

氏名(本籍)	城 間 直 司 (沖 縄 県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	博 甲 第 2,110 号
学位授与年月日	平 成 11 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	非駆動関節を有する剛体リンク系の制御に関する研究
主 査	筑波大学併任教授 工学博士 谷 江 和 雄 (工業技術院機械技術研究所)
副 査	筑波大学教授 工学博士 太 田 道 男
副 査	筑波大学併任教授 工学博士 小 鍛 冶 繁 (工業技術院機械技術研究所)
副 査	筑波大学教授 工学博士 青 島 伸 治
副 査	筑波大学教授 工学博士 油 田 信 一

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

ロボットマニピュレータなどでは通常、各関節にそれぞれ最低1つのアクチュエータが存在し、その駆動力によってさまざまな作業を行っている。しかし、非ホロノミックな拘束条件を用いると、例えばリンク系で構成されるロボットマニピュレータの一般化座標数に対応する数のアクチュエータを備えていなくても、マニピュレータの位置・姿勢を制御できる可能である。こうしたロボットマニピュレータの具体例は、一部非駆動（アクチュエータのない）関節を持つシステムに見られる。

本論文では、こうしたいわゆる非駆動関節を含むロボットマニピュレータの非ホロノミックな拘束を利用する制御法を検討した。

まずはじめに、2つの駆動関節とその先に一つの非駆動関節を持つ平面3自由度マニピュレータに注目し、その制御法として、非駆動関節部に、その関節中心と非駆動関節部先端のリンク（以下、非駆動リンク）の重心とを結ぶ線上に並進力を作用させることにより、非駆動リンクを並進移動させる並進動作と、非駆動関節に加わる並進力で非駆動リンクの撃心周りに非駆動リンクを回転させる回転動作の組み合わせで、リンク姿勢を任意の状態に制御することを提案、また、そのロボастな制御を実現するための仮想重力生成原理に基づくフィードバック制御法を明らかにし、実験によりその有効性を確認した。

さらに、上記のアイデアを、 $n$ 自由度平面リンクに拡張することを考え、2つの駆動関節、 $n-2$ 非駆動関節を有する $n$ 自由度リンクの制御性について検討した。そして、上記同様、並進、回転動作によりリンク姿勢の制御が可能であることを示した。

最後に、非駆動関節を含むマニピュレータのより実用的な環境での使用を想定し、その構造が既知の障害物のある空間で、障害物を回避しつつ、マニピュレータ姿勢を目標姿勢に制御する問題を取り上げ、その有効な運動計画法を示した。この方法は、基本的には、上記の並進動作、回転動作をオフラインで微量量づつ探索的に実行し、障害物と接触しない軌道を見つけ、軌道が計画された後に時間軸伸縮操作を行って実際のマニピュレータの指令軌道とするものである。方式そのものは、 $n$ 自由度系に適用可能であるが、本論文では、3自由度平面マニピュレータを用いた実験においてその有効性を確認した。

以上のごとく、本論文では、非駆動関節を持つロボットマニピュレータの非ホロノミック拘束を利用した制御

法の基礎的問題を論じ、今後のこの分野の発展に有用な成果を得ている。

### 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、非駆動関節をもつリンク系の非ホロノミック拘束を利用した制御について論じた。特に、3自由度系のフィードバック制御法の提案はこの手法の実用性を追求する上で、有用な成果である。また、 $n$ 自由度系についても、その制御可能性を明らかにしたことは重要な成果である。そのフィードバック制御については、具体的な手法は取り扱われていないが今後の展開が期待される。また、障害物回避問題は、ユニークな取り組みであり、この種の手法の実用化に有益な成果である。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。