

## 原 著 特異的読字障害児の音読における視線の特徴

昭和大学医学部小児科学講座

北 條 彰\* 田 角 勝 阿 部 祥 英  
花 岡 健 太 朗 小 林 梢 板 橋 家 頭 夫

抄録：特異的読字障害は学習障害の一つであり，知的障害がないにもかかわらず，読字を苦手とする。近年の研究では，文字の音声化や単語や語句をひとまとまりとして認識することの障害と考えられている。今回，特異的読字障害の児童が読字をする際の視線を分析し，読み方の特徴を評価した。対象は，読字障害群（17人），ADHD（注意欠陥多動障害）群（10人），コントロール群（12人）の児童である。対象の児童に音読検査課題を実施し，読み飛ばしと読み誤りの回数を測定した。同時に音読検査課題中の視線の動きを Tobii 社製の眼球運動計測・視線追跡装置（アイトラッカー）を用いて，注視点の数（視線を動かした数）や注視点の大きさ（視線が停滞した時間）を比較し検討した。1. 読み飛ばし，読み誤りともに読字障害，ADHD，コントロールの順に回数が多い傾向があった。2. 4種類の音読検査課題において，読字障害群の注視点数がコントロール群の注視点数よりも有意に多かった（ $p < 0.01$ ）。読字障害の児童の視線の動きをアイトラッカーで可視化することは，読字障害の児童がどのように読字に困難を伴っているかを理解するために有用である。

キーワード：読字障害，音読，視線，アイトラッカー，アイトラッキング

発達障害は，自閉症，アスペルガー症候群，その他の広汎性発達障害，学習障害，注意欠陥多動障害，その他これに類する脳機能の障害に分類される<sup>1)</sup>。それぞれの特徴は多様で，なかでも学習障害は全般的な知的発達の遅れがないため，診断が遅れることがある。

学習障害とは「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，計算するまた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さまざまな状態を示すもの」と定義されている<sup>2)</sup>。つまり，学習に支障を来す医学的な疾患がなく，本人の学習に取り組む姿勢や環境にも問題がないにもかかわらず，期待されるよりはるかに低い学習到達度を示すものを指す<sup>3)</sup>。学習困難の原因が，努力不足や環境要因にあると誤解されやすく，社会的に思わぬ差別や蔑視，疎外を受けることも少なくない。また，それらによる不適切な環境での養育により，二次障害（反抗挑戦性障害，行為障害，気分障害，不安障害）を来すこともある。不適切な環境での養育を回避するためには，学習障害の特徴を理解し，苦手なこと，困難なことへの配

慮・対応が必要である。

今回，学習障害の中で約8割を占める特異的読字障害（以下，読字障害）の視線の特徴を分析するため，読字中の視線の動きを眼球運動計測・視線追跡装置（以下，アイトラッカー）（図1）を用いて解析し，読字障害の児童が何に困難を伴っているかを検討した。さらに，読字障害の特性が，高率に合併する注意欠陥多動障害の特性である多動性や不注意によるものとは別の要因であることを証明するため，注意欠陥多動障害の児童の視線も解析して比較検討した。

### 研究方法

#### 対象および研究方法

対象は，昭和大学病院小児科で診療している小学校1年生から小学校6年生（6歳から12歳）までの読字障害の児童17人（すべて男児）と，注意欠陥多動障害（attention deficit hyperactivity disorder, 以下 ADHD）の児童10人（すべて男児）と，コントロール群の児童12人（男児9人，女児3人）である。年齢分布は，読字障害群が中央値7歳（6～

\*責任著者

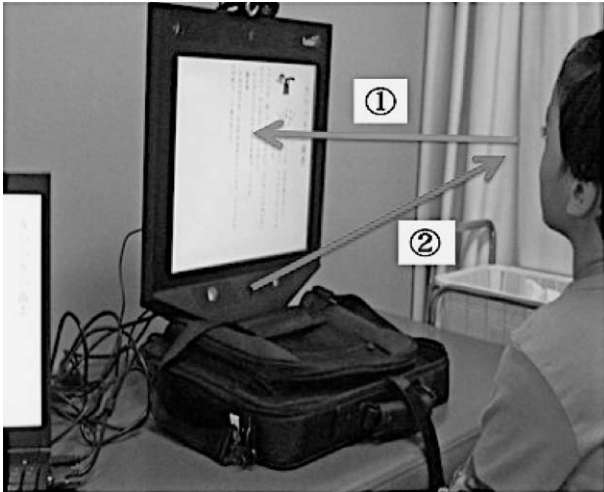


図 1 視線追跡装置

被験者はモニター画面に映った課題を音読し (①), その視線の動きを赤外線センサーによって記録する (②).

は	び	げ	い	り	び	ぜ	じ	と	よ	
み	よ	て	び	お	ぼ	に	え	ら	に	ず
ぬ	ぎ	や	む	び	じ	か	き	ち	そ	ぎ
し	ぐ	しゃ	き	つ	ひ	さ	ぺ	し	に	
ち	の	が	ま	ぶ	じ	り	れ	く	び	や

図 2 単音連続読み検査

げんかん	どろぼう	としより	してぼう	くあらち	ちゃしう
えんぴつ	てぶくろ	かねもち	しゃさね	しゃちん	かいぶて
でんとう	いりぐち	かけあし	ちゃちが	ろんもが	ねさるん
ちawan	だいがく	もちぬし	いりいと	しゅえわ	しずとう
ぜんたい	まちがい	ふろしき	けるつも	さっかも	いいちだ
せっけん	くちばし	しゃしん	きるため	むどふけ	くりじい
らいねん	かいしゃ	ばいきん	うとしま	しばちき	おいいん
たいそう	おもちゃ	めじるし	ふんばく	たんらぜ	ころしら
がっこう	あさって	しゅるい	ぐいげろ	せっかよ	びんたん
いたずら	むらさき	ふるさと	がっしあ	きかんめ	そんでい

(a) 有意味語

(b) 無意味語

図 3

a: 有意味語の速読検査, b: 無意味語の速読検査

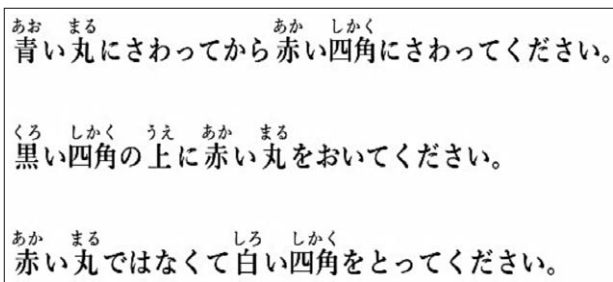


図 4 単文音読検査

12歳), ADHD群が中央値8歳(6~11歳), コントロール群が中央値8.5歳(6~11歳)であり, 3群間に有意差はなかった. いずれの症例も明らかな周産期異常は認めなかった. 読字障害の児童17人のうち10人はADHDを合併していた. 読字障害とADHDの診断は, 経験のある医師により病歴聴取, 診察を行い, 知能検査(WISC-III)の結果とICD-10に準拠して総合的に行われた.

被験者の注視点の数と注視時間は, 音読検査実施中の学童の視線を非接触眼球運動測定装置である

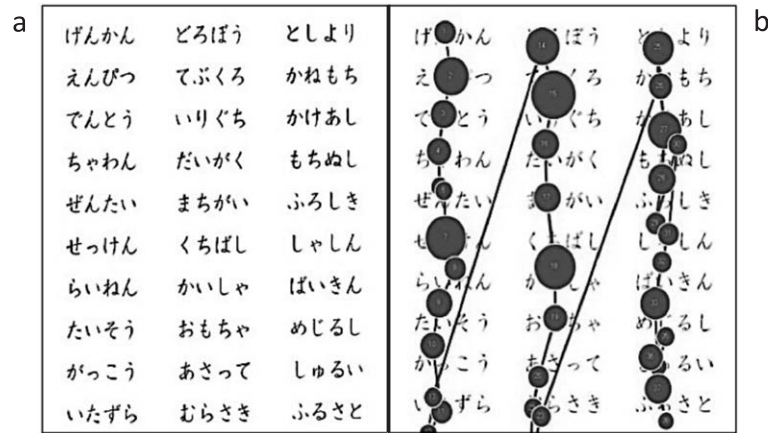


図 5 視線追跡装置によって得られたデータの例  
 a: 有意味語の速読検査  
 b: 被験者が音読した時に視線追跡装置によって得られたデータ. 視線が停滞(注視)した場所が円で示される.

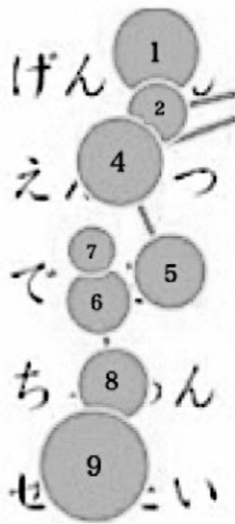


図 6 視線追跡装置によって得られたデータの例 (一部分を拡大)  
 視線が移動した順番に円の中に番号が振られているため、視線の軌道が分かる。また、視線が留まった時間に応じて円が大きくなるので、どこで視線が停滞しているかがわかる。

Tobii 社製のアイトラッカー (Tobii 1750) (図 1) を用いて可視化し、定量した。

なお、本検討は昭和大学医学部医の倫理委員会の承認を得て行われた (承認番号 1114 号)。

音読検査課題には稲垣らの「特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドライン」の読み検査課

題を用いた<sup>3)</sup>。それは単音連続読み検査、有意味語の速読検査、無意味語の速読検査、単文音読検査の 4 種類で構成されている。単音連続読み検査は、濁音、半濁音を含む順不同のひらがな 50 文字を速読させる検査である (図 2)。有意味語の速読検査は、「げんかん」「どろぼう」などの 4 文字の単語を、無意味語の速度検査は「してぼう」「しゃさね」など意味のない 4 文字を音読させる検査である (図 3)。単文音読検査の文章課題は 3 つの文章から構成されており、聴覚的理解力による失語症のスクリーニング検査の日本版 Token test で使用される文章である (図 4)。

アイトラッカーを用いた検査手順は以下の通りである。まず、被験者にモニター画面上に映し出された凝視点を注視させ、赤外線センサーによりキャリブレーションを行った。その後、検査課題をモニター画面に表示して、被験者になるべく速く正確に音読を行うように求めた。音読時の視線、眼球運動を赤外線センサーによって追跡し、その軌跡を静止画および動画で記録した。同時に、被験者が検査課題を音読している姿もモニター上部のビデオカメラで動画として記録し、適切に課題に取り組んでいるかを評価した。得られたデータのうち、装置が途中で視線の動きを検知しなかったものなど明らかに不適切なものは除外した。

実際のデータの 1 例を図 5 に示す。図 5 (a) は読み検査課題の 1 つ (有意味語の速読検査) で、こ

れを被験者が音読した時にアイトラッカーによって得られたデータが図5(b)である。注視したところ(注視点)が円で表示され、視線が留まった時間に応じて円の大きさを示される(時間が長いほど円が大きくなる)。また、視線が移動した順に番号で示されるので、どのように視線が動き、どこで視線が停滞したかを記録できる(図6)。

アイトラッカーで得られた被験者39人分のデータを、読字障害群・ADHD群・コントロール群に分け、読み飛ばし回数と読み誤り回数と注視点の数を比較した。読み飛ばしと読み誤りの回数は、4種類の検査の合計を3群間で比較して評価した。注視点の数は検査ごとに3群間で比較して評価した。

統計解析にはystatを用い、3群間における注視点数の比較にはBonferroni検定、2群間における注視点の数の比較にはWilcoxon t検定を用いた。

## 結 果

### 1. 読み飛ばし、読み誤りの回数

読み飛ばし回数は、読字障害(LD)、ADHD、コントロールの順に多い傾向があり、読字障害群の読み飛ばし回数はコントロール群の読み飛ばし回数よりも有意に多かった( $p < 0.01$ ) (図7a)。具体的には、読み飛ばし回数が0回、つまり読み飛ばすことなく音読検査を遂行できたのは、コントロール群で80%以上であったのに対し、ADHD群と読字障害群では20%であった。

読み誤り回数も読字障害(LD)、ADHD、コントロールの順に多い傾向があり、読字障害群の読み誤り回数はコントロール群の読み誤り回数よりも有意に多かった( $p < 0.05$ ) (図7b)。具体的には、コントロール群における読み誤り回数は最大で5回であったが、読字障害群で5回以上読み誤った児は8人おり、読字障害群の約半数を占めていた。

### 2. 注視点の数について

4種類の各検査(図2～4)における注視点の数の比較の詳細を図8に示す。

4種類のすべての検査において、読字障害(LD)群の注視点数がコントロール群の注視点数よりも有意に多かった( $p < 0.01$ )。また、ADHD群とコントロール群を比べると、単音連続読み検査の注視点数のみADHD群がコントロール群よりも有意に多かった( $p < 0.05$ )。

### 3. 読みにくさの検討

読字障害の視線の特徴をより視覚的に理解するため、アイトラッカーで得られた有意味語速読検査(図3a)と単文音読検査(図4)における読字障害視線例とコントロール視線例を並べて提示する(図9, 10)。コントロール例はひとつの単語をひとつの注視点で読めることが多いのに対し、読字障害例はひとつの単語において注視点が多く、ひとつひとつの注視点も大きく、視線が停滞していることを示している。

コントロール群における有意味語検査および無意味語検査の注視点数と、読字障害群における有意味語検査および無意味語検査の注視点数をすべて並べて示す(図11)。いずれの群も有意味語検査と比較して無意味語検査で注視点が多いのは当然ではあるが、読字障害群の有意味語検査の注視点数は、コントロール群の無意味語検査の注視点数よりも多い傾向があった。つまり、読字障害の児童は30個の有意味語を読むときに、コントロール群の児童が30個の無意味語を読む時よりも多く視線を動かしており、それだけ読字に困難を伴っていることが推察された。

## 考 察

今回の検討で、読字障害の児は文字や単語を読む際、読み誤りや読み飛ばしの回数が多いこと、1か所で視線が停滞し、注視点が多いことが特徴であることが判明した。その特徴はADHDの児では表れにくく、多動性や不注意によるものではなかった。

それらの理由として、文字を音(声)に変換するまでに時間がかかることや、単語を単語として把握するまでに時間がかかること、文節から文節に滑らか視線が動いていないことが示された。つまり読字障害の児は、目で見えた文字を音(声)に変換することや、単語や文節を把握することに困難さを伴っているためこのような結果になったと考えられる。

本検討で用いたアイトラッカーは非接触眼球運動測定装置であり、被験者に恐怖感や拘束感を与えない。また、低年齢や動作制限を行えない被験者に対しても検査を行える利点がある<sup>4)</sup>。アイトラッカーを用いた先行研究には、自閉症児・知的障害児の視線を支援教材ごとに検討したもの<sup>5)</sup>や学童期の極低出生体重児の読みの困難さをアイトラッカーで検討

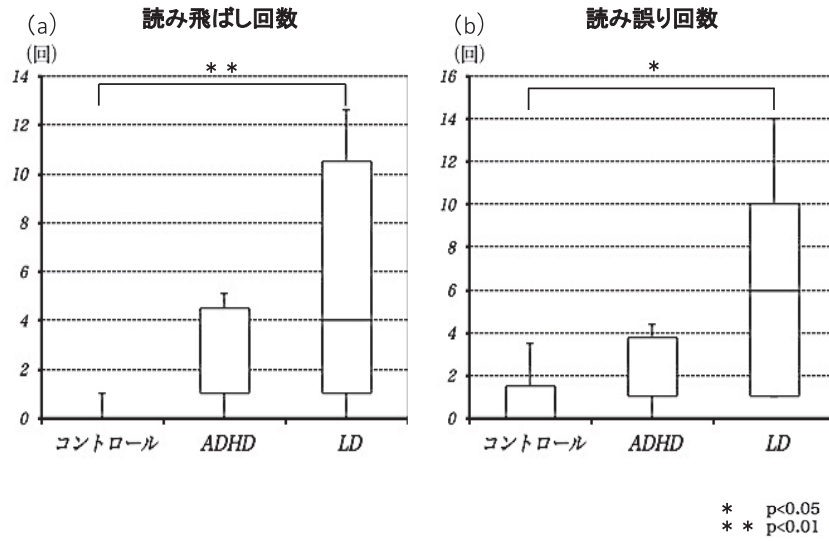


図 7 読み飛ばし回数と読み誤り回数の比較  
\*は  $p < 0.05$ , \*\*は  $p < 0.01$

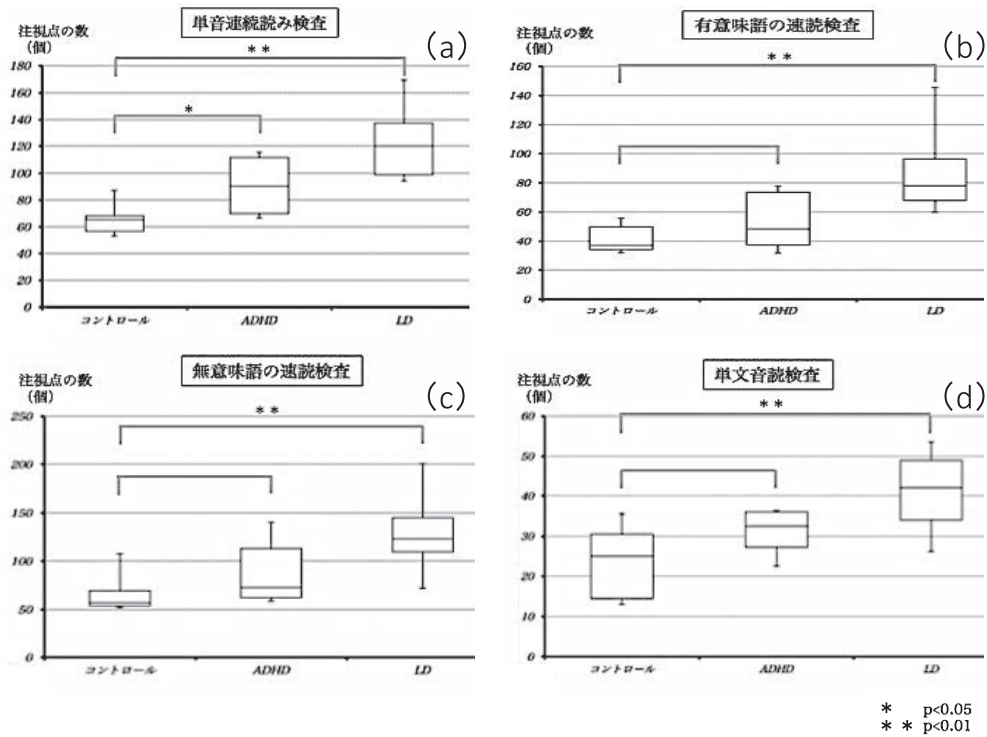


図 8 各検査課題における注視点数の比較  
\*は  $p < 0.05$ , \*\*は  $p < 0.01$

したものがある。前者では、自閉症児・知的障害児に対して、音声で指示するよりも指示棒やアンダーラインを使うことで見るべき箇所に視線を誘導する支援教材が有効であることが示唆されている。後者

では、年齢が上がっても極低出生体重児は逐字読みの傾向が解消されないことが示唆されている<sup>6)</sup>。しかし、本検討は先行研究と異なり、自閉症、知的障害、周産期の異常を有する児を対象としていない点

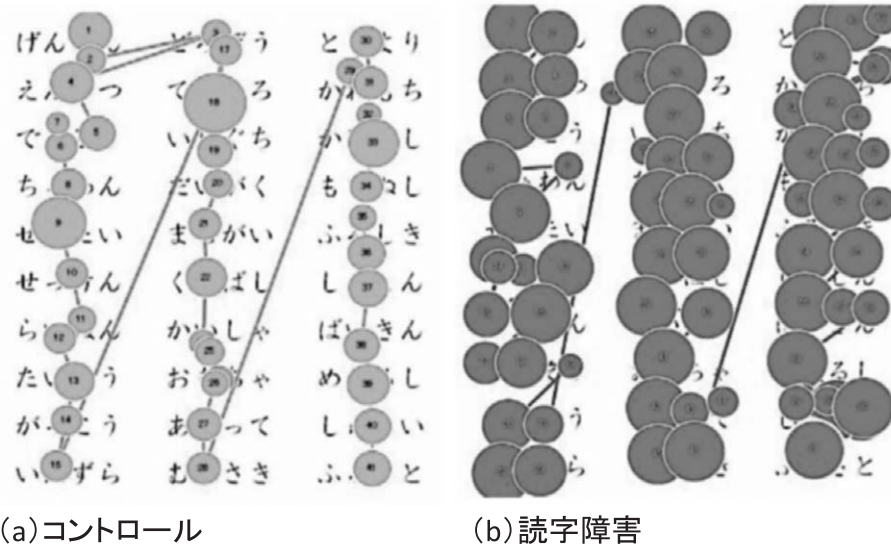


図 9 同じ有意味語の課題を読んだ時の読字障害とコントロールの視線の違い

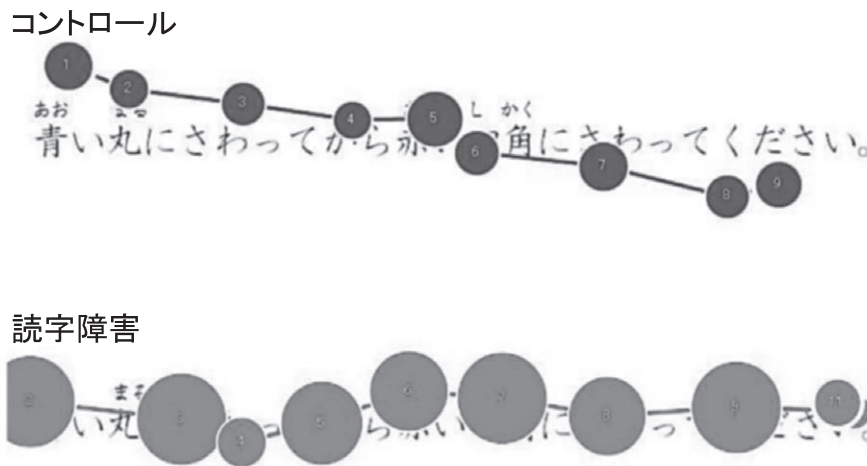


図 10 有意味語を読む読字障害視線例と無意味語を読むコントロール視線例

が特徴である。

葛西らは、小学生の読字障害児と健常児を対象に音読課題の音声を録音して分析し、群間比較の結果、音読時間、読み詰まった間の回数、読み詰まった間の時間、誤読数の4指標に有意差があることを報告した<sup>7)</sup>。われわれの検討では、読み詰まったことによる視線の停滞をアイトラッカーで得られた注視点の大きさ(円の大きさ)で示している。読字障害児は健常児に比べて注視点が大きいく傾向があったことから、葛西らの検討を音声ではなく、視線の動きの観点から支持していると言える。

金子らは、読字障害児2症例と健常児群を対象に、有意味語と無意味語の音読過程における眼球運動パターンを本研究と同様にアイトラッカーを用いて解析している<sup>8)</sup>。読字障害の2症例は健常児群と比べて逆行と逐字的読みが有意に多く出現し、その出現率は有意味語と無意味語で差がみられなかったことから、読字障害児は音読において複数の文字形態全体(whole word)をとらえる処理が困難であると考察している。彼らは眼球運動パターンを定性的に分析しているが、注視点を定量したわれわれの本検討でも、読字障害群ではコントロール群と比較

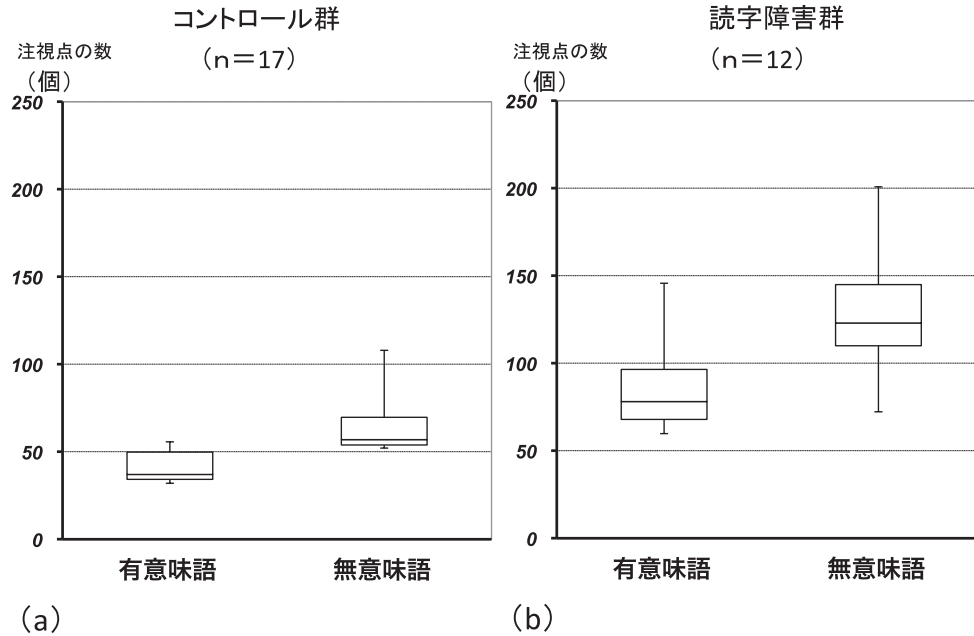


図 11

a: コントロール群における有意味語検査と無意味語検査の注視点数の比較  
 b: 読字障害群における有意味語検査と無意味語検査の注視点数の比較

して有意味語と無意味語の双方で注視点が多かった (図 11)。また、読字障害群の有意味語速読検査における注視点数がコントロール群の無意味語速読検査における注視点数よりも多かったことは、読字障害群は有意味語を読むときでさえ、コントロール群が無意味語を読むような困難を感じていると考えられる。

読字障害の児童は読字に困難を伴い、そのことでいじめられることもある<sup>9)</sup>。自尊感情が低下し<sup>10)</sup>、読むこと自体に拒否的になり、それが学業不振や不登校につながることもある<sup>11)</sup>。また、読字障害があるために読解力の問題があると、将来的に統合失調症をはじめとする精神疾患発症や行動上の問題を抱えるリスクであるという報告もあり<sup>12)</sup>、さまざまな二次障害によって社会生活に支障をきたしうる。つまり、読字障害は単に文字が読みにくいことだけにとどまらない。よって、読字障害の児童を支援する際には、医療、教育、家庭の各現場が連携することが不可欠である。また、医師、教師、保護者が読字障害の障害特性に関する知識を得て、個別の特徴を把握することが重要である。

読字障害はアルファベット文化圏では広く認識され、日本よりも頻度が高い。その理由として、日本

語は1つの仮名に1つの音があてられ、拾い読みがしやすいこと、漢字が表意文字であることが挙げられる<sup>13)</sup>。よって、本邦における特異的読字障害の検討は、アルファベット文化圏での検討と単純には比較できず、文化圏ごとに特異的読字障害の対策を講じる必要がある。本邦においても自閉症やADHDを中心に発達障害に対する認知が広がりつつあり、行政や教育現場などでもさまざまな取り組みがなされているが、まだ十分とはいえない。特に、読字障害は学校教育の問題として捉えられる傾向があるが、その病態の基本は音韻処理障害などをはじめとする認知機能が関与しており、その解決を教育現場のみに求めることはできないと指摘されている<sup>11)</sup>。

一部の医療施設において読字障害への治療的介入がなされている。施設ごとに指導方法が異なり、統一された介入プロトコルはないのが現状であるが<sup>3, 14-16)</sup>、読字障害の児童の読みの困難さを早期に発見し、特性に応じた支援・介入を行うことにより、読み困難が軽減することが報告されている<sup>16, 17)</sup>。今後、アイトラッカーを用いることにより、読字障害児の視線の特徴を理解することや、眼球運動や視線パターンが治療的介入でどのように変

化するかを評価できる可能性がある。

今回の研究の問題点として、以下の2つが挙げられる。1つ目は、被験者数が少ないことであるが、今回の研究の目的は、統計学的に有意差をもって読字障害の障害特性を示すことよりも、読字障害児の視線の特徴を視覚的に示し、理解することに重点を置いている。しかし今後、教育的介入により視線の特徴に変化が与えられるかを評価する際などには、その効果判定の判断材料としてより多くの被検者数で検討を実施する必要がある。2つ目は、読字障害群と ADHD 群がすべて男児のデータであることである。読字障害の性差については男児が女児よりも約2～3倍高いとする報告が多い<sup>18)</sup>。ADHDについても、男児の割合が高く、女児よりも約4～8倍高いとする報告されている<sup>19, 20)</sup>。そのため、本検討でもそのような疫学的影響を受けたと判断された。

読字障害の児童の視線の動きをアイトラッカーで可視化することは、読字障害の児童が“具体的にどのように読字に困難を伴っているか”を理解するために有用である。

#### 文 献

- 1) 文部科学省. 特別支援教育について. 別紙1 発達障害者支援法(平成16年12月10日法律第167号)(抄). (2016年3月20日アクセス) [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/tokubetu/main/002/001.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/main/002/001.htm)
- 2) 文部科学省. 特別支援教育について 主な発達障害の定義について. (2016年6月10日アクセス) [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/tokubetu/004/008/001.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/004/008/001.htm)
- 3) 稲垣真澄編. 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践. 東京: 診断と治療社; 2010.
- 4) 永井伸幸, 中田英雄. 障害児・者の視線分析 非接触眼球運動測定装置を用いた場合の検討. 心身障害研. 2000;24:49-54.
- 5) 大隅順子, 松村京子. 自閉症児・知的障害児における文字への注視を促す支援教材に関する視線分析研究. 発達心理研. 2013;24:318-325.
- 6) 井崎基博, 金澤忠博, 日野林俊彦. 極低出生体重児の読み能力とその特徴. コミュニケーション障害. 2015;32:109-115.
- 7) 葛西和美, 関あゆみ, 小枝達也. 日本語 dyslexia 児の基本的読字障害特性に関する研究. 小児の精と神. 2006;46:39-44.
- 8) 金子真人, 宇野 彰, 春原則子, ほか. 仮名読み書き障害を呈する学習障害児の音読過程における眼球運動の軌跡. 音声言語医学. 2002;43:295-301.
- 9) Humphrey N. Teacher and pupil ratings of self-esteem in developmental dyslexia. *Br J Special Educ.* 2002;29:29-36.
- 10) Terras MM, Thompson LC, Minnis H. Dyslexia and psycho-social functioning: an exploratory study of the role of self-esteem and understanding. *Dyslexia.* 2009;15:304-327.
- 11) 小枝達也. 発達性読み書き障害 (dyslexia) 診断と治療の進歩 医療からのアプローチ 今後の研究と診療の展望. 脳と発達. 2015;47:207-211.
- 12) Weiser M, Reichenberg A, Rabinowitz J, et al. Impaired reading comprehension and mathematical abilities in male adolescents with average or above general intellectual abilities are associated with comorbid and future psychopathology. *J Nerv Ment Dis.* 2007;195:883-890.
- 13) 林 隆, 木戸久美子, 中村仁志, ほか. 学習障害 (LD) 病像と診断 特異的読字障害 (dyslexia) の病像と病態. 小児診療. 2002;65:895-899.
- 14) 春原則子, 宇野 彰, 金子真人. 発達性読み書き障害児における実験的漢字書字訓練 認知機能特性に基づいた訓練方法の効果. 音声言語医. 2005;46:10-15.
- 15) 小枝達也. 発達性読字障害 (Developmental dyslexia) の病態と治療的介入法について. 小児神の進歩. 2008;37:155-164.
- 16) 小枝達也, 関あゆみ, 内山仁志. 疾患としての読み書き障害 就学早期からの治療的介入の試み. 教と医. 2008;56:898-907.
- 17) 後藤隆章, 熊澤 綾, 赤塚めぐみ, ほか. 特異的読字障害を示す LD 児の視覚性語彙の形成に基づく読み指導に関する研究 未指導文の読みの改善を含めた検討. 特殊教育学研究. 2011;49:41-50.
- 18) 安原昭博. 小児疾患の診断治療基準 第4版 第2部 疾患 精神疾患 (社会心理学的疾患) 注意欠陥/多動性障害. 小児内科. 2012;44(増刊):770-771.
- 19) 中村和彦. 注意欠陥/多動性障害. 森 則夫監修. 子どもの精神医学. 京都: 金芳堂; 2008. pp189-197.
- 20) 上林靖子, 河内美恵, 齋藤万比古. 注意欠陥/多動性障害 (AD/HD) の医療の実態に関する調査. 注意欠陥/多動性障害の診断・治療ガイドライン作成とその実証的研究 平成11～13年度研究報告書. 2002. pp131-148.



## EYE MOVEMENT IN DYSLEXIC CHILDREN WHILE THEY ARE READING ALOUD

Akira HOJO, Masaru TATSUNO, Yoshifusa ABE,  
Kentaro HANAOKA, Kozue KOBAYASHI and Kazuo ITAHASHI

Department of Pediatrics, Showa University School of Medicine

**Abstract** — Dyslexia is a type of learning disability. Dyslexic patients struggle with reading, but have no mental retardation. Recent studies show that dyslexia may result from problems with decoding and chunking abilities. We examined how individual words are read by tracking eye movements in dyslexic children and evaluated the features of these eye movements. Seventeen children with dyslexia, 10 children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), and 12 healthy children were participated in the study. The number of errors and word skipping were counted while children were performing four reading ability tasks described in “The practical guidelines for diagnosis and treatment in developmental dyslexic patients”. In addition, gaze points (saccade counts) and gaze point size (fixation length) were compared and examined using the Tobii eye-tracking system, which monitored participants’ eye movements during each task. The number of both errors and word skipping during reading tended to increase in the following order: healthy controls < ADHD children < dyslexic children. In all four reading ability tasks, the number of gaze points was significantly higher in the group of dyslexic children than in the healthy controls ( $p < 0.01$ ). Visualizing eye movements in children with dyslexia using eye-tracking system is useful for understanding how they struggle with reading.

**Key words:** dyslexia, reading aloud, gaze point, eye tracker, eye tracking

[受付 : 5 月 27 日, 受理 : 6 月 14 日, 2016]