

Title	超多自由度マニピュレータの力制御: マニピュレータ全体のインピーダンス制御
Author(s)	古長谷, 徹
Citation	
Issue Date	1999-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1241
Rights	
Description	Supervisor: 藤田 政之, 情報科学研究科, 修士

超多自由度マニピュレータの力制御： マニピュレータ全体のインピーダンス制御

古長谷 徹

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1999 年 2 月 15 日

キーワード： 超多自由度マニピュレータ, インピーダンス制御, 曲線パラメータ推定, 逆動力学.

要旨

超多自由度マニピュレータは、従来のマニピュレータに比べ非常に多くの自由度を持つマニピュレータである。豊富な自由度を持つため、マニピュレータ全体で巻きつくことで、さまざまな大きさや形状の物体を器用に扱うなど高度な能力を有する。

本研究では、マニピュレータに期待される複雑で高度な作業を達成させるための 1 つの提案として、先に挙げた豊富な能力を有する超多自由度マニピュレータにおける、マニピュレータ全体での物体操作に着目した。マニピュレータ全体での器用な物体操作を行なうには、マニピュレータ全体で物体把持が求められる。物体把持は物体に対して力を与えることであり、マニピュレータ全体での物体把持には、マニピュレータ全体で物体に力を与える必要がある。そこで、本研究の具体的な目標は、超多自由度マニピュレータ全体で物体把持を行なうためのマニピュレータ全体での力制御に関する提案である。

全体での力制御のためには、2 つの制御が必要である。1 つは、全体で物体に力を加える制御、もう 1 つはマニピュレータ全体を物体の形状に合わせる制御である。従来の力制御の手法にインピーダンス制御がある。インピーダンス制御は、マニピュレータと物体の接触点の間でのインピーダンス（慣性・剛性・減衰特性）を設定することで力制御を達成する手法である。従来のインピーダンス制御では、インピーダンスをマニピュレータの手先で設定し、手先の力制御を達成している。また、全体を物体の形状に合わせる制御は、マニピュレータの形状の目標を空間曲線で与える形状制御と呼ばれる制御法が超多自由度マニピュレータですでに提案されている。そこで、本研究では、全体で物体に力を加える制御としてインピーダンス制御を用い、全体を物体の形状に合わせる制御として形状制御を用い、この 2 つの制御を拡張することでマニピュレータ全体での力制御を考える。

まず、手先で設定されていたインピーダンスをマニピュレータの全ての関節で設定した。インピーダンスは、各関節で独立に設定することができるが、設定する位置はマニピュレータの運動学的拘束により制約される。この制約は、形状制御で用いられているパラメトリックな目標空間曲線を用いることで解決した。

次に、全ての関節で設定したインピーダンスを形状制御に用いることで、全体のインピーダンス制御則を提案した。このとき、扱いやすい制御則の導出、制御則の計算量の軽減のために、形状制御で用いられていた曲線パラメータ推定を導入した。この曲線パラメータ推定をインピーダンスの設定に利用することで、提案した制御則は、従来のインピーダンス制御則と同様な形式になる。これにより、従来の手先のインピーダンス制御則の拡張である全体のインピーダンス制御則を提案できた。

また、得られた制御則の再帰的な表現を導出した。再帰的な表現は、多くの自由度を持つマニピュレータの実際の制御を行なう上では、計算の便宜上必要不可欠である。このとき、形状制御の曲線パラメータ推定則を用いることで、再帰表現の計算量を軽減することができた。これは、曲線パラメータを含む、超多自由度マニピュレータ特有の形状ヤコビアンが下三角ブロック行列に変換できることに起因する。

また、得られた制御則と従来のインピーダンス制御則、形状制御則の定性的な比較を行なった。得られた制御則は、インピーダンスを適当に選ぶことにより、カフィードバックを用いずに目標を達成することもできる。これは、従来のインピーダンス制御則にも現れる同様の性質である。

さらに、導いた制御則をシミュレーションによって検証した。シミュレーションでは、提案する制御則が各関節のインピーダンスを調節することにより、関節にある種の軟らかさを与えられることが実証できた。

提案した制御則は、マニピュレータの各関節でインピーダンスを設定している。このインピーダンスは、各関節の並進運動（力）のみ考えており、回転運動（モーメント）に関しては考慮していない。より一般的なマニピュレータ全体のインピーダンス制御則を考える場合には、回転運動に関するインピーダンスも設定することが望まれる。そのため、本研究の最後で、物体からのモーメントが考慮可能な全体のインピーダンス制御則に関する考察を与え、その問題点を示した。この考察により、より一般的な超多自由度マニピュレータのインピーダンス制御としてを実現するための基本的な指針が与えられた。