

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主論文の要旨

論文題目

Feed-forward-related neural activity for vocalization:

A magnetoencephalographic study

(脳磁図を用いた feed-forward 機能に関する脳内ネットワークの研究)

氏名 川村 匡史

論文内容の要旨

【背景】 Feed-forward 機能は、実際に運動が出力される前段階において、その運動をコントロールする神経のプロセスとされている。この feed-forward 機能は、知覚と運動を統合するプロセスを有しており、これは運動が出力される時の外的な環境や刺激、脳の内的な活動状態によって影響を受ける。Feed-forward 機能に関する脳活動が調査されており、動作直前の運動関連領域での知覚情報の処理について示唆されている。しかし、feed-forward 機能における知覚と運動の統合プロセスに関する神経活動は、明らかにされていない。近年、解析技術の向上により、脳内の神経活動について、皮質間の機能的な連関の測定が可能となった。私たちは、神経の連関について解析することにより、まだ特定されていない feed-forward 機能の知覚と運動の相互関係についての情報を提供することが可能であると考えた。Feed-forward 機能による運動コントロールの一例として、雑音のある環境での声の大きさの調節が知られており、雑音の大きい環境では、発声の最初の文字から大きく話す。これは、feed-forward 機能によって、発声する前段階から、周囲の雑音の状況に合わせて発声音量が調節されたためである。

【目的】 本研究は、雑音呈示下での発声を行い、脳内ネットワークの視点から、時間分解能に優れた脳磁図 (MEG) を用いて feed-forward 機能に関連する脳活動を特定することで、運動が出力される前段階に行われる知覚と運動の統合プロセスである、feed-forward 機能に関連する神経活動を明らかにすることを目的とした。

【方法】9名の健常ボランティアを対象に、様々な大きさの背景雑音が呈示されている条件下において、発声直前の脳磁場活動を、前頭型 MEG システムを用いて計測した。聴覚条件は4種類であり、42 dB の環境雑音と 60, 80, 100 dB のホワイトノイズとした。被験者は前方のスクリーンに呈示された単語を声に出して音読するよう指示を受けた。全ての単語はひらがなであり、最初の文字の発音を【あ】で統一した。背景雑音が呈示され始めた3秒後に単語が5秒間呈示され、単語の呈示が終了した2秒後に背景雑音を停止したため、1試行は、10秒間とした。人工的な背景雑音を伴わない試行では、伴う試行と同様に開始3秒後に5秒間単語が呈示された。被験者は、普段話すような自然な強さと速さで単語を読むように指示され（発声条件）、スクリーンに何も示されない時は、5秒間眺めるように指示された（非発声条件）。発声の有無と4種類の聴覚刺激による、計8条件をそれぞれ5試行ずつランダムに実施した。発声は、被験者の側方に設置した高感度マイクにて記録した。発声条件では、発声開始直前の300m秒間の脳磁場活動を解析に使用した。非発声条件では、聴覚刺激が呈示されている5秒間の間中の300m秒間の脳磁場活動を使用した。脳の機能的な連関は皮質間の同期として解析され、これは coherence 値として表された。Coherence 解析では、一定した位相の関係性は最大値の1を示し、ランダムな位相の関係性は0として示された。先行研究に基づいて選択された5つの発声関連皮質を解析の対象とした；両半球の一次運動野（M1）、運動前野（PM）、補足運動野（SMA）、後下前頭領域（pIF）、上側頭領域後部（pST）。左半球の pST と pIF は、それぞれ Wernicke's area と Broca's area に該当する。発声における背景雑音の影響を評価するために、追加の人工的な雑音がない状態の発声音量に対して、背景雑音の各条件における発声音量の変化率を算出することで、標準化された発声音量を算出した。標準化された発声音量は一元配置分散分析（ANOVA）を用いて比較した。各条件下における6つの周波数帯域（平均が15, 30, 45, 60, 75, 90 Hz）での coherence 値をそれぞれ算出した。Coherence 値と発声音量、coherence 値と背景雑音の音量との間の相関関係について、Pearson's test にて解析した。

【結果】被験者の発声音量は、背景雑音が大きくなるにしたがって有意に増加した。非発声条件では、前頭領域の M1 と pIF 間の連関において、coherence 値と背景雑音の大きさに有意な負の相関が認められ、発声条件では、側頭領域の pST を含む連関において、coherence 値と発声音量に有意な負の相関が認められた。

【考察】本研究結果は、発声音量や背景雑音の大きさに関連して神経活動が変化する脳領域を明らかにした。本研究における重要な発見は、1) 発声直前における、発声関連皮質の脳活動の coherence 値が、発声音量と関連していた、2) coherence 値が発声音量と関連していた脳領域に左 pST が含まれており、これは運動関連領域ではなく聴覚関連領域である、3) 背景雑音の大きさと関連した coherence 値の変化が、右 M1 と pIF にて認められ、これらは聴覚関連領域ではなく運動関連領域である。発声直前の pST における脳活動の変化と、非発声条件における雑音呈示下での M1 と pIF の脳活動の変化が、feed-forward 機能の知覚と運動の統合に関連していることが示唆された。