

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：57102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12763

研究課題名（和文）目的音と雑音の増減する環境下でのバリアフリー音声収録システムの開発

研究課題名（英文）Development of a barrier-free human speech recording system in environments with increased or decreased objective target sound and noise.

研究代表者

石橋 孝昭（Ishibashi, Takaaki）

有明工業高等専門学校・創造工学科・准教授

研究者番号：60455178

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：騒音のある環境においても、音声を聞き取りづらい障がい者や高齢者と一緒に会話できるように、他者の発話音声を含む複数の雑音が存在する環境での雑音除去機器の実用化を目指して研究を行った。本研究では、発話の開始や終了のある音声データを用いて、目的話者音声が存在する期間だけを信号処理して、目的音声抽出法と雑音の抑制法を提案できた。その後、短時間フレーム処理を行うことで、移動音源にも対応できるシステムを提案した。さらに、目的音よりも雑音のパワーが大きいときでも、雑音に埋もれた目的音声を抽出できる方法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

音声を聞き取りやすくするためのデバイスの開発により、音声を聞き取りづらい障がい者や高齢者と一緒に会話できるようになる。また、スマートフォンでの音声認識や、音声による電子機器の制御においても、目的音声の抽出技術を用いることで騒音環境下での利用が期待できる。このように音声を用いたデバイスの使用状況を考えると、発話される場所と収録されるマイクロフォンの距離は数メートルよりも近いことが多く、騒音レベルや残響時間は一般家庭の室内を想定されることが多いと考えられる。そのため、これらの条件に基づいて目的話者音声を抽出する本研究は、バリアフリーのための技術やIoTに利用できる技術である。

研究成果の概要（英文）：A study was conducted to develop a target speech extraction device in environments where speech sounds increase or decrease. We proposed a method of target speech extraction and noise reduction by signal processing only during the period when the target speaker speech is present. Our sound source separation system was proposed for moving sound sources by using short-time frame processing. Furthermore, we proposed a method for extracting the target speech when the power of the noise is higher than that of the target speech.

研究分野：信号処理

キーワード：音声信号処理 雑音除去 目的音抽出 信号分離

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本質的な信号である目的信号の強調や雑音の除去に関しては、フィルタ処理やマイクロホンアレー処理等が研究されている。これらの方法では、目的信号と雑音の双方の特徴や到来方向などの先験情報が必要である。そこで、目的信号と、目的信号に雑音が混合される過程を未知として、混合前の原信号を推定する研究が進められている。このように、混合信号のみを用いて原信号を復元する手法をブラインド信号分離という。

未知の原信号を推定するためのブラインド信号分離の研究は、世界中で進められている。本研究代表者も、ブラインド信号分離に対して、伝達関数のゲイン比や位相差を推定して音源の復元法を提案した。このブラインド信号分離では、音源の情報が未知であるため、音源数も分からない問題がある。従来では、この問題は無視して、マイクロホン数と同じ数の音源があると仮定されて解かれることもある。また、スパースコーディングを用いて、音源数も未知の条件下で信号分離をする研究も進められている。

この問題に対して、通常実施される音の時間信号解析や周波数解析だけでなく、分布の解析を進めている。音声信号を用いたとき、話者音声や突発音は振幅が0になる区間が多く存在するため、音源数と同じ数の直線成分が見えることを確認している。この分布に着目して、分布を処理することで、目的音声の強調と雑音の抑制が可能であり、信号分離の新たなアルゴリズムの開発が重要であると考えられた。

### 2. 研究の目的

騒音環境下でも音の聞こえづらいつと感じる人と一緒に会話できるようにするため、他者の発話音声を含む複数の雑音が存在する環境での雑音除去機器の実用化を目指す。本研究で想定する雑音環境は、雑音の開始や終了、パワーの変化、音源位置の移動があるような、一般的な室内での動的な音環境である。このような通常的环境であっても、会話相手以外の音が気になる者や、相手の声が聞こえづらい者がいることは周知の事実である。そのため、特定の音声だけを強調し、それ以外の音を削除する必要がある。

これまでの雑音除去技術では、目的音や雑音の特性が変化しない環境の下で実装されている。その具体例として、エンジン音の様なホワイトノイズなどの定常雑音を削除できるノイズキャンセリングヘッドフォンや、目的音の方向に指向性向けのマイクロホンなどは市販されている。それに対して、人の声のような非定常な信号が雑音となるときは、ブラインド信号分離と呼ばれる処理が多くの研究者によって研究されている。多くの研究者によって、音源分離はマイクロホンの指向性の作成と等価といわれており、音の環境が変化しない条件で理論展開されることで、非常に精度の高い分離結果を得ている。このように、音源の増減や移動の無い条件下で目的音源分離する手法が多い。

本研究では、音環境の変動検出と音源数の推定、伝達関数の相対的な関係に基づく目的音声の選択の手法を考案する。目的音声と異なる方向に存在する雑音の抑制に加えて、目的音声と同じ方向の後方に存在する雑音も抑制する方法を検討する。また、分布の特徴を検出することで、音の環境が変化しても変化しなくても雑音の除去ができる手法を提案する。音環境の変動などを解析後、独自に開発しているリアルタイム雑音除去システムを適用して、目的音声を追従して強調できる補聴器のような音声収録システムの実現を目指す。

### 3. 研究の方法

本システムのアイデアは、2つのマイクロホンで観測された信号から結合分布を作成して、結合分布の信号を処理することである。結合分布は、オシロスコープのリサージュ波形のように、時間軸を無視して、2つの信号の振幅を座標軸としたグラフである。音声信号を用いたとき、話者音声や突発音は振幅が0になる区間が存在するため、音源数と同じ数の直線成分が見えることを確認している。したがって、この分布の情報を利用することで、直線成分検出で音環境の変動や音源数の推定が可能になる。それと共に、目的音声の伝達関数比を推定して、2本のマイクロホンを用いて目的音声方向のマイクロホンに近い音声だけを収録し、周囲の雑音を抑制する。この理論は2本のマイクロホンで観測された音圧比に基づいて、マイクロホンと音源の位置関係に依存して音圧比が決まることを利用している。結合分布に雑音抑制関数を目的音声方向に向けて掛け合わせることで周囲の雑音を抑制する。このことは、空間に狭い範囲の指向性を作成して目的音を抽出できることと等価である。また、この指向性は従来のマイクロホンアレー処理と異なり、複数の方向に指向性を形成できる特徴を持つ。そのため、目的音声は複数の話者の会話であるときに、話者ごとにマイクを配置する必要がなく、雑音抑制された複数話者の会話音声も抽出できる。

#### 4 . 研究成果

本研究では、目的信号が雑音に埋もれた環境でも使用できる話者音声の抽出法を提案した。提案法は、観測信号の結合分布を作成して、相関係数から目的音声が存在する区間を検出している。また、結合分布の回転に基づいて雑音を除去する手法を提案した。このとき、目的音が騒音に埋もれているような雑音のパワーが非常に大きい環境下でも、観測信号の分布の情報に基づいて、雑音を除去できるように改良した。観測信号を短時間フレームで区切って処理することで、短い時間間隔の信号を処理できるようになり、音源位置が変動したときにも、発話区間を推定できて雑音を除去している。さらに、雑音のみが存在しているときの分布の角度を用いて回転させることで目的音を抽出している。さらに、結合分布を信号処理することで、マイクロホンの正面から聞こえてくる音声のみを残して周囲の音声を除去することに成功した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 T. Ishibashi and K. Eguchi	4. 巻 Vol. 13, No. 5
2. 論文標題 Speech estimation method without sign indetermination based on blind source separation using rotation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters, Part B: Applications	6. 最初と最後の頁 471-478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicelb.13.05.471	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Ishibashi, T. Shimoda and K. Eguchi	4. 巻 Vol. 14, No. 3
2. 論文標題 Voice Activity Detection Based on Correlation of Joint Distribution of Observed Mixture Signals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters, Part B: Applications	6. 最初と最後の頁 323-330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicelb.14.03.323	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Ishibashi and K. Eguchi	4. 巻 12
2. 論文標題 Blind source separation based on estimation for the number of sources and target speech selection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters, Part B: Applications	6. 最初と最後の頁 435-442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicelb.12.05.435	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Ishibashi and K. Eguchi	4. 巻 12
2. 論文標題 Blind source separation for human speeches based on orthogonalization of joint distribution of observed mixture signals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters, Part B: Applications	6. 最初と最後の頁 443-451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicelb.12.05.443	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 T. Shimoda, K. Eguchi and T. Ishibashi
2. 発表標題 Voice Activity Detection Using Correlation of Distribution of Observed Signals
3. 学会等名 16th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下田匠海, 石橋孝昭
2. 発表標題 強雑音環境における発話区間の推定
3. 学会等名 第30回電子情報通信学会九州支部学生会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Ishibashi and K. Eguchi
2. 発表標題 Speech Estimation Method without Sign Indetermination Based on Blind Source Separation Using Rotation
3. 学会等名 15th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Kai, K. Kiyota, K. Eguchi and T. Ishibashi
2. 発表標題 Multiple Sound Source Separation Method Using Three Microphones
3. 学会等名 10th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------