

## ADSLを適用した 地方線区用長距離伝送システム



伊藤 哲也\* 本橋 幸二\*

地方線区においてケーブルの増設により通信回線の増強を図りたい場合、比較的高価な施工コストのため行うことがなかなか難しいという状況がある。一方で、近年はインターネット技術としてADSLが広く一般に普及している。これは、従来の電話回線を活かしながらインターネット等のデータ伝送を可能とする技術であるが、裏を返せば実質的に1回線で2回線分の通信を行うことのできる技術と見なせる。従って、本技術の適用により新たな伝送路を設けずに回線を増強できる可能性がある。そこで、本研究開発ではADSLを適用し、かつ長距離伝送が可能な方法について検討及び現地試験を行い、実用化への可能性を確認することとした。

●キーワード：ADSL、メタリック線、周波数帯域、LAN、多段接続

### 1 はじめに

一般に、メタリック線を活用してデジタルデータの通信を行う技術を総称してxDSLと呼ぶ<sup>1)</sup>。この中で、近年インターネット技術として普及し、その言葉が広く一般に浸透している方式がADSLである。

この技術は、既設のメタリック線を使用できる点が大きな特徴であり、新たな設備投資を行わなくても通信の高速化が可能である。近年は、光伝送網の整備により、伝送容量の増強とともに高速化が進んでいるが、導入コストが高いため、幹線系への導入がメインとなっている。

しかしながら、地方線区も含め他の線区でも伝送容量の増強及び高速化の要求は高い。

ADSLは、他の鉄道事業者も着目しており、駅構内等の小規模な限られたエリア内では既に導入されているところもあるが、広範囲なエリアへの導入となると、伝送可能距離の壁もあってあまり導入事例は見られない。

しかし、何らかの手段で長距離伝送可能な方法ができれば、従来から敷設されている鉄道用メタリック通信ケーブルを使用した高速通信が可能になり、必ずしも光ケーブルを敷設する必要がなくなる。

また、ADSL技術は、電話を使用しながらインターネットができるという宣伝フレーズからも想像できるように、1本の電話回線で実質的に2回線分の通信が可能な技術でもある。したがって、この手法が適用できれば、新たに通信ケーブルを敷設しな

くても回線の増強が可能になり、経費節減にも寄与するものと予想される。

そこで本研究開発では、LANを用いた拠点システムにより伝送を中継して行う多段接続方式を活用した、ADSLを長距離で行う方法について検討し、現地試験によりその効果を検証することとした。更に試験結果をもとに実システムへ適用することを試みた。

### 2 ADSLについて

ADSLとは、電話とデータ伝送を同一の通信回線で共存させる技術である(図1)。

音声の伝送のみを考慮すればよかった従来の電話回線においては、伝送に使用する周波数帯域は音声の周波数帯域を考慮し0~4kHzのみを使用している。従来の加入者線(電話局と一般家庭等を結ぶ電話回線)ではそれ以上の周波数帯域は使用した通信を行っていなかった。しかし、音声で使用

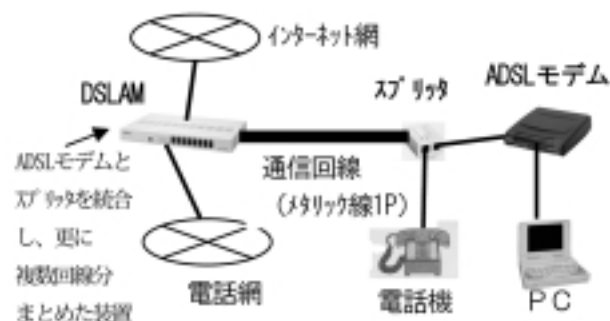


図1：ADSL伝送方式の概念

する帯域より高い帯域を使用すれば、伝送速度を上げることが可能である。インターネットを始めとしたデータ伝送においては、伝送容量が大きい場合が多く、必然的に伝送速度の向上の要望が出てくる。そこで、音声の周波数帯域とは別に、データ伝送用として高周波帯域を使用するようにした伝送方式がADSLである。一般的には30kHz～138kHzまでの帯域を端末からセンターへの上り伝送用（ユーザー宅から電話局への伝送）、138kHz～1MHz程度までの帯域をセンターから端末への下り伝送用（電話局からユーザー宅への伝送）として使用している<sup>2)</sup>（図2）。インターネットで使用する場合、下りの帯域の伝送速度が速い方が望ましいため、こちらの帯域を上りの帯域より広くしている。

最初に、ADSLを鉄道沿線の通信ケーブルに適用した場合の伝送距離、速度、及び隣接回線へのノイズの影響等について確認するため、基本性能確認試験を行った。

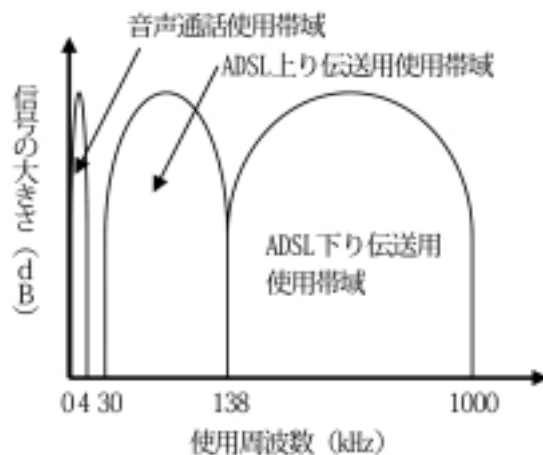


図2：ADSLの使用周波数帯域

### 3 ADSL基礎試験

#### 3.1 鉄道用通信ケーブルにおける基本性能確認

ADSLが鉄道沿線の通信ケーブルにおいて適用可能か判断するため、現場の通信ケーブルを使用し現地試験を行うこととした。試験は、下記のとおり行った。

- (1) 試験箇所 川越線 川越・笠幡間
- (2) 使用ケーブル U9030-B
- (3) 本試験に使用する回線 図3のとおり
- (4) 試験項目

##### ①伝送距離と伝送速度の関係

##### ②他のカッドへの漏洩ノイズ量測定

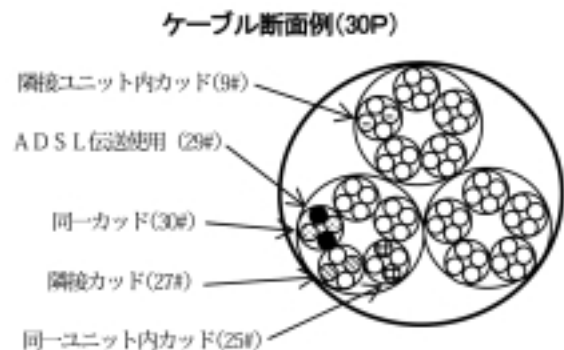


図3：試験に使用したケーブル回線

試験構成は、拠点間を1対向で接続する方法とした。なお、伝送速度試験時は、30MBのファイルを実際に伝送させることで速度の測定を行った。

#### 3.2 基本性能確認結果

伝送速度と伝送距離の関係については、図4のとおりである。鉄道で基本的に使用する通信ケーブルは導体径0.9mmが多く、一般的に電話線で使用しているもの（導体径0.5mmが多い）より太い径であるため、同じ距離で比較した場合、伝送速度は一般に言われているより高い結果が得られた。

他のカッドへの漏洩ノイズについては、図5のとおり、ADSLによる伝送回線と同一カッドである回線に若干の漏洩ノイズが観測されたが、その他のカッドへの影響は微量であり、影響のないレベルであることが確認された。（600kHz以降で突発的に出ているノイズはAMラジオの電波によるものと思われる。）

以上の試験結果から、ADSL伝送が鉄道沿線の通信回線でも十分使用可能なことが確認できた。

伝送距離 (川越から)		4.7km (西川越)	7.3km (的場)	12.6km (笠幡)
伝送速度	下り (Mbps)	4.8	2.2	0.1
	上り (kbps)	430	300	140

図4：伝送距離と速度の関係

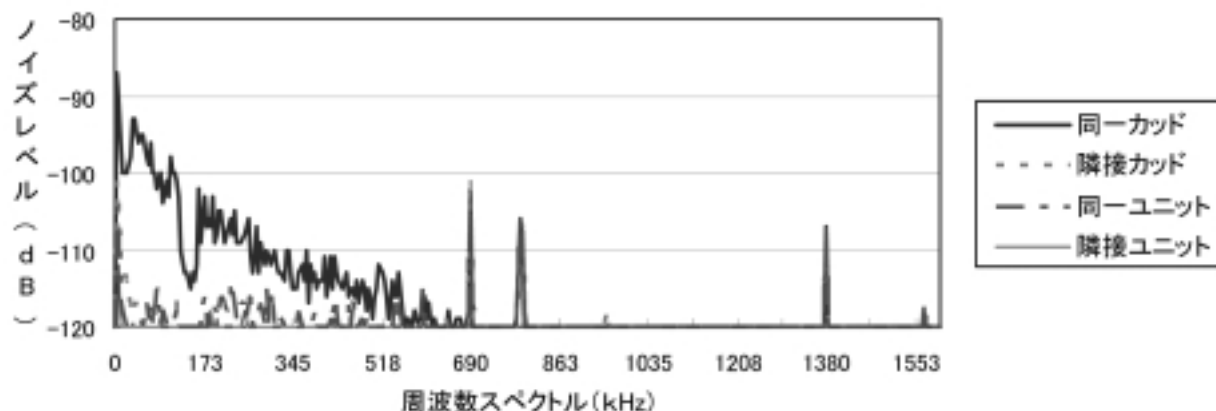


図5：漏洩ノイズ測定結果



図6：多段構成の概要

## 4 長距離多段接続伝送試験

### 4.1 ADSL伝送の長距離化について

基礎試験の結果を受け、次は更に長距離の伝送が可能な方法を検討した。これは、基本性能評価試験からも明らかなように、ADSLでの伝送を1対向で行う手法では、長距離伝送に適用させるには極めて困難だからである。つまり、ADSLは高周波帯域も使用して伝送を行うが、周波数が高くなればなるほど伝送インピーダンスが大きくなるためである。そこで、鉄道沿線においてある程度の長距離を伝送するためには、何らかの工夫を行い長距離伝送を可能とする必要がある。

一般的に、従来から長距離を伝送するために、途中での電気信号の減衰による伝送ロス及び伝送波形の乱れを補償するための再生中継という手法を適用するが、本研究開発でも同様な手法が適用できないか検討を行った。その結果、ADSLで使用するモデムをパソコンその他と接続し伝送する際の通信手順がTCP/IPであることに着目し、拠点にLAN(10BASE-T)を構成し、図6のようにハブにより順次多段接続により伝送距離を伸ばしていくこととした。

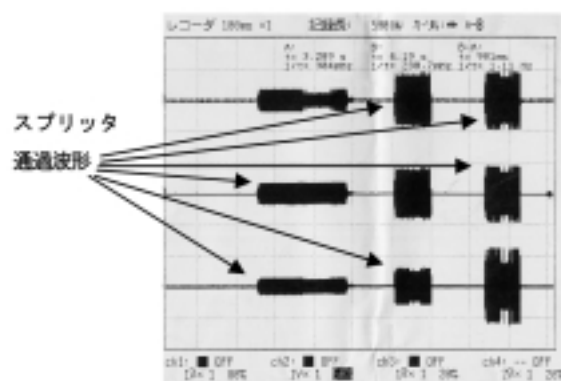


図7：スプリッタ通過試験結果

### 4.2 音声帯域伝送試験

ADSLでは、音声帯域と高周波帯域の電気信号の重畳・分離のためにスプリッタを使用する。これは、一種のフィルタであるが、ここでインピーダンス整合が取れないと、特にデータ伝送を行う場合に信号の波形の乱れが生じ、多段接続の際には複数のスプリッタを通ずることとなるため結果として波形が大きく乱れて伝送が困難になることが予想される。そこで、事前に室内試験によりその動作を検証することとした。図7に結果を示す。試験結果から、スプリッタを通るごとに波形の乱れが生じていることを観測した。したがって、音声帯域伝送の場合、再生中継

装置等で伝送波形を整える必要があることが判明した。

### 4.3 高周波帯域伝送試験

多段接続による伝送方式について、実際の動作を確認するために検証を行った。試験箇所は秋田支社管内の五能線東能代・陸奥岩崎間とし、図6の構成を基本に東能代をADSLモデムによる末端部、陸奥岩崎をDSLAMによる末端部としてシステム構成を行った。伝送距離は約50km、途中の伝送拠点には11箇所とした。なお、外部環境等何らかの原因で伝送がフリーズしても自動的に回復するよう、図8に示すLANタップ(LANに接続可能な電源タップ)を各拠点に設置し、ADSL機器の自動再立ち上げを可能とした。



図8：LANタップ

試験での確認内容は、主に伝送速度の測定とした。具体的には、容量を変えた各種の伝送用ファイルを準備し、その各々のファイルを各拠点から伝送した場合の時間を末端である東能代で測定することで行った。

### 4.4 試験結果

伝送試験の結果を図9に示す。この結果からも判るように伝送拠点多いほど、また伝送するデータ容量が大きいほど伝送時間を要する結果となった。

### 4.5 伝送速度の検証

接続する拠点多くなるほど伝送速度を要する事象について検証する。

伝送距離(km)	2.7	9.3	24.5	41.5	50.8	
途中中継数	0	2	5	8	11	
データ容量(MB)	1	3s	9s	13s	1m08s	1m27s
	2	4s	10s	18s	1m02s	1m45s
	5	10s	27s	47s	4m14s	4m05s
	10	18s	45s	1m19s	5m56s	8m17s
	20	41s	1m42s	3m05s	8m21s	19m12s
	30	1m	2m42s	4m47s	21m35s	27m10s

図9：伝送データ容量と伝送時間の関係

伝送拠点では、LANによりTCP/IPプロトコルによる伝送が行われているが、具体的にはリピータハブにより伝送データの中継処理が行なわれている。このリピータハブは、ハブに接続されている他のライン全てにデータを送信する動きをする。つまり、今回のシステムにおいては隣接区間のADSLモデムだけでなく、LANタップにもデータを送信している結果となっている。

また、LANタップはハブに接続される装置に周期的にアクセスし、動作しているかチェックを行なうための伝送をするため、他のデータ伝送と互いにデータの衝突が発生し、その結果伝送速度が遅くなると考えられる。

したがって、伝送速度を上げるためには、

(1) ハブをリピータハブではなく、必要なラインへのみ伝送するスイッチングハブとする。

(2) LANタップのアクセス周期を長めにする。

等の対策が必要なが判明した。

しかし、容量の比較的小さいデータの伝送については、この構成でも適用可能であると考えられたので、本システムを実回線へ適用することを試みた。

## 5 実システムへの適用検討

### 5.1 適用可能な回線の選定

本方式を実使用するにあたり、ADSLを適用するのに相応しい通信回線の検討を行った。

ADSLは、音声帯域と高周波帯域を使用し伝送を行うが、両帯域で適用可能な伝送内容は、大きく分けて下記のとおりである。

(1) 音声帯域

- ・電話(従来方式、装荷コイル使用)
- ・データ伝送(従来型モデム使用)

(2) 高周波帯域

- ・データ伝送(画像、映像等が可能、IP電話も可能)

したがって、五能線で現在運用している回線使用状況、今回の試験結果を踏まえ、音声帯域には、従来型モデムを使用した列車無線監視システム用回線、高周波帯域にはIP電話を適用することとした。図10にシステム構成を示す。

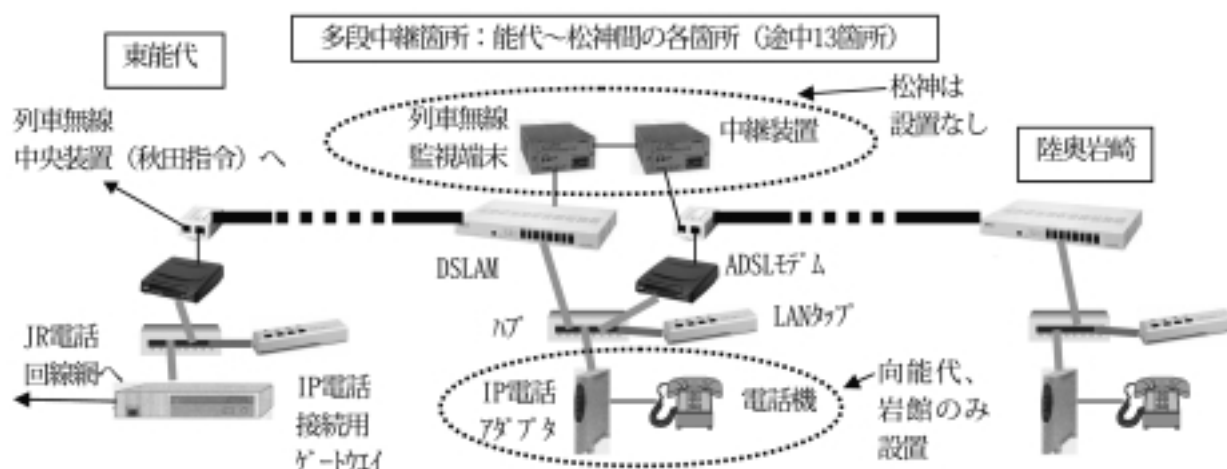


図10：ADSLを適用した伝送システム（五能線東能代・陸奥岩崎間）

## 5.2 実回線適用後の確認試験

上記の回線を実際に適用し、確認試験を行った。その結果、音声帯域に適用した列車無線監視システム用回線については、各箇所が必要とする最低受信レベルを確保しており、また警報メッセージについても正確なものが得られることを確認した。

また、IP電話についても、今回の構成では特に音の途切れ、割れ、遅延等は発生せず、また既存のJR電話回線網にも接続でき、正常に使用できることを確認した。

## 5.3 ADSL適用の効果

ADSLを実回線に適用したところ、下記のような効果を確認した。

- (1) IP電話を適用することで、各駅への電話回線を1本にまとめて空き回線を発生させることができた。特に、陸奥岩崎駅に関しては従来は磁石電話機を使用しており、音声非常に聴き取りにくい状況が恒常化していたが、この点が改善され明瞭な通話が可能になった。
- (2) 列車無線監視システム用回線は、従来はNTTの回線を借用していたため毎月使用経費が発生していた。これをADSL化で自営回線に振り替え、更に列車無線通話用回線の使用方法も見直すことで、この経費を節減することが可能になった。

したがって、今回適用したADSLについては、工事費等についても精査する必要があるが、コストダウンに寄与できる可能性のある技術であることが判明した。

## 5.4 屋外設置環境における対策

今回適用したADSL用機器は、すべて汎用品である。また設置箇所は、屋内のほか現場器具箱等の屋外設置としている箇所がある(図11参照)。この場合、本来は屋内での使用を前提としていることもあって、屋外で使用するには何らかの対策を要する。特に、夏の酷暑期と冬の厳寒期でも安定に動作させることが必要である。年間を通じた動作状態については現在検証中であるが、冬季で気温が0度以下であった際に一部の機器で動作が止まる事象が発生した。また、平成16年の夏は全国的に暑い日が多く、今回設置した箇所でも現場の器具箱内の温度が50度を超える箇所も一部であったが、動作が止まった事象は発生しなかった。しかし、仕様外の環境であったことは明らかで、機器の寿命を考慮するとやはり仕様にあった環境で使うことが望ましい。そこで、冬季の対策としてはヒーターの増設、夏季の対策としては器具箱への断熱塗料の塗布等を検討しているが、これらについては別途検討することとした。



図11：屋外設置例（現場器具箱内：点線部）



## 6 まとめ

本研究開発により、下記のことが判明した。

- (1) ADSLは、鉄道沿線の通信回線を使用する伝送に十分使用できる技術である。
- (2) LANを使用した長距離伝送について、音声帯域の伝送では中継装置等での伝送レベルの安定化が必要であることが判明した。また、高周波帯域の伝送では、伝送容量の比較的小さなデータ伝送には十分対応できるが、容量が大きいデータを伝送する場合は、更に何らかの工夫が必要となる。
- (3) ADSLの適用により、コストダウンにも寄与できる。
- (4) 設置環境の変化への対策については、更に検討する必要がある。

## 7 おわりに

ADSLを適用した長距離伝送方式について検討と評価を行なったが、今後は動作の安定度向上のほか、施工方法、メンテナンス性等についても検討を行い、更に地方線区用として安定したシステムとしていきたい。

### 参考文献

- 1) 梅山伸二，半坂剛；入門 x D S L ,技術評論社,1999.11
- 2) 日本銅線活用研究会；最新 A D S L がわかる ,技術評論社,2001.3