

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 26 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2012～2016

課題番号：24220006

研究課題名(和文) ロボット聴覚の実環境理解に向けた多面的展開

研究課題名(英文) Deployment of Robot Audition Toward Understanding Real World

研究代表者

奥乃 博 (Okuno, Hiroshi G)

早稲田大学・理工学術院・教授(任期付)

研究者番号：60318201

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 167,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ロボット聴覚ソフトHARKの「聞き分ける技術」を基に、自然環境・災害現場でも通用するように、豊富な機能拡充・高性能化と応用に取り組んだ。HARKはWindows版提供により9万件弱のダウンロードがあった。多人数インタラクション、音楽共演ロボットの可能性を示し、iGSVD-MUSICの開発によるUAV用音源定位の頑健化、索状ロボット用に姿勢推定・音声強調の開発により、レスキューロボットへの音利用の可能性を示し、さらに、カエルの合唱の解明、野鳥の鳴交解析のためのHARKBirdの開発と実地検証により音響生態学への可能性を実証し、ロボット聴覚の多面的展開のための基礎技術が確立できた。

研究成果の概要(英文)：This research project aims at deployment of robot audition even to natural and disastrous environments by enhancing the robot audition software HARK. Once HARK for Windows was released, it has been downloaded about 90K times. Applications of multi-party interaction and music co-player robots demonstrate their feasibility. Robustness of sound source localization for UAV provided by iGSVD-MUSIC and sound-based shape estimation and speech enhancement for hose-shaped robots demonstrate the feasibility of using sounds for search and rescue robots. Acoustic analysis of frog choruses and development of HARKBird based on HARK and its evaluation in observing and analyzing bird song communication in actual fields demonstrate the feasibility of acoustical analysis of ecology. Finally, we have established fundamental technologies of robot audition for acoustical understanding of real world.

研究分野：ロボット聴覚

キーワード：ロボット聴覚 音環境理解 AV-SLAM 聖徳太子ロボット UAV用音環境理解 災害救助ロボット用音環境理解 カエルの鳴声コミュニケーション 野鳥の鳴声コミュニケーション

1. 研究開始当初の背景

- (1) 2000年にロボット自身が自分の耳で聞く「ロボット聴覚」を提唱し、混合音から音源定位・分離・分離音認識に取り組み、ロボット聴覚ソフトウェア HARK を開発。三話者同時発話認識や音楽ロボットに応用し世界に先駆け聖徳太子ロボットの可能性を示した。
- (2) 災害時や自然環境での音環境理解への応用では現在のロボット聴覚の機能は、ひ弱であり、基礎研究が欠如していた。
- (3) 「聞き分ける」機能は人口ロボットインタラクションだけでなく、多様な分野での潜在的需要があるが、顕在化していない。

2. 研究の目的

- (1) 研究室から屋内・屋外で応用可能なロボット聴覚・音環境理解技術を確立。
- (2) 多様なロボット、マイク配置、自己発生雑音に対応可能な HARK の機能強化。
- (3) 音声に加えて音楽、環境音への展開。
- (4) 実環境・極限環境・自然環境で機能するロボット聴覚の基礎研究と開発。

3. 研究の方法

4つのワークパッケージ (WP) で取り組む。

**【WP1】多様なマイクコンフィグレーションへの展開**、HARK の機能強化。

**【WP2】室内から屋外への展開**、視聴覚情報統合による音マップ構築、UAV からの音の取得と音源定位。

**【WP3】音声から楽音・環境音を含めた音一般への展開**、統計的信号処理による高性能化、楽器音実時間分離、感情認識生成モデル。

**【WP4】実環境・極限環境への展開**、索状レスキューロボット・UAV への聴覚機能搭載。カエル・野鳥の鳴交の解析。

なお、技術移転を行い、そのフィードバックをもとに、さらなる技術展開を行う。

4. 研究成果

(1) **ロボット聴覚ソフトウェア HARK1.1.1~2.3.0の開発・インタラクションへの応用。**

①HARK2.0 (2013/12) で Windows 版 Web ベース開発環境をオープンソースで公開し、ダウンロード数累計 9 万件達成 [文献1]。3D 音源定位で伝達関数の補完方法を開発し、性能劣化を回避した計測点の大幅削減を達成[34]。リファレンスデータ不要の自己雑音抑制手法 SB-INMF[5]を開発し、SIR で 10dB 以上の改善。他の主な機能拡張は、11 種類の音源分離法、両耳聴[36]、DNN に基づく音声認識 Kaldi との連携、クラウド型 HARK SaaS によるインストール作業の軽減、パーティクルフィルタによる話者追跡性能の向上。HARK 用標準マイクアレイを目指し、SiF 社と 8ch Tamago、長時間記録型 16ch マイクアレイの開発。能動耳介の開発と音源定位の評価[2]。

②講習会、ハッカソンを延 9 回 (海外 1 回) 開催。受講生による Tamago+HARK と Tehta を組み合わせた「聖徳玉子」が Ricoh Tetha×IoT デベロッパーズコンテスト最優秀賞受賞。早稲田大学では、呼びかけると近寄る「ここロン」を開発し、理工展で好評を博す[6]。



ここロンと子供たち      ロボットクイズ司会者

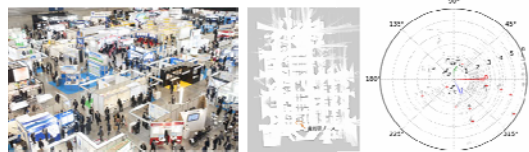
③マルチパーティインタラクションの例として早口回答型クイズ司会者を取り上げ、教室型回答 (回答権取得の合図) と競り型回答 (いきなり解答) の 2 種に分けて、聞き分ける機能を活用した回答者認識と解答認識を実現し、聖徳太子ロボットの例を実証[20]。

④一般によく経験する標準語に加えて複数の方言が混ざった発話 (例, 関西弁) の音声認識問題を、どの方言をどのような比率で混合して話すのかを推定する問題として取り組んだ。具体的には、各種方言を集め、方言とコア言語 (標準語) との対照コーパスを作成し、方言の混合比推定と音声認識性能を向上させる手法を確立した[23]。作成した方言コーパスは、<http://plata.ar.media.kyoto-u.ac.jp/data/speech/> より公開中である。本手法は、方言の代わりに専門用語とすれば、似た分野の人を推薦する SNS にも適用可能である。

(2) **視聴覚情報統合による 3D 地図作製法と大規模会場・自然環境での音響データの解析。**

①屋外定位誤差が水平角・仰角ともに 6 度程度の統計的三角測量と、LiDAR センサによる統計的誤差最小法とを組合せた 3D 地図作成法を開発[27]。同技術を熊大に移転し、熊本大震災後の益城町被災地図を作成。また、東工大では野鳥観測環境の 3D 地図を作成し、3D 地図上に野鳥の鳴交のデータを可視化。

②LiDAR と 32ch マイクアレイの手持ち装置を開発し、AV-SLAM も開発[4]。後述の BNP-MAP 処理により、音源定位・分離を組合せた可視化を行い、人の動きと音源定位結果をロボットを中心座標として可視化に応用[28] (下図)。



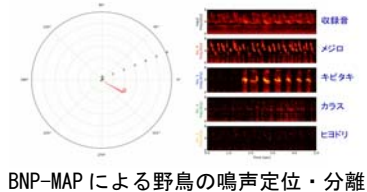
展示会場での観測      SLAM 結果      人と音源定位

本装置を ImPACT-TRC 早稲田大学 4 脚ロボットに搭載し、瓦礫現場移動中の AV-SLAM のデモを行い、現場応用の可能性を実証。

③複数音源が一直線に並ぶとロボット 1 台では音源分離性能が劣化する。音源配置が既知の下での音源分離問題に対して、分離予測信号を最大化する適正配置に各ロボットが移動し、最適マイクアレイを構成するようにした音源分離法を開発し、シミュレーションで 5.7dB、実地実験で 5.6dB の分離性能の向上を確認 [3]。

(3) **無限音源を想定したノンパラメトリックベイズ法による統計的音響処理法の開発。**

①無限音源数の音源定位と音源分離を同時推定するノンパラメトリックベイズ法 (BNP-MAP)を開発[29]. 展示会場人混みデータ、カエルの鳴き声、野鳥の鳴き交わしデータ・UAV 收音データの HARK では対処できない音源数未知での状況でも解析でき、実世界音環境理解の有効な手段を得た[28].



BNP-MAPによる野鳥の鳴声定位・分離

②音楽音響処理に無限次元自己回帰過程に基づいたノンパラメトリック法による残響処理法を開発[30]. さらに自動合奏用タイミング結合モデルを開発し[21], 前澤博士はヤマハの自動伴奏技術によるリヒテル演奏とベルリンフィルとの共演コンサートに展開.

③市販 CD から Robust PCA (RPCA) により抽出された調波構造から F0 を推定し、歌声を抽出する機能を開発[17]. 美空ひばりのこぼしやビブラートを初音ミクに転写し、テルミン演奏ロボット HRP-2 が早稲田大学校歌を演奏し、歌うデモを行い、有効性を実証.

④感情のマルチモーダル間で認識にも生成にも使用可能な SIRE モデル (Strength, Intensity, Regularity, Extent) を考案し、音、画像、歩容などのセンサ情報からの SIRE への計算法を実装し、Multimodal Emotional Intelligence 構成法を提案[31]. さらに、Empathy に応用[24]. Lim 博士は NAO 用感情 SDK (Softbank Robotics 社内) へと展開.

**(4) 音光変換装置「カエルホタル」の開発と HARK によるカエルの合唱解明.**

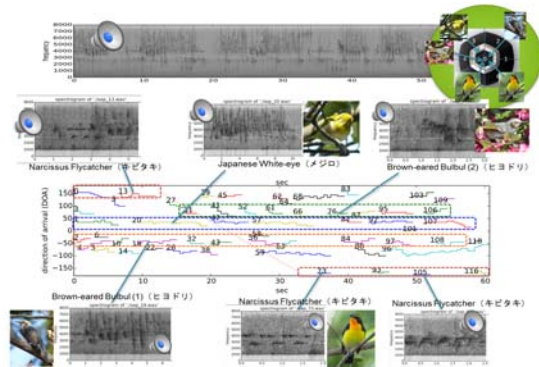
①カエルホタルでカエルの鳴声を LED 点滅に変換し、田んぼ配置した多数のカエルホタルの点滅パターンを画像処理することにより得られたデータを数理モデルで解析を行い、「田んぼのカエルは交互に鳴く」ことを実証[15, 32]. 本成果は多数の報道発表が行われた.



②パナマの鳴声に誘引されるカエルの血を吸う蚊の行動解明についても応用[16]. 豪州でメスカエルに LED を背負わせ、オスの鳴声に対する行動を観測。また、カエルホタルの結果を使い、HARK の鳴き声検出を高機能化.

**(5) 野鳥の鳴声観測用 HARKBird の洗練化と DNN による種識別の開発, 実地観測への展開.**

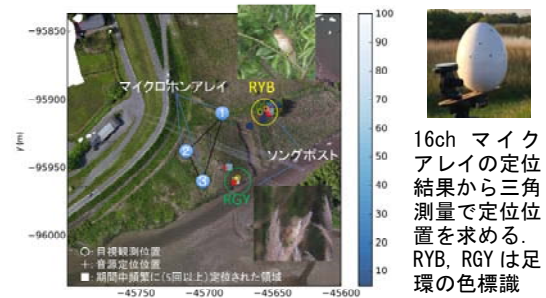
①HARK 講習会参加者の鈴木氏 (名大) が開発した HARKBird[12] (公開中) が野鳥の鳴声の定位と分離に有効なことがわかり、鈴木氏を分担者に迎える。鈴木氏の共同研究者 Taylor UCLA 教授の下に小島氏 (東工大 D) を派遣し、



HARKBirdの時空間表示と分離音

米国で HARKBird を展開. 鳴声の種識別に確率モデルによる識別器を開発し、野鳥鳴声環境理解プロトタイプを構築[14].

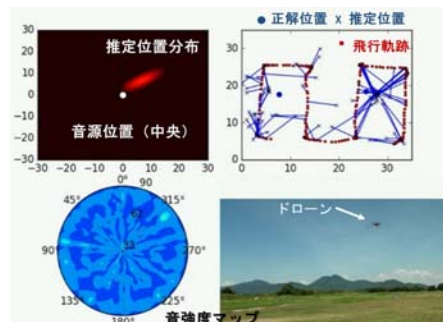
②揖斐川河川でオオヨシキリの生態調査に環境調査のいであ社と共同で取り組み、従来目視検出していたソングポストの位置を、3個のマイクアレイと HARKBird で推定可能ことが判明[13]. 生態観測に HARKBird が再現性・検証性を担保する可能性が得られた.



オオヨシキリのソングポストと16chマイクアレイ

**(6) UAV 搭載マイクアレイ用雑音抑制付実時間処理音源定位法と可視化システムの開発.**

①ホバリング状態で風切り音などの動的雑音の雑音相関行列を逐次的に求め、一般化特異値分解により雑音を白色化し、空間スペクトルを求める音源定位法 iGSVD-MUSIC を開発[9, 33]. 従来法の SEVD-MUSIC と比べ、10dB 雑音が増えても音源定位性能が劣化せず、かつ高速処理が可能となり、音声で 12m~14m, 笛の音で 20m の高精度音源検出を達成[9]. 下図に16chマイクアレイ[8]搭載 UAV が S 字飛行を行って地上の2音源探索過程を示す.

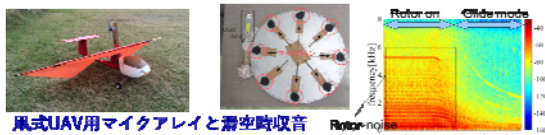


本技術[7]は、ImPACT-TRC に技術移転を行い、12ch 球形マイクアレイ搭載 UAV を用い、屋外フィールドで小雨の降る中で、笛を吹きながら移動する人を追跡するデモを実施.

②UAV からの收音の DNN による音源識別器を

開発[10]. 発話区間検出パラメータを分離用と識別用に分けて持ち、両者を結合することで80%超の検出・分離性能を達成. さらに, 教師データが少ない場合にも, 効率的に逐次学習が可能になる枠組みを考案し, 全学習をした場合と比較して, 性能劣化なしに学習を高速化する手法を確立[18].

③ 風式 UAV 用のマイクアレイを設計し, ロータを止め滑空状態になると静音化し, 40m 程度離れた音源の定位の可能性が得られた.



### (7) 索状ロボットに音によるロボットの姿勢推定法と RPCA による音源強調法を開発.

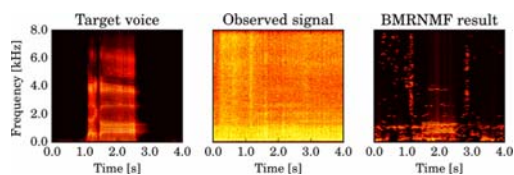
① マイクとスピーカを交互に配置した突発的な姿勢変化にも対応可能な非積分型姿勢推定法を開発し, 先頭位置の推定誤差を 20cm 未満に抑え, 従来法よりも 72%~97% 推定誤差が削減できた[26]. ImPACT-TRC で公開デモ.



索状ロボットの概要と 3D 姿勢推定実験

② Online RPCA を適用し, 繰り返し雑音を低ランク部分として除去する音声強調法を開発. UAV での屋外での収録音に応用し, 音声強調効果を確認[22]. ImPACT-TRC 第 2 回評価会 (2016/6) でオフライン音声強調と組み合わせた二段階音声強調システム[11]の公開デモを実施. 新聞等報道発表がされる.

③ スパース成分 (音声相当) と低ランク成分 (雑音) に分解する変分ベイズ NMF (BMRNMF) による音声強調法を開発[19]. 複数のマイクが瓦礫下で收音不能であっても, 従来法より SN 比が 2.7dB 改善. 公開デモを ImPACT-TRC 第 3 回評価会 (2016/11) で実施.



(8) ロボット聴覚技術特集号を *Journal of Robotics and Mechatronics* で企画し, 24 件の論文が採録掲載された. このうち 18 件は本研究課題の成果である. また, IEEE/RSJ IROS-2015, 16 でロボット聴覚技術応用セッションを運営. IEEE ICASSP-2015 でロボットと音響処理セッションに招待され, 信号処理中心の欧州グループと研究交流を行う. また, 2016/12/5 に早稲田大学で最終シンポジウムを開催し, Taylor 教授が招待講演で鳥類生態学に HARK の果たす経験と期待が述べられた.

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 189 件)

- ① K. Nakadai, H.G. Okuno, T. Mizumoto. Development, Deployment and Applications of Robot Audition Open Source Software HARK. *Journal of Robotics and Mechatronics*, **27**:1 (Feb. 2017) 2-10. doi: 10.20965/jrm.2017.p0016 (査読有)
- ② W. Odo, D. Kimoto, M. Kumon, T. Furukawa: Active Sound Source Localization by Pinnae with Recursive Bayesian Estimation. *ibid*, **27**:1 (2017) 49-58. doi:10.20965/jrm.2017.p0049 (査読有)
- ③ K. Sekiguchi, Y. Bando, K. Itoyama, K. Yoshii: Layout Optimization of Cooperative Distributed Microphone Arrays based on Estimation of Source Separation Performance. *ibid*, **27**:1 (2017) 83-94. doi: 10.20965/jrm.2017.p0083 (査読有)
- ④ R. Tanabe, Y. Sasaki, H. Takemura: Probabilistic 3D sound source mapping system based on Monte Carlo Localization using microphone array and LIDAR. *ibid*, 95-104. doi:10.20965/jrm.2017.p0095 (有)
- ⑤ K. Nakadai, T. Tezuka, T. Yoshida: Ego-Noise Suppression for Robots Based on Semi-Blind Infinite Non-negative Matrix Factorization. *ibid*, **27**:1 (2017) 114-124. doi: 10.20965/jrm.2017.p0114 (査読有)
- ⑥ R. Suzuki, T. Takahashi, H.G. Okuno: Development of a Pet Robot Utilizing Sound Source Localization by Robot Audition Software HARK. *ibid*, **27**:1 (2017) 137-145. doi:10.20965/jrm.2017.p0145 (査読有)
- ⑦ K. Hoshiba, O. Sugiyama, A. Nagamine, R. Kojima, M. Kumon, K. Nakadai: Design and Assessment of Sound Source Localization System with a UAV-embedded Microphone Array. *ibid*, **27**:1 (2017) 154-167. doi: 10.20965/jrm.2017.p0154 (査読有)
- ⑧ T. Ishiki, K. Washizaki, M. Kumon: Microphone Array Design for Multirotor Helicopters. *ibid*, **27**:1 (2017) 168-176. doi:10.20965/jrm.2017.p0168 (査読有)
- ⑨ T. Ohata, K. Nakamura, A. Nagamine, T. Mizumoto, T. Ishizaki, R. Kojima, O. Sugiyama, K. Nakadai: Outdoor Sound Source Detection for a Quadrotor with a Microphone Array. *ibid*, **27**:1 (2017) 177-187. doi:10.20965/jrm.2017.p0177 (査読有)
- ⑩ O. Sugiyama, S. Uemura, A. Nagamine, R. Kojima, K. Nakamura, K. Nakadai: Outdoor Acoustic Event Identification with DNN using a Quadrotor-Embedded Microphone Array. *ibid*, **27**:1 (2017) 188-197. doi: 10.20965/jrm.2017.p0188 (査読有)
- ⑪ Y. Bando, H. Saruwatari, N. Ono, S. Makino, K. Itoyama, D. Kitamura, M. Ishimura, M.

- Takakusaki, N. Mae, K. Yamaoka, Y. Matsui, Y. Ambe, M. Konyo, S. Tadokoro, K. Yoshii, H.G. Okuno: Low-Latency and High-Quality Two-Stage Human-Voice- Enhancement System for a Hose-Shaped Rescue Robot. *ibid.*, **27**:1 (2017) 198-212. doi:10.20965/jrm.2017.p0198 (査読有)
- ⑫ R. Suzuki, S. Matsubayashi, R. Hedley, K. Nakadai, H.G. Okuno: HARKBird: Exploring acoustic interactions in bird communities using a microphone array. *ibid.*, **27**:1 (2017) 213-222. doi:10.20965/jrm.2017.p0213 (有)
- ⑬ S. Matsubayashi, R. Suzuki, F. Saito, T. Murate, T. Masuda, K. Yamamoto, R. Kojima, K. Nakadai, H.G. Okuno: Acoustic monitoring of the great reed warbler using multiple microphone arrays and robot audition. *ibid.*, **27**:1 (2017) 224-235. doi: 10.20965/jrm.2017.p0235 (査読有)
- ⑭ R. Kojima, O. Sugiyama, K. Hoshiba, K. Nakadai, R. Suzuki, C.E. Taylor: Bird Song Scene Analysis Using a Spatial-Cue-Based Probabilistic Model. *ibid.*, **27**:1 (2017) 236-246. doi:10.20965/jrm.2017.p0236 (有)
- ⑮ T. Mizumoto, I. Aihara, T. Otsuka, H. Awano, H.G. Okuno: Swarm of Sound-to-Light Conversion Devices to Monitor Acoustic Communication among Small Nocturnal Animals. *ibid.*, **27**:1 (2017) 255-267. doi: 10.20965/jrm.2017.p0255 (査読有)
- ⑯ I. Aihara, P. de Silva, X.E. Bernal: Acoustic Preference of Frog-Biting Midges (*Corethrella spp*) Attacking Tungara Frogs in their Natural Habitat. *Ethology*, **122** (2016) 105-113. doi:10.1111/eth.12452 (有)
- ⑰ Y. Ikemiya, K. Itoyama, K. Yoshii: Signing Voice Separation and Vocal F0 Estimation Based on Mutual Combination of Robust Principle Component Analysis and Subharmonic Summation, *IEEE/ACM Trans. on Audio, Speech and Language Processing*, **24**:11 (2016) 2084-2095 doi: 10.1109/TASLP.2016.2577879 (査読有)
- ⑱ T. Morito, O. Sugiyama, S. Uemura, R. Kojima, K. Nakadai. Reduction of Computational Cost Using Two-Stage Deep Neural Network for Training for Denoising and Sound Source Identification. *Lecture Note in AI*, **9799** (2016) 562-573. doi: 10.1007/978-3-319-42007-3\_49 (査読有)
- ⑲ Y. Bando, K. Itoyama, M. Konyo, S. Tadokoro, K. Nakadai, K. Yoshii, H.G. Okuno: Variational Bayesian multi-channel robust NMF for human-voice enhancement with a deformable & partially-occluded microphone array, *Proc. of EUSIPCO-2016*, 1018- 1022, doi:10.1109/ EUSIPCO.2016.7760402 (有)
- ⑳ I. Nishimuta, K. Yoshii, K. Itoyama, H.G. Okuno: Toward a Quizmaster Robot for Speech-based Multiparty Interaction. *Advanced Robotics*, **29**:18 (2015) 1205-1219. doi:10.1080/01691864.2015.1079504 (有)
- 21 A. Maezawa, K. Itoyama, K. Yoshii, H.G. Okuno: Unified inter- and intra-recording duration model for multiple music audio alignment. *Proc. of IEEE WASPAA-2015*, 1-5. doi:10.1109/WASPAA.2015.7336929 (有)
- 22 Y. Bando, K. Itoyama, M. Konyo, S. Tadokoro, K. Nakadai, K. Yoshii, H.G. Okuno: Human-Voice Enhancement based on Online RPCA for a Hose-shaped Rescue Robot with a Microphone Array, *Proc. of IEEE SSRR-2015*, 1-6. **Most Innovative 論文賞** doi:10.1080/01691864.2014.98129 (有)
- 23 N. Hirayama, K. Yoshino, K. Itoyama, S. Mori, H.G. Okuno: Automatic Speech Recognition for Mixed Dialect Utterances by Mixing Dialect Language Models, *IEEE/ACM Trans. on Audio, Speech and Language Processing*, **23**:2 (2015) 373- 382. doi:10.1109/TASLP.2014.2387414 (有)
- 24 A. Lim, H.G. Okuno: A Recipe for Empathy: Integrating the mirror system, insula, somatosensory cortex and motherese. *Intern'l J. of Social Robotics*, **7**:1 (2015) 35-49. doi:10.1007/s12369-014-0262-y (有)
- 25 K. Noda, Y. Yamaguchi, K. Nakadai, H.G. Okuno, T. Ogata: Audio-Visual Speech Recognition using Deep Learning. *Applied Intelligence*, **42**:1 (2015) 63-74. doi 10.1007/s10489-014-0629-7 (査読有)
- 26 Y. Bando, T. Otsuka, K. Nakadai, S. Tadokoro, M. Konyo, K. Itoyama, H.G. Okuno: Posture Estimation of Hose-shaped Robot by using Active Microphone Array, *Advanced Robotics*, **29**:1 (Jan. 2015) 35-49. **2016 Advanced Robotics Best Paper Award** doi:10.1080/01691864.2014.98129 (査読有)
- 27 畑尾直孝, 鮫島一平, 加賀美聡: 角度ベース複数仮説を用いた LRF による複数種類・複数個の移動体追跡手法, *計測自動制御学会論文集*, **51**:5 (May 2015) 297-308. doi:10.9746/sicetr.51.297 (査読有)
- 28 Y. Bando, T. Otsuka, K. Itoyama, K. Yoshii, Y. Sasaki, S. Kagami, H.G. Okuno: Challenges in Deploying a Microphone Array to Localize and Separate Sound Sources in Real Auditory scenes, *Proc. of IEEE ICASSP-2015*, 723-727, Australia. doi: 10.1109/ICASSP.2015.7178064 (査読有)
- 29 T. Otsuka, K. Ishiguro, H. Sawada, H.G. Okuno: Bayesian Non-parametrics for Microphone Array Processing, *IEEE/ACM Trans. on Audio, Speech and Language Processing*, **22**:2 (2014) 493-504. doi: 0.1109/TASLP.2013.2294582 (査読有)
- 30 A. Maezawa, K. Itoyama, H.G. Okuno: Nonparametric Bayesian dereverberation of power spectrograms based on infinite-order autoregressive processes and interpretation,

- ibid*, 22:12 (Dec. 2014) 1918-1930. doi: 10.1109/TASLP.2014.2355772 (査読有)
- 31 A. Lim, H.G. Okuno: The MEI Robot: Towards Using Motherese to Develop Multimodal Emotional Intelligence. *IEEE Tr. on Autonomous Mental Development*, 6:2 (2014) 126-138. doi: 10.1109/TAMD.2014.2317513 (有)
- 32 L. Aihara, T. Mizumoto, T. Otsuka, H. Awano, K. Nagira, H.G. Okuno, K. Aihara: Spatio-Temporal Dynamics in Collective Frog Choruses Examined by Mathematical Modeling and Field Observation. *Scientific Reports*, 4:3891 (27 Jan. 2014). doi: 10.1038/srep03891 (査読有)
- 33 奥谷啓太, 吉田尚水, 中村圭佑, 中臺一博: クアドロコプタ搭載マイクロホンアレイを用いた屋外音環境理解の逐次雑音推定による向上, *日本ロボット学会論文誌*, 31:7 (Oct. 2013) 38-45.
- 34 K. Nakamura, K. Nakadai, H.G. Okuno: A real-time super-resolution robot audition system that improves the robustness of simultaneous speech recognition, *Advanced Robotics*, 27:12 (2013) 933-945. doi: 10.1080/01691864.2013.797139 (査読有) **2nd Advanced Robotics Best Paper Award**
- 35 S. Sano, T. Otsuka, H.G. Okuno: Solving Google's Continuous Audio CAPTCHA with HMM-based Automatic Speech Recognition, *Lecture Notes in Computer Science*, 8231 (2013) 36-52. **The Best Paper Award** doi: 10.1007/978-3-642-41383-4\_3 (査読有)
- 36 U-H. Kim, K. Nakadai, H.G. Okuno: Improved Sound Source Localization and Front-Back Disambiguation for Humanoid Robots with Two Ears, *ibid*, 7906 (2013) 282-291. **The Best Paper Award** doi: 10.1007/978-3-642-38577-3\_29 (査読有)

[学会発表] (計 178 件)

- ① 松林志保, 小島諒介, 中臺一博, 鈴木麗壘: 複数のマイクロホンアレイとロボット聴覚ソフトウェア HARK を用いた野鳥の観測精度の検討, SIG-Challenge-043-11, 2015. **AI学会 2015 年度研究会優秀賞**
- ② 合原一究, 栗野皓光, 水本武志, 坂東宜昭, 大塚琢馬, 柳楽浩平, 奥乃博: 振動子モデルと音声可視化システムを用いたアマガエルの合唱法則の解析, 人工知能学会, SIG-Challenge-B303-09, 2014/3/18. **人工知能学会 2013 年度研究会優秀賞**.

[図書] (計 4 件)

- ① 奥乃博: 第 2 章 総論 聴覚デバイスの要求・制約事項. 『感覚デバイス開発—機器が担うヒト感覚の生成・拡張・代替技術』, pp. 85-101, NPS, 2014 年 11 月.

[その他]

ホームページ等

- ・論文・受賞リスト <http://www.aoni.waseda.jp/okuno/Kaken-Kiban-S-Seika.html>
  - ・HARK ホームページ <http://www.hark.jp/>
  - ・HARKBird・名大 <http://www.alife.cs.is.nagoya-u.ac.jp/~reiji/birds/>
  - ・京大 <http://winnie.kuis.kyoto-u.ac.jp/>
- 受賞等: ロボット聴覚技術で, 平成 25 年度文部科学省大臣表彰科学技術賞 (研究部門), 人工知能学会平成 26 年度業績賞, 英文誌 Best Paper Award 2 件, 国際会議 The Best Paper Award 2 件, Most Innovative Paper Award 等. フェロー昇格 (IEEE, 人工知能学会, 除法処理学会, 日本ロボット学会).
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
**奥乃 博** (OKUNO, Hiroshi G.)  
 早稲田大学・理工学術院創造理工学研究科・教授 (任期付)  
 研究者番号: 60318201
- (2) 研究分担者  
**中臺 一博** (NAKADAI, Kazuhiro)  
 東京工業大学・工学院・特定教授  
 研究者番号: 70436715  
**公文 誠** (KUMON, Makotoo)  
 熊本大学・大学院先端科学研究部・准教授  
 研究者番号: 70332864  
**吉井 和佳** (YOSHII, Kazuyoshi)  
 京都大学大学院・情報学研究科・講師  
 (平成 25 年 2 月～)  
 研究者番号: 20510001  
**糸山 克寿** (YOSHII, Kazuyoshi)  
 京都大学大学院・情報学研究科・助教  
 研究者番号: 60614451  
**加賀美 聡** (KAGAMI, Satoshi)  
 産業技術総合研究所・デジタルヒューマン研究センター・副センター長  
 (～平成 26 年 3 月)  
 研究者番号: 30344196  
**佐々木 洋子** (SASAKI, Yoko)  
 産業技術総合研究所・情報部門・主任研究員 (研究協力者から平成 26 年 4 月～)  
 研究者番号: 00574013  
**田所 諭** (TADOKORO, Satoshi)  
 東北大学大学院・情報科学研究科・教授  
 (平成 25 年 4 月～平成 26 年 8 月)  
 研究者番号: 40171730  
**昆陽 雅司** (KONYO, Masashi)  
 東北大学大学院・情報科学研究科・准教授  
 (研究協力者から平成 26 年 4 月～)  
 研究者番号: 20400301  
**合原 一究** (AIHARA, Ikkyu)  
 (研究協力者から平成 27 年 4 月～)  
 筑波大学大学院・システム情報系・助教  
 研究者番号: 70588516  
**鈴木 麗壘** (SUZUKI, Reiji)  
 名古屋大学大学院・情報学研究科・講師  
 (研究協力者から平成 27 年 4 月～)  
 研究者番号: 20362296