

O2-3

モーションキャプチャを用いた壁登り筋力トレーニングシステムの開発

Development of System for Strength Training by Wall Climbing Using Motion Capture

○ 青木広宙 (名古屋工業大学) 坂口正道 (名古屋工業大学) 藤本英雄 (名古屋工業大学)

Hirooki AOKI, Masamichi SAKAGUCHI and Hideo FUJIMOTO, Nagoya Institute of Technology

Abstract: We have developed a new virtual reality system for experiencing the bouldering. One of objectives in the system development is the generation of force sense to the system user without complex haptics devices by introducing the pseudo haptics. In this paper, we had examined the generation of the pseudo haptics with the change of operability. In the experimental system, the character on a computer screen moves upward with top-to-bottom motion of user's hands. The experimental results suggest that the pseudo haptics generate with speed-up or slowdown of the character moving.

Key Words: Virtual Reality, Pseudo Haptics, Motion Capture, Strength Training

1. はじめに

フリークライミングの登壁運動は、主に、上腕三頭筋、三角筋、大円筋といった肘上から肩に掛けての筋肉や広背筋、僧帽筋といった背中筋の増強に適した運動である。フリークライミングの一種であるボルダリングは、2m から 4m 程度の岩や石をロープ無しで登るスポーツであるが、最近では、室内に人工的な壁面が用意されているクライミングジムが展開されており、比較的、気軽にボルダリングを楽しむことができる。クライミングジムにおけるボルダリングは、ジムのフロアの壁全体に、色とりどりの突起物（ホールド）が大量に取り付けられており、これらのホールドを掴んだり足で乗ったりしながら壁を登ることでボルダリングのトレーニングを行なうことができる。ボルダリングにおいては、ホールド間の距離・位置などをすばやく正確に認識することが必要であり、パズルを解くような娯楽性を有することから、筋力の増強だけでなく空間認識能力の向上が期待できる。

ところで、近年、コンシューマゲーム機のヒューマンインタフェースの発展が著しく、様々なスポーツを擬似的に体感しながら健康増進を行なうためのゲームソフトウェアが人気を博している。例えば、任天堂株式会社より発売されている「Wii Fit」は、販売台数が 2011 年 3 月の時点で 3500 万台を達成したことが報告されており、家庭で楽しく気軽に行なうことができるスポーツトレーニングに対するニーズの高さが伺える。

任天堂以外のコンシューマゲーム機メーカーにおいても、スポーツを体験しながら健康増進することをターゲットにした各種ゲームソフトウェアが販売されている。マイクロソフト社からは、2010 年 11 月に Kinect が発売され、大きな話題となった。Kinect はコントローラを用いずにゲーム機の操作を行なうセンサシステムで、ジェスチャーや音声認識によって直観的で自然な操作を実現するものである。

われわれは、Kinect を応用することで、ボルダリングを模擬した壁登り運動を体験するシステムの開発に取り組んでいる。開発しようとするシステムにおいては、Kinect センサを用いて体験者のモーションキャプチャを行い、体験者の動きや姿勢に対応してコンピュータ画面中のキャラクターが移動する。本システム開発においては、疑似力触覚を導入することで、大掛かりな力覚提示デバイスを用いることなく筋力トレーニングを実現することを目標のひとつとしている。本研究では、提案するシステムの概要を示し有効性について基礎的検討を加える。

2. 提案システム

われわれの提案するボルダリング体験システムは、Kinect センサを用いて体験者のモーションキャプチャを行ない、体験者の動作に応じて画面上に表示されるキャラクターが動作をする。

Fig. 1 に開発中の出力画面を示す。画面中のキャラクターの左右それぞれの手先、肘、肩の座標は、Kinect センサで取得される体験者の手先、肘、肩に対応して移動する。キャラクターは画面内に赤丸として表示されるホールドにタッチすることで体を固定し、画面中を上方向に移動することができる。

Kinect センサは PC に USB 接続され、オープンソースドライバ OpenNI⁽¹⁾によって制御される。Kinect センサには、撮影される人物の骨格検出機能が備えられており、この機能を用いることで体験者の手先、肘、肩の座標を算出する (Fig. 2)。

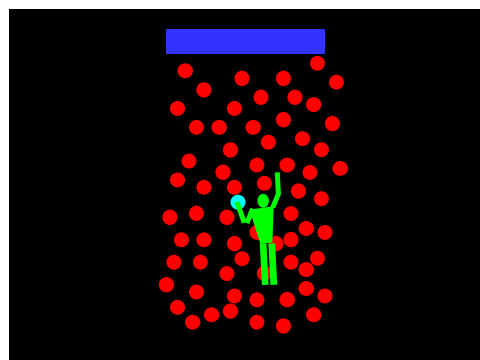


Fig. 1 Figure caption



Fig. 2 Skelton extracted by Kinect sensor.

3. 擬似力触覚に関する検討

提案システムにおいては、擬似力触覚の概念を導入することで、大掛かりな力覚提示装置を用いることなく、体験者の筋肉に対して負荷を生じさせたいと考え、システムの操作性の変化を体験者に認識させることで動作に対する負担を加減させる仕組みについて検討することとした。視覚情報の影響による擬似力触覚について、吉川ら⁽²⁾により、カメラの前でバネを押す身振りをすると画面内のバネを押せるシステムにおいて、反発力を変えると画面内のバネが押される動きが遅くなり、その情報が身体に反映されてバネの反発が強まったように感じられることが報告されている。

本研究においては、以下の課題を設定し、システムの操作性の影響による擬似力触覚について検討した。

- ・ 被験者が体を引き上げるような手先を上から下へ動かした場合に画面上のキャラクタが上方に移動する
- ・ キャラクタが画面最上部まで到達すると、次のキャラクタが画面最下部に現れ、被験者は引き続き、新たなキャラクタを画面上部へと移動させる
- ・ 被験者がキャラクタ4体を画面最上部まで移動させた時点で課題が終了する
- ・ 課題開始からの経過時間が画面に表示され、被験者は可能な限り短い時間で課題を完了することが、予め指示される

キャラクタ4体の内、3体目は、他のキャラクタと比較して画面上方への移動速度が三分の一になるように設定されている。課題実施中においては、被験者の上腕・下腕にはそれぞれ一カ所ずつEMG電極が設置され、筋電波形が取得される。使用した筋電図システムはDELSYS社製のBagnoli EMGシステムである。被験者は20代男性3名(A~C)である。

Fig. 3に、各被験者の下腕部に設置されたEMG電極による測定結果を示す。図中の各グラフにおいて青線は筋電波形の整流平滑化 (ARV: Average Rectified Value)、赤線は画面中のキャラクタの位置を示している。ARVの算出における席分単位時間は200m秒である。

被験者Aと被験者Bにおいては、3体目のキャラクタによる測定時間帯においてARVの値が、他のキャラクタによる測定時間帯と比較して大きな値を示し、筋肉の活動が活性化する傾向が確認できた。キャラクタの移動速度が遅くなることで、キャラクタが上方移動するための負荷が大きくなったように擬似力触覚が発生した可能性がある。しかし、被験者Cにおいては、3体目のキャラクタによる測定時間帯においてARVの値が大きな値を示す傾向は確認できなかった。

4体目のキャラクタによる測定時間帯においては、3体目のキャラクタの測定時間帯と比較して、ARVの値が著しく低下する傾向が、いずれの被験者においても顕れた。キャラクタの移動速度が速くなることで、キャラクタが上方移動するための負荷が小さくなったように擬似力触覚が発生し、筋肉の活動量が低下したものと考えられる。

以上より、視覚による擬似力触覚の発生には個人差があるものと考えられるが、動作に対するキャラクタの反応を工夫することで、体験者に擬似力触覚を発生させることができるものと期待される。なお、上腕部における測定結果においては、操作性の変化がARVに影響することはなかった。

4. おわりに

Kinect センサによりモーションキャプチャを行い、擬似力触覚を応用することで、大掛かりな力覚提示デバイスを用いることなくボルダリングを体験できるボルダリング体験システムの開発に取り組んだ。本研究では、提案するシステムの概要を示し、有効性について基礎的検討を加えた。

被験者の手先の上下動に反応し画面中のキャラクタが上方向に移動する実験システムにおいて、キャラクタの移動速度が変化することで、被験者に擬似力触覚が発生するかについて筋電計測を用いて調べた。その結果、移動速度が低下した場合には、3名中2名の被験者に擬似力触覚が発生したものと考えられた。また、移動速度が上昇した場合には、3名全員の被験者に擬似力触覚が発生したものと考えられた。今回の基礎実験では、被験者数が十分でないことから、今後、被験者数を増やし更なる検討を加える予定である。

参考文献

- (1) OpenNI Webページ: <http://www.openni.org/>
- (2) Daichi Yoshikawa, Kotaro Tadano, Hiroyuki Kambara, Yasuharu Koike, Kenji Kawashima: Development and Evaluation of a Haptic Interface using Pseudo-Haptic feedback, Proceedings of the 3rd IEEE VR 2011 Workshop on Perceptual Illusions in Virtual Environments, pp. 19-22, 2011.

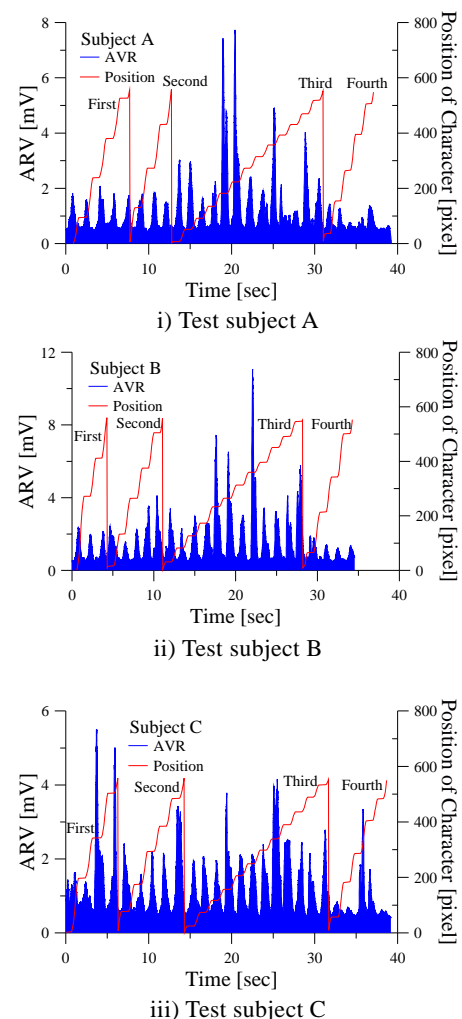


Fig. 3 Experimental results.