

機関番号：32657

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21760299

研究課題名(和文) 実音響空間における安定な新しい複数移動音源追尾法の開発

研究課題名(英文) A study on stable multiple sound source tracking method in actual environment

研究代表者

陶山 健仁 (SUYAMA KENJI)

東京電機大学・工学部・准教授

研究者番号：50303011

研究成果の概要(和文)：

本研究では、実音響空間におけるマイクロホンアレイによる新しい複数音源追尾手法について検討した。検討手法は、受音信号空間を張る信号部分空間を逐次的に推定するとともに、その信号部分空間に基づき逐次的に音源方向を推定するアルゴリズムからなる。事前実験により、複数音源の場合にどちらか一方の音源のみを追尾する同一方向推定問題が生じた。そこで、その問題を回避するためにMUSICスペクトルの粗いピーク探査による手法を提案した。実環境実験により提案法により同一方向推定問題が回避可能であるとともに、実環境においても高い精度で音源追尾が可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)：

In this research, a novel method for multiple moving sound source tracking is presented. The method consists of two successive algorithms for tracking the signal subspace and for estimating direction of sources. The preliminary experiments showed a serious problem that only one source direction is tracked in a scenario of multiple sources. Then, a roughly peak search method of the MUSIC spectrum is proposed to avoid such a problem. Several experimental results in the actual environment showed that the method could avoid the problem and track the sources in high accuracy.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：信号処理

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：マイクロホンアレイ、音源定位、音源追尾

## 1. 研究開始当初の背景

マイクロホンアレイは複数のマイクロホンを並べた收音系であり、マイクロホンの位置の違いを利用した空間信号処理によって、特定方向の話者の音声を強調するとともに、

他の方向からの妨害音を抑圧する高 S/N 受音を可能にする。この技術は、近年実用化段階に突入した遠隔会議システムにおけるハンズフリー音声入力や、開発が激化しているロボットに対する音声指令機能の実現等に

おける基本技術として重要な役割を担っている。このような技術を実現するにあたり、対象とする話者は完全な静止状態であることは稀であり、むしろ時々刻々と位置を変動させると考えるほうが自然であろう。例えば、話者が椅子に座った状態であったとしても発話時に顔を動かさず場合などマイクロホンアレーに対する入力方向が変動する状況が容易に想像できる。また、遠隔会議システムにおいては同時に複数の話者が発話する場合があるため、図1に示すように複数の話者を追尾可能な手法が必要となる。

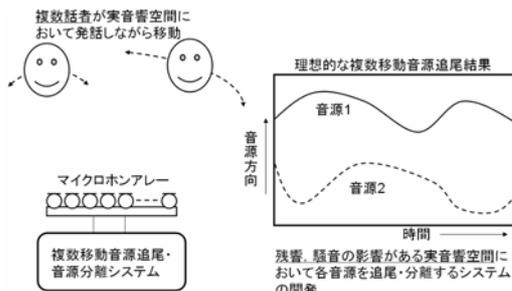


図1: マイクロホンアレーによる音源追尾

研究代表者は、平成15年度、16年度に科学研究費補助金若手研究(B) 課題番号15760277の採択を受けて、妨害音のみが移動する場合に、目的音を高S/N受音する手法(電気学会論文誌C Vol.124-C(6)など)を提案した。ついで、平成17年度、18年度に科学研究費補助金若手研究(B) 課題番号17760316の採択を受けて、静止した妨害音源方向に対し、移動する目的音源方向を実時間で推定することにより、目的音を高S/N受音する手法を提案した。さらに、平成19年度、20年度に科学研究費補助金若手研究(B) 課題番号19760263の採択を受けて、実音響空間において単一音源が移動する場合に、従来静止音源に対する高解像度推定法として用いられてきたMUSIC法を移動音源に適用し、PASTおよびIPLSの2つの逐次更新アルゴリズムを用いて、高精度かつ安定に移動音源を追尾する手法(電気学会論文誌C Vol.129-C(1)など)を提案した。

以上の準備を経て、提案法である逐次更新による手法の複数音源追尾への拡張について検討を進めてきた。その結果、以下の2点について問題が生じた(図2)。

1. 「時間-周波数」平面上で音声信号のエネルギーがスパースに分布する性質により生じる追尾対象音源の順序入れ替わり問題、すなわち、時間あるいは周波数ごとに追尾対象とする音源の順序が入れ替わることによって推定精度が著しく劣化する問題

2. 話者が無音区間を経て再び発話区間に復帰する場合に、適切に逐次更新アルゴリズムの初期値を設定できないために生じる同

一方向推定問題、すなわち、無音区間状態において逐次更新アルゴリズムが追尾中の音源に対する評価関数を失った際に別の音源方向を追尾しはじめることにより、再び発話状態に戻った際にも真の評価関数の大局解付近に初期値を設定できないために生じる問題

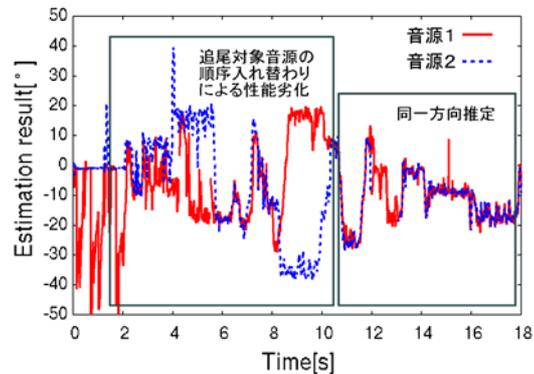


図2: 従来法による問題点

これらの問題を解決すべく、まず(1)の問題に対して、各時刻において周波数ごとに基準ベクトルとの内積を用いて追尾対象音源の順序を揃える手法について提案した。また、(2)の問題に対しては、MUSICスペクトルが極めて高い解像度をもつため、粗いスペクトル走査でも十分に音源数の概数を見積もることが可能であることに注目し、粗いスペクトル走査によって発話音源数に変動したとみなしうる場合には、そのピーク値を用いて初期値を再設定し同一方向推定を回避する手法を提案した(電子情報通信学会技術報告EA2008(57))。以上の手法について、図3に示すように予備実験により性能を検証してきたが、手法の有効性を示すためには実環境における実機を用いた実験は必要不可欠である。

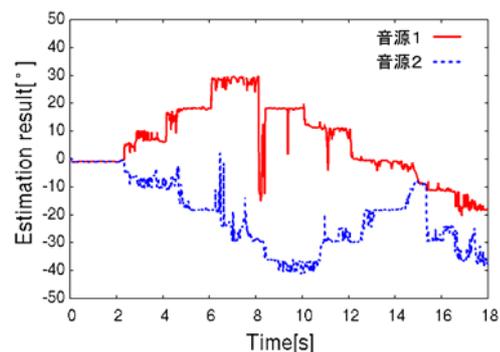


図3: 検討手法による推定結果

## 2. 研究の目的

本研究は、複数話者が発話しながら移動する状況において、各音源を安定に追尾し、かつ高S/N受音するマイクロホンアレーシ

テムを実現するとともに、会議室等反響や騒音の影響が存在する実音響空間における動作特性を検証することを目的とする。具体的には、つぎの2点について検討する。

- (1) 実音響空間において複数のスピーカの切り替えにより移動音源を模擬した場合に、検討中の手法、すなわち追尾対象音源の順序並べ替えのための手法、粗い MUSIC スペクトル走査による発話音源数検出および初期値再設定による同一方向推定回避のための手法の性能の検証
- (2) 実際に複数の人間が発話しながら移動する状況において、検討手法による追尾性能の検証

### 3. 研究の方法

検討中の手法の実音響空間における性能を検証するため、会議室環境において複数移動音源からの音響信号をマイクロホンアレーにより収録する。マイクロホンアレーは16個の無指向性コンデンサマイクロホンにより構成し、40[mm]間隔の直線配置を用いる。マイクロホンの受信音は16chマイクロホンアンプを通して16chのAD変換器によりサンプリングし、Ultra SCSIによってPCに転送する。

音源追尾性能の検証のためには、真の音源方向を事前に知る必要がある。そのため、カメラアレーを用いた動画像計測により、音源位置を推定する。

### 4. 研究成果

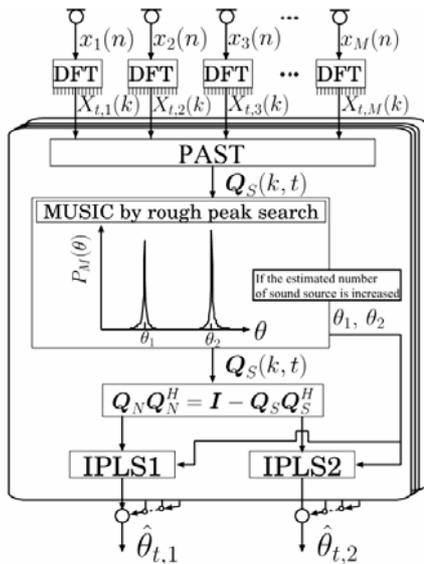


図4: 検討手法の流れ

図4のような流れで音源追尾し、検討手法の性能評価を行なった。ここで、PASTは時々

刻々と変化する信号部分空間を逐次的に更新するアルゴリズムであり、IPLSは信号部分空間に基づき音源方向を逐次的に推定するアルゴリズムである。また、MUSIC スペクトルの粗いピークサーチにより推定した音源数とおおまかな音源方向を手がかりとしてIPLSの実行可能領域を再設定し、手法の問題点となっていた音源入れ替わり問題と同一方向推定問題を解決した。検討手法の性能を検証するために実環境実験を行ない、図5に示す結果が得られた。

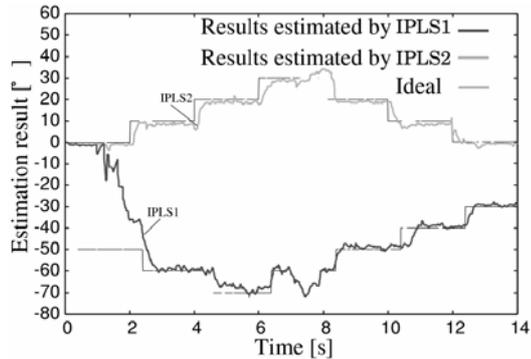


図5: 検討手法による追尾結果

図5の結果より、音源入れ替わり問題と同一方向推定問題が回避可能であり、かつ実環境であっても高精度追尾が可能であることを示した。

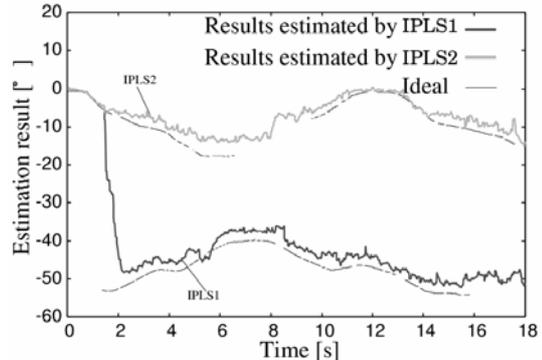


図6: 検討手法による追尾結果

図6に示す結果は、実際に人が発話しながら移動した場合の追尾結果がある。この結果から、実環境で人が移動する場合にも検討手法により追尾可能であり、かつ2[s]付近の結果からもわかるように無音区間から発話区間に移ったとき実行可能領域が再設定され、高速に追従できることが示された。

また、検討手法は受信信号1[s]あたりの処理時間が0.9[s]であり、実時間処理が可能であることを確認したが、他の信号処理手法と組み合わせて利用するにはさらに高速化が必要となる。これは今後の検討課題である。

以上により、本研究で設定した当初の目的が達せられたことを確認した。

5. 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① Noboru Owada, Daisuke Tsuji and Kenji Suyama : Stable sound source tracking based on two updating algorithms, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol.6, No.1, pp.30-36, 2011 (査読有)
- ② 押田賢浩, 大和田昇, 陶山健仁 : 客観的品質評価尺度による移動話者追尾手法の性能評価, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J93-A, No.9, pp.583-593, 2010 (査読有)
- ③ 大和田昇, 陶山健仁 : 多峰性評価関数に対する逐次解法に基づく複数移動音源追尾, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J93-A, No.4, pp.248-259, 2010 (査読有)
- ④ Noboru Ohwada and Kenji Suyama : Fast sound source tracking method using two successive algorithms, Proceedings of 2009 IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, pp.295-298, 2009 (査読有)
- ⑤ Noboru Ohwada and Kenji Suyama : Multiple sound source tracking method based on subspace tracking, Proceedings of 2009 IEEE Workshop on Application of Signal Processing to Audio and Acoustics, pp.217-220, 2009 (査読有)

[学会発表] (計5件)

- ① 押田賢浩 : 遅延和アレー法を用いた複数移動音源追尾の性能改善, 第9回情報科学技術フォーラム, RE-001, 2010年9月9日, 九州大学
- ② 押田賢浩 : 評価関数の乗算による複数移動音源追尾の性能改善, 電気学会電子・情報・システム部門大会, GS5-4, 2010年9月2日, 熊本大学
- ③ 押田賢浩 : マイクロホン数削減による複数移動音源追尾の高速化, 電子情報通信学会応用音響研究会, EA2010-48, pp.31-36, 2010年8月9日, 東北大学
- ④ 嶋田守孝 : マイクロホン間隔の拡張による移動音源追尾の性能改善, 電子情報通信学会信号処理研究会, SIP2009-186, 2010年3月2日, 宮古島 ホテルブリーズベイマリーナ
- ⑤ 大和田昇 : 複数移動音源追尾のための初

期値設定手法の一検討, 電子情報通信学会信号処理研究会, SIP2009-26, pp.43-48, 2009年7月1日, 釧路市生涯学習センター

6. 研究組織

(1) 研究代表者

陶山 健仁 (SUYAMA KENJI)  
東京電機大学・工学部・准教授  
研究者番号 : 50303011

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし