

健常児と自閉症児の実行機能の発達 ——次元の異なるカード分類課題による検討——

範 例*・小林 久男**

キーワード：実行機能、次元の異なるカード分類課題、前頭葉、自閉症、保続

I 目的

実行機能とは、前頭前野と関連する神経心理学的機能モデルであり、知覚や記憶、言語などの要素的な認知機能とは対比されるより高次な、超様式的な (supramodal) 機能である (Lezak, 1982)。

実行機能の定義に関しては研究者によって差がある。Welsh ら (Welsh and Pennington, 1988 ; Welsh, Pennington and Groisser, 1991) は、「実行機能とは将来の目標を達成するために適切に構え (set) を維持する能力である」と述べており、それには、プランニング、セットの変更・維持、抑制、ワーキングメモリーなどが含まれるとしている。Zelazo, Carter, Reznick and Frye (1997) は実行機能を「問題解決の能力」と考え、問題解決の枠組みは、時間的・機能的に異なる 4 つの段階 (問題の表象、計画、遂行、評価) から構成されるとしている。この Zelazo らの定義に近いのは、Lezak (1982) の定義である。彼によれば、実行機能とは「みずから目標を設定し、計画を立て、実際の行動を効果的に行う能力」であり、次の 4 つの構成要

素よりなるとしている。すなわち、それらは、①目標の設定、②計画の立案 (プランニング)、③計画の実行、④効果的な行動の遂行 (これには自己監視能力 (self monitoring) や行動制御力 (ability to regulate behavior) が含まれる)、の 4 つである。

前頭葉病変を持つ患者では、課題の目標を理解しているにもかかわらず、保続、忍耐不足、課題に無関係な行動の割り込み、自発的開始の欠如といった目的指向性行動の統制障害が認められる (Pennington and Ozonoff, 1996)。この障害は課題遂行の「管理」あるいは「監督」の障害によるものであり、知覚や記憶、言語理解などの基礎的な認知機能の障害によるものではないとされ、実際、前頭葉損傷者では知能検査を行っても顕著な IQ の低下を認めないことが多いという (Pennington and Ozonoff, 1996)。このような前頭葉損傷者で見られる特徴的な病態はまさしく実行機能の障害といえるものであり、このことから前頭葉、とりわけ前頭前野と実行機能との関連性が強く示唆されている。

前頭葉損傷者で使用されている実行機能検査にはさまざまなものがあるが、その代表的なものの一例を挙げると、セットの変更を調べる検査としては Wisconsin Card Sorting Test (以下、WCST)、

* 埼玉県和光市立本町小学校

** 埼玉大学教育学部特別支援教育講座

表 1 学齢前期の実行機能テストと適用年齢（Zelazo, Carter, Reznick & Frye, 1997 をもとに著者らが作成）

実行機能の段階	テスト	適応年齢（歳）	出典
問題の表象	曖昧な鼠男	3～8	Reese（1963）
	三次元モデルテスト	2～3	DeLoache（1986）
計画	ハノイの塔	3～5	Piaget（1976）
	ハノイの塔の亜型	4～6	Bidellら（1994）
	犬—猫—鼠	3.5～5.5	Klahr（1985）
	馴染みのある事象	3～5	Hudson（1995）
	経路計画	1.5～3	Brockman（1977）
	大規模な迷路	3～5	Roseら（1980）
	下位目標—下位目標からなる分節（A→B,X→Y）	3～5	Kendler（1956）
	写真の記憶	4, 6, 8	Rogoff（1974）
	場所記憶課題	3, 5, 7, 9	Heisel&Ritter（1981）
	戦略的な欺き	3～4	Russell（1991）
遂行	連続遂行課題	2～4	Rosvold（1956）
	分類カード（カテゴリー分類）	2.5～3	Zelazoら（1995）
	電灯の課題	2.5～5	Luria（1961）
	次元の異なるカード分類（DCCS課題）	3～5	Zelazoら（1996）
	Stroop課題	3.5～7	Stroop（1935）
	Knox立方体テスト	3～7	Printer（1915）
	模倣分類課題	1～3	Alp（1994）
	サイモンが言う課題	3.5～4.5	Reedら（1984）
	タッピング課題	3.5～7	Luria（1980）
	自己制御課題	2～6	Koppら（1982）
評価	手本と同じ塔を造る	1.5～4	Bullockら（1988）
（誤りの探知）	黒板課題	1.5～3	Bullockら（1988）
	積木配列課題	1.5～3	Bullockら（1988）
（誤りの訂正）	五つの入れ子	1.5～3	DeLoache（1985）
	オペラント	3～6	Stevensonら（1961）

プランニングの検査としてはハノイの塔（Tower of Hanoi：以下、TOH）、ワーキングメモリーの検査としては自己指図的指さしテスト（Self-ordered Pointing Test）や文章スパンテスト（Sentence Span Test）、抑制の検査としてはストループテスト（Stroop Test）やGo-NoGoテストなどがあり、前頭葉損傷者では他の損傷部位の患者に比べてこれらの検査の成績が悪いことが多くの研究で報告されている（例

えば、Milner, 1963；Petrides and Milner, 1982；Morris, Miotto and Feigenbaum, 1997: 鹿島・吉益, 2003など）。

実行機能が前頭葉と密接に関係しているとするならば、実行機能の発達は前頭葉機能の発達を反映していると考えられることができる。実行機能の発達についても多くの研究が行われているが、それらを概観すると、表 1 に示すように、実行機能の各段階においてさまざまなテストを

用いた研究が見られる。これらの研究を、Zelazo, Carter, Reznick and Frye (1997) をもとに要約すると次のようになる。2歳前の子どもは自己制御の発達がまだ不十分である。2.5歳から3歳の子どもは問題解決の初期段階（すなわち、表象）が鍵を握っているように思われる。しかし、3歳児では次元の異なるカード分類（Dimensional Change Card Sort、以下、DCCS）課題において相変わらず保続する。4歳以上の子どもは徐々に自己制御ができて、問題解決時に非保続的に、柔軟に表象ができるようになる。そして、2歳から5歳までの間に実行機能の各段階において劇的な変化が認められる。こうして多種多様な内容の領域における問題を解決する際に、子どもは徐々に自分自身の思考と行動を制御し始める。Zelazo, Müller, Frye and Marcovitch (2003) のDCCS課題を用いた研究では、実行機能は3歳から5歳までの間で著しい発達を示すことが報告されている。

一方、自閉症と実行機能との関係については、自閉症における限局した興味や反復行動のような症状は保続的で柔軟性のない行動特徴として捉えることができるため、実行機能の障害との関連性が示唆されている（Griffith, Pennington, Wehner and Rogers, 1999）。太田（2003）がまとめた自閉症の実行機能に関する研究一覧によると、全部で31の研究が行われており、このうち22（71.0%）で何らかの実行機能検査での障害が認められている。実施された単独の検査では、WCSTが最も多く（16）、つづいてTOH（6）、トレイルメイキングテスト・パートB（Trail Making Test part B）（4）、ストループテスト（3）の順になっている。このうち、WCSTでは75.0%に、TOHでは83.3%に、トレイルメイキングテストでは50.0%に障害があり、ストループテストでは障害はなかった。ただし、これらの研究のほとんどは対象の年齢が6歳以上となっている。

5歳以下の自閉症の幼児を対象とした研究（Griffith et al., 1999）では、幼児でも実施可能

な検査（「AであってBでない」、「透明な箱からの奪回」、「見えない物の移動があるAであってBでない」、「空間逆転」、「箱課題」など計8つの検査）を用い、自閉症幼児と比較対照として年齢を釣り合わせた発達遅滞児を対象に検討している。それによると、8つの検査において自閉症児群と対照群とは、成績のレベルにおいてもパターンにおいてもほとんど有意差はなかった。個々の測度で群間でわずかに見られた有意差は自閉症児群の方が対照群よりも成績がよいというものであった。

健常幼児の実行機能は、Zelazoら（2003）のDCCS課題を用いた研究では3歳から5歳までの間に著しい発達を示す。つまり、3歳の子どもではまだ実行機能はうまく働かず、4歳ころから徐々に働き始め、5歳を過ぎるとほぼできるようになる。年齢の低い幼児で実行機能が上手にできない原因は、優勢な反応を抑制することができないためであろうと推測される。言い換えれば、前の行動（反応）を抑制できないからであろう。この優勢な反応は5歳ころになって抑制できるようになり、柔軟な行動がとれるようになると考えられる。

一方、自閉症については、学齢期以降では実行機能の障害が認められるが、5歳以下の幼児では実行機能の障害は認められていない。しかし、5歳以下の自閉症幼児を対象とした研究はきわめて少なく、また、発達的な観点から自閉症の実行機能について検討しているものもほとんど見られない。そこで本研究では、健常児においてその発達過程が検討されているDCCS課題を用いて、自閉症児の実行機能の発達を健常児の発達過程との比較において明らかにすることを目的とする。

DCCS課題は、Zelazoら（1997）の実行機能に関する定義の4つの段階（問題の表象、計画、遂行、評価）の中の主に遂行段階に関係する（表1）。この課題を用いたZelazoら（1997; 2003）の研究では3歳～5歳の間における実行機能の発達が認められている。最近、DCCS課

題の変異課題を用いると、年齢の低い子どもでも上手に実行できるという報告がある (Zelazo et al., 2003)。そこで、本研究ではDCCSの標準バージョンの他に、ルール間の葛藤がない新しいバージョン (変異課題) を加えることによって健常児と自閉症児の実行機能の発達を検討する。具体的には健常児 (3歳～5歳) の実行機能の発達過程、及び健常児と同程度の精神年齢の自閉症児もしくは自閉的傾向児、同程度の生活年齢の自閉症児もしくは自閉的傾向児の実行機能の発達について検討する。

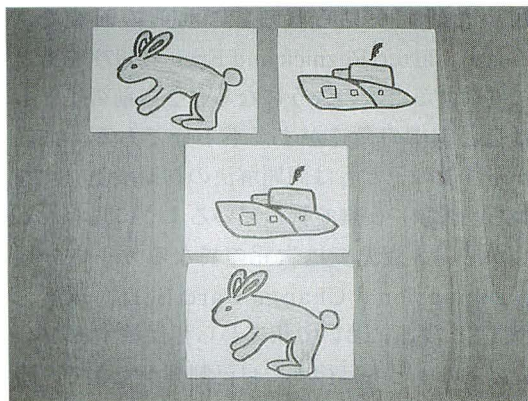


図1 DCCS課題の標準バージョン

II 方法

1 対象児

(1) 健常児群：幼稚園に通っている3歳児10名 (男4名・女6名、平均年齢3歳5か月)、4歳児10名 (男2名・女8名、平均年齢4歳4か月)、5歳児10名 (男5名・女5名、平均年齢5歳4か月)

(2) 自閉症児群：①自閉症児施設に通っている生活年齢4歳～6歳 (精神年齢は不明) の自閉症児または自閉的傾向児5名 (すべて男、S1～S5とする)、②A大学の学習指導グループに参加している生活年齢10歳～18歳、精神年齢3歳～6歳 (田中ビネーによる) の自閉症児または自閉的傾向児7名 (男5名・女2名、P1～P7とする)。

2 DCCS課題および手続き

DCCS課題は、Zelazoら (2003) を参考にして、低年齢の幼児でも実施可能な3種類の課題 (①標準バージョン、②4ルールバージョン、③2+2ルールバージョン) を用いた。

(1) 標準バージョン

図1に示すように、子どもの前に、二次元 (色と形) の異なる2枚のターゲットカード (例えば、赤いウサギと青いボート) を配置し、その下に2枚のサンプルカードを置く (例えば、青いウサギと赤いボート)。そして対象児に、

“これから色ゲームをしよう。青ならここに置こう。赤ならあそこに置こう” と言って、実験者がサンプルカードをターゲットカードの下に置いていく。やり方を説明し終わったら、“では、誰々ちゃんもやってみよう” と言って、対象児にテストカードを渡し、分類させる。全部で10枚のテストカードについて行う。次に、形ゲームに移る。“今度は形ゲームをしよう。ウサギならここに置こう。ボートならあそこに置こう” と言って、色ゲームと同様に、まず実験者がやり方を示し、その後、対象児に分類させる。10枚のテストカードについて行う。表2に、本研究で使用したターゲットカード、テストカード、サンプルカードを示す。健常児群では、それぞれの年齢において対象児を2群に、すなわち、最初に色ゲームを行う群と最初に形ゲームを行う群に分けた。

(2) 4ルールバージョン

子どもの前に、4枚のターゲットカードを横に配置し、その下の真ん中あたりのところに4枚のサンプルカードを縦に置いてやり方を説明する。その後、色もしくは形の次元によって一連のテストカードを分類するように言う。やり方は、例えば、色の次元の場合には、“青ならここに置きます。オレンジならここに置きます。赤ならここに置きます。茶色ならここに置きます” と言い、形の次元の場合には、

表2 検査で使⽤したターゲットカードとテストカードおよびサンプルカード

カードセット	ターゲットカード	テストカードとサンプルカード
標準バージョン	赤いウサギ 青いボート	赤いウサギ
		青いウサギ
		赤いボート
		青いボート
4ルールバージョン	青いボート オレンジバス ⽩い車 茶色の飛行機	青いボート
		オレンジボート
		⽩いボート
		茶色のボート
		青いバス
		オレンジバス
		⽩いバス
		茶色のバス
		青い車
		オレンジ車
		⽩い車
		茶色の車
		青い飛行機
		オレンジ飛行機
2+2ルールバージョン	赤いウサギ 緑のネコ ⿁いイス 紫のサル	赤いウサギ
		緑のウサギ
		赤いネコ
		緑のネコ
		⿁いイス
		紫のイス
		⿁いサル
		紫のサル

“ボートならこっちに置きます。バスならここに置きます。車ならここに置きます。飛行機ならここに置きます”と言って、実験者がやってみせる。その後、対象児にテストカードを渡して分類させる。全部で20枚のテストカードについて⾏う。健常児群では、それぞれの年齢において対象児を2群に、すなわち、色の分類を⾏う群と形の分類を⾏う群に分けた。

(3) 2 + 2ルールバージョン

子どもの前に、4枚のターゲットカードを横に配置し、色の分類では左側2枚の真ん中あたりの下に、形の分類では右側2枚の真ん中あたりの下に2枚のサンプルカードを縦に置いて、やり方を説明する。やり方は標準バージョンと似ているが、異なる点は標準バージョンでは色と形の分類において重複した（同一の）テスト

カードが用いられるのに対して2 + 2ルールバージョンでは重複しないカードが用いられる点、また、標準バージョンでは動物と船というまったく異なる2つのカテゴリーが用いられるが、2 + 2ルールバージョンでは一つのカテゴリー（動物）のみが用いられる点である。色と形の分類でそれぞれ10枚のテストカードが使用される。標準バージョンと同様に、健常児群では、それぞれの年齢において対象児を2群に、すなわち、最初に色の分類を行う群と最初に形の分類を行う群に分けた。

一方、自閉症児群に対しては対象児によって色と形を交互に替えて行った。

上記の3つのバージョン課題の実施順序は、対象児によってランダムとした。所要時間は一人8分～12分であった。

3つのバージョン課題の難易度については、標準バージョンが最も難しく、次は2 + 2ルールバージョンで、4ルールバージョンは最もやさしい課題と推測される。

結果の処理にあたっては、3つのバージョン課題のそれぞれについて正しく分類されたテストカードの枚数を得点化した。それぞれの課題において使用したテストカードは20枚であり、従って、すべてのカードを正しく分類した場合には20点（満点）が与えられる。

Ⅲ 結果と考察

1 健常児群

図2は健常児群の結果である。標準バージョン、4ルールバージョン、2 + 2ルールバージョンの平均値（標準偏差）は、3歳児では16.3（3.1）、19.3（1.6）、18.3（1.8）であり、4歳児では18.8（1.6）、19.9（0.3）、19.3（1.1）であり、5歳児はすべて満点（20点）であった。課題（バージョン）と年齢を要因とする2要因の分散分析の結果、年齢の主効果に有意傾向があった（ $F(2,4) = 6.07, p < .10$ ）。バージョンの主効果は有意ではなかった。3歳児の得点は4歳児や5歳児に比べて低い、特に標準バージョンにおける得点が低かった。これは、まだこの年齢段階では前の次元から次の次元への切り替えがスムーズにできず、前の次元への保続を示すためと考えられる。一方、2 + 2ルールバージョンや4ルールバージョンでは4歳児と比較して大差がないことから、一次元の分類は3歳児でもかなりの発達水準に達していると考えられる。5歳児は最も難しいと予想される標準バージョン（二次元の分類）でも満点をとっており、本研究の課題の範囲からすると、5歳児は優勢な反応の抑制あるいは自己制御という点における実行機能はかなり発達していると考えられる。4歳児はその移行期にあることが示唆

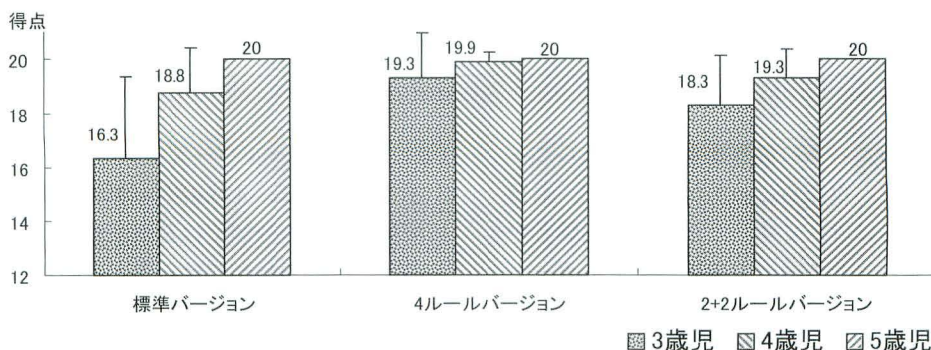


図2 健常児群のDCCS課題の3つのバージョンにおける平均得点と標準偏差
数字は平均得点を、縦棒は1標準偏差を示す。

される。これらの結果は先行研究（Zelazo et al., 2003）とも一致している。

2 自閉症児群

自閉症児群については、健常児と同程度の生活年齢の自閉症児もしくは自閉的傾向児の群（Sグループ：S1～S5）と健常児と同程度の精神年齢の自閉症児もしくは自閉的傾向児の群（Pグループ：P1～P7）に分けて検討した。いずれの群も同じ年齢層の子どもの人数が少ないので一人一人分けて分析した。

図3はSグループのS1～S5の結果を示したものである。左から右に得点の低い者から高い者の順で表している。最も得点の低いS5は、生活年齢が6歳4か月で、ブランコやトランポリンなどの感覚的な遊びを好み、簡単な要求（「ちょうだい」）はでき、2語文程度の言語を有している。最も成績のよいS4は6歳5か月で、一人遊びが多く、感覚的な世界に入りやすい。基本的な要求は言葉で言え、多語文ができるが、それを機能的に使うのは困難である。S1は5歳8か月で、常同的な運動が多く、こだわりがあり、情緒的に不安定になりやすい。2語文程度の言語を有している。成績は健常児の4歳に近い。S3は5歳6か月で、物に対する好き嫌いが激しく、好きな物（本、トイレ、電話のおもちゃ）だけで遊ぶが、遊び方は単調で

ある。また、なんでも一番にやりたがる。多語文ができる。成績は健常児の3歳に近い。S2は4歳5か月で、情緒的に不安定で、キレやすい。よくお漏らしをする。多語文ができる。成績は健常児の3歳よりも悪い。S2とS3は分類の際、口頭で尋ねると答えることができたが、実際に分類するときになると、混乱していた。これは実際の行動と表象の統合が未発達なためと思われる。S5を除くと、年齢が高くなるにつれて成績もよくなる傾向が見られる。

図4はPグループの結果を示したもので、標準バージョンの成績順に配置している。全体を眺めると、P1（生活年齢18歳4か月、精神年齢5歳8か月、以下、CA18:4, MA5:8と表記）とP6（CA15:1, MA3:11）の成績が悪い。これらの2名は4ルールバージョンで色の分類が困難であった。また、P1の標準バージョンでの成績は低く、保続が見られた。P1は知能検査で言語性項目が弱く、言葉の運用能力も低く、質問に対してエコラリアが見られた。P6は語彙は比較的豊富であるが、属性や意味理解、記憶、数概念、反対類推に困難が見られた。P7（CA10:11, MA3:6）、P5（CA10:8, MA4:1）、P3（CA13:9, MA6:2）の成績は健常児の3歳と似ている。P7は人への関心が薄く、検査中はほとんど目を合わせなかった。いやなこと、苦手なことに対しては大

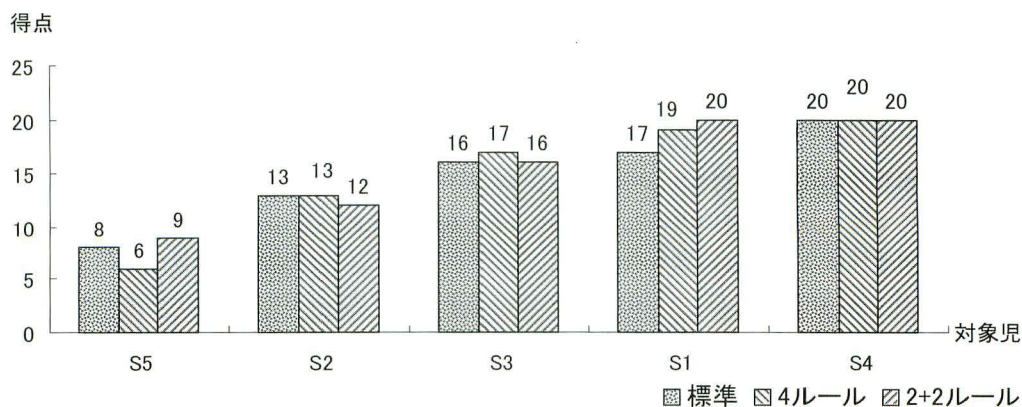


図3 自閉症児群SグループのDCCS課題の成績

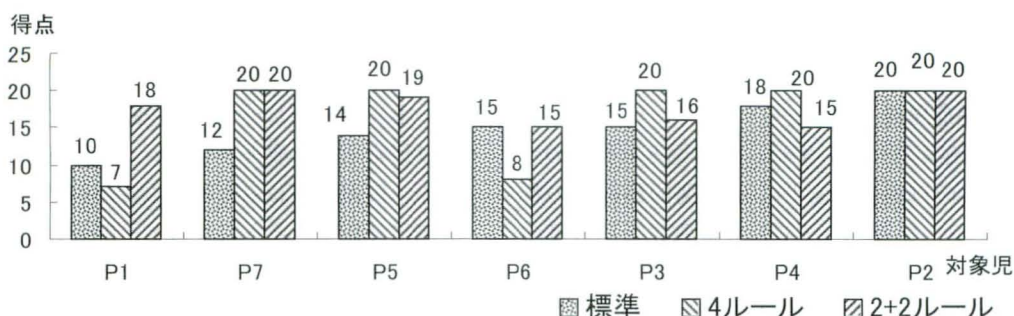


図4 自閉症児群PグループのDCCS課題の成績

声を上げたりした。P5は検査を受ける態度は良好であったが、困難な課題では手をこする動作が見られた。また、指示を記憶しておくのが困難なようであった。P4（CA11：1, MA5：5）は標準バージョンではよくできたが、テストの最後の2+2ルールバージョンでは15点であった。これはルールを忘れたためではないかと思われる。P2（CA11：7, MA4：4）は満点で、健常児の5歳レベルであった。P2は精神年齢が4歳4か月で、田中ビネーで物の用途や属性理解、反対類推など言語による理解や表現に困難が見られたが、動作による課題には落ち着いて取り組んでいた。

Pグループの成績は、P2を除いて、健常児群の3歳レベルもしくはそれ以下の成績であった。また、P1やP6のように、色の分類に困難があるために4ルールバージョンの成績が際だって悪いものもいた。このような例は健常児では見られなかった。精神年齢との関連については、精神年齢ではP7が最も低く、P3が最も高いが、これと分類課題の成績とは対応していない。また、図4を見ても、分類課題の成績と精神年齢との間には関連性はないように思われる。精神年齢とは関係がないとすれば、自閉症児のDCCS課題の成績にはどのような要因が関与しているのだろうか？ この問題については、DCCS以外の課題を含めて、課題遂行時の行動観察や生育歴、日常行動などから一人一人につ

いて多面的に分析する必要があるであろう。そしてつまずきの要因が明らかになれば、個々の支援の手だてを考えることも可能になってくる。これらは今後の検討課題である。

IV 結論

DCCS課題から見た実行機能は、健常児においては3歳から5歳までの間に発達することが明らかとなった。自閉症児では実行機能の発達は精神年齢よりも生活年齢に依存することが示唆された。自閉症児のなかには色の分類に困難を示すものがいた。また、口頭での解答と実際の分類行動との間に乖離が見られたものがおり、行動と表象との間の未発達な統合が示唆された。自閉症児群の成績は個人差が大きかった。この個人差の原因については今後さらに検討する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、東京学芸大学教育学部特別支援科学講座の小笠原恵先生、日本社会事業大学大学院社会福祉学研究科博士後期課程の権明愛さんには大変お世話になりました。また、検査にご協力頂いた松本幼稚園の園児の皆さんと先生方にもお世話になりました。心より感謝致します。

文献

- Griffith, E.M., Pennington, B.F., Wehner, E.A. and Rogers, S.J. (1999) Executive functions in young children with autism. *Child Development*, 70: 817-832.
- 鹿島晴雄・吉益晴夫 (2001) 前頭葉と知的機能. *BRAIN MEDICAL*, 13: 7-13, メディカルレビュー社.
- Lezak, M.D. (1982) The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17: 281-297.
- Milner, B. (1963) Effects of different brain lesions on card sorting. *Archives of Neurology*, 9: 90-100.
- Morris, G.R., Miotto, C.E. and Feigenbaum, D.J. (1997) Planning ability after frontal and temporal lobe lesions in humans: the effects of selection equivocation and working memory load. *Cognitive Neuropsychology*, 14: 1007-1027.
- 太田昌孝 (2003) 《展望》自閉症圏障害における実行機能. 高木隆郎・P・ハウリン・E・フォンボン編 自閉症と発達障害研究の進歩 Vol. 7, 3-25, 星和書店.
- Pennington, B.F. and Ozonoff, S. (1996) Executive functions and developmental psychopathologies. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37: 51-87. (十一元三訳 実行機能と発達病理.
- 自閉症と発達障害研究の進歩, Vol.2, 278-335, 1998, 日本文化科学社)
- Petrides, M. and Milner, B. (1982) Deficits on subject-ordered tasks after frontal and temporal lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 20: 249-262.
- Welsh, M.C. and Pennington, B.F. (1988) Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Developmental Neuropsychology*, 4: 199-230.
- Welsh, M.C., Pennington, B.F. and Groisser, D.B. (1991) A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7: 131-149.
- Zelazo, P.D., Carter, A., Reznick, J.S. and Frye, D. (1997) Early development of executive function: A problem-solving framework. *Review of General Psychology*, 1: 198-226. (岡田 俊訳 実行機能の初期発達: 問題解決の枠組み. 自閉症と発達障害研究の進歩 Vol.7, 26-53, 2003, 星和書店)
- Zelazo, P.D., Müller, U., Frye, D. and Marcovitch, S. (2003) The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, Serial No.274, Vol.68, No.3, Blackwell.

Study of the Development of Executive Functions in Normal and Autistic Children

— Analysis using the Dimensional Change Card Sort Tasks —

Fan LI and Hisao KOBAYASHI

In this study, in order to clarify development of the executive functions of healthy and autistic children, the Dimensional Change Card Sort (DCCS) task was applied to the 3-to 5-year-old healthy children, and the autistic children of 4 to 6 years of chronological age and 3 to 6 years of mental age as well. The useful results were obtained. From the results it was showed that healthy children's executive function progress from age 3 years to 5 years of age, and the development of autistic children's executive function depend on chronological age rather than a mental age. On the other hand, it was observed that some autistic children have difficulty on sorting by color, and there are deviations between some oral answers and actual sorting actions which imply the underdeveloped integration between the actual action and representation. Furthermore, it was found that there is more significant individual difference in score in the autistic children group compared to the healthy one, and this need to be studied further.