The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Parallel distributed processing neuroimaging in the Stroop task using spatially filtered magnetoencephalography analysis
Author(s)	Ukai, Satoshi
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/44611
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏　　名　鵜飼　聡（うかい　さとし）

博士の専攻分野の名称　博　士（医　学）

学位記番号　第　18140　号

学位授与年月日　平成15年9月30日

学位授与の要件　学位規則第4条第2項該当

学位論文名　Parallel distributed processing neuroimaging in the Stroop task using spatially filtered magnetoencephalography analysis
（脳磁図の空間フィルタ解析によるストループ課題時の脳内並列分散処理の脳機能画像化）

論文審査委員　（主査）
教　授　武田　理俊

（副査）
教　授　吉峰　俊樹　　教　授　杉田　義郎

論文内容の要旨

［目的］

ストループ課題とは、色を意味する文字を、その意味とは異なる色で次々と提示し（例えば「赤」という文字を緑色で提示する）、文字の色を回答する課題である。課題遂行時には、約650 msの反応時間の間に、視覚、注意の配分、読字の抑制、発語に関わる情報処理が、脳内の複数の領域で時間ずれと重なりを持ちながら並列分散処理されていると考えられる。

この処理の脳機能画像化には、100 ms程度の時間分解能が必要であり、PETの数十秒、fMRIの数秒程度の時間分解能では困難である。一方、脳磁図は数ミリ秒単位の高い時間分解能で神経活動を測定できるが、活動部位の推定には通常狭い領域で神経活動が同期し等価電流双極子を形成することを仮定するので、並列分散処理の推定には不適当である。

これに対し、脳磁図の空間フィルタ解析のひとつである、我々が開発したSAM（Synthetic Aperture Magnetometry）は、活動領域を点ではなく広がりを持つ領域として推定でき、活動額域が互いに独立であれば複数でも構わないので高次脳機能の解析に向いている。本研究では、ストループ課題遂行時の脳磁図をSAMを用いて高い時間分可能で解析し、脳内並列分散処理に関わる神経活動を脳機能画像化することを目的とした。

［方法ならびに成績］

（方法）

5名の右利きの健常被験者（22-27才）を用いた。赤、青、黄、緑の4色を用い、色と意味の一致しない12の不適合刺激と一致する4つの適合刺激を、偽ランダムに1250 msの間、500 msの固視点をはさみながら連続して被験者の眼前約2 mに提示した。被験者には、刺激提示後できるだけ速やかにかつ正確に小声で文字の色を回答するように指示した。

脳磁図記録には、64チャンネル全頭型脳磁計を用いた。サンプリング周波数は250 Hzとし、60 Hzのノッチフィルタと、1-80 Hzの帯域通過フィルタで処理後、ディスクに記録しオフラインで解析した。解析にはアーチファクトのない、加算平均しない100回の不適合刺激の記録を用いた。

SAMはセンサー・データから脳内の各領域の電流源密度分布（current source density, CSD）を推定し、３次元イメージとして生成する。さらに、２つの状態間で脳内の各voxelごとのCSDの変化をStudentのt検定を用いて比較できる。結果をMRI画像に重ね合わせることで、特定の脳領域の注目する周波数帯域でのCSDの増減を推定できる。

信号を1-4、4-8、8-13、13-25、25-60 Hzの帯域通過フィルタで処理後、各帯域ごとにCSDの増減を検討した。刺激提示後の650 msについて、200 msの時間窓を50 msずつ移動させて10のactive stateとし、刺激提示直前の200 msの区間をcontrol stateして、各時間窓ごとにCSDの増減を検討した。voxelの解像度は1辺 5 mmとした。

（結果）

25-60 Hzで、限局した皮質領域に有意なCSDの低下が推定された。CSDの低下は、その周波数帯域でのERD（event-related desynchronazation）に対応するので、神経活動の増加を示している。複数の被験者で有意なERDを示した左parietal-occipital area (POA) では150-250 ms（時刻は時間窓の中央値を表す）、右prefrontal polar area (PPA) では250-350 ms、左dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) では250-400 ms、両側mid- to lower-primary motor area（M1）では350-400 msで始まり、それぞれ300-400 ms、400-500 ms、350-550 ms、400-550 msで終了した。

特に左DLPFCでは５名全員に有意なERDを認め、右DLPFCでも３名に認めた。被験者はERDを示す領域の違いにより、POAにみられM1にみられない群（３名）と、M1にみられPOAにみられない群（２名）の２群に分かれた。

1-4、4-8、8-13 Hzでは被験者間で共通した傾向を認めなかった。13-25 Hzでは25-60 Hzと類似したが、25-60 Hzに比較してt値が小さい傾向を示した。また、CSDの有意な増加を示す領域は全ての周波数帯域で認めなかった。

［総括］

本研究により、ストループ課題の提示から回答までの約650 msの間に、左POA、右PPA、左DLPFC、両側M1の各領域が、50-150 msの時間ずれを持ちながら並列分散処理する様子を、初めて脳機能画像として高い時間分解能で示すことができた。各領域の活動はそれぞれ視覚情報処理、注意の配分、読字の抑制、発語に関与すると考察した。多くの被験者でDLPFCの活動を示したことは、神経心理学的知見とも一致する。また、活動領域の違いによって被験者が２群に分かれたことは、個人のストラテジーの違いを反映したものと考えられた。

論文審査の結果の要旨

本研究は、ストループ課題の刺激提示から回答までの約650ミリ秒の反応時間に、脳内の複数の部位が神経ネットワーク内で並列分散処理、すなわち、時間的に重なりとずれを持ちながら同期せずに順次活動する様子を脳磁図の空間フィルタ解析を用いて脳機能画像化したものである。視覚、注意の配分、読字の抑制、発語に関わる情報処理が、それぞれ左頭頂後頭領野、右前頭極、左前頭前野背外側部、両側の第１次運動領野で並列分散処理される様子が示された。

脳機能画像研究に多く用いられるPET、fMRIは時間分解能が低く、数百ミリ秒単位で神経活動を捉えることは困難である。一方、高い時間分解能を有する脳磁図を用いた神経活動の解析は、通常、大きさを持たない等価電流双極子を仮定するので、複数の広がりをもった脳領域が関わる並列分散処理の神経活動を推定するには限界がある。これに対し、本研究で用いられた空間フィルタ解析はこのような仮定を必要とせず、高い時間分解能で並列分散処理を脳機能画像化するのに適している。

本研究で用いられた脳機能画像法は、同期しない、広がりを持った複数の脳領域の神経活動を数百ミリ秒という非常に高い時間分解能で推定できる、従来にはない画期的な解析手法である。本研究は、今後の高次脳機能研究の発展に高く貢献するきわめて優れた研究であり、博士（医学）の学位授与に値すると考えられる。