

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24240085

研究課題名(和文) 競創ダイナミクスの統合的理解

研究課題名(英文) Integrated Understanding for Emergent Property of Cooperation and Competition Dynamics

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) 34,100,000円

研究成果の概要(和文)：競い合うことで新たな動きが創発するという仮説のもと、スポーツ場面における個体間競合現象(剣道やサッカーなど)を対象に、計測・解析を進めた。

その結果、剣道の攻防は6パターンに分類され、熟達差はパターンの切り替え方によることを明らかにした。また、サッカーの攻防では、ボールと選手の動きに自己アフィンフラクタルという自己相似性があることを見出し、集団の動きが記憶と忘却を繰り返す、記憶は長くても30秒程度であることを明らかにした。さらに、3軸加速度計、ジャイロセンサ、地磁気センサを搭載したモーションセンサを製作し、スマートフォンでスキーターンのデータ収集・解析・評価できるシステムを開発した。

研究成果の概要(英文)：We assumed that the novel movement pattern would emerge from the competition. Under this assumption, we examined interpersonal competitive phenomena in sport activity such as kendo and soccer. At first, we found that the competitive maneuvers could be classified into six patterns in kendo match, also the difference between experts and intermediates was characterized by the switching pattern among these six patterns. Secondly, we also revealed that the momentum of soccer games had self-similarity such as a self-affine fractal in the movement of ball and the players. These collective movements had repeated the memory and forgetting, it suggests that the persisting time was less than 30 seconds. Finally, we developed small motion sensor device including triaxial accelerometer, gyro sensors, and geomagnetic sensor, and new system which can collect, analyze, and evaluate the ski-turn using smart phone.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：対人・集団ダイナミクス 二者間競創 集団競創 力学系理論

1. 研究開始当初の背景

スポーツにおける運動技能は、長い歴史の中でルールという制約自体も変化しながら、そのルールの下で他者との競い合いによって新たな技術・技能を生み出してきた。特に顕著なのは相手と直接対峙する格技、ネットを挟んで対峙するボールゲーム、集団で攻守入り乱れながら対峙する侵入型ボールゲームなどいわゆる開放技能(open skill) と呼ばれるものである。こうした開放技能ではお互いに競い合うことによって、ゲームが進行し、実力が拮抗すればするほどいわゆる白熱したゲームとなり、信じられないようなプレーが現れ、サッカーではそうした「閃き」や「創造性」を発揮する選手はファンタジスタと呼ばれるほどである。ではこの閃きや創造性はどこから生まれるのか。それを明らかにするためには、従来の個体間協応ではなく、個体間の競合や、他者との競合による個体内協応を問題にしなければならない。これが本研究で問題とする競創である。

個体内協応の研究は個体間協応の研究へと発展し、共同行為(joint action)として世界でも注目を集めつつあり、Experimental Brain Research の 2011 年 6 月号に 'Moving together: toward understanding the mechanisms of joint action' という特集号が出され、30 編もの論文が掲載された。しかしながら、すべてが実験室課題で、協働作業を対象としたものである。

他方、われわれは実環境を詳細に観察することによって、二者間(鬼ごっこ、剣道、テニス)、三者間(サッカー3対1)、集団間(ホッケー、サッカー)に潜む競合および競合による協応のダイナミクスの解明に挑んできた。例えば、サッカーの3対1 ボール保持課題では、三人の上級者(三者)は互いの動きを見て、物理的にはつながれていないにも関わらず、あたかも何かでつながれているかのように、他の二者の動きを同時に感じて動く個体間協応パターンを示し、初級者では他の一人としか関係を持たず、それが時空間対称性の破れにより説明できることを明らかにした(Yokoyama & Yamamoto, *PLoS Comp Biol*, 2011)。これは、競い合う相手がいることによって、対称性が破れ、そこで創発する三者の協応パターンが技能水準によって異なることを示している。そこで本研究では、競創という概念を新たに導入することによって、開放技能の本質である他者との競い合いから生まれる様々な振る舞いに見られる規則性(ダイナミクス)を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の目的

「競創」とは、互いに競い合うことで新たな創発が生まれることと定義する。スポーツの本質は競い合うことにあり、ルールという制約のもとでの競い合いが新たな技術・技能の開発とともにスポーツ自体の発展をもた

らしてきた。本研究ではこれまで行われてきた個体内の運動制御・学習研究を個体間のスポーツ技能に拡張し、スポーツ技能における競創のダイナミクスを明らかにする。

具体的には、格技型として剣道、ネット型として卓球、侵入型としてサッカーという対人或少人数集団における二者や三者以上の競合から生まれる振る舞い、つまり互いに競い合うことから生まれる複雑に見える現象に潜むダイナミクスを明らかにする。さらに、競創における知覚-運動ダイナミクスを実験的に解明し、実環境で高精度に動きを計測するための小型モーションセンサの開発を行う。

3. 研究の方法

方法は、主に2つである。一つは実環境での個体間・集団間競創ダイナミクスの検討である。もう一つは、小型モーションセンサの開発とそれを用いた計測・解析システムの開発である。

実環境での個体間・集団間の競創ダイナミクスに関しては、光学式動作解析装置(モーションキャプチャー)あるいはビデオ映像を用いて選手の位置を観察し、ダイナミクスを決定する秩序変数と制御変数を明らかにし、振る舞いに潜む規則性を探ることである。

また、小型モーションセンサに関しては、独自に3軸加速度センサ、ジャイロセンサ、地磁気センサを搭載したセンサを開発し、その計測・解析を行えるソフトウェアを開発した。

4. 研究成果

主な研究成果として以下の4つがあげられる。

(1) 格技型の剣道においては、二者間距離を制御パラメータとして二者の詰め引きが同相同期から逆相同期に、わずか10cmの違いで切り替わることが明らかになった(Okumura et al., 2012)。また、二者の攻防のパターンが6種類で説明されることをリターンマップ分析から明らかにし、さらに熟練差はこのパターンの切り替え方によるものであることを状態遷移確率から示した(Yamamoto et al., 2013)。

(2) ネット型の卓球においては、相手との打球間間隔が短くなるにつれ、熟練差にかかわらず、どこかで秩序ある動きが崩れるが、その時間間隔は熟練者の方が短いことを、フラクタル分析から明らかにした(Suzuki & Yamamoto, 2015)。

(3) 侵入型のサッカーにおいては、2チームの攻防がしのぎを削る前線とボールの動きに、自己アフィンフラクタルと呼ばれる自己相似性がみられ、ゲームの流れは長くて30秒までの記憶と忘却を繰り返していることを明らかにした(Kijima et al., 2014)。

(4) 小型モーションセンサにおいては、ハードウェアとソフトウェアを開発すること

によって、スキーやスノーボードでのターンを計測・評価できるシステムを開発した (Yamagiwa et al., 2015) .

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 10 件)

1. Keisuke Fujii, Tadao Isaka, Motoki Kouzaki, & Yuji Yamamoto, Mutual and asynchronous anticipation and action in sports as globally competitive and locally coordinative dynamics, 2015, *Scientific Reports*, 5, 16140. 査読有 doi:10.1038/srep16140.
2. Kota Yamamoto, Seiji Tsusui, & Yuji Yamamoto, Constrained paths based on the Farey sequence in learning to juggle, 2015, *Human Movement Science*, 44, 102-110. 査読有 doi: 10.1016/j.humov.2015.08.008.
3. Hiroo Suzuki & Yuji Yamamoto, Robustness to temporal constraint explains expertise in ball-over-net sports, 2015, *Human Movement Science*, 41, 193-206. 査読有 doi: 10.1016/j.humov.2015.02.009.
4. Akito Miura, Shinya Fujii, Yuji Yamamoto, & Kazutoshi Kudo, Motor control of rhythmic dance from a dynamical systems perspective: A review, 2015, *Journal of Dance Medicine & Science*, 19, 11-21. 査読有 doi: 10.12678/1089-313X.19.1.11.
5. Shinichi Yamagiwa, Hiroyuki Ohsima, & Kazuki Shirakawa, 2014, Skill scoring system for ski's parallel turn, *Proceedings in icSports*, 2014, 121-128. 査読有 doi:10.5220/0005070001210128.
6. Akifumi Kijima, Keiko Yokoyama, Hiroyuki Shima, & Yuji Yamamoto, Emergence of the self-similarity in football dynamics, 2014, *The European Physical Journal B*, 87, 41. 査読有 doi: 10.1140/epjb/e2014-40987-5.
7. Shinichi Yamagiwa, Naka Gotoda, & Yuji Yamamoto, 2013, Space perception by acoustic cues influences auditory-induced body balance control, *Proceedings icSports*, 2013, 30-40. 査読有
8. Akito Miura, Kazutoshi Kudo & Kimitaka Nakazawa, 2013, Action-perception coordination dynamics of whole-body rhythmic movement in stance: A comparison study of street dancers and non-dancers, *Neuroscience Letters*, 544, 157-162. 査読有

doi:10.1016/j.neulet.2013.04.005.

9. Yuji Yamamoto, Keiko Yokoyama, Motoki Okumura, Akifumi Kijima, Koji Kadota, & Kazutoshi Gohara, Joint action syntax in Japanese martial arts, 2013, *PLoS ONE*, 8(9), e72436. 査読有 doi: 10.1371/journal.pone.0072436.
10. Motoki Okumura, Akifumi Kijima, Koji Kadota, Keiko Yokoyama, Hiroo Suzuki, & Yuji Yamamoto, A critical interpersonal distance switches between two coordination modes in kendo matches, 2012, *PLoS ONE*, 7(12), e51877. 査読有 doi:10.1371/journal.pone.0051877.

[学会発表](計 19 件)

1. Y. Yamamoto, A. Kijima, M. Okumura, K. Yokoyama, & K. Gohara, Hybrid switching dynamical system: Toward understanding complex human behavior, *International Conference for Perception and Action 18*, 2015, 7, 15-18, Minneapolis, Minnesota, USA.
2. A. Kijima, Y. Yamamoto, & H. Shima, The spatial layout of shared space emerges shared intention in a stepping triad, *International Conference for Perception and Action 18*, 2015, 7, 15-18, Minneapolis, Minnesota, USA.
3. M. Okumura, A. Kijima, & Y. Yamamoto, Expertise speeds up dynamics of interpersonal-distance maneuvers in kendo, *International Conference for Perception and Action 18*, 2015, 7, 15-18, Minneapolis, Minnesota, USA.
4. K. Yokoyama, H. Shima, N. Tabuchi, Y. Yamamoto, Invisible tension behind cooperative skills in team sports, *International Conference for Perception and Action 18*, 2015, 7, 15-18, Minneapolis, Minnesota, USA.
5. 横山慶子, 力学系としてみたスポーツの「チーム力」, 日本体育学会第 65 回大会, 2014, 8, 26-28, 盛岡, 岩手大学 (招待講演)
6. 工藤和俊, 熟達化のダイナミクス, 第 22 回東京大学身体運動科学シンポジウム, 2014, 7, 12, 東京, 東京大学 (招待講演)
7. 山本裕二, 「賢い身体」の復権から「魂」の心理学を立ち上げる, 日本心理学会第 78 回大会, 2014, 9, 12, 京都, 同志社大学 (招待講演)
8. Y. Yamamoto, From Laboratory to Active Fields in Motor Control and Learning Research: Dynamical System Approach, *7th Asian-South Pacific Association of Sport Psychology International Congress (Keynote)*, 2014, 8, 10, Tokyo, National Olympics Memorial Youth Center.

- (Invited Speaker)
9. A. Miura, H. Suzuki, K. Yamamoto, Y. Hasegawa, & Y. Yamamoto, Competition dynamics in boxing emerged from interpersonal interaction, *7th Asian-South Pacific Association of Sport Psychology International Congress*, 2014, 8, 7-10, Tokyo, National Olympics Memorial Youth Center.
 10. M. Okumura, A. Kijima, Y. Yamamoto, Dynamics and expertise in interpersonal distance maneuvers in kendo, *7th Asian-South Pacific Association of Sport Psychology International Congress*, 2014, 8, 7-10, Tokyo, National Olympics Memorial Youth Center. (Poster Awards)
 11. C. Hirata & S. Kitahara, Pumping the playground swing requires perceiving seat's velocity, *7th Asian-South Pacific Association of Sport Psychology International Congress*, 2014, 8, 7-10, Tokyo, National Olympics Memorial Youth Center.
 12. T. Hirakawa, Change of coordination patterns during a 1000-m time trial on a floating rowing machine, *7th Asian-South Pacific Association of Sport Psychology International Congress*, 2014, 8, 7-10, Tokyo, National Olympics Memorial Youth Center.
 13. K. Ota, M. Shinya, & K. Kudo, Can people acquire optimal strategy under risk through long-term practice? *7th Asian-South Pacific Association of Sport Psychology International Congress*, 2014, 8, 7-10, Tokyo, National Olympics Memorial Youth Center.
 14. S. Yamagiwa, N. Gotoda, Y. Yamamoto, Space perception by acoustic cues influences auditory-induced body balance control, *International Congress on Sports Science Research and Technology Support*, 2013, 9, 20-22, Vilamoura, Portugal.
 15. Y. Yamamoto, K. Yokoyama, M. Okumura, A. Kijima, K. Kadota, K. Gohara, Intentional switching dynamics in Japanese martial arts, *Progress in Motor Control VIII*, 2013, 7, 16, Montreal, Canada.
 16. A. Kijima, M. Okumura, R. C. Schmidt, Y. Yamamoto, Interpersonal distance emerges as an "not-to-lose" strategy in a play-tag sport game, *Progress in Motor Control VIII*, 2013, 7, 16, Montreal, Canada.
 17. Y. Yamamoto, K. Yokoyama, M. Okumura, A. Kijima, K. Kadota, K. Gohara, Joint action syntax in Japanese martial arts, *International Conference for Perception and Action 17*, 2013, 7, 11, Estoril, Portugal.
 18. A. Kijima, M. Okumura, R. C. Schmidt, Y. Yamamoto, Anti-phase synchronization of tag-players evolved in distance not to lose, *International Conference for Perception and Action 17*, 2013, 7, 8, Estoril, Portugal.
 19. M. Okumura, A. Kijima, Y. Yamamoto, Expertise differences in interpersonal distance maneuver in kendo matches, *International Conference for Perception and Action 17*, 2013, 7, 9, Estoril, Portugal.
- [図書](計 3 件)
1. Y. Yamamoto, M. Okumura, K. Yokoyama, A. Kijima, Interpersonal coordination in competitive sports contexts: Martial Arts, Passos P., Chow J.Y., Davids K. (eds.) in *Interpersonal Coordination and Performance in Social Systems*, 2016, Routledge, 179-194.
 2. S. Yamagiwa, H. Ohshima, & K. Shirakawa, Development of skill scoring system for ski and snowboard, Cabri, J., Barreiros, J., & Pezarat-Correia, P. (eds.) in *Sports Science Research and Technology Support*, 2015, Springer, 1-15.
 3. 工藤和俊, 知の生態学的転回, 東京大学出版会, 2013, 283 ページ.
- [産業財産権]
出願状況(計 3 件)
1. 名称: トレーニング用具
発明者: 横山慶子・山本裕二・田淵規之・鈴木大介・上向井千佳子
権利者: 横山慶子・山本裕二・田淵規之・鈴木大介・上向井千佳子
種類: 特許
番号: 特願 2015-140137
出願年月日: 2015 年 7 月 14 日
国内外の別: 国内
 2. 名称: 評価値算出プログラム, 評価値算出方法, 情報処理装置
発明者: 山際伸一
権利者: 山際伸一・坂本比呂志
種類: 特許
番号: 特願 2014-216756
出願年月日: 2014 年 10 月 23 日
国内外の別: 国内
 3. 名称: データ圧縮器およびデータ解凍器
発明者: 山際伸一・坂本比呂志

権利者：山際伸一・坂本比呂志
種類：特許
番号：特願 2013-118356
出願年月日：2013 月 6 月 4 日
国内外の別： 国内

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

<http://www.htc.nagoya-u.ac.jp/~yamamoto/>

新聞報道等

山梨日々新聞（地方）2014, 2, 21.
岐阜新聞（地方）2013, 9, 5.
Ohm Bulletin, 49, 6-7, 2013

アウトリーチ

山本裕二, 名大 Café, 2015, 11, 26 名古屋,
ジュンク堂書店口フト名古屋店.
山本裕二, 名古屋大学オープンレクチャー
2015, 2015, 3, 21 名古屋, 名古屋大学.

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

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

木島 章文 (KIJIMA Akifumi)
山梨大学・総合研究部・准教授
研究者番号：10389083

山際 伸一 (YAMAGIWA Shinichi)
筑波大学・システム情報工学系・准教授
研究者番号：10574725

工藤 和俊 (KUDO Kazutoshi)
東京大学・総合文化研究科・准教授
研究者番号：30302813

宮崎 真 (MIYAZAKI Makoto)
静岡大学・情報学部・教授

研究者番号：30392202

平田 智秋 (HIRATA Chiaki)
十文字学園女子大学・人間生活学部・准教授
研究者番号：80438895

平川 武仁 (HIRAKAWA Takehito)
南山大学・人文学部・准教授
研究者番号：50404942

門田 浩二 (KADOTA Koji)
大阪大学・医学系研究科・助教
研究者番号：50557220

奥村 基生 (OKUMURA Motoki)
東京学芸大学・教育学部・准教授
研究者番号：90400663

横山 慶子 (YOKOYAMA Keiko)
名古屋大学・総合保健体育科学センター・
講師
研究者番号：30722102

(3) 連携研究者

郷原 一寿 (GOHARA Kazutoshi)
北海道大学・工学研究科・教授
研究者番号：40153746

北原 俊一 (KITAHARA Shunichi)
十文字学園女子大学・人間生活学部・准教授
研究者番号：20286123

島 弘幸 (SHIMA Hiroyuki)
山梨大学・生命環境学部・准教授
研究者番号：40312392