

家電製品の価格関数推定における 省エネ性能の代理変数*

Proxy Variables for Energy Saving Performance in Estimation Price Function of Home Appliances

小西葉子**
KONISHI Yoko

This paper estimates the hedonic price function from January 1998 to October 2019 using Point of Sales (POS) data of TVs, air conditioners, refrigerators, rice cookers, vacuum cleaners, and washing machines. While controlling for the standard specifications of each product, POS data was used to observe whether the degree of energy-saving functions and the presence or absence of additional functions contributed to higher value added. The largest difficulty is determining what specifications are representative of each product over an approximate 20-year span to select appropriate energy-saving performance proxy variables. In the empirical results, we were able to observe the effects of past and current consumption tax increases on each product market, as well as the effects of extreme weather, such as high temperatures, on each product market. Our estimation results showed that product size/volume and energy-saving functions are effective in explaining the price model of home appliances.

Keywords: Home appliances, Energy saving label, Hedonic Price function, Point of Sales (POS)

* 本稿はRIETIプロジェクトの成果の一部で、JSPS 科研費19H01473の助成を受けています。

** 経済産業研究所

Research Institute of Economy, Trade and Industry

I. はじめに

人口増や経済発展によって、家庭でのエネルギー消費が増加している。資源エネルギー庁の「平成27年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2016)」の部門別最終エネルギーの推移によると、家庭で消費されるエネルギー量は1990年度から15%増加しており、背景には家電製品の普及が理由の一つとして考えられる。家庭における消費電力量が多いのは電気冷蔵庫で14.2%、次いで照明器具13.4%、テレビ8.9%、エアコン7.4%と続く。

わが国では1998年より、広くエネルギー消費機器製造事業者に対して、エネルギー消費の効率化の向上を目指した「トップランナー制度」を導入した。トップランナー制度の概要説明はKimura(2010)に詳しく、また戒能(2006)では制度の内容や経緯に加え、家電機器効率基準規制について費用便益分析により、定量的な政策評価を行っている。

家電製品(特定機械器具)に対するトップランナー制度は、冷蔵庫やエアコンなどの消費電力量が多く、省エネ性能に差が大きい商品を対象とする。ある年の実績において一番高いエネルギー性能を持つ製品に対して、各製品が何パーセント達成しているかを省エネ基準達成率で示し、目標年度までにすべての製品の基準達成を製造業者に義務付ける世界的にみても厳しい制度である。

消費者に対しては2006年10月に、省エネ製品購買の喚起を目的に、小売店売場において、トップランナー制度の対象製品に「統一省エネラベル」が導入された(図1)。ラベルには、発行年、目標年度、省エネ性能マーク、省エネ基準達成率、省エネ性能を表すエネルギー消費効率の指標(冷蔵庫の場合は年間消費電力量)、星の数(多段階評価)、1年間の電気料金等の情報が含まれる。エアコン、照明器具(LED器具、蛍光灯器具)、家電は、テレビ、電気冷蔵庫、電気冷凍庫、ガス温水機器、石油温水機器、電気便座、電気温水機器の9品目が対象である。

家庭での省エネには、省エネ家電の導入が効果的である。そのためには製造事業者は、厳しいトップランナー制度の下でさらなる技術開発し続ける必要があり、消費者は正しい情報を基にして自分の生活に適した省エネ家電を購入する必要がある。

本稿では、1998年1月から2019年10月を対象に、テレビ、エアコン、冷蔵庫、炊飯器、掃除機、洗濯機の家電量販店のPoint of Sales(販売時点情報管

理)データ(以降POSデータ)を用いて、型番(モデル)ごとの月次の平均販売価格に対するヘドニック価格関数の特定化と推定を行う。その際、標準的な各製品の仕様をコントロールした上で、省エネ性能の代理変数を選択し、高付加価値化に貢献しているかをPOSデータにより観察することを目的とする。省エネ性能が高いことが高価格化に繋がるならば、生産者は技術開発するインセンティブになり、消費者にとっては追加的な支払意思を顕示することになり、家庭への省エネ製品の導入が進む。

変数選択では、約20年の期間を通じて入手可能な変数を使用した。モデルの当てはまりは概ね良く、実質販売価格の推定結果では、炊飯器と掃除機は約55%以上、テレビ、エアコン、冷蔵庫、洗濯機は、製品のサイズと省エネ性能の情報で約70~80%説明できることがわかった。家電の価格モデルの説明力には製品のサイズと省エネ性能が有効であることがわかった。さらに、2014年と2019年の消費税率引上げや異常気象の販売量への影響も観察した。

次節では、家電製品を対象とした省エネ性能の価格プレミアムや支払意思額についての実証研究のレビューを行う。Ⅲ節は、データについてと販売価格と販売数量について、Ⅳ節はヘドニック価格関数と説明変数の選択について、Ⅴ節は6品目の販売平均価格関数の推定結果と考察を示す。Ⅵ節では結論と今後の課題について述べる。

図1 冷蔵庫の統一省エネラベル(2015年度版、目標年度2010年度)



出所: 省エネ性能カタログ 2015年冬版、2016年夏版(資源エネルギー庁)から抜粋

II. 先行研究

本節では、省エネ指標やエネルギーラベルに記載された指標の価格プレミアムや支払意思額の推計、日本のPOSデータを使った先行研究のレビューを行う。1970年代後半以降に各機器のエネルギー消費効率を示す指標（冷蔵庫、テレビは年間消費電力量(kWh/年)、エアコンならAPF（通年エネルギー消費効率））をヘドニック関数に含むことで、消費者の限界支払意思額(MWTP)や価格プレミアム、また需要関数、離散選択モデルの推定などによる支払意思額(WTP)の推定など、数多く行われてきた(Hausman (1979), Meier and Whittier (1983), Revelt and Train (1998), Fujita, et al. (2008))。また、エコラベル、省エネラベル、アメリカのEnergy Star®の格付け等を省エネ性能の変数として価格プレミアムや支払意思額を推定する研究も増えている。冷蔵庫の分析では、Galarraga et al. (2011a, 2013), Galarraga et al. (2011b)は、食器洗浄機と洗濯機の省エネラベルA+の価格プレミアムを推定し正值で統計的に有意な結果を得た。Ward et al. (2011)は冷蔵庫のEnergy Star®の格付け情報をモデルに含むことにより、省エネへのプラスの支払意思額を観察した。小西他(2018)も日

本の冷蔵庫のPOSデータを用いて、省エネルギー基準達成率、年間消費電力量、多段階評価を含む販売価格関数の推定を行い、省エネへの支払意思額を観察した。

一方、同じくWallander (2008)は洗濯機のEnergy Star®の価格プレミアムをヘドニック関数、RDD、自然実験を使用して推定したが、プレミアムの存在は認められなかった。Park (2017)も韓国のTVへの省エネラベルの導入タイミングを利用して差の差(DID)分析を用いたが価格プレミアムは観察されていない。Ward et al. (2008)の冷蔵庫を中心としたレビューと、Park (2017)のエコラベルの価格プレミアムに関するレビューは非常に有用である。

また、途上国においては、急速な人口増加と経済発展に伴い、家電製品の普及率が高まっており、特に中国(Lu (2006), Shen and Saijo (2009), Wang, et al. (2011)), ベトナム(Matsumoto and Omata (2017)), マレーシア(Mahila, et al. (2004)), 韓国(Park (2017)), インド・中国・タイの国際比較(Kusaka, et al. (2012) などアジアの国々に関する研究が増えている。近年では、個人へのアンケート調査で省エネ家電の購入有無を問い、属性や購入状況をコントロールした上で、省エネ家電への支払意

表1 POSデータを利用した省エネ家電製品についての日本の分析

著者	対象家電製品	分析期間 時間変数	地域	観測値数	分析手法	関心
Amano and Ohashi (2018)	テレビ	2006-2014 月次	5地域	46,951	構造推定	トップランナー制度を内生化した企業の生産活動の構造モデルを作成し、企業がラッチダウンするかアップするかを実証し、イノベーションの普及や利益への影響を観察する。
小西 他(2018)	冷蔵庫	2015 月次	5地域	12,987	ヘドニック	省エネ指標として達成率、年間消費電力量、多段階評価を使用して、冷蔵庫の支払意思額の推定と割引率の地域比較を行った。
Kubo 他(2016)	エアコン	1996- 2011 月次	なし	約10,000	需要関数 (販売台数シェア)	省エネ指標として、達成率、期間ごとにCOP、APF、多段階評価を使用して、販売台数へのインパクトの比較をする。
Matsumoto (2018)	エアコン	2008- 2011 月次	なし	13,264	ヘドニックと 製品選択モデル	推定方法の違いによる割引率の比較をする。
森田 他(2014)	エアコン	2008- 2011 月次	なし	9,976	ヘドニック	家電エコポイントの評価、割引率の計測を行う。エネルギー効率性指標はAFPを使用。
Nishitani and Itoh (2016)	冷蔵庫	1998- 2012 月次	なし	5,686	ヘドニック	ノンフロン、省エネ基準達成率の価格プレミアムの推計。
Okubo (2013)	冷蔵庫	1998-2006 月次	なし	228	ヘドニック	ノンフロン、省エネ基準達成率の価格プレミアムの推計。
高橋 (2010)	冷蔵庫	2008- 2009 月次	なし	不明	製品選択	サイズ別販売台数のシェアに対して、価格、消費電力、容積を回帰している。

出所：著者作成

思額や価格プレミアムを推定する研究が増えている（Zhang et al. (2020), Huh et al. (2019), Liao et al. (2020), Wang et al. (2019), Baldini, et al. (2018)。政策評価に関する研究は、Huh et al. (2019)では韓国の炊飯器のリポートプログラム、森田他(2014), Nakano and Washizu (2017), Akao (2017), Aoshima and Shimizu (2012), Yoshida et al. (2010)は日本のエコポイントプログラムの評価を行っている。表1は本稿と同様にPOSデータを用いた実証研究についてまとめた。

Ⅲ. 平均販売価格の記述統計と販売数量の季節性

わが国で販売される家電の販売経路は、家電量販店、地域家電店、大型総合スーパーマーケット、ホームセンター、ディスカウントストア、ドラッグストア、百貨店など非常に多岐に渡る。GfK社プレスリリース「2018年 家電・IT市場動向」によると2018年1～12月の国内家電小売市場規模は7兆500億円と推定されている。経済産業省「商業動態統計調査」の家電大型専門店（家電量販店）における2018年1～12月の「その他」を除く商品の合計販売額が3兆9423億円であることから、家電量販店は国内家電小売市場の半数以上を占めており、重要な販売チャネルである。本稿では家電量販店のPOSデー

タを用いて1998年1月から2019年10月の6品目（テレビ、エアコン、冷蔵庫、炊飯器、掃除機、洗濯機）について、型番（モデル）ごとの月次の平均販売価格に対するヘドニック価格関数の特定化と推定を行う。

1. 平均販売価格の基本統計量

本稿では、分析期間が長いので、名目販売価格に加えて実質販売価格についても推定を行う。実質化には、各品目の総務省統計局のe-statの「消費者物価指数/2015年基準消費者物価指数/長期時系列データ 品目別価格指数 全国 月次」を用いた。テレビは2005年以降しか入手できず、家庭用耐久財の消費者物価指数を利用した。表2は品目ごとに集計した月次の平均販売価格の記述統計を示す。観測値数は期間中の月数である。

2. 販売数量の季節性について

図2で、2014年1月の販売台数を100とした場合の2014年～2019年10月の月次の販売台数の推移を示し、季節性を観察する。

テレビ販売の季節性：新年度の4月に向けた新規購入や買替え需要で3月の販売量が多くなる。例年と違う動きをしているのが、2014年と2015年の3月である。2014年3月は、4月の消費税率引上げ（5%

表2 平均販売価格の基本統計量（単位：円）

名目平均販売価格（1998年1月～2019年10月）						
品目	平均値	中央値	標準偏差	最小値	最大値	観測値数
テレビ	77,575.3	72,067.1	25,553.4	44,074.5	136,944.2	262
エアコン	91,530.5	92,683.4	8,707.5	70,283.9	108,934.7	262
冷蔵庫	86,048.0	87,222.3	14,302.9	48,361.1	128,871.5	262
炊飯器	18,874.0	18,667.4	2,898.7	13,103.4	25,281.1	262
掃除機	21,081.4	19,842.4	4,656.8	14,257.6	32,814.4	262
洗濯機	60,260.0	59,124.9	11,430.1	39,250.2	94,234.1	262
実質平均販売価格（1998年1月～2019年10月）						
品目	平均値	中央値	標準偏差	最小値	最大値	観測値数
テレビ	57,881.2	63,707.7	25,710.1	16,618.4	105,620.5	262
エアコン	69,920.0	70,711.5	27,389.7	28,886.2	114,877.0	262
冷蔵庫	47,813.4	28,684.4	41,879.5	5,004.6	155,080.0	262
炊飯器	14,203.7	12,467.2	6,408.7	4,645.2	26,126.5	262
掃除機	14,960.7	8,918.2	12,362.8	2,854.9	49,643.1	262
洗濯機	43,390.4	37,856.2	28,365.3	6,809.8	108,620.9	262

出所：著者作成

から8%へ)の影響で、2倍以上数量が伸びている。2015年3月は、全てのデジタル出力のアナログ変換終了が4月末で、2014年と同様に販売数量が伸びた。2019年9月の伸びは10月からの消費税率引上げ(8%から10%へ)に対する駆け込み需要である。

エアコン販売の季節性：最も販売動向に季節性がある商品である。例年は6月から販売が増え、7月がピークとなる。他の製品と異なり、新生活準備の需要は観察されない。例年と違う動きをしているのは、2014年4月消費税率引上げ時で、3月に販売が伸びている。2018年の7月のピークが大きいの、中旬以降に各地で気温がかなり高くなり、東日本では、1964年の統計開始以来の最高温度となったためである。2019年は5月に北海道の佐呂間町で5月の

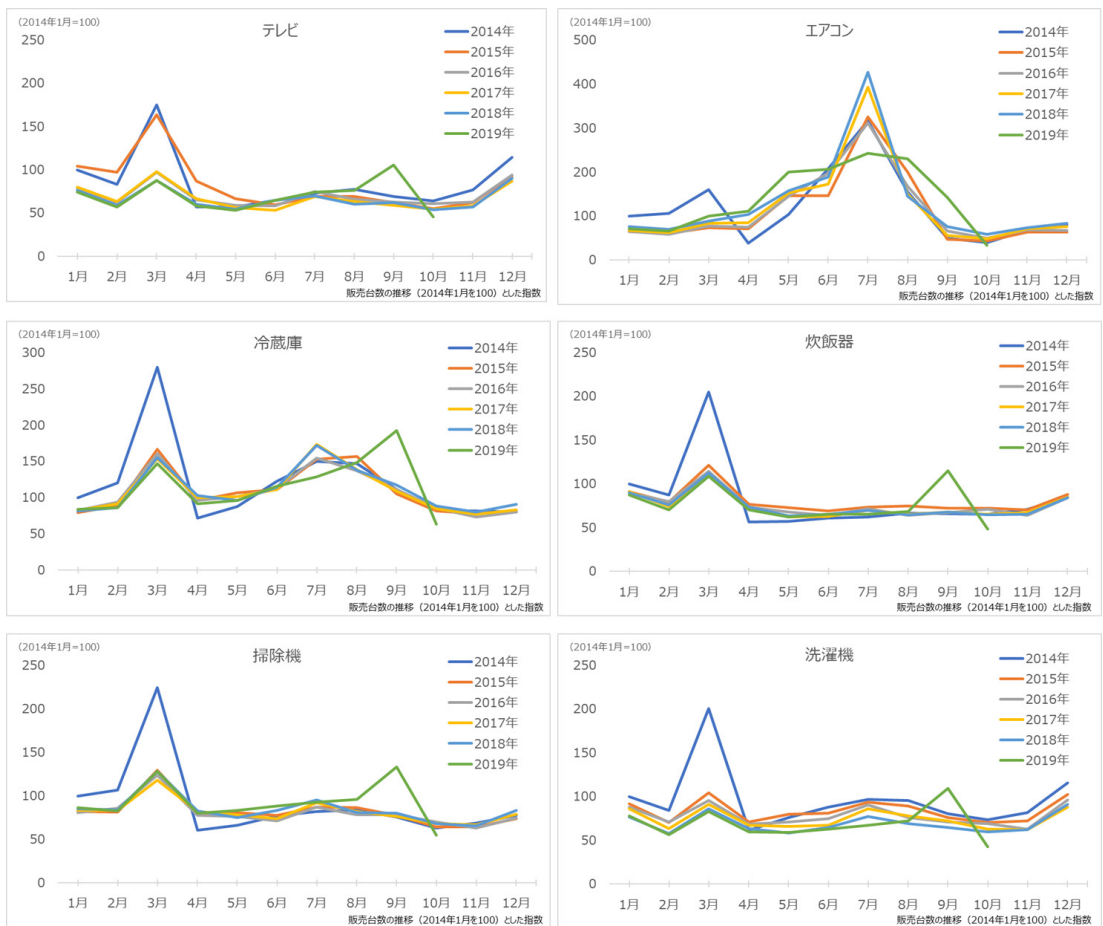
気温としての全国観測史上最高温度の39.5℃を記録し、北海道地方が高温になったため数量が伸びた。8-9月の数量増は消費税率引上げの駆け込み需要である。

冷蔵庫・炊飯器・掃除機・洗濯機の季節性について

掃除機、洗濯機、炊飯器は新生活準備需要で3月に販売数量が伸びた後は、安定的である。冷蔵庫は、3月の新生活準備需要に加え、例年10月が新製品販売時期なのでその直前のセールで販売量が増える。各品目とも例年と違う動きは、2014年の3月と2019年の9月の消費税率引上げ前の駆け込み需要のタイミングである。

以上より、価格関数にはいつ売れたかを表す販売月ダミー変数を加える。

図2 家電製品の販売数量サイクル (2014年1月を100とした指数)



出所：著者作成

IV. ヘドニック価格関数と省エネ性能の代理変数の選択

1. ヘドニック価格関数

Rosen (1974) によって提案されたヘドニック分析は、製品の価格は製品の様々な機能や特徴などで特定化されると考え、回帰分析によって、価格関数を推定する手法である。推定されたパラメータには経済学的な解釈が付与され、不動産、環境、エネルギー分野、公共政策など様々な分野での実証研究が行われている。第2節で示したように、家電商品を対象に、省エネラベルやエコラベルに記載されている省エネ性能の価格プレミアムや、限界支払い意思額の推定などの実証研究が数多く行われている。本稿では、各品目についてモデル(型番)×月次のパネルデータを用いて、(1)式を推定する。

$$P_{i,m,y} = c + \beta X_i + \delta Z_i + \gamma \Delta T_{i,m,y} + m M_{i,m} + y Y_{i,y} + \varepsilon_{i,m,y} \quad \dots(1)$$

添え字 i, m, y はそれぞれ、モデル(型番)、販売月(1~12月)、販売年(1998~2019年)を表す。 P は各家電製品の各モデルの販売価格を販売数量で割った平均販売価格、 c は定数項、 X は省エネ変数、 Z はその他の機能や性能を表すスペック変数、 ΔT は新製品として発売されてから、売れるまでの期間、 M は月次ダミー、 Y は年次ダミー、 ε は誤差項である。 $c, \beta, \delta, \gamma, m, y$ は未知パラメータである。被説明変数の P は各モデルの月間平均販売価格なので、販売数量(N)をウェイト($\sqrt{N_{i,m,y}}$)とした加重最小二乗法(WLS)で推定する。図2で販売数量は季節性があることを確認したので、販売月ダミー変数(M)を含む。また、長期時系列の推定を行うので、品目内共通の技術進歩や社会の変化を販売年ダミー変数(Y)でコントロールする。さらに、家電製品は、通常販売開始時から時間経過と共に価格が下がるので、販売開始時点と販売時点との差を変数(ΔT)とした。新製品として市場に出た後、1か月経つごとにどれくらい価格が減衰していくかを示す。

2. 省エネ性能変数の代理変数の選択

テレビ、エアコン、冷蔵庫、炊飯器はトップランナー制度の対象であるので、省エネラベルに記載される「省エネ基準達成率」と「エネルギー消費効率」

のデータ整備が進んでおり、直近は型番ごとの情報が資源エネルギー庁のウェブサイトからもダウンロード可能である。エネルギー消費効率指標は省エネ性能そのものであり、テレビ、冷蔵庫、炊飯器は「年間消費電力量(kWh/年)」, エアコンは「APF(通年エネルギー消費効率)」である。この中で、テレビは「年間消費電力量(kWh/年)」が使用可能、エアコンと冷蔵庫は「省エネ基準達成率」が使用可能だった。炊飯器は両指標とも入手できなかったのので、掃除機と洗濯機同様に入手可能な特徴変数から省エネ性能を表す変数を探索的に選択する。

表3で選択した各品目の省エネ機能変数の代理変数の基本統計量をまとめる。観測値数は期間中に販売された型数である。

テレビは、省エネ性能を表すエネルギー消費効率指標の年間消費電力量(kWh/年)を省エネ性能変数として使用できる。1日4.5時間の動作時間、1日19.5時間の待機時間の消費電力量で算出される。

エアコンは、エネルギー消費効率指標であるAPF(通年エネルギー消費効率)を通年で使用できなかったのので、省エネ基準達成率(%)と冷房能力(kW)を省エネ性能変数の代理変数とする。省エネ基準達成率は次式で示す。

$$\begin{aligned} & \text{省エネ基準達成率}(\%) \\ &= \frac{\text{各モデルの年間消費電力量(kWh/年)}}{\text{トップランナー基準の目標基準値(kWh/年)}} \end{aligned}$$

冷房能力は、JIS(日本工業規格)で定められ、室内が27℃で外気温が35℃のとき、単位時間あたりで室内から除去する熱量である。図2で示したように、エアコン販売数は圧倒的に夏期に集中する。そのため、購入時には冷房効率が判断要素となり、冷房効率のよい製品の開発が進められてきた経緯からも妥当であると考えられる。

冷蔵庫は、エネルギー消費効率指標である年間消費電力量が、JIS改正に伴い2006年と2016年に測定方法が変更されたので使用しなかった。よって、省エネ基準達成率(%)を省エネ変数の代理変数とする。

炊飯器は、エネルギー消費効率指標と省エネ基準達成率が入手できなかった。そのため、炊飯時の加熱

方式の違いを代理変数とする。近年は電磁加熱式 (Inducing Heating, IH) 炊飯器が主流で、2019年では販売数量の約74%を占めている。IHタイプは、省エネ製品も増えており、圧力IH炊飯器ダミーと非圧力IH炊飯器ダミー変数を作成した。ベースラインは、釜の底が当たる部分のヒーターで加熱するマイコン炊飯器である。

掃除機は、トップランナー制度の非対象で、省エネルギー基準達成率や年間消費電力量は入手できなかった。掃除機はコード式かコードレス式か、紙パック式かサイクロン式かの2点の組み合わせで機種選択をすることが多い。コード式の消費電力は平均値が895.8W、中央値が1000W、コードレス掃除機は平均値が52.8W、中央値は26Wである。コードレス掃除機は、表示された消費電力が圧倒的に低い。実際に使用する際の充電時の電力消費とその後15～20分間全力運転の消費電力の合算でも、コード式で長時間運転するより消費電力は低くなる。コードレス掃除機はコードがないことによる掃除しやすさ、持ち運びの便利さも付加価値だが、消費電力が低く、節電商品を選択していることにもなる。紙パック式かサイクロン式かは消費電力にコードタイプ程の差がないので (紙パックの中央値は1000W、サイクロンは850W)、その他の性能変数とする。

洗濯機は、トップランナー制度の非対象なので、省エネ性能変数にはインバータ搭載ダミー変数を作成する。インバータは、洗濯槽を回すモータを洗濯物の量によって自動で調節する機能で、節電、節水、静音効果があるので、省エネ性能変数の代理変数と

した。

V. ヘドニック販売価格関数の推定結果と考察

1. ヘドニック販売価格関数の推定結果

テレビの推定結果 (表4)

省エネ性能変数は、年間消費電力量を用いた。係数を省エネ性能への価格プレミアムや支払い意思額と捉えた場合、符号は負値が想定されるが、名目が601.6円、実質が386.4円となり、逆の結果となった。画面サイズは、名目が2,250円、実質が2,630円で、画面が大きくなると価格が高くなる。メモリーカードや番組表の性能は高付加価値機能だが、BS・CSチューナーダミーは負値となった。発売開始後1か月ごとの価格の低減幅は、名目は-1,114円、実質は-865円で、6品目中最も幅が大きかった。モデルの当てはまりはよく、名目で78%、実質で73.7%の説明力があつた。

エアコンの推定結果 (表5)

期間中通年で使用できる標準的な性能変数が少なかった。例えば、インバータの有無は「あり」が、エアコン設置形態は「壁掛け」が、エアコンタイプは「冷暖房」が100%に近く、使用できなかった。一方、省エネ変数は、省エネ基準達成率と冷房能力を採用した。省エネ基準達成率は1%上昇すると、名目は1,713円、実質は1,365円価格が上昇する。冷房能力は1W増えると名目、実質ともに25,000円以上で高付加価値機能である。冷房能力は、エアコンにとっての容量である「畳数目安」と1対1対応で、

表3 省エネ性能変数の基本統計量 (1998年1月～2019年10月)

品目	省エネ性能変数 (単位)	平均値	中央値	標準偏差	最小値	最大値	観測値数
テレビ	年間消費電力量 (kWh/年)	136.7	119	91.8	9	1198	3,601
エアコン	省エネ基準達成率 (%)	106.5	102	14.7	46	157	6,404
	冷房能力 (kW)	4.1	3.6	2.5	1.8	50	9,630
冷蔵庫	省エネ基準達成率 (%)	140.9	116	64.9	45	361	2,128
炊飯器	圧力IH炊飯器ダミー (なし)	0.2	0	0.4	0	1	2,938
	非圧力IH炊飯器ダミー (なし) (マイコン炊飯器がベースライン)	0.4	0	0.5	0	1	2,938
掃除機	コードレス掃除機ダミー (なし) (コード式掃除機がベースライン)	0.3	0	0.4	0	1	2,799
洗濯機	インバータありダミー (なし) (インバータなしがベースライン)	0.5	1	0.5	0	1	1,865

出所：著者作成

能力とサイズの両方の性質を有する。能力が高いほど、量数も広くなる。選択した変数は少ないが、モデルの当てはまりは、名目が80.6%、実質は79.4%と高かった。

冷蔵庫の推定結果(表6)

省エネ性能変数は、省エネ基準達成率を用いた。省エネ達成率が1%上昇すると、名目で190円、実質で160円、価格が上昇する。サイズを表す高さ、幅、奥行きもそれぞれ1cm大きくなると、価格が上昇する。片開きのドアに対してフレンチスタイル(観音開き)のドアは名目で24,500円、実質で26,101円と高付加価値である。容量を直接的に表す定格内容積(ℓ)は2008年以降利用可能である。モデルの当てはまりがよく、名目で83.9%、実質で79.2%の説明力があった。

炊飯器の推定結果(表7)

マイコン炊飯器をベースラインにして、省エネ製品が増えているIH炊飯器ダミーを省エネ性能変数として採用した。圧力、非圧力ともに価格に対して正値となり、圧力IH炊飯器は高付加価値となっている。標準的な特徴変数は、サイズを表す炊飯器容量が使用でき、1合大きくなると、名目で3,800円、実質で2,774円高くなる。変数は少ないが、モデルの説明力は名目で49.3%、実質で55%と半分ほど説明できた。

掃除機の推定結果(表8)

省エネ性能変数には、コードレス掃除機ダミー変数を採用した。係数は名目、実質ともに約21,000円とコード式と比較して価格が高く、コードレス掃除機の開発は利便性に加えて省エネ、節電効果のある製品選択に繋がる。その他のスペックは、サイクロン式掃除機ダミー変数で、紙パック式と比較して、名目で10,738円、実質で7,833円と高付加価値だった。サイクロン式は、フィルターやダストボックスのこまめな手入れがしやすく、吸引力が高く保てることで節電効果があり、紙パックのランニングコストが掛からず、クリーンな排気もできる環境配慮からも、価格にプラスの効果があった。重さや集塵容量というサイズ変数は通年での使用ができなかったが、名目で44.9%、実質で60.8%の説明力があった。

洗濯機の推定結果(表9)

省エネ性能変数は、節電、節水、静音に効果があるインバータありのダミー変数を選択した。係数は名目が8,671円、実質が4,861円と付加価値を有している。洗濯機はサイズのデータが容量(kg)、高さ、奥行き、幅と4種類あり、名目の高さを除いて容量が1kg増え、サイズが1cm増えるほど価格が上昇する。給水ポンプありのダミー変数は、負値で有意だった。最近主流のドラム型のモデルには給水ポンプが無いので、無いことが性能の高さ、高価格であることを表している。省エネ性能、サイズ情報、タイプ別情報が含まれており、説明力は78.6%と高かった。

2. 考察

6品目の推定を通じて、名目価格と実質価格の推定結果は、係数の大きさにはやや違いがあるものの、符号や有意性での違いは見られなかった(例外は洗濯機の高さ)。また、変数選択において、約20年間通年で利用可能という制約があったが、統一省エネラベル対象のテレビ、エアコン、冷蔵庫はモデルの当てはまりは70%~80%と高かった。省エネ家電の導入により家庭での電力消費を抑えるためには、エネルギー消費効率が高い製品の市場価値が評価され、製造事業者の製品開発のインセンティブが高まり、消費者は省エネ性能に価値を見出し追加的な支払いをするメカニズムが必要である。本稿の推定結果ではエアコン、冷蔵庫については省エネ基準達成率の係数は正値で、省エネ性能の高い製品に対して付加価値があるという結果となった。一方で、テレビは年間消費電力量の係数が正値になり、1kWh/年の消費電力量が増えることで、価格が上昇するという結果になった。ここでは、採用した代理費変数の頑健性をチェックするために、複数の省エネ性能指標を入替えて推定し、係数を比較した。複数指標を使用するため、期間は2018年の1~12月とする。被説明変数は実質価格で、省エネ性能以外の定式化は表4~6と等しい。表10は省エネ係数だけ抜粋している。

エアコンと冷蔵庫では、省エネ基準達成率の係数は正値となり、年間消費電力量の係数は負値となり、省エネ性能が高い製品の価格が高くなる。エアコンのエネルギー消費効率指標はAPFで、係数は省エネ性能が高くなるほど価格に反映される結果だった。一方テレビは、エアコンと冷蔵庫と逆の結

家電製品の価格関数推定における省エネ性能の代理変数

表4 テレビの推定結果

変数	(1)	(2)
	平均販売価格 (名目)	平均販売価格 (実質)
年間消費電力量	601.0*** (3.197)	386.4*** (2.938)
画面サイズ	2,250*** (17.80)	2,630*** (16.35)
BS・CSチューナーダミー (あり=1、なし=0)	-11,457*** (424.7)	-21,303*** (390.3)
メモリーカードダミー (あり=1、なし=0)	7,020*** (253.5)	6,832*** (233.0)
番組表 (EPG)ダミー (あり=1、なし=0)	40,174*** (776.5)	12,168*** (713.6)
発売からの経過月数	-1,114*** (15.10)	-865.2*** (13.88)
販売月ダミー	✓	✓
販売年ダミー	✓	✓
定数項	-64,102*** (879.8)	-78,252*** (808.5)
観測値数	107,794	107,794
自由度修正済み決定係数	0.780	0.737

括弧の中は標準誤差

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

表5 エアコンの推定結果

変数	(1)	(2)
	平均販売価格 (名目)	平均販売価格 (実質)
省エネ基準達成率	1,713*** (5.040)	1,365*** (5.262)
冷房能力	25,919*** (53.29)	25,363*** (55.64)
発売からの経過月数	-842.9*** (11.97)	-615.0*** (12.50)
販売月ダミー	✓	✓
販売年ダミー	✓	✓
定数項	-102,379*** (831.2)	-124,739*** (867.8)
観測値数	146,136	146,136
自由度修正済み決定係数	0.806	0.794

括弧の中は標準誤差

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

表6 冷蔵庫の推定結果

変数	(1)	(2)
	平均販売価格(名目)	平均販売価格(実質)
省エネ基準達成率	190.9*** (2.318)	160.9*** (2.740)
高さ	24.71*** (0.719)	10.05*** (0.850)
横幅	264.8*** (3.087)	122.0*** (3.649)
奥行き	122.3*** (3.442)	171.1*** (4.069)
フレンチスタイルドア (片開がベース)	24,500*** (357.0)	26,101*** (422.0)
発売からの経過月数	-312.3*** (11.06)	-60.47*** (13.07)
販売月ダミー	✓	✓
販売年ダミー	✓	✓
定数項	-172,850*** (2,350)	-215,464*** (2,778)
観測値数	61,327	61,327
自由度修正済み決定係数	0.839	0.792

括弧の中は標準誤差

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

表7 炊飯器の推定結果

変数	(1)	(2)
	平均販売価格(名目)	平均販売価格(実質)
圧力IH炊飯器ダミー	23,664*** (102.1)	20,596*** (93.98)
ベースラインはマイコン炊飯器		
非圧力IH炊飯器ダミー	10,501*** (83.47)	8,017*** (76.85)
ベースラインはマイコン炊飯器		
炊飯器容量	3,800*** (85.66)	2,774*** (78.87)
発売からの経過月数	-161.6*** (2.631)	-139.9*** (2.422)
販売月ダミー	✓	✓
販売年ダミー	✓	✓
定数項	11,926*** (279.2)	2,125*** (257.1)
観測値数	96,185	96,185
自由度修正済み決定係数	0.493	0.550

括弧の中は標準誤差

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

表 8 掃除機の推定結果

変数	(1)	(2)
	平均販売価格 (名目)	平均販売価格 (実質)
コードレス掃除機ダミー (コード式がベースライン)	21,069*** (167.9)	21,310*** (165.4)
サイクロン掃除機ダミー (紙パック式がベースライン)	10,738*** (93.84)	7,833*** (84.73)
発売からの経過月数	-211.9*** (2.141)	-182.5*** (2.109)
掃除機タイプ	✓	✓
販売月ダミー	✓	✓
販売年ダミー	✓	✓
定数項	21,025*** (320.2)	6,536*** (315.4)
観測値数	114,779	114,779
自由度修正済み決定係数	0.449	0.608

括弧の中は標準誤差

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

表 9 洗濯機の推定結果

変数	(1)	(2)
	平均販売価格 (名目)	平均販売価格 (実質)
インバータあり (あり = 1、なし = 0)	8,671*** (334.1)	4,861*** (359.2)
容量	9,740*** (136.9)	11,802*** (147.2)
高さ	-8,740*** (2.911)	6,917** (3.130)
奥行き	343.4*** (3.080)	297.6*** (3.311)
幅	145.8*** (4.407)	78.35*** (4.738)
給水ポンプあり (あり = 1、なし = 0)	-13,052*** (312.3)	-18,039*** (335.7)
発売からの経過月数	-530.4*** (11.79)	-474.4*** (12.68)
販売月ダミー	✓	✓
販売年ダミー	✓	✓
定数項	-214,983*** (14,048)	-295,524*** (15,103)
観測値数	46,413	46,413
自由度修正済み決定係数	0.786	0.786

括弧の中は標準誤差

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

表10 省エネ性能変数の係数の比較（2018年1月～12月）

被説明変数 実質平均販売価格	テレビ	エアコン	冷蔵庫
省エネ基準達成率 (%)	-271.9***	2,304.4***	918.4***
年間消費電力量 (kWh/年)	1,192.1***	-182.6***	-348.7***
APF（通年エネルギー消費効率）	N. A.	47,464***	N. A.

*** $p < 0.01$

果となった。省エネ基準達成率は、画面サイズをコントロールしても、係数が負値となった。年間消費電力量は表4と同じく係数が正値となった。これはテレビが、画面サイズが大きくなると年間消費電力量が大きくなり、サイズの大きさと省エネを両立するのが難しい製品であることを示している。

一方で、小西他（2018）で示したように、冷蔵庫は、容積が大きくなると消費電力量が増えるが単調増ではなく、大きくなることで断熱材の質や使用量、インバータの改良でエネルギー効率が改善可能である。また森田他（2014）から、エアコンもサイズが大きくなると高価格、高消費電力量となることが指摘されているが、近年は使い方や部屋の広さや目的に合った使用で省エネを促進している。

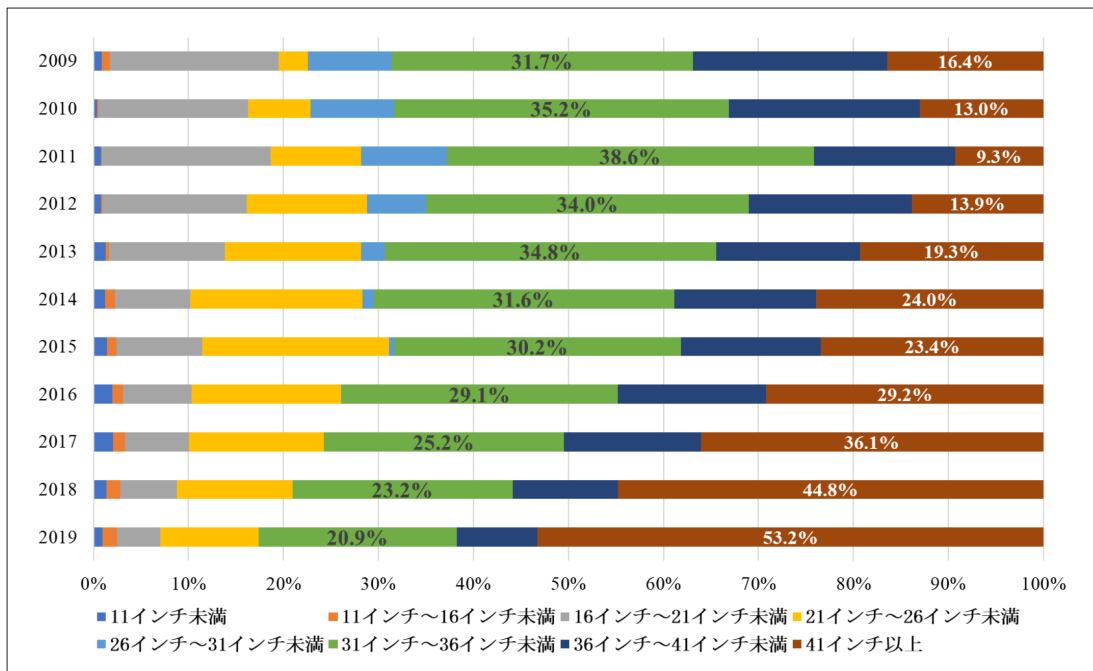
他の品目についても、推定結果より、炊飯器の加

熱方式、コードレス型掃除機、洗濯機のインバータといった本稿で選択した省エネ性能は、家電製品の高付加価値化に貢献した。本稿では、省エネラベルの指標だけでなく、幅広い指標を省エネ性能の代理変数として選択できた。

Ⅵ. おわりに

本稿では、1998年1月から2019年10月を対象に、テレビ、エアコン、冷蔵庫、炊飯器、掃除機、洗濯機について、ヘッドニック販売価格関数の特定化と推定を行った。省エネ性能の代理変数は、テレビは年間消費電力量、冷蔵庫は省エネ基準達成率、エアコンは省エネ基準達成率と冷房能力（量数情報も包含）、炊飯器はIH機能、洗濯機はインバータ、掃除

図3 テレビのサイズ別販売台数シェアの推移（2009～2019年）



出所：著者作成

機はコードレス機能を選択した。家電製品の販売価格モデルの説明力には、製品のサイズ（容量、高さ、幅、奥行き）と省エネ性能変数が有効であることがわかった。

さいごに、省エネ家電を家庭に導入するための政策について2009年5月～2011年3月末の家電エコポイント制度を例に、製品のサイズと消費電力量の関係を見る。この制度では、テレビ、エアコン、冷蔵庫を対象に、「統一省エネラベル」の多段階評価の星4つ以上の省エネ家電製品に買い替えることでポイントが付与された。特にテレビは2011年7月のアナログ停波も見据えて、地上デジタル放送対応テレビが対象となり需要増となった。2019年は10年経過し、買替え時期にあたる。図3はテレビの画面サイズごとの販売台数シェアの推移である。2009年のボリュームゾーンは31インチ～36インチ未満の画面だったが、年々41インチ以上の大型画面のシェア増え、2019年には53.2%と半数を超えた。近年は、スリムベゼルや薄型軽量化で大型サイズが人気であることがデータからもわかる。

例えば、2009年の32インチのある型の消費電力量は129kWhであった。2019年に、32インチのテレビを買い替えたら年間消費電力は52kWhに改善されているので、大幅な省エネに繋がる。しかし2019年に55インチを購入すると、年間消費電力は163kWhで、省エネ行動には繋がらない。同様に2009年に55インチを購入した人が、2019年も55インチを購入したら、年間消費電力は351kWhから163kWに下がり、半分以下の消費電力量になる。

日本の家電製品はトップランナー制度の下で、世界的に見ても高い省エネ性能を有しており、技術開発が進められている。これはテレビの一例であるが、同じサイズに買替える場合には、大きく省エネ化に貢献することが可能である。一方で、冷蔵庫の様に、買替え時にサイズを上げることで、自然と省エネ製品を購入することが可能な品目もある。しかし、多くの家電製品では、価格とサイズの正の相関より、製品が大型化・高級化しており、またサイズと消費電力と正も相関があるので消費者が買い替え時に大きなサイズを好む傾向があると、買い替えによる自動的な省エネ化は困難である。この両立のためにも、消費者は省エネ家電製品についての正しい知識を身に付け、特に政府はデータに基づいたわかりやすい情報を提供し、小売業者や製造事業が発信できるようにする必要がある。

本稿では、長期間入手可能な変数を用いて、スペック変数と省エネ変数と価格の長期的な関係を観察した。長期的なため変数選択が困難となり、使用可能な変数が限定的となった。今後、消費税率引き上げの影響、エコポイント等のリベート政策の評価、省エネ基準変更の需要への影響等を分析では、短期的な効果やダイナミクスを観察することになる。その際には、採用できる変数は格段に増え、より精度の高い分析が可能となるだろう。

謝辞

著者は名古屋大学在学中に指導教官の根本二郎教授より熱心できめ細やかな指導を賜りました。執筆中に自身の初公開論文とリンクし、当時を想う貴重な時間になりました。本稿執筆にあたり、関数の特定化、データの扱いについてご教示頂きましたこと深く感謝致します。

参考文献

- 戒能一成 (2006) 「「トップランナー方式」による省エネルギー家電機器効率基準規制の費用便益分析と定量的政策評価について」、『RIETIディスカッションペーパー』, 06-J-025, 1-52頁。
- 小西葉子・齋藤敬・石川斗志樹 (2018) 「冷蔵庫の省エネ効率性に対する支払意思額と主観的割引率の推定：POSデータを活用した「統一省エネルギーラベル」の評価」、『RIETIディスカッションペーパー』, 18-J-023, 1-30頁。
- 高橋雅仁 (2010) 「販売データを用いた省エネ家電の機器選択モデルの検討－2008-09年度冷蔵庫市場の場合－」、『電力中央研究所報告』, Y10022, 1-22頁。
- 森田稔, 松本茂, 田崎智宏 (2014) 「省エネリベートプログラムの主観的割引率への影響－ヘドニック価格法による家電エコポイント制度の評価－」『環境経済・政策研究』, vol. 7, No. 2, 24-36頁。
- Akao, Ken-ichi (2017), "An economic analysis of the "Home Appliance Eco-Point System" in Japan," *Environmental Economics and Policy Studies*, Vol. 19, No. 3, pp. 483-501.
- Amano, Tomomichi and Ohashi, Hiroshi (2018), "Ratcheting, competition, and the diffusion of technological change: The Case of televisions under an energy efficiency program," *Columbia Business School Research Paper*, No. 18-71.
- Aoshima, Yaichi and Shimizu, Hiroshi (2012), "A pitfall of environmental policy: An analysis of "Eco-point Program" in Japan and its application to the renewable energy policy," *IIR Working Paper*, 12-12.

- Baldini, Mattia, Trivella, Alessio and Wentz, W Jordan. (2018), "The impact of socioeconomic and behavioral factors for purchasing energy efficient household appliances: A case study for Denmark," *Energy Policy*, Vol. 120, pp. 503-513.
- Fujita, Kimberly, Dale, Larry, and Fujita, K Sydney. (2008), "An analysis of the price elasticity of demand for household appliances," *Lawrence Berkeley National Laboratory*, LBNL-326E.
- Galarraga, Ibon, Heres Del Valle, David and Gonzalez-Eguino, Mikel (2011a), "Price premium for high-efficiency refrigerators and calculation of price-elasticities for close-substitutes: combining hedonic pricing and demand system," *Journal of Cleaner Production*, Vol. 19, No. 17-18, pp. 2075-2081.
- Galarraga, Ibon, Gonzalez-Eguino, Mikel and Markandya, Anil. (2011b), "Willingness to pay and price elasticities of demand for energy-efficient appliances: Combining the hedonic approach and demand systems," *Energy Economics*, Vol. 33, No. 1, pp.66-72
- Galarraga, Ibon and Lucas, Josu (2013), "Economic evaluation of energy efficiency labelling in domestic appliances: the Spanish market," *BC 3 WORKING PAPER SERIES*, 2013-08.
- Hausman, Jerry A. (1979), "Individual discount rates and the purchase and utilization of energy-using durables," *The Bell Journal of Economics*, Vol. 10, No. 1, pp. 33-54
- Huh, Sung-Yoon, Jo, Manseok, Shin, Jungwoo and Yoo, Seung-Hoon (2019), "Impact of rebate program for energy-efficient household appliances on consumer purchasing decisions: The case of electric rice cookers in South Korea," *Energy Policy*, Vol. 129, No. C, pp. 1394-1403.
- Kimura, Osamu (2010), "Japanese top runner approach for energy efficiency standards," *SERC Discussion Paper*, SERC 09035.
- Kubo, Kensuke, Watanabe, Mariko and Kojima, Michikazu (2016), "Should Energy Efficiency Be Traded Off for Other Product Attributes? An Analysis of Air-Conditioner Regulation in Japan," *IDE Discussion Papers*, No. 607.
- Kusaka, Wakana, Kojima, Michikazu and Watanabe, Mariko (2012), "Environmental consciousness, economic gain and consumer choice of energy efficient appliances in Thailand, China and India," *IDE Discussion Papers*, No. 345.
- Liao, Xianchun, Shen, Shiran Victoria. and Shi, Xunpeng (2020), "The effects of behavioral intention on the choice to purchase energy-saving appliances in China: the role of environmental attitude, concern, and perceived psychological benefits in shaping intention," *Energy Efficiency*, Vol. 13, pp. 33-49.
- Lu, Wei (2006), "Potential energy saving and environmental impacts of energy efficiency standards for household refrigerators in China," *Energy Policy*, Vol. 34, No. 13, pp. 1583-1589.
- Mahlia, T.M.I., Masjuki, H.H., Saidur, Rahman. and Amalina, M.A. (2004), "Cost benefit analysis of implementing minimum energy efficiency standards for household refrigerator-freezers in Malaysia," *Energy Efficiency*, Vol. 32, No. 16, pp. 1819-1824.
- Matsumoto, Shigeru and Omata, Yukiko (2017), "Consumer valuations of energy efficiency investments: The case of Vietnam's Air Conditioner market," *Journal of Cleaner Production*, Vol. 142, No. 4, pp. 4001-4010
- Matsumoto, Shigeru (2018), "Consumer valuation of energy-saving features of residential air conditioners with hedonic and choice models," *Empirical Economics*, Vol. 55, pp. 1779-1806.
- Meier, Alan K. and Whittier, Jack (1983), "Consumer Discount Rates Implied by Purchases of Energy-Efficient Refrigerators," *Energy*, Vol. 8, No. 12, pp. 957-962.
- Nakano, Satoshi. and Washizu, Ayu (2017), "Changes in consumer behavior as a result of the Home Appliance Eco-Point System: an analysis based on micro data from the Family Income and Expenditure Survey," *Environmental Economics and Policy Studies*, Vol. 19, No. 3, pp. 459-482.
- Nishitani, Kimitaka and Itoh, Munehiko (2016), "Product innovation in response to environmental standards and competitive, advantage: a hedonic analysis of refrigerators in the Japanese retail market," *Journal of Cleaner Production*, Vol. 113, pp. 873-883.
- Okubo, Toshihiro (2013), "Energy-saving regulations and commodity prices," *Environmental Economics Policy Studies* Vol. 15, No. (1), pp. 93-132.
- Revelt, David and Train, Kenneth (1998), "Mixed logit with repeated choices: household's choice of appliance efficiency level," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 80, No. 4, pp. 647-657.
- Rosen, Sherwin. (1974), "Hedonic Prices and Implicit Markets: product differentiation in pure competition," *Journal of Political Economy*, Vol. 82, No. 1, pp. 34-55.
- Park, Ju Young (2017), "Is there a price premium for energy efficiency labels? Evidence from the Introduction of a Label in Korea," *Energy Economics*, Vol. 62, pp. 240-247.
- Shen, Junyi and Saijo, Tatsuyoshi (2009), "Does an energy efficiency label alter consumers' purchasing decision? A latent class approach based on a stated choice experiment in Shanghai," *Journal of Environmental management*, Vol. 90, No. 11, pp. 3561-3573.

- Wallander, Steven, (2008), "Price impacts of the energy star label - a case of redundant information," Working Paper.
- Wang, Zhaohua, Zhang, Bin, Yin, Jianhua and Zhang, Yixiang (2011), "Determinants and policy implications for household electricity-saving behavior: Evidence from Beijing, China," *Energy Policy* Vol. 39, pp. 3550-3557.
- Wang, Zaohua, Sun, Qingyu, Wang, Bo and Zhang, Bin (2019), "Purchasing intentions of Chinese consumers on energy-efficient appliances: Is the energy efficiency label effective?" *Journal of Cleaner Production*, Vol. 238, 117896.
- Ward, David O., Clark, Christopher D., Jensen, Kimberly L., Yen, Steven T., Russell and Clifford S. (2011), "Factors influencing willingness-to-pay for the ENERGY STAR® label," *Energy Policy*, Vol. 39, No. 3, pp.1450-1458.
- Yoshida, Yoshikuni, Inahata, Yuki, Enokibori, Miyako and Matsuhashi, Ryuji (2010), "Estimating CO2 emission reduction in Eco-Point program for green home appliances in Japan," *Procedia Environmental Science*, Vol. 2, pp. 605-612.
- Zhang, Yixiang, Xiao, Congcong and Zhou, Guanghui (2020), "Willingness to pay a price premium for energy-saving appliances: Role of perceived value and energy efficiency labeling," *Journal of Cleaner Production*, Vol. 242, pp.1-12.