

高発熱情報処理室の自然換気による冷却方式の研究
その2 シミュレーションによる冷却特性の評価

正会員○立松 宏一^{*1}
同 羽山 広文^{*2}
同 絵内 正道^{*3}
同 木下 学^{*4}

情報処理室 自然換気 換気回路網

1. はじめに

前報¹⁾では、積層された高発熱情報処理室を対象に、自然換気による冷却の基本的な特性について模型実験による検討を行った。本報では前報と同様の建物を対象として、室内に発熱を与えたときの上昇温度を求める解析プログラムを構築する。また、そのプログラムによる計算結果と実験結果を比較し、シミュレーションの精度を確認した上で、建物形状が冷却特性に与える影響を評価する。

2. シミュレーションの方法

図1のように平面は対称形なので、1ユニットを取り出して考える。建物はn階建てとし、下層に情報処理室がm層、上層にオフィスがn-m層の構成とする。ボイドは点線で区切ったように、各階に相当する部分で仮想室を考える。室温は1室1温で、各室内では等温分布をしているとし、図2のように各室を1つの節点で代表させ、換気回路網を設定する。

シミュレーションは無風・定常状態の条件で行った。まず、各節点間でベルヌーイの式を立てて風量を求める式を導き、各室の床面圧力を未知数として風量平衡式を立てた。さらに各接点において、室内発熱、壁を通しての貫流熱、換気による顕熱移動についての熱平衡式を立てた。換気回路網の計算には圧力仮定のクロス法を用い、室温、室内圧ともに初期値を仮定して収束計算を行った。

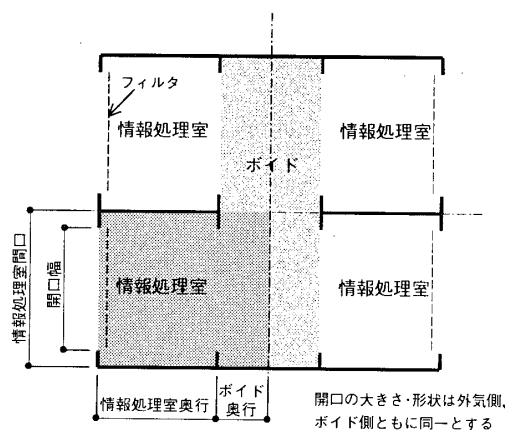


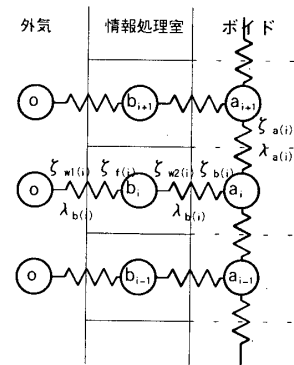
図1 解析用建物(左・平面図, 右・断面図)

3. 模型実験とシミュレーション結果の比較

前報で報告した1/10模型実験と同じ条件でシミュレーションを行い、それぞれの結果を比較して、シミュレーションの精度を検証する。4つの実験パターンについて両者の値を比較したグラフを図3に示す。測定値と実験値は概ねよく一致した。開口高さ100mmのケース1、ケース2では、測定値と計算値はよく一致している。それに対し開口面積を大きくしたケース3、ケース4では、両者の値に差が見られる。この原因の一つに、開口面積が増すと開口間の距離が相対的に小さくなり、各抵抗の相互干渉が生じて通気抵抗が減少したことがあると考えられる。また、前報で報告したボイド上部から外気が流入する現象をシミュレーションでは考慮していないため、ボイド内の上昇流の流速が小さいケース2では測定値が計算値を上まわっている。

4. 建物の形状が冷却特性に及ぼす影響

次に、超高層建物を想定してシミュレーションを行い、建物の形状が情報処理室の冷却特性に及ぼす影響を評価する。ボイドの奥行、開口高さ、オフィス階数について各パラメータを単独に変化させたときの情報処理室温を図4～図6に示す。変化させるパラメータ以外は表1の標準値を用いている。



- a_i : i階ボイド仮想室
- b_i : i階情報処理室
- ζ_{w1} : 外気側開口の抵抗係数
- ζ_{w2} : ボイド側開口の抵抗係数
- ζ_f : フィルタの抵抗係数
- ζ_a : 本管合流抵抗係数
- ζ_b : 枝管合流抵抗係数
- λ_a : ボイドの摩擦抵抗係数
- λ_b : 情報処理室の摩擦抵抗係数

図2 換気回路網による建物のモデル化

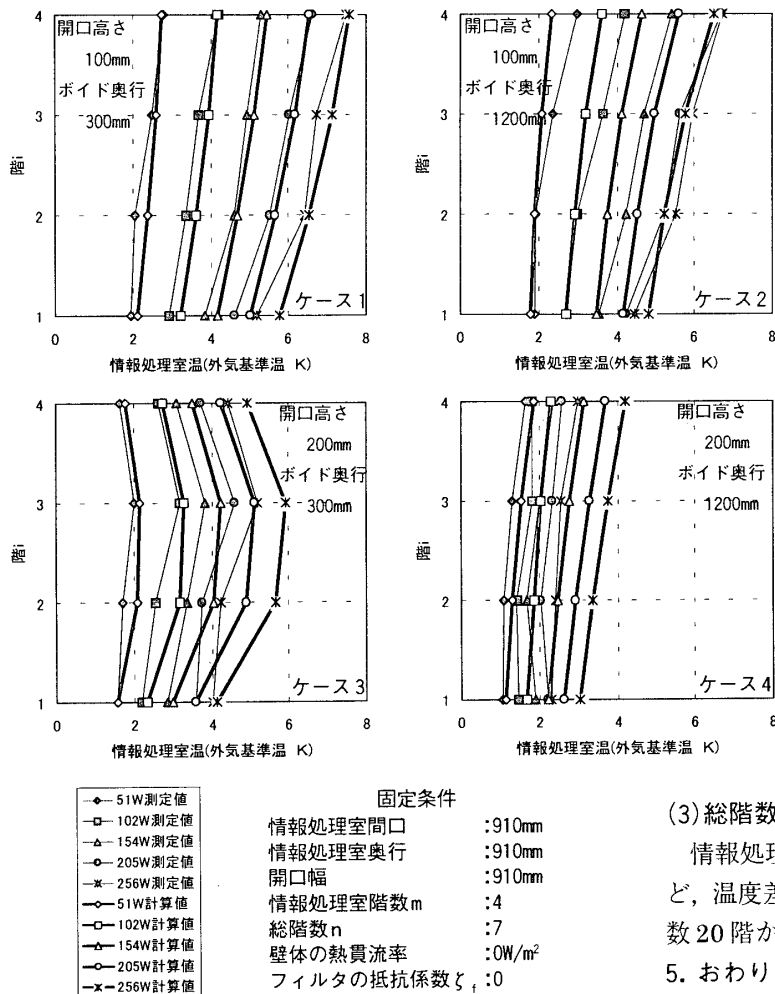


図3 測定値と計算値の比較

表1 パラメータの設定

パラメータ	標準値	変化した値
情報処理室間口	25m	固定
情報処理室奥行	20m	固定
ボイド奥行	10m	3, 5, 10, 20(m) [図4]
開口幅	25m	固定
開口高さ	2m	0.5, 1, 2, 3(m) [図5]
情報処理室階数m	10	固定
総階数n	20	15, 20, 25, 30 [図6]
壁体の熱貫流率	0W/m ²	固定
フィルタの抵抗係数 ζ	20	固定
情報処理室発熱密度	400W/m ²	固定
外気温	0℃	固定

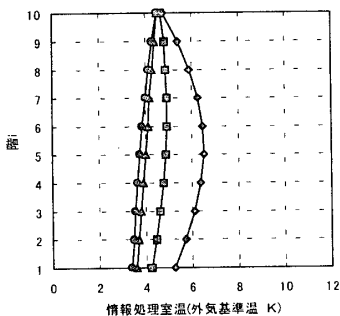


図4 ボイド奥行と室温上昇の関係

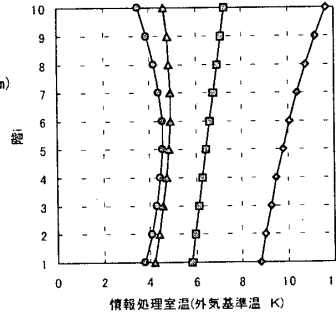


図5 開口高さと室温上昇の関係

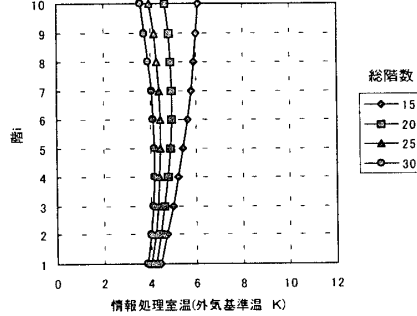


図6 総階数と室温上昇の関係

(1) ボイド奥行と室温上昇の関係 [図4]

ボイドの面積が大きくなるほど冷却能力が上昇する。これはボイド内の動圧の減少による。ボイド面積と室温上昇は指数関数的関係があり、ボイド面積を大きくしても効果が頭打ちとなる。またシミュレーションの結果には現れていないが、前報によると、ボイド面積を大きくするとボイド上部から外気の流入が起こり、換気駆動力が減少する。したがってボイドの奥行には最適値が存在すると思われる。なお、ボイド奥行が小さい場合に上層で室温上昇が抑制されているのは、合流抵抗が流れを促進する方向に作用しているためである。

(2) 開口高さと室温上昇の関係 [図5]

開口高さが小さくなると、指数関数的に温度が上昇する。開口面積はできるだけ大きくすることが必要であり、そのためには情報処理室の奥行を小さくし、間口を大きくすることが有効である。

(3) 総階数nと室温上昇の関係 [図6]

情報処理室よりも上にくるボイド高さが大きくなるほど、温度差による換気力が増し、冷却能力が高まる。階数20階から30階程度では冷却能力の差は小さい。

5. おわりに

本報では情報処理室を有する高層建物の浮力による自然換気量を求める解析手法を構築し、この解析手法を用いて建物形状が冷却能力に及ぼす影響を明らかにした。

また本報では、自然換気のもうひとつの駆動力である風は考慮しなかったが、風は浮力と作用して負にはたらく場合もあり、風を考慮した解析を今後行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 羽山広文, 立松宏一, 絵内正道, 木下学, 高発熱情報処理室の自然換気による冷却方式の研究 その1 模型実験による冷却特性の検討, 日本建築学会学術講演梗概集, 1999.9

*1北海道大学大学院修士課程
 *2北海道大学大学院工学研究科助教・博士(工学)
 *3北海道大学大学院工学研究科教授・博士(工学)
 *4NTTファシリティーズ(民間等共同研究員)・修士(工学)

Graduate School, Hokkaido University
 Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido University, Dr. Eng
 Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido University, Dr. Eng
 NTT Power and Building Facilities Inc., M. Eng.