スリット型戸建住宅の熱環境特性と1/50デザイン
標準モデルの風洞実験

戸建住宅の隣棟空隙の再構築に関する環境デザインの研究 (その2)

NARROW SPACE BETWEEN NEIGHBOURING BUILDINGS THERMAL
ENVIRONMENTAL CHARACTERISTIC AND WIND TUNNEL
EXPERIMENT ON A 1/50 DESIGN MODELNarrow space between neighbouring houses and its spatial
reconstruction through environmental design Part 2

エスペランサ カロ*, 竹下輝和**, 堤 純一郎***

Esperanza CARO, Terukazu TAKESHITA and Jun-ichiro TSUTSUMI

"Narrow space" between neighbouring houses at the present corresponds to the lateral regulatory separation between detached houses. Because of its narrowness, it becomes a dead space, environmentally isolated from the indoor of the house. This research performs the environmental design method for the spatial reconstruction of the narrow space: i) make clear that it has the capacity to control the outdoor wind and temperature conditions around the house, through thermal environmental measurement, ii) evaluates this capacity through a wind tunnel experiment on a 1/50 design model and iii) introduce *Kusabi* element and analyse its capacity for the control of the wind inside the narrow space.

Keywords: Environmental Characteristic, Wind Control, Environmental Design, Opening, Kusabi

環境特性, 風コントロール, 環境デザイン, 開口部, くさび

1. はじめに

本研究は, これまでデッドスペースとして扱われてきた戸建住宅の隣棟空隙を『個体域』¹⁾的空間へと再構築するための環境デザインの方法を考察する一連の研究である。前報(その1)²⁾では, 屋敷型伝統的住宅における屋敷内の微気候の熱環境状態, 住宅の室内と屋外及びその境界域の熱環境状態の把握と住み手の生活行動の分析について考察を行った。本報では, まず実際の戸建住宅の隣棟空隙における熱環境調査として風と気温の実測を行い, 隣棟空隙が『個体域』的熱環境特性を持つことを検証するとともに, 2階建戸建住宅の1/50デザインモデルを用いて風洞実験による隣棟空隙の風の流れ³⁾特性及び環境デザインの方法について考察するものである。

既に, 建物周辺気流に関しては勝田高司氏, 村上周三氏, 片山忠久氏, 後藤 滋氏の一連の優れた研究⁴⁾がある。また, 近年では, 赤林伸一氏らを始めた室内換気との関連研究⁵⁾や石田秀樹氏, 荒谷 登氏の壁近傍の気温分布, 気流性状に関する貴重な研究⁶⁾がみられる。

しかしながら, 本報のごとく, 戸建住宅の隣棟空隙のように風向に対する非正面性の気流特性を論じた研究成果は特にみられない⁷⁾。

2. スリット型戸建住宅の熱環境特性と実測方法

実測対象の住宅は, 福岡県粕屋郡古賀町にある住宅都市整備公団の分譲団地にあり, 2戸の戸建住宅が隣棟間隔1.2mで接しているユニークな配置をしている(写真1参照)。2戸の間にあるスリットは南北方向を向き, 全住宅ともに南側に主庭を持つ。こうした2戸連的な戸建住宅が街区を構成しており, 北東方向に1.5m程度の段差がある(図-1参照)。

実測は, 3ヶ所(Aは北側道路の駐車スペース, Bは南北軸スリット隣棟空隙, Cは南側の庭)で行った。実測点のA点とC点の高さは, それぞれ地上0.2m (A1,C1), 1.2m (A2,C2)で, B点だけそれらに加えて, 3.2mの3ヶ所(B1,B2,B3)を設定した。また, 団地の広場に基準点Rを設定し風向と風速を測定した。R点の風向及び風速の測定

本研究の一部は, 1993年日本建築学会大会梗概集に発表している。

* 九州大学工学部建築学科 訪問研究員・工博

** 九州大学工学部建築学科 教授・工博

*** 琉球大学工学部環境建設工学科 助教授・工博

Visiting Professor, Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kyushu Univ., Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kyushu Univ., Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Civil Engineering and Architecture, Faculty of Engineering, Univ. of Ryukyus, Dr. Eng.

図-1 スリット型戸建住宅配置図

写真-1 スリット型戸建住宅

表-1 実測内容

測定項目	測定機器	測定点	数
AIR TEMPERATURE	CC-Thermo Couple with Shade	A1,A2,B1,B2,B3,C1,C2	7
GLOBE TEMPERATURE	CC-Thermo Couple in Globe	A1,A2,B1,B2,B3,C1,C2	7
WIND SPEED & DIRECTION	3-Cup Anemometer	R	1
	Arrow-Shaped Vane	R	1
	2-D Ultra Sonic Anemometer	A2,C2	2
	3-D Ultra Sonic Anemometer	B2	1

測定期間： 夏: 1991年9月18日18:00～21日12:00, 冬: 1993年2月4日18:00～7日12:00

場所： 福岡県古賀町, 花鶴ヶ丘団地

については地上4.6mに設置した3杯風速計で、A2,B2,C2点(地上1.2m, 以下GL+1.2mとする)は超音波風速計で行った。気温はA1,A2,B1,B2,B3,C1,C2の7ヶ所すべてに設置した日射遮蔽されたT熱電対で測定した⁸⁾。測定日は夏季が1991年9月18日～21日, 冬季は1993年2月4日～7日まで連続して行い, 10分間隔でデータロガーに記録した(表-1)。

まず, 気温分布の傾向を検討するために, 夏季の測定日(9/18～9/21)の時間帯(10:00am～15:00pm, 22:00pm～3:00am, 但し, 9/21は10:00～14:10)における平均値をみると, A2(GL+1.2m)と比較してB2はいずれの測定日も昼間において平均気温が非常に低いことが示されている。この傾向は, B1(GL+0.20m)でさらに顕著となる。続いて, 夜間においては, B2はA2よりわずかに気温が高くなる(図-2参照)。このように隣棟空隙には非常に特殊な気温分布が形成されていることが理解される。隣棟空隙のB点の3つの高さ(B1, B2, B3(GL+3.20m))の夏季

平均気温は昼間において一番地表に近いB1の気温が他のB2, B3と比較して最大で2℃程度低くなっている。夜間においてはB点の高さによる差はみられない。

次に, A2, B2, C2の夏季, 冬季における経時気温変化をみる(図-3)。夏季においていずれの測定日も昼間の時間帯において隣棟空隙(B2)は気温が低く, 最大の気温差がC2と比較して4℃を越えている。続いて, 夏季の夜間はいずれの測定日もB2の気温がやや高くなっている。冬季の各測定点の気温差は夏季ほど明確ではないが, B2は昼間, 夜間ともに南のC2とほぼ同じ気温変動を示している。

続いて, 図-4は, A2, B2, C2のグローブ温度の経時変化を示したものである。これによると非常に特徴的なのは夏季の昼間, B2のグローブ温度がA2, C2と比べて著しく低く, 逆に夜間はB2のグローブ温度がA2, C2と比較してやや高くなっていることである。このことは, 隣棟空隙

図-2 平均気温度(夏季)

図-3 気温の経時変動 (夏季, 冬季)

(B2) が日射遮蔽された空間で、昼間の日射受熱や夜間の放射冷却効果が少ないために比較的安定した放射環境となっていることが理解される。冬季のグローブ温度は、昼間ではB2がC2とA2との中間的な変動を示す。一方、夜間では夏季よりもA2及びC2とB2とのグローブ温度差が顕著となる。

次に、夏季の各測定点A2, B2, C2における風ベクトルを図-5に示す。基準点Rの風向、風速から判断してあまり安定した風の条件ではない。測定日の一日目は風向があまり変化していないが、二日目には不安定になる。風速は昼に1.5m/sec程度である。A2ではすべての時間帯において風速が小さく、Rの風向とは逆向きになることが多い。南側の庭のC2の風は北寄りの風が多く、Rとは逆向きになる。このようなA2, C2の風のベクトルの特徴は住宅の北側が低く南側が高い地形の影響によるものと考えられる。

隣棟空隙内のB2ではRの風の南北方向の成分だけを取り出したような状況を示している。詳しくみると、基準点Rにおける風ベクトルは特に決まった方向を示していない

図-4 グローブの経時変動 (夏季, 冬季)

が、隣棟空隙における風ベクトルは基準点の風ベクトルの隣棟方向の成分だけを取り出したような特徴的な動きをみせている。これは狭い隣棟空隙が風向をコントロールしていることを示している。こうしたことは、夏季、冬季ともに隣棟空隙の軸方向と基準点の風向が同じであれば両者の風速は一体化し、反面、基準点の風向とずれている場合は、風向が調節されて隣棟空隙の風速は低下することを意味している。

以上のことから、隣棟空隙は気温分布において非常に特殊な温度環境を形成するとともに、風をコントロールする有力な環境的装置としての可能性が大きいことを示している。実際に住み手によってスリット隣棟空隙の壁面を改造して2階の部屋に窓がつけられていることから理解される。

3. 1/50デザイン標準モデルの風洞実験方法

風洞実験は九州大学総合理工学研究科熱エネルギーシステム工学棟にある回流型境界層風洞を用い、サーミス

図-5 風ベクトル (夏季)

図-6 デザインモデル (C, W), くさび (K)

ター風速計によって測定した。また、可視化は流動パライフィンを使ってVTR及びスライドの撮影を行った。なお、基準風速は、測定用には5m/sec、可視化には1m/secとし、風速の測定点はデザインモデル高さの中間点とした。

デザインモデルは、一般的な2階建戸建住宅の1/50スケールで単純化した一辺16cmの立方体で、材質は厚さ3mmの透明アクリル板である(図-6参照)。モデルの形態は、隣棟空隙の環境デザインを意識して①隣棟空隙の2種のパターン(標準型モデル; 開口部を持たないデザインモデルC, 開口部を持つデザインモデルW), ②隣棟空隙に環境デザイン要素として障壁(くさび=『個体域』の創成として有効な装置)を入れた4種のパターン(くさび型デザインモデルK)とした(図-14, 図-15参照)。

隣棟空隙内気流速度の測定点を図-7に示す。デザインモデルの隣棟空隙の方向を風洞気流の方向に合わせ、風洞床面に水平かつ中央に設置する。隣棟空隙の中心軸(5~8点), 風上側(2点; モデルより4cmと8cm), 風下側(1点; モデルより8cm)の測定点, デザインモデルの建物域(それぞれ5点)及び開口部(それぞれ1点)並びに, デザインモデルの片側の風上側(2点; モデルより4cmと8cm)を設定している。

各測定点において風速計の出力を約1分間ペンレコーダーに出力し, これから目視により平均風速を読みとる。

図-7 気流速度の測定点

各モデルを比較するために測定結果を無次元化するが, その際, 基準風速は模型前方(風上側)16cm, 床面から32cmの高さにおいて測定した風速を用いる。実験風速はこの基準風速が約5m/sになるように設定している。以下, 実験の結果はすべてこの無次元化された風速によって表すが, これを風速比と呼ぶ。

$$\text{風速比} = V_p / V_r$$

(無次元風速)

V_p : 測定点の平均風速 (m/s)

V_r : 基準風速 (m/s)

続いて, 可視化の方法はスモークワイヤーの煙をトレーサとして用いる。その煙の流れを写真及びビデオに記録する。可視化実験の場合, トレーサが明確に見えることを条件に実験風速を約1m/s程度とする。隣棟空隙内及びその近傍の流れが可視化の対象となるので, 水平面の可視化を行う。すなわち, スモークワイヤーを模型の風上側約10cmの位置に水平にスタンドで固定し, 光を模型の側面から当て, 上から流れを撮影する。光源にはスライドプロジェクターを用いるが, 写真撮影にはスリット光, ビデオ撮影にはカラーフィルターを用いる。カラーフィルターとは, マーカーで層状に着色した透明フィルムをスライドマウントに乗せたものである。これにより模型とその上空部分のトレーサを色分けでき, モデルを

図-8 独立モデルと隣棟空隙標準モデルの風速比

写真-3 デザインモデルCの可視化⁹⁾

図-9 主方向の中心軸風速比 (C)

越えて流れる3次元的な流れを可視化できるようにした。

4. 1/50デザイン標準モデルの風洞実験の結果

戸建住宅が単独で独立して建った場合と2戸で隣棟空隙をもつ場合で風の流の特性がどのように異なるかを分析する。図-8に示すように、独立モデルだけを風洞において壁面から0.5m (1/50では1cm), 1.0m, 2.0m, 3.0m, 4.0mの風速を測定した。同じく隣棟空隙モデル (隣棟空隙間隔2.0mと3.0m) で壁面から0.5m, 並びに, その中央部 (1.0mと1.5m) の風速を測定した。以上の独立モデル及び隣棟空隙モデルの壁面の中央部に開口部の有るものと無いものを測定した。

これによると, まず開口部の無いものについては, 独立モデルの場合, モデルの壁面から離れるほど風速比が大きくなり, 4.0m (1/50=8cm) で基準風速の85%となる。反面, 壁面に近い建物域では小さくなり, 0.5mで52%, 1.0mで59%となる。ところが, 隣棟空隙モデルでは, 隣棟空隙内に気流が収束されるために, 隣棟空隙2.0mと3.0mでは, 壁面から0.5mでそれぞれ82%, 88%, 中央部で85%, 83%となり建物域の風速比が減少しないことが理解される。以上の測定結果は, 隣棟空隙が環境デザインにとって有力な対象であることを示している。またさらに, 開口部の風速比は, 独立モデル33%に対して隣棟空隙モ

デルの52%であり, 同じく環境デザインにとって有利なことを示している。

次に, 開口部を持たないデザインモデルCの風速特性を分析する (図-9)。隣棟間隔を0.5m~4.0mへ変化させて, 風の流れの主方向の風上から風下までの8点の隣棟空隙の中心軸上の風速を測定すると, 以下の結果が得られた。風速比のパターンは, 隣棟空隙の入口付近で基準風速の約50%程度に減速し, 次いで, 隣棟空隙の風上方向1/4の点で最大となって, 概ね基準風速の100%に回復し, その後, 再び減速して隣棟空隙の風下で70~80%となる。隣棟空隙内における風速比の最大・最小の差は, 隣棟間隔によってはあまり変化しない。すなわち, 隣棟間隔0.5m-38%が最大であるが, 1.0m-24%, 2.0m-28%, 2.5m-30%と増え, その後, 3.0m-25%, 4.0m-19%と減少する。このように2.5mに変曲点があるのは, 隣棟空隙の幅によって風速分布, 即ち, 安定さが調節されることを示しており興味もたれる。また, 1.5m以下では隣棟空隙を出た風下部分で風速比が大きく減速しているが, このことは, 隣棟間隔の大小が通風条件において背後の住宅へ大きな影響を与えることを意味しており注意を要する (図-9参照)。

続いて, 隣棟空隙内のすべての測定点の風速比を5段階の風速比で捉え, その分布をみてみると, 隣棟空隙の風上側の1/4地点の中央部で風速比が0.8と高く, 風上側の

写真-4 デザインモデルW1の可視化⁹⁾

図-10 主方向の中心軸風速比 (W1)

写真5 中央くさび型モデルw1K1の可視化⁹⁾

建物域を併せて2/3, さらに中央部は3/4まで0.6の分布, それ以外の風下側は0.4の分布となり, 隣棟空隙の風上側の部分で明確な縮流効果が見られる (図-9参照)。

次に, 開口部をもつデザインモデルWの風の流れ特性を分析する。まず, デザインモデルWで開口部の3種のパターン; 中央対面型W1 (開口部がそれぞれのモデルの中央部にあり, しかも, 両者が対面している型), 端部非対面型W2, W3 (モデルの端部にあって非対面している型で, 開口部のズレの大小で二つのパターン) を用いた。これによると, いずれのパターンにおいても隣棟空隙の全体的な平均風速比は, 基準風速の83~84%で, 開口部域では54~58%であり, 開口部域において約30%程度減速することが確認された (図-14参照)。

詳細にみると, 中央対面型W1の風速比分布は開口部をもたない隣棟空隙デザインモデルCとほとんど変わらない。即ち, 隣棟空隙の入口では風速比が約50%であり, 最大風速比は風上1/4で95~100%, その後, 風上1/2で約90%と低下し, 風下の出口で約75~80%となる。最高と最低の風速比は3割程度である (図-10参照)。次に, 可視化写真をみると, 開口部の有無に関係なく, 中心軸上に気流軸があり, 特に開口部域においても通風効果は確認できない (写真-4)。

デザインモデルWの隣棟空隙に障壁 (くさび) を設け

写真-6 端部くさび型モデルw2K3の可視化⁹⁾

図-11 主方向の中心軸風速比 (w1K1)

た, くさび型デザインモデルK; 中央くさび型K1 (中央に2つくさびを設置したモデル), 端部くさび型K2, K3 (端部に2つくさびを設置したモデル), K4 (4つくさびを設置したモデル) の測定を行った (図-14参照)。まず, 中央くさび型モデルw1K1は, 隣棟空隙の中間点で基準風速の9割となる山形パターンである。隣棟間の幅によって風速比の差異がみられ, 間隔が狭くなれば急激に風速比が減速している (図-11)。続いて, 風速分布を見ると中央に配置されたくさびとくさびとの間は風速比が高く, また併せて, 開口部の風速比も高くなる (図-11)。この現象, 特に開口部への気流の流入は可視化においても確認できる (写真-5)。

端部くさび型モデルで二つのくさびが風上, 風下に配置されているモデル (w2K3) では, 風上1/4の点と風下3/4の点で風速比が最大 (概ね80%) となり, 中間点で小さくなる二つ山形パターンをとる。但し, 隣棟空隙5.0m (1/50=10cm) においてはくさびの間隔が大きくなるために風速比が高くなり, 単純な一つ山パターンとなる。一方, 3.25mでは二つ山パターンとなるが, 風速は極端に小さくなる (図-12)。風速分布では, くさびの配置によって気流の蛇行がつくれ, くさびの風上, 風下で風速が異なるという独特な風の流れ特性を形成する (図-12)。

可視化では, 風上側のくさびによって蛇行された気流

図-12 主方向の中心軸風速比 (w2K3)

写真-7 中央くさび型モデルw1K4の可視化⁹⁾

が風下側のくさびによって障壁化され、その前にとられた開口部への気流の流れ込みが著しく、逆に蛇行のルートの反対のくさびの裏にとられた開口部では弱い気流(渦巻)が窺える(写真-6)。

以上のように、端部くさび型モデルでは隣棟間隔、くさびと開口部との配置の関係によって風の流れ特性に大きな影響が与えられることが示された。

4つのくさび型モデル(w1K4)は、隣棟空隙の風上の入口で風速が50%、風上1/4で最大風速比が約90%となり、その後の風速パターンは隣棟空隙3.5m(1/50=7cm)を境にして大きく異なる。即ち、3.5m以下では風下で急激に低下し、出口では風速比が20%、3.5m以上では、4.0mの場合が約50%、5.0mの場合ではほとんど低下せず約80%となる(図-13)。風速分布では風上のくさびの中央部で高い風速比がみられるが、隣棟空隙全体では低い風速比となっている。但し、開口部はくさび無しの効果のためデザインモデルw1の開口部より相対的に高くなっている(図-13)。可視化では、風上のくさびの間を断続的に通過する気流を確認でき、こうしてつくられた微弱な風が開口部に入り込む状態がつくられていることがわかる(写真-7)。

次に、くさびを持つモデルの隣棟空隙全体の風速と開口部域の風速を比較すると、くさびの無い標準モデルと

図-13 主方向の中心軸風速比 (w1K4)

大きな差異があることが理解される。開口部とくさびの配置によって5つのタイプを実測すると、いずれのタイプにおいても全体の風速より開口部域の風速が大きく、標準モデルとは全く対比的であることが示される。例えば、中間点に障壁を造った開口部対面タイプ(w1K1)では、隣棟空隙全体の平均風速比は53%、開口部域は82%となり、開口部域において約30%の増速となっている。このことは、いずれのタイプにおいても確認されるが、他のタイプではやや低くなり、増速率が10~20%となる(図-14参照)。

また、開口部が端部にズレて配置された場合、開口部域の風速は、風上と風下で大きく異なるが、くさびを設けることによって開口部域の風速をほぼそろえる効果もあることが確認された(図-15参照)。

このことは、風の流れ方向に対して隣棟空隙内にくさびを効果的に配置することによって開口部の風を室内へ取り込むコントロールが可能であることを意味しており、環境デザインに有力な方法を証左している。

5. まとめ

①スリット型戸建住宅の熱環境実測の分析の結果、隣棟空隙には日照が入り込まないこと、従って、特に夏季に

	(W1)	(w1K1)	(w1K4)	(W2)	(w2K1)	(w2K3)	(W3)	(w3K2)	(w3K3)
①	0.56	0.82	0.49	0.58	0.70	0.73	0.54	0.67	0.72
②	0.84	0.53	0.41	0.84	0.57	0.63	0.83	0.58	0.55
③	0.67	1.55	1.20	0.69	1.23	1.16	0.65	1.16	1.31

① 開口部域平均風速比 (⊙)
 ② 隣棟空隙平均風速比 (・)
 ③ =①/②

※ 隣棟間隔: 3.5m

図-14 開口部モデル及びくさび型モデルの風速比

	(w3)	(w3K2)	(w3K3)
Ⓐ	0.69	0.69	0.74
Ⓑ	0.38	0.64	0.71
Ⓒ	0.31	0.05	0.03

Ⓐ 上側開口部の風速比
 Ⓑ 下側開口部の風速比
 Ⓒ = Ⓐ - Ⓑ

※ 隣棟間隔: 3.5m

図-15 開口部ズレの風速比

において昼間の気温上昇が抑制されること、また、風向がコントロールされることが明らかになった。このことは、これまでデッドスペースとみられてきた隣棟空隙の熱環境特性をデザイン化できれば狭小な宅地で失われた『個体域』を再生することが可能であることを示している。

②1/50デザインモデルの風洞実験による隣棟空隙内風の流れ特性の分析の結果、隣棟空隙では風上から1/4の点で風速比1.0に回復し、その後減少して隣棟空隙の風下で風速比0.7～0.8となること、また、隣棟空隙の建物域は中心軸と同様に風速比が大きく風のコントロール装置として可能性が高いこと、特に、隣棟空隙内に設置したくさびによって風速比を大幅に増加できることを明らかにした。

- 7) 熊谷智夫他2名：建物周辺及び壁近傍の空気温度分布・気流性状に関する研究 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）D環境工学NO.4246, 1988年10月
- 8) 岩本清孝他2名：自然風の乱れによる換気効果（その26）単一開口室における通気量算定法 日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）D環境工学NO.4296, 1992年8月
- 9) 赤林伸一他3名：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 第456号, pp.9～16, 1994年2月
- 10) 西田 勝他4名：風洞模型実験による通風の駆動力と室内気流分布の再現性に関する研究 日本建築学会計画系論文報告集 第375号, pp.1～9, 1987年5月

（1995年2月10日原稿受理，1995年10月5日採用決定）

謝辞

本研究の風洞実験にあたりご指導と御協力を賜った九州大学総合理工研究科・片山忠久教授及び九州芸術工科大学・石井昭夫教授並びに各研究室の方々に感謝します。さらに、当時九州大学工学部建築学科竹下研究室の大学院生であった田村容子さん（アーバンデザインコンサルタント）、大学院生萬谷健志君、卒論生柴田 建君に協力をいただきました。記して感謝します。

尚、本研究は文部省科学研究費（一般C）の助成を得て行ったものである。

補注

- 1] エスベランサ カロ、竹下輝和他1名：伝統的な住宅における個体域の環境特性と生活行動、戸建住宅の隣棟空隙の再構築に関する環境デザインの研究（その1）、日本建築学会計画系論文報告集第460号1994年6月の補注7）、8）を参照のこと。
- 2] 同上論文による。
- 3] ここで特に風の流れと定義したのは気流における視覚性を強調するためである。参考文献10）を参照のこと。
- 4] 参考文献1）、3）、4）、5）による。
- 5] 参考文献9）による。
- 6] 参考文献7）による。
- 7] 参考文献8）による。
- 8] 基準点Rが風のみ測定であったので、最も上下方向に温度分布の小さいA2（GL+1.2m）の気温を基準として用いた。
- 9] ビデオからのプリントによる。

参考文献

- 1) 勝田高司他3名：建物周囲気流に関する実験的研究（III）、（IV）日本建築学会論文報告集 第179号, 1971年1月～第180号, 1971年2月
- 2) B.E.LEE他2名：Predicting Natural Ventilation Forces Upon Low-Rise Buildings ASHRAE JOURNAL, pp.35～39, 1980年
- 3) 村上周三他5名：市街地低層部における風の性状と風環境評価に関する研究-（I）、（III）日本建築学会論文報告集 第310号, 1981年12月～325号, 1983年3月
- 4) 片山忠久他4名：建物近傍における風の特性と住宅の通風に関する実測 日本風工学会誌 第18号, pp.11～19, 1984年1月
- 5) 片山忠久他2名：建物周辺気流の実測調査 平均風速および乱れの諸特性についてのケース・スタディ 日本建築学会計画系論文報告集 第365号, pp.1～9, 1986年7月
- 6) 梅干野 晃：建築外部空間の熱環境 建築雑誌Vol.102, No.1255, 1987年1月号