ロボットマニピュレータの非線形適応制御

宮 里 義 彦

ロボットマニピュレータに代表される非線形機械システムを高速，高精度で制御するためには，高速運転時に現われる遠心力，コリオリ力の影響，慣性モーメントの変動，負荷変動による影響などを速やかに補償する必要がある．しかし，これらの影響は数学モデルをたてた場合，多変数系の非線形干渉項として現われるためその補償は容易ではない．

これに対し，近年，モデル規範形適応制御系の手法をロボットマニピュレータに適用し，上記の問題に対処しようとする研究が多くなされている．ところが，多くのものは基本的に，対象の線形近似モデル（ときに線形1入出力モデル）に対し，従来の手法を適用するものであって，高速運転時の動的制御には不向きである．一方，ロボットマニピュレータの非線形構造は容易に知ることができるという性質を利用して，既知の非線形関数を内部に組み込んで非線形モデル規範形適応制御系を構成するものもある．然るにこの手法は既知の非線形構造を利用するために，対象の加速度情報を必要とする点や，非線形関数の分だけ調整すべきパラメータの数が増えることから，必ずしも高速運転時の制御に向くとは思われない．同種法で速度情報までで制御系を構成しようとすると慣性行列の逆行列を求めなければならないが，その逆行列の非線形構造は容易に求められない．

本研究はこれらに対し回転型のロボットマニピュレータを制御対象として，特殊な非線形関数を用いる制御方式により対象の非線形構造を完全に知ることなく，速度項までの情報により適応制御系を構成するものである．この方式では非線形関数（対象の非線形構造とは無関係）にかかるゲインの大きさが制御対象の不確かさに対応し，そのゲインが適応的に決定される．制御対象の不確かさを数個のゲインに対応するノルム情報に縮約することにより，マニピュレータの自由度に依存しない簡単な構造の適応制御系が実現される．本手法の正当性は，常微分方程式論のLyapunov安定論（Lyapunov関数）により数学的に証明され，またその有効性は実際の機種を想定した軌道制御の数値実験により確認された．

非ガウス型季節調整法について

北 川 源四郎

経済時系列の季節調整法として，ガウス型のモデルにもとづく方法が開発されている（BAYSEA, DECOMPなど）．しかし，これらの方法では，急激な構造変化があった場合とか一時的な変動が加わった場合には，標準的なモデルの適用だけでは不自然な結果が得られることがある．このため，異常値の処理が必要となりモデルが複雑になるという問題がある．

そこで，季節調整のための標準的なモデル

$$t_n = 2t_{n-1} - t_{n-2} + v_n^1$$
$$s_n = -(s_{n-1} + \cdots + s_{n-L+1}) + v_n^2$$
$$y_n = t_n + s_n + w_n$$

において，システムノイズ v_n および観測ノイズ w_n の密度関数が，ガウス和（混合）により

$$p(v_n) = \sum_{i=1}^{m_i} \alpha_i \varphi_i(v_n)$$
$$p(w_n) = \sum_{j=1}^{m_j} \beta_j \varphi_j(w_n)$$

と表わされるものと仮定する．これにより，ノイズの分布として，裾の重い分布を想定することができ，パラメータのステップ状の変化，異常値などが自動的に処理できる可能性がある．トレンド成分および季節成分の推定のためには，ガウス和フィルターの公式

$$p(x_n \mid Y_{n-1}) \sim \sum_{k=1}^{m_{kn}} \gamma_{kn}\varphi_k(x_n \mid Y_{n-1})$$

$$p(x_n \mid Y_n) \sim \sum_{l=1}^{m_{ln}} \delta_{ln}\varphi_l(x_n \mid Y_n)$$

によって状態ベクトル x_n を推定すればよい．ただし，$Y_m=\{y_1,\dots,y_m\}$, $m_{kn}=m_{l,n-1}m_i$, $m_{ln}=m_{kn}m_j$, $\gamma_{kn}=\alpha_i\delta_{l,n-1}$, $\delta_{ln}=\beta_j\gamma_{kn}\varphi_l(y_n \mid Y_n)$ であり，$\varphi_k(x_n \mid Y_{n-1})$, $\varphi_l(x_n \mid Y_n)$ の平均および共分散行列はカルマンフィルタを用いて推定することができる．

このガウス和フィルタの実現のためには，各時間ステップにおいて，より少ない項数のガウス分布で近似しなおすための効率的な方法の開発が必要となる．

数値例として，民間企業在庫品増加のデータの解析結果を示した．

数値予測にもとづく降雨確率の推定

石　黒　真木夫

1.　気象予測と統計学

気象予測と統計学がかかわる場面は多いが，ここでとりあげるのは，「短期間予報」におけるかかわりである．短期間予報においても，生データを，数値予報プログラムへの入力に加工する「解析」の段階と，数値予報プログラムの出力を実際の「天気予報」に加工する「天気翻訳作業」の場面における統計学の利用に分けられる．この報告では，後者の「天気翻訳作業」における新しい統計的手法の利用を紹介する．天気翻訳作業のうち確率予測にかかわるものは，どれも同じように扱うことができるが，「降雨確率」の推定を数値例としてとりあげた．

2.　現　　状

2.1　降雨確率予報

数値予報で得られる大気の 3 次元的構造の「予測値」を説明変数とし，アメダスの観測にもとづく降雨の「有無」を目的変数とする線型重相関回帰式によって，予測が行われている．説明変数の選択は，50 個ほどの仮予測因子の中から変数増加法によって「5 個」を選んでいる．確率の予測値として，負の数や 100% 以上の値がでる場合があるが，そのような場合には，0% あるいは 100% で打ち切った値が使われる．

表 1.　ハイパー・パラメータの値と ABIC

p	v	ABIC
1.0	0.50000 D+00	362.74
	0.10000 D+01	307.92
	0.20000 D+01	265.91
	0.40000 D+01	242.28**
	0.80000 D+01	245.23
1.5	0.10000 D+01	346.78
	0.50000 D+00	412.70
	0.20000 D+01	291.03
	0.40000 D+01	265.18*
	0.80000 D+01	305.39