

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：30110

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350675

研究課題名(和文) 非経皮的骨導音を利用した食道音声支援用骨導マイクロホンの開発

研究課題名(英文) The development of bone conducted microphone using direct bone conducted sound for esophageal speaker

研究代表者

前田 秀彦 (Maeda, Hidehiko)

北海道医療大学・リハビリテーション科学部・助教

研究者番号：90632604

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究において、我々は、骨固定型ピックアップを利用した、頭蓋骨から皮膚を経由しない骨導音(直接骨導音)の導出を行い以下のことを明らかにした。1) 無騒音環境下における直接骨導音導出実験において、直接骨導音は高音域の音響成分の減衰が緩和されていることが確認された。また、直接骨導音においては経皮骨導音で見られた母音の歪みの低減が確認された。しかし、音声の聴覚心理的評価実験において、明瞭性と聞きやすさに有意な差はみられなかった。2) 騒音環境下における直接骨導音の導出実験において、強大騒音環境下においては、直接骨導音の明瞭度(単音節・単語)は、気導マイクロホン音声と比較して有意に高いことが明らかにされた。

研究成果の概要(英文)：In this study, We constructed a detection system of direct bone conducted sound using a titanium implant of bone anchored hearing aid with skin penetration and clarified the following things; 1) In non-noisy condition, the high frequencies sound power in the direct bone conducted sound did not decrease. Therefore, those vowels distortion also decreased. However, in auditory psychological examination, there were no significant differences for the clarity and the easy listening of monosyllables between the direct and the non-direct bone conducted sound. 2) In comparison with air conducted sound, the clarity of the direct bone conducted sound for monosyllables and words task showed significant differences in noisy condition, especially strong noisy condition (95dB).

研究分野：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：福祉工学 骨導マイクロホン 直接骨導音 食道音声 発生支援機器 経皮骨導マイクロホン 喉頭摘出者 音声QOL

## 1. 研究開始当初の背景

### <食道音声は騒音環境下において発話能力が制限される>

我が国において、喉頭癌は年間 4000 件以上 (2007 年度) の報告がなされている。進行癌の場合、患者は喉頭を全摘出され、声の音源となる声帯を失い、声によるコミュニケーション手段を失う。食道音声は喉頭を摘出した場合、リハビリテーションを経て獲得される、新たなコミュニケーション手段の一つである。北海道では約 400 人、全国では 1 万人以上が喉頭摘出者福祉団体等に登録しリハビリテーションを行っている。食道音声は食道に空気を送り込み、「げっぷ」を連続的に出す要領で発声する方法で、熟練すると明瞭な発声を得られる。しかし、音声の音量が小さいという特徴を持つため、騒音環境下において、発話能力が制限されてしまう。この音量の小ささは患者音声 QOL を低下させる一因となっている。食道音声の音量の小ささという問題に対する支援は、原音声の増幅効率を向上させ、信号処理による品質向上が実際の、既に実用化されている。方法はヘッドセットなどで気導マイクロホンを頭部に固定して音声を検出・増幅し、腹部などに固定したスピーカーから音声を流す。しかし、課題として以下の点があげられる。

騒音環境下では雑音も同時に増幅するため、音声の明瞭性が低下する。

マイクロホンとスピーカーが近い位置にあるとハウリングが起こりやすい。

ヘッドセットの使用や腹部などに固定するスピーカーの使用は、ポディーフリーとはいえ、使用機会が制限される。

### <皮膚を介した骨導音の品質と骨導マイクロホンによる発声支援機器開発の可能性>

騒音環境下において、音声を明瞭に伝達する通信手段として、骨伝導を利用した、骨導マイクロホンが提案されている。骨導マイクロホンは外耳道に頭蓋骨の振動検出器を挿入、音声を頭蓋骨振動から検出するもので、既に商用化されている。現行の骨導マイクロホンから得られる骨導音声は、皮膚を介して骨導音を検出するために、皮膚や皮下軟部組織のために、音声の高周波数成分が減衰するという問題がある。そのため、音質が気導音声より劣化するので、実使用には信号処理が必要になる。もし、骨導マイクロホンを食道音声支援機器に利用できれば、騒音環境下における会話制限の課題は大幅に解消されることが期待できる。しかし、食道音声の音量の小ささの問題から、皮膚を介した骨導音声は品質の劣化が大きいと予想され、また、恒常的に使用するためには、音声の導出が安定性に欠けるという問題があり、実使用には至っていない。

### <金属インプラントを利用した骨固定型補

### >聴器の良質な音と本研究の着想>

Bone-anchored hearing aid (骨固定型補聴器: Baha®) は、側頭骨に埋め込んだ titanium 製のインプラントから皮膚を介さずに環境音を骨導聴によって内耳に伝達するシステムである。Håkansson は Baha® と従来型の骨導補聴器を比較した場合、受聴した環境音の高音域の周波数成分の減衰が低減され、皮膚を介した従来型の骨導補聴器より、音質が優れていると報告している。つまり、皮膚を介さないで、環境音を直接に骨導で受聴すれば、音声品質向上に対する負担は低減することを意味する。そこで本研究は、Baha® による骨導からの受聴経路を逆に導出経路として利用すると、高音域の周波数成分が減衰しない、音質の良い非経皮的骨導音を導出できるのではないかという仮説を立てた。

既に補聴目的 Baha® を埋め込んだ患者の協力を得ることが出来れば、非侵襲的に検証が可能である。そこで金属インプラントと圧電式加速度ピックアップを接続 (骨固定型ピックアップ) することによって、非経皮的骨導音の検出を試みた。

## 2. 研究の目的

本研究の最終目的は、非経皮的骨導音 (皮膚を介さないで導出される骨導音) を利用した、「食道音声発声支援用」の骨導マイクロホンを開発することである。今回の研究では、補聴用として金属インプラントを側頭骨に埋め込んでいる患者の協力のもと、非経皮的骨導音の導出実験と信号処理による音声品質改良の検討、非経皮的骨導音の導出部位・導出方法の最適化を行い、新型骨導マイクロホン開発を目的とした基礎実験を行う。また、喉頭摘出者の手術後の音声 QOL について、調査済みのデータを整理し、マイクロホン開発のための指針を作成する。

## 3. 研究の方法

### 1) 対象者

(1) 直接骨導音の導出実験: Baha® 埋め込み手術後患者

(2) (1) で得られた音声の聴取実験: 聴力正常の成人被験者

### 2) 装置と方法

#### 「装置」

装置 (頭蓋振動検出システムの基本構成)

今回の実験は、音声導出経路を骨導の 2 系統および対照として気導 1 系統に設定し、同時記録を行った。3 系統の導出方法は、以下の通りである。

1) 骨固定型ピックアップによる直接骨導音の導出

直接骨導音は、圧電式加速度ピックアップ (RION PV-94, 14 Hex x 14.7 H, 質量 9 g, 電荷感度 0.714 pC/m/ss) にヒーリングキャ

ップ(コクレア社)を接着剤を使用して接着し、側頭骨の Baha®インプラントの abutment 部とヒーリングキャップを接合し導出された(骨固定型ピックアップ)。ヒーリングキャップは、Baha®インプラント埋め込み術後の創被覆用ガーゼを固定するために用いる医療用具でインプラント部にスナップ構造で接合できる。

#### 2) 経皮骨導音の導出

経皮骨導音は、圧電式加速度ピックアップ(RION PV-85, 17 Hex x 18.5 H, 質量 23 g, 電荷感度 6.42 pC/m/ss)をヘッドバンドに固定し 5.4 N の定圧で乳突部に圧抵し導出された。

#### 3) 気導音の記録

骨導音との比較の為に、気導コンデンサマイクロホン (AKG C1000S) を被験者の口元から約 30 cm の距離に置いて気導音声が記録された。

加速度ピックアップなどを利用した 3 系統からの音声の同時導出システム(気導音声導出系、経皮的骨導音声導出系、非経皮的骨導音声導出系)を構築し使用した。

#### 「方法」

#### ・無騒音環境下における直接骨導音の音響特性

1) 各導出系から得られた音声の語音弁別試験

骨導 2 系統, 気導 1 系統から同時記録された「57S 語表」の単音節の発話についての語音弁別試験を行った。対象は、聴力障害を来す耳疾患の既往のない健康な成人 6 名(男性 2 名, 女性 4 名, 純音聴力検査で 6 分法による平均聴力 20 dB HL 以内)である。聴取方法は、2 名の聴取者を 1 台のスピーカーに対面させ、スピーカーから被験者までの距離を約 1 m とした。スピーカーからの音声が各系統から録音された語音の最大音圧のピークが被験者の耳元でそれぞれ約 70-80 dB SPL になるように設定した。統計処理は、各導出系の単音節、母音部分、子音部分の正答率について分散分析を行い、主効果に有意差が認められた場合、多重比較を行った。また、子音を破裂音・はじき音 (b, t, d, k, g, r), 鼻音 (m, n), 摩擦音・破擦音 (s, z, h, , ts), 接近音 (j, w) の 4 種類に分類し、各導出系における正答数の違いを 2 検定で比較した。主効果に有意差がある場合は、多重比較を行った。

2) 各導出系から得られた文章朗読の聴覚心理的試験

各導出系から得られた、ジャックと豆の木の文章(28 秒)の音声について聴覚心理的試験を実施した。対象は、聴力障害を来す耳疾患の既往のない健康な成人 14 名(男性 4 名, 女性 10 名, 純音聴力検査で 6 分法による平均聴力 20 dB HL 以内)である。実験は 1 名の聴取者を 1 台のスピーカーに対面させ、ス

ピーカーから被験者までの距離を約 1 m に設定した。スピーカーからの音量は録音された語音の最大音圧のピークが被験者の耳元でそれぞれ約 60-70 dB SPL になるように設定した。聴覚心理的試験は、20 cm の Visual analog scale (音質: 非常に悪い (0 cm), 非常によい (20 cm), 音声の明瞭性: 非常に聞き取りにくい (0 cm), 非常に聞き取りやすい (20 cm)) を使用し、各導出系の評価値の平均距離を求め分散分析し、主効果に有意差がある場合は多重比較を行った。

#### ・騒音環境下における直接骨導音の明瞭度

直接骨導音導出の被験者は、骨固定型補聴器のインプラントを側頭骨に埋め込んでいる成人男性 1 名である。発話課題は単音節、単語それぞれ 50 語とした。騒音なし、75dB と 95 dB 騒音(ホワイトノイズ)負荷環境を設定し、それぞれの環境下において、被験者が発話したときの音声を導出した。直接骨導音は、インプラントと加速度ピックアップを接合し導出した。比較として、気導音と経皮骨導音の導出も同時に行った。聴力正常者 16 名が 3 系統から導出された音声の明瞭度を評価した。

#### ・喉頭摘出後の食道音声使用者に対する、音声に対する不満と支援機器開発のための方針確認

北海道喉頭摘出者福祉団体「北鈴会」を対象としたアンケート調査(本研究代表者実施済み)の結果を利用した。

#### 4. 研究成果

#### ・無騒音環境下における直接骨導音の音響特性

1) 各導出系から得られた音声の語音弁別試験

##### (1) 音節正答率

気導コンデンサマイクロホンの音声の正答率が直接骨導音、経皮骨導音より有意に高かった。骨導 2 系統の正答率に有意差は認められなかった。

##### (2) 母音部分正答率

気導コンデンサマイクロホン、直接骨導音の正答率と、経皮骨導音の正答率に有意差が認められた。気導コンデンサマイクロホン、直接骨導音の正答率に有意差は認められなかった。経皮骨導音では、/i/ /u/ (54.2%, 26/48, /e/ /o/ (31.3%, 15/48) の異聴傾向が認められた。

##### (3) 子音部分正答率

気導コンデンサマイクロホンで録音された音声の正答率が骨導 2 系統より有意に高かった。経皮骨導音と直接骨導音に有意差は認められなかった。子音分類別にみると、破裂音・はじき音 (b, t, d, k, g, r), 鼻音 (m, n) については、直接骨導音は経皮骨導音を正答率で上回る傾向が、摩擦音・破擦音 (s, z, h, , ts), 接近音 (j, w) については、

経皮骨導音が直接骨導音を正答率で上回る傾向があるが、いずれも有意差は認められなかった。

## 2) 文章の聴覚心理的試験

音質、明瞭性に関して、気導コンデンサマイクrohホンと直接骨導音、経皮骨導音に有意差が認められた。直接骨導音、経皮骨導音との間には、音質、明瞭性どちらにも有意差は認められなかった。

### ・騒音環境下における直接骨導音の明瞭度

騒音なし、75dB、95 dB 騒音負荷時の音声の明瞭度は、それぞれ、経皮骨導音(単音節：平均 39.0%、44.9%、34.1%、単語：平均 67.8%、86.9%、86.5%)、直接骨導音(単音節：平均 58.2%、57.9%、59.1%、単語：平均 81.8%、90.6%、91.9%)、気導音(単音節：平均 87.8%、72.3%、16.1%、単語：平均 93.8%、94.1%、57.6%)であった。直接骨導音は、単音節、単語とも経皮骨導音より音声の明瞭度に優れ、騒音負荷環境下においては、単音節、単語とも気導音より音声の明瞭性に優れていた。

### ・喉頭摘出後の食道音声使用者に対する、音声に対する不満と支援機器開発のための方針確認

食道音声使用者は、自身の声量の小ささ、特に騒音環境下における声量の問題を抱えることが改めて明らかになった。既存の食道音声支援用の携帯型拡声器については、使用頻度がほとんどない、あるいは機器についての知識を持たないなどの課題が明らかにされた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

前田秀彦, 西澤典子, 武市紀人, 本間明宏, 前田昌紀, 玉重詠子, 米本清: 骨固定型ピックアップから導出した直接骨導音の音響特性, 音声言語医学, 2016(査読あり, in press)

前田秀彦, 西澤典子, 玉重詠子: 喉頭摘出後の食道音声使用者に対する実態調査: 北海道喉頭摘出者団体へのアンケート調査, 音声言語医学, 55(3), 226-232, 2014(査読あり), DOI:10.5112/jjlp.55.226

〔学会発表〕(計 1 件)

前田秀彦, 西澤典子, 前田昌紀, 玉重詠子, 米本清: 騒音環境下における直接骨導音の明瞭度, 第 60 回日本音声言語医学会(名古屋, 2015)

〔図書〕(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

前田秀彦 (MAEDA hidehiko)  
北海道医療大学リハビリテーション科学部言語聴覚療法学科, 助教  
研究者番号: 90632604

### (2) 研究分担者

西澤典子 (NISHIZAWA noriko)  
北海道医療大学リハビリテーション科学部言語聴覚療法学科, 教授  
研究者番号: 10374266

### (3) 連携研究者

米本清 (YONEMOTO kiyoshi)  
岩手県立大学社会福祉学部人間福祉学科, 教授  
研究者番号: 90305277