

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 28 日現在

機関番号：55503

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25820286

研究課題名(和文)ハイパースペクトルデータを用いた地表面吸音境界条件の生成手法の確立

研究課題名(英文)Methodology of estimating land cover absorption characteristics using air bone hyperspectral imaging data

## 研究代表者

平栗 靖浩(Hiraguri, Yasuhiro)

徳山工業高等専門学校・土木建築工学科・准教授

研究者番号：90457416

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は航空ハイパースペクトルデータを用いた地表面音響特性の推定手法の開発を目的としている。Itres社製のハイパースペクトラルイメージャCASI-3を用いて名古屋大学生命農学研究科附属フィールド科学研究センター東郷フィールドを対象に撮影を実施し、同時期に東郷フィールド内で地表面吸音率の実測調査を行った。それらのデータを基に、ハイパースペクトルデータを説明変数、地表面吸音率を目的変数とした重回帰モデルを構築した。モデルの吸音率推定精度を検証した結果、概ね良好なモデルを提案できたことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This study aims to develop a methodology of estimating land cover absorption characteristics using air bone hyperspectral imaging data. The hyperspectral imaging data was shot by CASI-3 of hyperspectral scanners that cover the visible and near infra-red parts of the spectrum. The shot area was Togo Field (Field Science Center, Nagoya University). The measurement of land cover absorption characteristics by the EA-noise method was conducted at the same time, as shooting hyperspectral imaging data. Then an estimating absorption model that is a multiple regression model with spectral reflectivity as explanatory variables and land cover absorption as objective variable is developed. As the result of verifying accuracy of the model, a good correlation between the estimated absorption and measured absorption was revealed.

研究分野：建築音環境

キーワード：リモートセンシング ハイパースペクトル画像 地表面吸音率 EA-noise法

## 1. 研究開始当初の背景

道路交通等に起因する交通騒音問題や近年普及促進が著しい風車による低周波騒音問題では建物背後における伝搬や長距離伝搬など高精度な音響伝搬予測が必要である。また 2011 年 3 月の東日本大震災以後に、多くの自治体で用いられている防災行政無線による警戒情報や避難指示に対して、その聞き取りにくさに関する苦情が多数寄せられ、最適な防災放送用スピーカの配置計画が求められている。この問題を解決するためにも、高精度な音響伝搬予測が必要となり、実在地域を対象とした高精度な音響伝搬予測が様々な状況で求められている。そうした中、近年の計算機技術、数値シミュレーション技術の発展により対象空間のボリュームや解析周波数の上限が広がりつつある波動音響数値シミュレーションの活用が望まれている。

FEM や BEM、FDTD 法、PE 法、LE 法といった様々な音響数値シミュレーションの手法が研究され、確立される中、屋外音響伝搬予測の際に問題となるのが気象条件(日照の有無、風向風速、温湿度)や境界条件(建物などの地物の形状や地表面の起伏及び、それらの吸音特性)といった入力条件の設定方法である。気象条件については、既に幾つかの研究が見られるが、境界条件の生成手法については、ほとんど検討されていない。中でも、境界条件の吸音特性については、データベースが皆無であり、かつ推定も困難であるため、ほぼ全ての先行研究においては一律な吸音特性が設定されている。例えば地表面、建物ともに全て剛面とする場合や、地表面の代表的なインピーダンスを一様に与えている場合がある。

そこで、音響工学以外の分野に目を移すと、近年農業や資源等の分野で、ハイパースペクトルデータ(以下、HSD)を用いた植生種別等の判別が行われるようになってきた。HSD とは、ハイパースペクトルカメラを用いて航空機から撮影した 40~100 バンドの地表面の分光反射率で、地表面からの分光放射輝度を同時に計測した太陽光の分光放射輝度で正規化したものである。分光反射率は地表面の種類により異なる。

そこで HSD (撮影時期: 2004 年 6 月、地表面分解能: 1m) を用いた地表面吸音特性データの生成手法の可能性について予備検討した結果、過去の HSD では地表面吸音特性の真値を把握できないという問題に直面した。例えば、田んぼを柔らかい地面と誤判定した場合、その誤判定箇所が用途的・主観的には田んぼだが、吸音特性としての真の類型は田んぼではなく柔らかい地面である可能性がある。しかし、誤判定箇所の吸音特性は実地踏査による現状の把握か、同時期に撮影した高精細航空写真から主観で推定するかしかない。

## 2. 研究の目的

本研究では、HSD を用いた地表面吸音境界条件の生成手法の提案を目標とし、以下の項目を本研究の目的とする。

- (1) 航空機で上空から HSD の新規撮影を行い、対象地域の地表面分光反射率の状態を把握する。
- (2) HSD の撮影と同時期に撮影対象エリアの地表面吸音特性を現地調査する。
- (3) HSD の分光放射輝度と地表面吸音特性の真の関係を把握し、HSD から地表面吸音特性を推定する手法を開発する。

## 3. 研究の方法

### (1) HSD の新規撮影

平成 25 年 10 月 3 日に、Cessna 404 型航空機に搭載した Itres 社製ハイパースペクトラルイメージャ CASI-3 により HSD の撮影を行った。CASI-3 で撮影された HSD は、410nm~1070nm の間を約 20 nm 間隔で分割した、計 34 波長帯の画像で構成されている。HSD の地表面分解能は、1m×1m で、撮影対象空間の大きさは幅 3,398m×高さ 4,200m である。各画素は、量子化ビット数 16 bit の分光反射率で表現される。

HSD の撮影対象地域は、名古屋大学大学院生命農学研究科附属フィールド科学研究センター東郷フィールド(以下、東郷フィールド)とした。東郷フィールドには、畑、水田、果樹園、家畜が飼育されている草地や建築物、アスファルト舗装道路などの人工構造物といった様々な種類の地表面が存在している。撮影した HSD の測地系および座標系は、世界測地系の平面直角座標系とし、次項の地表面吸音特性の測定地点と位置合わせを行う。

### (2) 地表面吸音特性の現地調査

平成 25 年 10 月 4 日~8 日の計 5 日間にわたり、東郷フィールドにおいて地表面の吸音率を測定した。測定は、地表面の性状が異なる 8 地点(A: 草地、B: 牧草地(背低)、C: 牧草地(背高)、D: 田んぼ(稲刈後で地表面が藁で覆われている状態)、E: 田んぼ(稲刈後で地表面が藁で覆われていない状態)、F: 田んぼ(稲刈前で稲穂が実っている状態)、G: 堅い地面(砂利が混ざった状態)、H: 堅い地面(砂利無し)で実施した。地表面吸音率の測定方法には EA 法を用い、得られたノーマルインピーダンスから 1/3 オクターブバンド毎の吸音率を算出した。なお、上記 8 地点それぞれにおいて、1 地点あたり 0.2m 間隔で 6 点×6 点の計 36 点で計測し、地表面吸音特性推定手法を構築するためにその中の 18 点を、残りの 18 点を構築した推定手法の検証用に用いた。HSD との位置合わせを行うため、同時に測量調査も実施した。

### (3) HSD を用いた地表面吸音特性の推定手法

HSD から地表面吸音特性を推定するモデルとして、HSD の各波長帯の分光反射率

を説明変数とし、1/3 オクターブバンド毎の地表面吸音率を目的変数とした重回帰モデルを採用する。本モデルを用いることで、地表面性状を名義尺度としてではなく、間隔尺度として取り扱いが可能となる。また、各説明変数の編相関係数に着目することで、寄与の高い波長帯を割出し、計算効率の高いモデル式を提案できる。最後に導出した推定モデルの検証を実施した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 分光反射率

吸音特性測定地点と対応する 8 地点のピクセルおよび、各ピクセルの縦横 5 ピクセルずつの計 25 ピクセルを抽出し、分光反射率スペクトルの平均値及び標準偏差を算出した。地点 A (草地) および地点 F (田んぼ (稲刈前で稲穂が実っている状態)) の分光反射率は標準偏差が最大で約 5%と大きめの値となったが、その他の測定地点では 2%以下であった。スペクトルの形状に着目すると、全測定地点において波長が長くなればなるほど分光反射率が上昇する傾向がみられたが、水分による吸収率が高い 900nm~950nm の波長帯では、分光反射率が低下していた。また、植生地である地点 A~F では、680nm~780nm の波長帯において分光反射率が上昇する傾向がみられた。この傾向は既往の多くのリモートセンシング研究で得られている知見と一致している。

##### (2) 地表面吸音特性

測定の結果、固い地面である測定地点 G と H では 2,000Hz 以下で吸音率が低く、それより高い周波数域で急上昇している。何らかの植生が存在している測定地点 A~F では、低周波数域から吸音率が上昇していた。中でも、地面から上方にそれぞれ 650mm、900mm の高さ (牧草および稲穂の高さ) に地表面を仮定した測定点 C、F は吸音率が低周波数域から急上昇し、500Hz 以降は平坦な吸音率スペクトルとなっていた。また、低周波数域における標準偏差も、他の測定地点より大きかった。この理由として、測定時に設置したマイクロホンの地面からの高さがそれぞれ 660mm、910mm であり、ポータブルスピーカからの斜入射音に対する反射音がマイクロホンへ入射しなかったことが挙げられる。以上の吸音率の実測結果と、実効的流れ抵抗値を入力変数とした吸音率モデルの計算値を比較したところ、地表面性状による吸音率の大小関係は概ね一致していることを確認した。

##### (3) HSD を用いた地表面吸音特性の推定手法

全 34 の分光波長帯の中から、6 波長帯おきに説明変数として重回帰分析を行い、偏回帰係数および定数項を算出した。その後、編相関係数の小さい説明変数を削減するなどし、最終的に 410.6nm、770.1nm、890.6nm の 3 波長帯の分光反射率のみを用

いる吸音率推定手法を構築した。最後に構築した吸音率推定手法の精度検証を行う。東郷フィールドで計測した地表面性状ごとの検証用 18 データから、1/3 オクターブバンド平均吸音率を算出し、本研究で提案した吸音率推定手法により算出した吸音率と比較した。その結果、吸音率スペクトルの一部のピークディップは表現できていないものの、全体的な吸音率の大小関係は捉えられていることがわかった。また両者の相関係数を算出したところ、地点 C では 0.7 を下回ったものの、他の地点では 0.8 以上となっており、概ね良好な推定手法であることがわかった。ただし、測定地点 B、H では、推定した吸音率の方が実測値より大きい傾向にあり、過剰な吸音を見積もることになるため、使用時に注意が必要である。

#### 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 5 件)

- ① Takuya Oshima and Yasuhiro Hiraguri, Distinct effects of moisture and air contents on acoustic properties of sandy soil, Journal of the Acoustical Society of America, 138, pp.EL258-263 (2015).
- ② Takuya Oshima, Yasuhiro Hiraguri and Masashi Imano, Geometry reconstruction and mesh generation techniques for acoustic simulations over real-life urban areas using digital geographic information, Acoustical Science and Technology, 35, pp.108-118 (2014).
- ③ Yasuhiro Hiraguri, Takuya Oshima and Kazuma Hoshi, Basic investigation on estimation of land cover classification conforming to the ASJ RTN-Model using hyperspectral imaging data, Acoustical Science and Technology, 34, pp.367-370 (2013).
- ④ Takuya Oshima, Yasuhiro Hiraguri and Kazuma Hoshi, Time-domain outdoor acoustic simulation of a real-life area using land cover classification identified by air borne hyperspectral imagery, Acoustical Science and Technology, 34, pp.364-366 (2013).
- ⑤ Takuya Oshima, Yasuhiro Hiraguri, Masashi Imano and Yoshikazu Kamoshida, Linearized Euler simulations of sound propagation with wind effects over a reconstructed urban terrain using digital geographic information, Applied

Acoustics, 74, pp.1354-1366 (2013).

[学会発表] (計 13 件)

- ① Yasuhiro Hiraguri, Potential of Novelty Noise Evaluation by Using Road Traffic Noise Maps in Japan, *Internoise 2016* (ドイツ), 2016年8月, Accepted
- ② 平栗靖造、騒音マップを活用した新規な騒音評価の可能性、日本騒音制御工学会春季研究発表会(東京)、2016年4月(招待講演)
- ③ 大嶋拓也、若松慶、平栗靖造、奥園健、富来礼次、岡本則子、大鶴徹、リモートセンシングによる地表面音響特性マッピングの試み、日本騒音制御工学会春季研究発表会(東京)、2016年4月(招待講演)
- ④ 大嶋拓也、若松慶、平栗靖造、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吸音条件推定—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—、日本音響学会秋季研究発表会(福島)、2015年9月
- ⑤ 若松慶、大嶋拓也、平栗靖造、奥園健、富来礼次、岡本則子、大鶴徹、広域地表面分光反射特性からの直接的吸音特性推定モデルの検討、日本音響学会騒音振動研究会(石川)、2014年11月
- ⑥ Kazuma Hoshi, Takuya Oshima and Yasuhiro Hiraguri, Comparison of the results of numerical and geometrical outdoor acoustic simulation in a real-life area, *Internoise 2014* (オーストラリア), 2014年9月
- ⑦ 若松慶、大嶋拓也、平栗靖造、奥園健、富来礼次、岡本則子、大鶴徹、地表面の実測吸音特性とハイパースペクトル画像による分光放射輝度の対応に関する基礎的研究、日本建築学会全国大会(兵庫)、2014年9月
- ⑧ 大嶋拓也、奥園健、平栗靖造、砂質土の音響特性に対する気液相比率の影響に関する基礎的研究、日本建築学会全国大会(兵庫)、2014年9月
- ⑨ 奥園健、大鶴徹、大嶋拓也、富来礼次、平栗靖造、岡本則子、アンサンブル平均を利用した測定法による地表面の吸音特性の in-situ 測定、日本音響学会春季研究発表会(東京)、2014年3月
- ⑩ 柳池将俊、大鶴徹、大嶋拓也、富来礼次、平栗靖造、岡本則子、奥園健、アンサンブル平均を利用した測定法による地表面の吸音特性測定に関する基礎的研究、日本音響学会九州支部第10回学生のための研究発表会(福岡)、2013年11月
- ⑪ Yasuhiro Hiraguri, Takuya Oshima and Kazuma Hoshi, Improvement of

estimation method of land cover acoustic characteristics using hyperspectral imaging data, *Internoise 2013* (オーストリア), 2013年9月

- ⑫ Takuya Oshima, Yasuhiro Hiraguri and Kazuma Hoshi, Finite-difference time-domain outdoor acoustic simulation of a real-life area using land cover acoustic characteristics identified by airborne hyperspectral imagery, *Internoise 2013* (オーストリア), 2013年9月
- ⑬ 平栗靖造、大嶋拓也、星和磨、ハイパースペクトルデータを用いた地表面吸音境界条件の設定方法、日本音響学会騒音振動研究会(福岡)、2013年8月

[図書] (計 1 件)

- ① 音響キーワードブック、日本音響学会編(分担執筆、「地理情報システムと騒音」pp.322-323)、ISBN: 978-4-339-00880-7、2016年3月発行

[産業財産権]

- 出願状況(計 0 件)  
無し
- 取得状況(計 0 件)  
無し

[その他]

無し

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

平栗 靖造 (HIRAGURI, Yasuhiro)  
徳山工業高等専門学校・土木建築工学科・  
准教授  
研究者番号: 90457416