

審査の結果の要旨

氏名 田中 真一

顕微鏡下微細手術は、手術顕微鏡を用いて非常に小さな臓器を対象とした手術であることから、生理的な振戦等の影響より手技では困難であることが多い。近年では手術支援ロボットを用いて振戦の少ない微細な動作を実現するシステムの開発が行われているものの、術具操作自体は医師の経験・身体的能力に依存していることから、これらによらず安定して良好な手術結果が得られるシステムの構築が求められている。

本論文では、顕微鏡下微細手術のタスクの中でも熟練を要する微細血管の吻合動作を対象として、上記の課題を解決するためのタスクに応じた制御手法を切り替える自律的な支援システムの必要性を議論し、その構築に必要な工学的技術課題の解決法が示されている。具体的には、まず、環境認識技術の基盤技術となる顕微鏡映像をもとにした術具の認識技術を提案し、実験を通して術具の位置・姿勢が推定可能であることを示した。次に、吻合動作を構成しているタスクを手術支援ロボットの動作情報をもとに自動的に認識する手法を提案し、タスクを適切に自動認識可能であることを練習用人工血管に対する吻合動作による実験により確認した。最後に、吻合動作の中でも特に血管に対する負荷の大きい運針タスクにおいて、血管に作用する負荷を抑制するように手術支援ロボットの動作を自動的に調整する手法を提案した。この手法は、シミュレータを用いた実験により、支援の効果が統計的に有意であることを確認している。

論文は7章から構成されている。第1章は序論、第2章は自律的な支援システムに関する考察を述べている。第3章では術具の認識、第4章では吻合動作のタスク認識、第5章では運針動作に対する動作ガイダンスの提案および評価実験について記述している。第6章は総合的考察および今後の展望を述べ、第7章では結論を述べている。

本論文では、従来の手術支援ロボットを用いた顕微鏡下微細手術における課題を抽出し、その課題を解決する自律的な支援システムを構築するために必要な環境認識技術および制御技術を提案・実装し、その評価を行っており、工業的および学術的に意義が高いと判断できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。