

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：33908

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25282188

研究課題名(和文) 運動観察における他者行為観察と自己行為生成のダイナミクス

研究課題名(英文) Dynamic relationship between observation of other's movement and the control of self-movement.

研究代表者

山田 憲政 (Norimasa, Yamada)

中京大学・スポーツ科学部・教授

研究者番号：00210469

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、他者の運動を観察することと、自身の動きの制御の関係を実験的に明らかにすることであり、次の2つの課題を検討した。1)自身の運動生成に関わる力発生のタイミングで、他者の動きの違いを識別しているか。2)他者の調整動作を観察することが、自身の動きの制御に影響するか。1)については、観察者が識別する投球動作の変化が、運動生成に關与するトルク発揮のタイミングと一致することを明らかにした。また2)については、垂直跳びの高さの調整が、一人が4回ジャンプして目標の高さへ調整して行くことと、4人が一回ずつ順にジャンプして目標の高さを目指す試技で、同様の結果が得られることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to clarify that relationship between observation of others' movements and the control of self-movements. Two experiments were conducted to examine the following: 1) whether observer could distinguish variations in others' movements during torque generation, which relates to movement generation; and 2) whether observing others' coordinating movements affects the control of self-movements. With respect to 1), the time taken to observe the changes in the pitching motion identified by the observer and the timing of the torque generation was almost the same time. These results showed that the observer could identify changes in others' movements during self-movement generation. With respect to 2), the results of both experiments were almost the same; one subject jumped 4 times such that his jump height was 50% of his/her maximum height, and 4 subjects jumped once after observing the previous jump movement such that their jump height was 50% of their maximum height.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：運動制御 運動学習 観察

1. 研究開始当初の背景

ミラーニューロンの発見以来、観察は脳内部においては一種の仮想的な運動であると考えられるようになってきた。このことは、認識の基盤ともなる知覚に運動が関与することを意味し、運動研究は認知、知覚、そして脳科学の分野においても欠かすことのできない領域になってきたと言える。特に、知覚研究においては、見るという行為が誰しも同じ運動を見るとき受動的な視覚論から「運動観察」を能動的な行為として位置づける研究が行われるようになってきた。

我々も、投球動作を対象にして、運動技術レベルと運動観察能力の関連を実験的に検討した。その結果、運動の技術レベルの違いが運動観察の識別の感度に関与することを明らかにした(大島と山田,2010)。つまり、運動の熟達レベルがその運動の観察能力にも関与する可能性を提示した。そして次の課題として、何を運動の情報として動きを識別したか、観察において何が伝播するのかという観察の更なる課題を導出した。

2. 研究の目的

(1) 運動の識別に関する情報の検討

運動観察と運動実施の等価性を検討するために、他者の投球動作の変化を運動の生成に関与する力発揮のタイミングで行っているかを実験的に検討する(実験1)。

(2) 慣性センサから瞬時にジャンプ高を算出するアルゴリズムの作成

続く以下の研究(3)の実験において、ジャンプ高を瞬時に高い精度で算出する方法が必要となる。そこで、身体に装着できるワイヤレス小型慣性センサに内蔵の加速度計を用いてジャンプ高を算出するアルゴリズムを作成する(実験2)。

(2) 運動調整法の伝播

観察することと行為することの等価性の

性質を検討するために、運動を調整する他者を観察すると、その調整が観察者にも伝播することを検討する。その実験として、垂直跳びの観察実験を用いる(実験3)。

3. 研究の方法

(1) 実験1の構成図を図1に示す。被験者には、投球フォームにおいて「ムチ運動」

(運動連鎖の投球フォーム)ができる10名を用いた。この10名は、男子大学生40名の被験者の投球フォームを撮影し、肩関節と肘関節の角速度の立ち上がりの位相差を算出して、その位相差がある一定以上であることを定量的に確認して決定した。さらにその中の1人をモデルとして採用し、モデルの上肢の動きを上肢各関節を線で結ぶアニメーションで再現した。なおアニメーションは、上肢関節の各位相差が徐々に変化し、ムチ動作が徐々に失われて行くように作成した。

次に、10名の被験者がマウントディスプレイを装着し、作成したアニメーションを観察した。その際、投球フォームの違いが分かった瞬間にマウスを押してもらい、そのマウスが押された瞬間を検出し、動きのどの瞬間かを同定した。

その瞬間の同定方法であるが、モデルの投球フォームから、リンクセグメントモデルを用いて、各関節に作用する筋トルクを算出し、マウスが押された瞬間と、角度、角速度、トルクの立ち上がりのタイミングを比較検討した。

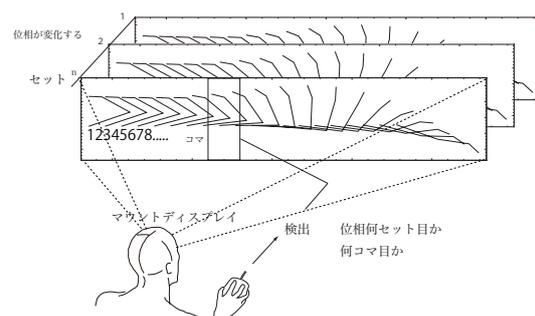


図1 実験1の概念図

(2) 慣性センサから瞬時にジャンプ高を算出するアルゴリズムを作成するために、垂直跳びの実験で検討を行った(実験2)。図2には、小型慣性センサを腰部に装着し、フォースプレート上で垂直跳びを行ない、その際の力波形(上図)と加速時計の鉛直成分(下図)の波形を示す。この図で示すように、滞空局面では、加速度の鉛直成分はほぼ0となる。このほぼ0の時間を検出し、滞空時間を計算した。

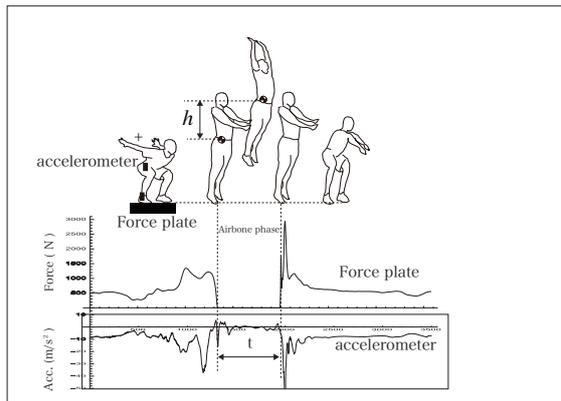


図2. 垂直跳びで得られる力波形と加速度計の鉛直成分の比較検討

(3) 実験3の構成図を図3に示す。まず、4人の被験者の垂直跳びの最高値を計測した。次に、その内の1人(被験者A)が、自身の最高値の50%高を目標としてジャンプを4回行った(図中の実験A)。各ジャンプ終了後には、その結果を最大値の何%として直に被験者にフィードバックした。同様に、この実験を4人が一回ずつ順にジャンプして自身の50%高を目指す試技を行った(図中の実験B)。この時、前の被験者のジャンプ終了後、直ちにそのジャンプ高が自身の最大値の何%かをフィードバックし、その結果を残りの被験者が知ることができる状態にした。

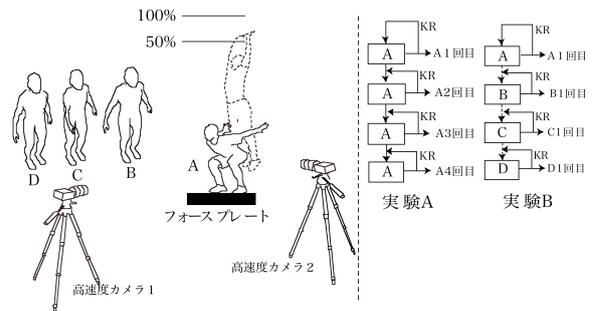


図3. 実験3の実験構成図

4. 研究成果

(1) 図4に、実験1の結果の代表例を示す。この図は、投球中の肩関節に作用するトルクの時系列変化を示したもので、図中の縦棒が動きの違いを弁別してマウスを押した時間を表す。この図から明らかなように、被験者は動きが大きく変わる前の、トルクの立ち上がり後約0.02秒で動きの違いを弁別しているといえる。興味深いことに、この瞬間は、トルクは立ち上がっているが、速度と角度の変化は微少で、視覚的に動きの変化が確認できる状態では無い。すなわちこの結果は、運動観察は他者の動きの変化を追っているのではなく、他者の動きを予測的に、かつ、自身の動きをイメージの中で生成しながら行っている可能性を示唆する。

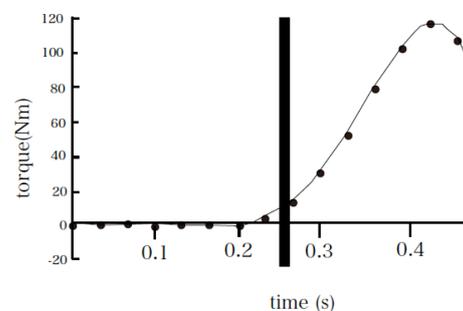


図4. 投球の肩関節に作用する筋トルクと動きの違いを弁別した時間

(2) 図2に示すように、垂直跳びの力波形の鉛直成分は、滞空局面は0を示すが、それと同時に、加速度計の鉛直成分もほぼ0を示すことがわかる。これは、計測される加速度計の値 A_m は、実際の加速度計を装着した部位の加速度 A_r (滞空中は g) と重力加速度 g ($=9.81$) を用いて以下の式で求まるからである。

$$A_m = -A_r + g \quad (\text{式1})$$

そこで、図2において滞空中を表す約0の区間の閾値 d を決定し、その値以下の間を滞空局面と判定した。その滞空時間から、以下の式を用いて、身体重心の最高到達点 h を計算した。

$$h = \frac{g t^2}{8} \quad (\text{式2})$$

図5に実験3の結果の一例を示す。横軸が試技回数、縦軸が自身の最高値に対する割合を示している。図中の黒丸が一人の被験者が4回垂直跳びを行った試技、四角が4人が一回ずつ順番に跳んだ試技を表す。この図から分かるように、この2つの試技はほぼ同じ傾向を表している。つまり、動きを調整する他者の動きを観察すると、その調整方法がこれから行う自身の運動制御に影響を及ぼすと言える。このことは、観察と行為の等価性の更なる重要な性質を表していると言えよう。

今後は、地面反力の変化を詳しく解析して、どのように調整方法が観察により伝わるのかを検討することにより、スポーツにおける動きの伝播だけでなく、エラーの伝播など、スポーツにおける重要な現象にアプローチできる可能性がある。

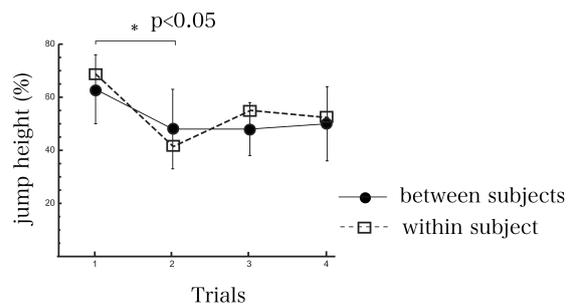


図5 自身の最高値の50%にジャンプ高を調整した実験結果 黒丸が一人の被験者が4回垂直跳びを行った試技、四角が4人が一回ずつ順番に跳んだ試技を表す。

(引用文献)

①大島浩幸、山田憲政、運動技術レベルと運動観察能力の関連、スポーツ心理学研究、37, 2010, 65-74.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件)

① 藤井慶輔、藤井慶輔・小山孟志・陸川章・山田 洋・山田憲政・山本裕二、ワイヤレス慣性センサを用いたゲーム中の動きの激しさの評価、査読有、バスケットボール研究、2015, 22-46.

② 岩田拓也、小池貴行、山田憲政、四肢への重り装着に伴う全力疾走中の股・肩関節の力学的協調、査読有、スプリント研究、24, 2015, 65-72.

③ 山田憲政、スポーツ情報論の試み、23回運動学習研究会報告書、査読無、23, 2015, 52-59.

④ Naito,K, Takagi,H., Yamada.N. Intersegmental dynamics of 3D upper arm and forearm longitudinal axis rotations during baseball pitching. 査読有、Human Movement Science , 38, 2014, 116-132, DOI: 10.1016/j.humov.2014.08.010.

⑤ 山田憲政、心理学と力学を融合する運動情報システム論による運動感覚への接

近、バイオメカニクス研究、査読有（招待論文）、17,2013, 144-151.

〔学会発表〕（計7件）

- ① 加藤広大、山田憲政、音の長さによる動作への影響、日本スポーツ心理学会42回大会、九州共立大学、2015, 11/22-23
- ② 堀田義也、山田憲政、連続質量変化に対する知覚の検討、日本スポーツ心理学会42回大会、九州共立大学、2015, 11/22-23
- ③ 中尾綾、山田憲政、スポーツ動作における速さと正確性の関係-バスケットボール競技3ポイントシュートによる検討、日本スポーツ心理学会42回大会、九州共立大学、2015, 11/22-23
- ④ 橋本泰裕、山田憲政、選手の試合中の心理状態へのアプローチ、日本スポーツ心理学会42回大会、九州共立大学、2015, 11/22-23
- ⑤ 草薙健太、佐藤大典、橋本泰裕、山田憲政、水中における身体感覚：閉眼受動牽引の距離推定における身体感覚の影響、日本体育学会66回大会、国士舘大学、2015,8/25-27
- ⑥ 中尾綾、山田憲政、スポーツ動作における速さと正確性の関係-バスケットボール競技3ポイントパフォーマンスに与える影響、日本体育学会66回大会、国士舘大学、2015, 8/25-27
- ⑦ 山田憲政、スポーツ情報論の試み、第23回運動学習研究会、琉球大学、2015, 3/1-2

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田憲政（Yamada Norimasa）
中京大学・スポーツ科学部・教授
研究者番号：00210469