

読み書きに困難のある児童に対するデジタル教材におけるハイライト機能の効果について

—音読時の視機能の評価を通して—

金森 裕治 楠 敬太 今枝 史雄
(大阪教育大学) (大阪大学) (東京学芸大学)

<要 旨>

読みに困難のある児童生徒に対してデジタル教材を活用できる環境整備が目指されている。現在、マルチメディア DAISY 教材を含むデジタル教材における活用前後の読字能力の変化等に関する研究はなされているが(金森ら, 2012 など)、デジタル教材に含まれる機能そのものの検討はまだ進んでいない。デジタル教材におけるハイライト機能の有無による眼球運動機能の違いについて検討した研究は少ない。そこで本研究では、音読時の視機能の評価及び読み能力検査を通じて、読みに困難のある児童に対するデジタル教材におけるハイライト機能の効果の検証を行うことを目的とした。

公立小学校第1学年～第6学年の読みに困難のない児童30名と、読みに困難のある児童25名に対して、アイトラッカーを用いて、視機能評価及び読み能力を評価し、「停留時間」「パフォーマンススコア」「音読潜時」「順行率」に関して、①読みに困難のある児童のハイライト有課題とハイライト無課題の比較、②読みに困難のある児童と読みに困難のない児童におけるハイライト有課題とハイライト無課題の比較を行った。①では対応のあるt検定、②では対応のないt検定を行った。「順行率」は母比率の差の検定を行った。

その結果、読みに困難のある児童に対してデジタル教材におけるハイライト機能を用いることで、音読潜時が短くなり、単語や文の認識を高めていることが示唆された。また、視線が散在しにくくなり、正確に文章を読める支援にもつながることが推察された。しかし、「停留時間」等には統計上の差は見られなかったため、今後は対象児童の読みの実態に応じて、ハイライトの長さを調整し、検討していくことが望まれた。

<キーワード>

読み書きに困難のある児童、デジタル教材、ハイライト機能

I. はじめに

1. 読み書きに困難のある児童生徒について

2007年4月に特別支援教育が本格的に開始され、それまでの養護学校(現特別支援学校)に在籍している児童生徒とともに、通常の学校に多数在籍しているとされるLD、ADHD、高機能自閉症等が含まれる発達障害のある児童生徒も特別

支援教育の対象とされることになった。2012年に実施された「通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査」を見てみると、通常の小中学校に在籍している「読む」又は「書く」に著し

い困難を示す児童生徒は 2.4%であった（文部科学省,2012）。通常の小中学校で義務教育を受けている児童生徒数は 2016 年 5 月 1 日現在で約 990 万人であるため、「読む」又は「書く」に著しい困難を示す児童生徒は通常の小中学校に約 24 万人が在籍していると言える。

読みに困難のある児童生徒の特徴を先行研究より概観すると、「勝手読みや飛ばし読みが多い」、「音読が非常にたどたどしく、読み書きに時間がかかる」等が考えられ、読みに困難がない児童と比較して、読み時間が長く、正確性が乏しいと言われている(奥村, 2011)。

また、読みに困難がない児童と比べて、読みに困難がある児童は、音読潜時が長くなるという報告もある(三益他,2011)。音読潜時とは、文字や単語などを提示してから発声を開始するまでの時間をさし、音読潜時の延長は、単語全体を認識する能力の発達の障害と、音韻意識の障害に反映すると考えられている(井上他,2012)。

さらに、読みにには眼球運動も関わっている。人間の眼球運動は、停留（視線をある場所にとどめること）とサッカード（短時間での眼球の飛越運動）を繰り返している（懸田,1998）。またサッカードは文章上を一定方向へ進む運動（順行）だけではなく、戻り運動（逆行）も観察される。懸田(1998)は、比較的難しい文章では、逆行が多くなると報告しており、スムーズに読むことができると、順行数の割合が多くなると考えられる。奥村他(2006)は、読みに困難のある児童の眼球運動の特徴に関して、逐次的読みの傾向を示し、逆行が多いと報告している。また、北條他(2016)は読字障害児にアイトラッカーを用いて、読字中の視線の動きを解析している。読字障害児は 1ヶ所で視線が停留し、注視点が多くなる傾向であると述べ

ている。このように、眼球運動は、読み書き困難さの原因になると考えられている。一方で後藤他(2010)は、「視機能の問題は必ずしも児童の読み書きの正確性に影響を与える要因ではない。」と述べている。よって、視機能については読みの困難さに関連するか否かは議論が分かれていることが示唆される。

こうした読みに困難のある児童生徒を支援する環境整備として近年、マルチメディア DAISY 教材が普及しつつある。

2. マルチメディア DAISY 教材について

2016 年度から施行された障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律（障害者差別解消法）では、障害者に対して合理的配慮を行うことが求められている。教育分野における合理的配慮として教科書を含む教材については、障害特性に応じたデジタル教科書・教材を用いた教育の情報化が推進されており、合理的配慮及びその基礎となる基礎的環境整備が必要とされている。

近年のデジタル技術の進歩により録音図書、デジター図書が普及、さらには音声に加えて同じ内容のテキストや画像も表示可能なマルチメディア DAISY 教材が普及しつつある。

また、2008 年に制定された、障害のある児童及び生徒のための教科用特定図書等の普及の促進に関する法律（以下、教科書バリアフリー法）では、障害のある児童生徒のための教科書の一つとして含まれている。

デジター (DAISY) とは、デジタル Digital アクセシブル Accessible インフォメーション System システム SYstem の略であり、カセットテープへの録音でなく、最終的には CD への録音をねらうデジタル録音図書、その国際標準規格としてデジターコンソーシアム（本部スイス）

が開発維持しているデジタル録音図書を製作するための仕様及びシステムである。LD(Learning Disabilities:学習障害)、視覚障害、肢体不自由などの読み書きに困難のある児童生徒にとって、有効な支援となることがこれまでの研究でも明らかにされている。しかし、マルチメディア DAISY 教材を含む、デジタル教材に含まれる機能そのものは検討が進んでおらず、今後検討していく必要があると言える。

3. 問題提起と本研究の目的

現在、マルチメディア DAISY 教材を含むデジタル教材における活用前後の読字能力の変化等に関する研究はなされているが(金森他、2012 など)、デジタル教材に含まれる機能そのものの検討はまだ進んでいない。デジタル教材の機能の一つであるハイライト機能は、読みに困難のある児童に対して有効であると言われている。

先行研究を踏まえると、読みに困難のある児童に対してハイライト機能を用いることによって、以下のような変化が起こるものと考えられる。

仮説1：読む際に、1ヶ所に視線が停留する時間が短縮し、一定方向に進む停留点の数(順行する数)が多くなる。

仮説2：読みの正確性が向上及び読み時間の短縮につながる

仮説3：単語全体を認識する能力が高まるため、音読潜時が短くなる。

以上より本研究では、音読時の視機能の評価を通じて、読み書きに困難のある児童生徒に対するデジタル教材におけるハイライト機能の効果の検証を行うことを目的とする。

II. 方法

1. 対象児童

公立小学校第1学年～第6学年(各5名)の通常の学級に在籍し、読みに困難を有していない児童、計30名であった。

また、公立小学校第1学年～第6学年の読みに困難のある児童、計25名(第1学年2名、第2学年6名、第3学年5名、第4学年6名、第5学年2名、第6学年4名)であった。「特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドライン」(特異的発達障害の臨床診断と治療方針作成に関する研究チーム,2010)に含まれる「特異的読字障害」の「単文音読検査」を実施し、ガイドラインの判定基準を基に、音読時間の結果が健常児の+2SD以上を「読みに困難のある児童」とした。

2. 実施日

20XX年12月である。

3. 課題

2008年度に採択された小学校国語科の文部科学省検定済教科書から説明文を抜粋し、ハイライト無課題(図1)・ハイライト有課題(図2)の2種類のデジタル教材(マルチメディア DAISY 教材)を製作した。なお内容の採択は、森田-愛媛式読み書き検査を参考にし、文字数は100文字程度とした。ルビは教科書通り、ハイライトは句読点で区切ることにした。製作したデジタル教材は2種類ともタブレットPCに表示し、フォントサイズは45P、フォント色は黒、背景色は白とした。タブレットPCに再生アプリで表示したデジタル教材を、実験者の教示後に児童が音読した。タブレットPCはiPad(9.7インチ)を使用し、再生アプリケーションはいーリーダー(シナノケンシ製)を用いた。

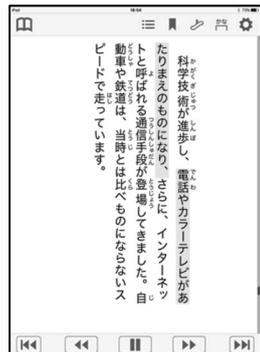
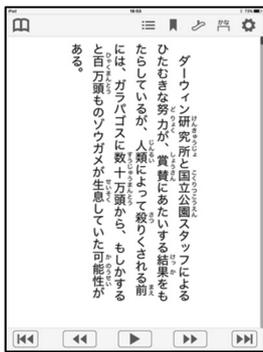


図1 ハイライト無課題 図2 ハイライト有課題

4. 調査方法・内容

課題実施時は TobiiX2-3Da アイトラッカー (Tobii Technology 製)を用いて停留点(視線がとどまった箇所)を測定した(図3)。アイトラッカーは児童用机に設置し、児童の身長に応じて机・椅子の高さを調整した。机の設置場所は、日光や蛍光灯等を配慮した。



図3 アイトラッカーでの測定の様子

また、音読の様子はビデオカメラを用いて録画し、①音読時間、②正確に読めた文字数、③音読潜時(対象児童が課題を提示してから読み始めるまでの時間)を測定した。

5. 手続き

1)分析対象児童

斜視等の理由で、視機能評価の際に停留点を表出できなかった児童を省き、読みに困難のない児童 21 名(第1学年1名、第2学年3名、第3学年4名、第4学年5名、第5学年3名、第6学年5名)、読みに困難のある児童 18 名(第1学年1

名、第2学年6名、第3学年5名、第4学年3名、第5学年2名、第6学年1名)を分析対象とした。

2)評価

仮説を検証するため、アイトラッカーによる視機能評価及び読み能力により評価を行った。

(1)視機能評価

仮説1を検証するために課題実施時の①停留時間及び②順行率を算出した。停留時間(ms)は、1つの停留点の時間を測定した。順行とは文章が進む方向と同じ方向に視線が移動する状態を指す。順行率は「順行した停留点数/全停留点数」で算出した。

(2)読み能力

仮説2を検証するためにパフォーマンススコアを、仮説3を検証するために音読潜時をそれぞれ算出した。パフォーマンススコアは Geldmacher,D.S.(1996)を参考にし、課題における音読時間(s)と正確に読めた文字数(正答数)の結果に基づき、「正答数/課題の文字数×正答数/音読時間(s)」で算出した。音読潜時(s)は課題であるデジタル教材を提示してから読み始めるまでの時間を測定した。

3)分析

デジタル教材におけるハイライト機能の効果を明らかにするために、評価指標である視機能及び読み能力について、①読みに困難のある児童のハイライト有課題とハイライト無課題の比較、②読みに困難のある児童と読みに困難のない児童におけるハイライト有課題とハイライト無課題の比較を行った。

「停留時間」「パフォーマンススコア」「音読潜時」は平均を基に比較した。①では対応のある t 検定、②では対応のない t 検定を行った。「順行率」は母比率の差の検定を行った。

Ⅲ. 結果

1. 読みに困難のある児童のハイライト有課題とハイライト無課題の比較

読みに困難のある児童のハイライト無課題とハイライト有課題の視機能評価（「停留時間」「順行率」）と読み能力（「パフォーマンススコア」「音読潜時」）の平均時間等をそれぞれ算出した（表1）。

表1 読みに困難のある児童の視機能評価及び読み能力の結果

	ハイライト無課題	ハイライト有課題
停留時間	420ms	449.7ms
順行率	62.8%	71.5%
パフォーマンススコア	2.46	2.21
音読潜時間	2.05s	1.33s

表1より、「停留時間」の平均時間は、ハイライト無課題は420msであり、ハイライト有課題は449.7msであった。「順行率」の平均は、ハイライト無課題は62.8%であり、ハイライト有課題は71.5%であった。「パフォーマンススコア」の平均は、ハイライト無課題は2.46であり、ハイライト有課題は2.21であった。「音読潜時」の平均時間は、ハイライト無課題は2.05sであり、ハイライト有課題は1.33sであった。

次に、ハイライト無課題とハイライト有課題の「停留時間」「パフォーマンススコア」「音読潜時」について対応のあるt検定を行った結果、「音読潜時」は5%水準でハイライト有課題の方が有意な差があった($t(17)=2.57, p<.05$)。「順行率」は母比率の差の検定を行ったが、有意な差は見られなかった。

2. 読みに困難のある児童と読みに困難のない児童のハイライト機能の有無による比較

読みに困難のない児童のハイライト無課題とハイライト有課題の視機能評価（「停留時間」「順

行率」）と読み能力（「パフォーマンススコア」「音読潜時」）の平均時間等をそれぞれ算出した（表2）。

表2 読みに困難のない児童の視機能評価及び読み能力の結果

	ハイライト無課題	ハイライト有課題
停留時間	308.8ms	334.1ms
順行率	74.0%	73.5%
パフォーマンススコア	5.63	5.03
音読潜時間	1.15s	1.19s

表2より、「停留時間」の平均時間は、ハイライト無課題は308.8msであり、ハイライト有課題は334.1msであった。「順行率」の平均は、ハイライト無課題は74.0%であり、ハイライト有課題は73.5%であった。「パフォーマンススコア」の平均は、ハイライト無課題は5.63であり、ハイライト有課題は5.03であった。「音読潜時」の平均時間は、ハイライト無課題は1.15sであり、ハイライト有課題は1.19sであった。

読みに困難のある児童と読みに困難のない児童のハイライト無課題の視機能評価（「停留時間」「順行率」）と読み能力（「パフォーマンススコア」「音読潜時」）を整理し、表3に表す。

表3 ハイライト無課題における視機能評価及び読み能力の比較

	読みに困難あり	読みに困難なし
停留時間	420ms	308.8ms
順行率	62.8%	74.0%
パフォーマンススコア	2.46	5.63
音読潜時間	2.05s	1.15s

次に、対応のないt検定を行ったところ、「停留時間」「パフォーマンススコア」「音読潜時」の全てで、1%水準で有意な差が見られた(それぞれ、 $t(37)=2.66, p<.01$ 、 $t(37)=6.12, p<.01$ 、 $t(37)=3.29, p<.01$)。順行率は母比率の差の検定を行ったが、有意な差は見られなかった。

次に、読みに困難のある児童と読みに困難のない

い児童のハイライト有課題の視機能評価（「停留時間」「順行率」と読み能力（「パフォーマンススコア」「音読潜時」）を整理し、表4に表す。

表4 ハイライト有課題における視機能評価及び読み能力の比較

	読みに困難あり	読みに困難なし
停留時間	449.7ms	334.1ms
順行率	71.5%	73.5%
パフォーマンススコア	2.21	5.03
音読潜時間	1.33s	1.19s

次に、対応のないt検定を行ったところ、「停留時間」「パフォーマンススコア」は1%水準で有意な差が見られた(それぞれ、 $t(37)=2.78, p<.01$ 、 $t(37)=6.4, p<.01$)、「音読潜時」は差が見られなかった。順行率は母比率の差の検定を行ったが、有意な差は見られなかった。

IV. 考察

本研究では、読みに困難のある児童に対するハイライト機能の有効性を検証するために、①読みに困難のある児童のハイライト有課題とハイライト無課題の比較、②読みに困難のある児童と読みに困難のない児童におけるハイライト有課題とハイライト無課題の比較を行った。考察では、これらの結果を基に、3つの仮説の検証を行う。

ハイライト無課題とハイライト有課題の「停留時間」「パフォーマンススコア」「音読潜時」について比較したところ、「音読潜時」はハイライト有課題の方が有意に短い傾向であることがわかった。

また、読みに困難のある児童と読みに困難のない児童のハイライト無課題の「停留時間」「パフォーマンススコア」「音読潜時」について比較したところ、読みに困難のない児童の方が「停留時間」、「音読潜時」は短く、「パフォーマンススコア」は高いことが明らかとなった。さらに、読みに困

難のある児童と読みに困難のない児童のハイライト有課題の「停留時間」「パフォーマンススコア」「音読潜時」について比較したところ、読みに困難のない児童の方が「停留時間」は短く、「パフォーマンススコア」は高いことが明らかとなった。

仮説1では、読む際に、1ヶ所に視線が停留する時間が短縮し、一定方向に進む停留点の数(順行する数)が多くなると考えていた。しかし、「停留時間」はハイライト機能の有無では、有意な差が見られない結果となった。「順行率」に関しては、統計上では差が出なかったものの、読みに困難のある児童のハイライト有課題では上昇した。奥村(2006)は読みに困難のある児童は逐次読みの傾向を示し、逆行が多くなったと報告している。本研究でも、ハイライト無課題では、読みに困難のある児童のほうが、順行率が低い結果になった。

金子他(2002)は、文字形態が単純で文字-音韻変換がやさしい単語等の読みやすい語は眼球運動パターンが安定するとしており、逆に文字形態が複雑で文字-音韻変換が難しい単語は読みにくくなると報告している。このことよりハイライト機能を用いることで視線が散在しにくくなり、文章通りに読むことができる可能性が考えられる。

仮説2では読みの正確性が向上及び読み時間の短縮につながると考えていた。今回、正確性と読み時間との関係性をみるために、「パフォーマンススコア」を用いて検証したが、有意な差は見られなかった。

松田(2001)の正常な視力をもつ大学生を対象に行った研究では、平仮名文において、分かち書きの条件で区切った空白あり文と、空白なし文で比較したところ、空白あり文のほうが、音読時間が短くなったと報告している。今回、ハイライトを

句読点で区切り、1つのハイライトの長さが比較的長くなった。ハイライトの長さの問題で、読みに困難のある児童にハイライト機能を用いても、音読時間には変化は現れなかったと考えられる。

奥村(2006)は、眼球運動機能の異常は読み書き障害の原因になると報告している。一方で、後藤他(2010)は、「視機能の問題は必ずしも児童の読み書きの正確性に影響を与える要因ではない。」と述べている。本研究では、後藤他(2010)が述べている通りハイライト機能で読む場所を示しても、正確性は向上しなかったと考えられる。このように音読時間と正確性に変化がなく、「パフォーマンス」にもハイライト機能の効果はでなかった。

仮説3では、単語全体を認識する能力が高まるため、音読潜時が短縮すると考えていた。

三盃他(2011)は、発達性読み書き障害児群の音読潜時は定型発達児群の音読潜時よりも有意に長くなると報告している。本研究では三盃他(2011)の研究と同様にハイライト無課題では、読みに困難のある児童と読みに困難のない児童の音読潜時には有意な差が見られた。しかし、ハイライト機能を用いると読みに困難のある児童と読みに困難のない児童の音読潜時には有意な差が見られなかった。以上の結果から、ハイライト機能を用いることで、読みに困難のある児童の音読潜時が短縮することが明らかとなり、仮説3を立証することができた。瀧元他(2016)は、LD児は通常音読の5文字課題では音読潜時が延長したが、改行5文字では音読潜時が短縮したと報告している。このことから文章や単語を区切ることは、音読潜時に影響すると考えられる。井上(2012)は、読みに困難のある児童は単語全体としての認識する能力の発達に障害があるため、単語を認識し読み始めるまでの時間が延長すると述べてい

る。ハイライト機能を用いて文章や単語を区切ることで、単語や文を認識する能力が向上し、読み始めるまでの時間が短縮したと推察できる。

V. まとめと今後の課題

本研究の結果から、読みに困難のある児童に対してハイライト機能を用いることで、課題を提示してから読み始めるまでの時間が短くなる傾向があることが分かった。また、ハイライトを用いることで文章を流れ通りに読める可能性も考えられた。しかし、「停留時間(ms)」、「パフォーマンススコア」、「順行率」に統計上の差は見られなかった。今回、ハイライトを句読点で区切り、1つのハイライトの長さが比較的長くなった。このことが、影響しているのではないかと考えられる。今後の課題として、ハイライトの長さを調整し、再度検討することが望まれる。

VI. 引用文献

Geldmacher, D.S.(1996) : Effect of stimulus number and target-to-distractor ratio on the performance of random array letter cancellation tasks.

Brain and Cognition, 32, pp.405-415

後藤多可志・宇野彰・春原則子・金子真人・栗屋徳子・狐塚順子・片野晶子(2010): 発達性読み書き障害児における視機能、視知覚および視覚認知機能について. 音声言語医学, 51(1), pp.38-53.

北條彰・田角勝・阿部祥英・花岡健太郎・小林梢板橋家頭夫(2016): 特異的読字障害児の音読における視線の特徴. 昭和学会雑誌, 76(5), pp.598-606.

井上知洋・東原文子・岡崎慎治・前川久男(2012):

- 読み困難児におけるひらがな読字能力と音韻処理能力の関連性の検討ー音読潜時と発話時間からー. 特殊教育学研究, 49(5), pp.435-444.
- 懸田孝一(1998): 読書時の単語認知過程-眼球運動を指標とした研究の概観. 北海道大学文学部紀要, 46(3), pp.155-192.
- 金森裕治・西田福美・宮本直美・古川尚子・縄田登紀子・今枝史雄・楠敬太(2012): 特別支援教育におけるマルチメディアデিজィー教科書を活用した実践及び評価方法に関する研究. 大阪教育大学紀要 第IV部門. 教育科学, 61(1), pp.41-57.
- 金子真人・宇野彰・春原則子・加我牧子・佐々木征行(2002): 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, 43(3), pp.295-301.
- 松田真幸(2001): 日本語文の読みに及ぼす文節間空白の影響. 基礎心理学研究, 19(2), pp.83-92.
- 文部科学省(2012): 通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について
- 奥村智人(2006): Reading disorder 児における衝動性眼球運動の検討. 脳と発達, 38, pp.347-352.
- 奥村智人(2011): 発達性読み書き障害への障害特性に応じた読み支援法の開発. 博報財団 第5回助成 児童教育の基盤となることばの教育に関する研究の部 報告書
- 三盃亜美・宇野彰・春原則子・金子真人・栗屋徳子・WYDELL Taeko N.・狐塚順子・後藤多可志・蔦森英史(2011): 単語長が仮名実在語と仮名非語の音読に及ぼす影響ー小学校 5・6年生の典型発達児と発達性読み書き障害児を対象としてー. 音声言語医学, 52(1), pp.26-31.
- 瀧元沙祈・中知華穂・銘苺実土・後藤隆章・雲井未歎・小池敏英(2016): 学習障害児における改行ひらがな単語の音読特徴ー音読の時間的側面と誤反応の分析に基づく検討ー. 特殊教育学研究, 54(2), pp.65-75.
- 特異的発達障害の臨床診断と治療方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ーわかりやすい診断手順と支援の実際ー. 診断と治療社