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

未知のシステムに対し，システム同定を行ないながら，同時に状態推定と制御をするのが適応制御である．しかし，一口に未知システムと言っても，全く未知な場合からほとんど既知の場合まで様々な程度があり，その全てに対して適応系の可調整パラメータを同じ初期条件で動作させるのは無駄である．特に，毎回，類似の運転計画に基づいて対象を制御する場合に，このことが問題になると思われる．そのような時には，過去の結果より未知パラメータの同定を行ない，それに基づいて，まず制御系を構成して，所望の制御性能が得られないときに不足部分を新たな適応制御により補うという，2段階の適応過程を導入することが考えられる．具体的には，以下のようにして適応制御系を構成する．最初に試行回数を横軸に，各試行の時刻を縦軸にとった2次元平面を便宜的に考える．次いで，縦軸に関しては interlace 型適応則（1つのシステムパラメータに対し複数のパラメータ推定値を相対次数に応じた間隔で独立に調整する適応則の一種）に基づいて適応制御系を構成する．この適応系は各試行において，目標信号と実際の出力の誤差（出力誤差）を零にするように適応パラメータを調整する．一方，横軸に関しては hybrid 型適応則（制御対象とは独立な時間スケールでパラメータ推定値を更新する適応則の一種）に基づいて適応制御系を構成する．そこで調整される適応パラメータは，各試行時においては時間不変で，試行が変わる度に過去のデータに対し同定モデルと実際の出力の誤差（同定誤差）が零になるように更新される．これら2つの適応則の相違（独立な可調整パラメータの個数と更新の時間スケール，及び更新の際の規範）に着目すると両者の併用が可能であることがわかり，2つの独立な方向の適応機能により，一方の適応過程（縦軸の interlace 型適応則の部分）を，もう一方の適応機能（横軸の hybrid 型適応則の部分）を使って適応的に改善することが可能となる．本報告では以上の手法を一種の学習制御として提案し，数値実験で簡単な線形系に適用，実際に適応過程の過渡特性が改善されることを確認して，その有効性を検証した．

退化した問題に対する伊理-今井法の収束性について

土　谷　　　隆

Karmarkar (1984) が射影変換を利用した内点法を提案して以来，線形計画問題に対して内点法によるアプローチが活発に続けられている．Iri and Imai (1986)は，最適値 c_0 が既知である双対標準形線形計画問題（n 変数 m 制約式）

$$\begin{aligned}&\text{minimize } c^t x - c_0, \quad \text{subject to } x \in P,\\ &P=\{x\in R^n \mid A^t x - b \geqq 0\},\\ &A=[a_1,\ldots, a_m]\in R^{n\times m},\ x,\ c\in R^n,\ b\in R^m\end{aligned} \tag{1}$$

を解くために，それに対する乗法的罰金関数 $F_{\mathrm{MBF}}(x)$ を次のように定義した：

$$F_{\mathrm{MBF}}(x)=\frac{(c^t x - c_0)^{m+1}}{\prod_{k=1}^{m}(a_k^t x - b_k)}. \tag{2}$$

この関数は，

(i)　$F_{\mathrm{MBF}}(x) \to 0$ ならば，最適解の集合 X と x の距離は0に近づく；

(ii)　$F_{\mathrm{MBF}}(x)$ はごく一般的な仮定のもとで，狭義凸関数である

という良い性質を持つ．彼らはこの関数を最小化するために探索方向を Newton 法で求めて，その方向に正確な直線探索を行なうことを試みた．$F_{\mathrm{MBF}}(x)$ の Hesse 行列は最適解において存在しないので，

Newton 法の 2 次収束性に関する一般論は適用できない状況ではあるが，伊理-今井は，問題(1)とその双対問題（いわゆる標準形線形計画問題）がともに解で非退化であるという仮定（これは，(1)の最適解は一点で，そこで 0 になっている制約式がちょうど n 本（変数の数）だけあるという仮定である）のもとで，この Newton 法が 2 次収束することを証明した．

ところで，現実に現れる線形計画問題は退化した最適解を持つことが多い．主問題，双対問題がともに退化している場合，解集合 X は一点ではなく多面体 P の 1 次元以上のある面であり，さらに，Xのいくつか（あるいは全て）の頂点において n 本以上の制約式が同時に 0 になることがある．我々は，Tsuchiya and Tanabe (1988) 及び Tanabe and Tsuchiya (1987) で使われている手法を利用して，退化した最適解の近くでの伊理-今井法の振舞いを調べ，次のような結果を得た（Tsuchiya (1989)）．

主問題，双対問題がともに退化しているような線形計画問題に対して伊理-今井法を適用すると次のいずれかの状況が起こる：

(i-a)　X の頂点のいずれかに 2 次収束する；

(i-b)　X の（頂点以外の）ある面の〝相対中心〟（P の各面に唯一存在する特別な相対的内点である；定義については Tanabe and Tsuchiya (1987) 参照のこと）に 2 次収束する；

(ii)　有限回の反復ののち，解集合 X の一点に到達して反復を終える．

実際には (i-b), (ii) が起こることはまれであり，ほとんどの場合（i-a）が起こると考えられる．

参考文献

Iri, M. and Imai, H. (1986). A multiplicative barrier function method for linear programming, *Algorithmica*, **1**, 455-482.

Karmarkar, N. (1984). A new polynomial-time algorithm for linear programming, *Combinatorica*, **4**, 373-395.

Tanabe, K. and Tsuchiya, T. (1987). Global analysis of dynamical systems associated with Karmarkar's method for linear programming (manuscript).

Tsuchiya, T. (1989). Local analysis of Iri and Imai's method under degeneracy, 統計数理研究所 共同研究リポート No. 19〝線形計画問題の新解法 3〟(掲載予定).

Tsuchiya, T. and Tanabe, K. (1988). Local convergence properties of new methods in linear programming, Research Memo. No. 358, The Institute of Statistical Mathematics.

線形計画問題の新解法と MPS II

上　田　澄　江

ライブラリー•ルーチン MPS II は単体法を基礎とした数理計画問題の解法であるが，その特徴として

- 計算速度の制御，出力結果の制御ができる．
- 初心者でも簡単に使用できる．即ち，MPSCL (MPS control language) の用意するシステムマクロを用いれば詳細な知識なしに使用できる．
- 熟練者はモデルに対する経験を最大限に活かして，個々のプロシージャを効果的に制御して計算速度を速めたり，柔軟なプログラムを組むことができる．
- 中間言語ファイルに制御プログラムを保存することにより，数個のモデルの結果を短時間で計算できる．
- レンジ行，バウンド行（制約式および変数の上，下限の設定）を活用することにより処理速度が向上する．
- 各プロシージャを指定することにより，データの誤り（形式，重復，欠落など）および冗長な式や