

A I 機能を活用したトンネル現場内用の骨伝導通話システム

清水建設株式会社

正会員 ○ 宮瀬 文裕 正会員 谷川 将規

正会員 宇野 昌利 正会員 三原 泰司

1. はじめに

トンネル現場では、トンネルを掘削している切羽（きりは）付近を中心に、掘削作業や大型機材のエンジン音等の大きな騒音が発生している。切羽付近で作業中の騒音を計測した例を写真-1 に示す。90～95 d B程度の騒音が発生するため、作業員は難聴防止のために耳栓を常時装着して作業している。さらに、粉じんによるじん肺防止の電動ファン付き呼吸用保護具（以下、防じんマスク）、手先保護の皮手袋も装着している。このような保護具を装着した状態は、作業中の円滑なコミュニケーションの障害となっており、生産性の向上とさらなる安全性の確保のため、改善が強く望まれていた。そこで、筆者らは切羽付近の騒音下での作業員同士の会話を想定し、防じんマスクを装着した状態でも通話が可能な骨伝導方式に着目した。さらに、皮手袋をした状態での操作や手袋を脱着する必要なく操作が可能となるように、音声認識A I機能を組み合わせ、通話相手の名前を呼ぶだけで通話が可能となることを目指した。本論文では、開発した技術と現場での基礎試験結果の概要について報告する。

2. 開発した技術の概要

(1) 骨伝導方式の特徴

本システムの開発段階で、トンネル坑内の作業員が防じんマスクを装着した状態で容易に会話が可能な方式を検討した。その結果、近年の技術向上により小型軽量化で明瞭な音声伝達が期待でき、多様な商品が販売されており導入しやすい価格で実用化可能である骨伝導方式を選定した。骨伝導方式は、骨伝導マイクと骨伝導スピーカーとから構成されている。骨伝導マイクは、声帯やこめかみ（側頭骨）の振動から音声を収集する。骨伝導スピーカーは、音声の振動をこめかみから中耳と内耳の聴覚神経に伝達する（図-1）。このような伝達方式のため、鼓膜へと直接音声を伝える必要がなく、防じんマスクを装着したまま使用が可能である。

(2) 音声認識A I機能

皮手袋を装着した状態や脱着しての操作が不要となるように、音声認識A I機能を組み合わせた。通話相手の名前を呼ぶと音声データが音声認識サーバへ送付されて処理される仕組みである。この機能により、コミュニケーションを取りたい作業員の名前を呼ぶだけで自動的に呼び出し、接続して会話が開始される。

(3) トンネル内での使用に適した形状・工夫

図-2に、今回開発した試作品の概要図を、写真-2に試作品の装着状況を示す。トンネル坑内の作業員がヘルメ



写真-1 トンネル切羽付近の騒音計測結果

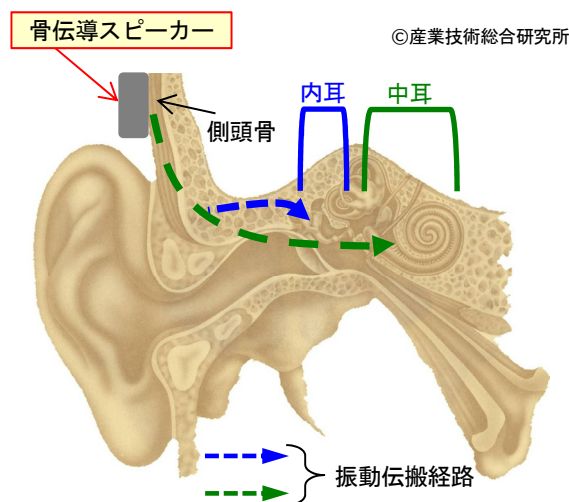


図-1 骨伝導の音声伝搬の仕組み

キーワード A I, 音声認識, 骨伝導, トンネル

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 TEL 03-3561-3917 FAX 03-3561-8673

ット、防じんマスクを装着した状態で、容易に装着できるように耳に掛けて装着する形状とした。軽量、小型化を図るために骨伝導マイクとスピーカーを各1個の構成とし、約120gを実現した。Wi-Fiとの通信用基板とバッテリーは、マイク、スピーカーの後ろにある直方体部に内蔵した。トンネル内部の湿度は、一年を通して60～90%と高いため、IPX5以上（防水規格：JIS保護等級）の防水性能を確保し、トンネル内で使用可能な構造とした。

3. 現場試験

(1) 試験方法

現場試験は、関東地方で建設中の道路トンネルで実施した。このトンネルでは、トンネル内に坑内無線LAN用のWi-Fiが整備されており、アンテナは約100m間隔でトンネルの側面部に設置されていた。そこで、この通信環境を利用して実際の現場環境下での動作状況、会話の聞き取りやすさ、電波の強度（信号強度）を確認した。

(2) 試験結果

トンネル内で試作品をWi-Fiと接続し、模擬的な会話を試みた。その結果、名前を呼びかけるとAI認識機能により自動的に発信され、会話が始まる動作に支障がないことを確認した。会話の聞き取りやすさについては、試験時の騒音が85dB程度の状態であっても十分にコミュニケーションが図れた。ただし、大型掘削機等の背面に隠れた場所では通信の途絶や遅れが発生した。

そこで、通信環境を定量的に把握するため、信号強度を計測した。これは、ワイヤレス信号の電波強度レベルを示すもので、単位はdBm、範囲-100～0で表示される。値が0に近いほど信号は強く、低い場合は接続が不安定であり、通信の遅れもある。今回は、アンテナからの離れが約40mの範囲で、地上1.5m程度の高さで計測して面的に整理した（図-3）。図-3では、通話が良好な信号強度が-60dBm程度であったことから、閾値を-60dBm以上とし色分け表示した。切羽付近の大型掘削機と換気架台、トンネル壁面付近のダンプトラック等の背面では-60dBm未満となっており、通信の途絶や遅れを裏付ける

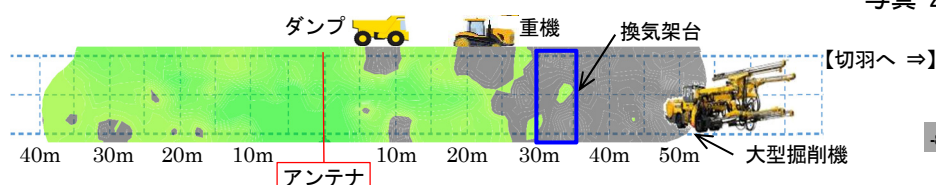


図-3 信号強度の計測結果

結果となった。機材の背面で信号強度が低下する理由として、トンネルの側面部に設置されたアンテナの電波は機材に遮られやすい位置であること、信号強度が通信の維持に十分でないことが考えられた。

4. まとめ

骨伝導方式と音声認識AI機能を組み合わせ、保護具等を装着した状態で、音声指示のみで通話可能なことを目指し、試作品を作製して実際のトンネル現場で基礎的な試験を実施した。その結果、音声で任意の相手に自動で接続でき、聞き取りやすい音声での会話が可能であった。なお、大型機材等に隠れた場所では、信号強度が低下かつ不安定となり、通話に支障が生じた。この点を今後の改善目標と考えている。さらなる展開として、個人認識と通信機能を活用し、作業中の健康状態の見守り、生体情報管理等を実施できる機能を付加する予定である。

謝辞：本技術開発にあたり、京セラ株式会社 研究開発本部 メディカル開発センターの関係者には多大なる協力をいただいた。ここに記し謝意を表する。

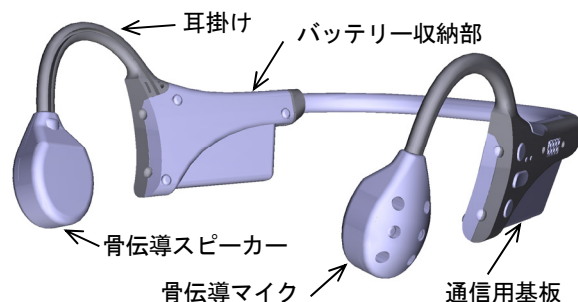


図-2 骨伝導通話システムの概要図



写真-2 試作品の装着状況

