視聴覚音声知覚の脳内過程： 脳磁図による解析

今泉 敏¹⁾、森 浩一¹⁾、桐谷 滋¹⁾
湯本真人²⁾、世木秀明³⁾

1) 東京大学医学部音声言語医学研究施設、
2) 同付属病院検査部、 3) 千葉工業大学

1. 目的

視聴覚情報の統合機能は、高度難聴者や人工内耳装着者が高い能力を示す読唇の機能と深く関わっているものと思われる。McGurkら¹⁾が健聴者に対して、聴覚刺激（音響信号）として/ba-ba/を、視覚刺激（唇を含む顔面動画画像信号）として/ga-ga/を同時に提示すると、成人の98%が/da-da/と知覚するというMcGurk効果を報告して以来、視聴覚情報の統合過程は多様な研究の対象となってきた。しかし、視聴覚情報がどのような脳内過程をへて統合されるのかはまだ解明されていない。本論文では、視聴覚信号が不整合な刺激と、それが融合されたときに音韻判断上等価になる整合刺激に対する脳磁図を解析し、聴覚情報と視覚情報が融合する脳内過程を考察した。

2. 方法

1名の女性話者が/ba/、/da/、/ga/を区切って発話した音声と顔面画像信号を加工し、表1のような刺激群A、B、Cを作成した。1実験ブロック内では1刺激群が使用される。各刺激の出現確率を表のように設定し、ランダムな順序で1秒間隔で右耳から至適レベル（約70dB SPL）で提示し、左側頭葉の脳磁図を測定した。例えばコードA2、A3は自然な発話、コードA1は非現実的な刺激でMcGurk効果を生じた場合多くの被験者は/da/と知覚する傾向があった。実験ブロック当たり1刺激群を使用して、ランダムな順序で6実験ブロック行った。被験者は健聴な成人16名である。

刺激提示はミスマッチ磁界（MMF）の測定法に従った。標準刺激を高確率、高速度で繰り返し提示し心的トレースを形成しておく、低確率で比較刺激が提示されたときに、心的トレースとその入力刺激間の差異を計算する神経回路が働き、その働きを反映するMMFが観測される。本実験の比較刺激A2は標準刺激A1に対して、音響的にも視覚的にも異なるものの、McGurk融合が起きた場合には音韻判断が共通する可能性がある。一方、A3は音響的には標準刺激A1と同じではあるものの、視覚的にかつMcGurk融合が起きた場合には音韻判断上も異なることになる。もし、視聴覚情報の融合がMMF生成より低次の段階で生じるならば、コードA1は/da/と知覚される確率が高いことから、コードA2はMMFを生成せず、コードA3は生成するものと期待される。一方、融合がMMF生成より高次の段階で生じるならば、その逆になるはずである。以上の仮説に基づいて観測した脳磁図のMMF時間帯（音響刺激後110～250msの範囲）の実効値ピークに対応する、電流双極子を求め、その位置や向き、モーメント等に関して、音響条件、音韻判断条件に対する分散分析を行った。

3. 結果

図1には刺激群毎のMMF時間帯での脳磁図実効値ピークを示した。何れの刺激群でも標準刺激に対して音響的に違う比較刺激は大きなMMFを示した。AbVgが/d/と知覚されても、AdVdとの組み合わせに対して大きなMMFを示した。図2は音響条件の異同に関してMMF実効値ピークの分散分析の結果を示す。REFは標準刺激のN1mの実効値で、SAME及びDIFFは音響的に標準刺激と一致（SAME）及び不一致（DIFF）条件下でのMMFの実

効値を示す。SAMEとDIFF間の差異は統計的に有意($p<0.001$)である。このことは、音響的不一致条件下では視覚情報に関わらず有意なMMFが出現することを示唆する。ただし、図2のSAMEが零ではないことに注意したい。音響的には標準刺激と一致する音でも視覚刺激が異なる場合にも、そうでない場合に比較して小さいものの、ミスマッチ磁界に類似の反応があったことを示す。

4. 考察・結論

今回の実験結果は、ミスマッチ磁界の生成が音韻的条件より音響的条件により依存していることを示した。このことは、視聴覚情報の統合の主要な部分は、聴覚的情報処理によってミスマッチ磁界が生成されるよりも高次のないしは並列的な別の処理段階で生じることを示唆する。ただし、音響的には一致する音でも視覚刺激が異なる場合には、そうでない場合に比較して小さいものの、ミスマッチ磁界に類似の反応があった。このことは、聴覚情報処理の段階ですでに視覚刺激の影響が見られることも示す。

ミスマッチ磁界が生成されるためには、心的トレースの保持、その時点での入力音ストリームの形成、およびそれら間の比較が行われる必要がある。音ストリームの選択・統合が聴覚情報処理の比較的初期の段階で行われ²⁾、視覚情報との本格的な統合とそれに伴う音韻判断はそれよりさらに高次あるいは並列的な別の機構で行われるものと推察される。今後はさらに高次あるいは並列的な別の機構の所在を明らかにすると共に、読唇能力の高い人々とそうでない人との差異などを検討していきたい。

表1. 使用した刺激群A、B、Cと出現確率

コード	刺激	聴覚信号	視覚信号	刺激回数	出現確率
A1	標準	ba	ga	400	0.8
A2	比較	da	da	50	0.1
A3	比較	ba	ba	50	0.1

コード	刺激	聴覚信号	視覚信号	刺激回数	出現確率
B1	標準	da	da	400	0.8
B2	比較	ba	ba	50	0.1
B3	比較	ba	ga	50	0.1

コード	刺激	聴覚信号	視覚信号	刺激回数	出現確率
C1	標準	ba	ba	400	0.8
C2	比較	ba	ga	50	0.1
C3	比較	da	da	50	0.1

文献

- 1) McGurk, H. and J. MacDonald. Hearing lips and seeing voice. *Nature* 264: 746-748, 1976.
- 2) Imaizumi, S., K. Mori, S. Kiritani, M. Yumoto. Neural representation of concurrent sounds: a magnetoencephalographic study. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* (in press).

図1. 刺激群毎のMMF実効値の変化。Sは標準刺激。棒グラフの模様はコードではなく、刺激の種類を表す。

図2. 音響条件の異同に対するMMF実効値の変化