

6自由度開ループ機構を持つマニピュレータの同時同定法による 動特性モデルの推定

諸富 徳行, 南保 知秋, 大牧 康弘, 平井 慎一
立命館大学 理工学部

Identification of Dynamic Model of Manipulators with 6 D.O.F. Open Loop Mechanism using Simultaneous Method

Noriyuki Morotomi, Tomoaki Nampo, Yasuhiro Omaki, Shinichi Hirai
Ritsumeikan University

Abstract - Dynamic model of manipulators with 6 D.O.F. open loop mechanism is estimated using *simultaneous method*. The dynamic model is needed to control manipulators and to simulate their motion. First, process of the estimation is briefly explained. Second, actual model parameters of a manipulator are estimated using *simultaneous method*. Finally, the results of the estimation are shown.

Keyword: dynamic model, manipulator, identification, open loop mechanism, simultaneous method

1. はじめに

ロボットの動的制御は、その動特性モデルに基づいて行うのが自然である。しかし、(a) 動特性同定が難しい、(b) 計算量が多いため実時間制御に用いるのは困難である等の理由から、実際の産業用ロボットにはPD制御が用いられている。(a)の問題に関しては困難な点が多く、今までに多くの研究が行われている。たとえば前田は、基底パラメータを用いた動特性モデルの同定法を提案している¹⁾。(b)の問題は、DSPを用いることで解決できることが実証されている²⁾。

本報告では、基底パラメータを用いた同定法を、6自由度開ループ型マニピュレータに適用した実験結果について報告する。

2. 基底パラメータ

ロボットマニピュレータは、一般に剛体リンクの開ループ機構としてモデル化される。その各々の関節ごとに、独立なアクチュエータによる駆動力が供給されている。このようなマニピュレータの動特性モデルは、
・機構パラメータ(リンク長、ねじれ角、関節タイプ)
・慣性パラメータ(質量、重心位置、慣性テンソル)
・駆動系パラメータ(イナーシャ、粘性・クーロン摩擦)
により決定できる。

マニピュレータの機構パラメータの値は、その設計仕様等により比較的簡単に決定できる。しかし、慣性パラメータについては容易ではない。機構パラメータが既知であるとき、マニピュレータを実際に運動させ、そのときの入力データ(関節トルクデータ)と運動データ(関節角度、関節角速度、関節角加速度データ)からパラメータ値を推定する方法がある。しかし、1リンクにつき、慣性パラメータは10個存在し、 N 自由度においては合計 $10N$ 個存在することになる。よって、慣性パラメータのすべての値を推定することは極めて困難である。

慣性パラメータは、すべてが独立ではなく、冗長性を持つ。そこで、動特性モデルを一意に決定するために必要な、最小個数のパラメータが提案されている¹⁾。このようなパラメータを基底パラメータと呼ぶ。これは、慣性パラメータの線形結合で表されており、一意に推定可能である。よって、基底パラメータと駆動系パラメータを推定することで、マニピュレータの動特性モデルを得ることが出来る。

基底パラメータと駆動系パラメータをまとめて、モ

デルパラメータと呼ぶ。

3. 同時同定法

同時同定法とは、マニピュレータの全軸を同時に運動させ、そのときの入力データと運動データから、モデルパラメータを一意的に推定する方法である³⁾。推定の際には、最小二乗法が用いられる。

しかしながら、観測値は検出器の動特性や雑音などにより誤差を含むことが多い。このようなデータによる推定値には、一般に偏り(バイアス)が生じる。川崎はこの点に着目し、漸近的に不偏推定値が得られる補助変数法を提案している⁴⁾。この方法を用いれば、より正確なモデルパラメータを推定することができる。

4. 動特性モデル同定実験

同定実験に用いる6自由度開ループ型マニピュレータをFig.1に示す。



Fig.1: DENSO-ROBOT

DENSO-ROBOTの動特性モデルは、36個の基底パラメータと16個の駆動系パラメータから成り立つ。同定実験においては、これら52個のモデルパラメータの値を同時同定法により推定する。

実験には、異なる軌道における入力データと運動データの組が必要である。今回は、10組の異なる軌道に対

して入力データと運動データを得た。各軌道においては、サンプリング時間を $1msec$ とし、4000 個のデータを計測した。

動特性同定に必要である関節角速度と関節角加速度は、外乱による誤差を減少させるため、2 次のデジタルフィルタにより求める。このときのカットオフ周波数は、角速度において $50Hz$ 、角加速度では $7Hz$ である。しかし、一般に関節角加速度は2階差分により算出しているため、他のデータに比べて誤差を多く含む傾向にある。そこで、関節角加速度データにのみ誤差が含まれると仮定し、関節角加速度に対して補助変数を用いる。補助モデルは吉田ら³⁾と同様のものを用いる。補助モデル算出には、最小二乗法により求められたパラメータ推定値を使用する。

以上の方法で、最小二乗法と補助変数法により、モデルパラメータの推定実験を行う。モデル推定アルゴリズムのフローチャートを Fig.2 に示す。

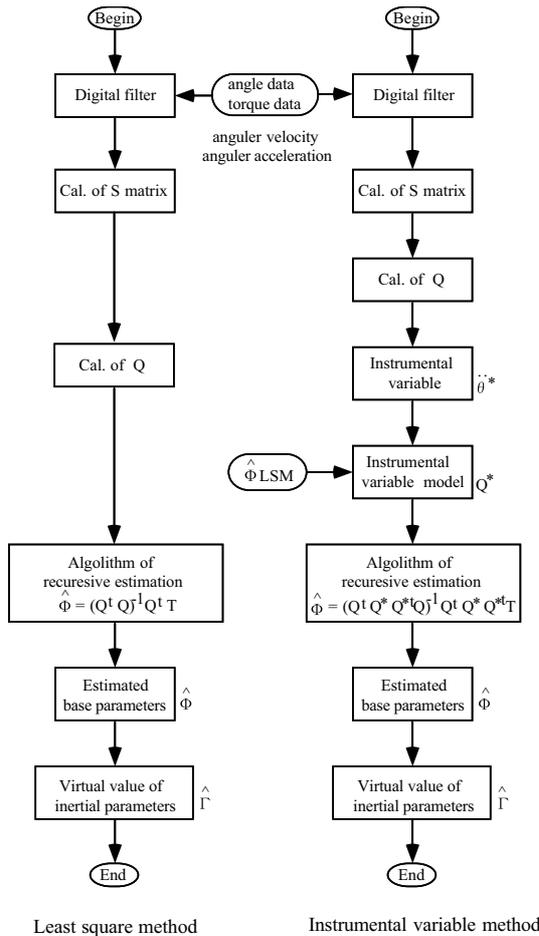


Fig.2: Algorithm of simultaneous identification

5. 実験結果

2 軸のモデルパラメータ7個の内、 J_{2z} 、 R_{2y} 、 J_{2xy} の推定過程を Fig.3 に示す。実線は、最小二乗法による推定過程を、破線は、補助変数法による推定過程を表す。今回は、約4万回の繰り返し計算の実行による終端値を、モデルパラメータの推定値とした。

今回の実験により、52 個のモデルパラメータ値をすべて推定することができた。しかし、 J_{2xy} のように、パラメータ値が完全に収束していないものも多く見られ、あまり良好なデータを得ることができなかった。パラメータ値の収束には、より多くの繰り返し計算が必要であると考えられる。

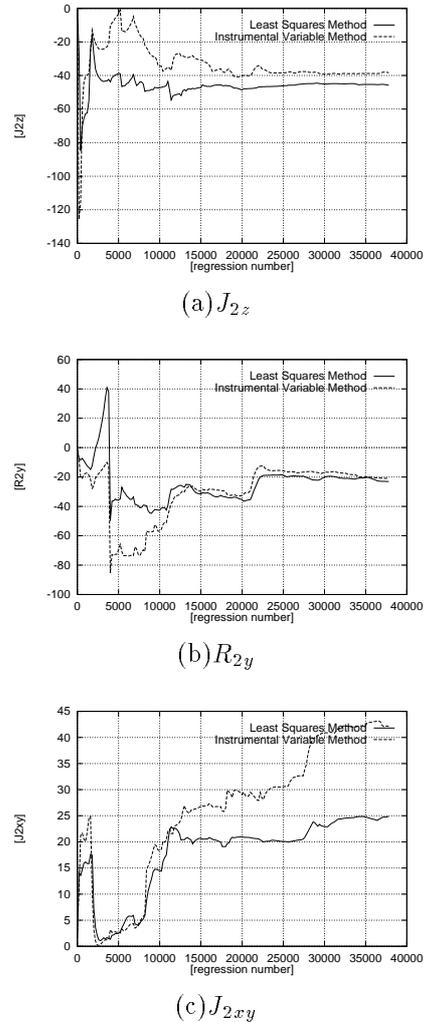


Fig.3: Estimations of model parameters

6. あとがき

本報告では、6 自由度開ループ型マニピュレータを用いて動特性モデルの推定を行った。今後は、動特性モデル同定実験の問題点を改善し、より正確なモデルパラメータ値が得られるようにする。また、動特性モデルによる動的制御系の開発も進めていく予定である。本研究を進めるにあたり助言をしていただいた株式会社デンソーの神谷孝二氏に謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 前田 浩一：ロボットアームの動的モデルと同定，日本ロボット学会誌，Vol.7 No.2, pp95-100, 1989
- 2) 松浦 弘幸，山名 康博，前田 浩一：浮動小数点 DSP を用いた汎用標準化ロボットコントローラのプログラム開発，日本ロボット学会第 5 回ロボットシンポジウム予稿集，pp59-64, 1995
- 3) 吉田 浩治，池田 展也，前田 浩一：6 自由度産業用マニピュレータに対するパラメータ同定法の実証的研究，日本ロボット学会誌，Vol.11 No.4, pp564-573, 1993
- 4) 川崎 晴久，西村 国俊：マニピュレータのパラメータ同定，計測自動制御学会論文集，Vol.22 No.1, pp76-83, 1986