

応用音響

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

本プロジェクトでは、人間にとって最も基本的な意思／情報伝達手段である音コミュニケーションを、円滑／快適に行うことができる環境の実現を目標としている。そのためには、我々を取り囲んでいる音波動場とその中で行っている音コミュニケーションを十分に理解し、その知識に基づく応用が重要となる。今年度は、物理モデルとスパース最適化に基づく物理音響信号処理、光学的音響計測、FPGA を用いた高速 1bit 信号処理、補聴システムにおける音響信号処理等に関する研究を行った。

2. 主な研究成果

2.1 物理モデルとスパース最適化に基づく物理音響信号処理

我々が研究対象としている音は波動方程式という物理モデルに基づき空間に広がる。また、音源は我々の生活する時空間内に局在しており、それを観測したデータも観測空間内の限られた領域に局在化した形で存在する。このことは、物理モデルとスパースモデルに基づいた信号処理は多くの問題を解決する上で、非常に有効な手段と成り得ることを示唆している。このような考えに基づき、①音源の放射特性のモデル化、②レーザを用いた積分データからの三次元音場復元、③点音源モデルを用いたスパース推定による音源位置推定および個数の推定、④平板マイクロホンアレイを用いた物理モデルに基づく音場の記録等の研究を行った。それぞれ、結果を図-1 から図-4 に示す。また、同様の理論を水中の音場にも適用し、水中内の音源探査に関する研究にも着手した。

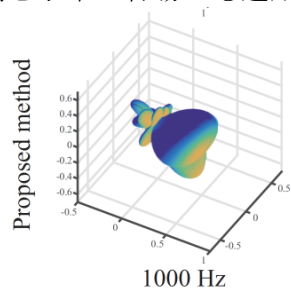


図-1 音減の放射特性のモデル化

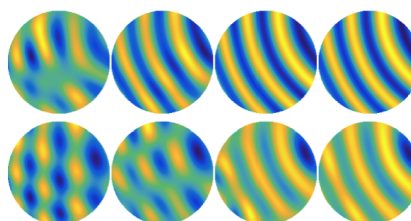


図-2 投影データからの復元
(上：提案法、下：CT)

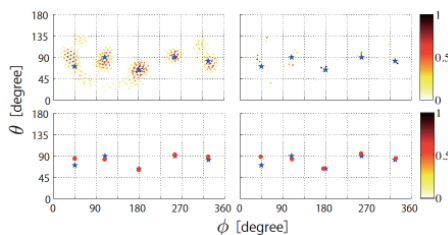


図-3 スパース推定による音源位置推定結果

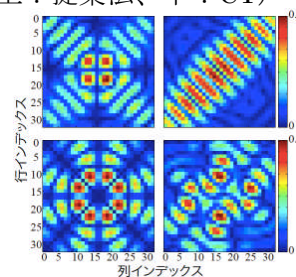


図-4 主成分基底の例

2.2 光学的音響計測

光学的音響計測に関する研究の高度化を進めた。光学的音響計測に関する理論を整理し可聴音を計測するに必要な条件を明らかにし、シュリーレン法による可聴音の可視化、偏光高速度カメラを用いた音場計測に取り組んだ。それら結果を図-5、6に示す。

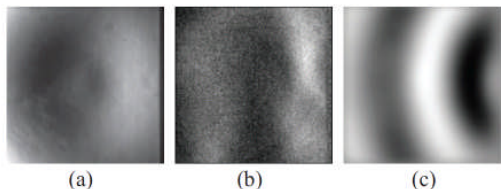


図-5 シュリーレン法を用いた音場の可視化
(a)測定結果、(b)直流成分除去、
(c)時空間フィルタリング後

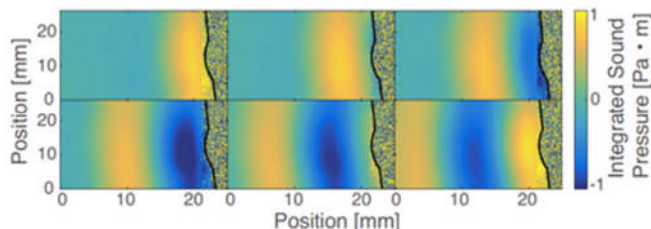


図-6 偏光高速度カメラを用いた音場イメージング

2.3 FPGA を用いた高速 1bit 信号処理

Field Programmable Gate Array (以下 FPGA) は、ハードウェア記述言語によって内部の回路を書き換えることができ、また並列処理が可能な高い演算性能を持つ集積回路である。これらの特徴を活かし、高速 1bit 信号処理に FPGA を導入することで様々なシステムを実現してきた。具体的には、ディザを用いた 1bit 直接量子化信号の録音再生システム、多チャンネル 1bit 信号再生システムなどの研究開発を行った。また、演算クロック高速化による 1bit 信号処理を実現した。

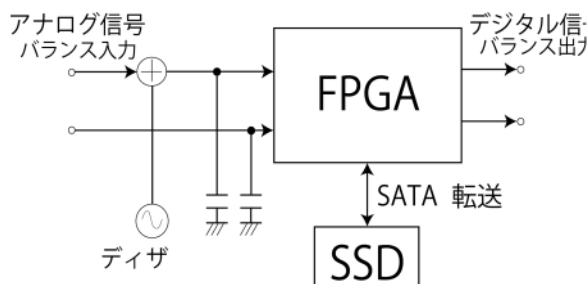


図-7 FPGA と SSD を用いた 1bit 信号記録再生システム

提案システム

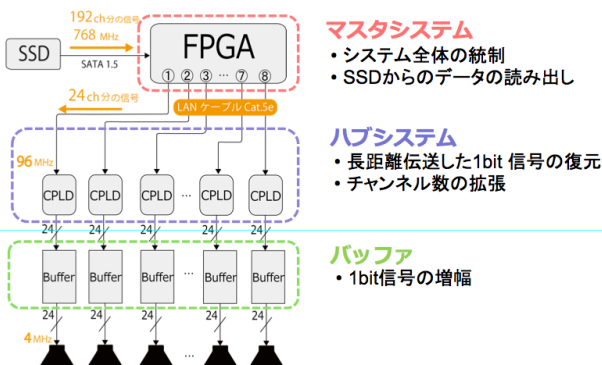


図-8 多チャンネル 1bit 信号再生システムの概要

2.4 補聴システムにおける音響信号処理

マルチビット信号と比較し高い周波数で標本化される 1bit 信号を用いることで、空間分解能の高いマイクロホンアレイシステムを構築できる。設置面積の広い帽子に 1bit 出力の 48 個の小型 MEMS マイクをアレイ上に設置し、シンプルな回路ながら鋭い指向性と高い自由度を持つ補聴システムを実現した。また、Frequency-Warped Filterbank を用いた補聴器のための残響抑圧手法を提案し、提案手法の音声の「聴き取りやすさ」と「自然さ」について健聴者に対する聴取実験を実施し、有効性を明らかにした。

3. 共同研究者

白井 克彦 (放送大学学園 理事長 / 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)

池田 雄介 (理工学術院 助教)

小野 隆彦 (総合研究機構波動コミュニケーション研究所 客員上級研究員・研究院 教授)

大内 康裕 (総合研究機構波動コミュニケーション研究所 客員主任研究員)

小西 雅 (総合研究機構波動コミュニケーション研究所 客員次席研究員)

藤森 潤一 (総合研究機構波動コミュニケーション研究所 招聘研究員)

4. 研究業績

4.1 学術論文

[1] Kenji Ishikawa, Yasuhiro Oikawa, Yoshio Yamasaki, "Non-intrusive sound pressure measurement using light scattering," *Acoust. Sci. & Tech.*, Vol.36, No.5, pp.408-418, 2015.9.

[2] Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, "Optically visualized sound field reconstruction using Kirchhoff-Helmholtz equation," *Acoust. Sci. & Tech.*, Vol.36, No.4, pp.351-354, 2015.7.

など

4.2 総説・著書

[1] 及川靖広, 他多数編著, 音響キーワードブック, コロナ社, 2016.3.

[2] 矢田部浩平, 及川靖広, "レーザドプラ振動計を用いた音場計測におけるスパース性の導入とその応用," *日本音響学会誌*, Vol.71, No.11, pp.639-646, 2015.11.

4.3 招待講演

[1] 矢田部浩平, 石川憲治, 池田雄介, 及川靖広, "光を使って音を録る～光学的音響測定とその信号処理～," *音学シンポジウム 2015(情報処理学会研究報告, Vol.2015-MUS-107, No.11)*, 2015.5.

4.4 受賞・表彰

[1] 指導した学生 1 名が日本音響学会第 38 回栗屋潔学術奨励賞、3 名が日本音響学会第 12 回学生優秀発表賞を受賞

4.5 学会および社会的活動

[1] 第 11 回 1 ビット研究会開催 (2015.7.7)

[2] 第 12 回 1 ビット研究会開催 (2015.12.9)

[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] 国際会議実行委員・プログラム編成委員、5th Joint Meeting of The Acoustical Society of America and The Acoustical Society of Japan (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研究開発した物理音響信号処理、光学的音響計測手法、1bit 信号処理は、世界的にもユニークな研究成果を上げてきた。今後は実環境下における諸問題への適用にむけ、諸特性の向上をめざす。