

学位論文の要旨

氏名	山里 亜紀子
学位論文題目	ダクトにおける音波伝搬特性に関する基礎的研究

本論文は、騒音制御の観点からダクトの音波伝搬特性を明らかにすることを目的として、円形、矩形やその変形の基本形状ダクトを研究対象とし、モード展開法や有限要素法によるシミュレーション結果より、ダクトの減衰特性と分布特性について検討している。研究対象のダクトは、実際によく使用されその他の複雑な形状のダクトの参考になるもので、本研究より、ダクト施工者に簡便な音波伝搬特性チャートを提供することを目的としている。騒音制御技術が発展しつつある現今、本研究で扱ったダクトの音響特性を明らかにすることは将来の高度なアクティブノイズコントロール技術へ繋がるものである。

第1章では序論として、本研究の目的と意義及び本論文の概要について述べる。

第2章では、ダクトの特性を検討する際に必要な、波動方程式、音波の物理量、平面波や球面波といった事柄の解説、そして解析する際に必要とする厳密な解法と有限要素法の解説を行っている。

第3章では、真直ぐで円形断面の無限長、有限長のダクトについて、硬いダクトの厳密な解析を述べたうえで、有限要素法を適用した吸音ダクトを解析している。吸音ダクトは伝搬する音を減衰させるために吸音材を内張りしたもので、解析対象として、無限長に吸音材を全面内張りしたダクトと部分的に内張りしたダクトを扱った。吸音ダクトの音波伝搬特性は、周波数を無次元化し、吸音材表面の複素音圧反射係数をパラメータとして分かりやすいチャートとして描き、検討し、特性を明らかにしている。

第4章では、真直ぐで矩形断面のダクトについて、第3章と同様に硬いダクトの厳密な解析を述べ、吸音ダクトに有限要素法を適用している。

本章でも、複素音圧反射係数をパラメータとして吸音ダクトの音波伝搬特性を描き、検討することで、特性を明らかにしている。

第5章では、円形断面の単一膨張型消音器について、硬いダクトの厳密な解析と減衰特性を述べ、部分内張り吸音ダクトに有限要素法を適用し検討している。また、矩形断面の曲がりダクトについて、吸音ダクトに非対称なため3次元要素分割による有限要素法を適用し、検討することより特性を明らかにしている。

第6章では、本論文の結果について総括している。また、今後の研究の展開を述べている。

論文審査の要旨

報告番号	理工研 第304号	氏名	山里 亜紀子
審査委員	主査	柚木 謙一	
	副査	宮島 廣美	湯ノ口 万友

学位論文題目 ダクトにおける音波伝搬特性に関する基礎的研究
(Fundamental Study on Sound Propagation Characteristics of a Duct)

審査要旨

提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は、ダクトにおける音波伝搬特性に関する基礎的研究と題して、円形、矩形断面の基本形状とその変形したダクトにおける音波伝搬特性を、厳密な解析的方法や近似的な有限要素法により解析し結果を述べたもので、全文6章より構成されている。

第1章では序論として、本研究の目的と意義及び本論文の概要について述べている。

第2章では、ダクトの特性を検討する際に必要な、波動方程式、音波の物理量、平面波や球面波といった事柄の解説、また解析する際に必要とする厳密な解法と有限要素法の解説している。

第3章では、真直ぐで円形断面の無限長、有限長のダクトについて、硬いダクトの厳密な解析を述べたうえで、有限要素法を適用した吸音ダクトを解析している。吸音ダクトは伝搬する音を減衰させるために吸音材を内張りしたもので、解析対象として、無限長に吸音材を全面内張りしたダクトと部分的に内張りしたダクトを扱った。吸音ダクトの音波伝搬特性は、周波数を無次元化し、吸音材表面の複素音圧反射係数をパラメータとして分かりやすいチャートとして描き、検討し、特性を明らかにしている。

第4章では、真直ぐで矩形断面のダクトについて、第3章と同様に硬いダクトの厳密な解析を述べ、吸音ダクトに有限要素法を適用している。

本章でも、複素音圧反射係数をパラメータとして吸音ダクトの音波伝搬特性を描き、検討することで、特性を明らかにしている。

第5章では、円形断面の単一膨張型消音器について、硬いダクトの厳密な解析と減衰特性を述べ、部分内張り吸音ダクトに有限要素法を適用し検討している。また、矩形断面の曲がりダクトについて、吸音ダクトに非対称なため3次元要素分割による有限要素法を適用し、検討することにより特性を明らかにしている。

第6章では、本論文の結果について総括している。また、今後の研究の展開を述べている。

以上、本論文はダクトにおける音波伝搬特性に関する基礎的研究として、円形、矩形断面の基本形状とその変形したダクトにおける音波伝搬特性について検討を行い、この種のダクト内の音波伝搬特性を統一的に表し、その解析法を明らかにした。これは音響工学の分野に大きく寄与する。

よって、審査委員会は博士(工学)の学位論文として合格と判定する。

最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第304号	氏名	山里 亜紀子
審査委員	主査	柚木 謙一	
	副査	宮島 廣美	湯ノ口 万友

本学位論文の本審査が、平成21年2月10日13:30より工学部電気電子工学科23号教室にて、主査、副査およびその他の聴講者約23名の前で行われた。約40分の論文内容についての発表の後、本研究の背景、研究手法、得られた成果等に関する事項について、以下のように40分程度の質疑応答がなされた。

質問1) ダクトに内張りした吸音材の吸音性能を複素音圧反射係数で表し、それを用いて音波伝搬特性を得ているが、その意義はどこにあるか。

回答1) 実際に使用される吸音材の反射係数は様々な値をとるので、減衰特性の結果より様々な反射係数に対する減衰量の関係(減衰量の動き)を確認することができた。

質問2) 単一膨張型消音器に有限要素法を適用する際、膨張管入り口だけ他の部分とは要素分割の仕方変えたのはどうしてか。

回答2) 膨張管入り口だけ他の部分と要素分割を変えても、細かく分割したら結果は変わらなかったもので、問題になりませんでした。

質問3) 部分内張り単一膨張形円形ダクト内のアクティブインテンシティが、吸音材を膨張管の(a)周辺部(b)出力管部(c)両方に張った場合を互いに比較したとき、(c)の矢印の向きが整列しているのはどうしてか。

回答3) ご指摘のようになっているのが確認できますが、音波伝搬が複雑であると考えられます。

質問4) 吸音ダクトの吸音材付近で軸方向の音波の摩擦があるか。

回答4) 軸方向の音波の摩擦によるすべりがあると考えられる。しかし、実際のデータが少ない。

質問5) この研究におけるダクト内の音波伝搬は、平面波動と考えていいのか。

回答5) 本研究では、主に平面波が伝搬する周波数領域を扱っている。一般的に周波数に比例する η が小さいときは平面波動となるが、直角曲がり方形吸音ダクトにおいて、 $\eta=0.01$ では入力管部が、 $\eta=1$ では出力管部が平面波動に近い伝搬となっているのは興味深い。

質問6) 吸音ダクトの音波伝搬特性において最適条件はみつかったか。

回答6) 例えば円形吸音ダクトにおいて、ダクトの寸法を波長で無次元した η に対する減衰量を、反射係数をパラメータにして表すと、その特性から最大減衰量とそのときの η が分ります。

質問7) 全面内張りダクトと部分内張りダクトでは音波伝搬特性にどのような相違が生ずるか。

回答7) 部分内張りダクトでは、内張り吸音材の端部において音波の反射が起きることにより、全面内張りダクトの特性とは相違してくる。

質問8) 単一膨張型消音器(硬いダクト)の減衰特性を純解析的に計算できるのに、有限要素法でも計算したのはなぜか。

回答8) 有限要素法では、簡易計算が可能で簡単に結果を得ることができる。

以上の質疑応答から、山里氏は質問に的確に答え、これらの質疑応答のレベルは高いものであったので、審査委員は山里氏が博士(工学)の学位を与えるのに足る十分な学力を有しているものと判断し、最終試験を合格とした。