

2021 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災 or (室内環境) or 屋外環境
研究期間：2021 年度
課題番号：21212009
研究課題名（和文）：実街区における通風性能及び促進デバイスの有効性に関する研究
研究課題名（英文）：Evaluation of ventilation performance and effective effectiveness of devices in actual block area
研究代表者：倉瀨 隆
交付決定額（当該年度）：350000 円

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用していただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

その1 ウィンドキャッチャー設置の効果に関する検討

1. 研究の目的

2050 年カーボンニュートラルを目指すために地球温暖化対策計画やエネルギー基本計画が改訂された。そのうち地球温暖化対策計画では各分野での CO₂ 排出量の削減量が取り決められ、建築と関りが深い業務その他部門、家庭部門での 2030 年削減率が 2013 年比でそれぞれ 51%、66%と定められた。これらの目標達成のためや環境配慮への意識の高まりなどもあり住宅などでは自然エネルギーを有効活用するために計画的に通風を導入する必要性が高まっている。

表 1. 部門別の温室効果ガス排出量削減率（環境省）

温室効果ガス排出量 ・吸収量 (単位：億t-CO ₂)		2013排出実績	2030排出量	削減率	従来目標
		14.08	7.60	▲46%	▲26%
エネルギー起源CO ₂		12.35	6.77	▲45%	▲25%
部門別	産業	4.63	2.89	▲38%	▲7%
	業務その他	2.38	1.16	▲51%	▲40%
	家庭	2.08	0.70	▲66%	▲39%
	運輸	2.24	1.46	▲35%	▲27%
	エネルギー転換	1.06	0.56	▲47%	▲27%

以上の背景より、本研究ではウィンドキャッチャーの通風性能改善効果について、実際の団地住宅の二室においての実測を行い、CFD との整合確認及び効果の検討を重ねる。

2. 研究の方法

2.1. 現場実測

実測は神奈川県厚木市にある緑ヶ丘団地で行った。室の概要及び各開口部における風圧力と風速を測定するための測定機器の設置状況を図 2.1 に示す。実測は対象の建物のうち改修工事によって左右開きのウィンドキャッチャー窓を導入した A 号室と改修を行っていない B 号室の二室で行った。対象の二室にて、デジタル微差圧計及び圧力タップを用いて、室内圧を基準とした各開口部に生じる風圧力を測定する。また、屋上と開口部に超音波風速計を設置し、外部風速と主風向、開口部での風速測定も行う

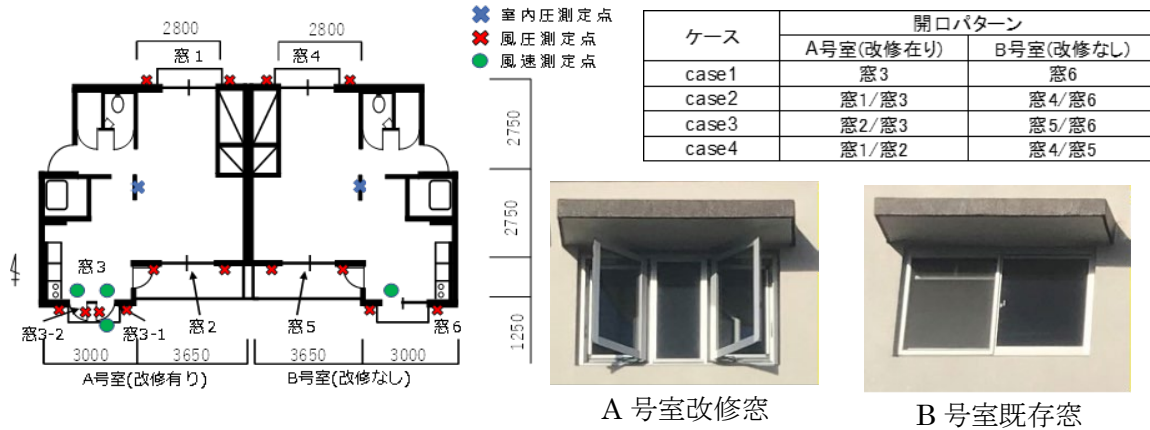


図 2.1. 実測概要

2.2. CFD 解析

対象住戸及び周辺街区の解析においてはデータマッピング機能を使用して2段階に分けて解析を行った。第一段階の解析では model-L を使用し、第二段階では model-S を使用した(図 2.2)。model-L においては対象住棟を中心に周辺の住宅を再現した。model-S は model-L をもとに再現範囲を狭くしたモデルである。第一段階の解析では流入境界条件として過去に東京工芸大学のエッフェル型風洞で測定した 1/4 乗則に基づくアプローチフローのプロフィールを与えた。第二段階の解析では一段階前の解析結果をもとに Inlet、Outlet を設定し、境界条件及び初期条件として与えて解析を行った(表 2.1、表 2.2)。解析モデルは既往研究のデータマッピングを用いた屋外解析による結果からそれぞれ対応の良いモデルとした。また CFD 解析においても実測と合わせるため A 号室と B 号室の二室で解析を行った。

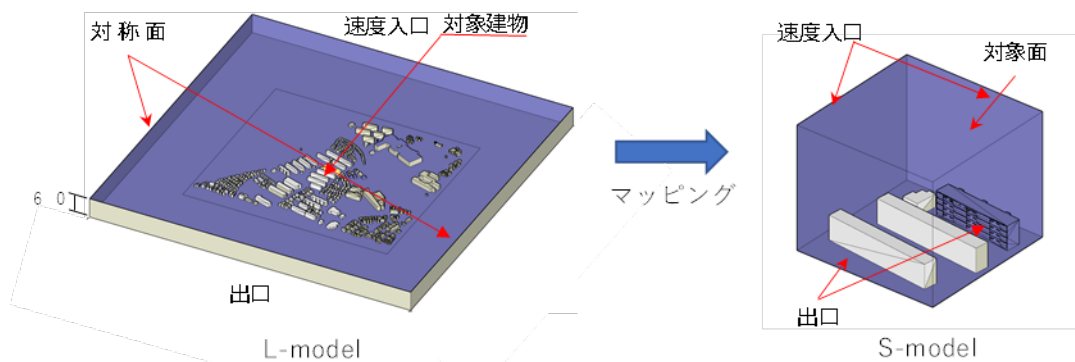


図 2.2. 解析モデル

表 2.1. L-model 解析条件

+X 面	対称面
-X 面	対称面
+Y 面	速度入口：風洞実験で測定した 1/4 乗則に基づくアプローチフロー
-Y 面	出口
+Z 面	対称面
解析領域	950m×950m×60m (実寸)
乱流モデル	Realizable k-ε モデル

表 2.2. S-model 解析条件

+X 面	速度入口：第一段階解析結果
-X 面	速度入口：第一段階解析結果
+Y 面	速度入口：第一段階解析結果
-Y 面	速度入口：第一段階解析結果
+Z 面	速度入口：第一段階解析結果
解析領域	対称面
乱流モデル	標準形 k-ε モデル

2.3. 検討風向

実測及び海老名のアメダスの風向データの結果（図 2.3）より CFD 解析においては割合の大きい北北西・北・南・南南西の 4 風向に検討風向を絞って検討を行う。

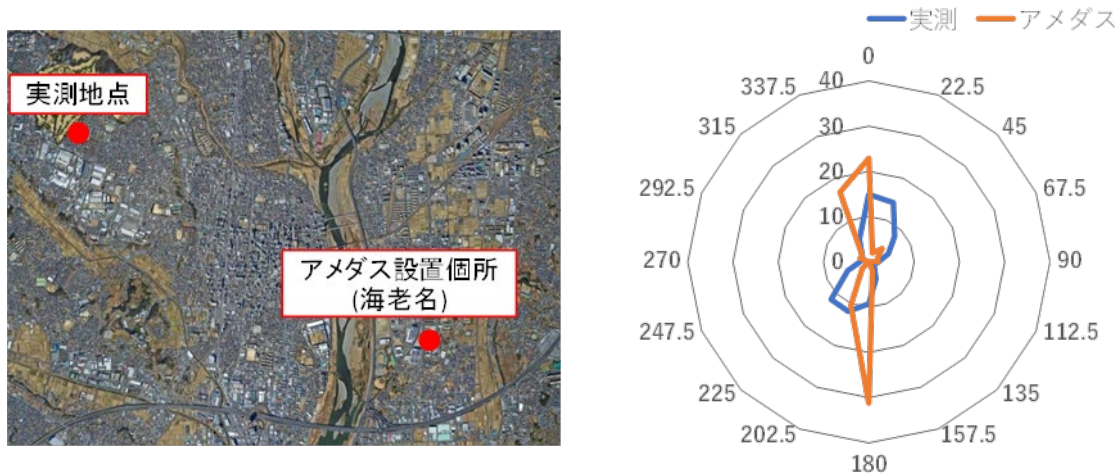


図 2.3. 検討風向

3. 研究成果

3.1. 実測・CFD 整合確認

実測データと CFD での解析結果を図 3.1 に示す。比較の際はウィンドキャッチャーを用いた実測ケースのうち実測データの信頼性が高い二面開口の case2 を用い各開口部の通風量と風圧係数差を比較項目とした。グラフより実測と CFD での結果に相関関係があることを確認したため以後の各風向の検討を CFD にて行った。

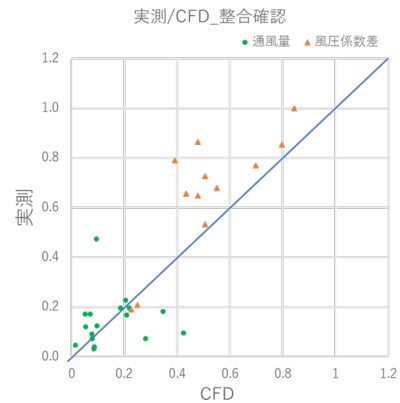


図 3.1. 実測と通風量の関係

3.2. CFD 解析結果

各風向の解析結果を示す。なお圧力コンター図の基準圧力は建物風上前縁の上空 58.9m とし、通風量は軒高風速 1m/s あたりの風量として基準化した。またウィンドキャッチャー窓を使用しない case4 での通風量の差は対象二室のともとの通風性能を表していると考え、case4 の大小関係に対してほかのケースの大小関係を検討する。

3-2-1. 風向角 0° の場合

風向角 0° の場合の各ケースの通風量を図 3.2 に、風速ベクトル図を図 3.3 に、圧力コンター図を図 3.4 に示す。case4 では B 号室の通風量が A 号室の通風量より大きいことからもともと B 号室の通風性能がよいことがわかる。しかし他のケースでも A 号室の通風量は B 号室より少ない結果となっている。風向角 0° の場合はウィンドキャッチャーによる通風量の改善があまり見られなかった。この風向角の南面では壁沿いの風速と風圧変動が小さいことから南面に設置したウィンドキャッチャーの効果が十分に発揮されないためだと考えられる。

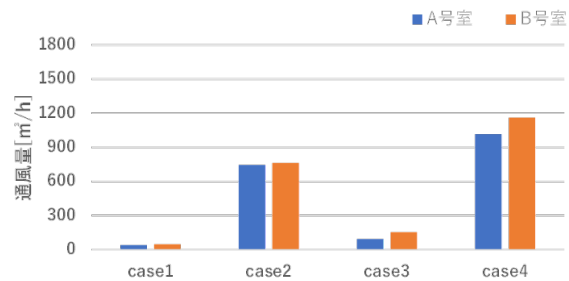


図 3.2. 風向角 0° 通風量

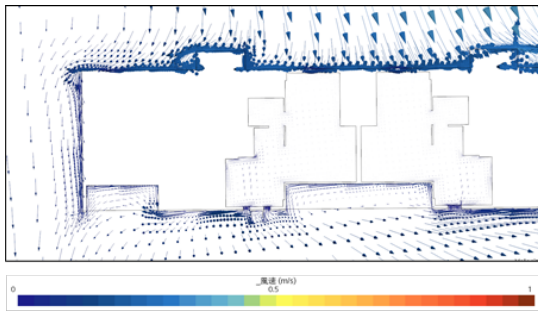


図 3.3. 風速ベクトル図

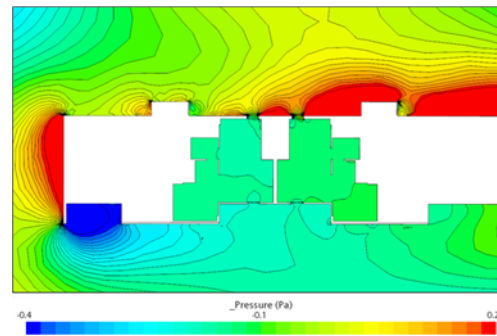


図 3.4. 圧力コンター図

3-2-2. 風向角 180° の場合

風向角が 180° の場合の A, B 号室の通風量比較を図 3.5 に示す。この風向角では case4 からもともと B 号室の通風性能が A 号室より高いこと、一面開口の case1 と case3 で A 号室の通風量改善が見られた。図 3.6、図 3.7 の窓 3、窓 6 の圧力コンター図を比較すると窓 6 では圧力変化がほとんど生じていないのに対して窓 3-1 のウィンドキャッチャーで風圧力が上昇している。その結果図 3.8 のように窓 3-1 からの流入が促進され一面開口では A 号室の通風

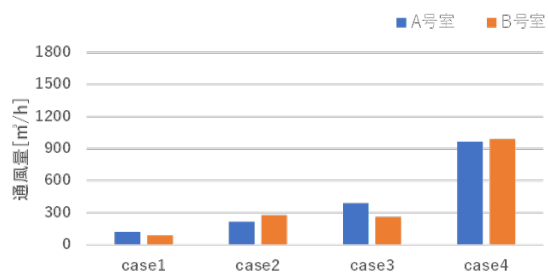


図 3.5. 風向角 180° 通風量

性能が改善しておりウィンドキャッチャー設置の効果が見られた。

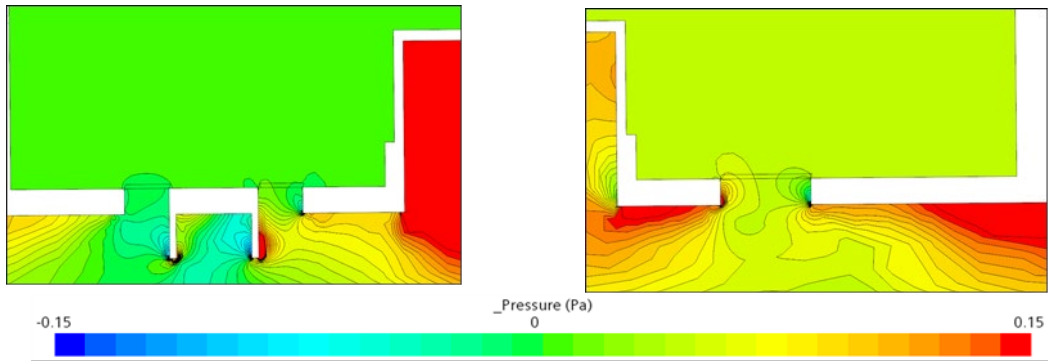


図 3.6. Case1 窓 3 圧力コンター図

図 3.7. Case1 窓 6 圧力コンター図

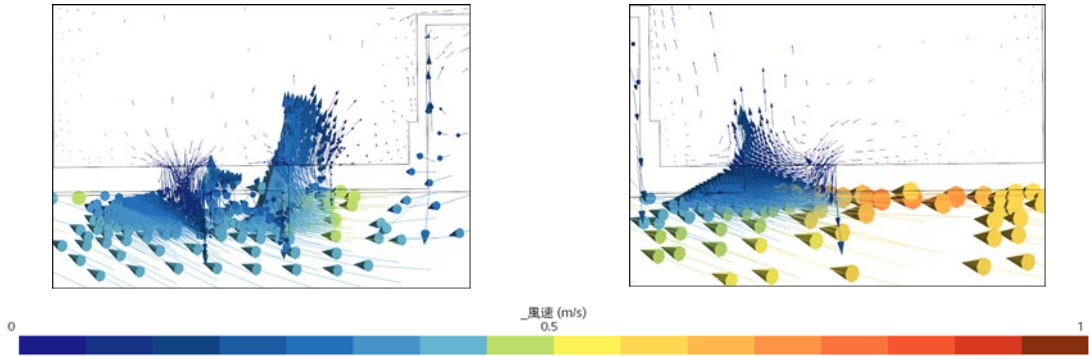


図 3.8. Case1 窓 3 風速ベクトル図

図 3.9. Case1 窓 6 風速ベクトル図

一方、case2 では A 号室での通風量が改善していない。case2 は二面開口となっており風向角と図 3.10 のベクトル図から考えると通風は南窓から流入し北窓から流出という流れになる。B 号室はそのまま流れているが A 号室では図 3.11 のように窓 3-2 でウィンドキャッチャーによる負圧作用が働き流出が促されている。このため本来の南から北への流れが妨げられたためウィンドキャッチャーの効果が小さくなっている。

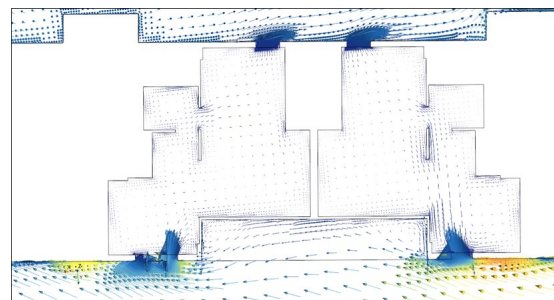


図 3.10. Case2 風速ベクトル図

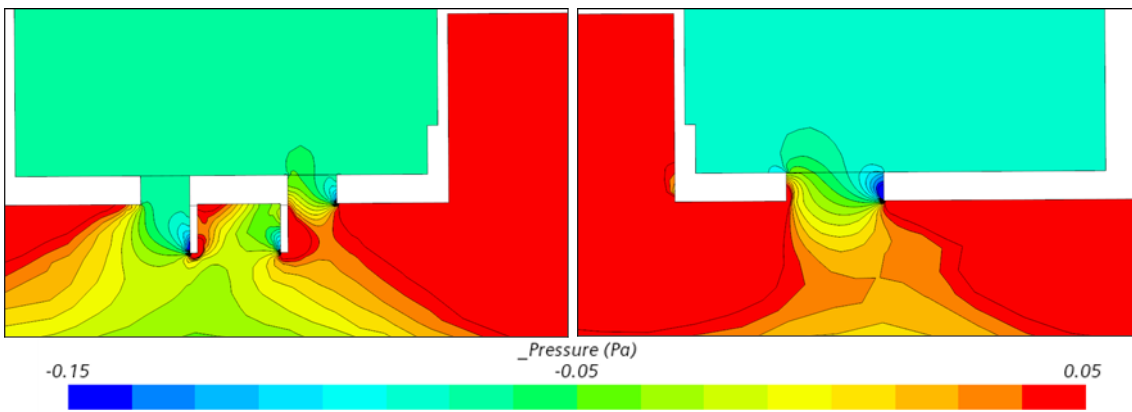


図 3.11. Case2 窓 3 圧力コンター図

図 3.12. Case2 窓 6 圧力コンター図

3-2-3. 風向角 202.5° の場合

風向角 202.5° の場合の通風量を図 3.13 に示す。この風向角では二面開口の case4 と case2 では A 号室の通風性能が B 号室より高いとわかる。これは図 3.14 に示すように風下側の建物北西ではく離による風圧力の低下が起きており、特に A 号室北窓では影響を大きく受けているため A 号室の通風量が B 号室より大きくなっている。そのためこの風向角では二面開口の通風性能はもともと A 号室のほうが高いとわかる。

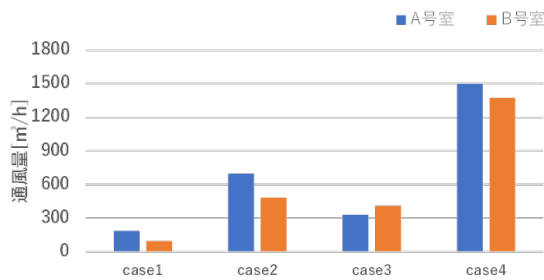


図 3.13. 風向角 202.5° 通風量

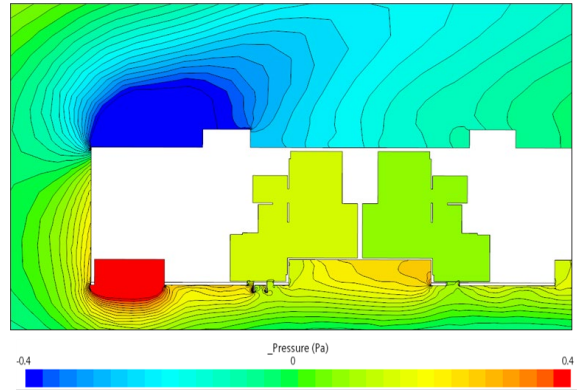


図 3.14. Case1 圧力コンター図

一方圧力低下の影響を受けない case1 でも A 号室の通風量が B 号室より大きくなっている。図 3.15 と図 3.17 から窓 3-2 のウィンドキャッチャー面で風圧力が増加し流入が促進されていることがわかる。一方、図 3.16、3.18 の窓 6 では圧力変化が小さく A 号室の窓に比べ流入出が促されていないとわかる。このことから case1 ではウィンドキャッチャー設置による通風改善効果があったと考えられる。

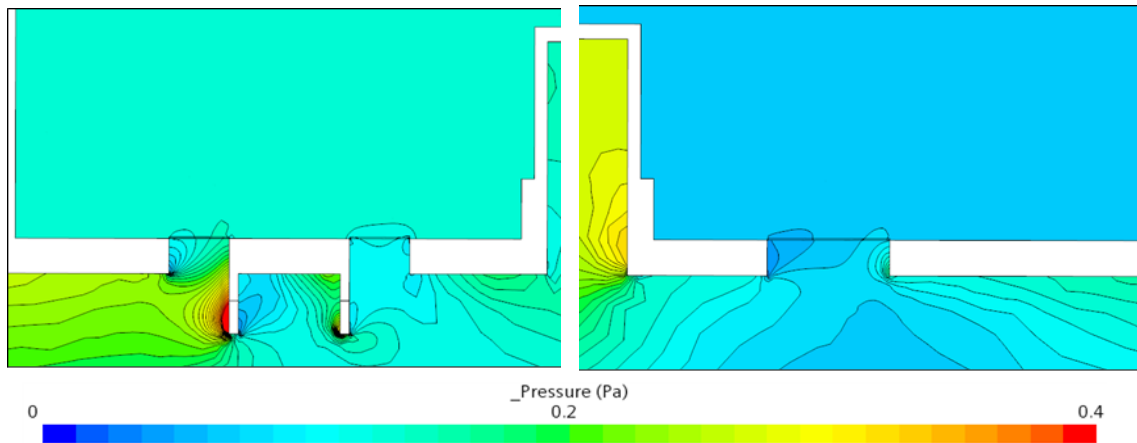


図 3.15. Case1 窓 3 圧力コンター図

図 3.16. Case1 窓 6 圧力コンター図

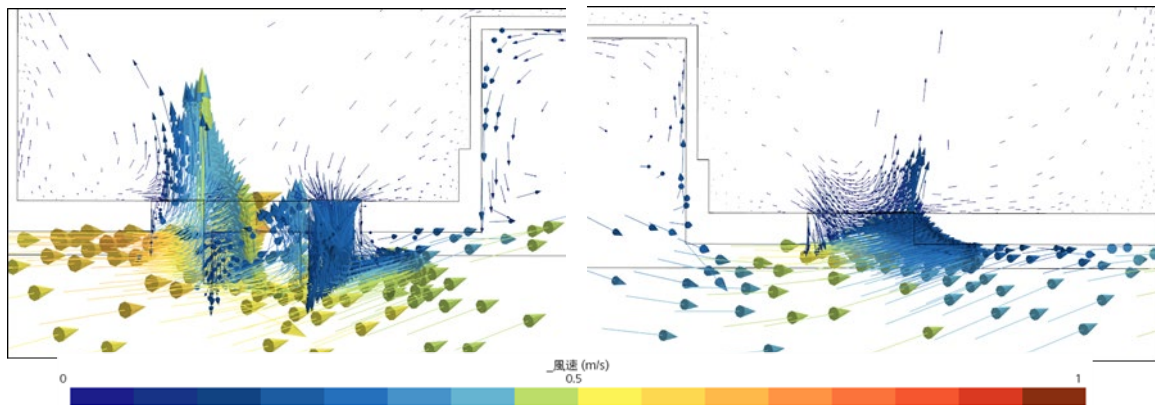


図 3.17. Case1 窓 3 風速ベクトル図

図 3.18. Case1 窓 6 風速ベクトル図

3-2-4. 風向角 337.5° の場合

風向角 337.5° の場合図 3.19 のように建物南西ではく離による風圧力の低下の影響をウィンドキャッチャー窓が受けていた。そのため A 号室の WC 窓及び WC 窓と対応する B 号室の窓では負圧の影響を比較及び通風性能の効果を検証することが困難だと考えた。検討を進めるため別途 A 号室にウィンドキャッチャーのないモデルを作成し各ケースの通風性能を比較した。

図 3.20 の結果から一面開口の case1 でウィンドキャッチャーによる通風性能改善の効果を確認した。case1 ではウィンドキャッチャーがない場合図 3.21 のように窓 3-1 と窓 3-2 の圧力差が小さくなっている。一方ウィンドキャッチャーがある場合図 3.22 のようにウィンドキャッチャーにより負圧の影響が窓 3-2 でせき止められ窓 3-1 と圧力差が生じているその結果窓 3-1 で流入、窓 3-2 で流出が促進されたため A 号室の通風量が増加している。Case2, 3 でも同様の効果は生じているが開口部が窓 3 以外にあり窓 3-1, 3-2 とその他の開口との圧力差が換気駆動力となっているためウィンドキャッチャーの効果が小さいと考えられる。

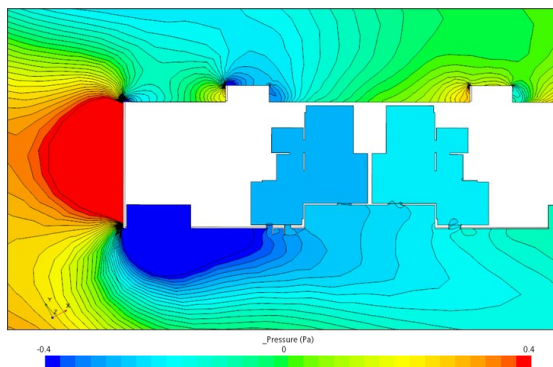


図 3.19. 風向角 337.5° Case1 圧力コンター図

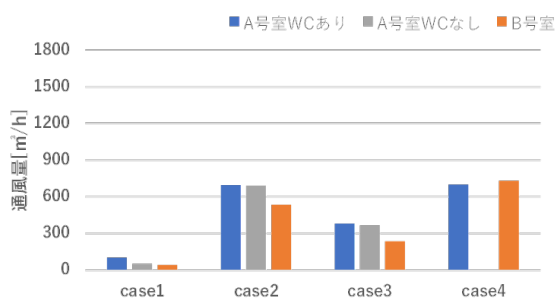


図 3.20. 風向角 337.5° 通風量

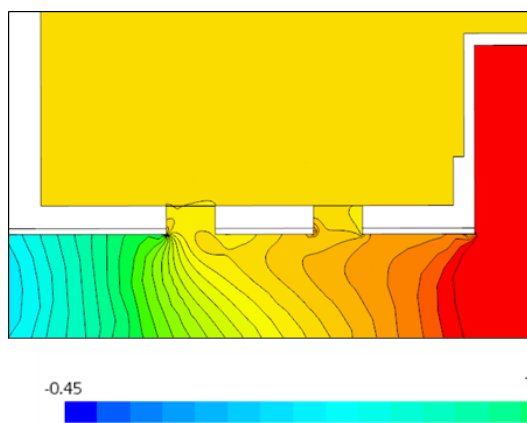


図 3.21. Case1 WC なしモデル
窓 3 圧力コンター図

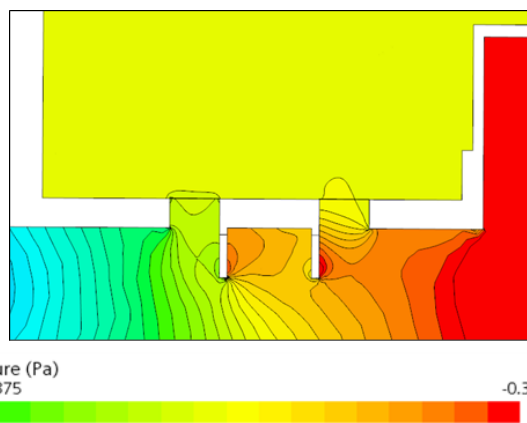


図 3.22. Case1 WC ありモデル
窓 3 圧力コンター図

3.3. まとめ

本研究での検討より、以下の結果を得た。

- 1) 1 面開口では WC を設置することで検討した風向においては基本的に流入出が促進され通風性能が改善する。
- 2) 2 面開口などでは本来の通風が妨げられる場合があるため風向角の検討が重要である。
- 3) 建物による剥離の影響を受ける場合は WC 部分のみが影響を受ける状況であれば WC 設置により剥離による負圧を駆動力とすることができる。

その2 空気齢分布を用いた室内環境評価

1. 研究の目的

知的生産性の改善や COVID-19 の感染防止対策といった観点から、新鮮外気を室内に取り入れることが重視されており、そのためには換気量を増やすことと同時に室内換気効率を改善することが重要である。本研究では昨年度行った空気齢実測の再検討を行い、それに基づく CFD 解析から緑ヶ丘団地における室内環境について検討を行う。

2. 研究の方法

2.1. 現場実測

実測は 2020 年 11 月 15 日から 21 日に行った。実測対象室を図 1.1 に、測定機器設置位置を図 1.2 に示す。検討は北面窓・南面 WC 窓片側開放の二面開口と南面ベランダ・南面 WC 窓片側開放の一面開口の 2 ケース（表 1.1）である。測定機器は高応答性 CO₂ 濃度測定機器（図 1.3）を用いた。

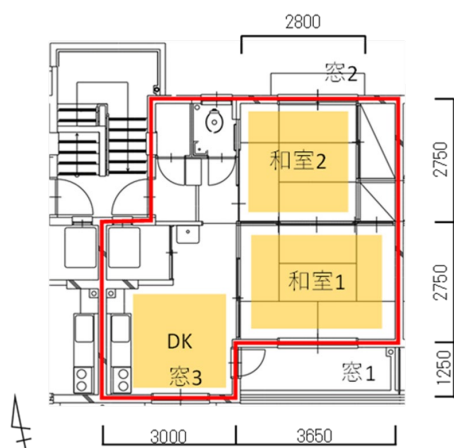


図 1.1. 実測対象室平面図



図 1.2. 機器設置位置

表 1.1. 検討ケース

検討ケース	開口パターン
Case1	窓 1 / 窓 3-1
Case2	窓 2 / 窓 3-2



図 1.3. CO₂ 濃度測定機器

2.2. CFD 解析

CFD 解析はその 1 ウィンドキャッチャー設置の効果に関する検討 2.2 項と同様の条件にて行った。

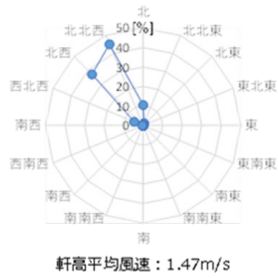
3. 研究成果

3.1. 実測結果

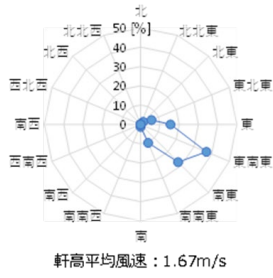
表 3.1 に実測結果から算出される換気量、換気回数と実測時の環境条件を示す。()内は軒高風速 1m/s で基準化した値である。実測時の屋上風向から対応する風向角での解析結果と実測時の空気齢分布をケース別に比較したものを図 3.1、3.2 に示す。Case1-1 では主に北西風向だったが DK の空気齢の値が小さく和室 2 が大きい結果となった。この原因の一つとして時間変化する外部風と、実街区の建物から北西方向の場所にゴルフ場ネットや樹木が立ち並んでいることから、周辺環境の影響が考えられる。Case1-2 では南東風向により、窓 2 から流入し、窓 3-1 から流出する結果となり、空気齢と屋外風向で対応が見られた。

表 3.1. 空気齢実測結果

ケース	Case1-1	Case1-2
開口	窓 1 / 窓 3-1	窓 2 / 窓 3-1
軒高平均風速 [m/s]	1.47	1.67
屋上風向	北西 / 北北西	南東 / 東南東
換気量 [m ³ /h]	929.0 (632.0)	529.0 (316.1)
換気回数 [回/h]	15.0 (10.2)	8.5 (5.1)



Case1-1



Case1-2



図 3.2. 空気齢実測結果 (軒高 1m/s 基準化)

3.2. 実測とCFDの整合性

実測時の屋上風向から対応する風向角での解析結果と実測時の空気齢分布をケース別に比較した。Case1-1 に関しては風向：北西/北北西、Case1-2 に関しては風向：南西/東南東の解析を行った。その結果を図 3.3、3.4 に示す。「3.1. 実測結果」で述べたように、Case1-1 では主に北西風向だったが DK の空気齢の値が小さく和室 2 が大きい結果となり、CFD での分布とも違いが出た。この原因の一つとして時間変化する外部風と、実街区の建物から北西方向の場所にモデル再現の困難だったゴルフ場ネットや樹木が立ち並んでいることから、周辺環境の影響が考えられる。Case1-2 では実測及び CFD のどちらの結果も、窓 2 から流入し窓 3-1 から流出する結果となり、実測と CFD で対応が見られた。

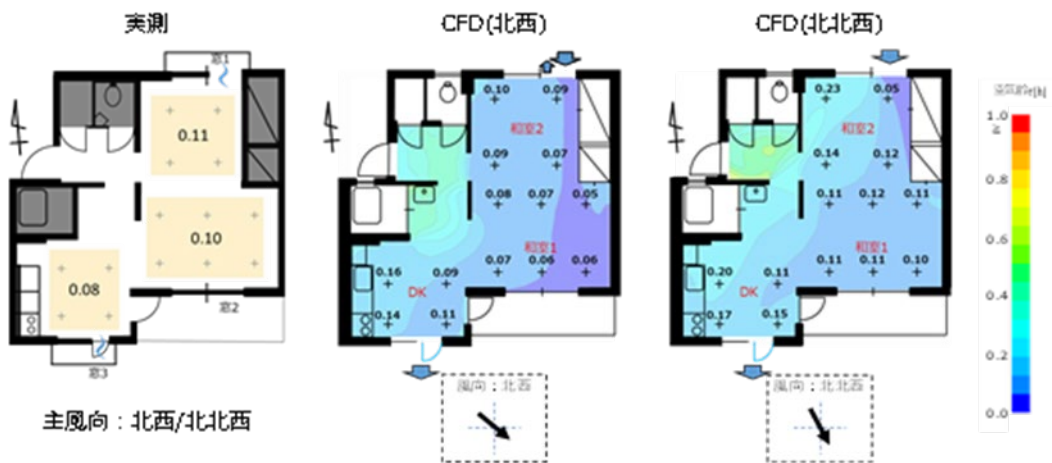


図 3.3. Case1-1 実測・CFD 空気齢分布比較 (軒高 1m/s 基準化)

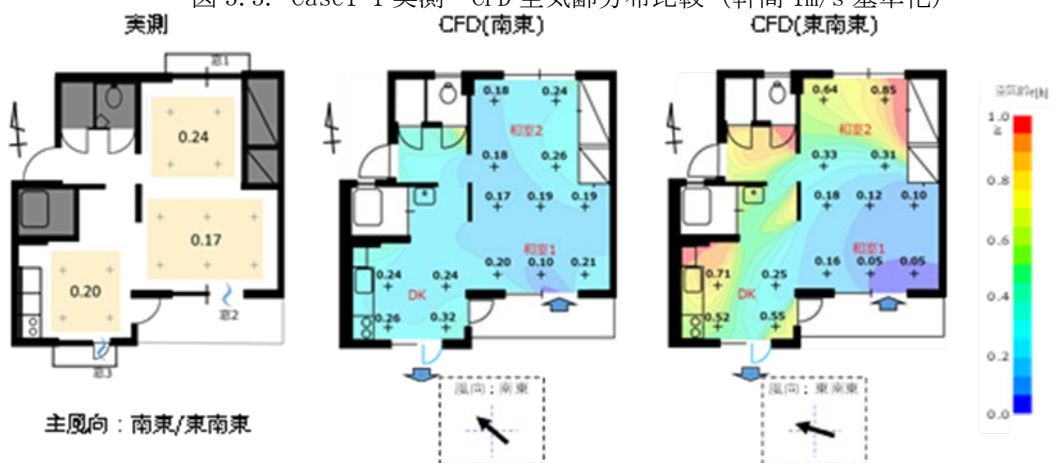


図 3.4. Case1-2 実測・CFD 空気齢分布比較 (軒高 1m/s 基準化)

3.3. CFD 解析による室内換気効率検討

居住者の生活状況に応じて各窓の開閉条件は変化していくことを考慮し、実街区モデルの CFD 解析を用いて、2021 年風速・圧力測定時の開口パターンに基づいた単一開口/一面開口/二面開口時の室内換気性状を検証した。実測及び気象台データの風向から、神奈川県海老名市及び厚木市緑ヶ丘の中間期において割合の高い 0° 、 180° の異なる 2 風向条件を対象とした。検討ケースを表 3.2 に示す。

表 3.2. 検討ケース

ケース	開口パターン	
	A 号室 (改修あり)	B 号室 (改修なし)
Case2-1	窓 3-1、窓 3-2	窓 6
Case2-2	窓 2/窓 3-1、3-2	窓 5/窓 6
Case2-3	窓 1/窓 3-1、窓 3-2	窓 4/窓 6
Case2-4	窓 1/窓 2	窓 4/窓 5

3.3.1. 風向角 0° (北)

表 3.3 にケース別の各室空気齢及び換気量を、図 3.5～図 3.8 に空気齢分布図を示す。風上面が北の場合に南 DK 窓のみの開放で和室での空気の滞留は明らかである。DK 部分もショートサーキットの影響で良好な換気とは言えない。ここに南ベランダ窓を加えて開放することで、空気の滞留は大きく改善される結果となった。換気回数およそ 2.5 回/h～4.0 回/h となり、二面開口時に及ぶことはないが風下面での一面開口としては良好な換気がなされていると考えられる。二面開口のケースでは、十分な南北通風換気となっている。また本検討住戸の間取りのため、総じて玄関部分の滞留が見られる。これは本検討対象ではないトイレ室の窓開放や、浴室換気扇を利用することで改善すると考えられる。

表 3.3. 風向角 0° 室別空気齢及び換気回数・換気量
A 号室

ケース	各室空気齢 (測定点平均) [h]			換気回数 [回/h]	換気量 [m ³ /h]	開放窓
	和室 1	和室 2	DK			
Case2-1	3.30	6.73	1.56	0.63	39	3-1, 3-2
Case2-2	0.69	0.93	0.62	2.61	163	2, 3-1, 3-2
Case2-3	0.06	0.07	0.09	11.81	739	1, 3-1, 3-2
Case2-4	0.08	0.09	0.25	15.77	987	1, 2

B 号室

ケース	各室空気齢 (測定点平均) [h]			換気回数 [回/h]	換気量 [m ³ /h]	開放窓
	和室 1	和室 2	DK			
Case2-1	2.92	2.84	1.65	0.83	52	6
Case2-2	0.47	0.36	0.18	3.92	245	5, 6
Case2-3	0.06	0.05	0.09	12.15	760	4, 6
Case2-4	0.07	0.07	0.20	18.03	1129	4, 5

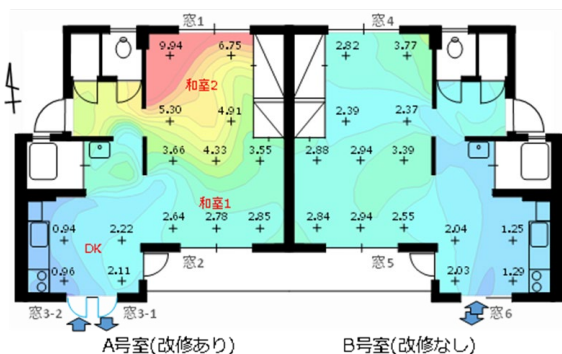


図 3.5. 風向角 0° Case2-1 空気齢分布図

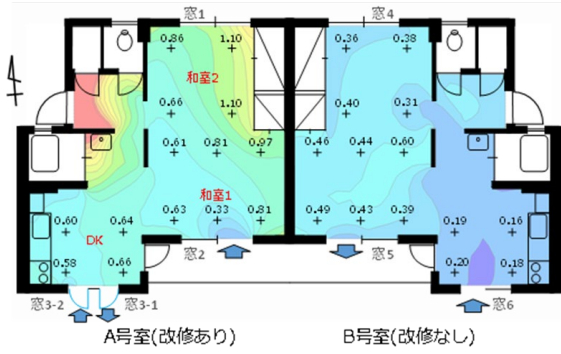


図 3.6. 風向角 0° Case2-2 空気齢分布図

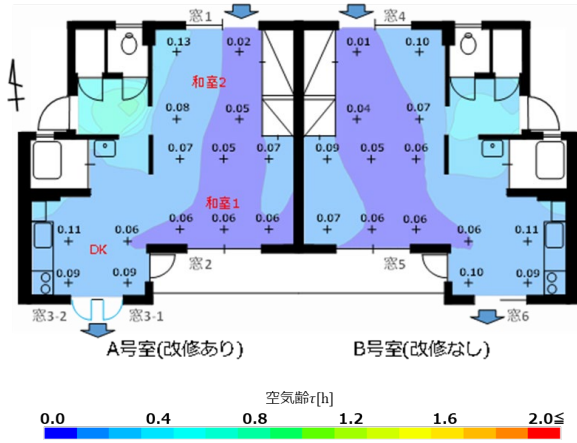


図 3.7. 風向角 0° Case2-3 空気齢分布図

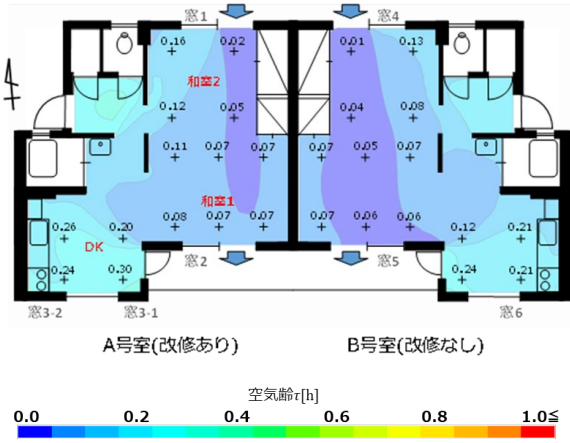


図 3.8. 風向角 0° Case2-4 空気齢分布図

3.3.2. 風向角 180° (南)

表 3.4 にケース別の各室空気齢及び換気量を、図 3.9～図 3.12 に空気齢分布図を示す。風上面が南の場合、南 DK 窓のみの開放でも換気量等は北風に比べ大きくなっているが、B 号室の和室での空気の滞留が見られる。一方で A 号室での和室での滞留は改善されており、それによって WC 窓の効果が確認された。南ベランダ窓を加えて開放した場合、二面開口に並ぶ換気量等が求められ、こちらも WC 窓改修室の方が、換気量が大きくなった。二面開口のケースでは、間取りのため Case2-3, Case2-4 で大きく差が生まれ、南 DK 窓からの流入による南北通風換気が上手く行われないことが確認された。

表 3.4. 風向角 180° 室別空気齢及び換気回数・換気量
A 号室

ケース	各室空気齢 (測定点平均) [h]			換気回数 [回/h]	換気量 [m³/h]	開放窓
	和室 1	和室 2	DK			
Case2-1	0.63	0.60	0.42	2.95	184	3-1, 3-2
Case2-2	0.08	0.18	0.14	20.61	1290	2, 3-1, 3-2
Case2-3	0.39	0.31	0.27	4.91	307	1, 3-1, 3-2
Case2-4	0.09	0.07	0.31	15.64	979	1, 2

B 号室

ケース	各室空気齢 (測定点平均) [h]			換気回数 [回/h]	換気量 [m³/h]	開放窓
	和室 1	和室 2	DK			
Case2-1	1.86	1.73	0.82	2.50	156	6
Case2-2	0.06	0.21	0.26	16.00	1002	5, 6
Case2-3	0.34	0.25	0.10	5.37	336	4, 6
Case2-4	0.08	0.07	0.41	16.22	1015	4, 5

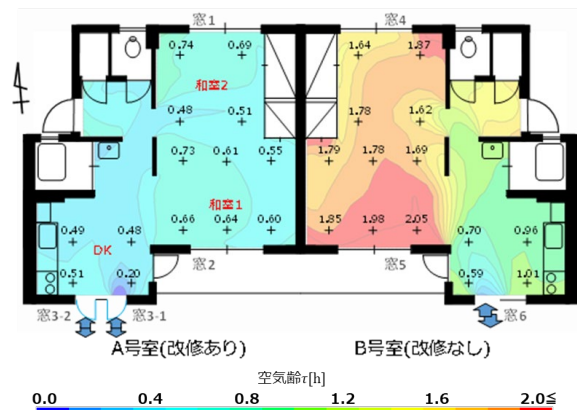


図 3.9. 風向角 180° Case2-1 空気齢分布図

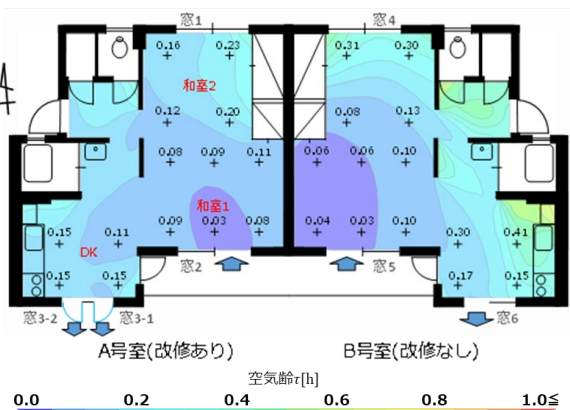


図 3.10. 風向角 180° Case2-2 空気齢分布図

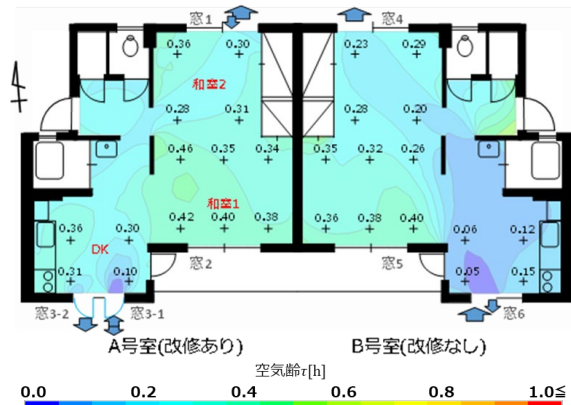


図 3.11. 風向角 180° Case2-3 空気齢分布図

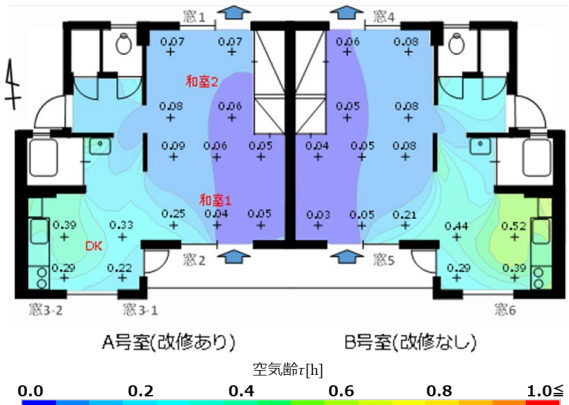


図 3.12. 風向角 180° Case2-4 空気齢分布図

3.4. まとめ

WCはその地域の卓越風や建物配置による風向に対し、効果的な窓開閉条件を設けた場合、室内通風性能及び換気効率改善の有効性がある。

また、屋外実測調査の難しい一面開口において空気齢測定とCFD解析の優位性を確認したとともに、外部風向に対し効果的な一面開口の場合、二面開口に並ぶ通風性能が得られることがわかった。

その3 バルコニーフェンス及びアウターシェードによる通風換気への影響

1. 研究の目的

昨今流行している COVID-19 の影響から、まん延防止等重点措置の要請やリモートワークの普及によって自宅での生活時間が多くなっている。それによって、住まいの窓開け換気による感染防止対策や快適性や、窓開けに伴う近隣とのプライバシーの確保という観点も重要となっている。以上の背景より、プライバシー確保のためのバルコニーフェンス及びアウターシェードを加えた場合の通風性能評価について CFD を用いて考察を行う。

2. 研究の方法

本検討は、格子形状 5 パターンを対象建物のベランダ部分に設置し、「その2 空気齢分布を用いた室内環境評価」Case2-4 (窓 1, 2, 4, 5 開放) での A 号室の通風換気で解析を行った。格子形状は、実住戸に既に設けられている形状に近い縦格子(開口率:85.5%)、横格子(開口率:11.2%)、横格子よりも細かな開口が設けられている横ストライプ格子(開口:35.7%)、格子断面の形状が台形となっている台形格子(開口率:25.2%)、最も開口面積が小さいポリカパネル(開口率:2.7%)である。(図 2.1)。またベランダに設置したモデルを図 2.2 に示す。

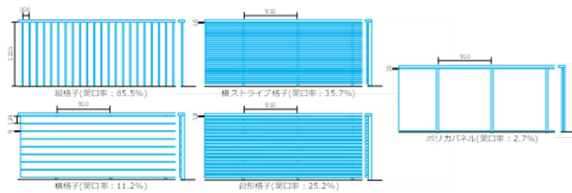


図 2.1. 格子形状

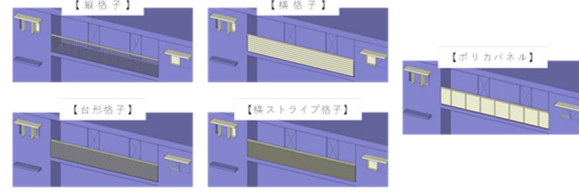


図 2.2. ベランダ格子設置モデル

3. 研究成果

図 3.1 に風向角 180° (南) の解析結果から求められる換気量を格子無しの場合と 5 パターンの格子形状の場合で比較した結果を示す。開口率の小さいフェンスを設置した場合の方が換気量は大きくなる結果となった。

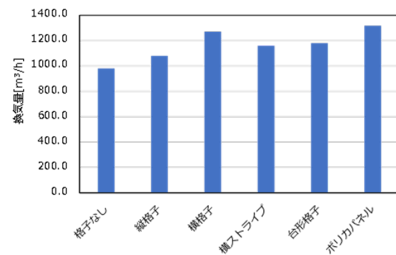


図 3.1. 格子形状別換気量比較

3.1. 横格子有無による影響検討

開口率が低い横格子設置パターンにて外部風向 16 方位で解析を行った。換気量比較結果を図 3.2 に示す。また、風向毎に「格子無し A 号室の換気量」にて「横格子あり A 号室での換気量」を除して「横格子設置有無の換気量比」として算出し比較を行った。その結果を図 3.3 に示す。格子を設置することで風向によっては換気量が増加することが確認された。このことについて換気量が最も増加した風向角 180° での A 号室における窓 1-窓 2 断面の風速ベクトル図を図 3.4 に示す。住棟が立ち並ぶ周辺環境の影響で風上前縁側に吹き下ろす風が生じ、それによって設置した横格子が通風を促進する結果になったと考えられる。

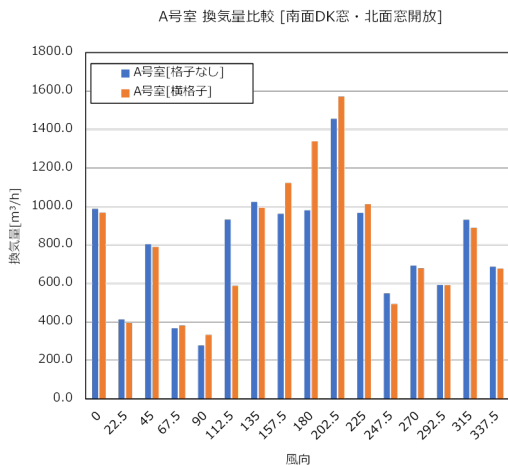


図 3.2. A 号室換気量比較

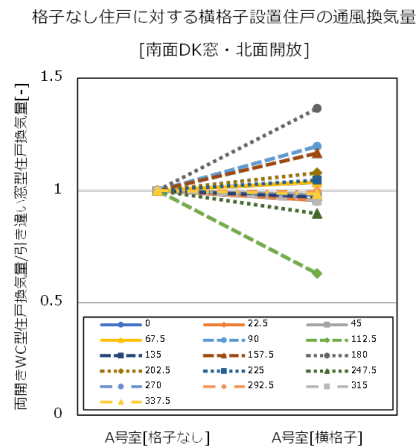


図 3.3. 横格子設置有無の換気量比

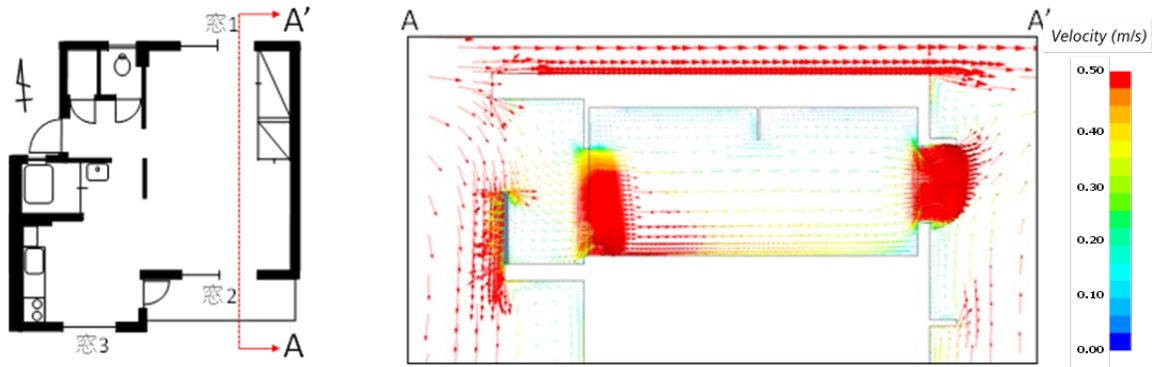


図 3.4. 窓 1-窓 2 断面風速ベクトル図

3.2. 単純建物 model での検討

実街区モデルにおける検討では、住棟が立ち並んでいる等の対象街区特有の周辺環境による影響が結果を大きく左右することを予想し、図 3.5 のような周辺影響のない単純建物 model を作成し追加検討を行った。格子形状は横格子とし、外部風向 16 方位で解析を行い、横格子設置有無の換気量比を算出した。結果を図 3.6 に示す。

単純建物 model では格子設置によって換気量が大きくなることはなく、建物壁面に沿う風が流れる風向角(およそ東と西)では換気量が小さくなった。

また、風向角 180° での A 号室における窓 1-窓 2 断面の風速ベクトル図を図 3.7 に示す。3.1 項とは異なり、周辺環境の影響がない単純建物 model 解析では、風上前縁側に吹き上げる風が生じた。S-model と単純建物 model とで気流性状が大きく異なり、換気量の結果に違いが出る事が確認された。

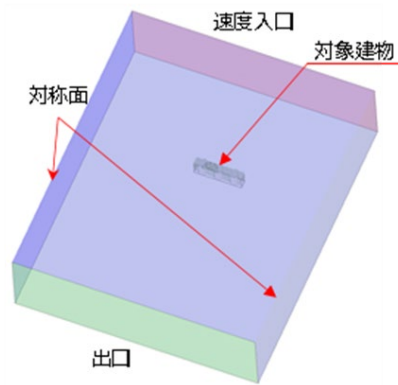


図 3.5. 単純建物 model

格子なし住戸に対する横格子設置住戸の通風換気性能
[南面DK窓・北面開放]

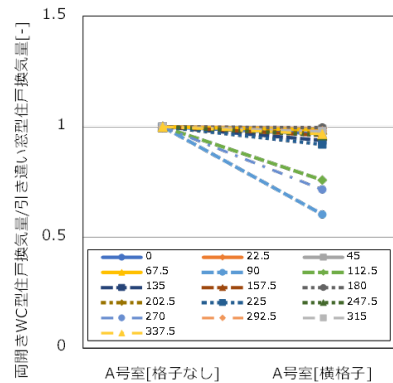


図 3.6. 単純建物 model 横格子設置有無の換気量比

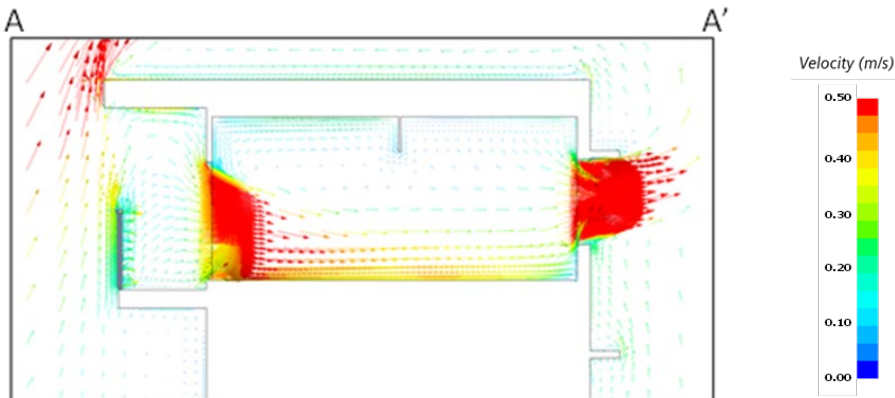


図 3.7. 単純建物 model 窓 1-窓 2 断面風速ベクトル図

3.3. アウターシェードによる通風換気への影響

アウターシェード商品を参考としたモデル(図 3.8)を縦格子設置ケースに加えて検討した。図 3.9 に Case2-4 (窓 1, 2, 4, 5 開放) 風向角 180° における格子なし及び縦格子設置の場合との換気量比較結果を示す。アウターシェードを取り付けることで換気量は減少するが、通風換気の大きな妨げとはならないと考えられる。

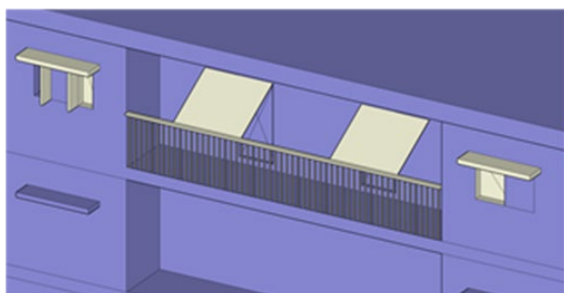


図 3.8. アウターシェード設置モデル

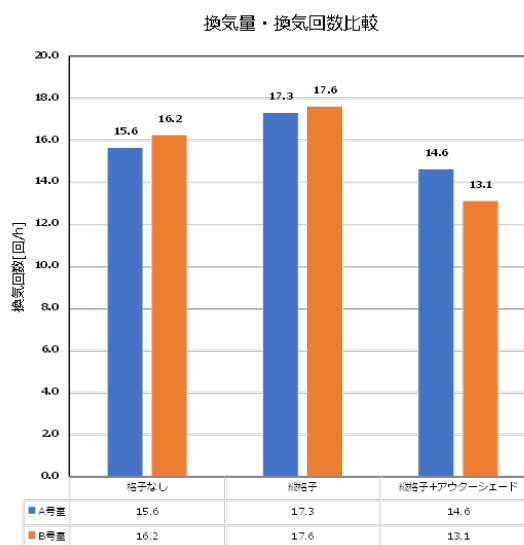


図 3.9. 換気量比較結果

3.4. まとめ

バルコニーフェンス設置による通性能への影響に関して、周辺環境と建物の配置によって屋外の気流性状が大きく異なり、通風性能も異なる結果を示すことが分かった。

また、アウターシェードと通風換気との関係は周辺環境や外部風向の影響によって大きく左右されるが、開口率の大きい格子形状において通風性能を著しく低下させることはないと考えられる。

その4 実測値を用いた領域分割法による室内気流予測

1. 研究の目的

CFD 解析において、既往研究により計算負荷削減の手法として領域分割法が提案されたが、予測精度について、実在の住宅において時々刻々と変化する外部風向を考慮した解析に関しては、これまで十分な検討はなされていない。そこで本研究では、緑ヶ丘団地にてシールドによる実測を行い、通風量を把握するとともに、その実測結果より領域分割法の境界条件を設定し、室内部分のみを対象とした解析を行う。さらに、建物内外を同時に解析する全域計算の解析結果との比較を試み、領域分割法による通風予測の妥当性を検討することを目的とする。

2. 研究の方法

2.1. シールド状態による実測

全ての窓を閉じた状態（以降シールド状態）である室内において、窓面の圧力と接線方向風速成分を測定し、通風量を算出するために実測を行った。実測では風速測定、圧力測定、外部風速・風向測定の3項目を同時に測定した。

風速測定では超音波風速計を用い、窓面における壁面の接線方向風速を測定した。設置箇所は図 2.1 のように窓 4 と窓 6 の南北の開口部二点である。超音波風速計は、図のように窓中央に一台ずつ設置した。開口部を塞ぐため、スチレンボードを用い目張りを行い、室内をシールド状態とした。

圧力測定ではデジタル微差圧計を用い、室内圧力を基準とし各窓面に生じる室外圧力を測定した。基準圧として用いた室内圧力は、デジタル微差圧計の基準圧側にシリコンチューブを付け分岐材を用い一点にまとめて室内中央部の壁で測定した。測定機器左側は各測定点へシリコンチューブを伸ばし、開口部を塞いだスチレンボードに小さな穴を開け、そこからシリコンチューブの先端を外部に出して測定を行った。測定箇所は、窓 1 と窓 2 の中央部一点ずつである（図 2.2）。

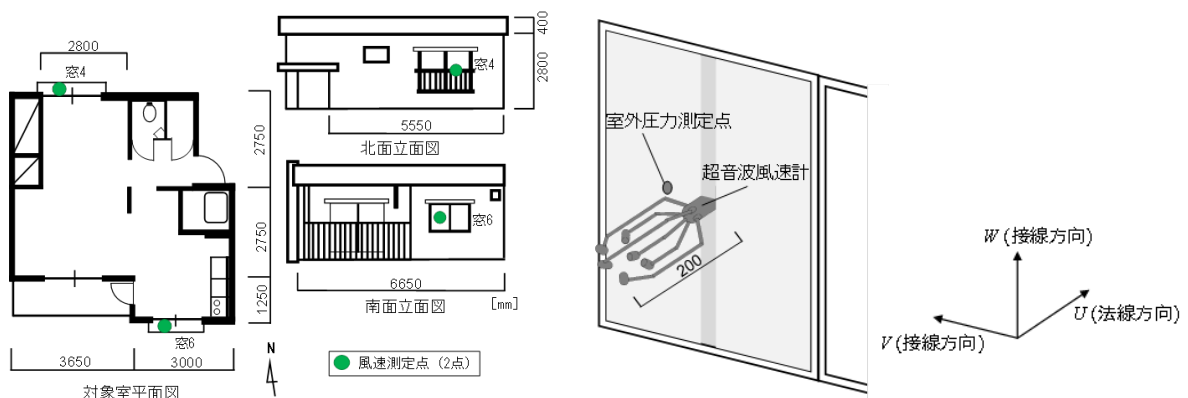


図 2.1. 風速測定概要

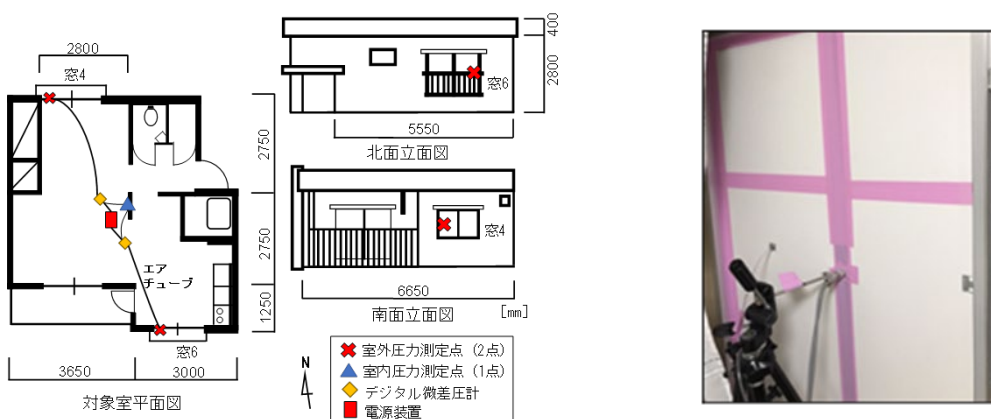


図 2.2. 圧力測定概要

2.2. 領域分割法

領域分割法における室内気流解析の境界条件の算出フローを示す。まず、2.1 項で得られた各開口部位置における接線方向風速 2 成分 V , W の実測値から、式(2.1)より接線方向動圧 P_t を算出した。得られた接線方向動圧 P_t と、同様に実測で得られた各開口部位置における風圧 P_w を用いて、局所相似モデルに基づき、式(2.2)より各開口部の無次元室内圧 P_R^* を算出した。得られた無次元室内圧 P_R^* から式(2.3)、表 2.1、図 2.3 より各開口部の流量係数 α を算出した。これにより式(2.4)から通風量 Q を算出するが、流量の連続条件を満たさない場合は室内圧 P_R を修正し、連続条件を満たす各開口部の通風量 Q を算出する。得られた通風量 Q を開口部面積 A で除することにより求めた法線方向風速成分 U と、実測で得られた流入開口部である窓 6 の接線方向風速 2 成分 V , W を室内気流解析の流入境界条件として設定した。さらに、式(2.5)のように、得られた通風量 Q に空気密度 ρ を乗じた質量流量 \dot{m} を流出境界条件として設定した。これらの境界条件を与えることにより、室内領域のみの解析を実施した。

$$P_t = \frac{1}{2} \rho (V^2 + W^2) \quad \dots(2.1)$$

$$P_R^* = \frac{P_R - P_w}{P_t - P_w} = \frac{P_R - P_w}{P_t} \quad \dots(2.2)$$

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_s \left(\frac{P_R^*}{P_{RS}^*} \right)^n & (|P_R^*| \leq |P_{RS}^*|) \\ \alpha_s & (|P_{RS}^*| \leq |P_R^*|) \end{cases} \quad \dots(2.3)$$

表 2.1. 局所相似モデルパラメータ (単純開口)

	α_s	P_{RS}^*	n
流入開口	0.67	-2.89	0.23
流出開口	0.67	3.17	0.22

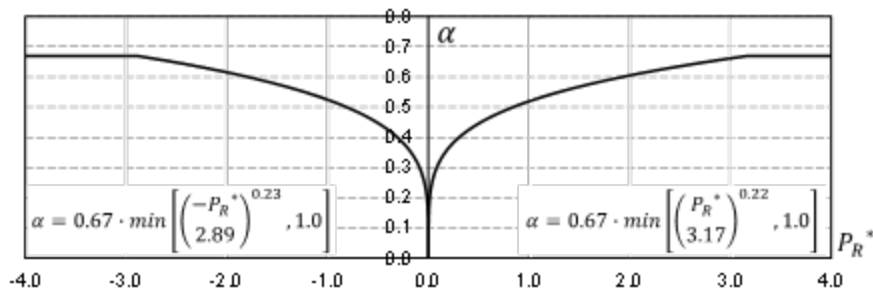


図 2.3. 単純開口の P_R^* - α 関係図

$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2}{\rho} |P_R - P_w|} \quad \dots(2.4)$$

$$\dot{m} = Q \times \rho \quad \dots(2.5)$$

2.3. 全域計算

全域計算においてはその1、その2と同じくデータマッピング機能を使用した2段階解析を行った。また、風向は 180° 、 202.5° 、 225° の3風向で解析を行った。

3. 研究成果

3.1. 通風量結果比較

領域分割法と全域計算の解析結果における通風量の比較を図3.1に示す。ただし、通風量は軒高風速 1m/s を基準とした値である。図3.1より、風向角 202.5° の通風量が他の風向角の通風量よりも大きくなっており、さらに、どの風向角においても領域分割法の通風量の方が大きい結果となった。風向角 202.5° の通風量に関して、隣棟と風向の関係から検討対象建物の壁面に沿わない外部風が流れたことにより、流入開口部である窓6に対してほぼ垂直な流入気流になったためと考えられる。一方、風向角 180° と 225° の外部風は、概ね検討対象建物の壁面に沿った流れになることが確認できた(図3.2)。

また、各風向での全域計算の窓6付近の風速ベクトル図を図3.3に示す。これよりどの風向角においても開口部の端部では流出気流が確認できる。それに対し領域分割法では窓1における流出気流は考慮していない。そのため領域分割法の通風量は全域計算の場合よりも大きい結果となったと考えられる。

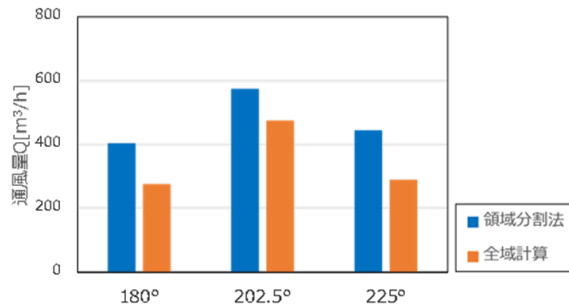


図 3.1. 風向別通風量比較

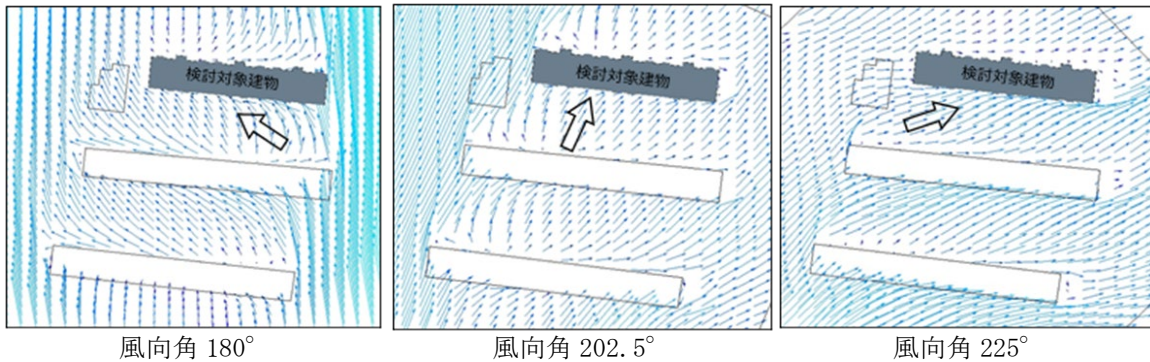


図 3.2. 外部風風速ベクトル図

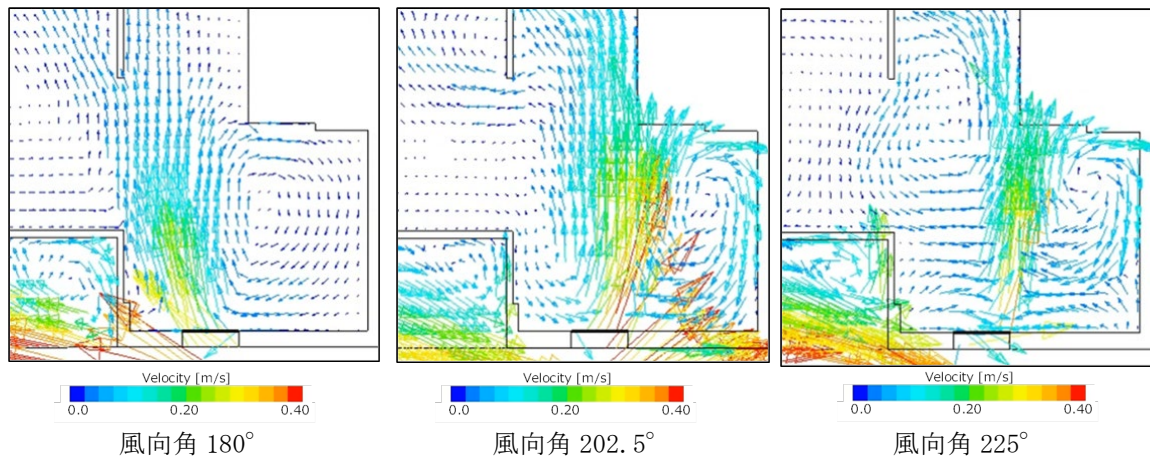


図 3.3. 全域計算窓6付近風速ベクトル図

3.2. 室内風速ベクトル分布比較（風向角 180°）

風向角 180° における室内の風速ベクトル分布を図 3.4 に示す。窓 6 の流入風向に若干の差があり領域分割法では流入壁面に衝突していることが確認できる。しかしながら室内の気流分布は窓 6 から窓 4 へ一路であり、概ね同様の結果が得られたと考えられる。

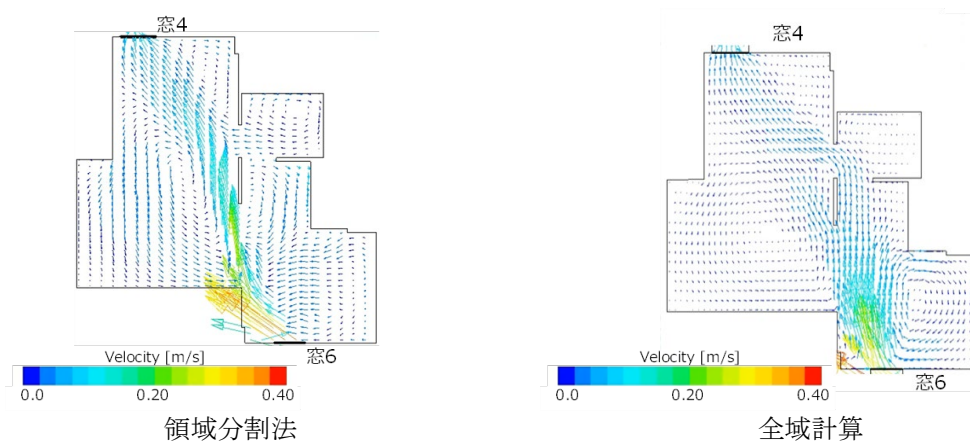


図 3.4. 風向角 180° 風速ベクトル図

3.3. 室内風速ベクトル分布比較（風向角 202.5°）

風向角 202.5° における室内の風速ベクトル分布を図 3.5 に示す。流入風向は領域分割法、全域計算ともに開口部に対して法線方向であり、室内の気流分布についても同様の再現ができていると考えられる。

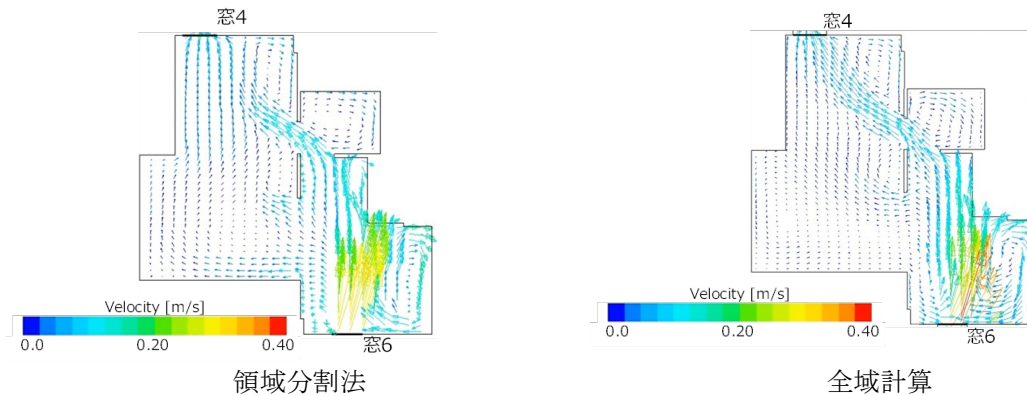


図 3.5. 風向角 180° 風速ベクトル図

3.4. 室内風速ベクトル分布比較（風向角 225°）

風向角 225° における室内の風速ベクトル分布を図 3.6 に示す。領域分割法では風向角に対して平行な流入気流になっており、室内の気流分布は蛇行するような流れとなった。一方の全域計算では、開口部に対して法線方向に流入しており、窓 6 から窓 4 に向かって一路の気流分布となった。風向角 225° では流入風向、室内の気流分布ともに大きく異なる結果となった。

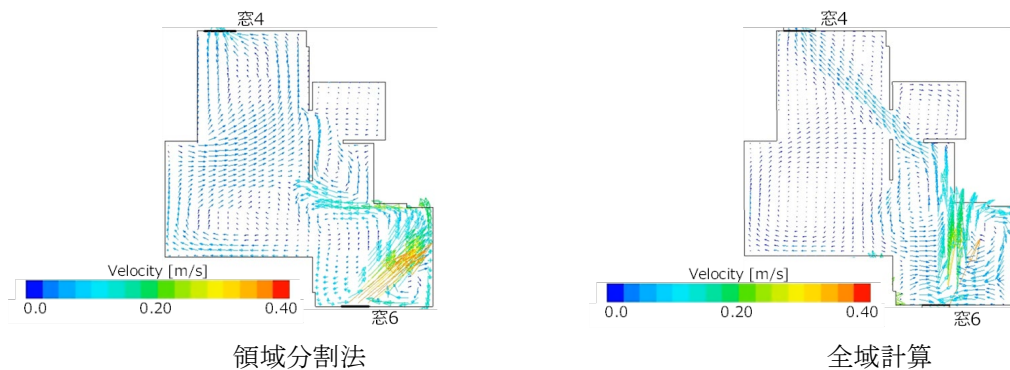


図 3.6. 風向角 180° 風速ベクトル図

3.5. まとめ

本研究では、実測結果より局所相似モデルを用いた境界条件の算出を行い、屋外気流解析と室内気流解析を分離して通風予測を行う「領域分解法」を用いて、通風量と室内気流分布について全域計算の結果と比較し、その精度を検証した。その結果以下の知見が得られた。

1) 風量については風向角ごとの傾向は対応がみられたが、全域計算に比べ領域分割法の方が大きい結果となった。領域分割法の境界条件の設定について、窓4からの流出気流も考慮した検討をする必要があると考えられる。

2) 室内の気流分布については、領域分割法と全域計算では概ね同様の気流分布を再現することができた。しかしながら、風向角 225° 等対応が良好でない風向角については、精度向上の検討が必要であると考えられる。

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 3 件)

1. 実測及び CFD に基づくウィンドキャッチャーによる通風性能改善に関する研究
(2022 年度日本建築学会大会 (北海道))
2. バルコニーフェンス及びバルコニーシェード設置による
通風換気性能への影響に関する研究 (2022 年度日本建築学会大会 (北海道))
3. 実測及び CFD に基づく空気齢分布による室内環境評価
(2022 年度空気調和・衛生工学会 (神戸))
[図書] (計 0 件)

5. 研究組織

(1) 研究代表者

倉渕 隆

東京理科大学・工学部・教授

(2) 研究分担者

1. 土橋 昌晃 東京理科大学・工学研究科・院生
2. 石川 光太郎 東京理科大学・工学研究科・院生
3. 斉藤 美咲 東京理科大学・工学部・卒研生
4. 宅和 満 東京理科大学・工学部・卒研生
5. 金 政一 東京理科大学・工学部・助教
6. 水谷 国男 東京工芸大学・工学部・教授

6. 要約(Abstract, 英文)

Research Theme : Evaluation of ventilation performance and effective effectiveness of devices in actual block area

Representative Researcher (Affiliation) : Takashi Kurabuchi (Tokyo University of Science)

Summary・Figures

This study examines the effect of a wind catcher installed in a room of an apartment building on ventilation performance improvement, room ventilation efficiency by window opening ventilation considering the external wind, and ventilation performance evaluation when a balcony shade is added to ensure privacy, mainly by CFD. The effect of the wind catcher on ventilation performance was also measured in two rooms of an actual apartment complex to confirm consistency with CFD and to study the effect of the wind catcher.

The following results were obtained regarding the effect of the wind catcher on ventilation performance.

- 1) In the case of a one-sided opening, the installation of a WC basically promotes inflow and outflow in the wind direction considered and improves ventilation performance.
- 2) In the case of two-sided openings, it is important to consider the wind direction angle because the original ventilation may be obstructed.
- 3) If only the WC portion is affected by building separation, the negative pressure caused by the separation can be used as a driving force by installing the wind catcher

The following results were obtained from the air age distribution study using CFD analysis.

- 1) The wind catcher is effective in improving indoor ventilation performance and ventilation efficiency when effective window opening and closing conditions are set for the prevailing wind in the area and the wind direction due to the building layout.
- 2) the superiority of air age measurement and CFD analysis was confirmed for one-sided openings, which are difficult to measure outdoors, and effective one-sided openings against external wind direction have ventilation performance comparable to that of two-sided openings.

The following results were obtained for the study of balcony fences and outer shades by CFD analysis.

- 1) Regarding the effect of balcony fencing on ventilation performance, the results show that the outdoor airflow characteristics differ greatly depending on the surrounding environment and building layout, and that ventilation performance also differs.
- 2) Although the relationship between the outer shade and ventilation depends greatly on the influence of the surrounding environment and external wind direction, the lattice shape with a large aperture ratio does not seem to significantly reduce ventilation performance.

The following results were obtained by using the domain decomposition method to predict indoor airflow distribution.

- 1) Although there was some correspondence between the airflow trends at different wind direction angles, the results of the area segmentation method were larger than those of the whole area calculation.
- 2) The region-divided method and the whole-area calculation were able to reproduce the same airflow distribution in the room. However, for wind direction angles that do not respond well, such as a wind direction angle of 225° , it is necessary to consider improving the accuracy.