訓練複合戦略に基づく統合運動スキル学習支援

Learning Support for Development of Integrated Motor-skill under Combining Trainings

菅原　宏太[*1]，吉川　健彦[*1]，松浦　健二[*1]，カルンガル　ステファン[*1]，後藤田　中[*2]
Kohta SUGAWARA[*1], Takehiko YOSHIKAWA[*1], Kenji MATSUURA[*1], Stephen KARUNGARU[*1], Naka GOTODA[*2]
[*1] 徳島大学
[*1]Tokushima University
[*2] 香川大学
[*2]Kagawa University
Email: ma2@tokushima-u.ac.jp

あらまし：統合運動は複数の要素運動を組み合わせ，それぞれを相互に調節する能力が求められる．中でも縄跳び運動は，道具を用いた統合運動のひとつであり，広く親しまれる運動として，本研究の支援対象とする．縄跳び運動の技の中で二重跳びは，高い運動効果が期待出来る反面，高度な調節能力を要するため，習得の困難性がある．そこで本研究では，学習者の現状に応じた訓練を提供しステップアップを目指す，訓練の複合戦略に着目した支援システムについて述べる．
キーワード：学習支援，運動スキル，統合化，段階訓練，フィードバック

1.　はじめに

本研究は統合運動として縄跳び運動に注目する．統合運動は，複数の身体部位を協調的に動作させることで表現できる運動である．縄跳び運動は統合運動の一つであり，主に手の回旋と跳躍という運動スキルの協調動作により成り立つ(1)．この統合運動スキルの獲得には個人差が存在し，その差は一般的に，動作の難易度が高くなるにつれて広がりをみせる．そこで本研究は難易度が比較的高い運動に着目する．初学者がその運動における統合運動スキルを獲得するために，そのスキルを基本運動に分解し，基本運動と統合運動双方への学習支援システムを構築する．

2.　縄跳び戦略

縄跳び運動は手の回旋と跳躍の運動スキルの組み合わせ方やその強弱により，様々な技が表現出来る運動である．ARSA (Australian Rope Skipping Association)はその技やそのスキル獲得について，総合的に指南している．その縄跳び運動の技を 1 跳躍 1 回旋・1 跳躍 2 回旋と二つに分類し，難易度の高い 1 跳躍 2 回旋の技の中で基本となる二重跳び運動に本研究は注目する．二重跳び運動は，手の回旋を構成する基本運動が 3 つ，跳躍を構成する基本運動が 3 つあると解釈される．そして二重跳び運動の体現のためは，これら基本運動とその協調動作を訓練する必要があり，その訓練は難易度に応じて段階を設定できる．

3.　提案手法

本研究では ARSA の方略を基に，訓練段階を設ける．ステージ 1，2 は基本運動を独立的に訓練する基礎的なステージであるのに対し，ステージ 3，4 は基本運動の協調動作を訓練する応用的なステージと位置付ける．また，ステージ 1，2，3 は縄を用いず，二重跳びフォームを獲得するための訓練，ステージ 4 は縄を用いた実践的な訓練である．訓練の実施に際し，スキルの獲得には，繰り返し練習により，技の動作を身体に記憶させる必要があることを考慮する(2)．ここで，ステージ 3，4 の違いに注目する．共に協調動作を訓練するステージであるが，縄の有無が異なる．この違いにより，ステージ 4 へ初めて取り組む初学者は，縄を用いた手の回旋動作，連続跳躍による訓練，手の回旋と跳躍のタイミングという点で困難に直面する可能性が懸念される．そこで，以上 3 点を補うために，ステージ 3，4 を繋ぐステージ 3’を設計する．このステージ 3’では，ステージ 3 で協調動作が達成された初学者が，細工を施した縄を用いて，連続跳躍による二重跳びを仮想的に体現することにより，身体の協調動作を訓練する．ステージ 3’を導入した訓練の流れを図 1 に示す．

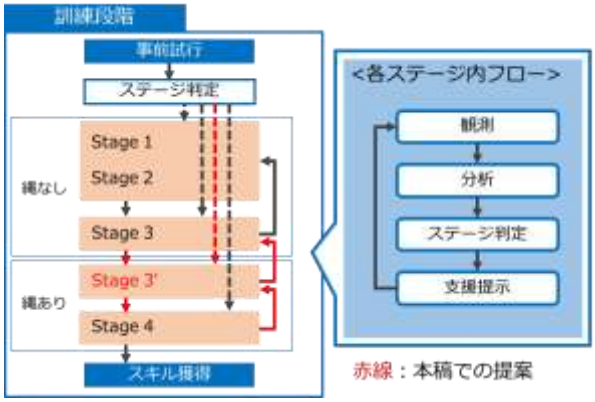

図 1：ARSA に基づいた訓練の流れ

4.　システム開発

4.1 観測

二重跳び運動において，手の回旋動作は，身体の側面から注目すると円運動とみなせ，跳躍動作は垂直運動とみなせるため，二次元座標の時系列データとして取り出すことで特徴点の追跡が可能となる．そこで本研究では，ビデオカメラにより訓練動作を観測する．また，身体特徴点の抽出は，身体の各部位にカラーマーカーを装着し，画像処理技術(OpenCV)の導入による色認識を適用する．さらに，ステージ3'における訓練の観測として，縄先のデータの取得が必要になる．しかし二重跳びにおける縄先の移動速度は身体のそれよりも速く，また，色認識は観測環境の影響を受けやすいため特徴点の抽出が難しい場合がある．そこで背景差分により変化を抽出し，パーティクルフィルタにより縄先特徴点の追跡を試みる[3]．これにより身体と縄先の特徴点から手の回旋と跳躍運動のタイミングの判定を行う．その例を図2に示す．着地時において，縄が2回旋の後に通過し終えているかどうかの判定を行う．

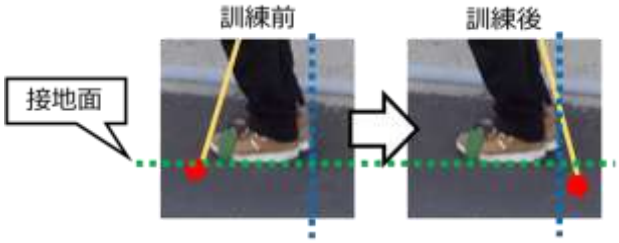

図 2：着地時におけるタイミング判定

4.2 分析・判定

本研究では，ステージ内での訓練が達成されたかどうかをパラメータ的に判定する．基本運動ごとに二重跳び体現可能な範囲を，熟練者データより信頼区間を統計的に算出する．その範囲の内外判定により，達成判定を行う．また，ステージ3'では図2のように，手の回旋と跳躍のタイミング判定を行う．その判定結果に応じ，次回の訓練ステージをシステムが決定し，直後・同じ・直前のいずれかのステージへ遷移する．

4.3 支援提示

学習には，学習者が動作を体現すると，その動作がどうであったかの情報が必要となる．二重跳び運動においては，視界に縄が通過する様子や旋回する音などを直接的に知覚する．これは内在的フィードバックと位置付けられ，行為の結果として提供される情報である[4]．これに加え，人工的手段によって客観的な情報を学習者に提供される外在的フィードバックがある．本研究では学習者の動作の様子やそれに基づく分析結果，目標とするモデル動作などを含む，視覚的な情報を付与したフィードバックを，学習者に提供する支援システムを設計する．

また，運動を効果的に学習するためには運動特徴に合わせた支援タイミングを考える必要がある．小坂ら[5]は同期的支援と非同期的支援の特徴について述べている．同期的支援は個々の動作の改善に適しているが，瞬間的な動作への支援は難しい．これに対し非同期的支援は，パフォーマンス全体の評価を提供できる上，多くの情報を盛り込むことができる．本研究は，二重跳びスキル初学者を対象とした，基本運動(個々の動作)とその協調運動(全体のパフォーマンス)の習得を目指すため，非同期的支援とする．

5.　まとめ

本研究では縄跳び運動の技のうち，高度な統合運動スキルが要求される二重跳びに注目した学習支援システムの構築に取り組んでいる．支援対象である二重跳び初学者が，難易度の異なる複数の訓練段階を経てスキルを獲得できることを目指す．その訓練段階に関し，ARSA では基本運動とその協調運動の習得と，縄の有無による訓練段階を設け，技の体現に向けたプロセスを指南している．しかし，訓練段階間の難易度に比較的大きな差があり，その差を埋める必要性から，中間段階を提案する．その中間段階では，細工を施した縄を用いることで，仮想的に二重跳びを体現でき，それを繰り返し訓練することで，縄を用いた身体の協調動作の習得を目指す．また，本研究における観測手法は，縄跳び運動に必要な身体・縄特徴点を取得できるため，熟練者や初学者の動作やスキル習得の過程を特徴として分析する．これにより，統合運動スキルの改善・向上支援として，初学者以外の支援対象や，二重跳び以外の技や他の運動への適用可能性を今後模索していく．

謝辞

本研究はJSPS科研費15K01072の助成を受けたものです．視覚的支援システムの設計・開発に助力した本学修了生の吉岡真也氏に感謝します．

参考文献

(1) Sugawara, K., Toyooka, H., Matsuura, K., Karungaru, S.G., and Gotoda, N.: "Development of a gross motor skill by combining primitive motions in repetitive exercise", Proceedings of the 2016 IEEE 5th Global Conference on Consumer Electronics, pp.488-492. (2016).

(2) 古川康一(編), "スキルサイエンス入門–身体知の解析へのアプローチ–", オーム社(2009)

(3) Karungaru, S.G., Matsuura, K. and Gotoda, N.: "Feature Tracking using Particle Filter in Rope Skipping for Gross Motor Skill Development", Proceedings of 2nd ICKE2016 (2016)

(4) リチャード・A・シュミット著, 調枝孝治訳: "運動学習とパフォーマンス-理論から実践へ", 大修館出版, 東京 (1994)

(5) Kosaka, M., Matsuura, K., Gotoda, N., Ogara, H., Tanaka, T., Kanenishi, K., Yano, Y., "System Design to Improve Running-form with Motion-capture", Proceedings of ICISS2011, pp.260-264, (2011).