

技術開発成果報告書

<p>事業名 住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発</p>	<p>課題名 居住者満足感に基づく省エネ性と快適性の最適環境制御技術の開発</p>
--	---

1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

本研究の目的は、省エネ性・温暖化防止性と建物使用者の快適性・知的生産性の向上に向けて、最適な環境を実現するための広範囲な技術開発（製品・システム・運用手法・評価手法等を含む）を行うことであった。H22年度、H23年度は主として、アズビル（株）が試作した要望申告システムを用いて、室温変化・気流変化を伴う温熱環境における、居住者の満足感と作業効率の評価を行い基礎的知見を得た。H24年度は、得られた知見を生かし、居住者満足感を考慮した変動空調制御を提案するとともに、省エネ性・知的生産性の評価を行った。一方アズビル（株）では、変動空調制御に加え、省エネと快適性を両立する VAV 連携技術の開発、要望申告で起こりうる冷暖同時要求に対応が可能な冷暖フリーVAV システムを検討・実験した。

(2) 実施期間

平成 22 年度～平成 24 年度

(3) 技術開発に係った経費

技術開発に係った経費	30,249 千円	補助金の額	14,307 千円
------------	-----------	-------	-----------

参考：内訳

H22	10,566 千円	5,000 千円
H23	11,068 千円	5,000 千円
H24	8,614 千円	4,307 千円

(4) 技術開発の構成員

1)居住者満足感モデル構築に関する基本技術開発

伊香賀 俊治（慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科教授）

2)居住者満足感・省エネ性向上のための室内環境制御の実用技術開発

認田 長生（アズビル（株）技術開発本部基幹技術開発部副部長）

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許

1. 空調制御モード切替方法および装置,出願日：2010/5/27,特開 2011-247488
2. 制御装置および方法,特願 2010-255524,出願日：2010/11/16
3. 空調制御システムおよび空調制御方法,出願日：2011/07/11,特願 2011-152506
4. 要望判別装置、空調制御システム、要望判別方法および空調制御方法,出願日：2012/1/16,
特願 2012-005917他 2 件

発表した論文

- ・日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集，居住者満足感に基づく変動空調制御技術の開発（その 1）～（その 3），2011-2012
- ・空気調和・衛生工学会大会論文集，居住者満足感に基づく変動空調制御技術の開発（第 1 報）～（第 5 報），2011-2012
- ・日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集，冷風と温風同時要求に対応する VAV システムの実験，2012他 国際学会梗概集 2 報

2. 評価結果の概要

(1) 技術開発成果の先導性

人体の快適性については、国内外で様々なモデルが開発されているが、生理・心理感覚まで含めた満足感に関する指標は現在、存在しない。本技術開発では、満足感という生理現象では捉えきれない人の心理状態を被験者実験から明らかにし、室内環境制御に応用するための基礎データを取得しモデルの検討を行った。

さらに、設定室温を省エネ側に変更する単純な空調制御ではなく、温度変動や等温気流等を用いて消費エネルギーの増加を抑制しつつ、省エネルギー性と居住者満足感との両側面の向上を実現する空調制御技術開発を進めた。

(2) 技術開発の効率性

居住者満足感モデル構築に関する基本技術開発を主として慶應義塾大学が行い、居住者満足感・省エネ性向上のための室内環境制御の実用技術開発を主としてアズビル(株)が行ったことで、それぞれの得意分野を活かせる体制で取り組んだ。また、技術開発費の助成により、要望申告システムの改良を伴う温熱実験室での大規模な被験者実験を年 1 回のペースで計画通りに進められたのと同時に、申告型空調の製品化を見据えたシステム上の課題抽出も進めることができた。学術的な成果と、特許出願・製品化検討という事業的な活動を並行してスピーディに行うことができた。

(3) 実用化・市場化の状況

アズビル(株)が提供する制御端末(センサー、アクチュエータ等のインテリジェントコンポシリーズ)及び制御監視システムにおいても、業務系建物の居住者満足度向上、省エネルギー化・温暖化防止の推進に向けて、更なる機能訴求が求められており、本技術成果は、次世代機能・サービスには必要不可欠なものである。空調に関する居住者満足は重要な課題であり、アズビル(株)では、居住者が好みの室内温度を設定できるシステムを、2009 年度にリリースした。さらに、本研究での成果の一つである居住者満足感に基づいた室温自動変動制御を既存のシステムにのせることで、居住者の満足度向上とともに、省エネルギーを達成し、広く世の中に普及することが期待できる。

また、同一居住空間であっても、高負荷・低負荷の場所が偏在することも多く、また冬期はインテリアとペリメータで冷暖要求が違うことも発生し、負荷への適切な追従や、冷暖フリーというニーズは高い。本技術開発により、偏在する負荷への適切な追従制御技術や、低コストの冷暖フリーVAVシステムが実現できれば、新築のみならず、既存建物の市場へも急速に浸透すると考えられる。

(4) 技術開発の完成度、目標達成度

本技術開発においては、いずれも、目標通りの成果を上げた。

1)居住者満足感モデル構築に関する基本技術開発(慶應義塾大学)

①室温変動制御が温熱満足感とエネルギー消費量に及ぼす影響に関する研究(被験者実験)

②気流変動制御が温熱満足感に及ぼす影響に関する研究(被験者実験)

2)居住者満足感・省エネ性向上のための室内環境制御の実用技術開発(アズビル(株))

①省エネと快適性を両立するVAV連携技術開発

②冷暖フリー制御実現手法の開発

③室温変動ロジックの開発と検証実験

(5) 技術開発に関する結果

・成功点

1)居住者満足感モデル構築に関する基本技術開発(慶應義塾大学)

①室温変動制御が温熱満足感とエネルギー消費量に及ぼす影響に関する研究(被験者実験)

従来オフィスにおいては、執務者の知的生産性が最も高いといわれる室温の26℃に、一定に室内を保つ空調制御が行われているが、一時的な室温の緩和はエネルギー消費量を削減しつつ居住者に不満を与えないことが可能であると考えられる。そこで本研究では温熱満足感・作業成績を悪化させずにエネルギー消費量を削減する空調制御として室温変動制御を提案した。

②気流変動制御が温熱満足感に及ぼす影響に関する研究（被験者実験）

少ないエネルギーで居住者の温熱満足感を高める申告応答型の気流変動制御を提案し、気流変動制御に関する被験者実験を実施した。居住者の要望申告に対して気流を用いて即時的に温熱環境を改善し、温熱環境に関する情報開示（温熱環境の実測結果から算出される予測不満足者率の表示）を行うことで、室温が 28℃一定の環境における不満申告者率が 10%以下となり、スポットファンのファン動力というわずかなエネルギーで不満を十分に減少させることができた。

2)居住者満足感・省エネ性向上のための室内環境制御の実用技術開発（アズビル（株））

①省エネと快適性を両立する VAV 連携技術開発

現在の VAV システムでは一般的に定格風量の 30%程度以下に風量を絞ることができず、ファンの電力量削減に限界があった。これにより各ゾーンの異なる負荷バランスに対応できず、冷やし過ぎ・暖め過ぎ等の問題を起こし、居住者の不満足につながっていた。この対策として、VAV ユニットの連携させて空間全体で最小給気量を保持した制御技術を開発し、システム開発と実証実験を行った。慶應義塾大学創想館における実証実験で、風量削減率約 6.2%、推定電力消費削減率約 17.5%の効果を確認した。製品化に向け改造を加え、快適性と省エネ性を両立する制御システムとして製品リリースした。

②冷暖フリー制御実現手法の開発

現在の VAV 方式は空調機からの給気温度が各ゾーンで同一となるため、ゾーンごとに冷房と暖房の異なる要求が同時に発生すると対応が困難である。居住者の満足度を向上させるためにはゾーンごとの冷房・暖房要求に適切に対応するシステム（冷暖フリー）であることが望ましい。本研究では、既存の VAV システムに対してソフトウェアのみを変更することで冷暖フリーを実現する冷暖フリーVAV 制御ロジックの考案/試作と、VAV ユニットに加熱器を追加する加熱器付き VAV ユニットの設計/試作を行い、それらの基本性能の実験検証を行った。

給気温度を周期的に変動させる冷暖フリーVAV ロジックによって、一つの空調機系統で冷房と暖房が同時に実現できることを確認した。また、暖房要求ゾーンに対して空調機からの空気を加熱して給気する加熱器付 VAV ユニットの試験では、隣接ゾーンとの空気干渉がある中で所望の温度傾斜を実現することができた。

③室温変動ロジックの開発と検証実験

被験者実験によって効果が確認された室温変動を実オフィスで実現するための室温変動ロジックの考案と検証を行った。被験者実験の制御条件から、室温設定値のみを変動させても実際の室温の変化率や遅れが制御しにくいことがわかっている。そこで、室温設定・給気温度設定を連動させて変更する制御ロジックを開発した（特許出願済）。

・残された課題

本技術開発で得られた成果の製品化を検討するにあたり、実オフィス適用時の課題抽出を進める必要がある。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

・室温変動ロジックの開発（技術開発（5）2）③）を継続中であり、補助事業終了後の平成 25 年度より、実オフィスでの実証実験を通してロジックの改良や製品実装を視野に入れた開発を進めている。

・居住者満足感の申告を用いた申告型空調システムの開発にも着手しており、次世代の空調システムへの搭載を目指している。