

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月19日現在

機関番号：82113

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2010～2012

課題番号：22686054

研究課題名（和文）住宅における通風環境評価および通風計画に関する研究

 研究課題名（英文） Study on Evaluation of Cross-ventilation Environment and  
Cross-ventilation Design Method in Detached Housing

## 研究代表者

赤嶺 嘉彦（AKAMINE YOSHIHIKO）

独立行政法人建築研究所・環境研究グループ・研究員

研究者番号：40447420

研究成果の概要（和文）：日本における通風の活用は気候風土に順応した必要不可欠な技術であり、その研究の歴史は古い。しかし、通風活用の前提条件である「建物周辺状況・建物外皮性能・住まい方」は近年、著しく変化しており、今一度、現状の通風気流西欧の実態を把握することが必要である。そこで、本研究では、先ず、現場で気流性状を把握するための画像解析技術を応用した簡易な粒子画像流速測定法（PIV）を開発した。また、フィールド実験により通風の冷房エネルギー消費量削減効果を把握し、その結果から、冷房エネルギー消費量削減効果を外気温から推定する方法を提案した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed field-measurement method of air-flow distributions and arranged the knowledge of cross-ventilation design to realize energy conservation with comfortable indoor environment. The field-measurement method was applied PIV (Particle Image Velocimetry), and metal halide lamps and oil mists were adopted. We conducted field measurement with this method, know-how at the actual field were accumulated. In addition, we conducted a field experiment on reduction effect of cooling energy consumption by cross-ventilation. As a result, simple calculation method of cooling energy consumption by daily mean outdoor temperature was developed.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	7,900,000	2,370,000	10,270,000
2011年度	3,100,000	0	3,100,000
2012年度	2,095,850	630,000	2,725,850
年度			
年度			
総計	13,095,850	3,000,000	16,095,850

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：通風、自然エネルギー、可視化、実験

## 1. 研究開始当初の背景

日本の住宅における通風の活用は気候風土に順応した必要不可欠な技術であり、その研究の歴史は古い。しかし、「建物周辺状況・

建物性能・住まい方」などの通風活用における前提条件は近年、著しく変化しており、通風の効果的な活用やその計画法の整備にあたっては、今一度、現状における通風時の気

流性状の実態と冷房エネルギー消費量の削減効果を把握が必要である。

## 2. 研究の目的

(1) 一般に気流性状の計測には、風速計が用いられる。その場合、自然の風は不規則な現象であるため、室内をどのように流れているかを把握するためには、多数の風速計を配置し、同時に計測することが必要となる。一方で、気流の向きを同時に計測可能な三次元超音波風速計などは非常に高価であり、設置台数が限られる。そこで、本研究では、画像解析技術を駆使した粒子画像流速測定法 (PIV: Particle Image Velocimetry) を応用し、現場で使用できる気流性状の測定法を開発する。

(2) 通風による冷房エネルギー消費量の削減効果、及び、快適な屋内環境の確保がどの程度実現できるかについて定量的に実態把握を行い、住宅の省エネかつ快適な運用を目指した通風計画に資する知見を整備する。

## 3. 研究の方法

### (1) 気流性状の現場測定法の開発

気流性状の計測には風速計を使用することが多いが、測定範囲や空間分解能に限界がある。また、可視化は定性的な把握に留まり、定量的な分析が難しい。これに対し、被計測空間に粒子 (トレーサー粒子) を散布し、その粒子の動きから流速や流向を得る粒子画像流速測定法 (PIV: Particle Image Velocimetry) が実験等で活用されている。しかし、この測定法はレーザー光源が必要、また計測範囲が狭いなどの理由から、現場実測での応用が困難である。

本研究では、レーザー光源を使用せずに広範囲の計測が可能な気流性状の現場測定法の開発を行った。開発した測定法は、粒子画像流速測定法の原理に基づくものとし、開発要件として、表 1 に示す 5 項目を掲げた。

表 1 気流性状の現場測定法の開発要件

要件	意図
レーザー光源を使用しないこと	安全性 簡易性
光源の光量不足を補うため、低照度で撮影できるカメラであること	簡易性
広範囲の計測が可能になるように、カメラの画角は 45°程度であること	簡易性
トレーサーは無害かつ、居室を汚さない (あるいは、容易に清掃が可能である) こと	簡易性
装置一式を容易に運搬できること	簡易性

この要件のもと、風洞実験により、気流性状の現場測定法の検証を行うとともに、現場実測を実施し、計測時の照明制御等のノウハウの蓄積を行った。

### (2) 通風による冷房エネルギー削減効果の把握

2011 年 7 月 17 日～同年 10 月 10 日、および、2012 年 6 月 5 日から 9 月 27 日の期間に、建築研究所敷地内 (つくば市) の実験戸建住宅 (図 1) において、通風による冷房エネルギー消費量の削減効果に関するフィールド実験を実施した。実験住宅は木造 2 階建、昭和 55 年基準相当の断熱性能である。各室の開口部、及び、エアコンの仕様を表 2 に示す。



図 1. 実験戸建住宅の概要

表 2. 開口部及びエアコンの仕様

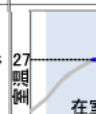
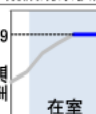
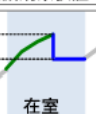
階	部屋	方位	開口サイズ		流量係数	有効開口面積	エアコン性能			
			幅	高さ			製造年	定格能力 [kW]	定格消費電力 [kW]	COP
1	リビング	南	0.8	1.8	0.4	0.58	2009	6.3	2.18	2.9
		南	0.8	1.8	0.4	0.58				
	ダイニング	東	0.8	1.1	0.4	0.35				
2	子供室1	西	0.72	0.84	0.4	0.24	2009	2.5	0.46	5.43
		南	0.72	1.04	0.4	0.30				
	子供室2	南	0.72	1.04	0.4	0.30	2009	2.5	0.46	5.43
		南	0.7	1.74	0.4	0.49				
	主寝室	南	0.72	1.04	0.4	0.30	2009	2.2	0.4	5.57
		東	0.72	1.04	0.4	0.30				
	階段室	北	0.8	0.5	0.4	0.16	-	-	-	-
	廊下	北	2.1	0.6	0.3	0.38	-	-	-	-


この実験住宅では、居住者の生活を模擬し、設備 (空調・換気・給湯・照明) や家電の発停、カーテンの開閉等、および、在室時の人体からの顕熱・潜熱発熱量の発生を自動でスケジュール制御することが可能となっている。本実験においては、NHK 生活時間調査の結果を基に 5 人世帯の生活スケジュールを平日、休日・在宅ケース、休日・外出ケースごとに作成し、使用した。

実験は、通風を活用するモード及び、終日窓を閉めてエアコンにより冷房するモードを設定し、後者では設定温度を 27℃、29℃としたモードを設定した。各モードの概念図を表 3 に示す。冷房するモード (モード名: 冷房 27℃、冷房 29℃) では、室温が冷房設定温度を超えると、冷房の運転が開始され、その室に人がいなくなるまで運転を継続する。通風を活用するモード (通風 27℃) では、

在室時は窓が自動的に開いて通風をとり、室温が29℃を超えると、設定温度27℃で冷房の運転が開始される。

表 3. 冷房・通風モードの概要

モード名	冷房27℃	冷房29℃	通風27℃
通風	なし	なし	20<室温<29
冷房	設定温度 27℃	設定温度 29℃	29℃
	開始温度 27℃	開始温度 29℃	27℃
備考	基準温度設定	設定温度による 削減効果検証	通風利用による 削減効果検証
モードイメージ			
	— 冷房	— 通風	— 窓閉/冷房オフ

なお、各窓における風圧を計測し、換気回路網計算により通風量を推定した。なお、2のように、推定精度はばらつきが大きいものの、傾向については概ね捉えられていることを確認している。

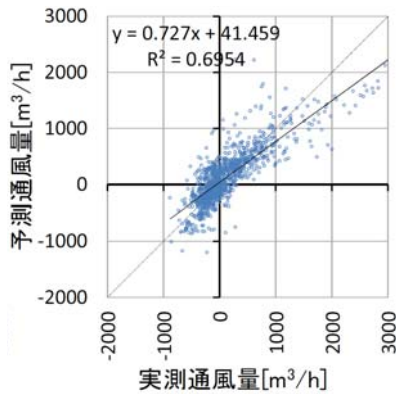





図 2 通風量の実測結果と換気回路網計算結果の比較

#### 4. 研究成果

##### (1) 気流性状の現場測定法の開発

風洞実験 (3) により、光源の選定と照射方法及び、トレーサー粒子の選定 (表 4、4) を行った。その結果、光源はメタルハライドランプ、トレーサー粒子は測定精度だけでなく現場での使用勝手を考慮して、オイルミスト (舞台演出用スモーク) を採用することとした。また、スモークの発生装置の作成を行った (5)。発生装置は、約 0.3m<sup>3</sup> (0.6×0.9×0.6m) のチャンバーに舞台演出用のスモーク作成機を格納し、チャンバー内にスモークを充満させ、インバーターで送風量を制御可能にしたファンでチャンバー内のスモークを押し出し、ダクトを介して任意の位置に設置できるノズルからトレーサーを発生させることができる。

この測定法により、実際に気流性状の現場計測を実施し、計測時の照明制御等のノウハウを蓄積した。

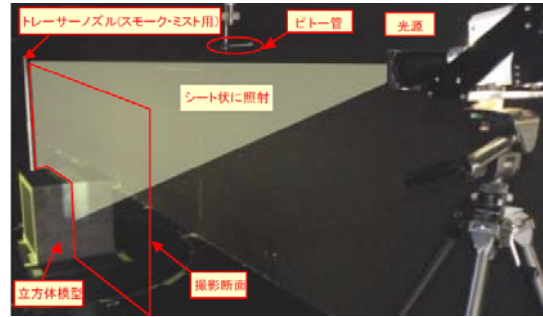


図 3 風洞実験の様子

表 4 比較検討したトレーサー粒子

トレーサー粒子	密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	実験時の風速
オイルミスト (舞台演出用スモーク)	約 1.00	1.44m/s
水蒸気 (超音波水蒸気発生装置)	約 1.73 (20℃)	1.13m/s
可視化用シャボン玉	— (可変)	1.20m/s

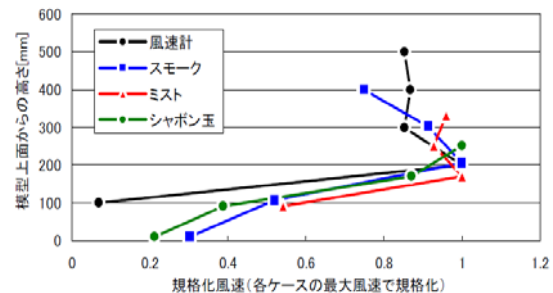



図 4 トレーサー粒子ごとの風速測定結果



図 5 トレーサー粒子の発生装置

##### (2) 通風による冷房エネルギー削減効果の把握

6 に通風時のリビングにおける温湿度状況、換気回数 (通風により 1 時間あたりに部屋の空気が何回入れ替わるかを示す指標)、通風による排熱量、冷房処理熱量及び消費電力の 1 日の変化の例示す。朝方の通風開始時

の通風による排熱量は約6kW、その後、2kW前後となっており、室温や絶対湿度が低下し、通風による室内温熱環境の改善が見られる。

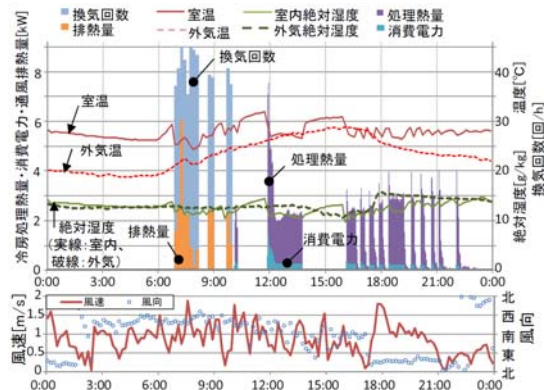


図6 通風を活用するモードにおける、温度状況等に関する一日の変化の例

このような計測結果から、図7のように、通風、冷房(27℃、29℃)のモードごとに日平均外気温と日積算冷房消費電力量の関係を整理した。

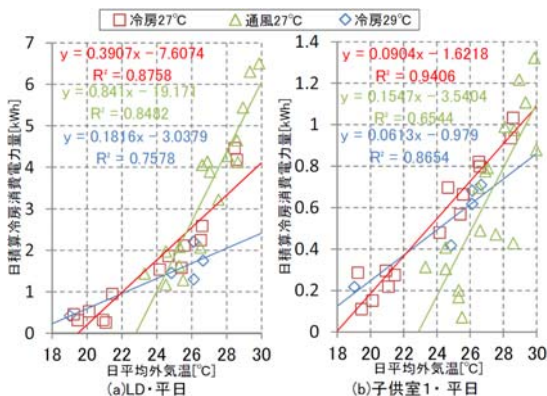


図7 日平均外気温と冷房消費電力量の関係

この関係式を使用して、アメダス(つくば)の日平均外気温データから、冷房消費電力量を推定した。冷夏の2003年、平年値、猛暑の2010年のアメダスデータを用いた。結果を図8に示す。7月から8月における合計の冷房消費電力量は、通風をすることによって、冷夏の場合は約5割、平年で約4割、猛暑の場合は約2割削減されることを確認した。

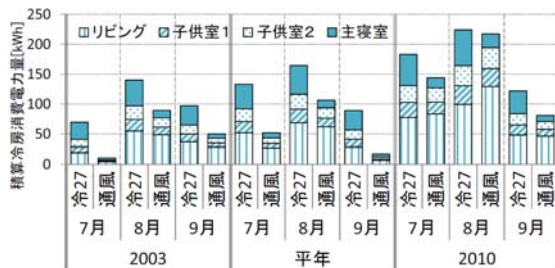


図8 冷房消費電力量の推定(気象条件:アメダス(つくば))

以上のように、日平均外気温から冷房消費電力量を推定する式を示し、通風による定量的な冷房エネルギー消費量削減効果を評価する方法を提案した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計4件)

- ① 赤嶺嘉彦、手塚英昭、中山 功、井口雅登、羽山拓也、前 真之、坂本雄三：非レーザー可視化装置による気流性状の現場計測法に関する研究 その1 トレーサーの選定および測定精度に関する風洞実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、2010、pp.631-632
- ② 錦田喜裕、井上隆、西澤繁毅、赤嶺嘉彦、澤地孝男：通風冷房行為の再現による戸建住宅の冷房消費電力量に関する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、2012、pp.669-670

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

赤嶺 嘉彦 (AKAMINE YOSHIHIKO)  
 独立行政法人建築研究所・環境研究グループ・研究員  
 研究者番号：40447420

(2)研究協力者

西澤 繁毅 (NISHIZAWA SHIGEKI)  
 国土交通省国土技術政策総合研究所・建築研究部・主任研究官  
 研究者番号：50360459