

松 山 大 学 論 集  
第 33 卷 第 5 号 抜 刷  
2 0 2 1 年 12 月 発 行

## 時短技術の普及が家庭内時間と エネルギー消費量に与える影響

溝 渕 健 一

# 時短技術の普及が家庭内時間と エネルギー消費量に与える影響

溝 渕 健 一

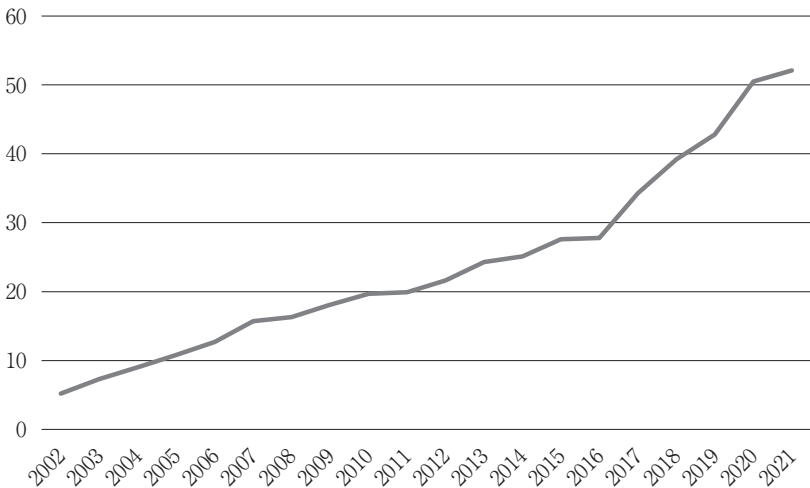
## 概 要

近年、時間短縮（以下、時短）製品やサービスの普及が急速に進んでいる。時短製品/サービスは、人々の生活に時間的な余裕を生み出すことで、生活の満足度を向上させることが期待できる。しかしその一方で、このような技術を導入することで、家庭内行動時間が変化（時間リバウンド効果）して、場合によってはエネルギー消費量を増加させる可能性が指摘されている。本研究では、約 700 世帯の家庭を対象とした調査データから、時短製品/サービスの利用が、家庭内行動時間に与える影響と、エネルギー消費量に与える影響を分析している。分析においては 4 つの時短技術と 8 つの家庭内行動時間を対象とし、エネルギーとしては電力を対象とした。分析の結果、食洗機と食品のネット注文/配送サービスを利用している世帯では、新たに発生した可処分時間を家庭内行動に再配分する時間リバウンド効果が発生していることが明らかになった。また、エネルギー消費量への影響としては、食洗機と食品以外のネット注文/配送サービスを利用している世帯では、電力消費量が増加し、自動掃除機を利用している世帯では、電力消費量が減少する結果となった。本研究の結果は、時短製品/サービスの利用が環境面に与える影響を明らかにしたもので、今後、さまざまな時短技術が開発・普及していくことで、エネルギー消費量や温室効果ガス排出量の増加をもたらす可能性が考えられる。

## 1. は じ め に

近年、日常生活における家事の負担を肩代わりしてくれる、時間短縮技術の普及が急速に進んでいる。例えば、洗濯した後に、衣類の乾燥時間を短縮する「衣類乾燥機」は2004年には22.4%の普及率であったが、2021年には54.3%と2倍以上増加している（消費動向調査より）。また、食器を自動で洗ってくれる食洗機の普及率に関しても、2004年の14.9%から2021年には34.4%と2倍以上も普及が進んでいる（全国消費実態調査と消費動向調査より）。さらに、自動で部屋の掃除や床ふきをしてくれるロボット掃除機「ルンバ」と床拭きロボット「ブラーバ」を販売しているアイロボットジャパンは、国内世帯におけるロボット掃除機の普及率が2020年で約7.2%だと発表している。これらの時短製品の普及によって、本来は人の手によって行われる家事（掃除、洗濯、食器洗いなど）の補助や肩代わりをしてくれるため、その分、家庭内で使える自由な時間が増え、人々の生活の満足度を高めてくれる。さらに、このような時短製品以外にも、インターネットを利用したショッピング（楽天やAmazon.comなどのオンラインマーケットや、セブンミールやイオンネットスーパーなどのネットスーパー）のように、実際に店舗まで足を運ばなくても、スマホやタブレットなどのネットが利用できる端末から注文するだけで、商品を自宅まで運んでくれる時短サービスの普及も進んでいる。図1は、ネットショッピングの利用率の推移を表したものである（家計消費状況調査）。これより、2002年にはわずか5.2%の利用率だったものが、2021年には52.1%と10倍に増え、世帯の半数以上が利用している状況となっていることが分かる。

このような時短製品/サービスの普及は、家庭内における家事負担にどれだけ貢献できているだろうか。図2は、社会生活基本調査から、2001年と2016年の家庭内行動時間の平均値（25-64歳の男女を対象）を表したものである（睡眠時間を除く）。図より、家庭内行動時間における「家事」の割合は比較的大きいことが分かる。また、2001年と比較すると2016年では「家事」に使われ

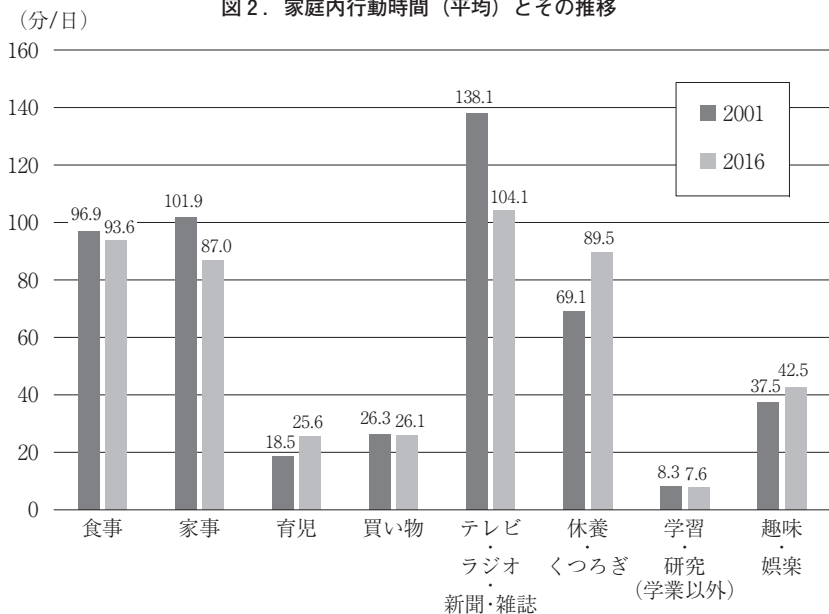
図1. ネットショッピング利用世帯の割合の推移（二人以上世帯）  
(%)

出典：家計消費状況調査：<https://www.stat.go.jp/data/joukyou/12.html>

る時間が減少している一方で、「休養・くつろぎ」や「趣味・娯楽」に用いられる時間は増加していることが確認できる。このような傾向の一部は、近年の時短製品/サービスの普及がもたらした結果かもしれない。つまり、前述のような時短製品/サービスが今後ますます普及していけば、家庭内における家事（労働）時間が短くなり、余った時間（経済学では可処分時間と呼ぶ）を、自身の趣味やくつろぎなど（余暇）に用いることが出来るようになると予想される。あるいは、これまで毎日行ることが難しく、週末にまとめて行っていた掃除や洗濯なども、こまめに毎日行えるようになるのかもしれない。

このような時短製品/サービスの普及は、人々の生活を豊かにすることは間違いないだろう。その一方で、エネルギー消費の側面から見た場合、このような時短技術の普及には問題点も指摘されている。それは「時間リバウンド効果」と呼ばれる現象の発生が、エネルギー消費量を増加させてしまう可能性があるという懸念である。例えば、食器を自動で洗ってくれる食洗機を導入すると、

図2. 家庭内行動時間（平均）とその推移

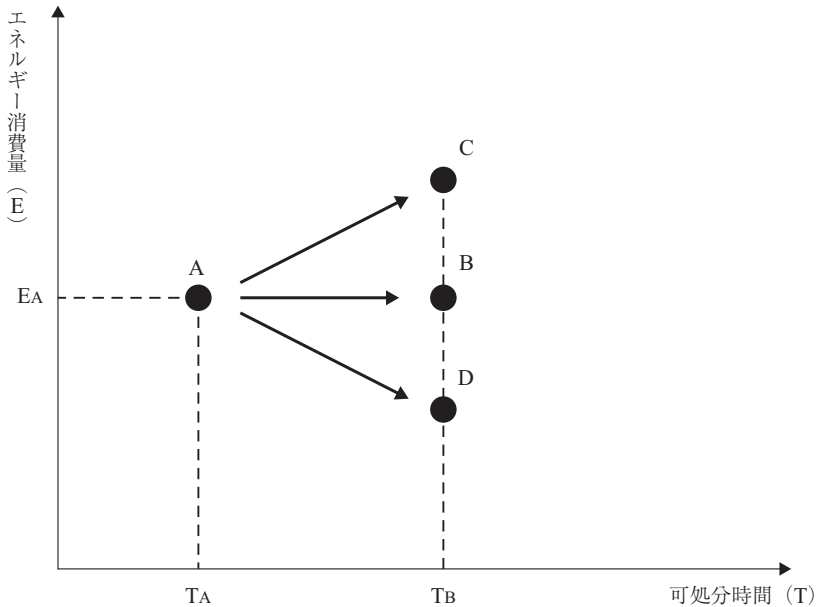


出典：社会生活基本調査：<https://www.stat.go.jp/data/shakai/2016/kekka.html>

これまで人の手で行っていた皿洗いの時間がそのまま削減されることになる。この食洗機という時短製品の導入により、自由に使える時間（可処分時間）が新たに発生し、それが別の家庭内行動に使われる可能性がある。時短製品/サービス導入による可処分時間の再配分が起こる現象を「時間リバウンド効果」と呼ぶ（Brencic and Young, 2009）。そして、もしこの可処分時間が、テレビを観たり、ゲームをしたりする行動に使われたとすると、テレビやゲームは電力を消費する行動であるため、結果として電力消費量が増加することになる。これは、食洗機を導入しなかったら本来起こり得なかった追加的な行動によって発生してしまう現象であり、もしこのような電力を使う追加的な行動に可処分時間が再配分されると、食洗機を導入する以前よりも電気使用量が増加してしまうのである<sup>1)</sup>。

図3は、この現象を表したものである。横軸が可処分時間（ $T$ ）、縦軸がエネルギー消費量（ $E$ ）を表しており、点A（ $T_A$ ,  $E_A$ ）が、時短製品/サービスを導入する前の可処分時間とエネルギー消費量を表している。時短製品/サービスを導入することで、家庭内で自由に使える可処分時間が  $T_A$  から  $T_B$  に増加する。この時、追加的に増えた可処分時間（ $T_B - T_A$ ）が<sup>1)</sup>、もしエネルギー使用量を伴う家庭内行動（例えば、テレビの視聴やゲーム、他の家事など）に使われた場合、エネルギー消費量が増加することで、時間リバウンド効果によって当初よりエネルギー消費量が増加する結果となる（点Aから点C）。一方で、もし追加的に発生した可処分時間が<sup>2)</sup>、エネルギー消費量を伴わない行動に用い

図3. 時間リバウンドと電力消費量



1) Sorrell and Dimitropoulos (2008), Mizobuchi and Yamagami (2018), Sorrell et al. (2020) では、時短製品/サービス導入に伴う家庭内行動時間の再配分が、エネルギー消費量に与える影響を「時間リバウンド効果」と呼んでいる。

られた場合（例えば、読書など）、エネルギー消費量は時短製品/サービス導入以前と変わらない（点 A から点 B）。さらに、食洗機や自動掃除機など、人が家になくても家事を行ってくれる時短製品の場合、外出が増えて家庭内のエネルギー消費量が減少する可能性もある（点 A から点 D）<sup>2)</sup>

時短製品/サービスの利用が、もし時間リバウンド効果を通してエネルギー消費量を増加させる結果となった場合、温室効果ガス排出削減目標達成の妨げになる可能性がある。2021 年 4 月、これまでの地球温暖化ガス削減量の目標値である、2030 年までに 2013 年度比で 26%削減を、46%削減へと大幅に引き上げることが発表された。これを受けて、家庭部門におけるこれまでの削減目標値である 39%（2013 年度比）についても、2021 年 7 月に環境省から発表された計画では 66%削減（2013 年度比）と大きく上昇修正された。家庭部門へのこれまでの対策としては、戸建住宅におけるゼロエネルギーハウス（ZEH）の支援や、分散型エネルギーリソース（DER）への補助<sup>3)</sup>、家庭エコ診断の推進などを掲げている。家庭部門への温室効果ガス削減対策では、規制的な手段を用いることが難しいため、このような支援型の対策がとられるが、これまであまり削減が進んでいないのが現状である。そして、このような政府の家庭部門への削減対策の中には、時短製品/サービス導入による時間リバウンドを通じたエネルギー消費量の増加の可能性については考慮されていない。そのため、もし時間リバウンドによる温室効果ガス排出が増加するような現象が家庭部門に起こっているのであれば、追加的な対応が必要になる。そのため、このような時間リバウンドによるエネルギー消費の増加が実際に起こっているかどうかの検証が必要になると言える。そこで、本研究では、家庭部門の生活に普及が進んでいる時短製品/サービスが、家庭内での行動時間を変化させる、時間リバウンド効果という現象を通して、エネルギー消費量に与える影響について実証

---

2) ただし、可処分時間を利用した外出時において、車や公共交通機関などエネルギーを伴う移動手段を用いた場合には、追加でエネルギー消費が発生してしまう可能性は残る。

3) エネファームや、家庭用 EV 充放電システム、HEMS などに対して、補助金を支給することによる導入支援。

分析によって検証を行う。

本項の構成は以下である。次節では、時間リバウンド効果の先行研究を紹介する。第3節では、本研究で用いる家庭部門を対象としたアンケート調査データと、それを用いた実証分析モデルについて解説する。本研究では、Brencic and Young (2009)の時間リバウンド効果の定義に基づいた検証を行う。第4節は、実証分析の結果について述べる。第5節は、まとめと今後の課題である。

## 2. 先行研究

時短技術の普及は、家庭部門のエネルギー消費量を増加させる可能性がある。この基本的な考え方は以下である。家庭内に新しく時間短縮製品が導入されると、それが、家庭内での家事時間を減少させる手助けをする（家庭内での家事の総量は変わらないとする）。その結果、家庭における可処分時間が増加し、それが家庭内での行動に再配分される。もし再配分先の行動がエネルギー消費を伴う行動であった場合、エネルギー消費量は時短技術導入以前よりも増加してしまうのである。例えば、食洗機を導入すると、それは食器洗いに用いる時間を減らしてくれるだろう（洗う皿の総量は変化しないとする）。そのように追加で自由に使えるようになった時間が、テレビ視聴やインターネット、ゲームをする時間など、エネルギー消費を伴うような行動に使われるとする。そうすると、食洗機を導入する以前よりもエネルギー消費量が増加してしまう（もちろん、食洗機は電力を必要とするので、食洗機の利用によっても増加する）。Brencic and Young (2009)は、このような時短技術の導入による、家庭内行動時間の再配分現象を「時間リバウンド効果」と呼んでいる。ここで、Brencic and Young (2009)において、時間リバウンド効果が最初に定義されているが、リバウンド効果という言葉は、本来エネルギー経済学においては、エネルギー効率の高い製品に買い替えた際の行動の変化に伴ったエネルギー消費量の変化を表す現象であると捉えられている (Khazoom, 1980; Henly et al., 1988, Lovins et al., 1988)。例えば、これまでよりも20%省エネ性能の高いエアコン



に買い替えると、エアコンによる電気使用量は20%削減できると予想されるが、同時にこれはエアコンを使用することで発生していた電気代の減少を意味する。電気代がこれまでよりも下がるということは、エアコンサービスを利用するための費用の低下を意味し、これはエアコン需要の増加（夏場に設定温度をさらに下げたり、これまでよりも長い時間使用する行動など）をもたらす可能性がある。このようなエアコン需要の増加により、追加的な電力消費が生じることで、本来買い替えによって技術的に予想された20%の削減分の一部（あるいは全て）が追加的なエネルギー需要によって相殺されてしまう可能性がある。この現象をエネルギー経済学ではリバウンド効果と呼ぶ。リバウンド効果は理論面と実証面において多くの研究蓄積があり、特に先進国では30%以下のリバウンド効果が発生していると言われている (Sorrell et al., 2009)。また、Mizobuchi (2008) では、需要システムモデルと家計調査データを用いることで、日本の家庭部門におけるリバウンド効果の大きさは約27%であるという結果を示している。

エネルギー経済学におけるリバウンド効果の言葉からすると、時間リバウンド効果も行動の変化によるエネルギー消費量の変化まで捉えた現象であると考えられる研究者も多い。例えば Sorrell and Dimitropoulos (2008) や Mizobuchi and Yamagami (2018), Sorrell et al. (2020) では、可処分時間の再配分後に家庭内エネルギー消費量が変化する現象を「時間リバウンド効果」と呼んでいる。

時間やエネルギーは、近代の経済学における重要な要因であるにも関わらず、この時間リバウンド効果に関する研究蓄積は非常に少ないのが現状である。本研究では、Brencie and Young (2009) の時間リバウンド効果の定義に基づいて、日本の家庭部門を対象としたデータを用いて、時間リバウンド効果の有無と、それがエネルギー消費量に与える影響を検証する。エネルギーまで含めた定義での分析結果については、Mizobuchi and Yamagami (2018) を参照されたい。

エネルギー経済学においてリバウンド効果の実証研究や、その大きさに関す

る政策的な議論は数多く存在するが、時間リバウンド効果に関する論文はほとんどないのが現状である。Gronau and Hamermesh (2008)では、オーストリア、イスラエル、オランダ、スウェーデン、アメリカ、西ドイツの6カ国の時間に関するアンケート調査結果を行っている。彼らはその中で、家庭内生産における時間効率が上昇すると、その家庭はよりさまざまな行動に時間を使うことを明らかにしている。Aguiar and Hurst (2007)とHamermesh (2007)は、時間短縮技術が、可処分時間の家事や余暇への再配分に影響を与えることを明らかにしている。Brencic and Young (2009)では、2013年にカナダの世帯を対象にしたアンケート調査データ(Canadian Survey of Household Energy Use data: 2013)に基づいて、時短製品の導入によって、家庭の行動時間の配分に与える影響を分析している。彼らは、2つの回帰モデルを別々に推定して、家庭内行動時間とエネルギー消費量へ与える影響を検証している。その際に、時短製品を利用しているかどうかをダミー変数で捉えている。1つ目のモデルでは、家庭内の各行動時間に時短製品保有ダミーを回帰させるモデルで、2つ目のモデルは、エネルギー消費量に時短製品保有ダミーを回帰させている。1つ目のモデルでは、時短製品保有ダミーが統計的に有意であれば、時短製品の導入によって増加した可処分所得が、家庭内行動に配分されたことを意味しており、この現象をBrencic and Young (2009)は時間リバウンド効果と定義している。また一方で、2つ目のモデルにおいて、時短製品保有ダミーが統計的に有意であれば、時短製品導入によってエネルギー消費量が増加したことを意味している。

このように、時間リバウンド効果について実証的に検証した研究はこれまでのところ非常に限られた数しか存在しない。そこで、本研究では、最初にリバウンド効果を定義したBrencic and Young (2009)の実証モデルを用いて、時短製品/サービスが、家庭内行動時間の再配分を引き起こす時間リバウンド効果と、それに付随するエネルギー消費量の変化が本当に起こるのかについて、家庭部門を対象に検証を行う<sup>4)</sup>

### 3. データと手法

#### 3-1. データ

本研究では、家庭部門を対象とした Web アンケート調査データに基づいて分析を行う。表1は2016年2月に、Web 調査会社 NTT コムオンラインに依頼し、関西電力管内の家庭 715 世帯を対象に行った質問票調査データと、電気使用量明細データの基本統計量である。本研究では、時短製品/サービスとして食洗機、自動掃除機、ネット注文（食品と食品以外）の4種類を対象とし、時短製品については所有の有無、ネット注文については、日常的な使用頻度の多さ（「とても利用する」と「わりと利用する」と回答）でダミー変数を作成した。電気使用量については、協力世帯自身によって関西電力の HP 上で過去2年分の毎月の電気使用量明細を Excel 形式でダウンロードしてもらい、個人情報を除いた部分のデータのみ入手した。電気使用量については2016年1月-12月の総使用量を使用日数で除した1日あたりの使用量データ（kWh/日）を用いる。

表1より、時短製品の保有状況として、食洗機が調査対象世帯の約27.3%で導入されている一方で、自動掃除機については、わずか5.6%と少ない。食洗機については、近年の住宅では標準で付いていることも多いことや、後付けの食洗機の種類も増えてきていることが原因かもしれない。その一方で、自動掃除機については、まだまだ一般の掃除機よりも高額であるため、普及がそれほど進んでいないのかもしれない。時短サービスの利用状況として、ネット注文サービスを食品とそれ以外のそれぞれで調査した結果、食品では75.9%、

---

4) Mizobuchi and Yamagami (2018) では、Brenic and Young (2009) とは異なり、時短製品が家庭内行動時間の変化を通して、エネルギー消費量に影響を与えることを時間リバウンド効果と定義して、その発生の有無と大きさについて検証を行っている。どちらの定義が正しい時間リバウンド効果なのかについては、現時点で明確になってはいない。また、Mizobuchi and Yamagami (2018) では、Chan and Gillingham (2015) のリバウンド効果の理論モデルに時間効率を含めて拡張を行い、エネルギー消費まで含めた時間リバウンド効果を理論的に示している。

表 1. 基本統計量

		平均値	標準偏差	最小値	最大値	標本サイズ
電力消費量	kWh/日	12.803	9.542	1.3	61.34	552
食洗機	ダミー	0.273	0.446	0	1	715
自動掃除機	ダミー	0.056	0.230	0	1	715
ネット注文 (食品以外)	ダミー	0.759	0.428	0	1	715
ネット注文 (食品)	ダミー	0.452	0.498	0	1	715
年齢	歳	49.291	9.006	26	65	715
所得*	12段階	7.038	3.293	1	13	715
家族人数	人	2.762	1.323	1	7	715
家の広さ	6段階的	3.303	1.404	1	6	715
持ち家	ダミー	0.536	0.499	0	1	715
オール電化	ダミー	0.267	0.443	0	1	715
太陽光パネル	ダミー	0.126	0.332	0	1	715
エアコン	台	2.762	1.750	0	9	715
テレビ	台	1.908	1.185	0	9	714
冷蔵庫	台	1.171	0.490	0	4	715
平均気温	℃	16.539	1.955	3.8	23.33	676

\* 1 : 100 万円未満, 2 : 100-199 万円, 3 : 200-299 万円, 4 : 300-399 万円, 5 : 400-499 万円, 6 : 500-599 万円, 7 : 600-699 万円, 8 : 700-799 万円, 9 : 800-899 万円, 10 : 900-999 万円, 11 : 1,000-1,499 万円, 12 : 1,500 万円以上

食品以外でも 45.2%と高い利用率であった。PC 以外にスマホやタブレットなど、手軽にインターネットに繋がるデバイスの普及や、ネット店舗・関連アプリの充実などが高い普及率をもたらしているのではないかと考えられる。

電気使用量に影響を与えそうな世帯属性や住宅属性として、世帯主の年齢、所得水準、家族人数、家の広さ、持ち家かどうか、オール電化住宅であるかどうか、太陽光パネルを設置しているかどうか、家電（エアコン、テレビ、冷蔵庫）の所有台数などについても質問票調査において聞いている。さらに、気象

庁のHPから、調査対象世帯の地域の平均気温についても調べてまとめている。ここで、オール電化住宅については、給湯や調理などに天然ガスやプロパンガスが使われる代わりに、電力を使うことになるため、オール電化を導入している世帯の場合は、その分電気使用量が多くなる傾向がある。また、太陽光パネル設置世帯については、太陽光により発電した電力を自家消費するため、その時間は電力会社からの買電が止まることになる。その結果、太陽光パネル設置世帯の電気使用量は少なくなると予想される。

表2は、家庭内での7つの行動データの基本統計量を表している。本研究では、3つの家事（料理、洗濯、掃除）と5つの余暇（テレビ視聴、ネット利用、

表2. 行動時間の統計

行 動	単位	平均	標準偏差	最小値	最大値	標本サイズ
料理 <sup>*1</sup>	時間/日	1.586	0.831	0	6	715
洗濯 <sup>*2</sup>	回/週	5.020	2.273	0	7	715
掃除 <sup>*2</sup>	回/週	2.909	2.515	0	7	715
テレビ視聴 <sup>*3</sup>	時間/日	5.144	2.846	0	18	715
ネット利用 <sup>*4</sup>	時間/日	6.973	4.007	0	22	715
ゲーム <sup>*5</sup>	時間/日	1.646	2.219	0	11	715
読書 <sup>*5</sup>	時間/日	1.491	1.698	0	11	715
その他趣味(室内) <sup>*5</sup>	時間/日	2.887	2.412	0	11	715

\*1 0：全くしない，1：1時間以内，2：1-2時間，3：2-3時間，4：3-4時間，5：4-5時間，6：5時間以上

\*2 0：全くしない，1：1回/週，2：2回/週，3：3回/週，4：4回/週，5：5回/週，6：6回/週，7：毎日

\*3 0：全くしない，1：1時間以内，2：1-2時間，3：2-3時間，4：3-4時間，5：4-5時間，6：5-6時間，7：6-7時間，8：7-8時間，9：8-9時間，10：9-10時間，11：10-11時間，12：11-12時間，13：12-13時間，14：13-14時間，15：14-15時間，16：15-16時間，17：16-17時間，18：17時間以上

\*4 0：全くしない，1：0.5時間以内，2：0.5-1時間，3：1-1.5時間，4：1.5-2時間，5：2-2.5時間，6：2.5-3時間，7：3-3.5時間，8：3.5-4時間，9：4-4.5時間，10：4.5-5時間，11：5-5.5時間，12：5.5-6時間，13：6-6.5時間，14：6.5-7時間，15：7-7.5時間，16：7.5-8時間，17：8-8.5時間，18：8.5-9時間，19：9-9.5時間，20：9.5-10時間，21：10-10.5時間，22：10.5時間以上

\*5 0：全くしない，1：0.5時間以内，2：0.5-1時間，3：1-1.5時間，4：1.5-2時間，5：2-2.5時間，6：2.5-3時間，7：3-3.5時間，8：3.5-4時間，9：4-4.5時間，10：4.5-5時間，11：5時間以上

ゲーム、読書、その他家庭内での趣味) 行動を対象としている。表2より、家事のうち、料理は1日あたり、洗濯と掃除は週あたりでの回数を聞いたところ、料理は1.59回/日と朝昼夕の3回の内、平均で半分程度となった。一方で洗濯と掃除については、それぞれ5.02回/週、2.91回/週となっている。また、余暇の結果としては、テレビ視聴やネット利用が1日平均でそれぞれ約4-5時間と約3-3.5時間と比較的長い一方で、ゲームや読書については、1日平均で0.5時間程度と少なかった。また、家庭内でのその他の趣味については、平均で1時間程度という回答であった。これより、それぞれの世帯では、家事や家庭内での余暇にそれぞれ時間を振り分けて行動していることがわかる。

### 3-2. 分析モデル

本研究では、Brenic and Young (2009) で用いられた手法に基づいて推定を行う。第2章において紹介したように、彼らはカナダの家計調査データを用いて、回帰分析によって時短製品の(i)家庭内行動と(ii)家庭エネルギーへの影響をそれぞれ別々のモデルで推定を行っている。本研究では、4つの時短製品/サービスを対象とし、7つの家庭内行動と電気使用量への影響から、時間リバウンド効果の有無について検証する。

検証するモデルはそれぞれ以下となる。(i)家庭内行動を対象としたモデルとして、表2で示した7つの行動を被説明変数とする以下の回帰モデルを設定する。

$$Behavior_{i,j} = \alpha_1 + \beta_1 \sum_{m=1}^4 TimeSave_{i,m} + \gamma_1 X_i + \varepsilon_i, \quad (1)$$

ここで、*Behavior* は家庭内行動、*TimeSave* は、時短製品/サービスを表している。また、*X* は説明変数ベクトル、 $\varepsilon$  は誤差項を表している。*i* は各対象世帯、*j* は8つの行動(洗濯、掃除、料理、テレビ視聴、ネット利用、ゲーム、読書、その他趣味)、*m* は4つの時短製品/サービス(食洗機、自動掃除機、ネット注文：食品以外、ネット注文：食品)を表している。説明変数ベクトル

$X$  には、年齢、所得、家族人数、家の広さを入れた。

(ii)家庭エネルギーを対象としたモデルとしては、電力使用量 (kWh/日) を被説明変数とする以下の回帰モデルを設定する。

$$Elec_i = \alpha_2 + \beta_2 \sum_{m=1}^4 TimeSave_{i,m} + \gamma_2 Z_i + u_i, \quad (2)$$

ここで、 $Elec$  は電気使用量、 $TimeSave$  は、時短製品/サービス、 $Z$  は説明変数ベクトル、 $u$  は誤差項を表している。 $i$  は各対象世帯、 $m$  はモデル(1)と同様に、4つの時短製品/サービス（食洗機、自動掃除機、ネット注文：食品以外、ネット注文：食品）を表している。説明変数ベクトル  $Z$  には、年齢、所得、家族人数、家の広さ、持家、太陽光パネル、オール電化、外気温（平均気温）、家電の保有台数（エアコン、テレビ、冷蔵庫）を入れた。

Brenicic and Young (2009) のリバウンド効果の定義では、時短製品/サービスの導入によって生じた可処分時間が、家庭内行動に振り分けられた場合に、時間リバウンド効果が発生していると判断する。そのため、モデル(1)の推定において、時短製品/サービスのパラメータ  $\beta_1$  が統計的に有意となれば、時間リバウンドが発生していることになる。また一方で、時短製品/サービスがエネルギー消費量に与える影響の検証としては、モデル(2)におけるパラメータ  $\beta_2$  が統計的に有意かどうかを調べる必要がある。プラス（マイナス）で有意であればエネルギー消費量を増加（減少）させると判断する。

## 4. 推 定 結 果

### 4-1. 家庭内行動への影響

表3は、家庭内行動を対象としたモデル(1)の推定結果を表している。左の3列は家事行動（洗濯、掃除、料理）、右の5列は余暇行動（テレビ視聴、ネット利用、ゲーム、読書、その他趣味）の推定結果である。まず、各家庭内行動に対する世帯属性の影響について見てみる。年齢のパラメータを見ると、家事行動では掃除、余暇行動ではテレビ視聴、ゲーム、その他趣味について統計的

表 3. 推定結果 (家庭内行動)

被説明変数：家庭内行動									
	洗濯	掃除	料理	テレビ	ネット	ゲーム	読書	趣味	
食洗機	0.506 *** (0.151)	0.178 (0.229)	0.034 (0.070)	-0.388 (0.250)	-0.157 (0.363)	0.204 (0.208)	-0.216 (0.153)	-0.133 (0.200)	
自動掃除機	-0.190 (0.258)	0.220 (0.397)	-0.162 (0.117)	-0.147 (0.380)	-0.265 (0.655)	0.159 (0.307)	0.403 (0.246)	0.465 (0.315)	
ネット注文 (食品以外)	0.009 (0.186)	0.238 (0.235)	-0.063 (0.077)	-0.142 (0.284)	0.635 (0.407)	0.027 (0.197)	0.218 (0.140)	0.141 (0.238)	
ネット注文 (食品)	0.078 (0.159)	0.078 (0.209)	0.001 (0.070)	0.372 (0.246)	0.592 * (0.350)	0.544 *** (0.178)	0.390 *** (0.141)	0.459 ** (0.205)	
年齢	0.0004 (0.008)	0.032 *** (0.010)	-0.005 (0.003)	0.028 ** (0.012)	0.012 (0.018)	-0.026 *** (0.008)	0.011 (0.007)	0.031 ** (0.010)	
所得	0.011 (0.022)	0.050 * (0.028)	0.012 (0.009)	-0.028 (0.037)	-0.085 * (0.047)	-0.040 (0.026)	0.025 (0.018)	-0.029 (0.032)	
家族人数	0.890 *** (0.061)	0.609 *** (0.082)	0.135 *** (0.024)	0.282 *** (0.087)	0.059 (0.139)	0.455 *** (0.074)	0.201 *** (0.068)	0.033 (0.075)	
家の広さ	0.192 *** (0.067)	0.064 (0.086)	0.119 *** (0.030)	0.250 ** (0.101)	-0.166 (0.147)	-0.116 (0.079)	-0.019 (0.074)	0.045 (0.087)	
切片	1.704 *** (0.451)	-0.993 * (0.529)	1.065 *** (0.185)	2.580 *** (0.600)	6.400 *** (1.044)	2.012 *** (0.556)	0.079 (0.425)	1.177 ** (0.540)	
標本サイズ	715	715	715	715	715	715	715	715	
決定係数	0.380	0.139	0.129	0.044	0.024	0.099	0.054	0.030	

\*\*\*, \*\*, \* はそれぞれ 1 %, 5 %, 10%水準で有意であることを表している。また括弧内は標準誤差である。



に有意となっていることが確認できる。特に高齢になると在宅が多くなる傾向があり、それが掃除やテレビ視聴行動を増やしているのかもしれない。また、ゲームに関しては年齢が上がると減少する傾向がある一方で、その他の家庭内での趣味の時間が増加する傾向があることが分かる。家族人数のパラメータは、3つ全ての家事行動と、3つの余暇行動について統計的に有意となっている。一般的に、家の中で過ごす家族の人数が増えるほど、家事の量も増えるため、洗濯、掃除、料理の全ての行動が増加したと考えられる。

次に、時間リバウンド効果について検証する。家事行動の結果を見ると、洗濯行動において食洗機のパラメータが1%水準で統計的に有意であった。また、符号がプラスであることから、Brencic and Young (2009)の結果と同様に、時間リバウンド効果は、家庭内行動において発生していると判断できる。つまり、食洗機を導入することで、これまで手洗いで行っていた食器の洗浄が自動化され、余った時間（可処分時間）が洗濯行動に再配分されたことを表している。一方で、他の家事である掃除や料理に関しては、どの時短製品/サービスのパラメータも有意にならなかった。また、洗濯行動についても他の時短製品/サービスによる可処分時間の再配分は行っていないことが分かる。

次に5つの余暇行動の結果について見てみる。5つの余暇行動のうち、ネット利用、ゲーム、読書、その他の趣味の4つについて、ネット注文（食品）の推定パラメータがいずれもプラスで統計的に有意となっている。これより、食品のネット注文サービスの利用が多い世帯では、これら4つの余暇行動に対して可処分時間の再配分が行われ、時間リバウンド効果が発生していると考えられる。近年、食事の配達サービスであるウーバー・イーツや、食料品の配達サービスが充実してきており、毎日必要となる食事や料理のための食料品の買い物時間が節約しやすい環境（第3節で示したように、本研究の世帯の中でも利用率が約5割）となっていることが、時間リバウンドを起こしやすくしていると考えられる。

#### 4-2. エネルギー消費量への影響

表4は、家庭のエネルギー消費量への影響を対象としたモデル(2)の推定結果を表している。家電製品の保有台数をコントロールする可否かでモデル1とモデル2に分けた結果を示している。モデル1とモデル2の結果を比較すると、パラメータの符号には影響はないものの、大きさが多少異なる結果となっている。そのため、家電製品の保有台数をコントロールしたモデル2に基づいて、結果を解釈していく。

まず、世帯属性の影響として、年齢、所得、家族人数、家の広さ、オール電化、太陽光パネルのパラメータが統計的に有意であることが分かる。年齢が高く、高所得で、家族人数が多く、広い家に住んでいる世帯ほど電気使用量が多くなる傾向があることを意味している。また、ガスの代わりに給湯やコンロなどを電気エネルギーで代替するオール電化住宅では、その分、電気使用量が多くなっていることがわかる。一方で、太陽光で発電した電力を直消費できる、太陽光パネル設置世帯では、電力会社から購入する電気使用量が少なくなるため、パラメータの符号はマイナスとなっている。

次に、時短製品/サービスが電力消費量に与える影響について見てみる。いずれの時短製品/サービスのパラメータも統計的に有意であるため、時短製品/サービスの導入は電気使用量に影響を与えることが分かる。ここで、食洗機と食品以外のネット注文/配送サービスのパラメータはプラスであるため、導入や利用によって、電気使用量を増加させることを意味する。一方で、自動掃除機と食品のネット注文/配送サービスのパラメータはマイナスであるため、導入や利用は電気使用量を減少させる結果となる。この結果は、時短製品/サービスの導入が家庭内での可処分時間を増加させ、それが電力消費を伴う行動に配分された結果、電気使用量に影響を与えた可能性がある。例えば、表3より、食洗機の導入により、洗濯行動が増加している。洗濯行動は、洗濯機の使用を増加させるため、結果として電気使用量が増加したと考えられる。また、自動掃除機は外出時でも使用できることから、これまでよりも外出が増えて、その

表4. 推定結果（電力）

被説明変数：電力消費量（対数値）		
	モデル1	モデル2
食洗機	0.111 ** (0.045)	0.089 ** (0.044)
自動掃除機	-0.096 (0.062)	-0.112 * (0.063)
ネット注文 （食品以外）	0.154 *** (0.049)	0.165 *** (0.049)
ネット注文 （食品）	-0.092 * (0.050)	-0.103 ** (0.049)
年齢	0.012 *** (0.002)	0.009 *** (0.002)
所得	0.025 *** (0.009)	0.021 ** (0.008)
家族人数	0.176 *** (0.016)	0.146 **** (0.016)
家の広さ	0.071 *** (0.020)	0.036 * (0.021)
持ち家	0.038 (0.058)	-0.025 (0.062)
オール電化	0.858 *** (0.050)	0.848 *** (0.050)
太陽光パネル	-0.356 *** (0.069)	-0.372 *** (0.067)
平均気温	-0.002 (0.010)	-0.002 (0.010)
切片	0.498 ** (0.231)	0.662 *** (0.225)
家電製品	なし	あり
標本サイズ	550	549
決定係数	0.560	0.582

結果電気使用量が減少したのかもしれない。

ネット注文に関しては、表3において食品では行動の変化が確認されているため、可処分時間を通した電気使用量への影響が考えられる。一方で、食品以外については、行動の変化はないことがわかる（表3より）。これについては、ネット注文をよく利用する世帯は、外出して購入する商品が、インターネットで注文して配送してくれるため、それだけ、ネット注文を利用しない世帯に比べて外出の機会が少ないと考えられる。そのような世帯は、在宅時間が長いいため、その分電気使用量が多くなっていると考えられる。

## 5. 終 わ り に

2021年4月、日本は2030年度までの地球温暖化ガス削減量の目標（2013年度比）を、従来の26%削減から46%削減へと大幅に引き上げることを発表した。しかしながら、46%削減目標の根拠は明確ではなく、具体策による積み上げ分に加えて、数%分についての具体的な対策についてはこれからというのが現状である。家庭部門の削減目標も現状の39%削減（2013年度比）からさらに上積みされ、2021年7月には、66%削減（2013年度比）という大幅な上昇修正が発表されたため、今後更なる削減対策が求められるようになると考えられる。

家庭部門のエネルギー消費量の約半分を占めるのは電力消費量である。近年の家電製品の省エネ効率是非常に高水準であり、今後このような省エネ家電への買い替え（省エネ投資）が進むことで、電力消費量起源のCO<sub>2</sub>排出量の削減も進むと予想される。一方で、このような省エネ化の一方で、時間効率が高まった製品やサービスの普及も急速に進んでいる。このような時短製品/サービスの普及は、忙しい家庭生活において、自由に使える時間（可処分時間）を増やすことで、人々の効用を高めることが期待できる一方で、そのような可処分時間が、家庭内でのエネルギー消費を伴うような行動に用いられた場合、追加的なエネルギー消費量が発生してしまう可能性がある。Brencic and Young

(2009)によると、時短製品/サービスの導入や利用によって発生した可処分時間が、家庭内行動に再配分される現象を時間リバウンド効果と呼び、さらに、この時間リバウンド効果が、エネルギー消費量を増加させる可能性が指摘されている。

本研究では、家庭を対象としたアンケート調査データと、電気使用量明細データを用いて、時短製品/サービスの利用が、時間リバウンド効果の発生の有無と、家庭の電力使用量に与える影響を検証した。分析においては、2つの時短製品（食洗機と自動掃除機）と、2つの時短サービス（ネット注文/配送サービスの食品と食品以外）を対象とし、家庭内行動には、3つの家事（掃除、洗濯、料理）と5つの余暇行動（テレビ視聴、ネット利用、ゲーム、読書、その他の家庭内での趣味）を対象とした。時短製品/サービスの利用が、家庭内行動に与える影響を回帰分析によって検証したところ、食洗機と食料品のネット注文サービスを利用している世帯において、家庭内行動への可処分時間の再配分が行われていることが明らかになった。つまり、この2つの時短製品/サービスでは、時間リバウンド効果が発生していると言える。一方で、時短製品/サービスが電力消費量に与える影響を回帰分析によって検証したところ、食洗機と食品以外のネット注文サービスにおいて、電力消費量を有意に増加させる結果となった。食洗機については、家庭内行動時間の再配分によって、洗濯行動が増加していた。洗濯行動の増加は、洗濯機を使用する頻度が増加することなので、これによって追加的に電気使用量が増加したと考えられる。また、食品以外のネット注文サービスの利用は、買い物への外出行動が減少するため、在宅時間が増えた結果、電気使用量が増加したと考えられる。

本研究の結果は、近年、家庭内でも普及が進んでいる時短製品/サービスの利用が、家庭内行動を変化させる時間リバウンド効果と、そこから発生する電力消費量の増加が存在する可能性について明らかにした。電力消費量は家庭内のエネルギー消費の半分程度を占めるため、家庭部門からの温室効果ガス排出量にも大きな影響を及ぼしている。時短製品/サービスは本来、家庭内での可

処分時間を増やして生活を豊かにするものであるが、一方で、時間リバウンド効果と、それに付随した追加的なエネルギー消費の発生が、温室効果ガスの排出量を増加させる可能性があることを示している。そのため、今後の家庭部門を対象とした省エネ政策には、このような視点からの対策も必要である。例えば、エネルギー消費量に応じた課税である環境税のような経済的インセンティブを用いた対策は、時短製品/サービスが普及することで発生する時間リバウンド効果によるエネルギー消費量増加を緩和する効果があると考えられる (Jaffe et al., 2002 ; Popp, 2002)。

本研究には、今後に向けていくつかの課題が残されている。1つ目は、時短製品/サービスの利用によって発生する可処分時間の家庭内行動への再配分が、直接電力消費量を変化させているかを検証できていないことである。本研究は、Brenic and Young (2009) に基づいた検証を行っているが、彼らの研究と同様に、分析においては、時短製品/サービスの利用が、家庭内行動に与える影響（時間リバウンド効果）と、エネルギー消費量に与える影響とは別々のモデルにおいて推定を行っている。そのため、本研究の結果も、可処分時間の再配分によって電力消費量が増加したという因果関係を示したものではないことに注意が必要である。時短製品/サービスの利用が時間リバウンドを通して、エネルギー消費量に影響することを検証するためには、因果推論を明らかにする手法によって検証を行う必要がある。例えば、時短製品/サービスは、もともと日常生活において忙しい人や、高所得の人ほど導入や利用をする傾向にあると考えられる。そのため、内生性を考慮した手法である操作変数法を用いたり、ランダムに時短製品/サービスを割り当てるランダム化比較実験、あるいは、時短製品/サービスを保有する世帯と性質が似たような世帯を、未保有世帯から選択するマッチングなどの手法がある (Zhao, 2004)。Mizobuchi and Yamagami (2018) では、Rosenbaum and Rubin (1983) が示した PS マッチングの手法に基づいて、内生性を考慮した時間リバウンド効果を推定している。今後はこのような手法を用いた検証が必要になる。

2つ目は、家庭外での行動の考慮である。本研究では、時短技術導入による可処分時間の再配分先として、家庭内行動にしか注目していなかった。しかしながら、食洗機や自動掃除機などの利用によって、家事が自動化された場合、外出する可能性も十分に考えられる。外出時のエネルギーとしては、乗用車や公共交通機関利用によるエネルギー消費増加が考えられ、これも温室効果ガス排出をもたらす。そのため、今後の研究では、家庭外の行動への時間配分や、家庭外での行動の詳細についても捉えて分析する必要がある。

3つ目は、対象とする標本の大きさの確保である。近年の実証分析では、数万から数百万のデータを対象としたものまである。それに対して、本研究のサンプルサイズは700程度と小さい。そのため、得られた結果に対する信頼性は、近年の非常に大きなサンプルサイズの研究結果に比べると決して高い水準ではない。また、1つ目でも述べたように、因果関係の検証を行うには、一般的に大きなサンプルサイズが必要となることが多い。以上が今後の研究課題である。

#### 謝辞：

本研究は、科学研究費基金 基盤研究(C)17K03742、及び2019年の松山大学特別研究助成の補助を受けて実施した研究である。

#### 参 考 文 献

- Aguiar, M., Hurst, E., (2007). Measuring trends in leisure: the allocation of time over five decades. *Quart. J. Econ.* 122, 969-1006. <https://doi.org/10.1162/qjec.122.3.969>
- Brenčić, V., Young, D., (2009). Time-saving innovations, time allocation, and energy use: Evidence from Canadian households. *Ecol. Econ.* 68, 2859-2867. <https://doi.org/10.1016/j.econecon.2009.06.005>
- Chan, N., Gillingham, K., (2015). The microeconomic theory of the rebound effect and its welfare implications. *J Assoc. Environ. Res. Econ.* 2, 133-159. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/680256>
- Gronau, R., Hamermesh, D. S., (2008). The demand for variety: a household production perspective. *Rev. Econ. Stat.* 90, 562-572. <https://doi.org/10.1162/rest.90.3.562>

- Hamermesh, D., (2007). Time to eat : household production under increasing income inequality. *Am. J. Agric. Econ.* 89, 852-863. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2007.01012.x>
- Henly, J., Ruderman, H., Levine, M. D., (1998). Energy saving resulting from the adoption of more efficient appliances : A follow-up. *The Energy Journal*. 9, 163-170. DOI: 10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol8-No4-8
- Jaffe, A. B., Newell, R. G., and Stavins, R. N., (2002). Environmental policy and technological change. *Environmental and Resource Economics*. 22, 41-70.
- Khazzoom, J. D., (1980). Economic implications of mandated efficiency standards for household appliances. *Energy Journal*. 1, 21-40. DOI: 10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol1-No4-2
- Lovins, A. B., Henly, J., Ruderman, H., and Levine, M. D., (1998). Energy saving from more efficient appliances : another view. *Energy Journal*. 9, 155-162. DOI: 10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol9-No2-10
- Mizobuchi, K., (2008). An empirical study on the rebound effect considering capital costs. *Energ. Econ.* 30, 2486-2516. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.01.001>
- Mizobuchi, K., Yamagami, H., (2018). Time Rebound Effect in Households' Energy Use : Theory and Evidence. French Association of Environmental and Resource Economists (FAERE) Working Paper, 2018. 20.
- Popp, D., (2002). Induced innovation and energy prices. *American Economic Review* 92, 160-180.
- Rosenbaum, P. R., Rubin, D. B., (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika* 70(1), 41-55. <https://doi.org/10.1093/biomet/70.1.41>
- Sorrell, S., Dimitropoulos, J., (2008). The rebound effect : Microeconomic definitions and extensions. *Ecol. Econ.* 65, 636-649. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.013>
- Sorrell, S., Dimitropoulos, J., Sommerville, M. (2009). Empirical estimates of the direct rebound effect : A review. *Energ. Policy* 37, 1356-1371. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.026>
- Sorrell, S., Gatersleben, B., and Druckman, A., (2020). The limits of energy sufficiency : A review of the evidence for rebound effects and negative spillovers from behavioral change. *Energ. Res. Soc. Sci.* 64, pp. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101439>
- Survey of Time Use and Leisure Activities, (2016). <https://www.e-stat.go.jp/en/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200533&tstat=000001095335&cycle=0&tclass1=000001095377&tclass2=000001095393&tclass3=000001095394>
- Survey on Carbon Dioxide Emission from Households, (2019). Ministry of the Environment of Japan. <http://www.env.go.jp/en/index.html>
- Zhao, Z., (2004). Using matching to estimate treatment effects : Data requirements, matching metrics, and Monte Carlo evidence. *Review of Economics and Statistics* 86, 91-107. <https://doi.org/10.1162/003465304323023705>



家計消費状況調査 (2021). <https://www.stat.go.jp/data/joukyou/12.html>

消費動向調査 (2021). [https://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/menu\\_shouhi.html](https://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/menu_shouhi.html)

社会生活基本調査 (2001, 2016). <https://www.stat.go.jp/data/shakai/2016/index.html>

全国消費実態調査 (2014). <https://www.stat.go.jp/data/zensho/2014/index.html>