

平成 20 年度筑波大学大学院人間総合科学研究科
博士論文

発達性読み書き障害児における視機能、視知覚及び視覚認知機能について
Visual function, visual perception and visual recognition
in Japanese children with developmental dyslexia

筑波大学大学院 人間総合科学研究科 心身障害学専攻

後藤 多可志

指導教員 宇野 彰

目次

I. 序論	
1) developmental dyslexia (発達性読み書き障害) とは	5
2) 発達性読み書き障害の医学的分類と教育的位置づけ	5
3) 発達性読み書き障害の遺伝子研究	6
4) 発達性読み書き障害の脳	7
(1) 機能的な研究	7
(2) 形態的な研究	7
5) 発達性読み書き障害の診断と評価	8
6) 発達性読み書き障害の障害構造	10
(1) 英語話者、日本語話者における仮説	10
(2) 視覚情報処理過程の障害仮説	11
II. 目的	13
III. 第一研究：発達性読み書き障害児における visual magnocellular system の関与	
1) 背景	14
(1) 2つの視覚経路と機能分化	14
(2) 発達性読み書き障害と visual magnocellular system の関係について	14
2) 目的	16
3) 方法	16
(1) 対象	16
(2) インフォームドコンセント	18
(3) 手続き	18
a) 知能検査	18
b) 要素的な認知機能検査	18
c) 読み書きに関する学習到達度検査	19
d) 視覚情報処理過程における visual magnocellular system の機能測定	19

4) 結果	22
(1) 知能検査結果	22
(2) 要素的な認知機能検査結果	22
(3) 読み書きに関する学習到達度検査結果	23
(4) 視覚情報処理過程における visual magnocellular system の機能測定結果	23
5) 考察	31
(1) 本報告5名の認知機能について	31
(2) 本報告例における visual magnocellular system の関与	32
(3) visual magnocellular system と日本語の読み書きにおける正確性との関連	34
6) 第一研究における課題と解決すべき点	35
IV. 第二研究：発達性読み書き障害児における視機能、視知覚及び視覚認知機能について	
1) 背景	36
2) 目的	37
3) 方法	37
(1) 対象	37
(2) インフォームドコンセントと倫理	42
(3) 視機能、視知覚及び視覚認知機能の操作的定義	42
a) 視機能	44
b) 視知覚	44
c) 視覚認知機能	44
(4) 手続き	45
a) 知能検査、要素的な認知機能検査及び読み書きに関する学習到達度検査について	45
b) 視機能を評価する課題について	45
c) 視知覚を評価する課題について	50
d) 視覚認知機能を評価する課題について	55
4) 結果	58
(1) 発達性読み書き障害児の認知神経心理学的所見	58
a) 知能検査結果	58
b) 要素的な認知機能検査結果	58

c) 読み書きに関する学習到達度検査結果	66
(2) 定型発達児と発達性読み書き障害児の視覚情報処理課題における成績について	66
(3) 発達性読み書き障害児の読み書きの学習到達度と視覚情報処理課題の関連について	69
(4) 読み書き障害児と特異的書字障害児の視覚情報処理課題における成績について	70
(5) 発達性読み書き障害児の視力、コントラスト感度、色覚、動きの知覚及び形態知覚について	73
(6) 質的分析	77
5) 考察	79
(1) 発達性読み書き障害児の認知機能について	79
(2) 発達性読み書き障害と視機能の関連について	80
(3) 発達性読み書き障害と視知覚、視覚認知機能の関連について	82
(4) 発達性読み書き障害児の読み書きの学習到達度を予測する視覚情報処理能力について	84
(5) 発達性読み書き障害児と visual magnocellular system、visual parvocellular system の関連について	85
(6) 読み書き障害児と特異的書字障害児における視覚情報処理課題の成績について	86
V. 総合考察	88
VI. 今後の課題	90
要旨	91
謝辞	95
引用文献	96

I. 序論

1) developmental dyslexia (発達性読み書き障害) とは

developmental dyslexia は、英語圏では単に dyslexia と呼ばれることもある。dyslexia は、国際 Dyslexia 協会 (IDA: The International Dyslexia Association) にて、「神経生物学的原因に起因する特異的な学習障害である。特徴として、単語の正確かつ (または) 流暢な認識が困難なために、文字の綴りや音声化の能力に拙劣さが認められる。典型的にこれらの困難さは、音韻処理障害に起因するものと考えられる。これらの問題によって、実際には読解の問題と読解の経験不足による語彙や知識の獲得の低下が顕在化してくる」と定義されている (Lyon et al., 2003)。

developmental dyslexia は直訳すると発達性失読だが、IDA や ICD-10 (1993) の定義にも示されているように実際には読みの障害だけでなく書字の障害を伴う。また、全般的知能が正常な特異的発達性読み障害例の報告はない。さらに developmental dyslexia には先天性の大脳機能障害が推定されていることから、発達性であることを明記し後天性大脳損傷による失読や失書と区別する必要がある。以上のことから、宇野 (2001)、宇野ら (2002) は developmental dyslexia を発達性読み書き障害と呼ぶことを提唱している。本研究においても、developmental dyslexia を発達性読み書き障害と呼ぶことにする。

2) 発達性読み書き障害の医学的分類と教育的位置づけ

発達性読み書き障害は、医学界ではアメリカ精神医学会の DSM-IV-TR (2002) にて、学習障害の中の「315.00 読字障害」、「315.2 書字表出障害」、「315.9 特定不能の学習障害」に相当し、世界保健機構 (WHO) の ICD - 10 (1993) にて、「F81 学力 [学習能力] の特異的発達障害」の中の「F81.0 特異的読字障害」、「F81.1 特異的綴字 [書字] 障害」、「F81.3 学力 [学習能力] の混合性障害」、「F81.8 他の学力 [学習能力] の発達障害」に相当する。

教育界では、全米学習障害合同委員会の学習障害に関する定義(1987)にて、「聞く、話す、読む、書く、推論する、あるいは数学的能力の獲得・使用に顕著な困難を示す異質な障害を含むグループにつけられた包括的な名称である」の一部に相当し、日本における文部科学省の学習障害に関する定義(1999)にて、「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様々な状態を示すものである」の一部に相当する。

これらの医学界や教育界の定義からも、発達性読み書き障害は、各分野における学習障害分類の共通且つ中核症状であると考えられている(宇野ら, 2002; 春原ら, 2004)。

3) 発達性読み書き障害の遺伝子研究

20世紀初頭から、発達性読み書き障害は遺伝的に出現すると考えられてきた(Stephenson, 1907; Stevenson et al., 1987)。例えば、一卵性双生児と二卵性双生児においては、発達性読み書き障害の高い遺伝率が示されている(DeFries et al., 1996; Willcutt et al., 2002)。その後、ヒトゲノム計画の進行とともに、発達性読み書き障害に関与する遺伝子の解析が急速に行われるようになった。発達性読み書き障害に関連する遺伝子として、1 p(Grigorenko et al., 2001)、2 p11(Kaminen et al., 2003; Peyrard-Janvid et al., 2004)、3(Nopola-Hemmi et al., 2001; Stein et al., 2004)、6 p(Willcutt et al., 2002; Grigorenko et al., 2003)、15p21(Price et al., 1996)、18p11.2(Fisher et al., 2002)などが挙げられている。発達性読み書き障害に関与する遺伝子は単一ではなく、複数の遺伝子に関与していると考えられるため、発達性読み書き障害児、者がもつ認知機能障害に関して、特定の遺伝子がどの程度特異的な影響を及ぼしているか現在も明確ではない。

4) 発達性読み書き障害の脳

(1) 機能的な研究

発達性読み書き障害が生物学的要因、すなわち脳の機能異常に基づいていることは合意が得られているが、具体的な神経生物学的異常がどこにあるのかについては、現在に至るまで未だ結論が出ていない。

近年、発達性読み書き障害に対する脳機能を検討した研究は、非侵襲的且つ空間解像力が優れている手法である fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) が用いられることが多い。英語圏での fMRI 研究では、Shaywitz et al. (1998) が、音素弁別課題時に発達性読み書き障害では左側頭-頭頂葉領域の賦活が低下すると報告している。中国語圏での fMRI 研究では、中国漢字を用いた語彙性判断課題において、発達性読み書き障害では左中前頭回の賦活が低下したとしている (Siok et al., 2004)。日本語圏での fMRI 研究では、ひらがなで構成された短文の黙読時に、発達性読み書き障害では左中側頭回の賦活が低下すると報告されている (Seki et al., 2001)。

fMRI 研究は、被験者がなんらかの課題を遂行している脳活動をとらえた結果であるが、安静時の SPECT (Single Photon Emission Tomography) 研究も行われている。日本語圏の発達性読み書き障害児における安静時の SPECT 研究では、左上側頭回から左下頭頂小葉にかけて血流量が右大脳半球の同部位と比較して約 10%低下していたと報告されている (Kaneko et al., 1998; 宇野, 1999; 宇野ら, 2002)。

発達性読み書き障害の脳機能低下部位は左大脳半球の後部領域であるという報告が多い一方、Siok et al. (2004) のように中前頭回に脳機能低下があるとする報告もあり、未だ一致していない。原因として、障害メカニズムの相違や、使用されている文字言語の構造の違い、被験者の背景因子の相違などが考えられる。

(2) 形態的な研究

発達性読み書き障害に関する脳の形態的な研究では、顕微鏡下に異所性のニューロンや微細な発生異常が、特に左半球皮質に散在し

ていることが明らかになっている (Galaburda et al.,1979)。また、読み書きが困難だった対象における外側膝状体の magnocellular layer (大細胞層)は統制群と比較して細胞の大きさや数が低下していたのに対して、parvocellular layer (小細胞層)では差を認めなかったと報告されている (Livingstone et al.,1991)。

通常、左の方が大きいとされる側頭平面だが、発達性読み書き障害の場合、左右差が認められず対称的であるとする報告 (Galaburda et al.,1985 ; Humphreys et al., 1990) や、右の側頭平面の方が大きい (Hier et al., 1978) とする報告などがある。

5) 発達性読み書き障害の診断と評価

日本における発達性読み書き障害の評価診断には、第一に全般的知能について検討を行うこと、第二に全般的知能から推定される読み書きの学習到達度が推定される段階よりも有意に低く且つ定型発達児における読み書きの学習到達度と比較しても有意に低いこと、第三に練習をしても通常の方法では学習が困難であること、つまり要素的な認知機能障害が認められることを確認することが必要とされている。また fMRI(functional Magnetic Resonance Imaging) や SPECT(Single Photon Emission Tomography) などを用いた局所脳血流量の測定にて、側頭－頭頂領域の血流量が左右大脳半球の同領域にて有意に異なるか否かも情報として有効とされている (宇野, 2001, 2002, 2007)。

全般的な知的機能の測定に関して、WISC-Ⅲ知能検査 (Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition) や K-ABC 心理・教育アセスメントバッテリー (Japanese Kaufman Assessment Battery for Children) は一般的に用いられている検査法である。その他に、WISC-Ⅲ知能検査と有意に高い相関があり (宇野ら, 2005)、非言語性の簡易知能検査であるレーヴン色彩マトリックス検査 (Raven Coloured Progressive Matrices ; RCPM) も用いられる。

読み書きに関する学習到達度検査としては、宇野ら (2006) が作成した小学生の読み書きスクリーニング検査 (Screening Test of

Reading and Writing for Japanese Primary School Children ; STRAW) がある。発達性読み書き障害児を検出するためのスクリーニング検査であり、基準値が作成してあるため読み書きの学習到達度を客観的に評価することが可能である。

要素的な認知機能を評価する検査として、音韻認識、音韻想起、呼称速度及び聴覚的言語性記憶機能などのような音韻情報処理過程の検査が実施される。具体的には単語の逆唱課題、非語の復唱課題、語流暢 (word fluency) 課題、Rapid Automated Naming (RAN) 及び聴覚的言語性記憶検査である Rey's Auditory Verbal Learning Test (RAVLT) などが挙げられる。また、視知覚機能、視覚認知機能及び視覚性記憶機能などのような視覚情報処理過程の検査も実施される。具体的には、六者択一の線画同定課題 (Matching Familiar Figure Test : MFFT)、Rey-Osterrieth Complex Figure Test (ROCFT) などが挙げられる。またコントラスト感度や動的刺激の知覚などを評価する。言語機能を評価する検査としては、抽象語のみを使用した言語の理解力検査である標準抽象語理解力検査 (Standardized Comprehension Test of Abstract words ; SCTAW)、絵画語彙発達検査 (Pictured Vocabulary Test ; PVT) 及び標準失語症検査 (Standard Language Test of Aphasia ; SLTA) などが用いられる。

英語圏では聴覚情報処理過程の障害仮説 (Tallal , 1980 ; Farmer et al., 1993) や、visual magnocellular system (視覚性大細胞システム) の障害仮説 (Livingstone et al., 1991 ; Breitmeyer, 1993 ; Eden et al., 1996a ; Cornelissen et al., 1998 ; Stein, 2001, 2003 ; Sperling et al., 2003, 2006 ; Kinsey et al., 2006) に基づいて、低次の聴覚課題もしくは視覚課題がしばしば実施されるが、日本語圏では後藤ら (2007) が低次の視覚課題を実施した以外には、ほとんど実施されていない。この背景として、検査機器が高額で実施に手間と時間がかかってしまうことなどが挙げられる。

一方、英語圏では比較的实施されることの少ない視覚認知機能や視覚性記憶機能の評価が、日本語圏ではしばしば実施される。これは漢

字書字に特異的な障害を示した症例（宇野ら,1995,1996,1999）において、視覚認知機能や視覚性記憶機能の低下が認められていることに通ずる。このように日本の発達性読み書き障害においては、視覚情報処理過程の関与が示唆されていることもあり、発達性読み書き障害児の早期発見を目的として、未就学児から実施可能な視覚性記憶検査を作成する試み（後藤ら, 2005）も報告されている。

6) 発達性読み書き障害の障害構造

(1) 英語話者、日本語話者における仮説

発達性読み書き障害の背景となる認知障害については複数の仮説が挙げられている。

英語圏では、音韻認識障害仮説、語音の想起（呼称）障害仮説、音韻認識障害と語音の想起（呼称）障害の両者の障害が並存もしくは一方で説明できるとする二重障害仮説などのような、音韻情報処理過程の障害仮説が有力である（Kytja,2004）。音韻認識力とは話し言葉の音韻的側面に注目し、音素、音節及びモーラなどの音韻的要素に分解し、それを操作する能力と考えられる。また、短い音や一定時間内で素早く変化する音を処理する能力に障害があるために、結果として音韻認識障害が出現する、とする聴覚情報処理過程の障害仮説もある（Tallal, 1980；Farmer et al., 1993）。

視覚情報処理過程の障害仮説としては visual magnocellular system(視覚性大細胞システム)の障害仮説が挙げられる(Livingstone et al.,1991；Breitmeyer,1993；Eden et al.,1996a；Cornelissen et al., 1998；Stein,2001,2003；Sperling et al.,2003,2006；Kinsey et al.,2006)。これは、網膜から外側膝状体の magnocellular layer(大細胞層)を中継し第一次視覚野（V1）で処理された情報が頭頂連合野に伝達される visual magnocellular system に機能不全があるとする説である。visual magnocellular system はサッケード抑制（Breitmeyer,1993）、目ブレ補正（Murakami et al.,1998）、眼球運動機能及び視覚性注意機能(Stein, 2003)に関与していると考えられてお

り、visual magnocellular system の機能不全があると、文字の形態がブレて見えてしまい、音読の正確性に影響を及ぼすと考えられている (Cornelissen et al.,1998)。

visual magnocellular system は、速い視覚刺激の変化、低空間周波数の刺激に対して敏感であると考えられているが、視覚的刺激に限らず聴覚的な刺激や触覚的な刺激についても、速い刺激に対する変化の知覚に低下を認めるとする多重モダリティー障害仮説 (Stein,2001) が提唱されている。さらに小脳の機能不全により、認知機能や運動実行機能の自動化に困難を示すとする小脳障害説 (Nicolson et al.,2001) も挙げられている。

このように英語圏では様々な説が提唱されている。Ramus et al.(2003)は、発達性読み書き障害の大学生 16 名を対象に、音韻情報処理能力、聴覚情報処理能力、視覚情報処理能力及び小脳の機能を評価する一連の検査を実施した。その結果、全例で音韻情報処理能力の低下が認められ、一部の対象では音韻情報処理能力の低下に加えて他の障害が認められた。この研究は現在英語圏で挙げられている主要な障害説を検討したものであるが、その結果は音韻情報処理過程の障害仮説を支持するものであった。

日本語話者では発達性読み書き障害の障害仮説として、音韻情報処理過程の障害仮説 (大石ら,1999;田中ら,2006) のほか、視覚情報処理過程の障害仮説 (宇野ら,1995,1996,1999; 橋本ら,2006)、音韻情報処理過程と視覚情報処理過程の双方の障害仮説 (春原ら,2002;宇野ら,2002;栗屋ら,2003;春原ら,2004)、音韻情報処理過程と視覚情報処理過程の双方の障害に音韻想起のスピードの低下が合併する説 (宇野ら,2007)、視覚運動記憶の障害仮説 (Song et al.,2007)などが認知神経心理学的検討により示唆されているが、未だ一定の結論には達していない。

(2) 視覚情報処理過程の障害仮説

発達性読み書き障害の背景となる認知障害仮説の1つとして、英語

圏と日本語圏の双方で視覚情報処理過程の障害説が提唱されている。しかし、英語圏と日本語圏では、視覚情報処理過程の障害に関して捉え方が大きく異なると考えられる。

視覚経路は、visual magnocellular system (視覚性大細胞システム) と visual parvocellular system (視覚性小細胞システム) の二つのシステムから成り立っていると考えられている (Boussaoud et al.,1990) が、英語圏では、視覚刺激の動きの知覚、フリッカー刺激の知覚及び低空間周波数の刺激に対するコントラスト感度などに関与すると考えられている visual magnocellular system の障害が多く報告されている (Livingstone et al.,1991 ; Breitmeyer,1993 ; Eden et al.,1996a ; Cornelissen et al.,1998 ; Stein,2001,2003 ; Sperling et al.,2003,2006 ; Kinsey et al.,2006)。visual magnocellular system の障害仮説が今日まで強く支持されている背景には、Livingstone et al. (1991) の研究があると思われる。Livingstone et al. (1991) は剖検脳にて、読み書きが困難だった対象の外側膝状体の magnocellular layer(大細胞層)は統制群と比較して細胞の大きさや数が低下していたと述べている。visual magnocellular system の障害が解剖学的研究によって示されたことにより、その後、海外では fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) を用いた研究 (Eden et al.,1996a)、電気生理学的研究(Kinsey et al.,2006)、精神物理学的課題を用いた研究 (Cornelissen et al.,1998 ; Sperling et al.,2003,2006) などによって visual magnocellular system の機能障害を裏付ける報告が数多く挙げられることとなる。一方、日本語圏では、漢字書字に特異的な障害を示した症例 (宇野ら,1995,1996,1999) において、視覚認知機能や視覚性記憶機能の低下が認められていることから、複雑な図形を含むことのある漢字において、特に視覚情報処理過程の果たす役割が大きいと考えられている。

このように発達性読み書き障害の視覚情報処理過程の障害仮説に関して、英語圏では、主に視機能や視知覚のような低次の機能障害について述べているのに対し、日本語圏では、主に視覚認知機能や視覚性

記憶機能のような高次の機能障害について述べていると考えられる。英語圏における視覚情報処理過程の障害説と、日本語圏における視覚情報処理過程の障害説は独立して展開されていることもあり、発達性読み書き障害の視覚情報処理過程の障害が、低次の処理機能から高次の処理機能のどの段階で生じているかは明確ではない。

II. 目的

上記のように発達性読み書き障害の背景となる認知障害仮説の1つとして、視覚情報処理過程の障害仮説が提唱されている。しかし、英語圏と日本語圏では視覚情報処理過程の障害に関して捉え方が大きく異なっており、視覚情報処理過程の障害が低次の処理機能から高次の処理機能のどの段階で生じているかは明確ではない。

本研究では、日本語話者の発達性読み書き障害児における視覚情報処理過程の障害構造を明らかにするために視覚情報処理過程を体系的に評価し、**visual magnocellular system**（視覚性大細胞システム）と**visual parvocellular system**（視覚性小細胞システム）の機能、また視機能、視知覚及び視覚認知機能について分析を行い、視覚情報処理能力が読み書きの正確性に与える影響について検討することを目的とする。

第一研究では、主に英語圏で提唱されている **visual magnocellular system** の機能障害仮説に関して、日本語話者の発達性読み書き障害児を対象に検討を行う。第二研究では、日本語話者の発達性読み書き障害児における視覚情報処理過程を低次の処理機能から高次の処理機能まで体系的に評価し、視機能、視知覚、視覚認知機能、**visual magnocellular system** と **visual parvocellular system** の機能及び文字の読み書きとの関連について検討を行う。

Ⅲ. 第一研究

発達性読み書き障害児における visual magnocellular system の関与
(後藤ら, 2007)

1) 背景

(1) 2つの視覚経路と機能分化

視覚経路(図1)は、網膜から外側膝状体の magnocellular layer(大細胞層)を中継し第一次視覚野(V1)で処理された情報が頭頂連合野に伝達される visual magnocellular system(視覚性大細胞システム)と、網膜から外側膝状体の parvocellular layer(小細胞層)を中継し第一次視覚野(V1)で処理された情報が下側頭皮質に伝達される visual parvocellular system(視覚性小細胞システム)の二つのシステムから成り立っていると考えられている(Boussaoud et al.,1990)。visual magnocellular systemは、視覚刺激の動きの知覚、フリッカー刺激の知覚及び低空間周波数の刺激に対するコントラスト感度などに大きく関与しており、visual parvocellular systemは、視力、高空間周波数の刺激に対するコントラスト感度、色覚及び形態知覚などに大きく関与している(Eden et al.,1996a)。

(2) 発達性読み書き障害と visual magnocellular system の関係について

海外では発達性読み書き障害における視覚情報処理過程の障害仮説に関して、visual magnocellular system(視覚性大細胞システム)への注目が高まっている(Livingstone et al., 1991; Breitmeyer, 1993; Eden et al., 1996a; Cornelissen et al., 1998; Stein, 2001, 2003; Sperling et al., 2003, 2006; Kinsey et al., 2006)。海外では、発達性読み書き障害の視覚情報処理過程には visual magnocellular systemの機能低下があり、動きの知覚、フリッカー刺激の知覚及び低空間周

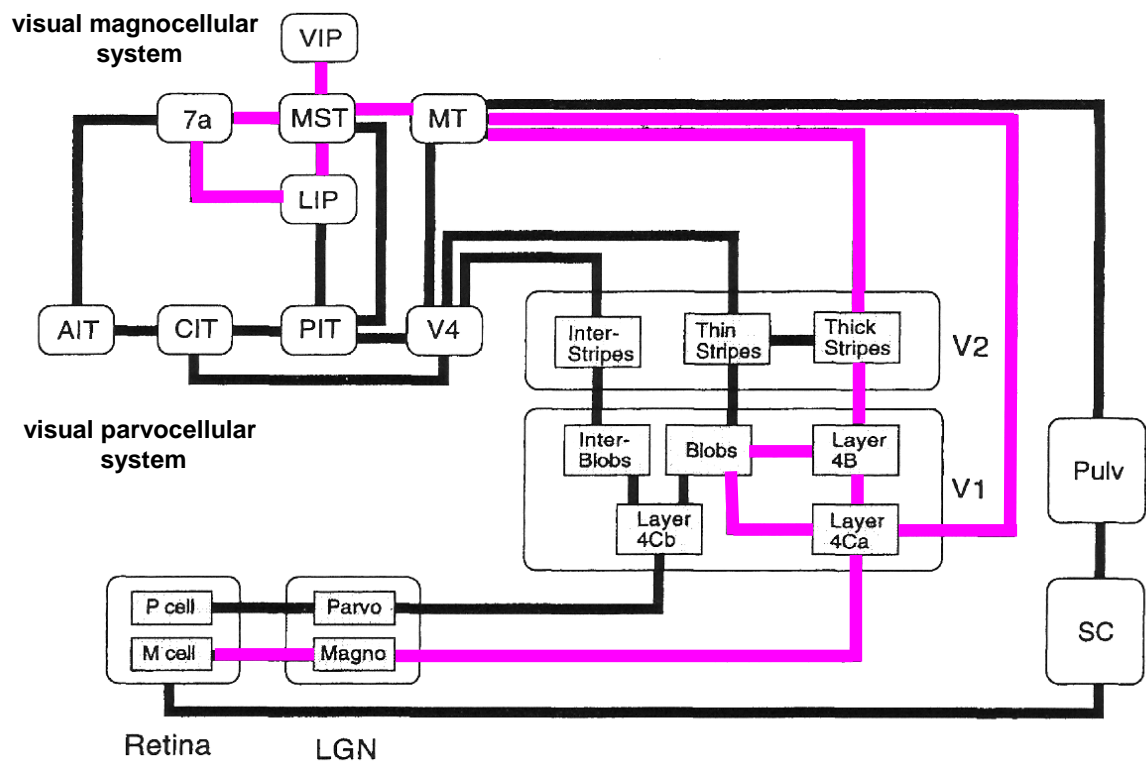


図1 視覚情報処理過程の概要図

LGN (lateral geniculate nucleus ; 外側膝状体), SC (superior colliculus ; 上丘), Pulv(pulvinar ; 視床枕), PIT (posterior inferotemporal cortex ; 後下側頭皮質), CIT (central inferotemporal cortex ; 中下側頭皮質), AIT (anterior inferotemporal cortex ; 前下側頭皮質), MT (middle temporal area ; 中側頭領域) MST (middle superior temporal area ; 中上側頭領域), LIP (lateral intraparietal sulcus ; 外側頭頂間野), VIP (ventral intraparietal sulcus ; 腹側頭頂間野) visual magnocellular system の経路を桃色で示した。概要図は Cornelossen et al.(1998) を一部改変した。

波数の刺激に対するコントラスト感度のほか、眼球運動機能や視覚性注意機能にも問題を引き起こすと指摘されており（Stein, 2003）、現在も議論が続いている。一方、日本語話者の発達性読み書き障害に関して、visual magnocellular system の機能について検討を行った報告は現在のところない。日本語話者の発達性読み書き障害における視覚情報処理過程の障害は、主に視覚認知機能や視覚性記憶機能のような高次の機能障害が中心に述べられており、複雑な図形を含むことのある漢字との関連が示唆されている（宇野, 2001; Uno et al., 2008）。視覚認知機能や視覚性記憶機能の障害は独立して起こっているのか、もしくは海外で提唱された visual magnocellular system のような視機能から視知覚の障害のために発達的に視覚認知障害や視覚性記憶障害を生じる結果となったのかについては明確ではない。

2) 目的

動的刺激やコントラスト閾値を指標に、日本語話者の発達性読み書き障害児における visual magnocellular system の機能について検討を行う。

3) 方法

(1) 対象

小学2年生3名、小学5年生1名、中学3年生1名の合計5名の発達性読み書き障害児である（表1）。全例右利きであった。症例は、練習を繰り返しても読み書きが困難であるという本人や家族の主訴にてT大学やLD児へのサポート専門機関に来所した。以下に記述した、知能検査、要素的な認知機能検査及び読み書きに関する学習到達度検査の結果から、学習不足などの環境要因によって文字の読み書きが困難なのではなく、認知機能障害によって文字の読み書きが困難であることが推定された例である（後述）。小学2年生の症例1のみ女児で、他の4名は男児であった。全例、理学的所見や神経学的所見に異常は認められなかった。また頭部外傷や脳血管障害の既往もなく、以下の

表 1 対象

症例	年齢	学年	性別	利き手	理学の 所見
1	8歳	小2	女	右	n.p.
2	8歳	小2	男	右	n.p.
3	8歳	小2	男	右	n.p.
4	10歳	小5	男	右	n.p.
5	14歳	中3	男	右	n.p.

n.p. : no problem

検査結果に大きく影響されると考えられる注意欠陥／多動性障害（AD/HD）も合併していなかった。

（２）インフォームドコンセント

本研究への参加の可否は、対象児童と保護者へのインフォームドコンセントを基に決定された。本研究の趣旨を説明したあと、対象児童と保護者双方の承諾を得られた場合のみ課題を実施した。

（３）手続き

以下に記述した知能検査、要素的な認知機能検査、読み書きに関する学習到達度検査及び視覚情報処理過程における visual magnocellular system の機能測定を実施した。

a) 知能検査

全般的な知的機能の測定のため、WISC-III 知能検査（Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition）、K-ABC 心理・教育アセスメントバッテリー（Japanese Kaufman Assessment Battery for Children）及びレーヴン色彩マトリックス検査（Raven Coloured Progressive Matrices；RCPM）を実施した。

b) 要素的な認知機能検査

言語発達検査として標準抽象語理解力検査（Standardized Comprehension Test of Abstract words；SCTAW）を音声提示版で実施した。音韻情報処理過程を評価する検査として3、4モーラ語の逆唱課題を実施して正答数と所要時間を測定した。所要時間は刺激語を復唱後、逆唱を完了するまでの時間をストップウォッチで計測した。聴覚的言語性記憶検査として Rey's Auditory Verbal Learning Test (RAVLT)を実施した。視覚情報処理過程を評価する検査として、六者択一の線画同定課題(Matching Familiar Figure Test：MFFT)と Rey-Osterrieth Complex Figure Test (ROCFT)を実施した。

c) 読み書きに関する学習到達度検査

読み書きに関する学習到達度検査として、小学生の読み書きスクリーニング検査 (Screening Test of Reading and Writing for Japanese Primary School Children ; STRAW) の ひらがな単語、カタカナ単語及び漢字単語における音読課題と書取課題を学年に応じて実施した。なお中学3年生の症例5には便宜的に小学6年生用の課題を用いた。

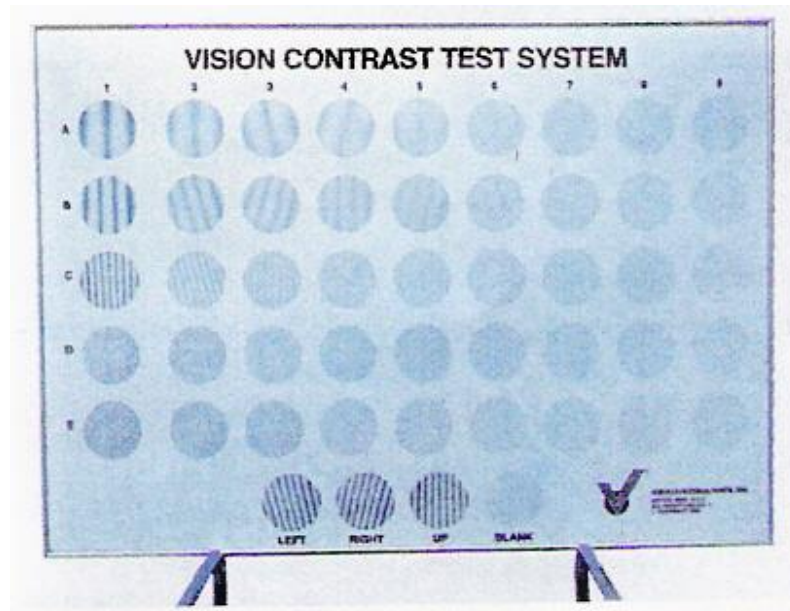
d) 視覚情報処理過程における visual magnocellular system の機能測定

視覚情報処理過程における visual magnocellular system の機能を測定するため、Frequency Doubling Technology (FDT、Welch Allyn/Humphrey Zeiss、アメリカ)と Vision Contrast Test System (VCTS、Vistech、アメリカ)を使用した。また視標の追視、輻湊及び跳躍眼球運動 (サッケード) に関して眼球運動機能を日本感覚統合障害研究会認定講習会で使用される臨床観察マニュアルを用いて直接視察した。

FDT は、frequency doubling 現象を利用してコントラスト閾値を測定する装置である (図2上)。検査にかかる時間は片眼で約4分である (東出ら, 2003)。frequency doubling 現象とは、1 cycle / degree 以下の低空間周波数の正弦波格子を約 30ms 毎に白黒を反転して呈示すると2倍の空間周波数の格子が見える錯視現象であり、visual magnocellular system の機能が反映していると考えられている (Kelly, 1966, 1981 ; Maddess et al., 1992 ; Johnson et al., 1997)。本研究で実施した閾値検査 C-20 プログラムでは、20ms 毎に白黒が反転する 0.25 cycle / degree の正弦波格子を刺激として使用する。この正弦波格子は視角 20 度の 17 領域にランダムな時間間隔で 400ms 呈示される。そして縦縞のコントラストを変化させコントラスト閾値を片眼ずつ測定する。FDT 実施前にデモプログラムを呈示し、視標と課題内容の説明を行った。具体的には、応答ボタンを持って画面内を観察し、一瞬だけ呈示される白黒の縞模様の視標が確認できたら応答ボタンを押すこ



Frequency Doubling Technology (FDT)



Vision Contrast Test System (VCTS)

図 2 FDT と VCTS

と、必ずしもすべての視標が見えるわけではないことを対象に口頭で伝えた。その後練習を行ってもらい、十分な理解が得られたことを確認して検査を実施した。

VCTS もコントラスト閾値を測定する検査法だが、視標が動かないことが FDT と異なる (図 2 下)。検査表には視角 1.5 度の大きさで円形の正弦波縞視標が 45 個配列されている。円形の正弦波格子標における空間周波数は 1.5、3、6、12 及び 18cycles / degree である。円形の正弦波縞視標は左から右に行くに従いコントラストが低くなり、上から下に行くに従い空間周波数が大きくなる。また、視標の縞は垂直、右傾斜 10 度、左傾斜 10 度の 3 種類が不規則な順序で配列されている (三宅, 1999)。VCTS 実施前に視標のサンプルを見せ、視標の縞の向きを 3 種類の中から答える検査であることを説明した。その後、検査表から 3 m 離れた場所より視標の縞の向きを口頭か指差しで答えてもらい、縞の向きが答えられなくなるコントラストを各空間周波数毎に片眼ずつ測定した。

眼球運動機能における追視、輻湊及び跳躍眼球運動 (サッケード) を日本感覚統合障害研究会認定講習会で使用される臨床観察マニュアルを用いて観察した。追視では対象の目から約 30cm の距離に視標を呈示し、対象には頭や首を動かさずに視標を目で追わせて、その際の眼球運動を観察した。視標は水平、垂直、斜め、円状及び八の字に動かした。輻湊では視標を両眼の中心線に沿って対象へ近づけていき、その際の眼球運動を観察した。跳躍眼球運動 (サッケード) では対象に検査者の鼻を注視させ、そこから対象の視野内に呈示される視標へすばやく視点を移動させる際の眼球運動を観察した。

視覚情報処理過程における visual magnocellular system の機能を測定する前に、視力と日常生活での物の見え方について聴き取り調査を行った。視力は、学校で行われた視力検査の結果から遠見視力を情報収集するか、新標準近距離視力表 (はんだ屋商店、東京) を用いて近見視力を測定した。近見視力は、検査表を対象の目から 30cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で測定した。日常生活での物の見え方は、

学校や自宅で物や文字に見えにくさがあるか否か尋ねた。

4) 結果

(1) 知能検査結果

WISC-Ⅲ知能検査(Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition)では、全例言語性IQと動作性IQのいずれか、もしくはどちらもが90以上の値を示した。K-ABC心理・教育アセスメントバッテリー(Japanese Kaufman Assessment Battery for Children)では、継次処理尺度、同時処理尺度、認知処理過程尺度及び非言語性尺度のいずれかの総合尺度の標準得点が85以上の値を示した。レーヴン色彩マトリックス検査(Raven Coloured Progressive Matrices; RCPM)では、症例1、3及び5は基準値の-1SD未満の得点であったが、症例2と4は標準値の範囲内の得点であった(表2)。

(2) 要素的な認知機能検査結果

音声提示版で実施した標準抽象語理解力検査(Standardized Comprehension Test of Abstract words; SCTAW)では、症例5名におけるz-scoreの平均値は標準値の範囲内であった(図3左)。

RAVLT(Rey's Auditory Verbal Learning Test)では、5回提示までの最多再生数と30分後遅延再生数ともに症例5名におけるz-scoreの平均値は標準値の範囲内であった(図3右)。

単語の逆唱課題では、3モーラ語の逆唱は症例1が2/10、症例2が6/10、症例3が4/10、症例4が8/10、症例5が9/10の正答数を示した。4モーラ語の逆唱は症例2が8/10、症例3が5/10、症例4が9/10、症例5が7/10の正答数を示した。症例1は4モーラ語の逆唱課題に拒否的であったため実施しなかった。単語の逆唱課題における平均所要時間では、症例5名におけるz-scoreの平均値は3モーラ語、4モーラ語ともに+1以上であった(図4)。

MFFT(Matching Familiar Figure Test)では、正答数において症例5名におけるz-scoreの平均値は標準値の範囲内であった。誤答数と

平均初発反応時間において、症例 5 名における z-score の平均値は +1 以上であった (図 5 左)。

ROCFT (Rey-Osterrieth Complex Figure Test) では、模写課題において症例 5 名における z-score の平均値は標準値の範囲内であった。直後再生課題と 30 分後遅延再生課題の得点において、症例 5 名における z-score の平均値は -1 未満であった (図 5 右)。

(3) 読み書きに関する学習到達度検査結果

小学生の読み書きスクリーニング検査 (Screening Test of Reading and Writing for Japanese Primary School Children ; STRAW) の ひらがな単語、カタカナ単語及び漢字単語における音読課題と書取課題では、漢字単語の音読課題と、ひらがな、カタカナ及び漢字単語の書取課題に関して、症例 5 名における z-score の平均値は -1 未満であった (図 6)。漢字単語の音読課題では、症例 4 を除く 4 例で基準値の -1 SD 未満の正答数であった。ひらがな単語の書取課題では、症例 1 と 3 で基準値の -1 SD 未満の正答数であった。カタカナ単語の書取課題では、症例 4 を除く 4 例で基準値の -1 SD 未満の正答数であった。漢字単語の書取課題では、全例で基準値の -1 SD 未満の正答数であった。

(4) 視覚情報処理過程における visual magnocellular system の機能測定結果

視力は全例両眼とも 0.7 以上で、学校生活には支障のない視力だった。日常生活での物の見え方を尋ねると、症例 4 が細かい字の見えづらさを訴えていた。

FDT (Frequency Doubling Technology) では、コントラスト閾値を表す実測閾値 (単位 : dB) の両眼平均を、発達性読み書き障害児群 5 名 (平均年齢 10.0 歳 \pm 2.6) と定型発達児群 19 名 (平均年齢 10.0 歳 \pm 3.3) で比較した。Mann-Whitney の U 検定の結果、発達性読み書き障害児群の実測閾値の両眼平均は、定型発達児群と比較して有意 ($Z=3.376$, $p<.001$) に上昇していた (図 7)。

表 2 知能検査結果

症例	WISC-III			K-ABC (90%信頼水準)					RCPM
	VIQ	PIQ	FIQ	継次処理	同時処理	認知処理	習得度	非言語性	
1	101	117	110	78±9	87±8	81±7	74±5	79±8	23
2	114	83	108	94±9	92±8	92±7	100±5	84±8	31
3	94	94	93	98±9	105±8	102±7	107±5	101±8	22
4	105	93	99	68±10	89±9	78±8	101±6	85±9	33
5	90	72	79	96±9	73±9	81±8	73±5	87±8	29

WISC-III : Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition (WISC-III 知能検査)

K-ABC : Japanese Kaufman Assessment Battery for Children (K-ABC 心理・教育アセスメントバッテリー)

RCPM : Raven Coloured Progressive Matrices (レーヴン色彩マトリックス検査)

中学 3 年生の症例 5 の K-ABC (Japanese Kaufman Assessment Battery for Children) は、年齢を 12 歳 11 ヶ月として総合尺度の標準得点を算出した。同様に RCPM (Raven Coloured Progressive Matrices) も小学 6 年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。RCPM の課題数は 36 問である。

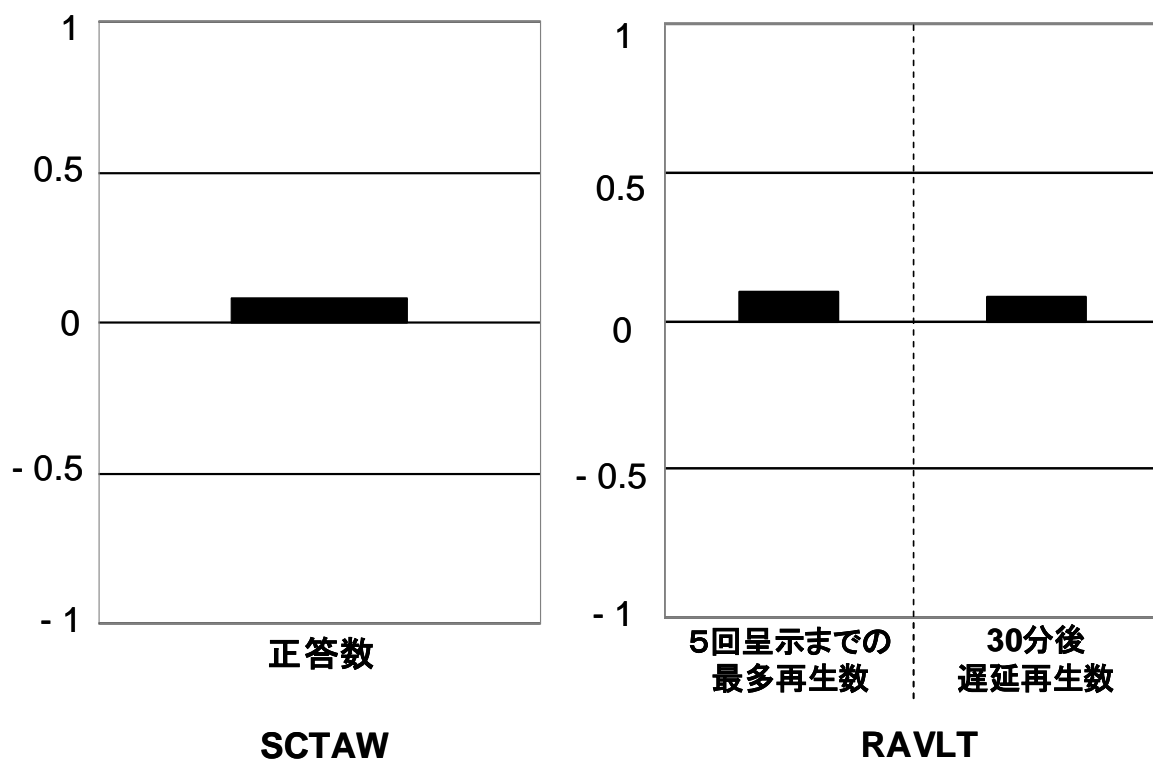


図3 SCTAW と RAVLT の結果

SCTAW : Standardized Comprehension Test of Abstract words (標準抽象語理解力検査)

RAVLT : Rey's Auditory Verbal Learning Test

グラフは、症例5名の z-score の平均値を示している。SCTAW (Standardized Comprehension Test of Abstract words) の課題数は45問である。

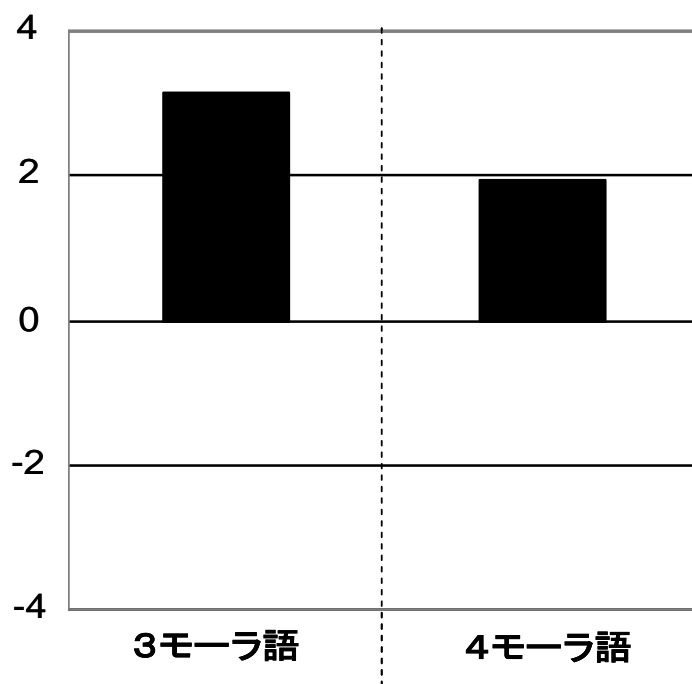


図4 単語の逆唱課題における平均所要時間

グラフは、症例5名の z-score の平均値を示している。中学3年生の症例5は便宜的に小学6年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

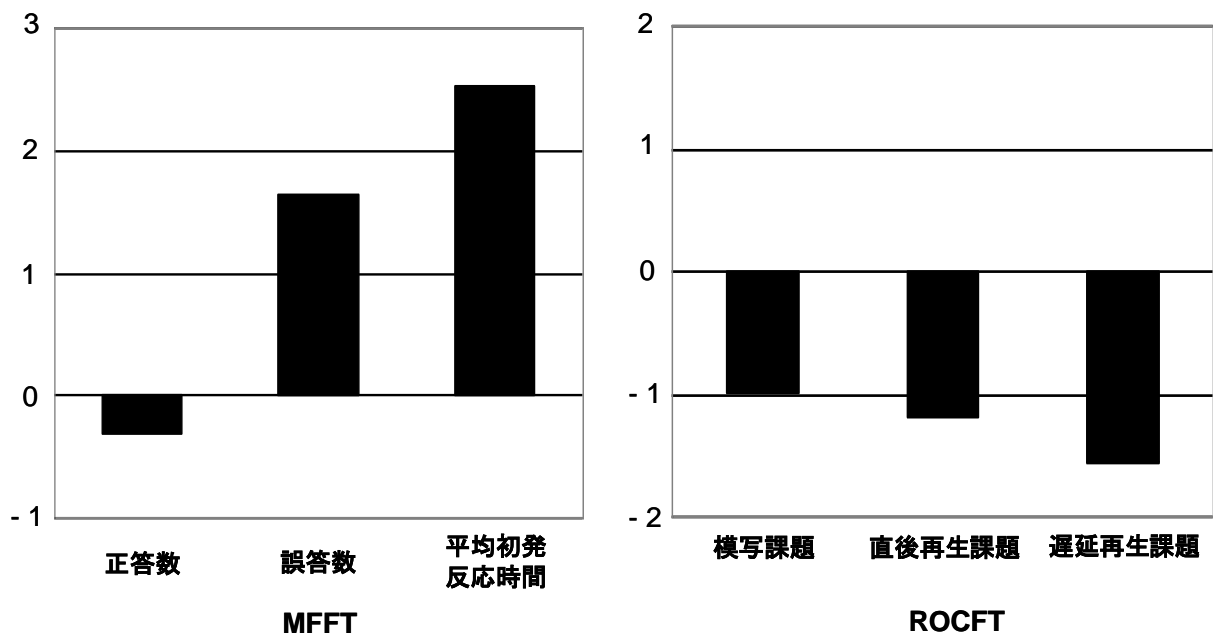


図5 MFFT と ROCFT の結果

MFFT : Matching Familiar Figure Test

ROCFT : Rey-Osterrieth Complex Figure Test

グラフは、症例 5 名の z-score の平均値を示している。MFFT (Matching Familiar Figure Test) の課題数は 12 問である。中学 3 年生の症例 5 は便宜的に小学 6 年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

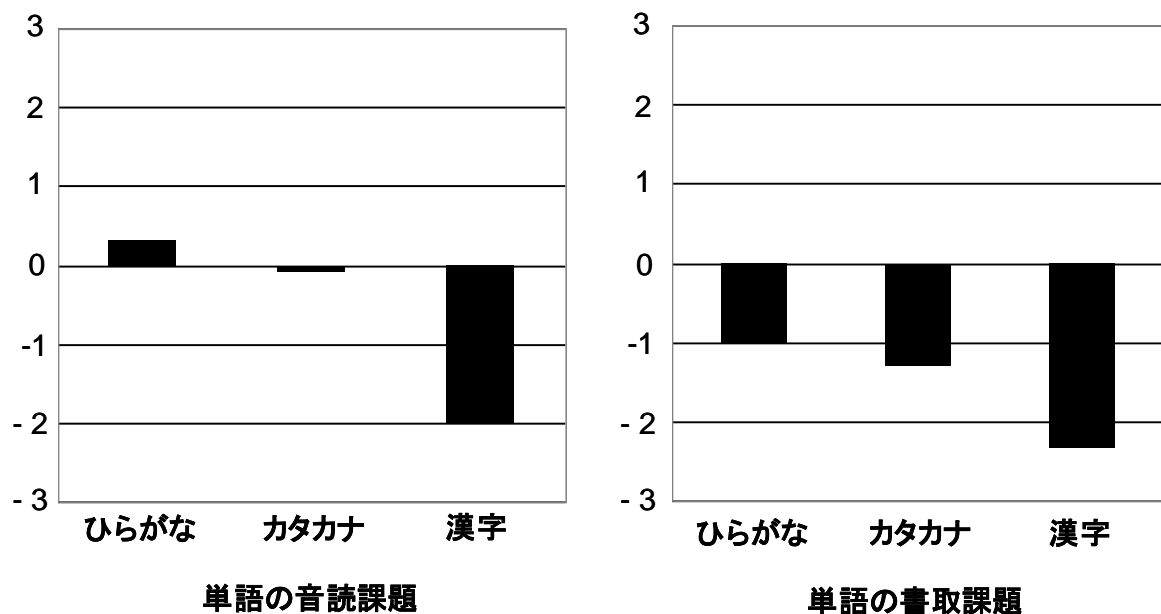


図6 STRAWの結果

STRAW: Screening Test of Reading and Writing for Japanese Primary School Children (小学生の読み書きスクリーニング検査)

グラフは、症例5名の z-score の平均値を示している。ひらがな、カタカナ及び漢字単語の課題数は各々20問である。中学3年生の症例5は便宜的に小学6年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

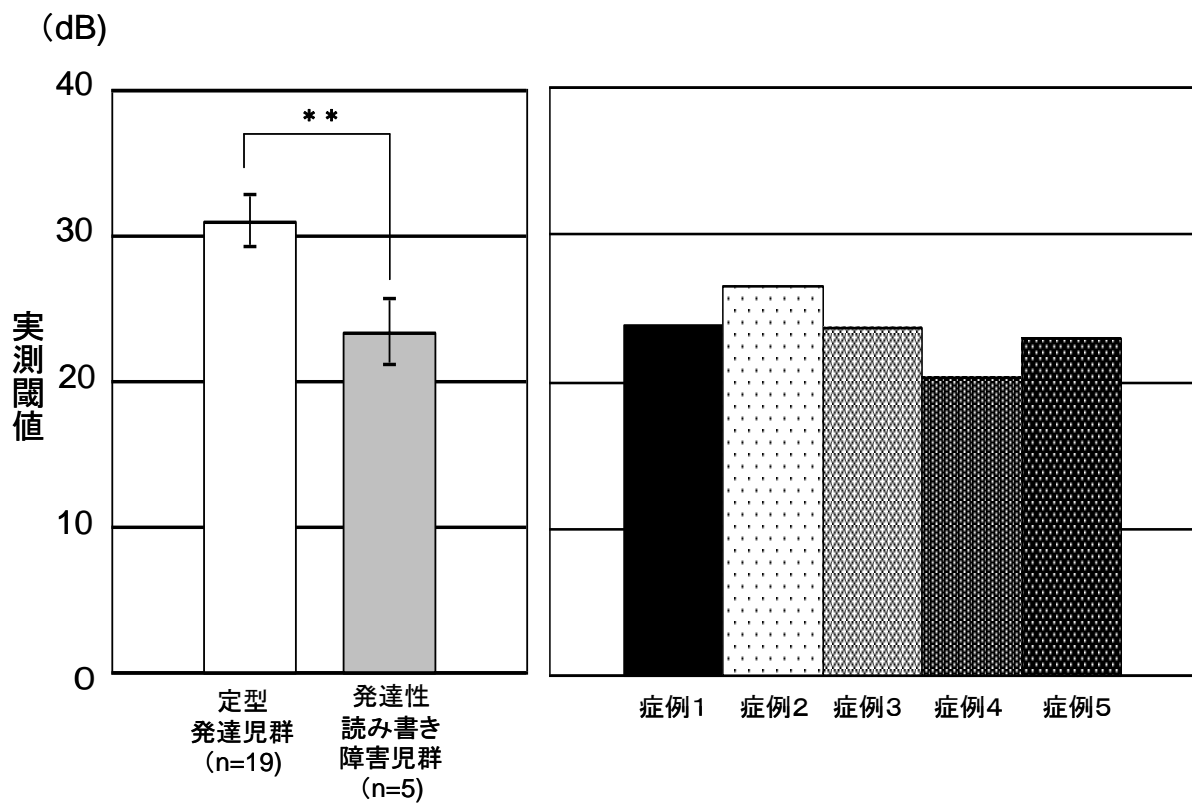


図7 FDT C-20プログラムの両眼平均実測閾値

FDT : Frequency Doubling Technology

** : $p < .001$

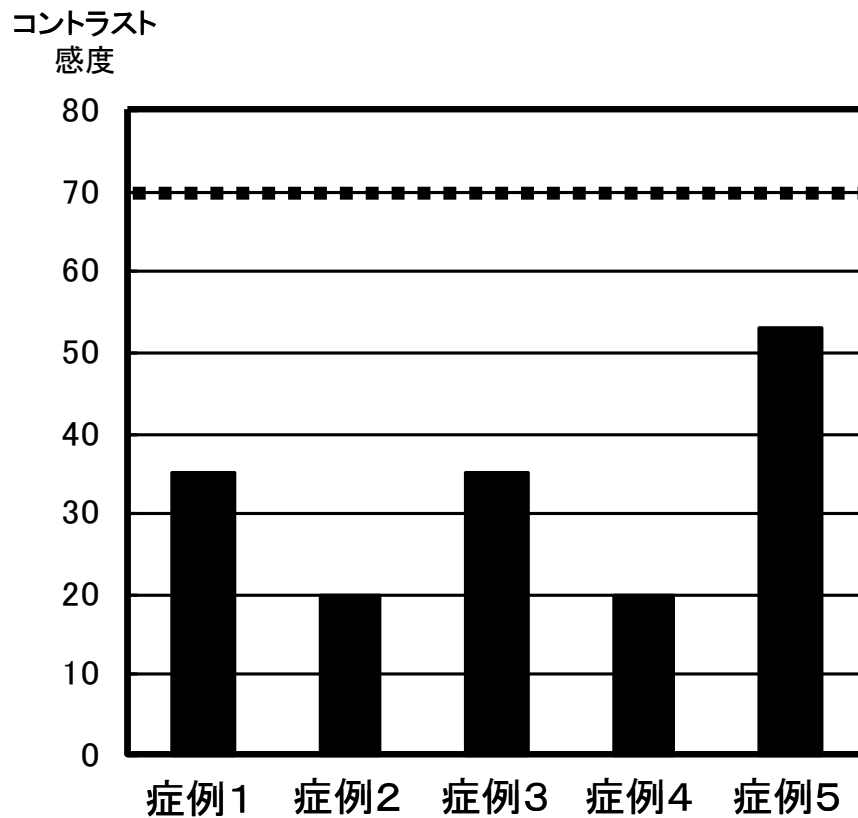


図 8 発達性読み書き障害児 5 名の VCTS における低空間周波数 1.5 cycles / degree の刺激に対する両眼平均コントラスト感度

VCTS : Vision Contrast Test System

コントラスト感度 = 1 / コントラスト閾値。破線 (-----) は正常値の下限を表す。

VCTS(Vision Contrast Test System)では、visual magnocellular system の機能を強く反映していると考えられる低空間周波数 1.5 cycles / degree について、コントラスト閾値の逆数であるコントラスト感度を片眼ずつ正常値と比較した。その結果、1.5 cycles / degree では全例でコントラスト感度の低下が認められた (図 8)。

眼球運動機能の観察では、症例 2、3 及び 5 に眼球運動機能の異常が認められた。症例 2 では両眼球の輻湊不全が観察された。症例 3 では両眼球の輻湊不全が観察され、追視において視標を水平に動かした際、瞬きが多くなった。また検査実施後目の疲れを訴えていた。症例 5 では両眼球の輻湊不全が観察され、跳躍眼球運動 (サッケード) では瞬時に呈示された視標へ視点を移す際、眼球の動きがゆっくりであった。

5) 考察

(1) 本報告 5 名の認知機能について

知能検査の結果、全例 WISC-III 知能検査 (Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition) において言語性 IQ と動作性 IQ のいずれかもしくはどちらもが 90 以上の値を示し、且つ K-ABC 心理・教育アセスメントバッテリー (Japanese Kaufman Assessment Battery for Children) では、継次処理尺度、同時処理尺度、認知処理過程尺度及び非言語性尺度のいずれかの総合尺度の標準得点が 85 以上の値を示していたことから、全般的知能は全例正常範囲内と考えられた。要素的な認知機能検査の結果、言語発達については標準抽象語理解力検査 (SCTAW) の成績から、全例年齢相当の発達段階であると考えられた。音声言語的な情報処理過程については、RAVLT (Rey's Auditory Verbal Learning Test) の成績から、全例音声言語の長期的記憶機能は良好と思われたが、単語の逆唱課題における成績から音韻処理能力の低下が疑われた。視覚情報処理過程については、MFFT (Matching Familiar Figure Test) と ROCFT (Rey-Osterrieth Complex Figure Test) の成績から、全例視覚認知機能と視覚性記憶機

能の低下が疑われた。以上より、本報告例では全例において全般的知能は正常範囲内であったが、音韻情報処理過程と視覚情報処理過程の双方に障害が認められ、日本語話者の発達性読み書き障害児の報告(宇野, 2002; 春原ら, 2002, 2004; 栗屋ら, 2003) と類似した障害構造を有していると考えられた。

(2) 本報告例における visual magnocellular system の関与

FDT (Frequency Doubling Technology) と、VCTS (Vision Contrast Test System)の検査結果より、全例で動的刺激や静的刺激のコントラスト閾値は定型発達児と比較して上昇していた。また症例2、3及び5では眼球運動の異常も観察された。本研究から、海外での報告と同様に日本語話者の発達性読み書き障害児においても visual magnocellular system (視覚性大細胞システム)の機能低下が認められるのではないかと思われた。一方、全例視力に大きな問題はみられなかったが、要素的な認知機能検査にて視覚認知障害が疑われた。これは visual magnocellular system の障害だけでは説明困難であり、visual parvocellular system (視覚性小細胞システム)にも機能低下があると考えられる。

これまで海外における発達性読み書き障害の視覚情報処理過程に関する研究では、visual magnocellular system の障害のみが認められ、visual parvocellular system の機能は保たれていると報告されていた。例えば、Livingstone et al. (1991) の電気生理学的研究や、Eden et al. (1996a) の fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) を用いた研究では、高コントラスト且つ静的な刺激では統制群と電位の変化や大脳の賦活に差を認めなかったのに対して、低コントラスト且つ動的な刺激では差が認められたと報告している。また、Livingstone et al. (1991) は剖検脳にて、読み書きが困難だった対象の外側膝状体の magnocellular layer (大細胞層)は統制群と比較して細胞の大きさや数が低下していたのに対して、parvocellular layer (小細胞層)は差を認めなかったと報告している。

Livingstone et al. (1991) や Eden et al. (1996a) の報告をみる限り、視覚情報処理過程における visual magnocellular system と visual parvocellular system は独立した機能であるように思われる。しかし、実際には2つの視覚経路は完全には機能分化していないことが明らかになっている。Maunsell et al. (1990) と Ferrera et al. (1992) は、マカクサルを対象に外側膝状体の magnocellular layer (大細胞層) と parvocellular layer (小細胞層)の各々のニューロン活動を薬物で選択的にブロックし、visual magnocellular system に属するMT野 (Middle Temporal area) と、visual parvocellular system に属するV4野 (第4次視覚野) における、各々のシステムからの入力への寄与を調査した。その結果、MT野では visual magnocellular system の入力への寄与が76%、visual parvocellular system の入力への寄与が4%であったのに対し、V4野では visual magnocellular system の入力への寄与が47%、visual parvocellular system の入力への寄与が36%であったと報告している。このことは visual parvocellular system の情報処理に visual magnocellular system が関与していることを示唆している。発達性読み書き障害児における visual magnocellular system の機能障害は、visual parvocellular system にも影響を及ぼしている可能性がある。

本研究では、日常生活での物の見え方に関する情報収集を実施している。その中で視力や眼球運動機能には大きな問題がないのにも関わらず、細かい文字が見えづらいと訴える症例が1例 (症例4) 存在した。症例4の客観的な検査結果からは、コントラスト閾値の上昇が認められていたことから、visual magnocellular system に関連するコントラスト閾値の上昇が文字の見え方に影響を及ぼしている可能性がある。視力や形態知覚に関与する visual parvocellular system の機能が文字の読み書きに重要であることは明白である。しかし、本研究のように visual magnocellular system の機能についても評価を実施することは、発達性読み書き障害児の視覚情報処理過程を詳細に検討する上で重要ではないかと思われる。

(3) visual magnocellular system と日本語の読み書きにおける正確性との関連

英語圏では、視覚情報処理過程における visual magnocellular system (視覚性大細胞システム) の問題は文字の音読の正確性に影響を及ぼすと報告されている (Livingstone et al.,1991 ; Breitmeyer,1993 ; Eden et al.,1996a ; Cornelissen et al.,1998 ; Stein,2001,2003 ; Sperling et al.,2003,2006 ; Kinsey et al.,2006)。単語や文章を読む際、網膜上に写る像は急速に動いており、それを静的に認識するためにはサッケード抑制 (Breitmeyer,1993) や目ブレ補正 (Murakami et al.,1998) が必要となる。また、文字の配列を捉えるための眼球運動機能や視覚性注意機能も必要となる (Stein, 2003)。visual magnocellular system の障害はこれらの機能を不安定にすると言われており、文字を読む際に文字の形態がブレて見えるために、まったく書かれていない文字をあたかもあるかのように読んでしまう誤読を引き起こすと考えられている (Cornelissen et al.,1998)。

本報告例に関して、小学生の読み書きスクリーニング検査 (Screening Test of Reading and Writing for Japanese Primary School Children ; STRAW) における漢字単語の音読課題では、症例 4 を除く 4 例が困難を示した。日本語の場合には、ひらがなやカタカナに加えて漢字のような形態の複雑な文字の場合に、文字の形態のブレて見えることが音読の正確性に影響を及ぼす可能性があると思われる。一方、日常生活での物の見え方を聴取した際には、物や文字がブレて見えると訴えた症例は一人もいなかった。詳細については不明だが、常に同じ見え方をしている場合には、他の見え方と比較できないため訴えがない可能性も考えられる。

また、本報告例には、音読だけでなく書字にも問題が認められた。日本語話者の発達性読み書き障害児には、ひらがな、カタカナ及び漢字の音読と書字が障害される症例 (金子ら, 1997)、カタカナと漢字の音読と書字が障害される症例 (酒井ら, 2002)、漢字の音読と書字のみ

が障害される症例(井潤ら, 2001)、カタカナと漢字の書字のみが障害される症例(栗屋ら, 2003)、漢字の書字のみが障害される症例(宇野ら, 1995, 1996)のように複数の報告がなされている。このことは、必ずしも日本語話者の発達性読み書き障害児全員に音読と書字の障害が並存するわけではなく、書字のみが障害される症例が存在することを示している。書字のみの障害を呈する症例の場合、文字の音読に影響を及ぼすとされる **visual magnocellular system** の問題では十分な説明ができないと思われる。本報告では症例4が漢字単語の書字のみに困難を示していた。今後は症例4のような書字のみの障害を持つ症例について、視覚情報処理過程における **visual magnocellular system** がどのように関与しているか検討を行う必要があると思われる。

6) 第一研究における課題と解決すべき点

第一研究から発達性読み書き障害児5名において **visual magnocellular system** (視覚性大細胞システム)の機能低下が認められた。しかし、解決すべき課題も明らかになった。第一に、対象の発達性読み書き障害児5名には視覚認知障害が認められたことから、**visual magnocellular system** だけでなく、**visual parvocellular system** (視覚性小細胞システム)にも機能低下があると考えられる。第二に、先行研究では **visual magnocellular system** の問題は音読の正確性に影響を及ぼす(Stein,2003)と報告されており、書字障害との関連は検討されていない。音読の正確性に問題を示さない書字障害例の場合、**visual magnocellular system** の問題だけで障害メカニズムを説明できるのか否かは明確ではない。発達性読み書き障害児の視覚情報処理過程の障害構造を明らかにするためには、**visual magnocellular system** と **visual parvocellular system** の双方を含めた、視機能、視知覚及び視覚認知機能の各側面に関して、体系的な分析を行う必要があると思われる。

IV. 第二研究

発達性読み書き障害児における視機能、視知覚 及び視覚認知機能について

1) 背景

第一研究から、発達性読み書き障害児の視覚情報処理過程の障害構造を明らかにするためには、**visual magnocellular system**（視覚性大細胞システム）と**visual parvocellular system**（視覚性小細胞システム）の双方を含めた、視機能、視知覚及び視覚認知機能の各側面に関して、体系的な分析を行う必要があると考えられた。

海外では、英語圏の発達性読み書き障害者（Winner et al.,2001）や、イタリア語圏の発達性読み書き障害児（Giudice et al.,2000）に関して、視知覚や視覚認知機能を検討した研究が報告されており、フランス語圏の発達性読み書き障害児に関しては、視機能、視知覚及び視覚認知機能の各側面について検討が行われている（Pache et al.,2004）。しかし、これらの報告では以下に述べる問題点が挙げられる。第一に Winner et al.(2001)と Giudice et al.(2000)の研究では、視機能について検討が行われていない。第二に Giudice et al.(2000)と Pache et al.(2004)の研究では、視知覚と視覚認知機能の評価に関して、成人を対象に作成された検査バッテリーをそのまま適用しており、視覚情報処理過程における視知覚や視覚認知機能について十分な定義もなく検査を実施している。第三に Giudice et al.(2000)、Winner et al.(2001)及び Pache et al.(2004)の研究では視覚情報処理能力が文字の読み書きの正確性にどのような影響を与えるのかについてまったく検討がなされていない。

以上の問題点を解決するためには、視機能、視知覚及び視覚認知機能に関して操作的な定義を行い、各側面を評価できる検査項目を十分に検討することが必要と思われる。その上で発達性読み書き障害児と視機能、視知覚及び視覚認知機能との関連や、視覚情報処理能力が文字の読み書きの正確性に及ぼす影響について検討することで、新たな

知見を得ることができるのではないかと考えられる。

2) 目的

発達性読み書き障害児の視覚情報処理過程を、低次の機能から高次の機能まで体系的に評価し、視機能、視知覚、視覚認知機能及び読み書きとの関連について検討する。

3) 方法

(1) 対象

発達性読み書き障害児は、小学2年生から中学3年生までの計20名（男児15名、女児5名）である（表3）。症例11(小学4年生男児)のみ左利きで19名は右利きであった。対象は、練習を繰り返しても読み書きが困難であるという本人や家族の主訴にてT大学やLD児者へのサポート専門機関に来所した児童である。読み書きに関する学習到達度検査、知能検査及び要素的な認知機能検査の結果から、学習不足のような環境要因によって文字の読み書きが困難なのではなく、認知機能障害によって文字の読み書きが困難であることが推定された例である（後述）。全例、理学的所見や神経学的所見に異常は認められなかった。また頭部外傷や脳血管障害の既往もなく、以下の検査結果に大きく影響されると考えられる注意欠陥／多動性障害（AD/HD）も合併していなかった。

定型発達児は、通常学級に在籍する小学1年生から6年生の児童、計59名（男児22名、女児37名）である（表4）。定型発達の基準は以下の二点とした。第一に全般的知能が正常域であること、第二に読み書きの問題がないことを確認するため、漢字書字課題を実施し十分高い得点を示していること、とした。全般的知能が正常域であることを確認するため、WISC-III知能検査（Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition）と有意な高い相関があるとされる（宇野ら、2005）レーヴン色彩マトリックス検査（Raven Coloured Progressive Matrices；RCPM）を実施した。定型発達児59名のz-scoreの平均値

表 3 発達性読み書き障害児（20名）

症例	年齢	学年	性別	利き手	理学的 所見
1	7歳	小2	男	右	n.p.
2	7歳	小2	男	右	n.p.
3	8歳	小3	女	右	n.p.
4	8歳	小3	女	右	n.p.
5	8歳	小3	男	右	n.p.
6	9歳	小4	女	右	n.p.
7	9歳	小4	女	右	n.p.
8	9歳	小4	女	右	n.p.
9	9歳	小4	男	右	n.p.
10	9歳	小4	男	右	n.p.
11	9歳	小4	男	左	n.p.
12	10歳	小4	男	右	n.p.
13	10歳	小4	男	右	n.p.
14	10歳	小4	男	右	n.p.
15	10歳	小5	男	右	n.p.
16	10歳	小5	男	右	n.p.
17	10歳	小5	男	右	n.p.
18	12歳	小6	男	右	n.p.
19	12歳	小6	男	右	n.p.
20	14歳	中3	男	右	n.p.

n.p. : no problem

表 4 定型発達児（59名）

学年	男児	女児	計
1	4	12	16
2	3	3	6
3	4	7	11
4	4	5	9
5	4	8	12
6	3	2	5

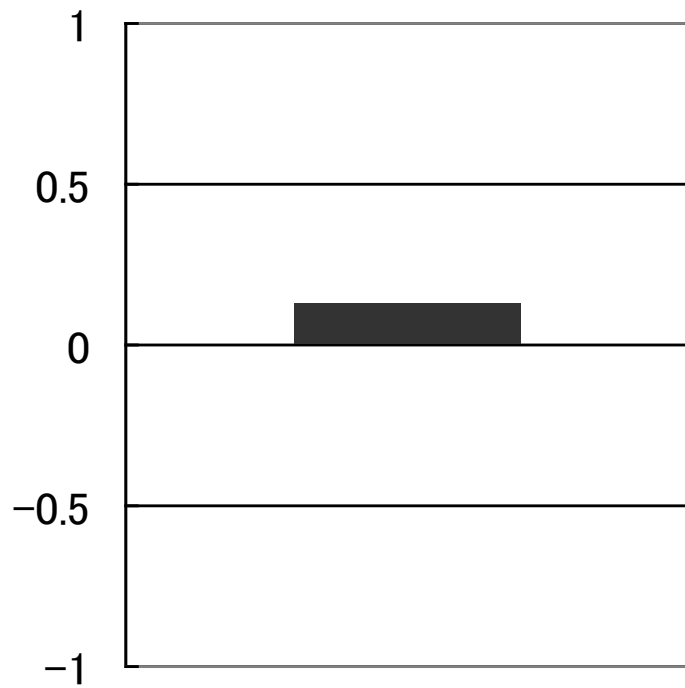


図9 定型発達児（59名）におけるRCPMの成績

RCPM : Raven Coloured Progressive Matrices (レーヴン色彩マトリックス検査)

グラフは、定型発達児59名のz-scoreの平均値を示している。

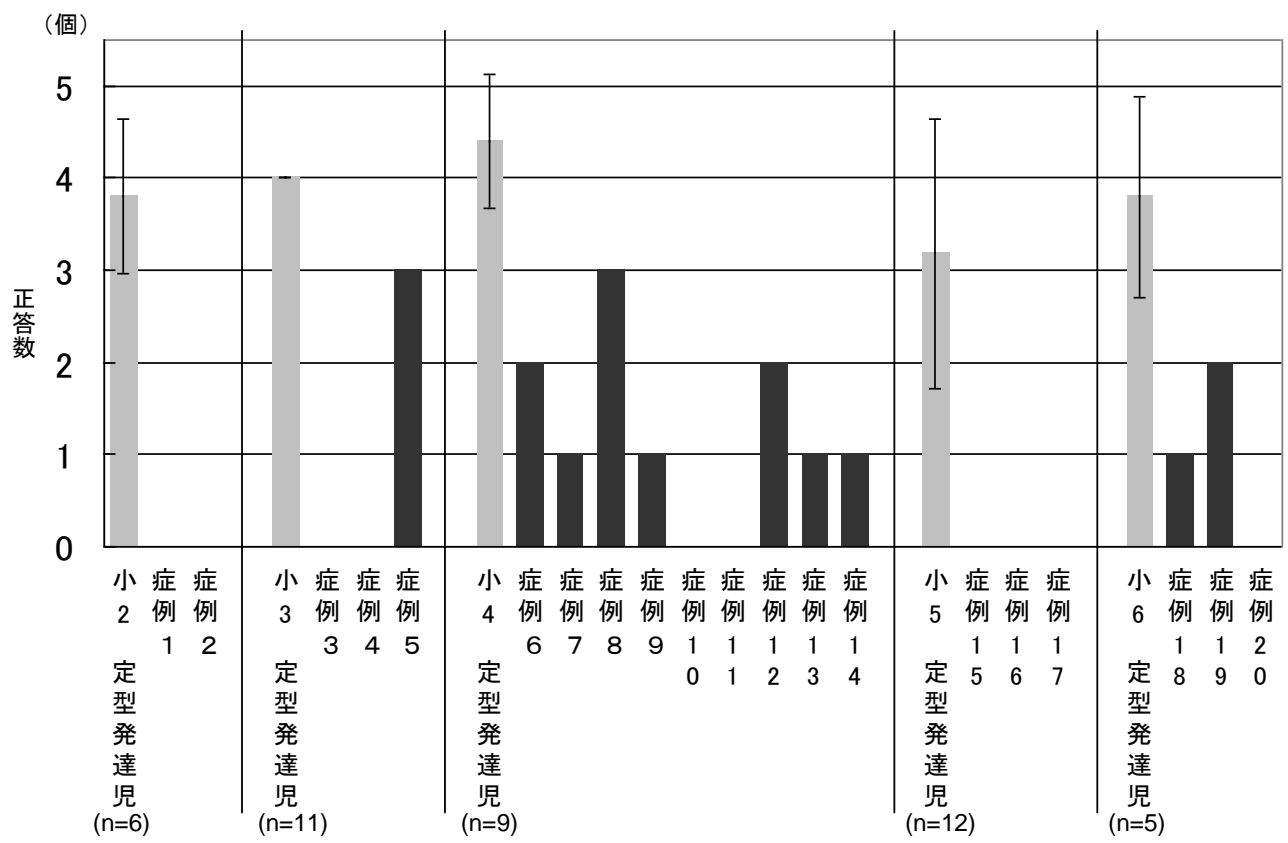


図 10 漢字 5 単語における定型発達児と発達性読み書き障害児の成績

漢字書字課題では、小学生の読み書きスクリーニング検査（Screening Test of Reading and Writing for Japanese Primary School Children ; STRAW）の基準値作成の際、漢字単語の書取課題において定型発達群で正答率が最も低かった漢字 5 単語について書取課題を実施した。中学 3 年生の症例 20 には便宜的に小学 6 年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

は標準値の範囲内であった(図9)。漢字書字課題は、小学生の読み書きスクリーニング検査(Screening Test of Reading and Writing for Japanese Primary School Children; STRAW)の基準値作成の際、漢字単語の書取課題において、定型発達群で正答率が最も低かった漢字5単語を用い、小学2年生から6年生に実施した。発達性読み書き障害児20名における漢字5単語の書取課題の成績は定型発達児と比較すると、全例、在籍学年の平均値の-1SD未満の得点であった(図10)。中学3年生の症例20には便宜的に小学6年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

(2) インフォームドコンセントと倫理

本研究への参加の可否は、対象児童と保護者へのインフォームドコンセントを基に決定された。本研究の趣旨を説明したあと、対象児童と保護者両方の承諾を得られた場合のみ、課題を実施した。また、途中で止めた場合でも何ら不利益がないことについて充分説明した。

課題によっては例題を実施し、実施の継続が困難な場合には中止した。また反応が正しいか否かについて対象児童には分からないように検査者が常に肯定的に対応することにより、対象児童の不要な負担を避けられるように配慮した。検査者は課題実施中、対象児童の状態を注意深く確認し、対象の希望次第では小休止を入れたり課題を中止した。全課題の所要時間は約30分であったが、対象の状態や希望によっては全課題を15分ずつ2回に分けて実施した。

本研究を実施するにあたり、筑波大学大学院人間総合科学研究科研究倫理委員会の審査を受け、承認を得た(記番号560)。

(3) 視機能、視知覚及び視覚認知機能の操作的定義

本研究では、視機能、視知覚及び視覚認知機能の各用語に関して以下のように操作的に定義した。各視覚情報処理能力の関係を図11に示した。

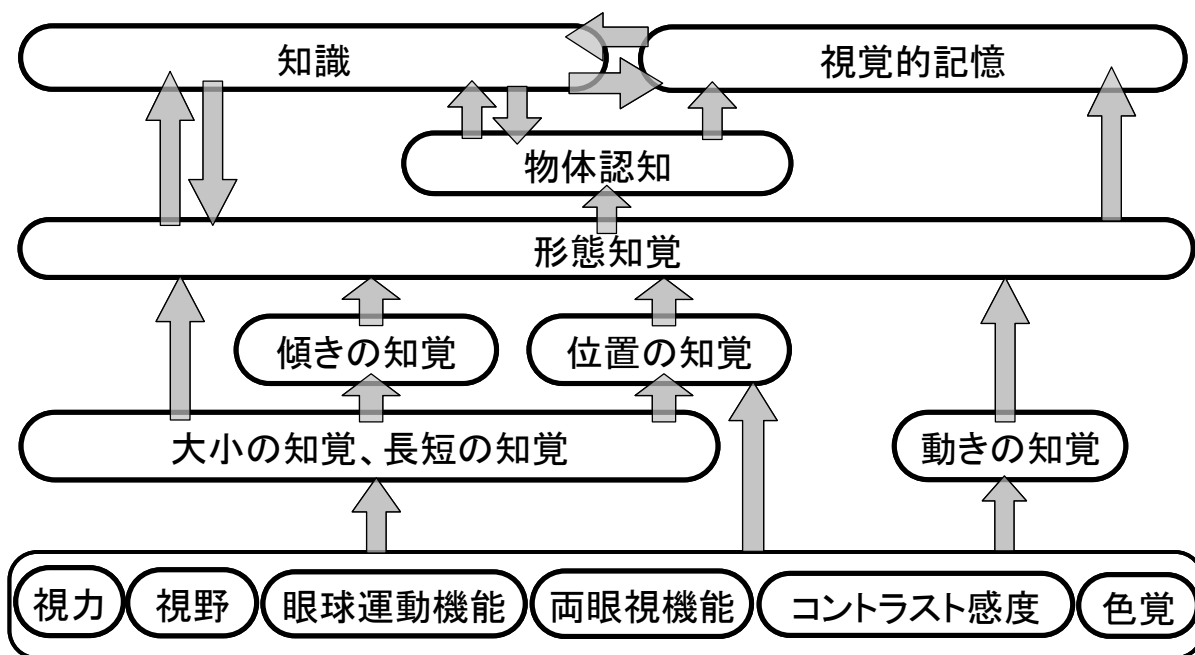


図 11 各視覚情報処理能力の関係について

a) 視機能

本研究では、視機能という用語に関しては福田（1999）の定義に基づき、視力、視野、コントラスト感度、色覚、両眼視機能及び眼球運動機能などの各機能と定義した。

b) 視知覚

視知覚という用語に関して、Gardner (1982)は様々な形を視覚的に知覚する能力であると述べている。馬渡ら（1971）や山鳥（1985）は光の強弱、色、長短、大小、傾き、角度、運動の方向及び形の弁別のような要素的な視覚能力であるとしている。標準高次視知覚検査（Visual Perception Test for Agnosia ; VPTA、日本高次脳機能障害学会、1997）では、線分の長さ、大きさ、数、形、距離、色及び明るさなどの対象に関する基本的感覚情報であると述べられている。

これらの文献では、視知覚の説明として、形態や物体を知覚するために必要な要素的な視覚情報の処理という点が共通していると思われる。本研究では視知覚を、対象に関する要素的な視覚情報の処理と操作的に定義した。

c) 視覚認知機能

視覚認知機能とは、Gardner (1982)は知覚した形態に関して解釈を加える段階であると述べている。Riddoch et al. (1993)は、物体の形態に関する知識であるとしている。北出（2003）は、形態や物体の一部から全体像を類推して認識する段階もしくは認識した形態や物体を心的に操作する段階と述べている。また、仲泊（2003）は形態認知には形態と意味の連合が必要であるとしている。

これらの文献では、視覚認知機能という用語の説明として、知覚した形態に対して知識を活用するという点が共通していると思われる。本研究では視覚認知機能を、知識に依存した対象の形態に関する視覚情報の処理と操作的に定義した。

(4) 手続き

定型発達児 59 名と発達性読み書き障害児 20 名に、視機能、視知覚及び視覚認知機能を評価する課題を実施した。発達性読み書き障害児 20 名には、その他に知能検査、要素的な認知機能検査及び読み書きに関する学習到達度検査を実施した。

a) 知能検査、要素的な認知機能検査及び読み書きに関する学習到達度検査について

全般的な知的機能の測定のため、WISC-III 知能検査 (Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition) とレーヴン色彩マトリックス検査 (Raven Coloured Progressive Matrices ; RCPM) を実施した。言語発達検査として標準抽象語理解力検査 (Standardized Comprehension Test of Abstract words ; SCTAW) を音声提示版で実施した。音韻情報処理過程を評価する検査として 3、4 モーラ語の逆唱課題を実施して正答数と所要時間を測定した。所要時間は刺激語を復唱後、逆唱を完了するまでの時間をストップウォッチで計測した。また 4 から 9 モーラ語の非語の復唱課題を実施した。聴覚的言語性記憶検査として Rey's Auditory Verbal Learning Test(RAVLT)を実施した。視覚情報処理過程を評価する検査として、六者択一の線画同定課題 (Matching Familiar Figure Test : MFFT) と Rey-Osterrieth Complex Figure Test(ROCFT)を実施した。

読み書きに関する学習到達度検査として、小学生の読み書きスクリーニング検査 (Screening Test of Reading and Writing for Japanese Primary School Children ; STRAW) の ひらがな単語、カタカナ単語及び漢字単語における音読課題と書取課題を学年に応じて実施した。なお中学 3 年生の症例 20 には便宜的に小学 6 年生用の課題を用いた。

b) 視機能を評価する課題について

視力は、新標準近距離視力表 (はんだ屋商店、東京) を使用して、近見視力を片眼ずつ測定した。新標準近距離視力表は冊子になってお

り、各ページには2から5個のランドルト環が4から7段配列されている。検査は、冊子を対象の目から30cm離し、表面照度400Lx以上の条件で実施した。対象には大きな視標から順に提示しランドルト環の切れ目の方向を口頭または指差しで答えてもらった。視力は、対象がランドルト環の切れ目の方向を4個のうち3個正しく識別できた最小の段の値とした。

視野は、対座法（藤野,1997）で中心視野を片眼ずつ評価した。検査者は対象から約50cm離れて対面した。その後、検査者は対象の片方の人差し指を持ち、対象の眼前約30cmにかざした。対象には検査者につかまれている、もう片方の手掌で非検査眼を遮蔽してもらった。対象の人差し指の指先を固視標として、検査者は固視点を通る垂直子午線（正中線）を境に、対象の鼻側の上側と下側、耳側の上側と下側の4箇所視標を呈示した。対象には視標が見えているか否か口頭で答えてもらった。

眼球運動機能は、視標の追視、輻湊及び跳躍眼球運動（サッケード）に関して日本感覚統合障害研究会認定講習会で使用される臨床観察マニュアルを用いて直接視察した。また Developmental Eye Movement Test（DEM、BERNELL、アメリカ）を使用して評価した。

視標の追視、輻湊及び跳躍眼球運動（サッケード）に関して眼球運動機能を直接視察する方法は以下に記述する通りである。追視では対象の目から約30cmの距離に視標を呈示し、対象には頭や首を動かさずに視標を目で追わせて、その際の眼球運動を観察した。視標は水平、垂直、斜め、円状及び八の字に動かした。輻湊では視標を両眼の中心線に沿って対象へ近づけていき、その際の眼球運動を観察した。跳躍眼球運動（サッケード）では対象に検査者の鼻を注視させ、そこから対象の視野内に呈示される視標へすばやく視点を移動させる際の眼球運動を観察した。

Developmental Eye Movement Test（DEM）は、数字列の音読課題である（図12）。課題はTest A、Test B及びTest Cの3課題で構成されている。Test AとTest Bは等間隔に並んだ40文字の数字列を縦方

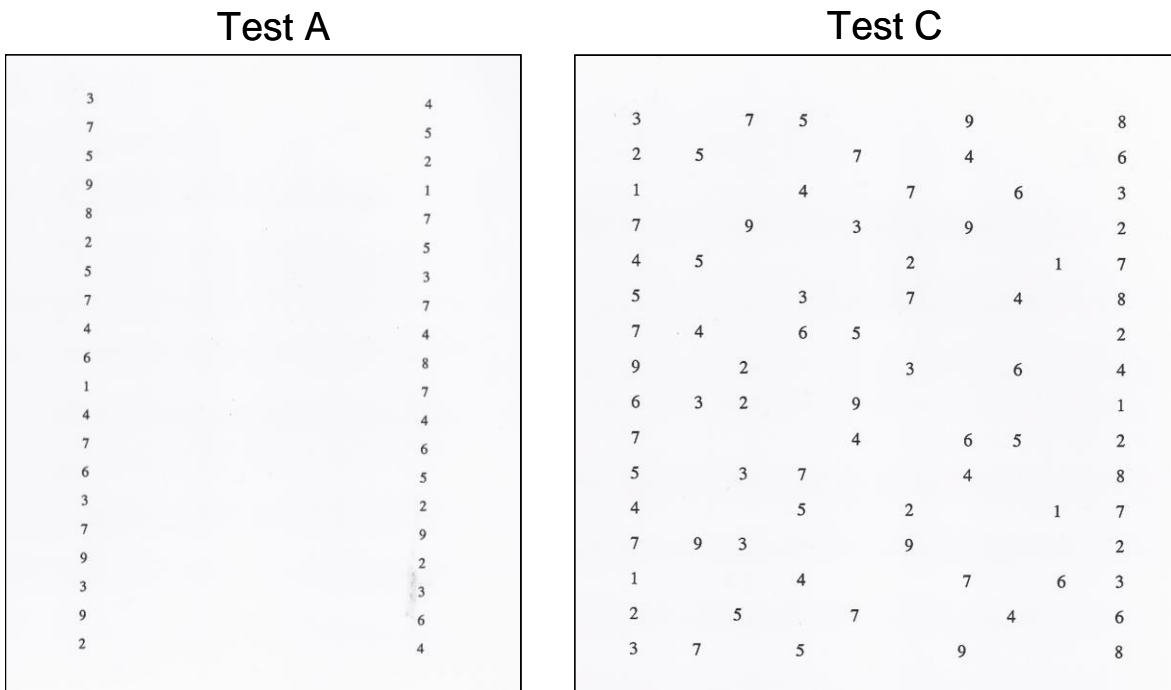


図 12 Developmental Eye Movement Test (DEM)

Test A (左) は等間隔に並んだ 40 文字の数字列を縦方向に音読する課題で、
 Test C (右) はランダムな間隔で並んだ 80 文字の数字列を横方向に音読する
 課題である。

向に音読する課題で、Test C はランダムな間隔で並んだ 80 文字の数字列を横方向に音読する課題である。検査は、刺激を対象の目から約 60cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。対象には、Test A、Test B 及び Test C の各々の課題に関して指を使わずにできるだけ早く間違えないように数字列を音読してもらった。各課題とも、教示直後から対象が音読し終えるまでの音読所要時間と誤読数を記録した。数字の誤読は、脱落（数字の読み飛ばし）、置換（数字の読み間違い）、追加（数字を追加して読む、又は同じ数字を繰り返し読む）及び転置（数字を読む順番が上下、又は左右で入れ変わる）の 4 種類について記録した。

採点では、まず Test A と Test B の音読所要時間を加算して TIME 1 とした。その後 Test C の音読所要時間を以下の公式を用いて補正し TIME 2 とした。Test C の音読所要時間を補正する公式は $TIME 2 = \text{Test C の音読所要時間} \times 80 / (80 - \text{数字を読み飛ばす誤りの総数} + \text{数字を追加して読む、又は同じ数字を繰り返し読む誤りの総数})$ である。その後、TIME 1 を分母とし、TIME 2 を分子として比率（ratio）を算出した（ $TIME 2 / TIME 1$ ）。また総誤読数（置換 + 脱落 + 追加 + 置換）を算出した。

コントラスト感度は、Functional Acuity Contrast Test (F.A.C.T、Stereo Optical、アメリカ) を使用して評価した (図 13)。検査表には視角 1.7 度の大きさで円形の正弦波縞視標が 45 個配列されている。円形の正弦波格子標における空間周波数は 1.5、3、6、12 及び 18 cycles / degree である。円形の正弦波縞視標は左から右に行くに従いコントラストが低くなり、上から下に行くに従い空間周波数が大きくなる。また、視標の縞は垂直、右傾斜 15 度、左傾斜 15 度の 3 種類が不規則な順序で配列されている。検査は、刺激を対象の目から 46cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。F.A.C.T 実施前に視標のサンプルを見せ、視標の縞の向きを 3 種類の中から答える検査であることを説明した。その後、視標の縞の向きを口頭か指差しで答えてもらい、縞の向きが答えられなくなるコントラストを各空間周波数毎に片眼ず



图 13 Functional Acuity Contrast Test (F.A.C.T)



图 14 石原色覚検査表国際版 38 表

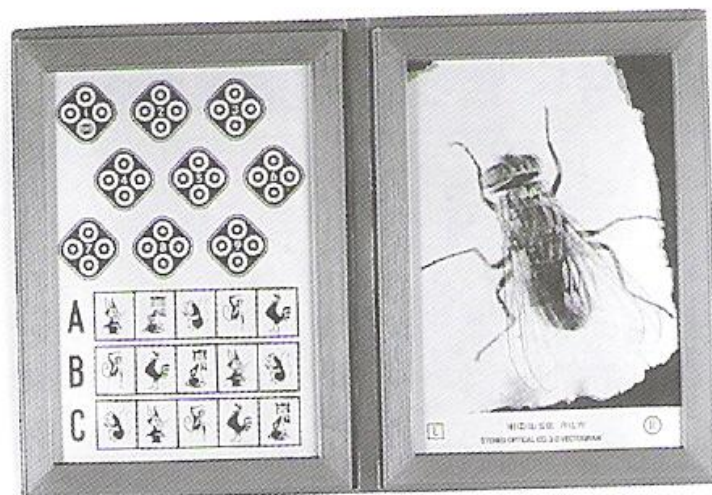


图 15 Stereo Fly Test

つ測定した。

色覚は、石原色覚検査表国際版 38 表（はんだ屋商店、東京）を使用して評価した（図 14）。石原色覚検査表国際版 38 表は冊子になっており、各ページには数種類の色をモザイク状に配置して作成された 1 から 2 桁の数字が書かれている。検査は 21 課題で構成されている。検査は冊子を対象の目から約 60cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。対象には各ページに書かれた数字を音読してもらった。3 秒以内に正しく音読できた場合を正答とした。1 度目の回答が誤っていても自己修正を行い正しく音読できた場合は正答とした。数字を正しく音読できた正答数を記録した。

両眼視機能は、Stereo Fly Test（StereoOptical、アメリカ）を使用して評価した（図 15）。Stereo Fly Test は動物視標 3 課題とサークル視標 9 課題で構成されている。検査は、刺激を対象の目から約 40cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。対象には偏光眼鏡を装用してもらった。その後、動物視標を呈示して立体的に見える動物を 5 匹の中から指差しか口頭で選択してもらった。さらにサークル視標を呈示して立体的に見える円を 4 個の円の中から指差しか口頭で選択してもらった。動物視標、サークル視標ともに正しく選択できた最小の視差を記録した。

c) 視知覚を評価する課題について

線分の長短の知覚を評価する課題として、Birmingham Object Recognition Battery（BORB, Lawrence Erlbaum Associates, イギリス）の下位項目で線分の長さの異同弁別課題である length match task を実施した（図 16）。length match task は練習問題が 2 課題、本検査が 15 課題で構成されている。各課題では二本の線分が 1.1cm の距離を隔てて水平に呈示されている。各線分の長さは、0.8 から 4.5cm である。検査は、刺激を対象の目から約 60cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。対象には二本の線分の長さが同じか否か口頭で答えてもらった。15 課題中正しく回答できた課題数を記録した。

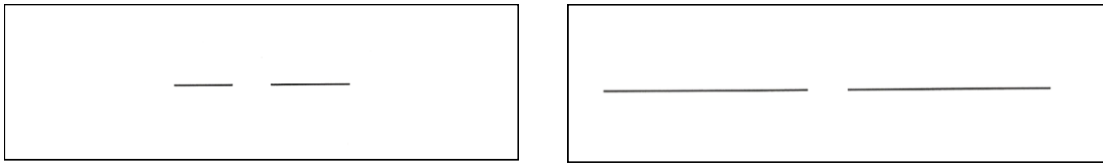


图 16 length match task (一例)

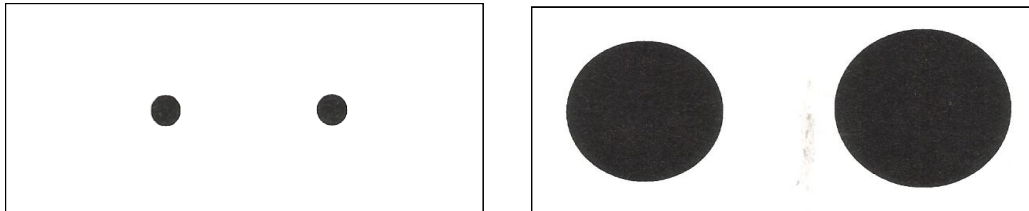


图 17 size match task (一例)

大小の知覚を評価する課題として、**Birmingham Object Recognition Battery (BORB, Lawrence Erlbaum Associates, イギリス)**の下位項目で、円の大きさの異同弁別課題である **size match task** を実施した (図 17)。**size match task** は練習問題が 2 課題、本検査が 15 課題で構成されている。各課題では二つの円が 1.8cm の距離を隔てて水平に呈示されている。円の直径は、3.6 から 32.4mm である。検査は、刺激を対象の目から約 60cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。対象には二つの円の大きさが同じか否か口頭で答えてもらった。15 課題中正しく回答できた課題数を記録した。

位置の知覚を評価する課題として、**Visual Object and Space Perception Test (VOSP, Thames valley test company, アメリカ)**の下位項目である **position discrimination task** を実施した (図 18)。**position discrimination task** は練習問題が 1 課題、本検査が 20 題で構成されている。各課題では水平面に呈示された 2 つの正方形の各々に直径 5mm の円が配置されている。一方の円は正方形の中央に配置されており、もう一方の円は正方形の中央から外れた位置に配置されている。検査は、刺激を対象の目から約 60cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。対象には、円が正方形の中央に配置されている方を指差しか口頭で選択してもらった。20 課題中正しく回答できた課題数を記録した。

動きの知覚を評価する課題として、**Frequency Doubling Technology (FDT, Welch Allyn/Humphrey Zeiss, アメリカ)**を使用して評価した。FDT は、**frequency doubling** 現象を利用してコントラスト閾値を測定する装置である。検査にかかる時間は片眼で約 4 分である (東出ら, 2003)。**frequency doubling** 現象とは、1 cycle / degree 以下の低空間周波数の正弦波格子を約 30ms 毎に白黒を反転して呈示すると 2 倍の空間周波数の格子が見える錯視現象であり、**visual magnocellular system** の機能が反映していると考えられている (Kelly, 1966, 1981 ; Maddess et al.,1992 ; Johnson et al.,1997)。本研究で実施した閾値検査 C-20 プログラムでは、20ms 毎に白黒が反転する 0.25 cycle / degree

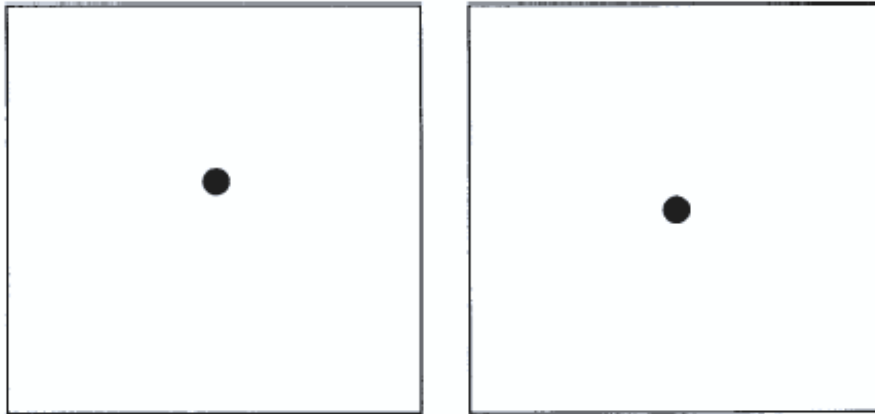


図 18 position discrimination task (一例)

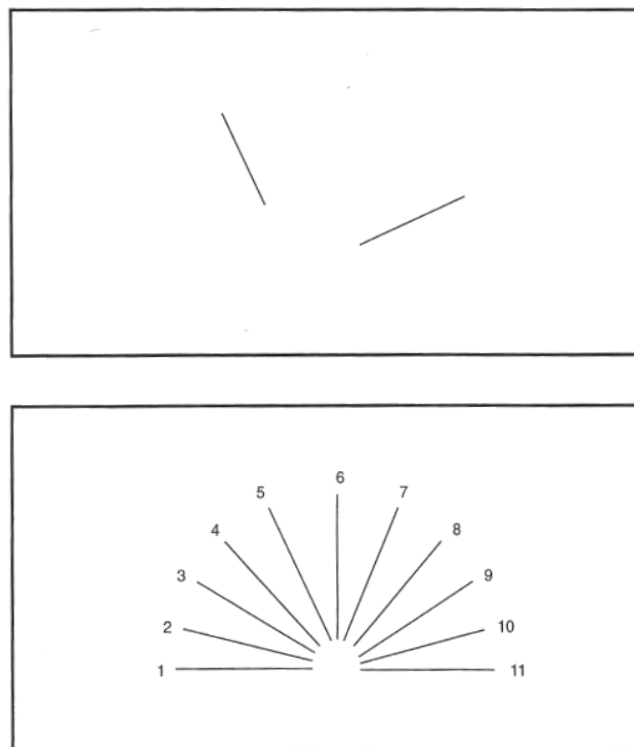


図 19 Judgment of Line Orientation (JLO) の一例

の正弦波格子を刺激として使用する。この正弦波格子は視角 20 度の 17 領域にランダムな時間間隔で 400ms 呈示される。そして縦縞のコントラストを変化させコントラスト閾値を片眼ずつ測定する。FDT 実施前にデモプログラムを呈示し、視標と課題内容の説明を行った。具体的には、応答ボタンを持って画面内を観察し、一瞬だけ呈示される白黒の縞模様の視標が確認できたら応答ボタンを押すこと、必ずしもすべての視標が見えるわけではないことを対象に口頭で伝えた。その後練習を行ってもらい、十分な理解が得られたことを確認して検査を実施した。

線分の傾きの知覚を評価する課題として、**Judgment of Line Orientation (JLO、Psychological Assessment Resources、アメリカ)**と、線分の傾き再生課題を実施した。

Judgment of Line Orientation は練習問題が 5 課題、本検査が 30 課題で構成されている。各課題では紙面の下部に 11 本の傾きの異なる線分が配置されており、紙面の上部に 2 本の傾きの異なる線分が配置されている (図 19)。紙面の下部に配置された 11 本の線分の長さは 3.8cm、紙面の上部に配置された 2 本の線分の長さは 1.9cm である。検査は、紙面を対象の目から約 60cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。対象には紙面の上部に配置された 2 本の線分に関して、傾きが同じ線分を紙面の下部に配置された 11 本の線分から指差ししか口頭で 2 本選択してもらった。30 課題中、正しく回答できた課題数を記録した。

線分の傾き再生課題は 3 課題で構成されている。各課題では水平面に呈示された 2 つの円のうち、左側の円の中に 5.5cm の線分が呈示されている。線分の傾きは、各々水平線から -7 度、+15 度及び +3 度である (図 20)。対象には 5.5cm の木製の棒を渡し、左側の円の中にある線分と同じ傾きになるように、右側の円の中に木製の棒を置いてもらった。左側の円の中にある線分からずれた角度に関して、3 課題の平均値と標準偏差値を算出した。

形態知覚を評価する課題として、**Test of Visual-Perception Skills**

(TVPS, Health Publishing Company, アメリカ) の下位項目で、線画同定課題である **visual discrimination task (VD)** と図地知覚課題である **visual figure-ground task (VFG)** を実施した。

visual discrimination task (VD) は練習問題が 1 課題、本検査が 16 課題で構成されている。各課題では紙面の上部に白地に黒の線分で構成された線画が 1 つ、紙面の下部に線画が 5 つ配置されている (図 21)。検査は、紙面を対象の目から約 60cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。対象には、紙面上部の図形と同一の図形を紙面下部の 5 図形から指差して選択してもらった。5 課題中 4 課題が誤答の場合は課題を中止した。16 課題中、正しく回答できた課題数を記録した。

visual figure-ground task (VFG) は練習問題が 1 課題、本検査が 16 課題で構成されている。各課題では紙面の上部に白地に黒の線分で構成された線画が 1 つ、紙面の下部に錯綜図が 4 つ配置されている (図 22)。検査は、紙面を対象の目から約 60cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。対象には、紙面上部の図形が隠れている錯綜図を紙面下部の 4 図形の中から見つけてもらい、指差して選択してもらった。4 課題中 3 課題が誤答の場合は課題を中止した。16 課題中、正しく回答できた課題数を記録した。

d) 視覚認知機能を評価する課題について

Lezak(1995)は、視覚認知機能を評価する課題として、**pictured object recognition task** と **visual organization task** を挙げており、後者の方が高い視覚認知機能を必要とすると述べている。本研究では、**visual organization task** の中から、K-ABC 心理・教育アセスメントバッテリー (Japanese Kaufman Assessment Battery for Children) の下位項目である絵の統合課題と、Test of Visual-Perception Skills (TVPS, Health Publishing Company, アメリカ)の下位項目である **visual closure task (VC)** を選択して実施した。

K-ABC 心理・教育アセスメントバッテリー (Japanese Kaufman

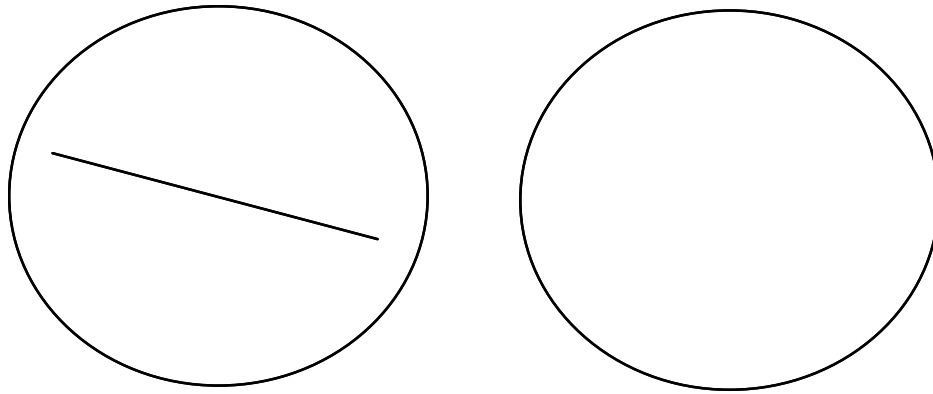


図 20 線分の傾き再生課題（一例）

91



図 21 visual discrimination task（一例）

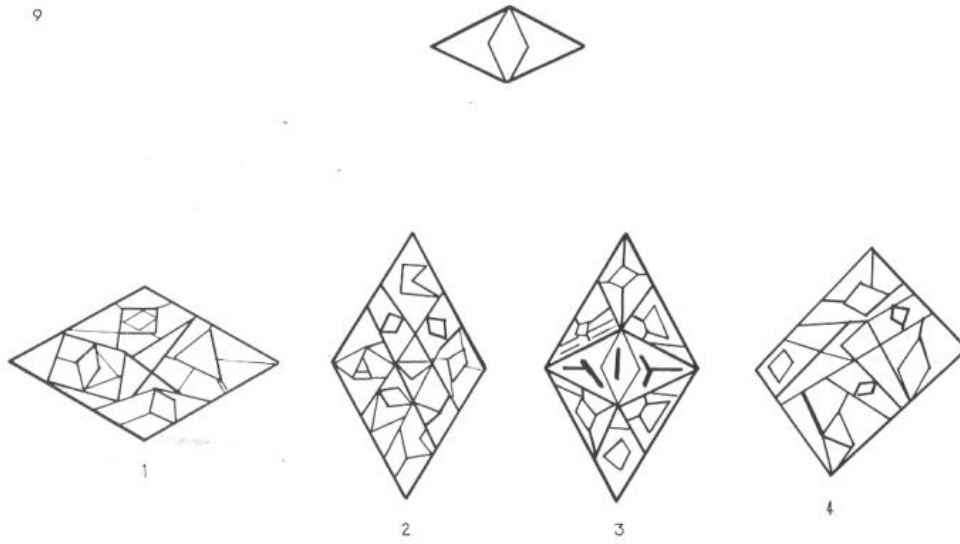


图 22 visual figure-ground task (一例)

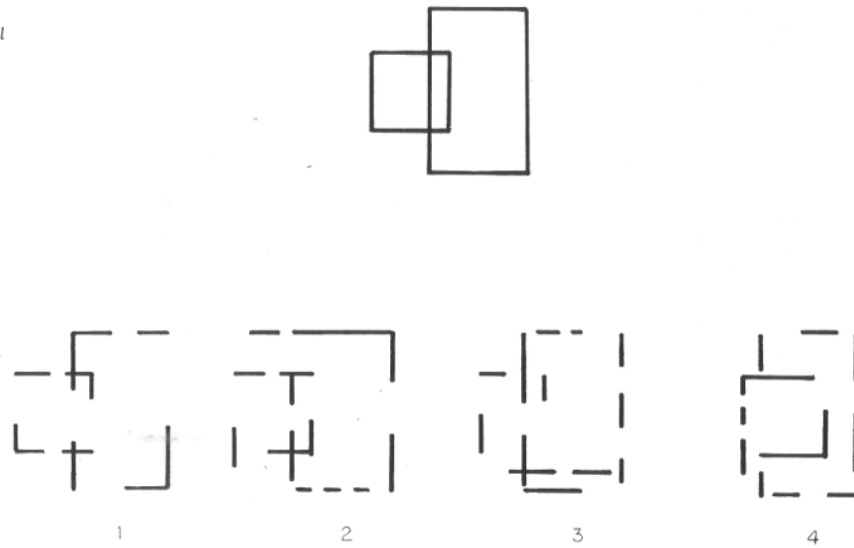


图 23 visual closure task (一例)

Assessment Battery for Children) の下位項目である絵の統合課題は 23 課題で構成されているが、対象の生活年齢によって課題の開始基準と中止基準が設定されているため、実施する課題の数は対象によって異なる。各紙面には不完全なインクブロット絵が 1 つ配置されている。検査は、紙面を対象の目から約 60cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。対象には、不完全なインクブロット絵を見て、絵の名称を口頭で答えてもらった。対象の生活年齢と正しく回答できた課題数をもとに評価点を算出した。

visual closure task (VC) は練習問題が 1 課題、本検査が 16 課題で構成されている。各課題では紙面の上部に白地に黒の線分で構成された線画が 1 つ、紙面の下部に点線で構成された不完全な線画が 4 つ配置されている (図 23)。検査は、紙面を対象の目から約 60cm 離し、表面照度 400Lx 以上の条件で実施した。対象には、紙面上部の図形と同一の図形を紙面下部の点線で構成された不完全な 4 図形から指差しで選択してもらった。4 課題中 3 課題が誤答の場合は課題を中止した。16 課題中、正しく回答できた課題数を記録した。

4) 結果

(1) 発達性読み書き障害児の認知神経心理学的所見

a) 知能検査結果

WISC-III 知能検査 (Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition) では、言語性 IQ、動作性 IQ 及び全検査 IQ のいずれにおいても、20 名の平均値は 90 以上の値を示した (図 24 左)。レーヴン色彩マトリックス検査 (Raven Coloured Progressive Matrices ; RCPM) では、20 名における z-score の平均値は標準値の範囲内であった (図 24 右)。

b) 要素的な認知機能検査結果

音声提示版で実施した標準抽象語理解力検査 (Standardized Comprehension Test of Abstract words ; SCTAW) では、症例 20 名

における z-score の平均値は標準値の範囲内であった (図 25 左)。

RAVLT (Rey's Auditory Verbal Learning Test) では、5 回提示までの最多再生数と 30 分後遅延再生数ともに症例 20 名における z-score の平均値は標準値の範囲内であった (図 25 右)。

単語の逆唱課題では、3 モーラ語の逆唱は症例 1 が 0/10、症例 2 が 8/10、症例 3 が 6/10、症例 4 が 10/10、症例 5 が 9/10、症例 6 が 4/10、症例 7 が 10/10、症例 8 が 6/10、症例 9 が 9/10、症例 10 が 5/10、症例 11 が 3/10、症例 12 が 9/10、症例 13 が 9/10、症例 14 が 4/10、症例 15 が 8/10、症例 16 が 10/10、症例 17 が 9/10、症例 18 が 10/10、症例 19 が 10/10、症例 20 が 10/10 の正答数を示した。4 モーラ語の逆唱は、症例 1 が 0/10、症例 2 が 1/10、症例 3 が 0/10、症例 4 が 10/10、症例 5 が 0/10、症例 6 が 0/10、症例 7 が 8/10、症例 8 が 0/10、症例 9 が 2/10、症例 10 が 7/10、症例 11 が 0/10、症例 12 が 9/10、症例 13 が 6/10、症例 14 が 0/10、症例 15 が 6/10、症例 16 が 9/10、症例 17 が 8/10、症例 18 が 10/10、症例 19 が 8/10、症例 20 が 9/10 の正答数を示した。単語の逆唱課題における平均所要時間では、症例 20 名における z-score の平均値は 3 モーラ語、4 モーラ語ともに +1 以上であった (図 26)。

4 から 9 モーラ語の非語の復唱課題では、各症例の正答率を基準値と比較した。その結果、症例 4 (小学 3 年女児)、症例 11 (小学 4 年男児) 及び症例 18 (小学 6 年生男児) は基準値よりも高い正答率を示していたが、その他の 17 名は基準値よりも低い正答率を示していた (図 27)。

MFFT (Matching Familiar Figure Test) では、正答数、誤答数及び平均初発反応時間のいずれにおいても、症例 20 名における z-score の平均値は標準値の範囲内であった (図 28 左)。

ROCFT (Rey-Osterrieth Complex Figure Test) では、模写課題において症例 20 名における z-score の平均値は標準値の範囲内であった。直後再生課題と 30 分後遅延再生課題の得点において、症例 20 名における z-score の平均値は -1 未満であった (図 28 右)。

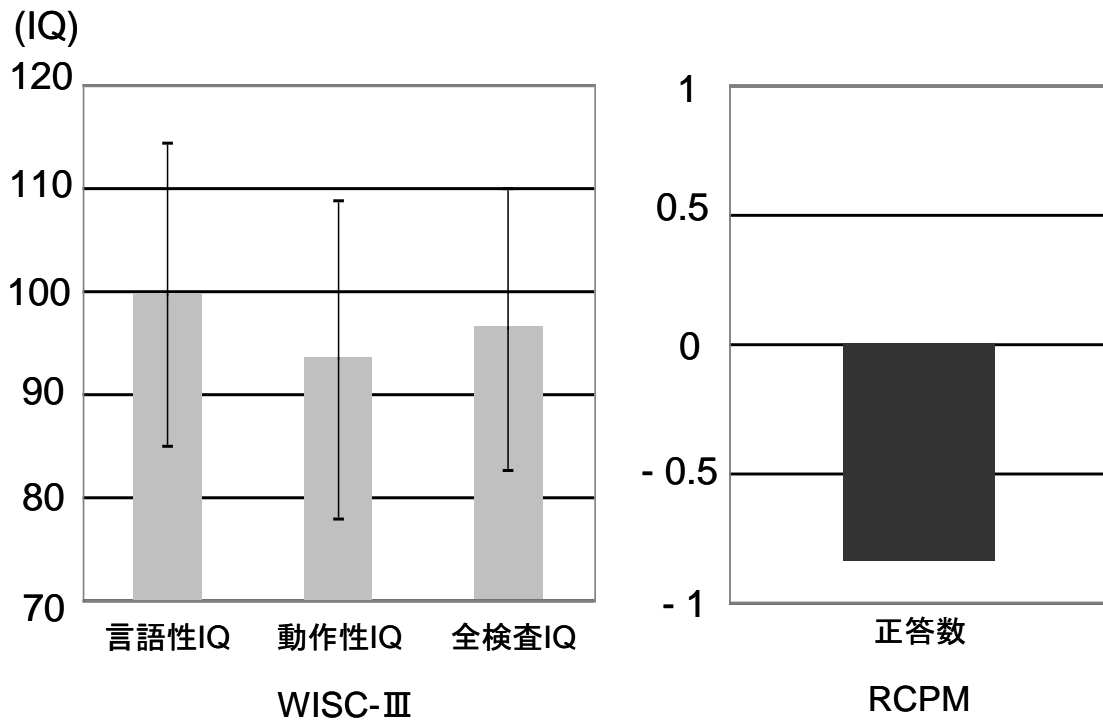


図 24 知能検査結果

WISC-III : Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition (WISC-III 知能検査)

RCPM : Raven Coloured Progressive Matrices (レーヴン色彩マトリックス検査)

WISC-III のグラフは症例 20 名の平均値と 1 標準偏差値を示している。RCPM のグラフは症例 20 名の z-score の平均値を示している。中学 3 年生の症例 20 における RCPM (Raven Coloured Progressive Matrices) は小学 6 年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。RCPM の課題数は 36 問である。

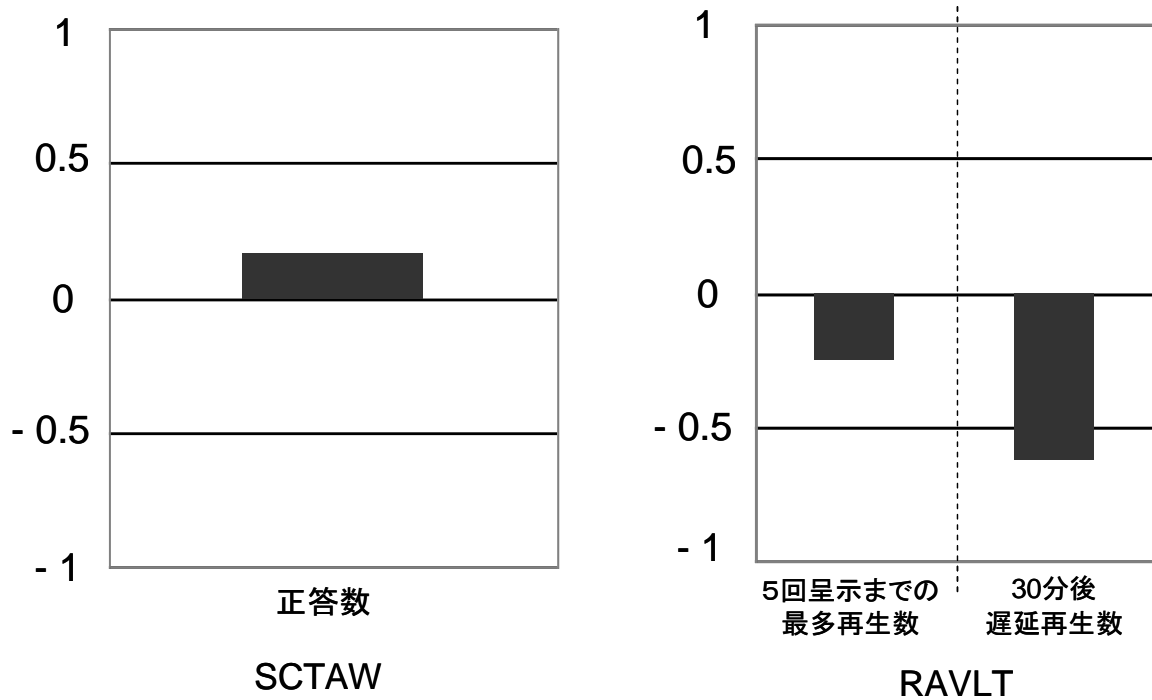


図 25 SCTAW と RAVLT の結果

SCTAW : Standardized Comprehension Test of Abstract words (標準抽象語理解力検査)

RAVLT : Rey's Auditory Verbal Learning Test

グラフは、症例 20 名の z-score の平均値を示している。SCTAW (Standardized Comprehension Test of Abstract words) の課題数は 45 問である。

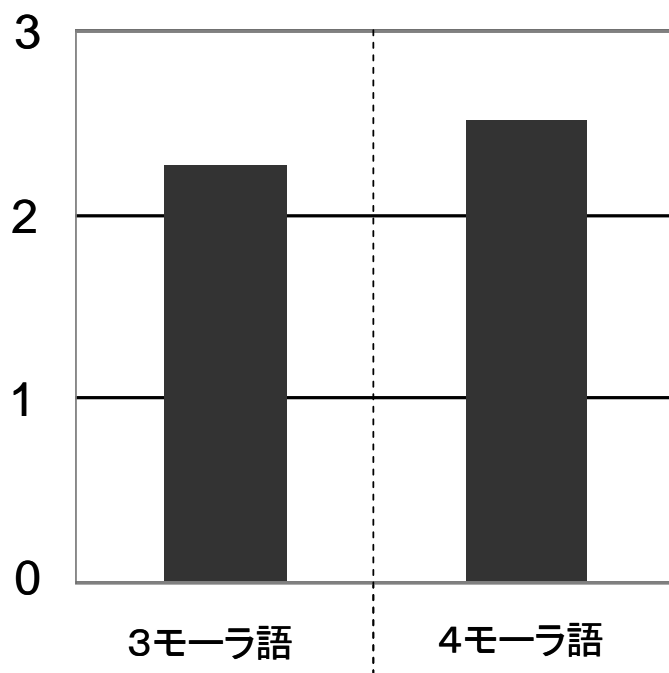


図 26 単語の逆唱課題における平均所要時間

グラフは、症例 20 名の z-score の平均値を示している。中学 3 年生の症例 20 は便宜的に小学 6 年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

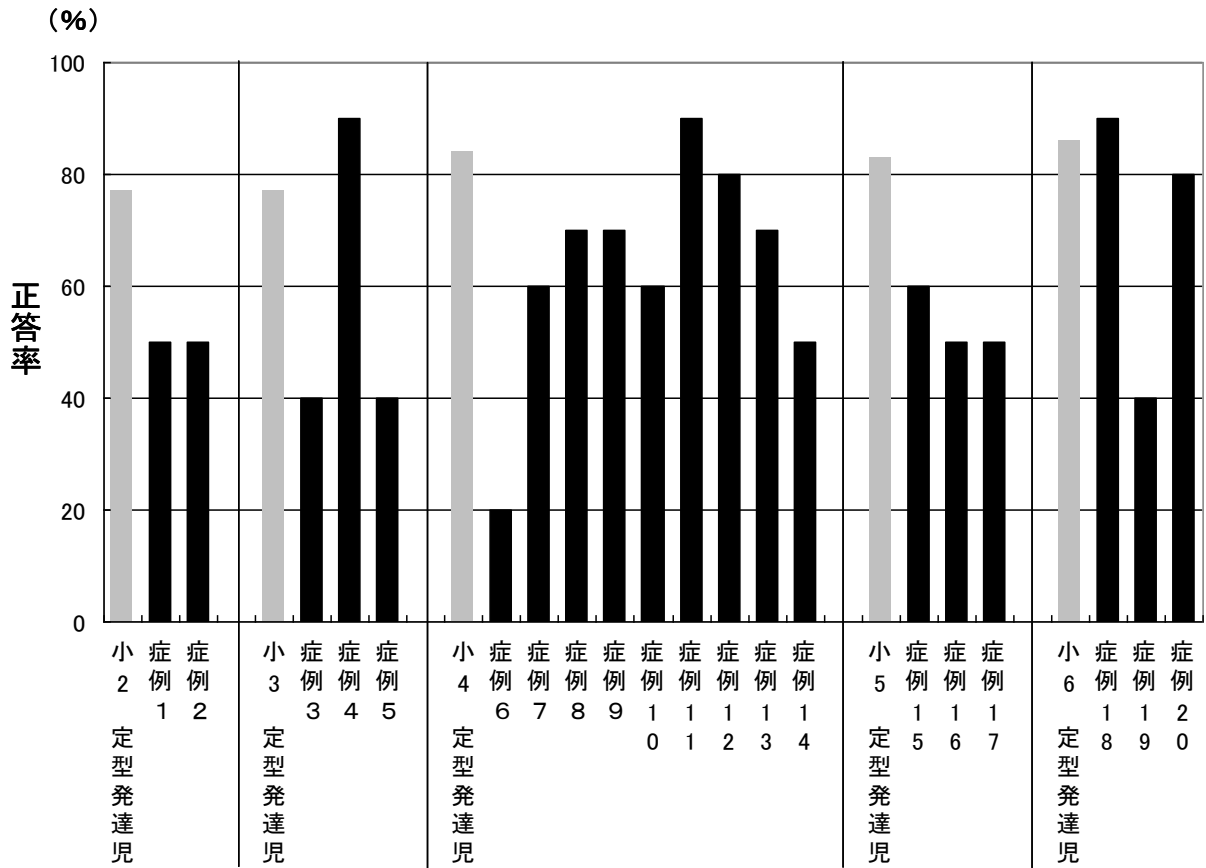


図 27 非語の復唱課題の成績

グラフは、非語の復唱課題における正答率を示している。非語の復唱課題は 10 問である。中学 3 年生の症例 20 は便宜的に小学 6 年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

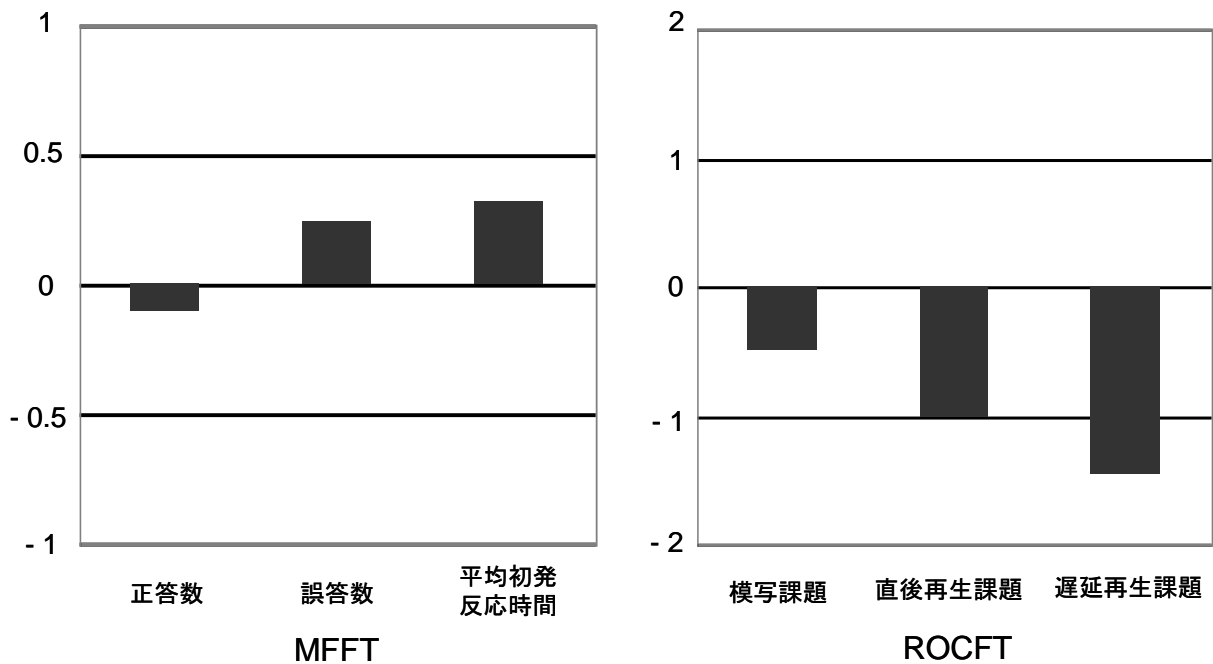


図 28 MFFT と ROCFT の結果

MFFT : Matching Familiar Figure Test

ROCFT : Rey-Osterrieth Complex Figure Test

グラフは、症例 20 名の z-score の平均値を示している。MFFT (Matching Familiar Figure Test) の課題数は 12 問である。中学 3 年生の症例 20 は便宜的に小学 6 年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

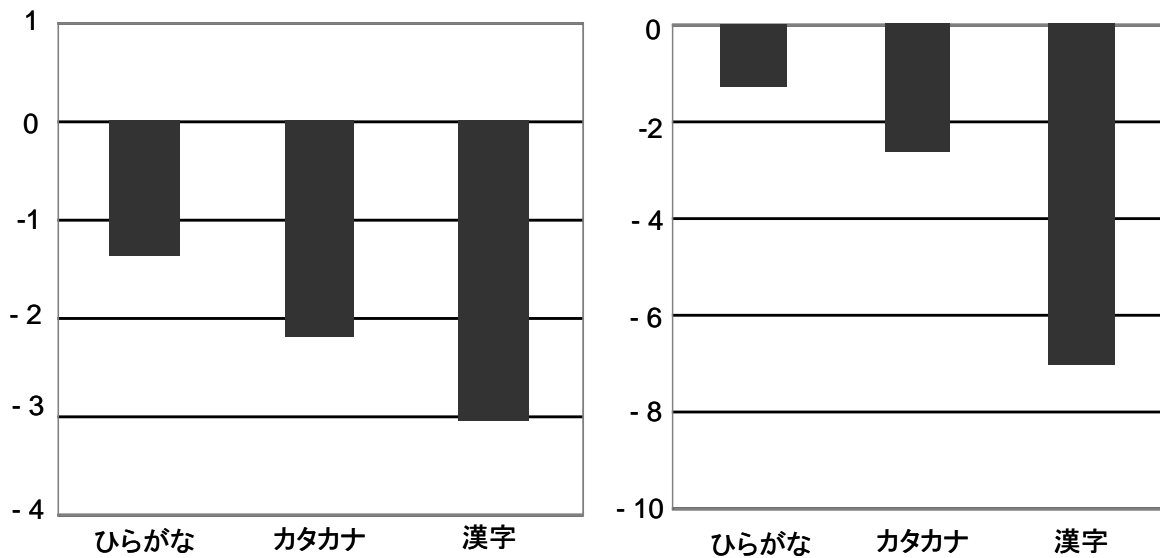


図 29 STRAW の結果

STRAW: Screening Test of Reading and Writing for Japanese Primary School Children (小学生の読み書きスクリーニング検査)

グラフは、症例 20 名の z-score の平均値を示している。ひらがな、カタカナ及び漢字単語の課題数は各々 20 問である。中学 3 年生の症例 20 は便宜的に小学 6 年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

c) 読み書きに関する学習到達度検査結果

小学生の読み書きスクリーニング検査（Screening Test of Reading and Writing for Japanese Primary School Children ; STRAW）のひらがな単語、カタカナ単語及び漢字単語における音読課題と書取課題では、すべての課題に関して、症例 20 名における z-score の平均値は -1 未満であった（図 29）。

（2）定型発達児と発達性読み書き障害児の視覚情報処理課題における成績について

定型発達児では、視機能に問題を示す児童は 59 名中 14 名であり、他の 45 名は全課題で正常値か定型発達の -1.5SD 以上の得点を示した。視機能の問題を示す定型発達児のうち、眼球運動機能に問題を示す児童は 14 名中 13 名、色覚に問題を示す児童は 14 名中 1 名であった。

発達性読み書き障害児では、視機能に問題を示す児童は 20 名中 11 名であった。視機能の問題を示す発達性読み書き障害児のうち、眼球運動機能に問題を示す児童は 11 名中 7 名（症例 1、2、3、5、7、8 及び 14）であった。眼球運動機能と色覚に問題を示す児童は 11 名中 1 名（症例 15）であった。眼球運動機能とコントラスト感度に問題を示す児童は 11 名中 1 名（症例 4）であった。眼球運動機能、近見視力及びコントラスト感度に問題を示す児童は 11 名中 1 名（症例 12）であった。コントラスト感度に問題を示す児童は 11 名中 1 名（症例 6）であった（表 5）。

視知覚課題と視覚認知課題の双方で定型発達の -1.5SD 未満の得点を示した児童は 20 名中 10 名（症例 3、4、5、6、7、9、12、14、15 及び 17）、視知覚課題では定型発達の -1.5SD 未満の得点を示したが、視覚認知課題では定型発達の -1.5SD 以上の得点を示した児童は 20 名中 10 名（症例 1、2、8、10、11、13、16、18、19 及び 20）であった。線分の傾きの知覚を評価する課題では全例定型発達の -1.5SD 未満の得点を示した（表 5）。

表 5 発達性読み書き障害児 20 名の視覚情報処理課題における成績

症例	視力	視野	眼球運動機能	コントラスト感度	両眼視機能	色覚	長短の知覚	傾きの知覚	動きの知覚	大小の知覚	位置の知覚	形態知覚	視覚認知機能	視覚性記憶機能
1	○	○	×	○	○	○	○	×	○	○	×	×	○	×
2	○	○	×	○	○	○	×	×	○	×	×	×	○	×
3	○	○	×	○	○	○	○	×	○	○	×	×	×	×
4	○	○	×	×	○	○	×	×	×	×	○	○	×	×
5	○	○	×	○	○	○	×	×	○	○	×	×	×	×
6	○	○	○	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×
7	○	○	×	○	○	○	○	×	○	×	×	×	×	×
8	○	○	×	○	○	○	○	×	○	×	×	×	○	×
9	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	○	×	×	×
10	○	○	○	○	○	○	×	×	×	○	×	×	○	×
11	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	×
12	×	○	×	×	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×
13	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○	×
14	○	○	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×
15	○	○	×	○	○	×	○	×	×	○	×	○	×	×
16	○	○	○	○	○	○	×	×	×	○	○	×	○	×
17	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○	×	×
18	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	○	○	×
19	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×	○	○	○	×
20	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×	○	×	○	×

各課題において正常値を示すか在籍学年の定型発達児と比較して-1.5SD 以上の得点を示した場合は○、各課題において異常を示すか在籍学年の定型発達児と比較して-1.5SD 未満の得点を示した場合は×とした。眼球運動機能、傾きの知覚、形態知覚及び視覚認知機能を評価する課題は各々 2 課題行っているが、在籍学年の定型発達児と比較していずれか一方または双方の課題で異常を示すか-1.5SD 未満の得点を示した場合に×とした。中学 3 年生の症例 20 は便宜的に小学 6 年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

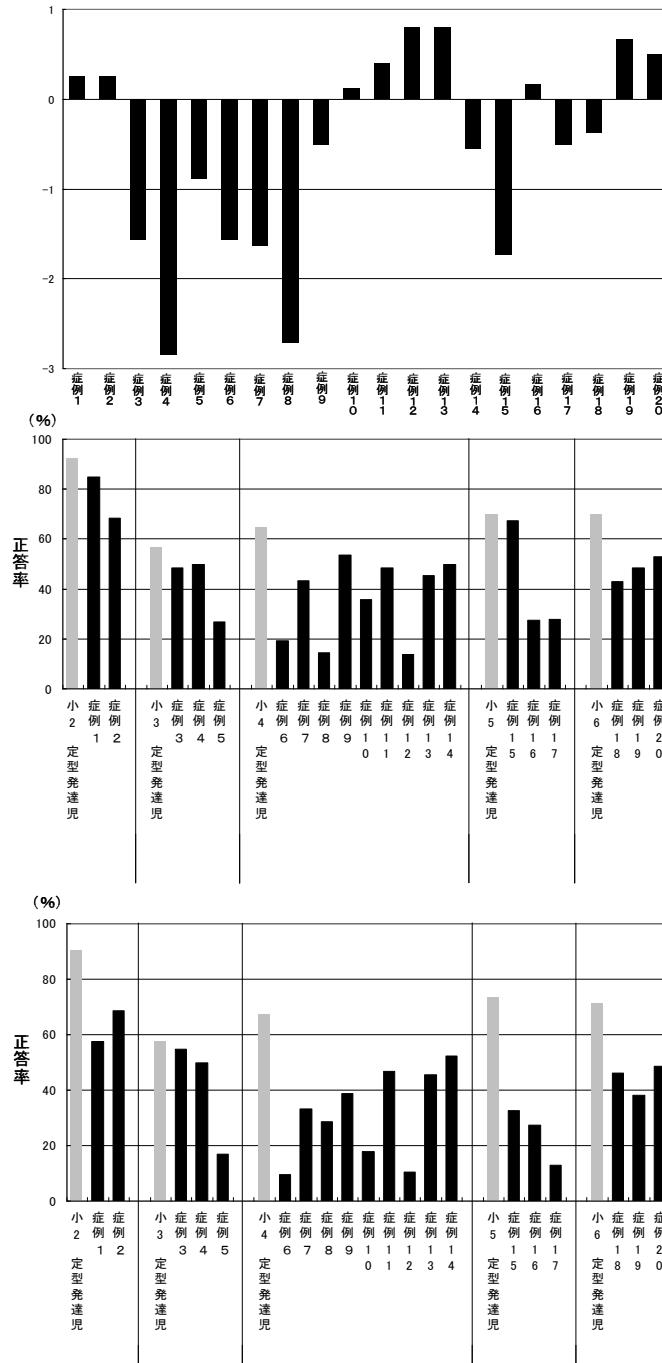


図 30 ROCFT における模写課題の成績（上部）、模写課題の得点を最大とした場合の直後再生課題の得点の割合（中部）及び模写課題の得点を最大とした場合の 30 分後遅延再生課題の得点の割合（下部）

ROCFT : Rey-Osterrieth Complex Figure Test

各症例の ROCFT における模写課題の成績を z-score で示した。中学 3 年生の症例 20 は便宜的に小学 6 年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

発達性読み書き障害児に実施した ROCFT (Rey-Osterrieth Complex Figure Test) において、模写課題で z-score が -1 より低い症例は 20 名中 6 名 (症例 3、4、6、7、8 及び 15) であった。模写課題の得点を最大とした場合の直後再生課題の得点の割合と、模写課題の得点を最大とした場合の 30 分後遅延再生課題の得点の割合を百分率で換算したところ、全例で定型発達よりも低い値を示した (図 30)。

(3) 発達性読み書き障害児の読み書きの学習到達度と視覚情報処理課題の関連について

発達性読み書き障害児の読み書きの学習到達度と視覚情報処理課題の関連について検討するため、視覚情報処理課題の成績についてカテゴリカル主成分分析を実施後、各主成分の代表値を説明変数、読み書きの学習到達度を目的変数としたカテゴリカル回帰分析を行った。

発達性読み書き障害児における視覚情報処理課題の成績についてカテゴリカル主成分分析を行った。カテゴリカル主成分分析の対象となった変数は、近見視力、DEM (Developmental Eye Movement Test) の比率、コントラスト感度の異常の有無、色覚の異常の有無、線分の長さの異同弁別課題 (length match task) における正答数、JLO (Judgment of Line Orientation) の正答数、線分の傾き再生課題における平均値、FDT (Frequency Doubling Technology) の両眼平均実測閾値、円の大きさの異同弁別課題 (size match task) における正答数、位置の知覚課題 (position discrimination task) の正答数、図地知覚課題 (visual figure-ground task) の正答数、視覚認知課題 (visual closure task) の正答数、ROCFT (Rey-Osterrieth Complex Figure Test) における模写課題の得点、ROCFT において模写課題の得点を最大とした場合の直後再生課題の得点の割合及び ROCFT の模写課題の得点を最大とした場合の 30 分後遅延再生課題の得点の割合、である。視野と両眼視機能は全例問題がみられなかったため除外した。カテゴリカル主成分分析の結果、固有値 1 以上の主成分が 3 つ抽出された (表 6)。第 1 主成分を構成する主要な変数は、視覚認知課題 (visual

closure task) の正答数、JLO (Judgment of Line Orientation) の正答数、及び ROCFT (Rey-Osterrieth Complex Figure Test) の模写課題における得点であった。これらの課題は、要素的な視覚情報から形態を把握し、その後、知識を活用して視覚的情報を処理する段階を評価していると考えられたため、視知覚・認知機能と解釈し命名した。第2主成分を構成する主要な変数は、ROCFT において模写課題の得点を最大とした場合の直後再生課題の得点の割合と、ROCFT の模写課題の得点を最大とした場合の30分後遅延再生課題の得点の割合であった。両課題とも視覚性記憶機能が大きく関与すると考えられたため、視覚性記憶機能と解釈し命名した。第3主成分を構成する主要な変数は、線分の長さの異同弁別課題 (length match task) における正答数であった。線分の長短の知覚と命名した。

各主成分の中で最大の主成分負荷量を示した視覚認知課題 (visual closure task) の正答数、ROCFT において模写課題の得点を最大とした場合の遅延再生課題の得点の割合及び線分の長さの異同弁別課題における正答数を説明変数とし、読み書きの学習到達度を目的変数とするカテゴリカル回帰分析を行い、発達性読み書き障害児の読み書きの学習到達度を予測する視覚情報処理能力を検討した。分散分析の結果、カテゴリカル回帰分析によって得られた回帰式は、STRAW (Screening Test of Reading and Writing for Japanese Primary School Children ; 小学生の読み書きスクリーニング検査) における漢字書字課題の成績を有意に予測していた ($p<.05$)。さらに標準化係数 (β) を検討すると、視覚性記憶機能の値が 0.623 と最も大きかった (表7)。

(4) 読み書き障害児と特異的書字障害児の視覚情報処理課題における成績について

発達性読み書き障害児における視覚情報処理課題の成績に関してクラスター分析 (ワード法) を行った (図 31)。その結果、症例1、2、3、4、5、6、7、8、12、14 及び 15 と、症例9、10、11、13、16、17、18、19 及び 20 の大きな2つのクラスターが形成された。

表 6 主成分負荷行列

	1	2	3
VC	0.833	-0.158	-0.025
JLO	0.814	-0.229	0.189
ROCFT(模写)	0.744	-0.560	0.079
ROCFT(遅延再生/模写)	0.578	0.706	-0.058
ROCFT(直後再生/模写)	0.439	0.700	0.217
LM	0.228	0.267	0.716
PD	0.686	-0.061	-0.410
F.A.C.T	0.628	0.449	-0.125
VFG	0.601	0.162	-0.385
FDT	0.540	0.271	-0.019
SM	0.337	0.285	0.650
傾き再生課題(平均値)	-0.652	0.467	0.069
近見視力	0.150	0.500	-0.457
色覚	0.016	-0.273	-0.514
DEM(比率)	-0.437	0.594	-0.226
固有値	4.760	2.857	1.824
寄与率(%)	31.731	19.045	12.161
累積寄与率(%)	31.731	50.776	62.937

VC : visual closure task

JLO : Judgment of Line Orientation,

ROCFT : Rey-Osterrieth Complex Figure Test

LM : length match task

PD : position discrimination task

F.A.C.T : Functional Acuity Contrast Test

VFG : visual figure-ground task

FDT : Frequency Doubling Technology

SM : size match task

DEM:Developmental Eye Movement Test

表 7 カテゴリーカル回帰分析の結果

	ひらがな音読	カタカナ音読	漢字音読	ひらがな書字	カタカナ書字	漢字書字
視知覚・認知機能	0.107	0.150	0.151	0.021	0.393	0.177
視覚性記憶機能	-0.030	-0.176	0.192	0.392	-0.371	0.623 [*]
線分の長短の知覚	0.188	0.316	0.486	0.384	0.226	0.081
R2	0.040	0.114	0.318	0.298	0.235	0.531
調整済みR2	0.000	0.000	0.204	0.175	0.108	0.453

表の数値は、標準化係数（ β ）を表している。

* : $p < .05$

視機能の問題を示す群と問題のない群と解釈された。

小学生の読み書きスクリーニング検査 (Screening Test of Reading and Writing for Japanese Primary School Children ; STRAW) の ひらがな単語、カタカナ単語及び漢字単語における音読課題と書取課題の成績から、発達性読み書き障害児を読み書きの双方に困難を示す児童と、書字のみに困難を示す児童に分類した。その結果、読み書きの双方に困難を示す児童は 20 名中 12 名、書字のみに困難を示す児童は 20 名中 8 名であった。各々の分類に関して、視覚情報処理課題の成績を検討したが、視機能、視知覚及び視覚認知機能を評価する課題のいずれにおいても一定の傾向は認められなかった。また、読み書きの双方に困難を示す群と書字のみに困難を示す群の二群に関して、視覚情報処理課題の成績を Mann-Whitney の U 検定にて検討したが、いずれの課題においても有意差は認められなかった。

さらに詳細に分類を行うと、ひらがな、カタカナ及び漢字の音読と書字に関して困難を示す児童が 20 名中 5 名 (症例 1、2、5、6 及び 11)、ひらがなの書字と、カタカナと漢字における音読と書字に関して困難を示す児童が 20 名中 1 名 (症例 14)、漢字の音読と、ひらがな、カタカナ及び漢字の書字に関して困難を示す児童が 20 名中 2 名 (症例 8 と 10)、カタカナと漢字の音読と書字に関して困難を示す児童が 20 名中 2 名 (症例 4 と 15)、カタカナの書字と、漢字の音読と書字に関して困難を示す児童が 20 名中 2 名 (症例 13 と 17)、カタカナと漢字の書字に関して困難を示す児童が 20 名中 3 名 (症例 3、9 及び 20)、漢字の書字のみに困難を示す児童が 20 名中 5 名 (症例 7、12、16、18 及び 19) であった。上記の群に分類してもクラスターを解釈できる一定の傾向を認めなかった。

(5) 発達性読み書き障害児の視力、コントラスト感度、色覚、動きの知覚及び形態知覚について

本研究で実施した視覚情報処理課題の中から、visual magnocellular system (視覚性大細胞システム) と visual parvocellular system (視

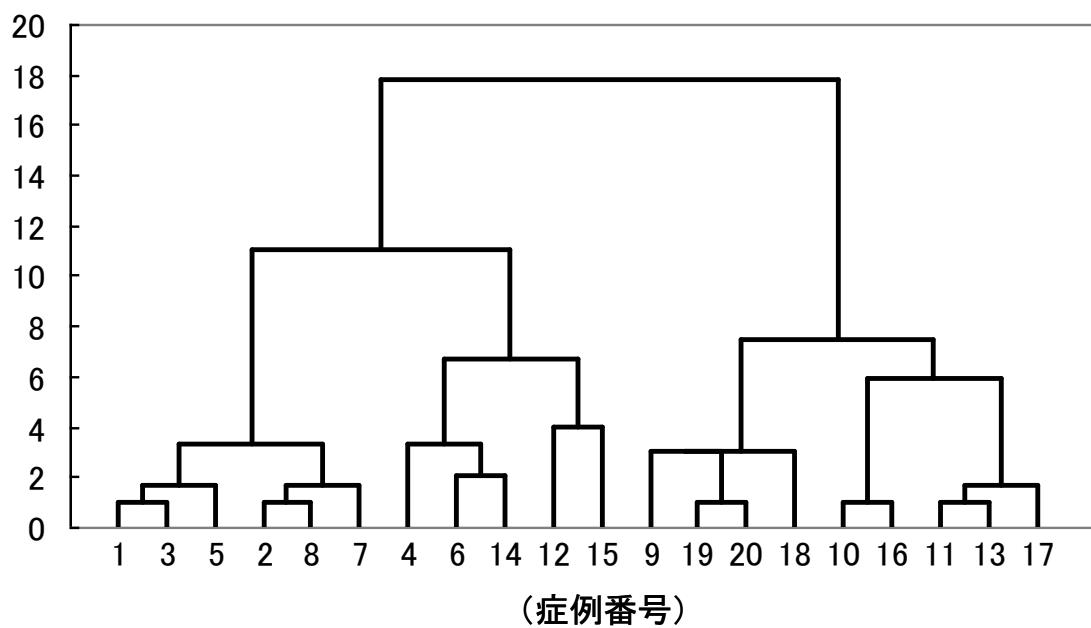


図 31 発達性読み書き障害児における視覚情報処理課題の成績に関するクラスター分析(ウォード法)

覚性小細胞システム) が関与していると考えられている課題を選択し検討を行った(表8)。

visual magnocellular system の機能に関して、動きの知覚を FDT (Frequency Doubling Technology)にて検討した。また低空間周波数の刺激に対するコントラスト感度を F.A.C.T (Functional Acuity Contrast Test)にて評価した。visual parvocellular system の機能について、視力と色覚に関して異常の有無を検討した。高空間周波数の刺激に対するコントラスト感度を F.A.C.Tにて評価した。形態知覚を線画同定課題 (visual discrimination task) と図地知覚課題 (visual figure-ground task) の正答数にて検討した。

その結果、visual magnocellular system を評価する課題と visual parvocellular system を評価する課題の双方で異常値または得点低下を示した児童は 20 名中 8 名であった。詳細を述べると、形態知覚課題と動きの知覚課題で定型発達の $-1.5SD$ 未満の成績だった症例は 8 名中 4 名(症例 9、10、14 及び 16)であった。色覚に異常を示し、動きの知覚課題で定型発達の $-1.5SD$ 未満の成績であった症例は 8 名中 1 名(症例 15)であった。低・高空間周波数双方のコントラスト感度が低下し、動きの知覚課題で定型発達の $-1.5SD$ 未満の成績だった症例は 8 名中 1 名(症例 4)であった。低・高空間周波数双方のコントラスト感度が低下し、形態知覚課題と動きの知覚課題で定型発達の $-1.5SD$ 未満の成績だった症例は 8 名中 1 名(症例 6)であった。近見視力と、低・高空間周波数双方のコントラスト感度が低下し、形態知覚課題と動きの知覚課題で定型発達の $-1.5SD$ 未満の成績だった症例は 8 名中 1 名(症例 12)であった。

visual parvocellular system を評価する課題で得点低下を示した児童は 20 名中 7 名(症例 1、2、3、5、7、8 及び 20)であり、全例形態知覚課題の成績が定型発達の $-1.5SD$ 未満であった。

visual magnocellular system を評価する課題で得点低下を示した児童は 20 名中 1 名(症例 18)であり、動きの知覚課題の成績が定型発達の $-1.5SD$ 未満だった。

表 8 発達性読み書き障害児 20 名の近見視力、コントラスト感度、色覚、動きの知覚及び形態知覚について

症例	近見視力	色覚	コントラスト感度(1.5cpd)	形態知覚課題	コントラスト感度(18cpd)	FDT
1	○	○	○	×	○	○
2	○	○	○	×	○	○
3	○	○	○	×	○	○
4	○	○	×	○	×	×
5	○	○	○	×	○	○
6	○	○	×	×	×	×
7	○	○	○	×	○	○
8	○	○	○	×	○	○
9	○	○	○	×	○	×
10	○	○	○	×	○	×
11	○	○	○	○	○	○
12	×	○	×	×	×	×
13	○	○	○	○	○	○
14	○	○	○	×	○	×
15	○	×	○	○	○	×
16	○	○	○	×	○	×
17	○	○	○	○	○	○
18	○	○	○	○	○	×
19	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	×	○	○

各課題において正常値を示すか在籍学年の定型発達児と比較して-1.5SD 以上の得点を示した場合は○、各課題において異常を示すか在籍学年の定型発達児と比較して-1.5SD 未満の得点を示した場合は×とした。形態知覚を評価する課題は 2 課題行っているが、在籍学年の定型発達児と比較していずれか一方または双方の課題で-1.5SD 未満の得点を示した場合に×とした。中学 3 年生の症例 20 は便宜的に小学 6 年生の定型発達児における平均値と標準偏差値を適用した。

cpd : cycles per degree

FDT : Frequency Doubling Technology

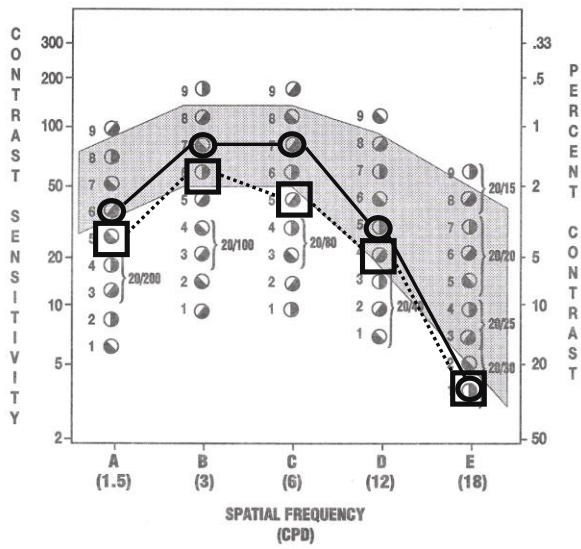
全検査項目で、正常値または-1.5SD以上の得点を示した症例は20名中4名（症例11、13、17及び19）であった。

（6）質的分析

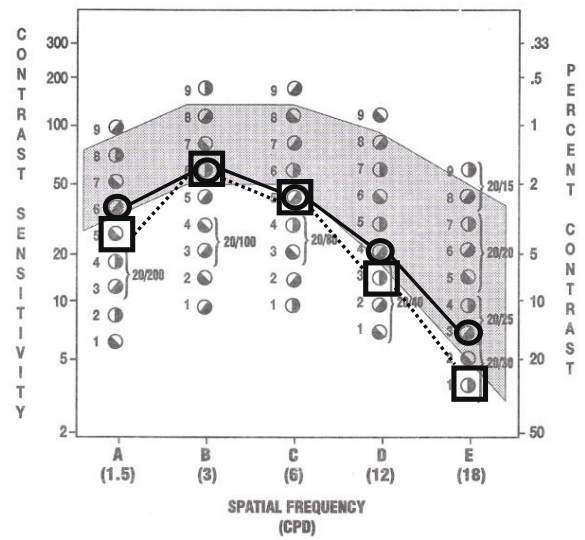
視機能の問題に関して検討したところ、定型発達児と発達性読み書き障害児の双方で中心視野の欠損と両眼視機能の低下は認められなかった。一方、眼球運動機能と色覚の問題は定型発達児と発達性読み書き障害児の双方で認められたが、誤反応に関して両群に明確な違いはみられなかった。例えば、追視、輻湊及び跳躍眼球運動（サッケード）を直接視察した際、両群とも追視では目だけで視標を追うことができず顔または首が同時に動く様子が観察された。輻湊では左右の目が十分に鼻側に寄らない輻輳不全が観察された。跳躍眼球運動（サッケード）では、目だけで視標を追うことができず顔または首が同時に動いたり、瞬時に呈示された視標へ視点を移す際、眼球の動きがゆっくりであった。DEM (Developmental Eye Movement Test)の誤反応は、脱落（数字の読み飛ばし）の誤りが多かった。石原色覚検査表国際版38表で問題を示した定型発達児1名（小6男児）の成績は3/21、発達性読み書き障害児1名（症例15）の成績は4/21であり、先天赤緑異常における第2異常に分類された。

発達性読み書き障害児のみに認められた視機能の問題は、近見視力（症例12）と、コントラスト感度（症例4、6及び12）であった。症例12の近見視力は両眼とも0.6であり、眼科では仮性近視の診断を受けていた。症例4、6及び12のコントラスト感度は、低空間周波数から高空間周波数のいずれかにおいて正常範囲内の下方、もしくは正常値よりも低い値を示していた（図32）。日常生活での物や文字の見え方について聴き取り調査を行ったところ、症例12では速く動いている物や遠くの物が見えにくい、と訴えていた。症例4、6及び12に関して音読と書字における誤反応を検討したが、一定の傾向は認められなかった。

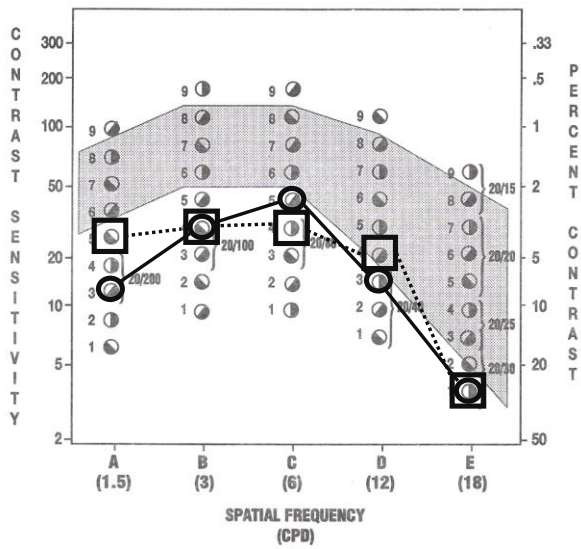
発達性読み書き障害児の視知覚、視覚認知機能及び視覚性記憶機能



症例4



症例6



症例12

図 32 症例 4、6 及び 12 の F.A.C.T の結果

○—○は右眼のコントラスト感度、□----□は左眼のコントラスト感度を示す。
 灰色の領域は正常値を示している。

F.A.C.T : Functional Acuity Contrast Test

の問題に関して検討したところ、線分の傾き知覚を評価する課題と視覚性記憶機能を評価する課題では、全例で定型発達よりも低い成績であった。その他の検査項目について検討すると、線分の傾き知覚、視覚性記憶機能及び線分の長短の知覚という3項目のみに成績の低下を示す症例（症例13）がみられた。

5) 考察

(1) 発達性読み書き障害児の認知機能について

知能検査の結果、WISC-III知能検査（Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition）において言語性IQ、動作性IQ及び全検査IQのいずれにおいても、20名の平均値は90以上の値を示していた。またレーヴン色彩マトリックス検査（Raven Coloured Progressive Matrices；RCPM）では、20名におけるz-scoreの平均値は標準値の範囲内であった。以上のことから全般的知能は全例正常範囲内と考えられた。

要素的な認知機能検査の結果、言語発達については標準抽象語理解力検査（SCTAW）の成績から、全例年齢相当の発達段階であると考えられた。音声言語的な情報処理過程については、RAVLT（Rey's Auditory Verbal Learning Test）の成績から、全例音声言語の長期的記憶機能は良好と思われたが、単語の逆唱課題と非語の復唱課題における成績から音韻処理能力の低下が疑われた。視覚情報処理過程については、MFFT（Matching Familiar Figure Test）の成績に大きな問題はみられなかったが、ROCFT（Rey-Osterrieth Complex Figure Test）の成績から、全例視覚性記憶機能の低下が疑われた。

以上より本報告例は、全例全般的知能は正常範囲内であったが、音韻情報処理過程と視覚情報処理過程の双方に障害を有する症例と思われた。本報告例において低下がみられた認知機能は、宇野（2002）、春原ら（2002, 2004）、栗屋ら（2003）の報告と同様の結果と考えられた。

(2) 発達性読み書き障害と視機能の関連について

先行研究では、発達性読み書き障害と視機能の関連について、複数の報告が挙げられている (Evans et al.,1994a,1994b ; Stein,2003 ; Pache et al.,2004 ; 奥村ら,2006) が、一定の見解は得られていない。眼球運動機能に着目すると Stein(2003)や奥村ら (2006) は、眼球運動機能の異常は発達性読み書き障害や読み困難の原因になると報告している。一方で、Evans et al. (1994a) は眼球運動機能の問題は音読に影響を及ぼさないと述べている。Pache et al.(2004)は視力、屈折、両眼視機能及びコントラスト感度など複数の項目について視機能を検討しているが、発達性読み書き障害児にはこれらの視機能の問題はなかったと述べ、発達性読み書き障害を引き起こす原因は視機能の問題ではなくより高次の視覚情報処理であると考察している。

本研究において視覚情報処理課題の成績に注目すると、定型発達児の中に視機能の問題を示す児童が 59 名中 14 名認められた。また発達性読み書き障害児の中に視機能の問題を示さない症例が 20 名中 9 名認められた。質的に詳細な検討を行うと、定型発達児と発達性読み書き障害児の双方で中心視野の欠損と両眼視機能の低下は認められなかった。視野や両眼視機能は読み書きの正確性には影響を及ぼさないと考えられた。一方、眼球運動機能と色覚の問題は定型発達児と発達性読み書き障害児の双方で認められた。眼球運動機能や色覚に問題があっても読み書きに問題を示さない定型発達児がいることや、定型発達児と発達性読み書き障害児において誤反応に明確な違いがみられなかったことから、眼球運動機能や色覚も読み書きの正確性には影響を及ぼさないものと考えられた。なお、本研究では定型発達児 59 名のうち 13 名に眼球運動機能の問題が認められた。奥村ら (2006) は赤外線センサーで眼球運動を感知し、コンピュータ上で自動解析することができる Visagraph II にて発達性読み書き障害児と定型発達児の眼球運動機能を評価した際、眼球運動機能の問題を示した定型発達児が 20 名中 6 名みられたと報告しており、本研究における眼球運動機能の評価基準が先行研究と比較して厳しかったということはないのではない

かと思われる。

発達性読み書き障害児のみに認められた視機能の問題は、近見視力（症例 12）とコントラスト感度（症例 4、6 及び 12）であった。また、日常生活での物の見え方について聞き取り調査をしたところ、症例 12 では速く動いている物や遠くの物が見えにくいと訴えていた。Evans et al.(1994b)は、発達性読み書き障害児は定型発達児と比較して近見視力が低く、コントラスト感度も低空間周波数から高空間周波数の刺激において全体的な低下を示す傾向にあるが、読み書きの習得の遅れとは関連がないと述べている。症例 12 の近見視力や症例 4、6 及び 12 におけるコントラスト感度の結果は Evans et al.(1994b)の結果と類似しており、音読と書字における誤反応に一定の傾向は認められなかった。症例 12 は速く動いている物や遠くの物が見えにくいと訴えており、視覚情報処理課題においては、動きの知覚や低空間周波数の刺激に対するコントラスト感度に低下を示していた。物の動き、速さ及び低空間周波数の刺激に対するコントラスト感度は visual magnocellular system（視覚性大細胞システム）の機能が大きく関与していることから、症例 12 では visual magnocellular system の機能低下が疑われる。visual magnocellular system の機能低下があると、物や文字がぼやけて見えたり動いて見える、物や文字にピントを合わせる際に必要以上の努力を要する、極度の目の疲労を示すというような visual stress を生じると言われており（Stein et al., 1997）、物が見えにくいと訴えた症例 12 には visual stress が関与している可能性がある。しかし White et al.(2006)は、visual stress は発達性読み書き障害の直接的な原因ではないと述べており、visual stress 仮説を否定的に捉えている。

以上のように視力やコントラスト感度の問題が読み書きの正確性にどのような影響を及ぼすのかについては一致した見解がなく、本研究においても visual stress のみが認められる発達性読み書き障害児や定型発達児がいなかったことから、visual stress が読み書きの正確性にどのような影響を与えるのかについては明確な結論を導けなかった。

本研究の対象例からは、visual stress 以外の視機能の問題は児童の読み書きの正確性に大きな影響を与えないのではないかと思われた。

(3) 発達性読み書き障害と視知覚、視覚認知機能の関連について

海外では、発達性読み書き障害児の視知覚や視空間認知能力に関して、定型発達児と比較して能力が低いとする報告 (Eden et al.,1996b;Winner et al.,2001;Pache et al.,2004)、定型発達児と同等の能力があるとする報告 (Ruel et al.,1976;Giudice et al.,2000) 及び定型発達児と比較して能力が高いとする報告 (Swanson et al.,1984;Karlovyi et al.,2001,2003) があり、一定の見解は得られていない。本研究では、定型発達児の中に視知覚や視覚認知機能を評価する課題で基準値の-1.5SD 未満の得点を示す児童はいなかった。一方、発達性読み書き障害児では、視知覚課題と視覚認知課題の双方で基準値の-1.5SD 未満の得点の低下を認めた児童は 20 名中 10 名、視知覚課題では基準値の-1.5SD 未満の得点を示したが、視覚認知課題では基準値の-1.5SD 以上の得点を示した児童は 20 名中 10 名認められた。本研究の結果は、発達性読み書き障害児の視知覚や視空間認知能力に関して、定型発達児と比較して能力が低いとする Winner et al. (2001) や Pache et al. (2004) の結果を支持するものと考えられた。

発達性読み書き障害児の視知覚や視覚認知機能を評価する課題について詳細に検討すると、線分の傾き知覚を評価する課題では、全例で得点が低下していた。Eden et al. (1996b) は、発達性読み書き障害児の視空間認知能力に関して全例で線分の傾き知覚に問題を示すと述べており、Eden et al. (1996b) の報告を支持するものと考えられた。マカクサルを対象とした研究において、線分の傾きに反応するニューロンは腹側経路に該当する第 1 次視覚野 (V1) から第 4 次視覚野 (V4) で確認されており (Casagrande,1994; Karl et al.,1997; 三上,2004)、第 4 次視覚野の破壊により傾きの識別能力が低下する (三上,2004) と報告されている。fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) を使用して発達性読み書き障害の大脳機能を検討した研究においては、

第一次視覚野 (Demb et al.,1998) や、後頭葉から側頭－頭頂領域を含む後部皮質領域で賦活の低下 (Shaywitz et al.,1998) が認められている。本研究の対象となった発達性読み書き障害児において、全例線分の傾き知覚を評価する課題で得点低下を示したのは、このような大脳機能低下部位が関与している可能性がある。

発達性読み書き障害児の視知覚と視覚認知機能に関して、質的な検討を行ったところ、線分の傾き知覚、視覚性記憶機能及び線分の長短の知覚という3項目のみに成績の低下を示す症例 (症例 13) がみられた。線分の傾き知覚課題と視覚性記憶課題の得点低下は全例で共通だったが、その他に線分の長短の知覚能力が発達性読み書き障害に関与していることを示唆している。

線分の長短の知覚に関して、海外では発達性読み書き障害と定型発達児で得点に差はないと報告されている (Giudice et al.,2000)。しかし本研究では、症例 13 のように線分の傾き知覚、視覚性記憶機能及び線分の長短の知覚という3項目のみに成績の低下を示す症例が認められ、視覚情報処理課題に関するカテゴリカル主成分分析では、線分の長短の知覚課題が第3主成分を構成する主要な変数として抽出された。海外での報告とは異なり、線分の長短の知覚課題における得点低下は、日本語圏の発達性読み書き障害児における特徴の一つなのではないかと思われた。

視知覚と視覚認知機能の評価する課題の双方で得点が低下している症例が20名中10名認められたことから、視知覚の障害が視覚認知障害の基盤になっている可能性が示唆された。また、視知覚を評価する課題で得点低下があるにも関わらず、本研究で視覚認知機能の評価する課題として操作的に定義した視覚閉包課題では得点低下を示さない症例が20名中10名認められた。視覚情報処理過程、聴覚情報処理過程の双方の研究領域において、知識を活用したトップダウン処理によって低次な処理を補完しているという報告はある。視覚情報処理過程に関して、齋木 (2004) は既有知識を活用したトップダウン的な処理は、曖昧で部分的な視覚情報の認知に大きく影響すると述べている。

聴覚情報処理過程に関して、進藤ら（1994）は両側の聴皮質・聴放線損傷例において、十分に聴覚情報を受容できない場合でも、有意味単語や文章では語彙を活用したトップダウン処理が働き、有意味単語や文章の認知と意味理解を促進すると考察している。本研究のように視知覚の障害がある場合でも、知識を活用してトップダウン的に視知覚機能を補完している可能性が考えられた。

（4）発達性読み書き障害児の読み書きの学習到達度を予測する視覚情報処理能力について

発達性読み書き障害児に関して、読み書きの学習到達度を目的変数とし、視覚情報処理課題を説明変数としたカテゴリカル回帰分析を行った。その結果、視覚性記憶機能が、漢字書字の成績に大きな影響を及ぼしていることが示された。本研究では発達性読み書き障害児の視覚性記憶機能を検討するため、ROCFT（Rey-Osterrieth Complex Figure Test）において、模写課題の得点を最大とした場合の直後再生課題の得点の割合と、模写課題の得点を最大とした場合の30分後遅延再生課題の得点の割合を百分率で換算して標準値と比較したが、結果は全例で定型発達よりも低い値を示していた。

海外における発達性読み書き障害の視覚性記憶機能を検討した研究では、Vellutino et al.(1973, 1975)は発達性読み書き障害児の視覚性記憶機能は定型発達児と同等の能力があると報告している。しかし、Vellutino et al. (1973, 1975)が実施した課題は図形の直後再生課題であり、長期的記憶力の検討には至っていないと考えられる。Winner et al.(2001)は、ROCFT（Rey-Osterrieth Complex Figure Test）を用いて発達性読み書き障害者の視覚性記憶機能を検討し、統制群と比較して直後再生課題や30分後遅延再生課題において得点の低下を認めたと述べている。

一方日本語では、発達性読み書き障害児の症例報告（金子ら,1997；井潤ら,2001；酒井ら,2002；栗屋ら,2003）において、視覚性記憶機能の低下が示されている。また発達性書字障害例や漢字書字困難群に

においても、視覚運動記憶の低下 (Song et al.,2007) や、視覚認知障害、視覚性記憶障害が認められている (宇野ら,1995; 宇野ら,1996; 橋本ら,2006; Uno et al.,2008)。以上のことから特に複雑な図形を含むこともある漢字において視覚情報処理過程の果たす役割が大きいと考えられている。本研究の結果は、発達性読み書き障害児の視覚性記憶機能は低下しており、漢字の正確性に影響を及ぼすとする先行研究を支持するものと考えられた。

岩井ら (1989) はサルを対象とした実験において、側頭葉後部 1/3 の領域 (TEO 野) が視覚性長期記憶に密接に関与していると述べている。前述の通り、発達性読み書き障害の脳機能低下部位として、側頭-頭頂葉領域が挙げられており (Shaywitz et al.,1998; Kaneko et al.,1998; Seki et al., 2001; 宇野ら, 1999; 2002)、本研究の対象となった発達性読み書き障害児において全例で視覚性記憶機能の低下を示しているのは、発達性読み書き障害に特異的な脳機能低下部位が関与している可能性がある。

(5) 発達性読み書き障害児と visual magnocellular system、visual parvocellular system の関連について

海外では、視覚情報処理過程の障害は visual magnocellular system (視覚性大細胞システム) の障害のみであり、visual parvocellular system (視覚性小細胞システム) の機能は保たれている (Livingstone et al., 1991 ; Breitmeyer, 1993 ; Eden et al., 1996a ; Cornelissen et al., 1998 ; Stein, 2001, 2003 ; Sperling et al., 2003, 2006 ; Kinsey et al., 2006) とする報告が数多く存在する。一方、数少ないが visual parvocellular system のみが障害されており、visual magnocellular system の機能は保たれている (McCloskey et al., 2000 ; Farrag et al., 2002) という報告がある。

本研究では、visual magnocellular system の機能に関して、動きの知覚と低空間周波数の刺激に対するコントラスト感度を検討した。また visual parvocellular system の機能に関して、視力、高空間周波数

の刺激に対するコントラスト感度、色覚及び形態知覚課題の成績を検討した。その結果、海外で報告の多い visual magnocellular system の障害のみがあると思われる児童は 20 名中 1 名であり、海外では報告例が見当たらない visual magnocellular system が関与する視覚情報処理課題と visual parvocellular system が関与する視覚情報処理課題で成績の低下を認める児童が 20 名中 8 名と最も多かった。日本語圏の発達性読み書き障害児は、visual magnocellular system と visual parvocellular system の 2 つの視覚情報処理過程の障害を併せ持つことが多いのではないかと思われた。

(6) 読み書き障害児と特異的書字障害児における視覚情報処理課題の成績について

本研究では、読み書き障害児 (20 名中 12 名) と特異的書字障害児 (20 名中 8 名) の二群について視覚情報処理課題の成績を検討した。その結果、視機能、視知覚及び視覚認知機能を評価する課題のいずれにおいても一定の傾向は認められなかった。

先行研究では、特異的書字障害と視覚情報処理過程の関連を示唆する報告が多い。例えば、英語圏において Frith(1980)は、特異的書字障害児には視覚的情報処理過程に何らかの問題があると述べている。日本語においても、漢字書字に特異的な障害を示した症例において、視覚情報処理過程の問題があると報告されている (宇野ら,1995,1996,1999)。本研究では、読み書き障害児と特異的書字障害児の双方に視覚情報処理過程の問題が認められていることから、視覚情報処理過程の問題は、書字だけでなく読み書き双方の正確性に影響を及ぼすと考えられる。

読み書き障害児と特異的書字障害児で視覚情報処理課題の成績に一定の傾向が認められなかった原因として、書字の学習到達度のみが遅れを示した症例の中に、読み書き障害からの改善例が存在している可能性がある。特異的書字障害児が、読み書き障害からの改善例であったとするならば、視覚情報過程課題の成績に差が生じない可能性がある。

ることは十分考えられる。

ICD-10 では、読み書き障害児と特異的書字障害児の背景となる認知機能障害は異なると考えており、主に読み書き障害児の場合は音韻認識障害によって音読の障害が出現するとしている。また、Song et al.(2007)は漢字の読み書き障害児と特異的漢字書字障害児の判別に寄与する変数として、K-ABC 心理・教育アセスメントバッテリー (Japanese Kaufman Assessment Battery for Children) の数唱課題を挙げている。このように、視覚情報処理過程以外の認知機能が読み書き障害と特異的書字障害で異なる可能性がある。

V. 総合考察

本研究では、日本語話者の発達性読み書き障害児における視覚情報処理過程の障害構造を明らかにするために、視覚情報処理過程を体系的に評価し、visual magnocellular system（視覚性大細胞システム）と visual parvocellular system（視覚性小細胞システム）の機能、また視機能、視知覚及び視覚認知機能について分析を行い、各機能が読み書きの正確性に与える影響を検討した。

第一研究の結果から、海外で提唱されている visual magnocellular system の機能障害(Livingstone et al.,1991；Breitmeyer,1993；Eden et al.,1996；Cornelissen et al.,1998；Stein,2001,2003；Sperling et al.,2003,2006；Kinsey et al.,2006)は、日本語圏の発達性読み書き障害児においても認められることが明らかになった。しかし要素的な認知機能検査から visual parvocellular system の機能障害も認められたため、visual magnocellular system と visual parvocellular system の双方について詳細な検討を行う必要があると考えられた。第二研究において visual magnocellular system と visual parvocellular system の双方の視覚経路を詳細に検討した結果、海外では報告例が見当たらない visual magnocellular system が関与する視覚情報処理課題と visual parvocellular system が関与する視覚情報処理課題で成績の低下を認める症例が最も多くみられた。日本語圏の発達性読み書き障害児は、visual magnocellular system と visual parvocellular system の2つの視覚情報処理過程の障害を併せ持つことが多いのではないかと思われた。

発達性読み書き障害と視機能の関連を検討した結果、visual stress 以外の視機能の問題は児童の読み書きの正確性に大きな影響を与えないのではないかと思われた。視知覚と視覚認知機能について検討を行った結果、視知覚課題における線分の傾き知覚課題の成績は発達性読み書き障害児全例で低下していた。また、視覚性記憶課題においても発達性読み書き障害児全例で成績は低下していた。これらの課題には

サルを対象とした研究において側頭皮質の関与が示されている (Casagrande,1994 ; Karl et al.,1997 ; 三上,2004 ; 岩井ら, 1989)。サルにおける側頭皮質は発達性読み書き障害の脳機能低下部位 (Shaywitz et al.,1998 ; Kaneko et al.,1998 ; Seki et al., 2001 ; 宇野ら, 1999 ; 2002) に対応しており、線分の傾き知覚と視覚性記憶機能の低下は発達性読み書き障害に特異的な脳機能障害に基づくと考えられた。

発達性読み書き障害児の視覚情報処理能力が文字の読み書きの正確性に及ぼす影響を検討するため、カテゴリカル回帰分析を行った。その結果、視覚性記憶機能が漢字の書字成績に大きな影響を与える可能性が示された。日本語において視覚情報処理過程が特に漢字の正確性に影響を与えるとする先行研究 (宇野ら,1995 ; 宇野ら,1996 ; 橋本ら,2006 ; Uno et al.,2008) を強く支持する結果と考えられた。

VI. 今後の課題

本研究において、物の見えにくさを訴える発達性読み書き障害児が1名（症例12）認められた。視覚情報処理課題においては、動きの知覚や低空間周波数の刺激に対するコントラスト感度で低下を示しており、症例12の物の見えにくい状態は visual magnocellular system（視覚性大細胞システム）の機能低下に起因する visual stress の関与が疑われた。visual stress の問題は、色のついた透明なプラスチックフィルムを印刷物にかぶせて印字の背景色を変化させると軽減されることが報告されており（Wilkins, 1994；Wilkins et al., 1996）、音読の流暢性を促進すると考えられている（White et al., 2006）。症例12における物が見えにくい状態が visual stress に起因するのか、また visual stress は読み書きに影響を与える症状なのか、今後定型発達児と発達性読み書き障害児を対象に検討を行う必要があると思われる。

今回、読み書き障害児と特異的書字障害児の二群について視覚情報処理課題の成績を検討したが、視機能、視知覚及び視覚認知機能を評価する課題のいずれにおいても一定の傾向は認められなかった。しかし課題における誤反応分析によって、二群を分類する誤反応の特徴が示される可能性があり、今後検討を行う必要があると思われる。

本研究では、視覚情報処理課題の成績を発達性読み書き障害児と定型発達児で比較した。今後は全般的知能の低下を認める児童や自閉症スペクトラム（autistic spectrum disorders: ASD）をもつ児童とも比較を行い、発達性読み書き障害にみられる視覚情報処理過程の障害が他の発達障害と共通しているのか否か、量的な側面と質的な側面の双方から検討することも必要ではないかと思われる。

要旨

発達性読み書き障害（developmental dyslexia）は、国際 Dyslexia 協会（IDA：The International Dyslexia Association）では以下のように定義されている。すなわち、神経生物学的原因に起因する特異的な学習障害で、その特徴は正確かつ（または）流暢な単語認識の困難であり、綴りや文字記号音声化の拙劣さである。

発達性読み書き障害の背景となる認知障害仮説の1つとして、英語圏と日本語圏の双方で視覚情報処理過程の障害説が提唱されている。しかし、英語圏では **visual magnocellular system**（視覚性大細胞システム）に代表される低次の機能障害について述べているのに対して、日本語圏では視覚認知機能や視覚性記憶機能のような主に高次の機能障害について述べており、視覚情報処理過程の障害に関して捉え方が大きく異なると考えられる。英語圏における視覚情報処理過程の障害仮説と、日本語圏における視覚情報処理過程の障害仮説は独立して展開されていることもあり、発達性読み書き障害の視覚情報処理過程の障害が、低次の処理機能から高次の処理機能のどの段階で生じているかは明確ではない。

本研究の目的は、日本語話者の発達性読み書き障害児における視覚情報処理過程の障害構造を明らかにするために視覚情報処理過程を体系的に評価し、**visual magnocellular system**（視覚性大細胞システム）と **visual parvocellular system**（視覚性小細胞システム）の機能、また視機能、視知覚及び視覚認知機能について分析を行い、視覚情報処理能力が読み書きの正確性に与える影響を検討することである。

第一研究では、動的刺激やコントラスト閾値を指標に日本語話者の発達性読み書き障害児における **visual magnocellular system** の機能を検討した。対象は8歳から14歳の発達性読み書き障害児5名である。**visual magnocellular system** の機能を測定するため、**Frequency Doubling Technology (FDT)** と **Vision Contrast Test System (VCTS)** を使用した。また視標の追視、輻湊及び跳躍眼球運動（サッケード）

に関して眼球運動を視察した。その結果、FDTでは、発達性読み書き障害児群の両眼平均実測閾値は定型発達児群と比較して有意 ($p < .01$) に上昇していた。VCTSでは、低空間周波数のコントラスト感度が正常値と比較して全例で低下していた。眼球運動の視察では、5名中3名に眼球運動の問題が観察された。以上のことから、海外での報告と同様に日本語話者の発達性読み書き障害児においても、visual magnocellular systemの機能低下が認められるのではないかと考えられた。しかし、第一研究の結果から解決すべき課題も明らかになった。第一に、対象の発達性読み書き障害児5名には要素的な認知機能検査にて視覚認知障害が認められており、visual magnocellular systemだけでなく、visual parvocellular system (視覚性小細胞システム)にも機能低下があると考えられる。第二に、先行研究ではvisual magnocellular systemの問題は音読の正確性に影響を及ぼす (Stein, 2003) と報告されており、書字障害との関連は検討されていない。発達性読み書き障害児の視覚情報処理過程の障害構造を明らかにして、視覚情報処理過程の問題が文字の読み書きの正確性に及ぼす影響について検討するためには、visual magnocellular systemとvisual parvocellular systemの双方を含めた、視機能、視知覚及び視覚認知機能の各側面に関して、体系的な分析を行う必要があると考えられた。

第二研究では、発達性読み書き障害児の視覚情報処理過程を、低次の機能から高次の機能まで体系的に評価し、visual magnocellular systemとvisual parvocellular systemの機能、視機能、視知覚、視覚認知機能及び読み書きとの関連について検討した。対象の発達性読み書き障害児は、小学2年生から中学3年生までの計20名である。また定型発達児は、全般的知能が正常域で通常学級在籍の小学校1年生から6年生の児童、計59名である。視機能の評価のために、視力、視野、眼球運動機能、コントラスト感度、色覚及び両眼視機能について検査を実施した。視知覚を評価するために線分の長短の知覚、大小の知覚、位置の知覚、動きの知覚、線分の傾きの知覚及び形態知覚に

ついて検査を実施した。視覚認知機能を評価するため、視覚閉包課題を実施した。発達性読み書き障害児においては、視覚性記憶機能についても検討した。

visual magnocellular system と visual parvocellular system の2つの視覚経路について検討した結果、海外では報告例が見当たらない visual magnocellular system が関与する視覚情報処理課題と visual parvocellular system が関与する視覚情報処理課題で成績の低下を認める発達性読み書き障害児が最も多くみられた。日本語話者の発達性読み書き障害児は、visual magnocellular system と visual parvocellular system 双方の問題を併せ持つことが多いのではないかと思われた。

発達性読み書き障害と視機能との関連を検討した結果、定型発達児の中に視機能の問題を示す児童がいる一方、発達性読み書き障害児の中に視機能の問題を示さない児童がいた。また、発達性読み書き障害児の中に、visual magnocellular system の機能障害に起因する visual stress の症状が疑われる症例が1名みられた。本研究の対象例の結果からは、visual stress 以外の視機能の問題は児童の読み書きの正確性に大きな影響を与えないのではないかと思われた。

視知覚と視覚認知機能について検討を行った結果、視知覚課題における線分の傾き知覚課題の成績は発達性読み書き障害児全例で低下していた。また、視覚性記憶課題においても発達性読み書き障害児全例で成績は低下していた。これらの課題にはサルを対象とした研究において側頭皮質の関与が示されている (Casagrande,1994 ; Karl et al.,1997 ; 三上,2004 ; 岩井ら, 1989)。サルにおける側頭皮質は発達性読み書き障害の大脳機能低下部位 (Shaywitz et al.,1998 ; Kaneko et al.,1998 ; Seki et al., 2001 ; 宇野ら, 1999 ; 2002) に対応していることから、線分の傾き知覚と視覚性記憶機能の低下は発達性読み書き障害に特異的な大脳機能障害に基づくと考えられた。視知覚と視覚認知機能を評価する課題の双方で得点が低下している症例が認められたことから、視知覚の障害が視覚認知障害の基盤になっている可能性が示

唆された。さらに視知覚を評価する課題で得点低下があるのにも関わらず、本研究で視覚認知機能を評価する課題として操作的に定義した視覚閉包課題では得点低下を示さない症例が認められ、視知覚の障害がある場合でも、知識を活用してトップダウン的に視知覚機能を補完している可能性が考えられた。

発達性読み書き障害児の視覚情報処理能力が文字の正確性に及ぼす影響を検討するため、カテゴリカル回帰分析を行った。その結果、視覚性記憶機能が漢字の書字成績に大きな影響を与える可能性が示された。日本語圏において視覚情報処理過程が漢字の正確性に影響を与えるとする先行研究（宇野ら,1995；宇野ら,1996；橋本ら,2006；Uno et al.,2008）を強く支持する結果と考えられた。

謝辞

本論文を作成するにあたり、終始懇切なるご指導、御鞭撻を賜りました筑波大学大学院人間総合科学研究科、宇野彰准教授に心から感謝いたします。また終始懇切なる御指導と御助言を頂きました前川久男教授、柿澤敏文准教授に深く感謝申し上げます。大六一志准教授におかれましては、統計解析や本論文執筆について御指導を賜りました。本当に有難うございました。

この度、本論文執筆に際しまして、カールツァイスメディテック株式会社の東江美津子様、正角伸市様より FDT スクリーナーを拝借いたしました。深く感謝申し上げます。NPO 法人 LD・Dyslexia センターの副理事春原則子先生、金子真人先生、理事の粟屋徳子先生、狐塚順子先生、その他スタッフの先生方におかれましては発達性読み書き障害児のデータ収集において多大なるご協力を賜りました。また中川の郷療育センターの兵頭洋子先生、沖縄整肢療護園の藤井小羊先生には、定型発達児のデータ収集において多大なるご協力を賜りました。心より御礼申し上げます。

岡山大学附属病院の福島邦博先生、川崎聡大先生には、私がかじけそうになった時に何度となく励ましの言葉をくださりました。深謝いたします。その他、本論文を作成するにあたり、ご協力頂いたすべての皆様に深く感謝いたします。

最後になりましたが、宇野研究室の皆様にも数多くのご協力を頂きました。本当に有難うございました。

平成 20 年 12 月 24 日

筑波大学大学院 人間総合科学研究科 心身障害学専攻

引用文献

- 栗屋徳子, 宇野彰, 庄司敦子, 他 : 音韻処理能力と視覚情報処理能力の双方に障害を認めた発達性書字障害児の1症例. 小児の精神と神経, 43(2):131-138, 2003.
- American Psychiatric Association : DSM-IV-TR 精神疾患の分類と診断の手引き. 高橋三郎, 大野裕, 染失俊幸(訳), 医学書院, 2002.
- Boussaoud D, Ungerleider LG, Desimone R : Pathways for motion analysis : cortical connection of the medial superior temporal and fundus of the superior temporal visual areas in the macaque. *Journal of Comparative Neurology*, 296:462-495, 1990.
- Breitmeyer BG : Sustained (P) and transient (T) channels in vision : A review and implications for reading. *Visual Processes in Reading and Reading Disabilities* (edited by Willows DM, Kruk RS and Corcos E), Lawrence Erlbaum Associates Inc, USA, pp95-110, 1993.
- Casagrande VA : A third parallel visual pathway to primate area V1. *Trends in Neuroscience*, 17:305-310, 1994.
- Cornellissen PL, Hansen PC, Hutton JL : Magnocellular Visual Function and Children's Single Word Reading. *Vision Research*, 38(3):471-482, 1998.
- DeFries JC, Alarcón M : Genetics of specific reading disability. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 2: 39-47, 1996.
- Demb JB, Boynton GM, Heeger DJ : Functional magnetic resonance imaging of early visual pathways in dyslexia. *The Journal of Neuroscience*, 18(17):6939-6951, 1998.
- Eden GF, VanMeter JW, Rumsey JW, et al : Abnormal Processing of visual motion in dyslexia revealed by functional brain imaging.

- Nature, 382(4):66-69, 1996a.
- Eden GF, Stein JF, Wood HM, et al : Differences in visuospatial judgement in reading - disabled and normal children. Perceptual and Motor Skills, 82:155-177, 1996b.
- Evans BJ, Drasdo N, Richards IL : Investigation of accommodative and binocular function in dyslexia. Ophthalmic & Physiological Optics, 14(1):5-19, 1994a.
- Evans BJ, Drasdo N, Richards IL : An investigation of some sensory and refractive visual factor in dyslexia. Vision Research, 34(14): 1913-1926, 1994b.
- Farmer ME, Klein R : Auditory and visual temporal processing in dyslexia and normal readers. Annals of the New York Academy of Sciences, 682:339-341, 1993.
- Farrag AF, Khedr EM, Abel-Naser W: Impaired parvocellular pathway in dyslexic children. European Journal of Neurology, 9: 359-363, 2002.
- Ferrera VP, Nealy TA, Maunsell JHR : Mixed parvocellular and magnocellular geniculate signals in visual area V4. Nature, 358, 756-758,1992.
- Fisher SE, Francks C, Marlow AJ, et al : Independent genome-wide scans identify a chromosome 18 quantitative-trait locus influencing dyslexia. Nature Genetics, 30:86-91, 2002.
- Frith U : Unexpected spelling problem. Cognitive processes in spelling (edited by Frith U), Academic press, USA, pp495-515, 1980.
- 藤野 貞 : 対座法による視野の評価 . Practical Ophthalmology, 28:238-239, 1997.
- 福田恵美子 : 第 4 章 障害別作業療法の実際 2 感覚障害に対する作業療法. 作業療法全書 第 6 巻 作業療法学 3 発達障害 (佐藤剛編、社団法人日本作業療法士協会監修) , 協同医書出版社, 東京,

147-231 頁, 1999.

Galaburda AM, Sherman GF, Rosen GD , et al : Developmental dyslexia : Four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, 18:222-233, 1985.

Galaburda AM, Kemper TL : Cytoarchitectonic abnormalities in developmental dyslexia : A case study. *Annals of Neurology*, 6:94-100, 1979.

Gardner MF : Test of visual-perceptual skills(non-motor). Health publishing company, USA, 1982.

Giudice ED, Trojano L, Fragassi NA, et al : Spatial cognition in children. II. Visuospatial and constructional skills in developmental reading disability. *Brain and Development*, 22 :368-372, 2000.

後藤多可志, 宇野彰, 春原則子, 他 : 発達性読み書き障害児における大細胞システムの関与 - FDT と VCTS を用いて -. *音声言語医学*, 48:322-331, 2007.

後藤多可志, 小林範子, 石田宏代, 他 : 「小児版図形学習検査の作成」と視覚性記憶の発達変化の分析. *言語聴覚研究*, 2(3):148-159, 2005.

Grigorenko EL, Wood FB, Golovyan L, et al : Continuing the search for dyslexia genes on 6p. *American Journal of Medical Genetics*, 115B:89-98, 2003.

Grigorenko EL, Wood FB, Meyer MS, et al : Linkage studies suggest a possible locus for developmental dyslexia on chromosome 1p. *American Journal of Medical Genetics*, 105:120-129, 2001.

橋本竜作, 柏木充, 鈴木周作 : 読み障害を伴わず、書字の習得障害を示した小児の 1 例. *高次脳機能研究*, 26(4):368-376, 2006.

春原則子, 宇野彰, 金子真人, 他 : 英語学習の困難さを主訴とした中学生・高校生の認知能力. *神経心理学*, 20(4):264-271, 2004.

春原則子, 宇野彰, 金子真人, 他 : 言語性記憶障害と視覚的認知障害を

- 認めた小児の 1 例における英単語の書字訓練. 音声言語医学, 43:290-294, 2002.
- 東出朋巳, 杉山和久 : 1.検査 / 2.視野検査 7) FDT は早期発見,管理に有用か. *Practical Ophthalmology*, 6(9) : 26-27, 2003.
- Hier DB, LeMay M, Rosenberg PB, et al : Developmental dyslexia : evidence for a subgroup with reversal of cerebral asymmetry. *Archives of Neurology*, 35:90-92, 1978.
- 北出勝也 : 第 1 部 視覚機能の発達とトレーニング. 「見る」ことは「理解」すること 子どもの視覚機能の発達とトレーニング(本多和子, 北出勝也, 著), 山洋社, 東京, 5-18 頁, 2003.
- Humphreys P, Kaufmann WE, Galaburda AM : Developmental dyslexia in women : Neuropathological finding in three patients. *Annals of Neurology*, 28:727-738, 1990.
- 井潤知美, 宇野彰, 小林美緒 : 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(2・3) : 169-173, 2001.
- 岩井榮一, 渡辺譲二, 靱負正雄 : 側頭葉と視覚性学習・記憶－神経行動学的、神経解剖学的研究による知見－. *遺伝*, 2:56-67, 1989.
- Johnson CA, Samuels SJ : Screening for glaucomatous visual loss with frequency doubling perimetry. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 38(2) : 413-425, 1997.
- 金子真人, 宇野彰, 加我牧子, 他 : 仮名・漢字双方に読み書きの障害を認めた学習障害児における平仮名 1 文字の読み書き過程. *脳と発達*, 29 : 249-253, 1997.
- Kinsey K, Hansen PC, Chase CH : Dorsal stream association with orthographic and phonological processing. *NeuroReport*, 17(3):335-339, 2006.
- Kaneko M, Uno A, Kaga , et al : Cognitive neuropsychological and regional cerebral blood flow study of a developmentally dyslexic Japanese child. *Journal of Child Neurology*, 13:457-461, 1998.

- Kaminen N, Hannula-Jouppi K, Kestila M, et al : A genome scan for developmental dyslexia confirms linkage to chromosome 2p11 and suggests a new locus on 7q32. *American Journal of Medical Genetics*, 40:340-345, 2003.
- Karl RG, Daniel CK, Jonathan BL : Functional properties of Neurons in Macaque area V3. *Journal of Neurophysiology*, 77:1906-1923, 1997.
- Karolyi CV, Winner E, Gray W, et al : Dyslexia linked to talent: Global visual-spatial ability. *Brain and Language*, 85:427-431, 2003.
- Karolyi CV : Dyslexic strength: Rapid discrimination of impossible figures. *Journal of Learning Disabilities*, 34(4):380-391, 2001.
- Kelly DH : Nonlinear visual responses to flickering sinusoidal gratings. *Optical Society of America*, 71(9) : 1051-1055, 1981.
- Kelly DH : Frequency doubling in visual responses. *Journal of Optical Society of America*, 56 : 1628-1633, 1966.
- Kytja KS, Voeller MD : Learning Disabilities, Attention-deficit Hyperactivity Disorder and psychiatric Comorbid Conditions. Section I : Dyslexia Guest Editorial, *Dyslexia. Journal of Child Neurology*, 19(10), 740-743, 2004.
- Livingstone MS, Rosen GD, Drislane FW, et al : Rhysiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 88:7943-7947, 1991.
- Lezak MD : *Neuropsychological Assessment*. Oxford University Press, New York, pp385-417, 1995.
- Lyon GR, Shaywitz SE, Shaywitz BA : A definition of dyslexia. *Annals of dyslexia*, 53:1-14, 2003.
- 文部省学習障害調査研究協力者会議 : 学習障害児に対する指導について (報告) , 1999.

- Maddess T, Henry GH : Performance of nonlinear visual units in ocular hypertension and glaucoma. *Clinical Vision Sciences* , 7 : 341-383, 1992.
- Maunsell JHR, Nealy TA, DePriest DD : Magnocellular and parvocellular contributions to responses in the middle temporal visual area (MT) of the macaque monkey. *Journal of Neuroscience*, 10, 3323-3334, 1990.
- 馬渡志郎, 志田堅四郎, 松永宗雄: 視覚失認を呈した一症例－視覚失認「知覚型」における神経心理学的考察; 特に「線」認知困難について. *精神神経誌*, 73:801-808, 1971.
- McCloskey M, Rapp B : A visually based developmental reading deficit. *Journal of Memory and Language*, 43:157-181, 2000.
- 三上章允 : 2.4 V1以降: 腹側経路. 視覚情報処理ハンドブック (日本視覚学会, 編), 朝倉書店, 東京, 77-88頁, 2004.
- 三宅三平 : コントラスト視力検査と干渉縞視力検査. 眼科検査法ハンドブック第3版 (丸尾敏夫, 他編), 医学書院, 東京, 18-21, 1999.
- Murakami I, Cavanagh P : A jitter after-effect reveals motion-based stabilization of vision. *Nature*, 395 : 798-801, 1998.
- 仲泊聡 : 形態知覚異常と最近の話題. *Vision*, 15(2):79-86, 2003.
- National Joint Committee for Learning Disabilities : Learning disabilities : Issues on definition, 1987.
- Nicolson R, Fawcett A, Dean P : Dyslexia, development and the cerebellum. *Trends Neuroscience*, 24:515-516, 2001.
- 日本高次脳機能障害学会 失認症検査法検討小委員会 : 標準高次視知覚検査. 新興医学出版社, 東京, 1998.
- Nopola-Hemmi J, Myllyluoma B, Haltia T, et al : A dominant gene for developmental dyslexia on chromosome 3. *Journal of Medical Genetics*, 38:658-664, 2001.
- 大石敬子, 斉藤佐和子 : 言語発達障害における音韻の問題－読み書き障害の場合－. *音声言語医学*, 40:378-387, 1999.

- 奥村智人, 若宮英司, 鈴木周作, 他 : 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.
- Pache M, Weber P, Klumpp S, et al : Visuelle Funktionen bei Legasthenie. Ophthalmologe, 101:907-913, 2004.
- Peyrard-Janvid MH, Anthoni H, Onkamo P, et al : Fine mapping of the 2p11 dyslexia locus and exclusion of TACR1 as a candidate gene. Human Genetics, 114:510-516, 2004.
- Price C, Wise R, Frackowiak R : Demonstrating the implicit processing of visually presented words and pseudowords. Cerebral Cortex, 6:62-70, 1996.
- Ramus F, Rosen S, Dakin SC, et al : Theories of developmental dyslexia ; insights from a multiple case study of dyslexic adults. Brain, 126:841-865, 2003.
- Riddoch MJ, Humphreys GW : Birmingham object recognition battery. Lawrence Erlbaum Associates Ltd, UK, 1993.
- Ruel RG , Denckla MB : Relationship of IQ and reading score to visual, spatial, and temporal matching tasks. Journal of Learning Disabilities, 9(3):42-51, 1974.
- 齋木潤 : 6.6 形状認知の処理過程. 視覚情報処理ハンドブック (日本視覚学会, 編) , 朝倉書店, 東京, 271-277 頁, 2004.
- 酒井厚, 宇野彰, 細金奈奈, 他 : カタカナと漢字に関する発達性読み書き障害の 1 症例 —認知神経心理学的分析—. 小児の精神と神経, 42(4) : 333-338, 2002.
- Seki A, Koeda T, Sugihara S, et al : A functional magnetic resonance imaging study during sentence reading in Japanese dyslexic children. Brain and Development, 23:312-316, 2001.
- 進藤美津子, 加我君孝 : 聴皮質・聴放線損傷例における言語音および音の要素の認知. 音声言語医学, 35:295-306, 1994.
- Siok WT, Perfetti CA, Jin Z, et al : Biological abnormality of impaired reading is constrained by culture. Nature, 431:71-76,

2004.

- Shaywitz SE, Shaywitz BA, Pugh KR, et al : Functional disruption in the organization of the brain for reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 95:2636-2641,1998.
- Song K, Goto T, Koike T, et al : Visual Memory of Motor Imagery in Children With Specific Disorders of Kanji Writing. *Japanese Association of Special Educators*, 44(6):437-449, 2007.
- Sperling JA, Lu ZL, Manis FR, et al : Deficits in achromatic phantom contour perception in poor readers. *Neuropsychologia*, 44:1900-1908, 2006.
- Sperling JA, Lu ZL, Manis FR, et al : Selective magnocellular deficits in dyslexia : a “phantom contour” study. *Neuropsychologia*, 41:1422-1429, 2003.
- Stein CM, Schick JH, Gerry Taylor H, et al : Pleiotropic effect of a chromosome 3 locus on speech-sound disorder and reading. *American Journal of Human Genetics*, 74:283-297, 2004.
- Stein J : Visual motion sensitivity and reading. *Neuropsychologia*, 41:1785-1793, 2003.
- Stein J : The Magnocellular Theory of Developmental Dyslexia. *Dyslexia*, 7:12-36, 2001.
- Stain J, Walsh V : To see but not to read : the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neuruscience*, 20:147-152, 1997.
- Stephenson S : Six cases of congenital word-blindness affecting three generation of one family. *Ophthalmoscope*, 5:482-484, 1907.
- Stevenson J, Graham P, Fredman G, et al : A twin study of genetic influences on reading and spelling ability and disability. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 28:229-247, 1987.
- Swanson HL : Semantic and visual memory codes in learning

disabled readers. *Journal of Experimental Child Psychology*,
37:124-140, 1984.

田中裕美子, 兵頭明輪, 大石敬子, 他: 読み書きの習得や障害と音韻処理能力との関係についての検討. *LD 研究*, 15(3):319-329, 2006.

Tallal P : Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language*, 9:182-198, 1980.

Uno A, Wydell T. N., Haruhara N , et al : Relationship between reading/writing skills and cognitive abilities among Japanese primary-school children: normal readers versus poor readers(dyslexics). *Reading and Writing*, 2008 (online available) .

宇野彰: 読み書きの発達とその障害. *ことばとこころの発達と障害* (宇野彰, 編), 永井書店, 東京, 130-141 頁, 2007.

宇野彰, 春原則子, 金子真人, 他: 発達性 dyslexia の認知障害構造. *音声言語医学*, 48:105-111, 2007.

宇野彰, 金子真人, 春原則子, 他: 小学生の読み書きスクリーニング検査. *インテルナ出版*, 東京, 2006.

宇野彰, 新家尚子, 春原則子, 他: 健常児におけるレーヴン色彩マトリックス検査ー学習障害児や小児失語症児のスクリーニングのためにー. *音声言語医学*, 46:185-189, 2005.

宇野彰, 金子真人, 春原則子, 他: 発達性読み書き障害ー神経心理学的及び認知神経心理学的分析ー. *失語症研究*, 22(2):130-136, 2002.

宇野彰: 病像と診断ー特異的書字障害 (specific developmental dysgraphia) の診断と治療. *小児科診療*, 65(6):901-906, 2002.

宇野彰: 発達性書字障害. *精神科治療学*, 16(増):166-171, 2001.

宇野彰: 学習障害の神経心理学的解析ー神経心理症状と局所脳血流低下部位との対応. *脳と発達*, 31:237-243, 1999.

宇野彰, 加我牧子, 稲垣真澄, 他: 特異的漢字書字障害児の認知能力に関する神経生理学的および神経心理学的発達. *臨床脳波*,

41(6):392-396, 1999.

宇野彰, 加我牧子, 稲垣真澄, 他: 視覚的認知障害を伴い特異的な漢字書字障害を呈した学習障害児の1例—認知神経心理学的および電気生理学的分析—. 脳と発達, 28:418-423, 1996.

宇野彰, 加我牧子, 稲垣真澄, 他: 漢字書字に特異的な障害を示した学習障害の1例—認知心理学的および神経心理学的分析—. 脳と発達, 27:395-400, 1995.

Vellutino FR, Steger JA, Kaman M, et al: Visual form perception in deficient and normal readers as a function of age and orthographic linguistic familiarity. *Cortex*, 11:22-30, 1975.

Vellutino FR, Steger JA, Kandel G, et al: Reading-disability: an investigation of the perceptual deficit hypothesis. *Cortex*, 8:106-118, 1972.

Wilkins AJ, Jeanes RJ, Pumfrey PD, et al: Rate of reading test: its reliability, and its validity in the assessment of the effects of coloured overlays. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 16:491-497, 1996.

Wilkins AJ: Overlays for classroom and optometric use. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 14:97-99, 1994.

Willcutt EG, Pennington BF, Smith SD, et al: Quantitative trait locus for reading disability on chromosome 6p is pleiotropic for attention deficit/hyperactivity disorder. *American Journal of Medical Genetics*, 114:260-268, 2002.

Winner E, von Karolyi C, Malinski D, et al: Dyslexia and visual-spatial talents: Compensation vs deficit model. *Brain and Language*, 76:81-110, 2001.

White S, Milne E, Rosen S, et al: The role of sensorimotor impairments in dyslexia: a multiple case study of dyslexic children. *Developmental Science*, 9(3):237-269, 2006.

World Health Organization: ICD - 10 精神および行動の障害-臨床記

述と診断ガイドライン-. 融道男, 中根允文, 小見山実 (監訳), 医学書院, 1993.

山鳥重: 第5章 視覚の高次障害. 神経心理学入門 (山鳥重, 著), 医学書院, 66-72 頁, 1985.