

音響学における基礎研究と社会実装

研究代表者 及川 靖広
(基幹理工学部 表現工学科 教授)

1. 研究課題

これまで、研究代表者らは光学的音響計測、MR 技術を用いた音情報の可視化、コミュニケーションエイド、小型音響デバイス、音による異常診断、楽器音のモデル化、高速 1bit 信号処理等の物理音響とコミュニケーション音響に関する研究を行ってきた。本プロジェクト研究では、音響学における基礎研究とそれら研究成果をさらに高度化・発展させ、社会実装することを目指す。音を中心とした波動場とその中で生活する人間を含めた生き物のコミュニケーションの理解をするなかで、感覚・思考を研ぎ澄ますことに寄与しうる研究成果の社会実装を目指す。

具体的には、①光と音の相互作用に着目した音響計測法の高精度化、②それを用いての音源近傍や微小空間などの音場現象の解明、③数理的手法の確立、音響学への応用とその社会実装、④直感的な音場理解に役立つ計測システムに関する研究開発と社会実装、⑤大規模音場創成システムの構築とそれを用いたコミュニケーションの解明、⑥貴重なコンテンツが含まれたレコード等の音文化財保存のための研究開発、等を行う。これら取り組みにより、人間、動物、虫等によって創造される様々な音コミュニケーション空間・音コミュニケーションコンテンツの測定・観測・保存・再現と音コミュニケーションの要素抽出等が可能となり、最終的には、音コミュニケーション空間設計、音コミュニケーションコンテンツ創成に活かすことを目指す。

2. 主な研究成果

2.1 リアルタイム計測と可視化に関する研究

これまで計測結果の可視化を行う方法の一つとして、MR 技術を用いて計測結果を実空間に重畳し可視化する研究を進めてきた。本年度は、昨年度に引き続きシステムを高度化させ、様々な現場に適用しその可能性を示した。具体的には、適用対象に合わせた特徴量の決定・可視化・ユーザインタフェースの改善、複数のマイクロホンアレイや立体配置センサアレイを用いた情報の取得等を可能とした。打音検査への適用、異音発生位置特定や音響材料診断への適用、ガス管メンテナンス箇所推定に関する研究とともに、現場での実証実験を進め、それに基づき改良を加えた。

2.2 光と音の相互作用に着目した音響計測法の高度化

これまで、偏光高速度干渉計を用いた音場可視化計測手法を提案してきた。本年度は、物理モデルを組み込んだニューラルネットワークに基づく処理、拡散モデルを用いた逆問題処理等を導入し、三次元音場復元、音場推定、音場の内挿・外挿、計測結果の雑音除去等の性能を向上させた。実計測においては様々な課題があるが、これまで困難な条件における計測を可能とし、様々な現場に適用しその可能性を示した。

2.3 光と音の相互作用に着目した音響計測法の適用拡大

昨年度の引き続き偏光高速度干渉計を用いた音場可視化計測手法の適用範囲を大幅に広げるこ

とができた。具体的には、光を遮蔽する物体がある場合の処理、少数の複数方向からの計測結果からの音場復元、三次元インパルス応答の計測を可能とした。

2.4 機器から発生する音を活用した異常診断

これまで人間に頼っていた検査を自動化するために音の利用も重要な課題となっている。そこで、音を活用したトランスミッションテストの研究を実施している。本年度は、リアルタイム動作するシステムを構築し、現場での実証実験を行った。現場導入の際に課題となる環境音の影響を評価し、それへの対策を行い、機械学習的手法の有効性を明らかにした。

2.5 鉄道運転者に有効なサイン音の設計

鉄道運転者に情報を伝えるために音を用いることがある。鉄道走行環境に合わせた音の設計をするとより効果的に情報伝達が可能となる。本年度は、これまで取り組んできた鉄道運転室内の音環境に基づいた警報音のデザイン、聴取実験によるその効果の検証を取りまとめ、現場に導入する際の指針を示した。

3. 共同研究者

山崎 芳男（早稲田大学 名誉教授）

小林 哲則（理工学術院 教授）

菊池 英明（人間科学学術院 教授）

小川 哲司（理工学術院 教授）

井上 敦登（総合研究機構 波動場・コミュニケーション科学研究所 客員次席研究員）

黒田 淳（京セラ 先進技術研究所 研究員）

池田 雄介（東京電機大学 教授）

高橋 義典（工学院大学 准教授）

石川 憲治（NTT コミュニケーション科学基礎研究所 研究員）

4. 研究業績

4.1 学術論文

[1] Hao Di, Kenji Ishikawa, Risako Tanigawa, Yasuhiro Oikawa, “Temporal super-resolution with a latent diffusion model for optically measured sound field,” *Optics Express*, Vol.33, Issue 23, pp.48403-48422 (2025).

[2] Kei HOSHINO, Ayako SUZUKI, Yasuhiro OIKAWA, “Maintaining Driver Arousal with Warning Sounds under Habituation: Effects of Sound Type, Novelty, and Conditioning-Based Learning,” *IEEE Access*, vol.13, pp.180375-180390, Oct.2025.

[3] Risako Tanigawa, Kenji Ishikawa, Noboru Harada, Yasuhiro Oikawa, “Data-driven Three-dimensional Sound-field Reconstruction using Physics-constrained 3D Gaussian Splatting,” *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.158, Issue 3, pp.2163-2175, Sep.2025.

[4] Kenji Ishikawa, Haruka Nozawa, Risako Tanigawa, Noboru Harada, Yasuhiro Oikawa, “Spherical-domain acousto-optic tomography for three-dimensional sound-field reconstruction,” *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.158, Issue 3, pp.1688-1699, Sep.2025.

[5] Mariko Akutsu, Toki Uda, Yasuhiro Oikawa, “Sound Wave Propagation in the Boundary Layer Around Moving Source,” *Acoust. Sci. & Tech.*, Vol.46, No.4, pp.453-462, 2025.7.

[6] Rikuto Ito, Kenji Ishikawa, Risako Tanigawa, Yasuhiro Oikawa, “Three-dimensional sound

field reconstruction from optical projections using physics-informed neural networks,” JASA Express Lett., Vol.5, Issue 6, 064801 (2025).

[7] Risako Tanigawa, Kenji Ishikawa, Noboru Harada, Yasuhiro Oikawa, “How the Musical Triangle’s Shape Influences its Sound,” JASA Express Lett., Vol.5, Issue 5, 053201 (2025).

4.2 解説

[1] 阿久津真理子, 宇田東樹, 及川靖広, “偏光高速度干渉計による高速移動音源の伝搬特性の把握,” 日本音響学会誌, vol.81, no.8, pp.573-580, 2025.8.

4.3 国際会議

[1] Kazuma Kishida, Risako Tanigawa, Kenji Ishikawa, Yasuhiro Oikawa, “EXTENSION OF SOUND FIELD IMAGE DENOISING TO HIGH-FREQUENCY SOUND FIELDS BY CONSIDERING WAVENUMBER SPECTRAL LOSS,” 2025 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Sep.2025.

[2] Tomohiro Sakaguchi, Yasuhiro Oikawa, “Plane wave creation in non-spherical loudspeaker arrays using radius formulation by the Lamé function,” 2025 AES European Convention (158th Convention), Convention Paper 10223, May.2025.

[3] Iori Sakurai, Yuta Gomi, Tomohiro Sakaguchi, Yasuhiro Oikawa “Direct convolution of high-speed 1 bit signal and finite impulse response,” 2025 AES European Convention (158th Convention), Convention Paper 10221, May.2025.

[4] Ming Gao, Sakaguchi, Yasuhiro Oikawa, “Sound field synthesis based on plane wave decomposition reconfiguring Lamé function loudspeaker array,” Proc. Mtgs. Acoust. 56 (ICA2025), 055012 (2025).

[5] Ruiteng Li, Yasuhiro Oikawa, “Speech enhancement for hearing induction loop systems: A deployment-oriented comparison of neural models,” ICA2025, Proc. Mtgs. Acoust. 56 (ICA2025), 055009 (2025).

[6] Yuzuki Saito, Kenji Ishikawa, Risako Tanigawa, Yasuhiro Oikawa, “High-resolution imaging of impulse response by high-speed polarization interferometer,” Proc. Mtgs. Acoust. 56 (ICA2025), 055007 (2025).

[7] Wataru Teraoka, Atsuto Inoue, Yasuhiro Oikawa, Takahiro Satou, Masahito Kobayashi, “Musical field visualization using XR technology,” Proc. Mtgs. Acoust. 56 (ICA2025), 030001 (2025).

4.4 学会および社会的活動

[1] 日本音響学会 理事 (及川靖広)

[2] 日米音響学会ジョイントミーティング実行委員 (及川靖広)

[3] 第25回 1ビット研究会開催 (2025年12月10日、理工総研第2種行事)

[4] 朝日新聞, Be, 「ののちゃんの Do 科学」 なぜスピーカは左右で違う音? 2026.1.10 の取材に協力

5. 研究活動の課題と展望

本プロジェクトにおいては、音響学における基礎研究と社会実装を目指し活動してきた。特に、さまざまな企業との共同研究をベースに成果を上げてきた。引き続き、活動を進める。