ASD傾向が高い成人における感覚処理傾向と 局所・大域的逸脱に対するミスマッチ陰性電位

柳 民秀・池田 一成 (東京学芸大学教育実践研究支援センター)

ASD Traits and Sensory Profiles of Normally Developed Adults and Their Relation to Mismatch Negativity in Response to Local and Global Auditory Deviants

Minsu RYU, Kazunari IKEDA

(Center for the Research and Support of Educational Practice, Tokyo Gakugei University)

According to the autism spectrum theory, it is assumed that normally developed persons with high traits of autism spectrum disorders (ASD) share sensitivity to sensory changes with people of ASD, particularly to local rather than global changes. To test this assumption, normally developed students were examined. By using the autism spectrum quotient (AQ), high and low AQ groups were assembled. Sensory processing of participants was assessed by using the adult/adolescent sensory profile (AASP). For the two groups, mismatch negativity (MMN) in response to local and global auditory changes was recorded. The high AQ group revealed a tendency to have a similar AASP to people with ASD. The MMN of the high AQ group showed that responses to global changes were larger than responses to local changes. This result suggests that the high AQ group can easily perceive patterns of local auditory changes, leading to difficulty achieving MMN in response to local changes.

Key words: autism spectrum disorders, autism spectrum quotient, sensory profile, mismatch negativity, local and global changes

2017.11.29受稿, 2018.10.2受理, 2019.9.19 J-STAGE早期公開, doi: 10.5674/jjppp.1715oa

連絡者及び連絡先: 〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1 東京学芸大学教育実践研究支援センター 池田一成

E-mail: kazunari@u-gakugei.ac.jp

【要 約】 自閉症スペクトラム仮説によれば、自閉症スペクトラム障害 (autism spectrum disorder: ASD) 傾向が高い定型発達児者は、ASD児者と同様に、感覚的な変化に敏感であるという特性と、特に大域的变化に比べ局所的变化に敏感であるという特性を持つことが推定できる。この推定が正しいかどうかを検証するために、定型発達の成人を対象に研究を行った。まず、自閉症スペクトラム指数 (autism spectrum quotient: AQ) を用いて AQ 高群と AQ 低群を集めた。次に、青年成人版感覚プロファイル (adult/adolescent sensory profile: AASP) を用いて実験参加者の感覚処理を調査した。さらに、聴覚刺激における局所・大域的变化に対するミスマッチ陰性電位 (mismatch negativity: MMN) を記録した。その結果、AASPにおいて AQ 高群に ASD の成人と類似の傾向が示された。また AQ 高群では、大域的变化に対する MMN が局所的变化に対する MMN に比べ大きいことが示された。この結果は、AQ 高群が局所的变化の規則的パターンを容易に知覚することにより、局所的变化に対する MMN が生じにくくなることを示唆している。

自閉症スペクトラム障害／自閉スペクトラム症 (Autism Spectrum Disorders: ASD) は、社会的コミュニケーション及び社会的相互作用の持続的な障害と、行動・興味・活動における固定的で反復的な様式を特徴とする発達障害である。2013年、精神疾患の診断・統計マニュアル第5版 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition: DSM-5) において、以前までは知的機能に障害の無い自閉性障害として別のカテゴリーに属していたアスペルガー症候群が ASD の中に統合された (American Psychiatric Association, 2013)。これは、自閉性障害とアスペルガー症候群は社会的・コミュニケーション障害の連続体上にあり、アスペルガー症候群が自閉性障害と定型発達との間に位置する存在であるという仮説 (Baron-Cohen et al., 1995; Frith et al., 1991; Wing, 1981) に基づいている。この自閉症スペクトラム (連続体) 仮説は、ASD と定型発達児者との連続性が仮定されることから、臨床テーマについて非臨床群を対象として研究を行うアナログ研究の可能性を示唆するものである (若林ら, 2004)。

Baron-Cohen et al. (2001) は、この仮説をもとに、健常範囲の知能を持つ成人の ASD 傾向 (特性) あるいはその幅広い表現型の程度を測定可能な、自己回答式の尺度である自閉症スペクトラム指数 (Autism spectrum Quotient: AQ) を作成した。自閉症スペクトラム指数は日本語版 (AQ-J) も作成されており (若林ら, 2004)、ASD のスクリーニングや研究等に広く用いられている。

AQ の項目は、ASD を特徴づける5つの領域 (社会的スキル、コミュニケーション、想像力、注意の切り替え、細部への注意) で構成されている。質問項目は

全部で50項目と比較的少なく、実施が簡便である。AQ は臨床的スクリーニングに使用できるだけでなく、定型発達の成人の自閉症傾向の個人差を測定するなど、診断と研究の両面に有益であるとされている (若林ら, 2004)。

ASD には、上述の特徴以外に、感覚刺激に対する反応が定型発達とは異なるという特徴がある。DSM-5 の診断基準に、「感覚入力に対する敏感性あるいは鈍感性、あるいは感覚に関する環境に対する普通以上の関心」という項目が追加されたが、これは、ASD の感覚異常に対する報告が蓄積されてきた結果であるといえる。例えば、Leekam et al. (2007) は、研究参加者である ASD の子どもの90%以上に感覚的な異常がみられたことを報告している。

ASD の感覚処理傾向について理解し、適切な支援を行うためには、感覚処理傾向を測定するツールの活用が重要であると考えられる。Dunn (1997) は、定型発達児を対象とした研究結果から、神経学的閾値と行動反応・自己調節との関連性を示す概念モデルを導いた。このモデルでは、神経学的閾値の連続体と行動反応・自己調節の連続体が互いに作用しあうことを想定している。神経学的閾値とは、ニューロン、またはニューロン系の反応に必要な刺激の量を示し、この連続体の一端は高閾値、もう一端は低閾値となる。行動反応・自己調節とは、人がその閾値に応じてどのように反応するかを示し、この連続体の一端では、感覚刺激に対する受動的反応、もう一端は、感覚刺激に対する能動的反応を示す。この2つの連続体は互いに交差していると仮定され、それによって区分された4象限 (低登録、感覚探求、感覚過敏、感覚回避) によって、感覚処理のパターンが説明される。「低登録」は、神

経学的高閾値・受動的反応に対応する。「低登録」の人は、他の人が気づいている刺激に対して反応をしない、もしくは反応に時間がかかる傾向がある。「感覚探求」は、神経学的高閾値・能動的反応に対応する。「感覚探求」の行動をとる人は、神経学的閾値を満たすため、感覚刺激となるような刺激を作り出したり、刺激を得る環境を探したりする傾向がある。「感覚過敏」は、神経学的低閾値・受動的反応に対応する。「感覚過敏」の人は、神経学的閾値が低いため、感覚刺激に容易に反応する傾向がある。「感覚回避」は、神経学的低閾値・能動的反応に対応する。「感覚回避」の行動をとる人は、感覚刺激に圧倒されている、または困難を感じているため、感覚刺激を避ける傾向がある。Dunn (1999) はこの概念モデルに基づき、6—10 歳の子どもの感覚処理傾向を測定できる質問紙である、感覚プロファイル (Sensory Profile: SP) を作成した。また、Brown & Dunn (2002) は 11—65 歳を対象とした自己記述式の質問紙である青年・成人感覚プロファイル (Adolescent/Adult Sensory Profile: AASP) を作成した。

Crane et al. (2009) は、ASD の成人の感覚処理傾向について AASP による自己評価に基づいて研究を行った。その結果、ASD の成人は 4 象限のうち、「低登録」、「感覚過敏」、「感覚回避」の象限におけるスコアが、定型発達成人に比べ有意に高いことが示された。また、研究に参加した ASD の成人のうち 94.4% が、4 象限のうちの少なくとも一つに、スコアが極端に高いもしくは低いといった感覚処理の異常を示したことが報告されている。

また、ASD は聴覚刺激における局所的な変化の探知に優れていることが行動指標による研究で示されている。以下の研究における局所的な変化とは前の音よりも次の音が 1 音上がるなどの部分的な音程の変化を指し、一方大域的变化とはメロディー全体の音程が 1 音下がるなどの全体的な変化を指す。Heaton et al. (1999) は、ASD の成人は定型発達成人に比べ、音程の差異を判別する能力が優れていることを示している。また、Mottron et al. (2000) は、ASD における聴覚刺激に対する大域・局所処理について研究を行い、ASD の成人は定型発達成人と比較して、大域的な処理は障害されていないが、局所的な音程の変化の探知がより優れていることを示した。

行動指標による大域・局所処理の研究がある一方、生理指標による研究は少ない。Gomot et al. (2002) は、ミスマッチ陰性電位 (mismatch negativity: MMN) を指標とした研究を行い、ASD の子どもは定型発達の子どもの比で聴覚刺激の変化に対する MMN の頂点潜時が短いことを示した。しかし、この研究は行動指標による研究で言うところの局所的な変化に対する反応を調べたのみで、大域的な変化に対する反応については検討していない。

以下に述べる MMN の特性を利用すると、大域的变化と局所的变化の両方を研究できる可能性がある。MMN は、Näätänen et al. (1978) によって発見された事象関連電位 (event-related potential: ERP) で、同じ刺激が繰り返し呈示されたのちに、それとは異なる刺激が呈示されることによって、潜時 100—250 ms に出現する。MMN の実験に多く用いられる刺激系列はオドボール系列である。オドボール系列は、呈示頻度の異なる 2 種類の刺激、すなわち高頻度の標準刺激 (standard) と、低頻度の逸脱刺激 (deviant) がランダム順に呈示される。オドボール系列の呈示中に ERP を測定し、逸脱刺激によって得られる波形から標準刺激によって得られる波形を引き算すると、MMN は抽出される。MMN が誘発されるには 2 つの過程があると考えられている (Sussman, 2007)。一つ目は、標準刺激の聴覚記憶を保持する過程で、標準形成 (standard formation) と呼ばれる。二つ目は、標準形成過程で作られた記憶と新規に呈示された刺激との差異を探知する過程で、逸脱探知 (deviance detection) と呼ばれる。このように MMN が出現するためには、標準刺激に対する聴覚記憶の形成が必要不可欠であると考えられている。

1 音が標準刺激として聴覚記憶に保持される場合だけでなく、複数の音のセットが標準刺激として聴覚記憶に保持される場合もある。例えば、A 音が 4 回呈示され 5 回目に B 音が呈示されるというように、規則的なパターン (AAAAB) が短い SOA で繰り返し呈示 (AAAABAAAABAAAAB…) されると、B 音に対する MMN が出現しなくなる (Sussman & Gumenyuk, 2005; Sussman et al., 1998, 2002)。この現象は、AAAAB という刺激パターンが標準的な規則性として聴覚記憶に保持されたために生じたと説明されている。以上で述べた MMN の特性を利用し、音程の変化

を局所的逸脱、刺激パターンの変化を大域的逸脱とすれば、MMNを指標として局所・大域処理の研究を行うことが可能になると考えられる。

以上の先行研究から、ASDは定型発達児者に比べ感覚刺激に対する反応が異なることが、質問紙による自己評価に基づいて示されている。また、局所の変化に対し敏感であるということが生理指標や行動指標による他覚評価に基づいて示されている。このような2つの特性は、ASDと診断されていない人の中でもASD傾向が高ければ、同様に見られる可能性がある。自閉症スペクトラム仮説は、社会的・コミュニケーション障害の連続体を仮定した説であるが、社会的・コミュニケーション障害とASDにみられるその他の特性とは相互に影響し合っていると考えられる。例えば、感覚過敏の傾向が高ければ感覚刺激に多くさらされる社会的場面は回避すると考えられ、逆に感覚鈍麻の傾向が高ければ他者に注意が向きづらくコミュニケーションがうまく取れないと考えられる。ASD傾向と感覚処理傾向が相互に影響し合っているとすれば、ASD特有の感覚処理傾向においてもASD傾向と同様に定型発達との間に連続体が存在することが推測される。また、ASDは局所の変化に敏感であり大域処理よりも局所処理が優勢に行われる傾向があるが、大域的变化の知覚自体は障害されていないとされている。そのため、刺激の呈示方法を工夫すれば、局所の変化よりも大域的变化を優勢に行うように誘導できる可能性がある。本研究において大域的变化を優勢に行うように誘導する刺激呈示方法を示すことができれば、大域処理が必要な場面においてどのような環境整備が必要かを考える材料になると考えられる。

以上のことを踏まえ、本研究の目的は、以下について検討することである。第1に、ASDと定型発達者との間にある感覚処理傾向の連続性について検討する。そのために、AQにより、定型発達の成人をASD傾向の高いグループと低いグループに分けAASPを実施する。その結果、もしASD傾向の高い成人に、ASDの成人にみられるAASPのスコアパターンと類似の傾向が見られれば、ASDと定型発達者との間に感覚処理傾向の連続性が想定できると考えられる。第2に、ASD傾向の高低と局所的逸脱や大域的逸脱に対する反応との間の関連を生理指標に基づき検討する。そのために、局所的逸脱を前の音と次の音の音程の変化

(AAAAB)、大域的逸脱を刺激系列のパターンの変化(AAAAB AAAAB AAAAA)とし、逸脱に対するMMNを測定する。ASD傾向が高い成人もASDと同様に局所の変化に敏感であるという特性を持つとすれば、ASD傾向が高い成人の局所的逸脱に対するMMN振幅は、ASD傾向が低い成人よりも大きいことが予想される。もし、ASD傾向が高い成人と低い成人との間に局所・大域的逸脱に対するMMNにおいて差が見られれば、ASD傾向と局所的逸脱に敏感であるという特性との関連を、生理指標により示すことができると考えられる。第3に、大域的な逸脱を強調する刺激呈示により、大域的逸脱に対する処理を促進できるかどうかを検討する。そのために、逸脱に対するMMNを測定する際、パターン間に間隔が有る条件と無い条件を設定する。もし、パターン間の間隔が有る条件で大域的逸脱に対するMMN振幅が大きければ、パターン間隔は大域的逸脱に対する処理を促進したと考えられる。

方 法

本研究は実験参加者の選定、感覚処理傾向の調査、ERP実験の3つの過程に分けられる。以下では、3つの過程に分けて本研究の方法を説明する。なお本研究は東京学芸大学研究倫理委員会の承認を得て実施した。

参加者

18—29歳の成人を対象に、自閉症傾向を測定できる尺度である自閉症スペクトラム指数(Autism spectrum quotient: AQ)を用いたアンケートを実施した。AQは、健常範囲の知能を持つ成人の自閉症傾向(特性)あるいはその幅広い表現型の程度を測定できる尺度である。AQの項目内容は、ASDの症状を特徴づける5つの領域(「社会的スキル」「注意の切り替え」「細部への注意」「コミュニケーション」「想像力)」について各10問ずつ全体で50項目から構成されている。AQのスコアが取りうる値の範囲は0—50であり、カットオフポイントは33点以上である。33点以上には、ASD群の87.8%が含まれる。

アンケートには、株式会社マクロミルのWEBアンケートツール「Questant」を利用した。本サイトのURLを知人もしくはその知人を介して不特定多数に

Table 1. Means, standard deviations (*SD*), and ranges for AQ scores.

Group (AQ)	Mean	<i>SD</i>	Range
High AQ (<i>n</i> = 12)	28.92	3.37	25—35
Low AQ (<i>n</i> = 12)	10.92	2.88	6—14

送信した。アンケートに回答するかどうかは、URLが送られた当人の自由とした。回答者は合計122名であった。また、アンケートには連絡先を記入する欄を設け、連絡先を記入した回答者に実験参加の要請を行う可能性があることを説明した。連絡先を記入した回答者の中から、AQ得点の高い順に連絡を取り、実験参加の了承を得ることができた12名（女性8名、平均年齢22.3歳、年齢の範囲20—24歳）をAQ高群とした。また、AQ得点の低い順に連絡を取り、実験参加の了承を得ることができた12名（女性8名、平均年齢23歳、年齢の範囲18—26歳）をAQ低群とした。以上のように選出したAQ高群・AQ低群合わせて24名を対象として実験を行った。実験参加者のAQの結果は、本人が希望したときに限り開示した。各群のAQの平均値と標準偏差、得点の範囲をTable 1に示す。

感覚処理傾向の調査

材料 日本版青年・成人感覚プロファイル（日本版AASP）を用いた。以下では、日本版AASPの概要について、日本版青年・成人感覚プロファイル ユーザーマニュアル（萩原ら，2015）を基に説明する。日本版AASPは自己評定形式の質問票であり、その対象年齢は11—82歳である。AASPは、感覚処理の特性評価を目的としており、質問には、自分が感覚刺激に対して通常どう反応するかを、「ほとんどしない」「まれに」「ときどき」「しばしば」「ほとんどいつも」の5段階で回答し、各回答に1—5点のいずれかが与えられる。AASPの回答を基に、「低登録」「感覚探求」「感覚過敏」「感覚回避」の象限スコアが得られ、回答者の感覚処理のパターンを明らかにすることができる。AASPの質問項目は、各象限ごとに15項目ずつ、計60項目で構成されている。各象限のスコアが取りうる値の範囲は15—75である。

記録・分析 参加者にAASPを実施した。実施の際には質問項目に関する質問を許可し、質問があった場

合はマニュアルに従い適宜回答した。日本版AASPの回答を基に、各実験参加者の4象限ごとのスコアを算出した。各象限の得点を従属変数として、グループ（AQ高群，AQ低群）×感覚処理象限（低登録，感覚探求，感覚過敏，感覚回避）の2要因分散分析を行った。

ERP実験

刺激と条件 聴覚刺激として、A音（周波数1,000 Hz）が4つとB音（周波数1,100 Hz）が1つからなるパターン（AAAAB）が80%の頻度で、A音が5つからなるパターン（AAAAA）が20%の頻度で呈示される系列音を用いた（Figure 1A）。この系列音はBekinschtein et al. (2009)を参考に作成した。A音，B音ともに、持続時間60 ms，立ち上がり／立ち下がり各5 ms，音圧70 dB SPLとした。パターン内の音に対し，呈示順に番号を割り当て，A1—A4は標準刺激，Bは局所的逸脱刺激，A5は大域的逸脱刺激とした（Figure 1A）。聴覚刺激は，パターン間隔が有る条件（間隔有り条件）と無い条件（間隔無し条件）で呈示した（Figure 1B）。両条件において，パターン内の刺激間間隔は140 ms（SOAは200 ms）とした。間隔有り条件におけるパターン間の間隔は，1,440 ms（SOAは1,500 ms）とし，間隔無し条件におけるパターン間の間隔はパターン内と同じく140 ms（SOAは200 ms）とした。間隔有り条件と間隔無し条件の呈示順序は実験参加者ごとにバランスさせた。聴覚刺激はヘッドフォンから呈示された。MMNは無意識の自動的処理を反映しているため聴覚刺激に注意が向かない状態で測定される。実験参加者の注意が聴覚刺激に向かないようにするための手続きとして，聴覚刺激と同時に視覚刺激を呈示した。視覚刺激として，実験参加者の希望をもとに用意した無音のDVD映像を用いた。視覚刺激は実験参加者の正面に置かれたテレビ画面から呈示された。刺激と条件の組み合わせは，①間隔有り条件・局所的逸脱刺激，②間隔有り条件・大域的逸脱刺激，③間隔無し条件・局所的逸脱刺激，④間隔無し条件・大域的逸脱刺激の4パターンあることになる。

記録・分析 刺激呈示中の脳波を計測した。脳波の記録にはメロンテクノス株式会社の32chセパレート型生体アンプを使用した。電極はAg-AgCl皿電極を使用した。鼻尖を基準電極とし，国際10-20法に基づ

Figure 1. Block design and condition in the experiment.

き、探索電極をFz, Cz, C3, C4, 左右マストイド(M1, M2)に置き脳波を測定した。時定数は3 s, サンプリング周波数は10 KHzに設定した。ローパスフィルタにはベッセルタイプのフィルタを用い、高域遮断周波数は63 Hz(−3 dB)に設定した。加算平均区間において $\pm 75 \mu\text{V}$ を超える電位はアーチファクトとして除去するように設定した。最初に刺激開始前30 msから刺激開始後100 msまでの区間の脳波を測定した。刺激は加算回数が150に達するまで呈示した。次にオフラインで再加算を行った。その際、刺激開始前100 msをベースラインとし、刺激開始後500 msまでの計600 msの範囲に加算平均区間を設定し直した。その結果、各刺激の加算回数が不揃いとなったため、同一の実験参加者では少ないほうの加算回数に合わせ無作為に試行を除くことで、各音刺激(A1—A4, A5, B), 条件間(間隔有り条件・間隔無し条件)で加算回数が等しくなるようにした。各実験参加者の加算回数は81—137回(平均99.96回)であった。

測定した脳波から、標準刺激である4つのA音に対するERP波形の平均(A波形)と局所的逸脱刺激であるB音に対するERP波形(B波形), 大域的逸脱刺激であるA5に対するERP波形(A5波形)を得た。B波形からA波形を減じることによって、局所的逸脱に対

する差波形を得た。また、A5波形からA波形を減じることによって、大域的逸脱に対する差波形を得た。

ERPの分析は以下の手順で行った。第1に、各実験参加者の局所的逸脱に対する差波形と大域的逸脱に対する差波形それぞれにおけるMMN振幅を算出した。まず、電極部位Fzで得られる局所的逸脱に対する差波形(もしくは大域的逸脱に対する差波形)の総加算平均波形における、100—250 msの区間の最大陰性振幅値の潜時をMMNの頂点潜時とし、条件ごとに頂点潜時を算出した。次に、各条件の頂点潜時を中心に $\pm 20 \text{ ms}$ の区間における平均振幅をMMN振幅とし、実験参加者ごとに算出した。

第2に、MMNが出現したと言えるかどうかを検討した。MMNの同定にはNäätänen et al. (2004)の方法を用いた。まず、Fzにおける局所的逸脱に対する差波形から左右マストイドにおける差波形の平均を減じ、Fz-M波形を条件ごとに導出した。大域的逸脱に対する差波形においても同様の方法で、Fz-M波形を得た。次に、Fz-M波形における刺激呈示後100—250 ms区間の頂点潜時を中心に $\pm 20 \text{ ms}$ の区間の平均振幅(MMN振幅)を、実験参加者ごとに算出した。最後に、MMN振幅の平均値について、条件ごとに0との t 検定(片側検定)を行い、有意差が見られた条件

Table 2. Means and standard deviations for AASP scores

Group (AQ)	AASP score			
	Low registration	Sensation seeking	Sensory sensitivity	Sensation avoiding
High AQ ($n = 12$)	39.25 ± 6.32	38.08 ± 7.81	43.83 ± 5.87	43.58 ± 6.46
Low AQ ($n = 12$)	28.42 ± 4.17	45.17 ± 7.27	34.42 ± 6.82	33.34 ± 7.25

(Mean $\pm$ SD)

においてMMNが出現したと判断した。この方法は、MMNの極性がFzとマストイドでは反転するという特性を利用した方法である。

第3に、局所的逸脱に対する差波形と大域的逸脱に対する差波形のMMN振幅における条件間の違いについて分析を行った。MMNはFzにおいて最も顕著に表れる傾向があるため、Fzにおける局所的逸脱に対する差波形と大域的逸脱に対する差波形のMMN振幅（鼻尖基準）を従属変数とした、グループ（AQ高群、AQ低群） $\times$ パターン間隔（間隔有り、間隔無し） $\times$ 逸脱の種類（局所、大域）の3要因分散分析を行った。

分散分析を行う際に、単純主効果の検定には、Bonferroni法による調整を行った。また、Mauchlyの球面性検定によって水準間に球面性が仮定できない場合は、適宜Greenhouse-Geisserの ϵ により自由度の調整を行い、分析を行った。

結 果

AQとAASP

日本版AASPの各象限における平均値と標準偏差をTable 2に示す。日本版AASPの各象限の得点を従属変数として、グループ（AQ高群、AQ低群） $\times$ 感覚処理象限（低登録、感覚探求、感覚過敏、感覚回避）の2要因分散分析を行った。その結果、グループの要因に主効果が認められ、AQ高群の方がAQ低群よりもAASPのスコアが有意に高いことが示された（ $F(1, 22) = 15.235, p = .001, \eta_p^2 = .409$ ）。また、グループと感覚処理象限との間に交互作用が認められた（ $F(3, 66) = 11.277, p < .001, \eta_p^2 = .339$ ）。単純主効果の検定の結果、低登録（ $p < .001$ ）、感覚過敏（ $p < .01$ ）、感覚回避（ $p < .01$ ）のスコアは、AQ高群の方がAQ低群よりも有意に高いことが示された。一方、感覚探求のスコアはAQ高群に比べAQ低群の方が有意に高いこと

が示された（ $p < .05$ ）。

AQとERP

ERP波形 MMNが最も顕著に表れるFzにおけるA波形、B波形、A5波形をFigure 2に示す。また、局所的逸脱に対する差波形（B-A）と大域的逸脱に対する差波形（A5-A）をFigure 3に示す。

MMNの同定 MMN同定のための t 検定（片側検定）の結果、AQ高群の間隔有り条件における局所的逸脱に対する差波形を除く全ての波形において、0との間に有意差が認められた。つまり、この方法によれば、AQ高群の間隔有り条件における局所的逸脱に対する差波形以外の波形においてMMNが出現したと判断できる（Table 3）。

各条件間の比較 MMN振幅の各条件における記述統計量をTable 4に示す。FzにおけるMMN振幅のグラフをFigure 4に示す。Fzにおける局所的逸脱に対する差波形と大域的逸脱に対する差波形のMMN振幅を従属変数とした、グループ（AQ高群、AQ低群） $\times$ 条件（間隔有り、間隔無し） $\times$ 逸脱の種類（局所、大域）の3要因分散分析を行った。その結果、グループと逸脱の種類との間に交互作用が認められた（ $F(1, 22) = 6.509, p = .018, \eta_p^2 = .228$ ）。単純主効果の検定の結果、局所的逸脱に対する差波形において、AQ高群よりもAQ低群の方が、MMN振幅が有意に大きいことが示された（ $p < .05$ ）。また、条件と逸脱の種類との間に交互作用が認められた（ $F(1, 22) = 6.107, p = .022, \eta_p^2 = .217$ ）。大域的逸脱に対する差波形において、間隔有り条件の方が間隔無し条件よりもMMN振幅が有意に大きいことが示された（ $p < .05$ ）。さらに、間隔有り条件において、局所的逸脱に対するMMN振幅よりも大域的逸脱に対するMMN振幅の方が有意に大きいことが示された（ $p < .05$ ）。その他の主効果・交互作用は有意ではなかった（ $p > .05$ ）。

Figure 2. Grand average waveforms for standards and deviants.

考 察

本研究では、第1に、ASDと定型発達者との間にある感覚処理傾向の連続性について検討した。第2に、

ASD傾向の高低と局所的逸脱や大域的逸脱に対する反応との間の関連を生理指標に基づき検討した。第3に、大域的な逸脱を強調する刺激呈示により、大域的逸脱に対する処理を促進できるかどうかを検討した。

Figure 3. Difference waveforms (deviant minus standard) for Local or Global deviance.

Table 3. Means and standard deviations for MMN latency and amplitude of Fz-M waveform, with t-test results of amplitudes

Group (AQ)	Condition	Type of deviation	Mean latency $\pm$ SD	Mean amplitude $\pm$ SD
High AQ	With spacing	Local	195.7 $\pm$ 13.13	-0.62 $\pm$ 1.39
		Global	153.0 $\pm$ 10.05	-2.37 $\pm$ 1.83***
	Without spacing	Local	101.0 $\pm$ 10.20	-1.66 $\pm$ 1.08***
		Global	231.9 $\pm$ 12.05	-1.05 $\pm$ 0.97**
Low AQ	With spacing	Local	180.9 $\pm$ 15.96	-1.89 $\pm$ 1.15***
		Global	160.2 $\pm$ 12.07	-1.66 $\pm$ 2.00**
	Without spacing	Local	113.4 $\pm$ 13.84	-1.61 $\pm$ 1.76**
		Global	211.8 $\pm$ 12.61	-0.54 $\pm$ 0.76*

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

以下では、その結果について考察する。

ASD傾向と感覚処理傾向

日本版AASPの各象限の得点を従属変数とした、グループ (AQ高群, AQ低群) $\times$ 感覚処理象限 (低登録, 感覚探求, 感覚過敏, 感覚回避) の2要因分散分析の結果, 「低登録」「感覚過敏」「感覚回避」の得点はAQ低群よりAQ高群の方が高く, 逆に, 「感覚探求」の得

点はAQ高群よりもAQ低群の方が高いことが示された。

この結果は, Crane et al. (2009) が成人のASDを対象にして行った研究の結果と一致している。つまり, 本研究における結果から, ASD傾向が高い定型発達の成人においても, ASDの成人と同様の感覚処理傾向があると考えられる。

ASD傾向が高い成人も, ASDの成人と同様の感覚

Table 4. Means and standard deviations for MMN mean amplitudes

Group (AQ)	Condition	Type of deviation	Electrode				
			Fz	Cz	Pz	C3	C4
High AQ	With spacing	Local	-0.17 ± 1.02	-0.02 ± 1.09	-0.11 ± 1.16	-0.01 ± 0.74	-0.14 ± 0.75
		Global	-1.81 ± 1.65	-1.53 ± 1.83	-0.93 ± 1.68	-1.25 ± 1.42	-1.41 ± 1.81
	Without spacing	Local	-1.12 ± 0.10	-0.80 ± 0.66	-0.27 ± 0.81	-0.62 ± 0.71	-0.67 ± 1.20
		Global	-0.79 ± 1.50	-0.82 ± 1.79	-0.79 ± 1.75	-0.67 ± 1.64	-0.65 ± 1.31
	With spacing	Local	-1.57 ± 1.15	-1.50 ± 1.11	-1.33 ± 1.39	-1.22 ± 1.13	-1.33 ± 1.02
		Global	-1.31 ± 1.24	-1.19 ± 1.32	-0.61 ± 1.06	-0.88 ± 1.03	-0.77 ± 1.01
Low AQ	Without spacing	Local	-1.67 ± 1.52	-1.76 ± 1.62	-1.45 ± 1.45	-1.61 ± 1.29	-1.28 ± 1.28
		Global	-0.71 ± 1.06	-0.59 ± 1.06	-0.70 ± 1.07	-0.71 ± 1.14	-0.38 ± 0.71

(Mean ± SD)

Figure 4. Mean MMN amplitudes at Fz. Each error bar shows ± 1 standard error of mean.

処理傾向を持つというこの結果は、ASD傾向と同様に、感覚処理傾向の偏りに関しても、ASD児者と定型発達児者との間に連続性が存在する可能性を示唆している。

ASD傾向と局所・大域的逸脱に対するMMN

各波形においてMMNが出現したといえるかどうかの判定をNäätänen et al. (2004)の方法を用いて検討した結果、AQ高群の間隔有り条件における局所的逸

脱に対する差波形ではMMNが出現していないと判定できる。次に電極部位Fzにおける各波形のMMN振幅を従属変数とした、グループ(AQ高群、AQ低群)×パターン間隔(間隔有り、間隔無し)×逸脱の種類(局所、大域)の3要因分散分析の結果、グループと逸脱の種類との間に交互作用が認められ、局所的逸脱に対するMMN振幅は、AQ高群よりもAQ低群の方が有意に大きいことが示された。これら二つの結果から、AQ高群では、AQ低群よりも局所的逸脱に対す

る MMN が出現しにくいといえる。

ASD は局所の変化に敏感であるという特性があるため、本研究において、AQ 高群は AQ 低群よりも局所的逸脱に対する MMN 振幅が大きいと予想した。しかし、本研究では逆の結果が示された。以下では、その理由について考察する。まず、局所的逸脱に対し MMN が出現しなかったことは AAAAB パターン全体が標準刺激の聴覚記憶として保持されたと解釈できる。なぜなら、本研究の結果において、大域的逸脱 (AAAAA) に対する MMN は AQ 高群においても出現しているためである。大域的逸脱に対する MMN が出現するには、Sussman (2007) によれば、その標準刺激として AAAAB というパターンが聴覚記憶として保持される必要がある。つまり本研究において大域的逸脱に対する MMN が出現し局所的逸脱に対する MMN が出現しなかったということは、局所的逸脱を含むパターン (AAAAB) が聴覚記憶として保持されていたことになる。このことから本研究の結果は、AQ 高群が AQ 低群よりもパターンの聴覚記憶を保持しやすい特性があることを示していると考えられる。

それでは、なぜ AQ 高群でパターンの聴覚記憶保持が優勢に行われたのだろうか。パターンの聴覚記憶が保持されるためには、まず 5 音 1 セットのパターンが A 音 4 つと B 音 1 つで構成されていることが知覚される必要がある。つまりパターンの聴覚記憶が形成されるためにはパターンの規則性を捉える必要があり、そのためには局所の変化を知覚する必要があると考えられる。このように考えると本研究の結果は、AQ 高群では、まず局所の変化に敏感であるという特性により A 音と B 音の差をいち早く探知し、繰り返し呈示されることでパターンの規則性が聴覚記憶に保持されたため、AQ 低群よりも局所的逸脱に対する MMN 振幅が小さくなったと考えることができる。

Mottron et al. (2006) は、知覚機能亢進 (Enhanced perceptual functioning: EPF) モデルを提唱している。このモデルでは、ASD は定型発達に比べ、大域的知覚よりも局所的知覚を指向する傾向があるとしている。このモデルに従えば、本研究における AQ 高群においても、刺激呈示開始初期の段階においては、大域的逸脱より局所的逸脱の知覚が優位に行われたと予想できる。しかし、本研究においては、局所的逸脱が規則性を持って繰り返し呈示されたことで局所的逸脱が逸

脱として知覚されなくなり、局所的逸脱の知覚よりも大域的逸脱の知覚が優位に行われるようになったと考えられる。これは、非注意条件下において、規則性のある刺激を繰り返し呈示することは、ASD 傾向が高い成人の知覚傾向を局所的知覚から大域的知覚へとシフトさせることを示唆していると考えられる。このことを日常場面に置き換えると、例えば聞き取りによる文章理解など大域的な知覚が必要とされる場面において、文章を繰り返し聴かせることにより ASD の文章理解が促進されることが考えられる。

パターン間隔と局所・大域的逸脱に対する MMN

電極部位 Fz における各波形の MMN 振幅を従属変数とした、グループ (AQ 高群, AQ 低群) × パターン間隔 (間隔有り, 間隔無し) × 逸脱の種類 (局所, 大域) の 3 要因分散分析の結果、条件と逸脱の種類との間に交互作用がみられた。単純主効果の検定の結果、間隔有り条件の方が間隔無し条件よりも大域的逸脱に対する差波形の MMN 振幅が有意に大きいことと、間隔有り条件において、局所的逸脱に対する差波形よりも大域的逸脱に対する差波形の MMN 振幅の方が有意に大きいことが示された。この結果から、パターン間の間隔は大域的逸脱に対する MMN 振幅を増大させる効果があるといえる。パターン間に間隔が有ることによって 5 音 1 セットのパターンが強調されたため、大域的逸脱に対する MMN 振幅が大きかったと考えられる。一方、パターン間に間隔が有る場合、局所的逸脱は 5 音 1 セットのパターンの一部として知覚されやすくなるため、局所的逸脱に対する MMN 振幅は小さかったと考えられる。このことからパターン間の間隔は、ASD 傾向の高低にかかわらず、大域的逸脱を探知しやすくする効果があると言える。このことを日常場面に置き換えると、例えば文章を聴かせる際、文章を適切な単位に区切って聴かせることが、ASD の文章理解を促進すると考えられる。

結 論

本研究では、ASD 傾向と感覚処理傾向との関連、ASD 傾向の高低と局所的・大域的逸脱に対する MMN との関連、パターン間隔と局所・大域的逸脱に対する MMN との関連について検討した。その結果、ASD 傾向と感覚処理傾向との間に関連が示され、定

型発達者とASDとの間に感覚処理傾向の連続性が示唆された。また、ASD傾向が高い成人では、ASD傾向の低い成人に比べパターンの聴覚記憶保持が優位に行われることが示唆され、その結果、局所的逸脱に対するMMNが出現しにくくなると考えられた。さらに、パターン間隔は大域的逸脱の探知を促進することで、大域的逸脱に対するMMNを出現しやすくすることが示された。

引用文献

- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). (DSM-5). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Baron-Cohen, S., Campbell, R., Karmiloff-Smith, A., Grant, J., & Walker, J. (1995). Are children with autism build to the mentalistic significance of the eyes? *British Journal of Developmental Psychology*, 13, 379-398.
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Skinner, R., Martin, J., & Clubley, E. (2001). The autism spectrum quotient (AQ): Evidence from Asperger syndrome/high-functioning autism males and females, scientists and mathematicians. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31, 5-17.
- Bekinschtein, T. A., Dehaene, S., Rohaut, B., Tadel, F., Cohen, L., & Naccache, L. (2009). Neural signature of the conscious processing of auditory regularities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.*, 106, 1672-1677.
- Brown, C., & Dunn, W. (2002). *Adolescent-adult sensory profile: User's manual*. San Antonio, TX: Therapy Skill Builders.
- Crane, L., Goddard, L., & Pring, L. (2009). Sensory processing in adults with autism spectrum disorders. *Autism*, 13, 215-228.
- Dunn, W. (1997). The impact of sensory processing abilities on the daily lives of young children and their families: A conceptual model. *Infants and Young Children*, 9, 23-25.
- Dunn, W. (1999). *The sensory profile: User's manual*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Frith, U., Morton, J., & Leslie, A. M. (1991). The cognitive basis of a biological disorder: Autism. *Trends in Neurosciences*, 14, 433-438.
- Gomot, M., Giard, M. H., Adrien, J. L., Barthelemy, C., & Bruneau, N. (2002). Hypersensitivity to acoustic change in children with autism: Electrophysiological evidence of left frontal cortex dysfunctioning. *Psychophysiology*, 39, 577-584.
- 萩原 拓・岩永 竜一郎・伊藤 大幸・谷 伊織 (2015). AASP青年・成人感覚プロファイルユーザーマニュアル 日本文化科学社
- Heaton, P., Pring, L., & Hermelin, B. (1999). A pseudo-savant: A case of exceptional musical splinter skills. *Neurocase*, 5, 503-509.
- Leekam, S. R., Nieto, C., Libby, S. J., Wing, L., & Gould, J. (2007). Describing the sensory abnormalities of children and adults with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 894-910.
- Mottron, L., Peretz, I., & Menard, E. (2000). Local and global processing of music in high-functioning persons with autism: Beyond central coherence? *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 41, 1057-1065.
- Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced perceptual functioning in autism: An update, and eight principles of autistic perception. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36, 27-43.
- Näätänen, R., Gaillard, A. W., & Mäntysalo, S. (1978). Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, 42, 313-329.
- Näätänen, R., Pakarinen, S., Rinne, T., & Takegata, R. (2004). The mismatch negativity (MMN): Towards the optimal paradigm. *Clinical Neurophysiology*, 115, 140-144.
- Sussman, E. S. (2007). A new view on the MMN and attention debate: The role of context in processing auditory events. *Journal of Psychophysiology*, 21, 164-175.
- Sussman, E., & Gumenyuk, V. (2005). Organization

- of sequential sounds in auditory memory. *Neuroreport*, 16, 1519–1523.
- Sussman, E., Ritter, W., & Vaughan, H.G. Jr. (1998). Attention affects the organization of auditory input associated with the mismatch negativity system. *Brain Research*, 789, 130–138.
- Sussman, E., Winkler, I., Huotilainen, M., Ritter, W., & Näätänen, R. (2002). Top-down effects can modify the initially stimulus-driven auditory organization. *Cognitive Brain Research*, 13, 393–405.
- 若林 明雄・東條 吉邦・Baron-Cohen, S.・Wheelwright, S. (2004). 自閉症スペクトラム指数 (AQ) 日本語版の標準化 心理学研究, 75, 78–84.
- Wing, L. (1981). Asperger's syndrome: A clinical account. *Psychological Medicine*, 11, 115–129.