

電力消費のモニタリング・データを用いた 省エネ・アドバイス方法の提案

井階 美歩, 高橋 彰子, 中川 慶一郎, 矢野 順子, 山中 啓之, 生田目 崇

1. はじめに

近年、環境問題の深刻化に伴い、効果的な省エネルギー施策の早期実現が社会全体の共通な課題として認識されている。このような背景を踏まえて、(財)省エネルギーセンターでは電力消費に対するモニタ実験「省エネナビ」を実施し、電力消費状況と省エネに対する意識やニーズの調査、電力消費量の通知や省エネアドバイスによる省エネルギー促進効果の測定を行っている[1, 2]。

一般に、世帯属性が同じであっても電力消費量やその背後にある省エネに対する意識は大きく異なると考えられる。ところが、省エネナビでは、省エネ意識やライフスタイルなど各モニタの特性の差異を考慮しておらず、結果としてすべてのモニタに同一のアドバイスを提示している。

本稿では、今後省エネナビと同様のサービスが普及することを想定して、電力消費実態を観察することによって、個々のモニタの特性に即した省エネアドバイスを実現する方法を提案し、より効率的な省エネ促進に寄与することを目的とする。本稿ではまず、省エネナビのアンケートおよび電力消費量のデータを用いて、電力消費傾向からモニタの省エネ意識を推定する。次に、個々のモニタの省エネ意識に合ったアドバイス内容をアンケートの自由回答から抽出する。

2. 分析の概要

2.1 データの概要

本稿で使用するデータは、平成15年度データ解析コンペティションで提供された、世帯別の「電力消費データ」および省エネナビのモニタに対する省エネ行動等に関する「意識調査データ」である。「電力消費データ」は、2002年4月～2003年3月の1年間、2075世帯の時間帯別消費データである。「意識調査データ」は、世帯の居住地、家族構成、部屋数といったモニタ属性に関するデータと省エネナビの実施状況や省エネ意識に関するアンケート回答データを含む。

2.2 分析対象世帯の限定

モニタを居住地により「北海道」、「東北」、「関東・甲信越」、「近畿・東海」、「中国・四国」、「九州・沖縄」の6つの地域に分類すると、居住地の違いにより、モニタ数がかかなり異なることが分かる(表1参照)。

また、電力消費量は天候や生活習慣といった地域特性により、大きく影響される。ここで、各地域の月別平均電力消費量を見ると(図1参照)、北海道や東北地方といった北日本では、夏季の平均電力消費量が少なく、冬季は非常に多くなっているのが分かる。これに対して、その他の地域では年間の電力消費量の変動が比較的小さいことが分かる。

これらとデータの欠損状態から、本稿で分析対象とするモニタは、人数が最も多く、1年を通じて比較的電力消費量が多い近畿・東海地方の633モニタとし、さらにその中で半年以上データがある570モニタを分析対象とした。

いかい みほ, たかはし しょうこ, なかがわ けいいち
ろう, やの じゅんこ, やまなか ひろゆき

(株)NTT データ 技術開発本部
〒104-0033 中央区新川1-21-2

なまため たかし

専修大学 商学部

〒214-8580 川崎市多摩区東三田2-1-1

受付04.7.29 採択04.10.9

表1 地域別モニタ数

| 地域 | 人数 | 地域 | 人数 |
|--------|-----|-------|-----|
| 北海道 | 43 | 近畿・東海 | 633 |
| 東北 | 448 | 中国・四国 | 39 |
| 関東・甲信越 | 40 | 九州・沖縄 | 536 |

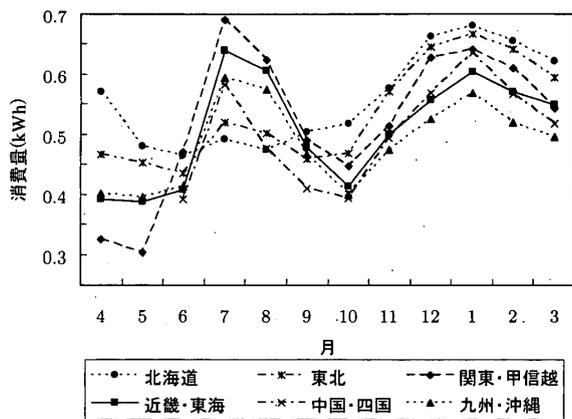


図1 地域別月別平均電力消費量

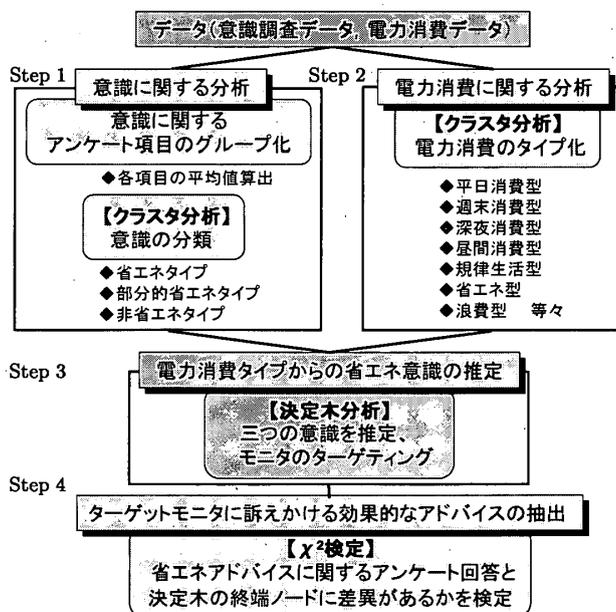


図2 分析フロー

2.3 分析フロー

本稿における分析フローを図2に示す。

はじめに、Step 1では省エネ意識の違いによりモニタを分類する。分類に当たっては、まず、省エネに関する意識調査項目が多い3回目のアンケートを用いて、省エネ行動に対する質問項目を少数の項目にグループ化する。なお、分析に用いるアンケートは5段階選択回答方式であり、各項目の省エネ行動を実施しているほど回答値が高いことを示している。次に、省エネに対する意識の違いによりモニタを分類する。各項目に含まれる回答の平均値をその項目の回答値（以降、指標値と呼ぶ）とし、その値を基にクラスタ分析を行う。なお、分析にはTwoStepクラスタ・アルゴリズムを用いる[3]、サンプル間距離として回答値のユークリッド距離を用いる。

次に、Step 2では月別、曜日別、時間帯別、季節

別といった合計六つの基準により、各モニタの電力消費量の傾向をタイプ分類する。なお、タイプ分類に当たっては、Step 1と同様の方法を用いる。また、分類された電力消費タイプの組み合わせを電力消費パターンと呼ぶこととする。

続くStep 3ではStep 1で分類した省エネ意識を各基準ごとの電力消費タイプと年間平均電力消費量から推定する。分析には、Step 1で分類した三つの省エネ意識のタイプを目的変数、Step 2で分類した電力消費タイプを説明変数として決定木分析を行う。なお、決定木分析では、Exhaustive CHAIDアルゴリズムを用いる[4]。ここでは、まず、省エネ意識の違いにより、年間平均電力消費量に差異があるかを確認する。次に、省エネを促進する上で問題となる省エネ意識が高いにもかかわらず、平均電力消費量が多い集団を特定する。

最後にStep 4では、Step 3において特定したモニタ集団に対して、「意識調査データ」における「省エネアドバイスの有効性に関する質問項目」を用いて、そのモニタ集団が特に希望する省エネアドバイス項目を統計的に抽出する。さらに、抽出された項目に対する自由回答がある場合には、そのアドバイス内容も抽出する。

3. 分析結果と考察

3.1 Step 1：意識に関する分析

3.1.1 質問項目のグループ化

「意識調査データ」における省エネ行動に関する質問項目について、統計分析を予備的に行った結果を以下の観点から、五つの項目にグループ化した¹。なお、質問項目の詳細は、表2に示す。

- (1) 温度調節：冷暖房やお湯の温度設定・調節の状況
- (2) 使用抑制：電気機器の使用習慣
- (3) 手間かけ：手間のかかる省エネ行動
- (4) 省エネ機器使用：省エネ型電気機器の使用の有無
- (5) 負荷軽減：電気機器にかかる負荷を軽減する行動

また、意識に関するアンケートは30問あったが、

¹ 予備的な統計分析では、後述する温度調節、使用抑制などの観点から、質問項目をグループ化した。次にグループ内で質問項目間の相関係数を求めた。その結果、概ね正の値であることを確認することができた。

表2 意識調査項目

| 項目 | アンケート番号 | アンケート内容 |
|-----|---------|---|
| (1) | Q15-02 | 冷房時のエアコンの設定温度は28℃を下回らないようにする |
| | Q15-20 | 冷蔵庫は季節にあわせて温度調整をする |
| | Q15-37 | 食器洗いのお湯の温度はできるだけ低くするよう心がける |
| (2) | Q15-03 | エアコンを不必要に点けっ放しにしないようにする |
| | Q15-12 | テレビは見えていないときは消す |
| | Q15-13 | 就寝時や外出時はテレビの主電源スイッチを切る |
| | Q15-14 | テレビの画面を不必要に明るくしない |
| | Q15-15 | テレビの音量を不必要に大きくしない |
| | Q15-17 | 不要なときはこまめに消灯する |
| | Q15-22 | 冷蔵庫の無駄な開閉はやめる |
| | Q15-23 | 冷蔵庫を開けている時間を短くする |
| | Q15-27 | 電気炊飯器の保温時間はできるだけ短くする |
| | Q15-31 | コンロの炎が鍋底からはみ出さないように調節する |
| (3) | Q15-04 | エアコンのフィルターを月に1回か2回掃除し、暖房の効率が低下しないように気をつける |
| | Q15-19 | 蛍光灯は古くなったら早めに取り替える |
| | Q15-24 | 冷蔵庫にもものを入れる時は熱いものは冷ましてから入れる |
| | Q15-30 | コンロに鍋等をかけるときは、鍋底の水滴はきれいに拭く |
| | Q15-32 | 掃除機をかける前に部屋を片づけて、掃除機を使う時間を短くするようにする |
| (4) | Q15-16 | 省エネルギー型の電球型蛍光灯を使用する |
| | Q15-18 | 省エネルギー型のインバータータイプの照明器具を使用する |
| (5) | Q15-21 | 冷蔵庫にはものを詰め込みすぎないようにする |
| | Q15-25 | 冷蔵庫は壁から間隔を開けて設置する |
| | Q15-26 | 冷蔵庫は直射日光が当たるところやコンロの近くには設置しない |
| | Q15-28 | 野菜の下ゆでは、鍋でゆでるかわりに電子レンジを使用する |
| | Q15-34 | 洗濯物はなるべくまとめて洗う |

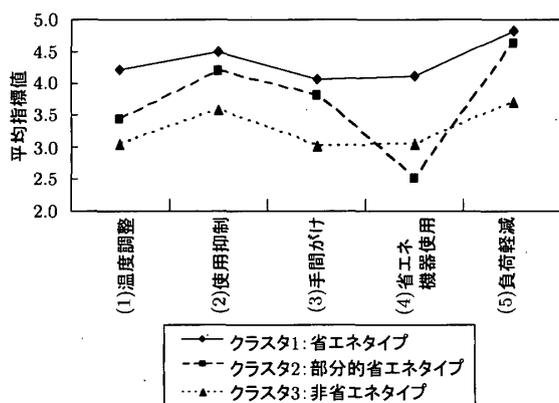


図3 クラスタ別項目の指標値

欠損モニタ数が100以上ある3項目を分析対象外とし、分析対象世帯577モニタのうち、残るすべての質問に回答している337モニタについて分析した。

3.1.2 省エネ意識の違いによる分類

前項で分類した項目の指標値を用い、クラスタ分析を行った結果、三つのタイプの省エネ意識が抽出された。各項目の各クラスタ平均指標値を図3に、各項目のt値を表3に示す。これらより、各クラスタを「省エネタイプ」、「部分的省エネタイプ」、「非省エネタイプ」と名付けた。なお、各クラスタに属するモニタ数は、116モニタ、134モニタ、87モニタである。

表3 クラスタ別項目のt検定結果

| 項目\クラスタ | 省エネ | 部分的省エネ | 非省エネ |
|-------------|---------|-----------|-----------|
| (1) 温度調節 | 11.5 ** | -2.20 ** | -7.85 ** |
| (2) 使用抑制 | 9.5 ** | 1.57 | -12.40 ** |
| (3) 手間がけ | 8.9 ** | 3.42 ** | -14.76 ** |
| (4) 省エネ機器使用 | 13.7 ** | -10.27 ** | -1.26 |
| (5) 負荷軽減 | 6.3 ** | 2.82 ** | -9.03 ** |

**はt検定で5%有意になった値を示す。

各クラスタの省エネに対する意識は次のように考えられる。

省エネタイプ：すべての項目について評価値が高く、t検定でも有意であると判定された。省エネ行動をしているモニタ層である。

部分的省エネタイプ：省エネ機器の使用や温度調節といった一部の項目の評価値は低いものの、手間のかかる省エネ行動をする項目のt値が高く、部分的に省エネ行動をしているモニタ層である。

非省エネタイプ：すべての項目に関する評価値が低く、ほとんどの項目についてt値が負に有意である。他のタイプと比べ、省エネ行動を実施していないモニタ層である。

表4. 各基準により分類した電力消費タイプ

| 基準 | 電力消費タイプ |
|---|--|
| 1. 月別 月別平均電力消費量を平均0, 分散1に標準化したデータを用いる | ・「1年を通じたの消費量の変動が少ない」 ・「夏季と冬季の消費量が多い」 |
| 2. 曜日別 曜日別平均電力消費量を平均0, 分散1に標準化したデータを用いる | ・「平日消費型」 ・「週末消費型」 |
| 3. 時間帯別 時間帯別平均電力消費量を平均0, 分散1に標準化したデータを用いる | ・「深夜消費型」 ・「昼間消費型」 ・「規律生活型」 ・「浪費型」 |
| 4. 平日時間帯別 平日のみの時間帯平均電力消費量を平均0, 分散1に標準化したデータを用いる | ・「平日深夜消費型」 ・「平日昼間消費型」 ・「平日規律生活型」 ・「平日浪費型」 |
| 5. 休日時間帯別 休日のみの時間帯平均電力消費量を平均0, 分散1に標準化したデータを用いる | ・「深夜消費型」 ・「規律生活型（昼間少なめ）」 ・「規律生活型（昼間多め）」 ・「準深夜型」 |
| 6. 季節の時間帯別 10月の電力消費量に対する7月の電力消費量の比率を時間帯別に算出したデータを用いる | ・「夏夜間型」 ・「夏昼間型」 ・「省エネ型」 ・「浪費型」 |

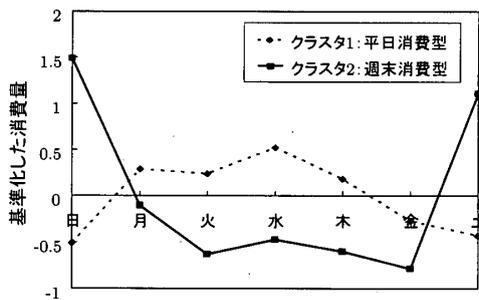


図4 曜日別電力消費タイプ

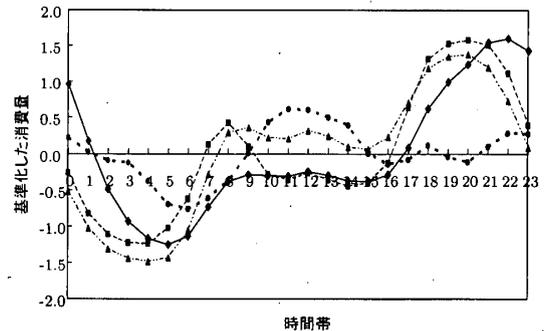


図5 休日の時間帯別電力消費タイプ

3.2 Step 2: 電力消費に関する分析

六つの基準により分類した電力消費タイプを表4に示す。各基準に含まれるタイプ名について、特徴的な三つの場合に関して述べる。

はじめに、曜日を基準とした電力消費量では、1週間のうち平日に多く電力を消費しているタイプと週末の消費量が多いタイプに分類された。そこで、これらをそれぞれ「平日消費型」、「週末消費型」と名付けた(図4参照)。

次に、休日の時間帯を基準とした電力消費量では、「16時以降の消費量が急激に増加し、22時頃をピークに1時頃まで多くの電力を消費しているタイプ」、「朝8時に最初のピークがあり、16時以降消費量が増加し、20時にピークを迎え、その後減少するタイプ」、「昼間に多く消費しているが、深夜もクラスタ1の次に消費量が多いタイプ」に分類された。また、二つ目のタイプについては、昼間の消費量の多寡によりさらに二

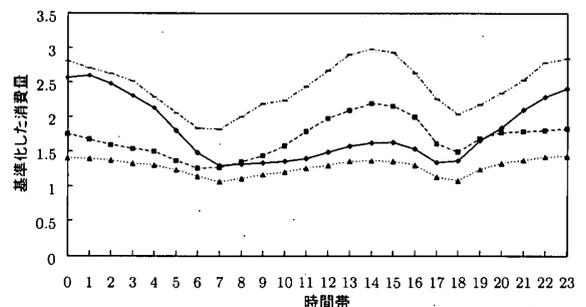


図6 季節の時間帯別電力消費タイプ

つのタイプに分類した。そこで、これらのタイプを「深夜消費型」、「規律生活型（昼間少なめ）」、「規律生活型（昼間多め）」、「準深夜型」と名付けた(図5参照)。

最後に、季節の時間帯を基準とした電力消費量では、「18時以降翌朝まで消費量が多いタイプ」、「夜間に比べ昼間の消費量が多いタイプ」、「1日中低い値を示しており7月と10月の消費量の差が小さく、夏季電化製品の使用量を抑えているタイプ」、「昼夜を通して消費量が多いタイプ」に分類された。これらのタイプをそれぞれ「夏夜間型」、「夏昼間型」、「省エネ型」、「浪費型」と名付けた(図6参照)。

3.3 Step 3: 電力消費パターンからの省エネ意識の推定

決定木分析を行った結果を図7に示す。ただし、決定木分析の分岐停止規則については、サンプル数を考慮し、ケースの最少数を親ノードで10、または子ノードで5とした。

図7より、三つの省エネ意識「省エネタイプ」、「部分的省エネタイプ」、「非省エネタイプ」の差に最も関与する要因は年間平均電力消費量であることが分かる。ノード1, 2を見ると、「省エネタイプ」の比率が高く、「非省エネタイプ」の比率が低い。一方、ノード5を見ると、その逆となっている。これより、省エネ意識が高いほど電力消費量が少なく、省エネ意識が低いモニタは消費量が多いことが確認できた。

ところが、ノード4に属するモニタを見ると、消費量がある程度多いにもかかわらず、「省エネタイプ」

と「部分的省エネタイプ」のモニタ比率が高くなっている。そこでノード4について詳しく見ると、ノード8では「部分的省エネタイプ」、ノード9では「省エネタイプ」のモニタ比率が極めて高くなっていることが分かる。

さらに、ノード10はすべて「部分的省エネタイプ」であり、ノード12に属するモニタは、少数ではあるが、「省エネタイプ」の比率が高い。特にノード12は、「深夜消費型」かつ「週末消費型」であることを鑑みると、独身や共働き等の理由で夜間に在宅している場合が多く、省エネまで意識が向かないことが原因であると考えられる。

このように、省エネ意識が高いにもかかわらず、実際には電力消費量が多いモニタ集団(ノード8, 9, 10, 12)は、省エネ意識と電力消費実態が伴っていない自己評価の高いモニタ集団であると考えられる。

3.4 Step 4: 具体的なアドバイスの提案

Step 3では、問題となるモニタ集団として、省エネ意識と電力消費実態が乖離している集団(ノード8, 9, 10, 12)を特定した。Step 4では、これらに対する効果的な省エネアドバイスを抽出することを考える。そこで、「期待する省エネアドバイスに関する質問」ごとに各集団に属するモニタが実践してみたいと回答した割合が図7の終端ノード(ノード1, 3, 5, 6, 7,

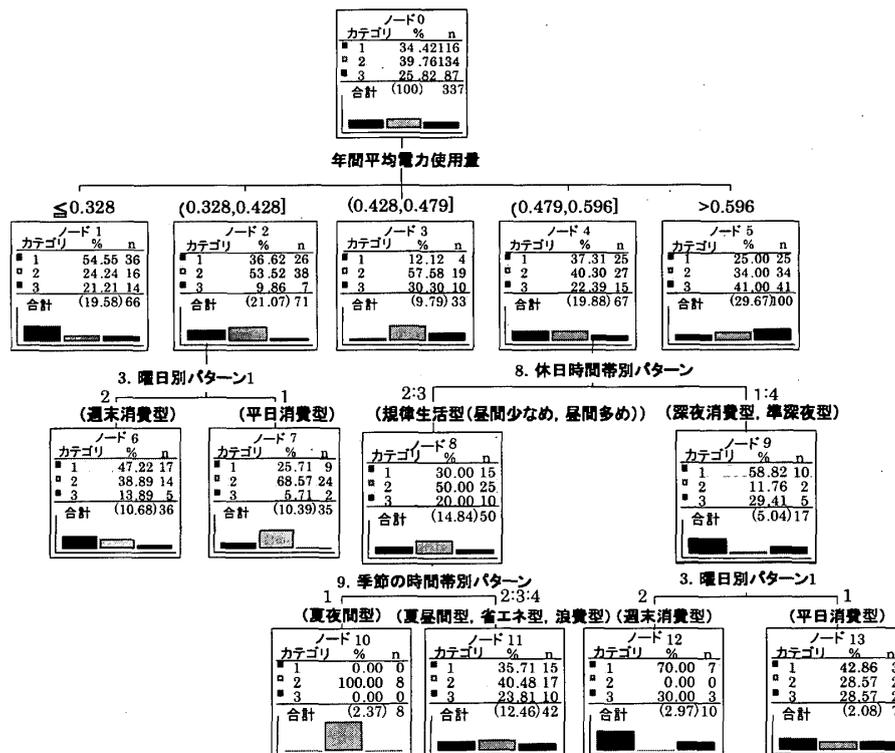


図7 決定木分析の結果

10, 11, 12, 13) の違いにより異なるかどうかを統計的に検定を行う。

アンケートでは、「どんな省エネアドバイス情報があったら、省エネ行動を実践してみようと思われませんか？」という内容で、それぞれ実践してみたいか否かを質問している。

ここで、各質問項目への回答について χ^2 検定および尤度比検定を行った結果、「具体的な省エネ行動の方法」が有意と判定された。また、統計的に有意とは判定されなかったが、比較的関連があった項目に「自分の省エネ行動ランキング」が挙げられた²。次では、これら二つの項目について考察する。

どのノードに属するモニタ集団が「具体的な省エネ行動の方法」、「自分の省エネ行動ランキング評価」に関して実践したいかを把握するために、これらの項目で「実践してみたい」と回答したモニタを「該当」としてノードごとにその割合を示したものが図8と図9である。グラフの濃い部分が「該当」、白い部分が「非該当」である。

図8より、「具体的な省エネ行動の方法」に関するアドバイスを求めているモニタが多いのはノード13であることが分かる。そこで、ノード13に属するモニタが求める省エネアドバイスに関する自由回答を抽出した。それらを下記に列挙する。

- ・省エネ効果が高く、行動しやすいもの

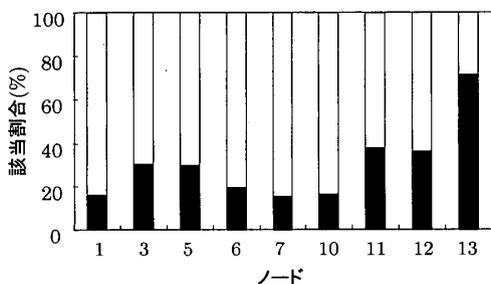


図8 具体的な省エネ行動の方法

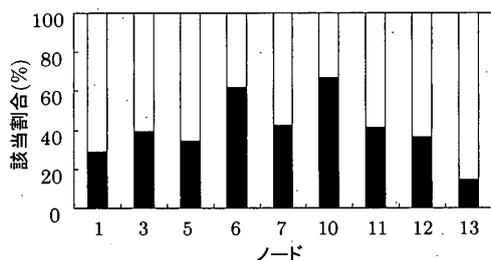


図9 自分の省エネ行動のランキング

² 有意確率はほぼ10%であった。

- ・家族が協力できそうな説明方法のアドバイスについて
- ・寝ながらTVをみていませんか？ まめに消しましょう
- ・手洗いよりも食洗器を使うほうが省エネになります

ノード13に属するモニタは、1年を通じて消費量が比較的多く、電力消費は「深夜型」である。ノード13のモニタは、省エネ意識があったとしても共働きなどで忙しく、省エネ行動に手をかけられないといったことが推測され、具体的かつ簡単に実行できるアドバイスが有効であると考えられる。

また、図9より「自分の省エネ行動のランキング」について該当する割合が比較的多いのはノード6と10であることが分かる。これらのノードの特徴は、省エネ意識も高いため、すでにある程度の省エネ活動を実践していると考えられるが、電力消費量には反映されていない。したがって、更なる省エネ意識を喚起するには、例えば「省エネランキング」を提示し、モニタ間の省エネ活動の競争を促すといった方策が有効であると思われる。Step3で特定したノード8, 9, 12に関しては、今回のアンケートデータからは、統計的に有意であるという省エネアドバイス項目を抽出することはできなかったが、省エネを促進させるためには、今回の分析結果を参考にして、次回のアンケート実施時にアンケート設計を工夫したりすることにより、各ノードに対する有効な回答を得られると考えられる。こうしたモニタ集団に対しても効果的な省エネアドバイスを提案していく必要がある。

4. おわりに

本稿では、効率的な省エネ促進を目的として、モニタの電力消費タイプと意識について分類を行い、消費タイプから省エネ意識を推定し、個々のモニタの省エネ意識に即したアドバイス提示をする方法について論じた。

その結果、特に省エネ促進の妨げになっているモニタ集団を特定し、効果的な省エネアドバイスを抽出することができた。実際に、様々なエネルギー消費データは比較的容易に取得できるため、同様の手法を用いて、個々のモニタの意識に即した省エネアドバイスを行うことが可能であると考えられる。

本稿では、データの都合上、特定の地域に限定して分析を進めたが、図1にあるように電力消費は地域に

よりかなり異なるため、地域差を考慮した分析も重要であると考えられる。また、ここでの分析では、家族人数といった固定的な属性を考慮していないが、これらの要因が電力消費量に大きく影響することが十分考えられる。これらの点については今後の課題とする。また、今後の発展としては、個々の消費者の電力消費行動のモニタリングを続けることにより、アドバイスの効果を消費量の変化から推定するなど、より効果的に消費量削減を実現できるような継続的なアドバイスを提案するシステム構築などが挙げられる。

謝辞 本稿をまとめるにあたり、日本オペレーションズリサーチ学会マーケティング・データ解析研究部会

の皆様から、多くの有益なコメントをいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 岩坪哲四郎：“住宅分野のエネルギー消費構造と省エネルギー・快適技術,” *Journal of the Japan Institute of Energy*, Vol. 82, No. 9, pp. 636-641, 2003.
- [2] 工藤博之：“家庭用エネルギーマネージメント最適制御システム開発,” *Journal of the Japan Institute of Energy*, Vol. 82, No. 9, pp. 642-648, 2003.
- [3] SPSS Japan Inc.: *Clementine6.0J User's Guide*, 2001.
- [4] 山本嘉一郎, 小野寺孝義, 竹村和久: 新版 SPSS X IV オプション編, 東洋経済新報社, 2001.