

機関番号：14501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20560550

研究課題名（和文）

微細穿孔板（MPP）の効果的利用による高性能・高付加価値吸音体の可能性

研究課題名（英文）

Challenge for high performance sound absorbers using microperforated panels

研究代表者

阪上 公博（SAKAGAMI KIMIHIRO）

神戸大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：90231331

研究成果の概要（和文）：

本研究は、次世代の吸音材料として近年注目を集めている、微細穿孔板（MPP）すなわち、薄板やフィルムに直径1mm以下、開孔率1%以下程度の微細孔を多数あけた素材を効果的に利用し、高性能かつ高付加価値な吸音体を開発する可能性を探ることを目的として実施した。MPPを利用した各種吸音構造について、理論的な検討を中心として、試作実験なども行い、有効な吸音構造、吸音体を提案した。また、各々について設計指針となる知見を示した。

研究成果の概要（英文）：

A microperforated panel (MPP) is a thin panel or film with submillimetre perforations. In this study, various sound absorbing structures using MPPs are proposed. Each of the proposed sound absorbing structures was theoretically analysed, and the trial products of some of those structures were experimentally measured. The results show that those structures using MPPs can be used effectively in practice. The study also includes various aspects which are useful for practical applications of them.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：建築環境音響学

科研費の分科・細目：建築学・建築設備・環境

キーワード：吸音、吸音材料、微細穿孔板（MPP）

## 1. 研究開始当初の背景

微細穿孔板（MPP）は、多孔質吸音材に替わる吸音材料として1970年代に提案されて以来、各種応用が試みられてきた。しかし、いずれの場合も1枚あるいは2枚のMPPを背後

壁に対して空気層を介して設置するものであり、研究事例もMPPそのものの単体での音響特性の調整と、応用事例にとどまっていた。これに対し、筆者らは2003年ごろから空間吸音体（背後構造を持たない吸音体、吊り

下げ吸音体や、パネルとして使用するもの)としての利用を提案する一方、付加構造や組み合わせによってより効果的な吸音構造を構成することを目的として検討を進めてきた。

その結果、2枚のMPPを空気層を挟んでパネル化し、背後構造を持たず、空間吸音体として使用する「2重MPP空間吸音体」の提案によって一定の成果を挙げた。また、付加構造については、背後にハニカム構造を設けることで、吸音性能の改善が可能であることを示唆する結果を得た。

これらを踏まえ、MPPの効果的な利用により、さらに高性能、かつデザイン的にも優れた高付加価値な吸音構造の開発の可能性を着想したものである。

## 2. 研究の目的

上述の通り、MPPを利用した各種吸音構造において、多重構造、空間吸音体、他の吸音材料との組み合わせなどさまざまな側面から、高い吸音率とともにより広い吸音周波数帯域を有し、デザイン的にも優れた、高性能・高付加価値吸音構造を考案することを目的として、以下に示す各種吸音構造について提案し、それぞれの吸音特性について詳細な検討を行った。

## 3. 研究の方法

本研究では、理論的検討と実験的検討の両面から検討することを基本的な方針として行った。

理論的に解析が可能である場合(後述の「立体型空間吸音体」以外については、下記の手順で検討を行った。

- (1) まず理論解を求める。さらに、可能な限り試作実験を行い、理論と実験の比較によって理論の確認を行う。理論解析は、対象とする吸音体を解析的に扱える程度にモデル化し、波動理論による厳密な解析によって行う。
- (2) 波動理論では、原則としてHelmholtz-Kirchhoffの積分公式を基礎関係式として解析を行う。
- (3) 実験については、詳細な検討の際には音響管による垂直入射吸音率測定を行うが、原則的に試作実験では残響室において残響室法吸音率(JIS A 1419)によって行う。
- (4) 実験的に理論を確認したうえで、理論を用いて各種パラメータの影響や、吸音メカニズムを計算結果から検討する。
- (5) 実験が出来ないものについては、理論計算のみによって検討を行う。その場合、理論の妥当性を既存理論などとの比較によって、ある程度確認したうえで行う。
- (6) 理論的な解析が容易でないため、後述

「立体型吸音体」については、実験的検討のみとした。実験手法は、残響室法吸音率測定(JIS A 1419)によった。

## 4. 研究成果

本研究では、次世代の吸音材料として近年注目を集めている、微細穿孔板(MPP)すなわち、薄板やフィルムに直径1mm以下、開孔率1%以下程度の微細孔を多数あけた素材を効果的に利用し、高性能かつ高付加価値な吸音体の開発・提案する可能性を探るため、各種検討を行い、下記の成果を得た。

- (1) 2重MPP空間吸音体(2枚のMPPを平行に空気層を挟んで構成した、背後層を持たない吸音パネル。1.に前述。以下DLMPと略す)にハニカムを空気層に挿入した場合、どのような効果が得られるか検討を行った。

ハニカムについては、一般的な背後に剛壁を有するMPP吸音体において、背後空気層に挿入することで、広帯域化、高性能化が可能であることが、本研究における予備的検討から理論的、実験的に示されている。本研究では、DLMPにハニカムを挿入した場合について理論解析により、さらに広帯域化、高性能化ができることを示した。さらに、試作実験を行い、理論の検証およびその効果を実証した。(図1参照)

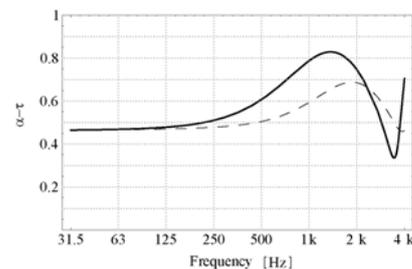


図1:ハニカムを付加したDLMPの試作品(上)、および理論解析による吸音特性の比較(下)。破線:ハニカムなし、実線:ハニカムあり。

- (2) DLMP の一方の MPP を通気性膜で代替した場合について検討した。通気性膜は、MPP と同様に次世代の吸音材料として近年利用されるようになってきている。これは MPP よりはるかに低いコストで利用できるため、加工コストの高い MPP をこれで代替できればコスト面で有利である。

本研究では、このように MPP と通気性膜を組み合わせた吸音体により、DLMP に類似した吸音特性で、むしろやや高い吸音性能が得られることを理論的解析結果から示した。これにより、DLMP と同等以上の吸音性能が、より低いコストで得られる可能性が明らかになった。

- (3) 吸音特性の異なる 2 つの MPP 吸音体を並列配置した吸音構造について検討を行った。古くから、異なる吸音材を並列配置することで「過剰吸音」と呼ばれる現象が生じ、吸音率が上昇することが知られている。

本研究では、吸音特性の異なる 2 つの MPP 吸音体（背後に剛壁を有する一般的な単一 MPP 吸音構造）を並べることで、より広い周波数帯域をカバーするとともに、過剰吸音現象による高吸音性能化を試みた。波動理論による解析からその可能性が示唆されたため、実験を行なったところ、所期のとおり広帯域化、高性能化出来ることが示された。（図 2）

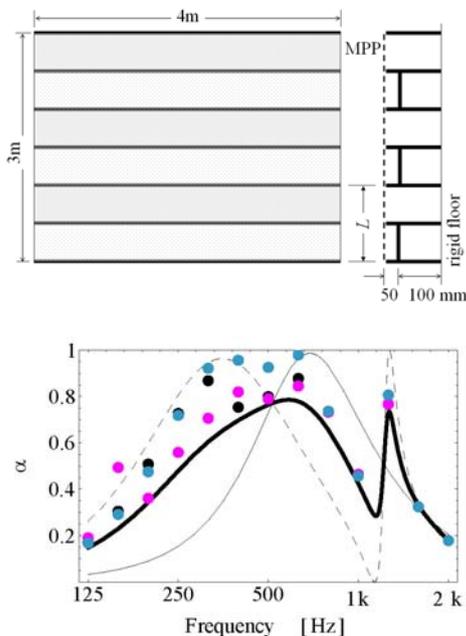


図 2. MPP 吸音体の並列配置による吸音構造の一例（上）および理論計算による吸音特性の結果（下。実線は 2 つの吸音体の吸音率の平均値。赤、黒、青は、各々配置の周期の異なる場合の計算結果）。

この原理の応用として、MPP 吸音体と多孔質吸音体、板振動型吸音体を並列配置した場合についても、検討を行った。理論解析による検討の結果、広帯域吸音体としての有効に利用できる可能性が示された。

- (4) MPP により立体的な空間吸音体を構成する可能性を検討した。前述の通り、これまで MPP 空間吸音体としては DLMP を提案してきたが、これは平板状であり、設置位置、方法などにおいて、より高い自由度が望まれる。そこで、本研究では立体形状を持ち、吊り下げ吸音体などとしてより自由に設置可能な吸音構造を実現することを目的とした。

本研究では、立体形状の中で比較的成形が容易で実用的にもデザイン的にも優れ、かつ音響特性として一般的な傾向を示すと考えられる、円筒形の MPP 空間吸音体（以下 CMSA）を提案した。円筒形の場合、容易に理論解析ができないため、CMSA を実際に試作し、実験的にその吸音特性を検討した。その結果、CMSA は DLMP と類似した吸音特性、すなわち中高音域に共鳴によるピークを示し、低音域では孔の音響抵抗による吸音特性を示すことが分かった。また、直径があまり大きい場合は共鳴によるピークが得られないことや、床に設置するより空中に設置した方が高い吸音率を示すこと、端部を開放するより閉止した方が高い吸音を示すことなどが分かった。試験体の写真と吸音特性の実測例を図 3 に示す。

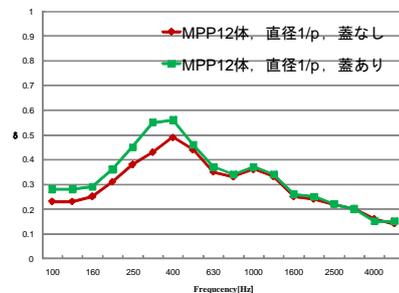


図 3. CMSA の試作品と吸音特性。

- (5) 背後に剛壁を有する場合について、MPP、通気性膜、多孔質吸音材料の種々の組み合わせによる吸音体各種を検討し、各々の効果を明らかにした。

これは、従来から提案され用いられている、単一のMPPと背後壁からなる吸音構造に、通気性膜や多孔質吸音材料を併用することによる効果を検討したものである。単一のMPP吸音構造の背後空間に多孔質吸音材料、あるいは通気性膜を挿入すると、吸音帯域の広帯域化および吸音率の向上が見られ、効果が大きい。

しかし、両方を挿入しても、さらに著しい変化が見られるわけではなく、いずれか一方を挿入すれば十分である。

また、MPPの前（すなわち入射側）に通気性膜や多孔質吸音材を付加した場合は、通気性膜あるいは多孔質吸音材そのものの特性が支配的となり、MPP自体の効果は表れなくなるため、有効とは言えないことが分かった。

#### 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 阪上公博，長山佳樹，森本政之，矢入幹記，Pilot study on wideband sound absorber obtained by combination of two different microperforated panel (MPP) absorbers, Acoustical Science and Technology, 査読有，30 卷，2009，154-156
- ② 阪上公博，山下逸平，矢入幹記，森本政之，Sound absorption characteristics of a honeycomb-backed microperforated panel absorber: revised theory and experimental validation, Noise Control Engineering Journal, 査読有，58 卷，2010，157-162
- ③ 阪上公博，矢入幹記，森本政之，Multiple-leaf sound absorbers with microperforated panels: an overview, Acoustics Australia, 査読有，38 卷，2010，64-69
- ④ 阪上公博，中森友仁，森本政之，矢入幹記，Absorption characteristics of a space absorber using a microperforated panel and a permeable membrane, Acoustical Science and Technology, 査読有，32 卷，2011，47-49

〔学会発表〕（計20件）

- ① 阪上公博，山下逸平，森本政之，矢入幹記，微細穿孔板（MPP）の吸音特性に対

する背後ハニカム構造の影響－波動音響理論による詳細な考察－，日本音響学会建築音響研究会，2009年3月

- ② 阪上公博，山下逸平，矢入幹記，森本政之，Sound absorption characteristics of honeycomb-backed microperforated panel absorber: revised theory and experimental validation, Internoise 2009, 2009年8月（招待講演）
- ③ 阪上公博，矢入幹記，森本政之，Multiple-leaf sound absorbers with microperforated panels: an overview, Internoise 2010, 2010年6月（招待講演）

〔図書〕（計0件）

〔その他〕

ホームページ等 なし

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

阪上 公博 (SAKAGAMI KIMIHIRO)  
神戸大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：90231331

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者

なし