

ボーンモデルへの呼吸動作適用による生命感の表現

清水 貴大 藤代 一成
慶應義塾大学 理工学部情報工学科



図1 投球動作に呼吸動作を適用したアニメーションの連続画像

1 背景と目的

近年,CG技術の進歩により,現実の人間にひじょうに近い見た目の3Dアバタの作成が可能になってきた。しかし,そのアバタのアニメーションに注目すると,呼吸表現が乏しいものや全く呼吸動作を行っていないものが多い。そのため,実際の人間の動作をリアルに再現しているとは言い難い。animateの元来の意味は,「生命のないものに命を吹き込む」ことであり,生物と外界のインタラクションである呼吸動作の適用は必要不可欠である。本研究では3Dアバタに対する呼吸動作適用の前段階として,3Dボーンモデルに簡易の肺・横隔膜モデルを付与することで呼吸動作を表現する。歩行等の随意運動に対し,不随意運動である呼吸を追加することで,ボーンモデルであっても,生命感の向上が図れることを確かめる。さらに,呼吸動作の適用によって,疲労や感情,運動中における間合い等の表現を目指す。図1は投球動作に呼吸を追加したアニメーションの連続画像である。

2 呼吸動作適用の流れ

提案手法は,肺・横隔膜モデルの作成,モーションデータの選択,呼吸データの計測・適用に分かれる。

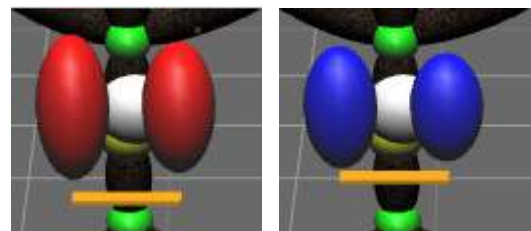
Zordanらの内臓モデル[1]を参考に,簡易な肺・心臓・横隔膜モデルを作成し,それをボーンモデルへ付与することで基本モデルとした。その拡張ボーンモデルへ,モーションデータに加えて呼吸データを適用し,モーションデータだけのアニメーションに代わる新たなアニメーションを作成した。呼吸動作をする3Dアバタについて,Tsoliらは,メッシュの容積変化と肺活量の変化の比例関係[2]をもとに3Dアバタの呼吸動作を表現している。しかし,その手法に

おいて呼吸データは,直立時のものに限定されており,運動中の呼吸変化については言及されていない。本手法では,運動時の呼吸に注目し,その呼吸データを取得した。

本研究の最大の新規性は,運動ごとに固有の呼吸データを計測し,それを拡張ボーンモデルに適用することである。本来,モーションデータと呼吸データは1回の運動中に同時に取得することが望ましいが,本手法では既存のモーションデータを使用し,それに合わせた運動を実際に行うことで呼吸データを取得し,その2つのデータを合成した。

2.1 肺・横隔膜モデル

肺の形状を模した楕円体オブジェクトを背骨の両脇に設置し,肺モデルとする。左右の肺の大きさの差異を考慮し,左肺より右肺を大きくする。横隔膜モデルは,動きの変化を見やすくするため板状のオブジェクトにより簡易的に表現する。呼吸データに合わせて,肺モデルは体積が,横隔膜モデルは垂直方向の位置がそれぞれ変化する。また,肺モデルは,体積変化に合わせてオブジェクトの色が,図2(a)(b)のように体積最大の時を赤,最小の時を青となるように変化する。さらに,姿勢の呼吸量への影響[3]を考慮し,姿勢による肺の体積変化も適用した。



(a) 肺の大きさ最大

(b) 肺の大きさ最小

図2 肺・横隔膜の簡易モデル

2.2 モーションデータ

提案手法では、カーネギーメロン大学により提供されているフリーのモーションキャプチャデータ [4] より運動動作を選択した。運動動作を以下の 3 種類に分類し、それぞれから特定の運動動作を選択して呼吸動作を適用した。

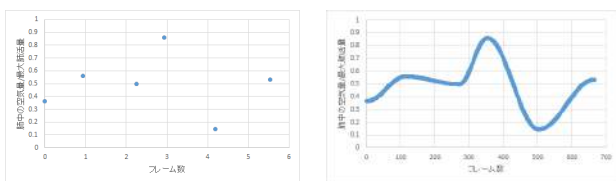
- 日常的な動作
ウォーキング・ランニング・ジャンプ等、日常よく行われる簡単な動作。呼吸動作適用前後でのアニメーションの差異を確かめる。
- スポーツ動作
野球・ゴルフ・サッカー等の動作。呼吸動作適用により、各動作における独特の間合いやタイミングの表現の向上を図る。
- 繰り返し行う動作
ランニング等、同様の運動を繰り返し行うことで疲労が蓄積していく動作。疲労の蓄積度を呼吸動作の面から表現する。

2.3 呼吸データ

呼吸データの計測には、ミナト医科学株式会社製 MOBILE AEROMONITOR AE-100i を使用した。2.2 項のモーションデータをもとに図 3 のように実際に運動し、モーションごとに呼吸データを計測した。被験者は、元モーションデータの動きを十分に練習してから実験に臨んだ。また、計測時は、図 3(a) のように元モーションデータを被験者に提示しながら実験を行った。本手法では、1 回の呼吸動作における呼気と吸気に要する時間と交換空気量を運動中に連続して計測した。そして、呼気量と吸気量の差から肺中の空気量を算出し、図 3(a) に示されるようなデータを得た。さらに各点間を正弦曲線により補間し、運動中の肺中の空気量の連続データ (図 3(b)) を作成した。



(a) モーションデータの提示 (b) 運動中のデータ計測
図 3 呼吸データ計測実験の様子



(a) 肺中の空気量の離散計測データ (b) 補間データ
図 4 肺中の空気量変化データの作成

3 結果

開発環境として PC(OS:Windows10, CPU:Intel Core i7 3.40GHz, RAM:8.00GB), プログラミング言語として Delphi10 を用いた。

同一のジャンプ動作のモーションデータにおいて、拡張ボーンモデルに対し実際に計測したデータを適用した場合と、ボーンモデルとのアニメーションの違いをキャプチャリングした画像を図 5 に示す。前者の方が、息を目一杯吸い込んで飛び、着地してから息を吐いて力を抜くといった力感の表現が向上した。

また、投球動作に呼吸動作を適用したアニメーションの連続画像を図 1 に示す。投球動作の足を上げる直前の独特な間合いの表現が向上した。

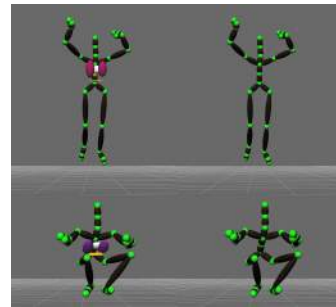


図 5 ジャンプ動作する拡張ボーンモデル (左) とボーンモデル (右)

4 結論と今後の課題

本稿では、肺・横隔膜モデルを付与したボーンモデルへ呼吸動作を適用し、生命感の表現を図った。3 節で採り上げた 2 つの動作に加えて、繰り返し動作として用いたランニングを含む、2.2 項で挙げた 3 種類の運動すべてにおいて、呼吸動作を適用していないアニメーションと比較して、それぞれの運動に特有の間合いや疲労感を含む生命感の表現向上を図ることができた。

今後の課題としては、スキニングを施し、皮膚のある 3D アバタへの呼吸動作の適用が挙げられる。さらに 3D アバタへの呼吸動作の適用を考えた場合、体躯のみならず、口や顔の表現にも呼吸動作の反映が必要となってくる。

謝辞

2.3 項で利用した MOBILE AEROMONITOR AE-100i は、ミナト医科学株式会社から貸与されたものである。本研究の一部は、平成 27 年度科研費基盤研究 (C)15K00761 の支援により実施された。

参考文献

- [1] Victor B. Zordan, Bhriugu Celly, Bill Chiu, and Paul C. DiLorenzo: "Breathe Easy: Model and Control of Simulated Respiration for Animation," in *SCA'04 Proceedings of the 2004 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation*, pp. 29–37, August 2004.
- [2] Aggeliki Tsoli, Naureen Mahmood, and Michael J. Black: "Breathing Life into Shape: Capturing, Modeling and Animating 3D Human Breathing," *ACM Transactions on Graphics*, Volume 33, Issue 4, Article No. 52, July 2014.
- [3] 野添匡史, 間瀬教史, 他: "体幹前傾姿勢が肺気量位と呼吸運動に与える影響", *理学療法学*, 第 34 巻, 第 6 号, 254–259 頁, 2007.
- [4] Bruce Hahne: "Cgspeed," <https://sites.google.com/a/cgspeed.com/cgspeed/motion-capture>, Lastest access on 7 January 2016[Online].