

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：82505

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2022

課題番号：20K23357

研究課題名（和文）声帯音源情報を取り入れた位相補正に基づく話者推定法の開発 - 法科学応用へ向けて -

研究課題名（英文）Development of a Speaker Verification Method Based on Phase Corrected by Vocal Source Information - Toward Forensic Science Application

研究代表者

岡田 昌大 (Okada, Masahiro)

科学警察研究所・法科学第四部・研究員

研究者番号：80874502

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、音声と声帯音源の組み合わせによる位相補正を利用して、位相の情報に基づく話者推定法を開発した。まず、目視での観察による話者識別を目指し、音声と声帯音源の実データから声道フィルタの位相特性を可視化した。可視化の結果、位相特性は同一話者の同一発話文においては一貫性があり、同一発話文でも異なる話者では異なる特徴を示した。次に、定量的な評価を行うために、可視化された位相の情報を集約した平均位相スペクトルを考案し、これを用いた話者識別実験を行った。実験の結果、話者識別の正解率は識別の閾値によらず高い値を示した。したがって、位相の情報に基づく話者識別は有効であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

特殊詐欺などの音声に関連する犯罪では証拠として残る録音は短く、犯人と思しき話者を推定するには手がかりが少ない。そのような情報が乏しい状況にもかかわらず、通常分析法では音声に含まれる振幅のみが使用され、位相は用いられない。本研究は位相の話者識別能力を検証するものであり、それが示された今、位相利用が促進され、犯罪捜査へ貢献できるものと考えられる。また、学術的には、これまで着目されてこなかった位相への注目度が高まることが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a speaker estimation method based on phase corrected with the combination of speech and glottal sources. For speaker verification by visual observation, the phase characteristics of the vocal tract filter were visualized from real data of speech and glottal sources. As a result, the visualized phase characteristics were consistent for the same speaker in the same-sentence utterance and were different for different speakers despite the same-sentence utterance. Furthermore, for quantitative evaluation, we devised an average phase spectra that aggregated the visualized phase information and conducted a speaker verification experiment using the spectra. The experimental results showed that the accuracy for speaker verification was high regardless of the verification threshold. Therefore, it was clarified that speaker verification based on phase information was effective.

研究分野：音声情報処理

キーワード：位相補正 Electroglossography 声道フィルタの位相特性 話者性・個人性 発話スタイル 角度統計 平均位相スペクトル

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

特殊詐欺などの音声に関連する犯罪では証拠として残る録音は短く、犯人と思しき話者を推定するには手がかりが少ない。そのような情報が乏しい状況にもかかわらず、通常分析法では音声に含まれる振幅のみが使用され、位相は用いられない。これは、振幅が時刻の変化にロバストで扱いやすいのに対し、位相の値は時刻とともに激しく変化するために解析が難しいことが主な理由である。しかし近年、位相の急激な変化を緩和する補正法が提案され（Yatabe et al., *Acoust. Sci. & Tech*, 2019）、この技術を用いて音声の位相を活用できる状況が生まれた。

捜査段階で被疑者から協力を得て発話サンプルを得る状況では、健康診断で血液や尿などの様々な資料を採取するように、音声以外にも資料を採取することが可能である。ここで、上記の位相補正法と照らし合わせて考えると、**Electroglottography** により計測できる声帯音源波形が音声の位相を補正できる性質を備えていることがわかるため、追加で計測する第一候補として挙げられる。同時に、声帯音源波形は声道への入出力の関係として音声と対になっているため、補正によって得られた位相は、話者の声道の解剖学的特徴を反映する「声道フィルタの位相特性」として解釈できる。したがって、補正により得られた位相は話者推定に利用できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、音声と同時に声帯音源波形を収録し、音声と声帯音源の組み合わせによる位相補正に着目した話者推定法を開発する。「1. 研究開始当初の背景」の冒頭で示したような、短い録音音声だけが記録される状況とは異なるが、本研究によって位相が話者推定へ有効であり、犯罪捜査の手がかりとなり得ることを示す。

3. 研究の方法

上記目的を達成するため、本研究は次に示す手順で実施された。

(1) 声道フィルタの位相特性の可視化

最初に、位相補正による声道フィルタの位相特性の可視化を試み、可視化を実現するための信号処理について検討した。声道フィルタの位相特性は話者の声道の解剖学的特徴を反映するため、可視化された位相を目視で観察するだけでも話者による差異を検出できる可能性がある。先行研究で報告されている位相補正法を音声と声帯音源波形のデータ対に適用できるような理論体系を整理し、実際のデータを使って可視化を行った。

(2) 平均位相スペクトルの考案

目視による観察に加えて、定量的な評価も行えるよう、声道フィルタの位相特性の数値的処理法を開発した。位相は 2π の周期性を持つため、通常我々が利用している実数の処理法では扱いが難しいが、角度統計の概念を利用することでこれを克服した。角度統計の代表的な量である角度平均の計算方法を適用し、平均位相スペクトルを考案した。

(3) データ計測及び平均位相スペクトルによる話者識別実験

上記(2)で考案した平均位相スペクトルを使用して話者識別実験を行った。そのために、音声と声帯音源波形の対データの収録実験を実施した。得られたデータから平均位相スペクトルを計算した後、その類似性を相関係数で得点化し、得点をもとに話者識別を行った。

4. 研究成果

(1) 声道フィルタの位相特性の可視化

整理した理論をもとに、データベース「**MULTEXT-J**」に収録される実データを可視化した結果、観察可能な可視化が実現され、本手法は音声の新たな可視化法として有効であることを示すことができた。また、可視化対象の音声の基本周波数の低さが要因となり、男性の音声の方が女性の音声よりも見やすい可視化結果になることがわかった。

同様に、データベース「**ACCOR-English**」を用いた可視化も行った。このデータベースには同一話者・同一発話文の音声データが複数回分収録されているため、異なる話者のデータ間の差異だけでなく、同一話者のデータ間の共通性・一貫性も調べることができる。可視化の結果、位相特性は同一話者の同一発話文においては一貫性があり、同一発話文でも異なる話者では異なる特徴を示すことがわかった（図1、例えば白点線枠内）。したがって、可視化された位相特性は話者を識別できる能力を有していることが明らかとなった。

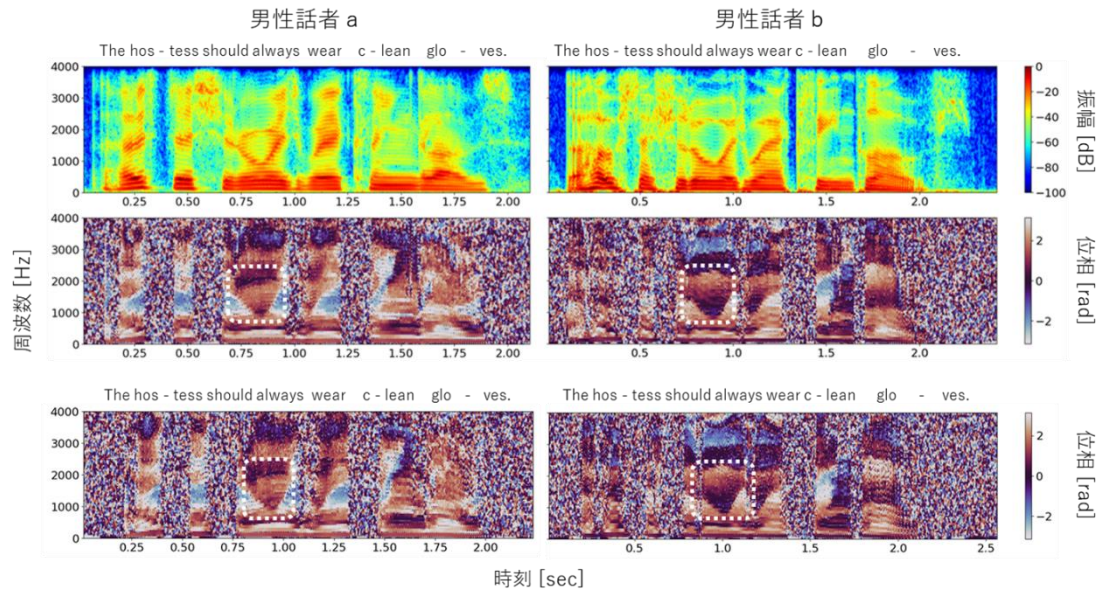


図1 男性話者2名の音声の振幅スペクトログラム（上段）と可視化した声道フィルタの位相特性（中段，下段）。各話者は各列と対応している。上段と中段は同じ音声データから得られた振幅スペクトログラムと位相特性であり、下段は別の音声データを使って計算された位相特性である。中段と下段の各図内に記載した白点線枠は、話者の特徴が現れた箇所の一例を示している。また、発話文は「The hostess should always wear clean gloves.」であり、その発話のおおよそのタイミングを上段と下段のそれぞれの図の直上に記載している。

(2) 平均位相スペクトルの考案

数値的処理法を開発するために、母音発話時の位相特性の統計的性質を評価することとした。まず、データベース「MULTEXT-J」の連続発話音声から日本語5母音の発話区間を抽出・収集し、周波数1000Hz、2000Hz及び3000Hzの3つにおいて、各母音発話時の位相特性が取り得る値の出現頻度を調べた。その結果、3つの周波数における位相特性の値の分布は単峰性となったため、分布を平均値で代表させることとした。そして、角度統計の平均計算により、母音ごとに平均位相スペクトルを算出した。ところで、MULTEXT-Jには、ある発話文を朗読した音声と、同じ発話文を登場する役柄になりきって発話した音声（模擬自発音声）の2種類が収録されている。そこで、2種類の発話スタイルが収録されていることを利用し、平均位相スペクトルと発話スタイルとの関連を調べた。その結果、平均位相スペクトルが2つの発話スタイル間で類似する場合がしばしばみられた（図2）。したがって、平均位相スペクトルは発話スタイルが異なっても変化せず、発話スタイルに依らない話者性のような情報を有している可能性が示唆された。

(3) データ計測及び平均位相スペクトルによる話者識別実験

考案した平均位相スペクトルを使用して話者識別実験を行うため、日本人男性5名から、音声と声帯音源波形の対データを収集した。そして、計算した平均位相スペクトルでペアを作成し、ペア間の類似性を相関係数によって得点化した。最後に、得点値が閾値を超えるか超えないかでペアが同一人か別人かを判定し、その正解率を算出した。比較のために、通常の音声分析でよく用いられるパワースペクトルを平均したもの（平均パワースペクトル）でも同じ手順で実験を行った。実験の結果、平均位相スペクトル使用時の正解率は、平均パワースペクトル使用時の正解率に比べて、高い値を示しながらも閾値の設定に影響を受けにくいことが明らかとなった。このことは、平均位相スペクトル使用時には同一人ペアはより高く、別人ペアはより低く得点化され、その差が開いたことを示す。したがって、平均位相スペクトルはより正確に話者を識別したと言える。

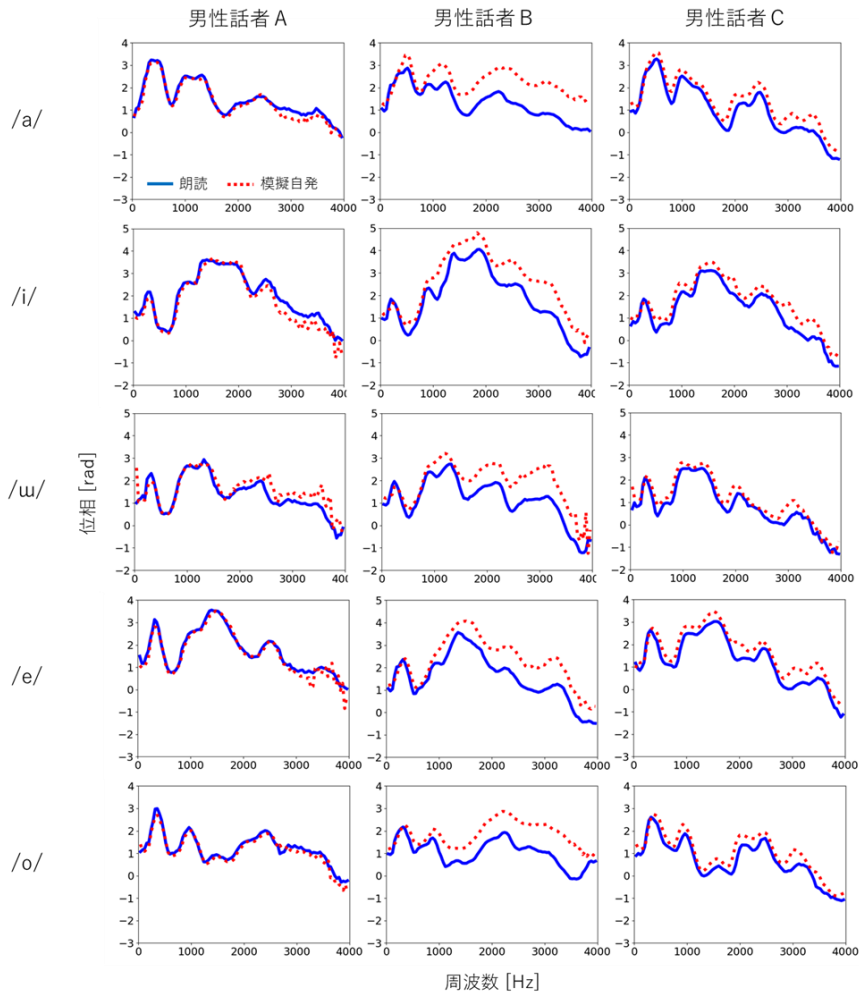


図2 男性話者3名の日本語5母音の平均位相スペクトル。各話者は各列と、各母音は各行と対応している。また、各図内の青実線は朗読時の音声を、赤点線は模擬自発音声を示す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Okada Masahiro	4. 巻 42
2. 論文標題 Visualization of phase characteristics of a vocal tract using phase-conversion method with electroglottograph signals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acoustical Science and Technology	6. 最初と最後の頁 150 ~ 153
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1250/ast.42.150	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	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 0件）

1. 発表者名 岡田昌大, 網野加苗, 蒔苗久則, 鎌田敏明, 長内隆
2. 発表標題 話者識別における音声の位相の利用可能性についての検討
3. 学会等名 日本法科学技術学会第27回学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長内隆, 網野加苗, 蒔苗久則, 岡田昌大, 鎌田敏明
2. 発表標題 単語発話比較による合成音声識別
3. 学会等名 日本法科学技術学会第27回学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田昌大, 網野加苗, 蒔苗久則, 鎌田敏明, 長内隆
2. 発表標題 音声の位相における同一話者での一貫性についての予備的検討
3. 学会等名 日本法科学技術学会第28回学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長内隆, 岡田昌大, 網野加苗, 蒔苗久則, 鎌田敏明
2. 発表標題 伝送系の違いが周波数スペクトルに与える影響について
3. 学会等名 日本法科学技術学会第28回学術集会
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
研究協力者	長内 隆 (Osanai Takashi)		
研究協力者	鎌田 敏明 (Kamada Toshiaki)		
研究協力者	蒔苗 久則 (Makinae Hisanori)		
研究協力者	網野 加苗 (Amino Kanae)		
研究協力者	伊藤 浩史 (Ito Hiroshi)		

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
---------	---------