
《研究ノート》

ディスレクシアの読字過程の認知モデルに関する考察 —— 日本語のディスレクシアの情報処理モデルの構築を目指して ——

杉 本 明 子

アブストラクト

本稿では、(1) ディスレクシアの読み過程を説明する認知モデルとして、DRCモデルとトライアングル・モデルに焦点を当て、各々の認知モデルはアルファベット言語のディスレクシアのサブタイプや認知障害をどのように説明してきたのか、(2) これまで、日本語のディスレクシアの読み障害を説明するためのモデルとしてどのような認知モデルが提唱され、そのモデル及び根拠となる研究にはどのような問題点があるのか、(3) 日本語のディスレクシアのメカニズムを説明するための認知モデルを構築していくためには、今後のどのような課題に取り組んでいくことが重要なのかについて検討した。様々な先行研究が示唆するように、日本語のディスレクシアの読み障害のメカニズムを説明する認知モデルは、アルファベット言語の認知モデルと基本的にそれ程大きく異なるものではない可能性がある一方で、日本語の書記体系とアルファベット言語の書記体系は大きく異なっているため、日本語とアルファベット言語のディスレクシアの間には異なる認知障害や情報処理ルート障害が存在する可能性もあると考えられる。今後、日本語の書記体系の特異性に密接に関連する情報処理過程を実証的に解明し、日本語のディスレクシアの障害特性とサブタイプを包括的に説明する独自の認知神経学的モデルを構築していくことが重要であろう。

キーワード

ディスレクシア 認知モデル 読字 情報処理過程 サブタイプ 認知障害

1. はじめに

国際ディスレクシア協会 (International Dyslexia Association) によると、ディスレクシアは、「神経生物学的要因による特異的学習障害であり、正確で流暢な単語認識の困難さや、綴りや文字記号化の困難さを特徴とする。これらの困難さは、典型的には言語の音韻的要素の障害に起因し、全般的な知能は正常で教育環境も適切であるにも関わらず、予測できない程の低い読み書き能力を示す。二次的には、読解の困難さや読み経験の減少とい

う問題が生じ、語彙や背景知識の獲得を阻害する可能性がある。」と定義されている (Lyon, Shaywitz, & Shaywitz, 2003)。この定義は世界共通のものであると捉えることもできるが、近年、様々な国・地域で行われてきたディスレクシア研究の知見を勘案すると、この定義がディスレクシアの普遍的定義として妥当であるとは断言できない。なぜなら、近年の研究において、ディスレクシアには異なる特性を示す幾つかのサブタイプが存在し (e. g., Castles & Coltheart, 1993; Hulme & Snowling, 1992; Jiménez, Rodriguez, & Ramirez, 2009; Manis, Seidenberg, Doi, McBride-Chang, & Peterson, 1996; Sprenger-Charolles, Colé, Lacert, & Serniclaes, 2000)、各々のサブタイプに関わる認知障害も音韻障害だけでなく多様であることが報告されてきた (Sprenger-Charolles, Siegel, Jiménez, & Ziegler, 2011) 上に、言語・書記体系の違いによってもディスレクシアのサブタイプや認知障害に差異が認められることが指摘されてきた (Ho, Chan, Tsang, & Lee, 2002; Wydell & Butterworth, 1999) からである。

このように先行研究で報告されてきたディスレクシアの様々なサブタイプと関連する認知障害を包括的に把握し、それらを体系化する枠組を構築することは、ディスレクシアの普遍的定義を考えるための大前提として必要であると考えられ、また、妥当性・信頼性が高いディスレクシアの診断法を開発するためにも不可欠であろう。それゆえ、ディスレクシアのサブタイプと認知障害を包括的かつ組織的に捉える理論枠組を創るために、さらにグローバルな観点から実証的かつ大規模な研究を行っていくことが重要であると考えられる。しかしながら、ディスレクシアの多様なサブタイプと認知障害を包括的に把握するということは、ディスレクシア児は健常児と「どのように異なっているのか」という読み書きの特性、すなわち、現象の違いを捉えるということに過ぎない。確かに、「どのように異なっているのか」を明らかにすることは非常に重要であるが、同時に、「なぜ (why)、いかに (how) そのような違いが生じるのか」について解明することはより重要であると考えられる。なぜなら、「なぜ (why)、いかに (how) そのような違いが生じるのか」という読み書きの差異が生じるメカニズムを解明できなければ、ディスレクシア児に対する適切な介入や効果的な教育的指導を行うことが困難であるからである。

ディスレクシアの読字・書字のメカニズムを明らかにするための1つの有効な手段は、ディスレクシアの認知モデルを考案し、そのモデルを実証的に検討することである。近年、アルファベット言語に関しては、幾つかの読字過程の認知的情報処理モデルが提唱され (e.g., Coltheart, Rastle, Perry, Langdon & Ziegler, 2001; Harm & Seidenberg, 1999; Seidenberg & McClelland, 1989; Perry, Ziegler, & Zorzi, 2007)、ディスレクシアのサブタイプや認知障害を説明するのに有効なモデルであるかどうかを検討する実証的研究も行われてきた (e. g., Castles & Coltheart, 1993; Génard, Mousty, Content, Alegria, Leybaert, & Morais, 1998; Hulme & Snowling, 1992; Jiménez et al., 2009; Manis et al., 1996; Snowling & Hulme, 1989; Sprenger-Charolles et al., 2000; Stanovich, Siegel, & Gottardo, 1997; Temple, 1988; Ziegler, Castel, Pech-Georgel, George, Alario, & Perry, 2008)。日本語のディスレクシアのメカニズムの解明ためには同様の研究が必要だと考えられるが、残念ながら、これまで実証的研究に基づいた日本語のディスレクシアの認知モデルの構築と検証はほとんど行われてこなかったのが現状である。

本稿では、ディスレクシアの読み過程に焦点を絞り、(1) アルファベット言語の読字の

情報処理モデルとして提唱されてきたモデルのうち、特に注目されてきた認知モデルであるDRCモデル (Coltheart et al., 2001) とトライアングルモデル (Seidenberg & McClelland, 1989) を取り上げ、各々の認知モデルはディスレクシアのサブタイプや認知障害をどのように説明してきたのか、(2) これまで、日本語のディスレクシアの読み障害を説明するためのモデルとしてどのような認知モデルが考案され、そのモデル及び根拠となる研究にはどのような問題点があるのか、(3) 今後、日本語のディスレクシアのメカニズムを説明するための妥当で精緻な認知モデルを構築していくには、どのような研究課題に取り組んでいくことが重要なのか、について考察することを目的とする。

2. アルファベット言語のディスレクシアの認知モデル

2. 1. DRC モデル

近年、様々な読字の情報処理モデルが提起され (e.g., Coltheart et al., 2001; Harm & Seidenberg, 1999; Perry, Ziegler, & Zorzi, 2007)、ディスレクシアの研究にも重要な影響を与えるようになってきた (Sprenger-Charolles et al., 2011; Ziegler et al., 2008)。その中でも最も影響力のある読み過程のモデルは、DRCモデル (the dual-route cascaded model) (Coltheart et al., 2001) である (cf. 図1)。DRCモデルは、「視覚特徴検出」(Visual Feature Units)、「文字検出」(Letter Units)、「綴り字辞書」(Orthographic Lexicon)、「意味システム」(Semantic System)、「音韻辞書」(Phonological Lexicon)、「GPC規則」(Grapheme-Phoneme Correspondence Rules: 文字素—音素対応規則)、及び、「音韻システム」(Phoneme System) から構成され、これらの構成要素は2つの主要なルート、すなわち、「語彙ルート」(Lexical Route) と「非語彙ルート」(Nonlexical Route) で連結され、相互に情報が行き来する過程が想定されている。

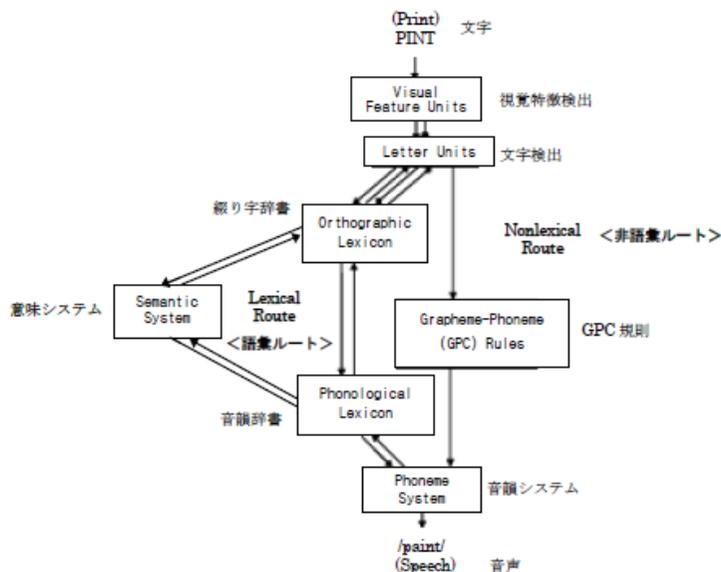


図1 DRCモデル (Coltheart et al., 2001)

文字が提示されると、その視覚的情報は、まず「視覚特徴検出」を経て「文字検出」に送られ、文字情報として認識されると、続いて「語彙ルート」と「非語彙ルート」に送られる。「語彙ルート」は、「綴り字辞書」「意味システム」「音韻辞書」にアクセスするルートであり、これらの心的辞書を引いて文字を読む過程を表している。このルートは、過去の経験から獲得した綴り・意味・音韻に関する知識が蓄積された心的辞書から、実在する単語の綴り・意味・文字の発音の仕方を検索することによって文字を読む経路なので、たとえ読み方が不規則（例外的）な単語であっても辞書に登録されている実在語であれば正確に読むことが可能になる。例えば、英語の場合、規則語「print」「hint」「mint」の下線を引いた綴りは [int]、不規則語「print」は [aint] と発音されるというように、様々な規則語と不規則語が混在する表記法が使用されているが、これらの規則語・不規則語いずれの場合でも、心的辞書に登録されていれば、それを参照して正確に読むことができるのである。これに対して、「非語彙ルート」は、「GPC規則」にアクセスするルートであり、文字符号を規則に基づいて音韻に変換することによって読む過程を表している。このルートでは、文字と音韻の対応関係が規則的な単語の場合は、たとえ心的辞書にない新出語や非実在語でも読むことが可能になる。例えば、既に知っている規則語「print」「hint」が正確に読めるだけでなく、初めて見る「mint」という新出語や「gint」という非実在語でも、規則的なルールに従って [mint][gint] という読み方を類推して発音することが可能になる。

このDRCモデルでは、健常者とディスレクシアの読み過程は次のように説明される (Ziegler et al., 2008)。健常者は、「語彙ルート」と「非語彙ルート」の両方のルートにより、実在する規則語・不規則語いずれでも心的辞書を活用して正確に読むことができるだけでなく、今まで一度も見たことがない新出語、使用頻度が低い単語、非実在語でも「GPC規則」に従って類推して読むことが可能である。これに対して、ディスレクシアの場合、「語彙ルート」か「非語彙ルート」の一方、あるいは、両方に障害があり、健常者のように様々な文字を正確かつスムーズに読むことが困難である。「語彙ルート」に障害がある場合は「表層失読」、「非語彙ルート」に障害がある場合は「音韻失読」、両ルートに障害がある場合は「深層（混合型）失読」と呼ばれている。「表層失読」は、「非語彙ルート」が正常に保たれており、「GPC規則」に従って文字を読むことが可能であるため、文字-音韻の対応関係が規則的な単語であれば実在語だけでなく非実在語でも読むことができるが、「語彙ルート」に障害があり、心的辞書を参照することができないので、不規則語（例外語）を読むことが困難である。「音韻失読」は、「語彙ルート」の心的辞書を参照して読むことが可能なので、辞書に登録されている不規則語（例外語）を読むことは可能であるが、「非語彙ルート」に障害があるので、今までに見たことがない単語や非実在語を「GPC規則」に基づいて読むことができない。「深層（混合型）失読」は、「語彙ルート」「非語彙ルート」ともに障害があるので、不規則語や非実在語が読めないだけでなく、意味性錯誤 (gate→entrance / symphony→orchestra) や、視覚性錯誤と意味性錯誤が合併した錯誤 (sympathy→symphony→orchestra / steak→skate→ice) など複雑かつ深刻な間違いを生じる。

このモデルで想定されているように、ディスレクシアには「音韻失読」「表層失読」「深層（混合型）失読」のサブタイプが存在することが、様々なアルファベット言語のディスレクシアの症例研究や群研究によって報告されており (e. g., Castles & Coltheart, 1993; Génard

et al., 1998; Hulme & Snowling, 1992; Jiménez et al., 2009; Manis et al., 1996; Snowling & Hulme, 1989; Sprenger-Charolles et al., 2000; Stanovich et al., 1997; Temple, 1988; Ziegler et al., 2008)、DRCモデルの認知神経学的ルートは、少なくともアルファベット書記体系の言語に関してはある程度の妥当性と信頼性があると考えられる。しかしながら、ディスレクシア児の読み過程において、DRCモデルのどの構成要素に障害があるのかに関して包括的に検討した研究において、「表層失読」「音韻失読」の各サブタイプは「語彙ルート」「非語彙ルート」のいずれかに単独の障害があるのではなく、多くの場合において両方のルートの複数の構成要素に障害があることも指摘されている (Ziegler et al., 2008)。今後、ディスレクシアのサブタイプの背後にある様々な認知的障害部位を詳細に特定し、より精密な認知神経学的モデルを構築していくことが重要な課題であろう。

2. 2. トライアングル・モデル

DRCモデル以外に、ディスレクシアの読字過程を説明する認知モデルとして注目されてきた情報処理モデルに、トライアングル・モデルがある。最も影響力があるトライアングル・モデルは、Seidenberg & McClelland (1989) の読みの発達のコネクショニスト・モデルである。コネクショニスト・モデルは、人間の脳の神経細胞を模したユニットを多数組み合わせで作られたニューラル・ネットワークを用いて、人間の認知や行動をシミュレーションすることにより、認知・学習のメカニズムを理解しようとする人工知能の機械的なモデルである (Wilson & Keil, 1999)。多数のユニットを層状に集めることで知能体を構築し、その知能体に‘経験’を繰り返し与えることでユニットが相互に結合したり、結合の強度を変化させていくことによって、人間の学習過程をモデル化するのが特徴である。

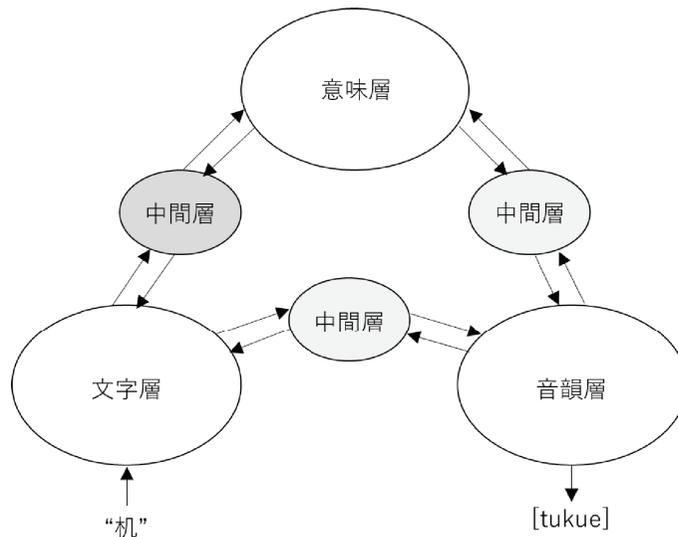


図2 読みのコネクショニスト・モデル (Seidenberg & McClelland, 1989)

Seidenberg & McClelland (1989) の読みの学習過程のコネクショニスト・モデル (cf. 図2) は、文字層、意味層、音韻層という3つのユニット群から構成され、各層が中間層 (隠れ層) を介して相互に三角形に連結し、双方向に情報をやり取りする過程を表している。このモデルでは、'文字形態' の情報が入力されると、まず文字層の各ユニットが活性化し、各々のユニット間の重み付けの結線から生じる活性状態が中間層を介して音韻層と意味層に並列分散的に伝わって各々の層のユニットを活性化させ、最終的に音韻層を通して当該文字形態の '読みの音声' の出力に至るという過程が想定されている。'文字形態' の入力から '読みの音声' の出力に至るルートには、(1) 文字→文字層⇔音韻層→音声というルート<音韻ルート>、(2) 文字→文字層⇔音韻層⇔意味層⇔音韻層→音声というルート<意味経由ルート1>、(3) 文字→文字層⇔意味層⇔音韻層→音声というルート<意味経由ルート2>があり、これらのルートで並列して情報処理が行われる。コンピュータ上のこのニューラル・ネットワークで読みの学習を行う場合、トレーニング前や初期は、'文字形態' と文字層・意味層・音韻層のユニット間の結合は希薄でランダムであるが、トレーニングを行う度に、入力情報である '文字形態' に対応する正しい '読みの音声' を参照し、出力が期待されるパターンに近づくようにユニット間の結合の強度が調整される。トレーニングを繰り返していくと、最終的に入力情報と出力情報の間の適切な関係性を生み出すユニット間の結合が抽出でき、入力 (文字形態) に対応する正しい出力 (読みの音声) の学習が行われることになる。このモデルは、学習した文字形態だけでなく、入力と出力の間の結合の関係性 (知識) を用いて、未学習の文字に対応する妥当な読みの音声を般化して産出することができることも示されており、この点において、このモデルの読みの学習は人間の子どもの読みの発達に類似していると言える。

このトライアングル・モデルは、DRCモデルと同様に、ディスレクシアのサブタイプを説明するモデルとして有用であることが先行研究によって示されてきた。例えば、Harm & Seidenberg (1999) は、トライアングル・モデルの一部である文字層→中間層 (隠れ層) →音韻層の部分から構成されたネットワークを作り、音韻層のユニット数を減らしたり、ガウス雑音を加えて活動を低下させることによって、例外語の読みには問題がないが非語の読みが困難になる状態、すなわち、ディスレクシアの「音韻失読」の症状をシミュレーションした。また、文字層と音韻層の間の中間層 (隠れ層) のユニット数を減らしたり、トレーニング回数を減らすことにより、非語の読みには問題がないが例外語の読みが困難になる状態、すなわち、「表層失読」の症状が出現することも明らかになった。これらのシミュレーション実験結果は、「音韻失読」は音韻障害によって生じ、「表層失読」は学習効率の低下や学習経験の少なさにより生じるということを示唆するものである。

さらに、Plaut, McClelland, Seidenberg & Patterson (1996) は、Seidenberg & McClelland (1989) のモデルを改良したトライアングル・モデルを作成し、(1)「音韻ルート」と併せて「意味経由ルート」も活用することが例外語の学習に効果的であること、(2) トレーニングを重ねていくと、「音韻ルート」と「意味経由ルート」は専門分化されていき、「音韻ルート」は文字と音の対応関係が一貫している規則語や非語の読みに、「意味経由ルート」は主に例外語の読みに特化して関与するようになることを示した。このように専門的に分化された「音韻ルート」と「意味経由ルート」は各々、DRCの「非語彙ルート」と「語彙ルー

ト」に相当する役割を果たしており、結局は、DRCモデルとトライアングル・モデルは類似したモデルであるという解釈も可能であるかもしれない。さらに言えば、異なる認知モデルに基づいて行われてきた膨大な研究結果が同様の読みのプロセスを呈示するに至ったという事は、人間の読字過程には「非語彙」・「音韻」ルートと「語彙」・「意味経由」ルートの2つの基本的なルートが存在するという仮説がかなり普遍的に支持できるということを示しているのではないだろうか。今後、これらのモデルの認知神経学的ルートをさらに精緻化し、人間の読字の認知過程と読み能力の発達に関するより詳細な理論を構築していくことが重要だろう。

3. 日本語のディスレクシアと後天性失読の認知モデル

3. 1. 日本語のディスレクシアのトライアングル・モデル

日本語のディスレクシアの読字過程を説明する認知モデルとして、どのようなモデルが提唱されてきたのだろうか。残念ながら、日本語のディスレクシアの研究においては、アルファベット言語のディスレクシア研究に見られるような実証的研究結果に基づいた読字過程の情報処理モデルの考案・検討がほとんど行われてきておらず、また、認知モデルに基づいたディスレクシアの認知障害やサブタイプに関する群研究や大規模な組織的研究も未だ行われていないのが現状である。しかしながら、近年、日本語のディスレクシアの認知モデルの構築にも次第に関心が向けられるようになってきた (e.g., 安藤, 2014; 杉本, 2016)。

これまで明示的に日本語のディスレクシア児の読字過程を説明する認知モデルとして提唱されたものに、安藤 (2014) の“子ども版トライアングル・モデル” (cf. 図3) がある。このモデルは、“コネクショニスト・モデル”のようなニューラル・ネットワークを用いて人間の読字過程を説明する人工知能のモデルではないが、“コネクショニスト・モデル”とほぼ同じ要素・構造・処理過程で構成されている。すなわち、“子ども版トライアングル・モデル”では、(1) “コネクショニスト・モデル”の「文字層」「意味層」「音韻層」に各々相当する「形態表象」「意味表象」「音韻表象」が中心となる構成要素となっている点、(2) これらの要素が三角形に連結して相互に情報をやり取りすると想定されている点、(3) 読みのルートに、「形態→音韻」という音韻ルートと「形態→音韻→意味→音韻」「形態→意味→音韻」という意味経由ルートが想定されている点は、“コネクショニスト・モデル”と全く同じである。しかしながら、“コネクショニスト・モデル”のような中間層は想定されておらず、また、「文字表示」の入力が「形態表象」から、「音声表出」の出力が「音韻表象」から行われるのではなく、入力・出力ともに「形態表象」「意味表象」「音韻表象」の三角形の全体を囲んだ線に対して行われると想定されている点で異なっている (この「形態表象」「意味表象」「音韻表象」の三角形の全体を囲んだ線が何を意味するのかは、論文中で説明されていない為に不明である)。以上の点から総合的に判断すると、細部に違いはあるものの、“子ども版トライアングル・モデル”は“コネクショニスト・モデル”と基本的にほぼ同じ情報処理過程を想定したモデルであると言える。

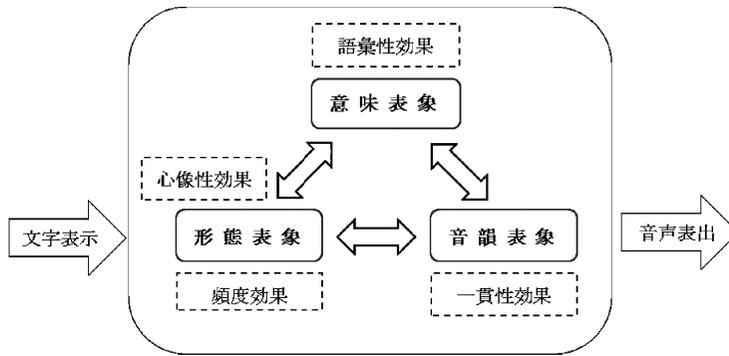


図3 子ども版トライアングル・モデル (安藤, 2014)

安藤 (2014) は、このモデルに基づいて、日本語のディスレクシア児5名を対象として、漢字語の一貫性効果、頻度効果、語彙性効果と漢字語・仮名語の心像性効果と語彙性効果に関する実験を行い、音読処理の3つのルートが機能しているかどうか検討することにより、ディスレクシアの読字特性を検討した。その結果、ディスレクシア児の漢字二字音読は「形態→音韻」処理過程に依存し、「形態→音韻→意味→音韻」「形態→意味→音韻」の処理過程が機能していないこと、漢字語および仮名語の音読では「形態→音韻→意味→音韻」の処理過程は機能しているが「形態→意味→音韻」の処理過程は効率よく機能していないことが示唆されたと主張している。

この研究には次のような問題点がある。(1) ディスレクシアの被験児は5名という少数であるため、課題の平均音読反応時間と平均正答率の結果から解釈された被験児の読字過程の特徴が、どの程度ディスレクシア児の読みの特徴として一般化できるのかは明らかではない。(2) 研究Iで取り扱われた刺激語は各カテゴリー (「一貫語」「典型語」「非典型語」「漢字非語」×「高頻度語」「低頻度語」) で1単語ずつしかない為 (研究IIでは各カテゴリー3単語ずつあるが十分であるとは言えない)、被験者の正答・不正答が偶々提示された刺激語の特性によるものである可能性があり、本当に単語のカテゴリー特性による結果であるかどうか確かではない。例えば、「高頻度典型語」として「歌声」が、「高頻度非典型語」として「中心」が刺激語として提示されており、被験児の正答率は前者が24%で後者が40%であることから逆転現象がみられたという結論を導いているが、子どもにとっては「歌声」(うたごえ) よりも算数等の教科でしばしば使用される「中心」(ちゅうしん) という単語の読みの方が典型的であると感じられるかもしれないし、「歌」「声」はそれぞれ「か」「せい」という音読みをすることが多い (e.g., 「校歌」(こうか), 「歌手」(かしゅ), 「音声」(おんせい)) ので「歌声」(うたごえ) が典型語であると言えるかどうか疑わしい。(3) 課題別に、被験児と健常児のパフォーマンスの間に有意な差異があるかどうかを検定する統計解析を行っていない為、「健常児と比較して、ディスレクシア児の読字過程の3つのルートがうまく機能しているかどうか」というリサーチ・クエスションについては実証的に明らかにできていない。(4) 「心像性効果」の有無は「形態→意味→音韻」ルートが機能しているかどうかの指標、「語彙性効果」の有無は「形態→音韻→意味→音韻」ルートが機能してい

るかどうかの指標となっているが、その根拠がわからない。論文中で「心像性とは、心的イメージを想起する際の容易度の評定値を示し、文字や単語の心像性は意味表象の関与を促進する（心像性効果）」と定義されているが、心像性効果が意味表象の関与の程度を表しているのであれば、「形態→意味→音韻」ルートだけでなく、「形態→音韻→意味→音韻」ルートにも関与していると考えられるのではないだろうか。「語彙性効果」（「既知の単語であれば意味表象が関与するが未知の単語や非語の場合、意味の関与を得られない」という定義）に関しても同様のことが言える。(5) 各ディスレクシア児に対して、「形態処理障害」「音韻処理障害」のいずれか、或いは、両方であるというサブタイプの判定を行っているが、本研究結果において、これらのサブタイプを判定するのに十分な根拠となるデータが示されていない。

以上から、安藤（2014）の“子ども版トライアングル・モデル”に基づいた実験結果により示唆された日本語のディスレクシア児の読み特性がどの程度妥当であるか、また、このモデルが日本語ディスレクシア児の読み過程を適切に説明できるものであるかどうかは、今後さらに検討していく必要があると考えられる。しかしながら、この研究により、5名のディスレクシア児の間に漢字・仮名音読に異なる特徴があることが見出されたことから、アルファベット言語のディスレクシアと同様、日本語のディスレクシアにも幾つかのサブタイプが存在する可能性あると考えられ、音韻認識に障害がある「音韻性読み書き障害」と視覚認知に障害がある「視覚性読み書き障害」の症例（大石, 2008）や、仮名文字よりも漢字に重度の障害が見られる症例（宇野, 加我, 稲垣, 1996; 水野, 1998; 井潤, 宇野, 2001）等のサブタイプを指摘する先行研究の知見を支持するものであると言える。

3. 2. 日本語の後天性失読のトライアングル・モデル

笹沼（1995）は、ディスレクシアではなく後天性失読の読字過程を説明するモデルとして、トライアングル・モデルを取り上げている。笹沼（1995）が提示しているトライアングル・モデル（cf. 図4）は、読みに関して「広く受け入れられている標準的なモデルの1つをもっとも単純化したもの」であり、「健常者ならびに脳損傷者を対象とした多くの研究結果」に基づいて考案されたものである（笹沼, 1995, p. 195-196）。このモデルは、“コネクショニスト・モデル”や“子ども版トライアングル・モデル”と同様の要素・構造・処理過程で構成されているが、後者2つのモデルにはない「T」のルートが存在する点が興味深い。このモデルでは、文字（e.g., 机）が提示されると、まず視覚的分析を経て正しく識別され、次に脳内辞書に登録されている多くの単語の文字コードの中から「机」に対応する文字コードが活性化され、さらに、この文字コードに対応する音韻コードや意味コードが活性化されると想定されている。このモデルにおいても、文字コードから音韻コードへの変換処理が行われる過程「音韻回路」(O→P)、文字コードから意味コードへの変換処理過程「意味回路」(O→M)、文字コードから意味コードを介して音韻コードを活性化させる回路 (O→M→P)、文字コードから音韻コードを介して意味コードを活性化させる回路 (O→P→M) の存在が想定されているが、さらに、脳内辞書を参照せずに、文字を変換する回路 (T) が想定されており、このT回路は仮名文字のように文字と音との関係が高度に規則的な場合や熟知度の高い仮名单語を読む場合に用いられるとしている。また、脳内辞書に登録されていない新しい文字（や非語）の読みにはT回路が、文字と音との対応関

係が規則的でない例外語の読みには語彙情報を用いるO→P回路が不可欠であるということも指摘されている。

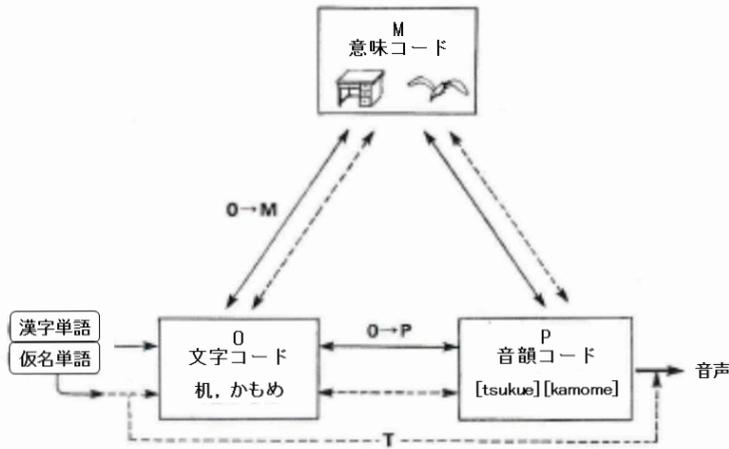


図4 単語の読みの情報処理モデル (笹沼, 1995)

このモデルでは、健常者は、文字単語を見るとこれら複数の読み回路が自動的かつ同時並行的に活性化して適切に読解や音読を行うことができるのに対して、脳卒中やアルツハイマー病等による脳損傷者では、これらのいずれかの回路に選択的な障害があるため、様々なパターンの読み障害が生じると説明される。すなわち、後天性失読症者において、読解よりも音読が苦手である場合（O→P回路とT回路の障害）(Sasanuma, 1986)、漢字単語よりも仮名单語の読解・音読が苦手である場合（O→PとT回路の回路の障害）(Sasanuma, 1980, 1986)、規則化の誤りが多発する場合（O→M回路の障害）(Patterson, Marshall, & Coltheart, 1985) 等、異なる失読パターンが報告されているが、このような異なる失読パターンは、このモデルの特定の回路の障害が原因で出現すると説明することができるのである（笹沼, 1995）。このように、日本語の後天的失読症に関する研究においても、トライアングル・モデルによる読字過程の説明の妥当性が示唆されてきたことから、日本語の読みの情報処理過程もトライアングル・モデルで表されるような特徴的なルートを経て行われるという仮説はかなり有望であると言えるかもしれない。ところで、このモデルを90度右に回転させ、さらに左右反転させれば、DRCモデルと類似したモデルになるのではないだろうか。すなわち、トライアングル・モデルの「文字コード (O)」「音韻コード (P)」「意味コード (M)」「T回路」は各々、DRCモデルの「綴り辞書」「音韻辞書」「意味システム」「GPC規則」に対応し、両方のモデルにおいて、文字入力から同様の並列分散的ルートを通して音声出力に至るといふ、ほぼ同じ読みの情報処理過程が想定されていると言えるのではないだろうか。そうであるならば、日本語の読み過程をDRCモデルに基づいて説明することも可能であると考えられ、日本語のディスレクシアの認知障害やサブタイプをDRCモデルに基づいて検討してみる価値はあるかもしれない。

4. 日本語版ディスレクシアの認知モデルの構築を目指して—DRC モデルの可能性と今後の課題—

日本語のディスレクシアの読字過程は、DRCモデルによって説明できるのだろうか。杉本（2016）は、日本語のディスレクシアのサブタイプと認知障害を明らかにする第一歩として、小学校教員を対象として、担当しているクラスのディスレクシア児・読み書き困難児の読みに関する調査を行い、日本語ディスレクシア児には読み活動において幾つかな特徴的な認知・行動特性があることを示した。そのうち、読字のみ（読解は含まない）に関わる「認知・行動特性」を抽出し、背後にあると推測できる「認知障害の部位」、及び、該当すると考えられるディスレクシアの「サブタイプ」別にカテゴリー化したものを表1に示す。

表1 日本語ディスレクシア児の認知・行動特性と推測される認知障害及びサブタイプ

認知障害の部位	認知・行動特性	サブタイプ
視覚特徴検出 文字検出	<ul style="list-style-type: none"> ・文字の読み飛ばし・置き換えがある。 ・文章を読んでいる時、どこを読んでいるのかわかなくなったり、行を飛ばしたりする。 ・読みの速度が遅い。読む時、一文字ずつ読む（逐次読み）。 	<ul style="list-style-type: none"> 無視性失読の可能性 注意性失読の可能性 綴り失読の可能性
視覚特徴検出 文字検出 綴り辞書	<ul style="list-style-type: none"> ・漢字、特に複雑な漢字の読みが困難である。 ・漢字の読みにおいて、視覚性錯誤が見られる。（例：「駅」→「駿」／「草」→「早」と読み間違える。） 	<ul style="list-style-type: none"> 視覚性失読の可能性（表層失読の可能性もあり） 視覚性失読の可能性（表層失読の可能性もあり）
GPC 規則 ＜非語彙ルート＞	<ul style="list-style-type: none"> ・全般的なひらがな・カタカナの読みには問題がないが、拗音・促音・撥音・長音・濁音・半濁音・助詞などの特殊音節の読みが困難である。 ・一般的な音と綴りの規則に基づいて、初語を類推して読むのが困難である。 ・高親密語よりも低親密語の読みの方が困難である。 ・漢字の読みにおいて、音韻性錯誤見られる。（例：「弓」（ゆみ）→「海」（うみ）と読み間違える。） 	<ul style="list-style-type: none"> 音韻失読の可能性 音韻失読の可能性 音韻失読の可能性 音韻失読の可能性
綴り辞書 音韻辞書 意味システム ＜語彙ルート＞	<ul style="list-style-type: none"> ・慣用語の習得度が低い。 ・漢字の規則的な（典型的な）読みは読めるが、不規則な（非典型的な）読みが困難である。 ・音を訓で読む（訓読化）・訓を音で読む（音読化）が見られる。（例：「寺院」（じいん）→「てらいん」／「用いる」（もちいる）→「よういる」と読み間違える。） ・熟語の一文字や送り仮名を手がかりにして類推して、漢字を読み間違える。 	<ul style="list-style-type: none"> 表層失読の可能性 表層失読の可能性 表層失読の可能性 表層失読の可能性
GPC 規則 綴り辞書 音韻辞書 意味システム ＜非語彙ルート＞ ＜語彙ルート＞	<ul style="list-style-type: none"> ・漢字の読みにおいて、意味性錯誤が見られる。（例：「野原」（のはら）→「草原」（そうげん）／「門」（もん）→「入口」（いりぐち）と読み間違える。） ・漢字の読みにおいて、a) 音韻性錯誤、b) 視覚性錯誤、c) 意味性錯誤のうち、2つ以上の混合が見られる。 ・具体語よりも抽象語の読みの方が困難である。 	<ul style="list-style-type: none"> 深層（混合型）失読の可能性 深層（混合型）失読の可能性 深層（混合型）失読の可能性

このように、日本語ディスレクシア児には様々な認知・行動特性が認められ、その背後には複数の認知障害が存在し、また、ディスレクシアのサブタイプも多様であると推測できる。興味深いのは、日本語のディスレクシアの認知・行動特性も、アルファベット言語の読字過程を表すDRCモデルで想定されている構成要素の障害やサブタイプと関連づけて分類することが可能であるということである。このことから、日本語の読字過程もDRCモデルの情報処理過程によって説明でき、また、日本語のディスレクシア児の認知障害やサブタイプもDRCモデルに基づいて解明できる可能性があると考えられる。

しかしながら、日本語の書記体系は、アルファベット言語と異なり、著しく性質の異なる2種類の文字表記（表音文字である仮名文字と表意文字である漢字）を組み合わせて使用する点で特異的である。その上、漢字には1つの文字の読み方が複数存在し、他の文字との組み合わせによって読み方が異なる場合が多く（例：歩く、徒歩、歩合）、また、同音異義語が多いため、文脈や意味によって適切な文字を選択しなければならない難しさがある（例：きげん→期限、起源、機嫌、紀元 etc.）。その為、漢字を読む際には、アルファベット言語よりも「意味システム」の果たす役割が大きく、また、「綴り字辞書」「意味システム」「音韻辞書」の間で頻繁に相互作用を行いながら必要な情報を迅速に取り出す必要があると考えられる。ゆえに、仮名と漢字の読みのルートの違い、漢字の読みにおける心的辞書間の相互作用のあり方等、より詳細な情報の流れを明確にしていくことが今後の課題であろう。

さらに、漢字はアルファベットや仮名文字と比較すると画数が多く複雑な形態をしていることが多い為、視覚的情報処理にもより大きな負担がかかると推測できる。先行研究において、日本語のディスレクシアの背景には音韻障害だけでなく視覚処理障害も中心的な問題として存在するということが報告されてきたように（e. g., 宇野, 金子, 春原, 松田, 加藤, & 笠原, 2002; Sugimoto & Enomoto, 2010）、日本語の場合、「視覚特徴検出」や「文字検出」の障害もアルファベット言語以上に読字過程に大きな影響を与えると考えるのが妥当であろう。すなわち、音韻障害が中核的な認知障害であるアルファベット言語とは異なり、中国語のディスレクシアの認知障害（Ho et al., 2002）と同様、日本語のディスレクシアの場合、視覚処理障害や綴り障害も重要な認知障害として存在する可能性があると考えられる。ゆえに、日本語のディスレクシア研究においては、視覚処理障害や綴り障害も中心的な障害として、読字過程に与える影響を明らかにしていく必要があるだろう。

また、日本語のディスレクシアのサブタイプには、アルファベット言語のサブタイプとして焦点を当てられてきた「音韻失読」「表層失読」「深層（混合型）失読」だけでなく、「無視性失読」「注意性失読」「綴り失読」等の視覚性失読も重要なサブタイプとして存在することが示唆されたことから、アルファベット言語よりも多様なサブタイプが存在する可能性があると考えられる。今後、日本語のディスレクシアの読字過程における認知特性を解明する為に、アルファベット言語よりも多様なサブタイプを視野に入れた実証的研究を行い、より精緻化された認知モデルを構築していくことが重要であろう。

5. おわりに

本稿では、ディスレクシアの読み過程を説明する認知モデルとして、DRCモデルとトリアングル・モデルに焦点を当て、各々の認知モデルはアルファベット言語のディスレク

シアのサブタイプや認知障害をどのように説明してきたのか、これらのモデルで日本語のディスレクシアの読み障害を説明することは可能であるのか、日本語のディスレクシアのメカニズムを説明するための認知モデルを構築していくためには今後のどのような課題に取り組んでいくことが重要なのかについて検討した。

様々な先行研究が示唆するように、日本人もアルファベット言語圏の人々も、生得的に同様の言語能力を持ち、同様の認知神経学的ルートを利用して文字を読んでいると推測でき、日本語のディスレクシアの読み障害のメカニズムを説明する認知モデルは、アルファベット言語の認知モデルと基本的にそれ程大きく異なるものではない可能性がある。しかしながら、日本語の書記体系とアルファベット言語の書記体系は大きく異なっており、使用する書記体系が必要とする読みの特異的な処理過程とそれに関連する認知部位の相互作用によって、日本語とアルファベット言語のディスレクシアの間には異なる障害が重要な認知障害として出現する可能性もあると考えられる。特に、日本語の読みでは、漢字と仮名文字という異なる2つの文字表記を同時に処理しなければならない上に、視覚的・意味的・音韻的に複雑な漢字を素早く処理する必要があるため、アルファベット言語の読字の認知神経学的モデル以上に精緻な情報処理モデルが求められる。今後、日本語の書記体系の特異性に密接に関連する情報処理過程に焦点を当てて日本語独自の読みの認知神経学的ルートを実証的に解明し、日本語のディスレクシアの障害特性とサブタイプを包括的に捉える枠組を構築していくことが重要だろう。

文 献

- 安藤壽子 (2014). トライアングル・モデルのディスレクシアへの適用—単語音読の特徴によるサブタイプの検討—。お茶の水女子大学人文科学研究, 10, 167-180.
- Castles, A., & Coltheart, M. (1993). Varieties of developmental dyslexia. *Cognition*, 47, 149-180.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108, 204-256.
- Génard, N., Mousty, P., Content, A., Alegria, J., Leybaert, J., & Morais, J. (1998). Methods to establish subtypes of developmental dyslexia. In P. Reitsma & L. Verhoeven (Eds.), *Problems and interventions in literacy development* (pp. 163-176). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer.
- Harm, M. W., & Seidenberg, M. S. (1999). Phonology, reading acquisition, and dyslexia: Insights from connectionist models. *Psychological Review*, 106, 491-528.
- Ho, C.-H., Chan, D.W.-O., Tsang, S.-M., & Lee, S.-H. (2002). The cognitive profile and multiple-deficit hypothesis in Chinese developmental dyslexia. *Developmental Psychology*, 38(4), 543-553.
- Hulme, C., & Snowling, M. (1992). Phonological deficits in dyslexia: A "sound" reappraisal of the verbal deficit hypothesis? In N. N. Singh & I. L. Beale (Eds.), *Progress in learning disabilities* (pp. 270-301). New York: Springer-Verlag.
- 井潤知美, 宇野彰 (2001). かなに比べて漢字に強い読み書き障害を示した1例。小児の精神と神経, 41, 169-173.
- Jiménez, J. E., Rodríguez, C., & Ramirez, G. (2009). Spanish developmental dyslexia: Prevalence, cognitive profile and home literacy experiences. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 167-185.
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 53, 1-14.
- Manis, F. R., Seidenberg, M. S., Doi, L. M., McBride-Chang, C., & Peterson, A. (1996). On the basis of two subtypes of developmental dyslexia. *Cognition*, 58, 157-195.
- 水野薫 (1998). 形の記憶に特異な困難を示した書字障害児の指導。LD研究, 6, 67-75.

- 大石敬子 (2008). 学習障害. 石田宏代・大石敬子編「言語聴覚士のための言語発達障害学」(pp. 210-230). 医歯薬出版株式会社.
- Patterson, K. E., Marshall, J. C., & Coltheart, M. (Eds.) (1985). *Surface dyslexia: Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. (1996). Understanding normal and impaired word reading: Computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, *103*, 56-115.
- Perry, C., Ziegler, J. C., & Zorzi, M. (2007). Nested incremental modeling in the development of computational theories: The CDP+ model of reading aloud. *Psychological Review*, *114*, 273-315.
- Sasanuma, S. (1980). Acquired dyslexia in Japanese. In M. Coltheart, K. Patterson & J. C. Marshall (Eds.), *Deep dyslexia*. Routledge & Kegan Paul. Chap. 3. pp. 48-90.
- Sasanuma, S. (1986). Universal and language-specific symptomatology and treatment of aphasia. *Folia Phoniatrica*, *38*, 121-175.
- 笹沼澄子 (1995). 読みの過程の普遍性と言語特異性—失語症者の障害パターンから—. 大津由紀雄編「認知心理学3 言語」(pp. 193-208). 東京大学出版会.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. (1989). A distributed, developmental model of word recognition. *Psychological Review*, *96*, 523-568.
- Snowling, M., & Hulme, C. (1989). A longitudinal case study of developmental phonological dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, *6*, 379-401.
- Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Lacert, P., & Serniclaes, W. (2000). On subtypes of developmental dyslexia: Evidence from processing time and accuracy scores. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *54*, 88-104.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. S., Jiménez, J. E., & Ziegler, J. C. (2011). Prevalence and reliability of phonological surface, and mixed profiles in dyslexia: A review of studies conducted in languages varying in orthographic depth. *Scientific studies of reading*, *15*, 498-521.
- Stanovich, K. E., Siegel, L. S., & Gottardo, A. (1997). Converging evidence for phonological and surface subtypes of reading disability. *Journal of Educational Psychology*, *89*, 114-127.
- 杉本明子 (2016). ディスレクシアのサブタイプと認知障害に関する考察—DRCモデルに基づいた読字過程の検討—. 電子情報通信学会技術研究報告, TL2016-32, 35-40.
- Sugimoto, A., & Enomoto, T. (2010). "Training in visual skills improves a dyslexic Phillipine child's ability in reading and writing Japanese Kanji-characters." 「明星大学教育学部研究紀要」, Vol.1, 47-61.
- Temple, C. M. (1988). Red is read but eye is blue: A case study of developmental dyslexia and follow-up report. *Brain Language*, *34*, 13-37.
- 宇野彰, 加我牧子, 稲垣真澄 他 (1996). 視覚的認知障害を伴い特異的な漢字書字を呈した学習障害児の1例. 脳と発達, *28*, 418-423.
- 宇野彰, 金子真人, 春原則子, 松田博史, 加藤元一郎, 笠原麻里 (2002). 発達性読み書き障害—神経心理学的および認知神経心理学的分析—. 失語症研究, *22*(2), 44-50.
- Wilson, R. A., & Keil, F. C. (Eds.) (1999). *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*. The MIT Press: Cambridge MA.
- Wydell, T. N., & Butterworth, B. (1999). A case study of an English-Japanese bilingual with monolingual dyslexia. *Cognition*, *70*, 273-305.
- Ziegler, J. C., Castel, C., Pech-Georgel, C., George, F., Alario, F. X., & Perry, C. (2008). Developmental dyslexia and the Dual Route Model of reading: Simulating individual differences and subtypes. *Cognition*, *107*, 151-178.

*本研究は、科学研究費補助金挑戦的萌芽研究（平成25～28年度）「日本語の発達性ディスレクシアの類型化と認知機能障害の解明」（研究代表者：杉本明子／科研費課題番号：25590288）の援助を受けた。本稿は、「電子情報通信学会・思考と言語研究会」（2016年10月開催）における研究発表（杉本明子（2016）「ディスレクシアのサブタイプと認知障害に関する考察—DRCモデルに基づいた読字過程の検討—」）の一部に加筆及び修正を加えたものである。