

氏名(本籍)	さか 阪	た 田	おさむ 治(埼玉県)
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第2617号		
学位授与年月日	平成13年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	工学研究科		
学位論文題目	多次元時系列の因果性解析とその脳波解析への応用に関する研究		
主査	筑波大学教授	工学博士	板橋 秀一
副査	筑波大学教授	工学博士	斎藤 恒雄
副査	筑波大学教授	工学博士	北脇 信彦
副査	筑波大学教授	工学博士	平井 有三
副査	筑波大学助教授	工学博士	椎名 毅

## 論文の内容の要旨

自然界には様々な物体・現象が様々な媒体を介して同時に多数の時系列を発生させている場合も少なくない。加えて、それら同時に発生した多チャンネル時系列(本論文では多次元時系列と呼ぶ)は、一般に、互いに何らかの相関をもっていることが多い。特に、互いに時間空間的な相関関係をもつ多次元時系列については、一方の時系列が原因で他方の時系列が結果であるという因果関係を調べる事が重要な場合が多い。

脳波の分析法としてよく行われている手法はFFTによる周波数分析や主成分分析、頭皮上電位分布解析などであり、脳波という時系列に対して前述の因果性解析は研究面・臨床面ともにあまり多くは行われてこなかった。本論文では、自然界から観測される多次元時系列間の因果性、すなわち時間空間的相関関係を探るための手法として、多次元有向コヒーレンス解析法と多次元有向情報量解析法を提案し、その脳波解析への応用を試みた。

2つの時系列の因果関係を解析する手法として、有向コヒーレンス法や有向情報量解析法がある。有向コヒーレンスは周波数の関数として表されるので、 $\alpha$ 波のような特定周波数帯域をもつ脳波の頭皮上の異なる部位間の因果関係を調べるのに適している。これに対し、有向情報量解析は時系列間の情報の流れ解析において伝搬遅延など波形全体としての関係を調べるのに適している。しかし、これらは2系列間のみの関係を調べるものであり、脳波データのように頭皮上に配置した多数の電極より得られる多次元時系列に適用しても因果関係を的確に評価できない問題点があった。そこで、得られた多次元時系列すべてを同時に考慮して因果関係を調べる必要から、多次元有向コヒーレンス解析法と多次元有向情報量解析法を提案した。

本論文では、まず多次元有向コヒーレンス解析法と多次元有向情報量解析法の各々の原理について示した。また、模擬時系列を用いたシミュレーションによって有効性を確かめ、さらに実脳波の解析に応用した。脳波データは、健常者と脳器質傷害をもつ患者のものを用いた。従来、健常者の脳波は周波数、振幅、位相の点で左右対称性が良いと言われているが、情報の流れの解析結果では、左右対称性が良いのは前後間の流れにおいてであり、左右半球間の流れは対称性が明確ではないことなどが示された。一方、患者の脳波データからは明らかに器質傷害が原因と思われる非対称性が現れ、傷害部位との対応関係も把握できた。

今後、臨床での応用を目指して、生理学的知見を入れながら、多くの患者データの解析が必要と思われる。また、多次元有向情報量解析においては、前処理として情報の流れに関係している信号源数の推定が必要であり、こ

の解析次数推定が課題である。

### 審 査 の 結 果 の 要 旨

自然界から観測される多次元時系列間の時空間的相関関係（因果性）を解析する多次元有向コヒーレンス解析法と多次元有向情報量解析法を提案し、脳波解析への応用を示した点に新規性が認められる。多次元有向情報量解析における解析次数推定など、今後取り組むべき課題を残しているが、モデル信号解析により、従来の手法では困難であった複雑な時空間的相関関係の同定が可能となることを示し、また、脳波解析では脳器質障害の状態の把握や部位検出の可能性を示唆したものとして評価できる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。