

## 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

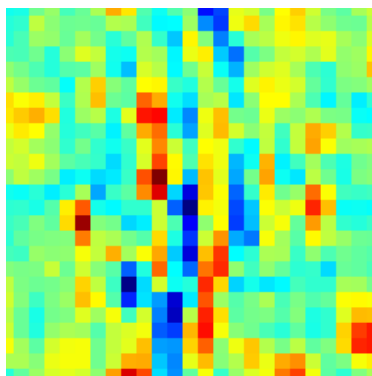
本プロジェクトでは、人間にとって最も基本的な意思／情報伝達手段である音コミュニケーションを、円滑／快適に行うことができる環境の実現を目標としている。具体的には音コミュニケーション空間を再構築する際に必要な空間的かつ時間的な特性を把握する手法の開拓を課題としている。この際、非専門家を含む多数の人間に音場の特性を正確かつ直感的に理解できるよう、必要な物理量との関係が明快な結果の視覚化を主眼としている。

### 2. 主な研究成果

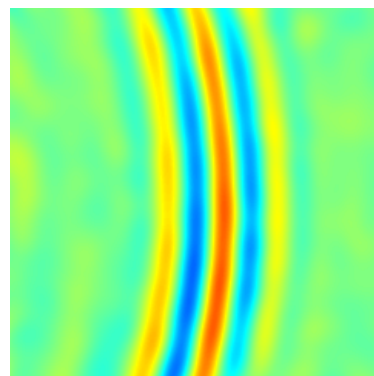
音コミュニケーションを観測・解析する手法として、また円滑な音コミュニケーションを支える基幹手段として、従来のマイクロホンとは異なる原理や、理論的には知られていながらこれまでその忠実な具現化が難しかった方法を用いて、より詳細な音情報の獲得を実現した。具体的には音場観測結果の連続的な表示や歯骨伝導音に着目した音声取得の方法などである。

#### 2.1 レーザドプラ振動計を用いた音場測定への数学的手法の導入

現在の測定手法において音場の物理量を厳密に計測するには、測定対象音波長の半分以下の間隔で測定点を配置しなければならない（空間の標本化定理）。これは本プロジェクトで研究を進めている走査型レーザドプラ振動計を使用して光路上の空気粗密／音波を計測する方法においても同様である。そこで音の物理的特徴を勘案しながら幾つかの数学的手法（逆解析等）を導入し、離散的な計測値から解析的に推定値を導き、測定結果に挿入して連続的に音波面表示する手法を提案した。図－1に比較例を示す。本手法を適用することにより、連続的な音場の記録が可能になると期待できる。



(a) 従来の離散的な計測の表示結果

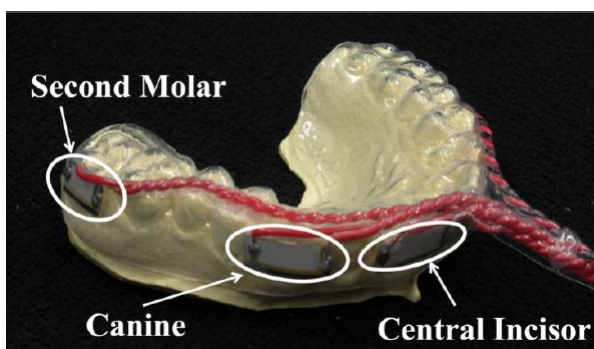


(b) 提案法による表示結果

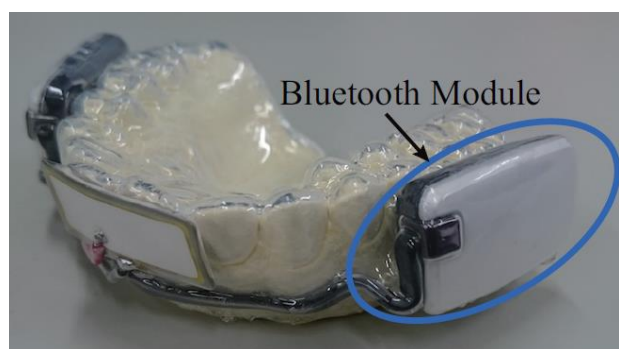
図－1 走査型レーザドプラ振動計による音波面観測例

## 2.2 歯を介した骨導に着目した音声取得

コミュニケーションにおいて音声は最も重要な音情報の一つと言える。ある空間において目的の音声を取得する際、周辺騒音や残響によって質の確保が困難な場合がある。本プロジェクトではこうした環境下においても明瞭な音声情報を得る方法として、歯を介して音声を取得する歯骨導アクチュエータの研究を行ってきた。本年度は数度の改良を重ねて試作したマウスピース型歯骨導マイクロホン（中切歯、犬歯、第二大臼歯の位置に圧電型ピックアップを配置；図-2 (a)参照）を用いて、雑音（80・90dB の 2 種）有無別の単音節音声明瞭度の評価実験を、20～24 歳の平均的な聴覚を持つ男女 11 名の被験者を対象にして行った。その結果、従来法の取得音声（Air-conducted sound）と比較して、妨害雑音を付加しない条件では 10～25 ポイント明瞭度が悪化した。妨害雑音を付加した条件では 3～15 ポイント向上した（図-3 参照）。今後システムとして使いやすい仕様とする方策として、マウスピースの無線化（図-2 (b)）等の改良が考えられる。

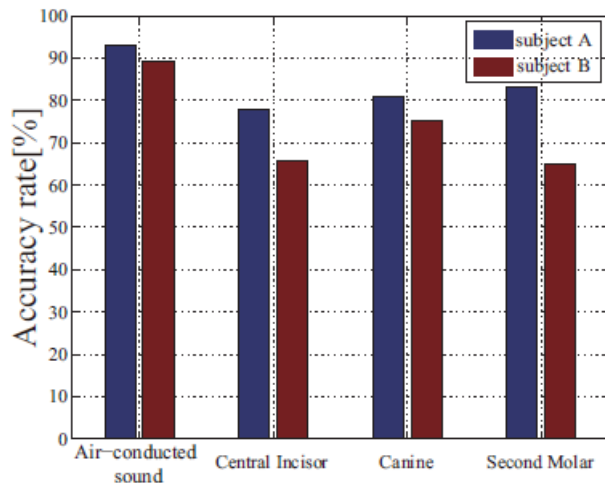


(a) 単音節明瞭度試験に用いたもの

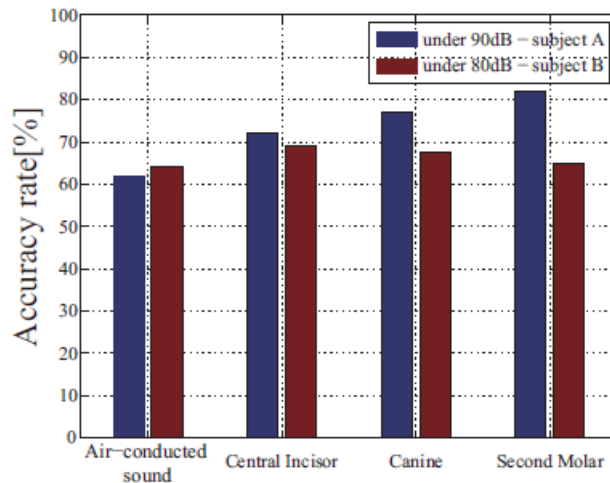


(b) 無線方式のもの

図-2 試作したマウスピース型歯骨導マイクロホン



(a) 妨害雑音無し時



(b) 妨害雑音無し時

図-3 単音節明瞭度試験結果

## 2.3 歴史的価値を持つ音記録の読み取り

録音機が発明された以降、取材や放送、学術研究の一次資料として音声記録は広く用いられてきた。当初の使用目的を終えた後も歴史的な価値を持ち無形の文化財として残されるべき記録が多い。これらの多くは記録当時の媒体で残されており、それ自体は意味を持つことであるが、原理的に経年劣化が避けられない媒体を用いている場合や、現在では再生にあたって特別な知識や配慮、技術

を要する場合が多い。これらの記録を後世に渡って使用容易な形で広く提供するには、情報を現代の情報機器環境に合う形に（いわゆるデジタルアーカイブ化）する必要がある。本プロジェクトでは人間科学学院森本豊富教授の研究室および国立国語研究所の研究に協力する形で、日系移民者証言の磁気記録テープ（日本国外の大学等研究機関に保管されているアナログ方式のオープンリールテープ）のアーカイブ化を現地に趣いて行った。特性の優れた再生用磁気ヘッドを選別・調整して取り付けた 2~4 倍速再生が可能なオープンリールテーププレーヤを読み取りに用い、代表者らが開発した多チャンネル高速 1bi 方式のレコーダを読み取り後の記録に用いることにより、高速再生時に通常問題となる高周数帯域での音質劣化を回避しながらテープの複数トラック（左右チャンネルや再生方向別の記録音）の一括短時間読み取りを可能にした。読み取りを行ったのは、

① University of California, Los Angeles, Japan America Research Project Collection

② Sacramento, National Japanese American Historical Society

が所蔵するオープンリールテープである。読み取り作業例を図-4に示す。



図-4 オープンリールテープの読み取り作業の様子

### 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）

菅田 雅彰（スポーツ科学学術院 教授）

菊池 英明（人間科学学術院 教授）

八十島 乙暢（理工学術院 助手）

藤森 潤一（理工学術院 非常勤講師）

米山 正秀（東洋大学 名誉教授）

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）

池田 雄介（東京電機大学 CREST 助教）

### 4. 研究業績

#### 4.1 学術誌論文・研究会

・“MEMS マイクロホンアレイによる音場の可視化,” 及川靖広, 矢田部浩平, 日本音響学会誌, Vol.70, No.7, pp.403-409, 2014.7.

・“時空間フィルタを用いたシュリーレン法による音場の可視化,” 柳沼啓太, Nachanant Chitanont, 矢田部浩平, 及川靖広, 日本音響学会アコースティックイメージング研究会資料, AI2014-3-04, 2014.10.

#### 4.2 国際会議

#### 4.2.1. ICASPP (IEEE International Conference on Acoustic, Signal Processing) 2014

・“PDE-Based Interpolation Method for Optically Visualized Sound Field,” Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, Proc. ICASSP, pp.4771, 2014.5.

#### 4.2.2. ForumAcousticum2014

・“Backscattering Measurement Method for Sound Field using Pulsed LASER,” Kenji Ishikawa, Yasuhiro Oikawa, Yoshio Yamasaki, R01\_6, Sep.2014.

#### 4.2.3. AES(Audio Engineering Society) 137th Convention

・“Study of TV Sound Level Adjustment System for the Elderly with Speech Rate Conversion Function,” Tomoyasu Komori, Atsushi Imai, Nobumasa Seiyama, Reiko Takou, Tohru Takagi, Yasuhiro Oikawa, Convention Paper 9167, Oct.2014.

#### 4.2.4. Inter Noise(International Congress and Exposition on Noise Control Engineering) 2014

・“Acoustic Yagi-Uda Antenna Using Resonance Tubes,” Yuki Tamura, Kohei Yatabe, Yasuhiro Ouchi, Yasuhiro Oikawa, Yoshio Yamasaki, 311, Nov.2014.

### 4.3 書籍

・八十島乙暢, 山崎芳男, “「埋もれた声」のデジタルアーカイブス化,” 朝日祥之・原山浩介編, アメリカ・ハワイ日系社会の歴史と言語文化, pp.217-243, 東京堂出版, 2015年3月.

### 4.4 学会および社会的活動

- ・平成26年度復興庁「新しい東北」先導モデル事業「風景と心の修景および創景事業」のイベント(2014年10月24日;東京, 2015年2月2~4日;仙台)開催にあたり技術支援を行った。
- ・2014年5月23日に早稲田大学西早稲田キャンパスを会場として、日本音響学会第48回通常総会を開催し、山崎芳男名誉教授が特別講演を行った。
- ・2014年10月16日に早稲田大学西早稲田キャンパスを会場として、日本音響学会平成26年度第3回アコースティックイメージング研究会を開催した。講演件数は6件であった。
- ・2014年11月7日に早稲田大学西早稲田キャンパスを会場として、日本音響学会音バリアフリー調査研究委員会が主催する「音バリアフリーシンポジウム2014」を開催した。講演件数は7件であった。

## 5. 研究活動の課題と展望

本プロジェクトおよび前プロジェクト(音空間研究/音響コミュニケーション)において開発した音および音場の観測記録手法は、従来とは異なる原理を用いるものであるが、これまでの研究の結果、原理通り音情報の取得に成功している。今後は研究代表者らが提案する高速1bit信号処理技術等を応用し、実環境下における諸特性の向上をめざす。また音声コミュニケーションの機能性・自然性の観点から、観測した音場の試聴を含む実験による定量的評価手法を課題としている。