

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 82 報 実験計画法を用いた高性能窓の感度解析

正会員 ○相沢 則夫*1 正会員 村上 周三*2
正会員 石野 久彌*3 正会員 郡 公子*4

ダブルスキン AFW 昼光利用
実験計画法 BEST

1. はじめに

高性能窓システムであるダブルスキン（以下、DSF）、エアフローウィンドウ（以下、AFW）について、窓面積率、窓ガラス種類などエネルギー性能に関する各種要因の違いによる性能評価の研究¹⁾は多いが、昼光利用を含めた評価は少ない。本報では、DSF、AFW における熱負荷およびエネルギー消費量に影響を与える各種要因の複合効果の把握を目的として、要因に昼光利用を含めて、実験計画法を用いた検討を行った。

2. 検討概要

解析手法として直交配列による実験計画法を用いた。実験計画法を適用した建築環境分野の研究では、シミュレーションによる熱負荷の簡易検討への応用²⁾やエネルギー消費量の検討³⁾などがあり、本報ではシミュレーションツールに BEST を用いて検討を行った。

図 1 に建物モデル、表 1 に計算条件を示す。検討した窓システムは DSF、AFW、一般窓（庇無し）の 3 種類とした。DSF の換気口や AFW の通気量などは固定条件とした。ペリメータの年間熱負荷（冷房と暖房の装置負荷全熱の絶対値の合計）と空調+照明合計年間電力消費量を特性値として、表 2 に示す因子と水準を設定した。図 2 に示す線点図を用いて、表 3 に示す L16 直交表に割り付けた。空調電力消費量は年間システム COP を 1.5 として年間熱負荷から算出した。3 種類の窓システムに対して因子と水準は共通とした。また地域差の検討のため、同じ因子と水準を用いて札幌、東京、那覇の 3 地点を検討した。

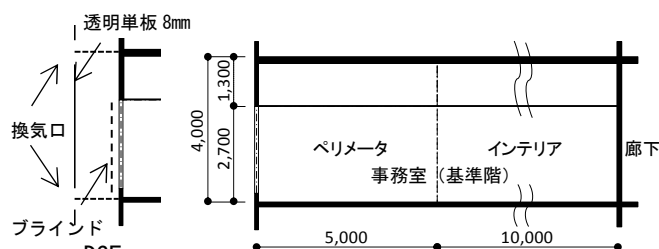


図 1 建物モデル

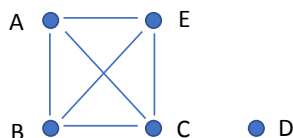


図 2 線点図

表 1 計算条件

気象	2001-2010年拡張アメダス標準年気象データ
ガラス種類	日射遮蔽型 Low-E+透明 複層ガラス
昼光利用	昼光利用時、調光:床面高さ 750mm にて 750lx ブラインド: 明色
内部発熱	照明、機器: 表 2 参照、人員: 0.15 人/㎡
空調時間	8:00~21:00、平日: 空調運転、土日祝日: 空調停止 外気導入量 5m³/(m²h)、隙間風 0.2 回/h
空調設定	夏期 26°C、60%RH 以下 冬期・中間期 22~26°C、40%RH 以上
DSF	奥行 1m、吹抜層数: 1 層 換気口: 上下有効開口面積 0.01 m²/m 換気制御: 夏期・中間期: 常時自然換気 冬期: DS 内空気温度 35°C 超えたら自然換気
AFW	奥行: 0.4m 通気量: 10L/(sec m²) (空調時間帯に運転) 熱回収無し

表 2 因子と水準

因子		水準1	水準2
A	窓面積率	68% 幅6m × 高2.7m 連窓	39% 幅6m × 高1.35m 連窓
B	窓ガラス	日射遮蔽型Low-E複層 (8+12+8)	透明単板 (8)
C	昼光利用	無	有
D	内部発熱	機器 15W/㎡ 照明 15W/㎡	機器 10W/㎡ 照明 15W/㎡
E	方位	南	東

(備考) 窓ガラスは、DSF の場合は内側、AFW の場合は外側ガラスを示す。DSF の外側、AFW の内側ガラスは共に透明単板 8mm とする。

表 3 直交表 L16 への割り付け

	因子														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	A	B	A×B	C	A×C	B×C	D			C×E		B×E	A×E	E	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

3. 計算結果

表 4 に年間熱負荷の基準値（表 3 の 16 ケースの計算結果の平均値）と信頼限界、表 5 に東京における年間熱負荷、電力消費量に有意効果のある項目を示す。熱負荷で

表4 基準値と信頼限界(95%) (年間熱負荷)

	ダブルスキン	AFW	一般窓
札幌	347.2±4.2	339.7±4.8	404.6±4.3
東京	390.3±8.7	369.8±7.6	432.0±15.5
那覇	666.4±13.5	617.1±7.2	684.9±11.4

は、いずれの窓システムでも窓面積率、窓ガラス、内部発熱に有意効果がみられ、昼光利用には有意効果はみられないが、電力量では昼光利用の効果もみられる。

図3に年間熱負荷の効果推定値を、図4に東京における電力消費量の効果推定値を示す。例えば熱負荷の東京における要因では、いずれの窓においても窓面積率、窓

ガラス、内部発熱の要因効果が大きく、昼光利用の効果が小さくなっている。電力量でも同様の傾向だが、昼光利用の効果もみられる。昼光利用の効果推定値は窓面積率などの値よりも小さい。

表5 有意効果(東京)

年間熱負荷	有意効果 (*: 5%、 **: 1% 有意)										
	A	B	C	D	E	A×B	A×C	A×E	B×C	B×E	C×E
DSF	**	**		**		*					
AFW	**	**		**		*					
一般窓	**	**		**	*			*			

電力消費量 有意効果 (*: 5%、 **: 1% 有意)

	A	B	C	D	E	A×B	A×C	A×E	B×C	B×E	C×E
DSF	**	**	**	**							
AFW	**	**	**	**							*
一般窓	**	**	**	**				*			

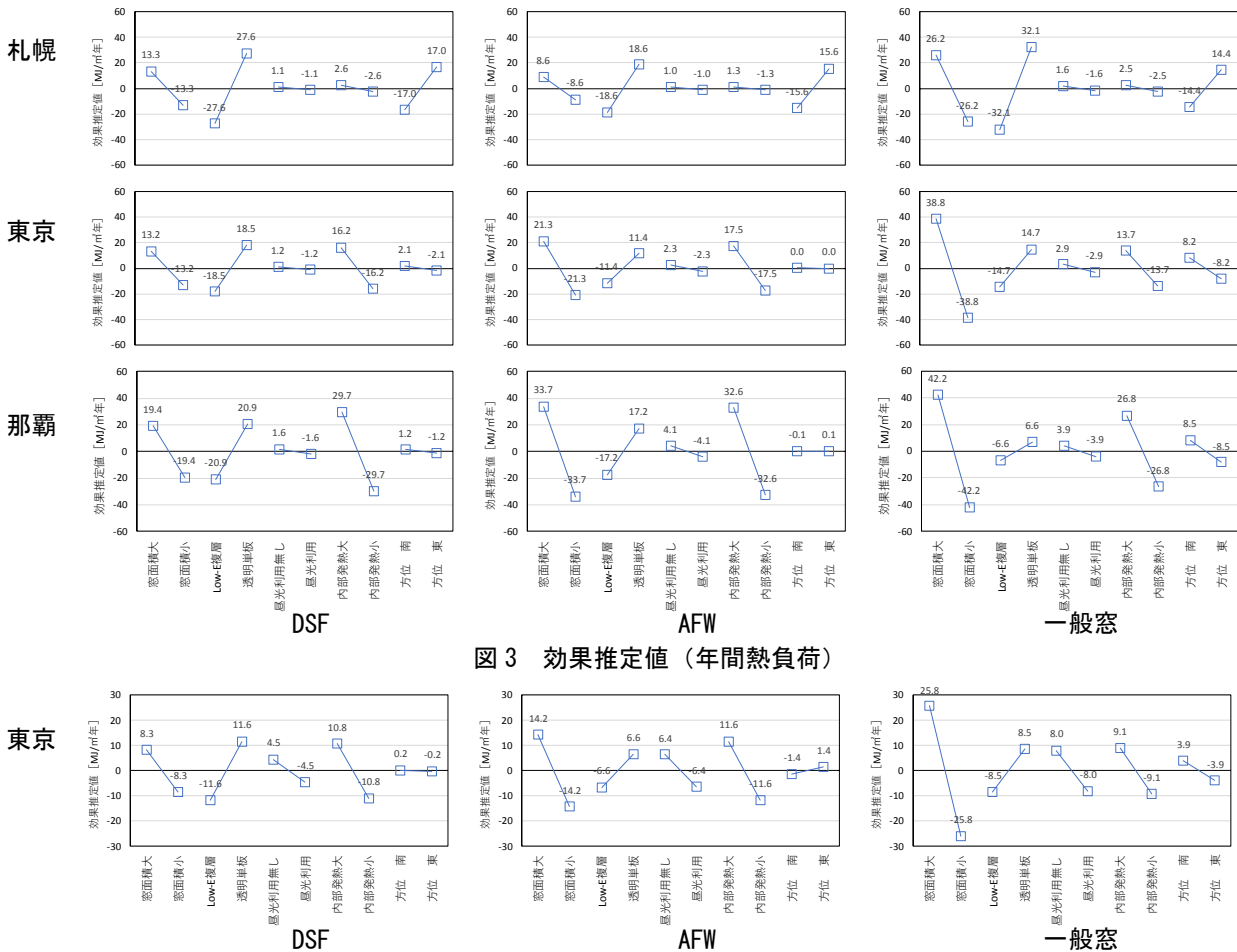


図3 効果推定値(年間熱負荷)

図4 効果推定値(電力消費量)

4. まとめ

実験計画法を用いて、高性能窓における熱負荷およびエネルギー性能に与える要因に昼光利用を含めて検討を行い、効果推定値を算出してそれぞれに対して有意な項目を確認した。今回は窓面積率など極端な水準設定もしていたので、今後は地域毎に実験計画を整理すると共に、DSFの換気口やAFWの通気量なども要因に加えて、効果推定値を検討する予定である。

【参考文献】1)須崎他:高性能窓システムをもつ建築の熱負荷解析 第18報 熱負荷曲線に基づく年間熱負荷と室内環境評価,日本建築学会大会学術講演梗概集 2017.8 2)横山他:省エネルギー設計の為の熱負荷簡易計算法,日本建築学会論文報告集第278号,1979.4 3)菟田他:外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その161) 実験計画法を用いたビル用マルチシステムの感度解析,空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集,pp.33-36,2015.9

【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量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)」およびプログラム開発委員会(石野久彌委員長)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。

*1 株式会社大林組
 *2 建築環境・省エネルギー機構 理事長 工博
 *3 首都大学東京 名誉教授 工博
 *4 宇都宮大学 教授 工博

*1 Obayashi Corporation
 *2 Chief Executive, IBEC, Dr.Eng.
 *3 Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.
 *4 Prof., Utsunomiya Univ., Dr.Eng.