

(様式 4)

別紙 2

## 論文審査の結果の要旨

学位申請者 横山 寛

本論文は、「実験的・数理的アプローチに基づくヒト運動メカニズムに関する研究」と題し、異なる 2 つの研究アプローチからヒトの運動メカニズムについて考察したものである。

序論では、ヒトの運動制御メカニズムに関する脳科学研究の知見を整理し、実験計測に基づく生理学的な研究と数理モデルを用いた計算論的な研究、2 つの異なる研究アプローチが存在することについて言及し、本論文の主題についてまとめた。

2 章では、脳波に反映される運動切り替えのメカニズムについて、生理学的な観点から考察した。同章では、脳波の位相ダイナミクスに脳内の大域的なネットワークと様々なメカニズムが反映されていると仮定し、位相同期現象に着目した機械学習をベースとする新たな脳内ネットワーク解析手法を提案した。提案手法をもとに計測した脳波信号を解析した結果、 $\alpha$  帯域における右側頭頂部の同期が運動切り替えにおいて重要な役割を果たしている可能性を示唆した。

3 章では、数理モデルに基づく仮説を背景に、ヒトの腕運動制御における等時性現象の関係について議論した。ヒトは、形状が類似する 2 つの曲線軌道を連続して描くとき、運動距離に関わらずそれぞれの軌道の運動時間が等しくなるような運動制御を行う（等時性現象）とされている。同章では、ヒト腕運動計画に関する既存の数理モデルより導かれる仮説を背景に、等時性現象が、最適化規範に基づく運動制御の結果として観測される副次的現象であることを示唆した。

4 章では、2 章および 3 章の研究成果を踏まえ、ヒト運動メカニズムに関する発展的な議論と考察がなされている。脳波に関しては、2 章にて明らかとなった運動切り替えにおける特徴的な位相同期現象のメカニズムを位相振動子モデルと関連付けて数理的に考察している。また、腕運動中の筋活動と関節トルクの間関係を基に 3 章にて明らかとなった腕運動メカニズムについて、生理学的な観点からの議論も行った。

5 章では、2～4 章の研究成果を踏まえた包括的な議論を行い、生理学的なデータに基づくメカニズムの解釈と計算論に基づく脳活動の定量的理解、その両方の観点からの包括的な議論が今後の応用脳科学の発展において非常に重要であると述べた。

よって、本論文は工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

審査委員主査 和田 安弘 印

