

# ホームネットワークシステムにおける電力消費振り返りサービスの提案

福田 将之<sup>†</sup> 瀬戸 秀晴<sup>†</sup> 坂本 寛幸<sup>†</sup> 井垣 宏<sup>†</sup> 中村 匡秀<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

E-mail: †{fukuda,seto,sakamoto,igaki,masa-n}@ws.cs.kobe-u.ac.jp

あらまし 消費電力や二酸化炭素排出量の削減を目的として、ホームネットワークシステムにおける消費電力量の可視化システムが開発されている。個別機器や家庭における消費電力量を可視化することで、ユーザの日常生活を改善させることを目的としている。しかしながら、従来の消費電力のみを表示するシステムでは、消費が過大になった原因を追及することが困難であった。本研究では、ホームネットワークシステムを対象とし、単純な消費電力量だけでなく、ユーザによる機器操作ログや室温、明るさ等のセンサ値を含めた可視化を実現した。これによって、日常生活におけるユーザ行動の無駄とその原因が容易に見えてくるようになった。

キーワード ホームネットワークシステム, ライフログ, 電力消費, 可視化, 省エネ

## A Looking Back Service for Power Consumption Logs in Home Network System

Masayuki FUKUDA<sup>†</sup>, Hideharu SETO<sup>†</sup>, Hiroyuki SAKAMOTO<sup>†</sup>, Hiroshi IGAKI<sup>†</sup>, and Masahide  
NAKAMURA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Kobe University rokkoudaityou 1-1, nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

E-mail: †{fukuda,seto,sakamoto,igaki,masa-n}@ws.cs.kobe-u.ac.jp

**Abstract** Recently, resource monitoring systems to visualize energy consumptions such as electricity and gas for home users, are developed. In the home, user's daily behavior affects total amount of consumption energy significantly. Such monitoring systems aim at making a user conscious of energy-saving behavior. Most of conventional systems provide summarized data on consumed energy to a user. From the data, a user can know result of excess consumption of the energy. In such visualization, however, it's difficult to investigate the reason by which energy consumption became excessive for users. In our research, we propose mashuping of multiple home network system logs to improve use's daily behavior in the home. Especially, we illustrates mashuping data on energy consumption, appliance controller, and environmental sensor, which is usable for discovering the futility about user's behavior concretely.

**Key words** Home Network System, Life-log, Power Consumption, Visualization, Energy Conservation

### 1. ま え が き

科学技術が進歩し、人々の生活が便利になるにつれて、エネルギー使用量は増加の一途をたどっている。このままの状況が続くと、近い将来のエネルギー資源の枯渇や地球環境への影響など様々な問題が発生することが予想される。この問題を解決するために、近年特にエネルギーの節約(省エネ)が叫ばれており、数多くのメーカーより省エネを意識した家電機器が発売されている [1] [2] [3]。また、宅内の家電機器やセンサをネットワークに接続し構築されるホームネットワークシステム (HNS)

においても、省エネを意識したサービスが存在する [4]。

しかし、これらは単純に消費電力を提示するだけのものが多く、なぜそのような電力使用量になったのかという原因追求を行ったり、過去の無駄な家電機器の利用を客観的に観測したりすることが非常に難しくなっている。

そこで、我々はユーザが過去の消費電力をより効率的に振り返ることが出来る新たな HNS サービス、電力消費振り返りサービスを提案する。本サービスを利用することで、単に消費電力の推移を振り返るだけでなく、そのような消費電力の推移になった要因となる環境状態やその時の機器状態を客観的に観

測できる。

本サービスを実現するために、HNS において獲得できる 3 つのログ、消費電力ログ、機器操作ログ、環境ログの統合を行う。具体的には、ユーザによる機器の操作ログやセンサから得られる環境情報、機器から得られる機器状態を、消費電力の推移に重ね合わせることで、ユーザを取り巻く様々な要因と消費電力との関連の「見える化」を実現する。

以降では、まず、現状の省エネに関連する家電機器や HNS サービスを紹介する。その後、複数のログを利用した電力振り返りとして消費電力ログ・機器操作ログ・環境ログそれぞれの概要を述べ、その必要性について議論する。そして、これら 3 つのログを統合し、電力消費振り返りサービスをユーザに提供するための設計・実装手法について述べる。最後に、まとめと今後の課題について述べる。

## 2. 準備

### 2.1 ホームネットワークシステム (HNS)

ホームネットワークシステム (以下 HNS) は、宅内のテレビ・エアコン・照明などの家電機器や、温度計・照度計などのセンサをネットワークに接続することで構築される [5] [6]。HNS 内における家電機器はネットワーク家電と呼ばれ、ユーザや外部エージェントがネットワーク越しに制御できるように、制御 API を備えている。この API 呼び出しを実行するため、ネットワーク家電はプロセッサ及びストレージを持つことが一般的である。一般的に HNS にはホームサーバが存在し、外部ネットワークとのゲートウェイとして機能する。さらに、ホームサーバ上には、様々なサービス・アプリケーションがインストールされ、家電を統合的に管理・制御する。家電が統合的に管理されるため、各家電のログを個々に取得することが出来る。また、HNS を用いることで、携帯電話等のインターフェースから消し忘れたテレビやエアコンの電源をオフにしたり、モーションセンサと照明を連携して人が帰ってくると自動で照明の電源を ON にするなどの操作が可能になる。

### 2.2 家庭における省エネ

科学技術が進歩し、人々の生活が便利になるにつれて、エネルギー使用量は増加の一途をたどっている。このままの状況が続くと、近い将来のエネルギー資源の枯渇や地球環境への影響など、様々な問題が発生することが予想される。この問題を解決するために、近年特にエネルギーの節約 (省エネ) が叫ばれており、数多くのメーカーより省エネを意識した家電機器が発売されている [1] [2] [3]。

例えば、東芝より発売されているエアコン大清快 [1] は運転時の消費電力がリアルタイムに見えるエネルギーモニターを搭載している。また、SONY より発売されているブラビア [2] は、テレビの前に人が居なくなると人感センサがそれを感知し、自動でテレビの電源を切る。

### 2.3 HNS における省エネ

HNS における様々なサービスの中にも、省エネを意識したサービスが存在する。

パナソニック 電工より発売されているの ECO マネシステ

ム [4] では、回路別に電気使用量を取得出来る。

取得された電気使用量は可視化されグラフとして表される。ユーザは先月や去年といった過去の電気使用量を確認したり、現在と過去の電気使用量を比較したりする事が可能となっている。

このように、HNS を利用することで今まで以上の省エネアプリケーションが可能となる。しかし、現在提案されている HNS のサービスでは、単純に消費電力を提示するだけのものが多く、なぜそのような消費電力になったのかという原因追究を行ったり、過去の無駄な家電機器の利用を客観的に観測したり出来るサービスが存在しない。

## 3. 複数のログを利用した電力消費振り返り

本章では、HNS 内で取得可能な複数種類のログを利用して、ユーザが過去の電力使用量をより効率的に振り返る手法について議論する。

### 3.1 キーアイデア

既存の機器やシステムのほとんどでは、消費電力の情報をログとして取り、そのみを単体で可視化している。そのため、トータルでどれだけの電力を現在使っているか (または、過去のいつ使ったか) という情報は把握可能である。しかしながら、トータルの消費電力ログだけでは、どのようなユーザ行動によってそのような消費になったかを把握できない。

そこで、消費電力ログに加えて、HNS で取得できる機器操作ログ、および、環境ログを重ね合わせることで、過去の任意の時点におけるユーザ行動および環境状況を再現する。これにより、品質の高い振り返りサービスをサポートする。

以下に、各ログの概要とその必要性を説明する。

### 3.2 消費電力ログ

消費電力ログとは、HNS 機器の消費電力を任意の時点で計測し、時系列データとして記録したものである。データは一定周期 (例えば 5 秒に 1 回) で取得され、ログに追記される。本研究では、日付、時刻、機器 ID、消費電力 (kWh) からなるフォーマットで保存されている。例として、我々の研究室で開発している HNS の照明機器から計測された消費電力を示す。

2009-09-26	19:00:05	light1	61.074
2009-09-26	19:00:11	light1	60.958
2009-09-26	19:00:16	light1	60.842
2009-09-26	19:00:22	light1	62.7

消費電力は、省エネに直結する最も重要なデータである。よって、消費電力の推移や、トータルの消費電力量を可視化してユーザに提示することで、ユーザに自発的な省エネ行動を促すことが出来るといわれている。

Corinna Fischer [7] の調査では、ユーザに対して消費電力などの値をフィードバックとして提示することで、5~12% の省エネ効果があることが判明している。

ここで、図 1 に我々の研究室の 1 日の消費電力量の推移を示す。この例では、すべての機器の消費電力を足し合わせたものになっており、既存の機器やシステムで採用されている一般的な可視化のスタイルである。横軸は時間軸、縦軸は消費電力を

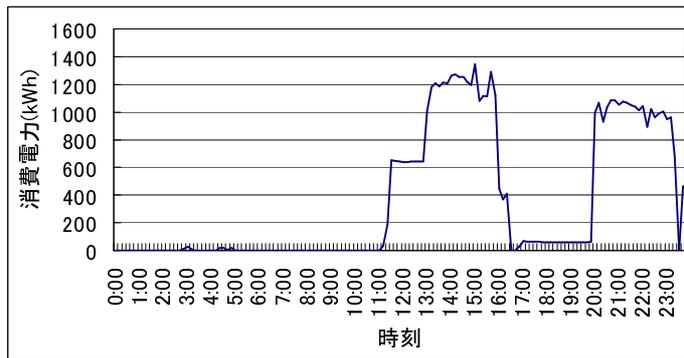


図 1 消費電力ログ

表す。この例では、およそ 13 時から 16 時まで非常に高い電力消費があったことが分かるが、具体的にユーザがどのような行動をとったかまでは把握できない。したがって、理想的には、単体機器の消費電力を別々に記録し、可視化できることが望ましい。

### 3.3 機器操作ログ

機器操作ログとは、あるユーザが HNS 機器を操作した際、そのユーザ名と操作内容を記録したものである。本稿では、ユーザが HNS 機器を使用するにあたり、事前に何らかの形で認証が行われているものと仮定している。

機器操作ログは、ユーザの HNS における行動を反映した「ライフログ」と考えることが出来る。一般的に、家庭内のユーザの日常生活は周期的な行動パターンに基づいて行われており、その行動パターンに基づいて様々な家電機器も利用されている。つまり、家庭におけるユーザの日々の生活行動が機器操作ログに最も顕著に現れるため、機器操作ログを分析することでユーザの生活行動がおおよそ判明する。

また、ユーザが機器操作を行うことで家電機器の消費電力が変動するため、家電機器の消費電力と機器操作は非常に密な関係にある。

本研究における機器操作ログの形式は「操作時刻、操作者、機器名、機器操作名、パラメータ値」となっている。操作時刻とはユーザが家電機器を操作した時刻、操作者とは家電機器を操作したユーザ、機器名とはユーザによって操作された家電機器名、機器操作名とはユーザが行った家電機器の操作名、パラメータ値とはユーザが機器操作時に必要となる値(例えば、テレビのチャンネル番号や音量など)をそれぞれ表す。図 2 に機器操作ログを示す。

この例では、UserA が 11 時 22 分 46 秒に扇風機の電源を ON にし、11 時 33 分 16 秒に電源を OFF にしている。また、20 時 03 分 00 秒にテレビの電源を ON にし、23 時 29 分 33 秒に電源を OFF にしている。

また、図 3 に図 2 に示される機器操作ログよりエアコン (AIR CONDITIONER) に関する機器操作を抽出し、その機器状態を可視化した例を示す。図中の帯はエアコンの機器状態を表しており、黒い部分は電源が OFF の状態、白い部分は電源が ON の状態をそれぞれ表している。例えば、11 時 29 分 14 秒から 16 時 02 分 30 秒までエアコンの電源が ON の状態であること

```
[2009/09/26T11:22:46]:<UserA>:FAN,on
[2009/09/26T11:22:49]:<UserA>:LIGHT,on
[2009/09/26T11:29:07]:<UserA>:CURTAIN,open
[2009/09/26T11:29:14]:<UserA>:AIR_CONDITIONER,on
[2009/09/26T11:33:16]:<UserA>:FAN,off
[2009/09/26T11:47:40]:<UserA>:LIGHT,off
[2009/09/26T13:08:25]:<UserA>:TV,on
[2009/09/26T16:02:30]:<UserA>:AIR_CONDITIONER,off
[2009/09/26T16:31:27]:<UserA>:TV,off
[2009/09/26T17:02:41]:<UserA>:LIGHT,on
[2009/09/26T20:03:00]:<UserA>:TV,on
[2009/09/26T20:03:26]:<UserA>:AIR_CONDITIONER,on
[2009/09/26T23:29:27]:<UserA>:AIR_CONDITIONER,off
[2009/09/26T23:29:30]:<UserA>:LIGHT,off
[2009/09/26T23:29:33]:<UserA>:TV,off
[2009/09/26T23:43:08]:<UserA>:TV,on
[2009/09/26T23:43:10]:<UserA>:AIR_CONDITIONER,on
[2009/09/26T23:43:13]:<UserA>:CURTAIN,close
[2009/09/26T23:43:16]:<UserA>:LIGHT,on
[2009/09/26T23:44:03]:<UserA>:TV,off
```

図 2 機器操作ログ



図 3 帯グラフ (エアコンの機器状態)

や、16 時 02 分 30 秒から 20 時 03 分 26 秒まではエアコンの電源が OFF の状態であることが分かる。

### 3.4 環境ログ

環境ログとは、温度や湿度といった HNS 内の環境情報をセンサによって取得し、それらの値を時系列で記録したものを指す。HNS 内の環境は、ユーザによる機器操作を促すきっかけとなる。例えば、「寒くなったから暖房をつけた」や「暗くなったから照明をつけた」というように、環境の状態は機器操作の理由を裏付ける状況情報 (コンテキスト) として、非常に有効である。

本研究では、HNS 内に温度センサ、湿度センサ、照度センサ、風量センサ、人感センサを設置し、1 分おきに次のデータを得た：

温度 ( ), 湿度 (%), 明るさ (lx), 風量 (m/ms), ユーザの在室状況 (true/false)。

例として、9 月 26 日に研究室で実測した環境ログの一部を以下に示す。

2009-09-26	11:22:50	31.5	41	65	0	1	false
2009-09-26	11:23:51	31	41	506	0	1	false
2009-09-26	11:24:53	30.75	41	513	0	1	true
2009-09-26	11:25:54	31	41	515	0	1.8	true
2009-09-26	11:26:56	31.5	41	509	0	1.6	true

図 4 に環境ログをグラフ化したものを示す。室内の温度と明るさをそれぞれ表すグラフにおいて、6 時頃に温度と照度が上昇し始めていることから外が明るくなり始めたことが分かる。また、ユーザの在室状況を表すグラフより 11 時 30 分頃ユーザが入室したことが分かる。

### 3.5 ログの統合による電力消費振り返り

上記 3 つのログを時系列で集約することで、より具体的な電力消費の振り返りが可能となる。消費電力ログに機器操作ログを重ね合わせることで消費電力の推移に起因する機器操作が判

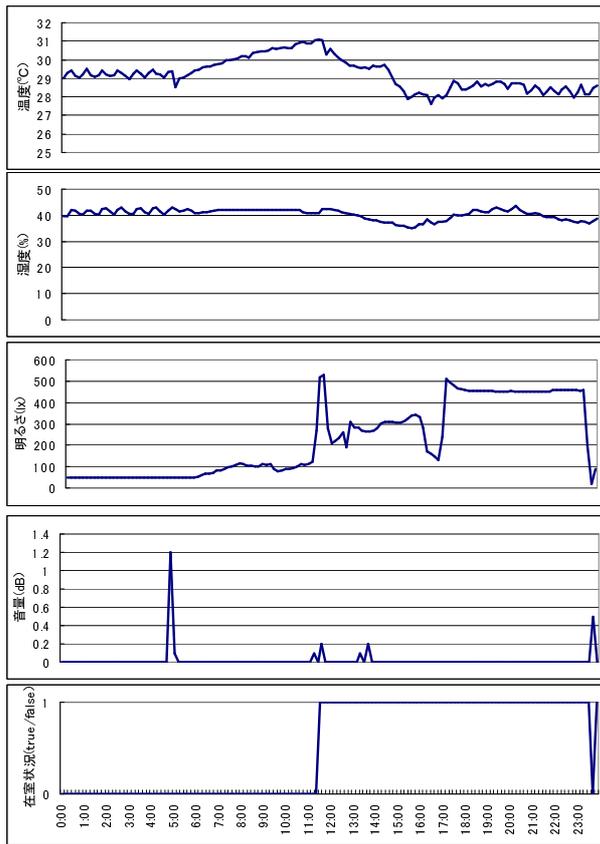


図 4 環境ログ

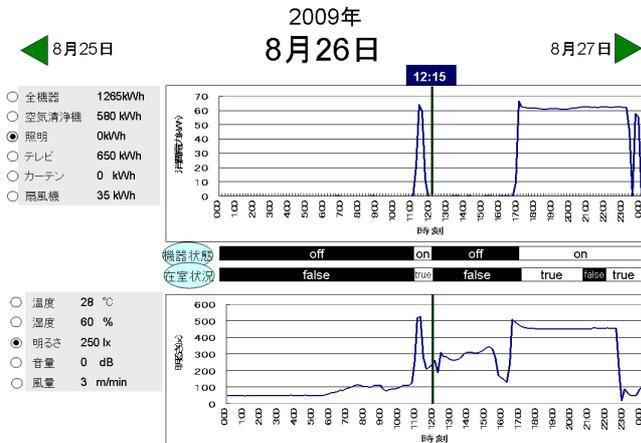


図 5 電力消費振り返りサービス

明し、更に環境ログを重ね合わせることで機器操作を行った際の周囲の状況が判明する。

図 5 に 3 つのログを統合した可視化例を示す。画面上部には消費電力ログ、画面中央には機器操作ログより抽出された機器状態と環境ログより抽出されたユーザの在室状況、画面下部にはユーザの在室状況以外の環境ログがそれぞれ可視化されグラフとして表されている。

このように 3 つのログを統合することで、単体のログを個別に見るより付加価値の高い情報を得ることができる。以下にくつつかの具体例を示す。

- 部屋に誰も居ないにもかかわらずテレビの電源が ON の

状態であった。

- 昼間外が十分に明るいにもかかわらずカーテンが閉まっており、照明の電源が ON の状態であった。
- 室外温度が低く風が吹いていたにもかかわらず窓が閉まっており、冷房の電源が ON の状態であった。
- 夕方照明の電源が ON になった背景には、部屋の明るさが暗くなったためであると自分自身の行動のきっかけを確認できる。

#### 4. 電力消費振り返りサービスの設計と実装

##### 4.1 消費電力計測システム

我々の研究グループでは、実際の家電機器を接続した実験用 HNS(CS27-HNS) を構築している。CS27-HNS では家電機器を操作するための API が Web サービスとして公開されており、以下の家電機器より構成される。

- テレビ : Panasonic TH-58PZ800
- エアコン : コロナ CWH-187R
- フロアライト : Kishima オープス
- テーブルライト : Kishima オープス
- 電動カーテン : Navio Resite
- 空気清浄機 : 日立 EP-CV60
- 天井照明 : National HK9392K

上記の各機器に対して、3.2 で述べた消費電力ログを取得するため、消費電力計測システムを実装した。既存の電力計測システムは、分電盤のトータルな消費電力を計測するものがほとんどであり(例: Google PowerMeter [8])、個別機器の計測には向かない。個別の家電機器の消費電力を手軽に取得するためのツールとして、ワットチェッカー [9] が存在するが、システムに接続するインターフェースを持たないため、ユーザが手動でログをとる必要がある。

本システムを実装するにあたっては、回路ごとに電力を測定できる分電盤を導入し、1 回路につき 1 つの機器を接続することで、機器個別の消費電力ログを計測できるようにした。具体的には、パナソニック電工のくらし安心ホームパネル S(ホーム情報ブレーカ、ネットリモコン ECO 機能付)(10/100M スイッチング HUB)(光コンセント) WTZN280K と ECO マネシステム対応住宅分電盤・コスモパネル・コンパクト 21 BQEL810322S を利用した。

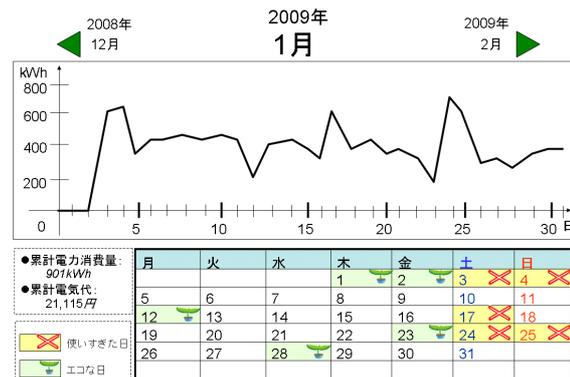
分電盤で定期的に計測される回路ごとの消費電力データは、整形して MySQL データベースに保存され、さまざまなアプリケーションで共有できるようにした。

##### 4.2 ロガーの実装

機器操作ログを取得するために、図 7 で示す HNS 操作インターフェースを開発した。プログラムは、Adobe AIR で書かれており、入力デバイスとしてタッチパネル(三菱 TSD-T124-M)を採用している。ユーザはまずドロップダウンリストから自分の名前を選び、目的の家電のカテゴリをタブで選択、家電アイコンにつけられたボタンを押すことで、直感的に家電を操作できる。プログラムでは、ボタン操作が起こるたびにバックグラウンドで機器操作ログが出力される。

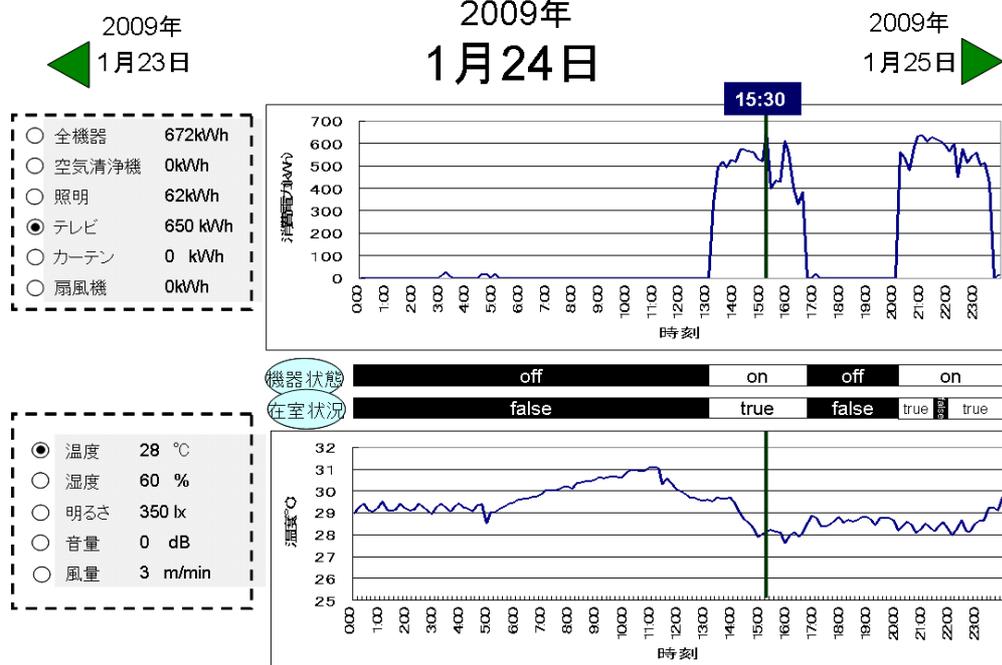


年月を選択する



日付選択画面

日付を選択する



機器別消費電力確認画面

図 6 電力消費振り返りサービス 画面遷移

また、環境ログを取得するために CS27-HNS 内のセンサにアクセスしてログを残すロガープログラムを開発した。図 8 にプログラムの動作画面を示す。ロガープログラムに利用した CS27-HNS におけるセンサを以下に示す。

- Phidget 社の各種センサー (TemperatureSensor, Light-Sensor) [10]
- ITWatchDogs の Wxgoos [11]

なお、プログラムは Perl で書かれており、Web サービス化されたセンサの API を利用することでそれぞれのセンサの値を取得し、定期的に (1 分おきに) 得られたセンサ値をログとして出力している。

#### 4.3 電力消費振り返りサービスの設計

上記の電力計測システムおよびロガープログラムを用いて、電力消費振り返りサービスを現在実装中である。以下、サービ

スの利用イメージを図 6 に示す具体的な画面遷移に基づいて説明する。サービストップ画面では、上部に表示される年において月ごとに消費電力と電気代が表示されている。また、ユーザが月を選択する際の目安として消費電力量が多かった月と少なかった月にそれぞれアイコンが表示されている。ここで、ユーザが 2009 年で最も電力を消費した月、1 月を選択したとする。

ユーザが年月を選択すると、選択された当月における日ごとの消費電力がグラフによって表示されている日付選択画面へと遷移する。日付選択画面では、グラフの下に当月のカレンダーが表示されており、先程と同じくユーザが日を選択する際の目安として消費電力量が多かった日と少なかった日にそれぞれアイコンが表示されている。ここで、1 月で最も電力を消費した日、24 日をユーザが選択したとする。

ユーザが 1 日の消費電力の遷移を詳しく見たい日を選択する

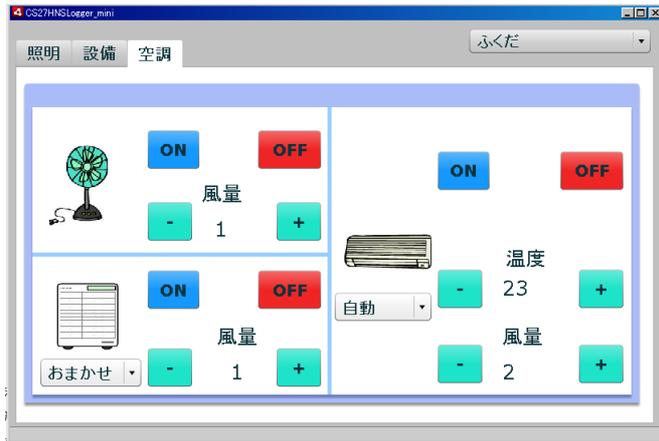


図 7 HNS 操作インターフェース

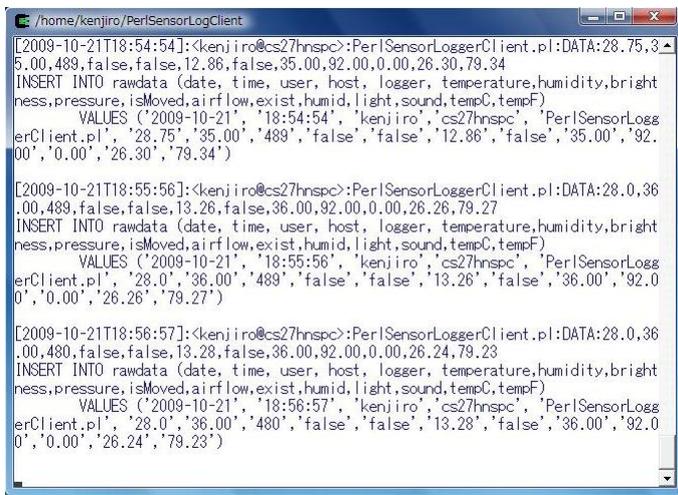


図 8 ロガープログラム動作画面

と、選択された日における消費電力ログ、環境ログ、機器操作ログがグラフで表示される機器別消費電力確認画面へと遷移する。機器別消費電力確認画面では、画面上部に消費電力ログ、画面中央には機器状態、画面下部には環境ログがそれぞれ可視化されグラフで表現されている。画面上部において、左側の機器リストより表示させたい機器を全機器、もしくは各機器より選択することで、選択された機器を表す消費電力ログのみがグラフで表示される。それに伴い、画面中央には選択された機器の機器状態とユーザの在室状況が消費電力ログのグラフのタイムラインと連動する形で表示されている。画面下部には環境ログがグラフで表現されており、左側の温度や湿度といったプロパティを選択することで、選択されたプロパティを表す環境ログのみがグラフで表示される。ここで、画面上部の左側の機器リストより 1 月 24 日中で最も電力を消費した家電機器はテレビであることが分かる。より具体的にテレビの電源が ON の状態であった時間帯を調べたい場合は、機器リストよりテレビを選択する。すると、選択されたテレビの消費電力を表すグラフが画面上部に、テレビの機器操作ログより抽出された機器状態が画面中央に表示される。これらより、13 時から 17 時の間と 20 時から 24 時の間テレビの電源が ON であったことが分かり、21 時 30 分から 22 時までにはユーザが不在であったにもかかわらず

らずテレビの電源が ON の状態であったことが分かる。

## 5. まとめ

本論文では、HNS を対象とし、ユーザの行動と電力消費との因果関係を見出せる振り返りサービス、電力消費振り返りサービスを提案した。具体的には、ユーザによる機器の操作ログ、センサより得られる環境情報、機器より得られる機器状態を、消費電力の推移に重ね合わせ 3 つのログの統合を行うことで、ユーザを取り巻く様々な要因と消費電力の関連の「見える化」を実現した。今後の課題として、電力消費振り返りサービスによって、実際にどれだけの効果があったのかということを実証的に評価していきたいと考えている。また、本サービスの利用を振り返りだけにとどまらず、更なる付加価値サービス (消費電力シミュレーション機能、レコメンド機能) の提案を行っていききたいと考えている。

謝辞 この研究の一部は、科学技術研究費 (若手研究 B 20700027, 21700077)、および、パナソニック電気株式会社の助成を受けて行われている

## 文 献

- [1] 東芝キャリア株式会社, “東芝エアコン 大快快”, <http://www.daiseikai.com/index-j.htm>
- [2] ソニー株式会社, “BRAVIA 液晶テレビ プラビア”, <http://www.sony.jp/bravia/shoene/index.html>
- [3] 三菱電機株式会社, “三菱冷蔵庫”, <http://www.mitsubishielectric.co.jp/home/reizouko/>
- [4] パナソニック電気株式会社, “ECO マネシステム”, <http://denko.panasonic.biz/Ebox/kahs-eco/>
- [5] パナソニック電気株式会社, “ライフニティ”, <http://denko.panasonic.biz/Ebox/kahs/>
- [6] 株式会社 東芝, “東芝ネットワーク家電 Feminity”, <http://www3.toshiba.co.jp/feminity/about/index.html>
- [7] Corinna Fischer, “feedback on household electricity consumption a tool for saving energy”, Energy Efficiency(2008)1:79-104
- [8] Google, Inc., “Google PowerMeter”, <http://www.google.org/powermeter/>
- [9] サンワサプライ株式会社, “ワットチェッカー TAP-TST5”, <http://www.sanwa.co.jp/product/syohin.asp?code=TAP-TST5>
- [10] S. Greenberg and C. Fitchett. Phidgets: Easy Development of Physical Interfaces through Physical Widgets. In Proc. of the 14th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology(UIST '01), pp. 209-218, 2001.
- [11] ITWatchDogs. Wxgoos, <http://www.itwatchdogs.com/index.shtml>