

II-15 トンネル坑内「無線テレメータシステム」の開発実験

鉄建建設機技術研究所 ○飯島 正和

鉄建建設機技術研究所 芝 司朗

鉄建建設機技術研究所 山崎 多賀一

鉄建建設機技術研究所 岩崎 次夫

1. はじめに

近年の計測技術の発達にともない、トンネル工事においては各種計測やモニタリングが行われている。例として、山岳トンネルでは内空変位やロックボルト軸力測定等の計測が、シールドトンネルではシールド掘進や裏込注入管理等の計測が行われている。

従来システムでは、これらの計測データ、画像データは、有線ケーブルを介して事務所等まで伝送するため、掘削の進行にともなう有線ケーブル延長の盛替え作業を必要とした。この作業に費やす労力と時間が、工事の施工に与える影響は大きく、この対応が課題となる。

この課題を解決する一方法として、無線技術の利用があり、今回、トンネル坑内の画像と計測データを同時に伝送することができる「無線テレメータシステム」を構築した。このシステムは、SS無線（スペクトラム拡散通信）により通信し、事務所にしながら坑内状況をリアルタイムに把握できるもので、今までトンネル坑内において困難とされていた無線の使用を可能にするものである。

ここでは、システムの概要と無線伝送確認実験について報告する。

2. システムの概要

2.1 システムの構成

システムは、①画像・データ計測部と、これらの信号を伝送する②通信部、および信号を受信してパソコンやモニタに表示する③受信部から構成されている。図-1にシステムの構成を示す。

システムの概要は、トンネル坑内で撮影された画像と計測データを、SS無線により順次リレー式に中継伝送し、一旦立坑に設けたセンタ無線局を介し、そこから地上の事務所まで有線または無線により伝送し、事務所内のパソコンやモニタに常時表示・管理できるようになっている。

表-1に使用機器一覧を示す。

表-1 使用機器一覧

構成部	使用機器
画像・計測部	CCDカメラ、パソコン、計測センサ
通信部	SS無線機
受信部	表示用ディスプレイ、パソコン

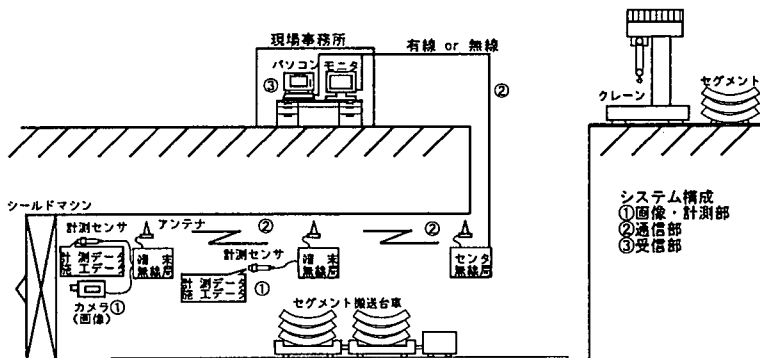
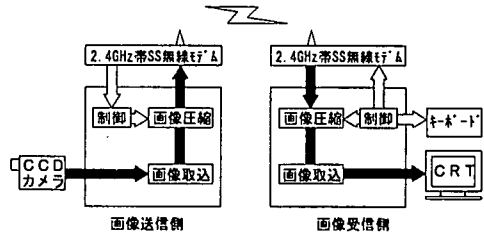


図-1 システムの構成

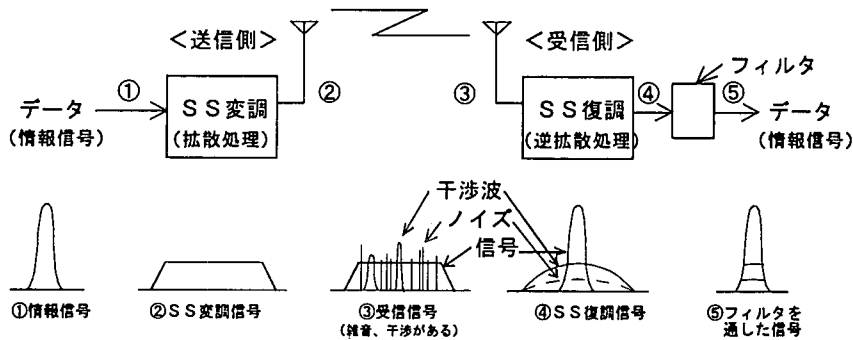
画像伝送装置は、画像送信局と画像受信局で構成され、画像受信局は、伝送された画像をもとに画像送信局のカメラのパン、チルト、ズーム等の制御を行うことができる。

画像伝送の原理は、画像送信局のCCDカメラから入力した画像データを変換・圧縮し、SS無線により伝送する。画像受信局では送信されてきたデータを受信し、データを伸長してモニタに表示する。

図－2 に画像伝送装置の構成を示す。



図－2 画像伝送装置の構成



図－3 SS無線の概要

表－2 SS無線機の仕様

通信方式	スペクトラム拡散方式
変調方式	直接拡散方式
無線周波数帯	2.4GHz帯
空中線電力	10mW/MHz以下
変調速度	256Kbps

2.2 SS無線

システムに使用しているSS (Spread Spectrum : スペクトラム拡散) とは、デジタル無線通信の一方式で、平成4年12月25日の郵政省令の一部改正により使用が可能となった新しい通信方式である。通信の概要は、電波によって信号を送信する際に、変調したデジタルデータの帯域幅をさらに広い周波数幅をもった電波に拡散処理している。そして伝送途中で雑音や干渉波の影響を受けても、受信時の逆拡散処理により元の信号に復帰させる機能をもち、耐雑音性・干渉性に優れた通信方式である。

図－3 にSS無線の概要、表－2 にSS無線機の

- 仕様を示す。
- SS無線の特徴をあげると以下のとおりである。
- ①免許が不要である。
 - ②ノイズに強く、長距離通信が可能である。
 - ③双方向、複数局との通信が可能である。
 - ④有線との併用ネットワークが可能である。

2.3 無線テレメータシステムの特徴

- 本システムの主な特徴を以下に示す。
- ①工事の進捗に応じたシステムの拡張が柔軟に行え、ケーブル等の盛替え作業が不要となる。
 - ②複数の坑内画像、計測データを同時に伝送することができる。
 - ③中継機を複数台使用することで、長距離伝送が可能。
 - ④ケーブル等の異常時や停電時でも、坑内状況を把握できるため、バックアップとしての安全管理や緊急時（ガス検知等）の連絡用システムとしても利用することができる。

3. 画像伝送実験

トンネル坑内での無線利用に影響を与える要因として、トンネル線形、各種のトンネル断面形状、覆工材料等の物理的要因が考えられ、また坑内作業の輻輳等によるノイズ、電波障害等の作業上の要因がある。

ここでは、画像伝送のみで伝送距離の確認を行うこととする。

3.1 実験方法

実験は写真-1に示す画像伝送装置を用いて、トンネル径の大小と伝送距離の関係を確認するため、

径の異なるトンネルで伝送確認実験を行う。

写真-2、写真-3はそれぞれ画像送信状況、画像受信状況を、図-4にトンネルの断面形状を示す。

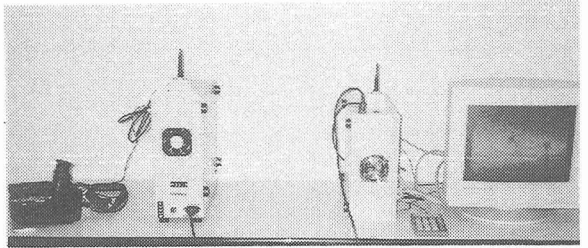


写真-1 画像伝送装置

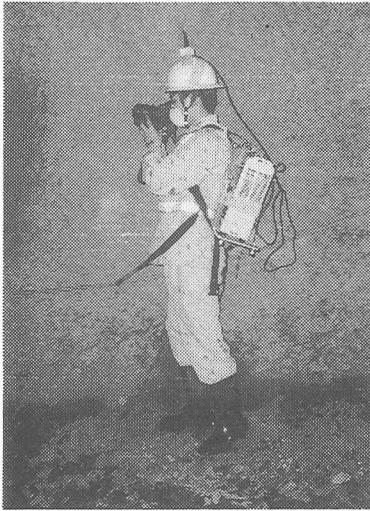


写真-2 画像送信状況

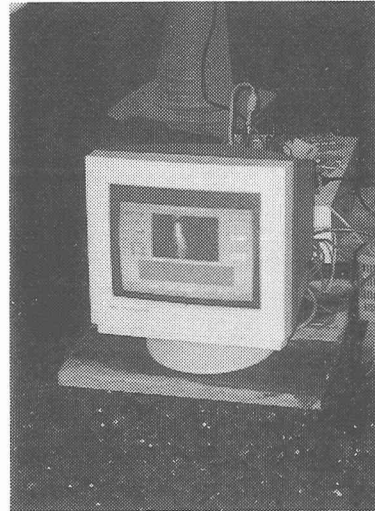


写真-3 画像受信状況

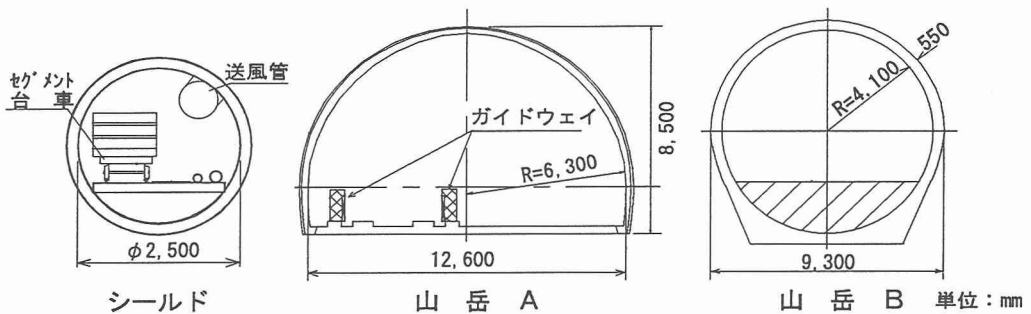


図-4 トンネルの断面形状

表-3 トンネル諸元

トンネル	シールド	山 岳 A	山 岳 B
掘削工法	泥水シールド	NATM	NATM
覆 工	コンクリートセグメント	二次覆工コンクリート	吹付けコンクリート
トンネル断面形状	内径： $\phi 2.5$ m	高さ：8.5m、幅：12.6m 内空断面積：約92 m ²	内径： $\phi 8.2$ m
トンネル有効断面の換算径	2.5 m	10.8 m	7.1 m
伝送距離	254 m	2,920 m	1,000 m
現場環境	掘削中 セグメント搬送台車の往来あり	掘削終了 付帯工事作業中	掘削中 大型重機車両の往来あり

3.2 実験結果とまとめ

実験したトンネル諸元を表-3に、伝送距離とトンネル径の関係を図-5に示す。

伝送実験より確認できた事項は以下のとおりである。

- ・トンネル径が大きくなる程、伝送距離が伸びる。
- ・トンネル径の100倍以上の伝送が可能。
- ・このシステムは現場作業に伴うノイズ、電波障害に対しても影響されにくい。
- ・デジタルデータを使用しているため信頼性がある。

以上から、この「無線テレメータシステム」がトンネル坑内においても、有効に適用できることを確認した。

4. 今後の課題

本文で紹介した「無線テレメータシステム」は、まだ試作段階のものであるが、現場実用化に向けての課題として、①無線機の小型化、②伝送速度の向上等があげられる。今後、これらの課題に対応したシステムの開発に向けて研究を行っていく予定である。

5. おわりに

本システムは、今までトンネル坑内においては使

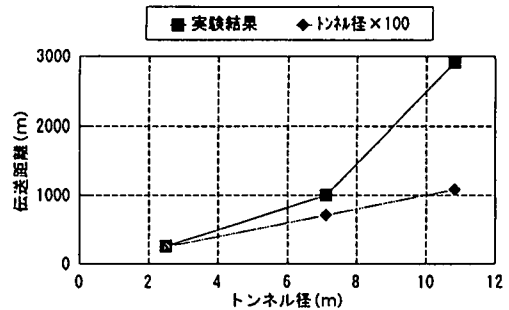


図-5 伝送距離とトンネル径

用が困難とされていた無線を利用しているので、有線での伝送に伴うケーブル延長のための盛替え作業が不要になる他、無線を利用することによる現場作業の省力化や、施工の合理化に貢献するものと考えられる。さらに、トンネル以外の橋梁、ダム等の建設分野においても本システムの応用が可能で、その波及効果は大きいと考える。

最後に、現場でのシステム適用に御協力をいただいた関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 山内雪路：「スペクトラム拡散通信 次世代高性能通信にむけて」、東京電機大学出版局、1994. 11