

VI-108

山岳トンネルにおけるマルチメディアネットワークの開発

清水建設（株）： 正会員 ○上野文明、同 深井日出男、同 河野重行、小野啓二、西川一正

1. はじめに：

昨今の急激な地下開発の需要増に対し、構造物の大断面化、大深度化、長大化が進み、建設現場においては、厳しい施工管理が求められる。しかしながら、近年、熟練者の高齢化や若者の建設業離れなどに起因する労働力不足が深刻化しており、建設現場においては、従来以上の人員減少が予想され、現場管理の合理化が求められる。建設現場の施工状況のリアルタイムな集中管理は多くの作業が輻輳する工事では安全面においても作業性の向上においても、非常に重要なものとなっており、特にシールド工事などは総合管理システム〔1〕が導入され、効果をあげている。しかしながら、一方、山岳トンネルは人間の経験や勘に頼る部分が多いため、作業の定量的な管理が難しいだけでなく、機械が主であるシールド工事と比べ、トンネル坑内を施工管理のためのケーブルを布設することは実用的ではなく、その結果、山岳トンネルのリアルタイムな施工状況の集中監視は一般的ではなかった。

筆者らは、トンネル内における切羽などの状況に関する画像および音声情報、トンネル坑内の環境および換気状況などの数値情報、非常警報や坑内放送などの複数の情報を事務所においてリアルタイムに集中管理できるマルチメディアネットワークを開発し、現在、富山県にある山岳トンネル工事において実証中であるので、その概要を報告する。

2. 伝送システムの選択：

本システムを開発するにあたり、以下のような目標を設定した。

- 1) トンネル坑内を有線ではなく、無線により、情報の伝達ができること。
- 2) 無線で画像情報、音声情報、数値情報などの複数情報を伝送できること。
- 3) 坑内にあるセントルや換気架台などの各種設備や各種重機などの伝送に対する影響が少ないこと。
- 4) 1対の伝送システムでトンネル坑内を少なくとも1km

以上の情報の伝送が可能なこと。

- 5) 伝送システムは軽量でもり替えが容易なこと。
- 6) トンネル坑内の環境に耐えられること。

以上の目標に対し、著者らは、伝送方式の選択に関し、簡易無線伝送方式と小電力データ通信方式（特小）の2種に絞り実際の山岳トンネル工事の3現場において、両者の適用性について実験した。それらの結果を表-1に示す。その結果、上記の設定した目標を満たす簡易無線伝送方式を採用した。

表-1 伝送方式の比較検討

比較項目	簡易無線局	小電力データ通信システム（特小）
画像伝送	動画の伝送可能	静止画のみ可
音声伝送	2ch伝送可能	不可（開発中）
データ伝送	可能	可能
伝送距離（ ）は実績	空中で約10km （トンネル内2.4km）	空中で約1km （トンネル内1.2km）
指向性	指向性が強く電波の方向に注意	無指向性
障害物の影響	トンネル内では殆ど影響無し	殆ど影響無し
免許	不要	不要

3. システムの概要：

本システムの構成図を図-1に示す。本開発で使用した簡易無線伝送方式の仕様を表-2に示す。本システムでは、実用性の観点から、トンネル坑内はこの簡易無線伝送方式により無線で情報を伝送し、坑口から事務所間は有線で情報を伝送する。本無線伝送方式では、画像情報は1チャンネル（片方向）音声は2チャンネル（両方向）あり、数値情報およびカメラ操作などの情報はこの音声用チャンネルを用いる。本システムにおいては、画像情報として切羽部の状況、音声として切

表-2 簡易無線伝送方式の仕様

製造メーカー	日本電気（株）
型式	TR-50GDV-2A
通信方式	映像：片方向（半2重） 音声：双方向（全2重）
伝送信号	映像：1チャンネル 音声：2チャンネル
伝送距離	0～10km、但し降雨による減衰があるので通常3km以内
変調方式	FM
周波数	50MHz
占有帯域幅	40MHz以下
空中線電力	15mW（12dBm）以下
重量	約7kg

羽周辺の作業中に発する音、数値情報としては、各種計測情報、発破情報、入坑管理情報、坑内環境情報など必要に応じて容易にシステムに取り込めるようにした。事務所においては、パーソナルコンピュータおよびモニタからなる監視装置を設置し、動画を含むこれらの情報を集中管理する。

4. システムの適用：

本システムを現在、富山県において施工中の山岳トンネル工事にて、現在、その効果を検証中である。当工事は、長大トンネルであり、切羽におけるリアルタイムな作業状況の把握の必要性より、本システムが導入された。一般に、山岳トンネル工事においては、作業が集中する部分は切羽部が主となるため、当現場では、切羽部の作業状況の把握を主目的とし、表-3のように示すような情報を集中管理する。

画像情報としては、切羽の後方100m～200mに設置する換気架台の上に旋回可能な雲台およびズーム付きのカラーテレビカメラを設置した。このテレビカメラの操作は地上の操作盤から行うことができる。次に、音声情報は、切羽付近に設置したマイクロフォンにより、切羽における削孔など各種作業の音を画像にあった音を収集する。数値情報として著者らが別途開発したファジィ換気システムを当現場で採用するため、この情報（切羽部における粉塵濃度、CO濃度、温度、湿度、換気風量）を収集する。当現場においても、必要に応じて、その都度、各種数値情報を付加する。

本システムの導入の効果については、詳細は紙面の都合上、割愛するが、主な期待される効果は以下のようである。

本システムの導入の効果については、詳細は紙面の都合上、割愛するが、主な期待される効果は以下のようである。

- 1) 坑内の作業状況がリアルタイムに把握でき、サイクルタイムを含む作業の定量的な把握が可能となる。
- 2) 坑内の作業状況がリアルタイムに把握でき、次工程の準備がタイミングよくでき、作業性が向上する。
- 3) 坑内の作業状況がリアルタイムに把握でき、安全性が向上する。

5. おわりに：

本論文において、著者らが新たに開発した山岳トンネルにおけるマルチメディアネットワークの概要およびその効果について述べた。今後、ますますこのシステムの重要性は増してくると思われる。

筆者らは、これら収集された情報を監視のみならず、定量的に組み合わせ、有機的に使っていくことにより、山岳トンネル工事全体の総合管理システムの構築を目指すものである。

今後は、山岳トンネルだけでなく、ダム建設工事や造成工事など大規模工事への適用を図っていくとともに、将来の建設工事のさらなる省人化に対応していくべく努力する次第である。

参考文献：[1] 菊池雄一、長谷川裕員、出口種臣、小原由幸、河野重行、宮沢和夫、佐藤等、「シールド工事の自動化」、第3回建設ロボットシンポジウム論文集、1993年7月

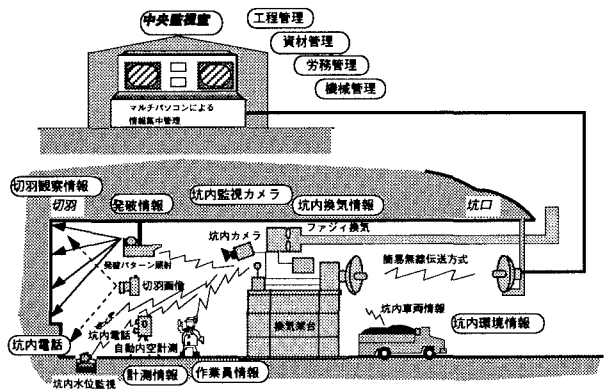


図-1 システム構成図

表-3 適用現場における管理情報

情報分類	伝送情報	伝送方向
画像	切羽作業状況	坑内 事務所
音声	切羽付近音声	坑内 事務所
数値	坑内環境データ +換気データ	坑内 事務所
遠隔操作	テレビカメラ操作	事務所 坑内
接点	非常警報	各所 各所