

全身協調バランス・トレーニング“スラックライン”の 課題特定の効果

Task-specific effects of whole-body coordination balance training “slackline”

児玉 謙太郎¹ 山際 英男²

Kentaro Kodama¹ and Hideo Yamagiwa²

¹ 神奈川大学

¹ Kanagawa University

² 東京都立東部療育センター

² Tokyo Metropolitan Tobu Medical Center

Abstract: The purpose of this study is to reveal whether a whole-body coordination balance training “slackline” has task-specific effects or generalizability/transferability of adaptations to other tasks. As a first step, the current pilot study investigated its task-specific effect with a few data. Once-a-week training partially improved a task-specific balance ability of participants. We discuss its limited effects and individual differences on the improvement of balance ability and slacklining performance.

1. 序論

1.1 スラックラインとは

スラックラインとは、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の一種である（図1：[1]）。2007年頃、ヨーロッパを中心にスポーツとして確立され、現在ではその技能を競う世界大会も開かれている[2]。競技として実施される場合には、屋外の広いスペースで行われることが多い（図1）。一方、屋内で楽しめる器具も市販されており、幅5cmほどのラインを高さ30cm、長さ3mほどの状態で設置し、気軽に楽しめる仕様となっている。



図1 スラックライン

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、運動協調性や身体の柔軟性の向上のためのリハビリテーション、身体教育やレクレーションなどの用途としても注目され、スポーツ選手のトレーニングから、高齢者のリハビリテーションまで幅広く応用されている[3]。

1.2 先行研究

スラックラインのバランス・トレーニングとしての効果を検証した研究は近年増えてきている（[4]–[6]など）。それらをレビューした Donath らの論文によると、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という[7]。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。

一方、リハビリテーションにスラックライン・トレーニングを応用した事例研究もある[3]。Gabel らは、脳卒中患者の高齢女性の下肢の補助的なリハビリテーションにスラックラインを応用している。対象となった左半球の脳卒中を発症した87歳の女性のケースでは、バランス能力や下肢の筋の活性化の低下などがみられた。そこで、スラックラインとい

う全身を使った複雑なバランス課題をリハビリテーションに応用することで、バランス保持、下肢や体幹の筋活動の活性化、姿勢の安定化を促進させようとした。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・トレーニングを行った結果、機能回復がみられたという[3]。

1.3 本研究の位置づけ

発表者らは、全身を協調して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、姿勢のバランス、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・固定しすぎではなく、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。先行研究によると、スラックライン・トレーニングは、課題特定の効果（トレーニングを続けることによるスラックラインという課題自体は熟達）は大きい、その他の課題への一般化／転移は限定的だという[7]。一方、リハビリテーションに応用した事例研究では、その補助的な効果が報告されている[3]。そこには、どういった個体に（個人差）、どのようなトレーニングを（内容）、どれくらい行うか（量・頻度）も当然大きく関わっていると考えられる[3]。

また、先行研究では、スラックラインの様々なパフォーマンスのうち、どのようなトレーニング要素が、その課題特定の効果に関与するかについて議論されていない。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[8][9]。

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、トレーニングのどのような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し、本発表ではその予備的な実験の報告と考察を行う。

2. 方法

2.1 実験参加者

実験には、大学生4名（男性、平均年齢20.5歳（SD=0.58）、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30cm)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) で記録された。

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、その前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（図2左上）。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([4]-[6])を参考に、図2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秒間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2右上）の姿勢で、左右それぞれの脚が前、後ろとなる状態で、15秒間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1~2, 3~4）。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渡り切ったところでターンし、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し、そのまま立ち上がり両脚立ちの状態を5秒間持続できたら「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たなら「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、同様に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たなら「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条件をランダムに2回ずつ反復して行った。尚、これらの条件でのバランステストは、安定した支持面（フォースプレート）の上で50秒間と、スラックラインの上とで行われた。

2.4 分析

本発表では、スラックラインの上でのバランステストの4条件での「持続時間」をバランス能力の指標とした。具体的には、毎回トレーニングの前後で4条件を2回ずつテストしているが、そのうちの最大値を参加者ごとに求め、各回の代表値とした。持続時間は、動画データ(30FPS)から視認で求めた。

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を求め、スラックラインのパフォーマンスの熟達を調べた。

さらに、実験後に毎回インタビューを行い、実験、トレーニングを通して気付いたことや、コツ、運動・スポーツ経験などに関して質問をした。本発表でも、その結果の一部に基づき考察を行う。

3. 結果・考察

3.1 スラックラインの持続時間

図3は、参加者4名の持続時間の平均と標準偏差を条件ごとにトレーニングの1~4回目で比較したものである。1回目のトレーニングでは、片脚立ち(左)条件では、平均55.16(SD=30.48)秒、片脚立ち(右)条件では、平均66.60(SD=50.54)秒、両脚立ち(左)条件では、平均10.36(SD=5.02)秒、両脚立ち(右)条件では、平均11.08(SD=7.59)秒であった。2回目では、片脚立ち(左)条件では、平均79.66(SD=53.73)秒、片脚立ち(右)条件では、平均59.56(SD=31.80)秒、両脚立ち(左)条件では、平均20.23(SD=11.80)秒、両脚立ち(右)条件では、平均24.98(SD=14.87)秒であった。3回目では、片脚立ち(左)条件では、平均131.71(SD=116.17)秒、片脚立ち(右)条件では、平均86.68(SD=48.37)秒、両脚立ち(左)

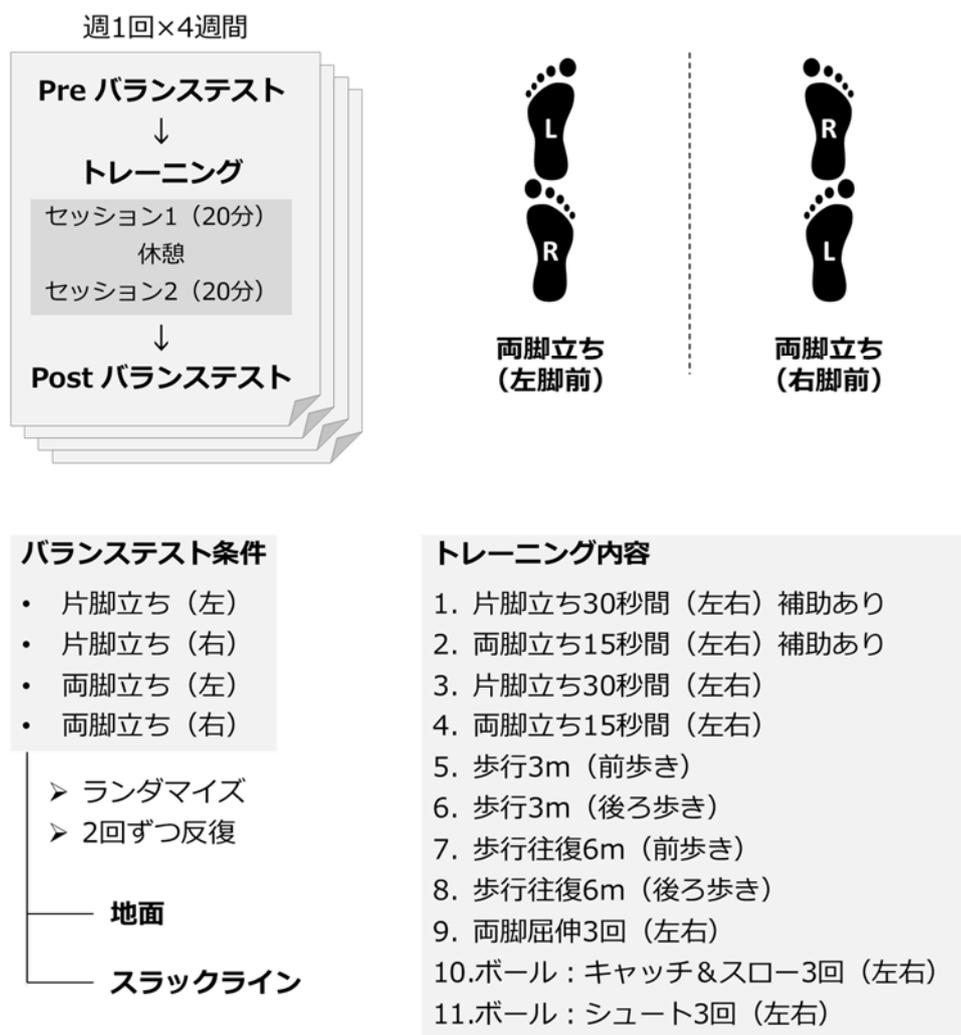


図2 実験デザイン

条件では、平均 14.53 (SD=8.24) 秒、両脚立ち (右) 条件では、平均 21.69 (SD=16.08) 秒であった。4 回目では、片脚立ち (左) 条件では、平均 87.51 (SD=31.50) 秒、片脚立ち (右) 条件では、平均 56.36 (SD=9.37) 秒、両脚立ち (左) 条件では、平均 15.09 (SD=6.78) 秒、両脚立ち (右) 条件では、平均 37.13 (SD=24.20) 秒であった。

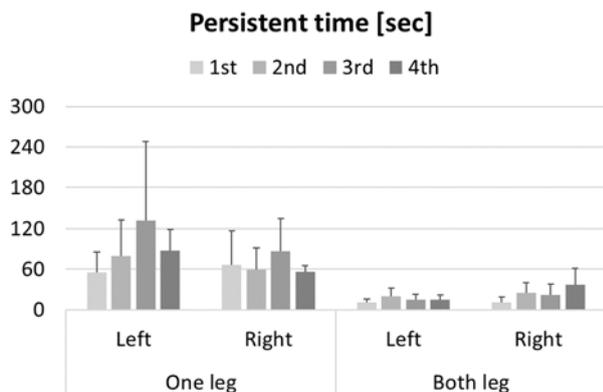


図 4 スラックラインの持続時間の変化 (参加者平均)

標準偏差が大きかったことから、参加者 4 名それぞれの持続時間の 1~4 回目の変化を調べた (図 4)。参加者 1 や参加者 4 は、必ずしも 1~4 回目にかけて段階的に持続時間が増加していない。参加者 2 は、比較的 1~4 回目にかけて持続時間が増加している傾向がみられる。

3.2 パフォーマンスの熟達

図 5 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においても、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、難易度という観点からは、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言えよう。尚、参加者 3 については、

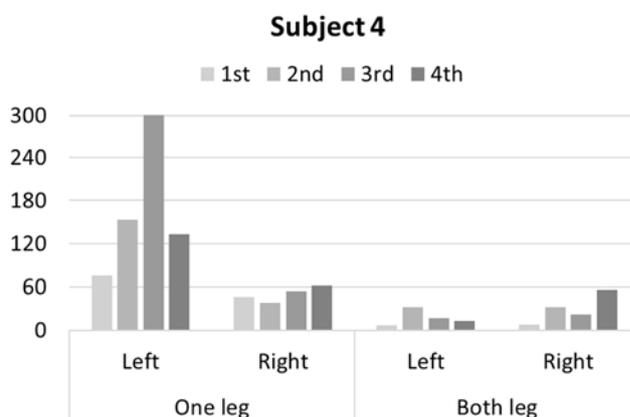
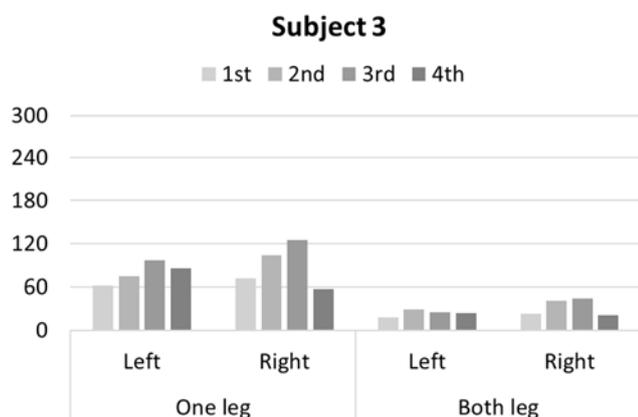
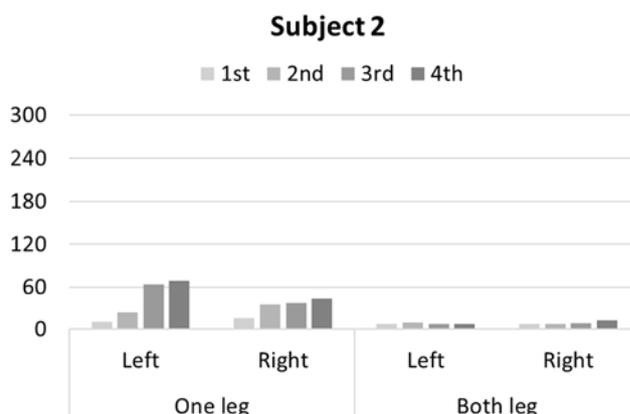
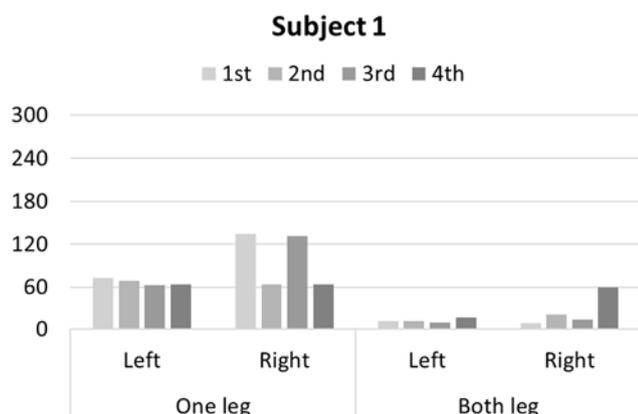


図 3 スラックラインの持続時間の変化 (参加者ごと)

実験後のインタビューから、4 回目のトレーニング時は調子が悪かった（前日の疲労が残っていた）と述べていたことから、3 回目より達成できたパフォーマンスのステップが低かったと考えられる。

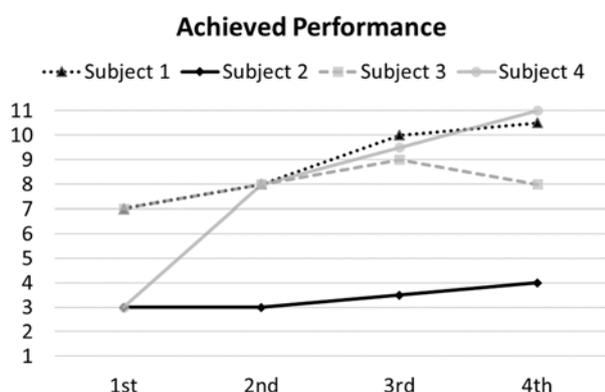


図 5 達成したパフォーマンスのレベル

3.3 トレーニングの課題特定の効果

図 4 より、片脚立ち・両脚立ちの持続時間の変化は一定ではなく個人差もあることが示唆された。また、これらの行為自体、持続するには筋力も必要であるため、持続できる時間には個人で上限があることも考えられる。但し、今回は 4 名のみデータであり、データ数を増やせば、先行研究と同様に課題特定の効果、すなわち、スラックラインの課題（片脚立ち）の熟達平均的に出てくる可能性もある。

今回のデータからは、片脚立ち（ないし両脚立ち）の技能とその他のパフォーマンスの熟達の関係は明らかにできない。しかし、4 回目のトレーニング後に行ったインタビューで、「全 4 回のトレーニングの中で、自身のパフォーマンスの熟達過程における転換点はいつだったか」を質問したところ、「片脚立ちをマスターしたとき／こと」だったと述べる参加者が多かった。このことから、片脚立ちの技能が一定のレベルに達することが、歩行やターンなどのその他のパフォーマンスの実現にもつながっている可能性が考えられる。

但し、片脚立ちという課題についても、個人差、とくに左右差（非対称性）がみられた。今回の参加者は全員右利きであったが、いずれの脚を軸にしたほうがより長く片脚立ちを持続できるかは、単純ではなかった（図 4）。例えば、野球経験のある参加者 1 の場合、投球や打球時に軸足となる右脚での片脚立ちのほうが持続時間が長い傾向がみられた。一方、サッカー経験のある参加者 3 の場合、右利きであっ

ても、ボールをキックする際に軸足となる左脚での片脚立ちのほうが持続時間が長い傾向がみられた。これら運動・スポーツの経験とスラックラインでのバランス課題のパフォーマンスの関係は明らかではないが、個人差に影響する要因として興味深い。

3.4 今後の課題

今回は、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検討した。そのため、今後、データ数を増やして量的な検討を行う必要がある。また、実験デザインとしても、スラックラインによるトレーニングを行う群だけでなく、統制群も設ける必要がある。

また、本発表では報告できなかったバランステストの結果として、地面（フォースプレート）の上での重心の安定性の評価も今後の課題である。つまり、スラックラインによるトレーニングが一般的な姿勢バランスの安定性にも影響するのか、その効果が他の課題にも転移するのかを検討する必要がある。

さらに、今後、片脚立ちが持続しやすい軸足と、両脚立ちの関係（どちらを軸にするのか）、及び、それらと他のパフォーマンスの技能獲得の関係も検討していきたい。

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、本発表ではその予備的な実験の結果として、スラックラインの課題特定の効果を少数事例データで調べた。その結果、部分的に課題特定の効果はみられたものの、バランステスト条件による違い、個人差もみられた。今後、それらの違いやトレーニング内容を考慮しながらデータ数を増やした本実験を行ってきたい。

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

- [1] “Slacklining,” Wikipedia, 2017. [online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Slacklining>. [Accessed: 24-Feb-2017].
- [2] H. Ashburn, How to Slackline!: A Comprehensive Guide to Rigging and Walking Techniques for Tricklines, Longlines, and Highlines. Falcon Pr Pub Co, 2013.
- [3] C. P. Gabel, N. Rando, M. Melloh, C. P. Gabel, C.

Physiotherapy, and S. Coast, "Slacklining and stroke : A rehabilitation case study considering balance and lower limb weakness," vol. 7, no. 8, pp. 513–518, 2016.

- [4] J. Pfusterschmied, M. Buchecker, M. Keller, H. Wagner, W. Taube, and E. Müller, "Supervised slackline training improves postural stability," *Eur. J. Sport Sci.*, no. November 2014, pp. 1–9, 2011.
- [5] U. Granacher, N. Iten, R. Roth, and a. Gollhofer, "Slackline training for balance and strength promotion," *Int. J. Sports Med.*, vol. 31, no. 10, pp. 717–723, 2010.
- [6] M. Keller, J. Pfusterschmied, M. Buchecker, E. Müller, and W. Taube, "Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes," *Scand. J. Med. Sci. Sport.*, vol. 22, no. 4, pp. 471–477, 2012.
- [7] L. Donath, R. Roth, L. Zahner, and O. Faude, "Slackline Training (Balancing Over Narrow Nylon Ribbons) and Balance Performance: A Meta-Analytical Review," *Sport. Med.*, pp. 1–12, Oct. 2016.
- [8] K. Kodama, Y. Kikuchi, and H. Yamagiwa, "Whole-body coordination skill for dynamic balancing on a slackline," in *Post-proceedings of Second International Workshop on Skill Science, New Frontiers in Artificial Intelligence*, 2015.
- [9] 児玉謙太郎, 菊池雄介, and 山際英男, "全身協調バランス・スポーツ 'スラックライン' の身体技能 : 経験知に基づく仮説生成とその検証," in *第 22 回身体知研究会予稿集*, 2015, pp. 1-5.