

## 論文の内容の要旨

論文題目 テレイグジスタンスロボットののためのマスタ・スレーブアームの機構と制御の研究

氏名 多田隈 理一郎

(本文)

どこか行きたい場所があるが、その場に行くことが困難であるという状況に遭遇することは誰もが経験するであろう。実際に品物を触りながら買い物をしたり、怪我や病気を患っている人が遠くの国へ旅行をしたり、災害地など進入困難な環境下で作業をしたりなど、遠隔地の環境を実際に感じながら、同時に何らかの作業をすることを可能とする技術は古くから望まれてきた。

このような状況に対して、テレイグジスタンスという概念が存在する。テレイグジスタンスとは、あたかも遠隔地に実際に存在しているかのような高い臨場感を持ちながら、その遠隔地にいるロボットを操縦することである。テレイグジスタンスを実現する一つの手法として、コックピット内の操作者が、遠隔地のロボットを臨場感を持って操作するというマスタ・スレーブシステムが多く研究されている。オペレータの直感的な操作が可能という利点、さらにオペレータの感覚受容部と等価な位置にセンサを取り付けることができ、オペレータへ感覚提示するための元情報を直接取得できるという利点から、オペレータによって操作されるスレーブロボットを人間に近い機構にするのが一般的に有効であると考えられている。このように様々な感覚情報をマスタアーム側へ伝送し、その情報をオペレータへ提示することで、スレーブロボットの周辺と等価な環境を作り出すことができ、その結果、高い臨場感を得ることが可能となる。人間が得ることができる情報は3次元視覚情報、聴覚情報、体性感覚、体感温度など数多く挙げられるが、本論文は、この中でも作業時における操作感覚、特に「力情報」と「操作性」に注目したものである。

テレイグジスタンスを実現するために、1989年にTELESAR (TELE-existence Surrogate Anthropomorphic Robot) が開発された。TELESARは、パッシブな7自由度マスタアームを有し、順運動学によって導かれた位置姿勢情報をスレーブアームに伝送するのみのシステムであった。このようにスレーブアームの力情報がオペレータへ提示されないマスタ・スレーブ制御方式をユニラテラル制御と呼んでいる。ユニラテラル制御ではマスタアーム側に力センサを設けなくて済むので制御系がシンプルで済み、システムが比較的安定であるなどのメリットがある。しかし力覚が提示されないので、臨場感が低減してしまうといったデメリットも存在する。それに対し、スレーブアームの力情報をマスタアームで再現する方式をバイラテラル制御と呼んでいる。より理想に近いテレイグジスタンスを目指すのであれば力情報のフィードバックは必要不可欠であり、さらに近年の計算機能力など基礎技

術の向上により、制御系に大きな負担が許されるようになっている。そこで我々はアクティブなマスタアームを有しバイラテラル制御を可能とするTELESAR IIを新たに開発することにした。

人間に代わる作業用ロボットとしてのみならず、身体運動表現も行うことができる相互トレイグジスタンスロボット、TELESAR IIを実現するためには、オペレータの自由な運動を拘束することなく姿勢情報を読み取ると同時に、操作に有用な力情報を操縦者に正確に提示する機構が必要である。そこで7自由度を有する人間型スレーブアームと、6自由度構造、外骨格型を有するマスタアームを開発した。

またマスタ・スレーブ制御においても、正確な力提示と共にオペレータの負担軽減、作業の安定性が必要とされる。これらの条件を満足するために、従来のバイラテラル制御法に代わるインピーダンス制御型バイラテラル制御を提案した。さらに、従来の制御手法とインピーダンス制御型とを比較する実験を行い、その有効性を確認し、今回開発したマスタアームとインピーダンス制御型バイラテラル制御が、相互トレイグジスタンスロボットの操作系として有効であることを立証した。