

令和 2 年 5 月 19 日現在

機関番号：32643

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18666

研究課題名(和文)発達障害の日常的な困難の客観評価—合理的支援にむけて—

研究課題名(英文)Objective evaluation of the difficulties in the everyday life for the developmental disability-Study for reasonable support-

研究代表者

早川 友恵 (Hayakawa, Tomoe)

帝京大学・文学部・教授

研究者番号：60238087

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：視覚情報処理には大脳の広範なネットワークが関わる。本研究では、視覚情報処理の階層構造に沿って各種評価を組み立て、個々の発達障害の認知特性を明らかにした。視機能評価は、視力・コントラスト感度・立体視・視線計測・瞳孔反応などの複数の実験で構成され、後頭葉から前頭葉におよぶ脳内ネットワークを認知神経科学的アプローチによって明らかにした。

本研究では、視覚情報処理の階層構造に沿って、個々の児童・生徒の脳内過程を明らかにしていった。その結果、「合理的配慮」および教育支援のために、どのような評価を行なうと効果的かが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

発達障害の種類や程度は、問診や行動観察、知能検査等の結果から総合的に評価される。しかしながら、発達段階や生活環境で障害様相が異なるため、当事者・家族であっても日常的困難の本質を合理的に説明することは容易ではない。30万人を超えようとする発達障害児・生徒への支援は急務であるが、支援の基盤には、当事者の日常的困難を適切に説明できる客観的指標とその分析が必要である。本研究で確立した視機能評価を中心とした認知神経科学的アプローチは、合理的配慮に的確に応えられる生理学的根拠に基づいた日常的な困難の説明に一定の成果をもたらすことができた。

研究成果の概要(英文)：A wide range of cerebral networks are involved in visual information processing. In this research, we constructed several tests along the hierarchical structure of visual information processing. In our cognitive neurological approach, we have revealed the cerebral network from the occipital lobe to the frontal lobe by measuring visual acuity, contrast sensitivity, stereoscopic vision, gaze, and pupillary response.

As a result of clarifying the cognitive characteristics of children with developmental disabilities, our approach was found to be useful for educational supports.

研究分野：認知神経科学

キーワード：発達障害 視覚情報処理 認知神経科学的アプローチ 視線計測 瞳孔計測 合理的支援

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

発達障害を構成する主疾患には、自閉症スペクトラム障害・注意欠陥多動性障害・学習障害がある。これらの障害を、米国精神医学会の精神障害の診断と統計マニュアル DSM-5 では、障害の重複や連続性を考慮した上で、「Neurodevelopmental Disorders」と位置付けている。

障害の種類や程度は、問診や行動観察、知能検査・発達検査等の結果から総合的に判断されるが、発達段階や生活環境により異なる障害様相を呈するため、問題行動だけが注目され、個々の児童・生徒の適切な評価は容易ではない。その結果、障害特性の理解に至らず、適切な支援が得られない例も多い。個々の児童・生徒に対して「合理的配慮」を実行するためには、その基盤となるべき、日常の困難を具体的かつ客観的に示す認知神経科学的アプローチが不可欠である。

文部科学省は、発達障害の実態調査で、児童・生徒の 6.5% がその可能性があるとして報告している (2012 年)。また「特別支援教育に関する調査」では、2002 年から 2013 年の間に、特別支援学級在籍者は約 8 万人から 17.5 万人、通級指導者は約 3 万人から 7 万人に急増しており、増分は発達障害であることを示した。2005 年「発達障害者支援法」の成立で、発達障害は初めて支援の対象となり、2016 年の改正により、社会的障壁を除く支援が乳幼児期から高齢期まで切れ目なく受けられ、教育現場でも個別支援が必須になった。2014 年いわゆる障害者差別解消法の成立以降、個々の児童・生徒の日常における認知的諸問題とその原因を踏まえた「合理的配慮」が義務化されたが、合理性を客観的データで示すための準備は十分とは云えない。

発達障害はその障害の質や程度に違いがあっても、いずれも視覚認知に歪みがある点で共通している (Dakin & Frith, 2005, Fuermaier et al., 2017)。応募者は過去 5 年間にわたり、発達障害の視機能評価・視線計測を行ってきた (帝京大学教職大学院「ワクワク学習教室」)。その活動の中で、視知覚や社会性・コミュニケーション能力を評価する課題や認知神経科学的の分析的アプローチが、発達障害の日常かつ実際的な問題を明らかにするために極めて有用であり、必要であると実感した。以上の点から、本研究では、視覚知覚を通して発達障害の日常的な困難の認知神経科学的評価を実施した。

### 2. 研究の目的

視覚情報処理は、広範な皮質間ネットワークを反映する (図 1)。網膜に始まり後頭葉視覚野・頭頂連合野に至るボトムアップ情報処理系と、意思決定や課題の実行に関わる背外側前頭前野・前頭眼野のトップダウン情報処理系の両方が必要である。これらの脳部位とワーキングメモリ・計画性、問題解決能力にかかわる背外側前頭前野および価値判断を伴う意思決定に関わる腹内側前頭前野との間には、神経および機能結合がある (Ungerleider et al., 2008, Ninomiya et al., 2012, Rudolf & Hare, 2014)。さらに、本研究で評価対象にする視線制御には、興味や意思決定にそって眼球を動かすための前頭葉機能が現れる。また、瞳孔反応には、自律神経系の特徴が現れる。発達障害 特に自閉症の知覚特性や社会適応を評価する生理指標として瞳孔反応が注目されており (Dinalankara et al., 2017, DiCriscio & Troiani, 2017)、本研究では、視覚を中心とした大脳皮質および皮質間ネットワークと自律神経系を軸にした融合的研究を行なう。これら視覚に注目した認知神経科学的検討により、発達障がい児における日常の問題の背景にある神経活動を明らかにし、合理的支援につなげる。

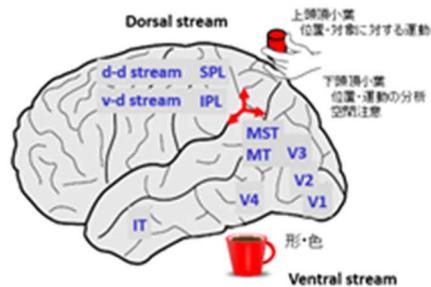


図 1 視覚情報処理ネットワーク

### 3. 研究の方法

視力・コントラスト感度・立体視・高次図形処理等を評価したうえで、視線および瞳孔計測を行った (EMR ACTUS®) を使用した。

#### 3-1) 視線計測

課題 1 では、発達障害 特に学習障害の背景に基本的な眼球運動の問題はないか、また眼球運動が背景ノイズを無視して制御できるかを検討した。随意性眼球運動である衝動性眼球運動 (交互視) を記録した。左右の刺激間隔 20° である。課題 2 では、読み困難の背景に関し、視線制御および逐次読みの傾向を検討した。

#### 3-2) 瞳孔計測

10 分程度の暗順応後に明暗 2 条件の光刺激に対する瞳孔反応を計測した。計測時間は 5 秒および 30 秒とし、中長期的な瞳孔反応の推移を検討した。2 つの実験の間にも同様の暗順応を実施した。

#### 3-3) 高次図形処理

WAVES (学研社) を使用し、視知覚・図形弁別・図地分離・視覚記憶・目と手の協応等の視機能評価を行なった。

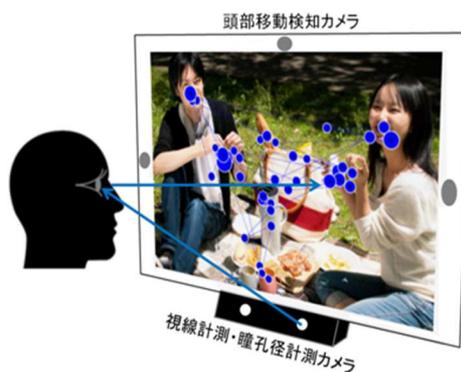


図 2 視線&瞳孔計測システム  
視線分解能 2.0°, 瞳孔径分解能 0.1mm

#### 4. 研究成果

##### 4-1) 視機能の系統的分析例（帝京大学学生カウンセリング研究 6：11-020 に掲載）

主 訴：羞明および書字困難

現病歴：6歳時、集団になじめず、読み書きの遅れを認める。近医を受診し、脳波・MRI検査を実施するも、脳機能には異常なしと云われる。アスペルガー症候群と診断され、数回の感覚統合訓練を受ける。7歳時（小学校1年生）、広汎性発達障害と診断される。感覚過敏でパニックを起こす。曖昧な言語指示の理解が難しく、コンサータの内服を開始する。13歳時（中学校1年生）、羞明のための遮光眼鏡を作成する。英文字が鏡文字になる現象が見られた。14歳時（中学校2年生）でWISC-IVを実施する（FSIQ:102、言語理解:129、知覚推理:106、ワーキングメモリ:88、処理速度:77）。「合理的配慮」により高校を受験し合格した。

結果（系統的視機能評価）：視力・両眼視機能等には問題なかった。羞明の評価を行なったところ、暗所でのグレア条件でのコントラスト感度の低下を認めた。WAVESでは「線なぞり」課題と「数字みくらべIおよびII」の成績が著しく悪かった（図3）。「線なぞり」課題は、右から左へ大きく線を引くような単純な鉛筆運用であるが、枠からはみだしが著しかった。数字みくらべは、左右に配置された文字列の異同を比較する課題であり、その遂行にはワーキングメモリと正確な視線制御が求められる。視線計測の結果では、右行きの視線制御に問題が見つかった（図4）。本例では、視覚情報処理の階層構造の中で、自閉症に見られる感覚過敏と書字困難の背景に視線制御と目と手の協応等の問題の存在を明らかにした。感覚過敏のメカニズムについては、今後の検討点として残った。

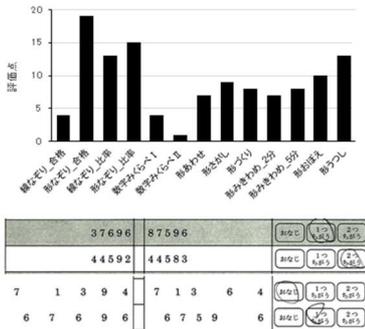


図3 WAVESの結果  
左右の数字列を比較する課題（下図）の評価点が低い

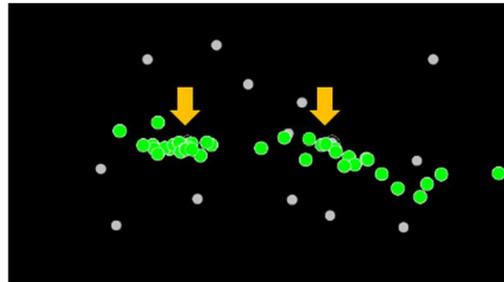


図4 視線計測の結果（ノイズ背景中の視線停留点、↓の下方に注視点がある）右行きの眼球運動の制御に問題がある

##### 4-2) 視機能の系統的分析例（日本心理学会第83回大会にて報告）

主 訴：漢字の全体構造がつかめず、新たな漢字の学習が困難

現病歴：3歳児検診で、言葉の遅れと不器用さを指摘される。医療療育センターを受診し言語療法・作業療法を受け発語の改善を認める。7歳（小学校1年生）音韻障害・注意欠陥多動性障害と診断され、コンサータ内服を開始（継続中）する。WISC（全IQ92、言語理解103、知覚推理91、ワーキングメモリ91、処理速度88）を実施した。

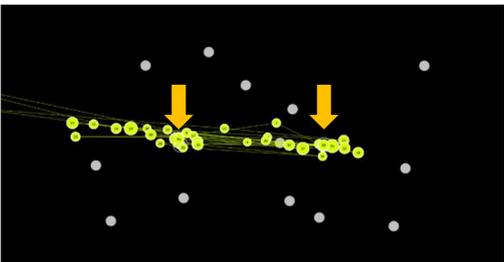
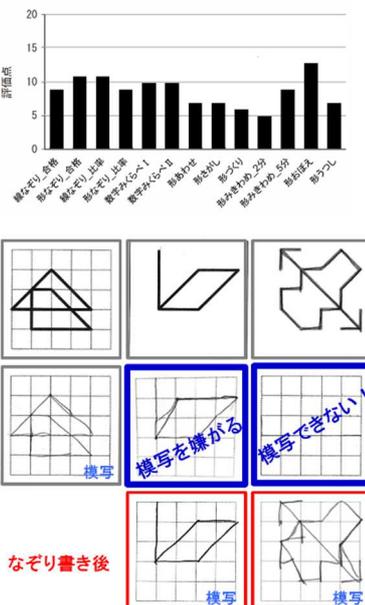


図6 視線計測の結果（ノイズ背景中の視線停留点、↓の下方に注視点がある）左行きの眼球運動の制御に問題がある

図5 WAVESの結果（左）  
形態知覚全般の特典が低く、「形うつし」は模写が困難であった。なぞり書き後は改善した

結果（系統的視機能評価）：視力・両眼視機能等には問題なかった。単純図形の形態弁別などの腹側視覚情報処理に問題が無く、空間配置の理解に問題があることが分かった（図 5）。左縁上回病変で構成失書（複雑な漢字の書字障害）と図形模写障害があることが報告されており（樋口他, 1987）、未知漢字の学習につまずく場合には、複雑図形の空間認知能力の分析が必要であり、背側視覚情報処理に依存する空間のカテゴリカル情報処理の問題を考える必要がある。未知漢字の学習に sequence generator の獲得が有用との報告もあり（畑中, 2018）、「なぞり書き」の効果は、背側-腹側系（空間知覚）と背側-背側系（行為）のネットワーク（Murata et al., 2016）の存在が寄与していると考えられる。視線計測の結果では、左行きの眼球運動の制御に問題があることが判明した（図 6）漢字の模写に限らず、眼球運動の問題（この例では左右）は、視知覚に影響を与えると考える。

#### 4-3) 瞳孔計測

健常人 10 名、自閉症スペクトラム障害（ASD）13 名について、実験を実施した。現在、計測データのノイズ除去に関してエイリアシング対策を行ない、瞳孔反応量（振幅）・反応速度・周波数特性等の分析を継続中である。5 秒刺激の実験 1 の結果を下記に示す（図 7）。実験 1 および 2 とともに、自閉症スペクトラム障害では、暗刺激の時に急速に瞳孔径が変化（散瞳）する傾向が見られ、また周期的変動を見せる例もあった。瞳孔反応は自律神経系の制御を受ける。自閉症スペクトラム障害における、このような瞳孔変化は自律神経系の不調を反映するのかもしれない。また羞明を伴う光過敏との関連も考える必要がある。この点については引き続き検討が必要である。

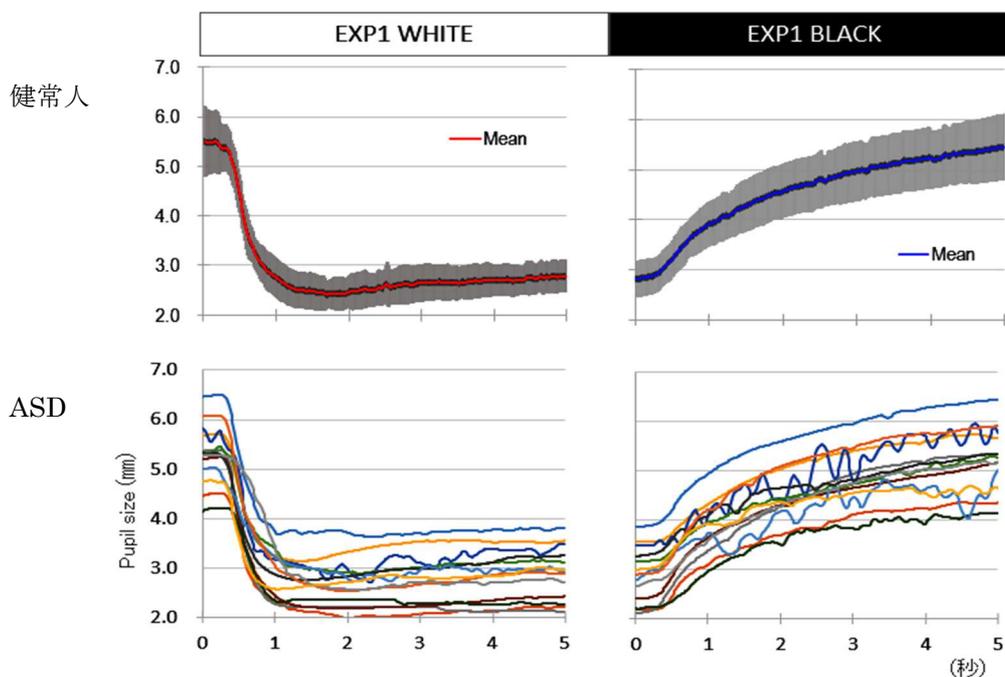


図 7 瞳孔計測の結果（実験 1）自閉症スペクトラム障害では、暗刺激の時に急速に散瞳する傾向および不安定な瞳孔変動が見られた。

本研究により、神経科学的アプローチによる系統的視機能評価の重要性を明らかにした。今後は、自律神経系機能を反映する瞳孔反応の評価について分析をすすめるとともに、感覚プロフィールとの関連性などを検討する必要があると考える。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 早川友恵, 和田歩, 高畑脩平, 松島佳苗, 加藤寿宏	4. 巻 6
2. 論文標題 羞明を伴う学習障害例の視機能について 神経生理学的評価の結果	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 帝京大学学生カウンセリング研究	6. 最初と最後の頁 11-20
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4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 早川友恵, 和田歩, 高畑脩平, 松島佳苗, 加藤寿宏
2. 発表標題 羞明を伴う学習障害例の視機能について 神経生理学的評価の結果
3. 学会等名 日本LD学会第27回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 早川友恵, 長谷川泰進, 箱崎雄紀, 実吉綾子
2. 発表標題 主観的輪郭の形成における空間周波数の影響 -前頭・後頭における早期視覚誘発脳波の検討-
3. 学会等名 日本心理学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 早川友恵, 実吉綾子, 山内まどか, 藤井靖史
2. 発表標題 未知漢字の学習が困難な児童の系統的視機能評価
3. 学会等名 日本LD学会第28回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 早川友恵, 実吉綾子, 山内まどか, 藤井靖史
2. 発表標題 未知漢字の書字が困難な児童の視空間表象
3. 学会等名 日本心理学会第83回大会
4. 発表年 2019年

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