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．

$$\begin{aligned} &\min_{x\in X}\int_{\Omega} f(x,\ \omega)dP(\omega) \\ &\text{subj. to}\quad \int_{\Omega} g_i(x,\ \omega)dP(\omega)\le 0, \qquad i=1, 2,\dots, m \end{aligned} \tag{1}$$

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．

$$\begin{aligned} &\min_{x\in X}\max_{\omega\in\Omega} f(x,\ \omega) \\ &\text{subj. to}\quad \max_{\omega\in\Omega} g_i(x,\ \omega)\le 0, \qquad i=1, 2,\dots, m \end{aligned} \tag{2}$$

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．

$$\begin{aligned} &\min_{x\in X} f(x) \\ &\text{subj. to}\quad \max_{\omega\in\Omega} g(x,\ \omega)\le 0 \end{aligned} \tag{3}$$

ただし X はヒルベルト空間，Ω はコンパクト位相空間とし，簡単のため $m=1$ とする．この問題の Kuhn-Tucker 型最適性条件は，適当な仮定のもとで以下のように与えられる．

$$(4)\qquad \begin{cases} 0=\nabla f(x)+\int_{\Omega}\nabla_x g(x,\ \omega)d\Lambda(\omega) \\ g(x,\ \omega)\leq 0 \quad \forall\omega\in\Omega \\ \int_{\Omega}g(x,\ \omega)d\Lambda(\omega)=0 \\ \Lambda\ \text{は非負の Radon 測度} \end{cases}$$

X が有限次元の場合，Λ は離散測度となり，問題(3)は形式的には半無限計画となる．伊藤・志水(1991) では，準ニュートン法を用いて (4) を満たす Kuhn-Tucker ベクトル (x, Λ) を求めるアルゴリズムを提案している．

研究報告会当日は，問題 (3) の一例として，線形制御系

$$\dot{x}=Ax+B_1u+B_2v,\quad x(0)=0$$
$$z=Cx$$

において，外乱 v から評価出力 z への伝達関数の H_∞ ノルムがある許容水準以下であるという満足化条件のもとで，2次評価関数を最小化する問題を取り上げた．

参 考 文 献

伊藤 聡, 志水清孝 (1991). 無限制約最適化問題に対する双対準 Newton アルゴリズム, 計測自動制御学会論文集, **27**, 452-457.

線形計画問題の主双対内点法

水 野 眞 治

内点法は線形計画問題などの最適化問題を解く数値計算法の1つであり，N. Karmarkar により発表された．多くの研究発表によれば，内点法は大規模な問題を単体法に比べ効率的に解く．線形計画法では，はじめに与えられた問題を主問題とすると，その問題と対をなす双対問題を考えることができる．主双対内点法は，線形計画問題の主問題と双対問題の両方を同時に解く内点法である．水野 (1992) は，既発表の数多くの主双対内点法を調べ，それらを総括した．

Kojima et al. (1991a) は，線形計画問題の主問題と双対問題の組を一般化した線形相補性問題の内点法を研究し，大域的収束性と多項式オーダーの収束性を持つロングステップ・アルゴリズムを提案した．Mizuno and Nagasawa (1991) は，アルゴリズムとして単純であるが理論的に高速な収束性を持つ内点法を研究し，その理論的特性を保持したまま，目的関数が単調に減少するようにアルゴリズムを改良した．Kojima et al. (1991b) は，初期点を簡単に求められる外点法を研究し，その大域的収束性を明らかにするとともに実行不可能性の判定条件を求めた．Kojima et al. (1991c) は，ニュートン法の代わりに共役方向法を使う場合の内点法の基礎研究を行った．Mizuno and Nagasawa (1992) は，計算効率がよいといわれている主双対アフィンスケーリング法を研究し，ポテンシャル関数を使うことにより多項式オーダーのアルゴリズムを提案した．

参 考 文 献

Kojima, M., Kurita, Y. and Mizuno, S. (1991a). Large-step interior point algorithm for linear complementarity problems, *SIAM Journal on Optimization* (to appear).

Kojima, M., Megiddo, N. and Mizuno, S. (1991b). A primal-dual exterior point algorithm for linear programming, Research Report, RJ 8500, IBM Research Division, San Jose, California.