

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 27 年 度

研究開発課題名：

ブラインド音源分離と高次統計量制御型音声協調に基づく柔軟ロボット音

響センシング

研究開発機関名：

国立大学法人 東京大学

研究開発責任者

猿渡 洋

# 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

本年度は、ブラインド音源分離ブロックの開発に関し、以下の課題を検討する。

- ・ 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、京大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・高速化：ICA、IVA、及び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・マイクアレーの試作：MEMSマイクロホンの配線不備により、今期中に実験に使用できるものが納品されなかった。そのため、再度、MEMSマイク関係の配線を含めて見直しを求め、H28年度上半期に修正版を納品してもらうこととした。
- ・ ICA, IVA, NMFの実装・高速化・半教師有りへの拡張：各ブラインド音源分離アルゴリズムを用いて、索状ロボットで観測されたデータを入力として評価実験を行った。また、独立因子分析アルゴリズムであるICA（IVA）と低ランク分解表現アルゴリズムであるNMFとの関係を明らかにし、空間モデルを線形時不変フィルタ、音源モデルを低ランク行列モデルで表す「独立低ランク行列分析（空間rank-1多チャンネルNMF）」を独自に提案し、そのエゴノイズ音源基底を教師有りとする「半教師有り独立低ランク行列分析アルゴリズム（図1参照）」を検討した。特に、目的音声に関しては、高次統計量制御ポストフィルタによって高精度に推定された音声モデルのスパース度合を再度独立低ランク行列分析へ反映させるアルゴリズムを開発した。また、エゴノイズに関しては、事前学習された標準エゴノイズ音源基底を任意環境へ適応するため、統計的信号確信度推定によってサンプリングされた高信頼度データに基づいて基底を変形するアルゴリズムを開発し、その有効性を検証した。

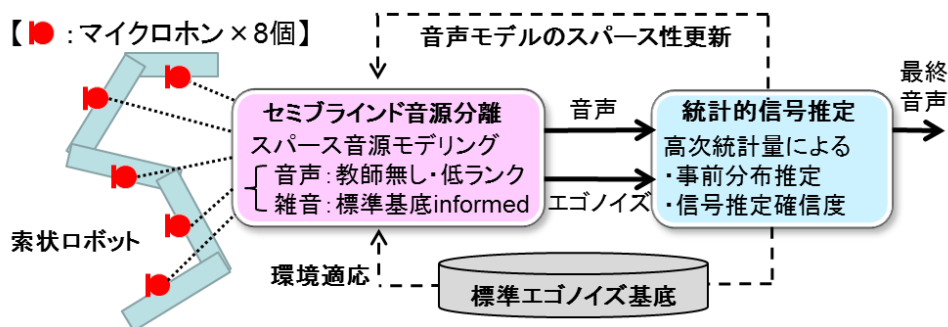


図1：提案する半教師有り（セミブラインド）音源分離アルゴリズムの概要

## 2-2 成果

提案する半教師有り独立低ランク行列分析アルゴリズムを評価するため、細径索状ロボットにて収録されたインパルス応答及び実エゴノイズを用いたシミュレーション実験を行った。なお、索状ロボットの試作が今期で終了しなかったため、京大 G から実測データの提供を受けて実験を行った。ここでの比較対照法は、(a) 教師無し IVA、(b) 教師無し独立低ランク行列分析、(c) 標準エゴノイズ音源基底を半教師とした独立低ランク行列分析、(d) 前記(c)に統計的ポストフィルタを継続接続したもの、及び(e) 前記(d)に環境適応・音声スパース制御を行ったもの（提案アルゴリズム）である。実験結果を図 2 に示す。ここでは、分離抽出された音声の品質評価尺度として signal-to-distortion ratio (SDR ; SN 比改善率と音声歪みの両方を考慮した指標)を用いた。本実験結果により、従来法に比べ、提案アルゴリズムの音質が大幅に改善されていることが示された。

(a) 独立ベクトル分析(教師無し)	2.6 dB
(b) 独立低ランク行列分析(教師無し)	3.2 dB
(c) 標準教師有り独立低ランク行列分析	4.5 dB
(d) 方式(c)+ポストフィルタ	5.5 dB
<b>(e) 環境適応・音声スパース制御</b>	<b>7.2 dB</b>
<b>(上記は全て10通りの未学習ノイズ環境の平均値)</b>	

図 2 : 各種従来技術との比較結果 (SDR [dB])

## 2-3 新たな課題など

索状ロボットの試作に関しては、MEMS マイクロホンの配線不備により、今期中に実験に使用できるものが納品されなかった。本案件は、製造元において H28 年度上半期に解決してもらい、正常動作する改良版を再度納品してもらうこととした。

音源分離アルゴリズムに関しては、シミュレーションデータにおいてほぼ当初の予定通りの音質改善が得られたが、今後は上記試作ロボットにおける実測データで実験を行う必要がある。また、今期の検討において、演算量の増加を度外視してオフラインアルゴリズムの実装を行った。今後は、より高速なアルゴリズムを検討する予定である。

## 3. アウトリーチ活動報告

特に無し