

平成 22 年 6 月 3 日現在

研究種目：	若手研究（B）
研究期間：	2008～2009
課題番号：	20760266
研究課題名（和文）	音源・音環境の統合的モデリングによる雑音に頑健な音源方向推定に関する研究
研究課題名（英文）	Study on robust approach of estimating sound source direction with integrated model of both source and background noise under noisy environments
研究代表者	
	水町 光徳（MIZUMACHI MITSUNORI）
	九州工業大・大学院工学研究院・助教
研究者番号：	90380740

研究成果の概要（和文）：

多種多様の雑音や残響等の音響的外乱が存在する場合、高精度に音源方向を推定することは困難である。本研究では、劣悪な雑音環境下でも有効な音源方向推定法を確立するために、対象音源と音環境の空間・音響的な特徴を積極的に利用するために、それらの統合的なモデリングへ挑戦した。本研究では、音源方向推定結果の信頼度を推定する手法を発見し、それに基づいた音源・音環境の統合的モデリングに成功し、非定常雑音環境下での提案手法の有効性を確認した。

研究成果の概要（英文）：

It is difficult to estimate a direction of arrival (DOA) accurately, when a target sound source is surrounded by acoustic interferences such as a variety of noises and reverberation. In this study, integrated modeling of both the target source and background noises is proposed to achieve robust DOA estimation under noisy environments. The model relies on acoustic characteristics of the source and the background noise, and is unified based on confidence of each DOA estimate, which is also proposed in this study. Feasibility of the proposed method has been confirmed under non-stationary noisy environments.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野： 音情報処理

科研費の分科・細目： 電気電子工学・計測工学

キーワード： 音源方向推定、雑音耐性、音響・空間特徴量、信頼度推定

1. 研究開始当初の背景

音源方向推定に関する研究は、対象周波数が異なる電波の到来方向推定についての研究とともに、非常に長い歴史を有する。音源方向情報は、工学的にも有用であり、音源分離や音響センシングでの利用が期待されている。しかしながら、音は、広帯域信号であり、他の音源や背景雑音の影響により歪んで観測されるため、実環境において高精度で音源方向推定を実現することは困難である。

これまでに、音源方向推定の雑音耐性を向上させるために、様々な手法が提案されてきた。大きく分類すると、以下の3通りが代表的なアプローチである。

(1) 目的音源の特徴を利用する方法

(2) 雑音源の特徴を利用する方法

(3) 目的音源と雑音源の関係を利用する方法
研究代表者は、それぞれのアプローチで、雑音に頑健な音源方向推定に関する研究を行ってきた。

本研究では、それぞれのアプローチを統一的に扱うことにより、従来の個別モデリング手法では利用することのできなかつた情報を定量化し、それをを用いることによる音源方向推定の雑音耐性向上を期待した。

2. 研究の目的

研究代表者は、研究開始時において、音源の動特性モデルと背景雑音の静特性モデルをそれぞれ用いることにより、雑音環境下でも有効な音源方向推定が実現できることを確認していた。前者は時間・空間領域でのモデルであり、後者は周波数領域でのモデルである。しかしながら、音源と音環境に関する個別のモデルは、それぞれに制約条件が存在し、互いに双反する特徴をモデル化する可能性もある。従って、両モデルを併用する場合には注意が必要である。

そこで、本研究では、音源と音環境のモデルを直列接続するのではなく、統一化を試みる。統一的モデリングにより、モデル間の矛盾解消と、一長一短を有するそれぞれのモデルに対して相補的な補償を実現することを目標とする。時間・周波数・空間の3次元での統一的モデリングが成功すれば、従来の音源方向推定では用いられることのなかつた新たな情報を発見できる可能性がある。本研

究の目的は、雑音環境下で頑健に音源方向推定を実現することであるが、新たな空間・音響特徴量の探索も重要な研究課題である。

3. 研究の方法

本研究では、対象とする目的音源は単一であるが、移動（動特性）に関しては制約を設けない。一方、雑音については、様々な雑音源を想定するが、個々の雑音源を詳細にモデル化するのではなく、それらを総合に捉えて音環境と定義する。それらの音源から到来する音響信号は2つのマイクロホンで観測され、雑音により歪んだ音響・空間特徴量が得られる。本研究においては、この音響・空間特徴量の雑音耐性を向上させる。

本研究では、以下の3段階の検討により、音源・音環境の統一的モデリングを実現し、音響・空間特徴量の雑音耐性向上を目指す。

(1) 音源の動特性モデリングの汎化

音源は滑らかに移動すると仮定し、ランダムウォークモデルにより、音源方向の時間領域での連続性をモデル化した。例えば、音源と観測点との距離が大きく、観測点が固定されていれば、基本的な物体追跡問題として扱うことができる。しかし、音源と観測点の距離が近い場合、また観測点も時間とともに移動する場合、システムノイズに工夫が必要である。そこで、本研究ではシステムノイズの分散を可変とし、より現実的な音環境における音源方向推定について検討した。

(2) 音環境の周波数特徴モデリングの汎化

音環境が定常であれば、音源方向推定を行う前に、音環境の周波数特徴は簡単に推定できる。しかしながら、現実には、音環境は非定常である。そこで、本研究では、非定常な音環境のモデル化を実現するために、音源方向推定と音源分離を有機的に統合し、非定常な音環境のモデル化を試みた。

(3) 音源・音環境の統一的モデリング

前述のとおり、音源モデルは時間・空間領域で、音環境モデルは周波数領域で定義されているため、そのままでは統合することはできない。そこで、両モデルをつなぐためには、新たな特徴量が必要になる。本研究では、音源方向推定結果の信頼度に着目し、それに基づいて統一化の方略を見出す。まず、音源方

向推定結果の信頼を推定するための尺度を構成する必要がある。本研究では、音響・空間特徴量の歪みの程度を定量化し、音源方向推定の信頼度との関係を調査する。ここで、音響的外乱が存在しない理想音響環境下では、音響・空間特徴量は正規分布に従う。そこで、音響・空間特徴量の高次統計量に基づいた要約統計量により、理想的な音響・空間特徴量からの乖離を定量化する。これを音源方向推定結果の信頼度として利用する。次に、音源方向推定結果が信頼できる場合とそうではない場合では、モデリングの方法を変更する。汎用的な統一モデリングは極めて困難であるが、音源方向推定結果の信頼度に基づいて、状況に応じた適応的な統一モデリングは実現可能である。

4. 研究成果

本研究において、最も重要な研究成果は、音源方向推定値の信頼度推定に成功したことである。これにより、音源モデルと音環境モデルの統一化が実現できた。まず、音源方向推定に成功した場合（信頼度が高い場合）、空間領域でのモデリングを重視し、周波数領域の音環境モデルを空間フィルタリングにより更新する。一方、音源方向推定に失敗した場合（信頼度が低い場合）、空間フィルタリングは行わず、周波数領域でのモデル化を中心として音源・音環境の統一的モデリングを実現した。

非定常な雑音環境下において、提案手法の音源方向推定精度を検証した。目的信号は音声であり、雑音は実環境で収録された複数の環境音を簡易防音室内で再生したものである。想定した音環境は、短時間の観測においても、長時間の観測においても、時間・周波数領域において非定常な音環境である。性能評価実験の結果、音源方向推定の正確性と安定性の両面において、提案手法の有効性を確認した。

今後は、また新たな音響・空間特徴量を探索する。時間・周波数・空間の異次元空間には未知の情報が埋没していると期待でき、それを発見することにより、音情報処理の高度化を目指す。音源方向推定についても、新たな特徴量に基づいた更なる高精度化が期待できる。

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1件)

1. M. Mizumachi and K. Niyada,

“Robust Estimation of Sound Source Direction with Deterministic Background Noise and Stochastic Source Dynamics Models,” *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 査読有, Vol. 14, pp. 208-213, 2010.

[学会発表] (計9件)

1. M. Mizumachi,
“Adaptive direction-of-arrival estimation using microphone array,” *Proc. WESPAC X 2009*, Beijing, China, 2009年9月22日.

2. M. Mizumachi,
“Flexible beamforming for speech enhancement using stochastic spatial information,” *Proc. 16th International Congress on Sound and Vibration*, Krakow, Poland, 2009年7月8日.

3. M. Mizumachi,
“Adaptive direction-of-arrival estimation using microphone array,” *Proc. AES 126th Convention*, Munich, Germany, 2009年5月8日.

4. M. Mizumachi,
“Smart Noise Reduction Based on Reliability of Direction-of-arrival Estimate,” *Proc. NAG-DAGA International Conference on Acoustics*, Rotterdam, Netherlands, 2009年3月25日.

5. M. Mizumachi,
“Spatial and acoustic feature extraction in time-variant acoustic environments,” *Proc. 2009 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing*, Hawaii, USA, 2009年3月1日.

6. M. Mizumachi,
“Robust direction-of-arrival estimation by understanding global acoustic scene,” *Proc. 156th Meeting of the Acoustical Society of America*, Miami, USA, 2008年11月13日.

7. M. Mizumachi,
“Robust direction-of-arrival estimation by particle filtering with confidence measure based on effective sample size under noisy environments,” *Proc. Joint*

4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems, Nagoya, Japan, 2008年9月20日.

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称： 音響信号処理装置、音響信号処理方法、及びコンピュータプログラム

発明者： 水町光徳

権利者： 同上

種類： 特許

番号： 特願 2010-00238

出願年月日： 2010年1月4日

国内外の別： 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水町 光徳 (MIZUMACHI MITSUNORI)

九州工業大・工学研究院・助教

研究者番号： 90380740

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし