

研究種目： 基盤研究 (C)  
 研究期間： 2007 ~ 2009  
 課題番号：19500237  
 研究課題名 (和文) 統計的逆問題とその脳磁図診断工学への応用に関する研究  
 研究課題名 (英文) Study on statistical inverse problem and its diagnostic application to magnetoencephalography  
 研究代表者  
 岸田 邦治 (KISHIDA KUNIHARU)  
 岐阜大学・工学部・教授  
 研究者番号：90115402

## 研究成果の概要 (和文)：

脳の働きを脳磁図から理解するために必要となる統計的手法の確立を試み、誘発磁場なる時系列データから得られる伝達関数等の動的情報を抽出した。具体的には正中神経刺激時の脳磁図データに含まれる誘発磁場ゆらぎには特徴的な時間構造があり、そのために繰り返しピークがパワースペクトルに発生する。そこで、このピークの高調波に対応する時間構造に基づいた成分分離方法を試み、統計的逆問題として解くことで第一次体性感覚野活動部位間の対側から同側へのインパルス応答に時間遅れがあり、それが脳梁通過時間に対応していることを示した。

## 研究成果の概要 (英文)：

A statistical method for understanding brain activities was established from magnetoencephalography, and we could obtain dynamics between brain regions from evoked magnetic field by using the method. In the somatosensory evoked field generated by median nerve stimuli there are repeated peaks in its power spectral density. The blind source separation based on this temporal structure gives the somatosensory evoked field, and by using the feedback model formulation we could find the time delay corresponding to transit time of corpus callosum in the impulse response from the contralateral to the ipsilateral primary somatosensory cortex.

## 交付決定額

(金額単位：円)

|         | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2007 年度 | 1,400,000 | 420,000 | 1,820,000 |
| 2008 年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2009 年度 | 900,000   | 270,000 | 1,170,000 |
| 年度      |           |         |           |
| 年度      |           |         |           |
| 総計      | 3,300,000 | 990,000 | 4,290,000 |

研究分野：統計的逆問題

科研費の分科・細目：情報学・統計科学

キーワード：逆問題・時系列解析・統計的予測・脳イメージング・脳機能計測

## 1. 研究開始当初の背景

当初、誘発磁場の持つ周期性に基づきその時間構造に基づく独立成分解析で誘発磁場データを分離しようとしたが、その分離は不完全であった。ところで、誘発磁場には特徴的な時間構造があり、周期的刺激はその最たるものである。このため誘発磁場は確定周期であり、繰り返しピークがパワースペクトルに発生する。そこで、このピークなる高調波に対応する時間構造に基づいた成分分離方法を試みた。その結果、独立成分には相関が残るので、この分離は独立成分分離でなくブラインド分離であった。

## 2. 研究の目的

脳波・脳磁図の誘発磁場の時系列データから得られる伝達関数等の動的情報を抽出し、脳の働きを理解するために必要となる統計的手法の確立を目的とした。

## 3. 研究の方法

定常確率システムと考えられる脳活動のダイナミクス(脳機能に関連する活動部位間の連関)の情報を含んだ誘発磁場データを正確に分離する必要がある。そのための前処理としての誘発磁場ゆらぎ成分を抽出する適切な分離手法を開発し、さらに、全頭型の多チャンネルの脳磁図データから誘発磁場ゆらぎの活動部位間の素伝達関数を得るにはフィードバックモデルの適用とそのイノベーションモデルに関する操作性の良いプログラムの開発が必須であり、これらを用いて脳内部位間のダイナミクスを求めた。

## 4. 研究成果

「統計的逆問題とその脳磁図診断工学への応用に関する研究」なる研究課題に対して平成 19,20,21 年度の科学研究補助金(基

盤研究(C)): 課題番号 19500237) を受け進められた研究の成果は次の 3 項目なる論文としてまとめられる。

1) ブラインド分離を 5Hz 周期の正中神経繰り返し刺激の脳磁場応答データに適用すると反対側の第 1 次体性感覚野が活動部位としてダイポールパターンが現れた。さらに予想された活動部位以外に新しく見つかった活動部位として、同側の第 1 次体性感覚野の活動部位やその付近に位相が刺激に同期した波の活動部位とか反対側の聴覚野付近に活動を持つダイポールパターンが分離された。さらに、第 1 次体性感覚野の時空間応答としてフーリエ展開のように分解された活動パターンが新たに分類された。[論文発表]

2) パワースペクトルの繰り返しピークに対応する時間構造に注目した成分分離方法を試み、この分離された誘発磁場データには確定周期成分とそのまわりのゆらぎから成り立っており、両者を分離することで誘発磁場ゆらぎのデータを再構成できる。そのためには両者の統計的数理を解明することが必要であった。つまり、定常過程は決定論過程と非決定論過程の直和であると言う統計学上の Wold 定理が脳磁図データにおいて成立していることを示し、そのことから脳磁図データにおいて定常なる誘発磁場ゆらぎとして再構成時系列データを抽出できることを示した。[論文発表]

3) フィードバックシステム論的手法で用いられる数値イノベーションモデルのアルゴリズムとその matlab プログラムは既に開発済みであったが、脳内部位活動を 2 成分系で同定する時、その同定モデルに含まれる伝達関数は生理学的に意味を持つ素伝達関

数である保障がない。そこで、5 Hz の正中神経刺激の脳磁図データを統計的逆問題として解くことで左右の第一次体性感覚野活動部位間の時間遅れが脳梁通過時間に対応していることを示した。つまり、本研究ではもっとも簡単な脳内通信のひとつとして左右にダイポールパターンを形成する脳内部位間の伝達特性を第一次体性感覚野活動部位間の時間遅れとして同定することで解明した。この成果から、フィードバックモデルを用いた統計的逆問題は理論的な机上の空論でなく、実際の脳磁図データに適用できる有効な手法であることが示せた。[論文発表]

最後に、ブラインド同定の分類に応じて脳磁図データから再構成した誘発磁場データにフィードバックシステム論的同定手法を適用する際に、統計的システム同定の観点から解決しなければならない点を取り扱った。

#### 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)

Kuniharu Kishida, Dynamical activities of primary somatosensory cortices studied by magnetoencephalography, Physical Review E, 査読有、vol. 80, 051906, (13pages) 2009.

Kuniharu Kishida, Evoked magnetic fields of magnetoencephalography and their statistical property, Physical Review E, 査読有、vol. 79, 011922 (7pages) 2009.

Kuniharu Kishida, Classification of Activities Related to 5Hz Periodical Median Nerve Stimuli by using the Temporal Decorrelation Method of BSS, in Biomagnetism – Interdisciplinary Research and Exploration edited by R. Kakigi, K Yokosawa and S. Kuriki Sapporo, Hokkaido University Press, 査読有、pp.124-126, (2008).

[学会発表](計6件)

金野秀敏、神戸克仁、岸田邦治、飛松省三、ベイズ季節変動調整法で前処理した光駆動脳波の独立成分解析、医用診断のための応用統計数理の新展開研究集会、2009年12月3日、統計数理研究所

岸田邦治, 2 Hz 周期的正中神経刺激における脳磁場活動とそのブラインド源分離, 医学・工学における逆問題とその周辺研究会、2009年11月28日、統計数理研究所

岸田邦治, 5 Hz の周期的正中神経刺激における第一次体性感覚野間の動的活動、第24回日本生体磁気学会、2009年5月28日、金沢市文化ホール

岸田邦治, 脳磁図の統計的数理とシステム同定、逆問題とその応用研究会、2008年10月24日、統計数理研究所

岸田邦治, 5 Hz の周期的正中神経刺激における脳磁場活動とBSS信号処理、2008年6月12日、第23回日本生体磁気学会

岸田邦治, 正中神経繰り返し刺激による脳磁場応答とブラインド同定、21世紀の診断工学とその周辺研究会、2007年9月27日、統計数理研究所

[図書](計0件)

[産業財産権]  
出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等  
<http://www.ksd.info.gifu-u.ac.jp>

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

岸田 邦治 (KISHIDA KUNIHARU)  
岐阜大学・工学部・教授  
研究者番号：90115402

(2)研究分担者  
( )

研究者番号：

(3)連携研究者  
( )

研究者番号：