第58回 日本視能矯正学会

一般講演

通常学級に在籍する読み困難児における
文章音読時の眼球運動に影響を及ぼす要因の検討

岡野 真弓¹⁾・内川 義和¹⁾・田村 省悟¹⁾・齋藤真之介¹⁾・有安 正規^{1),2)}

¹⁾ 九州保健福祉大学 保健科学部 視機能療法学科

²⁾ あだち眼科

Factors affecting the eye movements during oral reading
in regular class children with reading difficulties

Mayumi Okano¹⁾, Yoshikazu Uchikawa¹⁾, Shougo Tamura¹⁾,
Shinnosuke Saito¹⁾, Masaki Ariyasu^{1), 2)}

¹⁾ Department of Orthoptics and Visual Sciences, Kyushu University of Health and Welfare

²⁾ Adachi Eye Clinic

要 約

【目的】我々は先行研究で、通常学級に在籍する読み困難児における文章音読時の眼球運動は短いサッケード距離で頻繁に停留を繰り返すという特徴があることを確認した。本研究では、通常学級に在籍する読み困難児における文章音読時の眼球運動に影響を及ぼす要因を明らかにすることを目的とした。

【対象及び方法】通常学級に在籍する小学4・5年の読み困難児6名と健常な読み能力をもつ児（以下、対照児）39名を対象に、視機能検査、視知覚技能検査を行った。視機能検査では、視力、屈折、調節効率、立体視、眼位、輻湊近点、眼球運動を測定した。さらに、音韻認識力、音読における自動化能力を評価するために、それぞれ単語逆唱課題、Rapid Automatized Naming（以下、RAN）課題を実施した。

【結果】読み困難児群は対照児群よりもRANの平均所要時間が有意に延長していた。重回帰分析の結果、停留回数、サッケード距離に有意な影響を及ぼす要因としてRANの平均所要時間が抽出された。

【結論】通常学級に在籍する読み困難児における文章音読時の眼球運動には、自動化能力が影響していることが示唆された。

別冊請求先（〒324-8501）栃木県大田原市北金丸2600-1

Tel. 0287 (24) 3000 Fax. 0287 (24) 3631

E-mail : okanom@iuhw.ac.jp

Key words : 読み困難、文章読み、眼球運動、視覚情報処理、音韻情報処理

reading difficulties, text reading, eye movement, visual information processing,
phonological information processing

Abstract

[Purpose] We have previously shown that regular class children with reading difficulties (RD) exhibit eye movements with shorter saccades and more fixations during oral reading. In this study, we investigated the factors that affected these eye movements.

[Subjects and Methods] Subjects were 6 regular class 4th or 5th graders with RD and 39 age-matched control children. The subjects underwent tests for visual functions and visual perceptual skills. In the visual function test, visual acuity, refraction, accommodative facility, stereopsis, ocular deviation, near point of convergence, and eye movement were measured. In addition, phonological awareness (the mora reversal task of words) and rapid automatized naming (RAN), which assesses the automatization ability, were also evaluated.

[Results] The children with RD required significantly longer time than the controls in the RAN task. Stepwise multiple regression analysis revealed that the RAN task performance significantly affected the fixation frequency and saccade length during oral reading.

[Conclusion] In regular class children with RD, their automatization ability measured by the RAN task is the factor that influences the eye movements during oral reading.

I. 緒言

「読み」は視覚的に捉えた文字や単語を音に変換し、内容を理解するまでの一連の作業であり、この過程で問題が生じることで読みの困難さが引き起こされる¹⁾。2012年の文部科学省の調査では、通常学級の中で「読む」または「書く」に著しい困難を示す児童生徒が2.4%いることが示された²⁾。またUnoらは、通常学級に在籍する児童の中に読字障害を呈する児童が8.1%いることを報告しており³⁾、読みに困難を示す児（以下、読み困難児）は通常学級に一定数は存在すると考えられる。読みは基礎的学習スキルの1つであり、その困難さは個人の心理面、学業面、そして社会生活面に多大な影響を与えることから¹⁾、早期に読み困難を把握し、適切な支援を行うことが求められている。そこで、支援への手がかりを得るために、読み困難児がどのような読みの問題を伴っているのか、読みの過程の特徴とその背景にある要因を明らかにすることが必要である。

我々は、通常学級に在籍する読み困難児の読みの過程の特徴を明らかにするために、文章音読時の眼球運動を検討し、読み困難児は健常な読み能力をもつ児と比べて、短いサッケード距離で頻繁に停留を繰り返すことを確認した⁴⁾。この特徴は、発達性読み書き障害児における読みの眼球運動の特徴^{5)~11)}と一致していた。発達

性読み書き障害児における読みの眼球運動を特徴づける要因として、衝動性眼球運動機能を中心とした視覚情報処理過程の問題^{10)~13)}、音韻情報処理過程の問題⁸⁾を示唆する報告があるが、一定の見解はない。

本研究では、通常学級に在籍する読み困難児における文章音読時の眼球運動に影響を及ぼす要因を明らかにするために、読み困難児における視覚情報処理機能、音韻情報処理機能の検討及び文章音読時の眼球運動と視覚情報処理機能、音韻情報処理機能との関連性の検討を行った。

II. 対象及び方法

1. 対象

公立小学校の通常学級に在籍する4・5年生のうち、保護者及び本人から研究参加に同意が得られた児で遠見矯正視力1.0以上であった45名（男児21名、女児24名）を対象とした。対象を読み困難児と健常な読み能力をもつ児（以下、対照児）に分類するため、教研式Reading-Testを行った。本検査は、4つの下位検査（読字力、語彙力、文法力、読解力）から構成され、総合結果が読書力として5段階で評価される。本研究では、読書力の評価点が2以下である者を読み困難児、3以上である者を対照児とした。読み困難児は6名、対照児は39名であっ

た。平均年齢は、読み困難児群 9.87 ± 0.74 歳 (平均値 $\pm$ 標準偏差)、対照児群 9.85 ± 0.75 歳であり、両群の間に有意な差を認めなかった。

2. 方法

装着式眼球運動測定装置TalkEye Lite (T.K.K.2951、竹井機器工業)を用いて、液晶モニタ (27インチ、解像度 1920×1080 pixel) 上に提示された刺激文章を音読している時の眼球運動軌跡を記録した。読み困難児における文章音読時の眼球運動のうち停留回数、サッケード距離が音読速度の低下に関与することを先行研究で確認したこと⁴⁾、本研究では眼球運動指標として停留回数、サッケード距離を用いた。

視覚情報処理機能として、視覚情報の入力、処理に関わる視機能、視知覚の評価を行った。視機能検査では、遠見及び近見視力検査、自覚的屈折検査、調節効率検査、立体視検査、近見眼位検査、輻湊近点検査、眼球運動検査を行った。調節効率検査では+2.00 Dレンズと-2.00 Dレンズからなる調節フリッパーレンズを用いて、1分間に明視できたレンズ反転回数を測定し、その回数を2で除した値 (単位: cycle per minute) を求めた¹⁴⁾。立体視検査にはTitmus stereotestsを用いた。眼球運動検査ではNortheastern State University College of Optometry (以下、NSUCO) での衝動性眼球運動検査とDevelopmental Eye Movement Test (以下、DEM) (Bernell) を行った。NSUCOは肉眼的観察により、半定量的に眼球運動を評価する検査である。検査では、2つの視標を水平方向に20 cm離して提示し、対象児に指示された視標を交互に5往復連続して見させた。検者は眼球運動を観察し、4つのカテゴリー (能力、正確性、頭の動き、体の動き) について得点化 (1~5点) し¹⁵⁾、その合計得点 (以下、サッケードスコア) を求めた。DEMはテストA、テストB及びテストCから構成されている。テストAとテストBは等間隔に並んだ40文字の数字列を上から下へ縦方向に呼称する課題、テストCは不等間隔に並んだ80文字の

数字列を左から右へ横方向に呼称する課題であり、各テストで数字列の音読時間と読み間違い数を測定した。テストCでは音読時間を読み間違い数 (読み飛ばし数、読み加え数) で調整した音読調整時間を求めた。テストCの音読調整時間をテストAとテストBの音読時間の合計で割った比率をDEM比とし、衝動性眼球運動の正確さを示す指標として用いた^{15), 16)}。

視知覚の評価には、視知覚技能検査 (Test of Visual Perceptual Skills-3rd Edition: 以下、TVPS-3) (Academic Therapy Publications) を用いた。TVPS-3は、視覚的弁別、視覚的記憶、視覚-空間関係、形態の恒常性、配列記憶、図地弁別、視覚的閉合の7つのサブテストから構成されている。本研究では下位尺度得点 (1~19点) を指標として用いた。

音韻情報処理機能を評価するために、単語逆唱課題及びRapid Automatized Naming (以下、RAN) 課題を実施した。単語逆唱課題は、聴覚的に与えられた単語を語尾から語頭に向かって音の配列を逆に言う課題であり、音韻認識力を示す指標として用いられている^{1), 17), 18)}。本研究では2~4モーラの単語の12課題を実施し、正答数を求めた。RAN課題は、交互に配列された線画 (10個) と数字 (10個) を連続的にできる限り速く呼名する課題である。RAN課題は記号を音にすばやく変換することが求められることから、音読における自動化能力を示す指標として用いられている^{17), 19), 20)}。本研究では2施行実施し、平均所要時間を求めた。

統計学的分析では、Mann-WhitneyのU検定、Spearmanの順位相関係数、ステップワイズ法による重回帰分析を行った。有意水準は5%とした。統計処理にはIBM SPSS statistics ver.24を使用した。

本研究は、九州保健福祉大学倫理委員会の承認 (承認番号15-005) を得て実施した。

Ⅲ. 結果

1. 読み困難児における視覚情報処理機能、音韻情報処理機能

読み困難児群と対照児群の視覚情報処理機

能、音韻情報処理機能を比較した結果を表1に示す。球面度数、円柱度数、不同視差、調節効率、立体視、近見眼位、輻湊近点及びサッケードスコア、DEM比は両群の間で有意な差を認めなかった。なお、近見視力は全例1.0であった。TVPS-3での下位尺度得点においても両群の間で有意な差を認めなかった。音韻情報処理機能のうち、単語逆唱課題の正答数は両群の間で有意な差を認めなかったが、RANの平均所要時間は、読み困難児群は対照児群よりも有意に延長していた ($p<0.01$)。

2. 文章音読時の眼球運動と視覚情報処理機能、音韻情報処理機能との関連

停留回数またはサッケード距離と視機能の各指標との単相関分析の結果を表2に示す。全例で近見視力は1.0以上、立体視は60秒以下であったため、これらは変数から除外した。停留回数またはサッケード距離と球面度数、円柱度数、不同視差、調節効率、近見眼位、輻湊近点及びサッケードスコア、DEM比との間に有意な相関を認めなかった。

停留回数またはサッケード距離とTVPS-3の下位尺度得点、単語逆唱課題の正答数、RANの平均所要時間との単相関分析の結果を表3に

表1 視覚情報処理機能、音韻情報処理機能の群間比較

	対照児群 (n=39)	読み困難児群 (n=6)	有意確率
視覚情報処理機能－視機能－			
球面度数 (D)	-0.02±1.22	-0.35±2.24	0.637
円柱度数 (D)	-0.07±0.20	-0.19±0.22	0.204
不同視差 (D)	0.28±0.40	0.15±0.21	0.684
調節効率 (cpm)	10.08±4.23	8.58±3.84	0.333
立体視 (seconds of arc)	43.08±5.21	46.67±8.16	0.333
近見眼位 (°)	-2.44±8.54	-1.67±3.67	0.884
輻湊近点 (cm)	4.40±4.42	3.33±0.97	0.350
サッケードスコア	19.23±1.20	19.50±0.55	0.961
DEM 比	1.18±0.13	1.26±0.11	0.079
視覚情報処理機能－視知覚－			
視覚的弁別	9.51±2.46	11.33±2.66	0.114
視覚的記憶	10.85±2.83	11.33±2.50	0.708
視覚－空間関係	11.62±3.34	12.83±3.54	0.462
形態の恒常性	10.31±3.71	10.83±3.54	0.591
配列記憶	10.44±2.64	10.83±2.32	0.757
図地弁別	12.08±3.21	11.33±3.01	0.708
視覚的閉合	11.23±2.55	12.17±2.40	0.333
音韻情報処理機能			
単語逆唱課題 正答数	14.13±2.74	13.83±1.94	0.423
RAN 平均所要時間 (秒)	13.12±1.84	15.19±1.80	0.029*

cpm: cycle per minute, 平均値±標準偏差, Mann-Whitney の U検定, * $p<0.05$

表2 文章音読時の眼球運動と視機能との単相関

	球面度数	円柱度数	不同視差	調節効率	近見眼位	輻湊近点	サッケード	DEM 比
停留回数	0.068	-0.163	0.043	-0.134	0.051	-0.197	0.143	0.059
サッケード距離	-0.081	0.126	0.035	0.203	-0.052	0.236	-0.100	-0.015

Spearman の順位相関係数

表3 文章音読時の眼球運動と視知覚、音韻情報処理機能との単相関

	視知覚技能検査 TVPS-3							単語 逆唱	RAN
	DIS	MEM	SPA	CON	SEQ	FGR	CLO		
停留回数	0.132	-0.269	0.040	-0.061	-0.209	-0.128	0.123	-0.262	0.498**
サッケード距離	-0.079	0.319*	-0.006	0.119	0.203	0.087	-0.053	0.316*	-0.458**

DIS: 視覚的弁別, MEM: 視覚的記憶, SPA: 視覚-空間関係, CON: 形態の恒常性, SEQ: 配列記憶,

FGR: 図地弁別, CLO: 視覚的閉合, RAN: Rapid Automatized Naming, Spearman の順位相関係数,

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

示す。停留回数はTVPS-3の下位尺度得点、単語逆唱課題の正答数とは有意な相関を認めなかったが、RANの平均所要時間とは有意な正の相関を認めた。サッケード距離は視覚的記憶、単語逆唱課題の正答数と有意な正の相関を、RANの平均所要時間と有意な負の相関を認めた。

3. 文章音読時の眼球運動に対する視覚情報処理機能、音韻情報処理機能の影響

単相関分析で停留回数、サッケード距離と有意な関連を認めた、視覚的記憶、単語逆唱課題の正答数、RANの平均所要時間を独立変数、停留回数またはサッケード距離を従属変数とした重回帰分析（ステップワイズ法）を行った。その結果、停留回数またはサッケード距離に有意な影響を及ぼす要因としてRANの平均所要

時間が抽出された（表4）。なお、多重共線性の指標とされるVariance Inflation Factor（VIF）はすべて1.1より小さく、独立変数間に多重共線性は存在しないことを確認した。

IV. 考按

読み困難児群の文章音読時の眼球運動は、対照児群と比較して有意に停留回数が多く、サッケード距離が短いことを先行研究で明らかにした⁴⁾。今回、両群の視覚情報処理機能、音韻情報処理機能を比較した結果、読み困難児群は対照児群よりもRANの平均所要時間が有意に延長していた。さらに、重回帰分析の結果、停留回数、サッケード距離に有意な影響を及ぼす要因としてRANの平均所要時間が抽出された。RANの平均所要時間の延長は、記号を音に素

表4 文章音読時の眼球運動に対する視覚情報処理機能、音韻情報処理機能の影響

従属変数	独立変数	標準偏回帰係数 β	有意確率 p	R^2
停留回数	RAN	0.524	0.000	0.274
サッケード距離	RAN	-0.460	0.001	0.212

RAN: Rapid Automatized Naming, ステップワイズ法による重回帰分析

早く変換することの困難さ、すなわち自動化能力の問題を反映していると考えられている^{17), 19), 20)}。以上のことより、通常学級に在籍する読み困難児における文章音読時の眼球運動には音読における自動化能力の問題が影響していることが示唆された。

発達性読み書き障害児において、読みの眼球運動に文字－音韻変換過程の問題が影響していることを示唆する報告がある⁸⁾。また、読み能力に影響を及ぼす認知要因として、音韻認識力^{18), 19), 21), 22)}、自動化能力^{19), 20), 22), 23)}の関与が報告されている。本研究において、読み困難児群は対照児群よりもRANの成績が有意に不良であったが、単語逆唱課題の成績は両群の間で有意な差を認めなかった。また、停留回数はRANの成績との間で、サッケード距離はRANと単語逆唱課題の成績との間で有意な相関を認めたが、他の独立変数の影響を調整して関連性を調べる重回帰分析では、停留回数、サッケード距離に有意な影響を及ぼす因子として抽出されたのはRANの成績のみであった。これらのことから、読み困難児での文章音読時の眼球運動には自動化能力が大きく影響しており、音韻認識力は影響していないことが示唆された。春原ら¹⁹⁾は、小学1年から6年の典型発達児における文章音読速度に影響する要因として自動化能力、音韻認識力及び語彙力が抽出されたこと、さらにそれぞれの寄与率は学年が上がるにつれて変化し、小学4・5年では文章音読速度に音韻認識力の影響はみられず、自動化能力と語彙力の影響が大きかったと報告している。本研究において、小学4・5年の読み困難児における文章音読時の眼球運動に影響を及ぼす要因として自動化能力の問題が示されたことは、春原らの報告と矛盾しない結果であった。

発達性読み書き障害児において、衝動性眼球運動の問題が読みの眼球運動に影響を及ぼすことが報告されている^{10)~13)}。しかし本研究において、読み困難児群と対照児群との間でサッケードスコア、DEM比に差を認めず、さらに両指標と停留回数、サッケード距離との間に関連を認めなかった。このことから、読み困難児での文章音読時の眼球運動には、衝動性眼球運動の

問題は影響していないものと考えられた。ただし、衝動性眼球運動について、先行研究^{10)~13)}では眼球運動解析装置による定量的評価を行っているのに対し、本研究では、NSUCOによる肉眼的観察での半定量的評価及びDEMによる間接的評価を行っている。衝動性眼球運動について客観的かつ定量的評価を行って、読み困難児における文章音読時の眼球運動との関連について検討することが必要であると考ええる。

視覚情報処理機能のうち、遠視^{24), 25)}、乱視²⁶⁾、遠視性不同視²⁷⁾及び調節異常²⁵⁾が音読速度に影響することが報告されている。また、視覚的認知や視覚記憶の問題が読みに影響することが報告されている²²⁾。しかし本研究では、読み困難児での文章音読時の眼球運動と屈折や調節効率といった視機能、視知覚との間に関連を認めなかった。これは、本研究において読み困難児のうち、遠視(0.75 D以上)を示した児は3名で、いずれも1.25 D以下であり、調節効率の異常¹⁴⁾を示した児は2名、乱視(1.00 D以上)、遠視性不同視(0.75 D以上)、視知覚に異常を示した児はいなかったことが影響している可能性がある。読み困難児での文章音読時の眼球運動に対する遠視、乱視、不同視、調節異常及び視知覚の問題による影響については、本研究で明らかにすることはできなかった。

本研究より、通常学級に在籍する読み困難児での文章音読時の眼球運動の背景に音読にかかわる自動化能力の問題が関与していることが示唆された。これは、通常学級に在籍する読み困難児に対する支援を考えていく上で有用な情報になりうるのではないかと考える。今後、個別性についても検討を行い、読み困難児に対する支援のあり方を検討していきたいと考える。

本研究はJSPS科研費15K13256の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 原 恵子: 学習障害－発達性読み書き障害を中心に－. 石田宏代, 石坂郁代(編): 言語聴覚士のための言語発達障害学 第2版. 166-

- 180, 医歯薬出版, 東京, 2016.
- 2) 文部科学省: 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. 2012.
- 3) Uno A, Wydell TN, Haruhara N, Kaneko M, Shinya N: Relationship between reading/writing skills and cognitive abilities among Japanese primary-school children: Normal readers versus poor readers (dyslexics). *Reading Writ* 22: 755-789, 2009.
- 4) 岡野真弓, 内川義和, 田村省悟, 齋藤真之介: 通常学級に在籍する読み困難児における文章音読時の眼球運動の特徴. 日本ロービジョン学会誌 (投稿中).
- 5) Prado C, Dubois M, Valdois S: The eye movements of dyslexic children during reading and visual search: Impact of the visual attention span. *Vision Res* 47: 2521-2530, 2007.
- 6) Hutzler F, Wimmer H: Eye movements of dyslexic children when reading in a regular orthography. *Brain Lang* 89: 235-242, 2004.
- 7) Trauzettel-Klosinski S, Koitzsch AM, Dürrwächter U, Sokolov AN, Reinhard J, Klosinski G: Eye movements in German-speaking children with and without dyslexia when reading aloud. *Acta Ophthalmol* 88: 681-691, 2010.
- 8) De Luca M, Di Pace E, Judica A, Spinell D, Zoccolotti P: Eye movement patterns in linguistic and non-linguistic tasks in developmental surface dyslexia. *Neuropsychologia* 37: 1407-1420, 1999.
- 9) 関口貴裕, 小林 玄: 読み書き困難児の平仮名単語、文章、漢字の読みにおける注視パタンの分析. *LD研究* 20: 180-193, 2011.
- 10) 奥村智人, 若宮英司, 鈴木周平, 玉井 浩: Reading disorder児における衝動性眼球運動の検討. *脳と発達* 38: 347-352, 2006.
- 11) Pavlidis GT: Do eye movements hold the key to dyslexia?. *Neuropsychologia* 19: 57-64, 1981.
- 12) Eden GF, Stein JF, Wood HM, Wood FB: Differences in eye movements and reading problems in dyslexic and normal children. *Vision Res* 34: 1345-1358, 1994.
- 13) Biscaldi M, Gezeck S, Stuhr V: Poor saccadic control correlates with dyslexia. *Neuropsychologia* 36: 1189-1202, 1998.
- 14) 川端秀仁: 視覚認知に問題のあるLD児への対応 視覚認知に問題のあるLD(Learning Disorders, Learning Disabilities)児への対応眼科の役割について. 日本ロービジョン学会誌 10: 31-38, 2011.
- 15) 奥村智人: アセスメント. 奥村智人, 若宮英司 (編): 学習につまずく子どもの見る力ー視力がよいのに見る力が弱い原因とその支援ー. 53-75, 明治図書出版, 東京, 2010.
- 16) Garzia RP, Richman JE, Nicholson SB, Gaines CS: A new visual-verbal saccade test: the development eye movement test (DEM). *J Am Optom Assoc* 61: 124-135, 1990.
- 17) 春原則子: 発達障害の神経心理学的検査. *Brain Medical* 24: 337-342, 2012.
- 18) 原 恵子: 健常児における音韻意識の発達. *聴能言語学研究* 18: 10-18, 2001.
- 19) 春原則子, 宇野 彰, 朝日美奈子, 金子真人, 栗屋徳子: 典型発達児における音読の流暢性の発達と関与する認知機能についての検討 発達性dyslexia評価のための基礎的研究. *音声言語医学* 52: 263-270, 2011.
- 20) 金子真人, 宇野 彰, 春原則子: 就学前6歳児におけるrapid automatized naming(RAN)課題と仮名音読成績の関連. *音声言語医学* 45: 30-34, 2004.
- 21) Seki A, Kassai K, Uchiyama H, Koeda T: Reading ability and phonological awareness in Japanese children with dyslexia. *Brain Dev* 30: 179-188, 2008.
- 22) 宇野 彰, 春原則子, 金子真人, 栗屋徳子: 発達性dyslexiaの認知障害構造 音韻障害単独説で日本語話者の発達性dyslexiaを説明可能なのか?. *音声言語医学* 48: 105-111, 2007.
- 23) 小林マヤ, 加藤 醇子, チャールズ・ヘインズ, ボール・マカルーソー, パメラ・フック: 幼

- 児の読み能力に関わる認知言語的能力. LD研究 12: 259-267, 2003.
- 24) van Rijn LJ, Krijnen JS, Nefkens-Molster AE, Wensing K, Gutker E, Knol DL: Spectacles may improve reading speed in children with hyperopia. *Optom Vis Sci* 91: 397-403, 2014.
- 25) Quaid P, Simpson T: Association between reading speed, cycloplegic refractive error, and oculomotor function in reading disabled children versus controls. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 251: 169-187, 2013.
- 26) Wills J, Gillett R, Eastwell E, Abraham R, Coffey K, Webber A, et al: Effect of simulated astigmatic refractive error on reading performance in the young. *Optom Vis Sci* 89: 271-276, 2012.
- 27) Narayanasamy S, Vincent SJ, Sampson GP, Wood JM: Simulated hyperopic anisometropia and reading, visual information processing, and reading-related eye movement performance in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 55: 8015-8023, 2014.
-