

Kinect を用いたスラックラインでの片足立ちバランス能力の分析

Analysis of one-leg standing balance ability on a slackline using Kinect

大海 悠太^{*1}

Yuta Ogai

児玉 謙太郎^{*2}

Kentaro Kodama

山際 英男^{*3}

Hideo Yamagiwa

坂野 安希^{*1}

Yasuki Sakano

山本 正彦^{*1}

Masahiko Yamamoto

^{*1}東京工芸大学

Tokyo Polytechnic University

^{*2}神奈川大学

Kanagawa University

^{*3}東京都立東部療育センター

Tokyo Metropolitan Tobu Medical Center

We developed a system that uses Kinect to measure whole-body skeleton data during slackline use for rehabilitation aid. The subjects stood on one leg on the slackline, and we analyzed the variation in the joint positions from the data. The result showed that the behaviors of some subjects who reported that the trial was difficult did not fluctuate too much. On the other hand, some subjects who did not report that the task was difficult showed wobbling behaviors. We think that the dynamical skill used in responding to such an unstable situation is the key to mastering balancing ability.

1. はじめに

スラックラインとは、ベルト状のラインの上でバランスをとるスポーツ競技の一種である。近年大会やイベントが盛んに行われており、飛んだり跳ねたりする様々な技能を競いあっている。また、高齢者などのリハビリテーション目的にも利用されており、バランス能力向上に効果があると考えられている。しかし、初心者ではまず立つことにも苦労するので、効率の良い指導方法の確立が求められている。

Anlauff らは深度センサである Kinect を用いて、スラックライン上の実験協力者の骨格情報(スケルトン)を取得し、そこから求めた関節角度を音でフィードバックするシステムを開発したと報告している [Anlauff 13]。しかし、現状の報告では、どのような動きがよいかまでは定性的な観点からしか求められていない。

また、児玉らはモーションキャプチャシステムを用いて、実験協力者にスラックライン上で片足立ちを行ってもらい、そのデータを解析している [児玉 17]。しかし、この研究の場合ではまだ全身の動作解析はまだ行われていない。また、モーションキャプチャシステムでは可搬性がなく、リハビリ現場への持ち込みが困難である。

本研究では、定量的なデータを元にした指導方法の確立と、可搬性のあるシステムのために、Kinect を用いてスラックライン時の動作を関節角度などから解析をするシステムを開発し、そこから取得したデータの解析を行う。

2. 実験方法

スケルトン情報の測定のために Kinect v1 を用いる。Kinect v1 は 2010 年に発売されたセンサデバイスであり、RGB カメラ、深度センサなどが搭載されている。一つのスケルトンにつき 20 点の部分(頭、腕、足など)を取得可能である。プログラムは Processing 上で開発した(図 1)。本実験のシステムでは、各点の XYZ 情報を約 25msec 毎で取得することができた。

プログラム上では XY 値は座標値、Z 値は Kinect との距離(mm)で取得される。座標値について、例えば X 値は式 (1)

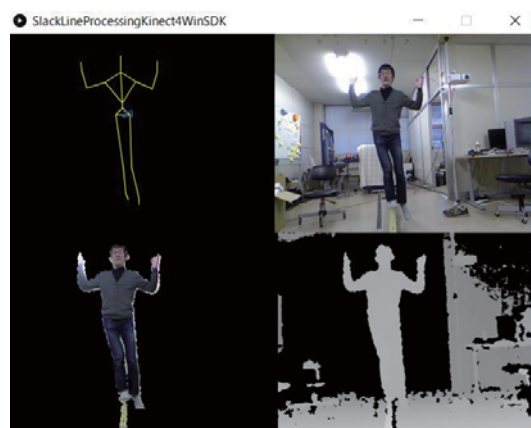


図 1: 開発したプログラムの画面。右上の画像が RGB 画像、右下が深度画像、左下が人間だけを切り出した画像、左上が認識したスケルトンの画像となっている [大海 18]。

で距離 (mm) で表される X' 値に変換することができる。

$$X' = (2X - 1)Z \tan(28.5^\circ) \quad (1)$$

スケルトン上の 3 点を P_1, P_2, P_3 とすると、 P_2 での角度 θ は以下の式 (2) で求められる。また、単位ベクトルを用いることで、前屈など任意の軸との角度も求めることができる。

$$\theta = \arccos \left(\frac{\overrightarrow{P_2 P_1} \cdot \overrightarrow{P_2 P_3}}{|\overrightarrow{P_2 P_1}| |\overrightarrow{P_2 P_3}|} \right) \quad (2)$$

データの計測環境としては、屋内用スラックライン SLACK-RACK300 (GIBBON SLACKLINES, 長さ 3m, 高さ 30cm) の前に Kinect v1 を置き、実験協力者のスケルトン情報を CSV ファイルに取得した。実験協力者は熟練者ではない 20 代の男性 5 名であり、スラックラックの中心で片足立ち(支持脚は左右どちらでも可)を 20 秒以上続けてもらうようにした。解析には 20 秒のうち、比較的安定して立っていた 10 秒間のデータを用いた。

連絡先: 大海 悠太, 東京工芸大学工学研究科電子情報工学専攻, 神奈川県厚木市飯山 1583, ogai@em.t-kougei.ac.jp

またその計測後、5段階リッカート尺度で試行の難易度について、次のアンケートに答えてもらった。質問は「20秒間以上スラックラインの上で立つことについて、どのように感じましたか。」であり、回答は「1. とても難しかった」「2. 難しかった」「3. どちらでもない」「4. 簡単だった」「5. とても簡単だった」の中から一つ選んでもらった。

解析方法としては、取得した実験協力者のスケルトン情報から、左右の脇、左右の膝、前屈の角度、股の角度を求めた。ここで、前屈の角度は前方の単位ベクトルと背筋との角度を求めており、真っ直ぐ立った状態で90度になるようにしている。

3. 実験結果

アンケート結果としては、実験協力者 A,B,D は「3. どちらでもない」と答え、実験協力者 C,E は「1. とても難しかった」と答えた。観察した結果では、実験協力者 A,B,D は比較的やすく20秒以上立つことができている、実験協力者 C,E は何度も試行をして20秒以上立つことができるようになっていた。

また、実験協力者のスケルトン情報から、左右の脇、左右の膝、前屈の角度、股の角度を求めた。結果として、例えば実験協力者 B はアンケートでは自信のある回答をしていたが、前屈(図2)や支持脚ではない右膝の角度変化などは自信のない実験協力者よりも比較的大きく動いていた。

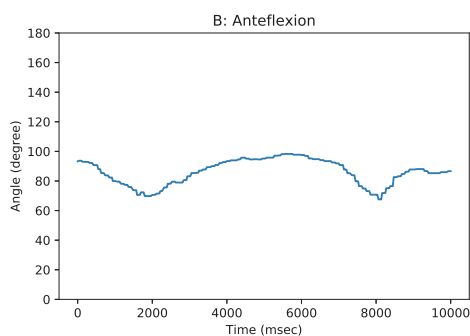


図 2: 実験協力者 B の 10 秒間の前屈角度変化。

それに対し、実験協力者 C は自信のない回答をしていたが、前屈(図3)や支持脚ではない左膝の角度変化はあまりなかった。しかし、両脇の角度は大きく動いていた。

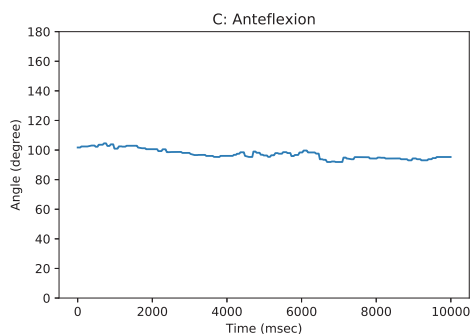


図 3: 実験協力者 C の 10 秒間の前屈角度変化。

実験協力者 5 名の前屈角度の平均と標準偏差(エラーバー)を求めたものを図4に示す。アンケートでは自信のある回答をした実験協力者 A,B,D のエラーバーは大きく、自信のない回答をした実験協力者 C,E は小さいという傾向が見られた。

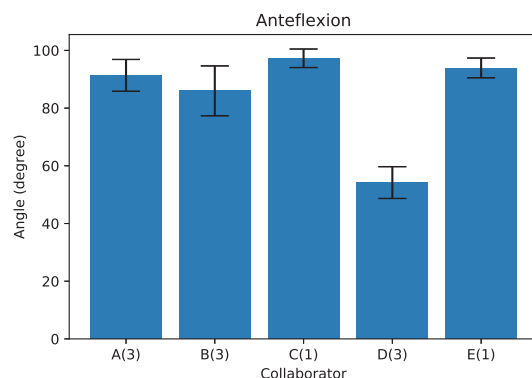


図 4: 実験協力者 5 名の前屈角度の平均と標準偏差(エラーバー)。実験協力者名横の括弧内の数字はアンケートの回答番号。

4. 考察、まとめ

スラックライン時の関節角度を計測できるシステムを Kinect を用いて構築、データを取得解析することができた。

アンケートで「1. とても難しかった」と自信のない回答をした実験協力者の方が、「3. どちらでもない」と答えた実験協力者よりも、前屈の角度変化の標準偏差が小さい傾向が見られた。自信がある者の方が安定して片足立ちをしていると考えられるのだが、体の中心軸の動き自体は大きく動いていることになる。これは、状況に応じてバランスをとるような動的安定性を実現していて、これを調べることで熟達方法について理解できる可能性がある。さらに技能レベルや各関節角度同士の相関を求めることで、熟達の鍵を見付け、リハビリ現場などでの応用方法を検討していく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17K13125 と、JP17K18191 の助成を受けており、またユニバーサル未来社会推進協議会の「教育・コミュニケーションロボットの研究開発」のテーマとしても実施している。

参考文献

- [Anlauff 13] Anlauff, J. and Cooperstock, J. R.: Augmented Feedback for Learning Single-Legged Stance on a Slackline, in *International Conference on Virtual Rehabilitation(ICVR)*, pp. 162–163 (2013)
- [児玉 17] 児玉 謙太郎, 山際 英男 F 全身強調バランス・トレーニング “スラックライン” がバランス能力に及ぼす影響, 第 31 回人工知能学会全国大会 (2017)
- [大海 18] 大海 悠太, 児玉 謙太郎, 坂野 安希, 山本 正彦 FKinect を用いたスラックラインの熟達方法の検討, 人工知能学会第 25 回身体知研究会, pp. 16–19 (2018)