

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22650146

研究課題名（和文）

集団ダイナミクスを可視聴化により探る

研究課題名（英文）

Exploring collective dynamics using an audio-visualization technique

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

研究成果の概要（和文）：

本研究は、集団ダイナミクスを可視聴化することによって、複雑に見える集団全体の振る舞いに潜む規則性を探ることであった。そのために対人競技として鬼ごっこと剣道、集団競技としてサッカーを対象に、実データの可視聴化を行った。剣道に関しては二者間距離とそれぞれの選手の動きを可視聴化し、技能レベルがこの可視聴化によって判断できるか否かという心理実験を行った。また、この集合変数を用いて剣道という二者間ダイナミクスを位相差分析から明らかにした。サッカーに関しては22名の選手の位置座標を基に、圧分布による表現を試み、その圧のパラメータによって生じる2チーム間の際限に目し、ゲームの流れ、得点機の予測を試みた。

研究成果の概要（英文）：

This research used an audio-visualization technique to explore a simple principle underlying the collective dynamics occurring during sports activities. We focused on the game of tag and on the Japanese martial art of kendo as examples of interpersonal competition and on football games as an example of team competition. In kendo, the interpersonal distance and velocity of stepping away and forward were measured for each competitor as collective variables. These variables were visualized using a point-light display with auditory signals, and the possibility of discriminating between skill levels was examined in psychological experiments. Additionally, relative phase analysis was applied to the data, and abrupt switching between in- and anti-phase synchronization at a critical interpersonal distance was shown in both tag and kendo. In football games, the boundary between two competitive teams was depicted by adapting the pressure fields defined by the Gaussian distributions for each player. This boundary was able to express the chance of attack and the game momentum.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,900,000	0	1,900,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,100,000	360,000	3,460,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学, スポーツ科学

キーワード：集団ダイナミクス，可視聴化

### 1. 研究開始当初の背景

スポーツにおける対人間協応に関する力学系理論(dynamical system theory)からの検討は始まったばかりである。四肢の周期的な協応動作の観察から始まった力学系理論を援用した運動制御研究は、二者による足振りや振り子振りなどの(対人間の周期的な協応動作に)拡張され、ようやくスカッシュやバスケットボールなどスポーツでの対人間協応にも援用され始めてきた。ここでの主要な理論的背景は周期的なリズムの同調と離調であり、周期変動の激しいスポーツでのダイナミクスを記述するには至っていない。

この問題の解決の糸口となるのが、外部入力を考慮した力学系モデルであり、周期の切替に対応したもので、テニスの打動作においてその有効性はすでに実証されている。このモデルを援用することによって、2者間の距離や両チームの選手の平均位置の関係を連続的に記述することによって、周期変動の激しい集団ダイナミクスも記述できると考えられる。そして、そのダイナミクスを表す集合変数を用いて光点と音によって表現し、集団ダイナミクスを縮約、すなわちそこに潜む規則性を探ろうというものである。

### 2. 研究の目的

対人競技や集団競技で集団ダイナミクスを表すのに間合いや流れ、あるいはハーモニーといった言葉がしばしば用いられる。この間合いや流れ、ハーモニーといった集団ダイナミクスを可視聴化すること、すなわち光点の動きや音の変化で表現することが本研究の目的である。

### 3. 研究の方法

本研究では、まず対人・集団競技の選手の位置データの解析と、光点と音による集合変数の可視聴化(表現)システムの開発を行った。この際に集合変数の同定が鍵となり、様々な変数を検討した。

具体的には、対人競技として鬼ごっこと剣道を対象にして、各選手の詰め引きの速度と二者間距離を変数とした。この二者間距離を線分として、また選手の位置を光点として、そして詰め引き速度を音により表現し、剣道における上級者と中級者の技能レベルの違いが、識別可能か否かを心理評価実験にて検証した。さらに、この集合変数を用いて、位相差分析を行い、鬼ごっこならびに剣道における対人ダイナミクスの解明を行った。

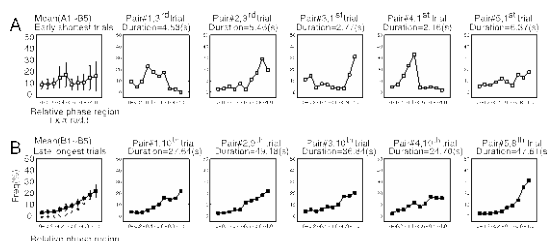
また集団競技ではサッカーを対象として、

22名の選手の位置にガウス分布で圧場を作成し、そのガウス分布の変曲点を変更することによって、2チーム間の間にできる境界線を表現した。

### 4. 研究成果

剣道における可視聴化の心理評価実験の結果より、詰め引き速度、二者間距離が剣道における集合変数として妥当であることが明らかになった。

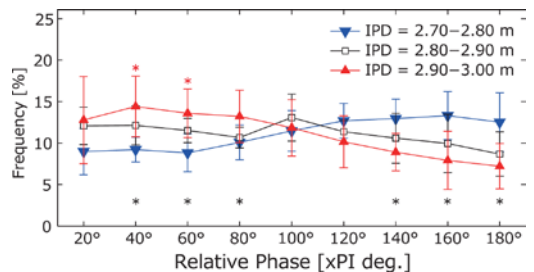
そこで鬼ごっこならびに剣道において位相差分析を行ったところ、鬼ごっこにおいては学習が進むにつれ、すべてのペアで位相差の



分布が等しくなり、最終的には逆相同期が生じ、それがゲームの膠着状態を生むことが明らかになった(図1)。

図1 タグ鬼ごっこにおける学習に伴う位相差の変化 (Kijima et al., PLoS One, 2012)

また剣道において上級者では、わずか10センチの距離で、同相同期と逆相同期が切り替



わっていることが明らかになった(図2)。このことは、ある一定の距離において位相差が急激に変化する点、すなわち分岐が生じる二者間距離があり、これが対人競技のダイナミクスに潜む規則性であると考えられた。

図2 剣道における3つの距離における位相差分布 (Okumura et al., PLoS One, 2012)

サッカーにおいて、各選手の圧場を合算し、そこに現れた境界線の動きを検討した結果が図3である。それぞれの小さな点が各選手の位置で、その圧場を合算してできた境界線が白線である。

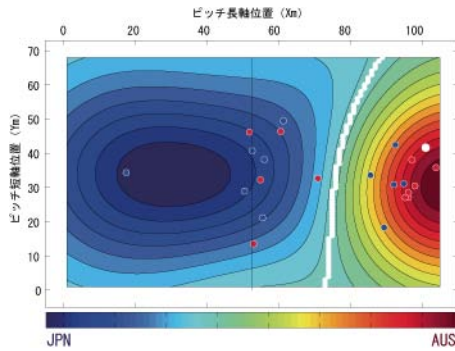


図3 サッカーにおける圧場分布による境界線の可視化  
(木島ほか, Nicograph 論文コンテスト, 2010)

この境界線の移動とボールの移動の特徴を解析することによって、得点機の予測、ゲームの流れなどの理解につながるものと思われる。

#### 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 5 件)

1. Y. Yamamoto & K. Yokoyama, Common and unique network dynamics in football games, PLoS One, 6, e29638, 2011. doi:10.1371/journal.pone.0029638.
2. A. Kijima, K. Kadota, K. Yokoyama, M. Okumura, H. Suzuki, R. C. Schmidt, Y. Yamamoto, Switching dynamics in an interpersonal competition brings about 'deadlock' synchronization of players, PLoS One, 7, e47911, 2012. doi:10.1371/journal.pone.0051877.
3. M. Okumura, A. Kijima, K. Kadota, K. Yokoyama, H. Suzuki, Y. Yamamoto, A critical interpersonal distance switches between two coordination modes in kendo matches, PLoS One, 7, e51877, 2012. doi:10.1371/journal.pone.0051877.
4. 山本裕二・横山慶子, ネットワーク理論のボールゲームへの適用ーネットワーク理論の概説とベキ則分布の尤度比検定ー, 総合保健体育科学, 27, 80-92, 2012.
5. 山本裕二, 身体の動きからヒトを知る, 精神療法, 38, 626-633, 2012.

[学会発表] (計 9 件)

1. 木島章文・横山慶子・門田浩二・奥村基生・鈴木啓央・山本裕二, サッカーの試合における前線推移の時系列, 第26回 Nicograph秋季大会, 2010, 9, 24. 盛岡
2. 奥村基生・木島章文・鈴木啓央・横山慶子・山本裕二, 間合いの駆け引きを生成する距離基準, 日本スポーツ心理学会第 37

回大会, 2010, 11, 21. 福山.

3. Y. Yamamoto, M. Okumura, A. Kijima, K. Yokoyama, H. Suzuki, K. Kadota, Dynamics of interpersonal competition during sports, 21st Annual International Society of Chaos Theory in Psychology and Life Sciences, 2011, 8, 6. Orange, CA, USA.
4. 木島章文, サッカーにおける集団ダイナミクスの可視化, 日本スポーツ心理学会第 38 回大会, 2011, 10, 10. 東京 (招待講演).
5. 山本裕二, 二者, 三者, そして集団ダイナミクスの解明に向けて, 日本スポーツ心理学会第 38 回大会, 2011, 10, 10. 東京 (招待講演).
6. 山本裕二, 複雑に見えるスポーツ・身体運動に潜む規則性を探る, 日本統計学会・スポーツと統計科学の融合シンポジウム II, 2012, 3, 29. 東京 (招待講演).
7. 山本裕二, 集団の動きの創発機序を探る, 2012 年度 統計関連学会連合大会, 2012, 9, 10. 東京 (招待講演).
8. Y. Yamamoto, M. Okumura, A. Kijima, K. Yokoyama, H. Suzuki, K. Kadota, K. Gohara, Stochastic dynamics hidden in Japanese martial arts, 34th Annual Cognitive Science Conference, 2012, 8, 3. Sapporo, Japan.
9. 山本裕二・奥村基生・木島章文・横山慶子・門田浩二, 剣道という共同行為の文法, 日本スポーツ心理学会第 39 回大会, 2012, 11, 24. 金沢.

[図書] (計 1 件)

1. 中込四郎・伊藤豊彦・山本裕二編著, よくわかるスポーツ心理学, ミネルヴァ書房, 2012, Pp. 204.

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計 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

## 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

木島章文 (KIJIMA AKIFUMI)  
山梨大学・教育学研究科・准教授  
研究者番号：10389083  
奥村基生 (OKUMURA MOTOKI)  
静岡大学・教育学部・准教授  
研究者番号：90400663  
門田浩二 (KADOTA KOJI)  
大阪大学・医学系研究科・助教  
研究者番号：50557220  
(H22→H23：連携研究者)

### (3) 連携研究者