

鉄道沿線における地上デジタル放送受信障害範囲推定方法

信号通信技術研究部 通信
研究室長 川崎邦弘

1. はじめに

2003年12月に3大都市圏で試験放送が開始された地上デジタル放送は、2006年12月に全国での放送が始まり、2011年7月には完全デジタル化が予定されている。この地上テレビ放送のデジタル化により、鉄道沿線における障害現象が大幅に軽減されることが期待される。しかし、アナログ放送では品質が悪くてもかろうじて視聴可能であった地点において、無列車時は正常に受信できても列車通過時に一時的に影響が現れるなど、デジタル放送特有の現象が起こる可能性が否定できない。このような地点を把握するためには、現時点では実測に拠らざるを得ず、列車通過に伴う瞬間的な受信レベルの変動や受信品質の変化の測定は測定規模が大きく手間もかかるため、時間と労力がかかっている。

そこで、鉄道総研では、これらの時間の短縮と労力の軽減ができるよう、測定すべき地点の選定や優先順位付けに利用することを目的として、列車通過に伴う受信品質の変化を比較的簡易に予測できる手法の検討を行ってきた。ここでは、基本的な予測計算手法の考え方について述べたのち、検討した手法に基づいて開発した計算プログラムの概要と計算結果の一例を紹介する。

2. アナログ放送と地上デジタル放送の違い

アナログ放送と地上デジタル放送の主な相違を表1に示す。

表1 アナログ放送と地上デジタル放送の相違

	アナログ放送	地上デジタル放送
伝送方法	映像をAM、音声をFMでアナログ変調して伝送(キャリアは2本)	映像と音声を符号化・多重化してデジタル変調し、複数のキャリア(OFDM)で伝送
周波数帯	VHF帯(90~108MHz、170~220MHz) UHF帯(470MHz~770MHz)	UHF帯のローバンド(470MHz~662MHz)
信号強度の変化	画質の変化として現れる	受信データの誤り率が所定の値まで劣化しなければ影響なし
雑音の影響	画面に直接現れる	誤り率が所定の値を超えると、画質が劣化または凍結
反射波の影響	ゴーストとして現れる	データ復調のために利用

アナログ放送は、映像をAM、音声をFMでアナログ変調し、2つの搬送波(キャリア)を使って伝送する方式であるのに対し、地上デジタル放送では映像と音声を符号化・圧縮・多重化してデジタルデータを生成し、デジタル変調して多数の搬送波を使って伝送を行う。この多数の搬送波を使って伝送する方式は、OFDM(直交周波数分割多重)と呼ばれるもので、送る情報を複数の搬送波に分割して載せて伝送するため、干渉や妨害に強いという特徴を持っている。さらに、地上デジタル放送では、2段階の誤り訂正(内符号・外符号)を行うため、送受信間の伝送途中

で受ける影響の多くを排除でき、高品質の映像と音声を安定して提供することが可能である。また周波数帯としては、アナログ放送は VHF 帯、UHF 帯の両方を使っていたが、地上デジタル放送では VHF 帯を使わず、比較的電波雑音の少ない UHF 帯を使用している。

上記のように、アナログ放送と地上デジタル放送とでは伝送方式が異なることから、受信障害の現れ方も全く異なる。アナログ放送の場合は、受信レベルの変動や電波雑音の混入など伝送途中の影響が、そのまま受信画像の品質に現れる。これに対し、地上デジタル放送の場合は、受信したデータのビット誤り率（以下、BER）が所定のしきい値より小さければ、受信画像には伝送途中の影響は全く現れない。しかし、BER がしきい値を超えると、ブロックノイズが現れ、最悪の場合は画像が動かなくなる（画像凍結）。このため、放送波強度が強くと BER が良好なエリアでは、鉄道による障害が大幅に軽減される可能性が高いが、放送波強度が弱くと BER が許容限度ぎりぎりのエリアでは、列車通過時に BER が劣化して受信障害が現れる可能性が否定できない。特に地上デジタル放送では、正常受信時と障害発生時との品質の差が大きいため、障害が認識されやすいという特徴もある。なお、アナログ放送では反射波の影響によってゴーストが現れるが、地上デジタル放送では反射波も受信に利用するため、ゴーストは一切現れない。

3. 鉄道による影響範囲を予測する手法の検討

前章で述べたように、地上デジタル放送とアナログ放送とでは影響の現れ方が大きく異なることから、アナログ方式を前提とした従来の影響範囲の予測法は使うことができない（影響範囲の予測結果が過剰となる可能性が高い）。地上デジタル放送の受信品質は受信データの BER で決まり、この BER は受信レベル(C)と電波雑音強度(N)の比 (C/N：搬送波対雑音比) によって決定される。従って、受信レベルと電波雑音強度を計算して C/N を求めることができれば、受信品質を予測することができる。

ここで、鉄道による地上デジタル放送への影響を予測するためには、鉄道構造物等による静的な影響と、走行列車による動的な影響の双方を考慮する必要がある。鉄道構造物等による静的な影響については、一般的な建造物と同じ予測手法を応用できるが、高架構造物の下を通過する電波など、鉄道固有の現象を考慮する必要がある。また、走行列車による動的な影響については、車体の通過による受信レベル(C)の変化に加え、列車が発生する電波雑音強度(N)の変化も考える必要がある。しかし、これらを全て考慮して C/N の絶対値を精度よく計算しようとする、精密な計算モデル（地形や構造物の形状・材質、車体の形状など）と高度なシミュレーション計算環境が必要となり、実測以上の手間と時間がかかってしまう恐れがある。そこで、容易に予測するための方法として、列車通過に伴う C/N の相対的な変動幅 ($\Delta C / \Delta N$) を計算し、この変動幅から列車通過時に影響が発生する可能性を予測する手順をまとめた(図1)。

受信レベルの減少量 (ΔC) を計算するモデルとしては、計算量を軽減するた

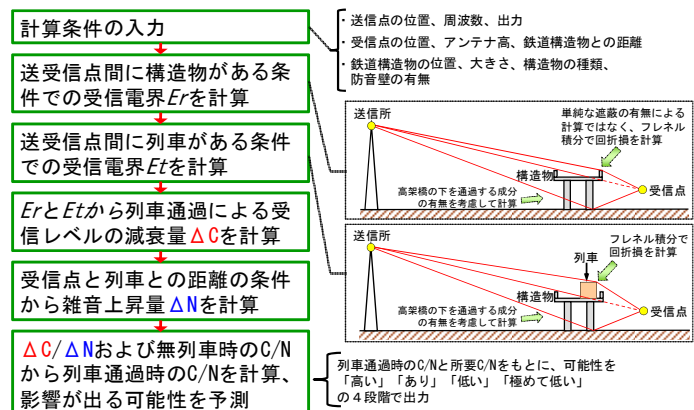


図1 予測計算の流れと計算モデルの概念

め、図1中に示したような単純化したモデルを検討し、構造物や車体でのナイフエッジ回折効果による受信レベルの減衰を、フレネル積分によって計算する方法を採用した。また、列車通過時の電波雑音強度の上昇量 (ΔN) については、実試験の結果から予測計算式を導出した。なお、走行列車による影響は、常時ではなく通過時のみに起こるが、本予測手法では、列車長と通過速度に依存する時間的な要因は無視している。すなわち、最悪条件を想定して影響が出る可能性を予測している。

4. 受信レベルの予測計算および受信品質推定プログラムの開発

前章で述べた予測計算手法を実際に利用できるようにするため、Windows のアプリケーションプログラムを開発した。開発した予測計算プログラムのスクリーンショットを図2に示す。

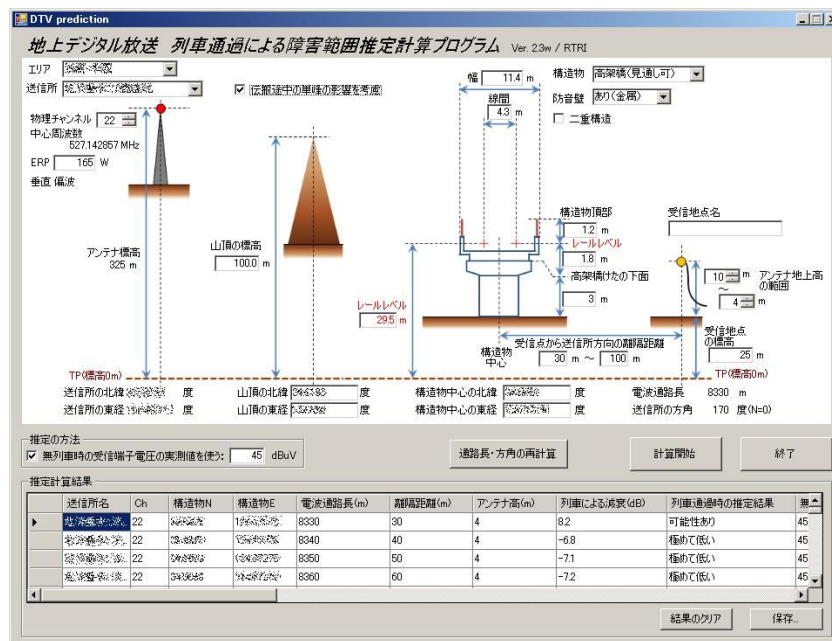


図2 予測計算プログラムのスクリーンショット

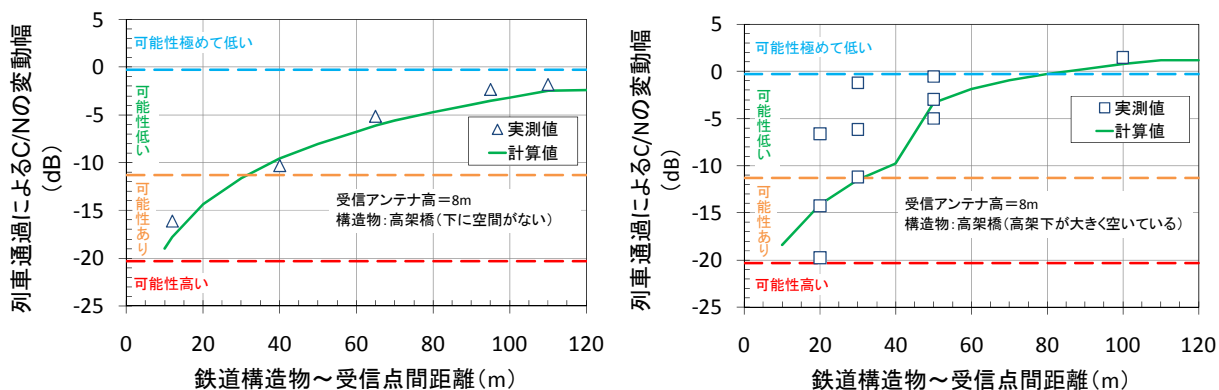
このプログラムでは、計算対象とする地域と送信所を選択して、鉄道構造物と受信地点の位置条件などのパラメータを設定することにより、列車通過に伴う C/N の変動幅と影響の可能性を予測計算する。鉄道構造物に関する設定パラメータは、軌道構造物の基準となる位置（送信点～受信点を結ぶ直線上の緯度・経度と標高）、軌道構造物の幅および高さ、構造物の種類（高架・盛土）、高架の場合は高架下の空間の高さなどである。鉄道構造物～受信点間の水平離隔距離と、アンテナの高さについては、計算する範囲を設定でき、プログラム上で自動的に受信点の位置を変えながら計算することができる。なお、送信所については、プログラム起動時に外部の送信所リスト（CSV形式のテキストファイル）を自動で読み込んで設定するため、自由に設定の追加・修正等が可能である。

予測計算の結果は、設定したパラメータおよび計算過程で得られた値と併せて一覧表に表示されるが、Excel など外部のソフトでグラフ化などの処理が行えるよう、テキストファイル（CSV形式）に出力することもできる。なお、予測結果の出力内容については、通過列車による影響が発生する可能性を「極めて低い」「低い」「あり」「高い」の4段階で評価して出力する、あるいは

影響が起きないために必要な無列車時の受信レベル (C) を出力する、のいずれかを選択できるようにした。

開発したプログラムを用いて計算した列車通過に伴う C/N の変動幅と、実測試験で得られた値とを比較した結果の一例を図 3 (a)(b)に示す。横軸は構造物中心と受信点との離隔距離 (m)、縦軸は列車通過に伴う C/N の変動幅(dB)である。図中の実線が計算値、△・□が実測値である。図 3 (a)は高架下の空間が空いていない場合、図 3 (b)は高架下の空間が空いている場合である。なお、図中の破線は、列車通過による影響を評価するためのしきい値である。このしきい値は、無列車時の C/N から決定される。

図 3 より、プログラムの計算結果は実測値と同様の傾向を示しており、簡易的な予測に利用できる誤差で計算できていることがわかる。これにより、列車の有無による回折損の変化や高架下を通過する電波の有無、ならびに電波雑音強度の上昇量を考慮して C/N の変動幅を計算する手法が有効であることが確認できた。ただし、放送波の到来方向と鉄道との交差角度が浅くなる地点や、受信点の周囲が山や建造物などに囲まれている地点、送信所～受信点間が極端に近い地点などの条件では、計算値と実測値との差が大きくなることもわかった。



(a) 高架下の空間が空いていない場合

(b) 高架下の空間が空いている場合

図 3 開発した予測計算プログラムによる計算値と実測値との比較例

5. おわりに

ここでは、列車通過に伴う地上デジタル放送の受信品質の変化を予測計算する手法について、基本的な考え方を述べ、具体的な予測計算プログラムの概要を紹介した。開発した予測計算プログラムは、列車通過時の影響や受信レベルの変動を測定すべき箇所の絞り込み、優先順位付けのほか、沿線における受信品質の概況の予測などにも利用できるものと考えている。

今後、送信所～受信点間の地形を考慮した電波伝搬の計算手法を導入することにより、受信レベルの絶対値の計算精度を向上し、列車通過時の受信品質のみならず、列車が通過していない時の受信品質も予測可能なプログラムを開発する予定である。また、計算結果を地図上に表示するなどの機能向上も行い、より使い勝手のよい予測計算プログラムへと発展させる予定である。

参考文献 1) 日本放送協会営業局受信技術センター：建造物障害予測の手引きー地上デジタル放送，(社) 日本CATV 協会，2005