

博士論文

論文題目 日本人小児の読字能力の発達と発達性読み書き  
障害児の特徴

氏名 小林 朋 佳

## 目次

a	要旨	3
b	序文	
	1. 発達性読み書き障害 (DD) とは	4
	2. 小児における読字能力の発達およびその評価法	11
	3. DD の病態仮説	14
c	方法	
	1. 研究 1	
	(1) ひらがな音読能力の発達およびその評価法	16
	(2) 日本語話者の呼称能力の発達およびその評価法	20
	(3) 日本語話者の音韻認識の発達およびその評価法	23
	2. 研究 2 大細胞系 VEP の特徴と読字能力との関係	25
	(1) DD 群のプロフィールおよび定型発達対照児の属性	26
	(2) 大細胞系 VEP 刺激呈示の方法	28
d	結果	
	1. 研究 1	31
	2. 研究 2	48
e	考察	52
f	引用文献	58

## a 要旨

【目的】発達性読み書き障害（DD）の病態把握のために日本語話者に適応しやすい検査評価法を複数考案し，DD 児の背景病態の一つである大細胞系機能障害を明らかにする．

【方法】DD 児 19 名に読字能力を評価するひらがな音読・線画呼称・音韻操作課題を実施し，低空間周波数・低コントラストのサイン様白黒縦縞模様を高反転頻度で提示し，視覚誘発電位（VEP）を記録した．

【結果】①DD 児群 VEP は TD 児群と比較してピーク振幅が有意に低下した．② VEP ピーク振幅値と音韻操作課題成績は相関しなかった．

【結論】音韻障害単独ではなく，複雑な機能障害を有するサブタイプの存在が日本語話者 DD で示唆され，その病態理解に大細胞系賦活 VEP は有用である．

## b 序文

### 1. 発達性読み書き障害 (DD) とは

発達性読み書き障害 (developmental dyslexia : DD) は、小児期にみられる読字書字に関する特異的発達障害であり、学習障害の代表的な表現型である。知能が正常範囲内にあり、教育の機会、家庭環境や本人の意欲に問題がなく、かつ末梢感覚器の障害を認めないにも関わらず、読みの正確さと流暢さに欠け、綴りや文字を音に変換するデコーディングの問題を伴い、読字書字の困難さを主症状とする特徴をもつ<sup>1)-3)</sup>。

1896年に発達性読み書き障害を最初に報告したのは、イギリスの Morgan 医師である<sup>4)</sup>。報告された14歳男子 (Percy くん) は、上記で述べた DD の典型的な症状を有していた。

国際ディスレクシア協会 (The International Dyslexia Association : IDA) によると、DD は神経生物学的原因に起因する特異的発達障害であり、文字や単語の音読と書字に関する正確性や流暢性の困難は、配慮された教育環境下においても認められ、他の認知能力からは予測されず、典型的には音韻情報処理過程の障害によるものである、と定義されている<sup>5)</sup>。また、二次的に読む機会が減少するため、語彙の発達や知識の増大を妨げるものとなりうるとされている。(原文 : Dyslexia is a specific learning disability that is neurological in origin. It is characterized by difficulties with

accurate and / or fluent word recognition and by poor spelling and decoding abilities. These difficulties typically result from a deficit in the phonological component of language that is often unexpected in relation to other cognitive abilities and the provision of effective classroom instruction. Secondary consequences may include problems in reading comprehension and reduced reading experience that can impede growth of vocabulary and background knowledge.)

一方、アメリカ精神医学会の Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders Fifth Edition (DSM-5) では、DD は Specific Learning Disorder (限局性学習症ないし限局性学習障害) に含まれる<sup>6-7)</sup>。また、疾病及び関連保健問題の国際統計分類 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems) の ICD-10 (国際疾病分類第 10 版) においては、学力の特異的発達障害 F81 (Specific developmental disorders of scholastic skills) として、特異的読字障害、特異的綴字 [書字] 障害、等に分けて定義されている<sup>8)</sup>。

これらの定義は世界共通であるが、文字言語の構造の違いによって、DD の出現に関わる認知障害の種類が異なり、出現頻度が異なると報告されている<sup>9)</sup>。日本語の仮名の音の単位 (モーラあるいは拍) は、英語のアルファベットの音素に比べて音の塊が大きい。そして音と文字の対応関係は 1 対 1 と規則的であるといえる。したがって、日本語話者では、文字と音の対応が比較的規則的という特徴をもつ

言語であるため DD が生じにくいとされ、英語圏と比較すると出現頻度が低いと考えられている。Katusic らの米国ミネソタ州の出生コホート調査では、学童期の読み困難児童は 5.3～11.8%の出現頻度であった<sup>10)</sup>。Shaywitz らの米国コネチカット州のコホート研究では、知能 (IQ) や年齢から予測される読み到達度が平均よりも 1.5SD 以上低い学童と定義した場合、5～8.3%となった<sup>11)</sup>。DSM-5 では、様々な言語・文化における学童期の限局性学習障害の有病率を 5～15%、成人ではおよそ 4%と記載されている。本邦における有病率の報告では、Makita の東京都の小学 1 年～4 年生において 0.98%<sup>12)</sup>、宇野らの千葉県の小学生のひらがな・カタカナ音読と書字に関して 1%<sup>13)</sup>、細川らの仙台市小学生の 0.7～2.2%<sup>14)</sup>、小枝らの鳥取市の縦断調査の 1.4%等があげられる<sup>15)</sup>。

DD の性差について、1990 年に Shaywitz らが有意な男女差は認められないと報告<sup>16)</sup>している一方、最近では男児の方が多いと報告されていることが多い。Rutter らは 4 つの疫学調査の結果のまとめとして、男児の方が 1.5～3 倍女児より多いと報告している<sup>17)</sup>。

本邦における DD の性差に関する疫学調査は存在しないが、文部科学省が実施した 2012 年の調査によると、通常の学級において学習面か行動面で著しい困難を示す割合は 6.3%、学習面の著しい困難を示す児童生徒の割合は 4.5%、学習面と行動面ともに著しい困難を示す割合は 1.2%と推定され、その男女の内訳は、男子

8.9%・女子 3.7%と、男児の方が多いとされる<sup>18)</sup>。文部科学省定義による学習障害は、知的発達に遅れはないが、学習面すなわち「聞く」「話す」「読む」「書く」「計算する」または「推論する」能力の一つあるいは複数で著しい困難を示す状態を指すため、DD以外の疾患も含まれている可能性がある。なお、DSM-5では、性差について、男児の方が多く、Specific Learning Disorderにおけるその比は2:1～3:1と記載されている。

DDは家族性に出現する場合があります。両親のいずれかがDDの家系では、生まれた子どもの65%が読み困難を生じたという報告がある<sup>19)</sup>。両親にDDを認めない場合でも、DDの兄弟では、20～33%がDDであるという兄弟研究<sup>20)</sup>等からも、DDには家族集積性もしくは遺伝性疾患としての側面がある。

各国における独立した家系調査に基づく連鎖解析法(linkage analysis)により、DDの関連遺伝子にはDYX1からDYX9、DYX1C1、ROBO1、DCDC2、KIAA0319など候補遺伝子が知られている<sup>21)</sup>。DYX1C1遺伝子は、フィンランド人家系において、15q21領域のDYX1C1近傍でDD候補遺伝子としてTaipaleらにより初めて報告された<sup>22)</sup>。具体的にはDYX1C1遺伝子のエクソン2のElk-1転写因子結合部位変異(-3G→A)、エクソン10のコドン変異(1249G→T)である。正常脳や虚血脳においては、DYX1C1遺伝子蛋白はヒトのグリア細胞ならびに神経細胞に多く発現し、特に皮質の神経細胞と白質のグリア細胞に局在している<sup>23)</sup>。この遺伝子がコ

ードする蛋白質は tetratricopeptide (TPR) ドメインを有し、細胞外マトリックスとの接着を行うことによって発達過程の神経細胞遊走に関与することが機能的に推定されている。この領域は音韻認識やデコーディング等、読字に関連することが示唆される<sup>24)</sup>。DYX1C1 遺伝子はフィンランド以外の国でも検索されており、イギリス、米国、カナダなどで DD との関連について報告されている<sup>25)</sup>が、本邦における DD の DYX1C1 遺伝子保有率調査では、健常対照群との変異遺伝子保有率に有意差を検出することはできなかった<sup>26)</sup>。

DYX1C1 遺伝子以外の DD 候補遺伝子として海外では、6 番染色体上に DCDC2 と KIAA0319 がそれぞれ別の家系調査で報告されている<sup>27)</sup>。DCDC2 すなわち doublecortin domain-containing2 遺伝子は 6 番染色体短腕 22 に存在し、皮質への神経細胞遊走に関与すると考えられている。KIAA0319 も同様に 6 番染色体短腕 6q22.2 に位置し、脳内での発現が高いと報告されている<sup>28)</sup>。3 番染色体上には、ショウジョウバエ研究から同定された神経細胞接着分子の ROBO1 遺伝子が報告されており、神経細胞の発生や左右の神経細胞のコネクションに関与すると考えられている<sup>29)</sup>。

いずれの候補遺伝子も皮質の神経細胞移動に関与すると考えられるが、機能の解明には至っておらず、異なる言語の DD が、共通した遺伝子異常で説明できるのか、今後も検討が必要である。



DD に注意欠如・多動性障害 (ADHD) など他の発達障害が併存することがある。国際ディスレクシア協会によると DD の約 30% に ADHD が併存する<sup>30)</sup>。早期に発見し、治療をすることにより、DD そのものは残存するが、苦手なところを補完する方法を身につけることなどを通じて、大学に進学することや職業的に才能を発揮することが可能となり、結果的に思春期以降の予後は 40～50% において良好といえる。しかし、50～60% において、予後は良好とは言えず、ADHD の症状が残存するなど、QOL が決して高くなく、学業面や就職において恵まれないことを報告している。

DSM-5 によると、ADHD が併存すると、ADHD が併存しない場合と比べて、メンタルヘルスが低下するとされる<sup>7)</sup>。

DD に ADHD が併存する場合、読字では、単語に含まれる形態的に類似した文字に読み間違える、文章の勝手読みや読み飛ばしが多くなる。書字では、筆順の誤りや文字が枠外にはみ出ることがみられる<sup>31)</sup>。

DD 児に ADHD が併存する視点からの調査と比較すると、ADHD 児に合併する DD を含む学習障害の出現率に関しては、様々な報告がなされている。これには、学習障害をどのように定義するかによって、また、どの国（言語圏）で調査をするかによって、その数値が大きく異なる。また、対象の違いすなわち、一般人口（小児）を検討するのか、病院レベル（受診患者）で調査するのかによっても異

なっている<sup>32)</sup>。Pastorらによると、子ども人口のうち3.7%にADHDと学習障害(LD)の両者が併存しており、LDを伴わないADHDが4.7%で、ADHDを伴わないLDが4.9%いると述べている<sup>33)</sup>。また、男女別の有病率に関して、ADHDとLDの両者を有しているのは男児(5.1%)が女児(2.3%)より多く、LDを伴わないADHDも男児(6.7%)が女児(2.5%)より多く、ADHDを伴わないLDも同様に男児(5.6%)が女児(4.3%)より多かったと報告している。

Semrud-ClikemanとBiedermanのグループはそれまでの報告を調査し、10～92%のLD合併率と1992年に報告した<sup>34)</sup>。このようにADHD児におけるLDの併存は報告者によって様々な意見が述べられており、ADHD児におけるLDの併存は25%～40%にみられる<sup>35-36)</sup>。

一方、DDと自閉症スペクトラム障害(ASD)に関する大規模調査はないが、海外の報告では、ASD児におけるLDの併存は22%～50%とされている<sup>37-38)</sup>。本邦でも広汎性発達障害(PDD)31名の検討結果で併存が25%程度と推測される<sup>39)</sup>。一部のASD児では、特別な学習や指導を行わなくても、発達早期から高い読字能力が認められることや文字に対する強迫的な興味を示すことが知られており、読み書きが得意な割に、文章理解が乏しいことが観察される。

## 2. 小児における読字能力の発達およびその評価法

生後 9～15 カ月頃におよそ 90%の子どもが、初めて意味がある単語を自分で話すようになると報告されている<sup>40)</sup>。子どもの語彙増加の速度は一律ではなく、1 語発話初期には少しずつ語彙獲得が進んでいく。表出語彙が 50 語になる 19～24 カ月には vocabulary spurt (語彙爆発) がみられ、その内容は主に具体名詞からなる。子どもの表出語彙が 100 語を越えた頃から、総表出語彙数に述語が占める割合が増大する。文法発現は 20 カ月頃に出現する 2 語発話である。2 歳を過ぎる頃から子どもは自分の経験を語り始める。そして繰り返し読んでもらったお気に入りの絵本を丸暗記して、ページをめくりながら、あたかも読んでいるかのようにふるまうことが観察されるようになる。3 歳過ぎには、自分の名前や年齢を言いながら、直線を組み合わせたり曲線や丸を加えた文字様形態を大人に見せたりする。そして多くの子どもは、自分の名前に含まれているひらがなを最も身近な文字として最初に学習していく。子どものほとんどが、就学前にひらがな読みが可能であり、自分の名前を書くことができる。国立国語研究所のひらがな文字の習得状況の調査によると、平均年齢 5 歳 1 カ月の年中児クラスでは、かな文字が一文字も読めない子どもは 9.3%いたが、平均年齢 6 歳 1 カ月の年長児クラスでは 1.1%と減少し、21 文字以上読める子どもは 81.6%に到達した<sup>41)</sup>。

音韻認識は、語の音韻分解と音韻抽出からなる。子どもたちは日常生活の中で

音韻認識の発達にかかわる遊びを行っている。十分な音韻認識を持たない段階から、ことば遊び歌を歌い（例えば、「こぶた・たぬき・きつね・ねこ」や「ドはドーナツのド」）、しりとり遊びに加わって遊ぶ。遊び仲間からヒントを与えられ、遊び参加を通じて、音韻認識を身につける<sup>42)</sup>。

また、2歳を過ぎると、簡単な記号や図形を視覚的に見分けることができる能力を身につける。日常生活の中で簡単な標識や記号にふれることで、標識や文字に気がつくようになり、道路標識や天気予報の記号など、見慣れて知っていくことも、読み書きへの関心につながっていく。

DDは、単語認識における正確性かつ（または）流暢性の困難と、綴りや文字記号の音声化の拙劣さを特徴とする。アルファベット語圏では、音読のつまずきに加え、音韻認識（phonological awareness）の異常や呼称スピードの遅延の報告が多い<sup>43)</sup>。DDの背景にある音韻認識の問題や呼称スピード（rapid automatized naming, RAN）の異常を検査で明らかにすることが客観的な診断や病態把握につながるものとされる<sup>44)</sup>。前者はライミングワード課題（複数の単語が同じ韻で構成されるか判別する課題）や逆唱課題により評価可能とされ、後者の評価法としては、線画を用いた rapid automatized naming（RAN）課題が知られている<sup>45)</sup>。

RAN課題は、提示された視覚刺激から音韻情報を取り出す効率を評価するもので、紙面やモニター画面上ランダムに並べられた色、絵などの刺激を連続的にで

きるだけ速く呼称することが通常求められる。一種類の刺激属性，たとえば数字単独や線画単独などにより構成される「同一課題」と数字と線画が交互に混合された「交互課題(rapid alternative stimulus: RAS)」に大別される<sup>46)</sup>。

これまでに，英語圏での DD 児はアルファベット文字，数字，色，絵のいずれを刺激とした場合においても，その呼称スピードが健常児よりも劣っていることが報告されている<sup>47-48)</sup>。

英語圏では，Wolf と Denckla らの RAN 課題が RAN/RAS: Rapid Automated Naming and Rapid Alternating Stimulus Tests として市販されている<sup>49)</sup>。そして音韻認識など読字のために必要な能力を評価する検査バッテリーとして，幼稚園児から適応可能な Predictive Assessment of Reading (PAR)，Dynamic Indicators of Basic Early Literacy Skills (DIBELS)，Texas Primary Reading Inventory (TPRI) 等が存在する<sup>50)</sup>。最も広く普及している読字能力検査として，Woodcock Reading Mastery Test-Revised (WRMT-R)があげられる<sup>51)</sup>。

一方、本邦の DD のスクリーニング検査として，小学生の読み書きスクリーニング検査(STRAW)や，診断検査には小児版 Token test，ひらがな単音読み検査が用いられることがある<sup>52-54)</sup>。加えて，単語速読検査<sup>55)</sup>が最近報告された。しかしながら，一般小児科や小児神経科外来など時間制限のある臨床現場において実施可能な検査バッテリーの標準化は，いまだ十分になされているとは言い難い。

日本語話者の DD を客観的に診断し、病態を把握するために、日本語話者に適応できる検査で異常の程度を明らかにすることが重要と考えられ、本邦でも簡便に実施可能な検査バッテリーによる評価方法を考案し、研究 1 にまとめた。

### 3. DD の病態仮説

DD は神経生物学的原因に起因するとされ、音韻処理障害説、急速聴覚処理障害説、小脳障害説、二重障害説、大細胞系機能障害説など様々な仮説が提唱されているが、現段階ではその特定に至っていない<sup>56-58)</sup>。我が国における DD の病因についても、諸外国と同様に様々な説があげられており、最近、日本語話者の DD 児では音韻操作課題の成績が不良であることが明らかにされた<sup>59)</sup>。

最も有力な仮説である音韻処理障害説 (phonological deficit theory) では、障害の主たる原因は単語を区別する機能を果たす抽象的な音単位である音素 (phoneme) の認知や分割に困難を持つことであると考えられている。音素と綴り字の基礎となる書記素 (grapheme) の対応付けを習得できないために起こるとされる<sup>60)</sup>。日本語では、言語音の最小単位を拍 (モーラ) と称し、モーラはアルファベット圏に無い概念であるため、日本語話者の読み書きの機序を明らかにするためには、独自の音韻処理機構を念頭においた検討が必要である<sup>61)</sup>。

一方、急速聴覚処理障害説 (rapid auditory processing deficit theory) では、主たる

原因は、音素レベルではなく、時間的に短く急速に変化する物理的な音の認知機能に障害があるため、音韻処理障害が二次的に発生したものであるとしている<sup>62)</sup>。

小脳障害説 (cerebellar deficit theory) では、小脳の障害に起因し、認知処理全般の自動化や運動統制機能の障害が主たる原因としている<sup>63)</sup>。二重障害説 (double deficit theory) は、原因は一つではなく、音韻処理障害およびすばやい認知処理の障害 (音韻情報の想起スピードの障害、処理の自動化の障害) の両者にあるとするものである<sup>64)</sup>。

DD 例の多くで、視覚的に困難をもつことは古くから知られており、視覚障害説 (visual deficit theory)<sup>65)</sup>、特に大細胞障害説 (magnocellular deficit theory) が注目されている。

DD の大細胞機能障害については、さまざまな手法で検討されてきており、視覚誘発電位 (visual evoked potential : VEP) による電気生理学的研究が主として行われている。Galaburda らのグループは DD 例 5 例と正常例 5 例について、外側膝状体の解剖結果を比較し、DD 群で大細胞層の細胞が小さく、大きさが均質ではないなどの相違を見出し、市松模様を画面上に提示して、DD では速い反転、低いコントラスト刺激で反応が低下することから大細胞機能障害が解剖学的ならびに生理学的に示唆されると報告した<sup>66-67)</sup>。さらに Vaegan と Hollows は、大細胞機能に関わるコントラスト感度に注目し、DD 群は健常群と比べてコントラスト感度の不良

な一群が存在することを指摘している<sup>68)</sup>。

一方、我が国の DD 症例での大細胞系 VEP の特徴は明らかになっていない。そこで研究 2 では、上記 Vaegan らの刺激と同様の条件、すなわち、低空間周波数、低コントラスト、サイン波縦縞白黒模様を用いて、高反転頻度条件で提示した際の VEP を小児 DD 例で計測し、読字能力との関連性に注目して検討した。

## c 方法

### 1. 研究 1

#### (1) ひらがな音読能力の発達およびその評価法

健常児における読み能力の発達を明らかにする必要があると考えて、ひらがな読みに特化した課題すなわち、かな表記の単音、単語（有意味単語）、非単語（無意味単語）、単文の 4 種類の音読課題（図 1）を作成し<sup>69)</sup>、小学校通常学級に在籍する児童が本課題に対してどのように音読するのか、音読に要した時間、誤読数に注目して解析した。

#### i) 対象

対象は、関東および関西地方在住の小学生 528 名（男児 267 名、女児 261 名）。その内訳は、大学に附属する小学校の選抜試験を経て入学し、進級した小学生 217



名（男児 103 名，女児 114 名）および複数の公立小学校の通常学級に在籍中の 311 名（男児 164 名，女児 147 名）であった。各学年・性別ごとの人数が均等になるようにした。いずれも在籍クラス担任教師から視力，聴覚，知能，社会性やひらがなの読み書きに異常がないと判断された。

倫理面への配慮として，本研究の目的・内容については，国立精神・神経医療研究センター研究倫理委員会での審査を受けて，承認された（倫理委員会承認番号 17-4-4）。検査当日に本人および保護者に研究目的を説明し，同意を得たのちに行動学的検査を実施した。

検査は平成 19 年 10 月から平成 20 年 2 月の 5 カ月間，すなわち 2～3 学期に個別に実施した。

## ii) 刺激および呈示方法と記録法

図 1 のひらがな読み能力は単音，単語，非単語，単文速読課題によって検討した。①単音速読課題はひらがな 50 個からなるリストを作成し音読を求めた。②単語速読検査の提示語は，ひらがな 4 文字からなる有意味単語 3 列 10 個合計 30 個（③非単語速読課題の場合も同様に無意味単語 30 個）のリストを作成し，音読を求めた。なお，実施に先立ち練習単語各 10 個を用いた。④単文は小児版 Token test<sup>53)</sup>の中から 3 文すなわち，「青い丸にさわってから赤い四角にさわってください」，「赤

い丸ではなくて白い四角をとってください」、「黒い四角の上に赤い丸をおいてください」を選択し、使用した。単文中の漢字にはふりがなを付けて表記した。検査に用いた課題それぞれには濁音、半濁音、拗音等の特殊音節を含んだ。

これらの検査にあたり、できるだけ速く、正確に読むように教示し、IC レコーダーに音声を録音した。収録されたデジタルデータはパーソナルコンピュータに移され、各課題について、音読開始から終了までの要した時間（以下：音読時間と表記）を測定した。なお、単文速読課題は 3 文の合計時間を求めた。読み誤りはエラーとして記録し、発達的变化の有無について検討した。得られたデータの統計学的解析は Stat View ver.5 (Abacus Concepts, CA, USA)と SPSS 15.0J (SPSS Japan Inc, Japan) を用いて行った。分散分析 (ANOVA) を行い、p 値 0.05 未満を有意とした。多重比較検定は Tukey 法を用いた。

(図 1) ひらがな音読課題

A 単音速読課題

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

B 非単語速読課題

してぼう	くあらち	ちゃしう
しゃさね	しゃちん	かいぶて
ちゃちが	とんもが	ねさるん
いりいと	しゅえわ	しずとう
けるつも	さっかも	いいちだ
きるたぬ	むどふけ	くりじい
うとしま	しばちき	おいしいん
ふんぱく	たんらぜ	ころしら
ぐいげろ	せっかよ	ぴんたん
がっしあ	きかんめ	そんでい

C 単語速読課題

げんかん	どろぼう	としより
えんぴつ	てぶくろ	かねもち
でんとう	いりぐち	かけあし
ちやわん	だいがく	もちぬし
ぜんたい	まちがい	ふろしき
せっけん	くちばし	しゃしん
らいねん	かいしゃ	ばいきん
たいそう	おもちゃ	めじるし
がっこう	あさって	しゅるい
いたずら	むらさき	ふるさと

D 単文速読課題

くろ　しかく　うえ　あか　まる  
黒い四角の上に赤い丸をおいてください

(図 1 の説明)

「出来るだけ“速く”，“正確に”，読んでください」と教示し，A 単音速読課題は縦に一列ずつ右から左へ音読し，B 非単語速読課題および C 単語速読課題は 1 列ずつ縦に左から右へ音読し，音読時間を計測し，読み誤りを記録した．同様に，D 単文速読課題は左から右へ単文を音読し，3 文の合計音読時間を計測した．

## (2) 日本語話者の呼称能力の発達およびその評価法

RAN 課題は、提示された視覚刺激から音韻情報を取り出す効率を評価するもので、紙面やモニター画面上ランダムに並べられた色、絵などの刺激を連続的にできるだけ速く呼称することが求められる。日本語話者における呼称能力と読み能力の関係は明らかとなっておらず、年齢変化も含めた検討はほとんどみられない。そこで、今回数字と線画からなる呼称課題を新たに作成し、小学校在籍中の健常児童における呼称時間の発達的变化の有無を検討した。

### i) 対象

関東地方在住の小学生 207 名（男児 98 名，女児 109 名）を対象とした。呼称検査は2学期の平日1日を利用して個別に実施した。各学年の人数は32～38名で、男女比はほぼ1:1であり、その時点での暦年齢も確認した。いずれも通常学級に在籍し、担任教師から視力、聴覚、知能、社会性やひらがなの読み書きに異常がないと判断された。

倫理面への配慮として、本研究の目的・内容については、国立精神・神経医療研究センター研究倫理委員会での審査を受けて、承認された（倫理委員会承認番号17-4-4）。検査当日に本人および保護者に研究目的を説明し、同意を得たのちに行動学的検査を実施した。

## ii) 呼称課題の作成および呈示方法と記録法

呼称刺激は 20 個の数字または線画で構成され、同一課題は数字単独（図 2-A）あるいは線画単独（図 2-B）の 2 組を用いた。数字は 1 から 9 まで数字を用い、A 4 用紙上ランダムに配置した。線画の表現している単語 20 個は、国立国語研究所の幼児・児童連想語彙表(3 歳から 6 歳児)と NTT のデータベースを参考に、幼児期までに語彙として獲得され、親近感のあるものとした。

刺激は新版 K 式発達検査<sup>70)</sup>の「絵の呼称課題」の提示画を参考にし、市販されているイラスト・カット集や Snodgrass ら<sup>71)</sup>により標準化された線画から選択した。各線画を加工し、画面内の平均輝度を刺激間で統一した。

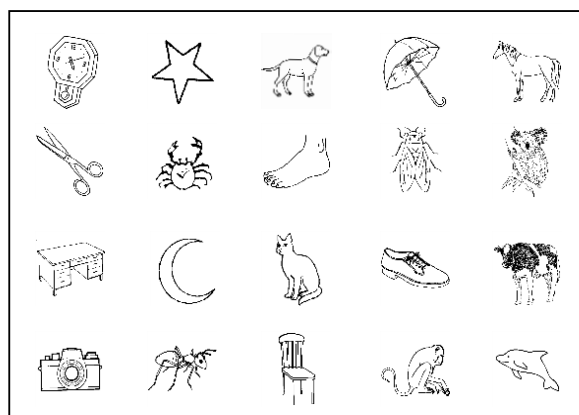
RAS は、上記の数字と線画が交互に提示されるもの 2 組を採用した。すなわち、同一課題で使用した数字や線画をそれぞれ半数割り振って使用した(図 2-C1, C2)。

本研究に先立ち、保育所通園中の 5~6 歳幼児のうち行動や発達に問題を指摘されていない 20 名に線画の呼称検査を行って、18 名以上が呼称できる線画を確認し、その中から最終的に 20 個を刺激画として選択した。

(図 2-A) 数字単独課題

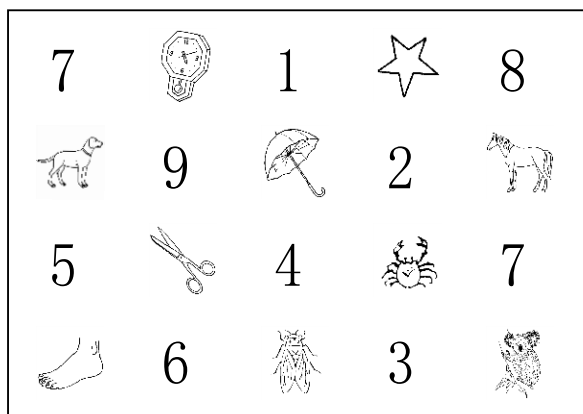
7	1	8	9	2
5	4	7	6	3
5	9	3	7	6
8	2	5	4	1

(図 2-B) 線画単独課題



数字線画交互課題

(図 2-C1)



(図 2-C2)

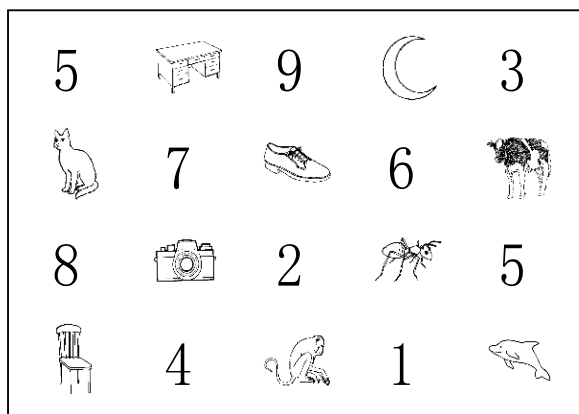


図 2 呼称課題で用いた刺激

A 数字単独, B 線画単独, C 数字線画交互

A4 サイズ用紙片面に印刷された各図譜を机上に置いて, 左上から右下の方向 (A では 7-1-8・・・最後が 1, B では時計-星-犬・・・最後がいるか, C-1 では 7-時計-1・・・最後がコアラ, C-2 では 5-机-9・・・最後がいるか) に, 連続してできるだけ速く呼称することを求めた.

検査の実施にあたり, 「数字や絵が書かれたカードを今から見せます. 大きな声に出して, なるべく速くそして正しく, 数字を読んで下さい. 絵はその名前を教

えて下さい。」と教示した。開始の合図後、カードを見せた瞬間に「はい」と言い、その時点を呼称開始とした。練習問題の呼称が正しくできることを確認後に、本番の課題を実施した。なお、対象の半数（101名）には同一課題を実施（以下：同一群と表記）し、半数（106名）はRASを実施（以下：交互群と表記）した。

ICレコーダーに音声を録音し、それぞれの課題について、呼称に要した時間（以下：呼称時間と表記）を測定した。統計学的解析はSPSS17.0J (SPSS Japan Inc, Japan) を用い、t検定、分散分析を行った。

### (3) 日本語話者の音韻認識の発達およびその評価法

英語圏ではDDの病態仮説として音韻認識障害を中心とした音韻処理障害説が有力である。日本語のDDにおいても音韻認識障害の関与が示唆されている<sup>72)</sup>が、十分な検討がなされていない。

#### i) 対象

対象は、関東および関西地方在住の通常学級に在籍する小学生445名（男児218名、女児227名）であった。各学年・性別ごとの人数が均等になるようにした。いずれも在籍クラス担任教師から視力、聴覚、知能、社会性やひらがなの読み書きに異常がないと判断された。

倫理面への配慮として、本研究の目的・内容については、国立精神・神経医療研究センター研究倫理委員会での審査を受けて、承認された（倫理委員会承認番号 17-4-4）。検査当日に本人および保護者に研究目的を説明し、同意を得たのちに行動学的検査を実施した。

検査は平成 19 年 10 月から平成 20 年 2 月の 5 カ月間、すなわち 2～3 学期に個別に実施した。

## ii) 刺激および呈示方法と記録法

音韻操作課題として、A 音韻削除課題および B 音韻逆唱課題<sup>54)</sup>を用いて、対象児童に対し個別に実施した。A 音韻削除課題では、「た」を含む 4 拍（モーラ）、5 拍（モーラ）の単語を口頭で提示し、その単語から「た」を削除して、口頭で答えるように指示した（図 3-A）。検査の実施にあたり、練習問題を 4 題行い、課題の内容を十分に理解していることを確認後に、本番の課題を実施した。IC レコーダーに音声を録音し、それぞれの課題語について、検査者の課題語呈示終了から被検者が解答を終えるまでの時間を測定し、正答しなかった場合は誤数として数えた。（例：たけうま→けうま）

B 音韻逆唱課題では、3 拍（モーラ）、4 拍（モーラ）の単語を口頭で提示し、その単語を逆から唱えるように指示した（図 3-B）。検査の実施にあたり、練習問



題を 4 題行い，課題の内容を十分に理解していることを確認後に，本番の課題を実施した．IC レコーダーに音声を録音し，それぞれの課題語について，検査者の課題語呈示終了から被検者が解答を終えるまでの時間を測定し，正答しなかった場合は誤数として数えた．（例：たいこ→こいた）

（図 3）音韻操作課題

A 音韻削除課題		B 音韻逆唱課題	
<4 拍> たけうま しいたけ ねくたい くつした うたごえ	<5 拍> たからもの ものがたり かたつむり わらべうた ゆでたまご	<3 拍> たいこ つくえ いるか あたま すいか	<4 拍> のりまき くつした えんとつ しまうま にわとり

（図 3 の説明）音韻操作課題

それぞれの課題語について，検査者の課題語呈示終了から被検者が解答を終えるまでの時間を測定し，正答しなかった場合は誤数として数えた．正答に至らず 30 秒が経過した場合も，誤数に含めた．

## 2. 研究 2 大細胞系 VEP の特徴と読字能力との関係

我が国の小児 DD 症例での大細胞系 VEP の特徴は明らかにするために，Vaegan らの刺激<sup>68)</sup>と同様の条件，すなわち，低空間周波数，低コントラスト，サイン波縦縞白黒模様を用いて，高反転頻度条件で提示した際の VEP を小児 DD 例で計測

し、読字能力との関連性に注目して検討した。

#### (1) DD 群のプロフィールおよび定型発達対照児の属性

対象は読み書きの困難を訴えて平成 21 年 9 月から平成 23 年 8 月の 2 年間に、国立精神・神経医療研究センターを受診し、小児神経科医に発達性読み書き障害と診断されている DD 児 19 名（男児 15 名・女児 4 名）および平成 23 年 7 月から平成 23 年 8 月の 2 カ月間に、ジュニアボランティア登録し、検査を実施した定型発達対照児 19 名（男児 13 名・女児 6 名）であった。

発達性読み書き障害の診断は、読字障害診断手順<sup>73)</sup>の診断基準に従い、臨床症状チェック表で 7 項目以上陽性<sup>74)</sup>、2 つ以上の読字検査で学年別平均値よりも 2SD 以上低い異常、知能検査を含む複数の神経心理検査により現在の認知特性を抽出した上、診察所見および発達に関する詳細な問診の結果から、専門医により総合的になされた。

DD 児および定型発達対照児の年齢は 7～16 歳に分布しており、検査時の年齢は、発達性読み書き障害群（以下 DD 群）が  $10.9 \pm 2.7$  歳（平均 $\pm$ SD）、定型発達対照児群（以下 TD 群）が  $11.8 \pm 2.0$  歳であり、統計学的に年齢の有意差はなかった。DD 群の個人別プロフィールを表 1 にまとめた。DD 児群 19 名のうち 6 名は ADHD（注意欠如・多動性障害）を合併したが、ASD（自閉症スペクトラム障害）の合併は

なかった。TD 児群は公立小学校ならびに中学校の通常学級在学中で、担任教師から問題行動などの指摘はとくに受けていない児童 19 名であった。いずれも ADHD 等の発達障害や神経疾患を認めず、既往歴に特記すべき事項はなかった。

(表 1) 発達性読み書き障害 (DD) 群のプロフィール

	性別	年齢 (歳)		ADHD	WISC III		
		検査時	診断時		FIQ	VIQ	PIQ
1	M	7	6	-	99	99	99
2	F	7	7	-	88	101	76
3	M	7	7	-	95	104	84
4	M	8	7	-	109	111	104
5	F	9	5	-	101	108	93
6	M	9	8	-	107	110	101
7	M	10	8	-	83	89	80
8	F	11	9	-	85	89	83
9	F	12	11	-	85	90	82
10	M	13	8	-	82	87	79
11	M	14	13	-	111	108	113
12	M	14	14	-	92	86	100
13	M	15	11	-	101	94	108
14	M	9	6	+	93	97	87
15	M	9	8	+	90	87	94
16	M	9	8	+	81	85	80
17	M	10	7	+	106	115	94
18	M	11	9	+	90	99	83
19	M	16	8	+	87	75	103

DD 群はウェクスラー系知能検査により、TD 群では、Raven 色彩マトリックス検査により各々知能が正常域であることを確認した (前者は表 1 参照/後者の結果:  $32.9 \pm 2.3$ )。視力は万国式 3 米用試視力表を用いて、両眼視力が 1.0 以上であることと、視野は簡易対座式にて正常範囲であることを確認された。

倫理面への配慮として、本研究の目的・内容については、国立精神・神経医療

研究センター研究倫理委員会での審査を受けて、承認された（倫理委員会承認番号 20-4-事-4, A2011-003）。検査当日に本人および保護者に研究目的を説明し、書面で同意を得たのちに行動学的検査，電気生理学的検査を実施した。

## (2) 大細胞系 VEP 刺激提示の方法

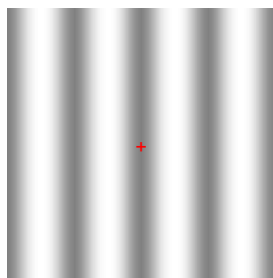
大細胞系視覚路を選択的に賦活するとされる視覚刺激<sup>68)</sup>を提示し，下記手順で脳波を計測した。一方，行動指標として線画による呼称(RAN)課題<sup>75)</sup>，ひらがな音読課題（非単語速読課題）<sup>55)</sup>に加え，音韻操作課題<sup>54)</sup>（音韻逆唱課題）を対象児童全員に施行した。

### i) 定常状態(steady state)VEP

視覚刺激は低空間周波数（0.27c/deg）かつ低コントラスト（コントラスト条件は 30%）サイン波白黒縦縞模様を用いた。縦縞模様の反転頻度は高頻度とし（15 reversal per second すなわち 7.5Hz 提示），輝度は 65cd/m<sup>2</sup>に固定した（図 4）。

(図 4) VEP の視覚刺激

空間周波数 0.27c/deg サイン波  
反転頻度 15rev/sec  
コントラスト条件 30 %  
刺激視野 14.7° × 11.2°  
平均輝度 65cd/m<sup>2</sup>  
観察距離 1.2m



室光下 完全矯正条件  
固視保持条件 十字の色変化(赤→青)時キー押し  
刺激プログラム Visual Stim を用いて提示

(図 4 の説明)

視覚刺激は低空間周波数かつ低コントラストのサイン波白黒縦縞模様を用い、高頻度に反転させた。

刺激視野は 14.7°×11.2°、モニターと被験者間距離は 1.2m とした。静かな室光下条件で記録した。視覚刺激は Visual Stim (メディカルトライシステム社プログラム) を用いて提示し、誘発電位の記録はニューロパック  $\mu$  (日本光電 MEB-9104) により行った。関電極を Oz に、不関電極を前額部(Fz)に各々置き、帯域通過フィルター1~100Hz の条件で 80 回加算し、steady state VEP を後頭正中部(Oz)で記録した。固視保持条件として、画面中央に位置する十字が赤色から青色に変化した時にキー押しを求めた。

解析は以下のように行った。すなわち、個人毎に得られた VEP 加算波形を MEB-9104 上でテキスト化しオフラインで解析した。刺激頻度に対応する周波数成分を抽出する Complex demodulation (CD) 法解析<sup>76)</sup>を用いて反転頻度 15 rev/sec に対応する振幅を求めた。得られた振幅値を VEP ピーク振幅と命名した。なお、

CD 法解析は Complex Demodulation Analysis Tool (NoruPro Light Systems, Japan)

を用いて行った。

ii) 線画 RAN 課題

呼称刺激は 20 個の線画で構成されており、A4 用紙上ランダムに配置された。線画の表現している単語 20 個は、幼児期までに語彙として獲得され、親近感のあるものであった。DD 群、TD 群それぞれについて呼称開始から終了までの時間（呼称時間）を測定し、学年別基準値と比較した<sup>75)</sup>。

iii) ひらがな音読課題

30 個のひらがな非単語の連続読み課題を実施した。音読開始から終了までの時間（音読時間）を測定し、学年別基準値<sup>73)</sup>と比較した。

iv) 音韻操作課題

3 モーラの課題語を検者が音声提示して、逆唱を求める課題を合計 5 問実施した。いずれも正反応数を求めた。

#### v) 統計学的解析

得られたデータの統計学的解析は SPSS ver19 と AMOS ver19 を用いた (IBM SPSS Japan, Japan). 群間比較では t 検定および Mann-Whitney 検定を行い, p 値<0.05 を有意とした.

#### d 結果

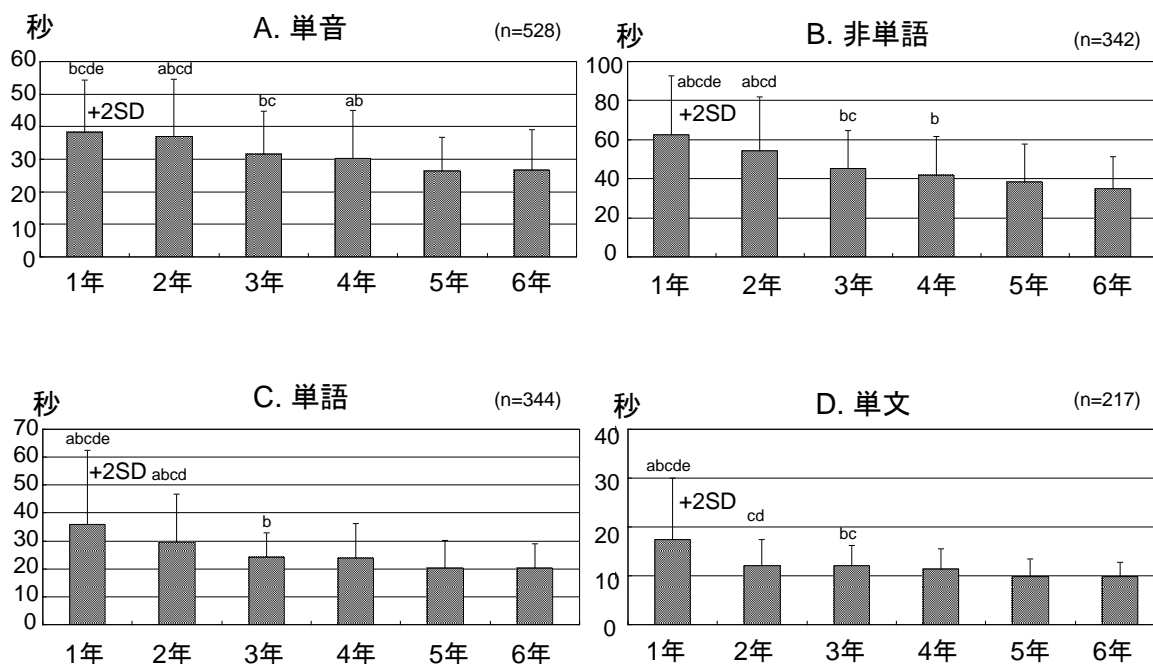
##### 1. 研究 1

##### (1) ひらがな音読能力の発達およびその評価法

##### i) 音読時間の発達的变化

単音速読課題を全対象 (528 名) に実施した. 非単語速読課題 (342 名), 単語速読課題 (344 名), 単文速読課題 (217 名) を含めていずれの課題においても, 学年が進むとともに音読時間は短くなる傾向があった (図 5A~D).

(図 5) 課題および学年別音読時間



(図 5 の説明)

カラムは平均値を、バーは+ 2 標準偏差を示す。

いずれの課題も学年が進むとともに音読時間は速くなった。1年生は有意に音読時間が長く、特に学童期の前半で変化が目立っていた。

学年間の有意差(p 値<0.05)がみられた場合を a から e (a : 1 学年上、b : 2 学年上、c : 3 学年上、d : 4 学年上、e : 5 学年上) で表記した。たとえば、1年生の単音音読時間は、3~6年生と有意差がみられたことを示す。

学年、性別を 2 要因とした場合の統計学的検討では、いずれの課題も「学年」の主効果を認め、単音速読課題と非単語速読課題においては「性別」の主効果も認められた (表 2)。



(表 2) 音読時間の分散分析

	課題の種類			
	単音	非単語	単語	単文
学年	F(5, 516)=38.17***	F(5, 330)=40.95***	F(5, 332)=30.27***	F(5, 205)=27.05***
性別	F(1, 516)=4.67*	F(1, 330)=13.73***	F(1, 332)=1.22	F(1, 205)=1.83

有意記号として \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$


いずれの課題においても 1 年生では有意に音読時間が長いことが示された。音読時間は学童期の前半で特に短縮する点が目立ち、単音速読課題と非単語速読課題の場合 5 年生以降の変化が少なかった。また、単語速読課題と単文速読課題の場合 4 年生以降の変化が乏しかった。

具体的な音読時間は単音速読課題の場合、1 年生が  $38.3 \pm 8.0$  秒（平均  $\pm 1$  標準偏差）、6 年生が  $26.6 \pm 6.2$  秒であった。同様に、非単語速読課題は 1 年生で  $62.7 \pm 14.9$  秒、6 年生で  $35.0 \pm 8.2$  秒（以下同じ）であり、単語速読課題（ $35.9 \pm 13.4$  秒、 $20.2 \pm 4.4$  秒）と単文速読課題（ $17.4 \pm 6.3$  秒、 $9.9 \pm 1.5$  秒）であった。図 2 のバーは +2 標準偏差を示すが、特に単語速読課題および単文速読課題では、他学年と比較すると 1 年生のばらつきの大きいことが示された。なお、性別では、単音速読課題と非単語速読課題において、男児が女児より音読時間が有意に延長しており（ $p$  値  $< 0.05$ ）、単音速読課題は 1 年生の男児が  $38.8 \pm 8.5$  秒、女児が  $37.7 \pm 7.7$

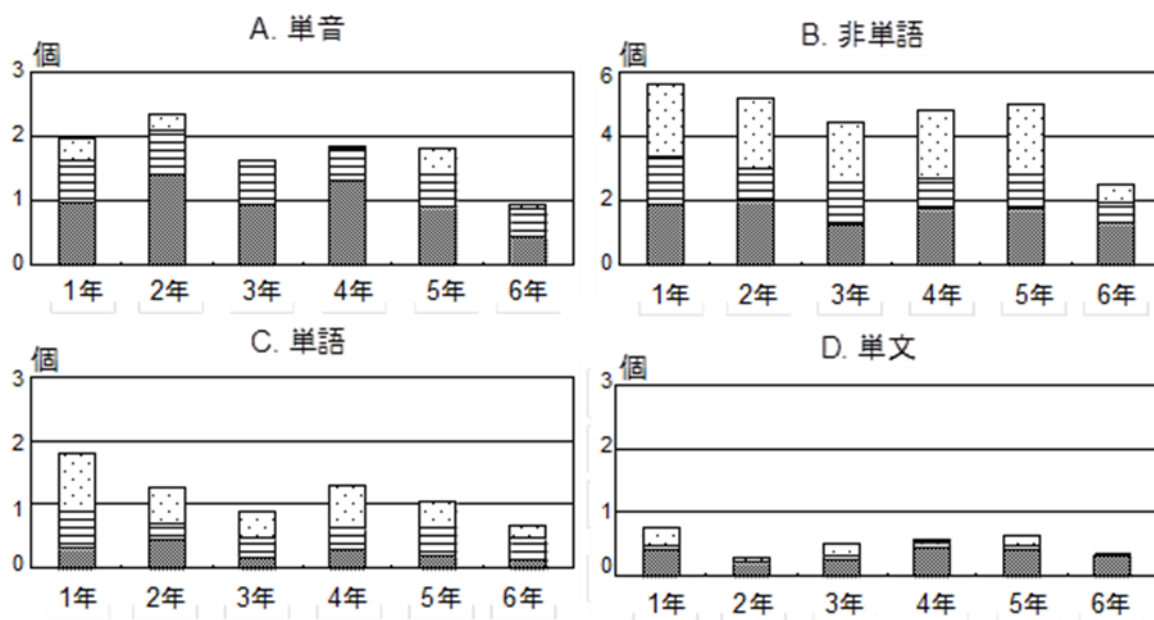
秒，2年生の男児が  $37.6 \pm 8.2$  秒，女児が  $36.6 \pm 9.3$  秒，3年生の男児が  $32.8 \pm 7.7$  秒，女児が  $30.2 \pm 4.5$  秒，4年生の男児が  $31.0 \pm 7.5$  秒，女児が  $29.4 \pm 7.2$  秒，5年生の男児が  $27.2 \pm 6.2$  秒，女児が  $25.3 \pm 3.9$  秒，6年生の男児が  $26.8 \pm 6.6$  秒，女児： $26.4 \pm 5.7$  秒であった。非単語速読課題についても同様であった（1年生の男児： $65.4 \pm 15.3$  秒，女児： $59.9 \pm 14.4$  秒，2年生の男児： $55.7 \pm 12.7$  秒，女児： $53.3 \pm 14.7$  秒，3年生の男児： $49.0 \pm 10.8$  秒，女児： $41.4 \pm 7.0$  秒，4年生の男児： $44.0 \pm 10.2$  秒，女児： $40.0 \pm 9.7$  秒，5年生の男児： $40.3 \pm 9.8$  秒，女児： $36.7 \pm 9.1$  秒，6年生の男児： $37.4 \pm 8.0$  秒，女児： $32.4 \pm 7.8$  秒）。

## ii) 音読エラーの解析

今回の検討では読み誤りと別に，最初に読み誤るものの自己修正されたもの（自己修正）や読みつまった結果の読み直し（語頭音の繰り返し）もそれぞれカウントした。すなわち，総エラーを読み誤り，自己修正，語頭繰り返しの総数とした。

読み誤り数は4つの課題とも平均0~2個と少なかった（図6の黒いカラム部分  ）。

(図6) 学年別音読平均エラー数の変化



(図6の説明)

読み誤り数と自己修正や語頭音の繰り返し数を示す。非単語課題では、自己修正や語頭音の繰り返しが多くの子にみられるパターンであった。

(  読み誤り,  自己修正,  語頭音の繰り返し )

学年、性別を2要因としたANOVAでは、単音速読課題と単語速読課題の「学年」(p値<0.05)および単文速読課題における「性別」(p値<0.05)に主効果を認めた(表3)。

(表 3) 読み誤り数の分散分析



	課題の種類			
	単音	非単語	単語	単文
学年	F(5, 516)=6.03***	F(5, 330)=2.04	F(5, 332)=2.45*	F(5, 205)=1.05
性別	F(1, 516)=2.15	F(1, 330)=1.33	F(1, 332)=0.55	F(1, 205)=10.25**

有意記号として \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

非単語の読み誤りは、統計学的有意差が得られなかった。単音速読課題の読み誤り数は、1年生が  $1.0 \pm 0.2$  個（平均  $\pm 1$  標準偏差；以下同じ）、6年生が  $0.4 \pm 0.8$  個、非単語速読課題では1年生が  $1.9 \pm 1.9$  個、6年生が  $1.3 \pm 1.6$  個、単語速読課題では1年生が  $0.3 \pm 0.7$  個、6年生が  $0.1 \pm 0.4$  個であった。単文速読課題では1年生が  $0.4 \pm 0.6$  個（男児  $0.5 \pm 0.6$  個：女児： $0.3 \pm 0.6$  個）、6年生が  $0.3 \pm 0.5$  個（男児  $0.5 \pm 0.5$  個：女児： $0.2 \pm 0.4$  個）であった。

読み誤りの内容を分析すると、単音速読課題、非単語速読課題ともに促音、拗音、濁音や半濁音の特殊音節の読み誤りを認めた。単音課題では特殊音節の誤りが読み誤り総数の 56.9% を、非単語課題では 29.2% を占めた。後者の課題ではその他の誤りとして、形態的・音韻的に類似した文字に読み間違えること（たとえば、「め」を「ぬ」、「か」を「あ」、「ね」を「な」に読み間違え）や文字の順序が入れ替わる読み間違いがみられた。まれに、とぼし読み、行ずらしがあった。単語速

読課題では形態・音韻的に類似した文字に読み間違えること（たとえば「らいねん」を「らいおん」、「でんとう」を「でんどう」に読み間違え）以外に、意味的な類似語と読み間違えるケース（たとえば「くちばし」を「くちびる」に読み間違え）がみられた。単文速読課題では接続助詞の読み飛ばしが誤りの過半数を占めた。このような読み誤りパターンは、いずれの学年においても類似した傾向がみられた。

なお、自己修正（図 6 の線カラム部分 ）や語頭音の繰り返し（図 6 のドットカラム部分 ）の実数は、読み誤り数よりも多かった。総エラー数を統計学的に検討すると単音速読課題と単語速読課題の「学年」要因に加えて、非単語速読課題において「学年」( $p<0.05$ )と「性別」( $p<0.05$ )の主効果も認めて、自己修正と語頭音の繰り返しの両者は読み誤り数より広範に発達的变化をとらえることができた。1箇所以上の「自己修正」があった児童は非単語速読課題で最も多く、全児童の 59.4%を占めた。1箇所以上の「語頭音の繰り返し」があった児童も同様に非単語速読課題で最も多く、全児童のうち 68.7%を占めた。非単語速読課題の平均音読時間を、自己修正と語頭音の繰り返しの両者を認めた群、自己修正のみ認めた群、語頭音の繰り返しのみ認めた群、いずれも認めなかった群に分けて検討したところ、6年生の平均音読時間は順に  $39.1 \pm 8.8$  秒、 $33.3 \pm 5.9$  秒、 $36.7 \pm 9.0$  秒、 $31.8 \pm 7.1$  秒であり、自己修正や語頭音の繰り返しの両者を認めた場合は認めなかった場合と比

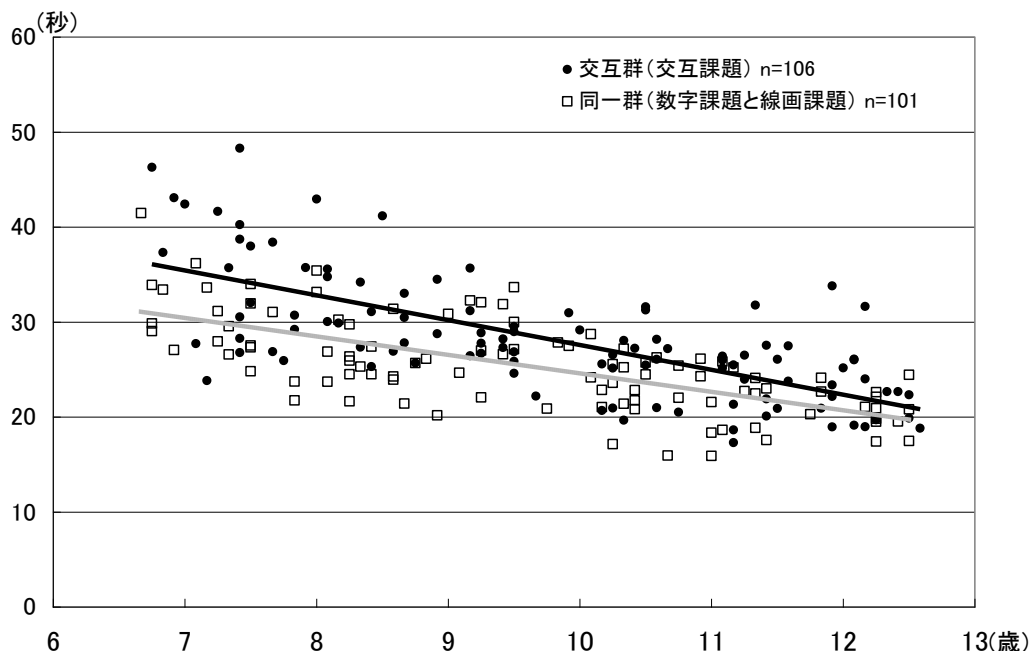
較すると音読時間が長かった。

## (2) 日本語話者の呼称能力の発達およびその評価法

### i) 同一課題と交互課題の呼称時間の比較

まず、呼称課題の比較したところ、同一群 101 名では同一課題 2 組の呼称時間の和（数字呼称＋線画呼称）を、交互群 106 名では RAS2 組の呼称時間の和を、それぞれ個人ごとに求めて、検査時年齢との関係を見ると、年齢が経過するとともに呼称時間が短縮するという点が両群に共通してみられた（図 7）。同一群の学年別平均呼称時間（±標準偏差）を求めると 1 年生から 6 年生まで 30.9（±4.2）秒から 20.9（±2.1）秒に減少していた。一方、交互群 1 年生から 6 年生までの呼称時間は、平均 36.3（±7.4）秒から 23.1（±4.2）秒に短縮していた。全学年での平均呼称時間は同一群では  $25.4 \pm 4.9$  秒であったのに対し、交互群では  $28.2 \pm 6.5$  秒と、後者が有意に延長していた（ $p=0.01$ ）。一方、対象児童の平均年齢は同一群（ $9.6 \pm 1.7$  歳）と交互群（ $9.8 \pm 1.7$  歳）間に統計学的有意差がみられなかった。

(図 7) 呼称時間の年齢変化：同一群と交互群の比較



(図 7 の説明)

同一群 (□) と交互群 (●) のいずれも、年齢とともに呼称時間が短縮する傾向がみられた。実線は交互群の、点線は同一課題の、線形近似曲線を示す。

## ii) 同一課題群の呼称時間の発達的变化

次に、同一群における呼称時間変化について検討した。数字課題と線画課題の各呼称時間について解析したところ、「学年」と「課題の種類」の2要因の分散分析では、「学年」および「課題の種類」の主効果 (学年 :  $F(5)=13.7$ ,  $p<0.0001$ , 課題の種類 :  $F(1)=665.8$ ,  $p<0.0001$ ) を認めた。そして、「学年」および「課題の種類」の交互作用を認めた ( $F(5,1)=2.8$ ,  $p=0.02$ )。

呼称時間はいずれも学年が進むとともに短縮していた (図 8-A,B)。線画課題に

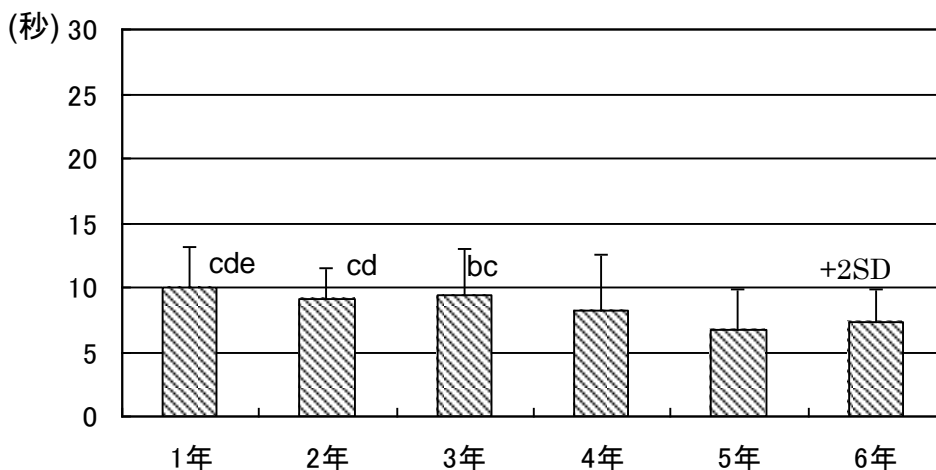
において、1年生は他の学年より有意に呼称の時間がかかっていた。そして呼称スピードは学童期前半で特に変化が目立ち、4年生以降の短縮変化はゆるやかになっていた。数字課題の場合は、低学年ではゆるやかに短縮した。両課題を比較すると数字の呼称が線画の呼称より早かった（前者1年生：10.0±1.6秒，6年生：7.3±1.3秒；後者1年生：20.9±3.3秒，6年生：13.6±1.8秒）。

呼称時間について、課題間の相関を検討したところ、数字課題と線画課題間には弱い相関がみられるのみであった（相関係数  $r=0.36$ ,  $p<0.0001$ ）。

交互課題の呼称時間について解析したところ、「学年」の主効果（学年： $F(5)=19.4$ ,  $p<0.0001$ ）を認めた。呼称時間はいずれも学年が進むとともに短縮していた（図8-C）。低学年では高学年より有意に呼称時間が長く、呼称スピードは学童期前半で特に変化が目立ち、4年生以降の短縮変化はゆるやかになっていた（1年生：36.3±7.4秒，6年生：23.1±4.2秒）。

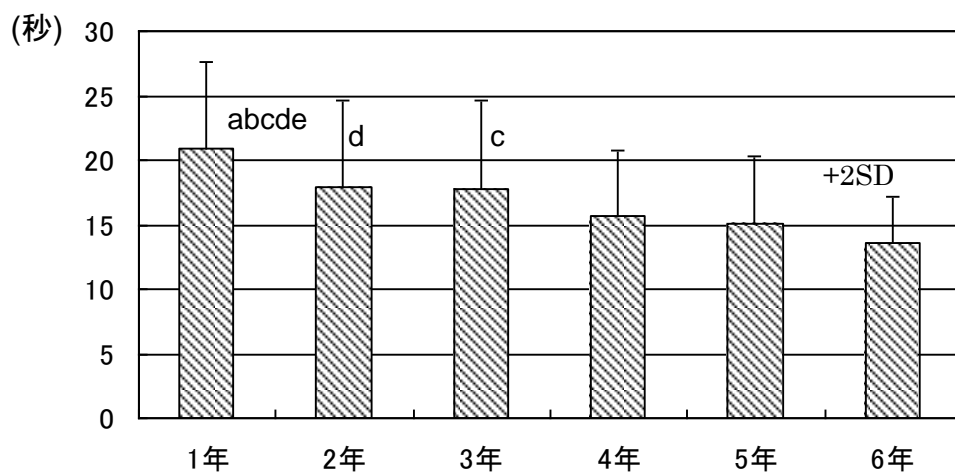
(図8) 学年別呼称時間

A 数字単独

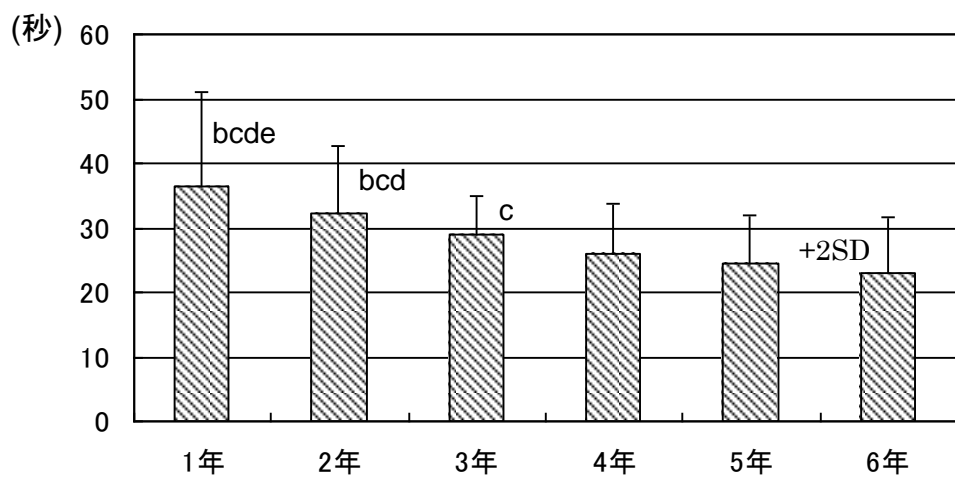




### B 線画単独



### C 数字線画交互



(図 8) 学年別呼称時間

A が数字課題の、B が線画課題の、C が交互各課題とも学年ごとの平均値+2 標準偏差を示す。交互課題は二組の呼称時間の和を示す。

学年間に有意差がみられた場合を、a から e (a : 1 学年上, b : 2 学年上, c : 3 学年上, d : 4 学年上, e : 5 学年上) で表現した。なお、p 値は <0.0001 から 0.004 であった。

### iii) 呼称エラーの解析

呼称の誤り（エラー）やつまった結果の言い直しなどの特徴を記録し，発達的变化について分析した．誤答数は同一課題，交互課題いずれも少なく，いったん言い間違えてもほとんどが自己修正可能であった．自己修正なしの誤答は全学年の2-6%と少なく，誤答がひとつもないケースが多くを占めた．一人あたりの平均誤答数は数字課題が最も低く（0.030 個），線画課題（0.089 個）と交互課題（0.18 個）も少なかった．今回の対象児では言い間違えを複数生じることは皆無であった．

言い間違えの内容は，同一カテゴリーの類似語を呼称したもの，たとえば線画課題の「机」を「椅子」に，「月」を「星」に，とする場合がほとんどで，まれに，とぼし読み，行ずらしがあった．なお，語頭音の繰り返しなど言い詰まった結果の呼称のやり直しは交互課題で比較的目立ち，高学年児童に至るまで観察された．

### iv) 呼称能力とひらがな音読能力との関連

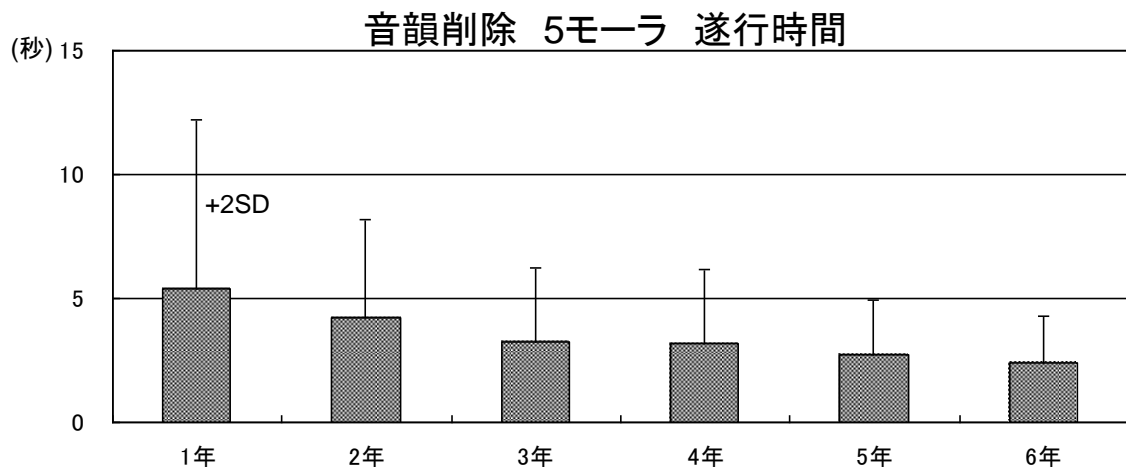
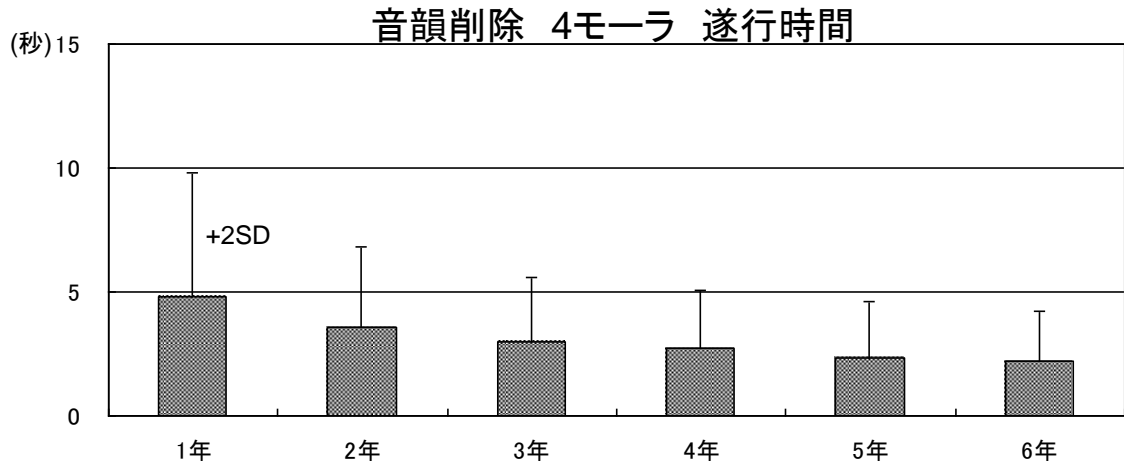
3種の課題（数字単独，線画単独，交互課題）の呼称時間とひらがな音読時間（単音，単語）との相関（Pearson の積率相関係数）を統計学的に求めた．その結果，数字呼称と単音音読の間に相関がみられた（ $r=0.60$ ,  $p<0.0001$ ）．

#### (4) 日本語話者の音韻認識の発達およびその評価法

##### i) 遂行時間の発達的变化

いずれの課題においても 1 年生の遂行時間が長く，高学年では短縮した（図 9-A・9-B）．具体的な遂行時間は音韻削除課題 4 モーラの場合，1 年生が  $4.8 \pm 2.5$  秒（平均  $\pm 1$  標準偏差），6 年生が  $2.2 \pm 1.0$  秒であった．同様に，音韻削除課題 5 モーラは 1 年生で  $5.4 \pm 2.4$  秒，6 年生で  $2.4 \pm 0.9$  秒（以下同じ）であり，音韻逆唱課題 3 モーラ（ $5.4 \pm 3.2$  秒， $2.2 \pm 1.1$  秒）と音韻逆唱課題 4 モーラ（ $10.6 \pm 6.7$  秒， $5.2 \pm 2.5$  秒）であった．図 9 のバーは  $+2$  標準偏差を示すが，他学年と比較すると低学年における音韻逆唱課題のばらつきが大きいことが示された．

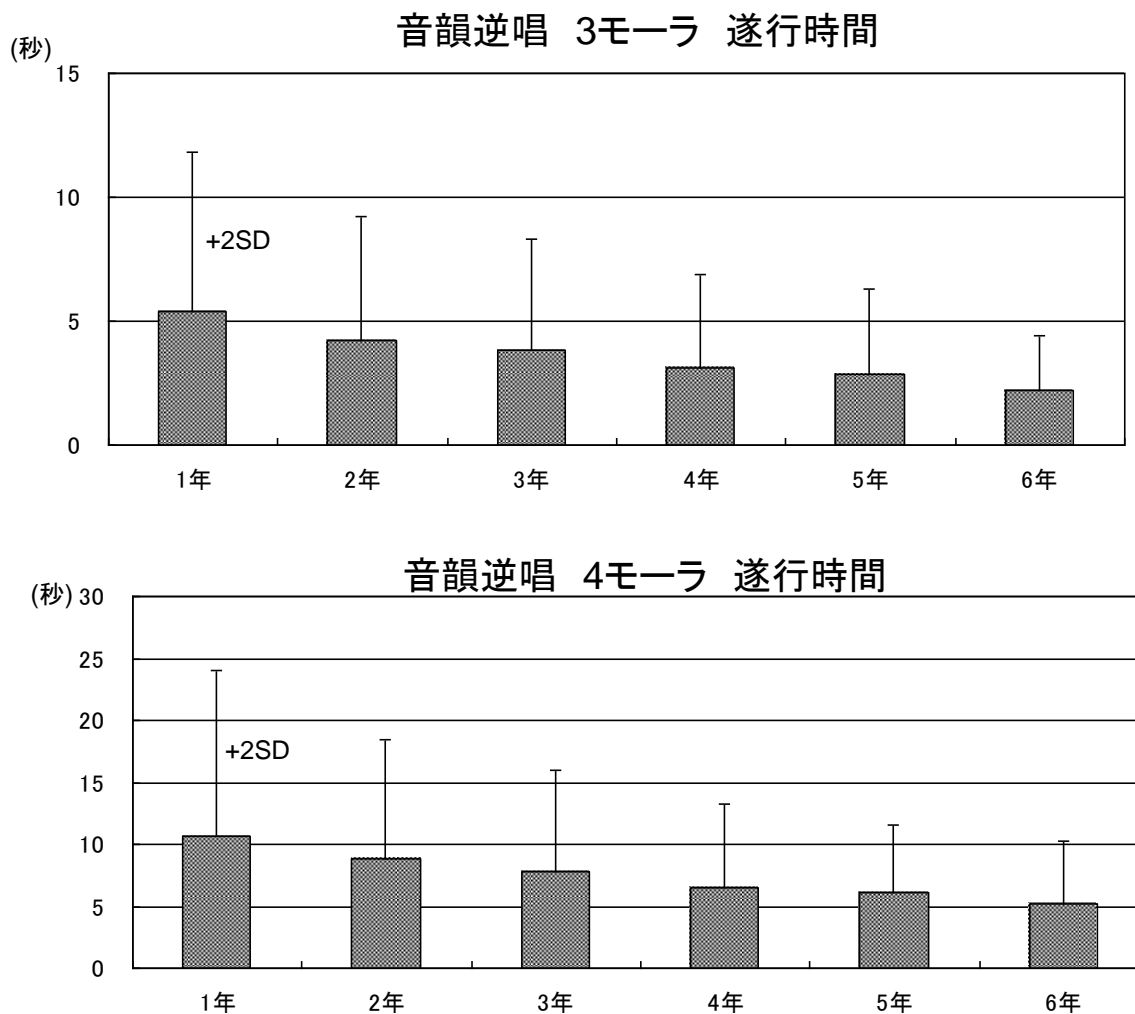
(図 9-A) 音韻削除課題の遂行時間



(図 9-A 説明)

いずれの課題においても低学年における遂行時間が長く、高学年では短縮した。

(図 9-B) 音韻逆唱課題の遂行時間



(図 9-B 説明)

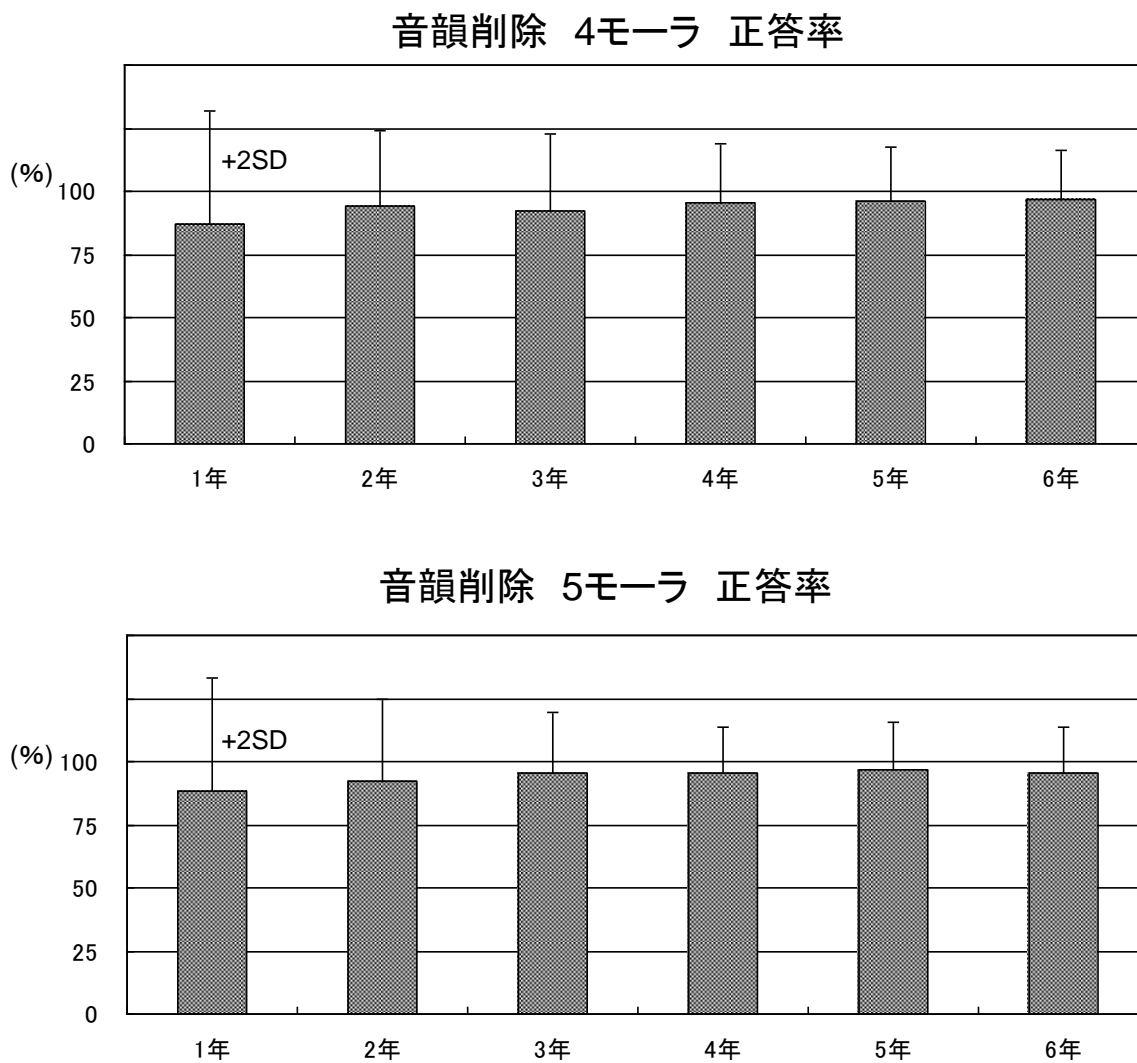
いずれの課題においても低学年における遂行時間が長く、高学年では短縮した。

ii) 学年別正答率

いずれの課題においても1年生の正答率が低く、高学年の正答率は高かった(図 10-A・10-B)。具体的な正答率は音韻削除課題4モーラの場合、1年生が87.1±22.5%(平均±1標準偏差)、6年生が96.7±9.7%であった。同様に、音韻削除課題

5 モーラは 1 年生で  $88.5 \pm 22.3\%$ , 6 年生で  $95.5 \pm 9.1\%$  (以下同じ) であり, 音韻逆唱課題 3 モーラ ( $81.7 \pm 25.3$  秒,  $93.0 \pm 13.8\%$ ) と音韻逆唱課題 4 モーラ ( $58.6 \pm 39.8$ ,  $90.3 \pm 15.8\%$ ) であった. 図 10 のバーは+2 標準偏差を示すが, 他学年と比較すると 1 年生の正答率のばらつきが大きいことが示された.

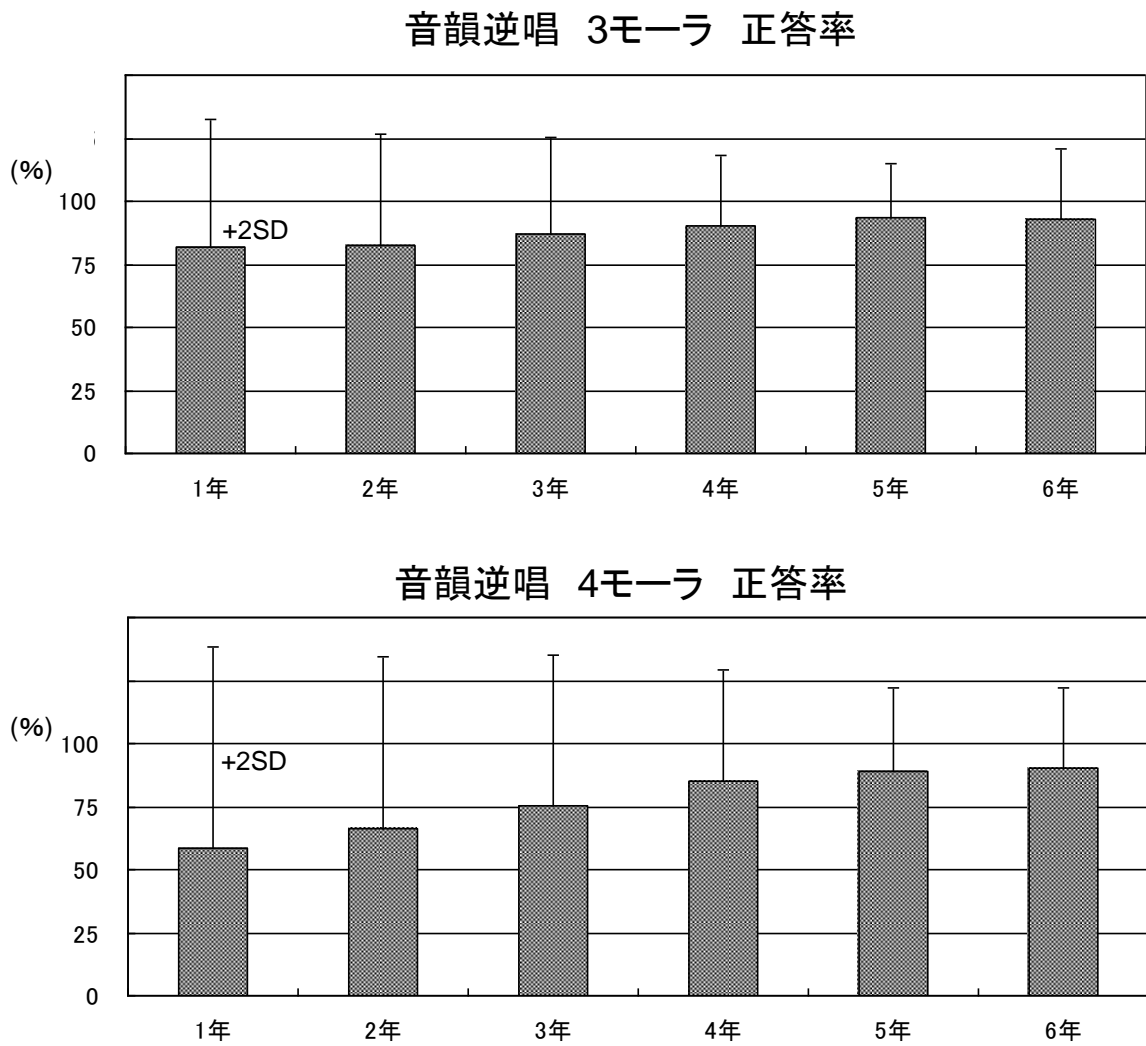
(図 10-A) 音韻削除課題の正答率



(図 10-A 説明)

いずれの課題においても 1 年生の正答率が低く、その後上昇した。

(図 10-B) 音韻逆唱課題の正答率



(図 10-B 説明)

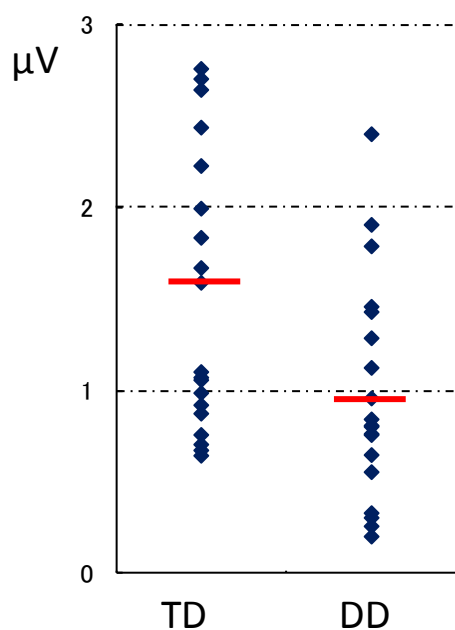
いずれの課題においても低学年の正答率が低く、高学年で上昇した。

## 2. 研究 2

### (1) VEP ピーク振幅

VEP ピーク振幅は DD 群 ( $0.983 \pm 0.60 \mu\text{V}$ ) と比べて TD 群 ( $1.51 \pm 0.76 \mu\text{V}$ ) の平均振幅値が高かった。Mann-Whitney 検定で分析した結果、DD 群の中央値 0.805, TD 群の中央値 1.11 で、 $p=0.030$ , U 値 106.0 で、TD 群における VEP ピーク振幅が高く、統計的な有意差が認められた (図 11)。

(図 11) VEP ピーク振幅値 ( $\mu\text{V}$ )



(図 11 の説明)

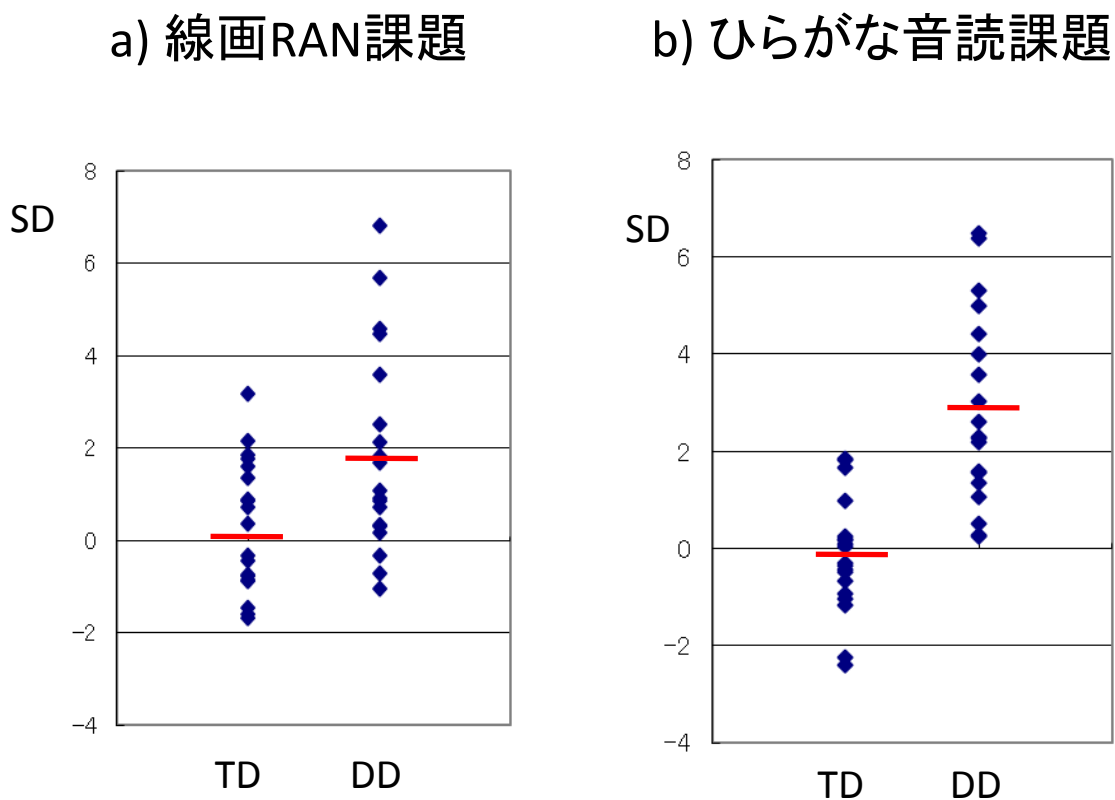
DD 群の VEP ピーク振幅の平均値は  $0.983 \mu\text{V}$ , 中央値は  $0.805 \mu\text{V}$  であり, TD 群の  $1.51 \mu\text{V}$ , 中央値  $1.11 \mu\text{V}$  と比較すると有意に振幅が低下した ( $p < 0.05$ ).



## (2) 線画 RAN 課題

線画 RAN 課題の呼称時間は学年別基準値と比較すると, DD 群の SD 値(Z score) が  $1.88 \pm 2.22$  であり, TD 群の SD 値  $0.316 \pm 1.42$  と比べて DD 群で有意に遅延していた (図 12a).

(図 12) 線画 RAN 課題とひらがな音読課題の成績 (Z score)



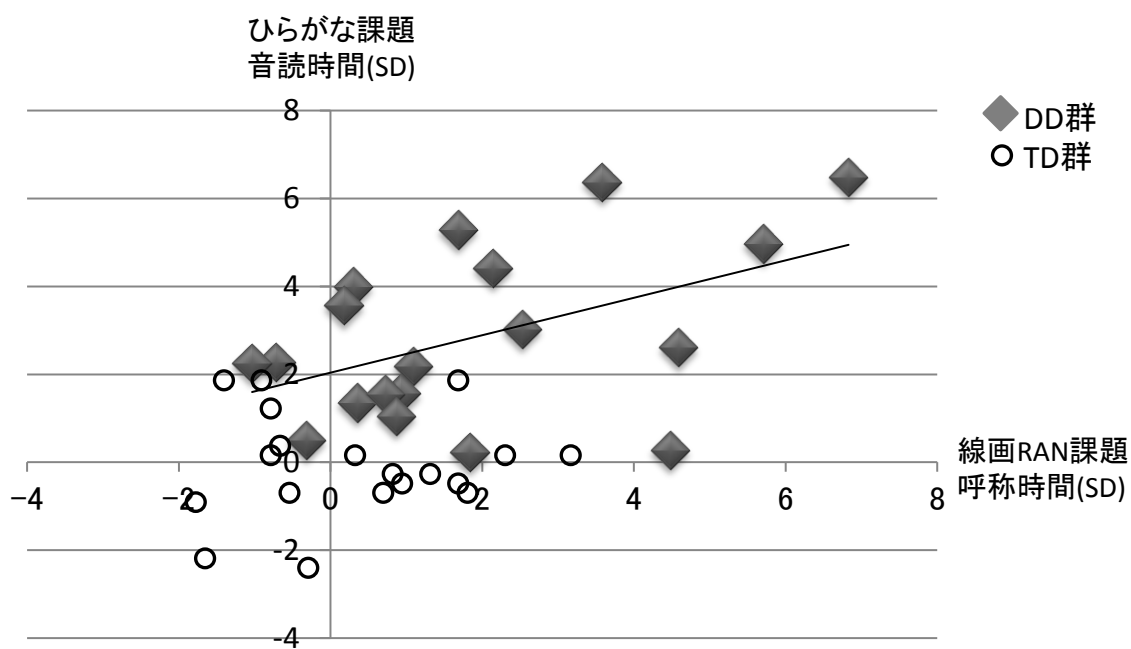
(図 12 の説明)

線画 RAN 課題の呼称時間 a) について, 学年別基準値と比較して算出された SD 値は DD 群で有意に遅延した. 同様に, ひらがなの音読課題の音読時間 b) について, 学年別基準値に対する SD 値は, DD 群で有意に遅延した.

### (3) ひらがな音読課題

非単語速読課題の音読時間について学年別基準値に対する SD 値 (Z score) を求めたところ (図 12b), DD 群が  $2.84 \pm 1.96$  で, TD 群が  $-0.166 \pm 1.18$  であり, DD 群が有意に遅延していた. 線画 RAN 課題と非単語ひらがな音読課題成績の関係は図 13 に示した. つまり, DD 群では線画 RAN 課題の成績が遅延するとひらがな音読課題の成績も遅延することが判明した (相関係数  $r=0.480$ ,  $p=0.037$ ).

(図 13) 線画 RAN 課題とひらがな音読課題成績の関係



(図 13 の説明)

DD 群における線画 RAN 課題と非単語ひらがな音読課題成績の関係は線形関係を認めた. 線画 RAN 課題の成績が遅延する場合, ひらがな音読課題の成績も遅延した.

(4) 音韻操作課題

実施した 5 問に対する正反応数（平均±SD）は DD 群で 3.32±1.45 個，TD 群で 4.63±0.761 個であり前者が低下していた。TD 群の過半数は全問を正答した。DD 群の音韻操作課題の成績，すなわち音韻操作課題の正答数別に VEP ピーク振幅の平均値とひらがな音読課題の成績を表 4 にまとめた。DD 群の音韻操作課題の成績はひらがな読字力とは線形の関係になかった。そして DD 群における VEP ピーク振幅値は，音韻操作課題の成績が良好であっても高くなく，TD 群とは異なっていた。

(表 4) 音韻操作課題の成績と VEP ピーク振幅の関連

	※DD群(n=19)			
	音韻操作課題の成績			
	異常 ←			→ 正常
	正答数0~2	正答数3	正答数4	正答数5
人数の分布 (内ADHD合併)	4 (2)	4 (0)	8 (4)	3 (0)
平均VEPピーク振幅(μV)	1.22	1.19	0.89	0.64
音読課題の音読時間(SD) (ひらがな読字力)	2.69	3.46	2.98	2.37
	※TD群(n=19)			
	音韻操作課題の平均正答数		4.63	
	平均VEPピーク振幅		1.51 μV	
	音読課題の音読時間		0.32 SD	

(表 4 の説明)

TD 群では音韻操作課題における平均正答数は 4.63 と、5 点満点に近かったが、DD 群では平均正答数 3.32 であった。DD 群における音韻操作課題の正答数別に VEP ピーク振幅値と音読課題の成績を記載した。音韻操作課題の成績とひらがな音読課題の成績および VEP ピーク振幅値との間には正の相関関係を認めなかった。

#### e 考察

日本語話者の DD を客観的に診断し、病態を把握するために、日本語話者に適応できる検査で異常の程度を明らかにすることが重要と考えられ、本邦でも簡便に実施可能な検査バッテリーによる評価方法を考案し、研究 1 にまとめた。

まず、健常児における読み能力の発達をひらがな読みに特化した課題を<sup>69)</sup>、小学校通常学級に在籍する児童が本課題に対してどのように音読するのか、音読に要した時間、誤読数に注目して解析した。その結果、音読時間は学童期の前半で特に短縮がみられ、4年生から5年生以降では変化が乏しいことが明らかとなった。これらの所見は、学童期におけるひらがな単語の符号化の速度と読解能力の関係についての研究においても、符号化の速度はひらがな読みの習得時期にかかわらず3年生までに発達し、その後は大きく変化しないとされている<sup>77)</sup>という報告と矛盾していないものと考えられる。

RAN 課題は、提示された視覚刺激から音韻情報を取り出す効率を評価するもので、紙面やモニター画面上ランダムに並べられた色、絵などの刺激を連続的にできるだけ速く呼称することが求められる。日本語話者における呼称能力と読み能

力の関係は明らかとなっておらず、年齢変化も含めた検討はほとんどみられないため、数字や線画からなる呼称課題を新たに作成し、小学校在籍中の健常児童における呼称時間の発達的变化の有無を検討した。数字課題と線画課題の検討では、両課題とも学年が進むと呼称時間が短縮していた。数字課題の場合、学童期前半に短縮したが、線画課題では1年生と2年生の間で大きく変化した後も、高学年に至るまでゆるやかに短縮し続けた。前者の結果から、発達に伴い、記号(数字)から音韻への変換、すなわち **decoding** の速度が、自動化されたレベルに達し、完成する時期は10歳頃ではないかと考えられ、従来示されてきた年齢よりも若干遅いことが示唆された。一方、線画課題において呼称を求めている物品は、親密度が高く、幼少期より習得している対象であるにもかかわらず、意味処理が関与する。そのため数字呼称と比較すると、線画課題では高学年に至るまで時間短縮が継続しており、自動化の完成の時期が遅れるという、従来の知見と一致していた78)。

DDの病態仮説として音韻認識障害を中心とした音韻処理障害説があるため、音韻認識を評価することは重要と考えられる。英語圏と言語体系が異なる日本語話者に適応できる評価法の開発は、臨床場面での医学的診断や治療的介入のためには不可欠である。今回小学校在籍中の健常児童における音韻操作課題の遂行時間および正答率の発達的变化の有無を検討した。その結果、音韻操作課題の正答率

は、学童期前半に高い水準に到達する一方、遂行時間は、学童期において短縮し続け、また同じ学年での検討では遂行時間の個人間の差が大きいことが明らかになった。このため音韻操作課題を用いて健常学童と DD 児を評価する場合、正答率を判断基準にした。

VEP（視覚誘発電位）は視路の他覚的評価法であり、乳幼児や重症児に適用することも可能な電気生理学的検査法の一つである。VEP は MRI 等の画像検査と比較すると簡便であり、低コストかつ非侵襲的と言える。発達性読み書き障害（DD）児ではこれまで、背側視覚経路を主とする大細胞系（magnocellular 系）視覚情報処理の異常があるという仮説の元に、その機能を選択的に賦活する VEP による電気生理学的研究が行われてきている。例えば、Kuba らは、模様が動き始める時に誘発される motion onset VEP を計測し、motion onset の刺激開始点から 170msec 付近の頭皮上陰性波（N2）を計測した<sup>79)</sup>。その結果、学童 DD の 70% で、N2 の潜時の延長を認めたとしている。また、Vaegan と Hollows<sup>68)</sup>は、大細胞系を特異的に刺激する低いコントラスト、速い反転頻度、低い空間周波数のサイン波縦縞模様を視覚刺激として VEP を記録した。彼らはコントラストを低下させていき、VEP 波形が認められなくなるコントラストをもって「コントラスト閾値」と決定した。その結果、DD 群のおよそ 3 割にコントラスト閾値に異常があり、健常群と比べてコントラスト感度の不良な一群が存在することを報告している。具体的には、コ

ントラストを 50%, 30%, 20%, 10%, 5%と変化させて記録をしたが、健常群ではコントラストを低下させたところ振幅値は低下するものの、いずれの%でも波形を記録できたものの、大細胞系の異常を伴う DD 群ではコントラスト 20%未満の条件では波形が抽出できなかつた。これらの研究から、DD の中には大細胞系情報処理の機能的異常を有する症例が存在することが示唆された。

我々は今回の研究で Vaegan らの方法を踏襲して VEP を記録した。すなわち、低空間周波数、低コントラスト、サイン波縦縞白黒模様を高反転頻度にて、日本語話者の DD 児に提示した。Vaegan らの報告および予備実験の結果を踏まえ、DD 群でも VEP が導出可能と考えられるコントラスト条件 30%を採用した。その結果、DD 群では刺激頻度に相当する成分の振幅低下がみられること、および同成分の振幅値に定型群と比較すると有意な群間差があることを見出した。

これらの VEP 振幅低下のメカニズムとして、VEP 発生源における賦活低下あるいは電気現象の位相同期性の欠如ないし不良などが考えられた。たとえば筆者らの研究グループは日本語話者である成人 DD 患者 2 名を対象として機能的 MRI 画像と脳波 (VEP) を同時記録しており、同一の刺激条件では、健常対照成人でみられた V1~V5/MT の一次・二次視覚野における賦活が DD 成人では認められず、患者では視覚野の活動低下が存在しうることを報告している<sup>80)</sup>。

今回の検討ではとくに音韻操作課題による音韻障害の検討を加えた。その結果、

音韻障害が強いグループでも、ピーク振幅の低下は得られなかったことから、音韻障害と大細胞系機能障害は独立して存在していることが示唆された。一方、VEP ピーク振幅低下群の中にも音韻課題成績が不良なケースも含まれていたことから、大細胞系機能障害と音韻障害を併せ持つ DD グループの存在も明らかとなった。つまり、DD の背景病態には音韻障害単独ではなく、複雑な機能障害を有するサブタイプの存在を考慮する必要があると考えられる。

さらに、DD 群において線画 RAN 呼称時間とひらがな音読時間が線形関係にあることが判明し、図 13 に示した。

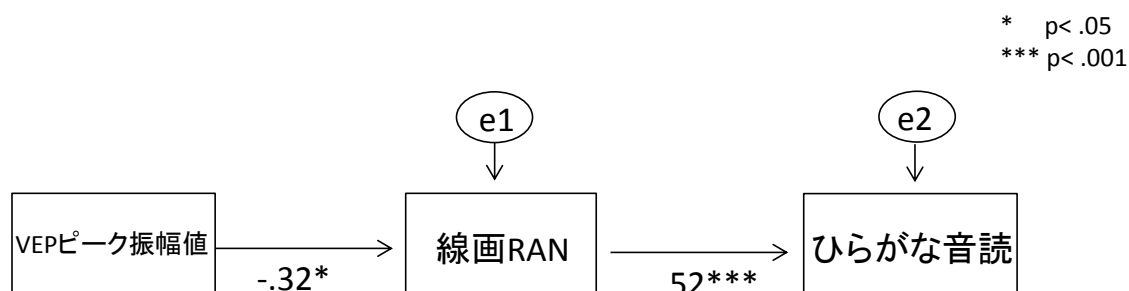
表 4 で示したように DD 群の音韻操作課題成績とひらがな音読時間および VEP ピーク振幅値と正の相関がないことを明らかにすることができたことから、英語圏では DD の病態仮説として音韻認識障害を中心とした音韻処理障害説が有力であることに対し、日本語の DD の背景病態には音韻障害単独ではないことが示唆される。

VEP ピーク振幅値という生理学的指標ならびに線画 RAN 呼称時間とひらがな音読時間という行動指標を用いて構造方程式モデリング (SEM: structural equation modeling) を行った。その結果、VEP ピーク振幅値は線画 RAN 課題の成績に関連することが判明した (図 14)。そして、線画 RAN 課題の成績が良好であるほど、ひらがな音読課題の成績が良好であることが明らかになった ( $\chi^2(1)=0.497, p=0.481$ ,



GFI=0.991, AGFI=0.947, RMSEA=0.000).

(図 14) 構造方程式モデリング分析



(図 14 の説明)

構造方程式モデリング(SEM)による検証的因子分析を行ったところ、 $\chi^2$  値 0.497, 自由度 1, p 値 0.481, GFI(Goodness of Fit Index)0.991, AGFI(Adjusted GFI)0.947, RMSEA(Root Mean Square of Approximation)0.000 と、適合度の検定では当てはまりが良いことが分かった。図の→は因果関係を示し、e は残差を表す。

VEP ピーク振幅値は線画 RAN 課題の成績に関連することが判明した。線画 RAN 課題の成績が良好であるほど、ひらがな音読課題の成績が良好であることが明らかになった。

今回の研究で検討した疾患群 (DD) は 19 例である。つまり、検討症例数は多くなく、十分な検討がなされているとは言えない。従って、詳細な検討が今後も継続的に必要である。しかしながら本研究の結果から、視覚大細胞系の定量評価として VEP 検査は短時間で施行可能であり、非侵襲的かつ客観的脳機能検査であることが確認できた。VEP 検査は手技も簡便で、発達障害を有する小児でも容易に適応可能であると言えた。日本語話者の DD 児の背景病態として音韻機能障害

があることに加えて大細胞系機能障害などのサブタイプが存在しうることを示した本研究結果は，エビデンスに基づく指導介入法の提案やその改良に反映させることが可能であり，今後の発達障害診断・治療研究の新しい展開を導きうる点でも学術的な意義が高いと考えられる。

なお，研究2のVEPと読字能力に関する検討結果は文献81に報告している。

#### f 参考文献

- 1) Peterson RL, Pennington BF. Developmental dyslexia. *Lancet* 379;1997-2007:2012.
- 2) Handler SM, Fierson WM. Learning Disabilities, Dyslexia, and Vision. *Pediatrics* 127;837-44:2011.
- 3) 大石敬子. 日本語話者の特徴. 笹沼澄子, 編. 発達期言語コミュニケーション障害の新しい視点と介入理論. 医学書院, 113-20 : 2007.
- 4) Shaywitz S. Overcoming Dyslexia. *Alfred A. Knopf*, 13-4:2003.
- 5) The International Dyslexia Association (IDA). What is dyslexia? (formal definition).  
<http://www.interdys.org/FAQWhatIs.htm>
- 6) 高橋三郎, 大野裕, 染谷俊幸. DSM-IV-TR 精神疾患の診断・統計マニュアル. 医学書院, 64-9 : 2004.
- 7) American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental

Disorders Fifth Edition. Swedo SE (Chair), 66-74:2013.

8) WHO 著, 融道男, 中根允文, 小見山実, 岡崎祐士, 大久保善朗, 監訳. The ICD 10 Classification of Mental and Behavioural Disorders. Clinical descriptions and diagnostic guidelines. 医学書院, 255-9 : 2007.

9) Koeda T, Seki A, Uchiyama H, Sadato N. Dyslexia: advances in clinical and imaging studies. *Brain & Development* 33;268-75:2011.

10) Katusic SK, Colligan RC, Barbaresi WJ, Schaid DJ, Jacobsen SJ. Incidence of reading disability in a population-based birth cohort, 1976-1982, Rochester, Minn. *Mayo Clinic Proceedings* 76;1081-92:2001.

11) Shaywitz SE, Escobar MD, Shaywitz BA, Fletcher JM, Makuch R. Evidence that dyslexia may represent the lower tail of a normal distribution of reading ability. *The New England Journal of Medicine* 326;145-50:1992.

12) Makita K. The Rarity of reading disability in Japanese children. *American Journal of Orthopsychiatry* 38;599-614:1968.

13) 宇野彰. 発達性 dyslexia とは一出現頻度, 大脳基盤を中心に. 笹沼澄子, 編. 発達期言語コミュニケーション障害の新しい視点と介入理論. 医学書院, 83-92 : 2007.

14) 細川徹. 特異的発達障害の臨床診断と治療指針作成に関する研究チーム. 稲垣

真澄，編．特異的発達障害 診断・治療のための実践ガイドライン—分かりやすい診断手順と支援の実際—．診断と治療社，36-7：2010．

15) 小枝達也，内山仁志，関あゆみ，田中大介．単文音読検査を用いたディスレクシアの早期発見に関する研究：小学校1-4年生の縦断研究．小児の精神と神経 51；359-63：2011．

16) Shaywitz SE, Shaywitz BA, Fletcher JM, Escobar MD. Prevalence of reading disability in boys and girls. Results of the Connecticut Longitudinal Study. The Journal of the American Medical Association 264;998-1002:1990.

17) Rutter M, Caspi A, Fergusson D, Horwood LJ, Goodman R, Maughan B, Moffitt TE, Meltzer H, Carroll J. Sex differences in developmental reading disability: new findings from 4 epidemiological studies. The Journal of the American Medical Association 291;2007-12:2004.

18) 文部科学省．「通常の学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する全国実態調査」調査結果．

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shotou/018/toushin/030301i.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/018/toushin/030301i.htm)

19) Scarborough HS. Very early language deficits in dyslexic children. Child Development 61;1728-43:1990.

20) Scerri TS, Schulte-Koerne G. Genetics of developmental dyslexia. European Child and

Adolescent Psychiatry 19;179–97:2010.

21) Schumacher J, Hoffmann P, Schmääl C, Schulte-Körne G, Nöthen MM. Genetics of dyslexia : the evolving landscape. *Journal of Medical Genetics* 44;289-97:2007.

22) Taipale M, Kaminen N, Nopola-Hemmi J, Haltia T, Myllyluoma B, Lyytinen H, Muller K, Kaaranen M, Lindsberg PJ, Hannula-Jouppi K, Kere J. A candidate gene for developmental dyslexia encodes a nuclear tetratricopeptide repeat domain protein dynamically regulated in brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100;11553-8:2003.

23) 杉田克生. 特異的発達障害の臨床診断と治療指針作成に関する研究チーム. 稲垣真澄, 編. 特異的発達障害 診断・治療のための実践ガイドライン—分かりやすい診断手順と支援の実際—. 診断と治療社, 27-9 : 2010.

24) Caylak E. A review of association and linkage studies for genetical analyses of learning disorders. *American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics* 144B;923-43:2007.

25) Dahdouh F, Anthoni H, Tapia-Páez I, Peyrard-Janvid M, Schulte-Körne G, Warnke A, Remschmidt H, Ziegler A, Kere J, Müller-Myhsok B, Nöthen MM, Schumacher J, Zucchelli M. Further evidence for DYX1C1 as a susceptibility factor for dyslexia. *Psychiatric Genetics* 19;59-63:2009.

- 26) Sugita K, Uesaka T, Nomura J, Sugita K, Inagaki M. A family-based association study does not support DYX1C1 as a candidate gene in dyslexia in Japan. *International Medical Journal* 18;129-31:2011.
- 27) Brkanac Z, Chapman NH, Matsushita MM, Chun L, Nielsen K, Cochrane E, Berninger VW, Wijsman EM, Raskind WH. Evaluation of candidate genes for DYX1 and DYX2 in families with dyslexia. *American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics* 144B;556-60:2007.
- 28) Cope N, Harold D, Hill G, Moskvina V, Stevenson J, Holmans P, Owen MJ, O'Donovan MC, Williams J. Strong evidence that KIAA0319 on chromosome 6p is a susceptibility gene for developmental dyslexia. *The American Journal of Human Genetics* 76;581-91:2005.
- 29) Hannula-Joupp K, Kaminen-Ahola N, Taipale M, Eklund R, Nopola-Hemmi J, Kääriäinen H, Kere J. The axon guidance receptor gene ROBO1 is a candidate gene for developmental dyslexia. *PLOS Genetics* 1;467-74:2005.
- 30) The International Dyslexia Association (IDA). Attention Deficit / Hyperactivity Disorder (AD/HD) and dyslexia. <http://www.interdys.org/FAQ.htm>
- 31) 北洋輔, 稲垣真澄. 「読み書きの苦手な子」の実情と理解. *教育と医学* 60; 4-15: 2013.

- 32) 稲垣真澄, 小林朋佳. ADHD と LD. 小野次朗, 小枝達也, 編. ADHD の理解と援助. ミネルヴァ書房, 190-7 : 2011.
- 33) Pastor PN, Reuben CA. Diagnosed attention deficit hyperactivity disorder and learning disability: United States, 2004-2006. National Center for Health Statistics. Vital and Health Statistics Series 10 237;1-14:2008.
- 34) Semrud-Clikeman M, Biederman J, Sprich-Buckminster S, Lehman BK, Faraone SV, Norman D. Comorbidity between ADHD and Learning Disability: A Review and Report in a Clinically Referred Sample. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry 31;439-48:1992.
- 35) Wasserstien J, Denckla MB. Tannock R, Brown TE, ed. ADHD comorbidities handbook for ADHD. Complications in Children and Adults. ADHD and Learning Disabilities in Adults: Overlap with executive dysfunction. American Psychiatric Publishing;233-47:2009.
- 36) Altarac M, Saroha E. Lifetime prevalence of learning disability among US children. Pediatrics 119;77-83:2007.
- 37) Nation K, Clarke P, Wright B, Williams C. Patterns of reading ability in children with autism spectrum disorder. Journal of Autism and Developmental Disorders 36;911-9:2006.
- 38) Åsberga J, Dahlgrenb S, Sandberga AD. Basic reading skills in high-functioning

Swedish children with autism spectrum disorders or attention disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders* 2;95–109:2008.

39) 岡牧郎, 竹内章人, 諸岡輝子, 花房香, 荻野竜也, 大塚頌子. 広汎性発達障害と注意欠陥/多動性障害に合併する読字障害に関する研究. *脳と発達* 44 ; 378 -86 : 2012.

40) 秦野悦子. 幼児期の話しことばの発達. 笹沼澄子, 編. 発達期言語コミュニケーション障害の新しい視点と介入理論. 医学書院, 269-88 : 2007.

41) 村石正三, 天野清. 幼児のかな文字習得の過程: 全国調査. 国立国語研究報告 45 : 幼児の読み書き能力. 東京書籍株式会社, 292-7 : 1972.

42) 高橋登. 幼児の言葉遊びの発達: “しりとり” を可能にする条件の分析. *発達心理学研究* 8 ; 42-52 : 1997.

43) Shaywitz SE, Shaywitz BA. Dyslexia (specific reading disability). *Biological Psychiatry* 57;1301-9:2005.

44) Vukovic RK, Siegel LS. The double-deficit hypothesis: a comprehensive analysis of the evidence. *Journal of Learning Disabilities* 39;25-47:2006.

45) Denckla MB, Rudel R. Rapid“automatized” naming (R.A.N.): dyslexia differentiated from other learning deficits. *Neuropsychologia* 14;471-9:1976.

46) Wolf M. Rapid alternating stimulus naming in developmental dyslexias.



Brain and Language 27;360-79:1986.

47) Wolf M, Bowers PG, Biddle K. Naming-speed processes, timing and reading: a conceptual review. Journal of Learning Disabilities 33;387-407:2000.

48) Semrud-Clikeman M, Guy K, Griffin JD, Hynd GW. Rapid naming deficits in children and adolescents with reading disabilities and attention deficit hyperactivity disorder. Brain and Language 74;70-83:2000.

49) RAN/RAS Complete Kit, PAR, inc., Florida,USA.

<http://www4.parinc.com/products/Product.aspx?ProductID=RAN/RAS>

50) The International Dyslexia Association (IDA). Testing and evaluation.

<http://www.interdys.org/FAQ.htm>

51) De Rose M. A Review of the Woodcock Reading Mastery Test-Revised (WRMT-R). TESL Canada Journal 16;86-93:1999.

52) 宇野彰. 小学生の読み書きスクリーニング検査－発達性読み書き障害（発達性 dyslexia）検出のために－. 宇野彰, 春原則子, 金子真人, Wydell TN, 編. インテルナ出版, 2006.

53) 小枝達也, 寺川志奈子, 汐田まどか. 健常児集団における Token test の得点分布について－学障障害診断のための基礎的検討－. 脳と発達 32 ; 25-8 : 2000.

54) 若宮英司, 奥村智人, 水田めぐみ, 栗本奈緒子, 柏木充, 田中啓子, 鈴木周平,

里見恵子, 玉井浩. 読字困難児のひらがな単音読字能力の検討. 小児の精神と神経 46 ; 95-103 : 2006.

55) 橋本竜作, 柏木充, 鈴木周平. 小児の単語速読検査の作成の試み—小学3年生男児を対象とした信頼性と妥当性の検討—. 脳と発達 40 ; 363-9 : 2008.

56) Ramus F, Rosen S, Dakin SC, Day BL, Castellote JM, White S, Frith U. Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain* 126;841-65:2003.

57) 豊巻敦人. 発達性ディスレクシアの認知神経科学的理解—大細胞系視知覚と聴知覚について—. *Japanese Psychological Review* 54 ; 45-53 : 2011.

58) 山崎広子, 矢田部清美, 稲垣真澄. 発達性読み書き障害とその眼科的異常. 神経眼科 27 ; 125-38 : 2010.

59) 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 ; 378-87 : 1999.

60) Snowling MJ. Phonemic deficits in developmental dyslexia. *The Journal of Psychological Research* 43;219-34:1981.

61) 原恵子. 健常児における音韻意識の発達. 聴能言語学研究 18 ; 10-8 : 2001.

62) Tallal P. Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language* 9;182-98:1980.

- 63) Nicolson RI, Fawcett AJ. Automaticity: a new framework for dyslexia research? *Cognition* 35;159-82:1990.
- 64) Wolf M, Bowers P. Naming-Speed Processes and Developmental Reading Disabilities: An Introduction to the Special Issue on the Double-Deficit Hypothesis. *Journal of Learning Disabilities* 33;322-4:2000.
- 65) Vidyasagar TR, Pammer K. Dyslexia: a deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. *Trends in Cognitive Sciences* 14;57-63:2010.
- 66) Galaburda A, Livingstone M. Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences* 682;70-82:1993.
- 67) Livingstone MS, Rosen GD, Drislane FW, Galaburda AM. Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 88;7943-7:1991.
- 68) Vaegan, Hollows FC. Visual-evoked response, pattern electroretinogram, and psychophysical magnocellular thresholds in glaucoma, optic atrophy, and dyslexia. *Optometry and Vision Science* 83;486-98:2006.
- 69) 小林朋佳, 稲垣真澄, 軍司敦子, 矢田部清美, 加我牧子, 後藤隆章, 小池敏英, 若宮英司, 小枝達也. 学童におけるひらがな音読の発達的变化: ひらがな単音, 単語, 単文速読課題を用いて. *脳と発達* 42 ; 15-21 : 2010.

- 70) 新版 K 式発達検査研究会, 編. 新版 K 式発達検査. 京都: ナカニシヤ出版, 2008.
- 71) Snodgrass JG, Vanderwart M. A standardized set of 260 pictures norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory and Cognition* 6;174-215:1980.
- 72) Seki A, Kassai K, Uchiyama H, Koeda T. Reading ability and phonological awareness in Japanese children with dyslexia. *Brain & Development* 30;179-88:2007.
- 73) 稲垣真澄, 小林朋佳, 小池敏英, 小枝達也, 若宮英司. 特異的発達障害の臨床診断と治療指針作成に関する研究チーム. 稲垣真澄, 編. 特異的発達障害 診断・治療のための実践ガイドライン—分かりやすい診断手順と支援の実際—. 診断と治療社, 5-23 : 2010.
- 74) 北洋輔, 小林朋佳, 小池敏英, 小枝達也, 若宮英司, 細川 徹, 加我牧子, 稲垣真澄. 読み書きにつまずきを示す小児の臨床症状とひらがな音読能力の関連—発達性読み書き障害診断における症状チェックリストの有用性—. *脳と発達* 42 ; 437-42 : 2010.
- 75) 小林朋佳, 稲垣真澄, 軍司敦子, 矢田部清美, 北洋輔, 加我牧子, 後藤隆章, 小池敏英. 学童における呼称能力の発達とひらがな読み能力との関連. *脳と発達* 43 ; 465-70 : 2011.

- 76) 早野順一郎. ホルター心電図処理による自律神経活動の分析とその臨床応用－心拍変動の complex demodulation－. *Bio Medical Engineering* 7;38-47:1993.
- 77) 高橋登. 学童期における読解能力の発達過程－1-5年生の縦断的な分析－. *教育心理学研究* 49 ; 1-10 : 2001.
- 78) Denckla MB, Rudel R. Rapid “automatized” naming of pictured objects, colors, letters, and numbers by normal children. *Cortex* 10;186-202:1974.
- 79) Kuba M, Kubová Z, Kremlacek J, Langrova J. Motion-onset VEPs: Characteristics, methods, and diagnostic use. *Vision Research* 47; 189-202:2007.
- 80) Yamamoto H, Kita Y, Kobayashi T, Inagaki M. Deficits in magnocellular pathway in developmental dyslexia: A functional magnetic resonance-imaging electroencephalography study. *Journal of Behavioral and Brain Science* 3;168-78: 2013.
- 81) 小林朋佳, 稲垣真澄, 山崎広子, 北洋輔, 加我牧子, 岡明. 視覚誘発電位を用いた大細胞系機能評価と読字能力の関連性. *脳と発達* 46 ; 2014 掲載予定.