

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 25 日現在

機関番号：32205

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24531259

研究課題名(和文) 自閉症スペクトラム障害の自動詞的行為と他動詞的行為の意味理解と模倣に関する研究

研究課題名(英文) The study regarding the understanding of transitive and intransitive actions of ASD

研究代表者

田中 見太郎 (Tanaka, Kentaro)

作新学院大学・人間文化学部・教授

研究者番号：70217024

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：実験研究では、自動詞的行為(指さし)の意味(伝達意図)が明瞭になるにつれて、行為の観察条件下での脳波の μ 抑制はより顕著となった。このことは、ミラーニューロンシステムMNSがジェスチャーの意味理解に深く関与することを示唆する。理論的研究では、「心の理論」、殊に誤信念理解に特異的に関わるのは、前頭前野内側部ではなく、側頭頭頂接合部TPJであること、及び誤信念理解のためのシミュレーションがTPJで行われていることが明らかにされた。このことは、誤信念理解に関わる神経ネットワークがメンタライジングシステムではなく、MNSである可能性を示唆している。

研究成果の概要(英文)：In our experimental study, the clearer communicative intention of an intransitive action (i.e., pointing) became, the more salient EEG mu suppression became under the observation condition of the action. This finding indicates that the mirror neuron system (MNS) is involved in understanding the meaning of gestures. In our theoretical study, it was clarified that not the medial prefrontal cortex but the temporoparietal junction (TPJ) is specifically involved in 'Theory of Mind', especially in understanding false beliefs, and that simulation for understanding false beliefs is executed in the TPJ. This finding suggests the possibility that not mentalizing system but MNS is the neural network involved in the ability to understand false beliefs.

研究分野：哲学

キーワード：自閉症スペクトラム 自動詞的行為 伝達意図 ミラーニューロンシステム μ 抑制 バイオロジカル
モーション メタ表象 誤信念理解

1. 研究開始当初の背景

(1) 自閉症スペクトラム ASD に関する壊れた鏡仮説は、ASD の障害の主な原因をミラーニューロンシステム MNS の機能不全に求めるものであり、Oberman et al. (2005) によって提唱された。彼らは、ASD 群と定型発達 TD 群の脳波計測を行い、TD 群では、主体が行動する際にも、他者の同じ行動を観察する際にも、 μ 波成分の減衰 (μ 抑制) が確認されたが、ASD 群では、主体の行為時にのみ μ 抑制が認められ、他者の行動観察時には認められなかったと報告した。 μ 抑制は MNS の活動を反映するものと想定されており、このことから Oberman らは、MNS の機能不全が ASD の社会認知 (他者の行為の意味理解) の困難—特に模倣の困難や目標意図理解の困難—の原因だと主張した。

(2) しかし、Hamilton et al. (2007) は、ASD 児を対象にした実験で、ASD 児が目標達成行為を模倣することが可能であり、従って彼らが行為の目標意図を理解できていることを示した。このことから Southgate et al. (2008) は、ASD の MNS は健全であること、ASD の模倣が非定型的であるのは、身振り、仕種等を通して表現される伝達意図の理解に困難を持つからであるとした。

(3) 壊れた鏡仮説のもう一つの問題点は、ASD の最も代表的な障害であるメタ表象の障害に十分な説明を与えていない点にあった。MNS は、基本的には他者の行為理解に関わるのであり、他者の心的表象 (特に誤信念) 理解にまで関わりを持つか否かは不明だった。その意味で、壊れた鏡仮説は、なぜ ASD が他者の表象 (誤信念) 理解に困難を示すのかを説明できないでいた。

2. 研究の目的

(1) Hamilton らが示したように ASD 児・者に目標意図理解が可能であったとしても、そのことが直ちに ASD の MNS が健全であることの証拠となるわけではない。ヒトの MNS は自動詞的行為 (動作の目標となる対象を有さない行為)—例えば身振り・仕種—に対しても反応する。その意味でヒトの MNS は、Southgate らが ASD 児・者に困難だとした伝達意図理解にも関わっている可能性が存在する。そこで本研究では、定型発達成人を対象に脳波測定を行い、自動詞的行為の観察時における μ 波の動態を調べることとした。

(2) ASD 児・者は、バイオロジカル・モーション刺激の弁別にも困難を有する可能性のあることが指摘されてきた (ただ確定的なことが言えるほど明確な証拠が得られているわけではない—Kaiser & Shiffrer, 2009 のレビューを参照)。そこで本研究では、このことに関する基礎研究として、自動詞的行為と他動詞的行為 (動作の対象を有する行為) のバイオロジカル・モーション刺激を作成し、その弁別の際の事象関連電位 ERP を測定す

ることとした。

(3) MNS がメタ表象能力の基盤メカニズムとして想定可能か否かについて、二つの方向から理論的考察を試みることにした。

第一は、メタ表象概念の意味を整備しなおし、一層精緻化することを通して、誤信念理解能力以外にメタ表象能力があり得るか否かを検討することである。Perner (1991) が、ドレツキの哲学表象論を基に、幼児のふり能力、視覚的視点取得能力、知識理解能力等がメタ表象か否かの検討を行っている。しかし彼のドレツキ理解は、不正確な部分が多く、せつかくの試みが不満足な状態で終わっている。本研究では、ドレツキの表象論を正確にメタ表象概念に適用することにより、Perner の試みを継承する形で、上記の諸能力がメタ表象か否かを検討することとした。

第二は、機能的磁気共鳴画像法 fMRI を初めとする脳撮像研究を展望することにより、脳内のどのような部位が、どのような形で、メタ表象、特に誤信念理解に関わっているかを検討することである。本研究では、メンタライジング領域として近年強い注目を集めている前頭前野内側部 MPFC と側頭・頭頂接合部 TPJ に焦点を絞って、それぞれが誤信念理解に関わっているか否か、関わっているとしたらどのような形でか、を検討することとした。

3. 研究の方法

本研究は、理論家である哲学者と実験家である生理心理学者との共同研究であるという点に最大の特徴を持つ。従って、研究の方法も、理論研究と実験研究を並列処理的に展開して行くという手法が取られた。

(1) まず μ 抑制研究だが、定型発達成人を対象に、自閉症スペクトラム指数 AQ を測定した上で脳波計測を行うこととした。手順としては、まずホワイトノイズ映像観察時の脳波を測定し、その際の μ 波成分をベースラインとした。次に、参加者自身が行為を遂行する条件、他者の自動詞的行為を観察する条件、他者の他動詞的行為を観察する条件の三条件で脳波測定を行い、それぞれで μ 抑制が認められるか否かを検証した。

(2) バイオロジカル・モーション研究では、定型発達成人を対象に、AQ を測定した上で、反応時間計測及び脳波計測を行うこととした。手順としては、自動詞的行為のバイオロジカル・モーション映像 (例えばカメラに向かって手を振る行為)、他動詞的行為のバイオロジカル・モーション映像 (例えばモノを拾う行為)、複数の光点がランダムな動きを示す映像の 3 つの映像を参加者に提示し、ヒトの動きかモノの動きかをボタン押しで解答してもらい、その時の反応時間及び事象関連電位を計測することとした。

(3) ドレツキは「表象 representation」と「表示 indication」とを区別し、「表象」を「表示する機能を有すること」と定義する。本研

究では、幼児に関するふり研究、視覚的視点取得研究、知識理解研究をレビューしながら、幼児がふり、視覚的視点、知識等を「表示機能を持つもの」として理解できているか否かを考究することとした。

(4) MPFC は一般に「心の理論」能力、殊に誤信念理解能力のために不可欠の領域と考えられてきた。しかし Saxe らの研究では、誤信念理解課題の遂行に際して、MPFC の明確な活性化が認められなかった (Saxe & Kanwisher, 2003; Saxe & Powell, 2006)。また、他の研究によれば、MPFC に貫して活性化が認められるのは、性格特徴帰属課題、情動帰属課題、好み・意見等の帰属課題においてである。これに対して、TPJ は誤信念課題において典型的に活性化が認められる。しかし、同時に TPJ は、Posner パラダイムによる注意課題、視覚的視点取得課題、運動主体性 agency の帰属課題等、雑多な課題で活性化が報告されている。本研究では、MPFC を活性化させる課題、TPJ を活性化させる課題をそれぞれ丹念に精査することにより、MPFC を活性化させる要因及び TPJ を活性化させる要因を明確化させることを目指した。

4. 研究成果

(1) μ 抑制研究では、定型発達成人を対象に 3 つの実験が実施された。第一実験では、Oberman らの研究の追試として、手の開閉という自動詞的行為に関して、その遂行条件と観察条件で μ 波の動態が調べられた。その結果、行為の遂行条件では μ 抑制が認められたが、観察条件では μ 抑制は有意水準にまで達しなかった。第二実験では、モノ(トランプ)を指さすという自動詞的行為、モノ(トランプ)を集めるという他動詞的行為について、それぞれ遂行条件と観察条件で μ 波の動態を調べた。その結果、遂行条件ではいずれの行為でも μ 抑制が認められた。観察条件では、自動詞的行為で右半球での有意傾向の μ 抑制が認められたが、他のケースでは有意水準に達しなかった。第三実験では、観察条件での自動詞的行為に明確な伝達意図を伴わせる工夫が施された。演者が幾つかの図形(○、△、□、×)の中の特定の図形(○)を指さす映像が、参加者に 40 回提示されるが、提示に先立って参加者には「演者が何を指さすか覚えておいてください」という教示が与えられた。そして 40 回の試行が終わった後に、演者が何を指さしたかを参加者に答えてもらった。その結果、この行為(伝達意図を有した指さし行為)の観察条件で有意の μ 抑制が認められた。

以上、 μ 抑制研究では、「単なる手の開閉」→「指さし」→「伝達意図を有した指さし」といったように、行為の意味(伝達意図)が明確になるに従って、行為の観察時の μ 抑制が強まることが確かめられた。今後の課題として、ASD 児・者を対象に、伝達意図を有し

た自動詞的行為の観察時に μ 抑制が認められるか否かの検証が求められるが、この検証は平成 27~29 年度科研費研究(基盤研究 C、課題番号 15K04570、研究代表者: 田中見太郎)に受け継がれることとなる。

(2) バイオロジカル・モーション研究では、定型発達成人を対象に、自動詞的行為のバイオロジカル・モーション刺激と他動詞的行為のバイオロジカル・モーション刺激で、知覚処理の違いを反応時間と事象関連電位を指標にして調べた。その結果、どちらの指標でも、自動詞的行為の方が他動詞的行為よりも知覚処理が早い段階で行われていることが分かった。即ち伝達意図を持つ行為は、より速いスピードで知覚処理がなされるということであり、今後の課題は、ASD 児・者を対象に同じような知覚処理のスピード差が認められるか否かを検証することであるが、この検証も平成 27~29 年度科研費研究に受け継がれることとなる。

(3) ドレツキの哲学的表象論(機能主義的表象論)をメタ表象論へ拡張・適用し、幼児のふり研究、視覚的視点取得研究、知識理解研究等に当てはめて考究を行った。その結果、ふり理解、視覚的視点取得レベル 2、知識理解は、メタ表象—しかも誤信念理解とは別種のメタ表象—であるとの結論を得た。この結論は、二つの含意を有する。第一は、メタ表象の発現期が、これまで考えられてきた 4 歳期から 2, 3 歳期へと早まるということである。Clements & Perner (1994) が報告した暗黙的誤信念理解、Harris & Kavanaugh (1993) が報告したふり理解等は、どれも 2, 3 歳児のケースであり、この時期に幼児は表象を表象することが可能になると考えられるということである。含意の第二は、ASD 児・者がふりや視覚的視点取得において示す困難も、「心の理論」能力に関わる困難と考えられるということである。これらの困難は、メタ表象能力の欠損によるものと推定されるからである。

(4) MPFC に関わる課題、TPJ に関わる課題をそれぞれ精査した結果、本研究では次のような二つの結論を得た。

第一は、MPFC はヒトの内的状態を「推測」することに関わっているということである。従って MPFC は、Gallagher et al. (2000) が用いたような他者の「曖昧な」誤信念を理解する(推測する)課題では動員されるが、Saxe & Kanwisher が用いたような典型的な誤信念課題(「サリー、アン」タイプの課題)では動員されない。言い換えれば、MPFC はメンタライジング一般に関わるのであって、誤信念理解やメタ表象に特異的に関わるわけではないということである。

誤信念理解に特異的に関わるのは、むしろ TPJ であるというのが、本研究で得た第二の結論である。更に、ここで重要なのは、TPJ が他者への誤信念帰属だけでなく、自己への誤信念帰属に関わっていること、また TPJ

が他者の視点取得に関わっていることが明らかになった点だった。即ち、TPJで行われている誤信念理解はシミュレーションによるものである可能性が出てきたということである。TPJが、MPFCと異なって、メンタライジングには関わらず、しかしシミュレーションに関わるのだとしたら、このシミュレーションはMNSによるものである可能性が高い。即ち、誤信念理解(「心の理論」)もまたMNSによる社会認知であるかもしれないということである。こうして、壊れた鏡仮説がASDの「心の理論」能力の欠損をも説明するかもしれないという可能性が出てきたということである。

<参考文献>

- Clements, A. & Perner, J. (1994). Implicit understanding of belief. *Cognitive Development*, 9, 377-395.
- Dretske, F. (1988). *Explaining behavior: reasons in a world of causes*. MIT Press, Cambridge. 水本正晴(訳)(2005)行動を説明する 因果の世界における理由 勁草書房
- Dretske, F. (1995). *Naturalizing the mind*. MIT Press, Cambridge. 鈴木貴之(訳)(2007)心を自然化する 勁草書房
- Gallagher, H., Happe, F., Brunswick, N., Fletcher, P., Frith, U., & Frith, C. (2000). Reading the mind in cartoons and stories: an fMRI study of 'theory of mind' in verbal and nonverbal tasks. *Neuropsychologia*, 38, 11-21.
- Hamilton, A. F., Brindley, R. M., & Frith, U. (2007). Imitation and action understanding in autistic spectrum disorders: How valid is the hypothesis of a deficit in the mirror neuron system? *Neuropsychologia*, 45(8), 1859-1868.
- Harris, P. & Kavanaugh, R. (1993). Young children's understanding of pretense. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 58, v-92.
- Kaiser, M and Shiffrer, M. (2009). The visual perception of motion by observers with autism spectrum disorders: A review and synthesis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16 (5), 761-777.
- Oberman, L.M., Hubbard, E.M., McCleery, J.P., Altschuler, E.L., Ramachandran, V.S., & Pineda, J.A. (2005). EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Brain research. Cognitive brain research*, 24(2), 190-198.
- Perner, J. (1991). *Understanding the representational mind*. MIT Press, Cambridge. 小島康次・佐藤淳・松田真幸(訳)(2006)発達する 心の理論 プレーン出版.

Saxe, R., & Kanwisher, N. (2003). People thinking about thinking people: The role of the temporoparietal junction in "theory of mind". *NeuroImage*, 19, 1835-1842.

Saxe, R., & Powell, L. (2006). It's the thought that counts: Specific brain regions for one component of theory of mind. *Psychological Science*, 17, 692-699.

Southgate, V., Gergely, G., & Csibra, G. (2008). Does the mirror neuron system and its impairment explain human imitation and autism? In *The Role of Mirroring Processes in Social Cognition*. (Pineda, A., ed.), Humana Press.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び研究連携者には下線)

[雑誌論文](計 5件)

(1) 右半球側頭・頭頂接合部における誤信念理解のためのシミュレーションの可能性. 田中見太郎・諸富隆, 心理学評論, 57(2), 175-199, 2014.(査読あり)

(2) メタ表象についての心理・哲学的考察. 田中見太郎・諸富隆, 哲学, 65, 226-241, 2014.(査読あり)

(3) The effect of biological motion of action with communicative meaning on human visual processing: A study using event-related potentials and reaction time, Hidehiko Matsumoto, Shintaro Sugino, Kentaro Tanaka, Takashi Morotomi, International journal of Psychophysiology, 94(2), p.219, 2014. (査読あり, doi:10.1016/j.ijpsycho.2014.08.869)

(4) 他者行為理解に関わる脳内プロセスの生理心理学的検討 - 行為の意図性が脳波のMuリズム抑制に及ぼす影響 - . 杉野信太郎・松本秀彦・田中見太郎・諸富隆, 作新学院大学紀要, 5, 99 - 113, 2014.(査読なし)

(5) 「他我問題」への一解答としての脳内シミュレーション説. 田中見太郎, 作新学院大学紀要, 4, 95-108, 2014.(査読なし)

[学会発表](計 5件)

(1) 行為遂行時および他者行為観察時におけるMuリズムの変動—伝達意図を持つ自動詞的行為についての検討—. 杉野信太郎・田中見太郎・松本秀彦・諸富隆, 第33回日本生理心理学会大会, 2015年5月24日, グランフロント大阪.

(2) The effect of biological motion of action

with communicative meaning on human visual processing: A study using event-related potentials and reaction time. Hidehiko Matsumoto, Shintaro Sugino, Kentaro Tanaka, Takashi Morotomi, World congress of psychophysiology. 2014年9月25日、広島大学。

(3) 随意運動遂行時および観察時における Mu リズムの変動 - 動作対象および意図性の有無が及ぼす影響について - . 杉野信太郎・松本秀彦・田中見太郎・諸富隆、第32回日本生理心理学会大会、2014年5月17日、筑波大学。

(4) バイオロジカル・モーション刺激における自動詞的・他動詞的行為の視覚処理に及ぼす影響について—定型発達成人を対象にする事象関連電位及び反応時間による検討。松本秀彦・杉野信太郎・田中見太郎・諸富隆、第32回日本生理心理学会大会、2014年5月18日、筑波大学。

(5) 健常男子大学生の随意運動遂行時および動作観察時における脳活動 - EEG の Mu リズムを指標として - . 杉野信太郎・松本秀彦・田中見太郎・諸富隆、第31回日本生理心理学会大会、2013年5月18日、福井大学。

6. 研究組織

(1)研究代表者

田中 見太郎 (Tanaka Kentaro)

作新学院大学・人間文化学部・教授

研究者番号：70217024

(2)研究分担者

諸富 隆 (Morotomi Takashi)

作新学院大学・人間文化学部・名誉教授

研究者番号：60003951

松本 秀彦 (Matsumoto Hidehiko)

高知大学・学内共同利用施設等・特任准教授

研究者番号：70348093

田所 撰寿 (Tadokoro Katsuyoshi)

作新学院大学・人間文化学部・教授

研究者番号：80616300

高浜 浩二 (Takahama Kouji)

作新学院大学・人間文化学部・教授

研究者番号：40616299