

ゲームによる電力会社とガス会社の規制緩和後の負荷平準化戦略

01108690 筑波大学 * 榎尾 博 KASHIO Hiroshi
 01202910 筑波大学 鈴木 久敏 SUZUKI Hisatoshi

1. はじめに

日本の電力料金が欧米各国に比べ高いことから、現在政府の審議会で、新規発電設備の入札制度や託送制度等の競争促進策が検討されている。また、日本の電気料金の高い理由の一つが、冷房需要が大きいことによる負荷率（年間稼働率）の低さによることから、電気蓄熱式（夜間に蓄熱槽に氷や冷水を貯め、昼間にその冷熱を利用する）やガス冷房のさらなる普及策も検討されている。

営業の第一線では、電力会社とガス会社はビルの空調設備の導入をめぐる熾烈な競争をしている。ここでは、電力会社とガス会社をそれぞれプレーヤーとみなし、ビル空調需要家獲得を非協力ゲームとして定式化し、以下の2ケースについて定量的に分析し、負荷平準化のための新たな政策提案を行う。

- 1) 既存の枠組みで電力会社は電気蓄熱式に、ガス会社はガス空調機に対しイニシャル補填を行う。
- 2) 規制緩和を前提として、電力会社がガス空調機に対してもイニシャル補填を行う。

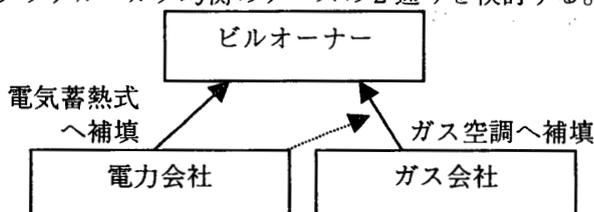
現実反して電力会社がガス空調設備に対して補助を行った方が、ガス会社のみならず電力会社にとっても利益を増大させることがわかった。

2. モデルの概要

2.1 ゲームのしくみ

ビルの空調設備をめぐる電力会社とガス会社が競争を行う。ここではイニシャル補填額をいくらにするかを、各社の戦略とする。ランニング費用にあたる電気料金やガス料金は、規制を受けているため戦略的には変えられないとする。また、ビルのオーナーは、空調設備に関するイニシャル費用とランニング費用だけで空調機を選択するとする。

電力会社やガス会社は設備産業のため、負荷平準化の効果が長期的に現れてくるので、各期が4年の6期を計画期間とする。各期に新築ビルに加え、建替え年数40年と仮定し既設ビルの10%が各期の競争対象物件である。一度決定された設備は設備更新時も同じ物が導入される。ここでは、各社がそれぞれ最適戦略をとるナッシュ均衡のケースと電力会社がリーダーとしガス会社をフォロワーとするスタックルベルグ均衡のケースの2通りを検討する。



2.2 民生用ビル需要家の設備選択モデル

ビルのオーナーは各空調機 i (1:従来空調機、2:電気蓄熱式、3:ガス空調) のイニシャル費用 IN_i と各社のイニシャル補填額 x_{ei}, x_{gi} とランニング費用 R_i によって表現される効用 U_i によって、各空調機を確率 $p(i)$ で選択する。選択モデルとして、ロジットモデルを当てはめた。費用による機器選定の効果を表すパラメータ a とイニシャル費用とランニング費用とのバランスを表すパラメーター b の2つを使った。モデルは以下のとおりである。

$$U_i = a \left\{ (IN_i - x_{ei}^e - x_{gi}^g) + bR_i \right\}$$

$$p(i) = \exp(U_i) / \sum_k \exp(U_k)$$

2.3 電力会社の目的関数

電力会社の目的関数は、各検討期間 t 期の利益の和の現在価値（割引率 r ） Π^e とする。収入は、各社の各空調機 i へのイニシャル補填額 x_{ei}, x_{gi} に依存するビル電力需要群の電力量 Det_i と各電気料金 Pe_i の積である。ガス空調設備が導入されても、照明部・動力分として電力は消費される。各需要群では1契約あたりの年間販売量や年間稼働率等の負荷ファクターと料金単価は、同一と考える。また、費用 C_e は各需要群ごとの電力量に比例する。

$$\Pi^e = \sum_t (1/(1+r))^{4t} \left\{ \sum_i \{ P_i^e D_{it}^e (X^e, X^g) - C_e^e (D_{it}^e (X^e, X^g)) - x_{ei}^e \} \right.$$

$$X^e = (x_1^e, x_2^e, x_3^e)$$

$$X^g = (x_1^g, x_2^g, x_3^g)$$

2.4 ガス会社の目的関数

ガス会社の目的関数も、検討期間内の利益の現在価値 Π^g とする。ガス空調需要 D_{gt} は、各社の補填額 x_{ei}, x_{gi} により決定される。需要群では1契約あたりの年間販売量、年間稼働率、季節備蓄量等の負荷ファクターと料金単価 P_g は、同一と考える。また、費用 C_g はガス空調需要に比例する。

$$\Pi^g = \sum_t (1/(1+r))^{4t} \left\{ P^g D_{it}^g (X^e, X^g) - C^g (D_{it}^g (X^e, X^g)) - \sum_i x_{gi}^g \right\}$$

2. 5 ナッシュ均衡

各社の相手の戦略への最適反応関数を R^e, R^g とする。

$$R^e(X^g) = \arg \max_{X^e} \Pi^e(X^e, X^g)$$

$$R^g(X^e) = \arg \max_{X^g} \Pi^g(X^e, X^g)$$

電力会社が蓄熱式空調に、ガス会社がガス空調に補填する場合のナッシュ均衡解を X^{Ne}, X^{Ng} とする。

$$R^e(X^{Ng}) = X^{Ne} \quad s.t. \quad x_3^{Ne} = 0$$

$$R^g(X^{Ne}) = X^{Ng}$$

2. 6 スタックルベルグ均衡

電力会社がリーダーで、ガス会社がフォロワーのシュタックルベルグ均衡解、 X^{Se}, X^{Sg} を考える。ここでは、規制緩和され電力会社がガス空調に対してもイニシャル補填 x^{Se3} を行い利益最大化を図る。

$$X^{Se} = \arg \max_{X^e} \Pi^e(X^e, R^g(X^{Se}))$$

$$R^g(X^{Se}) = X^{Sg}$$

3. 計算結果

東京電力と東京ガスに対し、本モデルを適用し試算を行った。

3. 1 需要家の前提条件

需要家の選択モデルのパラメーターを推定するには、実際はビルのオーナーだけでなく、設計会社やゼネコン等の要因が入るので難しい。ここでは、一般的にいられている空調設備等の回収年とここ最近の従来電気方式とガス空調との現実の市場シェアより、パラメーターを推定した。

3. 2 需要と費用の前提条件

対象ビル件数に関しては、毎年2%ずつ増加するものとした。また、東京電力の蓄熱式空調機のパンフレット等より従来電気空調、蓄熱式電気空調、ガス空調の負荷ファクター定めた。電力、ガス料金や各費用については過去5年間の東京電力と東京ガスの有価証券報告書のデータより推定した。

3. 3 ナッシュ均衡解

各社が利益を最大にすると、ある程度のシェアを取り合うナッシュ均衡に達する(表1)。この試算では、電力会社が電気蓄熱式に対し400万円の補填(利益3137億円)、ガス会社がガス空調に対し200万円の補填(利益311億円)することになった。しかし、両者の利益の和を最大にしない。

3. 4 スタックルベルグ均衡解

電力会社がガス空調に対して、その40%を補助すると電力会社の利益は最大化される(表2)。このとき、電力会社は電気蓄熱式に対し400万円の補填、ガス空調に対し160万円の補填をする(利益3267億円)。ガス会社はガス空調に対し240万円の補填を行う(利益396億円)。これは、電力会社、ガス会社とも3.3節のナッシュ均衡解よりも利益が増加する(ガス会社85億円、電力会社130億円増加)。

表1 ガス会社、電力会社の累積利益(百万円)

電気蓄熱		ガス空調		
		300 (万円)	*400 (万円)	500 (万円)
100 (万円)	ガス	33,549	30,039	26,716
	電力	294,352	303,468	299,624
*200 (万円)	ガス	34,439	31,093	27,755
	電力	307,239	313,739	307,719
300 (万円)	ガス	32,096	29,611	26,957
	電力	322,812	326,920	318,758

表2 ガス会社、電力会社の累積利益(百万円)
(電力会社のガス空調への補助率40%)

電気蓄熱		ガス空調		
		300 (万円)	*400 (万円)	500 (万円)
300 (万円)	ガス	42,521	38,260	33,710
	電力	312,388	318,271	312,005
*400 (万円)	ガス	43,131	39,575	35,466
	電力	321,628	326,694	319,943
500 (万円)	ガス	40,485	38,043	34,980
	電力	328,301	333,435	327,207

4. まとめ

電力会社とガス会社の民生ビルの空調需要に対する競争を非協力ゲームとして定式化し、東京電力と東京ガスについて数値例を解いてみた。熾烈な競争をしている事実に対し、規制緩和され電力会社がガス空調に対してもイニシャル補填すれば、蓄熱式空調のみに補填するよりも両者とも利益を上げられることを定量的に示した。

ゲームの手法自体は目新しいくないが、

- 1) 従来電力会社のみで検討していた負荷平準化モデルをガス会社へ拡張した
- 2) ゲームの戦略をイニシャル補填とし需要家の選択にロジットモデルを導入することにより3者択一の状況を扱った
- 3) 長期の利益最大化を取り入れたことによりより現実的な政策提案ができた。

参考文献

- [1] J.Stefanski and Y. Kaya, "Conflict between electricity and industries—a game model", IFAC, Dynamics of Natural Economics, 1992, Beijing.
- [2] 高橋、浅野、岡田、永田, 統合資源計画モデルによる蓄熱式空調プログラムの最適導入規模の分析, エネルギー経済環境コンファレンス, 1998, pp411-416.