トンネル内通話システムの開発

清水建設株式会社　正会員　○谷川　将規
正会員　宇野　昌利
正会員　宮瀬　文裕
正会員　三原　泰司

１．はじめに

トンネル掘削工事において，しばしば粉塵や騒音による作業環境悪化が問題となり，特に切羽周辺の作業従事者の安全の確保や作業効率の向上は喫緊の課題である．作業従事者は法令によりヘルメット，手袋等のほか，防塵マスク，耳栓など保護具の着用が義務付けられる[1)]．しかしながら，このような保護具は作業従事者間の意思疎通や安全指示伝達を阻害する要因ともなりうる．そこで当社では安全性・生産性を確保しつつ，作業従事者間のコミュニケーションを支援するトンネル内通話システムの開発に取り組んだ．本稿では，本システムの特徴，プロトタイプ開発および現場検証について述べる．

２．本通話システムの特徴

本システムの概要を**図１**に示す．本システムの特徴は次のとおりである．

- 坑内通信インフラを利用する無線 IP 電話（Wi-Fi 接続）による通話方式を採用する．通信端末には市販のスマートホンを活用できるため，デバイス開発コストは低減できる．
- 特定２者間だけでなくグループ通話にも対応し，緊急時の安全指示の一斉配信なども可能である．
- 通話相手の呼び出しや会話開始／終了等は音声コマンドで制御する．端末の複雑な操作は必要なく，ハンズ・フリーで会話が実現できる．
- 作業従事者は通話機能付きの専用マスクを着用する．その詳細は以下で述べる．

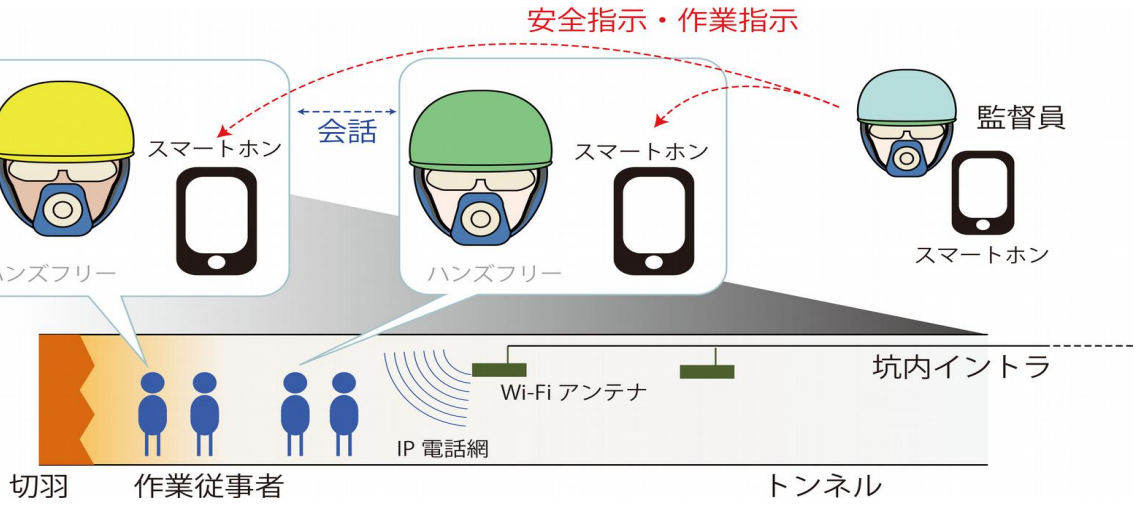

図１　トンネル内通話システムの概要

３．通話機能付き防塵マスク

通話機能付き防塵マスクのプロトタイプを**写真１**に示す．これはトンネル工事用の標準的な防塵マスク（興研（株）製 BL-321）がベースであり，マスク内側を正圧に保つための電動ファンとリチウムイオンバッテリーが内蔵されている．会話阻害要因である外部騒音の影響を極力小さくするため，マイクロホンはマスクの内側に取り付けることにした．ただし，ファン作動時でも会話を可能にするためには優れた収音性能の

キーワード　トンネル，通話システム，コミュニケーション，防塵マスク
連絡先　〒135-8530　東京都江東区越中島 3-4-17　清水建設株式会社 技術研究所　ＴＥＬ 03-3820-6739

マイクロホンが必要である．そこでオートバイなどのヘッドセットにも用いられる三共特殊無線（株）製のダイナミックマイクロホン UC-140 を採用することにした．その概要と周波数特性を**図 2** および**図 3** に示す．500～4kHz 帯域の感度が優れており，風切り音などが大きい騒音下でも会話音を捉えることができる．マイクアンプ等回路類はマスク下部に取り付け，視界を塞がないよう配慮した．マイクアンプの電力供給には前述のリチウムイオンバッテリーを利用する．マイクアンプの消費電力は小さいため，ファンとの同時使用も可能である．一方，イヤホンに関してはインナータイプの市販品を用いた．通話装置の重量は全体で 100g 程度であり，作業従事者への負担は小さい．なお写真 1 では幾本かのケーブルが露出しているが，将来的にはマスク内部に収めるなどして断線を防止する．

４．現場検証

本システムを実際のトンネル工事現場に適用し，会話の聞き取りやすさなど通話品質を調べた．その状況を写真 2 に示す．検証当時，切羽では削孔工事などを行っており，騒音レベルは 80dB～95dB であった．計 4 台のプロトタイプを用いて通話テストを実施したところ，外部騒音の影響は残るものの，明瞭な音質・音量で会話が可能であった。一方，坑内ネットワークの通信負荷を計測した．平常時では坑内カメラによる常時監視および計測機器通信で通信量は約 4 kbit/s であったが，本システム稼働時（最大 4 台）には最大で約 13.3kbit/s となり，平常時の 3 倍近くになった．しかしながら，坑内通信インフラのスペックからして，この程度の負荷は問題ないと判断された．

５．おわりに

トンネル工事における安全性，作業性を向上させるための通話システムのプロトタイプを製作し，その基本性能を実現場で検証した．今後は通話品質の向上，装置の小型化に取り組む予定である．

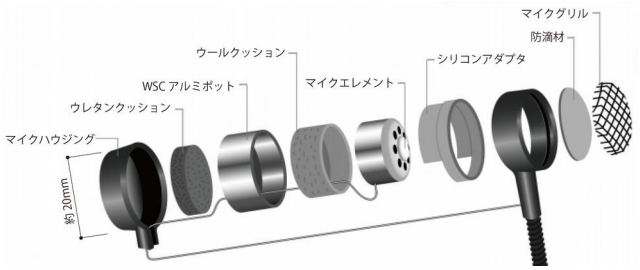

図 2 収音用マイク（UC-140）の概要

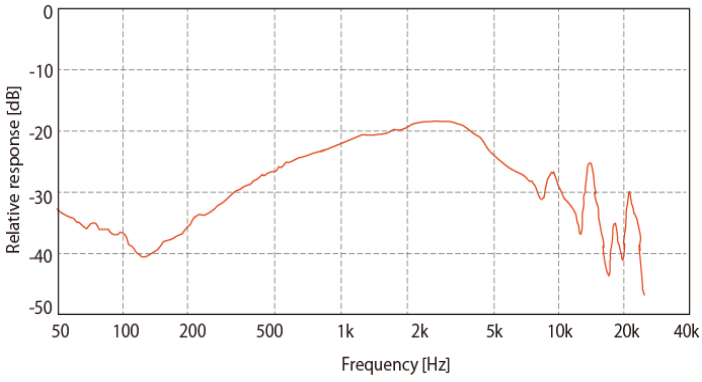

図 3 収音用マイク（UC-140）の感度レベル

写真 1 通話機能付き防塵マスク

写真 2 トンネル現場での検証状況

参考文献
1）土木学会：トンネル標準示方書「共通編」・同解説/「山岳工法編」・同解説 2016．