

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 9 年 度

研究開発課題名：

UAV 搭載マイクロホンアレイを用いた音源探索・同定

研究開発機関名：

東京工業大学 工学院 システム制御系 システム制御コース

研究開発責任者

中臺 一博

# 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

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を用いた音源探索技術を実現するために以下の課題を設定する。

1. UAV に搭載したマイクロホンアレイを用いた音源の時間・位置の検出技術（音源探索技術）.
2. 組込み処理化を通じた音源探索技術と他グループの技術との統合および統合デモ構築.
3. 検出した音源に対する、音源の聞き分け技術（音源同定技術）.
4. オペレータにわかりやすいユーザインタフェース技術（U I 技術）

また、本技術の展開の一環として動物サイボーグへの協力を進める。具体的には、救助犬にマイクロホンを装着し鳴き声を聞き分ける技術に関して連携して推進する。

### 音源探索技術

29 年度は、予定通り 28 年度に実施した公開フィールド評価会デモを行ったため、研究終了とし、組込み化技術にフォーカスする。

### 組込み化技術・統合デモ

組込み化技術は、統合デモを見据えて、新規に追加した項目である。29 年度は、28 年度に実施した公開フィールド評価会デモの技術を組込み処理化し、評価会でデモを行うことを目標とする。基本的なアルゴリズムの検討は済んでいるため、研究の本質とは関係ない部分については外注するなどして作業の効率化を図る。統合デモの構築については、当面は、タフワイヤレスグループ（N I C T）との技術統合を熊本大学と協力しながら目指すものとする。29 年度中には技術統合の目途をつけ、フィールド評価会での発表を目指す。

### 音源同定技術

音源同定技術については、これまで進めてきた深層学習ベースの音源同定手法に関して、28 年度にオンラインシステム化の設計に目途がたったため、実際にオンラインシステムの構築を目指す。

### U I 技術

U I 技術に関しては、統合デモにフォーカスするため、28 年度に構築したオンライン音源探索結果可視化システムをもって基本的な開発は終了し、29 年度はこれまで構築したシステムのカスタマイズを中心に研究開発を進める。

### 音源同定の救助犬・打検音への適用

本音源同定技術の展開として、東北大学グループで行っている救助犬にマイクロホンを装着し鳴き声を聞き分ける技術への応用を目指す。東北大学と目的や必要な情報を詰める議論を行いながら、データが入手でき次第研究を進める予定である。

## 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

音源探索技術に関しては、予定通り組込み技術にフォーカスし、組込み版での音源探索を実現した。統合デモについては、計画をしていたタフワイヤレス（NICT ら）と統合に関しては、デバイス開発の遅れにより延期となったが、組込み版の音源探索デモは第 4 回フィールド評価会で非公開デモとして実施、その後プレスリリースを行った。音源同定については、予定通り、オンライン音源

同定システムを構築し、第3回フィールド評価会の屋内展示でデモを行った。UI技術については、熊本大学のチームと協力し、予定通り3D位置表示機能を構築した。音源同定の救助犬・打検音への適用に関しては、救助犬にマイクロホン装着して収録した少量のデータを解析し、鳴き声を聞き分ける技術に向けた基礎的な検討を行った。

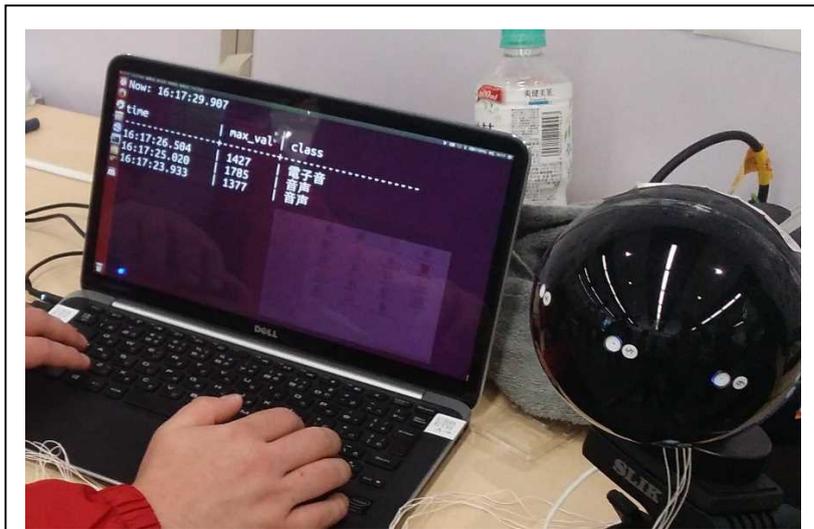


図4：第3回フィールド評価会での音源同定デモの様子  
PC上にオンラインで音源名が識別・表示される。

## 2-2 成果

音源探索技術の性能については、MUSIC法の組み込み処理化を行った。実時間で処理が可能であることを示し、組み込み処理化によって、基地局へのデータ伝送量を1/100以下に抑えることができた。構築したシステムを第4回フィールド評価会での非公開デモに適用した。

統合デモについては、極限音響チームの単独デモとして、上述の組み込み処理版の音源探査技術、熊本大学が中心で開発した3D音源位置推定技術を搭載したシステムのデモを行った(図1, 2)。また、搭載したマイクロホンアレイは、昨年度の12チャンネルから16チャンネルにマイクの本数を増やすことによって音源探査のカバーエリアを大きくしてUAVが多少傾いてもロボストに音源を検出できるようにした(図1)。さらに、雨天時への対応のため、防水型のマイクロホンアレイを構築した(図3)。

実際に第4回フィールド評価会は雨天であったが、問題なく瓦礫下に閉じ込められた要救助者に見立てた土管の中から漏れてくる声に対して音源探査を行うことができた。

音源同定は、これまで開発を行ってきたCNNベースの音源同定システムをオンライン化して、第3回フィールド評価会で屋内展示デモを行った(図4)。これにより、音源信号を送信できる帯域が確保できれば、タフワイヤレス(NICT)が開発中の無線システムと統合デモを実施できるめどが立った。

UIに関しては、水平角、方位角を同時に表示するUIから、3D地図上に音源位置を表示するUIを熊本大学が中心となって開発した(図2)。なお、ポイントクラウドの地図データは早稲田大学らのチームが

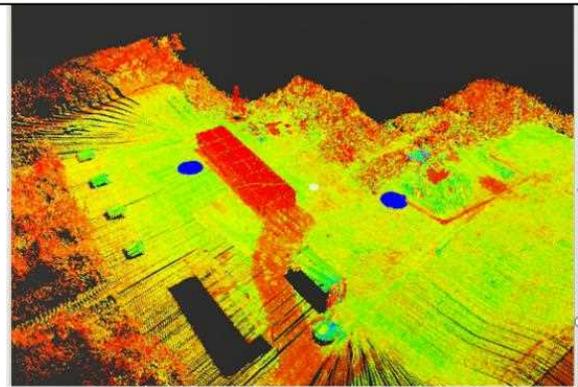


図2：地図上に3D音源位置(青丸)実時間表示



図3：マイクロホンアレイ耐水試験(12時間の水没テストをパス)

ら提供を受けた。フィールド評価会でレスキューロボットの専門家から、非常にわかりやすいUIである  
とのお墨付きをいただくことができた。

救助犬への音源同定の適用に関しては、救助犬の呼吸音を聞き分け、救助犬がつかれているかどうかを  
検出するタスクを実施するためのデータを提供していただいた。実際に聞き分けを行う際にどのように  
アノテーションをすべきか、また、アノテーションを行ったデータをどのように利用すべきかといった  
点について基礎的な検討を行った。基本的にはデータ量が少なく、アノテーション自体も難しいため、  
大量のデータが必要な深層学習を適用することは難しいという所感を得ている。

### 2-3 新たな課題など

音源探索技術については、飛行ロボの他グループとの技術統合を図るため、ドローン搭載の組み込みボ  
ードで処理することが肝要であるとの考えの下、研究を進めてきたが、実際のタフワイヤレスの仕様  
上、利用可能な帯域がかなり狭いということもわかってきた。このためさらなる送信データ量の圧縮  
が課題である。また、マイクアレイの設置にはドローンの腕を長く伸ばす必要があり、高速移動の面  
ではデメリットとなる。どのような取り付けを行うのがよいか検討することも課題である。音源同定  
については、環境適応や性能向上が課題である。また音源信号を送信することが難しい場合に備えて  
組み込み化についても検討の必要性があると考え。救助犬の声の聞き分けについては、基礎的な検討  
がある程度できてきたので、システムとして組み上げ性能評価を行う予定である。それぞれの項目で  
課題がみられるが、2018年度は最終年であるため、既開発の技術の出口を効率的に探るためにも、個々  
の技術の成熟よりも統合デモの構築に向けた作業を優先させる予定である。

## 3. アウトリーチ活動報告

- ・ロボット聴覚のオープンソースソフトウェア **HARK** の無料講習会およびハッカソンの開催

2017年12月5,6日にこれらの連続開催を行った。毎年行っている活動（講習会は14回目、ハ  
ッカソンは4回目）であり、昨年度同様、TRCも主催者である。無料講習会は40名（満員御礼）、  
チュートリアルは20名程度の参加者があり、盛況の成功裏に終わった。

- ・国際ドローン展での技術展示

2017年4月19-21日幕張メッセにて開催された国際ドローン展に極限音響技術をポスター・機  
器展示で紹介した。用意した350部のポスターがすべてなくなり、本技術に対する関心の高さ  
が肌で感じる事ができた。また、展示したマイクロホンアレイを作成した機器メーカーには、す  
でに問い合わせが数件あるとの報告を受けている。