

## 反復運動を対象とした基本運動の統合化学習支援

### Learning support on combining primitive motions for repetitive movement

菅原 宏太<sup>\*1</sup>, 豊岡 寛旨<sup>\*1</sup>, 松浦 健二<sup>\*1</sup>, カルンガル ステファン<sup>\*1</sup>, 後藤田 中<sup>\*2</sup>  
 Kohta SUGAWARA<sup>\*1</sup>, Hiroshi TOYOOKA<sup>\*1</sup>, Kenji MATSUURA<sup>\*1</sup>, Stephen KARUNGARU<sup>\*1</sup>, Naka GOTODA<sup>\*2</sup>  
<sup>\*1</sup>徳島大学  
<sup>\*1</sup>Tokushima University  
<sup>\*2</sup>香川大学  
<sup>\*2</sup>Kagawa University  
 Email: ma2@tokushima-u.ac.jp

**あらまし**: 反復運動はセグメント化された単位運動を繰り返すこととみなせ、単位運動を継続させることで技能が向上する。中でも縄跳びは、広く楽しまれている運動であり、本研究の支援対象とする。ここで二重跳びは、高い運動効果が得られる反面、習得が困難な側面もある。そこで、基本運動をまず習得し、次にその組み合わせ運動を習得する段階的アプローチが提案されている。本研究では、基本運動を組み合わせる際の支援手法に着目したシステムについて述べる。

**キーワード**: 学習支援, フィードバック, 統合化

#### 1. はじめに

本研究は、身体学習の中でも縄跳び運動に着目する。縄跳び運動は日本の初等教育等で幅広く導入されている取り組み易い運動である。縄跳び運動の種類には、その運動主体や操作対象の観点から、多様な技がある。例えば運動主体に着目すれば、一人で取り組む単縄跳びと複数人で取り組む大縄跳びがある。それぞれに多くの技があり、技に応じて難易度が異なる。単縄跳びにおいて、吉岡ら<sup>(1)</sup>の研究では、一重跳びと二重跳びの差に着目した学習支援を提案している。縄跳び運動において二重跳びは、高い技術が要求される技のひとつである。これを繰り返し成功できると体幹力や持久力の向上が期待出来る。

縄跳び運動とは、その運動部位や運動技法を分けて取り出せば、基本運動単位に分割でき、技の成功とはその運動単位の統合化（組み合わせ）とみなせる。そこで本稿では、その統合化の支援を述べる。

#### 2. ARSA による訓練手順

ARSA(The Australian Rope Skipping Association)は総合的に縄跳びの技能獲得メニューを整理しているが、その中に、二重跳びを獲得する方法があり、段階的なトレーニングを提案している。ステージ1, 2は基本運動を個別に注目したトレーニングを行い、ステージ3はそれらを組み合わせると同時にトレーニングを行う。ステージ3までは縄を使わないステージと位置付けられ、ステージ4ではステージ3に対して、縄をも統合化し、実践的に練習する。ステージ3で取り組む、基本運動を組み合わせたトレーニング手法は、他の学習支援に応用できる可能性があるが、本稿ではこの統合化に着目する。

#### 3. 提案手法

運動の統合化での学習支援をする時、個人差を考

慮する必要がある。この個人差は学習者だけでなく、技を獲得し繰り返し体現できる熟練者の動作においても表れる。例えば、二重跳びを体現する為に、低い跳躍をする人は、高い跳躍をする人よりも、手首を速く回す必要がある。つまり、一つの運動要素だけでなく、それと関連のある要素を同時に意識する必要がある。また、ある運動要素の動作の程度が二重跳びを体現するに単位要素として不十分である時には、他の要素の動作を変化させることで、埋め合わせることもできる。二重跳びは反復運動であり、繰り返し成功する為には、動作中に適切な調整が必要になる。その調整の程度を二重跳びの熟練者のデータより決定する。

##### 3.1 二重跳びを成功させる要素

ARSA での指南を読むと、二重跳びを成功するための要素として、手の回旋に関する要素が3つ、跳躍に関する要素が3つあると解釈できる。ステージ3での組み合わせとは、この手の回旋の要素と跳躍の要素の組み合わせた統合化がそれに該当する。

学習者のデータを取得した後、要素ごとに達成度を測る。その方法は、要素ごとに目標となる値（以下、目標値）を定義する。また、一人当たりの全要素の目標値をまとめて目標値群とする。目標値は熟練者データより設定されるが、熟練者にとっても二重跳び体現には個人差があるため、目標値群が幾つか存在する。ここではそれを5つにパターン化する。

##### 3.2 基本運動の組み合わせ

ARSA の提案する運動要素から組み合わせを考察し、二重跳びを成功させるためにより影響を及ぼす組み合わせを取り出す。そのために、本研究では要素間の相関関係を二重跳び熟練者のデータより推定する。

### 3.3 学習支援プロセス

曾我ら<sup>(2)</sup>は学習者が運動スキルを獲得するためには、適切なフィードバックと繰り返しの練習が必要と論じている。反復運動の特徴はセグメント化された単位運動を繰り返すことである。しかし、人間にとって同一の動作を完全に再現することは難しく、動作間に誤差が生じる。そこで本試行では、ある動作範囲を維持し継続することを目指す。それゆえに、運動要素の組み合わせを取り入れ、誤差に対する調整を学習し、誤差を埋め合わせることを学習させる。その際のフィードバックとして、分析した結果や練習方法を学習者に提供する。

## 4. システム開発

ここでは試用システムの構成を述べる。二重跳びの動作をビデオカメラで撮影し、その動画像の解析にはOpenCVを応用し、開発環境はVC++を用いた。

### 4.1 概要

このシステムは動画解析部分と学習支援部分の二つにより構成されている。前者では、OpenCVによる動画像処理を用いて、学習者動画より特徴点の抽出や動作ポイントの視覚化を行う。後者は、解析結果に基づいた練習方法の提案と視覚化したお手本動画を表示し、学習者への理解を促す。また学習者の身体情報を取得するために、学習者にカラーマーカーを付ける。ARSAの提案する運動要素を観測するために、本試行では頭・手首・持ち手の柄の先・つま先の4点で観測する。

### 4.2 成功率の導入

学習者データの分析方法は、学習者の特徴に合わせて最適なパターンを系統的に選択し、それに基づいた要素判定をする。この判定には成功率を導入する。一試行中の跳躍回数を分母、一試行中の一要素が一跳躍ごとに目標値を満たしているかを二値で判定し、これを分子とし、これを成功率とする。また要素ごとに算出した成功率の中で、最も成功率の低い要素を取り出し、その要素と相関の強い要素と統合化した支援を初めに提供する。

### 4.3 支援方法

身体スキルの学習支援において、効率的に支援をする為には、支援するタイミングを考慮する必要がある。小坂ら<sup>(3)</sup>は同期的支援と非同期的支援の違いと、支援対象となる運動の特徴に合わせた支援を決定すべきであると述べている。非同期的支援では、パフォーマンス全体を改善しやすいとしている。ここでは、学習者に対して、学習者の抱くイメージと実際の動作との差の理解を促し、パフォーマンス全体の改善をねらう。図1は支援の際に提供する参考動画の一つである。これは熟練者のデータを加工したもので、身体の個人差（体格差）が分からないよ

うにし、動作のイメージを提供する。通常は図の左側、青色の線分で表現される体幹状態であるが、青色が黄色に変わる瞬間を設けている。それは縄が足の下を通過する瞬間であり、そのタイミングに合わせて手を回旋するタイミングを提供している。またこれは、着地時の身体の沈み込みと跳躍時の身体を曲げる程度を目安となる動画である。

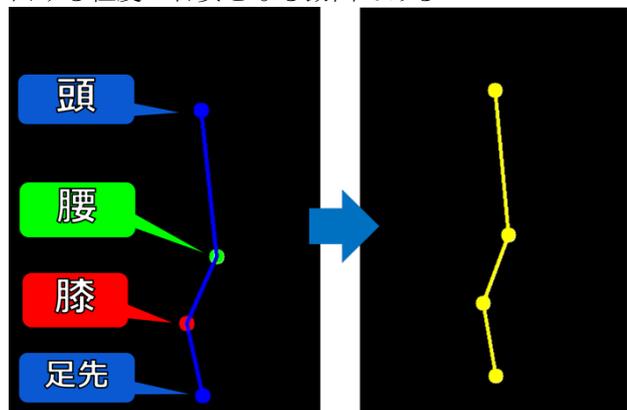


図 1：学習支援の参考動画

## 5. まとめ

本研究では、縄跳び運動の中でも二重跳びの学習支援に取り組んでいる。運動要素の組み合わせに着目し、学習者に統合化フェーズでの支援を提供した。組み合わせを考慮することによる効果は、学習者の適切でない一つの運動要素を他の要素の程度を変化させることで相補する可能性を考慮したシステム実装を行っている。また体格や動作の程度に関する個人差を極力排除する設計としている。このため、目標値群をパターン化しそれに応じた練習方法を提供する。本研究で参考としているARSAでは、二重跳びに関して、4つのステージによる段階的訓練を指南している。今後の展望はこの最終ステージとして、縄を用いたステージ4の支援設計と、ステージ1から4までの統合的な支援形態を確立する予定である。

### 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・開発にあたり御助力いただきました。同研究室修了生の吉岡真也氏に感謝します。

### 参考文献

- (1) 吉岡真也, 松浦健二, 後藤田中, カルンガルステファンディギンシ: “前一重トビから前二重トビへのスキルアップ支援の試み”, 教育システム情報学会第40回全国大会講演文集, 125-126頁 (2015)
- (2) 曾我真人, 松田憲幸, 高木佐恵子, 瀧寛和, 吉本富士市: “スキルの学習支援と学習支援環境”, 人工知能誌, Vol.20, No.5, pp.533-540 (2005)
- (3) 小坂真史, 松浦健二, 後藤田中, 緒方広明, 矢野米雄: “モーションキャプチャを用いたランニングフォーム改善支援”, 教育システム情報学会第36回全国大会講演論文集, 70-71頁 (2011)