

低炭素ライフスタイルイノベーションを展開する

評価手法構築事業委託業務報告書

(家電制御を活用した快適性と省エネルギーを

両立するライフスタイル創出のための指標策定)

平成 28 年 3 月

株式会社 富士通総研

日本環境技研 株式会社

目次

要約	1
Abstract	2
第1章 はじめに.....	3
第1節 本事業概要・背景.....	3
1. 事業の概要.....	3
2. 事業実施の背景.....	4
第2節 指標の体系的整理.....	5
1. Non-Energy Benefit とは	5
2. 「快適性」に影響する要素の整理.....	6
3. 本業務で構築する NEB 評価指標（快適性指標）.....	6
4. 快適性に関する既往の研究の整理.....	8
5. 快適性指標の活用による波及的効果.....	11
第3節 評価指標改良の方向性.....	12
1. 過年度業務の成果.....	12
2. 本年度の検討方針.....	15
第4節 本年度の実施内容.....	17
1. 検討方針等の整理.....	18
2. 現地調査等の実施.....	18
3. NEB 評価指標、評価方法の改良及び妥当性の検証.....	19
4. 二酸化炭素排出削減効果の定量的評価.....	20
5. 取組の普及検討.....	20
6. 外部専門家等からの技術的助言等.....	20
第2章 現地調査の実施と快適性指標案の作成.....	23
第1節 快適性指標案の改良方針（再掲）	23
1. 室温以外の要素の追加.....	23
2. 世帯間のばらつきの反映.....	33
第2節 制御実験.....	49
1. 実験概要.....	49
2. 夏季実験結果.....	54

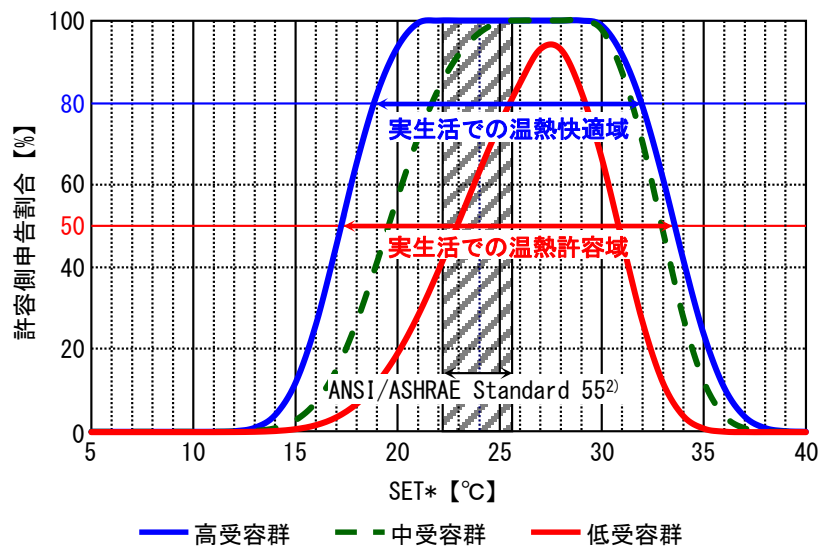
3.	冬季調査の結果.....	65
4.	実験結果のまとめ.....	74
第3章	評価手法の構築および妥当性の検証.....	80
1.	評価手法の構築と検証.....	80
2.	受容群判別の検証.....	84
3.	有識者による妥当性の検証.....	91
第4章	二酸化炭素排出削減効果の評価.....	97
1.	低炭素ライフスタイルとエネルギー消費量との関係 (文献調査).....	97
2.	取得電力データによる分析.....	98
3.	二酸化炭素排出削減量の算出.....	101
第5章	結論・まとめ.....	114
第1節	本年度事業の成果.....	114
1.	本事業の目的と過年度の成果.....	114
2.	本年度の仮説.....	115
3.	現地調査.....	115
4.	CO2削減量の算出.....	120
5.	本年度の成果.....	122
第2節	NEBの普及・拡大の方向性.....	123
1.	普及拡大のための課題と解決の方向性.....	123
2.	普及拡大の今後の道筋.....	126
補足資料	126
1.	アンケート結果.....	129
2.	機器設置マニュアル.....	155

要約

本報告は、「低炭素ライフスタイルイノベーションを展開する評価手法構築事業」委託業務の事業内容について記述するものである。本業務の実施期間は平成26年度～27年度の2年となっており、本報告では、平成27年度の成果を中心に報告する。

本業務では、過年度の実施結果等を踏まえながら、家庭内の空調設備の運用最適化（遠隔自動制御）を行い、居住者の快適感の受け入れ度合（受容性）をもとに、快適性指標を作成した。本年度は、過年度作成した指標をもとに、「室温以外の要素の追加」と「世帯間のばらつきの反映」に取り組んだ。

「室温以外の要素の追加」は、「気温」に代わり「SET*」を利用することで対応した。また、「世帯間のばらつきの反映」については、現地調査の結果、「環境調整行動」が受容性の違いに影響を与えることが分かり、受容性の異なるグループ毎に快適性指標を作成することに成功した。



図：受容群別・SET*と許容側申告割合との関係

Abstract

This document is a report of "evaluation approach construction business in order to achieve a low-carbon life style innovation". Project period of this work is the 2014 ~ 2015 fiscal year. In this report we will report the results of the 2015 fiscal year.

This project is based on the last year of implementation results. We have air conditioning in the sample home and remote control, on the basis of the state of acceptance of comfort of residents (receptive), we have created a comfort index.

This year, based on the index that was created last year, it worked on "additional elements other than the room temperature" and "reflection of the variation between households".

"Additional elements other than room temperature", was enabled by utilizing instead "SET *" to the "temperature". On the other hand, for the "reflection of the variation between households" is, field survey of the results, "environmental adjustment behavior" has been found to affect the difference of acceptability, then we have created a comfort index for each group with different acceptability.

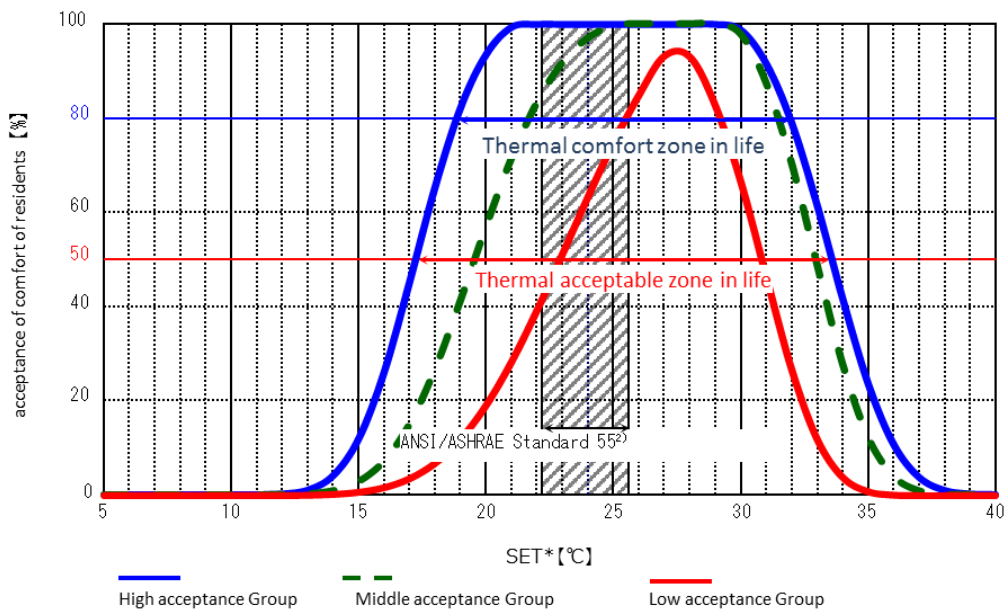


Figure: SET * and acceptance rate of each acceptance group

第1章 はじめに

第1節 本事業の概要・背景

1. 事業の概要

本報告は、「低炭素ライフスタイルイノベーションを展開する評価手法構築事業」の内容について記述するものである。本業務では、高効率機器などの低炭素技術の導入だけでなく、エネルギー消費量を削減しつつも快適性などを損なわない、新たな低炭素ライフスタイルを提案、普及していくための指標の確立を目指すものである。本業務の業務実施期間は平成26年度～27年度の2年となっており、本報告では、平成27年度の成果を中心に報告する。

1970年代の2度の石油危機をうけて、1980年に住宅分野に告示された省エネルギー基準は、その後、1992年、1999年、2013年と3度の強化改正が行われている¹⁾。1999年の告示以降、1世帯当たりのエネルギー消費量は漸減傾向にあるが、住宅分野全体としては、いまだに漸増傾向にある²⁾。住宅分野には、外皮や設備の性能向上にとどまらず、エネルギー消費をともなう生活自体を見直す機会をえて、さらなる省エネルギーの実現を図ることが必要である³⁾。また2011年の東日本大震災以降、電力供給逼迫時の生活の継続という観点から、快適とはいかないまでも、安全、許容の範囲内での暖冷房の使用が話題となる機会が増えている。住まい手は、外気温や室温などの環境情報を身につけることによって、自らの環境調整行動を段階的に更新させると言われている⁴⁾。外気温や室温の情報とともに、実生活での温熱許容域の提示によって、住まい手の環境調整行動を、より省エネルギーに資するものへと誘導できると考える。

本業務は、この新たな低炭素ライフスタイルを提案し普及していくため、エネルギー消費量のような従来の指標に加え、地域の生活様式・気候の特性等を踏まえ先人の知恵や伝統技術、絆等も活かした生活の豊かさに着目した指標（Non-energy Benefit (NEB)）の確立を目的とするものである。

2. 事業実施の背景

本業務で、空調を遠隔で制御することによる受容性をもとにした快適性指標を作成するに至った背景は、下記3つに整理できる。

一つには、想定するCO₂削減効果の大きさである。空調設備は、家庭の消費電力の大きな割合を占めるものの、健康に影響する内容であるため、省エネのみを優先させることが難しい。また、構成員の身体感覚や家の構造等にも影響を受けるため、一概に省エネ設定温度を推奨するだけでは効果が限定的となる。そのような複雑さから、空調利用は個々の家庭内の裁量（住まい手の意思・感覚）によるところが大きく、削減余地が大きいと推測できる。

次に、汎用性・展開性の高さである。本事業で、遠隔制御することを想定している空調設備（エアコン）は、家庭の中でも消費電力が大きいことに加え、普及率が高い。さらに比較的安全に制御を行うことが出来る。よって、本事業の成果を幅広く普及させることが容易である。また、最新の一部のエアコンは通信機能を有して外部から情報を取得することも可能となっており、今後の機能の展開性が大きいと考えたためである。

最後に、学術面での意義である。後述するように、快適性の指標については様々な研究がなされているが、実生活で、また一定量のサンプルを基礎とした実証実験は、発展途上である。そのため、今回のように実際の住まい手に対する反応を数多く集めることによる研究結果は、学術面でも非常に意義が大きいと言えるだろう。

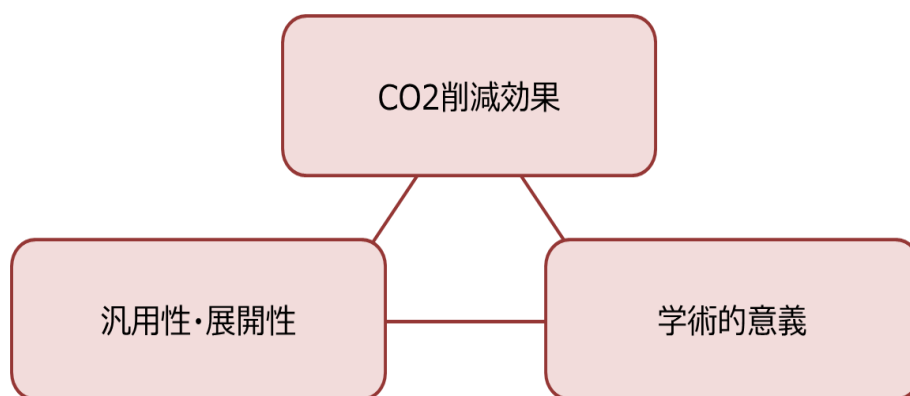


図 1-1 : 事業実施の背景

第2節 指標の体系的整理

1. Non-Energy Benefit とは

Non-Energy Benefit（以下 NEB）の評価手法については、エネルギーイノベーションタウン調査委員会報告（2014年6月：委員長：一般財団法人建築環境・省エネルギー機構理事長、村上周三氏）の第2フェーズ調査報告である「カーボンマイナス・ハイクオリティタウン調査（2010年3月）」において、コベネフィットの貨幣価値換算方法（Energy Benefit（以下 EB）も含む）として、下記の分類に基づき示されている状況にある。

指 標	
a.環境価値創出に 対する便益	a1.CO2削減価値
	a2.グリーンエネルギー（グリーン電力・熱創出価値）
b.地域経済への波及に 伴う便益	b1.インフラ建設投資による経済波及効果
	b2.事業運営による経済波及効果
	b3.不動産価値上昇効果（住宅地）
	b4.不動産価値向上効果（商業地）
c.リスク回避による便益	c1.BLCPへの貢献エネルギー供給停止時の損失回避効果
	c2.法規制等強化・基準値引下げ等に伴うリスクの回避効果
	c3.健康被害の回避効果（家庭部門）
	c4.健康被害の回避効果（業務部門）
d.普及・啓発効果 としての便益	d1.先導的・モデル的事業による啓発・教育効果
	d2.先導的・モデル的事業による広告宣伝効果
e.居住・執務環境の向上	e1.執務者の知的生産性向上
	e2.健康管理

*カーボンマイナスハイクオリティタウン報告書より

図 1-2:NEB の 5 分類

本事業では過去に検討された NEB の分類と貨幣価値換算方法を踏襲した上で、独自の切り口として居住者（家庭部門）における「快適性」に特化・注力した NEB 評価手法の構築に取り組んだ。本事業で構築した NEB 評価指標を快適性指標と呼ぶ。前述のように、快適性（居住者それぞれの健康増進、知的生産性向上等を含む）と CO₂ 削減の両立は、我が国の低炭素ライフスタイルイノベーションを支える「家庭」における、温暖化対策の一層の推進に向けたキーポイントと考えたためである。

2. 「快適性」に影響する要素の整理

したがって、今回の操作可能な要素は、「気温」のみである。しかし実際には、住まい手が感じる快適性には着衣量や活動量等の本人の条件（①本人の条件）や部屋の日照や断熱性といった建物条件（③）、さらには立地条件（④）や地域の条件（⑤）等の要素も影響しているはずである。つまり、空調の制御を受け入れるかどうかという住まい手の判断には、潜在的にこれらの要素が含まれていると言える。

しかし、これらの条件をすべて取り入れて指標を作成することは、非常に困難であるとともに、汎用性を損なうものとなる。よって、今回は、湿度や気温等の部屋の環境に加え、着衣や活動量等の本人の条件等を踏まえた指標作成を行った。立地条件、地域条件については、検証の主目的とせず、むしろ条件の似通った母集団を検証対象とすることで、その影響を排除するよう努めた。その一方、検証上特徴的な値が出た場合には、その裏付けとして、アンケート等で収集しておいた地域条件や立地条件を参考にした。



図 1-3：快適性に影響する要素

3. 本業務で構築する NEB 評価指標（快適性指標）

室内環境の快適性について、これまでの指標は温熱環境に対する住まい手の温冷感にもとづくものが多く、その要素は、室温や湿度などを変数として構成されている。しかし、これらの指標は、一般に事務所などの執務空間のような、常時、空調されている状況を想定して提案されたものである。これに対して、実生活で、住まい手がエアコンなどの発停操作や設定温度を選択するときには、温冷感に加えて、住宅周辺の自然環境や世帯ごとにかかえる事情などを踏まえて、総合的に判断している。

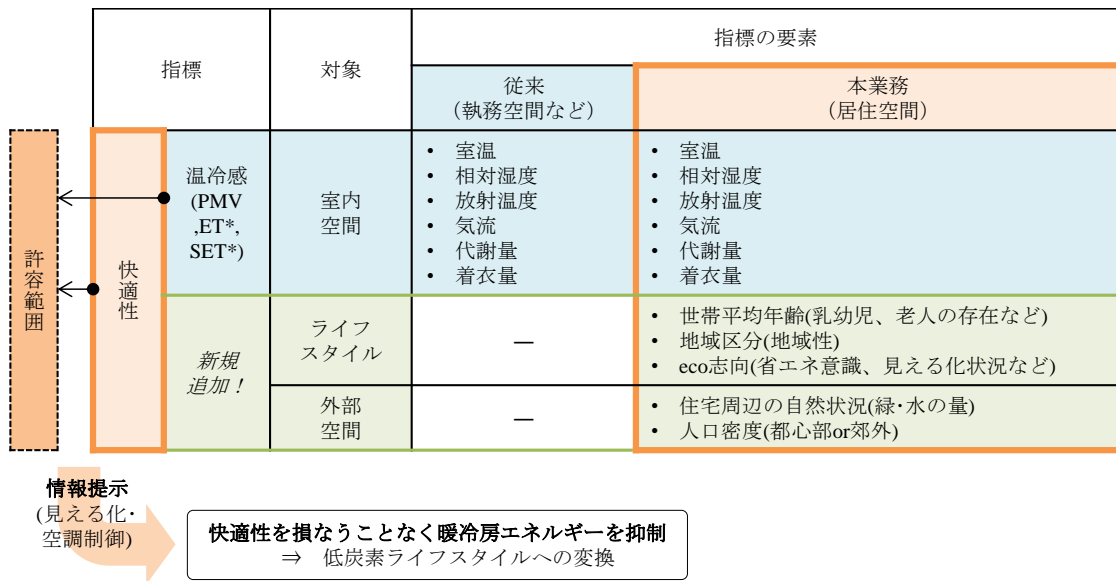


図 1-4 : 本業務で目指す快適性指標

本業務では、この総合的な判断を「快適性」と定義し、上図に示すように、世帯ごとの特徴を踏まえた快適性の指標化を行う。これにより、住まい手に、指標にもとづくエアコンの設定温度の判断基準を例示するなどすれば、設定温度が緩和され、快適性を損なうことなくエネルギー消費量を抑制することが期待できる。抑制されたエネルギー消費量は、電気代の節約、というわかりやすい形で住まい手（消費者）に貨幣価値として認識されるとともに、CO₂削減量として定量的に把握することも可能であることから、従来の NEB 評価指標とは異なる、独自の切り口でありながら、親和性のあるものとなる。

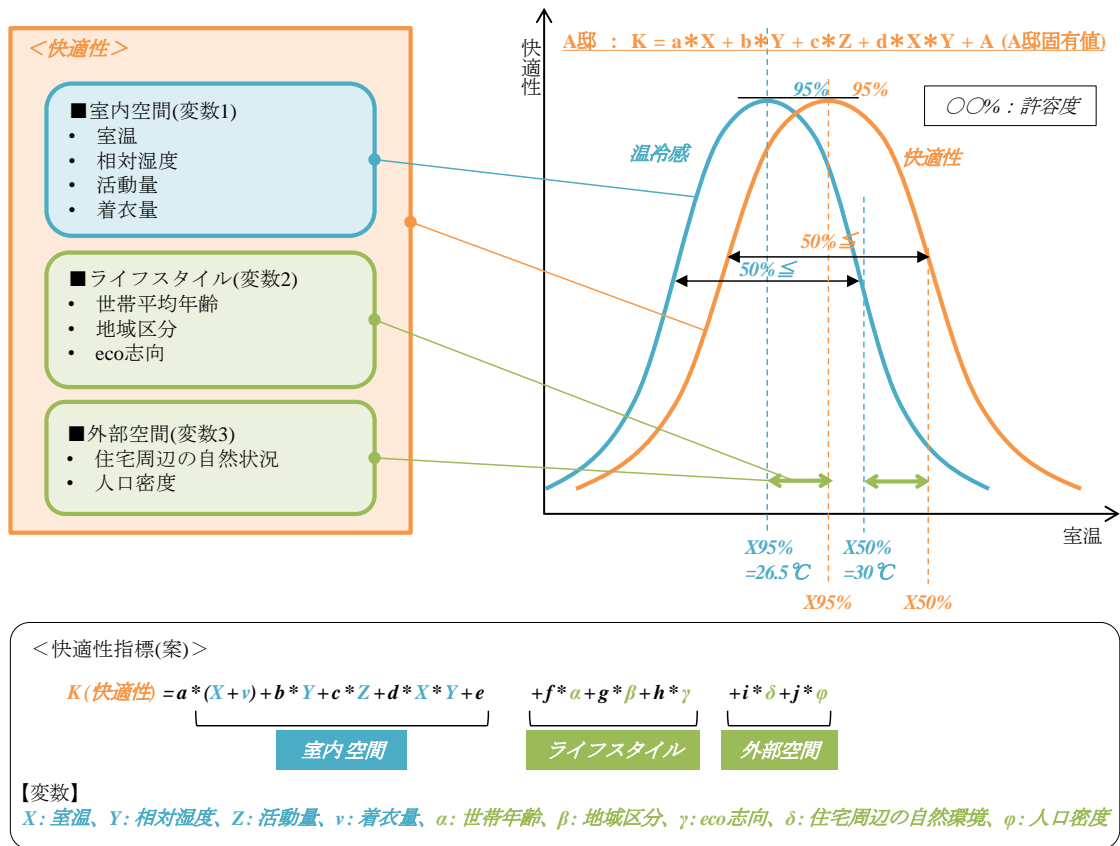


図 1-5 : 快適性指標の考え方

実生活での快適性として、ここでは、室内の温熱環境要素である「室内空間」、世帯ごとの「ライフスタイル」、住宅周辺の「外部空間」の3つを要素として想定する。「快適性指標」は、上図に示すように、「室内空間」の温冷感にもとづく指標²⁴⁾に、「ライフスタイル」「外部空間」の変数を加えた式を想定する。このうち、「ライフスタイル」と「外部空間」の項は、世帯ごとに異なる固有値となるため、世帯により異なる特徴を踏まえた、実生活に則した快適指標となることが期待できる。

4. 快適性に関する既往の研究の整理

温熱環境に対する人の反応を単純化させた指標で評価しようという試みは、200年以上にもわたって行われてきている⁵⁾。ただし、その範囲は、空調技術、気象学、心理学、生理学、産業医学、衛生学、軍事などと、それぞれの分野の興味や必要性によって進められてきており、指標の対象や目的には、あまりにも幅があるのが実情である⁶⁾。

これまでに提案されてきた代表的な温熱環境評価指標とその特徴を、表 1-1 に示す⁷⁾。

体系的な調査により、温熱環境の総合評価を目指し、開発された指標として認められる最初は、Yaglou の有効温度 ET(Effective Temperature)とされている⁸⁾。有効温度 ET は、当時の米国の産業を支えた、炭鉱で働く人の労働環境を評価するために開発された指標であり、Yaglou は、静穏気流下で上半身が裸の男性にとっての温熱快適域を、湿り空気線図上に示している。乾球温度や湿球温度を指標としてきた当時としては、その組合せにより相対湿度 100%RH のときの等価温度として表現される有効温度 ET の概念は、画期的なものであったと想像する。現在、建築分野で一般に用いられる標準新有効温度 SET*の前身、ET*(New Effective Temperature)は、開発者 Gagge が、先駆者 Yaglou への敬意をこめて名前を付けたものと言われている⁹⁾。

現在、建築分野で一般に用いられる温熱環境評価指標に、Fanger が開発した予測平均温冷感申告 PMV(Predicted Mean Vote)と、Gagge が開発した標準新有効温度 SET*(Standard Effective Temperature)がある¹⁰⁾¹¹⁾。これらは、1000 人以上の被験者を対象に行った人工気象室実験の結果を整理して指標化したものである。特に、SET*の前身である Gagge の新有効温度 ET*の開発には、日本の西もかかわっており¹²⁾、汎用性を高めるために改良された標準新有効温度 SET*は、現在、広く建築分野でもちいられている。しかし、極めて正確に制御された環境下で行われ、温冷感に性差や季節差を認めない人工気象室実験の結果は、実生活での温熱環境に適用できないと指摘されることが多い。なかでも、Humphreys は、実生活での温冷感は季節によって大きく変化し、住まい手は広く温熱環境を許容するとしている¹³⁾。

これまでも、実生活での温熱許容域について検討した研究がいくつかある。既往の研究とその概要を、表 1-2 に示す。澤地、松尾、羽田野、福島の研究¹⁴⁾では、東京近郊および都心に所在する住宅について実態調査を行い、1 日 4 回の指定時刻に申告してもらった暖冷房使用の有無と室温との関係を整理して、過半数の冷房行為が生起する室温範囲は 29.3°C～32.1°C、過半数の暖房行為が生起する室温範囲は 14.6°C～16.3°Cとしている。羽原、鳴海、下田、水野の研究¹⁵⁾では、大阪府に所在する住宅について実態調査を行い、暖冷房設備の吹出温度が大幅に変化したときの室温を整理して、過半数の冷房行為が生起する室温範囲は 29°C～30°C、過半数の暖房行為が生起する室温範囲は 13.5°C～16°Cとしている。中谷、松原、藏澄の研究¹⁶⁾では、兵庫県および大阪府に所在する住宅について、夏季に実態調査を行い、1 日 9 回の指定時刻、暖冷房設備の発停操作時、および任意に申告してもらった暖冷房使用の有無と、住まい手の温熱環境に対する主観評価、室温を整理して、23.9°C～33.1°C の範囲で室温が変動し、平均室温が 28.9°Cであった夏季調査期間中の温熱環境は、多くの

住まい手に許容され、温冷感中立室温は新有効温度 ET*で 28.6°Cであったとしている。また、飛田、中谷、松原、藏澄、島田の研究¹⁷⁾では、冬季にも実態調査を行い、5.9°C～26.8°Cの範囲で室温が変動し、平均室温が 17.4°Cであった冬季調査期間中の温熱環境は、90%を超える住まい手に許容され、温冷感中立室温は新有効温度 ET*で 9.9°Cと著しく低かったとしている。

表 1-1：代表的な温熱環境評価指標とその特徴

分類	指標	提案者	物理的・生理的意義と特徴	適用範囲
温熱環境測定による物理的指標	湿球温度計	Haldane (1905)	水蒸気分圧と温度の評価。 $T_{wb} = T_a - 2.0 \times (P_{wb} - P_a)$	発汗による調節域の上限付近、高湿度作業環境
	カタ寒暖計	Hill (1916)	環境の冷却力の評価。気流の影響を過大に評価する傾向がある。	風速計として利用される
	グローブ温度計	Vernon (1930)	温度、放射、気流の3要素を評価。作用温度OTを、近似的に測定するのにもちいら	放射効果、平均放射温度(Tr)の算出に用いられる。 $Tr = T_g + 2.37 \times \text{SQRT}(v) \times (T_g - T_a)$
	Comfort meter	Madsen (1973)	温度、放射、気流の測定をもとに、着衣量、代謝量を算定し、湿度を水蒸気分圧として電子回路系の定数に与えて、PMV(Predicted mean vote)を指示する。	暖房環境
生理的指標	予測4時間発汗速度(P4SR)	McArdle (1947)	発汗量の予測を、温度、湿度、放射、気流、代謝量を変数とするノモグラムをもちいておこなう。	耐暑限界の予測
	有効温度(ET)	Houghten Yaglou (1923)	温度、湿度、気流の組合せを被験者の主観的判断にもとづいて比較。等価温度のノモグラムを構成。低温域で湿度の影響を過大に、高温域で過小に評価。生理的反応との間に相関がない。	開発当初は炭鉱などの労働環境
主観的指標	修正有効温度(CET)	Vernon (1932)	有効温度ETを求める際に、温度のかわりにグローブ温度をもちいるもので、有効温度ETに放射の効果を入り込める効果がある。	放射源のある暖冷房環境
	風力冷却指数(WCI)	Siple Passel (1945)	温度と風速をもとに、環境の冷たさを評価。 $WCI = 13.13 + 0.6215 \times t_a - 13.96 \times v^{0.16} + 0.486 \times t_a \times v^{0.16}$	極寒地における凍傷の予防
	湿球黒球温度(WBGT)	Yaglou Minard (1957)	温度、湿度、放射、気流の測定により有効温度ETの近似値を与える試み。 $WBGT = 0.7 \times T_{wb} + 0.2 \times T_g + 0.1 \times T_a$ または $= 0.7 \times T_{wb} + 0.3 \times T_a$	軍において兵士の訓練の限界の予測や作業環境
	不快指数(DI)	アメリカ気象局 (1959)	温度、湿度の組合せにより、有効温度ETの近似値を与える。簡便で理解が容易。 $DI = 0.72 \times (T_a + T_{wb}) + 40.6$	暑熱環境
	Oxford index (WD)	Lind (1964)	温度と湿度の評価。 $WD = 0.15 \times T_a + 0.85 \times T_{wb}$	暑熱環境
	作用温度(OT)	Winslow (1937)	温度、放射、対流熱伝達率、放射熱伝達率を含む等価温度。	放射環境、通常室内
熱収支式に基づく総合的指標	熱ストレスインデックス(HSI)	Belding Hatch (1955)	温度、水蒸気分圧、放射、気流、代謝量をもとに、蒸発によって失われるべき放熱量(Ereq)を算出。皮膚表層からの蒸発によって体温調節が可能な余地を評価。	高温作業環境、耐暑限界の予測
	予測平均温冷感申告(PMV)	Fanger (1970)	温度、湿度、放射、気流、呼吸放熱量、代謝量、着衣量を変数として熱平衡をもたらず環境要素の組合せを求める。ただし、発汗による体温調節は含まない。	暖房環境
	新有効温度(ET*) 標準新有効温度(SET*)	Gagge Stolwijk 西 (1971)	発汗による体温調節機能を含む人体モデルに基づき、温度、湿度、放射、気流、代謝量、作業量、気圧、人工空気などの環境変数より、生理量として、皮膚温温度、体内温度、発汗量、貯熱量などを総合的に評価できる。	人工空気、気圧、水中などを含むあらゆる環境

表 1-2 : 既往の研究とその概要

著者	題目	発表年	内容	備考
澤地孝男 松尾陽 羽田野健 福島弘幸	暖冷房行為生起の決定要因と許容室温範囲に関する検討 住宅の室内気候形成に寄与する居住者の行動に関する研究その1	1987年	暖冷房操作の生起室温を提示。過半数の住まい手は、冷房を室温29℃～32℃で、暖房を室温14.5℃～16.5℃で操作。	東京近郊および都心に所在する住宅について、1日4回の指定時刻に申告してもらった暖冷房使用の有無を整理。
羽原宏美 鳴海大典 下田吉之 水野稔	居住者の室内温熱環境調節行為のモデル化による住宅の空調エネルギー消費の予測	2004年	暖冷房操作の生起室温を提示。過半数の住まい手は、冷房を室温29℃～30℃、暖房を室温13.5℃～16.5℃で操作。	大阪府に所在する住宅について、暖冷房設備の吹出温度が大幅に変化したときの室温を整理。
中谷岳史 松原齋樹 藏澄美仁	関西地域の住宅における熱的快適性に関する実態調査-夏期の中立温度と許容範囲	2005年	23.9℃～33.1℃の範囲で室温が変動し、平均室温28.9℃であった夏期調査期間中の温熱環境は、多くの住まい手が許容。	兵庫県および大阪府に所在する住宅について、1日9回の指定時刻、暖冷房設備の発停操作時、および任意に申告してもらった暖冷房使用の有無、住まい手の温熱環境に対する主観、室温を整理。
飛田国人 中谷岳史 松原齋樹 藏澄美仁 島田理良	関西地域の住宅における冬期の実態調査による中立温度・許容範囲の算出	2007年	5.9℃～26.8℃の範囲で室温が変動し、平均室温17.4℃であった冬期調査期間中の温熱環境は、90%を超える住まい手が許容。	

これまでの研究により、実生活での住まい手は、かなり広い範囲の温熱環境を許容していることがわかっている。ただし、これまでの温熱許容域は、必ずしも、住まい手の主観評価から導出されたものではなかったり、導出方法によって異なる範囲が示されていたりと、実生活での温熱許容域については、いまだに不明確な点が多いものと想像する。

本報告は、関東に所在する住宅を対象に行った実態調査の結果をもとに、実生活での温熱許容域について検討するものである。

5. 快適性指標の活用による波及的效果

本事業で作成する快適性指標は、省エネを目的として空調設備（エアコン）を自動的に制御する際の、受け手（在室者）の快適性を指標化する式を示すことで、快適性を損なわずに制御を行うための指針とすることを目的とするものである。快適性指標策定のプロセスに入る前に、快適性指標の活用による直接的な効果と波及的效果を整理した。

快適性指標を用いた空調設備（エアコン）を自動制御することにより、快適性を損なわない省エネの実現が可能となる。これが、本業務で構築する NEB 評価指標による、直接的な効果である。

オフィスや学校の教室等の作業環境において快適さを保つことで、作業効率が高まる効果も期待できる。さらに、高年齢層では暑さ、寒さの感覚が鈍くなること、また人によって不快を我慢する傾向が強いために、適切に空調を利用しないことによって熱中症にかかったり、冬に風邪やインフルエンザ等の疾病につながる場合がある。省エネを目的とする

快適性指標を用いることで、健康を保つ効果があると考えられる。このような効果が NEB 評価指標の副次的・波及的効果と言える。

本事業では家庭個別の省エネの観点を中心としたが、将来的に本取組みが普及・拡大すれば、電力供給主体の需要予測の精度が向上するとともに、需要家への需要抑制要請が容易にできるようになる。それにより、需給バランス調整コストを低減して社会全体のエネルギーコストの軽減を図ることも視野に入れている。さらに、再生可能エネルギー等を活用し、地域全体でエネルギーの自給率を向上させる取組みにおいても、遠隔で安全に制御できる仕組みは有効となるだろう。そのような環境が実現できれば、エネルギーコストが小さく、不安が少ない地域に暮らすことによって、暮らしにおける安心を高める効果も期待できる。

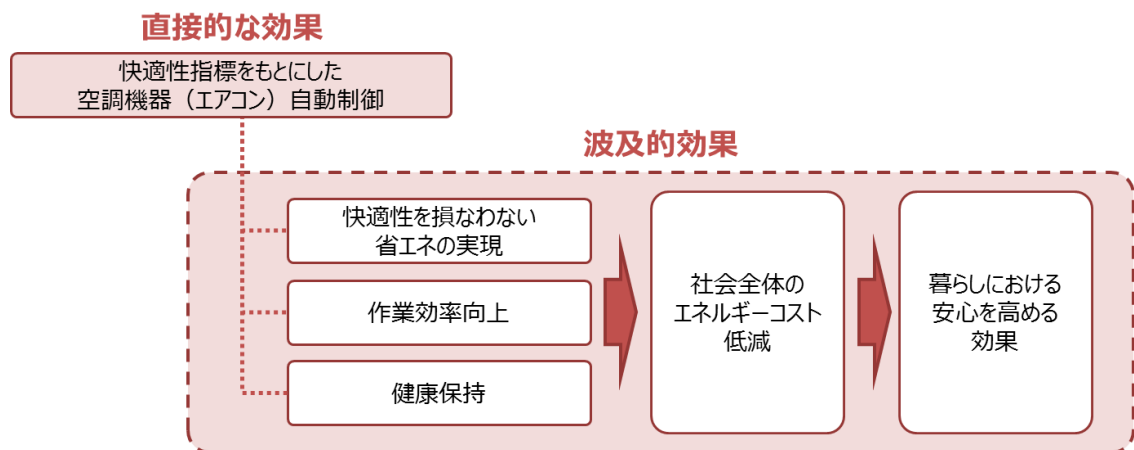


図 1-6：快適性指標の波及効果

第3節 評価指標改良の方向性

1. 過年度業務の成果

過年度過年度業務では、関東に所在する居住下住宅 30 世帯について実態調査を行い、想定したロジックでの制御を行って、各室温での受容性を取得・分析した上で、快適性指標の算定式を作成した。

下図は、夏季・冬季調査の 2 つの結果について示したものである。室温と温冷感との相関係数 R は、夏季調査で 0.636、冬季調査で 0.638 となっている。最小 2 乗法を用いて求めた近似直線と「4.どちらでもない」との交点となる温冷感中立室温は、夏季調査で 26.8°C、冬季調査で 20.7°Cとなっている。これは、前項で示した既往の研究¹⁸⁾¹⁹⁾の温冷感中立室温

よりも、夏季調査、冬季調査ともに少し低い。これまでに提示されている温冷感中立室温は、人工気象室を用いて、椅座位安静の被験者を対象に行った実験室実験の結果によるものが多い。本報告では、住まい手には、普段どおりに生活してもらっており、観測値の整理は、生活行動があったなかで申告された主観評価について行っている。既往の研究¹⁸⁾¹⁹⁾の温冷感中立室温よりも本報告の温冷感中立室温が低いのは、生活行動にともなう代謝量の増加が影響しているものと考える。

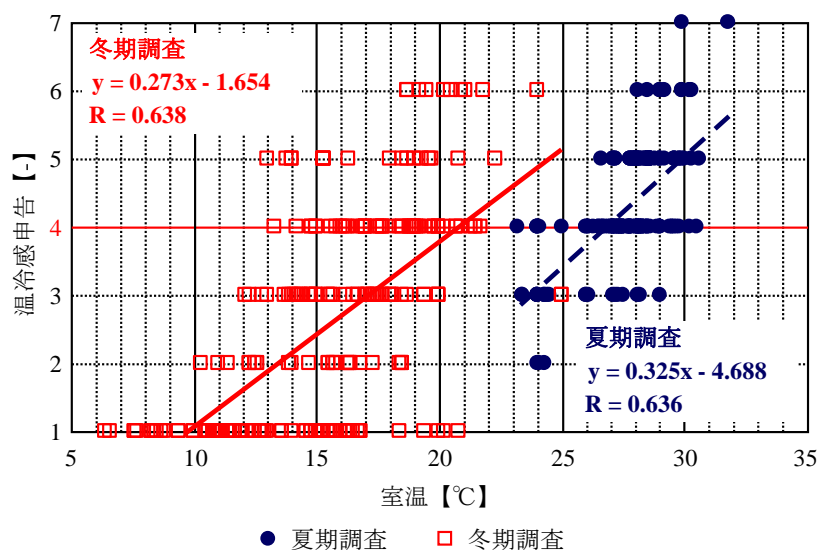


図 1-7：室温と温冷感申告との関係

温熱許容域は、それぞれの室温で申告された許容側申告割合を曲線近似して求めている。近似曲線の基本式は、ISO7730¹⁰⁾の予測不満足率 PPD の算出式を参考にして、以下の式を求めた。(a、b、c、d は定数)

表 1-3：許容側申告割合の近似式

(許容側申告割合) = 100 * EXP(a * (b * (室温) + c)^4 + b * (室温) + c)^2					
	a	b	c	d	観測値と近似値の標準誤差
夏期調査	-0.205	0.312	-8.181	0.042	7.955
冬期調査	-0.081	0.111	-3.088	-0.239	13.975

さらに、実制御シーンを想定し、快適を損なわずに過ごせる「快適範囲」、省エネを心がけ、快適とはいかないが許容できる「省エネ範囲」、ピーク要請等、緊急時に健康を損なわない程度の不快を許容する「ピーク範囲」の3レベルの目標温度を定義した。

表 1-4：目標温度

快適性指標		目安	夏期 (上限室温)	冬期 (下限室温)
快適範囲	快適を損なわずに過ごせる範囲	室温が快適側申告割合が80%の温熱快適域の上限以下(夏期)、下限以上(冬期)	28.0℃	21.8℃
省エネ範囲	快適とはいかないが許容できる範囲	室温が許容側申告割合が80%の温熱許容域の上限以下(夏期)、下限以上(冬期)	29.8℃	20.2℃
ピーク範囲	不快を許容しつつ過ごせる範囲	室温が許容側申告割合が50%の温熱許容域の上限以下(夏期)、下限以上(冬期)	30.7℃	15.9℃

過年度の成果を、以下に要約する。

- (1) 実生活での温冷感中立室温は、夏季で 26.8℃、冬季で 20.7℃となる。
- (2) 許容側申告割合が 80%以上となる室温範囲を温熱快適域とすると、実生活での温熱快適域は室温 20.1℃～29.6℃の範囲となる。
- (3) 実生活での住まい手は、ある程度の夏季の暑さ、冬季の寒さ、温熱環境に対する不快を許容する。
- (4) 許容側申告割合が 50%以上となる室温範囲を温熱許容域とすると、実生活での温熱許容域は室温 15.8℃～30.7℃の範囲となる。

過年度は、許容側申告割合が 80%以上となる室温 20.1℃～29.6℃を実生活での温熱快適域、許容側申告割合が 50%以上となる室温 15.8℃～30.7℃を実生活での温熱許容域としている。栗原、宇野の研究²¹⁾では、温熱生理学の観点から、実生活での温熱許容域を検討しており、温熱許容域の上限室温を、代謝量 1.1Met、着衣量 0.5clo、風速 0.5m/s のときの体内温度が上昇しはじめる室温 29.5℃～32.5℃、温熱許容域の下限室温を、代謝量 1.1Met、着衣量 1.0clo、風速 0.1m/s のときの体の震えが発生しない最低室温 17℃としている。栗原、宇野の研究²¹⁾の温熱許容域、室温 17℃～32.5℃も、過年度の温熱許容域に近く、実生活での温熱許容域は、およそこの範囲にあるものと考えられる。ただし、栗原、宇野の研究²¹⁾でも、これまでの温熱許容域には、導出方法の違いによってばらつきがあると指摘されている。温熱許容域については、現在のところ明確な定義がなされていないために、結果の妥当性を十分に検討できない。特に、中谷、松原、藏澄の研究¹⁶⁾と飛田、中谷、松原、藏澄、島田の研究¹⁷⁾では、本報告と同様の手法を用いて、実生活での温熱許容域について検討をお

こっているが、本報告よりも高い室温、低い室温が許容されている。

飛田、中谷、松原、藏澄、島田の研究¹⁷⁾では、住まい手には、暑さ寒さを許容する何らかの意識、価値観がある可能性を指摘している。住まい手の意識、価値観の影響は、過年度の結果にも存在していることを確認している。本年度は、住まい手の意識や価値観による温熱許容域の違いを中心に検討を行う。

なお、過年度の成果については、本年度の日本建築学会大会(関東)学術講演ならびに空調和・衛生工学会学術講演会(大阪)で口頭発表を行っている²¹⁾²²⁾。また、日本建築学会技術報告集にも掲載が決定されており²³⁾、快適域よりも広い許容域の意義、重要性に着目し、調査に取り組んだことが高く評価されている。

2. 本年度の検討方針

過年度は、快適指標案として、室温と許容側申告割合との関係を示した。ただし、目標とした室温以外の要素（湿度、放射温度、風速、代謝量、着衣量）については、快適指標案に組み込むことが出来なかった。本年度は指標の精度を上げることを目的に、これらの情報を盛り込んだ指標とすることとした。

また、過年度は実証実験に参加し全世帯共通の指標を作成したが、実際には、世帯および個人によって快適と感じる指標は異なることが想定される。そこで、本年度は世帯によるばらつきを盛り込むことも試行した。



図 1-8 : 本年度の検討方針

室温以外の要素の追加については、過年度の室温の代わりに、SET*を用いることで対応する（第 2 章第 1 節 1.に記載）。

世帯間のばらつきについては、受容性（制御に対する受入度合）の類似したグループを作ることができると考え、グループ分けの基準となる変数（グルーピング変数）を特定することを目標とした。まず約 500 名に対して電気や冷暖房の利用状況、環境意識や行動に関するアンケートを行って、それらの回答同士の相関から、グルーピング変数の仮説を構築した（第 2 章に記載）。それらの結果をもとに約 100 世帯を現地実験の対象世帯として選定し、約 100 世帯に自動制御の実証を行って、仮説を検証する（第 2 章第 2 節）とともに、

受容性の異なるグループ毎の快適性指標式を作成した。さらに第 3 章では、グループ毎の制御と統計的分析、有識者へのヒアリングを行って、構築した指標の妥当性を検証している。

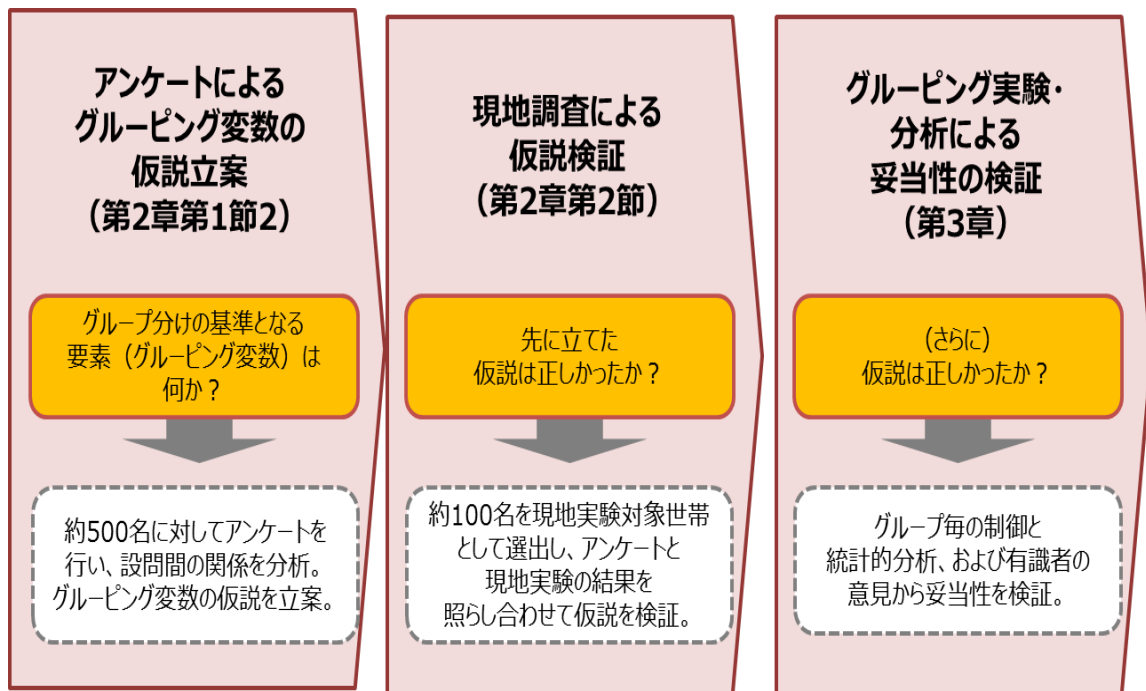


図 1-9：仮説検証の流れ

第4節 本年度の実施内容

過年度に構築した NEB 評価指標について、明らかとなった課題等を踏まえて改良し、NEB 評価指標を構築した。

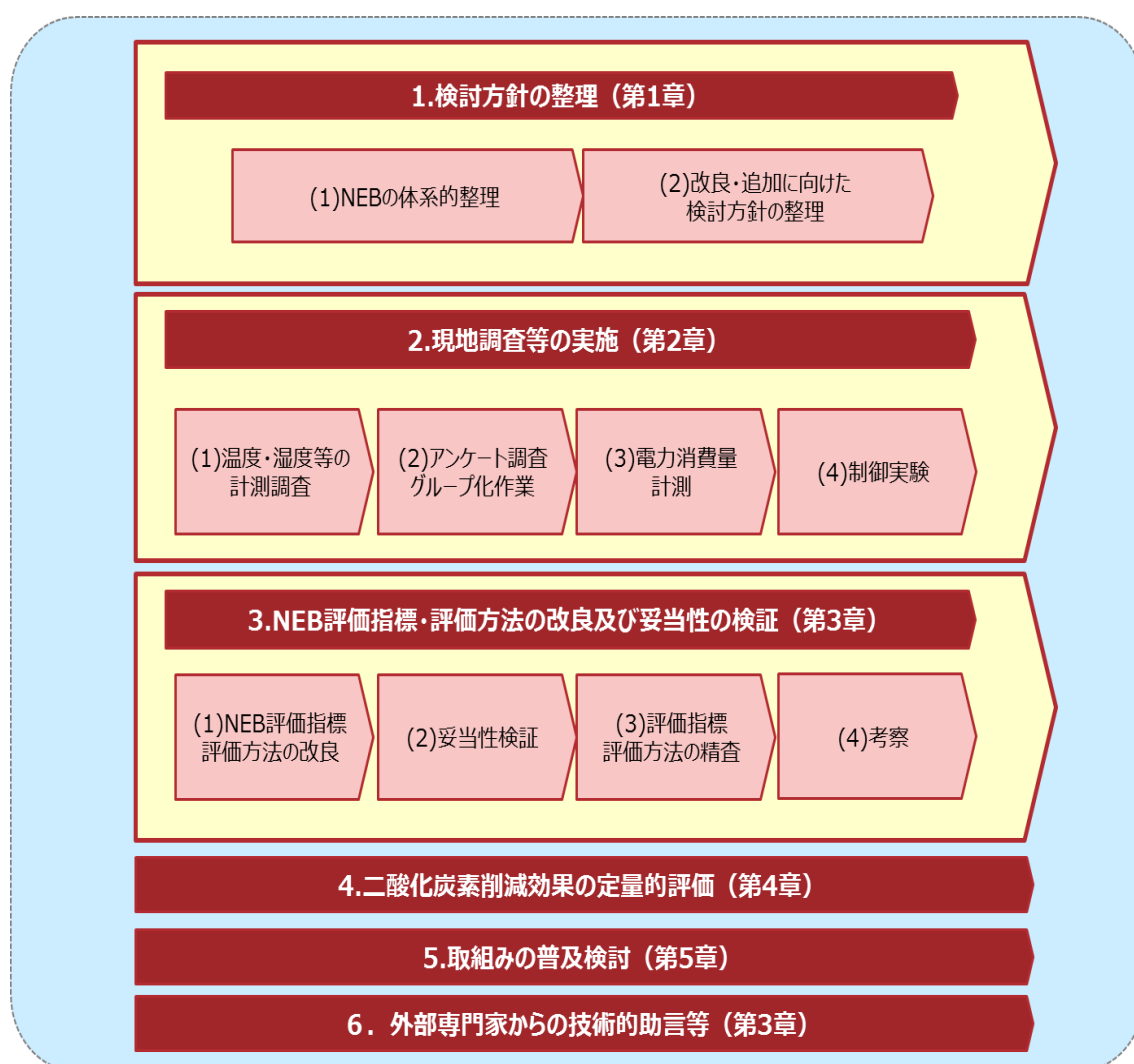


図 1-10 : 事業の全体像

1. 検討方針等の整理

(1) 低炭素ライフスタイルイノベーションに資する取組に関する NEB の体系的整理

居住者個々のライフスタイルに合わせた空調設備の運用最適化による快適さと二酸化炭素（CO₂）削減（省エネ）の両立について、体系的に分かりやすくとりまとめる。

(2) NEB 評価指標の改良、追加に向けた検討方針の整理

過年度業務で構築した NEB 評価指標について、明らかとなった課題等を踏まえて、関連する既往研究や文献の収集整理を通して、指標の改良等について検討方針を整理する。

具体的には、過年度業務で構築した NEB 評価指標について、更なる精度向上を見据え、既存の快適性指標（SET*）等を参考に湿度等を説明変数として追加する等、NEB 評価指標の効果に影響を与える要素を追加的に考慮した定量化手法の検討方針、検討条件等を整理する。また、快適感の受容性は、世帯や個人の状況等に因るところが大きいため、これら居住者の属性等に基づきグループ化を行い、グループの特徴・特性等に応じた NEB 評価指標を構築すべく、検討方針を整理する。

2. 現地調査等の実施

(1) 温度、湿度等の計測調査の実施

制御条件を把握し、快適性の判断基準とすることを目的として、室内の温・湿度の計測を実施する。

(2) アンケート調査、グループ化作業の実施

居住者の身体的特性やエネルギー利用状況、環境意識等の特性に基づきグループ化した NEB 評価指標を策定するため、グループ化の基礎情報を収集するためのアンケート調査等を実施する。

具体的には、下記のような項目を盛り込んだアンケートを 500 世帯程度に対して実施し、回答傾向によって対象者をグルーピングした上で、グループ毎に同数になるように考慮して合計約 100 世帯程度の母集団を抽出した。

- ・居住の基本情報（居住人数・日中在宅／不在・年齢・体重）
- ・居住条件（マンション／戸建・築年数・延床面積・日当たり・周辺環境・湿度）

- ・エネルギー利用状況（月の電気料金）
- ・空調の利用状況（空調設定温度等、夏／冬のカ調利用状況）
- ・環境意識・行動（環境関連情報への感度・省エネ行動の実施状況・省エネ設備の導入の有無）

(3) 電力消費量計測の実施

制御による省エネ効果の把握を目的として、夏季（8月）～冬季（2月）の、各世帯のカ調電力を取得する。調査対象世帯については、空調の電力量が把握できかつ遠隔で空調を制御できる70世帯程度、及び遠隔で空調を制御できる30世帯程度（過年度業務から継続で計測している世帯）とする。

(4) 制御実験の実施

省エネを目的とした制御が実生活においてどの程度受容されるかを検証するため、上記（2）で選定した母集団に対し空調の制御を行う。

「室内の温度○℃、湿度○%の時に、○℃になるように空調を制御する」といった制御ロジックを示す制御式し、モニター世帯に対し、仮説設定したNEB評価指標に基づいて空調を制御。調査対象世帯については、制御の度にその制御に対する評価を回答いただき、受容性を把握した。

3. NEB 評価指標、評価方法の改良及び妥当性の検証

(1) NEB 評価指標、評価方法の改良

前項および過年度の結果を踏まえて、NEB 評価指標、評価方法の改良等を行う。

(2) 調査結果等を活用した妥当性検証

構築したNEB 評価指標について、各グループによる受容率の差を踏まえつつ、追加した説明変数等が妥当であったか、またグループ分けが妥当であったかという観点で検証を行った。

(3) NEB 評価指標、評価方法の精査

文献調査を実施し、NEB 評価指標を精査する。また、外部専門家に対する個別ヒアリングにより、主として学術的・理論的な観点から技術的助言を得て、指標の妥当性を検証した。

(4) 考察

上記の(1)～(3)の結果を踏まえ、NEB 評価指標の活用可能性、限界(偏り)、課題や更なる改良の方向性等について考察する。

4. 二酸化炭素排出削減効果の定量的評価

本業務で対象とする低炭素化に向けた取組による二酸化炭素(CO₂)削減効果を定量的に算定・評価する。具体的には、CO₂排出削減効果を、「論理的削減効果」と「受容割合」の掛け合わせによって定量的に評価する。「論理的削減効果」は、各種制御実施前後の冷暖房機器の電力消費量の差分を算出し、これをCO₂換算することで算定する。「受容割合」は、現地調査で制御対象とした世帯のうち、制御を受け入れた世帯数及びその割合とする。また、構築したNEB 評価指標を活用して評価されるNEB と、EB(CO₂削減効果等)との関係性についても分析を試みた。

5. 取組の普及検討

次年度以降、本業務で構築したNEB 評価指標の認知・利用を促すことを目的に、当該指標を効果的に発信する普及啓発ツールを作成することを想定し、効果的な普及方法について検討した。

6. 外部専門家等からの技術的助言等

NEB 評価指標の内容、妥当性について、また取組の普及の方針について、外部専門家に技術的助言を得た。

参考文献

- 1)下田吉之：都市エネルギーシステム入門 住宅・建築・まちの省エネ・低炭素化、学芸出版社、pp.83～85、2014.9
- 2)日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット：EDMC/エネルギー・経済統計要覧(2014年版)、省エネルギーセンター、pp.90～111、2014.2
- 3)日本建築学会：省エネ住宅とスマートライフでストップ地球温暖化、日本建築学会、pp.3～4、2006.10
- 4)斉藤雅也：ヒトの想像温度と環境調整行動に関する研究 夏季の札幌における大学研究室を事例として、日本建築学会環境系論文集、第74巻、第646号、pp.1299～1306、2009.12
- 5)堀越哲美：温暖・暑熱環境と温熱感尺度・指標、日本建築学会環境工学委員会 第38回熱シンポジウム「暑熱環境と人間・社会」-温熱感研究の社会的貢献-、pp.1～8、2008.7
- 6)中山昭雄：温熱生理学、理工学社、p.58、2005.6
- 7)同上書6)：pp.66～69
- 8)Houghten,F.C., Yaglou,C.P.：Determining equal comfort lines、ASHVE Transactions、Vol.29、pp.165～176、1923
- 9)空気調和・衛生工学会：SHASE-M 1003-2006 新刊・快適な温熱環境のメカニズム 豊かな生活空間をめざして、空気調和・衛生工学会、pp.57～58、2006.3
- 10)ISO7730：Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria、International Standard Organization、2005
- 11)ANSI/ASHRAE Standard 55-2010：Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy、American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.、2010
- 12)Gagge,A.P., Stolwijk,J.A.J., Y.Nishi：An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response、ASHRAE Transactions、Vol.77、pp.247～262、1971
- 13)Humphreys,M.A., Nicol,J.F.：Outdoor Temperature and Indoor Thermal Comfort: Raising the Precision of the Relationship for the 1998 ASHRAE Database of Field Studies、ASHRAE Transactions、Vol.106、Part.2、pp.485～492、2000
- 14)澤地孝男、松尾陽、羽田野健、福島弘幸：暖冷房行為生起の決定要因と許容室温範囲

- に関する検討 住宅の室内気候形成に寄与する居住者の行動に関する研究 その1、日本建築学会計画系論文報告集、第382号、pp.48～59、1987.12
- 15)羽原宏美、鳴海大典、下田吉之、水野稔：居住者の室内温熱環境調節行為のモデル化による住宅の空調エネルギー消費の予測、人間と生活環境、第11巻、第2号、pp.83～88、2004.11
- 16)中谷岳史、松原斎樹、藏澄美仁：関西地域の住宅における熱的快適性に関する実態調査 -夏季の中立温度と許容範囲-、日本建築学会環境系論文集、第597号、pp.51～56、2005.11
- 17)飛田国人、中谷岳史、松原斎樹、藏澄美仁、島田理良：関西地域の住宅における冬季の実態調査による中立温度・許容範囲の算出、日本建築学会環境系論文集、第614号、pp.71～77、2007.4
- 18)佐々尚美、久保博子、磯田憲生、梁瀬度子：温熱的生理心理反応の個人差に関する研究 -夏季における設定気温条件の場合-、日本建築学会計画系論文集、第542号、pp.35～40、2001.4
- 19)松本泰輔、松井勇：周壁加熱時の足裏加熱が温冷感に及ぼす影響に関する実験的研究 -実験室の温湿度設定にステップ変動を与えた場合について -、日本建築学会環境系論文集、第73巻、第628号、pp.721～725、2008.6
- 20)松本泰輔、福田英司、松岡大介：東京近郊の次世代省エネルギー基準適合住宅を対象とした室内温熱環境と暖冷房使用に関する実態調査、日本建築学会技術報告集、第17巻、第35号、pp.211～216、2011.2
- 21)石本昌子、松本泰輔：住まい手の実生活での温熱許容域に関する実験的研究、日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集 D-2、pp.375～376、2015.9
- 22)松本泰輔、三宅理恵、石本昌子：住まい手の実生活での温熱許容域に関する実験的研究、空気調和・衛生工学会学術講演会(大阪)講演論文集VI、pp.17～20、2015.9
- 23)松本泰輔、三宅理恵、石本昌子、安達健一：関東に所在する住宅における住まい手の実生活での温熱許容域に関する実験的研究、日本建築学会技術報告集、第22巻、第51号、pp.597～602、2016.6(掲載決定)
- 24)日本環境技研：快適性を損なわない省エネ制御の実証評価支援業務、総務省「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」、pp.2-48～2-61、2014.2

第2章 現地調査の実施と快適性指標案の作成

第1節 快適性指標案の改良方針（再掲）

過年度は、快適指標案として、室温と許容側申告割合との関係を示した。ただし、目標とした室温以外の要素(湿度、放射温度、風速、代謝量、着衣量)については、快適指標案に組み込むことが出来なかった。本年度は指標の精度を上げることを目的に、これらの情報を盛り込んだ指標とすることとした。

また、過年度は実証実験に参加し全世帯共通の指標を作成したが、実際には、世帯および個人によって快適と感じる指標は異なることが想定される。そこで、本年度は世帯によるばらつきを盛り込むことも試行した。



図 2-1：本年度の指標改良の方向性

1. 室温以外の要素の追加

(1) 過年度実施内容の振り返り

それぞれの温熱環境要素の住まい手の許容感への影響度を図るために、許容感を目的変数とし、説明変数に室温、相対湿度、代謝量、着衣量を設定して行った回帰分析の結果を、表 2-1 に示す。なお、表中の影響度(t)は、説明変数の増加に対する許容感への影響度を示しており、負の値が大きいほど非許容側での申告が多くなることを、正の値が大きいほど許容側での申告が多くなることを示している。

夏季の許容感は、室温、相対湿度、代謝量が上がるほど、非許容側での申告が多くなり、室温と代謝量の影響が大きくなっている。着衣量については、着衣量が上がるほど許容側での申告が多くなっているが、危険率(P-値)と標準誤差が高いことから、正しい影響度を示しているとは考えにくく、許容感への影響はほとんどなかったものと想像する。冬季の許容感は、室温、相対湿度、代謝量、着衣量が上がるほど、許容側での申告が多くなっている。ただし、代謝量と着衣量の危険率(P-値)が極端に高いことから、許容感への影響は有意

であるとは判断できない。それぞれの温熱環境要素は、それぞれが単独で許容感に影響するものではなく、例えば、着衣量が下がり、皮膚の露出が上がるほど湿度の影響を受けやすくなるなど、相加的に許容感に影響するものである。どれか 1 つでも、異常値を示す場合には、快適指標案には組み込みにくく、これが過年度の室温のみの検討となってしまった大きな理由である。

表 2-1：主観評価申告時の温湿度、行動、着衣の状況

項目	期間	平均値 ± 標準偏差
室温	夏期	27.6°C ± 1.6°C
	冬期	15.4°C ± 3.6°C
相対湿度 (絶対湿度)	夏期	64.3%RH ± 6.4%RH (15.0g/kg(DA) ± 1.4g/kg(DA))
	冬期	48.9%RH ± 13.0%RH (5.4g/kg(DA) ± 1.8g/kg(DA))
行動 (代謝量)	夏期	1.68Met ± 0.98Met
	冬期	1.45Met ± 0.79Met
着衣 (着衣量)	夏期	0.419clo ± 0.131clo
	冬期	1.059clo ± 0.237clo

表 2-2：それぞれの温熱環境要素の許容感への影響度

夏期調査						
回帰統計			係数	標準誤差	t(影響度)	P-値
重相関R	0.514	切片	12.578	1.805	6.968	0.000
重決定R ²	0.264	室温	-0.223	0.042	-5.345	0.000
補正R ²	0.246	相対湿度	-0.031	0.012	-2.636	0.009
標準誤差	0.692	代謝量	-0.258	0.056	-4.644	0.000
観測数	170	着衣量	1.108	0.471	2.161	0.032
冬期調査						
回帰統計			係数	標準誤差	t(影響度)	P-値
重相関R	0.656	切片	-1.205	0.539	-2.235	0.026
重決定R ²	0.431	室温	0.221	0.019	11.835	0.000
補正R ²	0.421	相対湿度	0.025	0.005	5.199	0.000
標準誤差	0.962	代謝量	0.007	0.079	0.094	0.926
観測数	249	着衣量	0.012	0.277	0.044	0.965

精密な環境制御が行える実験室実験とは異なり、相加的に作用するそれぞれの温熱環境要素の影響を実態調査で把握することは困難と考える。本項では、すでに確立されている標準新有効温度 SET*の論理を援用することで、室温以外の温熱環境要素の、快適指標案への組み込みを検討する。

(2) 標準新有効温度 SET*

標準新有効温度 SET*¹⁾は、「温熱感覚と放熱量が実在環境におけるものと同等になるような、相対湿度 50%RH の標準環境での室温」と定義されている¹⁾。このなかにある標準環境とは、活動量 1.0MET、着衣量 0.6clo、風速 0.1m/s(無風)で、室温と平均放射温度が等しい環境をいう場合が多い²⁾。ただし、実際の SET* の定義は、皮膚温度と発汗量が実在環境におけるものと同等になるような、相対湿度 50%RH の標準環境での室温であり、標準環境も一般にいわれる条件とは少し異なっている。

標準新有効温度 SET* の算出模式を、下に示す。

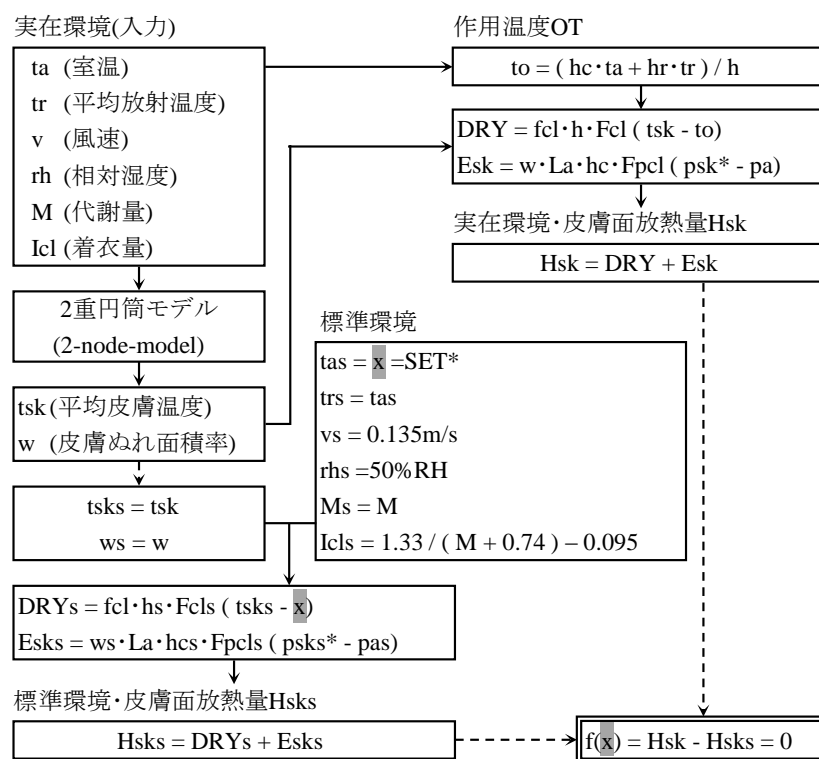


図 2-2 : 標準新有効温度 SET* の算出模式¹⁾

標準新有効温度 SET* の優れている点は、温熱 6 要素すべての影響を室温に換算する単一温度指標ということである。深井の研究³⁾では、標準新有効温度 SET* での放射、相対湿度、

¹⁾ 算出式は、平均皮膚温度を求めるものであり反復計算を要する。反復計算には、アルゴリズムの構築が必要であるが、本報告ではニュートンラフソン法をもちいている。

風速、着衣の影響を、温度換算する方法について検討を行っており、そのなかで、SET*を以下の式で表している。

$$SET^* = Ta + \Delta T_{rad} + \Delta T_{hum} + \Delta T_{vel} + \Delta T_{clo}$$

ΔT_{rad} ：放射の影響による温度換算値、 ΔT_{hum} ：湿度の影響による温度換算値、

ΔT_{vel} ：風速の影響による温度換算値、 ΔT_{clo} ：着衣の影響による温度換算値

ここで、実際のSET*の定義における標準環境では、代謝量を実在環境と同じ状態と設定しており、代謝の影響による温度換算値はSET*では求めることはできない。また、標準環境での着衣量は、実在環境での代謝量に応じて決まることにも注意が必要である。

(3) SET*と許容側申告割合との関係

SET*と温冷感申告との関係を、下図に示す。なお、代謝量については、調査期間中の平均値として、夏季 1.676Met、冬季 1.451Met を設定している。これにより標準環境は、夏季に相対湿度 50%RH、風速 0.135m/s、活動量 1.676Met、着衣量 0.455clo、冬季に相対湿度 50%RH、風速 0.135m/s、活動量 1.451Met、着衣量 0.512clo となっている。

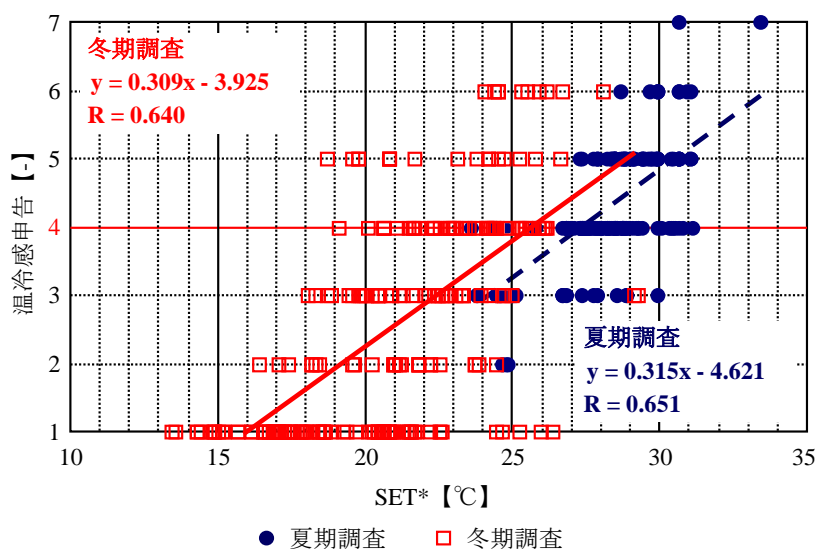


図 2-3 : SET*と温冷感との関係

室温と温冷感との相関係数 R は、夏季調査で 0.651、冬季調査で 0.640 となっている。最小 2 乗法を用いて求めた近似直線と「4.どちらでもない」との交点となる温冷感中立 SET* は、夏季調査で 27.4°C、冬季調査で 25.6°C となっている。深井、後藤、斎藤、伊藤、阿久

井の研究⁴⁾では、夏季、冬季の温冷感中立 SET*をともに 24.1℃としており、本報告の温冷感中立 SET*は夏季に 3.3℃ほど高くなっている。ただし、佐々、久保、磯田、梁瀬の研究⁵⁾では、着衣量 0.3clo、椅座位安静の健康な女子大学生 29 人を対象に行った感応検査の結果から、夏季に好まれる室温の個人差について検討しており、夏季に好まれる室温は平均値 ±標準偏差で 24.5℃±2.1℃と、4.2℃の個人差を認めている。これを踏まえると、3.3℃の温冷感中立 SET*の差は、実験室実験と実態調査との違い、標準環境の違い、そして被験者の違いがあるなかで、あまり大きいものではないと考える。

夏季調査期間中の、それぞれの SET*で申告された許容感の内容を、図 2-4 に示す。なお、SET*は小数点以下を四捨五入して示しており、図中には、それぞれの SET*で「4.やや許容できる」以上の許容側で評価された申告の割合についても示している。

夏季調査の許容側申告割合は、SET*が低くなるほど高くなっている。許容側申告割合が 50%以上となるのは SET*31℃以下、80%以上となるのは SET*29℃以下となっている。ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾では、80%以上の在室者が許容できる温熱環境を快適とみなすとしている。本報告では、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の定義とは少し異なるが、許容側申告割合が 80%以上となるのは SET*29℃以下と、温熱快適域とされる SET*22.2℃～25.6℃よりも高い。これは、本報告の調査対象である住宅では、窓の開閉や衣服の調整など、住まい手が、比較的自由に環境調整を行うためと考える。

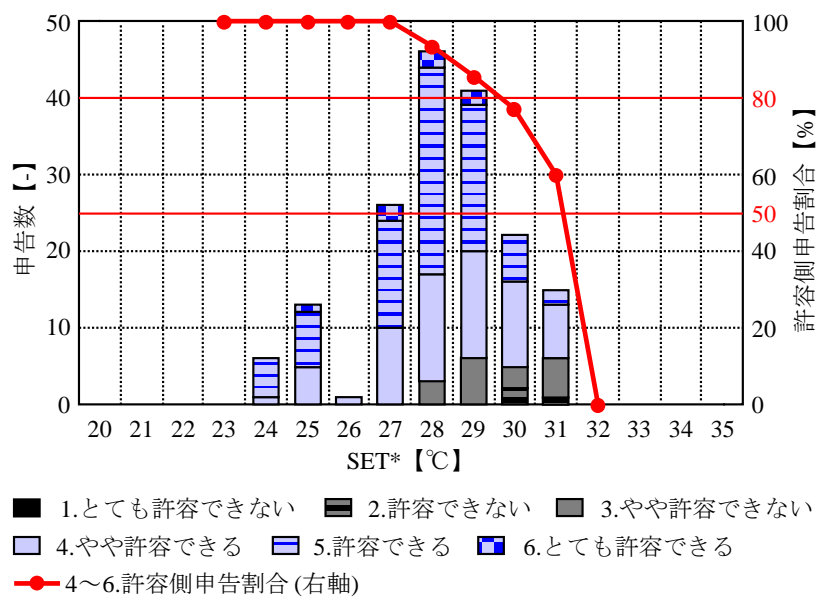


図 2-4：それぞれの SET*で申告された許容感の内容(夏季調査)

冬季調査期間中の、それぞれの室温で申告された許容感の内容を、下図に示す。

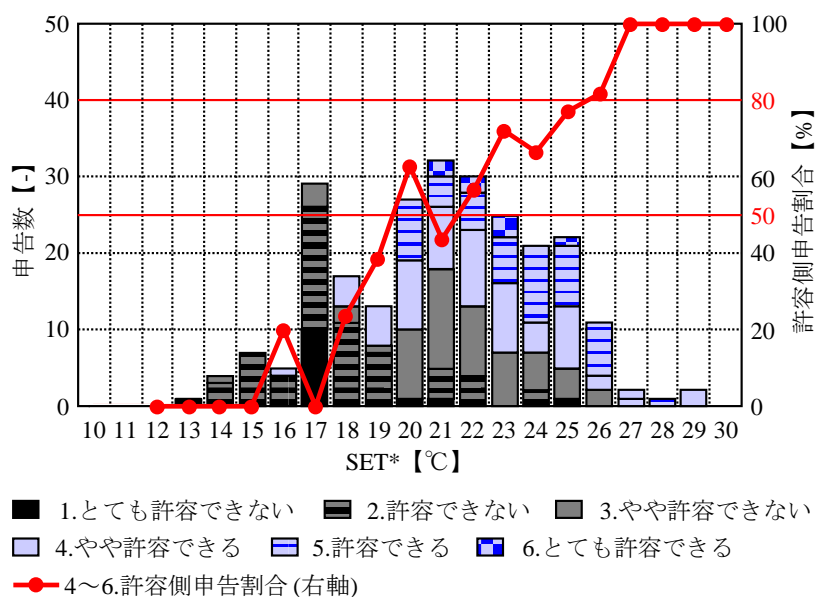


図 2-5 : それぞれの SET* で申告された許容感の内容(冬季調査)

冬季調査の許容側申告割合は、SET*が高くなるほど高くなっている。許容側申告割合が50%以上となるのは SET*20°C以上、80%以上となるのは SET*26°C以上となっている。冬季調査については、許容側申告割合が80%以上となる SET*26°Cは、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域とされる SET*22.2°C~25.6°Cに近い。これは、夏季に比して、冬季の住まい手の環境調整行動は、厚着以外にあまり手段がなく、行動の余地がないためと考える。

表 2-3 : 許容側申告割合の近似式

(許容側申告割合)

$$= 100 * \text{EXP} (a * (b * (\text{SET}^*) + c) ^ 4 + d * (b * (\text{SET}^*) + c) ^ 2)$$

	a	b	c	d	観測値と近似値の標準誤差
夏期調査	-55.10	0.039	-0.885	0.971	1.244
冬期調査	-0.032	0.164	-5.114	-0.153	9.024

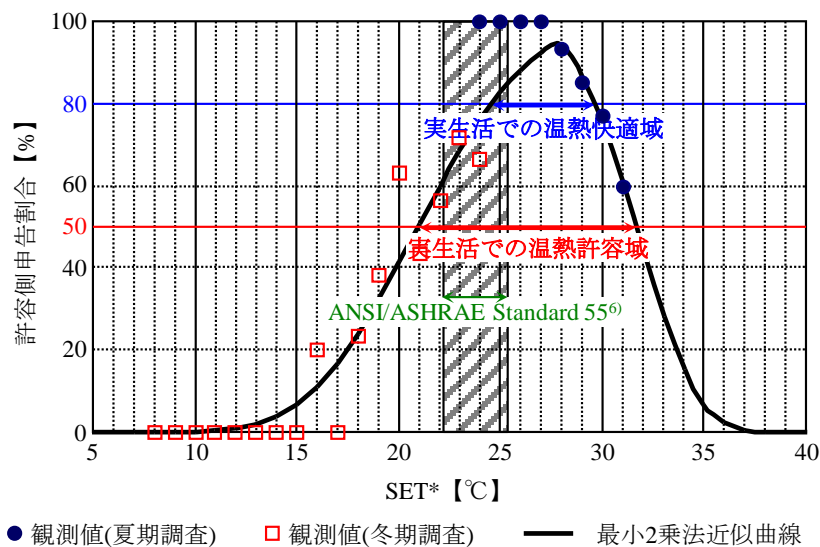


図 2-6 : SET*と許容側申告割合との関係

最小 2 乗法を用いて近似した許容側申告割合の近似式と、SET*と許容側申告割合との関係を、表 2-3 と図 2-6 に示す。なお、図中には、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域についても示している。

許容側申告割合が 80%以上を実生活での温熱快適域、50%以上を温熱許容域とすると、実生活での温熱快適域は SET*24.6°C～29.6°C、温熱許容域は SET*20.9°C～31.6°Cとなる。夏季の温熱快適域、温熱許容域は、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域よりも高温側へと移っている。これは、窓の開閉や薄着、打ち水やすだれなどによる外部日射遮蔽など、住宅では、住まい手が、比較的自由に環境調整を行うためである。これに対して、冬季の温熱快適域、温熱許容域は、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域とほぼ同じとなっている。これは、冬季の環境調整行動は、厚着以外にあまり手段がなく、また、厚着の効果は SET*ですでに考慮されているためと考える。

深井の研究³⁾の論理を用いると、SET*を室温に換算することができる。

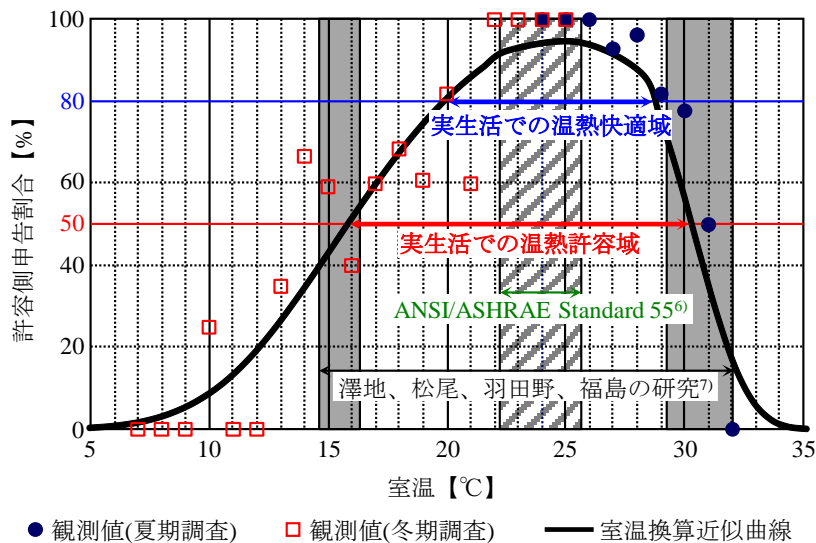


図 2-7：室温と許容側申告割合との関係

室温と許容側申告割合との関係を、上図に示す。なお、図中には、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域と、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の、過半数の暖冷房行為が生起する室温範囲についても示している。

室温換算した場合の温熱快適域は室温 19.9℃～28.7℃、温熱許容域は室温 15.8℃～30.3℃となっている。なお、前項で示したとおり、過年度の温熱快適域は室温 20.1℃～29.6℃、温熱許容域は室温 15.8℃～30.7℃となっている。室温換算した場合に、少し室温が異なるのは、相対湿度や代謝、着衣の影響を一定の論理にしたがって評価する SET*に対して、実生活での住まい手の感じ方には、一定には影響しないためである。

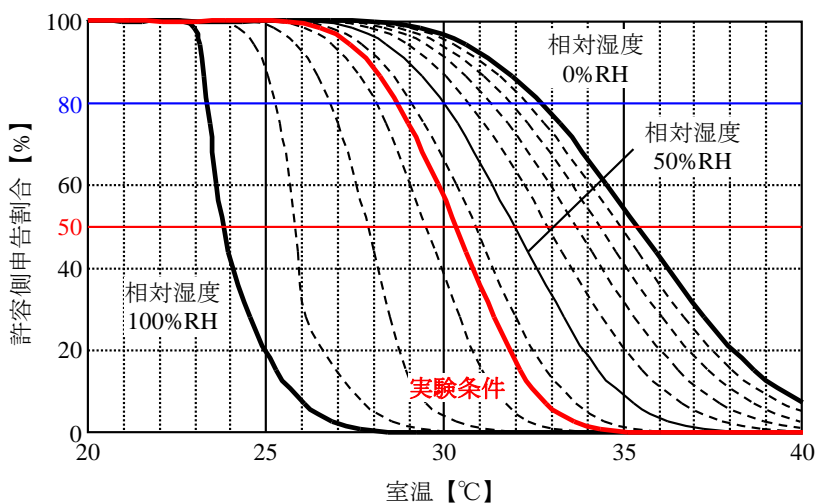


図 2-8：それぞれの相対湿度での室温と許容側申告割合との関係(夏季)

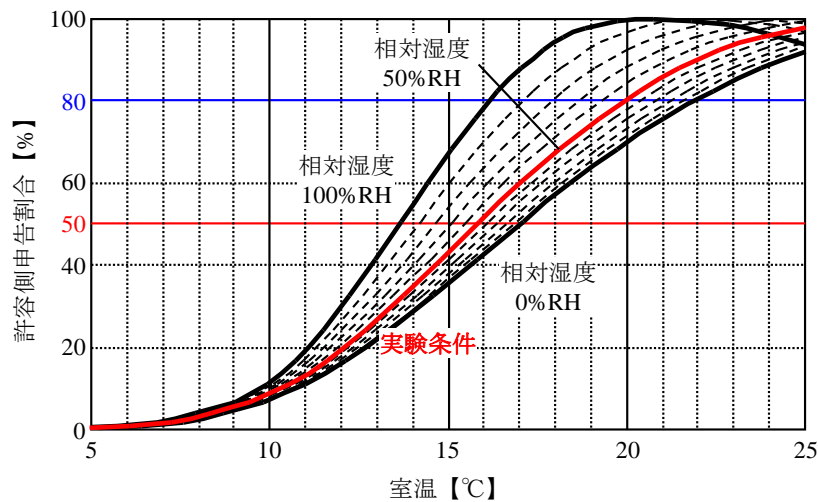


図 2-9：それぞれの相対湿度での室温と許容側申告割合との関係(冬季)

それぞれの相対湿度での室温と夏季許容側申告割合との関係を、図 2-8 に示す。なお、図中には、実験条件から求めた許容側申告割合も示している。

夏季には、相対湿度が高いほど許容側申告割合は低く、相対湿度が低い許容室温は高くなっている。夏季には、皮膚表面の汗の蒸発により皮膚温度は低下する。蒸発の状況により皮膚温度の低下の程度は異なるが、相対湿度が低いほど蒸発は促進され、皮膚温度は低下する。このため、相対湿度が低いほど、住まい手はより高い室温を許容することになる。

それぞれの相対湿度での室温と冬季許容側申告割合との関係を、図 2-9 に示す。冬季も、相対湿度が高いほど許容室温は低く、相対湿度が低いほど許容室温は高くなっている。冬季には、皮膚表層の汗の蒸発がないため、湿度の影響による許容室温への影響は小さい。ただし、呼吸にともなう潜熱収支があるため、許容室温は相対湿度によって異なっている。

上記室温の算出は、以下の式を用いている。

$$(\text{許容室温}) = (\text{標準環境 SET}^*) + \{(\text{標準環境 SET}^*) - (\text{実在環境 SET}^*)\}$$

(4) まとめ

本項の内容を、以下に要約する。

- 1) SET*を援用することで、許容側申告割合の算出に湿度の影響を組み込むことができる。本年度は、過年度の説明変数であった温度の代わりにSET*を用いる。
- 2) 過年度結果をSET*で置き換えた場合、許容側申告割合が80%以上となる実生活での温熱快適域は、SET*24.6°C~29.6°Cの範囲となる。
- 3) 許容側申告割合が50%以上となる実生活での温熱許容域は、SET*20.9°C~31.6°Cの範囲となる。

なお、本項では、湿度の影響のみについて検討しているが、SET*の援用により、室温、相対湿度、平均放射温度、気流、着衣量の影響が評価することができる。参考までに、それぞれの着衣量での室温と許容側申告割合との関係を、図 2-10、図 2-11 に示す。

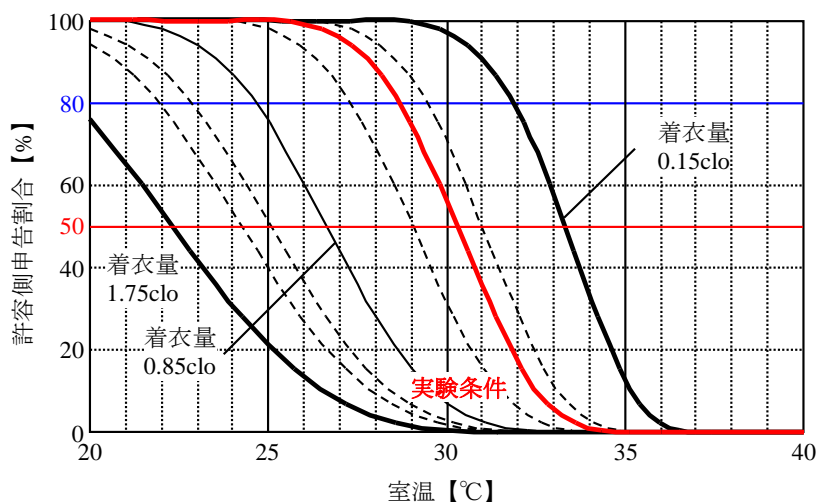


図 2-10：それぞれの着衣量での室温と許容側申告割合との関係(夏季)

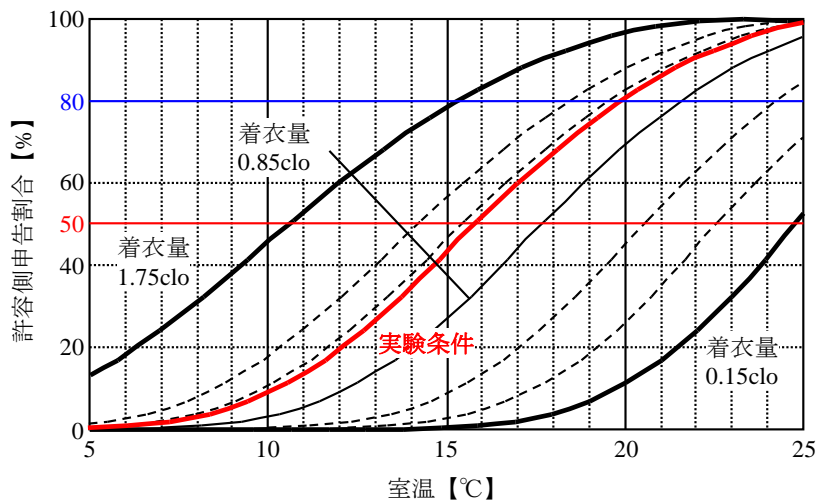


図 2-11：それぞれの着衣量での室温と許容側申告割合との関係(冬季)

2. 世帯間のばらつきの反映

(1) 指標改良の目的

継続的な省エネのためには、過度な我慢を強いたり、健康や生活に支障が出るような空調制御は現実的ではない。そのため、ある程度の快適性を保ちながら省エネを実現するポイントを探るとするのが本調査の目的であるが、快適性は個人によって大きく異なるため、それらを踏まえた制御ロジックを見出すことが課題となった。

例えば、普段の電気利用の状況や、暑がり・寒がりといった体感、環境意識や行動が、制御に対する受容性に影響するという仮説をもとに、実際の制御に対する受容性の違いとそれらの項目の相関を明らかにすることによって、受容性を左右する要素（説明変数）の特定を試みた。

その意図は、受容性を左右する要素を特定できることで、どういう人にどういう制御をするのが効果的な省エネかを把握しつつ、全体としての省エネ効果を高めることができると考えたからである。さらに、事前にこういった情報を集めれば良かが分かれば、将来的な遠隔制御を前提としたサービス検討の一助となる可能性もある。本調査における制御実験では、家庭内の個人までを特定することは難しいものの、家庭毎の違いを考慮することは可能となる。

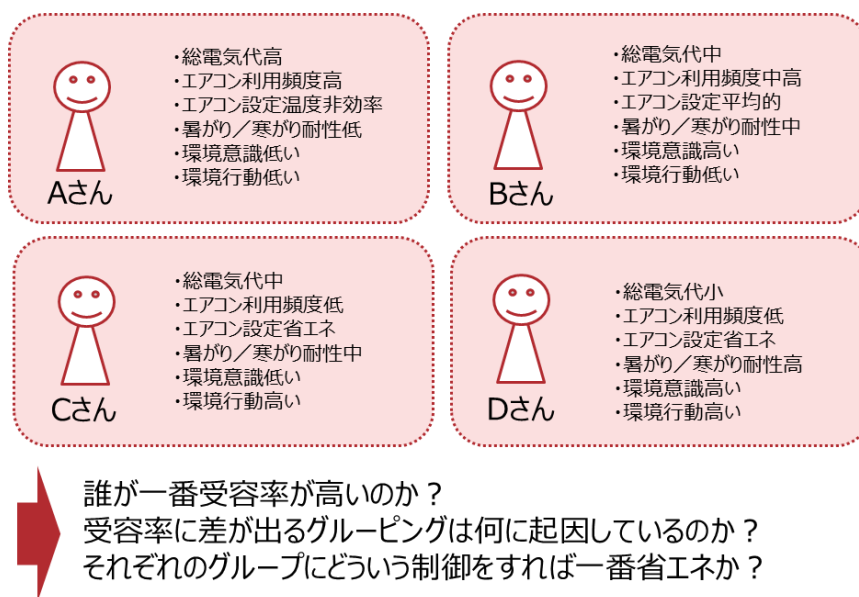


図 2-12：個人による受容性の違い（仮説）

(2) 指標改良のプロセス

そのような問題意識をもとに、下記のようなプロセスで仮説検証を行った。まず、予め検討した仮説をもとに、光熱費や冷暖房の利用状況、環境意識・行動等の項目を含む事前アンケートを行い、502人の回答を得た。それらの結果をもとに判別分析や有意差検定を行ってグルーピング仮説を作成し、仮説グループの各グループの人数がなるべく均等になるよう98世帯の対象世帯を抽出した。その後、制御実験を行って受容性を検証した。制御実験の中では、まずは全員に共通的な制御を行って仮説時のグルーピングに沿って受容性が分かれるかどうかを検証し、さらにグループ毎に異なる制御を行って検証を補強した。

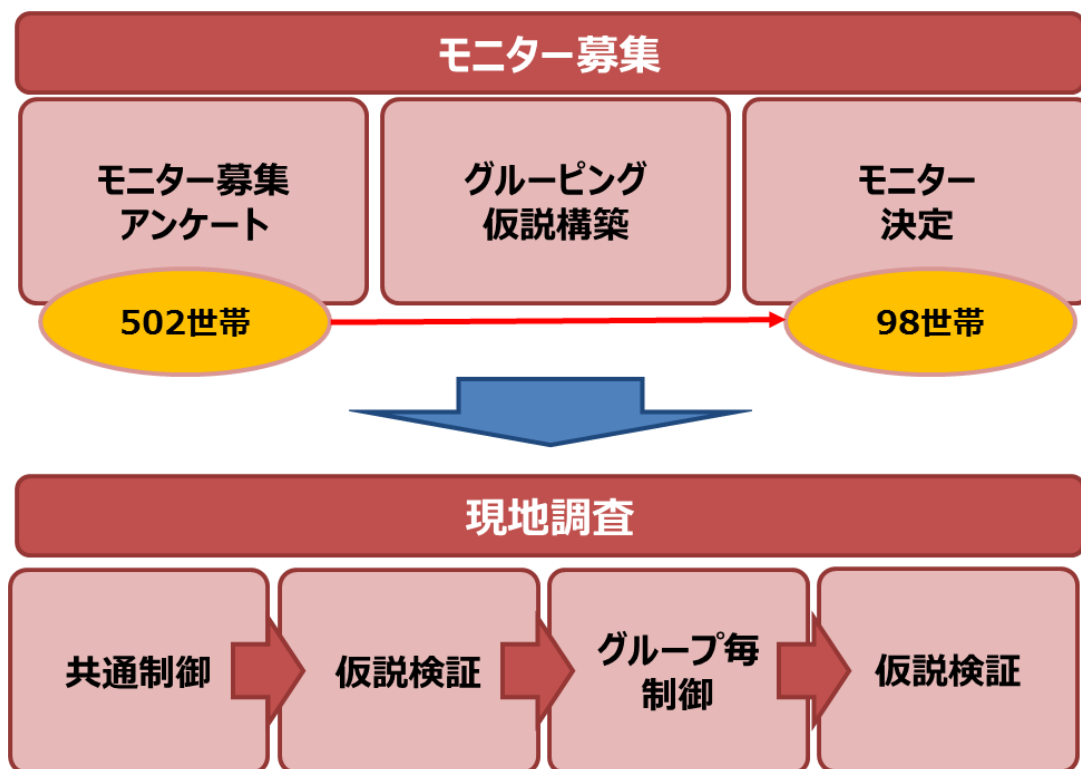


図 2-13 : 仮説検証プロセス

(3) モニター募集アンケート

アンケート調査は、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県に所在する 502 世帯について行った。主な質問項目を、下表に示す。

表 2-4 : 主な質問項目

質問項目	質問 / 選択肢
基本情報	建設地 (質問) お住いが所在する都道府県を教えてください。 (選択肢) 1.埼玉県 2.千葉県 3.東京都 4.神奈川県 5.そのほか
	建て方 (質問) お住いの住宅形態を教えてください。 (選択肢) 1.戸建住宅 2.マンション 3.アパート 4.そのほか
	延床面積 (質問) 現在のお住いの延床面積を教えてください。 (選択肢) 1.0m ² ～50m ² 未満 2.50m ² ～100m ² 未満 3.100m ² ～150m ² 未満 4.150m ² ～200m ² 未満 5.200m ² 以上
	世帯人数 (質問) 現在のお住いに住んでいる人数を教えてください。 (選択肢) 1.1人(ご本人のみ) 2.2人 3.3人 4.4人 5.5人 6.6人以上
	築年数 (質問) 現在のお住いの築年数を教えてください。 (選択肢) 1.5年以内 2.6年～10年以内 3.11年～20年以内 4.21年～30年以内 5.31年以上
外部空間	日当たり (質問) お住いの日当たりについて教えてください。 (選択肢) 1.よい 2.あまりよくない
	風通し (質問) お住いの風通しについて教えてください。 (選択肢) 1.よい 2.あまりよくない
	騒音 (質問) 普段から気になる屋外の騒音があるか教えてください。 (選択肢) 1.ある 2.あまりない
	視線 (質問) 普段から気になる屋外からの他人の視線があるか教えてください。 (選択肢) 1.ある 2.あまりない
	自然 (質問) お住いの近くに庭や植木、水辺があるか教えてください。 (選択肢) 1.近くにある 2.近くにない
ライフスタイル	省エネ 関心度 (質問) 地球環境問題や省エネルギーへの関心度合いについて教えてください。 (選択肢) 1.関心がある 2.どちらかといえば関心がある 3.どちらかといえば関心がない 4.関心がない
	省エネ 行動 (質問) 普段から省エネルギー行動に努めているか教えてください。 (選択肢) 1.努めている 2.どちらかといえば努めている 3.どちらかといえば努めていない 4.努めていない
	節約意識 (質問) 普段から暖冷房費の節約に努めているか教えてください。 (選択肢) 1.努めている 2.どちらかといえば努めている 3.どちらかといえば努めていない 4.努めていない
	省エネ 製品購入 (質問) 普段から省エネルギー型製品を購入しているか教えてください。 (選択肢) 1.購入している 2.どちらかといえば購入している 3.どちらかといえば購入していない 4.購入していない
	製品 購入意識 (質問) 新しい家電を購入する際のご家族の意識について教えてください。 (選択肢) 1.省エネ性能をもっとも重視する 2.どちらかといえば省エネ性能を重視する 3.どちらかといえば金額を重視する 4.金額をもっとも重視する 5.どちらもあまり重視しない

質問項目	質問 / 選択肢
冷房方法	(質問) 夏期の空調方法について教えてください。
	(選択肢) 1.エアコンをよく利用している 2.おもにエアコンを利用している 3.おもに扇風機を利用している 4.扇風機をよく利用している
苦手感	(質問) ご家族のエアコン冷房に対する苦手感について教えてください。
	(選択肢) 1.苦手である 2.どちらかといえば苦手である 3.どちらかといえば苦手ではない 4.苦手ではない
冷房 体質	(質問) ご家族の平均的な体質について教えてください。
	(選択肢) 1.暑がりである 2.どちらかといえば暑がりである 3.どちらかといえば暑がりではない 4.暑がりではない
調整行動	(質問) 冷房以外で暑さをしのぐための行動をおこなっているか教えてください。
	(選択肢) 1.おこなっている 2.どちらかといえばおこなっている 3.どちらかといえばおこなっていない 4.おこなっていない
利用頻度	(質問) ご家庭でのエアコンの利用状況について教えてください。
	(選択肢) 1.ほぼずっと利用している 2.暑さを感じたら利用している 3.できる限り我慢している
温度設定	(質問) エアコン冷房の温度設定をどのようにおこなっているか教えてください。
	(選択肢) 1.十分涼しいと感じる程度 2.ふつう 3.多少暑いと感じる程度
暖房方法	(質問) 冬期の空調方法について教えてください。
	(選択肢) 1.暖房をよく利用している 2.おもに暖房を利用している 3.おもに補助暖房を利用している 4.補助暖房をよく利用している
苦手感	(質問) ご家族の暖房に対する苦手感について教えてください。
	(選択肢) 1.苦手である 2.どちらかといえば苦手である 3.どちらかといえば苦手ではない 4.苦手ではない
暖房 体質	(質問) ご家族の平均的な体質について教えてください。
	(選択肢) 1.寒がりである 2.どちらかといえば寒がりである 3.どちらかといえば寒がりではない 4.寒がりではない
調整行動	(質問) 暖房以外で寒さをしのぐための行動をおこなっているか教えてください。
	(選択肢) 1.おこなっている 2.どちらかといえばおこなっている 3.どちらかといえばおこなっていない 4.おこなっていない
利用頻度	(質問) ご家庭での暖房の利用状況について教えてください。
	(選択肢) 1.ほぼずっと運転している 2.寒さを感じたら運転している 3.できる限り我慢している
温度設定	(質問) 暖房の温度設定をどのようにおこなっているか教えてください。
	(選択肢) 1.十分暖かいと感じる程度 2.ふつう 3.多少寒いと感じる程度

世帯にかかわる基本情報として、建設地、建て方、延床面積、世帯人数、築年数について質問した。外部空間として、建物の日当たり、風通し、外部騒音の有無、外部からの視線の有無、建物周辺の緑・水辺の有無について質問した。ライフスタイルとして、ご家族の省エネルギーへの関心度、省エネルギー行動の実践度、節約行動の実践度、省エネルギー製品の購入度、製品購入意識について質問した。暖冷房に関する情報として、空調方法(暖冷房方法)、ご家族の暖冷房に対する苦手感、体質、環境調節行動の実践度、暖冷房の利用状況、温度設定の程度について質問した。

集計は、暖冷房にエアコンを利用している計 475 世帯について行っている。回答は、埼玉県 92 世帯、千葉県 69 世帯、東京都 186 世帯、神奈川県 128 世帯から得られた。回答者は、男性 317 人、女性 158 人となっており、夫婦と子供で構成された世帯が 295 世帯、夫婦のみの世帯が 150 世帯、1 人暮らし世帯が 20 世帯、そのほかが 10 世帯となっていた。なお、集計を行った計 475 世帯については、高齢者や乳幼児、ペットなど、室温に特に配慮が必要な方はいないと回答していた。

なお、アンケート調査は、2015年7月3日～2015年7月7日の期間で行った。

建て方別世帯構成比を、図 2-14 に示す。なお、図中には、総務省の住宅・土地統計調査の結果についても示している⁸⁾。

本報告の住宅は、一般世帯に比して⁸⁾、戸建住宅の割合が少し低くなっており、建て方別世帯構成比は、戸建：共同建で 45：55 となっている。

延床面積別世帯構成比を、図 2-15 に示す。本報告の住宅は、延床面積 50m²～100m²未満の世帯が多く、全体の約 60%を占めている。また、一般世帯に比して⁸⁾、50m²未満の世帯、150m²以上の世帯は少なくなっている。

世帯人数別世帯構成比を、図 2-16 に示す。本報告の住宅は、一般世帯に比して⁸⁾、1人世帯の割合が低くなっている。本報告の住宅の平均世帯人数は約 3.00 人であり、一般世帯の 2.40 人に比して⁸⁾、多くなっている。

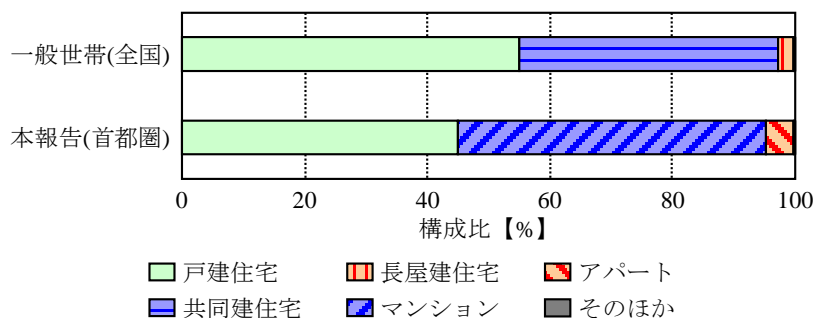


図 2-14：建て方別世帯構成比⁸⁾

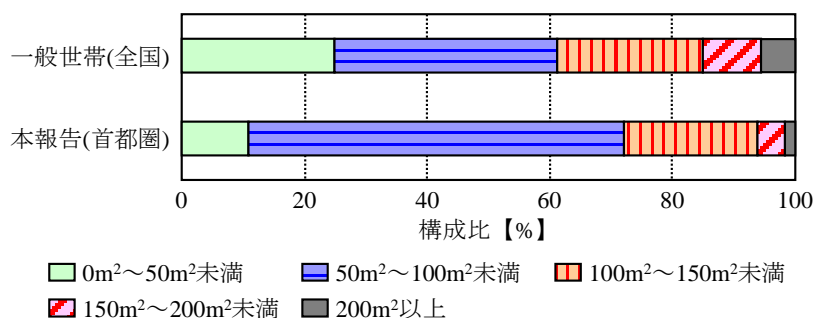


図 2-15：延床面積別世帯構成比⁸⁾

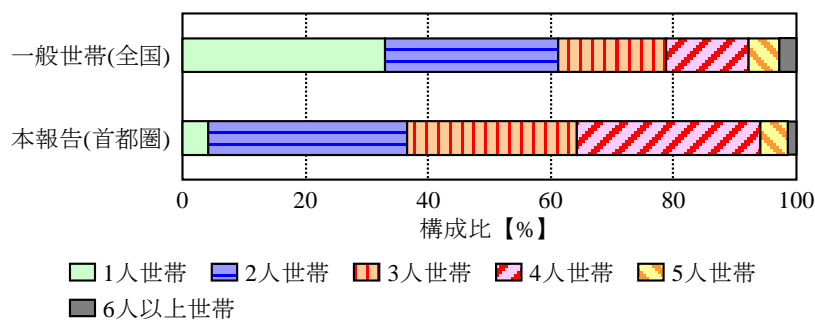


図 2-16：世帯人数別世帯構成比⁸⁾

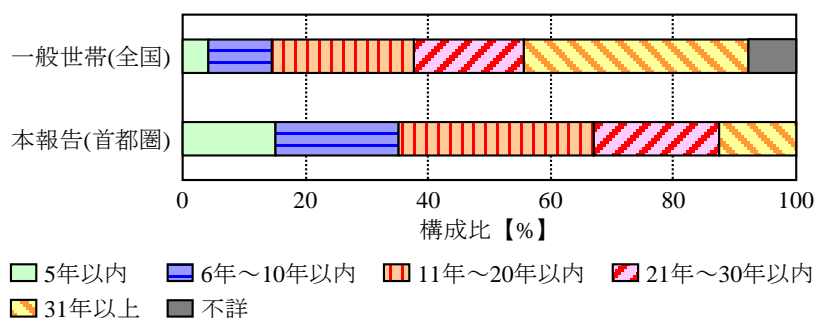


図 2-17：築年数別世帯構成比⁸⁾

築年数別世帯構成比を、図 2-17 に示す。本報告の住宅は、一般世帯に比して⁸⁾、新しい住宅が多くなっている。半数以上の住宅が 1995 年以降に建設されていることを踏まえると、本報告の住宅の平均的な断熱性能は、1992 年基準相当の熱損失係数 Q 値 $4.2\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 前後であるものと想像する。

省エネルギーへの関心度別世帯構成比を、図 2-18 に示す。

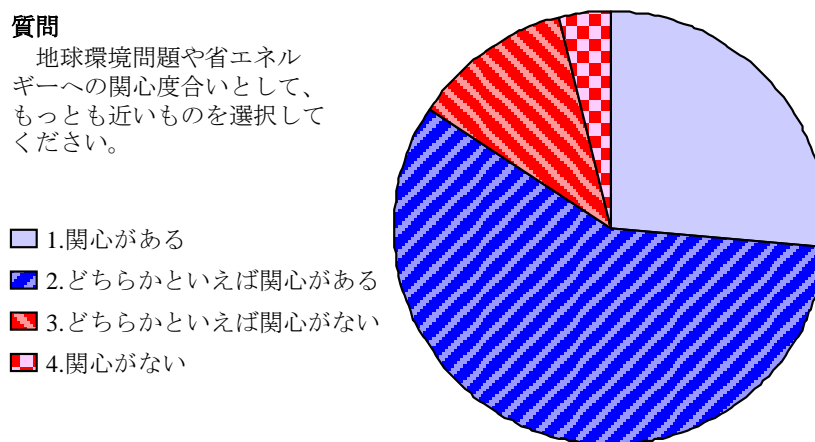


図 2-18：省エネルギーへの関心度別世帯構成比⁸⁾

省エネルギーへの関心度別世帯構成比は、「1.関心がある」で 26.3%、「2.どちらかといえば関心がある」で 58.0%、「3.どちらかといえば関心がない」で 11.8%、「4.関心がない」で 4.0%となっている。

省エネルギーの実行度別世帯構成比を、図 2-19 に示す。省エネルギーの実行度別世帯構成比は、「1.努めている」で 23.3%、「2.どちらかといえば努めている」で 62.0%、「3.どちらかといえば努めていない」で 12.4%、「3.努めていない」で 2.4%となっており、省エネルギーに関心があり、省エネルギー行動を実行している世帯が、全体の 85%となっている。

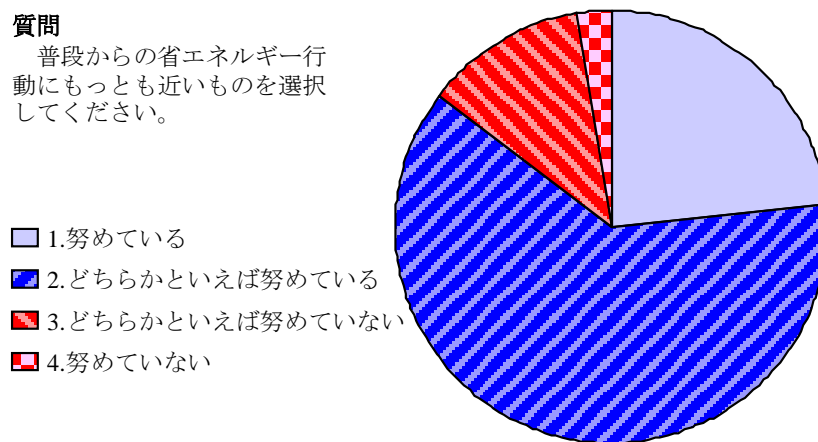


図 2-19 : 省エネルギー行動の実行度別世帯構成比

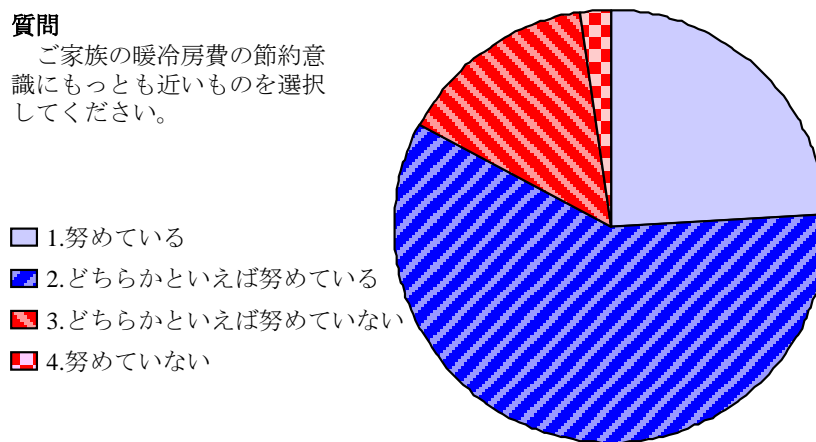


図 2-20 : 節約意識別世帯構成比

節約意識別世帯構成比を、図 2-20 に示す。節約意識別世帯構成比は、「1.努めている」で 24.1%、「2.どちらかといえば努めている」で 58.5%、「3.どちらかといえば努めていない」で 14.9%、「4.努めていない」で 2.2%となっている。

省エネルギー製品の購入意識別世帯構成比を、図 2-21 に示す。省エネルギー製品の購入意識別世帯構成比は、「1.購入している」で 24.1%、「2.どちらかといえば購入している」で 51.6%、「3.どちらかといえば購入していない」で 18.7%、「4.購入していない」で 5.6%となっている。

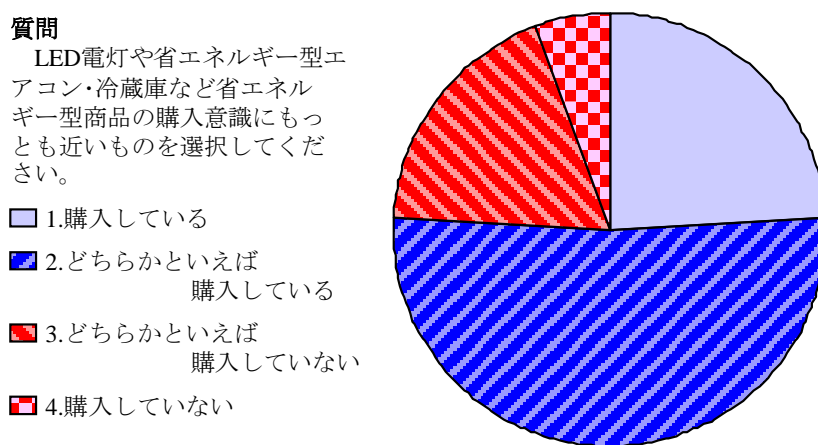


図 2-21：省エネルギー製品の購入意識別世帯構成比

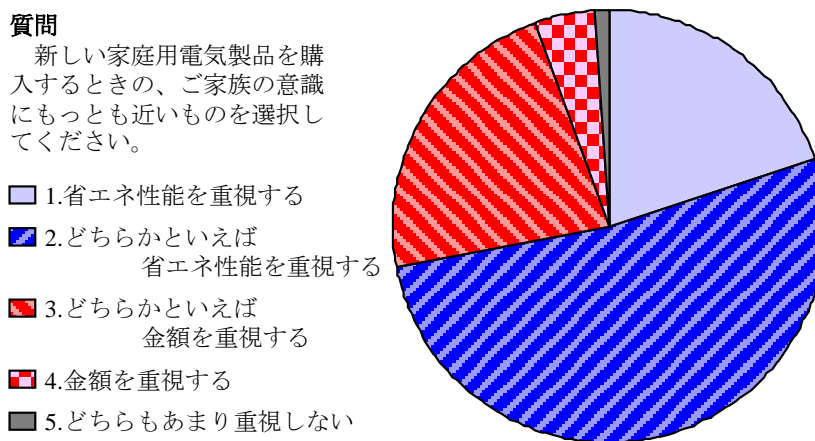


図 2-22：家庭用電気製品の購入意識別世帯構成比

家庭用電気製品の購入意識別世帯構成比を、図 2-22 に示す。家庭用電気製品の購入意識別世帯構成比は、「1.省エネルギー性能を重視する」で 20.1%、「2.どちらかといえば省エネルギー性能を重視する」で 51.8%、「3.どちらかといえば金額を重視する」で 22.5%、「4.金額を重視する」で 4.4%、「5.どちらも重視しない」で 1.2%となっている。

エネルギー消費量については、住まい手の省エネルギーへの関心度との関係はほとんどなく、実際に、住まい手が省エネルギー行動をとることによって、はじめて少なくなるとされている⁹⁾。家庭用エネルギー消費量の内訳では、暖冷房用途に消費されるエネルギーが、全体の約 1/4 を占める¹¹⁾。暖冷房に係る省エネルギー行動は、全体のエネルギー消費量に与える影響も大きいものとする。本報告では、暖冷房に係る省エネルギー行動として、住まい手の環境調整行動について注目する。

夏季の環境調整行動実行度別の世帯構成比を、図 2-23 に示す。夏季の環境調整行動実行度別の世帯構成比は、「1.行っている」で 16.9%、「2.どちらかといえば行っている」で 38.8%、「3.どちらかといえば行っていない」で 24.7%、「4.行っていない」で 19.5%となっており、行っている世帯と行っていない世帯でほぼ半数ずつとなっている。

冬季の環境調整行動実行度別の世帯構成比を、図 2-24 に示す。冬季の環境調整行動実行度別の世帯構成比は、「1.行っている」で 48.8%、「2.どちらかといえば行っている」で 39.8%、「3.どちらかといえば行っていない」で 10.4%、「4.行っていない」で 4.0%となっており、夏季とは異なり、ほとんどの世帯が環境調整行動を行っている。これは、家計に占める暖冷房費、また、給水温度の低下によって給湯費も高くなるため、家計に占める光熱費全体の割合が、夏季に比して、冬季は高くなるためと考える。

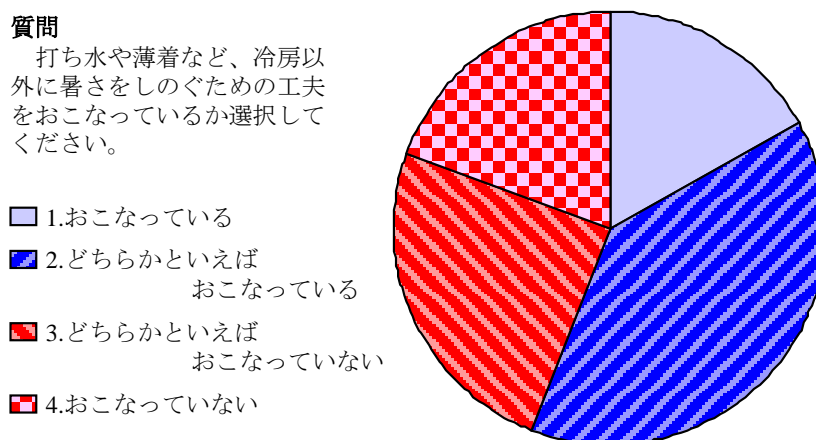


図 2-23 : 夏季の環境調整行動実行度別の世帯構成比

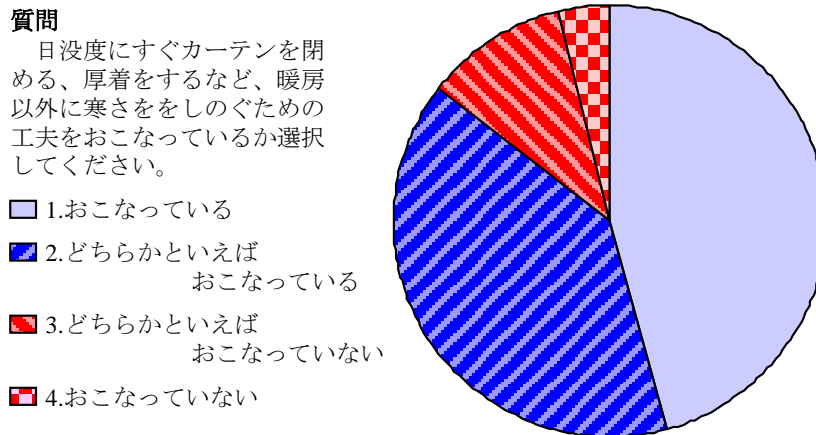


図 2-24 : 冬季の環境調整行動実行度別の世帯構成比

(4) 暖冷房行為についての有意差検定

外部空間、ライフスタイルによる冷房行為の差について検定を行った結果を、表 2-5 に示す。なお、有意差検定には、Kruskal-Wallis 検定を用いている。

冷涼房設備の利用状況について質問した冷房方法では、節約意識、冷房に対する苦手感、環境調整行動、利用頻度、設定温度で $p < 0.01$ で有意、体質で $P < 0.05$ で有意となっている。このうち、夏季の環境調整行動では、省エネルギーへの関心度、省エネルギー行動の実行度、節約意識、冷房に対する苦手感で $p < 0.01$ で有意、住宅周辺の緑や水辺の分布状況で $p < 0.05$ で有意となっている。

表 2-5 : 外部空間、ライフスタイルによる冷房行為の有意差

	冷房方法	苦手感	体質	調整行動	利用頻度	温度設定
築年数						
日当たり						
外部空間	風通し					
	騒音					
	視線					
	自然			*		

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

	冷房方法	苦手感	体質	調整行動	利用頻度	温度設定
ライフスタイル	省エネ 関心度			**		
	省エネ 行動		**	**	**	
	節約意識	**	*	**	*	
	省エネ 製品購入			*		
	省エネ製品 購入意識					
冷房	冷房方法	-	**	**	**	*
	苦手感	**	-	**	**	
	体質	*	**	-	**	
	調整行動	**	**	-		
	利用頻度	**	*	**	-	*
	温度設定	**			**	-

* : p<0.05 ** : p<0.01

表 2-6 : 外部空間、ライフスタイルによる冷房行為の有意差

	暖房方法	苦手感	体質	調整行動	利用頻度	温度設定
外部空間	築年数					
	日当たり	*	*			
	風通し					
	騒音					
	視線					
ライフスタイル	自然			*		
	省エネ 関心度			**		
	省エネ 行動			**	**	*
	節約意識	*		**	*	
	省エネ 製品購入			**		
暖房	省エネ製品 購入意識		*	*		
	暖房方法	-			**	*
	苦手感		-	**	**	
	体質		*	-		
	調整行動				*	*
	利用頻度	*	**		*	**
温度設定				*	-	

* : p<0.05 ** : p<0.01

外部空間、ライフスタイルによる暖房行為の差について検定を行った結果を、表 2-6 に示す。

暖房・暖身設備の利用状況について質問した暖房方法では、日当たり、節約意識、利用頻度で $P<0.05$ で有意となっている。夏季に比して、家計に占める光熱費全体の割合が高くなる冬季は、節約意識が暖房方法に強く影響しているものと想像する。冬季の環境調整行動は、暖房方法と強い相関があるわけではないが、節約意識との相関は強い ($p<0.01$ で有意)。冬季の環境調整行動は、間接的に暖房方法の冬季の環境調整行動は、省エネルギーへの関心度、省エネルギー行動の実行度、節約意識、省エネ製品の購入状況で $p<0.01$ で有意、住宅周辺の緑や水辺の分布状況、省エネ製品の購入意識、暖房設備の利用頻度で $p<0.05$ で有意となっており、世帯により異なる特徴を踏まえた温熱許容域を検討するにあたって、環境調整行動の実行度は 1 つの指標となるものとする。

(5) 省エネルギーへの関心などが環境調整行動に与える影響

ライフスタイルの影響を有意に受けている住まい手の環境調整行動が、省エネルギーへの関心など、それぞれの質問回答からどのような影響を受けているかを、数量化 2 類を用いて検討する。

なお、数量化 2 類とは、仮想変数を用いた判別分析のことで、室内の快適性評価の分析などにも用いられることがある¹¹⁾。一般に、判別分析は、目的変数が定性観測値で、説明変数が定量観測値のときに用いられる回帰分析手法であり、注目している基準が、複数の要因によって影響されている場合に、それぞれの影響度を測るために用いられる。ただし、判別分析が取り扱う要因は、数字で表すことのできる定量観測値のみに限定される。本報告では、日当たりの良し悪しや省エネルギーへの関心の有無など、数字であらわせない定性観測値を対象としているため、定性観測値に 0 と 1 の仮想変数を設定して判別分析を行っている。

それぞれの質問回答の夏季の環境調整行動への影響度を、表 2-7 に示す。なお、正規化された水準数量は、正の値が大きいほど環境調整行動をよく行っていることへの影響度が、負の値が大きいほど行っていないことへの影響度が大きいことを示している。

環境調整行動は、築年数が浅い世帯ほど、積極的にしている。また、日当たり、風通しがよい世帯ほど、調整行動を積極的にしているようである。外部からの視線や騒音がある世帯ほど、調整行動を積極的に行うようになっているが、これは、環境調整行動によ

って外部に開いた結果によるものとする。省エネルギーへの関心度と環境調整行動との関係は、あまり明確となっていない。一方で、省エネルギー行動の実行度と環境調整行動では、観測数の少ない「努めていない」を除くと、より省エネルギー行動に努めている世帯ほど、環境調整行動を積極的に行うようになっている。同様に、省エネ製品を購入している世帯ほど調整行動を積極的に行っており、意識や関心よりも、実際の行動が環境調整行動に大きく影響している。長谷川、井上の研究¹²⁾では、省エネルギー意識あるいは関心とエネルギー消費量に明確な相関は認められず、省エネルギーに努めて行動する世帯ほどエネルギー消費量は少なくなるとしている。意識や関心だけでは、省エネルギー行動の惹起は困難なものとする。環境調整行動には、苦手感と体質も大きく影響しているようである。ただし、利用状況と温度設定については、予想する対比と異なる結果となっており、冷房使用前の調整行動と冷房使用直前あるいは使用後の行動は直接関係しないものとするが、本報告では明確にしない。

表 2-7：それぞれの質問回答の夏季の環境調整行動への影響度

要因	水準	度数	正規化された水準数量	-15	-10	-5	0	5	10	15	
基本情報	築年数	5年以内	72	10.890							
		6年～10年以内	95	-0.877							
		11年～20年以内	151	-2.338							
		21年～30年以内	97	-1.278							
		31年以上	60	-3.728							範囲 14.618
外部空間	日当たり	よい	365	0.426							範囲 1.838
		あまりよくない	110	-1.412							
	風通し	よい	382	0.033							範囲 0.169
		あまりよくない	93	-0.136							
	騒音	ある	106	4.186							範囲 5.388
		あまりない	369	-1.202							
	視線	ある	47	14.686							範囲 16.299
		あまりない	428	-1.613							
	自然	近くにある	227	2.393							範囲 4.583
		近くにない	248	-2.190							
省エネ 関心度	関心がある	125	2.912								
	どちらかといえば関心がある	280	-1.272								
	どちらかといえば関心がない	53	-0.318							範囲 4.184	
	関心がない	17	0.529								
省エネ 行動	努めている	110	2.861								
	どちらかといえば努めている	297	-0.803								
	どちらかといえば努めていない	59	-2.078							範囲 7.225	
	努めていない	9	5.147								
ライフスタイル	節約意識	111	0.154								
	どちらかといえば節約意識	283	0.034								
	どちらかといえば節約意識がない	73	0.642							範囲 9.831	
	節約意識がない	8	-9.189								
省エネ 製品購入	購入している	115	2.953								
	どちらかといえば購入している	247	-0.811								
	どちらかといえば購入していない	90	-1.158							範囲 4.482	
	購入していない	23	-1.529								
製品購入 意識	省エネ性能をもっとも重視する	95	2.295								
	どちらかといえば省エネ性能を重視する	252	-1.005								
	どちらかといえば金額を重視する	102	-0.019							範囲 3.300	
	金額を重視する	21	1.376								
冷房方法	どちらもあまり重視しない	5	1.646								
	エアコンをよく利用している	256	0.781								
	おもにエアコンを利用している	170	-1.092								
	おもに扇風機を利用している	48	-0.329							範囲 2.582	
冷房	扇風機を利用している	1	1.490								
	苦手である	19	45.877								
	どちらかといえば苦手である	114	-2.340								
	どちらかといえば苦手ではない	167	-1.336							範囲 48.217	
体質	苦手ではない	175	-2.182								
	暑がりである	106	2.884								
	どちらかといえば暑がりである	252	-0.627								
	どちらかといえば暑がりではない	97	-0.405							範囲 8.307	
利用頻度	暑がりではない	20	-5.423								
	ほぼずっと利用している	91	7.562								
	暑さを感じたら利用している	308	-1.252							範囲 11.545	
	できる限り我慢している	76	-3.983								
温度設定	十分涼しいと感じる程度	116	5.228								
	ふつう	315	-1.925							範囲 7.153	
	多少暑いと感じる程度	46	-0.002								

表 2-8：それぞれの質問回答の冬季の環境調整行動への影響度

要因	水準	度数	正規化された水準数量	-15	-10	-5	0	5	10	15	
基本情報	築年数	5年以内	72	8.148							
		6年～10年以内	95	-2.673							
		11年～20年以内	151	-0.944							
		21年～30年以内	97	-0.759							
		31年以上	60	-1.942							
外部空間	日当たり	よい	365	-0.173							
		あまりよくない	110	0.575							
	風通し	よい	382	0.345							
		あまりよくない	93	-1.416							
	騒音	ある	106	6.605							
		あまりない	369	-1.897							
	視線	ある	47	14.041							
		あまりない	428	-1.542							
	自然	近くにある	227	2.331							
		近くでない	248	-2.133							
ライフスタイル	省エネ 関心度	関心がある	125	1.985							
		どちらかといえば関心がある	280	-1.053							
		どちらかといえば関心がない	53	0.279							
	省エネ 行動	関心がない	17	1.870							
		努めている	110	2.786							
		どちらかといえば努めている	297	-0.416							
	節約意識	どちらかといえば努めていない	59	-3.095							
		努めていない	9	-0.040							
		努めている	111	1.545							
		どちらかといえば努めている	283	-0.331							
省エネ 製品購入	どちらかといえば努めていない	73	-0.297								
	努めていない	8	-7.019								
	購入している	115	2.294								
製品購入 意識	どちらかといえば購入している	247	-0.806								
	どちらかといえば購入していない	90	0.139								
	購入していない	23	-3.357								
暖房	暖房方法	省エネ性能をもっとも重視する	95	3.614							
		どちらかといえば省エネ性能を重視する	252	-1.545							
		どちらかといえば金額を重視する	102	0.546							
		金額を重視する	21	-1.421							
	苦手感	どちらともあまり重視しない	5	4.022							
		暖房をよく利用している	217	1.604							
	体質	おもに暖房を利用している	193	-0.734							
		おもに補助暖房を利用している	50	-0.965							
	利用頻度	補助暖房を利用している	15	-10.537							
		苦手である	22	41.947							
温度設定	どちらかといえば苦手である	104	-2.549								
	どちらかといえば苦手ではない	148	-1.663								
暖房	苦手感	苦手ではない	201	-2.048							
		寒がりである	122	1.314							
	体質	どちらかといえば寒がりである	203	-0.971							
		どちらかといえば寒がりではない	124	1.398							
利用頻度	寒がりではない	26	-5.256								
	ほぼずっと利用している	52	15.558								
温度設定	暑さを感じたら利用している	325	-1.027								
	できる限り我慢している	98	-4.848								
暖房	温度設定	十分暖かいと感じる程度	80	6.621							
		ふつう	336	-0.804							
暖房	温度設定	多少涼しいと感じる程度	59	-4.399							

それぞれの質問回答の冬季の環境調整行動への影響度を、表 2-8 に示す。夏季と同様に、冬季の環境調整行動も、築年数が浅い世帯ほど、積極的に行っている。傾向としては、夏季とほとんど同じであるが、冬季の場合は、暖房方法と節約行動の環境調整行動への影響がより明確となっている。関東といえども、用途別エネルギー消費量では、暖房/冷房で 14.5/1 と暖房が圧倒的に多い¹⁰⁾。それだけに、暖房が各世帯の消費支出に与える影響も大きく、暖房使用を控える、あるいは、補助暖房だと暖房ほど高くないために気軽に使えるなどの住まい手の意識が、環境調整行動により明確に表れたものと想像する。

(6) 実験対象世帯の選定

以上のことから、環境調整行動の回答内容がグルーピング要素となる可能性が高いと考え、環境調整行動の回答数になるべく同数になるよう実験対象世帯を選定した。冷房・暖房では必ずしも回答や傾向が一致しない場合もあったが、実験スケジュールを重視し、夏季の環境調整行動の回答数になるべく均等に分かれるようにモニター 98 名を選定した。ただし、実験機器の種類やモニターの状況によって、必ずしも均等とはなっていない。98 名のアンケート結果は補足資料に掲載している。

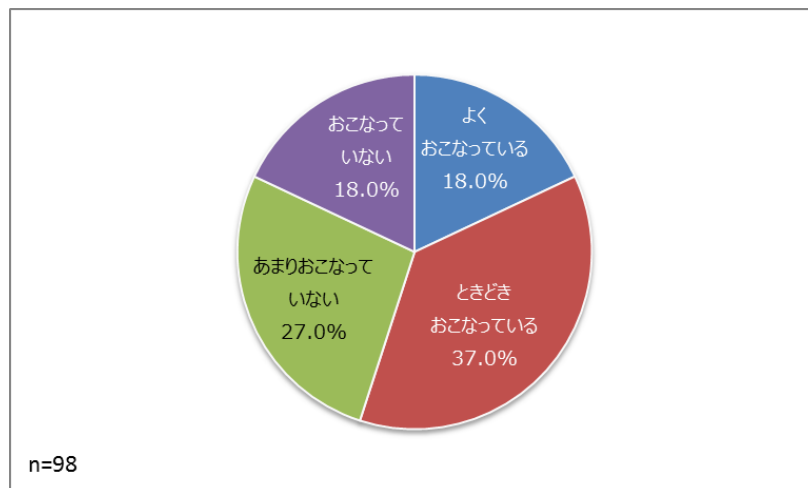


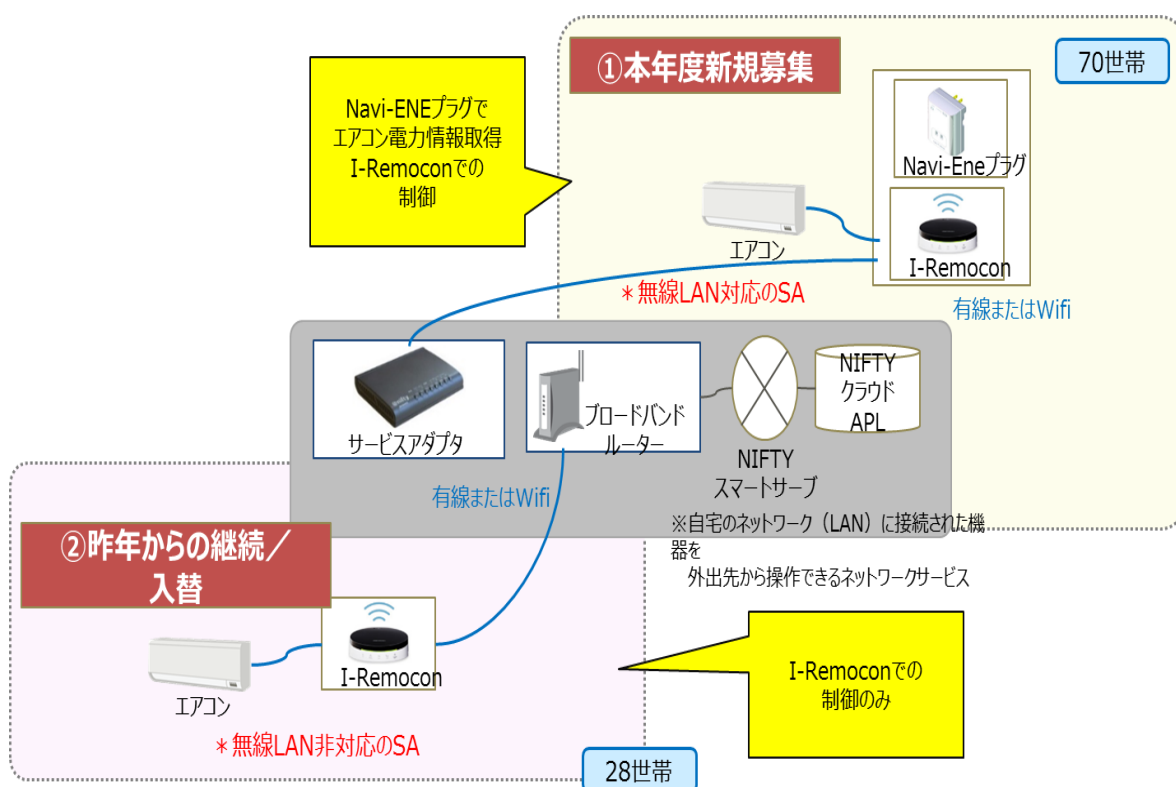
図 2-25：夏季の環境調整行動実行度別の世帯構成比

第2節 制御実験

1. 実験概要

(1) 対象世帯

現地調査の対象世帯には、本年度新規に募集した約 70 世帯と、過年度からの継続の約 30 世帯を対象とした。約 70 世帯は遠隔制御に加え、家庭の空調設備の電力も取得するが、約 30 世帯は、遠隔制御のみで、空調設備の電力は取得しない。



タイプ	温湿度	制御	ON/OFF 状況	エアコン 電力	設定温度	湿度	受容性 把握
①	○	○	○	○	×	○	○
②	○	○	×	×	×	○	○

図 2-26 : 対象世帯の種類

本年度新規募集者については、機器設定ができなかった等の理由で夏季の12世帯を入替えた。また、過年度からの継続／入替者については、過年度の辞退者2世帯から機器が回収できず、28世帯となった。よって合計98世帯を対象世帯とした。募集にあたっては、一般的な母集団を把握するために502世帯程度に対してアンケートを行い、空調機器の条件やアンケート内容をもとに、98世帯のモニター世帯を選定した。502世帯に対するアンケートの結果は、「第2章第一節2(3)モニター募集アンケート」に概要を記載している。また、98世帯分のアンケート結果については、補足資料に掲載している。冷夏・暖冬の影響で制御ロジックが想定通りに働かなかった期間もあり、快適性指標の分析については対象世帯の実験参加時期、室温の取得状況、回答内容の信頼性等の要素を勘案し、夏季実験は48名、冬季実験は43名のデータのデータを分析に用いた。

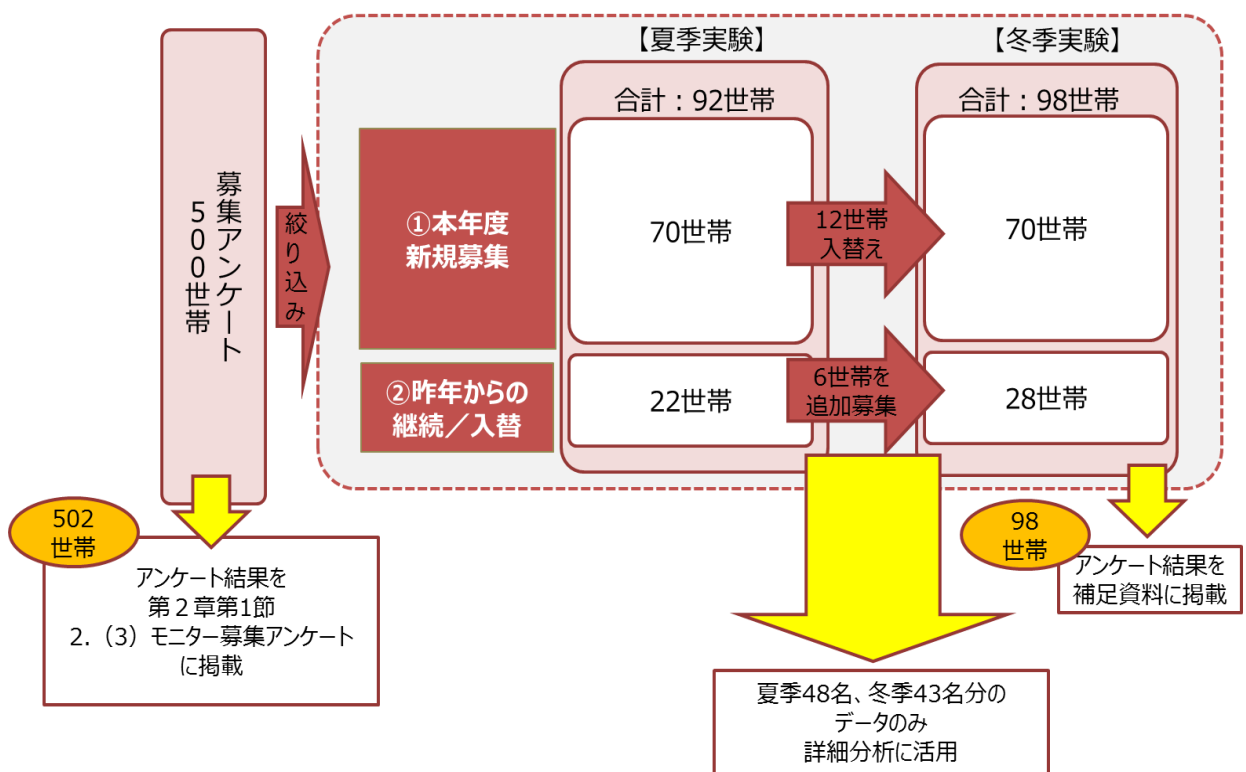


図 2-27：実験参加世帯の整理

選定した 98 世帯は、築年数では 10 年以内の比較的新しい住宅が過半数であったが、31 年以上の住宅も 11 世帯あった。世帯主年齢は 40 歳～60 歳未満を中心に分布していた。

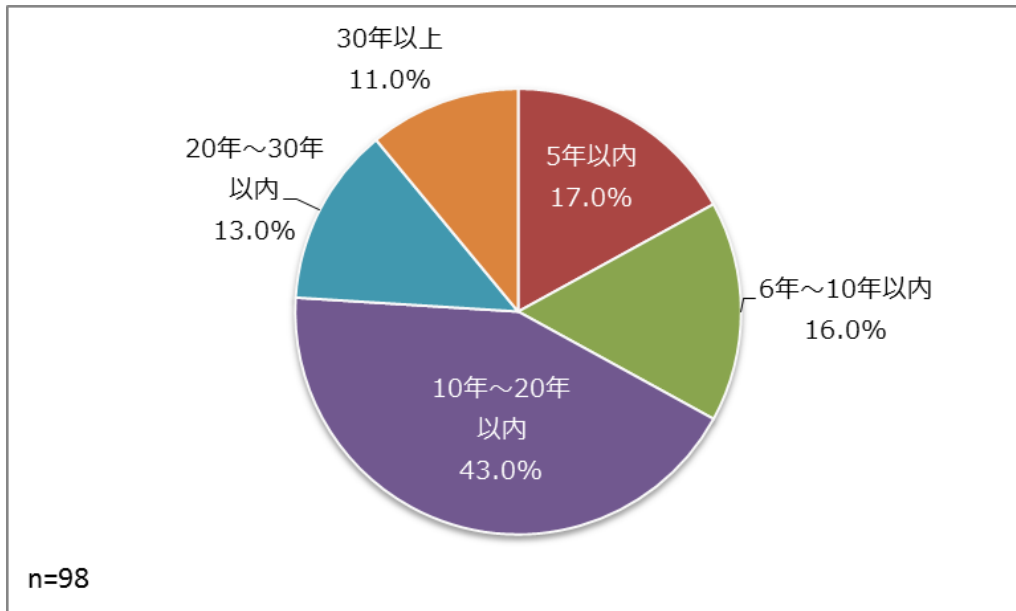


図 2-28：対象世帯の築年数

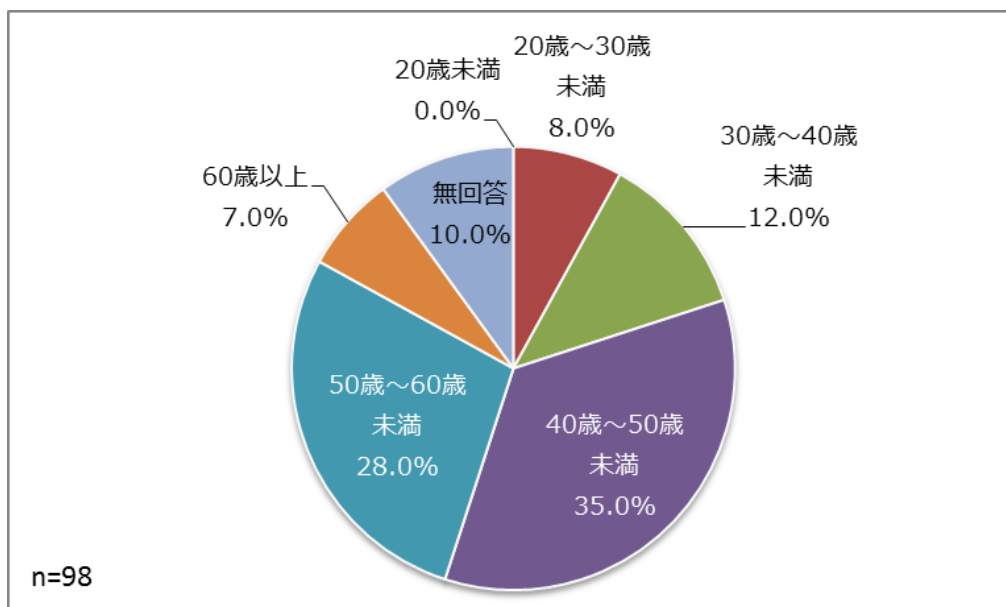


図 2-29：対象世帯年齢（アンケート回答者）

(2)実験システム

調査対象世帯に、自宅のネットワークに接続するための「サービスアダプター」および赤外線式で空調を遠隔で制御する「iRemoconWi-fi」、エアコンの電力を取得する「Navi-Ene Plug」を送付した。「サービスアダプター」および「iRemoconWi-Fi」のシステムは、ニフティ株式会社のネットワークサービス「スマートサブ」で提供する、室内環境見守りサービス「おうちプラス」の提供を受けたものである。実証実験では、本サービスを核とし、「Navi-ene Plug」による電力情報取得および、本事業の内容に従った遠隔制御システムを新たに構築した。

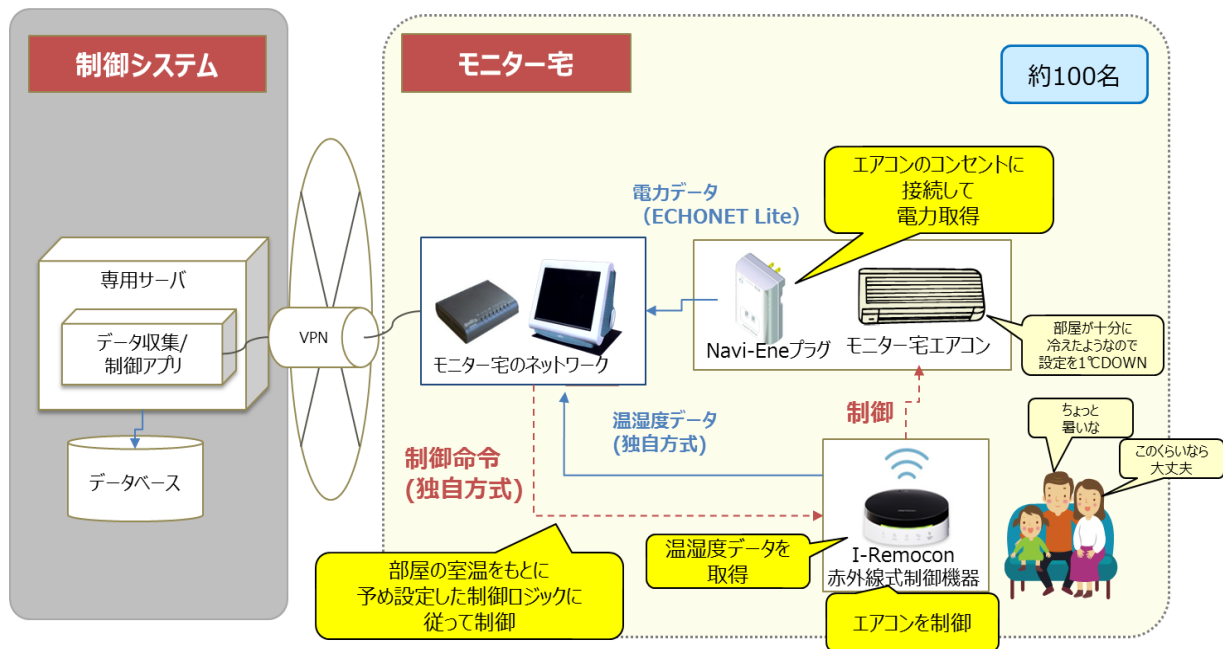


図 2-30： 調査対象世帯内システム構成

測定は、室温、相対湿度、冷房設備の貫流電流、住まい手の温熱環境に対する主観、状態としての行動、着衣について行った。測定項目および測器を、表 2-9 に示す。

表 2-9： 測定項目および測器

測定項目	測器	
室温	サーミスタ抵抗温度計	iRemocon(グラモ)
相対湿度	電子式高分子湿度計	
冷房使用状況 (貫流電流)	小型クランプ式交流電流計	Navi-Ene Plug (ユビキタス)
住まい手の主観評価	許容感	申告表に表示した言語
住まい手の状態	行動(代謝量)、着衣	尺度を選択

不在時の稼働による事故を避けるため、対象世帯は自身のスマートフォンやPC経由で、事前に3時間単位で参加表明をすることとした。制御が実行された後、同画面から受容性や着衣量、行動量を入力する仕組みを入力してもらった。

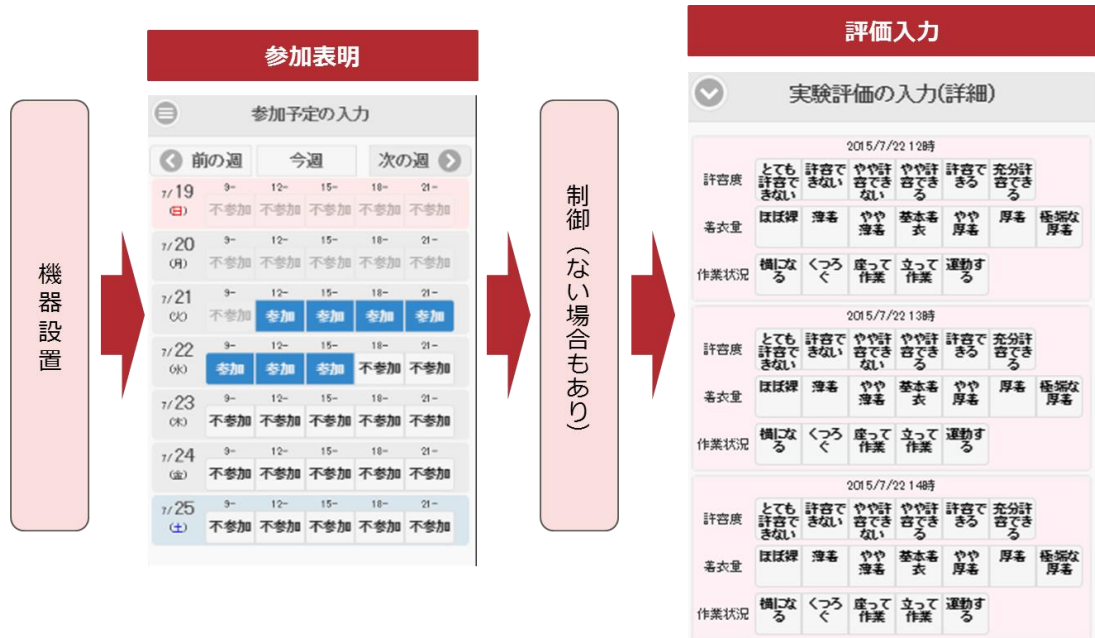


図 2-31：住まい手の入力画面イメージ

表 2-10：主観評価申告に用いた言語尺度

許容感		着衣					行動											
とても許容できる	許容できる	やや許容できる	許容できない	やや許容できない	とても許容できない	ほぼ裸	薄着	やや薄着	基本着衣	やや厚着	厚着	極端な厚着	横になる	くつろぐ	座って作業	立って作業	運動する	
評点【-】						着衣量【clo】					代謝量【Met】							
6	5	4	-	3	2	1	0.15	0.35	0.55	0.85	1.10	1.25	1.75	0.8	1.0	1.2	1.6	3.0

主観評価申告に用いた言語尺度を、表 2-10 に示す。主観評価項目は許容感のみとし、中央のない6段階の言語尺度を用いた。着衣と行動についても言語尺度の選択によって申告してもらい、集計は状態にあわせておおよその着衣量と代謝量を想定して行った。

実験中は、冷房設備としてエアコンを常時運転してもらったが、扇風機などの使用については特に制限しなかった。申告は、1回の実験につき、実験開始直後、1時間後、2時間

後の計 3 回、許容感、着衣、行動について携帯電話端末から行ってもらった。なお、生活行動の制限は、温熱許容域の範囲を狭めるおそれがある¹³⁾。実態調査では、温熱環境に対する許容/非許容の評価以外には生活の制限を特に設けず、住まい手には、普段どおりに生活してもらった。

(3) 実験期間

夏季および冬季に、下記期間で実験を行った。

実施期間：夏季実験 2015 年 8 月 2 日（日）～2015 年 9 月 5 日（土）

冬季実験 2015 年 12 月 20 日（日）～2016 年 2 月 6 日（土）

2. 夏季実験結果

(1) 制御ロジック

夏季は、過年度の結果を参考に、1 週間毎に制御ロジックを変更して制御を行った。

第一週は機器の誤作動や、モニターの機器設置ミス等があったため、参考値として掲載するが、実際の分析は第 2 週以降のデータを利用した。制御の結果、室温を目標温度にするために、30 分毎の取得室温に対し、目標温度の前後で制御を行うこととした。

表 2-11：下記実験の制御ロジック

	期間	制御ロジック
第1週	8/2～8/8	試行期間 (想定外の制御があり、ロジックを見直し)
第2週	8/9～8/15	【ロジックⅠ】 実験開始と同時に→設定温度を 2.9℃に 室温が 3.2℃より上がったら、すぐに設定温度を 2.8℃に変更。 室温が 2.8℃より下がって 30 分たったら設定温度を 2.9℃に変更。
第3週	8/16～8/22	【ロジックⅡ】 実験開始と同時に→設定温度を 2.8℃に 室温が 3.0℃より上がったら、すぐに設定温度を 2.7℃に変更。 室温が 2.6℃より下がって 30 分たったら設定温度を 2.9℃に変更。
第4週	8/23～8/29	【ロジックⅢ】 実験開始と同時に→設定温度を 2.7℃に 室温が 2.9℃より上がったら、すぐに設定温度を 2.6℃に変更。 室温が 2.5℃より下がって 30 分たったら設定温度を 2.8℃に変更。
第5週	8/30～9/5	【ロジックⅠ】 実験開始と同時に→設定温度を 2.9℃に 室温が 3.2℃より上がったら、すぐに設定温度を 2.8℃に変更。 室温が 2.8℃より下がって 30 分たったら設定温度を 2.9℃に変更。

(2) 参加状況

対象世帯は3時間単位で参加入力を行うが、参加回数は1時間単位で取得しているため、1回の参加入力に対し、3回カウントされている。制御回数は1時間に1度以上制御があった場合1回とカウントしている。図中の折れ線グラフは、対象期間の東京地方の日単位の平均気温から、1週間の平均気温を算出した値である。平均気温の高い週ほど、制御回数が多くなっている。

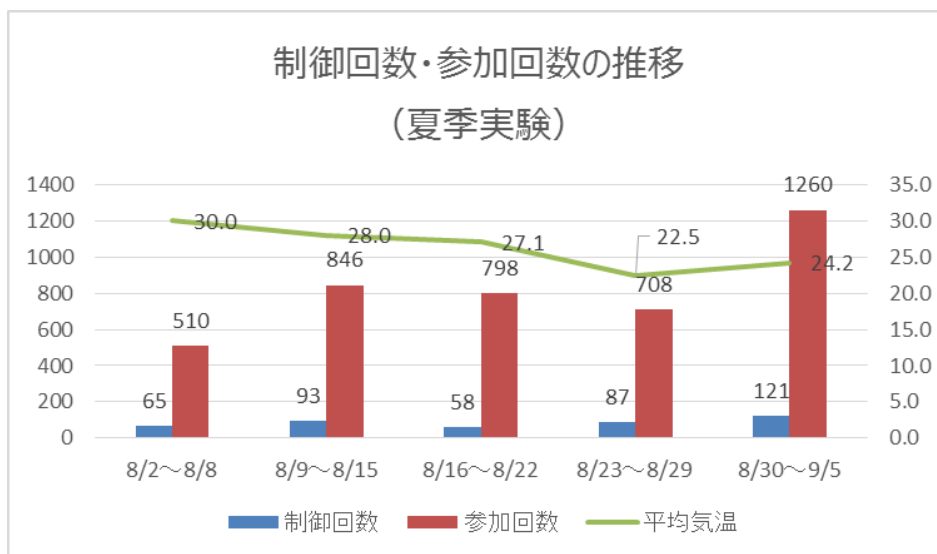


図 2-32：制御回数・参加回数の推移

週別の参加人数を下記に示した。

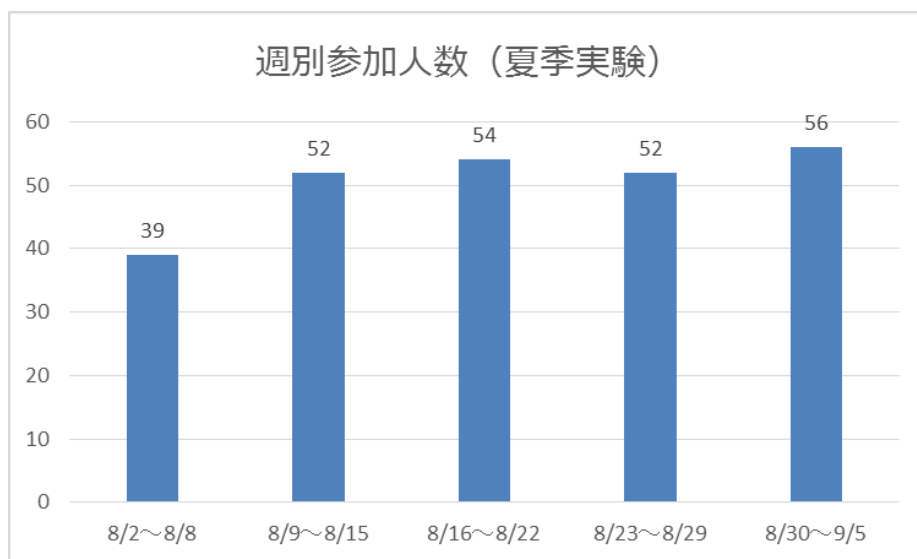


図 2-33：週別参加人数推移

(3) 許容申告状況

主観評価申告時の室温状況を、表 2-12 に示す。エアコンの設定温度は週ごとに遠隔で変更しているが、各世帯とも同じ論理をもとに制御を行っている。しかし、主観評価申告時の室温には大きなばらつきがあり、最高・最低については 20℃以上の室温較差を観測している。このため、観測値の集計は、標準偏差基準法により、(平均値)±2×(標準偏差)の範囲に含まれる観測値についてのみ行っている。これに伴い、本調査では、室温 33℃以上の許容感について不明となる。一般に、住まい手の体内温度は、平均皮膚温度が 35℃～36℃になると上昇しはじめるとされている¹⁴⁾。夏季の標準環境として、着衣量 0.5clo、代謝量 1.1Met、風速 0.5m/s、相対湿度 50%RH を想定した場合、平均皮膚温度が 35℃以上となるのは室温 32℃である。このため、たとえ心理的には許容できても、生理的には許容してはいけない室温として、室温 33℃以上の許容感については「6.とても許容できない」を設定し、以降の集計を行う。なお、主観評価申告時の温湿度ならびに着衣、行動の状況は、表 2-13 のようになっている。

表 2-12 : 主観評価申告時の室温状況

	第1週 8/2～8/8	第2週 8/9～8/15	第3週 8/16～8/22	第4週 8/23～8/29	第5週 8/30～9/5	第6週 9/6～9/12
平均(Ave.)	28.4℃	28.4℃	27.8℃	26.8℃	26.9℃	26.5℃
標準偏差(σ)	1.8℃	1.9℃	1.8℃	1.7℃	1.9℃	2.2℃
最高	33.8℃	37.4℃	44.0℃	32.5℃	30.7℃	30.9℃
最低	24.7℃	20.5℃	20.9℃	20.9℃	20.8℃	19.1℃
Ave.+2σ	32.0℃	32.2℃	31.4℃	30.2℃	30.7℃	30.8℃
Ave.-2σ	24.9℃	24.6℃	24.1℃	23.3℃	23.1℃	22.1℃

表 2-13 : 主観評価申告時の温湿度ならびに着衣・行動の状況

項目	平均±標準偏差
室温	27.6℃±1.7℃
相対湿度(絶対湿度)	75.4%RH±11.1%RH (17.56g/kg(DA)±2.63g/kg(DA))
着衣量	0.44clo±0.16clo
代謝量	1.1Met±0.2Met

(4) それぞれの SET*で申告された許容感の内容

制御ごとの許容申告割合を、図2-34に示す。なお、申告数で集計すると、実験に多く参加した世帯とそうでない世帯ではばらつきがあるため、図は、世帯ごとにそれぞれの制御での平均許容感申告評点を集計して示している。

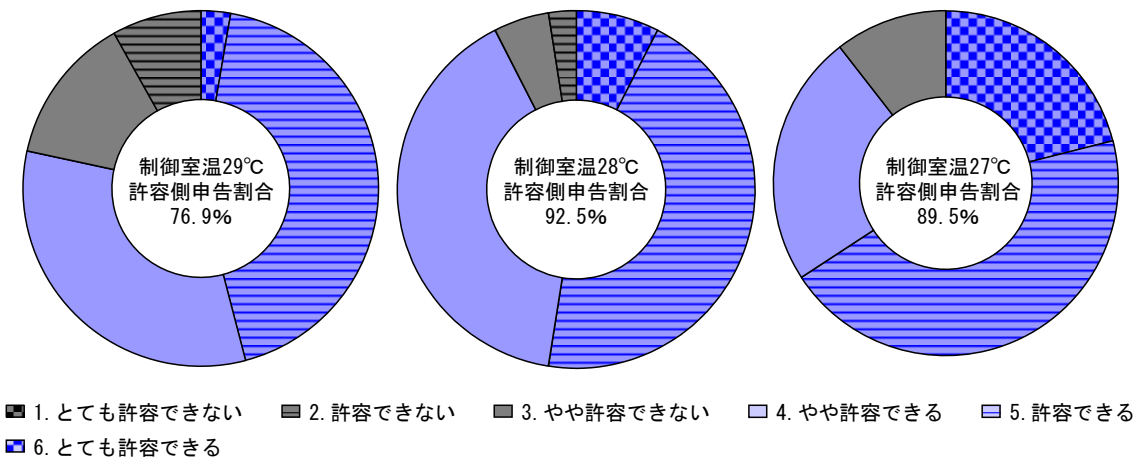


図 2-34 : 制御ごとの許容側申告割合 (平均申告集計)

それぞれの室温で申告された許容感の内容を、図 2-35 に示す。なお、室温は四捨五入して示しており、図には、それぞれの室温で「4.やや許容できる」よりも許容側で評価された申告の割合も示している。

夏季の許容感は、全体で 88.8%が「4.やや許容できる」よりも許容側で評価されている。許容側申告割合が 50%以上となるのは室温 32°C以下、許容側申告割合が 80%以上となるのは室温 31°C以下となっている。ただし、申告数については、実験に多く参加した世帯とそうでない世帯ではばらつきがある。このため、世帯ごとにそれぞれの室温での平均許容感申告評点を集計し、以降の検討を行う。

世帯ごとの平均許容感申告評点の集計から求めた、それぞれの室温で申告された許容感の内容を、図 2-36 に示す。なお、図は、平均許容感申告評点が 1 以上 2 未満を「1.とても許容できない」、2 以上 3 未満を「2.許容できない」、3 以上 4 未満を「3.やや許容できない」、4 以上 5 未満を「4.やや許容できる」、5 以上 6 未満を「5.許容できる」、6 を「6.とても許容できる」として集計している。

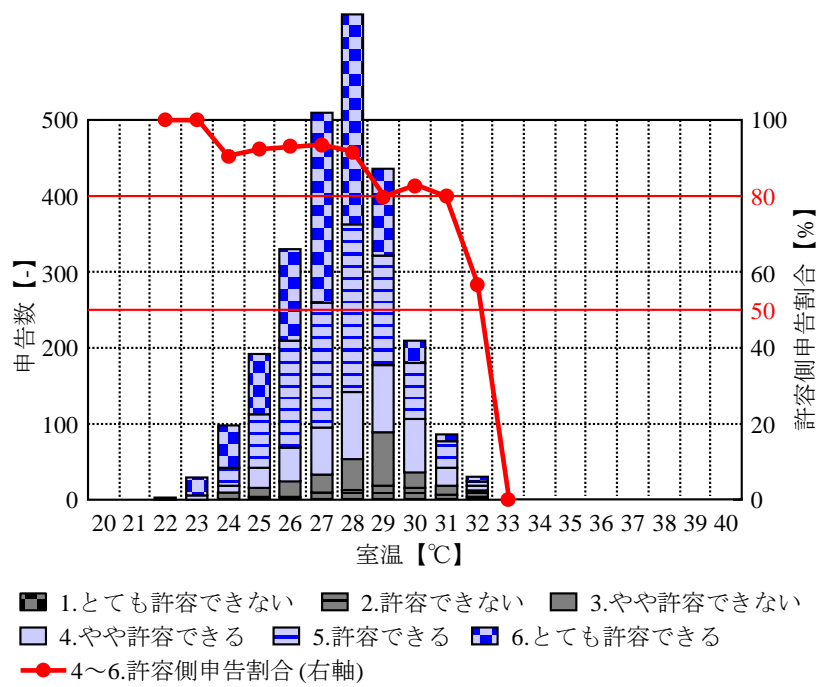


図 2-35 : それぞれの室温で申告された許容感の内容(全申告集計)

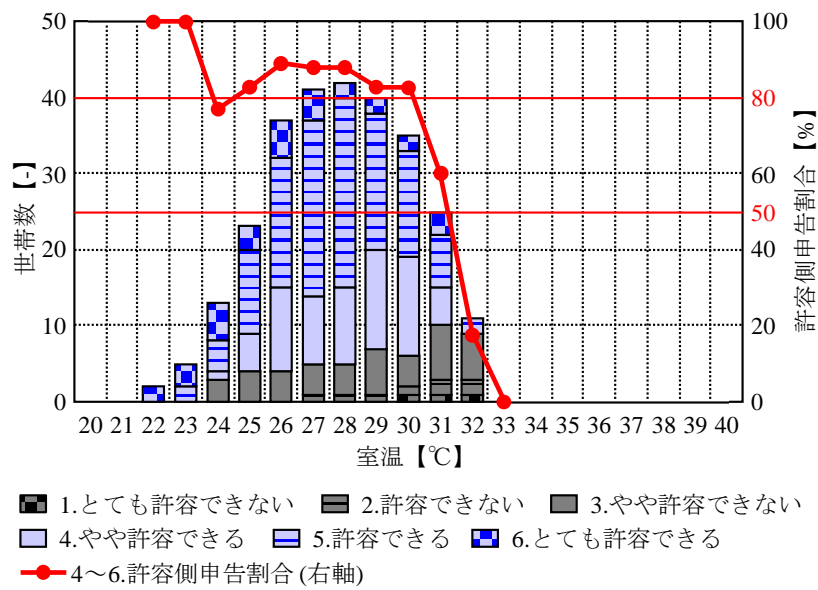


図 2-36 : それぞれの室温で申告された許容感の内容(平均申告集計)

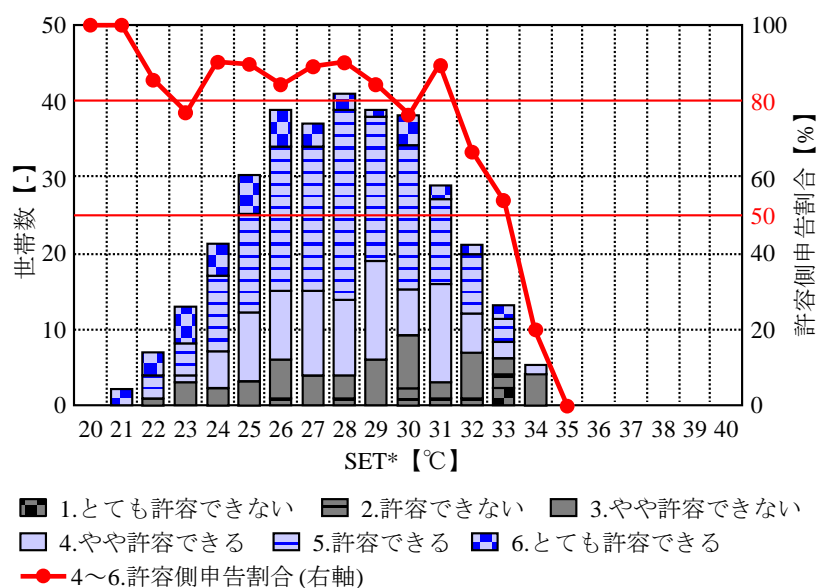


図 2-37：それぞれの SET* で申告された許容感の内容(平均申告集計)

夏季の許容感は、全体で 80.7%が「4.やや許容できる」よりも許容側で評価されている。許容側申告割合が 50%以上となるのは室温 31°C以下、許容側申告割合 80%以上となるのは室温 30°C以下となっている。

それぞれの SET*で申告された許容感の内容を、図 2-37 に示す。なお、図は、世帯ごとの平均許容感申告評点の集計から求めている。SET*に換算した夏季の許容感は、全体で 82.7%が「4.やや許容できる」よりも許容側で評価されている。許容側申告割合が 50%以上となるのは SET*33°C以下、許容側申告割合が 80%以上となるのは SET*31°C以下となっている。80%以上の在室者が許容できる温熱環境を快適とみなすとしている ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域は SET*22.2°C~25.6°Cとなっているが、本報告では、許容側申告割合が 80%以上となるのは SET*31°C以下となっている。実生活での住まい手は、窓の開閉や衣服の調整によって、通常、快適とされない高温環境も許容していることを示すものである。

(5) 夏季の温熱許容域

本報告では、実生活での温熱許容域を最小 2 乗法で曲線近似して求めている。近似曲線の基本式は、ISO7730 の予測不満足率 PPD の算出式¹⁵⁾を参考にして、以下の式を設定して

いる。

$$F(x) = 100 * \text{EXP} (a * (b * x + c) ^ 4 + d * (b * x + c) ^ 2)$$

x: 室温あるいは SET* a、b、c、d: 定数

室温と最小 2 乗法を用いて近似した許容側申告割合との関係を、図 2-38 に示す。なお、図中には、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の冷房操作が生起する室温範囲についても示している。

曲線近似して求めた許容側申告割合の決定係数 R^2 は 0.965 となっている。許容側申告割合が 80% 以上となるのは室温 29.8℃ 以下、50% 以上となるのは室温 31.0℃ 以下となっており、許容側申告割合が 50% 以上となる室温は、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の冷房操作が生起する室温範囲内となっている。

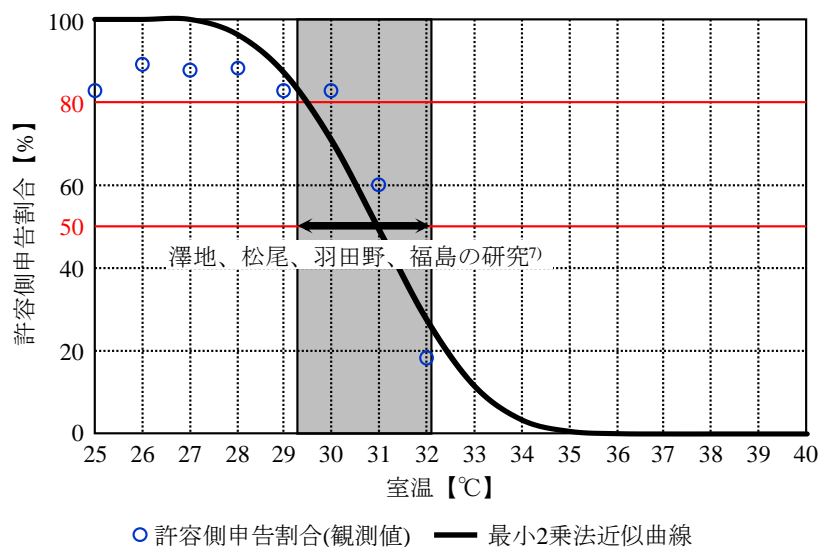


図 2-38 : 室温と許容側申告割合との関係

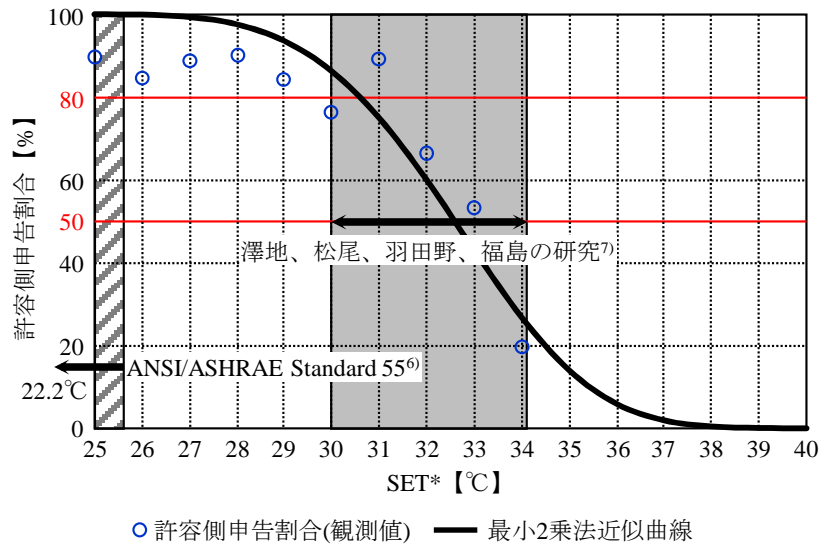


図 2-39 : SET*と許容側申告割合との関係

SET*と最小2乗法を用いて近似した許容側申告割合との関係を、図 2-39 に示す。なお、図中には、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の冷房操作が生起する室温範囲を、SET*に換算して示している。SET*への換算には、室温と周壁温度が等しいものとし、調査期間中の平均相対湿度として75.4%RH、平均着衣量として0.44clo、平均代謝量として1.1Met、風速については静穏気流として0.135m/sを設定している。また、あわせて、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域についても示している。

曲線近似して求めた許容側申告割合の決定係数 R^2 は0.952となっている。許容側申告割合が80%以上となるのはSET*29.6°C以下、許容側申告割合が50%以上となるのはSET*31.6°C以下となっている。許容側申告割合が50%以上となるSET*は、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の冷房操作が生起する室温範囲内となっているが、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域の上限温度よりも約7°C高い。これまでの温熱環境評価指標は、一般に事務所などの執務空間のような、常時、空調されている状況を想定して提案されたものが多い。本報告が対象としているのは、実生活での住まい手であり、住まい手は、空調時でも衣服を調整したり、光熱費を意識して、一定の不快感を許容したりしている。許容側申告割合が50%以上となるSET*が、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域の上限温度よりも高いのは、こうした意識や行動によるものと考えられる。

(6) 仮説検証

ここまでの結果をもとに、当初仮説として設定した、「環境調整行動が受容性のグループを分ける要因となる」を検証した。

調査協力世帯の環境調整行動実行度別世帯割合を、図 2-40 に示す。

環境調整行動実行度別世帯割合は、ほぼ 1/4 ずつとなっている。環境調整行動実行度別・室温と許容側申告割合との関係を、図 2-41 に示す。許容側申告割合は、高温側から「1.行っている」、「2.どちらかといえば行っている」、「3.どちらかといえば行っていない」、「4.行っていない」の順に、低温側へと移動している。許容側申告割合が 80%以上となるのは、「1.行っている」で室温 30.6℃以下、「2.どちらかといえば行っている」で室温 30.2℃以下、「3.どちらかといえば行っていない」で室温 29.7℃以下、「4.行っていない」で室温 28.1℃以下、許容側申告割合が 50%以上となるのは、「1.行っている」で室温 31.8℃以下、「2.どちらかといえば行っている」で室温 31.1℃以下、「3.どちらかといえば行っていない」で室温 31.0℃以下、「4.行っていない」で室温 29.9℃以下となっており、すべてが澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の冷房操作が生起する室温範囲内となっている。

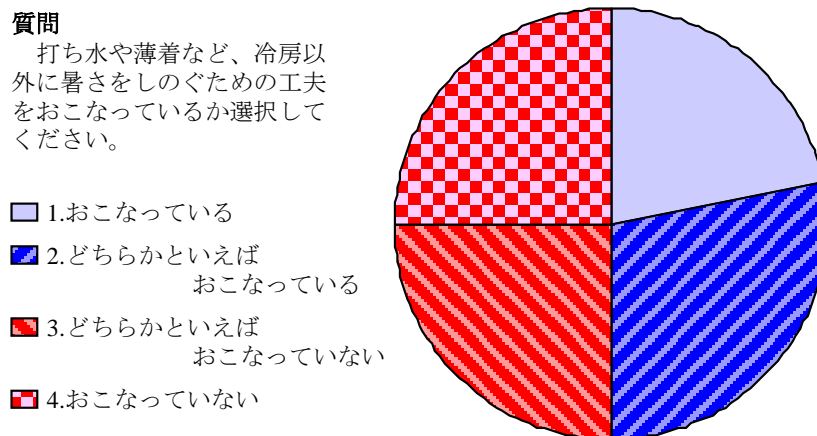


図 2-40：調査協力世帯の環境調整行動実行度別世帯割合

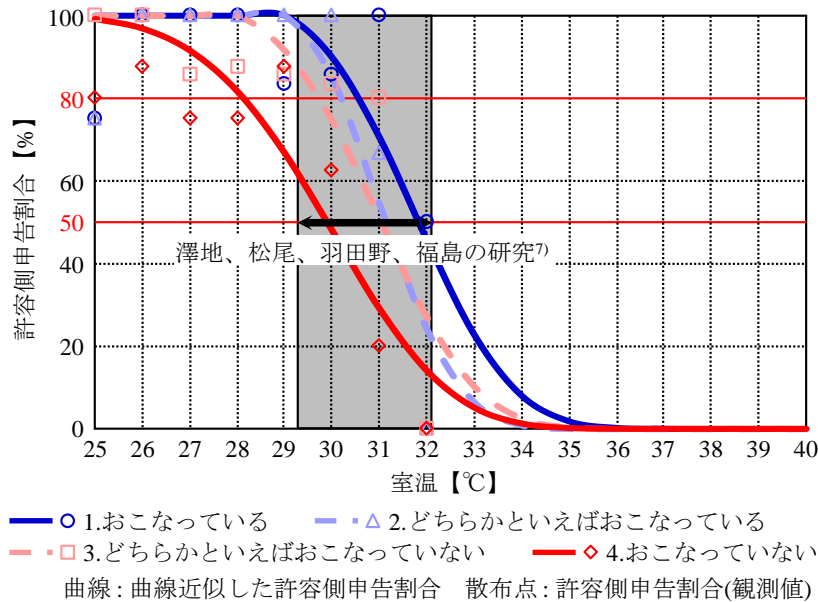


図 2-41：環境調整行動実行度別・室温と許容側申告割合との関係

環境調整行動実行度別・SET*と許容側申告割合との関係を、図 2-42 に示す。許容側申告割合は、高温側から「1.行っている」、「2.どちらかといえば行っている」、「3.どちらかといえば行っていない」、「4.行っていない」の順に、低温側へと移動している。許容側申告割合が 80%以上となるのは、「1.行っている」で SET*32.6°C以下、「2.どちらかといえば行っている」で SET*31.9°C以下、「3.どちらかといえば行っていない」で SET*31.3°C以下、「4.行っていない」で SET*29.0°C以下、許容側申告割合が 50%以上となるのは、「1.行っている」で SET*33.7°C以下、「2.どちらかといえば行っている」で SET*33.2°C以下、「3.どちらかといえば行っていない」で SET*33.0°C以下、「4.行っていない」で SET*31.0°C以下となっており、すべてが SET*換算した澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の冷房操作が生起する室温範囲内となっている。

ここで、許容側申告割合が 50%となる SET*に、環境調整行動を「1.行っている」と「4.行っていない」世帯で 2.7°Cの較差がある。佐々、久保、磯田、梁瀬の研究⁵⁾では、夏季に好まれる室温は SET*換算した平均値±標準偏差で SET*24.5°C±2.1°Cと、4.2°Cの個人差を認めている。また、SET*換算した好まれる室温の個人差については、Fanger、Hojbjerre、

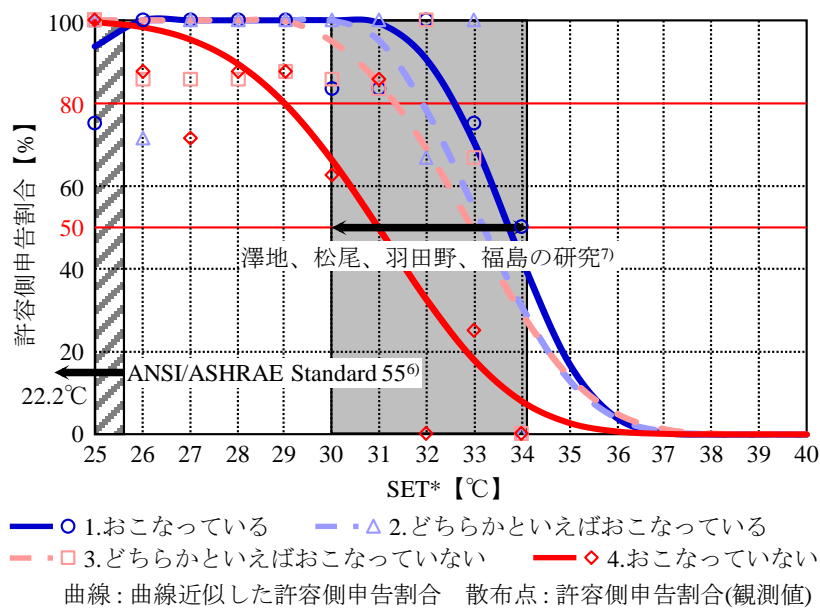


図 2-42：環境調整行動実行度別・SET*と許容側申告割合との関係

Thomsen の研究¹⁶⁾で SET*25.3°C±1.2°Cと 2.4°Cの個人差を、McIntyre の研究¹⁷⁾で SET*23.8°C±1.7°Cと 3.4°Cの個人差を認めている。本報告の温熱許容域 2.7°Cの差は、おおよそ現実的な範囲と考える。

(7) まとめ

本項の内容を、以下に要約する。

- 1)許容側申告割合が 80%以上となる実生活での温熱快適域は室温 29.8°C以下、許容側申告割合が 50%以上となる実生活での温熱許容域は室温 31.0°C以下となる。
- 2)許容側申告割合が 80%以上となる実生活での温熱快適域は SET*29.6°C以下、許容側申告割合が 50%以上となる実生活での温熱許容域は SET*31.6°C以下となる。
- 3)許容側申告割合が 50%となる室温は、住まい手の環境調整行動実行度によって 29.9°C～31.8°Cの範囲があり、世帯によって室温 1.9°Cの較差がある。
- 4)許容側申告割合が 50%となる SET*は、住まい手の環境調整行動実行度によって 31.0°C～33.7°Cの範囲があり、世帯によって SET*2.7°Cの較差がある。

3. 冬季調査の結果

冬季実験は夏実験と同様の内容で（少人数の対象世帯の入替あり）、2015年12月20日（日）～2016年2月6日（土）の期間で実施した。

(1) 制御ロジック

過年度の結果を参考に、1週間毎に制御ロジックを変更して制御を行った。制御の結果、室温を目標温度にするために、30分毎の取得室温に対し、目標温度の前後で制御を行うこととした。第5週がグループ制御の予定だったが、暖冬のため「ロジックⅠ」のデータが少なかったため、第一週の制御を再度行い、第6週にグループ制御を行った。グループ制御の結果は、「第3章評価手法の構築および妥当性の検証」に記載している。

表 2-14：冬季実験ロジック

	想定期間	制御ロジック
第1週	12/12～12/18	平常時データ取得
第2週	12/19～12/25	【ロジックⅠ】 実験開始と同時に→設定温度を20℃に 室温が22℃より上がって30分たったら、すぐに設定温度を19℃に変更。 室温が18℃より下がったら、すぐに設定温度を21℃に変更。
第3週	1/2～1/8	【ロジックⅡ】 実験開始と同時に→設定温度を18℃に 室温が20℃より上がって30分たったら、すぐに設定温度を17℃に変更。 室温が16℃より下がったらすぐに設定温度を19℃に変更。
第4週	1/9～1/15	【ロジックⅢ】 実験開始と同時に→設定温度を16℃に 室温が18℃より上がって30分たったら、すぐに設定温度を15℃に変更。 室温が14℃より下がったらすぐに設定温度を17℃に変更。 * 本制御は3時間内で一度のみ
第5週	1/16～1/22	【ロジックⅢ】 実験開始と同時に→設定温度を16℃に 室温が18℃より上がって30分たったら、すぐに設定温度を15℃に変更。 室温が14℃より下がったらすぐに設定温度を17℃に変更。 * 本制御は3時間内で一度のみ
第6週	1/23～2/6	【グルーピング制御】 グルーピングに基づいた制御を実施。グルーピング仮説を検証する。
		合計 (8/9～9/5)

(2) 参加状況

対象世帯は3時間単位で参加入力を行うが、参加回数は1時間単位で取得しているため、1回の参加入力に対し、3回カウントされている。制御回数は1時間に1度以上制御があった場合1回とカウントしている。図中の折れ線グラフは、対象期間の東京地方の日単位の平均気温から、1週間の平均気温を算出した値である。

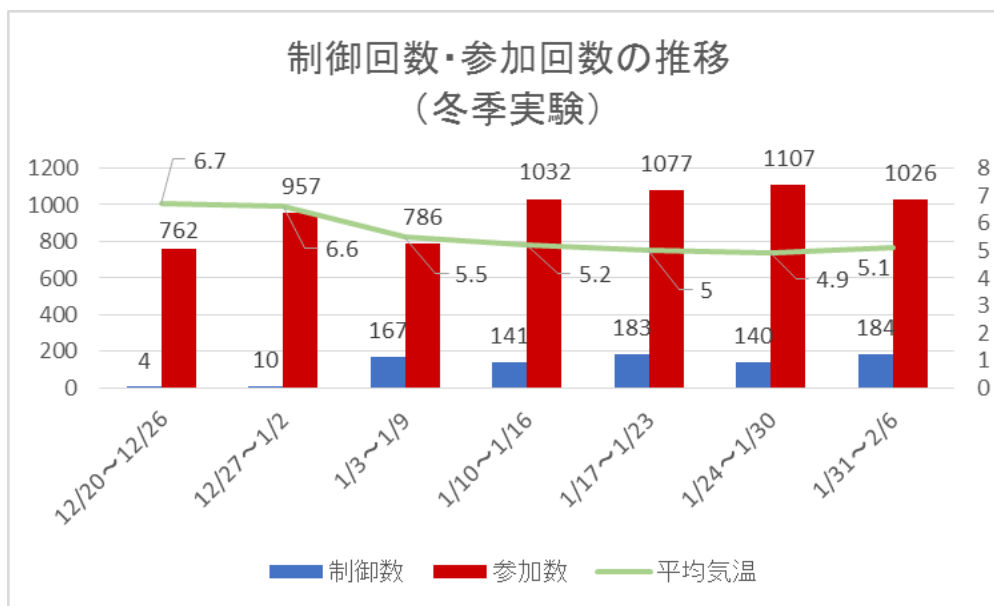


図 2-43:制御回数・参加回数の推移

週別の参加人数を下記に示す。

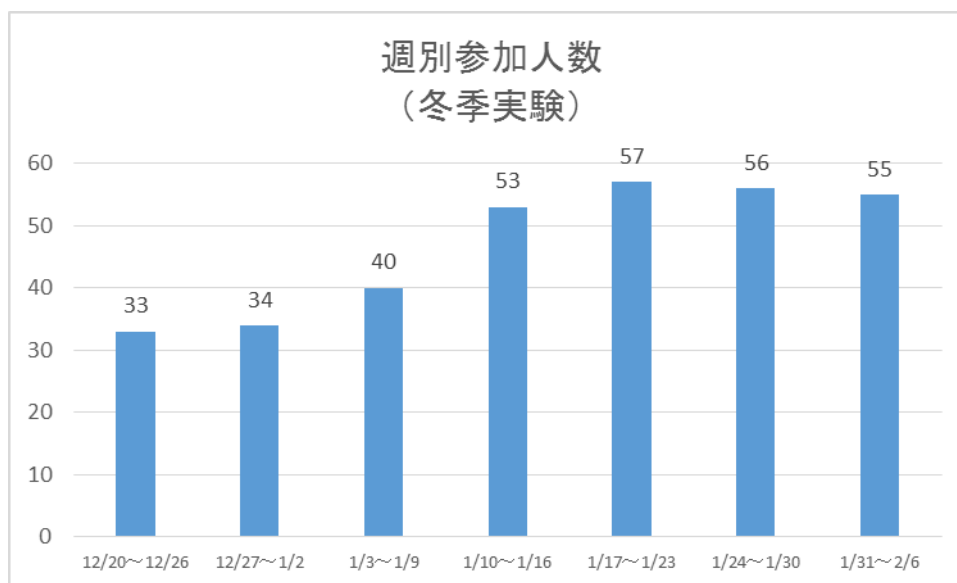


図 2-44 : 週別参加人数の推移

(3) 許容申告状況

制御ごとの許容申告割合を、図2-45に示す。なお、申告数で集計すると、実験に多く参加した世帯とそうでない世帯でばらつきがあるため、図は、世帯ごとにそれぞれの制御での平均許容感申告評点を集計して示している。

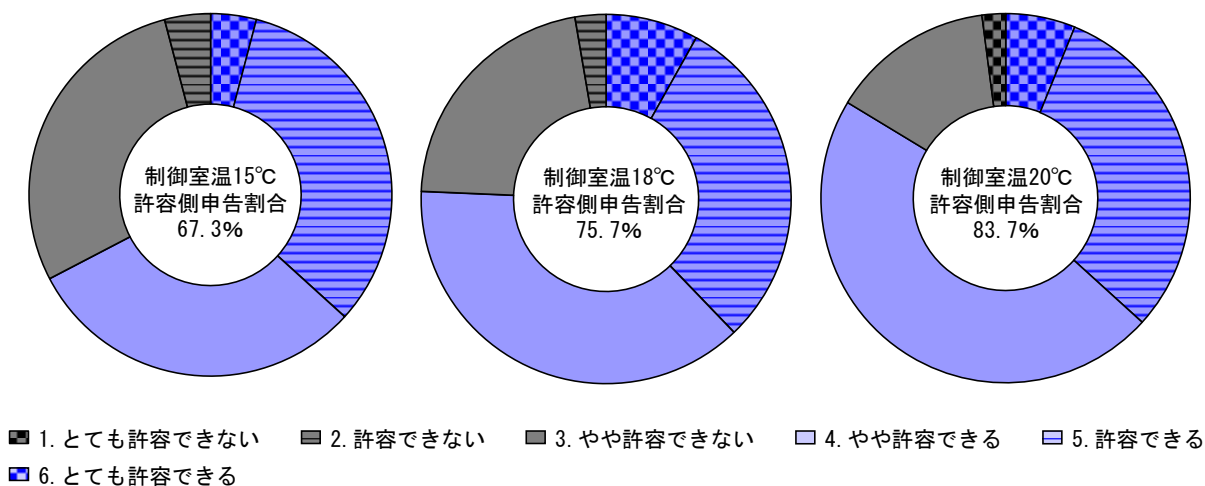


図 2-45 : 制御ごとの許容側申告割合 (平均申告集計)

それぞれの室温で申告された許容感の内容を、図 2-46 に示す。なお、室温は四捨五入して示しており、図には、それぞれの室温で「4.やや許容できる」よりも許容側で評価された申告の割合も示している。夏季の許容感は、全体で 84.9%が「4.やや許容できる」よりも許容側で評価されている。許容側申告割合が 50%以上となるのは室温 15°C以下、許容側申告割合が 80%以上となるのは室温 18°C以下となっている。ただし、夏季調査と同様に、申告数については、実験に多く参加した世帯とそうでない世帯でばらつきがある。このため、世帯ごとにそれぞれの室温での平均許容感申告評点を集計し、以降の検討を行う。

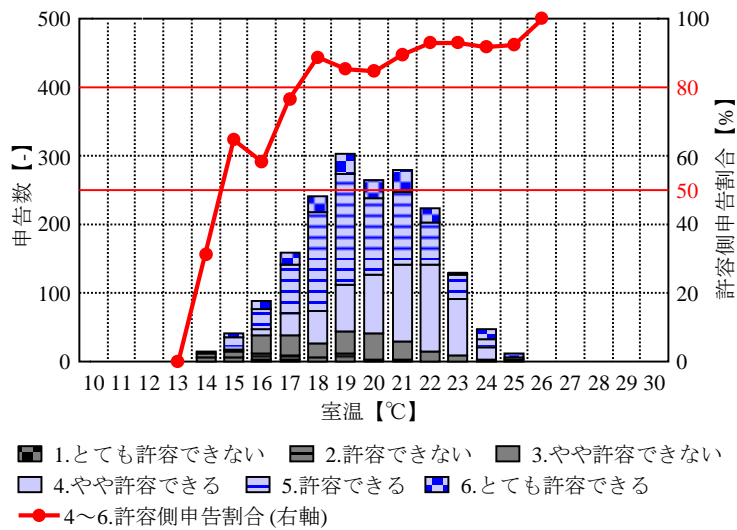


図 2-46：それぞれの室温で申告された許容感の内容(全申告集計)

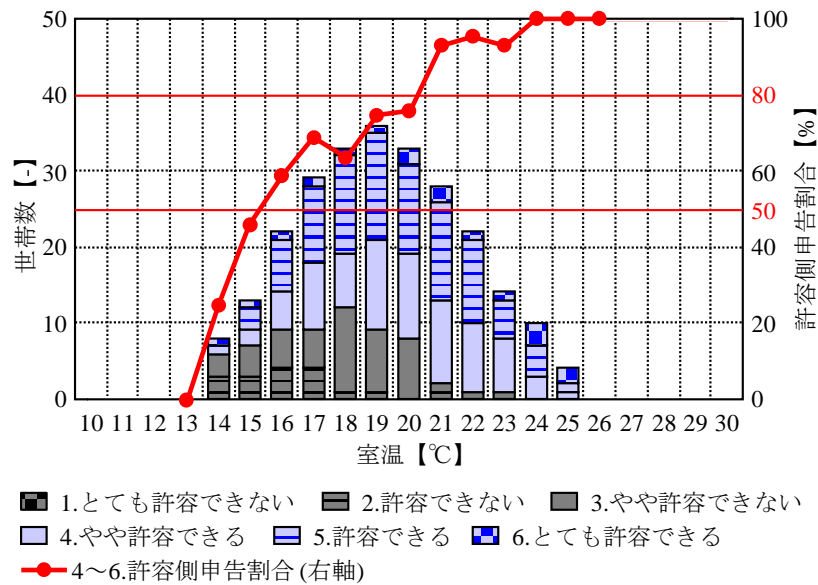


図 2-47：それぞれの室温で申告された許容感の内容(平均申告集計)

世帯ごとの平均許容感申告評点の集計から求めた、それぞれの室温で申告された許容感の内容を、図 2-47 に示す。なお、図は、平均許容感申告評点が 1 以上 2 未満を「1.とても許容できない」、2 以上 3 未満を「2.許容できない」、3 以上 4 未満を「3.やや許容できない」、4 以上 5 未満を「4.やや許容できる」、5 以上 6 未満を「5.許容できる」、6 を「6.とても許容できる」として集計している。

夏季の許容感は、全体で 74.6%が「4.やや許容できる」よりも許容側で評価されている。許容側申告割合が 50%以上となるのは室温 16°C以上、許容側申告割合 80%以上となるのは室温 21°C以上となっている。

それぞれの SET*で申告された許容感の内容を、図 2-48 に示す。なお、図は、世帯ごとの平均許容感申告評点の集計から求めている。

SET*に換算した夏季の許容感は、全体で 73.1%が「4.やや許容できる」よりも許容側で評価されている。許容側申告割合が 50%以上となるのは SET*19°C以上、許容側申告割合が 80%以上となるのは SET*22°C以上となっている。80%以上の在室者が許容できる温熱環境を快適とみなすとしている ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域は SET*22.2°C~25.6°Cとなっている。本報告でも、許容側申告割合が 80%以上となるのは SET*22°C以上となっており、冬季については、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域と、ほぼ同じ結果となっている。

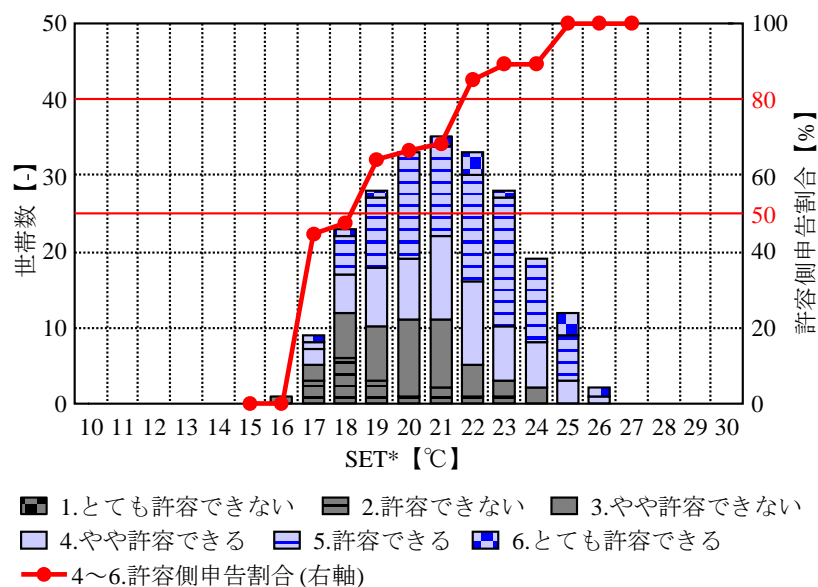


図 2-48：それぞれの SET*で申告された許容感の内容(平均申告集計)

(4) 冬季の温熱許容域

夏季調査と同様に、室温と最小 2 乗法を用いて近似した許容側申告割合との関係を、図 2-49 に示す。なお、図中には、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の暖房操作が生起する室温範囲についても示している。

曲線近似して求めた許容側申告割合の決定係数 R^2 は 0.982 となっている。許容側申告割合が 80%以上となるのは室温 19.0°C以上、50%以上となるのは室温 16.2°C以上となっており、

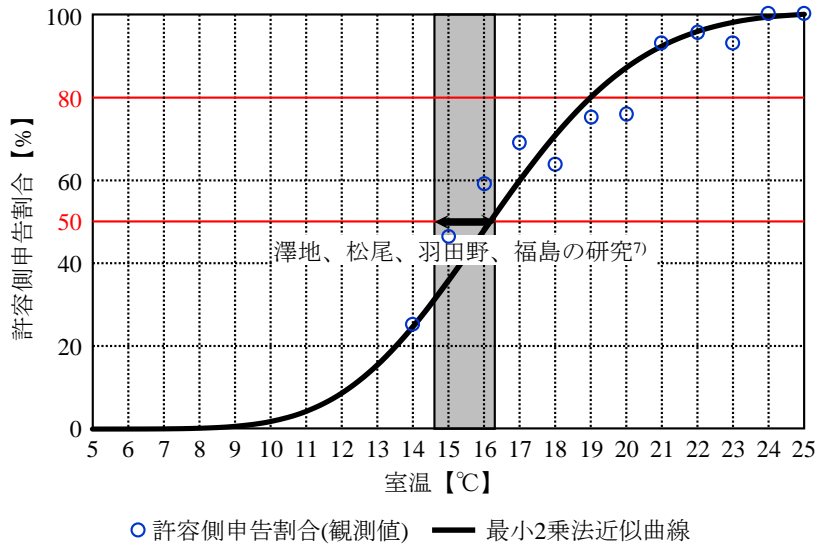


図 2-49 : 室温と許容側申告割合との関係

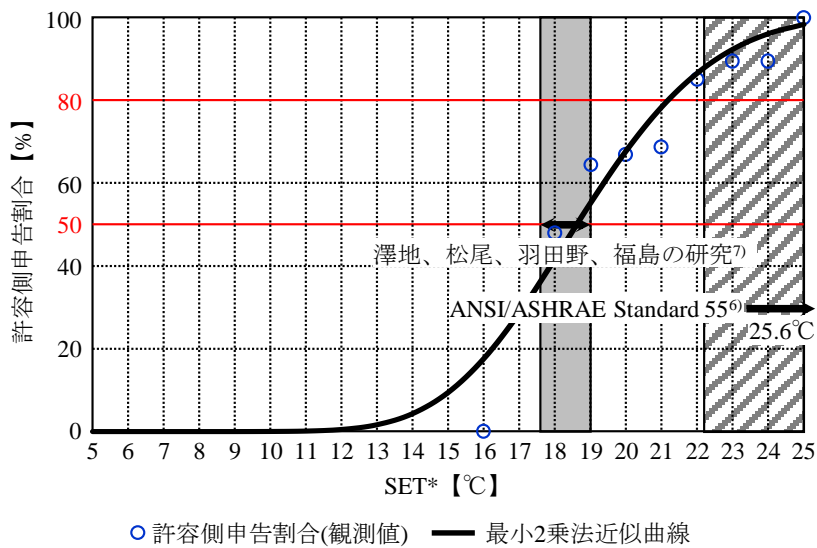


図 2-50 : SET*と許容側申告割合との関係

許容側申告割合が 50%以上となる室温は、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の暖房操作が生起する室温範囲内となっている。

SET*と最小 2 乗法を用いて近似した許容側申告割合との関係を、図 2-50 に示す。なお、図中には、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の暖房操作が生起する室温範囲を、SET*に換算して示している。SET*への換算には、室温と周壁温度が等しいものとし、調査期間中の平均相対湿度として 64.4%RH、平均着衣量として 0.93clo、平均代謝量として 1.1Met、

風速については静穏気流として0.135m/sを設定している。また、あわせて、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域についても示している。

曲線近似して求めた許容側申告割合の決定係数 R^2 は0.981となっている。許容側申告割合が80%以上となるのはSET*21.2℃以上、許容側申告割合が50%以上となるのはSET*18.6℃以上となっている。許容側申告割合が50%以上となるSET*は、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の暖房操作が生起する室温範囲内となっており、また、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域の下限温度よりも約3.5℃低くなっている。

(5) 仮説検証

調査協力世帯の環境調整行動実行度別世帯割合を、図2-51に示す。環境調整行動実行度別世帯割合には偏りがあり、「1.行っている」が約1/2、「2.どちらかといえば行っている」が約1/4、「3.どちらかといえば行っていない」、「4.行っていない」が約1/8ずつとなっている。

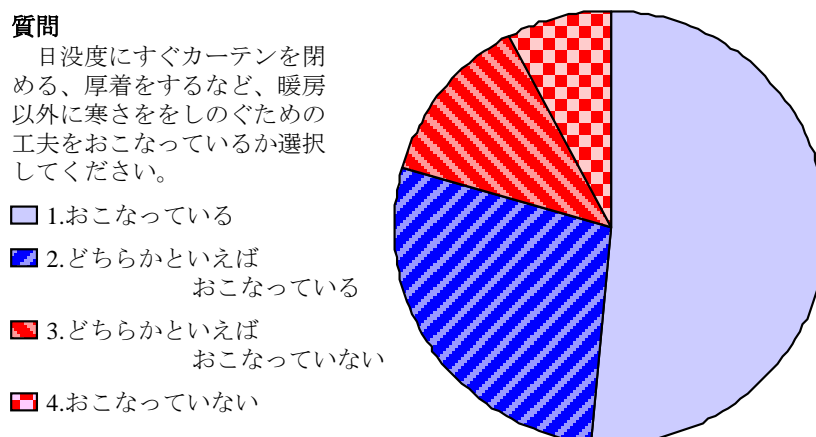


図 2-51：調査協力世帯の環境調整行動実行度別世帯割合

環境調整行動実行度別・室温と許容側申告割合との関係を、図2-52に示す。許容側申告割合は、低温側から「1.行っている」、「2.どちらかといえば行っている」、「3.どちらかといえば行っていない」、「4.行っていない」の順に、高温側へと移動している。許容側申告割合が80%以上となるのは、「1.行っている」で室温16.6℃以上、「2.どちらかといえば行っている」で室温19.9℃以上、「3.どちらかといえば行っていない」で室温19.9℃以上、「4.行っていない」で室温22.6℃以上、許容側申告割合が50%以上となるのは、「1.行っている」で室

温 14.8°C以上、「2.どちらかといえば行っている」で室温 17.1°C以上、「3.どちらかといえば行っていない」で室温 17.6°C以上、「4.行っていない」で室温 20.3°C以上となっている。

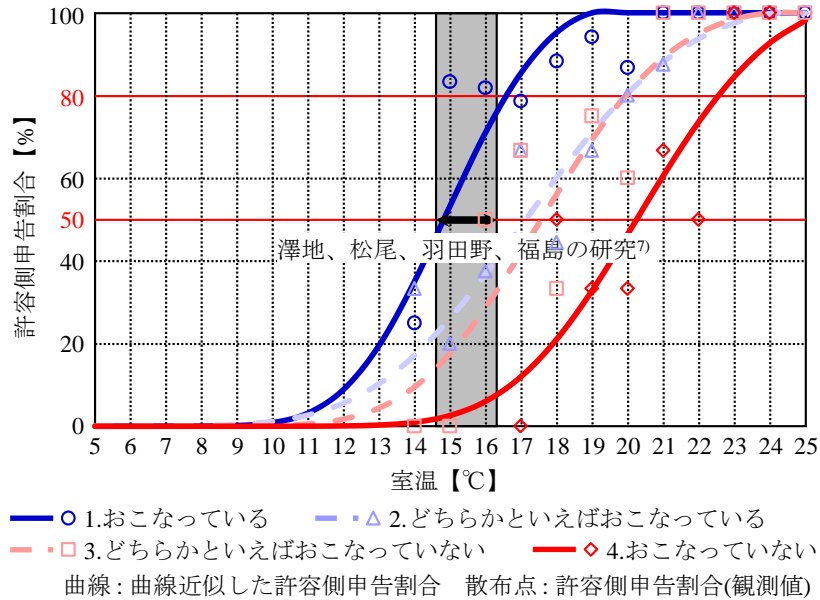


図 2-52：環境調整行動実行度別・室温と許容側申告割合との関係

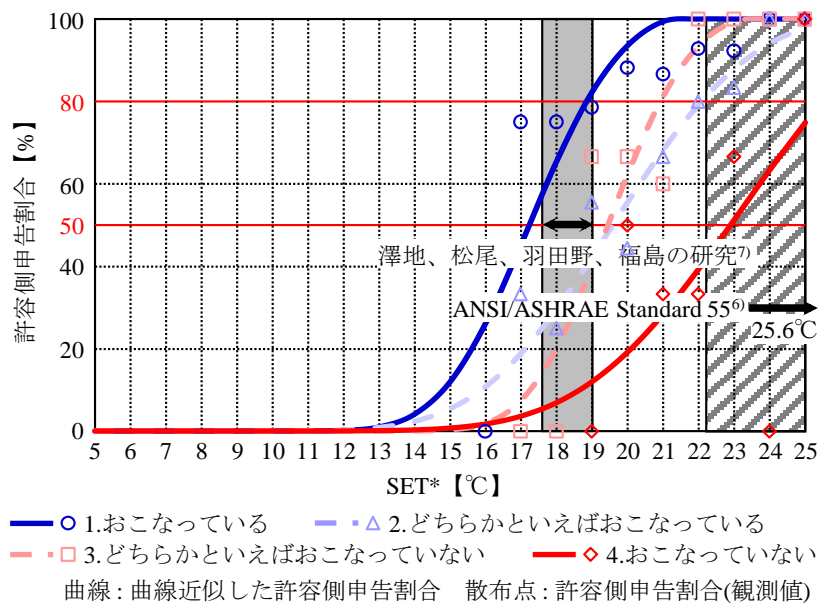


図 2-53：環境調整行動実行度別・SET*と許容側申告割合との関係

環境調整行動実行度別・SET*と許容側申告割合との関係を、図 2-53 に示す。許容側申告割合は、おおよそ低温側から「1.行っている」、「2.どちらかといえば行っている」、「3.どちらかといえば行っていない」、「4.行っていない」の順に、高温側へと移動している。許容側申告割合が 80%以上となるのは、「1.行っている」で SET*18.8°C以上、「2.どちらかといえば行っている」で SET*22.1°C以上、「3.どちらかといえば行っていない」で SET*20.9°C以上、「4.行っていない」で SET*25.5°C以上、許容側申告割合が 50%以上となるのは、「1.行っている」で SET*17.2°C以上、「2.どちらかといえば行っている」で SET*19.6°C以上、「3.どちらかといえば行っていない」で SET*19.5°C以上、「4.行っていない」で SET*22.9°C以上となっており、おおよそ SET*換算した澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の暖房操作が生起する室温範囲と ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域の間で分布している。

ここで、許容側申告割合が 50%となる SET*に、環境調整行動を「1.行っている」と「4.行っていない」世帯で 5.7°Cの較差がある。佐々、久保、磯田、梁瀬の研究¹⁸⁾では、冬季に好まれる室温は SET*換算した平均値±標準偏差で SET*24.8°C±2.0°Cと、4.0°Cの個人差を認め、個人差には最大 8.0°Cの較差があったとしている。また、Fanger、Hojbjerre、Thomsen の研究¹⁶⁾での最大較差は 5.4°C、McIntyre の研究¹⁷⁾での最大較差は 7.6°Cとなっている。本項の較差は 5.7°Cと、標準的なばらつきに比しては大きい。これは、「4.行っていない」に属する世帯が少ないための結果と考える。ただし、ばらつきを最大限評価する場合には、5.7°Cの較差はあまり大きいものではなく、一定の定性を示しているものと想像する。環境調整行動の実行度が「2.どちらかといえば行っている」と「3.どちらかといえば行っていない」で温熱許容域の対比が、多少おかしくなっている。これについても観測数の不足によるものと考え、その較差は、夏季調査と同様に、ほとんどなく、両者の温熱許容域は、比較的近い範囲にあるものと想像する。なお、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の暖冷房操作が生起する室温範囲は、個人差を示すものではなく、朝夕の温冷感較差、概日周期の影響を示すものとなっている。

(6) まとめ

本項の内容を、以下に要約する。

- 1)許容側申告割合が 80%以上となる実生活での温熱快適域は室温 19.0°C以上、許容側申告割合が 50%以上となる実生活での温熱許容域は室温 16.2°C以上となる。
- 2)許容側申告割合が 80%以上となる実生活での温熱快適域は SET*21.2°C以上、許容側申告割合が 50%以上となる実生活での温熱許容域は SET*18.6°C以上となる。

3)許容側申告割合が 50%となる室温は、住まい手の環境調整行動実行度によって 14.8℃～20.3℃の範囲があり、世帯によって室温 5.5℃の較差がある。

4)許容側申告割合が 50%となる SET*は、住まい手の環境調整行動実行度によって 17.2℃～22.9℃の範囲があり、世帯によって SET*5.7℃の較差がある。

ただし、冬季の温熱許容域上限温度は、多少高めに導出しているものと想像する。この点については、今後、観測数を増やすなどして、再現性を確保することが必要である。

4. 実験結果のまとめ

前項では、環境調整行動実行度別に、夏季と冬季の温熱許容域を示した。このうち、環境調整行動実行度が「2.どちらかといえば行っている」に属する世帯と「3.どちらかといえば行っていない」に属する世帯の温熱許容域には、ほとんど較差が現れていない。

以降では、環境調整行動実行度が「1.行っている」に属する世帯を高受容群、「2.どちらかというも行っている」あるいは「3.どちらかというも行っていない」に属する世帯を中受容群、「4.行っていない」に属する世帯を低受容群とし、それぞれの温熱許容域の対比を示す。

室温と許容側申告割合との関係を、図 2-54 に示す。なお、図中には、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の暖房操作が生起する室温範囲についても示している。

許容側申告割合が 50%以上となる室温範囲を温熱許容域とすると、本報告の温熱許容域は、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の、過半数の暖冷房行為が生起する室温範囲に挟まれる範囲となっている。

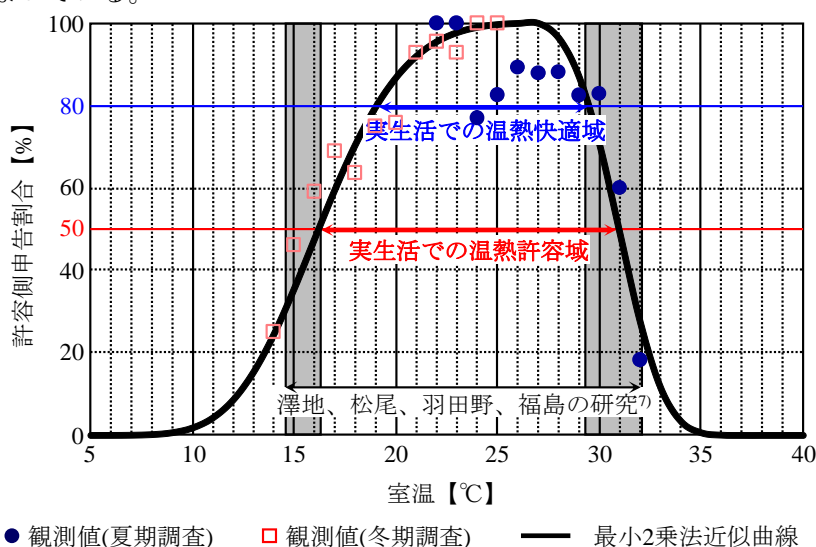


図 2-54 : 室温と許容側申告割合との関係

受容群別・室温と許容側申告割合との関係を、図 2-55 に示す。なお、図中には、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の暖冷房操作が生起する室温範囲についても示している。

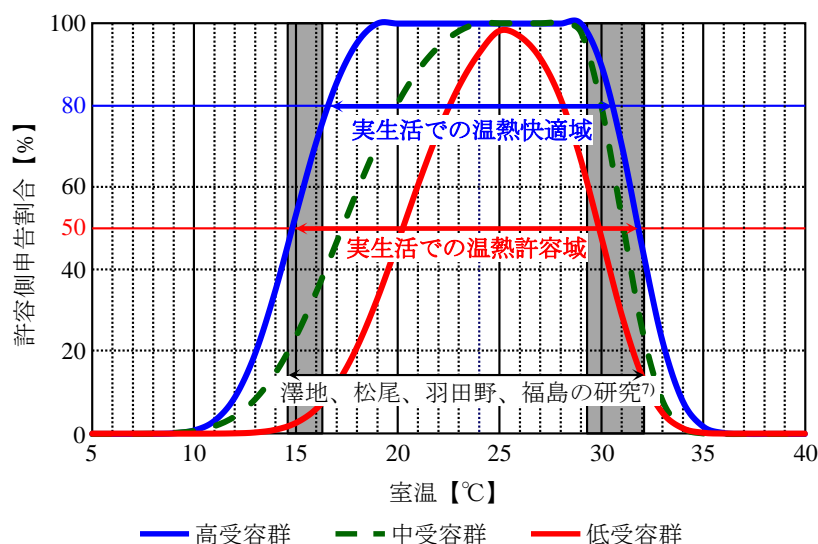


図 2-55 : 受容群別・室温と許容側申告割合との関係

表 2-15 : 各受容群の温熱快適域と温熱許容域の室温範囲

	高受容群	中受容群	低受容群
温熱快適域	16.6℃～30.6℃	19.9℃～30.0℃	22.6℃～28.1℃
温熱許容域	14.8℃～31.8℃	17.3℃～31.1℃	20.3℃～29.9℃

表 2-16 : 各受容群の許容側申告割合の近似式

(許容側申告割合)

$$= 100 * \text{EXP} (a * (b * (\text{室温}) + c)^4 + d * (b * (\text{室温}) + c)^2)$$

	上限温度(夏期)				下限温度(冬期)			
	a	b	c	d	a	b	c	d
高受容群	-0.126	0.243	-6.027	0.140	-0.442	0.135	-3.224	0.206
中受容群	-0.123	0.273	-6.712	0.159	-0.416	0.094	-2.845	0.146
低受容群	-0.125	0.220	-5.090	-0.027	-0.390	0.105	-3.405	0.199

許容側申告割合が 80%以上となる温熱快適域と、許容側申告割合が 50%以上となる温熱許容域は、低受容群、中受容群、高受容群の順に広がっている。各受容群の温熱快適域と温熱許容域の室温範囲は、表 2-15 のようになっている。また、各受容群の許容側申告割合の近似式は、表 2-16 のようになっている。

室温と許容側申告割合との関係を、図 2-56 に示す。なお、図中には、澤地、松尾、羽田野、福島の研究⁷⁾の過半数の暖房操作が生起する室温範囲についても示している。なお、図中には、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域についても示している。

本報告の温熱快適域ならびに温熱許容域は、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域よりも広がっている。

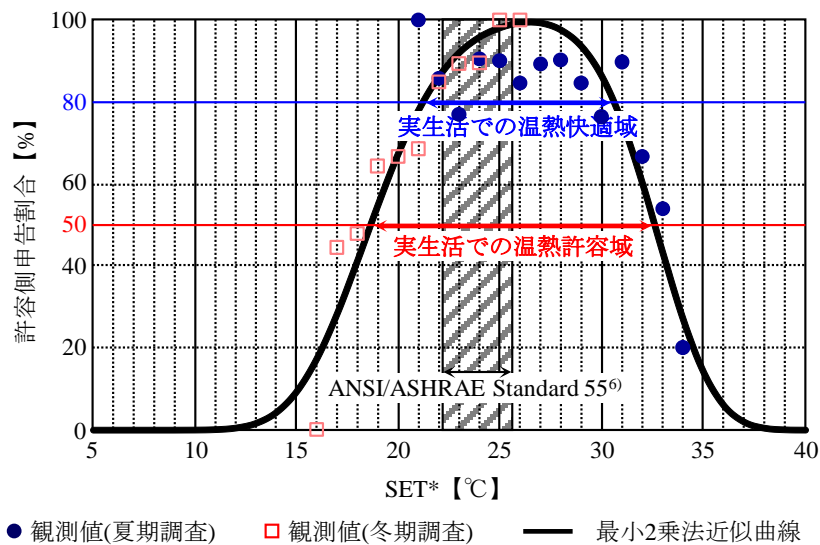


図 2-56 : SET*と許容側申告割合との関係

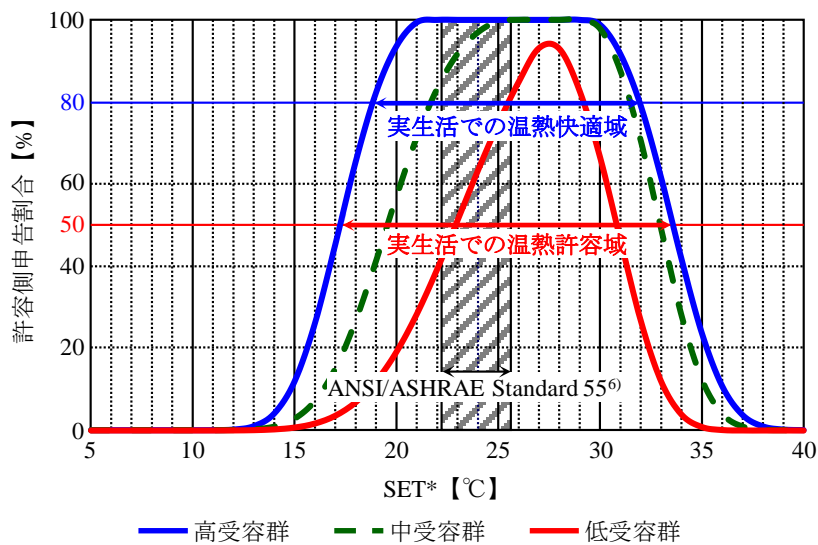


図 2-57 : 容群別・SET*と許容側申告割合との関係

表 2-17：各受容群の温熱快適域と温熱許容域の SET*範囲

	高受容群	中受容群	低受容群
温熱快適域	18.8℃～32.6℃	21.7℃～31.5℃	25.5℃～29.0℃
温熱許容域	17.2℃～33.7℃	19.6℃～32.9℃	22.9℃～31.0℃

表 2-18：各受容群の許容側申告割合の近似式

(許容側申告割合)

$$= 100 * \text{EXP} (a * (b * (\text{SET}^*) + c) ^ 4 + d * (b * (\text{SET}^*) + c) ^ 2)$$

	上限温度(夏期)				下限温度(冬期)			
	a	b	c	d	a	b	c	d
高受容群	-0.277	0.165	-4.166	0.148	-0.512	0.148	-3.700	0.167
中受容群	-0.124	0.219	-5.524	0.117	-0.519	0.116	-3.387	0.113
低受容群	-0.232	0.193	-4.596	0.033	-0.302	0.088	-3.451	0.290

受容群別・SET*と許容側申告割合との関係を、図 2-57 に示す。なお、図中には、ANSI/ASHRAE Standard 55⁶⁾の温熱快適域についても示している。

許容側申告割合が 80%以上となる温熱快適域と、許容側申告割合が 50%以上となる温熱許容域は、低受容群、中受容群、高受容群の順に広がっている。各受容群の温熱快適域と温熱許容域の SET*範囲は、表 2-17 のようになっている。また、各受容群の許容側申告割合の近似式は、表 2-18 のようになっている。

参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会：SHASE-M 1003-2006 新刊・快適な温熱環境のメカニズム 豊かな生活空間をめざして、空気調和・衛生工学会、pp.73～77、2006.3
- 2) 同上書 1)：p.84
- 3) 深井一夫：標準新有効温度(SET*)における放射、湿度、気流、着衣の影響の温度換算、日本建築学会計画系論文集、第 465 号、pp.19～26、1994.11
- 4) 深井一夫、後藤滋、斎藤純司、伊藤宏、阿久井哲：標準新有効温度(SET*)と日本人の温熱感覚に関する実験的研究 第 2 報-冬季および夏季における温熱感覚の比較、空気調和・衛生工学会論文集、No.51、pp.139～147、1993.2
- 5) 佐々尚美、久保博子、磯田憲生、梁瀬度子：夏季に好まれる気温の個人差に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第 531 号、pp.31～35、2000.5
- 6) ANSI/ASHRAE Standard 55-2010：Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy、American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.、2010
- 7) 澤地孝男、松尾陽、羽田野健、福島弘幸：暖冷房行為生起の決定要因と許容室温範囲に関する検討 住宅の室内気候形成に寄与する居住者の行動に関する研究 その 1、日本建築学会計画系論文報告集、第 382 号、pp.48～59、1987.12
- 8) 総務省統計局：平成 25 年住宅・土地統計調査 確定集計 全国編、http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020103.do?_toGL08020103_&classID=000001051892&cycleCode=0&requestSender=search
- 9) 日本建築学会：省エネ住宅とスマートライフでストップ地球温暖化、日本建築学会、pp.58～61、2006.10
- 10) 住環境計画研究所：家庭用エネルギーハンドブック(2014 年版)、省エネルギーセンター、pp.40～46、2013.12
- 11) 三浦寿幸：室内環境の快適性に影響を及ぼす環境要因の検討 総合的調査によるオフィスの室内環境と快適性に関する研究 その 2、日本建築学会計画系論文集、第 554 号、pp.77～84、2002.4
- 12) 長谷川善明、井上隆：全国規模アンケートによる住宅内エネルギー消費の実態に関する研究 世帯特性の影響と世帯間のばらつきに関する考察 その 1、日本建築学会環境系論文集、第 583 号、pp.23～28、2004.9
- 13) 安岡絢子、久保博子、磯田憲生、木村文雄：住空間における生理心理反応からみた温熱的快適範囲の季節差に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第 76 巻、第 663 号、pp.479

～484、2011.5

14) 栗原浩平、宇野勇治：住宅における許容域と日射の人体影響、日本建築学会 第 43 回熱シンポジウム『居住環境における寒さと健康・快適』、pp.19～24、2013.10

15) ISO7730 : Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria、International Standard Organization、2005

16) P.O.Fanger、J.Hojbjerre、J.O.B.Thomsen : Thermal Comfort Conditions in the Morning and in the Evening、Int.J.Biometeor、vol.18 number 1、pp.16～22、1974

17) D.A.McIntyre : Determination of Individual differences in ambient temperature、ASHRAE Transactions、81(2)、pp.131～139、1975

18) 佐々尚美、久保博子、磯田憲生、梁瀬度子：冬季に好まれる気温に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第 541 号、pp.17～22、2001.3

第3章 評価手法の構築および妥当性の検証

1. 評価手法の構築と検証

(1) 評価手法

本報告では、環境調整行動の実行度によって、異なる3つの温熱快適域、温熱許容域を提示する。温熱快適域および温熱許容域は、任意の室温あるいはSET*に対する許容側申告割合によって判断する。受容群別・室温と許容側申告割合との関係を、再度、図3-1に、受容群別・SET*と許容側申告割合との関係を、再度、図3-1に示す。

本報告では、許容側申告割合が80%以上となる範囲を実生活での温熱快適域、許容側申告割合が50%以上となる範囲を実生活での温熱許容域と定義する。

それぞれの室温あるいはSET*に対する許容側申告割合は、以下の式を用いて求めるものとする。

$$(\text{許容側申告割合}) = 100 * \text{EXP} (a * (b * x + c) ^ 4 + d * (b * x + c) ^ 2)$$

x : 室温あるいはSET* a、b、c、d : 定数

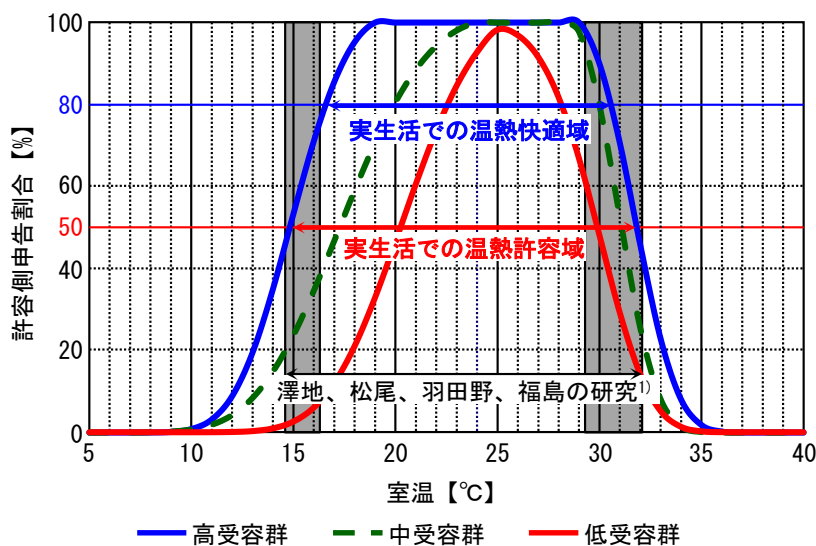


図 3-1 : 受容群別・室温と許容側申告割合との関係

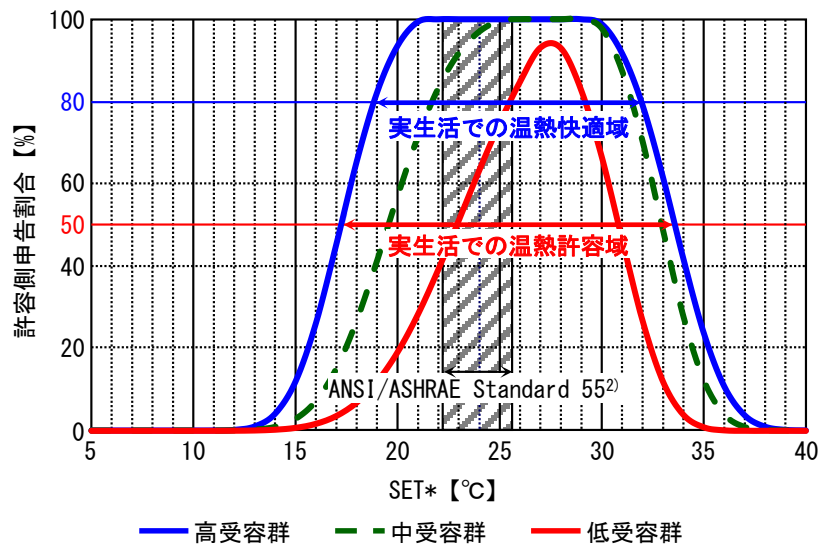


図 3-2：受容群別・SET*と許容側申告割合との関係

各受容群の許容側申告割合の近似式に用いる定数を、再度、表3-1、表3-2に示す。

表 3-1：各受容群の許容側申告割合の近似式（室温）

$$(\text{許容側申告割合}) = 100 * \text{EXP} \left(\frac{a * (b * (\text{室温}) + c)^4}{+ d * (b * (\text{室温}) + c)^2} \right)$$

	上限温度(夏期)				下限温度(冬期)			
	a	b	c	d	a	b	c	d
高受容群	-0.126	0.243	-6.027	0.140	-0.442	0.135	-3.224	0.206
中受容群	-0.123	0.273	-6.712	0.159	-0.416	0.094	-2.845	0.146
低受容群	-0.125	0.220	-5.090	-0.027	-0.390	0.105	-3.405	0.199

表 3-2：各受容群の許容側申告割合の近似式(SET*)

$$(\text{許容側申告割合}) = 100 * \text{EXP} \left(\frac{a * (b * (\text{SET*}) + c)^4}{+ d * (b * (\text{SET*}) + c)^2} \right)$$

	上限温度(夏期)				下限温度(冬期)			
	a	b	c	d	a	b	c	d
高受容群	-0.277	0.165	-4.166	0.148	-0.512	0.148	-3.700	0.167
中受容群	-0.124	0.219	-5.524	0.117	-0.519	0.116	-3.387	0.113
低受容群	-0.232	0.193	-4.596	0.033	-0.302	0.088	-3.451	0.290

なお、各受容群の温熱快適域および温熱許容域は、表3-1、表3-2のようになっている。

これらの指標を用いて、住まい手には、快適とはいかないまでも許容の範囲で空調制御を行うことで、CO₂排出削減につながることを示す。CO₂排出削減効果は、各受容群の温

熱快適域および温熱許容域を目標に、空調制御を行った場合のエネルギー削減量をもとにあらわすものとする。

空調制御導入によるCO₂排出削減量の計算模式を、図3-3に示す。

制御導入によるエネルギー削減量は、住宅用熱負荷計算プログラム『SMASH』³⁾を用いて求める。また、計算モデルには、宇田川の研究⁴⁾の住宅用標準問題を用いる。

表 3-3 : 各受容群の温熱快適域と温熱許容域 (室温)

	高受容群	中受容群	低受容群
温熱快適域	16.6℃～30.6℃	19.9℃～30.0℃	22.6℃～28.1℃
温熱許容域	14.8℃～31.8℃	17.3℃～31.1℃	20.3℃～29.9℃

表 3-4 : 各受容群の温熱快適域と温熱許容域 (室温)

	高受容群	中受容群	低受容群
温熱快適域	18.8℃～32.6℃	21.7℃～31.5℃	25.5℃～29.0℃
温熱許容域	17.2℃～33.7℃	19.6℃～32.9℃	22.9℃～31.0℃

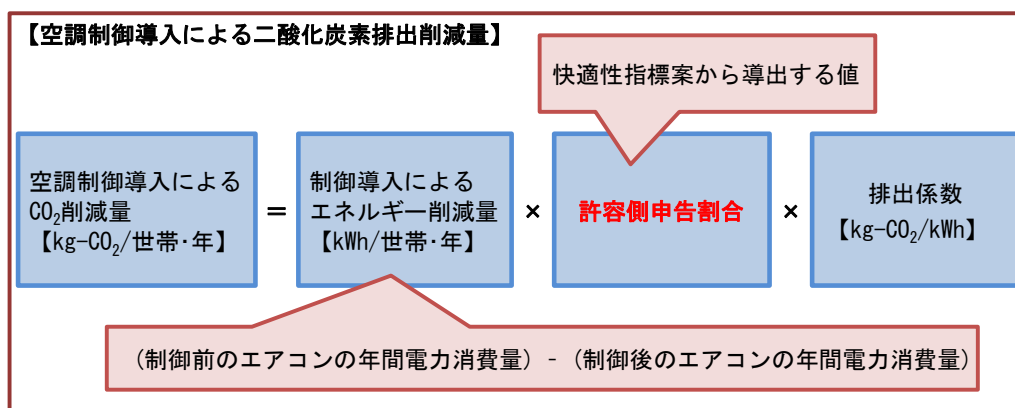


図3-3 : 空調制御導入によるCO₂排出削減量の計算模式

(2) 妥当性の検証

各受容群によるグルーピングが妥当であったかどうかについて、グループ毎に異なる制御を行い、その結果で妥当性の検証を行うこととしていたが、夏季については、対象世帯が実証システムの操作等に不慣れだったことから、信頼性の高いデータ内容が少なかったため、グループ毎制御を行わず、最終週に一律に厳しい 29℃制御を行って、受容内容を分析した。結果、56 名、1260 回の実験参加表明があり、124 回の制御が行われ、十分なデータが得られたため、その内容を分析し、グルーピングの判断材料とした。

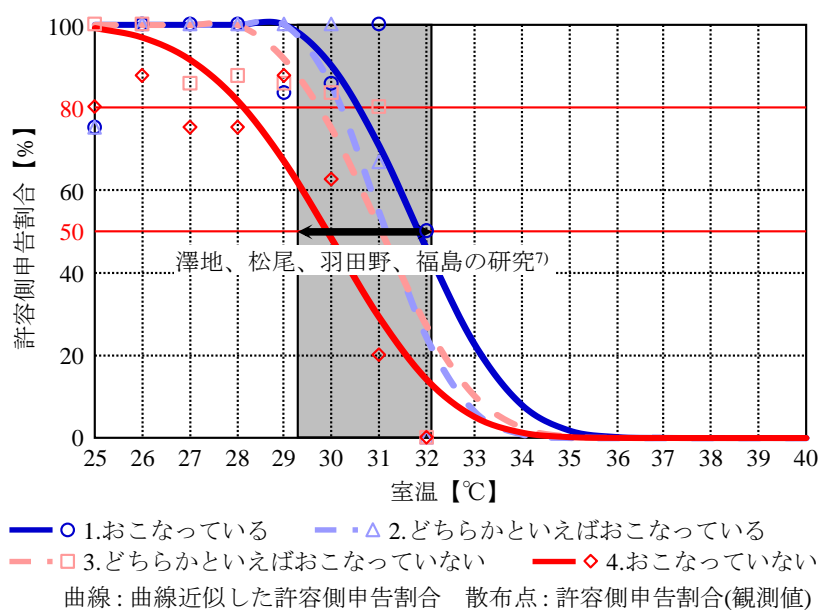


図 3-4：環境調整行動実行度別・室温と許容側申告割合との関係

冬実験は、下記時期にグループ毎の制御を行った。

実施時期：2016 年 1 月 31 日～2016 年 2 月 6 日

高受容タイプ：44 世帯

中受容タイプ：48 世帯

低受容タイプ：8 世帯

とし、下記の制御方針に従って、省エネ制御を行った。

表 3-5 : グループ毎の制御ロジック

目標室温	省エネ制御
高受容タイプ	16.6℃ ≒ 17℃
中受容タイプ	19.9℃ ≒ 20℃
低受容タイプ	21.1℃ ≒ 21℃

この期間に55名、1026回の実験参加表明があり、184回の制御が行われた。各受容群の気温別の申告割合を下記に示す。低受容群の参加人数が少なく、3世帯であったため、母数に偏りはあったものの、高受容群、中受容群では、目標とした許容側申告割合80%に近い値が出ており、導出した実生活での温熱許容域は、おおよそ正しいものとする。

各受容群とも許容側申告割合がおおよそ80%となる室温を目標に遠隔制御されているが、実際の許容側申告割合は、高受容群で77.3%、中受容群で82.4%、低受容群で33.3%となっている。低受容群で、許容側申告割合が低いのは、該当期間の参加世帯数が3世帯と少なく、3世帯中1世帯しか許容しなかったためである。

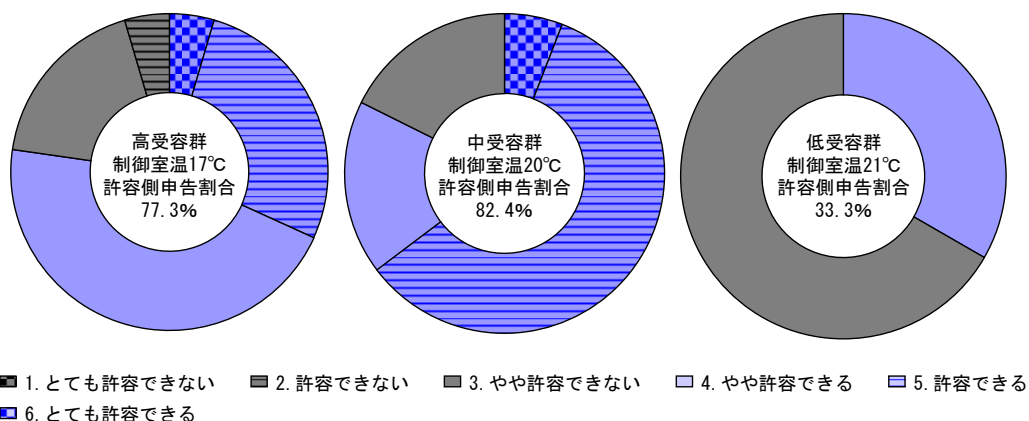


図 3-5 : 各受容群の制御に対する許容側申告割合 (平均申告集計)

2. 受容群判別の検証

前章では、環境調整行動実行度をライフスタイルの指標として用いて、3つの受容群の温熱許容域を提示している。ただし、ライフスタイルの指標としては、環境調整行動実行度のみではなく、前項2. 2で想定した省エネルギーへの関心度や省エネルギー行動

の実行度などをあせて用いることも考えられる。

本項では、環境調整行動実行度のみをライフスタイル変数とすることに支障がないかを受容群判別式を用いて検証する。

(1) 受容群判別式の作成

本項は、第2章で示した埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県に所在する502世帯を対象に行ったアンケート調査の結果をもとに、「ライフスタイル」変数による受容群判別式を作成する。

判別式の変数に用いた質問項目と回答選択肢を、表3-6に示す。

質問項目は、省エネ関心度、省エネ行動、節約行動、省エネ製品購入の4つであり、すべての質問について、4つの言語尺度による回答選択肢を設定している。

受容群判別の流れを、図3-6に示す。

高受容群、中受容群、低受容群の判別には、2つの判別式を用いるものとする。判別式は数量化2類を用いて求めている。

表 3-6：判別式の変数に用いた質問項目と回答選択肢

質問項目	質問 / 選択肢
省エネ 関心度	(質問) 地球環境問題や省エネルギーへの関心度合いについて教えてください。 (選択肢) 1. 関心がある 2. どちらかといえば関心がある 3. どちらかといえば関心がない 4. 関心がない
ラ イ フ ス タ イ ル	(質問) 普段から省エネルギー行動に努めているか教えてください。 (選択肢) 1. 努めている 2. どちらかといえば努めている 3. どちらかといえば努めていない 4. 努めていない
省エネ 製品購入	(質問) 普段から省エネルギー型製品を購入しているか教えてください。 (選択肢) 1. 購入している 2. どちらかといえば購入している 3. どちらかといえば購入していない 4. 購入していない

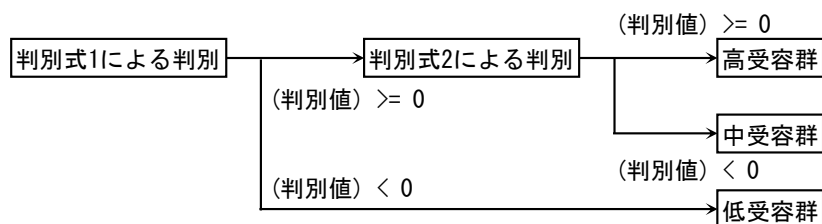


図3-6：受容群判別の流れ

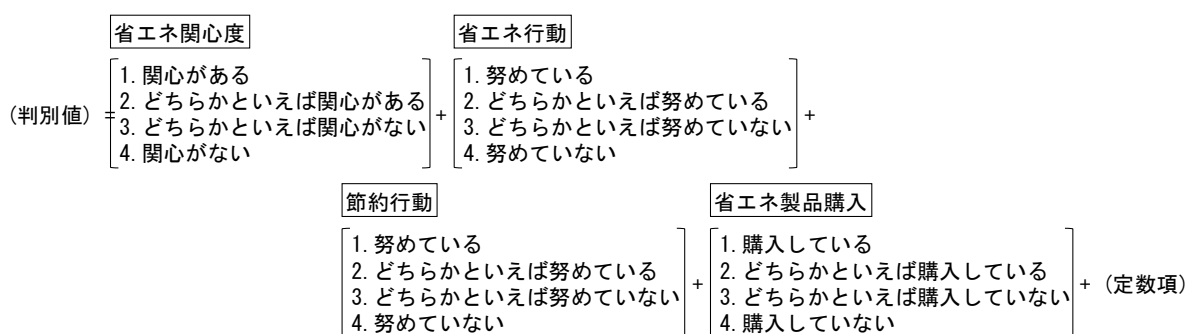


図3-7：判別の基本式

判別の基本式を、図3-7に示す。

判別値は、それぞれの質問項目に対する回答選択肢ごとに定める判別係数と定数項の和として求めるものとする。また、判別係数と定数項は、夏期と冬期で異なる値を設定する。

夏期に適用する判別式1、判別式2の判別係数と定数項を、表3-7、表3-8に示す。

表 3-7：夏期に適用する判別式1の判別係数と定数項

回答	省エネ 関心度	省エネ 行動	節約行動	省エネ 製品購入	定数項
選択肢1	0	0	0	0	
選択肢2	0.0773	-0.3062	-0.1139	-0.0064	0.8906
選択肢3	-0.3328	-0.6730	-1.0928	-0.1307	
選択肢4	-0.2175	-3.0543	-1.0573	-0.9085	

表 3-8：夏期に適用する判別式 2 の判別係数と定数項

回答	省エネ 関心度	省エネ 行動	節約行動	省エネ 製品購入	定数項
選択肢1	0	0	0	0	
選択肢2	-0.1799	-0.1068	-0.9562	-0.3632	0.9550
選択肢3	0.0757	-0.2487	-0.5796	0.1030	
選択肢4	-0.6680	-1.4312	0.3784	-0.1237	

高受容群・中受容群と低受容群の判別（判別式1）については、省エネ行動と省エネ製品購入による影響が大きく、省エネ行動に努めていない世帯、省エネを製品購入しない世帯は低受容群に判別されるようになっている。高受容群と中受容群の判別（判別式2）については、省エネ行動と節約行動による影響が大きく、おおよそ、あまり節約行動を意識せず、より自然に省エネ行動がとれる世帯ほど、高受容群に判別されるようになっている。

冬期に適用する判別式1、判別式2の判別係数と定数項を、表3-9、表3-10に示す。

冬期についても、選択肢間の対比には多少不自然なところはあるが、傾向としては夏期と同様となっている。

表 3-9：冬期に適用する判別式 1 の判別係数と定数項

回答	省エネ 関心度	省エネ 行動	節約行動	省エネ 製品購入	定数項
選択肢1	0	0	0	0	
選択肢2	0.6786	-1.1017	1.4895	-0.4647	1.9960
選択肢3	0.4125	-0.7675	1.9652	-0.7699	
選択肢4	1.4108	-14.6857	-0.2976	-1.5053	

表 3-10：冬期に適用する判別式 2 の判別係数と定数項

回答	省エネ 関心度	省エネ 行動	節約行動	省エネ 製品購入	定数項
選択肢1	0	0	0	0	
選択肢2	-0.0427	-1.1206	-0.1429	-0.2594	1.2096
選択肢3	0.1847	-1.6255	-0.3382	0.0261	
選択肢4	0.2835	-1.8018	0.1997	-0.5886	

(2) 判別式を用いた受容群の判別方法

高受容群に属する任意の世帯について、判別過程を例示する。なお、この世帯Aのアンケートのライフスタイルに関する回答は、省エネ関心度は「2. どちらかというに関心がある」、省エネ行動は「1. 努めている」、節約行動は「1. 努めている」、省エネ製品購入は「2. どちらかといえば購入している」となっている。

判別式1、判別式2で適用する夏期の判別係数と定数項を、表3-11、表3-12に示す。

表 1：夏期・判別式1で適用する判別係数と定数項

回答	省エネ 関心度	省エネ 行動	節約行動	省エネ 製品購入	定数項
選択肢1	0	0	0	0	
選択肢2	0.0773	-0.3062	-0.1139	-0.0064	0.8906
選択肢3	-0.3328	-0.6730	-1.0928	-0.1307	
選択肢4	-0.2175	-3.0543	-1.0573	-0.9085	

表 2：夏期・判別式2で適用する判別係数と定数項

回答	省エネ 関心度	省エネ 行動	節約行動	省エネ 製品購入	定数項
選択肢1	0	0	0	0	
選択肢2	-0.1799	-0.1068	-0.9562	-0.3632	0.9550
選択肢3	0.0757	-0.2487	-0.5796	0.1030	
選択肢4	-0.6680	-1.4312	0.3784	-0.1237	

判別式1では、(判別値) = $0.0773 + 0 + 0 + (-0.0064) + 0.8906 = 0.9615$ で0以上となり、高受容群あるいは中受容群に判別される。

判別式2では、(判別値) = $(-0.1799) + 0 + 0 + (-0.3632) + 0.9550 = 0.4119$ で0以上となり、高受容群に判別される。

判別式1、判別式2で適用する冬期の判別係数と定数項を、表3-13、表3-14に示す。

表 3-13：冬期・判別式1で適用する判別係数と定数項

回答	省エネ 関心度	省エネ 行動	節約行動	省エネ 製品購入	定数項
選択肢1	0	0	0	0	
選択肢2	0.6786	-1.1017	1.4895	-0.4647	1.9960
選択肢3	0.4125	-0.7675	1.9652	-0.7699	
選択肢4	1.4108	-14.6857	-0.2976	-1.5053	

表 3-14 : 冬期・判別式 2 で適用する判別係数と定数項

回答	省エネ 関心度	省エネ 行動	節約行動	省エネ 製品購入	定数項
選択肢1	0	0	0	0	
選択肢2	-0.0427	-1.1206	-0.1429	-0.2594	1.2096
選択肢3	0.1847	-1.6255	-0.3382	0.0261	
選択肢4	0.2835	-1.8018	0.1997	-0.5886	

判別式 1 では、(判別値) = 0.6786 + 0 + 0 + (-0.4647) + 1.9960 = 2.2099 で 0 以上となり、高受容群あるいは中受容群に判別される。

判別式 2 では、(判別値) = (-0.0427) + 0 + 0 + (-0.2594) + 1.2096 = 0.9075 で 0 以上となり、高受容群に判別される。

以上のように、受容群判別式を用いると、世帯 A については、夏期、冬期ともに高受容群と判別される。

(3) 受容群判別式の精度

受容群判別式を用いて、アンケート調査で協力してもらった 502 世帯の判別を行った結果を、表 3-15、表 3-16 に示す。

全 502 世帯のうち、夏期について判別結果が環境調整行動実行度による区分と一致したのは 272 世帯、正判別率は 54.18% となっている。判別式 1 による高受容群・受容群と低受容群の正判別率は 75.50% と高いが、判別式 2 による高受容群と中受容群の正判別率は低めであり、細かい精度については必ずしも高いとはいえない。

全 502 世帯のうち、冬期について判別結果が環境調整行動実行度による区分と一致したのは 310 世帯、正判別率は 61.75% となっている。判別式 1 による高受容群・中受容群と低受容群の正判別率は 96.00% と高いが、これは、ほとんどの世帯が高受容群あるいは低受容群に属しているためである。

表 3-15 : 夏期の実際の受容群と判別後の受容群

		判別後の受容群			合計	正判別率
		高受容群	中受容群	低受容群		
S 世帯 受容群 判別	高受容群	35	36	14	85	54.18% (272/502)
	中受容群	71	195	53	319	
	低受容群	12	44	42	98	

表 3-16：冬期の実際の受容群と判別後の受容群

		判別後の受容群			合計	正判別率
		高受容群	中受容群	低受容群		
① 省エネ 世帯	高受容群	96	132	2	230	61.75% (310/502)
	中受容群	40	208	4	252	
	低受容群	5	9	6	20	

(4) まとめ

- 受容群は、省エネ行動や省エネ製品購入をより行っている世帯が高受容群・中受容群に判別される傾向にあり、そのなかでも、あまり節約行動を意識せず、より自然に省エネ行動がとれる世帯ほど、高受容群に判別される傾向がある。
- 夏期の判別式では、高受容群・中受容群と低受容群の判別で正判別率75.50%、高受容群と中受容群の判別で正判別率68.25%、全体としての正判別率は54.18%となっている。
- 冬期の判別式では、高受容群・中受容群と低受容群の判別で正判別率96.00%、高受容群と中受容群の判別で正判別率63.90%、全体としての正判別率は61.75%となっている。
- ライフスタイル変数に省エネ関心度や省エネ行動などを用いて受容群を判別した場合でも、環境調整行動実行度のみを用いて受容群を判別した場合とおおよそ同じ結果が得られる。

以上のことから、ライフスタイル変数に環境調整行動実行度のみを用いて受容群を判別しても、おおよそ問題ないものとする。

3. 有識者による妥当性の検証

本事業では、下記6名の有識者にヒアリングを行い、意見を伺った。

表3-11：有識者一覧

	ご所属	お名前	ヒアリング 実施日
1	神奈川工科大学 創造工学部 ホームエレクトロニクス開発学科 スマート研究センター所長	一色 正男 教授	2016.2.5
2	首都大学東京 都市環境科学研究科 建築学域	須永 修通 教授 小野寺 宏子先生	2016.2.23
3	日本大学 理工学部 建築学科	金島 正治 特任教授	2016.2.23
4	空調機メーカー A社	—	2015.11.2
5	空調機メーカー B社	—	2016.1.22
6	外付け遠隔制御機器メーカー C社	—	2016.2.22

(1) 指標の妥当性について

指標の妥当性については、事業の着眼点を評価するコメントを頂戴した一方、グループピニング変数に関する質問の設定方法や地域性や断熱性能等に関する指摘があった。

【指標について】

- ・ 快適性に関する生理的な研究というのは意外と進んでおらず、実データが少ない。SET*は欧米人の指標なので、日本人とは異なるところもあるだろう。よって、本事業の問題意識である SET*をもとに、実感覚で調整するというの意義が大きい。
(一色先生)
- ・ 解析の方法としては、面白い。特に、4つの線を引いて、環境調整行動を行っている人と行っていない人では、許容室温に大きな差が出るということ、とても明快に示されていることに感心した。(須永先生)
- ・ また、許容側申告割合が 50%以上となる範囲を温熱許容域にしてもいいのかという

のも少し疑問を感じる。それでも、室温によって許容する人の割合が変わっていくという見せ方は、大変いいと思う。(金島先生)

【設問設定】

- ・ ただし、環境調整行動を行っているか、行っていないかを聞く質問が、薄着、すだれ、打ち水など、多くの手段が一度に示されている。環境調整行動の中身、例えば、着衣調整を行っているか、行っていないかでこれだけ差があるというようなのが分かるようになっていけば、もっと良かったと思う。(須永先生)
- ・ 打ち水には社会・公共空間への貢献といった要素も含まれている。環境調整行動についての質問の仕方が微妙だったと思う。(金島先生)
- ・ 暖冷房利用でずっと利用している住まい手ほど、環境調整行動を行っているとなっているが、おそらく、暖冷房の設定温度を状況に応じて行っているという方が多いのだと思う。そうした内訳が見えないのが、少しもったいない。(須永先生)
- ・ 全体の対比を見ると、夏に 2℃の差、冬に 5.5℃の差となっているが、環境調整行動についての質問が、夏に打ち水や庇、薄着、冬にカーテンや厚着となると、この差は、異質なのかもしれない。(金島先生)

【地域性・建物要因】

- ・ 当初、目指したところでは、外部空間と題材的にうたっていたが、北海道のような寒冷地や沖縄のような温暖地では、どうなるのだろうか。また共同建と戸建で変わるのではないか、低層と高層と居住する階によっても温冷感やライフスタイルは変わるのではないか。(金島先生)
⇒地域の話は過年度からあったが、あまり全国に手を広げては、限られた期間内の処理ができなくなるということで、関東に限定させてもらっている。ただ、多少の立地条件については、指標に入れたいところもあって、例えば夏、日当たりがいいお宅では環境調整行動を行っている、風通しのいいお宅では環境調整行動を行っているという傾向はでてくるのだが、検討を行うと有意な差ではなかった。(事務局)
- ・ 環境調整行動実行度に応じて温度で整理して、幸い、許容温度に明確な対比がでている。関東でと限定すれば、その他の立地条件などは、案外いいのかもしれない。(金島先生)

- ・ グルーピング変数の「環境調整行動」の他、グルーピングの要素として住宅自体の断熱性や築年数等が考えられそうだ。都市部と郊外部では、住宅の立地環境も異なるだろう。例えば、都市部の方が、換気や日射の面で条件が悪いということもありえそうだ。(B社)

(2) 実際の制御について

制御については、データの精度改善や、住まい手の意志を重視すべき等の指摘があった。

【センサーの精度について】

- ・ 制御システムは、目標値を決められないことが問題で、適切な指標があることは意義がある。ただし、室温の取り方の改善や信頼できるデータをもう少し積み重ねる必要はありそうだ。(一色先生)
- ・ 室温の取得は難易度が高い。今回のセンサーもそれほど精度が高くないとのことだが、一般のエアコンでも室温は吐出し温度と吸い込み温度の差から想定したデータのため、あまり信頼できない。さらに温度分布まで検討したいと思うと、かなりの精度でセンシングする必要がある、現実的ではない。エアコンで局所部分の温度制御をしようとする室内にムラができ、フィードバックが遅れる。室温を基準に制御を行う場合には、感度を鈍くして安定させる等の工夫が必要だ。(一色先生)

【制御方法について】

- ・ 制御の仕方についても例えば1℃ずつ下げていくのか、ある一定温度を目指して一気に制御するのか整理が必要だ。省エネを目標とする場合には、制御による省エネ割合を指標として整理するべきだろう。(一色先生)
- ・ 今回は、3本~4本の線を引かれておられて、住まい手が志向に合わせてその中から1本を選ぶのもいいが、許容については地域によって異なったりして、これらの線が平行に移動するということもあり得る。4本の線で制御を固定するのではなくて、制御を微調整できるようにすることも重要だと思う。(須永先生)

【住まい手の意志を尊重】

- ・ 住まい手の意志を尊重したいため、エアコンメーカーとしては遠隔制御に踏みきるのは難しいだろう。住まい手の意志が出て来た場合にどのように対応するかの指針を示す必要がある。(一色先生)

(3) 制御と合わせた情報提供の可能性について

自動制御だけでなく、情報をうまく与えることにより、住まい手の意識を改善することに対するコメントを頂戴した。

【情報を提供する・自分で選ばせる】

- ・ 住まい手の意志によって、遠隔制御によらずエアコン調節ができるようだが、外から強制的に制御する印象は、非常に怖い。環境調整行動を行っていない住まい手に対しては、制御ではなく、アドバイスを出すというだけでも省エネルギー効果はあって、こちらで行っている研究でも確認している。(須永先生)
- ・ 勝手にエアコンを制御されるということに対しては、住まい手の抵抗は強いだろう。省エネルギーのために、自分で選んで環境調整を行うという方が許容も広がると思うので、住まい手に選ばれるような情報発信のあり方、あるいは制御のあり方を考えていただきたい。(小野寺先生)
- ・ また、住まい手に低炭素型の生活様式をすすめるためには、温度だけでは情報不足かもしれない。例えば、いきなり目標室温を目指して急にエアコンを運転するとエネルギーを多く消費するだろうし、夏場のエアコンの間欠運転も高くつくだろう。温度だけではなくて、エネルギーも示すことで、エアコンを緩やかに動かす大事さを住まい手に伝えるようにできれば、もっといいかと思う。外気温の情報が簡単に見られるというのも重要だと思う。外気温と住まい方を合わせたアドバイスもあるのではないだろうか。(小野寺先生)
- ・ 今回は、住まい手には、普段どおりに生活してもらっているようだが、今回の普段どおりの生活の許容曲線に対して、見える化やアドバイスを出したら、こういうように許容曲線が動いたということにつなげていけば、もっと良くなるし、もっと面白くなる。(金島先生)
- ・ 広い範囲を制御するのだから、特に夏の熱中症などへの指摘もあるだろう。ただし、エアコンを緩やかにずっと動かしていれば、湿度も下げってくれるので、危険は低いなど、例えば 30℃でずっと動かすことで、湿度やエネルギーがこれだけ変わるということを示してあげると、住まい手は、もっと行動に移しやすくなるのかもしれない。(須永先生)
- ・ 見える化も、わざわざ PC を立ち上げるのではそのうち見なくなってしまう。太陽光発電のシステムのように、触ると現在の制御ロジックと省エネ効果がすぐに分かるようなハードも必要だ。(須永先生)

- ・ 国連も ESD 教育(持続可能な開発のための教育)などいろいろやっているが、どうい教育をしたら許容がこれだけ広がったという風になれば、それこそライフスタイルイノベーションにつながっていく。(金島先生)
- ・ 低受容の人を高受容側にシフトさせるために、制御でいくのか、教育でいくのか、次の段階を見据えて、まとめを書かれたらいいと思う。(金島先生)

(4) 普及拡大の方向性について

普及拡大の方向性については、エアコンメーカーはゾーン空調の流れにあり、本事業のように室温をトリガーとした単純な制御を想定した場合には、全館空調の方に親和性が高いという意見があった。また、導入のメリットの訴求の重要性、コスト負担に関する課題等が挙げられた。

- ・ 現在は例えばモニター自身が快適性を回答するようなことはしていないが、何らかの形で、今快適なのかのフィードバックや、省エネ志向なのかを知るための機能があれば、使い方は広がりそうだ。(A社/B社)
- ・ 空調機メーカー全体に言えることだが、部屋全体から、ゾーン空調(局所的な空調)の精度を高めることで省エネを実現しようとする方向にある。遠隔制御はそれとは逆の流れのように感じるので、ZEH等、家全体の高断熱化・全館空調の流れが出てきた場合には、本事業での制御のような温度のみの制御の活用場がありそうだ。(B社)
- ・ 自由化以降時間帯舞の契約電力やポイント付与等のサービスが出てきた場合には、HEMSと接続させて家全体の効率化を目的にエアコンを制御するという事も考えられるだろう。地域全体の省エネを目的に、家同士の電量融通や、エネルギー利用カーブが異なる建物での融通等は考えられる。(B社)
- ・ 震災直後は、快適よりも省エネ志向が優先した。同様に何らかのきっかけで省エネ志向が広まるということがあれば、電気メーカーの優先順位も変わってくるだろう。(B社)
- ・ 便利・かっこいい、だけでは普及しない。コストが確実に下がる、等、導入のメリットをはっきりさせる必要がある。(C社)
- ・ 将来的にピーク抑制等には活用できる可能性はあるが、その際にも、ソフトサービスと合わせて提供する必要があるだろう。ポイントを付ける等も考えられるが、電力会社の負担が大きくなってしまうことが課題だ、(C社)

- ・ 取得したデータを分析し、サービスにつなげることも検討できるが、マネタイズが非常に難しい。(C社)

参考文献

- 1) 澤地孝男、松尾陽、羽田野健、福島弘幸：暖冷房行為生起の決定要因と許容室温範囲に関する検討 住宅の室内気候形成に寄与する居住者の行動に関する研究 その1、日本建築学会計画系論文報告集、第382号、pp. 48～59、1987. 12
- 2) ANSI/ASHRAE Standard 55-2010：Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy、American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.、2010
- 3) 建築環境・省エネルギー機構：住宅の省エネルギー基準の解説、建築環境・省エネルギー機構、pp124～127、2002. 6
- 4) 宇田川光弘：標準問題の提案 住宅用標準問題、日本建築学会第15回熱シンポジウム伝熱解析の現状と課題、pp. 23～33、1985. 11

第4章 二酸化炭素排出削減効果の評価

1. 低炭素ライフスタイルとエネルギー消費量との関係 (文献調査)

住宅分野では、1980年に告示された省エネルギー基準の強化・改正(1992年・1999年・2013年の3回)、2009年のRPS法の住宅分野への適用拡大、2012年の固定価格全量買取制度の導入などにより、断熱・気密や自然エネルギー利用など躯体・設備の性能は大きく向上している。一方、2011年の東日本大震災を契機にあがった住まい手の省エネルギーに対する意識は、時間の経過とともに低下傾向にある¹⁾。住まい手の省エネルギーに対する意識を高め、その行動を省エネルギーに資するものへと誘導することは、住宅分野の省エネルギーにとって非常に重要である。

長谷川、井上の研究²⁾では、全国2985世帯を対象に行ったアンケート調査の結果から、地球環境問題への関心、省エネルギー行動への努力とエネルギー消費量との関係を整理し、環境問題への関心とエネルギー消費量との間には明確な相関が認められず、実際の行動こそがエネルギー消費量の削減に寄与するとしている。井上、水谷、田中の研究³⁾では、関東に所在する3人～4人世帯、計763世帯を対象に行ったアンケート調査の結果から、省エネルギー行動に努めている世帯と努めていない世帯では、12200MJ/世帯・年のエネルギー消費量較差があるとしている。長谷川、源城、松本、竹内、吉野の研究⁴⁾では、秋田県に所在する住宅4世帯について、低炭素型ライフスタイルメニューの提示前後のエネルギー消費量計測および数値計算を行い、無理のない範囲の省エネルギー行動によって10%程度のエネルギー消費量削減が可能であり、用途別には暖房と給湯の削減率が高いとしている。源城、吉野、長谷川、三田村、謝の研究⁵⁾では、東北地方に所在する住宅10世帯について、低炭素型ライフスタイルメニューの提示前後のエネルギー消費量計測を行い、1999年省エネルギー基準を満たす高断熱・高气密住宅でも、暖房方法の工夫次第で暖房用エネルギー消費量はさらに削減できるとしている。ただし、住まい手の個々の省エネルギー行動については、その効果や実施容易性は必ずしも明確にはなっていない。そのなかで、遠藤、須永、小野寺、川上、畑の研究⁶⁾では、北海道、東北、沖縄を除く全国142世帯を対象に行ったアンケート調査の結果から、暖房設定温度を下げることは、省エネルギー効果が高く、世帯特性に関係なく推奨できる省エネルギー行動であるとしている。

暖冷房の設定温度については、政府が推奨する20℃(暖房)/28℃(冷房)を目安とする場合が多い。また、設定温度の推奨とともに着衣の調整(WarmBiz、CoolBiz)も推奨されたことに

よって、20°C/28°Cが許容限界かのように誤解されているように想像する。住まい手の実生活での温熱許容域は室温 20°C～28°Cよりも明らかに広い。本報告は、住まい手のライフスタイルに合わせて高受容群、中受容群、低受容群の 3 つの温熱快適域と温熱許容域を示している。本項では、各受容群の温熱快適域および温熱許容域を目標に空調制御を行った場合のエネルギー削減量をもとに、CO₂ 排出削減効果を算出する。

2. 取得電力データによる分析

(1)制御と電力データの分析

現地調査においては、ユビキタス社 (<http://www.ubiquitous.co.jp>) の NAVI-ENE プラグを対象世帯のエアコンに設置し、および積算電力 (Wh) を取得した。



図 4-1 : NAVI-ENE プラグ

積算電力は、前の 1 時間との差分が表示されるため、制御の結果を直接的に表すことは難しいものの、この電力データを用いて、制御時と非制御時の消費電力の算出を試みた。

下表は、色付けをしてある部分が、対象世帯が実験参加表明を行った時間帯である。

対象サンプルは、対象世帯が実験に参加した日のサンプルを抜き出している。機械の不具合ですべての時間帯の信頼性の高いデータが取得できた時間帯が少なかったことから夏は 16 世帯 16 日分、冬季は 22 世帯 22 日分のデータを利用した。

表 4-1 : 電力データ分析

時	life119(高受容)	life133(高受容)	life126(中受容)	life120(中受容)	life150(低受容)	life125(低受容)
00	0	0	0.08	0.03	0.56	0.8
01	0	0	0.02	0.04	0.4	0.23
02	0.28	0	0	0.04	0.1	0.55
03	0.04	0	0.01	0.03	0.7	0.23
04	0.01	0	0.89	0.03	0.65	0.12
05	0.03	0.1	0.66	0.02	4.22	0
06	0	0	0.2	0.82	3.21	0
07	0	0	1.23	3.27	2.66	4.32
08	0	0	2.4	4.32	2.23	3.56
09	0	3.22	3.78	6.32	2.02	3.23
10	0	0.3	4.32	4.23	1.56	3.55
11	1.19	4.2	0.56	0.86	1.12	2.23
12	1.27	2.3	2.35	2.35	2.2	4.46
13	1.2	2.56	2.1	0.62	3.38	3.23
14	1.55	0.98	1.89	0.44	4.23	1.98
15	1.7	0.25	2.35	0.56	3.32	1.65
16	1.8	0.01	2.65	0.4	1.08	1.23
17	2.2	0.02	5.56	0.01	1.12	1.28
18	1.67	0.98	2.33	0.01	1.28	0.8
19	1.08	3.77	2.78	0.02	3.21	0.56
20	0.47	8.2	0.4	0	0.06	0.45
21	0.01	3.32	9.2	0	2.2	0.43
22	0.02	0	7.3	0	0	0.7
23	0.01	0	0.2	0	0	0.2
全合計	14.5	30.2	53.3	24.4	41.5	35.8
実験参加合計	3.2	5.8	15.0	14.8	15.3	9.0
通常時合計	11.3	24.4	38.3	9.6	26.2	26.8
通常時平均	0.5	1.2	2.1	0.5	1.5	1.3
実験参加時平均	1.1	1.9	2.5	2.5	2.6	3.0

通常時の平均電力量と実験参加時の平均電力量を単純に比較すると、夜間等、エアコン非利用時の電力量も産出量に含まれるため、簡易的に 1Wh 以降を待機電力として、1Wh 以上の時間帯を「エアコン使用時間」として、それらの平均値との比較を行った。

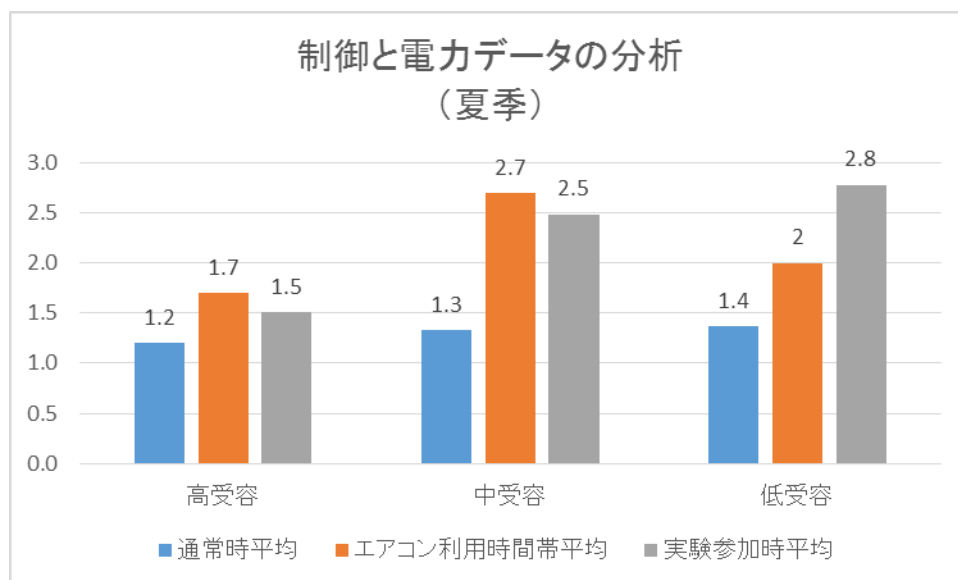


図 4-2 : 制御と電力データの分析 (夏季)

エアコン使用時間帯の電力量は中受容群が最も高くなっている。また、低受容群については、実験時の方が平均電力量が高くなるという結果が出ている。さらに、低受容群の方

が、中受容群と比較してエアコン利用時の消費電力量が小さい。このデータから推測できるのは、低受容群は一般に想像できる「暑さへの耐性がなかったり、省エネ意識が低いために受入れをしない」という住まい手像だけでなく、普段から中受容群と比較して省エネな使い方をしているために、制御に対する受入れ度合いが小さく、また、制御された場合に制御を受け入れず自分で温度変更をしてしまったために、エアコンの消費電力量が大きくなる場合も含まれていることが推測される。

同様に、冬季のデータの分析を行った。冬季は、全体的に夏季よりも電力量が大きくなる。

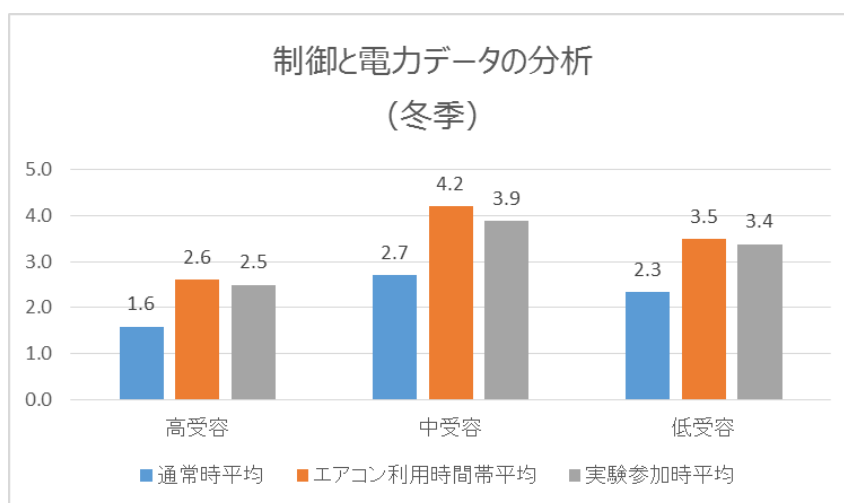


図 4-3 : 制御と電力データの分析 (冬季)

ここでも中受容群のエアコン消費が大きく、低受容群、高受容群と続いている。冬季はどの群においても実験参加時の電力が小さくなるという結果が出ている。

夏季・冬季の電力データから把握できるのは、制御の受け入れに対して、単に「高受容の人は我慢強く、耐性が強いが、低受容はそうではない」という結果だけでなく、通常のエアコン利用の状況や、「実験だから協力しよう」という外部要因も働いているのではないかという仮説である。また、これらのデータはエアコンの機種を考慮しておらず、たまたま旧タイプのエアコンを利用している人が多い群は、実験の結果に関わらず電力量が大きく出てしまうということも十分に考えられる。事前アンケートの結果から、夏季の中受容群のエアコンの製造年数の平均が、低受容群に比べ古いことが分かった。そのことが夏季の結果に影響したと考えられる。また、実験に参加した日の気温や、断熱性能等も結果に影響する要因となる。これらのことから、取得した電力量による分析は、本報告においては参考値としてのみ提示し、CO₂排出削減量については、事項のモデル分析で行うこととする。

3. 二酸化炭素排出削減量の算出

(1) 評価する住宅モデルの作成

制御導入によるエネルギー削減量は、住宅用熱負荷計算プログラム『SMASH』⁷⁾を用いて試算した。評価する住宅モデルには、宇田川の研究⁸⁾の住宅用標準問題を用いた。

評価する住宅モデルの平面図を、図 4-4 に示す。

住宅は、延床面積 125.87m²、総 2 階、木造軸組工法の戸建住宅とした。

住宅は、寄棟の 5 寸勾配屋根とし、最高高さは 8440mm とした。各室の天井高は 2400mm とし、バルコニーや庇、隣棟など、日射の障害になる条件は設定しなかった。

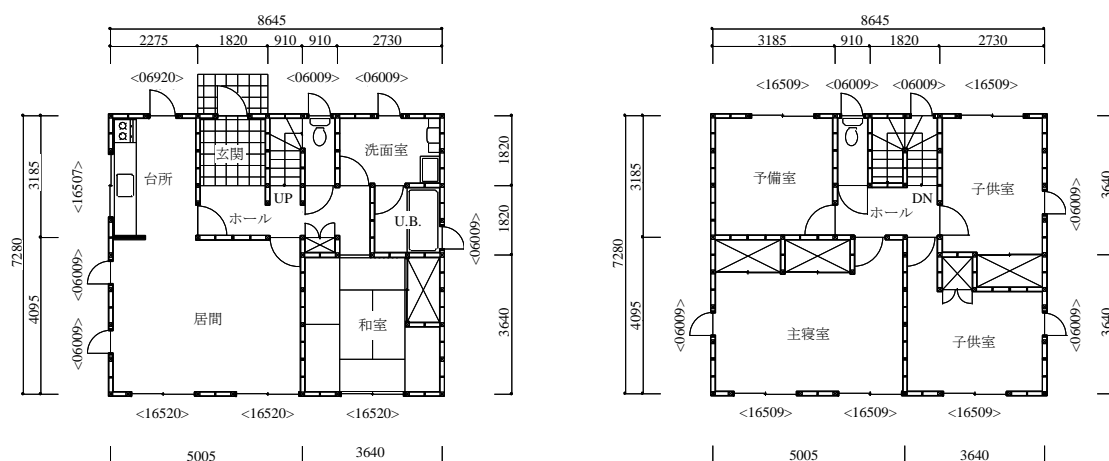


図 4-4 : 評価する住宅モデルの平面図

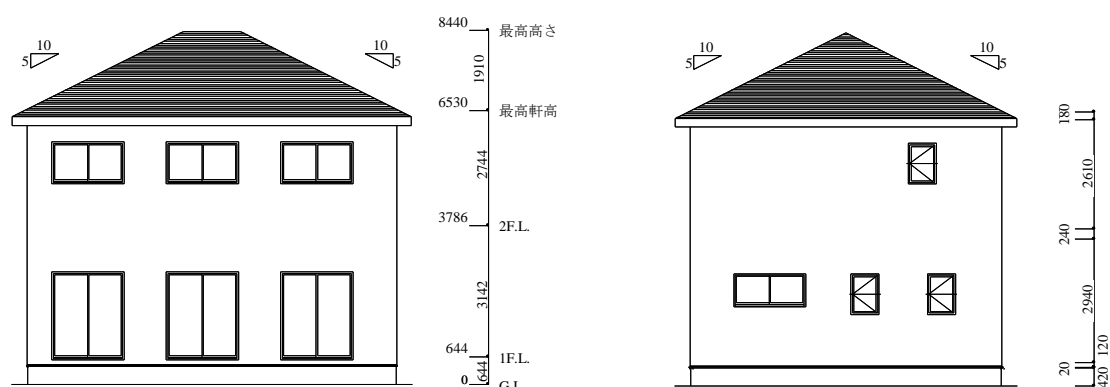


図 4-5 : 住宅モデルの立面図

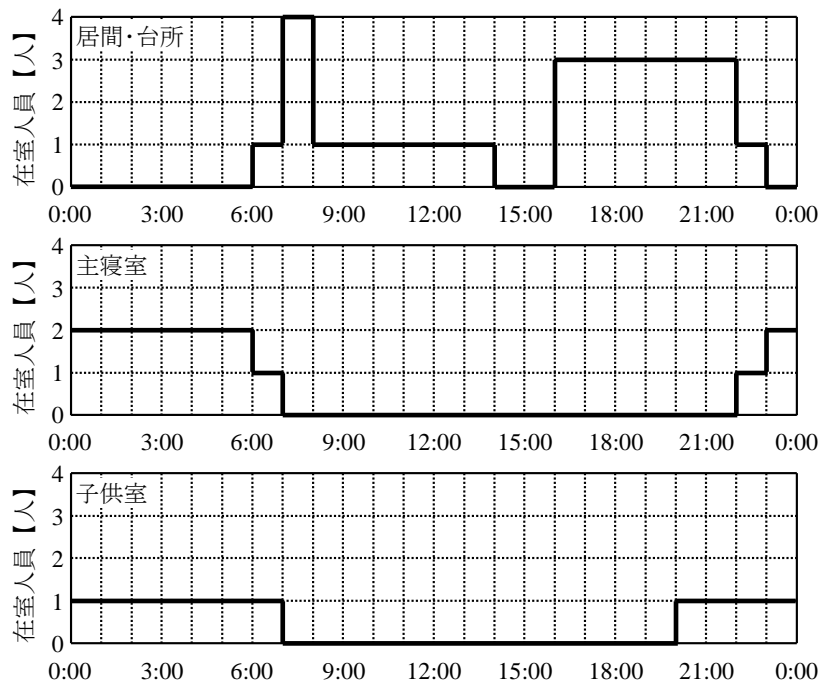


図 4-6 : 在室人員スケジュール

住宅モデルの在室人員スケジュールを、図 4-6 に示す。世帯は、親 2 人、子供 2 人の 4 人家族とした。父親と子供 2 人は、会社と学校で昼間は不在、母親は専業主婦とした。

機器発熱スケジュールを、図 4-7 に示す。機器発熱は、予備室と和室以外の各室に、すべて顕熱として設定した。

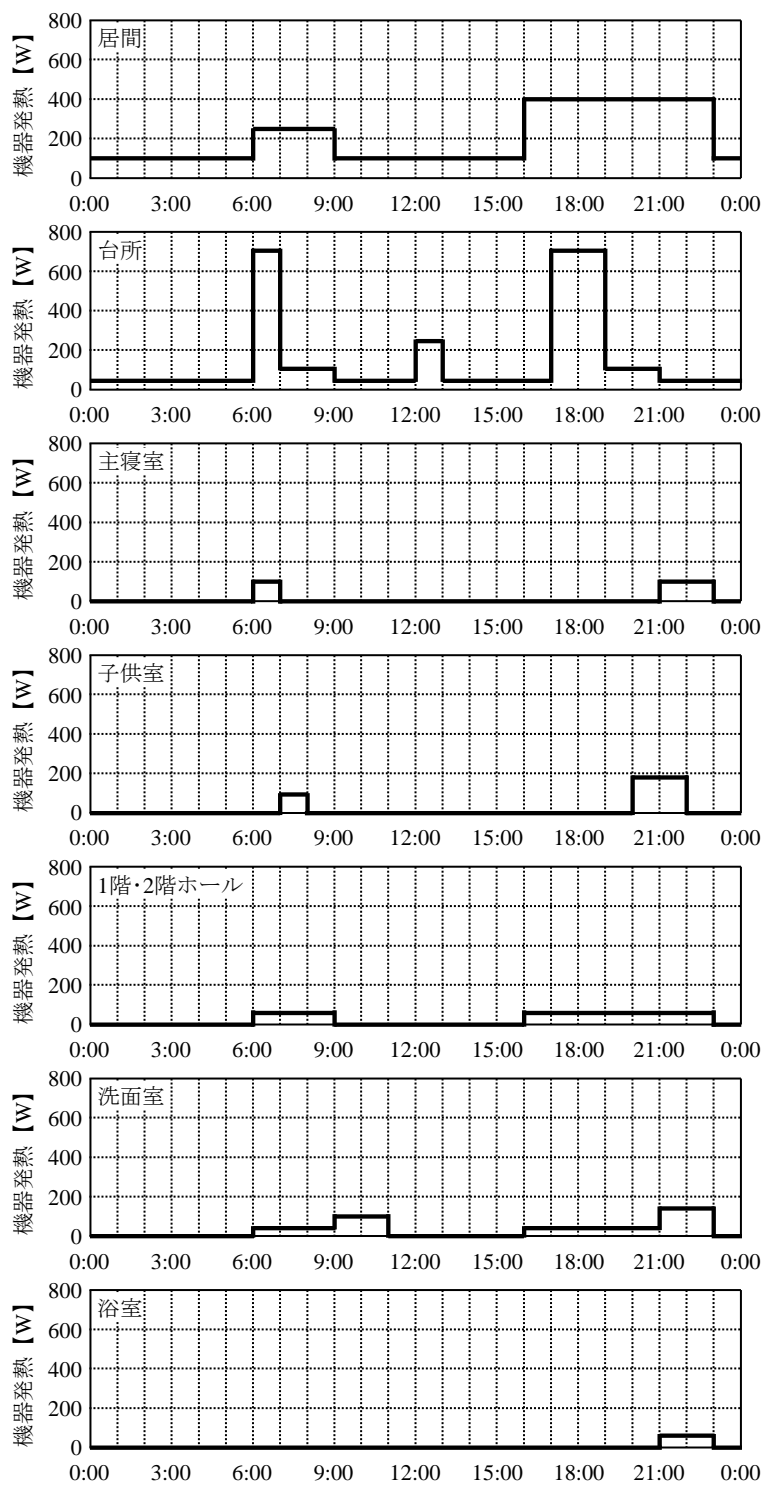


図 4-7 : 機器発熱スケジュール

暖冷房運転スケジュールを、図 4-8 に示す。暖冷房は、居間、主寝室、子供室に、間欠運転を設定した。

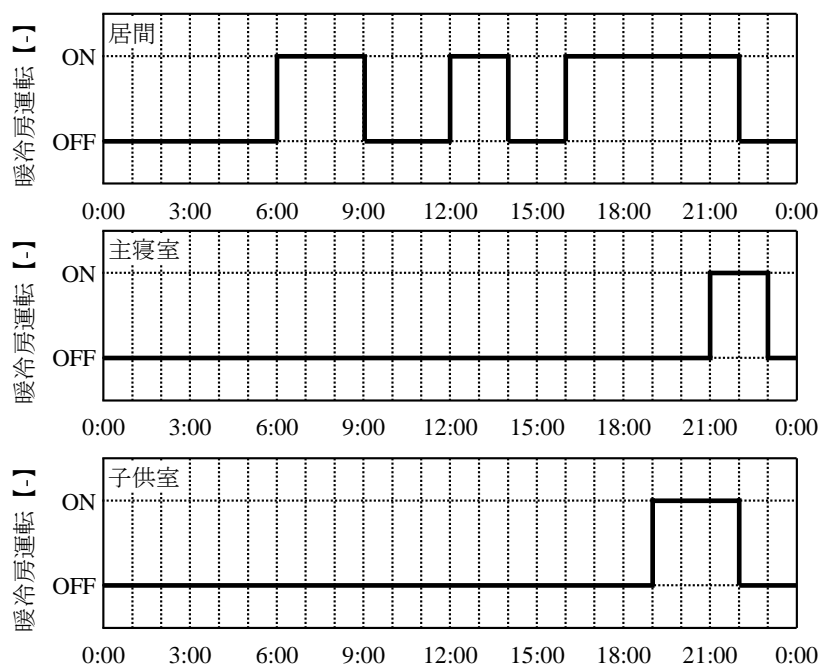


図 4-8 : 暖冷房スケジュール

住宅モデルの躯体断熱仕様を、表 4-2 に示す。住宅モデルは、6 地域・東京に所在するものとし、躯体の断熱水準は現行省エネルギー基準(2013 年基準)相当とした。また、住宅モデルは、充填断熱工法によるものとし、熱橋比率を考慮した。熱橋比率は、(熱橋部)/(断熱部)で、天井 0.00 / 1.00、壁 0.17 / 0.83、床 0.15 / 0.85、土間 0.00 / 1.00 とした⁹⁾。

表 4-2 : 住宅モデルの躯体断熱仕様

部位		熱抵抗値 【m ² ・K/W】	仕様	
屋根	屋根	4.6	グラスウール10K230mm	
	または天井	天井	4.0	グラスウール10K200mm
充填断熱工法	壁	2.2	グラスウール10K110mm	
	床	外気に接する部分	3.3	グラスウール10K165mm
		そのほかの部分	2.2	グラスウール10K110mm
土間床などの外周部	外気に接する部分	1.7	グラスウール10K85mm	
	そのほかの部分	0.5	グラスウール10K25mm	

住宅モデルの開口部仕様を、表 4-3 に示す。住宅モデルの外皮面積は 312.80m²、開口部面積は 25.26m² であり、開口部比率は 0.081、開口部断熱水準は現行省エネルギー基準に準じた。開口部仕様は透明複層ガラス(空気層 6mm)を基本とし、夜間にはドレープカーテンを閉めるものとして、夜間熱貫流率には、昼間熱貫流率に 0.08m²・K/W の断熱効果を加えた¹⁰⁾。また、中間期、夏季には、レースカーテンを閉めて、日射遮蔽を行うものとした。

表 4-3 : 住宅モデルの開口部仕様

仕様	昼間熱貫流率 【W/m ² ・K】	夜間熱貫流率 【W/m ² ・K】	日射熱取得率【-】		
			冬期	中間期	夏期
透明複層ガラス (カーテン)	4.650	3.389	0.79	0.53	0.53

表 4-4 : 各受容群の温熱快適域と温熱許容域の室温範囲

	高受容群	中受容群	低受容群
温熱快適域	16.6℃～30.6℃	19.9℃～30.0℃	22.6℃～28.1℃
温熱許容域	14.8℃～31.8℃	17.3℃～31.1℃	20.3℃～29.9℃

なお、現状、SET*での空調制御は住宅分野では難しいため、空調制御は室温によって行うものとした。各受容群の温熱快適域と温熱許容域の室温範囲を、再度、表 4-4 に示す。

暖冷房設定温度は、各受容群の温熱快適域と温熱許容域の下限室温(暖房)と上限室温(冷房)を四捨五入して設定することとした。

ここで、温冷感中立室温である暖房 22℃¹¹⁾、冷房 28℃¹²⁾を目標とする空調制御を快適制御、実生活での温熱快適域を目標とする空調制御を省エネ制御、実生活での温熱許容域を目標とする空調制御をピーク制御と定義する。

計算設定条件の一覧を、表 4-5 に示す。暖冷房についてはエアコンの使用を前提とした。なお、消費電力はストック COP から算出しており、算出結果はエアコンの規模にはよらないが、おおよそ、リビングと主寝室に 14 畳用(4.0kW)、子供室に 6 畳用(2.2kW)が目安となっている。冷房時には潜熱負荷を計算するために設定湿度に 60%RH を設定した¹³⁾。また、暖房についても、エアコンの使用を想定しているが、湿度については成り行きとした。なお、自然換気回数に 0.5 回/h、排熱換気は、夏季の通風利用を想定し、冷房設定温度より外気温が 2℃以上低いときに 20 回/h 換気するものとして設定した¹³⁾。

表 4-5 : 計算設定条件の一覧

計算プログラム	住宅用熱負荷計算プログラム『SMASH』	
住宅モデル	日本建築学会標準問題 (延床面積125.87m ²)	
住宅断熱水準	現行省エネルギー基準 (2013年基準) 相当	
計算都市	東京	
気象データ	空気調和・衛生工学会 標準気象データ	
世帯人数	4人 (大人2人、小人2人)	
人体・機器発熱スケジュール	日本建築学会標準問題	
暖冷房スケジュール	日本建築学会標準問題 (間欠運転)	
暖冷房設定温度	低受容群	暖房22℃ / 冷房28℃60%RH (快適制御)
		暖房22℃ / 冷房28℃60%RH (省エネ制御)
		暖房20℃ / 冷房30℃60%RH (ピーク制御)
	中受容群	暖房22℃ / 冷房28℃60%RH (快適制御)
		暖房20℃ / 冷房30℃60%RH (省エネ制御)
		暖房17℃ / 冷房31℃60%RH (ピーク制御)
	高受容群	暖房22℃ / 冷房28℃60%RH (快適制御)
		暖房17℃ / 冷房31℃60%RH (ピーク制御)
		暖房15℃ / 冷房32℃60%RH (ピーク制御)
自然換気回数	0.5回/h	
排熱換気回数	室温より外気温が2℃以上低いときに20回/h (中間期と夏期に設定)	

(2)二酸化炭素削減効果の試算

低受容群の制御別暖冷房用消費電力を、図 4-9 に示す。なお、図は、エアコンの COP を暖房 4.93/冷房 4.45¹⁴⁾、電力の固有熱量を 3.6MJ/kWh¹⁵⁾とし、夏季調査の結果から、設定温度に対する予測許容側申告割合を考慮して示している。

快適制御時の暖冷房用消費電力は 990kWh/世帯・年となっている。省エネ制御の暖冷房設定温度は、低受容群では、快適制御と同じである。ピーク制御の暖冷房用消費電力は 785kWh/世帯・年となっており、快適制御に比して、暖房で 14.5%、冷房で 38.6%、合計で 20.7%の省エネルギーとなっている。

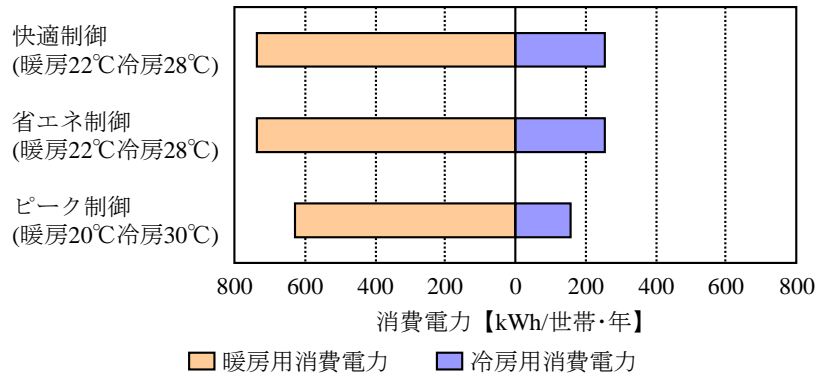


図 4-9 : 低受容群・暖冷房用消費電力

中受容群の制御別暖冷房用消費電力を、図 4-10 に示す。中受容群の省エネ制御の設定温度は、低受容群のピーク制御の設定温度と同じであるが、中受容群では許容側申告割合が高いため、省エネルギー効果は大きく、暖冷房用消費電力は 671kWh/世帯・年と、年間で 32.2%の省エネルギーとなっている。ピーク制御の暖冷房用消費電力は 502kWh/世帯・年となっており、快適制御に比して、暖房で 42.8%、冷房で 67.8%、合計で 49.3%の省エネルギーとなっている。

高受容群の制御別暖冷房消費電力を、図 4-10 に示す。高受容群の省エネ制御の設定温度は、中受容群のピーク制御の設定温度と同じであるが、高受容群では許容側申告割合がさらに高いため、省エネルギー効果は大きく、高受容群の省エネ制御の暖冷房消費電力は 371kWh/世帯・年と、年間で 62.6%の省エネルギーとなっている。ピーク制御の暖冷房用消費電力は 285kWh/世帯・年となっており、快適制御に比して、暖房で 68.8%、冷房で 78.0%、合計で 71.2%の省エネルギーとなっている。

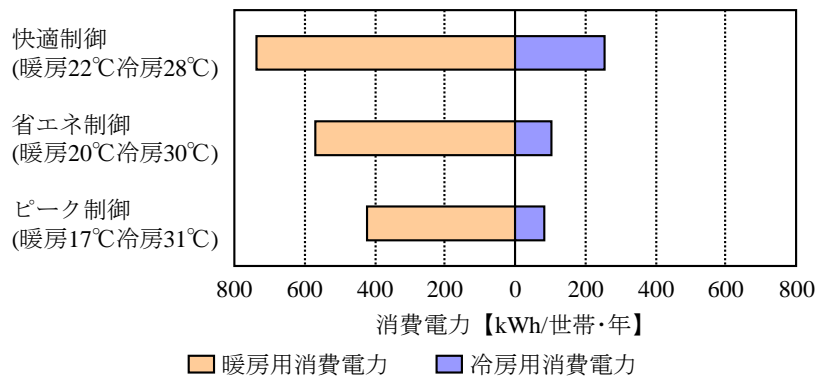


図 4-10：中受容群・暖冷房用消費電力

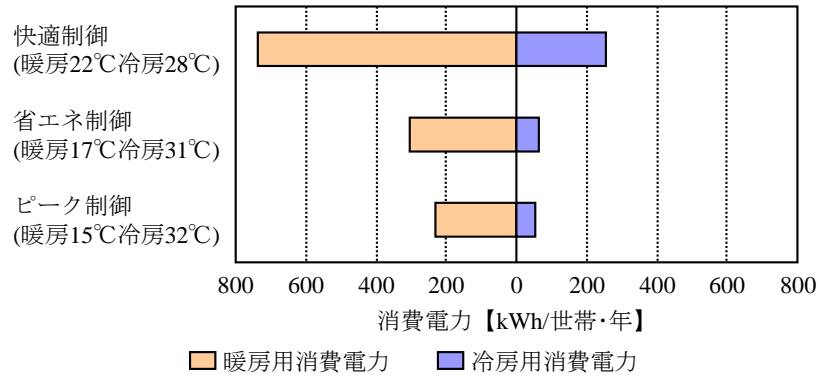


図 4-11：高受容群・暖冷房用消費電力

低受容群の制御別 CO₂削減量を、表 4-5 に示す。ただし、CO₂削減量は、運用時に係るもののみ算出しており、制御構築など建設時に係るものについては、考慮していない。なお、表は、電力の CO₂排出係数を 0.551kg-CO₂/kWh¹⁶⁾として示している。

快適制御の CO₂排出量は 545kg-CO₂/世帯・年となっている。低受容群のピーク制御の CO₂排出量は 432kg-CO₂となっており、113kg-CO₂/世帯・年の CO₂削減となっている。

表 4-5：低受容群・制御別 CO₂削減量

	快適制御	省エネ制御	ピーク制御
冷房設定温度【℃】	28	28	30
暖房設定温度【℃】	22	22	20
年間冷房負荷【MJ/世帯・年】	4081.82	4081.82	1399.40
年間暖房負荷【MJ/世帯・年】	13042.48	13042.48	9526.61
冷房COP【-】	4.45	4.45	4.45
暖房COP【-】	4.93	4.93	4.93
電力固有熱量【MJ/kWh】	3.6	3.6	3.6
CO₂排出係数【kg-CO₂/kWh】	0.551	0.551	0.551
CO ₂ 排出量【kg-CO ₂ /世帯・年】	545.31	545.31	343.89
夏期許容側申告割合【%】	-	81.64	47.98
冬期許容側申告割合【%】	-	73.65	46.53
補正CO ₂ 排出量【kg-CO ₂ /世帯・年】	545.31	545.31	432.39
CO₂削減量【kg-CO₂/世帯・年】	0.00	0.00	112.92

中受容群の制御別 CO₂ 削減量を、表 4-6 に示す。中受容群の省エネ制御の CO₂ 排出量は 370kg-CO₂/世帯・年となっており、176kg-CO₂/世帯・年の CO₂ の削減となっている。また、ピーク制御の CO₂ 排出量は 277kg-CO₂ となっており、269kg-CO₂/世帯・年の CO₂ 削減となっている。

表 4-6 : 中受容群・制御別 CO₂ 削減量

	快適制御	省エネ制御	ピーク制御
冷房設定温度【℃】	28	30	31
暖房設定温度【℃】	22	20	17
年間冷房負荷【MJ/世帯・年】	4081.82	1399.40	740.51
年間暖房負荷【MJ/世帯・年】	13042.48	9526.61	5155.12
冷房COP【-】	4.45	4.45	4.45
暖房COP【-】	4.93	4.93	4.93
電力固有熱量【MJ/kWh】	3.6	3.6	3.6
CO₂排出係数【kg-CO₂/kWh】	0.551	0.551	0.551
CO ₂ 排出量【kg-CO ₂ /世帯・年】	545.31	343.89	185.51
夏期許容側申告割合【%】	-	79.92	52.81
冬期許容側申告割合【%】	-	80.59	46.72
補正CO₂排出量【kg-CO₂/世帯・年】	545.31	369.63	276.76
CO₂削減量【kg-CO₂/世帯・年】	0.00	175.68	268.55

高受容群の制御別 CO₂ 削減量を、表 4-7 に示す。高受容群の省エネ制御の CO₂ 排出量は 204kg-CO₂/世帯・年となっており、341kg-CO₂/世帯・年の CO₂ の削減となっている。また、ピーク制御の CO₂ 排出量は 157kg-CO₂ となっており、388kg-CO₂/世帯・年の CO₂ 削減となっている。

表 4-7 : 高受容群・制御別 CO₂ 削減量

	快適制御	省エネ制御	ピーク制御
冷房設定温度【℃】	28	31	32
暖房設定温度【℃】	22	17	15
年間冷房負荷【MJ/世帯・年】	4081.82	740.51	412.74
年間暖房負荷【MJ/世帯・年】	13042.48	5155.12	3012.28
冷房COP【-】	4.45	4.45	4.45
暖房COP【-】	4.93	4.93	4.93
電力固有熱量【MJ/kWh】	3.6	3.6	3.6
CO₂排出係数【kg-CO₂/kWh】	0.551	0.551	0.551
CO ₂ 排出量【kg-CO ₂ /世帯・年】	545.31	185.51	107.71
夏期許容側申告割合【%】	-	70.52	45.70
冬期許容側申告割合【%】	-	85.54	53.39
補正CO₂排出量【kg-CO₂/世帯・年】	545.31	204.15	157.12
CO₂削減量【kg-CO₂/世帯・年】	0.00	341.16	388.19

低受容群の、省エネルギーによる暖冷房費の低減効果(EB 効果)、ならびに CO₂ 排出量の低減効果(NEB 効果)を、暖冷房に係る制御別 EB・NEB 料金として、図 4-12 に示す。なお、図は、電力単価は 22 円/kWh¹⁷⁾、CO₂ クレジット価格は 4 円/kg-CO₂¹⁸⁾として示している。

なお、CO₂ クレジット価格とは、カーボンフットプリントの概念と同じようにもちいられるものであり、現在、一般社団法人 日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアムでは、Point Carbon の将来予測値 2020 年の価格 35 ユーロ(約 4700 円/t-CO₂)をもとに、4 円/kg-CO₂ を設定している。

快適制御では、電力費で¥21,773/世帯・年、CO₂ 費で¥2,181/世帯・年、合計で¥23,954/世帯・年となっている。低受容群では、ピーク制御によって、電力費¥17,264/世帯・年、CO₂ 費¥1,730/世帯・年、合計で¥18,994/世帯・年となっており、快適制御に比して、¥4,960/世帯・年を節約している。

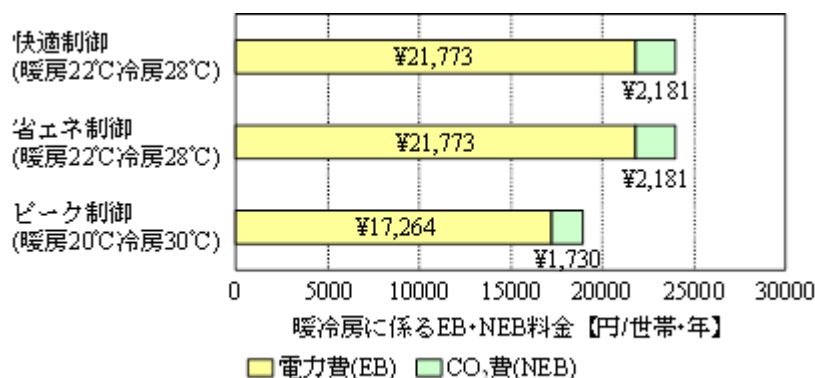


図 4-12 : 低受容群・暖冷房に係る制御別 EB・NEB 料金

中受容群の暖冷房に係る制御別 EB・NEB 料金を、図 4-13 に示す。中受容群の省エネ制御は、電力費¥14,758/世帯・年、CO₂ 費¥1,479/世帯・年、合計で¥16,237/世帯・年となっており、快適制御に比して、¥7,717/世帯・年を節約している。また、ピーク制御は、電力費¥11,050/世帯・年、CO₂ 費¥1,107/世帯・年、合計で¥12,157/世帯・年となっており、快適制御に比して、¥11,796/世帯・年を節約している。

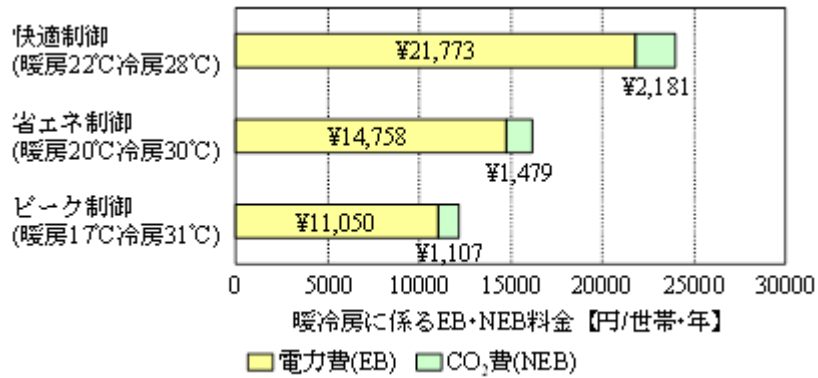


図 4-13 : 中受容群・暖冷房に係る制御別 EB・NEB 料金

高受容群の暖冷房に係る制御別 EB・NEB 料金を、図 4-14 に示す。高受容群の省エネ制御は、電力費¥8,151/世帯・年、CO₂費¥817/世帯・年、合計で¥8,968/世帯・年となっており、快適制御に比して、¥14,986/世帯・年を節約している。また、ピーク制御は、電力費¥6,273/世帯・年、CO₂費¥628/世帯・年、合計で¥6,902/世帯・年となっており、快適制御に比して、¥17,052/世帯・年を節約している。

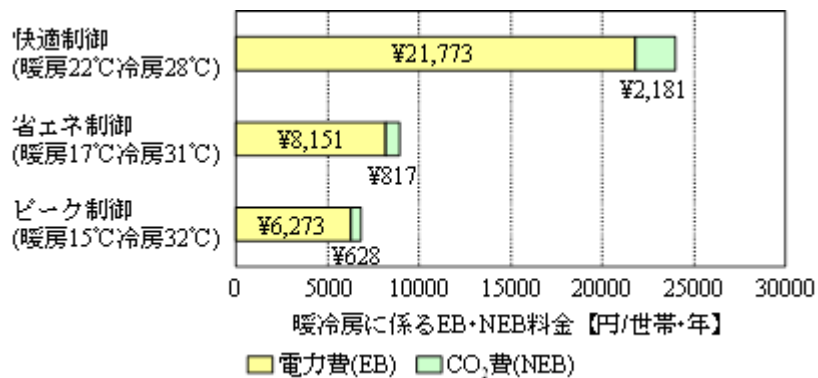


図 4-14 : 高受容群・暖冷房に係る制御別 EB・NEB 料金

参考文献

- 1)藤原和也：生活者による節電は定着するか ～「節電に関する行動・意識調査」の結果から～、みずほ情報総研レポート vol.7、みずほ情報総研コンサルティング業務部、pp.20～25、2014.3
- 2)長谷川善明、井上隆：全国規模アンケートによる住宅内エネルギー消費の実態に関する研究 世帯特性の影響と世帯間のばらつきに関する考察 その 1、日本建築学会環境系論文集、第 583 号、pp.23～28、2004.9
- 3)井上隆、水谷傑、田中俊彦：全国規模アンケートによる住宅内エネルギー消費の実態に関する研究 影響を及ぼす要因に関する分析 その 2、日本建築学会環境系論文集、第 606 号、pp.75～80、2006.8
- 4)長谷川兼一、源城かほり、松本真一、竹内仁哉、吉野博：秋田県の戸建住宅を対象とした低炭素型ライフスタイルの省エネルギー効果の実測調査と数値計算による事例的検討、日本建築学会技術報告集、第 23 号、pp.271～274、2006.6
- 5)源城かほり、吉野博、長谷川兼一、三田村輝章、謝静超：東北地方の住宅における低負荷型ライフスタイルの導入による CO₂ 排出量削減効果の検討、日本建築学会技術報告集、第 14 巻、第 27 号、pp.209～212、2008.6
- 6)遠藤裕太、須永修通、小野寺宏子、川上裕司、畑泰彦：全電化戸建住宅における世帯特性に応じた省エネルギー行動の提案に関する研究 実施容易性とエネルギー削減効果により推奨される行動、日本建築学会環境系論文集、第 80 巻、第 715 号、pp.815～825、2015.9
- 7)建築環境・省エネルギー機構：住宅の省エネルギー基準の解説、建築環境・省エネルギー機構、pp.124～127、2002.6
- 8)宇田川光弘：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 伝熱解析の現状と課題、pp.23～33、1985.11
- 9)前掲同書 7)：pp.96～99
- 10)前掲同書 7)：pp.105～106
- 11)松本泰輔、松井勇：周壁加熱時の足裏加熱が温冷感に及ぼす影響に関する実験的研究 -実験室の温湿度設定にステップ変動を与えた場合について -、日本建築学会環境系論文集、第 73 巻、第 628 号、pp.721～725、2008.6

- 12)佐々尚美、久保博子、磯田憲生、梁瀬度子：温熱的生理心理反応の個人差に関する研究 -夏季における設定気温条件の場合-、日本建築学会計画系論文集、第 542 号、pp.35～40、2001.4
- 13)建築環境・省エネルギー機構：住宅の平成 25 年省エネルギー基準の解説、建築環境・省エネルギー機構、p.14、2015.11
- 14)住環境計画研究所：家庭用エネルギーハンドブック(2014 年版)、省エネルギーセンター、pp194～195、2013.12
- 15)同上書 14)：前付け
- 16)環境省：温対法に基づく政府及び地方公共団体実行計画における温室効果ガス総排出量算定に用いる平成 25 年度の電気事業者ごとの排出係数等の公表について(お知らせ)、<https://www.env.go.jp/press/19009.html>、2015.10 閲覧
- 17)前掲同書 14)：pp.18～22
- 18)エネルギーイノベティブタウン調査委員会：エネルギーイノベティブタウン調査報告書 自立分散型エネルギーシステムがもたらすコベネフィット (EB と NEB) を考慮した公民連携による事業スキームの構築、日本サステナブル建築協会、pp.24～25、2014.6

第5章 結論・まとめ

第1節 本年度事業の成果

1. 本事業の目的と過年度の成果

本事業の目的は、高効率機器などの低炭素技術の導入だけではなく、エネルギー消費量を削減しつつも快適性などを損なわない、新たな低炭素ライフスタイルを提案、普及していくための指標の確立を目指すものであった。そのため、既往のNEBや快適性指標を下敷きにして、より実態に沿った、また空調設備（エアコン）の自動制御を想定した指標の作成に取り組んだ。

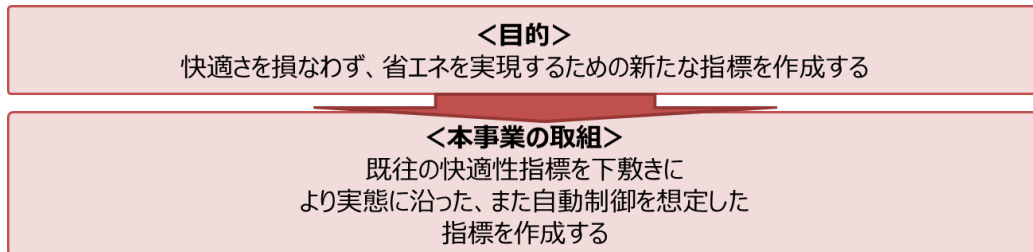


図 5-1：本事業の目的

その目的に沿って、過年度、夏季・冬季の指標式を定めた。

表 5-1：許容側申告割合の近似式

(許容側申告割合) = 100 * EXP(a * (b * (室温) + c)^4 + b * (室温) + c)^2					
	a	b	c	d	観測値と近似値の標準誤差
夏期調査	-0.205	0.312	-8.181	0.042	7.955
冬期調査	-0.081	0.111	-3.088	-0.239	13.975

さらに、実制御に役立てることを想定し、「快適範囲」「省エネ範囲」「ピーク範囲」の3つの制御目標となる気温を定義した。

表 5-2：過年度作成した指標

快適性指標		目安	夏期 (上限室温)	冬期 (下限室温)
快適範囲	快適を損なわずに 過ごせる範囲	室温が快適側申告割合が80%の温熱快適域 の上限以下（夏期）、下限以上（冬期）	28.0℃	21.8℃
省エネ範囲	快適とはいかない が許容できる範囲	室温が許容側申告割合が80%の温熱許容域 の上限以下（夏期）、下限以上（冬期）	29.8℃	20.2℃
ピーク範囲	不快を許容しつつ 過ごせる範囲	室温が許容側申告割合が50%の温熱許容域 の上限以下（夏期）、下限以上（冬期）	30.7℃	15.9℃

2. 本年度の仮説

本年度は、過年度構築した指標に対し、「指標に室温以外の要素を盛り込む」「世帯間の違いを指標に反映する」の二つの観点で改良を試みた。

「指標に室温以外の要素を盛り込む」については、過年度の説明変数「室温」の代わりに、広く普及している快適性指標である「SET*」を盛り込むことで、湿度や着衣量、活動量の要素を盛り込むこととした。

「世帯間の違いを指標に反映する」については、事前アンケートの質問結果同士の関連性から、「環境調整行動」への回答結果が受容性の異なるグルーピングの判別要素ではないかという仮説を構築した。ちなみに、「環境調整行動」は、「夏場に打ち水や薄着など、冷房以外に暑さをしのぐための工夫を行っていますか?」「冬場に日没後にすぐカーテンを閉める、厚着をするなど、暖房以外に寒さをしのぐための工夫を行っていますか?」という2つの設問の回答結果である。

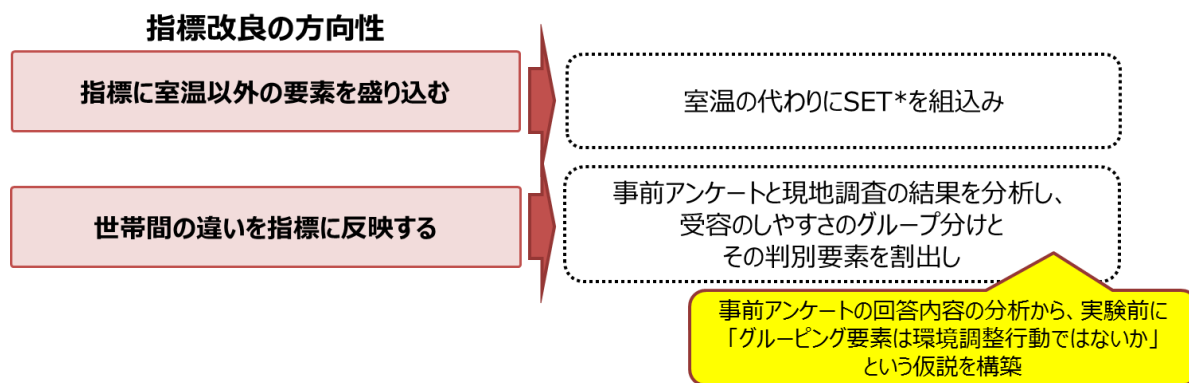


図 5-2 : 指標改良の方向性と対応

3. 現地調査

98名の関東地方在住の対象世帯に対し、遠隔制御を行い、受容性を取得した。

実施期間：夏季実験 2015年8月2日（日）～2015年9月5日（土）

冬季実験 2015年12月20日（日）～2016年2月6日（土）

実証においては、受容の上限値と下限値を取得できるよう、1週間毎にロジックを変えて制御を行った。

表 5-3 : 制御ロジック (夏季)

	期間	制御ロジック
第1週	8/2~8/8	試行期間 (想定外の制御があり、ロジックを見直し)
第2週	8/9~8/15	【ロジックⅠ】 実験開始と同時に→設定温度を29℃に 室温が32℃より上がったら、すぐに設定温度を28℃に変更。 室温が28℃より下がって30分たったら設定温度を29℃に変更。
第3週	8/16~8/22	【ロジックⅡ】 実験開始と同時に→設定温度を28℃に 室温が30℃より上がったら、すぐに設定温度を27℃に変更。 室温が26℃より下がって30分たったら設定温度を29℃に変更。
第4週	8/23~8/29	【ロジックⅢ】 実験開始と同時に→設定温度を27℃に 室温が29℃より上がったら、すぐに設定温度を26℃に変更。 室温が25℃より下がって30分たったら設定温度を28℃に変更。
第5週	8/30~9/5	【ロジックⅠ】 実験開始と同時に→設定温度を29℃に 室温が32℃より上がったら、すぐに設定温度を28℃に変更。 室温が28℃より下がって30分たったら設定温度を29℃に変更。

表 5-4 : 制御ロジック (冬季)

	想定期間	制御ロジック
第1週	12/12~12/18	平常時データ取得
第2週	12/19~12/25	【ロジックⅠ】 実験開始と同時に→設定温度を20℃に 室温が22℃より上がって30分たったら、すぐに設定温度を19℃に変更。 室温が18℃より下がったら、すぐに設定温度を21℃に変更。
第3週	1/2~1/8	【ロジックⅡ】 実験開始と同時に→設定温度を18℃に 室温が20℃より上がって30分たったら、すぐに設定温度を17℃に変更。 室温が16℃より下がったらすぐに設定温度を19℃に変更。
第4週	1/9~1/15	【ロジックⅢ】 実験開始と同時に→設定温度を16℃に 室温が18℃より上がって30分たったら、すぐに設定温度を15℃に変更。 室温が14℃より下がったらすぐに設定温度を17℃に変更。 * 本制御は3時間内で一度のみ
第5週	1/16~1/22	【ロジックⅢ】 実験開始と同時に→設定温度を16℃に 室温が18℃より上がって30分たったら、すぐに設定温度を15℃に変更。 室温が14℃より下がったらすぐに設定温度を17℃に変更。 * 本制御は3時間内で一度のみ
第6週	1/23~2/6	【グルーピング制御】 グルーピングに基づいた制御を実施。グルーピング仮説を検証する。
		合計 (8/9~9/5)

現地調査の結果から、環境調整行動実行度が「1.行っている」に属する世帯を高受容群、「2.どちらかというに行っている」あるいは「3.どちらかというに行っていない」に属する世帯を中受容群、「4.行っていない」に属する世帯を低受容群とし、それぞれの温熱許容域の対比を示す。各グループの夏・冬の受容状況を定式化したのが下図である。

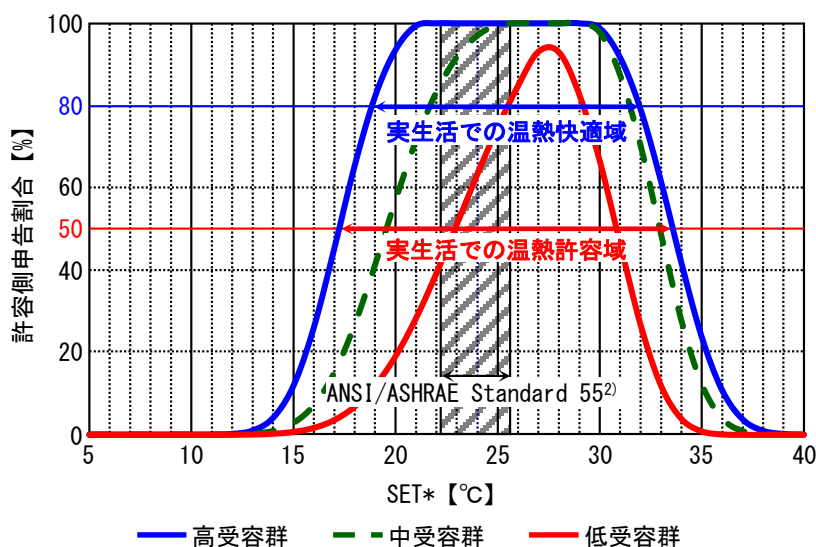


図 5-3：受容群別・SET*と許容側申告割合との関係

表 5-5：各受容群の温熱快適域と温熱許容域の室温範囲

	高受容群	中受容群	低受容群
温熱快適域	16.6°C～30.6°C	19.9°C～30.0°C	22.6°C～28.1°C
温熱許容域	14.8°C～31.8°C	17.3°C～31.1°C	20.3°C～29.9°C

表 5-6：各受容群の許容側申告割合の近似式(SET*)

$$(\text{許容側申告割合}) = 100 * \text{EXP} (a * b * (\text{SET}*) + c) ^{4 + d * (b * (\text{SET}*) + c)^2}$$

	上限温度(夏期)				下限温度(冬期)			
	a	b	c	d	a	b	c	d
高受容群	-0.277	0.165	-4.166	0.148	-0.512	0.148	-3.700	0.167
中受容群	-0.124	0.219	-5.524	0.117	-0.519	0.116	-3.387	0.113
低受容群	-0.232	0.193	-4.596	0.033	-0.302	0.088	-3.451	0.290

標準新有効温度 SET*²は、「温熱感覚と放熱量が実在環境におけるものと同等になるような、相対湿度 50%RH の標準環境での室温」と定義されている。このなかにある標準環境とは、活動量 1.0MET、着衣量 0.6clo、風速 0.1m/s(無風)で、室温と平均放射温度が等しい環境をいうことが多い。

また、それらのグループ分けと事前アンケートの回答結果を分析し、受容性の違いと最も相関が高い設問を割り出したところ、「環境調整行動」が挙げられた。これは現地調査前の仮説とも整合しており、「環境調整行動」に対する回答結果が、受容性をグルーピングする要素となる可能性が高いといえる。

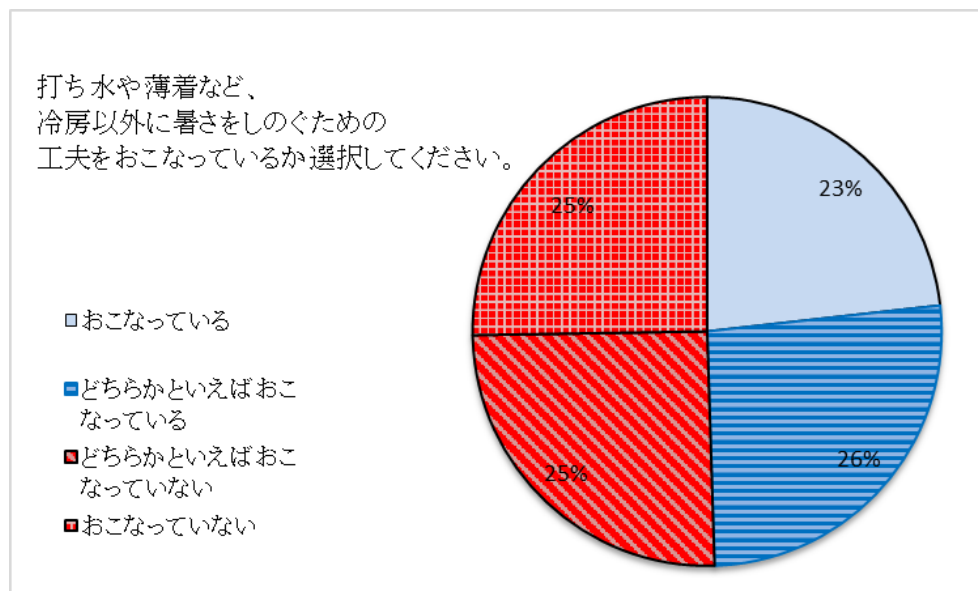


図 5-4 : 調査協力世帯の環境調整行動実行度別世帯割合 (夏季)

² SET*の算出式は、P.25 に掲載。算出式は、平均皮膚温度を求めるものであり反復計算を要する。反復計算には、アルゴリズムの構築が必要であるが、本報告ではニュートンラフソン法をもちいている。

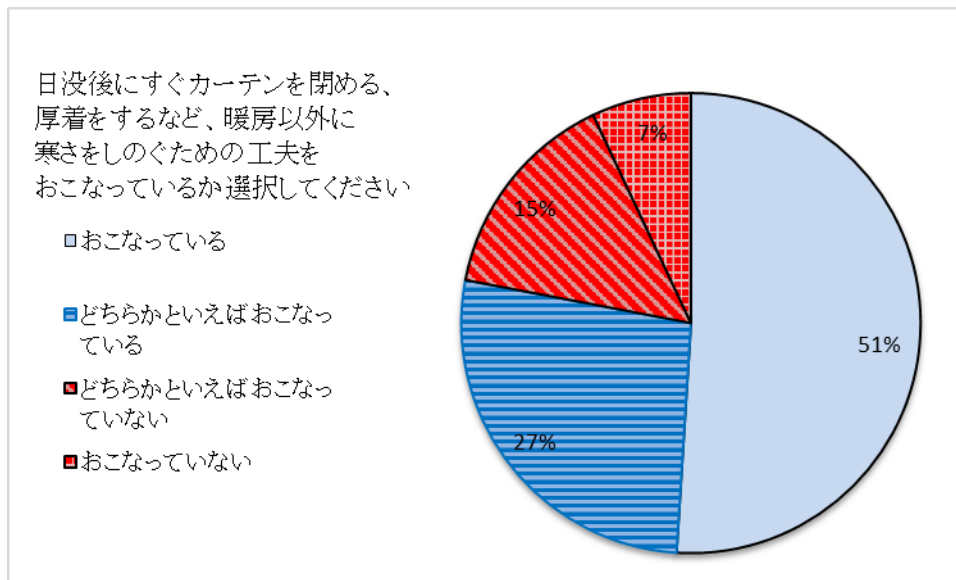


図 5-5 : 調査協力世帯の環境調整行動実行度別世帯割合 (冬季)

環境調整行動を「行っている」と回答したグループほど、夏季に受容する温度が高い（グラフの右側に寄る）ことが示されている。

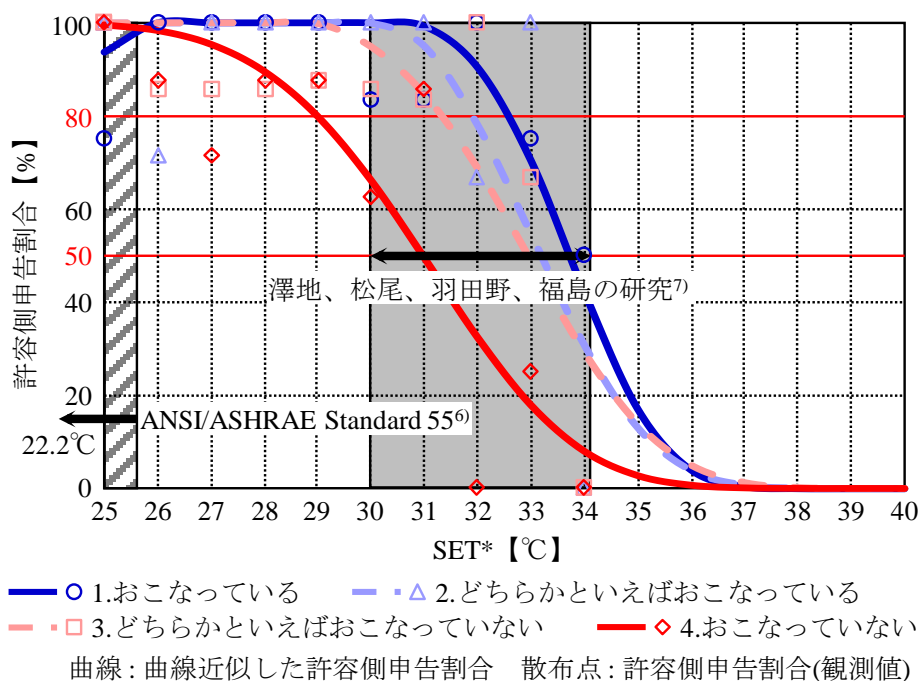


図 5-6 : 環境調整行動実行度別・SET*と許容側申告割合との関係

環境調整行動を「行っている」と回答したグループほど、冬季に受容する温度が低い（グラフの左側に寄る）ことが示されている。

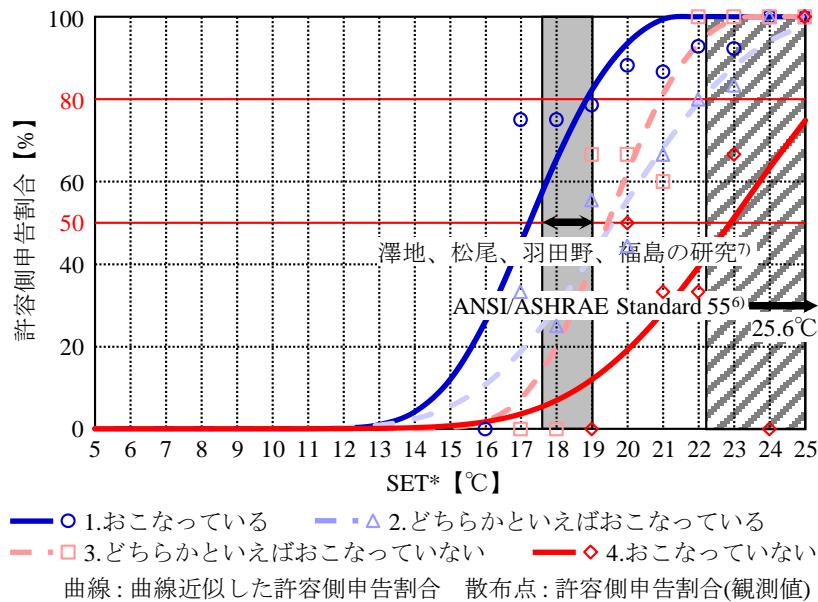


図 5-7：環境調整行動実行度別・SET*と許容側申告割合との関係

4. CO₂削減量の算出

受容性の異なる3グループ（「高受容」「中受容」「低受容」）毎に、過年度設定した「快適制御」（制御なし）を基準として、「省エネ」「ピーク」制御を実施した場合のCO₂削減効果を算出した。

CO₂排出量の評価には、モデル住宅を設定して算出を行った³。低受容群では、快適制御のCO₂排出量は545kg-CO₂/世帯・年となっている。ピーク制御のCO₂排出量は432kg-CO₂となっており、113kg-CO₂/世帯・年のCO₂削減となっている。低受容群では、省エネ制御では受容率が低いため、CO₂削減効果が算出されない。

³ 「第4章3.二酸化炭素排出削減量の算出」に住宅モデルの条件を記述。エアコンのCOPは冷房4.45/暖房4.93、電力の固有熱量を3.6MJ/kWhとしている。また、CO₂削減量は運用時に係るもののみ算出しており、制御構築など建設時に係るものについては考慮していない。

表 5-7 : 低受容群・制御別 CO₂ 削減量

	快適制御	省エネ制御	ピーク制御
冷房設定温度【℃】	28	28	30
暖房設定温度【℃】	22	22	20
年間冷房負荷【MJ/世帯・年】	4081.82	4081.82	1399.40
年間暖房負荷【MJ/世帯・年】	13042.48	13042.48	9526.61
冷房COP【-】	4.45	4.45	4.45
暖房COP【-】	4.93	4.93	4.93
電力固有熱量【MJ/kWh】	3.6	3.6	3.6
CO₂排出係数【kg-CO₂/kWh】	0.551	0.551	0.551
CO ₂ 排出量【kg-CO ₂ /世帯・年】	545.31	545.31	343.89
夏期許容側申告割合【%】	-	81.64	47.98
冬期許容側申告割合【%】	-	73.65	46.53
補正CO ₂ 排出量【kg-CO ₂ /世帯・年】	545.31	545.31	432.39
CO₂削減量【kg-CO₂/世帯・年】	0.00	0.00	112.92

中受容群の省エネ制御の CO₂ 排出量は 370kg-CO₂/世帯・年となっており、176kg-CO₂/世帯・年の CO₂ の削減となっている。また、ピーク制御の CO₂ 排出量は 277kg-CO₂ となっており、269kg-CO₂/世帯・年の CO₂ 削減となっている。

表 5-8 : 中受容群・制御別 CO₂ 削減量

	快適制御	省エネ制御	ピーク制御
冷房設定温度【℃】	28	30	31
暖房設定温度【℃】	22	20	17
年間冷房負荷【MJ/世帯・年】	4081.82	1399.40	740.51
年間暖房負荷【MJ/世帯・年】	13042.48	9526.61	5155.12
冷房COP【-】	4.45	4.45	4.45
暖房COP【-】	4.93	4.93	4.93
電力固有熱量【MJ/kWh】	3.6	3.6	3.6
CO₂排出係数【kg-CO₂/kWh】	0.551	0.551	0.551
CO ₂ 排出量【kg-CO ₂ /世帯・年】	545.31	343.89	185.51
夏期許容側申告割合【%】	-	79.92	52.81
冬期許容側申告割合【%】	-	80.59	46.72
補正CO ₂ 排出量【kg-CO ₂ /世帯・年】	545.31	369.63	276.76
CO₂削減量【kg-CO₂/世帯・年】	0.00	175.68	268.55

高受容群の省エネ制御の CO₂ 排出量は 204kg-CO₂/世帯・年となっており、341kg-CO₂/世帯・年の CO₂ の削減となっている。また、ピーク制御の CO₂ 排出量は 157kg-CO₂ となっており、388kg-CO₂/世帯・年の CO₂ 削減が見込める。

表 5-9 : 高受容群・制御別 CO₂ 削減量

	快適制御	省エネ制御	ピーク制御
冷房設定温度【℃】	28	31	32
暖房設定温度【℃】	22	17	15
年間冷房負荷【MJ/世帯・年】	4081.82	740.51	412.74
年間暖房負荷【MJ/世帯・年】	13042.48	5155.12	3012.28
冷房COP【-】	4.45	4.45	4.45
暖房COP【-】	4.93	4.93	4.93
電力固有熱量【MJ/kWh】	3.6	3.6	3.6
CO₂排出係数【kg-CO₂/kWh】	0.551	0.551	0.551
CO ₂ 排出量【kg-CO ₂ /世帯・年】	545.31	185.51	107.71
夏期許容側申告割合【%】	-	70.52	45.70
冬期許容側申告割合【%】	-	85.54	53.39
補正CO₂排出量【kg-CO₂/世帯・年】	545.31	204.15	157.12
CO₂削減量【kg-CO₂/世帯・年】	0.00	341.16	388.19

5. 本年度の成果

本年度は過年度作成した指標をもとに、「室温以外の要素を盛り込む」「世帯間の違いを指標に反映する」の二つの改良を加えた。「世帯間の違いを指標に反映する」については、過年度の説明変数「室温」の代わりに、広く普及している快適性指標である「SET*」を盛り込むことで、湿度や着衣量、活動量の要素を盛り込むこととした。「世帯間の違いを指標に反映する」については、実際の居住世帯に対する制御実験を行って、制御に対する受容の傾向によって「高受容」「中受容」「低受容」の3グループのグループ分けができることが分かった。また、事前アンケートの結果と照らし、「環境調整行動」への回答結果が、グループ分けの判別要素となりうることを検証した。

これらの取組みを通じ、過年度の取組みをさらに具体化し、自動制御をサービスとして展開することを想定した場合の指標となりうる成果を得ることができた。

第2節 NEB の普及・拡大の方向性

1. 普及拡大のための課題と解決の方向性

本項では、本事業で開発した NEB 評価指標（快適性指標）の普及・拡大の方向性について検討する。下記に、現状の課題と、対応するための施策を整理した。

(1) 技術的課題

本事業で行った一般家庭向け制御においては、大きく 2 つの点での技術課題が明らかとなった。一つは、制御判断の起点となる室温の取得精度である。センサーの設置場所によっては、人が実際に過ごす場所とは異なる温度が取得され、制御ロジックが住まい手の感覚から乖離する可能性があるが、設置場所は住まい手の意志に任され、制御する側から指定することは非現実的だ。また、センサー自体の精度にも課題が残るが、センサーの精度を向上させようとする、機器の価格に反映されてしまう。もう一つは、意図した制御を対象環境で実施した結果の精度である。エアコンによる制御を想定した場合、制御室温を指定することは可能だが、築年数や日当たり、家具の配置等で効果に差が生じるが、それらの環境を踏まえたり、結果を反映して制御方法にフィードバックすることが難しい。

これらの技術的課題については、センシングの精度を上げたり、環境条件を反映する等の仕組みを搭載しようと努力よりも、それらの課題は当然起こりうるものと捉えて、在室者が受容性を反映・学習するシステムを構築することで、対応できる物と考える。

(2) サービス提供側の課題

次に、自動制御を市場にサービスとして展開することを想定した場合の、想定提供主体と受入主体別に、課題を推測した。現段階では、家庭向け空調機器メーカー、後付け制御機器等の IOT を志向する企業を提供主体と想定した。将来的には、電力会社や PPS（新電力）も、事業主体とならないまでも、ビジネスに関わる可能性があると考えられる。

家庭向け空調機器メーカーによると、各社は在室者の調整行動を学習したり、体温をセンシングして快適性を高める等、住まい手の意向に従った快適性を実現するための技術開発を行っているようだ。また、部屋全体の温度管理ではなく、局所的な空調の精度を高めることで省エネを図る方向にあり、室温を判断材料に外部から制御を行うという本事業の内容は、現在の空調機器メーカーとしての戦略下では、すぐには着手しづらい内容である

と言える。今後家電同士の連携が進み、家全体の省エネや地域全体のエネルギー調整の必要性が高まった場合には、空調機メーカーのセンシング技術を活かしながら快適な制御サービスにつなげられる可能性があるが、その実現には時間を要することが想定される。

では、今回の現地調査（実証実験）で使用した外付け制御機器（iRemocon）を製品化しているグラモ社のような、IOT サービスの展開を進める企業はどうであろうか。IOT の概念が示されてから数年が立ったが、いまだ一般ユーザー向けの本格的な普及段階には至っていない。iRemocon も新しいデバイスに興味のあるユーザーを中心に、少しずつ普及しているものの、本格的な普及に至るためには何らかのブレイクスルーが必要である状況だ。

一方で、GoogleNEST では、人の行動に応じて家の中の温度をサーモスタットで管理する仕組みで、将来的には他家電と連携するためのプラットフォームも提供している。全館空調、集中管理が一般的な米国で普及しており、個別空調が主流の日本での展開は未知数であるものの、動向が注目される。

将来的には、電力会社や PPS（新電力）と連携して、需給調整に応えることで電力会社は需要予測の精度を上げ、利用者は電気代を下げるメリットを配分するモデルが考えられるが、2016年4月の電力自由化以降の市場の動向に左右されるだろう。

いずれの主体にとっても、課題となるのは利益を確保する仕組みで、持続可能なビジネスモデルを描くことが喫緊の課題となっている。

一方、サービスを受ける側の利用者の立場から考えると、制御を受けるメリットが明確でないことが課題として挙げられる。最も訴求しやすい電気代の削減というメリットを伝えるするため、利用者に制御をする場合としない場合の比較、制御ロジックを変更できるような分かりやすい仕組みとともに提供することが重要だ。ただし、電気代削減のメリットのみでは、普及は一部に留まる可能性が高い。一般消費者に広く受け入れられるためには、家の中の利便性を向上させ、楽しく使うことができるサービスとの組み合わせが必要となるだろう。

(3) 解決の方向性

本事業では個別家庭を対象とした制御を行ったが、前述したように、個別家庭向けの空調の性能が速いスピードで進化しており、本事業で作成した NEB 評価指標を判断基準とする比較的単純な制御は、全館空調を行うビル等での親和性が高い。対象をビルやマンションに広げることで、単位当たりの省エネ規模を高めることが可能となる。よって将来的な利用者は、オフィスビルで働く人やマンションの住まい手、商業施設や病院等の大規模な

建物の利用者も含めて考えることができる。ビルの管理者やテナント企業等はエネルギーコスト削減のニーズがあるため、導入動機も明確にしやすい。そのため、普及拡大の足掛かりとして、集中管理を行う建物を対象とすることも現実的ではないか。

以上のことから、個別家庭向けには生活の質を高めるサービスと合わせた提供、集合住宅やビルに向けては、本事業で作成した NEB 評価指標を用いた制御システムの導入を行うとともに、電力供給企業側との連携を図り、対象エリアを広げて行く。技術的課題に対応しながら、この二本柱で展開していくことにより、本事業で作成した NEB 評価指標を制御ロジックとして用いた制御システムの普及展開を進めることができると考える。

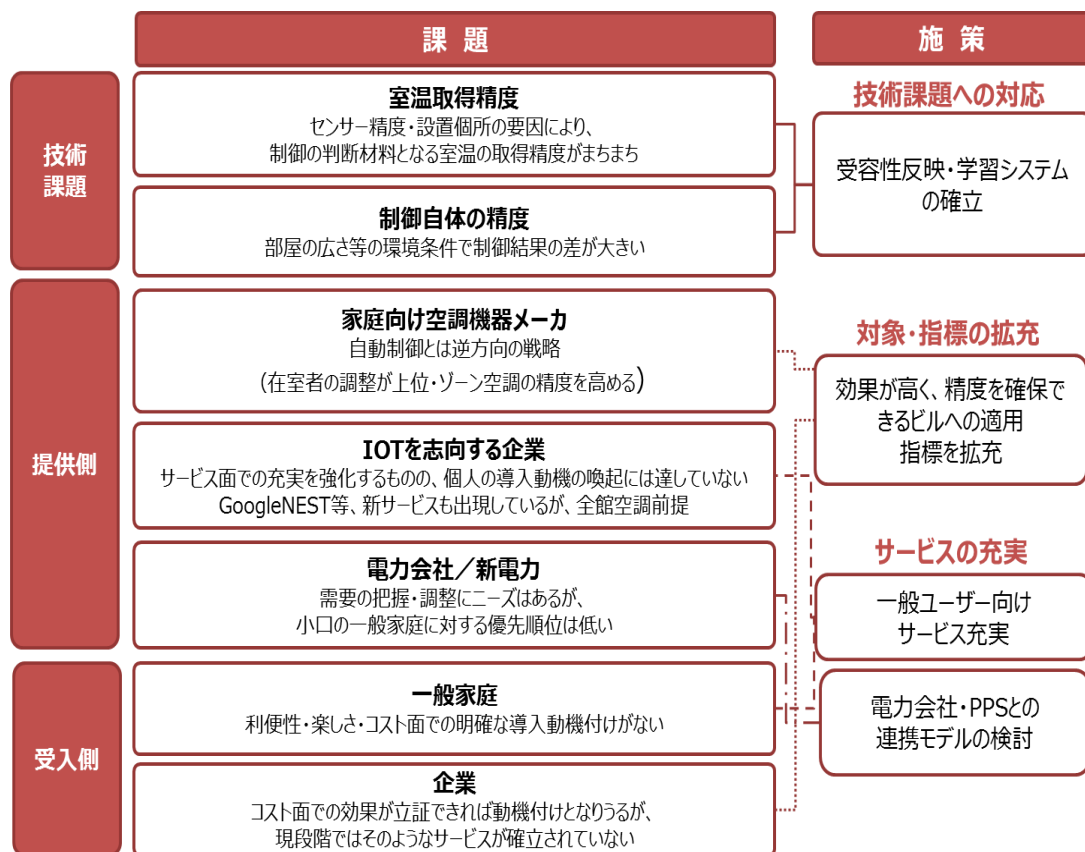


図 5-8：普及拡大のための課題と解決の方向性

2. 普及拡大の今後の道筋

(1) 想定される普及拡大のステップ

まずは本年度作成した指標をもとに、生活の質を高め、楽しみのあるサービスと共に、家庭向けの制御サービスを展開する。技術的課題に対応するため、受容性を反映する学習システムを組み込むとともに、省エネ効果を分かりやすく伝える仕組みも提供する。また、強制的に制御をされると、住まい手に拒否反応が生まれる。住まい手が楽しみながら、自ら率先して制御を選ぶ仕掛けが重要となる。例えば、サービスの使い初めに、本事業の快適性指標をもとに何パターンかから選ばせる。その後、制御に対する反応を学習させつつも、電気代を可視化することで、快適のみを優先しすぎないように誘導する仕組みが必要となる。同時に、省エネのみを追求して健康被害をもたらさないような配慮も必要となるだろう。



図 5-9 : 一般家庭向けのサービスイメージ

制御サービスと合わせて提供するサービスの例としては、例えば家電の利用から住まい手の活動を推測・学習し、住まい手の行動を中心に、家電が安全に、自動的に稼働できるようにする。また、電力データを連携させて、離れて暮らす家族や日在宅時のペットの見守り等にも活用できる。スマートフォンやウェアラブル上で取得できる情報と合わせることで、スケジュールに応じたコーディネート提案や美容・健康のためのセンシング・行動提

案等のサービス拡大も考えられる。

同時に集合住宅、商業施設、オフィス等の集中制御を行う建物を対象に、本事業で構築した NEB 評価指標をもとに制御を行うシステムを導入し、快適性指標による制御とその受容性の把握、学習による反映を行う。複数の現場で検証し、ビルの用途や種類別の在室者の活動状況人口密度、ビル環境等による違いを検証し、用途や種類別の快適性指標を作成することで、使用用途を増やし、普及展開につなげることができると考える。

集中制御においては、個別家庭による制御と異なり、複数人の受容性を勘案する必要があるため、初期段階では完全な自動制御ではなく、人手による調整が必要と推測される。「在室者の意志をどのように反映するか」「快適性が追求されすぎて省エネが損なわれる可能性がある場合の判断材料」等を整理し、指針を提示する必要がある。電力会社と連携し、ピークカットや需要抑制要請にも対応できるようにすることで、広範囲の省エネを実現し、電気代の抑制に役立てることができる。

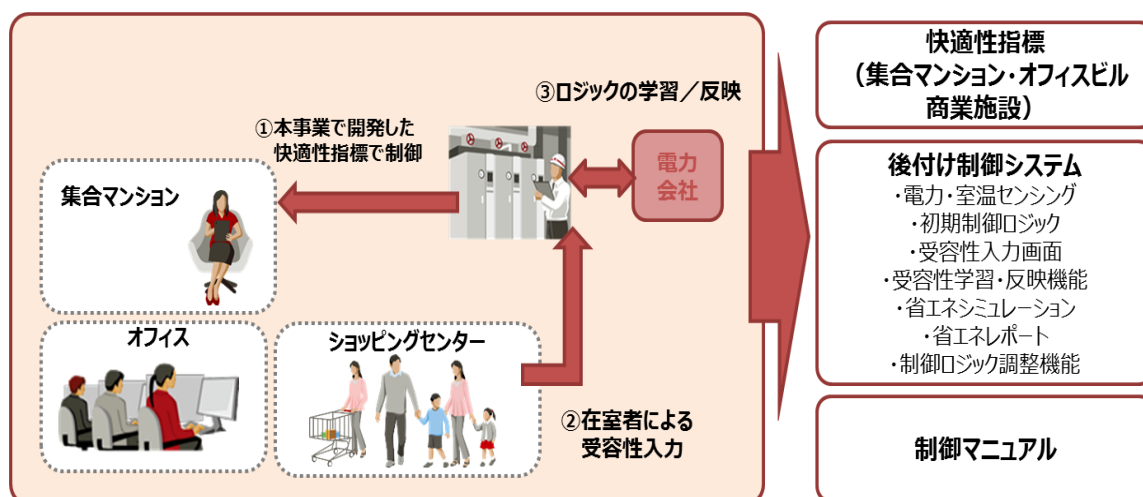


図 5-10 : オフィスや集合住宅向けの実証イメージ

このような取り組みの中で指標の精度を高め、それらを自動的にシステムに反映して将来的には完全な自動制御を目指していく。

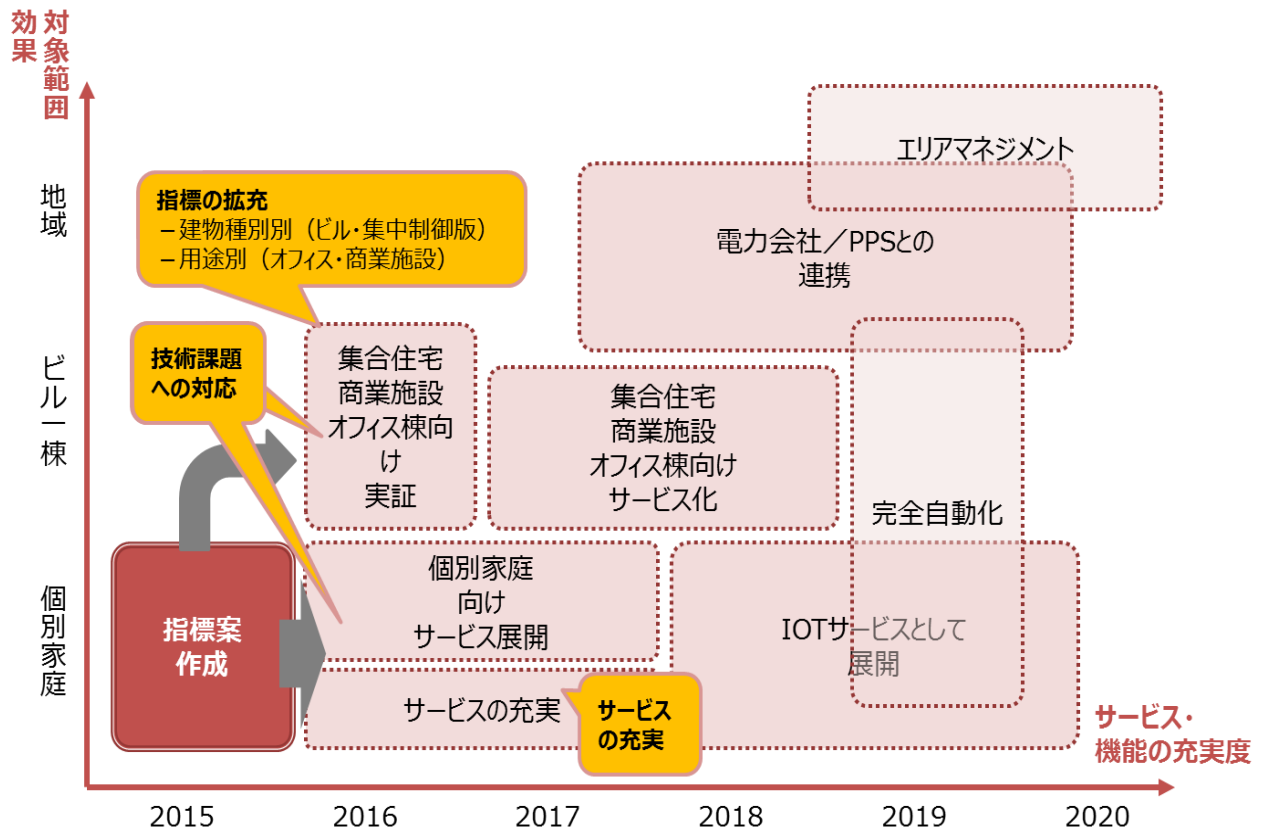


図 5-11：普及拡大の方向性