

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750259

研究課題名(和文) リターンマップによる集団ダイナミクスの解明

研究課題名(英文) Understanding of collective dynamics using return map

研究代表者

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：ゲームの流れやチームのリズムは、集団スポーツにおいて勝負の鍵となる重要な事象と考えられるが、その実体は定かではない。本研究では、こうした集団的挙動のダイナミクス(動的変化の規則性)を明らかにすることを目的とした。サッカーのゲームデータを用いて、攻守の切り替わりタイミングの時間間隔(ゲームのリズム)とパスのタイミングの時間間隔(チームのリズム)をリターンマップ分析した結果、ゲームとチームのリズムに共通するダイナミクスが確かめられた。

研究成果の概要(英文)：In collective sports, the rhythms of game and team are important phenomena which should be controlled by players. The aim of this study was to understand the dynamics of these collective phenomena. The actual game data extracted from professional soccer games were applied to return map analysis which can reveal the rhythmic patterns underlying the time development of discrete variables. The results suggested that the rhythms of game and team have the common two dynamics, which repeat the rhythms of the short and long intervals, and gradually shorter the rhythms of intervals.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：集団スポーツ ダイナミクス リターンマップ

1. 研究開始当初の背景

集団スポーツのゲームにおけるプレイヤーの動きの計測は、目視による位置座標の記録から、ビデオ映像を用いた画像解析手法へと発展し、近年では、GPS や無線を用いた位置検出システムが欧州のプロサッカーリーグを中心に広がりを見せている。しかしながら、高度な計測技術の発展にも関わらず、計測されたゲームデータの活用法は、プレイヤーの走行距離など、個人技能の評価が中心であり、集団技能を評価した例は少ない。そのため、得られた個人技能のデータをチーム戦術に生かす役割は、指導者に委ねられることが多い。例えば、「ゲームの流れ」や「チームのリズム」などといったことは、試合の重要な局面を表現する際に多く用いられ、プレイヤーはそれを状況に応じてコントロールする必要があると考えられるが、その実は定かではない。こうした事象の仕組みが明らかとなり、ゲームの流れやチームのリズムを予測するシステムが構築されれば、チーム戦術の視点からスポーツ場面への還元が期待できる。

我々はこれまで、集団スポーツにおける集団的事象の定量化とその仕組みの理解を力学系の視点から検討してきた(横山・山本, 体育学研究, 2009; 横山・山本, 認知科学, 2011; Yokoyama & Yamamoto, *PLoS Computational Biology*, 2011)。力学系とは、現象のダイナミクス(動的変化の仕組み)を記述する理論体系で、様々な生命・自然現象を解明した実績があり、複雑な集団スポーツの理解にも有効と考えられたためである。本研究では、力学系の視点から「ゲームの流れ」や「チームのリズム」のダイナミクスを検証するために、時間発展する現象の仕組みを理解する方法のひとつとして知られているリターンマップ分析を導入する。この解析手法は、心拍のリズム(Garfinkel et al., *Science*, 1992)や脳細胞の発火(Schiff et al., *Nature*, 1994)などに用いられているが、集団スポーツに導入された例はなく、新たな理解が期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ゲームの流れやチームのリズムを評価する最適集合変数を同定し、それらのダイナミクスを明らかにすることである。そのために、プレイヤー個々の動きの測定値から、ゲームやチームの集団的挙動を多側面から指標化し、リターンマップ分析に適用する。

3. 研究の方法

本研究ではまず、ゲームデータ計測と集合変数の指標化を行った。ゲーム映像の動画解析によってプレイヤーの動きを計測すると同時に、取得済みのゲームデータを用いて、

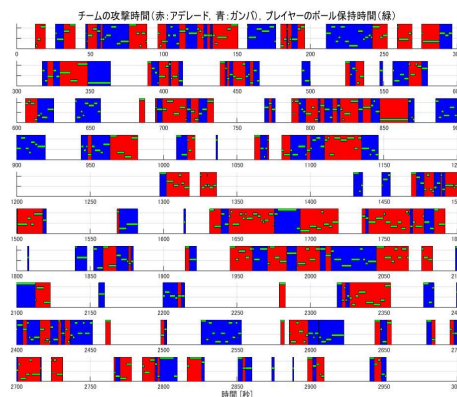


図1: ゲーム変数(赤・青)とチーム変数(緑)

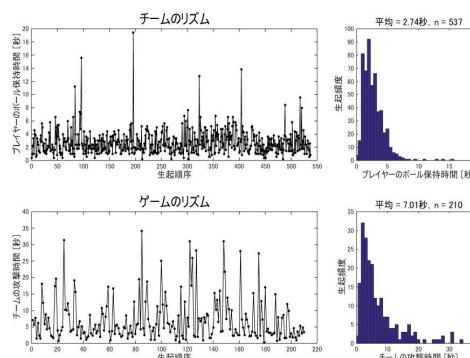


図2: リズム周期の時間変化(左)とその生起頻度分布(右)

ゲームやチームの挙動を表す集合変数を指標化した。そして、ゲーム及びチームの最適な集合変数をリターンマップに当てはめ、ゲームの流れやチームのリズムのダイナミクスを検討した。また同時に、チーム内の協調行動を支える個の動きの仕組みを明らかにするために、三者間の協調行動のモデル化と実験データの比較を行った。

4. 研究成果

ゲームおよびチームの集合変数を連続および離散変数の二つの側面から検討を行い、そのうちでも、離散変数に注目して検討を進めた。具体的には、攻守の切り替わりタイミングと、プレイヤー間のパスのタイミングによって区切られた時間間隔を、それぞれゲーム及びチームのリズムを離散的に評価する変数とし、プロサッカーリーグのゲームを用いて検証を行った。図1は、ゲーム開始から前半終了までに関して、各変数のリズムの時間間隔を帯の長さで表している(赤と青の繰り返し)がゲームのリズム、赤および青の中の緑がチームのリズムを表しており、縦軸はプレイヤーの番号に相当する)。また図2は、各変数の時間変化(左図)とその頻度分布(右図)を示している。この頻度分布の形状をみると、チームとゲームのリズムのどちらに関しても、短い周期のリズムを刻む頻度が多く、長い周期のリズムが少ないという分布の特徴を示していた。特に、チームのリズムの幅

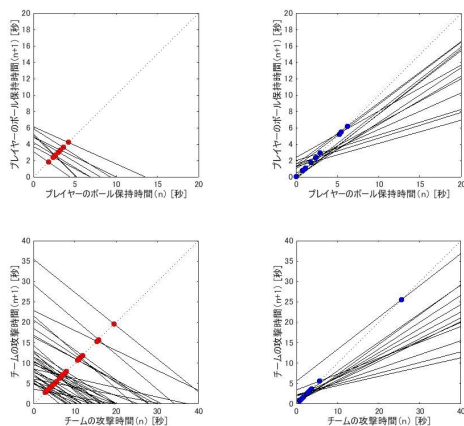


図3：チームおよびゲームのリズムのリターンマップ分析

は0～20秒であるのに対して、ゲームのリズムの幅は0～40秒といったように、時間スケールが異なるにも関わらず、リズムの取りうる頻度に類似する特徴がみられたのは、興味深い結果と考えられる。

さらに、それぞれのリズムパターンの特徴を調べるために、リターンマップ分析を行った結果が図3である。この分析では、 n 番目と $n+1$ 番目の時間間隔の関係を表す関数の傾きから、リズムのパターンが特定できる。ゲームおよびチームのリズムを検証した結果、どちらのリズムに関しても、短い周期と長い周期を繰り返すリズムのパターン(図3左:回転アトラクタ)と、次第に周期が短くなるリズムのパターン(図3右:漸近アトラクタ)の傾向が高かった。これらの特徴を実際の状況で説明すると、チームのリズムは、ドリブルのような長いボール保持とダイレクトプレーのような短いボール保持を順番に繰り返す状況(回転アトラクタ)と、ドリブルなどの長いボール保持の状況から次第にパスの間隔が短くなっていく状況(漸近アトラクタ)を示していると考えられる。また一方で、ゲームのリズムは、一方のチームが優勢でボール保持が長く、もう一方のチームはほとんどボールに触れない状況の繰り返し(回転アトラクタ)と、インタセプトの時間間隔が次第に短くなり、ゲームが均衡状態(漸近アトラクタ)を示していると考えられる。このように、リターンマップ分析を用いることにより、ゲームとチームのリズムの特徴的なパターンを抽出することができたと考えられる。また同時に、回転アトラクタと漸近アトラクタという二つのダイナミクスが、ゲームおよびチームのリズムに共通に潜んでいる可能性が示唆された。今後、今回の研究手法をより多くのゲームデータを適用し、ゲームおよびチームのリズムの特徴的なパターンデータを蓄積することによって、集団スポーツのリズムを予測するシステムの開発に繋がることが期待される。

また、これらのリターンマップ分析と同時に、チームのリズムを生成するチーム内の協調行動が、どのような個の動きによって成り

立つのかを明らかにするために、三者間の協調行動をモデル化し、実験データと比較した。その結果、敵や仲間、空間という3つの事象との距離間隔の変化に対応した動きが重要であることが明らかとなった。またさらに、仲間との距離間隔が技能レベルに関わると考えられたことから、仲間との距離間隔の変化を察知することのできる練習道具の開発を進めた。

集団スポーツは、競合や協調という二種類の社会的な相互作用が多階層に渡って混在する複雑な集団現象のひとつといえる。本研究では、リターンマップ分析を通じて、二つの集団スケールに潜むリズムの仕組みと、それを支える個の動きの仕組みに迫ることができたと考えられる。

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2件)

山本裕二・横山慶子・木島章文・奥村基生, 2振動子の同期による対人格闘技の理解, 総合保健体育科学, 査読無, 38, pp.1-11, 2015.

横山慶子, 競い合いが生む三者の協調する動き, 体育科教育, 査読無, 64, pp.23-27, 2016.

[学会発表](計6件)

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(招待講演), 2014, 8, 28, 岩手大学(岩手県・盛岡市)。

Keiko Yokoyama & Yuji Yamamoto, Dynamics of cooperative skills among football players, 1st Asia FIEP, 2014, 12, 13, Kogakuin University (Japan).

横山慶子・山本裕二, ゲームとチームのリズムに潜むマルチスケールダイナミクス, 日本体育学会第66回大会, 2015, 8, 25, 国土舘大学(東京都・世田谷区)。

Keiko Yokoyama, Hiroyuki Shima, Noriyuki Tabuchi & Yuji Yamamoto, Invisible tension behind cooperative skills in team sports, 18th International Conference on Perception and Action, 2015, 7, 17, University of Minnesota (USA).

山本裕二, 横山慶子, 木島章文, 奥村基生, 力学系理論によるスポーツ行動の理解, 日本スポーツ心理学会第42回大会, 2015, 11, 22, 九州共立大学(福

岡山・北九州市)。

Keiko Yokoyama, Invisible force model for team dynamics, International Symposium of Integrated Understanding for Emergent Property of Cooperation and Competition Dynamics, 2016, 3, 3, University of Tokyo (Japan).

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称：トレーニング器具

発明者：横山慶子，山本裕二，田淵規之，上向井千佳子，鈴木大介

権利者：美津濃株式会社，国立大学法人名古屋大学

種類：特許

番号：2015-140137

出願年月日：2015年7月14日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

http://profs.provost.nagoya-u.ac.jp/view/html/100008570_ja.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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