

令和元年6月5日現在

機関番号：16102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01598

研究課題名(和文) 個人間協調運動の力発揮の相補性と同期性に関する研究

研究課題名(英文) Complementary and synchronous force production in interpersonal coordination

研究代表者

乾 信之 (Inui, Nobuyuki)

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・教授

研究者番号：30144009

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)：第一に、2人の個人間協調運動で得られた力の誤差補正が4人の個人間運動でも成立するかどうか検討した。その結果、2人が力の誤差補正をしている時に、残りの2人は中間の力を発揮し、誤差補正を助けた。第二に、2人の個人間運動に対する妨害の影響を検討した。その結果、第三者の妨害によってパフォーマンスは低下したが、2人はいっそう強く力の誤差補正を行った。第三に、個人課題と個人間課題の間の学習転移を検討した。その結果、力の誤差と変動は両課題間で正の転移がみられたが、個人間の力の誤差補正は個人間の練習でしか改善しなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2-4人1組の周期的な片手の力発揮を行うと、実験参加者が共有する力発揮の目標値が提示された時だけ、力の誤差が補正される。この実験結果は参加者が共有する動作目標を中枢に表象していることを示唆し、従来哲学の分野で“意思の共有”や“間主観性：主観の共通性”の問題として考察されてきたが、現在、実験的研究対象に到った。さらに、協働活動やチームワークでは個人間の相互作用によって個人より集団のパフォーマンスが高いことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)： First, we examined the force-sharing patterns in an interpersonal action performed by a group of two, three, or four people. The correlation between forces produced by two of the three or four participants was negative, and the remaining one or two produced intermediate forces. Second, we tested the hypothesis that a load perturbation facilitates interpersonal compensation for force error. The force produced by a non-cooperative participant c increased or decreased the total forces produced by two cooperative participants a and b. The perturbation facilitated interpersonal compensation for the error but negatively affected performance. Third, we examined bidirectional transfer between intra- and inter-personal actions involving force production. Although bidirectional transfer between both actions for force accuracy and variability was observed, the decrease in force error and variability during the intrapersonal action did not facilitate interpersonal compensation for the error.

研究分野：複合分野

キーワード：ジョイント・アクション 誤差補正 同期性

1. 研究開始当初の背景

Dunbar (1996)は大脳新皮質の大きさと霊長類の群れサイズの間に直線関係があることに注目し、群れサイズの増大に伴い、霊長類が脳進化をもたらしたという、「社会脳仮説」を提唱した。さらに相手の動作を脳内でコピーしているような活動をするミラー・ニューロン (Gallese et al., 1996) の働きを考慮した知覚-運動系が研究されるようになってきた。

集団スポーツではチームの運動目標を達成するために、自分自身の動作と他者の動作を相互作用させなければならない。つまり、自他は一つの系の2つの項であり、目標を達成するためにひとまとまりになる。このような個人間協調運動は最近ジョイント・アクション(joint action)と呼ばれている。

我々はすでにジョイント・アクションのパフォーマンスが個人の片手運動のパフォーマンスより高いことを示し、集団の演技や演奏での高いパフォーマンスの根底にある情報処理の一端を実験的に証明した。その情報処理の中身とは互いの力発揮の誤差補正であり、力発揮のタイミングが高い同期性をもつことである。しかし、かけ声は力発揮の同期性を高めるが、誤差補正を低下させた。Leader-follower の関係では力の変動の低い者が leader として早く強く力を発揮した。さらに2人が同時に両手で力発揮すると、個人間運動と両手運動に階層性が生じ、下位の階層となる両手の力は結合され(正の相関)、上位の階層となる個人間運動は力発揮の誤差補正(負の相関)を見出した。

2. 研究の目的

(1) **4人の個人間課題実験**: 2人の個人間協調運動で得られた力発揮の誤差補正と同期性が4人の個人間運動でも成立するかどうかを明らかにした。さらに、1人のパフォーマンスより2-4人の方が高いかどうか検討し、最も高いパフォーマンスを示すグループの大きさを調べた。また、グループの構成員の増加に伴い、怠慢な参加者がいるか(社会的怠慢)どうかも検討した。

(2) **妨害実験**: 2人の個人間協調運動に1人の妨害者を設定し、2人が妨害に対してどのような制御方略をとるか検討した。第三者の妨害によって誤差が強くなると、2人はいっそう強く力発揮の誤差補正を行い、2人の協力関係が強くなることを明らかにした。

(3) **転移実験**: 個人課題と個人間課題の間に力の制御と相互作用における転移が生じるかどうかを明らかにした。

3. 研究の方法

個人課題は同時に 2-4 人が右手の示指でロードセルに力を加え（図 1）, その総和を peak force と valley force の目標値に周期的に一致させた。その際, 実験参加者の眼前のモニターには目標値と参加者の出力の総和が示された。運動時間はメトロノームからの音刺激に一致させて練習した。個人課題は図 1 の 1 セットを用いた。

（1）4 人の個人課題実験： 1-4 名の参加者より構成された 1 人課題, 2 人課題, 3 人課題, 4 人課題よりなる。2-4 人課題では全ての参加者が 1Hz で同時に力を発揮し, その総和が 5% 最大随意収縮 (MVC) の valley force と 10%MVC の peak force に周期的に一致させた。1 人課題では 1 人の参加者が同一の目標筋力を発揮した。

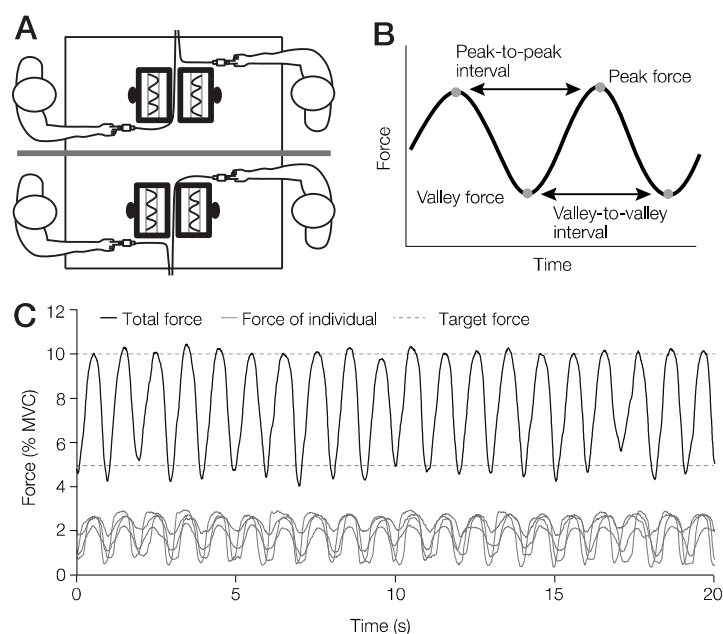


図 1 4 人の個人課題. A: 実験設定, B: 従属変数の定義と測定, C: 4 人の力発揮の総和 (上) と各実験参加者の力発揮 (下)

（2）妨害実験： 3 人で課題を行い（図 2A）, 参加者 a と b は互いに協力関係にあり, 参加者 c は参加者 b の力発揮を妨害した。参加者 a と b の課題は参加者 c の妨害に対抗して力の総和を 10%MVC の目標値に一致させることである。妨害する力の増減の最大値は参加者 a と b の目標値の半分以下とし, 参加者 c はその範囲内で自由な力発揮を行った。

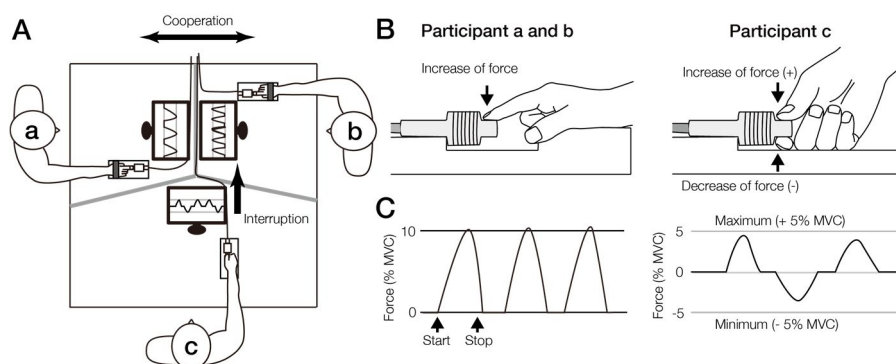


図2 妨害実験. A:実験設定, B:参加者の力の加え方, C: 力-時間曲線.

(3) 転移実験: 実験1は個人課題の練習が個人課題のパフォーマンスに与える影響を検討するために、個人課題(プレテスト) 個人課題 個人課題(ポストテスト)の順序で課題を提示した。実験2は個人課題の練習が個人課題に与える影響を検討するために、個人課題(プレテスト) 個人課題 個人課題(ポストテスト)の順序で課題を提示した。

4. 研究成果

(1) 4人の個人課題実験: 3・4人課題の力発揮の誤差補正は2人課題のそれより強かった。3・4人課題の全てのグループでは、2人によって発揮された力の相関関係が負を示し、残りの1人ないし2人が中間の力を発揮した。2-4人課題の全ての参加者は力発揮の周波数を1Hzに一致させた。さらに、3・4人課題は1人課題より力と運動間隔の変動が小さかった。このように、4人の協調運動の結果を初めて報告し、3・4人のグループは個人より高いパフォーマンスを示し、社会的怠慢はみられなかった。今後の課題として、社会的怠慢に与える実験参加者の競技特性などの影響が検討される。

(2) 妨害実験: 外乱の有無に関わらず、協力関係にある2人の力発揮は負の相関関係を示し、2人は力発揮の誤差補正を行った。さらに、外乱がある時はない時よりも力の絶対誤差と標準偏差が大きくなったが、2人の力の負の相関関係が強くなった。したがって、外乱は2人の同時力発揮課題のパフォーマンスを低下させたが、個人間の力の誤差補正を促進した。

(3) 転移実験: 個人の運動学習では動作の要素間の相互作用の強い系列動作は分習法より全習法が適している。これを個人運動から個人間運動に拡張し, 個人間の相互作用が強いと, 分習法より全習法が適していることを明らかにするために, 個人課題と個人間課題の間の転移を検討した。実験1と実験2共に, ポストテストはプレテストより力の標準偏差が小さく, 力変動に関して両課題の間に正の両側転移がみられた。しかし, 相関係数をみると, 実験1では個人間練習の進行に伴って負の相関が強まり, 個人課題のポストテストはプレテストより力の変動が小さかったが, 実験2では個人練習の進行に伴う力の変動の減少は個人間課題のポストテストとプレテストの相関係数の有意差をもたらさなかった。つまり, 2人の相互作用を練習するためには2人の練習が必須であることを示し, 運動学習における分習法と全習法における情報処理の一端を明らかにした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

1 Masumoto, J. and Inui, N. Load perturbation facilitates interpersonal error compensation in a dyadic force production task. *Journal of Motor Behavior*, 51, 59-67, 2019, DOI: 10.1080/00222895.2017.1417233 (査読有)

2 Masumoto, J. and Inui, N. A common force-sharing pattern in joint action that consists of four people. *Journal of Motor Behavior*, 51, 32-42, 2019, DOI: 10.1080/00222895.2017.1411331 (査読有)

3 Masumoto, J. and Inui, N. Bidirectional transfer between joint and individual actions in a task of discrete force production. *Experimental Brain Research*, 235, 2259-2265, 2017, DOI: 10.1007/s00221-017-4970-z (査読有)

[学会発表] (計7件)

1 乾 信之, 四人同時力発揮課題における力配分パターン, 第73回日本体力医学会大会, 2018

2 Inui, N. Bidirectional transfer between joint and individual actions in a task of discrete force production. 第41回日本神経科学大会, 2018

3 乾 信之, 二人の同時力発揮課題に与える外乱の影響, 第 72 回日本体力医学会大会, 2017

4 乾 信之, 個人間運動と個人運動との両側性転移, 第 25 回日本運動生理学会大会, 2017

5 Inui, N. Load perturbation negatively impacts performance during interpersonal coordination but facilitates complementary strategy. 第 40 回日本神経科学大会, 2017

6 乾 信之, 両手運動は個人間協調運動の部分として振る舞う, 第 71 回日本体力医学会大会, 2016

7 Inui, N. Four is better than one: both complementary and synchronous strategies facilitate interpersonal coordination. 第 39 回日本神経科学大会, 2016

[図書] (計 1 件)

1 Inui, N. Interpersonal coordination: a social neuroscience approach. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018 (総ページ数: 244)

6. 研究組織

研究力者氏名: Simon Gandevia