

## 自閉症の対人関係改善のための運動介入の効果 —ミラーニューロンの機能改善を通して—

森 司朗<sup>1)</sup>、中本浩揮<sup>1)</sup>、水落洋志<sup>2)</sup>、荒武祐二<sup>1)</sup>、幾留沙智<sup>1)</sup>、畠中智志<sup>1)</sup>、平川忠敏<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>鹿屋体育大学

<sup>2)</sup>名古屋柳城短期大学

<sup>3)</sup>鹿児島大学

キーワード：運動介入、自閉症、アスペルガー、ミラーニューロン、対人関係

### [要 旨]

本研究では、自閉症スペクトラムの2名の青年に対して、対人関係が構築されるような運動活動の定期的な導入および脳波バイオフィードバックトレーニング、さらには、運動活動中の視覚情報の再認といった介入を行い、ミラーニューロンの機能改善への効果を検討した。対象者は、対人関係を構築するための運動活動として、他者との野球のキャッチボールを含むトレーニングを5日間行った。効果測定としては、トレーニング前後に、一緒にキャッチボールを行った実験者および初対面の実験者を含めた映像の観察時の脳波を測定し、ミラーニューロンの活動を反映する感覚運動皮質上の $\mu$ 波抑制の変化を分析した。その結果、対象者の2名ともトレーニング前後で一緒にキャッチボールをした実験者を観察した際、 $\mu$ 波抑制の傾向が見知らぬ他者を観察したときよりも大きかった。このことは、対象者がキャッチボールを通して他者に親密性を感じたことを示しており、短期間の運動介入でも対人関係の改善につながることが示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 5, 64–76, 2013年, 受付日: 2012年3月8日, 受理日: 2013年1月28日

連絡先: 森司朗 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1 鹿屋体育大学 Email: moris@nifs-k.ac.jp

-----

## **Effects of an exercise intervention on interpersonal relationships in individuals with autism spectrum disorder: Functional improvement in the activity of mirror neurons**

Shiro Mori<sup>1)</sup>, Hiroki Nakamoto<sup>1)</sup>, Hiroshi Mizuochi<sup>2)</sup>, Yuji Aratake<sup>1)</sup>,  
Sachi Ikudome<sup>1)</sup>, Satoshi Unenaka<sup>1)</sup>, Tadatoshi Hirakawa<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> National Institute of Sports and Fitness in Kanoya

<sup>2)</sup> St. Mary's College, Nagoya

<sup>3)</sup> Kagoshima University

**Key Words:** exercise intervention, individuals with autism, individuals with Asperger syndrome, mirror neurons, interpersonal relationships

**[Abstract]**

The present study examined the effect of functional improvement of the activity of mirror neurons in 2 young men with autism spectrum disorders through interventions such as introduction of regular exercise for building interpersonal relationships, brain wave biofeedback training, and recognition of visual information during movement activities. The participants performed the training for 5 days, including catching a baseball with others as a movement activity aimed at building interpersonal relationships. To evaluate the effectiveness of the activity, the participants' brain waves were measured before and after the training while they watched a video of the experimenter who had played catch with them and one of the experimenter the first time they had met him. Changes in  $\mu$  wave control of the sensorimotor cortex, reflecting the activity of mirror neurons, were analyzed. The results indicated that  $\mu$  wave control was greater in both participants when they were watching the video of the experimenter whom they had played catch with than when they were watching the video of the experimenter the first time they had met him. This suggests that the participants felt closer to the experimenter because of having played catch with him, and that an exercise intervention, even in a short period, may lead to an improvement in interpersonal relationships of individuals with autism spectrum disorders.

## I はじめに

1940 年代に米国の精神科医カナー (Leo Kanner) とオーストラリアの小児科医アスペルガー (Hans Asperger) が「自閉症」という診断をしてから 70 年近くが経っている。最近では、いろいろな自閉症のタイプが報告され、「自閉症スペクトラム症候群」という名前で呼ばれているが、自閉症の共通に持つ行動特徴として 1) 対人的相互交渉における質的な障害、2) 意思伝達の質的障害、3) 行動、興味、活動が狭く反復的で情動的なパターンの 3 つがあげられている (世界保健機構 (WHO) 及び米国精神医学会 (APA))。また、「自閉症」の原因の究明もこれまでいろいろと行われてきたが、最近では、「自閉症の主な異常は、他者にも心があることを理解し、その動きを推し測る能力、すなわち「心の理論 (theory of mind)」を構築する能力の欠如である (Baron-Cohen et al., 1985)」とする心の理論からのアプローチが中心になっている。

さらに最近では、脳科学において、「観る」と「する」において共通して賦活する脳内のニューロンであるミラーニューロン (e.g., Rizzolatti & Craighero, 2004; Rizzolatti & Sinigaglia, 2006) と自閉症児の関連が指摘されている。このミラーニューロンは、実際に運動を行う場合でも、他者がそれと同じ運動を行うのを観察する場合でも活性する脳内にあるニューロンであり (e.g., Gallese et al., 1996; Rizzolatti et al., 1996)、運動指令を送るだけでなく、他者の行為を心の中でシミュレーションすることで、その意図をくみとることができるシステムである (Ramachandran & Oberman, 2007)。よって、この他者の心中を察したり、相手に共感するといった対人的なやりとりに関連しているミラーニューロンは、「自閉症」の機能障害と密接に関連していると考えられており、自閉症のおもな症状のうちのいくつかを説明できるのである (Oberman et al., 2005)。

この点を踏まえると、自閉症の人々に対人関係場面においてミラーニューロンの活動を高める経験をさせることで対人関係スキルを改善できる可能性が考えられる。これに関連して、最近、自閉症の人たちの中で、他者の中でもよく知っている他者 (親、兄弟など: familiar) と全く関係のない他者 (unfamiliar) では、対人関係場面でのミラーニューロンの活動に違いが認められたという報告がある (Oberman et al., 2005)。このことは、対人関係場面で密接な人間関係にかかわる経験をすることで、ミラーニューロンが活性化すると考えられるが、実際のところ、他者との密接な人間関係の経験を積むこと自体が「自閉症」の人たちには難しい問題である。しかしながら、森ら (2002) は、自閉症児が幼稚園生活において他者と交流していく中で、物などを介してコミュニケーションをとっていることを報告している。そこで、本研究では、密接な人間関係の経験を積む介入手段として、主にボール (道具) のやりとりを介して言葉による会話があるキャッチボール運動を用いることにした。さらに、自閉症の対人関係改善を強化するための補助的手段として、Pineda ら (2008) の方法を参考に、ミラーニューロンと関連のある脳波の  $\mu$  波 (8~13Hz) の抑制を促進するための脳波バイオフィードバック (以後、脳波 BF と略す) トレーニングとより対人関係に関する意識を高めるためのキャッチボール時の映像の確認といった映像の提示の 2 つの方法も導入した。

以上の点より本研究では知的な理解力は健常であるが対人関係に困難性をもつ自閉症スペクトラム (アスペルガータイプ及び高機能自閉症者) の対人関係の改善方法として、対人関係が構築さ

れるような運動活動の定期的な導入および脳波 BF トレーニング、さらには、視覚情報の再認の 3 つの方法を行い、その効果に関して検討することを目的とした。

## II 方法

### 1. 実験参加者

アスペルガータイプの青年(32 才; 対象者 A)と高機能自閉症の青年(29 才; 対象者 B)の 2 名の協力を得た。研究の実施に関しては、あらかじめ、研究内容が保護者と本人に対して説明されたあと、両者の承諾を得て実施された。また、コントロール群に関して、健常な男子大学生 2 名(19 才)の承諾が得られたのちに実施された。なお、本研究の実施に関しては、鹿屋体育大学倫理委員会の許可を得て行われた。

### 2. 課題及び手続き

対人関係が構築されるための課題として、野球のキャッチボールを導入した。キャッチボールは、他人が存在しなければ完成しない活動であり、ボールでのやりとりを通じて受ける相手側の意図を理解することでより効率的な活動へと移行できる。

対象者には、5 日間にわたって、同一人物と 1 回 30 分間のキャッチボールを行い、その後、脳波 BF トレーニングを 2 分間 × 3 回行い、さらに、当日行ったキャッチボールの映像を 5 分間見てもらった。具体的なスケジュールは表 1、2 に示すとおりである。

表 1 1 回のトレーニング内容

1) 運動介入(キャッチボール:30 分間)
2) 脳波 BF トレーニング(11 分間)
3) 映像の確認(5 分間)

表 2 5 日間のスケジュール

12/19(土) 脳波測定(pre-test)・トレーニング開始

12/20(日) トレーニング

12/23(水) トレーニング

12/26(土) トレーニング

12/27(日) トレーニング・脳波測定(post-test)

効果測定に関しては、ミラーニューロンと関連のある脳波の  $\mu$  波(8~13Hz)の抑制を指標とし、トレーニング前後で測定を行った。脳波の測定に用いた刺激は、従来のミラーニューロンの測定方法(Oberman et al., 2005, 2008)を参考に、1)本人、2)他人 1(キャッチボール相手)、3)他人 2(全

く会ったことのない人)、4) 弾んでいる 2 つのボール(2 つのボールが垂直方向に動き、画面中央で交差したり、離れたりする対称運動の映像: 図 1)、5) ブランク映像(安静状態)の 5 つの刺激映像を 90 秒、2 回ずつランダムに呈示した。1)から 3)までの映像では、映像の最初にモデルとなる対象者の正面を向いた全身の映像が映された後に、そのモデルが開いたり閉じたりしている右手にフォーカスした映像が映された(右手の開閉の時間間隔はおよそ 1 秒になるように指示された: 図 2)。4)の映像は、オブジェクトの運動によって手の開閉運動を模したものであり、この映像観察時の脳波律動を1)から3)の映像観察時の脳波変動のベースラインとするために使用した。本研究で用いる  $\mu$  波は一般成人を対象とした場合、自己の運動遂行時と他者の運動観察時に減衰することが知られている。しかし、自閉症を対象にした研究では、運動時に減衰、観察時には減衰しないという特徴がある(Oberman et al., 2005)。そのため、対象者自身が映像と同様の右手の開閉動作を行う条件を2回、1)から5)の脳波測定条件間に加えた。また、トレーニング効果の確認のために、コントロール群として、健常な男子大学生 2 名に対して、同一の刺激を用いて、 $\mu$  波の出現量を確認した。

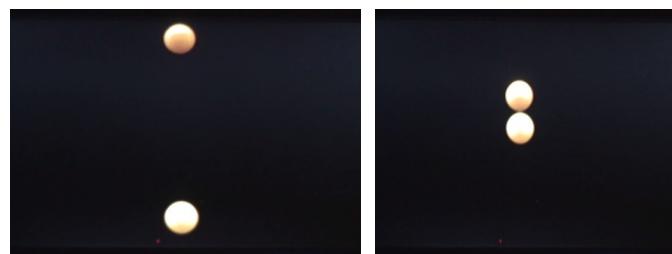


図 1 弾んでいる 2 つのボール(ベースライン)

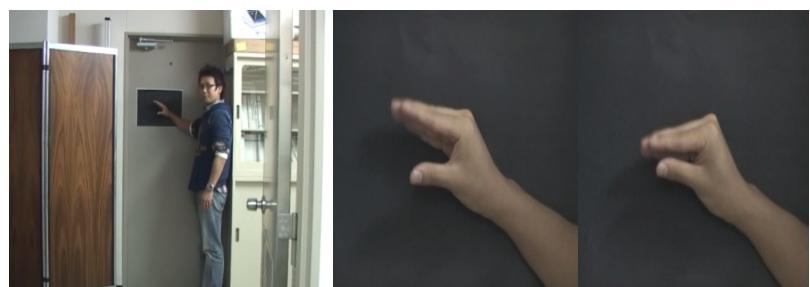


図 2 刺激映像

### 3. トレーニング内容

#### (1) 運動介入

対象者は、5 日間にわたって、1 日 1 回 30 分間のキャッチボール(ソフトボール 1 号球と大人用のグローブを使用)を行った。キャッチボール場面では、対象者がこれまで会ったことのない同年齢に近い実験者をキャッチボールの相手とし、5 日間にわたって同一人物とのキャッチボールを行った。1 回のトレーニングの内容は、屋内体育館で、キャッチボールを 1 回 30 分行ってもらった。キャッチボール中はキャッチボール相手になっている実験者には、ただキャッチボールをするだけでは

なく、対象者とコミュニケーションをとりながらキャッチボールを行うように前もって指示をあたえておいた。キャッチボールを行う場所には、基本的には対象者、キャッチボール相手、画像記録者、実験者の 4 名 (4日間のうち 2 日だけ、対象者 B の母親がキャッチボールの様子を見学にきた)で行われた。

## (2) 脳波 BF トレーニング

$\mu$  波 (8~13Hz) の脳波帯域に含まれる  $\alpha$  2 波 (9~11Hz) の増減をコントロールするために、運動介入と同時に脳波 BF トレーニングも行った。この脳波 BF トレーニングを行うことで  $\alpha$  2 波の増減をコントロールできるようになり、ミラーニューロンの活性に伴う  $\mu$  波の増減幅のコントロールを促進することによって、結果として  $\mu$  波の抑制がより可能になると考え導入した。脳波のフィードバックには、フューテックエレクトロニクス社製の脳波フィードバック装置 (FM-717) を使用した。額にセンサーを装着させ、 $\alpha$  2 波が出現すると「川のせせらぎの音」を流して、フィードバックさせた。対象者には、「この川のせせらぎの音が聞こえるようにしてください。」という教示を与えてトレーニングを行った。脳波 BF トレーニングの内容は表 3 に示す流れで行われた。3 分間の安静の後に、2 分間ずつ 3 回、間に 1 分間の休息のインターバルを入れて行った。なお、この脳波 BF トレーニング期間中の  $\alpha$  2 波の変化に関しては図 6 に記した。

表 3 脳波 BF トレーニングの手順

1:安静(3 分間:閉眼)
2:トレーニング 1 回目(2 分間・閉眼)
3:休憩(1 分間・開眼)
4:トレーニング 2 回目(2 分間・閉眼)
5:休憩(1 分間・開眼)
6:トレーニング 3 回目(2 分間・閉眼)

## (3) キャッチボール映像の確認

対象者のキャッチボール中の視覚映像を記録し、脳波 BF トレーニング後に観察させた。視覚映像は、対象者の視線でとらえたキャッチボールを行う相手を撮影するために対象者の頭部に視線の高さに合うように CCD カメラを装着させた。撮影後、映像処理ソフトでキャッチボール場面だけの 5 分間の映像に編集し、脳波 BF トレーニング終了後、対象者に観察させた(図3)。



図 3 実験参加者の視点から撮影されたトレーニング用の映像(背景は実際のトレーニング時の映像とは異なる)

#### 4. 脳波の測定について

今回の研究ではトレーニング効果の指標として脳波の測定を行った。脳波の測定は、運動介入の効果をみるために介入の前後の2回に分けて測定を行った。脳波の測定ではNeuroScan社製のNuAmpを使用した。電極には銀/塩化銀電極を用い、国際10-20法に基づいて先行研究(Oberman et al., 2005)を参考に、電極をF3、Fz、F4、C3、Cz、C4、P3、Pz、P4、O1、O2の11チャンネルで配置した。基準電極は両耳朶に置き、基準導出法で脳波を記録した。すべてのチャンネルのインピーダンスは5kΩ以下になるようにした。脳波の信号のサンプリングは1000Hz、アナログのローパスフィルタ(300Hz)をかけて記録した。

脳波の測定は、電気的及び音響に関してシールドされた部屋で椅子にゆったりと座った状態で行われた。

#### 5. $\mu$ 波の分析

ミラーニューロンの活動を間接的にとらえる指標として、感覚運動皮質上から導出される脳波のうち8–13Hzの帯域を持つ $\mu$ 波を分析した。 $\mu$ 波は、後頭で優位である $\alpha$ 波に比べて、頭頂で優位であり、感覚運動系の処理活動に関わる前部一頭頂部ネットワークの活動を反映している(レビューとして, Pineda, 2005)。

この $\mu$ 波は自分自身で行為したり、他人の行為を観察しているとき、感覚運動野のニューロンが運動前野のミラーニューロンからの入力によって非同調性を生じ、結果として $\mu$ 波の振幅のパワーが減じることが報告されている。この $\mu$ 波の抑制がミラーニューロン活動の指標として妥当であることについてはこれまで多くの研究で確認されている(例えば、Dum & Strick, 2002)。本研究においてもこの $\mu$ 波の抑制をミラーニューロン活動の指標として使用することにした。

$\mu$ 波の抑制の評価については、 $\mu$ 波の出現量とボール条件(ベースライン)におけるパワーを基準に計算されたパワーの割合(Oberman et al., 2005; Pineda et al., 2008)を用いた。この割合は、頭骨の厚さや電極のインピーダンス整合などに個人差が生じてくるため絶対パワー $\mu$ 波の変動差を制御するために使用され、さらに、分析のために算出された割合はlog変換された。0より少ないlog比は抑制が生じていることを示しており、0以上だと $\mu$ 波が抑制されていないことを示している。

### III 結果

#### 1. トレーニングによるミラーニューロン活動の変化

本研究ではトレーニング効果測定の刺激映像が右手の開閉であったため、課題遂行中の参加者のミラーニューロンの活動の変化を捉るために、左の感覚運動野直上に配置された電極(C3)に関して、トレーニング対象者とコントロール群から導出された脳波を分析した結果を報告する。これまでのミラーニューロン活動の研究において、観察時にミラーニューロンの活性が生じれば、 $\mu$ 波の抑制が生じることが報告されている(Pineda, 2005)。そこで、本研究では、C3における $\mu$ 波の出現量、 $\mu$ 波パワーのlog比の2つの指標を用いて各条件でのミラーニューロン活性を比較することでトレーニング効果を調べた。

まず、トレーニング前後の $\mu$ 波の出現量に関しては図4に示したとおりである。その結果、対象者AとBともに、一緒にキャッチボールをした実験者の映像(experimenter)を観察する場合は、全く会

ったことのない他人(stranger)を観察する場合よりも介入前後(pre-post)での $\mu$ 波の低下の割合が大きかった。一方、トレーニングを行っていない2人の健常者A, Bに関しては1回の測定のみの結果において、対象者の違い(experimenterとstranger)に健常者Aで若干の差は認められたが、健常者Bに関して差は認められなかった。

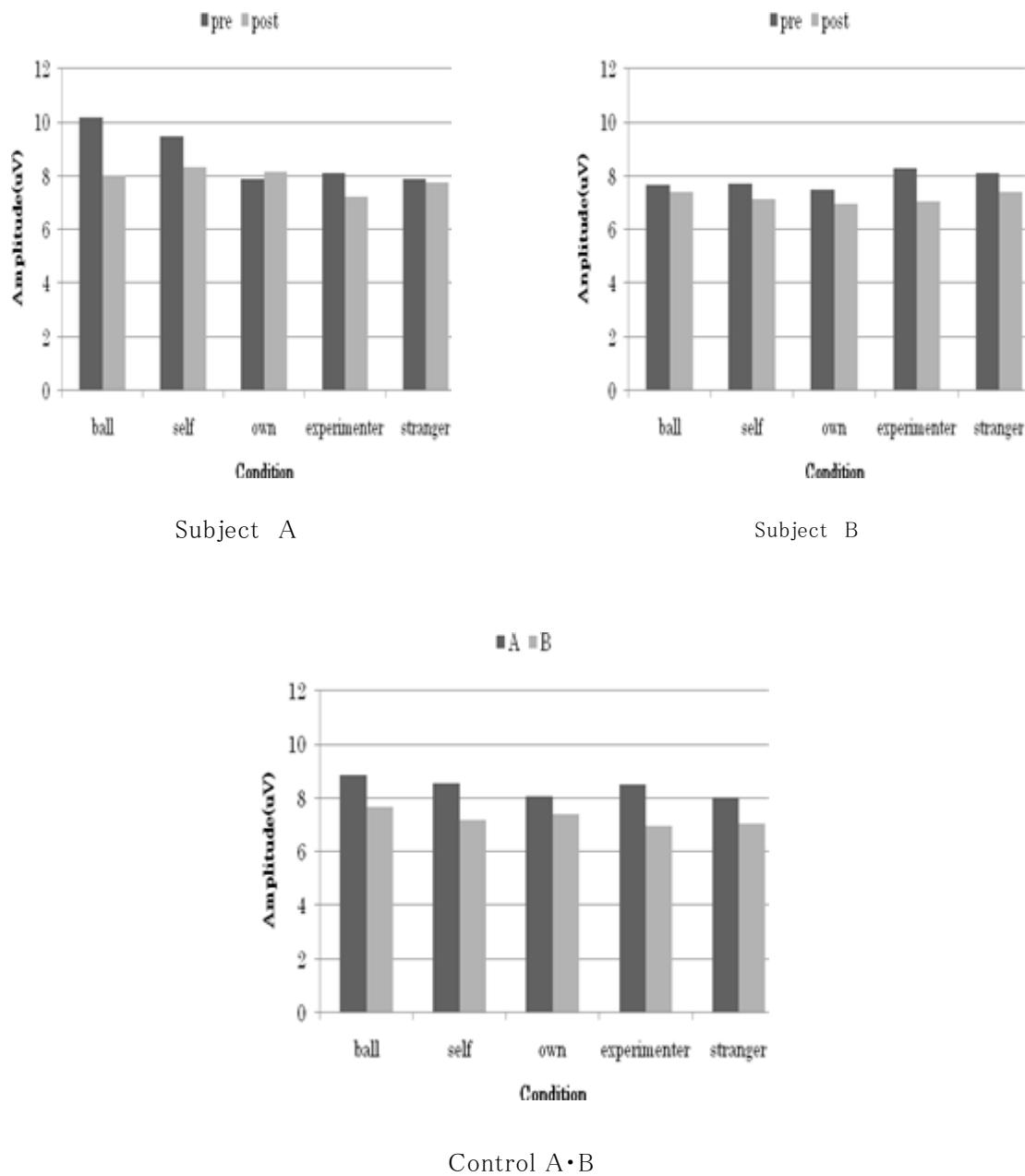
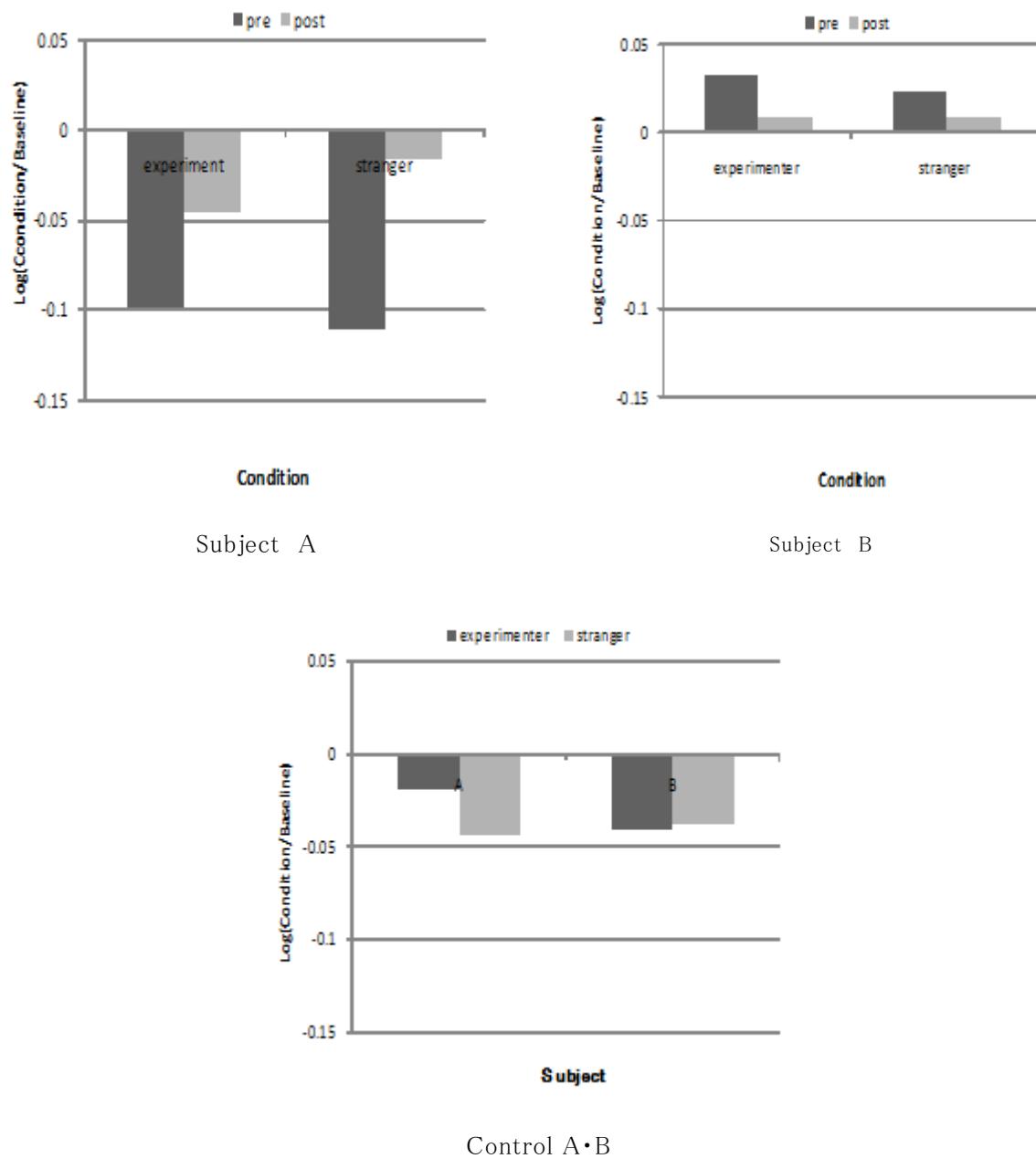


図 4 C3 の $\mu$ 波出現量 (ball:ボールのみ、self:自分自身で手を動かす、own:自分自身の映像、experimenter:キャッチボールの相手、stranger:初対面の他人)

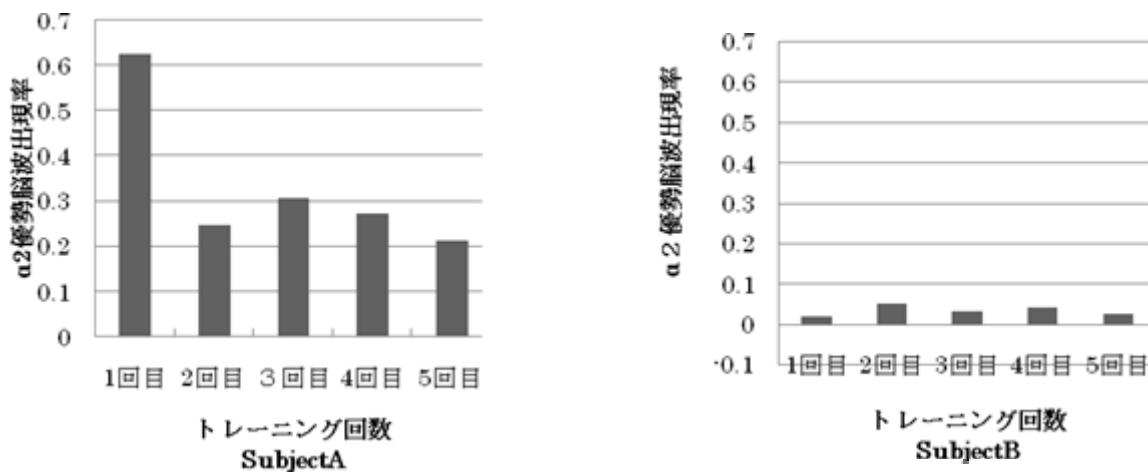
この点について、この指標では、対象者個々人の頭骨の大きさ、また、電極の装着の位置、対象者のコンディションなど多くの側面からデータに直接影響を与えてしまう可能性が考えられる。そこで、この点をクリアにするために、ボール条件(ベースライン)におけるパワーを基準にパワーの割合をlog比で計算した(Oberman et al., 2008; Pineda et al., 2008)。この結果、図5に示すように、対

対象者 A では、トレーニングを一緒に行った実験者を観察したほうが他人を観察したときに比べて、トレーニング後のパワー log 比が大きかったことは認められたが、トレーニングによる効果は認められなかった。対象者 B に関しては、トレーニング前後で抑制される  $\mu$  波パワーの log 比の割合が大きかった。一方、今回データのコントロールとして用いた、健常な 2 名の大学生の両者ともに他者を観察することで  $\mu$  波のパワー log 比がマイナスを示し、 $\mu$  波が抑制されていることが示された。特に、健常者 B に関しては、従来の研究と同様 (e.g., Lepage & Théoret, 2006; Muthukumaraswamy et al., 2004) に、画像に映っている人の違いにかかわらず行為を観察することで、同程度のミラーニューロンが活性化され、結果として  $\mu$  波の抑制が生じることが明らかになった。

図 5 C3 の  $\mu$  波パワーの Log 比

## 2. 脳波 BF トレーニングの効果

自閉症の対人関係改善のための運動介入の補助的手段として脳波 BF トレーニングを導入した。その効果を確認するために、脳波の全体の出現量に対して、今回のトレーニングの目標である  $\mu$  波の出現と関連のある  $\alpha 2$  の出現率に関して  $\alpha 2$  の優勢出現率を求めた。その結果、対象者 A に関しては、脳波 BF トレーニング中の  $\alpha 2$  の出現率は、トレーニング一回目において優勢出現率が 60%を超えていたが、2 回目以降は 20 から 30%にとどまっていた。トレーニング中に最も出現していた脳波は  $\theta$  波であった。一方、対象者 B に関しては、トレーニング中の脳波は  $\theta$  波がほとんどであったが、 $\alpha 2$  の優勢出現率もこの傾向が反映し、1%以下であった(図 6)。この結果は、今回使用した脳波 BF フィードバックの方法では、 $\alpha 2$  の抑制の増減をコントロールするには十分なものではなかったことを示す。また、対象者 B に関して  $\theta$  波の出現が多かった理由としてはてんかんの発作などとの関係が予測される。

図 6  $\alpha 2$  優勢脳波出現率

## 3. キャッチボールトレーニング中の様子

キャッチボールトレーニング中に行われた会話やキャッチボール風景に関して、実験者が観察して気になった点を以下に記載した。

両対象者とも 1 日 1 回 30 分間のオーバーハンドによるキャッチボールを行った。その際、キャッチボールをする相手との距離間隔に関しては指定せず、スムーズに両者でキャッチボールができ、かつ、コミュニケーションがとれる距離が確保された。コミュニケーションは対象者から自発的に発話された内容に関してキャッチボール相手の実験者が答えるという形式で行われた。課題遂行中の特徴や変化、コミュニケーションの状況は、以下の通りである。

対象者 A は、初日から 5 回のキャッチボールの時間を通して、キャッチボールの相手をした実験者(初対面)に対して、キャッチボールをしながら日常考えている問題点に関して意見を言うとともに、その考えのアドバイスを受けたい旨の会話が続けられ、トレーニングの後半には、初日からの話の

流れから本日は何を話そうか考えてきているような様子でもあった。このように、対象者Aは自分の意見を他者に聴いてもらいたい傾向にあった。また、キャッチボールの方略に関して実験者が指示したように「正しくできているか」という点に初日から確認を取るシーンが多く見られた。このことは、「正しい動きをしなければいけない」という強いこだわりを示すものであった。

対象者Bに関しては、5回のキャッチボールを通して、日常対象者が興味を持っている内容に関して一方的ではあるが考えを述べ、その考えの返事を求めるような会話が促進されていた。また、介入の4回目付近からキャッチボールをする中で、介入の前半には見られなかった投げ方で投げ始めた。本人は○○球団のファンでそこのチームに所属する投手(プロ野球選手)の投げ方をイメージしながら投げ、さらに、キャッチボール相手の実験者がその投げ方に関して投手名を言うなどの反応をすると、再度同じ投げ方を繰り返し示している様子が観察された。このように、言語だけでなく動きを通してのノンバーバルな信号の発信が行われた。

#### IV 考察

本研究では対人関係の相互作用が欠如している自閉症スペクトラムの対人関係の改善方法として、対人関係が構築されるような運動活動の定期的な導入および脳波BFトレーニング、さらには、映像の確認の3つの方法を行い、その効果に関して検討することを目的に研究を行った。自閉症の対人関係の改善方法としては、密接な人間関係の経験を積むために、キャッチボール運動を通しての介入を5日間行った。また、その効果に関しては介入の前後で他者認知におけるミラーニューロンの活性を観察した。その結果、キャッチボールと一緒に行った他者の映像を観察する場合は、介入前よりも介入後において $\mu$ 波の出現量が抑制されたが、全く会ったことの無い他者の映像を観察する場合は、介入前後での $\mu$ 波の出現量の抑制はそれに比べると小さかった。一方、 $\mu$ 波を指標とした場合に生じる交絡要因を除去するために用いたパワー $\log$ 比の結果ではトレーニング前後での差は確認できたが、明確なトレーニング効果までは確認できなかった。このことは、トレーニング効果は認められなかったが、対象者がキャッチボールを通して他者との親密性を感じたことによって、親密性のない他人と比べて、 $\mu$ 波が抑制された傾向を示していると考えられる。このわずか2週間の5回という短期間の導入でも $\mu$ 波の抑制傾向が認められた結果は、このような運動介入が対人関係の欠如を有する対象者に対して対人関係を改善させていく上で意味深い経験であることを示唆している。では、なぜ、このような効果が認められたのであろうか。

この結果は、前述したように他者と同じ動きであるキャッチボールを行い、その経験を再認する方法を用いることで、ミラーニューロンの活性に問題があると指摘されている自閉症者のミラーニューロンの活性化がしやすくなつたことが考えられる。今回運動介入として行ったキャッチボールという運動は、キャッチボールを行う両者がほぼ類似した動作を行っており、言い換えると、お互いがそれぞれが同じ動きを模倣しているのである。ミラーニューロンの活性に関してこれまで模倣との関連が指摘されており(Rizzolatti, 2005; Rizzolatti & Craighero, 2004)、キャッチボールを通してお互いが模倣することで自閉症者のミラーニューロンが活性されたことが予想される。この模倣に関して、岡

本・浜田(1995)は初期の模倣で双方が一つに融け合って生み出される現象のことを「共鳴動作(コアクション)」と呼んでおり、乳幼児期に送り手と受け手が同一の動作をやりとりすることがこの時期のコミュニケーションにとって重要であると述べている。研究の対象になった自閉症者の特徴の一つは、コミュニケーション障害である。今回の研究はその障害の改善が目的であり、その目的を達成するためにキャッチボールを課題とした運動介入は「ことば」でのコミュニケーションよりも「からだ」を通してのコミュニケーションを優先した方略であったと考えられる。つまり、キャッチボールという二人で同じ動作をすることで、「ことば」でのコミュニケーションよりも「からだ」と「からだ」を通したコミュニケーションが促進されたと考えられる。この「からだ」を通してのコミュニケーションに関して、森(1999)は、幼児の遊び場面での観察を通して、「からだ」と「からだ」が通じ合っているときには、お互いの間に間主観性が存在し、その際からだの「共振」が生じていることを報告しており、今回2人でキャッチボールをすることで共振が生じた可能性が考えられる。その結果、対象者と実験者間での会話が一方的ではあるが、キャッチボール中に会話の内容が更新されたり、投げ方の変化を相手に示したりする行為が認められた。このことより、 $\mu$ 波の若干の抑制だけでなく、5回の初対面の人との間でのキャッチボールを通して、対人関係の行為(会話、行動)が変容していったことが示された。このことから、今回の結果は、キャッチボールを課題とした運動介入をすることで互いの動作が共振をして、コミュニケーションの土台が形成されたことが予想される。

また、今回は、他者との対人関係の改善のために、ボールという道具を媒介にコミュニケーションの改善をおこなった。この点については、道具を媒介にすることでミラーニューロンの活性が促進されたという報告とも類似するもの(中本ら, 2009)であり、ボールは対人コミュニケーションを媒介する有効なツールとなる可能性が考えられる。しかしながら、今回の結果は、対人関係の改善を支持するに十分な $\mu$ 波の抑制は認められなかった。これら点に関しては、 $\mu$ 波の測定方法、対象者のコンディション、トレーニング期間などの問題が考えられ、今後さらなる検討が必要である。さらに、今回は、両者がお互い対面し、ボールという道具を媒介することで二者間という最小単位での対人関係が改善された。しかし、まだ対象者からの一方的な情報の提供におけるコミュニケーションに留まっており、対象者がキャッチボールの相手である実験者からの情報を受容するような相互関係の成立には不十分であった。今後、コミュニケーションに障害をもつ対象者が情報の発信だけでなく、受信も可能になるようなアプローチの開発も必要になってくる。

## 引用文献

- Baron-Cohen, S., Leslie, A., & Frith, U. (1985) Does the autistic child have a ‘theory of mind’? *Cognition*, 21, 37-46.
- Dum, R. P., & Strick, P. L. (2002) Motor areas in the frontal lobe of the primate. *Psychology & Behavior*, 77, 667-682.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rozolatti, G. (1996) Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119, 593-609.

- Lepage, J. F., & Théoret, H. (2006) EEG evidence for the presence of an action observation execution matching system in children. *Eur J Neurosci.* 23(9), 2505–2510.
- 森 司朗(1999) 幼児の「からだ」の共振に関して—対人関係的自己の観点から—. *保育学研究*, 37(2) 24–30.
- 森 司朗, 伊藤英夫, 溝口綾子, 平川忠敏(2002)自閉症児の対人関係の発達に関する研究. *東京学芸大学紀要 第1部門 教育科学*, 53, 73–79 .
- Muthukumaraswamy, S. D., Johanson, B. W., & McNair, N. A. (2004) Mu rhythm modulation during observation of an object-directed grasp. *Cog Brain Res*, 19, 195–201.
- 中本浩揮, 故中智志, 荒武祐二, 西薗秀嗣, 森 司朗(2009)コーチは何を示範するべきか—ミラーニューロンの活性から見た示範に必要な情報源—. *スポーツトレーニング科学*, 10, 17–24.
- Oberman, L. M., Hubbard, E. D., McCleery, J. P., Altschuler, E. L., Ramachandran, V. S., & Pineda, J. A. (2005) EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Cog Brain Res*, 24, 190–198.
- Oberman, L. M., Ramachandran, V. S., & Pineda, J. A. (2008) Modulation of musuppression in children with autism spectrum disorders in response to familiar or unfamiliar stimuli: The mirror neuron hypothesis. *Neuropsychologia*, 46, 1558–1565.
- 岡本夏木, 浜田寿美男 (1995) 発達心理学入門, 岩波書店.
- Pineda, J. M. (2005) The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing”. *Brain Res Review*, 50, 57–68.
- Pineda, J. A., Brang, D., Hecht, E., Edwards, L., Carey, S., Bacon, M., Futagaki, C., Suk, D., Tom, J., Birnbaum, C., & Rork A. (2008) Positive behavioral and electrophysiological changes following neurofeedback training in children with autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2, 557–581
- Ramachandran, V.S., & Oberman, L. M. (2007) Broken mirrors: A theory of autism. *Scientific American*, November, 17, 20–29.
- Rizzolatti, G. (2005) The mirror neurons system and its function in humans. *Anat. Embryol.*, 210, 419–421.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004) The mirror neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.*, 27, 169–192.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996) Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cogn Brain Res.*, 3(2), 131–141.
- Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2006) Mirrors in the brain: How our minds share actions and emotions. Oxford University Press: New York, pp. 139–171.