

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K10073

研究課題名(和文) 発達障害の報酬予測能力と共感性に関する認知神経科学的研究

研究課題名(英文) Cognitiveneuroscience of reward prediction and empathy in developmental disorders

研究代表者

相原 正男 (AIHARA, Masao)

山梨大学・大学院総合研究部・教授

研究者番号：30242639

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)： 共感欠如は、人の社会的な機能を不可能にする。感情と認知機能の遂行に必要な前頭葉は最も遅くに成熟する。したがって、早期の前頭葉損傷でも、後年になり発達する道徳的判断にも影響を及ぼす。小児の発達の問題を理解するためには、仮説に導かれた研究が共感のような機能を解明するのに必要とされる。

我々は、快、不快感情がそれぞれ左、右前頭葉で活性化されることを見出し、共感研究を行った。これらの結果から、感情や共感を電気生理学的に検討することが健常児者、発達障害児者において遂行可能であることが確認された。これらの研究成果は、臨床神経生理学会のシンポジウムや英文誌に公表された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

発達障害は前頭葉の機能障害であることが神経心理学的に提唱されてきている。前頭葉は認知・情動処理系の相互作用から将来の意思決定や自己と他者をつなぐ共感に関わる脳領域であることが認知神経科学的に次第に明らかとなってきた。

本研究の目的は、自己の意思決定や他者への共感に関わる神経心理学的課題遂行時の認知・情動処理系を解析し、さらに対象者と観察者を神経生理学的に同時に測定することで、両処理系の相互作用に関わる脳内情報処理過程と臨界期を定型発達児において定量化することにあった。発達障害を学際的な研究対象とすることで、診断と治療に対する評価基準と教育方針を認知神経科学的に確立することを目標としている。

研究成果の概要(英文)： The lack of empathy makes the individual unable to function socially. The prefrontal cortex, which is critical for the organization of affective/cognitive processes, is among the last cortical regions to reach full functional maturity. Therefore, early frontal lesions can result in deficits not immediately apparent but predisposing to later developmental problems such as problems with moral judgment. To fully appreciate the implications of developmental problems in children, hypothesis-driven studies are needed to explore functions such as empathy. We recently have studied emotional tasks for use as an activation procedure representing pleasure and displeasure feelings, which are respectively linked to left and right frontal systems. On the basis of these results, we can examine the affective, empathic component electrophysiologically in both healthy controls and developmental disorders. These findings are presented by symposium in the congress and english papers.

研究分野：認知神経科学

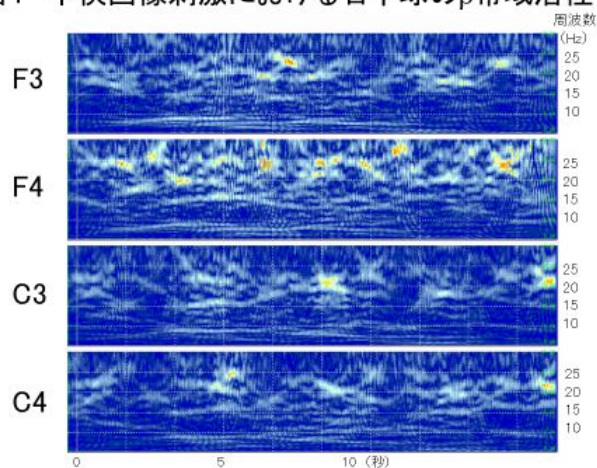
キーワード：共感 神経生理学 発達障害

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

## 1. 研究開始当初の背景

脳科学の進歩により人間の社会性を支える神経基盤に関する知見が急速に集積し、社会的活動、モラル、報酬と深く関わる脳領域が明らかになりつつある<sup>1-3)</sup>。すなわち、脳における情報処理は、大脳皮質を經由する思考や推論を担う認知処理背側経路と、感覚器からの情報が扁桃体に転送されて生物学的判断を行う情動処理腹側経路の二重のシステム構造になっており、これらの情報処理が相互干渉し統合される前頭葉がヒトの社会活動を担う脳内基盤として社会脳 (social brain) と考えられるようになってきた。一方、脳波の  $\beta$  帯域の同期化発振は随意運動の準備、能動的注意、短期記憶といったトップダウンの脳賦活により起こることが知られているが、我々の先行研究で、快・不快画像を用いた視覚的情動刺激に対する  $\beta$  帯域の非対称性指数が快画像で左側に、不快画像で右側に偏移することが明らかになってきた (図1)。

図1 不快画像刺激における右半球の $\beta$ 帯域活性化



発達障害児は、その発達過程において感情の言語化能力が乏しく、共感不全に陥りやすい。このような観点から、情動処理系と認知処理系の統合による意思決定、さらに他者と自己を結びつける感情である共感に関与する前頭葉の機能的発達過程を認知神経科学という視点から明らかにする研究は最重要事項となってきた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、自己の意思決定や他者への共感に関わる神経心理学的課題遂行時の認知・情動処理系を解析し、さらに対象者と観察者を神経生理学的に

同時に測定することで、両処理系の相互作用に関わる脳内情報処理過程を定型発達者と自閉スペクトラム症例において解明することにある。

### 3. 研究の方法

#### (1) 課題内容

##### 課題 1 (実行課題)

被験者は PC 画面上に呈示された左右 1 枚の選択カードから、自身の意思決定に基づいてマウスを操作して一枚のカードを選ぶ。5 秒後にそれぞれ  $\pm 100 \sim 500$  点の点数が表示され、合計 15 回の施行が終了すると合計得点 (1000 点) が表示される (図 2)。教示は、「PC 画面上に提示される左右の好きなカードに対してマウスを使って選択してください。選んだ結果に対してコンピュータ画面に得点が出ます。出来るだけ合計点が高くなるようにカードを選んでください。」とした。

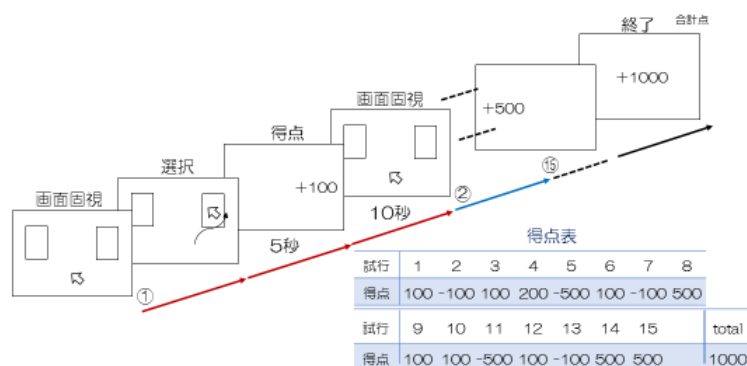


図2 課題実行者の1m前方にあるPC画面上に左右1枚ずつ選択カードが呈示される。マウスを用いて選択カードのうち1枚を選択すると5秒後に得点が表示される。なお、得点は実行者の選択とは無関係であり、あらかじめ表の通りに設定してある。

##### 課題 2 (応援課題)

課題実行者の表情が見えない左斜め後方に被験者が座り、他者が実行課題を施行している画面を注視する。教示は、「先ほどやっていただいた課題を ○さんにもしてもらいます。 ○さんの合計点に応じて、あなたにも同様の報酬が得られます。」とした。

#### (2) 記録方法

脳波導出/記録：脳波はミユキ技研社製生体信号収録装置ポリメイト を用いて両側の前頭部と中心部 (F3、F4、C3、C4) から導出して記録した。

脳波周波数解析：解析は 帯域を中心周波数 20Hz、帯域幅 5Hz として、各導出部位のパワーを解析した。なお、加減点表示後 10 秒間を解析時間とし、時間分解能は 1 秒として、のるぷろライトシステムズ社製専用ソフトウェアで行った。各部位の 帯域パワーの左右差の指標を

$$\{ \text{非対称性指数} : \text{LN} \left( \frac{(\text{右パワー})^2}{(\text{左パワー})^2} \right) \}$$

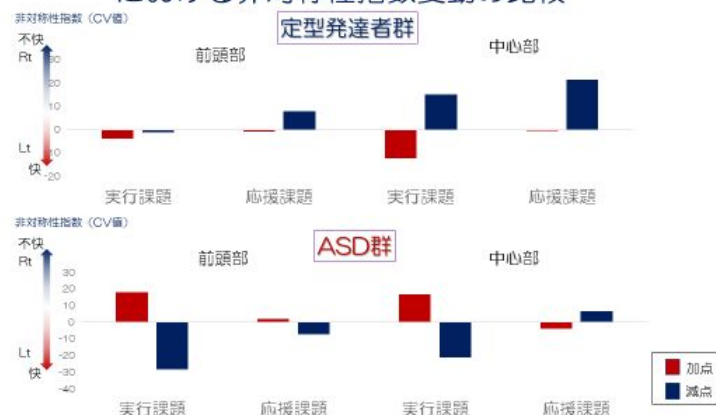
とし、正の場合には右方偏移、負の場合には左方偏移を表す。非対称性指数について前試行に対する変化と各試行における得点との関係を分散分析した。被験者のばらつきを補正するために各個人の平均値で除した CV 値 (coefficient of variation 値) を用いた。

#### 4. 研究成果 (図3)

##### (1) 実験1

対象は、インフォームドコンセントを得た 20 代の定型発達者の右利き男性 10 名。平成 29 年 4 月から令和 1 年 12 月の期間実施した。課題 1 (実行課題) を実行中、全被験者は何らかのルールによって得点が出されていると考えてカードを選択していた。課題 2 (応援課題) では、被験者と実行者は必ずしも関係性の深い知人ではなかったが、結果によって報酬が左右されるために共感的/支援的に観察していた。課題 1, 2 ともに加点時に CV 値は左方偏移し、損失時に右方偏移にしていた。損失時は、応援課題で右方偏移の度合いが強く認められた。

図3 定型発達者と自閉スペクトラム症 (ASD) における非対称性指数変動の比較



##### (2) 実験2

対象は、インフォームドコンセントを得た DSM-5 で自閉スペクトラム症と診断した 13~16 歳右利き男児 6 名。平成 30 年 4 月から令和 1 年 12 月の期間実施した。課題 1 (実行課題) を実行中、全被験者は何らかのルールによって得点が出されていると考えてカードを選択していた。課題 2 (応援課題) 後の聞き取りでは、結果によって報酬が左右されるために被験者は実行者に対して共感的/支援的に観察していたことを確認している。しかし、課題 1 は、健常者と逆の傾向を示し、課題 2 では、健常者が示した CV 値の偏移は認められなかった。

#### 5. 考察

実験1においては、自身および他者の損得に関しても、利得に対して左側、損失に対して右側への非対称性指数の偏移がみられ、快・不快感情が反映していることが推察される。自身で決定・実行できる状況に比して、自身で選択できない他者の判断に依存せざるを得ない応援的／共感的な立場においては、報酬が得られる状況よりもむしろ減点されるときに非対称性指数の偏移が強く認められた。他者の不快感情に対する共感性、あるいは他者の選択／行動に対する不快感情に対して脳はより鋭敏に反応しており、情動／感情的には「自厳他寛」ではないことを示唆しているものと考えられる。

実験2においては、実行課題において、快・不快刺激に対するパワーの偏移が、定型発達者とは逆パターンであり、ASDにおける快・不快といった情動にともなう脳機能の側方性の障害や未熟さが示唆される。実行課題と応援課題とで、加・減点に対するパワー偏移が異なっていた。これは、応援課題時の反応が、共感によるものではなく、加・減点の絶対値の大きさによるものであった可能性が示唆される。ASDについて、臨床的に同様の病態を有する者同士では相互の関係性に障害を来さないような経験をする。心の理論課題のように認知的共感に対しては一定の障害が示されている。一方で、情動的共感として他者に関する情動反応を評価するために瞳孔径や心拍、皮膚コンダクタンスを用いた研究があるが、結果はさまざまにコンセンサスを得るには至っていない。ASD者は共感できないのではなく、定型発達者とは思考パターンや共感の量的、質的に相違がある可能性が強く示唆される。

## 文献

- 1) 相原正男. 脳機能検査. 特集「注意欠如/多動症」. 日本臨床 76: 591-596, 2018.
- 2) 相原正男. 多動性・衝動性優位型. 精神医学症候群Ⅰ. 日本臨床(特集号)80-84, 2017.
- 3) 相原正男. 心の健やかな発達/つまずきと脳—感情—. 特別企画：子どもの発達と脳. こころの科学 2018; 200: 34-40, 2018.
- 4) Aihara M. Neurodevelopmental disorders and the frontal lobes. In: Goldberg E, ed. Executive Functions in Health and Disease. New York; Elsevier 319-331, 2017.
- 5) 相原正男. 認知神経科学的アプローチ. 武田克彦、山下 光、編. 「神経心理検査ベーシック」. 東京; 中外医学 270-288, 2019.
- 6) 相原正男. 前頭葉と神経発達症群. 神経内科 90: 539-547. 2019.
- 7) 相原正男. 発達障害. Clinica Neuroscience 38:196-199, 2020.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 相原正男	4. 巻 38
2. 論文標題 発達障害	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cinical Neuriscience	6. 最初と最後の頁 196 - 199
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 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 相原正男	4. 巻 90
2. 論文標題 前頭葉と神経発達症群	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 脳神経内科	6. 最初と最後の頁 539-547
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 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 Auvin S, 1 Wirrell E, Donald KA, Berl M, Hartmann H, Valente KD, Van Bogaert P, Cross JH, Osawa M, Kanemura H, Aihara M, Guerreiro MM, Samia P, Vinayan KP, Smith ML, Carmant L, Kerr M, Hermann B, Dunn D, Wilmshurst JM.	4. 巻 59
2. 論文標題 Systematic review of the screening, diagnosis, and management of ADHD in children with epilepsy.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Epilepsia	6. 最初と最後の頁 1867-1880
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/epi.13671	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 相原正男	4. 巻 76
2. 論文標題 脳機能検査. 特集「注意欠如/多動症」.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本臨床	6. 最初と最後の頁 591 - 596
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ohyama T, Kaga Y, Goto Y, Aoyagi K, Ishii S, Kanemura H, Sugita K, Aihara M.	4. 巻 39
2. 論文標題 Developmental changes in autonomic emotional response during an executive functional task: a pupillometric study during Wisconsin card sorting test.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Brain Dev	6. 最初と最後の頁 187-185
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ishi I S, Kaga Y, Tando T, Aoyagi K, Sano F, Kanemura H, Sugita k, Aihara M.	4. 巻 39
2. 論文標題 Disinhibition in children with ADHD: changes in [oxy-Hb] on NIRS during " rock, paper, scissors2 task.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Brain Dev	6. 最初と最後の頁 395-402
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hosaka H, Aoyagi K, Kaga Y, Kanemura H, Sugita K, Aihara M.	4. 巻 39
2. 論文標題 Developmental changes in autonomic responses are associated with future reward/punishment expectations: a study of sympathetic skin responses in the Markov decision task.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Brain Dev	6. 最初と最後の頁 573-582
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計12件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 後藤裕介、相原正男
2. 発表標題 シンポジウム: 情動的共感に関する神経心理学的研究
3. 学会等名 第49回日本臨床神経生理学会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相原正男
2. 発表標題 子どもの心と脳の育ち－自尊心を育むために－
3. 学会等名 山梨県教育委員会主催：しなやかな心の育成フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相原正男
2. 発表標題 共感に関わる認知神経科学的研究
3. 学会等名 分野横断的融合研究プロジェクト研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相原正男
2. 発表標題 認知神経科学よりみた社会脳の発達 社会で生きていくために－
3. 学会等名 福山市民フォーラム．子どもの発達と社会生活を考える（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相原正男
2. 発表標題 認知神経科学よりみた社会脳の発達とその障害
3. 学会等名 関西医科大学臨床研修会（招待講演）
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 後藤裕介、青柳閣郎、石井佐綾香、大山哲男、相原正男
2. 発表標題 快・不快に関する共感の神経心理学的研究 ～脳波周波数解析を用いた検討～
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大山哲男、後藤裕介、青柳閣郎、金村英秋、相原正男
2. 発表標題 脳波周波数解析を用いた共感における前頭葉機能の側性化についての検討
3. 学会等名 第60回日本小児神経学会学術集会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 相原正男	4. 発行年 2019年
2. 出版社 中外医学社	5. 総ページ数 336
3. 書名 神経心理検査ベーシック	

1. 著者名 Aihara M	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 590
3. 書名 Executive Functions in Health and Disease.	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----