

氏 名 村瀬 未花

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 1073 号

学位授与の日付 平成 19 年 3 月 23 日

学位授与の要件 生命科学研究科 生理科学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Cross-modal integration during vowel identification of
audiovisual speech: a functional magnetic resonance
imaging study

論文審査委員 主 査 教授 柿木 隆介
教授 定藤 規弘
教授 伊佐 正
助教授 飯高 哲也（名古屋大学）

論文内容の要旨

音声言語に対する理解力が、それに対応する発音動作を同時に見ることにより増強される現象は、読唇効果として知られ、異種感覚統合の一例とみなされている。機能的磁気共鳴映像法 (fMRI) を始めとするニューロイメージング技術を用いた先行研究により、上側頭溝 (superior temporal sulcus, STS) は読唇効果に関与する主要領域と目されている。しかしその活動のメカニズムについては、ほとんど分かっていない。村瀬らは、van Wassenhoveらの音韻識別課題を用いた脳波記録法 (EEG) 研究の結果に基づいた読唇効果を説明するための統合モデルから、先行する視覚刺激による予測値と実際の音声刺激との残差が小さいほど、異種感覚統合に関与する脳領域の作業負担が軽減されると予想し、読唇効果におけるSTSの機能的な役割を明らかにするため、28人の健康な日本人を対象にfMRI実験を行った。村瀬らの仮説は、(1) 同時に提示される視聴覚情報が母音に関して一致する条件ならば、母音識別に必要な反応時間は短縮され、不一致ならば延長する。(2) 視聴覚統合に関与する領域は、視覚聴覚刺激のいずれにも反応し、それらが同時に提示された場合、不一致条件では一致条件に比べてより強い神経活動を示す、というものであった。課題には、音声(聴覚)または唇の動き(視覚)に基づく2種類の母音識別課題を用いている。聴覚に基づいた母音識別課題では、音声と一致した口の動き (AVcon)、音声と不一致な口の動き (AVdis)、音声と音声とは関係のない口の動き (AVclo)、音声のみ (A) が提示され、被験者は聞こえてきた母音が何であったかを識別するよう求められた。唇の動きに基づいた母音識別課題では、口の動きと一致した音声 (VAcon)、口の動きと一致しない音声 (VAdis)、ノイズと母音を発する口の動き (VAnoi)、母音を発する口の動きのみ (V) が提示され、被験者は口の動きが何と発音していたかを識別するよう求められた。村瀬らは、課題中の反応時間を、AV speechのコントロール条件にあたるAVcloまたはVAnoiを基準として、AVcon、AVdis、VAcon、VAdisを比較した。その結果、注目するモダリティーに関わらず、一致条件では反応時間が短縮され、不一致条件では反応時間が延長することが分かった。村瀬らのfMRIの結果には、視覚刺激と聴覚刺激のいずれにも反応する領域中にSTSが含まれていた。この領域では、注目するモダリティーに関わらず一致条件に比べ不一致条件で強い活動がみられた。他の多感覚領域内で、不一致条件に比べ一致条件で活動が強い領域は観察されなかった。村瀬らは、このSTS領域の前部は聴覚刺激に対する反応が、後部は視覚刺激に対する反応が著明であること、STS後部ではV条件でAV条件より顕著な活動が観られたが、A条件では活動は観察されていないことを示した。また、行動データの結果から、注目するモダリティーに関わらず、一致条件で反応時間が短縮することから、読唇効果における視聴覚統合では、それぞれの感覚刺激が他方の刺激の予測に用いられると解釈した。村瀬らのfMRI結果は仮説どおりで、STSは多感覚領域の視覚聴覚刺激のいずれにも反応し、それらが同時に提示された場合、不一致条件では一致条件に比べてより強い神経活動を示した。村瀬等はこの結果を、van Wassenhoveらの「作業負担の軽減」のモデルに適合する所見であり、長期学習にともなう最適化された脳活動の反映であると考察した。Calvertらは、受動的課題で一致条件と不一致条件のAV speechを提示する実験をfMRIで行い、一致条件のとき、後方のSTSの反応が視覚刺激または聴覚刺激に対する反応を合計したものを上回り (superadditivity: $AV > A + V$)、不一致条件のときには合計を下回る (subadditivity: $AV < A + V$) ことを明らかにしたが、本研究では、両側のSTS中央でsuperadditivityは観察されてい

ない。また、本研究で検出されたSTS領域は、Calvertら(2000)が報告した領域より前方に位置した。村瀬らはこの違いを、Calvertら(2000)が受動的に視聴する方法を利用したのに対し、自らの研究では明白な反応を必要とする母音識別課題を採用した為と考察した。母音識別課題を採用した結果、異種感覚入力に由来する内的な予測を含む識別過程がAV条件中に強化され、STS中央における不一致条件でのより強い活動を検出するに至ったと村瀬らは考えている。村瀬らは、聴覚刺激への反応性はSTS前方でより強く、視聴覚の多感覚領域は中間に、そして視覚刺激への反応性はSTS後方でより顕著になることから、STSの前方から後方にかけて聴覚から視覚への勾配が表象されていることを示唆し報告した。村瀬らは、Calvertら(2000)の結果は、主に視覚処理に関与する領域であるSTS後部が、見かけ上superadditivityを示したものと解釈している。村瀬らはSTSの役割を、STS中央は読唇効果における視聴覚統合に関与し、STS後方は主に唇の動きの視覚処理に関与すると結論付けた。

論文の審査結果の要旨

申請者の博士論文は以下のような内容であった。

聞こえてくる声と、それに対応する視覚的な発音動作とが組み合わさることにより、話された言語に対する理解力が増強される現象は、視聴覚 speech (AV speech) として知られている。しかしながら、Audiovisual integration (視聴覚統合) の神経基盤については、未だ議論がある。

そこで申請者は、AV speech の神経基盤を描出するため、28 人の健康な日本人を対象に機能的 MRI を用いて実験を行った。仮説では、視覚的な音声を発する動きから、次に来る聴覚刺激を予測することにより、聴覚 speech を認識するための仕事量は軽減される。従って、視覚刺激と聴覚刺激が一致する場合には、一致しない場合に比べ仕事量は軽減され、認識速度は促進されると予想された。

課題には、母音識別課題を用い、音声から母音を識別する “Auditory vowel identification task” と、口の動きから識別する “Visual vowel identification task” の 2 つを設定した。Auditory vowel identification task では、音声と一致した口の動き (AVcon 条件)、音声と不一致な口の動き (AVdis 条件)、音声と音声とは関係のない口の動き (AVclo 条件)、音声のみ (A 条件) が提示され、被験者は聞こえてくる母音が何であるかを識別した。Visual vowel identification task では、口の動きと一致した音声 (VAcon 条件)、口の動きと動きと一致しない音声 (VAdis 条件)、ノイズと母音を発する口の動き (VAnoi 条件)、母音を発する口の動きのみ (V 条件) が提示され、被験者は口の動きから母音識別を行った。

行動データの結果から、注目するモダリティーに関わらず、一致条件では反応時間が短縮され、不一致条件では反応時間が延長することが分かった。

機能的 MRI の結果では、音声だけ、口の動きだけでも活動がある多感覚領域内で神経基盤を描出したところ、注目するモダリティーに関わらず、両側の上側頭溝中央で、一致条件に比べ不一致条件で高い活動がみられた。これに対し、多感覚領域内で不一致条件に比べ一致条件で活動が高い領域は観察されなかった。従って、上側頭溝中央は母音識別の視聴覚統合処理過程に関与していると結論付けられた。

上記の内容は、既に申請者が第 1 著者として英文原著論文にまとめ、現在、欧米の一流誌に投稿中である。研究内容は非常にすぐれており、国際的にも高いレベルであると、審査委員全員が判断した。