

氏 名	えの 榎 本 成 悟
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2503 号
学位授与の日付	平 成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 建 築 学 専 攻
学位論文題目	音場の局所化に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 高 橋 大 式 教 授 鉾 井 修 一 助教授 伊 勢 史 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、多チャンネル信号処理の技術とシステム理論を波動音響理論と組み合わせ、連続した空間内の一部の音場を強調／抽出することを目的とした音場の局所化という新しい音場制御の原理を提案したものであり、6章からなっている。

第1章は序論であり、研究の背景と目的を述べ、既往の研究をレビューするとともに本論文で応用する原理と従来行われてきた音場制御について述べることににより本研究の位置付けを明らかにしている。本論文では、多重極展開と境界音場制御の原理を用いることにより、(1)收音系における音場の局所化システムの構築原理の提案、(2)再生系における音場の局所化システムの構築原理の提案、(3)再生系の局所化システムの構築原理を応用した指向性スピーカシステム設計手法の提案を行い、それぞれシミュレーションと実験により提案システムの特性と制御の効果を明らかにする。

第2章では、多重極展開を用いた收音系の局所化システム(多重極マイクロホンシステム)の構築原理を提案する。多重極展開より定まる、多重極特性を持つマイクロホンシステムの実用的な構築手法を議論し、数値計算と実験により多重極マイクロホンの特性を明らかにした。また、適応信号処理と組み合わせたシステムの実現手法の提案とアナログ回路を用いたシステムの構築も行った。多重極マイクロホンシステムは、通常のマイクロホンシステムと比較して感度レベルの距離減衰特性が急峻に減衰し、マイクロホン近傍の局所的な範囲の音場を抽出することができる。そこで、目的の信号を音声としてその同一方向の遠方に騒音源が存在することを想定した音源分離実験を行った。実験の結果、遠方の騒音を抑圧し音声のみを收音できることを確認した。これまで、音源分離を目的として用いられてきたマイクロホンシステムは指向性を制御するものであり、目的信号と騒音が同一方向に存在する場合には十分な音源分離性能を得ることができなかった。また、多重極マイクロホンシステムはマイクロホンアレーの各チャンネル出力の振幅を調節するだけで構築することが可能であるため装置の経年変化がなければ周囲の環境が変化してもシステムの性能が劣化しないという特徴がある。また、システム自体も非常に安価に実現することができる。

第3章では、境界音場制御の原理を応用した收音系の局所化システム(BSCマイクロホンシステム)の構築原理を提案した。第2章で述べたとおり、多重極マイクロホンシステムは他のマイクロホンシステムには無い優れた特徴を持つが、(1)マイクロホンの個体差、設置誤差、利得の調整誤差によりシステムの性能が劣化する、(2)多重極展開次数の展開次数が小さい場合にはシステムの正面方向でしか制御の効果が得られないなどの問題もあった。特に(1)に関しては、実験の際にも各マイクロホンに対して何らかの補正を行わなければ十分な性能を発揮することができなかった。BSCマイクロホンは以上の問題点を解決するために提案するものであり、実験の結果、(1)システム理論を用いて設計したフィルタを用いることにより、マイクロホンの個体差、設置誤差、利得の調整誤差を補正できること、(2)多重極マイクロホンシステムと同数のマイクロホンを用いて構築したシステムでも周囲全ての方向で制御の効果が得られることを確認した。

第4章では、境界音場制御の原理を用いた再生系の局所化システム(BSCスピーカシステム)の構築原理を提案した。BSCスピーカシステムから出力された音波は遠方まで拡がらず、スピーカ近傍の局所的な範囲の音場だけを強調できるこ

とを実験により確認した。

第5章では、BSC スピーカシステムを応用して指向性スピーカシステム（BSC 指向性スピーカ）を構築する原理を提案した。これまで、アレー処理を用いた指向性スピーカが数多く提案されている。しかしながら、アレー処理に基づいて構築されたスピーカでは、低域で指向性を形成するためにはシステムの規模を大きくする必要があった。それに対して、BSC 指向性スピーカは原理的に低域での制御効果が高く 250Hz 以下の帯域でも指向性を容易に形成できることを確認した。また、帯域ごとに使用するスピーカのユニットを分割して制御を行うことにより、主ローブで広帯域に渡り平坦な周波数特性が得られることを実証した。また、ピエゾ素子を用いて小型スピーカシステムを試作した。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。連続した空間内に発生した音波を局所的に強調／抽出する技術は、これまで様々な分野で期待されながらも実現が困難であると考えられてきた。本論文ではこのような音場制御を音場の局所化と名付け、再生系、收音系において局所化システムを実現する原理を多チャンネル信号処理、システム理論と波動音響理論を組み合わせることにより提案した。提案する原理を用いて構築した收音系の局所化システムは、マイクロホン近傍の局所的な範囲の音場だけを抽出可能であることを確認した。また、再生系の局所化システムでは、スピーカ近傍の局所的な範囲の音場だけを強調するシステムと、局所化の原理を応用した指向性スピーカシステムを提案した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、多チャンネル信号処理の技術やシステム理論を波動音響理論と組み合わせ、連続した空間を音響的に分離し、空間内の一部の音場を強調／抽出することを目的とした音場の局所化という新しい音場制御の原理を提案したものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 多重極展開を用いて收音系における音場の局所化システム（多重極マイクロホンシステム）を構築する原理を提案した。提案した多重極マイクロホンシステムはマイクロホン近傍の局所的な音場を抽出することができるため、騒音が目的の音源よりも遠方に存在することを想定すれば目的の信号と騒音信号を分離できることを実験により確認した。また、適応信号処理を組み合わせたシステムの構築手法の提案とアナログ回路を用いたシステムの試作も行った。
2. 多重極マイクロホンシステムの問題点を解決するために境界音場制御の原理を応用した收音系の局所化システム（BSC マイクロホンシステム）を構築する原理を提案した。BSC マイクロホンシステムは多重極マイクロホンシステムと同様にマイクロホンの近傍の局所的な音場を抽出し、また多重極マイクロホンシステムの問題点を解決できることを実験により確認した。
3. 境界音場制御の原理を応用して再生系における音場の局所化システム（BSC スピーカシステム）を構築する原理を提案した。提案した BSC スピーカシステムから出力された音波は遠方まで拡がらず、スピーカ近傍の局所的な音場を強調できることを実験により確認した。
4. 境界音場制御の原理を応用して指向性スピーカシステムを構築する原理を提案した。提案した指向性スピーカシステムは従来の指向性スピーカシステムとは異なり低域でも容易に指向性を形成できること、主ローブの方向では広帯域で平坦な周波数特性ことを実験により確認した。また、ピエゾ素子を用いた指向性スピーカシステムの試作も行った。

このように、本論文はこれまで実現することが困難であると考えられてきた音場の局所化を多チャンネル信号処理やシステム理論を波動音響理論と組み合わせて実現する原理を提案する研究であり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年1月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。