

脳磁図による視聴覚音声知覚の脳機構に関する研究

(指導教員 世木 秀明 助教授)

世木研究室 9880010 湯浅 知敬

1. はじめに

音声刺激を知覚する場合、音声情報はまず最初に脳内の一次聴覚野で情報処理されることが知られている。

一方、文章を黙読する場合や読唇を行う場合、視覚情報を一旦音韻化してから知覚するという情報処理が行われていると考えられている。この場合にも音声情報のみを知覚する場合と同様に一次聴覚野が活動するかどうかということは、非常に興味深いことであり視覚および聴覚情報の統合が脳内情報処理過程のどの段階で起こるかについて検討するためにも重要な問題である。

このような視聴覚音声知覚に関する脳内情報処理過程に関する報告には、視覚刺激として読唇情報のみを呈示しても聴覚刺激のみの場合と同じように一次聴覚野が活動するという報告^{1,2)}がある。一方、視覚刺激のみを呈示した場合は一次聴覚野が活動しないという対立する報告^{3,4)}もある。前者は読唇の結果を復唱することを求めており、後者は音読しないで理解するという作業課題であったため、実験条件の違いが原因であることも考えられる。特に前者では読唇結果を聴覚的心象として表現するために聴覚関連野が活動したということも否定できない。また、これらの報告はいずれも時間分解能の低い機能的MRIによる観測結果によるもので、複数活動部位の時間的相互関係が不明である。

このようなことから、脳内での視覚および聴覚情報処理過程の相互関係は必ずしも明らかになっていない。

そこで本研究では、脳神経の電気活動により脳表面に誘起される磁界を高感度の磁気センサーにより高い時間的分解能で計測できる脳磁図(MEG)測定を行い、視覚刺激による一次聴覚野の活動について検討することを目的とした。

2. 実験

本研究では、英語を母国語とする男性話者が発話した/ra/および、/la/の発話画像を用いて作成した呈示用刺激による実験1と日本語を母国語とする女性が発話した/ba/、/da/および、/ga/を用いた実験2を行い、一次聴覚野の活動について検討した。

実験に用いた呈示用刺激ビデオテープは、刺激材料をMS-Windows上のムービー作製ツールAdobe Premiere 4.2Jを使用した。

ここで、呈示される1刺激は、刺激材料の音声開始時点を基点に前10フレーム、後20フレーム合計30フレーム(1秒間)を切り出したものとし、最初の10フレームは同一話者の唇を閉じた静止画とした。また、被験者への刺激呈示方法は、視覚刺激はビデオからの映像を液晶プロジェクタを通して脳磁図測定室内のスクリーンに投影し、聴覚刺激は、イヤフォンにより呈示した。

被験者は、聴力、視力ともに健常な日本語を母国語とする成人男女8名とし、刺激呈示条件は、AO:聴覚呈示(音声のみの呈示)、VO:視覚呈示(画像のみの呈示)、AV:視聴覚呈示(音声と画像の呈示)の3条件とした。

脳磁図計測により得られたデータから脳内活動部位

の推定方法は、左右半球に分けて単一電流双極子モデルを使用した。また、同時に左右部位が活動すると考えられる場合には、複数電流双極子モデルを使用した。さらに、推定された脳内活動部位の位置を被験者のMRI画像に重ね合わせて表示し、刺激の呈示条件ごとに検討を行った。

使用した脳磁図計測装置は、Neuromag社製122チャンネル全頭型脳磁界計測装置である。

以下に実験1、実験2に使用した刺激用ビデオテープ内容および、被験者に与えた課題を示す。

a). 実験1

呈示刺激用ビデオテープは表1に示す内容のTrおよび、Tlの2種類とした。

表1 刺激の組み合わせ

	テープ Tr	テープ Tl
標準刺激	/ra/	/la/
比較刺激	/la/	/ra/

各呈示刺激用ビデオテープは、標準刺激を400個、比較刺激を100個の計500個をランダムに呈示するものである。したがって、標準刺激の出現頻度は80%、比較刺激の出現頻度は20%となる。

被験者に与えた課題は、20%の確率で呈示される比較刺激を検出し、数えるものとした。

b). 実験2

呈示用刺激用ビデオテープは表2に示す内容のDおよび、Eの2種類とした。

表2 刺激の組み合わせ

テープ D		
	聴覚刺激	視覚刺激
標準刺激	/ba/	/ba/
比較刺激 1	/da/	/da/
比較刺激 2	/ba/	/ga/
テープ E		
	聴覚刺激	視覚刺激
標準刺激	/ba/	/ga/
比較刺激 1	/ba/	/ba/
比較刺激 2	/da/	/da/

各呈示刺激用ビデオテープは、標準刺激が400個、比較刺激1、2が各50個ずつの計500個をランダムに呈示するものである。したがって、標準刺激、比較刺激ともに出現頻度は実験1で用いたテープと同じである。被験者に与えた課題は、比較刺激のうち/da/と知覚される刺激を数えるものとした。

3. 実験結果

a). 実験1の結果

図1a)、b)および、c)に代表的な実験結果が得られた被験者の刺激呈示条件ごとに推定された脳内活動部位を被験者の横断面MRI画像上に白丸で示す。

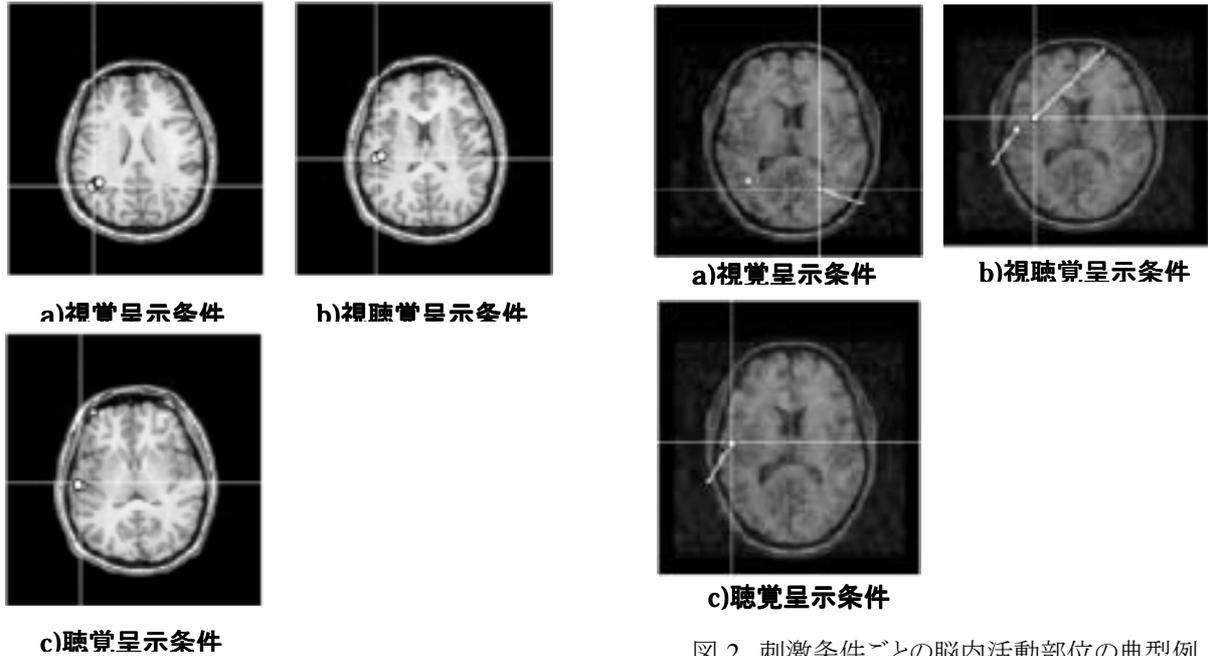


図1 刺激条件ごとの脳内活動部位の典型例

聴覚呈示条件下では図 1c)に示す部位に、刺激に対する情報処理が行われているときに活発に発生する事象関連磁界が一次聴覚野の領域内で音声呈示後 198～254msec.間で観測された。これに対し、視覚呈示条件下では、事象関連磁界が図1a)に示す部位に音声の開始前後約 200msec.間に持続的、間欠的に観測されたが、推定された活動部位は、聴覚呈示条件下の活動部位よりも後方上部に位置し、一次聴覚野での活動とは考えられなかった。さらに、視聴覚呈示条件下での事象関連磁界は図 1b)に示す部位に音声呈示後 177～280msec.間で観測され、推定された活動部位は、聴覚呈示条件下の推定部位と同様に一次聴覚野付近であった。また、視覚呈示条件および、視聴覚呈示条件下では、視覚野および右半球頭頂後頭溝付近の活動も観測された。

b). 実験 2 の結果

図 2a), b)および、c)に代表的な実験結果が得られた被験者の刺激呈示条件ごとの推定された脳内活動部位を被験者の横断面 MRI 画像上に白丸で示す。

聴覚呈示条件下では、図 2c)に示すように左右の一次聴覚野で事象関連磁界が音声呈示後 235msec.付近で観測された。これに対し、視覚呈示条件下では、事象関連磁界が図 2a)に示す部位に音声の開始前後約 200msec.間に持続的、間欠的に活動が観測されたが、推定された活動部位は、実験 1 と同様に、一次聴覚野での活動とは考えられなかった。

さらに、視聴覚呈示条件下では図 2b)に示す部位に音声呈示後 246msec.付近でもっとも大きな振幅の事象関連磁界が観測された。推定された活動部位は、聴覚呈示条件下と同様に一次聴覚野付近での活動であった。

図 2 刺激条件ごとの脳内活動部位の典型例

4. 考察

実験1の結果から、視覚刺激のみの呈示では、音声情報が最初に処理される脳内部位と考えられている一次聴覚野での活動は観測されなかった。これは、呈示刺激として非母語である/ra/, /la/を用いたため、音韻情報の検出が母語とは違った方法で行われたことによるものかもしれないと考えられる。しかし、母語を呈示刺激とした実験 2 においても実験 1 とほぼ同様の結果となり視覚刺激条件下では、一次聴覚野での活動は観測されなかった。

さらに、両実験とも視覚呈示条件下での聴覚野の活動は、少なくとも聴覚刺激のみを呈示した場合とは異なるものであった。また、視聴覚呈示条件下では、あたかも音声のみ、視覚のみの刺激呈示条件下での両結果が融合されたように観測された。特に実験 2 では McGurk 効果も関与していると考えられる。

以上の実験結果は、視覚刺激が一次聴覚野で聴覚情報に変換され統合されるという仮説^{1,2)}には否定的な実験結果となり、視覚刺激による一次聴覚野の活動は少なくとも一般的な現象でないことを示唆している。

また、視聴覚音声情報処理の初期段階では、視覚と聴覚の情報処理が異なった脳内部位で同時並列的に行われ、比較的後期の段階でそれぞれの情報が統合される可能性を示唆するものであると考えられる。

参考文献

1. Calvert, GA. et al.: Activation of auditory cortex during silent speechreading. Science 276, 593-596, 1997.
2. Campbell, R. et al.: How brains see speech: the cortical localisation of speechreading in hearing people. In Hearing by Eye II. Psychology Press, 177-193, 1998.
3. 松木健一, 吉田正樹, 山田弘樹, 定藤規弘, 小西行郎: 聴覚障害者の言語理解に関する研究, 文部省科研重点領域研究「心の発達: 認知的成長の機構」平成 9 年度報告, 366-373, 1998.
4. 松木健一, 山田弘樹, 定藤規弘, 吉田正樹, 長谷川武弘, 小西行郎: 手話と口話に関する研究, 文部省科研特定領域研究「心の発達: 認知的成長の機構」平成 10 年度報告書, 372-378, 1999.