

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06464

研究課題名(和文) マッピングを活用した計測推定制御支援システム創出に関する研究

研究課題名(英文) Study on the creation of measurement, estimation and control support systems based on mapping

研究代表者

緒方 公一 (Ogata, Kohichi)

熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・准教授

研究者番号：10264277

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、マッピングを活用した計測推定制御支援システムの創出を目的とするものである。声道音響管マッピングインタフェースを用いた声道形状逆推定では、母音および連続母音を対象とした逆推定の精度が高いことが他計測結果との比較などから明らかとなった。子音を含む音声についても、母音子音部の過渡領域の声道形状逆推定の有効性を確認した。その他、高倍率ズーム対応のネットワークカメラを融合したAugmented Reality環境の構築と遠距離マーカ利用の実現、Virtual Reality環境でのコントローラーとしての視線インタフェース開発など、マッピングを介した検出・距離推定、制御の実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

母音、連続母音、母音子音の過渡状態における声道形状を、音声情報(ホルマント)から逆推定できる手法の実現により、直接的な計測を必要とせずに発話状態の把握が可能となった。ARToolKitとネットワークカメラを用いた遠隔利用ARシステムの開発実現により、従来は机上等の近距離での利用が主であった技術を、屋外の遠距離での利用を可能にしたことで、鳥獣などの侵入の検知や、対象物の接近の検知、災害現場への活用などへの応用へと結びつくシステム基盤を創出できた。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is the creation of measurement, estimation and control support systems based on mapping. In the estimation of vocal tract shapes using a vocal-tract mapping interface, it is revealed that a high estimation accuracy can be obtained for vowels and their sequences from a comparison with other measuring methods. Moreover, the usefulness of the estimation method was also shown for the transition part of vowel-consonant (VC) sequences. A long-distance marker detection system for Augmented Reality environment has been developed by integrating ARToolKit and a network camera having a high magnification zoom function. An eye-gaze interface system as a controller for Virtual Reality environment has also been developed. Thus, effective measurement, estimation and control support systems based on mapping have been created.

研究分野：工学

キーワード：計測 信号処理 計測制御支援 音声 声道 逆推定 Augmented Reality

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

国内外での生体信号やロボット関連の研究などに見られるように、生体信号の計測とその応用研究が活発化している。生体関連信号に基づく可視化や信号を活用して効率的にモノを意図通りに動かす技術の創出は健常者、高齢者や障害者の自立支援などの QoL 向上に有効な手段となる。また、最近、拡張現実 AR(Augmented Reality)の技術が、製造の現場の組み立て支援に利用されるなど、実生活への浸透の機運も高まっている。今後、仮想と現実との融合はますます進展し、推定に基づく可視化や、現実環境での望ましい制御結果を得るための、簡易で効果的な操作を可能とする仮想的コントローラの創成などの重要性が高まると予想される。上記のような技術の構築を目指して、本研究では「マッピング」をキーワードに計測推定制御支援に関する研究に取り組んだ。

2. 研究の目的

本研究は、先に開発した声道音響管マッピングインタフェースが、多次元のパラメータを効率的に制御したり、音声信号から声道形状を逆推定できたりする特長を発想の原点として、その深化と共に、マップに基づく効率的なモノの制御、計測できる出力信号からの原因としての入力信号(状態)の推定などへの応用を目指すものである。すなわち、マッピングを活用した計測推定制御支援システムの創出を目的とするものである。

3. 研究の方法

ここでは、取り組みのいくつかについて、研究方法の概要を述べる。

(1)声道音響管マッピングインタフェースでは、逆推定の結果について、他の研究で報告されている MRI を用いた発話中の声道形状計測データとの比較やビデオデータとの比較を実施し、声道断面積の値や、結果の相関などの点から検討する。また、逆推定結果を、インタフェースウィンドウ上の 2 次元マップとして逆推定時系列データを表現した際の軌跡パターンや、連動した声道形状可視化により評価する。

(2)拡張現実 AR(Augmented Reality)環境の構築では、マーカが比較的近距离で利用されることから USB カメラが一般的に用いられるが、今後の作業現場や屋外の利用を考えた場合、カメラとマーカ間が遠距離となる場合でも対応できるシステムが必要となる。遠距離の撮影が可能なカメラとしてパンチルトズーム機能が利用できるネットワークカメラの活用を検討する。

(3)視線を利用した制御システムは、ユーザの直感性が高く QoL の向上に有益と考えられる。Google Street View のような Virtual Reality 空間のコントローラとしての活用を検討するため、視線の動きの差分データをマウスの動きに連動させるカメラシステムを開発する。

4. 研究成果

本研究の成果のうち主要なものの概要を以下に述べる。

(1) 声道音響管マッピングによる声道形状逆推定

音声のホルマント情報と声道形状の関係を表現した声道音響管マッピングインタフェースを発展改良し、母音、連続母音に対する声道形状逆推定結果の妥当性について評価した。得られた逆推定結果は、他の研究で報告の MRI の計測による声道形状データの傾向と整合性が高いこと、音声からの逆推定結果は、口唇部のビデオ画像による断面積の時間変化傾向と高い相関を持つことが明らかとなった。これらを踏まえた複数の被験者の声道形状逆推定では、被験者ごとの発話動作の類似性や相違が捉えられることがわかった。

これらの成果から、ホルマント情報と声道形状のマッピングに基づく逆推定手法が、汎用性を持つ可能性が示唆されるため、子音を含んだ音声についても、母音子音の過渡部分の逆推定を試み、その傾向や特徴を調べた。有声無声の子音の違いや、後続の母音環境の違いにより軌跡が異なり、語頭母音から子音へ向けて調音運動が移行する際に、その子音に後続する母音の影響が既に表れていることを示唆する結果などが得られている。図 1 に、/abV/ (V = a, i, u, e, o) の検査語について /ab/ の過渡部分における逆推定結果をインタフェースウィンドウ上の 2 次元マップとして軌跡表示したものを示す。子音/b/の調音の前から軌跡パターンの分離が見られ、後続母音/V/の影響が現れていることを明瞭に示す結果となっている。これらは、音声生成における軌道計画の特性を反映したものと考えられ、このように、本来多次元のパラメータをマップ上で表現

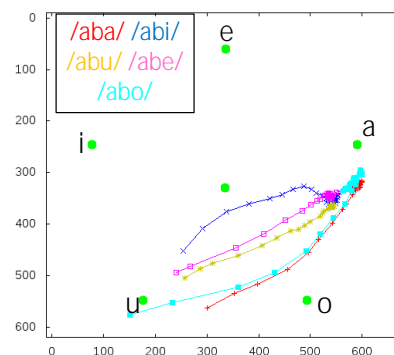


図 1 /abV/ (V = a, i, u, e, o) の検査語の /ab/ の過渡部分における逆推定結果の軌跡(右上から左下に推移)表示

子音/b/の生成直前までの軌跡を示すが、既に後続母音の影響を受けている様子が観察される

できる効用の一端が確認できた。本研究で開発したシステムは、ホルマントなどの音声現象と、それを生成する元となった声道の振る舞いを結びつける現象把握ツールとして機能する。

これらの他、基盤となる音声合成システムのパラメータの設定が容易となるシステム開発なども実施し、関連するパラメータを容易に設定、また変更する枠組みの基盤を実現している。また、子音/g/の発話に向けた調音動作について推定された声道形状では、舌背部分に相当する位置に声道断面積の減少が観察され、先行研究での結果に合致することが確認されている。すなわち、マッピングインタフェースが理にかなった推定結果を出力し、口腔内の形状把握支援に有効であることが確認されている。今後さらに、その有用性を発話評価診断や発話ロボットなどに応用していく予定である。

(2) ARToolKit とネットワークカメラを用いた遠距離利用 AR システムの開発

AR で使用される ARToolKit では、机上等の近距離での利用を想定しており、通常 USB カメラが使用される。予備実験では、USB カメラと標準的なマーカサイズ (75mm) の環境下において、認識可能なカメラとマーカ間距離は約 4 m となることを確認している。

ARToolKit の機能を活用しながら、より遠距離でのマーカ利用が可能となる方法として、ズーム機能などが利用可能なネットワークカメラを導入して解決を図った。ARToolKit では通常 USB カメラの接続が想定されているためネットワークカメラを直接接続することは困難であった。そのため、仮想 USB カメラソフトウェアを導入し、ネットワークカメラからの映像を仮想 USB カメラの映像として認識させることで、映像取得を可能にした。また、ネットワークカメラのズーム等のコントロールは、perl などのスクリプト言語で行う形態とした。図 2 に、遠距離での実験の様子を示す。この映像は、マーカ検出手法の最適化前のものであるため、マーカの位置と表示されたアバターの位置 (マーカの右下の緑) にズレが見られるが、遠距離であってもマーカの検出が可能となっている。今回は約 90m 遠方であってもマーカの認識が可能となっており、マーカサイズやズーム倍率の増加と共に、さらに遠距離の利用も可能となる。

上記の成果を基盤として、マーカ追跡機能の実現や、マーカによる空間マッピングとズーム倍率の制御によるゾーニングの実現などを達成した。これにより、従来は机上等の近距離での利用が主であった技術を、屋外の遠距離での利用を可能にしたことで、鳥獣などの侵入の検知や、対象物の移動や接近を知らせるような用途、災害現場への活用などの今後の応用展開に結びつく成果が得られており、継続して応用システムの開発を進めている。



図 2 遠距離マーカの検出実験

(3) 視線情報のマッピングによる視線制御システム開発

視線の動きにより Google Street View の Virtual Reality 空間の視点制御を可能とするプロトタイプシステムを開発した。視線の変化量に連動した制御信号に基づいて VR 空間中の視点制御が行える方式とすることで、直感的な操作 (動き) が可能なシステムを開発した。Virtual Reality アプリケーション側と新規開発した視線検出カメラはソケット通信で接続する形態とし、OS の違い等によらない汎用性を考慮したシステムが開発できた。被験者による実験では、VR 空間中の移動が視線の動きで比較的スムーズに実行できることが明らかとなった。今後、機能の充実などの課題が残っている。

上記で述べた成果は、マップに基づいて、状態の推定、空間中における対象物体の検出や計測、生体信号を利用した制御、などを可能とするものであり、非接触や遠隔技術にも転用可能と考えられ、今後もこれらの成果を基盤とした応用展開を進めていく。

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 Kohichi Ogata, Tayuto Kodama, Tomohiro Hayakawa, and Riku Aoki	4. 巻 145
2. 論文標題 Inverse estimation of the vocal tract shape based on a vocal tract mapping interface	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of the Acoustical Society of America	6. 最初と最後の頁 1961-1974
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1121/1.5095409	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 Kohichi Ogata and Takayuki Tanaka	4. 巻 -
2. 論文標題 Inverse estimation of the vocal tract shape from speech sounds including consonants using a vocal tract mapping interface	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics (ICA 2019)	6. 最初と最後の頁 6887-6894
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 H. F. Putra and K. Ogata	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of eye-gaze interface system and its application to Virtual Reality controller	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 2018 International Conference on Computer Engineering, Network and Intelligent Multimedia (CENIM)	6. 最初と最後の頁 6pages
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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15件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山本 健人, 緒方公一
2. 発表標題 マッピングインタフェースによる声道形状逆推定 - 声道形状可視化ツールの作成と考察 -
3. 学会等名 日本音響学会 2019年秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中谷俊輔, 緒方公一
2. 発表標題 ARToolKitとネットワークカメラを用いた遠隔利用ARシステムの開発とマーカ追跡機能に関する検討
3. 学会等名 2019年度電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 緒方公一, 山本健人, 伊東麻沙美
2. 発表標題 声道形状逆推定に基づく調音運動特徴の解析
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中貴之, 緒方公一
2. 発表標題 マッピングインタフェースを用いた子音を含む音声からの声道形状逆推定 - マップ上の推定軌跡と声道形状の考察 -
3. 学会等名 日本音響学会2018年秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中谷俊輔, 緒方公一
2. 発表標題 ARToolKit とネットワークカメラを用いたAR 環境の構築と高倍率ズーム活用のための基礎検討
3. 学会等名 FIT2018 第17回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中滉己, 緒方公一
2. 発表標題 OpenCV を用いた複数のアルゴリズムによる頑健な物体追跡システムについての検討
3. 学会等名 平成30年度電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木 陸, 緒方公一
2. 発表標題 声道音響管マッピングインタフェースの改良と逆推定された英語母音声道形状の検討
3. 学会等名 平成29年度電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 緒方公一, 田中貴之
2. 発表標題 マッピングインタフェースによる声道形状逆推定 -子音を含む音声におけるマップ上推定軌跡の考察-
3. 学会等名 日本音響学会 2017年秋季研究発表会
4. 発表年 2017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