

審査の結果の要旨

氏名 長 隆之

近年ロボット手術の普及が進んでいるが、ロボットに求められる基本的な機能は、人間の操作者による動作をロボットシステムが精密に追従することである。ロボット手術システムはさらなる安全性と効率の向上を求められており、ロボットシステムの特性を活かして、自律的な動作による術者の支援が期待されている。しかし、その実現にはロボット手術において、ロボットシステムが自律的に安全を保証する機構、自律的に動作を実行するための機構を開発することが重要である。

本論文の主な目的は、ロボット手術システムにおける安全性を保証するための手法の開発と、自律的な動作を可能にする軌道計画法、および制御法の開発にある。まず、安全性を保証するための手法として、物体に損傷を与えないように接触力が一定以下の範囲でのみ動作する制御系を構築している。また、状況を認識する系を構築し、許容される接触力の上限を状況に合わせて自律的に切り換えるシステムを構築している。次に、自律動作を実現するため、実時間で軌道計画を実現する手法を開発している。また、この軌道計画法を拡張し、空間的な動作と接触力を同時に学習、制御することで自律的な動作を実行するシステムを構築している。これらの機能は、実験を通して評価されている。

論文は8章で構成されている。第1章は序論、第2章は開発する手法のコンセプトについて述べている。安全性を保証するために開発した要素技術として、第3章で接触力を一定以下に自律的に制限する制御法、第4章では状況認識を利用し、状況に応じて許容する接触力の上限を切り換えるシステムについて述べている。また、自律的に動作を実行するためのシステムとして、第5章では条件に応じて実時間で軌道を計画する手法、第6章は安全性を保証するための力制御および力のトラッキング制御を組み込んだ自律動作システムについて述べている。第7章は総合的考察と今後の展望、第8章は結論である。

本論文においては、主に結紮動作を対象として、自律的な動作の実行に取り組んでいる。本論文では、従来難しいとされていた実時間での軌道の計画、およびロバストな力制御を人間の操作者によるデモンストレーションから学習する新たな手法を提案することで実現しており、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。