

通風性能の定量的評価手法に関する研究

STUDY ON OF THE EVALUATION METHOD OF A CROSS VENTILATED BUILDING PERFORMANCE

赤林 伸一*, 佐々木 淑貴**, 坂口 淳***, 富永 禎秀****
Shin-ichi AKABA YASHI, Yoshitaka SASAKI, Jun SAKAGUCHI
and Yoshihide TOMINAGA

In this study, we evaluate cross ventilation by the multi zone network airflow simulation and the CFD. Cross-ventilated detached house is evaluated. Quantitative evaluation of the effect of cross ventilation is carried out.

The analytic object is a standard residence model. The k-ε turbulence model simulates the flow. The purpose of this simulation is to calculate indoor airflow velocity distribution.

The multi-zone airflow network model analysis using TRNSYS-COMIS simulates the indoor temperature. Two different analyses are coupled, so that the long-term simulation is realized.

This paper proposes to report on the outline of the evaluation index of natural cross ventilation performance. This paper has the point to (1) locality, (2) location, (3) building performance as factors which influenced indoor wind velocity, and show the outline of the evaluation method for natural cross ventilation performance

Keywords : Cross ventilation evaluation index, Local index, Site index, Building performance index

通風性能評価, 地域指標, 立地指標, 建物性能指標

1. はじめに

住宅等の通風性能を定量的に評価するためには、外部風、室内外温度差に基づく室内の通風性状の時間変化をCFD等の手法により明らかにする必要がある。この場合室内外温度差のみによる通風性状の変化は比較的容易に明らかにすることが可能である。一方、外部風による通風性状の変化は、地域条件、立地条件、建物形状等に大きく影響され、定量的に評価することは極めて困難である。

そこで、別報（文献1）では通風性能を評価するため、住宅モデルを対象に室内外気流を数値解析、熱負荷・換気回路網計算を連成させて解析し、評価する方法について検討を行った。しかしながら、建物周囲の状況、地域性による通風効果の違いなどを考慮する必要等が指摘された。

通風性能を定量的に評価するためには、同一住宅モデルが過疎地に立地する場合と市街地に立地する場合の通風性能の違いや、同一住宅モデルが寒冷地から温暖地へ移動することによって、地域性の変化による通風性能の変化を評価できる指標が必要と考えられる。

室内の気流分布に特に影響が大きいと思われる要素は、地域による気象条件の影響（本稿ではこれを「①地域指標」と定義）、建物の周囲状況の影響（「②立地指標」と定義）、建物の形状・窓の配置等の違いによる影響（「③建物性能指標」と定義）の3要素と考えられる。

本稿では、最終的にこの3つの指標を使用して総合的通風性能評価指標（図1）を提案することを目的とする。

2. 地域指標

図2に地域指標の概念を示す。人体が屋外気象条件から受ける影響の地域的な相異を温熱環境評価尺度により評価する。人体の上方には仮定の屋根（完全黒体：長、短波長吸収率=1）を想定し、直接、

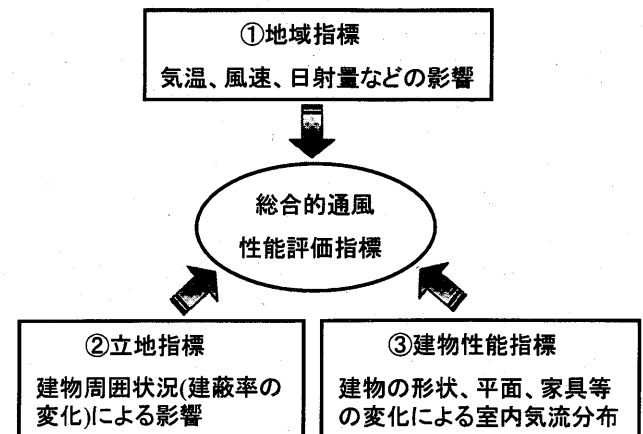


図1 通風性能評価指標の概念

* 新潟大学大学院自然科学研究科 教授・工博

** 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生・修士(工学)

*** 県立新潟女子短期大学生活科学科 講師・博士(工学)

**** 新潟工科大学工学部建築学科 助教授・博士(工学)

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Niigata Univ., Dr. Eng.
Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., M. Eng.
Lecturer, Dept. of Human Life and Environmental Niigata Women's College, Dr. Eng.
Assoc. Prof., Dept. of Niigata Institute of Technology, Dr. Eng.

人体は日射の影響を受けないと仮定する。放射熱は、屋根面、床面の形態係数をそれぞれ0.5として算出する。また、人体周囲には壁は無いと想定し、人体は外部風速の影響を直接受けるものとする。外部風速は、1/4乗則により人体の呼吸域付近である地上高さ1.5mに換算した値を用いている。

2.1 気象データ

気象データには日本建築学会拡張アメダス気象データ^{※7)}を用い、全国842地点を対象に解析を行う。SET*算出に必要な気温、湿度、気流速度^{※1)}、日射量等は標準年の気象データを使用する。また、表1にSET*の解析条件を示す。

2.2 通風デグリアワーの定義 (CVDH: Cross Ventilation Degree Hour)

本稿では地域評価指標として通風デグリアワー（以下CVDHと記述）を提案する。図3にCVDHの概念を、図4にCVDHの解析フローを示す。SET*を算出する際の風速値は、人体周辺の熱対流を考慮し、不感気流の限度として最小風速を0.3m/s、また、実風速が3.0m/sを超えている場合は最大風速を3.0m/sとする。CVDHは基準最小風速(0.3m/s)時のSET*(1)の時間変化を計算し、快適範囲の上限であるSET*が26℃を超えている時間を対象に、各地域の実風速データによるSET*(2)と比較し、下限値のSET*を23℃として時間数にSET*差(SET*(1)-SET*(2))を乗じて算出する。

例えば、SET*(1)が29℃で、その時の実風速によるSET*(2)が25℃の場合にはSET*の差は4℃となり、その時間数を乗じてCVDHを算出

表1 SET*およびCVDHの解析条件

気象データ	拡張アメダス気象データ (気温、風速、湿度等)
基準風速	0.3m/s(最小)、3.0m/s(最大)
仮想屋根	完全黒体 長波・短波長吸収率=1
着衣量	0.5clo(7~9月) 1.0clo(12~2月) 0.75clo(3~6、10、11月)
代謝量	1Met
形態係数	屋根0.5、床面0.5
非暖房期間	日平均気温:18℃以上
非就寝時	6~23時

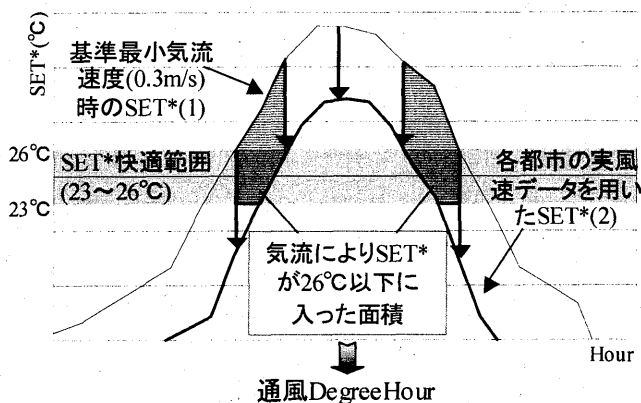


図3 通風デグリアワー (CVDH) の概念

する。また、SET*(2)が26℃を超え、27℃の場合には、その時のSET*の差2℃は、SET*(2)が快適範囲に入っていないため、CVDH算出の対象外とする。更に、SET*(2)が23℃以下となり、22℃の場合にはSET*の快適範囲の下限値である23℃としてSET*の差を6℃とし、時間数を乗じてCVDHを算出する。

すなわち、CVDHはそれぞれの地域において、気流のみの影響により、SET*が26℃を超えている時間に人体の体感温度をどの程度低下させるかを非暖房期間を対象とし、地域における相対的評価をするための指標である。

2.3 解析条件

表1にCVDHの解析条件を示す。CVDHの算出は非暖房期間の非就寝時を対象とする。日平均気温が18℃を下回る期間を暖房期間とし、それ以外の期間を非暖房期間と定義する。期間の初めは、日平均気温18℃を境に5日間連続18℃を下回り、その後、5日間連続18℃を上回る期間の初めの日とし、期間の終わりは逆に5日間連続18℃を下回る日の初めの日と定義する。非就寝時は、6時から23時と定義する。

2.4 解析結果

図5に全国のCVDHマップを示す。北から南下するに従い、相対的にCVDHは大きくなる。また、海沿いで大きく、内陸になるに従い小さくなる。北海道でも海沿いの松前では4792℃h、北陸の富来

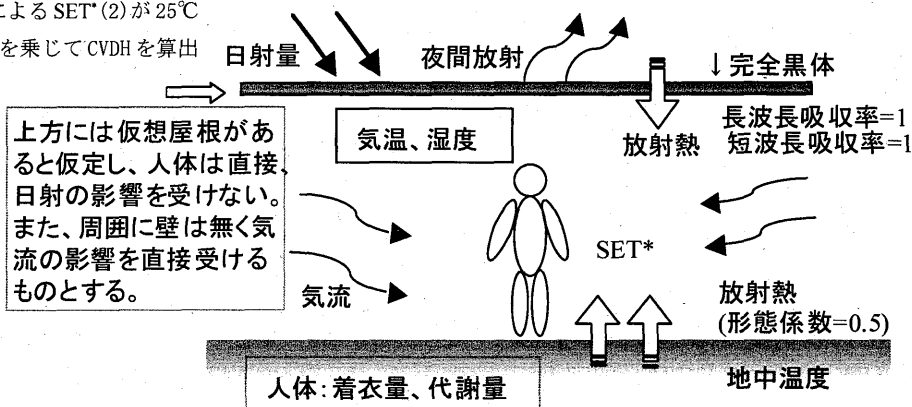


図2 人体が屋外気象条件から受ける影響

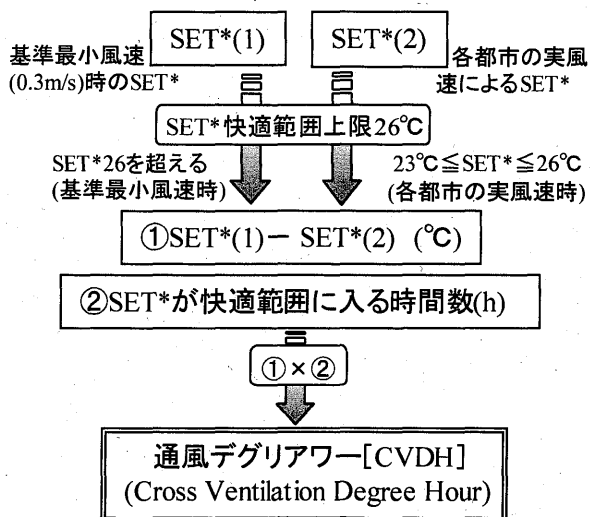


図4 通風デグリアワー (CVDH) の解析フロー

で4769℃Ch、新潟で4849℃ChとCVDHは大きくなっている。これは内陸に比べ、海沿いの都市で風速が速く、通風による体感温度低下の効果が大きいことが原因と考えられる。

九州、沖縄におけるCVDHは特に大きく、九州の福岡で5474℃Ch、

宮崎で4149℃Ch、沖縄ではほとんどの都市で9000℃Chを超えている。これは北海道、東北地方等に比べ非暖房期間が相対的に長いため、通風の効果が長期間得られることに起因する。

CVDHは各地域の通風による体感温度低下の効果が期待できる外部風のポテンシャルエネルギー量を示している。このためCVDHは非暖房期間の日数、及び風速に関係が深い。

2.5 地域指標の評価

図6にCVDHの頻度分布を示す。CVDHは1000～2000℃Chの都市が最も多く、全体の約3割を占める。表2に本稿で提案する地域指標のグレードを示す。Grade 1からGrade 5まで5段階に分け、評

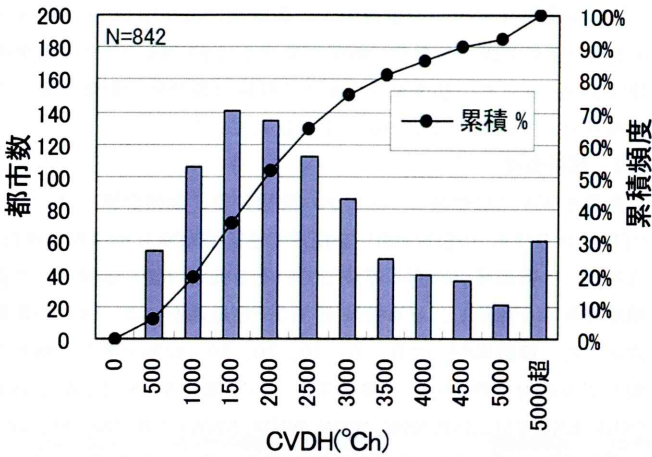


図6 CVDHの頻度分布

表2 地域指標のグレード

	CVDH (°Ch)	主要都市の例
Grade1	4500以上	新潟、福岡、沖縄等
Grade2	3000～4500未満	横浜、静岡、名古屋等
Grade3	2000～3000未満	札幌、東京、大阪等
Grade4	1000～2000未満	山形、宇都宮、奈良等
Grade5	0～1000未満	帯広、軽井沢、鞍岡等

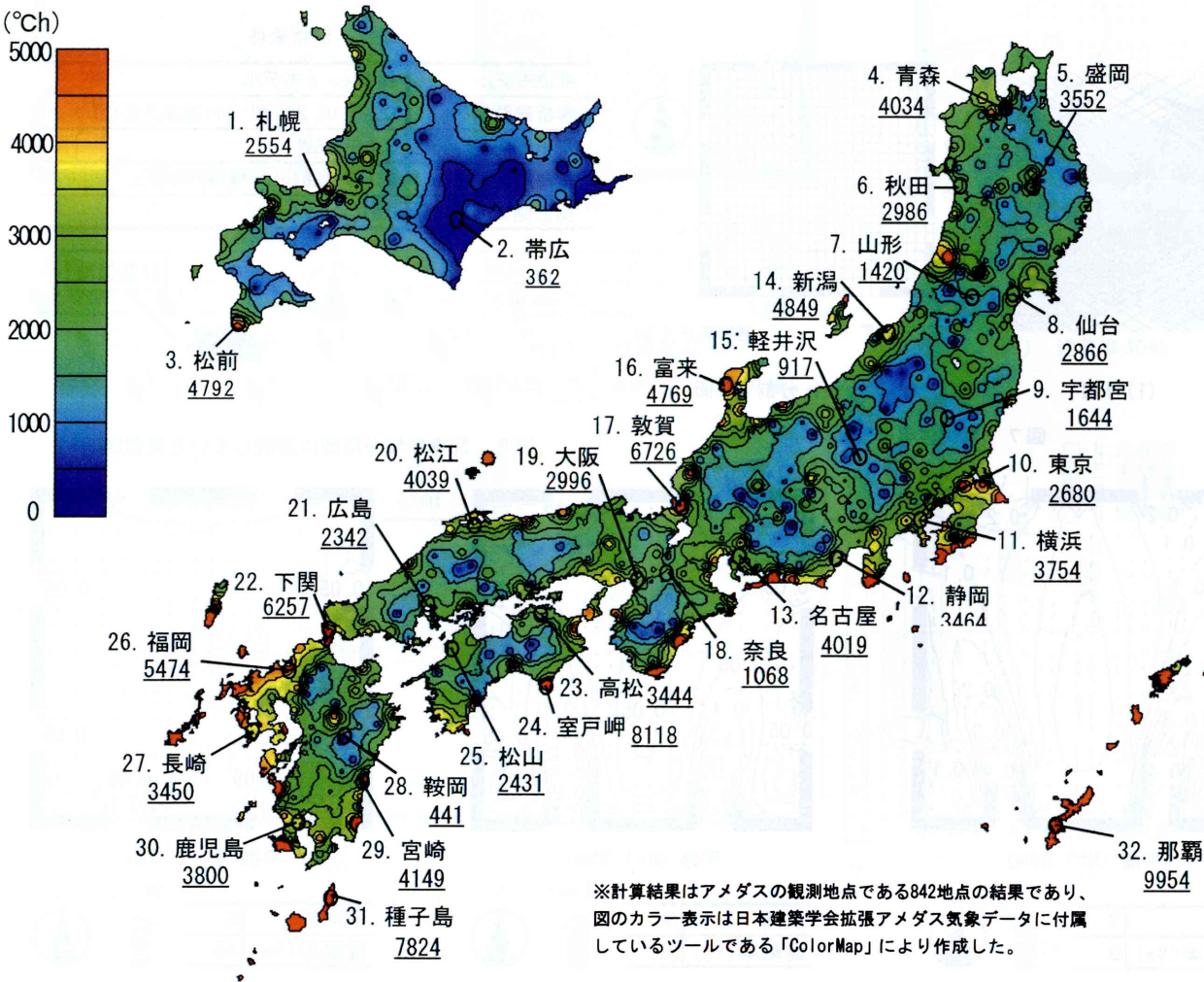


図5 全国の通風デグリアワー(CVDH)マップ

価を行う。表中の都市は図5に示した主要な都市を示し、Grade 1の都市は新潟、福岡、沖縄等となる。

2.6 地域指標のまとめ

本稿では、通風性能評価指標の一指標である地域指標の評価を行った。

①CVDHは地域の通風による体感温度低下の効果を示す指標である。全国のCVDHマップを算出し5段階のグレードに分け評価指標を作成した。

②CVDHは北から南の地域、また内陸から平野部、海沿いへいくに従い相対的に大きくなっている。CVDHは非暖房期間の日数、風速の速さに大きな影響を受けるため、非暖房期間が長い九州、沖縄の都市で特に大きくなる。

3. 立地指標

住宅の通風性状は隣接建物の影響を強く受ける。既報の論文では住宅壁面の風圧係数の実測、風洞実験及び気密性能の実測、また建蔽率を変化させた場合の風圧分布に関する風洞模型実験^{2)~4)}などにより通風量予測を行っている。本稿では建蔽率が通風性能に及ぼす影響を立地指標と定義する。

単純住宅モデルを対象として、通風時の室内外気流分布、通風量を上空の風向、建蔽率をパラメータとして数値流体解析により明ら

かにし、総合通風性能評価指標の一つである立地条件(建蔽率)の変化に伴う室内気流分布、通風量の変化を定量的に評価することを目的とする。

3.1 解析対象

図7に対象とした単純住宅モデルの外観、メッシュ分割(平面)を示す。対象住宅モデルの東西南北の各壁面には $0.81(\text{m}^2)$ (0.9×0.9)の窓が2個ずつある。解析対象高さは 23.4m 、また、基準風速は 3.8m/s とし、基準風速の高さは解析対象建物の影響を受けない高さとして棟高の4倍の高さを仮定している。

3.2 解析条件

乱流モデルには標準 $k-\epsilon$ モデルを用いる。数値計算には、汎用CFDプログラム(CFD2000)を使用する。建蔽率0%(単独建物)以外は、計算領域が周囲に連続していると仮定(図8参照)して周期境界条件を採用し、計算領域上空に一定風速を与え、流れの駆動力とした。建蔽率^{注2)}は0, 5, 10, 20, 30, 40%とする。解析対象モデルの対称性から、各建蔽率について風向S(N, E, W)、SSW(NNE, ENE, ESE, SSE, SSW, WSW, WNW, NNW)、SW(NE, SE, NW)の解析を行い、16風向全ての解析を行う。表3に解析条件を示す。

3.3 解析結果

1) 室内気流分布の解析結果

図9、10に対象モデルの室内気流分布(図中の数字は、棟高の4倍

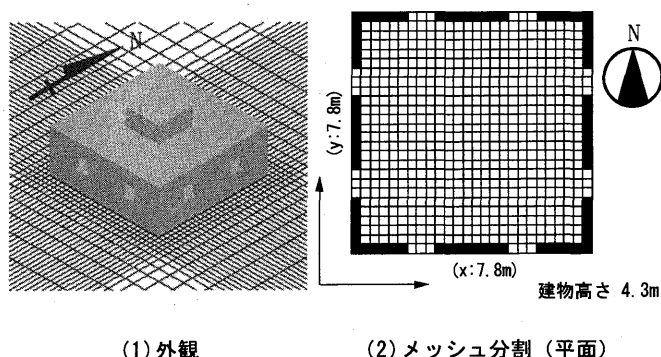


図7 単純住宅モデル

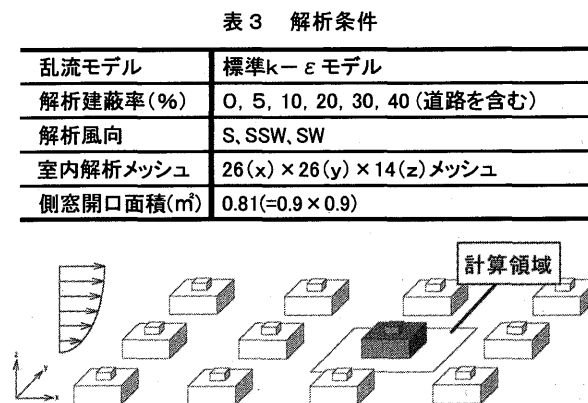


図8 計算領域が周囲に連続している概念図

表3 解析条件

乱流モデル	標準 $k-\epsilon$ モデル
解析建蔽率(%)	0, 5, 10, 20, 30, 40(道路を含む)
解析風向	S, SSW, SW
室内解析メッシュ	26(x) × 26(y) × 14(z) メッシュ
側窓開口面積(m^2)	$0.81(=0.9 \times 0.9)$

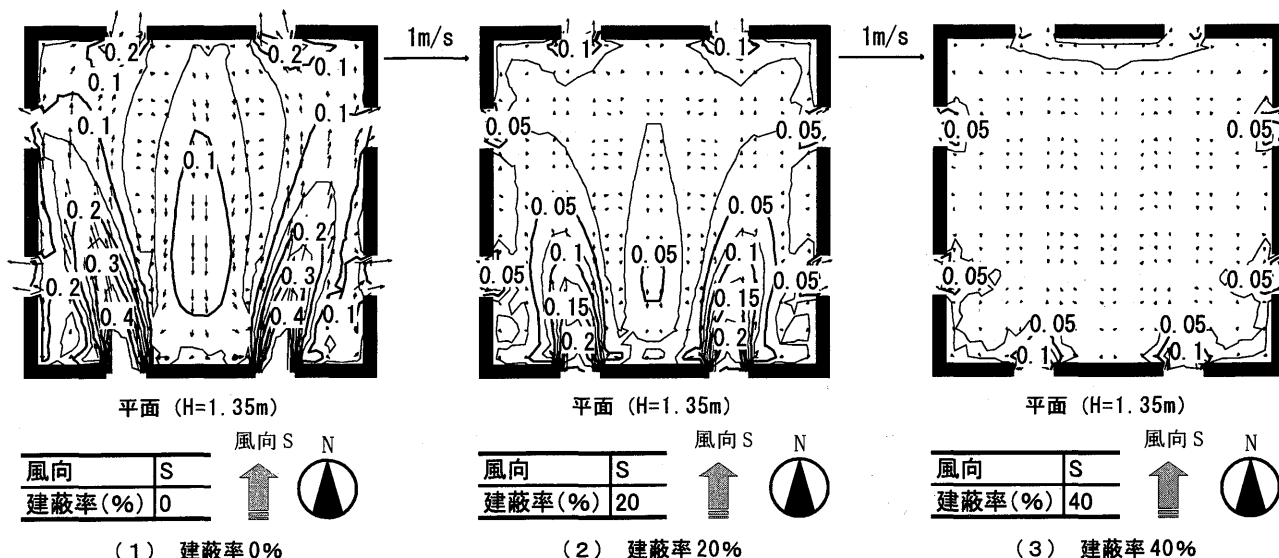


図9 室内気流分布(風向S, 基準風速 3.8m/s)

の高さを基準風速とする風速比)を示す。

①風向 S (図 9)

建蔽率 0%では流入開口から流出開口へと明確な通気輪道が形成される。建蔽率 20%の場合には建蔽率 0%に比較し風速比は室全体の平均で 5 割程度に小さくなるが、流入開口から流出開口へと通気輪道が形成される。建蔽率 40%では、風上側周辺建物の影響により、流入風速比は 0.1 程度となり、室内では風速比が 0.05 以下の気流が一様に分布している。

③風向 SW (図 10)

建蔽率 0%では南窓、西窓から外気が流入しそれぞれ主流方向である東窓、北窓へと明確な通気輪道を形成する。建蔽率 20%の場合は風向 S、SSW と同様に建蔽率 0%と比較して室全体の風速比は 5 割程度に小さくなるが、南窓、西窓から外気が流入しそれぞれ主流方向である東窓、北窓へと通気輪道を形成する。建蔽率 40%では風速比 0.15 程度の外気が流入するが、室中央での風速比は 0.05 程度である。

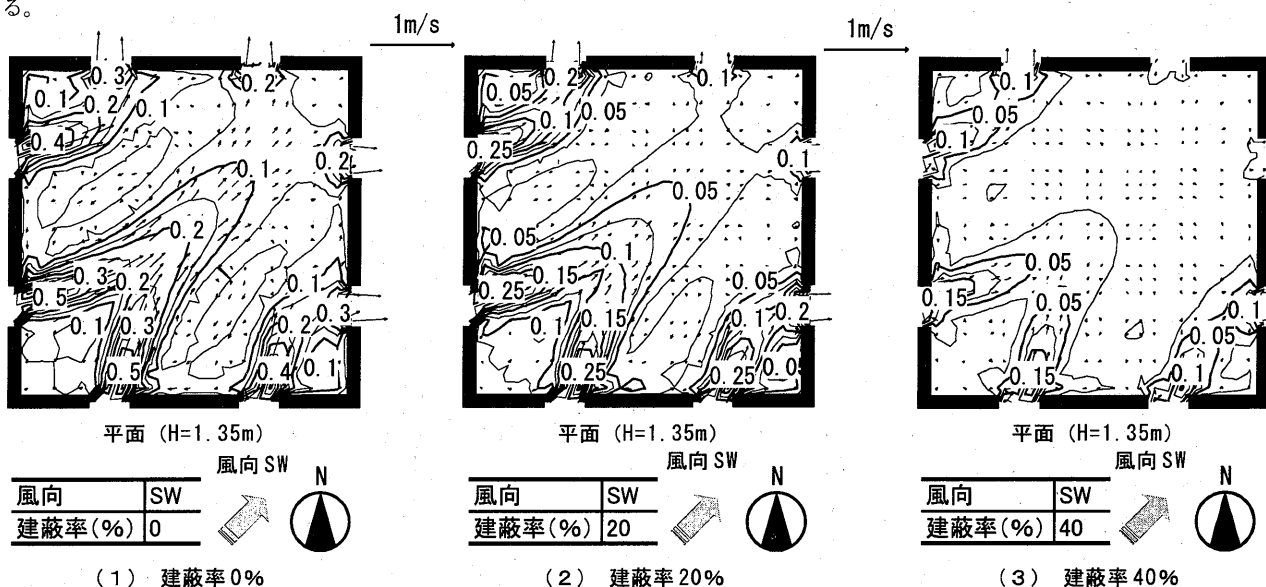


図 10 室内気流分布 (風向 SW, 基準風速 3.8m/s)

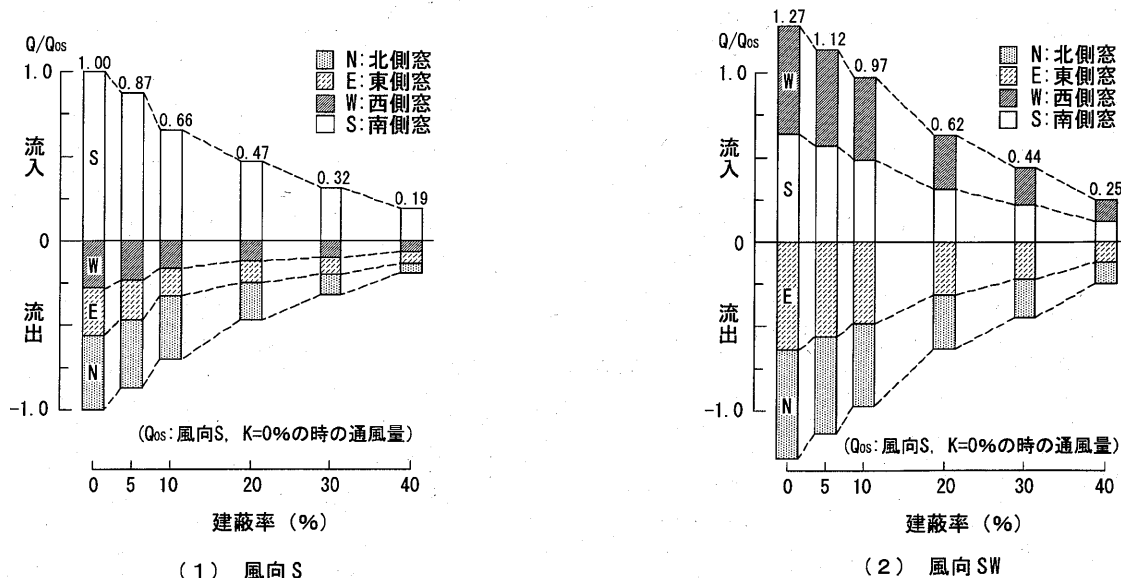


図 11 建蔽率および風向の変化による各壁面窓の流入、流出風量比
(流入を+、流出を-として表示する。風向 S、建蔽率 0%のときの通風量で基準化する。)

3.4 立地指標の評価

図12に建蔽率と平均通風量比の関係を示す。平均通風量比とは各風向(解析対象モデルの対称性から、3風向の解析結果を割り当て16風向とした。)の通風量比を単純平均したものである。例えば、ある住宅の立地する場所の道路を含めた建蔽率が30%の場合、図12からその住宅の立地指標は0.31となる(当該建物の形状は「建物性能指標」により評価を行うため、ここでは無視する)。立地指標は対象住宅モデルが、周囲建物群から受ける影響を考慮した通風性能の評価指標となる。

表4に立地指標のグレードを示す。地域指標と同様に、図12に示した平均通風量比をGrade 1からGrade 5まで5段階に分け、評価

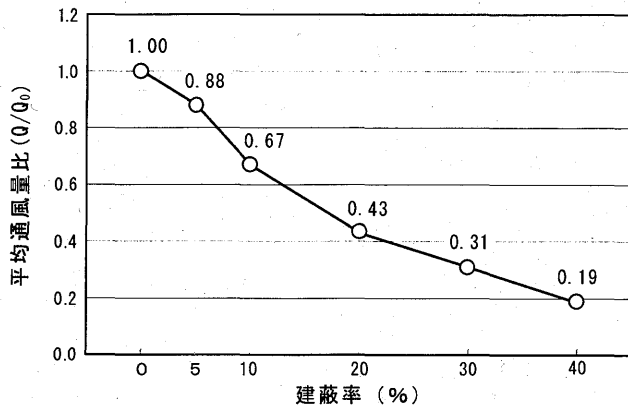


図12 建蔽率と平均通風量比の関係

を行う。例えば、対象となる住宅の立地する敷地が建蔽率10%の場合、その住宅の立地指標はGrade 1となる。

3.5 立地指標のまとめ

本稿では、通風性能評価指標の一つである立地指標の評価指標を提案した。

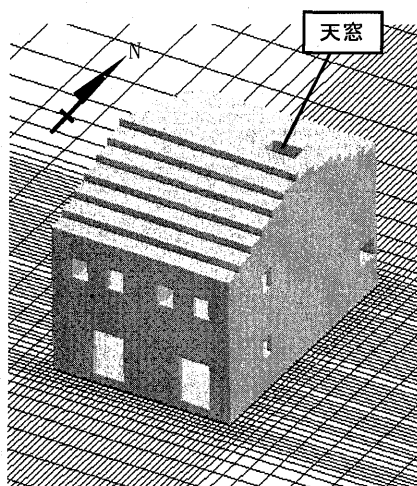
- ①建蔽率の変化により、流入風速比は建蔽率20%では0%の約5割、40%では2割程度まで減少する。室内気流分布も建蔽率0%で見られた明確な通気輪道は、建蔽率40%ではほとんど見られない。
- ②建蔽率0%では風向Sに比べ、風向SSWでは通風量比で約1.2倍、風向SWでは約1.3倍となる。また、各風向の通風量比は建蔽率20%では0%と比較して約5割、40%では約2割まで減少する。
- ③立地条件の評価指標として、16風向の通風量比を平均した平均通風量比を算出した。建蔽率0%を1.00として、建蔽率20%では0.43、40%では0.19となる。
- ④平均通風量比により5段階のグレードに分け立地指標を作成した。

表4 立地指標のグレード

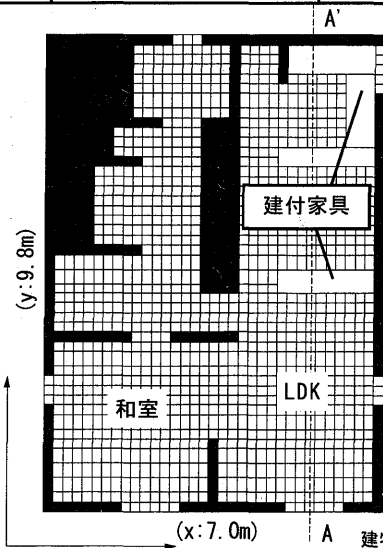
	平均通風量比	建蔽率(%)の例
Grade1	0.60以上	10
Grade2	0.40~0.60未満	20
Grade3	0.30~0.40未満	25
Grade4	0.20~0.30未満	35
Grade5	0~0.20未満	40

表5 解析条件

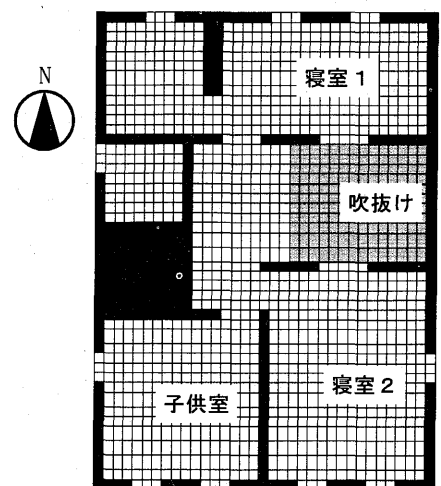
	単純住宅モデル		標準問題モデル	実在住宅モデル
計算case	case1	case2	case3	case4
乱流モデル	標準k-εモデル	標準k-εモデル	標準k-εモデル	標準k-εモデル
解析風向	16風向	16風向	16風向	16風向
室内解析メッシュ	26(x)×26(y)×14(z)	26(x)×26(y)×14(z)	41(x)×34(y)×23(z)	35(x)×45(y)×27(z)
評価対象領域(m)	床上0.5~1.5	床上0.5~1.5	床上0.5~1.5	床上0.5~1.5
延床面積(m ²)	56.3	56.3	98.3	106.5
開口総面積(m ²)	6.5	6.5	15.5	12.2
天窗の有無(m ²)	無	有(3.2)	無	有(1.2)



(1) 外観 (SE 側面)



(2) 1F メッシュ分割 (平面)



(3) 2F メッシュ分割 (平面)

図13 実在住宅モデル

ある住宅の立地する敷地が建蔽率10%の場合、その住宅の立地指標はGrade 1となる。

4. 建物性能指標

室内の気流性状は、開口面積・位置、室内の間取り、建付家具の設置状況等（本稿ではこれらのパラメータを総合して「建物性能」と定義）の影響を受けると考えられる。通風により居住者の体感温度低下の効果を考えるには、これらのパラメータを考慮し、居住空間において体感温度低下に効果的な気流速度を確保できるかを予測する必要がある。

そこで、単純住宅モデルおよび実在住宅モデル等について、建物性能が室内の気流性状に与える影響を解析し、総合通風性能評価指標の一指標である「③建物性能指標」を提案することを目的とする。

4.1 解析対象モデル

解析対象モデルは前項で示した単純住宅モデル、日本建築学会住宅用標準問題モデル及び新潟市に建つ実在住宅モデルを対象とする（図13）。

4.2 解析条件

解析手法は前項と同様である。表5に解析条件を、図14に東京の非暖房期間（5月8日～10月13日）における風配図、風向別平均

風速を示す。解析は16風向を対象に行い、その解析結果と対象モデルが東京に立地していると仮定して東京の風速、風向データから非暖房期間平均の風速分布を算出する。建蔽率は0%とし流入風の鉛直分布は1/4乗則を仮定する。評価対象領域とは座位から立位の室内呼吸域付近であり、床上0.5～1.5mと定義する。

単純住宅モデルでは天窓の有無をパラメータとして解析を行う。実在住宅モデルにおいては天窓を開放し、建付家具を設置した状況で解析を行う。

4.3 解析結果

図15に実在住宅モデルのA-A'断面の室内気流分布（風向S）を示す。1F、2Fの南窓から流入した外気は居室から吹き抜けを通過し、天窓から流出される通気輪道が形成されている。また、1F北側の居室は気流速度0.2m/s以下の比較的遅い気流分布となる。これは家具により、南側居室からの流入外気が遮られること、流入した外気的主流方向に面する開口が無いこと等が原因と考えられる。

4.4 建物性能指標の評価

図16に各モデルを対象とした平均気流速度の累積頻度の計算結果を示す。本稿では「建物性能」を評価する尺度として、気流速度0.3m/s以上の容積比を基準として評価を行う。表6に居住空間に対して気流速度0.3m/s以上の容積の割合を示す。表6に示す値は、評価対象領域内の気流速度0.3m/s以上の容積割合を意味している。

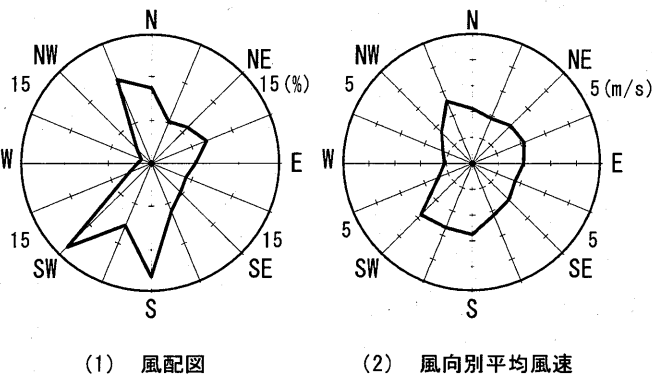


図14 東京の非暖房期間における風配図、風向別平均風速

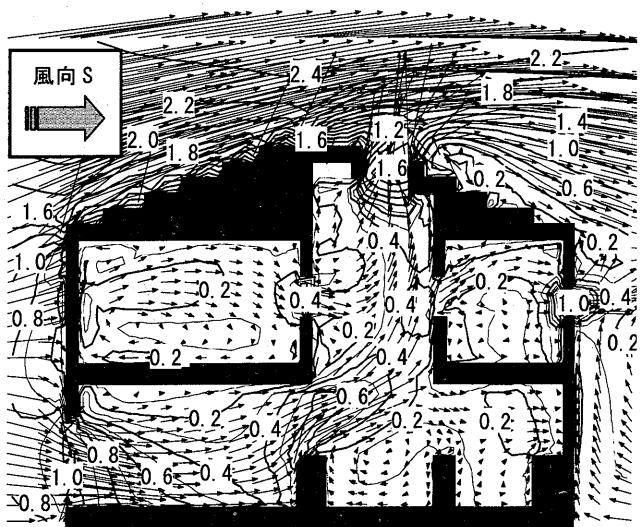


図15 室内気流分布（風向S、A-A'断面）

計算case	単純モデル		標準問題	実在住宅モデル
	case1	case2	case3	case4
気流速度0.3m/s以上の割合	0.31	0.65	0.52	0.29

表6 評価対象領域における風速0.3m/s以上の割合

	気流速度0.3m/s以上の割合
Grade1	0.5以上
Grade2	0.4～0.5未満
Grade3	0.3～0.4未満
Grade4	0.2～0.3未満
Grade5	0～0.2未満

表7 建物性能指標のグレード

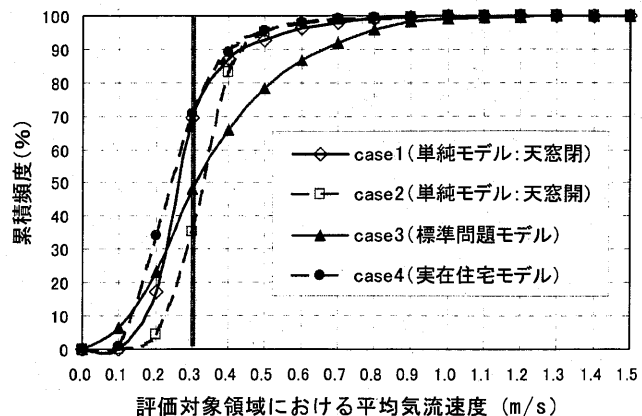


図16 重み付け平均風速の累積頻度

また、表中の値は図14に示す風向別平均風速に基づいて、室内外同時気流解析の結果から、風向ごとに重み付けをして求めたものである。

対象モデルの基準となる単純住宅モデルでは天窓無の case 1 で 0.31、天窓有の case 2 で 0.65 となり、天窓の効果により気流速度 0.3m/s 以上の空間割合は大きくなる。

標準問題モデルは 0.52、実在住宅モデルは 0.29 となる。標準問題モデルでは西面、南面に開口があり、東京の最多風向頻度が S、SW であるため流入外気量が多くなり室内は比較的速い気流速度となっている。一方、実在住宅モデルでは西面の開口が少なく、開口面積も小さいため西側窓からの流入外気が少ないこと、および 1F は建付家具の影響により気流速度が比較的遅くなることなどが原因となり、気流速度 0.3m/s 以上の空間割合は小さくなっている。建物性能は地域の風向・風速頻度、建物の立地する方向、開口位置・面積に大きな影響を受けており、これらの要素を考慮し、評価を行う必要があると考えられる。

表7に建物性能指標のグレードを示す。地域指標、立地指標と同様に、表7に示した評価対象領域における気流速度 0.3m/s 以上の容積の割合を Grade 1 から Grade 5 まで 5 段階に分け、評価を行う。例えば、単純モデルの case 1（天窓無）が Grade 3、case 2（天窓有）が Grade 1 となる。

4.5 建物性能指標のまとめ

本項では、総合通風性能評価指標の一指標である建物性能の評価を行った。建物性能指標の評価尺度は評価対象領域における気流速度 0.3m/s 以上の容積の割合を基準とした。

①単純住宅モデルでは、天窓の有無により解析を行い天窓が有ることにより、気流速度 0.3m/s 以上の割合は天窓が無い場合に比較し約 2 倍となり天窓の効果大きい。

②標準問題モデルおよび実在住宅モデルの解析結果から、開口の位置、面積の違いにより室内気流速度は異なり、建物性能が室内気流速度に及ぼす影響は大きいと考えられる。

③評価対象領域における 0.3m/s 以上の容積の割合を用いて 5 段階のグレードに分け、建物性能指標の評価指標を作成した。単純モデルの case 2（天窓有）が Grade 1 となる。

表 8 総合通風性能評価指標の例

モデル名	標準問題 モデル	実在住宅 モデル
地域指標	Grade3 (東京と仮定)	Grade1 (新潟と仮定)
立地指標	Grade2 (k=30%と仮定)	Grade2 (k=30%と仮定)
建物性能 指標	Grade1	Grade4
総合通風性能 評価指標	Grade2.0	Grade2.3

5. 総合通風性能評価指標

2～4項では、総合通風性能評価指標のパラメータである地域指標、立地指標、建物性能指標についてそれぞれ 5 段階のグレードに分けを行った。本項ではその 3 つのパラメータを用いて総合通風性能評価指標の試案を示す。

5.1 評価方法

3 指標のグレードを足し合わせて単純平均したものを総合通風性能評価指標のグレードと仮定する。最高値で Grade1.0、最低値で Grade5.0 となり、値が小さいほど通風性能が良いことを示す。

5.2 総合通風性能評価指標の評価

表8に総合通風性能評価指標の例を示す。標準問題モデルが東京、実在住宅モデルが新潟の地域に建てられ、両モデルとも建蔽率 30% の敷地に立地していると仮定すると、総合通風性能評価指標は標準問題モデルで Grade2.0、実在住宅モデルで Grade2.3 となる。

5.3 総合通風性能評価指標のまとめ

本項では戸建住宅を定量的に評価するための指標として、地域指標、立地指標、建物性能指標の 3 つ指標を用いて総合通風性能評価指標の試案を示した。

6. まとめ

本稿において戸建住宅の総合通風性能評価指標の提案を行った。「①地域指標」では通風デグリアワー（CVDH）を提案し、全国の CVDH マップを作成し 5 段階によりグレード分けを行った。「②立地指標」では建蔽率の変化による平均通風量比を算出し、グレード分けを行った。「③建物性能指標」では建物性能が室内気流性状に及ぼす影響を解析し、評価対象領域における気流速度 0.3m/s 以上の容積の割合を用いて 5 段階のグレード分けを行った。さらに、総合通風性能評価指標を上記の 3 指標を用いた評価指標の試案を示した。

今後は評価対象モデルを増し上記の 3 指標を用いて、総合通風性能評価指標の評価を行う。

注釈

- 1) 気流速度は人体呼吸域付近の地上から 1.6m の高さの気流速度を用いている。
- 2) 本稿でいう建蔽率は建物周辺の道路も含めた建蔽率である。

参考文献

- 1) 赤林他「室内気流分布を考慮した住宅の通風性能評価に関する研究その 1～4」日本建築学会大会(関東)研究報告集, D-2, pp. 627-634, 2001 年
- 2) 赤林・村上他「周辺に建物群のある独立住宅の風圧分布に関する風洞実験および換気量予測、住宅の換気・通風に関する実験的研究 その 1」日本建築学会計画系論文集, 1994 年
- 3) 村上・加藤・出口「住宅の通風に関する実験的研究 その 2 風洞模型実験による検討結果」日本建築学会大会学術講演梗概集, 1983 年
- 4) 村上・加藤・赤林他「住宅の換気通風に関する実験的研究その 8～10」日本建築学会大会学術講演梗概集, 1990 年
- 5) 小橋・倉淵・大場他「通風時の建物内外気流構造を目的とした LES 解析 風向 0°, 45° の場合のシミュレーション結果とその解析」空気調和・衛生工学会学術講演会論文集, 2000 年
- 6) 澤地・清田・瀬戸・成田「住宅の通風設計及び性能評価に関する研究 その 9、その 10」日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp. 623-626, 2001 年
- 7) 赤坂・二宮他「日本建築学会拡張アメダス気象データ」日本建築学会, 1999 年 12 月

(2002年10月31日原稿受理, 2003年4月1日採用決定)