

令和 2 年 5 月 8 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01716

研究課題名(和文)シンクロナイズドスイミングにおけるリズム能力に関する研究

研究課題名(英文)Rhythm skill in synchronized (artistic) swimming

研究代表者

本間 三和子 (Homma, Miwako)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：80241800

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：複雑な肢間調整タスクの経験はあるが音楽の音楽的背景が異なる対象者間(アーティスティックスイミング(AS, 2017年にシンクロナイズドスイミングから競技名が変更)選手, 水球選手, ドラマー)におけるポリリズムでの生成能力を調査した。その結果, 単一リズムタスクにおいては3者間で統計的有意差は示されなかったが, ポリリズムのタスクにおいては水球選手の遂行エラーが大きかった。AS選手とドラマー間に有意差は認められず, 両者が同様のポリリズムの生産能力を持っていることが示唆された。このことより, 四肢の動きを音楽と協調させる経験が, ポリリズムカルな生産能力にプラスの影響を与えると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アーティスティックスイミング(AS)競技では, 水中では身体を支持するための動作(スカーリングや立ち泳ぎ)を行いながら, 水上に出ている身体部分は音楽に合わせて動かすというマルチタスクを遂行する。本研究はAS選手の複雑なリズムでのマルチタスクにおける四肢の協調能力と同期能力を探ろうとした興味深い研究であり, スポーツ選手を対象にした初めての研究である。本研究成果は他の音楽を用いる身体スポーツ(フィギュアスケート, 新体操, ダンスなど)や四肢協調能力を必要とするスポーツにおいて, トレーニング法やタレント発掘法の視点で多に役立つ可能性を有する。

研究成果の概要(英文)：This study compares polyrhythmic production ability between water polo players (WPs), artistic swimmers (ASs) and drummers (Ds), to assess how their differing experiences in coordinating complex inter-limb activity with music affected this ability. Eight ASs, eight WPs and eight Ds participated. They were asked to perform finger and foot taps in a single-rhythm task (every 750 ms) and two polyrhythmic tasks (finger and foot taps at 750 and 500 ms, respectively, and vice versa). The three groups showed no statistically significant differences in the single-rhythm task. However, on polyrhythmic tasks, the WPs were significantly outperformed by the other two groups in PCRC and CVITI. These results suggest that the experience of coordinating limbs with music has positive impacts on polyrhythmic production ability. They also imply that ASs and Ds have similar polyrhythmic production ability despite the apparent differences in task complexity in their daily training and performances.

研究分野：水泳競技コーチング論

キーワード：アーティスティックスイミング リズム能力 肢間協調能力 水球 ドラマー シンクロナイズドスイミング

## 1. 研究開始当初の背景

ポリリズム(複層リズム)タスクは、複数のタスクを異なるリズムで同時に遂行しなければならないため実行するのが難しいとされており、これまでも数多くの先行研究がある(Klapp, 1979; Kurtz & Lee, 2003; Peper & Beek, 1998; Starke & Baber, 2017; Summers & Kennedy, 1992; Summers, Rosenbaum, Burns, & Ford, 1993; Summers, Todd, & Kim, 1993)。ポリリズムタスクでは、多くの相反する等時性の運動連鎖が同時に生成される(Summers, Ford, & Todd, 1993; Tajima & Choshi, 2000)。たとえば、3:2(3対2)のポリリズムカルパターンでは、各サイクルで1つの肢で3つのタッピングを調整し、別の肢で2つのタッピングを調整する。ポリリズムカルなパフォーマンスを成功させるには、優れた音楽的認知と動作制御が必要である(Yokus & Yokus, 2015)。

ポリリズムカルなスキルは、四肢の協調と感覚運動の同期能力を組み合わせ、動きを外部のリズムと調整することが求められる(Repp & Su, 2013)。理想的な四肢の協調を達成するには、相応の四肢の調整力が不可欠である。先行研究により、プロまたは経験豊富なミュージシャン、ダンサー、アスリートは、四肢の調整においてアマチュアまたは未経験のグループよりも優れていることが示されている(Martins, Neves, Rodrigues, Vasconcelos, & Castro, 2018; Mo & Chow, 2018; Seifert, Leblanc, Chollet, & Delignières, 2010; Seifert et al., 2011)。同様に、経験豊富なミュージシャンやダンサーは、経験の浅いミュージシャンやダンサーよりも感覚運動の同期能力が優れていることが明らかとされている(Jin et al., 2019; Karpati, Giacosa, Foster, Penhune, & Hyde, 2016; Repp, 2010; Sommer, Hager, Boraxbekk, & Ronnqvist, 2018)。ただし、さまざまなスポーツで選手は感覚運動同期を必要としているにもかかわらず(van de Rijt, 2018)、スポーツ選手の感覚運動同期に関する研究はほとんど行われていない(Buhmann, Moens, Van Dyck, Dotov, & Leman, 2018; Maes, Lorenzoni, & Six, 2018)。

ポリリズムは、一貫したタイミングでそれらを実行することは難しいが(Clayton, Sager, & Will, 2004; Peper & Beek, 1998)、高度なスキルを持つミュージシャンは、非ミュージシャンよりもポリリズム的なタスクを実行できることがわかっている。ミュージシャンのうち、通常、四肢すべてを異なる外部リズムで調整する訓練を受けているドラマーは、他のタイプのミュージシャンよりも四肢の協調性が優れている傾向がある(Krause, Pollok, & Schnitzler, 2010)。これらの調査結果は、ポリリズムタスク遂行能力が、広範なトレーニングで改善できることを示している(Deutsch, 1978, 1996; Kurtz & Lee, 2003; Peper & Beek, 1998; Shaffer, 1981; Summers, Rosenbaum, et al., 1993)。Park and Sternad (2015)は、青年が両手での多律リズム能力をどのように獲得および保持しているかを研究した。その結果、音楽的背景を持つ対象者が他の対象者よりも優れていることを示した。しかし、音楽的背景を持つ対象者の数が少なかったことから、さらなる検討を要する。

一部のスポーツではポリリズムカルなスキルが不可欠である(Jagacinski, Kim, & Lavender, 2009)。アーティスティックスイミング(旧名称シンクロナイズドスイミング)と水球では、選手は2つの異なるカテゴリーの運動連鎖を実行している。水中(水面下)での運動の目的は、水上(水面より上)動作を遂行するために不可欠な強固な基盤を提供することである。アーティスティックスイミングでは、音楽と同期しながら芸術的・技術的な難しさを組み合わせた水上での動きが主要なパフォーマンスを構成し、審査員によって採点される。同様に、水球の水上での動きは、シュート、パス、ブロック、防御に関係している。したがって、両方のスポーツで下肢と上肢は独立して動く必要がある。このため、これらのスポーツの選手は、複雑な四肢の調整を伴うエクササイズに慣れている。

ドラマー(D)、アーティスティックスイマー(AS)、および水球選手(WP)は、四肢の調整に豊富な経験を有しているが、音楽などの外部リズムに合わせて動きを調整することには相違がある。3つのグループの中で、Dは四肢すべてを独立して音楽のリズムに合わせて合わせなければならない、身体的に多くのことを要求されるため、最も幅広い経験があるといえる(Bianco, Berchicci, Perri, Quinzi, & Di Russo, 2017)。ASは上肢と下肢を個別に動かすが、音楽と調整するのは一度に上肢または下肢だけである。ASと同様に、WPは上肢と下肢を個別に動かすが、四肢の動きを音楽に合わせる必要はない。

ポリリズムカルなパフォーマンスは、ミュージシャン、特にドラマーの間で広く研究されてきたが、スポーツ選手においてこの能力についてはあまり知られていない。アーティスティックスイマーにおいては、異なるリズムで異なる四肢の協調運動が必要であるにもかかわらず、ポリリズムカルな生成能力についての研究が行われていない。そこで、ミュージシャンとアスリート間において、ポリリズムカルな四肢の調整能力を比較することにより、四肢の動きと音楽との調整がポリリズムカルなパフォーマンスにどのように影響するかについて、研究することとした。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、ドラマー(D)、アーティスティックスイマー(AS)、および水球選手(WP)間のポリリズムカルな四肢協調能力を比較することとした。陸上での指タッピング、足タッピングおよびその両方の課題を行わせ、D、AS、およびWPの感覚運動同期と肢間協調能力の特徴を分析した。

三者は四肢を個別に動かしているという類似性を有する。Dは音楽に合わせて四肢を個別に

動かしており，AS は水上の動き（下肢または上肢）は音楽に合わせて水中は身体を支持するために動かしている．WP は水上の動き（上肢）はボールを扱い，水中は AS と同じく身体を支持するために動かしている．いずれも四肢の動きは，常にポリリズムで動いている．

本研究での運動課題である陸上でのタッピング動作において，D はスポーツ選手よりも感覚運動同期と肢間協調能力が優れており，AS は他のスポーツ選手よりも感覚運動同期と肢間協調能力が優れていると仮説した．

### 3．研究の方法

#### (1) 対象者

高度に訓練された 3 つの対象者グループが本研究に参加した．すべての対象者は，週に 6 回以上定期的なトレーニングを 2 年以上行っている．AS（女性 8 名，平均年齢 23.1±2.9 歳）は，国際および国内競技大会に参加しており，平均 13.25±2.5 年のアーティスティックスイミングの経験がある．WP（男性 8 名，平均年齢 20.75±2.4 歳）は，平均 9.75±2.1 年の水球の経験がある．これらのグループはどちらも，平均して 2 年未満（WP，1.3±1.6 年，AS，1.9±3.2 年）の音楽経験（歌や楽器の習い事）を有していた．D（男性 6 名・女性 2 名，平均年齢 21.6±3.8 歳）は，平均 10±2.8 年の打楽器演奏経験を持つ．実験手順は，筑波大学の倫理委員会にて承認され，対象者はインフォームドコンセントフォームに署名した．

#### (2) 実験タスク

対象者は指と足をメトロノームのビートに合わせてタッピングするタスクを 3 種類各 2 回ずつ実行した．1 つはシングルリズム（指と足の両方とも 750ms），他の 2 つはポリリズムとした（指タッピング 500ms，足タッピング 750ms，または指タッピング 750ms，足タッピング 500ms）（表 1）．すべてのタッピングはパーカッションパッド（SPD ONE Percussion, Roland Corporation, Shizuoka, Japan）で行われた．試技の順序は完全にランダム化した．メトロノームの間隔は，すべての試行で 750 ms に設定された．シングルリズムタスク（750：750）では，参加者はメトロノームビートに同期して指と足の両方をタップするように指示された．750：500 ポリリズムタスクでは，メトロノーム 750 ms ごとに指をタップし，500 ms ごとに（またはメトロノームの 2 ティックごとに 3 回）足をタップした．500：750 ポリリズムタスクでは，対象者は 500ms ごとに指をタップし，750 ms ごとに足をタップした．

Table 1. Description of tasks performed by the participants

	Metronome	Finger	Foot	Types of rhythm
Task 1	750 ms	750 ms	750 ms	Single rhythm
Task 2	750 ms	750 ms	500 ms	Polyrhythm
Task 3	750 ms	500 ms	750 ms	

#### (3) データ解析

すべてのタスクは，44,100 Hz のサンプリング周波数で Logic Pro X（Apple Inc., Cupertino, California, USA）を使用して記録した．同じサンプリング周波数のデジタルオーディオファイル（.wav 形式）に変換した．すべてのファイル（タッピング応答とメトロノームビート）がオーディオファイルに変換後，MATLAB (R2017b, MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, USA) を使用して信号を分析した．オーディオデータは，双方向の 2 次ローパスフィルター（カットオフ周波数=150 Hz）を使用して平滑化した．フィルタリング後，タップの開始とメトロノームのビートを検出した．シングルリズムタスクの 24 の応答サイクルとポリリズムタスクの 12 の応答サイクルを，各対象者の試行ごとに分析し，Summers and Kennedy (1992); Summers, Rosenbaum, et al. (1993) に基づいて正しい応答サイクルの割合（PCRC: 正しい応答サイクルの数と合計数の比率）を計算した．応答サイクルは，(1) すべてのタップとメトロノームビートが同じパターンである場合，および (2) メトロノームビートと同期して実行されるように意図されたタップが関連するメトロノームビートの 20ms 以内に実行された場合に正しいと見なした．

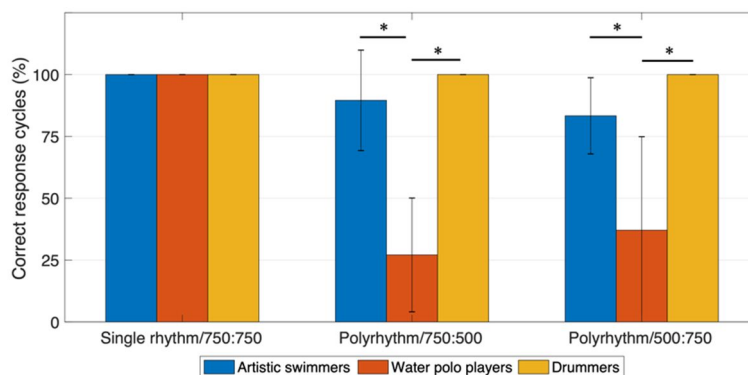
タップ間隔（ITI）を算出した．ITI は絶対的なタイミング測定ができたが，対象者が指定されたメトロノームビートに対してタップをどのように実行したかについての情報は得られなかった．したがって，ITI の変動係数（CV<sub>ITI</sub>）を，平均と標準偏差の比率から計算した．さらに，主観的難易度スコア（SDS）は，各試技の後に，対象者に各タスクの難易度を 0（最も簡単）から 10（最も難しい）のスケールで評価させ，収集した．

正しい応答サイクル（PCRC）のパーセンテージと主観的難易度スコアは，二元配置分散分析（ANOVA）を使用して分析した．タップ間隔の変動係数（CV<sub>ITI</sub>）は，多元配置分散分析によって評価した．

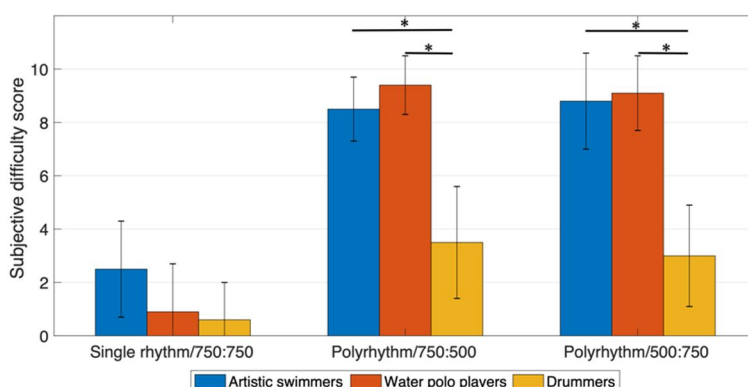
## 4. 研究成果

### (1) 正しい応答サイクル (PCRC) の割合

図 3 は、リズムのタイプの関数としての PCRC を示す。グループとリズムタスクの間に相互作用があった ( $F = 12.176, p < .001$ )。グループとリズムタスクの効果サイズは大きかった(それぞれ 0.736 と 0.576)。2 つの主効果の事後解析では、WP 間の PCRC は AS と D 間の PCRC よりも統計的に低いが、AS と D の間に統計的差異は見られなかった ( $p = .21$ )。一方、Ds の SD は AS の SD の 1% であった。

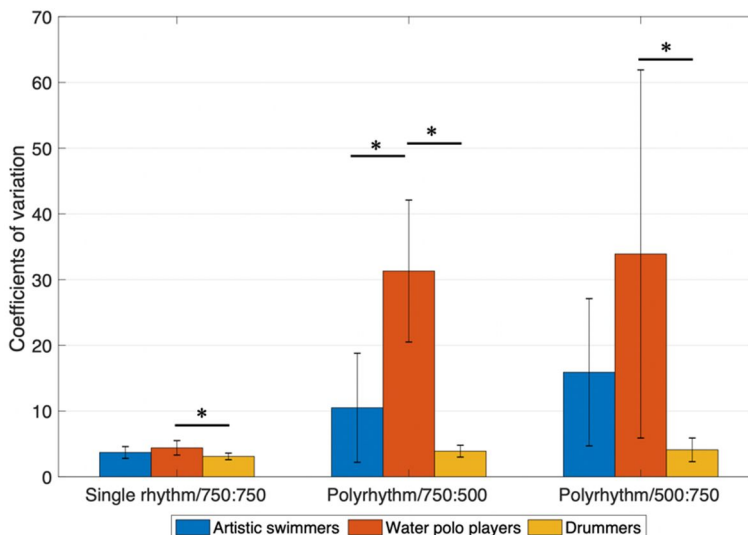


対象者は、シングルリズムタスクを、いずれかのポリリズムタスクよりもはるかに優れて実行した。2 つのポリリズムタスクのパフォーマンスに有意差はみられなかった ( $p = .99$ )。WP の PCRC は、750:500 と 500:750 の両方のリズムで、AS と D の PCRC よりも大幅に低かった ( $p < .001$ ) (図 1)。



### (2) 主観的難易度スコア

D の主観的難易度スコアが AS または WP よりも有意に低かった ( $p < .001$ )。全対象者は、ポリリズムタスク (750:500, 500:750) がシングルリズムタスクよりも難しいと回答した (図 2)。



### (3) タップ間間隔の変動係数

図 3 に平均  $CV_{ITI}$  をリズムタイプの関数として示した。Ds の SD は、AS の SD の 13% および WP の SD の 6% であった。ポリリズムの 750:500 タスクでは、WP は AS および D よりも高い  $CV_{ITI}$  を示した。500:750 タスクでは、WP は D のパフォーマンスよりも大幅に低下したが、AS のパフォーマンスは低下しなかった。ポリリズム課題間の  $CV_{ITI}$  に統計的有意差はなかった。

### (4) 考察

ドラマー、アーティスティックスイマー、水球選手の 3 つのグループは、シングルリズムタスクでは統計的有意差を示さなかった。しかし、ポリリズムタスクの正しい応答サイクル (PCRC) とタップ間間隔の変動係数 ( $CV_{ITI}$ ) において、水球選手はアーティスティックスイマーとドラマーよりもエラーが大きく、アーティスティックスイマーとドラマーの間に有意差はみられなかった。これらの結果は、先行研究 (Kurtz & Lee, 2003; Peper & Beek, 1998; Starke & Baber, 2017; Summers & Kennedy, 1992; Summers, Rosenbaum) によって示唆されているように、多律条件が単一リズムタスクよりも難しいことを示した。本研究対象者のアーティスティックスイマーも水球選手も音楽経験はあまりなかったが、アーティスティックスイマーのトレーニングは、競技の性質上、常に音楽を伴う。しかし、水球選手はトレーニング中には音楽経験や音楽との関わりがない。このような日常のトレーニングの違いが、グループ間の能力の違いを引き起こしたと考えられる。本研究結果は、音楽経験が聴覚的の手がかりタスクを伴う複雑な多律リズムのタス

クで四肢の協調を改善するという先行研究と一致した ( Klapp, 1979; Summers & Kennedy, 1992; Summers, Rosenbaum et al., 1993; Summers, Todd et al., 1993 ). 手足を音楽と協調させる経験が, ポリリズム生成能力にプラスの影響を与えることを示唆した . また, 毎日のトレーニングとパフォーマンスにおけるタスクの複雑さの明らかな違いにもかかわらず, アーティスティックスイマーとドラマーが同等のポリリズム生成能力を有すると考えられた .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Vathagavorakul Ravisara, Gonjo Tomohiro, Homma Miwako	4. 巻 -
2. 論文標題 Differences in limb coordination in polyrhythmic production among water polo players, artistic swimmers and drummers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Motor Behavior	6. 最初と最後の頁 1~9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/00222895.2020.1748860	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

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Ravisara Vathagavorakul and Miwako Homma
2. 発表標題 Measuring sensorimotor synchronization ability in finger tapping with different types of beats: sine and square waves.
3. 学会等名 XIII th INTERNATIONAL SYMPOSIUM on BIOMECHANICS and MEDICINE in SWIMMING（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ravisara Vathagavorakul, Myu Okamoto and Miwako Homma
2. 発表標題 AN ANALYSIS OF FINGER AND FOOT TAPPING BETWEEN SYNCHRONIZED SWIMMERS AND NON-SYNCHRONIZED SWIMMERS
3. 学会等名 ARIHHP国際フォーラム（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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