

世帯電力需要量の価格弾力性の地域別推定

Estimation of Regional Price Elasticities of Household's Electricity Demand

谷下 雅義*

Masayoshi Tanishita

(原稿受付日 2009年4月30日, 受理日 2009年8月4日)

Electricity demand increases more than 70% from 1990 to 2006 in Japan. To meet with Kyoto Protocol targets, Ministry of Environment and some local municipalities have been discussing the introduction of carbon tax. To predict future energy needs and design pricing and taxation policies considering efficiency and equity, it is quite important for policy makers to understand price elasticity by regions. However, there has been little discussion on the regional and residential electricity price elasticities in Japan. In this paper, I estimate regional price elasticities of household's electricity demand by a partial-adjustment approach based on panel household expenditure survey data. Fixed effect model with varying coefficients was selected. The short-run price elasticities range between about -0.5- -0.9 and long-run estimates range between about -1.0 - -2.7. Three metropolitan regions with higher income and share of city gas in total energy consumption show higher price elasticities than non metropolitan regions. In addition, residential customers are more price sensitive than industrial/commercial customers.

1. はじめに

わが国の民生家庭部門のエネルギー消費量に占める電力 (MJ/世帯・年) の割合は約 40%であり, 2006 年の当該部門の電力消費量 (MJ/年) は 1990 年比で 72.8%増と他の部門よりも高い伸びを示している¹⁾。現在, その削減策の一つとして炭素税の導入が検討されている。炭素税については効率性や税負担の公平性などの論点があるが, これらの議論において重要となる変数は 1%の価格変化に対して何%需要量が増加するかという価格弾力性である。わが国ではエネルギー需要の価格弾力性は低く, したがって炭素税のような経済的手法を用いても CO₂ 排出量の削減効果には期待できないという意見が少なくない。例えば, 日本経済団体連合会は環境税に対する反対声明²⁾のなかで, 「石油危機前後のエネルギー価格の変動とガソリン, 電力の需要推移などを見ても, エネルギー需要の価格弾力性は低く, 温暖化対策税に CO₂ 排出効果を求めることはできない」と述べている。

しかしこれらの意見のほとんどは, 実際にエネルギー需要の価格弾力性の計測値をあげて示しているわけではない。また地域別の負担の公平性については, 後述するように産業商業用の大口需要に関しては, 地域別の価格弾力性が推定されているが, 家庭部門については電力需要全体の約

30%程度であることもあり, あまり議論がなされていないのが現状である。

そこで本研究は, 家計調査の電力使用量に関するパネルデータをもとに, 地域 (電力会社の管区) 別の家庭部門の電力需要量の価格弾力性を推定することを目的とする。そして地域別の価格弾力値にどのような特徴がみられるのかについて考察する。

2. 先行研究

秋山・細江(2007)³⁾は, 産業および商業用の電力需要を対象として電力需要関数の地域 (電力会社の管区) 別推定を行っている。この研究では, 電力価格, 地域内総生産, 石油製品価格, 冷房度日, 暖房度日, 電力契約口数, タイムトレンドおよび前期電力需要量を用いて, 地域別の電力需要関数を推定している。その結果, 短期の弾力値は, 東京・中部・関西で-0.2未満と小さく, その他の地域で約-0.3という結果を得ている。

民生家庭部門については, 園田・佐和・永田 (1999) のエネルギー価格低迷を考慮した価格弾力性の計測⁴⁾がある。この研究は地域別ではなく全国値を推定しており, 価格弾力性値として-0.219~-1.368という値が得られている。その他, エネルギー全体の価格弾力性や産業部門の電力における価格弾力性を推定している研究は多く存在する⁵⁾⁶⁾⁷⁾が, 筆者の知る限り, 電力の民生部門 (電灯) について地域別の価格弾力性を推定しているものはない。

*中央大学理工学部都市環境学科
〒112-8551 文京区春日 1-13-27
e-mail tanishi@civil.chuo-u.ac.jp

一方、欧米においては価格弾力性についてレビュー論文が存在するほど多く存在する。Bohi(1984)⁸⁾は、それまでの欧米の電力需要の価格弾性値についてレビューを行い、短期および長期の弾性値として、それぞれ-0.25、-0.66という結果を得ている。Espey(2004)⁹⁾は、36の研究で得られた96-125の価格および所得弾性値をもとにメタ分析を行い、価格弾性値として、短期の中央値が-0.28、長期の中央値が-0.81という値を得ている。またBohi(1984)⁸⁾同様、限界価格ではなく、平均価格を用いた推定は弾性値が高くなることなどを示している。

家計に注目した研究として、Halvorsen and Larsen(2001)¹⁰⁾はノルウェーにおける家計調査のデータを用いて世帯の電力需要の価格弾性値を推定し、-0.4~-1.0であるとの結果を得ている。Kamerschen and Porter(2004)¹¹⁾は部分均衡および同時方程式体系を用いてアメリカにおける価格弾力性の推定を行い、民生家庭部門で-0.85~-0.94、産業部門も含めた電力需要全体では、-0.13~-0.15という推計結果を得ている。産業部門よりも民生部門は大きな弾性値を示しており、本研究では同様の結果が得られるかについても検討する。

3. 方法

本研究は家計調査で得られる47県庁所在地における21年分の電気代および他の統計データを組み合わせたパネルデータを作成する。その際、価格の定義として2つの数値を用いる(次章)。そのデータを用いて、後述する固定効果・変量効果モデルを作成する。

パネルデータを用いたモデルには固定効果モデルと変量効果モデルがある。固定効果モデルは以下の式で表される。

$$Y_{i,t} = \alpha_i + \beta_i X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

ここで、 i :地域、 t :時点であり、 Y が被説明変数、 X が説明変数、 ε は独立した同一の正規分布に従う誤差項であり、 α_i 、 β_i はパラメータである。「 Y の各地域の違いは、各地域固有の理由によるところが多い」と考えるモデルであり、 α_i や β_i によりその違いを表現するものであり、最小二乗法によりパラメータが推定可能である。

一方、変量効果モデルは、固定効果モデル同様、

$$Y_{i,t} = (\alpha + \alpha_i) + (\beta + \beta_i) X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

と表わされるが、ここで α_i 、 β_i を地域固有の定数として捉えるのではなく、「 Y の各地域の違いは推計誤差や偶然的産物であり、各地域の効果はランダムである」と考えるモ

デルであり、 α_i や β_i はそれぞれある一つの正規分布からの乱数として得られていると考え、最尤法を用いてパラメータを推定する。

いずれの説明変数にこうした固定効果や変量効果を考慮するのがよいか、またこれらの2つのうちいずれがよいモデルであるかは、AIC(赤池情報量基準)、BIC(ベイズ情報量基準)の指標(ともにパラメータで記述されたモデルを選択する基準であり、対数尤度およびパラメータ数(BICではさらにサンプル数)により定義され、小さいほど望ましいモデルであることを示す)⁽¹⁾やHausman検定(固定効果と変量効果でそれぞれパラメータ推定を行い、それらの値がほぼ近いならば変量効果モデルを採択し、そうでないならば固定効果モデルを採用する)を行って選択する。そして、その結果から弾性値やその地域属性との関係について検討する。

4. データ

4.1 電力需要量および説明変数

本研究で用いる世帯の電力需要量(kWh/世帯)は、家計調査(総務省)¹²⁾で得られる県庁所在地ごとの平均月間電力使用量(円/世帯/月)を、後述する電力単価(円/kWh)で除したものをを用いる。分析対象期間は1986年~2006年の21年分である。もちろん電力会社の供給区別データには電気事業連合会統計の電灯需要や住環境計画研究所の電力需要もあるが、本研究では家計調査を用いることで県庁所在地ごとの地域特性をモデルに取り込み、またサンプル数が大きくなり、モデルの自由度を大幅に向上させることができると考えた。

また推定に用いる説明変数およびその資料を表1に示す⁽²⁾。

4.2 地域分割

先行研究³⁾同様、電力会社の管轄で地域を分割する。各県庁所在地との関係を表2に示す。

4.3 電力単価

家計調査から得られる電力使用量の単位は円であるため、推定に用いる電力単価(円/kWh)により、電力消費量(kWh/月/世帯)が異なり、結果として分析結果にも影響を与える。

本研究では以下の2つの定義を用いて価格弾力性を推定する⁽³⁾。

(1)電気事業連合会統計

各電力会社の電灯使用量の収入実績を電灯需要で除することにより、電力単価を算出する。しかし、この場合、従

表1 使用する変数

変数 (単位)	出典
電力需要量(円/世帯/月) 電力価格 (円/kWh)	家計調査 ¹²⁾ 電気事業連合会 ¹³⁾ 家庭用エネルギー統計年報 ¹⁴⁾
平均世帯人数(人)	家計調査 ¹²⁾
平均消費支出(円)	家計調査 ¹²⁾
灯油価格(円/18liter)	石油情報センター ¹⁵⁾
ガソリン価格(円/liter)	石油情報センター ¹⁵⁾
軽油価格(円/liter)	石油情報センター ¹⁵⁾
冷房度日 (度日)	気象統計情報 ¹⁶⁾
暖房度日 (度日)	気象統計情報 ¹⁶⁾
人口密度 (人/km ²)	全国市町村要覧 ¹⁷⁾
物価指数	消費者物価指数 ¹⁸⁾

注：家庭用エネルギー統計年報は原則販売されておらず、研究等公共性の高い目的でご使用になられる場合のみ購入可能である。

表2 県庁所在地と電力会社の管区との対応

電力会社	県庁所在地
北海道	札幌
東北	青森 盛岡 仙台 秋田 山形 福島 新潟
東京	水戸 宇都宮 前橋 さいたま 千葉 東京 横浜 甲府
中部	長野 岐阜 名古屋 津 静岡
北陸	富山 金沢 福井
関西	大津 京都 大阪 神戸 奈良 和歌山
中国	鳥取 松江 岡山 広島 山口
四国	徳島 高松 松山 高知
九州	福岡 佐賀 長崎 熊本 大分 宮崎 鹿児島

量電灯, 深夜電力, 時間帯別電灯契約などについては考慮されていない。

(2)家庭用エネルギー統計年報 (住環境計画研究所)

従量電灯, 深夜電力, 時間帯別電灯契約を考慮した電力単価である。こちらの方が現実を反映していると考えられるが、推計方法の詳細は不明である。

図1にこれらの2つの価格についての散布図を示す。当然ながら、相関係数は0.91と高い数値を示す。また最大で2.66(円/kWh)の差が存在する。

4.4 電力需要量と各説明変数の関係

図2~4に電力需要量と電力価格 (家庭用エネルギー統計年報), 平均世帯人数の関係, 電力需要量と消費支出の関係

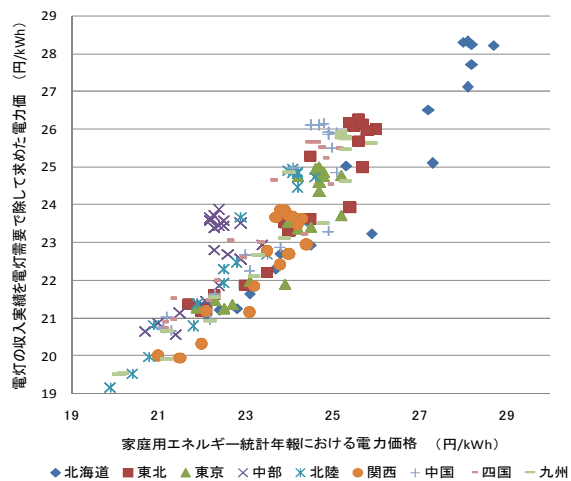


図1 2つの電力価格の関係

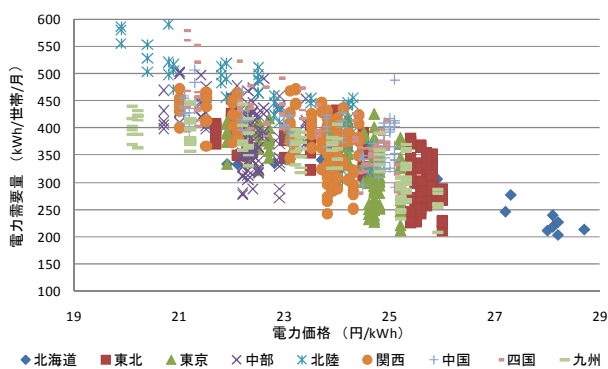


図2 電力需要量と電力価格の関係

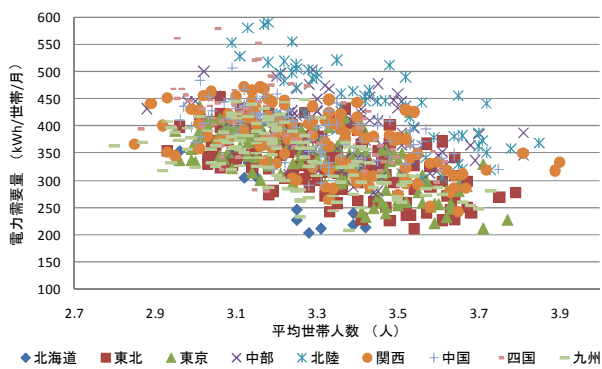


図3 電力需要量と平均世帯人数の関係

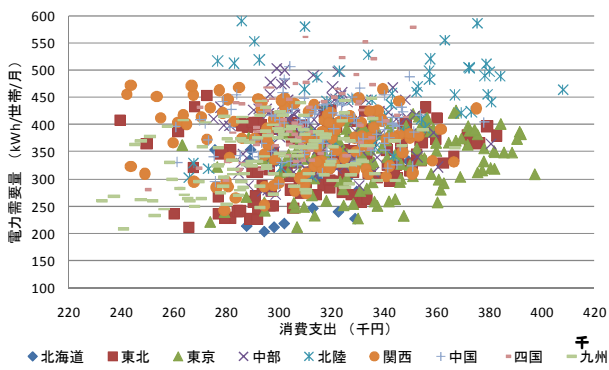


図4 電力需要量と消費支出の関係

表3 電力需要量と各説明変数の単相関

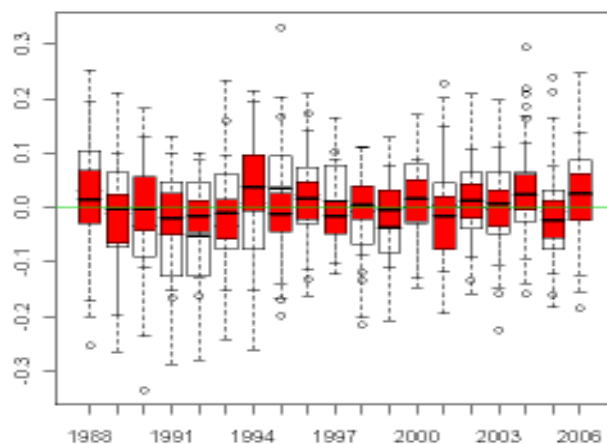
正	負
消費支出 灯油価格 軽油価格 冷房度日 タイムトレンド 前年度電力需要量	電力価格 平均世帯人数 ガソリン価格 暖房度日 人口密度

表4 説明変数間の相関係数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 電力価格	1.00									
2 平均世帯人数	0.50	1.00								
3 消費支出	0.15	0.18	1.00							
4 灯油価格	-0.47	-0.37	-0.11	1.00						
5 ガソリン価格	0.08	0.23	-0.19	0.60	1.00					
6 軽油価格	-0.64	-0.57	-0.11	0.90	0.35	1.00				
7 冷房度日	-0.25	-0.26	-0.19	0.15	-0.04	0.21	1.00			
8 暖房度日	0.22	0.14	0.13	-0.15	0.01	-0.06	-0.70	1.00		
9 人口密度	0.01	-0.05	0.17	0.02	-0.06	-0.03	0.18	-0.25	1.00	
10 タイムトレンド	-0.77	-0.76	-0.04	0.48	-0.28	0.76	0.18	-0.04	-0.01	1.00

注：電力単価：家庭用エネルギー統計年報，また相関係数の絶対値が0.5以上のセルを塗りつぶした。

を示した。消費支出が増えるほど、電力需要量も増えている。平均世帯人数については単相関では負の相関がみられるが、平均世帯人数は対象期間中減少傾向にあるため、単純な回帰分析ではこの変数が「時間」の代理変数になってしまう可能性がある。実際、クロスセクションデータで世帯人数と電力需要量の関係を調べると、世帯人数が多いほど需要量も多いという関係がみられる。そのため、他の変数も含めた重回帰分析を行う必要がある。紙面の関係で図



注：白抜きはラグ項なし，黒はラグ項を考慮した場合

図5 家庭用エネルギー統計年報の価格を用いたモデルにおける年次別残差の箱ひげ図

は省略するが、電力需要量とその他の説明変数についての単相関における符号は表3のようにになっている。また説明変数間の相関を表4に示す。他の変数との相関が強かったタイムトレンド、軽油価格および暖房度日は用いず、推計を行うことにした。

5. 結果

5.1 プールデータでの検討

はじめにすべてのデータをプールした結果について示す(表5)。対数線形式でのあてはまりがよく、またラグ項を考慮することによって、いずれの価格の定義においても残差が小さくなり、AIC、BICともに大きく減少するとともに、残差の系列相関も小さくなった(図5)。そのため、以下の

表5 プールデータに基づく推定結果

被説明変数: ln(電力需要量)	電気事業連合会				家庭用エネルギー統計年報			
	ラグ項なし		ラグ項あり		ラグ項なし		ラグ項あり	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値
定数項	0.16	0.20	-2.17	-4.19	0.59	0.76	-1.32	-2.71
ln(電力価格)	-1.41	-21.94	-0.43	-8.17	-1.46	-20.64	-0.38	-7.03
ln(平均世帯人数)	0.23	2.67	0.16	2.86	0.18	2.17	0.11	2.19
ln(消費支出)	0.38	8.71	0.20	6.71	0.38	8.57	0.18	6.19
ln(灯油価格)	0.14	2.92	0.019	0.58	0.16	3.41	0.016	0.53
ln(ガソリン価格)	-0.25	-3.27	0.02	0.40	-0.31	-4.39	-0.002	-0.04
ln(冷房度日)	0.023	11.63	0.01	7.25	0.022	11.04	0.008	6.38
ln(人口密度)	-0.021	-5.21	-0.009	-3.30	-0.02	-4.79	-0.008	-2.92
ln(前年度電力需要量)			0.69	32.78			0.73	35.90
サンプル数	987		940		987		940	
自由度調整済決定係数	0.75		0.89		0.75		0.89	
AIC	-1578.87		-2283.22		-1580.66		-2376.65	
BIC	-1531.13		-2230.72		-1532.93		-2324.15	

注：斜体は5%の有意水準で有意でないことを示す

表6 地域別の推定結果 (サンプル数:940)

対数線形モデル	電気事業連合会	家庭用エネルギー統計年報
	係数	係数
定数項	-1.26 *	-0.48
平均世帯人数	0.27 ***	0.20 ***
消費支出	0.25 ***	0.22 ***
灯油価格	0.05	0.06 .
ガソリン価格	-0.06	-0.10 *
冷房度日	0.01 ***	0.01 ***
人口密度	0.001	0.0001
電力価格：北海道	-0.72 ***	-0.60 ***
電力価格：東北	-0.80 ***	-0.70 ***
電力価格：東京	-0.89 ***	-0.81 ***
電力価格：中部	-0.92 ***	-0.86 ***
電力価格：北陸	-0.72 ***	-0.61 ***
電力価格：関西	-0.91 ***	-0.84 ***
電力価格：中国	-0.60 ***	-0.51 ***
電力価格：四国	-0.74 ***	-0.64 ***
電力価格：九州	-0.68 ***	-0.58 ***
前年度電力需要量：北海道	0.48 ***	0.54 ***
前年度電力需要量：東北	0.53 ***	0.60 ***
前年度電力需要量：東京	0.58 ***	0.66 ***
前年度電力需要量：中部	0.59 ***	0.68 ***
前年度電力需要量：北陸	0.50 ***	0.56 ***
前年度電力需要量：関西	0.59 ***	0.67 ***
前年度電力需要量：中国	0.43 ***	0.50 ***
前年度電力需要量：四国	0.50 ***	0.57 ***
前年度電力需要量：九州	0.46 ***	0.53 ***
自由度調整済み決定係数	0.89	0.90
AIC	-2380.1	-2445.5

***: p<.001 **: p<0.01 *: p<0.05 .: p<0.1

分析では、ラグ項を考慮してパネルデータ分析を行った。

5.2 地域別推計

変量効果と固定効果のモデルを比較したところ、いずれの価格定義においても固定効果のモデルのほうがAIC, BICが小さく、またパラメータ値も異なることから、今回は固定効果モデルを採用した。またAICが最小となるよう固定効果を考慮する説明変数の組み合わせについて検討した結果、電力価格そしてラグ項に考慮したモデルが、いずれの価格の定義においても選択された。その他の変数については地域差を考慮した場合のパラメータと共通としたときのパラメータの値についてt検定を行っているが、有意な差はみられず、地域によらず共通のパラメータとして推計した。結果を表6に示す。

人口密度は有意でなくなったが⁽⁴⁾、電力需要量は平均世帯人数が1%増加すると約0.2%増加し、消費支出が1%増加すると約0.22%増加する。またガソリン価格が1%高くなると、約0.1%減少し、冷房度日は1%増加すると約0.01%増加すると推定された。

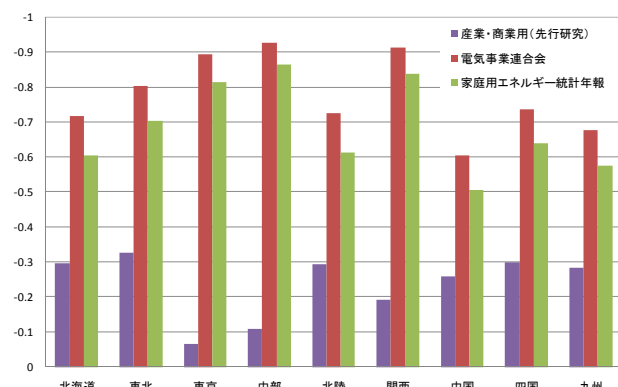


図6 短期の価格弾性値

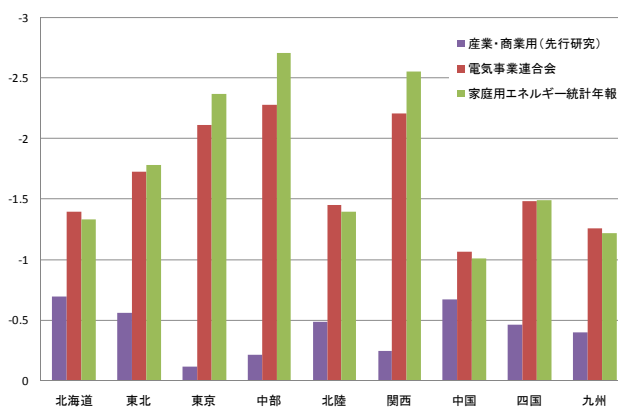


図7 長期の価格弾性値

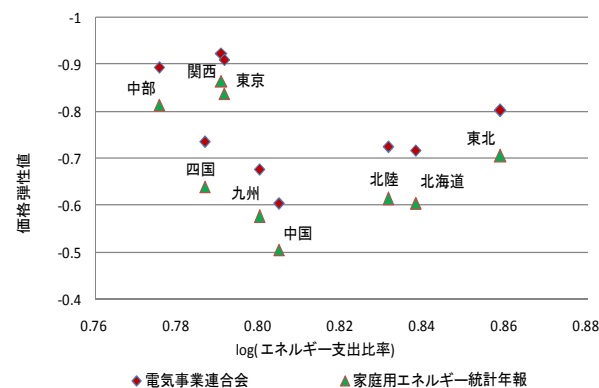


図8 短期価格弾性値とエネルギー支出比率(%)の関係

図6に地域別の短期の価格弾性値、図7に長期の価格弾性値を示す。価格の定義により若干違いがあるが、弾性値の地域別の傾向は共通であり、大きく以下の3つのグループに分けられる(図8)。

①北海道・東北・北陸

これらの地域は冬雪が多く、家も広い。そのため、エネルギー支出比率が高く、結果として価格弾性値は相対的に小さいと推測される。

②中国・四国・九州

これらの地域は温暖な気候であり、エネルギー支出比率

は高くなく、価格弾力性は相対的に小さいと推測される。

③関東・中部・関西

エネルギー支出比率自体が他の地域と比べて低く、また都市ガスのシェアが高く、電力との代替性が高い。また所得が高いために省エネ機器の導入がされやすいことから、価格弾力性は大きくなったものと推測される。

6. おわりに

以上、本研究は47県庁所在地における家計調査のデータを用いて、また複数の価格定義を行って世帯における電力需要量の価格弾力性を電力会社の管区ごとに推定した。その結果、価格弾力性は決して小さくなく、短期で約-0.5～-0.9、長期で約-1.0～-2.7と推定された。また地域により差があり、北海道東北、北陸、中国、四国、九州は価格弾力性が低く、関東、関西、中部は相対的に価格弾力性が高いことがわかった。後者については都市ガスとの代替性が強く、また所得が高いことから省エネ機器の導入がされやすいことがその理由ではないかと思われる。

また先行研究が対象とした産業・商業用という大口重要な推計値と比較してより大きな価格弾力性値が得られたが、この傾向はアメリカを対象に行ったKamerschen and Porter (2004)⁹⁾の結果と同じであった。しかし大都市圏において弾力性値の大きさの傾向は異なる結果となった。①集計データを用いて推計したこと、また②保有するエネルギー機器の性能について無視していること、がその理由として考えられ、今後機器保有に関する情報を含む個票データを用いた分析を行って検討していく必要があると考えている。

プールデータで推定を行った場合、短期の価格弾力性値は電事業連合会の価格で-0.43、家庭用エネルギー統計年報では-0.38であった。しかし、地域別に分析を行うと、どのデータにおいてもプールデータで推計した値よりも大きな値が推定された。推定期間にいわゆるバブル期を挟んでいること、今回は多重共線性を考慮して導入しなかったガス価格についても考慮する必要があること、そして残差の構造にも留意して引き続き検討したい。

筆者は別途、一橋大学経済研究所附属社会科学統計情報研究センターより全国消費実態調査(1994, 1999, 2004年)の秘匿処理済マイクロデータを用いて同様に価格弾力性の推計を試み、約-1.0と高い結果を得ているが、電力会社の管区とは無関係に6地域に分割されており、必ずしも適切な推定ができない。またBohi(1984)⁸⁾は所得について集計値を用いると、家電保有の違いが考慮されないため結果にバイア

スが発生することを指摘している。Halvorson and Larson(2001)¹⁰⁾のように、個票データから機器保有を考慮して弾力性の推定を行う必要があると考えている。

注

- (1) 詳細は赤池他(2008)¹⁹⁾などを参照。
- (2) 都市ガスやLPG価格については1997年以降、本研究で用いた電力価格との相関が強かったため採用しなかった。
- (3) 本研究では一般的に家庭で利用される契約である3段階料金制度に基づき、全世帯が30Aで電力会社と契約していると仮定して単価を設定したケースについても検討を行った。しかしながら、平均世帯人数との相関が強く、多重共線性の問題が生じたため、今回は採用しなかった。なお住環境計画研究所のデータは用途別の区分があるという利点がある。用途別の推定は今後の課題である。
- (4) 人口密度ではなく、集合住宅の比率の方が適切な指標である可能性がある。今後の課題としたい。

謝辞

本稿の作成にあたり、匿名の査読者から貴重なコメントをいただいた。また山本健氏(株式会社・光文書院)にデータ収集および分析の協力を得た。記して謝意を表します。

参考文献・資料

- 1) 資源エネルギー庁;「平成20年度エネルギーに関する年次報告」(エネルギー白書2009)(2009).
- 2) 日本経済団体連合会;「環境税」の導入に反対する,(2003)
<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2003/112.html>
<http://www.keidanren.or.jp/japanese/journal/CLIP/2003/1209/04.html>(アクセス日:2008年12月25日).
- 3) 秋山修一・細江宣裕;電力需要関数の地域別推定,社会経済研究, 56(2008.2), 49-58.
- 4) 園田勝臣・佐和隆光・永田豊;エネルギー価格低迷を考慮した価格弾力性の計測, エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, 18(1999.6), 67-72.
- 5) 天野明弘;わが国の温暖化対策とエネルギー需要の価格弾力性について, 三田学会雑誌, 98-2(2005.7), 173-189.
- 6) 沈中元;日本におけるエネルギー需要の所得と価格の短・長期の弾力性の計測, 第19回エネルギーシステム・経済・環境カンファレンス講演論文集, 19(2003.1), 302-306.
- 7) 環境省中央環境審議会;環境税の経済分析等について

- (参考資料2), (2005)
<http://www.env.go.jp/policy/tax/a050913/r02-1-1.pdf>
(アクセス日: 2009年6月17日) .
- 8) Bohi, Douglas R. and Zimmerman, Mary; An Update of Econometric Studies of Energy Demand, *Annual Review of Energy*, 9 (1984), 105-154.
- 9) Espey, James A., Espey, Molly; Turning on the lights: A meta-analysis of residential electricity demand elasticities, *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 36-1 (2004), 65-81.
- 10) Halvorsen, Bente and Bodil M. Larson; The flexibility of household electricity demand over time, *Resource and Energy Economics*, 23 (2001), 1-18.
- 11) Kamerschen, R David and David V. Porter; The demand for residential, industrial and total electricity, 1973-1998, *Energy Economics*, 26 (2004), 87-100.
- 12) 総務省; 家計調査年報 (1986-2006年度版)
- 13) 電気事業連合会 <http://www5.fepc.or.jp/tokei/> (アクセス日: 2008年1月25日)
- 14) 住環境計画研究所; 家庭用エネルギー統計年報 (2006年度版)
- 15) 石油情報センター <http://oil-info.ieej.or.jp/> (アクセス日: 2009年6月17日)
- 16) 気象統計情報 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html> (アクセス日: 2008年11月12日)
- 17) 市町村要覧編集委員会編; 全国市町村要覧 (1986-2006年度版), 第一法規
- 18) 消費者物価指数 <http://www.stat.go.jp/data/cpi/> (アクセス日: 2008年12月25日)
- 19) 赤池弘次・甘利俊一・北川源四郎・樺島祥介・下平英寿(2008)『赤池情報量基準』共立出版