



ら、制御することが必要である。

国内では、家電メーカーやハウスメーカーが住宅内の家電を無線等のネットワークで接続し、ホームコントローラで消費電力量の見える化や家電の最適な制御を実現する製品を販売している。また、コントローラをインターネットに接続し、収集したデータから各住宅の省エネランキングを表示したり、他のネットワークサービスとの連携を図ったりする試みもある。

今後、さらに様々な機器がホームネットワークに接続され、HEMS を構成していく場合、多様な機器の接続や複数のサービスを接続するための共通プラットフォームを整備する必要がある。このような機器のデータ収集や機能制御には、以下の3つの課題がある。

#### (1) 機器の制御インタフェース共通化

機器の物理的なインタフェースや通信規格は、機器毎、業界毎に異なるため、機器を低コストで接続可能な仕組みが必要である。

#### (2) 機器の共通機能グループ化(デバイス仮想化)

室温調整の手段としては、エアコン、ヒーター、床暖房など複数あり、複数の機器が相互に干渉しないように、最適運転のためのグループ化が重要である。

#### (3) 人間行動を含む環境状況の収集

適切な冷暖房には、外部環境や居住者の行動等の状況を把握し、これらに合わせながら制御することが必要である。そのため、人間行動に関わるセンサーや機器操作等のデータをリアルタイムに収集し、状況を推定する機能が必要である。

我々は、上記の課題を解決するスマートセンシングプラットフォーム(SSPF)を開発し、実証実験を通じてその有効性を示している<sup>4)</sup>。SSPFでは、新しい機器や新しいサービスを導入するときに、対応するモジュールを配信することで、柔軟に対応可能なアーキテクチャとしている。

### 3 消費エネルギーシミュレータ

#### 3.1 シミュレータ概要

2章で述べたように、住宅の消費エネルギーを正確に見積るには、建物や建物内に設置される機器の性能と、居住者の生活行動に基づく機器運転を考慮する必要がある。本論で検討するシミュレータは、住宅における実際の生活環境から具体的なデータを取得し、消費エネルギーシミュレーションに利用する。これは、コンピュータで正確なシミュレーションモデルを作るにはパラメータが膨大になり、計算が困難であることから、実際のデータとの組み合わせにより精度を高めることを狙っている。

今回の実験では、実験住宅を利用し、人が居住しない建物評価と実際に生活をする居住評価を実施することにした。以下に、実験の2つの条件を示す。

#### ① 非居住条件

人は実際には住まず、家電機器や生活関連機器(窓、カーテン等)を遠隔制御した際のデータをリアルタイム収集する。これにより、居住者による機器制御に関するランダムな要素を取り除き、純粋な外部環境の変動傾向と、外部環境に応じた室内環境変化や機器の特性に基づく消費電力量変化を把握可能となる。これらのデータは、機器制御による消費電力削減量を求めるための基礎データとすることができる。また、家電運転状況の差異による室内環境や消費電力との関係把握も行う。

#### ② 擬似居住条件

事前に決めたスケジュールに基づいて行動した際の消費電力や環境情報を計測することで、非居住条件では反映されない人の発熱等の影響を含む機器の消費電力や温度、湿度等の変化を考慮できる。居住者独自の行動が含まれないため、基礎行動における消費電力も把握できる。具体的には、モデル世帯の24時間分の生活シナリオを策定し、シナリオに沿った機器操作時の家電の消費電力を収集することで、想定世帯の基礎行動における消費電力を把握する。

### 3.2 実験住宅

実験には、図2に示した石川県能美市のホームネットワーク高度実証実験施設「iHouse」を利用した。この住宅は、図3のように、建築学会が定めた標準住宅<sup>5)</sup>の規格に基づいた木造2階建て(延床面積125m<sup>2</sup>、次世代エネルギー基準)の住宅である。建物の方角を正確に東西南北に合わせており、リビングを真南向きに配置している。実験住宅には、家電機器、開閉制御可能な窓・カーテン、住宅内外の状況を把握するための各種センサー(温度、湿度、照度、人感、ドア)が設置されている<sup>6)7)</sup>。これらの機器はネットワークに接続されており、ECHONET Liteを利用してホームゲートウェイ(HGW)に接続されている。今回、遠隔制御実験を行うために、HGWをインターネットに接続し、SSPFを利用してHEMSをクラウド上に実現した。



図2 実験住宅“iHouse”

実験では、①定期的に取得する温湿照度等の環境情報や分電盤での各機器の消費電力、②検出時に通知する人感や

感雨，ドアの各センサー，③機器制御時に必要となる情報等の3種類のデータを収集した。定期的を取得するデータは10秒間隔で取得可能であり，83個のデバイスから合計233種類の情報を取得している。センサーについては，検知後1秒以内に検出が可能である。

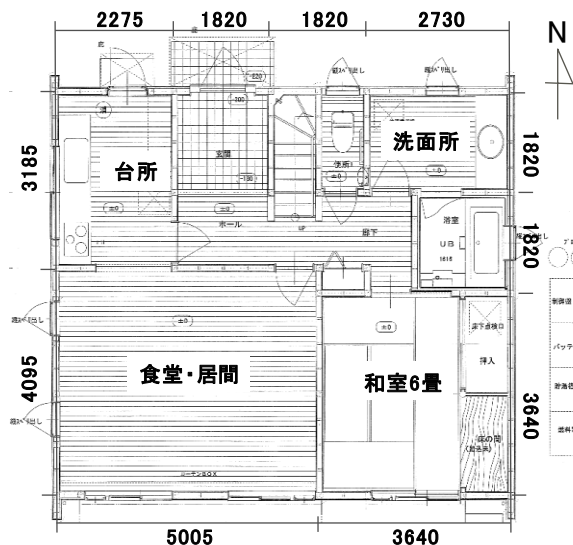


図3 住宅見取図（1階）

### 3.3 非居住条件の実験と評価

非居住条件では，1年間にわたり24時間の環境データ収集を行い，住宅の外皮性能を評価した。実験では住宅内の換気やカーテンの状態，エアコンの運転条件を決め，毎月1週間3パターンの測定を行った。すべてのパターンで，建物内の各部屋の温湿度や照度等の室内環境データと，太陽光発電量，各家電の消費電力，住宅外部の気温，湿度，日照量，雨量，風速，風向等の情報を収集した。この測定から，住宅内の暖気・冷気の分布等の日変動情報や住宅内の家電の運転特性，住宅特性を得ることができ，省エネルギーや快適性を実現する機器制御の気づきを得ることが可能である。今回の実験では，具体的に以下のようなことが分かった。

- 部屋毎/階毎の 温・湿・照度の変化傾向  
南側の各部屋の温度・照度は日射の影響で時間的にずれながら変化する。湿度変化は小さい。住宅北側の各部屋は温度変化が小さい。
- 季節毎の風の変化傾向  
季節毎に特徴的な風が吹く時間帯がある。例えば，8月には，夜間に1m/s前後の南風が吹く。
- 住宅内の空気の流れ  
8～11月，窓やドア，カーテンを開放した場合に，住宅内に空気の流れが発生し，閉め切るよりも室温が下がる。冬期はこのような気流は見られない。
- カーテンによる採暖・遮熱効果  
太陽光による冬期の採暖，夏期の遮熱にはカーテンが

有効である。また，冬期においては日射がないときカーテンを閉めるとエアコン運転効率が向上する。

具体的な現象は建物や地域によって異なるが，こうした知見を，天候や居住者の行動に合わせて適用することにより，省エネや快適性を実現することができる。

### 3.4 擬似居住条件の実験と評価

居住環境では，居住者の世帯構成と生活行動により消費電力が大きく異なる。そこで，一般住宅で割合の多い世帯構成モデルに従って疑似居住条件を決め，評価することとした。今回は戸建住宅において最も割合の多い「夫婦と未婚の子(4人家族)」世帯を対象とした。

疑似居住条件実験では，4人家族の各人の行動をシナリオに従って行い，その行動に基づいて操作される家電機器で消費される電力や室内の環境変化を測定する。生活シナリオは，「住宅用標準問題における計算モデル<sup>5)</sup>」をベースとした。起床から就寝まで間で必要な行動を基本行動と定義し，「国民生活時間調査<sup>8)</sup>」及び「社会生活基本調査<sup>9)</sup>」から，①起床・就寝，②食事，③入浴，④出勤・登校・帰宅，⑤仕事・勉強，⑥TV視聴，⑦インターネットを基本行動として抽出した。

実験で使用する生活シナリオは，上記の基本行動を調査結果に基づいて5分単位で規定し，各人は5分刻みで行動することにした。上記のように策定した生活シナリオに基づいて，実験住宅で行動した際の，消費電力の変化パターンを図4に示す。

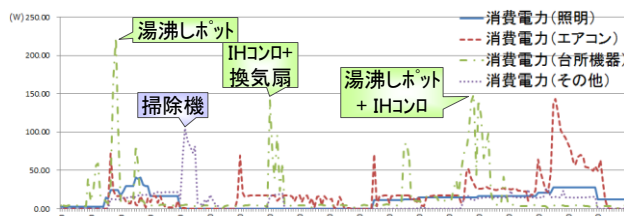


図4 生活シナリオと消費電力

## 4 モデル住宅を利用したシミュレータ

### 4.1 省エネ制御

非居住条件と疑似居住条件の測定から，この実験住宅に4人家族が生活した場合の1年分の省エネ効果についてシミュレーションを行った。今回は，これらの実験から省エネ効果が得られると考えられる冷暖房(エアコン)と照明について，以下に述べる制御を仮定して計算することとした。

#### (1) エアコン制御(冷房制御)

部屋の室温を下げるには，エアコンで冷房する以外に代替手段が考えられる。例えば，夜間や早朝に気温が下がり，外気を取り入れられるケースが該当する。非居住条件での測定より，実験住宅の周辺では，8月の夜間は26℃まで下がり，南向きに1m前後の風が吹く日が多いことがわかっており，建物外に設置される

風向・風速センサーや温度センサーがこうした条件を検出した際に、夜間に風向きに合った窓を開けて室内に涼風を取り込むことにより、自然で快適な環境とエアコン消費電力削減とが両立可能となる。夏のある1日のデータによると、1日あたりのエアコンの消費電力の25%を削減できることが分かった。

#### (2) 照明制御

住宅における照明の照度は、明るすぎるケースが多いため、その時点の行動にあった照度に合わせることで電力消費を抑えることにした。今回は、照度をJIS規格で定義された値とした。また、日照で室内の照度が確保できる場合には、照明を使わない制御も考慮する。夏のある1日のデータによると、1日あたりの照明の消費電力の32%を削減できることが分かった。

### 4.2 年間を通じた省エネ効果シミュレーション

4人家族の生活シナリオを元に、1年間を通じた省エネ効果を、季節による気温、日照時間等の影響を踏まえてシミュレーションを行った。

冷暖房については、1年を冷房期/中間期/暖房期にセグメント化して計算した。このセグメントは、暖・冷房デグリーダーに合わせて決め、実験を行った場所では、冷房期は7月9日～9月6日、暖房期は11月22日～4月4日となった。省エネ方法としては、4.1で述べた冷房制御だけでなく、暖房期においては暖房温度の基準とする20℃を外気温が上回ったときには外気を取り入れることで計算した。その結果、冷房期52%、暖房期0%、年間では16%削減できることがわかった。今回は、暖房期に制御条件に合致する日はなかった。

日照時間の影響を受ける照明については、春夏秋冬にセグメント化し、各期それぞれから消費電力削減量が最小の日/最大の日/中間の日をサンプリングし、消費電力削減量の平均値を算出して、各期の日数に応じて合算し年間値を算出した。採光による削減効果は、春23%、夏36%、秋27%、冬10%であり、年間の削減効果は24%となった。調光効果については、季節変動がないため、照度未調整(100%出力)時を基準として、調光時と比較して削減量を算出した結果、年間の削減効果は53%となった。2つの効果を合わせると、年間の削減効果は77%となる。

今回想定した4人家族が1年間居住した場合に期待されるエアコンと照明機器に関する消費電力削減量は19%であった。

### 4.3 今後の課題

今回のシミュレーションは、手法を確認するための最小のことだけ実施している。今後の方向性としては、次のようなことが考えられる。

- (1) カーテンによる採光・遮光の制御
- (2) 給湯に関するエネルギー消費の考慮
- (3) 集合住宅への適用
- (4) 多様な家族構成への適用

## 5 まとめ

本論では、モデル住宅でのデータを活用するエネルギー消費に関わるシミュレーション手法について述べた。この手法では、モデル住宅での実測値を利用するため、全てをコンピュータでシミュレーションするよりも精度が高い。モデル住宅としては、建築学会の標準住宅に基づいた実験住宅を活用し、家電や住宅設備をネットワーク化し、クラウドから制御可能な通信プラットフォームを利用した。この実験住宅で得られたデータから、冷暖房や照明に関するそれぞれのルールに基づきシミュレーションを行い、年間でのエネルギー消費の削減量を求められることを示した。

**謝辞** 本研究は総務省国家プロジェクト「スマートコミュニティにおけるエネルギーマネジメント通信技術の実現」による成果を含む。北陸先端科学技術大学院大学丹教授、実験住宅「iHouse」を整備・管理される石川県産業創出支援機構および石川県情報システム工業会をはじめとするご協力頂いた各位に謹んで感謝の意を表する。

### [参考文献]

- 1) ECHONET Lite: ECHONET Consortium, <http://www.echonet.gr.jp/>
- 2) 情報通信技術委員会: TR-1043 ホームネットワーク通信インタフェース実装ガイドライン(2013).
- 3) 国土交通省住宅局: 住宅・建築物に係る省エネルギー対策について, <http://www.mlit.go.jp/common/000193924.pdf>
- 4) 角田, 内藤, 松倉: ネットワークレディ機器の活用を加速するサービスプラットフォーム技術, 雑誌 FUJITSU Vol.63, No.6, pp.675-680(2012).
- 5) 宇田川: 標準問題の提案-住宅用標準問題-, 日本建築学会第15回熱シンポジウムテキスト, pp.23-33(1985).
- 6) 金島, 荻野: ホームネットワーク実証実験施設「i-ハウス」の構築(その1 実証施設の設計と熱特性把握), 日本建築学会学術講演梗概集 D-2(2010).
- 7) 荻野, 金島: ホームネットワーク実証実験施設「i-ハウス」の構築(その2 実証施設のセンサとネットワーク), 日本建築学会学術講演梗概集 D-2(2010).
- 8) NHK 放送文化研究所 2005年国民生活時間調査報告書, [http://www.nhk.or.jp/bunken/new\\_06021001.html](http://www.nhk.or.jp/bunken/new_06021001.html)
- 9) 総務省 2006年度社会生活基本調査, <http://www.stat.go.jp/data/shakai/2006/index.htm>

- \*1 株式会社富士通研究所ヒューマンセントリックコンピューティング研究所 学士(教育学)
- \*2 株式会社富士通研究所ヒューマンセントリックコンピューティング研究所 主任研究員 修士(工学)
- \*3 富士通株式会社ドコモ・ソリューション事業部 シニアマネージャ 修士(工学)
- \*4 日本大学理工学部 特任教授 博士(工学)