158.
石黒真木夫，坂元慶行，北川源四郎（準備中）．Bootstrapping log-likelihood and an extension of AIC.

不完全情報下における制御系設計に関する研究

宮 里 義 彦

制御対象のパラメータを運転中に同定しながら，適応的にモデル追従制御を実現するモデル規範形適応制御系を構成するためには，対象が最小位相系（零点が安定）でなければならない．これは適応制御装置が対象の零点を相殺するために内部に極を生成するので，対象に不安定な零点があると制御装置に不安定な極が発生して，制御系全体の安定性が保証されないからである．連続時間系は多くの場合，最小位相系となるので，以上のことは大きな問題とならない．しかしディジタル制御系を構成するために，連続時間系をサンプラと零次ホールダを通して離散時間化する（Fig. 1）と，得られた離散時間系が非最小位相系になる場合がある．特に連続時間表現で相対次数が 2 以上の対象を，離散時間化する際に，サンプリング時間を小さくしていくと，不安定な零点が発生することが知られている（極限零点の問題）．従って，離散時間非最小位相系に適用可能な適応制御方式を確立することが重要な課題とされてきた．こ

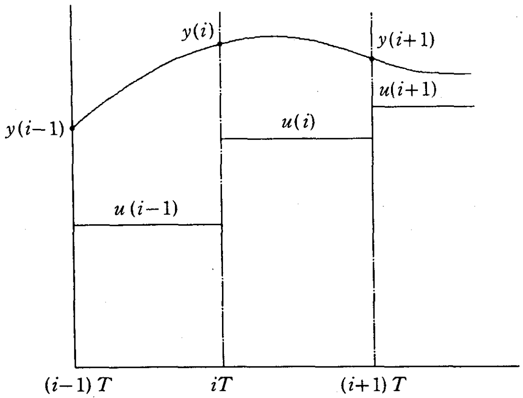

Fig. 1. Usual sampling.

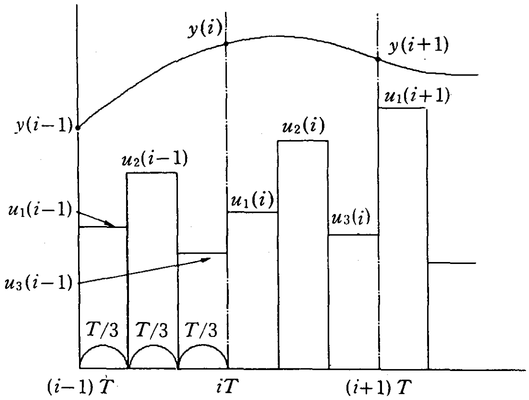

Fig. 2. Multirate sampling ($n=3$).

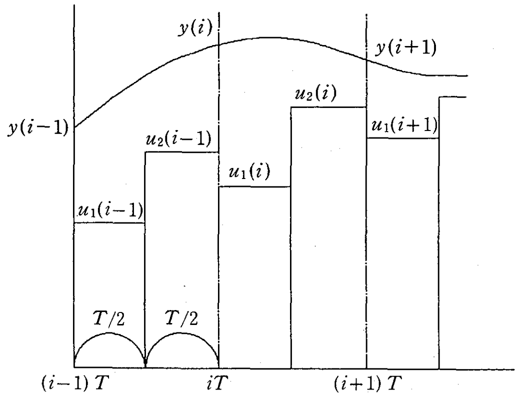

Fig. 3. 2-delay sampling.

れについては，極零相殺が生じるモデルマッチング方式を避けて，適応極配置問題に置き換えたり，入力も含めた目標値の設定（一般化最小分散制御，一般化予測制御等（LQGも含む））を行なう手法が現在まで検討されてきたが，安定性の条件や目標信号への追値性能の点からすると必ずしも十分なものとは言えない．それらに対し本研究では，多重サンプリング（Fig. 2）に基づく周期時変フィードバック制御方式や，それを簡略化した2-delay制御方式（Fig. 3）を用いて，モデル規範形適応制御系を構成し，適応極配置法，一般化最小分散制御や一般化予測制御等の場合より緩やかな条件のもとで，非最小位相系に対しても，任意の目標信号に追従する適応モデル追従系が設計できることを示した．数値実験の結果からもその有効性が確認されたが，同時に制御入力（出力よりも小さいサンプリング時間で変化する）が，振動的になる傾向が見られた．この問題に対しては，制御装置の次数を上げて制御則の計算中に生じる自由パラメータを利用して，周期フィードバックゲインの直流利得を補正することで，入力の振動が軽減されることも示した．今後はこれらの手法の非線形系，確率系などへの拡張，適応制御系としてのロバスト化などについて検討を加える予定である．

参考文献

Miyasato, Y. (1991). Model reference adaptive control for non-minimum phase system by periodic feedback, *Intelligent Tuning and Adaptive Control* (ed. R. Devanathan), 399-404, Pergamon Press, Oxford.

Miyasato, Y. (1992). Model reference adaptive control for non-minimum phase system by 2-delay feedback, Preprints of the IFAC International Symposium on Adaptive Systems in Control and Signal Processing (ACASP92), 311-316, Grenoble, France.

不確実さのもとでのパラメータ設計

伊藤　聡

外乱やシステムパラメータの変動などの不確実さの存在のもとでの最適化および制御系設計について，微分不可能最適化理論およびゲーム理論の立場から，研究している．

このような不確実性を確率的な変動として取り扱う最適化手法として確率計画法があり，その一般形は確率空間 (Ω, A, P) 上で次のように表される．

(1)
$$\min_{x\in X}\int_{\Omega} f(x, \omega)dP(\omega)$$
$$\text{subj. to}\quad \int_{\Omega} g_i(x, \omega)dP(\omega)\leq 0, \qquad i=1, 2,\ldots, m$$

確率分布 P が完全にわかっている場合については，リコース・モデル，機会制約条件モデルなどが主に1960年代に研究された．それ以後，確率変動に関する不完全情報下における確率計画として，サンプル情報の価値，最適解・最適値の取り得る範囲の予測などといった研究が行われてきた．一方，不確定要素に関する情報が全くない場合，次のようにゲーム論的なmin-max戦略を取らざるを得ない．

(2)
$$\min_{x\in X}\max_{\omega\in\Omega} f(x, \omega)$$
$$\text{subj. to}\quad \max_{\omega\in\Omega} g_i(x, \omega)\leq 0, \qquad i=1, 2,\ldots, m$$

問題(2)の特殊な場合（しかし本質的に等価な問題）として，次のような満足化条件のもとでの最適化問題が挙げられる．

(3)
$$\min_{x\in X} f(x)$$
$$\text{subj. to}\quad \max_{\omega\in\Omega} g(x, \omega)\leq 0$$