

平成 21 年 6 月 9 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500228

研究課題名（和文） 環境全体の構造の学習過程の脳磁図計測による解明

研究課題名（英文） Brain activation during memorializing process of spatial information measured by MEG

研究代表者

近江 政雄（OHMI MASAO）

金沢工業大学・情報学部・教授

研究者番号：70016616

研究成果の概要：被験者に環境の自己中心座標系情報と環境中心座標系情報のそれぞれを呈示して環境全体の構造を学習させ、その期間の脳のそれぞれの部位におけるシータ波を同時計測した結果、おもに前頭葉および側頭葉からシータ波がえられることが明らかとなった。また、シータ波のコヒレンシーについて検討したところ、環境情報の呈示に同期して、前頭葉では 300ms 後、側頭葉 700ms 後にシータ波が生起されることがしめされた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：認知科学

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：認知科学、脳・神経、非侵襲脳機能計測、環境学習

1. 研究開始当初の背景

われわれ人間がまわりの環境全体の構造を学習していく過程における情報は、参照となる座標系によって、自己中心座標系情報と環境中心座標系情報に分類される。これまで、動物を対象とした神経生理学的方法および人間を対象とした認知科学的方法によって、環境全体の構造の学習過程におけるこれらの情報の寄与に関するメカニズムの研究が進められてきた。近年急速に開発されてきた非侵襲脳機能計測システムを用いた認知脳科学的方法によって、人間の環境全体の構造の学習メカニズムについて、その脳の基盤の解明を始められる状況にある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、われわれ人間がまわりの環境全体の構造を学習していく過程を、脳磁図計測を用いた認知脳科学的研究によって、明らかにすることである。本研究では、脳磁図計測システムを駆使し、実験参加者が自己中心座標系情報および環境中心座標系情報によって環境全体の構造を学習している過程における脳のそれぞれの部位におけるシータ波を同時計測し、中心座標系情報および環境中心座標系情報にもとづいて環境全体の構造を学習中の脳のそれぞれの部位におけるシータ波の振幅およびコヒレンシーについて検討する。

3. 研究の方法

人間の環境の全体構造の学習過程を解明するために、心理物理学の実験をおこなうとともに、脳磁図計測による認知脳科学の実験をおこなった。まず、さまざまな複雑さと難易度をもった環境映像を制作して心理物理学の実験をおこない、認知脳科学の実験をおこなう実験参加者と適切な環境映像を選定した。これらの実験参加者を対象として、脳磁図計測による認知脳科学の実験を実施した。

(1) 環境映像として、さまざまな複雑さのバーチャルリアリティ迷路の映像を制作した。目印情報の有無、およびローカルなランドマークとグローバルなランドマークの個数をパラメータとして、環境全体の構造を学習する難易度が異なる環境を制作した。

(2) 実験は、学習フェーズと想起フェーズから構成された。まず学習フェーズをおこない、実験参加者に環境全体の構造を学習するための、自己中心座標系情報ないしは環境中心座標系情報をあたえた。自己中心座標系情報は、実験参加者にバーチャルリアリティ迷路を一定速度で移動したときのビューのスナップショットをあたえた。一方環境中心座標系情報は、被験者にこれら環境を上方から見た画像をあたえた。環境全体の構造の学習を促進するためには実験参加者に臨場感をあたえる必要があり、これらの環境映像は視角90度の画面ディスプレイに呈示した。

(3) 学習フェーズに引き続いて、実験参加者が環境全体の構造を学習したかどうかを測定するための想起フェーズをおこなった。バーチャルリアリティ迷路を一定速度で移動したときのビューのスナップショットから、数枚のスライドによって構成した正刺激と偽刺激を呈示した。実験参加者のパフォーマンスを計測するとともに、認知脳科学の実験のための実験参加者および環境映像を選定した。

(4) 学習フェーズにおける脳活動を、脳磁図計測システムによって計測する認知脳科学の実験を実施した。脳磁図計測システムによって、脳のそれぞれの部位におけるシータ波を同時計測した。学習フェーズにおいて、中心座標系情報をあたえた場合と環境中心座標系情報をあたえた場合のシータ波の計測結果から、環境の全体構造の学習中のシータ波の振幅およびコヒレンシーをもとめた。参照座標系に応じて、大きな振幅のシータ波が得られる脳部位が顕著に異なることが予測される。また、環境の全体構造の学習に応じて、それぞれの部位におけるシータ波の間のコヒレンシーが変化することが予測される。

(5) シータ波に同期して脳磁図計測信号を加算平均することによって、その活動源の脳内部位を推定した。

4. 研究成果

10名の実験参加者を対象とした心理物理学の実験の結果、学習フェーズにおいてあたえる環境情報が、自己中心座標系情報であった場合と環境中心座標系情報であった場合で、想起フェーズにおける実験参加者のパフォーマンスは統計的に有意な差はみられなかった。一方、目印情報の有無、およびローカルなランドマークとグローバルなランドマークの個数をパラメータとした環境の難易度の影響は統計的に有意であり、難易度の増加によるパフォーマンスの減少がみられるという、予測通りの結果がえられた。

学習フェーズにおいて実験参加者の体動が発生した。これは、大画面ディスプレイの使用により、実験参加者に臨場感をあたえることができたことをしめすポジティブな結果であるが、脳磁図計測システムには重大な瑕疵があり、実験参加者が動けば信頼できる計測結果がえられない。そこで、実験時間を短縮して脳磁図計測中の実験参加者の体動を制限することとし、中程度の難易度の環境映像のみを使用して環境学習をおこなわせ、4名の実験参加者を対象として、認知脳科学の実験を実施した。

図1に、実験参加者Aの自己中心座標系情報による環境学習中のシータ波成分をしめす。脳の大部分から、シータ波がえられているが、これは環境中心座標系情報によって環境を学習している場合も同様であった。また、実験参加者B、Cにおいても同様の結果がえられた。

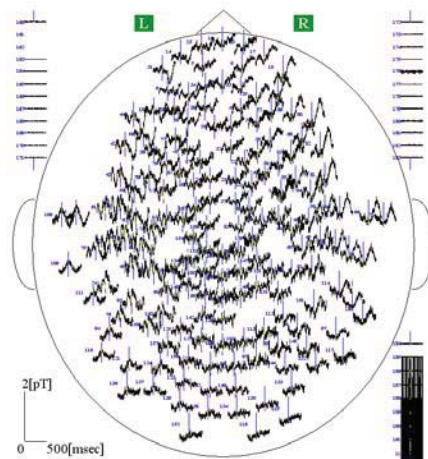


図1 実験参加者Aの自己中心座標系情報による環境学習中のシータ波成分

本研究で使用した脳磁図計測システムにおける160チャンネルの計測チャンネルからの計測データを前頭葉、頭頂葉、右側側頭葉、左側側頭葉、後頭葉に対応すると考えられる5つに分け、それぞれの領域における平均スペクトル特性を計算した。図2に実験参加者Aの自己中心座標系情報による環境学習中の

脳波の平均スペクトル特性をしめす。シータ波は脳の大部分からえられているが、その発生部位には局在がみられ、特に前頭葉および側頭葉からシータ波がえられることが明らかとなった。これは環境中心座標系情報によって環境を学習している場合も同様であった。

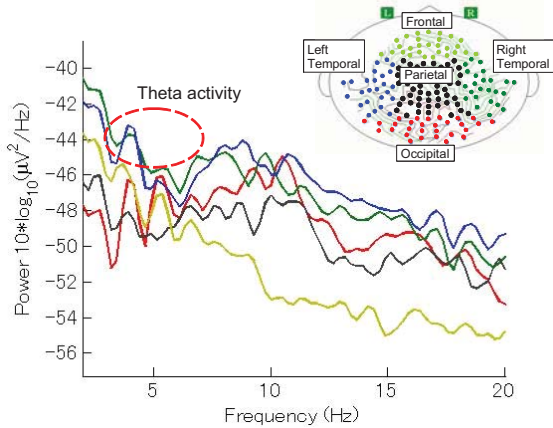


図2 実験参加者 A の自己中心座標系情報による環境学習中の脳各部からの脳波の平均スペクトル特性

図3に実験参加者 B の環境中心座標系情報による環境学習中の脳波の平均スペクトル特性をしめす。図2と同様に、特に前頭葉および側頭葉からシータ波がえられることが明らかとなった。これは、実験参加者 B が自己中心座標系情報によって環境を学習している場合も同様であった。さらに、実験参加者 C においても同様の結果がえられた。これらの結果は、fMRI 研究における、環境中心座標系情報による環境の記憶が海馬、自己中心座標系情報による環境の記憶が側頭葉、空間的作動記憶が前頭葉に分布してなされるという結果を確認するものである。

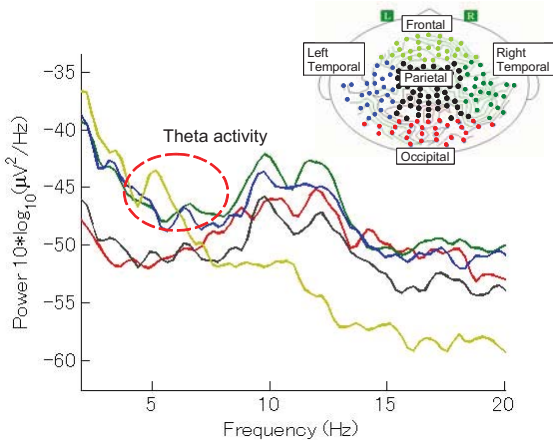


図3 実験参加者 B の環境中心座標系情報による環境学習中の脳各部からの脳波の平均スペクトル特性

シータ波のコヒレンシーについて検討するために、前頭葉、頭頂葉、右側側頭葉、左側側頭葉、後頭葉に対応すると考えられる5つの領域からの脳波データを時間/周波数解析した。学習フェーズにおいてバーチャルリアリティ迷路を一定速度で移動したときのビューのスナップショットを自己中心座標系情報としてあたえたが、これらのビューの呈示をトリガにして、時間/周波数解析結果を加算平均した。学習フェーズにおいて環境中心座標系情報をあたえた場合にはトリガがないため、シータ波のコヒレンシーについての検討をおこなっていない。

図4に実験参加者 A の時間/周波数解析結果をしめす。前頭葉および左右側頭葉に対応すると考えられる5つの領域からのシータ波成分がビューの呈示に同期して生起していることが分かる。実験参加者 B および C においても同様の結果がえられ、前頭葉におけるシータ波成分はビューの呈示後 300ms 付近で生起し、左右側頭葉におけるシータ波成分はビューの呈示後 700ms 付近で生起することが明らかとなった。

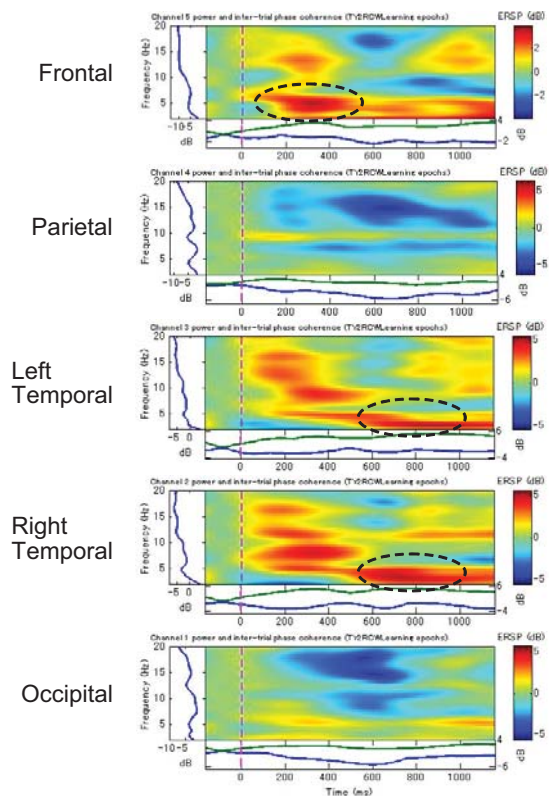


図4 実験参加者 A の時間/周波数解析結果

図5に実験参加者 D の時間/周波数解析結果をしめす。ほかの実験参加者と異なり、5ついずれの領域からもビューの呈示に同期したシータ波成分が生起していないことが分かる。

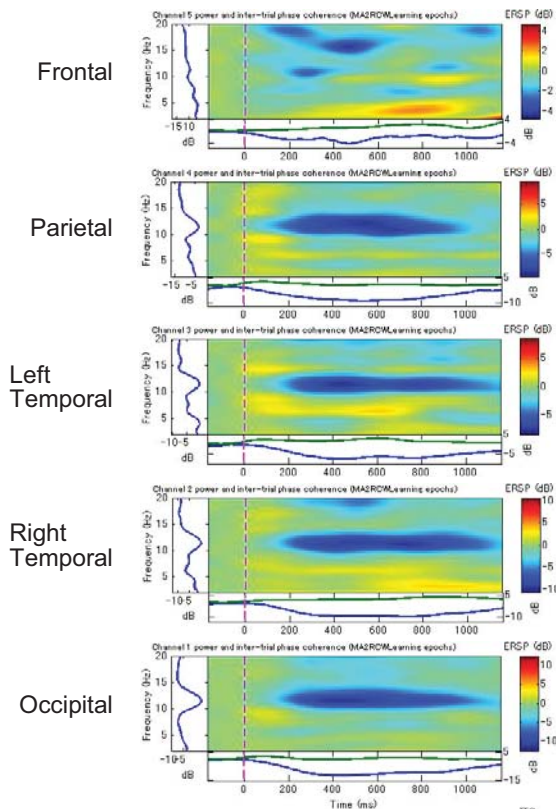


図5 実験参加者 D の時間/周波数解析結果

脳波データの時間/周波数解析の結果、環境全体の構造の学習中に、環境情報の提示に同期して、前頭葉および左右側頭葉でシータ波が生起することが明らかとなった。4名の実験参加者の環境学習のパフォーマンスを比較すると、実験参加者 A、B、C の想起フェーズでの正解率が 75% 以上であったのに対して、実験参加者 D の正解率はチャンスレベルである 50% であった。これは、実験参加者 D の時間/周波数解析結果において、5 ついずれの領域からもビューの提示に同期したシータ波成分が生起しなかったことと対応する。すなわち、環境全体の構造の学習には、環境情報に同期した前頭葉および側頭葉における脳活動が必須であり、それはシータ波成分のコヒーレンシーによってバウンディングされていることが示唆される。

本研究で非侵襲脳機能計測のために使用した脳磁図計測システムがもつ実験参加者が少しでも動けば信頼できる計測結果がえられないという重要な瑕疵の問題が、認知脳科学的方法の実施中に明らかになった。脳磁図計測システムを使用するためには、計測中の実験参加者の体動を制限する必要があるが、一方で本研究における環境の学習中に体動が発生するのは必然である。したがって、脳磁図計測システムにかわる非侵襲脳機能計測の使用について検討する必要がある。

そのため近赤外線スペクトロスコピーを

使用して、困難度が異なる学習課題を実施中の脳活動の計測を実施した。その結果、提示した環境情報が中心座標系情報の場合と環境中心座標系情報の場合のいずれにおいても、環境全体の構造を学習中の活動が前頭部と側頭部からえられることが明らかとなった。したがって、今後、認知脳科学的実験のための信頼性が高い計測システムとして、近赤外線スペクトロスコピーを使用することに対する実験的根拠がえられたと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Masao Ohmi, Brain activity during manipulating task with different levels of difficulty, Perception, 37, 23, 2008 査読有
- ② 藤村昌央, 近江政雄, 手拍子によるリズムの知覚時における脳活動の違い、映像情報メディア学会技術報告、32、57-62、2008 査読有
- ③ Masao Ohmi, Theta-wave activation during memorializing process of spatial information measured by MEG, Perception, 36, 52, 2007 査読有

[学会発表] (計 2 件)

- ① 近江政雄, 近藤誠, さまざまな操作作業中の脳活動をNIRS計測によって評価する試み、第9回日本光脳機能イメージング研究会、2008年7月19日、東京都星陵会館
- ② Masao Ohmi, Emotionally affected cognitive process: prospect for mental health care based on cognitive neuroscience, An International Workshop on Cognitive Neuroscience, 2007年9月14日、Macquarie University, Sydney

6. 研究組織

(1) 研究代表者

近江 政雄 (OHMI MASAO)

金沢工業大学・情報学部・教授

研究者番号：70016616

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし