

論文審査の結果の要旨

氏名 成瀬 康

本論文は5章から構成される。

第1章は序論として、本論文の背景と目的を説明している。脳には自発活動と誘発反応の2つの活動があり、その2つの活動を非侵襲的に計測するためには Magnetoencephalography (MEG) もしくは Electroencephalography (EEG) が優れていることを説明している。そして、MEG, EEG にて計測される、外部刺激により引き起こされた事象関連電位が誘発反応を反映していると考えられる仮説 (Evoked model) と外部刺激によりリセットされた自発活動を反映していると考えられる仮説 (Phase resetting model) があり、phase resetting model を支持する条件である、自発活動が刺激によりリセットされるか否かにおいて議論がなされていることを概観している。これらを踏まえて、自発活動の中で α 波に注目し、1) α 波が刺激によりリセットされるか及びそのリセットの原因を調べる、2) α 波のリセットが MEG, EEG で検出出来る条件を明らかにする、3) α 波のリセットの機能的意味を明らかにする、という本研究の目的を導いている。

第2章では、実験的に、 α 波が刺激によりリセットされること、そして誘発反応がそのリセットを引き起こしていることを示している。事象関連電位の長潜時成分に alpha ringing という α 波周波数帯域の成分が存在している。本研究では刺激提示前の α 波から alpha ringing へのシームレスさに従って事象関連電位の短潜時成分である P100 成分が変化することを明らかにしている。このことは、alpha ringing が刺激によってリセットされた α 波の表れである、つまり alpha ringing が phase resetting model に基づいていることを意味している。更に、P100 成分が evoked model に基づいた誘発反応である可能性が高いことを指摘し、P100 成分の大きさが α 波のリセット量に従って変化することから、誘発反応が α 波のリセットの原因であると考察している。

第3章では、モデル的手法を用いることにより、MEG, EEG で α 波のリセットが検出出来る条件を示している。既存の α 波のモデルは、 α 波ジェネレータを1つとして構築されていた。しかし、実際には、 α 波ジェネレータは複数あることが知られている。そこで、9つのジェネレータが二次元的に配置され、隣り合うジェネレータ同士が相互作用するというモデルを構築し、MEG, EEG で α 波のリセットが検出出来る条件について考察している。構築したモデルのシミュレーション結果から、MEG, EEG で α 波のリセットを検出するためには刺激のサイズが十分大きい必要があることを明らかにしている。 α 波がリセットされないと主張した先行研究の刺激のサイズは小さく、 α 波がリセットされると主張した第2章における刺激のサイズは大きいことから、これまでの実験結果を統一的に説明出来る結果である。

第4章では、実験的手法とモデル的手法を組み合わせることで α 波のリセットの機能的意味を明らかにしている。まず、 α 波の位相が反応時間に与える影響を実験的に調べ、

弱い刺激時において影響が強くなることを明らかにしている。この結果は、leaky integrator model でよく説明できることを確認し、leaky integrator model を用いることで α 波のリセットが弱い刺激に対する処理を早めることを示している。

第 5 章では、総合的な議論を行い、結論を述べている。実験的手法、モデル的手法を相補的に組み合わせることにより、1) 刺激により誘発された誘発反応により α 波はリセットされ、2) α 波が MEG, EEG にて検出可能か否かは刺激のサイズに依存し、3) α 波の機能的役割は弱い刺激に対する処理を速めることであるという結論を導いている。

以上のように、本論文は、MEG/EEG で計測される自発活動・誘発活動の関係を位相リセットの観点から論じ、その検証を実験・理論・シミュレーションを組み合わせた手法によって行っており、複雑理工学上貢献するところが大きい。なお、本論文の第 2, 3, 4 章は、眞溪歩、早川友恵、藤巻則夫との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析及び検討を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。