

# 多国籍企業の操業の柔軟性評価

## —リアル・オプション・アプローチによる—

02302450 東京理科大学 \*田口 勲 TAGUCHI Isao  
 01405390 東京理科大学 生田目 崇 NAMATAME Takashi  
 01701440 東京理科大学 山口 俊和 YAMAGUCHI Toshikazu

### 1. はじめに

経済のグローバル化と国際的な相互依存関係の一層の進展により、為替レート変動などの経済状況の変化が多国籍企業の業績に大きく影響を与えるようになった。そのため、多国籍企業は経済状況の変化に対して通貨の先物取引などの財務面や、海外生産比率の変更などの操業面のような様々な側面で柔軟に対応していくことが望まれる。

本発表では「操業の柔軟性」を対象とし、その柔軟性評価の方法を提案する。その際、経済状況の変化の中でもっとも影響力があると思われる為替レートの変動に着目する。為替レートの変動に対する操業の柔軟性を評価する既存の研究に Kogut ら [2], Cohen ら [1] がある。しかし、彼らの方法では操業するか全くしないかのどちらかしか選べず、また現在の操業水準により柔軟性の価値が変化するなどの問題点がある。本発表ではこれらの問題点を改善した操業の柔軟性価値を評価する方法を提案する。

### 2. 対象とする多国籍企業

本発表では2カ国以上に製造拠点・販売拠点を持つ企業を対象とし、以下の仮定をおく。各工場で共通の1種類の製品を製造し、各市場ではドル建ての世界統一価格で販売する。各市場の需要は確定値とする。売上額は為替レート変動の影響を受けずにドル建てで一定のため、企業は円建て総費用を最小とする各工場の製造量と各市場への輸送量を毎期決定する。過去の研究のようにフル生産（輸送）するか全くしないかの決定ではなく、最適な製造量と輸送量の割当てを決定する。

各期の製造量と輸送量を決定するために以下に示す Multi-national Allocation Problem (MAP) を提案する。

#### 2.1. 記号の定義

本発表で用いる記号を以下に定義する。

添字

$t$  : 期  $t = 1, \dots, T$   
 $f$  : 工場  $f = 1, \dots, F$   
 $m$  : 市場  $m = 1, \dots, M$

変数

$X_{fm}$  : 工場 $f$ から市場 $m$ への製品輸送量

$OT_f$  : 工場 $f$ の稼働時間

定数

$VC_f$  : 工場 $f$ における製品の単位当たり変動製造費

$FC_f$  : 工場 $f$ の固定製造費

$DC_{fm}$  : 工場 $f$ から市場 $m$ への製品の単位当たり輸送費

$PT_f$  : 工場 $f$ における製品の単位当たり製造時間

$CAP_f$  : 工場 $f$ の最大稼働時間

$D_m$  : 市場 $m$ の製品需要量

$\alpha$  : 稼働時間の負荷率の下限

$r$  : 日本の単位期間当たり無リスク利率

$r_f$  : 工場 $f$ の存在国の単位期間当たり無リスク利率

$\sigma$  : 為替レートのボラティリティ

$\Delta z$  : ウィナー過程に従う変数の単位期間当たり増分  
 パラメータ

$\theta_f$  : 工場 $f$ の現地通貨対円の為替レート

#### 2.2. MAPの定式化

ある為替レートのもとで、各工場の負荷率を考慮し、円建て総費用を最小とする各工場の製造量と各市場への輸送量を決定する。 $t$ 期のMAPは以下のように定式化できる。

$$[\text{MAP}]$$

$$\text{Min} \quad \psi(\theta_t) = \sum_{f=1}^F \theta_{ft} \left\{ VC_f \sum_{m=1}^M X_{fmt} + FC_f + \sum_{m=1}^M DC_{fm} X_{fmt} \right\} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad OT_{ft} = PT_f \sum_{m=1}^M X_{fmt}, \quad f = 1, \dots, F \quad (2)$$

$$\alpha CAP_f \leq OT_{ft} \leq CAP_f, \quad f = 1, \dots, F \quad (3)$$

$$\sum_{f=1}^F X_{fmt} = D_m, \quad m = 1, \dots, M \quad (4)$$

$$X_{fmt} \geq 0, \quad f = 1, \dots, F, m = 1, \dots, M \quad (5)$$

### 3. 柔軟性価値

本発表において柔軟に操業するとは、各期の為替レートのもとで円建て製造費用最小になるように毎期操業することであり、逆に柔軟に操業しないとは、為替レートがどのように変動しても初期の為替レートのもとで円建て製造費用最小になるように毎期操業することと定義する。

柔軟に操業することにより(6)式の関係が成り立ち、円建て製造費用を減少することができる。

$$\psi_c(\theta_t) \geq \psi_v(\theta_t), \quad t = 1, \dots, T \quad (6)$$

$\psi_c$  : 柔軟に操業しない場合の円建て総費用

$\psi_v$  : 柔軟に操業する場合の円建て総費用

(6)式の関係より、柔軟性によりもたらされる各期の減少費用は(7)式になる。

$$\max(\psi_c(\theta_t) - \psi_v(\theta_t), 0) \quad t = 1, \dots, T \quad (7)$$

そして、(8)式のように期待総減少費用の現在価値を為替レート変動に対する操業の柔軟性価値と定義する。

$$\sum_{t=1}^T \left\{ \left( \frac{1}{1+r} \right)^t \times E(\max(\psi_c(\theta_t) - \psi_v(\theta_t), 0)) \right\} \quad (8)$$

$E$ は期待値を表す。(8)式の中括弧内は、満期が $t$ 期、原資産が円建て総費用、権利行使価格が柔軟に操業しない場合の円建て総費用、原資産価格が柔軟に操業する場合の円建て総費用であるヨーロッパ・プット・オプションのプレミアムと解釈できる。つまり、柔軟性価値とはヨーロッパ・プット・オプションのポートフォリオの価値となる。

### 4. 柔軟性価値評価法

柔軟性価値を評価するために、本発表ではフィナンシャル・オプションのプレミアム評価手法である二項モデルを用いる。

原資産が為替レートの関数であるため、為替レートの変動を多次元(為替レート数)の二項ツリーで表し、オプション・プレミアムを評価する。その際、為替レートの同時推移確率は各為替レートの変動の相関を考慮して求める。

#### 4.1. 為替レート

為替レートはリスク中立な世界で(9)式のような幾何ブラウン運動に従うと仮定する。

$$\frac{\Delta \theta_{ft}}{\theta_{ft}} = (r - r_f) \Delta t + \sigma \Delta z \quad (9)$$

#### 4.2. 計算手順

為替レート変動に対する操業の柔軟性価値を評価する手順を示す。

まず、 $t$  ( $t = 1, \dots, T$ ) 期を満期としたヨーロッパ・プ

ット・オプションのプレミアムを計算する。詳しい計算手順は以下の通りである。

**Step 1:** 為替レートの多次元ツリーを構築し、同時推移確率を計算する。

**Step 2:**  $t$ 期の各為替状態で柔軟に操業しない場合の円建て総費用を計算する。(ただし、各工場の製造量と各市場への輸送量を決定するために[MAP]に初期の為替レートを使用する。)

**Step 3:**  $t$ 期の各為替状態で柔軟に操業した場合の円建て総費用を計算する。(ただし、各工場の製造量と各市場への輸送量を決定するために[MAP]を用いる。)

**Step 4:**  $t$ 期の各為替状態で柔軟に操業することによる減少費用を計算する。

**Step 5:** 為替レートの同時推移確率と日本の無リスク利率を用いて減少費用を後退演算し、オプション・プレミアムを計算する。

そして、上記の方法で求められた各オプション・プレミアムの総和を求め、為替レート変動に対する柔軟性価値として評価する。

### 5. 考察

為替レート変動に対する操業の柔軟性価値に影響を与える要因として、現在の為替レート・為替レートのボラティリティ・計画期間・無リスク利率の4つが考えられる。

モデルの計算例は発表時に報告する。

### 6. おわりに

本発表では多国籍企業の為替レート変動に対する操業の柔軟性価値を定義し、リアル・オプション・アプローチによる評価方法を提案した。提案する方法を用いることで、工場の開設・閉鎖や製造能力の拡大・縮小などの投資計画問題に対して、より経済状況の変化に柔軟な案を提示することができ、投資計画に対する一つの評価基準となり得る。

本発表では多国籍企業は過去の業績に関係なく毎期操業可能と仮定している。今後この問題に対してのモデル化が必要である。

### 参考文献

- [1] Cohen, M. and A. Huchzermeier: "Valuing Operational Flexibility under Exchange Rate Risk", *Operations Research*, Vol.44, No.1, pp.100-113 (1996).
- [2] Kogut, B. and N. Kulatilaka: "Operating Flexibility, Global Manufacturing, and the Option Value of a Multinational Network", *Management Science*, Vol.40, No.1, pp.123-139 (1994).