

課題番号	Q18J-02
課題名 (和文)	マイクロホンアレイ走査型三次元音場計測における位相情報の復元
課題名 (英文)	Phase reconstruction for three-dimensional sound field measurement with moving microphone array
研究代表者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 情報メディア学科, 助教 氏名 池田雄介
共同研究者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)  氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)  氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)  氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)  氏名

#### 研究成果の概要 (和文)

本文 (9 ポイント : 明朝)

移動型マイクロホンアレイを用いた非同期音場計測では、位相情報の利用が困難である。そこで、本研究では、非同期音場計測結果を用いた音波面動画の可視化を目的とし、非同期かつ非一様サンプリングで計測された多数の複素音圧信号を、波数空間上で分散関係を満たすよう測定点間の位相の同期を試みた。2次元自由音場シミュレーションの結果から、音場可視化のための波面を再構成可能であることを明らかにした。

#### 研究成果の概要 (英文)

本文 (9 ポイント : Century)

It is difficult to use broken phase information in the result of asynchronous sound field measurement with moving a microphone. In this research, we proposed reconstruction method of the phase information of sound field measured by a moving microphone to make a wave-front movie. In two dimensional free-field condition, simulation results show that wave front animation can be reconstructed by optimizing phase in each measurement signal to match a dispersion relationship of sound propagation in k-space.

## 1. 研究開始当初の背景

音場の可視化技術は、音の発生源の把握や音伝搬の理解を助け、騒音問題や音響設計に役立つ。特に、少ない機材で効率的に音場を可視化する方法の一つとして小型の移動型マイクロホンアレイが用いられる。これまで研究代表者らが提案してきた AR/MR 技術を用いた 3 次元音響インテンシティの可視化システムでは、可視化が必要な場所で自由にマイクロホンアレイを走査するとリアルタイムに音場が可視化され、多量で広範囲の測定を短時間に行う事が可能になった。しかし、移動型マイクロホンアレイを用いた計測では、測定対象となる音源と非同期で計測が行われるため、位相情報が失われるという問題があった。位相情報の推定が可能になれば、音場の時間変化表示が可能となり、より反射音の理解など複雑な音場に対して直感的な理解が助けられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、移動マイクロホンによって計測された音場情報から位相情報も含めた音場の可視化を行うことを目的とし、波数空間上の分散関係を満たすように非同期の多点複素音圧信号の位相を同期する。特に、移動マイクロホンによる計測では、空間を一様にサンプリングすることが困難であることを考慮し、非一様サンプリングデータを仮定する。また、簡単のため 2 次元自由音場を仮定し、シミュレーションを行い、提案手法の有効性について検証する。

## 3. 研究の方法

簡単のため、静止した単一の点音源を計測する場合を考え、また、すべての測定点は点音源と同一平面上にあるとする。

移動型マイクロホンアレイを手動で走査する場合、測定点は等間隔な格子上に揃うことを期待することは困難である。そこで、測定データを波数空間で分析するために、非一様高速フーリエ変換 (NUFFT) を用いる。NUFFT には、非一様の条件によっていくつかの手法が提案されているが、ここでは、任意の位置でデータがサンプリングされている場合である Type3 の NUFFT を用いる。

音波の波数(空間周波数)には、分散関係と呼ばれる関係が成り立つ。つまり、ある周波数の音波は波数空間内で、ある円上に集中することを意味する。従って、音源の周波数および音速が既知であれば、計測結果の二次元フーリエ変換によって得られる波数空間上のデータに対して制約が設けられる。特に、計測データが今回の様に音源と非同期となる場合、位相ずれの影響で分散関係が成り立たない。

## 4. 研究成果

シミュレーション実験の結果から、等間隔グリッドでは、音源から球面波が形成され、波数空間においても分散条件を満たしているのに対し、位相差なしの非一様サンプリングされたデータに、一度 NUFFT すると、等間隔グリッド条件と比べ、波面に乱れが確認された。特にこの乱れは測定されていない場所に現れる。この条件でも波数空間上に分散条件を満たす円上にエネルギーの集中が見られる。しかし、計測結果が非同期であることを想定して、ランダムに位相を与えた場合は、分散条件を満たすエネルギーが小さくなり、時空間上でも波面の観測も困難となった。一方、最適化後の波面と波数空間スペクトルでは、ランダム条件と比べ、波数空間スペクトルが分散条件を満たすように改善し、波面が観測可能であることが確認された。しかし、非一様、位相差なし条件と比べると、精度に改善の余地があることが確認された。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、共同研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 1 件)

- ① 小宮 寛季, 池田 雄介, 小坂 直敏, “移動型マイクロホンアレイによる定常音場計測における位相復元の基礎的検討,” 2018 年日本音響学会 秋季研究発表会, 2018.9

[図書] (計 0 件)