

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：35412

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K17631

研究課題名(和文)個人間運動におけるTwo heads are better than one効果

研究課題名(英文)Two heads are better than one effect under joint action

研究代表者

升本 絢也(Masumoto, Junya)

広島文化学園大学・人間健康学部・准教授

研究者番号：40814413

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、タイミングの制御を必要とするときに"two heads are better than one effect(2HBT1効果)"が生じることを検討するため、2人の参加者が持続的、分離的、周期的に力発揮し、その総和を目標値に対して一致させる課題を用いた。その結果、持続的力発揮では、1人よる力発揮課題(個人課題)と2人よる力発揮課題(個人間課題)で有意な差異が認められなかったが、分離的と周期的力発揮では、個人間課題が個人課題よりも低い誤差であった。したがって、2HBT1効果はタイミングの制御のない持続的力発揮では生じなかったが、タイミングの制御のある分離的と周期的力発揮では生じた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究成果はSpringer Nature社の国際学術雑誌Experimental Brain Researchに採択され、国際的な評価を得た。個人間相補関係等の基礎知見は体育やスポーツ教育において、学習者や競技者の個人間運動における学習効果の向上をもたらすと予想される。また、相互作用するロボットのシステム構築、作業療法士のリハビリ等に重要な基礎知見となると予想される。

研究成果の概要(英文)： In the present study, to examine the "two heads are better than one effect" (2HBT1 effect) when timing control is required, we used a task in which two participants performed continuous, discrete, and periodic force productions and matched the sum of these forces to a target force. The results showed that there was no significant main effect of the one-person task (individual task) and the two-person task (joint task) for the continuous force production, but the joint task had a lower error than the individual task for the discrete and periodic force productions. Thus, the 2HBT1 effect did not occur in the continuous force production, which did not require timing control, but it did occur the discrete and periodic force productions, which did require timing control. Thus, the 2HBT1 effect did not occur in the continuous force production without timing control, but it did occur in the discrete and periodic force productions with timing control.

研究分野：運動制御

キーワード：Joint action 力の制御 個人間協応

1. 研究開始当初の背景

1)運動課題における Two head are better than one 効果

ヒトは日常生活において2人で1つの物を運ぶ時、2人が歩くタイミングを合わせるとともに、物に持つときに加える力を巧みに調整する。このような動作はジョイント・アクションと呼ばれ、「自分自身と他者が共通の目標を達成するために動作を時空間的に相互作用するような社会的なコーディネーション」と定義されている (Sebanz et al., *Trends in Cognitive Sciences*, 2006)。

いくつかの研究は2人が1人よりも高い課題パフォーマンスになることを”Two head are better than one 効果 (2HBT1 効果)”と呼び (Koriat, *Science*, 2012) その効果は主に知覚・記憶課題を用いて検討されてきた (例えば, Bahrami et al., *Science*, 2010)。一方、ジョイント・アクションにおいても 2HBT1 効果は少ないが検討されている。例えば、Bosga & Meulenbroek (*Motor Control*, 2007) は2人の参加者が両手あるいは片手の人差し指で力検出器に力発揮し、その力の総和を目標値に対して持続的に一致させる課題を行った (図 1A)。その結果、2人の力発揮が負の相関関係になり、両者の一方の力の誤差を他方が補正するような相補的力発揮が観察された。また、個人間の力発揮課題は個人で力発揮を目標値に一致させる課題 (個人課題) よりも力の誤差が大きく、2人は1人よりも低いパフォーマンスであった。それに対して、Masumoto & Inui は2人の参加者が力発揮し、その総和を目標値に対して分離的 (*Experimental Brain Research*, 2014; 2019, 図 1B) または周期的 (*Journal of Neurophysiology*, 2012; 2015, 図 1C) に一致させる個人間課題 (図 2) を用いて 2HBT1 効果を検討した。その結果、個人間課題は個人課題よりも誤差が小さく、Masumoto & Inui の用いた課題では2人は1人よりも力のパフォーマンスが高いこと示した。しかし、Latash らの研究グループは上述の2つのグループによる研究における 2HBT1 効果の矛盾を指摘しており (Solnik et al., *Experimental Brain Research*, 2016) このような 2HBT1 効果が生じる条件について検証する必要がある。



図 1 3つの力発揮の比較。A:持続的力保持課題は2人参加者が力発揮し、その力の総和を持続的に目標値に一致させ、2人はタイミングを制御しない。B:分離的力発揮課題では、2人の参加者は力を発揮していない状態から力発揮し、2人の力の総和を目標値に一致させ、間欠的に力発揮行う。C:周期的力発揮課題では、2人の参加者が力発揮し、その総和を上と下の目標値に対して周期的に一致させる。分離及び周期的力発揮課題では2人の参加者が力のタイミングを合わせるため、タイミング制御が必要となる。

2)相補的運動における脳活動

いくつかの研究はサルとヒトにおいて自分が行為を実行するときだけでなく、他者が同様の行為を観察するときにも下前頭回と下頭頂葉の活動が活発になる事を見出し、これらの領域はミラー・ニューロンと呼ばれる(総説として、Rizzolatti and Craighero, *Annual Review of Neuroscience*, 2004)。それに対して、Newman-Norlund et al. (*Nature Neuroscience*, 2007)は参加者に他者が棒を保持する画像を提示し、他者の手の位置と同じ場所を持つ模倣運動と、他者と異なる位置を持ち、棒を支えるような相補運動を要求し、2つの運動中の脳活動を機能的磁気共鳴断層撮影法 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) によって確かめた。その結果、ミラー・ニューロンに係る脳部位の活動は相補運動の方が模倣運動よりも活発であることを示した。さらに、Newman-Norlund et al. (*Neuroimage*, 2008)は2人の参加者の力発揮の配分に応じて傾くモニター上のバーと球を制御する課題を行い、力制御を必要とする相補運動においても fMRI を用いて脳活動を検討している。その結果、下前頭回と下頭頂葉の活動は2人で課題行った時の方が1人の両手で課題を行った時よりも活発になり、個人間の力発揮課題の際にもミラー・ニューロンの活動が大きく関わっていることを示唆した。しかしながら、Newman-Norlund et al. (2008)の用いた課題では分離的力発揮や周期的力発揮のように、力発揮のタイミングの一致を必要としていないため、力の同期と相補的力発揮が必要な課題において、ミラー・ニューロンに係る領域の活動が活発になるのか確かめる必要がある。

2. 研究の目的

1. 実験 : 個人間の力発揮課題における Two head are better than one 効果の検討

実験 は2人の参加者が力発揮し、その総和を目標値に一致させる課題を用いて、独自性としてタイミングの制御を必要としない分離的力発揮課題をタイミングの制御を必要とする分離的または周期的力発揮課題と比較し、どの力発揮課題において 2HBT1 効果が最も大きくなるのかを検討した。さらに、本実験は2人の力発揮の負の相関関係を検討し、3つの力発揮課題における相補的力発揮も比較した。つまり、実験 では分離的または周期的な力発揮で生じる2人の力のタイミングの一致(同期性)と相補的な力発揮(相補性)の相乗効果によって2HBT1 効果が生じることを確かめた。

2. 実験 : 個人間の分離的力発揮課題と周期的力発揮課題における脳活動の検討

先行研究 (Newman-Norlund et al., 2008)はタイミングを必要としない力発揮課題のみでしか脳活動を検討していないので、実験 では独自性として2人のタイミングの一致を必要とする分離的力発揮と周期的力発揮における脳活動を脳波計 (Electroencephalogram:

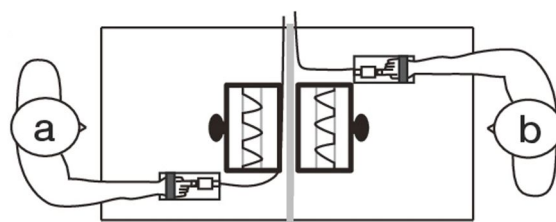


図2 Masumoto and Inui (2012; 2014; 2015; 2019)が用いた実験設定。2人の参加者は力検出器に対して同時に力発揮し、その総和を目標値に一致させる。モニターには2人の力の総和と目標値が提示されるが、個々の力発揮は提示されない。2人の参加者は前方にモニターが配置されているため、相手の表情や指の動きを観察できない。また、2人の参加者には実験中、相手と言語的なコミュニケーションとらないように教示する。

EEG)を用いて検討し、その際にミラー・ニューロンがどのように活動するのか確かめる。

3. 研究の方法

実験 : 運動課題は一人の参加者が力発揮し、目標値に一致させる個人課題と二人の参加者が片手で同時に力発揮し、その総和を目標値に一致させる個人間課題(図2)を行った。2つの運動課題では、持続的力保持課題、分離的力発揮課題、周期的力発揮課題の3つの力発揮課題を行った。力保持課題は2人の参加者が同時に力発揮し、その総和を一定の目標値に対して保持した(図1A)。分離的力発揮課題は2人の参加者が同時に力発揮し、その総和を目標値に対して分離的に一致させた(図1B)。周期的力発揮課題では2人の参加者が同時に力発揮し、その総和を上と下の2つの目標値に対して周期的に一致させる(図1C)。周期的力発揮では、力が周期の中で最も大きくなる時を Peak force、最も小さくなる時を valley force と定義し、分析した。

3つの力発揮課題は2つの目標値で課題を行い、目標値を10Nに設定する絶対値目標条件と最大の力発揮の10%を設定する相対的目標条件を設定した。各運動課題、各力発揮課題、各条件において、練習試行は50回の力発揮3試行を行い、テスト試行は50回の力発揮1試行を行った。分析にはテスト試行のデータを用いた。また、分析の際には個人課題データはペアで平均し、統計分析に用いた。

実験 : 本実験は2つの運動課題と3つの力発揮課題について実験と同様の手続きで行うが、脳波計を装着するため、参加者への負担を考慮して相対的目標条件のみを実施した。実験は電磁波に考慮した実験室で行い、2人の参加者は脳波計を装着した。2人の参加者が力発揮のタイミングの一致を必要とする分離的と周期的力発揮課題の方が持続的力発揮課題よりも2人のタイミングの一致を必要とするため、ミラー・ニューロンに関連する領域の活動が強くなると予想する。さらに、脳波計のデータは個別の検討だけでなく、個人間で得られたデータのクロススペクトル解析等の時系列解析を用いて様々な視点からも検討する。実験については研究を遂行中である。

4. 研究成果

実験 : 図3には絶対的目標条件(図2A)と相対的目標条件(図2B)における持続的保持, 分離的力発揮, 周期的力発揮における力の絶対誤差を示した。2課題(個人課題と個人間課題) 2条件(絶対的目標条件と相対的目標条件) 4力発揮(持続的保持, 分離的力発揮, 周期的力発揮の peak force と valley force) 分析の結果, 条件, 課題, 力発揮に有意な主効果が観察されたが課題×力発揮に交互作用が観察された。力発揮を個別に検討した結果, 持続的力保持課題では課題に有意な主効果が観察されなかったが, 分離的力発揮, 周期的力発揮の peak force, valley force, 個人間課題は個人課題よりも力の誤差が低かった。

図4には個人間課題の絶対的目標条件と相対的目標条件における持続的力保持, 分離的力発揮, 周期的力発揮(peak force と valley force)の力の相関係数を示した。全ての力発揮において, 両者の力発揮は負の相関係数を示し, 両者の一方の誤差を他方が補正するような関係が観察された。分析の結果, 4つの力発揮の間に有意な主効果が認められ, 持続的力保持と分離的力発揮は周期的力発揮の valley force よりも力の負の相関係数が強かった。

本研究は重要な知見として、本研究は周期的力発揮の peak force, valley force, 個人間課題は個人課題よりも力の誤差が低いことを示し、持続的力保持では 2HB1 効果は生じないが、分離的力発揮と周期的力発揮では 2HB1 効果が生じることを示した。分離的力発揮と周期的力発揮では力発揮のタイミングを要求され、持続的力発揮にはタイミングの目標は存在しない。したがって、2HB1 効果はタイミングの制御のあるジョイント・アクションでのみ生じると示唆される。今後はジョイント・アクションにおいて、同一ではなく異なるカレレベルでタイミングで力発揮を行い、タイミングと力の相互作用について研究していく必要があるだろう。

実験 の論文は Springer Nature 社の Experimental Brain Research に”Experimental conditions in which dyads outperform individuals in a task of force produced by two people”のタイトルで掲載され、国際的に評価された。今後、本研究の知見は体育やスポーツ教育において、個人間の運動のパフォーマンス向上させるための基礎知見になると予想される。また、作業療法士のリハビリ等や相互作用するロボットのシステム構築のための基礎知見になると予想される。実験 については今後遂行していく予定である。

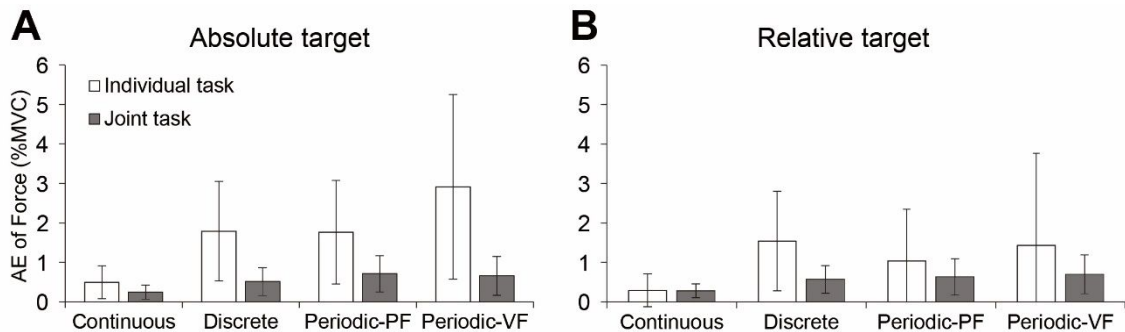


図 3. 実験 における絶対的力発揮条件 (図 A と図 C) と相対的力発揮条件 (図 B と図 D) の 4 つの力発揮における個人間課題と個人課題の力の絶対誤差 (図 A と図 B) と力の変動係数 (図 C と図 D)。

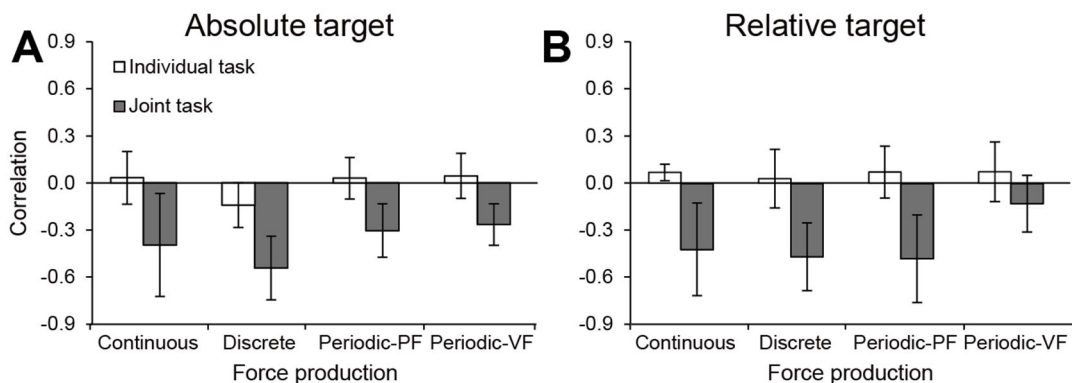


図 4. 実験 における絶対的力発揮条件 (図 A) と相対的力発揮条件 (図 B) の 4 つの力発揮における個人間課題と個人課題の 2 人の力の相関係数。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Masumoto Junya, Inui Nobuyuki	4. 巻 240
2. 論文標題 Experimental conditions in which dyads outperform individuals in a task of force produced by two people	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 2999 ~ 3009
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00221-022-06469-6	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0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本スポーツ心理学会	4. 発行年 2023年
2. 出版社 大修館書店	5. 総ページ数 242
3. 書名 スポーツ心理学の挑戦：その広がりと深まり	

〔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
研究協力者	乾 信幸 (Nobuyuki Inui) (30144009)	鳴門教育大学 (16102)	

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