

音読における表情や情動をともなう発声の役割: 事象関連電位の検討から

片岡祥愛¹⁾, 正岡汐里²⁾, 増田愛美³⁾, 軍司敦子⁴⁾

1) 横浜国立大学教育人間科学部 (平成 28 年度卒業), 2) 東京大学大学院学際情報学府学際情報学専攻, 3) 神奈川県立金沢養護学校, 4) 横浜国立大学教育学部

Role of facial expression and emotional prosody in reading aloud: an event related potential study

Yoshie KATAOKA,¹⁾ Shiori MASAOKA²⁾, Megumi MASUDA³⁾, Atsuko GUNJI⁴⁾

1) Faculty of Education and Human Sciences, Yokohama National University, 2) Department of Interdisciplinary Information Studies, Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, The University of Tokyo, 3) Kanagawa Prefectural Kanazawa Special Education School, 4) College of Education, Yokohama National University

1. はじめに

自閉症スペクトラム障害 (Autism Spectrum Disorders: ASD) など神経発達症群のある児童生徒はしばしば学習面や対人関係面に困り感を示す. その要因として知覚から他者の意図や情動の理解に至るさまざまな中枢神経系の脆弱性や亢進が指摘されている (Hadjikhani et al., 2006; Courchesne et al., 2011; Halzett et al., 2017). さらに, 神経発達症群は不安障害や情緒障害が併存する割合が高いことから, 思春期以降では併存障害によって新たな症状が発したり困り感が以前よりも増大したりする恐れもある. すなわち, 周囲が早期にその要因に気づくことが, 彼らの人間関係の希薄さや対人関係の脆弱性を改善し自身や周囲の障害理解を促す適切な支援への一歩となることから, 子どもの認知の状態について要因をわけて把握するための客観的な定量評価法の開発や進展が求められている.

これまで, 情動認知について実験的手法を用いて明らかにする試みは頻繁に報告されているものの, その多くは表情や声などのいずれか一方のモダリティに注目した検討である. しかし, 日常生活において情動を理解するには様々な知覚情報を総合的に判断することになるため (Ohki et al., 2016), 最終的には各々の感覚情報を統合するプロセスが情動理解へ及ぼす影響を明らかにする必要がある. 田中 (2010) は, ヒト発話場面における情動認知について検討したところ, オランダ人の被験者に比べて日本人の被験者は声を手がかりに他者の情動を判断するときには表情の参照効果が小さいことを実験的手法によって示した. すなわち, 情動の認知には, 表情を手がかりとした情動認知の苦手感や表情変化の乏しさなどの文化的背景によって知覚情報の異なる利用特性が反映される可能性が指摘されたといえる.

このようにヒトの認知とは, 判断の正答率や反応時間といった行動評価を通じ脳で生じている現象を間接的に観察することによって把握することが可能である. さらに近年では, 認知の状態と脳の神経活動の関係を直接的に観察する手法が臨床場面でも活用されつつあり, その一つに事象関連電位 (Event Related-potentials: ERP) という指標がある. ERP は, 刺激の物理性など外因性反応というよりむしろ, 認知や判断など内因性の処理過程に関連して変化する脳活動の電位を捉えることに長けた指標である (野村ら, 2002; 横田ら, 2011; 入戸野, 2013). すなわち, 知覚した情報の

意味や情動の理解などに関わる脳の処理過程を定量評価するのに適した手法といえ、基礎研究だけではなく、精神・神経疾患など多くの臨床研究でも応用されている。Gunji et al. (2013) は、顔画像を見る際の刺激呈示後 300 ms 付近に出現する陽性の ERP 成分 (P300/P3b 成分) を解析することによって、ASD のある子どもにみられる既知性判断の特異性を指摘した。なお、顔の構造や表情の認知は、意味や表情の判断に至る前の刺激呈示後 170 ms 付近で生じていることも ERP の検討から明らかにされている (Miki et al., 2015)。

そこで本研究では、脳の神経活動の変化を直接的に計測し ERP を指標とすることによって、表情と声の両方を手がかりとした情動認知について検討し、子どもの認知の状態について要因をわけて把握するための客観的な神経心理・生理学的評価法の開発を目指した基礎データを収集することを目的とする。具体的には、定型発達を遂げた成人を対象に負の情動を示す表情と声を同時に呈示しているときの脳波を記録し、注意や弁別、判断、新奇性に関連して生じる大脳の側頭葉や前頭葉、海馬由来の ERP 成分 (Courchesne et al., 1984; Nishitani et al., 2003; Ishii et al., 2009; 加賀ら, 2013) を解析することによって、表情や声の認知にともなう記憶の処理と判断の中枢処理過程を観察する。他者の情動理解における視聴覚情報処理のエビデンスを蓄積することは、情動認知の障害に起因するコミュニケーションの困り感に早期に気付くための情報提供へとつながり、生活や学習の環境整備における応用が期待されることから、ひいては通常学級におけるインクルーシブ教育の充実へと貢献するものと考えている。

2. 方法

2-1. 対象

21~24 歳の右利きで健康な男性 10 名と女性 10 名の計 20 名を対象に、ヒトの表情と声を同時に見聞きした際の脳波を記録した。また、被験者の注意や認知、精神状態の特性を確認するため、自閉症スペクトラム指数を評定する Autism-Spectrum Quotient (AQ) 日本語版 成人用と気分プロフィール検査の Profile of Mood States 2nd Edition (POMS 2) 日本語版、成人 ADHD の重症度を把握するための評価尺度として使用される Conners' Adult ADHD Rating Scales (CAARS™) 日本語版による質問紙調査を実施した。本研究の実施にあたっては横浜国立大学の人を対象とする医学系研究倫理の規定にしたがい (人医-2016-04)、被験者へは書面と口頭にて十分に説明をおこなったうえでインフォームドコンセントを得た。

2-2. 刺激

被験者へ呈示する表情刺激画像として、ATR 顔表情画像データベース DB99 の女性 3 名の顔画像を各々 2 種 (怒り顔, 無表情) を使用した。これらの表情刺激は刺激呈示ソフトウェア E-prime (Psychology Software Tools, Inc.) を用いて、被験者の眼前 80 cm に設置したモニタ画面 (24 inch, 三菱 DP836) の中心部に灰色を背景とし視角 11 度程度で呈示された。表情刺激と同時に呈示する声刺激は、単語とし、1 単語あたりおよそ 750 ms の持続時間で、ナレーターを職業とする女性に怒りの情動を思わせる発話あるいは落ち着いていて特別な情動が想定されにくい発話をしてもらい、それを録音して作成した。声刺激はモニタの左右に設置したスピーカ (MSH169, Mixcder 社製) より 65 dB SPL で呈示した。したがって、怒り顔と怒り声 (Angry×angry: Aa), 怒り顔と落ち着いた声 (Angry×neutral: An), 無表情の顔と怒り声 (Neutrl×angry: Na), 無表情の顔と落ち着

いた声 (Neutral×neutral: Nn) のように組み合わせた計 4 条件を情動刺激として設定した。また、音声の意味が情動判断に与える影響についても確認するため、有意味単語に加えて無意味単語も刺激とした。刺激に用いる単語は、特異的発達障害の音読検査 (特異的障害の臨床診断と治療指針作成に関する研究チーム, 2010) に使用される有意味単語と無意味単語のうち同じ語頭音である各々 12 単語 (計 24 単語) とした。

刺激は、モニタの中心に固視点を 500 ms 間呈示した後に 750 ms の持続時間で呈示された。刺激間隔 (interstimulus interval: ISI) は 2300 ms とした。

2-3. 課題

被験者は、表情と声を組み合わせた 4 条件の情動刺激 (Aa, An, Na, Nn) について、顔画像にとくに注意をむけた状態で刺激の情動を判断する課題 (face: f) と音声にとくに注意を向けた状態で刺激の情動を判断する課題 (voice: v) の 2 課題を、それぞれ刺激音声の単語の意味別におこなった。すなわち、有意味単語の発話画像について顔に注意を向けた状態で情動判断をするセッションをはじめ、顔注意×無意味単語、声注意×有意味単語、声注意×無意味単語の計 4 セッションを実施した。このとき被験者には、呈示された刺激を怒りの情動と判断したときにすみやかにキイ押しするように教示した。f 課題では Aa 条件と An 条件で、v 課題では Aa 条件と Na 条件でキイ押しをしたときに正答とみなし、その正答数と反応時間を算出した。

セッション内では、情動刺激 1 条件あたり 36 試行 (36 試行×4 条件=144 試行) の刺激がランダムな順序で呈示された。なお、セッション順は被験者間でカウンタバランスをとった。

2-4. 記録

脳波は、国際 10-20 法に基づく 19 部位 (Fp1, Fp2, Fz, F3, F4, F7, F8, Cz, C3, C4, T3, T4, T5, T6, Pz, P3, P4, O1, O2) より鼻尖基準にて脳波計 polymate AP5148 (TEAC) を用いて導出した (Figure 1)。サンプリング周波数は 1000Hz とした。

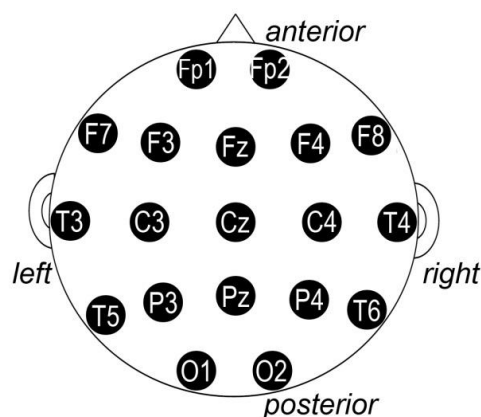


Figure 1. 電極配置図

2-5. 解析

記録された脳波データには、マルチモーダル解析プログラム EMSE (Source Signal Imaging Inc. 製) を用いて 0.5-30Hz のデジタルフィルタ処理を施した。その後、刺激呈示開始時点点を 0 ms とし、刺激の呈示前 200 ms から呈示開始後 750 ms までを条件毎かつ被験者毎に加算平均処理し

た。なお、体動によるアーチファクト混入により加算回数が少ない被験者 4 名のデータを分析から除外したため、残りの 16 名の加算平均波形から総加算平均波形を作成した。

次に、キイ押しを求めた条件で得られた加算平均波形の P300 成分について、被験者毎および記録部位毎に頂点潜時と頂点振幅を刺激開始後の 300-600 ms 間から検出し (Figure 2), 注意の指向性を含む情動の刺激 4 条件 (f 課題での Aa 条件と An 条件, v 課題での Aa 条件と Na 条件) と単語の意味の有無による 2 条件 (有意味語単語課題, 無意味単語課題) に対する 2 要因の分散分析をおこなった。さらに、各条件の P300 成分の頂点潜時と頂点振幅についてそれぞれ質問紙調査の結果と統計学的に比較した。

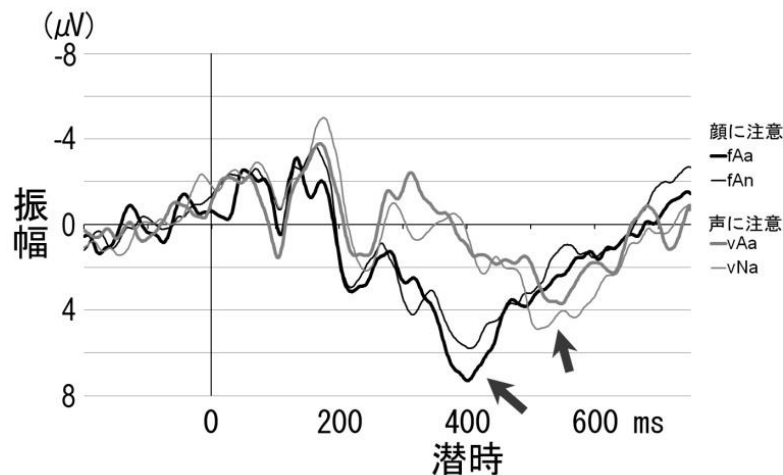


Figure 2. Pz における総加算平均波形 (n=16)
矢印は P300 成分を示す。

3. 結果

3-1. 行動観察

キイ押しを求めた fAa 条件と fAn 条件, vAa 条件, vNa 条件の正答数 (Figure 3) について、注意の指向性を含む情動 4 条件と単語の意味の有無による 2 条件に対する 2 要因の分散分析をおこなったところ、情動条件による主効果が認められた ($p < .001$)。Bonferroni 法による下位検定を行ったところ、fAa と fAn 条件は vAa 条件や vNa 条件よりもそれぞれ正答数が有意に高く ($p < .001$)、vAa 条件は vNa 条件よりも正答数が有意に高かった ($p < .001$)。なお、単語の意味の有無による主効果も交互作用も認められなかった。

次に、反応時間 (Figure 3) について同様に分散分析をおこなったところ、情動条件による主効果が認められた ($p < .001$)。Bonferroni 法による下位検定を行ったところ、fAa 条件は vNa 条件 ($p = .001$) よりも反応時間が有意に短く、fAn 条件は fAa 条件 ($p < .001$) や vAa 条件 ($p = .002$)、vNa 条件 ($p < .001$) よりも反応時間が有意に短かった。また、vAa 条件は vNa 条件よりも反応時間が有意に短かった ($p < .001$)。さらに、交互作用も認められたため ($p = .013$) 多重比較をおこなったところ、fAa 条件と fAn 条件では有意味単語と無意味単語の条件間に有意差は認められなかったのに対して、vAa 条件 ($p = .008$) と vNa 条件 ($p < .001$) では有意味単語よりも無意味単語のときに反応時間が有意に短かった。なお、単語の意味の有無による主効果は認められなかった。

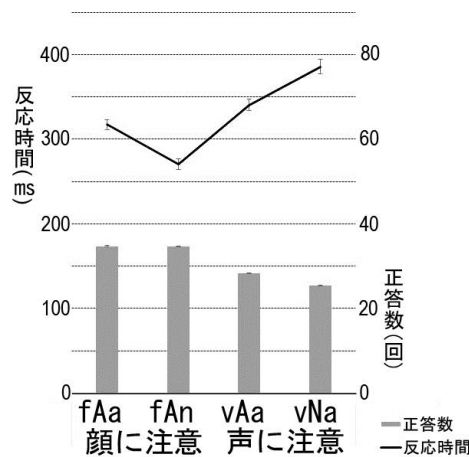


Figure 3. 反応時間と正答数（全対象者：mean±SE）

3-2. ERP

P300 成分の頂点潜時 (Figure 4) について、記録部位毎に、キイ押しを求めた情動 4 条件と単語の意味の有無による 2 条件に対する 2 要因の分散分析をおこなったところ、単語の意味の有無による主効果は認められなかったものの、情動条件による主効果が認められた (O1: $p=.024$, O2: $p=.027$, P3: $p=.009$, P4: $p=.044$, Pz: $p=.032$, T3: $p=.023$, T5: $p=.023$). Bonferroni 法による下位検定を行ったところ O1, P3, T5 の部位では fAa 条件と fAn 条件において vNa 条件よりも短縮した (O1: fAa-vNa; $p<.001$, fAn-vNa; $p<.001$) (P3: fAa-vNa; $p<.001$, fAn-vNa; $p<.001$) (T5: fAa-vNa; $p=.003$, fAn-vNa; $p<.001$). O2, P4, Pz, T3 の部位では fAa 条件と fAn 条件において vAa 条件と vNa 条件よりも短縮した (O2: fAa-vAa; $p=.021$, fAa-vNa; $p<.001$, fAn-vAa; $p=.042$, fAn-vNa; $p<.001$) (P4: fAa-vAa; $p=.017$, fAa-vNa; $p<.001$, fAn-vAa; $p=.007$, fAn-vNa; $p=.001$) (Pz: fAa-vAa; $p=.028$, fAa-vNa; $p<.001$, fAn-vAa; $p=.044$, fAn-vNa; $p<.001$) (T3: fAa-vAa; $p=.004$, fAa-vNa; $p=.001$, fAn-vAa; $p=.002$, fAn-vNa; $p=.001$). また、T5 の部位では交互作用も認められたため ($p=.037$) 多重比較をおこなったところ、fAa, fAn, vAa, vNa のいずれの条件においても有意意味単語と無意味単語の条件間に有意差は認められなかったものの、有意意味単語を用いた fAa 条件において、有意意味単語を用いた vAa 条件 ($p=.045$) と有意意味単語を用いた vNa 条件 ($p=.004$)、無意味単語を用いた vNa 条件 ($p=.018$) よりも潜時が短縮した。さらに、無意味単語を用いた fAn 条件において、有意意味単語を用いた vAa 条件 ($p=.004$) と vNa 条件 ($p=.001$)、無意味単語を用いた vNa 条件 ($p=.001$) よりも潜時が有意に短縮した。

次に、P300 成分の頂点振幅 (Figure 4) について同様に分散分析をおこなったところ、情動条件による主効果が認められた (C3: $p=.009$, C4: $p=.016$, Cz: $p=.022$, O1: $p<.001$, O2: $p=.008$, P3: $p<.001$, P4: $p=.002$, Pz: $p<.001$, T4: $p=.003$, T5: $p=.003$, T6: $p=.008$). Bonferroni 法による下位検定を行ったところ C3, C4, P3, P4, Pz, O1, の部位では、fAa 条件と fAn 条件において vAa 条件と vNa 条件よりも振幅が有意に増大した (C3: fAa-vAa; $p<.001$, fAa-vNa; $p=.026$,

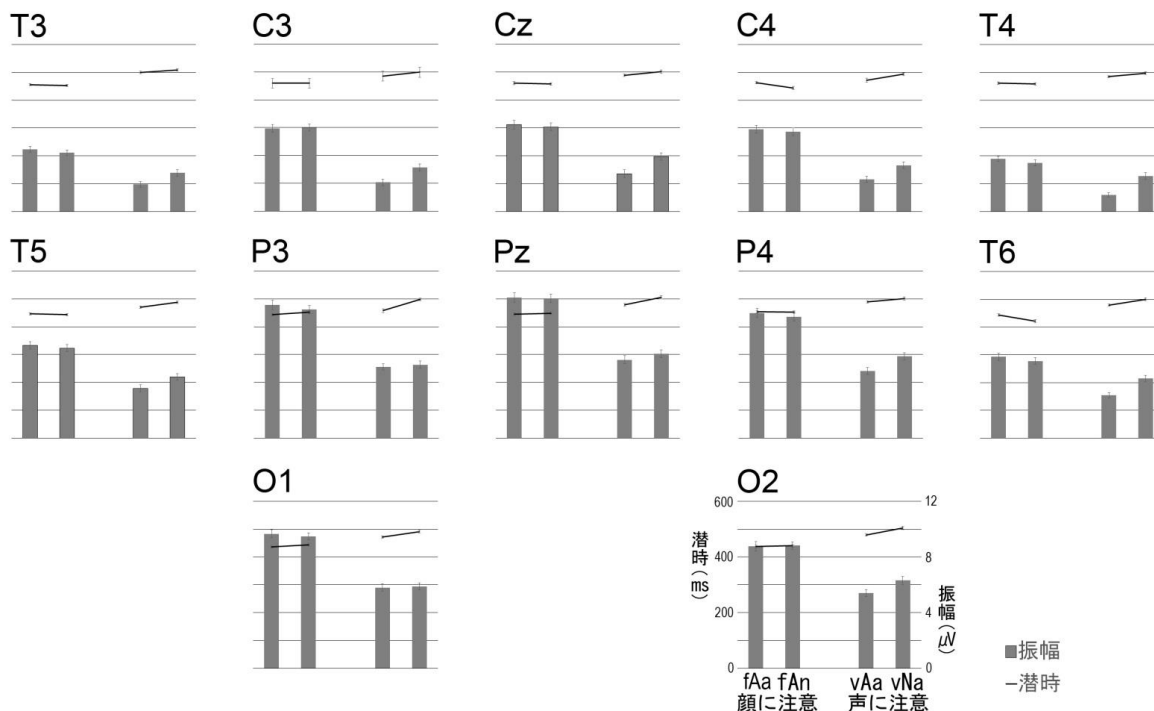


Figure 4. P300 成分の頂点潜時と振幅（全対象者：mean±SE）

fAn-vAa; $p<.001$, fAn-vNa; $p=.014$) (C4: fAa-vAa; $p<.001$, fAa-vNa; $p=.025$, fAn-vAa; $p<.001$, fAn-vNa; $p=.031$) (P3: fAa-vAa; $p<.001$, fAa-vNa; $p=.001$, fAn-vAa; $p<.001$, fAn-vNa; $p=.002$) (P4: fAa-vAa; $p<.001$, fAa-vNa; $p=.013$, fAn-vAa; $p<.001$, fAn-vNa; $p=.016$) (Pz: fAa-vAa; $p<.001$, fAa-vNa; $p=.004$, fAn-vAa; $p<.001$, fAn-vNa; $p=.002$) (O1: fAa-vAa; $p<.001$, fAa-vNa; $p=.002$, fAn-vAa; $p<.001$, fAn-vNa; $p=.002$). また, Cz, T4, T5, T6, O2 の部位では, fAa 条件と fAn 条件において vAa 条件よりも振幅が増大した (Cz: fAa-vAa; $p=.001$, fAn-vAa; $p=.002$) (T4: fAa-vAa; $p=.001$, fAn-vAa; $p=.002$) (T5: fAa-vAa; $p<.001$, fAn-vAa; $p=.001$) (T6: fAa-vAa; $p=.001$, fAn-vAa; $p=.001$) (O2: fAa-vAa; $p=.001$, fAn-vAa; $p<.001$). さらに, O2 では, fAn 条件において vNa 条件よりも振幅が有意に増大し ($p=.029$), T5 では, fAa 条件において vNa 条件よりも振幅が有意に増大した ($p=.041$). 加えて, 単語の意味の有無による主効果が T3 の部位にのみ認められ ($p=.023$), 無意味単語を用いた条件の方が有意味語よりも振幅が有意に増大していた (Figure 5). なお, 交互作用は認められなかった.

最後に, 各条件の P300 成分の頂点潜時・振幅と質問紙調査との相関解析をおこなったところ, C3, T3, T5 の部位では, 有意味単語を用いた vAa 条件の P300 潜時の短縮にともなって AQ スコアが低下することが示された (C3: $r=-0.601$, $p=.014$, T3: $r=-0.645$, $p=.007$, T5: $r=-0.578$, $p=.019$). また, T6 の部位では, 有意味単語を用いた fAn 条件の P300 潜時の短縮にともなって CAARS の T 得点が低下し ($r=.544$, $p=.029$), T3 の部位では, 無意味単語を用いた vNa 条件の P300 潜時の延長にともなって CAARS の T 得点が低下した ($r=-0.503$, $p=.042$). C4 の部位では, 有意味単語を用いた vNa 条件の P300 潜時の短縮にともなって POMS2 日本語版の TMD 得点が低下し ($r=-0.519$, $p=.039$), T6 の部位では, 有意味単語を用いた fAa 条件の P300 潜時の短縮に

ともなって TMD 得点が低下した ($r=-0.5, p=.049$). さらに, C3, T4, T5, T6, P3, P4, Pz, O1, O2 の部位で, 有意味単語を用いた vNa 条件の P300 振幅の減衰ともなって TMD 得点が低下した (C3: $r=0.526, p=.036$, T4: $r=0.618, p=.011$, T5: $r=0.716, p=.002$, T6: $r=0.751, p=.001$, P3: $r=0.629, p=.009$, P4: $r=0.52, p=.039$, Pz: $r=0.517, p=.04$, O1: $r=0.692, p=.003$, O2: $r=0.696, p=.003$) (Figure 6). なお, 無意味単語に対する P300 成分の潜時および振幅のいずれも TMD 得点との相関は認められなかった.

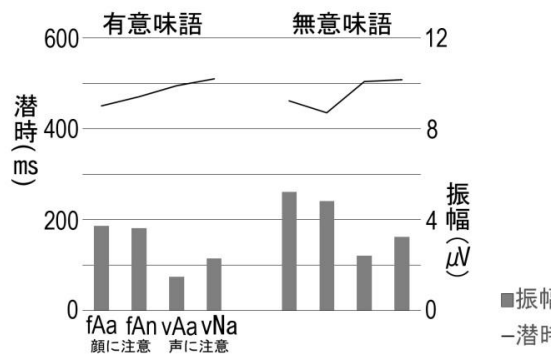


Figure 5. T3 における P300 成分の頂点潜時と振幅 (全対象者: mean ± SE)

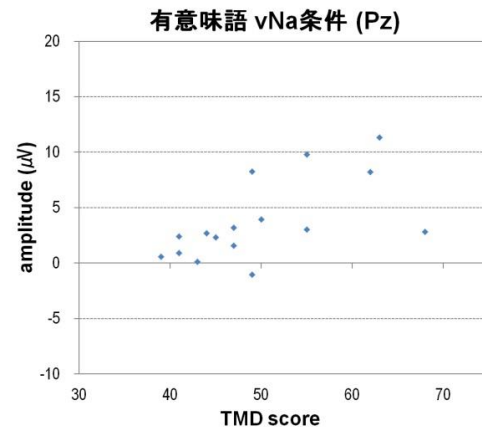


Figure 6. Pz における P300 成分の頂点振幅と TMD 得点の相関

4. 考察

4-1. 注意の指向性と情動認知

呈示された刺激を怒りの情動と判断したときのキイ押し反応時間は, fAn 条件でもっとも早く, 次いで fAa, vAa, vNa 条件の順で有意に延長していた. 一方で, 刺激に対する注意や判断を反映する P300 成分の頂点潜時は, 顔画像にとくに注意を向けた状態で刺激の情動を判断する fAa と fAn 条件の方が, 音声にとくに注意を向けた状態で刺激の情動を判断する vAa と vNa 条件よりも有意に短く, 反応時間の結果とはやや乖離がある. すなわち, 他者の顔や声への注意や判断からキイ押しという行動の決定や実行に至る時間に, 知覚した表情と声の情動が一致しないことによって顔に注意しているときは短縮し, 声に注意しているときは延長すると解釈できる. この過程は前頭前野および側頭極の関与が大きいと考えられるが (Perrodin et al., 2015), 本研究では, 前頭部の解析に十分なデータ記録法を用いなかったため, その要因のエビデンスを脳活動の発生源局在から呈することは難しい. 一方で, 注意の指向性を反映した指標としては, キイ押し反応時間よりも P300 成分の頂点潜時解析の方が適している可能性は指摘できたといえる. また, 正答数も, P300 成分の頂点潜時の条件間の傾向と類似して fAa と fAn 条件の方が vAa と vNa 条件よりも有意に増加するため, 注意の指向性を反映した指標となる可能性が高いといえる. この結果は, 先行研究 (田中, 2010) の傾向にも一致する.

なお, P300 成分は通常, 頭頂中心部 (Pz) 付近で振幅がもっとも増大する (Squires et al., 1975). 本研究で得られた P300 成分もまた Pz の部位を中心に広い領域で検出されており, それらの頂点振幅は fAa と fAn 条件の方が vAa と vNa 条件よりも有意に増大していた. この傾向は, P300

成分の潜時や判断の正答数の結果と類似している。すなわち、知覚した表情と声の情動の一致・不一致にかかわらず、顔画像への注意の指向性が正答数を増加させ、P300成分の出現をより増大・短縮させることから、表情への注目は声に注意をむけるよりも他者の情動理解を促進することを裏付けたといえる。

4-2. 発話の意味と情動認知

注意の指向性や知覚した表情と声の情動の一致・不一致にかかわらず、発話内容の意味の有無によって有意差が認められたのは、左側頭部（T3）で得られたP300成分の頂点振幅であった。その振幅は、有意味単語よりも無意味単語の発話を知覚して情動を判断するときの方が有意に増大していた。T3は、左耳より上方5 cm以内の頭皮に設置されることから、近接する側頭葉の聴覚野や聴覚連合野の活動を反映する可能性が高い。とくに言語の処理を必要としない課題をおこなっているときに得られるP300成分は頭頂中心部（Pz）優位に局在するが、本研究では無意味単語への言語処理の困難さが言語優位半球である左側頭葉をより賦活させ、その結果としてT3のP300振幅を増大させたものと思われる。

また、被験者の注意や認知、精神状態の特性を確認するために実施した質問紙調査の結果との有意な相関を示したのは、おもに有意味単語の発話を知覚して情動を判断するときのP300振幅であった。AQやCAARSの結果と相関を示すP300成分の値もいくつかあるものの関与する部位が限局しているのに対し、POMS 2の総合的気分状態を問わずTMD得点は有意味単語を用いたvNa条件のPzを中心に広く局在するP300成分の振幅と相関を示している。P300成分の振幅は、知覚した情報のより高度な複雑さや既知性の処理にともなって増大する（Courchesne et al., 1984）。すなわち、声に注意して他者の情動を判断する際に知覚した表情が声の情動と一致しないときには、ネガティブな気分状態の高い人ほど注意や判断にともなって生じる脳活動がより増大し、情動の判断に負荷がかかる可能性が示唆されたといえる。

5. まとめ

表情と声を手がかりに発話の情動を判断する際の注意の指向性と発話の意味による影響について脳波記録を通じて検討したところ、判断の正答数および大脳の側頭葉や前頭葉、海馬由来と想定されるP300成分の値が、注意の指向性を反映することを指摘した。また、情動を判断するときの気分状態が、意味のある発話の認知において表情と声にギャップのある際に生じるP300成分が変動することから、他者の意図や情動の認知には精神状態が影響する可能性を示唆したといえる。表情や声のみならず事物の判断や行動、想像を導き出す実行機能には情動の適切な処理が重要に関連するといわれている（相原, 2008）。したがって、学習やコミュニケーション場面では表情と声の情動の一致性や気分状態に留意して支援する必要があると思われる。

なお、本研究では実験時間と被験者の疲労状態を考慮し、視聴覚情報のいずれか一方に注意をむける条件のみにとどまった。今後は、表情および声の両方に注意をむけて他者の情動を判断するようなより日常の対話に近い場面を想定し、子どもの認知の状態を把握するための客観的な神経心理・生理学的評価法の開発を目指した基礎データを収集したいと考えている。

6. 謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費（16K04821）による助成を受けた。本研究の遂行にあたり、刺激音声の作成にご協力くださった小川はるか氏と実験の準備および実施にご協力くださった市川祥太郎氏に深謝いたします。

7. 参考文献

- 相原正男. 認知神経科学よりみた情動／認知機能の発達－発達障害を理解するために－. 山梨医科学誌. 2008. 23: 21-31.
- Courchesne E, Kilman BA, et al. Autism: processing of novel auditory information assessed by event-related brain potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1984. 59: 238-248.
- Courchesne E, Mouton PR, Calhoun ME, Semendeferi K, Ahrens-Barbeau C, Hallet MJ, Barnes CC, Pierce K. Neuron number and size in prefrontal cortex of children with autism. *JAMA*. 2011. 306: 2001-2010.
- Gunji A, Goto T, Kita Y, Sakuma R, Kokubo N, Koike T, Sakihara K, Kaga M, Inagaki M. Facial identity recognition in children with autism spectrum disorders revealed by P300 analysis: A preliminary study. *Brain Dev*. 2013. 35: 293-298.
- Hadjikhani N, Joseph RM, Snyder J, Tager-Flusberg H. Anatomical differences in the mirror neuron system and social cognition network in autism. *Cerebral Cortex*. 2006. 16: 1276-1282.
- Hazlett HC, Gu H, Munsell BC, Kim SH, Styner M, Wolff JJ, Elison JT, Swanson MR, Zhu H, Botteron KN, Collins DL, Constantino JN, Dager SR, Estes AM, Evans AC, Fonov VS, Gerig G, Kostopoulos P, McKinstry RC, Pandey J, Paterson S, Pruett JR, Schultz RT, Shaw DW, Zwaigenbaum L, Piven J. Early brain development in infants at high risk for autism spectrum disorder. *Nature*. 2017. 542: 348-351.
- Ishii R, Canuet L, Herdman A, Gunji A, Iwase M, Takahashi H, Nakahachi T, Hirata M, Robinson SE, Pantev C, Takeda M. Cortical oscillatory power changes during auditory oddball task revealed by spatially filtered magnetoencephalography. *Clin Neurophysiol*. 2009. 120: 497-504.
- 加賀佳美, 相原正男. P300 の基礎. *臨床神経生理*. 2013. 41: 80-85.
- Miki K, Honda Y, Takeshima Y, Watanabe S, Kakigi R. Differential age-related changes in N170 responses to upright faces, inverted faces, and eyes in Japanese children. *Front Hum Neurosci*. 2015. 9:263.
- Nishitani N. Dynamics of cognitive processing in the human hippocampus by neuromagnetic and neurochemical assessments. *Neuroimage*. 2003. 20: 561-571.
- 入野野宏. P300 応用 認知科学の立場から. *臨床神経生理学*. 2013. 41: 86-92.
- 野村理朗, 大平英樹, 松本敦, 笥一彦. 曖昧表情の認知過程における事象関連電位 (ERP) の応答. *感情心理学研究*. 2002. 9: 77-86.
- Ohki T, Gunji A, Takei Y, Takahashi H, Kaneko Y, Kita Y, Hironaga N, Tobimatsu S, Kamio Y,

- Hanakawa T, Inagaki M, Hiraki K. Neural oscillations in the temporal pole for a temporally congruent audio-visual speech detection task. *Scientific Reports*. 2016. 6: 37973.
- Perrodin C, Kayser C, Abel TJ, Logothetis NK, Petkov CI. Who is That? Brain Networks and Mechanisms for Identifying Individuals. *Trends Cogn Sci*. 2015. 19: 783-796.
- Squires NK, Squires KC, Hillyard SA. Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1975. 38: 387-401.
- 田中章浩. 多感覚的に解読する相手の”真意”:顔と声による視聴覚情動認知の比較文化研究. 電子情報通信学会技術研究報告 HIP ヒューマン情報処理. 2010. 110: 25-28.
- 特異的障害の臨床診断と治療指針作成に関する研究チーム. 特異的発達障害診断治療のための実践ガイドライン-わかりやすい診断手順と支援の実際. 診断治療社. 東京. 2010.
- 横田悠右, 南哲人, 中内茂樹. 聴覚-視覚プライミング及び不自然な視覚刺激が脳波事象関連電位及びガンマ帯振動に与える影響. 電子情報通信学会論文誌 D. 2011. J94-D: 1579-1588.