

音声想起による誘発脳磁界の計測*

☆宇澤志保美 (神戸大/産総研), 滝口哲也, 有木康雄 (神戸大), 中川誠司 (産総研)

1 はじめに

近年, 脳活動を機械制御や意思伝達手段として活用する試みが盛んに行われている。例えば, 注意を向けた刺激に対してのみ出現する誘発反応 (P300) によって, 間接的に意思伝達を行うブレイン・マシン・インターフェース (BMI) の開発例は多い^[1]。ただし, この方式ではあらかじめ選択肢としてあげられた行為や事象以外を伝達することはできない。より汎用性のある BMI の開発のためには, ヒトの脳活動から認知や意思, 情動そのものを解読する必要があるが, 高次脳機能には未だに不明な点が多い。

近年になって, 想起時の脳活動の推定が試みられるようになった。例えば, シラブルを想起時の fMRI 計測からは両側上側頭回の活動^[2]が, 物体の打撃音を想起時の脳磁界計測からは, やはり聴覚野付近の緩やかな反応^[3]が報告されている。その一方, 音声聴取によって誘発される脳活動と, 音声刺激間にはある程度の相関^[4]が報告されている。即ち, 音声の想起が聴覚野で営まれているのならば, やはり想起した音声と相関のある脳活動が生じる可能性がある。

本研究では, 音声想起時の脳活動の解明を目的として, 脳磁界計測を行った。想起時に生じる脳反応の時空間特性を音声刺激時との比較から検証した。また, 想起した音声と脳活動の相関の有無について検証した。

2 計測方法

2.1 刺激呈示

文字刺激を 3 回連続して呈示した。文字刺激の持続時間は 0.8 ms, 呈示間隔 (Inter-stimulus interval: ISI) は 0.5 ms とした。1 回目, 2 回目の呈示時には, 文字に対応する音声も同時に呈示した。想起条件では, 文字の呈示にタイミングを合わせて音声を想起するように被験者に教示した。一方, コントロール条件では, 刺激が呈示されても, 想起を行わないように教示した。また, 両条件に共通して, 文字刺激と対応しない

音声刺激が呈示された場合に, ボタンで応答するように教示した。試行間の間隔は 1.0 - 3.0ms とした。

文字刺激は, “あまぐも”, “いべんと”, “うらない” の 3 語とした。また, 同時に呈示する音声刺激は親密度別音声データベース (FW03, NTT-AT) の日本人女性話者音源を利用した。

2.2 脳磁界計測

聴覚健常者 9 名 (男性 6 名, 女性 3 名, 20-40 歳) を被験者とした。

脳磁界計測は 122 ch 全頭型脳磁界計測システム (Neuromag - 122TM; Neuromag, Ltd.) を用いて行った。脳磁界データは 0.03 - 100 Hz のアナログフィルタを通した後, サンプリング周波数 400 Hz で A/D 変換をした。1 回目および 2 回目の文字呈示に対する誘発反応を 80 回以上, 3 回目の文字呈示に対する誘発反応を 100 回以上加算した。加算平均から得られたデータに独立成分分析 (ICA) を適用して眼球運動に伴うアーティファクトを除去したのち, 0.1 - 30 Hz のデジタル帯域通過フィルタを適用した。

3 解析方法

3.1 活動源推定

得られた脳磁界分布から, 単一電流双極子モデルを用いた非線形最適化法による脳内電源推定を行った。全頭を覆うように設定された 14 ~ 20 チャンネルのデータを使い, 刺激のオンセットから 0 - 1600 ms において, 2.5 ms ごとに推定を行った。推定結果から, (1) Goodness of fit $\geq 70\%$, (2) Confidence volume $\leq 25000 \text{ mm}^3$, かつそれらが 10 ms 以上にわたって持続するものを脳内活動として採用した。

3.2 相関分析

誘発脳磁界データに対して, 0.1 - 10 Hz のデジタル帯域通過フィルタを適用した。音声データに対しては, 400 Hz ヘダウンサンプリングしたうえで振幅のエンベロープを抽出した。誘発反

*Measurements of brain evoked fields induced by auditory sound imagery. by UZAWA, Shihomi (Kobe Univ/AIST), TAKIGUCHI, Tetsuya, ARIKI, Yasuo (Kobe Univ.), NAKAGAWA, Seiji (AIST).

応のピークが見られたチャンネルにおいて、脳磁界波形と音声の振幅エンベロープに対してピアソンの積率相関分析を行った。

4 結果

4.1 音声刺激に対する反応

聴覚野（側頭部）を覆うチャンネルの潜時 100 - 135 ms において、音声刺激に対する N1m 反応が見られた。各刺激（あまぐも/いべんと/うらない）に対する N1m ピーク潜時は、約 100 - 120 ms / 110 - 130 ms / 120 - 140ms であった。活動源推定の結果、聴覚野に有意な活動源が観察された（左右側頭部：5名、左のみ：1人、右のみ：1人）。脳磁界波形と音声の振幅エンベロープについて、音声 A-音声 A を知覚時の脳磁界の相関の値が、音声 A-音声 A 以外の音声を知覚時の脳磁界の相関の値より大きいものに対して評価した。6人の被験者に共通して潜時帯 100 - 150ms に差が現れた。この潜時帯における相関の値を Table 1 に示す。

4.2 音声想起に対する反応

想起時には側頭部からやや前方のチャンネルに、潜時 300 - 400 ms から 600 ms にかけて緩やかな反応が見られた (Fig. 1)。活動源推定の結果、聴覚野もしくはそのやや前方に有意な活動源が観察された（左右側頭部：2名、左のみ：3人、右のみ：2人）。各被験者において、実音声時と同様の相関分析を行ったが、有意な差は見出されなかった。

5 考察

音声想起時は、音声刺激時に比べて誘発反応が刺激時よりやや前方のチャンネルに 200ms 以上遅れて現れることの原因として、刺激時は聴取した音声特徴量を直接的に獲得/処理を行うのに対し、音声想起時は、記憶や他の領域を介する間接的で複雑な活動であることが考えられる。

次に、音声刺激時には、共通する潜時帯に弱い相関が見られた。一方、音声想起時には想起された音声と脳活動の相関はほとんど認められなかった。この結果は、音声想起時には、先述の音声刺激時と同様の聴覚野活動が生じていないことを示唆する。

これらの結果をふまえると、想起時には記憶された音響特徴を再生していると考えることが

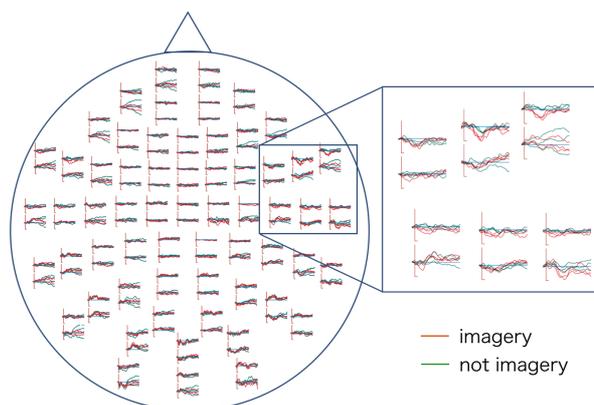


Fig. 1 Difference between brain evoked fields induced by imagery and not imagery

Table 1 Correlation to sound envelope and MEG waveform

	あまぐも	いべんと	うらない
被験者 1	0.595	0.514	0.369
被験者 2	0.517	0.397	0.184
被験者 3	0.550	0.368	0.320
被験者 4	0.543	0.340	0.273
被験者 5	0.528	0.360	0.196
被験者 6	0.434	0.289	0.246

でき、その座は聴覚野ではなくその種片の連合野、もしくは複数の領域にまたがっているのかもしれない。そのため、刺激時より遅延した緩やかな活動となり、脳活動波形との外形的な相関が得られなかったと考えられる。また、音声想起のオンセットの同期性が悪く加算平均がうまくいかなかったことも原因としてあげられる。今後は、これらの可能性を考慮し、想起対象との関係を観測するための別のアプローチを検討したい。

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金 (26282130, 26560320, 25282053) の援助を受けて実施された。

参考文献

- [1] Hideaki, T. *et al.*, 日本感性工学会論文誌, Vol. 10 No.2, pp. 89-94, 2011.
- [2] Lutz, J. *et al.*, European Journal of Neuroscience, Vol. 19, pp. 2603-2608, 2004.
- [3] Minoru, H. *et al.*, NeuroReport, Vol. 12, pp. 1097-1102, 2001.
- [4] Mathieu, B. *et al.*, Human Brain Mapping, Vol. 34, 314-326, 2013.