

研究成果報告書

研 究 題 目		高騒音作業環境で安全かつ正確に音声を伝えるための骨導ヘッドフォンの構築	実 施 年 度
			2018 年度
代 表 研 究 者	所 属	大島商船高等専門学校 電子機械工学科	
	氏 名	村上 泰樹	印

1. 研究の目的・背景

研究背景

作業現場で最も重要なことは作業員の安全を確保することである。まず、安全教育として、作業員に対して声かけ声だしの徹底が行われる。そして、騒音環境であれば聴力保護用具の装着が義務付けられている。しかし、この場合、音声が聴き取りづらくなる。そのために、騒音環境では安全教育として行われている声かけ声だしの効果が弱くなる。

本研究では、聴力保護用具が装着された状態でも音声を呈示可能な骨導ヘッドフォンに着目する。聴力保護用具が装着されると、空気を伝播して伝わる音（気導音）は聴覚系へ伝播されない。一方で、骨導音は体内を通じて聴覚系へ音が伝播される。そのため、耳栓やイヤーマフを装着していても、我々は骨導音を聴き取ることが可能である。しかし、骨導ヘッドフォンの問題点は、骨導音声が不明瞭で聴き取りにくいことである。

骨導音の知覚メカニズムは明らかとなっていないが、聴覚末梢系にある蝸牛以降の情報処理過程で気導音と骨導音では違いがないことが示唆されている。申請者はこれまでに、蝸牛モデルの構築について研究を行ってきた。そこで、蝸牛の応答特性が気導と骨導で一致すれば、音声の明瞭さも気導と骨導で一致するという着想を得た。

骨導音が気導音と同程度に聴き取りやすくなることで、これまでに安全教育として行われている声かけ声だしを騒音環境でも行うことができる。これによって、より安全な作業環境の実現に貢献できる。

研究目的

本研究の目的は、騒音環境での音声聴取を支援するために、骨導音声の明瞭さを向上させることである。そのために、蝸牛の非線形特性である抑圧現象に着目する。そして、雑音が存在したときに音声に対する蝸牛応答の振幅スペクトルの大きさが抑圧される。これまでに、申請者は、聴覚モデルと差分ベクトル解析法を提案することで、この抑圧現象のメカニズムの解明に成功し、雑音と音声の波形から音声はどの程度抑圧されるのか推定が可能になった。

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

研究成果

まず、はじめに骨導ヘッドフォンの性能を評価するために、騒音環境下で単語の書き取り試験を行った。騒音レベルは 80 ならびに 90 dB に設定した。これは、作業環境での騒音レベルが 80 dB を超える場合、騒音レベルをモニタリングする必要を労働省がガイドラインにのっとり定めているためである。単語の書き取り試験は、申請者の所属する機関に所属する学生と教員にたいして行った。このとき、実験参加者には耳栓を装着してもらった。その結果、どちらの騒音レベルにおいても平均で 90%以上の正答率を得た。次に、騒音レベルを 70 dB に設定し、耳栓を装着しない状態で単語音声の書き取り試験を行った結果、正答率は 0%であった。

次に、気導ヘッドフォンと骨導ヘッドフォンの等ラウドネス特性を測定した。その結果、図 1 に示す等ラウドネス特性が得られた。この結果は、等しい大きさの音を得るためには、骨導ヘッドフォンは大きな出力が必要であることが分かった。

この現象を説明するために、聴覚モデルを構築した。提案した聴覚モデルから得られたラウドネス特性は特に中程度から 40 から 80 dB の音圧レベルでは、気導音に比べて、骨導ヘッドフォンに対する聴覚の応答は弱くなる傾向を示した。

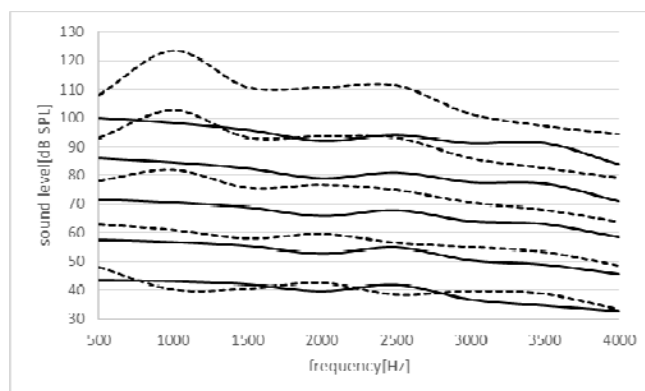


図 1 等ラウドネス特性。実線と破線がそれぞれ気導音と骨導音の特性を表す。

考察

骨導ヘッドフォンは耳栓を装着することで、外部の音が遮断され単語音声の聞き取りが可能になったと考える。しかし、外部の音が遮断されない状態では骨導音は気導音にマスクされてしまい聞き取れなくなった。その原因としては、骨導で大きなラウドネス特性を得ることが困難であるためであることが分かった。

達成度合

達成度合いは 50%であると考え。その理由として、骨導ヘッドフォンの基礎的な知覚特性の検討を行うことができたこと、騒音環境での有効性を示すことはできた。しかし、音声聞き取りやすくさせる処理については行えなかったためである。

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

経費の使用状況は以下に示すとおりである。単位は万円である。

	申請	実績
設備備品費	40	50
消耗品費	4	0
旅費	6	0

設備備品費が当初の予定よりも上がった理由は、製造元が値上げを行ったためである。

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

今後の研究計画

耳栓を装着する高騒音環境であれば、骨導ヘッドフォンは有効であることを確認した。ただし、コミュニケーションは双方向でなければ成立しない。騒音に頑健な骨導マイクロフォンと組み合わせることで双方向での通信を実現する。

耳栓を装着しない程度の騒音環境であれば、気導音の低周波数成分の影響で骨導音声の聞き取りは困難になった。これに対しては、骨導ヘッドフォンから気導音の逆位相となる刺激を呈示してアクティブノイズコントロールを行い信号対雑音比の向上をはかる。

これらの研究は実験的に行うためには、多くのパラメータを決める必要がある。現在聴覚モデルを提案しているため、このモデルを基盤とした研究を行うことでパラメータの設定を自動化する。

予想される成果

耳栓の取り外しや周囲の音を聞きながらの作業が騒音環境では行われる。このような作業条件の中で骨導ヘッドフォンは常に装着した状態でいられることが大きなメリットである。本研究課題を通じて、騒音に頑健な骨導ヘッドフォンを開発し、骨導マイクロフォンと組み合わせることで、騒音の影響を受けない音声コミュニケーションが可能になる。音声コミュニケーションは安全な作業の基盤である。そのため、本研究課題を通じて、騒音環境での安全な作業の実現が可能になると考える。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

学術雑誌

1. Yasuki Murakami, "Efficiency limit of nonuniform grid setting in two-dimensional cochlear model" *Acoustical Science and Technology*, (印刷中)
2. Yasuki Murakami, "Influence of discretized error on instability of a cochlear model" *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 144, No.6, pp.3593-3602, Dec. 2018.
3. Yasuki Murakami, "Simple oscillator model of frequency dependence of cochlear two-tone suppression" *Acoustical Science and Technology*, Vol. 39, No.3, pp.226-233, May 2018.

学会発表（国際会議）

1. Yasuki Murakami, "Simulation of cochlear response by bone conducted tone", *International Congress on Acoustics 2019*, June 2019. (採択)

学会発表（国内会議）

1. 村尾天地, 村上泰樹, "定常雑音環境下での単語音声先頭部の話速変換による単語理解度の向上", *音学シンポジウム 2019*, June 2019
2. 村上泰樹, "蝸牛での遠心性制御機構の数値シミュレーション", *音学シンポジウム 2019*, June 2019
3. 村上泰樹, "空間的に広がったフィードバックによる蝸牛モデルの安定化", *日本音響学会聴覚研究会*, May 2019
4. 村上泰樹, 芳崎大我, "一様な話速の変化が雑音環境下での単語理解度に与える影響," *日本音響学会秋季研究発表会*, 2-P-43, Sept., 2018
5. 村上泰樹, "有限差分法に基づく 2 次元蝸牛メカニクスの状態空間モデルとその高精度化," *日本音響学会秋季研究発表会*, 1-Q-49, Sept., 2018