

令和 2 年 7 月 1 日現在

機関番号：32202
研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）
研究期間：2016～2019
課題番号：15KK0129
研究課題名（和文）他者の動きに埋め込まれた社会的情報の処理機構とその発達（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）The cognitive mechanisms underlying the processing of socially relevant information embedded in bodily movement and its development(Fostering Joint International Research)

研究代表者
平井 真洋（HIRAI, MASAHIRO）

自治医科大学・医学部・准教授

研究者番号：60422375

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,900,000円
渡航期間： 11ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究は若手A研究を進展させ、十数個の光点運動のみから他者行為を知覚可能なバイオロジカルモーション(BM)に関する発達モデルの構を目指した。提案モデルは、二つのモジュールから構成されている。一つはStep Detectorと呼ばれる、大まかな歩行情報を処理するモジュールであり、主として皮質下、が関与することを想定した。もう一つはAction Evaluatorと呼ばれる、ヒトの動作・行為を詳細に処理するモジュールであり、大脳皮質が関与することを想定している。このモデルにより既存の研究結果を説明することが可能となった。さらに、コミュニケーションな動作を観察している際の脳波を9ヶ月児で計測した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、顔・視線知覚に関する研究に比して遅れている「他者の動き知覚の発達メカニズム」に関する理論整備を行った。本研究プロジェクトでは、これまで顔・視線で提案されている2プロセスモデルを下敷きとして、バイオロジカルモーション(BM)知覚発達に関する理論モデルを構築した。これにより、これまでのBM知覚処理に関する知見を説明する理論的枠組を提案することが可能となり、当該領域をさらに発展させたと考える。また、本研究成果は非定型発達児のBM知覚処理の非定型性について新たな仮説を提唱することが期待される。

研究成果の概要（英文）：Our visual system can recognize a variety of socially relevant information from point-light bodily movements known as biological motion (BM). However, the theoretical background remains unclear. In the first study of this project, we proposed a two-process model of the developmental mechanisms underlying BM processing. In the first system, the 'Step Detector,' we hypothesize that the system rapidly processes the local foot motion and feet-below-the-body information specific to vertebrates. Moreover, the system is less dependent on postnatal learning and involves subcortical networks. In the second system, the 'Bodily Action Evaluator,' slowly processes the fine global structure-from-motion, is specific to conspecific. Moreover, the system is dependent on the gradual learning process in cortical networks. In the second study of this project, we explored neural mechanisms underlying the processing of ostensive gestures by measuring EEGs from nine-month-old infants.

研究分野：発達認知神経科学

キーワード：発達 定型発達 身体動作 高密度脳波計測 コミュニケーション 発達モデル

1. 研究開始当初の背景

我々は自身の「身体の動き」を通じて、感情や意図などの多くの「社会的シグナル」を発している。同時に、我々は他者の「身体の動き」から感情などの社会的情報を読み取り、それにより円滑な社会生活を営むことができる。このような「身体の動き」を読み取る能力は社会的相互作用において極めて重要である。我々のもつ「他者の動き」への鋭敏性を示す好例として「バイオロジカルモーション (Biological Motion; 以下、BM; 図 1)」がある。BM とは十数個の光点運動から意図などの社会的情報を知覚可能な現象である。BM では身体の動き情報のみを取り扱うことができ、刺激の統制を厳密に行うことができるため、成人を対象とした脳機能イメージング研究が多数行われてきた。結果、BM 知覚時には、視線などの「社会的シグナル」を処理する中核的な脳部位である、上側頭溝が活動することが報告されている (Grossman & Blake, 2002)。特にこの 20 年間に BM 知覚処理発達に関する数多くの研究が行われ、新生児であっても BM と統制刺激を弁別可能であることが報告されている (Simion, Regolin, & Bulf, 2008)。また、学童期にかけてゆるやかに BM 知覚処理が変化しつづけることも研究代表者らは見出している (Hirai et al., 2009)。しかしながら、BM 知覚処理の発達変化に関する理論的はまだ構築されていないのが現状である。さらにこれまでの研究では、動作の知覚に焦点が置かれ、コミュニケーションの文脈における動作の役割については十分解明されていない。



2. 研究の目的

そこで本研究は、先行研究ならびに研究代表者らの一連の実験心理学的・神経生理学的な知見を説明可能な、BM 知覚処理に関する理論モデルを構築することを目的とする。また、研究代表者らの BM 知覚処理に関する一連の研究を発展させ、コミュニケーションに埋め込まれた身体動作知覚処理に関する神経基盤を解明することを目的とする。本研究費では、ロンドン大学バークベック校認知・脳機能知発達センターにおいて以下の 2 点に関する研究を進めた。

(1) 【研究項目 1】 他者の動き知覚発達に関するモデルの構築

BM 知覚処理の発達に関する研究は 40 年近く行われてきた (Fox & McDaniel, 1982)。その後の研究により、ヒト新生児でも、倒立したメンドリの BM やランダムな光点運動よりも正立のメンドリの BM への選好が引き出されることが報告されている (Simion et al., 2008)。また研究代表者の一連の研究の結果、8 ヶ月児を対象に BM を知覚している際の脳活動を計測した研究では、正立 BM に対する神経活動が統制刺激よりも有意に増大することを見出している (Hirai & Hiraki, 2005)。さらに 7~14 歳を対象とした脳波研究において、10 歳あたりまで脳活動が変化し続けることを見出している (Hirai, Watanabe, Honda, & Kakigi, 2009)。このような脳活動の発達変化は顔知覚処理においても知られており (Taylor, Batty, & Itier, 2004)、BM 知覚処理も顔知覚処理と同様の発達過程を辿る可能性が考えられる。これらの研究より、BM の処理は視覚経験のない新生児においてもみられるが、その知覚処理は成人に至るまで変化し続ける可能性がある。しかしながら、BM 知覚処理発達に関する知見の蓄積はあるものの、理論的背景については未だ明らかにされていない。そこで本研究では、先行研究ならびに研究代表者らの一連の研究成果に基づき、BM 知覚処理に関する発達に関するモデルを構築することを目的とする。

(2) 【研究項目 2】 他者の動きに基づく社会的学習の解明

知識を世代間で共有することは高度な社会を実現する上で極めて重要である。乳児がこのような知識を学習する方法の一つとして、他者からの学習 (社会的学習) が重要な役割を果たすことが報告されている。近年、この社会的学習のメカニズムとして、自然教授法と呼ばれる理論 (Csibra & Gergely, 2009) が提唱されている。この理論では、アイコンタクト、乳児に向けた抑揚のある発話などが乳児の社会的学習を促進させるとしている。他方、我々の日常生活のコミュニケーションにおいて、身体の動きは極めて重要な役割を果たすものの、それらが社会的学習に果たす役割については十分検討されていない。研究代表者らのこれまでの研究を発展させ、他者身体動作に埋め込まれたコミュニカテ

ィブな信号処理の神経基盤を高密度脳波計測により解明することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 【研究項目 1】 他者の動き知覚発達に関するモデルの構築

BM 知覚処理発達に関する研究をサーベイし、先行研究において確立されている BM 知覚処理に関する発達理論の構築を試みた。特に、顔認知発達に関するモデル(Morton & Johnson, 1991)やアイコンタクトに関する発達モデル(Senju & Johnson, 2009)を参考とし、BM 知覚発達を説明可能なモデルの開発を進めた。研究代表者らが見出してきた BM 知覚処理に関する二つの脳波成分(Hirai, Fukushima, & Hiraki, 2003; Hirai & Hiraki, 2005)や二つの倒立効果の相互作用(Hirai, Chang, Saunders, & Troje, 2011)を手がかりとして、これまでの BM 知覚処理に関する発達研究、脳機能イメージングの一連の研究、ならびに研究代表者の一連の研究結果を矛盾なく説明可能な BM 知覚処理発達に関するモデルを構築する。

(2) 【研究項目 2】 他者の動きに基づく社会的学習の解明

研究代表者らの先行研究(Hirai & Kanakogi, 2019)で明らかにした横振りの手の動きがどのように学習を促すかについて、高密度脳波計測により、その神経基盤の解明を試みる。94 名の乳児を対象に、縦振りと横振りの腕の動きがどのように予期に関連した前頭部ならびに側頭部の脳波成分を変調させるかを指標に検討する。

4. 研究成果

(1) 【研究項目 1】 他者の動き知覚発達に関するモデルの構築

BM 知覚処理に関する発達心理学研究、認知神経科学研究ならびに研究代表者らの一連の知見を説明可能な認知発達モデルの構築を進めた。特に Morton と Johnson が 1991 年に提案した、顔認知発達に関する二段階処理モデルに基づき、モデルの構築を進めた。Morton & Johnson モデルでは、CONSPEC と CONLEARN という二つのモジュールを想定している。CONSPEC は目と口の配置に基づき顔への空間的な定位を担い、CONLEARN では CONSPEC により入力された顔知覚処理の学習に関するモジュールである。研究代表者らはこのような 2 プロセスモデルを参考に、二つのモジュールからなる BM 知覚発達モデルを構築した (図 2)。構築したモデルは皮質下が関与すると考えられる”Step Detector”と皮質が関与すると考えられる”Bodily Action Evaluator”の二つから構成される。Step Detector は皮質下にあるゆえ生後すぐに機能し、主としてヒトの歩行運動に関する抽象的な特徴量を検出する機構を想定している。具体的には、正立の足の動きと足の空間的な位置の組み合わせがこのモジュールを駆動する。この二つの特徴量が入力された場合に、その対象へ注意を向ける機構である。一方、Bodily Action Evaluator は、行為の詳細な特性を処理するモジュールである。このモジュールは Step Detector により注意が向けられることにより、歩行運動に関する入力が増加する。これにより、光点運動から抽出される高次の特性を主として処理する。このような二つのモジュールを想定することにより、これまで報告されている BM 知覚処理に関する知見を矛盾なく説明することが可能となった。本研究成果は Neuroscience Biobehavioral Reviews に掲載された(Hirai & Senju, 2020)。本研究は、これまで発達原理が明らかにされていない BM 知覚処理に関する発達メカニズムを定式化することができた。今後は本理論から導き出される予測を検証し、理論の妥当性について検討していく必要がある。また、本モデルを拡張することにより、非定型発達児における BM 知覚処理のメカニズムの解明に繋げていく予定である。

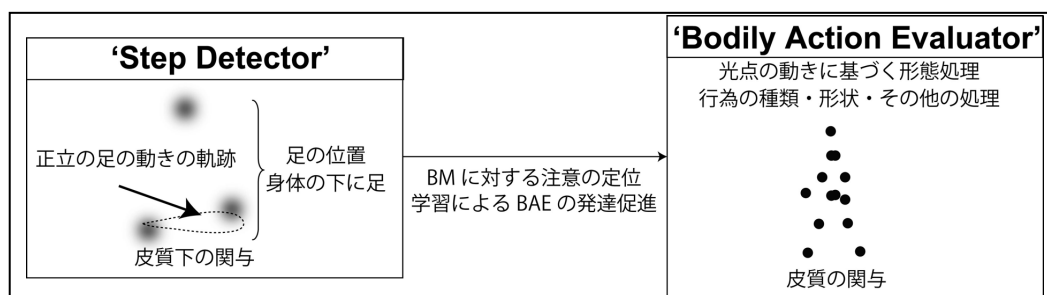


図 2 提案モデルの概要。

Step Detector: 主としてヒトの歩行運動に関する抽象的な特徴量を検出するモジュール

Bodily Action Evaluator: 行為の詳細な特性を処理するモジュール

(2) 【研究項目 2】 身体運動に埋め込まれた顕示的信号の神経基盤
データ計測を完了し、得られたデータの解析を進めている段階である。解析が完了次第、論文化の予定である。

<引用文献>

- ① Csibra, G., & Gergely, G. (2009). Natural pedagogy. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(4), 148-153. doi:10.1016/j.tics.2009.01.005
- ② Fox, R., & McDaniel, C. (1982). The perception of biological motion by human infants. *Science*, 218(4571), 486-487.
- ③ Grossman, E. D., & Blake, R. (2002). Brain Areas Active during Visual Perception of Biological Motion. *Neuron*, 35(6), 1167-1175.
- ④ Hirai, M., Chang, D. H., Saunders, D. R., & Troje, N. F. (2011). Body configuration modulates the usage of local cues to direction in biological-motion perception. *Psychological Science*, 22(12), 1543-1549. doi:10.1177/0956797611417257
- ⑤ Hirai, M., Fukushima, H., & Hiraki, K. (2003). An event-related potentials study of biological motion perception in humans. *Neuroscience Letters*, 344(1), 41-44.
- ⑥ Hirai, M., & Hiraki, K. (2005). An event-related potentials study of biological motion perception in human infants. *Brain Research: Cognitive Brain Research*, 22(2), 301-304.
- ⑦ Hirai, M., & Kanakogi, Y. (2019). Communicative hand-waving gestures facilitate object learning in preverbal infants. *Dev Sci*, 22(4), e12787. doi:10.1111/desc.12787
- ⑧ Hirai, M., & Senju, A. (2020). The two-process theory of biological motion processing. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 111, 114-124. doi:10.1016/j.neubiorev.2020.01.010
- ⑨ Hirai, M., Watanabe, S., Honda, Y., & Kakigi, R. (2009). Developmental changes in point-light walker processing during childhood and adolescence: an event-related potential study. *Neuroscience*, 161(1), 311-325.
- ⑩ Morton, J., & Johnson, M. H. (1991). CONSPEC and CONLERN: a two-process theory of infant face recognition. *Psychological Review*, 98(2), 164-181.
- ⑪ Senju, A., & Johnson, M. H. (2009). The eye contact effect: mechanisms and development. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(3), 127-134.
- ⑫ Simion, F., Regolin, L., & Bulf, H. (2008). A predisposition for biological motion in the newborn baby. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(2), 809-813.
- ⑬ Taylor, M. J., Batty, M., & Itier, R. J. (2004). The faces of development: a review of early face processing over childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1426-1442.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hirai Masahiro, Kanakogi Yasuhiro	4. 巻 1
2. 論文標題 Communicative Hand Waving Gestures Facilitate Object Learning in Preverbal Infants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Developmental Science	6. 最初と最後の頁 e12787 ~ e12787
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi: 10.1111/desc.12787	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 -
1. 著者名 平井真洋	4. 巻 36
2. 論文標題 身体に根ざした社会的認知の生涯発達：身体の「内側」と「外側」の視点から	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 基礎心理学研究	6. 最初と最後の頁 155-162
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
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 -
1. 著者名 Hirai M, Senju A	4. 巻 111
2. 論文標題 The Two-Process Theory of Biological Motion Processing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neurosci Biobehav Rev .	6. 最初と最後の頁 114-124
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi: 10.1016/j.neubiorev.2020.01.010.	査読の有無 有
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 該当する
1. 著者名 Hirai, M., Muramatsu, Y., Nakamura, M.	4. 巻 44
2. 論文標題 Developmental Changes in Orienting Towards Faces: A Behavioral and Eye-tracking Study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Behavioral Development	6. 最初と最後の頁 157-165
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1177%2F0165025419844031	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 Hirai, M., Muramatsu, Y., Nakamura, M.	4. 巻 91
2. 論文標題 Role of the Embodied Cognition Process in Perspective-Taking Ability During Childhood	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Child Dev	6. 最初と最後の頁 214-235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1111/cdev.13172.	査読の有無 有
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6件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 平井真洋
2. 発表標題 神経変性疾患・非定型発達における社会的知覚特性
3. 学会等名 日本視覚学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Hirai
2. 発表標題 Embodied cognition from inside out in atypical development
3. 学会等名 Bilateral Joint Seminar FY2018, Take the perspective of others: social cognition from healthy neurons to neurodegenerative brains (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirai, M. & Kanakogiy, Y.
2. 発表標題 Communicative Hand-Waving Gestures Facilitate Object Learning in infancy
3. 学会等名 Budapest CEU Conference on Cognitive Development (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hanley M, Hirai M, Ikeda N, Monden Y, Shimoizumi H, Yamagata T, Riby D
2. 発表標題 Development of Face Expertise in Autism and the Own-Race Advantage
3. 学会等名 2017 International Meeting for Autism Research (IMFAR) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平井真洋
2. 発表標題 他者視点取得の定型・非定型発達メカニズムWe-modeを支える要因：リズム・同期，共同行為の視点から
3. 学会等名 日本心理学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirai, M., Kanakogi, Y., & Ikeda, A.
2. 発表標題 Observing inefficient action can induce visual preferences in 4-monthold infants
3. 学会等名 Budapest CEU Conference on Cognitive Development (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本発達心理学会、尾崎 康子、森口 佑介	4. 発行年 2018年
2. 出版社 新曜社	5. 総ページ数 310
3. 書名 社会的認知の発達科学	

〔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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	千住 淳 (Atsushi Senju)	ロンドン大学バークベック・カレッジ脳認知発達センター・ Birkbeck, University of London・Reader	