

平成27年 3月31日

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26年度

研究開発課題名：

極限音響の基礎技術の研究開発

研究開発機関名：

早稲田大学

研究開発責任者

奥乃 博

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. 【目標】HARK がさまざまな環境で安定した性能を出すために、伝達関数測定法、無限音源を想定した音源定位・音源分離の同時推定法の検討を行う。
【計画】音源定位・音源分離の性能向上のために使用しているマイクロフォンアレイに対する伝達関数を求めるには、インパルス応答測定信号が使用される。さまざまな測定信号の特性についての知見を得る。屋内展示場において 32 チャンネルマイクロフォンアレイで収録した録音データに対して Bayesian Nonparametric Microphone Array Processing (BNP-MAP) で話者の定位と話し声の分離を行い、音源定位・音源分離の性能評価を行う。
2. 【目標】移動体にマイクロフォンアレイを装着し、取得した音をホストコンピュータの送信する上での課題は、無線通信の安定化である。距離の問題を除き、通信の高速化・安定化を図るために、データ転送量を 20%程度削減し、さらに高速プロトコルによる通信速度の向上を図り、UAV からの音の収録が安定して行えるようにする。
【計画】無線ラン用の通信規格を 11n から 11ac への移行、マルチチャンネル用可逆圧縮アルゴリズムの適用可能性を検討するとともに、ローカルな USB メモリにデータを格納し、無線伝送を使用しない手法を検討する。
3. 【目標】ロボット聴覚ソフトウェア HARK ソフトウェアの普及活動を通じて、ロボットに聴覚機能を備え、ロボットによる環境理解の能力を向上させる。
【計画】HARK ハッカソンを開催する(別途、アウトリーチ活動として初心者用に HARK 無料講習会を開催する)

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

1. 上半身ロボット HIRO の頭部に 8 本のマイクロフォンをインパルス応答測定信号については、TSP (Time Stretching Pulse) の上昇型と下降型信号、M 系列、低域を重視した logSS 信号、および、環境の背景雑音を考慮した適応型を取り上げ、5 度間隔で測定を行い、インパルス応答と伝達関数を求めた。音源定位について評価を行った。評価法としては、高橋らの手法を採用し、正解、削除誤り、挿入誤り、置換誤りをそれぞれ、レファレンスとの差を ± 5 度以内、 ± 5 度以内、 ± 10 度、 ± 15 度以上、と定義して定位・検出誤りを算出した。
2. 大規模展示会場(ビッグサイト等)で産総研で取得した 32 チャンネルデータを京都大学開発の BNP-MAP で分析し、同じ結果を HARK で分離した結果と比較を行った。
3. 索状ロボット、UAV、ロボットで試用しているマルチチャンネル装置 RASP-ZX の伝送処理について、次の 3 点の検討を行った。
ネットワークプロトコルを 11n から 11ac (4.2GHz 帯) に変更した時の速度向



図 インパルス応答の測定

上と改造可能性の評価，マルチチャンネルデータに対する可逆圧縮方式の検討．

4. 12月18日に，早稲田大学にてARKハッカソンを開催した．参加者は12名であり，短時間で聞き分ける技術の応用システムが開発された．
5. 3月19日京都大学で極限音響チームの全体打合せを持ち，今年度の進捗状況と成果の確認，および，次年度の進め方について議論を行った．特に，本チームは4グループに分散しているので，このような全体会議は研究開発を進めるうえで重要である．

2-2 成果

1. インパルス応答測定信号の違いによる音源定位性能について，60度に話者の間隔を固定し，2話者の位置を全周囲で変化させた場合，拡散性雑音の有無にかかわらずほとんど差がないことが判明した．今後，話者の間隔を変えた場合の音源定位，音源数が増えた場合の音源定位の性能，について実験を行う．さらに，音源定位性能についてインパルス応答は音源定位と音源分離用とは異なるので，音源分離の性能についても実験を行う予定である．
2. 大規模展示会場で収録された音データに対して，8チャンネルデータだけを使用してBNP-MAPを適用し，解析した結果，音源数が8を超えることがあり，HARKよりも安定した音源定位と音源分離ができることを確認した．この結果を，IEEE ICASSP-2015に投稿し，採録された．
3. マルチチャンネル録音装置（RASP-ZX）からホストコンピュータへの通信プロトコルを，現行の11nから11ac（USB2.0対応の4.2GHz）へ移行することにより，RASP-ZX上で2～4倍程度の高速化が達成できることが判明した（熊本大学と東京工業大学との共同実験）．マルチチャンネル間相関を見るFLAC（Free Lossless Audio Codec，8チャンネルまで）がRASP-ZX16チャンネルデータにも適用可能かを同様に東京工業大学と熊本大学チームで検討を行い，2～4倍の圧縮による高速化が期待できることが判明．USBメモリにデータ格納もハードウェアボードの追加で対応可能なことが判明．現在，製造メーカーに検討結果を渡して，コスト見積もりを依頼中である．来年度，発注を予定している．
4. HARKハッカソンで知識レベル，技術レベルの異なる参加者に対して，ハッカソンを運営する上での知見が得られ，今後HARKをさまざまな応用に適用するときに生かしていく．

3. アウトリーチ活動報告

1. 11月19日に早稲田大学でImPACT「タフ・ロボティクス・チャレンジ」および科研費，早稲田大学リーディング大学院実体情報学博士プログラムの共催で第11回HARK講習会を実施した．本講習会に合わせて，HARK 2.1版をオープンソースで公開した．講習会では，参加者は43名でこれまで，企業参加者が過半数を占め，これまで学生主体であったものから大きく様変わりした．これは，ImPACTを通じて講習会の案内を行った結果と考えられる．
2. COCNとの意見公開「ロボットインテリジェンス：極限音響」の紹介と議論．2014年11月27日13:00～14:00，東京大学工学部1号館15教室 47名．ロボットに耳をつけ，「聞き分ける」技術である聴覚機能を実現する上での研究課題を報告し，次に，その課題がどこまで解決できており，何が未解決であるかを報告した．特に，ImPACT「タフ・ロボティク

ス・チャレンジ」では、極限環境下でのロボット聴覚として、2つの研究を報告した。1つは、索状ロボットにマイクロフォンとスピーカを交互に並べ、スピーカからの生成音の到達時間差からマイクロフォンの位置を推定し、それを通じて索状ロボットの姿勢推定を行うとともに、マイクロフォンの位置が分かると、それを基に音源定位と音源分離し、リモートオペレータに音声情報を提供する機能である。もう1つは、UAV（無人飛行機）にマイクロフォンアレイを搭載し、モータ音、プロペラの風切り音などを抑制しながら音源定位を行う機能である。