

# 全身協調バランス・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 Effects of whole-body coordination balance training "slackline" on balance abilities

児玉 謙太郎\*1  
Kanagawa University

山際 英男\*2  
Hideo Yamagiwa

\*1 神奈川大学  
Kanagawa University

\*2 東京都立東部療育センター  
Tokyo Metropolitan Tobu Medical Center

The purpose of this study is to reveal effects of whole-body coordination balance training “slackline” on balance abilities. The current pilot study investigated effects of once-a-week slackline training (two 20 min. sessions) for four weeks. As results of analyzing postural stability for four weeks, any overall effects among participants in terms of the trajectory length of the center of pressure. Some participants/conditions were seemed to improve the stability but others were not. We discuss these results and future directions from the viewpoint of dynamical postural stability and its evaluation.

## 1. 序論

### 1.1 バランス能力

自己の身体を環境に安定して定位させることは、あらゆる運動、行為の基礎となる能力である[Gibson 1966]. 重力環境場では、重力に対し、自己身体の重心の位置を安定に保つため、身体自身からの制約や、重力や慣性力を含む周囲の環境からの制約の中で、動的に姿勢を環境に定位することが求められる。巧みな身体技能を有するアスリートにとっても、運動機能の回復を目指しリハビリテーション対象者にとっても、筋緊張のレベルでの柔軟性や[Bernstein 96], それに基づく動的な姿勢バランス能力は重要である。

### 1.2 スラックライン

スラックラインとは、ナイロン/ポリエステル製のベルト状の綱(ライン)の上で、全身を協調させてバランスをとるスポーツ競技の一種である。2007年頃、スポーツとして確立され、現在ではその上で飛んだり跳ねたりする技能を競う世界大会も開かれている[Ashburn 13]. 競技として実施される場合には、屋外の広いスペースに10mから数十m程の長いラインを1m以上の高さで張って実施されることが多い。

一方、屋内で実施できるタイプの器具も市販されており、長さ3m程のラインを30cm程の高さで設置し、気軽に楽しめる仕様となっている。そのため、近年では、スポーツとしてだけでなく、体幹やバランス能力のトレーニング、身体教育やレクリエーション、運動協調性や身体の柔軟性を向上させるためのリハビリテーションなど幅広い用途で応用されている[Gabel 16].

### 1.3 先行研究

近年、スラックラインのトレーニング効果を検証する研究は増えてきている。Donathらのレビュー論文によると、スラックライン・トレーニングは課題特定の効果は大きいですが、他の静的・動的バランス課題には小さく限定的効果しか得られない[Donath 16]. つまり、スラックライン・トレーニングを継続的に行うと、スラックラインの上で持続的に立つという課題自体は熟達するが、その他の安定支持面での立位を行うなどの静的バランス課題や、不安

定支持面での立位を行うなどの動的バランス課題に対しては、小さく限定的な効果しか得られないということである。

また、脳卒中患者のリハビリテーションにスラックラインを応用した事例研究では、脳卒中の高齢女性に対し、補助的なリハビリテーションとしてスラックラインを応用している[Gabel 16]. バランス保持、姿勢の安定化、下肢や体幹の筋活動の活性化を促進させるため、18ヶ月のリハビリテーションの最後の6ヶ月間スラックラインによるトレーニングを行った結果、自己申告による評価であるが、一部、機能回復がみられたという[Gabel 16].

### 1.4 本研究の位置づけ

発表者らは、全身を協調しバランスをとるスラックラインという課題が、全身の協調や、姿勢の動的なバランス調整、全身の筋骨格系にどのような影響を及ぼすかに関心がある。不安定な環境で、全身で動的に姿勢を保つという複雑な課題を達成するには、筋や関節を緊張・固定しすぎではならず、適度な柔軟性を求められると同時に、身体と環境との関係を素早く知覚し、身体全体を調整し続ける必要がある。

スラックラインの効果については、まだ明らかになっていない部分が多い。どういった個体に、どのようなトレーニングを、どれくらい行うかによって、適切な効果が得られるかどうか変わってくるであろう[4]. また、どのようなトレーニング要素が、スラックラインの課題特定の効果に関与するかも明らかになっていない。発表者らは、スラックラインの熟達者、指導者の経験的な知見から「片脚立ち」が他のパフォーマンスの基礎にあると考えている[Kodama 15]. また、スラックラインという課題を通して、筋・関節レベルの柔軟性や協調性が高まると考えている[Kodama 16].

本研究では、スラックラインが身体機能のどのような側面に効果があるのか、スラックラインのどのようなトレーニング要素が他の課題やパフォーマンスに影響するかを検討することを目的とする。本発表ではその予備的な実験の報告と考察を行い、今後の課題を検討する。

## 2. 方法

### 2.1 実験参加者

実験には、大学生4名(全員男性、平均年齢20.5歳(SD=0.58)、全員右利き)が参加した。手続きは、神奈川大学における人を対象とする研究に関する倫理審査委員会にて承認されており、参加者には同意のもと実験に参加してもらった。

## 2.2 実験装置

実験は、屋内用スラックライン SLACKRACK300 (GIBBON SLACKLINES, 長さ 3m, 高さ 30 cm)を使用して実施された。実験の様子は、ビデオカメラ(Handycam, Sony, PJ340)で記録され、バランステストのための重心計測には、Wii バランスボード (Nintendo)が用いられた(サンプリング周波数 100Hz)。

## 2.3 実験デザイン

実験は、スラックラインによるバランス・トレーニングと、その後でのバランステストからなり、週に1回のペースで計4回実施された。毎回トレーニングでは、以下のステップ1から順々に繰り返し行ってもらった。

トレーニング内容は、先行研究([Keller 12][Pfusterschmied 13])などを参考に、図1右下の11段階のステップで難易度が高くなるパフォーマンスを、ステップ1からクリアしたら次に進むように行われた。ステップ1(片脚立ち)では、左右いずれかの脚でラインの上に乗る、30秒ずつ持続できた場合をクリアとした。ステップ2(両脚立ち)では、タンデム(片方の脚の踵にもう片方の爪先が接するような姿勢:図1右上)の姿勢で、左右それぞれの脚が前後となる状態で、15秒ずつ持続できた場合をクリアとした。さらに、片脚立ち、両脚立ちでは、実験者による補助の有無で段階を分けた(ステップ1~4)。ステップ5~6では、

SLACKRACKの端から端までの3mを前歩き、後ろ歩きで渡れた場合をクリアとした。ステップ7~8では、前歩き、後ろ歩きそれぞれ3m渡り切った地点でターンし、往復できた場合をクリアとした。ステップ9(両脚屈伸)では、両脚立ちの状態からしゃがんで地面に指先でタッチ、そのまま立ち上がり両脚立ちの状態を5秒持続できたら「成功」とし、連続3回「成功」が続いた場合をクリアとした。但し、1回「成功」したらラインから地面に降りても良しとし、左右それぞれ連続3回でクリアとした。ステップ10では、参加者はラインの上で片脚立ちをした状態で、左前方2m、右前方2mそれぞれの位置からゴムボール(直径15cm)を実験者から投げられ、それを受け取って投げ返すことができれば「成功」とし、連続3回「成功」が続いた場合をクリアとした。ステップ11では、参加者はラインの上で片脚立ちをした状態で、実験者から投げられたゴムボールを左前方2m、右前方2mそれぞれの位置にあるゴミ箱(直径20cm, 高さ30cm)の中に入れることができれば「成功」とし、連続3回「成功」が続いた場合をクリアとした。

トレーニング前後のバランステストでは、片脚立ち(左脚軸)条件、片脚立ち(右脚軸)条件、両脚立ち(左脚前)条件、両脚立ち(右脚前)条件の4条件をランダム化、2回ずつ反復した。バランステストは、安定した支持面(Wii バランスボード)の上で50秒間と、スラックラインの上で行われた。

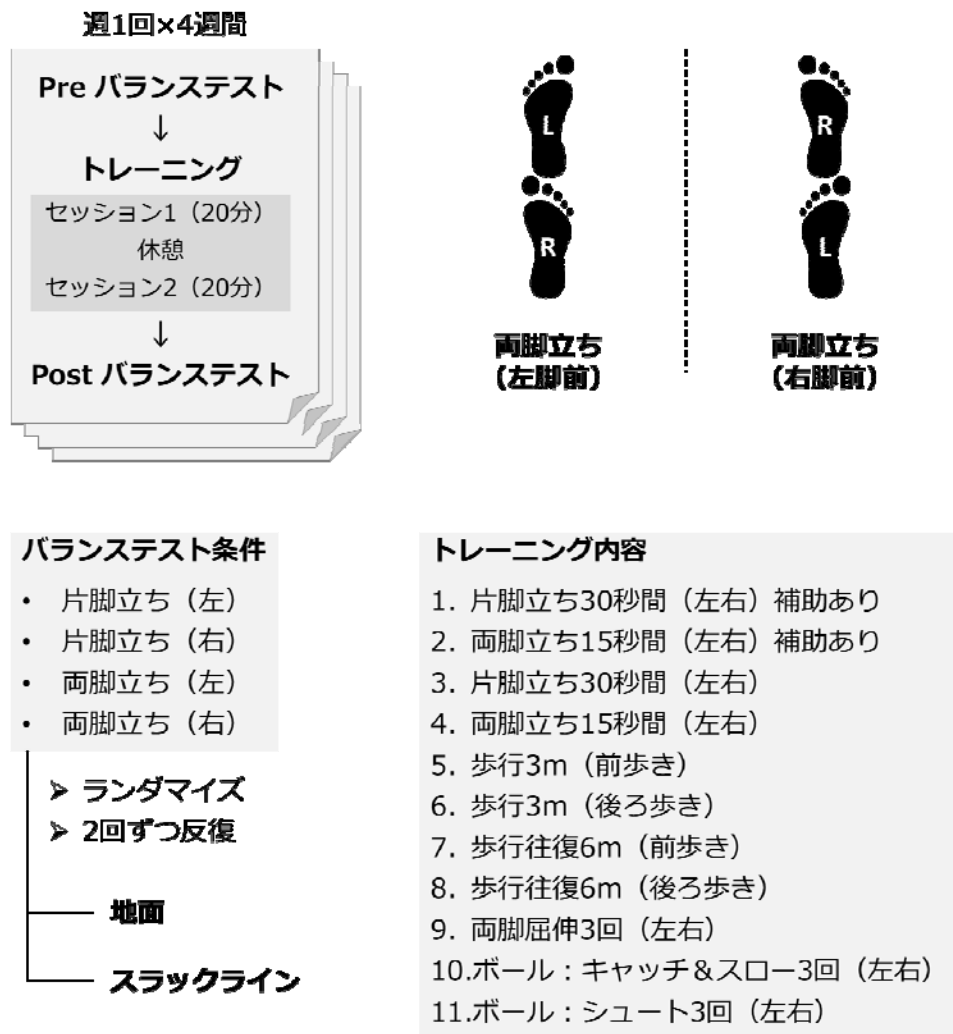


図1 実験デザイン

## 2.4 分析

本発表では、バランステスト(4条件:図1左下)で計測した足圧中心(Center of Pressure: COP)データの分析結果を報告する。COPは、身体の重心として近似でき、その2次元平面(横断面)上の位置の変化を移動距離(軌跡長)として算出することで、姿勢バランスの安定性を評価ができる[Shumway-Cook 13]。本研究では、50秒間の計測時間のうち最初の5秒間は、バランスボードに乗った直後の動揺が含まれると考え、分析の対象から除外し、残りの45秒間を分析の対象とした。計測されたCOPデータは、ローパスフィルタ(遮断周波数10Hz、4次のバターワース)で行った後、総軌跡長を求めた[Shumway-Cook 13]。尚、バランステストは4条件それぞれ毎回トレーニング前後で2回ずつ計4回計測しているが、本発表では、その平均を各回の代表値として求めた。

また、各参加者が毎回のトレーニングで達成することができたパフォーマンスのステップ(図1右下)を求め、4週間のスラックラインのパフォーマンスの熟達を調べた。

## 3. 結果・考察

### 3.1 パフォーマンスの熟達

図2は、1~4回目それぞれのトレーニングにおいて、参加者4名が達成できたパフォーマンスをステップの番号(図2右下)ごとに示したものである。参加者1の4回目の10.5、参加者2の3回目の3.5、参加者4の3回目の9.5は、次のステップの左右のいずれかが達成できた場合に0.5を付加したことを意味する。

参加者3の3~4回目を除き、いずれのトレーニングでも、前回と同じ、または、前回よりも難易度の高いパフォーマンスを達成できていた。これらの結果は、難易度という点では、トレーニングによってスラックラインのパフォーマンスの熟達、すなわち、次第に難易度の高いパフォーマンスまで達成できたと考えよう。

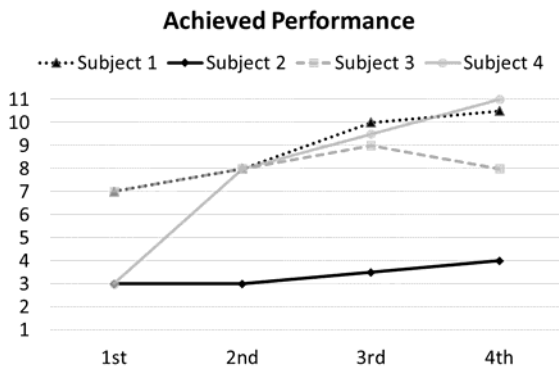


図2 達成できたパフォーマンス

### 3.2 COP 総軌跡長

図3は、参加者4名のCOP総軌跡長の平均と標準偏差を条件ごとにトレーニング1~4回目で比較したものである(図3)。1回目のトレーニングでは、片脚立ち(左)条件では、平均205.74 (SD=30.39) cm、片脚立ち(右)条件では、平均204.04 (SD=20.43) cm、両脚立ち(左)条件では、平均191.32 (SD=26.43) cm、両脚立ち(右)条件では、平均186.47 (SD=36.92) cmであった。2回目では、片脚立ち(左)条件では、平均195.22 (SD=17.24) cm、片脚立ち(右)条件では、平均

199.27 (SD=25.60) cm、両脚立ち(左)条件では、平均194.03 (SD=49.67) cm、両脚立ち(右)条件では、平均179.37 (SD=39.28) cmであった。3回目では、片脚立ち(左)条件では、平均194.07 (SD=25.67) cm、片脚立ち(右)条件では、平均210.90 (SD=30.87) cm、両脚立ち(左)条件では、平均182.52 (SD=24.41) cm、両脚立ち(右)条件では、平均186.47 (SD=20.91) cmであった。4回目では、片脚立ち(左)条件では、平均197.05 (SD=25.67) cm、片脚立ち(右)条件では、平均212.73 (SD=30.25) cm、両脚立ち(左)条件では、平均195.67 (SD=52.47) cm、両脚立ち(右)条件では、平均190.06 (SD=36.03) cmであった。

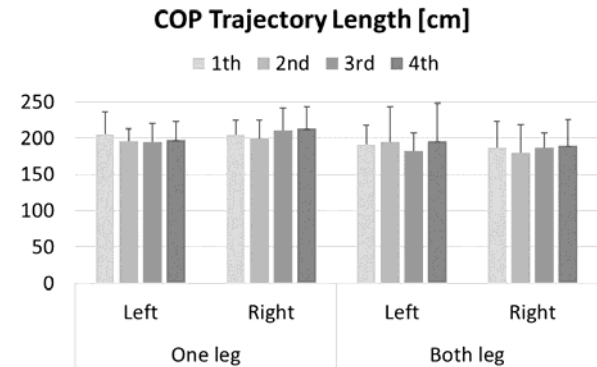


図3 達成できたパフォーマンス

COP総軌跡長の分析結果からは、今回の参加者4名全体での明らかな傾向などはみられなかった。参加者それぞれの結果を調べてみても、COP総軌跡長が減少し、安定化傾向がみられる参加者や条件もみられれば、反対に増加傾向がみられる参加者や条件も一部見受けられた。この結果については、スラックライン・トレーニングの効果が、今回の予備的な実験の内容、参加者の間では一貫したかたちでは現れなかった可能性を示唆する。

他の可能性としては、分析指標の問題がある。今回の姿勢の安定性の評価には、従来の姿勢バランス研究で用いられてきたCOPの総軌跡長を用いた[Shumway-Cook 13]。しかし、この指標は、COP(身体重心)が動かないほど安定とみなすものであり、スラックラインのように動的に安定化する課題とは状況が異なる。そのため、本指標では適切にそのトレーニング効果を検出できなかった可能性もある。

### 3.3 今後の課題

本発表では、本実験に向けての予備的な実験として、4名のデータについて報告した。今後、データ数を増やし量的な検討を行う必要がある。また、実験デザインも、統制群を設け、実験群と比較する必要がある。

さらに、本発表ではCOPデータを総軌跡長という従来の姿勢安定性の指標でしか評価していない。しかし、近年、姿勢の動的な安定性についても指摘されており、そのための定量化手法も提案されている([Balasubramaniam 02][Van Emmerik 02]など)。とくに、スラックラインのように全身の自由度を用いた動的な姿勢調整を求められるバランス課題では、獲得されるバランス能力も動的なものである可能性が高い。そのため、今後は非線形時系列解析手法を用いた動的な姿勢安定性指標を用いたバランス能力の評価も行いたい。

#### 4. まとめ

本研究では、全身協調バランス・トレーニングのスラックラインが身体機能に及ぼす効果、他の課題やパフォーマンスに影響を及ぼすトレーニング要素を検討することを目的とした。本発表ではその予備的な実験の結果として、スラックラインによるトレーニングを週 1 回 20 分×2 セッション×4 週間で行った効果を、COP 総軌跡長で評価した。その結果、参加者 4 名に一貫した傾向はみられなかった。今後、データ数を増やしていくと同時に、動的な姿勢安定性の観点からもバランス能力を評価し、スラックライン・トレーニングの効果を検証していきたい。

#### 謝辞

本研究の一部は神奈川大学経済学部科研費申請奨励費の助成による。

#### 参考文献

- [Gibson 66] Gibson, J. J.: The senses considered as perceptual systems. Praeger (1966)
- [Bernstein 96] Bernstein, N. A.: Dexterity and Its Development. Psychology Press (1996)
- [Ashburn 13] Ashburn, H.: How to Slackline!: A Comprehensive Guide to Rigging and Walking Techniques for Tricklines, Longlines, and Highlines. Falcon Pr Pub Co. (2013)
- [Gabel 16] Gabel, C. P., Rando, N., and Melloh, M.: Slacklining and stroke: A rehabilitation case study considering balance and lower limb weakness. World J. Orthop. 7(8): 513–518 (2016)
- [Donath 16] Donath, L., Roth, R., Zahner, L., and Faude, O.: Slackline Training (Balancing Over Narrow Nylon Ribbons) and Balance Performance: A Meta-Analytical Review. Sport. Med. 1–12 (2016)
- [Kodama 15] Kodama, K., Kikuchi, Y., and Yamagiwa, H.: Whole-body coordination skill for dynamic balancing on a slackline. Proceedings of Second International Workshop on Skill Science 47 (2015)
- [Kodama 16] Kodama, K., Kikuchi, Y., and Yamagiwa, H.: Relation between bimanual coordination and whole-body balancing on a slackline. Proceedings of the 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society. 794–799 (2016)
- [Keller 12] Keller, M., Pfusterschmied, J., Buchecker, M., Müller, E., and Taube, W.: Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes. Scand. J. Med. Sci. Sport. 22(4): 471–477 (2012)
- [Pfusterschmied 13] Pfusterschmied, J., Buchecker, M., Keller, M., Wagner, H., Taube, W., and Müller, E.: Supervised slackline training improves postural stability. Eur. J. Sport Sci. 1–9 (2011)
- [Shumway-Cook 13] Shumway-Cook, A. and Woollacott, M. H.: Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice. Lippincott Williams & Wilkins (2013)
- [Balasubramaniam 02] Balasubramaniam, R. and Wing, A. M.: The dynamics of standing balance. Trends Cogn. Sci. 6(12): 531–536 (2002)

[Van Emmerik 02] Van Emmerik, R. E. A. and Wegen, V. E. E.: On the Functional Aspects of Variability in Postural Control: Exercise and Sport Sciences Reviews. Exerc. Sport Sci. Rev. 30(4): 177–183 (2002)