

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 19 日現在

機関番号：57403

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22860074

研究課題名（和文） 防音性能と換気性能を兼ね備えた防音窓設計技術の確立

研究課題名（英文） Study of the soundproof window which combines soundproofing performance and the ventilation performance.

研究代表者

西村 勇也 (NISHIMURA YUYA)

熊本高等専門学校・制御情報システム工学科・助教

研究者番号：60585199

研究成果の概要（和文）：住宅用窓において、換気性維持と外来騒音の低減を両立させるための防音窓を設計するにあたり、出入口を持つ直方体の防音ユニットの音波伝搬を波動方程式より求め、それに伴う高次波音圧成分の発生メカニズムを明らかにする。また、理論計算により示された高次波音圧成分の発生メカニズムの正当性を証明するために実験検証を行い、本手法の有効性の確認を行った。

研究成果の概要（英文）：A conceptual model for manufacturing the new type of soundproofing ventilation grille unit is presented. The central problem is in designing the shape and dimension of this unit and the placement of these input and output opening in such a way as to maximize ventilation as well as preventing outside noise from entering the home. In this work, a method to predict the insertion-loss of ventilation grille unit is proposed by solving the wave equation, considering the resonance frequencies of higher-order mode.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	910,000	273,000	1,183,000
2011 年度	1,090,000	327,000	1,417,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築環境・設備

キーワード：建築音響・音環境・高次波音圧成分・共振周波数・インピーダンスミスマッチング・熱流体シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

地球環境時代における人間環境づくりとして、持続可能な生活空間・社会の創造、意識的な個々による総合的で持続可能な生活環境・空間の創造が求められている昨今、今日に至って自然に準拠した人間圏の創造として、地球圏、生物圏と共生し、最適で持続的な人間圏をどう創造していくべきかが問われている。報告者は前記理念を指針とし、本

研究の着想に至った。

2. 研究の目的

発展途上国で深刻な社会問題となっている交通騒音について、「防音性能と換気性能を兼ね備えた防音窓設計技術の確立」を研究目標とした。

本研究は発展途上国で現在使用されている木製観音開き窓と容易に置き換えが出来

る構造であり、防音ユニットにより室外からの騒音を低減することが期待できる。

防音ユニットはマフラーの減音作用を適用し、異なる断面積によるインピーダンスミスマッチングの効果を利用する。さらに一步推し進めて、換気機能を有することにより従来の居住環境と遜色ない通風効果を得て、換気機能を犠牲にせず室内の音環境の向上を目的とした。

3. 研究の方法

防音窓を設計するにあたり、以下の方法で研究を実施した。

(1) 出入口を持つ直方体の防音ユニットの音波伝搬を波動方程式より求め、それに伴う高次波音圧成分の発生メカニズムを明らかにする。

(2) 理論計算により示された高次波音圧成分の発生メカニズムの正当性を証明するために実験検証を行い、本手法の有効性の確認を行う。

(3) 防音窓の性能を決めるための重要な防音ユニットは、膨張型マフラーと同じインピーダンスミスマッチング効果を利用する。換気と防音は相反するトレードオフの関係にあるため、三次元の波動方程式によりユニット内の音圧を理論的に解析した。

(4) 高次波音圧成分の発生を防ぐために出入口の開口面積や配置を可変し、最適位置の検証を行った。

(5) 理論計算の正当性を証明するために実験検証を行い、本手法の有効性の確認を行った。

(6) 換気機能を追求するため熱流体シミュレーションを実施し、トレードオフの関係にある防音と換気の両立を図った。

(7) 理論計算と熱流体シミュレーションの結果より試作防音窓を作成し、残響室-無響室法での音響測定を実施した。

4. 研究成果

前記研究の方法で述べた手順にて実施し、最も高次波音圧成分が発生しない防音ユニットの形状を図1に示す4パターンから理論計算より求め、出入口が対向配置の(a)を選定した。

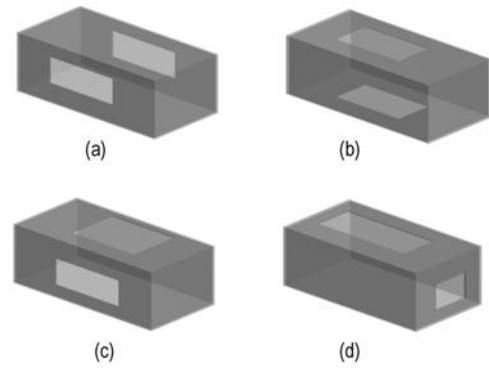


図1 出入口の配置

出入口が直交配置となる(c)、(d)形状をした防音ユニットでは、ユニット内の高次波音圧成分が対向配置のそれに対し顕著に悪化するモードが発見されたため選定から除外した。

次に、ユニットの開口位置・面積についてのパラメータ変更を実施し、図2に示す3パターンの開口において透過損失実験を行った。ここで、理論計算の正当性を確認するために、実験値との比較を行い、一致することを確認している。確認結果を図3に示す。

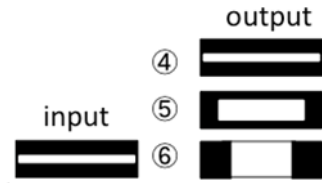


図2 開口位置・面積

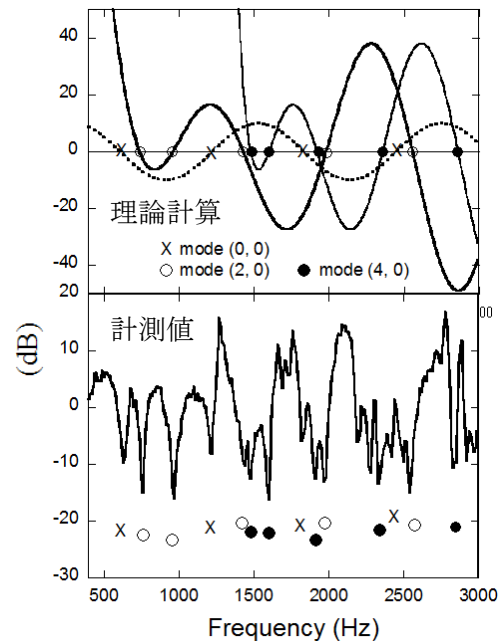


図3 理論計算の正当実験

図3では、上部グラフに理論値、下部グラフに計測値をそれぞれ表している。理論値でゼロクロスとなる箇所が各モードで音圧最大となる箇所であり、計測結果も音圧が最大つまり、防音効果が乏しいことが分かる。

これらの検証結果から、⑥で示す開口において最も透過損失が大きく得られ、防音効果が高くなる結果を得た。実験結果を図4に示す。

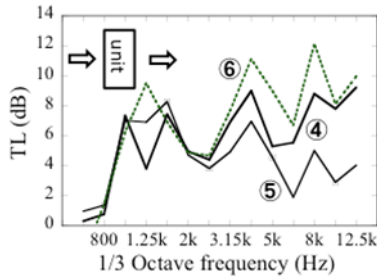


図4 入出口による TL の変化

最後に、防音構造として最適な入出口の形状において、熱流体解析を実施して換気機能のシミュレーションを実施した。結果を図5に示す。

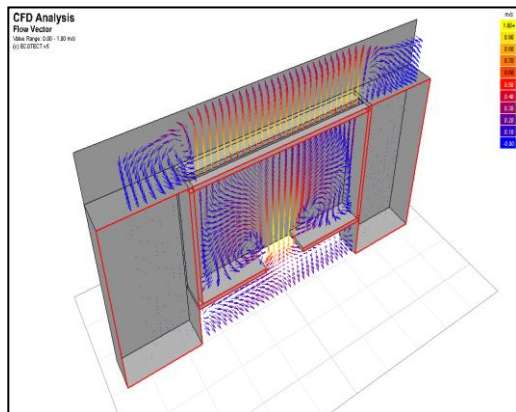


図5 流体シミュレーション結果

本研究では、ユニット内部に吸音材を用いておらず、国内外の防音窓研究において新規性があり、住宅用に限定せず様々な開口部での防音効果に適応することが可能であり、その必要性も高い。本研究の構造は、東南アジア諸国の住宅用窓と容易に置換することが可能なため、今後本研究で作成した防音窓において実地実験を行う予定である。

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西村勇也, 高島佑介 他,
Analysis of Higher Order Mode Wave in Air Ventilation Grille,
Journal of Temporal Design, 査読有, Vol. 11, 2011, pp. 70 - 77

②Nguyen Huy Quang, 西村勇也, 高島佑介 他,
Study on soundproofing windows,
International Journal of Earth Sciences and Engineering (IJEE), 査読有, Vol. III, 2011

③高島佑介, 西村勇也 他,
An Improvement of Lighting Effect for Soundproof Windows,
Journal of Temporal Design, 査読有, Vol. 11, 2011, pp. 65 - 69

④西村壮平, Nguyen Huy Quang, 西村勇也 他,
Sound Propagation through the Elliptical SVU,
Journal of Temporal Design, 査読有, Vol. 11, 2011, pp. 50 - 56

⑤Nguyen Huy Quang, 西村勇也 他,
Experimental and Analytical Approach to Study on the Soundproofing and Ventilating Effects of Rectangular Cavity,
Journal of Temporal Design, 査読有, Vol. 11, 2011, pp. 30 - 33

[学会発表] (計11件)

①西村勇也, 西村壮平,
Study on the Air Ventilation Grille,
INTERNATIONAL ENGINEERING SYMPOSIUM,
2012年3月6日

②西村壮平, 西村勇也,
Analysis of elliptical perforated tube muffler,
INTERNATIONAL ENGINEERING SYMPOSIUM,
2012年3月6日

③Nguyen Huy Quang, 西村勇也 他,
NEW MODELS OF SOUNDPROOFING DOORS AND WINDOWS,
Minamata International Symposium on environment and energy technology,
2011年12月6日

④Nguyen Huy Quang, 西村勇也 他,
Theoretical analysis on the soundproofing
unit with input and output opening at
various positions,
40th International Congress and Expositi-
on on Noise Control Engineering,
2011年9月6日

⑤高島佑介, 西村勇也 他,
An experimental study on the input and
output of soundproofing unit,
40th International Congress and Expositi-
on on Noise Control Engineering,
2011年9月5日

⑥西村壮平, 西村勇也 他,
Prediction of sound in an elliptical
soundproofing element,
40th International Congress and Expositi-
on on Noise Control Engineering,
2011年9月5日

⑦西村勇也, 高島佑介 他,
A computational investigation on the sound
propagation in ventilation grille,
40th International Congress and Expositi-
on on Noise Control Engineering,
2011年9月5日

⑧西村壮平, 西村勇也 他
Sound propagation through the elliptical
soundproofing element,
5th International Symposium on Temporal
Design Joint with UK Institute of
Acoustics Meeting, 2011年7月21日

⑨高島佑介, 西村勇也 他,
An improvement of lighting effect for
soundproofing unit,
5th International Symposium on Temporal
Design Joint with UK Institute of
Acoustics Meeting, 2011年7月21日

⑩Nguyen Huy Quang, 西村勇也 他,
Experimental and analytical approach to
study on the soundproofing and venti-
lating effects of rectangular cavity,
5th International Symposium on Temporal
Design Joint with UK Institute of
Acoustics Meeting, 2011年7月21日

⑪西村勇也, 高島佑介 他,
Theoretical analysis to reduce a higher
order mode waves in air ventilation grille,
5th International Symposium on Temporal
Design Joint with UK Institute of
Acoustics Meeting, 2011年7月21日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西村 勇也 (NISHIMURA YUYA)
熊本高等専門学校・制御情報システム工学
科・助教
研究者番号：60585199