

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14074

研究課題名(和文)パッシブ音響トモグラフィによる協調動作型都市環境センサネットワークの基礎研究

研究課題名(英文)Basic study on cooperative sensor network for urban environment using passive acoustic tomography

研究代表者

大嶋 拓也(Takuya, Oshima)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：40332647

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文):2点間双方向の音響伝搬時間計測結果から,両計測点間の平均的な風速・温度を求める手法の,都市における代表的なスケールである数十～数百メートル規模での適用性は明らかではない。そこで本研究では,実際の都市環境における代表的な音源である道路交通騒音に対し道路垂直方向および道路平行方向に測線を設けた場合,および特定の卓越した音源のない一般背景環境音源の場合について,モデル計算および実測により測定可能性を検討した。道路垂直方向では,実測およびモデル計算ともに良好な風速算出結果が得られた。一方,道路平行方向および背景環境音では,モデル計算では良好であったが,実測では風速の計測誤差が大きかった。

研究成果の概要(英文):The applicability of a measurement method of mean wind velocity and temperature using bidirectional acoustic propagation time between two points of several ten or hundred meters distance, which is a representative urban scale. In this project, the applicability of the measurement method for road traffic noise that is considered a representative sound source when measurement lines are placed along and perpendicular to the source road, and for urban background noise scene where no outstanding sound source is present is studied by model calculation and actual measurements. From the results, it is found that for the perpendicular direction, reasonable wind velocity is obtained by the model calculation and measurements. On the other hand, for the parallel direction and the background noise cases, the model calculation produced reasonable results whereas larger errors were observed through the measurements.

研究分野：環境音響学

キーワード：建築環境・設備 環境計測 音響センシング クロススペクトル法

1. 研究開始当初の背景

近年の都市域において、ヒートアイランド現象による熱環境の悪化、それに伴うゲリラ豪雨など局地的気象の発生、交通量増加による交通騒音の増大など、環境問題は一層、深刻となっている。それらの対策の基礎となる、都市環境評価の重要性は極めて高い。しかしながら、そのための環境計測は未だ容易ではない。これは、環境計測機器が設置される建物屋上などの環境そのものが、建物自身によって歪められること、また、環境計測機器は一般に機器位置におけるピンポイントの環境を計測するため、広域の代表値計測が不得意なことによる。建物の影響を受けない、遠隔の広がりを持った領域の観測が可能な計測機器としてドップラーライダーが存在するが、一式数千万円以上と高価かつ大型であり、大気中のエアロゾル濃度によって観測の成否が大きく左右される。

一方、2点間双方向の音響伝搬時間計測結果から、両計測点間の平均的な風速・温度を求める単純な原理を多点に展開し、空間的な風速・温度代表値の分布を算出する音響トモグラフィ手法が、地球規模での超低周波音観測により実証されている(①)。しかしながら、都市空間への適用に求められる数十～数百メートル規模では、可聴域音響信号の同期記録の時間精度が要求される。そのため、高精度・低価格なアナログ・デジタル変換器等の登場した近年に研究が活発化した。それらの研究では、音源装置による信号音を計測するアクティブ手法(②)が主流であるが、環境音を用いたパッシブ手法(③)も最新手法として登場している。

都市に新たな騒音を付加しない後者のパッシブな計測機器を、これも近年高性能低価格化した無線ネットワーク装置を用いて都市空間に多点展開すれば、建物近傍から離れた領域を、簡易に安定して計測可能な新たな都市環境センシング技術となると期待される。

2. 研究の目的

そこで本研究では、このようなセンサネットワークにおける計測手法の基本的原理となる、環境音の2点間(以下、この2点を結ぶ線を測線と称する)双方向に対する音響伝搬時間計測結果から、両計測点間の平均的な風速を求める手法を実証し、実際の都市環境における適用可能条件を明らかにする。

3. 研究の方法

都市環境における代表的な音源である道路交通騒音および、特定の卓越した音源のない一般背景環境音源を用いることとし、モデル計算および実測により測定可能性を検討する。さらに、道路交通騒音を用いた場合については、道路垂直方向および道路平行方向に測線を設けた場合の2ケースを検討する。

4. 研究成果

本稿では、道路に垂直な場合および背景環境音での測定可能性検討のためのモデルの構築および解析、ならびに道路に平行な場合のモデル解析および実測について述べる。

(1) 道路に垂直な場合および背景環境音に関するモデル解析

①道路に垂直な場合のモデル構築

文献(学会発表欄②)における実測により、道路垂直方向に測線を設けた場合の風速算出が可能と示された。当該測定を再現するモデルの構築により、様々な音源パターンにおける測定可能性の検討手法を確立する。

道路交通騒音源を、1列に並ぶ点音源とする。図1(a)に示すx-y平面に、点音源*i*を $(x_{s,i}, y_{s,i}) = (0, -50 + 0.5i)$ ($i = 0, 1, \dots, 200$)に設け、受音点*j*をx軸上の $x_{r,j} = -40, -15, 15, 40$ [m]に設ける。風向をx軸の正方向とし、風速 u_m とする。気温は一律で t_m とする。各点音源から、標準化周波数 $f_s = 51200$ [Hz]の互いに無相関なホワイトノイズ $s_i(t)$ を出力する。音の伝搬方向の風速成分 u_{\cos} は*i-j*間距離 $r_{p,i,j}$ を用い、下式で求める。

$$u_{\cos} = u_m(x_{r,j} - x_{s,i})/r_{p,i,j} \quad (1)$$

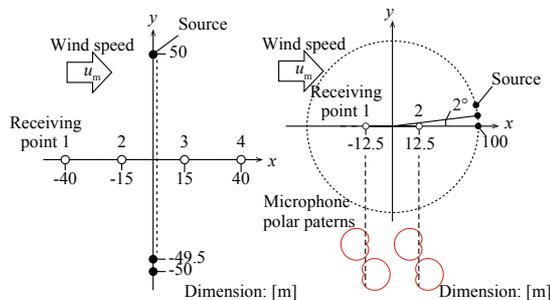
この風速を加味した音速 c_{eff} は以下となる。

$$c_{\text{eff}} = 331.5(1 + t_m/273)^{1/2} + u_{\cos} \quad (2)$$

各音源 $s_i(t)$ を、 c_{eff} および $r_{p,i,j}$ による時間遅れ $\tau_{i,j} = r_{p,i,j}/c_{\text{eff}}$ だけシフトさせた上で、標本数 N_s の区間を切り出し、距離減衰させたものを、全音源について和を取り、1回の受音点 $j_1 - j_2$ 間相互相関関数 $R_{j_1 j_2}(\tau)$ の算出に用いる受音点の音圧波形 $p_j(t)$ とする。

$$p_j(t) = \sum_i s_i(t - \tau_{i,j})/r_{p,i,j} \quad (3)$$

$p_{j_1}(t)$, $p_{j_2}(t)$ 間の相互相関関数 $R_{j_1 j_2}(\tau)$ および本手法による算出風速 u_c は文献(学会発表欄②)の手法で算出する。ただし、標本数 $N_s = 2^{15}$, 同期加算回数 $N = 512$, 帯域通過フィルタ(以下 BPF)の通過帯域は100 - 1000 Hzとする。また、本手法では地表面からの反射波および音波の屈折の影響は考慮しない。



(a) Road noise (b) Background sound
図1 音源・受音点配置

②モデル解析結果

図 2(a)–(c)に、前項で導出した計算モデルにより算出した受音点 2–1 間相互相関関数 $R_{21}(\tau)$ を示す。 u_m , t_m は文献 (学会発表欄②) における 2 台の超音波風速計の測定結果の平均値と、白金抵抗温度計の測定結果を用いる。図 2(a) は u_m , t_m を $R_{21}(\tau)$ の同期加算期間全体の平均値で一定とする。また、BPF は無効とする。楕状の相関は各点音源の経路差に対応しており、遅れ時間が小さいものほど経路差が短い、すなわち $r_{p,i,j}$ が長い音源によるものである。図 2(b) では、 u_m , t_m は N_s 区間の平均値を用い、同期加算各回間で変動させる。また、BPF は無効とする。図 2(a) と比較して、相関波形全体の振幅が小さい。図 2(c) では、 u_m , t_m は (b) と同様とし、BPF を有効とする。それにより、楕状の相関が消え、明瞭なピークを得た。この相互相関波形は、図 2(d) に示す、文献 (学会発表欄②) の Fig. 2(c) における無風時音響伝搬時間 τ_i を 0 とした相関波形と類似している。 $u_m = 2.76$ [m/s] に対し、相互相関 $R_{34}(\tau)$ も併せ求めた u_c は図 2(c), (d) のそれぞれで 2.79, 2.82 [m/s] のほぼ同等の値が得られた。

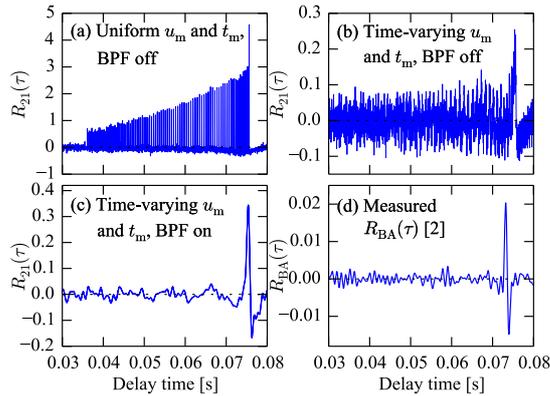


図 2 受音点 2–1 間の相互相関関数

③ 背景環境音場におけるモデル構築

特定方向からの卓越した音源の無い背景環境音場での測定点間方向伝搬音の相関検出には、指向性マイクロホン (以下 MC) が有効と考えられる。そこで、文献 (学会発表欄②) の無指向性マイクロホン (以下 MO) と比較する。図 1(b) の x - y 平面に、点音源 i を $x_{s,i}^2 + y_{s,i}^2 = 100^2$ の円周上に 2° 刻みで設け、受音点 j を x 軸上の $x_{r,j} = -12.5, 12.5$ [m] に設ける。1 受音点に 2 個の MC を配置し、それぞれの指向係数 M_{\pm} を x 軸の正負方向に指向させたカーディオイド特性とする。

$$M_{\pm i,j} = \{1 \pm (x_{r,j} - x_{s,i})/r_{p,i,j}\} / 2 \quad (4)$$

この指向性を加味した受音点 j の音圧波形 $p_{\pm j}(t)$ は以下となる。

$$p_{\pm j}(t) = \sum_i M_{\pm i,j} s_i(t - \tau_{i,j}) / r_{p,i,j} \quad (5)$$

$p_{-j}(t)$ から $R_{12}(\tau)$ を、 $p_{+j}(t)$ から $R_{21}(\tau)$ を求める。 $N = 512, 256$ の 2 条件とし、他の計算条件は図 2(c) の場合と同様とする。

④ モデル解析結果

図 3(a)–(d) は $N = 512$ で求めた相関波形である。図 2(c) に比べ、ピークとそれ以外の相関の振幅比が小さくなっている。これは、特定方向に卓越した音源が存在しないためである。図 3(a), (b) は MO によって得た $R_{12}(\tau)$, $R_{21}(\tau)$ であり、 $R_{12}(\tau)$ は明瞭なピークを得られなかった。一方図 3(c), (d) は MC によるものであり、明瞭なピークを得た。図 4(a), (b) は MO と MC の u_m と u_c の散布図による比較である。また、 $u_m - u_c$ 間の 2 乗平均誤差 σ_u [m/s] および、 $u_c < -2, 4 < u_c$ [m/s] の標本を異常値として除いた、残りの標本数の割合 O_r [%] を図中に示す。MC は MO に比べ、 σ_u が小さく、異常値として除かれる標本数も少ない結果となった。

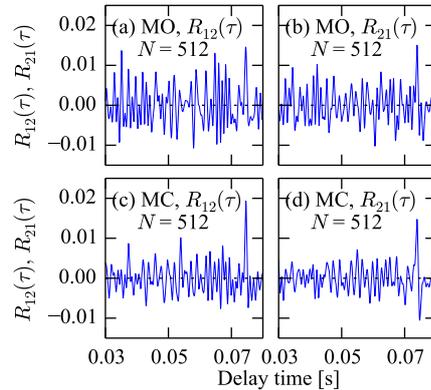


図 3 受音点 1–2 間および 2–1 間の相互相関関数 ($N = 512$)

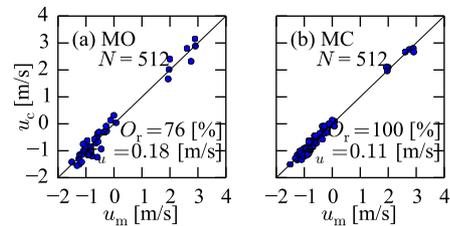


図 4 測定–算出風速間の比較 ($N = 512$)

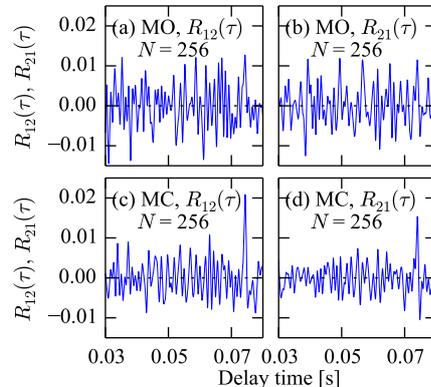


図 5 受音点 1–2 間および 2–1 間の相互相関関数 ($N = 256$)

図 5(a), (b) は $N = 256$ で MO によって得た $R_{12}(\tau)$, $R_{21}(\tau)$ であり、どちらも明瞭なピークを得られなかった。一方図 5(c), (d)

はMCによるものであり、同期加算回数減少にもかかわらず明瞭なピークを得た。図6(a), (b)はMOとMCの u_m と u_c の散布図による比較である。MCはMOに比べ、図中に示した σ_u が小さく、異常値として除かれる標本数も少ない。また、図4に比べMOにおいて異常値が大きく増加したのに対し、MCは同程度であった。

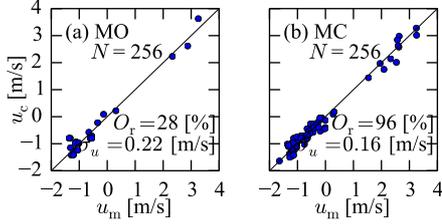


図6 測定-算出風速間の比較 ($N = 256$)

(2) 道路に平行な場合のモデル解析及び実測
① モデル構築

図7のように、点音源 S_i を $(x_{S_i}, y_{S_i}, z_{S_i}) = (-100 + i, 0, 0.01)$ [m] ($i = 0, 1, \dots, 100$)に設け、受音点 R_j を $(x_{R_j}, y_{R_j}, z_{R_j}) = (6, -6.25 + 12.5j, 1.5)$ [m] ($j = 0, 1$)に設ける。風速 u_m を x 軸の正方向とし、気温は一律で t_m とする。 u_m , t_m は実測における地上高さ1.5 mでの超音波風速計、白金抵抗温度計の測定結果を用いる。音の伝搬方向の風速成分 u_{\cos} は S_i - R_j 間水平距離 $r_{p,i,j}$ を用い、下式で求める。

$$u_{\cos} = u_m(x_{R_j} - x_{S_i})/r_{p,i,j} \quad (6)$$

この u_{\cos} を加味した音速 c_{eff} は以下となる。

$$c_{\text{eff}} = 331.5(1 + t_m/273)^{1/2} + u_{\cos} \quad (7)$$

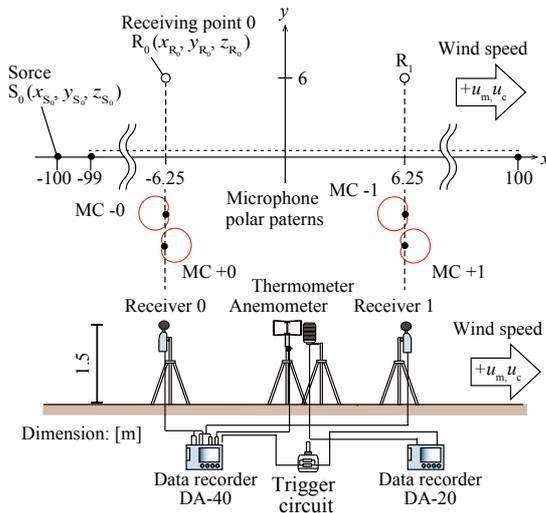


図7 モデル計算および実測配置図

気象の影響による音線の屈折を音線の曲率半径 R_{cur} により、図8のように考慮可能なHarmonoiseモデル(4)を用いて、 i - j 間伝搬距離 $L_{p,i,j}$ を求める。直線状の音線を基準とする高さの変化から、音源からの受音点方向水平距離 r における音線の高さ z は以下である。

$$z = r(z_{R_j} - z_{S_i})/r_{p,i,j} + z_{S_i} + r(r_{p,i,j} - r)(2R_{\text{cur}})^{-1} \quad (8)$$

よって $L_{p,i,j}$ は、下式で求められる。

$$L_{p,i,j} = \int_0^{r_{p,i,j}} \sqrt{1 + (dz/dr)^2} dr = \left[(1/4\alpha) \left\{ (2\alpha r - \beta) \sqrt{(2\alpha r - \beta)^2 + 1} + \sinh^{-1}(2\alpha r - \beta) \right\} \right]^{r_{p,i,j}} \quad (9)$$

ここで、 $\alpha = (2R_{\text{cur}})^{-1}$ 、 $\beta = (z_{R_j} - z_{S_i})/r_{p,i,j} + (z_{R_j} - z_{S_i})/(r_{p,i,j} \cdot 2R_{\text{cur}})$ である。 R_{cur} 算出に必要な地上高さ10 mの風速 u_{10} は、建設省告示による本測定地点における地表粗度区分IIIに対応すべき指数 $\alpha = 0.20$ を用い、超音波風速計設置高さに対応する伝搬方向風速 u_{\cos} から

$$u_{10} = u_{\cos}(10/1.5)^{0.2} \quad (10)$$

によって求める。逆風の場合は、音線の屈折を考慮しない。 c_{eff} および $L_{p,i,j}$ から時間遅れ $\tau_{i,j} = L_{p,i,j}/c_{\text{eff}}$ を求める。大気安定度階級はS3とする。相互相関関数 $R_{j_1 j_2}(\tau)$ 、本手法による算出風速 u_c は文献(学会発表欄②)の方法により算出する。ただし、標本数 2^{15} 、同期加算回数512回とする。また、無風時音響伝搬時間 τ_i は0.03608 [s]である。

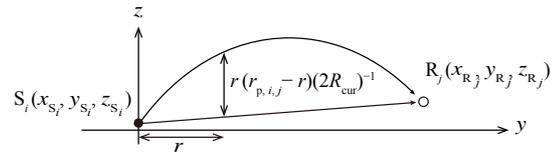


図8 音線屈折モデルの模式図

②モデル計算結果

図9(a)-(c)に、前項の計算モデルで算出した受音点0-1間相互相関関数 $R_{01}(\tau)$ を示す。図9(a)は u_m , t_m を $R_{01}(\tau)$ の同期加算期間全体の平均値で一定とし、BPFを無効として算出した。楕状の相関は各点音源の経路差に対応しており、遅れ時間が小さいもののほど経路差が短い、すなわち $r_{p,i,j}$ が短い音源によるものである。図9(b)では、 u_m , t_m は N_s 区間の平均値を用い、同期加算各回間で変動させ、BPFは無効として算出した。波形全体の振幅は図9(a)に比べ小さいが、遅れ時間が約0.036 [s]にピークが現れている。図9(c)では、 u_m , t_m は(b)と同様とし、BPFを有効とする。楕状の相関が小さくなり、明瞭なピークを得た。 $u_m = 3.56$ [m/s]に対し、 $u_c = 3.48$ [m/s]のほぼ同等の値が得られた。

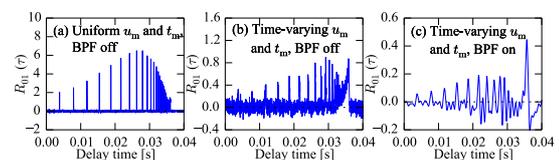


図9 受音点0-1間相互相関関数

図 10(a), (b)は相互相関関数 $R_{01}(\tau)$, $R_{10}(\tau)$ であり, どちらも明瞭なピークを得た。

図 11(a)は受音点 0-1, 1-0 方向伝搬時間 ΔT_{01} , ΔT_{10} の時間変化であり, ΔT_{01} , ΔT_{10} はほぼ一定で τ_i に近いことから測線方向の伝搬時間を得ていると考えられる。

図 12(a)に u_m と u_c の散布図による比較を示す。また, $u_m - u_c$ 間の 2 乗平均誤差 σ_u [m/s] および, $u_c < -1$, $5 < u_c$ [m/s]の標本を異常値として除いた, 残りの標本数の割合 R_c [%]を図中に示す。 σ_u が小さく, 異常値として除かれる標本数も少ない。

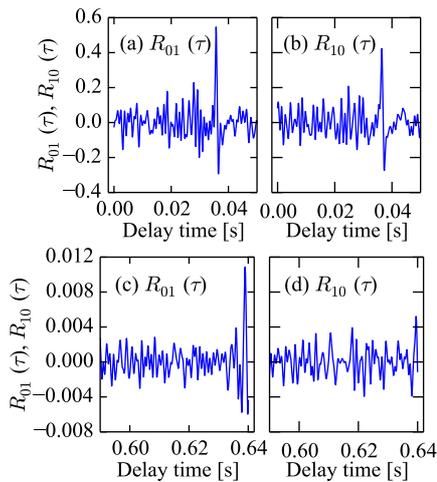


図 10 受音点 0-1, 1-0 間相互相関関数

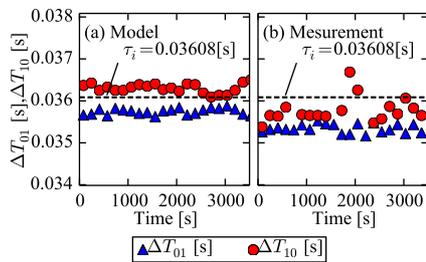


図 11 受音点 0-1, 1-0 間伝搬時間

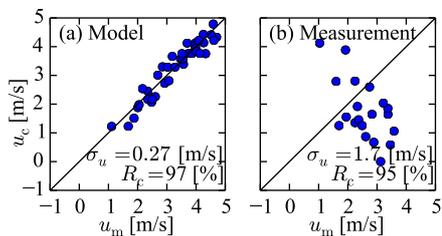


図 12 測定-算出風速間の比較

③ 実測機材配置

測定は新潟市内国道の歩道上で図 7 の配置で行った。受音点 0-1 間基線長 $d = 12.5$ m は, ミリメートル単位の計測で確保する。受音点 0, 1 には文献(学会発表欄⑩)で使用した, 指向性マイクロホンを使用した。基線中央に風速参照値 u_m 計測用の超音波風速計, および温度参照値 t_m 計測用の白金抵

抗温度計を設置する。音圧波形および風速をデータレコーダ DA-40 に, 温度をデータレコーダ DA-20 に標本化周波数 51 200 [Hz]で同期記録する。2 台のデータレコーダはトリガ回路により計測開始時刻を同期させる。

④ 測定結果

図 10(c), (d)は実測により得た $R_{01}(\tau)$, $R_{10}(\tau)$ であり, $R_{10}(\tau)$ は $R_{01}(\tau)$ に比べ, 明瞭なピークを得られなかった。

図 11(b) は ΔT_{01} , ΔT_{10} の時間変化である。 ΔT_{01} に比べ ΔT_{10} のばらつきが大きい。これは, 風向に対し逆方向に伝搬する音であることから, 影領域などの風の影響により, ばらつきが発生したと考えられる。

図 12(b) に u_m と u_c の散布図による比較を示す。 $\sigma_u = 1.7$ [m/s]の結果を得た。この要因も ΔT_{10} のばらつきが大きいことによると考えられる。

(3) まとめ

道路垂直方向については, 実測およびモデル解析ともに良好な風速算出結果が得られた。一方, 背景環境音および道路平行方向の場合は, モデル計算では良好な結果が得られたが, 実測では誤差が大きくなった。ただし, 道路平行方向に関しては, 特定の条件下で相互相関が特有の波形を示すことがわかっており, 当該波形の発生機構を明らかにすることにより, 上層大気のスensingが可能となりうる。この点の解明が今後の課題である。

<引用文献>

- ① L. G. Evers and P. Siegmund, Infrasonic signature of the 2009 major sudden stratospheric warming, Geophys. Res. Lett. 36, L23808 (2009).
- ② 平澤卓也ほか, 符号送信音波を用いた屋外長距離間の平均風速測定, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, 1-6-7 (2012).
- ③ O. A. Godin, V. G. Irisov and M. I. Charnotskii, Passive acoustic measurements of wind velocity and sound speed in air, J. Acoust. Soc. Am. 135(2), EL68-EL74 (2014).
- ④ R. Nota et al., Harmonoise WP 3 Engineering method for road traffic and railway noise after validation and fine-tuning, Tech. Rep. HAR32TR-040922-DGMR20, Deliverable 18 (2005)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 大嶋拓也, 黒坂優美, 地表面上の点音源による音場の拡張・局所作用理論モデル解析および有限差分値解析の適用性に

関する検討, 日本建築学会環境系論文集, 査読有, Vol. 83, 2018年, pp. 355-363, DOI: 10.3130/aije.83.355

- ② Takuya Oshima, Yasuhiro Hiraguri, Takeshi Okuzono, Distinct effects of moisture and air contents on acoustic properties of sandy soil, The Journal of the Acoustical Society of America, 査読有, Vol. 138, 2015, EL258-EL263, DOI: 10.1121/1.4929736

[学会発表] (計 22 件)

- ① 黒坂優美, 大嶋拓也, 平栗靖浩, 奥園健, 多種の地表面における音響特性の季節変化に関する実測研究, 日本音響学会, 2018年
- ② 大嶋拓也, モデル計算による道路交通騒音伝搬への風の影響に関する検討, 日本音響学会, 2018年
- ③ 星川亜都紗, 大嶋拓也, 日欧の騒音伝搬モデル間比較に向けた Harmonoise 工学モデルの実装手法の検討, 日本音響学会, 2018年
- ④ Takuya Oshima, Azuasa Hoshikawa, Yumi Kurosaka, A comparison of Japanese and European road traffic noise propagation models under different urban morphologies of Japanese and German sites, Inter-Noise 2017 (Hong Kong), 2017
- ⑤ Yumi Kurosaka, Takuya Oshima, Comparative study on in-situ measurement techniques of surface acoustic properties: experimental investigations of three techniques, Inter-Noise 2017 (Hong Kong), 2017
- ⑥ 黒坂優美, 大嶋拓也, 表面音響特性現場測定法の特性に関する研究 2 マイクロホン手法におけるマイクロホン設置高さ誤差が測定結果に及ぼす影響, 日本建築学会, 2017年
- ⑦ 星川亜都紗, 大嶋拓也, 日欧の道路交通騒音予測モデルの特性に関する比較研究 -ASJ RTN-Model 2013 と Harmonoise の日独市街地における相互比較-, 日本建築学会, 2017年
- ⑧ 大嶋拓也, 地表面効果を考慮した音響伝搬理論計算モデルおよび数値解析の比較検討, 日本建築学会, 2017年
- ⑨ 新村 洋一, 大嶋 拓也, 背景環境音の伝搬時間検出による風速測定手法の研究 -道路平行方向伝搬のモデル解析および実測-, 日本音響学会, 2017年
- ⑩ 新村洋一, 大嶋拓也, 背景環境音の伝搬時間検出による風速測定手法の研究 -付加音源を用いた必要音量の検討-, 日本音響学会, 2017年
- ⑪ 大嶋拓也, 平栗靖浩, 地理空間情報を用いた屋外拡声放送の聴取困難人口分布推定フレームワークの構築, 日本音響学会,

2017年

- ⑫ 黒坂優美, 大嶋拓也, 新村洋一, 表面音響特性の各種 in-situ 測定法に関する基礎的比較研究 -EA法をベンチマークとして-, 日本音響学会, 2017年
- ⑬ 新村洋一, 大嶋拓也, 背景環境音の伝搬時間検出による風速測定手法のモデル解析, 日本音響学会, 2016年
- ⑭ 大嶋拓也, 阿部京介, CIP法における減衰媒質の取扱いに関する検討, 日本音響学会, 2016年
- ⑮ Takuya Oshima, Kei Wakamatsu, Yasuhiro Hiraguri, Takeshi Okuzono, Reiji Tomiku, Noriko Okamoto, Toru Otsuru, Acoustic absorption mapping: wide-area estimation of acoustic absorption coefficient using airborne hyperspectral imagery, Inter-Noise 2016 (Hamburg), 2016
- ⑯ Yumi Kurosaka, Takuya Oshima, On the characteristics of the EA method to measure the acoustic properties of ground surface in-situ, Inter-Noise 2016 (Hamburg), 2016
- ⑰ 黒坂優美, 大嶋拓也, 表面音響特性の現場測定法に関するモデル式解析 -吸音材及び地表面を対象とした検討-, 日本建築学会北陸支部, 2016年
- ⑱ 黒坂優美, 大嶋拓也, 表面音響特性の各種現場測定法の特性に関する研究 -EA法をベンチマークとして-, 日本音響学会騒音・振動研究会, 2016年
- ⑲ 黒坂優美, 大嶋拓也, 地表面音響特性の現場測定における測定法の特性に関する解析的検討, 日本音響学会, 2016年
- ⑳ 大嶋拓也, 平井健嗣, 環境音の伝搬時間検出による風速・温度測定手法の基礎的検討, 日本音響学会, 2016年
- ㉑ Takuya Oshima, Yumi Kurosaka, Meiji Honda, Modeling the influence of weather to acoustic absorption of ground surface: an in-situ study by long-term measurements, Inter-Noise 2015 (San Francisco), 2015
- ㉒ 大嶋拓也, 若松慶, 平栗靖浩, 奥園健, 富来礼次, 岡本則子, 大鶴徹, 広域音響伝搬予測のための地表面境界条件推定 -航空ハイパースペクトル写真を用いた吸音率回帰モデルの検討-, 日本音響学会, 2015年

[その他]

ホームページ等

<http://oshima.eng.niigata-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大嶋 拓也 (OSHIMA, Takuya)
新潟大学・自然科学系・准教授
研究者番号: 40332647