

快適さと省エネを同時に考慮した複数家電への 電力量配分支援インタフェース

大木 浩武¹ 玉井 森彦¹ 安本 慶一¹

概要: 近年, 家庭での省エネが要請されており, 消費電力の「見える化」サービスが注目を集めている。しかし, 見える化サービスは, 快適度を落とさずに省エネする具体的な方法までは提示しておらず, ユーザの快適性を損ねるまたは負担を強いる可能性がある。本稿では, 快適性を維持したまま省エネ目標 (ある期間に消費可能な電力量, 前年同時期の消費電力量 $\times$ 85 % など) を達成するために各家電をいつどのような設定で稼働するべきかの計画 (省エネプランと呼ぶ) の作成を支援する手法を提案し, モバイル端末上で動作するインタフェースを設計する。本インタフェースを用いることで, ある期間に使用可能な電力量を複数の家電の間で配分した際に, 各家電をどのような設定で何時間稼働できるか, あるいは, ある家電を好みの設定で好きな期間稼働した時に消費される電力量はいくらになるか等をユーザに提示し, ユーザは提示された情報をもとに, 省エネ目標が達成されるよう, 家電間の電力量の配分や, 省エネプランをインタラクティブに決定することができる。提案手法を Android 端末上に実装し, スマートハウスでの被験者実験において, 提案システムと既存の消費電力見える化システムによる省エネ効果を比較した。結果, 見える化システムでは, 通常比 20% 減省エネ目標を達成できたが快適さが 60 % 下がったのに対し, 提案手法では快適さを省エネ前と同程度に維持したまま省エネ目標を達成できた。

Interface for Supporting Energy Saving Plan to Achieve Energy Saving Goal without Reducing Comfort Level

HIROMU OHKI¹ MORIHIKO TAMAI¹ KEIICHI YASUMOTO¹

Abstract: Recently, energy saving efforts in households are being required. Accordingly, people are paying increasing attention to services which visualize temporal variation of electricity power consumption in a household. However, even with the visualization, the user still needs to seek efficient energy saving settings by changing operation hours and/or power of each appliance through trial and error by looking at the past power consumption information shown through the visualization. This burdens the user. In this paper, aiming to reduce users' labor in finding better energy saving settings for appliances, we propose a method to support the creation of a plan to achieve a given energy saving goal (called *energy saving plan*), by showing the predicted energy consumption (operation hours and power setting) for each pattern of appliances usage. As an interface to support the creation of an energy saving plan, we propose an interface that can be implemented on Android devices with the following functions: (1) a function for displaying temporal variation of cumulative amount of actual energy consumption, (2) a function for showing the predicted energy consumption when an appliance is operated with a specified power for a specified duration, (3) a function for modifying the current energy saving plan while operating it, and (4) an auxiliary function for helping discovery of the best energy-saving plan. We conducted user studies by a subject for evaluating usefulness of the proposed method in a smarthouse and compared the performance of the proposed method with a conventional method which visualizes only temporal variation of power consumption of each appliance. As a result, the visualization method achieved the target energy saving (20% saving from usual), but decreased comfort degree by 60%, while the proposed method did without decreasing the comfort degree.

1. はじめに

近年、一般家庭における電力消費は増加傾向にあり、家庭での省エネが求められている [1][2]。そんな中、2011 年 3 月の東北大地震時の原発事故に伴う原発の停止により、毎年夏季の電力需要が高い時期に、電力会社により前年比 20% 減などの節電が要請されている [3]。家電をスマートタップに接続し、各家電の電力消費の様子を可視化する「消費電力の見える化」に関する研究やサービスの提供が活発に行われている [4][5][6]。消費電力見える化では、各家電による消費電力量が一目で把握でき、より多くの電力量を消費している家電の使用を抑えるなどにより効果的に節電できる。既存の見える化サービスでは、過去から現在までの消費電力量を提示する機能しか備わっていないため、未来における消費電力量の推移がわかりにくく、過去の情報のみから自分なりに試行錯誤を行なって省エネを行う必要があり、ユーザにかかる負担が非常に高いという問題が有った。省エネ目標（一定期間における目標となる消費電力量）を達成するには、ユーザは各家電の消費電力量を把握し、使うべき電力量を配分し、変更するべき生活活動を理解した上で家電の消費電力量の合計が目標の範囲内に収まるよう調節する必要がある。このような複雑で面倒な作業を過去、現在の消費電力量情報のみから判別するのは困難であると言える。

本稿では過去の情報から未来の消費電力量を予測し、どうしたら目標を達成できるかの計画として省エネプランを作成する作業を支援するインタフェースを提案する。提案するインタフェースでは、ユーザ自身が、自身の快適度、省エネ目標に照らし合わせて、現在の状況に合った最適な家電の設定を見つけて設定するというアプローチをとる。このアプローチを実現するには、消費電力量に関して、これまでの省エネ目標の達成状況と今後の見通しを把握したり、総消費電力量と稼働中の家電への配分割合を容易に調整できるなどの支援機能が必要である。そこで、ユーザとシステムが連携するインタフェースとして現在までの実際に消費した電力量を提示する機能、各家電の使用時間等から消費予定電力量を提示する機能、運用中に各家電の設定を変更し、省エネプランを変更する機能、最適な省エネプランを発見するための補助機能を持つアーキテクチャおよびインタフェースを設計し、Android 端末上に実装した。

提案手法の有用性の評価をするため、各家電のこれまでの電力消費量を見える化するシステムを比較対象として作成し、提案手法と比較する実験を行った。奈良先端科学技術大学院大学内に設置したスマートハウス設備（1LDK）にて、日常的に生活した際の 1 日の消費電力量を基準に 80% の省エネ目標を課した際の目標達成度と快適度を、被

験者 1 名により評価した。結果、見える化システムでは、省エネ目標を達成できたが快適度が 60 % 下がったのに対し、提案手法では快適さを省エネ前と同程度に維持したまま省エネ目標を達成できた。

2. 関連研究

既存の省エネ家電制御方式として、大きく (1) 快適性を下げずに家電の制御方法を工夫して省エネを実現する方式 [7][8]、(2) 電力消費の状況を知らせユーザに家電の利用を抑制させる方式 [4][5][6][9]、(3) エネルギーを浪費する行動を検出する方式 [10][11][12] がある。以下、それぞれの方式に関して概要を述べる。

James らは、エネルギーを効率的に用いる方法として、センサで人の存在を検知、あるいは予測することで、省エネしながら暖房を稼働させる方式を提案した [7]。この方式は滞在時間に応じてエネルギー消費が増すため、定量的な省エネ効果を得ることが難しい点が課題として挙げられる。Yuvraj らは、オフィスビルなどで暖気流を調整することでエアコンの消費電力量を抑える方式を提案した [8]。この方式のターゲットは大型建造物であるので一般家庭を対象にした本研究の目的に流用することは難しい。

Enrico らは、電力使用量の可視化に加えて、使用した電力量にラベル付けが可能なシステムを提案している [9]。これにより多くの電力を使っている家電がわかり、浪費行動の発見支援に役立つ。このような、可視化システムは既に商用サービスが開始されている [4][5][6]。これらの「消費電力の見える化」サービスを利用することで、明らかに無駄な部分の電力量を削減することは比較的容易であるが、さらなる省エネを行う際には、使用を抑える家電の選択や使用時間などをユーザ自身が決定する必要がある。また、消費電力量が大きい家電が分かっている、どのようなタイミングで消費電力量を減らせば良いかの決定を支援するには至っていない。

北岡らは、省エネを実現するために、エネルギーを浪費している行動を検出するシステムを提案した [10]。このシステムは電力消費量を可視化し、さらに各時刻における各デバイスの状態、ユーザの行動をデータベースに蓄積することで、生活する上での無駄な電力消費を検出する。この方式の課題としてリアルタイム性がなく、結果としてどの行動が無駄であったかが分かるだけであり、その結果を活用した省エネ支援法は提案されていない。

Sean らは、ピーク時の消費電力を少なくし、消費電力を平滑化することで省エネするシステムを提案した [11]。また、中村らは生活行動から電力を多く使う時間帯を抽出し対象となる生活行動をずらすことを推薦するシステムを提案した [12]。こういったピークシフトを主眼にした研究は電力消費量自体を削るわけではないため、本研究の目的である累積消費電力量の削減に流用することは難しい。

¹ 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology

本研究の先行研究として、省エネ目標を達成し、かつ快適度をできる限り下げない省エネ家電制御法が提案されている [13]。この手法はアンケートなどの結果に基づき快適度モデルを構築することで、温度や湿度などの物理量の任意の値におけるユーザの快適度を予測し、省エネ目標達成時に快適度をできる限り下げない家電の設定（各家電が使用して良い電力量）を求める。しかし、快適度は個人差があり、体調や気分、慣れ、状況によって変わりやすいものであり、快適度関数によって正しく快適度が求まる保証がない点が課題として残されている。

3. 省エネ家電制御インタフェースの設計

提案手法では、ユーザが快適だと感じる時間を出来るだけ長くし、不快だと感じる時間をできるだけ短くするために、快適な家電使用方法をユーザ自身に設定してもらう手法を用いる。このため、ユーザが省エネ目標を達成可能な家電の設定を容易に見出せるよう支援するインタフェースを提案する。

2章で述べたように既存の可視化サービスでは、現在までの消費電力量やそれに対応した料金、過去に電力を多く使った時間等の情報を提供している。しかし、これらは全て過去からの情報を数値化しているだけであり、今後どうすべきかという試行錯誤と判断は全てユーザに委ねられている。現状維持で省エネ目標を達成できる時は良いが、使い過ぎていて改善の必要があるなど、今までの生活と違う生活をしなければならない場合、どうすれば目標を達成できるかに関して具体的な行動の支援を行っていない点が課題として挙げられる。

3.1 必要要件

可視化システムの課題を解決する手法について考える。省エネ目標を達成するために必要な過程は3つのフェーズに分かれている。第一に省エネ目標を定め、目標達成のためにどのような行動をとればよいかを理解し判断する省エネプラン決定フェーズがある。また、その際に定めた行動予定を省エネプランと呼ぶ。次に、定めた省エネプラン通りに生活し、それが順調かどうかを確認する行動確認フェーズがある。最後に、予測行動と実際の行動が違った際に省エネプランを調整する省エネプラン調整フェーズがある。以降では、それぞれのフェーズにおいて必要な機能を整理していく。

3.1.1 省エネプラン決定フェーズ

このフェーズにおいては省エネプランの決定を支援するインタフェースの設計を行う。ユーザは省エネ目標を理解し、複数の家電の消費電力量のバランスを調整し、どのように使っていくか計画を立てられることが望ましい。そのため、(R1) 複数家電間の消費電力量のバランスを調整する機能、(R2) 家電の使用計画を立てるための支援機能が

必要であると考えられる。

省エネプランの例として、30日で120kWhといった省エネ目標から1日当たりの平均消費電力量を4kWhとし、4kWhのうち3000Whをエアコンを4時間分使用することで消費し、1000Whを照明を10時間分使用することで消費するよう計画をたてるといったものがある。

3.1.2 行動確認フェーズ

省エネプラン決定フェーズにおいて設定した省エネプラン通りに行動しているかユーザが確認するフェーズである。省エネプランとずれていた場合、ユーザがそれに気づくことができ、何がプランと違うのか気付きやすくなっていることが望ましい。そのため、(R3) 省エネプランの消費電力量と実際の消費電力量とを比較する機能が必要であると考えられる。

例えば、3000Whをエアコンを4時間分使用することで消費するというプランを立てたが、実際には6時間使用してしまい4500Wh使用した場合、あるいはプラン通りに行動したが室内温度等の環境情報により予想より多くの電力量を使用してしまった場合等に予測と実測値の違いを一目見て理解できるようなインタフェースが望ましい。

3.1.3 省エネプラン調整フェーズ

行動確認フェーズにおいて、省エネプランと実際の生活がずれていた際に省エネ目標達成に向けて軌道修正を行う。省エネプラン決定フェーズで作成プランとずれていた部分を比較し判断できることが望ましい。そのため、(R4) 省エネプラン決定フェーズが持つ機能に実際の消費電力量を反映させた機能が必要であると考えられる。

例えば、30日間で90kWh、1日あたり3000Whエアコンに使用するとプランを立てたが実際は4000Whを使用しており、10日目までに400kWh使用していた場合、調整する際に「残り-10kWh」の様に表示し、どの程度超過しているのかがわかるようなインタフェースが望ましい。

3.1.4 必要機能

各フェーズにおいて説明したインタフェースに必要な機能を整理すると、(R1) 複数家電間の消費電力量のバランスを調整する機能、(R2) 家電の使用計画を立てるための支援機能、(R3) 省エネプランの消費電力量と実際の消費電力量を比較する機能、(R4) 現在までの消費電力量を反映させた状態で消費電力量のバランスを調整する機能となる。4章にてこれらの機能をどのように実現するかを述べる。

4. 省エネプラン作成支援インタフェースの設計と実装

本章では3章で述べた必要機能R1-R4を実現するインタフェースの設計及び実装を行う。

4.1 システム構成

提案する省エネ家電制御システムの構成を図1に示す。

各家電の情報や設定をサーバが収集し、収集したデータを携帯端末に送ることで、ユーザは目標に向けた現在の消費電力量の状況等必要な情報を確認することができる。携帯端末をユーザインタフェースとして用いて省エネ目標や家電設定を入力し、サーバを介して、各家電に設定を反映する。

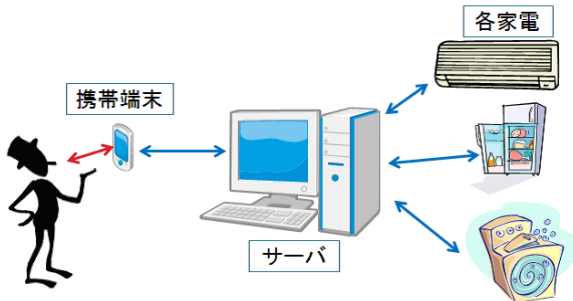


図 1 提案する省エネ家電制御システムの構成

4.2 ユーザインタフェース設計

本節では、Android 端末を想定したインタフェースの設計を行う。

4.2.1 画面遷移

ユーザインタフェースの画面遷移図を図2に示す。[画面1][画面2][画面3]は省エネプラン決定フェーズにて使われる。[画面1]は省エネ目標を設定する画面である。[画面2]は全使用可能電力量のうち各家電に割り当てる消費電力量を決定する画面である。要件R1の機能を実装している。[画面3]は各家電に割り当てた消費電力量をどのように使用するか決定する画面である。要件R2の機能を実装している。[画面4]は行動確認フェーズにて使われ、ユーザが省エネプランの設定後、現在の消費電力量を確認する画面である。目標達成へ向けて順調な場合は生活を続行し、そうでない場合は省エネプラン調整フェーズに遷移する。要件R3の機能を実装している。[画面5][画面6]は省エネプラン調整フェーズにて使われる。[画面5]はこのままでは省エネ目標を達成できないとユーザが感じたときに、家電への電力割り当てを再度行う画面である。R4の機能を実装している。[画面6]は[画面5]にて割り当て直した消費電力量をどのように使用するか改めて決定し直す画面である。3章で述べた要件(R4)の機能を実装している。

次節以降で各画面および提供する機能を説明していく。

4.3 省エネプラン決定フェーズにおける機能設計

省エネプラン決定フェーズにおいて使われる[画面1][画面2][画面3]について詳細な機能を説明する。

4.3.1 省エネ目標設定画面

省エネ目標を図3に示すインタフェースで設定する。省エネ対象期間を図3の①省エネ日数入力欄へ入力すると、

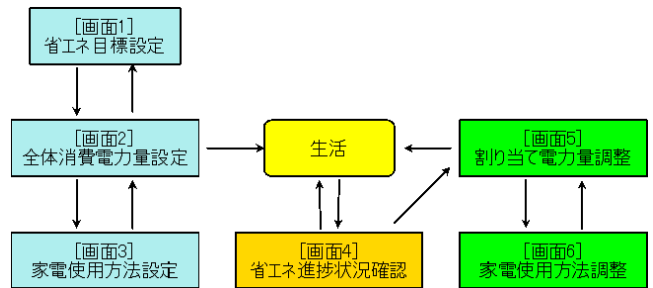


図 2 快適省エネ家電制御インタフェースにおける画面遷移

以前の消費電力量が②消費電力量情報に表示される。ユーザは、その情報を参考にしながら、③省エネ目標入力欄へ目標電力量を入力し、④省エネ目標の設定を行う。省エネ目標を設定したら、⑤省エネ目標決定ボタンを押し、消費電力量設定画面へ遷移する。

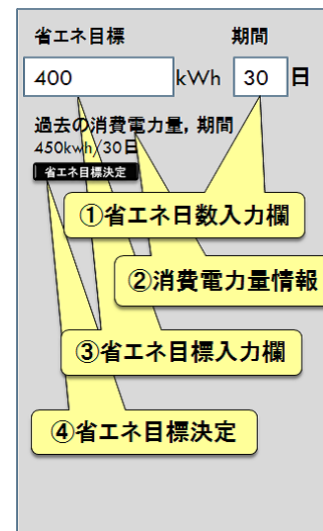


図 3 省エネ目標設定画面(画面1)

4.3.2 消費電力量設定

定めた省エネ目標から省エネプランを図4に示すインタフェースで設定する。省エネ目標は長期的な目標であり、計画を立てようとしてもイメージがわきにくいいため、ユーザにとって適切な期間で家電利用計画をたてられるようにする(例えば、省エネ目標が30日で400kWhだったとしても、1日で13kWh、1時間で5000Wh等の方が計画を立てやすい)。計画を立てる期間を①プラン期間入力欄に入力すると、②プラン内の目標電力量にどれだけの電力量を使用できるかを表す目標電力量が表示される。ユーザは目標電力量を見て、③調節スライダーを左右に動かすことで各家電の消費電力量を決定する。また、③調節スライダーで電力量をより多く配分する家電を決める場合、その家電単体での調節だと家電間の電力量の配分がわかりにくいいため、④使用率グラフを用いて直観的に複数家電間の配分がわかるようにする。例えば、図5に示すような電力量配分時、エアコンのスライダーを右に動かすことによって、図

6のようにグラフが変化する．これによりユーザは直観的に家電間の電力量の配分を決めることができる．電力量配分を設定したら，⑤家電設定ボタンを押し，家電使用方法設定画面へ遷移する．省エネ目標を達成できないと感じた場合，⑥省エネ目標再設定ボタンを押し，省エネ目標画面へ遷移し，省エネ目標を再設定する．全ての家電設定が終了したら，⑦設定完了ボタンを押し運用画面へ遷移する．

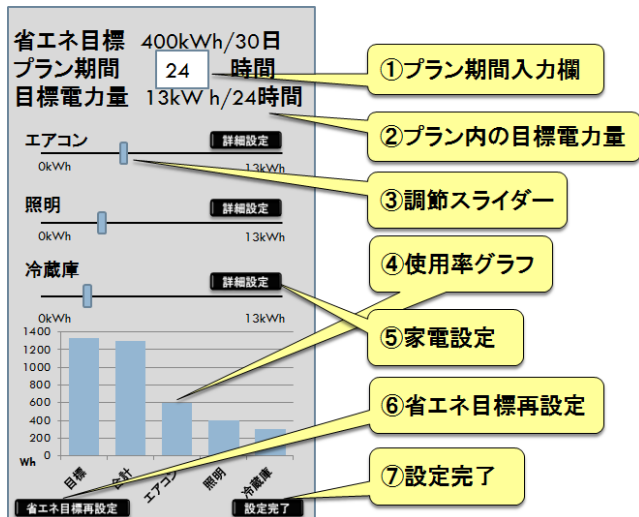


図 4 消費電力量設定画面 (画面 2)

4.3.3 家電使用方法設定

家電の電力量配分を決めたとしても，ユーザは家電をどのように使えば設定電力量の範囲内に収まるかわからない．そのため，図 7 に示すインタフェースでユーザに家電の使用法を示す．図 2 の②消費電力量設定で割り当てた電力量が①目標電力量として表示され，前節と同様に③調節スライダーで各項目のパラメータを調整することにより，④使用法を提示し，その使用方法での②消費予定電力量が提示される．消費予定電力量が目標電力量以下に収まり，か

つ，ユーザが納得の行く家電の使用法を決めることができる．家電の使用法が決定したら，⑤設定完了ボタンを押し，消費電力量設定画面へ遷移する．

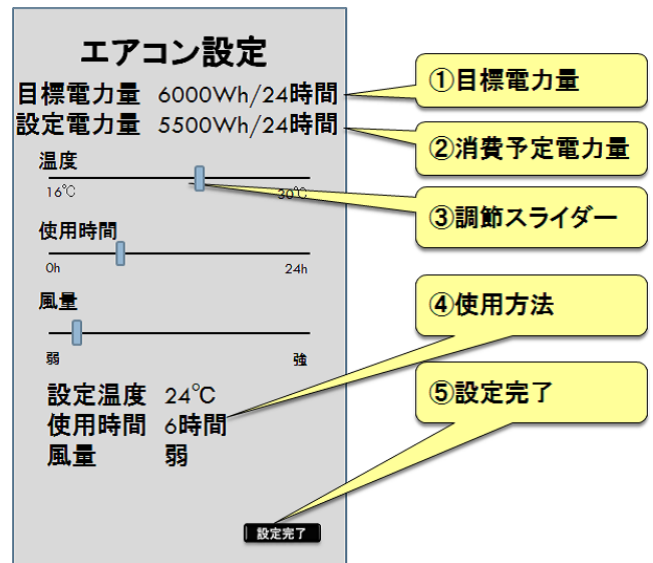


図 7 家電使用方法設定画面 (画面 3)

4.4 行動確認フェーズにおける機能設計

行動確認フェーズにおいて使われる [画面 4] について詳細な機能を説明する．

4.4.1 省エネ進捗状況確認

家電毎に過去にどれだけ電力量を使ったのか，今後どれだけの電力量を使っているのかを図 8 に示すインタフェースで表示する．図 8 は省エネ目標を 400kWh/30 日として定めた 24 日目の状況を表している．省エネ目標を提示し，現在までに使用するように設定した目標電力量と実際に使用した消費電力量を示す．消費電力量の時間による推移を上側のグラフで提示している．①目標消費電力量に対して，②に実際の消費電力量の推移を比較して提示し，ユーザが確認できる．また③④の許容範囲の上限，下限を表すラインを参照することで，許容範囲を超えそうだったのはいつだったかも確認する．更に下側のグラフで家電毎の消費電力量を確認することができる．⑤設定電力量と⑥消費電力量を比較することで，予定より多く使っている家電や少なく使っている家電をユーザが確認できる．確認できたら，⑦確認完了ボタンを押し，運用画面へ遷移する．確認し，省エネプランの変更が必要だとユーザが感じた場合，⑧省エネプラン再設定ボタンを押し，割り当て電力調整画面へ遷移する．

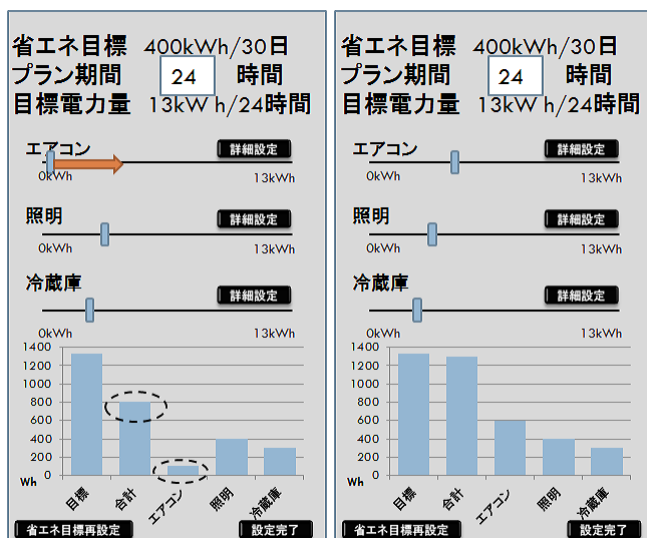


図 5 配分電力量の変更例:変更前 図 6 配分電力量の変更例:変更後

4.5 省エネプラン再設計フェーズにおける機能設計

行動確認フェーズにおいて使われる [画面 5][画面 6] について詳細な機能を説明する．

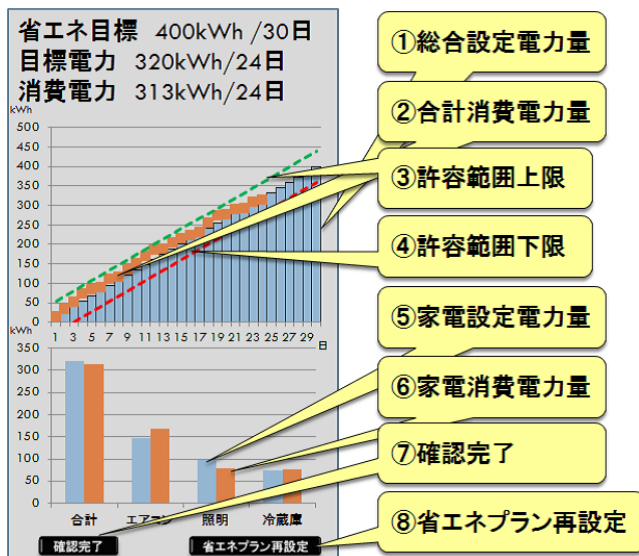


図 8 省エネ進捗状況確認画面 (画面 4)

4.5.1 割り当て電力量調整

省エネプランの再設計を図 9 に示すインタフェースで設定する。期間開始からある程度日数がたっているため、電力量の分配をする際に開始から今までどれだけ使ったかを①のように色の濃淡で表現する。既に消費した電力量は色を濃くしそれ以上下げられないようになっている。これによりユーザは直観的に現在のプランと実際の生活行動との違いを理解することができる。電力量分配を再設定したら、②家電設定ボタンを押す、家電使用方法調整画面へ遷移する。全ての家電設定が終了したら、設定完了ボタンを押す、運用画面へ遷移する。

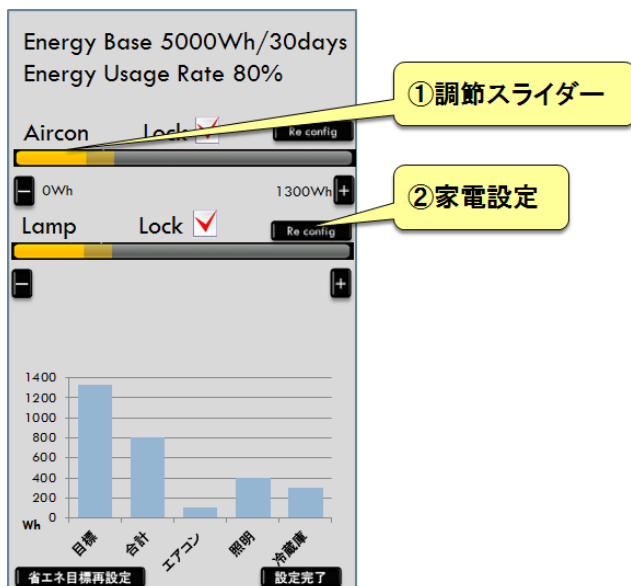


図 9 割り当て電力量調整画面 (画面 5)

4.5.2 家電使用方法調整

家電の電力量分配を決め直したので、改めて家電の使用方法を把握する必要がある。基本的には家電使用方法決定

画面と変わらないが、現在までの消費電力量と照らし合わせて、残りの電力量から用途を表示させる機能がついている家電の使用方法が決定したら、設定完了ボタンを押す、割り当て電力量調整画面へ遷移する。

5. 評価実験

提案手法の有用性を示すため、図 10 に示すスマートハウス (奈良先端大内に設置されている 1LDK の実験用住宅設備) において、予め定めた省エネ目標を達成するように、被験者に省エネ行動をとってもらい、省エネ目標が達成できるかどうか、その際の快適度の低下はどれくらいかを調査する実験を行った。以下、実験の詳細を述べる。

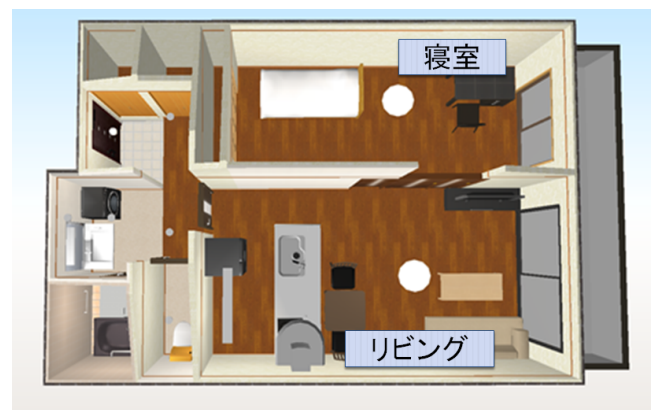


図 10 実験で用いたスマートハウスの間取り

5.1 実験環境

各家電はスマートタップに接続されており、スマートタップを介して時間毎の消費電力量を測定し、サーバに消費電力量の情報が送信される。また、各家電は赤外線通信に対応しており、iRemocon を介することでサーバ側から家電の操作を自由に行なうことができる。文献 [13] の方法などを用いて、各家電に対し、任意の設定に対する消費電力量を予測する予測モデルが構築されているものとする (例えば、エアコンを 26 度の冷房で 3 時間つけた場合、何 Wh 消費するか推定できる)。今回の実験では予め設置された家電を何回か使用し、使用中の平均消費電力を予測モデルとした。サーバは家電から消費電力の測定データを定期的に受信し、消費電力量の合計と省エネ目標を計算する。消費電力量等ユーザに提示する情報の更新、通知機能のために携帯端末とサーバは一定期間ごとに TCP で通信を行う。今回の実験環境に設置されている家電を表 1 に示す。

5.2 評価の目的および方法

提案手法と一般的な可視化システムを用いた場合の両方で、被験者に生活をしてもらい省エネ目標達成率と快適度維持率の二つの観点から結果を考察する。

表 1 スマートハウス内の設置家電一覧

家電名称	分類	メーカー	品番	消費電力
寝室 エアコン	冷房 暖房	東芝	RAS-281N(W)	750W 905W
リビング エアコン	冷房 暖房	東芝	RAS-401NP	1390W 1450W
寝室照明	照明	Panasonic	HH-LC610A	65W
リビング照明	照明	Panasonic	HH-LC800A	98W
キッチン照明	照明	Panasonic	NNFK90515	36W
テレビ	テレビ	Panasonic	TH-L47DT5	108W
レコーダー	レコーダー	ソニー	BDZ-EW500	26W
冷蔵庫	冷蔵庫	シャープ	SJ-PW38X	131W
洗濯機	洗濯機	Panasonic	NA-VD210L	240W
電気ポット	電気ポット	Panasonic	NC-SU223	910W
電子レンジ	電子レンジ	シャープ	RE-S20F-W	1375W
炊飯器	炊飯器	Panasonic	SR-SX102	1210W
浴室乾燥機	換気	三菱電機	WD-221BZMD	2385W

5.2.1 可視化システム

提案手法と比較するために、図 11 に示すような消費電力量可視化システムを実装した。このシステムは家電毎の現在までの時系列の消費電力推移と累計消費電力量を確認することができる。

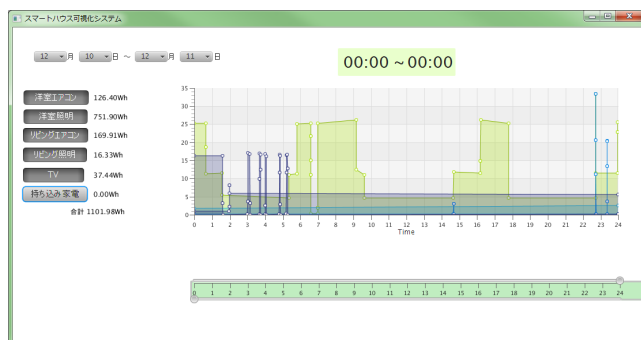


図 11 可視化システム

5.3 実験方法

今回の実験ではユーザに省エネを意識してもらうため、通常の生活における消費電力量から一定の割合を削減した省エネ目標を設定する。予備実験としてまず、1名の被験者(20代、男性)に一定期間、エネルギー制限のない普通の生活を過ごしてもらい、そこから被験者の一日の平均的な消費電力量、生活の中で中心となる消費家電を抽出する。そこから、エネルギー制約として省エネ目標を設定する。今回は各被験者の平均消費電力量の8割を省エネ目標とした。本実験として各被験者に省エネ目標を達成するよう意識してもらいながら、できるだけ快適さを損なわない生活をしてもらった。その際に、省エネ目標達成率と快適度維持率の観点から比較を行った。

省エネ目標達成率は、実際の生活で消費した電力量に対する省エネ目標の割合として定義する。例えば省エネ目標を 15000Wh/5days とし、5日間の実際の消費電力が 10000Wh だった場合、省エネ目標達成率は 150% となる。快適度維持率は、生活時間中の不快であった時間の割合として定義する。実験中、被験者に快適か不快かを一時間おきに記入してもらい算出する。例えば、1日の内快適だと感じた時間が 18 時間で不快だと感じた時間が 6 時間の場合快適度維持率は 75% となる。

5.4 実験結果

被験者は4日間通常の(どのシステムも使用せず、省エネもしない)生活を行った後、可視化システムを使用しながら3日間、提案手法を使いながら3日間生活した。

まず、予備実験の結果、被験者の生活における電力消費の中心となる家電は寝室のエアコン、リビングのエアコン、寝室の照明、リビングの照明、テレビ、冷蔵庫、給湯器、そして被験者自身が持ち込んだノートパソコンであった。このうち、冷蔵庫と給湯器は消費電力がほぼ固定であるため今回は除外した。実験の結果を図 12、家電別の消費電力量を図 13 にまとめる。

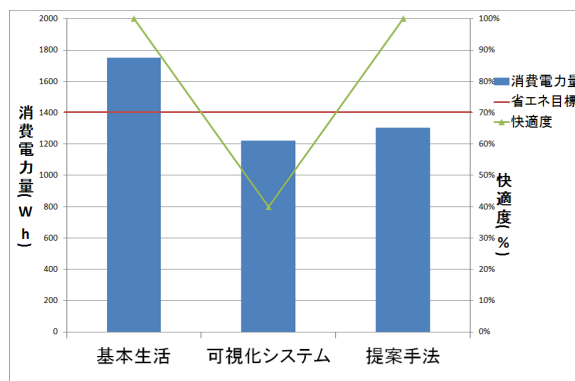


図 12 実験結果

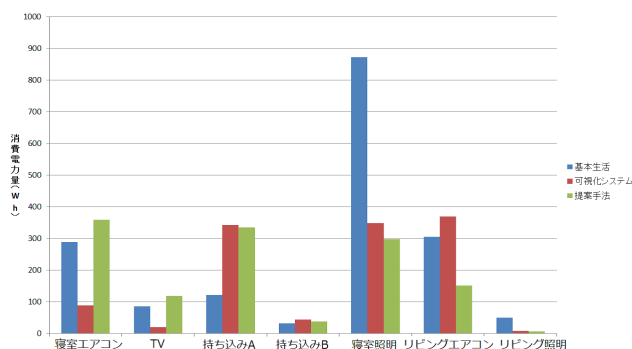


図 13 実験結果:家電別

5.4.1 省エネ目標達成率

通常の生活を行った最初の4日間において、被験者の一日の平均消費電力量は1753Whであった。この8割となる1402Whを省エネ目標とし、3日間の省エネ目標を4206Wh/3daysとした。

図12に示す通り、省エネ目標達成率は可視化システムでは115%、提案手法では107%となった。省エネ目標を達成するという観点においてはどちらも十分な効果があったと言える。快適度維持率は可視化システムでは40%、提案手法では100%という結果となった。既存の可視化システムでは快適性の考慮に関して不十分であるのに対し、提案手法はユーザにとって快適なエネルギー使用プランを設計しているためこのような結果になったと思われる。

5.5 考察

実験結果を数値化したものを表2にまとめる。可視化システム、提案手法共に同程度に消費電力量が減っているのに対し、提案手法では通常時の生活（最初の4日間）と快適度が変わらず、可視化システムでは低減している。何故このような結果になったかを分析するため被験者にインタビューを行った。

表2 実験結果のまとめ

実験内容	合計消費電力	平均消費電力	省エネ目標達成率	快適度維持率
予備実験	7013Wh/4days	1753Wh/1day	-	100%
可視化システム	3665Wh/3days	1222Wh/1day	115%	40%
提案手法	3922Wh/3days	1307Wh/1day	107%	100%

5.5.1 被験者へのインタビュー結果

可視化システムを用いた場合、節電を意識し過ぎてしまったため精神的に感じるストレスが大きく、快適度が下がった一方で、提案手法の場合は後どれだけ使っても良いかがある程度目安としてわかっているため安心して節電を行うことができたとの報告があった。先の見通しができるかどうかというのは精神的にも影響が大きいことがわかった。

また、実験期間中は寝室で生活することが多く、リビングではほとんど生活しなかったとの報告を受けた。図13によると、提案手法では寝室のエアコンや照明の消費電力量は削減せずにリビングのエアコンの消費電力量を削っているのに対し、可視化システムではリビングのエアコンの電力を使用してしまっている。こういった事実も快適度に影響を与えたと考えられる。

6. まとめ

本研究では、省エネ目標を達成し快適性を損なわない省エネプラン作成を支援するインタフェースを提案した。提案するインタフェースでは従来の手法が提供していない省エネプランの作成支援として、自身の快適度、省エネ目標に照らし合わせて、最適な家電の設定を見つけることができるという特徴を持つ。

評価実験として一般的な可視化システムと提案手法と比較を行ったところ、両手法ともに省エネ目標を達成できたが、快適度維持率においては提案手法の方が優れているという結果が得られ、提案インタフェースの有用性が確認できた。

今後の課題として、省エネプランの設計を半自動で行なえるようにすることがあげられる。また、ユーザの想定人数を1人として実装、実験を行ったが、一般家庭では複数の人間が住んでいることがあるため、多人数の家電操作に対応したインタフェースを実装することも課題として挙げられる。

参考文献

- [1] 財団法人 省エネルギーセンター (<http://www.eccj.or.jp/>).
- [2] 経済産業省 政府の節電ポータルサイト (<http://setsuden.go.jp/>).
- [3] 電力中央研究所: 家庭における2012年夏の節電の実態, 電力中央研究所(オンライン), 入手先 (<http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/detail/Y12026.html>)(参照2013-12-15).
- [4] NTT西日本: “フレッツ・エコめがね”, NTT西日本(オンライン) <http://flets-w.com/flets-ecomegane/>(参照2013-12-25).
- [5] 東芝ソリューション: “使用電力見える化クラウドサービス”, 東芝ソリューション(オンライン) http://www.toshiba-sol.co.jp/sol/power_monitor/(参照2012-06-27).
- [6] NTT東日本: “フレッツミルエネ”, NTT西日本(オンライン) <https://flets.com/eco/miruene/>(参照2013-12-23).
- [7] Scott, J., Bernheim Brush, A. J., Krumm, J., Meyers, B., et al.: PreHeat: Controlling Home Heating Using Occupancy Prediction in *Proc. of UbiComp 2011*(2011).
- [8] Yuvraj A, Bharathan B, Seemanta D, Rajesh K, et al.: Duty-Cycling Buildings Aggressively: The Next Frontier in HVAC Control, *Proc. of IPSN 2011*, (2011).
- [9] Enrico C, Sarvapali R, Nicholas J: Understanding Domestic Energy Consumption through Interactive Visualisation: a Field Study, *Proc. of UbiComp 2012*, (2012).
- [10] 北岡賢人, 瀬戸英晴, まつ本真佑, 中村匡秀: ホームネットワークシステムにおける機器状態ログからのエネルギー消費行動の検出, 電子情報通信学会技術研究報告, LOIS, 110(450), 37-42, (2011).
- [11] Sean B, Aditya M, David I, Prashant S, et al.: SmartCap: Flattening Peak Electricity Demand in Smart Homes, *Proc. of Percom 2012*, pp. 67-75(2012).
- [12] 中村 笙子, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, 山口 容平, 下田 吉之: 世帯におけるエネルギー消費行動の最適化支援システム, *DICOMO2013*, 1995-2007, (2013).
- [13] Kashimoto, Y., Ogura, K., Yamamoto, S., Yasumoto, K., Ito, M.: Saving Energy in Smart Homes with Minimal Comfort Level Reduction, *Workshop Proc. of IEEE PerCom 2013*, pp. 372-376 (Mar. 2013).