原 著

発達性読み書き障害児における視機能, 視知覚および
視覚認知機能について

後藤多可志¹⁻³⁾ 宇野 彰^{2,3)} 春原 則子^{3,4)} 金子 真人^{3,5)}
栗屋 徳子^{3,6)} 狐塚 順子^{3,7)} 片野 晶子^{2,3)}

要 約：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を体系的に評価し発達性読み書き障害の背景となる認知障害構造を明らかにすることである。対象は日本語話者の発達性読み書き障害児 20 名と定型発達児 59 名である。視機能, 視知覚, 視覚認知機能および視覚性記憶機能を測定, 評価した。本研究の結果から, 視機能の問題は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考えられた。線分の傾き知覚と視覚性記憶機能は本研究で対象とした発達性読み書き障害児全例で低下していた。視知覚と関連のある visual magnocellular system と visual parvocellular system を検討した結果, 双方の視覚経路で機能低下を認める発達性読み書き障害児が 20 名中 8 名いた。日本語圏の発達性読み書き障害児は海外での報告とは異なり 2 つの視覚経路の問題を併せもつことが多いのではないかと考えられた。

索引用語：発達性読み書き障害 (developmental dyslexia), 視機能, 視知覚, 視覚認知, 視覚性記憶

Visual Function, Visual Perception and Visual Recognition in Japanese
Children with Developmental Dyslexia

Takashi Goto¹⁻³⁾, Akira Uno^{2,3)}, Noriko Haruhara^{3,4)}, Masato Kaneko^{3,5)}, Noriko Awaya^{3,6)},
Junko Kozuka^{3,7)} and Shoko Katano^{2,3)}

財団法人テクノエイド協会¹⁾：〒162-0823 東京都新宿区神楽河岸 1-1

筑波大学大学院人間総合科学研究科²⁾：〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

NPO 法人 LD・Dyslexia センター³⁾：〒272-0033 千葉県市川市市川南 3-1-1-315

目白大学保健医療学部⁴⁾：〒339-8501 さいたま市岩槻区浮谷 320

帝京平成大学健康メデイカル学部⁵⁾：〒170-8445 東京都豊島区東池袋 2-51-4

東京都済生会中央病院リハビリテーション科⁶⁾：〒108-0073 東京都港区三田 1-4-17

埼玉県立小児医療センター⁷⁾：〒339-8551 さいたま市岩槻区馬込 2100 番地

¹⁾The Association for Technical Aids: 1-1, Kaguragashi, Shinjuku-ku, Tokyo 162-0823, Japan

²⁾Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba: 1-1-1, Tennoudai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan

³⁾LD/Dyslexia Centre: 3-1-1-315, Ichikawa-minami, Ichikawa, Chiba 272-0033, Japan

⁴⁾Faculty of Health Sciences, Meiji University: 320, Ukiya, Iwatsuki, Saitama-shi, Saitama 339-8501, Japan

⁵⁾Faculty of Medical Science for Health, Teikyo Heisei University: 2-51-4, Higashi-ikebukuro, Toshima-ku, Tokyo 170-8445, Japan

⁶⁾Department of Rehabilitation, Tokyo Saiseikai Central Hospital: 1-4-17, Mita, Minato-ku, Tokyo 108-0073, Japan

⁷⁾Saitama Children's Medical Center: 2100, Magome, Iwatsuki, Saitama-shi, Saitama 339-8551, Japan

2009 年 7 月 24 日受稿 2009 年 9 月 28 日受理

Abstract: We analyzed visual information processing in Japanese children with developmental dyslexia systematically to reveal the cognitive dysfunction underlying their disorder. We evaluated visual function, visual perception, visual recognition and visual memory in 59 normal and 20 developmentally dyslexic children. The experimental results suggest that visual function abnormalities do not affect accuracy of reading and writing. All developmentally dyslexic children showed significantly lower scores than the control group in a visual perception task about orientation of lines and a visual memory task. Eight of the 20 developmentally dyslexic children exhibited dysfunction in both the visual magnocellular system and the parvocellular system relating to visual perception. Our results suggest that Japanese children with developmental dyslexia differ from their overseas counterparts, as reported, in that they demonstrate dysfunctions of both visual pathways, magno- and parvocellular.

Key words: developmental dyslexia, visual function, visual perception, visual recognition, visual memory

はじめに

発達性読み書き障害（developmental dyslexia）の背景となる認知障害構造仮説の一つとして、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思われる。

視覚経路は、主に 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2つのシステムから成り立っているが¹⁾、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およ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すると考えられている visual magnocellular system の障害についての報告が多い²⁻¹⁰⁾。

一方、日本語話者の発達性読み書き障害児における visual magnocellular system の機能を検討した研究は後藤ら¹¹⁾の報告のみである。日本語圏では、漢字書字に特異的な障害を示した症例¹²⁻¹⁴⁾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における視覚情報処理過程の障害説に関して、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言及しているのに対し、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言及し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ほぼ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一定の見解がない。

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を体系的に評価し、視機能、視知覚、視覚認知機能、視覚性記憶機能および visual magnocellular system と visual parvocellular system の機能について分析を行う。

方 法

1. 対象者

発達性読み書き障害児は、小学2年生から中学3年

表1 発達性読み書き障害児

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

生までの計 20 名（男児 15 名，女児 5 名）である．1 名のみ左利きで 19 名は右利きであった（表 1）．利き手の判定には，塩浦ら¹⁵⁾ が作成した利き手に関する質問紙検査の一部の項目を使用した．鉛筆を使用する手，箸を使用する手，物を投げる手，鋏を使用する手および刃物を使用する手に関して利き手を本人や家族から聴取した．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大学や LD 児，者へのサポート専門機関に來所した児童である．知能検査，要素的な認知機能検査および読み書きに関する学習到達度検査の結果から，要素的な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．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．

表 2 定型発達児

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

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．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．音読課題は実施していない．発達性読み書き障害の場合，読みの障害が認められれば書字障害も伴うことが一般的であり¹⁶⁾，言い換えれば，漢字の書字課題で問題を示さなければ，読みの問題も示さないと考えることが推定できるためである．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報告されている¹⁷⁾レーヴン色彩マトリックス検査（Raven's Coloured Progressive Matrices; RCPM）を実施した．定型発達児 59 名は z-score の平均値は 0.12 で正常範囲内であった．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低かった順に漢字 5 単語を選択して，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本研究で対象となった定型発達児と比較すると，全例，在籍学年における平均値の -1 SD 未満の得点であった．中学 3 年生の

図 1 漢字 5 単語の書字課題における定型発達児と発達性読み書き障害児の成績

定型発達児のデータは平均値と ± 1 標準偏差値を示している．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．

表 3 検査項目の一覧

知能検査	WISC-Ⅲ : Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition (WISC-Ⅲ 知能検査) RCPM : Raven's Coloured Progressive Matrices (レーヴン色彩マトリックス検査)
言語発達検査	SCTAW : Standardized Comprehension Test of Abstract Words (標準抽象語理解力検査)
音声言語的情報処理課題	単語の逆唱課題, 非語の復唱課題, RAVLT : Rey's Auditory Verbal Learning Test
視覚情報処理課題	MFFT : Matching Familiar Figure Test, ROCFT : Rey-Osterrieth Complex Figure Test
読み書きの学習到達度検査	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)
視機能	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 新標準近距離視力表 対座法 DEM : Developmental Eye Movement Test, 追視・輻湊・サッケードの視察 F.A.C.T. : Functional Acuity Contrast Test Stereo Fly Test 石原色覚検査表 (国際版 38 表)
視知覚	長短の知覚 大小の知覚 位置の知覚 動きの知覚 傾きの知覚 形態知覚 length match task size match task position discrimination task FDT : Frequency Doubling Technology JLO : Judgment of Line Orientation, 線分の傾き再生課題 vdt : visual discrimination task, vft : visual figure-ground task
視覚認知機能	vct : visual closure task, 絵の統合課題 (K-ABC : Japanese Kaufman Assessment Battery for Children)
視覚性記憶機能	ROCFT : Rey-Osterrieth Complex Figure Test

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. 視機能, 視知覚, 視覚認知機能および視覚性記憶機能の操作的定義

本研究では, 下記の各用語に関して以下のように操作的に定義した。

1) 視機能

本研究では, 視機能という用語に関しては福田¹⁸⁾の定義に基づき, 視力, 視野, コントラスト感度, 色覚, 両眼視機能および眼球運動機能などの各機能と定義した。

2) 視知覚

視知覚という用語に関して, 以下のようなさまざまな説明がされている。たとえば Gardner¹⁹⁾ は, 視知覚とはさまざまな形を視覚的に知覚する能力であると述べている。馬渡²⁰⁾ や山鳥²¹⁾ は, 光の強弱, 色, 長短, 大小, 傾き, 角度, 運動の方向およ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)²²⁾ では, 線分の長さ, 大きさ, 数, 形, 距離, 色およ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。

た。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。

3) 視覚認知機能

Gardner¹⁹⁾ は, 視覚認知機能と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。Riddoch²³⁾ は, 物体の形態に関する知識である, としている。北出²⁴⁾ 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²⁵⁾ 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) 視覚性記憶機能

本研究では, 視覚性記憶機能という用語に関して, 松川²⁶⁾ の定義に基づき, 視覚情報の符号化・保持・想起と定義した。

3. 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, 視知覚およ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および読み書きに

関する学習到達度検査を実施した。

1) 知能検査, 要素的な認知機能検査およ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 知能検査とレーヴン色彩マトリックス検査 (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 4~9 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 (STRAW) のひらがな単語, カタカナ単語およ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。

2) 視機能の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。表面照度 400 lx 以上, 冊子と対象者の距離約 30 cm の条件で検査を実施した。本研究では, 学校の定期健康診断で実施される視力測定において, 眼科での精査が必要とされる視力である 0.6 以下の視力を示した場合を, 視力の問題を示す児童とした。

視野は, 対座法²⁷⁾ で中心視野を片眼ずつ評価した。検査者は対象者から約 50 cm 離れて対面した。その後, 検査者は対象者の片方の人差し指を持ち, 対象者の眼前約 30 cm に呈示した。対象者には検査者に掴まれていない, もう片方の手掌で非検査眼を遮蔽してもらった。対象者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, 対象者の鼻側の上側と下側, 耳側の上側と下側の 4 カ所に視標を呈示した。対象者には視標が見えているか否か口頭で答えてもらった。本研究では, 4 カ所に呈示した視標のうちいずれか 1 つの視標でも認識することができなかった場合を, 視野に問題を示す児童とした。

眼球運動機能は, 視標の追視, 輻湊および跳躍眼球運動 (サッケード) に関して日本感覚統合障害研究会

Developmental Eye Movement Test (DEM)

石原色覚検査表 (国際版 38 表)

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

Stereo Fly Test

図 2 視機能の評価する課題

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、輻湊および跳躍眼球運動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とおりである。追視では対象者の眼前約 30 cm の距離に視標を呈示し、対象者には頭や首を動かさずに視標を目で追わせて、検査者がその際の眼球運動を観察した。視標は水平、垂直、斜め、円状およ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者へ近づけていき、検査者がその際の眼球運動を観察した。跳躍眼球運動では対象者に検査者の鼻を注視させ、そこから対象者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検査者が観察した。DEM は、test A, test B および test C から構成されている数字列の音読課題である。test A, 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音読する課題で、眼球運動機能への負荷が低い。一方、test C は、不等間隔で並んだ 80 文字の数字列を左から右へ横方向に音読する課題で、眼球運動機能への負荷が高い。表面照度 400 lx 以上、刺激と対象者の距離約 60 cm の条件で検査を実施した。対象者には、test A-C のおのおの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、教示直後から対象者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。その後、test C の音読所要時間を test A, B の音読所要時間の合計時間で割った比率と、全課題の総誤読数を算出した。

本研究では、視標の追視、輻湊および跳躍眼球運動に関して眼球運動機能を直接視察する方法において、下記の点について観察を実施した。いずれかの項目で条件を満たさなかった場合を、眼球運動機能の問題を示す児童とした。追視では、追視の正確性（視標を水平、垂直、斜め、円状および八の字に動かした際に追視が正確に行われていたか、頭や首を動かさずに視標を追視することが可能であったか）と、検査実施後の様子（過剰な瞬きや目の疲れを訴えていなかったか）を観察した。輻湊では、輻湊の正確性（視標を両眼で見続けることが可能であったか）と、検査実施後の様子（過剰な瞬きや目の疲れを訴えていなかったか）を観察した。跳躍眼球運動では、跳躍眼球運動の正確性と速度（注視点から視野内に呈示される視標へ、正確に速く視点を移動させることが可能であったか）を観察した。DEM では、比率と総誤読数のいずれかにおいて定型発達の平均値 + 1.5 SD より高い成績を示した場合を、眼球運動機能の問題を示す児童とした。

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。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 および 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 度および左傾斜 15 度の 3 種類が不規則な順序で配列されている。表面照度 400 lx 以上、刺激と対象者の距離約 60 cm の条件で検査を実施した。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 種類のなか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ごとに片眼ずつ測定した。本研究では、各空間周波数におけるコントラスト感度の正常値よりも低い成績を示した場合を、コントラスト感度の問題を示す児童とした。

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。本検査は 21 課題で構成されている。表面照度 400 lx 以上、冊子と対象者の距離約 60 cm の条件で検査を実施した。対象者には各ページに書かれている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。本研究では、検査マニュアルの基準に従い 21 課題中 8 課題以上の誤読を示した場合を、色覚の問題を示す児童とした。

両眼視機能は、Stereo Fly Test (Stereo Optical, アメリカ) を使用して評価した。本検査は動物視標 3 課題、サークル視標 9 課題で構成されている。表面照度 400 lx 以上、刺激と対象者の距離約 40 cm の条件で検査を実施した。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 匹のなか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 個の円のなか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。本研究では、久保ら²⁸⁾の基準に従い動物視標とサークル視標視差のいずれか一方で視差 100 秒の問題に正答できなかった場合を両眼視機能の問題を示す児童とした。

3) 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,

図3 視知覚、視覚認知機能を評価する課題

表面照度 400 lx 以上、刺激と対象者の距離約 60 cm の条件で検査を実施した (Frequency Doubling Technology ; FDT は除く)。

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。本検査は 15 課題で構成されている。対象者には水平に呈示された 2 本の線分の長さが同じか否か口頭で答えてもらった。

大小の知覚を評価する課題として、BORB 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。本検査は 15 課題で構成されている。対象者には 2 つの円の大きさが同じか否か口頭で答えてもらった。

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。本検査は 20 課題で構成されている。各課題では 2 つの正方形のおののに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。対象者には、2 つの

正方形のうち、円が正方形の中央に配置されているものを指差しか口頭で答えてもらった。

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。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 30 ms ごと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²⁹⁻³²⁾。本研究で実施した閾値検査 C-20 プログラムでは、20 ms ごとに白黒が反転する 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 400 ms 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者に口頭で伝えた。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。JLO は 30 課題で構成されている。対象者には紙面上部に配置された 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て 2 本選択してもらった。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 2 つの円が呈示されている。左側の円の中には 5.5 cm の線分が呈示されている。線分の傾きは、水平線から -7 度、 $+15$ 度および $+3$ 度である。対象者には 5.5 cm 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。手指の巧緻性が課題成績に影響を及ぼすことがないように制限時間は設けなかった。左側の円の中にある線分からずれた角度に関して 3 課題の平均値を算出した。なお本課題では 3 課題の平均値が小さいほど成績は良好である。

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 (vdt) と図地知覚課題である visual figure-ground task (vft) を実施した。vdt は 16 課題で構成されている。対象者には、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。vft は 16 課題で構成されている。対象者には、紙面上部の図形が隠れている錯綜図を紙面下部の 4 図形のなかから指差して選択してもらった。

4) 視覚認知機能を評価する課題について

Lezak³³⁾ は、視覚認知機能を評価する課題として、pictured object recognition task (por) と visual organization task (vot) を挙げており、後者のほう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、vot のなかから、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、TVPS の下位項目である visual closure task (vct) 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。しかし対象者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者によって異なる。対象者には、不完全なインクプロット絵を見て、絵の名称を口頭で答えてもらった。対象者の生活年齢と正しく回答できた課題数を基に評価点を算出した。vct は 16 課題で構成されている。対象者には、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 図形のなかから指差して選択してもらった。

5) 視覚性記憶機能を評価する課題について

視覚性記憶機能を評価する課題として、発達性読み書き障害児のみに ROCFT を実施した。視覚認知力、手指の巧緻性および構成能力等が、直後再生や 30 分後遅延再生課題の得点に及ぼす影響をできる限り小さくし視覚性記憶力を測定するために、模写課題の得点を分母として分子を直後再生や 30 分後遅延再生課題の得点とした割合を算出した。

6) visual magnocellular system (視覚性大細胞システム)、visual parvocellular system (視覚性小細胞システム) を評価する課題について

視知覚と関連のある 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) について、本研究で実施した視覚情報処理課題のなかから、おのおのの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。

visual magnocellular system の機能に関して、動きの知覚を FDT 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. にて評価した。具体的には 1.5 cycles/degree の刺激に対するコントラスト感度を検討した。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。具体的には 18 cycles/degree の刺激に対するコントラスト感度を検討した。形態知覚を線画同定課題 (vdt) と図地知覚課題 (vft) の正答数にて検討した。

結 果

1. 発達性読み書き障害児の認知神経心理学的所見

1) 知能検査結果

WISC-III 知能検査では、言語性 IQ、動作性 IQ および全検査 IQ のいずれにおいても、症例 20 名の平均値は 90 以上の値を示した。RCPPM では、症例 20 名における z-score の平均値は -0.84 であった。

図4 発達性読み書き障害児 20 名における WISC-III, RCPM, SCTAW および RAVLT の結果

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

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

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

RAVLT : Rey's Auditory Verbal Learning Test

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, SCTAW および RAVLT のグラフは症例 20 名の z-score の平均値を示している。RCPM の課題数は 36 問, SCTAW の課題数は 45 問である。

2) 要素的な認知機能検査結果

音声提示版で実施した SCTAW では、症例 20 名における z-score の平均値は 0.17 であった。

RAVLT における症例 20 名の z-score の平均値は、5 回提示までの最多再生数では -0.26, 30 分後遅延再生数では -0.63 であった。

単語の逆唱課題における正答数を表 4 に示した。単

表 4 発達性読み書き障害児 20 名における単語の逆唱課題 (正答数) の結果

症例	3 モーラ語	4 モーラ語
1	0	0
2	8	1
3	6	0
4	10	10
5	9	0
6	4	0
7	10	8
8	6	0
9	9	2
10	5	7
11	3	0
12	9	9
13	9	6
14	4	0
15	8	6
16	10	9
17	9	8
18	10	10
19	10	8
20	10	9

単語の逆唱課題の課題数は 3 モーラ語, 4 モーラ語ともに 10 問である。

語の逆唱課題で正答した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 モーラ語では 2.25, 4 モーラ語では 2.50 であった。4~9 モーラ語の非語の復唱課題では、各症例の正答率を定型発達児群の正答率と比較した。その結果、症例 4 (小学 3 年女児), 症例 11 (小学 4 年男児) および症例 18 (小学 6 年生男児) は定型発達児群よりも高い正答率で

図5 発達性読み書き障害児 20 名における単語の逆唱課題（平均所要時間）と非語の復唱課題の結果

単語の逆唱課題における平均所要時間のグラフは、症例 20 名の z-score の平均値を示している。非語の復唱課題のグラフは正答率を示している。単語の逆唱課題の課題数は 3 モーラ語、4 モーラ語ともに 10 問である。非語の復唱課題の課題数は 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。

あったが、その他の 17 名は定型発達児群よりも低い正答率であった。

MFFT における症例 20 名の z-score の平均値は、正答数では -0.11、誤答数では 0.24、平均初発反応時間では 0.32 であった。

ROCFT における症例 20 名の z-score の平均値は、模写課題では -0.49、直後再生課題では -1.01、30 分後遅延再生課題では -1.45 であった。

3) 読み書きに関する学習到達度検査結果

STRAW における症例 20 名の z-score の平均値は、ひらがな単語の音読課題では -1.40、カタカナ単語の音読課題では -2.20、漢字単語の音読課題では -3.05、ひらがな単語の書取課題では -1.30、カタカナ単語の書取課題では -2.62、漢字単語の書取課題では -7.07 であった。

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、視機能进行评估する課題において操作的に定義した基準よりも低い成績を示した児童は 59 名中 14 名であった。眼球運動機能を評価する課題で基準よりも低い成績を示した児童は 14 名中 13 名、色覚を評価する課題で基準よりも低い成績を示した児童は 14 名中 1 名であった。

発達性読み書き障害児では、視機能进行评估する課題

において操作的に定義した基準よりも低い成績を示した児童は 20 名中 11 名であった。眼球運動機能を評価する課題で基準よりも低い成績を示した児童は 11 名中 7 名（症例 1, 2, 3, 5, 7, 8, 14）であった。眼球運動機能と色覚を評価する課題で基準よりも低い成績を示した児童は 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を評価する課題で基準よりも低い成績を示した児童は 11 名中 1 名（症例 4）であった。眼球運動機能、近視視力およびコントラスト感度を評価する課題で基準よりも低い成績を示した児童は 11 名中 1 名（症例 12）であった。コントラスト感度を評価する課題で基準よりも低い成績を示した児童は 11 名中 1 名（症例 6）であった。

視知覚課題と視覚認知課題の双方で定型発達の -1.5 SD 未満（線分の傾き再生課題のみ +1.5 SD 以上）の成績を示した児童は 20 名中 10 名（症例 3-7, 9, 12, 14, 15, 17）、視知覚課題では定型発達の -1.5 SD 未満（線分の傾き再生課題のみ +1.5 SD 以上）の成績を示したが、視覚認知課題では定型発達の -1.5 SD 以上の成績を示した児童は 20 名中 10 名（症例 1, 2, 8, 10, 11, 13, 16, 18-20）であった。線分の傾きの知覚を評価する課題では、全例 JLO で定型発達の -1.5 SD 未満の成績もしくは線分の傾き再生課題で定型発達の +1.5 SD 以上の成績を示した。

図6 発達性読み書き障害児 20 名における MFFT, ROCFT および STRAW の結果

MFFT : Matching Familiar Figure Test

ROCFT : Rey-Osterrieth Complex Figure Test

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。MFFT の課題数は 12 問である。STRAW におけるひらがな、カタカナおよび漢字単語の課題数はおおの 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。

発達性読み書き障害児に実施した ROCFT において、模写課題の得点を分母として分子を直後再生や 30 分後遅延再生課題の得点とした割合を算出した。その結果、全例で定型発達よりも低い値を示した。

3. 発達性読み書き障害児の visual magnocellular system (視覚性大細胞システム), visual parvocellular system (視覚性小細胞システム) について

本研究で実施した視覚情報処理課題のなかから、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) 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。

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 -1.5 SD 未満の成績だった症例は 8 名中 4 名 (症例 9, 10, 14, 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 -1.5 SD 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 -1.5 SD

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	視機能						視知覚						視覚 認知機能	視覚性 記憶機能
	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		
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校学年の定型発達児と比較して -1.5 SD 以上の成績を示した場合は○、各課題において異常値を示すか在校学年の定型発達児と比較して -1.5 SD 未満の成績を示した場合は×とした。なお、DEM (Developmental Eye Movement Test) と線分の傾き再生課題に関しては、 $+1.5$ SD 未満の成績を示した場合は○、 $+1.5$ SD 以上の成績を示した場合は×としている。

眼球運動機能、線分の傾きの知覚、形態知覚及び視覚認知機能を評価する課題はおのの2課題行っているが、在校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値を示すか -1.5 SD 未満 (DEM と線分の傾き再生課題のみ $+1.5$ SD 以上) の成績を示した場合に×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。

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 -1.5 SD 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 -1.5 SD 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, 20) であった。全例形態知覚課題の成績が定型発達の -1.5 SD 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) であった。動きの知覚課題の成績が定型発達の -1.5 SD 未満だった。全検査項目で、正常値または -1.5 SD 以上の得点を示した症例は20名中4名 (症例11, 13, 17, 19) であった。

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知能検査において言語性IQ、動作性IQおよび全検査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RCPMでは、20名におけるz-scoreの平均値は -1 以内で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の成績に大きな問題は見られなかったが、ROCFTの直後再生課題と30分後遅延再生課題の成績から、全例視覚性記憶機能の低下が疑われた。

以上の結果から本研究の対象となった発達性読み書き障害児 20 名は、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が認められるのではないかと考えられた。本研究の対象となった発達性読み書き障害児 20 名は、宇野¹⁶⁾、春原^{34, 35)}、栗屋³⁶⁾の報告における結果と同様の認知障害構造を有しているのではないかと考えられた。

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が^{7, 37-40)}、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 Stein⁷⁾ や奥村⁴⁰⁾ 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、Evans³⁷⁾ 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。Pache³⁹⁾ は視力、屈折、両眼視機能およ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、高次の視覚情報処理障害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、定型発達児のなか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なかに視機能の問題を示す症例が 20 名中 11 名認められた。視機能の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、視機能に問題のない発達性読み書き障害児がいることから、視機能の問題は必ずしも児童の読み書きの正確性に影響を与える要因ではないと思われた。

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^{39, 41, 42)}、定型発達児と同等の能力があるとする報告^{43, 44)} および定型発達児と比較して能力が高いとする報告⁴⁵⁻⁴⁷⁾ があり、一定の見解は得られていない。本研究の対象となった発達性読み書き障害児では、視知覚課題において全例 (20 名) で成績が低下していた。さらに視覚認知課題においても成績が低下していた症例が 10 名存在した。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 Pache³⁹⁾ や Winner⁴²⁾ 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、全例で成績が低下していた。

Eden⁴¹⁾ 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、Eden⁴¹⁾ の報告を支持するものと考えられた。マカ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第 1 次視覚野から第 4 次視覚野で確認されており⁴⁸⁻⁵⁰⁾、第 4 次視覚野の破壊により傾きの識別能力が低下する⁵⁰⁾ と報告されている。サルにおける第 1 次視覚野から第 4 次視覚野は、ヒトにおいても後頭葉の同様の領域に該当する^{51, 52)}。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、Demb⁵³⁾ が第 1 次視覚野から第 5 次視覚野で賦活の低下が認められたと述べている。また Temple⁵⁴⁾ は第 3 次視覚野の賦活低下を報告している。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背景には、発達性読み書き障害の大脳機能低下部位が関与していると考えられる。

本研究の結果から、視知覚課題と視覚認知課題の双方で成績が低下している症例が 20 名中 10 名、視知覚課題で成績低下があるにもかかわらず視覚認知課題では成績低下を示さない症例が 20 名中 10 名認められた。以下、視覚情報の処理段階における階層性、特にボトムアップ処理過程とトップダウン処理過程に着目して考察を行う。

視覚情報の処理段階における階層性に関して、先行研究では、形態や物体の処理にはボトムアップ処理過程とトップダウン情報過程の双方が関与しているとする報告がある⁵⁵⁻⁵⁷⁾。視知覚を低次処理、視覚認知を高次処理に対応させて考えると、本研究の対象となった発達性読み書き障害児 20 名は視知覚課題で全例成績低下を示していることから、低次処理すなわちボトムアップ処理過程の問題があると考えられる。

水田⁵⁷⁾ は、視知覚障害によってボトムアップ処理過程の問題を呈していてもトップダウン処理によって対象の認知が可能であった進行性の視覚性失認例を報告している。本研究においても、視知覚課題では成績低下を示したが視覚認知課題では成績低下を示さなかった発達性読み書き障害児 10 名は、視覚認知課題である visual organization task 遂行時にトップダウン処理を活用して、ボトムアップ処理過程の問題を補完していたのではないかと考えられた。

一方、視知覚課題と視覚認知課題の双方で成績低下を示した発達性読み書き障害児 10 名は、視覚認知課題である visual organization task 遂行時にトップダウン処理を活用できなかったと考えられるが、その背

景については明確ではない。今後は、視知覚課題と視覚認知課題の双方で成績低下を示した発達性読み書き障害児10名が、視覚認知課題である visual organization task 遂行時にトップダウン処理を活用できなかった背景に関して、視知覚障害における重症度の問題なのか、視覚認知機能の低下に基づく問題なのか等を検討する必要があると思われる。

4. 発達性読み書き障害と視覚性記憶機能の関連について

本研究では、ROCFTにおいて、視覚認知力、手指の巧緻性および構成能力等が、直後再生や30分後遅延再生課題の得点に及ぼす影響をできる限り小さくし視覚性記憶力を測定するため、模写課題の得点を分母として分子を直後再生や30分後遅延再生課題の得点とした割合を算出した。その結果、本研究の対象となった発達性読み書き障害児20名は全例定型発達よりも低い値を示していた。

発達性読み書き障害の視覚性記憶機能を検討した海外の報告では、Vellutinoら^{58,59)}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ら^{58,59)}が実施した刺激は比較的単純な三角形や菱形を使用しており、かつ課題としては図形の直後再生課題であり、長期記憶力の検討は行われていない。Winnerら⁴²⁾は、ROCFT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。

日本語圏では、発達性読み書き障害児の症例報告^{36,60-62)}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おいても、視覚運動記憶の低下⁶³⁾や、視覚認知障害、視覚性記憶障害が認められている^{12,13,64,65)}。本研究の結果は、発達性読み書き障害児、者の視覚性記憶機能は低下しているとする先行研究^{12,13,36,42,60-62,64-66)}を支持するものと考えられた。

岩井ら⁶⁷⁾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）が視覚的記憶力に関与していると述べている。この領域はヒトでは下側頭回後部の領域に該当する^{52,68)}。脳科学的研究により発達性読み書き障害の脳機能低下部位の一つとして、側頭葉領域が挙げられている。たとえば、fMRIを使用した研究においてGeorgiewaら⁶⁹⁾は下側頭領域の賦活低下を報告している。またSpechtら⁷⁰⁾は、発達性読み書き障害が疑われる児童は下側頭-後頭領域において賦活の低下を示した、と述べている。本研究の対

象となった発達性読み書き障害児において、全例で視覚性記憶機能の低下を示していた背景には、発達性読み書き障害の脳機能低下部位が関与している可能性が考えられる。

5. 発達性読み書き障害児と visual magnocellular system（視覚性大細胞システム）、visual parvocellular system（視覚性小細胞システム）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²⁻¹⁰⁾とする報告が多い。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^{71,72)}という報告がある。

本研究では、visual magnocellular system の機能に関して、動きの知覚を評価する課題における成績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、色覚を評価する課題における成績および形態知覚を評価する課題における成績を検討した。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 が大きく関与する視覚情報処理課題と visual parvocellular system が大きく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名認められた。本研究の結果から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考えられた。

文 献

- 1) Boussaoud D, Ungerleider LG and Desimone R: Pathways for motion analysis: cortical connection of the medial superior temporal and fundus of the superior temporal visual areas in the macaque. *J Comp Neurol*, 296: 462-495, 1990.
- 2) Livingstone MS, Rosen GD, Drislane FW, et al: Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 88: 7943-7947, 1991.
- 3) 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, et al), Lawrence Erlbaum Associates Inc, USA, pp 95-110, 1993.

- 4) 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.
- 5) Cornillissen PL, Hansen PC and Hutton JL: Magnocellular visual function and children's single word reading. *Vision Research*, 38(3): 471-482, 1998.
- 6) Stein J: The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, 7: 12-36, 2001.
- 7) Stein J: Visual motion sensitivity and reading. *Neuropsychologia*, 41: 1785-1793, 2003.
- 8) Sperling JA, Lu ZL, Manis FR, et al: Selective magnocellular deficits in dyslexia: a "phantom contour" study. *Neuropsychologia*, 41: 1422-1429, 2003.
- 9) Sperling JA, Lu ZL, Manis FR, et al: Deficits in achromatic phantom contour perception in poor readers. *Neuropsychologia*, 44: 1900-1908, 2006.
- 10) Kinsey K, Hansen PC and Chase CH: Dorsal stream association with orthographic and phonological processing. *NeuroReport*, 17(3): 335-339, 2006.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 塩浦政男, 龍 浩志: 正常者における利き手の判定. *総合リハ*, 16(5): 391-393, 1998.
- 16) 宇野 彰: 病像と診断—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.
- 17) 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—学習障害児や小児失語症児のスクリーニングのために—. *音声言語医学*, 46: 185-189, 2005.
- 18) 福田恵美子: 第4章 障害別作業療法の実践 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.
- 19) Gardner MF: *Test of Visual-Perceptual Skills (Non-Motor)*, Health Publishing Company, USA, 1982.
- 20) 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.
- 21) 山鳥 重: 第5章 視覚の高次障害. *神経心理学入門*, 医学書院, 66-72 頁, 1985.
- 22) 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.
- 23) Riddoch MJ and Humphreys GW: *Birmingham Object Recognition Battery*, Lawrence Erlbaum Associates Ltd, UK, 1993.
- 24) 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, 他著), 山洋社, 東京, 5-18 頁, 2003.
- 25) 仲泊 聡: 形態知覚異常と最近の話題. *Vision*, 15(2): 79-86, 2003.
- 26) 松川順子: 5章 非言語情報の記憶. *記憶研究の最前線* (太田信夫, 他編), 北大路書房, 京都, 101-124 頁, 2000.
- 27) 藤野 貞: 対座法による視野の評価. *Practical Ophthalmology*, 28: 238-239, 1997.
- 28) 久保喜美, 不二門尚: ティトマスステレオテスト. *眼科検査法—手技の実際と読み方のコツ* (眞鍋禮三監修, 田野保雄, 他編), 南江堂, 東京, 132-133 頁, 1993.
- 29) Kelly DH: Frequency doubling in visual responses. *J Opt Soc Am*, 56: 1628-1633, 1966.
- 30) Kelly DH: Nonlinear visual responses to flickering sinusoidal gratings. *J Opt Soc Am*, 71(9): 1051-1055, 1981.
- 31) Maddess T and Henry GH: Performance of nonlinear visual units in ocular hypertension and glaucoma. *Clin Vis Sci*, 7: 341-383, 1992.
- 32) Johnson CA and Samuels SJ: Screening for glaucomatous visual loss with frequency doubling perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 38(2): 413-425, 1997.
- 33) Lezak MD: *Neuropsychological Assessment*, Oxford University Press, New York, pp 385-417, 1995.
- 34) 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.
- 35) 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.
- 36) 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.
- 37) Evans BJ, Drasdo N and Richards IL: Investigation of accommodative and binocular function in dyslexia. *Ophthalmic Physiol Opt*, 14(1): 5-19, 1994a.
- 38) Evans BJ, Drasdo N and Richards IL: An investigation of some sensory and refractive visual factor in dyslexia. *Vision Res*, 34(14): 1913-1926, 1994b.
- 39) Pache M, Weber P, Klumpp S, et al: Visuelle Funktionen bei Legasthenie. *Ophthalmologie*, 101: 907-913, 2004.
- 40) 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.
- 41) Eden GF, Stein JF, Wood HM, et al: Differences in visuospatial judgement in reading-disabled and normal children. *Percept Mot Skills*, 82: 155-177, 1996b.
- 42) Winner E, von Karolyi C, Malinski D, et al: Dyslexia and

- visual-spatial talents: Compensation vs deficit model. *Brain Lang*, 76: 81-110, 2001.
- 43) Ruel RG and Denckla MB: Relationship of IQ and reading score to visual, spatial, and temporal matching tasks. *J Learn Disabil*, 9(3): 42-51, 1974.
 - 44) Giudice ED, Trojano L, Fragassi NA, et al: Spatial cognition in children. II. Visuospatial and constructional skills in developmental reading disability. *Brain Dev*, 22: 368-372, 2000.
 - 45) Swanson HL: Semantic and visual memory codes in learning disabled readers. *J Exp Child Psychol*, 37: 124-140, 1984.
 - 46) Karolyi CV: Dyslexic strength: Rapid discrimination of impossible figures. *J Learn Disabil*, 34(4): 380-391, 2001.
 - 47) Karolyi CV, Winner E, Gray W, et al: Dyslexia linked to talent: Global visual-spatial ability. *Brain Lang*, 85: 427-431, 2003.
 - 48) Casagrande VA: A third parallel visual pathway to primate area V1. *Trends Neurosci*, 17: 305-310, 1994.
 - 49) Karl RG, Daniel CK and Jonathan BL: Functional properties of neurons in macaque area V3. *J Neurophysiol*, 77: 1906-1923, 1997.
 - 50) 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.
 - 51) Fize D, Vanduffel W, Nelissen K, et al: The retinotopic organization of primate dorsal V4 and surrounding areas: a functional magnetic resonance imaging study in awake monkeys. *J Neurosci*, 23(19): 7395-7406, 2003.
 - 52) Orban GA, Essen DV and Vanduffel W: Comparative mapping of higher visual areas in monkeys and humans. *Trends Cogn Sci*, 8(7): 315-324, 2004.
 - 53) Demb JB, Boynton GM and Heeger DJ: Functional magnetic resonance imaging of early visual pathways in dyslexia. *J Neurosci*, 18(17): 6939-6951, 1998.
 - 54) Temple E, Poldrack RA, Salidis J, et al: Disrupted neural responses to phonological and orthographic processing in dyslexic children: an fMRI study. *NeuroReport*, 12(2): 299-307, 2001.
 - 55) 横澤一彦: 多解像度モデルによる視覚的注意と視覚探索の分析. *認知科学*, 1(2): 64-82, 1994.
 - 56) Farah MJ: Chapter 6.2.2 Interactions between the grouped array, spatial attention and object representations. *Visual Agnosia: Disorders of Object Recognition and What They Tell Us about Normal Vision*, MIT Press, Cambridge, pp 150-153, 1990.
 - 57) 水田秀子: 認知にはどれほど見えれば充分か? *神経心理学*, 24(3): 211-220, 2008.
 - 58) Vellutino FR, Steger JA, Kandel G, et al: Reading-disability: an investigation of the perceptual deficit hypothesis. *Cortex*, 8: 106-118, 1972.
 - 59) 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.
 - 60) 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.
 - 61) 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.
 - 62) 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.
 - 63) Song K, Goto T, Koike T, et al: Visual memory of motor imagery in children with specific disorders of Kanji writing. *Jpn J Spec Educ*, 44(6): 437-449, 2007.
 - 64) 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.
 - 65) Uno A, Wydell TN, Haruhara N, et al: Relationship between reading/writing skills and cognitive abilities among Japanese primary-school children: normal readers versus poor readers (dyslexics). *Read Writ*, 2009 (online available).
 - 66) Goulandris NK and Snowling M: Visual memory deficits: a plausible cause of developmental dyslexia? Evidence from a single case study. *Cogn Neuropsychol*, 8(2): 127-154, 1991.
 - 67) 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.
 - 68) Denys K, Vanduffel W, Fize D, et al: The processing of visual shape in the cerebral cortex of human and nonhuman primates: a functional magnetic resonance imaging study. *J Neurosci*, 24(10): 2551-2565, 2004.
 - 69) Georgiewa P, Rzanny R, Hopf JM, et al: fMRI during word processing in dyslexic and normal reading children. *NeuroReport*, 10(16): 3459-3465, 1999.
 - 70) Specht K, Hugdahl K, Ofte S, et al: Brain activation on pre-reading tasks reveals at-risk status for dyslexia in 6-year-old children. *Scand J Psychol*, 50: 79-91, 2009.
 - 71) McCloskey M and Rapp B: A visually based developmental reading deficit. *J Mem Lang*, 43: 157-181, 2000.
 - 72) Farrag AF, Khedr EM and Abel-Naser W: Impaired parvocellular pathway in dyslexic children. *Eur J Neurol*, 9: 359-363, 2002.
- 別刷請求先: 〒162-0823 東京都新宿区神楽河岸 1-1
財団法人テクノエイド協会
後藤多可志