

VI-95 山岳トンネルにおけるマルチメディアの適用報告

清水建設（株） 正会員 ○深井日出男、同 河野重行、同 菊池雄一、西川一正、小野啓二

1. はじめに：

近年の山岳トンネルは、長大化が図られ施工も急速化が著しく進んでいる。このような背景に対応するために現場管理の合理化が求められている。特に安全管理を含めた施工状況のリアルタイムな集中管理が重要となっている。

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、更に、構内連絡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、北陸新幹線第1朝日トンネル工事において適用しているので、その概要を報告する。

2. システムの構成

本システムの構成図を図-1に示す。基本構成は、マルチメディア伝送装置、マイク、坑内監視カメラ、各種計測装置、マルチメディアパソコン等からなり、マルチメディア伝送媒体は、切羽と坑口間を50ギガヘルツの簡易無線、坑口と工事事務所の中央監視室を同軸ケーブル等の複合ケーブルで構成している。中央監視室では環境・換気をはじめとする各種計測機器の数値情報、坑内監視カメラのカラー画像情報、坑内作業の音声情報等を集中管理している。特に、中央監視室から坑内監視カメラの方向、ズーム等の遠隔制御ができ、坑内作業の把握が容易となっている。

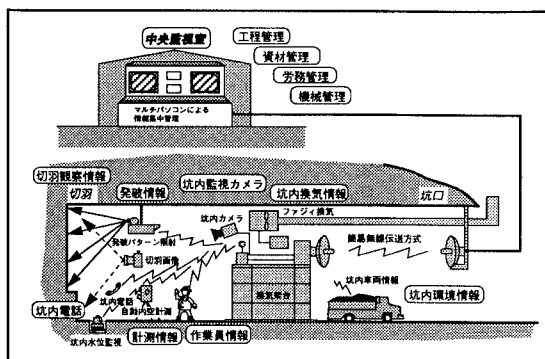


図-1：システム構成図

3. システムの機能

本システムの代表的な機能を、中央監視室にて出力される具体的なイメージに基づき以下に具体的に説明を行う。

イ) 坑内映像情報

写真-1は、中央監視室に設置されたマルチメディアパソコンの画面であり、画面上には坑内の作業映像が常時（完全動画）写し出されている。この映像は最大フル画面（14インチ）まで任意に拡大可能である。当初は、マルチメディアパソコン1台での管理を予定していたが映像情報が作業管理上、非常に有用であることが判明したため現在では20インチの専用モニター（写真-2）を増設し映像分配器によりマルチメディアパソコンと同一の映像を写し出している。

また、監視カメラは切羽後方100m～200mの換気架台の上部に電動雲台と伴に設置されており、写真-2に見られるカメラ制御ボックスから回転運動、上下運動、ズーム（20倍）、ピント等の遠隔制御が可能である。回転角度は350度、上下角度は-70～+20度と幅広い制御が可能のため切羽方向、坑口方向向共ほぼ全ての作業状況が確認できる。

更には、映像情報はフリーズ、キャプチャー機能によってデジタル情報としてコンピュータに取り込むことができ、坑内環境情報やワープロ機能によって任意の情報を付加して作業記録として保存が可能となっている。

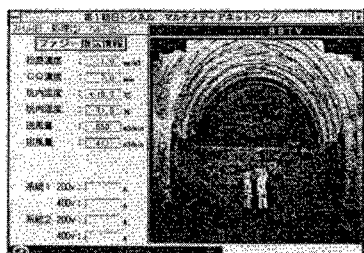


写真-1：マルチメディアパソコン画面



写真-2：監視専用モニター／カメラ制御ボックス

ロ）坑内音声情報

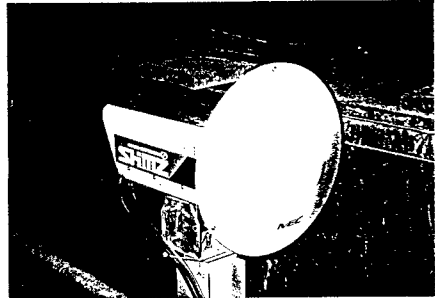
換気架台上にはヘッドセット形の音声通話機器が設けられているため、常時は坑内の作業音が事務所で確認できる。また、坑内と事務所での通話が必要なときは事務所からパトライトを遠隔操作して坑内を呼び出し通話ができる。ヘッドセット形の通話機器を選択したのは坑内の作業音に妨げられるのをできるだけ防止するためで、重機類が稼働時にも特別大きな声でなくとも良好な会話ができる。

ハ）環境・換気情報

坑内の環境・換気情報は写真－1に見られるように、マルチメディアパソコン上に常時表示されている。このため、坑内映像情報と組み合わせて事務所内で坑内の作業環境が詳細に把握ができる。この情報は5分間隔でコンピュータの補助記憶装置（ハードディスク）に蓄積され、随時検索ができるため坑内環境日報を作成することができる。

4. マルチメディアネットワーク

本システムの特徴の一つはマルチメディアネットワークを構築する伝送媒体として50ギガヘルツの簡易無線（写真－3）を活用していることである。この伝送媒体は映像情報1チャンネル、音声情報が双方向2チャンネルの容量を持っている。環境・換気情報は音声モデムを介して音声チャンネルに、また、雲台制御はトーン信号に変換し会話情報と多重化を行っている。一昨年度の他現場における予備実験ではトンネル内で約3kmの伝送距離を確認しているが、本システムの技術的課題の最も重要な項目は無線の伝送距離であると考えられる。



写真－3：簡易無線伝送装置

現在第1朝日トンネルの掘削距離は約1800mとなっており、坑内を重機が移動するときに映像情報が瞬間乱れることはあるが実用上問題とはなっていない。また、電波受信レベルの減衰度も比較的少なくデータ伝送のエラー発生率は殆ど見られず伝搬状況は良好で予備実験程度の伝送距離は確保できると思われる。

第1朝日トンネルの最終距離は約4kmとなるため、中間に無線中継器を設置して対応を行う予定である。本無線方式と在来の有線方式のコスト比較を行うとほぼ同一のコストとなり、無線方式では配線の盛り替え工事等が発生せず、保全性に優れており無線化の有用性が確認できた。

5. システムの効果

本システムの適用効果としては、システムの機能で個別に説明をおこなったがシステム全体として以下の効果が実現できた。

イ）工事事務所から現場にリアルタイムに適切な作業指示を出せる。

ロ）画像情報を盛り込んだ作業日報や坑内環境日報を自動作成でき、現場管理の効率化省力化が図れる。

ハ）サイクルタイムを含む作業の定量的な管理が可能となる。

特に、一般的には山岳トンネルでは現場事務所と切羽の距離が長くなっており、長大トンネルではその傾向が大きくなる。実際第1朝日トンネルでは事務所と切羽の移動に車で約30分を要しているが、事務所ではリアルタイムに坑内作業状況が把握できることによりこの移動作業が軽減される。また、常時坑内作業情報が映像で確認できることにより安全に対する心理的負担が大幅に軽減された。

6. おわりに

本論文において、北陸新幹線第1朝日トンネル工事に適用した、マルチメディアネットワークシステムの適用概要を説明した。本システムは本文で紹介した以外に坑内高圧電力の消費電力を計測しており、今後は坑内環境情報と組み合わせることにより、作業状況の自動把握を目指したエキスパートシステムを構築する計画をしている。これらの、マルチメディアやエキスパートシステムと云った情報処理技術の活用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行い、より一層の作業安全性の向上、省人化を目指す予定である。

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
- (2) 上野文明、深井日出男、河野重行、菊池雄一、西川一正
「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」土木学会第50回年次学術講演会