

氏名	川岸卓司		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	博甲第8084号		
学位授与年月日	平成29年3月24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	少数マイクロフォンを用いる環境雑音を考慮した音源の特徴抽出及び位置推定に関する研究		
主査	筑波大学 教授	工学博士	水谷孝一
副査	筑波大学 教授	工学博士	京藤敏達
副査	筑波大学 准教授	博士（工学）	若槻尚斗
副査	筑波大学 准教授	博士（工学）	海老原格
副査	筑波大学 助教	博士（工学）	善甫啓一
副査	筑波大学 助教	博士（工学）	前田祐佳
副査	農業・食品産業技術総合研究機構動 物衛生研究部門 領域長 (岐阜大学 客員教授)	獣医学博士	西藤岳彦

論文の要旨

本論文は、雑音の存在する環境下で収録された音から特徴を用いて目的音のみを検出する手法、および、少数のマイクロフォンのみを用いて音の発生位置を特定する音源位置推定手法について述べている。従来、雑音の存在する環境において目的音のみを検出するためには、雑音を含まない目的音の見本を大量に用意する必要があった。そこで、本研究では、目的音の特徴を有するモデルと、雑音を含む収録音のマッチングをとることで、目的音のみを効率よく検出する手法を提唱している。この手法は、目的音の時間-周波数領域における特徴をモデル化するとともに、モデルと収録された音の類似度を計算することで、雑音の存在する環境下で収録された音から特徴を用いて目的音のみを検出する手法を確立している。そして、豚舎内で豚が感染症時に発するくしゃみ音の検出実験を行い、感染症の陰陽性識別が可能なレベルの精度で、くしゃみ音の検出ができることを示している。また、従来、音の発生位置を特定するためには、多数のマイクロフォンを用いる必要があった。そこで、本研究では、少数のマイクロフォンで受信した音の到来時間差情報、および、直達波に加えて反射波を用いた伝搬モデルを組み合わせることで、少数のマイクロフォンのみを用いて音の発生位置を特定する音源位置推定手法を提唱している。そして、土中における音源位置や、空中を飛翔する小型飛行体の位置の検出実験を行い、十分な精度で音源位置が推定できることを示している。

本論文は全5章で構成されており、概要は次に示す通りである。

第1章では、本論文の背景として、音に含まれる情報を分析することで人の声を機械の入力に用いる音声認識や機械的な異常の有無を診断する重要性について述べている。さらに、その一例として、豚のくしゃみ音が感染症の早期発見に有効な指標となっており、仮にくしゃみ音を自動的に検出できれば、日本において年400億円もの損害となっている養豚業の経済損失を抑制できる可能性を示している。一方、豚舎内は常に多くの雑音が発生しており、目的音の検出に必要な見本にも、常に雑音が含まれている等、従来の目的音検出法が利用できない環境について説明している。

第2章では、第3章とともに目的音の特徴を有するモデルと、雑音を含む収録音のマッチングをとることで、目的音のみを効率よく検出する手法について述べられている。実際の豚舎内でくしゃみ音の収録を行い、豚舎内の雑音環境や対象とする音の特徴などについて述べられている。くしゃみ音には、人間には聞くことができない30 kHz以上の高周波が含まれ、各周波数における音の継続時間が他の雑音と異なる特徴を有することを示している。そして、5つの収録された目的音を見本データとして、見本と収録音を時間-周波数領域で比較する検出法を提案している。実際の豚舎で収録された音を用いて、検出法の性能を評価した結果、誤検出の少なさを示す識別率は63%、見逃しにくさを示す感度は85%であり、先行研究における感染症の陰陽性の識別に必要な精度を有することが示されている。一方、提案手法は、収録環境が変化してしまうと精度が大きく低下してしまうことから、環境による変化への頑健性が課題として挙げられている。

第3章では、第2章で課題として挙げられた、環境による変化に頑健な目的音検出法を確立するために、目的音の時間-周波数領域における特徴をモデル化するとともに、モデルと収録された音の類似度を計算することで、雑音の存在する環境下で収録された音から特徴を用いて目的音のみを検出する手法を提唱している。この手法を、異なる豚舎で収録された音に対して適用した結果、いずれの豚舎においても識別率は54%以上、感度は93%以上であり、環境によらず、感染症の陰陽性識別が可能なレベルの精度で、くしゃみ音の検出ができると結論付けている。

第4章では、少数のマイクロフォンのみを用いて音の発生位置を特定する音源位置推定手法について述べられている。従来、マイクロフォンを用いて音の発生位置を求めるためには、多数のマイクロフォンを用いて、同時に音を収録する必要があった。そこで、少数のマイクロフォンを用いて音の発生位置を推定する手法を、多角的に検討している。具体的には、豚のくしゃみ音に対しマイクロフォンとカメラを組み合わせた音源位置推定法を検討している。そして、カメラとマイクロフォンを組み合わせ、豚のくしゃみ音の到来する角度を推定することで、音源位置を推定する手法を検討している。そして、マイクロフォンのみを用いて音源位置を推定する従来手法と、提案手法を比較した結果、提案手法の推定精度(50%)は、従来手法の推定精度(20%)と比較して、改善していることを示している。次に、ドリルなどの土中の音源が地表面での反射する特徴を用いた音源位置推定法について検討を行っている。具体的には、土中に設置する少数のマイクロフォン(ジオフォンアレイ)、および、音波が地表面で反射する特徴を活用する、新しい音源位置推定法を検討している。そして、実際の土中において提案手法の評価を行い、提案手法は、従来手法と比較して、推定精度が3.4倍優れていることを示している。最後に、屋外で飛行するドローンの飛行音など、空中における音源位置推定法について検討を行っている。具体的には、立体構成マイクロフォンを作成し、ドローンのプロペラが発する音の類似度を活用して、適応的に音源位置を推定する手法を提案している。提案手法を用いて、実際のドローン位置を測定したところ、約6 m離れたドローンの位置を、0.5 m程度の精度で、推定

できることを明らかにしている。また、提案手法は、従来手法と比較して、推定精度が3.2倍優れていると述べている。

第5章では、得られた成果をまとめるとともに、本研究で確立した、雑音の存在する環境下で収録された音から特徴を用いて目的音のみを検出する手法、および、少数のマイクロフォンのみを用いて音の発生位置を特定する音源位置推定手法の有用性について、今後の展望を踏まえつつ、まとめられている。

審 査 の 要 旨

【批評】

本論文は、雑音の存在する環境下で収録された音から特徴を用いて目的音のみを検出する手法、および、少数のマイクロフォンのみを用いて音の発生位置を特定する音源位置推定手法について、述べている。そこで、目的音の特徴を有するモデルと、雑音を含む収録音のマッチングをとることで、目的音のみを効率よく検出する手法を提唱するとともに、豚舎内で豚が感染症時に発するくしゃみ音の検出実験を行い、感染症の陰陽性識別が可能なレベルの精度で、くしゃみ音の検出ができることを示すことで、提案手法の実用的な有用性を明らかにしている。さらに、少数のマイクロフォンで受信した音の到来時間差情報、および、直達波に加えて反射波を用いた伝搬モデルを組み合わせることで、少数のマイクロフォンのみを用いて音の発生位置を特定する音源位置推定手法を提唱し、多角的な観点から、十分な精度で音源位置が推定できることを示している。

本研究で確立した技術は、既に、畜産分野において実用に即するレベルに達しているだけでなく、あらゆる分野において広く適応可能な、汎用性に優れたものであり、今後も、セキュリティ分野など、様々な分野への展望が期待できることから高く評価できる。

【最終試験の結果】

平成29年2月7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。