

多段ファジイ推論による時系列予測を用いた生産切替の評価

02756076 九州大学 *高木 昇 TAKAGI Noboru
01304556 九州大学 時永 祥三 TOKINAGA Shozo

1 まえがき

本報告では、為替レート変動に応じて生産を国内と海外に切替える政策を多段ファジイ推論システムによる時系列予測を用いて実施した場合のリスク軽減の評価を行う。

2 為替レート変動と生産切替え

為替レート変動に応じて生産を切替える研究は、操作の柔軟性 (Operational Flexibility) として議論されている [1][2]。例えば、為替レートが変動する場合には、円高傾向になれば国内の生産工場を閉鎖して、すべての生産を海外で行い、為替リスクを回避することができる。

変動過程をモデル化する手法として、例えば、幾何ブラウン運動がある。複数の国が存在して、それぞれの国における生産コストが求めら、コスト関数における最小化問題も複雑となる。しかし、最終的には、例えば、日本の円によって決済されたり、あるいは通貨の為替レート間の相関も、3つ以上の通貨での関連性は急速に減少する。極端な例として、2つの通貨があり、1つをノミナルと考え、これに対する変動率を次のように決める。

$$w_2 = \theta w_1 \quad (1)$$

このような前提のもので、コスト関数 $\phi(\theta)$ 極端に単純化し、為替レート変動の基準化のファクターであるにのみ依存すると仮定する。

$$\phi(\theta) = \theta \quad (2)$$

(1) 切り換えコストを含まない場合

2つの国の間の工場生産の切り換えコストを含まない場合の最適政策は、動的計画問題を解くこ

とにより得られる。どの時刻 t においても、最適政策でのコスト総額は、時刻 $t+1$ における最適政策と、時刻 t の開始時刻における最小化されたコストとの和になるので、次の式を得る。

$$F(\theta_T) = \min(1, \phi(\theta_{T-1})) \quad (3)$$

$$F(\theta_t) = \min(1, \phi(\theta_t)) + \rho E(F(\theta_{t+1})), t = 0, 1, \dots, T \quad (4)$$

(2) 切り換えコストを含む場合

2つの国の間の工場生産の切り換えコストを含む場合の最適政策は、次の動的計画問題を解くことにより得られる。工場の場所を i から j に変更する切り換えコストを k_{ij} とする。例えば時刻 $t-1$ において場所 1 で操業している場には、時刻 t において θ_t となった場合の最適政策として次の式を得る。

$$F(\theta_t, 1) = \min(1 + \rho E(F(\theta_{t+1}, 1)), -k_{12} + \phi(\theta_t) + \rho E F(\theta_{t+1}, 2)) \quad (5)$$

同様に、時刻 $t-1$ に場所 2 で操業している場合の式を得る。

3 多段ファジイ推論システム

われわれは、以前、ファジイ推論システムにおいて入力を分散的に使用する多段ファジイ推論システムを提案し、ルール数を大幅に削減できることを示した [3]。ここでは、ファジイ推論システムの関数近似能力を利用して時系列を予測し、生産切替えを実施する、いわゆる前向き最適化手法を提案する。段数が N の多段ファジイ推論システムは、次のような if-then ルールにより記述できる。

(Stage 1)

If x_1 is A_{11}^1 and ... and x_M is A_{1M}^1
then y_1 is w_1^1

.....

If x_1 is $A_{11}^{n_1}$ and ... and x_M is $A_{1M}^{n_1}$
then y_1 is $w_1^{n_1}$

.....

(Stage N)

.....

If x_1 is $A_{N1}^{n_N}$ and ... and x_M is $A_{NM}^{n_N}$ and y_{N-1}
is $B_N^{n_N}$

then y_N is $w_N^{n_N}$ (6)

ここで、 x_i は入力変数であり、 y_i は i 段目の出力である。

$$\mu_i^k = \prod_{j=1}^{M^*} \mu_{A_{ij}^k}(x_j) \quad (7)$$

$$y_i = \sum_{k=1}^{n_i} \mu_i^k w_i^k / \sum_{k=1}^{n_i} \mu_i^k \quad (8)$$

$\mu_{A_{ij}^k}$ はメンバーシップ関数、 w_i^j はウェイト、 M^* は i 段目への入力変数の数であり、これは入力変数の総数 $M+1$ より十分小さい。

学習のサンプルを用いてルールウェイトを最適化することができる。同時に、遺伝的アルゴリズムを用いてメンバーシップ関数の形状を最適化することができる [4]。

4 応用例

以下では、時系列の予測手法を用いて θ_t を推定し生産の切替えを実施した場合のコスト削減効果を、切り替えを実施しない場合と比較する。時系列のモデルが明らかな場合には動的計画法により最適政策を求めることができるが、一般には予測を用いて前向きに決定する必要がある。結果の比較のため動的計画による結果も示す。為替レート変動に関して、次を仮定する。

$$\Delta\theta_t = \lambda(\theta - \theta_t)\Delta_t + \sigma\theta_t\Delta Z \quad (7)$$

ここで Z は離散的なウィーナ過程である。

図1には、コストのケースごとの値を示す。横軸は θ_t の初期値、縦軸はコストである。動的計画による結果では θ_t の遷移確率が得られていると仮定する。これより分かるように、多段ファジイ推論によ

る時系列予測を用いて生産の切り替えを実施した場合のコストは、切替えを実施しない場合より優れており、予測の効果が現れている。また、動的計画による結果と直接比較することはあまり意味がないが、形式的に比較した場合においても、 θ_t の初期値が1よりかなり小さい、あるいは大きい場合には優れた結果となっている。

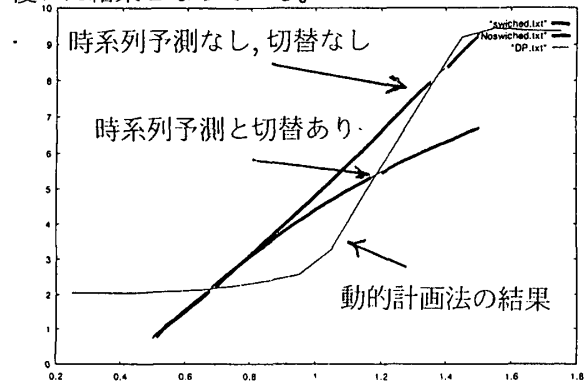


図1. 時系列予測による生産切替え政策比較

この応用例と同じ枠組みであるが、為替レート変動が logistic map および henon map により生成された場合のコストの評価についてもカオス時系列を用いたシステム推定を多段ファジイ推論を用いてカオス時系列を予測して最適化することができる (結果は省略する)。

5 むすび

多段ファジイ推論システムによる時系列予測を用いて生産を国内と海外に切替える政策を実施した場合のリスク軽減の評価を行った。今後、実際の時系列を用いて分析する予定である。

参考文献

- [1] A.Huchzermeier and M.A.Cohen: "Valuing operational flexibility under exchange rate risk", Operations Research, vol.44,no.1, pp.100-113,1996.
- [2] B.Kogut and N.Kulatilaka: "Operational flexibility, global manufacturing and the option value of a multinational networks, Management Science, vol.40, no.1 ,pp.123-139 ,1994.
- [3] 岸川善紀, 時永祥三: "多段ファジイ推論を用いたカオス時系列予測とその応用", 日本 OR 学会 1999 年度秋期全国大会予稿集, pp.26-27,1999.
- [4] Y.Kishikawa and S.Tokinaga: Trans.IEICE,vol.E83-A,no.2,pp.357-366,2000.