

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2019

課題番号：15K00245

研究課題名（和文）音響的クラスタリングによる骨伝導音の明瞭性改善に関する研究

研究課題名（英文）Study of sound quality improvement for body-conducted speech with acoustic clustering

研究代表者

中山 仁史（Nakayama, Masashi）

広島市立大学・情報科学研究科・講師

研究者番号：20508163

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）：骨伝導音と音声を収録したデータベースより音響的な類似を求め、発声語彙や調音方法に注目した音響的クラスタリングによる音質改善の実現を目標とした。しかしながら、発声語彙や調音方法よりも振動ピックアップの接触条件などがクリティカルに影響を与えることを確認した。そこで、加速度ピックアップの接触条件が影響しない計測法として三次元変位計測に注目し、皮膚伝導から音声及び骨伝導音の関係性を確認することにした。三次元変位計測により新たに皮膚伝導が計測でき、日本語母音発声時の皮膚振動方向に偏りから音響的クラスタリングの可能性を確認したといえる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートフォンにおける音声検索や講義要約など音声インターフェースによる様々なタスクやドキュメント処理が広く普及してきた。しかしながら、音声は気導雑音の影響を受けやすいことから雑音に頑健な音声入力が必要とされている。骨伝導音は皮膚伝導であるため気導雑音の影響を受けにくい性質があるため、雑音環境下での音声採取法として有用である。一方で、2kHz以上における周波数成分の減衰が著しいため、骨伝導音の伝搬解明や音質改善が求められている。本研究では骨伝導音の伝搬解明と音質改善に資する基礎研究として位置付けられ、その学術的また社会的意義が大きいものであるといえる。

研究成果の概要（英文）：The acoustic similarity was obtained from a database containing body-conducted speech and airborne speech, and the research goal was to achieve improvement for sound quality of body-conducted speech by acoustic clustering focusing on vocabulary and articulation methods. However, it was confirmed that contact conditions between pickup and skin influence criticality of sound rather than spoken vocabulary and articulation method. Therefore, we focused on three-dimensional displacement measurement which has less affected by the contact condition between the pickup and skin, and confirmed the relationship between speech and body-conducted speech from skin conduction. It can be said that the possibility of acoustic clustering was confirmed from the bias of skin vibration when Japanese vowels were uttered, because skin-conduction could be measured by three-dimensional displacement measurement.

研究分野：音声信号処理

キーワード：骨伝導音 体内伝導音 音声 皮膚伝導 三次元変位計測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

スマートフォンの普及とともに音声認識を用いた文字入力、情報検索またドキュメント処理などが実用レベルとなってきた。これとともに、周囲が騒がしい環境でも頑健に動作する音声インタフェースの必要性が高まってきた。気導雑音が重畳した雑音化音声から不要な雑音を取り除く技術によって、音声は雑音よりも大きい高 SNR 環境下であれば十分に動作することができる。一方で、音声は雑音よりも小さい低 SNR 環境下では誤認識が多く生じるようになる。そのため、音声操作にともなうストレスが高まるため、雑音に頑健な音声入力が求められている。その一つとして、気導雑音の影響を受けにくい骨伝導に注目したインタフェースが提案されている。骨伝導を用いることで、20dB SNR の環境下でも頑健に音声入力を実現できるが、2kHz 以上の高周波成分の減衰が著しいため音質改善の必要がある。これまで、研究代表者らは骨伝導の明瞭化に関する研究を行ってきた。しかしながら、骨伝導は骨や筋肉など様々な組織からなる伝搬路の複雑さより骨伝導音の伝達関数が難しいという現状がある。このことから、骨伝導の伝搬メカニズムや音声と骨伝導にはどのような関係性があるかを明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

これまで述べてきたように、音声及び骨伝導がどのように伝搬経路したかを明らかにすることは難しい。しかしながら、音声をマイクロフォン、骨伝導を加速度ピックアップで採取した音響信号としてとらえた場合、電気信号における周波数特性として差を明らかにすることに意義がある。なぜなら、音声及び骨伝導の周波数差を明らかにすることで、骨伝導から音声に近い周波数特性を有する信号へと音質改善が期待できるからである。このような方法が実現できれば、雑音環境下でも音声に近い信号を得ることができる。

ヒトが発声する際、単語や語彙によって口唇の開閉や舌位が変化し、調音方法が時々刻々と変化する。そのため、口腔内における調音位置が変化することで、骨伝導の振動伝搬路が異なることが推察できる。よって、調音位置や方法には音響的に類似性が高いものが存在し、これらをクラスタリングして得られた知見を音質改善へと基礎することを目的とする。

3. 研究の方法

骨伝導では母音と子音では共鳴周波数を有する母音の方が強い信号を得ることができる。そこで、調音位置の違いを解明するために日本語母音を対象に音声及び骨伝導を収録する。そして、調音位置が異なる母音における各信号強度の特徴を確認し、母音ごとに音響的クラスタリングの可能性を確認する。そして、得られた成果をもとにして骨伝導音から音声へと変換するような音質改善をおこなう。

4. 研究成果

日本語母音を発声した際の音声及び骨伝導の各信号を収録し、周波数ごとの強度差を確認した。マイクロフォンは条件を固定することが可能であったが、加速度ピックアップは接触位置や接触強度などトライアルごとに固定することができなかった。そのため、発声母音の違い以上に加速度ピックアップと皮膚との接触条件による信号強度に大きく影響を与えた。これを解決するために、テープやバンドなどで加速度ピックアップと皮膚を固定することもできるが、押さえつけ圧を一定にすることが困難であった。

このような中、骨伝導と同様に皮膚を伝搬する皮膚振動として計測することで、加速度ピックアップと皮膚との間に生じる問題を回避する着想にいたった。これまで、走査型レーザドップラー計による皮膚振動の解析に関する研究が行われていた。しかし、レーザを垂直に照射してその反射光を計測することを鑑みると、三次元形状であることや周波数帯域が低いなどの問題を有していた。そこで、先端材料の強度計算やモード解析で用いられていた三次元変位計測による皮膚振動解析の着想に至った。先の検討と同様に、音声、骨伝導及び皮膚振動を対象に周波数解析をしたところ、日本語母音を振動方向の偏りによって 3 つのクラスタに分類できることを確認した。当初計画していた骨伝導と皮膚振動との差はあるものの、日本語母音の音響的特徴によってクラスタリングに寄与する成果がもたらされたといえる。

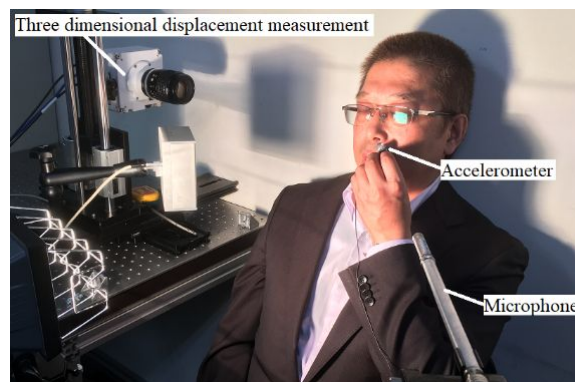


図 1. 高速度カメラによる三次元変位計測

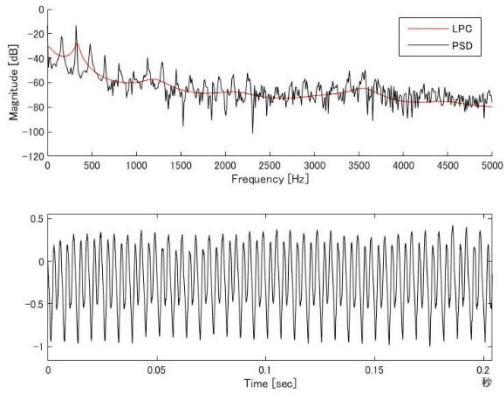


図 1 . 音声

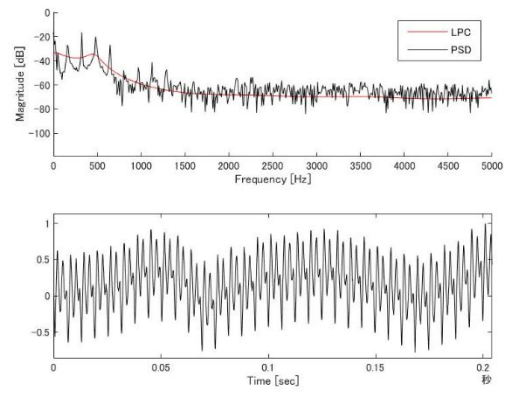


図 2 . 体内伝導音

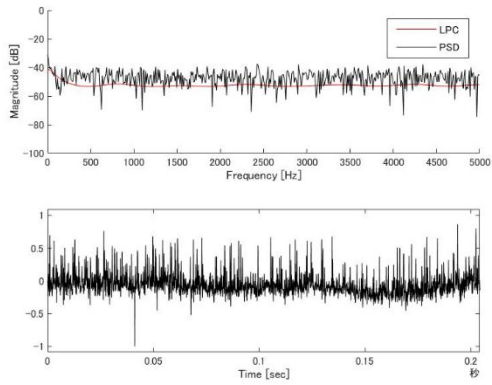


図 3 . 皮膚振動

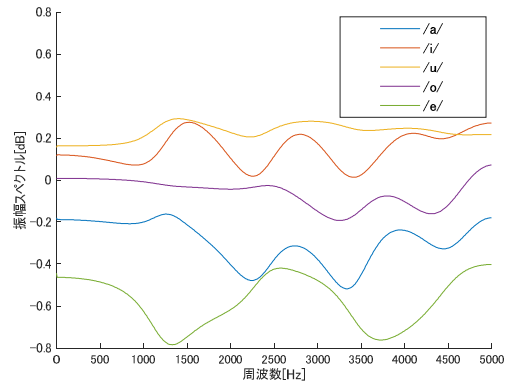


図 4 . 音声-皮膚振動間の強度差

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5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 Masashi Nakayama, Shunsuke Ishimitsu, Kimiko Yamashita, Kaori Ishii, Kazutaka Kasai and Satoshi Horihata	4. 巻 138, 3
2. 論文標題 Tongue habit discrimination system using acoustical feature for oral habits improvement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Electronics and Communications in Japan	6. 最初と最後の頁 pp.242-248
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 Masashi Nakayama, Satoshi Nakatani and Shunsuke Ishimitsu	4. 巻 10,5
2. 論文標題 Body-Conducted Speech Recognition Using Model Adaptation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters Part B: Applications	6. 最初と最後の頁 pp.427-431
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 中山仁史, 石光俊介, 山下公子, 石井かおり, 葛西一貴, 堀畑聡	4. 巻 138-3
2. 論文標題 口腔習癖改善のための音響特徴量を用いた舌癖識別システム	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C（電子・情報・システム部門誌）	6. 最初と最後の頁 pp.242-248
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1541/ieejeiss.138.242	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 Masashi Nakayama, Kosuke Kato and Masaru Matsunaga	4. 巻 XXX
2. 論文標題 Statistical analysis and modeling of formant frequencies of vowels phonated by traditional Japanese Shigin singers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Innovative Computing, Information and Control	6. 最初と最後の頁 pp.XXX-XXX
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） XXX	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 Satoshi Iijima, Shunsuke Ishimitsu and Masashi Nakayama	4. 巻 Vol. 13, No. 2
2. 論文標題 Effects of Masking Noise in Auditory Feedback on Singing	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Innovative Computing, Information and Control	6. 最初と最後の頁 pp.591-603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) XXX	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 Masashi Nakayama, Naoki Shigekawa and Takashi Yokouchi	4. 巻 Vol. 10, No. 12
2. 論文標題 FRAME-BY-FRAME SPEECH SIGNAL PROCESSING FOR FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY DEVICES	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 pp.2949-2955
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) XXX	査読の有無 無
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 4件)

1. 発表者名 Cheng Yibing, Kenta Narusawa, Satoshi Iijima, Masashi Nakayama, Shunsuke Ishimitsu, Aiko Ishida and Osamu Mikami
2. 発表標題 Fundamental research for an early detection system to find respiratory diseases in pigs
3. 学会等名 2018 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masashi Nakayama, Shunsuke Ishimitsu, Kimiko Yamashita, Kaori Ishii, Kazutaka Kasai and Satoshi Horihata
2. 発表標題 FUNDAMENTAL RESEARCH OF SPEECH DISCRIMINATION FOR TONGUE THRUST ARTICULATION USING ZERO-CROSSING AND MEL-FREQUENCY CEPSTRUM COEFFICIENTS
3. 学会等名 The 24nd International Congress on Sound and Vibration (ICSV24) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Satoshi Iijima, Shunsuke Ishimitsu and Masashi Nakayama
2. 発表標題 Effects of auditory feedback on singing
3. 学会等名 The 24nd International Congress on Sound and Vibration (ICSV24) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masashi Nakayama, Aya Kajino, Seiji Nakagawa and Shunsuke Ishimitsu
2. 発表標題 IMPROVEMENT OF BODY CONDUCTED SPEECH SOUND QUALITY USING THE ACCELERATION DIFFERENCE EVALUATION BY A WORD INTELLIGIBILITY TEST
3. 学会等名 The 22nd International Congress on Sound and Vibration (ICSV22) (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Masashi Nakayama, Naoki Shigekawa, Takashi Yokouchi and Shunsuke Ishimitsu	4. 発行年 2016年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 XXX
3. 書名 "Sensors for Everyday life -Healthcare Settings-"(Editor: O.A. Postolache, S.C. Mukhopadhyay, K.P. Jayasundera, A.K. Swain)	

〔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 分担者	籠宮 隆之 (Kagomiya Takayuki) (10528269)	国立国語研究所・言語変異研究領域・特任助教 (62618)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	石光 俊介 (Ishimitsu Shunsuske) (70300621)	広島市立大学・情報科学研究科・教授 (25403)	
研究分担者	中川 誠司 (Nakagawa Seiji) (70357614)	千葉大学・フロンティア医工学センター・教授 (12501)	