

## 自閉症スペクトラム児と定型発達児における、 連合（ルール）学習時の行動上の違いとその原因の追及

東北大学加齢医学研究所 埴 杉子

The differences in behavior and cognitive process of the associative learning (rule-learning) between the typically developing children and children with autism spectrum disorders

Institute of Development, Aging and Cancer, Tohoku University, HANAWA, Sugiko

### 要 約

本研究の目的は、自閉症スペクトラム児（以下、ASD）と定型発達児（以下、TD）における、連合（ルール）学習時の行動上の違いとその原因の追及である。ここでいう連合（ルール）学習とは、ヒトの諸々の日常生活活動において重要な機能とされる実行機能の一つであり、学習の基礎になる認知機能である。本研究では、新規学習としてジャンケンのような3すくみの関係の課題を用い、刺激には意味を付加したジェスチャーと、単なる視覚刺激として、意味のないジェスチャーを用いた。このような条件における、TDとASDの学習時の行動上の違いを調べた。その結果、意味がある刺激と意味がない刺激では、両群とも異なる学習をしていることが示唆された。また、両群において最も違いがあらわれたのは「あいこ」の時であった。今後は、これらの結果の原因がどこに帰属するかを追究しながら、ASDの学習支援に繋げていくことが重要であることが示唆された。

**【キー・ワード】 自閉症、連合学習、ルール、実行機能**

### Abstract

The purpose of this study is to clarify the differences between typically developing children (TD) and children with autism spectrum disorders (ASD) in associative learning (rule-learning). The term “associative learning (rule-learning)” here is one of the executive functions which are very important for our daily lives and is the foundation of learning. Recently there has been an increase in research into the dysfunction of executive function in children with ASD, but there are few studies as to how and why these differences arise. We found some surprising differences between the ASD group and the TD group. I believe this study is important for people close to ASD children, including parents and educators.

**【Key words】 ASD, associative sequence learning, rule, executive function**

## 問題と目的

本研究の目的は、自閉症スペクトラム児 (ASD) と定型発達児 (TD) における、連合 (ルール) 学習時の行動上の違いとその原因の追及である。連合 (ルール) 学習とは、ここではある動作に対して決まった動作を出す、といういわばグーにはパーが勝つなどのジャンケンのような一定のルールをもつ学習のことをさす (図 1)。この学習に関して、幼少期にはその連合 (ルール) はしばしばその「意味」と合わせて覚えていく。例えば、ジャンケンを初めて学習する時には、グーにはパーが勝つ、というのは、紙 (パー) が石 (グー) を包むことができるから勝ち、というような意味づけで大人より教わるのが一般的である。それらの意味をたよりに、子どもたちは手の形と手の形の関係性を覚えていき、自分が「勝つ」ためには何を出せばよいか、それらの連合 (ルール) を学んでいく。そして、勝った際には何かしらの報酬をもらうことができるため、それらの学習は強化されていく、ということになる。

一方で、ASD では、これらジャンケンなどのルールをもつ遊びの発達が同じ精神年齢の TD に比べて著しく遅れるばかりでなく、非自閉精神遅滞児と比べてもその獲得に特徴的な現象を示すことが指摘されている (野村, 1988, 1991, 1993)。ジャンケンとは簡単なながらもゲームとしての構成要素をほぼ網羅しており、こども社会においてはきわめて重要な社会的技能であると考えられている (野村, 1988)。そのため、ASD にとってジャンケンの早期の獲得は重要な課題であるが、それらの研究は少ない (関戸, 2004)。また、ASD 児が IQ などマッパさせてもなおこれらの学習の発達が TD と異なるのにも関わらず、その原因となる認知機能を明らかにしようと取り組む研究はみあたらない。

先行研究により、ジャンケンのような連合 (ルール) 学習に関わる認知処理には、実行機能 (反応抑制、注意機能、ワーキングメモリなど) が関わっていることがわかっており (Matsubara, et al., 2004; Akamatsu, et al., 2008; Kadota, et al., 2009, 2010)、このようなルールに則した実行機能を評価できる後だしジャンケンとは、我が国では頭部外傷などで前頭前野の障害が疑われる患者に対して前頭前野の機能のスクリーニングテストとして行われることもある (Otsuka and Miyamoto, 2003)。ASD の実行機能においては、以前より数多く研究されてきており (Russell et al., 1997; Hill, 2004; Papazian, et al., 2006; Silk et al., 2006)、それらの障害が前頭前野の機能不全であることを示唆している報告もある (Luna, et al., 2002; Ozonoff, et al., 2004)。しかし一方で、ASD の実行機能を取り扱った先行研究の結果ではまだ一貫した見解が得られていない。例えば、ASD では研究室における抑制機能やワーキングメモリの検査では保たれていて TD とパフォーマンスは変わらないが、実社会における実行機能、社会文脈にそった実行機能であると主張している研究者もいる (Kenworthy, et al., 2008)。

そこで本研究では、ASD と TD における、連合 (ルール) 学習時の行動上の違いを明らかにし、その原因を追及することを目的とした。新規学習としてジャンケンのようなある動作に対して決まった動作を出し勝ち負けが決まる、という 3 すくみの課題を用いた。また、連合 (ルール) 学習の戦略として 2 種類考えられることから (図 1)、それら 2 種類の戦略にて実験を行った。

## 方 法

### 1) 対象

日本語を母国語とする、自閉症スペクトラム障害（Autistic Spectrum Disorder: ASD）の診断を受けている小児 13 名ならびに定型発達小児 8 名、計 21 名が研究に参加した（ASD 児：TD 児 平均年齢 9.3±1.5 歳：8.9±1.1 歳；女児 3 名：女児 5 名）。なお、解析には WISC-IV の全検査 IQ で 75-139 の範囲にいる児童のデータを用い、外れ値であった 2 名のデータは除外した。

参加募集にあたっては、ASD 児はみやぎ発達障害サポートネットの施設の協力にて募集した。定型発達小児は、現在当研究室で共同研究を実施中の近隣小学校の協力を得て参加者を募った。

### 2) 倫理的配慮

研究に参加する保護者・児童に対して書面・口頭説明によるインフォームドコンセントを行い、同意書を得た。また、東北大学大学院医学系研究科の倫理委員会にも承認を得て研究を行った。

### 3) 実施期間ならびに実施場所

研究の実施は 2014 年 3-8 月に行った。実施場所は、東北大学加齢医学研究所 ブレインイメージング棟 2 階の防音室にて行った。なお、すべての参加児童ならびに保護者は、1 週間に 1 日、計 2 日間研究に参加した。

### 4) 連合（ルール）学習課題

連合（ルール）学習課題として、ジャンケンのような、ある動作に対してある決まった動作を出すことによって勝ち負けが決まる、という 3 すくみの課題をノート PC 上で用いた。参加児は 2 週間内に 2 回研究所に来てもらい、1 日目は意味あり（意味なし）刺激、2 日目は意味なし（意味あり）刺激を用いた課題を行った（図 2）。

1 日目：実験者は絵カードを用い、3 つのジェスチャーとそれらの関係（3 すくみの関係）を、意味を説明しながら参加児に十分に説明をした。図 2 の刺激セット①の場合の意味あり刺激は、(a)虫、(b)蜘蛛、(c)銃である。虫と蜘蛛では、虫は蜘蛛に食べられてしまうので蜘蛛が勝ち（虫が負け）、蜘蛛と銃では、銃で蜘蛛をやつけることができるので銃が勝ち（蜘蛛が負け）、銃と虫では、銃は人が使うものだが、人は虫に弱いので（刺されたりするので）虫が勝ち（銃が負け）、というような説明を行った。同様に、刺激セット②の場合の意味あり刺激は、(a)鼠、(b)猫、(c)犬である。鼠と猫では猫が勝ち（鼠が負け）、猫と犬では犬が勝ち（猫が負け）、犬と鼠では鼠が勝ち（犬が負け）である。なぜ犬と鼠では鼠が勝つの？と疑問に思った児童がいたが、犬は体が大きくて、鼠の素早い動きに追いつかず、逃げられてしまうから、と説明すると納得してくれた。また、参加児が理解できたかどうかを知るために、実験者の説明後に、3 すくみの関係を実験者に説明してもらった。なお、一度で理解できなかった場合は、実験者は何度か説明を繰り返し、正確に 3 すくみの関係を理解したことを確かめてから実験を開始した。

ルールが理解できた後、参加児はノート PC 上で練習を行い（約 3 分）、その後 3 すくみの課題の 1 回目（Pre）を行った（約 8 分）。課題は、PC 画面上に出てくる「あいこブロック」・「負けブロック」・「勝ちブロック」で構成されており、各ブロック内には 6 枚の画像が次々に出てくるようになっており、1 枚の画像につき 5 秒以内でなるべく早く、正確に反応するように求めた。それら 3 つのブロックを 1 セットとし、4 セット繰り返した。それらのブロック反応は、視覚刺激に対応したノート PC 上の 3 つのボタン（1, 2, 3）にて行った（ボタンにはそれぞれのジェスチャーの絵がついているため児は迷うことなくボタンを押せた）。

続いて、この 3 すくみの課題を、実際の遊びの中で覚えられるように、ノート PC 上で“ジャンケン・ポン”と声をかけながら勝負をする「練習」を行った（約 10 分）。これは、“ジャンケン”の時に児が 3 つのジェスチャーのどれかをボタンで選び、“ポン”の合図で PC 画面にあるジェスチャーを出す、というプログラムとした。運よく児が勝てば、「やったね、君の勝ちだね」とおねえさんの笑った顔と声が入ったフィードバックが出る仕組みとなっており、反対に、児が負けてしまえば、「残念、君は負けちゃった」とおねえさんの残念そうな顔と声が入ったフィードバックが出る仕組みとなっている。その後、3 すくみの課題 2 回目（Post）を Pre と同様に行った（約 8 分）。

2 日目：1 日目とは別の刺激セットを使った。1 日目と同様に、実験者は絵カードを用いながら 3 つのジェスチャーとその関係性を参加児に十分に説明し、参加児が理解できたかを知るために実験者に 3 すくみの関係を説明してもらった。しかし今回は、刺激セットは形のまま、意味を付加していない状態のままで 3 すくみの関係を覚えてもらった。その後、1 日目と同様の流れで課題を行った。

なお、両群とも参加児童の間でカウンターバランスを行い、意味あり/意味なし、ならびに、刺激セット①/②が偏らないように工夫した。

データ解析では、Pre, Post とともに課題の正解率（%）と反応時間をそれぞれ調べた。

## 5) 認知機能検査

認知機能を測定には WISC-IV を用いた。検査は、トレーニングを受けた実験者 1 名が全員を評価した。

## 6) 質問紙

保護者に対して、自閉症に関する質問紙と注意欠陥多動性障害（ADHD）に関する質問紙による調査を行った。前者は①自閉症スクリーニング質問紙（Autism Screening Questionnaire: ASQ（ASQ は Rutter や Lord らを中心とするチームにより開発された。DSM-IV や ICD-10 のための自閉症の面接基準である ADI-R: Autism Diagnostic Interview Revised を基に質問項目が作成された。項目数は 40 問で、5～10 分で実施できる。日本語版を使用。）と②対人コミュニケーション質問紙（Social Communication Questionnaire: SCQ）「誕生から今まで」とした（SCQ は ASQ と同様の質問紙だが、国際的な妥当性が確認されており本邦でも標準化が終わっているため使用した。）。また、後者では ADHD RS-IV 日本語版を使用した。

## 7) 模倣のテスト

連合（ルール）学習課題の最初の説明時に、参加児が課題に用いたジェスチャーを正確に模倣できるか調べるために、実験者は、「その手の形を模倣するのがとても上手である」かどうかを、ジェスチャーごとに0（全くそう思わない）～7（非常にそう思う）で評価した。

## 8) 解析方法

本研究では、課題の正解率と反応時間をアウトカム（従属変数）として解析を行った。また、“負け”・“あいこ”・“勝ち”をゲームタイプ（Game type）としてそれぞれ解析を行った。今回、主に2種類の解析を行った。一つは各群において、PreとPostでどのような差が見られたかを対応のあるt検定で求めた。次に、Postのみにおいて、両群におけるMFとMLの各ゲームタイプの違いを対応のある2要因の分散分析にて調べた。なお、解析にはSPSS ver.22を用いた。

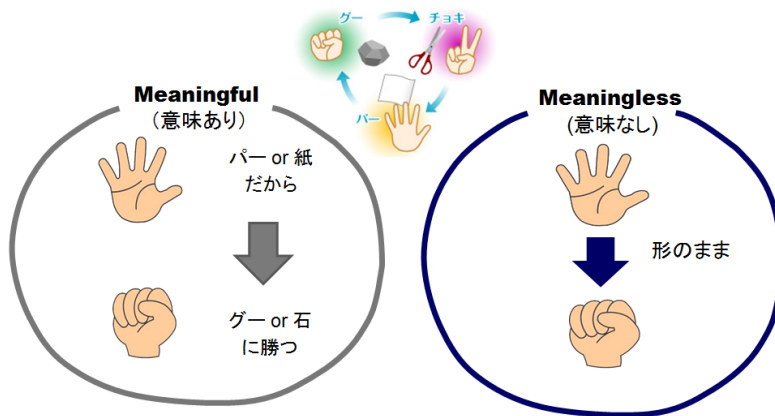


図1 3すくみの関係と意味あり/意味なし学習

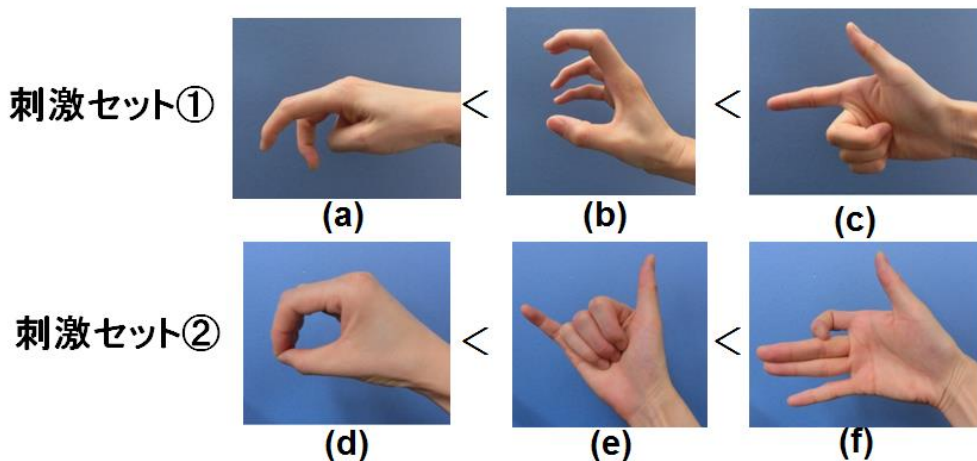


図2 刺激セット

## 結 果

### 1) 両群の特徴の違い

ASD 児と TD 児の平均年齢ならびに特徴を表 1 にまとめた。予想通り、自閉症に関する質問紙である ASQ ならびに SCQ, ADHD 指標では両群に有意な差が見られた。認知機能テストでは、ワーキングメモリ 1 と 2 において 2 群間で有意な差が見られた（それぞれ,  $t(13)=2.2$ ,  $p=0.05$ ;  $t(16)=3.2$ ,  $p=0.005$ ）。ワーキングメモリ 1 では数唱と語音整列とで得点を出しており、ワーキングメモリ 2 では数唱と算数（補助検査）とで得点を出している。また、それ以外の全検査 IQ や認知機能テスト、模倣のテストでは両群で差が見られなかった。

### 2) 連合（ルール）学習課題の結果

まず、両群それぞれにおいて、対応のある t 検定において、Pre と Post とでどのような違いがあるかを調べた。その結果、ASD 群では、意味あり刺激（MF）の“あいこ”の正解率で有意な差が認められた（ $t(11)=-2.2$ ,  $p=0.05$ ）。一方で、TD 群においては、意味なし刺激（ML）の“勝ち”の正解率（ $t(6)=-5.3$ ,  $p=0.002$ ）に有意な差が見られた。反応時間では、TD 群のみ差が見られ、MF の“勝ち”（ $t(6)=-2.9$ ,  $p=0.026$ ）ならびに ML の“あいこ”（ $t(6)=-3.9$ ,  $p=0.008$ ）で有意な差が認められた（図 3・図 4）。

次に、練習後の Post のみのデータを用いて学習後の両群の違いを MF と ML にわけて対応のある 2 要因の分散分析（対応のある因子と対応のない因子）にて調べた。対応のある因子とはゲームタイプであり、対応のない因子とは ASD 群と TD 群である。また、共変量として、年齢と性別、全検査 IQ を含めた。その結果、両群において有意な差は見られなかったものの、MF, ML において ASD 群と TD 群で異なるパターンが見られることが示唆された（図 5）。（なお、事前に両群において MF, ML ともにゲームタイプによる正解率は有意な差が見られるかどうかは確認済みである。）

図 5 を見るとわかるように、MF では ASD のあいこの正解率が TD よりも低くなった（一方で ASD は負けでは TD よりも正解率が高い）。また、TD では負けよりも勝ちの正解率が高いのに対して、ASD ではそのような差が見られなかった。また、ML においては、いくらか ASD と TD のあいこの正解率の差は縮まった。しかし一方で、TD では MF の時と同様に、ML においても負けよりも勝ちの正解率が高く、ML においては ASD の正解率を上回ったが、ASD では負けよりも勝ちの正解率が低くなった。

表 1 各群の基本的特性

	TD (n=7)	ASD (n=12)	有意確率(両側)
	平均±SD	平均±SD	
年齢	9.1±1.0	9.3±1.5	n.s.
全検査 IQ(FSIQ)	114.4±15.1	98.6±17.0	n.s.
言語理解(VCI)	124.4±17.4	112.6±23.0	n.s.
知覚推理(PRI)	103.9±11.5	89.6±18.9	n.s.
ワーキングメモリ 1(WMI)	102.6±14.9	86.9±15.4	0.05
ワーキングメモリ 2(WMI2)	111.6±11.2	91.4±16.0	0.01
処理速度(PSI)	108.1±17.8	102.3±16.8	n.s.
ADHD 指標	6.6±3.1	18.5±7.6	p<0.01
ASQ	4.4±4.6	18.4±5.7	p<0.01
SCQ	4.3±5.5	15.4±6.6	p<0.01
模倣テスト	16.2±14.7	14.7±3.1	n.s.

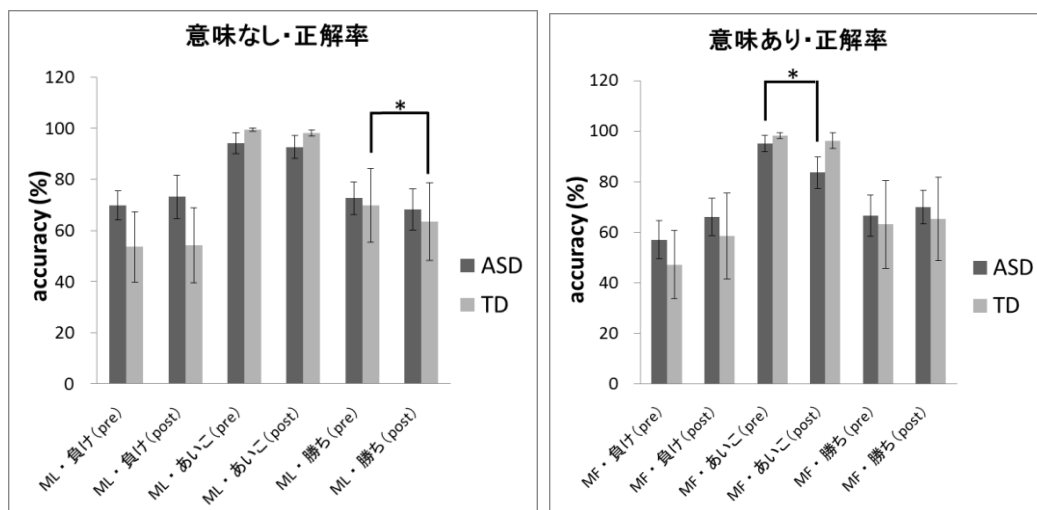


図 3 ASD 児と TD 児の連合（ルール）学習上の違い①正解率

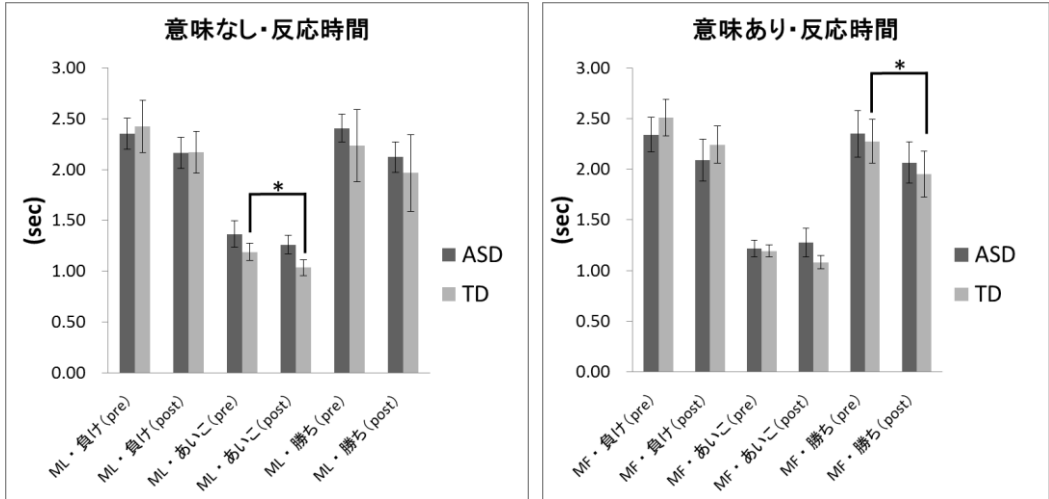
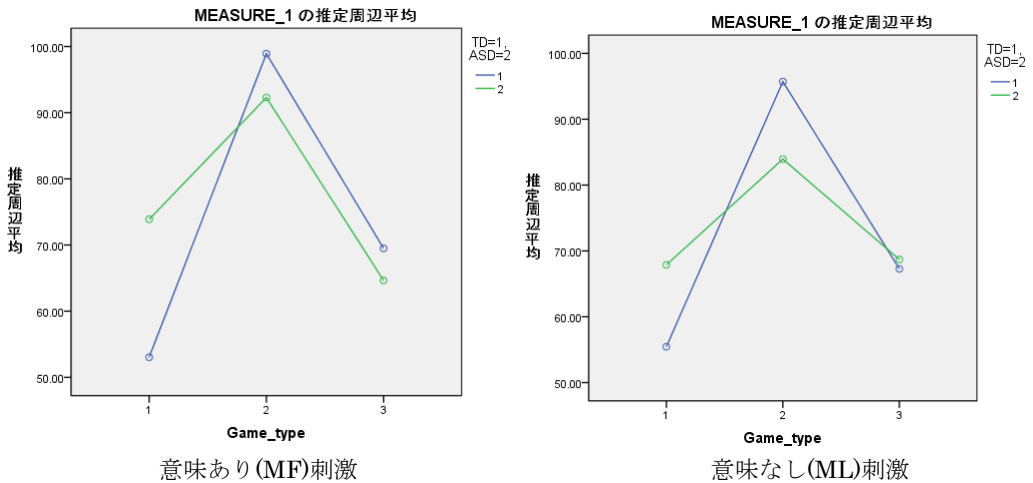


図 4 ASD 児と TD 児の連合（ルール）学習上の違い②反応時間



各図の横軸は左から順に、1：負け、2：あいこ、3：勝ちを示している。縦軸は正解率 (%) を示す。

図 5 ASD 児と TD 児の連合（ルール）学習上の違い③2 要因の分散分析 (Post)

## 考 察

今回、参加児への説明は、言葉だけではなく絵カードを用い、児が 3 すくみのルールを正確に理解したのを実験者が確認してから実験を行った。また、ASD では運動の調節など運動機能の障害も合併している児がいることから、今回は実際にジェスチャーをしてもらうのではなく、ノート PC を用いたボタンによる反応により調査を行った。また、課題の前には必ず練習を入れてボタン押しを確認した。これらの工夫により、両群の全員が最初のベースライン時には課題のルールを理解していること、



ボタン押しの理解において同じということ仮定においた。それにもかかわらず、意味を付加した刺激とそうでない刺激において、ASD 群と TD 群で学習時に異なるパターンがあることが示唆された（図 5）。

最も顕著な違いは意味あり刺激（MF）の「あいこ」で見られた。図 3 を見ると、Pre では ASD のあいこは TD のそれと同様に見えることから、Post の際に ASD が MF のあいこの時に何かの影響で正解率を低くしている可能性がある。その原因の一つに統合的一貫性虚弱仮説（*weak central coherence*: 以下、WCC）があるかもしれない。この WCC とは、ASD が社会生活の上で TD と比べて実行機能が劣ることや特殊であること、またその他の特異的な行動をとる認知的な原因とされ、それを、セントラルコヒーレンス（入ってくる情報を、細部を犠牲にしても、より高次の意味に向けて整理統合し、全体的な文脈に沿って処理すること）が、ASD では障害されているという仮説である。提唱者によると、ASD では細部へ集中し、そこでは全体的な輪郭や文脈の意味が犠牲にされ、細かな特徴が知覚され記憶されるという（Frith, 1989）。本課題のなかでは、TD では意味が付加された MF 刺激においてその「意味」は課題遂行の障壁にはならないが、一方で ASD は WCC の仮説ではそれら「意味」はむしろ障害になるために、意味が付加されている課題では TD と比べて劣る可能性がある。また他方で、意味が付加されていない課題の方が、弱いセントラル・コヒーレンスによって全体像の堅いや意味を考えたりして影響されることなく課題に集中できる可能性がある。推測ではあるが、学習直後（Pre）ではそれほど ASD では集中力が高いために意味が障壁にはならないが、学習後（Post）では、むしろ障壁になってしまうのかもしれない。

本研究の限界として、サンプル数が目標値に届かなかつたため、分散分析において有意な差とならなかったことが考えられた。今後はサンプル数を増やし、本研究の結果が大きなサンプルでも認められるかどうかを確かめていく必要があると考えられる。また、図 3 の結果において、多重比較補正をしていないのも本研究の限界である。

最後に、ASD と TD の様々な基本的な学習における行動上の違いや認知処理の違いを比べ、その違いを追求することは、その児を理解するためにも、その学習を支える周りの人にとっても重要であり、我が国の今後の特別支援教育の理念にとっても重要な課題であると考えられる。

## 引用文献

- 野村東助. (1988) 自閉症児におけるジャンケン技能の発達過程（Ⅰ）：準備的考察. 東京学芸大学特殊教育研究施設報告, 37, 79-84.
- 野村東助. (1991) 自閉症児におけるジャンケン技能の発達過程（Ⅳ）：非自閉的遅滞時との比較— . 東京学芸大学特殊教育研究施設報告, 40, 73-81.
- 野村東助 (1993) 自閉症児におけるジャンケン技能の発達過程（Ⅴ）：ジャンケンエコラリヤの出現状況. 東京学芸大学特殊教育研究施設報告, 42, 119-127.
- 関戸英紀 (2006). 自閉症児における競争行動の獲得可能性の検討：横浜国立大学教育人間科学部紀要. I, 教育科学 8, 65-77.

- Matsubara M, Yamaguchi S, Xu J, Kobayashi S. (2004), Neural correlates for the suppression of habitual behavior: a functional MRI study. *J Cogn Neurosci*. **16**, 944-54.
- Akamatsu T, Fukuyama H, Kawamata T. (2008), *Journal of the Neurological Sciences*, **269**, 118–125.
- Kadota H, Nakajima Y, Miyazaki M, Sekiguchi H, Kohno Y, Kansaku K. (2009), Anterior prefrontal cortex activities during the inhibition of stereotyped responses in a neuropsychological rock-paper-scissors task. *Neurosci Lett*, **27**, 1-5.
- Kadota H, Sekiguchi H, Takeuchi S, Miyazaki M, Kohno Y, Nakajima Y. (2010), The role of the dorsolateral prefrontal cortex in the inhibition of stereotyped responses. *Exp Brain Res*, **203**, 593-600.
- Russell et al., (1997). Russell, J: Autism as an Executive Disorder. Oxford, UH, Oxford University Press.
- Silk TJ, Rinehart N, Bradshaw JL, Tonge B, Egan G, O'Boyle MW, Cunnington R. (2006), Visuospatial processing and the function of prefrontal-parietal networks in autism spectrum disorders: a functional MRI study. *Am J Psychiatry*, **163**, 1440-3.
- Hill EL. (2004), Executive dysfunction in autism. *Trends Cogn Sci*, **8**, 26-32.
- Papazian O, Alfonso I, Luzondo RJ. (2006) Executive function disorders. *Rev Neurol*, **10**, 42, S45-50.
- Luna, B. et al. (2002), Neocortical system abnormalities in autism. An fMRI study of spatial working memory. *Neurology* **59**, 834–840
- Ozonoff S, Cook I, Coon H, Dawson G, Joseph RM, Klin A, McMahon WM, Minshew N, Munson JA, Pennington BF, Rogers SJ, Spence MA, Tager-Flusberg H, Volkmar FR, Wrathall D. (2004), Performance on Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery subtests sensitive to frontal lobe function in people with autistic disorder: evidence from the Collaborative Programs of Excellence in Autism network. *J Autism Dev Disord*, **34**, 139-50.
- Kenworthy L, Yerys BE, Anthony LG, Wallace GL. (2008), Understanding executive control in autism spectrum disorders in the lab and in the real world. *Neuropsychol Rev*, **18**, 320-38.
- Frith U. (1989). Autism: Explaining the Enigma. Malden, Mass: Blackwell.

## 謝 辞

本研究をすすめるにあたり、貴重なご助言・ご支援をいただいた東北大学加齢医学研究所所長・脳機能開発分野教授 川島隆太先生，同分野准教授 杉浦元亮先生，同分野助教 荒木 剛先生に厚く御礼を申し上げます。また，調査に快くご協力いただきました認定 NPO 法人 みやぎ発達障害サポートネット代表理事 相馬潤子先生，福田美穂先生他ご協力いただきました先生方，研究に参加して下さりました保護者・児童の皆様に感謝の念を捧げます。