

実践報告

音読・計算・書字の遂行が軽度精神遅滞児に及ぼす効果

—脳活動を考慮した介入—

片桐 惇志¹⁾・石川 真理子²⁾・吉田 甫³⁾

The effect of reading aloud and calculation for a mild mental retardation child.

—The intervention taken into consideration of brain activities —

KATAGIRI Atsushi, ISHIKAWA Mariko, and YOSHIDA Hajime

The present study was investigated in order to examine the effectiveness of reading aloud, writing, and simple calculation for a mild mental retardation child. The participant was a 10 year-old boy and he was diagnosed as mental retardation at the time of 14 months after his birth. His VIQ, PIQ, and FSIQ were 45, 72, and 46. He had been given the interventional programs that included tasks of reading aloud, writing, and simple calculation for one and half years. After 11 months from the beginning of the programs, we measured his brain activities during these tasks by using NIRS (Near-Infrared spectroscopy), and based on these results, we changed the interventional programs in consideration of brain activities. As the result of having changed the programs, the participant's IQ, FAB, and rating of his daily activity increased.

Key words : NIRS, frontal lobe, mental retardation, reading aloud, calculation

キーワード : 近赤外線イメージング装置, 前頭葉, 精神遅滞, 音読, 計算

序論

近年, 学齢期の軽度発達障害児をめぐる教育的サービスは, 特殊教育から特別支援教育へと移行し, 発達障害者支援法の成立に代表される

ように大きく変化している。

文部科学省は2003年3月に「今後の特別支援教育の在り方について(最終勧告)」を発表した。これは言い換えると, 日本の特殊教育の大きな転換であり, ようやく発達障害児にも光が当てられてきたといえるのではないだろうか。

世界保健機構(WHO)によれば, 学習障害を含む特異的発達障害と自閉症を中心とする広汎性発達障害を, 発達障害と呼称している。具体的には, 自閉症(Autistic Disorder)・注意欠陥/多動性障害(ADHD)・学習障害(LD)などをさすが, これらの子どもたちの特徴は,

1) 片桐惇志 立命館大学文学部博士課程前期課程

2) 石川真理子 立命館大学人間科学研究所客員研究員

3) 吉田 甫 立命館大学文学部教授

本研究は, 文部科学省オープンリサーチセンター整備事業「臨床人間科学の構築」(平成17-21年度, 代表 望月 昭)による補助, 日本学術振興会の科学研究費(No.15530439)(研究代表は吉田 甫)による補助を受けて行われた。

特定の学習に困難を示したり、自分の行動を抑制できないという多動性にある（中根，1999）。自閉症やADHDなどについては、さまざまな症状を示すこともあるためか、さまざまな原因が仮定されており、未だ統一的な見解は示されていないようである。しかし、脳機能、とくに前頭葉に大きな問題があることは、共通に指摘されている（中根，1999；高木，2003）。

本研究は前頭前野と、前頭前野が関与する高次の認知機能に注目し、脳科学の研究成果からアプローチするものである。前頭前野は、実行機能と呼ばれる抑制・プランニング・ワーキングメモリ・セットの変更などの高次認知機能と関連する領域である。この前頭前野に何らかの問題が生じた場合、感情やパーソナリティ・意欲・行動・認知という4つの側面で変化が生じることが指摘されている（Stuss and Benson, 1984）。発達障害においても、前頭前野の機能や実行機能の多くの側面で健常児と比較して問題があることが示されている（Hill, 2004）。

ところで川島（2002）は、脳機能イメージングの方法を用いて、人間が様々な認知的活動を行っている際の脳活動を計測した。これらの結果を前頭前野の活動という点から解析したところ、複雑な課題や困難な課題を遂行している際には前頭前野はあまり活性化しておらず、逆に小学校低学年の子どもが行うような単純な課題を遂行する場合の方が、前頭前野は大きく活性化されることがみいだされた。この前頭前野を効果的に活性化させる課題とは、①文章を音読すること②1桁の計算をすること③字を書くことであった。

そうした課題は、前頭前野を活性化することができることが証明されたので、前頭前野の機能が低下した人を対象としてこれらの課題による学習を行うことは、前頭前野が支配するさまざまな能力をある程度回復させるということが予想できる。そこで、吉田らは、認知能力が低

下した認知症の高齢者を対象にした介入を行い、前頭葉機能を測定する神経心理学的検査の1つであるFABを用いて、介入直後と介入半年後の変化を検討する研究を行った。その結果、学習群は事後にかけて有意に全体としてのFAB得点が上昇し、査定のみを受けた対照群では有意に減少していた。また学習群では、FABの下位項目である抽象化・抑制・行動プログラミングなどにおいて明らかな上昇が認められている（吉田・川島・杉本他，2004；Kawashima et al., 2005；吉田・大川・土田，2003，2004）。

また筆者の一人である石川は、認知症高齢者に効果が認められた音読・計算・書字の反復を、学齢期児童に実践介入しその効果を検討した。小学5年生を対象に、児童が簡単だと感じるレベルの音読・計算・書字の反復学習を半年間実施した結果、学力の向上を報告している（石川，2003）。

アルツハイマー型の認知症患者で見られる様々な課題の能力低下についてClare & Woods（2001）は、脳の前頭前野と関連した実行機能の不全との関連が強いと指摘している。前述のように、発達障害児は脳に何らかの問題があり、それが発達の遅れにつながっていると考えられている。吉田・大川・土田（2005）では、音読・計算・書字の介入により認知症高齢者で改善が認められた側面は、前頭前野機能と非常に関連が強い側面であることから、こうしたアプローチが前頭前野に問題を抱えるその他の人、例えば発達障害児にも適用できる可能性を示唆している。つまり、発達障害児がこれらの課題による学習を継続することは、彼らの前頭前野を活性化させることになり、その結果として前頭前野が支配している機能、例えば認知能力、知的能力などの機能を改善させることが考えられる。そこで、本研究では、1名の軽度精神遅滞児を対象にして、これらの課題を与えて対象児

の認知能力などが改善されるかどうかを目的とする研究を行った。

さて、上記のような介入を行っている途中で、対象児に最適な形で課題を提示しているかどうかという疑問が生じた。つまり、本研究では、音読・計算・書字の課題を用いて介入を行っているが、対象児は、音読を最も好み、書字を苦手としていた。さらに計算では、たし算は得意であるが、ひき算には抵抗感を持っていた。介入課題を設定するさいに、本人のこうした得意・不得意といった意識に従って介入課題を提示することも1つの戦略であろう。しかし、われわれは、この問題を脳活動の観点から解決できないかと考えた。つまり、さまざまな課題の中でどのような課題が対象児の前頭前野を活性化しているかを検討し、その結果に応じて提示する課題を選択するという戦略である。この目的を検討するために、NIRSによる脳計測を行った。

方法

1. 対象者

神戸市立F小学校の障害児学級に在籍する小学4年生の男児が対象となった。彼は1歳4ヶ月時（H9.2）に発達遅滞と診断されている。既往歴としては喘息発作やクルップ症候群があり、幼児期には入院を経験している。

小学1年時より障害児学級に在籍し、一見うまく順応しているようであるが、理解できないことに直面すると泣き叫ぶ時がある。また、通常学級の中で過ごしたい気持ちが強いが、興味を持ったものに触ったり試したりと、突発的な行動が多いため支援が必要である。7歳2ヶ月の頃、WPPSI知能診断検査を実施、VIQ=45以下、PIQ=72、IQ=46で中程度の遅れと診断されている。

2. 実施期間

2004年9月～2006年3月までの1年6ヶ月間に渡り行った。

3. 実施場所

F小学校の障害児学級にて実施した。

4. 課題

介入開始から11ヶ月間は、対象児のレベルに合うと思われる音読・計算・書字の課題を作成し実施した。音読では、2年生までに履修済みの漢字をおりませた文章を用いた。計算では、1桁のたし算から行い、スモールステップで段階的にレベルが高くなる課題を作成した。書字については、1年生時に履修した漢字の熟語からスタートし、2年生・3年生時に履修したものとレベルが上がっていく課題を作成した。

また後述する脳活動の計測後には、脳活動が高かった絵本の音読と、球団の阪神タイガースについての記事を導入し、逆に脳活動が低かった計算課題のひき算は取りやめた。

5. 検査

音読・計算・書字の反復練習の効果を測定するために、知能・前頭葉機能・日常生活における活動という3つの側面について検査を行った。知能検査としては、日本版WISC-III知能検査法（以下WISC-IIIと略記）及び京大NX8-12（新訂京大NX8-12第1版）を用いた。前頭葉機能検査としては、Frontal Assessment Battery at bedside, (Dubois et al., 2000; 以下FABと略記)を用いた。日常生活での活動を評定する検査は、家庭での活動を評定する検査として適応行動尺度 (Adaptive Behavior Scale; 以下ABSと略記) と、学校での活動を評定する検査としてLD児診断のためのスクリーニングテストであるThe Pupil Rating Scale Revised (以下PRSと略記)を用いた。

WISC-Ⅲ, FAB, ABS, PRSに関しては介入開始前から検査を行ったが、京大NX8-12は後述する脳活動計測の結果を元にした介入の効果測定を行う目的で導入した。

京大NX8-12を新たに導入した理由としては、以下の点が挙げられる。まず、京大NX8-12はWISC-Ⅲと比較して短時間で実施できることにある。学校の授業は1校時が45分であり、WISC-Ⅲを実施することは困難であったが、京大NX8-12は1校時で終了させることができる。また臨床現場で信頼性を高めるため、京大NX8-12はWISC-Ⅲと併用し、知能検査バッテリーとして利用されることもある。

こうした理由から、WISC-Ⅲの他に、新たに京大NX8-12を用いた。

6. 手続き

音読・計算・書字の反復学習は毎週月曜日から金曜日にかけて、朝の会終了後に10分間行った。取り組む内容は曜日毎に時間割によって決め、音読・計算は週2回、書字は週1回行った。

また単に課題を行わせるだけではなく、対象児の意欲を喚起させるために、対象児が行った課題の即時採点をし、対象児への正の強化となるための励ましや課題の取り組みをほめることを重視した。

介入開始から11ヵ月後に、対象児が課題を行っている際の脳活動の計測を行った。

この結果をもとに課題を変更した。具体的には、対象児にとって前頭葉の活動量が大きかった課題については実施回数を増やし、逆に前頭葉の活動量が小さかった課題は実施回数を減らすという変更を行った。

7. 脳活動の計測

7-1. NIRSについて

介入開始から11ヵ月経過した時点(2005.8)で、小学校の夏季休業期間を利用し、対象児に

とって最適な反復練習の課題を検討し、より効率的な介入につなげるために、対象児が音読・計算・書字の課題を行っている際の脳活動を計測した。脳活動を計測する機器として、近赤外線光イメージング装置(Near-Infrared spectroscopy;以下NIRS, OMM3000, 島津製作所製)を用いた。この装置は780nm, 800nm, 830nmという3波長の近赤外光を用いて、脳活動に伴う脳表面の血流量の変化を計測できる機器である。この装置の利点としてはfMRIやPETと比較して、身体的拘束性が低いことが挙げられる。反面、NIRSは脳の各部位を正確に計測できる精度(空間分解能)が低いという欠点がある。fMRIではmm単位での計測ができるが、NIRSの空間分解能はcm単位である。さらにNIRSのみでは脳の正確な部位を同定することが難しいという問題点もある。これら問題点はあるものの、NIRSはより自然に近い条件で脳活動の計測が行えることから、臨床場面や脳科学以外にも、教育学などでも用いられている(例えば黒田, 2003)。

本研究では、図1のように12個の前頭葉相同部位を計測した。計測した各部位をそれぞれ1チャンネル~12チャンネルとした。図1において四角で表示された部位は、近赤外光の送受信を行う光ファイバを設置した部位である。そして光ファイバの間に囲まれた円の部分が、計測

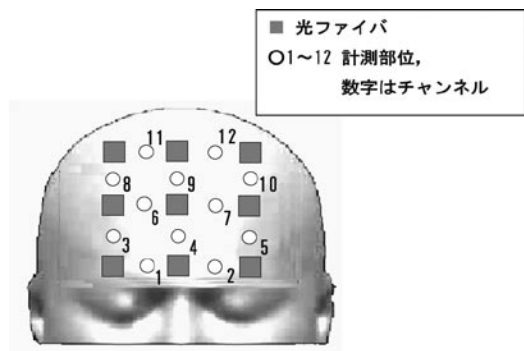


図1 計測対象となった脳部

対象となった部位である。計測を試みた全12チャンネルの内、計測が可能だった部位は図1の6チャンネル・7チャンネル・9チャンネルの3つのみであった。これら計測可能であった部位は、中前頭回相同部位と考えられる。

7-2. データの解釈

前述の通り、NIRSは脳活動に伴う脳表面の血流量の変化を計測できる。計測する指標は、血液中の酸素を多く含む酸素化ヘモグロビン(以下オキシ)、脳細胞に酸素を受け渡した後の脱酸素化ヘモグロビン(以下デオキシ)、そして両者の総和である総ヘモグロビンの3つである。

この内、主に分析対象となるのはオキシとデオキシである。脳活動が見られる際の両者の典型的な変化パターンを示したものが図2である。課題の開始とともに実線で表されているオキシが増加している。これは脳表面の脳細胞で活動が起こると酸素が必要となり、酸素を多く含むオキシが毛細血管に流入するためである。このように脳活動が起こる際にはオキシは増加する反面、破線で示されているデオキシは低下する。これは酸素を細胞に受け渡したデオキシが、脳表面の毛細血管からより脳の深部にある太い静脈へと流出するために計測が不可能となり、見かけ上減少するためであると考えられている。

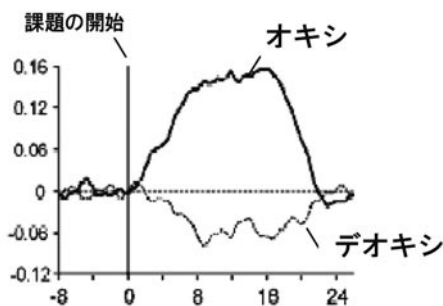


図2 NIRSで計測される脳活動の典型的な活動パターン

(Tsujiimoto et al., 2004より加筆)

7-3. 脳活動計測に用いた課題

音読については対象児が好きな絵本を用いた。さらに阪神タイガースについての新聞記事を、A4サイズにワードプロセッサで打ち直したものを音読課題として用いた。これは、対象児が阪神タイガースのファンであったことから導入したものである。

計算には、1桁同士のたし算とひき算を用いた。書字については2年生で履修した漢字の書きとりを行わせた。

7-4. 脳活動計測の手続き

まず対象児の頭に図1のように光ファイバを取り付け、対象児が普段行っている音読・計算・書字の課題を行わせた。各課題の実施時間はそれぞれ90秒とした。計測は、たし算・ひき算・漢字の書き取り・絵本の音読・阪神タイガースの記事の音読の順に行った。また各課題を行う前後には、対象児の脳活動を落ち着けるために、安静閉眼状態にさせる時間を30秒程度設けた。

結果

1. 各チャンネルの脳活動の結果

図3・図4・図5はそれぞれ、6チャンネル・7チャンネル・9チャンネルにおける、各課題の脳活動を示したものである。

図3は、6チャンネルにおける各課題の脳活動を示したものである。音読においてオキシが上昇しデオキシが低下するという脳活動が見られた。特に絵本の音読についてはこの脳活動のパターンが、課題の開始直後から顕著に見られた。阪神タイガースの記事の音読では、オキシの上昇よりもデオキシの低下が顕著であった。絵本の音読と阪神タイガースの記事の音読を比較すると、絵本の音読の方が脳活動は高かった。計算については、ひき算で課題の開始直後にオキシが上昇しデオキシが低下するという脳活動が

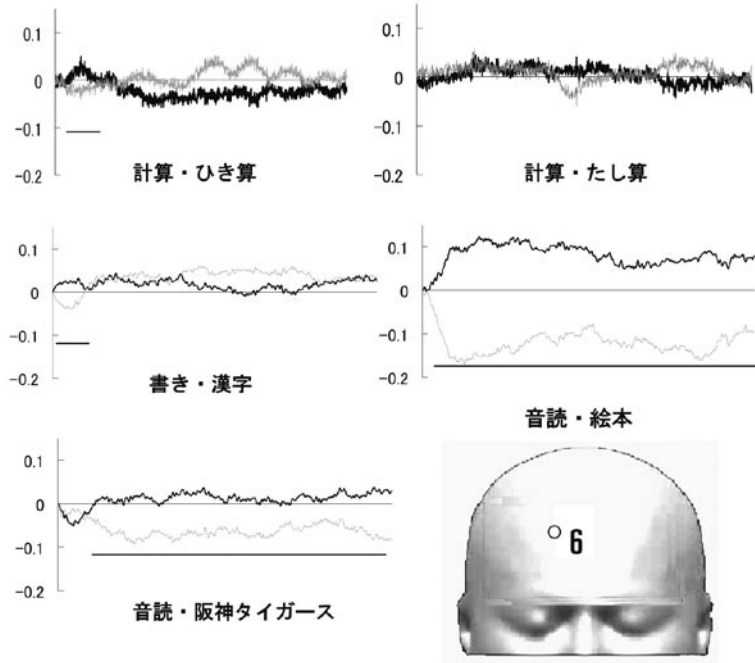


図3 6チャンネルにおける各課題の脳活動
図の下線部は脳活動が見られる箇所

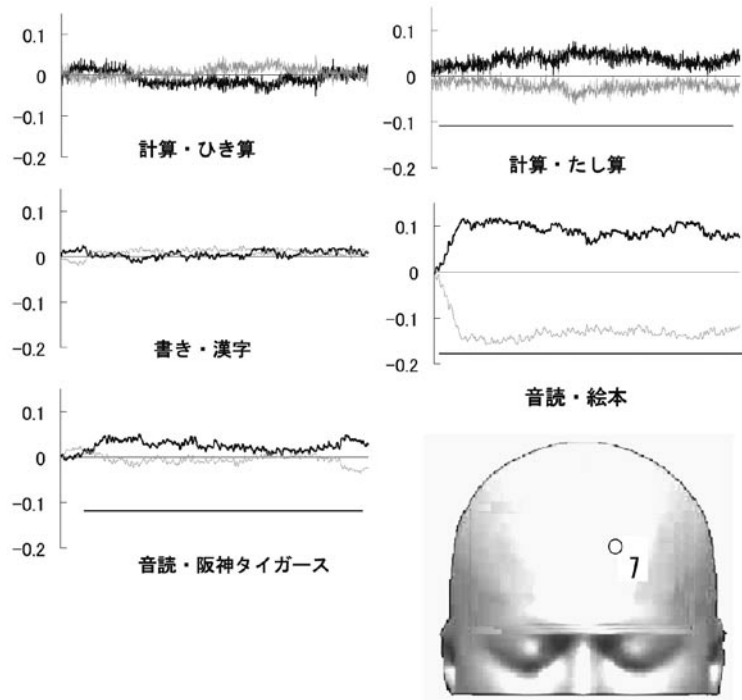


図4 7チャンネルにおける各課題の脳活動
図の下線部は脳活動が見られる箇所

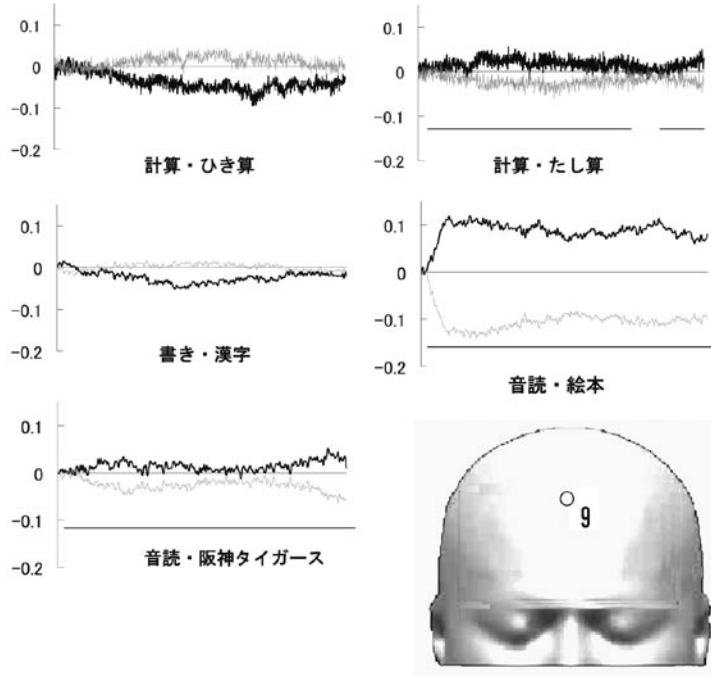


図5 9チャンネルにおける各課題の脳活動
図の下線部は脳活動が見られる箇所

見られたが、その後オキシが低下した。たし算については、オキシとデオキシが両方ともほぼ同じ変化を示しており、脳活動は見られなかった。漢字の書き取りでは、ひき算と同様に課題の開始直後に脳活動が見られたが、その後オキシが低下し、脳活動は見られなくなった。

図4は、7チャンネルの各課題における脳活動を示したものである。6チャンネルと同様に音読、特に絵本の音読での脳活動が顕著に大きかった。計算では、たし算において脳活動が見られたが、ひき算では活動がほぼ見られなかった。漢字の書き取りについては、6チャンネルと同様に脳活動はほとんど見られなかった。

図5は、9チャンネルの各課題における脳活動を示したものである。6チャンネル、7チャンネルと同様に、絵本の音読における脳活動が最も高かった。また計測された3つのチャンネルで共通して、絵本の音読の活動パターンには、課題開始直後からオキシが増加し、反面デオキシ

シが低下するという脳活動パターンが見られた。阪神タイガースの記事の音読とたし算についても、9チャンネルではある程度の活動が見られた。これら2つの課題では、課題の後半で一度オキシが低下するが、再度増加するという傾向が見られた。ひき算と漢字の書き取りに関しては、オキシの増加はほとんど見られず、反対にデオキシの増加が見られた。

2. 脳活動のまとめと介入の変更

本研究における各課題の脳活動をまとめると次のようなことが言える。

音読については、計測された全ての部位で脳活動が認められた。特に対象児が好きな絵本の音読で全ての部位において脳活動が高く、課題開始直後からオキシが増加し、反面デオキシが低下するという脳活動パターンが見られた。そしてこの脳活動は課題開始から終了まで高い水準で保たれていた。また阪神タイガースについて

の音読でも、絵本の音読ほどではないがある程度の脳活動が見られた。

計算では7チャンネルと9チャンネルにおいて、たし算の脳活動が認められた。この脳活動のパターンは課題開始から増加した脳活動が、課題の後半で一度低下し再度増加するというものであった。しかしながらひき算では6チャンネルと7チャンネルにおいて、課題の開始直後に多少の脳活動が見られたが、全体的にはあまり脳活動は見られなかった。

漢字の書字については、全てのチャンネルでほとんど活動が見られなかった。

これらの結果から、対象児が好きな課題、もしくは得意な課題では脳活動は高まり、逆に嫌いな課題、不得意な課題では脳活動はあまり見られないことが分かった。そこで2学期以降の介入については、音読課題を絵本の音読・阪神タイガースの音読に差し替えた。計算については、脳活動が低かったひき算の実施を取りやめ、脳活動が認められたたし算のみを行わせることとした。漢字の書き取りについては、脳活動は見られなかったものの、漢字の学習のために継続した。

2. 知能・前頭葉機能・日常生活における変化

表1は、対象児の知能・前頭葉機能・日常生活の変化を示したものである。

知能検査(WISC-Ⅲ)においてはIQが3低

下した。前頭葉機能においては、脳活動を計測し介入の内容を変更するまで点数の変化はなかったが、脳活動計測後には向上した。日常生活においては、PRSでは脳活動計測前後で変化は見られなかったが、ABSにおいては向上した。

また、脳活動計測に伴う介入の変更後の、対象児の変化をより詳細に検討するために導入した京大NX8-12では、介入変更直後75であった知能が、3ヵ月後には83、5ヵ月後には93に上昇した(表2)。

考察

本研究では軽度精神遅滞児に対して、音読・計算・書字の反復練習を長期間に渡り行った。また対象児がこれらの課題を行っている際の脳活動を計測し、その結果を元に介入の内容を変更した。

音読・計算・書字を行っている際の対象児の脳活動を計測した結果、音読の脳活動が最も高かった。この結果は、音読を行っている際の脳活動が最も高いとする川島(2002)の結果を支持するものである。しかしながら音読課題の中で、絵本の音読と阪神タイガースの記事の音読との間で脳活動に違いがあった。これは課題の難易度による可能性がある。阪神タイガースの記事についての音読は、新聞記事を用いたために絵本よりも漢字が多く含まれていた。文章に

表1 知能・前頭葉機能・日常生活の変化

	pre	脳活動計測前	脳活動計測後(06年12月)
知能(WISC-Ⅲ; IQ)	76		73
前頭葉機能(FAB, 満点18)	9	9	12
日常生活・家庭(ABS, 満点100)	67	73	77
日常生活・学校(PRS, 満点120)	52	68	68

表2 京大NXの変化

	脳活動計測直後	脳活動計測3ヵ月後	脳活動計測5ヵ月後
知能(京大NX8-12; IQ)	75	83	93

含まれていた漢字の量の違いが脳活動の違いとなった可能性がある。

計算においても、たし算と引き算の間で脳活動に違いが見られたが、これも対象児にとっての課題の難易度を反映している可能性がある。

漢字の書字については、計測された全てのチャンネルで脳活動が見られなかった。これは、本研究において計測可能だった脳部位が中前頭回相同部位のみに限定されていたことによる可能性がある。川島（2002）では、書字において中前頭回の活動は見られていない。書字課題では本来、中前頭回は活動しないため、本研究では見かけ上、脳活動が見られなかった可能性がある。

これら各課題に対する脳活動の結果をまとめると、対象児が好きな課題では脳活動が高まり、苦手とする課題では脳活動が見られなかったと言える。対象者の課題に対する嗜好と脳活動との関連は今後より詳細に検討する必要があるが、単に課題を行わせるだけではなく、対象者の課題に対する得意、不得意や嗜好を考慮して介入を行う際には、大きな意味があると本研究から示唆される。

本研究では対象児の脳活動の結果を考慮し、2学期以降の介入を脳活動が高い課題へと変更した。その結果、京大NX8-12・前頭葉機能検査（FAB）・日常生活（ABS, PRS）において向上が見られたが、WISC-IIIでは低下した。自然な発達や練習効果も考慮する必要があるが、特に前頭葉機能検査（FAB）における向上は吉田・大川・土田（2004）や、吉田・川島ら（2004）の結果と一致する。また、対象児の知能がWISC-IIIでは低下したものの、京大NX8-12では5ヶ月間でIQが18上昇するなど、知能・前頭葉機能において確実な向上が認められた。

こうした結果から、音読・計算・書字の反復による介入を行う際に、対象者の課題遂行時の

脳活動を考慮して、より個人に合わせた介入を実施することには効果があると示唆される。また前頭葉機能・認知機能以外にも、ABS・PRSで向上が見られたことから、発達障害児に対する音読・計算・書字の個別的で適切なアプローチにより、日常生活レベルでも向上が期待できることを示唆している。

吉田・大川・土田（2003, 2004）では、高齢者を対象とした音読・計算・書字の反復による介入において、課題にレベルを設け、対象者に合わせそれらの課題を使い分けている。高齢者に対する音読・計算・書字による介入においても、対象者の行動のみを考慮して課題を設定するだけではなく、本研究のような脳活動も考慮にいった課題の設定を行えば、より効果的な介入が出来る可能性がある。

引用文献

- Clare L., & Woods, R.T. (2001) Cognitive rehabilitation in dementia. Psychology Press.
- Hill, E. L. (2004) Evaluating the theory of executive dysfunction in autism. *Developmental Review*, 24, 189-233.
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, B., & Pillon, B. (2000) The FAB A frontal assessment battery at bedside. *NEUROLOGY*, 55, 1621-1626.
- 石川眞理子（2003）認知リハビリテーションによる学習療法の効果 —高齢者の痴呆抑制と小学児童の学力向上の検討—. 2003年度立命館大学文学部卒業論文.
- Kawashima, R., Okita, K., Yamazaki, R., Tajima, N., Yoshida, H., Taira, M., Iwata, K., Sasaki, T., Maeyama, K., Usui, N., & Sugimoto, K. (2005) Reading aloud and arithmetic calculation improve frontal function of people with dementia. *Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 60, 380-384.
- 川島隆太（2002）高次機能のブレインイメージング. 医学書院
- 黒田泰史（2003）脳内の血液動態を指標とした立体図形の再現課題と創作課題の差異. 数学教育学会誌,

- 44, 83-91.
- 中根晃 (1999) LDと自閉症. 小児の精神と神経, 39, 51-57.
- Stuss, D.T. & Benson, D.F. (1984) Neuropsychological studies of the frontal lobes. *Psychological Bulletin*, 95, 3-28.
- 高木隆郎 (2003) 自閉症と自閉症と発達障害研究の進歩. 7, 星和書店.
- Tsujimoto, S., Yamamoto, T., Kawaguchi, H., Koizumi, H., & Sawaguchi, T. (2004) Prefrontal Cortical Activation Associated with Working Memory in Adults and Preschool Children: An Event-related Optical Topography Study. *Cerebral Cortex*, 14, 703-712.
- 吉田甫・川島隆太・杉本幸司・前山克次郎・沖田克夫・佐々木丈夫・山崎律子・田島信元・秦羅雅登 (2004) 学習課題の遂行が老年期痴呆患者の認知機能に及ぼす効果老年精神医学雑. 5, 319-325.
- 吉田甫・大川一郎・土田宣明 (2003) 痴呆を伴う高齢者に対する認知リハビリテーションの効果に関する予備的研究. 立命館人間科学研究, 6, 1-9.
- 吉田甫・大川一郎・土田宣明 (2004) 音読・計算課題の遂行とコミュニケーションの要因が老年期痴呆患者に対する影響に関する研究: 予備的分析. 立命館人間科学研究, 7, 109-118.
- 吉田甫・大川一郎・土田宣明 (2005) コミュニケーション・行動障害を伴い発達障害児に対する介入研究: 序章. 立命館人間科学研究, 9, 107-119.
- (2006. 5. 8 受稿) (2006. 7. 26 受理)