

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 1 日現在

機関番号：30110

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23830059

研究課題名（和文）

ディスレクシア児の理解に向けた文字獲得・習熟に関する認知神経科学的モデルの検討

研究課題名（英文）

A neurocognitive model for word read leaning: towards an understanding of developmental dyslexia

研究代表者

橋本 竜作（HASHIMOTO RYUSAKU）

北海道医療大学・心理科学部・准教授

研究者番号：00411372

研究成果の概要（和文）：本研究はディスレクシアの障害機序に関する動的モデルを作成・検証することを目的とし、機能的 MRI をもちいて、文字読みの習熟による脳活動の変化を検討した。その結果、学習初期には両側の下側頭回後方、上・中後頭回および左前頭弁蓋部で賦活が見られた。一方、学習後期には両側の縁上回・角回の活動が認められた。以上より読みの習熟には初期から背側経路（非語彙経路）と腹側経路（語彙経路）の両方が参加することが示された。

研究成果の概要（英文）：Purpose of this study was to propose and evaluate a new dynamic model of developmental dyslexia. Functional magnetic resonance imaging (fMRI) was employed to investigate the relationship between word reading learning and changes in brain activity. Compared to the later stage of word reading learning, the early stage showed greater activity in the bilateral posterior lateral inferior temporal gyrus, middle and superior occipital gyrus, and inferior frontal gyrus. The opposite contrast revealed greater activity in the bilateral supramarginal gyrus and angular gyrus. These results indicate that both the dorsal (sublexical route) and ventral stream (lexical route) participate in the early stage of word reading learning.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教育学・特別支援教育

キーワード：脳機能画像研究・発達性ディスレクシア・認知神経心理学的モデル

1. 研究開始当初の背景

ヒトとの関わりの中で自然に獲得される口

頭言語とは異なり、文字言語は主に学習を通じて習得されてゆく。しかし、視覚や聴覚、

知能に問題がなく、さらに学習の機会や意欲があるにもかかわらず、文字の習得・利用に困難を抱える子ども達が存在する。その困難は「発達性ディスレクシア（以下、ディスレクシア）」と呼ばれ、学習障害の中心的な障害として位置づけられている。文献的には1896年のMorganによる症例報告が、その研究の始まりとされている。日本では1956年に島崎・小尾が最初の症例を報告しており、欧米に比べ研究の歴史は浅いが、1992年の日本LD協会の設立を契機にディスレクシアへの関心が高まり、現在研究が進められている。

一方、成人でも大脳損傷により一旦習得された文字言語の運用能力に障害が生じることが知られている。このような大脳損傷後の読みの障害を「失読症」といい、その障害機序を説明するモデルとしてDual-route modelが利用されている。Dual-route modelは人が単語を読む際に二つの経路、つまり文字列が書記素-音韻対応規則を経由して意味に到達する「非語彙経路」と、単語全体の視覚表象から意味に直接到達する「語彙経路」とを仮定するモデルである。そして、失読症の症例研究と脳機能画像研究から各経路の神経基盤として、非語彙経路は頭頂葉を経由する背側経路が、語彙経路は側頭葉後下部を経由する腹側経路が対応すると考えられている。

現在、ディスレクシアの障害機序もこのDual-route modelで説明する試みがなされている。しかし、Dual-route modelが後天的な失読症（正常に発達し一度獲得された能力が脳損傷により失われた状態）をうまく説明できたとしても、先天的な読みの学習障害（発達上、特定の脳領域の機能低下したために生じる文字言語の獲得の困難）を説明できるとは限らない。そのためディスレクシア児がどのように文字を獲得するのかという発達の（経時的）変化を考慮した新たなDual-route modelを作成し、検証することが必要不可欠である。

そこでディスレクシアの障害機序モデルも説明可能な、前述のDual-route modelに学習による変化を取り入れた動的なモデルを考案し、その検証を試みる必要がある。本研究の仮説として、新しい文字の学習はその習熟に応じて上記した二つの経路が順次確立されていくものと考えた。つまり、学習初期は書記素-音韻対応規則を形成するために「非語彙経路」が主に関与し、続いて、非語彙経路からの入力を継続的に受け、視覚表象が形成されるに従って「語彙経路」が確立されるという仮説である。この仮説に基づくと、まずディスレクシアでは書記素-音韻対応規則の形成が困難なため、語彙経路の形成が遅れるものと推測される。そしてその障害の程度は非語彙経路の障害の程度に依存し、結果として語彙経路の機能低下（単語の読み能力の低下）として表現される（Pugh et al., 2001）。

本研究の目的は、このディスレクシアの読み障害を説明できる「文字言語の学習・習熟」に関する動的なモデルを作成・検証することである。

2. 研究の目的

本研究は被験者に新しい文字-音韻対応規則を学習させ、その習熟にともなう脳活動を機能的磁気共鳴画像法（以下、機能的MRI）にて経時的に計測することで、上記の動的なDual-route modelで仮定した二つの経路の活動変化を認知神経科学の視点から明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

1) 実験参加者

健常成人18名（男性10名、女性8名）、平均年齢21.4歳（範囲：20～26歳）、エジンバラ利き手検査の指数は+70～100と全例が右利きであった。実験参加者には文書と口頭による説明を行い、文書による同意を得て、実験を実施した。

2) 実験刺激

実験で使用した単語はNTTデータベースから清音2～3文字の単語148個を選定した。単語の半数は生物、残り半数は無生物である。単語は音声親密度と心像性に差がない学習語（40語）、宿題語（54語）、対照語（54語）の三つのリストに分けられた。これら単語は被験者にとって未知の表音文字である神代文字として表記された。機能的MRI実験のコントロール刺激として、三角（△）などの記号2～3個を並べた記号列（36個）を用意した。このうち半数は記号列のうち1つの記号の向きが他と異なっており、残り半数はすべて同じ向きの記号を用いた。

3) 実験スケジュール

- 初日：神代文字の学習
- 4日目：機能的MRI実験（学習初期）
- 8日目：音読練習の確認
- 11日目：機能的MRI実験（学習後期）

4) 課題内容

① 初日

参加者は神代文字で書かれた学習語をPC画面に視覚呈示され、同時にその読み方が2回音声呈示された。そして神代文字で綴られた学習語とその読みを記憶するように求められた。学習終了後にテストを実施した。テストではPC画面に学習語が呈示され、音読を求められた。読み方を誤ったり、わからなかったりした単語は、学習時と同じ要領で視覚呈示と音声呈示が行われ、再学習を行った。再学習終了後、再びすべての学習語についてテストを行い、この再学習とテストのサイクルを

すべての単語を正しく読めるまで繰り返した。2回連続して全ての単語を正しく読めた段階で学習終了とした。

② 4日目

機能的 MRI 実験では、学習語、新奇語、記号を視覚呈示し、脳血流の計測を行った。参加者は単語が呈示された場合には黙読後に生物/無生物判断を行い、記号が出てきた場合には、すべて同じ向きを向いているのか否かを判断した。機能的 MRI 実験終了後、PC 画面に単語を呈示し、出来るだけ早く読む課題(単語速読課題)を行った。そして参加者は新奇語の半数を宿題として持ち帰り、自宅で音読の練習するように求められた。なお、宿題語と対照語の単語リストの内容は参加者間でカウンターバランスを行った。

③ 8日目

参加者の音読練習の成果を確認するため学習語と宿題語の単語速読課題を行った。

④ 11日目

機能的 MRI 実験では4日目同様に生物/無生物判断課題を行い、機能的 MRI 実験終了後に単語速読課題を行った。

5) データ分析

① 行動学的データ

機能的 MRI 実験後に行った単語速読課題の音読開始時間と正答率(正しく読めた単語数)と機能的 MRI 実験中の生物/無生物判断課題の反応時間と正答率について2要因分散分析を行った。

② 機能画像データ

学習初期と後期とで宿題語(学習初期にははじめて見る新奇語であるが、学習後期には音読練習を十分にし、音読が速くなった語)に対する脳活動の比較を行った。

4. 研究成果

1) 行動学的結果

初日、平均1時間の学習時間で、被験者はすべての単語を音読可能となった。

機能的 MRI 実験後に行った単語速読課題の結果を分散分析で検討した結果、学習時期(初期・後期)と単語リスト(学習語・宿題語・対照語)との間に有意な交互作用があり、宿題語の音読開始時間は学習後期に早くなっていた(図1)。また正答率でも交互作用が有意であり、宿題語の正答率が有意に高くなった(図2)。

機能的 MRI 実験中に行った生物/無生物判断課題の結果を分散分析で検討した結果、学習時期と単語リストとの間に有意な交互作用があり、反応時間は学習後期に早くなっていた(図3)。また正答率でも交互作用が有意であり、宿題語の正答率が有意に高くなった(図4)。また記号に対する反応時間および正答率を参考として図示した。

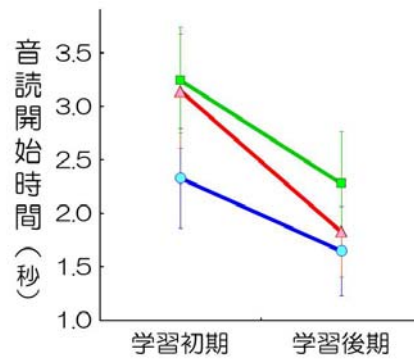


図2 単語速読課題の結果

上から対照語(緑)・宿題語(赤)・学習語(青)の結果を表す。

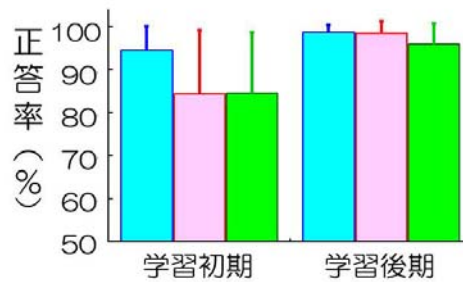


図2 単語速読課題の結果

左から学習語(青)・宿題語(赤)・対照語(緑)の結果を表す。

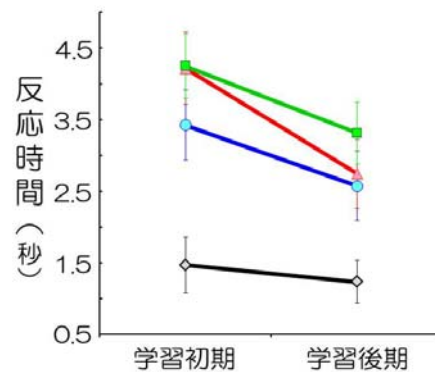


図3 生物/無生物判断課題の反応時間

上から対照語(緑)・宿題語(赤)・学習語(青)、記号(黒)に対する反応を表す。

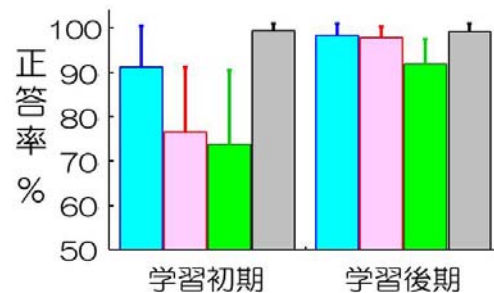


図4 生物/無生物判断課題の正答率

左から学習語(青)・宿題語(赤)・対照語(緑)、記号(黒)の結果を表す。

2) 機能的MRIの結果

記号に対する脳活動を Active baseline として、宿題語（学習初期ははじめて見る新奇語であるが、学習後期には音読練習を十分にし、音読が速くなっている語）に対する脳活動について学習初期と後期とで比較した結果、学習初期には両側の下側頭回後方、上・中後頭回および左前頭弁蓋部などで賦活が見られた。一方、学習後期には両側の縁上回・角回の活動が認められた（図5）。

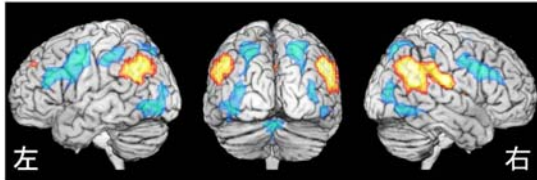


図5 学習初期と後期との脳活動の比較
初期 > 後期（青）、後期 > 初期（黄色）

3) まとめ

本研究の結果から新しく学習した文字の読みが未熟なときには、上・中後頭回などの背側路と側頭葉後下部の腹側路の双方が参加すること、習熟後は主に縁上回/角回の活動へと移行することが示唆された。

本研究では、文字読みの習熟にしたがって背側経路から腹側経路へと活動が変化すると考えていた。しかし当初の仮説とは異なり、学習初期から腹側経路が参加していた。これは、はじめて見た単語（新奇語）を次回から高速処理するために腹側経路（語彙経路）が初期から積極的に参加し、単語全体（whole word）の視覚表象を形成することを意味しているのかもしれない。今後はこの考察の検証と共に、音読速度の個人差（行動レベル）と脳活動の個人差（脳レベル）との関連を検討するなど、文字読みの習熟について多角的な知見を蓄積していく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計2件）

- ① 橋本竜作、発達性ディスレクシアと脳、BRAIN MEDICAL、査読無、Vol. 24、2012、pp. 25-31
- ② KH dos Santos Kawata, Hashimoto R, Nishio N, Hayashi A, Ogawa N, Kanno S, Hiraoka K, Yokoi K, Iizuka O, Mori E. A Validation Study of the Japanese Version of the Addenbrooke's Cognitive Examination-Revised. Dement Geriatr Cogn Disord Extra. 査読有、Vol. 2、2012、pp. 29-37

〔学会発表〕（計4件）

- ① 河田サントス・ケルシ人美、馬場徹、横井香代子、西尾慶之、橋本竜作、林敦子、

小川七世、菅野重範、平岡宏太郎、飯塚統、森悦朗。レビー小体型認知症とアルツハイマー病の認知症患者を区別するためにアデンブルック認知機能検査（ACE-R）日本語版の有用性、第17回日本精神神経医学会、2012年12月7日-8日、東京

- ② 橋本竜作、鈴木麻希、小川七世、横井香代子、森悦朗。読みの習熟にともなう脳活動の変化について、第14回ヒト脳機能マッピング学会、2012年7月5-6日、札幌
- ③ 小林健史、橋本竜作、尾野美奈、玉重詠子、今井智子。受動態の使用に困難を示したSLI児、第34回コミュニケーション障害学会学術講演会、2012年5月31日-6月1日、広島
- ④ 河田サントス・ケルシ人美、橋本竜作、西尾慶之、小川七世、菅野重範、平岡宏太郎、横井香代子、飯塚統、森悦朗。Addenbrooke's Cognitive Examination-Revised (ACE-R) 日本語版の作成とその妥当性、第35回日本高次脳機能障害学会、2011年11月11日-12日、鹿児島

〔図書〕（計1件）

佐竹真次、齋藤美江、橋本竜作、齋藤丈寛。明治図書、漢字の読み書きに困難のある子のスーパーイラスト漢字 小学6年編、2013、pp. 23-30

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 竜作 (HASHIMOTO RYUSAKU)
北海道医療大学・心理科学部・准教授
研究者番号：00411372