OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	薄板状物体のマニピュレーション方策導出支援に関する研究
Author(s)	若松, 栄史
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3184387
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏名	若松栄史（わかまつひでふみ）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 15856 号
学位授与年月日	平成13年1月29日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	薄板状物体のマニピュレーション方策導出支援に関する研究
論文審査委員	（主査） 教授 荒井 栄司 （副査） 教授 仲田 周次　教授 座古 勝　助教授 白瀬 敬一

論文内容の要旨

本論文は、柔軟物体として薄板状物体を例にとり、二次元空間におけるその一般的なマニピュレーション計画の導出を計算機により支援するための手法について提案しており、全7章で構成されている。

第1章では、研究の背景と目的、本論文の構成について述べている。

第2章では、薄板状物体のマニピュレーション過程の定性的な表現手法を提案している。まず、薄板状物体と環境との接触状態を定性的に分類し、得られた各接触状態間の遷移について考察している。これにより、薄板状物体のマニピュレーション過程を接触状態とその遷移によって表している。次に、遷移を生じさせるためにハンドを接触させる必要のある箇所を定義し、この接触箇所に着目した各遷移経路の評価を行っている。

第3章では、薄板状物体の静的変形形状について解析している。マニピュレーション作業において、物体にはハンド等により幾何学的あるいは力学的制約が加えられる。また、他の物体との接触により、非ホロノミックな制約も加えられる。そこで、これらを考慮できる変形形状の計算手法を提案し、形状の計測実験によりその手法の妥当性を確認している。

第4章では、第3章で提案した手法を応用することにより、マニピュレーション軌道の導出手法を提案している。まず、初期状態から目標状態へと薄板状物体の形状が変化する場合の形状の移り変わり方を変形経路と定義している。次に、適切な変形経路を求める手法を提案し、得られた変形経路を生じるような制約条件の移り変わりを適切なマニピュレーション軌道として導出している。

第5章では、柔軟物体の把持について解析を行い、把持の安定性について考察している。剛体の把持におけるforce closureの考え方を拡張したbounded force closureという概念を導入し、柔軟物体の把持における安定性の評価指標を提案している。これに基づき、薄板状物体の把持における安定性を数値的に評価している。

第6章では、各章で提案した手法を統合し、具体的なマニピュレーション方策の導出方法について考察している。

第7章では、各章で得られた結論を総括するとともに今後の課題と展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

マニピュレーションの研究は、従来、硬く変形しにくい物体を主たる対象としてきたが、生産現場には柔らかく変形しやすい物体を扱う作業も多く、機械システムによるこのような作業の自動化が望まれている。本論文では、柔軟物体として紙や板金のような薄板状物体を例にとり、その一般的なマニピュレーション方策の導出に対する系統的な手法を提案し、計算機による方策導出支援を行っている。その成果を要約すると以下の通りである。

(a) 二次元における薄板状物体の接触状態を有限個のパターンに分類し、マニピュレーション過程が接触状態をノードとするネットワークによって表現できることを示している。これをもとに、作業目標が与えられた時、計算機により条件を満たす接触状態遷移経路を自動生成できることを示している。更に、遷移可能接触領域を定義することにより、得られた接触状態遷移経路に対して薄板状物体のどこにハンドを接触させれば、そのような遷移を生じるマニピュレーションが可能なのかを導くことができることを示している。

(b) 薄板状物体の変形形状導出手法を提案し、この手法が、周囲の障害物と機械的に接触している薄板状物体の変形形状を計算する能力を持っていることを示している。また、紙の変形形状を測定し、その計測結果と計算値とを比較することにより、提案した手法が、薄板状物体の変形形状を推定するのに十分な精度を持っていることを示している。

(c) 上述の手法をもとに、マニピュレーション軌道の導出手法を提案している。初期状態から目標状態へと薄板状物体の形状が変化する場合、物体のポテンシャルエネルギーの最大値が最小となる形状の推移を適切な変形状態、そのような変形状態を生じる制約条件の推移を適切なマニピュレーション軌道として、実際に軌道を導出している。

(d) 従来の force closure の考え方を拡張した bounded force closure という概念を導入し、柔軟物体の把持における安定性の評価指標を提案している。この指標を用いて、薄板状物体の把持の安定性を複数の把持方法について評価し、物体に加えられる把持力が大きいほど、また、物体とハンドとの摩擦係数が大きいほど安定に把持できることを数値的に示している。

(e) 上述の手法を統合したマニピュレーション方策の導出方法を提案している。まず、与えられた作業目標から、マニピュレーション過程の表現手法に基づいて接触状態遷移経路を生成し、次に、得られた経路について実際の変形形状を求めることでそれぞれの経路に対する適切な接触位置を定量的に決定し、最後に、bounded force closure の考え方に基づいて遷移経路の評価を行い、適切な状態遷移経路を導出している。

以上のように、本論文は、薄板状物体を対象として、一般的なマニピュレーション方策の導出手法を提案したものである。従来提案されてきた柔軟物体のマニピュレーション方策導出手法は、作業や対象物が非常に限定されているため、本論文で提案するような、作業や対象物に依存しない統一的なマニピュレーション方策の導出手法は、今後の柔軟物体のマニピュレーション作業の自動化、引いては人間との親和性の高いロボットの開発において極めて有用であると考える。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。