

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：13301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870263

研究課題名(和文)脳磁計を用いた自閉症スペクトラム障害におけるモラル判断時の脳活動の解明

研究課題名(英文)Brain Activity during Moral judgments in ASD -MEG study-

研究代表者

平石 博敏(Hiraishi, Hirotoishi)

金沢大学・子どものこころの発達研究センター・研究員

研究者番号：40643789

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)：発達障害があるとモラル判断がうまくできないことが指摘されることから、発達障害の有無でどのようにモラル判断が脳活動として異なるのかを明らかにすることと、どのようにしてモラル獲得がされるのかを明らかにすることが必要であることから、発達障害のある大人と子ども、さらに、発達障害の無い大人と子どもがモラル判断をしている時の脳活動を計測した。現在のところ、発達障害のある大人と子ども、発達障害の無い子どものデータは集め終わり、発達障害の無い成人のデータを集めているところである。まだ、データの解析中であるが、今後は、得られたデータからより良いモラル獲得の方法を教育現場と共に探っていくことを目指している。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to make it clarify whether moral judgments show different brain activities between people w/o Autistic Spectrum Disorders(ASD) and how morality is learned through their developments. Therefore, I measured brain activities of children and adults w/o ASD during moral judgments by MEG.

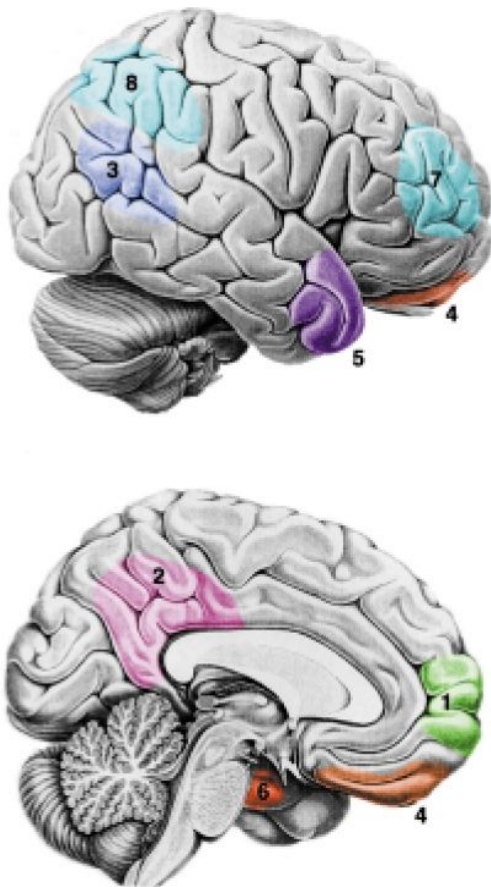
I have been analyzed the data but I want to collaborate with teachers to find better moral learning systems for ASD.

研究分野：認知神経科学

キーワード：モラル判断 発達障害 MEG 善悪 発達

1. 研究開始当初の背景

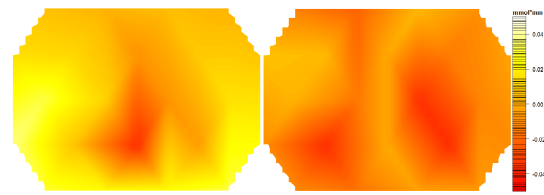
21世紀に入り、世界的に自閉症スペクトラム障害(Autistic Spectrum Disorder:ASD)に対する関心が高まっている。ASDは、代表的な広汎性発達障害であり、(1)他者との社会的相互性の障害、(2)言語的コミュニケーションの障害、(3)常同的で反復的な行動様式を、幼児期から認めることで診断される(DSM-IV)。ASDの有病率は100人に1人程度(Baird et al., Lancet, 2006)とされており、決して稀な疾患ではない。近年の科学技術の発達により、ASDに関する研究は、関連遺伝子の解明や、コミュニケーション障害単体に対するアプローチではなく、行動と脳の器質や機能とを総合的に絡めて考えていくことで、様々なASDの原因仮説が考えられてきている。その結果、ASDによって引き起こされる様々な社会的な破綻は本人や家族のみならず、社会全体の経済的な損失などを含め、より大きく、深刻な問題になりつつある。そして、その原因となる社会的な破綻の一つが、モラルの逸脱である。モラルは「文化によって規定される美德にそって、ヒトの性格や行為を良いか悪いか評価するもの」であり(Haidt, 2001)、ヒト社会を維持し、個人としても他者との関係を円滑にして過ごしていく上で必要不可欠なものである。



(図1)モラル判断に関与する脳部位(Greene et al., 2002)

モラルに関する脳活動部位を明らかに研究としては、2001年ごろから機能的磁気共鳴画像法(fMRI)を用いたものが増加している。その結果として、これまでの定型発達者のモラル判断時の脳活動を見た場合、扁桃体(Greene et al., 2001; Haidt, 2003)、前頭前野(Greene et al., 2001)そして側頭頭頂連合野(Castelli et al., 2002)などを中心として、数多くの脳部位が関わっていることが知られている(図1)。

私はこれまでの予備実験で、NIRSと呼ばれる近赤外光で血液量変化を測定する装置を用い、モラル判断時の血液量を前額部で測定したところ、「良い」と判断したときの方が「悪い」と判断したときよりも、血液量が増加していることを見出した(図2)。

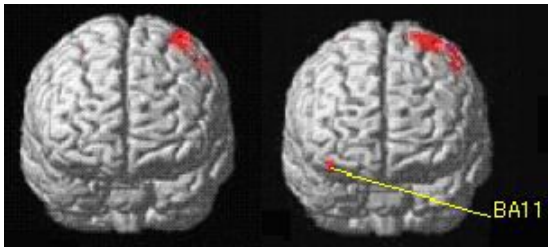


(図2)「悪い」と判断した際の前額部の脳血液量(左)と「良い」と判断したときの前額部の脳血液量(右)

しかしながら、fMRIやNIRSは血液の流れや量を計測する機械であるため、脳活動部位を低時間分解能で明らかにすることはできるが、脳活動部位をより高時間分解能な条件下で、すなわち、ネットワークの視点から明らかにしたものではない。そこで、ネットワークとしてどのようにモラル判断時に脳が活動しているかについて報告したものは、Decety&Cacioppo(2012)が挙げられ、そこでは、上側頭回後部(62-140ミリ秒)、扁桃体(122-180ミリ秒)そして、前頭前野(182-304ミリ秒)の順で処理されていることを報告している。

次に、脳活動部位の機能に目を転じると、中心的な働きをする、扁桃体は情動、前頭前野は推論や心の理論、側頭頭頂連合野は心の理論と関連するため、モラルは情動、推論、心の理論の三要素から構成されると考えられる(Casebeer, 2003)。Piaget(1932)とKohlberg(1963)は、モラル認知的発達段階説として幼児期からの認知発達に沿ってモラルも獲得されるとしているが、Casebeer(2003)の各要素はこれを裏付けるものである。しかし、モラル判断時の脳活動の発達の变化に関する報告は無い。

また、ASDはモラル獲得が難しいとされるが、その結果としてモラル判断時の脳活動が定型発達とASDでは異なることが平石ら(2007)によって明らかにされた(図3)。小嶋ら(2011)は、文章による刺激の提示を用いて、成人が道徳的もしくは意味的に、逸脱しているか・していないかを判断をしている際の脳活動を脳波計によってとらえた。



(図3)悪いと判断したときのASD中学生(左)と定型発達中学生(右)の脳活動部位の違い(平石ら、2007)。

その結果、道徳的逸脱時においては、刺激呈示後 300-900ms に出現する陽性波である(Ito, Larsen, Smith, & Cacioppo, 1998) 後期陽性成分の振幅が増加することが分かった。この後期陽性成分は、感情喚起スライドによって惹起され、認知的再評価をすることによって影響を受けたり(Hajcak & Nieuwenhuis, 2006)、また、文理解においても、文法逸脱を反映するなど検討が行われている(Hagoort & Brown, 2000)。さらに、意思決定過程など高次な処理にも調節を受けることで知られている(Gontier, Le Dantec, Paul, Bernard, Lalonde, & Rebai, 2008)。このように、ミリ秒単位での脳神経の活動を表す脳波および脳磁をモラル判断時に計測することで、モラル判断に関して新しい視座を与えることが出来ると考えられる。

次に、子どもへの適用を考える。これまで脳機能画像研究では主として fMRI が用いられてきたが、付加する高磁場が幼児の発達に与える影響が未知なことから、稼働させた際に発生する音がかかなり大きいため、幼児を対象とした fMRI 研究は困難である。一方、脳磁計(MEG)は、脳波計と同じくミリ秒単位の高時間分解能を持ち、かつほぼ無音である。さらに、脳波計は頭蓋骨の導電率が良いため、前頭部において後頭部で発生した脳波を計測してしまうなど、空間分解能に難があるが、MEG は磁気の距離に対する減衰率が高いため、直近のセンサーでしか信号を検出できない。そのうえ、デューワーと呼ばれるヘルメット上の機器に頭を挿入するだけと、測定までの段取りが簡便である。そのため、空間分解能は脳波計よりもかなり高い。以上のことから、安全で、高い時間分解能と空間分解能を備えた MEG を使うことで、幼児から老人まであらゆる世代を対象として脳活動を容易に測定可能である。さらに、金沢大学では世界に 2 台しかない小児専用の MEG システムを持っており(図4) これを活用することで、他の研究者では実現不可能な高い SN 比で全脳の活動を見ることが出来る。

2. 研究の目的

「脳磁計を用いた自閉症スペクトラム障害におけるモラル判断時の脳活動の解明」を目的とする。

近年、自閉症性スペクトラム障害(ASD) 児・者に対する社会的な関心が高まっている。これは、一般的な病気が視覚的に分かりやすい表現型を伴うのに対して、ASD を中心とする発達障害は、知的な遅れを伴わない場合は、外見や行動の見た目として定型発達の人と区別が難しく、障害を持っているようには見えない場合がほとんどである。それなのに ASD 児・者は他者とのコミュニケーションが期待されるほどにはうまくできなかったり、モラル判断が適切でないなどといったことから、一般社会でトラブルを引き起こす可能性が高くなる。



(図4)小児用 MEG のデューワー

モラルは、ヒト社会を形成・維持していく上で必要不可欠であり、定型発達(TD)児・者は幼児期から段階的に獲得していくが、ASD 児・者はモラル獲得が難しいことが知られている。そこで、脳磁計(MEG)を用いて、発達における変化とネットワークの観点から、ASD と TD 児・者のモラル判断にかかわる脳部位を比較する。これにより、モラル獲得の指標の確立も期待できる。

3. 研究の方法

刺激：二人の登場人物が三コマのイラストの中で、行動している。最初に注視点が呈示された後、最初の二枚の絵が 600 ミリ秒ずつ提示され、最後の一枚が一瞬間提示される。また、これらは、良い行動、悪い行動、どちらでもない中立の行動の 3 種類、また、善悪の行動については性別・年齢・行動パターンの違いから 96 パターン、そして、中立のものも 8 パターン用意した。パターンにおける呈示の順序はランダム化されていた。そして、これらの話を見て、その行動に関して「良い・悪い・どちらでもない」のどれに当てはまるかを判断して貰う。その際の脳活動を MEG を用いて計測した。成人の場合は、ボタン押しをして、判断内容と共に判断時間も計測した。子どもに関しては、実験後に絵を見ながら再認実験を行い、正しく判断できてい

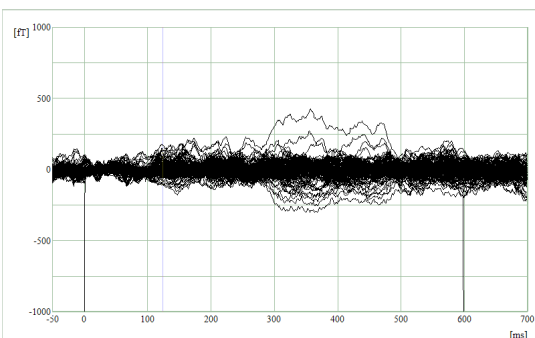
るか確かめた。

計測人数は、定型発達児が 21 名、定型発達成人が 3 名 ASD 児が 4 名、そして、ASD 成人が 11 名である。

MEG 収録条件

成人、小児ともにサンプリングレート:2KHz、ローパスフィルタ 200Hz。

オフライン処理:3 フレーム目呈示開始時のトリガーから 700 ミリ秒後までを加算平均した(図 5)。



(図 5) ある定型発達児が道徳的に悪いと判断したときの加算平均波形の一例

4. 研究成果

現在のところ、定型発達成人および ASD 児の参加人数がそれぞれ 3 名と 4 名と少なく、データが十分に集められなかった為、統計的な解析に掛けられない状態である。そのため、追加で参加者を募集して計測継続しているところである。

また、分析に関しても振幅の差およびその責任部位の同定、さらには、複雑性解析を用いている最中である。

しかし、これまでのデータ解析の結果としていえる可能性があることは、以下の 2 点である。

(1) 道徳的に悪いと判断している場合、先行研究で指摘されている 300 ミリ秒以降の後期陽性成分にあたるどころ、特に 300 ミリ秒から 500 ミリ秒にかけての脳活動が盛んになっている可能性がある。

(2) 道徳的に良いと判断している場合は、同様に、後期陽性成分にあたるどころの活動が盛んになっているが、悪いと判断している時以上に、700 ミリ秒前後までの長い時間、脳活動が盛んな状態が維持されている可能性がある。

今後は、上記の点を踏まえ、以下のところに注目して解析を進めていく。

(1) これまでのモラル判断研究ではネガティブなモラル判断のみを見てきたが、今回はポジティブなモラル判断も行っていることから、感情との関連が指摘される後期陽性成分と善悪のモラル判断との関連を明らかにする。

(2) 一般的に小児は成人よりも認知的な判断に時間を要するが、モラル判断でも同様のことが起こるのか、時間軸及び脳活動部位の

違いを中心として、小児と成人とでの脳活動について検討を進める。

(3) さらに、ASD と定型発達での脳活動部位の比較を行う。

また、これらの結果から、小児および ASD においてモラル判断が難しい場面を抽出し、学校現場でのモラル教育にフィードバックしていく。

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 1 件)

Hirotoshi Hiraishi, Mitsuru Kikuchi, Yuko Yoshimura, Sachiko Kitagawa, Chiaki Hasegawa, Toshio Munesue, Natsumi Takesaki, Yasuki Ono, Tsutomu Takahashi, Michio Suzuki, Haruhiro Higashida, Minoru Asada, and Yoshio Minabe

“Unusual developmental pattern of brain lateralization in young boys with autism spectrum disorder: Power analysis with child-sized magnetoencephalography” *Psychiatry and clinical neurosciences* (2015).69;153-160.DOI 10.1111 査読有

[学会発表](計 3 件)

1)

平石博敏 「モラル判断時の脳活動 fMRI 実験を中心に」 金沢認知科学シンポジウム 2015 年 3 月 3 日、金沢大学(石川県金沢市)

2)

平石博敏 「自閉症とモラル判断」 第三回金沢大学子どものころサミット、2014 年 11 月 29 日、赤羽ホール(石川県金沢市)

3)

Hirotoshi Hiraishi, Mitsuru Kikuchi, Yuko Yoshimura, Sachiko Kitagawa, Chiaki Hasegawa, Toshio Munesue, Hideo Nakatani, Gerard B. Remijn, Tsunehisa Tsubokawa, Michio Suzuki, Haruhiro Higashida, and Yoshio Minabe

“Unusual developmental pattern of brain lateralization in young boys with autism spectrum disorder: A customized child-sized MEG study” *Cognitive Neuroscience Society 21st Annual Meeting*, 2014 年 4 月 8 日,ボストン、

MA, USA

〔図書〕(計 1 件)

有光興記、藤澤文(第6章第一節分担執筆)
「モラルの心理学：理論・研究・道德教育の
実践」北大路書房 2015年 273ページ(206
- 216)

〔その他〕

ホームページ等

<http://kodomokokoro.w3.kanazawa-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平石 博敏 (HIRAISHI, Hirotoshi)

金沢大学・子どものこころの発達研究セン
ター・研究員

研究者番号：40643789