

佐藤工業(株)	正会員	村上 裕二
佐藤工業(株)	正会員	高橋 浩
佐藤工業(株)		樋口 徹

1. はじめに

近年、トンネル工事における自動化・省力化の進展に伴い、遠隔監視・制御を行うためのデータ通信技術が注目されている。従来トンネル内での通信は、自動化装置と坑外監視装置とを通信ケーブルで接続する方法や坑内電話など有線のもの为主であり、無線通信の利用は近距離でのリモートコントロールやトランシーバを利用した音声通信等に限られていた。トンネル内での無線利用においては、電波の反射・干渉・吸収・減衰等の問題があり、長距離区間を通信することは困難であった。

本報ではこれらの問題を解決し、長距離トンネル全線において複数の移動体との双方向通信を可能とした、新しい無線通信システムの概要について報告する。

2. 無線システム構成

本システムは、各々に送受信器を内蔵する主局・固定局・移動局から構成され、固定局をトンネル内に適度な間隔（実績では200～400m）で設置し、これらを通信ケーブルで接続することにより通信範囲を拡大する。主局と固定局は、隣り合う固定局と通信ケーブルを使用した双方向通信を行うと共に、移動局と常時双方向無線通信を行う。また主局は上位の制御装置と、移動局は移動体の制御装置との間でデータの授受を行う。

トンネル延長方向に通信範囲を拡大する手段として、通信経路にアンプを介在させて信号を増幅する方法もあるが、この方法では周辺からのノイズも増幅してしまうことになり、通信範囲に限界が生じる。本システムにおける固定局は増幅器ではなく、隣接する固定局から受信したデータの中継し次の固定局に送る中継器である。このため周辺ノイズを増幅・累積することなくデータのみの中継できるので、固定局を任意に設置することにより長距離トンネル内（理論的には無限）全線で、移動体通信が可能となる。図-1にシステムの概念図を示す。

3. データ通信

トンネルの延長方向に伝送システムを構成するために、固定局をトンネル内の壁面などに適度な間隔で直列に設置する。トンネル内を走行する移動体に搭載された移動局は、近くにある固定

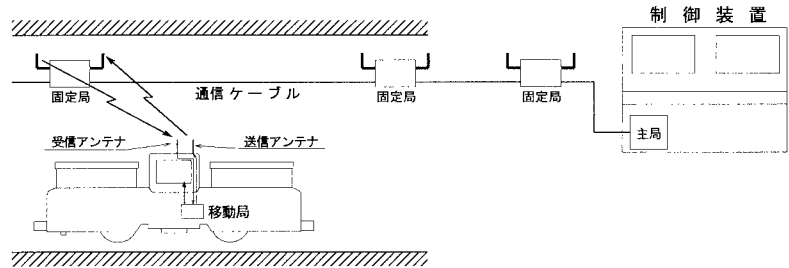


図-1 中継式無線通信システム概念図

局と通信し、移動するに従って通信する相手（固定局）を代えていく。上位の制御装置からのデータは、全ての固定局から移動局に対して一斉に送信され、移動局は通信可能範囲にある固定局からデータを受信する。移動局が複数の固定局から受信した場合は、電波の強い方のデータを有効としている。逆に移動体からのデータは移動局から送信され、通信可能範囲にある固定局で受信される。固定局で受信したデータは、トンネル内に設置された固定局を中継しながら主局まで伝送される。複数の固定局が移動局から受信した場合は、主局に近い固定局のデータを有効としている。

キーワード：無線通信、長距離トンネル、中継式、移動体通信

連絡先：佐藤工業(株) 東京都中央区日本橋本町4-12-20・TEL. 03-3661-3004・FAX. 03-3661-6877

4. チャンネル設定

今回のシステムでは、免許申請の必要のない特定小電力無線を使用しているが、電波法に規定されるキャリアセンス（送信開始に先立ち送信しようとする周波数をモニタし、他の無線局が使用中ならば送信を中止する）に対応する必要がある。さらに、トンネル内全線を通信可能にするためには、固定局と固定局の間付近でも安定して通信状態を確保する必要がある。

しかし、同一チャンネルで固定局から送信すると、その中間付近で混信する可能性がある。以上より、キャリアセンスへの対応および混信防止のため、固定局からの送信に2チャンネルを使用し、これらを交互に設置する。（図-2参照）

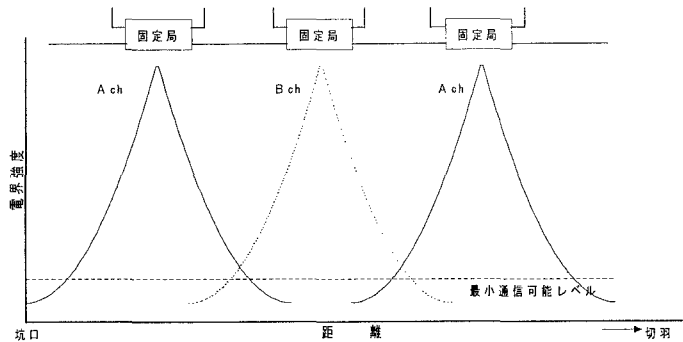


図-2 電界強度特性概念図

5. 中継方式

これまで、固定局間を通信ケーブルで接続しデータ通信を行う有線中継方式について述べてきたが、通信範囲を拡大する方法として、固定局間のデータ通信も無線で行う無線中継方式（図-3）がある。この方式は、固定局の設置・撤去の手間を軽減できる反面、有線通信方式に比べ、通信の確実性に

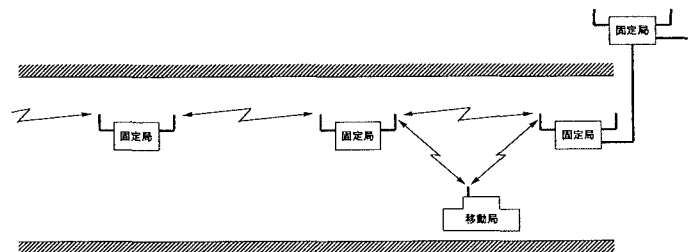


図-3 無線中継方式概念図

ついては多少劣る。以上のように各々の方式には特長が有り、使用環境に応じて選定する。さらにこれらを同一トンネルで混在させることも可能である。

6. おわりに

本システムを搭載したバッテリー機関車を複数使用したトンネル自動搬送システムを2ヶ所（延長約6kmのTBMトンネル、延長約4kmのシールドトンネル）の長距離トンネルに導入し、順調に稼働している。

今後は、これらの工事での使用実績を踏まえ、さらにダンプトラック等の無軌道車両の制御や、移動体との音声・映像通信を含めたマルチメディア化など、本システムの応用範囲の拡大を図っていく所存である。

参考文献

廣川幸喜 他：無線によるトンネル坑内における移動体通信システム 土木学会 第51回年次学術講演会 平成8年9月17日
高橋 浩、村上裕二：中継式無線通信によるトンネル自動搬送システム

（社）トンネル技術協会 第40回施工体験発表会 平成9年11月10日

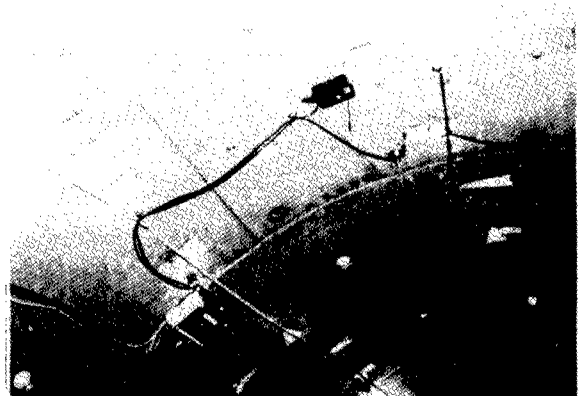


写真-1 固定局設置状況