

# Kinect を用いたスラックラインの熟達方法の検討

## A Study of the skillful method of Slackline using Kinect

大海 悠太<sup>1\*</sup> 児玉 謙太郎<sup>2</sup> 坂野 安希<sup>1</sup> 山本 正彦<sup>1</sup>  
Yuta Ogai<sup>1</sup> Kentaro Kodama<sup>2</sup> Yasuki Sakano<sup>1</sup> Masahiko Yamamoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京工芸大学 <sup>2</sup> 神奈川大学  
<sup>1</sup> Tokyo Polytechnic University <sup>2</sup> Kanagawa University

**Abstract:** As a result of the experiment, behaviors of some collaborators who reported that the experiment was difficult did not fluctuate too much. On the other hand, some collaborators who did not report that it was difficult showed wobbling behaviors. We think that the dynamical skill responded to such an unstable situation is the key to mastery.

### 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。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。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勞するので、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 [1]。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。

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脚立ちを行ってもらい、そのデータを解析している [2]。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の開発を行う。

### 2 提案方法

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 20msec 毎で取得することができた。

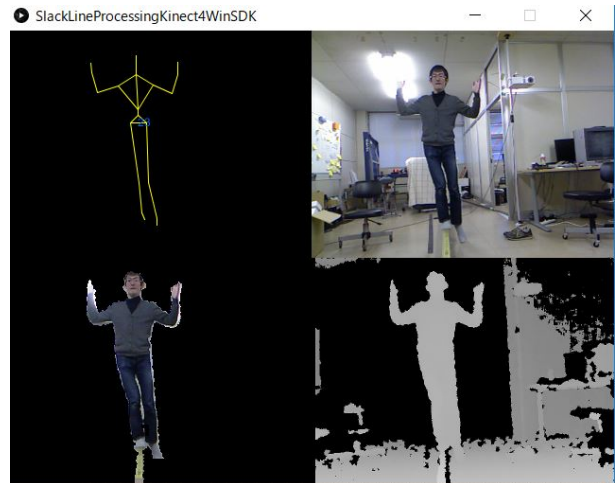


図 1: 開発したプログラムの画面。右上の画像が RGB 画像、右下が深度画像、左下が人間だけを切り出した画像、左上が認識したスケルトンの画像となっている。

XY 値は座標、Z 値は Kinect との距離 (mm) で取得され、XY は式 (1) で距離 (mm) に変換することができる。

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

\*連絡先: 東京工芸大学工学部電子機械学科  
〒 243-0297 神奈川県厚木市飯山 1583  
E-mail: ogai@em.t-kougei.ac.jp

また、スケルトン上の3点をP1、P2、P3とすると、P2での角度は以下の式(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られる。

$$\theta = \arccos \left( \frac{\overrightarrow{P_2P_1} \cdot \overrightarrow{P_2P_3}}{|\overrightarrow{P_2P_1}| |\overrightarrow{P_2P_3}|} \right) \quad (2)$$

屋内用スラックライン SLACKRACK300 (GIBBON SLACKLINES, 長さ 3m, 高さ 30 cm) の前に Kinect v1 を置き、実験協力者のスケルトン情報を取得、CSV ファイルに書き込む(図2)。その CSV ファイルの解析を行う。実験協力者は 20 台~50 台の男性 11 名である。スラックラックの中心で片脚立ち(支持脚は左右どちらでも可)で 20 秒以上立ってもらい測定をした。またその後、5 段階リッカート尺度で以下のアンケートに答えてもらった。

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。

- 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

### 3 実験結果

実験協力者には 20 秒間以上スラックラインに立つように依頼をしたが、1 名だけはどうしても 10 秒間程度しか立てなかった。他 10 名は 20 秒間以上立つことができた。実験協力者 11 名のアンケート結果を図3に示す。今回の実験協力者にはスラックライン初心者が多く、難しいと報告した者が多かった。

また、実験協力者のスケルトン情報から、左右の肘、左右の膝、前屈の角度を求めた。以下のグラフは縦軸は角度、横軸は時間で 20 秒間のデータとなっている。

結果として、例えば実験協力者 B はアンケートでは「3. どちらでもない」と、他の実験協力者よりは自信のある回答をしていた。しかし、左膝(支持脚)(図6)はあまり動いていなかったが、両肘(図4,5)、右膝(図7)、前屈(図8)はよく動いていた。

それに対し、実験協力者 C は「5. とても難しかった」と答えていたが、両肘(図9,10)、両膝(図11,12)、前屈(13)の関節角度はそれほど変化していなかった。



図 2: 実験の様子

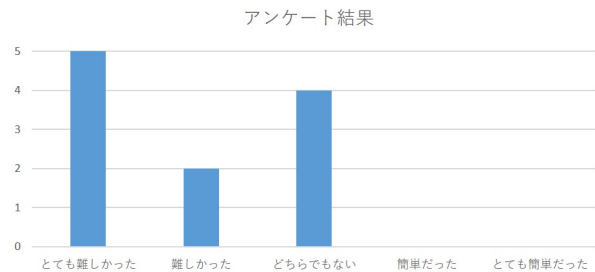


図 3: アンケート結果

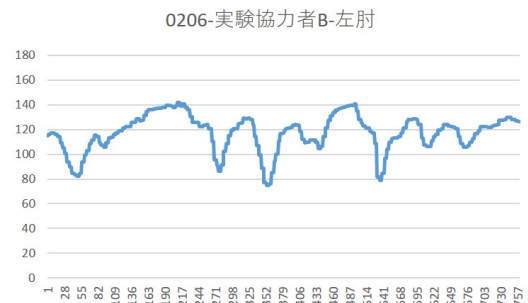


図 4: 実験協力者 B の 20 秒間の左肘角度変化。以下のグラフは縦軸は角度、横軸は時間で 20 秒間のデータとなっている。

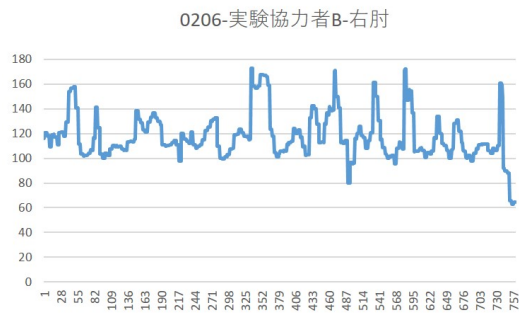


図 5: 実験協力者 B の 20 秒間の右肘角度変化

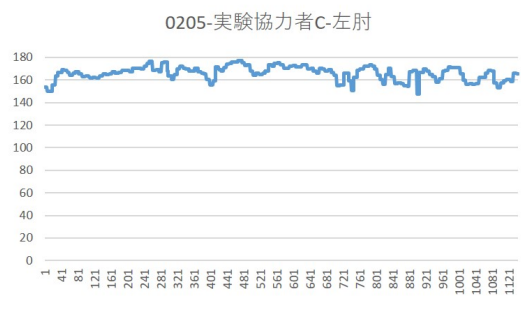


図 9: 実験協力者 C の 20 秒間の左肘角度変化。

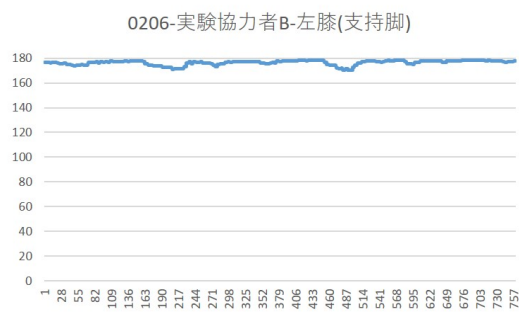


図 6: 実験協力者 B の 20 秒間の左膝 (支持脚) 角度変化

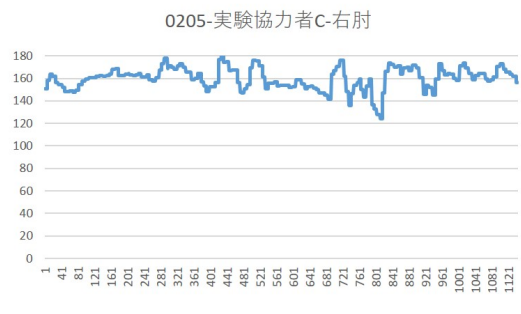


図 10: 実験協力者 C の 20 秒間の右肘角度変化。

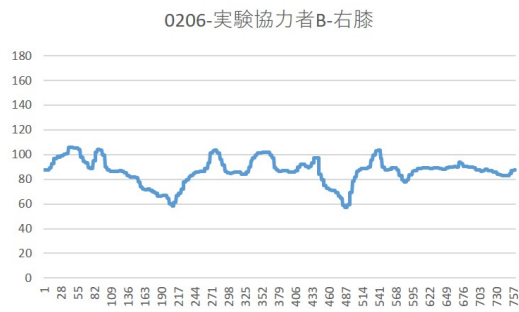


図 7: 実験協力者 B の 20 秒間の右膝角度変化

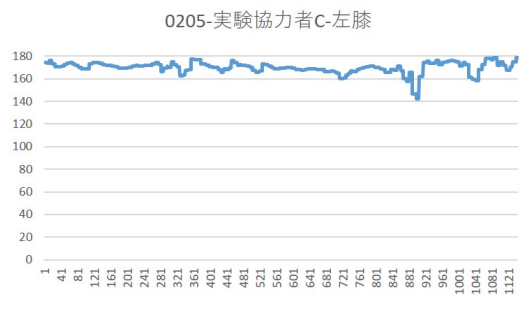


図 11: 実験協力者 C の 20 秒間の左膝角度変化。

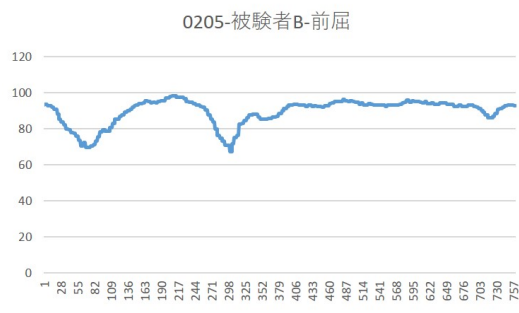


図 8: 実験協力者 B の 20 秒間の前屈角度変化

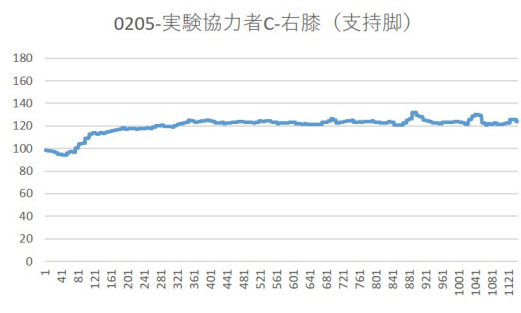


図 12: 実験協力者 C の 20 秒間の右膝 (支持脚) 角度変化。

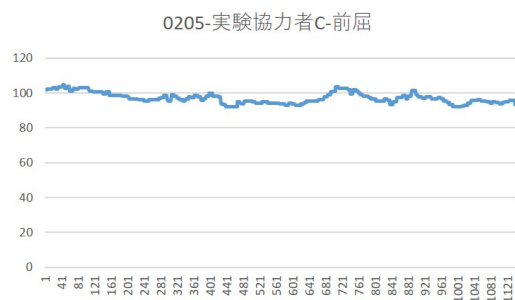


図 13: 実験協力者 C の 20 秒間の前屈角度変化。

## 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 を用いて構築することができた。

アンケートで「5. とても難しかった」と答えた人でも、データを見るとあまりふらついていない場合もあった。それに対して、「3. どちらでもない」と答えた人でも、振動している振る舞いを見せていることもあった。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上達方法について理解できる可能性がある。また、技能レベルや、各関節角度同士の相関を求めることで、熟達の鍵を見つけていけると考えている。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17K13125 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

- [1] Jan Anlauff, Jeremy R. Cooperstock, 'Augmented Feedback for Learning Single-Legged Stance on a Slackline', International Conference on Virtual Rehabilitation(ICVR), pp.162-163
- [2] 児玉 謙太郎, 山際 英男, 「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