

令和 2 年 5 月 27 日現在

機関番号：82115

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18351

研究課題名（和文）処理熱量の偏在による効率低下を考慮したマルチ形エアコンの設計評価技術の開発

研究課題名（英文）Energy Efficiency Evaluation for VRF System with Unbalanced Load Operation

研究代表者

宮田 征門 (Masato, Miyata)

国土技術政策総合研究所・住宅研究部・主任研究官

研究者番号：40554986

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では定格能力が22.4kW（8HP）である国内メーカー製のエアコンを対象とし、5.6kWの室内機を4台接続した状態で実動特性試験を行い、室内機の処理熱量に偏りがある場合は、冷房運転時に最大で20%程度、暖房運転時に最大で15%程度の効率低下が生じることを明らかにした。次に、この実験結果を元に、室内機最大負荷率と冷媒圧力には正の相関があること、また、冷媒圧力と運転効率にも正の相関があることを明らかにし、これを元に処理熱量偏在時のエネルギー消費効率を推定する方法を開発した。このモデルをエネルギーシミュレーションに組み込み、任意の設計条件においてエネルギー消費性能を評価する手法を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

建築物のエネルギー消費量の削減は、エネルギー資源に乏しい我が国にとって喫緊の課題である。本研究の成果より、中小規模の非住宅建築物を中心に採用が増えているマルチ形エアコンについて、従来は不明であったエネルギー消費特性の実態が判明し、どのように設計・運用すれば高効率運転を維持できるかが明らかになった。空調設備は建築物のエネルギー消費の大半を占めるため、本研究の成果は今後の民生部門のエネルギー消費量削減に大きく貢献する。

研究成果の概要（英文）：The number of buildings that adopt the multiple split-system air conditioners is increasing, but there are still many unclear points about its actual performance, in particular, with regard to performance under partial load condition. In order to clarify the system efficiency under partial load condition, this research measured fundamental data on the energy efficiency of the multiple split-system in an experimental facility that connects multiple constant temperature and humidity chambers and clarified the influence of the unbalance heat load to the system energy efficiency and developed an estimation method of the operation efficiency.

研究分野：建築環境工学

キーワード：非住宅建築物 省エネルギー パッケージエアコン VRF JIS 運転効率 シミュレーション 負荷偏在

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

中小規模の非住宅建築物を中心にマルチ形エアコン（1台の室外機に複数台の室内機を接続して暖冷房を行うシステム）の採用が増えているが、そのエネルギー消費特性には不明な点が多い。マルチ形エアコンのエネルギー消費性能（定格能力や消費電力）の試験条件や計測方法はJIS B 8615で規定されているが、これは幾つかの限定された理想条件下での試験結果であり、JISに基づく性能（JIS性能）と実際に機器が建築物に据え付けられて運転したときの性能（実態性能）には乖離があることが明らかになっている。申請者はJIS性能と実態性能の差の定量化を試みており、両者には最大で約20%の差があることを明らかにし、省エネルギー基準のための一次エネルギー消費量推定方法ではこの差を一律で加味した評価を行っている。しかし、実建築物の中には、JIS性能と実態性能の差が小さい建築物も見受けられるため、その差の要因を詳細に分析することを目的として、国立研究開発法人建築研究所の空調設備性能評価試験装置を利用して実機の性能計測を継続して行ってきた。先行研究の成果により、①低負荷率時における頻繁な発停、②デフロストや油戻し等の特殊な制御によるロスが主な差の要因であることが判りつつあるが、この実験過程において、複数ある室内機の処理熱量が均等ではなく偏りがある場合にJIS性能と実態性能との乖離が大きくなることを確認した。JIS試験では全室内機の処理熱量が均等であることを前提としており、JIS試験を行うための試験装置の多くは不均等な熱量を与える機能がないため、このような現象が定量的に報告された事例はない。現時点では、安定した定常状態における実験室実験の結果であり、1つの限定されたシステム（1台の室外機に2台の室内機を接続）の結果であるため、そのメカニズムは推論の域を超えないが、処理熱量の偏在の有無で冷凍サイクル（冷媒圧力・温度）に差が生じ、偏在が生じると運転効率が低下するのではないかと予想されるが、これを立証する実験結果は未だなく要因は不明である。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、より省エネルギーな空調設備設計の促進を目指して、マルチ形エアコンのエネルギー消費特性の実態を踏まえた新たな設計評価手法を開発することである。特に、申請者等が先行研究で明らかにした「各室内機の処理熱量が均等ではなく偏っている場合に運転効率が低下する現象」に着目し、この現象が生じる原因や条件等を明らかにしたうえで、この現象を勘案したマルチ形エアコンのエネルギー消費性能評価手法を開発することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実働負荷試験状態における実態性能の把握

処理熱量偏在時の効率の変化について、より確からしいデータを取得するための実験室実験を行い、実働負荷試験状態における実態性能を把握する。

#### (2) 処理熱量偏在時のエネルギー消費効率の推定法の開発

実験室実験の結果より、処理熱量が偏在する場合になぜ効率が低下するかを明らかにし、この影響を定量的に予測するモデルを開発する。

### 4. 研究成果

#### (1) 実働負荷試験状態における実態性能の把握

マルチ形パッケージエアコンの運転データ取得は、国立研究開発法人建築研究所内にある「業務用空調システム性能評価施設」にて行った。この施設の概要を図1に示す。この施設は、室外機が設置される屋外環境を模擬する「室外機ボックス」と、室内機が設置される室内を模擬する「室内機ボックス」からなり、室内機ボックスには実建物で発生する室内顕熱・潜熱発熱量（冷房負荷、暖房負荷）を任意に模擬する機能がある。

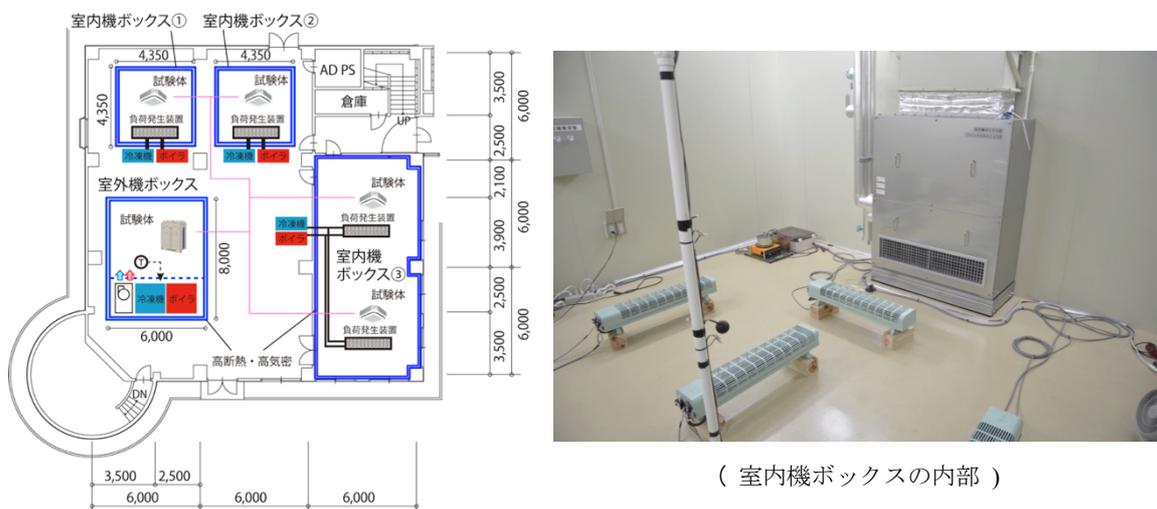


図1 業務用空調システム性能評価施設の概要

本研究では、定格暖房能力が 22.4kW (8HP) である国内メーカー製のエアコンを対象とし、5.6kW の室内機を 4 台接続した状態で試験を行った。図 2 に暖房運転時の試験結果を示す。図の青丸は処理熱量の偏在がない場合の試験結果であり、それ以外は処理熱量に偏在がある場合の試験結果である。図より、処理熱量に偏りがある場合は、運転効率は低下する傾向があることが分かる。今回の試験条件では、最大で 15% 程度の効率低下が見られた。また、たとえ室内機を停止していても運転効率は低下することが分かった。冷房運転時についても暖房運転時とほぼ同じ傾向であることが分かり、処理熱量に偏りがある場合は、エネルギー消費効率が最大で 20% 程度低下することが分かった。

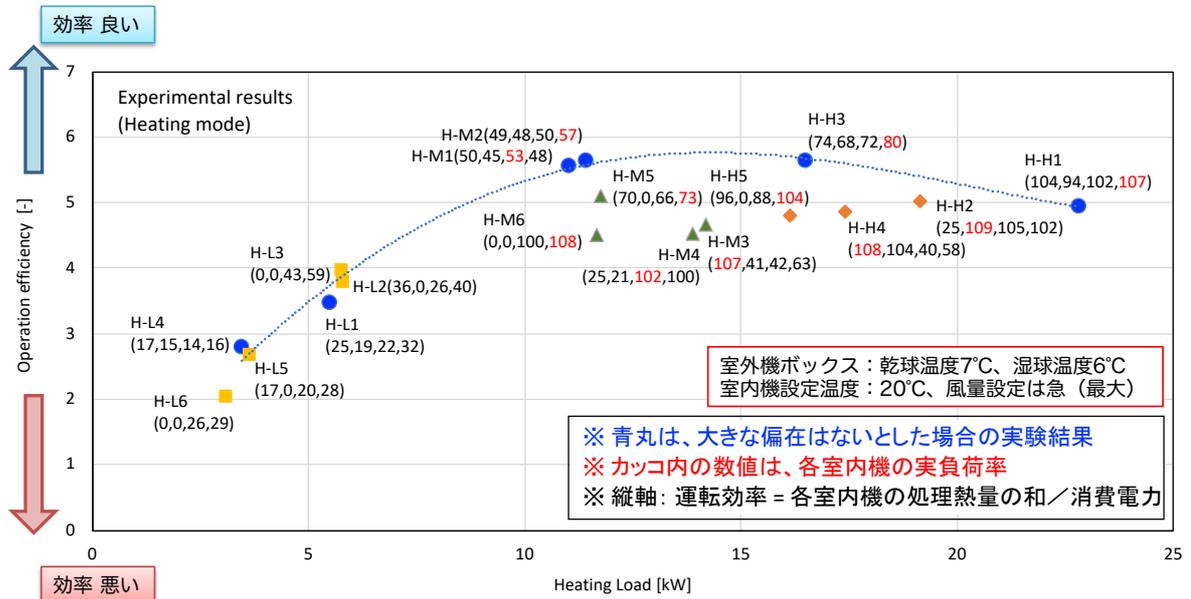


図 2 室外機出力と運転効率の関係 (カッコ内の数値は各室内機の実負荷率)

(2) 処理熱量偏在時のエネルギー消費効率の推定法の開発

負荷偏在時にエネルギー消費効率が低下するメカニズムを解明するために、実験室で行った実験結果を詳細に分析した。得られた知見を以下に示す。

- 1) 暖房運転時における室内機最大負荷率 (運転している室内機の負荷率のうち、最も大きい負荷率) と冷媒圧力 (凝縮圧力) の関係を図 3 に示す。図より、両者には正の相関があることが分かる。冷房運転時についても同様の結果が得られた (ただし、冷房運転時は冷媒圧力として蒸発圧力を使用)。
- 2) 暖房運転時における冷媒圧力 (凝縮圧力) と運転効率の関係を図 4 に示す。図より、両者には負の相関があることが分かる。冷房運転時についても同様の結果が得られた。

これらの知見より、以下の手順で処理熱量偏在時のエネルギー消費効率を推定する方法を開発した。また、このモデルをエネルギーシミュレーションに組み込み、任意の設計条件において処理熱量の偏在による効率低下を考慮したうえでエネルギー消費性能を評価する手法を構築した。

- 1) 各室内機の負荷率を算出する。
- 2) 運転している室内機の負荷率のうち、最も大きい負荷率 (室内機最大負荷率) を算出する。
- 3) 図 3 の関係を使用して、室内機最大負荷率から冷媒圧力を推定する。
- 4) 図 4 の関係を使用して、冷媒圧力からエネルギー消費効率を推測する。

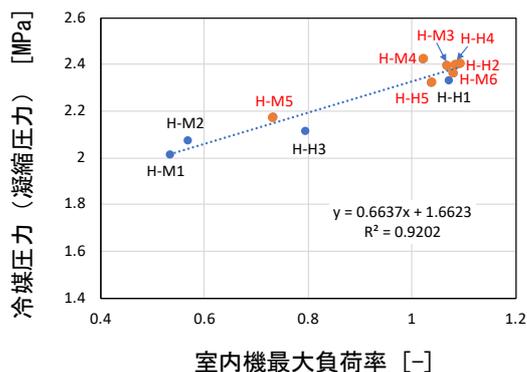


図 3 最大負荷率と冷媒圧力の関係 (暖房時)

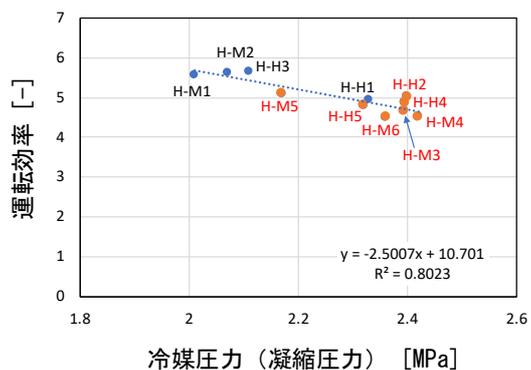


図 4 冷媒圧力と運転効率の関係 (暖房時)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Togashi Eisuke, Miyata Masato, Yamamoto Yoshihide	4. 巻 13
2. 論文標題 The first world championship in cybernetic building optimization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Building Performance Simulation	6. 最初と最後の頁 391 ~ 408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1080/19401493.2020.1741685">https://doi.org/10.1080/19401493.2020.1741685</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Miyata M	4. 巻 238
2. 論文標題 Energy efficiency evaluation of multiple split-system air conditioners with unbalanced load operation for building energy simulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	6. 最初と最後の頁 012082 ~ 012082
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1088/1755-1315/238/1/012082">https://doi.org/10.1088/1755-1315/238/1/012082</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Fukada K, Miyata M	4. 巻 238
2. 論文標題 Validation of Unsteady CFD considering Thermal Load Fluctuation in Office Room	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	6. 最初と最後の頁 012033 ~ 012033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1088/1755-1315/238/1/012033">https://doi.org/10.1088/1755-1315/238/1/012033</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Togashi Eisuke, Miyata Masato	4. 巻 12
2. 論文標題 Development of building thermal environment emulator to evaluate the performance of the HVAC system operation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Building Performance Simulation	6. 最初と最後の頁 663 ~ 684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1080/19401493.2019.1601259">https://doi.org/10.1080/19401493.2019.1601259</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Napoleon ENTERIA, Hideki YAMAGUCHI, Masato MIYATA, Takao SAWACHI, Yasuo KUWASAWA	4. 巻 12
2. 論文標題 Performance evaluation of the variable refrigerant flow (VRF) air-conditioning system during the heating-defrosting cyclic operation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Thermal Science and Technology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1299/jtst.2017jtst0035">https://doi.org/10.1299/jtst.2017jtst0035</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Masato Miyata
2. 発表標題 Development of Energy Efficiency Estimation Method for Variable Refrigerant Flow Air-Conditioning System with Unbalanced Heat Load Operation
3. 学会等名 Building Simulation 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮田征門
2. 発表標題 ZEB時代の建築空調負荷とこれに対応した空調技術の必要性
3. 学会等名 第53回空気調和・冷凍連合講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮田征門
2. 発表標題 処理熱量の偏在がマルチ型パッケージエアコンの運転効率に与える影響の解明
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----