

戸建住宅を対象とした通風性能評価に関する研究

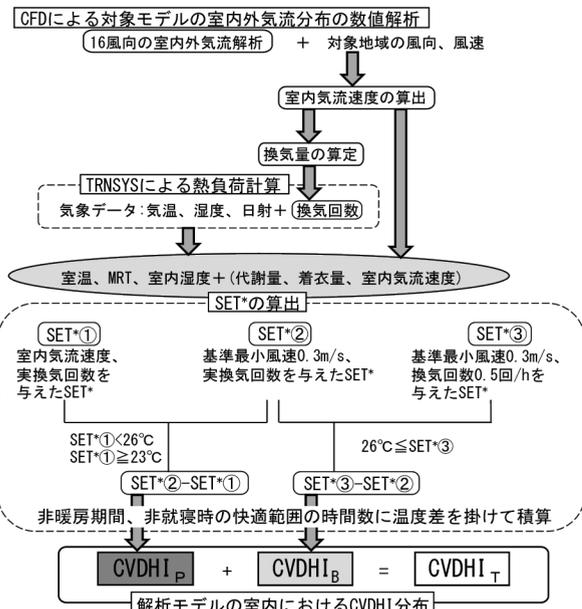
- 通風性能の簡易・定量的評価方法に関する研究 -

有波裕貴
指導教員
赤林伸一教授

1 研究目的

近年、CO₂ などの排出増加に伴う地球温暖化対策を背景に、住宅などで消費される民生用エネルギーを削減する事が求められている。自然エネルギーを有効に利用し、居住環境を調整する手法の開発・評価は重要であると考えられる。自然エネルギーの有効利用法の1つである通風の利用は、室内居住環境を改善させることが可能であり、冷房の使用率を低下させ、冷房用エネルギーの削減が期待されるため、今後の積極的な利用が望まれる。住宅の通風性能は、住宅の間取りや開口条件以外に地域の風向・風速、建蔽率などの住宅周辺の条件等により大きく異なり、定量的に評価することが極めて困難である。しかし、風通しや陽当たりの良さは住宅の性能として重要であり、このため特に通風性能を簡易・定量的に評価することは必要不可欠な課題となっている。

図1に通風性能評価手法の1つである室内通風デグリアワー (Cross Ventilation Degree Hour of Inside Area) の算出フローを示す。既往の研究^{1~4)} では、室



※ CVDHI_p: 通風によって生じる可感気流による体感温度低下効果
CVDHI_b: 日射等の影響を受ける室内において、通風により室内の熱を屋外に排出する排熱効果

図1 室内通風デグリアワー (Cross Ventilation Degree Hour of Inside Area) の算出フロー

内通風デグリアワーによる評価手法を用いて通風性能を定量的に評価することが可能であることを報告している。しかし、この手法は建物モデル毎に各風向における室内外気流分布のCFD解析^{*1}を行って室内通風デグリアワーを算出し、評価を行う必要がある。この計算量は膨大であり、個々の住宅の通風性能を実用的に評価することは困難である。

又、既往の研究³⁾によれば、可感気流による体感温度 (SET*) の低下効果より、換気による排熱効果が極めて大きく、自然通風による室内温熱環境改善効果は通風量のみではほぼ評価することが可能であると考えられる。

本研究では、実在の戸建住宅の平面計画を通風経路に着目して類型化を行い、外壁の開口条件と間仕切り壁による室同士の接続状況を考察することで、通風性能をより簡易に評価する通風性能簡易評価モデルを作成する。このモデルを対象としてCFD解析を行い、窓面積率 (窓面積 / 床面積) を変化させて実換気回数を算出する。十分な室温低下効果を得るために必要な換気回数 (有効換気回数) を満たす最小の窓面積率 (有効窓面積率) を検討し、開口条件と通風性能の関係を明らかにする。又、外部風向が変化する場合における通風量の変化による各

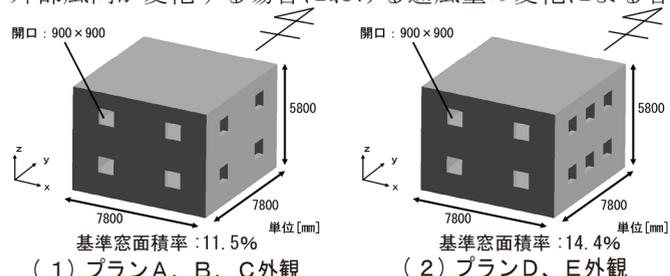
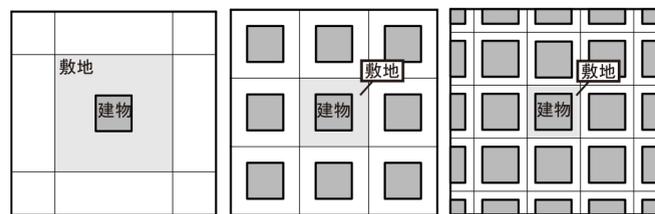


図2 解析対象モデル



(1) 建蔽率 10% (2) 建蔽率 30% (3) 建蔽率 50%

図3 街区モデルの概要

室の室温の相違を比較・検討し、室温と通風量の関係を明らかにする。更に、解析対象モデルの建蔽率を変化させてCFD解析を行い、全国842地域を対象に有効窓面積率を算出し、戸建住宅における通風性能の簡易・定量的評価方法を提案することを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析概要：対象とする戸建住宅の平面計画は大手ハウスメーカー7社が各社のホームページ^{※2}上に公開している平面計画8戸、ハウジング新潟^{※5}に掲載されている平面計画50戸の計58戸（2階建て56戸、1階建て2戸）とする。各平面計画を通風経路に着目して各階毎に分類し、モデル化を行うことで通風性能簡易評価モデルを作成する。

2.2 通風経路のモデル化：実在住宅の平面計画は、風上側から風下側の室まで通気輪道が形成される際に、間仕切り壁や外壁の開口条件など通風経路上で相対的に大きな抵抗となる要素が存在する。本研究ではこの点に着目して類型化を行う。但し、トイレや浴室等の水回りは湿気や汚染物質、臭気などを拡散させないために通風時には扉を閉めると考え除外する。

2.3 解析条件：図2に解析対象モデルを、図3に街区モデルの概要を、表1に解析条件を、表2に主要11都市の非暖房期間^{※3}と平均風速を示す。解析対象は通風性能簡易評価モデルプランA～Eとし、建蔽率は

表1 解析条件

解析風向数	16風向	
	建蔽率0%(単体)	56(x) × 56(y) × 37(z) = 116,032
解析領域メッシュ数	建蔽率10%	56(x) × 56(y) × 37(z) = 116,032
	建蔽率30%	56(x) × 56(y) × 37(z) = 116,032
	建蔽率50%	42(x) × 42(y) × 37(z) = 65,268
室内解析メッシュ数	30(x) × 30(y) × 19(z) = 17,100	
延べ床面積[m ²]	111.69	
開口部総面積[m ²]	プランA、B、C	0.9 × 1.8 × 16 = 25.9
	プランD、E	0.9 × 1.8 × 20 = 32.4
基準窓面積率[%]	プランA、B、C	3.8、7.7、11.5、23.0
	プランD、E	4.8、9.6、14.4、28.8
境界条件	建蔽率0%(単体)	流入：1/4乗則 (基準高さ6.5m、風速3.0m/s) 流出：自由流出
	建蔽率10%	流入・流出：周期境界条件
	建蔽率30%	
	建蔽率50%	
乱流モデル	標準k-εモデル(等温)	
熱損失係数[W/(m ² ・K)]	プランA、B、C	1.98
	プランD、E	2.11

表2 主要11都市の非暖房期間^{※3}と平均風速

都市	非暖房期間	平均風速[m/s]	
札幌	6/29～9/10	76日	1.78
仙台	6/12～9/25	105日	1.86
東京	5/7～10/12	158日	1.76
名古屋	5/7～10/13	159日	2.14
新潟	5/29～10/2	126日	2.41
京都	5/8～10/13	158日	1.51
大阪	5/6～10/10	157日	1.96
神戸	5/8～10/18	163日	2.18
広島	5/7～10/5	159日	1.77
高知	5/15～10/19	157日	1.43
福岡	5/8～11/7	183日	2.07

0%（単体）、10%、30%、50%とする。各プランにおける基準窓面積率は、プランA～Cは3.8^{※4}、7.7、11.5、23.0%とし、プランD、Eは4.8^{※4}、9.6、14.4、28.8%として解析を行う。

2.4 実換気回数と実室間通風量の算出方法：解析対象モデルの室内外気流分布の解析は、標準k-εモデルを用いた等温乱流数値流体解析（使用コード：CFD2000）により行う。CFD解析により16風向別の開口部風速比を求める。開口部の風速比から換気回数及び室間通風量を算出し、各地域の風向・風速から実換気回数及び実室間通風量を算出する。

2.5 換気回数による通風性能評価：有効窓面積率を算出する際は、換気回数による通風性能評価^{※6}に基づき、自然通風による排熱効果によって各階の平均室内外温度差が1℃未満となるGrade①を対象とし、有効換気回数は20回/hとする。

2.6 各室の平均室内外温度差：換気回数による通風性能評価では、各階で換気回数を設定し、通風による室温低下効果の評価を行っている。しかし、実際の住宅では、全国各地域の風向・風速の変化によって各室の換気回数と室間通風量は時々刻々と変化するため、各室毎に通風による室温低下効果が異なると考えられる。そこで、各地域の風向・風速により、各室の換気回数と室間通風量を変化させて室温の解析を行い、通風量

CFDによる対象モデルの数値解析

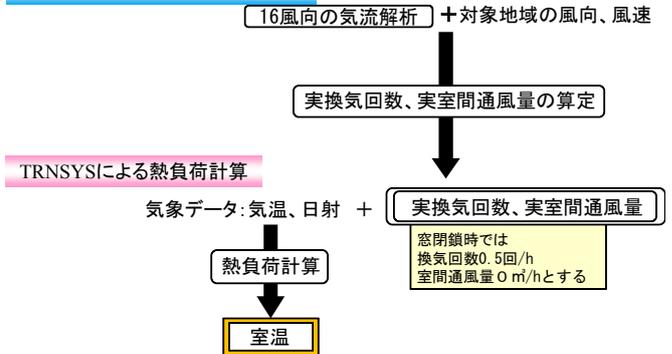


図4 室温の算出フロー

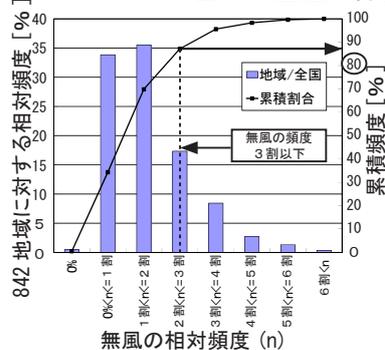


図5 非暖房期間における全国の外部風が無風の頻度分布

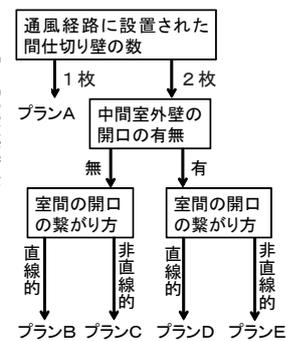


図6 住宅平面計画の分類フロー

と室温の関係を明らかにする。

2.7 室温の解析方法：図4に室温の算出フローを示す。室温の算出^{※5}には、熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS を用いる。気象データ^{※6}の気温、日射量、算出した実換気回数と実室間通風量から各室の室温を解析し、各基準窓面積率における各室の平均室内外温度差を非暖房期間・非就寝時^{※7}において算出する。

2.8 各窓面積率における実換気回数の算出：CFD解析により16風向別の窓面の風速比を求め、窓面の風速比から基準風速^{※8}での換気回数を算出する。換気回数と窓面積率はほぼ比例するので、算出した換気回数と窓面積率の回帰式を求め、窓面積率を1%刻みで変化させて換気回数を算出し、対象地域の風向・風速から各プランの各窓面積率における実換気回数を算出する。

2.9 有効窓面積率：図5に非暖房期間における全国の外部風が無風の頻度分布を示す。各地域の非暖房期間における無風の相対頻度は1割から2割までが最も高

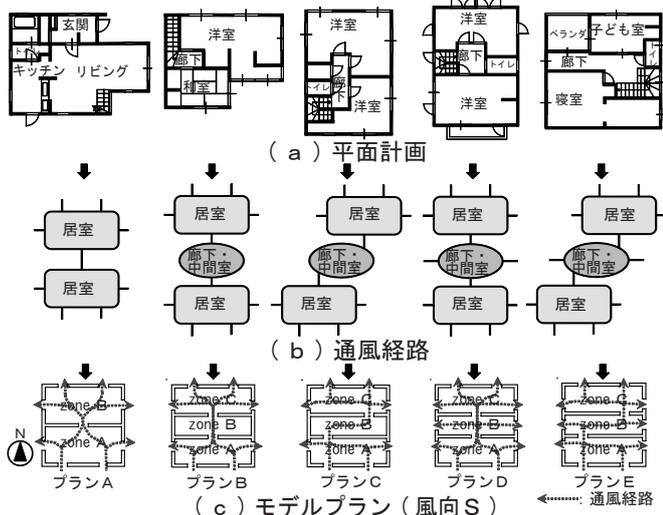


図7 通風経路のモデル化

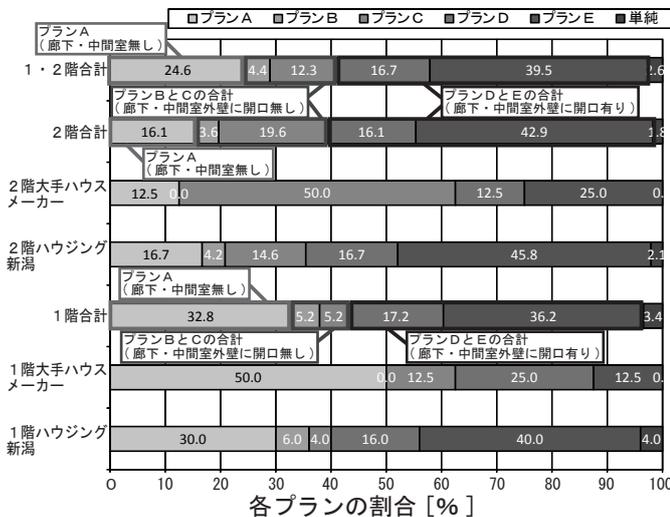


図8 対象とした平面計画における各プランの割合

く、2割以下では全国842地域に対する累積頻度は70%程度、3割以下では80%を超える。無風の場合、換気回数と窓面積率は比例しないので、有効換気回数以上の相対頻度が7割以上の時に通風による室温低下効果が十分に得られると考え、この効果が得られる最小の窓面積率を換気回数による通風性能評価 Grade ① (有効換気回数20回/h)を満たす有効窓面積率とし、全国842地域で算出する。

3 通風性能簡易評価モデルの作成

3.1 通風経路による実在平面計画のモデル化：図6に住宅平面計画の分類フローを、図7に通風経路のモデル化を示す。平面計画は各階において通風性能に影響を及ぼす間仕切り壁の数、中間室外壁の開口の有無、室間の開口の繋がり方の3要素において類型化を行う。平面計画はプランAからプランEの5つと通風に影響を及ぼす間仕切り壁が存在しないパターン(単純住宅モデル^{※6})の計6つに分類することが可能と考えられる。

3.2 各プランの割合：図8に対象とした平面計画における各プランの割合を示す。どの平面計画においても、各階の合計ではプランEが40%程度と最も多く、1階の平面計画ではプランAも32.8%と多い。これは1階の平面計画にはLDKが配置される場合が比較的多く、間仕切り壁で室を区切らず大空間を設けているため、中間室が無い場合などが多いためと考えられる。又、いずれの階においても、プランBとCの合計は10.4~23.2%程度、プランDとEの合計は53.4~59%程度であり、中間室にも開口が設けてある場合が多いと考えられる。

3.3 通風性能簡易評価モデル：図9に通風性能簡易評価モデル(プランE)を示す。平面計画の類型化により通風性能簡易評価モデルを作成する。外壁の開口は一般的な窓の開放面積である0.81 m² (900mm × 900mm)を基準として各室に4箇所ずつ、プランD、Eでは中間室に

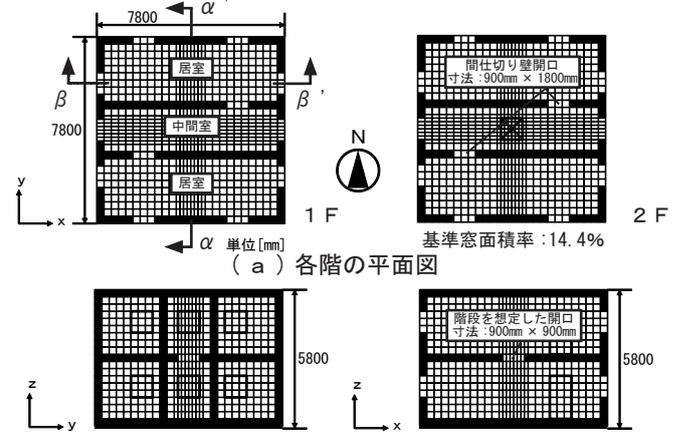


図9 通風性能簡易評価モデル(プランE)

2箇所ずつ設ける。間仕切り壁の開口面積は1.62 m² (900mm × 1800mm)とし、プランA、B、Dは間仕切り壁中央部に、プランC、Eは外壁から1200mm内側に設ける。

4 建蔽率0% (単体)を対象とした解析結果

4.1 換気回数と窓面積率の関係：図10に換気回数と窓面積率の回帰式及び寄与率(風向S、2F)を示す。どのプランでも窓面積率に比例して、換気回数は増加する。又、風向Sの寄与率はどのプランにおいても0.99以上となる。この回帰式を用いて窓面積率を1%刻みで変化させて全国842地域における有効窓面積率の分布を求める。

4.2 通風量と室温の関係：図11、12にプランA及びEにおける各室の基準窓面積率における平均室内外温度差(非暖房期間・非就寝時)を示す。各室の平均室内外温度差は各地域の風向・風速により変化し、窓面積率が高くなる程、各室の平均室内外温度差の相違は少なくなる。各階における各室の平均室内外温度差の相違は、平均室内外温度差が1℃程度となる窓面積率4%(プランA)又は5%(プランE)の場合においても0.2~0.6℃程度と少ない。通風量が十分な場合、各階における各室の平均室内外温度差はほぼ等しく、換気回数による通風

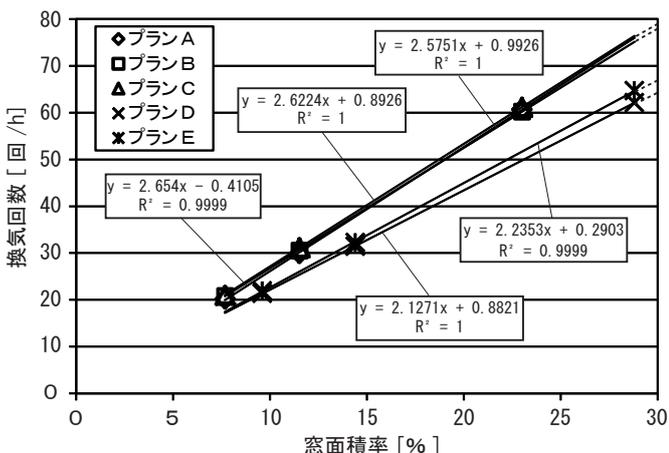


図10 換気回数と窓面積率の回帰式及び寄与率(建蔽率0%(単体)、風向S、2F)

性能評価は各階で行うことが可能であると考えられる。

4.3 11都市における有効窓面積率の比較：図13に11都市における有効窓面積率(建蔽率0%(単体)、2F)を示す。どのプランでも新潟や福岡などの風速の速い地域では有効窓面積率は4~5%程度と比較的低く、京都や高知などの風速の遅い地域では有効窓面積率は7~8%程度と比較的高い傾向がある。プランの相違による有効窓面積率の変化はどの地域でも1%程度である。

4.4 有効窓面積率マップ：図14、15にプランA及びEにおける有効窓面積率マップ(建蔽率0%(単体)、2F)を示す。有効窓面積率は風速の速い海沿いの地域では4%程度と低く、風速の遅い内陸部は10%程度と高い傾向がある。プランAとEを比較すると、有効窓面積率の分布には変化があまり見られない。建蔽率0%(単体)モデルでは、間仕切り壁や開口条件の違いによって通風性能はあまり変化しないと考えられる。

5 建蔽率10%、30%、50%を対象とした解析結果

5.1 換気回数と窓面積率の関係：図16に各建蔽率における換気回数と窓面積率の回帰式及び寄与率(プランA・E、風向S、2F)を示す。換気回数は窓面積率に比例して増加し、風向Sの寄与率はどのプランでも0.99以上となる。この回帰式^{*9}を用いて全国842地域を対象に有効窓面積率を算出する。

5.2 11都市における有効窓面積率の比較：図17に各建蔽率における11都市の有効窓面積率(プランE、2F)を示す。建蔽率が大きくなる程、有効窓面積率は高くなる。建蔽率50%の2階では、有効窓面積率は新潟や福岡等の風速の速い地域においては40~50%程度と相対的に低く、京都や高知等の風速の遅い地域では75~85%程度と高い。

5.3 有効窓面積率マップ：図18にプランEにおける有効窓面積率マップ(建蔽率50%、2F)を示す。有効

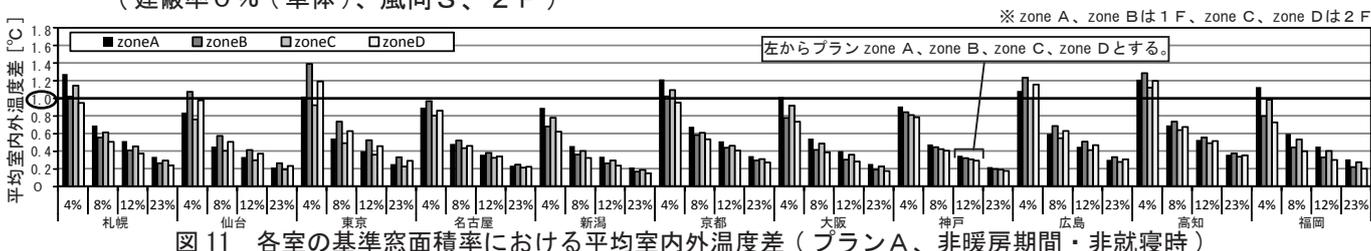


図11 各室の基準窓面積率における平均室内外温度差(プランA、非暖房期間・非就寝時)

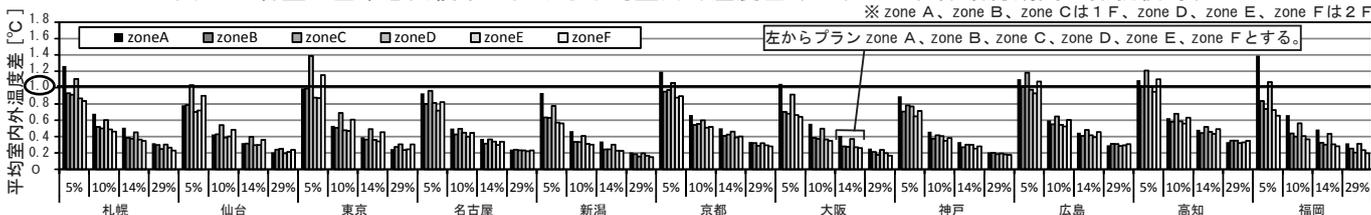


図12 各室の基準窓面積率における平均室内外温度差(プランE、非暖房期間・非就寝時)

