

リアル・オプション・アプローチを用いた電力発電設備の公益性評価に関する研究

申請中 慶應義塾大学大学院 理工学研究科 \*佐々木 賢 SASAKI Masaru  
01505910 慶應義塾大学 理工学部 枇々木 規雄 HIBIKI Norio

1. 研究の目的

公益性を求められる業界(電気・ガス・通信等)は、その利用者のためにも便益を提供する必要がある、必ずしも利益重視の経営を行うことはできない。一般に、そのことを公益性と呼ぶ。一方で、公益性に関わる業界において、規制緩和を推し進めることで、市場の競争原理を導入し、利用者が様々な会社から電力を購入する市場を創造し、利用者の選択肢を増やす動きが高まっている。既に、アメリカや北欧では一般家庭向けを含めた個別売買が行われており、今後日本でも、2007年以降一般家庭の個別売電を進めるような検討を開始する予定である。

近年、事業評価問題の1つの枠組みとして、リアル・オプション・アプローチの研究が盛んである。将来に関する不確実性を考慮した上での意思決定問題をとらえる1つの手法として、そのアプローチは有効であると考えられている。その中でも中止オプションは、金融市場で扱われるアメリカンタイプのオプションと評価することができる。その評価問題について、シミュレーションを用いた手法が開発され、より複雑なモデルを評価することが可能になった。

そこで、本研究では電力発電設備にリアル・オプション・アプローチを用いることで、将来、撤退が自由な場合の中止オプションの価値を算出する。撤退が認められていない現状において、社会が負担している費用をとらえることで公益性と考えるモデルを開発する。そして、このモデルを利用し、不確実性の要素がオプション価値に与える影響に関する分析を行う。

2. モデルの構造

2.1. 評価モデル

本研究では火力発電所を想定し、そこでの発電を自由に止められることを中止オプションをとらえることにする。考え得るファクターは、電力需要・商品価格・電力価格・発電効率とする。時点*t*における発電プラントの利益を確率変数*x<sub>t</sub>*で表し、(1)式で与える。

$$x_t = D_t \times P_t - D_t \times C_t \times H_t - K_t \quad (1)$$

*D<sub>t</sub>*: 電力需要 *H<sub>t</sub>*: 発電効率  
*P<sub>t</sub>*: 電力価格 *K<sub>t</sub>*: 固定支出  
*C<sub>t</sub>*: 商品価格

各ファクターも確率変数と考え、このプラントの時点*t*のパス*ω*における利益を*x(ω, s; t, T)*と表す。ただ

し、*t < s ≤ T*の*s*においてオプションを行使する。LSMアルゴリズムにモデルを当てはめるために、*K*回の行使可能な時点を  $0 < t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_K = T$  する。時点*t<sub>k</sub>*において行使するか否かは既知であるので、オプションを保有する価値は(2)式で表されることになる。

$$F(\omega; t_k) = E_0 \left[ \sum_{j=k+1}^K \exp\left(-\int_{t_k}^{t_j} r(\omega, s) ds\right) x(\omega, t_j; t_k, T) \middle| \mathcal{F}_{t_k} \right] \quad (2)$$

(2)式における*r(ω, s)*は無リスク金利である。*F(ω; t<sub>k</sub>)*と*t<sub>k</sub>*時点の行使価値を比較することで、中止オプションの価値を算出する。

評価フローを図1に示す。

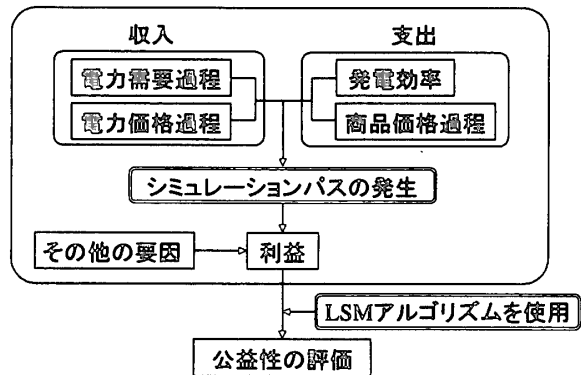


図1 モデルの概要

2.2. 確率過程

各ファクターの推移を確率過程で記述する。

① 電力需要過程

電力需要 *D<sub>t</sub>*は、電力需要の上昇率*μ<sub>D</sub>*、電力需要のボラティリティー*σ<sub>D</sub>*をもつ幾何ブラウン運動に従うと仮定する。

$$dD_t = \mu_D D_t dt + \sigma_D D_t dB_D \quad (3)$$

② 商品価格過程

商品価格 *C<sub>t</sub>*は、Schwartz and Smith[2000]により提唱されたモデルを利用し、(4)式に従うものとする。需給ギャップなどによる短期的な変動*χ<sub>t</sub>*と、ファンダメンタルな部分による長期的な均衡水準*ξ<sub>t</sub>*に分割でき、それぞれが、*χ<sub>t</sub>*はOU過程、*ξ<sub>t</sub>*は幾何ブラウン運動過程に従うモデルである。

$$\ln(C_t) = \chi_t + \xi_t \quad (4)$$

$$d\chi_t = -\kappa_{\chi} dt + \sigma_{\chi} dB_{\chi} \quad d\xi_t = \mu_{\xi} dt + \sigma_{\xi} dB_{\xi}$$

$$dz_{\chi} dz_{\xi} = \rho_{\chi\xi} dt$$

③ 電力価格過程

電力価格  $P_t$  は、長期的にはある均衡水準  $m_t$  に、 $\theta$  の回帰速度で収束すると考え、平均回帰モデルにより記述する。

$$d \ln P_t = -\theta(\ln P_t - \ln m_t)dt + \sigma_p dB_p \quad (5)$$

$dB_{P_t}$  は\*についてのウィナー増分過程を示している。

### 3. LSM アルゴリズム

一般に、アメリカンタイプのオプション評価問題は、2項格子を利用するが、要因が多次元になると計算量が指数的に増加するという欠点がある。そこで本研究では、Longstaff and Schwartz [2001]により提唱されたシミュレーションによるアメリカンオプションの評価法を利用する。

手順を以下に示す。最終満期時点を  $T$  とする。

- i. 時点  $t$  におけるキャッシュフローを求める。
- ii. 時点  $t-1$  で ITM であるパスを  $X$  とし、それらのパスに対応した時点  $t$  におけるキャッシュフローを  $Y$  とする。
- iii. ラゲール多項式などを利用して、 $X$  の条件下での  $Y$  の回帰分析を行う。
- iv. 時点  $t$  における推定値と、時点  $t-1$  におけるキャッシュフローを比較し、行使するか否かを判断する。

この i. ~iv. の手順を時点  $T-1$  から時点 1 までバックワードに行い、最終的な停止時間を求め、各時点におけるキャッシュフローを時点 0 に割り引き、平均値を取ることでオプション価値を算出する。

### 4. 数値実験

考え得る火力発電所の規模は、最大で 100 万 kW の発電が可能なので、これを超えた供給量に関しては、他の設備から買い入れ、その価格で卸すことを想定する。オプション評価期間は、20 年間とし、行使可能なタイミングを 1 ヶ月ごとに設定する。10,000 本のシミュレーションパスを発生させオプション価値を求め、その 100 回の平均値をオプション評価に用いる。

本研究では、回帰分析に際し、ラゲール多項式の 2 次のオーダーまでを利用した。LSM アルゴリズムの特性上、行使価格が 0 ではうまく機能しないので、固定支出を賄えなかった場合に、中止をするモデルに変更する。

以下の 3 通りのモデルについて検討する。

表 1 評価モデル

	モデルⅠ	モデルⅡ	モデルⅢ
電力需要	確率	確率	確率
商品価格	確定	確率	確率
電力価格	確定	確定	確率

この数値実験では、初期需要分布の期待値を 50 万 kW ~ 70 万 kW まで変化させるケースを考える。図 2 に各モデルにおけるオプション価値の変化の様子を示す。

子を示す。

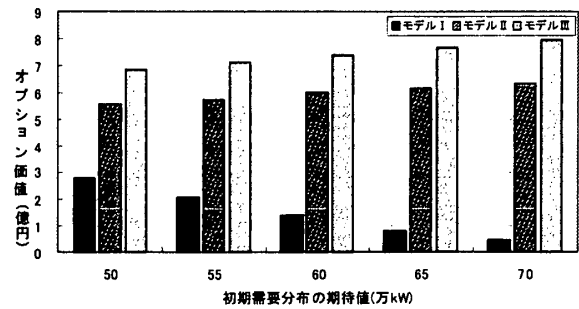


図 2 各モデルのオプション価値

モデルⅠは、初期需要の期待値が大きくなるに従って、オプション価値が逡減している。これは、モデルの構造上、初期需要分布の期待値が大きい方が、撤退する可能性が小さく、そのオプション価値が小さくなることを反映している。一方、モデルⅡ・Ⅲでは、初期需要分布の期待値が大きいケースほど、オプション価値が高まる。これは、商品価格や電力価格により、モデルⅠの分布が大きく歪んだ結果であり、利益のパスが大きく変動したことに起因していると考えられる。

電力の個別売買が更に活性化すると、市場における売電会社の予想が、公益性に大きな影響を及ぼすことが分かった。不確実なファクターを織り込めば織り込むほど、オプション価値も増大し、現状のように質の高い電気を望む場合には、利用者はどの会社から電気を買い入れるかが大きな問題になる。

### 5. 結論と今後の課題

本研究は、中止オプションの価値を現在我々が負担しているコストととらえることで、公益性の評価問題を考えた。現状ではあまり評価されていない公益性に関して、新たなアプローチ方法を提案した。そして、様々な不確実性を考慮することで、オプション価値に与える影響を分析した。

今後はモデルの精度向上のために、シミュレーションパスの生成方法に、時系列モデルを利用するなど、更なる検証が必要である。

### 参考文献

- [1] F. Longstaff and E. Schwartz, Valuing American Options by Simulation: A Simple Least-Squares Approach, The Review of Financial Studies, Spring 2001 Vol.14, No.1, pp.113-147,
- [2] E. Schwartz and J. Smith, Short-Term Variations and Long-Term Dynamics in Commodity Prices, Management Science, Vol.46, July 2000, pp.893-911