

家庭内の協調・協力行動による 世帯構成別節電効果の推計

仲田 俊亮¹・北詰 恵一²

¹学生会員 関西大学大学院 理工学研究科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)
E-mail:k871750@kansai-u.ac.jp

²正会員 関西大学教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)
E-mail:kitazume@kansai-u.ac.jp

家庭内の電気使用に関わる省エネの努力は様々に存在し、効果を発揮している。また、ひとつの部屋に集まって空調や照明機器の効率利用を図ったり、テレビやパソコンの家族利用による節電行動といった協調・協力行動についてもいくつか研究されている。しかし、世帯構成や年齢構成などに特に着目し、その協調・協力行動への誘導による節電効果の違いを推計した研究はそれほど多くはない。このような違いは消費電力の見えるかが進んだとき、政策効果に大きな影響があると考えられる。本研究は、Webアンケートにより家庭内の協調・協力行動の意向調査を行い、別途推計した世帯属性別時間当たり電力使用分布をベースとして、その行動による節電効果を推計した。この結果、世帯属性とその組み合わせによって、その節電効果が異なることを明らかにした。

Key Words : *smart house, environmental policy, probability of cooperation*

1. はじめに

(1) 研究の背景

日本においては、エネルギー問題が喫緊の課題として注目されるようになり、特に家庭環境においては、スマートハウスおよびHEMSへの関心が高まった。今後、エネルギー供給をより一層分散して地産地消の枠組みとして実現し、かつ安定したものに变革していくことは必要不可欠な課題であり、その解決策としての個々の住宅に求められるのがスマートハウスである。スマートハウスの有効性を図るためにいくつかの実験的な地区で実証事業が行われているが、今度の政策拡大に重要となる一般的な地区でのデータ収集は難しい状況にある。また、エネルギー計算を行うための生活スケジュール作成に関わる研究は多くなされている¹⁾が、エネルギー消費量に関わる家庭内の協調・協力行動について議論されている研究はいまだ多くなされていない。スマートハウスでの大きな効果のひとつは電力消費の見える化であり、コンピュータネットワークを用いた最適化に向けた総合的なコントロールによる効果と合わせて重要なポイントとなっている。ただし、その見える化も、個人の節電行動にのみ影響を与えているわけではなく、家庭内での協調・協力行動にも及ぶと考えるべきであろう。

(2) 研究の目的

今後、スマートハウスおよびHEMSをさらに拡大していく上で、一般的な地区における電気使用量データは必要な情報となる。本研究では、スマートハウスでの過ごし方で効果的な、家庭内における電力使用に関わる協調・協力行動の実態を全国8地区に実施したwebアンケートを通し把握するとともに、それらの行動による電力の節約効果の推計を目指す。なお、本アンケートの概要および結果の一部は、本研究グループが別途発表している²⁾。

2. 研究の前提

(1) 家庭内の協調・協力行動について

家庭内の協調・協力行動について単独ではなく家族と一緒に過ごすことや、皆で家電の使用時間を減らすことは節電につながることから、これらを協調・協力行動とする。具体的にはさまざま考えられるが、後に示す家庭内の主要な行動の中から、比較的一般的で、かつ容易に実施できるものを取り上げることとする。これは、協調・協力行動をとることに抵抗を比較的感じないものに対する分析ととらえることができる。

(2) 個人属性と世帯属性の分類

アンケート結果およびNHK調査³⁾の利用を考慮し、個人属性を、学生・男女/勤め人・無職(主婦)・60歳以上の計7分類を与えた。また、個人属性の集合を世帯構成と位置づけ、国勢調査⁴⁾を参考にし、次の世帯構成パターンを評価対象とした。①夫婦のみの世帯②夫婦と子供から成る世帯③ひとり親と子供から成る世帯④夫婦、子供と親から成る世帯⑤単独世帯。これらの世帯構成パターンに個人属性と世帯人時による分類を加え、佐体属性を37分類作成した。

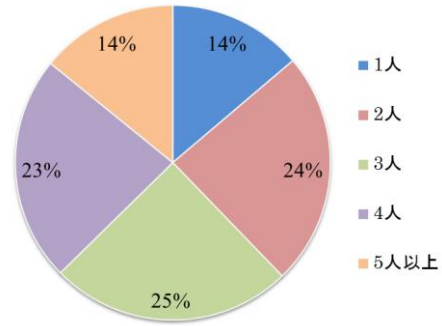


図-1 世帯人数

3. アンケート調査概要と結果

(1) アンケート調査概要

家庭内における協調・協力的行動の実態の把握のため、「環境にやさしいまちづくり調査」と称してWebアンケートを行った。表1に概要を示す。対象地域は人口・人口密度、気温が高いか低いか、および都市形態を基準として、4つの都道府県庁所在市とその衛星都市を選定した。また、簡単な設問内容を表2に示す。

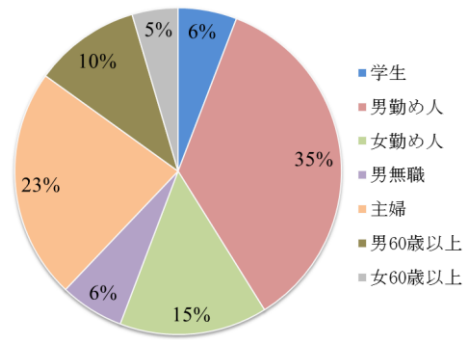


図-2 個人属性

(2) アンケート回答者属性

回答者の属性割合は図1, 2, 3に示す通りとなった。平均人数は3.1人であり、国勢調査(2.46人)に比べ多くなっている。個人属性は対象とする7属性に当てはまらな

表-1 アンケート調査概要²⁾

項目	概要
実施日時	2014/1/31~2014/2/3
対象地域	神戸市(衛星都市:明石市) 札幌市(衛星都市:江別市) 岐阜市(衛星都市:各務ヶ原市) 富山市(衛星都市:射水市)
方法	Web(マクロミル社)を利用
回答数	2,478
有効回答数(属性別)	個人属性:2,289 世帯属性:2,234

表-2 アンケート内容²⁾

No	設問内容	質問項目
1	所有している家電	エアコン, テレビ, 照明器具, 冷蔵庫, 電子レンジ, ジャー炊飯器, 洗濯機, 掃除機
2	日頃心がけている家族との協調・協力的行動	エアコンの使用時間 テレビ視聴 家族との団らん

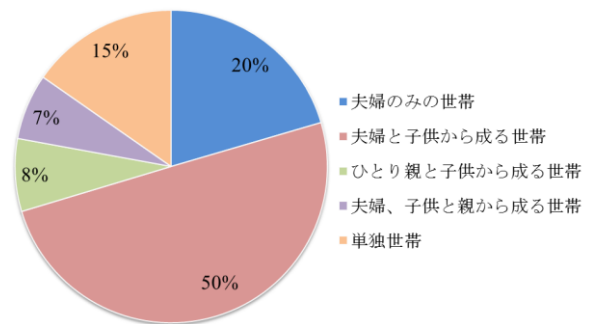


図-3 世帯属性

いサンプルは対象外とした。Webアンケート回答登録者の割合の影響を受けていると考えられるが、一方で広範囲に聞くことができるメリットを有しており本研究ではそのまま分析を行った。世帯属性では、国勢調査のそれぞれの割合(全国の世帯数のうちの対象とした世帯属性のみで見たとときの割合)は、「夫婦のみの世帯21.2%」, 「夫婦と子供から成る世帯29.9%」, 「ひとり親と子供から成る世帯9.3%」, 「夫婦、子供と親から成る世帯5.0%」, 「単独世帯34.7%」であり、「夫婦と子供から成る世帯」と「単独世帯」の割合が大きく異なっている。その他の差は、1~2%の範囲に収まっている。

(3) 集計結果

a) 家電保有率

家電の保有率は世帯人数別に集計した。この結果は4章で述べる電力使用量算出に利用する。今回電力使用量算出において対象とした家電は、「エアコン」「テレビ」「照明器具」「電気冷蔵庫」「電子レンジ」「ジャー炊飯器」「洗濯機」「掃除機」である。表3に結果を示す。図4より、エアコン・テレビ・照明器具は人数に比例して平均も大きくなっているが、他の家電については一家に一台という傾向となった。

b) 協調・協力確率

「家族と協力して日頃心がけていることは？」という聞き方をし、「家族の誰かがエアコンの使用時間を短縮すれば協力する」「各人ではなく家族でテレビを一緒に見ようとする」「各人ではなく、できるだけ家族みんなと同じ部屋で過ごす(家族との団らん)」「当てはまるものはない」の4項目の中で、当てはまるものを複数選択する形をとった。個人属性ごとに、項目別に「はい」と答えた人の割合を算出し、その割合をもって協調・協力確率とした。この結果は4章で述べる協調・協力行動による電力節約効果の推計に利用する。表4に結果を示す。全体として女性の割合が高い傾向がある。また、「家族との団らん」の協調・協力確率が高い項目が多い。

表-3 家電保有率

家電	1人	2人	3人	4人	5人以上
エアコン	1.0	1.7	2.1	2.2	2.3
テレビ	1.2	1.8	2.1	2.2	2.5
照明器具	5.0	8.5	9.6	10.0	9.7
電気冷蔵庫	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2
電子レンジ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
ジャー炊飯器	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1
洗濯機	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
掃除機	1.1	1.4	1.5	1.5	1.6

表-4 協調・協力確率

個人属性	エアコン 使用時間	テレビ 視聴	家族との 団らん
学生	20.0	26.7	32.2
男勤め人	33.4	28.9	34.1
女勤め人	38.6	35.2	45.8
男無職	28.8	32.8	24.0
主婦	36.8	43.7	56.3
男 60歳以上	36.7	34.8	29.4
女 60歳以上	42.2	33.7	36.1

4. 電力使用量の算出および

協調・協力行動による電力節約効果の推計

(1) 家庭内活動パターン

電力使用に関わる家庭内の活動をNHK調査より「炊事・掃除・洗濯」「テレビ」「起床在宅」とし、時刻別行為率を利用する。ここでNHK調査の時刻別行為率は15分単位であるが、それを30分単位に集計して利用した。

(2) 電力消費量の算出方法

既存研究⁵⁾を参考にして、家庭内の電力使用量Wh[W]を式(1)より算出する。

$$W_f[Wh] = \left\{ \begin{array}{l} w_{tv} \times \sum A_{i,tv} + w_{lt} \times \sum A_{i,lt} + \\ w_{ac} \times \sum A_{i,ac} + w_{hw} \times N_{hw} \times \sum A_{i,hw} + W_{rf} \end{array} \right\} \quad (1)$$

w: (テレビ"tv", 照明"lt", エアコン"ac", 家電"hw")
の消費電力[W]

A_i: 個人iの行為(テレビ"tv", 照明"lt",
エアコン"ac", 炊事・掃除・洗濯"hw")時間[時間]

N_{hw}: 家電保有台率

W_{rf}: 冷蔵庫の消費電力[W]

テレビ・照明・エアコンの電力使用量は、それぞれの消費電力に使用時間を掛けて算出する。その他家電は、消費電力と使用時間および家電保有率を掛けて算出する。冷蔵庫は、個人活動に関係なく電力を消費するので簡単に決定する。ここで、w[W]とW_{rf}[W]は参考文献⁶⁾、A_i[時間]はNHK調査より算出し、N_{hw}は3章で述べた家電保有率を利用する。

(3) 電力消費量の算出方法

協調・協力行動によって、式(1)の世帯における合同行為時間が削減され、結果として節電につながる。協調・協力行動は以下の式によって表現する。

$$\begin{aligned} A_{ij} &= \sum (0.5 \times \delta_{it}) \\ \delta_{it} &= If(p_{ij} > R, 1, 0) \\ \delta'_{it} &= If(And(\delta_{it} = 1, (\sum [\delta_{it}] - \delta_{it}) \geq 1), 1, 0) \\ A'_{ij} &= \sum (0.5 \times \delta''_{it}) \\ \delta''_{it} &= If(And(\delta'_{it} = 1, C_{ij} > R), 1, 0) \end{aligned} \quad (2)$$

p_{ij}: 個人iが時刻tに行為jを行う確率

A'_{ij}: 個人iが行為jに関して家族と
一緒に過ごす時間[h/day]

C_{ij}: 個人iが行為jにおいて

協調・協力行動をする確率

R: 乱数

P_{ij} はNHK調査, C_{ij} は3章で述べた協調・協力確率を利用する. 式(2)より世帯属性別に合計行為時間削減量を算出し, 節電効果を推計していく.

(4) 電力使用量算出結果の検証

式(1)より算出される電力使用量の妥当性の検証を, 1世帯当たり平均年間電気使用量⁶⁾4618[kWh/year]を参考に, 簡単に行う. まず, 1世帯当たり平均年間電気使用量を1日当たりの電気使用量に変換する.

$$4618[kWh/year] = 12652.1[Wh/day]$$

この値と式(1)によって算出された電気使用量の世帯人数ごとの平均と, 国勢調査の世帯人数別世帯数を利用して比較する. 世帯人数別の平均電力使用量および世帯数を表5に示す. 表5より, 式(1)によって算出される1世帯当たり平均一日電気使用量は次の通りとなった.

$$\frac{\sum \{(\text{平均電力使用量}) \times (\text{世帯数})\}}{\text{総世帯数}} = 11865.0[Wh/day]$$

これより, 実際の値より約1,000[Wh/day]少ない. これは, 今回の算出方法では考慮していない待機電力によるものだと考えられる. 一般的に待機電力は全電気使用量の7%を占めているといわれている⁹⁾. 式(1)によって算出された1世帯当たり平均一日電気使用量に待機電力分を加えると次のようになる.

$$11865.0 \times 1.07 = 12695.6[Wh/day]$$

以上より, 差は43.5[Wh/day]となり, 今回の算出方法を利用し, 節約効果の推計を行っていく.

(5) 節電効果の推計

図4, 5に協調・協力行動を行った時と行わなかった時の世帯の電力使用量と協調・協力行動による節電効果を示す. 比較に利用した世帯構成は①学生・男勤め人・主婦, ②男勤め人・男60歳以上・女60歳以上, ③学生・男勤め人・女勤め人・女60歳以上, ④男勤め人・男60歳以上・女勤め人・女60歳以上である. 節電効果は, 電気使用量の削減量の割合により比較する.

表-5 電力使用量算出結果の検証

世帯人数	平均電力使用量[Wh/day]	世帯数
1人	5,117.5	16,784,507
2人	11,232.2	14,125,840
3人	14,762.3	9,421,831
4人	19,228.4	7,460,339
5人以上	21,732.6	4,049,790

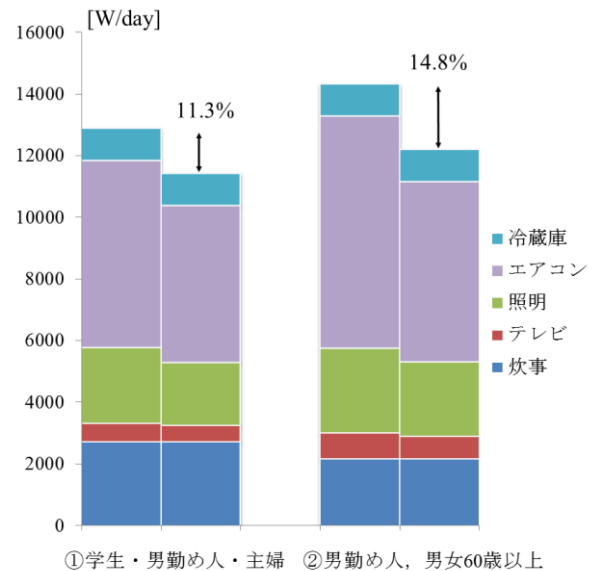


図-4 3人世帯

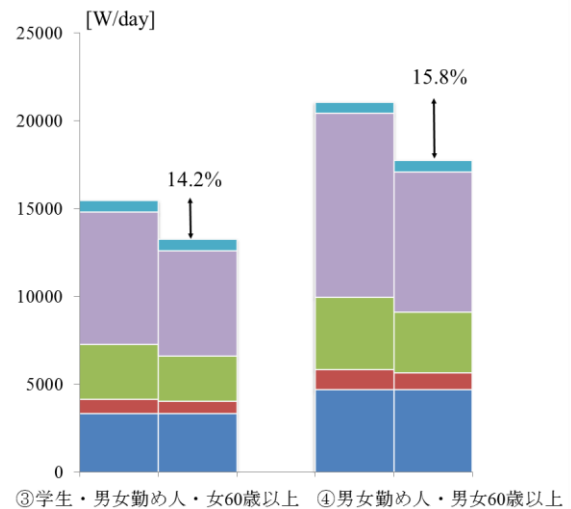


図-5 4人世帯

図4, 5より世帯人数が多いと, 電力使用量は大きくなるものの, 必ずしも人員数に比例しないことがわかる. これは, 世帯内の個人属性の行為時間の差によるものである. 特に電気使用の約半分を占めている照明とエアコンと関連している起床在宅時間が長い「主婦」, 「男女60歳以上」がいる世帯属性は高くなる傾向にあった. 節電効果に関しては, 世帯人数が多いほど, 家族内に同一の行動をしている家族がいる確率が高くなり, 節電効果は大きくなるように考えられるが, ②と③を比較すると, 節電効果は同程度である. また, ①と②は世帯人数が同じでありながら, 節電効果は3.5ポイントの差がある. これは, ①に比べ, ②の方が C_{ij} の値が全体として大

きいためである。また、①を見ると、主婦の C_j の値は高いが、構成比率の高いエアコンでは60歳以上者とそれほど大きくは差がないことと、学生や男勤め人とは、時刻別行為の傾向が似通っていないため、節電効果が小さくなることが考えられる。このことから節電効果は、世帯人数よりも、世帯を構成している個人属性の組み合わせが大きな要素となっていることがわかる。例えば、 C_j の値が大きい主婦と、主婦と時刻別行為の傾向が似ている女60歳以上の組み合わせでは節電効果は大きくなる。

以上により、節電効果の大きい世帯構成に着目し、そのような構成の多い地域にスマートハウスあるいはHEMS政策を導入することで、その地域の総電気使用量をより減らせることができるといえるだろう。

5. おわりに

今回の節電効果推計では、家庭内の協調・協力行動に重きをおき検証を行ったが、個人による節電行動や、季節的な違いについても考える必要があるだろう。また、同じ世帯構成であっても、地域により節電効果の高い世帯構成は違って来るかもしれない。以上のような課題を残しているが、家庭内の協調・協力行動による節電効果推計の一つの例を表現できたと考えている。

また、スマートハウスやHEMSでは、見える化の効果が指摘されているが、この効果が個人の節電意識に影響するだけでなく家庭内の協調・協力行動を誘発する要因として、どのような効果を生み出すか、より詳細な検討が必要となる。

なお、本研究は、環境省環境研究総合推進費(IE-1202)の一環として行ったものである。ここに記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 谷本潤・相良博喜・萩島理, エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究第3報, 空気調和・衛生工学会論文集 No.105, 2005.
- 2) 仲田俊亮・北詰恵一, 家庭内における電力節約のための属性別協調・協力行動分析, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 2014(投稿中).
- 3) NHK 放送文化研究所, 生活調査 2010.
- 4) 統計局, 国勢調査小地域集計
- 5) 電力中央研究所報告, 世帯の多様性を考慮した家庭部門エネルギー需要生成ツールの開発, 平成8年4月.
- 6) 資源エネルギー庁, 省エネ性能カタログ 2013年夏版.
- 7) 電力中央研究所, 家庭の節電ガイド, 2011年7月.

(2014.4.25 受付)