

# ダブルスキンファサードを利用した自然通風の制御手法に関する研究

土屋 貴 史      諏訪 好 英  
染 川 大 輔

## Control of Natural Ventilation Using Double Skin Facade

Takashi Tsuchiya      Yoshihide Suwa  
Daisuke Somekawa

### Abstract

Recently, demands for low-CO<sub>2</sub> emission and energy conservation with large glass facade of buildings are increasing. In Japan, since 1990, energy consumption in the consumer sector including office buildings has increased by approximately 50% since 1990. The use of natural energy is effective, and natural ventilation has assumed greater importance in office building. In addition, many buildings have been installed with high performance window systems such as double-skin (DS) Facades. Thus, the use of a DS facade as a buffer space effectively moderates changes in the wind speed. In addition, a DS facade can enable various control approaches such as an insulation mode. Therefore, the authors have developed a coupled simulation of natural ventilation and heat load, and clarified the effect of various control approaches on the heat load. In addition, the effect of room height on the heat load was simulated because it is evident that the temperature difference in the DS facade affects the heat load.

### 概 要

近年、建築物のガラス面積の拡大と共に、省CO<sub>2</sub>および省エネルギーへの要望が更に高まっている。特にオフィスビルなどの民生部門のエネルギー消費量は、1990年比で5割程度増加して<sup>1)</sup>、その削減は非常に重要である。パッシブな手法として、自然エネルギーの利用は有効であり、近年オフィスビルにおいて、自然通風の重要性が高まっている。また、窓を対象とした手法として、省エネルギー性能および室内環境の快適性を確保する目的で、ダブルスキンファサード(以下DS)等の高性能窓システムが用いられるようになってきている。そこで、DSを急激な外風速変化を受け入れるバッファとして自然通風に活用することが有効と思われる。また冬期には、コールドドラフト防止のために断熱制御を行うなど様々なDSの制御法が考えられる。そこで、DSを利用した自然通風と空調負荷を同時に考慮できるシミュレーション手法を開発し、各種制御が空調負荷に与える影響について考察を行った。加えて、DS内部の上下温度差に影響を与えると考えられる部屋の地上高さに関して、その空調負荷に与える影響を考察した。

### 1. はじめに

近年の地球温暖化対策として、省CO<sub>2</sub>および省エネルギーへの要望が更に高まりつつある。日本の最終エネルギー消費と民生部門のエネルギー消費の推移を見ると、全体の3割以上を占める民生部門において、オフィスなどの業務部門は1990年比で5割程度増加しており、省エネルギーが特に求められる分野である。

パッシブな手法として、自然エネルギーの活用は非常に重要であり、その一つとして自然通風がある。羽原ら<sup>2)</sup>は、住宅を対象とした自然通風と省エネルギー性に関して、CFDの解析結果より作成したデータベースを元に、室内温熱環境や空調エネルギー消費の予測を行う数値シミュレーションモデルを開発した。また、戸河里ら<sup>3)</sup>や義江ら<sup>4)</sup>は、オフィスを対象とした自然通風と冷房を同時に併用するハイブリッド空調に関して、冷房負荷削減効果の解析が行っている。また、イムウンスら<sup>5)</sup>は、ハ

イブリッド空調に関して、室内の温度分布の検討を行った。細井ら<sup>6)</sup>は自然通風の制御について、快適に利用できる条件を明らかにし、実測結果とシミュレーションを比較して考察を行っている。

自然通風と同じく、窓・開口部を対象とした空調負荷削減手法として、窓の性能向上が非常に重要である。そのため、ガラス面積の増大に伴い、室内温熱環境の快適性と省エネルギー性を確保する目的で、ダブルスキン(DS)といった高性能窓システムが用いられている。DSはブラインドの日射遮蔽により溜まった熱を、下部から取り込んだ外気を利用して上部から排出する機能を持つ。また、自然通風を行う際に、急激な外風速変化を受け入れるバッファとしてDSを活用することができる(Fig. 1)。加えて、冬期には空調負荷削減やコールドドラフト防止を目的とし、断熱制御など複数の制御が考えられる。

また、自然通風を利用する際、流入温度が通風量および冷房負荷に影響を与えることを、住宅においては羽原

ら<sup>7)</sup>、オフィスにおいて大岡ら<sup>8)</sup>が示している。この観点から、DS内は上下温度差ができ、対象とする部屋の地上高さを考慮した検討も必要であると考えられる。

そこで本研究では、DSの温度分布、自然通風量、および対象室の空調負荷を計算するシミュレーション手法を開発した。また、中間層を対象として、各種制御が空調負荷に与える影響、ならびに居室の地上高さが、空調負荷に与える影響の把握を行った。

## 2. 解析プログラムの開発

### 2.1 解析プログラムの概要

NEWHASPに代表されるように、空調負荷を計算するプログラムは様々あり、本プログラムは、宇田川<sup>9)</sup>を参考に作成を行った。壁体の伝熱については、NEWHASPと同じ応答係数法を利用して求めた。通風量は温度差換気の式を用いて求めた。通風量の計算式は室温を変数として持ち、室温の計算式には通風量が含まれるため、通風量と室温の計算は連成するものとした。DS内の通風量とDS内平均気温についても同様の計算を行い、通風量とDS内平均気温を求めた。一方、NEWHASPでは計算対象に含まれていない、DSの温度分布について、窓を部材要素に分割し、熱平衡式を解いて求めた。

Fig.2に開発した窓システム各部の温度分布、および対象室の通風量と平均温度気温を同時に解くプログラムの概要を示す。

まず、拡張アメダス気象データの1時間データを用いて、DSの空気層の平均気温と通風量を連成計算にて求めた。DSの通風量の計算には、風圧と温度差による圧力を考慮する必要があるが、そこで本計算では、風圧の影響が小さいものと仮定し、温度差による換気のみを考慮するものとした。

また、計算対象室の通風量の計算についても同様に、計算対象室の開口は外気に面しておらず、単純開口ならばDS内部の開口部の風圧係数の差も小さいものと考えられるため<sup>10)</sup>、温度差による圧力のみを考慮した。

続いて、気象条件、および得られた通風量を用いて、DS内の温度分布を求めた。DSを高さおよび奥行き方向で2次元の異なる部材要素に分け、各要素間の熱平衡式を

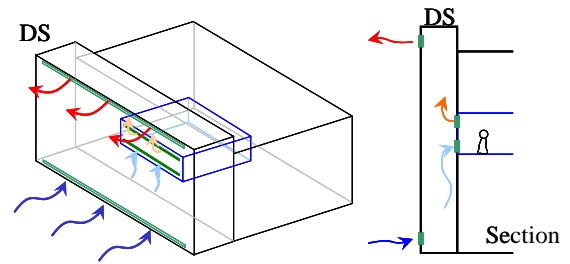


Fig. 1 ダブルスキンを利用した自然通風  
Natural Ventilation Using Double-Skin Facade

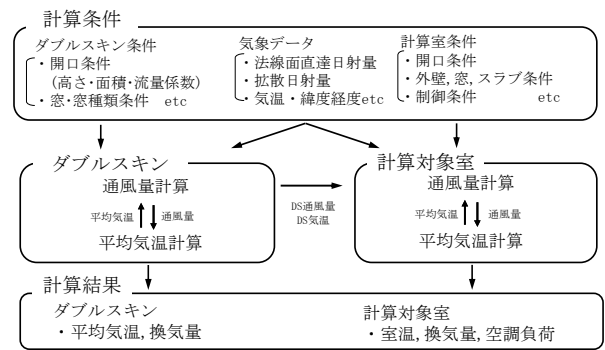


Fig. 2 解析概要  
Analysis Scheme

Table 2 対象室の熱平衡式  
Thermal Balance Equation of Analysis Room

$$\begin{aligned}
 Q_{total} &= Q_i + Q_{inw} + Q_{outw} + Q_{gl} + Q_{air} + Q_{hl} \\
 Q_i &= I_r T_{tran} A_{window} \\
 Q_{inw} &= A_{inw} (\sum Y_{inj} T_{k-j} - \sum Z_{inj} T_{k-j}) \\
 Q_{outw} &= A_{outw} (\sum Y_{inj} T_{k-j} - \sum Z_{inj} T_{k-j}) \\
 Q_{gl} &= (t_r - t_g) (\alpha_r + \alpha_g) A_{window} \\
 Q_{air} &= Den_{air} C_{air} (t_5 - t_r) V_{air} \\
 Q_{hl} &= Q_{human} + Q_{light} + Q_{con}
 \end{aligned}$$

$Q_{total}$ : 計算対象室が受ける熱量[W]     $Q_i$ : 窓面透過日射熱量[W]  
 $Q_{inw}$ : 内壁からの熱量[W]     $Q_{outw}$ : 外壁からの熱量[W]  
 $Q_{gl}$ : ガラスからの伝達熱量[W]     $Q_{air}$ : 換気による熱量[W]  
 $I_r$ : 窓面日射量[W/m<sup>2</sup>]     $T_{tran}$ : 窓面透過率[-]  
 $A_{window}$ : 窓面積[m<sup>2</sup>]     $A_{inw}$ : 内壁面積[m<sup>2</sup>]     $A_{outw}$ : 外壁面積[m<sup>2</sup>]  
 $t_r$ : 最内ガラス温度[°C]     $Den_{air}$ : 空気密度[kg/m<sup>3</sup>]  
 $C_{air}$ : 空気比熱[J/kg·K]     $t_r$ : 室温[°C]  
 $Y_{in}$ : 内壁の貫流応答[W/m<sup>2</sup>]     $Y_{out}$ : 外壁の貫流応答[W/m<sup>2</sup>]  
 $Z_{in}$ : 内壁の吸熱応答[W/m<sup>2</sup>]     $Z_{out}$ : 外壁の吸熱応答[W/m<sup>2</sup>]

Table 1 DSの熱平衡式 (1層分)

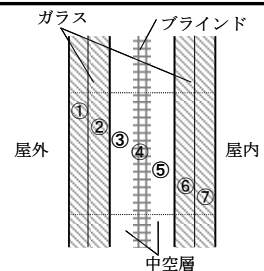
Thermal Balance Equation of Double-Skin Façade (1 layer)

- ① 外ガラス第1層  $(Ia_{12})/2 + \alpha_o(t_o - t_1) + \lambda_{12}/d_{12}(t_2 - t_1) + \lambda_{12}/H(t_{up} - t_1) + \lambda_{12}/H(t_{down} - t_1) = 0$
- ② 外ガラス第2層  $(Ia_{12})/2 + \lambda_{12}/d_{12}(t_1 - t_2) + \alpha_e(t_3 - t_2) + \alpha_{r2}(t_4 - t_2) + \lambda_{12}/H(t_{up} - t_2) + \lambda_{12}/H(t_{down} - t_2) = 0$
- ③ 外側中間層  $\alpha_e(t_2 - t_3)L + \alpha_{e4}(t_4 - t_3)L + 1.2 \cdot 0.24 \cdot V_3(t_{vdown} - t_3) = 0$
- ④ ブラインド層  $Ia_4 + \alpha_{e4}(t_3 - t_4) + \alpha_{r4}(t_2 - t_4) + \alpha_{e4}(t_5 - t_4) + \alpha_{r4}(t_6 - t_4) + \lambda_{12}/H(t_{up} - t_4) + \lambda_{12}/H(t_{down} - t_4) = 0$
- ⑤ 内側中間層  $\alpha_{e4}(t_4 - t_5)L + \alpha_{e6}(t_6 - t_5)L + 1.2 \cdot 0.24 \cdot V_5(t_{vdown} - t_5) = 0$
- ⑥ 内ガラス第1層  $(Ia_{67})/2 + \alpha_o(t_5 - t_6) + \alpha_{r6}(t_4 - t_6) + \lambda_{67}/d_{67}(t_7 - t_6) + \lambda_{67}/H(t_{up} - t_6) + \lambda_{67}/H(t_{down} - t_6) = 0$
- ⑦ 内ガラス第2層  $(Ia_{67})/2 + \lambda_{67}/d_{67}(t_6 - t_7) + \alpha_i(t_r - t_7) + \lambda_{67}/H(t_{up} - t_7) + \lambda_{67}/H(t_{down} - t_7) = 0$

$Ia$ : 窓面入射日射量[W/m<sup>2</sup>]     $\lambda$ : 熱伝導率[W/K·m<sup>2</sup>]     $d$ : 各層厚さ[m]     $H$ : 要素の高さ[m]     $t$ : 温度[°C]

$\alpha_e$ : 対流熱伝達率[W/K·m<sup>2</sup>]     $\alpha_r$ : 放射熱伝達率[W/K·m<sup>2</sup>]     $V$ : DS内通風量[m<sup>3</sup>/m]

添字の数字は部材の番号を示す(0, iは屋外, rは屋内)。添字のupはその上部要素、downは下部要素を示す。



解くことで、高さ方向の温度分布を求めた。Table 1 に熱平衡式を示す。なお、DSの開口を閉じた時には、0.1回/hの漏気があるものとした。次に、得られたDS内の通風量とDSの気温、各種気象条件、計算室条件から対象室の気温を求めた。オフィスアワー（8:00～20:00）の間に空調作動温度となった場合には、空調運転が行われているものとし、得られた対象室の気温から空調負荷を求めた。Table 2 に対象室の熱平衡式を示す。対象室において熱伝導は外壁と上下のスラブのみを考慮し、隣室の室温は計算対象室と等しいものとした。対象室内部の熱容量は $12\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ とした。通風による熱量を計算するために、DSの内側中間層の気温をDSからの流入空気の温度に用いた。通風がないときは、外部から0.1回/hの漏気があるものとした。

## 2.2 解析プログラムの精度検証

解析プログラムの妥当性を確認するため、計算精度の確認を行った。空調負荷の計算は、NEWHASPと同じ気象条件を用い、同じ建物条件で比較を行った。DS内部の温度分布に関しては、新村ら<sup>11)</sup>によるDS内部温度の実測結果との比較を行うこととした。

まず、DS内の上下温度分布に関して、新村らの実測条件を入力条件として計算を行い、上下温度分布の計算値と実測値を比較した。新村らは夏期、西面のダブルスキュンを対象としており、ダブルスキュンは、高さ11.07m、幅15.15m、インナー・アウターガラスの間隔は、1.4mである。Fig. 3 に各時刻での実測値と計算値の上下温度分布を示す。新村らの測定では西面を実測対象としており、直達日射が少ない10時、12時や、日没後の18時は実測値と計算値は概ね一致している。また、直達日射が入る時刻は実測値より最大で1.2℃程度高めとなったが、結果の傾向は概ね一致している。

続いて、計算対象室の空調負荷の計算精度を確認するために、同じ入力条件で自然室温の年間計算を行い、NEWHASPと比較した。なお、NEWHASPは通風量を一定値で与えるため、本比較では通風量一定で計算を行っている。自然室温の時系列変化をFig. 4 に示す。中間期から夏期は値、傾向共によく一致する。一方、冬期には計算値が1～2℃低めに出る傾向があるものの、同じ変化の傾向を示すことを確認した。Fig. 5 にNEWHASPと本解析プログラムの計算結果の相関を示す。相関係数Rの2乗は0.96、近似式は $y = 0.954x$ と、本解析プログラムが比較計算に十分な精度を持っていることを確認した。

## 3. 解析モデル

### 3.1 解析モデルの概要

解析建物形状をFig. 6 に示す。所在地は東京で、1年間を解析対象とした。気象データは拡張アメダスの標準年を用いた。計算ステップ間隔は3600秒、ファサードが向いている方向は南とした。DSの奥行きは1m、高さは

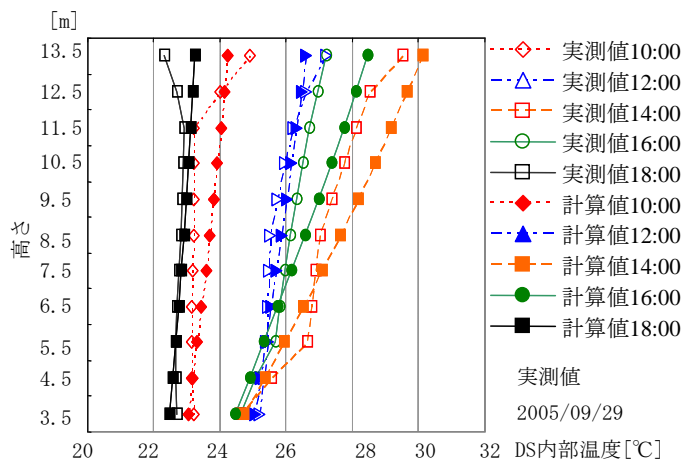


Fig. 3 実測値と計算値の上下温度分布  
Temperature Distribution of Measured Value and Calculated Value

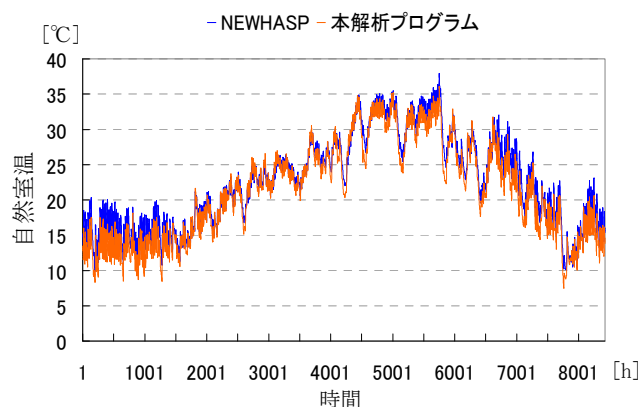


Fig. 4 自然室温の時系列変化

Time Series Variation of Natural Room Temperature

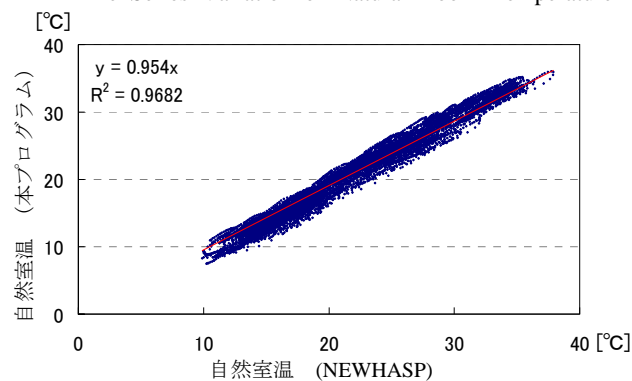


Fig. 5 本プログラムとNEWHASPの計算結果の相関  
Correlation of Calculation Result Between NEWHASP and the Analysis Program

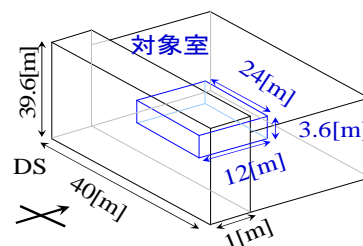


Fig. 6 解析建物形状 (11F)  
Building Condition (11F)

39.6mで、各階の高さ3.6mの11F建てとした。解析対象室は中間階であるとし、上下階の室温は解析対象室と等しいものとした。DSから自然通風が行われる場合、流入空気の温度はDS内の対応する高さの平均気温と仮定した。Table 3にガラス・ブラインド条件を示す。ガラスは外側、内側ともに10mmのフロートガラスとした。Table 4にスラブ・外壁条件を示す。それぞれの材料の熱物性値は標準的なものを用いた。ブラインドは半閉でスラット角は変化せず、性能値を固定とした。内部負荷条件をTable 5に示す。在席率は人体発熱にのみかかるものとする。DSと解析対象室の開口条件をそれぞれTable 6, 7に示す。空調機はオフィスアワー時に20℃以下および、26℃以上になると作動するものとし、その温度を保つための熱量を空調負荷とした。

### 3.2 制御Mode

Fig. 7に制御Modeを示す。標準Modeは夏期の通常利用を想定して、DS内のみ通風を行う。このとき、対象室では自然通風は行われない。通風Modeは中間期を想定しており、DSを通じて自然通風を行うものである。以下、このModeをオフィスアワーの時を、自然通風、オフィスアワー以外を行う時をナイトページと呼ぶ。つまりDSから対象室へ空気を取り込み、気温の低下を図るModeである。断熱Modeは冬期を想定しており、DSの開口をすべて閉じて、DSを断熱層として利用する制御とした。

## 4. 各種制御が空調負荷に与える影響

### 4.1 解析ケース

各種制御が空調負荷に与える影響を把握するため、制御フローを作成した。Fig. 8に制御フローを示す。本研究では、5~10月は冷房要求、それ以外は暖房要求があると仮定した。冷房要求がある時期について、最も左に進むルートがオフィスアワーでの自然通風、2番目のルートがオフィスアワー時間以外での自然通風であるナイトページ、3番目がそれ以外となる。暖房要求がある時期については、左から4番目と6番目が、自然通風を利用した暖房、5番目が断熱となる。ただし、図中のAに示すルートを通る際は、主に冷房として利用することになる。Case 1は年間を通じて標準Modeとしたケース、Case 2はオフィスアワー(9~20時)時の自然通風利用を考慮したケース、Case 3はCase 2に加えナイトページを行ったケースとした。Case 4はCase 3に冬季の断熱および自然通風を加えたケースとした。

### 4.2 解析結果

4.2.1 制御時間割合 Fig. 9に年間制御時間割合を示す。オフィスアワーでの自然通風が約5%、自然通風とナイトページの併用で、約20%の時間で利用可能となった。これは、自然通風よりもナイトページの方が約3倍、利用可能時間が長いことを示す。また、Case 4を見ると

Table 3 ガラス・ブラインド条件

Glass and Blind Condition		
ガラス (In/Out ・FL10)	反射率	0.07
	吸収率	0.16
	透過率	0.77
ブラ インド (半閉)	反射率	0.41
	吸収率	0.37
	透過率	0.22

Table 4 スラブ・外壁条件  
Slab and Wall Condition

スラブ	普通コンクリ	250 [mm]
	コンクリート	150 [mm]
外壁	ロックウール	50 [mm]
	中空層	20 [mm]
	アルミ化粧板	2 [mm]

Table 5 内部負荷条件  
Internal Load Condition

照明発熱	25 [W/m <sup>2</sup> ]
機器発熱	20 [W/m <sup>2</sup> ]
人体発熱	70 [W/人]
在席率	0.5 [-]
席密度	0.2 [人/m <sup>2</sup> ]

Table 6 DS開口条件  
Opening Condition of DS

DS奥行き	1000 [mm]
上部有効開口面積	10.0 [m <sup>2</sup> ]
上部開口流量係数	0.6 [-]
上部開口中心高さ	39.60 [m]
下部有効開口面積	10.0 [m <sup>2</sup> ]
下部開口流量係数	0.6 [-]
下部開口中心高さ	1.0 [m]

Table 7 対象室開口条件  
Opening Condition of Room

上部有効開口面積	2.0 [m <sup>2</sup> ]
上部開口流量係数	0.4 [-]
上部開口中心高さ	21.6 [m]
下部有効開口面積	2.0 [m <sup>2</sup> ]
下部開口流量係数	0.4 [-]
下部開口中心高さ	18.0 [m]

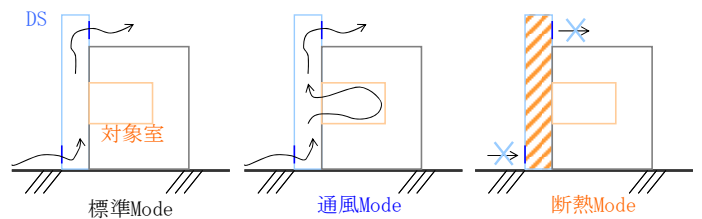


Fig. 7 制御Mode  
Control Mode

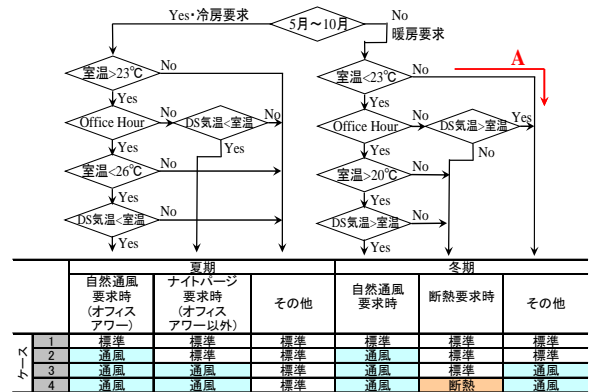


Fig. 8 制御フロー・解析ケース  
Control Flow and Analysis Case

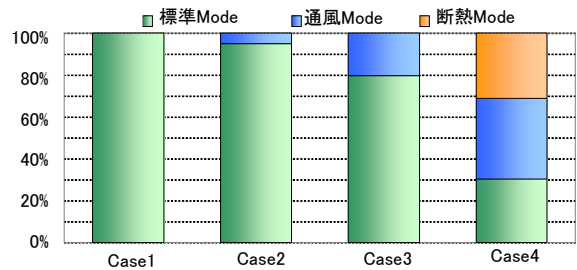


Fig. 9 年間制御時間割合  
Annual Rate of Control Approach

冬期に断熱制御、通風制御を行うことで、標準Modeが約30%、通風Modeが約40%、断熱Modeが約30%となった。

**4.2.2 空調負荷** Fig. 10 に単位床面積当たり年間冷房負荷を示す。オフィスアワーの自然通風で約7.5%、ナイトパーズを加えると約14%の削減となった。Fig. 9 より、ナイトパーズが約3倍の時間利用することができることが分かったが、冷房負荷削減量はナイトパーズの方が少ない結果となった。これは、オフィスアワーには内部負荷があるため、室温と流入空気の温度の差がつきやすく、冷房削減効果が大きいためと考えられる。一方、ナイトパーズは使用可能時間が長いものの、室温と流入空気の温度の差が小さいために、冷房負荷削減率が自然通風より小さくなったものと考えられる。また、Case 4を見ると、Case 3から更に9%程度冷房負荷を削減できる結果となった。これは冬期に通風を用いたために、Fig. 8 のAのルートを通して、自然通風により冷房が行われ、冬の冷房負荷が減少したことにより生じたと推定される。

Fig. 11 に単位床面積当たりの年間暖房負荷を示す。Case 1, Case 2, Case 3すべてにおいて、冬期は100%の時間で標準Modeとなったため、暖房負荷の変化はなかった。Case 4では、約30%の時間が断熱制御となったことにより、暖房負荷が約48%削減する結果となった。

5. 対象室の地上高さが空調負荷に与える影響

5.1 解析ケース

DS内部に上下温度差ができることは明らかであり、制御の参照温度の位置や、計算対象室の地上高さにより、空調負荷が異なることが予測される。そこで、Fig. 12 に示すようにDS温度の参照高さと計算対象室の地上高さを変えて、解析を行った。制御フローはFig. 8 のCase 4を用いた。Table 9 に解析ケースを示す。高層部と低層部はDSを共有しているので、断熱Modeの場合、DS温度の参照高さで条件を満たした時には、高層部、低層部ともに断熱Modeとした。

5.2 解析結果

**5.2.1 空調負荷** 単位床面積当たりの年間冷房負荷をFig. 13 に示す。およそ65~90MJ/(m<sup>2</sup>・年)程度となった。Case A, BとCase C, Dを比べると、参照高さが空調負荷に約5%影響していることが分かる。一方、Case AとCase Bを比べると、同じ制御をしていても、高層の方が低層よりも25%程度冷房負荷が大きくなっていることが分かる。Case C, Case Dでも同様の結果となった。冬期は、断熱制御が全層同時に行われ、ケースによる暖房負荷の大きな違い見られなかった。

**5.2.2 月別制御時間割合および空調負荷** Fig. 14 に、Case AとCase Bの月別制御時間割合を、Fig. 15 に月別冷房負荷を示す。制御時間割合を見ると、5、6月および、9、10月において、Case Aに比べて、Case Bの通風Modeの時間が減少している。これは、Case Bの計算対象

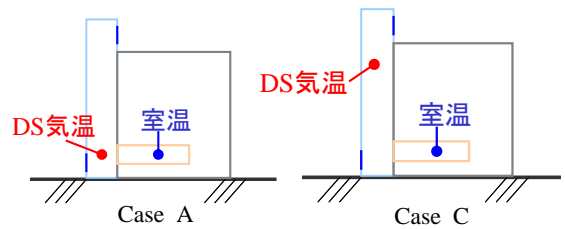
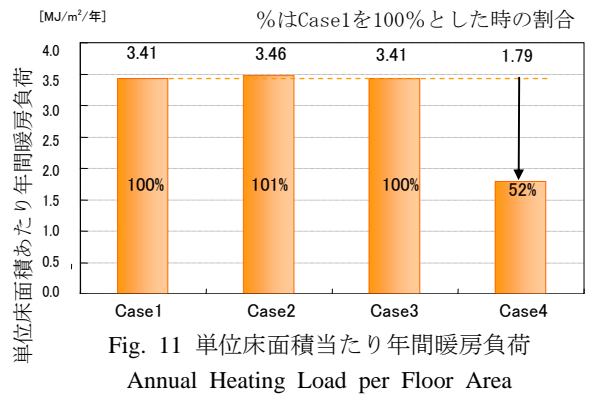
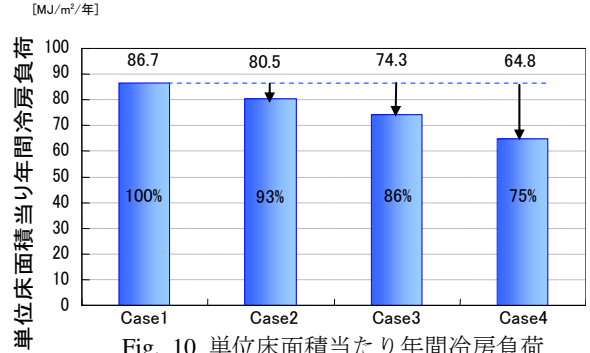


Fig. 12 DS温度の参照高さと計算対象室 DS Reference Height and Target Room

Table 9 解析ケース Analysis Case

熱負荷計算対象室	DS温度の参照高さ
Case A 低層(2F)	低層(2F)
Case B 高層(10F)	低層(2F)
Case C 低層(2F)	高層(10F)
Case D 高層(10F)	高層(10F)

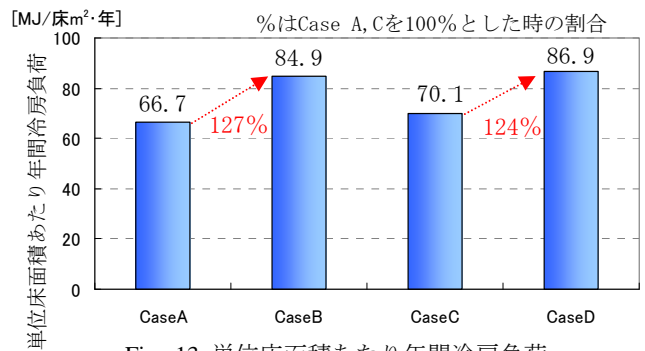


Fig. 13 単位床面積あたり年間冷房負荷 Annual Cooling Load per Floor Area

室が高い位置にあるため、流入気温であるDS温度が高くなることで生じる。同様に、月別冷房負荷をみると、5、6、9、10月において、低層のCase Aに比べ、高層のCase Bの方が冷房負荷が大きくなることを確認した。

## 6. まとめ

DSを利用した自然通風と空調負荷を同時に考慮できるシミュレーション手法を開発し、温度差換気を利用したDSの各制御手法や、部屋の地上高さが空調負荷に与える影響を把握した。

自然通風、ナイトページ、および断熱制御を用いることで、年間冷房負荷が約25%、年間暖房負荷を約48%削減されることを示した。また、低層部と高層部を比べると、中間期の通風可能時間に違いが生まれ、年間の冷房負荷が高層階において約25%大きいことを示した。

## 参考文献

- 1) 経済産業省・ZEBの実現と展開に関する研究会：ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）の実現と展開について、（2009）
- 2) 羽原宏美, 他: 自然通風を行う住宅の室内温熱環境および空調エネルギー消費予測手法の開発, 日本建築学会環境系論文集第582号, pp107-114, 2004-08-30
- 3) 戸河里敏, 他: オフィスビルを対象とした自然換気利用について, 日本建築学会大会学術講演梗概集D-2, pp583-584, (1999)
- 4) 義江龍一郎, 他: オフィスビルにおける自然換気併用空調方式の省エネルギー効果, 日本建築学会講演梗概集D-2, pp535-536, (2000)
- 5) イムونس, 他: 風力換気併用ハイブリッド空調を導入したオフィス室内における温度・汚染物質濃度分布及び省エネルギー性, 日本建築学会環境系論文集第648号, pp171-178, 2010-02
- 6) 細井昭憲, 他: 自然通風の温熱快適性に基づく制御方法と省エネルギー効果 自然通風に関する実測研究 その2, 日本建築学会環境系論文集第577号, pp7-12, 2004-03
- 7) 羽原宏美, 他: 周辺建物群による外気温条件, 放射条件, 風条件の変化が住宅における自然通風利用および冷房エネルギー消費に与える影響, 日本建築学会環境系論文集 (613), 103-110, 2007-03-30
- 8) Ryoza Ooka, etc.: Study on the effect of the heat island relaxation measures to ventilation potential and energy conservation of buildings in office area, The 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate (Indoor Air 2008), Paper ID: 388, pp.1-8, 2008
- 9) 宇多川光弘: パソコンによる空気調和計算法(第1版), オーム社, 1986-12

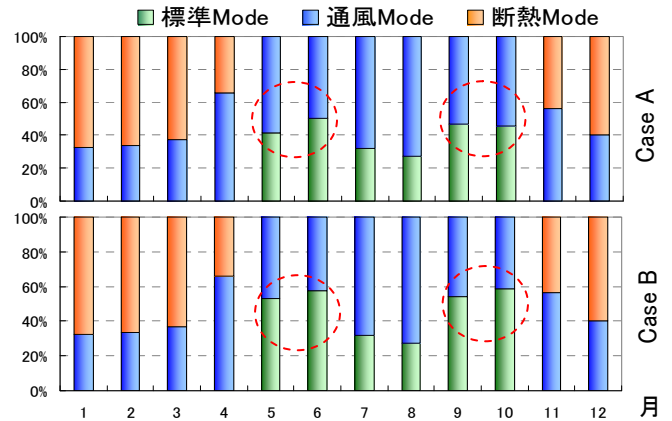


Fig. 14 月別制御時間割合 (Case A・Case B)  
Monthly Time Rate of Control Approach  
(Case A・Case B)

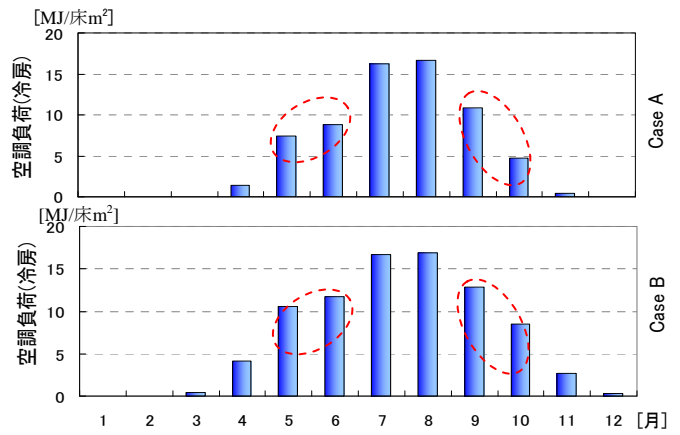


Fig. 15 月別空調負荷(冷房) (Case A・Case B)  
Monthly AC Heat Load (Cooling) (Case A・Case B)

- 10) 染川大輔, 他: 種々の開口条件において全層型ダブルスキンに作用する風圧に関する研究, 第21回風工学シンポジウム論文集, 2008
- 11) 新村浩一, 他: ダブルスキン・ソーラーリムニーの熱的特性に関する研究 その3中間期・冬期実測について, 日本建築学会大会梗概集D-2, pp1389-1340, 2006-09
- 12) 宿谷昌則: 数値計算で学ぶ光と熱の建築環境学, 丸善株式会社, 1993-07
- 13) 郡公子, 他: 熱負荷計算のための窓性能値に関する研究, 日本建築学会環境系論文集第600号, pp39-44, 2006-02-28
- 14) 土屋貴史, 他: ダブルスキンファサードを利用した自然通風の制御手法に関する研究 その1 中間階において各種制御が空調負荷に与える影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2010
- 15) 土屋貴史, 他: ダブルスキンファサードを利用した自然通風の制御手法に関する研究 その2 部屋の高さが空調負荷に与える影響, 空気調和・衛生工学会大会学術講演文集, 2010