節電ボリューム: 節電の手間を軽減するつまみ

堤 富士雄[1,a)]　伊藤 憲彦[1,b)]　三浦 輝久[1,c)]　中島 慶人[1,d)]　廣瀬 文子[1,e)]

概要：音を絞るように，つまみを回転させて節電を行える「節電ボリューム」を提案する．節電ボリュームは，つまみを調節し電力の上限を指示すると，照明やエアコンなどの家電を，機器の優先度を考慮して瞬時に制御する．さらに，総消費電力を計測し円グラフ状に表示しているため，利用者はつまみを回転させて，具体的にどれだけ節電できたかを体験によって理解できる．本稿では，開発した節電ボリュームのシステム構成と機能について述べる．また，実験室と独身寮の一室を用いた動作試験の結果，および当所で実施したオープンハウスでの一般評価結果を述べ，節電ボリュームの有用性と課題について議論する．

Setsuden Volume: A Knob to Control Total Energy Consumption of Multiple Home Appliances

Tsutsumi Fujio[1,a)]　Itoh Norihiko[1,b)]　Miura Teruhisa[1,c)]　Nakajima Chikahito[1,d)]
Hirose Ayako[1,e)]

Abstract: This paper proposes a new tool named “Setsuden Volume” to support consumer’s daily energy saving activity. The tool has a knob type user interface, and a user can rotate it to the left to decrease total power consumption in user’s house. When the user rotates the knob, the tool immediately controls the power usage of home appliances based on their preferences to hold down the total power consumption. Since consumption electric power is measured and displayed on real time, the user can understand saved electricity concretely. This paper describes the user interface and a system configuration of the tool, and also describes the result of operation test for six months and the general evaluation result in our open house event.

1. はじめに

節電は現在の日本だけでなく，世界が抱える課題であり家電機器の省エネ化が進んだ現在でも，取り組みの強化が求められている [1]．一方で，節電をするには家電機器の消費電力を考慮して，こまめな消灯や設定変更を行う必要があり [2]，利用者に手間と努力が求められる．さらに家電は快適性や利便性を高める道具であり，例えば夏季のエアコン温度設定を高目に設定するなど，機器本来の目的と，節電が相反する面もあり，継続的に行うための課題は多い [3][4]．

図 1　節電ボリュームの操作・表示部

節電ボリュームはこの節電にまつわる難点を軽減するために，水道の蛇口を絞るように，つまみを回すだけで節電できることを目指して開発したシステムである．開発した

1　一般財団法人　電力中央研究所
Central Research Institute of Electric Power Industry, 2-11-1, Iwado Kita, Komae-shi, Tokyo 201–8511, Japan
a)　tutumi@criepi.denken.or.jp
b)　norihiko@criepi.denken.or.jp
c)　t-miura@criepi.denken.or.jp
d)　nakajima@criepi.denken.or.jp
e)　ayako@criepi.denken.or.jp

© 2013 Information Processing Society of Japan

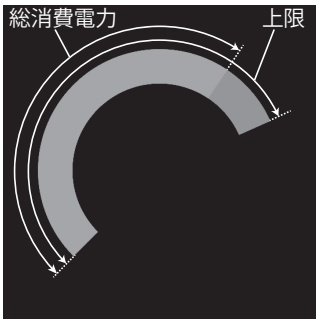

図 2　節電ボリュームの画面例

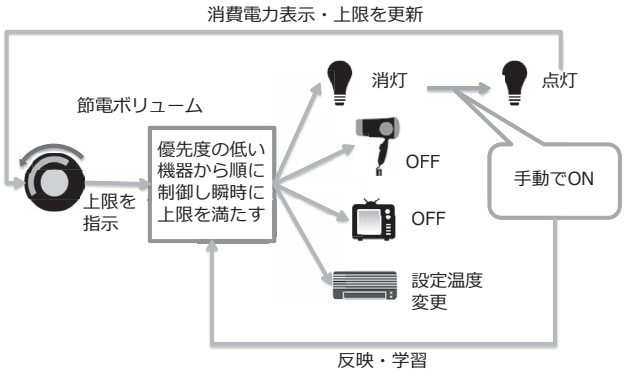

図 3　節電ボリュームの基本メカニズム

図 4　iPod touch で動作する節電ボリューム UI

システムのユーザインタフェース部を図 1 に，表示画面例（矢印およびキャプションは説明のため追加）を図 2，基本メカニズムを図 3 に示す．画面には円グラフ状に，現在の総消費電力と，つまみでコントロールする上限を表示している．つまみを右に回すと上限が上がり，左へ回すと上限が下がる．ユーザの操作の結果，現在の総消費電力を上限が下回ると，システムが上限を満たすよう，あらかじめ設定した優先度の低い家電からすぐに制御する．例えば，テレビの電源を切り，照明を暗く変更，エアコンの設定温度を変更する．同時に消費電力の変化を計測し画面に反映させる．

節電ボリュームが，物理的なつまみを備えている理由は，利用者に「回す」というアフォーダンスを抱かせ [5]，タンジブル [6] な感覚を与えるためと，「消費電力は利用者が自分で制御可能」というコンセプトを強調するためである．

本稿では，文献 [7] で述べた基本コンセプトを元に，実際に消費電力を分電盤から計測して反映させ，エアコン，テレビなど多数の家電を適切に制御できるよう開発したシステムについて述べる．

人間には節電に限らず，対策の効果がわかりづらく，必要な対策が時間的・空間的に分散しているため，達成が難しいタスクが多数ある．そのようなタスクは，現状や効果の視覚化と対策支援とを，システムが密に結びつける仲立ちをすることで支援可能と考える．節電ボリュームは，節電というタスクを対象に，つまみを回して対策の実施と効果の把握ができる，新しい仲立ちのあり方を示すものである．

まず 2 章で節電ボリュームが支援する節電活動と，支援方法の特徴を述べる．3 章で開発した節電ボリュームのシステム構成とインタラクションメカニズムを述べる．4 章では実験室および独身寮での利用例からわかったこと，当所の研究所公開で実施したアンケート結果を示し，節電ボリュームの有用性と課題を議論する．5 章は主要な関連研究への言及，6 章はまとめである．

2.　節電ボリュームの特徴

節電には，使った電気の総量 (Wh) を減らすという目的と，単位時間あたりの消費電力 (W) を抑えるという二つの目的がある．従来の節電支援システム（[4][8] など）では，電気料金に直接影響する前者を抑えるため，電力消費の履歴情報を表示し，そこから削減可能な家電利用を見出すというアプローチをとっていた．しかし Wh の削減はダイエットや家計管理と同様，過去や未来の時間方向への配慮が必要であり，実行へのハードルは高い．

また従来の消費電力の見える化（目で見えるようにすること）では，使用量を見せるだけで，それへの対処は，個々の機器を操作したり，利用時間帯をシフトしたりといった別の作業を要し，これも手間として大きかった．

さらに一旦，複数の機器の電源をオフにすると，もとの状態に復帰させるには，個別のスイッチを操作する必要があり容易でない．そのため便益を維持するには，なるべくオフにしない方が良く，これも節電の妨げとなる．

節電ボリュームは，これら節電を妨げる要因を軽減するインタラクティブシステムである．その主たる特徴を以下に述べる．

(1) Wh ではなく W

節電ボリュームでは使った電気の量 (Wh) ではなく，現在の消費電力 (W) のみを可視化表示している．節電したいユーザは，画面に示した消費電力の帯を短くすれば良い．消費電力 (W) を減らすことは，照明が暗くなったり，テレビが消えたりといった，便益低下の可能性に直結しているため，消しても影響が無いか，問題が小さい機器はユーザには容易に分かる．なお Wh の削減に関しては，水道の蛇口をこまめに絞れば節水になるように，仕上がりとして減

© 2013 Information Processing Society of Japan

る可能性がある．

(2) 消費電力の見える化と機器操作の一体化

消費電力を減らすのは，家電を個々のリモコン等で制御することでも可能だが，節電ボリュームでは，それを「つまみを回転」するという行為に単純化させた．機器の制御は，後述するように万能リモコンなど遠隔で機器制御する装置に代行させている．さらに，消費電力を計測して，ユーザが操作した画面に直接反映させることで，自身の操作が，具体的にどれだけの節電に繋がるかを体験として理解できる．従来，グラフを見て，行動し，再びグラフを見るといった，時間的にも空間的にもばらばらだった活動を，節電ボリュームでは一つのユーザインタフェースに集約することで，手間と認知負荷を削減している．

(3) いつでも，どこでも，すぐに節電

節電ボリュームでは，左にまわして家電群を消せるだけでなく，逆の右に回す操作で，家電群を元の状態に復帰できる．そのため，ちょっと席を外す際など気軽に絞ることができる．また，全てを一括消灯したり，一括点灯するのと異なり，回転量によって，どこまで消すか，どこまで点けるかを選択できる自由度があることも，操作の敷居を低くしている．これらにより節電機会の増加が期待できる．

またユーザインタフェースとしては図 1 に示した据え置き型の他に，図 4 のように，スマートホン等のネット接続された任意の端末が利用できる．よって家電のそばに行く必要がなく，ベッドの中からでも，洗面所からでも操作でき，場所や時間の制約が小さい．

3. 節電ボリュームの開発

3.1 開発の要件と設計方針

節電ボリュームの処理は図 5 に示すように，家電制御や電力計測といった物理系の処理と，それを人間との間で仲立ちする操作・表示系の処理の 2 つのブロックから構成される．それぞれには達成すべき目的と要件，および制約条件があり，思うように使える道具とするためには，それらを考慮して設計・開発する必要がある．

図 6 に，それぞれの目的に応じた要件と主たる設計方針を示す．まず操作・表示系では，操作性・視認性を確保するため，直接操作 [9] と過不足なくシンプルな表示というユーザインタフェースの一般的な原則を採用した．具体的には，つまみ操作で何ができるのか，操作の結果どうなったのかを，ユーザが容易に理解でき，節電と家電制御をダイレクトに行なっている実感を得られることが目標である．

次に，消費電力を減らす（節電）という主目的に対しては，節電の実感やモティベーションが得られることが重要である．これには，文献 [10] でも述べられているように，正確かつ時間遅れのない消費電力計測と表示が効果的である．一方で，ユーザの経験や価値と対応付けて，自然と節電を実感し，モティベーションを持ってもらうことも重要

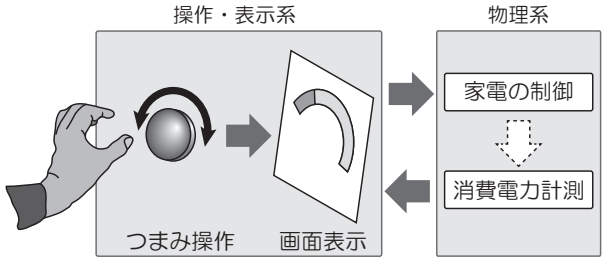

図 5 節電ボリュームの構成要素

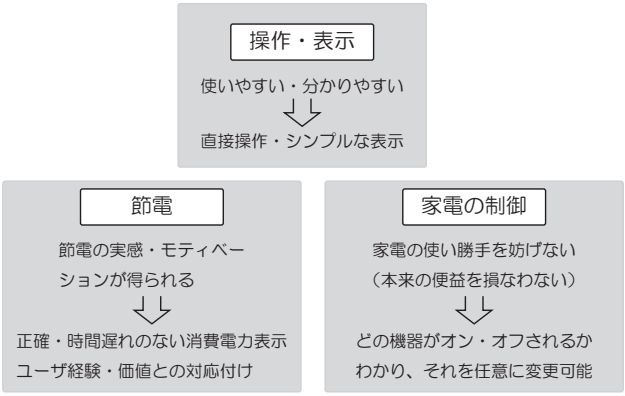

図 6 節電ボリュームの設計要件

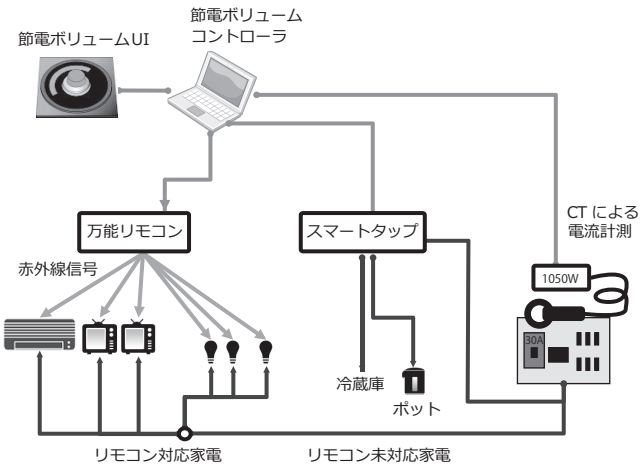

図 7 節電ボリュームのシステム構成

な要件となる．指で回した回転量が節電量となる，という対応付けもその一つである．

3 つ目として，家電機器の制御に関しては，使い勝手を妨げないことが求められる．もし節電ボリュームを使ったために，家電の使い勝手が大幅に低下するのであればいずれ使われなくなる．そのためには，少なくとも操作によりどの機器が制御されるのかが分かり，かつそれを任意に変更できることが重要である．

3.2 システムの構成と採用技術

開発した節電ボリュームのシステム構成を図 7 に示す．節電ボリューム本体は PC(Windows/Mac OS X) 上に，

© 2013 Information Processing Society of Japan

Processing[*1] を用いて開発した．図 1 の据え置き型 UI のハードウェアは，回転型 UI デバイス（Griffin Technology PowerMate）を小型の液晶ディスプレイに貼りつけて制作した．また携帯デバイス用に，iOS 上で動作するアプリ (節電ボリューム本体と TCP/IP 通信) を開発した (図 4).

家電の制御は主として，プログラム可能な万能リモコン (グラモ社 iRemocon [*2]) を用いて行う．リモコン未対応の家電機器に対しては，リモコン操作可能とする装置（リモコンコンセント）や，ネットワーク経由で通電を制御するスマートタップ（OMRON リモート電源制御装置 RC1504A）を用いた．主たる制御方法として赤外線リモコンを用いたのは，家電を安全かつ細かく制御できる点と，部屋に 1 個あれば部屋内の全ての対応家電を制御できるという実用上の理由による．現在市販されているスマートタップは，プラグへの電源供給を直接入切するため，家電機器によってはオンによって状態を復帰できず，家電制御の使い勝手を妨げないという要件に反する．また，家電の数と同じだけタップの口が必要というコスト面の課題もある．将来的に，文献 [10] で採用されている ECHONET など統一規格に対応した家電が普及すれば，節電ボリュームにも採用可能である．

消費電力計測には，上述した要件に述べたように，正確かつ迅速な計測が求められる．今回は要件を満たす機器として OMRON 簡易電力ロガー ZN-CTX を用いた．瞬時値を連続計測し，TCP/IP で伝送できる．節電ボリュームでは 1 秒間隔で計測している．なお設置の容易さを優先し，電圧は計測していない．

3.3 節電ボリュームの機能

3.3.1 基本動作

ユーザがつまみを回転して，上限を変更した時の，基本的な処理は以下のとおりである．上限を下げた時を節電時，上げた時を増電時とする．

節電時： 総消費電力を上限が下回った場合，稼働中の家電の内，優先度の最も低い家電から順に，電源を切るなど，設定を変更する．上限を満たすか，稼働している家電がなくなれば終了．

増電時： 制御可能な家電の内，優先度の最も高い家電から順に，上限を超えない範囲で，電源を入れるなど設定を変更する．上限に至るか，制御可能な家電がなくなれば終了．

優先度は予めユーザが設定しておく．ただし優先度は，後述する機能により，ユーザが任意に変更可能である．

動作例を以下に示す．現在の総消費電力が 1600W であったとする．ユーザが節電のため，つまみを回転させて，上限を 1600W 未満 (例えば 1550W) とした瞬間に，優先度の最も低い家電，例えば照明（消費電力 100W）が消灯する．総消費電力は 1500W となり，上限を満たす．

逆に，総消費電力が 1500W の状況で，ユーザがつまみを右に回転させたとする．優先度が最高のテレビ（消費電力 200W）が消えていると，ユーザが上限を 1700W 以上にした瞬間に，テレビの電源がオンになる．

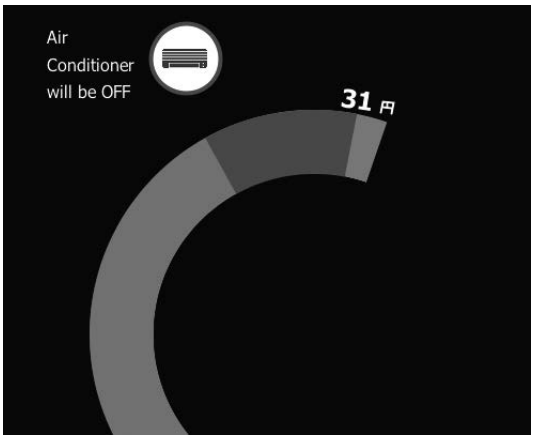

図 8 節電ボリュームでの表示例

3.3.2 節電の実感・モティベーション支援

基本動作に応じた，消費電力と上限の画面表示により，ユーザは回転させた量と，節電量を容易に対応付けることができ，さらに家電の状態変化から，便益の変化を関係付けて理解できる．

例えば，エアコンは起動時に大きな電力を消費するが，室温が設定温度になると消費電力を小さく抑える．そのような時に，節電しようと思ってエアコンを切っても帯は大して短くならず，むしろ必要性の薄い照明を消すほうが節電になる場合もある．このような実態を，ユーザは操作により体験的に理解でき，効果的な節電を行える．

また乾燥機やドライヤーなど，大きな電力を消費する機器が同時に動いていると，契約アンペアに迫ることがあるが，節電ボリュームでは，具体的な余地量を帯の長さで視覚的に理解できる．これは使用時間帯をずらしたり，優先度の低い機器をオフにするなどの節電行為を促す．

節電ボリュームでは，節電の実感やモティベーションを高めるべく，さらに以下二つの機能を用意した．

(1) 電気代の表示

図 8 は画面表示の一例である．消費電力を表す帯の上の 31 円とは，いま使っている電気を 1 時間継続して使った場合に 31 円電気代がかかる，という意味である[*3]．この数字は計測値をもとにしているため，機器制御に応じて，すぐに値が変わり，今の節電行為が何円に相当するかを知ることができる．利用者の経済観念に訴えかける方法の一つである．後述するアンケート結果では，節電への有用性が支

[*1] http://processing.org/
[*2] http://i-remocon.com/
[*3] 東京電力の従量電灯 B 第 3 段階料金で計算．ただし VA を W とみなした換算であるため，2 割ほど高めに表示される．

© 2013 Information Processing Society of Japan

図 9　電気予報の表示

持された．

また，あらかじめ設定した電力量を超えると，帯の色を赤などへ変える可視化方法も導入した．例えば 30A の契約電力の家で，25A を超えると帯が赤くなる．または 1 時間 20 円を超えると黄色，30 円を超えると赤など段階的に設定することも可能であり，日々の節電目標にできる．

(2) 電気予報表示

もう一つ，画面右下に 15 分おきに，電力会社の電気予報値をインターネットから受信して，音とともに 30 秒ほど画面表示する機能を用意した．需給逼迫状況が 95 %を越えると色を変えて強調表示する．将来，電気が一番使われている時間帯は電気代を高くすること（CPP: ピーク制料金など）が検討されているため，採用された場合には予報を見て絞ることでさらに電気代を節約できる．

3.3.3　家電の制御

節電ボリュームは，節電と同時に，家電機器を不都合なく制御できることを目指している．以下に家電制御のための機能を述べる．

(1) 次の制御対象の情報表示

まず，上限の増減時に，次に制御される機器の情報を，画面にアイコンとともに表示する．これにより，ユーザは事前に何が制御されるかを把握できる．例えば，図 8 の左上に表示されているアイコンとキャプションは，次にエアコンがオフになることを意味している．

さらに制御される消費電力の見込み値を，帯に重ねて表示した．図 8 で，円グラフ状の表示は，濃さ（実際は色）の異なる 3 つの領域に分かれている．この真中の濃いエリアが，エアコンの消費電力見込み値である．この見込み値表示により，ユーザは回転する角度を調節して，目的の機器を個別に制御できる．見込み表示がないと，回転させすぎて思わぬ機器までオフやオンにしてしまうミスが生じる．なお見込み値は，各家電の定格を用いて計算しているため，実際に増加・減少する電力量とは若干のずれが生じる．

(2) 優先度変更機能

予め設定した優先度とは異なる順番で，家電を制御したい場合のために，つまみを押す（プッシュ操作する）ことで，制御対象機器を変更できる．節電時にプッシュすると，その機器は優先度が最優先に変更され，次に優先度の低い機器が候補として現れる．増電時も同様である．

(3) 消費電力変化への対処

図 10 は，実験室で実測した，部屋全体の消費電力の推移例である．縦軸は消費電力，横軸は時刻を表す．縦の点線は，家電をオン・オフした時刻を表す．図からわかるように，消費電力は常に揺れ動いている．また制御対象外の機器のオン・オフによっても消費電力は変動する．このように消費電力が自動的に変動した場合には，それに追随して節電ボリュームの上限も変動させることとした．上限を追随させないと，上限制約により優先度の低い機器が自動的に制御される．例えば，食洗機が乾燥モードに入ったとたん，テレビが消えるような不都合が生じる．

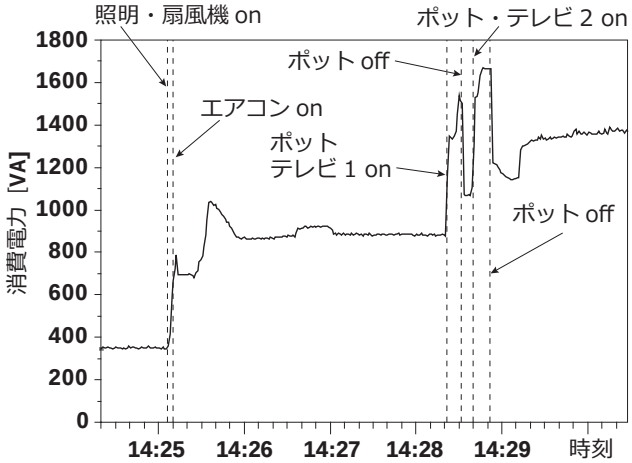

図 10　消費電力の変動例

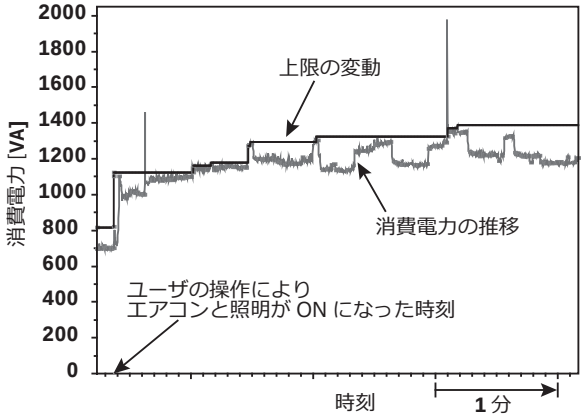

図 11　消費電力の変動と上限の自動更新

一方で，冷蔵庫やドライヤー，掃除機などには，瞬間的に平時の数倍もの大きな電力を瞬間的に使うものがある．これを突入電流といい，一瞬であるため消費電力 (Wh) にはほとんど影響しない．ユーザが意識していない，このような瞬間的な電力上昇に対しては，上限を更新せず，単に無視することとした．これはブレーカ（遮断器）と同じ動作ルールである．

図 11 に，消費電力の自動変動に対する，節電ボリュームの上限更新例を示す．エアコンは数十秒かかって徐々に消費電力を上げるため，それに応じて上限が階段状に変化している．一方で，グラフの左側と右側に見える，消費電力の急峻なピークは冷蔵庫の突入電流であり，これは上限更新に反映しない．

© 2013 Information Processing Society of Japan

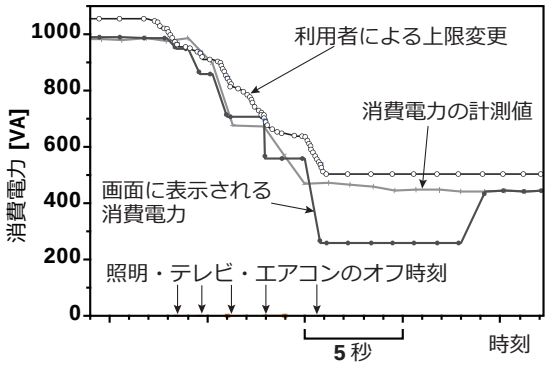

図 12 消費電力表示のモード変更例

(4) 時間ベースのモード切替

実際の消費電力は，オン・オフ操作から遅れて連続的に変動するため，消費電力を画面に常に反映させると，利用者は消費電力の変化を追いかけるような難しい操作を強いられる．そこで操作画面での総消費電力は，ユーザが操作している間は見込み値で表示し，操作が終わってしばらくしてから計測値を反映開始するようにした．

図 12 に，上限を下げて家電を連続オフした場合の，消費電力計測値と画面表示値の推移例を示す．つまみを操作している間は，画面に表示される消費電力は，見込み値で減って階段状に落ちていく，一方で計測値は時間遅れでなだらかに推移する．操作終了から 10 秒後，見込み値から，実計測値に画面表示が置き換えられる．

(5) 回転速度を利用した操作性確保

見込み値は家電によって大きく異なる．20A 契約を想定した場合，最大幅としている 240 度の角度を 20A で分割するため，1A(100VA に相当) あたり 12 度の角度となる．そのため 600VA のエアコンは 72 度と大きく，20VA の扇風機は 2 度の角度しかない．これは消費電力の正確な表示という意味では良いが，操作性に難がある．そこで，つまみの回転速度に応じて，変動幅を変えることとした[*4]．ゆっくり回している間は 1 度刻みで上限を変動させ，連続して素早く回転させると加速度的に変動量が多くなるようにした．これにより，消費電力の小さな機器も大きな機器も楽に扱える．

4. 節電ボリュームの効果と課題

4.1 試用実験

開発した節電ボリュームを実験室 (49 平米) と，独身寮の一室 (18 平米) に導入し，試用を実施している．それらの試用により分かった定性的な効果と課題を述べる．定量的な分析は今後の課題である．

実験室は機器・ソフト開発，事務業務，打合せ，接客に利用した（利用人数は 1〜8 名）．主たる利用者は本プロジェクトのメンバである．なお来室した多くの者もそれぞれ短時間利用した．節電ボリュームの利用期間は 2012 年の 7〜12 月の 6 ヶ月間，業務時間内である．制御可能な家電機器には大型テレビ 2 台，エアコン (26 度冷房，または 23 度暖房)，照明 2 種，ポット，扇風機があり，制御不能な機器として PC，オーディオ機器，冷蔵庫，洗濯機，食洗機がある．独身寮はワンルーム，トイレ有，風呂・キッチン無，1 名で日常生活に使用する．利用時間は夕方から朝まで，本稿執筆時点での使用は 2012 年 8〜12 月中，20 泊である．利用者は主として本プロジェクトメンバ 2 名でありメンバ以外 3 名がそれぞれ 1 泊した．制御可能な機器としてテレビ，エアコン (26 度冷房，23 度暖房，26 度暖房)，天井照明，スタンド照明，ポット，扇風機があり，制御不能な機器として PC，オーブンレンジ，冷蔵庫，加湿器がある．

実験に参加した利用者への指示として，退室時に機器をオフするなど，無理のない範囲で節電するように要請した．節電実績に応じたインセンティブなどは特に与えていない．

入退出時，昼休み: 利用者が利便性を感じるのは，部屋への出入り時である．目的の家電群をワンアクションで制御でき，機器の取捨も単純な操作で可能なため，あまり考える必要なく，気軽にかつ頻繁に操作可能である．また，一時的に作業を中断して休憩する時など，照明の一部を残し全てオフにするといった操作が一瞬で行え，かつ消し忘れがない，という利点もある．携帯デバイスでの操作は，退出時に手元が暗くならず，また退出後に遠隔オフできる利点から常用された．

利用シーンの切替: 実験室は業務利用のため，打合せから開発作業へ移行するなど，利用シーンが比較的明確に変わる．そのため，その都度，大型モニタやエアコンをオン・オフするなど，決まった操作を素早く手元で行えるようになった．また部屋での優先度はしばらく節電ボリュームを使っていると決まってくる．例えば実験室では，大型モニタやエアコンの優先度は低く，照明の優先度は常に高い．これは建物の中にあるため，温度があまり大きく変化せず，照明を消すと昼でも暗いといった部屋の特性による．

同様に独身寮でも，就眠・起床，トイレ利用など明確にシーンが変わる場合は便利に使える．独身寮での優先度はエアコンが最も高い．これは西向きの部屋で夏季にエアコンを消すと，夜間でもすぐに 30 度を越すという特性による．一方で照明の優先度は日当たりが良く低い．

家電を直接操作する感覚: 節電ボリュームでは，操作から時間遅れなく家電が制御されるため，消費電力を制御しているというよりは，家電を直接操作している感覚が得られる（複数人の感想）．特に，毎日利用していると，回転角度と機器群の状態の対応付けができ，目的の家電のオン・オフを，あまり考えずに実行できるため，つまみがまるで家電に直接つながっているかのように感じられる．

*4 本改良点は文献 [7] 発表時に神戸大学の寺田努氏より頂いたコメントに基づいている．

© 2013 Information Processing Society of Japan

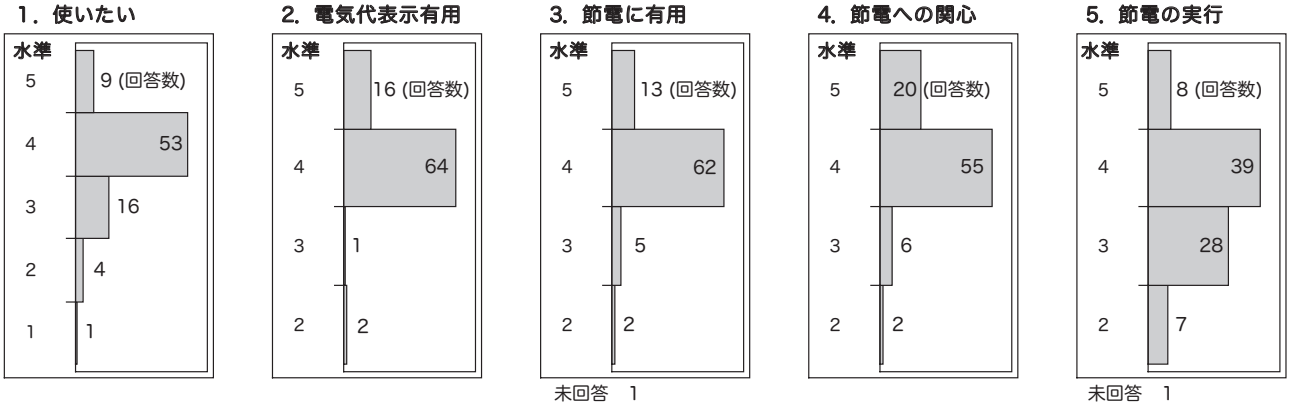

図 13　アンケート結果

操作上の課題：優先度の設定が手動であるため，使い始めからしばらく，また夏季から秋季など季節が変わった時などに，優先度変更の手間が必要である．よって時刻や状況に応じた優先度制御の導入が望ましく，そのためには多様な環境での利用データ収集と，分析に基づくパターン抽出が必要と考えられる．また照度・温度など環境センシングの併用も効果的である．

節電ボリュームを使わず，付属のリモコン等で制御すると，システムが把握できず後で補正操作が必要となり面倒が生じる．ただし，これはリモコン信号を使う自動制御の一般的な制限であり，赤外線双方向通信[*5]，もしくは計測機能付きタップの併用をすれば解決できる．

複数人利用：節電ボリュームは個人利用を想定しているため，複数人利用時には何らかの課題が生じるものと想定した．しかし実験室で複数人であるための不都合はほとんど経験できなかった．これは打合せ，プレゼン，実験など，利用目的が明確かつ共通であり，かつ少人数で会話しているため，優先度に関する相互交渉が容易なためと思われる．おそらく，家庭のリビングや一般オフィスなど，異なる目的・作業を同じ場所で複数人が行う場合に，人による優先度の違いが顕在化するものと思われる．それを示唆する事例として，日頃エアコンを使わない来客者が冷房 (26 度) を寒いと指摘した例や，後述する一般公開時に，幼児が節電ボリューム操作を行って部屋の照明が全消灯した例があった．システムがどこまで関与するかも含め，今後検討する価値あるテーマと考える．

節電効果： 比較分析等は今後の課題であり，現状で定量的に節電効果を述べることはできないが，上記の利便性向上により，節電行為の機会は増大した．また電気代と機器状態との対応関係が分かりやすいのも経済観念に訴えかける．ただし，電気予報の表示は，導入してしばらくは注意するが，ピーク対応料金は採用されていないため，一週間もたつと慣れてしまい，そのために節電しようという意識は薄れた．

*5　日本経済新聞「ヘルツ，外から携帯で家電操作　東北電と共同開発」2012/11/29

4.2　一般評価

2012 年 10 月 14 日に当所で開催した一般公開イベント（研究所公開）のラボツアー企画の一つとして，一般の来場者への説明，デモ，操作体験を行い，無記名アンケートを実施した．アンケート項目は以下の 5 つである．

(1) 節電ボリュームを使ってみたいですか？
(2) 節電ボリュームの電気代表示（円）は役に立つと思いますか？
(3) 節電ボリュームは節電に役立ちそうですか？
(4) 節電に関心がありますか？
(5) 節電を実行していますか？

評価は 5 段階のリッカート尺度（1. 全く思わない，2. 思わない，3. どちらでもない，4. 思う，5. 強く思う）とした．アンケートの回収数は 83，男性 47 名, 女性 29 名，不明 7 名，平均年齢 45.9（標準偏差 17.7，最小 8 歳，最高 83 歳）である．

図 13 に集計結果を示す．全体の節電ボリュームへの評価は高く，有用性，特に電気代表示の有用性に関してはほぼ異論が無いという結果となった．ただし節電ボリュームを使いたいか（Q1）という質問に対しては「3. どちらでもない」や「2. 思わない」も一定数いる．これらの回答者は，節電をする人間の努力が大事といったコメントを回答している．

その他の主たるコメントとしては，優先度制御に関するもの（「使いたい家電は，いつもコロコロ変わっていく」「家に年寄りがいます　夜中真っ暗にするとあぶないので，豆電球だけはつけていたい，とか，細かい条件を日々変えて使いたい」「何を OFF にするかはその時の天候，気温，室内で何をしているかにもよる」），画面表示に関するもの（「家族に節電を頼んでもなかなか実行してくれないが，これを見せれば効果があるかも」「ボリュームで，どこまで使っているかが，わかりやすい」「ボリュームを回すと電気代表示の幅が変わるのは非常に使い手に優しい」），装置の

© 2013 Information Processing Society of Japan

価格・消費電力に関するものなどがあり，実用化に向けた課題や可能性を示唆している．

なおアンケート項目の関係性を相互に分析したが，総数が少ないため，有意と言える結果は少ない．唯一，Q3 節電ボリュームが節電に有用，と，Q5 節電を実行しているか？，との間の関係は比較的強い（χ 二乗検定　尤度比 18.702, p 値 0.0279, 5%の水準で有意）という結果が得られた．つまり，節電を実行していると回答した人ほど，節電ボリュームに節電への有効性を感じている．

5. 関連研究

節電ボリュームと関連の深い 3 件について述べる．

MediAlarm[12] は「起きたい度つまみ」を有する目覚まし装置である．つまみを回転させて装置に主観的な起きたい度合を伝えると，それに応じて，音や LED など複数の組み合わせが実行される．つまみという一軸の量と，複数の機器をつなぐ点で，本稿と共通のコンセプトである．このように欲しい結果から機器を制御するというアプローチは，他にも応用できる可能性がある．

エネルギーの情報化 [13] という取組みの中に，オンデマンド型電力ネットワークという提案があり，本稿との関連が深い．これはベストエフォートに電力を供給するという考えであり，ポットなどが無駄に電気を使うのを抑えるため，電力需給や人間の活動を把握し供給電力量を決定する．節電ボリュームとは，利用者主体である点に共通性があり，家電利用に制限を加える点が異なる．

nest[11] は，利用者の生活スタイルに合わせて最適な室温を学習する室温制御装置である．回転型の操作機構，表示と操作の一体化，省エネが主たる目的，など関連は深い．一方で複数の家電を制御する節電ボリュームと，空調のみを扱う nest では必要なユーザインタフェースや制御アルゴリズムが異なる．ただし nest は，利用履歴やセンシングを利用した学習ができ，節電ボリュームが備えるべき学習機能の方向を示唆している．

6. おわりに

本稿ではボリュームを絞るように手軽に節電できるシステム「節電ボリューム」のシステム構成およびインタラクションメカニズムを述べた．実験室と独身寮で試験利用して分かった利便性と課題，研究所公開での一般評価の結果についても言及した．

今後の展開としては，時刻や状況に応じた優先度制御を，機械学習なども用いながら導入することを課題としている．機器操作や優先度変更操作のタイミングが自動記録されたログの初歩的な分析から，頻出する操作パターンや、機器操作の時刻分布が抽出できたため、ある程度の自動優先度制御は技術的に可能という見込みが得られている．

また操作のガイドになっている「消費電力の見込み値」を推定することも課題である．エアコンなど消費電力が変動する機器に対し，計測器を追加せずに推定できれば，操作性の向上，および節電支援として意義高いと考える．

これまで節電支援だけでなく，ホームオートメーションや，高齢者の生活支援を目的として，家電等を制御する多数のシステムが開発されてきたが，広く普及したものは少ない．その理由の一つに，機器制御とその効果との対応が分かりづらく，ユーザに多くの不要な操作を要求するという問題があった．これに対し節電ボリュームは節電を対象に，視覚化と実施を一体化し，現状把握，対策の実施，その効果確認をひとつの操作で行えるようにした．また複数のデバイスを，つまみという UI で一括制御可能とした点も，ユーザの操作に対する敷居を下げる効果があると考える．今後，節電にかぎらず，マニュアル操作と完全自動化との間をスムーズにつなぎ，子どもから高齢者まで容易に使える新しいインタラクティブシステムが開発され，快適な環境の実現に寄与することを期待したい．

参考文献

[1] 湯浅 健史, 加藤 丈和, 松山 隆司, スマートタップネットワークを用いたオンデマンド型電力制御システム, 電子情報通信学会技術研究報告. USN, ユビキタス・センサネットワーク, Vol. 111, No. 134, pp. 31-36, 2011

[2] 一般財団法人　省エネルギーセンター, 家庭の省エネ大事典, http://www.eccj.or.jp/dict/index.html 2012.

[3] 下川 美代子, 手塚 哲央, 家庭用省エネ支援プログラムの開発とその有効性検証, エネルギー・資源 = Energy and resources, Vol. 31, No.3, pp. 163, 2010.

[4] 上田 裕子, 渡辺 香奈, 手塚 義隆, 家庭用省エネルギー支援システムのための GUI (特集 環境対応技術), 松下電工技報, Vol. 56, No. 2, pp. 37–44, 2008.

[5] S. Weinshenk. インタフェースデザインの心理学—ウェブやアプリに新たな視点をもたらす 100 の指針. オライリー・ジャパン, 東京, Jul. 2012.

[6] 石井 裕, タンジブルメディアグループ, タンジブル・ビット—情報の感触・情報の気配, NTT 出版, 東京, 2000

[7] 堤 富士雄, 中島 慶人, 伊藤 憲彦, 三浦 輝久, 廣瀬 文子. 節電ボリューム. 情報処理学会研究報告. HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, 2012(17):1–7, 2012-07-12.

[8] 江連 裕一郎, 阿部 憲一, 伊藤 睦, 家庭内電力測定システムの試作開発及び実証実験, NEC 技報, Vol. 62, No.3, pp. 113–116, 2009.

[9] B. Shneiderman, *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, 1998.

[10] 平原 茂利夫, 澤井 宏, 桑原 克佳, 高橋 寿明, ホームネットワークを活用した家庭内省エネ技術-フェミニティ電力モニターサービス, 東芝レビュー, Vol. 63, No.10, pp.7–10, 2008.

[11] 米 Nest Lab 社. Nest — The Learning Thermostat. http://www.nest.com, (Thermostat User Interface, United States Patent, Patent No.: US 8,195,313).

[12] 沖 真帆, 塚田 浩二, 椎尾 一郎. MediAlarm : 多様な目覚めを支援する起床支援インタフェース. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 13(4):323–334, 2011.

[13] 松山 隆司. エネルギーの情報化とは—背景, 目的, 基本アイディア, 実現手法—. 情報処理, 51(8):926–933, 2010.

© 2013 Information Processing Society of Japan