案した．AICの適用範囲は非常に広く，最尤法によるパラメータの推定が有効な場合にはいつでも使えると言ってよい．ここで「有効」と言っているのは，最尤推定量の誤差評価が有効という意味であり，必ずしも最尤推定量の誤差が小さくなくてもいいことがAICの便利な点である．

最尤推定が使われていない場合にはAICは使えない．AICを導くにあたって対数尤度関数と情報量規準の関係，MLEの漸近正規性が使われているためである．

2. WIC

データ x に当てはめた統計的モデル $f(x\,|\,\hat{\theta})$ の良さを評価する情報量規準WICを次のように定義する．

$$\text{WIC} = -2\times\log f(x\,|\,\hat{\theta}) + 2\times\text{“Bias correction”} \tag{2.1}$$

“Bias correction” は

$$\text{“Bias correction”} = E_{X^*}\{\log f(x^*\,|\,\hat{\theta}^*) - \log f(x\,|\,\hat{\theta}^*)\}$$

で与えられる．ここで x^* はリサンプリングの手法で生成される「疑似データ」であり，$\hat{\theta}^*$ はデータ x^* に基づくパラメータの推定値，E_{X^*} はデータ x^* の分布に関する期待値である．この期待値はモンテカルロ法で計算することができる．リサンプリングで生成されるデータが本当のデータの揺らぎを再現しており，所与のパラメータ推定法がこのデータに適用できるものであればWICは情報量規準の有効な推定値を与える．AICとWICの両方の値が得られる場合には，WICの挙動はAICのそれに一致する．

3. WICの適用範囲

WICを分割表モデルの選択，ARモデルの次数選択に適用した場合にAICと同等な挙動を示すことを示し，次いで，“penalized least squares” 法による回帰曲線の推定と多項式回帰の評価，比較が情報量の意味で可能であることも示した．最後に，電波望遠鏡データ解析で用いられるCLEANとして知られているデータ解析法の制御にも応用できることを示した．

参考文献

Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle, *2nd International Symposium on Information Theory* (eds. B.N. Petrov and F. Csáki), 267-281, Akadēmiai Kiadő, Budapest.

Efron, B. (1979). Bootstrap methods: another look at the jackknife, *Ann. Statist.*, **7**, 1-26.

Efron, B. (1986). How biased is the apparent error rate of a prediction rule?, *J. Amer. Statist. Assoc.*, **81**, 461-470.

Sakamoto, Y., Ishiguro, M. and Kitagawa, G. (1986). *Akaike Information Criterion Statistics*, Reidel, Dordrecht.

Shibata, R. (1989). Statistical aspect of model selection, *From Data to Model* (ed. J. C. Willems), 215-240, Springer, Berlin.

Wong, W. H. (1983). A note on the modified likelihood for density estimation, *J. Amer. Statist. Assoc.*, **78**, 461-463.

狭義凸2次計画問題に対するアフィンスケーリング法の大域的収束性について

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．それよりも遙かに早く，SovietのDikin (1967) によって提案され，Karmarkar法が登場したのちにBarnes (1986), Vanderbei et al. (1986) らによって再提案され

たアフィンスケーリング法は，射影変換を用いずに，変数（あるいはスラック変数）のスケーリングを行って問題を変形した後に最急降下法を行う単純な内点法で，実用的にも有望な計算機実験の結果が報告されているものである．従来，この方法の大域的収束性の証明にはある種の非退化条件を必要としたが，Tsuchiya (1990) では“局所 Karmarkar ポテンシャル関数”という概念を用いた非退化条件を必要としない大域的収束性の証明が与えられている．

ところで，線形計画問題の最も単純な拡張であるとされる凸2次計画問題はポートフォリオ，最適制御問題などに広い応用を持つ．次のような狭義凸2次計画問題

$$
(1)\qquad
\begin{aligned}
&\text{minimize } \frac{1}{2}x^tQx+c^tx, \quad \text{subject to } x\in P,\\
&P=\{x\in R^n \mid A^tx-b\geqq 0\},\\
&A=[a_1,\dots,a_m]\in R^{n\times m}, \quad x,\, c\in R^n,\\
&Q\in R^{n\times n}:\quad Q\text{ は正定値行列},\\
&b\in R^m
\end{aligned}
$$

を考える．ここで“問題 (1) に内点可能解が存在し，双対非退化条件が満されている”ことを仮定する．この問題に対するアフィンスケーリング法の反復は，多面体の内点 x において

$$
(2)\qquad
\begin{aligned}
&x^+=x-\mu\frac{B(x)^{-1}g(x^+)}{\{g(x^+)^tB(x)^{-1}g(x^+)\}^{1/2}},\\
&B(x)=AS(x)^{-2}A^t, \qquad g(x)=Qx+c, \qquad S(x)=\mathrm{diag}(A^tx-b)
\end{aligned}
$$

として定義される (Ye (1989))．μ はステップ幅，x^+ は次の近似解である．$0\leqq\mu<1$ であれば，x^+ が内点可能解であることが保証される．本発表では Tsuchiya (1990) で用いられている手法を拡張して反復 (2) の性質を解析し，次の定理を示した (Tsuchiya (1991))．

定理. 上述の仮定の下で，ステップ幅 μ を 1/8 に選べば狭義凸2次計画問題に対するアフィンスケーリング法は大域的収束性を持つ．

参 考 文 献

Barnes, E.R. (1986). A variation on Karmarkar's algorithm for solving linear programming problems, *Math. Programming,* **36**, 174-182.

Dikin, I.I. (1967). Iterative solution of problems of linear and quadratic programming, *Soviet Math. Dokl.,* **8**, 674-675.

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

Tsuchiya, T. (1990). Global convergence of the affine scaling methods for degenerate linear programming problems, Research Memo., No. 373, The Institute of Statistical Mathematics, Tokyo (*Math. Programming* (to appear)).

Tsuchiya, T. (1991). Global convergence of the affine scaling algorithm for the primal degenerate strictly convex quadratic programming problems, Research Memo., No. 417, The Institute of Statistical Mathematics, Tokyo.

Vanderbei, R.J., Meketon, M.S. and Freedman, B.A. (1986). A modification of Karmarkar's linear programming algorithm, *Algorithmica,* **1**, 395-407.

Ye, Y. (1989). An extension of Karmarkar's algorithm and the trust region method for quadratic programming, *Progress in Mathematical Programming* (ed. N. Megiddo), 49-63, Springer, Berlin.

主双対内点法の収束性

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，Karmarkar (1984)により