

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25289125

研究課題名(和文)音響レンズと電磁波を用いた三次元音場のリモートセンシング

研究課題名(英文) Three-dimensional sound field remote sensing with acoustic lens and electromagnetic wave

研究代表者

山崎 芳男 (YAMASAKI, Yoshi)

早稲田大学・理工学術院・名誉教授

研究者番号：50245263

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、音場縮尺技術の開発と縮尺された音場の厳密な測定によるこれまでにない音場のリモートセンシング手法を提案した。具体的には、レーザ光を用いた音圧と粒子速度のリモートセンシング、音響レンズあるいは反射板と光検出装置を組み合わせた三次元音場のリモートセンシングを実現した。無形文化財の収録や空間の音の収集、遠方の音を明瞭に収録する小型コミュニケーションエイドを実現した。

研究成果の概要(英文)： In this study, we proposed a remote sensing technique of sound field that is a strict measurement method of sound field using scale technology and laser techniques. Specifically, to realize sound pressure and the particle velocity remote sensing using a laser beam, we made the 3D sound field remote sensing system with combining the acoustic lens, reflector and photodetector. We can achieve the recording of sound field and intangible cultural heritage, and also achieve a small communication aid to get clearly the long distant sound.

研究分野：計測工学

キーワード：音場観測 LIDAR 粒子速度 Schlieren法 音圧

1. 研究開始当初の背景

通常、音はマイクロホンを用いて收音される。振動板、マイクロホン筐体の物理的存在は音場に影響を及ぼし、正確な観測の妨げとなる。

振動板を使わない音検出手法として、東京大学の根岸らが1984年に、Delaware大学のJ.N.Caronらが1998年に超音波音場が光で観測可能であることを明らかにしている。

また、明治大学の崔、岩本は2003年に光偏向法による空中超音波音場の測定を行っている。東京工業大学の上羽、中村らは2001年に空気の屈折率の変化をレーザドプラ振動計で捉え、強力超音波音場の可視化を実現している。

研究代表者らはこれを可聴音に拡張して、2001年にレーザを用いた振動板のない音の検出を提案し、航空機や道路、鉄道など野外の騒音測定や教室内の收音や遠隔講義への応用の研究などを行ってきた。2002年には、音響研究者の長年の夢の一つであった可聴音の可視化に世界で初めて成功している。さらに池田らはCTの導入により音場全体の空間的な振る舞いと任意の位置の音圧を捉える手法を確立した。分担者の園田らもレーザ光を用いて音による光の微弱な回折を利用した音検出手法を提案し、今日まで理論と実験の両面から研究を進めている。光による音響計測には振動の影響を避ける堅固な構造が不可欠である。

別のアプローチとして、研究代表者らは高速度カメラによる映像と粒子画像流速測定 (Particle Imaging Velocimetry: PIV) 法とを併用することにより、空中の埃や霧の動きを観測することにより、音場の粒子速度分布の計測を行っている。

また、上空に向けて発した音の定在波を電磁波で観測することにより、気温や風などの気象情報を観測する RASS Radar もすでに実用に供されている。

一方、三次元音場の観測手法としては、人が2つの耳で巧みに音源の距離や方向を感知している点に着想を得て、同一平面上にない4つのマイクロホンで收音した信号の時間構造の違いに着目し、音場の直接音と反射音の時間・空間構造を把握する“近接4点法”と呼ばれる測定手法を提案し、1974年来コンサートホールや劇場、教室をはじめとする数多くの音空間を測定してきた。

2002年度から2006年度の21世紀COE「プロダクティブICTアカデミア」では大型パラボラの焦点付近に設置された192個のマイクロホンアレイにより、マイクロホンは存在するものの、音の実時間リモートセンシングを実現した“音響TV”を構築し、音場の計測や野外の道路や森林の等の音環境の観測・解析に使用されている。また騒がしい響きのある空間においても、離れた特定の人々の声を明瞭に聴くことも可能であり、音コミュニケーションツールとして期待されている。

さらに対象に影響を与えない観測手法としては、研究代表者らは基盤研究(A)「レコード・テープ文化財の非接触・非破壊読み取りによる保存」(2001~2003)において、蝟管やレコードに記録された情報を、レーザ光を使ってその全面を非接触・非破壊読み取りを行い、記録された内容を記録・保存・再生する技術を確立している。

以上のように多様な音情報測定手法が提案されているが、リモートセンシングなどのように測定範囲が広域になる可能性のある場合は、音場を縮尺し、縮尺された音場を測定するなど、なんらかの工夫が必要となる。縮尺した音場を測定するには、光や電磁波を用いた音場に影響を与えない手法の導入が重要となる。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの研究成果を発展させ、音場縮尺技術の開発と縮尺された音場の厳密な測定によるこれまでにない音場のリモートセンシング手法の確立を目指す。

具体的テーマを以下に示す。

(1) レーザ光を用いて、重要な音響物理量である音圧と粒子速度をリモートセンシングし、音響インピーダンスや音響インテンシティを直接計測可能なシステムを構築する。

(2) 音響レンズあるいはパラボラ反射板と上記光検出装置を組み合わせ、小空間に投影された3次元縮尺音場を観察することにより、三次元音場のリモートセンシングを実現する。

(3) 観測点近傍に超音波を集中した領域を作り、(2)の手法あるいはRASS Radarの技術で観測することにより、空間内任意の点の音圧、粒子速度が測定可能なシステムを確立する。

(4) 演奏者、音源や空間に影響を与えない音楽や演劇など無形文化財の収録、歴史的建造物、学校や公会堂、屋外など様々な空間の音の収集・保存を行う。(音場の缶詰の実現)

(5) 遠方の一点の音を明瞭に収録する小型装置を実現し、耳元の音を増幅する現在の補聴器に変わる、コミュニケーションエイドを実現する。

3. 研究の方法

一つのレーザ光源を用い屈折成分と光偏向成分を検出し、音圧と粒子速度の同時に観測する測定系を構築する。音響レンズや凹面音響反射板と組み合わせることにより、離れた場所から空間の任意の位置の音圧、粒子速度を捉えることのできる今までにない收音方法を確立する。

また超音波と電磁波を使って、空間内の一点の音圧、粒子速度を正確に観測するシステムを構築し、音響インテンシティ、音響パワー、音響インピーダンスのリモートセンシング、教室や講堂の明瞭な拡声方法、遠隔会議、講義方法を確立する。さらに日本音響学会音

バリアフリー調査研究委員会や聴覚弱者などの協力も得て聴覚弱者、高齢者の聞こえを支援する小型の收音システムを構築し、実用化試験を行う。結果を論文、インターネットで公開する。

(1) 屈折法と光偏向法の一体化

屈折法はビームスプリッタと鏡を用いて参照光と、剛壁に反射した音場を通過してきた音情報を含む光を、干渉させることにより、音圧の光軸に直交する面からの成分を捉える。一方、光偏向法は、レーザ光の焦点位置近傍の空気の密度勾配により生ずる光のわずかな偏向を一对のフォトダイオードで検出する。

これら2つの検出方法を組み合わせ、同じレーザ光源を使い屈折成分と光偏向成分を同時に検出することで音響物理学において重要なパラメータである音圧と粒子速度のリモートセンシングが可能となる。

(2) 音響レンズおよび凹面反射板の最適化

音響観測の対象となる音場は一般に広く、(1)の測定系で被測定音場全体を捉えることは不可能である。また測定系を音場内に置くと、振動板はないものの測定装置の存在が被測定音場へ影響を与えてしまう。また音による装置の振動が測定結果に混入する恐れもある。

研究代表者らは放物線反射板(パラボラ)とマイクロホンアレイを組み合わせた遠隔測定装置“音響TV”を実現している。この装置では直径1.6mのパラボラと音の検出に16×12=192個のマイクロホンを用いたが、音波の伝搬経路に存在する縮小された音場にマイクロホン基板を配置せざるを得ず、その影響は避けがたい。

そこで本研究では検出に(1)の光検出を使い、反射板にはオフセット型パラボラあるいは音響凸レンズを導入し縮小された音場に何も置かない観察を実現する。音響レンズの実現には空気と異なる気体、温度差の利用などがある。理論計算と実験により音響レンズと反射板の方式、大きさ、形状等の最適化を図る。

(3) 音響レンズ(パラボラ)と光センサによる三次元音場リモートセンシング

最適化された音響レンズあるいはパラボラ音響反射板を使って、投影された小空間を3面のレーザ光源束と3面の高速度イメージセンサを用いて計測する三次元リモートセンシング系を構築する。

(1)で構築した光計測系をレンズ、あるいは反射板に固定し、音場の振動の影響を受けにくい機構とする。また検出面に直接あるいは光ファイバ束を介して配置したセンサの出力を演算し、得られた音響信号を高速1ビット方式で広帯域記録する装置を実現し、収録実験を行う。

(4) 超音波と電磁波を使った遠隔收音系の構築

(1)~(3)の音響レンズや反射板で投影さ

れた小空間を光で検出する方法には音波の波長による制約が存在する。100Hzの波長は3.4mであり音響レンズあるいは反射板の大きさは10m以上必要となる。

音響レンズあるいは反射板と多数のトランスデューサを組み合わせ、観測点に超音波が集中する領域を作り、これを(3)の手法あるいはRASS Radarの手法を導入し、波長が超音波の1/2の電磁波で縮尺音場を観測し、音波による変動成分を演算により求め、音圧と粒子速度を検出するシステムを構築する。

(1)~(3)の手法は超音波の検出も可能であり、超音波を集中する手法は生体内の結石破碎技術として既に確立している。(3)の方法が対象音場全体の観測が可能であるのに対し、本手法は音場内の1点のみの観測とはなるが、波長の長い低い周波数から広帯域の音響信号のリモートセンシングを小型の装置で実現することが可能となる。

(5) 遠方の任意の1点を收音する小型装置の構築

耳元の音を増幅する現在の補聴器では多くの場合、部屋の残響や目的の音以外の雑音を含む音まで増幅してしまい、補聴の妨げとなる場合が多い。

聴取対象の音源の近くにマイクロホンを設定するのは一般に困難である。音声の伝送に必要な低周波は200Hz程度であるので、本研究の項目(3)を利用して直接発声者の口元の声を聞く装置の実現も可能である。

さらに項目(4)の手法を導入すれば、小型音響レンズあるいは小型パラボラ反射板と光検出による、遠方の一点の音を明瞭に収録する小型装置が実現し、日常生活のコミュニケーションエイドとして役立てることが可能となる。

(6) 実用収録系やコミュニケーションエイドとしての応用

文化遺産の記録・伝送・再生に、この收音系を導入する。その結果、マイクロホンの存在から解放された自然な収録が期待できる。さらに、音場の缶詰とでもいうべき三次元音場の正確な記述が可能となりうる。また、実際の教室や講堂へ導入し、明瞭な拡声方法、遠隔会議、講義方法を確立する。

4. 研究成果

(1)2013年度

2013年度は、ビームスプリッタと鏡を用いて参照光と、剛壁に反射した音場を通過してきた音情報を含む光との干渉を観察することにより音圧を観測する屈折法、レーザ光の焦点位置近傍の空気密度勾配により生ずる光のわずかな偏向をフォトダイオードで検出する光偏向法、気象観測などに使われ始めたLIDAR(Light Detection And Ranging)の原理を利用した音圧と粒子速度の観測、さらにSchlieren法を用いた音波の可視化について研究を進めた。

LIDARを応用した方法は、音場に照射した

パルスレーザーの後方散乱光を望遠鏡で観測し、光電子増倍管(Photo Multiplier Tube: PMT)により観測するが可能なことを実験によって明らかにした。

散乱体が空気であることからレーザー光の通過するあらゆる領域で散乱が起こることから、パルス光を光源とすることにより、レーザー光を放射した時点から信号を検出するまでの時間を特定することより、経路上の任意の点の音圧が測定可能であることを示した。

また、複数のレーザーの使用やレーザーの走査により空間内の多点の音圧を同時に観測するシステムの実現可能性を示した。

大気の散乱光を観測するシステムは現段階において多数回の同期加算が必要であり、非定常な音場の記録には使用できない。信号対雑音比悪化の要因として、光源の強度が十分でないこと、放射したレーザー光以外の光がノイズとなっていること、測定器内部の雑音による影響などが考えられる。

一方、観測データの記録には、量子化雑音を高域に集中させる変調を用いることなく、標準化周波数を十分高く設定した高速1bit信号処理による記録を導入した。その結果、観測点の間隔は記録装置の標準化周波数に依存するので、空間内の任意の点の観測が可能となった。

(2)2014年度

2014年度は、前年度に引き続き、散乱体が空気であることでレーザー光の通過するあらゆる領域で散乱が起こり、パルス光を光源とすることで任意の点の音圧が観測可能であることを示した。パルス光を放射してから観測する時点を選ぶことにより任意の点の音圧が測定可能であることを示した。

他方、上に示したような任意の点の観測において、観測点間隔は記録装置の標準化周波数に依存することになる。このことから高速1bit信号処理による記録に関する研究も平行して行ってきた。現在広く用いられている

変調を用いない1bit直接量子化によりGHzを超える標準化周波数での量子化が現実的なものとなった。

さらに、共鳴管を用いた音響アンテナ、非球面形状を利用した音響反射板を設計し、指向性や収差の補正を行った受動的な音響システムを構築した。これらと光検出を組み合わせることにより遠方の音を収録する小型装置を構築した。さらに、音場のリモートセンシングの実現、集音補聴システムの構築が可能であることを示した。

(3)2015年度

2015年度は、ひとつのレーザー光源などの電磁波を用いて、離れた場所から空間の任意の位置の音圧、粒子速度を捉えることのできる実用に供しうる收音方法を目指した。

音による光が受ける影響を理論的に検討し、音響インテンシティ、音響パワー、音響インピーダンスのリモートセンシングが計

測可能であること、その計測精度を理論的に明らかにした。

それに基づき、音響レンズあるいは反射板と多数のトランスデューサを組み合わせ、観測点に超音波が集中する領域を作り、音波による変動成分を演算により求め音圧と粒子速度を検出するシステムを構築した。

また、それを実際の音空間に適用し、収録装置や日常生活のコミュニケーションエイドとして役立てることの可能性を示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

矢田部浩平, 及川靖広, スパース表現に基づく音場の復元と光学的音響測定への応用, 日本音響学会誌, 査読有, Vol.71, No.11, 2015, pp.639-646.

Yusuke Torikai, Dai Kuze, Junko Kurosawa, Yasuhiro Oikawa, Yoshio Yamasaki, Evaluation of tooth-conduction microphone for communication under noisy environment, Acoust. Sci. & Tech., 査読有, Vol.36, No.6, 2015, pp.500-506.

Jun Kuroda, Yasuhiro Oikawa, Yoshio Yamasaki, Shigeo Sato, Motoyoshi Komoda, Yasuharu Onishi, Design of an ultrasonic piezoelectric transducer having double-

linked diaphragms for parametric speakers, Acoust. Sci. & Tech., 査読有, Vol.36, No.5, 2015, pp.385-396.

Kenji Ishikawa, Yasuhiro Oikawa, Yoshio Yamasaki, "Non-intrusive sound pressure measurement using light scattering," vol. 36, no. 5, pp. 408-418, Sep. 2015. 査読あり

DOI:10.1250/ast.36.408

Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, "Optically visualized sound field reconstruction using Kirchhoff-Helmholtz equation," vol. 36, no. 4, pp. 351-354, July 2015. 査読あり

DOI:10.1250/ast.36.351

Takashi Samatsu, Yoshito Sonoda, "Development of Optical Wave Microphone with Optical Fiber Sensor," ICIC Express Letters, Vol.8, No.4, pp.1187-1192, 2014. 査読あり

矢田部浩平, 及川靖広, レーザドプラ振動計を用いた音場測定への境界要素法の逆解析の導入, 電子情報通信学会論文誌A, 査読有, Vol.J97-A, No.2, 2014, pp.104-111.

Kaoru Yamabe, Yasuhiro Oikawa, Yoshio Yamasaki, "Sound reproduction using the photoacoustics effect," vol. 35, no. 1, pp. 59-61, Jan. 2014. 査読あり

DOI:10.1250/ast.35.59

〔学会発表〕(計 38 件)

立川智哉, 矢田部浩平, 池田雄介, 及川靖広, 凸最適化を用いた音源位置及び個数の推定, 日本音響学会春季研究発表会, 2016 年 3 月 11 日, 桐蔭横浜大学(横浜市).

今井亮太, 小谷野雄史, 池田雄介, 及川靖広, 山崎芳男, 演算クロックの高速化による 1bit 信号の処理, 日本音響学会春季研究発表会, 2016 年 3 月 11 日, 桐蔭横浜大学(横浜市).

小谷野雄史, 矢田部浩平, 池田雄介, 及川靖広, 音響情報の固有空間に基づくマイクロホン配置, 日本音響学会春季研究発表会, 2016 年 3 月 10 日, 桐蔭横浜大学(横浜市).

石川憲治, 矢田部浩平, Nachanant Chitanont, 池田雄介, 及川靖広, 大沼隼志, 丹羽隼人, 偏光高速度干渉計を用いた定量的かつサブミリメートルの空間分解能を持つ光学的音場計測, 日本音響学会春季研究発表会, 2016 年 3 月 10 日, 桐蔭横浜大学(横浜市).

久世大, 今井亮太, 井上貴之, 小谷野雄史, 大内康裕, 池田雄介, 及川靖広, 山崎芳男, FPGA を用いた高速 1bit 信号処理, 日本音響学会春季研究発表会, 2016 年 3 月 10 日, 桐蔭横浜大学(横浜市).

大内康裕, 及川靖広, 山崎芳男, 省エネルギー・小型化を目指した音響デバイスの開発, 日本音響学会春季研究発表会, 2016 年 3 月 10 日, 桐蔭横浜大学(横浜市).

矢田部浩平, 及川靖広, 光学的音響計測に向けた二次元位相アンラップ, 日本音響学会春季研究発表会, 2016 年 3 月 9 日, 桐蔭横浜大学(横浜市).

Chitanont Nachanant, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, Audible sound field visualization by using Schlieren technique, WESPAC 2015, 2015 年 12 月 6-9 日, シンガポール.

DOI:10.3850/978-981-09-7961-4

01000215

Yusei Yamanaka, Kohei Yatabe, Ayumi Nakamura, Yusuke Ikeda, Yasuhiro Oikawa, Extracting sound Information from High-speed Video Using 3-D Shape Measurement Method, WESPAC 2015, 2015 年 12 月 6-9 日, シンガポール.

DOI:10.3850/978-981-09-7961-4_01000225

Ayumi Nakamura, Yusei Yamanaka, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, Modeling of Free-Reed Instrument considering Mechanical Nonlinearity of the Reed, WESPAC 2015, 2015 年 12 月 6-9 日, - DOI:10.3850/978-981-09-7961-4_07000224

Kenji Ishikawa, Kohei Yatabe, Yusuke Ikeda, Yasuhiro Oikawa, Numerical

analysis of acousto-optic effect caused by audible sound based on geometrical optics, WESPAC 2015, 2015 年 12 月 6-9 日, シンガポール.

DOI:10.3850/978-981-09-7961-4_06000218

Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, Eigenanalysis of lp-norm ball-shaped room using the method of particular solutions, WESPAC 2015, 2015 年 12 月 6-9 日, シンガポール.

DOI:10.3850/978-981-09-7961-4_04000208

N. Suzuki, K. Yatabe, Y. Ikeda, Y. Oikawa, Calculation of impulse response by using the method of fundamental solutions, WESPAC 2015, 2015 年 12 月 6-9 日, シンガポール.

DOI:10.3850/978-981-09-7961-4_04000222

Yuji Koyano, Ryota Imai, Yusuke Ikeda, Yasuhiro Oikawa, Yoshio Yamasaki, Recording and Playback System High Speed Single-Bit Direct Quantized Signal with Dithering, WESPAC 2015, 2015 年 12 月 6-9 日, シンガポール.

DOI:10.3850/978-981-09-7961-4_0600022

Takayuki Inoue, Ryota Imai, Yusuke Ikeda, Yasuhiro Oikawa, Hat-type hearing system using MEMS microphone array, WESPAC 2015, 2015 年 12 月 6-9 日, シンガポール.

DOI:10.3850/978-981-09-7961-4_06000233

矢田部浩平, 千葉麻莉子, 及川靖広, Curvelet フレームを用いたスパース音声雑音除去, 日本音響学会秋季研究発表会, 2015 年 9 月 18 日, 会津大学(会津若松市).

矢田部浩平, 及川靖広, レーザを用いた積分データからの三次元音場復元, 日本音響学会秋季研究発表会, 2015 年 9 月 18 日, 会津大学(会津若松市).

石川憲治, 矢田部浩平, 池田雄介, 及川靖広, 空気中可聴音場による光波変調のモデル化に関する検討, 日本音響学会秋季研究発表会, 2015 年 9 月 18 日, 会津大学(会津若松市).

小谷野雄史, 矢田部浩平, 池田雄介, 及川靖広, 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, 日本音響学会秋季研究発表会, 2015 年 9 月 18 日, 会津大学(会津若松市).

立川智哉, 矢田部浩平, 池田雄介, 及川靖広, 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, 日本音響学会秋季研究発表会, 2015 年 9 月 18 日, 会津大学(会津若松市).

②①田村有希, 矢田部浩平, 池田雄介, 及川靖広, 音源の放射特性を考慮した基本解近似法による室内音場解析, 日本音響学会秋季研究発表会, 2015 年 9 月 17 日, 会津大学(会津若松市).

②②中村歩己, 山中悠勢, 矢田部浩平, 池田雄介, 及川靖広, リード復元力の非線形性を考慮したフリーリードのモデル化, 日本音響学

- 会秋季研究発表会, 2015年9月17日, 会津大学(会津若松市).
- ②③鈴木菜穂子, 矢田部浩平, 及川靖広, 基本解近似法によるインパルス応答の計算, 日本音響学会秋季研究発表会, 2015年9月17日, 会津大学(会津若松市).
- ②④Nachanant Chitanont, 矢田部浩平, 及川靖広, シュリーレン法を用いた音場の可視化における時空間フィルタの評価, 日本音響学会秋季研究発表会, 2015年9月17日, 会津大学(会津若松市).
- ②⑤小谷野雄史, 今井亮太, 池田雄介, 及川靖広, 山崎芳男, ディザを用いた高速1bit 直接量子化信号の記録と再生, 日本音響学会秋季研究発表会, 2015年9月16日, 会津大学(会津若松市).
- ②⑥山中悠勢, 矢田部浩平, 中村歩己, 池田雄介, 及川靖広, 物体の三次元形状復元による高速度映像からの音情報抽出, 日本音響学会秋季研究発表会, 2015年9月16日, 会津大学(会津若松市).
- ②⑦井上貴之, 今井亮太, 池田雄介, 及川靖広, MEMS マイクロホンアレイを用いた帽子型補聴システム, 日本音響学会秋季研究発表会, 2015年9月16日, 会津大学(会津若松市).
- ②⑧園田義人, レーザビームによる可聴音及び超音波の直接検出 ~ 光波マイクロホン(ハイレゾセンサ)の開発 ~, 電子情報通信学会超音波研究会, 2015年6月19日, 熊本大学(熊本市).
- ②⑨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~, 情報処理学会音楽情報科学研究会(音学シンポジウム2015), 招待講演, 2015年5月24日, 電気通信大学(東京都).
- ③⑩Chitanont Nachanant, Keita Yaginuma, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, VISUALIZATION OF SOUND FIELD BY MEANS OF SCHLIEREN METHOD WITH SPATIO-TEMPORAL FILTERING, ICASSP 2015, 2015年4月19-24日, ブリスベン(オーストラリア).
- ③⑪Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, Optically visualized sound field reconstruction based on sparse selection of point sound sources, ICASSP 2015, 2015年4月19-24日, ブリスベン(オーストラリア).
- ③⑫Nachanant Chitanont, 柳沼啓太, 矢田部浩平, 及川靖広, シュリーレン法を用いた音場の可視化, 日本音響学会春季研究発表会, 2015年3月18日, 中央大学(東京都).
- ③⑬矢田部浩平, 及川靖広, 音源のスパース性に基づく可視化音場の復元, 日本音響学会春季研究発表会, 2015年3月18日, 中央大学(東京都).
- ③⑭黒田淳, 及川靖広, 大内康裕, 山崎芳男, 受動素子による連結構造圧電振動子の振動

制御, 日本音響学会春季研究発表会, 2015年3月16日, 中央大学(東京都).

- ③⑮矢田部浩平, 及川靖広, 間接 Trefftz 法を用いた 1p 単位球形状室の数値解析, 日本音響学会春季研究発表会, 2015年3月16日, 中央大学(東京都).
- ③⑯榎本祐太, 矢田部浩平, 及川靖広, 協和性理論に基づいた音響信号処理のリアルタイム評価, 日本音響学会春季研究発表会, 2015年3月16日, 中央大学(東京都).
- ③⑰園田義人, 光ファイバセンサ方式光波マイクロホンによる可聴音・超音波検出に関する考察, 日本音響学会春季研究発表会, 2015年3月16日, 中央大学(東京都).
- ③⑱石川憲治, 及川靖広, 山崎芳男, 後方散乱されたパルス光を用いた多点同時音圧計測手法の提案, 電子情報通信学会総合大会, 2015年3月10日, 立命館大学(草津市).

[図書](計3件)

及川靖広, コロナ社, 1ビットオーディオ, pp.14-15, 近接4点法, pp.170-171, 日本音響学会編, 音響キーワードブック, 2016.

大内康裕, 八十島乙暢, 山崎芳男, CQ 出版社, アナログとデジタルの境界を乗り越える信号処理を目指して, トラ技エレクトロニクス, No.5, 2015, pp.8-30.

八十島乙暢, 山崎芳男, 東京堂出版, 「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, 2015, pp.217-243.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎 芳男 (YAMASAKI, Yoshio)

早稲田大学・理工学術院・名誉教授

研究者番号: 50245263

(2) 研究分担者

及川 靖広 (OIKAWA, Yasuhiro)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号: 70333135

園田 義人 (SONODA, Yoshito)

東海大学・産業工学部・教授

研究者番号: 90117143

八十島 乙暢 (YASOJIMA, Otonobu)

早稲田大学・理工学術院・助手

研究者番号: 90632133