

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報 学)	氏名	佐藤 幹
論文題目	Noise-Robust Auditory Systems for Human-Robot Communication (ロボットにおける対話のための耐雑音聴覚システムに関する研究)		
(論文内容の要旨) 本論文は、人間とロボットの音声対話における耐雑音音声認識を実現するための基本機能として、音源方向検出と2マイクノイズキャンセラが有効であるとし、ロボットの使用環境において発生する問題を解決する新たなアルゴリズムを導出し、これらの機能を用いた耐雑音聴覚システムを提案するとともに、その特性を評価することで、提案方式の有効性を明らかにしたものであり、全体で5章から構成されている。 第1章では、ロボットの音声認識の隆盛の背景について述べるとともに、ロボットの音声認識における音源方向検出と雑音抑圧処理の必要性について述べ、従来の音源方向検出や雑音抑圧処理をロボットに適用したときに生じる問題点、及び、これらの機能をロボットに実装するためのシステムの実現方法に関する問題点を指摘している。そして、論文全体の構成を簡単に説明している。 第2章では、異なるマイクに到達する音の到来方向推定手法をロボットに適用する際に、まず、計算量削減のための符号時間系列を用いた符号化手法を提案し、この手法が他の符号化手法と比較し、到来方向を求めるために有効な手法であることを示している。次に、複数のマイクペアを用いた全方向の音源方向検出において生じるマイクペア毎の推定方向の誤差の影響を低減するために基準面への投影が必要であることを指摘し、ロボット基準面に投影する手法を提案している。さらに、ロボットの小型化に伴う短いマイク間隔による低解像度の推定方向同士を比較するために有効な前後判定手法を提案している。また、ロボットの動作音による誤検出を防止するための可変音量閾値の決定手法についても提案している。そして、ロボットを用いた評価実験により、これらの提案手法の有効性を示している。 第3章では、ロボットにおける雑音抑圧に有効な手法として音声マイクと雑音マイクの2マイクを用いた適応フィルタによるノイズキャンセラを提案している。ロボットの使われる環境においては広範囲に変化する信号対雑音比 (SN比) が問題であることを指摘し、このような環境において有効な手法として、サブフィルタの出力信号からSN比の推定を行い、メインフィルタの係数更新ステップサイズを制御する手法において、さらに、マイク入力信号から推定したSN比を用いてサブフィルタのステップサイズを制御する手法を提案している。そして、計算機シミュレーションによって、提案法が高雑音抑圧と低歪を実現することを示している。さらに、ロボットを用いた評価実験により、雑音環境下の音声認識が向上することを示している。 第4章では、ロボットの音声対話のための耐雑音聴覚システムについて論じている。ロボットにおける耐雑音聴覚システムの実現には、小型、低消費電力、低価格で提供可能な固定小数点演算チップを用いたモジュール実装が有効であるとし、システムの実装形態について提案している。また、音声対話に必要な機能として、音源方向検出とノイズキャンセラに加え、ロボットの発話の影響を軽減するためのエコーキャンセラと、ノイズキャンセラでは抑圧できない範囲の雑音を抑圧するためのマイクロホン			

アレイが必要であると述べている。エコーキャンセラについては、雑音環境下での性能を向上させるための背景雑音推定を用いたダブルトーク検出手法を提案している。そして、これらの機能を、浮動小数点演算のソフトウェアとして実装したロボットと固定小数点演算チップを用いてモジュール実装したロボットの比較実験を行うことにより後者に性能劣化がなく、リアルタイムで所望の機能が実現されていることを確認している。

第5章では、本論文の成果の総括と今後の展望を述べている。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、人間とロボットの音声対話における耐雑音音声認識を実現するための基本機能として、音源方向検出と2マイクノイズキャンセラが有効であるとし、ロボットの使用環境において発生する問題を解決する新たなアルゴリズムを導出し、これらの機能を用いた耐雑音聴覚システムを提案するとともに、その特性を評価することで、提案方式の有効性を明らかにすることを目的としており、その成果は以下のように要約される。

1. 異なるマイクに到達する音の到来方向推定手法をロボットに適用する際に、まず、計算量削減のための符号時間系列を用いた符号化手法を提案し、この手法が他の符号化手法と比較し、到来方向を求めるために有効な手法であることを示した。次に、複数のマイクペアを用いた全方向の音源方向検出において生じるマイクペア毎の推定方向の誤差の影響を低減するために基準面への投影が必要であることを指摘し、ロボット基準面に投影する手法を提案した。さらに、ロボットの小型化に伴う短いマイク間隔による低解像度の推定方向同士を比較するために有効な前後判定手法を提案した。また、ロボットの動作音による誤検出を防止するための可変音量閾値の決定手法についても提案した。そして、ロボットを用いた評価実験により、これらの提案手法の有効性を示した。

2. ロボットにおける雑音抑圧に有効な手法として音声マイクと雑音マイクの2マイクを用いた適応フィルタによるノイズキャンセラを提案した。ロボットの使われる環境においては広範囲に変化する信号対雑音比(SN比)が問題であることを指摘し、このような環境において有効な手法として、サブフィルタの出力信号からSN比の推定を行い、メインフィルタの係数更新ステップサイズを制御する手法において、さらに、マイク入力信号から推定したSN比を用いてサブフィルタのステップサイズを制御する手法を提案した。そして、計算機シミュレーションによって、提案法が高雑音抑圧と低歪を実現することを示した。さらに、ロボットを用いた評価実験により、雑音環境下の音声認識が向上することを示した。

3. ロボットの音声対話のための耐雑音聴覚システムについて論じた。ロボットにおける耐雑音聴覚システムの実現には、小型、低消費電力、低価格で提供可能な固定小数点演算チップを用いたモジュール実装が有効であるとし、システムの実装形態について提案した。また、音声対話に必要な機能として、音源方向検出とノイズキャンセラに加え、ロボットの発話の影響を軽減するためのエコーキャンセラと、ノイズキャンセラでは抑圧できない範囲の雑音を抑圧するためのマイクロホンアレイが必要であると述べた。エコーキャンセラについては、雑音環境下での性能を向上させるための背景雑音推定を用いたダブルトーク検出手法を提案した。そして、これらの機能を、浮動小数点演算のソフトウェアとして実装したロボットと固定小数点演算チップを用いてモジュール実装したロボットの比較実験を行うことにより後者に性能劣化がなく、リアルタイムで所望の機能が実現されていることを確認した。

以上要するに本論文は、耐雑音音声認識のための音源方向検出と雑音抑圧機能の性能を改善し、これらの機能をロボット上で実現するための現実的かつ具体的な解法を提供するものであり、ロボットシステムの今後の発展に寄与するところが少なく

ない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成22年5月20日に実施した論文内容とそれに関する試問の結果合格と認めた。

注) 論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。
更に、試問の結果の要旨（例えば「平成 年 月 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。」）を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日： 年 月 日以降