

# メタル回線による長区間データ伝送回線構成の評価手法

信号通信技術研究部  
主任研究員 関 清隆

## 1. はじめに

高速データ伝送に対する需要の高まりとともに、鉄道沿線においても光ケーブルの導入が進み、拠点駅間では光通信による高速大容量のデータ伝送回線が整備されるようになってきている。一方、拠点駅以外の小駅や信号所等までは従来のメタル回線のみが敷設されている場合も多いため、xDSL 等のメタル回線用高速データ伝送装置を用いて高速大容量データ通信回線を構築することになる。しかし、高速データ伝送装置は高周波数域の信号を使用するため、メタル回線では信号成分が同一ケーブル内の他の回線に漏れ込んで生じる漏話雑音の影響により、近接回線の伝送品質の劣化等が発生することがある。鉄道総研では、隣接駅間でメタル回線を用いた新規高速データ伝送回線の構築の可否を、新規回線と既存の近接回線との間の漏話による相互影響の程度の推定結果などに基づいて評価する手法を提案し、簡便に評価を行える支援ツールを開発した<sup>1)</sup>。

一方、複数の駅間にわたる長区間のデータ伝送回線を構成する場合には、メタル回線を多段接

続して構成した通信回線の両端に1対向のデータ伝送装置を配置する方法と、1駅間ごとにデータ伝送回線を構成しデータ伝送装置で一旦復調した信号を次区間のデータ伝送装置に入力する方

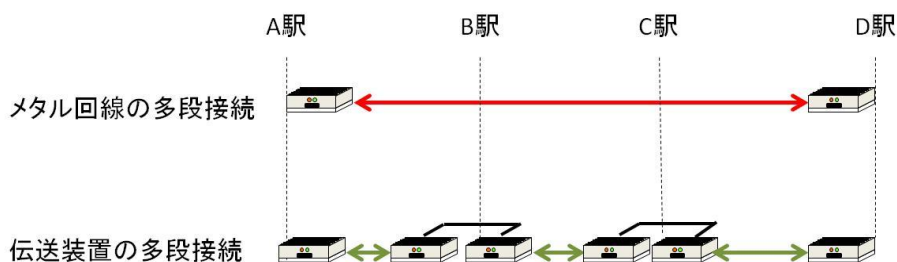


図 1 メタル回線による長区間データ伝送回線構成例

式（データ伝送装置の多段接続）がありうる（図 1）。前者の方式は、信号の減衰が大きいため伝送速度や伝送品質の点では後者に劣るが、データ伝送装置の数を減らすことができる。このようにデータ回線を構成すると、近接回線で使用する伝送方式の種類やケーブル内での位置関係が駅間ごとに異なるなど、データ伝送特性に与える環境条件が複雑になる。そこで、このような場合にも新規データ伝送回線の構築の可否を判断できるような評価手法の構築を行ったので、その概要を報告する。

## 2. 多段接続したメタル回線の特性

多段接続したメタル回線の高周波域までの伝送特性を、現地試験等の結果等をもとに評価した。

### 2. 1 回線減衰量の周波数特性

回線減衰量は、周波数が高くなるに従って大きくなる傾向にある。単位距離あたりの回線減衰量(dB/km)は、メタル回線を多段接続した場合でも1区間のみの場合とほぼ同じであり、構成されたメタル回線の総延長のみを考慮すればよい。平均的な回線減衰量特性の例を図 2 に示す。

### 2. 2 回線雑音の周波数特性

回線雑音は、周波数が高くなるに従って強度が小さくなる傾向にあるが、線区的环境条件等によって特性は大きく異なる。同一環境条件下においては、受信端に近い回線に重畳される雑音が

支配的であり、回線の総延長や接続した段数が雑音強度に与える影響は支配的ではないことがわかった。実測データを基にした、平均的な雑音電力密度の例を図 3 に示す。

### 2. 3 漏話減衰量の周波数特性

漏話減衰量は、回線減衰量とは逆に、周波数が高くなるに従って小さくなる傾向にある。また、以下のような傾向があることが分かった。

- ・メタル回線を多段接続した回線間の近端漏話減衰量は、メタル回線の接続段数による影響をあまり受けない。
- ・遠端漏話減衰量は、近端漏話減衰量よりも大きく、漏話雑音強度への寄与度は低い。
- ・同一方式のデータ伝送装置を多段接続する場合の近接回線への漏話雑音は、近接回線の漏話雑音測定端から見て最も近い区間に構成されているデータ伝送回線だけが存在する場合の漏話雑音で近似することができる。
- ・異なる方式の伝送装置を多段接続する回線からメタル回線を多段接続した近接回線への漏話雑音は、個々のデータ伝送回線のみが存在する場合の漏話雑音を周波数軸上で合成したものとなる。
- ・メタル回線を多段接続した回線への近接データ伝送回線からの漏話雑音は、近接回線のデータ伝送装置の位置が漏話雑音測定端から遠くなるほど小さくなる。

漏話雑音強度の決定に大きく影響する近端漏話の平均的な特性例を図 4 に示す。なお、漏話減衰量はケーブル内での回線の位置関係

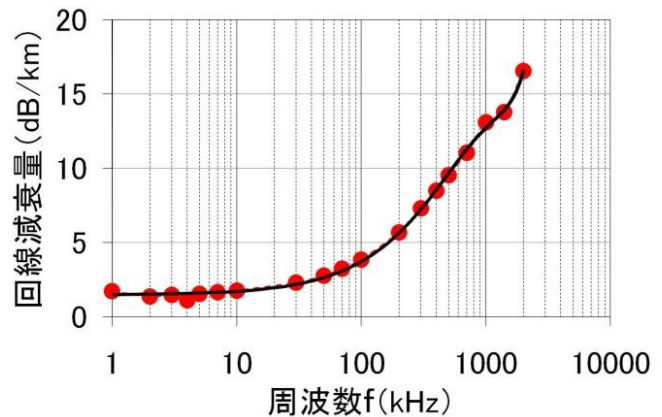


図 2 回線減衰量の周波数特性例

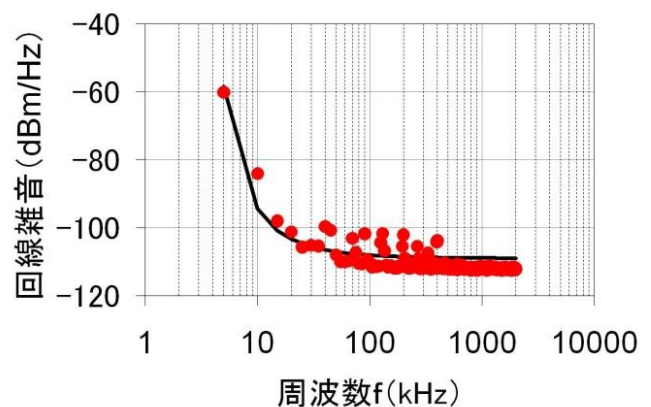


図 3 回線雑音の周波数特性例

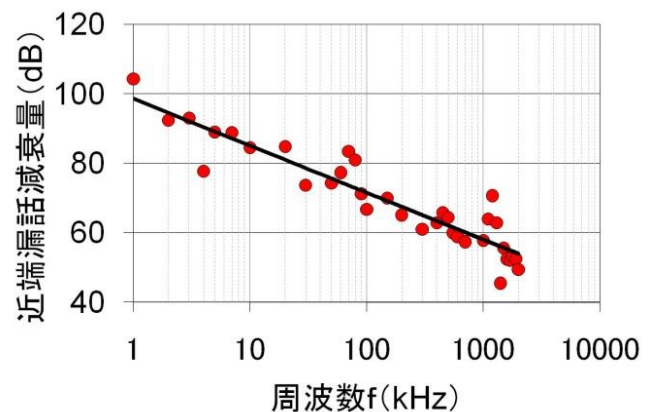


図 4 漏話減衰量の周波数特性例（同一カッド）

（「同一カッド」「隣接カッド」「隣接以遠のカッド」「他ユニット」）により異なる。

## 3. 長区間データ伝送回線構成の評価手法

### 3. 1 長区間データ伝送回線構成の評価手法

前章で述べた結果から、複数駅間にわたりデータ伝送回線を複数構成する場合でも、各々の回線のデータ伝送装置が同一駅に設置されており各駅間におけるメタル回線のケーブル内での相対位置関係（同一カッドか、隣接カッドか、など）が同じであれば、メタル回線を接続する段数と

は関係なく、総延長のみを考慮して従来の手法でデータ伝送回線構成の可否を評価することができる。これ以外の場合の評価を行うために、仮想的な伝送装置を仮定することで漏話雑音強度を推定する方法を提案した。

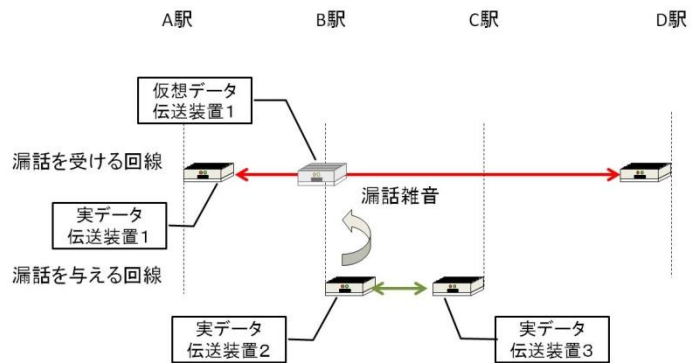
たとえば、図 5(1)のケースで実データ伝送装置 1 が受ける漏話雑音を推定する場合、まず近端漏話の影響が支配的であることから実データ伝送装置 2 が送出する信号からの漏話を考えればよい。そこで、漏話を受ける回線の B 駅に仮想的なデータ伝送装置 1 があるものとして、B 駅～C 駅間の漏話減衰特性を使って実データ伝送装置 2 からの近端漏話雑音を計算する。この漏話雑音は、A 駅～B 駅の回線減衰特性にしたがって減衰を受けて実データ伝送装置 1 に到達する。また、図 5(2)のケースでは、実データ伝送装置 2 の送出する信号が A 駅～B 駅の回線減衰特性にしたがって減衰を受け、その信号を送出する仮想データ伝送装置 1 が B 駅にあるものとして実データ伝送装置 1 への近端漏話雑音を計算する。このようにして各回線からの漏話雑音電力を求めその和をとれば、任意の実データ伝送装置への漏話雑音電力を求めることができる。さらにこのようにして求めた漏話雑音電力に回線雑音電力を加えて雑音強度 (N) を算出し、受信する信号強度 (S) との比 (受信 S/N) と、所定の伝送品質を実現するために必要な S/N (所要 S/N) とを比較することで、データ伝送回線の構成の可否を推定することとした。

なお、信号強度 (S) と雑音強度 (N) の計算過程では、S、N とともに周波数の関数として扱い、最終的に受信 S/N を算出する時点で総電力値を求めることで推定精度の向上を図った。

### 3. 2 導入評価支援ツールの開発

前節で述べた評価手法に基づいて、新規にデータ伝送回線を構築する際に既存回線への影響なく導入が可能であるかどうかの評価を支援するためのツールを Windows のアプリケーションプロ

(1)漏話を与える伝送装置が内側にある場合



(2)漏話を与える伝送装置が外側にある場合

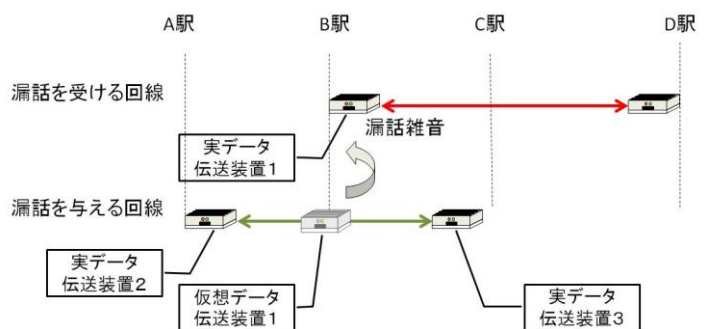


図 5 漏話雑音推定例

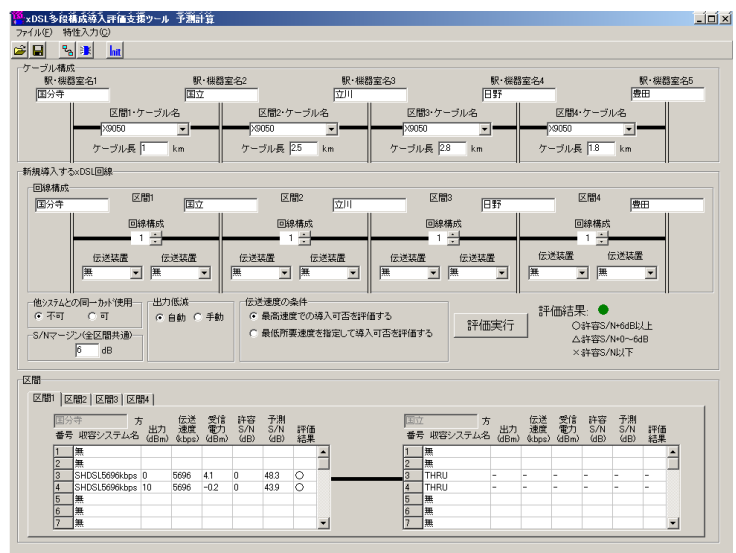


図 6 導入評価支援ツールの画面例

グラムとして実装した（図 6）。本ツールでは、導入したい回線（自回線）の構成と、既設回線（他回線）の構成を入力することにより、自回線・他回線の全てのデータ伝送装置における受信 S/N を順次計算し、全ての受信 S/N が所要 S/N+マージン以上確保できた場合に「導入可」と判定する。各回線ごとの評価結果は、「○（受信 S/N が所要 S/N+マージン以上）」「△（受信 S/N は所要 S/N 以上あるがマージンは確保できない）」「×（受信 S/N は所要 S/N 未滿）」の 3 段階で出力され、計算条件や計算値とともに、テキストファイルとして保存することができる。本ツールでは、将来登場する伝送技術にも対応できるように、伝送装置の送信信号のスペクトラム、所要 S/N 等や、ケーブル特性を自由に設定することができる。また、2 章で述べた平均的な特性は、ケーブル特性の初期値の設定に利用している。

### 3. 3 構成手法の検証

本手法により評価した回線構成の導入可否と、実測によって確認された回線構成の可否を比較した結果を図 7 に示す。提案した手法による評価結果は概ね実測と一致しており、提案した計算・評価手法が妥当であることが確認できた。

回線構成 A駅 ←6.2km→ B駅 ←5.7km→ C駅 ←3.8km→ D駅		伝送の可否		導入評価結果	
		予測	実測	予測	実測
ケース①	自 SHDSL — 1600kbps — SHDSL	×	×		
	他 SHDSL — 2048kbps — SHDSL	×	○	×	×
ケース②	自 SHDSL — 896kbps — SHDSL	○	○		
	他 SHDSL — SHDSL SHDSL — SHDSL 両区間とも 2048kbps	○	○	○	○
ケース③	自 SHDSL — 1152kbps — SHDSL	○	○		
	他 ADSL — ADSL 上り: 640kbps 下り: 6144kbps	×	×	×	×

図 7 本手法に基づく評価結果と実測結果との比較

### 4. おわりに

複数の駅間にわたる長区間メタル回線を構成する場合にも構築の可否を評価できるように、メタル回線を多段接続して構成したデータ伝送回線も含むさまざまな構成のデータ伝送回線が混在するケースでの漏話雑音推定手法と、伝送装置の送信信号や雑音、回線の伝送損失の周波数特性を考慮して受信 S/N を算出する手法を提案した。さらに、提案した手法を実装した導入評価支援ツールを開発した。本手法による評価結果は、現地試験での実測結果とおおむね一致し、手法が妥当であることを確認した。今後は、ケーブル障害時にも対応でき、かつ伝送遅延やジッタによる影響等も考慮できる回線構成の評価手法へと展開する予定である。

### 参考文献

- 1) 竹内恵一：高速データ伝送の鉄道通信回線への導入評価手法，第200回鉄道総研月例発表会講演要旨，2007