

# 物理・コミュニケーション音響学

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手法、物理音響信号処理の提案、それらを用いた空中・水中・地中での音の伝搬現象の理解、音によるコミュニケーションを円滑にするための道具の開発（歯からの骨伝導を用いた音情報受聴／収録システムなど）等の研究を行なってきた。本年度は、それら研究成果を高度化・発展させ、音を中心とした波動場の厳密な計測・観測・理解、その中で生活する人間のコミュニケーションを支える技術の研究開発を、企業との共同研究を通じて進めた。特に、偏光高速度カメラを用いた光学的音響計測技術の高度化とその応用、Mixed Reality 技術を用いた直感的な音場情報表示システム、楽器の解析と合成、補聴器にまつわる信号処理に関する研究を行なった。

## 2. 主な研究成果

### 2.1 光学的音響計測技術の高度化とその応用

我々はこれまで、レーザドップラ振動計や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。光学技術を用いることにより音場に影響を与えることなく、高密度に音場イメージングを実現するものである。本年度は提案手法を流れにより発生する音、超音波素子からの放射音、物体からの反射音、楽器からの放射音などの計測に適用し、その有効性を示した。

### 2.2 Mixed Reality 技術を用いた直感的な音場情報表示システム

三次元音場情報の可視化を行う方法の一つとして、Microsoft が発表した光学透過型ヘッドマウントディスプレイ (OST-HMD) である HoloLens を用いて、計測した音場情報をリアルタイムに OST-HMD で実空間に重畳して観測し、複数人で情報を共有可能なシステムを構築した。これまで困難であった広範囲の計測、複数人での情報共有を可能とし、その有効性を示した。

### 2.3 楽器の解析と合成

時間周波数領域で表現された音は、スペクトログラムの操作により容易に音を加工することが可能である。また、時間周波数領域における楽器音の表現は、その調波構造から時間周波数ビンは一まばら（スパース）に存在していることが予想される。そこで、時間周波数領域においてスパースに楽器音を表現するための最適化アルゴリズムを提案し、デジタルシンセサイザの音源方式の一つとしてその有効性を示した。

### 2.4 補聴器にまつわる信号処理

我々は補聴器用残響低減手法として、アタックリリース付き指数平滑平均を用いたブラインド残響エネルギー推定手法に、低遅延な frequency-warped filterbank (FWF) を適用してきた。補聴器へ

の実装を考慮すると、実環境下での実験での評価は必須である。小型システムに提案手法を実装したのち、それを用いて残響時間の長い環境下で音源と実験参加者との距離を変えて主観評価実験を行った。これまでに提案してきた残響低減手法におけるパラメータ設定の実環境下での性能を確認し、その有効性を示した。

### 3. 共同研究者

白井 克彦（早稲田大学 名誉教授）

山崎 芳男（東京都市大学総合研究所 特任教授／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）

矢田部 浩平（理工学術院 講師（任期付））

小野 隆彦（総合研究機構 波動場・コミュニケーション科学研究所 客員上級研究員／研究院 教授）

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）

池田 雄介（東京電機大学 助教）

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] Ryouzi Saitou, Yusuke Ikeda, Yasuhiro Oikawa, “Three-dimensional noise and spatial mapping system with aerial blimp robot,” *Acoust. Sci. & Tech.*, Vol.40, No.1, pp.12-22, 2019.1.
- [2] Atsuto Inoue, Yusuke Ikeda, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, “Visualization system for sound field using see-through head mounted display,” *Acoust. Sci. & Tech.*, Vol.40, No.1, pp.1-11, 2019.1.
- [3] Yoshiki Masuyama, Kohei Yatabe and Yasuhiro Oikawa, “Griffin-Lim Like Phase Recovery via Alternating Direction Method of Multipliers,” *IEEE Signal Processing Letters*, Vol.26, No.1, pp.184-188, 2019.1.
- [4] Kotoyo Nozaki, Yusuke Ikeda, Yasuhiro Oikawa, Yoh-ichi Fujisaka, Masahiro Sunohara, “Blind reverberation energy estimation using exponential averaging with attack and release time constants for hearing aids,” *Applied Acoustics*, Vol.142, pp.106-113, Dec.2018.
- [5] Tomoya Tachikawa, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, “3D sound source localization based on coherence-adjusted monopole dictionary and modified convex clustering,” *Applied Acoustics*, Vol.139, pp.267-281, Oct.2018.
- [6] Risako Tanigawa, Kenji Ishikawa, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, Takashi Onuma, Hayato Niwa, “Optical visualization of a fluid flow via the temperature controlling method,” *Optics Letters*, Vol.43, No.14, pp.3273-3276, July.2018.
- [7] Kohei Yatabe, Risako Tanigawa, Kenji Ishikawa, Yasuhiro Oikawa, “Time-directional filtering of wrapped phase for observing transient phenomena with parallel phase-shifting interferometry,” vol.26, no.11, pp.13705-13720, *Optics Express*, May.2018.
- [8] Tsubasa Kusano, Kohei Yatabe and Yasuhiro Oikawa, “Localization of marine seismic

vibrator based on hyperbolic Radon transform,” Acoust. Sci. & Tech., Vol.39, No.3, pp.215-225, 2018.5.

#### 4.2 総説・著書

- [1] 矢田部浩平, 升山義紀, 草野翼, 及川靖広, “位相変換による複素スペクトログラムの表現,” 日本音響学会誌, vol.75, no.3, pp.147-155, 2019.3.
- [2] 及川靖広, 他多数, 吸音・遮音材料の設計、性能向上と評価技術, 技術情報協会, “光を用いた音場可視化装置,” pp.599-608, 2018.7.

#### 4.3 招待講演

- [1] 及川靖広, 石川憲治, 矢田部浩平, 大沼隼志, 丹羽隼人, “並列位相シフト干渉法による高速音場イメージング,” 日本光学会年次学術講演会(OPJ2018), 2aES1, 2018.11.
- [2] Kenji Ishikawa, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, Takashi Onuma, Hayato Niwa, “Optical Visualization of Sound Field inside Transparent Cavity using Polarization High-Speed Camera,” Proc. InterNoise2018, in18\_1806, Aug.2018.
- [3] Yasuhiro Oikawa, Kenji Ishikawa, Kohei Yatabe, Takashi Onuma, Hayato Niwa, “Seeing the sound we hear: Optical technologies for visualizing sound wave,” Proc. SPIE, vol.10666, Three-Dimensional Imaging, Visualization, and Display 2018, pp.106660C-1-106660C-8, April.2018.

#### 4.4 受賞・表彰

- [1] The Fumio Okano Best 3D Paper Award 受賞 (及川靖広ら)
- [2] 指導した学生 1 名が日本音響学会第 18 回学生優秀発表賞 受賞
- [3] コンピュータセキュリティシンポジウム 2018 (CSS2018)最優秀論文賞 受賞 (及川靖広ら)

#### 4.5 学会および社会的活動

- [1] 第 18 回 1 ビット研究会開催 (2018.12.5)
- [2] 第 17 回 1 ビット研究会開催 (2018.7.4)
- [3] 日本音響学会 理事 (及川靖広)
- [4] 日本音響学会サマーセミナー実行委員長 (及川靖広)

### 5. 研究活動の課題と展望

本プロジェクトにおいては、光学的音響計測技術の高度化とその応用、Mixed Reality 技術を用いた直感的な音場情報表示システム、楽器の解析と合成、補聴器にまつわる信号処理など、企業との共同研究のもと研究成果を上げてきた。今後はさらなる高度化と実環境下における諸問題への適用について取り組み、実用化を目指す。