

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：

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

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. **【目標】**ロボット聴覚ソフトウェア HARK の音源定位・音源分離の性能がより高性能化し、安定するようにロバスト化を行う。
【計画】音源定位・音源分離の性能向上を左右するマイクロフォンアレイの伝達関数に対して、それを求めるのに使用されるインパルス応答測定信号の特性についての知見を得る。
2. **【目標】**マイクロフォンアレイを装着した UAV から、マルチチャネルの取得音をホストコンピュータに送信するのに使用する無線通信を安定化され、通信距離を延ばす。
【計画】データ転送量を圧縮して削減し、高速プロトコルによる通信速度の向上を図り、通信の高速化・安定化を図り、UAV からの音の収録が安定して行えるようにする。
3. **【目標】**HARK の多様な場面での活用を狙うために、長時間録音型マイクロフォンアレイの開発を行うとともに、HARK の普及活動を行い、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】簡易防水機能を有する長時間録音型マイクロフォンアレイのプロトタイプの開発する。初心者用に HARK 無料講習会を、上級者用に HARK ハッカソンを開催する。

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. 昨年度、上半身ロボット HIRO の頭部に装着した 8 本のマイクロフォンの 6 種類の測定信号—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である MNSS 信号, NWSS 信号—から求めたインパルス応答と伝達関数に対して、音源定位性能の評価を行った。昨年度は、1 つの組み合わせ (-10° と 10° に位置する 2 音源) に対して、6 種類の伝達関数の性能評価を行ったが、6 種類の測定信号の違いはほとんど得られなかった。今年度は徹底的な評価実験を行うこととした。まず、MUSIC 音源定位法の閾値設定について、ノウハウの習得に努めた。得られた閾値設定法に基づき、それぞれの測定信号ごとに閾値を固定して、音源定位性能を求めている。具体的には、①1 音源 (ATR 音素バランス分から選んだ 6 発話を使用) : 5° 間隔に全方位, ②①に重畳する白色雑音を -10dB , -5dB , 0dB , 5dB , 10dB と変化された混合音, ③2 音源 (異 6 発話) の混合音 : 1 つの音源を正面に固定し, 他を 5° 間隔で $5^{\circ} \sim 360^{\circ}$ まで変化させた混合音, ④③に②と同様の白色雑音を重畳した混合音, について定位実験を行った。来年度論文として総合報告を行う予定である。
2. 索状ロボット, UAV, ヒューマノイドロボットで使用しているマルチチャネル装置 RASP-ZX の伝送処理について、次の 2 点の検討を行った。①WiFi 規格を 11n から 11ac (Draft) に変更した時の速度向上と改造可能性の評価, ②マルチチャネルデータに対する可逆圧縮方式 FLAC (Free Lossless Audio Codec) を 16 チャネルに拡張した時の評価, を熊本大学, 東京工業大学とともにやり、ソフトウェア構成まで含めた仕様を決定。さらに、③無線・有線通

信で音響データの転送せずに、RASP-ZX に接続するローカルな USB への音響データ格納機能も追加し、メーカーに発注を行った。

3. 簡易防水型のマイクロフォンアレイ長時間録音装置を開発した。16 チャンネルで SD カード 1 TB まで搭載可能であり、タイマー録音ができ、1 週間程度の録音が可能である。現在、評価実験を行っており、その結果をもとに、リアルワールドで使用可能なシステムへと洗練化していく予定である。
4. 3 月 9 日東京工業大学で全体打合せを持ち、今年度の進捗状況と成果の確認、および、次年度の進め方、特に、6 月の第 2 回評価会、11 月の第 3 回評価会で提案するデモの検討も行った。
5. 11 月 10 日に早稲田大学で第 12 回 HARK 講習会を実施した。本講習会に合わせて、HARK 2.2 版をオープンソースで公開した。さらに、11 月 11 日に、同じ会場で HARK ハッカソンを開催した。参加者は 20 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。

2-2 成果

1. RASP-ZX の改造を行い、10m 程度の距離であれば、16 チャンネルマルチデータの転送は安定して行えるようになった。さらに、本改造は、RASP-ZX の開発元である System In Frontier 社より他の一般ユーザにも提供されている。
2. 簡易防水型の長時間記録型マイクロフォンアレイ（16 チャンネル）を開発した。

2-3 新たな課題など

1. 長時間録音型マイクロフォンアレイの活用法として、当該アレイを複数配置し、夜間だけでなく、日中も含めて長時間観測し、そのデータを解析し、被災者や環境情報を取得する方法が射程内に入ってきた。次年度は、LiDAR による AV-SLAM によるポイントクラウドと組み合わせた音環境理解に取り組み課題が出てきた。
2. 極限音響チームとしては、索状ロボットによる音響処理（京都大学）、UAV による音響処理（東京工業大学・熊本大学）を行っているが、新たな航空法改定により UAV の飛行実験が東京 23 区内では簡単にはできなくなった。このことを受けて、3 月の極限音響チーム全体ミーティングで、熊本大学 UAV グループが使用許可を得ている熊本新港で飛行実験を行い、データを収集することになった。

3. アウトリーチ活動報告

1. 11 月 10 日開催の第 12 回 HARK 無料講習会では、参加者は満席の 45 名で、参加申し込みを途中で締め切った。前回から、企業参加者が過半数を占め、どれだけ使えるのかを見極めたいという参加者が多かった。音声認識システムが使われるようになってきたので、実世界で応用するには聞き分ける機能が不可欠との認識が広まってきたものと考えられる。
2. 11 月 12 日に東北大学で開催された ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジ第 1 回実フィールド評価会で、音を使った索状ロボットの姿勢推定技術のデモを行い、音を使った研究の斬新さを訴えるとともに、ヒントとなるようなお言葉もいただいた。

3. 専門的な広報活動としては、11月13日に仙台で開催された第1回 ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジ シンポジウムで、「音を使った索状ロボットの姿勢推定技術」について、講演をし、12月5日に早稲田大学で開催された JSME/RMD International Conference on Advanced Mechatronics (ICAM2015) ImPACT Tough Robotics Challenge (TRC) Symposium, で “Robot Audition under Severe Conditions” について講演を行った。