

# 個別分散空調システムの性能向上に寄与する設計方法のシミュレーションによる検討 その2 室内機の千鳥配置によるエネルギー消費量の削減効果

## Investigation on design method contributing to improve the performance of VRF system by using simulation

### Part 2: Energy saving effect by staggered arrangement of indoor units

学生会員 ○鈴木 大也 (北海道大学) 正会員 葛 隆生 (北海道大学)  
正会員 藤村 昌弘 (きんでんスピネット) 正会員 長野 克則 (北海道大学)  
Daiya SUZUKI\*<sup>1</sup> Takao KATSURA\*<sup>1</sup> Masahiro FUJIMURA\*<sup>2</sup> Katsunori NAGANO\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Hokkaido University \*<sup>2</sup> Kinden Spinet Corporation

In this research, we investigated the applicability of air conditioning of staggered arrangement of indoor units, which is considered as one of the methods for improving the performance of VRF systems, using a VRF performance prediction tool. If the air conditioning load of each room varies, the air conditioning of staggered arrangement is not effective. The energy saving effect of it is confirmed when the ratio of the low load operation is large and when the air conditioning load is approximately the same in each room.

#### はじめに

低炭素社会の実現に向けて建築物のエネルギー消費量の低減が必要とされており、特に空調システムの省エネ化が求められている。そのような観点からヒートポンプ空調システムの導入は増加傾向にあり、特に個別分散空調システムは中小規模の非住宅建物を中心に多く採用されている。個別分散空調は室内側から個別に発停、温度調節の操作が可能であり、建物の用途に合わせた空調ができるという利点がある。しかし、その消費エネルギーの特性や性能改善に関する研究は不足しており、個別分散空調システムの性能評価や性能予測の技術の確立が必要となっている。本研究ではシミュレーションを用いて個別分散空調の設計、運用方法の違いによる運転効率の変化を検証することで、最適な運転方法を発見することを目的としている。

本稿では、個別分散空調システムの省エネルギー化を目的とした方法として、千鳥配置空調の運転性能の検証を行った。まず、事務所ビルの実際の負荷条件を用いて設計方法の違いによる消費エネルギー量の比較を行った。次に、負荷条件を変更することによるエネルギー消費量の変化を調べ、千鳥配置空調の適用可能性について検討した。

#### 1. ヒートポンプ空調システム性能予測ツール概要

本研究で用いたシミュレーションツールの系統図を **図-1** に示す。凝縮器、蒸発器、膨張弁、圧縮機などの各部位の物理モデルを組み合わせて計算を行い、最終的に

圧縮機消費電力やCOPを算出する。個々の機器仕様に忠実な物理パラメータの設定が可能であり、高い予測精度で計算を行うことができる。蒸発器、凝縮器内の熱還流率を一定とする、また冷媒の物性値を一部簡略化するなどして計算負荷を減らすなどして、高速計算が可能となっている。

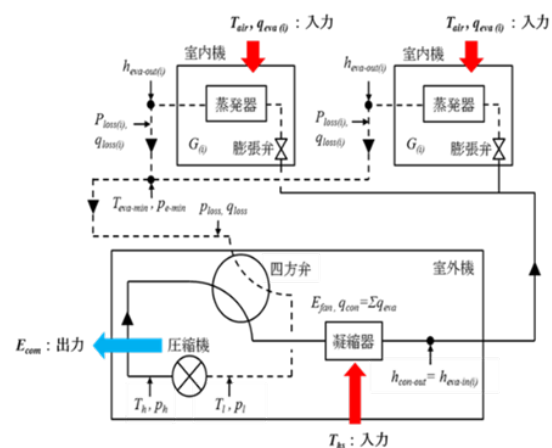


図-1 性能予測ツール系統図(冷房時)

#### 2. 検証用建物での空調シミュレーション

##### 2.1 建物概要

対象とした建物は事務所用途で使われており、空調システムとして個別分散空調(ACP)を採用している。概要を **表-1** に、今回対象とした空調エリアの基準階平面図を **図-2** に示す。対象建物は2階から5階まで同じ構造とな

っており、各階の執務空間は4つのゾーンに区分けされ、それぞれのゾーンに対して一台の室外機で空調が行われている。各階のゾーン1での空調に関してシミュレーションにより検討を行った。各階の室外機の仕様を表-2に示す。

表-1 対象建物概要

所在地	福岡県北九州市	階数	地上5階
建築面積	2330m <sup>2</sup>	構造	S造
延床面積	10,387m <sup>2</sup>	竣工	2011年12月

表-2 空調機仕様

機器	フロア	台数	定格能力[kW]		定格消費電力[kW]	
			冷房	暖房	冷房	暖房
室外機1	2F	1	56.0	63.0	14.2	15.1
室内機1	2F	8	7.1	8.0	0.13	0.12
室外機2	3F	1	56.0	63.0	14.2	15.1
室内機2	3F	8	7.1	8.0	0.13	0.12
室外機3	4F	1	56.0	63.0	14.2	15.1
室内機3	4F	8	7.1	8.0	0.13	0.12
室外機4	5F	1	69.0	63.0	17.7	18.7
室内機4	5F	8	9.0	10.0	0.18	0.17

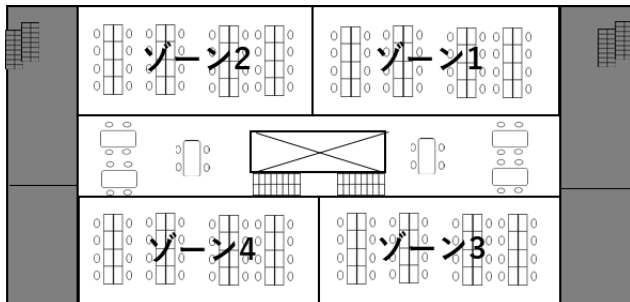


図-2 基準階平面図

2.2 シミュレーション条件

8月17日から8月31日の冷房期間において、実測データを用いて通常の空調設計時と千鳥配置設計時のシミュレーションを行い、エネルギー消費量を比較した。各空調エリアの空調機のシミュレーション条件を表-3に示す。

千鳥配置空調とは、室外機と室内機の接続を変え、それぞれの空調エリアに対して複数の室外機で運転を行う空調方法である。特定の室外機を優先運転させることで効率の悪い低負荷（負荷率20%以下）での運転を抑え、効率の良い負荷帯（30%~50%）での運転を増やすことが期待される。千鳥配置空調の負荷分配概念図を図-4に示す。

今回検証した条件では千鳥配置空調時は1つの空調エリアに対して2台の室外機が運転する条件となっている。室内負荷が小さい場合は室外機1と室外機3が優先的に

運転され、室内負荷が大きくなるにつれて室外機2と室外機4が運転を開始する。室内機の運転条件として、室内負荷が優先的に運転されている室内機の定格出力の40%を超える場合に次の室内機が運転を開始することとした。通常配置空調時と千鳥配置空調時の室内機配置を図-4に示す。

表-3 シミュレーション条件

室外機1~3	熱交換器KA値[kW/K]	7.80	
	圧縮機効率[%]	70%	
	定格出力[kW]	冷房	56.0
		暖房	63.0
消費電力[kW]	冷房	14.2	
	暖房	15.1	
室内機1~3	熱交換器KA値[kW/K]	0.55	
	定格出力[kW]	冷房	7.1
		暖房	8.0
室外機4	熱交換器KA値[kW/K]	9.63	
	圧縮機効率[%]	70%	
	定格出力[kW]	冷房	63.0
		暖房	69.0
消費電力[kW]	冷房	17.7	
	暖房	18.7	
室内機4	熱交換器KA値[kW/K]	0.69	
	定格出力[kW]	冷房	9.0
		暖房	10.0

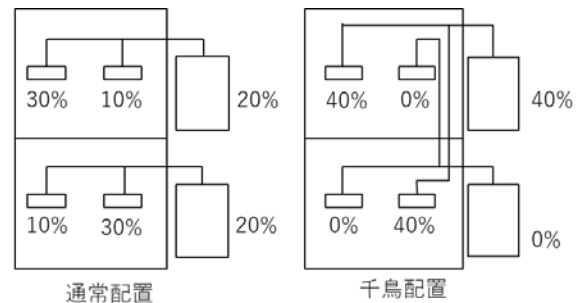


図-3 負荷分配概念図

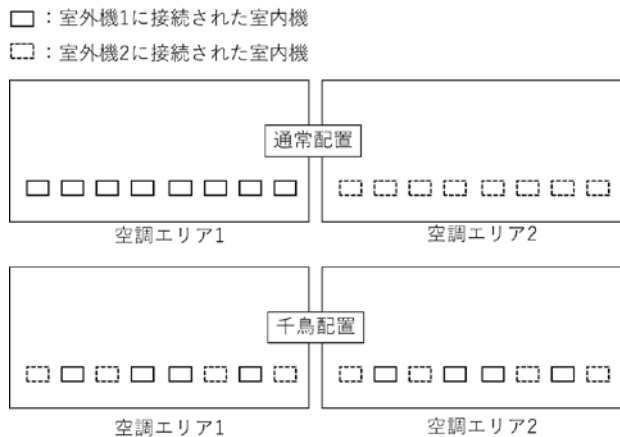


図-4 室内機配置図

### 2.3 計算結果

消費電力量の比較を図-5に、通常配置と千鳥配置での負荷の発生状況をそれぞれ図-6、図-7に示す。実測での負荷条件を用いて計算を行った際の千鳥配置空調は、通常配置での空調と比較して性能改善効果は見られなかった。この理由は、各空調エリアで負荷にばらつきがあったためであると考えられる。千鳥配置空調は一つの空調エリアに対して複数の室外機で空調を行うため、特定の空調エリアのみに空調負荷が発生するような場合、かえって低負荷運転が増加してしまうことがある。図-6、図-7から、室外機1、室外機3では低負荷運転の割合が減っているのに対し、室外機2、室外機4では低負荷運転の割合が増加しているのが分かる。

また、図-6から通常配置空調時の全体の負荷のうち、低負荷運転の占める割合が大きくなかったのも理由の一つとして挙げられる。千鳥配置空調の低負荷運転削減による省エネルギー効果は、低負荷運転の割合が大きい条件ほど大きくなるためである。

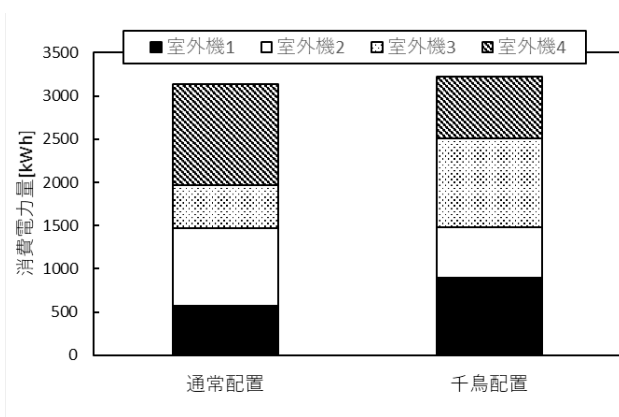


図-5 期間全体の消費電力量

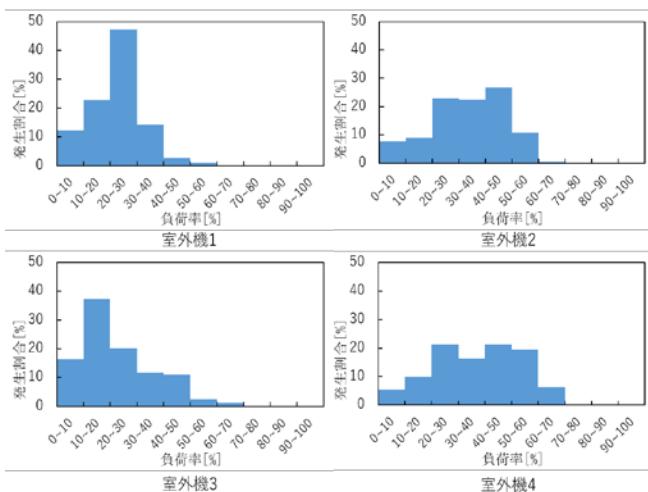


図-6 通常配置での負荷の発生状況

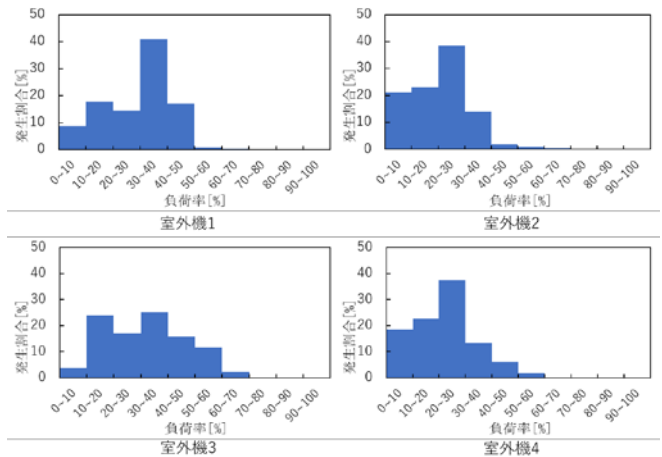


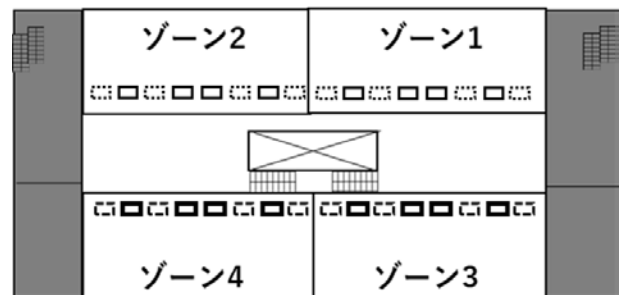
図-7 千鳥配置での負荷の発生状況

### 3. 仮想負荷条件でのシミュレーションによる千鳥配置空調の適用可能性

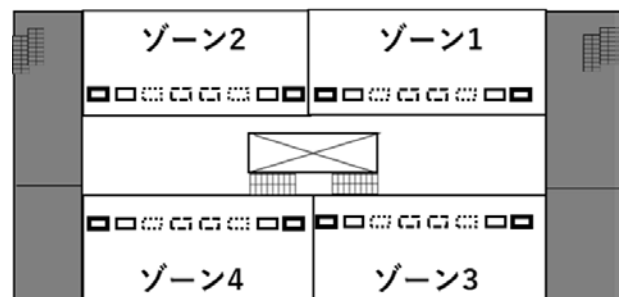
#### 3.1 シミュレーション条件

図-2におけるゾーン1～ゾーン4での空調を考える。ゾーン1とゾーン2、ゾーン3とゾーン4がそれぞれ同量の負荷が発生するという条件のもと、計算を行う。千鳥配置の場合の空調概要図を図-8に、空調機のシミュレーション条件を表-4に示す。千鳥配置は、一つのゾーンに2台の室外機に接続された室内機を配置する場合と4台の室外機に接続された室内機を配置する場合を想定した。

□：室外機1に接続された室内機   □：室外機3に接続された室内機  
 □：室外機2に接続された室内機   □：室外機4に接続された室内機



千鳥配置(2台)



千鳥配置(4台)

図-8 千鳥配置の空調概要図

表-4 シミュレーション条件

室外機1~4	熱交換器KA値[kW/K]		7.588889
	圧縮機効率[%]		70%
	定格出力[kW]	冷房	56.0
		暖房	63.0
消費電力[kW]	冷房	12.3	
	暖房	12.0	
室内機1~4	熱交換器KA値[kW/K]		0.546154
	定格出力[kW]	冷房	7.1
		暖房	8.0

3.2 計算結果および考察

消費電力量の比較を図-9に、通常配置と千鳥配置での負荷の発生状況をそれぞれ図-10、図-11に示す。図-9から、室内負荷が同程度の条件の場合、1つのゾーンに対して2台の室外機で千鳥配置空調を行うと、4.5%の省エネルギー効果がみられることが分かる。図-10、図-11を見ると、千鳥配置空調では通常配置と比較して優先運転されている室外機1と室外機3の低負荷運転が大きく減少し、効率の良い負荷帯での運転が行われていることが確認できる。室外機2と室外機4の低負荷運転の割合は増加しているが、運転時間数が減少しているため、全体として20%以下の低負荷運転時間数は通常配置から48%程度減少している。また、1つのゾーンに対して4台の室外機で千鳥配置空調を行う場合は室外機1台当たりの負担する負荷が小さくなり、低負荷運転が減りにくいため効率改善効果は小さくなる。

以上の結果から、千鳥配置空調の有効性について次のことが言える。

- 1) 千鳥配置空調は低負荷運転の割合が大きい条件で適用された場合、効果が大きい。
- 2) 各室の使われ方に差があり負荷がばらつく場合、低負荷運転削減効果が減少するため、千鳥配置空調は適さない。
- 3) 各室の使われ方が類似しており負荷が均一な場合、低負荷運転削減効果が発揮され千鳥配置空調による省エネ効果が発揮される。

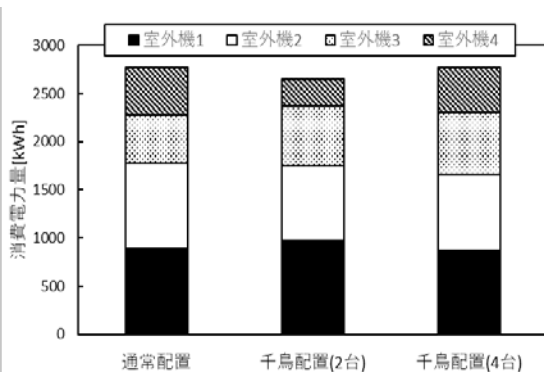


図-9 期間全体の消費電力量

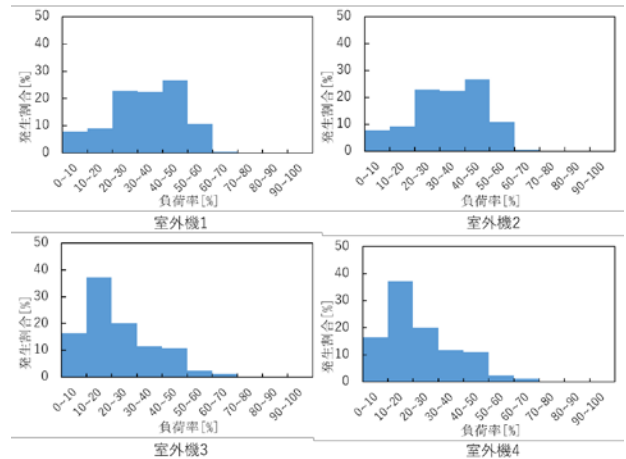


図-10 通常配置での負荷の発生状況

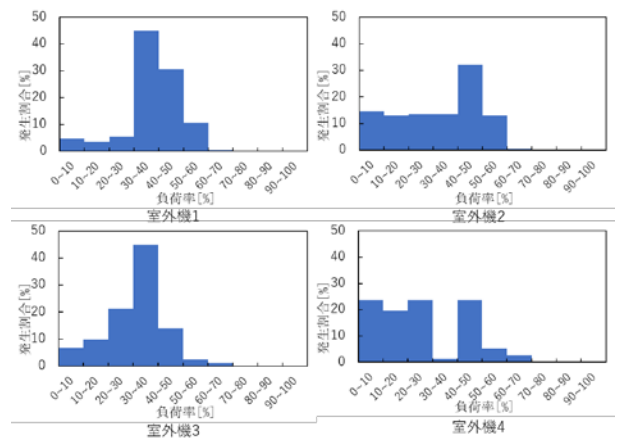


図-11 千鳥配置(2台)での負荷の発生状況

4. まとめ

以下に、本論文の結論を示す。

- 1) 個別分散空調のシミュレーションに用いたヒートポンプ性能予測ツールの特徴について説明した。
- 2) 本ツールを事務所ビルの空調システムに適用し、実測データを用いた条件で通常配置空調と千鳥配置空調の消費エネルギー量を比較した。
- 3) 負荷条件を変更して計算を行い、千鳥配置空調の適用可能性について検証した。各室で負荷が均一な場合では低負荷運転削減効果が見られたことにより、約4.5%の省エネ効果が得られた。

参考文献

- 1) 葛隆生, 山口峻: 冷凍サイクルを考慮したヒートポンプシステム年間性能予測ツールの概要と検証, 空気調和・衛生工学会論文集第41巻237号, p1-10, (2016)
- 2) 宮田征門, 青山博昌, 太田正治, 松井伸樹, 吉田治典: 個別分散空調システムの室内機千鳥配置による省エネルギー効果, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第3巻, p113-116, (2013)