

操作機器を有する反復運動における身体制御の学習支援システム

A Learning Support System on Body Control for Repetitive Motions with Operating Instrument

豊岡 寛旨^{*1}, 菅原 宏太^{*1}, 松浦 健二^{*1}, カルンガル・ステファン^{*1}, 後藤田 中^{*2}
Hiroshi TOYOOKA^{*1}, Kohta SUGAWARA^{*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: c501537009@tokushima-u.ac.jp

あらまし：反復運動を対象とした学習支援において，操作機器を有する運動は学習者にとって，自身の身体動作だけでなく，操作機器の動きに合わせた身体動作の調整を要する．本研究では，フラフープのような単一の操作機器を用いる移動を伴わない運動を取り上げる．学習者の身体動作と操作機器の三次元モニタリングを行い，反復運動の連続試行回数が多くない学習者を対象に，操作機器の制御に要する身体動作の学習支援システムを提案する．

キーワード：反復運動，学習支援，スキル開発，制御動作

1. はじめに

本研究では，訓練や学習を通して獲得できる能力の中でも，スポーツなどに見られる身体動作を伴ったスキルを，身体スキルと捉えている⁽¹⁾．我々は，その身体スキルの中でも，反復運動を対象としたスキル学習支援の研究を行っている．反復運動とは，ランニングや縄跳びのように，同じような動作を繰り返し行うことで，継続することを目的とした運動である．本研究では，反復運動の中でも，縄跳びのような，単一の操作機器を有する反復運動における，身体動作を獲得するための学習支援システムの設計に関する考察を行う．

上述した反復運動の例では，単一の操作機器を有し，それに合わせた身体動作の調整を要する．これには，自身の身体部分以外の制御を含むため，継続する上での困難さもある⁽²⁾．こうした運動には，縄跳びやフラフープといった運動が典型であるが，操作機器との接点が，本研究ではそれが常に変化するフラフープを取り上げる．フラフープの連続試行回数が多くない学習者にとって，手先を使わずに，操作機器の動きを認識・予測することは困難である．そこで，本研究では，フラフープの運動中における，操作機器であるフープの動きを予測し，次の動作を提示する学習支援システムの設計を行う．

2. システムの機能

学習支援システムに必要な機能として，曾我ら⁽³⁾は，運動を観測する機能，観測されたデータを用いてその動作を分析する機能，さらに分析結果に基づいて，学習者にフィードバックを行う機能が必要であるとしている．また，身体動作に必要な要因として，出力時刻の正確性（タイミング），出力空間の正確性（スペーシング），出力強度の正確性（グレーデ

ィング）の3つが取り上げられている⁽⁴⁾．本研究で，我々はまず出力時刻の正確性（タイミング）の支援に着目している．

2.1 運動モニタリング

フラフープの運動は，複雑かつ機敏な動きを要する運動であるため，センサを用いて運動データの値を取得し，学習者に理解しやすい形で情報を提供することが有用であると考えられる．そこで，本研究では，素早い動きに対応することができる光学式モーションキャプチャシステムを使用し，腰とフープの重心の3次元モニタリングを行う．図1に，縦軸に前後方向（Z軸）の振幅，横軸に経過時間をとり，黄色の波形を腰の重心，青色の波形をフープの重心として，時間推移を表す．その際，それぞれの動作方向が切り替わる時刻（動作タイミング）に時間差 Δt が観測される．全ての周期でこの Δt の割合を観測した結果，フラフープを運動させ続けるためには，この割合が20～40%に収まる必要があることがわかる．この時間差を用いて，操作機器であるフープの位相から腰を動かすべきタイミングを特定する．

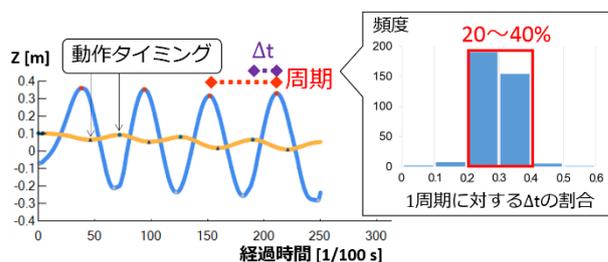


図1 腰とフープ間の時間差

2.2 操作機器の動作予測

フラフープの動作タイミングは，運動中にその都

度変化するため、リアルタイムに支援する必要があるが、運動中にはフープの位相を特定することが困難である。そこで、フープの次の周期を予測することで、擬似的に位相を特定する。予測モデルには、表1に例示したフープの周期と高さとの、負の相関関係から、回帰分析を用いてフープの周期の予測を行う。フープの周期（目的変数）をY、腰に対するフープの高さ（説明変数）をXとして回帰式を表すと、 $Y = aX + b$ となる（a: 回帰係数, b: 切片）。腰に対するフープの高さが0の時、つまり腰とフープの高さが同じ時、フラフープの運動が安定すると仮定すると、回帰分析によって導出された切片bの値が、学習者にとって維持すべき周期となる。したがって、現在の周期をもとに、次の周期が切片bの値に近づくように予測式を表すと、 $Y = -aX + b$ を導出する。フープを安定状態で維持するために、フープの高さに応じた周期の予測を行う。

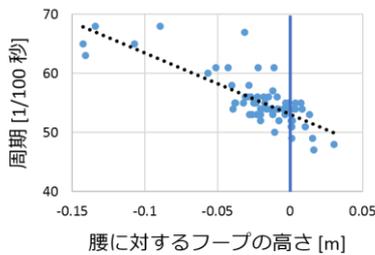


図2 フープの周期と高さの関係性

表1 フープの周期と高さの相関係数

	フープの周期	フープの高さ
フープの周期	1	
フープの高さ	-0.73121	1

2.3 フィードバック

本研究では、フラフープにおける、腰の前後方向の動作に支援を行う。運動中に学習者に対してフィードバックを与えるため、フィードバック内容は運動中においても、直感的に理解できるようにシンプルであることが望ましい。そこで、情報量が多くなりがちな視覚によるフィードバックではなく、聴覚によるフィードバックを行う。本システムでは、腰を前後する動作タイミングが訪れた瞬間に、それぞれ異なる短い音を鳴らし、学習者に動作を促す。

3. システムの実装

支援システムの実装については、Visual Studio 2013のC++を用いて実装を行っている。なお、システム内部の処理時間のレイテンシは100ミリ秒以下であるため、実践上は無視できるものとする。図3にシステムの構成を示す。まず、学習者がフラフープを開始すると、モーションキャプチャシステムによって、運動データの取得が行われる。次に、取得されていくデータから、フープの高さをもとに、周

期が予測され、現在の位相が判定される。そして、その位相が10~30%の時、腰を前に、60~80%の時、腰を後ろに動作させる音のフィードバックを学習者に与える。運動終了時に、回帰係数の更新を行い、次の試行における、予測の重みづけとして用いる。

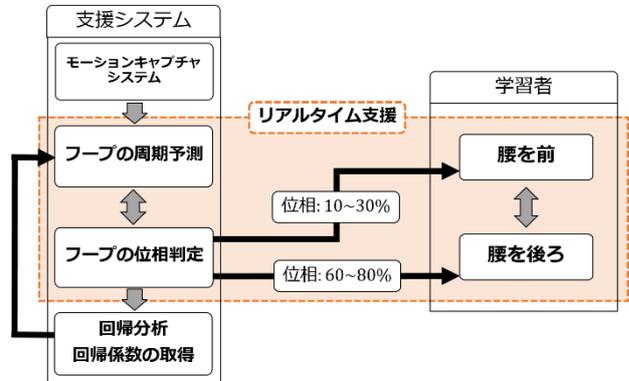


図3 システムの構成

4. まとめ

本研究では、操作機器を有する反復運動における、安定した運動継続のために、腰とフープ間の時間差に着目し、運動中に動作タイミングを調整可能にする学習支援環境を設計した。本システムでは、出力時刻の正確性（タイミング）の支援機能のみ実装を行ったが、出力空間の正確性（スペーシング）と出力強度の正確性（グレーディング）の支援機能も実装し、それぞれを組み合わせた総合的な支援システムの設計を予定している。

また、運動中に支援を行う際、聴覚情報を用いて学習者にフィードバックを与えているが、音に対する人間の刺激同定から反応までの限界時間を調査し、個人毎に設定する調整の必要性は今後確認したい。したがって、このフィードバックタイミングを調整する実装については今後の課題である。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 15K01072 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 松浦健二, 森口博基, 金西計英, 乾博文, 後藤田中: “コミュニティ内での身体スキル訓練方法に関する一考察”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.27, No.7, pp.21-26 (2013)
- (2) 濱上佳祐, 松浦健二, 乾博文, 山田慶太, 金西計英: “反復運動学習における安定化支援の一検討”, 教育システム情報学会第38回全国大会講演論文集, pp.315-316 (2013)
- (3) 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)
- (4) 人工知能学会: “スキルサイエンス入門-身体知の解明へのアプローチ”, オーム社 (2009)