

報告番号	※ 甲 号	第
------	----------	---

主論文の要旨

論文題目 Brain activity on observation of another person's action:

A magnetoencephalographic study

(動作観察時の視点の違いによる脳磁場活動の研究)

氏名 水野 純平

論文内容の要旨

【背景】

他者の動作を観察する行為は、人が新しく動作を獲得する上で重要なプロセスであり、観察課程における自己と他者の身体認識は社会的認知機能の基本となる。動作観察の課程で、観察した他者の身体部位を自己の身体図式に適応させる必要がある。その役割を担う神経基盤としてミラーニューロンシステム (Mirror Neuron System : MNS) が知られているが、MNSに関連した研究において、空間的位置関係に着目した研究は少ない。リハビリテーション場面で、対象者が観察する視点は一定したものに限らず、対象者とセラピストとの位置関係によって空間的認識は異なる。そのため、視点の違いによる認知過程の神経基盤を明らかにすることで脳病変部位と運動機能障害との関連、リハビリテーションにおける運動教示や訓練方法に関する基礎的知見の提供が可能になると考えた。

近年、様々な測定機器によって非侵襲的に脳神経活動を可視化することが可能になっ

ている。Magneto-encephalography (MEG) は神経細胞の活動によって生じる微弱な磁場を記録、解析するもので、生体組織や空気の透磁率がほぼ等しく、非接触で測定が可能である。また生体組織に影響を受けることが少なく正確な電流源推定が可能な点、□多チャンネルの計測コイルの配置が可能な点で、優れた時間分解能、空間分解能を有しており、体性感覚や運動に関する短い神経活動の同定に適している。

【目的】

本研究では、体性感覚や運動に関する短い神経活動の同定に適した MEG を用い、異なる空間的位置関係から観察した時の脳磁場を計測し、動作観察時の空間的視点の違いをコードする神経活動を明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象者は健常成人 10 名(23.4 ± 1.2 歳)であり、聴力、視力の異常、神経精神疾患、頭部外傷の既往を有しない者で、エジンバラインベントリーにより右利き使用が優位と判定された者とした。磁気シールドルーム内で前頭型 MEG (PQ1160C) を使用し、被験者の動作観察、模倣時の脳磁場を記録した。観察する動作刺激は 5 秒間の手指屈伸運動であり、観察する動作の視点は、一人称の右手を観察している視点 (1P-R)、他者の右手を観察している視点 (2P-R)、一人称の右手の鏡像を観察している視点 (Mirror-R) の 3 つとした。被験者はランダムに呈示される 3 つの視点の刺激に対し、観察、模倣を行った。観察課題は被験者が正しく動作観察をしているか確認するために、直後に実行課題を設け、正しく実行されたものに限り解析対象とした。またコントロール課題として 3 つの視点それぞれの手の静止画を観察した。試行回数は各刺激に対し 12 回行い、合計で 3 視点×12×(観察/模倣)の 72 回と、コントロール課題の 3 視点×12 の 36 回を合わせた 108 回とした。実際の計測では 20 回程度で休憩を挟みながら実施した。

周波数解析ソフトには Brainstorm を使用し、予め region of interest (ROI)を、下前頭回 (IFG)、腹側運動前野 (PMv)、一次運動野 (M1)、一次体性感覚野 (S1)、下頭頂小葉 (IPL)、上側頭溝 (STS)、と設定した。ROI の皮質間神経活動と皮質内神経活動の機能的連関を明らかにするためにコヒーレンス解析を行った。統計学的解析は得られたコヒーレンス値に対し、二元配置 (視点×課題) 分散分析を行い、Tukey-Kramer による多重比較を行った。統計解析ソフトは Microsoft Excel Statecel vol. 3 とし、有意水準を 5%とした。

【結果】

視点と課題の間に交互作用は認められず、 θ 、 α 、 $\text{low-}\gamma$ の 3 つの周波数帯域において視点の違いによる皮質間のコヒーレンス値に差を認めた。 θ 帯域では、左の IPL と右の M1 ($p < 0.04$)、右の PMv と右の S1 ($p < 0.04$) の連関が Mirror-R に比べ 1P-R 時に高い連関を示した。 α 帯域においては、左の S1 と右の S1 ($p < 0.02$)、左の S1 と右の M1 ($p < 0.02$)、左の S1 と右の IFG ($p < 0.02$)、の連関が 1P-R 時に 2P-R より高い結果を示した。 $\text{low-}\gamma$ 帯域では、左の IFG と右の M1 ($p < 0.04$)、左の M1 と右の S1 ($p < 0.04$) で、1P-R に比べ 2P-R の時に高いコヒーレンス値を示した。

皮質内コヒーレンス解析では、観察課題、模倣課題、コントロール課題の課題間で有意差を認め、上記に挙げた ROI のすべてにおいて、コントロール課題に比べ、観察、模倣課題時に有意に高いコヒーレンス値を示した。

【考察】

空間的視点の違いを示す神経活動は、異なる皮質間の神経接続によって処理されていることが示唆された。特に前頭葉や運動感覚関連領域の神経活動は視点の違いにより異なることを示した。さらに空間的位置関係をコードする神経活動は、一側性ではなく半

球間の相互の神経接続を調節することにより認識していることが示唆された。特に α 帯域の一人称視点においては両側の一次体性感覚野、右一次運動野、右下頭頂小葉の強い神経接続が認められた。これは一人称視点で自己で行う実際の運動場面に、より近い状態であり、自己の運動としての神経活動が体性感覚野、運動野でより賦活された結果であると考えられた。さらに右の下頭頂小葉の神経活動は自己と他者を弁別する機能と関連しており、体性感覚野との相互作用により自己と他者の弁別機能に寄与していることが考えられた。

皮質内コヒーレンス解析の結果から、動作観察時や模倣時には静止画を観察した時に比べ、同様の神経活動の変化が認められた。これまでの研究で、動作観察時には脳内で運動のリハーサルが行われ、実際の動作を行う際に活動する神経活動と同じ脳領域が賦活することが示されている。今回の結果からも動作観察時に模倣時と同様の神経活動の変化が記録されたと考えられた。

本研究の限界として、得られた結果は使用した刺激や課題条件に対する、神経活動の変化を示しており、動作観察に関連する神経活動の生理的機序を説明するものではない。つまり、得られたコヒーレンス値の変化を神経生理学的にどのように解釈するかという点は今後さらなる検討が必要である。

本研究から、異なる視点からの動作観察時に、人は異なる脳領域によって処理していることが示唆された。脳に起因する様々な機能障害に対するリハビリテーションにおいて、動作観察は頻繁に用いられる手法であるが、動作観察時の脳神経活動は視点の違いによって異なるため、セラピストの運動教示方法や対象者との位置関係によって、その効果も異なることが考えられる。そのため臨床場面において、対象者の視点を考慮することはリハビリテーションにおける重要な要素である。