

建築エネルギー・環境シミュレーションツールBEST の開発

第41報 非空調空間の改良外壁置換法

BEST 非空調室 隣室温度差係数

正会員 ○木本慶介\*1 同 石野久彌\*2  
同 郡公子\*3 同 佐藤誠\*4  
同 村上周三\*5

1. はじめに

既報<sup>1)</sup>にて、熱負荷計算における空調室に隣接する非空調室から空調室への熱的影響の仮定法として、外壁置換法を提案した。これにより、従来実務で行われている仮定法である隣室温度差係数法<sup>2)</sup>(非空調室の室温を外気温と空調室室温から仮定する方法)と比べ、精度の高い計算が可能となった。しかし、外壁置換法では非空調室の窓の透過日射を考慮できない、非空調室の外壁方位は一方方で代表させなければならない等の課題も存在した。

本報では、上記課題を解決すべく外壁置換法の改良(以下、改良外壁置換法と呼ぶ)を行ったので報告する。

2. 改良外壁置換法の理論

外壁置換法は、1つの非空調室を空調室の1方位の外壁(非空調室外壁+中空層+空調室, 非空調室間の内壁)に置換するため、非空調室に窓がある場合の透過日射の影響を考慮できない、角部屋のように外壁が2方向にある場合、1方向の外壁の再現しかできない等の課題があった。

図1に改良外壁置換法の概念図を示す。改良外壁置換法は、隣接する非空調室を、空調室の一部として熱負荷計算を行う手法である。具体的には、非空調室の負荷要因である外皮面積、換気量(隙間風を含む)、内部発熱量を、非空調室の負荷のうち、非空調室と空調室の間の内壁から空調室へ伝わる分に相当する外皮面積、換気量、内部発熱量に換算し、空調室の負荷として計算を行う。

表1に理論式を示す。改良外壁置換法は、式(1)に示す非空調室の定常熱平衡式を基とする。式(1)を非空調室の室温について解くと、式(3)が得られ、式(4)に示す非空調室への内壁貫流熱負荷の式に代入すると式(5)となる。ここで、式(5)に着目すると、式中の $A_i, A_g, V_o, q_m$ は既往の熱負荷計算プログラムの入力値であり、その全てに同一の $f_i$ (非空調室の熱損失係数のうち内壁 $i$ から損失する比率)に係る式となっている。以上より、表2に示すような置換値(非空調室の外壁・窓面積、非空調室の換気量、非空調室の内部発熱)を、空調室の負荷要素としてプロ

グラムに入力することで、窓の透過日射や複数方位の外壁の計算が可能となる。なお、式(5)の $q_m$ に含まれる透過日射は、同式の窓の貫流負荷で算出した窓面積(表2、置換窓面積)によりプログラム内で計算される。

表1 改良外壁置換法の理論式

$$\sum_j U_j \cdot A_j (SAT_j - t_a) + (\sum_g U_g \cdot A_g + c_p \cdot \rho \cdot V_o) (t_o - t_a) + q_m + K(t_r - t_a) = 0 \quad \dots (1)$$

$$K = \sum_i U_i \cdot A_i + c_p \cdot \rho \cdot V_r \quad \dots (2)$$

非空調室の室温は、

$$t_a = \left\{ \frac{\sum_j U_j \cdot A_j \cdot SAT_j + (\sum_g U_g \cdot A_g + c_p \cdot \rho \cdot V_o) t_o + q_m + K t_r}{(\sum_j U_j \cdot A_j + \sum_g U_g \cdot A_g + c_p \cdot \rho \cdot V_o + K)} \right\} \quad \dots (3)$$

空調室への内壁貫流熱負荷は、

$$q = \sum_i U_i \cdot A_i \cdot (t_a - t_r) \quad \dots (4)$$

ここで、式(3)で求めた $t_a$ を式(4)に代入すると、

$$q = \sum_i U_i \cdot A_i \cdot \left\{ \frac{\sum_j U_j \cdot A_j (SAT_j - t_r) + (\sum_g U_g \cdot A_g + c_p \cdot \rho \cdot V_o) (t_o - t_r) + q_m}{(\sum_j U_j \cdot A_j + \sum_g U_g \cdot A_g + c_p \cdot \rho \cdot V_o + K)} \right\} \\ = \sum_j U_j \cdot f_i \cdot A_j \cdot (SAT_j - t_r) + (\sum_g U_g \cdot f_i \cdot A_g + c_p \cdot \rho \cdot f_i \cdot V_o) (t_o - t_r) + f_i \cdot q_m \quad \dots (5)$$

ここに、

$$f_i = U_i \cdot A_i / (\sum_j U_j \cdot A_j + \sum_g U_g \cdot A_g + c_p \cdot \rho \cdot V_o + K) \quad \dots (6)$$

と表すことができる。

表2 改良外壁置換法の熱負荷計算プログラムへの入力値

置換外皮面積	$f_i \cdot A_j$
置換窓面積	$f_i \cdot A_g$
置換換気量	$f_i \cdot V_o$
置換発熱量	$f_i \cdot q_m$
置換係数 $f_i$ *	$U_i \cdot A_i / (\sum_j U_j \cdot A_j + \sum_g U_g \cdot A_g + c_p \cdot \rho \cdot V_o + K)$

\*置換外皮面積算出時の $f_i$ は、24時間平均した $V_o, V_r$ ( $K$ の中に含まれる)より算出する。

【記号】サフィックス $i$ : 内壁, サフィックス $j$ : 外壁,  $A$ : 面積[m<sup>2</sup>],  $c_p$ : 空気定圧比熱(=1005)[J/(kg·K)],  $f_i$ : 非空調室の熱損失係数のうち内壁 $i$ から損失する比率[-],  $K$ : 非空調室の空調室側熱損失係数[W],  $\rho$ : 空気密度(=1.2)[kg/m<sup>3</sup>],  $q$ : 貫流熱負荷[W],  $q_m$ : 非空調室の内部発熱と透過日射量[W],  $SAT$ : 相当外気温度[°C],  $t_a$ : 非空調室の室温[°C],  $t_o$ : 外気温[°C],  $t_r$ : 空調室の室温[°C],  $U$ : 熱貫流率[W/(m<sup>2</sup>·K)],  $V_o$ : 非空調室の換気風量(置換外皮面積算出時は24時間平均)[m<sup>3</sup>/s],  $V_r$ : 空調室から非空調室へのパスポイント換気風量(置換外皮面積算出時は24時間平均)[m<sup>3</sup>/s]

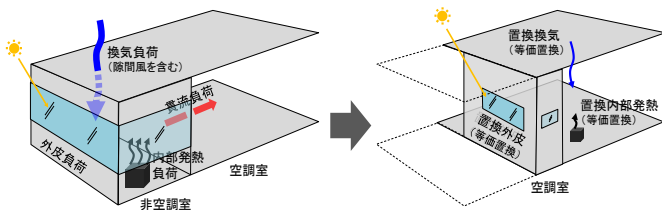


図1 改良外壁置換法の概念図

Development of a Building Energy and Environment Simulation Tool, the BEST

Part 41 Improvement of the Method to Replace Non-Air-Conditioning Zone with Exterior Wall

KIMOTO Keisuke, ISHINO Hisaya, KOHRI Kimiko, SATOH Makoto, MURAKAMI Shuzo

### 3. 改良外壁置換法の精度検証

BEST を用いて、図 2 に示す空調室 1 室、非空調室 1 室の単純なモデルについて、多数室相互の熱的影響を考慮した方法（以下、多数室計算法と呼ぶ）<sup>3)</sup>、外壁置換法、及び改良外壁置換法による最大冷暖房負荷計算を行い、装置負荷（顕熱）の比較を行った。

#### 3.1 モデルの概要・計算条件

図 2、表 3 にモデルビルの概要を示す。非空調室の窓の透過日射、複数方位の外壁からの貫流熱の空調室への影響を考慮するため、非空調室が外気に面したモデルとした。また、改良外壁置換法の有効性を確認するため、通常想定される空調室の外気導入や内部発熱は無いものとし、非空調室と空調室の間の内壁からの貫流熱のみの計算を行った。なお、天井・床は、完全断熱とした。精度検証は、表 4 に示す非空調室の条件を変更したケースで行った。また、窓がある非空調室の計算ができない外壁置換法において、窓部分は「ガラス+中空層+内壁」の置換外壁として計算を行った。（表 4、ケース③）

#### 3.2 結果と考察

各種計算条件における最大冷暖房負荷計算結果（顕熱）を表 4、図 3 に示す。改良外壁置換法は、複数方位の外壁からの熱貫流、窓からの日射の影響を良く再現し、多数室計算と近い結果が得られた。外壁置換法では、上記の再現が不可能なため、多数室計算との誤差が大きくなった。特にケース③のように窓がある場合は、透過日射の再現ができないため、誤差が大きくなっている。

### 4. まとめ

外壁置換法の改良により、空調室に隣接する非空調室の直達日射、複数方位の外壁からの貫流負荷を考慮した熱負荷計算が可能となった。

#### 【謝辞】

本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長)、統合化 WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。

#### 【参考文献】

- 1) 木本慶介、石野久彌、郡公子、村上周三：建築エネルギー・環境シミュレーション BEST の開発 第 32 報 非空調空間の外壁置換法の提案、日本建築学会大会(東海)学術講演梗概集、2012
- 2) 郡公子、石野久彌、長井達夫、村上周三：建築総合エネルギーシミュレーションツール BEST のための建築熱シミュレーション法に関する研究、空気調和・衛生工学会論文集、2010
- 3) 郡公子、石野久彌：設計用非空調隣室温度に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1989

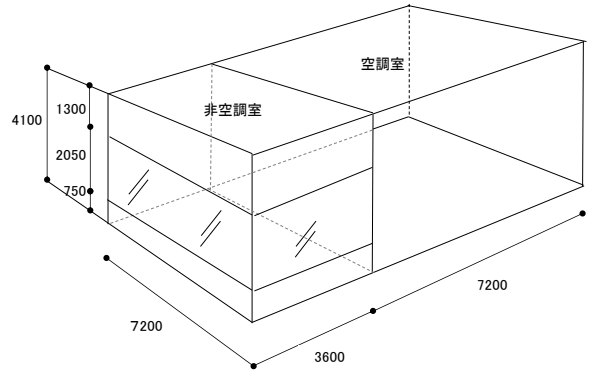


図 2 モデルビルの概要

表 3 計算条件

地点	東京	
気象データ	拡張アメダス空調設計用気象データ 冷房用：Jc-t基準、暖房用：t-x基準	
空調室 (50㎡)	空調	設定温湿度：夏期26℃/60%、冬期22℃/40% 運転時間：9-18時
	内壁	石膏ボード12mm+中空層+石膏ボード12mm、面積：30㎡
非空調室 (25㎡)	外壁1	コンクリート150mm、面積：15㎡ 方位：南
	外壁2	コンクリート150mm、面積：7.5㎡ 方位：東
	窓1	単盤7ロートガラス8mm、面積：15㎡ 方位：南
	窓2	単盤7ロートガラス8mm、面積：7.5㎡ 方位：東
	換気(外気)	換気回数：5回/h、運転時間：9-18時
	内部発熱	10W/㎡、発熱時間：9-18時

表 4 計算ケース

因子(非空調室)	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
換気(外気)	無	有	無	無
窓	無	無	有	無
方位	南/東	南/東	南/東	南/東
内部発熱	無	無	無	有

※ 窓無しの場合は、窓を全て外壁として計算した

表 5 計算結果

	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
置換係数 $f_i$	0.29	0.23 (0.17)	0.24	0.29
置換外壁面積1	8.7㎡	5.0㎡	3.5㎡	8.7㎡
置換外壁面積2	4.3㎡	2.5㎡	1.8㎡	4.3㎡
置換ガラス面積1	-	-	3.5㎡	-
置換ガラス面積2	-	-	1.8㎡	-
置換換気量	-	45m <sup>3</sup> /h	-	-
置換発熱	-	-	-	72W

※ ()は置換外壁面積算出時の $f_i$

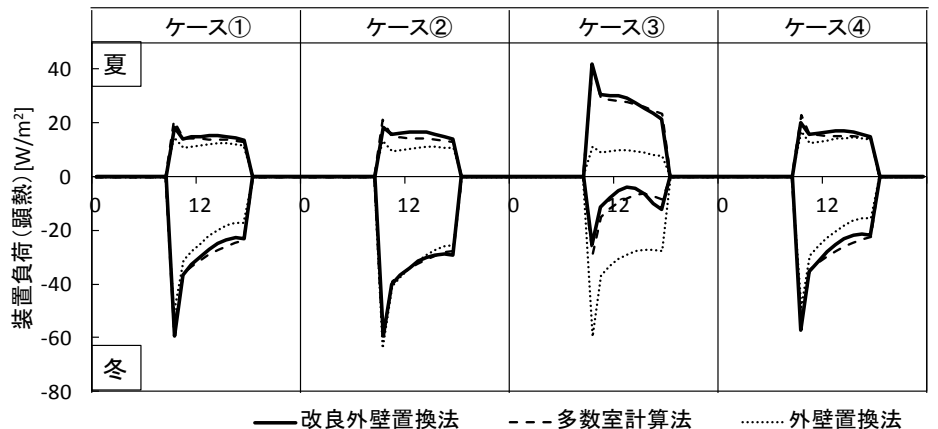


図 3 各種計算法での計算結果（内壁貫流負荷のみの最大冷暖房負荷）

- |                  |              |   |
|------------------|--------------|---|
| *1 大林組           | 工修           | *1 Obayashi Corporation, M.Eng.   |
| *2 首都大学東京        | 名誉教授・工博      | *2 Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.                                    |
| *3 宇都宮大学         | 准教授・工博       | *3 Associate Prof., Utsunomiya Univ., Dr.Eng.   |
| *4 佐藤エネルギーリサーチ   | 代表取締役・博士(工学) | *4 Satoh Energy Research Co., Ltd., Ph. D.  |
| *5 建築環境・省エネルギー機構 | 理事長・工博       | *5 Chief Executive, Institute for Building Environment and Energy Conservation, Dr.Eng. |