

本ガイドラインは次ページのように三部構成となっている。ガイドラインの中核となるのは第三部の三次医療機関における医学的検査である。なお専門医療施設において医学的検査を行うとすれば、①正確な

診断に必要であること、②原因疾患や併存疾患を見落とさないようにすること、③治療やその後の対応についての情報が得られること、④遺伝子検査など倫理面の問題が解決されていること、⑤実施が比較

二次医療機関（総合病院小児科）

- 発達の遅れの確認。合併症の診断自閉性障害の有無の確認
- 自施設で実施可能な検査や得られる結果の意義を説明し、検査を実施することのメリット、デメリットにつき家族と相談する。診察・検査の結果および診断を説明し、療育・教育関係者とその後の対応について情報交換を行う。
- 療育・教育関係者とその後の対応について情報交換を行う。
- 自施設で実施が不可能であった検査や紹介可能な専門医療機関について情報を提供し、患者家族の意向を確認する。

- 身体診察：顔貌、外表奇形の有無、神経学的診察
- 発達の遅れの評価：領域や程度、障害特性
- 医学的検査
 - ・ 発達検査（遠城寺式・津守稲毛式など）
 - ・ 血液検査（血算、生化学）、尿検査
 - ・ 脳波
 - ・ CTまたはMR
 - ・ 聴力検査（純音聴力検査、語音聴力検査聴性脳幹反応、耳音響放射）

三次医療機関（小児神経・発達障害専門施設）

的容易であることの五条件を絶えず念頭におかねばならないと思われる。

1. ガイドライン作成の背景

- 発達の遅れの原因や病態を明らかにし、診断を確定する。
- 結果および診断を説明し、療育・教育関係者との対応や情報交換する。

■医学的検査

▼必須

- ・発達・知能検査：
- ・染色体検査（Gバンド、FraX染色体、その他）
- ・誘発電位等（聴性脳幹反応、耳音響放射の確認、視覚誘発電位等）

▼できれば実施が望ましい

- ・SPECT
- ・事象関連電位

▼疑う所見があれば実施するのが望ましい

- ・代謝・内分泌検査
- ・心機能検査
- ・生検

特異的発達障害の診断・治療ガイドライン

稲垣 真澄¹ 小枝 達也²

はじめに

2002年の文部科学省の全国小中学校実態調査によると、通常学級の6.3%の児童生徒に学習障害(learning disorders; LD)や注意欠陥/多動性障害(attention deficit/hyperactivity disorders; AD/HD)などの発達障害が疑われると指摘された。実態はどうか、医学的疾患としてとらえられるのか、的確な診断・治療のためにはどのようにしたらよいのか、というリサーチクエストを受けて、2007年度から「神経学的基盤に基づく特異的発達障害の診断・治療ガイドライン策定に関する研究」班が厚生労働省精神・神経疾患研究委託費課題としてスタートした。ワークショップでは2年間の研究成果を元に、診断、実態調査、検査法、支援法に関する研究の現況が述べられたが、本稿ではその内容を要約した。

I 臨床検査法とその異常

特異的発達障害の一つである発達性読み書き障害(developmental dyslexia; DD)は、知的発達が正常かつ本人の勉強意欲が充分あり、教育環境の問題もみられないにもかかわらず、文字(平仮名、漢字)の読み書きに特異的な障害を持ち、学業や生活に支障が生じている状態を指す。読みにおける正確性かつ/または流暢性の機能障害が指摘されているが、医学的診断に有用な読み機能検査法がこれまで存在しなかった。そこで、小学校普通クラスに在籍する児童の平仮名読み能力を明らかとすること、および読みのつまずきを主訴に外来受診した児童・生徒の「読字」「書字」の症状を尋ねることにより、DDの「診断手順」を作成することを目指して研究を行った。音読検査として、1)単音連続読み検査、および2)単語速読検査と3)単文音読検査を作成し、通常学

級の児童に音読を求めた。また、読み書きのつまずきを主訴に受診した児童生徒の保護者に対して「読字」「書字」の症状チェック表を質問し、上記音読検査と知能検査(WISC-III)との関連を検討した。

単音連続読み検査音読時間は性差のない発達の変化がみられ、小学校5年、6年は他学年より有意に早かった。また、誤読数は全般的に少なく、陽性例は特殊音節(拗音、濁音、半濁音)の誤りが目立った。有意単語速読検査では1年生で有意に遅く、学年とともに早くなった。無意味語音読時間も1年から4年まで徐々に早くなった。単文音読検査でも1年が有意に遅く、その後早くなり、5年と6年は類似し、発達的に変化した。

症状チェック表と読み能力の関連では、平均学年4年、平均知能指数92を示した98名の保護者へのチェック表の信頼性分析では「読字」「書字」各13項目で α 係数0.72~0.82を示し、十分な信頼性があると判断された。児童生徒の音読検査全体では健常値比較で2.5~3.3SDと高く、全ての検査で成績低下を認めた児童が32%いる一方、健常値と異常値の混在も40%認められた。症状チェック表の該当項目数は児童の平仮名読み能力を推測し、読み書きのつまずきを主訴に外来受診する児童のスクリーニングに有用であることが示唆された。今後は、「読字」の5ないし6項目が該当する場合は、音読検査を行ってDD診断を進めていく手順が示された。

(国立精神・神経センター精神保健研究所知的障害部
稲垣真澄)

II 実態調査

わが国において読字障害(Reading Disorder/Disability; RD)がどのくらい存在するののかについて、信頼できるデータは少ない。これまで諸外国で報告された有病率は、おおむね3~15%の範囲内にあるが、英語圏では多く、他の言語圏では少ないともいわれる。文部科学省によれば通常学級の中に軽度発達障害児は6%程度在籍するとされるが、この数字は高機能自閉症、LDおよびAD/HDの疑いのある児童を合わせたものであり、RD児の有病率はそれより低いと予想される。RD児をスクリーニングするための通常学級担任教師用質問紙を開発し、仙台市の小学生を対象とする母集団調査を実施して、RD(疑い)児の推定有病率を明らかにすることとした。

「読みにつまずきのある児童」を評価する教師用質問紙を

見出し語 発達性読み書き障害、平仮名音読検査、疫学、機能的MRI検査、漢字読字書字支援

¹ 国立精神・神経センター精神保健研究所知的障害部

² 鳥取大学地域学部地域教育学科発達科学

連絡先 〒187-8553 小平市小川東町4-1-1

国立精神・神経センター精神保健研究所知的障害部

(稲垣真澄)

E-mail: inagaki(a)ncnp.go.jp

(受付日: 2009. 6. 23)

作成し、福岡県内の2小学校において予備調査を行い、項目の信頼性を検証した後、この質問紙を用いて仙台市における小学校児童の母集団調査を行った。行政区と学校規模から調査対象校を層化抽出し（特別支援学校を除く）、該当校の全学年通常学級在籍児童の中から担任教師が「読みにつまずきのある児童」を抽出し、その児童について質問紙に回答するという手続きをとった。質問紙は無記名で、児童の学年と性別のほか、A. 読みに関する8項目、B. 認知・行動面の特徴に関する4項目、C. 国語と算数の学力に関する2項目、D. 特記事項（知的障害、LD、AD/HD、広汎性発達障害（pervasive developmental disorders; PDD）の有無等）4項目、E. 回答者の属性3項目であった。

本調査では、全学校数126校（児童数54,543名）から22校が抽出され（抽出率17.5%）、そのうち21校（児童数8,510名）から回答があった（回収率95%）。このうち、担任教師が「読みにつまずきがある」と認めた児童は272名で、有効回答は271名分であった。ここで、RD（疑い）児の判定基準として次の3つを設けた。基準1：読み書きに何らかの問題があり、かつ、知的障害がない（推定含む）者、基準2：基準1を満たし、かつ、「文の音読」が「やや困難」あるいは「困難」な者（Aの8項目についてノンパラメトリック項目応答理論による分析から設定）、基準3：基準2を満たし、かつ、国語に「2学年以上の遅れがある」者（1・2年生では、「他児に比べ明らかに遅れている」者）。その結果、基準1を満たした者は232名（2.7%）、基準2を満たした者は184名（2.2%）、基準3を満たした者は62名（0.7%）であった。また、すべての基準において男女比は約3：1であったが、最初の抽出段階で教師によるバイアス（男児の読み能力が女児より低く評価される傾向）がかかった可能性もある。今後、質問紙と読字障害診断手順を併行実施し、推定値および判定基準の妥当性を検証する必要がある。

（東北大学大学院教育学研究科 細川 徹）

Ⅲ 非侵襲的脳機能画像所見の特徴

機能的MRIをはじめとする非侵襲的機能画像法は、侵襲が少なく繰り返し検査を行うことができるため発達経過や治療的介入に伴う変化を追うことが可能であり、発達障害のメカニズムの解明や治療法の開発における有用な研究手法となりうる。DDの罹病率の高い欧米では、すでに多くの機能的MRI研究が行われコンセンサスのある知見が得られている。すなわち、英語をはじめとするアルファベット言語では、音韻処理を行う左頭頂側頭部の活動が初期の読みに、単語の形態認識を行う左紡錘状回が習熟した読みに関わるが、発達性読み書き障害児では左頭頂側頭部と左紡錘状回の両者の活動が不良である。

日本語においては、読みの習熟に伴う脳活動の発達の变化については報告がなく、発達性読み書き障害の神経基盤に関する研究も極めて少ない。関らは仮名の読みの習熟に伴う脳

活動の発達の变化の確認と読字障害児の神経基盤にもとづく類型化を目的に、仮名の読みの習熟過程にある学童期の健常児および読み障害児を対象とする機能的MRI研究を行った結果を報告した。

対象は通常学級に在籍する小学2～6年生20名で、全例に研究班で作成した音読課題を行い、①学年平均の2SD以上の項目が2項目以上存在する、②臨床症状のチェックで読字・書字における困難が複数存在する、をともに満たす者を読み障害群とした。11名が健常児群、9名が読み障害群（うち既診断7名）に分類された。機能的MRIはひらがな単語の黙読（絵とのマッチング）を課題とした。NTTデータベースより音声単語親密度5以上の単語を選び、小学2～6年生40名に平仮名で書いた時の親密度を5件法で尋ね、高親密度10語（a）および低親密度語10語（b）を選出した。これらの単語とモーラ数の一致する偽単語20語（c）、非単語20語（d）、および無意味図形列20個（e）をランダムに提示し、絵と一致するかを判断させた。撮像はSIEMENS MAGNETOM Symphony 1.5 Tを用い、Gradient Echo EPI法（TR 4秒）により行った。1セッションは25刺激（約4分）とし、4セッションに分け、解析はSPM5を用い、刺激語の種類（a～d）による賦活部位を求めたのち、グループ解析により読み障害群の群間比較、音読課題成績との相関を検討した。

仮名文字（a + b + c + d）で賦活を認めた部位は、両側前頭回、頭頂葉下部、紡錘状回であった。健常児群では、読み障害児群に比べ両側紡錘状回および左中脳～橋に強い賦活を認めた。健常児群において、左頭頂葉下部の活動が単音連続読みの音読時間の短縮と有意な相関を示したが、読み障害群では、症例による異なる結果であった。高親密度語と非単語の比較（a - d）では、健常児群では左紡錘状回により強い賦活を認めたが、読み障害児では有意な部位を認めなかった。

以上より、音韻処理を行う左下頭頂小葉の活動が仮名の音読能力の向上と関連することが確認された。また、健常児では高親密度語で左紡錘状回に強い活動を認め、この部位が仮名单語の習熟した読みに関ることが示唆された。読み障害群では、左紡錘状回下頭頂小葉の活動が不良であった。表音文字である仮名については、アルファベット言語と同じ神経基盤が関与するといえる。

（鳥取大学地域学部地域教育学科発達科学 関あゆみ、内山仁志、小枝達也）

Ⅳ 読み書き障害の指導と治療—大阪医科大学LDセンターのアプローチ

読み書き障害に対する大阪医科大学LDセンターの取り組みを紹介した。

学習困難の訴えには、学習の基本的技能の障害（学習障害）だけでなく、全般的知的発達の遅れや注意集中障害、学習に対する姿勢の未修得など発達障害全般に広く認める問題が関与していることが多い。学習に関する訴えを外来で整理し、

学習技能や認知能力の検査結果とあわせて鑑別診断する。必要があれば、眼科、耳鼻科への紹介、画像や生理検査、合併する発達障害やその他の医療処置を必要とする問題点への対応、投薬を行う。

読み書き障害に対して「読み書き障害用の指導法」といった一定のプログラムはなく、個々の学習技能の状況や認知能力、注意集中度、学年などに応じた個別のプログラムが必要である。異なる領域を専門とする指導員による幅広いプログラムを用意できれば有利である。ワークショップでは、各領域の一般的な指導の具体例を紹介した。

臨床現場では、読み書き障害のほかにAD/HDやPDD、発達性協調運動障害、言語、視覚などの認知の問題を併せ持つ子どもが多い。読字・書字の訓練のほかに言語、視覚認知や眼球運動、注意機能、上肢巧緻性の訓練を併せて行うと有用である。大阪医科大学LDセンターでは、読字・書字、言語の訓練は言語聴覚士が原則として少人数のグループで、視機能はオプトメトリストが、上肢の協調運動は作業療法士がそれぞれ個別で指導する。

読字・書字では拗音、促音、長音など特殊音節の音韻の認識や「は」「へ」「を」など助詞の知識、漢字の読みと意味、漢字の形態の習得を手助けする。一方で、自発的に表出できる単語が乏しいと文の流暢な読みにつながらないため、仲間集めやスリーヒントクイズで語彙力をつける。また、聴覚提示された文の聞き取り練習や、課題の中で見直し、振り返りを意識させることで学習中の注意の働きを訓練し、習得したことへの積みあげをめざす。上肢の協調運動や眼球運動の巧緻性は読字・書字だけでなく多くの学習技能に必要である。作業療法、視機能訓練により感覚と運動の協応、両眼視、先行注視の維持や視覚的注意力を養う。以上のような専門的な訓練のほかに、より一般的な配慮事項も平行して行う。たとえば、座面の工夫、作業台の傾斜、鉛筆のグリップ、教材の拡大や分ち書きなどである。他児と異なるやり方を嫌がる子どもが多いが、実際に体験して有効なことを実感すると抵抗感が減るようで、自己受容にもつながるので有意義である。

また、地理的にLDセンターに通うことができなくても学校(通級教室を含む)や塾で個別指導が可能な場が見つかった子どもには、その子ども用の指導プログラムを作成して手渡し、指導の参考にしてもらっている。ただし、そのような適切な個別指導の場が見つからなくて苦慮することもまだ多い。

学習困難に医療が関与することは比較的まれではあるが、リハビリテーションなど医療の中の機能を活用すれば可能となる手助けも多い。学習技能の評価や認知評価は各学年の対照データが充分にそろっておらず、子どもの状態を把握するのに苦慮する。また、専門機関や教育現場の個別指導の場につながることができない子どもが多いのが現状で、今後の早急な整備充実が待たれる。

(藍野大学医療保健学部 若宮英司)

V 学習障害児における読み書きの発達支援— 東京学芸大学のアプローチ

日本語はひらがなと漢字の2種の文字を併用するため、読字書字障害は複雑な様相を示す。ひらがなの読み支援に関して、我々は単語を視覚的に探索する課題や、意味的に関連した単語を読み指導に先立って読ませる手続き、さらに意味に基づく単語の探索課題によって、読みの流暢性は改善することを指摘した。これより、読み指導の結果、指導単語以外の単語への波及は難しい傾向にあるが、指導単語の読みの流暢性は改善傾向を示すことが明らかになった。特に、RD児は、文の情報を利用し、文脈に沿って単語を読んでいるという知見が示されている。これらを考慮すると、課題文章の内容についての意味理解をはかり、文章中に出てくる単語の読みの流暢性を促進することによって、課題文章の読みが改善可能であることを指摘できる。その際、課題文章の読みの流暢性が達成されても、その波及効果は少ないので、課題文章と類似した文章を呈示することで読める文章の範囲を上げ、読みに対する動機づけを高めることが重要であろう。

漢字の読み支援に関しては、年長のRD児において大きな困難になっていることが指摘されている。我々は、聴覚記憶が弱い事例で、漢字単語についての視覚的イメージが乏しい場合に、漢字単語の読み習得が著しく難しくなることを示した。学習に先立って、写真やイラストなどを用いて、漢字単語の読みについての視覚的イメージを形成しておくことが読みの学習を促進する上で有効なことが指摘できる。

書字の支援に関しては、対象事例がRDを伴う事例であるか、書字のみの障害であるかに依存して、支援手続きが異なる。読字障害を伴う事例の場合には、読字指導とあわせた支援が不可欠である。その際、読み方が複数ある漢字や、抽象性が高い漢字単語は、読字と書字がともに困難になるので、漢字の特徴を考慮した支援が必要である。書字のみの障害事例の場合には、認知特性を考慮した支援が有効である。視空間認知に弱さがあるが、聴覚記憶が良好な事例では、漢字を構成するブロックを言語化し、言語情報を媒介として書字支援をはかる手続きの有効性が報告されている。また、漢字の構成要素の位置に関する情報を、色情報と共に呈示する手続きが効果的であることが報告された。視空間認知は良好であるが、聴覚記憶に弱さが見られる事例に関する報告は少ない。我々は、漢字を構成するブロックの視覚的まとまりを促し、ブロック単位ごとの書字習得をはかる方法が、有効であった事例を認めた。

読字書字障害は、年齢によってひらがな・漢字の困難の様相は異なる。子どもにとって努力可能な学習課題により、読字書字の改善が生じることを経験することは、各年齢段階で共通して大切である。それにより学習に対する効力感を形成し、生活場面での文字に対する動機づけを図ることが可能になる。

(東京学芸大学教育学部 小池敏英)

AD / HD の 神 経 科 学

—抑制系と報酬系に焦点をあてて—

稲垣 真澄¹ 相原 正男²

はじめに

注意欠陥／多動性障害 (AD/HD) の典型例が示す中核症状に、多動／衝動性、不注意があげられる。その中枢神経機構として、2003年にSonuga-Barkeが提唱した抑制系と報酬系に焦点をあてた‘The dual pathway model of AD/HD’があげられる。これは、Barkleyが1997年に提唱した理論 (A unifying theory of AD/HD) を発展した病態モデルであり、AD/HD児の症状が実行機能システムの破綻とあるいは報酬系システムの障害によって、実に見事に説明されるものである。

本夜間集会では、先端的な研究を進めている演者によりセミナーという形式をとって、AD/HDの抑制系と報酬系の研究エビデンスの現状に始まり、動物モデルにおける基礎研究の方向性や臨床例についての非侵襲的脳機能研究を広く、紹介いただいた。本稿はそれらをまとめたものである。

1. 抑制系と報酬系研究のエビデンス

AD/HDは、不注意、多動／衝動性という行動上の特徴によって診断される行動および情緒の障害であるが、その背景には神経生物学的な基盤があることが示唆される。たとえば、不注意は、持続的注意、選択的注意、記憶・計画といった認知プロセスにおける障害によって、多動性—衝動性は、認知や行動面の制御、活動レベルの調整によって説明され、それぞれ対応する神経ネットワークの機能不全が示唆される。それらの視点から、研究のエビデンスをまとめた。

1990年代後半にBarkleyらは、AD/HDの病態を行動抑制

の障害によって説明した。実際、抑制系をはじめとする実行機能課題遂行時の脳活動を脳機能画像により調べると、前頭前野、前部帯状回などの低賦活が報告されている。

また、実行機能課題の成績は、AD/HD罹患の有無と有意に関連するが、そのオッズ比は課題によって異なり、他の要因の関与を示唆していた。近年の脳機能画像研究では、AD/HDの児童および成人において、ギャンプリング課題やMonetary Incentive Delay課題を実施すると、海馬や前部帯状回、側坐核を含む腹側線条体、眼窩前頭皮質などの賦活が低いことが示唆される。これらの知見をもとに、Sonuga-Barkeは、AD/HDの中核障害が抑制系の障害だけではなく、報酬系の障害、具体的には遅延報酬の獲得を指向して待つことができないことから説明が可能であることを示唆している。Solantoらによれば、抑制系の障害と報酬系の障害はAD/HDの罹患に同程度関与しており、両者を含めることで9割近い判別が可能であると報告している。

次に、AD/HD治療薬との関係を検討した。中枢刺激薬 methylphenidate (MPH) は、ドパミントランスポーター (DAT) ならびにノルアドレナリントランスポーター (NET) の再取り込み阻害薬であり (親和性は DAT:NET=10:1)、服用すると前頭前野のドパミンとノルアドレナリンの細胞外濃度が上昇し、線条体、側坐核ではドパミンの濃度が上昇する。一方、ノルアドレナリン再取り込み阻害薬 atomoxetine は、ノルアドレナリントランスポーターの再取り込み阻害薬であり、前頭前野ではドパミンとノルアドレナリンの細胞外濃度を上昇させるものの、線条体、側坐核のドパミン濃度に影響を与えない。MPHを服用すると、抑制系の機能が改善するが、この改善には前頭前野だけでなく、線条体領域の活動も影響していると示唆される。一方、報酬系の課題を行ったときには、そうでない課題に比べてドパミン放出が促されやすい。これらは行動の動機付けやリスクの回避という点でも重要である。また、AD/HDの児童では、事象関連電位において報酬損失時の反応が大きいたことが示唆されるが、このような報酬系の障害は二次障害との関連が示唆され、MPHが報酬系への作用をもつことは好ましい影響をもたらさう。しかし、ネガティブな側面は依存リスクであろう。しかしながら、臨床データ

見出し語 注意欠陥／多動性障害、抑制系、報酬系、非侵襲的脳機能検査

¹ 国立精神・神経センター精神保健研究所知的障害部

² 山梨大学医学部小児科

連絡先 〒187-8553 小平市小川東町4-1-1

国立精神・神経センター精神保健研究所知的障害部
(稲垣真澄)

E-mail: inagaki(a)ncnp.go.jp

(受付日: 2009. 7. 17)

は矛盾する所見を示しており、中枢刺激薬によるAD/HD治療がむしろ依存リスクを下げる事が示唆される。そもそもAD/HD患者では依存リスクが高いことを考え合わせると、AD/HD患者は報酬系の機能不全を自己治療する目的で依存性薬物を摂取しがちであるが、中枢刺激薬の投与を受けた場合、自己治療のリスクを減らすことに繋がるのかも知れない。非中枢刺激薬は、側坐核のドパミン系へは影響を与えないことから依存性がないものの、その効果は限定される可能性がある。しかし、実際の効果プロフィールには大きな差は認められていない。また、依存発生の保護効果があるかどうかについても検討を要するものと思われる。

(京都大学医学部精神医学 岡田 俊)

2. AD/HDモデル動物における報酬系機能障害

AD/HD患者では薬物依存のリスクが高いことが知られており、その原因としてMPHなどの中枢神経刺激薬による治療が原因である可能性がこれまで考えられていた。しかし、後の大規模な解析により、小児期におけるこれらによる適切な治療はむしろ薬物依存リスクを低下させることが示されている。このことは、AD/HD患者では報酬系機能障害が生じており、薬物依存に脆弱であることを示唆している。しかし、AD/HD患者における報酬系機能障害の病態メカニズムはほとんどわかっていない。

病態メカニズムを解明する上で、モデル動物の解析は有効なアプローチの一つである。AD/HDのモデル動物はすでに各種提案されており、精力的に解析が進められている。これらの中で、ドパミントランスポーター欠損(DAT-KO)マウスはAD/HDの最も典型的なモデル動物の一つと考えられている。DATは、ドパミン神経の神経終末の細胞膜に局在しており、放出されたドパミンを Na^+/Cl^- 依存性に再取り込みする膜タンパク質である。MPHは、methamphetamineやcocaineと同様に、DATのはたらきを阻害するので、シナプス間隙に放出されたドパミンが高濃度になり、ドパミン神経伝達を亢進させる。

池田らは、曾良らが作成したDAT-KOマウスにおいて多動およびMPHによる鎮静効果を観察した。また、意欲レベルを評価するために行った尾懸垂試験では、DAT-KOマウスにMPHを投与すると野生型マウスと同様に活動量が上昇した。つまり、MPHによるAD/HD患者の意欲向上効果と類似した薬効がDAT-KOマウスでも示された。さらに、注意欠如を評価するために能動回避試験を行ったところ、野生型マウスやヘテロ型マウスが日を追って回避行動を学習したのに対して、DAT-KOマウスはほとんど学習しなかった。しかし、MPHを投与するとDAT-KOマウスも学習するようになった。このように、DAT-KOマウスは野生型マウスとは異なるMPH反応性を示し、AD/HD患者と健常者におけるMPH反応性の違いと対応するものである。以上より、DAT-KOマウスは極めて典型的なAD/HDモデル動物と考えられた。

また、池田らはこのAD/HDモデル動物における脳内報酬系の異常を、脳内自己刺激試験法によって調べた。野生型およびDAT-KOマウスの外側視床下部に刺激電極を植え込み、マウスが床にあげた穴を覗くと電気刺激がなされるようにしたところ、DAT-KOマウスは野生型マウスと比べて電気刺激による報酬に強い固執を示した。つまり、DAT-KOマウスは報酬系機能障害を示すことが明らかになったのである。AD/HDモデル動物で認められた報酬系機能障害は、AD/HD患者における報酬系機能障害に対応する可能性があり、さらなるモデル動物の解析によってAD/HDの報酬系機能障害の病態メカニズムが明らかになることが期待される。

(東京都精神医学総合研究所・精神生物学研究分野 池田和隆)

3. AD/HD児の抑制系機能障害—非侵襲的脳機能研究

反応抑制に関連した事象関連電位である‘NoGo電位’は、刺激提示後200~300msecに出現するN200成分の振幅が‘非標的刺激’提示後に増高することが以前より知られている。AD/HD児ではこのN200成分の振幅が減衰しているという報告が多いが、刺激提示後300msec以降に出現するP300成分の方が反応抑制機能と強く関連しているという研究もあり、AD/HD児の抑制系機能障害を反映する成分がN200、P300のいずれなのかについての見解は一致していない。この問題を解決するため、従来の行動学的解析・事象関連電位の解析に、重要な実行機能であるスイッチング機能との関連を考慮に入れたアプローチを行い、非標的刺激に対する行動データと事象関連電位をスイッチ試行と繰り返し試行の間で比較・検討した。スイッチ試行においては抑制系に対する脳活動の動員が必要と考えられる。このため、事象関連電位に与える反応スイッチングの影響を解析することで、それぞれの成分がどのように抑制系に関与しているかを検討した。

行動学的には、6~15歳のAD/HD児35名と定型発達児33名を対象とし、視覚性CPT課題を10分間施行した。反応時間、反応時間のばらつき、見逃しエラー率、お手つきエラー率について繰り返し試行とスイッチ試行に分けて比較・検討したところ、両群とも繰り返し試行に比してスイッチ試行のお手つきエラー率が増大したが、AD/HD児群ではその増加分(スイッチコスト)が定型発達児群に比べて有意に大きかった。さらに、AD/HD児群の行動パラメーターのうちスイッチ試行に対するお手つきエラー率は、AD/HD症状の多動・衝動性と正の相関を示す可能性が示唆された。

一方、10~13歳のAD/HD児(12名)、定型発達児(12名)に対して同課題を5分間施行している際の脳波を国際10-20法19chでデジタル記録し、試行ごとに20回平均加算した。陰性成分N200、陽性成分P300の振幅・潜時を比較・検討した。その結果、診断グループ内比較では、定型発達児群の陰性成分N200の振幅が繰り返し試行に比して、スイッチ試行で有意に増高していた(C3/Cz/P3/Pz電極)が、AD/HD児群ではこの効果は認められず、頭頂部の電極(Pz)におい

ては逆に減衰していた。また、診断グループ間比較ではスイッチ試行に対して出現したN200成分についてのみ、定型発達児群に比してAD/HD児群で有意に振幅が減衰していた(C3/Cz/P3/Pz電極)。両群とも、P300振幅は試行のタイプ(スイッチ/繰り返し)の影響を受けないものであった。

AD/HD児のN200成分の振幅は、より強い反応抑制を要するスイッチ試行で減衰していたことから、少なくとも今回の課題条件下においては、AD/HD児におけるN200成分は反応抑制機能の異常を検知するために適した神経生理学的パラメーターであると言えた。また、AD/HD児の抑制機能障害は反応スイッチング機能と密接に関連しており、環境の変化に応じて行動を柔軟に変化させることの困難さにも関連している可能性が示唆された。こうした反応スイッチングに関連した脳活動成分の変化が前頭部でなく、中心部～頭頂部に認められたことも興味深いと考えられた。Go/NoGo課題やStop Signal課題を用いたfMRI研究では、前頭葉以外の部位たとえば、基底核、頭頂葉、前部帯状回などの関与も示唆されている。抑制系賦活課題における反応スイッチングに関与する脳部位の特定のため、イメージング研究を推進する必要がある。(国立精神・神経センター精神保健研究所知的障害部 井上祐紀)

4. 報酬系課題施行時の自律神経反応—AD/HDへの応用

近年、AD/HD等の発達障害の病態について、脳科学的検討より実行機能系と報酬系障害の関与が明らかになりつつある。今回は、報酬系に関する情動性自律反応研究と発達障害への応用について提示した。

発達障害は「何度注意しても同じ失敗を繰り返す」ことが頻繁に認める。これは長期的報酬予測に従った行動ができないためとも考えられる。報酬系モジュールのひとつに強化学習があるが、学習成立には文脈形成のための重みづけ情報が必要である。Damasio(1994)は情動反応が自律神経系等を介した全身の化学的反応として表出され、それらが中枢神経系へフィードバックされ、体性感覚として行動選択に際して重みづけ(bias)して、よりよい選択を迅速に導く機構をsomatic

marker仮説として提唱した。この仮説より情動が報酬予測学習における重みづけ情報として機能していることが想定され、情動反応の観測により報酬予測学習の過程が捉えられる可能性がある。情動反応の観測法として交感神経皮膚反応(sympathetic skin response; SSR)がある。青柳らは長期的報酬予測学習における情動反応の意義につきSSRを用いて検討した。

課題は強化学習課題Markov decision task(MDT)を用いた。これはPC画面上の3種類のヒント図形と2種類のボタン押しの組み合わせの結果表示される得・失点を手がかりに高得点を目指すものである。このMDT施行中にSSRを計測し情動反応を評価した。まず健常成人11名に得・失点表示時のSSRを計測したところ、学習群で有意にSSR出現数が高かった。これより情動反応の学習への関与が想定される。次に報酬期待と罰予想に対する情動の関与を検討するため別の健常成人10名にヒント図形表示時のSSRを計測したところ大得点/大失点を予期させるヒント図形でのSSR出現率が課題後半で上昇した。これは報酬期待・罰予想を反映した情動反応と考えられ、SSR出現率上昇は学習を確立する過程を意味しているものと思われる。さらに発達的变化を検討するため健常右利き小児10名(平均10歳)に同様の検討を行ったところ、学習効果は小児が成人より有意に低く、ヒント図形別SSR出現率の差異は成人と比べて未分化であった。これは情動反応による文脈形成と報酬期待・罰予想の機構が発達的に変化してゆくことを示唆したものと思われる。

最後にAD/HD様症状を呈した発達障害6名(平均11歳、うち3名がMPH内服中)に同様の検討を行った。結果をMPH内服の有無で比較したところ非内服群は学習効果を認めずSSR出現率も低かった。一方、内服群は健常小児と類似した学習効果とSSR出現率を示した。これより発達障害では情動反応が出現しにくい文脈形成による長期的報酬予測学習が困難であり、MPH内服で改善したことが想定される。

今後、発達の検討による臨界期の解明や発達障害に対するさらなる検討と臨床応用を行ってゆく予定である。

(山梨大学医学部小児科 青柳閣郎)

【原著論文】

自閉症スペクトラム障害のある児に対する Social Skill Training の客観的評価： 顔認知時の眼球運動解析法の適用可能性

Objective Assessment of Social-Skill Training for Children with Autism Spectrum Disorders :
Possibility of Analysis for Eye-Movement Patterns during Face-Recognition

北 洋輔^{a), b), c)}、軍司敦子^{a)}、佐久間隆介^{a), d)}、後藤隆章^{a)}、稲垣真澄^{a)}、加我牧子^{a)}、小池敏英^{e)}、細川 徹^{c)}
Yosuke Kita, Atsuko Gunji, Ryusuke Sakuma, Takaaki Goto, Masumi Inagaki, Makiko Kaga, Toshihide Koike, Toru Hosokawa

【和文抄録】

自閉症スペクトラム障害のある小学1～2年生男児4名に顔認知課題を実施し、課題遂行時の眼球運動を記録した。対象児2名ではソーシャル・スキル・トレーニング前後における注視領域の変化（鼻・口領域→目領域が1例、目・口領域→鼻領域が1例）が確認された。顔認知の際の眼球運動を鋭敏かつ非侵襲的に測定し、詳細な解析を加えることにより、発達障害のある児童の教育的支援に関する新しい客観的評価が可能ではないかと考えられた。

Abstract

Objective evaluation methods of therapeutic interventions, which are based on quantitative criteria, have not been well-established for children with Autism Spectrum Disorders (ASD). In the present study, face-recognition tasks were performed before and after Social-Skill Training (SST) to develop a diagnostic check based on eye-movement patterns as a neurophysiological marker. Subjects were four children with ASD (6 : 05-7 : 05), and twelve sessions of SST for them were performed by several therapists, which focused on pair-communicative activities. We recorded real-time eye movements and analyzed their fixation patterns during the tasks with a non-invasive and non-contact recording equipment. Two subjects succeeded to record both tasks before and after SST. Eye-movement patterns of both subjects, after SST, were changed compared to before SST. Since the eye-movement recording during face-recognition is a simple procedure and provides neurophysiological evidences, it can be used as an objective evaluation tool, clinically.

- a) 国立精神・神経センター精神保健研究所
知的障害研究部

Department of Developmental Disorders, National Institute
of Mental Health, National Center of Neurology and
Psychiatry (NCNP)

〒187-8553 東京都小平市小川東町 4-1-1

4-1-1, Ogawa-higashi, Kodaira, Tokyo 187-8553

- b) 日本学術振興会 特別研究員
Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science
- c) 東北大学大学院 教育学研究科
Graduate School of Education, Tohoku University
- d) 白百合大学大学院 文学研究科
Graduate School of Liberal Arts, Shirayuri College
- e) 東京学芸大学 教育学部
Faculty of Education, Tokyo Gakugei University

I. はじめに

自閉症スペクトラム障害 (Autism Spectrum Disorders : 以下, ASD) の基本的特徴として対人的相互反応やコミュニケーションの質的障害が挙げられる²⁶⁾。この特徴は、集団生活場面の増加が顕著となる児童期^{14) 24)}において、「他児と楽しみを共有できない」「友人形成の困難」という形で表面化しやすい。これらの困難性は集団への不適応やいじめの対象化等、二次的な障害を生じる危険性もある¹⁹⁾。したがって、集団生活場面への円滑な参入を目的とする教育的支援が、特に児童期の‘ASDのある児’には必要とされる。

児童期における ASD のある児への教育的支援について実践的な研究はこれまで蓄積されてきた²⁰⁾が、その有効性や評価法は統一した見解が得られていない。その理由は同年齢期における ASD の臨床像の多様さと、それに対応しうる客観的な評価法がまだまだ開発途上にある点などが挙げられる。なかでもコミュニケーションや社会性に関する部分では、特定の行動に注目した観察法が中心であり¹¹⁾ 21) 25)、支援対象や介入方略によって評価法は変化しうる。言い換えると、臨床像の多様性に左右されない、ASD の基本的特徴に基づく視点での、客観的な評価が望ましいと考えられる。

我々は社会性やコミュニケーションの基礎となる‘顔認知能力’³⁾の点から評価法を開発できないかと考えた。なぜなら、ASD のある児の顔認知能力は、注視領域の特異性^{12) 22)}や脳機能の異常^{4) 8) 15)}として報告されているからである。眼球運動や神経活動の評価は、評価者の視点によることが少ない客観的な視点であることに加え、非侵襲的かつ非言語的な測定法ならば幼少年齢の小児にも適用できる可能性がある。

今回、ASD のある児に対してコミュニケーションや社会性の支援に焦点化した小集団によるソーシャル・スキル・トレーニング (Social Skill Train-

ing: 以下, SST) を実施した。そして、支援の有効性を評価する試験的な取り組みとして、支援前後に顔認知課題を行った。顔認知課題時の眼球運動を非侵襲的に記録・解析することにより、教育的支援における新たな評価法としての可能性を検討したので報告する。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は小学校1～2年生の男児4名(6y5m～7y5m:表1)であった。いずれも、国立精神・神経センター病院小児神経科を受診し、複数の小児神経専門医により ASD と診断された。心の理論課題2種(ボール、トランプ)を4名が通過せず、母親による質問紙(ASSQ-R)では4名中3名で得点が高値であった。また、会話やコミュニケーションにおける困難性を全例有していた。主治医より SST への参加を保護者および児に説明し、受諾後に SST のメンバーとしてリクルートされた。なお本研究におけるリクルート対象の基準は、①幼児期と比較して集団行動が顕著に増加する小学校1～2年生に在籍中、②主訴の一つが同世代の子どもとの集団行動および友人形成が困難、であることとした。明確な神

表1. 被検児プロフィール (SST 開始時)

年齢	WISC-III			心の理論課題		ASSQ-R	SQ	会話・コミュニケーションに関する 主な問題
	FIQ	VIQ	PIQ	ボール 課題	トランプ 課題			
A 児 6y5m	68	72	69	-	-	9	71	唐突な話題が多いため、何について話しているのかわかりにくい。 伝えたいことが伝わらないと怒りだし、それ以上会話が続かない。
B 児 7y5m	85	77	97	-	-	22	95	他者の会話で自分に興味のある話があると、割り込んでくる。 あまり知らない人だと目をあわせようとしない。
C 児 6y9m	54	57	61	-	-	51	75	言いたいことを全て口に出す。人の会話を遮る。周囲の会話が切り替わってもうまく乗れない。
D 児 6y8m	*	*	76	-	-	24	103	人数が多い場面で会話に入ることが苦手。 会話をしていても、一方的にコミュニケーションをとっている。

*: 検査継続不可 - : 不通過

ASSQ-R: 高機能自閉症スペクトラム・スクリーニング質問紙 社会性・言語・行動・興味に関する質問紙

SQ: 社会生活指数 (S-M 社会生活能力検査)

心の理論課題: アニメーション版心の理論課題 ver.2 (DIK 教育出版, 埼玉)

会話・コミュニケーションに関する主な問題: 各保護者からの聴取に基づく

経学的異常所見、中・重度の知的障害および著しい多動・衝動性のある児は対象から除外した。そして今回の4名は同一SSTグループのメンバーとして参加した。本研究は、国立精神・神経センターの研究倫理審査委員会に承認されたもので、眼球運動検査は施行直前に再度被検児本人及び保護者への説明がなされ、インフォームドコンセントを得て行われた。

2. SSTの概要

SSTは毎月2回隔週、各1時間のセッションで実施し、合計12回(6ヶ月間)行った。活動目的は被検児間におけるコミュニケーションスキルの向上とした。活動構成は全体指導、個別指導及びペア活動とした。ペア活動は、被検児4名を特定のペアに分類(A児とB児、C児とD児、合計2ペア)した上で、ペア内のコミュニケーションの促進に焦点化した指導を行った。ペア構成は全12セッションを通じて同一とした。SSTの指導は特別支援教育を専攻する大学院生3から5名および学部学生3名で行い、全体指導担当1名と各被検児の個別指導担当4名で実施した。SSTへの参加期間中、被検児A児とC児は特別支援学級に在籍し、B児とD児は在籍通常学級から定期的に通級指導教室を利用していた。

顔認知課題はSST参加1ヶ月前及び参加後1ヶ月以内に合計2回実施した。参加前をベースラインデータとし、参加後の課題遂行状況を比較する実験デザインを採用した。

3. 顔認知課題

刺激には、ある顔画像(初期画像)から異なるもう一枚の顔画像(標的画像)へ変化するモーフィング動画を用いた(図1)。モーフィング動画は顔認知の先行研究でも活用されており¹⁰⁾、その動的な変化過程は対象の課題に対する積極的な情報処理を引き出すと考えられる。

モーフィング動画には、各被検児に対応した四種類の顔画像を初期または標的画像とした。具体的には被検児本人の鏡像顔(自己顔)、被検児の母親の顔(母顔)、ペアの被検児の顔(既知顔)、同年代の平均顔(未知顔)を使用した。平均顔は、Face Tool(感性擬人化エージェント、(独)情報処理振興事業協会)及び拡張ツール(東京大学 原島・苗村研究室)を用いて、被検児にとって面識のない男児11名(9y~10y)の顔写真から合成された。各顔画像は、コンピュータースクリーンの中心に形作られた楕円形内に、グレースケールで呈示された。楕円形内の平均輝度は各顔画像間で同一になるように加工した。また顔画像は瞳孔の位置がスクリーン上で同位置になるように設定した。すべての顔画像はデジタルカメラ(解像度72dpi)を使用して撮影した顔写真を基にし、輝度及び位置の調整は、Adobe Photoshop CS(Adobe社)を使用した。

標的画像には以下の二条件を設定した。①既知顔条件すなわち標的画像が既知顔(たとえばA児にとってはB児の顔)であり、初期画像が自己顔、母顔、未知顔の三種であるものと、②未知顔条件すなわち標的画像が未知顔で、初期画像が自己顔、母顔、既知顔の三種であるものとした。目、眉、鼻、口及び輪郭の領域を各顔画像間の参照位置として、モーフィング動画を作成した(WinMorph 3.01: Debug mode: <http://www.debugmode.com>)。一対の顔画像につき、初期画像と標的画像間を200フレームでモーフィング処理し、1フレーム間の変化率を0.5%とした。

刺激は、15インチのコンピュータースクリーン(Dell社;画像解像度:縦1280ピクセル,横1024ピクセル;画面周波数60Hz)に、縦81mm横65mm(視角:縦7.7°横6.2°)のサイズで、被検児から600mm前方に呈示した(Experiment Builder Version 1.3.40;SR Research社)。動画は10fpsで呈示され、呈示時間は最長20秒であった。

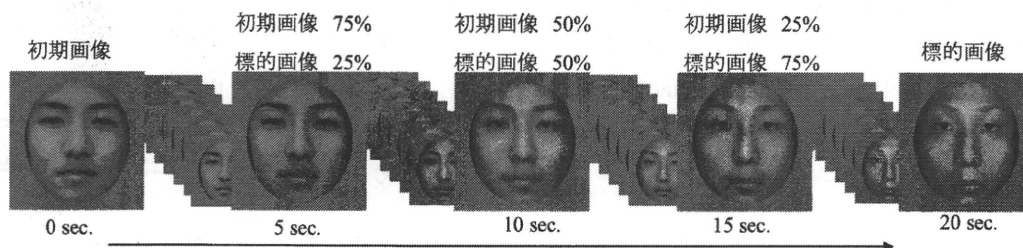


図1. モーフィング動画の呈示時間と顔画像の構成割合(モデル画像を使用)

被検児には、初期画像から標的画像に変化したと感じたら、すみやかにマウスを右第二指でクリックするよう教示した。たとえば、A児の既知顔条件では「B君の顔になったらすぐにボタンを押してね」と教示した。全六種類（三刺激×二条件）の動画について、各刺激を最低1回以上呈示した。呈示順序は、被検児間でランダムに設定した。本課題を行う前に、四種類の顔画像が印刷された紙を呈示し、顔の識別が正確になされていることを確認した。

4. 測定

眼球運動は、非侵襲・非接触型でリアルタイム記録が可能な EyeLink Remote (SR Research 社) を用いて記録した。被検児の片眼の約 3 cm 上の額部に貼付した黒の円形シールを基準に、サンプリング周波数 500Hz にて瞳孔の位置を算出し、眼球運動として解析した。本課題施行前に眼球運動記録補正及び補正検証手続きを行った。すなわち、白を背景色としたコンピュータースクリーンに黒い小さい点を、スクリーンの中央、四隅及び四隅の midpoint (合計 9 箇所) にランダムに呈示し、被検児が点を注視したときの、瞳孔と基準シールの位置関係から、補正及び検証手続きが行われた。

5. 解析

眼球運動の解析にあたり、先行研究から視角 1° 以内かつ 100 ms 以上の停留²³⁾ を「注視」と定義した。解析領域（以下、Region of Interest: ROI とする）を等面積で、目、鼻、口の三領域に設定した。総注視回数に対する各 ROI における注視回数の割合を、一試行単位で算出した。また、反応時間は、初期画像が呈示されてからクリックによる反応までの時間として定義した。眼球運動及び反応時間の解析は EyeLink Data Viewer (SR Research 社) を使用した。

統計解析にあたり、被検児毎に各変数を条件に応じて平均化した数値を用いた。各被検児について SST 前後の各 ROI における注視回数の比率変化を、Fisher の正確確率検定 (Fisher's exact test) 及び残差分析にて解析した。解析には SPSS version 17.0 (SPSS 社) を用いた。

III. 結果

1. 課題遂行状況

SST 前に顔認知課題を遂行しえた被検児は 2 名 (A 児, B 児) のみであった。SST 後の課題は 4 名すべてに実施可能であった。しかし、C 児は検査中の多動のため、信頼性のある眼球運動が記録できなかった。最終的に前後評価として A 児と B 児の 2 名を分析対象とした。

2. SST 前後における視線解析結果

A 児は既知顔条件および未知顔条件において、SST 前後で各 ROI における注視回数の割合が有意に変化した (既知顔条件: $p < .001$, 未知顔条件: $p < .001$)。残差分析の結果、両条件において SST 前で

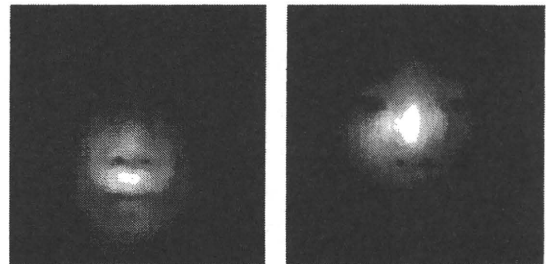


図 2. 被検児 A の注視領域マップ

左 (SST 前) 右 (SST 後)

課題条件は既知顔条件。明部分に注視回数が多く、暗部分に注視回数が少ないことを示す (掲載画像はモデル画像)

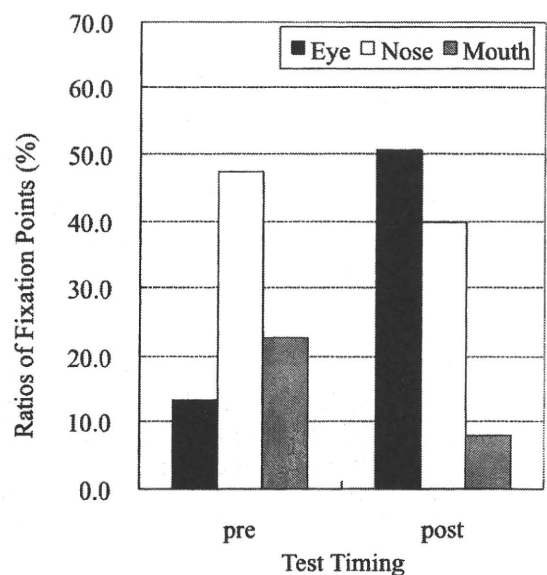


図 3. 被検児 A の注視回数の割合

表2. 被検児Aの各ROIにおける注視回数割合の増減

Test Timing	Region of Interest (ROI)		
	Eyes	Nose	Mouth
pre	-	+	+
post	+	-	-

「+」で表示されている部分は高割合、「-」で表示されている部分は低割合を示す

は目の領域における割合が低く、鼻および口の領域における割合が高かった ($p < .05$)。一方、SST 後では、目の領域における割合が高く、鼻および口の領域における割合が低かった ($p < .05$) (図2, 3および表2)。

B児は既知顔条件において、SST 前後で各ROIにおける注視回数割合が変化した ($p < .001$)、未知顔条件では変化しなかった ($p = .69$)。残差分析の結果、既知顔条件ではSST 前において目および口の領域における割合が高く、鼻の領域における割合が低かった ($p < .05$)。SST 後では、鼻の領域における割合が高く、目および口の領域における割合が低かった ($p < .05$) (図4)。

行動学的には両児ともSST 前では反応できずに最長呈示時間 (20秒) を超えてしまう試行があったが、SST 後では全試行において20秒以内に反応することが出来た (A児: 15.23秒 (既知顔条件), 15.46秒 (未知顔条件), B児: 16.61秒 (既知顔条件), 16.69秒 (未知顔条件))。

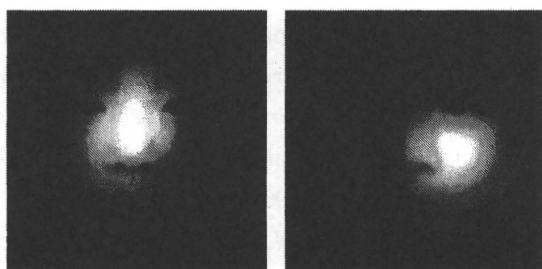


図4. 被検児Bの注視領域マップ
左 (SST 前) 右 (SST 後)

IV. 考察

これまでの多くの研究により、ASDにおける顔認知は、社会性やコミュニケーションの障害を一部反映する^{1) 6) 9)}ことが知られている。そして、その

際の眼球運動は、神経活動の特異的な賦活と関連⁵⁾するとも言われている。近年、アイコンタクトに反映される顔の社会性認知は、定型発達児では6から11歳の間に変化し¹⁷⁾、ASDのある児または成人では典型的なパターンを示さないことが報告された¹⁶⁾。したがって、顔認知時の眼球運動を小児においてより正確に、リアルタイムで計測できるならば、ASDのある児の対人スキルやコミュニケーション能力の評価への応用・発展の点で有用であろうと推測される。

本研究で実施した顔認知課題は顔の変化を判断させるという、短時間で済む簡便な条件であった。さらに、非接触型測定装置を用いることにより、顔を注視している時の眼球運動を6~7歳という低年齢の小児においても非侵襲的に計測可能であった。顔面への装着物はシール1枚であることから、検査における不快な様子は観察されなかった。今回は、軽度知的障害を合併したASDのある児で眼球運動計測を施行し得たが、本検査・解析法は知的発達のみに関心のある児においても適用可能なものであると思われる。もっとも1例 (C児) では検査中の多動による測定困難があったので、技術的な課題もまだ多くあると考えられ、計測条件を安定化する工夫などは、今後も必要と考える。

近年、顔認知課題を教育的支援や介入の効果判定とする知見^{2) 7)}も散見されるが、これらは顔認知能力そのものの向上を目的としたトレーニングに用いられている。すなわち、認知方略の変容のみに着目した研究であり、現実場面における社会性など行動変容は介入の主たる目的とされていない。我々が採用したSSTはコミュニケーション能力や社会性の向上といった現実場面に即した行動変容を促す支援であり、行動様式と認知方略の二つの側面から児を評価できる可能性がある。

本研究において、ASDのある児童への支援として導入したSSTの後に、A児は既知未知にかかわらず目に対する注視割合が増加し、B児は未知顔条件において目に対する注視割合が減少した。これらの所見変化は共通しておらず、介入前後における二人の認知方略の変容の一端を反映しているのかもしれない。しかし、これをSSTの有用性として単純に考察することには慎重であるべきとも考える。すなわち、注視領域の変化を他の要因と絡めて検討しなければならないだろう。このためには、SST以

外の要因、たとえば特別支援学級での経験や全般的な発達の影響など、他の指標の活用と厳密な介入研究デザインを今後はとる必要があると考える。

ASDの顔認知における注視領域の知見は未だ一致しない^{12) 13) 18) 22)}。これには課題依存性の要因も少なからず影響しているが、彼ら特有の認知方略の相違を眼球運動計測から検出できる可能性も示唆される。今回の研究では、症例数もわずかであり、一般的な知見を導き出すことは難しいが、顔認知の際の眼球運動を鋭敏かつ非侵襲的に測定し、詳細な解析を加えるアプローチは、SSTを含む様々な教育的支援に関する新たな客観的評価の一つとなるのではないかと考えられ、更なる検討が望まれる。

謝辞

本研究の一部は厚生労働科学研究費補助金（H20-障害-一般-009：小児行動の二次元尺度化に基づく発達支援策の有効性定量評価に関する研究：研究代表者 稲垣真澄）および日本学術振興会科学研究費補助金（特別研究員奨励費 20・8503：北 洋輔）による助成をうけた。本研究の遂行に当たり、御協力を頂いた指導員の方々に厚く御礼を申し上げます。

文 献

- 1) Adrien JL, Lenoir P, Martineau J et al : Blind ratings of early symptoms of autism based upon family home movies. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 32 : 617-626, 1993.
- 2) Bolte S, Hubl D, Feineis-Matthews S et al : Facial affect recognition training in autism : can we animate the fusiform gyrus? *Behavioral Neuroscience* 120 (1) : 211-216, 2006.
- 3) Chevalier-Skolnikoff S : Facial expressions of emotions in nonhuman primates. In Ekman P. Eds : *Darwin and facial expression*. Academic Press, N.Y., 11-89, 1973.
- 4) Critchley HD, Daly EM, Bullmore ET et al : The functional neuroanatomy of social behaviour : Changes in cerebral blood flow when people with autistic disorder process facial expressions. *Brain* 123 : 2203-2212, 2000.
- 5) Dalton KM, Nacewicz BM, Johnstone T et al : Gaze fixation and the neural circuitry of face processing in autism. *Nature Neuroscience* 8 (4) : 519-526, 2005.
- 6) Dawson G, Webb SJ, Wijsman E et al : Neurocognitive and electrophysiological evidence of altered face processing in parents of children with autism : Implications for a model of abnormal development of social brain circuitry in autism. *Development and Psychopathology* 17 : 679-697, 2005.
- 7) Faja S, Aylward E, Bernier R et al : Becoming a face expert : a computerized face-training program for high-functioning individuals with autism spectrum disorders. *Developmental Neuropsychology* 33 (1) : 1-24, 2008.
- 8) Hall GB, Szechtman H, Nahmias C : Enhanced salience and emotion recognition in Autism : A PET study. *The American Journal of Psychiatry* 160 : 1439-1441, 2003.
- 9) 神尾陽子 : 自閉症スペクトラム障害における顔処理の発達. *心理学評論* 50 (1) : 31-39, 2007.
- 10) Keenan JP, Freund S, Hamilton RH et al : Hand response differences in a self-face identification task. *Neuropsychologia* 38 (7) : 1047-1053, 2000.
- 11) Naoi N, Yokoyama K, Yamamoto J : Matrix training for expressive and receptive two-word utterances in children with autism. *Japanese Journal of Special Education* 43 (6) : 505-518, 2006.
- 12) Klin A, Jones W, Schultz R et al : Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with autism. *Archives of General Psychiatry* 59 (9) : 809-816, 2002.
- 13) Lahaie A, Mottron L, Arguin M et al : Face perception in high-functioning autistic adults : evidence for superior processing of face parts, not for a configural face-pro-

- cessing deficit. *Neuropsychologia* 20 : 30-41, 2006.
- 14) NHK 放送文化研究所 : 日本人の生活時間・1995 - NHK 国民生活時間調査 -, 日本放送出版協会, 東京, 1996.
 - 15) Schultz RT, Gauthier I, Klin A et al : Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and Asperger syndrome. *Archives of General Psychiatry* 57 : 331-340, 2000.
 - 16) Senju A, Johnson MH : The eye contact effect : mechanisms and development. *Trends in Cognitive Sciences* 13 (3) : 127-134, 2009.
 - 17) Smith AD, Hood BM, Hector K : Eye remember you two : gaze direction modulates face recognition in a developmental study. *Developmental Science* 9 (5) : 465-472, 2006.
 - 18) Spezio ML, Adolphs R, Hurley RSE et al : Abnormal use of facial information in high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders* 37 : 929-939, 2007.
 - 19) 杉山登志郎, 辻井正次 : 高機能広汎性発達障害 - アスペルガー症候群と高機能自閉症 -, プレーン出版, 東京, 1999.
 - 20) 杉山登志郎, 鈴木美枝子, 杉山雅彦他 : 自閉症療育の新たな可能性. *発達* 22 : 2-45, 2001.
 - 21) 澄井友香, 長澤正樹 : 自閉症の児童の清掃スキル獲得に対するセルフマネジメントの効果. *特殊教育学研究* 41 (4) : 425-432, 2003.
 - 22) Trepagnier C, Sebrechts MM, Peterson R : Atypical face gaze in autism. *Cyberpsychology and Behavior* 5 (3) : 213-217, 2002.
 - 23) Van der Geest JN, Kemner C, Verbaten MN et al : Gaze behavior of children with pervasive developmental disorder toward human faces : a fixation time study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 43 (5) : 669-678, 2002.
 - 24) 幼児保育研究会 : 最新保育資料集, ミネルヴァ書房, 京都, 1998
 - 25) Yokoyama K, Naoi N, Yamamoto J : Teaching verbal behavior using the Picture Exchange Communication System (PECS) with children with autistic spectrum disorders. *Japanese Journal of Special Education* 43 (6) : 485-503, 2006.
 - 26) Wing L : The autistic spectrum. *Lancet* 350 : 1761-1766, 1997.

LD児の論理的思考の特徴に関する研究

—算数文章題による検討—

成川敦子¹⁾・後藤隆章²⁾・小池敏英³⁾・稲垣真澄⁴⁾

キーワード：算数困難，論理的思考，算数文章題，集合，可逆

Key words: mathematical difficulties, logical thinking, mathematical word problem, set, inverse

LD研究, Vol.19 No.3, 281-289, 2010

I はじめに

近年，特別支援教育におけるLD児への学習支援として，算数困難への支援，特に「文章題」の領域に関する支援ニーズの高さが注目されている（服部・上野，2002）。計算と文章題における達成状況の乖離は，従来から多くの研究で指摘されてきた。計算では，アルゴリズム（algorithm）に関する知識を適用するが，文章題ではアルゴリズムが明示されず，ヒューリスティックス（heuristics）に関する知識の適用が多く求められる。アルゴリズムとは，一定の手続きに従えば必ず解決に到達する方法である。それに対して，ヒューリスティックスとは，「問題解決において必ず成功するという論理的必然性はないが，経験的にみて成功の確率が高いと思われる過程にそって思考を進める方法」である（辰野，1997）。見通しをもち筋道を立てて考えることは，ヒューリスティックな思考といえる。これより，LD児ではヒューリスティックな思考が特に弱いことが推測されるが，この点について十分な研究はされていない。文章題の解決にあたって求められる

「見通しをもち筋道を立てて考えること」は，文部科学省による算数科の「教科の評価基準およびその趣旨」（国立教育政策研究所教育課程研究センター，2002）の中での「数学的な考え方」に相当する。

Riley, Greeno & Heller（1983）は，子どもの文章題解決に影響を与える要因として，読み能力などの要因だけでなく，問題タイプの意味構造と未知数の位置を上げている。意味構造とは問題スキーマのことであり，足し算や引き算ができるというような手続き的知識を指すのではなく，数に関する概念を指している。Riley, et al.（1983）は，また，年齢の違いによって獲得している問題スキーマが異なることを示し，問題が解決できるためには，部分－全体の関係や数の集合に関する知識の獲得が重要であることを示唆しているが，問題の示す構造については明らかにしていない。

Piaget & Szeminska（1941）は，一般的に数学的文章題を解くためには，その中に出てくる数的な要素と，演算を決定する論理的な要素の両方の理解が常に関係していることを指摘した。さらに，Piaget, et al.（1941）は，形式的操作段階になると，仮説を立てて演繹的に考えられるようになるとし，その思考構造を示す論理数学的モデルとして，結合された「群－束」構造^{注1)}を取り上げた。そして，形式的操作段階に達する前段階である具体的操作段階で獲得される思考の構造として，不完全で未分化な群－束構造である群性体モ

Atsuko Narukawa, Takaaki Goto, Toshihide Koike, Masumi Inagaki: Properties of Logical Thinking in Children with LDs: A study of applied mathematical problems

1) 東京都立小金井特別支援学校

2) 国立精神・神経センター

3) 東京学芸大学

4) 国立精神・神経センター

デル^{注2)}を考えた。

論理的知識の発達とは、算数・数学における数の理解のための知識の発達である。数概念の発達は、論理そのものの発達と密接に関係している (Inhelder & Piaget, 1964)。数学は、論理を積み上げていく学問であり、「正しい前提から生み出された結果もまた正しい」という演繹的推論規則に従って真理を追究し、問題を解決していく学問である。三段論法 ($A=B$, $B=C$ ならば $A=C$) のような等しさの推移的関係理解 (仮説演繹的思考) は文章題を解く上で重要な思考の枠組みとなる。子どもたちがこの機能を利用してさまざまな情報を整理し、理解していることを考慮すると、子どもの論理的思考の困難は、算数の文章題の解決過程に反映されていると考えられる。日常生活での集合の論理的操作に関連した算数の文章題としては、集合と集合の順序関係 (分類・包摂関係) を扱った問題や、集合の要素である「数」の順序関係 (大小関係や演算) を扱った問題を指摘できる。杉原 (1989) は、Piagetの群性体理論を応用した論理的思考の研究を行った。人形の操作による数的要素を含まない思考課題の実験を通して、群や束の構造をもつ論理的思考の発達過程を検討した^{注3)}。

LD児には論理的思考 (推論) に困難があるタイプが存在し (文部科学省, 1999)、一方で初期数学は初期の論理的思考体系に大きく依存することから、LD児の算数の困難は、論理的思考の困難との関係が推測される。しかし、LD児の算数の文章題の解決を、論理的思考の達成レベルと関連づけて検討した研究は見当たらない。杉原 (1989) における論理的思考を測定する実験で用いられた思考構造を、小学校低学年レベルで計算可能な数量操作と関連させることによって、算数文章題を設定できる。このような思考構造を反映した文章題は、算数の文章題の背景にある論理的思考の特性を検討する上で、有効であることが指摘できる。

LD児においては、読み困難や文の理解の困難が指摘されている。また、プランニングの弱さも指摘されている。読み困難や文の理解の困難、プランニングの弱さは、文章題の解決に直接影響することから、LD児の文章題の成績を検討するにあたっては、これらの遂行レベルとあわせて検討する必要がある。読みや文の理解、プランニングに偏りが無いにも関わらず、特定の文章題が解決困難な事例では、特定の論理的構造の思考困難を指摘でき、算数の文章題を解決できない背景に

注1) 群 (group) とは、有限または無限の要素 a, b, \dots の集合で、次の四つの条件を満たすものである。①合成：任意の二つの要素 a, b についてその結合 $c (= a + b)$ が定まる、②結合： $a + (b + c) = (a + b) + c$ が成立する、③単位元：任意の要素に対して $a + e = e + a = a$ なる逆元 e が存在する、④逆元：任意の要素 a に対して $x \cdot a = e$ なる逆元 x が存在する。

Piagetは、群構造を論理的思考構造の論理モデルとなりうるとした。群構造は操作そのものを問題にしており、一度行った操作を反対の操作を行うことによって元に戻すことができるという要素間の操作にあたる「可逆性」や、二つの操作のうちどちらを先に行っても結果は同じになる「結合性」を備えた構造体系である点を特徴とした思考構造である。

束 (lattice) とは、一つの集合の任意の2要素 a, b について、結び (meet ; $a \cup b$)、交わり (join ; $a \cap b$) とで表される要素が存在し、次の三つの属性を満たすものである。①交換： $a \cup b = b \cup a$, $a \cap b = b \cap a$, ②結合： $a \cup (b \cup c) = (a \cup b) \cup c$, ③吸収： $a \cup (a \cap b) = a$, $a \cap (a \cup b) = a$ 。

Piagetは束構造もまた、論理的思考構造の論理モデルとなりうるとした。論理的思考の本質的な特質は、仮説演繹的という点である。束構造は、集合の順序関係を問題にしており、この順序関係とは、「集合の分類」($A \cap B$, $A \cup B$) や「集合の包摂関係」($A \subset B$, $B \subset C$ ならば $A \subset C$) のような順序関係をまとめた思考構造である。

注2) Piagetは群の構造と束の構造の属性を混合した「群性体」モデルを考えた。群性体は五つの条件を満たす。①群性体に属する任意の2個の要素を定められた操作によって結合したとき、得られる要素は、この群性体に属する (合成性)。②すべての操作には、その逆操作が存在する (可逆性)。③どの要素とどの要素とを先に結合するかは、結果に影響しない (結合性)。④ある操作は、その逆方向の操作と結合すれば0になる (一般的同一性)。⑤同じ操作を繰り返しても変化は起こらない (同義性「特殊同一性」)。

①～④は群構造の属性であり、①、③、④、⑤は束構造の属性である。つまり群性体とは、一部分が群、一部分が束である群と束の混合体である。操作の具体例を挙げると、「何も取り去られなかった」のは同一性、「液体を細い瓶に移し替えると、細くなった分高くなった (液面)」のは相補関係の合成、「移しかえたのを元の瓶に戻すと元通りになる」のは可逆性の理解を示している (杉原, 1989)。

注3) 杉原 (1989) は、論理的思考の発達過程を調べるために、Piagetの群性体理論を参考に、群構造や束構造をもった課題を設定した。この課題では、帽子、手袋、靴の有無による8種類の人形を使い、言葉で指示を与え、次のような操作をさせた。違いに注目させ、ある決まりによって人形を配置させる (群構造)、共通点に注目させて分類させる (束構造)、なぜそのように操作したかを述べさせる、などである。その活動を得点化し、論理的思考能力を評価した。杉原の結果では、課題により急激な発達を示す時期が異なるが、どの課題もおおむね小学校4年生までに急速に発達する時期を経て、高学年になるとほぼ完成に近づくことが示された。

論理的思考の困難があることを推測できる。

LD児の情報処理の特性は、WISC-Ⅲ知能検査などにより評価されてきたが、情報処理の特性の偏りもまた、論理的思考の困難に関与することが推測される。情報処理の特性を考慮した問題提示によってLD児の課題解決が促進されることが報告されている(熊谷・青山, 2000)。これより、LD児において、論理的思考の困難と情報処理の特性との関係が指摘できるならば、情報処理の特性に配慮することで論理的思考の支援が可能になることが考えられる。

そこで、本研究では、集合分類(クラス化)、集合包摂(推移律)、可逆という3種の思考構造の発達を測定する算数文章題を作成し、LD児と健常児に実施する。先行研究(杉原, 1989)との関係は、集合分類課題は束構造課題、可逆課題は群構造課題と対応し、さらに本研究では集合包摂課題を追加した。集合の包摂関係は三段論法の思考構造につながり、算数における演繹的思考において重要な考え方である。次に文章題の達成状況を、読みや文の理解、プランニングの困難との関係で検討する。あわせて文章題の達成状況と、情報処理特性との関連を検討する。本研究では、これに基づき文章題の解決困難の背景にあるLD児の論理的思考の特性について考察することを目的とした。

なお、読みと文の理解の困難の程度は、K-ABC心理・教育アセスメントバッテリーにおける下位検査「ことばの読み」「文理解」の評価点を指標とした。プランニングの困難は、ハノイの塔課題検査(小林, 2005)の成績に基づき評価した。LD児の情報処理特性については、WISC-Ⅲ知能検査の群指数を指標とすることにした。

Ⅱ 方法

1. 対象児

算数困難を示すLD児21名と健常児230名を対象とした。本研究の算数困難を示すLD児は、以下の手続きで設定した。小学校通級指導教室(言葉の教室)に通うLD児を対象として、小学校2

表1 対象児の学年構成の内訳

学年	小1	小2	小3	小4	小5	小6	合計
健常児群	40	39	37	37	39	38	230
算数困難児群	4	3	3	7	4	0	21

年生と小学校3年生に関しては1学年下、小学校4年生以上に関しては当該学年2学年下の算数検査(教研式国語標準学力検査CRT-Ⅱ;辰野・北尾, 2005)を行った。算数全体の評定の基準は、1(努力を要する)、2(おおむね満足)、3(十分満足)の3段階であり、評定1か2の児童については、実施学年(つまり実際の学年より1~2学年下)の学習能力に到達していないとして、本研究において算数困難児として対象とした。全員、WISC-Ⅲ知能検査のFIQが70以上であり、VIQ, PIQ, FIQのいずれかが85以上であった。

健常児群は小学校1年生から小学校6年生までの健常児230名を対象とした。担任からの聞き取り調査を行い、算数と国語の学習に著しい遅れを示す対象者はいないことを確認した。対象児は、全員、構音に問題がないと、担当教諭によって判断された。対象児の学年の内訳は、表1に示した。

2. 算数文章題

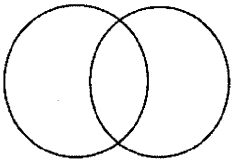
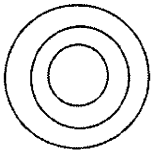
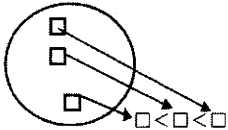
表2、表3は算数文章題の内容と説明を示している。

問題3と問題4は、どの二つの集合をとっても、包含関係によって順序づけができる構造(全順序構造)となっている。問題の内容は、集合の包摂関係を問うものである(以下、「集合包摂」課題)。

問題1と問題2は、二つの集合間で、包含関係によって順序がつけられない場合があるような構造(半順序構造)となっている点で、問題3、問題4と異なる。問題の内容は、集合分類を行うものである(以下、「集合分類」課題)。

問題5と問題6は集合内の要素間の大小関係に関する問題である。問題の内容は、時間軸を前後に移動させながら事象を捉え、演算操作を行うものである(以下、「可逆」課題)。問題で必要とす

表2 算数思考課題

		ベン図構造	問題
文章問題 (事象の抽象化・一般化)	集合と集合の2項関係 (包摂関係)	半順序構造 	問題1 にわに、バラとすみれ 2しゅるいの花がさいています。 赤いバラが4本、白いバラが3本、赤いすみれが5本、 白いすみれが2本あります。 ①バラの花は ぜんぶで 何本 さいていますか。 ②赤い花は ぜんぶで 何本 さいていますか。 問題2 こうえんで 小学生が あそんでいます。 2年生は6人、3年生は8人 います。 ①2年生と3年生では、どちらが 何人 おおいですか。 ②2年生の女の子は2人でした。2年生の男の子は何人ですか。 ③2年生と3年生の女の子をあわせると 7人でした。 3年生の男の子は 何人ですか。
		全順序構造 	問題3 3人できょうそう しました。 はなごさんは いちろうくんより おそかった。 じろうくんは はなごさんより おそかった。 では、いちばん はやかかったのは だれでしょう。 問題4 白、黒、緑の3本のテープがあります。 白いテープは 黒いテープより 長く 緑のテープは 黒のテープより みじかかった。 長い順に テープのいろを かきましょう。
	集合の要素と要素の2項関係 (大小関係)		問題5 はなごさんは 300円もって 2つのお店にかいものにいきました。 やおや> だいこんをかったので、のこりは50円になりました。 ぶんぼうぐや> 50円のえんぴつを1本 かったので、 のこりは250円になりました。 ①はなごさんが はじめにいったおみせは どちらですか。 ②だいこんのねだんは いくらでしょうか。 問題6 はなごさんは 500円もって 3つのお店にかいものにいきました。 パンや> サンドイッチと100円のぎゅうにゅうをかったので のこりは20円になりました。 ぶんぼうぐや> 70円のえんぴつを1本と80円のけしごむを1こ かったので、のこりは350円になりました。 ゆうびんきょく> 10円の切手を5まいかったので、のこりは 300円になりました。 ①はなごさんがいった お店のじゅんばんを かきましょう。 ②サンドイッチのねだんは いくらでしょうか。

る演算は、3桁までの整数による加減法であり、小学校低学年でも実施できるようにした。3種の思考課題に加えて、基本的な数の大小や位の概念など基礎的な数概念を問う「数概念課題」と問題1から問題6の解決に必要な計算スキルを評価する「計算課題」を設定した。これにより、LD児は、問題1から問題6の解決に必要な計算スキルを有していることが確認された。

3. 実施手続き

LD児に対しては問題を個別に行い、健常児には、クラスで一斉に行った。問題を配布した後、

表3 算数思考課題の内容

「集合分類」課題

包括関係に基づく半順序構造の課題であり、集合の要素の不必要な属性を捨象し、必要な属性に注目して、カテゴリー分類によるクラス化を行う。次に、そこに働いている属性をすべて捨象し、外部から導入した新しい操作としての系列化の原理を介入させ、数の演算操作を行う。

「集合包摂」課題

包括関係に基づく全順序構造の課題であり、集合に長さや長さなどの量概念を持ち込むことにより、推移律により演繹的に順序関係を推論する。

「可逆」課題

数の大小関係と時間という数量概念について、それらの関係を、可逆思考により推論する。さらに、その推論から数の演算操作を行う。

検査者は一問ずつ、問題文を読み上げ、解答の記入を確認しながら、順次、問題を実施した。これによって、問題文の読みが困難なために、解答に支障が生じないように配慮した。

4. 分析

思考課題は、各問題で正解を1点、不正解を0点として得点化した。

1) 健常児

健常児群の思考課題の正答率の平均と標準偏差(以下, SD)を学年ごとに算出し、思考課題の発達的变化について検討した。

2) 算数困難を示すLD児

LD児の算数思考課題の得点については、健常児群の学年別基準値より、平均100, SD15の偏差値として標準得点を算出した。これに基づき、3種の思考課題の成績の相互の関係を検討した。

ついで、文章題の解決の特徴を、読みや文の理解、プランニングの困難との関係で検討した。読み困難と文の理解の困難の程度は、K-ABC心理・教育アセスメントバッテリーにおける下位検査「ことばの読み」「文理解」の評価点を指標とした。プランニングの困難は、ハノイの塔課題検査(小林, 2005)の成績を指標とし、健常児の基準値(小林, 2005)に基づき評価した。

Ⅲ 結果

1. 健常児について

図1は健常児群における文章題の正答率を、各学年について、平均(◆)と1SDで表示したものである。各文章題とも学年が進行するにつれて正答率が増加した。小学校3～4年生では各課題正答率は80～90%以上を示し、ほぼ達成に近づいていることがわかった。「集合分類」課題について、平均正答率は小学校1年生から学年とともに順調に伸び、小学校4年生でほぼ9割(89%)に近づいた。また、小学校2年生と小学校3年生の間で有意差を示した($t=-2.36$, $p<.05$)。「集合包摂」課題は、小学校1年生ですでに83%の正答率を示しており、学年進行に伴い発達的に変

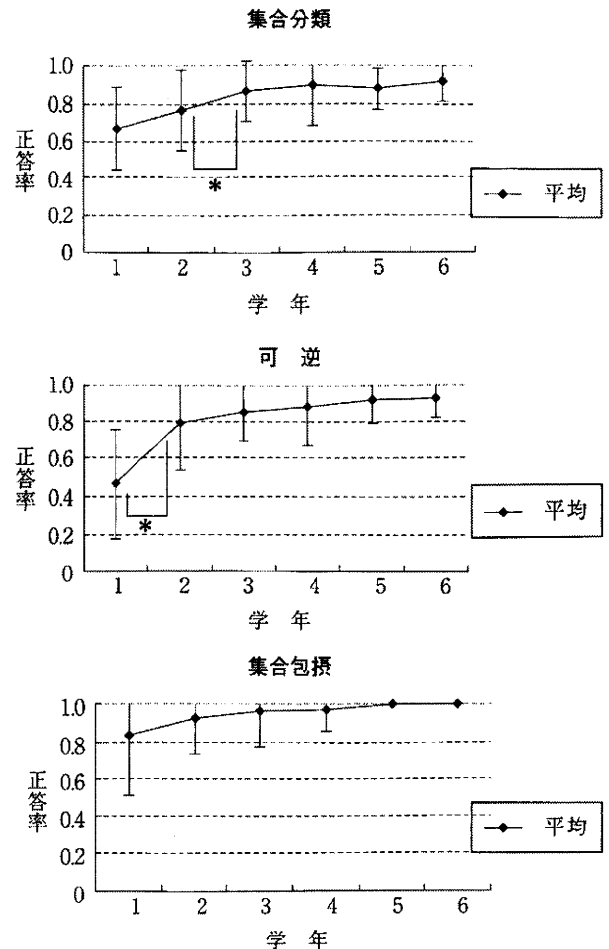


図1 健常児群における思考課題の平均正答率の学年推移

化しながら、小学校高学年では100%に達した。「可逆」課題について、平均正答率は、小学校1年生では約47%だが小学校2年生になると約80%まで急激に上昇し、小学校1年生と小学校2年生の間で有意差を示した($t=-5.24$, $p<.05$)。「可逆」課題を実施した小学校1年生40人が各自2問ずつ、のべ80問解答したうち、立式は正しいが、答えは不正解だったのは2問であったことから、小学校1年生での正答率の低さは、計算の失敗によるものではないことが指摘できた。

2. 算数困難を示すLD児について

LD児の文章題の成績を、標準得点の成績-2SDを基準に分類した。表4は、その結果を示したものであり、□は成績が健常児群の平均-2SDより高い課題、■は平均-2SDより低い課題を示して