

### 3. 冷蔵庫・エアコンの実際の電力消費量推定法

佐藤 春樹（慶應義塾大学）

#### 3.1 はじめに

冷蔵庫およびエアコンは同じヒートポンプサイクルを原理とする機械であり、その作動原理から温度設定条件や設置された周囲環境の温度などにより効率（成績係数、COP）が大きく変化する。冷蔵庫は断熱壁に囲まれ、冷蔵庫内の温度はほぼ常に同じであると仮定しても良く、その効率を推定することはエアコンよりも易しい。一方、エアコンの場合には、この解説でも示すように環境温度と設定温度の温度差だけでも、効率が数倍から数分の1となることもあり、部屋の断熱性能や換気量、そして湿度などの影響も大きく受けて効率が変化する。

すなわち、冷蔵庫やエアコンの消費電力量を求めるときに、カタログ等の性能表示（成績係数COPや空調能力）をそのまま用いて、エネルギー消費量を見積もることは誤りである。その基本原理から性能が常に変化しているとして扱わないといけない。

今回は、このような原理をもつ冷蔵庫とエアコンが、様々な設置環境あるいは設定温度でどれほどの電力消費をしているか計算する方法を紹介して、その検証結果について説明する。

冷蔵庫に関しては、ドアの開閉回数、内容物の量、冷蔵庫の設置環境、設定温度（強、弱など）等々、効率に影響を与える多くのパラメータについてこれまで検討を進めてきたが、このような個別条件を組み合わせ、複合的な影響をもとめて冷蔵庫の消費電力推定を行うことは困難である。

試行錯誤の結果、実測情報から、ある周囲温度（基準値として 25°Cを使用）における消費電力を実測データから決定することにより、周囲温度が変化した場合の消費電力をかなり正確に推定できることがわかった。ある周囲温度における実測消費電力値に、その冷蔵庫の様々な効率に影響する要素が集約していると考えている。今回の報告では、北陸地域でのモニター家庭の冷蔵庫の実測消費電力と推定値を比較して、消費電力をどれほど正確に見積もることができるかを示す。

エアコンに関しては、室内外の温度・湿度と空調負荷、そしてインバータ制御とオンオフ運転が絡み合い、効率が大きく変化する。また、室内の複雑な伝熱メカニズム、ドアや窓の開閉により予想することがきわめて困難な換気回数、室内で用いる機器の発熱、日射量の影響等々、空調負荷を正確に知ることが困難であるという問題がある。本研究では、エアコンをヒートポンプサイクルとしてその原理から取り扱う。すなわち、熱力学的に計算される理論空調能力とカタログ上の機械性能を基礎にする新しい消費電力推定法を提案している。

エアコンの動力消費源は圧縮機であり、その機械効率はカタログの効率から決定できる。カタログの効率（COP）は、そのエアコンの定格能力が冷房の場合に室内乾球温度 27℃、室内湿球温度 19℃（すなわち相対湿度で 42%）、外気の乾球温度 35℃、湿球温度 24℃の J I S 条件で厳密にかつ慎重に時間を掛けて計測された値であり、そのときの理論効率と実際の効率から、エアコンの機械効率（圧縮機効率）を求めることができる。この機械効率と理論効率を用いることにより、あらゆる条件でのエアコンの効率推定値が求まる。昨年度の報告では、効率の設定室温、室内湿度、外気温度等々を変えた場合の効率を 3 次元曲面で紹介した。今回は、横浜にある仕様が等しい 2 軒の実験棟での消費電力実測値から、そのときの空調負荷を推定するという逆問題により、本研究で提案する消費電力推定法の検証を行う。

以上をまとめると今回の報告の具体的な内容は下記の通りである。

- ① 住宅に置かれた冷蔵庫の消費電力推定法を昨年紹介した。今回は、北陸地域のモニター家庭の消費電力実測値とその推定値を比較したので紹介する。
- ② 住宅に設置されたエアコンの消費電力推定法の検証を横浜にある 2 棟の試験住宅での実測データに基づいて行ったのでその結果を紹介する。

### 3.2 住宅におかれた冷蔵庫の消費電力推算

実機試験結果に基づいて、2003 年度に消費電力推定式を提案した。消費電力の推算式は式(3-1)で表される。ここで、 $t$  を周囲温度、 $Er = E/E_{25}$ （平均消費電力  $E \div 25$ ℃における平均消費電力  $E_{25}$ ）を平均消費電力比  $Er$  とする。式(3-1)の推奨使用範囲は周囲温度  $t$  が、 $10 \text{℃} \leq t \leq 30 \text{℃}$  である。

$$Er = 1.50 \times 10^{-3} t^2 - 2.77 \times 10^{-2} t + 7.53 \times 10^{-1} \quad (3-1)$$

今回は、北陸地域のモニター家庭 12 軒で使用されている冷蔵庫の消費電力推定値と実際の消費電力を比較した。尚、測定は 2003 年 1 月から 2004 年 8 月までの 20 ヶ月にわたって行われた。以下に検証の詳細を示す。

- ① 1 分毎の消費電力実測値、15 分毎の冷蔵庫の設置している部屋の周囲温度測定値を 1 時間平均値に計算し直した。
- ② 25℃における平均消費電力  $E_{25}$  を求めた。（図 3-1）
- ③ 式(3-1)に①で求めた周囲温度  $t$ 、②で求めた 25℃における平均消費電力  $E_{25}$  を代入して、消費電力推定値を求めた。
- ④ 消費電力実測値と消費電力推定値を比較した。

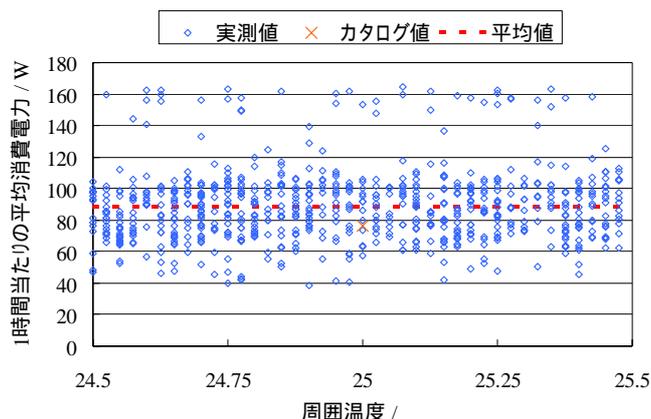


図 3-1 25°Cにおける平均消費電力算出の一例

図 3-1 に、周囲温度が約 25°C という条件で、季節も時間も異なる実測データを一緒に示したが、平均消費電力の実測データの様子は非常に似通っている。この 25°C の平均消費電力のみを用いて式 (3-1) から冷蔵庫の 1 年間の消費電力を推定した。表 3-1 に示した戸建て 04 および集合住宅 04 の場合を 3.5 の付録に 1 月から 12 月まで 365 日の実測値と推定値の比較を示した。

表 3-1 カタログ値と 25°C の平均消費電力の比較

	製造年	定格内容積	カタログの消費電力	25 °C での平均消費電力	25 °C での平均消費電力/カタログ値	
					平均値	平均値
戸建02	1998	380L	66	73.3	1.1	1.8
戸建03	1995	405L	87	88.8	1.0	
戸建04	1994	346L	44	81.1	1.8	
戸建05	2000	456L	41	80.5	2.0	
戸建07	2001	415L	35	60.7	1.7	
戸建08	1999	377L	46	63.6	1.4	
戸建09	1999	465L	43	120	2.8	
集合01(引越前)	-	90L	40	72.0	1.8	
集合01(引越後)	2003	401L	31	70.7	2.3	
集合02	1999	365L	48	96.9	2.0	
集合03	1994	365L	60	123	2.0	
集合04	-	355L	38	82.9	2.2	
No.1	1999	250L	65	69	1.1	1.5
No.2	1998	345L	55	109	2.0	
No.3	1997	361L	67	113	1.5	
No.4	1997	320L	78	83	1.2	

尚、戸建住宅 7 軒および集合住宅 4 軒（戸建 02 から集合 04 まで）の 12 台が、北陸地域のモニター家庭の冷蔵庫であり、No.1 から No.4 までの冷蔵庫は、昨年度の報告書で詳しく紹介した推定式算出に用いた研究室および東京の住宅に置かれた冷蔵庫である。製造年・容量・メーカー全て異なるものである。

冷蔵庫は霜取り運転、冷蔵運転、冷凍・冷蔵運転などの運転モードがあり、消費電力は

大きくばらついているが、付録を見て分かるように、式(3-1)から計算された推定値はこれらの平均的な消費電力量をかなりの信頼性で推定している。ここでは示さなかったが時間毎の推定値と実測値を比較しても、十分な再現性で消費電力推定ができています。

表 3-1 に示したようにカタログの期間消費電力と比べて実測した消費電力は大きい値となった（1 から 2.8 倍、12 台の平均で 1.8）。ここで 2 倍以上の平均消費電力となった冷蔵庫は設置場所の検討あるいは故障していないかどうかの確認が必要であると思われる。但し、昨年 の 4 台の冷蔵庫の消費電力も平均で 1.5 倍あり、狭い空間に押し込められた冷蔵庫の効率 はカタログに示された値よりも大きな電力を消費しているようである。

以上のモニター住宅では、実測データが揃っていることから 25℃の消費電力推定を正確にできた。一方で、実測データが揃っていない場合には、下記の方法で消費電力推定することを提案する。

全国平均が知りたいなど冷蔵庫を特定できない場合：表 3-1 にあるとおり、実機試験結果およびモニター家庭での実績から、カタログから求まる消費電力予測値の 1.7 倍を用いる。

以上、冷蔵庫の消費電力推定方法を提案し、北陸地域の実測データにより、その有効性を確認できたと考えている。

### 3.3 住宅におかれたエアコンの消費電力推算

エアコンの消費電力推定に関しては、それまでに得た実機試験結果から熱力学的な理論 COP および冷凍能力を基礎とする、多次元パラメータによる消費電力推定法を昨年提案した。冷房時には、外気温度、室内設定温度、室内湿度、そして冷房負荷の 4 つのパラメータから、暖房時には、外気温度、室内温度、そして暖房負荷の 3 つのパラメータから消費電力を推定する方法であった。今回は、この方法の信頼性を確認すること、そしてこの推定法を最終的に使い易いものとしたと考え、以下の研究を実施した。

#### (1) 実機試験内容

##### ① 試験実施場所

実機試験として、2003 年度に神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町にある東京電力技術開発センター内の住宅試験棟において測定を行った。本住宅試験棟は、2003 年 2 月に完成しており、2 棟（以下東側を A 棟、西側を B 棟）は全く同じ仕様である。住宅試験棟の概要を表 3-2 に、平面図を図 3-2 に、各設置場所における空調機器の仕様および設置場所の面積を表 3-3 に示す。各部屋に設置されている空調機器は全て 2002 年製であり、またそれぞれ異なるメーカーのものである。

表 3-2 にある熱損失係数（Q 値）は、設計段階で計算されたものである。外気温度と室温

の差を 1℃とし、住宅の各部位（壁・床・地面・屋根等）の熱貫流率に各部位の面積を掛け、それらのすべての合計を延床面積で割って求めている。その際、カーテンはないとし、換気は第 3 種で換気回数は 0.5 回/h としている。東京電力に依れば、実測データから簡易法で逆算した場合にも、熱損失係数（Q 値）2.4 W/(m<sup>2</sup>・K)に近い値になるとのことである。

表 3-2 住宅試験棟の概要

方角	南東
熱損失係数 (Q値)	2.4 W/(m <sup>2</sup> ・K)
建築面積	15坪
述べ床面積	30坪
階数	2階
構造	木造軸組、外断熱工法

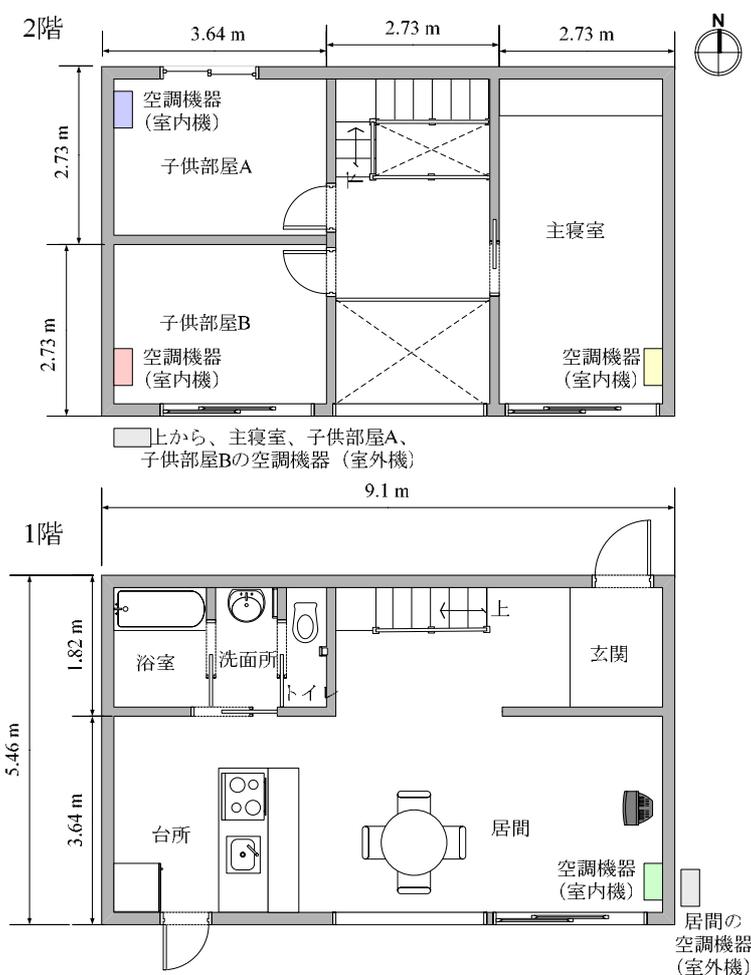


図 3-2 住宅試験棟の平面図（上が 2 階、下が 1 階）およびエアコンの設置場所

表 3-3 各設置場所におけるエアコンの仕様および設置場所の面積

設置場所		居間	主寝室	子供部屋
設置場所の面積 [m <sup>2</sup> ]		43	15	10
冷房	能力[kW]	4.0	2.8	2.2
	消費電力[W]	1035	600	395
	COP	3.86	4.67	5.57
暖房	能力[kW]	6.0	3.6	3.2
	消費電力[W]	1560	690	615
	COP	3.85	5.22	5.20

② 測定期間および外気条件

測定は、暖房が 2003 年 3 月 31 日から 4 月 13 日までの 2 週間と 2004 年 2 月 2 日から 14 日までの 2 週間、冷房が 2003 年 6 月 14 日から 22 日までの 1 週間と 2003 年 8 月 18 日から 8 月 31 日までの 2 週間の計 7 週間行った。測定期間における外気条件の特徴は、2003 年の夏季は冷夏、2003 年から 2004 年にかけての冬季は暖冬である。

③ 試験方法

測定期間中、人の出入りは無いものとし、またカーテンは閉じた状態であった。自動・弱・強の風量設定と、温度設定を変更した。また、100 ～300 W の電球および、600 W～1200 W のヒーターを用いて、熱負荷の変更を行っている。

④ 測定方法

温度・相対湿度・グローブ温度・風速・コンセントおよび機器の消費電力・日射量は、本住宅試験棟に設置されているセンサーにて 1 分毎に測定している。本解析に用いた温度・湿度の測定点を図 3-3 に示す。

図 3-3 は温度測定点を平面的に表したものであり、この温度測定は、垂直方向にも 6 から 10 の測定点で行っており、垂直方向の温度測定点を図 3-4 に示す。吹抜け箇所の温度測定点を除いて、図 3-4 に示すように縦方向 6 点の測定を行っており、各部屋の平均温度を求める際にはこの縦方向の温度も含めている。つまり、主寝室の平均温度を求める際には、横方向 2 点に縦方向の 6 点で、合計 12 点の測定点の平均をとって求めている。

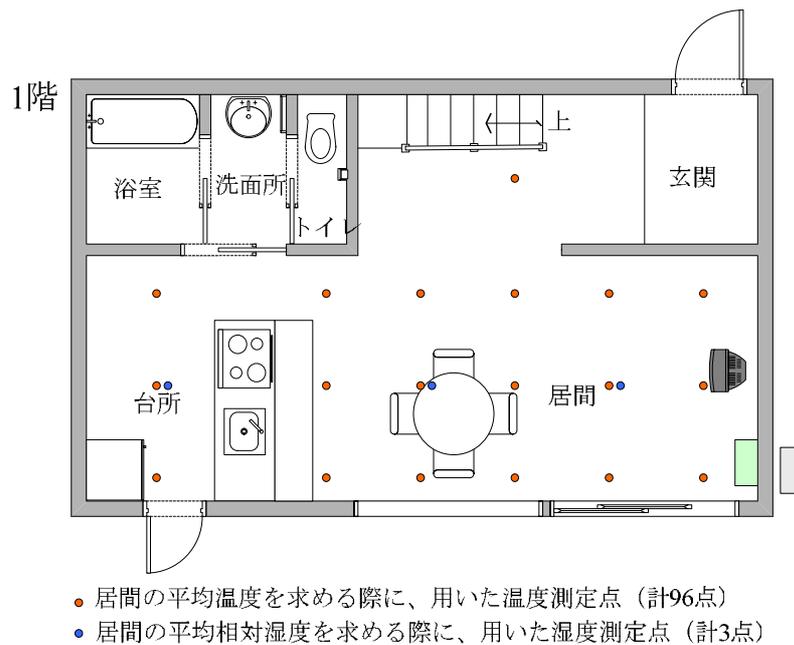
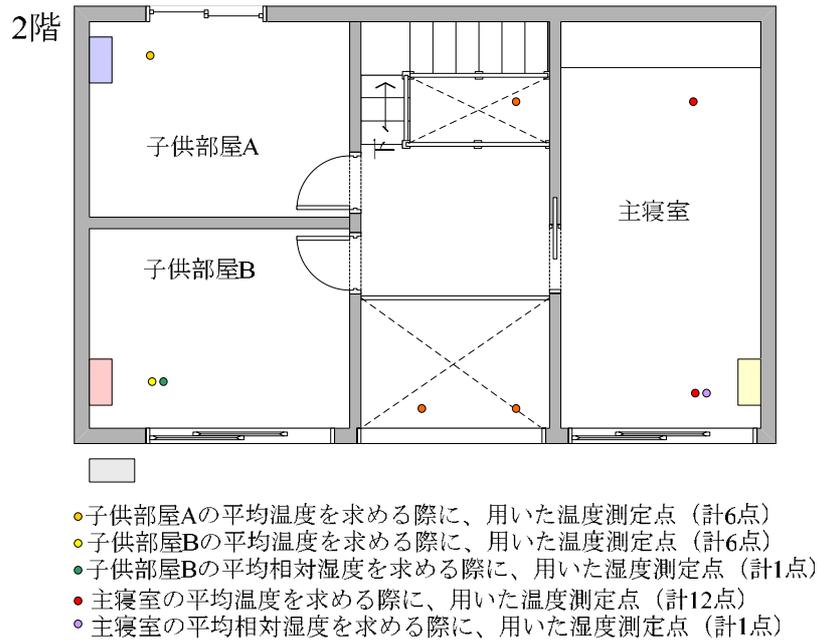


図 3-3 本解析に用いた温度・湿度の測定点

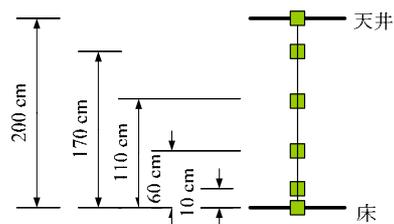


図 3-4 垂直方向の温度測定点

## (2) 実機試験結果および解析

① エアコンの消費電力推定について、まずインバータ運転の領域と低負荷時のオンオフ運転する領域の二つの領域に分けている。

(イ) 実機試験結果では、冷房の場合消費電力 120 W がインバータ運転とオンオフ運転の境界であった。ここで、試験機の 1 台はこの境界が 132 W であり、暖房の場合にはこの消費電力の境界が大きくなる傾向がある (1 台は 180 W)。そこで、冷房・暖房、エアコンの種類や容量に依らず大まかに判断して、150 W を境界として、消費電力推定を行うこととした。

(ロ) 実機試験結果では、冷房でのオンオフ運転に、インバータ最小負荷運転時の約 1.1 倍～1.3 倍の消費電力となった。一方、この値はオンオフ運転に切り替えられた後のオンオフ運転の周期に影響されると考えられる。そこで本研究では、オンオフ運転時の消費電力をインバータ最小負荷運転時の 1.2 倍の消費電力として推定を行うことを提案する。(図 3-5)

以上の実機試験結果では直接的な日射の影響を避けるため昼間のデータは基本的には除かれている。(一部のデータには日中のデータも含まれているがカーテンを閉め、また外気温と室内温があまり変化しない安定したケースをサンプリングした)。また、インバータからオンオフ運転になる際の前後 1 時間をサンプリングし、平均消費電力を用いて推算している。サンプリングは安定した室内外温度のデータがある複数のデータに基づいており、温度変化が短時間に生じる場合の推定については、今後より詳細に検討する必要があるだろう。

② 建物の熱損失係数、換気回数、内部発熱量から求めた空調負荷推定と実測消費電力と運転条件から推定した COP を用いた空調負荷推定の比較および検討

①より、インバータ運転とオンオフ運転では、消費電力や COP が異なる。特に、本住宅試験棟は南向きかつ断熱性能が高いこと、測定期間における外気条件が暖冷房を行うには適切でなかったことが影響して、空調機器がオンオフ運転を行うことが多かった。従って、以下の解析は、空調機器の 1 分毎の消費電力実測データから判断し、オンオフ運転を行っていない、つまり安定したインバータ運転の場合について行った。

### (a) 建物の熱損失係数、換気回数、内部発熱量から求めた空調負荷推定

暖房負荷  $Q_{hs+heat}$  [W] は、熱損失係数 (Q 値)  $2.4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  を用いて算出する顕熱負荷と電球やヒーターによる発生熱  $Q_{heat}$  から式(3-2)で計算している。冷房負荷  $Q_{cs+heat}$  [W] は、6 月の試験では換気なしとしているので熱損失係数 (Q 値)  $2.4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  を用いて算出する顕熱負荷と電球やヒーターによる発生熱  $Q_{heat}$  から式(3-3)で計算している。8 月の試験では換気も考慮しているため、冷房負荷は、熱損失係数 (Q 値)  $2.4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  を用いて算出する顕熱負荷と電球やヒーターによる発生熱  $Q_{heat}$  から  $Q_{cs+heat}$  [W] と換気による顕熱負荷  $Q_{ics}$  [W] と潜熱負荷  $Q_{icl}$  [W] の合計つまり式(3-3)、式(3-4)、式(3-5)の合計として計算している。暖房負荷の計算に当たり、吹抜けがある場合には、暖房面積に階段・上部階の廊下面積も加える必要があるため、ここでは居間において冷房面積と暖房面積が異なっている。

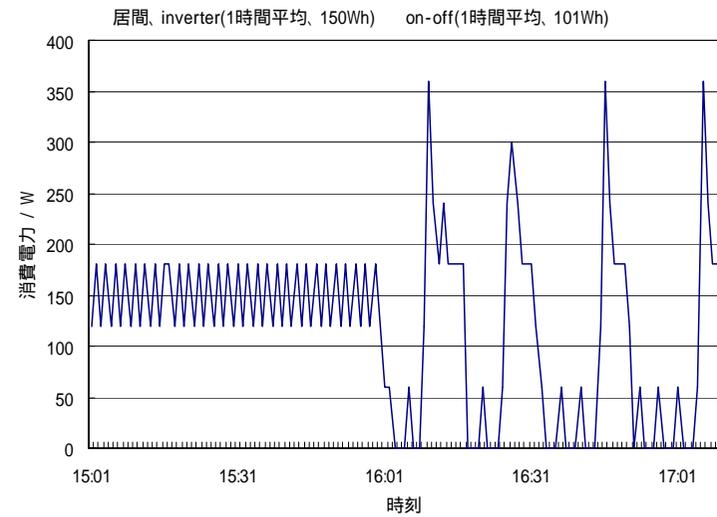
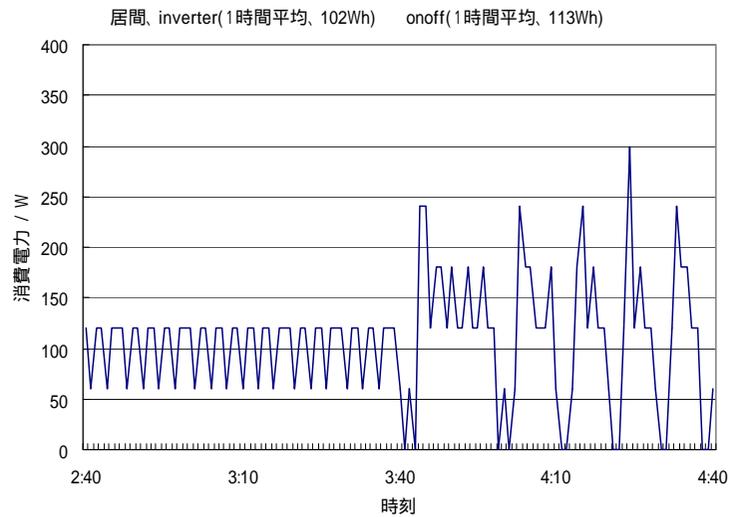
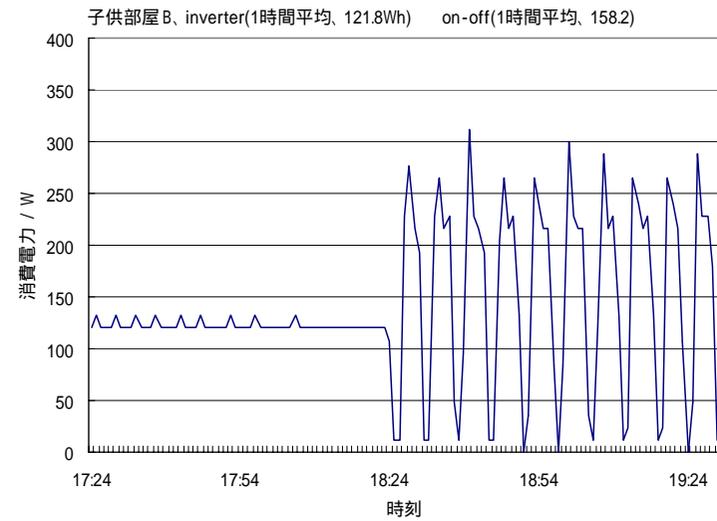
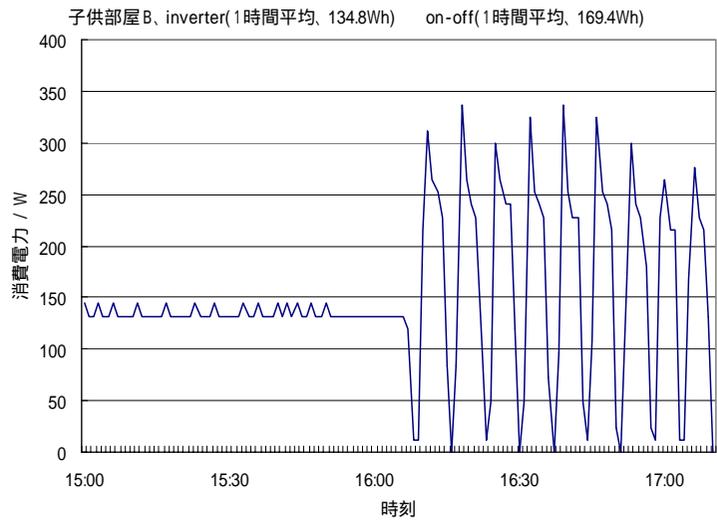


図 3-5 エアコンのインバータ運転範囲とオンオフ運転範囲での消費電力に関する一例

式中の外気温度・室内温度に関しては、1分毎に測定したデータの1時間平均値を用いている。ヒーターや電球による発生熱も1時間の平均消費電力としている。外気絶対湿度に関しては、外気温度および相対湿度の1時間平均値から、室内絶対湿度に関しては室内温度および湿度の1時間平均値から、空気線図を用いて求めている。

$$Q_{hs+heat} = 2.4\Delta T \cdot A' - Q_{heat} \quad (3-2)$$

$$Q_{cs+heat} = 2.4\Delta T \cdot A + Q_{heat} \quad (3-3)$$

$\Delta T$  [K] : 暖房の場合 (室内温度－外気温度)、冷房の場合 (外気温度－室内温度)

$A$  [m<sup>2</sup>] : 各部屋の面積 (表 2-2 参照)

$A'$  [m<sup>2</sup>] : 各部屋の面積 (吹抜けがある場合には、階段・上部階の廊下面積も加える。

ここでは、居間において、 $A' = A + 10.8$  m<sup>2</sup>)

$Q_{heat}$  [W] : ヒーターや電球による室内空間の熱負荷

$$Q_{icl} = r \cdot \gamma \cdot \Delta x \cdot Q_o \quad (3-4)$$

$$Q_{ics} = c_p \cdot \gamma \cdot \Delta T \cdot Q_o \quad (3-5)$$

$r$  [kJ/kg] : 水の蒸発潜熱 597 kcal/kg

$c_p$  [kJ/(kg·K)] : 空気の比熱 0.24 kcal/(kg·K)

$\gamma$  [kg/m<sup>3</sup>] : 空気の比重 1.2 kg/m<sup>3</sup>

$\Delta x$  [kg/kg(DA)] : (外気絶対湿度－室内絶対湿度)

$\Delta T$  [K] : (外気温度－室内温度)

$Q_o$  [m<sup>3</sup>/s] : 換気量  $Q_o = (n \times V) / 3600$

$n$  [回/h] : 換気回数 0.5 回/h

$V$  [m<sup>3</sup>] : 部屋の体積 (部屋の面積に部屋の高さである 2.5 m を掛ける。)

上に示す方法で空調負荷を求めているが、空調負荷というのは実際にはこれらの熱損失係数 (Q 値) を用いて算出する顕熱負荷、電球やヒーターによる発生熱、換気による顕熱・潜熱負荷のみによって構成されるものではない。他にも、ガラス窓透過日射熱負荷、間欠空調による蓄熱負荷等の室内負荷がある。特に、本住宅試験棟の負荷として、暖冷房共に日射の影響が大きくでることが予想される。また、南側に大きなガラス戸面積があり、吹抜けのある場合には室内外温度差に割増係数を掛けるという手法もあるが、割増係数採用の検討が現段階では不十分である等の理由から、本研究では負荷計算に吹抜けの割増係数を考慮していない。さらに、建物の熱損失係数 (Q 値) 2.4 W/(m<sup>2</sup>·K) をすべての部屋に適用しているが、南向き、北向き・1階、2階・面積等がそれぞれの部屋で異なるため、部屋毎にこの 2.4 W/(m<sup>2</sup>·K) という値に補正を加える必要があるが、現段階では行っていない。

## (b)実測消費電力と推定 COP を用いた空調負荷推定

実測消費電力と推定 COP を掛けて、実際のエアコンが行った筈の空調供給量 (=空調負荷) を推定する。推定 COP の求め方を以下に示す。

(イ) 空調システムの機械効率を算出する。冷房においては、カタログの定格 COP を理論 COP 6.13 で割ることによって、暖房においては、カタログの定格 COP を理論 COP 9.44 で割ることによって求められる。尚、この理論 COP は、JIS (日本工業規格) の温度条件で、冷媒の熱物性値と理論冷凍サイクルから、機械効率を 1.0 として、米国の冷凍サイクル計算ソフトウェア CYCLE\_D を用いて算出した値である。

(ロ) 1 時間毎の平均外気温度、平均室内温度、平均室内湿度から理論 COP を計算する。具体的には、暖房の場合、(設定温度+7 °C) を凝縮温度、(外気温度-7 °C) を蒸発温度とし、冷房の場合、(室内露点温度-7 °C) を蒸発温度とし、(外気温度+7 °C) を凝縮温度とする。ここで、室内露点温度は、室内温度 (設定温度)、室内相対湿度 (設定湿度) から空気線図を用いて求める。このように蒸発温度および凝縮温度を決定し、その凝縮温度と蒸発温度の差を独立変数として、理論 COP が求まる。この値に (イ) で求めた機械効率を掛けることによって、推定 COP が求まる。

以下に、理論 COP の簡易推算法を構築したので紹介する。凝縮温度と蒸発温度の差を  $\Delta T$  とし、理論 COP を以下のように温度差の範囲毎に分けて計算する。

$$\Delta T = 3 \text{ °C以上 } 11 \text{ °C以下} \quad \text{冷房の COP} = 274 / \Delta T^{1.03}$$

$$\Delta T = 11 \text{ °C以上 } 22 \text{ °C以下} \quad \text{冷房の COP} = 340 / \Delta T^{1.12}$$

$$\Delta T = 22 \text{ °C以上 } 25 \text{ °C以下} \quad \text{冷房の COP} = 385 / \Delta T^{1.16}$$

$$\Delta T = 25 \text{ °C以上 } 36 \text{ °C以下} \quad \text{冷房の COP} = 499 / \Delta T^{1.24}$$

$$\Delta T = 36 \text{ °C以上 } 40 \text{ °C以下} \quad \text{冷房の COP} = 709 / \Delta T^{1.33}$$

$$\Delta T = 40 \text{ °C以上 } 60 \text{ °C以下} \quad \text{冷房の COP} = 900 / \Delta T^{1.40}$$

また、暖房の COP = 冷房の COP + 1 である。この式によって求めた理論 COP の再現性について、冷房は、設定温度 20~28°C、室内湿度 40 から 100 %、外気温度 23 から 40 °C、暖房は、設定温度 18~25 °C、外気温度-20 から 15 °C の範囲において CYCLE\_D を用いて確認した。(図 3-6) これより、COP を  $\pm 1.8\%$  以内で再現していることを確認した。

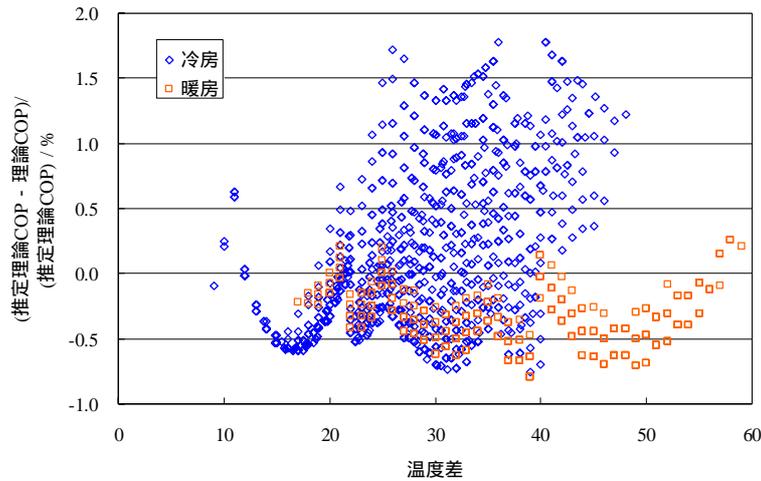


図 3-6 推定理論 COP の再現性の検討

(c)建物の熱損失係数、換気回数、内部発熱量から求めた空調負荷推定と実測消費電力と推定 COP を用いた空調負荷推定の比較および検討

(a)および(b)で求めた、建物の熱損失係数、換気回数、内部発熱量から求めた空調負荷推定（横軸）と実測消費電力と推定 COP を用いた空調負荷推定（縦軸）の比較を冷房について図 3-7 に、暖房について図 3-8 に示した。

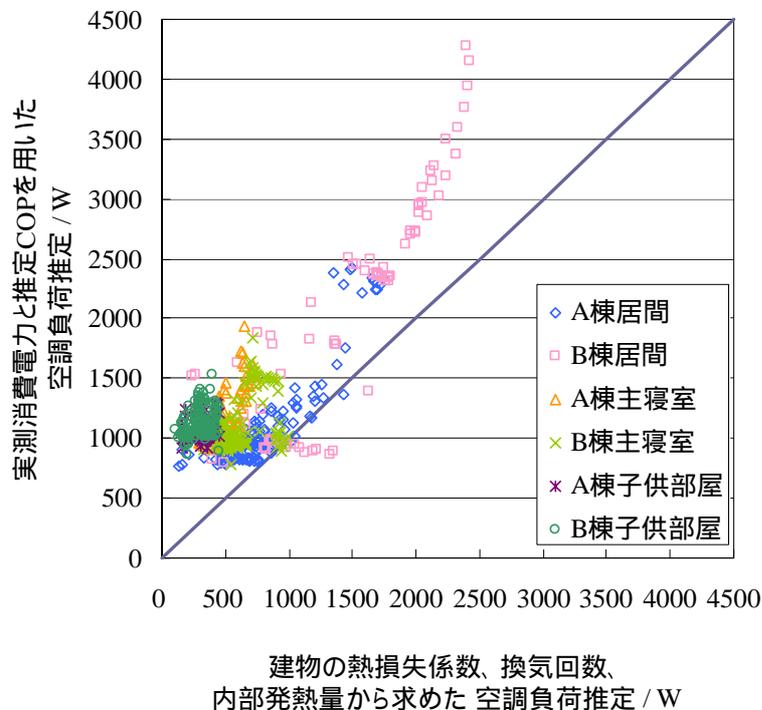


図 3-7 冷房についての実測消費電力と推定 COP を用いた空調負荷推定と建物の熱損失係数、換気回数、内部発熱量から求めた空調負荷推定との比較

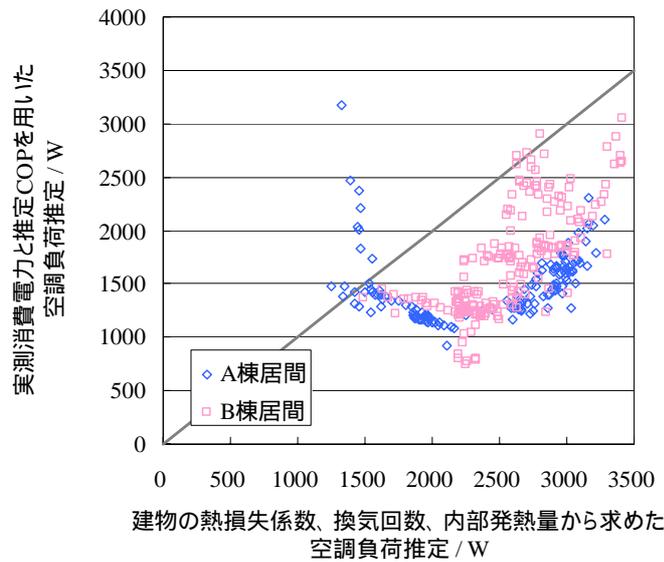


図 3-8 暖房についての実測消費電力と推定 COP を用いた空調負荷推定と建物の熱損失係数、換気回数、内部発熱量から求めた空調負荷推定との比較

図 3-7 および 3-8 より、日射熱負荷および蓄熱負荷を考慮していないことから、エアコンから推定される冷房負荷は建物情報等から推定される冷房負荷よりも大きく、暖房負荷は逆にエアコンから推定される暖房負荷が小さくなっている。

日射量と空調負荷の関係を調べる目的で、エアコンから推定される建物情報から推定される負荷とエアコンの推定 COP から求まる空調負荷の差と日射量の関係について、図 3-9 (冷房) および図 3-10 (暖房) に示した。

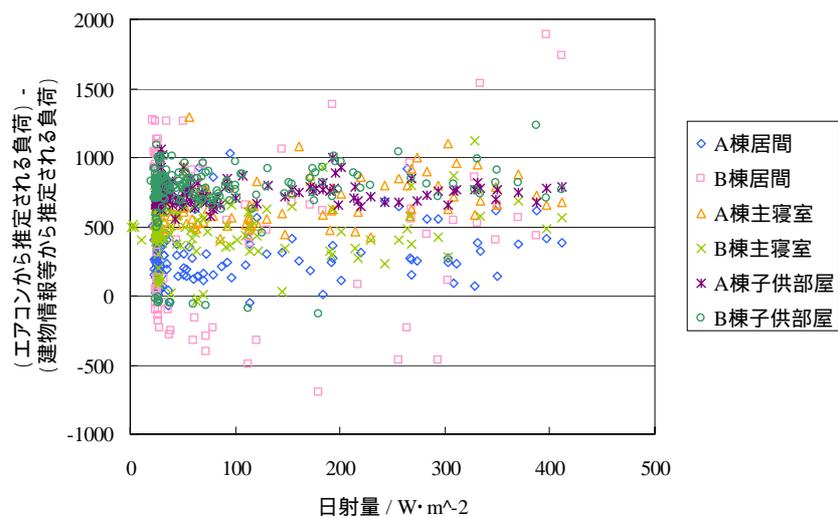


図 3-9 冷房におけるエアコンから推定される建物情報等から推定される負荷との差と日射量の関係

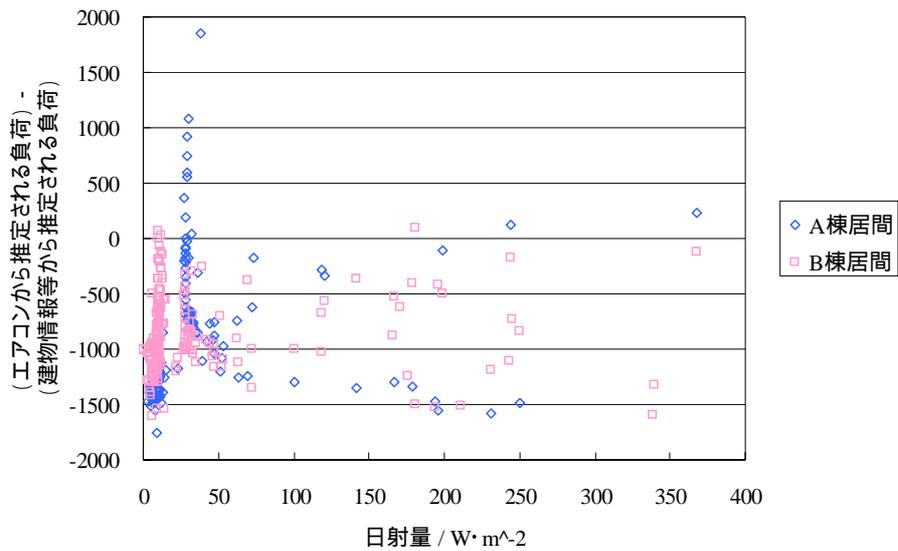


図 3-10 暖房におけるエアコンから推定される建物情報等から推定される負荷との差と日射量の関係

図 3-9 および 3-10 より、日射量と空調負荷推定の間に関係がないことがわかる。これは、日中のデータが少ないこと、また日中のデータであっても、カーテンを閉めていたことにより、 $400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  程度の日射量では、ガラス窓透過日射熱負荷の影響が顕著に現われなかったからであると考えられる。一方で、室内での蓄熱効果が大きいと考えられる。図 3-11 に、冷房の場合について、図 3-7 の建物情報から予想される負荷に  $600 \text{ W}$  を加えた場合を示した。図 3-12 に、暖房の場合について、図 3-8 の建物情報から予想される負荷から  $900 \text{ W}$  を差し引いた場合を示した。図 3-11 および図 3-12 のいずれも、予想される室内での発熱分を補正することにより、エアコンの消費電力とエアコンの推定 COP 値から求まる空調負荷に線形的な関係を見出すことができた。

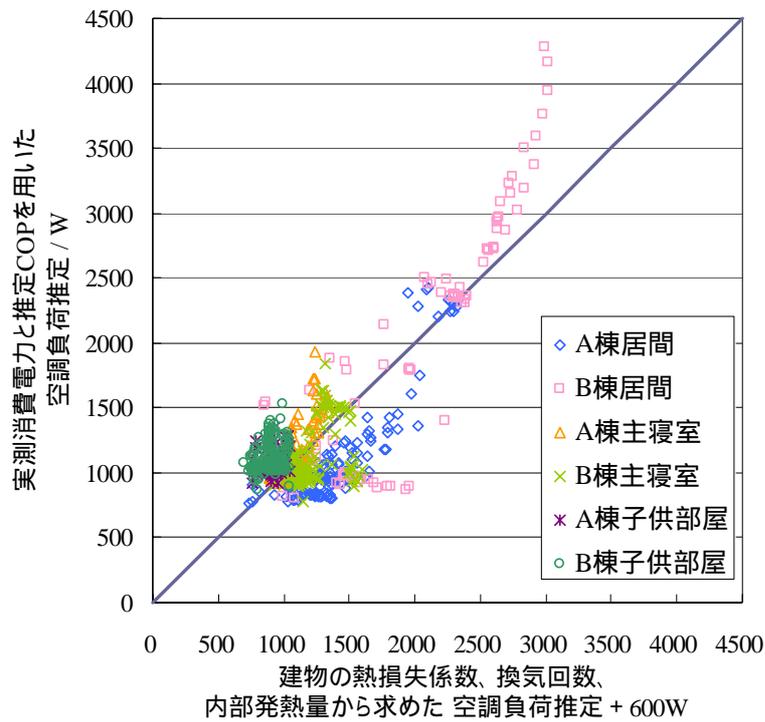


図 3-11 冷房についての実測消費電力と推定 COP を用いた空調負荷推定と建物の熱損失係数、換気回数、内部発熱量から求めた空調負荷推定に 600 W 加えた値との比較

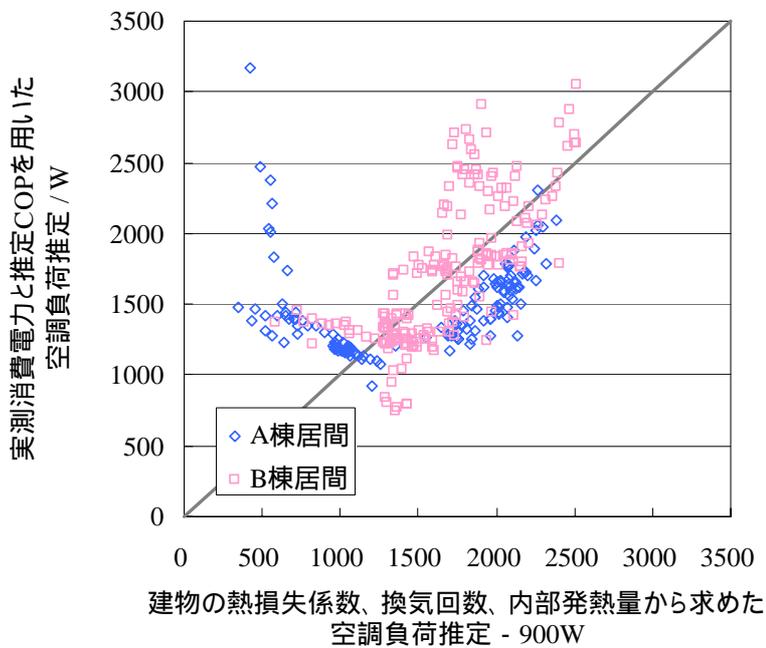


図 3-12 暖房についての実測消費電力と推定 COP を用いた空調負荷推定と建物の熱損失係数、換気回数、内部発熱量から求めた空調負荷推定に 900 W 引いた値との比較

今後は、これらの推定法を用いて、北陸地域のモニター家庭でのエアコンの消費電力実測値と本研究で求めたエアコンの COP 推定値を用いて空調負荷を推定し、建物から求まる空調負荷と比較して、その信頼性を確認したいと考えている。

### 3.4 まとめ

本年度は、以下の概説を行った。

① 住宅に置かれた冷蔵庫の消費電力推定法を昨年提案した。そこで、本年度は、北陸地域のモニター家庭の消費電力推定を行い、実測値と比較することにより、消費電力推定法の妥当性および信頼性を示すことができた。

- 1) 消費電力推定値に常に同程度の系統的偏差が見られる場合は、モニター家庭での周囲温度計測位置が特定されていないこと、また、外乱の影響を受けている可能性がある。
- 2) 上の系統偏差（誤差）を勘案して、北陸地域におけるモニター家庭の冷蔵庫実測消費電力と消費電力推定値の比較から、本推定法は周囲温度と消費電力の相関性を正確に捉えていると結論づけられる。
- 3) 今回のモニター家庭のようにある周囲温度での実測消費電力が正確に求まる場合はかなり高精度に消費電力推定ができるようになった。
- 4) 全国規模での冷蔵庫の実測消費電力を明らかにするなど、実測消費平均電力を求めることが難しい場合は、カタログにある年間消費電力推定値を 1.7 倍すればよいという指針を、北陸地域のモニター家庭の実測消費電力データから得ることができた。

今後の課題としては、下記を考えている。

- 1) 他地域のモニター家庭における冷蔵庫の消費電力実測値との比較を行い、地域性について検証すること。
  - 2) 上記 4) では 1.7 倍という仮の値を求めたが、カタログ値から求まる 25℃ の消費電力と冷蔵庫の平均的な使われ方（狭い空間に置かれる、扉開閉がある、内容物を沢山詰め込まれる等々）での消費電力の比較をして、この 1.7 倍というファクターをより正確に見積もる必要がある。
- ② 住宅に設置されたエアコンの消費電力推定法を逆に解いて、実測消費電力から空調負荷を計算し、建物情報から推定される空調負荷と比較することで、本研究で提案する推定法の検証を行った。
- 1) 横浜の試験住宅 2 棟に設置されたエアコンの消費電力実測値から、各部屋における空調負荷を計算したところ、夏季は建物情報から推定される冷房負荷より大きな冷房負荷がエアコンにかかっていることが明らかになった。

- 2) 同様に、冬季は建物情報から推定される暖房負荷よりかなり小さな暖房負荷しかエアコンにかかっていないことが明らかになった。
- 3) これらの負荷の差が、日射量に関係があると考え、その関係を検討したところ相関性が見られないことが明らかになった。比較に用いている実測値の多くは温度が安定している夜間あるいは日射の影響が小さいデータであり、日射による室内の蓄熱効果などにより常にほぼ同程度の室内の内部発熱がありその影響が現われているのではないかと推察した。
- 4) ここで室内の内部発熱による空調負荷への影響は、試験住宅の場合、夏季の冷房時には600W程度、冬季の暖房時には900W程度であることがわかった。この値は、たまたま今回の試験棟における値であり、それぞれの建物の断熱性能、日射条件、窓などの要素により、建物毎に大きく異なることが予想される。
- 5) いずれにしても、本研究で提案する消費電力推定法を逆に解いた消費電力から求めた空調負荷が、建物の情報から導いた負荷と線形性がみられることが分かり、夏季および冬季の実測データと矛盾しない推定値であることが確認できたと考えている。

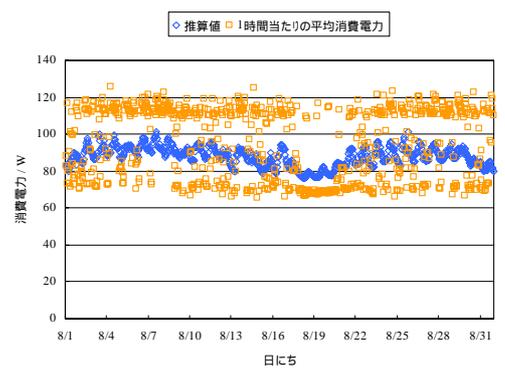
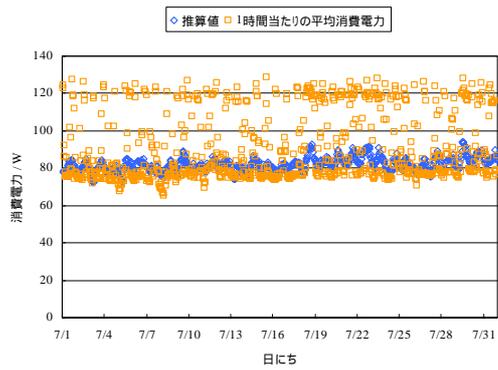
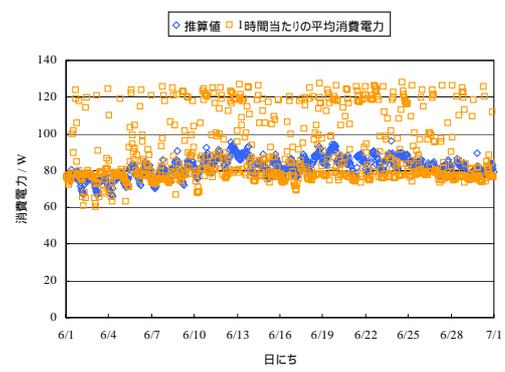
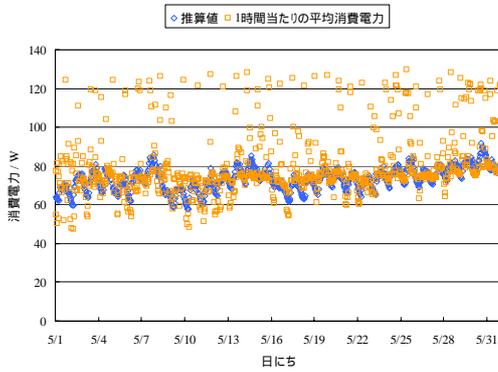
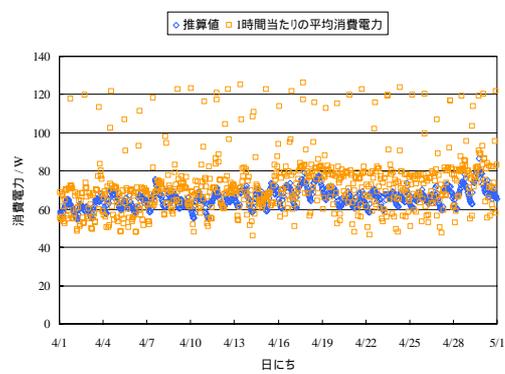
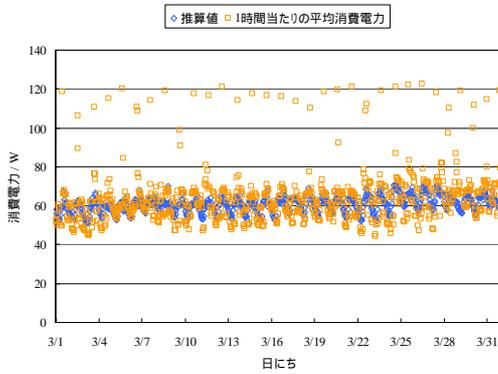
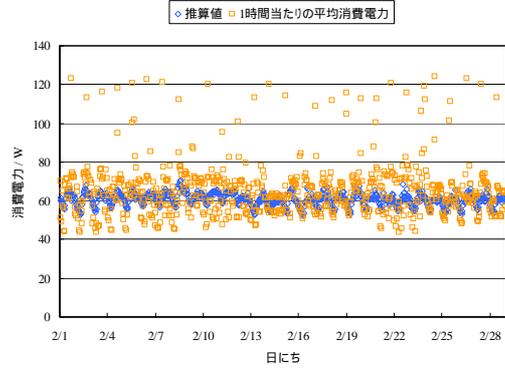
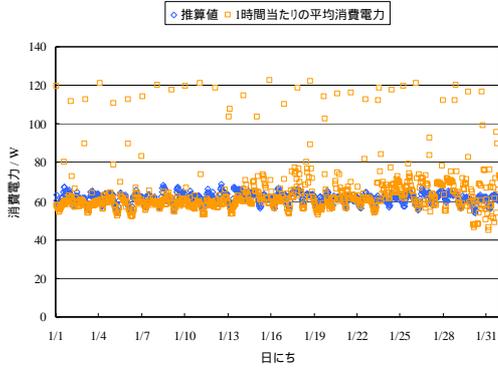
今後の課題として、まず、冷蔵庫と同様に北陸地域のモニター家庭のエアコンについて、得られている実測消費電力から空調負荷を計算し、建物情報から得られる空調負荷と比較することにより、本研究で提案する推定法のさらなる検証を行いたいと考えている。

以上、設定温度条件や置かれている周囲環境の温度により効率（成績係数、COP）が大きく変化する家庭用冷蔵庫およびエアコンに関して、その作動原理から熱力学的に様々な消費電力を推定する方法を提案し、モニター家庭および試験住宅の実測値情報と推定値の間に矛盾が無いことを明らかにすることができた。

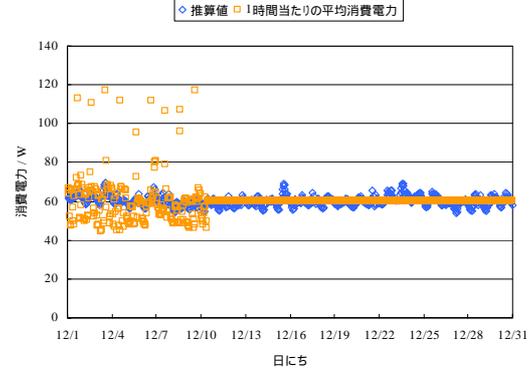
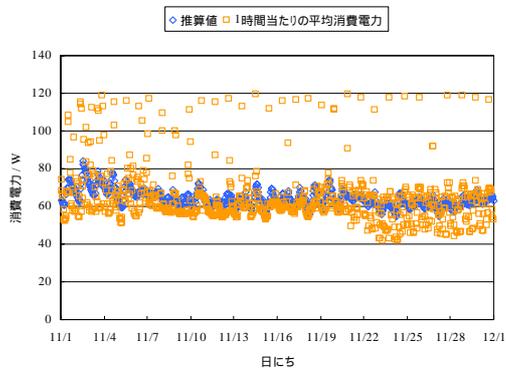
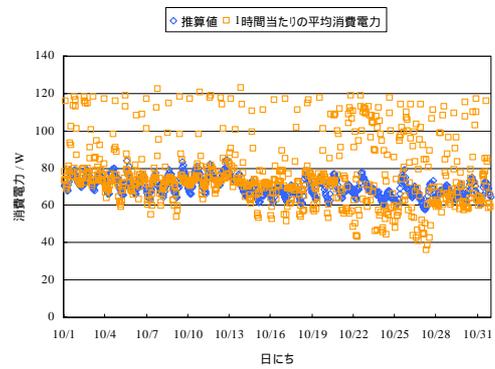
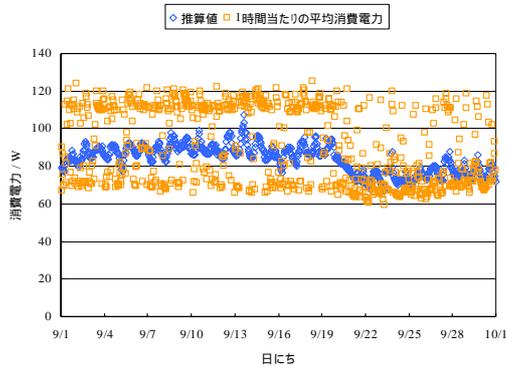
以上より、本研究で提案する消費電力推定法の検証ができたと考えている。

### 3.5 付録（冷蔵庫の消費電力推算式の検証）

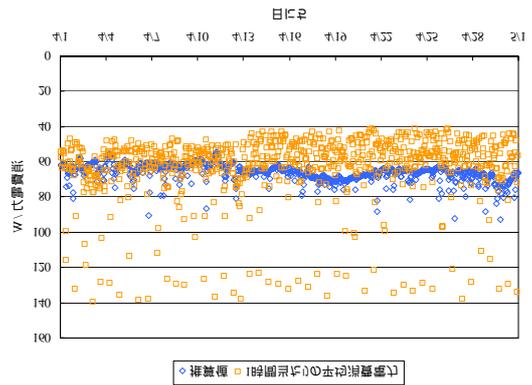
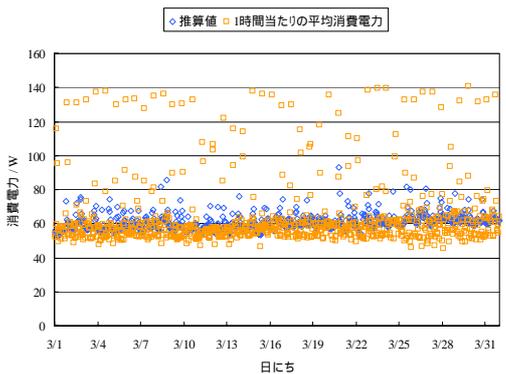
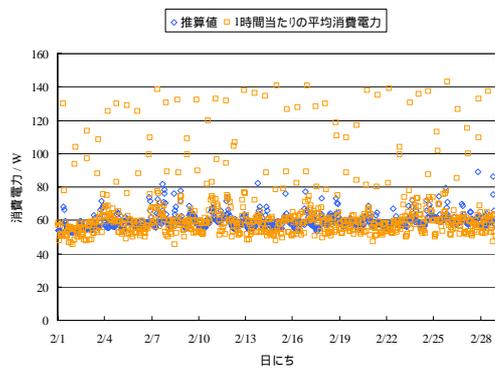
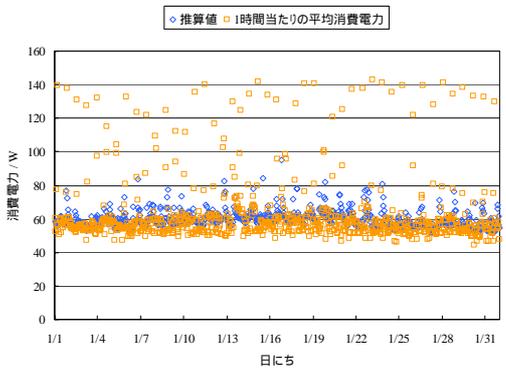
戸建 04 の場合（表 3-1 を参照のこと）



戸建て 04 の場合 (続き)



集合住宅 04 場合 (表 3-1 を参照のこと)



集合住宅 04 場合 (続き)

