

Title	学習障害児における読み・書きの困難と脳機能：介入効果と可塑性の観点から
Sub Title	Reading and writing difficulties and brain function in students with learning disabilities : a view of intervention and plasticity
Author	菅佐原, 洋(Sugasawara, Hiroshi) 山本, 淳一(Yamamoto, Junichi)
Publisher	慶應義塾大学大学院社会学研究科
Publication year	2009
Jtitle	慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要：社会学心理学教育学：人間と社会の探究 (Studies in sociology, psychology and education : inquiries into humans and societies). No.67 (2009. ) ,p.81- 98
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	論文
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN0006957X-00000067-0081">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN0006957X-00000067-0081</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

# 学習障害児における読み・書きの困難と脳機能

—介入効果と可塑性の観点から—

## Reading and Writing Difficulties and Brain Function in Students with Learning Disabilities

—A view of intervention and plasticity—

菅 佐 原 洋<sup>\*1</sup>・山 本 淳 一<sup>\*2</sup>

*Hiroshi Sugawara Jun-ichi Yamamoto*

Students with learning disabilities showed reading and writing problems. About 270 thousand students in mainstream class showed learning disabilities in Japan. In this review article, we made a survey of the mechanism of reading and writing problems and the effective interventions. In addition, we also gave an overview of the plasticity of brain functions with the interventions. In point of the mechanism, some researchers pointed to three factors; (1) the visio-sensory disorder in lateral geniculate body of brain, (2) the difficulty of learning of relationship between the letter and sound, and (3) the disfluency of motor responses. Especially, the acquisition of the relationship between the letter and sound was very important to build the reading skills. Some intervention studies pointed out that students with learning disabilities showed excellent improvement about reading accuracy, fluency and reading comprehension, when they trained the tasks for matching between letters and sounds intensively. Not only behavioral improvement, those students developed other new patterns of the brain activities after training.

### 1. 読み、書きの障害の心理学的メカニズム

#### 1. 学習障害とは？

##### (1) はじめに

学習障害 (learning disabilities; LD) は、脳の機能障害から生じる読みや書きの障害である。一部の公立の小中学校の教員への予備的調査から、普通学級に在籍する児童生徒のうちの2.5%程度に読みと書きの困難が見られると推定されている (文部科学省, 2002)。この割合は、特別支援学級や特別支援学校に在籍する児童の割合よりも多いだけではなく、平成18年度の就学児人数に当てはめると約27万人にも相当する。

海外、特に英語圏での学習障害の有病率は人口の5-12% (Rodgers, 1983; Shaywitz, 1998) と推定されている。英語圏と比較して、日本での有病率が低いのは、言語の構造上の差異を反映しているためとさ

<sup>\*1</sup> 慶應義塾大学先導研究センター <sup>\*2</sup> 慶應義塾大学文学部

れている (Wydell & Butterworth, 1999)。英語が複雑な読みの規則や例外を多く持つのに対して、日本語の読み、特になかな文字では文字と音がほぼ一対一で対応しており、読みの例外も少ないからである。多くの児童生徒が読みや書きの問題を示すにも関わらず、日本では実証的データに基づいた読み書きの包括支援プログラムの開発や介入研究が、ほとんど行われていない。研究の多くは、特徴的な認知能力の偏りを示す個別の学習障害児に対するケース研究である。一方、海外では、実際に読みや書きの問題に対して包括的な大規模介入研究が行われているだけでなく、介入前後の脳機能の変化を縦断的に検討するような研究も実施されている。

そこで、本論文は、読みや書きの問題を中心とする学習障害について、行動的な特徴と困難、効果的な支援方法、行動と脳機能の変容とその可塑性という点から、学習障害に関する研究を概観し、今後の展望を示すことを目的とする。

## (2) 学習障害の定義

文部省 (現、文部科学省; 1999) は、学習障害を「基本的には全般的な知的発達に遅れはないが、聞く、話す、読む、書く、計算する又は推論する能力のうち特定のものの習得と使用に著しい困難を示す様々な状態」と定義している。また、発達障害の診断に広く用いられる American psychiatric association (APA) の Diagnostic and statistical manual of mental disorders 4th Edition (DSM-IV, 1994) では、読む、書く、計算するといった能力において、「学習の到達度がその人の生活年齢、測定された知能、及び年齢相応の教育に応じて期待される水準より十分に低く、その結果、学業成績や、日常の活動を著明に妨害されている状態」としている。

文部省の定義 (1999) では、「話す」「聞く」が基準内に含まれている。しかし、DSM-IV (1994) では、これらの音声言語コミュニケーションに困難が見られる場合、コミュニケーション障害の表出言語障害 (expressive language disorder)、または受容-表出混合性言語障害 (mixed receptive-expressive language disorder) とされ、学習障害とは別の障害として扱われる。

また「読み」や「書き」の困難を示す学習障害児の多くは、非常に流暢に「話し」、多様な内容を「話して表現する」。つまり、話すことそのものに困難を示す学習障害児は少ない。また、話し手に注意が向いていれば、しっかりと相手の話を「聴く」ことができ、その指示や内容を「聴いて理解し」行動することも可能である。そこで、本論文の中では、「読む」「書く」の問題を中心に検討を行う。

## (3) 読み書きの障害としての学習障害

では、「読み」の具体的な困難とはどのようなものか。例えば、文章を一文字ずつたどどしく読む逐語読みや、指を使ってゆっくりと拾い読みする (Shaywitz, 2003) といった「読みの流暢さ」や「読みの速さ」に困難を示す。また、単語や行の読み飛ばしや、同じ行を二度読んだりする誤り、助詞や動詞などの読み誤り、または、「走る」を「歩く」と意味的に錯読するといった、いわば「読みの正確さ」に困難を示す (竹田・里見・西岡, 1997)。文章の読み理解に困難を示す場合もあるが、多くの子どもは「聴いて理解する」ことはできる (田中, 2008) ことから、理解そのものの問題ではなく、読みが遅いために、内容を覚えておくことや把握することが阻害されるためと考えられる。

「書き」の具体的な困難としては、文字の書き写しや聞き取り書字、作文場面などで、非常にゆっくりとしか書けなかったり、書き直しや書き誤りの多さから、書き終えるのに時間がかかったりする「書きの流暢さ」や「書きの速さ」の困難がある (Levine, 1990)。また、鏡文字や、拗音や促音、長音などの表記の誤り、漢字の書字で線が多かったり、少なかったりする誤字や、形態の類似した漢字間の書き

誤りなどの「書字の正確さ」に困難が見られる（小池・雲井・窪島，2003）。

また、文字を紙面上にバランスよく配置できず、枠をはみ出したり、極端に大きい文字、小さい文字を書いたり、枠や罫線がないと文章がまっすぐ書けず、曲がったりうねったりするといった、空間の知覚と書く運動の協応の問題が見られることもある（Hornsby, 1984）。それ以外にも、作文などにおいて、文章中の文法的または句読法の誤りや段落の構成の苦手さを示す場合もある（鈴木・佐々木，1992）。

## 2. 学習障害の行動特徴

### (1) 読みの心理学的分析

「読むこと」を心理学的な観点から捉えた場合、文字列という刺激に対する音声表出反応という、刺激-反応関係として捉えることができる。日本語であれば、ひらがなに対して、対応した音声表出反応を行うことが基盤となる。

一方、読みに熟達した人間の場合、個別のひらがなをすばやく読んでいるのではなく、意味のある単語や文節を刺激として読むことで素早い読みを可能としている。このような単語や文節を刺激の機能的なまとまりとする読み反応を「全語読み (whole-word reading)」と呼ぶ。意味との対応についても、単語や文節が単位となる。もちろん、未知の単語やあまりなじみのない表現などに対しては、個々の文字を一つずつ読む必要があり、そのような読み反応を「音韻読み (phonetic reading)」と呼ぶ。読みの熟達者は、既知の単語で構成されている文に対しては全語読みを、未知の単語や表現に対しては音韻読みを使い分けることで「流暢」で「正確」な読みを行っている（Shaywitz, 2003; Carlson, 2006）。

読み理解を心理学的に分析するとどうなるか。読み理解は、例えば「頭に手を置く」という文章を読んで、対応した活動を行えるか、問題文と設問文を読んで設問文に書かれた指示に従って活動できるかといった課題によって評価される。どちらの場合でも、「理解」とは、文字で提示された指示に対して、対応した行動ができることといえる。

### (2) 読みの困難と正確性

まず、読みの困難はなぜ生じるのか。拗音や長音、撥音、促音などの読み誤りや漢字の読み誤りなどは、文字と音声との刺激-反応関係が未学習なためと考えられる。例えば、「玉」を「王」と読み誤るのも、漢字と読みの対応の正確性の問題といえる。また、「歩いていきます」を「歩きます」といった読み誤りも、本来「歩いていきます」を全語読みまたは、個々の文字を刺激として音韻読みされる必要があるのに、「歩」のような一部を見て、「歩きます」と誤った全語読みをしてしまうことで生じると考えられる。音韻読みが必要な単語に、全語読みをしてしまうと、誤った読みが生じてしまう。つまり、読みの正確性の問題は、(1) 文字と音声との関係が学習されていない場合、(2) 全語読みと音韻読みの切り替えが適切にできない場合に生じる。

このような文字と音との対応関係の学習の困難は、認知能力全般の遅れを示す知的障害児（清水・山本，1999）や、「話す」「聴く」にも困難を示す自閉症スペクトラム障害児においても示される（阿部，1997）。しかし、認知能力全般や、「話す」「聴く」には遅れは見られない子どもでも、文字と音声との対応関係の学習に困難を示す場合が見られる場合は、読み障害が独立の障害として生じていると考えられる。

### (3) 読みの困難と流暢性

文章の逐語読みや拾い読みといった読みの問題は「読みの速度」の問題といえる。文章を読む際に、

単語や表現の既知、未知に関わらず、音韻読みを行ってしまう場合や、全語読みが困難な場合に、このような読みが生じるだろう。ここには、全語読みの可能な語の数という「語彙」の問題も関わってくる。

また、文章の読み飛ばしや、同じ行を二度読むといった問題には、文字と音声の対応関係の学習や、全語読みの問題だけではなく、文章の中の読んでいる箇所に視線を定位することや、読むことに合わせて視線を移動していくことの困難が関わってくる。これは、視知覚に関わる問題で、視線の定位や追視、焦点の調整などの困難が関与している。

読み理解の困難は、口頭で文章を提示する「聴理解」課題では適切な反応が可能ならば、全般的な「理解」の問題によるものではないと判断できる。その場合、読み誤りなどによる、文章の読みの「正確性」の問題か、スムーズに読めないことなどによる、文章の読みの「流暢性」の問題のどちらかとなる。実際に文章理解と読みの速度には相関が見られる (Perfetti, 1985)。

#### (4) 書きの心理学的分析

「書く」とは文字や記号を表記することであるが、絵や模様などを描く「描画」も広義には書くことに含まれる。文字を書くという狭義の「書き」を心理学的な観点から捉えた場合、音声や絵、事物、事象、または文字を刺激とした書字表出反応といえる。文字を刺激とする場合は2種類あり、見本となる文字を別の場所に書き写す場合の「視写 (copying)」, 見本となる文字の上書き写す場合の「なぞり (tracing)」がある。音声に対して書字を行う場合には「聴写 (dictation)」となり、絵や事物、事象に対して書字を行う場合には「命名 (tact by writing)」, または「作文表現 (writing expression)」となる。

#### (5) 書きの困難と運動発達の問題

書きの困難はなぜ生じるのか。描画を含む、書くこと全般について困難が見られる場合、鉛筆を持つ、鉛筆を動かして線を引くといった運動発達に関わる問題が関与している。例えば、学習障害児が「げんこつにぎり」や「鉤状にぎり」といった特徴的な鉛筆の保持をする例が報告されている (Hornsby, 1984)。これを鉛筆の持ち方の発達段階 (Erhardt, 1988) から見た場合、「げんこつにぎり」は、1～1.5歳の時期に見られる手掌・回外握りに、「鉤状にぎり」は2～3歳の時期に見られる手指・回内握りに対応するものである。つまり、特異な運動発達をしているのではなく、鉛筆を持つという微細運動の発達の遅れをからくるものである。

また、文字や記号を書き写したり、枠内に文字や記号を収めたりことの困難といった視覚と運動の協応の問題を示すこともある。このような困難を示す子どもは、歩いたり走ったりといった単純な運動だけでなく、操作や視覚-運動課題にも遅れを見せることが報告されており、運動学習の問題が関わっている (Gubbay, 1975)。

#### (6) 書きの困難と正確性の問題

拗音や長音、撥音、促音などの表記の誤りや漢字の書き誤りなどは、読み同様、文字と音との刺激-反応関係が未学習のためといえる。例えば、「住」をいう漢字は、「にんべん」と「主」から構成されている。それを「注」のように書き誤る場合などは、漢字と書字の対応関係が未獲得なためと考えられる。つまり、文字、音声、絵や事物などの刺激に対する適切な書字反応が学習されていない場合、書きの問題が生じると考えられる。

このような対応関係の学習の問題や、運動発達の問題も、必ずしも認知能力全般の遅れからくる問題として生じる訳ではない。当然、認知発達全般が遅れる知的障害や、運動発達面の困難を示す他の発達

障害になどにおいても、書きの問題は生じる。しかし、知能検査で評価される認知能力全般に遅れが示されなくても、書きの困難が示される場合、独立した書きの障害と考えられる。

### (7) 書きの困難と流暢性の問題

単純な文字の書きだけではなく、作文のような書字表現ではどうか。書字場面において、一文字ずつゆっくりと書くために時間がかかったり、何度も間違えた字を修正したりといった困難を示す子どもが、作文場面において長い文章を書くことは困難であろう。この場合、書字表現の問題ではなく、書きの速度の問題といえる。「聴くこと」、「話すこと」に困難を示さない学習障害児は、会話場面では、長く複雑な表現や会話を行うことが可能である。しかし、作文場面になると短い文章しか書けなかったり、出来事の箇条書きのような文章しか作成できなかったりする。長い文章を書くことが困難であれば、作文における表現の多様性の獲得や、段落分けや文字下げといった作文表記上のルールを獲得するのに困難を示しやすいだろう。

このように書きの困難は、音声、絵や事物、文字と文字間の関係が未獲得な場合に生じるが、加えて書くという運動反応や知覚運動協応が未獲得の場合にも生じてくる。

## II. 読み、書きの神経科学的メカニズム

学習障害の原因としては他の発達障害同様、「中枢神経系の何らかの障害」と想定されている。明確な障害部位の特定はなされていないが、現在までの医学、教育学、心理学的研究から、3つの主要な障害モデルが想定されている (Ramus, Pidgeon, & Frith, 2003)。

### 1. 視知覚障害モデル

第一のモデルは、視覚入力障害に基づくモデルである (Lovegrove, Bowling, Badcock, & Blackwood, 1980)。このモデルでは、視覚刺激を処理する経路にある外側膝状体 (lateral geniculate body) の大細胞経路 (magnocellular pathway) の障害を想定している (Livingstone, Rosen, Drislane, & Galaburda, 1991)。この経路の障害により、眼球運動の調整の問題や、特定の色調やコントラストに視知覚が影響を受けやすいといった問題が生じる。具体的には文章を目で追えなかったり、文字や文章が縦や横に膨張して見えたり、ぼやけたりするといった困難が示される (Stein, 2004)。このモデルについては、scotopic sensitivity syndrome または Irlen syndrome とも呼ばれることもある (Irlen, 1989)。

### 2. 音韻障害モデル

第二のモデルは、音韻意識の障害に起因するモデルである。音韻意識とは、単語音声を音素や音節に分解したり、構成したりといった音節や音素の操作に関わる能力である (天野, 1988)。このモデルでは文字と音声の変換や言語的關係を獲得することの認知的な障害 (Rey, Martino, Espesser, & Habib, 2002; 田中, 2008) を想定している。このような音韻処理の障害は左前頭葉 (left frontal lobe) の損傷によっても生じる。左前頭葉を損傷すると、例えば、無意味な単語「とま」を見た際に「と」と「to」, 「ま」を「ma」と文字を音声に変換して「to-ma」と読むことや、逆に「to-ma」と聞いて、「to」は「と」、「ma」は「ま」と音声文字に変換し、「とま」と書くといった音韻的符号化に困難を示す。このような音韻性読字障害 (Price, 1998) では、語彙にある単語を全体として読む「全語読み」には困難を示さないことから、「音韻読み」に関わる音韻-文字間の双方向的な変換が障害されると考えられる。

### 3. 流暢性・自動化障害モデル

第三のモデルは、行動の流暢性に関わる運動学習や知覚-運動協応の障害という観点である。これは学習障害児が粗大運動や微細運動、バランス、協応運動の困難さを示しやすいことからきている (Denckla, 1985)。このような困難を示す子どもでは、例えば文字を書くスピードの遅さや、書字の不正確さ、誤字や脱字の多さ、枠内に文字をバランスよく配置することの困難さなどを特徴的に示す。実際に、運動課題の多くで、学習障害児が定型発達児より低い成績であったこと (Fawcett, Nicolson, & Dean, 1996) や、運動反応を要求する課題において、統制群と比較して、反応潜時が長いことなどが報告されている (Kelly, Griffiths, & Frith, 2002)。このようなタイミングの調整や運動をスムーズに行うことが障害されることで、読み、書きの困難が生じる (Ramus et al., 2003)。特に書字の獲得において、運動感覚のメカニズムは、言語や認知、実行機能よりもさらに直接的に影響を及ぼす。つまり書字には、書いた文字の視覚的なフィードバックより、運動そのものの熟達化が重要となる (Berninger, 2004)。運動学習の困難さは、この書字の熟達化を妨げ、結果として書字学習全体に影響を及ぼす (Saltz & Dixon, 1982)。

これらの3つのモデルのどれが学習障害の原因を説明する上で適当なのかについては、現在も議論がなされているが、まだ決着は得られていない。むしろ、これらの複数の原因が考えられると言うことは、学習障害が単一の原因による障害ではなく、いくつかのサブタイプに分類可能なスペクトラム障害である可能性も考えられる。

## III. 読み、書きへの発達支援

読みや書きの障害の一次的な原因を明らかにするためには、その原因から想定される困難に対して有効な訓練、指導を行うことで、実際に改善が示されるかどうかを検討する介入的研究を行う必要がある。介入を行った結果、行動改善が示されれば、学習障害の一次的な原因の特定につながる。また、介入による研究は、一次的な原因を明らかにするだけではなく、実際に障害を持つ子どもに対して有効な指導のカリキュラムを提供することで臨床的な有益性も持つ (Tallal, 2000)。

### 1. 読みへの一般的な指導

読みの支援については、National Institute of Child Health and Human Development (NICHD) の The national reading panel (2000) が、重要な5つの読みスキルの領域として、(1) 音素意識 (phonemic awareness), (2) 綴りと発音の関係の指導 (phonics), (3) 語彙の指導 (vocabulary instruction), (4) 文章理解方略 (text comprehension strategies), (5) 読みの流暢性 (reading fluency) の5つをあげている。

心理学的な観点で捉えた場合、(1) 音素意識や (2) 綴りと発音の関係の指導は、音声と文字間の関係の学習である。その中には、音韻や文字の分解・合成、音韻と文字の共通性の理解といった音韻意識も含まれている。

また読みは、単に文章を音韻に変換することだけではなく、文章の内容理解やその内容に従った活動につなげることが目的となる。(4)「文章理解」のためには、「いつ」「なぜ」といった疑問詞に対する応答などの「理解」の指導に加えて、意味内容に関わる (3)「語彙の拡大」や、「文章理解」と相関を示す (5)「読み流暢性」に対する介入が重要となる。

教育心理学の領域においては、読みの流暢性の指導法として、流暢性が十分なレベルに到達するま

で、短く、意味ある文章や単語を繰り返し読む「反復読み (repeated reading)」という補助的な読みプログラム (Samuels, 1979) などが用いられてきた。実際に、「反復読み」による指導で、読みの流暢性が改善されることも報告されている (NICHD, 2000)。

## 2. 視知覚障害と介入研究

視知覚の障害に対する介入としては、色レンズをかけたり、色のついた半透明の色フィルムを紙に重ねたりすることで、特定の波長やコントラストを修正する方法がある。Kriss and Evans (2005) は、7歳から12歳の32名の学習障害児と32名の定型発達児に対して、色フィルムを使用した際の1分間の文章読みの速度の評価を行った。頻出15単語を読む課題で、読みの速度と誤反応数を測定したところ、学習障害児でのみ、色フィルムを使用した際の読み速度の有意な上昇が示された。日本においても、熊谷 (2006) が読みや読み速度に困難を示す17歳の学習障害児で追試している。色フィルムを用いて刺激文章を読んだ際の読み時間を評価したところ、用いない場合より有意に速いことを報告している。

しかし、このような視知覚の問題と改善効果は、学習障害児の全てに見られるのではなく、そのうちの30-50% (Irlen, 1989; Stein, 2004) 程度に限られることや、学習障害以外の自閉症スペクトラム障害児においても色フィルムを用いることで読み速度の改善が見られること (Ludlow, Wilkins, & Heaton, 2006) も示されており、学習障害だけに限定されない視知覚の問題であり、読みに影響を示す要因の一つと考えられる。

## 3. 音韻処理の障害と介入研究

### (1) 音韻意識と流暢性形成の困難

学習障害児全体に共通する特徴として、音声-文字間の変換に関わる学習に困難を示すことがあげられる (Shaywitz, 2003)。それと同時に、文字と音の変換が文章の読みの中で一定のスピード、一定の流暢性を持って行うことができるかが重要となる (Shaywitz et al., 2002)。学習過程におけるこのような「流暢性」の確立は、読み書きの学習に限定されるものではない。行動の流暢性の確立や行動の高正反応率の確立が、当該行動の学習の維持や般化を促進することは学習心理学の観点からも指摘されており、実証的なデータも蓄積されてきている (Johnson & Layng, 1985; Binder, 1996)。

### (2) 音韻意識と流暢性の大規模介入研究

Shaywitz et al. (2004) は、6-9歳の77名の児童を対象に、音と文字との対応関係を中心とした早期介入指導の効果を検討している。参加児は、WISC-Rの言語性IQが80以上で知的な遅れは見られないが、有意味語、無意味語の読み課題の平均点が下位25%以下であった。参加児は実験介入群と通常介入群の二群に分割された。通常介入群は、読みの補習や特別支援指導などの学校内で通常得られる介入指導を8ヶ月間受けた。それに対し、実験介入群は、学校において1日50分、8ヶ月間、以下のようなプログラムを用いて個別指導された。

実験介入群の個別指導は5つの課題から構成されていた。(1) 「aは、appleのa」のような音声-言葉間の関係の学習課題、(2) satをsapにしたり、sipをslipにしたりするように、文字カードを操作し、組み合わせで新しい言葉を作ることによる、音素分解・合成の学習課題、(3) 学習した単語を制限時間内に読むことで、読みの流暢性の向上を図る学習課題、(4) 物語の音読課題、(5) 綴りと音声が規則的なパターンの語を対象に、ゆっくりと発音しながら書くことで、音と綴りの関係を学習する聴写課題であった。

5つの基本指導の後、学習したパターンを組み合わせた単語の読みや、それらの単語で大半が構成された本の読み、一般の児童書、また幅広い種類の物語、説明文など読みの向上に合わせた文章に導入していった。

8ヶ月の介入指導前後の読み能力の変化を Gray Oral Reading Tests (GORT; Wiederholt & Bryant, 1992) によって評価したところ、文章中正しく発音できた語数、文章を読み終えるまでの時間、文章を読んだ後に提示される質問に対して正しい選択肢を答える理解課題という、読みの正確性・速度・読み理解とそれらの総合スコアの4つの指標全てにおいて、実験介入群のスコアの上昇が通常介入群より高い結果が示された。この結果は、正確性と流暢性を対象とした音と文字との対応関係の集中指導が、読みや読み理解の獲得、改善に有効であることを示すものである。

### (3) 日本における介入研究

日本語の読みでは、まずひらがなと音声間の対応関係の指導が対象となる。Sugasawara and Yamamoto (2007a) の介入研究では、ひらがなの読みに困難を示す2名の発達障害児に対して、コンピュータを用いた家庭での集中指導を行っている。

介入に用いた課題は、提示された絵の名称を、ひらがなの選択肢を順に選択して構成する構成反応見本合わせ課題 (constructed-response matching-to-sample; CRMTS) であった。また、ひらがなの選択肢を選択した際に、その文字の読みに対応する音声刺激が伴う手続きを用いた。この課題は、Shaywitz et al. (2004) の基礎指導プランのうち、(1)「音声-言葉間の関係の学習課題」に対応する絵と単語、音声間の関係と、(2)「音韻の分解・合成の学習課題」に対応する文字の選択肢による構成の2つの要素が含まれていた。

このCRMTS課題を用いて、1日5～10分程度、4～7ヶ月間の期間、家庭での集中指導を行った結果、2名の参加児両方で、直接指導を行っていないひらがな個々の文字に対する読みが獲得された。この結果は、英語同様、音と文字との対応関係を中心とした早期集中指導が日本語の読みでも重要なことを示したものと見える。

また、日本語における読みの流暢性の介入研究も行われている。菅佐原・平井・山本(2001)は、個々のひらがなの読みには困難を示さないが、文章読みにおいて逐語読みになってしまう6歳の発達障害児への介入研究を行っている。参加児は既知単語で構成された文章では、流暢な読みが可能であったことから、全語読みが可能な「語彙の数」に問題があると考えられた。そこで、全語読みの流暢性の向上と語彙の拡充を目的に、単語を刺激として提示し、それに対応する絵刺激を選択する恣意的見本合わせ課題 (arbitrary matching-to-sample; arbitrary MTS) を用いた指導を行った。その結果、単語の「反復読み」などの読みの直接訓練を行っていないにも関わらず、訓練前には未知であった単語で構成された文章刺激の読み速度が、既知の単語で構成された文章刺激の読み速度と同程度になることが示された。

## 4. 書きへの一般的な指導

一般的な書字指導は、反復的な書字を基本としている。その際、薄く印刷された文字や点線で印刷された文字の上に書く「なぞり書き」課題、または、見本として提示された文字と同じ文字を書き写す「視写」課題を用いる。これらの課題を使って正しい表記を繰り返すことにより書字の学習を図るのである(大庭・佐々木, 1990)。実際に多くの子ども達では、なぞりや視写の反復書字を行うことで、「正しい」表記の「流暢な」書字が獲得される。

作文などの書字表現の指導では、(1) いつでも書きたいときに書けること、(2) 読み手を意識して書くこと、(3) 共感的な返事がもらえること、(4) 遊びの中で書くこと（内田, 1990）などがあげられている。(1) は書字機会の確保であり、(3) や (4) は書字表現に対して、外的なフィードバックや強化を設定するものである。(2) については、作文のコミュニケーションとしての機能性を高める観点から、読み手を設定することを重視したものとと言える。

## 5. 書きの困難と介入研究

書きの困難が、書きに関わる一次的な原因から生じている困難なのか、それとも読み障害の二次的な結果として生じている困難なのかは、分離しにくい。そのために、書き困難の研究は非常に限定的である (Graham & Harris, 2005)。少人数を対象とした支援研究の報告は見られるが、書字を対象とした大規模な介入研究は見られない。また、英語圏では、アルファベット26文字、大文字と小文字を分けても52文字の表記を覚えるだけでよい。一方、日本語においては、かな文字の清・濁・半濁音合わせて71文字、カタカナを加えると142文字と非常に多くの表記を学習することが求められる。また漢字は小学校において指導される漢字だけで1006文字となり、個々の文字の書字を獲得することの困難は、英語圏に比べて高いと言える。

### (1) 書字の正確性に対する介入研究

学習障害児では、鉛筆の保持などの微細運動機能の遅れや、見本となる文字を、構成する要素に分解することの困難から、視写などの学習課題において「正しい」表記が繰り返せず、「誤った」表記を繰り返してしまう場合も多い。同様になぞりにおいても、はみ出さずに書くことが難しいために、なかなか書字が「流暢に」なりにくいことがある。

指導者が書字反応に随伴して「とめ」「はね」「はらい」などと、運筆の動きを言語化することで、運動反応を調整する指導（山中・藤田・名川, 1996）、姿勢や鉛筆の持ち方といった微細運動の直接指導や、提示する文字の大きさや提示位置への配慮 (Hornsby, 1984) も行われている。運筆の言語化は、「正しい」書字の生起を促進する支援であり、鉛筆の持ち方や文字の大きさへの配慮は、微細運動の直接支援や、明確な見本刺激を用いることで、刺激-反応関係の学習を容易にする支援である。

また、書字の刺激-反応関係の学習の問題は、例えば拗音のように、同じ文字を「しや」と大きく書いた場合と、「しゃ」と小さく書いた場合で読み方が異なる場合など、文字と音声の対応関係の例外において見られやすい。菅佐原・阿部・山本 (2006) は、このような書字における表記の違いを、CRMTS課題を用いて指導する介入研究を行った。小学校1年生の知的な遅れを示す発達障害児2名に対して、「かぼちゃ」や「きゅうり」のような拗音を含む単語のCRMTS課題を1回20分、6～7回の指導を行った。CRMTS課題では、「か」「ほ」「ちゃ」のように1音節を選択肢として用いるだけでなく、表記の違いの学習の促進のために「ちや」という選択肢を用いていた。また文字と音声の対応関係の獲得のために、ひらがな選択肢を選択した際には、その文字の読みに対応する音声刺激が提示された。その結果、直接訓練を行っていない鉛筆での書字場面でも、2名の参加児の双方で、「正確な」書字が示された。

また、Sugasawara and Yamamoto (2009) では、漢字の視写に困難を示す9歳の発達障害児1名に対し、CRMTS課題を用いた書字の介入研究を行っている。参加児は、漢字の読みには困難を示さないが、「正確な」漢字の書字が困難で、見本を視写することにも困難を示していた。漢字の書字に困難が見られる場合、漢字と音声の対応関係の問題だけではなく、見本となる文字を構成要素に分解すること

の困難といった視覚的問題も関与する。参加児の場合、読みに問題は見られないことから、視覚的な問題が大きいが想定された。そこで、提示された部首を組み合わせ、見本と同じ漢字を構成する CRMTS 課題を用いることで、文字の分解と構成の集中的な指導を行った。その結果、直接指導をしていない漢字の視写の改善が示された。また訓練に使用した部首を組み合わせた新規漢字の視写の改善も示された。

「書字」には、文字と音との対応関係の学習、視覚的な分解と合成の学習、鉛筆を動かす運動反応の学習など、複数の学習要素が含まれている。微細運動機能や刺激-反応関係の学習に困難を示す学習障害児の場合、視写やなぞりなどの「反復書字」を通じて、複数の要素を同時に学習することは困難である。菅佐原ら (2006; 2009) の介入研究は、CRMTS 課題を用いることで、「文字と音との対応関係の学習」や「視覚的な分解と合成の学習」のみを分離して集中訓練を行うことで、書字の「正確さ」が改善されることを示すものである。

## (2) 書字の流暢性に対する介入研究

作文などの書字表現では、個別の文字の書きの正誤だけではなく、流暢さが重要となる。作文を行う場合に、ある程度のスピードで書字が可能でないと、よい表現内容を考えたとしても、書く行動が追いつかないため、結果として内容や文章量が非常に少ない作文となってしまう。

運動反応による負荷を最小限に抑えることで、流暢性を確保することを目的に、鉛筆を使った書字ではなく、ワープロなどの選択反応を使用した書字指導を行うことの有効性も指摘されている (Hetzroni and Shrieber, 2004)。またワープロ上での所産は、常に一定の字形のため、表現内容そのものにフィードバックがされやすい (MacArthur & Graham, 1987)。

Sugasawara & Yamamoto (2007b) では、学習障害児を含む発達障害児 24 名に対して、単語・単文の視写によるカナ入力のワープロ書字指導を行っている。この介入研究では、ワープロの利用経験を持たない参加児でも、誤反応の生起が最小限になるような無誤学習 (errorless learning) が可能になるよう、「いす」や「ひも」などの 2 文字のひらがな単語の視写を中心としたワープロ視写入力課題を行っている。また、5 単語 10 文字の入力にかかる時間を流暢性の指標とし、直前の試行より、より短い時間で入力することを強化する手続きを用いていた。その結果、(1) 平均 10 試行程度で、5 単語の入力時間が有意に速くなること、(2) 訓練した単語を音声刺激や絵刺激といった異なる刺激次元で提示しても、入力速度が維持されること、(3) 「きのう、学校で野球をしました」などの短い文章を聴いて入力するといった完全に未訓練の場面においても、1 分間の書字文字数が平均 4.70 文字から、平均 10.20 文字と有意に増加すること、が示された。

また、単語視写入力訓練後に、今度は 1 分間の制限時間付きでの単文視写訓練を行ったところ、(4) 平均 23 試行という少ない訓練回数で、1 分間の書字文字数が平均 21.18 文字まで増加することが示された。これらの結果は、鉛筆での書字に困難を示しやすい学習障害児においても、無誤学習を前提とし、流暢性を指標とした書字指導を行えば、短期間で容易にワープロでの書字が獲得可能であることを示すものである。

また、菅佐原 (2006) では、ワープロの入力の流暢性訓練を受けた発達障害児を対象に、ワープロを用いた作文指導を行っている。6 名の発達障害児に、(1) アニメのキャラクターなどが登場するなど、子どもが興味を示しやすいテーマを複数用意し、子どもに書きやすいテーマを選択する機会を設定する、(2) 作文中のよい表現、わかりやすい表現に対するフィードバックを行う、(3) 文字数についての直前試

行と比較したフィードバックを行う、の3点を含めた作文指導を8試行行った。その結果、最初の2試行の平均書字数が228文字であったのに対し、最終2試行では313文字と1.5倍の文字数の作文表現が示された。また、作文を行っている際の、1分間の書字入力速度も、最初の2試行が19.54文字であったのに対し、最終2試行では24.44文字とより流暢に書字入力することが可能であった。この結果は、ワープロを用いた書字表現指導によって、単に長い作文を書けるようになるだけでなく、長い作文を流暢に書けるようになることを示すものである。

#### IV. 発達支援と脳機能の変化と可塑性

##### 1. 読みに関する脳機能と可塑性

Shaywitz et al. (2004) の研究は、音と文字との対応関係を、正確性と流暢性を指標に集中指導することが有効であることを示した。しかし、このような介入指導は行動的な改善だけではなく、脳機能の水準での変化にもつながることもわかってきている。

Shaywitz et al. (2002) では、7歳から17歳の学習障害群70名、定型発達群74名を対象に脳機能の比較検討を行った。学習障害の基準は、有意味語・無意味語の読み課題の平均点が全体の下位25%、または予測される読みの達成から1.5の標準誤差を超えて低いことであった。

実施された課題は、すべて「はい」か「いいえ」で回答可能な課題であった。課題は、(1) 画面に提示された2つのアルファベットが両方とも大文字、または両方とも小文字かどうかの判断を行う「文字特定課題」、(2) [t] と [v] のような2つの単文字の韻が同じかどうかを判断する「単文字韻判断課題」、(3) [LEAT] と [JETE] のような2つの無意味語の韻が同じかどうかを判断する「無意味語韻判断課題」、(4) 「トウモロコシ (CORN)」と「ねこ (CAT)」のような2つの有意味語が同じカテゴリーの語かどうかを判断する「カテゴリー判断課題」、(5) [\\V] と [\\V\\] のように2種類の形状が同一かどうかを判断する「線判断課題」の5課題であった。

まず、読みに関与する脳部位の検討を検討した結果、特に (1) 単語を一つのまとまりとして扱う「全語読み」に関わり、自動的で速い読み処理を行う左の後頭-側頭領域 (occipito-temporal area) が重要な役割を果たしていること、(2) 音韻と文字との対応に基づいて文字を音に変換する音韻読みに関わる文字の視知覚には左の頭頂-側頭領域 (parieto-temporal area) が、(3) 発音の連合、黙読や命名の機能には、ブローカ野 (Broca's area) を中心とする左の下前頭回 (inferior frontal gyrus; IFG) が関わることを示された。

学習障害児と定型発達児間での比較では、(1) 学習障害の子どもでは、読みの際の左半球後部 (left posterior regions) の機能不全が示された。また、(2) 語のカテゴリー課題を定型発達児では左の下前頭回 (IFG) を用いるが、学習障害児では左の下前頭回 (IFG) ではなく、代償的に右の下前頭回 (IFG) を用いていることが示された。これは学習障害児・者が、本来読みに関わる脳部位において機能不全が見られるために、代償的・補完的に脳の別部位を用いていることを示すものである。このような代償的・補完的な脳の機能化については、特別な支援を受けず、読み書きの障害が改善された成人改善群との比較を行った研究においても示されている (Shaywitz et al., 2003)。また成人改善群は、読み困難が続いている成人群と比較して、意味知識、文脈の使用、視覚記憶、言語能力といった認知能力を評価する課題で高い値を示しており、これらの認知機能を補完的に利用することで、読み書き障害の影響を軽減していることが行動データからも推測される (Shaywitz, 2003)。

Shaywitz et al. (2004) は、6-9歳の77名の児童を対象に、音と文字の対応関係の正確さと流暢性を指標にした8ヶ月の早期集中的な指導を行った。指導を受けた実験介入群は事後評価において、左の後頭-側頭領域 (occipito-temporal area) や、読みに際して活動を示す左の下前頭回 (IFG) のブローカ野 (Broca's area)、文字を音韻に変換することに関与する頭頂-側頭領域 (parieto-temporal area) の賦活を示した。これは定型発達児が読みの際に示すのと同様の賦活パターンであった。また、事前評価の時に見られた右の側頭回内側部 (medial temporal gyrus) と右の尾状核 (caudate nucleus) の賦活が、介入指導後には見られなくなっていた。Shaywitz et al. (2004) は、左の読みに関わるシステムが発達したため、右の補完的なシステムが必要なくなった結果と考察している。

これらの脳機能の可塑性に関する研究から、(1) 読みの困難は、通常指導や、様々な追加的な補助指導などで改善を示す場合もあるが、音と文字との対応関係を中心とした早期集中指導の要素を含まない場合には、他の認知機能を代償的に用いて読むようになるため、脳機能においても他の領域が代償的・補完的に用いられること、(2) 読みを獲得する早い時期に、音韻に関わる学習を体系的、直接的に介入指導することによって、代償的・補完的な領域ではなく、本来読みに関与する領域の可塑性が示されることが明らかとなった。

## 2. 書きに関する脳機能

読みにおいては、介入研究に伴う脳の可塑性や代償的・補完的な脳機能についても知見が蓄積されつつあるが、書きに関しては、脳機能研究そのものが少ない。これは、脳機能研究の多くでfMRIが用いられるが、頭部を固定し、仰臥位で測定を行うために、書字課題を実施することが困難であるためである。また、fMRIは拘束性も高いために、年少の学習障害児に対する実施が困難であるといった問題もある。

そのなかで、Matsuo et al. (2000) は、健常成人11名に、漢字の視写、ひらがなから漢字への変換、バラバラにされた漢字構成要素の構成課題の3課題を行う際の脳活動について検討している。その結果、書きに関わる脳の領域として、書き全般に左の上頭頂小葉 (superior parietal lobule; SPL) が関与していることが示された。左の頭頂葉 (parietal lobe) は読みや書きの過程の中核であることは知られており、それらの領域の障害により、失書や書字困難が生じることとも対応している。また、構成課題では、下頭頂小葉-後頭葉境界領域 (the border portion between the inferior parietal lobule and the occipital lobe; IP/O) と、補足運動野 (supplemental motor area; SMA) と運動前野 (premotor area; PMA) の高次運動野の活動が特徴的に示された。これは、文字処理の視空間、運動実行機能間のコネクションを反映するものである。構成のような課題においては、日本人被験者の98%が意識しない人差し指の動きを行う (佐々木・渡辺, 1983) ことなどから、書きの運動的側面が、文字の想起を促進していると考えられる。これは、「正しく」「流暢な」書字運動反応の獲得が重要であること示すものであり、学習障害児においては、このどちらか、または双方が学習されにくいことによって書字に関わる活動全体が障害されることを示唆するものであるといえるだろう。

また近年では、近赤外線分光法 (NIRS) という脳に対する侵襲性や身体の拘束性も低く、日常動作に伴う脳の血液量変化を測定可能な機器を用いることで、実際の書字場面を対象とした脳機能の計測が可能となった。菅佐原・今関・山本 (2007) では、右利きの健常成人参加者12名を対象に、13画以上で小学校6年生までに学習する漢字12個を用いて、(1) ひらがなを漢字に変換して書く課題と、(2) 漢字の視写課題、(3) 記号の視写課題を実施している。記号刺激には四角形と三角形を組み合わせた図形6種類

を用いた。NIRSを用いて、書字を行っている際の補足運動野 (SMA) の脳血液量変化を検討した結果、SMAにおける脳血液量の上昇は (1) 漢字の視写課題が最も大きく、漢字変換課題、記号視写課題の順であった。(2) 漢字の視写課題と記号の視写課題間で脳血液量の上昇に有意な差が見られた。これは、画数による差を反映していることが予測された。

しかし、(3) 漢字の変換課題－漢字視写、漢字変換課題－記号視写課題間では、有意な脳血液量の差は見られなかった。先行研究では、書くことが求められている漢字が視覚的に提示されていない、構成課題や変換課題では、漢字が提示されている視写課題と比較して、より強いSMAの賦活が見られたが、菅佐原・今関・山本 (2007) では有意な差が見られなかった。

そのため、今後も、このような機器を用いて、学習障害児と定型発達児の書字に関わる脳機能の際や、書字の正確性、流暢性の変化に伴う脳の可塑性をさらに検討していく必要があるだろう。

## V. まとめと今後の課題

本論文では、学習障害児の示す読みと書きの障害を中心に、その行動特徴と障害モデルを検討し、読み書きの学習を促進する上で効果のある介入研究について概観してきた。また、介入支援による読みや書きの改善に伴う脳機能の可塑性や代償的・補完的な脳機能の変化についても検討した。

その結果、音声と文字との対応関係を中心とした集中的な指導を軸に、読みの正確性と流暢性という2つの指標に基づいて学習を評価、支援していくことにより、読みの困難が改善可能であることが明らかとなった。文字と音声の関係を指導すること自体は、読みの指導の上で以前から指摘されていたことであるが、(1) 早期に、かつ集中的に指導すること、(2) 正確にできるだけでなく、「正確」かつ「流暢」にできるかどうかを学習達成の基準とする必要があることが、読みの指導の上で重要であることを強く示すものである。また、個々の文字の音韻読みの獲得だけではなく、(3) 単語を単位とした全語読みを中心とした語彙の拡張や、日常的な文章や本の読み機会の設定と言った、(4) 集中指導から日常的な読みへの包括的な支援が有効であることも示された。

### 1. 読みの包括的支援プログラム

Shaywitz et al. (2004) などの研究は、英語を対象としたものであり、日本においては、日本語の構造に対応した支援が必要となる。日本語においても、音と文字との対応関係を正確性と流暢性を指標に、早期集中指導する包括的読み指導プログラムを構築し、多くの参加児に実施する介入研究を行うこと、そしてその後の読みに関わる学習達成を縦断的に検討する必要がある。

英語圏での研究と、日本語における介入研究を踏まえると、日本語における読みの包括プログラムには、(1) 読み、書きの前提として必要となる音声表出や聴理解などを含むプレ水準、(2) 音韻読みの基本となる文字水準、(3) 全語読みを中心とする単語水準、(4) 全語読みと音韻読みの切り替えや、読み理解の主たる対象となる文章水準の4つの段階が想定される (表1参照)。特に、読みや書きなどの言語の獲得において、刺激間、刺激反応関係の形成を中心とした指導の有効性 (山本, 2001) や、コンピュータを用いた読み書きの指導の有効性 (Yamamoto, 2003) が高いことも指摘されている。(1) のプレ水準は、絵の名前を言う「命名」や音声の「模倣」といった音声表出反応、音声を聞いて絵を選択したり、質問に答えたりする「聴理解」や、絵と実物や同じ絵、同じ音声間の「同一性の理解」などが含まれる。しかし前述のように、本論文ではこの水準の困難を、「読み」「書き」の困難として扱わない。

表1 包括的読み書きプログラムの枠組み

	行動			
	読み	読み理解	書き	書字表出
プレ段階		(音声-絵: 聴理解) (絵-絵: 同一性理解)		(絵-音声: 命名) (音声-音声: 模倣)
文字水準	かな文字-音声: 音読 (音韻読み)		かな文字-かな文字: なぞり/視写 音声-かな文字: 聴写	
単語水準	単語-音声: 音読 (全語読み)	単語-絵: 読み理解	単語-単語: なぞり/視写 音声-単語: 聴写	絵-単語: 命名書字
文水準	文-音声: 音読 (全語読み/音韻読み)	文-絵: 読み理解	文-文: なぞり/視写 音声-文: 聴写	絵-文: 作文表現

注: 各水準の内容は、刺激-反応関係とその行動の名称を示している。

読みの (2) 文字水準は、音韻読みの基本となる、ひらがなと音声間の対応関係の獲得と流暢性の指導が目的となる。個々のかな文字を見て、音声表出することが主たる対象だが、Sugasawara and Yamamoto (2007a) で示されたように、単語-絵と音声間をCRMTS課題を用いて訓練する指導が有効と考えられる。

次の (3) 単語水準では、全語読みの基本となる、単語と音声、絵の間の対応関係の獲得と流暢性の指導の目的となる。単語を音声表出するだけでなく、単語を読んで絵を選択するといった「読み理解」も対象となる。この水準では、単語が音韻読みできるだけではなく、全語読みも可能な単語を増やすことが重要であり、音韻読みと全語読み、読み理解の3つが可能な単語を「語彙」と見なし、その拡大を図っていくこととなる。また、単語の反復読みで、読みの流暢性が向上する (NICHHD, 2000) だけではなく、菅佐原・平井・山本 (2001) で示されたように、単語と絵の間を集中的に訓練することでも、文や文章読みの流暢性の向上が示される。

最後の (4) 文水準では、全語読みと音韻読みの切り替えを中心とする、読みの流暢性の指導と、「いつ」や「どこ」などの疑問詞に対する応答などを基本とする「読み理解」の指導が目的となる。読み理解については、プレ水準で、音声における聴理解が獲得されていれば、「理解」そのものの指導の必要性は低くなる。読みの流暢性が読み理解と相関すること (Perfetti, 1985) から、読みの流暢性の向上のみがこの水準の指導の中心となるだろう。

## 2. 書きの包括的支援プログラム

書きの (2) 文字水準では、書字の基本となる、ひらがなの表記などが目的となる。通常は「なぞり」や「視写」の反復書字が基本となるが、菅佐原ら (2006; 2009) のように、絵-文字と音声間の関係を抽出した集中指導が必要となるだろう。

書きの場合、(3) 単語水準、(4) 文水準でも、(2) の文字水準で「正確性」が獲得されていれば、「流暢

性」の向上が各水準の主たる目的となる。その際に、Sugasawara and Yamamoto (2007b) で示されたように、ワープロを書字の補助具として用いることの有効性も示されている。

今後は、CRMTS課題による書字の改善やワープロでの書字に習熟した際に、文章作成や作文表現がどのように変化し、改善されていくのか、また、ワープロ上での書きの支援は、鉛筆での書字に対しても改善効果を持つのかといった点について、検討を行っていく必要がある。

### 3. 脳機能の可塑性と脳指標の利用

また、集中的な介入支援による読み書きの改善は、脳機能の点からも検討された。文字と音声の関係に対する集中的支援指導を中心としない学習や支援によって読みの問題の改善が示された場合、代償的・補完的な認知機能を用いて読みを行っているだけではなく、脳の可塑性としてもその代償的・補完的な変化が示されることが明らかとなった。それに対して、文字と音声の関係を中心とした集中的支援指導を早期に受けた場合には、定型発達児の読みで示される脳部位と同じ部位の活動が示されることも明らかとなった。

これらの結果は、介入研究により、脳機能の可塑性が示されたというだけではなく、介入効果や学習達成を示す一つの指標として脳機能の変化を用いることが可能なことを示している。特に読みの流暢性などには、学習達成をどう設定するか明確な基準がない。行動指標だけで学習達成基準を決めるのではなく、脳機能の指標からも学習達成基準が定められるのなら、後の学習の維持や般化につながりやすい学習達成を予測しやすくなるだろう。そのためには、NIRSなどの機器を使用し、実際の読みや書きの場面、その学習過程を対象に、脳機能やその可塑性を検討していくことが重要となる。

日本には読みや書きに困難を示す学齢期の子どもが約27万人想定されている。読み書きの障害に対して効果的な支援プログラムを開発することや脳の可塑性を明らかにすることは何よりの急務であるといえるだろう。

付 記：本研究の一部は、慶應義塾大学人文グローバルCOEの助成を受けて行われた。

### 引用文献

- 阿部秀樹 (1997). 自閉症幼児のひらがな・概念獲得過程. 特殊教育学研究, 34, 53-57.
- 天野清 (1988). 音韻分析と子どものliteracyの習得. 教育心理学年報, 27, 142-164.
- American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (4th Edition)*. Washington DC: American Psychiatric Association.
- Berninger, V. W. (2004). Understanding the "Graphia" in developmental dysgraphia: A developmental neuropsychological perspective for disorder in producing written language. In D. Dewey & D. E. Tupper (Eds.) *Developmental motor disorders: A neuropsychological perspective*. (Pp. 328-350) New York: A Division of Guilford Publications.
- Binder, C. (1996). Behavior fluency: Evolution of a new paradigm. *The Behavior Analyst*, 19, 163-197.
- Carlson, N. R. (2006). *Physiology of behavior 8th edition* (邦訳) 泰羅雅登・中村克樹監訳 神経科学テキスト—脳と行動—第8版. 東京: 丸善株式会社.
- Denckla, M. B. (1985). Motor coordination in children with dyslexia: Theoretical and clinical implications. In F. H. Duffy, & N. Geschwind (Eds.), *Dyslexia: A neuroscientific approach*. Boston: Little Brown.
- Erhardt, R. P. (1988). *Developmental hand dysfunction: Theory assessment treatment*. (K. Kii, Trans.). Austin: Pro-Ed Inc.

- Fawcett, A. J., Nicolson, R. I., & Dean, P. (1996). Impaired performance of children with dyslexia on a range of cerebellar tasks. *Annals of Dyslexia*, 46, 259-283.
- Graham, S., & Harris, K. R. (2005). *Writing better-Effective strategies for teaching students with learning difficulties*. Baltimore: Paul. H. Brookes Publishing Co.
- Gubbay, S. S. (1975). Clumsy children in normal schools. *Medical Journal of Australia*, 1, 233-236.
- Hetzroni, O. E., & Shrieber, B. (2004). Word processing as an assistive technology tool for enhancing academic outcomes of students with writing disabilities in the general classroom. *Journal of Learning Disabilities*, 37, 143-154.
- Hornsby, B. (1984). *Overcoming dyslexia a straightforward guide for families and teachers*. London: Martin Dunitz Limited.
- Irlen, H. (1989). Improving reading problems due to symptoms of scotopic sensitivity syndrome using Irlen lenses and overlays. *Education*, 109, 413-417.
- Johnson, K., & Layng, T. V. J. (1985). Breaking the structuralist barrier—Literacy and numeracy fluency— *American Psychologist*, 47, 1475-1490.
- Kelly, S. W., Griffiths, S., & Frith, U. (2002). Evidence for implicit sequence learning in dyslexia. *Dyslexia*, 8, 43-52.
- 小池敏英・雲井未敏・窪島努 (2003). LD児のためのひらがな・漢字支援. 京都: あいり出版.
- 熊谷恵子 (2006). 読みに関連する色フィルムの効果に関する研究—日本人の一般的な傾向と読み書き障害児の結果— LD研究, 15, 198-206.
- Kriss, I., & Evans, B. J. (2005). The relationship between dyslexia and Meares-Irlen syndrome. *Journal of Research in Reading*, 28, 350-364.
- Levine, M. (1990). *Keeping a head in school*. (邦訳) 楓セビル訳 親と子で考える学習障害. 東京: 研究出版社.
- Livingstone, M. S., Rosen, G. D., Drislane, F. W., & Galaburda, A. M. (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 83, 7943-7947.
- Lovegrove, W. J., Bowling, A., Badcock, B., & Blackwood, M. (1980). Specific disability: Differences in contrast sensitivity as a function of spatial frequency. *Science*, 210, 439-440.
- Ludlow, A. K., Wilkins, A. J., & Heatson, P. (2006). The effect of coloured overlays on reading ability in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36, 507-516.
- MacArthur, C. A., & Graham, S. (1987). Learning disabled students' composing under three methods of test production: Handwriting, word processing, and dictation. *The Journal of Special Education*, 21, 22-42.
- Matsuo, K., Nakai, T., Kato, C., Moriya, T., Isoda, H., Takehara, Y., & Sakahara, H. (2000). Dissociation of writing processes: Functional magnetic resonance imaging during writing of Japanese ideographic characters. *Cognitive Brain Research*, 9, 281-286.
- 文部省 (1999). 「学習障害及びこれに類似する学習上の困難を有する児童生徒の指導」. 東京: 文部省.
- 文部科学省 (2002). 「通常の学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する全国実態調査」調査結果. 東京: 文部科学省.
- National Institute of Child Health and Human Development (2000). *Teaching children to read: An evidence-based assessment of the scientific literature on reading and its implications for reading instruction*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- 大庭重治・佐々木清秀 (1990). 通常学級における平仮名書字学習困難児の実態とその指導形態. 特殊教育学研究, 28, 35-42.
- Perfetti, C. A. (1985). *Reading ability*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Price, C. J. (1998). The functional anatomy of word comprehension and production. *Trends in Cognitive Science*, 2, 281-288.
- Ramus, F., Pidgeon, E., & Frith, U. (2003). The relationship between motor control and phonology in dyslexic children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 712-722.
- Rey, V., Martino, S. D., Espesser, R., & Habib, M. (2002). Temporal processing and phonological impairment in dys-

- lexia: Effect of phoneme lengthening on order judgment of two consonants. *Brain and Language*, 80, 576-591.
- Rodgers, B. (1983). The identification and prevalence of specific reading retardation. *British Journal of Educational Psychology*, 53, 369-373.
- Samuels, S. J. (1979). The method of repeated reading. *The Reading Teacher*, 32, 403-408.
- Saltz, E., & Dixon, D. (1982). Let's pretend: The role of motoric imagery in memory for sentences and words. *Journal of Experimental Child Psychology*, 34, 77-92.
- 佐々木正人・渡辺章 (1983). 「空書」行動の出現と機能—表象の運動感覚的な成分について—教育心理学研究, 31, 273-282.
- Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Blachman, B. A., Pugh, K. R., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., Mencl, W. E., Constable, R. T., Holahan, J. M., Marchine, K. E., Fletcher, J. M., Lyon G. R., & Gore, J. C. (2004). Development of left occipitotemporal systems for skilled reading in children after a phonologically based intervention. *Biological Psychiatry*, 55, 926-933.
- Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Pugh, K. R., Mencl, W. E., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., Constable, R. T., Marchine, K. E., Fletcher, J. M., Lyon G. R., & Gore, J. C. (2002). Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biological Psychiatry*, 52, 101-110.
- Shaywitz, S. E. (1998). Current concepts: Dyslexia. *The New England Journal of Medicine*, 338, 307-312.
- Shaywitz, S. E. (2003). *Overcoming Dyslexia*. New York: Alfred A. Knopf.
- Shaywitz, S. E., Shaywitz, B. A., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., Mencl, W. E., Fletcher, J. M., Lyon G. R., & Gore, J. C. (2003). Neural systems for compensation and persistence: Young adult outcome childhood reading disability. *Biological Psychiatry*, 54, 25-33.
- 清水裕文・山本淳一 (1999). マトリクス訓練を用いた平仮名における刺激等価性の成立. 日本行動分析学会第17回年次大会発表論文集, 北海道.
- Stein, J. (2004). *The Neurological basis of dyslexia*. 理化学研究所シンポジウム, 埼玉.
- 菅佐原洋 (2006, October). ワープロで「書いて表現すること」を伸ばす—コンピュータリテラシーへの展開—. 日本LD学会第15回大会自主シンポジウム, 北海道.
- 菅佐原洋・平井裕子・山本淳一 (2001, July). 「読み」の流暢性を高めるための指導条件の検討 日本行動分析学会第19回年次大会ポスター発表, 福岡.
- 菅佐原洋・阿部美穂子・山本淳一 (2006). 脳性麻痺児における拗音の書字指導のためのコンピュータ支援教材の開発と評価 特殊教育学研究, 43, 345-354.
- 菅佐原洋・今関実千代・山本淳一 (2007). 刺激次元による書字反応と脳血液量変化の検討—視写と聴写の比較を中心に—. 平成18年度文部科学省21世紀COEプログラム. 心の解明に向けての統合的方法論構築-平成18年度成果報告書, 127-129.
- Sugasawara, H., & Yamamoto, J. (2007a). Computer-Based Teaching of Word Construction and Reading in Two Students with Developmental Disabilities. *Behavioral Interventions*, 22, 263-277.
- Sugasawara, H., & Yamamoto, J. (2007b, May). Teaching fluency of word-processing skills in Japanese writing. Poster presented at 33rd Annual Convention of the Association for Behavior Analysis, San Diego.
- Sugasawara, H., & Yamamoto, J. (2009). Computer-Based Teaching of Kanji Construction and Writing in a Student with Developmental Disabilities. *Behavioral Interventions*, 34, 43-53.
- 鈴木健治・佐々木徳子 (1992). LD児の指導法入門. 東京: 川島書店.
- 竹田契一・里見恵子・西岡有香 (1997). LD児の言語・コミュニケーション障害の理解と指導. 東京: 日本文化科学社.
- Tallal, P. (2000). The science of literacy: From the laboratory to the classroom. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97, 2402-2404.
- 田中裕美子 (2008). 読み障害児の言語の問題. LD研究, 17, 209-217.
- 内田伸子 (1990). シリーズ人間の発達1子どもの文章—書くこと考えること—東京: 東京大学出版会.
- Wiederholt J. L., & Bryant B. R. (1992). *The Gray Oral Reading Tests—Third edition (GORT-3)*. Austin: Pro-ed Inc.
- Wydell, T. N., & Butterworth, B. (1999). A case study of an English-Japanese bilingual with monolingual dyslexia.

*Cognition*, 70, 273-305.

山本淳一 (2001). 言語の獲得と拡張: 条件性弁別と刺激等価性. 浅野俊夫・山本淳一 (編), *ことばと行動—言語の基礎から臨床まで—* (Pp. 49-74). 東京: ブレーン出版.

Yamamoto, J. (2003). Acquiring literacy by computer-based teaching in students with developmental disabilities. In R. Kawashima & H. Koizumi (Eds.), *Learning Therapy* (Pp. 81-94). Sendai: Tohoku University Press.

山中克夫・藤田和弘・名川勝 (1996). 情報処理様式を活かした描画と書字指導—継次処理様式が優位な一脳性麻痺幼児について—*特殊教育学研究*, 33, 25-32.