解　説

身体運動と環境情報の相互作用

三浦哲都[1†]，向井香瑛[2]，横山　梓[3]，惠谷隆英[2]，工藤和俊[4]
[1]早稲田大学人間科学学術院，[2]東京大学大学院総合文化研究科
[3]東京大学大学院学際情報学府，[4]東京大学大学院情報学環

要旨：人間は環境の中で適応的に運動をするために，環境の情報を知覚する．一方で身体運動はその環境情報自体に制約され，規定されてしまうという特徴も有する．このような身体運動と環境情報の相互作用は，人―環境系における動的な秩序形成の観点から調べられてきた．本稿ではまず，系の時間発展を数理で記述する力学系アプローチを用いて，人間の協調運動が非平衡開放系における自己組織化の特徴を有することを示した一連の研究を紹介する．さらに同様の現象が，知覚と運動の協調や，対人間の運動協調にも当てはまることを示した研究を概説し，最後にその発展と展望を述べる．

キーワード：力学系アプローチ，HKB モデル，自己組織化，体肢間運動協調，知覚運動協調，対人間運動協調

1. はじめに

人間は時々刻々と変化する環境の中で適応的に行動をするために，環境の情報を知覚している．一方で，環境の情報自体が身体運動を制約し，規定するという特徴を持つ．このような身体運動と環境情報の相互作用は，1980 年代から始まった力学系アプローチを用いた研究によって明らかにされてきた[1-3]．

身体はエネルギーが入出する非平衡開放系である．非平衡開放系では，動的な秩序が自発的に形成される自己組織化現象が観察される[4]．したがって非平衡開放系である身体と環境の情報との相互作用から生み出される運動も，自己組織化の原理に基づいた動的な秩序形成が生じることが予想される．この予想は Kelso[5, 6] による研究に端を発し，その後およそ 30 年にわたる一連の研究により確かめられてきた．

本稿ではまず，両示指の協調運動を力学系モデルによって記述し，身体運動が自己組織化することを示した Kelso[5, 6] の研究を紹介する．彼らの力学系モデルは両手の協調運動にとどまらず，その他の身体部位における協調運動や，知覚と運動の協調，対人間の運動協調にまで広く応用されてきた．これらの力学系モデルを用いた協調研究におけるその後の展開について紹介する．

2. 力学系アプローチについて

力学系アプローチは，系の時間発展を微分方程式で記述する方法論であり，自然界における秩序形成の定式化に用いられてきた．Kelso[5, 6] は，人間の運動における秩序形成が，非平衡開放系での自己組織化現象であることを示すために，両示指の協調運動に力学系アプローチを応用した．彼らは実験参加者に対し，両示指をリズミカルに内外転させるよう教示した．その結果，運動のテンポに依存して異なる協調パターンが出現した．テンポが遅い場合，実験参加者は両示指を鏡映対称（同相）で動かす協調パターンと，交互に動かす鏡映非対称（逆相）の協調パターンをどちらも安定して行うことができた．一方で，テンポが速くなっていくと，同相パターンはテンポが遅い時と同様に容易に遂行できるにもかかわらず，逆相パターンは不安定となり，突然逆相から同相へと協調パターンが変化する相転移現象が観察された．このほかにも，臨界ゆらぎ（相転移直前に両示指の位相差のばらつきが急激に増加する現象）や，履歴現象（テンポを遅くから速くへと変化させた時には相転移が生じるが，その逆の場合には相転移が生じないという現象）なども観察された．これらの現象は，力学系の分岐に伴う現象であり，人間の運動が自己組織化されていることの証拠である．Haken ら[7] はこれらの現象を統一的に記述するために，両示指の位相差（φ）を秩序変数，テンポを制御変数として力学系モデルを立てた（式（1））．このモデルは著者らのイニシャルをとって，HKB（Haken-Kelso-Bunz）モデルと呼ばれている．

$$\dot{\varphi} = -a\sin\varphi - 2b\sin 2\varphi \qquad (1)$$

b/a がテンポに対応する．さらに，式 1 を積分することにより，ポテンシャル関数（式（2））が得られる．

$$V(\varphi) = -a\cos\varphi - b\cos 2\varphi \qquad (2)$$

制御変数であるテンポ（b/a）を変化させていくことで，式（2）で記述されるアトラクタの地形が変化していく．実

2019 年 3 月 29 日受付
† 〒 359-1192　埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15
早稲田大学人間科学学術院
三浦 哲都
E-mail: akito.miura@waseda.jp

現される協調パターン（位相差 φ）はこのアトラクタ地形の中を移動する安定固定点として表現される．これにより両示指運動の相転移現象，臨界ゆらぎ，履歴現象を力学系の時間発展として統一的に記述することができる．

HKB モデルは，両示指の協調における自己組織化現象を記述するために作られたモデルであったが，その後の研究によりその他の肢間協調 [8-11]，多関節協調 [12-14]，知覚運動協調 [15-18]，対人間協調 [19-22] にも当てはまることが示されてきた．これにより，人間のさまざまな協調運動が非平衡開放系の自己組織化現象であることが示されてきた．

HKB モデルのその後の展開として，自己組織する両手協調運動の熟達差に関するモデルが報告されている．Fujii ら [23] は，熟練ドラマーと非ドラマーの両手の交互（逆相）ドラミング動作のスキル差について検討した．熟練ドラマーは高速で安定した交互ドラミング動作を行うことができるのに対し，非ドラマーは高速になると協調パターンの不安定化や位相逸脱（利き手のタップが非利き手のタップを追い越してしまう現象）が生じた．Fujii ら [23] は，HKB モデルに左右の手の周波数差項を導入し，それを制御変数として操作することで，この熟達差を表現することに成功した．さらに，実際の左右の手の最大周波数差を計測すると，シミュレーションで得られた左右差との間に高い相関が認められた．このように，力学系モデルは熟達差を明らかにすることにも有用である可能性が示された．

3. 知覚と運動の協調

上述した一連の研究により，体肢間協調などの運動協調は自己組織化するという特徴を持つことが明らかになった．Mechsner ら [11] はこの両示指の自己組織化が，視覚情報により影響されていることを報告した．指のリズム運動課題において，両方の掌を上向きまたは下向きにした状態で人差し指を鏡映対称に内外転させる対称条件（視覚的に対称に動く条件）と，両方の指を同じ方向に内外転させる平行条件（視覚的に平行に動く条件）を設定した．このとき平行条件よりも対称条件で運動が安定し，平行条件では対称条件への相転移が観察された．一方，片方の掌を上向き，もう片方を下向きにした状態（不一致状態）で両条件を行うと，運動の周波数が上がるにつれて，平行条件から対称条件への相転移が起きた．これまで，両示指協調における相転移現象は左右の同じ筋肉を同時に活性化させることにより起こるとされていたが，掌の向きが一致状態でも不一致状態でも，平行パターンから対称パターンへと相転移が生じたことから，視覚的，空間的な対称性が運動の自己組織化に影響することが示唆された．

HKB モデルは，聴覚と運動の協調にも応用されてきた．Kelso ら [24] は，実験参加者に対して，徐々に加速するメトロノーム音に合わせて人差し指をリズミカルに屈伸するように指示をした．実験参加者は 2 種類の協調パターン（オンビート：メトロノーム音が鳴った時に指を屈曲させる，オフビート：音と音の間で指を屈曲させる）を行うことを求められた．その結果，オンビートにおいて協調がより安定すること，さらに運動速度が上がるとオフビートからオンビートへ相転移することが示された．相転移直前に運動とリズム音の位相角のばらつきが増加する臨界ゆらぎ現象も観察された．すなわち，リズミカルな聴覚運動協調も，HKB で示されるダイナミクスに従うことが示された．同様の現象は，他の身体部位においても生じることが報告されている [25-27]．

このような意図せずに生じる相転移現象は，リズミカルな運動を伴う専門技能において，克服すべき課題となる場合がある．Miura ら [26] は，ストリートダンスで用いられる立位での膝の屈伸課題を用いて，熟練ストリートダンサーと非ダンサーを比較する実験を行った．彼らは参加者に対して，メトロノーム音に合わせて膝をリズミカルに屈伸する 2 種類の協調パターン（ダウン：音に屈曲を合わせる，アップ：音に伸展を合わせる）を行うように指示をした．さらに，参加者は相転移が生じた場合は無理に抵抗することなく，行いやすい協調パターンを維持するように指示された．その結果，両群ともにダウンはどの周波数でも安定して行うことができた．一方，アップは運動の周波数が高い時は，ダウンへと相転移することが示されたが，相転移周波数は熟練ダンサーの方が高い（相転移しにくい）ということが明らかになった．次の実験 [25] では，参加者は相転移が生じそうになっても提示された協調パターンを最大限の努力で維持するように指示された．その結果，非ダンサーはどれだけ努力しても，運動の周波数が高い時はアップがダウンに切り替わってしまったが，熟練ダンサーは高周波でもアップを維持することができた．以上の結果から，熟練ダンサーは意図せざる相転移現象を克服することで，多様な身体表現（複雑な協調パターン）を達成していることが示唆された [28, 29]．

このような相転移現象には重力が影響を与えることが報告されている．Carson ら [27] はメトロノーム音に合わせて，掌を下向きにした状態で手首の屈伸運動を課題として設け，知覚運動協調に対する重力の影響を検討した．その結果，手首伸展と音を合わせる協調パターンが，手首の屈曲と音を合わせる協調パターンへと相転移した．すなわち，重力方向の運動と音が合うパターンが安定しており，これは Miura ら [25, 26, 29] の実験と同様の結果である．Carson ら [27] は，手首にかかる重力の影響を反転させる装置を付けた場合には，相転移の方向が逆になることを示した．これは重力が聴覚運動協調における制約因子として働いていることを示唆する．

さらに，与えられる聴覚情報の構造が聴覚運動協調の安定性に関わっていることも示されている．Kudo ら [30] はアトラクタ解析を用いることにより，リズム運動の片端を 1 回のリズム音に合わせる（運動周期とリズム音周期が 1：1）協調パターンよりも，リズム運動の両端それぞれをリズム音に合わせる（運動周期とリズム音周期が 2：1）協調パターンの方が，アトラクタ強度が高いことを示した．また Etani ら [31] は，運動の周期とリズム音の周期が 2：1 の協調パターンにおい

て，2つのリズム音の音量が等価な場合よりも，2つのリズム音の音量に差がある場合の方が，より安定することを示した．すなわち，自己組織化される聴覚運動協調はリズム音の構造に影響を受けることが示唆される．

視覚，聴覚以外の知覚情報と運動の自己組織化現象に関する報告もある．Kelsoら[32]は，指の屈伸課題を用いて知覚運動協調における触覚情報の影響を検討した．この実験では，メトロノーム音に合わせて人差し指を屈伸させる際に，指を物体に接触させ触覚情報を与えた．そして（a）音と同時に接触する協調パターン，（b）音と音の間で接触する協調パターンを行わせた．その結果，運動の周波数を上げていくと（b）の協調パターンが不安定になり，（a）の協調パターンへの相転移が生じた．この他の実験においても，聴覚情報と触覚情報の両方に運動を協調させる場合には，ある特定の協調パターンが出現しやすいことが報告されている[33]．

このように力学系アプローチを用いた研究から，知覚と運動のリズミカルな協調はHKBモデルに従う自己組織化現象であることが示された．また，この現象が身体部位に依存せずに生じること，重力，触覚，視覚などさまざまな環境情報が，自己組織化に影響を与える要因となることが明らかになった．

4. 二者間の運動協調

対人間の協調においても，数多くの自己組織化現象が報告されており，HKBモデルにより説明されてきた．Schmidtら[19]の実験では，ペアを組んだ参加者が隣り合って椅子に座り，互いに相手を観察しながら片方の膝の屈伸運動を行った．このとき，同相と逆相の2種類の協調パターンで脚を振るように指示をした．その結果，同相の協調パターンは運動の周波数に関係なく安定して維持された．一方で，逆相の協調パターンは周波数が高くなると意図せずに同相の協調パターンに相転移することが明らかとなった．また臨界ゆらぎも観察された．

この他にも，隣同士で歩いている人の足並みが揃う[34]，音楽ホールにおける観衆の拍手が同期する[35]，話者と聴者の瞬きのタイミングが一致する[36]など，対人間における自己組織化現象が報告されている．

Miyataら[37]は，相手を見ながら行う二者での運動同期が，個人の運動の安定性に影響を与える可能性を示した．この実験では，二者が対面，または背面で膝の屈伸運動を行った．このとき，参加者は動きを相手と同期するように，といった指示はされておらず，参加者それぞれがメトロノーム音に自身の運動を同期させる課題を遂行した．その結果，対面条件では相手と膝屈伸運動が同期し，背面条件よりも個々人の運動の時空間変動が減少することが明らかとなった．これらの結果は，人間には二者の相互作用によって一人で運動するときには生じえない運動特性が創発することを示唆している．

近年，社会性が対人間運動協調に影響を与えることが明らかになっている．Varletら[38]は，統合失調症者と健常者のペア，および健常者同士のペアに対し，手に持った振り子を同相で振るように求めた．その結果，統合失調症者と健常者ペアは，健常者同士のペアに比べて同相の協調パターンを維持することが難しいこと，さらに統合失調症者は，相手よりも遅れて動く運動特性を有することが明らかになった．すなわち，対人間協調には社会性が反映されることが明らかになった．

さらにMukaiら[39]により，対人間運動協調における相性に社会性が影響を与える可能性が示唆された．Mukaiら[39]は健常者ペアに対し，片手を左右方向に周期的に動かして1/4周期のずれを作り出すよう求めた．その結果，社会性の異なるペアの方が社会性の類似したペアよりも早く課題を達成できた．さらに，ペアのうち社会性の低い方が相手をリードして動く役割を，社会性の高い方が相手をフォローして動く役割を担うことも報告した．リードとフォローという明確な役割が存在する場面では，社会性が協調の役割や相性に影響を及ぼすことが示された．

5. おわりに

本稿では，力学系アプローチを応用した協調運動の研究を紹介し，身体運動と環境情報の相互作用について総説した．HKBモデル[6, 7]に端を発する一連の研究から，非平衡開放系である身体と環境情報との相互作用から生み出される運動は，自己組織化するという特徴を有することが示された．さらに，自己組織化に関わる制約因子に関する研究から，運動の熟達に関する研究[23]や，社会性に関する研究[38-39]にまで発展してきた．

本稿で紹介した力学系アプローチを応用した協調運動の研究は，HKBモデルを応用した理論的な研究が主である．つまり，観察された現象がHKBモデルの予測するダイナミクスに従うかどうか，またはHKBモデルを応用することで現象をどの程度説明できるか，ということが主たる目的であった．一方近年，力学系モデルを用いてデータ駆動でシステムの動的な特性を同定する方法が提案されてきている[40]．このような手法が確立すれば，身体－環境システムから創発するダイナミクスをデータから直接同定できるようになり，研究のさらなる発展が期待される．例えば，人と人の間に存在する結合関数をデータから直接定量化することができれば，スポーツ科学，社会心理学，社会神経科学の発展に大きく貢献できる．今後は，理論的研究と，データ駆動により系の動的特性を同定する研究との両方により，身体運動と環境情報の相互作用が明らかにされていくと考えられる．

参考文献

1) 山本裕二：新たな運動学習の地平：ダイナミカルシステムアプローチの可能性，体育学研究，47(2), 125-140, (2002).
2) 工藤和俊（編）：運動スキル研究におけるダイナミカル

システムアプローチ，日本スポーツ心理学会，スポーツ心理学―その軌跡と展望，175-184，大修館書店，(2004).
3) 三浦哲都：運動学習研究の二つのアプローチ，スポーツ心理学研究，40(2)，221-228，(2013).
4) ニコリス，G.，プリコジーヌ，I.：散逸構造―自己秩序形成の物理学的基礎―，岩波書店，(1980).
5) Kelso, J. A. S.: Patterns of human interlimb coordination emerge from the properties of non-linear, limit cycle oscillatory processes, Journal of Motor Behavior, 13(4), 226-261, (1981). DOI: 10.1080/00222895.1981.10735251.
6) Kelso, J. A. S.: Phase-transitions and critical behavior in human bimanual coordination, American Journal of Experimental Physiology, 246 (6), 1000-1004, (1984).
7) Haken, H., Kelso, J. A. S. and Bunz, H.: A theoretical model of phase transitions in human hand movements, Biological Cybernetics, 51(5), 347-356, (1985). DOI: 10.1007/BF00336922.
8) Byblow, W. D., Carson, R. G. and Goodman, D.: Expressions of asymmetries and anchoring in bimanual coordination, Human Movement Science, 13(1), 3-28, (1994). DOI: 10.1016/0167-9457(94)90027-2.
9) Carson, R. G., Goodman, D., Kelso, J. and Elliott, D.: Phase transitions and critical fluctuations in rhythmic coordination of ipsilateral hand and foot, Journal of Motor Behavior, 27(3), 211-224, (1995). DOI: 10.1080/00222895.1995.9941711.
10) Carson, R. G., Byblow, W. D., Abernethy, B. and Summers, J. J.: The contribution of inherent and incidental constraints to intentional switching between patterns of bimanual coordination, Human Movement Science, 15(4), 565-589, (1996). DOI: 10.1016/0167-9457(96)00028-0.
11) Mechsner, F., Kerzel, D., Knoblich, G. and Prinz, W.: Perceptual basis of bimanual coordination, Nature, 414(6859), 69, (2001). DOI: 10.1038/35102060.
12) Kelso, J. A. S., Buchanan, J. J. and Wallace, S. A.: Order parameters for the neural organization of single, multijoint limb movement patterns, Experimental Brain Research, 85(2), 432-444, (1991). DOI: 10.1007/BF00229420.
13) Buchanan, J. J. and Kelso, J. A. S.: Posturally induced transitions in rhythmic multijoint limb movements, Experimental Brain Research, 94(1), 131-142, (1993). DOI: 10.1007/BF00230476.
14) Bardy, B. G., Marin, L., Stoffregen, T. A. and Bootsma, R. J.: Postural coordination modes considered as emergent phenomena, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 25(5), 1284-1301, (1999). DOI: 10.1037/0096-1523.25.5.1284.
15) Carson, R. G.: Neuromuscular-skeletal constraints upon the dynamics of perception-action coupling, Experimental Brain Research, 110(1), 99-110, (1996). DOI: 10.1007/BF00241379.
16) Carson, R. G. and Riek, S.: The influence of joint position on the dynamics of perception-action coupling, Experimental Brain Research, 121(1), 103-114, (1998). DOI: 10.1007/s002210050442.
17) Schmidt, R. C. and Richardson, M. J.: Visual tracking and entrainment to an environmental rhythm, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 33(4), 860-870, (2007). DOI: 10.1037/0096-1523.33.4.860.
18) Washburn, A., Coey, C. A., Romero, V. and Richardson, M. J.: Visual multifrequency entrainment: can 1: 2, 2: 3, and 3: 4 coordination occur spontaneously?, Journal of Motor Behavior, 46(4), 247-257, (2014). DOI: 10.1080/00222895.2014.893980.
19) Schmidt, R. C., Carello, C. and Turvey, M. T.: Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16 (2), 227-247, (1990). DOI: 10.1037/0096-1523.16.2.227.
20) Schmidt, R. C., Christianson, N., Carello, C. and Baron, R.: Effects of social and physical variables on between-person visual coordination, Ecological Psychology, 6(3), 159-183, (1994), DOI: 10.1207/s15326969eco0603_1.
21) Richardson, M. J., Marsh, K. L., Isenhower, R. W., Goodman, J. R. L. and Schmidt, R. C.: Rocking together: Dynamics of intentional and unintentional interpersonal coordination, Human Movement Science, 26(6), 867-891, (2007). DOI: 10.1016/j.humov.2007.07.002.
22) Varlet, M., Marin, L., Lagarde, J. and Bardy, B. G.: Social postural coordination, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 37(2), 473-483, (2011). DOI: 10.1037/a0020552.
23) Fujii, S., Kudo, K., Ohtsuki, T. and Oda, S.: Intrinsic constraint of asymmetry acting as a control parameter on rapid, rhythmic bimanual coordination: A study of professional drummers and non-drummers, Journal of Neurophysiology, 104 (4), 2178-2186, (2010). DOI: 10.1152/jn.00882.2009.
24) Kelso, J. A. S., Delcolle, J. D. and Schöner, G.: Action-perception as a pattern formation process, Attention and Performance XIII: Motor Representation and Control,139-169, (1990).
25) Miura, A., Kudo, K., Ohtsuki, T. and Kanehisa, H.: Coordination modes in sensorimotor synchronization of whole-body movement: a study of street dancers and non-dancers, Human Movement Science, 30(6), 1260-1271,

(2011). DOI: 10.1016/j.humov.2010.08.006.
26) Miura, A., Kudo, K. and Nakazawa, K.: Action–perception coordination dynamics of whole-body rhythmic movement in stance: A comparison study of street dancers and non-dancers, Neuroscience Letters, 544, 157-162, (2013). DOI: 10.1016/j.neulet.2013.04.005.
27) Carson, R. G., Oytam, Y. and Riek, S.: Artificial gravity reveals that economy of action determines the stability of sensorimotor coordination, PLoS One, 4(4), e5248, (2009). DOI: 10.1371/journal.pone.0005248.
28) Miura, A., Fujii, S., Yamamoto, Y. and Kudo, K.: Motor control of rhythmic dance from a dynamical systems perspective: A review, Journal of Dance Medicine and Science, 19(1), 11-21, (2015). DOI: 10.12678/1089-313X.19.1.11.
29) Miura, A., Fujii, S., Okano, M., Kudo, K. and Nakazawa, K.: Finger-to-beat coordination skill of non-dancers, street dancers, and the world champion of a street-dance competition, Frontiers in Psychology, 7, 542, (2016). DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00542.
30) Kudo, K., Park, H., Kay, B. A. and Turvey, M. T.: Environmental coupling modulates the attractors of rhythmic coordination, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 32(3), 599, (2006). DOI: 10.1037/0096-1523.32.3.599.
31) Etani, T., Miura, A., Okano, M., Shinya, M. and Kudo, K.: Accent stabilizes 1:2 sensorimotor synchronization of rhythmic knee flexion-extension movement in upright stance, Frontiers in Psychology, 10, 888, (2019). DOI: 10.3389/fpsyg.2019.00888.
32) Kelso, J. A. S., Fink, P. W., DeLaplain, C. R. and Carson, R. G.: Haptic information stabilizes and destabilizes coordination dynamics, Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences, 268(1472), 1207-1213, (2001). DOI: 10.1098/rspb.2001.1620.
33) Lagarde, J. and Kelso, J. A. S.: Binding of movement, sound and touch: multimodal coordination dynamics, Experimental Brain Research, 173(4), 673-688, (2006). DOI: 10.1007/s00221-006-0410-1.
34) van Ulzen, N. R., Lamoth, C. J., Daffertshofer, A., Semin, G. R. and Beek, P. J.: Characteristics of instructed and uninstructed interpersonal coordination while walking in pairs, Neuroscience Letters, 432, 88-93, (2008). DOI: 10.1016/j.neulet.2007.11.070.
35) Neda, Z., Ravasz, E., Brechet, Y., Vicsek, T. and Barabasi, A. L.: The sound of many hands clapping, Nature, 403, 849-850, (2000). DOI: 10.1038/35002660.
36) Richardson, D. C. and Dale, R.: Looking to understand: the coupling between speakers' and listeners' eye movements and its relationship to discourse comprehension, Cognitive Science, 29(6), 1045-1060, (2005). DOI: 10.1207/s15516709cog0000_29.
37) Miyata, K., Varlet, M., Miura, A., Kudo, K. and Keller, P. E.: Modulation of individual auditory-motor coordination dynamics through interpersonal visual coupling, Scientific Reports, 7, 16220, (2017). DOI: 10.1038/s41598-017-16151-5.
38) Varlet, M., Marin, L., Raffard, S. and Schmidt, R. C.: Impairments of social motor coordination in schizophrenia, PLoS One, 7(1), e29772, (2012). DOI: 10.1371/journal.pone.0029772.
39) Mukai, K., Miura, A., Kudo, K. and 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.
40) 三浦哲都，紅林亘，岡野真裕，山本裕二，Marin, L., Bardy, B. G.：リズミカルな対人協調における視覚的結合，日本生態心理学会抄録集，11(2)，20-21，(2018).



三浦哲都（みうら あきと）
2012 年東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了．博士（学術）．2012 年日本学術振興会特別研究員（PD）．2014 年 Université Montpellier 1 EuroMov（ 仏 ）客員研究員．2015 年早稲田大学スポーツ科学学術院助教．2017 年東京大学大学院総合文化研究科助教．現在，早稲田大学人間科学学術院准教授．専門は，身体運動科学，認知科学．主として力学系理論を用いた知覚運動協調，対人間運動協調に関する研究を行っている．Advances in Cognitive Psychology，Associate Editor.

向井香瑛（むかい かえ）
2017 年愛知教育大学大学院教育学研究科修了．修士（教育学）．現在，東京大学大学院（博士課程）に所属．研究領域はスポーツ心理学，社会心理学．日本体育学会，日本スポーツ心理学会，東京体育学会の会員.

横山 梓（よこやま あずさ）
2018 年早稲田大学人間科学部卒業．学士（人間科学）．現在，東京大学大学院学際情報学府博士前期課程に在籍．研究領域は身体運動科学，スポーツ心理学．日本スポーツ心理学会，日本視覚学会の会員.

惠谷隆英（えたに たかひで）
2015 年東京藝術大学大学院音楽研究科修士課程修了．2019 年東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了. 博士(学術)．専門は音響心理学，身体運動科学.

工藤和俊（くどう かずとし）
1998 年東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了．博士（学術）．東京大学大学院総合文化研究科助手，助教，准教授を経て現在，東京大学大学院情報学環・学際情報学府准教授．
専門は身体運動科学，スポーツ認知行動科学．