

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K02947

研究課題名（和文）性差から紐解く定型発達 - 非定型発達における実行機能の連続性と非連続性

研究課題名（英文）Sex differences in executive functioning: Continuity and discontinuity across typical and atypical development

研究代表者

大村 一史 (Omura, Kazufumi)

山形大学・地域教育文化学部・教授

研究者番号：90431634

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：発達障害の示す実行機能における性差を、行動指標（行動データ）と生理指標（事象関連電位データ）の組合せによって検討することを目的とした。しかし、新型コロナウイルス感染症とシールドルームの水漏れ被害のため、脳波計測を伴う心理生理実験データの取得が困難であった。そのため、取得済みの時間判別課題と情動処理課題のデータに対して、自閉性傾向と衝動性傾向を発達障害の個人差要因として組み込んだ解析を展開した。時間判別課題において、学習した時間間隔を判断する際のP350は男性よりも女性が大きな振幅を示し、この振幅の変動は衝動性傾向と関連する可能性が示唆された。情動処理課題では、明確な性差は示唆されなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

実行機能を反映する各種課題成績や脳活動が、性差や障害特性傾向に修飾されることは支持されてきたが、本研究の意義は、この修飾の程度が定型 - 非定型発達では異なりうるという考えに依っている。時間処理機能といった従来の認知面を重視した実行機能（認知的実行機能）だけでなく、情動面の実行機能（情動的执行機能）を情動処理課題から検討する新しい視点を取り入れた。性差 - 脳 - 行動の関係に対して、質的・量的アプローチを組み合わせた認知神経科学研究は、本邦ではあまり展開されておらず、将来の発達障害の性差研究に寄与し、性差を考慮した介入プログラムや教育支援の開発への客観的指針の提案につながることを期待される。

研究成果の概要（英文）： This study aimed to investigate sex differences in executive functioning measured using electrophysiological and behavioral indexes. However, we could not collect enough electrophysiological data because of the pandemic of COVID-19 and the water leakage damage in the electric-shielded room. Collectively, we have analyzed the previously collected data in the time discrimination task and the emotional processing task by adding disorder-related personality traits, that is, autistic traits and impulsivity. The results suggest sex differences in electrophysiological indexes in the time discrimination task. In the time discrimination condition, we found that females showed significantly larger P350 amplitude than males. We did not find sex differences in the emotional processing task.

研究分野：社会科学

キーワード：実行機能 発達障害 個人差 実験系心理学 脳・神経

## 1. 研究開始当初の背景

現在、注意・欠如多動症 (ADHD)、自閉スペクトラム症 (ASD) などに代表される発達障害が示す独特な認知行動特性が、その脳機能の異常や不全にもとづくものであることが脳神経研究から明らかにされつつあり、社会的にも発達障害という名称が広く認知されるようになってきた。教育現場では、約 6% の児童生徒に何らかしらの発達障害が疑われるという疫学的数字も示されていることから、発達障害に対する適切な教育支援の提供は社会的要請として急務とされている。適切な教育支援や介入につなげていくためには、何よりも適切なアセスメントが重要であるが、脳神経研究が進んだ現在においても、アセスメントの基本は「精神疾患の分類と診断の手引き (DSM)」準拠の行動的な判断基準に依っており、未だにこの行動的な判断基準の方が診断精度が高いという現実がある。さらに、定型・非定型の発達過程の多様な分化により、発達障害の示す認知行動特性は非常に多様性に富むとともに、複数の障害特性も同時に呈するという合併症因子の交絡のために、もはや単一の障害名でその特性を記述することには限界が来ているとさえ言える。このような限界が指摘される中で、障害の示す特性を、実行機能 (抑制機能・シフティング・ワーキングメモリによるアップデート) から捉え、客観的な生物学的マーカーを探索する新しい研究の潮流が興っている。

これまで当研究室でもこの枠組みに沿って研究を展開してきたが、ADHD 群、健常群といった従来からの質的な群間比較のみでは、連続体 (スペクトラム) の偏差として位置づけられる障害の多様性を捉えきれないという問題に直面してきた。また地方都市では、現在の状態像や投薬治療を完全に統制して、一定数の研究対象者を確保するには相当の困難さがあった。このような研究上の限界を補うために、群間内でのバラツキを考慮した量的な個人差研究を展開していく中で、定型発達 (健常群) と非定型発達 (ADHD 群) の間には、量的で連続的な関係が認められつつも、両者を隔てる質的な分水嶺の存在が色濃く感じられるようになってきた。障害を定型発達-非定型発達において同じ 1 軸上に展開される実行機能の連続体の偏差として捉えるべきか、あるいは、連続体を捉えつつも、両者を隔てる点 (分水嶺) が存在するのかという問いが本研究の端緒にある。

そこで、本研究ではサンプルサイズのバランス統制が容易で、発達障害には男性の罹患率が多いという疫学的事実をもとに、遺伝的に影響の大きい性染色体の違い (性差) に注目することにした。発達障害の示す認知行動特性傾向を実行機能プロフィールとして描き出し、行動指標と生理指標の組合せによって、実行機能の性差を発達障害の中間表現型に据えて、定型発達と非定型発達を隔てる分水嶺を探る基礎的研究を計画した。性差-脳-行動の関係 (心理-脳神経プロファイル) を統合的に結びつけて、アセスメントとその後の支援に役立つ指針の提供を目指す基礎的研究を試みた。

## 2. 研究の目的

発達障害の定型発達-非定型発達を隔てる見えない分水嶺を、実行機能のプロフィールにおける性差の視点から、行動指標 (行動データ) と生理指標 (事象関連電位 [event-related potential: ERP] データ) を通して探り、発達障害の認知神経メカニズムの解明とそれにもとづくアセスメントの基礎を提案することを目的とする。本研究では、発達障害特性の基礎メカニズムの解明に焦点をあてるため、定型発達者を中心に展開しつつも、非定型発達者にまで対象範囲を拡大にする。特に、認知行動特性として、ADHD に関連する衝動性傾向と ASD に関連する自閉性傾向をターゲットに、両障害に見られる認知行動特性の定型発達内・非定型発達内での変動量に着目し、群内および群間の個人間比較を質的・量的アプローチによる実験から検討する。これにより、将来に続く、非定型発達児における同様のアプローチを用いた研究への足がかりを築くことが期待される。

当初の目的は上記の通りであったのだが、研究期間中に、新型コロナウイルス感染症の拡大と天井からの水漏れによるシールドルームの全損被害に見舞われたため、脳波計測を伴う心理生理実験データの十分な取得が困難であった。そのため、本研究課題の基礎となる 1 年間延長した前研究課題から乗り入れる形で継続した取得済みの時間判別課題と情動処理課題のデータに対して、自閉性傾向と衝動性傾向を発達障害に関連する定型発達内の認知行動特性の個人差要因として組み込んだ解析を展開した。またシールドルームの復旧工事が完了した最終年度は、実行機能のプランニングの基礎となる心的イメージ能力を捉える新しい行動実験を提案し、今後の脳波計測を伴う心理生理実験へつなげる試行的研究を実施した。

(1) 認知的実行機能 (時間処理機能) の検討には、以前に取得していた時間学習を伴った時間判別課題を再解析するによって対応する。従来、心理的時間感覚における性差は検討されてきたものの、未だに明確な結論は得られていなかった。事前に学習していない時間間隔と学習した時間間隔の判別において、時間間隔の推定時に惹起する ERP 成分である P3 を主な指標として、時間処理機能の脳内メカニズムの性差と発達障害に関連する認知行動特性の影響を明らかにしていく。

(2) 情動的実行機能(情動処理機能)の検討では、取得済みのデータに加え、新型コロナウイルス感染症が拡大する前の1年目に取得したデータを解析する。大脳半球機能差を検討する半側視野への瞬間呈示を利用し、実行機能が情動処理に与える影響を明らかにする。先行研究から、情動価を伴った刺激(ここでは表情によりカテゴライズされた顔刺激)の処理は右半球の優位性が示されているが、性差と認知行動特性傾向の関連に着目した研究は報告がほとんどないため、申請時に提案した課題のうち、新奇性の高いこの課題を優先的に実施することにした。仮説として、自閉性傾向が高い者は、定型発達で見られる情動刺激の右半球優位性が消失すると考えられるが、この関係に性差がどのように影響するのかを行動データ・ERPデータから紐解いていく。

(3) プランニングの解明を見据えた心的イメージ能力の検討では、視覚イメージを捉える新しい行動実験を提案し、今後の脳波計測を伴う心理生理実験へつなげる試行的研究を実施する。シールドルームの復旧工事が最終年度にまで遅延したために、行動データのみを対象に解析を行う。先行提示した刺激がその後提示された刺激の反応に影響する視覚プライミングを利用した客観的かつ簡便な認知課題を提案する。視覚イメージ能力の測定を目的としたイメージ課題と視覚ワーキングメモリの測定を目的とした記憶課題を作成し、プランニングの基礎をなす心的イメージ生成の心理学的メカニズムを検討する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 時間処理機能

健常大学生を対象に、エディンバラ利き手調査、時間間隔の学習を行う時間知覚課題、脳波計測を伴う時間判別課題、質問紙への回答という手順で実験を実施した。時間判別課題遂行時の課題成績および脳活動の性差と質問紙により測定される認知行動特性傾向(衝動性傾向および自閉性傾向)との関連を検討した。

時間知覚課題は、脳波計測中に、その後の時間判別課題で必要とされる時間間隔を記憶するための学習セッションとして準備された。研究対象者は、この課題中に指示された時間(1500ミリ秒)を学習するよう求められた。時間知覚課題の30分後に、脳波計測を伴う時間判別課題を実施した。

時間判別課題では、先の時間知覚課題で学習した時間間隔(1500ミリ秒)を判別が求められる。学習時間(1500ミリ秒:学習条件)または未学習時間(1000ミリ秒または2000ミリ秒:未学習条件)にランダムに提示される。提示された時間範囲が学習時間と非学習時間のどちらであるかを判別しなければならない。学習した時間範囲を正しく判別できた場合、学習した時間範囲を正しく判別できなかった場合に試行が分類され、提示された時間範囲を正しく判別した試行を分析対象とした。

定型発達内のパーソナリティ特性としての認知行動特性傾向を検討するために、衝動性傾向を測定するBIS-11尺度、自閉性傾向を測定するAQ尺度、実行注意の制御能力を測定するEffortful Control尺度の質問紙を実施した。特に、衝動性傾向を測定するBIS-11尺度、自閉性傾向を測定するAQ尺度に注目し、両傾向が課題成績と脳活動にどのように修飾を与えるかを性差から検討した。

#### (2) 情動処理機能

健常大学生を対象に、エディンバラ利き手調査、脳波計測を伴う半側視野呈示を用いた情動処理課題、質問紙への回答という手順で実験を実施した。情動処理課題遂行時の課題成績および脳活動の性差と質問紙により測定される認知行動特性傾向(衝動性傾向および自閉性傾向)との関連を検討した。

半側視野呈示を用いた情動処理課題では、研究対象者はコンピュータのモニタ中央の固視点(+ )を注視し続け、音声による警告刺激後に固視点の左右どちらかに瞬間的に呈示された顔画像が、男性または女性であるのかの性別判断を左右の人差し指を用いたボタン押し反応により求められた(左視野呈示[left visual field: LVF]; 右視野呈示[right visual field: RVF])。使用した顔画像の表情は「怒り」「恐怖」「幸福」「中立」の4種類、それぞれ男女半分ずつで構成された。また、時間処理機能の実験と同様の質問紙を実施した。

#### (3) プランニングの解明を見据えた心的イメージ能力

健常大学生を対象に、エディンバラ利き手調査、視覚イメージ能力の測定を目的としたイメージ課題、視覚ワーキングメモリの測定を目的とした記憶課題、質問紙への回答という手順で実験を実施した。両課題における課題成績の性差および質問紙により測定される認知行動特性傾向(衝動性傾向および自閉性傾向)との関連を検討した。

イメージ課題では、プライム刺激として赤色または緑色のフォントで示された「まる」または「しかく」の文字が2秒間提示され、その後固視点が続き、次に固視点の左右両方に赤色または緑色の「」および「」が反応すべきターゲット刺激として現れる。この間研究対象者はプライム刺激で提示された図形をイメージし、事前に反応を指示された図形と同一のターゲット刺激側のボタンを押すことを求められた。記憶課題ではプライム刺激が文字ではなく図形に置き換わり、イメージする代わりに図形を記憶することを求められる。事前に指示されたターゲッ

ト刺激に対する反応（または ）とプライム刺激が一致する「一致条件」と一致しない「不一致条件」が用意され、色（赤、緑）と形（まる・ 、しかく・ ）の二つの要因が組み込まれた。時間処理機能の実験と同様の質問紙に加え、日本語版視覚イメージ鮮明性質問紙（Vividness of Visual Imagery Questionnaire: VIQ）を実施した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 時間処理機能

事前に学習していない時間間隔と学習した時間間隔の判別において、学習した時間間隔を正しく判別する場合には、学習していない時間間隔を正しく判別する場合よりも、判別時に惹起する P3 と正答フィードバック時に惹起する P3 に大きな振幅が認められた（図 1）。先行研究の精査から、この P3 を P350 の視点から捉え直し、学習した時間間隔を判断する際の脳内メカニズムを検討した。この P350 は男性よりも女性が大きな振幅を示し、この振幅の変動は衝動性傾向と関連する可能性が示唆された。また同課題において、学習や記憶に関連するとされるガンマ帯域反応（30-80Hz）を対象とした周波数解析を進めている最中である。

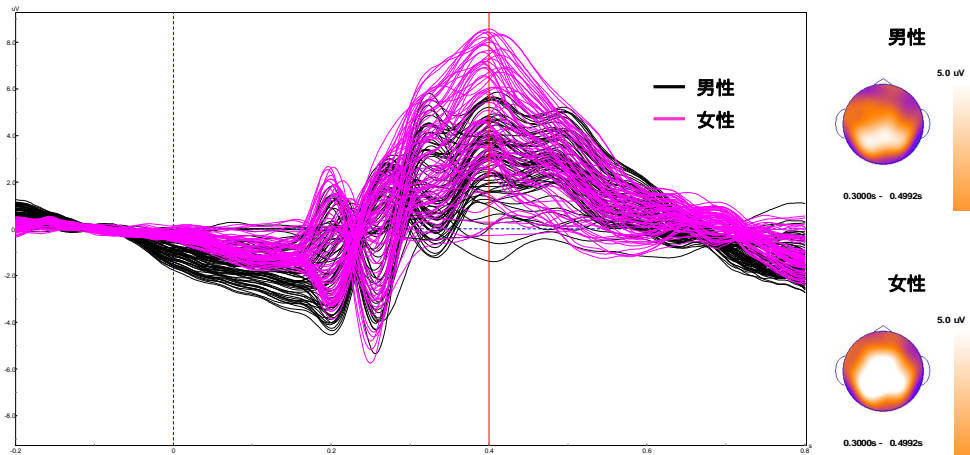


図 1. 学習した時間間隔を正しく判別する場合の P350 と全脳電位マップの性差

##### (2) 情動処理機能

顔表情認知における右半球優位の大脳半球機能差が、性差および自閉性傾向や衝動性傾向に修飾を受けるかどうかを N170 の潜時により検討した。全ての顔表情条件において、左右の視野呈示に対応した対側の側頭-後頭領域に N170 が確認された。また、感情価を伴った顔表情刺激に対する右視野呈示よりも、左視野呈示において N170 潜時が速い傾向が見られたことから、顔表情処理の脳内メカニズムの差異が N170 潜時に反映されることが推察され、感情価を伴った顔表情刺激に対する右半球優位の傾向が示唆された。

次に、性差および認知行動特性傾向（自閉性傾向および衝動性傾向）に着目し、情動価を伴った刺激が右半球優位の処理過程にどのように反映されるのかを検討した。これまでに実施した解析からは、N170 潜時における明確な性差は確認できず、認知行動特性傾向（自閉性傾向および衝動性傾向）の影響もほとんど確認されなかった。

##### (3) プランニングの解明を見据えた心的イメージ能力

イメージ課題と記憶課題を組み合わせ、プライミング効果からプランニングの基礎的能力を捉える認知課題の提案を試みた。残念ながら、性差に関しては、有意な結果は得られなかった。しかし、男女を込み全体で分析したところ、イメージ課題では色よりも形のプライミング効果が大きく働くが、記憶課題ではこのような傾向は顕著ではなかった。これに対して、記憶課題では、色および形のプライミング効果は同程度で、それぞれ単独のみでは、その効果は大きくないものの、両者が組み合わさった二重干渉の場合では、効果が大きくなった（図 2）。抽象的な図形を視覚的にイメージする際には、形が色よりも優先的に生成されることが考えられる。これに対して、記憶をする際には、視覚で捉えたままに、色と形を分離することなく、色も形と同程度に記憶表象として形成される可能性が高い。

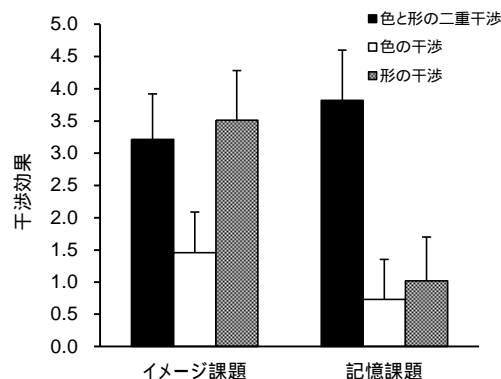


図 2. 各課題の干渉効果

#### (4) 成果と今後の課題

研究期間中に発生した新型コロナウイルス感染症の拡大と天井からの水漏れによるシールドルームの全損被害のために、研究期間を延長したにもかかわらず、人を対象とした十分な心理生理実験を行うことができなかったことは残念である。実現認知的実行機能を時間処理機能の視点から、情動的実行機能を情動処理機能の視点から検討した二つのERP研究は、現在もまだ解析途中であり、国際学術誌における成果発表には至っていない。しかし、論文化の可能性は見えてきたので、引き続き丁寧な解析を進めていきたい。本研究課題を実施するに当たり、認知行動特性傾向と性差の関係を扱った先行研究を精査する必要があったため、ASDにおける性差の先行研究をレビュー論文としてまとめた。最終年度には、シールドルームを復旧させて、高精度実験用ディスプレイを備えた実験環境の再構築を実現できたため、実行機能のプランニングの基礎となる心的イメージを捉える新しい行動実験を提案し、学会でのシンポジストとして話題提供を行った。今後の脳波計測を伴う心理生理実験へつなげる試行的研究として位置づけ、さらに脈波等の他の生理指標も組み合わせた統合的な研究に発展させる予定である。

本研究では、単一の障害名でその特徴を記述するよりも実行機能の詳細なプロフィールから特性的に発達障害の認知神経メカニズムの描出を試みることによって、次世代の発達障害アセスメントの確立につなげていく基礎的研究を目指した。本研究期間終了後も、研究を継続し、反省点を生かして地道に成果を積み上げることによって、定型-非定型発達内における認知行動特性傾向を質的・量的の両面から検討していく。本研究では主に定型発達者を対象に実験を実施したが、児童を含めた発達障害理解への寄与を視野に入れ、得られた知見を教育現場へフィードバックし、将来的には、実験研究による実証にもとづく(evidence-based)介入プログラムや教育支援の提案を目指していきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 大村一史	4. 巻 17(3)
2. 論文標題 ASDの認知機能における性差	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 山形大学紀要（教育科学）	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15022/00004809	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 -

1. 著者名 大村一史	4. 巻 94(2)
2. 論文標題 Default mode networkと発達障害	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 脳神経内科	6. 最初と最後の頁 210-217
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 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------