

氏 名	藤 井 郁 香		
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	博 甲 第 7722 号		
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Studies on analysis of acoustic fields generated by flexural wave propagating on flat panel and its applications (平板を伝搬する屈曲波により生成される音場の解析とその応用に関する研究)		
主 査	筑波大学 准教授	博士 (工学)	若 槻 尚 斗
副 査	筑波大学 教 授	工学博士	水 谷 孝 一
副 査	筑波大学 教 授	工学博士	藪 野 浩 司
副 査	筑波大学 教 授	工学博士	伊 藤 雅 英
	(数理工学科学研究科)		
副 査	筑波大学 助 教	博士 (工学)	海老原 格
副 査	筑波大学 助 教	博士 (工学)	前 田 祐 佳

論 文 の 要 旨

本論文は、屈曲波および屈曲波により生成される音場を解析し、その特徴を利用したアプリケーションを創出することを目的としている。屈曲波の位相速度の分散は無垢板と積層板で異なるため、積層板を伝搬する屈曲波の特性を解析する手法を提案した。さらに、屈曲波により生成される傾斜平面波およびエバネッセント音場を用いるアプリケーションの実現可能性を検討した。

第 2 章では、無垢板とハニカム積層板を伝搬する屈曲波の位相速度の周波数特性を解析した。まず、Lamb 波および梁の曲げ運動方程式により位相速度を記述する理論式を示した。また、アクリルプラスチックと圧電セラミックにより平板トランスデューサを構成し、位相速度を計測した。その結果、実測値は理論値とよく一致することを確認した。また、ハニカム積層板を伝搬する屈曲波の理論解析手法を提案した。理論式、有限要素 (FEM) シミュレーションおよび実験の結果はよく一致した。

第 3 章では、屈曲波が生成する音場の応用として音声誘導システムのための傾斜平面波を用いる平板スピーカを提案している。提案手法により傾斜平面波を生成するためのハニカム積層板を設計し、積層板からの音響放射を FEM シミュレーションにより計算した。その結果、傾斜平面波が均一なレベルかつ一定の角度で放射されることが確認された。これにより、ハニカム積層板を用いる提案スピーカは音声誘導システムに適していることが示された。

第 4 章では、近接音響通信のためのエバネッセント音場を生成する平板音響トランスデューサを提案した。FEM シミュレーションおよび実験により音圧レベルが急峻に減衰するエバネッセント音場

(博甲)

の性質を確認するとともに、実際に携帯電話端末によって振動板近傍でのみ音響データが受信可能であることが示された。しかし、振動板の端で粒子速度分布が不連続であることからエバネッセント音場から僅かに音波が漏洩することが見出された。波数スペクトルが広がり抑制することで漏洩音波の放射を防止できると考え、振動板の粒子速度分布を空間的に重み付けする窓関数を設計した。まず、遠方における音圧レベル分布を算出する手法を検討し、窓関数の形状および周波数に対する音圧レベル分布を算出した。その結果、算出された最適化された窓関数を粒子速度場に与えることで、振動板近傍の音圧レベルを高く維持しながら漏洩波を抑制することが可能であることが示された。さらに、粒子速度場への空間的な重み付けを与えるため、多孔質材を利用する可能性を検討した。FEM シミュレーションにより、多孔質材により作られた遮音材が漏洩波を抑制可能であることが明らかになった。よって、提案手法により近接音響通信システムが実現可能であることが示唆された。

以上より、平板を伝搬する屈曲波が生成する音場の解析方法の提案および妥当性が確認されるとともに、その音場を用いるアプリケーションの提案と実現可能性が示された。これらの結果は様々な分野における屈曲波および生成される音場の解析と応用に有用な知見を与えると考えられる。

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

本論文は、屈曲波および屈曲波により生成される音場を解析する手法を整理するとともに、その特徴を利用したアプリケーションを創出することを目的とした研究をまとめたものである。従来、ハニカム積層板は複雑な構造をもつため、その伝搬特性はFEMシミュレーションや実験により得られてきた。本研究で提案した手法は簡易な計算で屈曲波の伝搬特性の算出を可能にするものであり実用的な価値が認められ、高く評価できる。この応用として屈曲波により生成される傾斜平面波を用いて音声誘導を行うシステムが提案されている。前述の計算手法を用いてハニカム積層板を設計することで音声の周波数帯域で傾斜平面波の生成が可能であることを示すと同時に計算の妥当性が実験で検証された。提案システムは聴取者に目的地の方向を明確に知覚させるのに有効であることが示された。次に、エバネッセント音場による近接音響通信システムを提案している。シミュレーションだけでなく、実験により振動板近傍でのみ音響データを受信可能であることが確認され、提案システムの有効性が示されたことは高く評価できる。これに加えエバネッセント音場からの漏洩音波の放射を抑制する手法を考案し、数値シミュレーションによりその実現可能性が検証された。これらより、本論文は当該分野における振動・音場解析とその応用に有用な知見を与えるものであり、高く評価できる。

### 【最終試験の結果】

平成28年1月21日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。