

【共同研究】

言語音のピッチ変化に対する自閉症スペクトラム児の知覚過程

諸橋 茜* 谷口 清**

The process by which children with autism spectrum disorder perceive shifts in the pitch of speech

Akane MOROHASHI, Kiyoshi YAGUCHI

In order to clarify how children with autism spectrum disorder (ASD) process speech, the current study recorded event-related potentials (ERPs) during active and passive oddball tasks and this study examined how information is processed in the brains of those children. The latency of P1s (“s” means the response to a shift in pitch) at Cz to a shift in the auditory pitch of the vowel /e/ changed significantly in children with ASD depending on the magnitude of the shift. Children with ASD had a briefer latency with a 6% shift in pitch which typically developed (TD) children did not. The latency of P1s was significantly briefer during the active task than during the passive task in TD children but not in children with ASD. These results suggest the possibility that children with ASD have a system of bottom-up processing of dominant sounds and that they have difficulty with top-down processing when perceiving sound.

Key words : Autism spectrum disorder (ASD), Event-related potential (ERP), perception of speech, oddball paradigm

自閉症スペクトラム障害 (ASD), 事象関連電位 (ERP), 言語音知覚, オドボール課題

序

自閉スペクトラム症 (autism spectrum disorder: 以下ASD) は、米国精神医学会によるDSM-5 (Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders, 5th edition : American Psychiatric Association, 2013 高橋他訳2014) の診断基準では、神経発達症群の一亜型として位置づけられ、非言語的コミュニケーション行動、人間関係を発展、維持、理解する能力などの欠陥、そしてさまざまな状況における社会的コミュニケーション、対人的相互反応の持続的な欠陥によって特徴づけられている。

Rutter & Bartak (1971) は、ASDにおける言語の障害に注目し、言語認知の特異性が一次的な障害ではないかと考えた。以後ASDの行動異常を情報処理障害の表れとして捉える観点は研究的にも臨床的にも主流をしめるようになってきた。近年ではさまざまなASDの障害仮説が提唱されているものの、依然としてASDの言語発達の遅れ、言語理解の乏しさはASDの障害像を理解する上で重要であり、言語発達に関する多くの研究が行われている (Dawson, 1989 ; 濱田, 2010 ; Kleinhans et al., 2008)。ASDは基本的に中枢神経系の認知機能異常が背景にある発達障害と考えられ (稲垣・白根・羽鳥, 2003)、しばしばASD児・者の言語認知に関する脳機能が事象関連電位 (event-related potentials: ERP) を用いて電気生理学的に調べられている。ERP研究を通して

* もろはし あかね 武蔵野東教育センター

** やぐち きよし 文教大学人間科学部

ASDの脳における電位変動の検討をすることは、ASD児・者の認知特性の背景にあるメカニズムを知る上で重要な意義を持つ。現にERPを指標としたASD研究がこれまでに数多く行われ、ASDの情報処理過程に関する様々な知見が蓄積されている (Čeponienė et al., 2003; 惠羅, 2005; Erwin et al., 1991; 稲垣, 2008; Kemner et al., 1995; 高橋, 2000; 東條, 1993)。

誘発電位、聴性脳幹反応を含むERPは、認知から行動への脳内情報処理の時間経過の情報をもたらすので、高次脳機能の評価や、障害メカニズムの解明に当たっては重要な指標である (谷口・千住・東條, 2003)。代表的ERP成分には、何らかの刺激に注意を向け、まれに出現する標的刺激を認知した時だけに出現する後期陽性成分 (late positive component, またはP300) や、同一の聴覚刺激の中に異なった刺激がまれに呈示されると出現する陰性電位のミスマッチネガティビティ (mismatch negativity: MMN) などがある (川崎, 2008)。Picton, Hillyard, Krausz, & Galambos (1974) は、50ミリ秒以降に出現する反応は長潜時の反応と位置づけ、出現順位と極性から順にP1, N1, P2, N2, P3, N3と名付けた。ERPでとらえられる早期の感覚処理のうち、刺激感知はP1付近、パターン認知はN1付近が関係し、その後の記憶探索、高次処理、標的選択はP2, N2, P3付近で行われているものと推測されている (Paz-Caballero & Garcia-Austt, 1992)。P1は、刺激の性質のみに規定されるのではなく、実験参加者の意識 (睡眠-覚醒) レベルで反応が異なり、アルツハイマー型認知症やASDなど、認知機能と直接関係がある疾患での反応に特徴があると報告する研究もある (Buchwald et al., 1989)。N2は、低頻度刺激に対して潜時約二百数十ミリ秒で出現する成分である。N2はMMN (N2a) とN2bという下位成分で成り立っている。MMNは注意方向 (注意, 非注意) とは無関係に自動的に出現するところから、脳が示す受動的な定位反応成分と理解されている (Sams, Alho, & Näätänen, 1985)。日常生活では音変化に対して常にMMNが発生していると考えられるが、検査室での測定によりMMNを計測抽出しようとする場合は、単

調で単純な聴覚刺激の繰り返しを用いるものから、複雑な言語刺激を用いるものまで様々な刺激系列が用いられる。例えば、周波数、強度、持続長、空間的位置、音声、音素などの変化がある。これはMMNが膨大な聴覚情報処理過程の分析ツールとして利用可能であることを示している (矢部, 2010)。

ところで、ASDでは無音の映画などに注目して刺激音を聞き流すような受動条件下や、能動的に刺激音を弁別するような能動条件下における中枢の聴覚処理機能がERPを用いて検討されてきた。それはASDの認知過程の特徴を注意という観点から明らかにしようとする試みである。ここで、入力刺激によって喚起される注意は受動的注意であり、あらかじめ刺激への注意が存在する場合は能動的注意である。

谷口ら (2003) は、能動条件下のERPを計測したところ、MMNの振幅にはASD児と定型発達 (typical development: 以下TD) 児との間で差がみられなかったが、頭頂部P3bはASD児ではTD児よりも有意に振幅が低下していたことを明らかにした。ここから、ASD児では聴覚情報処理の初期段階や受動的聴覚処理はTD児と同様に行われているものの、後期段階で聴覚刺激に対して能動的に注意を向けることがTD児よりも困難であることを指摘した。

彦坂 (1998) は、能動的 (トップダウン) 注意と受動的 (ボトムアップ) 注意は、脳内機構からみると、ともに情報の流れの促進を意味する「注意」という概念のもとにまとめられると述べている。ボトムアップの過程は流入するデータによって制御され、トップダウンの過程は過去の経験によって制御される。この「トップダウン」の過程が、流入する情報の「ボトムアップ」の流れを絶えず調整しているという見方が行きわたっている。例えば、過去の経験は、入ってくる刺激が予想されたものか、予想外のものかを確定させる。それが予想されたものなら、その刺激の詳細な処理は打ち切られる。予想外の時には、それは自動的に、より注意深く処理される。こうして大量の刺激が押し寄せても制御できるのである。

Frith (2003 富田他訳 2009) は、ASD児・者

が予想外の出来事に対してすぐに反応できないという可能性を示唆し、情報選択に関わる注意の統制に問題がある可能性があるとして指摘した。また、ASD児・者は視線や表情、音声など人関連刺激に定位を示しにくいことが聴覚・視覚ともに指摘されてきた (Čeponienė, et al., 2003; Senju, Yaguchi, Tojo, & Hasegawa, 2003)。Lepistö (2008) は6種類のフィンランド語の母音 (/a/, /e/, /i/, /o/, /u/, /y/) と周波数変化を加えた刺激音をASD児に呈示したところ、ASD児は周波数(音の高さ)の変化を弁別することはTD児よりも優れているが、特に言語音という観点からみると、音の変化に無意識に定位することがTD児と比べて優れているとは言えないことを示した。これは、先のFrith (2003 富田他訳 2009) の指摘との関連で興味深い。ここから我々はASD児およびTD児の聴覚情報処理過程の特徴を能動的注意(トップダウン過程)と受動的注意(ボトムアップ過程)という観点から分析しようと考えた。

ところでこれまでの多くの研究では、周波数の異なる単音に対する聴覚処理過程が調べられている。しかし、日常場面における音声コミュニケーションでは、話者は単音ごとに周波数変化させて発することはほとんどなく、音節の中で絶えず周波数を変化させながら発声している。そのため、音の周波数が途中で変化するような刺激に対して、ASD児の脳ではどのように処理されるかを調べることも重要である。

例えば、日本語ではイントネーションの語尾変化に話者の意図などの重要なメッセージが込められている。それを示す最も分かりやすい言葉の一つに「え」がある。伊東 (1985, 1986) は感情を含む音声に関する基礎研究として、「驚き」、「喜び」、「恐れ」、「嫌悪」の4つの感情を対象として単母音の「え」を用いた研究をしている。林 (1998) は、会話の応答の際に用いられる感動詞「ええ」に焦点を当て、「ええ」の持つ感情的な調子の作用について吟味している。「ええ」は特定の語義を持たず、語義的に中性であり、多様な感情的意味を語義との交互作用なしに担わせることが可能であるとしている。

我々はASD児が人関連刺激に注意を向けにくいとするなら、言語音の語尾変化にも注意を向けにくいのではないかと考えた。すなわち、語尾変化に感情価があることに気付きにくい理由が、そもそも語尾変化そのものに定位しにくいからではないかという可能性である。しかし、これまでのところASD児の途中音高変化(以下中間変化音)に対する感受性は調べられていない。そこで我々は、言語音変化に対するASD児の情報処理特性を明らかにすることを目的とし、ASD児およびTD児を対象に、言語音刺激としてその基本周波数が途中変化する/e/を使用してERP計測を実施した。

ERP記録にあたっては刺激への構えの効果を知らず目的で受動オドボール課題および能動オドボール課題の2条件を、それぞれの条件での刺激感受性を明らかにすることを意図して、刺激音高の中間変化量に2水準を設けた。

本研究では先行研究を踏まえ、ASD児、TD児の刺激感知を反映するP1と、MMNの潜時帯を含むN2に注目する。また、本研究では、刺激呈示後250ミリ秒後に周波数が変化する逸脱刺激を使用する。そこで、250ミリ秒で変化した後およそ100ミリ秒後つまり350ミリ秒付近にピークをもつ陽性成分については以後便宜上P1sとする。また450ミリ秒付近にピークをもつ陰性成分はN2sとする。ここで付加された“s”は、音声の周波数変化によるピッチ・シフトを反映する反応であることを示す。

方法

対象児

記録に参加したASD児32名、TD児27名のうち年齢と知能指数(IQ)を対応させ、かつ十分な加算回数の得られたASD児10名(全て男児、12-19歳(平均年齢14.8歳, SD=2.6歳), 平均IQ=102, SD=14.2, 右手利き9名, 左手利き1名; 以下ASD群)、TD児10名(全て男児、13-16歳(平均年齢14.9歳, SD=1.1歳), 平均IQ=105, SD=13.4, 右手利き9名, 不明1名; 以下TD群)を分析対象とした。分析対象児の年齢、IQの平均値

と標準偏差を両群間で t 検定により比較したところ有意な差は見られなかった。ASD児は実験時に臨床心理士による養育者への聞き取りによってPARS (Pervasive Developmental Disorders Autism Society Japan Rating Scale: 広汎性発達障害日本ASD協会評定尺度; 安達他, 2008) とASQ (Autism Screening Questionnaire: 自閉症スクリーニング質問紙; 大六他, 2003) が実施され、ASDの特徴が確認された。また、養育者への聞き取り調査も実施された。実験内容と養育者への聞き取り調査内容に関してはあらかじめ十分な説明を行い、同意を得るインフォームドコンセントの手続きを行った。

刺激と刺激系列

刺激は持続時間500ミリ秒、音圧レベル57dB SPL、基本周波数225Hzからなる母音/e/ (女声) を使用した。無変化音を標準音 (出現頻度82%) とし、刺激開始後250ミリ秒に基本周波数が3%上昇してそのまま250ミリ秒持続する3%中間変化音 (以下3%変化音、出現頻度9%)、同様に6%上昇する6%中間変化音 (以下6%変化音、出現頻度9%) の3刺激を無作為な順序でオドボール呈示した。

刺激の開始からそれに後続する刺激の開始までの時間間隔 (stimulus onset asynchrony) は1200ミリ秒、1セッション662試行 (13分24秒) であった。

刺激音はNeuroScan社製汎用刺激呈示ソフトウェア「STIM2」のSOUNDプログラムにより作成し、刺激音系列はGENTASKプログラムで作成および制御された。STIM2によって出力された刺激は対象児の前方2.5m、上方2m、左右幅1.6mに設置されたスピーカー (BOSE社製) から呈示された。

実験手続き

対象児はシールドルーム内に設置された安楽椅子に着席した後、頭の大きさにあわせてキャップ型電極が装着された。このほか両耳朶と左眼窩上下、両眼窩左右の6か所に電極を固定した。電極インピーダンスは5k Ω 以下とした。

対象児の足元にはオットマンが置かれ、ゆったりとした姿勢が保たれるよう留意した。実験者は対象児に「肩の力を抜きましょう。記録中は椅子の背もたれにゆったりと深く寄りかかりましょ

う」と教示を与え、脳波記録上にアーチファクトの混入がないことを確認した後、シールドルームの扉を閉め脳波記録を開始した。

対象児が事前に選択したアニメーションのVHSあるいはDVD動画を字幕設定、無音声の状態で見ながら左右のスピーカーから出力される刺激音を無視するよう教示される受動課題と、Stim Response Pad (NeuroScan社製) を用いて3種類の刺激音のうち、3%変化音と6%変化音について両手指でボタンを押し分ける能動課題が行なわれた。能動課題では動画の再生は行わなかった。パッドは両手で持ち、左右の親指で1と4のボタンを押し分けるよう教示した。両課題はその順序についてカウンターバランスをとるため対象児ごとに交互に実施した。対象児は、実験開始前に、出力される刺激 (標準音、100回呈示) に対して4のボタン、1のボタンを交互に押しボタン押し練習課題を行った。また、能動課題について3種類の刺激音のうち3%変化音と6%変化音を検出するために練習課題を行った。電極装着から実験終了までに要した時間は、1時間から1時間15分であった。

脳波計測と分析

脳波は国際10-20法に基づき、A1、A2の平均電位を用いる両耳朶連結を基準電極とした頭皮上16部位 (F3、FZ、F4、T7、C3、CZ、C4、T8、P7、P3、PZ、P4、P8、O1、OZ、O2) より、NuAmps (NeuroScan社製) を介しSCANシステム (NeuroScan社製) により記録した。あわせて分析時のアーチファクト混入を防ぐためVEOG、HEOGを記録した。記録に際してはローカット周波数1Hz、ハイカット周波数30Hzにて増幅された。

ハードディスクに格納されたデータの解析は、SCANシステム内のプログラムによって行われた。

脳波の原波形をディスプレイ上に再生して、刺激呈示前100ミリ秒から刺激呈示後800ミリ秒までのエポックを作成し、各エポックについて刺激呈示前100ミリ秒から刺激呈示直前までの平均電位をゼロオフセットし、ベースライン修正を行った。その際、 $-150\mu\text{V}$ 以下および $150\mu\text{V}$ 以上の眼電位が含まれるエポックは加算処理対象から除外し

た。それぞれの刺激について刺激呈示時点をトリガーとして加算波形を算出するとともに、3%変化音、6%変化音の反応からそれぞれ標準刺激への反応を差し引いた差分波形を求めた。

統計処理

差分波形の総加算波形からP1s（刺激変化後100ミリ秒以降の陽性成分）、N2s（同様に200ミリ秒前後に得られる陰性成分）を同定し、ピーク振幅値、ピーク潜時を求めた。ERP波形の同定にあたっては、この総加算波形のピーク潜時を基準とし、個人内の各部位で得られたピーク潜時を参照しながら、最大振幅（ピーク）を優先して決定した。

側頭葉の聴覚一次領野が頭蓋面に垂直ではなく正中方向に傾いているため、聴覚刺激に対してその領野で発生する電位は前頭・中心の正中部位に分布する（Vaughan & Ritter, 1970）。また、受動的注意条件では中心部に明瞭な増大がみられ、能動的注意では中心部から前頭部にかけて広範な振幅増大が確認されたという報告もあり（畠山・相原・神谷・下田・金村・佐田・中澤, 1998a, 1998b）、これをふまえ、本研究では正中

線上にある前頭部付近のFz、中心部付近のCzを検討対象とした。

統計処理として、群（ASD群、TD群）×課題（受動条件、能動条件）×変化（3%、6%）の3要因分散分析を行い、その後必要に応じて単純主効果の検定を行った。統計処理は統計パッケージソフトSPSS16.0 J for Windows（SPSS社）を用いた。

結果

Figure 1はTD児（A）とASD児（B）の標準音（細線）、3%変化音（点線）、6%変化音（太線）に対するERP総加算波形をそれぞれ課題、部位別に重ね書きしたものである。Figure 2にTD児（A）とASD児（B）のそれぞれ受動課題、能動課題でのFz、Czにおける変化音ERPから標準刺激ERPを減算したことによって得られた差分波形の総加算平均波形を示す。点線は3%変化音、実線は6%変化音に対する波形を表している。以後、Fz、CzのP1s、N2sそれぞれについて結果を述べる。能動課題での正答率についても併せて述べる。

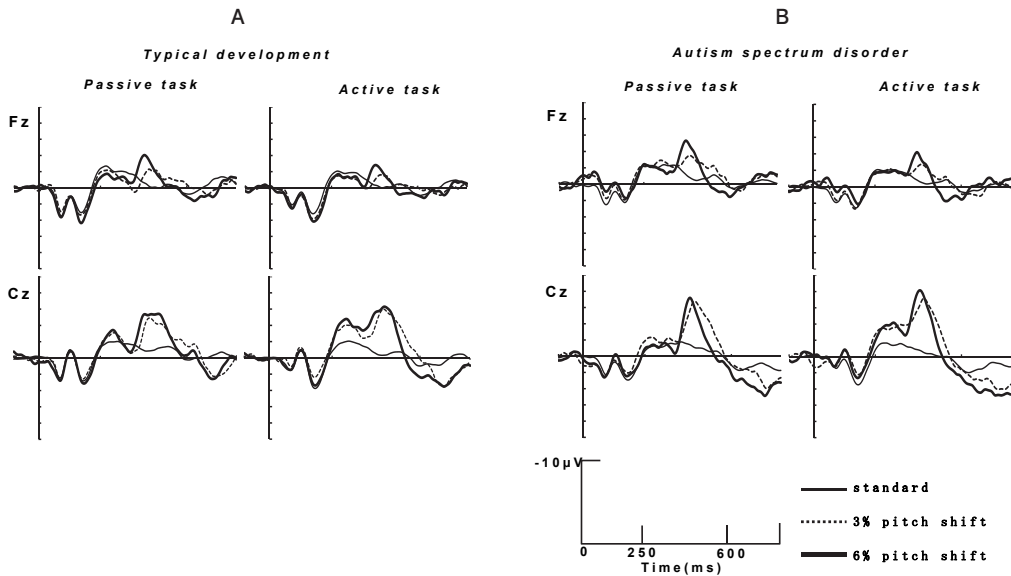


Figure 1. 定型発達児（A：Typical development）並びに自閉症児（B：Autism spectrum disorder）の受動課題（Passive task）、能動課題（Active task）における標準音（無変化：細実線）、3%変化音（破線）、6%変化音（太実線）に対する前頭部（Fz）と中心部（Cz）のERP総加算波形。音高は250msで変化し、500msまで続く。

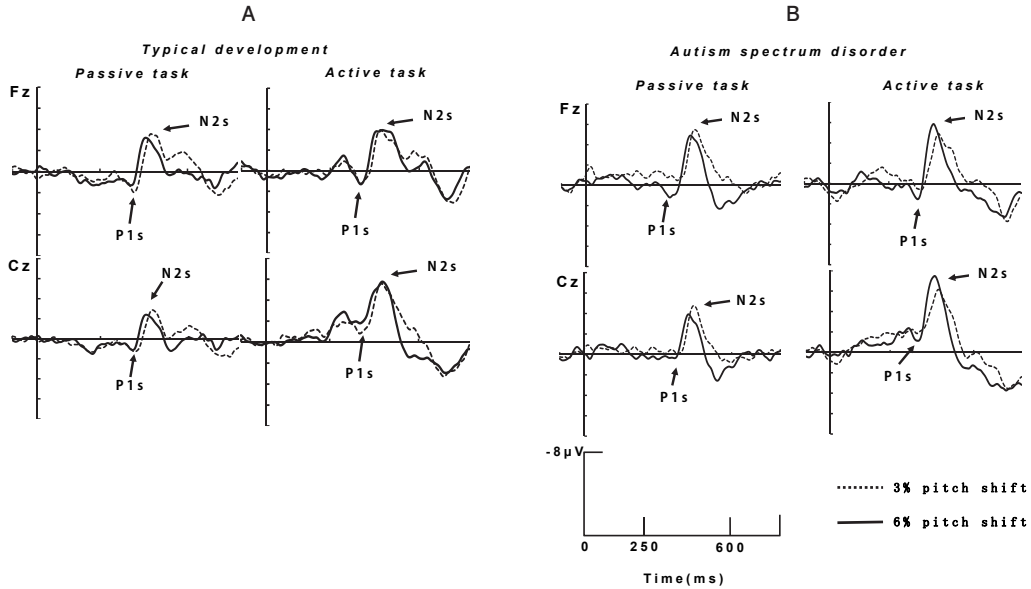


Figure 2. 定型発達児 (A : Typical development) 並びに自閉症児 (B : Autism spectrum disorder) の受動課題 (Passive task), 能動課題 (Active task) における3%変化音 (破線) と6%変化音 (実線) のERPから標準刺激音のERP (それぞれFigure1参照) を差し引いた前頭部 (Fz) と中心部 (Cz) の差分波形 (総加算波形)

FzP1sについてみると、ピーク振幅については群、課題、変化の主効果および交互作用は有意ではなかった。ピーク潜時 (Table 1) については変化の主効果が認められ ($F(1, 18) = 13.19, p < 0.01$), P1sのピーク潜時は3%変化音よりも6%変化音で有意に短かった。

Table 1. 受動課題 (左)、能動課題 (右) 時の3%変化音と6%変化音に対するFzP1s潜時 (平均及び標準偏差; 単位はms) 上: ASD群, 下: TD群

		passive task		active task	
		3%	6%	3%	6%
ASD	mean	392.4	362.4	392.8	369.2
	SD	38.8	21.1	22.2	15.5
TD	mean	389.0	379.2	379.4	373.6
	SD	13.3	18.6	16.0	24.4

CzP1sのピーク振幅 (Table 2) は課題の主効果が認められ ($F(1, 18) = 7.46, p < 0.05$), 受動課題よりも能動課題で有意に増大していた。ピーク潜時 (Table 3) では課題×群 ($F(1, 18) = 4.47, p < 0.05$), 変化×群 ($F(1, 18) = 6.93, p < 0.05$) の交互作用および変化の主効果 ($F(1, 18) = 7.05, p < 0.05$) が認められた。そこで、課題×群、変化×群について単純主効果の検定を実施した。課題×群では、TD群は受動課題よりも能動課題でP1sピーク潜時が有意に短かったものの、($F(1, 18) = 9.78, p < 0.01$), ASD群では有意差が認められなかった (Figure 3)。変化×群では、ASD群は3%変化音よりも6%変化音でP1sピーク潜時が有意に短かったものの ($F(1, 18) = 10.81, p < 0.01$), TD群では有意差が認められなかった。また、6%変化音ではASD群のほうがTD群よりもP1sピーク潜時が有意に短かったものの ($F(1, 18) = 5.60, p < 0.05$), 3%変化音では両群間に有意差は認められなかった (Figure 4)。

Table 2. 受動課題（左）、能動課題（右）時の3%変化音と6%変化音に対するCzP1s振幅（平均及び標準偏差；単位は μV ）上：ASD群，下：TD群

		passive task		active task	
		3%	6%	3%	6%
ASD	mean	0.87	1.06	-0.99	-0.39
	SD	1.66	1.64	3.36	4.39
TD	mean	1.90	1.86	0.05	-1.13
	SD	1.60	1.71	2.30	2.95

Table 3. 受動課題（左）、能動課題（右）時の3%変化音と6%変化音に対するCzP1s潜時（平均及び標準偏差；単位はms）上：ASD群，下：TD群

		passive task		active task	
		3%	6%	3%	6%
ASD	mean	386.6	361.2	390.2	368.2
	SD	40.9	22.4	24.0	14.8
TD	mean	387.4	383.6	369.2	372.8
	SD	19.7	17.6	18.3	24.3

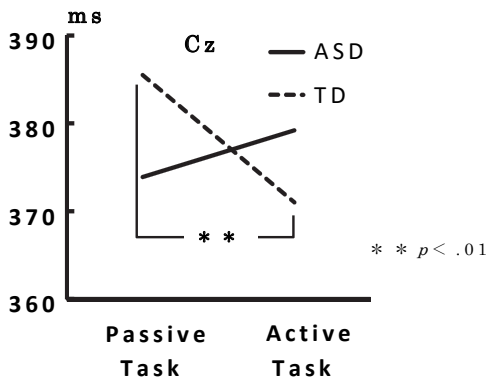


Figure 3. ASD群（実線），TD群（破線）の受動課題と能動課題におけるCzP1sピーク潜時の課題間比較

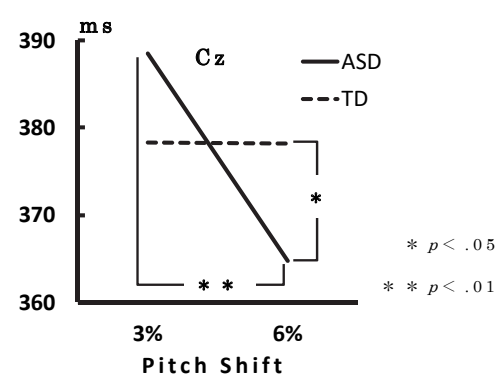


Figure 4. ASD群，TD群の3%変化音と6%変化音に対するCzP1sピーク潜時の変化音間比較

FzN2sのピーク振幅では群，課題，変化の主効果および交互作用は有意ではなかった。一方ピーク潜時（Table 4）には変化の主効果があり（ $F(1, 18) = 6.87, p < 0.05$ ），N2sのピーク潜時は3%変化音よりも6%変化音で有意に短かった。

CzN2sについてみるとピーク振幅（Table 5）

には課題の主効果が認められ（ $F(1, 18) = 9.19, p < 0.01$ ），受動課題よりも能動課題で有意に増大していた。ピーク潜時（Table 6）には，変化の主効果があり（ $F(1, 18) = 7.53, p < 0.05$ ），N2sのピーク潜時は3%変化音よりも6%変化音で有意に短かった。

Table 4. 受動課題（左）、能動課題（右）時の3%変化音と6%変化音に対するFz N2s潜時（平均及び標準偏差；単位はms）上：ASD群，下：TD群

		passive task		active task	
		3%	6%	3%	6%
ASD	mean	464.2	453.6	462.6	441.2
	SD	32.7	43.1	22.3	21.6
TD	mean	460.8	453.2	453.0	445.6
	SD	22.3	30.8	25.8	27.6

Table 5. 受動課題（左）、能動課題（右）時の3%変化音と6%変化音に対するCz N2s振幅（平均及び標準偏差；単位は μV ）上：ASD群，下：TD群

		passive task		active task	
		3%	6%	3%	6%
ASD	mean	-5.48	-5.22	-6.97	-8.57
	SD	3.04	3.03	4.00	4.17
TD	mean	-3.59	-3.84	-6.22	-6.40
	SD	1.37	2.39	3.26	4.46

Table 6. 受動課題（左）、能動課題（右）時の3%変化音と6%変化音に対するCz N2s潜時（平均及び標準偏差；単位はms）上：ASD群，下：TD群

		passive task		active task	
		3%	6%	3%	6%
ASD	mean	459.6	455.0	452.2	440.2
	SD	30.4	42.8	17.9	21.1
TD	mean	463.8	445.6	459.6	446.0
	SD	24.1	25.6	31.7	29.3

能動課題での正答率

能動課題での正答率は、ASD児が3%変化音で80%、6%変化音で86%であったのに対し、TD児は3%変化音で85%、6%変化音で87%となった。両変化音で得られた正答率を2要因分散分析により比較したところ群および変化の主効果、変化×群の交互作用共に有意な差は見られなかった ($F(1, 18) = 3.05, n.s.$), ($F(1, 18) = 1.06, n.s.$)。

考 察

ASD児の聴覚情報処理過程の特徴を知るために、基本周波数が途中変化する母音を刺激として、受動、能動の両オドボール課題をASD児、TD児を対象にERP計測を行った。その結果ASD児では受動、能動の課題差よりも音高変化量の差によってP1s潜時短縮が生じた (Figure 4) のに対し、TD児では受動、能動という課題に対して潜時の変化が生じた (Figure 3)。

今回我々は、ASD児の注意過程の特徴をボトムアップとトップダウンの観点から知る目的で受動、能動の2課題を設定した。また、それぞれの条件での刺激感受性を明らかにすることを意図して、刺激音高変化に3%と6%という2つの変化水準を設けた。6%変化音のほうが3%変化音より大きな変化である。つまり、刺激変化の大きさに対する反応の差は刺激依存いわばボトムアップ反応として説明することが可能である。

ASD児では刺激の変化量に応じてP1s潜時の短縮が生じているのに対し、TD児ではトップダウン処理を反映してP1s潜時の短縮が生じたと考え

られる。ASD児のボトムアップ処理に関しては、Lepistö (2008) がMMN振幅により言語音のピッチ・シフトに対する反応がTD児よりもASD児で優れていることを示している。指標は異なるものの我々はP1s潜時で同様の結果を得たと言える。

一方N2s潜時ではASD児、TD児いずれも3%変化音と6%変化音の潜時の間に差が見られなかった。ここから、P1s潜時ではASD児に音高変化量の差によって見られた潜時短縮が、N2sの時点ではTD児との間でその差が解消され、その結果ASD児もTD児も音高変化量による潜時短縮が生じなかったものと考えられる。同様に、受動、能動課題間で生じたTD児のP1sの潜時短縮も、N2sの時点ではASD児、TD児共に課題間で潜時短縮が生じなかった。

従来の研究では、振幅においてはあるがMMNの段階でASD児とTD児との間に差は見られないことが示唆されていたが (谷口ら; 2003)、本研究でもMMNの潜時帯が含まれているN2s潜時で差が生じなかったのは従来の研究と合致する結果となった。しかしP1sという初期段階でASD児が音高変化量に対する潜時短縮を示し、さらに6%変化音でTD児よりもASD児の潜時が有意に短くなったのは、聴覚刺激感知の段階でのASD児の情報処理方略がTD児と異なる可能性を示すものである。

ASD児は刺激の変化量に応じてP1sからN2sへの処理時間を費やすというボトムアップ優位の処理特性を有するのに対し、TD児はTable3, 4にみられるように今回の範囲では刺激変化量に関わらず同様の時間を費やすというトップダウン制御が働いている可能性を示唆する。Frith (2003 富田他2009) はASDの脳機能の欠陥とは、トップダウンによる制御プロセスが余りに弱すぎて適切に機能しないため、トップダウンとボトムアップの処理の流れが調和しにくい状態とみてよいと述べている。

これまで、ERP研究においてASD児の早期成分 (P1等) にTD児との差を指摘した報告は認められない。これに対し本研究ではP1sの段階でASD児に音高変化による有意差が認められ、TD児に認められた課題間差がASD児には認められ

なかった。このような結果の違いが生じた理由について我々は用いた刺激音の差を考えている。

本研究では、呈示250ミリ秒後に3%ないし6%で周波数変化する音を刺激音として用いた。これは、いわば自然界において通常我々が使用しているイントネーションの変化に、より近づけた刺激とも言える。音刺激呈示後に音高変化することにより、0ミリ秒から250ミリ秒のベース音との比較で変化検出がより容易となり、PIsに差が現れやすくなったものと考えられる。つまり、感覚記憶内に具体的な情報が保たれている内に逸脱刺激が入力されるためこのような結果として表れたと捉えることができる。

今回我々はASD児の聴覚情報処理特性をトップダウン、ボトムアップ処理の観点から考察した。今後これまで提案されてきたASD児の様々な障害仮説とも比較検討しながら更に実験的検討を積み重ねたい。

謝 辞

本研究は、筆者らが文教大学大学院人間科学研究科臨床心理学専攻において行った研究をまとめたものです。記録にご協力いただいた全ての皆様には感謝申し上げます。なお、本論文の公表にあたっては、文教大学人間科学部人間科学研究科合同倫理審査委員会の承認を得ている。

引用文献

- Buchwald, J. S., Erwin, R. J., Read, S., Lancker, van D., & Cummings, J. L. (1989) Midlatency auditory evoked responses: Differential abnormality of P1 in Alzheimer's disease. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **74**, 378-384.
- 安達潤・市川宏伸・井上雅彦・内山登紀夫・神尾陽子・栗田 宏・杉山登志郎・辻井正次・行廣隆次・社団法人日本自閉症協会 (2008) PARS 広汎性発達障害日本自閉症協会評定尺度 スペクトラム出版社。
- American Psychiatric Association (2013) *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders fifth-Edition*. American Psychiatric Association. (米国精神医学会 高橋三郎・大野裕 (監訳) (2014). DSM-5 精神疾患の診断・統計マニュアル 医学書院)
- Buchwald, J. S., Erwin, R. J., Read, S., Lancker, van D., & Cummings, J. L. (1989) Midlatency auditory evoked responses: differential abnormality of P1 in Alzheimer's disease. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, **74**, 378-384.
- Čeponienė, R., Lepistö, T., Shestakova, A., Vanhala, R., Alku, P., Nääänen, R., & Yaguchi, K. (2003) Speech-sound-selective auditory impairment in children with autism: They can perceive but do not attend. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **100**, 9, 5567-5572.
- 大六一志・千住 淳・林恵津子・東條吉邦・市川宏伸(2003). 自閉症スクリーニング質問紙 (ASQ) 日本語版の作成 in 東條吉邦 (編) (2003). 平成14年度科学研究費補助金報告書『自閉症児・ADHD児における社会的障害の特徴と教育的支援に関する研究：自閉症とADHDの子どもたちへの教育支援とアセスメント』. 33-38.
- Dawson, G. (1989) Autism : Nature, Diagnosis, And Treatment. The Guilford Press. (ドーン, G. 野村東助, 清水康夫 (監訳) (1994). 自閉症—その本態, 診断および治療. 日本文化科学社)
- 惠羅修吉 (2005) 事象関連電位P3を指標とした発達障害児の認知機能の評価 特殊教育学研究, **43**, 139-147.
- Erwin, R., Lancker, Van D., Guthrie, D., Schwafel, J., Tanguay, P., & Buchwald, S. J. (1991) P3 responses to prosodic stimuli in adult autistic subjects. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, **80**, 561-571.
- Frith, U. (2003) Autism : Explaining the Enigma. 2nd ed. United Kingdom: Blackwell Publishing. (富田真紀, 清水康夫, 鈴木玲子 (訳) (2009) 新訂 自閉症の謎を解き明かす 東京書籍)
- 濱田賀代子 (2010) 自閉症児のコミュニケーション訓練における認知神経心理学的方法の試み—

- エコラリアが消失し自発語が形成された1例—
自閉症スペクトラム研究, **8**, 49-57.
- 畠山和男・相原正男・神谷裕子・下田智佳子・金
村英秋・佐田佳美・中澤眞平 (1998a) 受動的
および能動的注意機構に関する研究—I. 体性
感覚事象関連電位の等電位分布図による検討、
II. 異なる注意機能における体性感覚事象関連
電位の発達の变化に関する検討—脳と発達,
30, 30-45.
- 林 康子 (1998) 音声に含まれる感性的情報と
ピッチ曲線 感動詞「ええ」を利用して 日本
音響学会研究発表講演論文集, **2**, 381-382.
- 彦坂興秀 (1998) 注意の神経機構 *Equilibrium
Research*, **57**, 6, 543-549.
- 稲垣真澄・白根聖子・羽鳥誉之 (2003) 自閉症の
臨床神経生理学的研究—誘発電位と事象関連電
位を中心に—発達障害研究, **25**, 1, 17-23.
- 稲垣真澄 (2008) 支援に役立つ医学診断の進歩—
脳波検査で測る認知機能—発達障害研究, **30**, 1,
19-29.
- 伊東久美子 (1985) 感情を含む音声に関する基礎
研究 (II) —合成単母音 [え] による音響パラ
メータの評価—人間工学, **21**, 2, 81-87.
- 伊東久美子 (1986) 感情を含む音声に関する基礎
研究 (III) —単母音[え]の非定常的解析—人間
工学, **22**, 4, 211-217.
- 川崎葉子 (2008) 身体と脳の検査, 画像診断 in
中根 晃・牛島定信・村瀬嘉代子 (編) (2008)
詳解 子どもと思春期の精神医学 金剛出版
211-218.
- Kemner, C., Verbaten, N. M., Cuperus, M. J.,
Camfferman, G., & Engeland, van H. (1995)
Auditory Event-Related Brain Potentials in
Autistic Children and Three Different Control
Groups. *Biological Psychiatry*, **38**, 150-165.
- Kleinhans, M., Natalia, M., Ralph-Axel,
Cohen, N., David., & Courchesne, E. (2008)
Atypical functional lateralization of language
in autism spectrum disorders. *Brain Research*,
1221, 115-125.
- Lepistö, T. (2008) Cortical processing of speech
and non-speech sounds in autism and Asperger
syndrome. Doctoral thesis: *University of
Helsinki Department of Psychology Studies*,
50, 8-47.
- Paz-Caballero M. D & Garcia-Austt E. (1992)
ERP components related to stimulus selection
processes. *Electroencephalography and clinical
Neurophysiology*, **82**, 369-376.
- Picton, T.W., Hillyard, S.A., Krausz, H.I., &
Galambos, R. (1974) Human auditory evoked
potentials. I; Evaluation of components.
Electroencephalography and Clinical Neurophysiology,
36, 179-190.
- Rutter, M., & Bartak, L. (1971) Causes of
Infantile Autism : Some Considerations from
Recent Research. *Journal of Autism and
Childhood Schizophrenia*, **1**, 1, 20-32.
- Sams, M., Alho, K., & Näätänen, R. (1985). The
mismatch negativity and information processing.
Kilx, F., Näätänen, R., & Zimmer, K. (1985)
Psychophysiological approaches to human
information processing. *Advances in psychology*,
25, 161-176.
- Senju, A., Yaguchi, K., Tojo, Y., & Hasegawa, T.
(2003) Eye contact does not facilitate detection
in children with autism. *Cognition*, **89**, B43-B51.
- 高橋圭三 (2000) 事象関連電位を指標とした自閉
症の情報処理—視覚刺激の同時呈示と継時呈示
による比較—特殊教育学研究, **38**, 2, 43-51.
- 東條吉邦 (1993) 自閉症児における大脳の左右半
球機能差に関する研究 風間書房.
- Vaughan, Jr, HG. & Ritter, W. (1970) The source
of auditory evoked responses recorded from
the human scalp. *Electroencephalography and
clinical Neurophysiology*, **28**, 360-367.
- 矢部博興 (2010) ミスマッチ陰性電位 基礎 臨
床神経生理学, **38**, 4, 181-186.
- 谷口 清・千住 淳・東條吉邦 (2003) 自閉症児
の言語音識別と注意 in 谷口清 平成12年度～
平成14年度科学研究費補助金 (基礎研究 (B))
(1) 研究成果報告書「自閉症の社会性障害の
他覚的指標の確立に関する基礎的研究」.

[抄録]

本研究では、自閉症スペクトラム（以下ASD）児の聴覚特性を明らかにするために、受動および能動オドボール課題の下でERPを記録し、彼らの脳の情報処理過程を検討した。母音/e/の音高変化に対するCzのP1s潜時（ここで“s”は音高変化への応答であることを示す）は、ASD児においては3%変化よりも6%変化で短縮するというように音高変化の程度によって有意に変化した。TD児ではそのようなことはなかった。他方、同じP1s潜時はTD児では受動課題よりも能動課題で有意に短かった。しかしASD児ではそれが見られなかった。これらの結果はASD児がボトムアップ優位な音処理システムを持っており、聴知覚におけるトップダウンプロセスに困難を持つ可能性があることを示唆する
