

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 黒坂 優美
学位 博士 (工学)
学位記番号 新大院博 (工) 第 504 号
学位授与の日付 令和 2 年 3 月 23 日
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
博士論文名 環境騒音伝搬予測のための地表面音響特性経時変化のモデル化に関する研究

論文審査委員 主査 教授・赤林 伸一
副査 教授・加藤 大介
副査 教授・藤澤 延行
副査 准教授・大嶋 拓也

博士論文の要旨

申請論文は 7 章から構成されている。

第 1 章では、本研究の背景として、環境騒音による健康影響が近年、世界的に認識されつつあること、健康影響には騒音の長期的な暴露総量の影響が大きいことといった社会的背景が示された。一方、環境騒音の変動要因として、風、気温、地表面の音響特性といった時間変動する自然伝搬条件があることが述べられた。さらに、現状の騒音伝搬予測モデルにおいては、このうち地表面音響特性の扱いが十分でないこと、環境騒音伝搬予測における経時変化考慮の必要性について述べた。それらの背景から、本研究では地表面音響特性の時空間変動の推定を目的とすることを述べた。

第 2 章では、新潟大学キャンパス内における気象、土の飽和度、地表面音響特性の長期測定結果より、降雨量と気温から飽和度を経て地表面吸音率を推定する 2 段階モデルを構築した。構築したモデルにより計算された地表面吸音率と、実測された地表面吸音率を比較したところ、推定吸音率は実測吸音率よりも日変動幅は小さいが、月次の平均値をよく捉えていた。

第 3 章では、名古屋大学東郷フィールドを対象とし、第 2 章での測定を複数種地表面に展開して実施した結果を示した。そして、測定結果に対する、第 2 章で構築したモデルの適用可能性を検討した。その結果、固い地面では飽和度と地面の実効的流れ抵抗の間に関連が見られなかったため、地表面音響特性経時変化モデルの適用はしないこととした。畑、草地、田んぼについては、モデル化は概ね良好に行われ、これらの地表面種ごとにモデル定数を決定した。

第 4 章では、広域における地表面種類分布の把握を目的とし、ハイパースペクトル航空画像を撮影した。撮影画像をもとに、「畑」「草地」「田んぼ」「固い地面」「その他」の 5 つのクラスへの地表面種類分類を実施した。地表面分類手法として、判別関数に閾値を設けた MED-SD 法に対し、さらに MED 法および SD 法の重み付けを行う方法を提案した。本手法を用い、分類時の最適な計算条件を検討した。この検討により導かれた最適条件下において、推定エリアにおいて地表面分類を実施した。地表面分類結果と航空画像を比較したところ、概ね良好な地表面分類結果が得られた。

第5章では、第3章にて地表面音響特性経時変化モデルの適用が可能と判断した畑、草地、田んぼについて、1時間ごとの気温および降雨量の1年分をモデルに入力し、年間における1時間ごとの飽和度、実効の流れ抵抗、地表面吸音率を計算した。その後、計算飽和度が異なる幾つかの時刻において計算された実効の流れ抵抗および地表面吸音率と、第4章にて推定した地表面種類空間分布を組み合わせた地表面音響特性マップを示した。飽和度が上昇するにつれ、実効の流れ抵抗は大きくなり、吸音率は低下する傾向が見られた。

第6章では、第5章にて作成した1年分の1時間ごとの地表面音響特性マップを用いた騒音伝搬計算を行った。線音源に対する一つの受音点における、1年間にわたる1時間ごとの等価騒音レベルおよび年平均等価騒音レベルを計算したところ、1時間等価騒音レベルは年間で13 dB程度変動することが示された。また、比較のため、地表面音響特性の経時変化および空間分布を考慮せず、全て剛とした場合についても同様の計算を行った。その結果、地表面音響特性の経時変化および空間分布を考慮した場合の年平均等価騒音レベルは、剛な地表面の代表的な特性を与えた場合と比べて、約10 dB変化することが示された。

第7章では、本研究のまとめとして、本研究の成果および今後の展望を述べている。考えられる展開として、地表面音響特性の経時変化および空間分布を考慮した広域騒音マップを作成し、本マップを活用した高精度な騒音レベル推計を行い、その推計値分布の分析により、前述の健康影響をはじめとした環境騒音が社会生活に与える様々な影響の定量化が可能となるとの見通しを示した。

審査結果の要旨

近年、騒音による健康影響が世界的に問題視される。当該の健康影響は、長期間の暴露総量の影響が大きいとされるが、環境騒音は音源の変動のみならず、騒音伝搬における風、気温、地表面音響特性などの時間変動を伴う自然伝搬条件の影響を受ける。一方で、暴露総量の推計に用いられる騒音伝搬モデルは従来、地表面音響特性の時空間変動を考慮した伝搬計算を行う術はなかった。そのため、騒音伝搬計算の際には、地表面は完全反射として伝搬計算を行うか、ある地表面種類における代表的な特性を与えるしかなかった。この問題に対し、本論文ではまず、気象データと地表面の水分の観測から、降雨量および気温を入力とするインパルス応答および線形モデルによって、地表面の飽和度の時間変動をモデル化できることを示した。さらに、地表面の飽和度から流れ抵抗を介し、地表面吸音率の時間変動をモデル化できることを示した。この2段階のモデルを複数種の地表面に展開し、モデル係数が示された。これらの地表面音響特性の時間変動モデルを、ハイパースペクトル航空画像によって分類された広域の地表面に適用した。当該地域の騒音伝搬計算により、地表面音響特性の経時変化および空間分布を考慮することで、1時間等価騒音レベルが年間を通して10 dB以上変動することが示された。

これまで不明であった、地表面音響特性の変動の程度および、その影響による騒音レベルの年間変動の程度が本研究により明らかにされたという点で、本研究は騒音伝搬計算において新たな知見をもたらしたといえる。また、本研究の成果により、自然地表面の影響を強く受ける地域における環境騒音予測や、地表面音響特性の時間変動を考慮した、高精度な広域の騒音レベル推計および、環境騒音が社会生活へ与える様々な影響の定量化が可能となると見込まれる。

よって、本論文は博士（工学）の博士論文として十分であると認定した。