

例示データに基づく スキニングウェイトの対話的な最適化

有泉 静耶[†] 向井 智彦[†]

東海大学 情報通信学研究科 情報通信学専攻[†]

1. はじめに

3次元CGモデルの変形手法の一つに線形ブレンドスキニング法[1]があるが、変形結果を視認しながらのスキニングウェイトの調整には熟練を要する。これまで自動スキニング技術[2][3]が提案されているが、必ずしもユーザーが所望する結果は得られない。そこで本研究では、例示データを用いることでユーザーの所望する変形結果を与えるための手法を提案する。提案システムでは、まず初期状態のモデルおよびジョイント姿勢に加えて、ユーザーが所望する複数の例示データを指定する。そして例示データを近似するようにスキニングウェイトを最適化することで、例示データに近い変形結果を得られる(図1)。ただし、例示データの与え方次第では所望の結果が得られず、ユーザーの試行錯誤を要するという問題点を確認している。そこで本報告では、人体のアニメーションにおいて頻繁に行われる曲げやひねりに対して、膨張や縮小などの意図的な変形を加えた例示データを指定した際の推定結果や、例示データの数を変えた際の変化などを調査することで、提案法の有用性を検証した。

2. スキニングウェイトの最適化

例示データを用いたスキニングウェイト最適化法の概要を示す(図1)。図に示すようにスキニングウェイトは例示データとの頂点位置誤差を最小化する解を最小二乗法によって求められる。ただし、スキニングウェイトには以下の制約条件が課される。まず、各頂点におけるウェイトの総和は1でなければならない。次に、ウェイトの値域は0以上1以下でなければならない。最後に、ゼロ以外の値をとるウェイトの数はユーザーによる指定数とする。

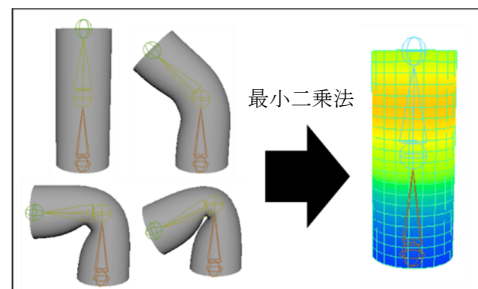


図1 例示データに基づくスキニングウェイト最適化の模式図

ただし、非ゼロ要素数に関する最後の制約条件を扱える効率的な最小二乗問題解法は存在しない。そこで、二次計画問題をベースとしつつ3つの制約条件を満たす近似式を計算する[4]。

3. 実験結果

線形ブレンドスキニング法で円柱の中心を曲げると図2に示すように屈曲部が収縮してしまう。この収縮してしまう現象を提案法で改善できるか実験した。まず、円柱の中心に配置したジョイントの回転角度を0度から80度まで20度ずつ増加させることで5つの例示データを作成する。この時、屈曲部の収縮を補うように円柱を膨張させた。図2右は、5つの例示データをもとにスキニングウェイトを最適化した結果である。なお、図2のジョイントの回転角度は80度である。

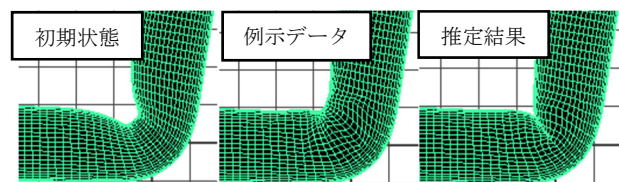


図2 円柱を膨張させた時の推定結果

推定結果は例示データを近似することで屈曲部の収縮が軽減されたことが分かる。ただし、例示データと全く同じ変形にはならないことが分かった。また、例示データを0度と80度の2つのみ指定した場合においても、例示データを5つ指定した時とほぼ変わらない結果であった。

Skinning weight optimization by interactively editing example data

Shizuya Ariizumi, Tomohiko Mukai

[†]Tokai University

続いて、円柱の中心部をひねった時の実験結果を示す。円柱の中心に配置したジョイントの回転角度を0度から80度まで20度ずつ増加させることで作成した5つの例示データを指定した。この時、屈曲部の収縮を補うように円柱を膨張させた。なお、図3のジョイントの回転角度は80度である。

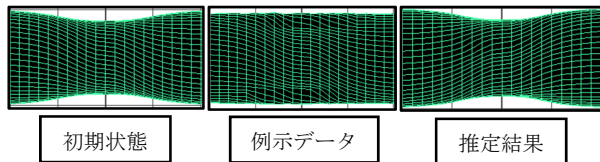


図3 円柱のひねりを最適化した結果

曲げた時の結果と違い、例示データの形状に関わらず、スキニングウェイトを変えずに変形した時とほぼ変わらないことが分かる。

次に、円柱の中心を曲げた時に屈曲部を膨張させるのではなく、屈曲部の外側を凹ませた結果を示す。これまでと同様、ジョイントの回転角度を0度から80度まで20度ずつ増加させることで例示データを5つ指定した。なお、図4のジョイントの回転角度は80度である。

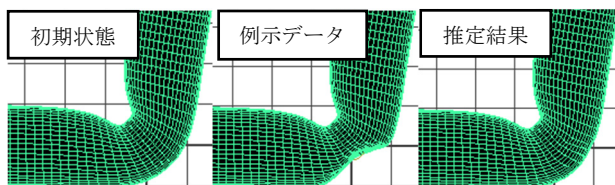


図4 円柱を凹ませた時の推定結果

屈曲部を膨張させた時の結果と違い、スキニングウェイトを変えずに変形した時とほぼ変わらないことが分かる。また、屈曲部の外側を膨張させた場合においても、屈曲部の外側を凹ませた場合とほぼ同じ結果になった。

最後に、ジョイントを2軸で回転させた例示データを指定した時の実験結果を示す。ジョイントの回転角度は2軸とも0度から80度まで20度ずつ増加させることで例示データを5つ指定した。ジョイントの回転角度を80度とした時の、2つの異なる視点から見た結果を図5、図6に示す。

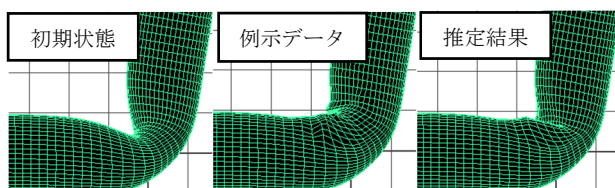


図5 2軸回転での膨張の推定結果

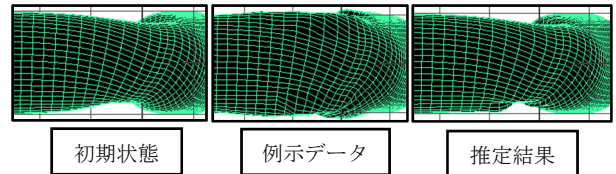


図6 2軸回転でのひねりの推定結果

曲げの推定結果は例示データに近い結果を得ることができたが、ひねりの推定結果は例示データに近づいてはいるが、ウェイトを変えずに変形した時とほぼ変わらない結果となった。

4. まとめと今後の課題

本研究では例示データをもとにスキニングウェイトを二次計画問題を解くことで推定し、そのモデルが所望通りの変形結果を得られるか検証した。円柱を曲げ、屈曲部を膨張させた時の推定結果は例示データと近い形になっているため、正しい最適化が行われたことが分かる。しかし、円柱をひねるような変形、および円柱を曲げ、屈曲部の外側を凹ませた時は所望する推定結果を得られなかった。この現象の原因は、線形ブレンドスキニング法が、影響を受けるジョイントの変換行列を非負係数を用いて線形補間する技法であるため、外挿を伴う変形は再現できないためであると考えられる。その結果、頂点が影響を受けるジョイントで作られる凸包内に存在する場合は再現できるが、そうでない場合はどのようなウェイトの変更でも所望する結果は得られない。そのような場合にはメッセージを表示することでユーザーに再編集を促すような機能など、ユーザーが効率よく扱うためのガイドラインを整備する必要がある。

参考文献

- [1]Nadia Magnenat-thalmann, Richard Laperrire and Daniel Thalmann, Joint-dependent Local Deformations for Hand Animation and Object Grasping, Proc. of Graphics Interface 88, (1988), 26-33.
- [2]Ilya Baran and Jovan Popović, Automatic Rigging and Animation of 3D Characters, ACM Transactions on Graphics, 26(3), (2007), 72 : 1-72 : 8.
- [3]Alec Jacobson and Ilya Baran and Jovan Popović and Olga Sorkine, Bounded Biharmonic Weights for Real-Time Deformation, ACM Transactions on Graphics, 26(4), (2007), 78 : 1-78 : 8.
- [4]向井智彦, スキニング分解, COMPUTER GRAPHICS GEMS JP 2015: 7, 2015.9.

謝辞 本研究はJSPS 科研費 15K16110の助成を受けて実施した。