

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H01735

研究課題名（和文）非同期分散チャンネルへ展開するアレイ信号処理理論の深化と実世界応用

研究課題名（英文）Deepening of Array Signal Processing Theory Expanded to Asynchronous Distributed Channels and Real-World Applications

研究代表者

小野 順貴（Ono, Nobutaka）

東京都立大学・システムデザイン研究科・教授

研究者番号：80334259

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,400,000円

研究成果の概要（和文）：スマートフォン、モバイル機器、ノートPC、ビデオカメラなど、我々の身の回りにある様々な非同期機器による多チャンネル録音を活用する、新しい音響信号処理の枠組みを構築した。具体的には、非同期録音の同期化、混合音の分離や音源の位置推定、複数話者音声認識、音響イベント検出のための空間特徴抽出法など、多彩な音響信号処理手法を開発した。また、補聴器、対話分析の医療応用、交通量モニタリング、生体認証など、様々な実世界応用も開拓し、チェコやドイツとの国際共同研究へも展開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

音源位置を推定したり、混合音から目的音を分離、強調したりするためには、複数マイクロフォンによって得られた多チャンネル信号を処理する、アレイ信号処理と呼ばれる技術が必要である。しかしながら、従来のアレイ信号処理には厳密な同期録音が必要不可欠であり、世の中に多数存在するマイクロフォンのほとんどを活用することができなかった。これに対し本研究で開発した多彩な手法により、様々な機器による非同期録音をアレイ信号処理に利用可能にした学術的意義は大きい。また、前述のような実世界応用を開拓することにより、社会的にも貢献するものである。

研究成果の概要（英文）：We have developed a new framework for acoustic signal processing to utilize multi-channel recordings from various asynchronous devices around us, such as smartphones, mobile devices, laptop PCs, and video cameras. Specifically, we have developed various acoustic signal processing methods such as synchronization of asynchronous recordings, separation of mixed sounds, location estimation of sound sources, multi-speaker speech recognition, and spatial feature extraction for acoustic event detection. We have also explored various real-world applications, such as hearing aids, medical applications of dialogue analysis, traffic monitoring, and biometrics. We have expanded our research into international collaboration with the Czech Republic and Germany.

研究分野：音響信号処理

キーワード：非同期 分散 マイクロフォンアレー 音源分離 音源定位

### 1. 研究開始当初の背景

「音」は多様な情報を伝達する媒体であるが、実環境では複数の音が混ざり合ってしまうことが、音からの情報抽出を困難なものとしている。また、音は単一の観測信号のみからでは、音源の発生位置情報は得られない。音源位置を推定したり、混合音から目的音を分離、強調したりするためには、一般には複数マイクロフォンによって得られた多チャンネル信号を処理することが必要である。これはマイクロフォンアレイ信号処理と呼ばれ、音声認識、高品質通話、音響イベント認識、音シーン解析、音響信号加工、ロボット聴覚などの幅広い分野で強く必要とされている技術である。特定方向の信号を強調する遅延和ビームフォーマという技術は、1980年代後半から最小分散ビームフォーマ、SN比最大化ビームフォーマといった適応的な指向性制御技術へ発展し、2000年頃から独立成分分析を用いたブラインド音源分離という新たな枠組みがそれに加わった。現在も、マイクロフォンアレイ信号処理は音響信号処理の中でも最も活発に研究が行われている分野の一つである。2008年からは国際的な信号分離コンテスト SiSEC が1年半おきに開催され、多くの参加者を集めている。音声認識においても、DNNの登場によりベースラインの性能は大きく向上したが、依然として遠隔発話においては雑音、残響の影響による性能劣化の問題が大きく、アレイ信号処理による雑音、残響除去が期待されている。2011年から開催されている CHiME Challenge という実雑音環境下での国際的な音声認識コンテストにおいても、録音チャンネル数(マイク数)は、1(第1回)、2(第2回)、6(第3回)と段階的に増えており、より多くのマイクを用いて、より高い雑音抑圧性能を達成することが求められていることがわかる。

一方、近年の半導体技術の発展により MEMS マイクが実用化され、スマートフォン、タブレット型モバイル機器、ノートPC、ビデオカメラなど、我々の身の回りにはすでに録音機能をもつ電子機器が多数存在する。携帯電話だけに限ってみても、いまや契約数は世界人口とほぼ同一であり、人間一人につき1個以上、すなわち「ビリオン(10億個)」オーダのマイクが用いられている。しかしながら、従来のアレイ信号処理技術では、世の中に多数存在するマイクロフォンのほとんどを活用することができなかった。なぜなら、従来のアレイ信号処理には厳密な同期録音が必要不可欠であったからである。これは、マイクロフォンアレイ信号処理においては、各マイクロフォンで録音される信号間の微小な時間差(例えば、経路長3.4cmに対して100 $\mu$ s)が音源の空間情報の主要な手がかりとなっているためである。異なる録音機器を用いた場合には、機器毎のサンプリング周波数のずれも深刻な問題であり、相対誤差で $10^{-5}$ 程度の微小なずれであってもアレイ信号処理における時不変系の仮定を破綻させてしまう。よって従来のマイクロフォンアレイ信号処理の対象は、同一A/D変換器に接続されたアレイマイクによる同期録音信号に限定されていた。

こうしたことを背景に、分散しているマイクロフォンをアレイ信号処理に用いる研究は、近年、ワイヤレス音響センサネットワーク、あるいはアドホックマイクロフォンアレイと呼ばれ、特にここ3年ほどの間に国際的にも急速に研究が始まっている。2012年頃から、ICASSP, WASPAA, EUSIPCO, IWAENC, HSCMA など様々な信号処理分野の国際会議において Special Session やチュートリアルが企画され、信号処理分野のトップジャーナルの1つである Elsevier Signal Processing でも、2014年に特集号が企画された(なお研究代表者の小野は、本分野のトップランナーの一人として、ゲストエディターを務めた)。国内最大の発表の場である日本音響学会でのセッション分類にも、2013年から分散音響処理、ネットワーク音響が新たに加わるなど、関心が高まっている。ただし、これらの研究の多くでは空間的な分散配置の活用が興味を中心であり、時間軸に関しては、機器間の通信、ないしは有線接続を前提とした同期録音が仮定されている。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、適用範囲が同期信号に限定されていた従来のアレイ信号処理理論を拡張し、時間的に同期していない音響信号や、位置が不明で空間的に分散しているマイクロフォンによる録音信号をも処理可能にする非同期分散アレイ信号処理の理論を確立することである。広く普及しているスマートフォンやモバイル端末をマイクロフォンアレイとして利用可能にすることで、大規模かつ広範囲のアレイ信号処理システムの構築を容易にし、アレイ信号処理による音源分離、音源強調、音源定位などの適用範囲を大幅に拡大する。また過去に蓄積された信号をもアレイ信号処理の対象とすることで、音響信号処理の自由度を格段に向上する。これらにより、音声認識、音響イベント検出、補聴システムなどの、実世界における音情報処理システムへ貢献する。

### 3. 研究の方法

本研究は大きく分けて、1)非同期アレイ信号処理理論、2)位置不明マイクを活用する手法の開発、3)モノラル信号の多チャンネル加工、4)非同期分散録音による複数話者同時音声認

識、5) 実世界応用の5項目に渡って実施する。1)では非同期な多チャンネル信号を用いたビームフォーミングや音源分離、ブラインド同期手法などの基礎理論を構築していく。2)では音源・マイク同時位置推定の代数解法を導出する。また、位置が不明な分散マイクを活用する新たな手法を開発する。3)では蓄積された過去の録音や目的的未来の録音信号を用いて与えられたモノラル信号を多チャンネル化し、アレイ信号処理により加工する枠組みを構築する。4)では非同期分散アレイ信号処理を複数話者同時音声認識へ応用する。5)では実世界の様々なシステムに対し、非同期アレイ信号処理の応用を検討していく。

#### 4. 研究成果

前項、研究の方法に記載した5項目に分けて研究成果をまとめる。

##### 1) 非同期アレイ信号処理理論

まず非同期信号の同期化理論については、従来の理論は音源とマイクが動かないことが必要であったが、移動音源が存在する環境で、定常な時間フレームの自動検出に基づきサンプリング周波数ミスマッチをブラインド補償する新たな手法を開発した。また、チャンネル間の時間差を、閉形式の反復更新によりサブサンプル精度で高速推定する新たな手法を考案した。これは今後、様々なアレイ信号処理に応用可能なものである。また、スマートフォンが音を発信することを利用し、録音機器間の距離とサンプリング周波数ミスマッチを同時に推定する手法を提案した。次に音源分離については、2個の分離ベクトルの同時更新により、ICA, IVA, ILRMA に統一的に応用可能な、分離行列の高速推定法を発見した。こうした音源分離アルゴリズムの最先端の成果を、当該分野のトップ国際会議 ICASSP で、2018年にチュートリアル講演を行った。また ILRMA については音源モデルの一般化を進め、複素 t 分布やサブガウス分布などへの拡張を行った他、DNN を用いた音源モデルを導入した IDLMA を開発した。

音源強調については、ヴァーチャル多素子化に基づく SN 比最大化ビームフォーマを、複数ビームフォーマを組み合わせる時間周波数 bin 毎のスイッチングビームフォーマという形に定式化し、さらにスイッチングとビームフォーマ設計を同時最適化問題として解く手法を与え、IEEE SPS Japan Chapter の賞を受賞した。また、時間チャンネル領域での非負値行列因子分解を用いた振幅ベースの音声強調法が、同期ずれに頑健であること、また複数の遠方音源をひとまとめにして抑圧する手法を提案し、ジャーナル論文が論文賞を受賞した。

分散スピーカアレイについても検討し、音場再現への適用を想定して、音場の調和展開係数を解析的に求める理論を構築した。また、重み付きモードマッチングを一般化した理論を論文として出版した他、音場收音について多重散乱を考慮した新たな手法を提案した。

##### 2) 位置不明マイクを活用する手法の開発

位置不明マイクを活用する手法として、まず、マイク・音源位置同時推定に取り組み、到来時間、もしくは到来時間差に基づくマイク・音源位置同時推定の代数解法を導出し、ジャーナル論文として出版した。また、到来時間差行列について従来知られていなかった新たなランク制約を発見し、これにより、観測された到来時間差行列の雑音を低減する手法を開発した。また、位置不明な分散マイクによる観測信号を音響イベント検出に活用するための空間特徴抽出法として、空間ケプストラムという手法を開発し、さらにスペクトル特徴と空間情報を同時に表現する一般化空間ケプストラムへ拡張した。これらの成果をまとめた論文がトップジャーナルに掲載され、論文賞を受賞した。さらに、マイクロフォンの移動や音源の変化に対して頑健な特徴抽出が可能であることを示したほか、複数デバイスで構成された分散マイクアレイによる環境音データセットを構築した。

##### 3) モノラル信号の多チャンネル加工

モノラル録音に対しては通常、アレイ信号処理は適用できないが、これを非同期多チャンネル信号の一つとみなして処理する新しい枠組みを創出した。まず、携帯の着信音、市販されている音楽音源、テレビ放送、などの音響信号は、音源信号波形を入手可能である。これを利用して、モノラル録音から入から既知の音響信号成分を除去する音響オブジェクトキャンセラーという手法を開発した。また、微弱な周期信号を音源信号として用い、動的な同期加算によりこれを強調し、低 SN 環境でインパルス応答を測定する手法を提案した。

##### 4) 非同期分散録音による複数話者同時音声認識

ブラインド同期の応用システムとして、複数台の iPhone を用いた複数話者同時音声認識システムを構築し、認識性能を評価した。デモ動画も公開した。また、実環境複数人会話音声の評価を行い、非同期分散マイクを用いることによる性能向上を確認した。マイク感度にはばらつきがある状況でも、各音源を認識するのに最もよいマイクをブラインドで選択する手法も考案した。

##### 5) 実世界応用

補聴システムへの応用を想定し、低遅延での実時間ブラインド音源分離を実現した。また、国際会議 ICASSP2018, IWAENC2018 でデモ発表し、大きな関心を集めた。次に、医療応用として、自

閉スペクトラム症の診断などを検討し、臨床場面での音声収録や音声解析にも分散マイクアレイを応用した。また、産学連携により、分散マイクで録音した音響信号から交通量を推定する交通量モニタリングへの応用研究も行った。音声認証におけるなりすまし検出に対しても分散マイクアレイの応用を検討した。

また、実世界応用をにらんだ国際共同研究へも発展した。まず、音源分離については、すべての音源を分離するのではなく、関心がある特定音源の強調に音源分離を応用する手法について、チェコのリベツ工科大学と共同研究を行い、成果を発表した。また、音源定位・マイク定位に関しては、我々が開発した定位手法を実環境での携帯端末の位置推定に応用し、ドイツのマックスプランク研究所と共同研究を行い、トップ会議 Mobisys (2018 年度の採択率は 27%) に論文が採択された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計42件（うち査読付論文 42件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Keisuke Imoto and Nobutaka Ono	4. 巻 27
2. 論文標題 Acoustic Topic Model for Scene Analysis with Intermittently Missing Observations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE/ACM Trans. Audio, Speech and Language Processing	6. 最初と最後の頁 367-382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASLP.2018.2879855	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Daichi Kitamura, Shinichi Mogami, Yoshiki Mitsui, Norihiro Takamune, Hiroshi Saruwatari, Nobutaka Ono, Yu Takahashi, and Kazunobu Kondo	4. 巻 -
2. 論文標題 Generalized independent low-rank matrix analysis using heavy-tailed distributions for blind source separation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 EURASIP Journal on Advances in Signal Processing	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s13634-018-0549-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 K. Yamaoka, N. Ono, S. Makino, and T. Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Performance evaluation of time-frequency-bin-wise switching beamformer in reverberant environments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP)	6. 最初と最後の頁 264-267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Y. Matsui, S. Makino, N. Ono, and T. Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Noise suppression using beamformer and transfer-function-gain nonnegative matrix factorization with distributed stereo microphones	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP)	6. 最初と最後の頁 260-263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shinichi Mogami, Norihiro Takamune, Daichi Kitamura, Hiroshi Saruwatari, Yu Takahashi, Kazunobu Kondo, Hiroaki Nakajima and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Independent Low-Rank Matrix Analysis Based on Time-Variant Sub-Gaussian Source Model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)	6. 最初と最後の頁 1684-1691
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/APSIPA.2018.8659577	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 R. Jinzai, M. Mastumoto, K. Yamaoka, T. Yamada, and S. Makino	4. 巻 -
2. 論文標題 Microphone position realignment by extrapolation of virtual microphone	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)	6. 最初と最後の頁 367-372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/APSIPA.2018.8659728	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 N. Ueno, S. Koyama, and H. Saruwatari	4. 巻 -
2. 論文標題 Kernel ridge regression with constraint of helmholtz equation for sound field interpolation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. international workshop on acoustic signal enhancement (IWAENC)	6. 最初と最後の頁 436-440
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IWAENC.2018.8521334	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shoko Araki, Nobutaka Ono, Keisuke Kinoshita and Marc Delcroix	4. 巻 -
2. 論文標題 Comparison of Reference Microphone Selection Algorithms for Distributed Microphone Array Based Speech Enhancement in Meeting Recognition Scenarios	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. International Workshop on Acoustic Signal Enhancement (IWAENC)	6. 最初と最後の頁 316-320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IWAENC.2018.8521251	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shinichi Mogami, Hayato Sumino, Daichi Kitamura, Norihiro Takamune, Shinnosuke Takamichi, Hiroshi Saruwatari and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Independent Deeply Learned Matrix Analysis for Multichannel Audio Source Separation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	6. 最初と最後の頁 1571-1575
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/EUSIPCO.2018.8553246	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kouei Yamaoka, Andreas Brendel, Nobutaka Ono, Shoji Makino, Michael Buerger, Takeshi Yamada and Walter Kellermann	4. 巻 -
2. 論文標題 Time-Frequency-Bin-Wise Beamformer Selection and Masking for Speech Enhancement in Underdetermined Noisy Scenarios	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	6. 最初と最後の頁 1596-1600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/EUSIPCO.2018.8553299	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zbynek Koldovsky, Petr Tichavsky and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Orthogonally-Constrained Extraction of Independent Non-Gaussian Component from Non-Gaussian Background Without ICA	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. international conference on Latent Variable Analysis and Signal Separation (LVA/ICA)	6. 最初と最後の頁 161-170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-93764-9_16	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Viktor Erdelyi, Trung-Kien Le, Bobby Bhattacharjee, Peter Druschel and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Sonoloc: Scalable positioning of commodity mobile devices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (Mobysis)	6. 最初と最後の頁 136-149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3210240.3210324	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Shoko Araki, Nobutaka Ono, Keisuke Kinoshita and Marc Delcroix	4. 巻 -
2. 論文標題 Meeting recognition with asynchronous distributed microphone array using block-wise refinement of mask-based MVDR beamformer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. international conference on acoustics, speech, and signal processing (ICASSP)	6. 最初と最後の頁 5694-5698
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICASSP.2018.8462458	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 N. Ueno, S. Koyama, and H. Saruwatari	4. 巻 -
2. 論文標題 Sound field reproduction with exterior radiation cancellation using analytical weighting of harmonic coefficients	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. international conference on acoustics, speech, and signal processing (ICASSP)	6. 最初と最後の頁 466-470
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICASSP.2018.8462084	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shoko Araki, Nobutaka Ono, Keisuke Kinoshita and Marc Delcroix	4. 巻 -
2. 論文標題 Meeting recognition with asynchronous distributed microphone array	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop (ASRU)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ASRU.2017.8268913	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kouei Yamaoka, Nobutaka Ono, Shoji Makino and Takeshi Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Abnormal sound detection by two microphones using virtual microphone technique	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APSIPA.2017.8282079	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yu Takahashi, Takeshi Yamada, Nobutaka Ono and Shoji Makino	4. 巻 -
2. 論文標題 Performance evaluation of acoustic scene classification using DNN-GMM and frame-concatenated acoustic features	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APSIPA.2017.8282314	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Keisuke Imoto, Nobutaka Ono, Masahiro Niitsuma, and Yoichi Yamashita	4. 巻 -
2. 論文標題 Online Sound Structure Analysis Based on Generative Model of Acoustic Feature Sequences	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APSIPA.2017.8282236	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shinichi Mogami, Daichi Kitamura, Yoshiki Mitsui, Norihiro Takamune, Hiroshi Saruwatari and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Independent low-rank matrix analysis based on complex student's t-distribution for blind source separation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/MLSP.2017.8168129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Keisuke Imoto and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Acoustic Scene Classification using Asynchronous Multichannel Observations with Different Lengths	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. Multimedia Signal Processing (MMSP)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/MMSP.2017.8122272	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Trung-Kien Le and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Refinement of Time-Difference-Of-Arrival Measurements via Rank Properties in Two-Dimensional Space	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	6. 最初と最後の頁 1971-1975
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/EUSIPCO.2017.8081554	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Daichi Kitamura, Nobutaka Ono and Hiroshi Saruwatari	4. 巻 -
2. 論文標題 Experimental Analysis of Optimal Window Length for Independent Low-Rank Matrix Analysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	6. 最初と最後の頁 1170-1174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/EUSIPCO.2017.8081392	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Keisuke Imoto and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Acoustic Scene Classification Based on Generative Model of Acoustic Spatial Words for Distributed Microphone Array	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	6. 最初と最後の頁 2279-2283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/EUSIPCO.2017.8081616	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yutaro Matsui, Shoji Makino, Nobutaka Ono and Takeshi Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Multiple Far Noise Suppression in a Real Environment Using Transfer-Function-Gain NMF	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	6. 最初と最後の頁 2314-2318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/EUSIPCO.2017.8081623	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kouei Yamaoka, Shoji Makino, Nobutaka Ono and Takeshi Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Performance Evaluation of Nonlinear Speech Enhancement Based on Virtual Increase of Channels in Reverberant Environments	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	6. 最初と最後の頁 2324-2328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/EUSIPCO.2017.8081625	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 N. Ueno, S. Koyama, and H. Saruwatari	4. 巻 25
2. 論文標題 Sound field recording using distributed microphones based on harmonic analysis of infinite order	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE signal processing letters	6. 最初と最後の頁 135-139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LSP.2017.2775242	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Masahiro Sunohara, Chiho Haruta, and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Low-Latency Real-Time Blind Source Separation with Binaural Directional Hearing Aids	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. Challenges in Hearing Assistive Technology (CHAT)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 村瀬 慶和, 小野 順貴, 宮部 滋樹, 山田 武志, 牧野 昭二	4. 巻 73
2. 論文標題 非同期マイクロホンアレーにおける伝達関数ゲイン基底非負値行列因子分解を用いた遠方音源抑圧	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本音響学会論文誌	6. 最初と最後の頁 563-570
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20697/jasj.73.9_563	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Keisuke Imoto and Nobutaka Ono	4. 巻 25
2. 論文標題 Spatial Cepstrum as a Spatial Feature Using Distributed Microphone Array for Acoustic Scene Analysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE/ACM Trans. Audio, Speech and Language Processing	6. 最初と最後の頁 1335-1343
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASLP.2017.2690559	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 坂梨 龍太郎, 小野 順貴, 宮部 滋樹, 山田 武志, 牧野 昭二	4. 巻 73
2. 論文標題 教師信号を用いた非同期分散型マイクロホンアレイによる音源分離	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本音響学会論文誌	6. 最初と最後の頁 337-348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20697/jasj.73.6_337	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 千葉 大将, 小野 順貴, 宮部 滋樹, 高橋 祐, 山田 武志, 牧野 昭二	4. 巻 72
2. 論文標題 アドホックマイクロホンアレイにおける時間チャンネル領域での非負値行列因子分解を用いた振幅ベースの音声強調	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本音響学会論文誌	6. 最初と最後の頁 462-470
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20697/jasj.72.8_462	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Trung-Kien Le and Nobutaka Ono	4. 巻 64
2. 論文標題 Closed-form and Near closed-form Solutions for TOA-based Joint Source and Sensor Localization	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Signal Processing	6. 最初と最後の頁 4751-4766
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TSP.2016.2569465	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Trung-Kien Le and Nobutaka Ono	4. 巻 65
2. 論文標題 Closed-Form Solutions for TDOA-based Joint Source and Sensor Localization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Signal Processing	6. 最初と最後の頁 1207-1221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TSP.2016.2633784	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nobutaka Ono, Kazuaki Shibata and Hirokazu Kameoka	4. 巻 -
2. 論文標題 Self-Localization and Channel Synchronization of Smartphone Arrays Using Sound Emissions	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. Asia-Pacific Signal and Information Processing Association (APSIPA) Annual Summit and Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APSIPA.2016.7820778	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Trung-Kien Le and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Robust TDOA-Based Joint Source And Microphone Localization in a Reverberant Environment Using Medians of Acceptable Recovered TOAs	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. IEEE International Workshop on Acoustic Signal Enhancement (IWAENC)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IWAENC.2016.7602942	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jakub Jansky, Zbynek Koldovsky and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 A Computationally Cheaper Method for Blind Speech Separation Based on AuxIVA and Incomplete Demixing Transform	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. IEEE International Workshop on Acoustic Signal Enhancement (IWAENC)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IWAENC.2016.7602921	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Keiko Ochi, Nobutaka Ono, Shigeki Miyabe and Shoji Makino	4. 巻 -
2. 論文標題 Multi-talker Speech Recognition Based on Blind Source Separation with Ad hoc Microphone Array Using Smartphones and Cloud Storage	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. INTERSPEECH	6. 最初と最後の頁 3369-3373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21437/Interspeech.2016-758	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Trung-Kien Le and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Closed-form solution for TDOA-based joint source and sensor localization in two-dimensional space	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	6. 最初と最後の頁 1373-1377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EUSIPCO.2016.7760473	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Zbynek Koldovsky, Francesco Nesta, Petr Tichavsky and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Frequency-domain Blind Speech Separation Using Incomplete De-mixing Transform	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	6. 最初と最後の頁 1663-1667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EUSIPCO.2016.7760531	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Keisuke Imoto and Nobutaka Ono	4. 巻 -
2. 論文標題 Online acoustic scene analysis based on nonparametric bayesian model	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	6. 最初と最後の頁 988-992
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EUSIPCO.2016.7760396	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Natsuki Ueno, Shoichi Koyama and Hiroshi Saruwatari	4. 巻 -
2. 論文標題 Listening-area-informed sound field reproduction with Gaussian prior based on circular harmonic expansion	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. Joint Workshop on Hands-free Speech Communication and Microphone Arrays (HSCMA)	6. 最初と最後の頁 196-200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/HSCMA.2017.7895589	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Natsuki Ueno, Shoichi Koyama and Hiroshi Saruwatari	4. 巻 -
2. 論文標題 Listening-area-informed sound field reproduction based on circular harmonic expansion	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)	6. 最初と最後の頁 111-115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICASSP.2016.7471636	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計60件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 26件)

1. 発表者名 山岡 洗瑛
2. 発表標題 MVDRビームフォーマの時間周波数スイッチングによる劣決定音声強調
3. 学会等名 電子情報通信学会 応用 / 電気音響・信号処理・音声共催研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荒木 章子
2. 発表標題 非同期分散マイクロホンアレイにおける音源の移動に頑健なサンプリング周波数ミスマッチ推定
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢口 凌也
2. 発表標題 複数チャネル間の相互相関関数を用いたなりすまし検出法の雑音環境下における評価
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keisuke Imoto
2. 発表標題 Acoustic Event and Scene Analysis: Recent Advances and Challenges
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山岡 洗瑛
2. 発表標題 時間周波数スイッチングビームフォーマと時間周波数マスキングによる劣決定音声強調
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 陣在 遼河
2. 発表標題 ヴァーチャルマイクロフォンの外挿によるマイクロフォン間隔の仮想的拡張
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 最上 伸一
2. 発表標題 一般化反復射影法に基づく時変劣ガウス独立低ランク行列分析
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢口 凌也
2. 発表標題 複数チャネル間の相互相関関数を用いた話者照合のためのなりすまし検出
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 植野 夏樹
2. 発表標題 微分で求める！積分を用いない高次アンビソニックス係数の導出
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠原 拓実
2. 発表標題 ニューラルネットワークを用いた走行音による交通車両検出
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小野 順貴
2. 発表標題 非同期分散マイクロホンアレイ技術の発展
3. 学会等名 三大学合同シンポジウム「次世代音響センシング理論とその実世界応用」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野 順貴
2. 発表標題 非同期分散マイクロホンアレイ
3. 学会等名 超臨場感音響WG「つなぐ・つながるオーディオの現状と展望」セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野 順貴
2. 発表標題 補助関数型アルゴリズムによる 実時間ブラインド音源分離の実現
3. 学会等名 電子情報通信学会 応用 / 電気音響・信号処理・音声共催研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井 裕太郎
2. 発表標題 複数種録音端末を用いた会議の想定における伝達関数ゲイン基底NMFによる遠方音源抑圧の性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 音声・応用 / 電気音響・信号処理共催研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北村 大地
2. 発表標題 独立深層学習行列分析に基づく多チャンネル音源分離の実験的評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 音声・応用 / 電気音響・信号処理共催研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小野 順貴
2. 発表標題 3音源以上に対する独立成分分析・独立ベクトル分析・独立低ランク行列分析の高速解法
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 角野 隼斗
2. 発表標題 独立深層学習行列分析に基づく多チャンネル音源分離
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒木 章子
2. 発表標題 非同期分散マイクロホンアレイを用いた実環境複数人会話音声認識：音声強調フィルタの逐次修正の効果
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山岡 洸瑛
2. 発表標題 複数ビームフォーマの組み合わせによる非線形マイクロフォンアレイ
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井本 桂右
2. 発表標題 分散マイクロホンアレイを用いた音響空間ワードの生成モデルに基づく音響シーン分類
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 春原 政浩
2. 発表標題 準因果的な時間領域フィルタによる低遅延リアルタイムブラインド音源分離の実現
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒木 章子
2. 発表標題 非同期分散マイクロホンアレイを用いた実環境複数人会話音声認識に関する初期検討
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 最上 伸一
2. 発表標題 複素Student's t分布に基づく独立低ランク行列分析の実験的評価
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 植野 夏樹
2. 発表標題 調和スペクトルの解析的重み付けに基づく音場再現と放射抑圧
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 植野 夏樹
2. 発表標題 無限次元調和解析に基づく音場補間とそのカーネル回帰としての解釈
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 最上 伸一
2. 発表標題 lダイバージェンスを用いた独立低ランク行列分析
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋 玄, 山田 武志, 小野 順貴, 牧野 昭二
2. 発表標題 DNN-GMMと連結特徴量を用いた音響シーン識別の検討
3. 学会等名 日本音響学会2017年春季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三井 祥幹, 北村 大地, 高道 慎之介, 小野 順貴, 猿渡 洋
2. 発表標題 スパース時系列正則化付き独立低ランク行列分析における効率的な解法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会電気音響研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 植野 夏樹, 小山 翔一, 猿渡 洋
2. 発表標題 受聴エリア事前情報を用いた音場再現 ~ 任意のスピーカ配置と指向特性における検証 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会電気音響研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松井 裕太郎, 山田 武志, 牧野 昭二, 小野 順貴
2. 発表標題 伝達関数ゲイン基底NMFを用いた遠方雑音抑圧の実環境での評価
3. 学会等名 第31回信号処理シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山岡 洸瑛, 小野 順貴, 山田 武志, 牧野 昭二
2. 発表標題 ヴァーチャル多素子化に基づく SN 比最大化ビームフォーマの残響に対する性能変化
3. 学会等名 日本音響学会2016年秋季研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 越智 景子, 小野 順貴, 大須賀 智子, 大和田 啓峰, 児島 正樹, 黒田 美保, 山末 英典, 嵯峨山 茂樹
2. 発表標題 自閉スペクトラム症者と定型発達者の音声特徴による識別の検討
3. 学会等名 日本音響学会2016年秋季研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 植野 夏樹, 小山 翔一, 猿渡 洋
2. 発表標題 受聴エリア事前情報を用いた音場再現 ~ 直線状アレイによる検証 ~
3. 学会等名 日本音響学会2016年秋季研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小野 順貴
2. 発表標題 アレイ信号処理の非同期分散チャンネルへの展開
3. 学会等名 電子情報通信学会音声研究会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 音情報処理装置及びプログラム	発明者 牧野昭二, 山岡洸瑛, 山田武志, 小野順貴	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-033034	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>首都大学東京 小野研究室 研究紹介  <a href="http://www.comp.sd.tmu.ac.jp/onolab/research.html">http://www.comp.sd.tmu.ac.jp/onolab/research.html</a>          三大学合同シンポジウム 次世代音響センシング理論とその実世界応用  <a href="https://sites.google.com/view/secom-kibana-symposium/">https://sites.google.com/view/secom-kibana-symposium/</a>          首都大学東京 小野研究室 研究紹介  <a href="http://www.comp.sd.tmu.ac.jp/onolab/research.html">http://www.comp.sd.tmu.ac.jp/onolab/research.html</a>          複数話者の音声を同時認識する新しい音響信号処理技術を開発 / 音声認識による会話の文字起こしも可能に  <a href="http://www.nii.ac.jp/news/release/2016/0929.html">http://www.nii.ac.jp/news/release/2016/0929.html</a></p>
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	牧野 昭二  (Makino Shoji)  (60396190)	筑波大学・システム情報系・教授    (12102)	
研究分担者	猿渡 洋  (Saruwatari Hiroshi)  (30324974)	東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授    (12601)	
研究分担者	小山 翔一  (Koyama Shoichi)  (80734459)	東京大学・大学院情報理工学系研究科・講師    (12601)	
研究分担者	井本 桂右  (Imoto Keisuke)  (90802116)	立命館大学・情報理工学部・助教    (34315)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	越智 景子  (Ochi Keiko)  (20623713)	東京工科大学・メディア学部・助教     (32692)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 The 16th International Workshop on Acoustic Signal Enhancement (IWAENC)	開催年 2018年～2018年
---	--------------------

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------