

(様式4)

別紙2

## 論文審査の結果の要旨

学位申請者 武田 美咲

本論文は、「ヒト上肢到達運動の速度と精度のトレード・オフに関する計算論的研究」と題し、ヒト上肢到達運動の速度と精度のトレード・オフに主眼を置き、運動時間計画の計算論モデルの構築に向けた研究成果についてまとめている。

第1章では、ヒト脳の計算論的研究の重要性について述べ、ヒト腕運動制御における運動時間計画の計算論モデルに関する研究背景および問題点について述べている。

第2章では、ヒト運動指令依存ノイズを前提とした腕ダイナミクスモデルに基づき運動時間から手先終端誤差を予測する理論的なモデルを導出している。モデルの終端誤差は運動時間に対して反比例の形で表され、定性的には Fitts' law を支持するモデルである。運動時間に対するモデルにより予測された終端誤差と実際のヒトの終端誤差を比較し、モデルは計測値と良く一致することを示した。また、モデルは実際のヒトの運動においてみられる速度と精度のトレード・オフを表し、運動方向によってばらつきの大きさが異なるというヒトの運動特性も再現した。さらに、提案モデルは理論的に導出されたため回帰モデルではないにも関わらず、全運動時間にわたって Fitts' law と同程度の推定を行えた。これらのことから、提案モデルは Fitts' law を定量的にも支持し、ヒト脳が運動時間を計画する計算理論の可能性を示唆している。

第3章では、従来の軌道計画モデルである順逆緩和型神経回路網モデル (FIRM) を展開し、第一の研究で得られた結果を用いて、運動指令の滑らかさと終端での許容誤差を考慮した運動時間計画を組み込んだ軌道計画モデルを提案している。提案モデルは、行動実験により取得した実際のヒトの運動においてみられる速度と精度のトレード・オフを良く再現した。モデルの運動時間の平均値と計測した運動時間の平均値の間の平均絶対誤差を算出し、モデルの運動時間は実際のヒトの運動時間に対して良く一致することを示した。提案したモデルにより計画した運動時間で FIRM により生成した手先軌道は、実際の軌道を良く再現した。以上のことから、提案モデルにより推定した運動時間、軌道および速度波形は行動実験の結果を良く予測し、本モデルはヒト脳の運動時間の計算アルゴリズムの可能性を示唆している。

第4章では、本研究の成果を総括し、ヒト脳の情報処理のうち、特にヒト腕運動制御の運動時間計画メカニズムを解明するために重要であるという新たな知見が示されている。

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