

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04453

研究課題名（和文）2台のドップラーライダーによる都市大気の流れ・乱流拡散の空間分布と時間変動の計測

研究課題名（英文）Observations of the spatial distribution and the fluctuation of wind velocity by two Doppler lidars above the city

研究代表者

石田 泰之（Ishida, Yasuyuki）

東北大学・工学研究科・助手

研究者番号：20789515

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：宮城県仙台市を対象に、ドップラーライダーによる上空気流計測と地表付近の温湿度の多点同時測定を同期で実施し、都市上空の気流性状の実態の把握、上空気流性状が地表付近の温湿度に及ぼす影響の評価、さらに、この結果に基づく気候特性の類型化を行った。計測結果と数値流体解析結果を併用し、上空の気流性状や温湿度の輸送の3次元構造、また、その時間変化を評価した。都市上空の大気と地表付近の空気の混合を活発化する装置としての高層建物に着目し、その形状変更が地表付近の風環境に及ぼす影響を定量評価した。以上から、輸送（移流・乱流フラックス）を制御する手段としての高層建物の効果を整理した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

屋外生活空間の環境制御においては、都市上空の気流性状を正しく把握し、上空気流性状と地表付近の都市微気候との関係を理解することが重要である。しかし、実在都市における移流・乱流フラックスの時空間分布や変動の実態は十分に明らかにされて来なかった。計測結果と数値流体解析結果を併用した3次元的な実態の把握、都市上空の大気の市街地内への輸送を及ぼす高層建物の形状と市街地のBreathability（市街地の上空と市街地内の空気の交換能力）との関係を明らかにした本研究課題の学術的・社会的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：A concurrent measurement of wind velocities above the city using two Doppler lidars, and air temperature and humidity at multiple observation points was conducted in Sendai, a coastal city of Japan. A time series of the spatial distributions of the wind direction, speed, and power spectrum of the fluctuations of the wind were analyzed with a time series of air temperature and humidity for each day. Based on these, the characteristics of urban climate were classified into four types.

Evaluated the 3-dimensional structure of wind velocity, air temperature and humidity above the city and their time change by using both measured and numerical simulation values.

Quantitatively evaluated the effect of changing the shape of high-rise buildings on the wind environment near the ground, focusing on high-rise buildings as a device that enhances the mixing of air near the ground and that over cities. From this, the effect of high-rise buildings in controlling the transfer was summarized.

研究分野：都市環境工学、風工学

キーワード：ドップラーライダー 上空気流性状 温湿度の多点同時測定 WRF LES Breathability 高層建物

1. 研究開始当初の背景

我が国では大都市の多くが沿岸部に位置し、都市部における夏期の暑熱化対策を考える上では、上空を吹き抜ける莫大な冷熱源である海風の利用が有効だと考えられる。そこで、我々は、上空の海風の平均的な吹き降ろし(移流)や乱流渦による上空大気と市街地内の空気の鉛直方向の攪拌(乱流拡散)を促すことで市街地内の気温低減を図る「鉛直方向の風の道」の概念を提唱した。これまで、実在都市の上空気流性状(時空間分布や変動)の実態の把握のために、リモートセンシング計測技術が利用されてきた。しかし、計測で取得可能なデータは、機器設置位置から数kmの範囲内の1直線上、或いは1断面上に限られた範囲であることが多く、上空気流性状の十分な把握に至っていなかった。さらに、上空大気と地表付近の空気の相互の影響の制御のためには、市街地形態が上空大気と地表付近の空気の輸送に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

- (1) 我が国の沿岸都市の1つである宮城県仙台市の中心部に2台のドップラーライダーを設置し、市街地上空の風向風速や、風速の水平・鉛直成分の fluxuation の時間変化を計測する。さらに、同期間で広域の地表付近の温湿度の多点同時測定を実施する。これらにより、都市上空の気流性状を把握するとともに、上空気流性状が地表付近の温湿度変化に及ぼす影響を明らかにする。
- (2) 計測結果と数値流体解析結果を併用し、大気境界層中の3次元的な大気構造を分析する。
- (3) 都市上空の大気と地表付近の空気の混合を活発化するための装置としての高層建物に着目し、後述する Breathability の概念に基づいて高層建物の形状パラメータ変更が地表付近の風環境に及ぼす影響を定量化する。

3. 研究の方法

- (1) ドップラーライダーによる上空気流計測と地表付近の温湿度の多点同時測定を同時に行い、市街地に海風が進入した際の上空気流性状及び上空気流性状が地表付近の温湿度に及ぼす影響を分析し、得られた結果を類型化する。図1にドップラーライダーの設置地点、図2に温湿度測定点の分布を示す。
- (2) 領域気象モデル WRF による解析を行い、解析結果とドップラーライダーの計測結果を併用して、広域の大気性状の3次元空間分布の時間変化を分析する。
- (3) 都市上空の気流を屋外生活空間に導く主たる装置の1つが高層建物であると捉え、高層建物の形状の変更が街区スケールの風環境に及ぼす影響を Breathability の概念※に基づいて、LES(Large Eddy Simulation)を用いて分析する。  
※市街地内の空気と市街地上空の空気の交換能力を表す指標に Breathability (breathable : 呼吸しやすい) がある。Breathability が高い状態とは移流または乱流拡散により市街地内の空気が上空へ排出、上空の空気が市街地内へ流出しやすい状態を指す。

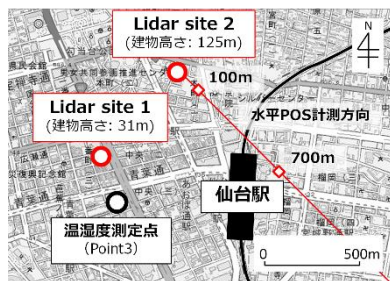


図1 ライダー設置地点

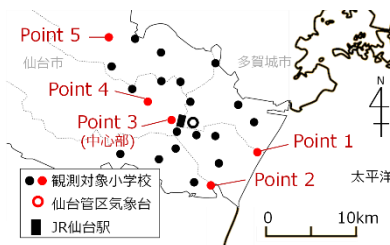


図2 温湿度測定点

4. 研究成果

- (1) ドップラーライダーによる上空気流性状の計測と温湿度の多点同時測定

① 上空気流性状の特性

海風が吹いた日における市街地上空の気流性状及び海風が地表付近の温湿度変化に及ぼす影響を把握するため、内陸方向から風が吹く日と海方向から風が吹く日の計測結果を比較する。図3に示すように南から東の範囲からの風を「海風」、それ以外の方位からの風を「内陸風」と定義した。さらに、仙台管区気象台で、一日を通して内陸風が観測された2018年8月27日を「内陸風日」、海風が6時間以上継続して観測された2018年8月22日を「海風日」として比較する。図4に温湿度の多点同時測定による両代表日の気温の時刻変化を、図5、6にドップラーライダーの計測結果をそれぞれ示す。



図3 8月の風配図

内陸風日について、風向(図5(1))の計測結果より、継続して上空約1,000mまで内陸風が吹いており、風速(図5(2))は高さが高いほど大きい。風速の鉛直成分(図5(3))をみると、比較的静穏な大気状態であることがわかる。

海風日について、風向(図6(1))の計測結果より、7時台は2つの風向のいずれも内陸風が吹いており、風速(図6(2))はこの2層の接する高さ付近で弱い。風速の鉛直成分(図6(3))から、7時台は内陸風日と同程度の静穏な大気状態であることがわかる。8時半以降の風向(図6(1))から、海風の進入が始まったと考えられる。海風進入直後の9時から10時過ぎにかけて、5~10分継続する3m/sを超える上昇流が発生している(図6(3))。図4(2)より、9時半に中心部(図1、

Point3)では気温上昇の停止が生じたが、これは図 6(3)で確認された海風進入時特有の活発な大気鉛直混合(鉛直方向の空気の移動に伴う大気混合)により、地表付近に冷熱が到達したためと考えられる。10 時半以降には地上 500m 高さまでの範囲において海風が安定的に吹き続け、その上に西寄りの内陸風の層が重なる(図 6(1))。この時間帯にも上昇流や下降流の発生はあったが、その継続時間は海風進入直後よりも小さい(図 6(3))。

海風日には海風進入時における上昇流が見られない日もあり、このような日には、気温上昇の停止が発生していなかった。

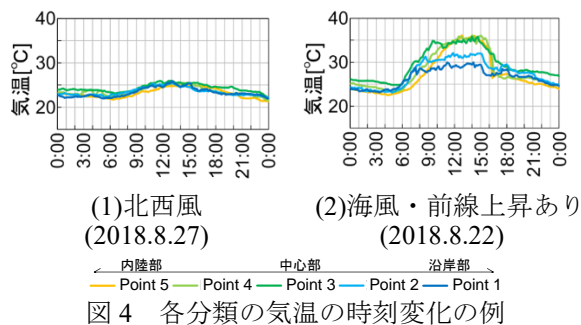


図 4 各分類の気温の時刻変化の例

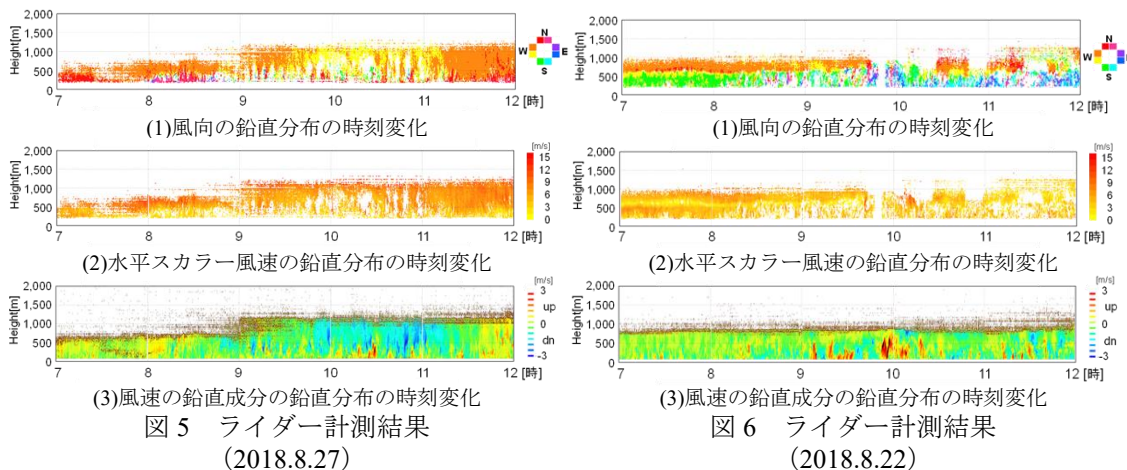


図 5 ライダー計測結果 (2018.8.27)

図 6 ライダー計測結果 (2018.8.22)

## ② 気候特性の類型化 (図 7)

仙台区気象台で観測された風向データに基づき、一日を通して内陸風が観測された日を分類 A、海風日のうち海風到達時刻に強い上昇流が計測された日を分類 B、計測されなかった日を分類 C、一日を通して風向が乱れた日を分類 D の 4 種類に分類した。尚、①で分析した図 4(1)、図 5 は分類 A に、図 4(2)、図 6 は分類 B に当たる。

## ③ 風速変動のスペクトル解析

約 4 秒の時間解像度で得られた風速の鉛直方向および水平方向成分の時間変動のパワースペクトルを分析した。本報では分類 B (海風・上昇流あり) の評価対象日 (8 月 19 日) の結果を示す。図 8 に風速の鉛直成分の鉛直分布の時刻変化を、図 9 に高さ 200m、400m での風速の鉛直成分の時刻変化を、図 10 にそれらのパワースペクトルを示す。併せて、評価対象日 (8 月 19 日) の気温変化を図 11 に示す。図 8(1)より海風進入前は静穏な大気状態である。パワースペクトルをみると海風進入前(図 10(1))はいずれの周波数帯もパワーが小さい。一方、海風進入直後の 9 時台(図 10(2))には、約 0.001[Hz]の低周波のパワーが増大する。この低周波は、海風前線部の継続時間が長く強い上昇流によるものと考えられる。図 10(2)(b)及び図 10(3)(b)より、400m 高さでは大きなパワーを

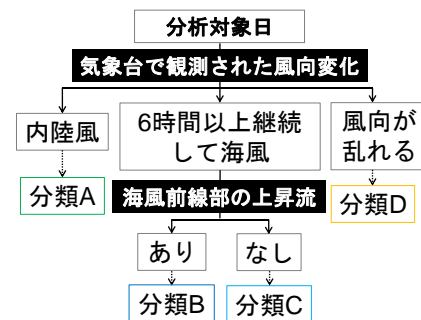


図 7 類型化のフロー

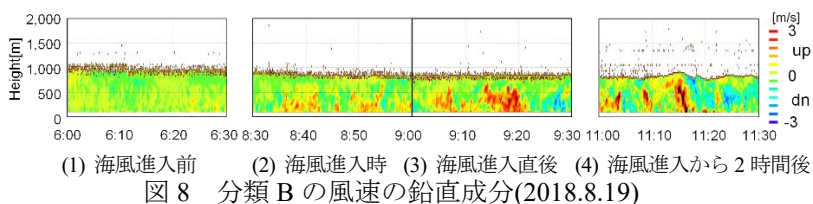


図 8 分類 B の風速の鉛直成分(2018.8.19)

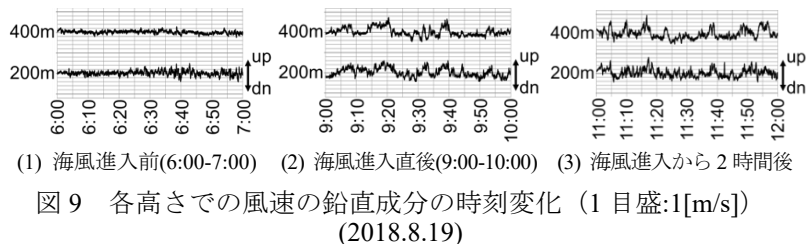


図 9 各高さでの風速の鉛直成分の時刻変化 (1 目盛:1[m/s]) (2018.8.19)

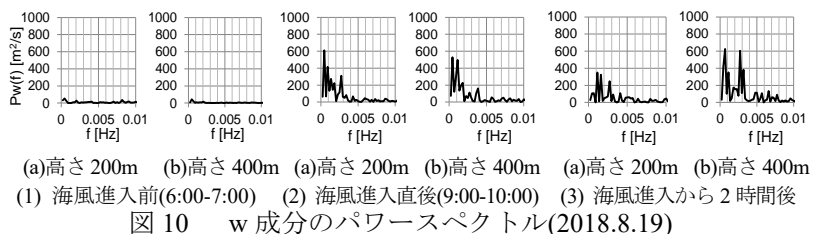


図 10 w 成分のパワースペクトル(2018.8.19)



持つ周波数が高周波側に移動している。この結果から、海風進入から一定時間が経過すると比較的短い周期の風速変動のパワーが増加していることが分かる。中心部の気温(図11、Point3)を確認すると9時半に気温上昇の停止が生じており、海風前線部のスケールの大きい風速変動が気温上昇の停止に寄与したことが推察される。その後、気温上昇の停止は15時頃まで継続しており、安定的に海風が吹く時間にみられた、進入時と同程度の高いエネルギーを持つ高周波の大気混合が、地表付近の気温の上昇を抑制し続けていると思われる。

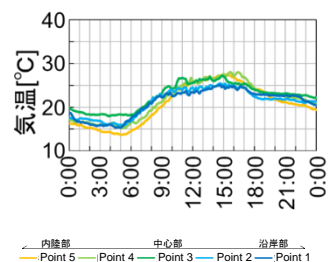


図11 気温変化(2018.8.19)

(2) WRFによる海風進入時における仙台市上空の気流及び絶対湿度の3次元空間分布の分析

仙台市を対象に領域気象モデル WRF を用いて解析を行った。図12に評価断面のラインの位置を示す。尚、海風は陸上の大気と比べて絶対湿度が高いことから、気流性状と絶対湿度を併せて分析することで、進入過程における海風の性状を把握する。図12に示した5つの評価ライン上の絶対湿度と流線の空間分布を図13に示す。尚、c-c'断面は仙台中心部を通る断面である。

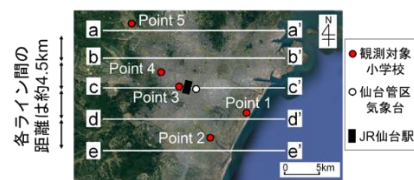
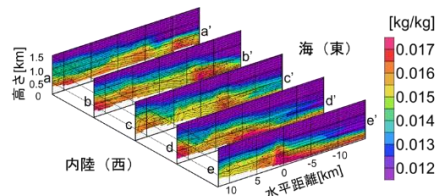


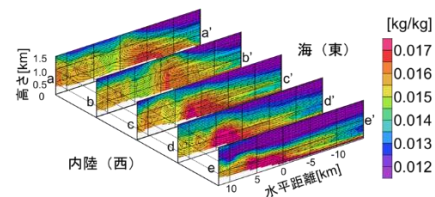
図12 評価断面の位置

(©2021 Google の画像を編集)

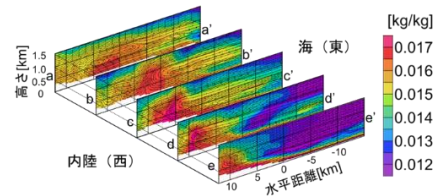
ドップラーライダー計測で見られたように、海風進入前は静穏な状態であり、海風到達時には海風前線部の上昇に伴う高湿度空気の上昇がみられる。また、前線部の後流では、鉛直成分が進入前よりも活発化している。全ての断面において、計測で見られた海風前線部における上昇流発生などの流れの特徴が確認できることから、海風が主流直交方向に広がりを持って進入していることが分かる。



(1) 10:00



(2) 11:00



(3) 12:00

図13 絶対湿度と流線

海風の前線が仙台中心部を通過した11時以降(図13(2)、(3))では、中心部に近いb-b'、c-c'、d-d'断面における絶対湿度の比較的大きい赤色の領域の高さが他の2断面に比べて高い。また、12時(図13(3))のb-b'断面において、他の断面位置よりも海風前線の進行が遅れている。海風前線の進行が遅れているのは、仙台市中心部の粗度(中高層建物群)の影響を受けた可能性が考えられる。ここで、都市上空の大気と地表付近の空気の混合を活発化するための装置としての高層建物に着目し、次項ではLESを用いて大気混合の評価を行った結果を示す。

(3) 高層建物の形状変化が着目する市街地の Breathability に及ぼす影響

① Breathability (図14) の評価方法

既往研究においては、市街地内に流入・流出する流量、あるいは運動量を指標とする Breathability 評価が行われてきたが、本研究では運動エネルギー flux を用いて Breathability の評価を行う。ベクトル量である運動量の増減には、市街地抗力による運動量損失だけでなく、成分間の運動量輸送の影響が含まれる。これに対して、スカラー量である運動エネルギーを用いた場合の評価では、各成分間の輸送を評価する必要がないため、市街地の影響による運動エネルギーの総量の変化をより直接的に求めることができる。また、本研究では全運動エネルギー  $(K+k)$  の輸送  $(Breathability/ E_{vt} = (K+k)\bar{u}_3)$  を、平均運動エネルギー  $(K)$  及び乱流エネルギー  $(k)$  の輸送に分け、さらにそれぞれが移流・乱流拡散によって輸送される量を詳細に分析する。 $(K+k)$  の鉛直方向の輸送量は(1)式で表される。(1)式右辺は、第1項が移流によって鉛直方向に輸送される平均運動エネルギー  $K$ 、第2項が移流によって鉛直方向に輸送される乱流エネルギー  $k$ 、第3項が乱流拡散によって鉛直方向に輸送される平均運動エネルギー  $K$ 、第4項が乱流拡散によって鉛直方向に輸送される乱流エネルギー  $k$  である。

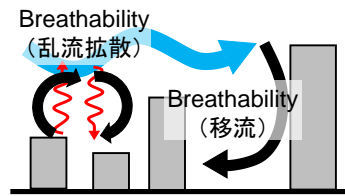


図14 Breathability の概念

$$\langle (K+k)\bar{u}_3 \rangle = \langle \bar{u}_3 \rangle K + \langle \bar{u}_3 \rangle k + \langle \bar{u}_i' \bar{u}_3' \rangle \langle \bar{u}_i \rangle + \langle \bar{u}_i' \bar{u}_3' \bar{u}_i' \rangle / 2 \quad (1)$$

$K$  : 平均運動エネルギー  $[m^2/s^2] (=1/2 \times \langle \bar{u}_i \rangle^2)$ ,  $k$  : 乱流エネルギー  $[m^2/s^2] (=1/2 \times \langle \bar{u}_i' \rangle^2)$ ,  $u_i$  : 風速3成分  $[m/s]$  ( $i=1$ : 主流方向、 $i=2$ : 主流直交方向、 $i=3$ : 鉛直方向)

② LES(Large Eddy Simulation)の概要

図 15 に解析領域、建物再現領域、評価領域、高層建物位置を示す。ここでは、建物再現領域内の建物群について、グロス建蔽率 25% でアスペクト比 1.0 (建物高さ  $H=30\text{m}$ ) の建物群が千鳥配置で配置された Case\_1H、及び、これに対して評価領域中心に位置する建物の高さを 5H、7H と変化させた 2 ケース (Case\_5H、Case\_7H-1)、さらに、Case\_7H-1 の高層建物の上部の幅を  $0.5H$  に変化させたケース (Case\_7H-3) の計 4 ケースを対象に LES を実施した結果を示す。

図 17 に Case\_5H について、C.V.(Canopy)の上面における  $E_{vt}$  の各成分の水平面内空間分布を示す。ここでは、鉛直下向きの輸送を赤、鉛直上向きの輸送を青で示している。特に、高層建物前面で  $\langle \bar{u}_3 \rangle K$  が大きい (図 17(1))。これは、高層建物前面の吹き降ろしの発生によるものだと考えられる。表 1 の上段に 1H 高さにおける  $E_{vt}$ (Breathability)の各成分 ((1)式右辺の各項)の総量及び、下段に  $\int E_{vt} dS$  に占める各成分の総量の割合を示す。なお、表中  $E_{vt}$  の行のみ下段に Case\_1H に対する各ケースの割合を表す。 $\int E_{vt} dS$  は高層建物の影響で増加するが、高層建物の高さ 5H (Case\_5H) と 7H (Case\_7H-1) では差が小さい。これより、高層建物による吹き降ろしについて、ある高さ以上の影響が小さい事が推察される。 $E_{vt}$  の各成分を見ると、Case\_1H では  $\langle \bar{u}_1' \bar{u}_3' \rangle \langle \bar{u}_1 \rangle$  の割合が高い。一方、他のケースでは  $\langle \bar{u}_3 \rangle K$  が大きい。また、 $\langle \bar{u}_3 \rangle k$  に着目すると、高層建物の高さが高くなるにつれて小さくなっていることが分かる。これは高層建物後方の強い吹き上がりによって同領域で増大した乱流エネルギーが上空へ輸送されたためと考えられる。主流風向に対する見附面積が小さい Case\_7H-3 は、Case\_7H-1 と比べて  $\int E_{vt} dS$  が 1 割程度小さい。一方で、Case\_7H-3 は乱流拡散による輸送が Case\_7H-1 よりも大きい。このことから、主流風向に対する見附面積を小さくすることで、移流による平均運動エネルギーの輸送が減少することで Breathability が低下する一方で、乱流拡散による運動エネルギー輸送を増やす効果があることがわかる。

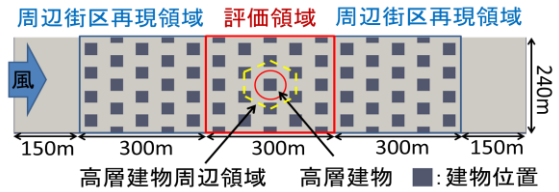


図 15 水平方向の解析領域、建物再現領域、評価領域

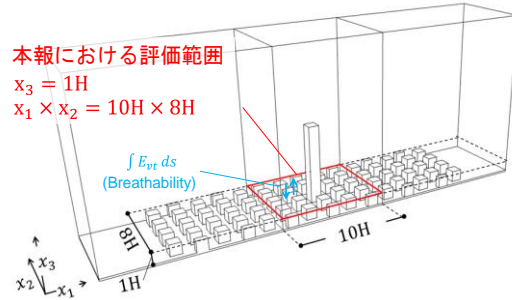


図 16 鉛直方向の運動エネルギー輸送

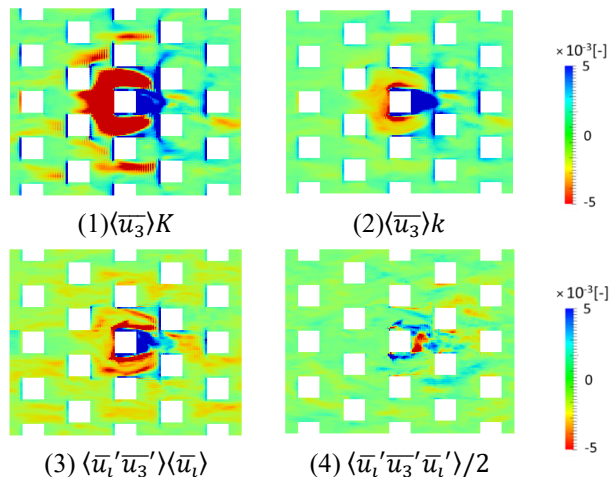


図 17 平均建物高さ(=1H)における Breathability の各成分の空間分布

表 1 1H 高さの  $\int E_{vt} dS$  各成分の総量 ( $\times 10^3 [-]$ ) 及び  $\int E_{vt} dS$  に占める各成分の総量の割合 ( $[-]$ )

ケース名	1H	5H	7H-1	7H-3
$-\int \langle \bar{u}_3 \rangle K dS$	11.84 0.210	76.664 0.691	92.622 0.852	72.054 0.767
$-\int \langle \bar{u}_3 \rangle k dS$	1.926 0.034	-9.967 -0.090	-20.183 -0.186	-10.727 -0.114
$-\int \langle \bar{u}_1' \bar{u}_3' \rangle \langle \bar{u}_1 \rangle dS$	39.545 0.701	39.397 0.355	76.525 0.704	71.757 0.764
$-\int \langle \bar{u}_1' \bar{u}_3' \bar{u}_1' \rangle / 2 dS$	3.791 0.067	4.886 0.044	-40.246 -0.370	-39.183 -0.417
$\int E_{vt} dS$	56.447 -	110.961 (1.97)	108.72 (1.93)	93.894 (1.66)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 石田泰之, 遠藤芳信, 持田灯, 白澤多一, 義江龍一郎, 田中英之	4. 巻 85
2. 論文標題 LESによる高密度市街地の建物高さの非一様性が風環境に及ぼす影響の分析(その2): 市街地抗力及び主流方向の運動量輸送量の定量的評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会環境系論文集	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石田泰之, 遠藤芳信, 持田灯, 白澤多一, 義江龍一郎, 田中英之	4. 巻 85
2. 論文標題 LESによる高密度市街地の建物高さの非一様性が風環境に及ぼす影響の分析(その1): 市街地抗力及び主流方向の運動量輸送量の定量的評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会環境系論文集	6. 最初と最後の頁 1005 ~ 1015
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aije.85.1005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石田泰之, 小野田真帆, 渡辺浩文, 上田裕洋, 持田灯	4. 巻 86
2. 論文標題 沿岸都市仙台を対象とした2台のドップラーライダーによる中心市街地上空の気流性状の計測(その1): 内陸風及び海風の気流性状が地表付近の温湿度に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会環境系論文集	6. 最初と最後の頁 185 ~ 195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aije.86.185	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石田泰之, 小野田真帆, 渡辺浩文, 上田裕洋, 持田灯	4. 巻 -
2. 論文標題 上空大気鉛直及び水平速度変動のスペクトル解析及び地表付近の気温へ及ぼす影響の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 風工学シンポジウム講演梗概集	6. 最初と最後の頁 7 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 前田向陽, 王正, 石田泰之, 持田灯	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 WRF による海風進入時における仙台市上空の気流及び絶対湿度の3次元空間分布の分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会(東海)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 荻原隆太郎, 鎌田脩平, 石田泰之, 石川大, 持田灯	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その9) 高層建物の形状変化が着目する市街地内の歩行者空間の気流性状に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会(東海)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石田泰之, 鎌田脩平, 荻原隆太郎, 石川大, 持田灯	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その10) 高層建物の形状変化が着目する市街地のBreathability に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会(東海)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 鎌田脩平, 荻原隆太郎, 石田泰之, 石川大, 持田灯	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その11) 高層建物の形状変化が着目する市街地の運動エネルギー散逸率に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会(東海)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石田泰之, 小野田真帆, 渡辺浩文, 上田裕洋, 持田灯	4. 巻 -
2. 論文標題 仙台市における温湿度の多点同時測定とドップラーライダーによる上空気流性状の計測(その4)温湿度及び上空気流性状の時空間分布に基づく仙台市夏季の気候特性の類型化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 2283 ~ 2284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小野田真帆, 石田泰之, 渡辺浩文, 上田裕洋, 持田灯	4. 巻 -
2. 論文標題 仙台市における温湿度の多点同時測定とドップラーライダーによる上空気流性状の計測(その5)上空気流の風速変動のスペクトル分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 2285 ~ 2286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 荻原隆太郎, 高田一成, 石田泰之, 持田灯	4. 巻 -
2. 論文標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その5)高層建物が着目する実在市街地の Breathability と歩行者空間の風環境に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 2317 ~ 2318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 持田灯, 高田一成, 荻原隆太郎, 石田泰之	4. 巻 -
2. 論文標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その6)高層建物の建物高さの変化が着目する市街地の歩行者空間における風環境に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 2319 ~ 2320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 高田一成、石田泰之、持田灯	4. 巻 -
2. 論文標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その7)運動エネルギーの輸送効率の評価フレーム構築及び Breathability の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 2321 ~ 2322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石川大、高田一成、石田泰之、持田灯	4. 巻 -
2. 論文標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その8)高層建物の高さの変更が運動エネルギー散逸率及び運動エネルギー輸送効率へ及ぼす影響の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 2323 ~ 2324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yasuyuki Ishida, Tshubasa Okaze, Akashi Mochida	4. 巻 183
2. 論文標題 Influence of urban configuration on the structure of kinetic energy transport and the energy dissipation rate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics	6. 最初と最後の頁 198-213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jweia.2018.10.016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 持田灯、石川大、高田一成、石田泰之、大風翼	4. 巻 -
2. 論文標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その1)着目する市街地における粗度立面積密度と歩行者高さにおける平均風速の空間平均値の関係	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 797 ~ 798
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石川大、高田一成、石田泰之、持田灯、大風翼	4. 巻 -
2. 論文標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その2)着目する市街地の歩行者空間における総運動エネルギーに占める各成分の寄与率の分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 799 ~ 800
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高田一成、石田泰之、持田灯、大風翼	4. 巻 -
2. 論文標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その3)理想街区を対象とした着目する市街地のBreathability評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 801 ~ 802
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石田泰之、持田灯、大風翼	4. 巻 -
2. 論文標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その4)平衡状態における運動エネルギー散逸率と通風性能の分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 803 ~ 804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小野田真帆、石田泰之、渡辺浩文、上田裕洋、持田灯	4. 巻 -
2. 論文標題 仙台市における温湿度の多点同時測定とドップラーライダーによる上空気流性状の計測(その3)2台のドップラーライダーによる風向・風速の鉛直分布の詳細計測	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 747 ~ 748
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石田泰之
2. 発表標題 上空大気の鉛直及び水平速度変動のスペクトル解析及び地表付近の気温へ及ぼす影響の評価
3. 学会等名 第26回風工学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野田真帆
2. 発表標題 仙台市における温湿度の多点同時測定とドップラーライダーによる上空気流性状の計測（その3）2台のドップラーライダーによる風向・風速の鉛直分布の詳細計測
3. 学会等名 日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 持田灯
2. 発表標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その1)着目する市街地における粗度立面積密度と歩行者高さにおける平均風速の空間平均値の関係
3. 学会等名 日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川大
2. 発表標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その2)着目する市街地の歩行者空間における総運動エネルギーに占める各成分の寄与率の分析
3. 学会等名 日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高田一成
2. 発表標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その3)理想街区を対象とした着目する市街地のBreathability評価
3. 学会等名 日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石田泰之
2. 発表標題 市街地形態が着目する市街地及びその風下側の領域の風環境に及ぼす影響(その4)平衡状態における運動エネルギー散逸率と通風性能の分析
3. 学会等名 日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石田泰之
2. 発表標題 理想街区モデルおよび実街区を対象とする市街地の粗度立面積密度と歩行者高さの平均的な風通しの関係に関するLES
3. 学会等名 日本流体力学会年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野田真帆
2. 発表標題 沿岸都市仙台を対象とした温湿度の時空間分布及び2台のドップラーライダーによる中心市街地上空の気流性状の同時計測
3. 学会等名 日本流体力学会年会2019
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 石川大
2. 発表標題 理想街区における粗度立面積密度と歩行者高さの平均的な風通しとの関係の実街区への適用性の検討
3. 学会等名 第33回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	持田 灯  (Mochida Akashi)  (00183658)	東北大学・工学研究科・教授   (11301)	
研究分担者	渡辺 浩文  (Hironori Watanabe)  (60247236)	東北工業大学・工学部・教授   (31303)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------