

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11439

研究課題名（和文）全身対人協調運動における協調技能の学習ダイナミクス解明

研究課題名（英文）Understanding of the learning dynamics of cooperative skills in whole body movement

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・准教授

研究者番号：30722102

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、三者の協調行動を対象として、意図や視覚情報場の違いが、同期パターンに及ぼす影響について検討した。その結果、意図的に協調行動を指示されない場合であっても、三者の自発的な同期が発生することが明らかになった。また、意図や視覚情報場の違いに関わらず、三者の協調行動は、三者が完全に同じ方向で同期するパターンよりも、三者のうち1組の二者が同位相で同期して、残りの2組が逆位相で同期するパターンが多く確かめられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

複数の他者と協調する技能の習得は容易ではない。本研究では、複数の他者が存在する最小単位である、三者に注目して、意図の有無や視覚情報場の形状の違いが、協調行動にどのように影響するのかを検討した。このことは、協調技能の学習環境のデザイン提案に繋がる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study was to investigate how intention and visual information fields affect synchronized movement patterns among three people. The results showed that even without explicit instructions for intentional coordination, the three individuals spontaneously synchronized with each other. Moreover, the most stable pattern observed was that two people synchronized rather than all three synchronizing together.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：協調行動 同期

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

多くのスポーツでは、個人技能だけではなく、他者との協調や競合といった対人技能が重要となる。協調運動の視点からスポーツを整理すると、例えばアーティスティックスイミングや体操は、複数のプレイヤーがあらかじめ定められたシナリオに沿って、動きを同期させるなど、協調運動それ自体が目的のスポーツといえる。一方で、対人・集団のスポーツでは、相手との競い合いの結果として、仲間との息の合った(同期した)協調的なプレーが、即興で創出するスポーツといえる。つまり、対人・集団スポーツは、即興的に他者とシナリオを創ることが求められるが、こうした協調技能を習得することは、初心者にとって簡単ではない。我々は過去の研究でサッカーのパス回しを題材に三者の協調運動を検証し、サッカーの熟練者グループと初心者グループではリズム同期のパターンが異なることを明らかにした(Yokoyama & Yamamoto, PLoS Computational Biology, 2011)。また、個人の動きに着目すると、熟練者グループは、プレイヤー間の距離感覚を敏感に察知している可能性が示唆された(Yokoyama et al., Physical Review E, 2018)。しかし、他者に注意が向けられない初心者と、他者の意図を読み取り自己を調整できる熟練者の違いは何か、といった点については明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究は、全身の対人協調運動における協調技能の熟練差を明らかにし、初心者が協調技能を学習していく過程の動的変化の仕組み(ダイナミクス)を明らかにすることを当初の目的としたが、本研究を基課題とした国際共同研究加速基金の採択に伴い、協調技能を促進する視覚情報場を検討することを主たる目的に変更した。具体的には、三者の協調行動を対象として、意図や視覚情報場の違いが同期パターンに及ぼす影響を検証することを目的に実験を実施した。

3. 研究の方法

(1) 参加者

実験の参加者は、知覚運動機能が健常な右利きの方で、合計で117名であった。家族やパートナーではない三名を1組として、39組を対象に実験を実施した。なお、全39組のうち、15組は意図的な協調を指示される群(意図的グループ)、24組は協調を指示されない群(非意図的グループ)とした。

(2) 実験の手続き

課題は、椅子に座った状態で、右手を台の上に置き、錘の付いた振り子を左右に揺らす、逆さ振り子課題を用いた(図1B)。振り子は、3種類の異なる長さを用意し(図1C)、これらを三名の参加者にランダムに割り振った。課題は、1試行あたり80秒間とし、参加者には、課題の開始から終了まで、振り子を左右に振るように教示した。また、1試行を20秒間と40秒間からなる3つのセグメントに分け、開始直後の20秒間では閉眼、次の40秒間では開眼、最後の20秒間では閉眼するように教示した(図2)。なお、試行の開始や終了、セグメントの切り替わりは、ピープ音で教示した。また、開眼セグメントにおいては、三名の参加者の中心に設置されている物体(図1A左写真のGaze point)を注視するように教示した。振り子の動かし方については、意図的グループに関しては、他者と協調して動かすようにと教示した。非意図的グループに関しては、参加者自身の心地よいペースで振り子を動かすようにと教示した。実験の試行数は、1組あたり合計で18試行とした。視覚情報場の違いを比較するために、三者が円環状に配置する条件(Ring条件)と、三者のうちのひとつの二者間の位置に衝立を設置することにより、三者が鎖状に配置する条件(Chain条件)を設定し(図1A)、各グループについて9試行ずつ実施した。なお、Chain条件では、鎖状の中央の役割(他者との間にスクリーンが設置されない場所)を3試行ずつ交代で実施してもらった。

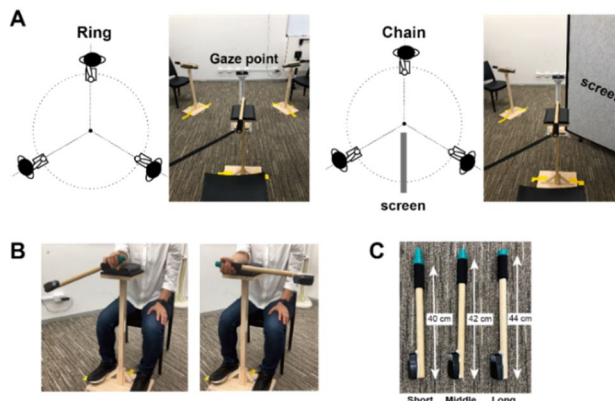


図1: 実験条件と課題。A: 2種類の実験条件(左: Ring条件、右: Chain条件)、B: 逆さ振り子課題の様子。C: 実験で使用した長さの異なる3種類の振り子。

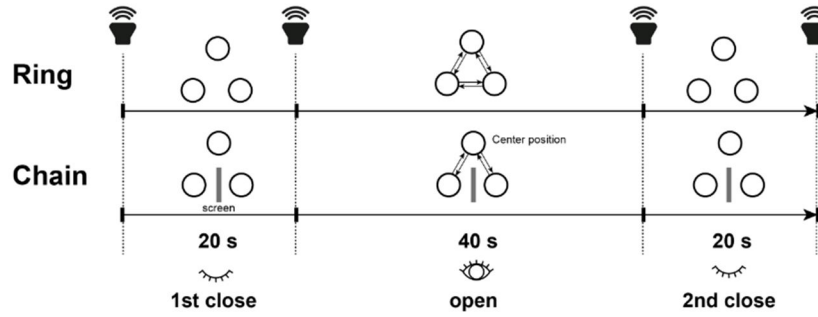


図2：1回の試行（80秒間）の詳細（上はRing条件、下はChain条件を示す）

(3) 計測および指標

振り子の先端に錘として貼付した、磁気追跡センサー（Polhemus, LIBERTY）を用いて、三名の参加者の振り子の左右の動きを計測した（図3A）。そして、三者関係に含まれる3種類の二者関係を評価するために、2つの振り子間の相対位相を算出した（図3B）。その後、二者関係の同期の程度を評価するために、相対位相のロック（固定）変数を算出した（図3C）。

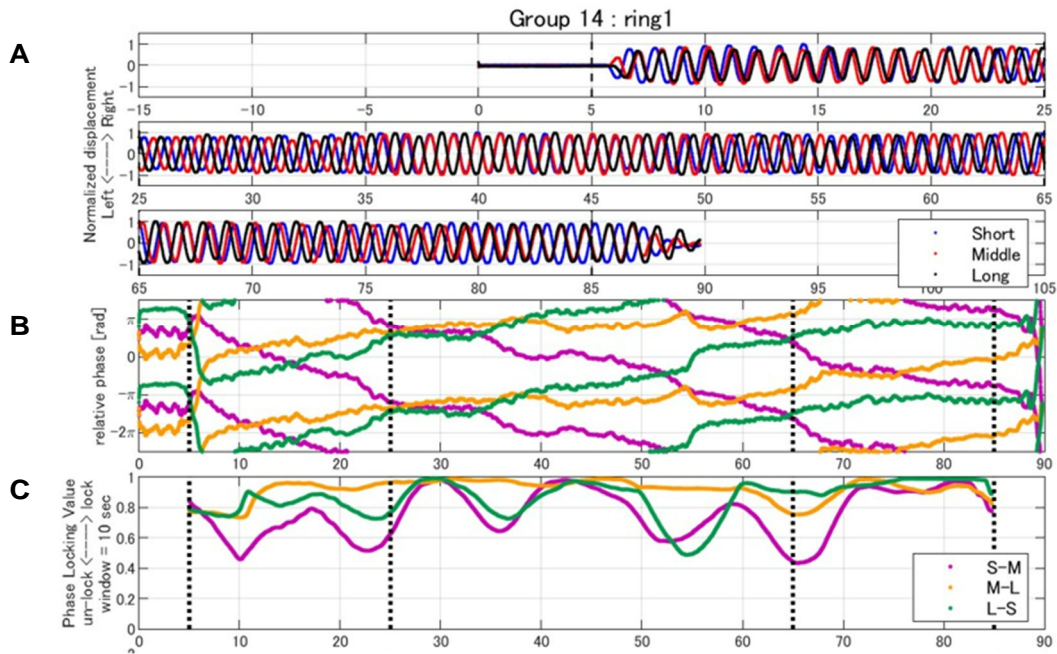


図3：1試行の計測データの例。A：三名の参加者の振り子の左右方向の動き（青：短い長さの振り子、赤：中程度の振り子、黒：長い振り子）。B：2つの振り子の相対位相（紫：短い-中程度の振り子の相対位相、黄：中程度-長い振り子、緑：長い-短い振り子）。C：位相ロック変数（値が1に近いほど、位相が一定であることを示す）。

(4) 同期パターンの定義

同位相および逆位相の数から推定できる同期パターンを定義した（図4）。

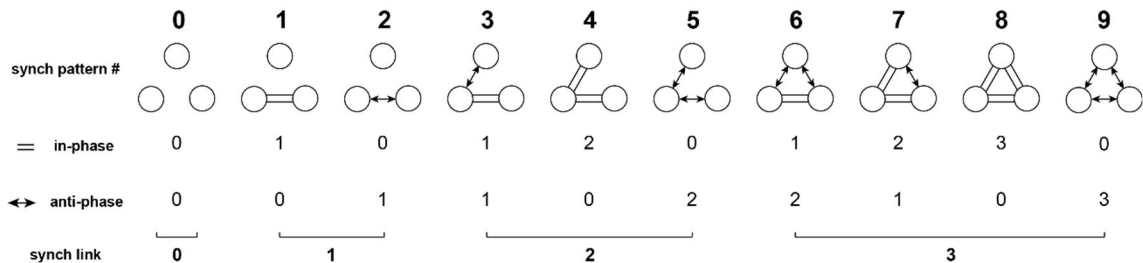


図4：同位相および逆位相の数から推定される10種類の同期パターン

(5) 同期パターンの頻度

相対位相および位相ロック変数を用いて、同期パターンの頻度を算出した。具体的には、試行の開始から終了までについて、10秒間のウィンドウサイズの相対位相の平均値を5秒間隔で算出した。その後、位相ロックの指標が0.7以上であり、かつ、相対位相が $3\pi/4$ 以上または $-3\pi/4$ 以下の場合を逆位相同期、 $-\pi/4$ 以上、 $\pi/4$ 以下の場合を同位相同期とし、これらの数に基づいて、同期パターンの種類を5秒間隔で算出した。以上の算出を全ての試行について実施したうえで、各条件について全9試行の同期パターンの出現率を求めた。

4. 研究成果

(1) 結果の詳細

まず、開眼のセグメントでは、閉眼のセグメントよりも位相ロックされる傾向が高いことが、両グループおよび両条件ともに確かめられた。このことは、他者との協調を指示されていない、非意図的グループであっても、視覚情報を通じて三者の自発的な同期が発生することを示している。また、非意図的グループのRing条件とChain条件には大きな違いがみられなかった。このことは、三者関係のうちのひとつの二者関係が遮断されて、非均一な繋がりであったとしても、一定の同期が保たれることを示唆している。

次に、開眼セグメントにおける10種類の同期パターンの出現率から、両グループに共通する特徴として、同期リンクが2本のパターン(#3、#4、#5)は、その他のリンク数のパターンと比較して、出現頻度が少ない傾向であった。同期リンク数2本は、3本のパターンへの準備段階であり、維持することがほとんどないためと考えられる。また、同期リンク数3本のパターンのうち、#7および#9は出現率が0であった。これは、現実的に発生し得ないパターンのためである(例えば、パターン#7では、2つが同位相の場合は、残りの1つも同位相になるはずであり、逆位相になることはない)。さらに、同期リンク数の発生率をグループ間で比較すると、意図的グループでは、同期リンク数が0の場合が最も頻度が高く、非意図的グループでは、同期リンク数3本が最も頻度が高かった。このことは、意図的な協調を指示されない場合は、同期パターンの発生率が低い傾向を示しているが、同期リンク3本のパターンも発生する場合もみられた。特にパターン#8(三者が完全に同じ方向で同期するパターン)よりも、パターン#6(三者のうち1組の二者が同位相で同期して、残りの2組が逆位相で同期するパターン)の方が多い傾向であった。これら一連の結果と同様の傾向は、意図的グループでも確かめられた。

(2) 考察および今後の展望

本研究では、複数の他者が存在する最小単位である、三者の協調行動を対象として、意図や視覚情報場の違いが、同期パターンに及ぼす影響について検討した。その結果、意図的な協調を指示されない場合であっても、一定の割合で三者の自発的な同期が発生することが明らかになった。非意図的な条件での自発的な同期についてこれまで、二者関係について明らかにされていたが、二者よりも注意が分散すると考えられる、三者関係については検討されておらず、新規性の高い結果と考えられる。また、意図や視覚情報場の違いに関わらず、三者の協調行動は、三者が均一に同期するパターンよりも、三者が2名と1名に分かれた、非均一な同期パターンを好む傾向にあった。このことは、非均一な同期が、三者の協調行動の強固な安定性を示唆する結果といえ、協調技能の学習環境のデザインを考案する際の一助になると考えられる。ただし、視覚情報場の違いが、同期パターンの発生に与える影響については、例えばパターン間の遷移や時間遅れなど、分析の余地が残されており、今後の課題といえる。

< 引用文献 >

・ Keiko Yokoyama and Yuji Yamamoto, Three people can synchronize as coupled oscillators during sports activities, PLoS Computational Biology, 6, e1002181, 2011.

・ Keiko Yokoyama, Hiroyuki Shima, Keisuke Fujii, Noriyuki Tabuchi, and Yuji Yamamoto, Social forces for team coordination in ball possession game, Physical Review E, 97, 002400, 2018.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 K. Yokoyama, T. Furuhashi, Y. Yamamoto, M. Rooksby, and H. J. McLeod	4. 巻 14
2. 論文標題 An examination of the potential benefits of expert guided physical activity for supporting recovery from extreme social withdrawal: Two case reports focused on the treatment of Hikikomori	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychiatry	6. 最初と最後の頁 01-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fpsyt.2023.1084384	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 該当する
1. 著者名 横山慶子, 田淵規之, 山本裕二	4. 巻 12
2. 論文標題 連携技能に関わる練習道具のトレーニング効果を検証する	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 スポーツパフォーマンス研究	6. 最初と最後の頁 198-208
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 -
1. 著者名 K. Yokoyama, N. Tabuchi, D. Araujo, and Y. Yamamoto	4. 巻 19
2. 論文標題 How Training Tools Physically Linking Soccer Players Improve Interpersonal Coordination	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Sports Science and Medicine	6. 最初と最後の頁 245-255
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 該当する
1. 著者名 横山慶子	4. 巻 70(3)
2. 論文標題 集団運動における協調スキルを評価する	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 203-207
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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 K. Yokoyama, R. Kallen, and M. Richardson
2. 発表標題 Triad coordination dynamics during unintentional task
3. 学会等名 Performance and Expertise Conference 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Yokoyama
2. 発表標題 Power-law distributions in global and local temporal scales of football
3. 学会等名 3rd International Workshop on Team and Multiagent Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 横山慶子
2. 発表標題 チームワークに必要な「見えない力」：サッカーの協調スキルを題材として
3. 学会等名 セコム財団チームワーク科学研究会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 横山慶子
2. 発表標題 協調スキルの計測・モデル化とその応用 ～ サッカーの3対1課題を題材として ～
3. 学会等名 電子情報通信学会 ヒューマンコミュニケーション基礎研究会（HCS）（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 横山慶子
2. 発表標題 運動やスポーツを通じた個別の学生支援
3. 学会等名 第24回 フィジカルヘルスフォーラム（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Yokoyama, D. Araujo, and Y. Yamamoto
2. 発表標題 Equipment specifically designed to physically-couple players influence interpersonal triadic coordination in football
3. 学会等名 International Conference On Perception and Action（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 横山慶子	4. 発行年 2023年
2. 出版社 講談社	5. 総ページ数 10
3. 書名 これからの体育・スポーツ心理学（担当：分担執筆，範囲：第4章 運動の学習におけるダイナミカルシステムアプローチ）	

1. 著者名 横山慶子	4. 発行年 2023年
2. 出版社 大修館書店	5. 総ページ数 7
3. 書名 スポーツ心理学の挑戦：その広がりや深まり（担当：分担執筆，範囲：第 部 5章 制約を利用した練習方法）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

運動学習科学研究室
<https://nagoya-hml.com/>

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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ポルトガル	Universidade de Lisboa			
オーストラリア	Macquarie University			