

令和元年6月21日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K04568

研究課題名(和文) 発達性ディスレクシアの読字に関わる神経基盤の解明

研究課題名(英文) Neural basis for reading in developmental dyslexia

研究代表者

浅野 孝平 (ASANO, Kohei)

京都大学・こころの未来研究センター・特定研究員

研究者番号：50713319

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ディスレクシア児・定型発達児の脳MRIデータを用いて、安静時脳活動の解析を行った。読字処理に関連する領域、例えば、左半球の紡錘状回、上側頭回、下前頭回三角部などで、構成される脳領域間の結合を解析し、ディスレクシアの判別ができるかを検証した。その結果から、安静時fMRIから求めた領域間結合が持つ情報は、ディスレクシアと定型発達の差を特徴付けること、その情報を用いるとディスレクシアの判別が可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ディスレクシアの脳領域間の因果関係がある結合を解析することによって、ディスレクシアかどうかを判別した本研究の成果は、脳イメージングを用いた解析手法として新規性に富む。安静時脳活動の測定は、特定の課題を要しないため、ディスレクシア児や未就学児に対して、読字を要求することなく測定を行うことができる。安静時の脳活動からディスレクシアの判別ができることは、早期の診断と適切な支援が必要なディスレクシアの診断の改善に寄与する可能性がある。

研究成果の概要(英文)：We analyzed the brain activity using resting state functional magnetic resonance imaging (rsfMRI) data of dyslexic and typically development children. We examined that whether specific connectivity between regions that are related to the reading process, e.g., the fusiform gyrus, the superior temporal gyrus, and triangular part of inferior frontal gyrus in the left hemisphere, can discriminate dyslexic from typically developing children.

The result suggested that the information possessed by the connectivity analysis obtained from rsfMRI could characterize the difference between dyslexia and typical development, and it would be possible to discriminate dyslexia.

研究分野：特別支援教育

キーワード：発達性ディスレクシア 脳機能イメージング 安静時脳活動 領域間結合解析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 発達性ディスレクシアとは

発達性ディスレクシア(以下ディスレクシア)は、知的能力、感覚・運動の能力に問題がないにも関わらず、言葉の読み書きのみが困難な障害であり、最も頻発する小児及び成人の神経心理学的障害の1つである。ディスレクシアは、知的発達障害および感覚障害などで説明できない、読み書きに特異的な発達障害である。

(2) 文字間隔の変化が読字に与える影響

最近の電子リーダーの使用は読書環境を大きく変え、文字間、文字サイズ、行間などの変更が容易な変化させることができるようになった。Zorzi (2012)らは、文字間隔を大きくすることでディスレクシア小児が、訓練無しに通常より速く正確に読むことを行動データで示した。また、Schneps (2013)は、電子リーダーで表示される行の短さが、ディスレクシアの読字成績を改善することを報告した。また Koyama (2013)は、ディスレクシアの治療前後で脳の機能的ネットワークを比較し、訓練による読字能力の改善後、左紡錘状回と右中後頭回の結合が増大を報告した。脳構造の研究では、Crutch (2009)が後頭葉の萎縮による読み書き障害の患者を調査し、文字が混み合っている場合、文字や単語の読みが健常者より有意に低下し文字間を拡大すると誤答や反応時間が改善したことを報告し、後頭葉が文字間隔の大きさと読字成績に関与することを示唆した。しかし、ディスレクシアの文字間隔拡大にともなう脳活動の変化や、関連する脳機能ネットワーク、脳形態の特徴は、まだ明らかになっていない。

(3) 神経基盤解明の必要性

日本語話者の有症率は0.7~2.2% (Kita, 2013)との報告があり、その数は少なくない。さらに障害に気づかれず診断・支援を受けていない潜在的なディスレクシア児の存在も考えられる。それゆえ早期の診断と適切な支援が必要だが、ディスレクシアの診断には個別の音読検査や医師の診察を必要とし(稲垣, 2010)、現時点で実施可能な専門機関の数は限られている。

日本人ディスレクシアの脳活動の報告は少数あるものの、現状ではディスレクシアの神経基盤の解明は十分されておらず、早期発見と指導法や学習環境の改善のためには、詳細な認知神経科学的実態の解明が急務である。

2. 研究の目的

本研究は、まだ解明されていない日本人ディスレクシアの文字間隔など文字表示の要素の変化と読字中の脳活動の関係や、脳構造、脳領域間結合の特徴を、脳イメージングの手法を用いて明らかにし、ディスレクシアの読字環境の改善やトレーニング方法の根拠を提供につながる基礎研究を行うことを目的とする。

また、これまで日本語話者のディスレクシアを対象とした機能的磁気共鳴画像(fMRI)の研究は少なく、fMRIによる診断・鑑別の有用性は未だ明らかではない。そこで、ディスレクシアと定型発達児ディスレクシアの安静時fMRIを用いて因果関係のある有向結合を検討し、2群(ディスレクシアと定型発達)の差を特徴づける領域間結合や結合パラメータを特定・評価するとともに、その結合パラメータを用いて、各群の判別が可能かを検討する。脳イメージングの手法によるディスレクシアの判別が可能となれば、診断・鑑別の改善に寄与できることが期待される。

3. 研究の方法

本研究では、小学4年生から中学3年生(10歳から15歳)を対象に、脳イメージングの手法を用いて、文字間隔を変化させた時の音読時間と正答率ならびに読字中の脳活動、脳灰白質量や白質繊維など脳構造の解析、安静時の脳活動を用いた機能的ネットワークの解析について検討した。以下、本報告書においては、現段階で有意な結果が得られた安静時脳活動を用いた脳領域間結合の解析について報告する。

(1) 参加者

- ・ディスレクシア群：23名(女3名、平均月齢138.5ヶ月)
- ・定型発達群：28名(女6名、平均月齢140.2ヶ月)

ディスレクシア群はWISC知能検査FSIQ 85以上、定型発達群はレーヴン色彩マトリックス検査(非言語性知能を評価)の成績が当該学年平均の2標準偏差(SD)以内と、いずれも知的な発達の遅れはない。またディスレクシアの診断はガイドライン(稲垣, 2010)に従い、仮名文字の音読検査の音読時間で、当該学年の平均から2SD以上の延長が、2つ以上の課題で認められた児童・生徒とした。なお全例右利きであった。

(2) 手続き

京都大学こころの未来研究センターのSiemens社製3T MRIスキャナーを使用し、参加者には、撮影中は特定のことを考えずにスクリーン上に呈示された固視点を見ながら安静にしているように指示し、安静時脳活動を約6分間撮像した。

(3) 解析手法

安静時脳活動は集団レベルの Dynamic causal modeling 解析 (Friston, 2016) により検討した。本研究では Koyama(2013)を参考に、読字処理に関わる左半球の紡錘状回 (FFG)、下頭頂小葉 (IPL)、上側頭回 (STG)、下前頭回三角部 (IFGtr) を関心領域として、脳領域間結合および自己結合を検討した。

4. 研究成果

(1) 安静時脳活動を用いた脳領域間結合解析の結果

有向結合に対する解析:(図1)

解析の結果、ディスレクシアにおいて、IFGtr の自己結合 (抑制) が弱いこと、また FFG から IFGtr の結合パラメータ (抑制) が弱いこと、IFGtr から STG の結合パラメータ (興奮) が弱いことが確認された。

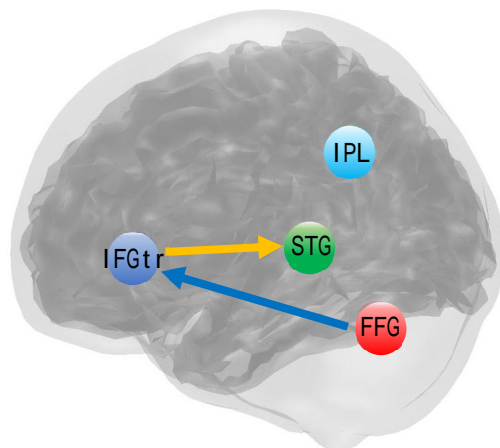


図1

ディスレクシアと定型発達で群間差が確認された脳領域間結合。暖色は興奮性の結合、寒色は抑制性の結合を示す。

Leave-one-out 交差検証

群間差が確認された結合パラメータ (IFGtr の自己結合、FFG から IFGtr、IFGtr から STG への領域間結合) が、ディスレクシアか否かを予測する特徴を有するかどうかを検討した。その結果、ディスレクシアの予測値と実測値に有意な関連が確認された ($r = .24, p < .05$)。

(2) 考察

本解析の結果、安静時 fMRI から求めた読字処理に関連する FFG、STG、IFGtr の3領域間の領域間結合がディスレクシアと定型発達の差を特徴づけること、その結合パラメータを用いるとディスレクシアか定型発達の判別が可能であることが示された。領域間結合の解釈は、さらに検討を要するが、安静時の脳活動からディスレクシアの判別ができることは、診断の改善に寄与する可能性がある。

(3) 今後の課題

脳領域間結合解析に関しては、今後は本研究で得られた領域間活動のパラメータを事前分布として、新たな実験参加者を撮像した安静時脳活動データを用いて、ディスレクシアか定型発達かを予測することができるかどうか検討したい。また、今回の研究においては、先行研究から読字処理に関する3領域を関心領域として選択し解析を行ったが、ディスレクシアの判別に関連する脳領域は、上記の領域に限定したものではないと考えられる。読字の視覚処理の初期段階に関連する領域や、日本語読字の表記システムの複雑さに影響される領域など、他の脳部位を関心領域として解析を試みることで、領域間結合の解釈がより深まり、判別の精度が向上することが考えられる。

文字間隔拡大課題の解析、脳構造解析に関しては、今後、撮像パラメータや解析方法を吟味し、ディスレクシアの読字中の脳活動や脳形態の特徴を検討し、安静時脳活動による脳領域間結合解析とともに包括的な神経基盤の解明につなげたい。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1件)

浅野孝平、発達性ディスレクシアの脳機能画像、Clinical Neuroscience、査読なし、8月号、2015年、pp.950-953

[学会発表](計 2件)

浅野孝平、ひらがな単語の文字間隔が音読に与える影響、日本心理学会、2017年

浅野孝平、安静時脳活動を用いた発達性ディスレクシアの判別、日本心理学会、2019年

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：柳澤 邦昭

ローマ字氏名：YANAGISAWA, Kuniaki

研究協力者氏名：橋本 竜作

ローマ字氏名：HASHIMOTI, Ryusaku

研究協力者氏名：奥村 智人

ローマ字氏名：OKUMURA, Tomohito

研究協力者氏名：若宮 英司

ローマ字氏名：WAKAMIYA, Eiji

研究協力者氏名：福井 美保

ローマ字氏名：FUKUI, Miho

研究協力者氏名：玉井 浩

ローマ字氏名：TAMAI, Hiroshi

研究協力者氏名：鈴木 麻希

ローマ字氏名：SUZUKI, Maki

研究協力者氏名：阿部 修士

ローマ字氏名：ABE, Nobuhito

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。