

プログラム名： タフ・ロボティクス・チャレンジ

PM名： 田所 諭

プロジェクト名： ロボットインテリジェンス

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 7 年 度

研究開発課題名：柔軟ロボット音響センシングにおけるシミュレータ構築及

び音源分離処理の高精度化

研究開発機関名：筑波大学

研究開発責任者

牧野 昭二

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

### (1) 研究開発課題の名称

柔軟ロボット音響センシングにおけるシミュレータ構築及び音源分離処理の高精度化

### (2) 研究開発の目的および内容

本研究開発では、変形ロボット上における極限環境下音声抽出システムの開発、およびその高次統計量追跡によるシステム最適化技術の確立を目的とする。ここで、高次統計量追跡とは、信号処理における高次統計量の変形を追跡することにより、対象音の統計モデル推定や解析を可能とするものである。これにより、人間が感覚で調整していた音質の自動制御が可能となる。本研究ではこれを災害用変形ロボットへ応用し、自律的な極限音響コミュニケーションシステムを実現する。

### (3) 当該年度の研究実施内容

**索状ロボット・マイクアレー試作**：索状ロボットにおける音センシングシミュレーションの基礎を確立するため、索状ロボット及びそれに取り付けられたマイクロホンアレーシステムを試作する。猿渡統括のもと、猿渡と牧野が主担当する。実験環境は東大及び筑波大に設置する。なお、本試作が完了するまでは、奥乃 G と協力体制を敷き、データの共有を図り後述のアルゴリズム評価を行う。

**ICA, IVA, NMF の実装**：提案開発システムの初段ブロック（位置不定マイク上でのブラインド音源分離ブロック）技術を確立するため、NMF 等の基礎アルゴリズムを索状ロボット音センシングシステムへ実装し評価を行う。猿渡が統括を行う。小野は IVA (NMF も含む) の高速化・高精度化、牧野は主に NMF の高速化・高精度化に従事し、平成 28 年度前半までに実装を完了する。ここでは特に、NMF の実装に関し、半教師有り（エゴノイズに関する事前情報を利用する）の音源分離アルゴリズムも開発する。

### (4) 当該年度の達成目標

初年度にあたり、まず、研究開発における基礎技術の確立を目指した以下の目標を設定する。

**索状ロボット・マイクアレー試作**：索状ロボット及びそれに取り付けられた 8 チャンネル・MEMS マイクロホンアレーシステムを試作し、奥乃 G との相互比較を通じて、観測される音響データに相違が無い等の品質確認を行う。3 月末までの完成とする。

**ICA, IVA, NMF の実装**：ICA, IVA, NMF を索状ロボット上のマイクアレーに実装し、その音源分離精度を評価する。ただし本年度段階では、後段のポストフィルタまで実装が完了していないので、正確な客観評価値による数値目標は設けないが、5~10 dB 程度を分離の目安にする。なお、NMF に関しては、エゴノイズに関する半教師有りの音源分離アルゴリズムも開発目標に含めるため、それによる追加的な収束性・音源分離精度の向上がどの程度であるか評価を行う（少なくとも収束性または分離精度のどちらかが、教師無しの場合を上回ることを立証する）。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

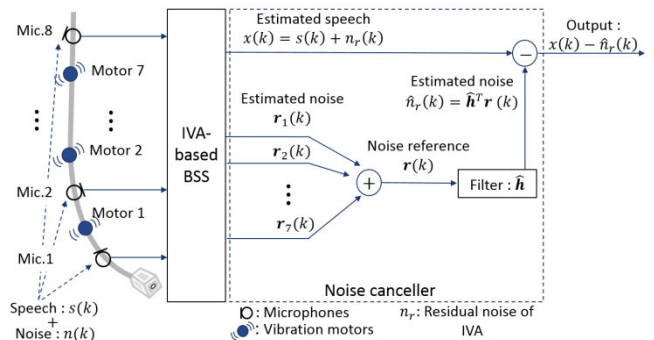
**索状ロボット・マイクアレー試作**：索状ロボット及びそれに取り付けられた 8 チャンネル・MEMS マイクロホンアレーシステムを試作した。

**ICA, IVA, NMF の実装**：ICA, IVA, NMF を索状ロボット上のマイクアレーに実装し、その音源分離精度を評価した。この成果 2 件を、電子情報通信学会総合大会で発表した。

## 2-2 成果

### 1) 独立ベクトル分析とノイズキャンセラを用いた柔軟索状ロボットにおける雑音抑圧

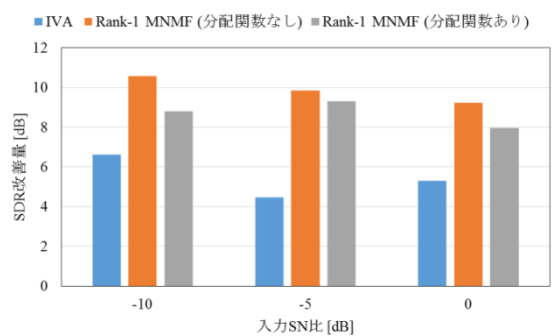
柔軟索状ロボットに取り付けられたマイクロホンを用いて災害現場で救助を求める人の声をとらえるために、柔軟索状ロボットによる観測音に含まれるエゴノイズを抑圧することを目的とした。柔軟索状ロボットには複数のマイクロホンが取り付けられているが、機体は形状を変えつつ移動するため、ビームフォーミングのような固定マイクロホンアレーを前提とする雑音抑圧は困難である。そこで、音源の統計的独立性に基づく音源分離手法、特に、補助関数型ベクトル分析(Independent Vector Analysis: IVA) に基づく音源分離手法、さらにその後段にノイズキャンセラによる後処理を加えた柔軟索状ロボットにおける雑音抑圧手法を提案した。柔軟索状ロボットの観測音を再現したシミュレーション実験を行い、SDR において、独立ベクトル分析に基づく音源分離により約 7 dB の改善、さらにノイズキャンセラを用いた後処理により 1-4 dB 程度の改善が得られた。



柔軟索状ロボットに取り付けられたマイクロホンを用いて、災害現場で救助を求める人の声をとらえるための柔軟索状ロボットの音声収録機能の開発を行った。音声の収録で特に大きな課題となるロボットの内部雑音(エゴノイズ)の除去を目的とし、ランク 1 空間モデル制約付き多チャンネル NMF (Rank-1 multichannel nonnegative matrix factorization: Rank-1 MNMF) による雑音抑圧を柔軟索状ロボットのエゴノイズ除去に適用することを検討した。その有効性を確認するためシミュレーションデータを用いた評価実験を行い、Rank-1 MNMF でのエゴノイズ除去に適切と考えられる分析フレーム長および基底数を明らかにした。さらに、そのパラメータで Rank-1 MNMF と IVA の結果を比較したところ、いずれの入力 SN 比の場合も Rank-1 MNMF の方が分離精度が高く、エゴノイズ除去への Rank-1 MNMF の適用の有効性を確認した。

### 2) ランク 1 空間モデル制約付き多チャンネル NMF を用いた雑音抑圧の柔軟索状ロボットへの適用

柔軟索状ロボットに取り付けられたマイクロホンを用いて、災害現場で救助を求める人の声をとらえるための柔軟索状ロボットの音声収録機能の開発を行った。音声の収録で特に大きな課題となるロボットの内部雑音(エゴノイズ)の除去を目的とし、ランク 1 空間モデル制約付き多チャンネル NMF (Rank-1 multichannel nonnegative matrix factorization: Rank-1 MNMF) による雑音抑圧を柔軟索状ロボットのエゴノイズ除去に適用することを検討した。その



有効性を確認するためシミュレーションデータを用いた評価実験を行い、Rank-1 MNMF でのエゴノイズ除去に適切と考えられる分析フレーム長および基底数を明らかにした。さらに、そのパラメータで Rank-1 MNMF と IVA の結果を比較したところ、いずれの入力 SN 比の場合も Rank-1 MNMF の方が分離精度が高く、エゴノイズ除去への Rank-1 MNMF の適用の有効性を確認した。

## 2-3 新たな課題など

試作した索状ロボット・マイクアレーには不具合があり、修理中である。

### 3. アウトリーチ活動報告

研究成果 2 件を、電子情報通信学会総合大会（平成 28 年 3 月）で発表した。