

鉄道沿線における地上デジタル放送受信品質の予測評価手法

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月に全国での本格的な放送が始まり、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いても列車通過時に一時的な受信障害が発生するなど、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。

鉄道総研では、このような列車通過による影響を受ける可能性のある地点を把握するための測定手法の検討を2002年度から開始し、2004年度に鉄道沿線向けの測定評価法を提案した。しかし、列車通過に伴う受信レベルの変動や一時的な品質劣化の測定は測定規模が大きく、時間と経費がかかるという問題があった。そこで、2006年度から鉄道沿線における地上デジタル放送の受信品質の予測手法の開発に取り組み、2008年度に列車通過に伴う影響の評価手法をまとめた。そして2009年度に、これまでの研究の総まとめとして、列車が通過していないときの定常的な受信品質も含む総合的な受信品質評価システムの開発を行った。

本発表では、地上デジタル放送の特徴について紹介したのち、これまでに開発した列車通過による受信品質への影響の予測手法と、最終的に開発した鉄道沿線用地上デジタル放送受信品質評価システムの概要を報告する。

2. 地上デジタル放送の概要とアナログ放送との違い

地上デジタル放送¹⁾²⁾では、映像と音声を符号化・圧縮・多重化して送信データを生成し、誤り訂正符号を付加した後、デジタル変調して送信する。受信機側では、受信した電波から受信データを取り出して、誤り訂正を行ったのち、映像と音声を再生する(図1)。地上デジタル放送では2段階の誤り訂正を行うため、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。

アナログ放送では、映像・音声をアナログ信号のまま2つの搬送波で伝送するため、受信レベルの変動や電波雑音の混入などの影響が、そのまま受信画像の品質に現れる。これに対し、地上デジタル放送では、デジタル信号を分割して多数の搬送波に乗せるOFDM(直交周波数分割多重)方式によって伝送し、かつ誤り制御を行うため、受信レベル(C)と電波雑音強度(N)の比(以下”C/N”)が所定のしきい値(以下”所要C/N”)より大きければ、受信画像には伝送途中の影響が全く現れない。しかし、C/Nが所要C/Nを下

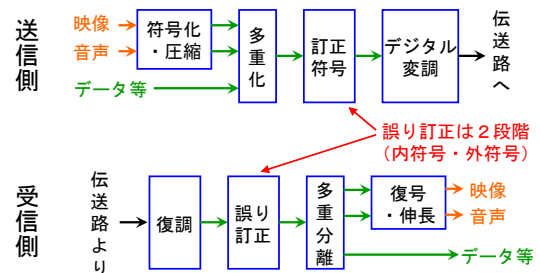


図1 地上デジタル放送のしくみ

回ると、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、C/N が大きいエリアでは、鉄道による障害が大幅に軽減される可能性が高いが、C/N が所要 C/N ぎりぎりのエリアでは、列車通過時に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特徴がある。

3. 列車通過の伴う受信品質への影響の予測手法

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障害範囲の予測法を使うことができない（障害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 C/N で決定されることから、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。走行列車による動的な影響を計算機上で再現するためには、車体の存在による受信レベルの変化に加え、列車が発生する電波雑音強度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、列車通過に伴う影響の範囲を容易に予測できる方法として、図2のような単純化した計算モデルによって列車の有無による C/N の相対的な変化を計算し、列車通過による影響が発生する可能性を予測する手順（図3）をまとめ、計算プログラムを開発した。なお、開発した計算プログラムでは、一般的な建造物の影響に関する予測計算式³⁾に準じ、伝送帯域内（約 5.6MHz）にある複数の搬送波の強度を計算して“等価 C/N”を予測しているが、図2中に示したような高架下を通過する電波も考慮できるように拡張している。開発した計算プログラムによる計算結果と実測とを比較した結果、相対的な C/N の変化の計算誤差は±6dB 程度であり、影響が起こる可能性の予測結果が概ね実際と合致することを確認した。

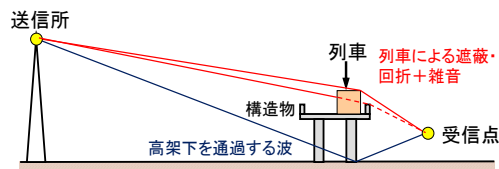


図2 列車通過による影響の予測計算モデル

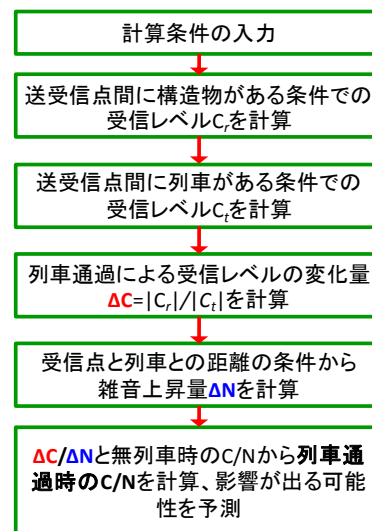


図3 列車通過による影響の予測手順

4. 総合的な評価システムの開発

前章で述べた列車通過による影響の予測計算法では、送信所と受信点間の地形による影響を極めて単純なモデルで計算しており、受信レベルの予測計算の誤差が 20dB より大きくなる場合があった。列車通過に伴う C/N の変化を算出するためであれば、受信レベルの計算誤差は大きな問題とはならないものの、最終的に影響が発生するか否かを予測する際には、無列車時の受信レベルの精度が影響する。無列車時の定常的な受信レベルについては、予測計算ソフトが多く公表・販売されており、実測も容易であるため、前節で開発したプログラムでは、これらの計算結果や実測値を利用することを前提としていた。しかし、複数の独立したソフトを組み合わせる際には、同一計算条件を設定することが難しく、また手順も煩雑となってしまう。そこで、次のステップとして、無列車時の受信レベルの計算精度を向上させ、単独で総合的な予測評価が行える、より実用的な評価システムを開発することとした。

様々な計算精度の向上策を検討した結果、伝搬途中にある地形や複数の建造物の影響を考慮できる計算モデルとして多重ナイフエッジ回折モデル⁴⁾⁵⁾を導入することにより、計算規模を大幅に増大させることなく、より現実に近い条件で計算できることがわかった(図4)。さらに、数値地図(標高データおよび地図画像データ)を活用し、計算範囲の設定を地図上で行うことによって地形プロファイルを算出して多重ナイフエッジ回折モデルに自動的に変換する機能や、計算結果を地図画像上に表示する機能を追加した。開発した評価システムの画面例を図5に示す。実測調査では、1日あたり4~5地点程度しか列車通過の影響を測定評価することができないが、開発した評価システムを使うことにより、1分間で100地点~120地点の予測評価が可能である。

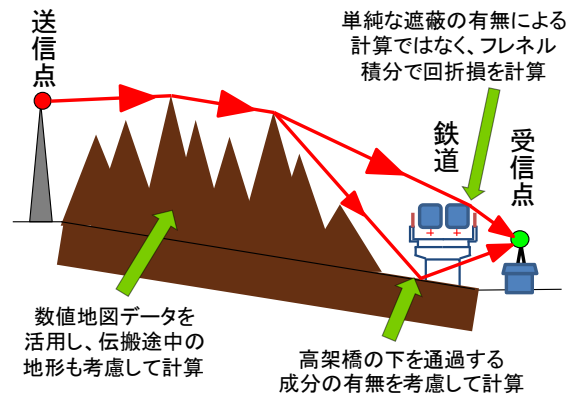


図4 多重ナイフエッジ回折モデル

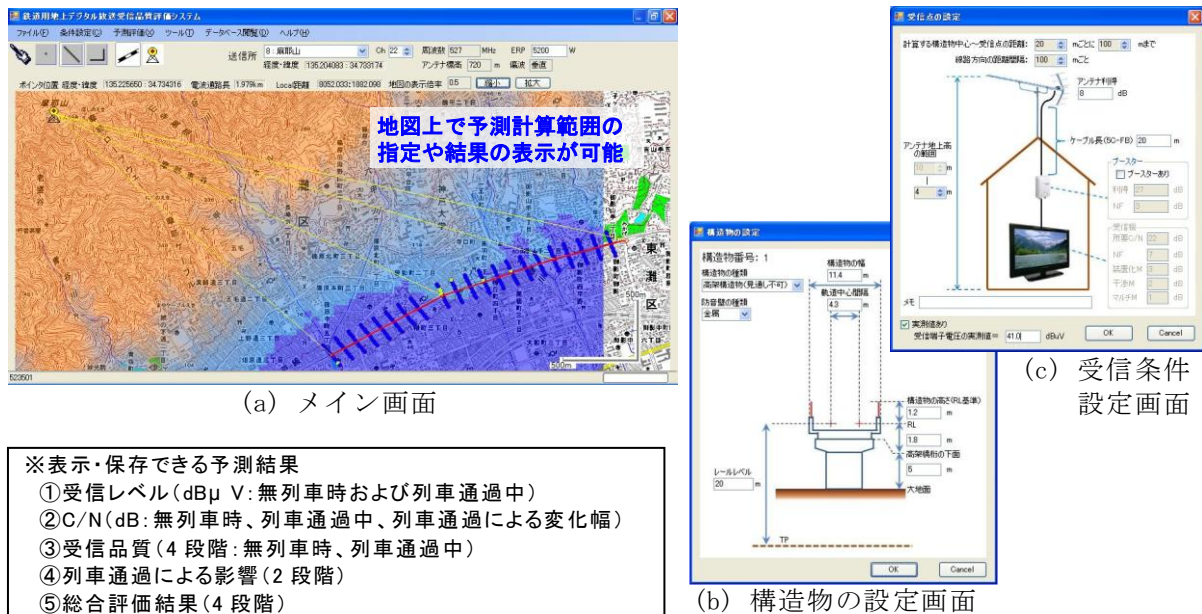


図5 開発した評価システムの画面例

5. 評価システムによる予測結果の精度の確認

開発した評価システムによる計算値と実測値との比較結果の例を図6および図7に示す。図6の縦軸は受信レベル(受信端子電圧: dBμV)、図7の縦軸は列車通過時のC/Nの変化(dB)であり、両図とも横軸は鉄道構造物と受信点との距離(m)である。伝搬環境により実測値との誤差は変わるが、図6からわかるように、無列車時の受信レベルの予測計算誤差は、2008年度に開発したプログラムよりも約10dB改善され、10dB±6dB程度であることが確認できた。また、図7からは、列車通過によるC/Nの変化の予測計算結果と実測との誤差は6dB以下となっており、電波伝搬の予測計算としては比較の実用可能な精度で計算できていることがわかる。

また、最終的な映像への影響の予測結果と実際との比較結果を表1に示す。表1より、予測結果は実際の受信状況とほぼ合致していたが、「影響が出る可能性あり」(表中の”△”)と評価した

地点において実際には影響が出ていなかった条件もあった。これは、列車通過時間を考慮して予測を行っていないことが大きな要因の一つと考えられる。なお、今回検証を行った範囲では、実際には影響が起きているのに「良好」（表中の“○”）や「極めて良好」の評価結果になる事例は見られなかった。このため、本評価システムの予測結果が「影響が出る可能性あり」となった地点を、実際に調査を行う地点として選定することにより、列車通過に伴う影響が発生する地点を概ね網羅できることが期待できる。

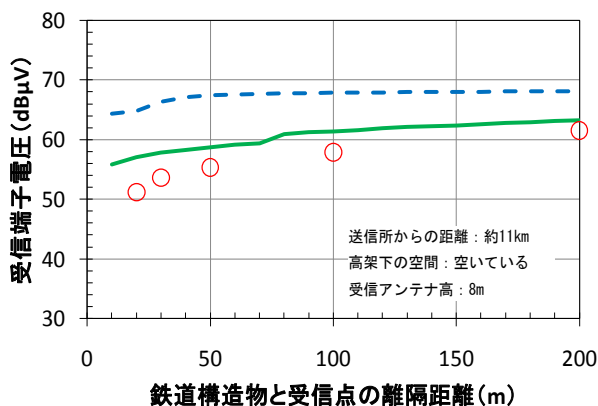


図6 無列車時の受信レベルの予測計算結果と実測との比較例

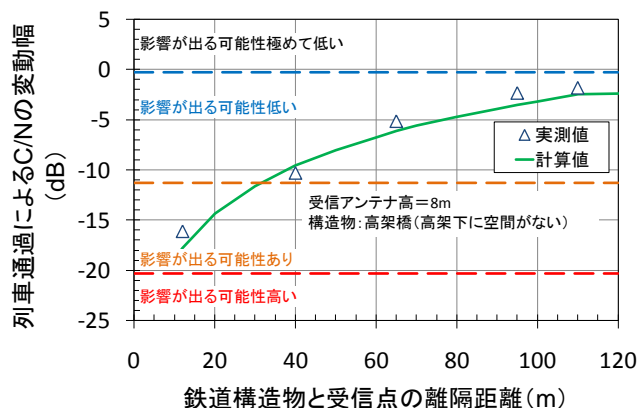


図7 列車通過によるC/Nの変化幅の予測計算結果と実測との比較例

表1 映像への影響の予測結果と実際との比較

地点名	受信地点の特徴	鉄道構造物と受信点との距離	列車通過時の受信画質	
			予測	実際
A	・送信所から約8km ・高架下の空間なし	12m	△	△
		40m	○	○
		110m	○	○
B	・送信所から約11km ・高架下の空間あり	30m	△	○
		50m	○	○
		100m	○	○
C	・送信所から約41km ・高架下の空間あり	13m	△	△
		50m	△	△
		100m	○	○

※○：良好、△：影響が出る可能性あり

6. おわりに

本発表では、列車通過時と無列車時の受信品質を総合的に予測評価できる鉄道用地上デジタル放送受信品質評価システムについて紹介した。今後、コンサルティング等で本評価システムを実際の場面で活用するなどして使用実績を重ね、予測精度と使い勝手を向上させていきたいと考えている。

また、本評価システムに導入した地形を考慮できる電波伝搬計算モデルは、列車無線システムや無線式列車制御システムなどにおける無線回線設計にも利用できる可能性があることから、他のテーマにて開発している無線データ伝送回線シミュレータへの適用も検討していく予定である。

参考文献

- 1) 佐々木, 黒田:”地上デジタル放送方式”, NHK 技研 R&D No.56 pp.4~19, 日本放送協会放送技術研究所, 1999
- 2) NHK 受信技術センター編:”知っておきたい地上デジタル放送”, NHK 出版, 2003
- 3) 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”, 日本 CATV 協会, 2005
- 4) 松本:”電波工学入門”, pp.253~254, 朝倉書店, 1974
- 5) 渋谷:”マイクロウェーブ伝搬解説”, pp.211~216, コロナ社, 1961