

物体とのインタラクション時に体の硬さが自在に変えられる VTuber アバター

杉森 健^{1,a)} 三武 裕玄^{1,b)} 佐藤 裕仁^{1,c)} 長谷川 晶一^{1,d)}

概要: 今日, モーションキャプチャデバイスの登場により VTuber などの演者のモーションをアバタに適用し配信をする機会が増えている. 現状ではアバタに適用されるモーションデータはトラックの位置, 角度から IK を解くことで求めたデータであり, バーチャル物体からの力は考慮されない. そこで本稿では, 物理エンジンを用いることでモーションキャプチャデータにしっかりと追従するがバーチャル物体との力学的影響を考慮したインタラクションを可能とする. さらにアバタの動作の幅を広げるためにボールが飛んできた時に身構えるといった体の硬さ (ステイフネス) を表現できるようにする.

1. はじめに

近年, Oculus Touch, Vive トラッカー, PERCEPTION NEURON といった安価なモーションキャプチャデバイスの登場により自宅でもモーションキャプチャをすることができるようになった. そのようなデバイスを使用してアバタにモーションを適用した映像を Youtube などで配信をするバーチャル YouTuber (以降, VTuber) が登場してきた. さらに VTuber 配信アプリである SHOWROOM や REALITY の投げ銭システムであるギフトのように視聴者がアバタにバーチャル物体を与えられるシステムが運用されている. ギフトではアバタの頭上にバーチャル物体を落としアバタに当てることのできるものも存在する.

しかし現状はモーションキャプチャのデータをそのままアバタに適用しているためバーチャル物体が頭上から落ちてきて当たっても, 演技しない限りアバタに力学的影響はなくバーチャル物体が跳ね返るのみとなっている. この状態では力学的に正しいアバタの動きにするために演技する必要があり演者への負担が大きく, 演技によっては力学的に正しくない動きになる.

そこで本稿では演者への負担を減すために, 物理シミュレーションを用いて力学的な反応を自動生成する. また, 実際の人間なら同じ力が加えられても体の硬さを変化することで反応を変化させることができる. そこで, 同様に演者が物理シミュレーションされたアバタの体の硬さを変化でき

るようにすることで, アバタの動作の幅を広げることができる.

2. 関連研究

2.1 バーチャル物体との物理的影響を考慮したインタラクション

力学的影響を加味したモーションキャプチャデータをアバタに適用した状態で演者が演技をするような試みは [1] がある. [1] ではアバタの各関節の角度と位置を PD 制御することでバーチャル物体と衝突した場合の動きを生成している. バーチャル物体とのインタラクションで力学的に正しい動きにするには PD 係数をバーチャル物体をある程度跳ね返さないような小さい値にしなければならない. しかし PD 係数を小さくするとモーションキャプチャに追従できなくなってしまう. [1] ではモーションキャプチャ追従用に各関節の位置に対してもずれたら戻ろうとするように力が働くフィードバック制御している. この方法では物体が当たった時にモーションキャプチャ追従用の余計な力が発生してしまいアバタのモーションが力学的に正しくないものになってしまう. そこで本研究ではフィードフォワード制御を行うことでこの問題を解決する.

2.2 フィードフォワード制御

各関節を PD 制御している状態では, PD 係数が小さいとモーションキャプチャデータに遅れて追従してしまうという問題がある. これを解決する方法としてフィードフォワード制御がある. フィードフォワード制御とは PD 制御のようなフィードバック制御で対処しきれない外的要因が発生する前に修正動作を与える制御である.

¹ 東京工業大学

a) sugimori.k.ac@m.titech.ac.jp

b) mitake@hi.pi.titech.ac.jp

c) satoh.h.aa@m.titech.ac.jp

d) hase@haselab.net

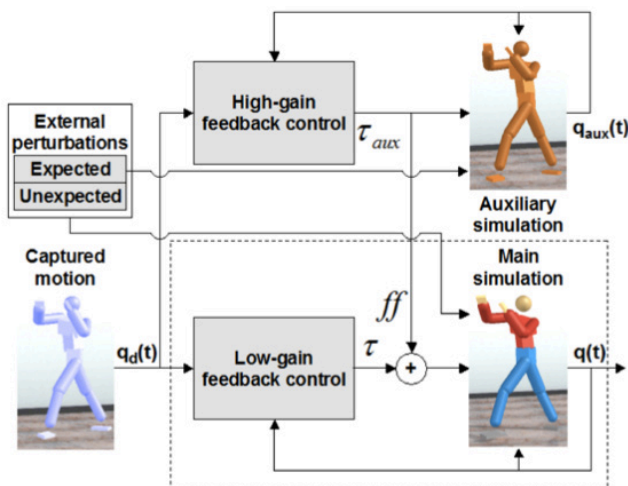


図 1 [2] より引用

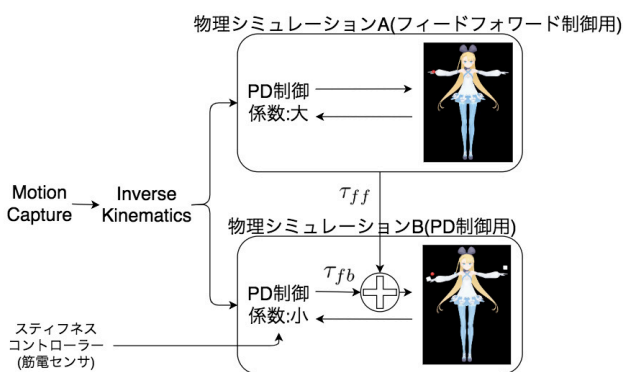


図 2 システム

今回のフィードフォワード制御の外的要因は演者が動くことである。この時モーションキャプチャデータに追従するためのアバタの各関節にトルクを出す必要がある。このようなアバタにフィードフォワード制御とフィードバック制御を組み合わせた物理モデルを使用する試みは [2] がある。[2] では図 1 のように関節の PD 係数を大きい状態でフィードフォワード制御成分としてあらかじめ計算しておくモーションキャプチャデータに追従するためのトルク τ_{aux} と、関節の PD 係数が小さい状態でフィードバック制御成分として物体に当たった時の反応トルク τ を求め、二つのトルクの和 ($\tau_{aux} + \tau$) を関節に適応している。

本研究でも [2] と同様の枠組みを使用する。それに加えて、本研究ではコントローラを用いてアバタの体の硬さ (スティフネス) も演者が表現できるようにする。

3. 提案システム

3.1 物理シミュレーション

システム構成は図 2 である。アバタがバーチャル物体と力学的に正しくインタラクションできるようにするため 20 関節の多関節剛体モデルを使用し、各剛体の質量は [3]

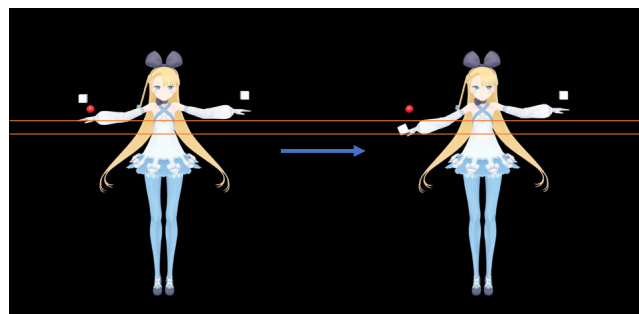


図 3 フィードフォワード制御なし

のようになっている。アバタと物体は物理エンジンである Springhead によりシミュレーションする [4]. [2] では物理シミュレータ外部で PD 制御をしているが、Springhead には内部に安定な関節の PD 制御器が組み込まれている [5]. Oculus などの頭と両手の 3 点しかトラッキングできない場合でも運用できるように、IK を解いた結果を目標角度として使用し実装している。

3.2 フィードフォワード制御

図 2 のように、物理シミュレーション A と物理シミュレーション B を用意する。物理シミュレーション A では、モーション追従用のフィードフォワード制御用トルク τ_{ff} を求める。Springhead には PD 制御器が組み込まれているため、物理シミュレーションを 1 ステップ実行すると PD 制御に必要なトルクが自動で求まる。PD 係数を十分大きく設定し、モーションキャプチャデータを制御目標とするとその動作を実現するのに必要なトルク τ_{ff} を得ることができる。

物理シミュレーション B では、実際に表示されるアバタの動作を生成する。バーチャル物体から自然な力学的影響を受けるように各関節の PD 制御器に弱い PD 係数を設定する。さらに物理シミュレーション A で得たフィードフォワードトルク τ_{ff} を追加する。

3.3 スティフネスを変化させる入力

演技の幅を広げるためにボールが飛んできた時に身構えるといった筋肉の硬さ (スティフネス) の上昇を表現できるようにするため、スティフネスコントローラによりアバタの各関節の PD 制御時の PD 係数を演者が変更できるようにする。スティフネスコントローラには将来的に指のモーションも取れるようにハンドレスな筋電センサーを使用する。

3.4 動作例

図 3 と図 4 は右手の IK のターゲットが赤い球であるときに 1kg の白いキューブを落とした場合のアバタの反応であり、左がアバタにかかる力が釣り合い停止した状態で右がキューブが右手に乗り右手が一番下がった時の画像であ

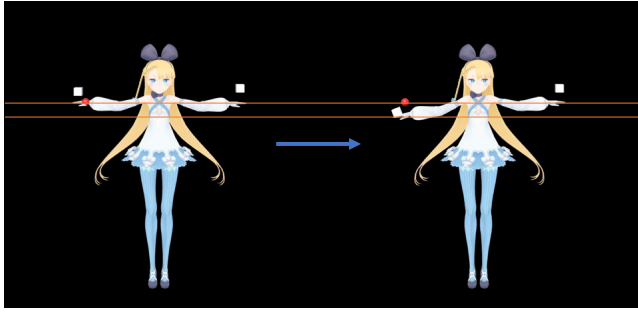


図 4 フィードフォワード制御あり

る. 図 3 では PD 制御のみで図 4 ではフィードフォワード制御と PD 制御を組み合わせている. 図 3 と図 4 の PD 制御時に使用している PD 係数はバーチャル物体に理想的な反応をするように小さい値にしている. 図 3 では PD 制御時の PD 係数が小さいためアバタの右腕の重さを支えきれず, IK のターゲットに追従しきれていない. 図 4 では IK のターゲットにしっかりと追従している. 図 3 と図 4 で同じ反応であることがわかる.

4. まとめ

本研究は VTuber などの演者のモーションをアバタに適用している状態で, バーチャル物体がアバタに衝突するような場面の演技を助けることを目的とする. アバタの各関節を PD 制御し, モーションキャプチャデータに追従するためにフィードフォワード制御をする. さらに, 筋肉のステイフネスの調整を演技の幅を広げるために演者が調整できるようにする.

参考文献

- [1] Nam Nguyen, Nkenge Wheatland, David Brown, Brian Parise, C. Karen Liu, and Victor Zordan. Performance capture with physical interaction. In *Proceedings of the 2010 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation*, SCA '10, pp. 189–195, Goslar Germany, Germany, 2010. Eurographics Association.
- [2] Rubens F. Nunes, Creto A. Vidal, Joaquim B. Cavalcante-Neto, and Victor B. Zordan. Simple feedforward control for responsive motion capture-driven simulations. In George Bebis, Richard Boyle, Bahram Parvin, Darko Koracin, Paolo Remagnino, Fatih Porikli, Jörg Peters, James Klosowski, Laura Arns, Yu Ka Chun, Theresa-Marie Rhyne, and Laura Monroe, editors, *Advances in Visual Computing*, pp. 488–497, Berlin, Heidelberg, 2008. Springer Berlin Heidelberg.
- [3] 国立研究開発法人産業技術総合研究所. 人体特殊文献データベース. <https://unit.aist.go.jp/hiri/dhrg/ja/dhdb/properties/segment/k-07.html>.
- [4] 長谷川晶一, 三武裕玄, 田崎勇一. 動作行動開発のための物理エンジン springhead. 日本ロボット学会誌, Vol. 30, No. 9, pp. 841–848, 2012.
- [5] Takashi Tokizaki, Yuuichi Tazaki, Hironori Mitake, and Shoichi Hasegawa. Pliant motion: Integration of virtual trajectory control into lcp based physics engines. In *SIGGRAPH '09: Posters*, SIGGRAPH '09, pp. 10:1–10:1,