

# 簡易脳波計による心の中での発話の脳反応計測

増田泰人, 秋元頼孝, 中平勝子

長岡技術科学大学

**Brain activities of inner speech measured by a low-cost Electroencephalography**

Taito Masuda, Yoritaka Akimoto, Katsuko T. Nakahira

Nagaoka University of Technology

本稿では簡易脳波計を用いて、顔に対して注意を向けているか、心の中で話しかけるときの脳反応について予備的に検討した。実験の結果、顔に対して反応するとされる P8, P7 のチャンネルで脳反応を認めた。また、言語野の近辺に位置する F7 のチャンネルで、心の中での発話を指示した時に、脳反応を認めた。簡易脳波計による脳波計測は e ラーニングをはじめとする効果的な教材呈示手法の評価や提案に役に立つ可能性が示された。

キーワード: 簡易脳波計, 発話, 顔認知

## 1. はじめに

情報技術の発達は、対面授業における教材呈示の電子化や電子教科書の提案、さらには遠隔で授業を行う e ラーニングなど、教育手法の変化をもたらしている。それに対し、電子化された教材の作成・呈示に関する手法は、経験と、対面授業で行われてきた手法をもとに行われており、マルチメディアとしての特性に主眼を置いた、第一印象としての効果を中心に実装されがちである。他方、脳科学の研究発展とともに、人の脳活性を計測する技術は徐々に廉価な機材で可能となっており、脳活性の細部はわからないとしても大まかな部位活性は測定可能となりつつある。

こうした現状を踏まえ、本稿では、学習者が受講中によく行う行為の一つである、教員を目の前にした状況での教材呈示と心内発話（呈示された知識を心の中で復唱する、心の中での発話）に着目し、簡易脳波計を用いて、顔に対する注意と心の中での発話に伴う脳反応について予備的に検討する。

## 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 6 名を対象に実験を行った。うち 2 名は実験者のミスによりデータを得られなかった。

### 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。本装置には、国際 10-20 法に従い 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。サンプリングレートは 128Hz である。装着の際にゲルで

はなく生理食塩水を使うため、短時間で装着できるという利点を持つ。

本実験では、Python ベースの心理実験環境構築用のアプリケーションである PsychoPy2 を使用して刺激呈示プログラムを作成した。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 試行のタイムスケジュールを示す。まず、注視点が 0.5~1 秒間呈示された後、果物の画像（この名前を、後で心の中で発話する）が呈示される。果物の画像が呈示された 1 秒後に、赤ちゃん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たタイミングで、心の中で果物の名前を発話してもらおう。実験条件には赤ちゃん条件、母親条件、コントロール条件の 3 つがあり、赤ちゃん条件（呈示された画像の赤ちゃんの顔に赤い丸がついている）では、赤ちゃんに向かって、母親条件（呈示された画像の母親の顔に赤い丸がついている）では母親に向かって、心の中で発話してもらおう。コントロール条件では、画像に赤い丸はついておらず、特にどちらに話すわけではなく、心の中で発話をしてもらう。

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

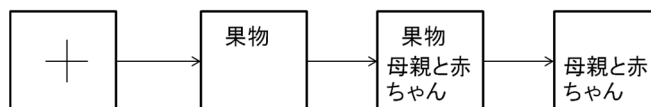


図 1: 刺激呈示プログラム

### 2.4 データ解析

脳波データは、EEGLAB Version 14.1.2b を用いて解析した。赤ちゃんと母親の画像が提示された時刻を基準とし、その1秒前から画像提示後5秒間を解析対象とした。1~30Hzのバンドパスフィルタをかけ、独立成分分析により瞬目成分等のアーチファクトを取り除いた上で±100μV以上変動があった試行は解析対象から除外した。その後、赤ちゃん条件と母親条件を話しかけ条件としてまとめ、それぞれの条件ごとに、チャンネルごとに周波数スペクトルを計算し、ベースライン（画像提示前の1秒間）からの変化をグラフとして表示した。

### 3. 実験結果

特に特徴的な反応を示したチャンネルにおける反応を図2に示す。左側の反応がコントロール条件で右側の反応が話しかけ条件の反応である。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。パワーの増加は主に7Hz以下で、パワーの減少は主に7Hz以上で見られた。

F7については、心の中で発話するタイミングである2000ms以降で3~7Hzに特に顕著な反応が見られる。P8は、両方の条件で、顔画像が提示された直後に3~7Hzに大きな反応が見られている。一方でP7は、話しかけ条件でのみ、発話のタイミング前後で反応が認められている。

### 4. 考察

実験結果を踏まえ、予備実験における結果の意味を考察する。図3に、実験状況から想定される脳反応の可能性を示す。

F7は左の前頭葉の言語野付近のチャンネルである。したがって、この反応は心の中での発話産出に対応したものである可能性が考えられる。

P7, P8は顔の認識で重要な役割を果たす紡錘状回の付近に位置するチャンネルである。前者は顔に対する自動的な処理①を、後者は発話産出時の相手の顔に対する注意を反映している可能性が考えられる。

これら一連の反応をもとに、認知プロセスに対応付けて本実験で確認された事象を例示すると、

- ・コントロール条件では、「同時に」何かを制御する時間帯がないため、画像（果物）知覚→画像（人物）知覚→言語（果物の名称）産出準備を経て果物の名称を心内発話する。同時処理の認知負荷がかからないため、心内発話前後で脳活性部位がはっきりわかる。
- ・話しかけ条件では、対象者を認知し注意を向けつつ心内発話産出を行う必要があるため、それがP7に現れている。そのため、認知負荷は相応にかかっていると

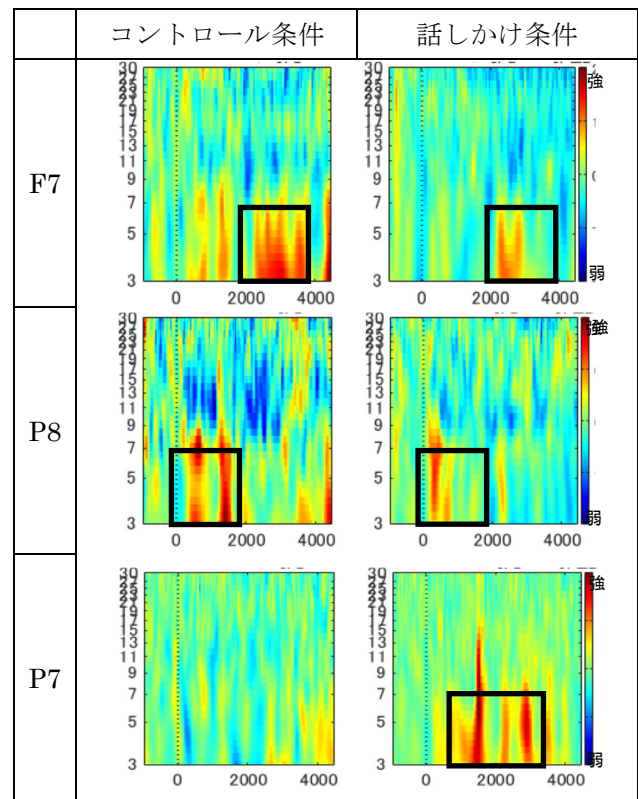


図2：実験結果。

脳反応	話しかけ条件	F7		知覚	対象者認知・注意	心内発話
	コントロール条件	F7		知覚	発話準備	心内発話
被験者行動			果物の知覚	対象者の知覚・認知/発話準備		果物名を内唱
呈示刺激(例)	注視点		果物	人物	人物	人物
時間(秒)		-1	0	1	2	3

図3：実験状況と脳反応の対応例。青は認知負荷が低い自動的処理を、赤は認知負荷が高い処理を示す。

われ、心内発話が指示されるタイミングより前ではF7の活性は認められていない。

以上より、簡易脳波計で顔に対する注意や心の中での発話を検出可能であり、この機構をうまく用いることで「言語」として記憶させたい知識、「イメージ」として記憶させたい知識、講師映像の効果など、対面・eラーニング問わず、教育手法に関する効果的なオブジェクト活用法の提案が可能ではないかと考えている。

謝辞：本研究は科研費(16K12451, #4903, 17H06382)の助成を受けたものである。

### 参考文献

(1) Morris, J. P., Pelphrey, K. A., & McCarthy, G. (2007). Face processing without awareness in the right fusiform gyrus. *Neuropsychologia*, 45(13), 3087-3091.