

居住者の温熱要望申告を利用した空調制御法について

The control method of the air-conditioning system using occupants thermal requests

パナソニック電工 村上 昌史, 寺野 真明

Yoshifumi Murakami, Masaaki Terano (Panasonic Electric Works)

名古屋市立大学 原田 昌幸

Masayuki Harada (Nagoya City University)

名古屋大学 久野 覚

Satoru Kuno (Nagoya University)

キーワード：室温制御(Control of room temperatures), 温熱要望申告(thermal requests)
省エネルギー(energy saving), 合意形成ロジック(Logic of Building a Consensus)

1. まえがき

省エネルギー対策が強化される今日において、建築設備部門では、エネルギー使用実態の見える化からエネルギーロスを見付け出し、効率改善につなげるエネルギーマネージメントが推奨されている¹⁾。こうした活動において、オフィス居住者の環境に対する配慮や省エネルギー活動に対する協力を得ることができれば、設備システムと居住者を一体とした効率的なエネルギーマネージメントが可能になると考えられ、多くの方法が提案されてきた。特に、居住者の室温に対する要望を空調設備の運用に利用するエネルギーマネージメント手法が期待されてきたが¹⁰⁾、快適と感じる室内温度の異なる居住者が同居するオフィスでは、要望に基づき空調設備の運転を変えることができたとしても、居住者の合意、つまり運転に対する納得感が得られないため、居住者に受け入れられないといった課題があった。

本稿では、居住者の要望に基づいて室内温度を決定する空調制御システムにおいて、居住者に対して、身の回りの要望の申告状況や運転についての情報を提供することなどにより、居住者の納得性(合意性)を高める工夫を備えたエネルギーマネージメントシステムを開発したので報告する。

2. 従来型エネルギーマネージメントの課題

2.1 居住者側の情報収集

建築設備の効率を重視する従来型のエネルギーマネージメントシステムに、居住者の情報、とく

に心理情報を収集できる機能をくわえることで、居住者の心理状況と設備情報を一元的に管理され、エネルギーマネージメントの効率化が実現できる。そのためには、エネルギーマネージメントへの居住者参加を容易することが大きな課題となる。

2.2 居住者間の合意形成

室内温度条件として夏では約 23~26℃、冬では約 20~24℃ が国際的に推奨されている³⁾が、省エネルギーを緊急対策とする今日では、冷房温度 28℃、暖房温度 20℃ など、条件緩和による省エネルギー手法が手軽で即効性の高い方法として推奨されている²⁾。ところが、こうした温度設定については、ビル管理者側の一方的な室温設定に対してオフィス居住者の理解が得られにくく、期待したほど普及していないのが現状である³⁾。また、特性の異なる居住者が同居するオフィス形態において、室温が適切に運用されているとはいいがたい状況にある。一部の居住者の強い要求により室温が決められてしまうオフィスでは、多くの居住者が不快な環境に置かれ、非省エネルギー状態になってしまうことが指摘されている⁴⁾。

3. 「居住者参加型空調制御システム」

2.2 の課題に対する解決策として、居住者の室温に対する意見で設定温度を決定する方法が提案されてきたが、居住者に対する配慮が十分でなかったため、積極的には受け入れられてこなかった。このことから、「居住者参加型空調制御システム」

では、まずは居住者の参加を容易にし、次に身の回りの要望の申告状況を提供することで、居住者の運転に対する納得感を高める工夫が求められる。さらに、居住者集団の特性を考慮しながら、省エネルギー性を高める制御ロジックが求められる。

3.1 システム概要

図1に「居住者参加型空調制御システム」の構成図を示す。大掛りな改修工事を必要とする一般的な省エネルギー制御システムに比べ、オフィス系、設備系のネットワークが整備されたオフィス環境に設備コントローラを設置するだけで、パーソナルコンピュータ（以下、PCと記す）を介して入力された居住者の要望を空調制御に反映させることができ、既設建物への適用可能な構成となっている。このコントローラは、集積された居住者の要望と、快適性、省エネルギーを考慮した制御ロジックに基づいて設定温度を変更させる。また同時に、制御履歴や周囲の申告状況、予測エネルギー消費量などの空調制御に関する情報を居住者にフィードバック（以下、情報フィードバックと記す）させることで、温熱環境に対する合意形成を促す。

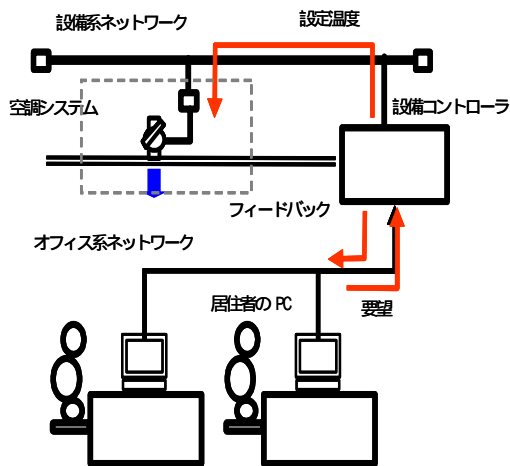


図1 居住者参加型空調制御システムの構成図

3.2 要望申告画面

居住者のエネルギーマネジメントへの参加行為を容易にするため、申告行為の簡単さが求められる。そこで業務で身近に利用されるPCを介して要望を申告できるようにしている。PC上のWebブラウザや専用アプリケーションを通して、申告画面を任意のタイミングで起動し、「上げてほしい」、「下げてほしい」2段階の温度変更要望¹⁰⁾の申告

を行う(図2)。また、評価用に快適感を7段階で、寒暑感を7段階で併せて申告を行う。

要望	快適感	寒暑感
<input type="checkbox"/> 上げてほしい	<input type="checkbox"/> 非常に快適	<input type="checkbox"/> 非常に暑い
	<input type="checkbox"/> 快適	<input type="checkbox"/> 暑い
	<input type="checkbox"/> やや快適	<input type="checkbox"/> やや暑い
	<input type="checkbox"/> どちらでもない	<input type="checkbox"/> どちらでもない
<input type="checkbox"/> 下げてほしい	<input type="checkbox"/> やや不快	<input type="checkbox"/> やや寒い
	<input type="checkbox"/> 不快	<input type="checkbox"/> 寒い
	<input type="checkbox"/> 非常に不快	<input type="checkbox"/> 非常に寒い

図2 要望申告用画面

3.3 制御ロジック

居住者の要望を総括して温熱環境を制御するには、合意のもとで設定温度を決定する制御ルールが必要である。このルールを「合意形成ロジック」と呼び、業務形態や性別などさまざまな特性を有する居住者が同居するオフィス形態に適応するため、種々の制御ロジックを開発している⁵⁾⁶⁾。ここでは、その中で基本的なロジックについて紹介する。

3.3.1 「合意形成ロジック」

制御のフローチャートを図3に示す。設備コントローラは一定の時間間隔でオフィスに在室する居住者の在室人数や温熱環境に対する要望の集積を行い、その在室人数と要望から算出される居住者全体に対する要望の割合（以下、要望率と記す）と制御ロジックに基づく設定温度とを決定し、同時に運転・制御状態に関する情報を更新する。また任意のタイミングでの要望申告を許すため、要望申告は居住者が申告してから一定時間後（2時間）、もしくは合意形成によってその要望が満たされるまでコントローラに蓄積される。設定温度が変更され温熱環境が安定するまで（20分間）、要望の申告は収集されるが制御の判定は行わない。基本ロジックとして、居住者の要望を重視した「快適優先ロジック」（図4）と、冷房エネルギーの削減を目的とした「省エネ優先ロジック」（図5）を開発した。居住者からの温熱環境に対する要望の割合が図中の・・に位置する場合、現状の設定温度に対して所定温度だけ上昇、維持、下降の変更がなされる。要望が少ない場合は多くの居住者が現状の温熱環境に対して満足していると判断し、「快適優先ロジック」では設定温度を変更し

ないが、「省エネ優先ロジック」では積極的に冷房エネルギーを削減するため設定温度を上昇させる。

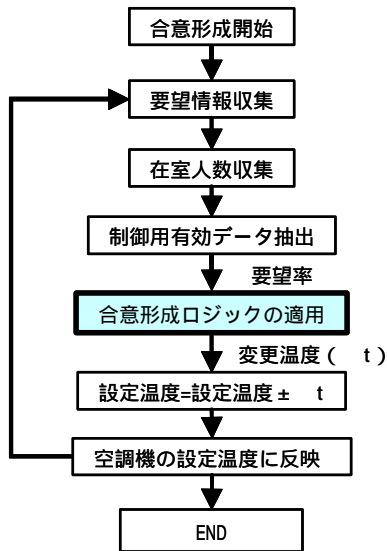


図3 制御フローチャート

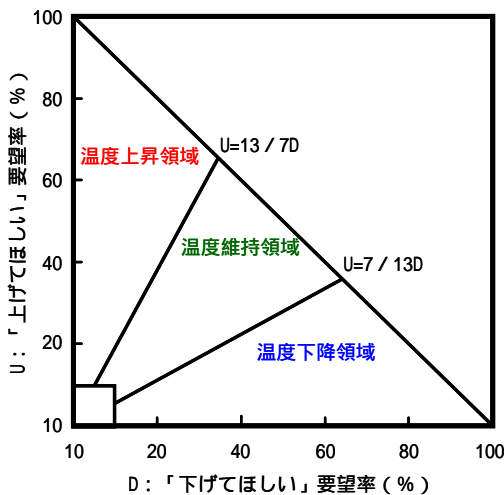


図4 「快適優先ロジック」

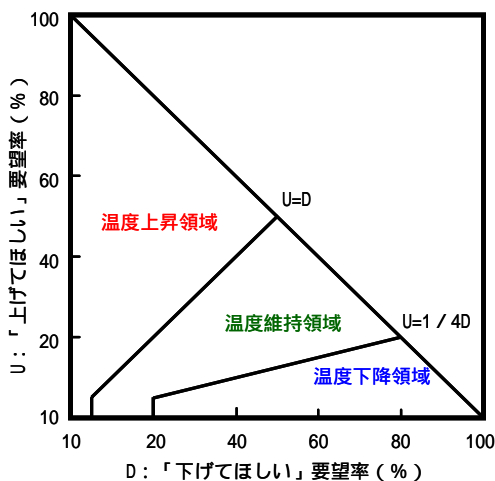


図5 「省エネ優先ロジック」

3.3.2 女性優先ロジック

冷房の強いオフィスでは冷えに弱い女性に対して負担を強い場合が多い。そこで「女性優先ロジック」では、女性への負担を軽減させるため、女性からの要望申告に対する重みを適宜、変化させることによって女性の要望を優先させている。たとえば、「上げてほしい」の要望に対しては、女性の要望に対する重み係数 W_f を用いることでその要望を強めることができる。

$$wU_f = W_f u_f \quad \text{式(1)}$$

ここで、 wU_f は女性の重み付け後の「上げてほしい」要望数(人)、 u_f は女性の「上げてほしい」要望数(人)を表す。

その重みは女性の優先度合いや女性の占める割合なども考慮されるべきであることから、重み係数 W_f は男性全体に対する女性全体の優先度 p と男性、女性それぞれの人数 N_m, N_f (人)を用いた(2)より算出される。

$$W_f = \frac{N_m}{N_f} p \quad (2)$$

3.4 情報フィードバック画面

居住者各自の要望に基づいて設定温度を決定したとしても、全員の満足感を保証することは困難である。そこで居住者の不満を和らげるためには、その運転状況に納得してもらうことが必要であり⁸⁾、その方法として周囲の申告状況や省エネルギーへの理解を促す情報提供が有効と考えられる。図6に情報フィードバック画面を示す。申告状況、予測エネルギー消費量などの空調制御に関する情報のほかに、制御状況の内容を閲覧できるようにしている。とくに、周囲の申告状況の情報は、他人の意見を過小評価する合意性バイアス⁷⁾の解消に有効と考えられる。

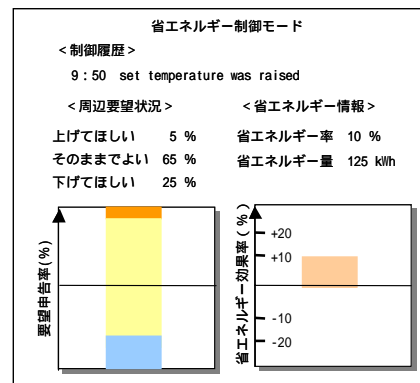


図6 情報フィードバック画面

4. 実証実験による効果検証

「合意形成ロジック」による設定温度の制御が居住者の満足感、省エネルギー効果に与える影響を明らかにするため、東京都内にあるオフィスビル（以下、T-Bと記す）の8Fフロアと大阪府内にあるオフィスビル（以下、D-Bと記す）の1F北西側フロアを対象にそれぞれ夏季1シーズンで実証実験を行った。図7,8にTビル、D-Bの平面図を、表1に建物概要と居住者属性を示す。図中の枠内にあるインテリアゾーンを実験対象とする。それぞれの空調システムに関しては、T-Bでは南北方向に2系統のマルチ型パッケージエアコンディショナと外調機が併用されているのに対して、D-Bでは4管式のエアハンドリングユニットが採用されている。また居住者の属性に関しては、T-Bでは居住者のほとんどが男性であるのに対して、D-Bでは居住者の半数が女性である。

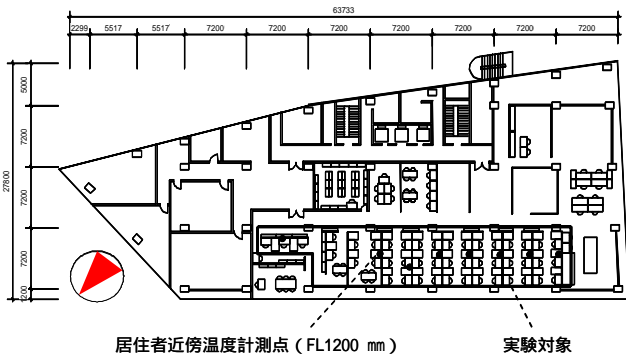


図7 Tビル対象フロアの平面図（8F）

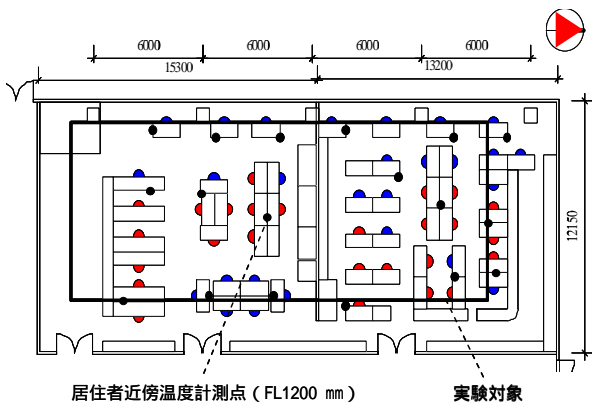


図8 Dビル対象フロアの平面図（1F）

表1 建物概要および居住者属性

	Tビル	Dビル
所在地	東京都内	大阪府内
延床面積(m ²)	14,711	22,275
空調システム	ビル用マルチ室内機 外調機	エアハンドリングユニット
対象者(人)	29(男性26,女性3)	48(男性:25,女性23)
着衣量(clo)	0.69±0.18	0.62±0.17
	男性:0.70±0.20 女性:0.64±0.19	男性:0.60±0.15 女性:0.64±0.19

実験は表2に示す条件に基づいて行われる。通常運用での設定温度条件（D-Bでは26℃，T-Bでは25℃）を、本システム導入による効果を評価するための基準条件とする。「省エネ優先ロジック」以外に、省エネルギー効果を期待し、制御開始の設定温度（以下、開始温度と記す）を基準温度より+2℃に高くして「快適優先ロジック」を適用する実験条件を設ける。さらに、「女性26D」では男性に対する女性の要望の優先度 p を2とする。「省エネ優先ロジック」の適用時では設定温度の上限値を26.0℃とする。また、居住者から任意に申告される要望を毎分評価し、「合意形成ロジック」を基に0.5℃刻みで設定温度を変更させる。

表2 制御実験の実験条件

実験名称	対象フロア	ロジック	開始温度	実験期間
「快適25T」	T-B	「快適優先」	25	2005. 8/9,10,11
「快適27T」	T-B	「快適優先」	27	2005. 9/1,2,5,6
「省エネ25T」	T-B	「省エネ優先」	25	2005. 9/12,14,15
「快適26D」	D-B	「快適優先」	26	2006. 7/24,25,26,27,28
「女性26D」	D-B	「女性優先」	26	2006. 8/7,8,9,10,11

居住域近傍の温熱環境として、図7、図8中の黒丸で示す8点、12点における床上1200mmの室内温度を1分間隔で測定する。吸込温度やエネルギー消費量などの空調機に関する情報をBEMS(Building Energy Management System)より収集する。要望の申告以外の主観量として、T-Bでは実験終了時に毎日、D-Bでは実験条件ごとに、その期間を通じての温熱環境に対する満足感、快適感、寒暑感を7段階尺度で測定する。また実験期間終了時に、本制御システムの利便性などについてのペーパーアンケート調査を行う。

5. 実験結果

5.1 設定温度の推移

図9, 10に, T-B, D-Bでの冷房時における「合意形成ロジック」適用実験の代表的な結果を示す。実験中の温熱環境に対する要望率(「上げてほしい」「下げてほしい」の要望割合), 吸込温度, 「合意形成ロジック」によって決定される設定温度, 居住域近傍で計測される室内温度の平均値(以下, 居住域平均温度と記す)とその標準偏差の時間的推移を示す。また図10の「女性優先ロジック」には, 女性を優先しなかったと仮定した場合の要望率である仮想温度上昇要望率と仮想温度下降要望率も追加して示す。

図9からT-Bにおける「快適25T」では「上げてほしい」と「下げてほしい」の申告が多く発生し, 設定温度が上がったり下がったりするが, この間, 居住域温度は設定温度の変化に追従できずに, 25.5~26.0の範囲で安定的に推移している。また開始温度が基準温度より+2高い「快適27T」では多くの日で, 午後に「下げてほしい」の要望が多く発生して設定温度は下がるが, 終日, 基準温度25より高い温度で推移する傾向にある。これは基準温度25に対して設定温度条件が緩和されて省エネルギーになっていることを示す。居住域温度は, 設定温度の変化と連動して下降する傾向にある。「省エネ25T」では終日, 「下げてほしい」の要望が少ないため設定温度は午前中に上限値の26まで達し, そのまま維持している。

以上から「快適25T」では相反する要望がきつ抗したため, どちらの要望に対しても優先的に温熱環境が変更されることはない。「快適27T」と「省エネ25T」の両実験条件とも設定温度が基準温度に対して高い温度域で制御されていることから, 設定温度の条件緩和が安定的に行われ, 省エネルギーが実現されていると考えられる。

図10から「快適26D」では若干数の「上げてほしい」要望が申告されたが, すべての日で設定温度は制御されず, 居住域温度もほとんど変化していない。それに対して, 「女性26D」では女性の要望を優先する温度上昇要望率と優先しない仮想温度上昇要望率との関係から女性の要望を優先する場合のほうが, 頻度高く制御されており, それと連動して居住域温度も変化していることがわかる。この傾向は5日の実験日のうち3日でみられ, 女性の要望を優先することで, 空調制御に反映されやすくなり, 女性にとって不満の少ない温熱環境に近づいていると考えられる。

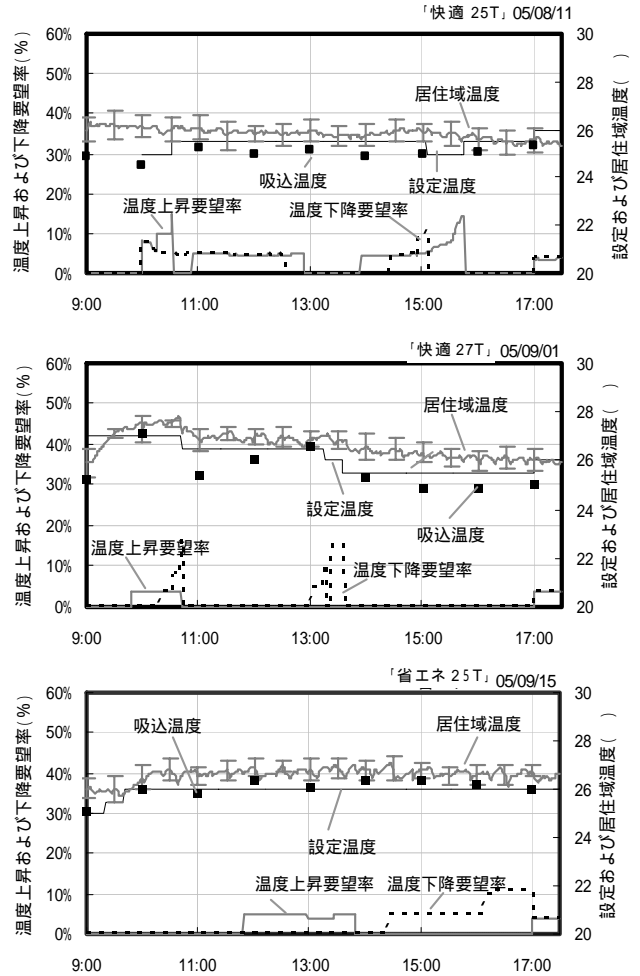


図9 Tビル制御ロジック適用時の温度と要望率

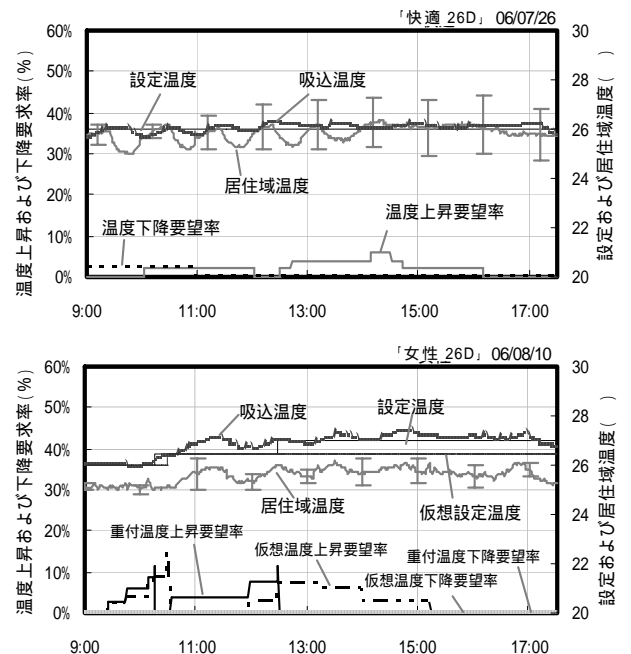


図10 Dビル制御ロジック適用時の温度と要望率

5.2 温熱環境に対する満足感

図 11 に T-B の夏季において、毎日の実験終了後に 1 日通しての満足感、寒暑感に関するアンケートを実施し、その結果および平均居住域温度とその標準偏差を示す。

寒暑感について「快適 25T」での「やや寒い」から「非常に寒い」の申告割合が他条件と比較して約 20% 程度高いのに対して、「快適 27T」、「省エネ 25T」では両者の間に 4% 程度の差異しかみられない。この違いは、「快適 25T」の居住域温度は「快適 27T」と比べて約 1.8 低かったのに対し、「快適 27T」と「省エネ 25T」との間には約 0.2 の差しかなくないためと考えられる。

満足感について「快適 25T」と開始温度を 2 高くした「快適 27T」の制御ロジックは同じであるにもかかわらず「快適 25T」のほうで「やや不満」から「非常に不満」の申告割合が「快適 27T」に比べて約 55% 程度高い。これは、「快適 25T」では 5.1 で述べたように「上げてほしい」と「下げてほしい」の要望がきつ抗しているため、設定温度が制御されているにもかかわらず、結果としてどちらの要望に対しても温熱環境が変更されていないためと考えられる。

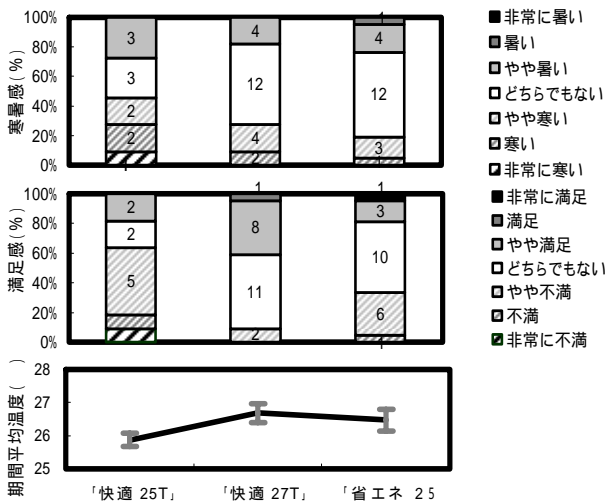


図 11 T-B (夏季) 実験終了時の満足感、寒暑感と期間平均温度

このことから「快適 27T」のように開始温度を高くする方が、要望に従って温熱環境が変更されることで満足感が高まり、さらに省エネルギー効果が期待できると考えられる。また寒暑感に顕著な違いのない「快適 27T」、「省エネ 25T」では、「省エネ 25T」の「やや不満」から「非常に不満」の申告割合が「快適 27T」に比べて約 26% 程度高い。

両実験条件とも設定温度の緩和による省エネ効果が期待できるにもかかわらず、満足感については「快適 27T」の「やや満足」～「非常に満足」の申告割合が「省エネ 25T」に比べて約 21% 程度高い。これは、開始温度を基準温度に対して+2 に設定する「快適 27T」と、要望がなければ積極的に設定温度を省エネルギー側に設定する「省エネ 25T」での制御方法の違いが要因と考えられる。

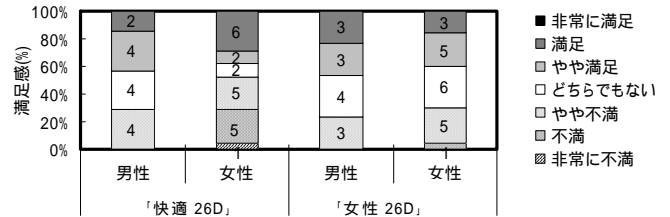


図 12 D-B 実験終了時の満足感の男女比較

次に、「女性優先ロジック」の居住者心理に及ぼす影響について検討するため、「快適 26D」と「女性 26D」の実験期間の最終日に実施した期間通じての満足感に関するアンケート結果を男女別にまとめたのが図 12 である。「快適 26D」と「女性 26D」では、男性の申告内容に差異はみられないが、女性については「女性 26D」の「やや不満」～「非常に不満」が「快適 26D」に比べて約 22% 低いことがわかる。

5.3 省エネルギー効果

効果の期待できる「省エネ制御ロジック」を適用する場合と、開始温度を基準温度より 2 高くして「快適優先ロジック」を適用する場合の省エネルギー効果の検討を行う。

季節変動の大きい空調システムに対する省エネルギー効果を評価するには、気象条件による影響分を補正する必要がある。気象条件の補正方法としてさまざまな方式が提案されている⁹⁾が、気象条件として日平均外気温度を利用した簡易的な補正方法でも、十分な相関が得られることが知られている。そこで、各種制御ロジックにおける日平均外気温度と積算空調消費電力量の相関関係を求め、その関係から気象条件による影響分を補正し、夏季 7 月～9 月の期間全体での空調消費電力量を積算しているのが表 2 である。

従来型の設定温度一定の制御法と比較して、10% 以上の空調消費電力量の削減効果がみられる。制御ロジックによる省エネルギー効果の差は

1.2%と小さいことがわかる。

表 2 冷房電力消費量の削減効果

実験名称	25	快適 27T	省エネ 25T
積算消費電力量 (kWh/m ²)	59.8	50.3	51.2
空調電力削減率 (%)	-	15.80	17.00

5.4 各種制御ロジックに関する考察

ここでは、5.1～5.3節の結果に基づき、各種制御ロジックの特徴を運転条件別に総括する。

- (1) 省エネルギーと満足感を両立させたい場合
強制的に設定温度を省エネルギー側に变化させる「省エネ優先ロジック」のほうが、開始温度を2高くして「快適優先ロジック」を適用する条件に比べ、1.2%程度省エネルギー効果が大きくなる。それに対して、不満率では「省エネ優先ロジック」のほうが26%程度高かった。
- 以上から、省エネルギーを優先する場合は「省エネ優先ロジック」が若干、有利であるが、満足感と省エネルギーのバランスを考慮すれば、「快適優先ロジック」のほうが望ましいといえる。
- (2) 女性社員からの不満を減らしたい場合
「女性優先ロジック」を適用することで、女性の不満率が22%低下していることから、女性社員の不満を抑えるためには「女性優先ロジック」が有効であるといえる。

5.5 本制御方式が居住者心理に及ぼす影響

5.5.1 制御システムの有効性

実験終了後に実施したアンケートに基づき、居住者参加による空調制御方式が居住者心理に与える影響について考察を行う。表3に、本制御システム、情報フィードバックの有効性について集計した結果を、表4に室温制御への申告行為が業務に及ぼした影響について集計した結果を示す。

表3から80%以上の居住者は利用した体感として、その有効性について認めている。「わからない」と回答した居住者の多くは、その理由として席にあまりいなかったことを挙げており、事実上、ほとんどの居住者がその有効性を認めている。表4において約80%の居住者が業務に影響なしと回答している一方で、「面倒である」、「業務に影響ある」の回答が約20%に達している。後者の回答者には、PCに不慣れな年配者や接客中に申告できない方が多いことから、今後は、PC端末以外の要

望申告方法について検討が必要である。

表 3 本制御システム、情報フィードバックの有効性 (N=36)

	有効であった (%)	有効でなかった (%)	わからない (%)
本制御システム	86	3	11
情報フィードバック	81	11	8

表 4 要望申告行為が業務に及ぼす影響 (N=31)

	業務に影響なし (%)	影響ないが、面倒である (%)	業務に影響ある (%)
申告の操作性	79	15	6

5.5.2 情報フィードバックの効果

表5に情報フィードバック画面における各項目の必要性について集計した結果を、表6に情報フィードバックが居住者心理に及ぼした影響について集計した結果を示す。表5から、全項目において必要性を示しているが、「省エネに関する情報」では、比較的、低い値を示している。これは、他の情報に比べて「省エネに関する情報」は自分自身とのかかわりが薄いため、関心が低いものと考えられる。今後、省エネルギーの協力を強化するためにも、居住者自身にかかわりある情報提示が必要と考えられる。

表6から周囲の申告状況を見て70%以上の居住者が納得できていることがわかる。このことから、居住者の総意によって設定温度を決定できる本制御システムにおいて、多くの居住者がその運転に納得できていると考えられる。つまり多くの居住者間で温熱環境に対する合意が形成されているものと考えられる。

表 5 各情報項目の必要性 (N=36)

	あったほうがよい (%)	なくてもよい (%)	わからない (%)
周辺の申告状況	89	11	0
最新の制御履歴	89	8	3
省エネルギー情報	75	14	11

表 6 情報フィードバックの心理効果 (N=22)

	おおむねできた (%)	できないときもあった (%)	できなかった (%)
周囲の申告状況を見て納得できた	73	21	6

6. シミュレーション構築と評価

本章では、前章の実験結果から居住者の申告行為を再現する居住者申告モデルを構築し、さらにエネルギーシミュレーション「TRNSYS」に組み込むことで、居住者の申告行動からエネルギー消費量を評価できるシミュレーションモデルを開発する。こうしたツールは実システムの開発、導入段階でこうした各種要因に対するシステムの特性を効率的に把握してするのに有効である。

6.1 シミュレーションモデル¹²⁾

シミュレーションモデルは居住者の周辺環境に対する要望申告情報から設定温度の決定までを再現する「居住者申告シミュレーション」と、得られた設定温度と機器特性からエネルギー評価を行う「エネルギーシミュレーション」より構成されている(図 13)。前者のモデルでは、周辺環境から居住者全員の要望申告の発生を予測し、その要望情報に基づき設定温度を決定する。後者のモデルではエネルギーシミュレーション「TRNSYS」を用いて、その設定温度に対するエネルギー評価を行う。居住者の要望申告は、実験データから得られる室内温度と申告発生割合の関係式(図 14)に乱数を与えることで確率的に予測される。また居住者の申告発生の傾向を一度の計算で一意に求めることは難しいため、1000 回程度の繰り返し計算を行い、その計算結果から統計的に特徴のあるデータを抽出、加工し、エネルギーシミュレーションに引き渡している。

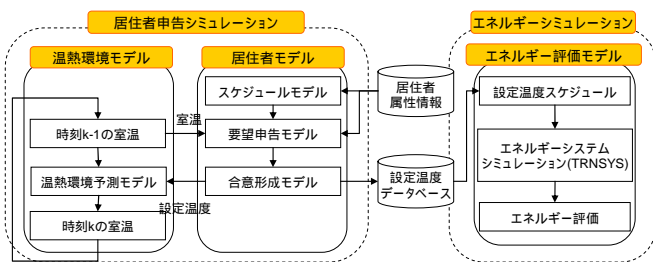


図 13 シミュレーションモデルの全体スキ

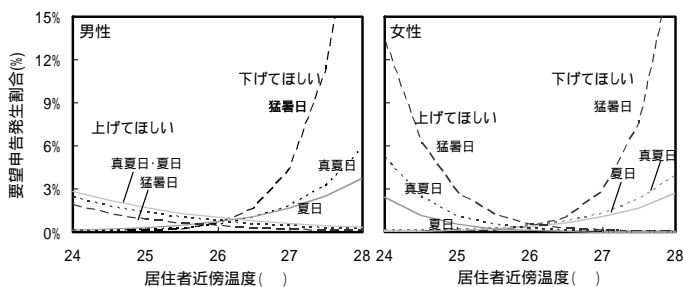


図 14 居住者の申告発生予測モデル概要

6.2 計算条件

本検討では、東京に立地する建物をモデルケースとして、本制御方式を導入する際の冷房期間全体での設定温度とエネルギー消費量の推移について検討を行った。

シミュレーションの対象フロアとして、855m²(57m×15m)の南向きフロアを想定する(図 14)。また、在籍者85名(男性43名、女性42名)として、PC作業を中心とした事務職を想定する。計算時間としてオフィスで執務する9時~18時を、計算ステップとして10分とする。気象データには、拡張アメダスの東京気象データを用いた。制御ロジックとして「快適優先ロジック」を適用し、開始温度 28 (快適 28)の場合を設定する。またシミュレーションでは、999 回の繰り返し計算を行い、各時刻で得られた設定温度を降順に整理し、中央値、上位 5%、下位 5%を時系列順につなぎ合わせることで一日の設定温度データを生成する。一度の合意形成により設定温度は 0.5 変更されるものとし、図 14 の温熱環境予測モデルでは 20 分間で設定温度に反映されるように段階的に室内温度を変化させるものとする。空調システムとして、ガス吸収式冷凍機を備えた中央熱源と電気式の個別空冷ヒートポンプを備えたビルマルチ方式を計算対象とし、TRNSYS のコンポーネントを利用してモデル化を行う。機器リストを表 7 に示す。

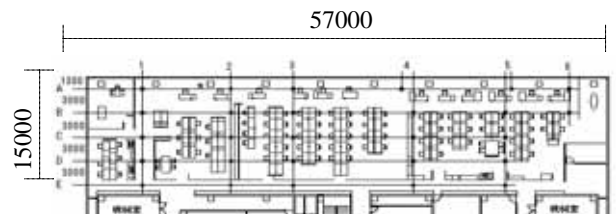


図 15 対象フロアの平面図

表 7 空調システムの機器リスト

	中央熱源方式	ビルマルチ方式
熱源機器	ガス吸収式冷凍機	電気式空冷HP
熱源機器能力	熱源1台: 100kW	外調機2台: 15kW×2 室外機3台: 23kW×3
性能(定格COP)	熱源: 1.2	外調機: 4.2 室外機: 4.2
行きファン特性	定格能力: 19000m ³ /h 消費電力量: 12.0kW	室内機: 12台 定格能力: 1500m ³ /h 消費電力: 1.5kW
還りファン特性	定格能力: 15000m ³ /h 消費電力量: 4.0kW	
2次側ポンプ特性	定格能力: 230l/min 消費電力量: 2.3kW	

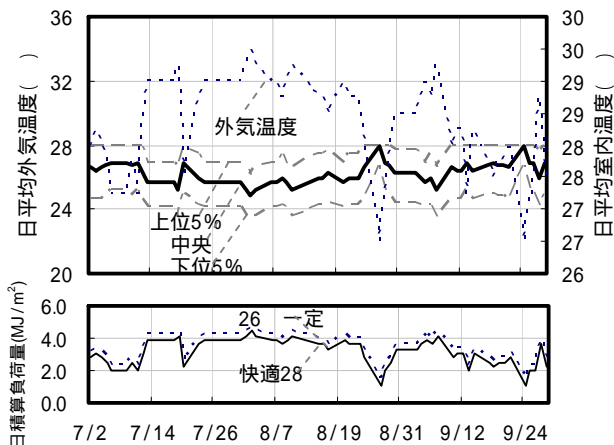


図 16 日別設定温度の平均値と空調負荷の推移

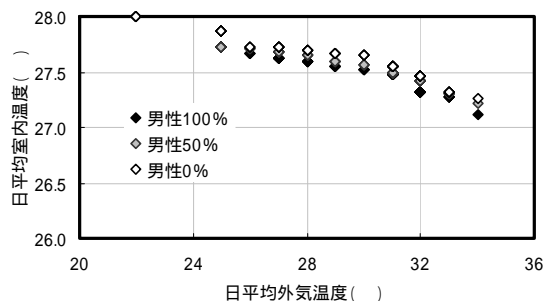


図 17 男女割合別外気温度と室内温度の関

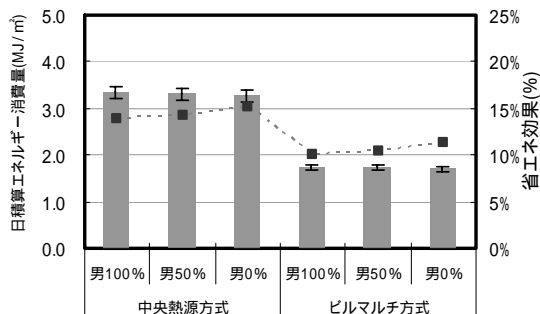


図 18 冷房期間エネルギー消費量の平均値

6.3 計算結果

冷房期間全体での設定温度の変動と、それと連動する空調負荷の変動を把握するため、7月～9月の日平均設定温度と空調負荷の時間的推移結果を示すのが図 16 である。設定温度は中央値を中心に変動しながら推移しており、外気温度が上昇した時には設定温度が下降し、逆の場合では上昇する傾向にある。これより冷房期間中、設定温度は日々の外気温度の変化に影響されながら推移していたことがわかる。また、空調負荷についても同様の傾向が見られ、外気温度の変動と連動しながら変化することがわかる。設定温度 26 との差に

関して、概ね 0.4MJ/m² 程度の差が認められ、その差に顕著な変動は認められない。

男女構成比、外気温度が期間全体で設定温度に与える影響を把握するため、男女構成比別に日平均外気温度と設定温度の関係をまとめたのが図 17 である。上述のように設定温度が外気温度に影響されていることがわかる。また男女構成割合別の設定温度について、すべての外気温度において平均 0.2～0.3 程度の違いしかない。これは近傍温度 26 以上の「下げてほしい」の申告発生において、男女間でほぼ同様の傾向であることが影響している(図 14)。

図 18 に空調方式別に冷房期間全体での日積算エネルギー消費量の平均値を示す。ここでの省エネルギー効果とは設定温度 26 に対しての空調エネルギー消費量の削減割合を示す。今回、検討した空調方式では、ビルマルチ方式でエネルギー消費量が中央熱源方式に比べ小さく、省エネルギー率も同時に低い傾向にある。いずれにしても、どちらの空調方式においても冷房期間全体で 10% 以上の省エネルギー効果が得られることがわかる。

7. あとがき

オフィス居住者の室温制御への参加を可能にさせ、居住者の合意のもとで設定温度を決定できる「居住者参加型空調制御システム」の開発し、実証実験やシミュレーション検討を通じて居住者の満足感を維持しつつ、10%以上の省エネルギー効果が得られることを示した。また、さまざまな管理・運用形態に適應するために幾つかの制御ロジックを開発し、実証実験を通じて以下の結論が得られた。

1) 省エネルギーを優先したい場合

「省エネ優先ロジック」を適用するのが望ましい。

2) 省エネルギーと快適性のバランスを考慮したい場合

冷房時の開始温度を高くして「快適優先ロジック」を適用するのが望ましい。

3) 女性の満足感を高めたい場合

「女性優先ロジック」を適用するのが望ましい。

今後は、さらにセキュリティシステムと連携させ、居住者の情報を利用したエネルギーマネージメントの機能拡充に取り組みたい。

【参考文献】

- 1)地球温暖化対策推進本部：地球温暖化対策推進大綱，環境省地球環境局行政資料，
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/taiko/all.pdf>
- 2)ASHRAE:Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta:ASHRAE Inc.，
Standard 55 -1992,(1992)
- 3)土居 健太郎：みんなで止めよう温暖化チーム・マイナス6%特集 COOL BIZ，空気調和・衛生工学，第7号，p.7（2006）
- 4)de Dear R.J.，Auliciems.A: Air conditioning in Australia II，User attitudes. Arch. Science Review，Vol. 31，p.19-27（1986）
- 5)Yoshifumi MURAKAMI，Masaaki TERANO，Kana MIZUTANI，Masayuki HARADA，Satoru KUNO: Field Experiments on Energy Consumption and Thermal Comfort in the Office Environment controlled by Occupants' Requirements from PC Terminal，Building and Environment，Vol.42，p.4022-4027（2007）
- 6)村上昌史，原田昌幸，久野 覚，寺野真明：居住者の温熱要望申告を利用した空調制御方式に関する研究，日本建築学会環境系論文集，Vol.626，p. 535-542（2008）
- 7)田村 美恵：他者判断と所属集団サイズが合意性推定に及ぼす影響，実験社会心理学研究，Vol.45，No.1，p.1-12（2005）
- 8)Vine E，Lee E，Clear R，DiBartolomeo D，Selkowitz S.：Office worker response to an automated venetian blind and electric lighting system：a pilot study. Energy and Buildings，Vol.28，No.2，p.205-218（1998）
- 9)寺野 真明，栗林 春樹，村上 昌史，藤原 ゆり，十河 知也，鳴海 大典，下田 吉之，水野 稔：建物ベースライン消費量推定による既築ビルの省エネルギー効果評価手法の開発，日本建築学会技術報告集 No.19，p.203-208(2004)
- 10)McIntyre D.A.：Preferred air speeds for comfort in warm conditions，ASHRAE Transactions Vol.84，p264 277(1978)
- 11)Newsham.G.：Method and system for polling and data collection，US Patent5,615,134,No.394741 (1995)
- 12)村上昌史，木戸 広太，原田 昌幸，久野 覚，寺野 真明：居住者の温冷感申告を利用した空調制御法に関する研究 その 8，日本建築学会梗概集 (2008)