

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。本年度はそれらをさらに高度化させた。LiDAR センサを用いた形状点群データの取得とそのデータを利用した空間の音圧推定手法をリアルタイムシステムとして実装した。ガス管メンテナンス箇所の推定・可視化に関する研究では、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、偏光高速度干渉計を用いた音場可視化計測手法に Physics-informed neural networks による処理を導入し処理を高度化させた。音場の内挿・外挿、計測結果の雑音除去等を実現した。

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

本年度は、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、高速走行する列車における移動音源からの放射音可視化計測と放射特性の把握を可能とし、高速移動することにより生じる境界層内の音波の伝搬を実験的に明らかにした。ミリ波センサによる計測結果の解析、音源の放射特性の把握、音場の復元に適用可能であることを示した。

2.4 工場における作業環境の改善に関する研究

工場内で用いられる道具も作業効率や精度の改善を目的に変化していくが、それにより発生する音なども変化する。それを把握し、改善していくことは、工場内作業者にとって重要な課題である。工具から発生する騒音を抑圧する手法の提案、光学的音響計測手法を用いた工具から発生する音波の特徴の把握、アクティブノイズコントロール型デバイスの効果の確認等をし、作業工程により異なる状況に合わせた騒音抑圧手法を提案した。

2.5 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た。機械学習的手法の検討とその有効性を明らかにした。また、データ収集のためのシステム構築を行なった。

2.6 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、鉄道運転室内の音環境の調査、それに基づいた音のデザイン、聴取実験によるその効果の調査等を行なった。

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）

菅野 由弘（理工学術院 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）

藤森 潤一（総合研究機構 波動場・コミュニケーション科学研究所 招聘研究員）

寺岡 航（総合研究機構 波動場・コミュニケーション科学研究所 招聘研究員）

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）

矢田部 浩平（東京農工大学 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）

中島 武三志（東京工芸大学 助教）

4. 研究業績

4.1 学術論文

[1] Takahiro Sato, Yasuyuki Iwane, Masahito Kobayashi, Yasuhiro Oikawa, Atsuto Inoue and Wataru Teraoka, “Study of methods for visualizing sound pressure level distribution using mixed reality and augmented reality technologies: Visualization experiments for construction sites and building spaces,” *Acoust. Sci. & Tech.*, Vol.44, No.5, pp.411-414, 2023.9.

DOI: <https://doi.org/10.1250/ast.44.411>

[2] Mariko Akutsu, Toki Uda, Yasuhiro Oikawa, “Experimental and quantitative evaluation of frequency modulation caused by a high-speed moving sound source,” *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.154, Issue 5, pp.3403-3413, Nov.2023.

DOI: <https://doi.org/10.1121/10.0022537>

[3] Ryota Hashimoto, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, “Drumhead tuning based on vibration mode visualization using Fourier transform profilometry,” *Acoust. Sci. & Tech.*, Vol.45, No.2, pp.106-109, 2024.3.

DOI: <https://doi.org/10.1250/ast.e23.40>

4.2 解説

[1] Samuel A. Verburg, Kenji Ishikawa, Efren Fernandez-Grande, and Yasuhiro Oikawa, “A Century of Acousto-Optics: From Early Discoveries to Modern Sensing of Sound with Light,” *Acoustics Today*, vol.19, issue.3, pp.54–62, Sep.2023.

DOI: <https://doi.org/10.1121/AT.2023.19.3.54>

[2] 井上敦登, 池田雄介, 及川靖広, “拡張現実・複合現実技術の現在と音場計測可視化への活用,” *日本音響学会誌*, vol.79, no.10, pp.510-516, 2023.10.

DOI: https://doi.org/10.20697/jasj.79.10_510

4.3 国際会議

[1] Natsuki Akaishi, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, “Improving phase-vocoder-based time stretching by time-directional spectrogram squeezing,” *Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, June.2023.

[2] Tomoro Tanaka, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, “UPGLADE: Unplugged Plug-and-Play Audio Declipper Based on Consensus Equilibrium of DNN and Sparse Optimization,” *Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, June.2023.

[3] Masahiko Goto, Yasuhiro Oikawa, Atsuto Inoue, Wataru Teraoka, Takahiro Sato, Yasuyuki Iwane, Masahito Kobayashi, “Utilizing LiDAR Data for 3D Sound Source Localization,” *SIGGRAPH '23*, Article No.38, 2023.Aug.

[4] Ayame Uchida, Izumi Tsunokuni, Yusuke Ikeda, Yasuhiro Oikawa, “Mixed Reality Visualization of Room Impulse Response Map using Room Geometry and Physical Model of Sound Propagation,” *SIGGRAPH '23*, Article No.20, 2023.Aug.

[5] Rikuto Ito, Natsuki Akaishi, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, “On-line Chord Recognition Using FifthNet with Synchrosqueezing Transform,” *Proc. EUSIPCO*, pp.141-145, Sep.2023.

4.4 受賞・表彰

[1] 指導した学生 1 名が日本音響学会第 26 回学生優秀発表賞を受賞

[2] 指導した学生 1 名が日本音響学会第 27 回学生優秀発表賞を受賞

4.5 学会および社会的活動

[1] 日本音響学会 副会長（及川靖広）

[2] 第 23 回 1 ビット研究会開催（2023 年 12 月 12 日、理工総研第 2 種行事）

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。