

簡易脳波計を用いた対乳児発話産出の脳活動の計測

Measurement of Brain Activity for Production of Infant-Directed Speech Using a Low-Cost Electroencephalogram

増田 泰人^{*1}, 秋元 頼孝^{*1}, 中平 勝子^{*1}
 Taito MASUDA^{*1}, Yoritaka AKIMOTO^{*1}, Katsuko T. NAKAHIRA^{*1}
^{*1}長岡技術科学大学
^{*1}Nagaoka University of Technology
 Email: s183366@stn.nagaokaut.ac.jp

あらまし：対乳児発話は対成人発話と異なる特徴的な話し方をする。本研究は、簡易脳波計を用いて、心の中での対乳児発話産出を行う際の脳活動を測定した。その結果、発話産出に關与する前頭葉においてシータ帯域（3～8Hz）で赤ちゃんに成人に対する話しかけで異なる脳反応が見られた。乳児の言語獲得に對乳児発話が關係していると知られており、本研究を活用した産後うつ早期発見により乳児の言語獲得に好影響があるのではないかと考えられる。

キーワード：簡易脳波計、発話産出、對乳児発話

1. はじめに

母親をはじめとして人が乳児へ話しかけるときに、成人に対する話しかけと比べて全体的に音程が高く、話速度が遅いなど特徴的な話し方をする。これまで、脳機能計測法を用いた對乳児発話の研究もなされているが、そのほとんどが乳児における對乳児発話の知覚に着目したものであり、成人が對乳児発話を産出している際の脳メカニズムは明らかにされていない。産後うつ母親の発話は對乳児発話の特徴を示さないことが知られており⁽¹⁾、對乳児発話は、乳児の言語獲得に寄与していると考えられている⁽¹⁾ため、産後うつ早期発見ができれば、乳児の言語獲得への悪影響を取り除くことができる可能性がある。

本研究では、産後うつ早期発見を行うための前準備として、對乳児発話産出を脳反応から検出するために、簡易脳波計を用いて、心の中での對乳児発話産出を行う際の脳波を測定し、成人に対して話す場合と脳活動が異なるのかどうかについての基礎的な検討を行った。

2. 実験方法

2.1 実験参加者

本実験では、20歳前後の右利きの男性13名を対象に実験を行った。うち3名は実験者のミスによりデータを得られなかった。本実験は、長岡技術科学大学の生命倫理委員会の承認を得て行われた。

2.2 実験装置

本研究では、脳波計測に簡易脳波計であるEmotiv社製EPOC+を用いた。本装置では、AF3、AF4、F3、F4、F7、F8、FC5、FC6、T7、T8、P7、P8、O1、O2に電極が配置されている。装着の際には、生理食塩水を使うことで容易に装着できる。サンプリングレートは128Hzである。

刺激呈示プログラムは、Pythonベースの心理実験環境構築用ソフトウェアであるPsychoPy2を使用して作成した。1台のノートPCにより刺激呈示プログラムと脳波データの記録プログラムを同時に実行し、仮想シリアルポートを利用してトリガを記録した。

2.3 実験手続き

図1に、1試行の流れを示す。まず、視線固定のための注視点が0.5～1秒間呈示された後、果物の画像が呈示される。この果物の名前は、後で心の中で話すときの言葉である。果物の画像が呈示された1秒後に、赤ちゃん母親と母親が写っている画像が呈示される。その2秒後に果物の画像が消えるので、そのタイミングで指示された相手に対して果物の名前を心の中で発話産出してもらう。条件は赤ちゃん条件、母親条件、独り言条件の3つがあり、赤ちゃん条件では画像の赤ちゃんの顔に、母親条件では母親の顔に赤い丸がついている。独り言条件ではどちらにも赤い丸がついておらず、特にどちらに話すわけではなく、心の中でつぶやいてもらう。

心の中で発話をさせた理由として、脳波を測定する際に、実際に口を動かすと大きなアーチファクトが生じてしまうことや、育児経験のない成人男性に声を出して赤ちゃんに対して発話させると恥ずかしがってできなくなってしまう可能性があるため、本実験では心の中での発話とした。

赤ちゃん母親と母親の画像は16種類用意し、果物の画像は9種類用意した。呈示される画像と条件の順番はランダムに設定し各条件につき144試行で行った。

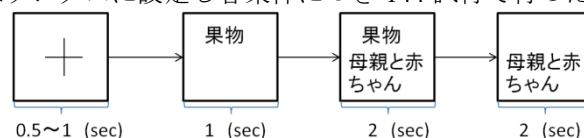


図1: 1試行の流れ

2.4 データ解析

脳波データは、EEGLABVersion2019.0 および Version2019.1 を用いて解析した。赤ちゃんとの母親の画像が呈示された 1 秒前(この区間をベースラインとして設定)から画像呈示後 4 秒間を解析対象とした。1~20Hz のバンドパスフィルタをかけ、Artifact Subspace Reconstruction⁽²⁾を用いてアーチファクトを補正した。その後、独立成分分析により瞬目成分をアーチファクトとして取り除いた。 $\pm 100\mu\text{V}$ 以上変動があった試行を解析対象から自動的に除外した上で、目視によりノイズが含まれる試行を除外した。

本研究ではブローカ野近辺に存在している F7 とその反対側にある F8 に着目し、それぞれの条件ごとに、周波数スペクトルを計算した。また、発話産出それ自体ではなく、顔に対する注意が条件間で異なる可能性が考えられるため、顔の認知に重要な役割を持つ紡錘状回の近くに位置している P8 チャンネルについて⁽³⁾、感覚、認知、運動などの内的・外的刺激に対して生じる事象関連電位を計算した。

3. 実験結果

独り言条件は、被験者から言いにくかった、普段通りには発話できなかったなどの感想があり、自然な発話産出をしていない可能性があるため、赤ちゃん条件と母親条件の発話産出の比較を行った。

F7, F8 チャンネルの結果を図 2, 図 3 に示す。左は赤ちゃん条件の結果、中央が母親条件の結果、右が条件間で 5%水準の有意差(多重比較補正なし)が認められた区間である。左側と中央のパワースペクトルでは、ベースラインと比べてパワーが強い場合は赤く、それより弱い場合は青く表示される。

事象関連電位に関しての P8 チャンネルの結果を図 4 に示す。青色の線が赤ちゃん条件で、赤色の線が母親条件で、緑色の線が独り言条件である。顔に対する事象関連電位である N170 成分を評価するために 120~170ms の区間(図 4 の黒い線で囲っている部分)の平均を算出し、赤ちゃん条件を母親条件および独り言条件と統計的に比較した結果、それぞれ有意傾向($p < 0.1$)を認めた。

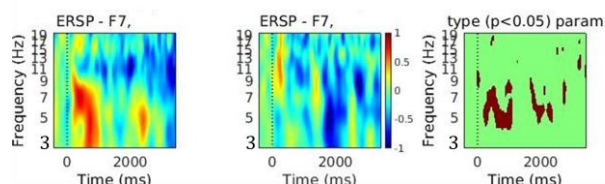


図 2: F7 チャンネルにおける時間周波数解析

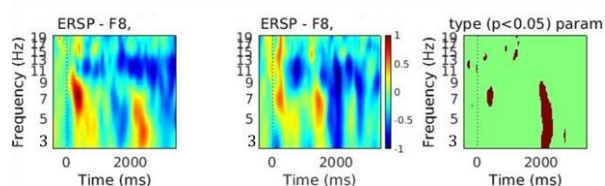


図 3: F8 チャンネルにおける時間周波数解析

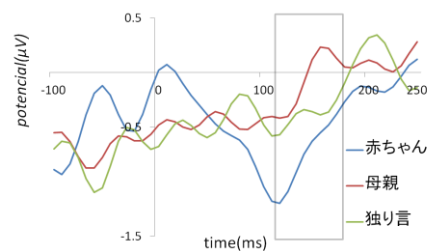


図 4: P8 チャンネルにおける事象関連電位

4. 考察

F7, F8 の時間周波数解析の結果に関して、心の中で話しかけるタイミングである 2000ms 前後に着目すると、3~8Hz で条件間の違いが認められた(図 2, 図 3)。この時間帯では、近辺のチャンネルでも同様に条件間の違いが認められた。対乳児発話は普段と異なった話し方をすることから発話産出の際に運動プログラムの調整が必要であり、そのことが発話産出における運動に役割を果たす前頭葉の領域の脳活動の違いにつながったのではないかと考えられる。

P8 チャンネルにおける事象関連電位では、顔を含む画像が呈示された後(120~170ms)に赤ちゃん条件でのみ強い反応が見られた(図 4)。顔に対して N170 という事象関連電位が生じ、強い情動価を持つ顔に対してはより大きな振幅を示すことが知られており⁽⁴⁾、この結果は赤ちゃんの顔に対する強い注意を反映しているのではないかと考えられる。

本研究の結果、育児経験のない学生でも乳児に対して話しかける際の脳活動は成人に対する話しかけと異なっていることが確認できた。今後の課題として、母親を被験者として同様の実験を行うことがあげられる。同様の結果が得られれば、母親の対乳児発話産出の脳活動を検出することができ、それにより産後うつ早期発見を行うことで、乳児の言語獲得への悪影響を取り除くことができる可能性がある。
謝辞: 本研究は科研費(16K12451, #4903, 17H06382, 19K12246)の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 庭野: "Infant-directed speech の研究の動向と展望. 玉川大学脳科学研究所紀要", 第 8 巻(24-33). (2015)
- (2) Chang, C. Y., Hsu, S. H., Pion-Tonachini, L., & Jung, T. P.: "Evaluation of artifact subspace reconstruction for automatic artifact components removal in multi-channel EEG recordings. IEEE Transactions on Biomedical Engineering." (2019).
- (3) Kang, J. H., Kim, S. J., Cho, Y. S., & Kim, S. P.: "Modulation of alpha oscillations in the human EEG with facial preference. PloS one, 10(9), e0138153." (2015).
- (4) Zhang, D., Wang, L., Luo, Y., & Luo, Y.: "Individual differences in detecting rapidly presented fearful faces. PloS one, 7(11), e49517." (2012).