

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02152

研究課題名(和文) バイオロジカルモーションを用いた対人技能ダイナミクスの解明

研究課題名(英文) Dynamics of interpersonal competition using biological motion

研究代表者

山本 裕二 (Yamamoto, Yuji)

名古屋大学・総合保健体育科学センター・教授

研究者番号：30191456

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、投手の投球動作に関する事前情報の操作が、打者のボール速度の予測、知覚と打動作に及ぼす影響を、実際のビデオ映像とバイオロジカルモーションで検討した。その結果、投手の事前の動きが早い、あるいは遅い場合には、ボールの速度が同じであるにもかかわらず、ボール速度を速い、あるいは遅いと予測、知覚し、行為もこれと一致するように尚早、遅延した。さらに、これはバイオロジカルモーションで両腕の情報を遮蔽した場合には生じず、ヒトは他者の、特に動きの速い身体部位の変化から他者の動きを予測、あるいは知覚している、つまり、他者の動きにダイナミクスを見出し、その情報に基づいて行為を行っていると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来運動技能に関しては、個人技能の制御や学習が扱われてきた。本研究の意義は、対人技能が事前情報のダイナミクスに基づいている可能性を示唆したことである。このことは、いわゆる「阿吽の呼吸」といわれるような、他者との協働や共感がダイナミクス、すなわち時間変化、しかも実際にこれまで重要と考えられてきた情報に先立つ事前情報に含まれるダイナミクスであることを示唆している。今後、他者との共感を育むために、こうした事前情報に含まれるダイナミクスに着目する必要がある。

研究成果の概要(英文)：This study examined the effect of manipulating advanced kinematic information about opponents' pitching movement on ball speed prediction, ball speed perception, and impact timing errors using the real video clips and the biological motion. Under both real video clips and whole body biological motion, batters tended to predict the ball was moving faster when the pitching movement was faster, incorrectly predicting the ball speed due to the difference in advanced kinematic information also biased batters' perception of the speed, and this biased prediction yielded congruent impact timing. However, the biological motion condition which occluded the both arms did not support these results. It argued that we could anticipate and perceive the other's movements based on the faster distal movements, and act using other's movement dynamics.

研究分野：運動の制御・学習

キーワード：対人技能 ダイナミクス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我々は世界に先駆け、詳細な計測と独創的な解析で、格闘技型の対人スポーツ、侵入型の集団スポーツにおける複雑に見える選手間協調・競合に潜むダイナミクス(規則性)を明らかにしてきた。これまでの研究で明らかになってきたのが、他者との相対的な位置関係の時間変化にはダイナミクス(規則性)が潜んでいるということである。このことは、他者の連続的な動きに潜むダイナミクスをパターンとして知覚し、そのパターンに基づいて他者の次の動きを予測していることを示唆する。つまり、今現在の他者の動きを知覚しそれに反応するのではなく、他者のこれまでの動き(履歴)からパターンを知覚し、それに基づき予測して動いていることを意味する。しかも、こうした予測的制御は、課題の時間的制約により瞬時の判断・遂行が求められ、意識的に制御されているわけではない。

そこで、こうした意識的に制御されない潜在的予測制御に用いられている情報を明らかにするために、バイオリジカルモーションを用いることとした。バイオリジカルモーションを用いるにあたって、これまで扱ってきた格闘技型対人スポーツや侵入型集団スポーツでは、それぞれのプレーヤーが自由に位置を変更できるため、プレーヤーの位置が固定されている対人型競技である野球型スポーツを主な研究対象とすることにした。

2. 研究の目的

本研究では、潜在的予測制御が実際に用いられているのか、また用いられているとすればその情報は何かを明らかにすることを目的とした。

具体的には、対人型スポーツの中でも二者の位置が変化しない野球型対人競技を主な対象として、投手の投球動作のビデオ映像とバイオリジカルモーションを用いて、その投球に対する打者の打動作を分析する。また、格闘技型対人競技の剣道を対象に攻防技能の切り替えに着目して、その潜在的予測制御を切替ダイナミクスとして記述を試みる。

3. 研究の方法

野球型対人競技における実験では、方法としては、まず、実際の試合における打者の準備動作を投手の動作と関連付けて分類することである。そして実際のソフトボールの投手の投球映像とモーションキャプチャデータを用いて、投手の投球動作の再生速度を操作することによって、打者の投球速度の予測、知覚、打動作を分析する。

また、格闘技型スポーツの剣道では、攻撃に行った際に、相手が逆に打突を試みる試技をランダムに加えることによって、攻撃から防御への切替技能を検討する。

これらの結果から潜在的予測制御の存在、その情報源の同定を試みる。

4. 研究成果

(1) 理論的な成果として、潜在的予測制御を説明するために、これまでの切替ダイナミクスを二者間に拡張し結合切替混合ダイナミクスを提唱した (Yamamoto et al., 2018)。

ここでは他者の運動パターンと自らの状態が離散系ダイナミクスに外部入力として入り、その結果運動パターンが切り替わり、連続力学系として運動も切り替わるというものである。他者の運動パターンの早い切り出しが、外部入力となり、自らの運動の素早い切替につながると考えられる。

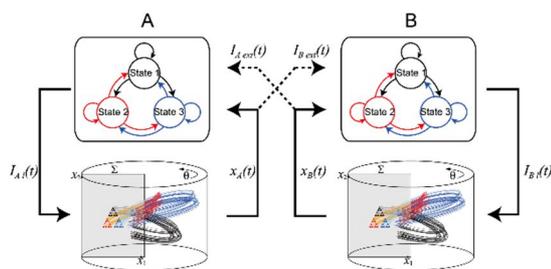


図1 結合切替混合ダイナミクス (Yamamoto et al., 2018)

(2) 野球型対人競技として、ソフトボールの打者の準備動作を、高校生・大学生・実業団選手を対象に調査したところ、準備動作に早期始動早期完了型、早期始動長期継続型、直前指導型の

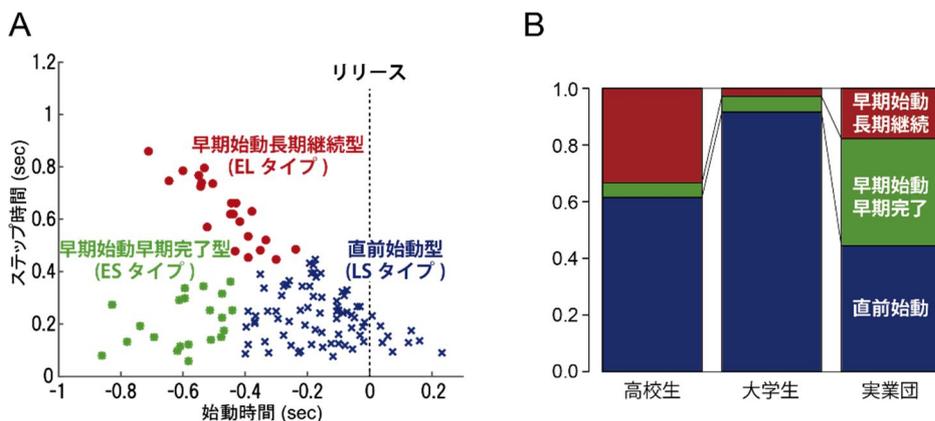


図2 投球動作に合わせた準備動作の分布(A)と各カテゴリーにおける準備動作のタイプ (Takamido et al., 2019)

3つのパターンが見られた (Takamido et al., 2019; 山本他, 2019) .そして,最も技能レベルの高い実業団選手は,解の冗長性を利用し,これら3つのタイプの準備動作のうち一つを選択していた.このことは,野球型対人競技では,潜在的予測制御を行うために,打者の意図に応じて準備動作を選択していることが示唆された.

(3) ソフトボールの打者の投球速度の予測,知覚,打動作は,投手のボールリリースまでの投球動作の速度による偏りが生じることが明らかになった.つまり,投手の投球動作が早い場合にはより速いボールが来ると予測し,実際にボールを見ても早いと知覚し,それに合わせて打動作も早く始動しインパクトのタイミングも尚早反応を見せ,投球動作の速度が遅い場合にはこの逆になることが明らかになった (Takamido, Yokoyama, & Yamamoto, in press) .さらにこの結果はビデオ映像だけでなく,全身を14点で表したバイオリジカルモーションでも確かめられた.しかし,両腕の光点を遮蔽したバイオリジカルモーションでは,こうした投球動作億度の操作の影響は見られなかった.このことは,野球型対人競技では,潜在的予測制御に他者の動き,特に投球腕といった末梢の動きの速い部分の情報を潜在的予測制御に用いている可能性を示唆するものであった.

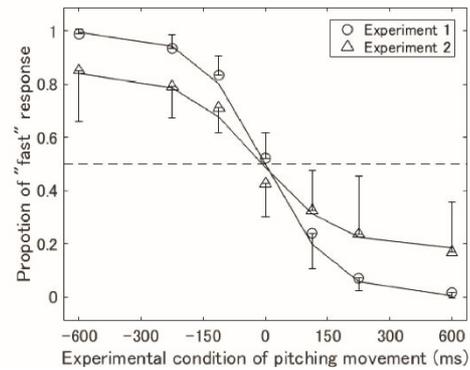


図 4 投球動作速度とボール速度の予測・知覚の偏り (Takamido et al., in press)

(4) 剣道の攻防技能の切替を検討した結果,熟練者は状況を堅実に見極め,攻撃か防御かの判断・動作の開始を非熟練者よりあとまで持ち越すことが可能であることを発見した (Usui, Okumura, & Kijima, in revision) .熟練者はより精緻に他者動作を検知し,検知した状況に対して潜在的にかつ予測的に全身動作を切り替えている可能性が示唆された.

(5) 剣道の他者の攻撃予測と知覚においては,攻撃者の踏み込む動作における後ろ足の高さのわずかな違いを,守備者は見えないにもかかわらず,熟練者は見分けることができることを明らかにした (Okumura et al., 2019) .これは潜在的予測制御を強く支持するものであるが,その情報源の解明については今後の課題である.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Takamido Ryota, Yokoyama Keiko, Yamamoto Yuji	4. 巻 14
2. 論文標題 Task constraints and stepping movement of fast-pitch softball hitting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0212997
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0212997	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yamamoto Yuji, Kijima Akifumi, Okumura Motoki, Yokoyama Keiko, Gohara Kazutoshi	4. 巻 9
2. 論文標題 A Switching Hybrid Dynamical System: Toward Understanding Complex Interpersonal Behavior	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 39 ~ 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app9010039	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 山本裕二・高御堂良太・千鳥司浩・横山慶子	4. 巻 42
2. 論文標題 階層クラスタリングでクラスタ数を決定するためのRプログラム	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 総合保健体育科学	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18999/njhpfs.42.1.1	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Takamido Ryota, Yokoyama Keiko, Yamamoto Yuji	4. 巻 91
2. 論文標題 Effect of manipulating advanced kinematic information on hitting movement prediction, perception, and action	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Research Quarterly for Exercise and Sport	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 工藤璃子・横山慶子・山本裕二
2. 発表標題 ネット型対人競技における自他の情報に基づく状況判断
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第45回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高御堂良太・横山慶子・山本裕二
2. 発表標題 課題の制約による個性の顕在化 - 女子ソフトボール競技者の打撃準備動作を対象として -
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第45回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuji Yamamoto
2. 発表標題 A switching hybrid dynamical system: Toward understanding complex interpersonal behavior
3. 学会等名 Complexity of Tactical Behavior in Sport (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuji Yamamoto
2. 発表標題 A switching hybrid dynamical system: Toward understanding complex interpersonal behavior
3. 学会等名 Dynamics of Human Performance (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本裕二
2. 発表標題 対人・集団スポーツを組織化する情報
3. 学会等名 情報学シンポジウム2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高御堂良太・横山慶子・山本裕二
2. 発表標題 非対称型対人技能における間合いの探索：ソフトボールにおける熟達差
3. 学会等名 日本体育学会第68回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 工藤璃子・横山慶子・工藤敏巳・山本裕二
2. 発表標題 打球局面とポジショニング局面から見たネット型対人競技における駆け引き
3. 学会等名 日本体育学会第68回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 碓氷典諒・奥村基生
2. 発表標題 剣道の面打撃における攻防切替技能の熟練さ
3. 学会等名 日本体育学会第68回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuji Yamamoto
2. 発表標題 Understanding complex human behavior from a dynamical systems perspective
3. 学会等名 ISSP 14th World Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuji Yamamoto
2. 発表標題 A dynamical system approach for understanding collective behaviors in sports
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Performance Analysis of Sports 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Motoki Okumura, Akifumi Kijima, & Yuji Yamamoto
2. 発表標題 Kendo players can anticipate possibilities of next movements of opponent based on observing its previous movements
3. 学会等名 International Conference on Perception and Action 19 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Yamamoto, Keiko Yokoyama, Riko Kudo, & Kazutoshi Gohara
2. 発表標題 Switching hybrid dynamics in tennis
3. 学会等名 International Conference on Perception and Action 19 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高御堂良太・横山慶子・山本裕二
2. 発表標題 投球動作が打者の球速判断及び打撃動作に与える影響
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Yamamoto, Y., Okumura, M., Yokoyama, K., & Kijima, A.	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Routledge	5. 総ページ数 341
3. 書名 Interpersonal Coordination and Performance in Social Systems	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>総説 山本裕二, 対人・集団スポーツの研究小史(集団運動を科学する2), 体育の科学, 70(1), 2020. 木島章文・三澤孝康・奥村基生, 格技とボールゲームに通底する秩序(集団運動を科学する3), 体育の科学, 70(2), 2020. 横山慶子, 集団運動における協調スキルを評価する(集団運動を科学する4), 体育の科学, 70(3), 2020.</p>
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	木島 章文  (KIJIMA Akifumi)  (10389083)	山梨大学・大学院総合研究部・教授   (13501)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	横山 慶子 (YOKOYAMA Keiko)  (30722102)	名古屋大学・総合保健体育科学センター・准教授  (13901)	
研究分担者	奥村 基生 (OKUMURA Motoki)  (90400663)	東京学芸大学・教育学部・准教授  (12604)	