

# 技術開発成果報告書

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	課題名： 学習機能に基づく省エネ性と快適性の最適化制御技術の開発
-------------------------------------	-------------------------------------

## 1. 技術開発のあらまし

### (1) 概要

業務系建物の空調における設計意図伝達不足、状況変化対応性の限界、建物所有者・管理者・利用者の意識の違いなどの諸課題を解決し、省エネ性・快適性の向上を実現するために、学習機能に基づく最適制御手法を開発した。図1に本技術開発の全体像を示す。建物の運用性能評価指標としての知的生産性に関する調査を行った後、学習機能に基づく最適化制御を実現するための基本技術である TCBM (Topological Case Based Modeling : 位相事例ベースモデリング) と RSM-S (Response Surface Method by Spline : スプライン応答曲面法) を適用した実用化技術を開発し、その効果を検証した。

- ① 建物運用性能評価指標：知的生産性に関する調査研究 (H19～20年度)
- ② 空調機最適起動制御 (H19年度)  
【省エネ性：空調機立ち上がり時間】と【快適性：室温のオーバーシュート防止】の最適化
- ③ ゾーン毎の温熱環境最適化制御 (H19～20年度)  
【快適性：インテリアゾーンの快適性】と【快適性：ペリメータゾーンの快適性】の最適化
- ④ 給気温度最適化制御 (H21年度)  
【省エネ性：冷水コイル処理熱量】と【省エネ性：送風機消費電力】の最適化
- ⑤ 熱源送水温度最適化制御 (H20～21年度)  
【省エネ性：熱源効率】と【省エネ性：ポンプ搬送動力】の最適化

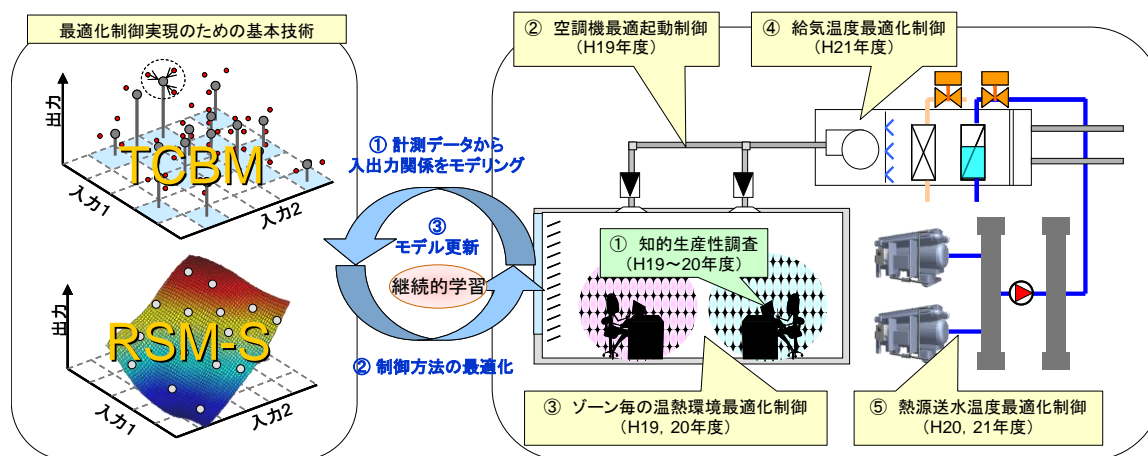


図1 技術開発の概要

### (2) 実施期間

平成19年度 ～ 平成21年度

### (3) 技術開発に係った経費

技術開発に係った経費 32,470 千円 補助金の額 15,000 千円

### (4) 技術開発の構成員

- ・慶應義塾大学 理工学部システムデザイン工学科 伊香賀俊治研究室
- ・株式会社 山武

### (5) 取得した特許及び発表した論文等

#### 取得した特許

- 1) 慶應義塾大学 理工学部システムデザイン工学科 伊香賀研究室

本件に密接に関係する特許等は現時点ではない。

- 2) 株式会社 山武

1. エネルギー総量管理装置および方法 特願 2010-231694 出願日：2010/10/14

2. 制御装置および方法 特願 2010-255524 出願日：2010/11/16
3. 空調制御装置および方法 特願 2011-016251 出願日：2011/1/28
4. 建物設備運用状態評価方法および装置 特願 2011-059009 出願日：2011/3/17 他多数

#### 発表した論文抜粋（学術論文 2 報、大会・支部発表 14 報、国際会議発表 1 報）

1. 多和田友美、伊香賀俊治、村上周三ほか： オフィスの温熱環境が作業効率及び電力消費量に与える総合的な影響、日本建築学会環境系論文集、Vol.75, No.648、pp.213-219、2010.2
2. 上田悠、太宰龍太、総田長生、伊香賀俊治ほか： 学習／多目的最適化機能を組み込んだ空調制御技術の実験的研究、計測自動制御学会論文集、No.46, Vol.8、pp.439-447、2010.8
- 3~4. 多和田友美、村上周三、伊香賀俊治ほか： 室内環境と知的生産性・空調負荷の評価：（その1）～（その2）日本建築学会関東支部研究報告集 I、pp.601-608、2008.3
- 5~8. 岡本哲也、伊香賀俊治、村上周三ほか： 学習機能を組み込んだ室内環境の最適制御手法の開発（その1）～（その4）日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1、pp.1255-1262、2008.8
- 9~10. 多和田友美、伊香賀俊治、村上周三ほか： 実オフィスの室内環境が知的生産性に及ぼす影響（その1）～（その2）、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1、pp.1257-1258、2008.8
11. 内田匠子、伊香賀俊治、村上周三ほか： オフィスの知的生産性と省エネルギー性を考慮した最適空調制御手法の研究、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.1995-1998、2008.8
- 12~13. 加藤彰浩、伊香賀俊治、村上周三ほか： 学習機能に基づく空調システムの多目的最適制御に関する研究（第1報）～（第2報）、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp. 1017-1024、2008.8
- 14~15. 加藤彰浩、伊香賀俊治、村上周三ほか： 学習機能を組み込んだ室内環境の最適制御手法の開発（その5）～（その6）、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1、pp.1083-1086、2009.8
16. 加藤彰浩、伊香賀俊治、村上周三ほか： 学習機能に基づく空調制御によるゾーン毎の温熱環境最適化の実験、日本建築学会関東支部研究報告集 I、pp.693-696、2009.8
17. Tawada T., Ikaga T., Murakami S., Kameda K. and Ueda H.: A Field Study of Relationship between Thermal Environment, Productivity and Energy Consumption in an Office, Healthy Buildings 2009, 2009.9

## 2. 評価結果の概要

### （1）技術開発成果の先導性

オフィス等の業務系建物においては、

- ・ 設計時と運用時での設計意図の伝達不足や状況変化対応性の限界
- ・ 運用時の建物所有者・管理者・利用者の最適な建物環境実現に向けた意識レベルの違い

という課題が存在している。新築時点での建物性能（環境性能、品質性能）については、建物環境性能指標であるCASBEEの普及に対応してその向上が期待できる。しかし今後はさらに、ライフサイクルにわたってその性能を維持向上していくことが重要であり、上記課題解決に向けた広範囲な技術開発（製品、システム、運用手法、評価手法等を含む）が必要とされる。

この技術開発成果を、新築のみならず既存建物の空調設備や自動制御機器、システムに組み入れることで、省エネルギー性・温暖化防止性や建物利用者の知的生産性に関して、建物状況や運用目的の変化にも追随しながら最適な環境を実現し、それを維持し続けることが可能になる。また本技術は、状況適応の単なる自動化を目指すものではなく、その目的に関わる人の達成感や充足感を満足させることを基本とし、それによりさらにレベルの高い最適化を実現する点に先導性がある。

### （2）技術開発の効率性

慶應義塾大学が推進してきた快適性・知的生産性向上のための室内環境形成に向けて、山武が基礎研究および事業を通じて実績を蓄積してきた室内環境制御技術を、建築設備とその制御監視システムに適用することによって効率的な技術開発が実施できた。

### (3) 実用化・市場化の状況

TCBM と RSM-S を空調制御に適用した実用化技術のうち、熱源システム COP 最大化運転については、高い省エネ効果が見込まれると同時に、既設建物市場における顧客ニーズが高く、次世代機能・サービスとして重要となることから、実用化・市場への製品リリースに向けて演算能力向上や安定性向上、低コスト化など更なる開発を進め、2010年4月に販売を開始した。

ただし、本技術を搭載するコントローラは、高価で高スペックな仕様なものに限られてしまうため、投資回収の点から適用できる建物が限られてしまう。そこで、通信技術を用いた「省エネ制御のASP化」を進め、建物あたりの導入コストを大幅に下げ対応予定であり、現在、必要な開発を実施中である。

### (4) 技術開発の完成度、目標達成度

目標どおり、学習機能に基づく最適化制御を実際の建物に適用、その効果を検証できた。さらに、一部の技術（熱源 COP 最適化）について製品化し、販売を開始できたことで、目標以上の成果を上げることができたと言える。VAV 空調の更なる省エネ化技術についても、次の研究（「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」）へ引継ぎ、一部の技術を、2011年度9月末までに販売開始予定である。

### (5) 技術開発に関する結果

#### ・成功点

本技術開発課題では、学習機能に基づく最適化制御を実現するための基本技術である、TCBM (Topological Case Based Modeling : 位相事例ベースモデリング) と RSM-S (Response Surface Method by Spline : スプライン応答曲面法) を適用した実用化技術を開発し、その効果を検証した。設備側の空調機の起動時間、給気温度、熱源送水温度などの省エネ性に関連する重要なパラメータの最適化、そしてゾーンごとの居住者の快適性を指標とした最適化により、居住者の快適性を確保しつつ省エネ性を向上させる空調制御技術を開発した。

#### ・残された課題

居住者の室内環境に対する快適性や作業のしやすさなどの心理・生理的な感覚の個人差が大きく、温度一定制御では個々人に最適な環境を提供することが困難であるという課題がある。居住者の空調へのクレームを回避するため、建物管理者は安全側での空調運転をしがちであり、省エネ運用に限界がある。本研究開発では快適性指標として PMV (Predicted Mean Vote : 予測平均温冷感申告) を暫定的に用いたが、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て室内環境制御に応用することによって、省エネルギー性と居住者の満足感との両側面のさらなる向上を図ることが課題である。

熱源システム COP 最大化制御においては、開発・検証できた制御が、冷房運転時の電力駆動冷凍機の場合のみであり、適用可能な熱源システムに制約がある。今後、電気とガスの複合熱源システム、温熱源への適応に必要な技術開発、さらなる低コスト化が課題である。

## 3. 対応方針

### 今後の見通し

現在検討中の主要テーマは下記の2点である。

- ・省エネルギー性・居住者満足感を組み込んだ建物運用最適化技術
- ・多様な室内環境要因を連携した最適室内環境制御

実用化に向けた検証実験では、山武は、製品開発部門から実用性評価に関わる技術支援およびマーケティング部門による市場化検討も含めた体制で実施する。慶應は、快適性及び知的生産性評価に関わる技術支援を実施する。