

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：32202

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25871228

研究課題名(和文) 身体運動に埋め込まれたコミュニケーション信号処理に関する認知発達研究

研究課題名(英文) A developmental study on the processing of communicative signal embedded in human bodily motion

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) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：近年の研究から、自閉症スペクトラム児では2歳においてすでに他者・他者への動きへの選好が異なることが報告されている。本研究では、身体運動に含まれる「コミュニケーション」な信号の表現様式と脳内表現様式とその脳内表現に焦点を当て研究を進めた。定型・自閉症スペクトラム児を対象とした脳波計測により、身体の動きに鋭敏な成分を抽出し、定型・非定型発達児において神経活動が異なることを見出した。更に、身体運動に埋め込まれたコミュニケーション信号表現について行動実験によって検討した。

研究成果の概要(英文)：According to recent typical and atypical development studies, even 2-year-old children with autism spectrum disorders (ASD) have atypical preference for human bodily motion. In this study, we have tried to reveal the way of representation of 'communicative signal' embedded in human bodily motion and how it is processed in the neural system. We have developed an experimental paradigm to extract an event-related potential component which is sensitive to human bodily motion and found an atypical modulation of the component in children and adults with ASD. We further explored the way of representation of communicative signals embedded in bodily motion revealed by behavioral experiments.

研究分野：認知科学

キーワード：身体 身体運動 脳波 バイオロジカルモーション コミュニケーション 発達 非定型発達

1. 研究開始当初の背景

身体運動の知覚は、社会的認知の基盤となることがこれまで繰り返し報告されている。例えば、生後初期においてすでに他者の動きへの選好があることが報告され (Simion et al., 2008), 更に自閉症スペクトラム児において、他者の動きに対する選好が定型発達児と2歳の時点において異なることも報告されている (Klin et al., 2009)。特に、バイオリジカルモーション(以下, BM; 図 A)とよばれる、わずか十数個の光点運動のみから他者行為を知覚可能な現象を用いて、身体運動知覚の特性、脳内表現についてこの15年間に渡り数多くの研究がなされてきた。申請者はこれまで、BMが脳内において「いつ」「どのように」処理されるかについて検討し、BM知覚において階層的な処理が500ミリ秒以内に関与する可能性を報告してきた。しかしながら、これまでのBM研究は、身体運動の検出特性に焦点を置き、それが持つコミュニケーション側面については十分検討されていないのが現状である。

2. 研究の目的

モーションーズ (Brandら 2002) と呼ばれる乳児に対するはたらきかけの際にみられる身体運動が報告されているものの、身体運動に含まれるどのような物理量がコミュニケーションな情報を符号化しているのか、また、アイコンタクト等と同程度のコミュニケーションな情報を含むのか、さらに、発達障害によりそれへの感度が異なるのかについては殆ど明らかにされていないのが現状である。本研究は、身体運動に埋め込まれたコミュニケーション(他者への働きかけ/明示的)に関する信号に焦点を当て、それが身体運動にどのように表現されるのかについて、モーションキャプチャ計測によって得られたデータにより、コミュニケーションな信号を定量化する。次に、定量化された身体運動のもつコミュニケーションな信号が脳内においてどのように表現されるかについて明らかにすることを旨とした。更に、今までの研究では、自然な社会的コミュニケーションの文脈の刺激ではないため、実社会での身体運動に含まれるコミュニケーションな信号についての情報表現について明らかにすることを試みた。

3. 研究の方法

身体運動に含まれるコミュニケーションな信号の情報表現とその脳内表現、さらにはその処理の定型・非定型発達変化について明らかにするため、心理物理実験と脳機能計測を併用した。

1.他者身体の動きに鋭敏な脳波成分の確立
新たに開発した double-stimulus presentation 法

を用いることにより、低次の視覚領域の活動を抑え、ヒトの動きに特異的な信号成分のみを抽出する方法を用いた。刺激は、各光点の空間的な配置をランダム化した刺激から、ヒトの形として知覚できる光点運動に切り替わる。これにより、BMに鋭敏な脳波成分を抽出し、定型発達児と自閉症スペクトラム児における神経活動の違いを明らかにした。

2.モーションキャプチャー装置を用いた他者への働きかけ信号のデータベース化

これまでの研究では、ヒト歩行運動などの身体運動が用いられていたが、本研究では対面のコミュニケーションな信号に焦点を絞り、データベース化を行った。

3.実環境における身体の動きに埋め込まれたコミュニケーションな情報表現に関する研究

対面する歩行者が左に旋回、右に旋回する状況において、どのような身体の動きを手がかりとして、我々が身体の旋回方向を判断するか、数理モデリングと行動実験を併用することにより検討した。

4.定型・非定型発達児を対象とした、光トポグラフィー、脳波計による脳機能計測

2.で作成したデータベースを用いることにより、コミュニケーションな身体運動に対する脳活動を光トポグラフィー計測により検討した。

4. 研究成果

1.他者身体の動きに鋭敏な脳波成分の確立と定型・非定型発達変化

十数個の光点運動のみから他者の動きを知覚可能なバイオリジカルモーション刺激を提示刺激として用いた。新たに開発した double-stimulus presentation 法により、BM知覚に鋭敏な単一の脳波成分の抽出を試みた。これにより、本脳波成分の振幅と潜時を評価することにより、自閉症スペクトラム群、定型発達群における他者の動き知覚の脳内処理過程について検討する。具体的には、BM提示を二つの区間に分け、スクランブルモーションからBMに切り替わる場合と、スクランブルモーションから別のスクランブルモーションに切り替わる場合の二種類を用いた(図1)。両条件ともに各光点数、光点速度は同一であるため、刺激自体の持つ物理量については同一である。実験の結果、BM条件では、定型発達群において、刺激切り替わり後約350ミリ秒後にヒトの動きに特異的な成分を右の後側頭部において計測した。本指標を用いて、自閉症スペクトラム群と定型発達群を比較した結果、定型発達群では、ヒト運動を知覚可能な光点運動条件では、各光点をランダム化した統制条件よりも、脳波成分の振幅が有意に右半球で増大した。一方、自閉症スペクトラム群では、両刺激の

間の有意差は認められなかった。

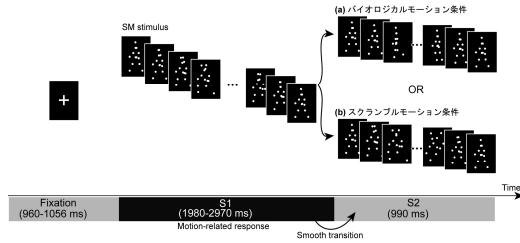


図1 実験刺激

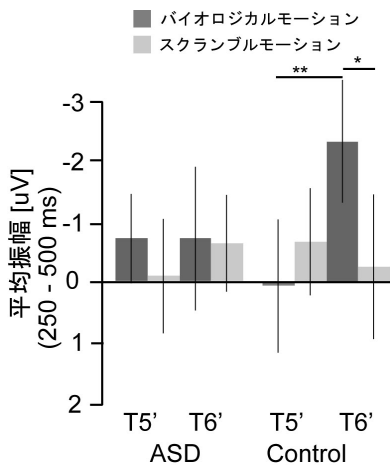


図2 脳波データの結果

ASD (自閉症スペクトラム群), Control (定型発達群). T5': 左半球電極, T6': 右半球電極. 定型発達群ではバイオリジカルモーションにおいて活動の増大が右半球で見られた.

2. モーションキャプチャー装置を用いた他者への働きかけ信号のデータベース化

これまでのバイオリジカルモーション研究では、ヒトの歩行などのコミュニケーションに関連した刺激を用いた研究は少ない。本研究項目では、モーションキャプチャーシステムを構築した上で、様々な身体運動を計測し、データベース化を試みた。先行研究(Brandら 2002)で報告されている身体運動などを参考とし、モーションキャプチャー装置によって計 10 名のモデルの身体運動を計測した。これらの刺激セットは研究項目 4 における脳機能計測の基礎的な刺激セットとして用いた。これらの刺激を用いて、空間的な注意に関する行動実験を開始した。

3. 実環境における身体の動きに埋め込まれた意図情報の表現に関する研究

これまでの研究では、実環境における身体運動の知覚、特に意図の検出については殆ど検討されてこなかった。本研究項目では、向こうから歩いてくる相手の進行方向をどのような手がかりに基づき予測するかを検討した。数理モデルを用いて、身体の回転、水

平方方向への移動情報に分解し、それぞれの情報が方向弁別判断にどの程度寄与するかを明らかにした。結果、観察者と歩行者の距離が近く、かつ、旋回角度が大きいほど、回転・水平方向移動の視覚的な手がかりが重要であること、更に両者の手がかりは独立に回転方向に影響を与えることを見出した。

本研究により、コミュニケーションな信号の一つとして、回転方向、水平方向への身体移動が重要な役割を果たすことを見出した。

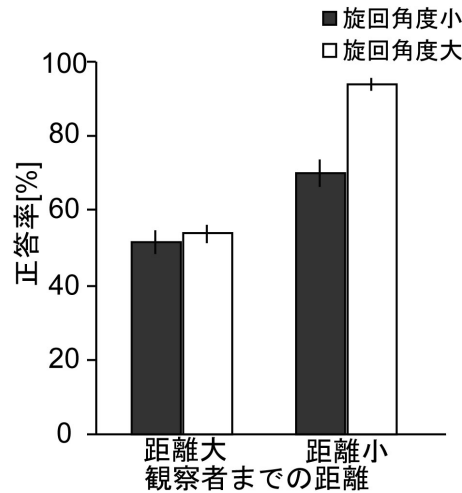


図3 行動実験の結果

4. 定型・非定型発達児を対象とした光トポグラフィによる脳機能計測

2. で作成した、モーションキャプチャーデータベースに基づき、光トポグラフィを用いた脳機能計測を、定型・非定型発達児(自閉症スペクトラム児)を対象として実施している。特に、両側後側頭部(上側頭溝)の活動にターゲットを絞り、群間での脳活動の違いを調べている。現在もデータを計測中であり、結果がまとまり次第、学会・論文で発表予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6 件)

1) Hirai M., Gunji A., Inoue Y., Kita Y., Hayashi T., Nishimaki K., Nakamura M., Kakigi R., Inagaki M. (2014) Differential electrophysiological responses to biological motion in children and adults with and without autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders* 8: 1623-1634.(査読有)

2) Hashimoto N, Toyomaki A, Hirai M., Miyamoto T, Narita H, Okubo R, Kusumi I. (2014) Absent activation in MPFC and TPJ but not STS during the perception of

biological motion in schizophrenia: A functional MRI study. *Neuropsychiatric Disease and Treatment* 10:2221-2230. (査読有)

3) 平井真洋 (2014) 身体・身体運動に埋め込まれた感情情報処理の神経基盤, *心理学評論*, 57:140-150. (査読有)

4) Hirai, M., Muramatsu Y, Mizuno S, Kurahashi N, Kurahashi H, Nakamura M (2013) Developmental changes in mental rotation ability and visual perspective-taking in children and adults with Williams Syndrome. *Front. Hum. Neurosci.* 7:856. (査読有)

5) Hirai, M., Watanabe S, Honda Y, Kakigi R (2013) Developmental changes in point-light walker processing during childhood: a two-year follow-up ERP study. *Dev Cogn Neurosci* 5:51-62. (査読有)

6) Nakamura M, Watanabe S, Inagaki M, Hirai M, Miki K, Honda Y, Kakigi R (2013) Electrophysiological study of face inversion effects in Williams syndrome. *Brain Dev* 35:323-30. (査読有)

〔学会発表〕(計 6 件)

1) Hirai, M., Kaneko, N., Nakajima, T., Mizutani, T., Watanabe, E. Functional connectivity analysis in patients with dysfunction of the corpus callosum: A preliminary study. *fNIRS2014*, Montreal, Oct 10th, 2014

2) 平井真洋. (2014) 「身体に根ざした社会的認知の神経基盤とその発達」認知科学会サマースクール(若手研究者プレゼンテーション). 箱根湯本富士屋ホテル(神奈川), 2014年9月2日.

3) 平井真洋. (2014) 「他者理解に関する神経基盤の発達と身体の役割」日本薬物脳波学会(若手研究最前線). 長泉山荘(静岡), 2014年6月13日.

4) 平井真洋, 中村みほ, 倉橋直子, 村松友佳子, 倉橋宏和, 水野誠司. ウィリアムズ症候群患児(者)における他者視点取得の発達変化. 日本認知学会第30回大会. 玉川大学(東京) 2013年9月14日.

5) 中村みほ, 平井真洋, 倉橋直子, 村松友佳子, 倉橋宏和, 水野誠司. ウィリアムズ症候群患者における顔への注意-アイトラッカーを用いた検討-. 第55回日本小児神経学会学術集会. iichiko 総合文化センター(大分) 2013年5月31日.

6) 平井真洋, 中村みほ, 倉橋直子, 村松友佳子, 倉橋宏和, 水野誠司. ウィリアムズ症候群患児(者)における心的回転と視点取得の発達過程に関する検討. 第55回日本小児神経学会学術集会. iichiko 総合文化センター(大分) 2013年5月30日.

〔図書〕(計 1 件)

平井真洋. (2013) 「2-3 身体知覚」「2-4 顔の知覚」, *発達心理学辞典*. 日本発達心理学会・編, 丸善出版.

6. 研究組織

(1) 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