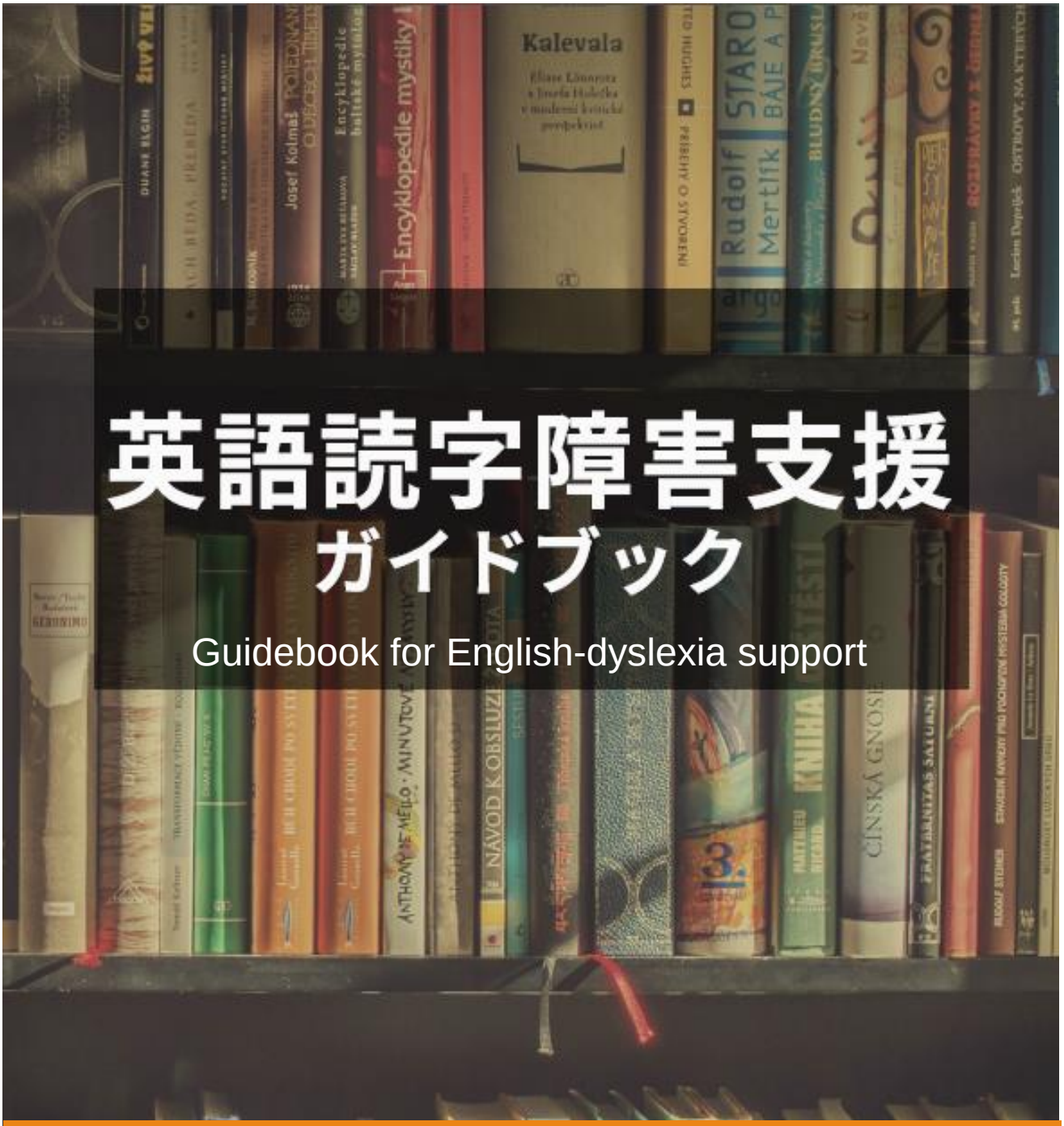


英語読字障害支援
ガイドブック

Guidebook for English-dyslexia support

編集

千葉大学教育学部基礎医科学

杉田克生

はじめに

千葉大学教育学部基礎医科学　杉田克生

学習障害とは教育面から登場した概念であり1963年Samuel Kirkが提唱した。特殊教育から特別支援教育に移行し、individual educational programのもと個別に合った教育支援の必要性が唱導されている。一方、医療面での学習障害は、脳損傷児の臨床症状の研究を契機として始まり、その後でdevelopmental dyslexia（発達性読字障害）という概念が生まれ、1884年にBerlinによってdyslexiaが命名された。

日本では2007年の特殊教育から特別支援教育への転換により、読み書きが苦手な発達性読字障害（以下読字障害）の存在が認識されてきた。ただし、具体的な症状に対する教員の認識度は49%にとどまると報告され、症状の認識度と診断名の認知度に大きな乖離がある。一方英語読字障害に関しては一層認識度が低く、日本語読字障害と合併する場合や単独で困難を示すことがある。英語読字障害は日本での日常生活で直接困ることはないが、学習成績不良のため中学生の落ちこぼれの一要因にもなっている。

最近、認知神経科学、疫学、神経生理学、遺伝学など科学的方法論から、学習障害特に読字障害の原因究明がされてきたが、十分な治療教育は実現できていない。従来治療教育とは、「教育的な手段を使って、精神機能の障害や行動の異常を改善するように働きかけたり、精神発達や適応行動を促進したりする方法であり、教育学、心理学などの分野とは重なりあいを持ちつつも、精神医学の分野に位置づけられる治療法」と考えられてきた。

一方、認知神経科学の発展にともない精神・神経疾患への新たな治療法が開発されている。アメリカ精神医学会から2013年DSM-5(Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th edition)が刊行され、日本語訳で限局性学習障害(specific learning disorder)という診断名が登場した。“ディスレクシア”が代替語であることが明記され、１疾患単位として考えられることになった。読字障害も限局した脳内認知機能障害であり、この観点からの治療教育が望まれる。最近局在性の高次脳機能を改善させるためには、認知リハビリテーションが有用とされ、医療では広く実践されている。

本ガイドブックは、小児神経学、特別支援教育、英語教育、認知神経科学、神経生理学、リハビリテーション学の専門家を糾合し、従来実施できなかった英語読字障害の根本的学習能力向上につなげることを目的として作成された。医療と教育を融合させ学習能力を向上させる“学習リハビリテーション”を推進するため、効果的な英語読字障害指導に合わせて、英語学習の読字機能改善のための脳内電気刺激療法なども紹介した。

本ガイドブックが多数の教員に活用され、日本国内の学校での英語読字障害教育の充実につながることを期待したい。なお本研究には、挑戦的萌芽研究　平成25年 - 平成28年　「認知神経学的評価に基づく英単語dyslexia児童のための個別教育支援開発」（課題番号25580123）ならびに挑戦的萌芽研究　平成29年 - 平成30年　「認知神経学に基づく英語読字障害学習リハビリテーション」(課題番号17K18611)の助成を得た。

目次

はじめに

海外におけるdyslexia検査

千葉大学教育学部養護教諭養成課程　　金育美・・・・・・・・・・・・・・・3

日本の英語教育における読字障害(dyslexia)の現状

清泉女子大学文学部 英語英文学科　　大井恭子・・・・・・・・・・・・・7

日本での英語読字障害スクリーニング検査開発

国立精神・神経医療研究センター　　北洋輔・奥村安寿子・・・・・・・・・15

英語読字障害児への支援教育開発

千葉大学教育学部特別支援教育　　宮寺千恵・・・・・・・・・・・・・・・・20

経頭蓋直流電気刺激(tDCS)のワーキングメモリ改善を目指した応用

千葉大学子どものこころの発達教育研究センター　　松澤大輔・・・・・・23

海外における dyslexia 検査

千葉大学教育学部養護教諭養成課程　金育美

1.　はじめに

今回，発達性読字障害の多い英語圏ではどのようなスクリーニング法が用いられているのかを調査した。海外で用いられているディスレクシアのスクリーニングを調査した。 SpLD Assessment Standards Committee がアセスメントツールとして用いているテストをまとめていた[1] ため，そちらを参考にして各テストの内容を比較検討した。テストの内容については，テストの出版元がホームページに掲載している概要や論文等を翻訳しまとめた。

2.　結果

1) Wide Range Achievement Test 5 (WRAT5)[2]

5 歳から 85 歳程度が対象で，学習障害のリスクがある人に対するスクリーニングであった。課題は，受験者が文字や単語のリストを朗読し，文字認識と単語認識を測定する単語の読み(word reading)，1 つまたは 2 つの単語が抜け落ちている文を読み上げ，抜け落ちた部分に適切な単語を当てはめ意味の通る文にできるかをみる文章理解(sentence comprehension)，時間制限なしで書き取りから単語や文字を書く能力を測定するスペル(spelling)，数の数え方，個数の確認，口頭での簡単な数学問題，時間制限有りの計算問題が出題される数学計算(math computation)と分かれていた。所要時間は，5-7 歳で 15-25 分程度，　8 歳以上で 35-45 分程度であった。

2) Wechsler Individual Achievement Test® - Third UK Edition　(WIAT®-Ⅲ)[3]

4 歳 0 ヶ月から 25 歳 11 ヶ月が対象であった。課題は，リスニング(listening)，スピーキング(speaking)，リーディング(reading)，ライティング(writing)，計算能力(mathematics skills)を評価する 16 のサブテストからなり，3 つの新しいサブテストとして，音読の流暢さ(oral reading fluency)，数学の流暢さ(math fluency)，早期読解力(early reading skills)を評価するものが加わった。所要時間は，受験者の年齢により 45-90 分程度であった。

3) Feifer Assessment of Reading™ (FAR)[4]

対象は 4 歳から 21 歳であった。課題は，音素認識(phonemic awareness)や視覚認知(visual perception)，単語記憶(word recall)等 15 のサブテストからなっていた。これらのサブテストは全て受けるのではなく，幼稚園児以前は 8 つのサブテスト，幼稚園児から小学 1 年生は 11 のサブテスト，小学 2 年生以降は 14 のサブテストというように対象者の年齢によって選ぶサブテストが異なっていた。所要時間は，幼稚園児以下は 35 分，幼稚園児から小学 1 年生は 60 分，小学 2 年生以上は 75 分であった。

4) Kaufman Test of Educational Achievement 3rd Edition (KTEA-3)[5]

対象は 4 歳から 25 歳 11 ヶ月までであった。課題は，音韻処理(phonological processing)，数学の概念と応用(math concepts & applications)，文字・単語認

識(letter & word recognition)，数学計算(math computation)，無意味語のデコーディング(nonsense word decoding)，ライティングの流暢性(writing fluency)，計算の流暢性(math fluency)，読解力(reading comprehension)，書式(written expression)等19のサブテストからなっていた。

また，英語書字評価テストについても海外で使用頻度の高いものを2つ紹介する。

5) Minnesota Handwriting Assessment (MHA) [6)-9)]

対象は6から7歳。課題は，“the quick brown fox jumped over lazy dogs”を2.5分間で書き写すことであった。時間内で正確に書字出来た文字数で書字速度を評価し，1文字1ポイントとして34文字すべてを対象に判読性，文字の形，配置，大きさ，間隔の５項目のスコアを標準化されたデータと比較し，「同学年と同じ」「同学年よりやや下」「同学年よりもかなり下」と判定していた。

6) Detailed Assessment of Speed of Handwriting (DASH) [7)10)]

対象は9から16歳11ヶ月までの書字速度に困難のある児童生徒。試験時間は最大30分。課題は視写課題(2分)，出来るだけ速く視写する課題(2分)，アルファベット書字課題(1分)，図形を出来るだけ速く書き写す課題，自由作文課題(10分)であった。評価方法は，パーセンタイル値を用いて書字速度を評価するもので，5パーセンタイル値以下は「遅い」，6～15パーセンタイル値は「やや遅い」，16パーセンタイル値以上は「問題なし」と分けられ，「遅い」被験者は支援が必要，「やや遅い」被験者は要観察または少し支援が必要というような目安になっていた。

文献

1) SpLD Assessment Standards Committee http://www.sasc.org.uk/SASC_Default.aspx?id=2
2) Pearson WRAT5-webinar-Handout http://downloads.pearsonclinical.com/videos/082917-WRAT5/WRAT5-Webinar-Handout-082917.pdf
3) Pearson Clinical HP:「Wechsler Individual Achievement Test - Third UK Edition (WIAT-Ⅲ UK)」 https://www.pearsonclinical.co.uk/Psychology/ChildCognitionNeuropsychologyandLanguage/ChildAchievementMeasures/wiat-iii/wechsler-individual-achievement-test-third-uk-edition-wiat-iii-uk.aspx
4) PAR HP:「Feifer Assessment of Reading」 https://www.parinc.com/Products/PKey/110
5) Pearson HP:「Kaufman Test of Educational Achievement, Third Edition (KTEA-3)」 https://www.pearsonclinical.co.uk/Psychology/ChildCognitionNeuropsychologyandLanguage/ChildAchievementMeasures/ktea3/kaufman-test-of-educational-achievement-third-edition.aspx
6) The Minnesota Handwriting Assessment http://www.txautism.net/assets/uploads/docs/MHA-ed-KS-AK.pdf
7) 河野俊寛(2016)：「海外における書字検査の現状と今後の課題」，金沢星陵大学人間科学研究，第10巻，第1号，39-44
8) Falk. T H, Tam. C, Schellnus. H, Chau. T(2011)：「On the development of a computer-based handwriting assessment tool to objectively quantify handwriting proficiency in children」.『Computer Methods and

Programs in Biomedicine』, 104(3), e102-e111
9) 河野俊寛(2008):「書字(handwriting)の評価をめぐる研究の動向と教育的な応用の可能性について」.『コミュニケーション障害学』, 25巻2号, 85－98
10) Pearson HP:「Detailed Assessment of Speed of Handwriting (DASH)」https://www.pearsonclinical.co.uk/Education/Assessments/WritingSpeed/DetailedAssessmentofSpeedofHandwriting(DASH)/DetailedAssessmentofSpeedofHandwriting(DASH).aspx

資料

FAR Subtest and Index Score Structure

Phonological Index subtests	Fluency Index subtests	Comprehension Index subtests
Phonemic Awareness	Rapid Automatic Naming	Semantic Concepts
Nonsense Word Decoding	Verbal Fluency	Word Recall
Isolated Word Reading Fluency	Visual Perception	Print Knowledge
Oral Reading Fluency	Irregular Word Reading Fluency	Morphological Processing
Positioning Sounds	Orthographical Processing	Silent Reading Fluency: Comprehension

Note: The **Mixed Index** includes the subtests from the Phonological and Fluency Indexes; the **Total Index** includes all subtests.

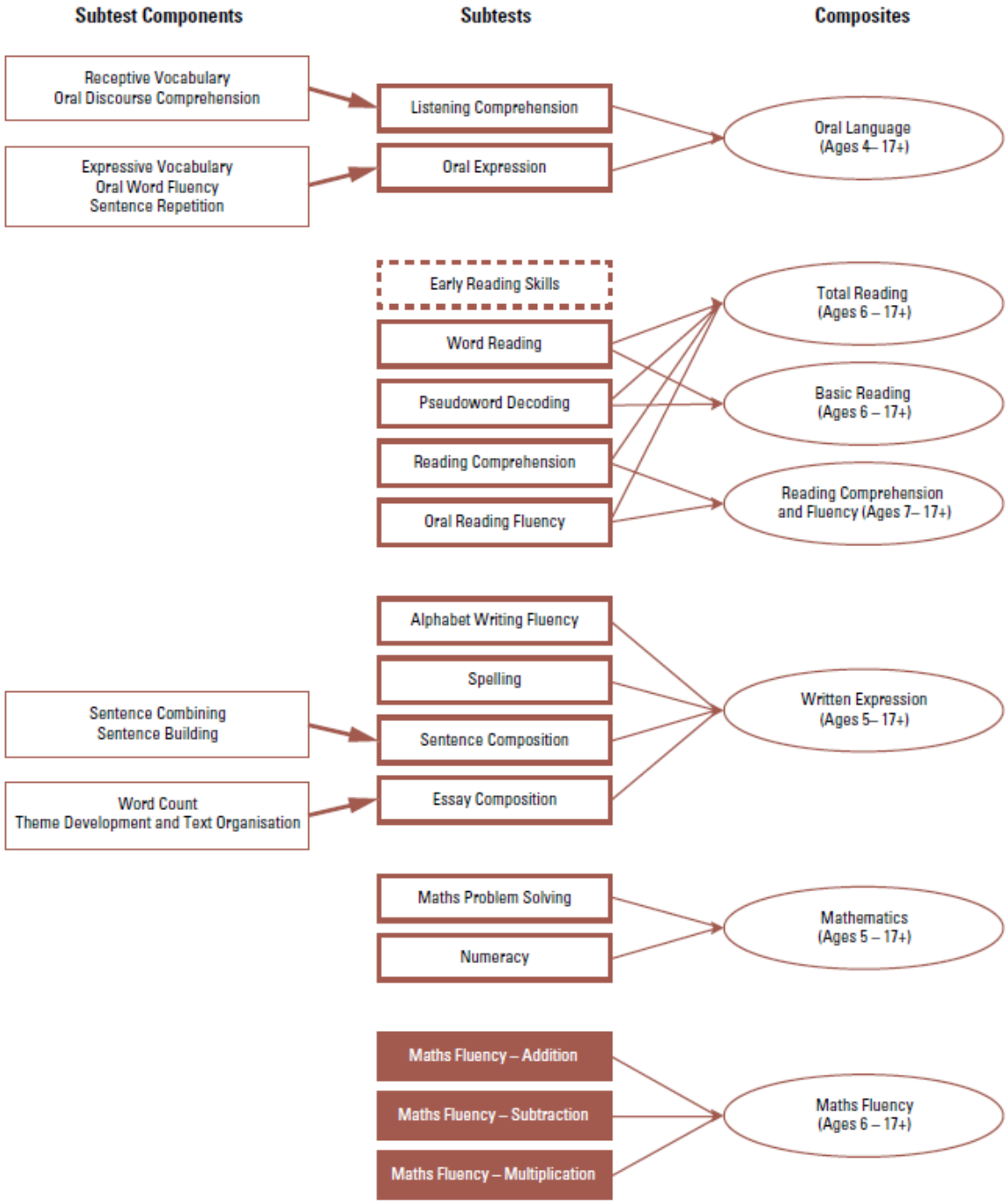
FARのサブテスト項目
(PAR HP[4] より引用)

KTEA-3のサブテスト項目

Subtests		
Phonological Processing	Silent Reading Fluency	Object Naming Facility
Math Concepts & Applications	Math Fluency	Reading Vocabulary
Letter & Word Recognition	Reading Comprehension	Letter Naming Facility
Math Computation	Written Expression	Listening Comprehension
Nonsense Word Decoding	Associational Fluency	Word Recognition Fluency
Writing Fluency	Spelling	
Decoding Fluency	Oral Expression	

(Pearson HP[5] より作成)

Four of the 16 WIAT–III[UK] subtests have subcomponents. Figure 1.2 shows all the subtests, subtest components and composites (excluding the Total Achievement composite), and the links between them.



Note. The Early Reading Skills subtest *only* contributes to the Total Achievement composite. Subtests in shaded boxes do *not* contribute to the Total Achievement composite.

WIAT®-Ⅲのサブテスト項目

（Pearson Clinical HP[3] より引用）

日本の英語教育における
読字障害(dyslexia)の現状

清泉女子大学文学部 英語英文学科　　大井恭子

1.　ディスレクシアとは

ディスレクシアとは日本語では、「読み書き困難症」と一般的には言われている。この英語は dyslexia であり、語の成り立ちとしては、dys-（不良・困難）＋　lex（語彙）＋ -ia（病名）ということである。欧米においては、かなり前から浸透している言葉ではあるが、日本ではまだ受容が遅れている。アルファベット言語の一つである英語は、音と綴りの関係が複雑なこともあり、ディスレクシアの出現率は 10 人に 1 人といわれている。よく例に出されるが、著名人の中で自らがディスレクシアであると表明し、同じ障害を持つ子供たちの支援をしている人としてアメリカ人俳優のトム・クルーズがいる。このように、欧米では、この障害に対する認知度は大変高いものがあり、そうした障害を持った子供に対する教育的支援も広く行われている。その一方で、日本においては、認知度も支援もまだ緒に就いたばかりといわざるを得ない。

2.　日本の英語教育における読み書き（literacy）指導の問題点

日本の英語教育においては、2020 年が改革の年となる。すでに、先行実施している学校も多くあるが、正式には 2020 年の小学校学習指導要領の本格実施により、小学校 5・6 年で英語が教科となる。3・4 年では英語が外国語活動として教えられる。5・6 年生の英語科の指導においては、文字の読み書きが本格的に入ってき、それによりディスレクシアの問題も無視できない状況になるのではないかと予想される。

外国語としての literacy 能力の獲得は簡単なことではない。まず文字体系が異なる言語間においては、相当の障害となる。日本人や中国人が英語の literacy を獲得するというのはイタリア人が英語の literacy を獲得するのと比べると困難さが伴うことは容易に判断される。イタリア語や英語が「アルファベット言語」の範疇にはいるものであるのに対し、中国語および日本語は「漢字」という「表意文字」であり、日本語はそのうえ「ひらがな・かたかな」のような「表音文字」でもある。こうした書記体系を超えての literacy 獲得にはさまざまな困難さが付きまとう。

日本語のカナは、表音文字といっても子音と母音からなる音節に対応している。日本語の音節は英語の音節とは異なっている点もあることから、モーラ(mora:韻律単位)と呼ばれている。したがって、「す」は ‘su’ という音節に対応し、「べ」は ‘be’　に、「の」は ‘no’ に対応し、英語の all を意味する「すべての ‘subeteno’」(4 音節) という単語を作りあげている。それに対し、英語の all は一音節である。

それに加えて、英語と日本語の音韻関係を捉える上で大切なのは、音韻の透明性という点である。同じ書記体系、同じ文字を使っていても、音と文字との関係をつかさどる正書法（orthography）は異なる。たとえば、英語もイタリア語もアルファベットを用いるアルファベット言語であるが、両

者においては音と文字との規則性は異なる。イタリア語は「文字と音との関係」は一対一の対応をなしていて、それゆえ、イタリア語は「音韻的に透明である(phonologically transparent)」であるという。

一方、英語は音と文字との関係が不規則なので、「音韻的に不透明(phonologically opaque)」な言語といわれる。英語が「音韻的に不透明」と呼ばれるのは、音と文字との関係（表記法）が極めて複雑だからである。一例をあげると,/oʊ/ という音素は少なくとも次の８つのつづり方と対応している：cone, glow, soul, chauffer, yeoman, ohm, brooch, beaufort.(Cook & Bassetti, 2005[1)]；クック,2008[2)])。

上記/oʊ/は例外的なものであり、英語の音と綴りの関係はある程度の規則的なルールがあることも確かである。この規則を手掛かりにして読み書きを教える教育法がフォニックス(phonics)である。英語母語話者の literacy 教育においては、この phonics という音と綴りの関係を明示的に示す教授法が長いこととられている。綴り字と発音との間の規則性を明示し、正しい読み方の学習を容易にさせる方法の一つとされ、英語圏の子供は 4, 5 歳になると phonics を学び始める。ただし、ここで重要なのは英語母語話者であれば、4～5 歳までには英語の音自体は十分に耳から入っているということである。それを前提に、音と綴り字の関係をつかませる教育法が phonics である。

第二言語として英語を学ぶ日本人の子供への phonics の指導は、これまで中学校の入門期において、初歩的なものが取り入れられてきた。2020 年度から小学校においても外国語（英語）が教科になることから、現在は移行期として文部科学省から「 *We Can！* 」1,2 等の教材が作られ、すでに日本中の教室で使用されている。その中では、phonics が教材として一部取り入れられている。ここでも前提としては、十分に音のインプットがなされた後での phonics の指導に入ることになっている。

3.　特別支援教育とディスレクシア

日本語のカナは表音文字であり、透明性が高く、ディスレクシアが起きにくい表記法といえる。もし、カナの読みに書きに障害がある子供は、英語の読み書きで大きな困難を抱える可能性が高いと考えられている。更に、英語は表記法において不透明な言語であるので、日本語の読み書きで困難のない子供においても英語の読み書きに大きな困難を抱える可能性がある(渥美,2017)[3)]。

村上(2017)[4)]は、現在の英語科教育におけるこの点に関する現状として、生徒、英語教師、特別支援それぞれにおける問題点を整理している。まず、生徒は、基礎的な読み書きで躓いた後、自力での課題克服が非常に困難である。したがって、学習への支援が必要である。英語教師は、英語の LD やディスレクシアへの適切な指導／支援の知識がないというのが現状である。つまり、通常学級での配慮が不十分であるという現実がある。そして、特別支援の現場では、英語学習困難の専門知識を持った指導者の不在という問題が存在している。セーフティネットが機能していないともいえる状態である、という指摘である。

さらに村上はディスレクシアを含む特別支援を必要とする子供たちへの英語教育の一環として、phonics の指導を取り入れることにより、英語の literacy の力をつけていくことができると考え、それを推進している[4)]。ただ、日本の学校現場において、果たしてディスレクシアに対してどの程度認知されているのか、ということが問題点としてある。

すでに中学校においてもディスレクシアと考えられる生徒は各クラス一定程度いるものと考えられる。村上(2017)[4]によると、次のような困難を抱えている生徒はディスレクシアの可能性あり、教師は注意を向けるべきであると述べている。

・教科書の音読ができない
・単語のスペルをなかなか覚えられない
・うっかりとした書き間違い、読み間違いが多い
・文字の形がバラバラ
・文字が反転することが多い
・単語をローマ字のようなスペルで書く
・読み書きのスピードが非常に遅い
・似た単語を間違える(ex. friend, Friday)
・勉強しているのに、英語だけ全くできない

こうした困難を抱える生徒は中学校現場でもよく見かけることである。ただ、それがLDなのか、ディスレクシアに特化できるものなのか、教員は迷うところである。また、一般の教員はこうした困難を抱えた生徒はいることは把握していたとしても、ディスレクシアに関する知識が不足していて、十分な対応ができていないという現状が想定される。そこで、本研究では、千葉県・東京都の中学校教員を対象として、ディスレクシアに関する教員の認知度や現状での対応法を調査した。

4. 日本の英語教育における読字障害の現状に関する調査

4.1 目的

ディスレクシアに関する教員の認知度や現状での対応法を調査する。

4.2 方法

質問紙(アンケート)を作成し、データの収集方法としては、教員研修会の場および郵送により回答を得た。質問紙表面に基本的な回答者の情報を尋ねる項目および最初の2問のみを載せ、裏面にディスレクシアの定義を示し、そのうえで追加の質問をした。まずは裏面を見ずに回答を開始してもらった。なお、アンケート内容は参考資料として末尾に掲載した。

4.3 参加者

東京都・千葉県内の公立中学校に勤務する教員 70名(男28名、女42名)(質問1)

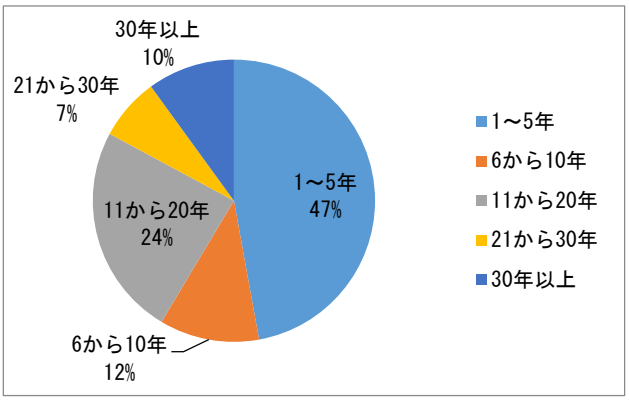


図1 教員経験年数(質問2から)

また、担当学年は図2に示すようにおよそ3分の1ずつということになった。

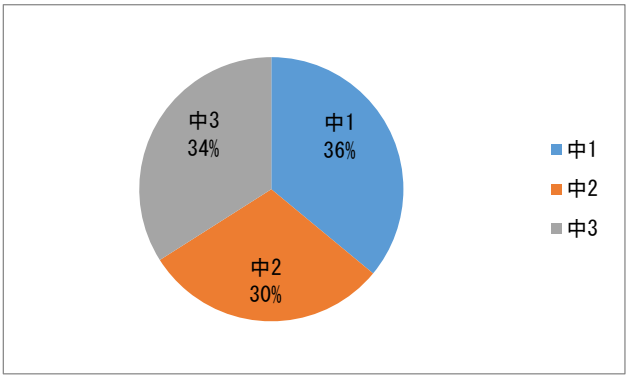


図2 担当学年(質問3から)

4.4 結果と考察

アンケートの選択の質問に関する回答は以下の通りであった。

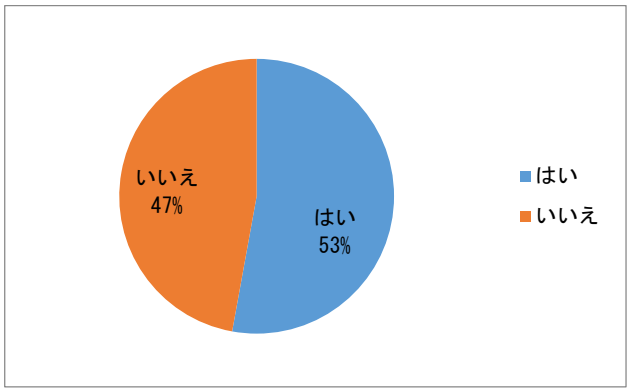


図 3　質問 4 :「 あなたは『ディスレクシア』という言葉を聞いたことがありますか？」の結果

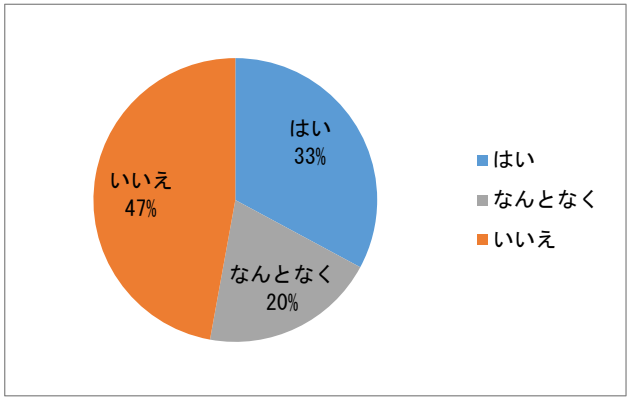


図 4　質問 5 :「あなたは『ディスレクシア』という言葉の意味を知っていますか？」の結果

前の質問の答えから見ると、この語は聞いたことがあったとしても意味を正確に把握している人は 3 割程ということが分かる。

アンケートの裏面には英語教育ユニバーサルデザイン研究会のウェブサイトからのディスレクシアに関する説明[5]を載せておいた。（表 1）この説明を読んでもらった後に、裏面の Q6 以下の質問に答えてもらった。

答えは約 9 割の人がそのような生徒の存在は認識しているということであった。（図 5）

表 1　ディスレクシアに関する説明

知的な遅れはないが、文字を読んだり書いたりすることが苦手な人たちのことを言います。ディスレクシアは学習障害の一種で、日本語では、失読症、難読症、識字障害、読字障害とも訳されます。ここで大切なことは、あくまで読み書きの障害であって、知的能力、理解能力、会話能力には特に大きな問題はないということです。もう少し解かりやすく説明すると、会話などのやりとりで言葉を理解する、つまり、言葉のキャッチボールは普通に出来るのに、文字を読んで言語を理解する時や、文字を書いて言語を表現する時、つまり、学校現場等では、本やノートを道具で使うときにディスレクシアが表れる可能性があるということです。ディスレクシアはあくまで、読み書きに限定した障害です。ディスレクシアの障害を持つ生徒は、以下のような作業を困難に感じることが多いと言われています。

・勉強しているにもかかわらず、読み書きが苦手である。
・会話練習はできるのに、文字や文章をノートに書くことが苦手である。
・誤字（鏡文字：b と d、p と q の区別が困難）、読み間違いが多い。
・ノートの線に沿って文字を書くことが苦手である。
など

（英語教育ユニバーサルデザイン研究会ウェブサイト[5]をもとに作成）

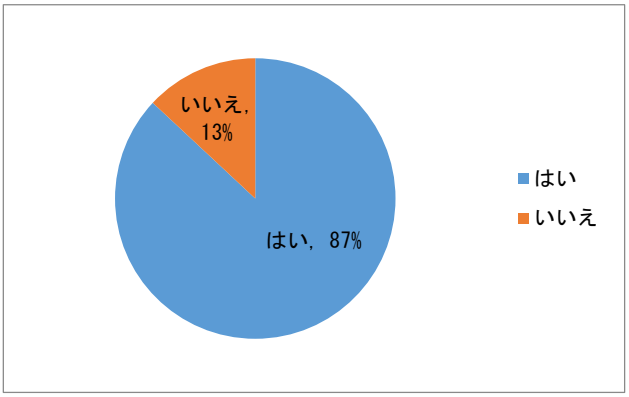


図 5　質問 6 :「あなたが英語を教えた中に、このような困難を感じていた（と思われる）生徒はいましたか？」の結果

質問 6 で「はい」と答えた方には「このような困難を感じていた生徒は、1 クラスあたり何人くらいいましたか？」と質問し（質問 7)、答えとしては、参加者の平均を取ると、2.07 人ということであった。

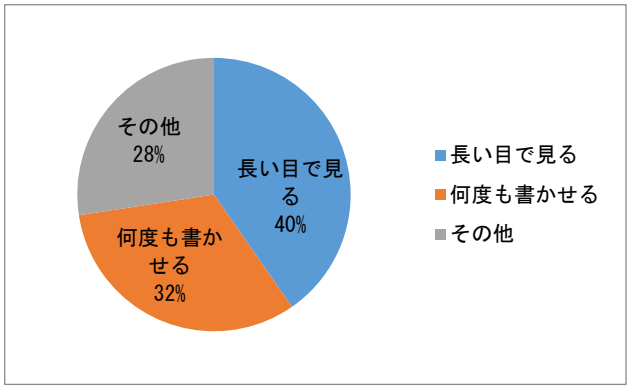


図 6　質問 8 :「このような困難を感じていた生徒に対して、どのように接していましたか？」の結果

以上の結果を見るにつけ、ディスレクシアに対する教師側の対応が万全のものではないということが分かる。「何度も書かせる」という対応は、真にこの障害を持っている生徒に対しては、実は労多くして実りが少ない、とも言われていることである。3 分の 1 程度の教員がこうした誤った対処をしているということは問題である。

その他、自由記述欄にて、読字/書字障害と思われる生徒への指導を尋ねた。その回答は以下のとおりである。

・個別に指導した。
・なるべく一緒に問題を解いた。
・個別に reading 練習、一斉指導ではやりきれないことを個別に指導した。
・きれいに書こうと声をかけた。
・フォニックスを教えた。
・ゆっくり書かせた。
・ひとつだけでもできることをさせた。
・手元に置ける資料を渡した。
・できるだけ授業中に声掛けをした。
・なぞり書きをさせた。
・ルビなどのアシストをした。
・書けない生徒の代筆をした。
・書き直すことはさせない。範読か、ほかの生徒に模範を示させる。
・練習を促す声掛けをした。
・ほかの先生と情報交換して、その生徒のできそうな練習方法を探った。場合によっては家庭にも協力してもらった。

このように教員は様々な形で、読み書き障害を持つ子供たちに心を砕き対処していることがうかがえる。

4.5　結論

今回の調査から、教育現場でのディスレクシア認知度が低いことが分かった。ただし、その言葉は知らなくても、そのような障害を抱えた生徒の存在は認識されており、クラスに平均 2 名くらいということが分かった。先生方はそうした読み書き障害を持った生徒たちに様々な支援を試みていることも見て取れた。

5.　まとめ

日本語の表音文字としてのカナは透明性が高く、ディスレクシアが現れにくい。したがってカナに読み書きで困難を感じる子どもは英語の読み書きでも困難を抱える可能性が高い。英語は表記法が不透明な言語であることから、カナもしくは漢字の読み書きに困難のない子どもにおいても英語の読み書きに大きな困難を抱える可能性がある。

日本人学習者にとって英語の音と文字の対応関係習得は難しい。まして読み書き障害を持った子にはその困難さが倍増する。村上(2017)[4]はそうしたディスレクシア の児童・生徒には時間をかけて phonics の指導をしていくことを提唱している。村上らの実践は緒に就いたばかりであり、日本人

学習者に対してのフォニックス指導の有効性に関してはいまだ未確認の部分も多い。

今回の英語教員を対象にした調査では、ディスレクシアという言葉の認知度は低いことが明らかになった。ただ、障害の存在は多くの教員により確認され、また改善への対処も模索されている。

ディスレクシア の一般への周知はこれからというところであるが、地方自治体によっては積極的に広報を行っているところもある。例えば千葉県の浦安市教育研究センターが発行している『特別支援教育実践マニュアル』[6)]では、No.11 として、「ディスレクシア特集号」を発行しており、そこで、丁寧にディスレクシア児の特徴を述べ、支援の方法も提案している。また、流山市の小学校では、ディスレクシアと診断された児童には、普通学級に在籍しながら、教科書を拡大したものが入っている iPad を持たせ、教科書内容が音声化された教材を利用させ学習を支援している。このような自治体が増えていくにつれ、ディスレクシアという語も徐々に人口に膾炙し、また支援の方法も定まって行くことと思われる。

今後 phonics を活用した実践研究が積まれ、第二言語しての英語の literacy 教育、ことにディスレクシア児に対する phonics 指導の有効性をみる研究成果が上げられることが期待される。

参考文献

1) Cook, V. & Bassetti, B. (2005) : Second Language Writing Systems . Multilingual Matters.

2) ビビアン・クック著　岡田毅・石崎貴士訳　(2008) :『英語の書記体系』音羽書房鶴見書店

3) 渥美義賢(2017) :「英語の特性と読み書き障害」(p.51).『英語教育』3 月号.大修館書店

4) 村上加代子 (2017) :「英語教育における特別試験のあり方ーディスレクシア指導に焦点を当てて」小学校英語教育学会講演資料

5) 英語教育ユニバーサルデザイン研究会ホームページ
https://www.manabishien-english.jp/
(2018 年 2 月 10 日　閲覧)

6) 浦安市教育センター特別支援教育実践マニュアル
http://www.city-urayasu.ed.jp/_res/projects/school/_page_/003/004/955/11.pdf
(2018 年 8 月 1 日　閲覧)

資料

ディスレクシアに関するアンケート

清泉女子大学　大井恭子研究室

１．あなたの性別に〇をつけてください。

１．男　　２．女

２．あなたの教員経験年数に〇をつけてください。

１．1～5 年　２．6～10 年　３．11～20 年　４．20～30 年
５．30 年以上

３．現在教えている学年に〇をつけてください。(複数回答可)

１．中１　２．中２　３．中３　４．その他（　　）

４．あなたは、『ディスレクシア(dyslexia)』という言葉を聞いたことがありますか？

１．はい　２．いいえ

５．あなたは、『ディスレクシア(dyslexia)』という言葉の意味をしっていますか？

１．はい　２．いいえ　３．なんとなく知っている

質問は裏面に続きます

知的な遅れはないが、文字を読んだり書いたりすることが苦手な人たちのことを言います。ディスレクシアは学習障害の一種で、日本語では、失読症、難読症、識字障害、読字障害とも訳されます。ここで大切なことは、**あくまで読み書きの障害であって、知的能力、理解能力、会話能力には特に大きな問題はないということです。**もう少し解かりやすく説明すると、会話などのやりとりで言葉を理解する、つまり、言葉のキャッチボールは普通に出来るのに、文字を読んで言語を理解する時や、文字を書いて言語を表現する時、つまり、**学校現場等では、本やノートを道具で使うときにディスレクシアが表れる可能性がある**ということです。ディスレクシアはあくまで、読み書きに限定した障害です。

（英語教育ユニバーサルデザイン協会ホームページより抜粋）

ディスレクシアの障害を持つ生徒は、以下のような作業を困難に感じることが多いと言われています。
・勉強しているにもかかわらず、読み書きが苦手である。
・会話練習はできるのに、文字や文章をノートに書くことが苦手である。
・誤字（鏡文字：ｂとｄ、ｐとｑの区別が困難）、読み間違いが多い。
・ノートの線に沿って文字を書くことが苦手である。　　など

６．あなたが英語を教えた中に、このような困難を感じていた(と思われる)生徒はいましたか？（現在・過去は問いません）

１．はい　　２．いいえ

７．質問６で『はい』と答えた方にお聞きします。このような困難を感じていた生徒は、１クラスあたり何人くらいいましたか？

（　　）人くらい

８．質問６で『はい』と答えた方にお聞きします。このような困難を感じていた生徒に対して、どのように接していましたか？

１．時間をかければできるようになるだろうと思い、長い目で見ることにした。
２．何度も書く練習をさせた。
３．その他（　　）

質問は以上です。ご協力ありがとうございました。

日本での英語読字障害スクリーニング検査開発

国立精神・神経医療研究センター　北洋輔・奥村安寿子

1.　はじめに

発達性ディスレクシア（Developmental dyslexia：以下、ディスレクシア）は、文字習得の困難を主徴とする発達障害である。そのため、ディスレクシアの診断と治療には、対象文字種ごとの評価・検査が不可欠となる。日本の小中学校で指導される文字種は、仮名（ひらがな・カタカナ）・漢字・英語の 3 種類であるが、仮名と漢字に関する検査法は整備が進み、本邦の診断・治療ガイドラインの一部として確立されている（特異的発達障害の臨床診断と治療指針作成に関する研究チーム，2010）[1]。

一方、“日本における”英語の検査法開発は緒に就いたばかりで体系化されたものは少ない。学習指導要領の改訂（文部科学省，2017）[2]により、小学校高学年から外国語（実質的に英語）が教科化される今後は、潜在的に存在してきた英語読字障害の顕在化が急速に進むと予想され、英語読字障害のスクリーニング検査法の開発は急務と考えられる。

2.　検査法の考え方と代表例

ディスレクシアのスクリーニングでは、読み書きの能力を評価することが求められる。そのため、学習到達度の評価を目的とする既存の学力テスト等の利用は難しい。また言語は、第 1 言語（母語）と第 2 言語で習得過程や障害機序が異なるため、『英語』だからといって米国や英国の検査をそのまま利用することは不可能である。したがって、日本の環境に特化した英語読字障害のスクリーニング法の作成が必要となる。

スクリーニング開発の方向性は大きく分けて 2 つある（図 1）。1 つは、文字・視覚刺激を使用した検査であり、もう 1 つはそれらを使用しないものである。前者の多くは、直接“文字”の読み書きを評価するために、現場教員や保護者の直感的な理解が得られやすいだけでなく、長年の英語教科学習で蓄積された知見を利用できるメリットがある。

	文字を使うもの	文字を使わないもの
メリット	● 英語教科の蓄積利用 ● 一斉実施（時間コスト） ● 直観的な理解(教員)	● アルファベット文字学習前に適応可 ● 後天的影響を最小化
デメリット	● アルファベット文字学習後のみの適応 ● 学習姿勢の影響を拭えない	● 人的・時間的コスト ● あくまで文字習得の“素地”評価 ● 視覚系の評価無し

図 1　検査の方向性と長短所

文字を利用した検査の一例としては、銘苅ら（2015）[3]の取り組みがある。ここでは、英単語の綴り困難の背景要因を評価する課題を作成している。課題は 3 種類あり、仮名表記の単語をローマ字表記に変換するもの（ローマ字知識）、アルファベットの羅列から意味のある単語列を特定するもの（単語形態認知）、複数の英単語から発音の異なる単語を選定するもの（正書法知識）である。中学生への実施データに基づき、英単語の綴り困難を予測するものとして、中学校 1 年生の段階ではローマ字知識、2 年生以降では単語形態認知や正書法知識の課題が有用とされた。すなわち、スクリーニングには中学校の学年に応じた課題バッテリー

が必要であり、特に英語初学習時にはローマ字の書字評価が有効と考えられる。

市販の検査では、英単語の綴り能力を直接評価する URAWSS-English（atacLab 社）がある。この検査では、日本語から英単語への変換（スペリング）に加え、英単語の発音をカタカナで表記する課題も含まれている。二つの成績の乖離具合から、「単語の英語訳は知っているが、書字表出ができない」といった書字困難の背景を評価することが可能となる。こうした文字を利用した検査はアルファベットの学習開始後の高学年や中学生の評価には適するが、小学生への適応が難しいという短所がある。また、第 2 言語学習が始まるまでに形成された学習姿勢（例：学習性無力感）の影響が少なからず生じる恐れもある。使用に際しては、適応学年の選定や対象児の教育状況を見極めることが重要である。

3. 文字を利用しない検査法の開発

文字を利用しない検査は、読み書きの直接評価ではない点や、検査が個別実施という人的・時間的コストの点などが短所である。一方で、アルファベットの学習前に適応できることや、文字習得の素地を評価出来るため、英語読字障害の早期発見に有用という長所がある。特に近年ディスレクシアの早期発見と早期介入の重要性が指摘されていることもあり（北, 2018）[4]、私たちは文字を利用しない検査法の導入を目指している。そこで着目したのが音韻意識（phonological awareness）である。音韻意識の低下は、ディスレクシアの危険因子であり、読み書き習得に関わる有力な認知的要因の 1 つである。英語のみならず、仮名に対するディスレクシアの早期予測としても有用とされる（北, 2018）[4]。

私たちが日本語環境に適応を目指している検査は、The Phonological Awareness Test 2（PAT2; Pro-Edu, Inc.）である。PAT2 は米国で標準化された検査であり、英語母語話者の小児（5～9 歳）を対象として音韻意識を評価することが出来る。検査は 6 カテ

押韻	分解	抽出
判断	文	語頭
book-look yes/no	He ・ can ・ swim	fudge → "f"（フッ）
生成	音節	語尾
mark → ? (park)	candy → "can·dy"	rat → "t"（トゥッ）
	音素	語中
	cat → "k·æ·t"	gas → "æ"（ェア）

削除	置換	混成
音節	操作	音節
Weaver-"wea"="ver"	map = ■■■ → mop = ? (■□■)	"bas"+"ket" = basket
音素		音素
fox - "f" = "ɔx"		"b" + "ɔɪ" = boy

図 2　PAT2 の課題構成と内容

ゴリー13 課題から構成されており、個別実施形式で、文字を使わずに音声提示による教示と口頭もしくは運動反応による回答を求める。対象年齢からも分かる通り、ディスレクシアの早期発見・支援を目的としており、有用性も示されている。

全検査の構成と内容は図 2 に示したが、ここでは課題の一例を紹介する。音素（phoneme）の削除課題（Deletion）では、被験者は口頭提示された単語を復唱し（例：fox)、次に口頭提示された特定の音素（例：/f/）を、元の単語から取り除くことが求められる（例：/ɔx/)。そして、削除後の音を正しく述べられるか否かで、正誤を判定する。このような口頭でのやりとりで進めるために、教示される単語そのものや綴りを知らない小児にも適用でき、音韻認識のレベルを評価することが可能である。

検査導入にあたり、私たちは 3 段階のフェーズを構成している。第 1 に、PAT2 の日本語実施手順の開発である。具体的には口頭刺激の作成と検査教示内容の策定を行った。日本語話者の英語アクセントは、英語母語話者と異なるため、検査者によって課題難易度にばらつきが生じる恐れがある。そのために、英語母語話者と英語日本語バイリンガル者の教示音を録音・加工するとともに、日本語話者でも検査実施ができるように教示を構成した。暫定実施と修正を繰り返し、検査手順を確定した上で第 2 のフェーズに進んだ。ここでは、健常成人を対象に PAT2 の全検査を実施し、日本人の傾向を確認することを目的とした。更に対象者の英語能力を合わせて評価し、PAT2 の妥当性を検証することとした。

作成過程として日本語話者の成人の結果をここで簡単に紹介する。図 3 は 109 名（男性=37 名、平均年齢（標準偏差）＝21.4(3.8)歳）に対して、全例個別実施した検査結果である。ここでの成人は複数の行政地区から募集され、教育レベルとしては大学学部生～博士号取得者まで幅広く含んでいる。大学は国公立私立をともに含み、大凡の入試偏差値は 40～70 までとなっているため、

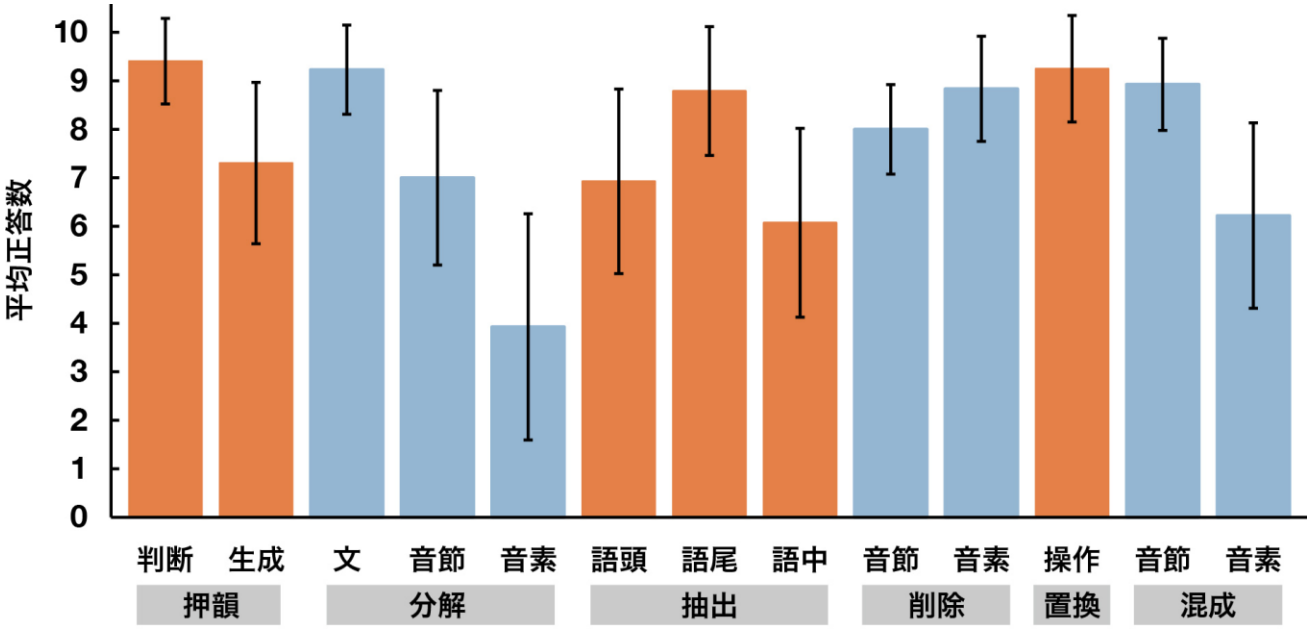


図 3　健常成人における課題の平均成績（標準偏差）

偏りの少ない成人群である。13 課題の平均成績をみると、課題間で成績の高低が大きいことが理解される。例えば、押韻の判断課題や、分解の文課題は、ほぼ満点に近い得点が得られているが、分解の音素課題は半分にも満たない得点となっている。すなわち、文や音節など、音韻単位が大きい課題であれば日本語話者にも容易にできる。

しかし、音素レベルになると成績は下降傾向にあると理解される。よく知られている通り、日本語はモーラ単位の言語であり、音素レベルでの音韻認識や操作が通常求められない言語である。そのために、音素での判断や操作が求められる課題では、正答を導くことが難しくなると推測される。つまり、音素レベルの課題成績の低下は、日本人全体の傾向の 1 つと位置づけられる。

次に、PAT2 と英語能力の関係性を図 4 に紹介する。PAT2 の成績は、英語の読み成績（書記素の音読、無意味単語の音読）、書き成績（単語の聴書）、および語彙力（提示単語と類似した意味をもつ単語の選択）の全ての成績と有意な相関を示している。PAT2 で評価する音韻意識の高低と、英語の読み書き能力の高低は連動している。それゆえに、PAT2 は英語の“読み書き”習得に関わる素地を評価する検査としては一定の妥当性があると考えられる。更に、アルファベットの学習前においてでも実施可能であり、英語読字障害のスクリーニング検査法として日本環境に適応する価値のあるものと思われる。

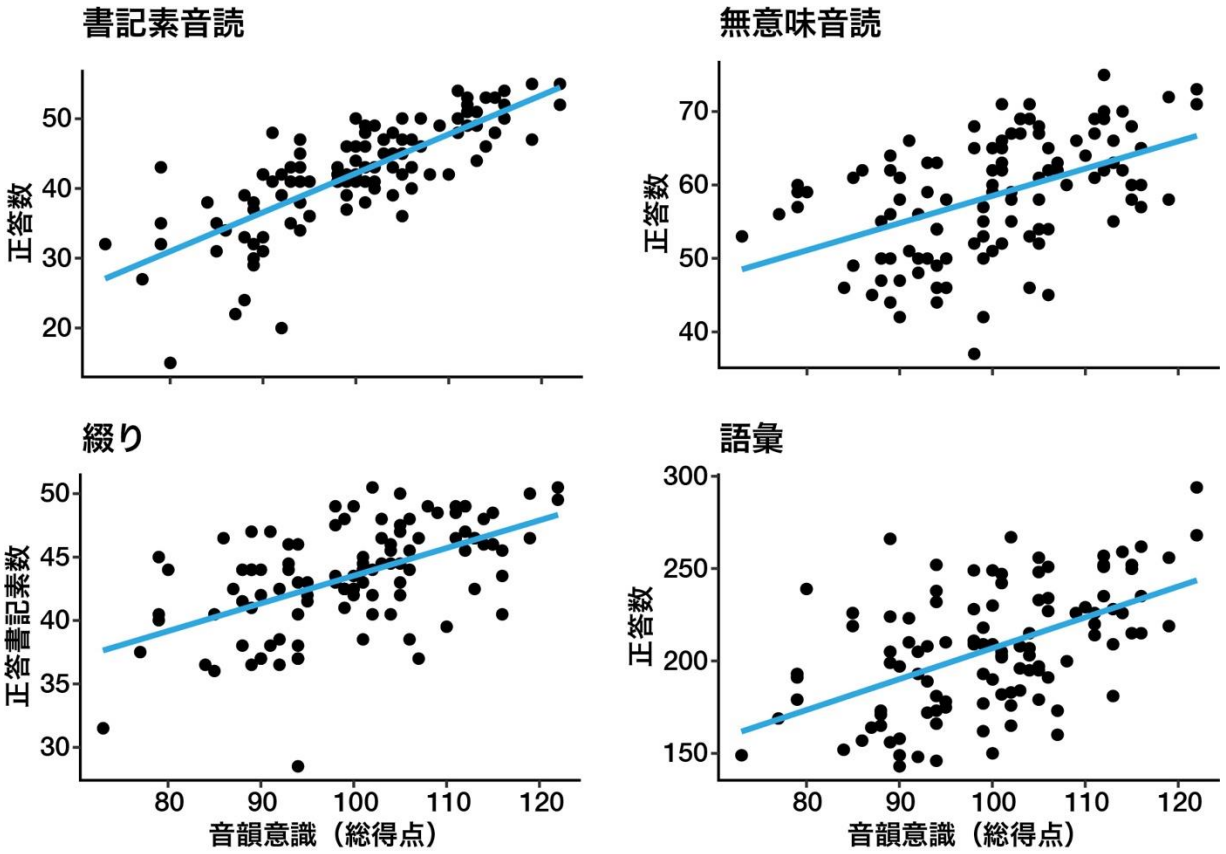


図 4　PAT2 の課題成績と読み書き成績との関連

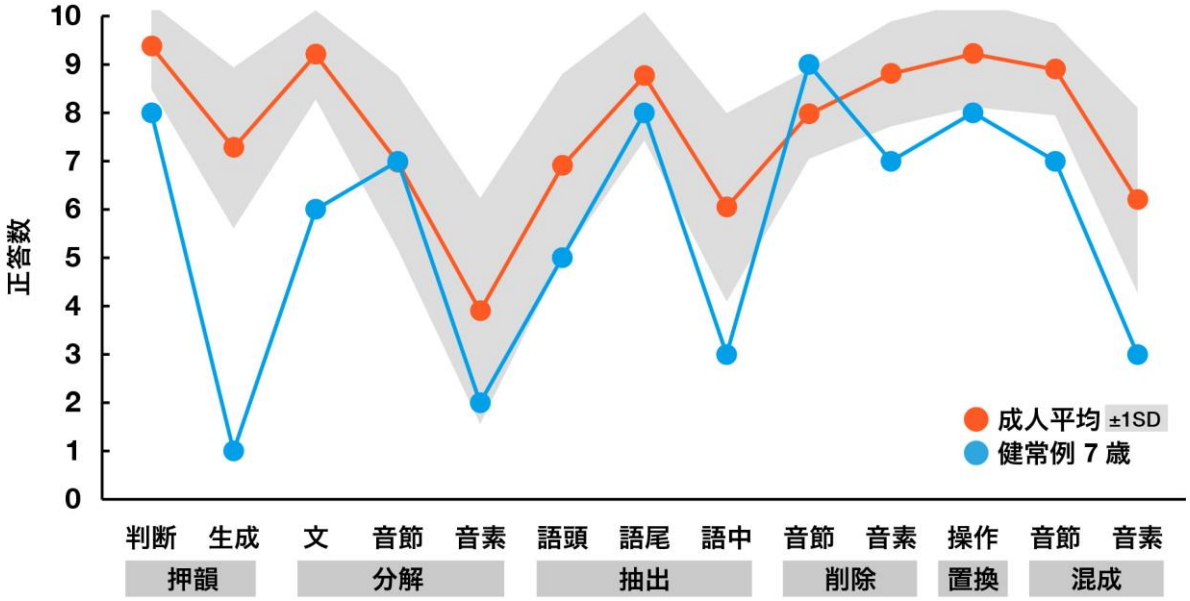


図 5　健常小児の PAT2 の課題成績

4.　子どもの音韻認識の評価へ

私たちは、成人での実施結果をもとに検査法開発の最後のフェーズとして小児への適応を現在進めている。最後フェーズの目的は、作成した検査手順によってアルファベット学習前の小児および英語読字障害児に検査を実施できるか否かを調べた上で、読字障害判定のための基準値を策定することである。紙面の都合からここでは詳細を割愛するが、ローマ字学習や特別な英語学習を行っていない 7 歳男児の結果を図 5 に示す。成人と同等の検査手順を行ったところ、検査そのものは十分に実施可能であった。更に図からも分かるように、成人と同等レベルの成績を示す課題もある一方で、成人と比較して低成績の課題も認められた。まだ限定された実施数に留まるために断定的な言及は難しいものの、発達に応じて成績は変化する可能性があり、発達段階に応じた基準値の策定が今後必要となると考えられる。

このように私たちが導入を進める PAT2 は、アルファベットの学習前の小児にも適応可能であり、日本での英語読字障害を早期に発見するという観点から考えると、検査法としての魅力は高いものである。今後も様々な教育機関・行政機関との協力のもと、日本語話者における小児の基準値策定に向けて開発を継続し、英語読字障害をスクリーニングする検査法としての確立を目指している。

参考文献

1)　特異的発達障害の臨床診断と治療指針作成に関する研究チーム（2010）：特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドライン―わかりやすい診断手順と支援の実際―．東京．診断と治療社

2)　文部科学省：学習指導要領「生きる力」．http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/index.htm.（2018/9/18 アクセス）

3)　銘苅実土他(2015)：中学生における英単語のつづり習得困難のリスク要因に関する研究．特殊教育学研究，53：15-24.

4)　北洋輔他(2018)：学習障害の早期アセスメントと支援．稲垣真澄（編）発達障害医学の進歩 30．東京，日本発達障害連盟．54-65.

英語読字障害児への支援教育開発

千葉大学教育学部特別支援教育　　宮寺千恵

1.　はじめに

日本において、英語読字障害児に対する支援はあまり行われておらず、支援方法が十分に確立されているとは言い難い。日本語の平仮名、カタカナ、漢字の読み書き困難に関する指導方法については様々な提案がなされているが、中学校から本格的に始まる英語に関しては手つかずの状態であるといえる。平成32年度から小学校の新学習指導要領における外国語教育では、3年生から英語教育が始まることもあり、今後は英語教育の中で、支援を必要とする児童が増えることが見込まれる。

2.　欧米における英語学習

英語読字障害の主症状は、単語における文字と音の対応（decoding）の困難さであるといわれる。これは言語の構成要素の一つである音韻を認識することの困難である。そのため、英語学習においては、音韻認識の技能の向上が重視されることになる。欧米における英語学習にはどのような方法があるだろうか。欧米での実践において多く報告されているのは以下である。

第一に、単語をひとまとまりとして丸ごととらえ、意味と直接結びつけて読ませる方法（whole-word method）である。これは、単語を音韻で分析せずに全体としてとらえる方法として伝統的に用いられており、現在も一般的である。主に、フラッシュカードや黒板等に書かれた単語を全体で一つのイメージとして覚えさせるものである。

第二にフォニックスがある。フォニックスとは、英語圏の教育で英語の読みを学ぶ上で用いられる方法であり、綴り字と発音との間にある規則性を示し、正しい読み方の学習を進める方法である。フォニックスには多くの教材も販売されており、効果的に学ぶ方法も示されている。フォニックスの利点は、規則を身に付けることで見慣れない単語も解読でき、発音できる点である。

第三として、多感覚（視覚、聴覚、動作）を用いた学習法がある。フォニックスに関連がある学習方法であるが、主に学習障害児の英語の読み書き指導法として実践されている。多感覚を用いる方法は特別支援教育でも有効であるとされており、特にフォニックスと関連させた「ジョリーフォニックス」プログラムが良く知られている。それぞれの文字のアクションを付けたり、イラストを用いたり、そのイラストにお話をつけたり、歌や触覚を使ったりして様々な感覚を用いる方法である。学習障害児の文字の認識の習得や学習の支援に関して、このように多

感覚の手がかりを用いる方法は有効である。

初歩の段階の学習者にとってはフォニックスがその基礎を作る上で重要な役割を果たしており、初学者においてはその有効性が認められている。ただし、フォニックスを行うにあたってはアルファベット読みを十分理解していることなど、学習の前に学習者が身に付けているべきスキルがある。指導者は学習者にフォニックスを導入する前にこのような前提条件の確認が必要であるとともに、体系的に指導することが重要である。

3. 日本における英語学習

日本での従来の英語学習において主流である学習方法の一つに、単語全体を覚える方法がある。単語全体を捉え、単語を一つずつ学習させる方法である。英語学習において従来から行われており、書いて覚える、読んで覚えるなど反復して覚えることが推奨される学び方といえる。

英語読字障害とは、英単語における音韻認識の障害である。文法の理解が難しい、文章の読解ができないという症状とは別である。母国語に関係なく英語読字障害の症状は同様である。そのため、日本における支援についても英語話者に対する支援と基本的には同じであると考えてよいだろう。

4. 日本での英語支援教育の実践例

1）英語読字障害の中学生に対する英語指導の効果について：Okumura, Kita, and Inagaki（2007）[1]は英語読字障害の中学生１名を対象として、英語指導法の比較とそれに伴うERPの結果について報告した。英語指導法に関しては、従来の単語をまるごと覚える方法（whole-word method）と、フォニックス法の指導効果を比較した。事例生徒はアルファベットの大文字や小文字はすべて正しく読むことができず、英単語を聞いてそれに一致した絵や単語を選択することも難しかった。また、アルファベット単文字を一音ずつ分解して読む音韻認識のテストはほとんど不正解であった。

英語読字障害の中学生１名に対して、上記２つの指導を各５週間行い、それぞれの方法における効果の検証を行った。その結果、トレーニングした単語について正確に読むことができるようになり、特にwhole-word methodに比べてフォニックスにおけるトレーニング効果が明らかになった。また、ERPのN170成分（視覚的な単語の認識能力を反映する）においても、フォニックスにおけるトレーニングの効果が顕著に示された。

2)日本人幼児に対する多感覚音韻認識プログラムの実践例：多感覚音韻認識プログラムとは英語における音韻習得能力を高めることをねらいとしており、英単語の音声を分析したり、音素から英単語の音声に統合したりする活動を通して学習を進めるものである。このプログラムは英語の音素を文字、絵、動作に対応づけて、多感覚的な手段を用いて学習を行う。湯澤・湯澤・関口・李・齊藤(2010)[2]は、この多感覚を用いた音韻認識プログラムを日本児幼児（4～6歳）に活用した実践を報告している。この結果、多感覚音韻認識プログラム参加幼児が統制群に比べて英語音韻習得能力の向上が明らかになった。

3）日本における音韻意識トレーニングの実際：村上（2015）[3]は日本の英語教育において音韻意識とデコーディングの指導が十分行われておらず、そのことがミッシングリンクを招いていることを報告した。ここでは、英国のカリキュラムをまとめるとともに、小・中学校でのデコーディング指導導入案を提案している。日本の英語教育において、小学校から中学校にかけて、音韻意識、フォニックス、理解・読解を習得するためのカリキュラムを年齢段階別に提案し、日本の英語教育で読み書き指導による躓きを解消する方策を述べている。

また、村上（2016）[4]はLDの中学生に対してフォニックス指導を実践しており、その効果についても報告している。外国語活動が新設されるにあたり、日本における英語教育の躓きの現状を指摘し、通常学級における指導の在り方を提案している。さらに、特別支援教育の視点での英語教育の在り方、ディスレクシア指導とそのトレーニング法に関して多数の報告がなされている。

5. おわりに

日本での英語教育において、英語における子どもの困難さや躓きの原因を明らかにするとともに、英語教育においても授業のユニバーサルデザイン化を進める必要がある。フォニックスについて欧米や日本での研究は進んでおり、読字障害の有無に関わらず読み書き指導の一つの方法として有効性が指摘されている。日本の通常学級での取り組みにおいてもフォニックスを導入することで躓きが解消する児童もいると考えられるが、特別支援教育においても段階的で体系的なフォニックスの指導の活用が効果的であろう。

今後は、先行研究の知見を踏まえて、英語読字障害児童・生徒の認知特性の分析とその知見を蓄積すること、そしてフォニックスに限らず子どもの実態に即した支援方法の開発を進めることが重要である。

引用文献

1）Okumura.Y, Kita.Y, & Inagaki.M（2007）：Pure and short-term phonics-training improves reading and print-specific ERP in English: A case study of a Japanese middle school girl. Developmental Neuropsychology, 42, 265-275.

2）湯澤正道他（2010）：英語の多感覚音韻認識プログラムが日本人幼児の英語音韻習得に及ぼす効果. 教育心理学研究, 58, 491-502.

3）村上加代子（2015）：英語の学習初期における読み書き指導の在り方の検討—基礎的な力としてのデコーディングと音韻意識スキル獲得の必要性について—. 神戸山手短期大学, 58, 57-73.

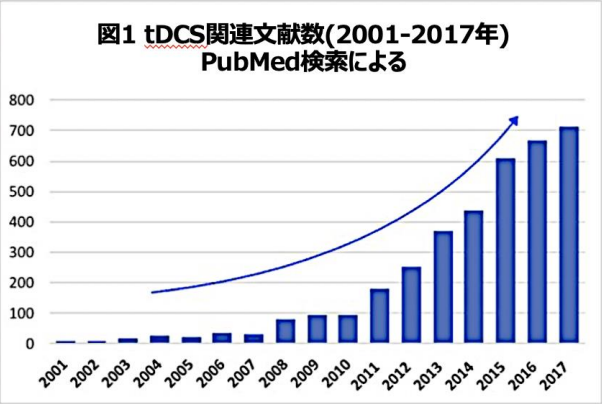
4）村上加代子（2016）：学習障害（LD）のある中学生へのフォニックス指導実践報告. 英語授業研究学会紀要, 25, 193-208.

経頭蓋直流電気刺激(tDCS)のワーキングメモリ改善を目指した応用

千葉大学子どものこころの発達教育研究センター　松澤大輔

1.　経頭蓋直流電気刺激とは

経頭蓋直流電気刺激(Transcranial Direct Current Stimulation:tDCS)とは、頭皮に電極を当て 1-2mA の弱い直流電流を 5-30 分程度刺激することで、直下の大脳皮質の活動を刺激する方法である。



このtDCSを使った研究は近年その報告数が飛躍的に増大しており、図1は医学系論文検索サイトであるPubMedで検索した2001～2017年の17年間の論文数である。2000年代には世界的に見ても報告数が年間数件しか無かったのに、この数年の伸びは著しく、2017年には714件。非常に注目されつつあることがわかる。

電気刺激装置自体は非常にコンパクトであり、持ち運び可能である。図のような形で電極を頭皮に当てるが、対象とする部位に対して陽極を当てるか、陰極を当てるかによって直下の大脳皮質の活動が変化する(図2)。陽極刺激では、直下大脳皮質ニューロンのシナプス接合部において後シナプスの静止膜電位を増大させ、脱分極を起こしやすく、逆に陰極刺激では、静止膜電位を過分極方向に誘導し、刺激部位の神経活動を抑制させると考えられている(図2a)。

なお、このtDCS刺激は基本的には非侵襲的で、被検者の頭皮は刺激中わずかに「チクチク」する程度であり、基本的には30秒程度で刺激自体を感じなくなることが多い。従って、偽刺激を設定することも容易となる。偽刺激群の被検者に30秒刺激を与えれば、実刺激群との間に被検者の感覚の差が消失する。

以上踏まえて、tDCSの特徴をまとめると以下のようになる。

- 使用目的は脳皮質の活動を変化させること
- 刺激は0.5～2mA程度の弱い直流電流を5～30分
- 刺激したい脳部位直上の頭皮から与える
- 基本的には非侵襲的な刺激であり被験者は電極位置に僅かな痒みを感じる程度

2. tDCSの人への利用について

このtDCSを用いた人への利用に際しては、陽極刺激を標的部位に与えることで電極直下の皮質機能の増強を狙い、逆に陰極刺激を与えることで皮質機能の抑制を狙うことが多い(図2b)。例えば、一次運動野への1mA

(a)　　(b)

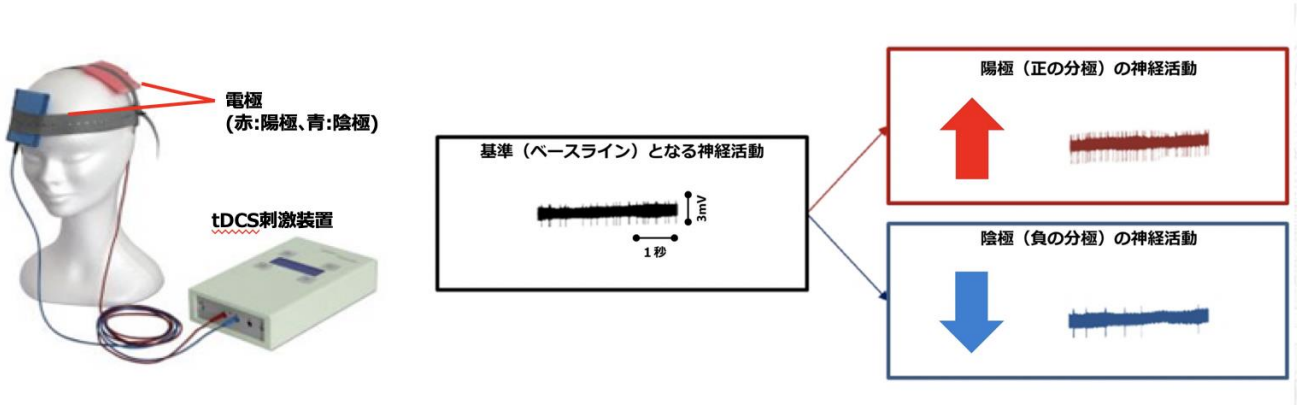


図 2 tDCS 刺激装置と刺激による後シナプス電位の変動

(a) tDCS 刺激装置と電極配置例。赤陽極は左一次運動野、青陰極は右前頭葉に配置。

(b) tDCS 刺激時時の神経活動の変化。陽極刺激により神経活動が増え、陰極刺激により減少する。

刺激により巧緻運動障害の改善(Boggio et al.,2006)や左前頭前野への 2mA 刺激により作業記憶向上が報告されている。一方で、極刺激では体性感覚野への 1mA 刺激により触覚弁別課題が阻害(Rogalewski et al.,2004)や小脳への 2mA 刺激により言語性作業記憶が阻害(Fersucci et al.,2008)などがある。このように、tDCS は、脳が担う、運動・感覚・認知機能に対して、皮質機能を増強ないしは抑制することを通じて機能改善を狙える。

疾患への臨床応用に関しては、精神疾患、

(a)　　(b)

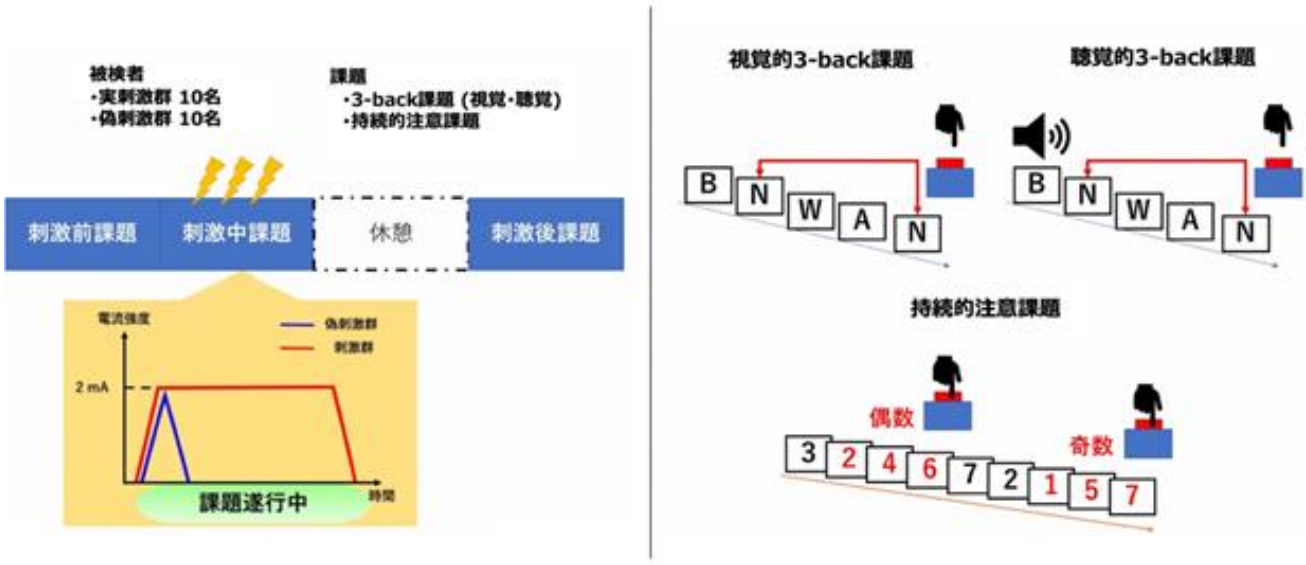


図 3 実験デザインと課題

(a) 実験デザイン。被検者は実刺激群及び偽刺激群それぞれ 10 名。

(b) 2 つのワーキングメモリ課題(3-back 課題)と持続的注意課題。

脳卒中後の麻痺症状へのリハビリ促進、片頭痛や各種慢性疼痛へのものが多く報告されている。また数は極めて限られるが、学習障害に対する応用例も報告されている。筆者らは、学習障害を含む将来的な発達障害への応用を目指し、tDCS を用いて健常者のワーキングメモリを向上させた実験を行っているので、紹介する(Naka et al.,2018)[1)]。

3. 背外側前頭前野への tDCS による視覚特異的なワーキングメモリの向上

ワーキングメモリ(作業記憶)は、課題遂行時に一時的に保存される記憶のことを指し、例えば電話をかける時にその間のみ電話番号を覚えていたり、問題を解く際にその内容を一時的に念頭に置きつつ計算をしたりするような時に働く。ここで、ワーキングメモリは異なる感覚モダリティ(視覚・聴覚)からの感覚入力に対してそれぞれ働くが、これまでに tDCS が両者のモダリティの違いに対してどのような効果を持つのかは検討されてこなかった。

そこで今回の研究では視覚・聴覚双方の感覚入力からのワーキングメモリ課題(3-back 課題)及び持続的注意課題を用意し、それぞれの成績が tDCS 刺激によって変化をするかどうか検討した。視覚的 3-back では被検者は画面に現れるアルファベットが 3 つ前のものと同じものかどうかを、聴覚的 3-back では今聞いたアルファベットが 3 つ前のものと同じかどうかをそれぞれ判定する。持続的注意課題では、画面に現れる数字が奇数か偶数かを判定する。こちらはワーキングメモリを使わない課題である。被検者は実刺激群と偽刺激群それぞれ 10 名(平均年齢 22.7 歳、男女 10 名ずつ)、実刺激群の刺激は左 DLPFC に陽極を置いて 2mA、刺激時間は 16 分間。課題は、刺激前と刺激中及び休憩を挟んで刺激後 30 分時点の 3 回行った。刺激中および後の成績(正答率)それぞれの刺激前の成績からの変化をプライマリーアウトカムとした(図 3)。

結果としては、視覚的 3-back 課題においてのみ有意に、刺激中及び刺激後の課題成績が向上していた。他の課題では差が無かったので、今回の実験デザインにおいては、視覚的に情報を得た際のワーキングメモリを tDCS が向上させる可能性を示した。視覚的ワーキングメモリが十分でない学習障害者や ADHD 患者などへの適用で効果を考慮可能な示唆が得られたと考えている(図 4)。

例えばこの研究結果のみを根拠に学習障害に役立たせるとすれば、テキストを用いて視覚的課題を学習する際に、tDCS を用い

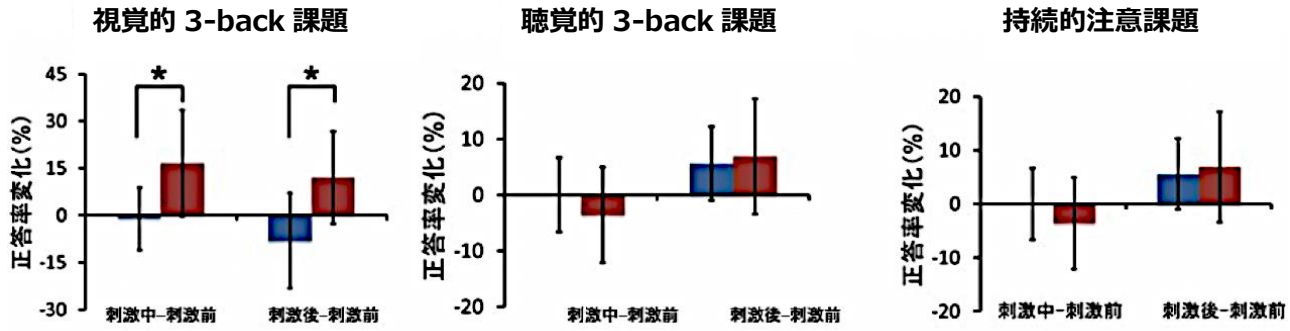


図 4 課題成績の tDCS による変化

tDCS 刺激中及び刺激後も、視覚的 3-back 課題において刺激前より有意に正答率が高くなった。

聴覚的 3-back 課題及び持続的注意課題においてそのような変化は認めなかった。

ていれば、また刺激後も 30 分以内までを目標に課題を行えば、学習効果が高い可能性があるだろう。

4. 臨床応用上の問題点

さて、脳機能の改善を前提に今後も臨床応用を検討していくにあたっての問題点をここでは 2 つ考えてみたい。

以下の 2 点である。

① 刺激の局在性

② 実験デザイン

① 刺激の局在性

tDCS の問題点の 1 つは電極から伝播する皮質上の電位分布の局在が悪いことである。図 5(a)左側は、Conventional(従来型)電極を一次運動野(M1)直上に置いた際の電位分布(下段、赤丸部分)だが、せっかくの刺激電流も皮質に広く拡散してしまって、刺激効率が悪いことが容易に想像される。その一方で、右側は、HD-tDCS(高精細 tDCS)と呼ばれるもので、M1 に置いた陽極電極を 4 つの小さな陰極電極が取り囲む。こうした配置で与えられた電流は、Conventional なものに比べて遥かに局在性高く、皮質に電流を伝えうる。実は、我々の先に紹介した研究も、この HD-tDCS を用いており、図 5(b)上段はその際の電極配置、下段は電位分布のシミュレーション画像である。

いずれにしても、tDCS の刺激の局在性は他の刺激手段、例えば経頭蓋磁気刺激(TMS)などに比べると格段に悪いことがわかる。

一方、検査者にとっては、電極配置に神経質になる必要がなく、比較的ルーズに配置が可能である。これは検査者にとってはストレスが少なく、検査者の技量による結果の差異には繋がりづらい利点でもある。

② 実験デザイン

ある標的部位、例えば DLPFC を設定した際

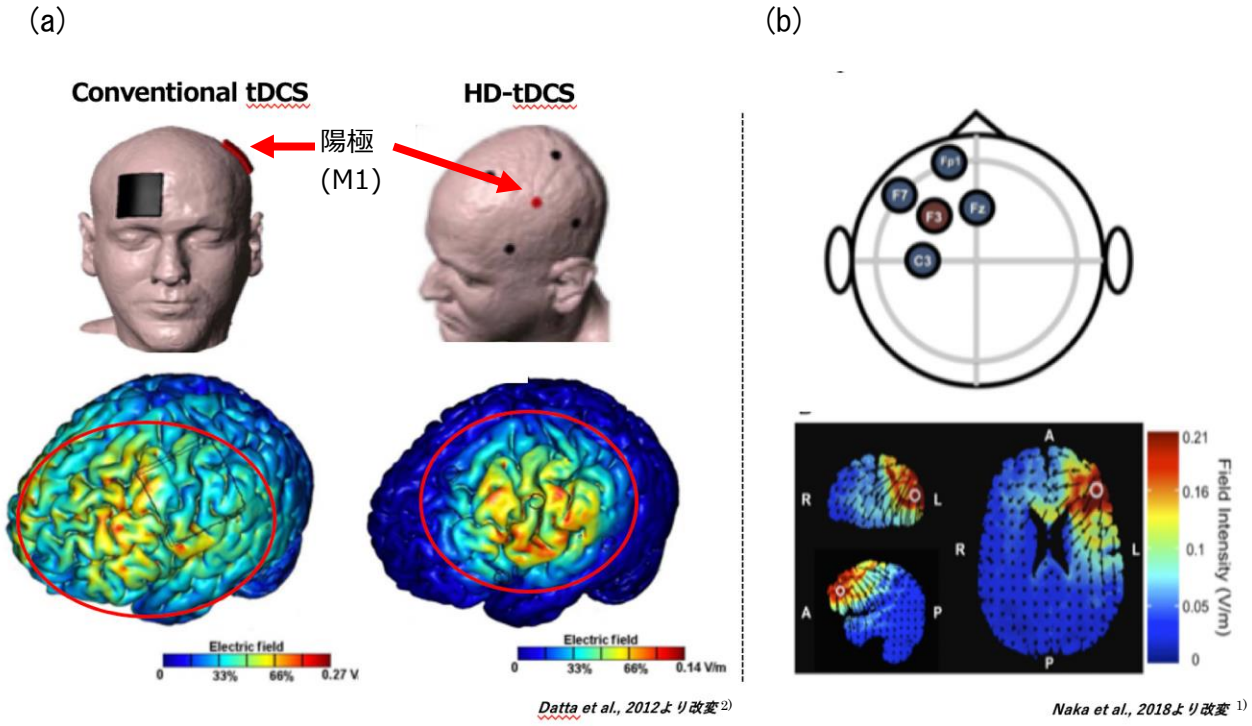


図 5 電極配置による脳皮質上の電位分布の相違

(a) tDCS 電極配置。Conventional(従来型)tDCS と HD(高精細)-tDCS による電極配置の違い(上段)と皮質上の電位分布の違い(下段)。(b) 筆者らの研究で用いた電極配置(上段)と、想定された電位分布(下段)。

に、特定の tDCS 施行条件における皮質活動への効果を考えるならば、実験条件は以下のようになることが理想的である。

つまり、(DLPFC)x(陽極、陰極、偽刺激)に加えて、(機能的に関係の無い別部位)x(陽極、陰極、偽刺激)という 6 条件を、同一人に対して課すことである。これにより、確かに DLPFC に対して tDCS を一定条件で行うことが効果を持ちうるか判定可能となる。

しかしながら、これは実際に実行することが非常に難しい。被検者に対して 6 回の測定を課すことの負担に加えて、課題を繰り返すことによる練習効果の問題も生ずる。従って、現実的には過去の研究をもとに課題に応じて刺激部位を考慮し、tDCS を実刺激である、陽極もしくは陰極刺激のいずれか一方と偽刺激の 2 つの条件で行った研究デザインがほとんどである。

多くの研究で、機能改善を目論むとき、標的部位の機能増強を望んで陽極刺激 x 偽刺激の 2 条件を課すことが多いが、一部の研究で必ずしも陽極と陰極が逆の方向性を持っているとは限らない結果も存在する。tDCS 研究の臨床応用面を結論付けるには依然研究の蓄積を必要としている。

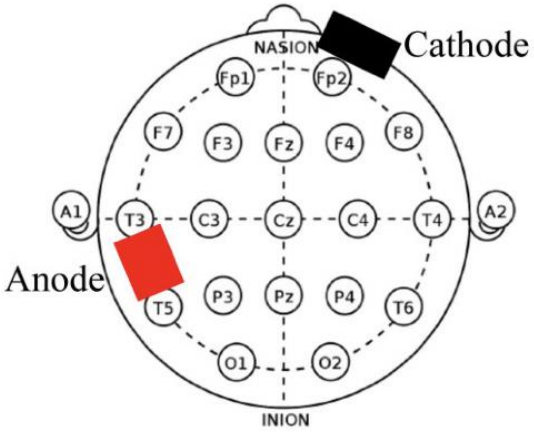
5. おわりに

tDCS についてその意義についての概略、筆者の研究、及び現時点での研究の問題点について簡単に紹介した。

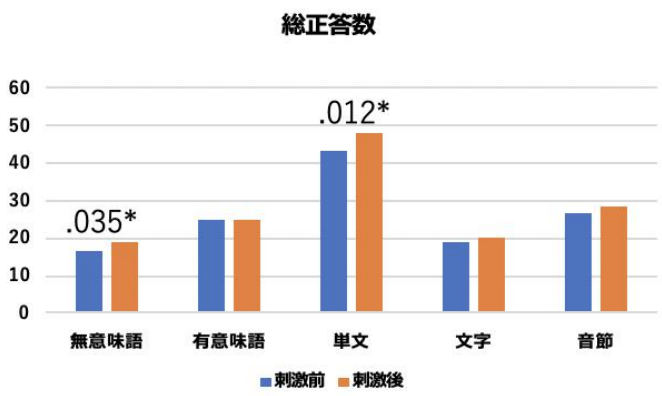
tDCS は非侵襲的かつ簡便な取扱いで脳機能を修飾させることができ、今後疾患への応用が期待されるデバイスである。筆者の感覚としては、認知機能を高める目的での使用では、健常者よりも、脳機能が低下した状態にある患者の方が効果を実感しやすいだろう印象を持っている。今後、患者を被検者とした研究の増加を待ちたい。

最後に、学習障害者への適用という意味で最近発表された読字障害への結果を紹介したい(Rios et al., 2018)[3]。彼らの研究では、8-17 歳のブラジル人ポルトガル語ネイティブで、読字障害のある生徒たちへ、陽極刺激を左側頭葉に与える形で 5 日連続 1 日

(a)



(b)



Rios et al., 2018より改変 [3]

図 6 ディスレキシアへの tDCS 適用

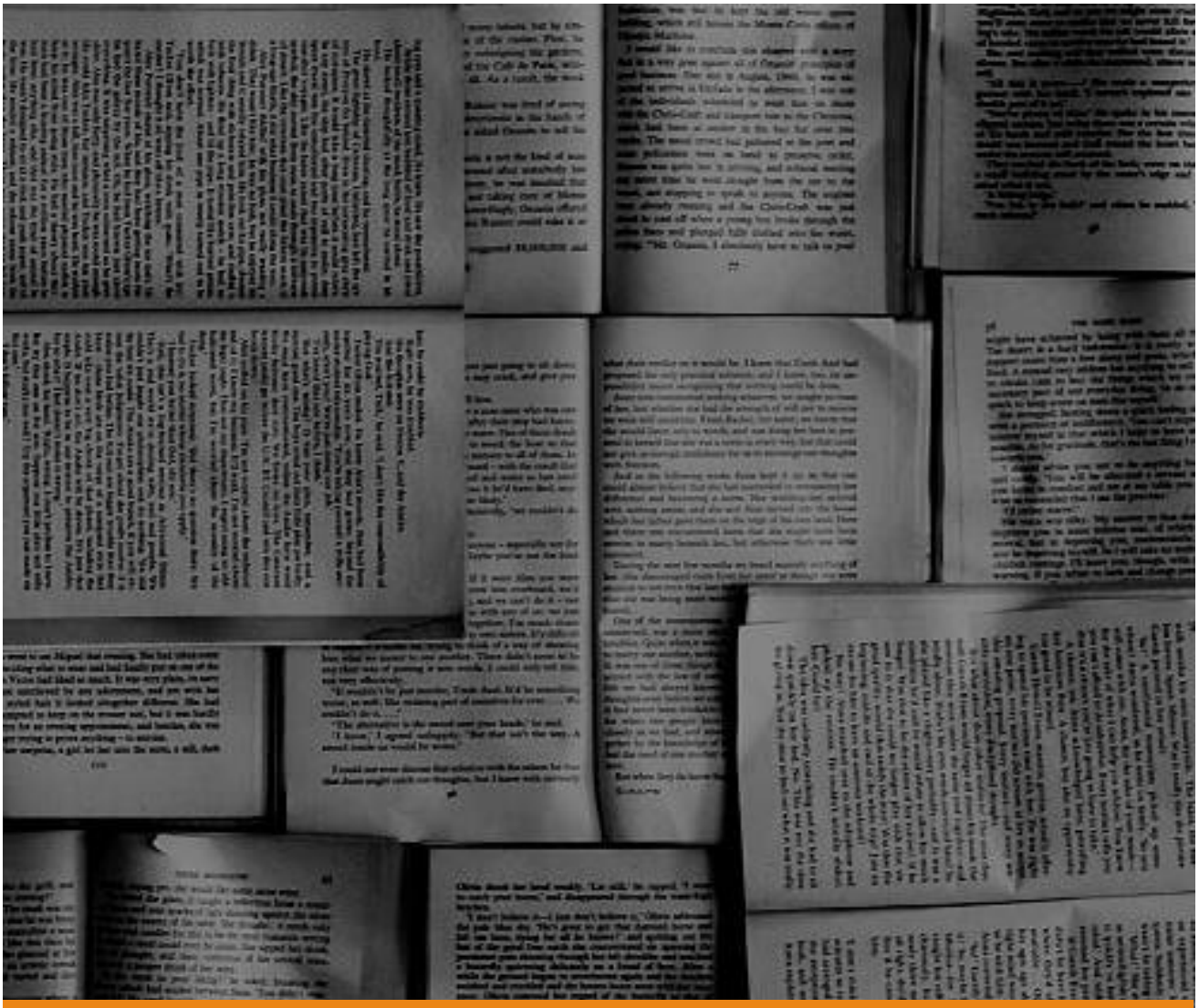
(a) tDCS 電極配置。陽極(Anode)を左側頭葉、陰極(Cathode)を右前頭葉。

(b) 結果。総正答数で、無意味語と単文の成績が有意に検査後に改善。

30 分、2mA の強度で tDCS を施行。結果、無意味語と単文の読みで有意に正答数の改善が見られた(図 6)。学習障害への適用はまだ少ないが、今後に期待したい。

主要参考文献

1) Naka M et al. (2018) : Differential effects of high-definition transcranial direct current stimulation on verbal working memory performance according to sensory modality. Neurosci Lett. 20;687:131-136.
2) Datta A et al. (2012) : Inter-Individual Variation during Transcranial Direct Current Stimulation and Normalization of Dose Using MRI-Derived Computational Models.Front Psychiatry.22;3:91.
3) Rios DM et al. (2018) : Impact of Transcranial Direct Current Stimulation on Reading Skills of Children and Adolescents With Dyslexia. Child Neurol Open.4;5:2329048X18798255.



英語読字障害支援ガイドブック

Guidebook for English-dyslexia support

発行　平成 31 年 3 月 31 日
編集　千葉大学教育学部基礎医科学
杉田克生
出版元　千葉大学教育学部養護教諭教育講座
〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33
TEL 043-290-2584
https://doi.org/10.20776/105881
表紙デザイン　Canva より