頂点法線 \mathbf{n}_A として定める。ただし、輪郭が頂点 A の部分で凹となっている場合には、法線が逆向きになってしまうため法線方向を反転する。また、輪郭がほぼ直線になっている場合には、法線がほぼ 0 になってしまうため、例外として、輪郭エッジベクトルに垂直なベクトルを頂点法線として定める (図 1(b))。

2.3 2D ドローイング例示形状

ユーザはマウスを用いて 2D ストロークを与えることで例示形状を指定する (図 1(c))。ユーザが与えることができるのは輪郭形状の概形のみである。2D 例示形状となるストロークは、頂点とそれを結ぶ線分の集合で表現する。また、ストロークは閉じたパスでなければフィッティングの際に問題となるため、始点と終点を結ぶエッジを定義することで、自動的に閉じたパスを得る。

2.4 輪郭線のフィッティング

ユーザが与えたストロークの形状に対して、2D 投影した形状の輪郭をフィッティングする (図 1(d))。ここでは、レイと線分の交差判定を用いて、フィッティングする際の目標位置を定めている。具体的には、2.2 節で求めた、輪郭点と頂点法線から成るレイと、ストロークを構成する線分との交差判定である。交点座標値に輪郭点を移すことで、輪郭線フィッティングが完了する。

2.5 表面内部の点位置の修正

輪郭線フィッティングにより輪郭上の頂点は移動したが、投影された 2D メッシュの内部の点はまだ元の位置に残ったままである。このままでは 2D メッシュの形状が崩れてしまい、3D メッシュに戻した際に不自然なメッシュ形状になってしまう。そこで輪郭点を固定点として、3D メッシュに戻したときに自然な形状となるように、できるだけ元の 2D メッシュ形状を保つように内部メッシュを修正する。本論文では、Igarashi らが提案した手法 [4] を応用して修正を行う。この手法では三角形メッシュで表された形状を、ユーザが指定した固定点にしたがって三角形形状を保つように変形する。この方法において、フィッティング済みの輪郭頂点を固定点とすることで、2D メッシュ内部の点から構成される三角形メッシュの元形状と、輪郭線フィッティングにより変形された三角形メッシュの形状の局所的な歪みが最小となるように内部点の位置を修正する (図 1(e))。

2.6 3D 空間への逆投影

2.1 節と逆の操作を行い、2D メッシュのウィンドウ座標を元の 3D オブジェクト座標に変換する。この逆投影により、初期形状の頂点のうち、位置が修正されるのは表面点の情報だけであり、内部点の位置は変更されていない。そのため、初期形状において、各エッジの初期の長さを自然長として、逆投影された表面頂点を固定点として、ばね-質点系により内部頂点位置を修正する。

以上の処理により、ユーザの 2D ドローイングによる概形形状から、初期形状と同一のメッシュ構造を持つ 3D の例示形状が得られる。

3. 結果とまとめ

提案手法を用いて、物体正面から三角形の 2D 例示形状を与えて例示ベース弾性変形を行った結果を図 2, 図 3 に示す。初期形状として、内部点を含めポリゴン数 210 の球体を用いた。図 2 よりユーザが望む形状に変形でき、図 3 よりそれを用いて例示ベース弾性変形ができていくことがわかる。

本論文では、ユーザ入力の 2D ドローイング例示形状から、元形状と同一のメッシュ構造をもつ 3D 形状を生成することで、従来の制約を意識させない例示形状の指定を実現した。今後の課題としては、複数視点における輪郭形状の指定、弾性変形が不自然にならないための例示形状の体積保存性の考慮などがあげられる。

参考文献

- [1] S. Martin, B. Thomaszewski, E. Grinspum and M. Gross, "Example-Based Elastic Materials", ACM ToG, Vol. 30, No. 4, pp.72:1-72:8, 2011.

- [2] C. Schumacher, B. Thomaszewski, S. Coros, S. Martin, R. Sumner and M. Gross, "Efficient Simulation of Example-Based Materials", Proc. the ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation, pp.1-8, 2012.
- [3] 小山裕己, 高山健志, 梅谷信行, 五十嵐健夫, "例示ベース弾性変形の実時間計算手法", 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 10, pp.2316-2324, 2013.
- [4] T. Igarashi, T. Moscovich and J. Hughes, "As-Rigid-As-Possible Shape Manipulation", ACM ToG, Vol.24, No.3, pp.1134-1141, 2005.

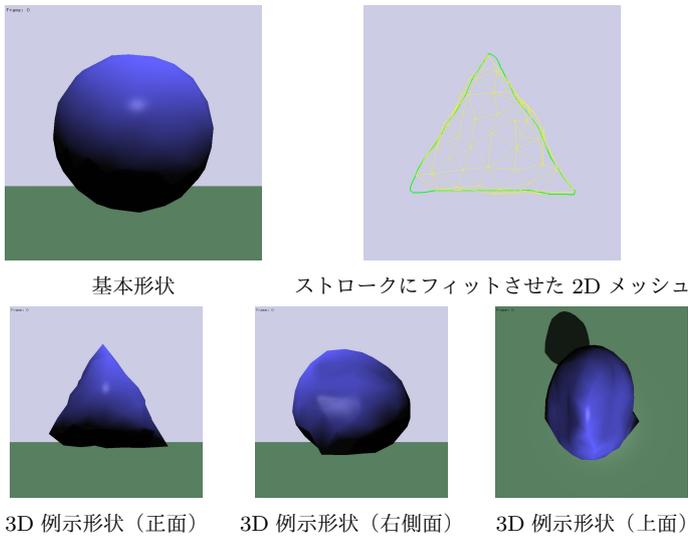


図 2 2D 例示形状から生成された 3D 例示形状 (三角形の場合)

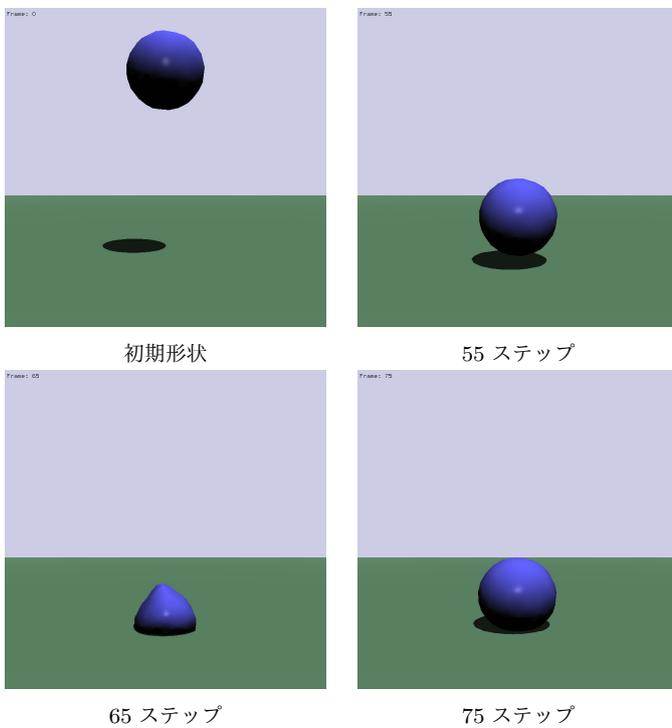


図 3 シミュレーション結果 (例示形状: 三角形)