

トンネル構内での長距離無線 LAN 装置

中 島 健三郎

トンネル内の通信を無線化したいという要望に応え、反射波の影響を抑えトンネル内でも安定に動作する無線装置を開発した。さらにトンネルでの利用を考慮したパッケージ化を行い利便性を高めた。本稿では無線化の課題とその解決取組を紹介する。

キーワード：トンネル，地下，無線，タブレット，反射波，アンテナ

1. はじめに

近年、建設工事現場では IT 化が急速に進み、各種データを取得するための手段としてタブレット端末等のモバイル機器の利用機会が増加している。

トンネル・地下等の電波が届きにくい現場では有線による通信が一般的であった。

しかしながら、有線の設置には以下の課題が有りはなはだ運用上不便であった。

- ①有線の設置工事に莫大な費用がかかる
- ②配線に人が引っかかる、建設機械が切断するといった事故が有る

- ③工事の進捗に合わせレイアウト変更が生じ、毎回変更の度に時間と費用がかかる

このような背景の中、高度なアンテナ技術と無線技術を活かしトンネル・地下用長距離無線 LAN 伝送装置の開発、商品化に取り組んできた。

以下、本装置の商品概要について紹介する。

2. 取組概要

(1) トンネル内伝送

従来の有線による伝送方法を図-1、2 に示す。

この方式の場合作業エリアを多数の配線が通るため前述①～③の課題が有った。

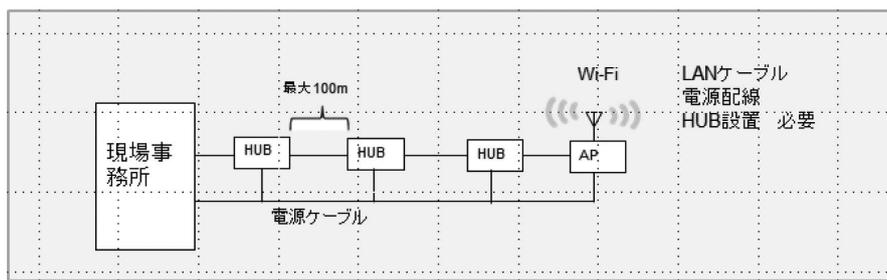


図-1 HUB 中継+アンテナ方式
AP：アクセスポイント

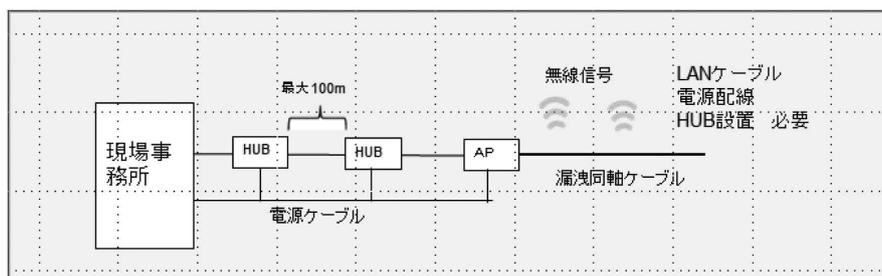


図-2 HUB 中継+漏洩同軸

これらの問題を解決するためにトンネルの入り口から工事現場まで、全て無線化したいという要望が強かった。

一般にトンネルは電波が届かないと思われているが、トンネルで無線が使えない理由は反射波の影響によるものである。

音声であってもトンネル内の少し離れた場所で会話しようとするとは音は聞こえるがわんわんといった反響音で何を言っているのかわからないのと同じ事が電波でも発生しているのである(図-3)。

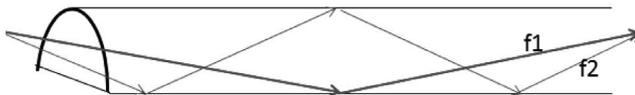


図-3 反射波の影響

このため、通常のアンテナと無線機を用いてトンネル内で長距離通信を行うことは困難であった。

この問題を解決するために指向特性^(注1)に優れたアンテナを使用することで反射波による影響の低減を図った。

表-1に示す通り通常の無線機で使用されているホイップアンテナでは反射が強い環境下では20mを超えたあたりから通信エラー率が上昇している。

それに対し指向特性に優れたアンテナでは安定した通信が行われていることがわかる。

(2) 電源

通信を無線化できたとしてもトンネル内で電源が確保できなければ電源線を引く必要があり完全な無線化が出来ないという問題がある。

そこで徹底的な低消費電力化を図りわずか2.5Wの消費電力で動作させることが可能な無線装置を開発した。2.5Wの消費電力で有れば小型のバッテリーで10時間以上動作させることが可能となる。更に長期間の利用を考慮し5日間動作のバッテリーも外付けオプションとして準備している。

(3) 可搬性

工事の内容や進捗に応じて無線装置を移動させる必要性が生じた場合、従来は複雑に配線された装置を移動する必要があり、無線の専門家でないとは移動が困難であった。

そこで一般の方でも容易に装置を移動できる様に可搬型の構造とした(写真-1)。

尚且つ、移設時にアンテナの高さ、方向の調整が容易に行える構造となっている(写真-2)。



写真-1 無線装置

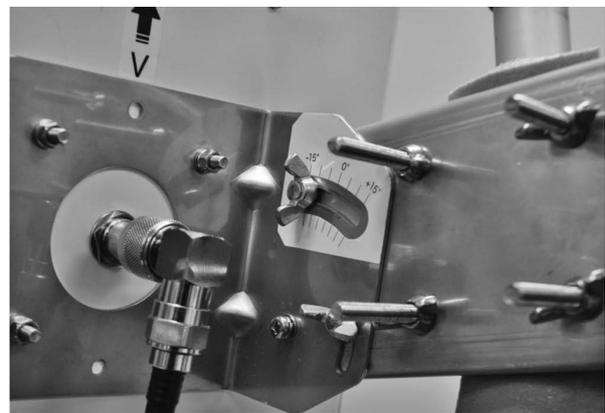


写真-2 アンテナ調整機構

表-1 アンテナ比較

通信距離		エラー率		コメント
		1 2 m	2 4 m	
平面ANT		1 0 ⁻⁸ 以下	1 0 ⁻⁸ 以下	優れた指向特性により反射波の多い環境でも安定した受信特性を持つ
ホイップANT		1 0 ⁻⁸ 以下	1. 9 x 10 ⁻⁶	少し離れると反射波の影響で通信エラーが発生する

(4) 長距離対応

トンネルの長さが1 km 以上となった場合1台の無線機では伝搬が困難になる。そこで中継装置を用意し長距離対応を可能とした(写真-3)。

中継装置もバッテリー動作可能とし、可搬性を考慮した構造となっている。



写真-3 中継装置



写真-4 移動用無線装置

3. 実運用

(1) Wi-Fi エリア構築

2節で紹介した伝送装置で送られた信号を特殊な受信装置を使うのではなく、タブレット端末等で利用できる様にするために、Wi-Fiエリア化装置を準備した。

この装置はトンネルの入り口から送られた電波を受信し、その信号をWi-Fi機器で利用できる電波形式に変換するものである。

利用形態に応じて2種類の装置を用意した。

①移動利用

点検作業、短時間作業用に移動しながら利用するた

めの装置で、作業者が背中に背負った状態で利用できるように小型、軽量化に配慮している(写真-4)。

②固定利用

作業現場全体をWi-Fiエリア化し、多人数で利用するための装置で作業現場に置かれた本装置から半径400 m ~ 800 m のエリアでWi-Fi機器の利用ができるように広いエリアがカバーできる特殊なアンテナを装備している。

(2) 位置把握

トンネル内に複数の工区が有る場合、安全管理上どの工区に誰が入っているか把握したいときが有る。その場合工区ごとに無線装置を配置し、入坑する人にWi-Fiタグ、タブレット等を携行してもらうことで工区ごとに入坑している人の位置把握が可能となる。トラック、建設機械にWi-Fiタグを装備すればそれらの車両の位置把握も可能となり全体状況把握が容易となる(図-4)。

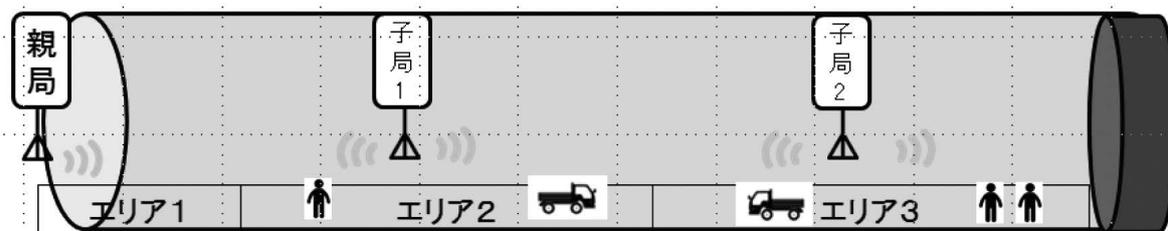
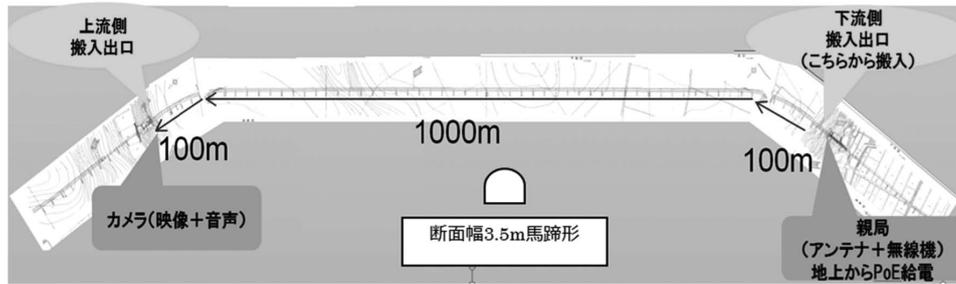


図-4 位置把握



図一五 トンネル形状

4. 試験結果

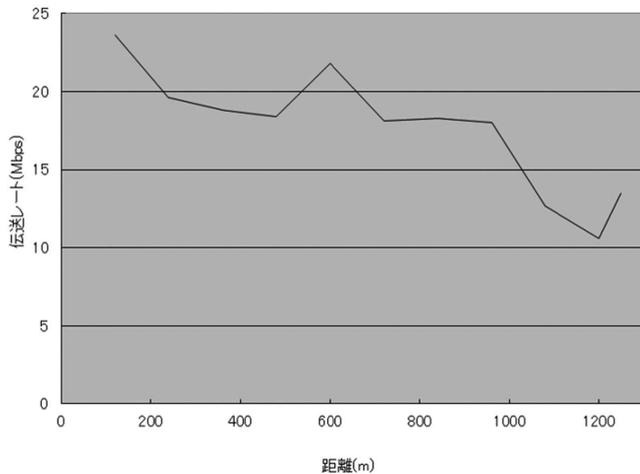
次に、実際のトンネルを用いて伝送性能の確認を実施した結果を報告する。

〈トンネル形状 (図一五)〉

- 長さ：1.2 km, 屈曲 2 か所
- 断面形状：3.5 m 馬蹄形

(1) 伝送距離

トンネル入り口に無線装置を置き、トンネル内を入口から奥に向かい 100 m ごとに通信速度を測定した。その結果 1,248 m の最終地点まで 10 Mbps 以上の安定した通信が可能であることを確認した (図一六)。



図一六 距離と伝送速度

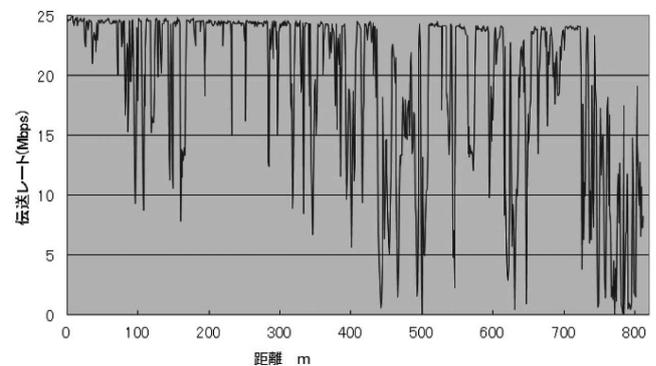
(2) Wi-Fi エリア

次に Wi-Fi エリア化について確認を行った結果を示す。

3. (1) 節②項の固定利用装置からタブレット端末がどこまで離れて通信可能かをトンネル内で実測した。

その結果 840 m まで 1 Mbps 以上の通信が可能であることを確認した。

タブレットの内蔵アンテナの特性により反射波の影響を受け伝送速度に大きな変動が有るものの、400 m 以内の距離であれば安定した通信が可能であることが確認出来た (図一七)。



図一七 アクセスポイントからの距離と伝送速度

5. おわりに

今回の実証実験を通して電波環境の悪いトンネル、地下において今回開発した無線伝送装置が十分な性能を発揮することが確認された。

今後は多様化するニーズに応えるためにノイズの多い環境下で安定した通信が行える方式の開発と更なる小型、軽量化の実現に取り組んでいく所存である。

J C M A

注1) 指向特性：アンテナの正面に対し横方向、後方から来る電波を受けにくくし正面からの電波だけを受信する性能

[筆者紹介]

中島 健三郎 (なかしま けんさぶろう)
 日本電業工作(株)
 事業開発部
 次長

