

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月14日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16534

研究課題名(和文)運動同期による二者一体化の神経機構

研究課題名(英文)Neural mechanism for integration of two people through motor synchrony

研究代表者

三浦 哲都(Miura, Akito)

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：80723668

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：人間は太古の昔より他者と音楽を演奏し共に踊ることで絆を深めてきた。近年様々な研究分野において、運動同期が精神活動と相互作用することが確認されている。例えば他者と運動を同期させると、その相手に対して好意的になったり、協力的行動が増えたりする。本研究は、運動同期をすることで身体も心もその相手と同一化してしまう現象を支える神経機構を明らかにすることを目的とし、二者の運動が引き込まれてしまう強度を定量化する方法を開発した。今後この手法を用いて、様々な運動同期における引き込み強度を定量化していくことで、精神活動との相互作用を評価することが可能となり、行動データの背景にある神経機構の解明に大きく貢献する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的・社会的な意義は、健全な科学技術社会の発展に向けて、他者と心を繋ぐ身体運動の価値を確立することである。また本研究により、運動同期によって変化する二脳の結合や相手への心理の理解が深まることにより、心を繋ぐ身体教育法の開発につながり、教育現場で直ちに应用可能である。さらに一緒に動くことにより、他者との関係を調整、創造する方法が明らかになれば、社会性と関わる心の病や障害に対する予防法、有効な運動療法の開発に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：It has been reported that interpersonal motor coordination interacts with mental activity. For instance, synchrony with other people enhances affiliation and helping behavior for him/her. In this study, in order to progress understanding of neural mechanism for this process, I developed new method to quantify coupling strength between visually connected two people during rhythmic interpersonal motor coordination. This method enables to evaluate interaction between the extent of motor synchrony and that of psychological change, which leads to clarification of neural mechanism underlying behavioral data.

研究分野：認知科学

キーワード：ダンス 協調ダイナミクス 自他認知 力学系モデル

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

人間は科学技術を発展させ労働を機械に行わせることで、様々な身体運動の機会を減らしてきた。さらに人間は科学技術を発展させ、「他者と関わる身体運動」までも自らの手で奪おうとしている。私はその一因が他者との社会形成を支えている身体運動の価値が、科学的に明らかになっていないことにあると考える。本研究は健全な科学技術社会の発展のために、他者と心を繋ぐ身体運動の価値を確立する。

人間は他者と共有された現実を経験することに対して根源的な欲求を持ち、運動同期はその手段の一つである (Echterhoff et al., 2009)。このことは人間が太古より、集団で音楽を奏で、共に踊ることで他者との絆を深めてきた歴史的な事実 (Mithen et al., 2006) からその妥当性が支持される。近年社会心理学の研究から、他者との運動同期による社会性の向上や、相手の心理変化 (印象が良くなるなど) が多数報告されており、統制条件から運動同期そのものが心理変化を起こすことが明らかになってきた。例えば、腕のリズミカルな屈伸運動や体を左右に揺らす運動 (Reddish et al., 2013)、歩行 (Wiltermuth et al., 2009) を他者と同期させる条件では、非同期条件よりも協調性が高まった (協調性は公共財ゲームでの協力行動や、質問紙により計測された)。音楽に合わせて一緒に運動した幼児は、相手を助けるなどの向社会的な行動が増えた (Kirschner et al., 2010; Cirelli et al., 2014)。一方、向社会的な人ほど相手の運動に自発的に同期しやすい (Lumsden et al., 2012)。統合失調症の患者は神経伝達遅延により他者との運動同期ができず、このことが社会性の欠如につながっている可能性が示唆されている (Varlet et al., 2012)。これら一連の研究は、運動同期と精神活動が相互作用し、社会性や自他の絆に影響を与えることを示唆する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、他者との社会形成を支える身体運動と精神活動の相互作用を数理モデルで記述し、その神経機構を検証することであった。本研究の意義は、科学技術社会において軽視されがちな社会的結合を強化する身体運動の重要性を確立することであり、その知見は身体運動による教育・医療・社会基盤技術に広く応用可能である。

3. 研究の方法

二者の脳活動同時計測の解析手法は未だに確立されていないため、まず行動学的レベルでの研究を行い、その行動学および心理学的変化に対応した脳活動部位を特定する計画であった。しかしながら研究期間内に、脳活動計測まで到達できなかった (二者間の引き込みの強さを定量化する手法を開発できたので、今後精神活動の相互作用を定量化し、その後脳活動計測を行う予定である)。以下 2 つの研究を個別に説明する。

4. 研究成果

(1) 研究 1: 視覚的に結合した二者の結合関数の同定

二者が視覚的に結合している時 (お互いを見ている時)、相手と同じ運動につられて (引き込まれて) しまう。この時にどれくらいの力で、相手に引き込まれてしまうのか。この力を定量化することができれば、運動同期による心理変化との関連を調査することも可能になる。そこで見ていた相手の運動に引き込まれてしまう力を定量化するために実験を行った。

被験者に二人一組で背中合わせ (背面条件)、または向きあって立ってもらい (対面条件)、リズミカルな膝の屈伸運動を行わせた。リズム運動のテンポは、逆位相から同位相へと相転移が生じる周波数の 95% の周波数とした。運動の周波数はメトロノームで規定したが途中でメトロノームを止め、被験者にはそのまま同じリズムで運動を継続してもらった。メトロノームを止めた後の膝の関節角度を解析した。その結果、同期し続けるペアや、同期しないペアなど多くの振る舞いが観察された。

結合振動子の位相モデルに基づき、階層的線形モデルと呼ばれる統計モデルを用いることにより二者の結合強度を推定した。MCMC 法を利用したベイズ推定により、パラメータの事後分布を推定した。これにより結合関数 $\Gamma(\phi)$ (Kuramoto, 1984) を推定することができる。結合の強さを表す結合係数パラメータ C を以下のように定義した (1)。

$$C = \left. \frac{d\Gamma(\phi)}{d\phi} \right|_{\phi=0} \quad (1)$$

この手法により、背中合わせまたは向かいあってリズム運動する二者の位相差が、どちらも位相ワンダリングしている場合でも、向かいあっている場合のみ、結合強度を検出することができた (図 1) (背面条件では、結合係数 C が 0 付近に分布)。このモデルによって、不確実性を含む一人一人系の結合関数を同定することに成功した。

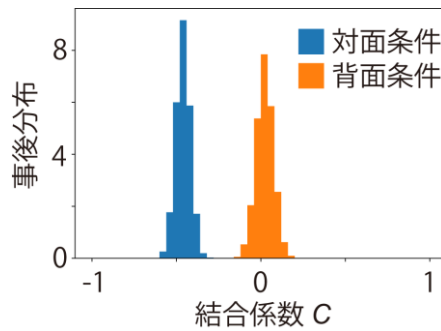


図1 結合係数

(2) 研究2：心（自閉症スペクトラム指数）が運動同期に与える影響（Mukai et al., 2018）

社会性が二者の引き込みに与える影響について述べる。二者の運動の引き込みには社会性が関わっていることが示唆されている。これらの研究では、社会性と関わる精神疾患の患者と健常者とを組み合わせ協調運動を行わせていた。そのため、これらの先行研究の知見が健常者同士の協調運動にも当てはまるのかどうかは検討されていなかった。そこで健常者同士であっても、社会性が運動協調に影響を与えるかを検討した。

二人一組でペアを作り、相手に合わせて位相差 90 度を作るリズム課題を行った（図 2）。この際にどちらが先導しどちらが追従するか、という指示は与えなかった。また二人はアイコンタクトや会話することを禁止された。そのため、どちらが先導しどちらが追従するのかということを運動しながら、相手の意図を読み取らなければならなかった。その結果、二者の自閉症スペクトラム指数の差が大きいペアほど、位相差 90 度の協調運動を少ない試行数で達成することができた（図 3）。このことは、協調運動における二人の相性が社会性（自閉症スペクトラム指数）の影響をうけることを示唆している。

今後は研究 1 で開発した力学系モデルを応用し、二者の結合強度と精神活動との相互作用を定量化していく。これによって神経機構の解明に貢献すると考えられる。

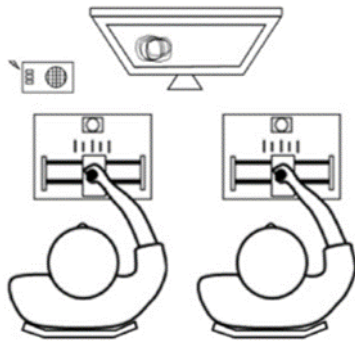


図2 実験課題図

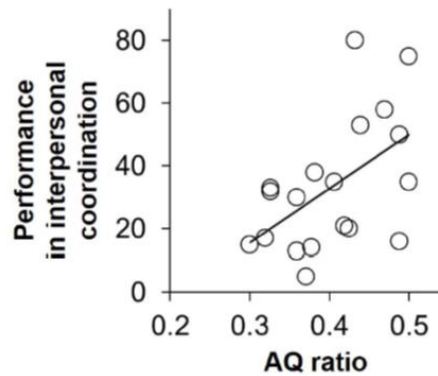


図3 自閉症スペクトラム指数比とパフォーマンスの相関

<引用文献>

- Cirelli, L. K., Einarson, K. M., & Trainor, L. J. (2014). Interpersonal synchrony increases prosocial behavior in infants. *Developmental science*, 17(6), 1003-1011.
- Echterhoff, G., Higgins, E. T., & Levine, J. M. (2009). Shared reality experiencing commonality with others' inner states about the world. *Perspectives on Psychological Science*, 4(5), 496-521.
- Kirschner, S., & Tomasello, M. (2010). Joint music making promotes prosocial behavior in 4-year-old children. *Evolution and Human Behavior*, 31(5), 354-364.
- Kuramoto, Y. (1984). *Chemical oscillations, waves, and turbulence* (Vol. 19): Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Lumsden, J., Miles, L. K., Richardson, M. J., Smith, C. A., & Macrae, C. N. (2012). Who syncs? Social motives and interpersonal coordination. *Journal of Experimental Social Psychology*, 48(3), 746-751.
- Mithen, S., Morley, I., Wray, A., Tallerman, M., & Gamble, C. (2006). *The Singing Neanderthals: the Origins of Music, Language, Mind and Body*, by Steven Mithen. London: Weidenfeld & Nicholson,

2005. Cambridge Archaeological Journal, 16(1), 97-112.
- Mukai, K., Miura, A., Kudo, K., & Tsutsui, S., The effect of pairing individuals with different social skills on interpersonal motor coordination, *Frontiers in Psychology*, 9:1708. 2018.
- Reddish, P., Fischer, R., & Bulbulia, J. (2013). Let's Dance Together: Synchrony, Shared Intentionality and Cooperation. *PLoS ONE*, 8(8), e71182.
- Varlet, M. et al. Impairments of social motor coordination in schizophrenia. *PLoS ONE*, 7(1), e29772.
- Wiltermuth, S. S., & Heath, C. (2009). Synchrony and cooperation. *Psychological Science*, 20(1), 1-5.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 1 件)

- ① Mukai, K., Miura, A., Kudo, K., & Tsutsui, S., The effect of pairing individuals with different social skills on interpersonal motor coordination, *Frontiers in Psychology*, 9:1708. 2018. doi:10.3389/fpsyg.2018.01708 (査読有)

〔学会発表〕 (計 2 件)

- ① 平尾貴大, 三浦哲都, 正木宏明. シンクロナイズドスイミングペアの脳活動 -ロシア・スペイン代表ペアの事例研究-, 日本スポーツ心理学会第 43 回大会, 2016 年.
- ② 三浦哲都, 紅林亘, 岡野真裕, 山本裕二, L. Marin, B. Bardy. リズミカルな対人協調における視覚的結合, 日本生態心理学会第 7 回研究大会, 2018.

6. 研究組織

- (1) 研究分担者 なし
(2) 研究協力者 なし

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。