

2012年10月29日

## 〈研究課題〉

### 小型超磁歪歯骨伝導アクチュエータを用いたコミュニケーションエイド

代表研究者 早稲田大学表現工学科

教授 及川 靖広

共同研究者 早稲田大学波動コミュニケーション研究所

客員研究員／歯科医師 黒澤 潤子

#### 【まとめ】

本研究では、骨の一部である歯を直接加振する骨伝導デバイスの開発を行ない、歯を介した骨伝導に着目した新たなコミュニケーションエイドの実現を目指す。具体的には、超磁歪歯骨伝導アクチュエータ、マウスピース型歯骨伝導アクチュエータを作成し、両耳補聴に相当する受聴特性として方向知覚に関する実験および考察を行った。その結果、これまでにない新しい方式の補聴器、聴覚デバイスへの応用の可能性を示すことができた。

#### 1. 研究の目的

これまで補聴器は、マイクロホンで収録した音をアンプで増幅しスピーカの付いている管を耳内に入れ、音を伝える手法が主流であった。このような手法では外耳、中耳に障害がある人に対して必ずしも有効であるとは言えない。また、人工内耳の場合、聴覚障害者の蝸牛管内に電極を挿入させ直接聴神経を刺激し音を知覚させるが、人工内耳は非侵襲ではなくリスクを伴うことから埋め込み手術をためらう患者も少なくない。

本研究では、歯を介した骨伝導に着目し

た新たなコミュニケーションエイドの実現を目指す。近年では耳穴前軟骨（耳の顔側の、外耳道の入り口にある出っ張り）や乳様突起（耳たぶの後方にある骨の突起）に振動デバイスを取り付け骨伝導にて受聴するシステムも提案されているが、それらは皮膚や筋肉などの生体組織を介して骨を加振するシステムである。本研究では、骨の一部である歯を直接加振する骨伝導デバイスの開発を行なう。骨伝導現象を利用して音情報を伝達することを考えると、骨を直接駆動することは特性の点からも、効率の点からも、その性能を向上させる上で非常に有効な手段である。

本研究成果は、これまでにない新しい方式の補聴器、聴覚デバイスへの応用が期待され、安心して安全な生活の実現、音バリアフリーの実現に寄与しうると考える。

#### 2. 研究方法と経過

本研究では、これまでの研究成果に基づき、より小型で様々な歯型に適合可能な歯骨伝導デバイスの開発とそれを用いた歯骨伝導現象の解明、両耳効果を含む聴覚特性の把握を目指し、新たな音情報伝達経路の確立を目指す。

歯骨伝導デバイスに求められる条件とし

では、小型化、高能率化、無線化が必要であると考え。本研究では、デバイスの製作とその特性評価を行なうが、研究期間前期はデバイスの小型化、高能率化、無線化を目指し研究を行った。振動デバイスには超磁歪素子や圧電素子を用いた。その特徴としては、変位量／発生応力が大きい、高速での伸び縮みが可能、低電圧駆動可能であるなどがある。また、素子の駆動には PWM 等によるスイッチングアンプを用いることにより、システム全体で高能率化をはかった。歯のもつ共振特性を利用することにより、さらに効率よく振動を伝えることも可能であり、その特性の把握とそれに適した変調方式の検討も行なった。無線化については、誘導現象の利用した手法の検討を行った。

研究期間後期はデバイスの評価に関しては検討を加えた。まずレーザドップラ振動計を用いて振動の物理特性を測定、評価した。さらに聴感特性の評価実験を行った。また、2個のデバイスを用いた両耳受聴に関する検討も行った。

さらに、将来的には歯科医師の知見、技術による歯への装着や埋め込みを想定している。このことにより受聴者個人へのフィッティングが可能となると考えられるが、その可能についても検討を加えた。

### 3. 研究の成果

#### 3-1 歯骨伝導アクチュエータ

超磁歪歯骨伝導アクチュエータと圧電素子を用いたマウスピース型歯骨伝導アクチュエータの2種類のアクチュエータを製作した。

図-1 に製作した歯骨伝導アクチュエータを示す。超磁歪素子の周りにはφ1.0mmのエナメル線を10回巻いてコイルを構成している。コイルに音響信号を入力することで生じる磁場の変化に応じて、超磁歪素

子が外形変化を起こす。なお、アクチュエータの周りには EVA 樹脂で固定している。

図-2 に製作した圧電素子を用いたマウスピース型歯骨伝導アクチュエータを示す。圧電素子の大きさは縦10mm、横25mm、厚さ1mmである。図-2のように圧電素子が第2小臼歯および第1大臼歯の位置で接触するようにマウスピースと圧電素子をパウチ加工している。マウスピース型アクチュエータを用いることで会話することが可能であり、個人の歯型に合わせたアクチュエータの製作が可能であるので、噛み合わせや歯型などの個人差を軽減することができる。

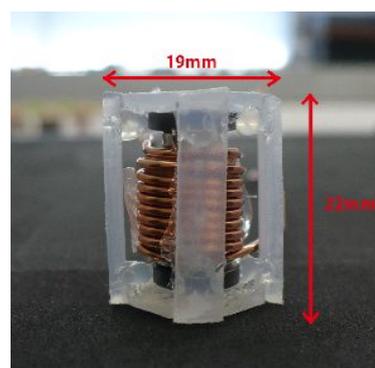


図-1 超磁歪骨伝導アクチュエータ

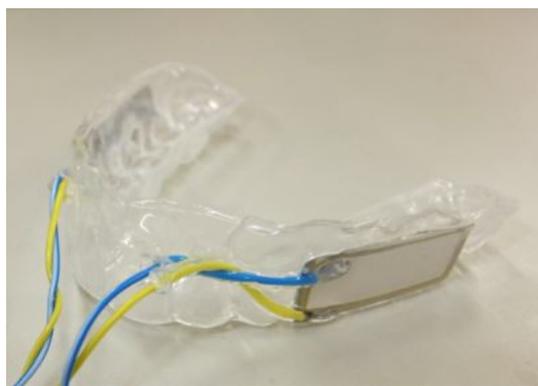


図-2 マウスピース型アクチュエータ

レーザドップラ振動計を用いてそれぞれの歯骨伝導アクチュエータの周波数特性を測定した。入力信号は TSP 信号、入力電圧

は 1 V である。結果を図-3、図-4 に示す。

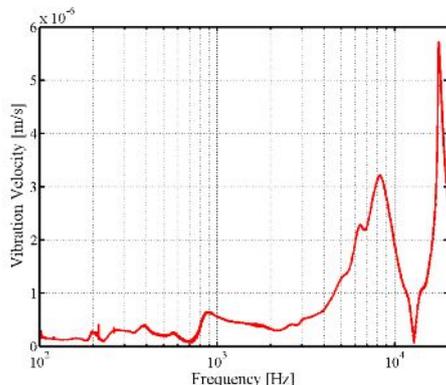


図-3 周波数特性  
(超磁歪骨伝導アクチュエータ)

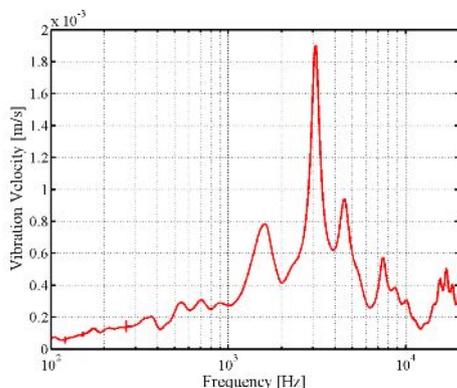


図-4 周波数特性  
(マウスピース型アクチュエータ)

### 3-2 歯骨導音提示時における方向知覚

作成したアクチュエータを使用し、左右でレベル差をつけることで音像定位の様子を測定した。使用音源は、音声、白色雑音の2種類である。表-1 に示す7種類の電圧差をつけた音源を作成し、被験者に提示した。被験者には、音像を感じる方向を図-5 に示す7段階で回答してもらった。実験手順としましては、まず基準の音として真ん中の3番の音を被験者が受聴する。次に、実験者はランダムにある番号の音源を提示する。被験者はこの音を受聴後、知覚した方向を解答用紙に記入する。これを7回繰り返すことで1セットとする。なお、実験中は骨導音のみを受聴するために耳栓を着用する。

それぞれの結果を図-6、図-7 に示す。上図は超磁歪型アクチュエータを用いた結果、下図はマウスピース型アクチュエータを用いた結果である。横軸が提示した音源の方向番号、縦軸は被験者が回答した方向番号となっていて、円の大きさが回答数に比例し、斜め 45 度で一直線になると正確に知覚出来ているというように見ることができる。

どの条件においても電圧を高く加えた方向に定位を感じ、電圧差により定位した音像の左右の判断が可能であることが分かる。スピーチに関しては両方とも多少ばらつきが見られるが、ホワイトノイズの結果に関しては、ほぼ正確に知覚できていることが分かる。マウスピース型にすることにより受聴者個人へのフィッティングが可能となると考えられる。

表-1 実験条件

Presented number	Voltage [V]	
	Left	Right
0	1.42	0.00
1	1.39	0.28
2	1.26	0.63
3	1.00	1.00
4	0.63	1.26
5	0.28	1.39
6	0.00	1.42

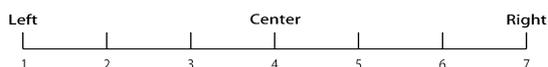
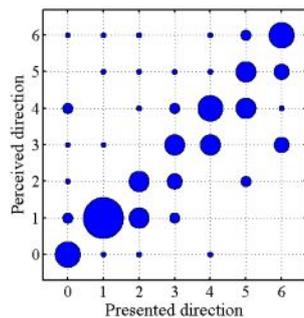
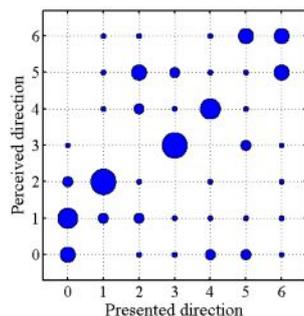


図-5 音源位置

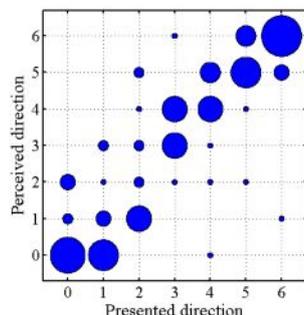


(a) 超磁歪型

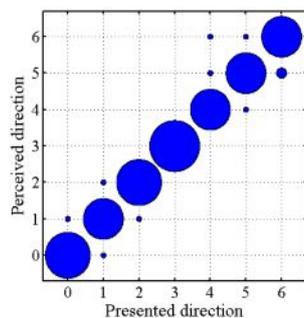


(b) マウスピース型

図-6 音声



(a) 超磁歪型



(b) マウスピース型

図-7 ホワイトノイズ

#### 4. 今後の課題

今後、平坦な周波数特性を持つアクチュエータの開発を目指す。さらに歯骨導音の伝達特性について検討を行い、歯骨導音呈示時における前後知覚の可能性について検討を行う所存である。

また、マウスピース型アクチュエータを歯骨伝導マイクロホンとして用い歯の振動音を收音することが可能であり、受聴も收音も同時に行うことのできるハイブリッド型アクチュエータの作製を行う予定である。難聴者だけではなく健聴者も気軽に用いることのできる新しいコミュニケーションエイドデバイスとして研究を進めていく所存である。

#### 5. 研究成果の公表方法

国際会議 (ICA など) にて発表、論文誌 (JASA など) に論文を投稿する予定であり、さらにホームページでの公表を行う。

#### 参考文献

- [1]村松未輝雄, 黒澤潤子, 及川靖広, 山崎芳男, “歯を介した骨伝導に着目したコミュニケーションエイド,” 音講論集(秋), pp.1533-1534, 2011.
- [2]村松未輝雄, 及川靖広, 山崎芳男, 黒澤潤子, “歯骨伝導アクチュエータを用いたコミュニケーションエイド,” 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J95-A, No. 7, pp. 623-630, 2012.
- [3]池畑光浩, 佐藤知之, 高橋義典, 及川靖広, 黒澤潤子, 小野隆彦, 山崎芳男, “口腔内の計測情報を用いたコミュニケーションエイド—振動測定と形状計測による伝達特性の推定—,” 音講論集(春), pp.503-504, 2005.