

Title	Studies on Dynamics of Robot Manipulators
Author(s)	吉田, 浩治
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3109868">https://doi.org/10.11501/3109868</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏 名	吉 田 浩 治
博士の専攻分野の名称	博 士 ( 工 学 )
学 位 記 番 号	第 1 2 2 1 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 8 年 1 月 3 0 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科 物理系専攻
学 位 論 文 名	Studies on Dynamics of Robot Manipulators (ロボットマニピュレータのダイナミクスに関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 須 田 信 英 (副査) 教 授 藤 井 隆 雄 教 授 宮 崎 文 夫

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文はロボットマニピュレータのダイナミクスに関するものであり、ロボットマニピュレータの運動を制御するためのモデリングと、その動特性モデルの一つの構造に関する研究である。

ロボットマニピュレータの運動を制御するとき、その動特性モデルは重要な役割を果たす。特にモデルに基づく制御をおこなうとき、動特性モデルに現れるパラメータの値を正確に得る必要がある。それらパラメータはマニピュレータの構造に関するもの（リンク長、関節軸のねじれ角、関節の型）とマニピュレータを構成する各リンクの慣性に関するもの（質量、質量と質量中心の位置との積、慣性テンソル）がある。後者は各リンクで10個存在するが、すべてのリンクのすべてのパラメータは動特性モデルを決定するには冗長であり、マニピュレータへの入力データ（各関節でのトルクあるいは力のデータ）と出力データ（運動データ）からそれらをすべて一意に推定することは不可能である。従ってまず、動特性モデルを決定できる冗長でない、必要最小個数の慣性に関するパラメータ（基底パラメータと呼ぶ）を3つのタイプの任意の自由度のマニピュレータに対して明らかにした。この基底パラメータは同定問題にとって非常に重要であるが、そののみならず動特性モデルの一つの構造を明らかにした点で大きな意義を持つ。さらにモデリングのためにこの基底パラメータの値を正確に得るためのより良い方法を確立するべく、現在までに提案されているパラメータ同定法を実験を通して総合的に比較した。また、パラメータの値を推定した場合、それらには不可避免的にバイアスが生じる。このとき推定された基底パラメータ値の組み合わせによっては、その組が物理的に不可能である場合があり、そのような基底パラメータ値の組は棄却されるべきである。そこで基底パラメータ値の組が物理的に不可能であるときそれを判定・修正する方法の一つを示した。本論文はロボットマニピュレータの動特性モデリングに対して大きく貢献するものであるが、同時にそのダイナミクスをより良く理解する手がかりを与える。

## 論文審査の結果の要旨

ロボットマニピュレータの運動を制御するためには、ロボットマニピュレータの動的挙動の数式モデルが重要な役割を果たす。本論文はロボットマニピュレータの動特性モデルの構造的特徴を解明し、併せてモデルに含まれるパラメータの実験的同定法を総合的に比較したものである。

一般にロボットマニピュレータは多数のリンクを関節において結合して構成される。個々のリンクの動きを規定するパラメータは、構造に関するものとリンクの慣性に関するものがあるが、それぞれのリンクは独立に動くのではなく結合によって拘束された動きしかできないので、パラメータ間にある一定の関係があれば、個々のパラメータは異なってもロボットマニピュレータの動きは同一となる。すなわち、すべてのリンクのすべてのパラメータの集合は動特性モデルを決定するには冗長である。逆にいえば、マニピュレータの各関節に加えたトルクあるいは力のデータと、それによって生じた運動のデータとからは、すべてのパラメータを同定することはできない。

本論文では、動特性モデルを決定できるための冗長性を含まない、必要最小個数のパラメータ集合を基底パラメータと定義し、3種類の構造のマニピュレータを対象に、ラグランジュの運動方程式の詳細な解析に基づき、リンクのパラメータから一組の基底パラメータを求める関係式を明解な形で与えている。この結果は、パラメータの実験的同定に関する指針を与えると同時に、動特性モデルの一つの構造的特徴を明らかにした点で理論的にも興味深いものである。

本論文ではさらに、基底パラメータの具体的な同定方法に関して、現在までに提案されている手法を実験を通して総合的に比較し、評価して、実験に要する手間、データ処理の計算量および同定精度に注目して、それぞれの手法の特色を明らかにしている。

また、パラメータの値を実験的に推定した場合、測定雑音などの影響で誤差を生じる結果、基底パラメータとして物理的に意味のないものとなることがあり得る。本論文では、このような事態が発生しているかどうかを判定し、発生していれば推定値を物理的に意味のあるものに修正する一つの方法を提案している。

以上のように、本論文ではロボットマニピュレータの運動制御の基盤となる動特性モデルの構造とその実験的同定に関して、有用な知見を得たものであり、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。