

氏名 村松 歩  
学位の種類 博士（応用情報科学）  
学位記番号 論博情第 7号  
学位授与年月日 令和 4年 3月 24日  
学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当（論文博士）  
論文題目 複雑系理論に基づく脳内情報処理過程抽出に関する研究

論文審査委員 (主査) 教授 水野 (松本) 由子  
(副査) 教授 竹村 匡正  
(副査) 教授 原口 亮

## 学位論文の要旨

脳・神経系は複雑な系であることが言われており、近年では実験・解析技術の進歩によって脳神経系と複雑系理論との融合が進められている。ヒトは外部刺激を受けることで脳神経を通じて感覚や感性を伴い、安静や不安といった情動的な活動を行っている。ヒトの内部的な活動である脳神経活動を調べることに、これまで様々な研究が行われている。脳活動は脳波計を用いて、脳の電気信号を簡易かつ非侵襲的に得ることができ、その脳波を調べることで、脳神経活動を調べることができる。

近年では、スマートフォンの普及率が急速に高まっている一方で、スマートフォンの利用時間が長い人は、心身への悪影響が発生するといった問題が懸念されている。このことから、スマートフォンから受ける刺激は生体の情動的な反応として心身に影響を及ぼしており、悪影響となった場合には精神的ストレス負荷がかかり、メンタルヘルスの不調等を引き起こすと推測される。また、精神的ストレス負荷が過度にかかることで、精神疾患が引き起こされると言われている。

本論文ではヒトの脳波について、信号処理に関する複雑系理論に基づき、その特徴を定量的に調べ、ストレス時及び精神疾患時における脳内情報処理過程のメカニズム解明を目的として行った研究について記した。

第1章では、研究背景と目的について記述している。

第2章では、脳波において相互相関解析により求められるコヒーレンス値とタイムラグに着目し、被験者をストレス群と非ストレス群の2群に分類し、スマートフォンを介して受ける情動刺激における脳内情報処理過程を調べた研究成果について記述している。この研究の結果、非ストレス群は安静、快刺激が与えられた場合、前頭極から頭頂部方向へ伝

播が行われているが、不快、快文章、不快文章刺激が与えられた場合、伝播が遅くなっていることが明らかになった。一方ストレス群では、すべてのセッションで前頭極から頭頂部方向への伝播がされていることが明らかになった。

第3章では、前章で得られたコヒーレンスの知見より、脳波のコヒーレンス値を用いた脳内ネットワークに着目し、無向ネットワーク解析により脳内の情報処理を調べた研究成果について記述している。この研究の結果、非ストレス群では、ポジティブな情動刺激を受けたときは脳内での頻繁な情報のやり取りは行われておらず、ネガティブな刺激を受けたときには脳の全体を使って情報処理を行っていることが明らかとなった。また、ストレス群は非ストレス群と比べてポジティブな刺激でもネガティブな刺激でも脳内のネットワーク効率は同様であることが明らかとなった。

第4章では、前章までで得た知見を発展させ、統合失調症の患者と健常者を対象とした脳波の相互相関解析から得られる値を用いて、脳内ネットワークを定義し、統合失調症患者の脳内ネットワークと健常者の脳内ネットワークを比較することで、それぞれの脳内の情報処理を調べた研究成果について記述している。この研究の結果、統合失調症患者の脳波の部位間ネットワークは健常成人と比べて、部位間ネットワークの距離が長く、部位間での局所的な結合が少ない可能性が明らかとなった。

第5章では、これまでの研究で得られた主要な知見に基づき本論文の総括をまとめた。これらの一連の研究から得られた知見は、ヒトのストレス状態における脳内情報処理過程、統合失調症患者の脳内情報処理過程の特徴を、複雑系理論に基づいて捉えることが出来た点である。特に、相互相関解析により得られる値は脳内ネットワークとする指標として有用性を示すことが出来たことは本論文の成果である。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、ヒトの脳波について、信号処理に関する複雑系理論に基づき、その特徴を定量的に調べ、ストレス時及び精神疾患時における脳内情報処理過程のメカニズム解明を目的として行った研究について記したものである。博士論文は次の章より構成されている。

第1章では、研究背景と目的について記述している。

第2章では、脳波における相互相関解析により求められるコヒーレンス値とタイムラグに着目し、被験者をストレス群と非ストレス群の2群に分類し、スマートフォンを介して受ける情動刺激における脳内情報処理過程を調べた研究成果について記述している。この研究の結果では、非ストレス群は安静、快刺激が与えられた場合、前頭極から頭頂

部方向へ伝播が行われているが、不快、快文章、不快文章刺激が与えられた場合、伝播が遅くなっていることが明らかになった。

第3章では、前章で得られたコヒーレンスの知見より、脳波のコヒーレンス値を用いた脳内ネットワークに着目し、無向ネットワーク解析から脳内ネットワークを観点として、脳内情報処理過程を調べた研究成果について記述している。この研究の結果では、非ストレス群では、ポジティブな情動刺激を受けたときは脳内での頻繁な情報のやり取りは行われておらず、ネガティブな刺激を受けたときには脳の全体を使って情報処理を行っていることが明らかとなった。

第4章では、前章までで得た知見を発展させ、統合失調症の患者と健常者を対象とした脳波の相互相関解析から得られる値を用いて、脳内ネットワークを定義し、統合失調症患者の脳内ネットワークと健常者の脳内ネットワークを比較することで、それぞれの脳内情報処理過程を調べた研究成果について記述している。この研究の結果では、統合失調症患者の脳波の部位間ネットワークは健常成人と比べて、部位間ネットワークの距離が長く、部位間での局所的な結合が少ない可能性が明らかとなった。

第5章では、これまでの研究で得られた主要な知見に基づき本論文の総括をまとめた。

本博士論文より得られた一連の研究から得られた知見は、我々の身近なストレス状態における脳内情報処理過程、統合失調症患者の脳内情報処理過程の特徴を、複雑系理論に基づいて捉えることができた点である。特に、相互相関解析により得られる値は脳内ネットワークとする指標として有用性を示すことができたことは本論文の成果である。

以上を総合した結果、本審査委員会では、本論文が「博士（応用情報科学）」の学位授与に値する論文であると全員一致により判定した。