

JEPX 卸電力価格モデルの予備検討

Kumicit

2012/08/25

1. Introduction

電力会社が管理する市場リスクには、燃料価格変動・燃料調達量・気温・電力販売量とこれに応じた発電機運転計画などがある。これらの要素に、2005年4月から始まった日本卸電力取引所(JEPX)での電力売買も取引量が増大してきたことから、エネルギー市場リスクモデルにおける階層型価格モデルに位置付ける必要がでてきた。そこでここでは、2008年以降の JEPX の取引公開データ及び、電力会社・気象庁などの公開データを用いて、定性的傾向及び回帰分析により、卸電力価格のモデル化を検討する。

2. 卸価格データの検討

2.1. 日本卸電力取引所の取引種別と検討対象のファクター

日本卸電力取引所は以下の取引を取り扱っている。

種別	期限	取引方式	制限等
先渡定型取引（月間）	2 か月前	ザラバ	
先渡定型取引（週間）	9 営業日前		
先渡市場取引（月間）	2 か月前	ザラバ	
先渡市場取引（週間）	2 営業日前		
スポット取引(30分単位)	前日 9:30	売買とも価格と 量を入力する	取引所休業日は対象としない。 買いは発電不調 or 需要急増のみ。
時間前取引（30 分単位）	9:00→13:00-17:00		
	13:00→17:00-21:00		
	17:00→21:00-13:00		

市場価格として扱うべき取引はスポット取引及び時間前取引である。ただし、時間前取引は限定的にし
か使用できないため、ここではスポット取引を検討対象とする。

スポット取引は 30 分単位の 48 種の商品を取引するが、公開されている価格は「PT: 13:00～16:00」「DT: 08:00～22:00」「24: 00:00～24:00」という平均価格である（市場分断が起きた場合も含めて）。そこで、ここでは、PT=ピークタイム平均価格を対象とする。

項目	項目	単位・種別等	情報源
予測対象	スポット取引価格	PT, DT, 24 ¹ (¥/kW)	JEPX 公開値
ファクター	売り入札量/買い入札量	30 分単位(MWh.h)	JEPX 公開値
	約定量	1 日合計(MWh)	JEPX 公開値
	東電管内需要	1 時間単位(MWh)	東京電力公開値
	東京気温	日平均・最高・最低気温(℃)	気象庁公開値
	Brent 価格	終値	

ファクターとしては、卸電力取引の入札量・約定量という市場の需給とともに、需要・気温・燃料価格
を検討対象とする。

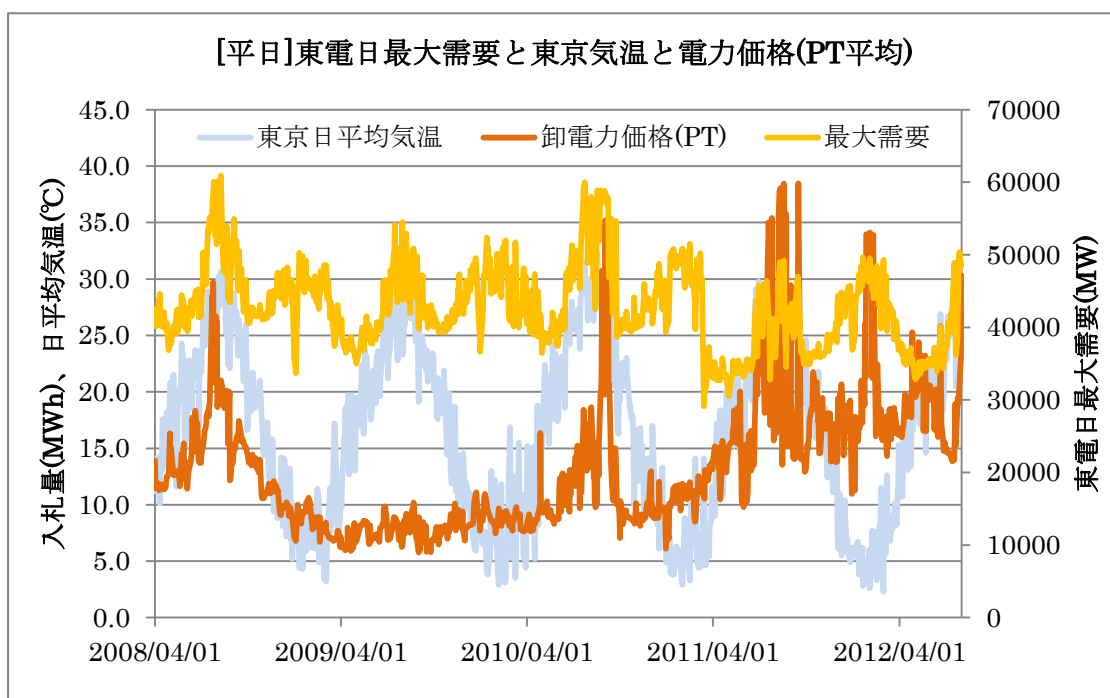
- 入札量は 30 分単位で公開されているが、PT 価格を対象とするので、ここでは 13:00～16:00 の合計
値を用いる。
- 需要について、過去数年分の時別値を公開しているのは[北海道電力](#)・[東北電力](#)・[東京電力](#)であり、
その他の電力会社は公開していない。このため全国合計値を入手できない。ここでは東京電力の需
要を指標とする。
- 気温の指標として東京の日平均気温を用いる。日平均気温と日最高気温は高い相関を持っており、
特に最高気温を使う必要はないと考えられる。

¹ PT: Peak Time (13:00～17:00), DT: Day time (08:00～22:00), 24(00:00～24:00)の平均価格。

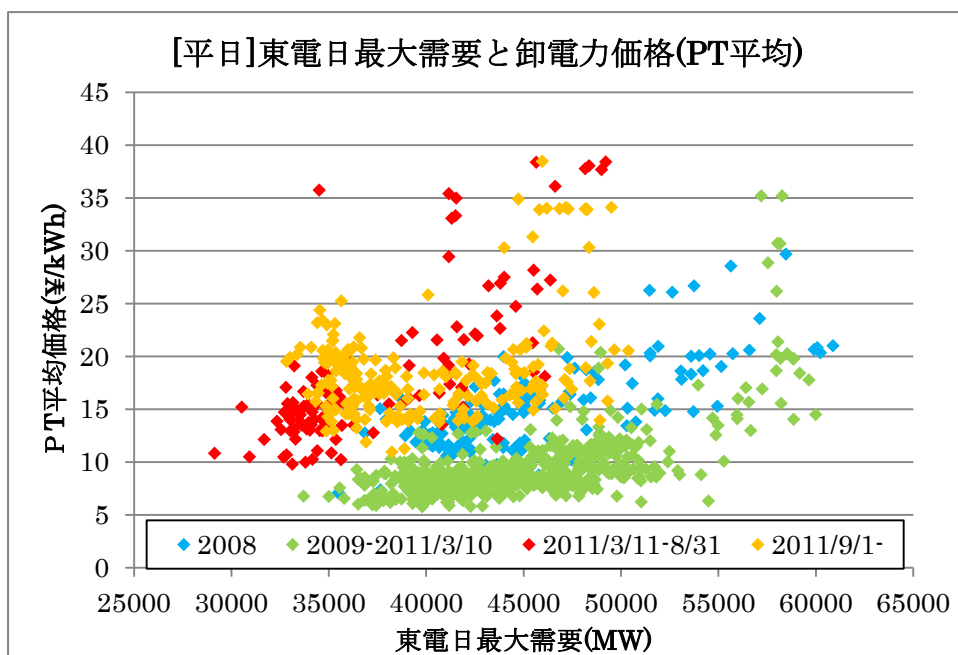
2.2. 気温及び需要の効果

電力需要は平日と土休で大きく異なるので、ここでは平日を検討する。ここでは東京電力管内の需要を指標として用いる。気温についても、同様に東京の気温を指標として用いる。

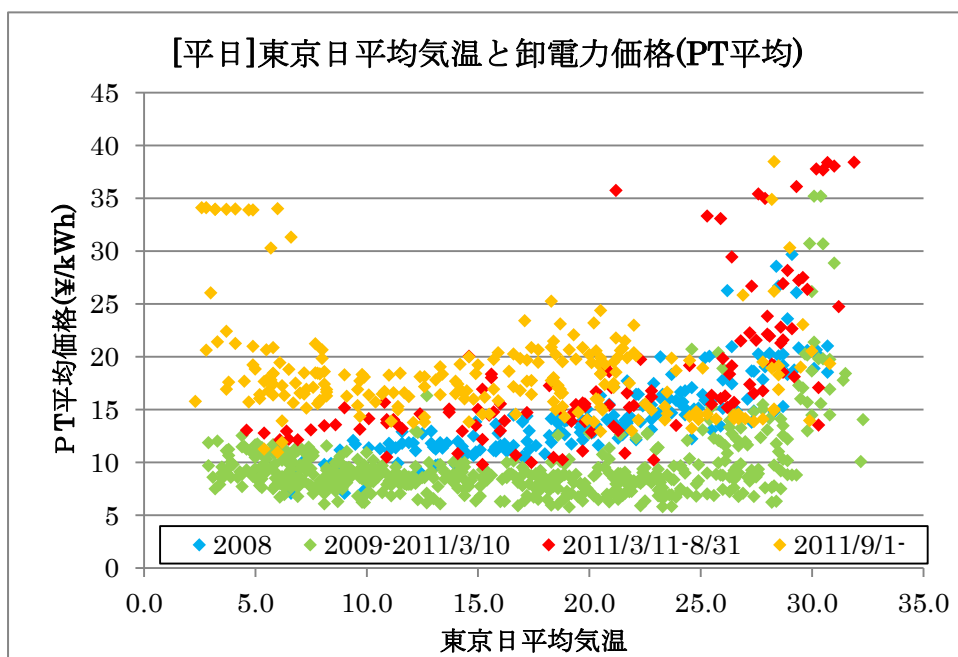
まず、PT=ピーク時間帯(13:00～16:00)のシステムプライスと東京電力管内の電力需要と東京気温の時系列を見る。需要及び気温は季節変動しているが、卸電力価格はこれらと同様の動きをしているわけではない。2009 年は需要及び気温とは無関係に変動している。



日最大需要と卸電力価格(PT 平均)を散布図にしてみると、時期によって関係は違っていることがわかる。さらに、2011 年 9 月以降は規則性すら見られない。



気温については高温時に価格が跳ね上がる傾向が見られる。しかし、2011年以降では低温時にも価格の跳ね上がりが見られる。

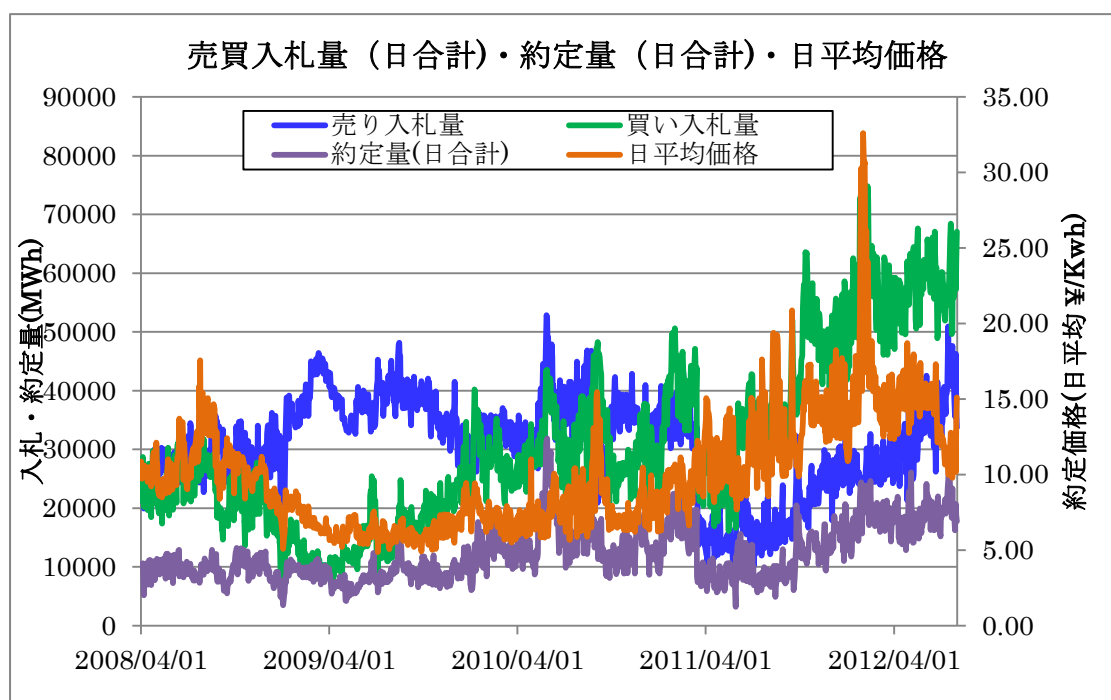


以上の通り、時期によって関連性が異なり、規則性すら見られない時期もあることから、気温や需要の影響はあるにせよ、卸電力価格を予測する指標としては適切ではないと考えられる。

2.3. 売買入札量及び約定量の効果

東電管内需要や気温が、日本全体の需要を代表する指標であるに対して、次に卸電力市場そのものの需給

の要素、すなわち売買の入札量を検討する。

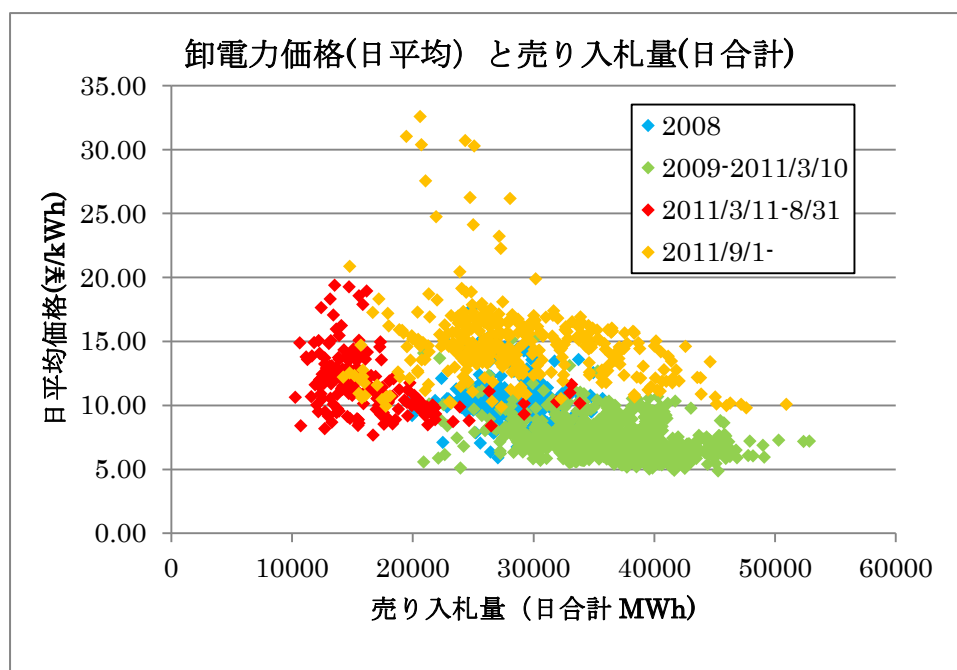


日合計の入札量・約定量及び日平均価格について時系列を見る。

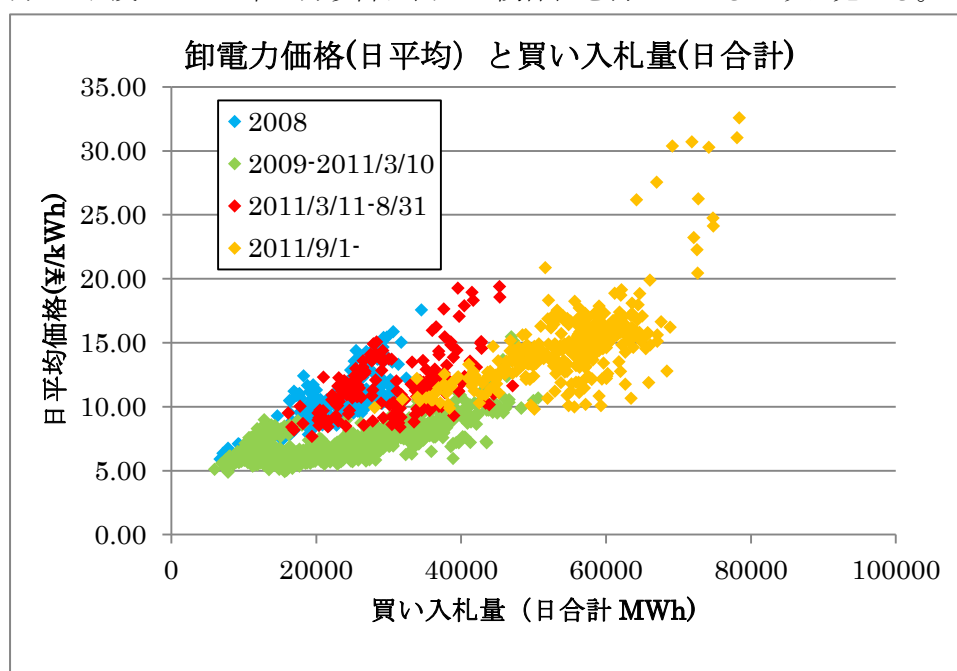
- 買い入札量と卸電力価格は、よく似た変動をしている。
- 売り入札量は 2009 年頃では卸電力価格と逆センスに変動し、2011 年春以降は同一センスの変動をしている、
- 約定量と卸電力価格の可燃系はあまり明瞭ではない。

次に売り入札量と卸電力価格を散布図にして関連性を見る。

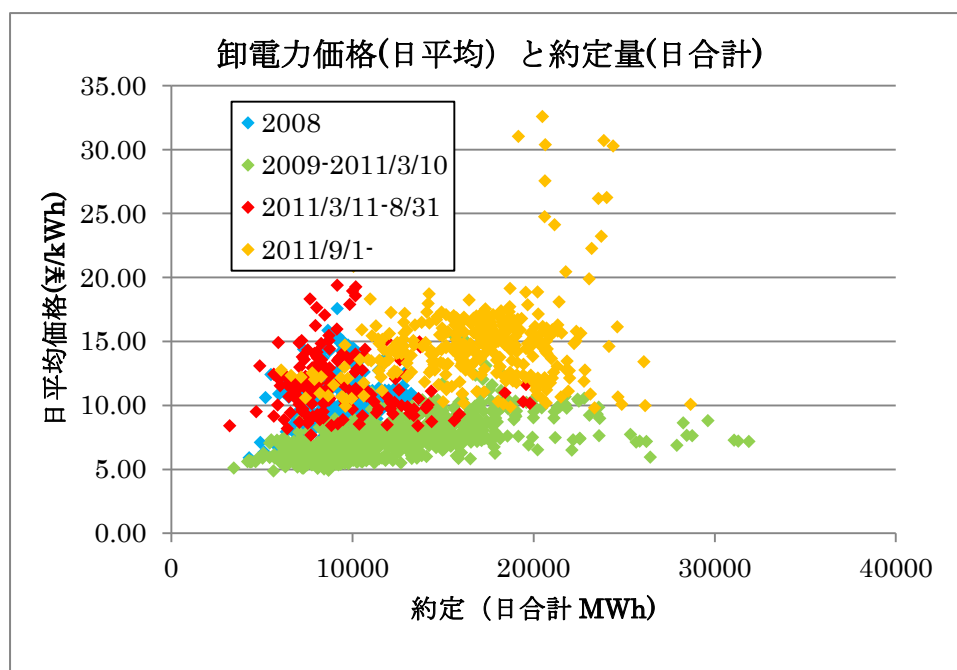
売り入札量と卸電力価格の関係は時期により違っており、特に 2011 年秋あたりから価格水準がシフトしている。いずれの時期も、売り入札量と卸電力価格の関係には、逆相関な傾向がみられるものの、あまり明瞭ではない。



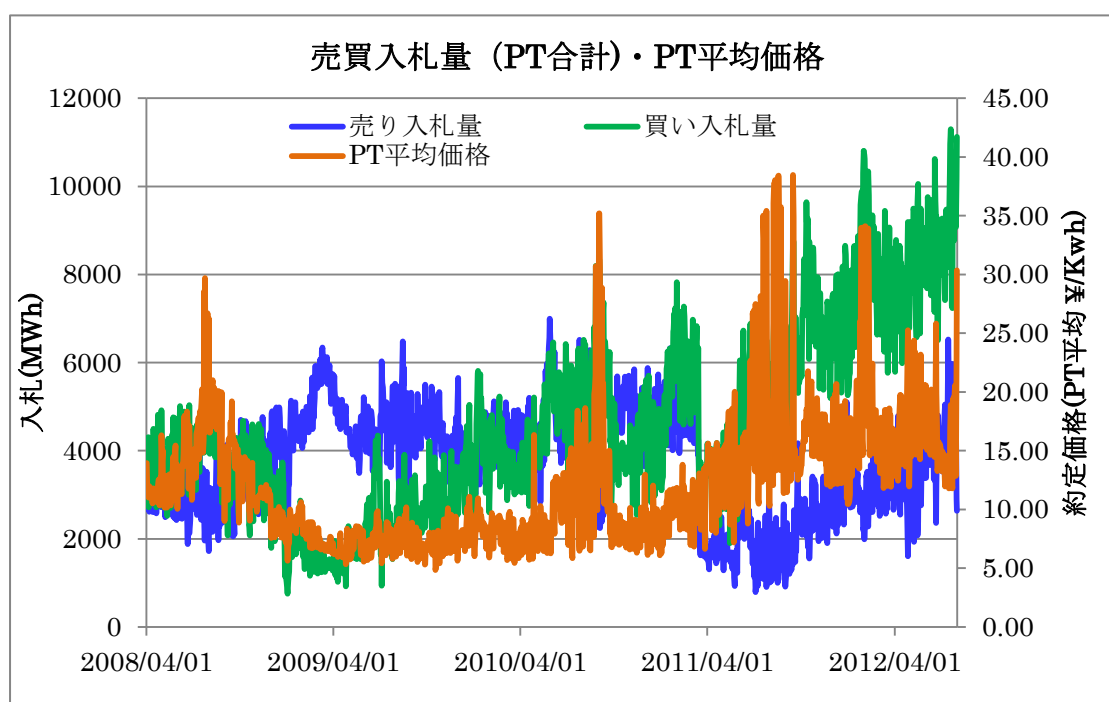
一方、買い入札量との関係は明瞭である。時期により関係性は少し違っているが、2009 年～2011 年 3 月 10 日及び 2011 年 9 月以降は同一の関係性を持っているように見える。



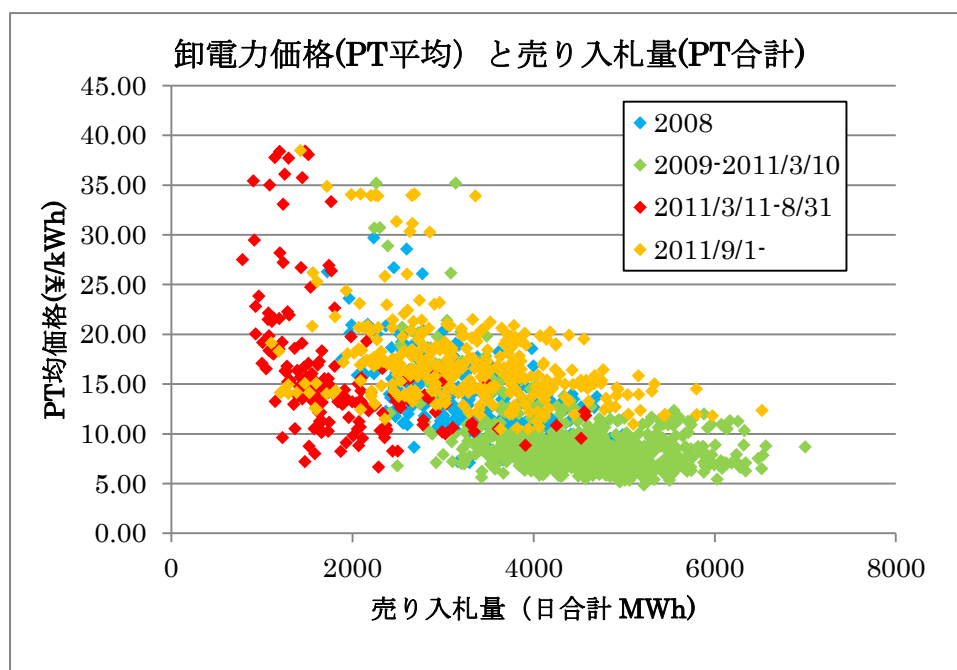
約定量については、売り入札量と同様に、時期により水準がシフトしている。また、2009 年～2011 年 3 月 10 日以外では規則性も見られない。



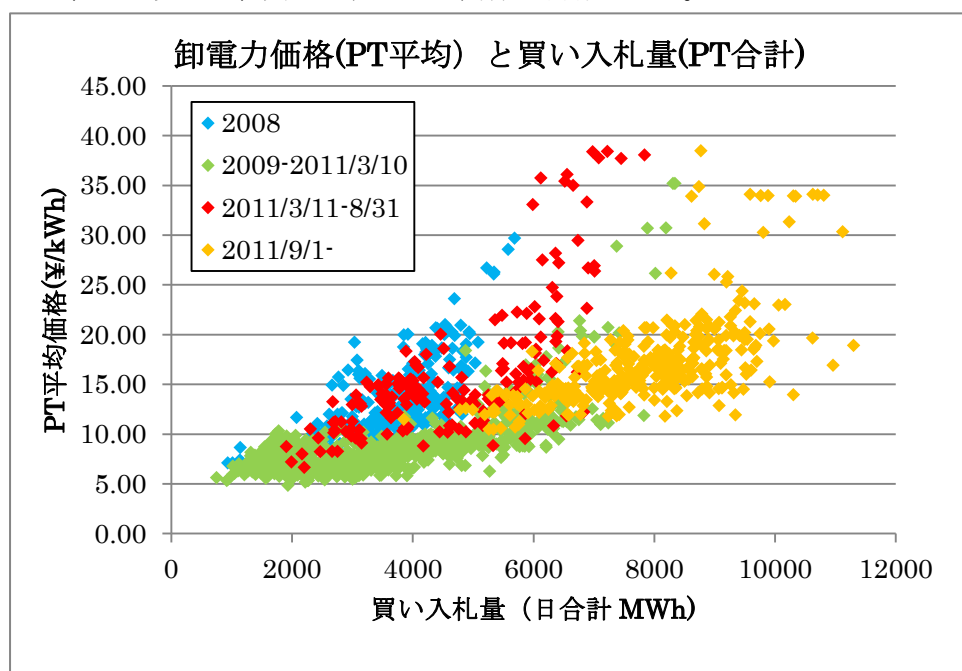
以上について、PT=ピーク時間帯(13:00~16:00)についても確認しておく。時系列は日合計量・日平均価格と同様の変動がみられる。



売り入札量については、日合計と違って、卸電力価格(PT 平均)との間に、ある程度規則的な関係がみられる。

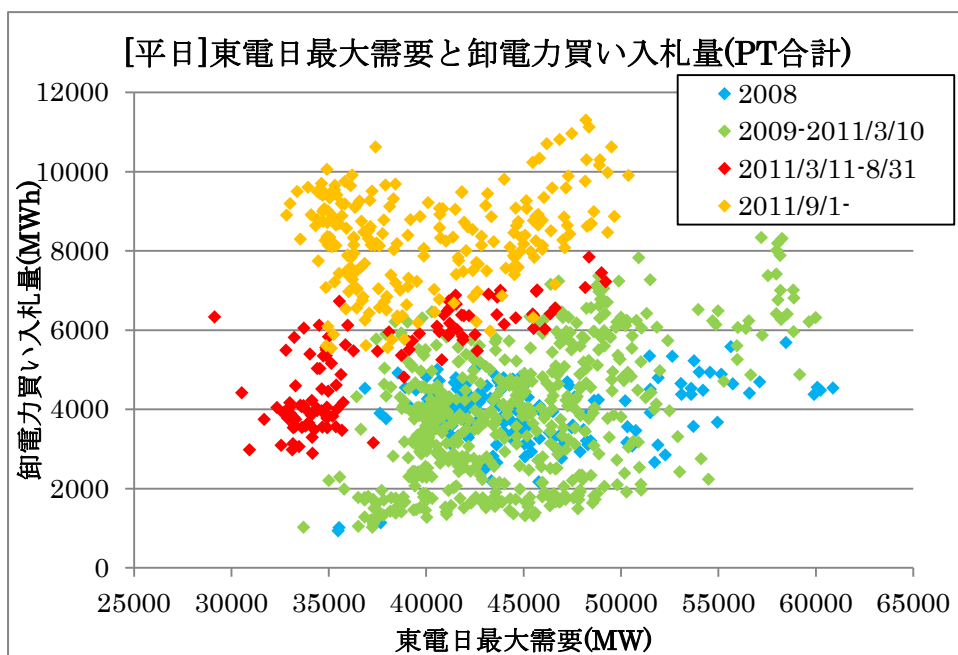


ただ、それ以上に、買い入札量との関係は明瞭である。



したがって、卸電力価格の変動を予測するファクターとして、買い入札量を用いることが適切だと考えられる。このことは、2008 年以前の価格変動について、下境[2008]が見出した結果を再確認するものである。

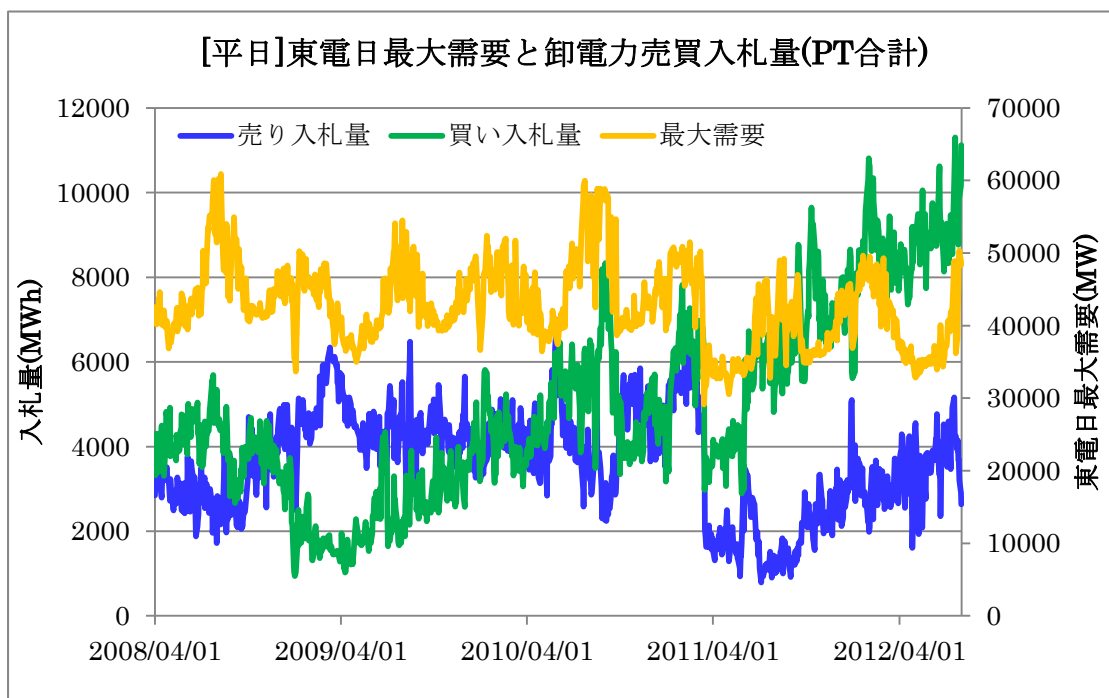
2.4. 買い入札量と気温及び需要



散らばりが大きすぎて、系統性はあまり見られない。

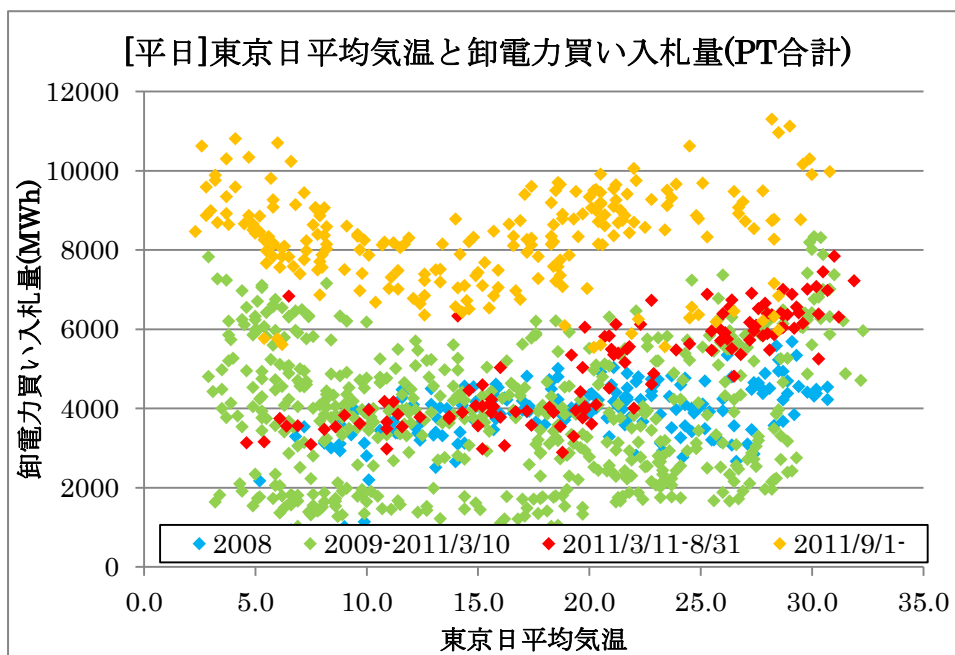
- 2008 年は特に傾向なし
- 2009 年～2011 年 3 月 10 日はわずかに
- 2011 年 3 月 11 日～2011 年 8 月 31 日は東電及び東北電力管内での電力不足。
- 2011 年 9 月 1 日～は東電管外での原発停止による電力不足

「買い入札量」を需要から推定するのは、ほぼ無理のように見える。



時系列で見ると、季節変動する需要に対して、買い入札量は 2009 年春以降、増加トレンドにあり、それが季節変化よりも卓越している。従って、トレンドのある平均回帰モデルで近似する方が適切だと考えられる。(リスク管理のための市場価格モデルとしては)

需要ではなく、気温と買い入札量を比べてみたのが上図である。需要と比べた場合と同様に、関係性は見えにくい、ある程度、気温の 2 次関数な関係が見える。特に 2011 年秋あたりからは、明瞭になってきている。そこで、気温を買い入札量モデルのファクターとする。



2.5. 燃料価格と卸電力価格

最後は燃料価格を検討する。日本の火力発電における燃料として検討すべきものには以下のようなものがある。

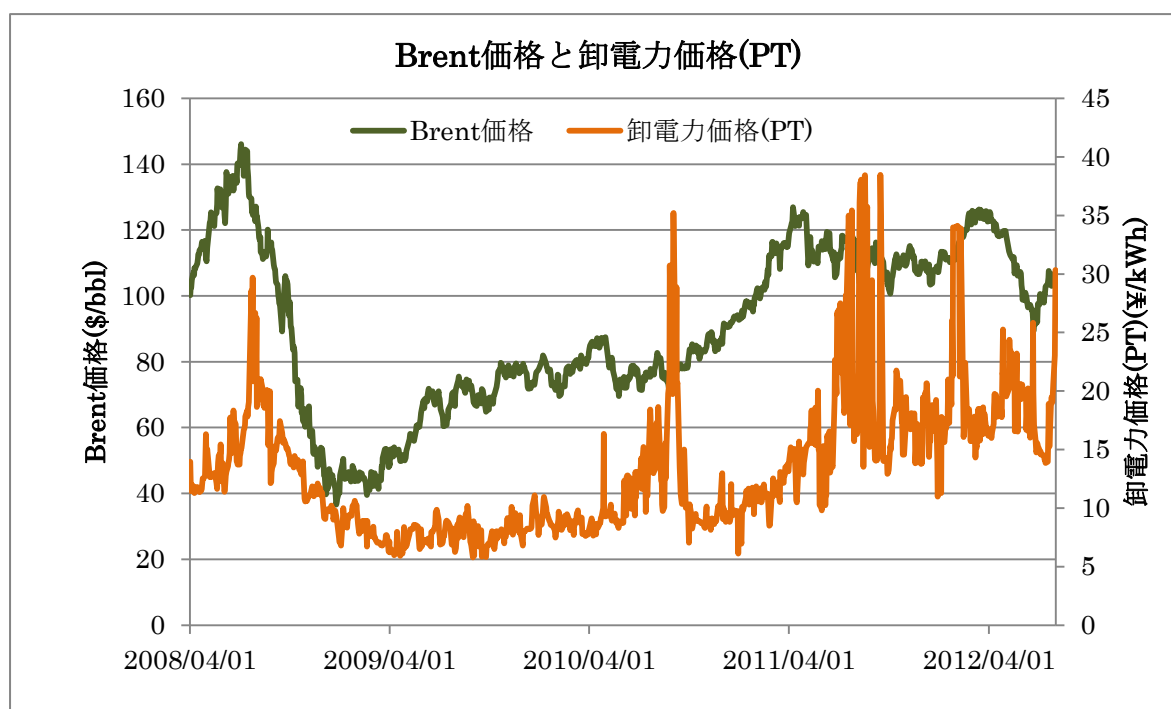
- WTI, Brent: 上場先物として取引され、世界の原油価格の指標となっている（通常は、直近限月の先物価格を指標とする）。
- Platts Dubai: 日本が輸入する原油の指標価格のひとつ。日次で Platts が公表する。
- ICP: インドネシア原油の公定価格で月次。
- HH (Henry Hub): 天然ガスの上場先物。

これらの価格は、実際に輸入する原油の価格の指標となるとともに、燃料として輸入している LNG の価格決定の指標値ともなる。

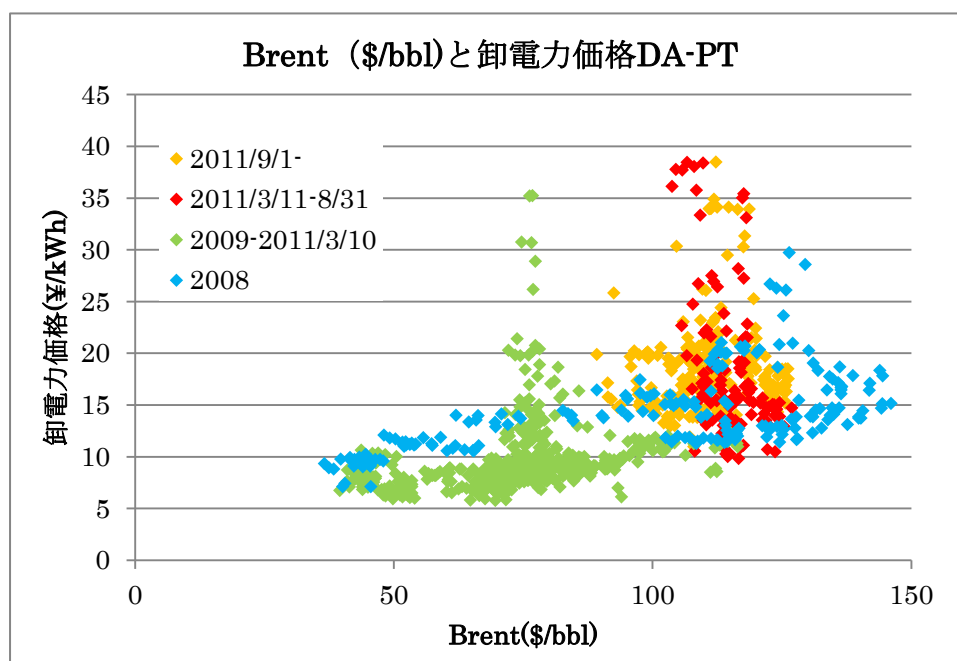
また、WTI や Brent の価格が即時に火力発電のコストに反映するわけではない。タンカーによる輸送のタイムラグが 1 か月程度ある。また、LNG 価格への反映は 1~4 か月後程度である。

これらをすべて検討するのは手間がかかるので、ここでは、Brent の日次クローズ価格を検討対象とする。

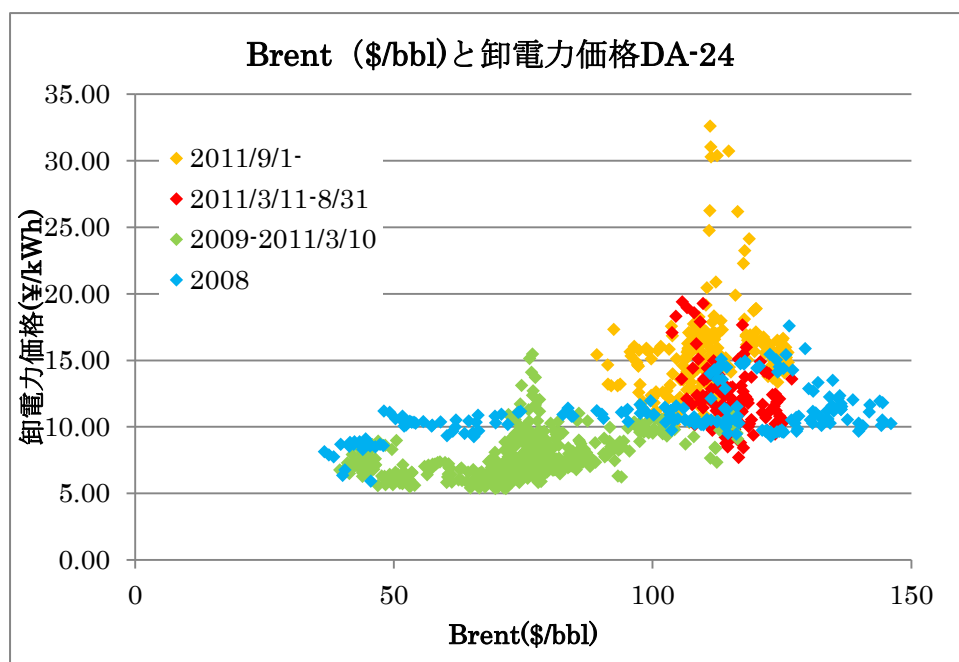
まず、時系列をみると、卸電力価格(PT)はほぼ1か月遅れで Brent 価格を追従しているように見える。



散布図にすると、2008 年から 2011 年 3 月 10 日までは、規則的な関係がみられる。それ以降は、ほとんど原油価格との関連性はほとんど見られない。



卸電力の日平均価格についても同様の傾向がみられる。



以上から、時期にもよるが、卸電力価格を予測するファクターとして燃料価格を使うのは適切と考えられる。ここでは、Brent 価格を用いることとする。

3. 階層型モデル

3.1. モデルの構成

階層型の価格モデルとして構成する。

レベル	項目	モデル
1	Brent(日 Close)	ここでは実績値を用い、予測対象としない。 通常は、対数正規モデルで価格シナリオを生成する
	東京気温(日平均)	ここでは実測値を用い、予測値ソフト市内。 通常は、Dishel D-1 モデル ²² で気温シナリオを生成する
2	買入札量(PT)	東京気温を参照する トレンドのある平均回帰モデルにより予測シナリオを生成する
3	卸電力価格(PT)	Brent 価格と買入札量を参照する 対数正規モデルで価格シナリオを生成する

ここではレベル 2 及び 3 モデルのみを試行する。

3.2. 買入札量をファクターとする卸電力価格モデル

まず、買入札量(PT)をファクターとする対数正規モデルで卸電力価格(PT)を推定する。

$$\log P_i = a_p \log P_{i-1} + b_0 B_i + b_1 B_{i-1} + \mu + \delta$$

P_i : 卸電力価格 (第 i 日の)

B_i : 買入札量 (第 i 日の)

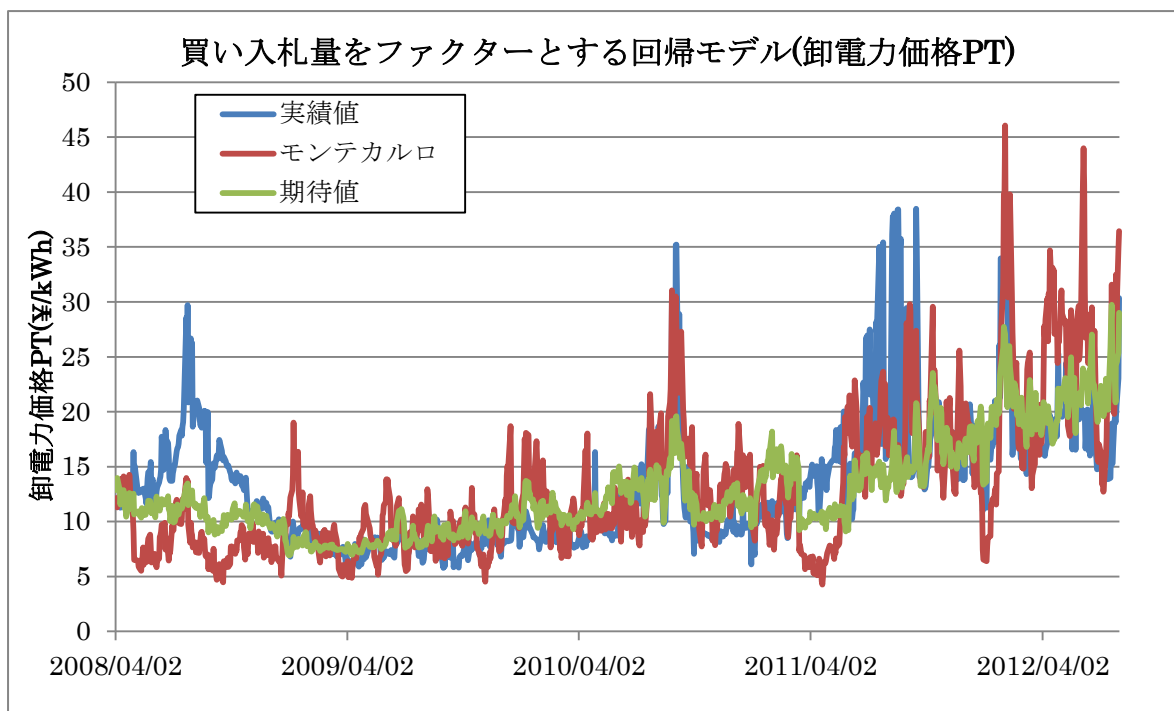
μ : 定数

ここでは、2008 年 4 月 1 日～2012 年 7 月 31 日のデータを用いてパラメータを推定する。

回帰統計		係数	
重相関 R	0.9577886	μ	0.1835270
重決定 R ²	0.9173590	b_1	-0.0001260
補正 R ²	0.9171253	b_0	0.0001403
標準誤差	0.1148701	a_p	0.8979478
観測数	1065		

これらを用いて、初期値のみを実績値として、モンテカルロシナリオ 1 本と期待値シナリオを生成した。

²² トrendのある回帰モデル



買い入札量に実績値を用いているため、2009 年春以降は、尤もらしいシナリオを生成できている。

3.3. 買い入札量と燃料価格をファクターとする卸電力価格モデル

さらに燃料価格を取り込む。

$$\log P_i = a_p \log P_{i-1} + b_0 B_i + b_1 B_{i-1} + c_0 C_i + c_1 C_{i-1} + \mu + \delta$$

P_i : 卸電力価格 (第 i 日の)

B_i : 買い入札量 (第 i 日の)

C_i : Brent 価格 (第 i 日の)

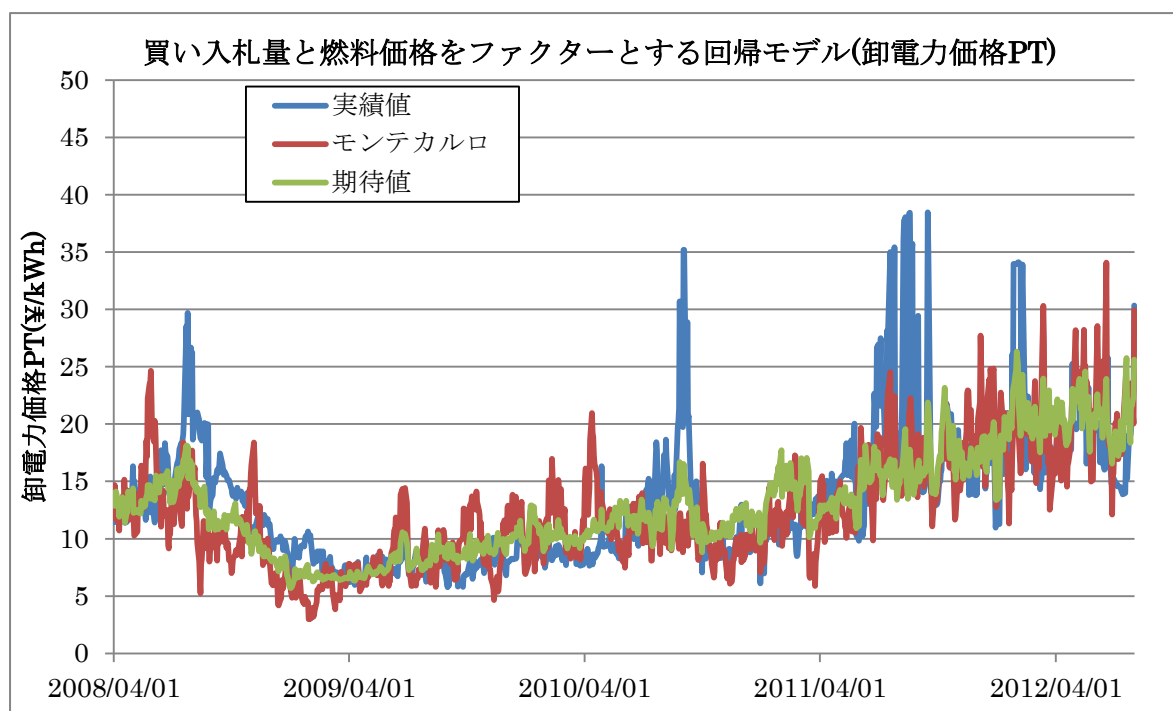
μ : 定数

ここでは、2008 年 4 月 1 日～2012 年 7 月 31 日のデータを用いてパラメータを推定する。

回帰統計	
重相関 R	0.958482
重決定 R ²	0.918688
補正 R ²	0.918304
標準誤差	0.114050
観測数	1065

係数	
μ	0.190498
b_1	-0.000120
b_0	0.000137
c_1	0.002637
c_0	-0.001860
a_p	0.869850

これらを用いて、初期値のみを実績値として、モンテカルロシナリオ 1 本と期待値シナリオを生成した。



期待値シナリオは燃料価格をファクターとすることで、より実績値に近くなっている。

3.4. 買い入札量モデル

続いて、買い入札量を気温をファクターとしてモデル化する。

$$B_i = a_b B_{i-1} + t_0 T_i + t_1 T_{i-1} + t_2 T_i^2 + t_3 T_{i-1}^2 + f_i + \mu + \delta$$

B_i : 買い入札量 (第 i 日の)

T_i : 気温 (第 i 日の)

μ : 定数

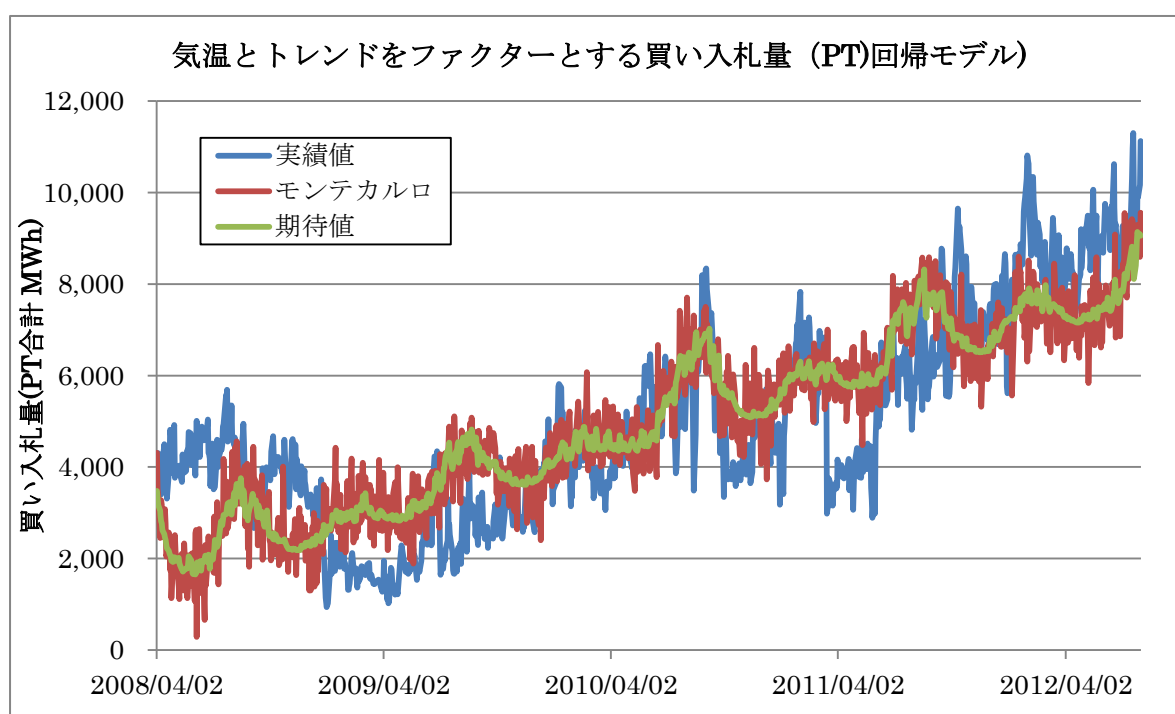
f_i : トренд項

ここでは、2008年4月1日～2012年7月31日のデータを用いてパラメータを推定する。

回帰統計	
重相関 R	0.975218
重決定 R2	0.95105
補正 R2	0.950772
標準誤差	497.612
観測数	1065

係数	
μ	244.2972
t_3	-3.40774
t_1	96.25105
t_2	4.110968
t_0	-117.328
f	0.411257
a_b	0.930156

これらを用いて、初期値のみを実績値として、モンテカルロシナリオ 1 本と期待値シナリオを生成した。



2009 年春以降は、尤もらしいシナリオを生成している。

これらにより、階層型価格モデルのレベル 2（買い入札量）とレベル 3（卸電力価格）を構成すれば、尤もらしいシナリオを生成できそうである。

3.5. ジャンプ過程（今後の課題）

卸電力価格モデルについては、電力価格に見られる価格の急騰を記述するジャンプ過程[7]の導入も検討する必要がある。上記で検討したモデルにジャンプ過程を加えると、以下の定式化となる[6]。

$$\log P_i = a_p \log P_{i-1} + b_0 B_i + b_1 B_{i-1} + c_0 C_i + c_1 C_{i-1} + \mu - \rho v + \sigma \delta W + \left(\log(1 + v) - \frac{s^2}{2} + s \delta W_1 \right) \theta (\rho - \delta W_2)$$

P_i : 卸電力価格 (第 i 日の)

B_i : 買入れ札量 (第 i 日の)

C_i : Brent 価格 (第 i 日の)

μ : 定数

σ : ボラティリティ

ρ : ジャンプの閾値

v : ジャンプの定数

s : ジャンプのボラティリティ

これについて次回、検討する。

4. References

- [1] JEPX: [取引情報](#)
- [2] 気象庁: [過去の気象データ検索](#)
- [3] 東京電力: [過去の電力使用実績データのダウンロード](#)
- [4] 下境芳典: [日本卸電力取引所の取引状況と回帰分析による価格予想](#), 電力中央研究所 社会経済研究所 社会経済研究 No 56, 2008.2
- [5] 大藤建太: [時間変化を考慮した国内卸電力市場の取引構造分析](#), 電力中央研究所報告, Y07016, 2008.4
- [6] 土方薫: 電力デリバティブ, シグマベイスキャピタル, 2004.
- [7] Merton, R. C. 1976. Option pricing when underlying stock returns are discontinuous. J. Financial Econom. 3 125-144.