

氏名(本籍)	善 ^{ぜん} 甫 ^ほ 啓 ^{けい} 一 ^{いち} (茨城県)			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第6455号			
学位授与年月日	平成25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 Estimation of Direction-of-Arrival of Sound Source and Suppression of Noises Using Small Element Number of Microphone Array in Reflective Environments (反射環境下における少素子マイクロフォンアレーを用いる音源方向推定および雑音抑制に関する研究)			
主査	筑波大学教授	工学博士	水谷孝一	
副査	筑波大学教授	Ph.D.(工学)	堀憲之	
副査	筑波大学教授	工学博士	安信誠二	
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	若槻尚斗	
副査	筑波大学助教	博士(工学)	海老原格	

論文の内容の要旨

本論文は、少素子で構成されたマイクロフォンアレーを用いた反射音が発生するような環境での音源方向推定および雑音抑制を試みたものである。室内のような反射音が発生する環境において、人の声を収録する機会は増えているが、雑音対策を考えると、多数の素子で構成されたマイクロフォンアレーを用いるか、各話者に一つずつ専用のマイクを割り当てる必要があった。その結果、専用の装置や専用の部屋がテレビ会議などの場面では必要となっていた。本研究では、少素子で構成されたマイクロフォンアレーを用いテレビ会議を含め汎用的な雑音抑制および目的音強調を目指している。その実現のため、音響的に空間の形状を事前に推定し、その情報を利用して反射音がマイクロフォンアレーに入射するタイミングを事前に推定することで、雑音抑制・目的音強調に応用する手法を提案している。空間の形状は、人の話し声などの直達音および反射音の到来方向の推定により求めている。

第2章では、マイクロフォンアレーによる音源方向推定において、信号処理により直接音と反射音を見分け正しく推定を行う手法を提案している。その有用性はシミュレーション及び実験によって確認された。その結果、従来手法では正しい推定が困難であった、反射の多い、研究室のような通常の居室においても、正しい音源の到来方向が推定可能であることが示された。また、この手法は直達音のみならず、意図的に反射音の到来方向を推定することも可能であることが示された。また、反射環境により正しく直接音の推定が出来ない場合も存在するが、推定結果の妥当性の検証ができる事も示された。その結果、通常では推定精度が2~42%の状況において75~100%程度の精度で推定が可能となった。これらの処理は、少ない計算量で実現可能であることから、広く応用可能な手法である。

第3章では、第2章で述べた手法により求められる音源の直達音及び反射音の到来方向を利用した反射境界の位置推定の手法を提案している。計算の簡易化のためにいくつかの近似をしており、それによる誤差を

生ずるが、予め全数的に反射環境をシミュレーションし補正関数を構築することで補正が可能となった。これはシミュレーションおよび実験により検証された。その結果、通常の室内環境程度の規模（～7.5 m）であれば、境界位置の推定誤差は10%程度に収まることが確認された。この推定された反射境界の位置を重ねて行くことで空間形状の把握が可能となる。

第4章では、第3章で述べた手法により求められる空間の形状を利用した雑音を抑制し、相対的に目的音の強調する手法について提案している。実験により、従来手法に比べて提案手法は以下2点の状況において、既存手法に対する優位性が確認された。ひとつは、存在する音源の個数がマイクロフォンの個数より多い状況、もうひとつは、目的音源がマイクロフォンアレーから見て、他の雑音の背後にある場合である。特に前者は、専用の装置・部屋を用いることができず、マイクロフォンの数が限られている状況において特に有用である。これらの成果は、今後、新しいコミュニケーション手段の確立や、音を使った測定分野など、幅広い分野への応用が期待されるものである。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、テレビ会議などにおける音の集音において、少素子マイクロフォンアレーを用い少演算量で雑音の抑制と目的音の強調を実現する信号処理について提案・評価したものである。また、その過程で、音源方向および空間形状も推定される。従来、テレビ会議などを十分な品質を保ち利用するためには、反射音や機械雑音を抑えるため、専用の装置や部屋を必要としていたが、本論文では、反射音を積極的に用いることにより、少素子マイクロフォンアレーでも高品質の集音が実現されている。提案されている音源方向推定の手法は、反射音の存在を仮定した手法であり、シミュレーションおよび実験によりその妥当性が確認されており、有用な信号処理手法であることが示されている。また、反射音を使った空間の形状推定および雑音抑制・目的音強調手法についても、シミュレーションおよび実験により妥当性が確認されている。本論文の成果により、直接音の方向推定および雑音抑制と目的音強調が、少数マイクロフォンアレーと計算量の少ない信号処理で可能となり、副次的な効果として空間形状の把握が可能となっている。これらの成果は、今後さらなるコミュニケーション手段の発展などを含め、広い分野への貢献が期待できるものである。

平成25年1月22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。

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。