

電波伝搬シミュレーションソフト  
「エリアかくべえ」  
放送サービスエリアの  
計算方法と実測値比較

(株)中国放送  
技術局管理部  
近藤寿志

『エリアかくべえ』は、『電波法・告示640号』に完全に準拠した計算が可能です。実測に近いその他の参考計算も可能ですが、電波申請には『電波法・告示640号』に完全に準拠した計算で提出しなくてはなりません。

『エリアかくべえ』の技術的な詳細説明 <http://kakube.rcc.ne.jp/>

## 本日の報告事項

- 「エリアかくべえ」の機能概要
- 送信アンテナの垂直指向性に関する問題
- 回折損失の取り扱いに関する問題
- 都市減衰に関する問題
- 計算値・実測値の比較

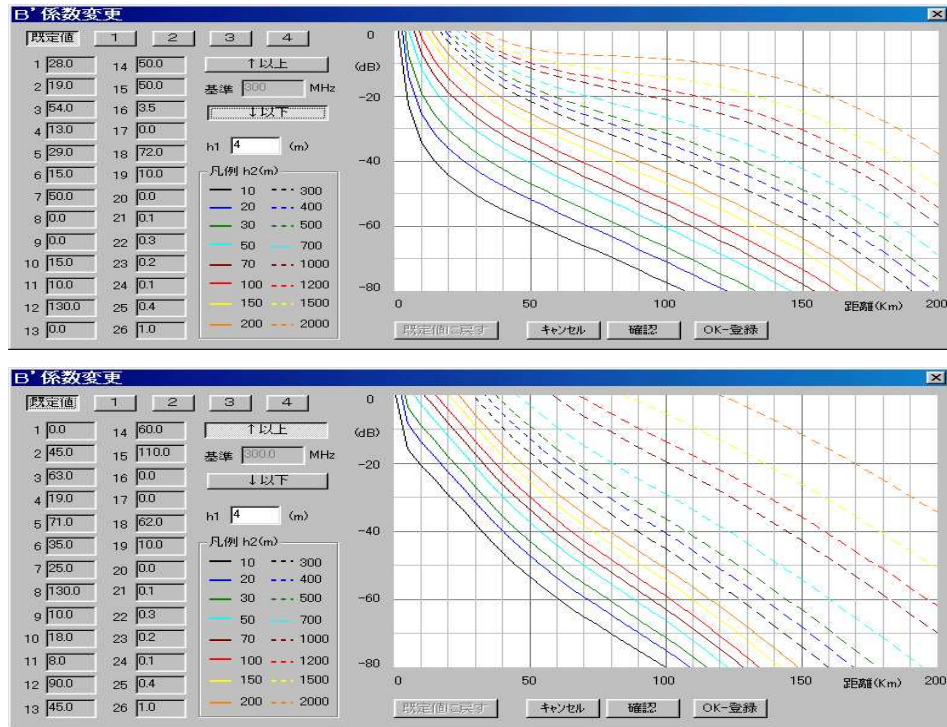
<http://kakube.rcc.ne.jp/>

## 「エリアかくべえ」の機能

- 郵政省告示第640号に準拠
- ペン&タブレットによるアンテナパターン入力
- 送受2点間の回線評価
- プロフィール上で送受信点の地上高変更
- 複数局エリアの同時表示
- エリア図を地図上へ直接印刷

<http://kakube.rcc.ne.jp/>

## 伝搬距離特性の設定例



郵政省告示には伝搬距離特性をはじめとしてたくさんのグラフが明示されています。

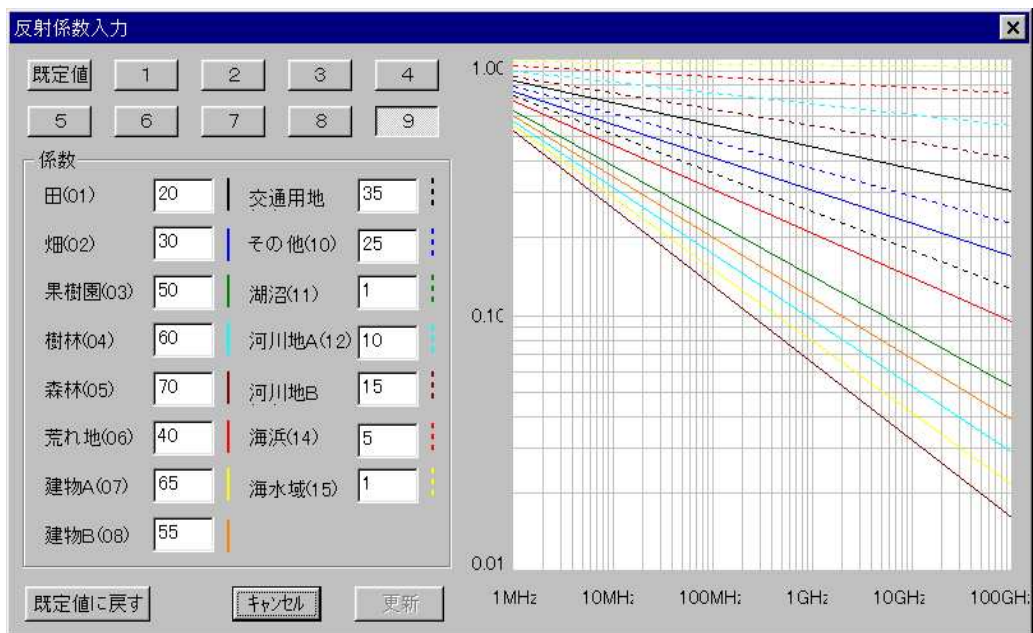
「エリアかくへえ」の最大の特徴は、これらの特性を近似式として扱っていることです。

ご覧いただいているのは、告示の伝搬距離特性ですが、左の部分のパラメータを変更することで、さまざまな特性に簡単に対応することが可能です。

例えば、ITU-Rで提唱された特性や今後新しく提唱される特性についても簡単に対応することができます。

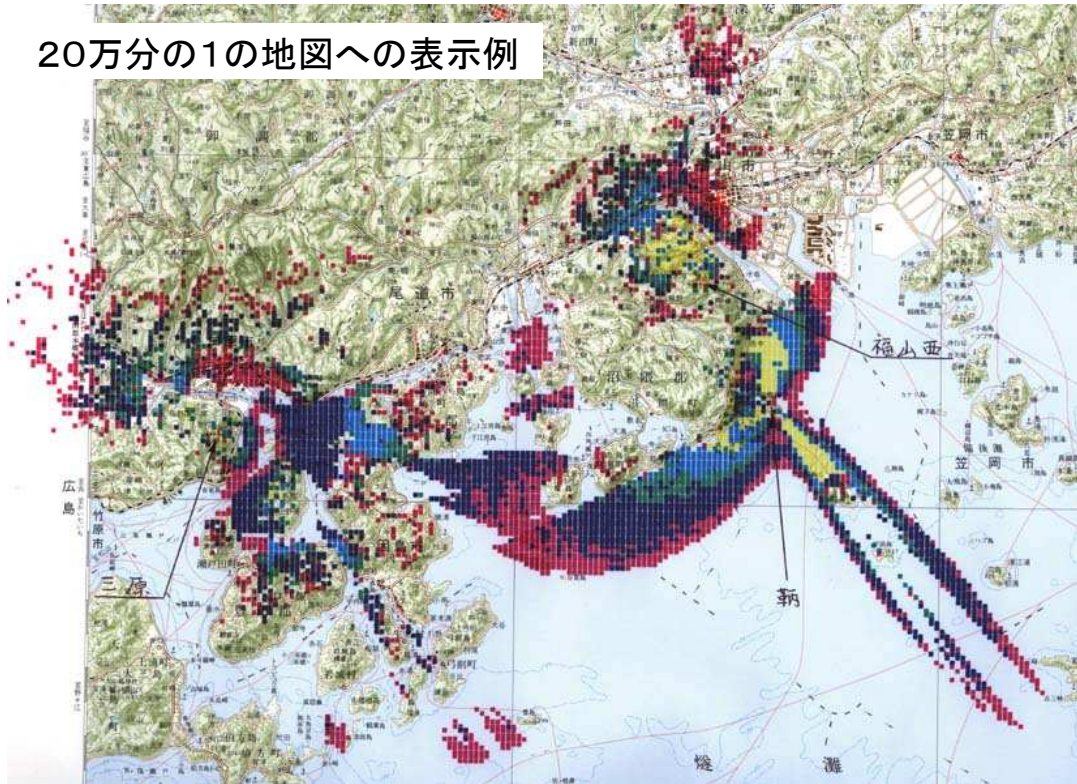
どの特性が実測とよく合うのかといった検討も行うことができます。

### 国土地理院土地利用図による反射係数の設定



同様に、反射点の反射係数についても、国土地理院の土地利用データをもとに設定が行えるようになっています。

## 20万分の1の地図への表示例



こちらは、20万分の1の地形図に複数のエリアを表示した例です。  
本日は実際に地形図上に印刷した資料を持参しております。  
また、「エリアかくべえ」の機能についてまとめたパンフレットもございますので、  
報告会終了後にお問い合わせいただければと思います。

## 送信アンテナの

### 垂直指向特性に関する問題

- **プラス方向の俯角**に対する  
垂直指向性パターンが重要
- チルトやヌルフィンにより  
垂直パターンが**急峻になる**部分がある
- **せめて+10° 程度**までの提出の義務化

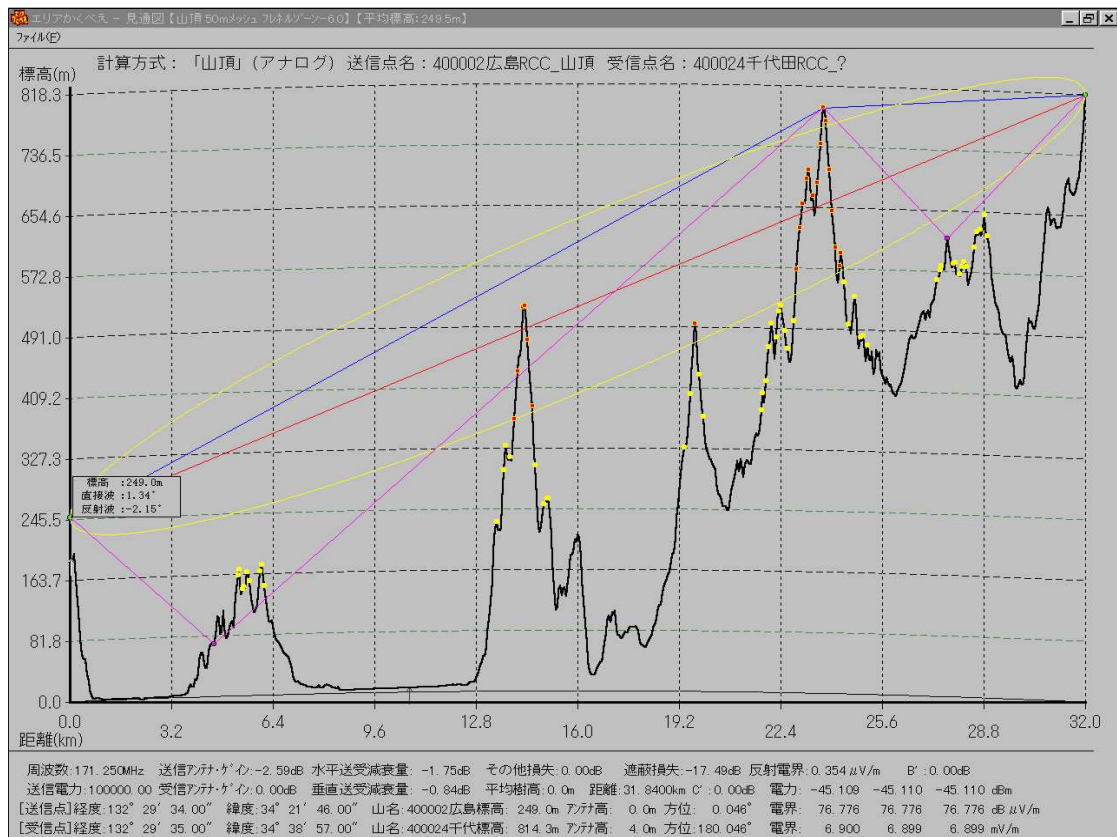
次に送信アンテナの垂直指向性に関する問題です。

まず、プラス方向の俯角に関する指向特性が重要です。

次に、チルトやヌルフィンをかけることによりプラス方向の垂直指向性が急峻になる場合があります。

「エリアかくべえ」では、プラス20度まで入力できるようにしていますが、せめてプラス10度程度まで提出を義務化することを提案いたします。

各局におかれましては、プラス方向の垂直指向性をどのように取り扱っていらっしゃいますでしょうか？



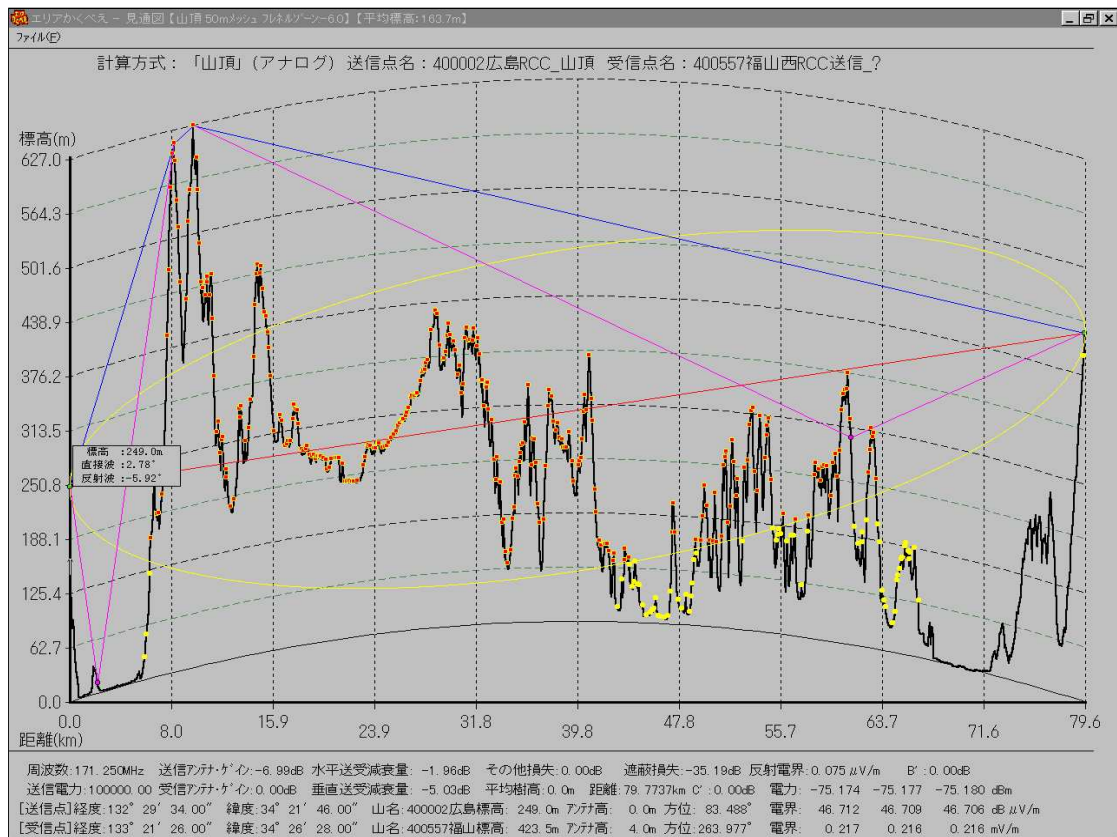
日本では、大都市が平野部に集中しているため、大電力局が比較的標高の低いところに建設される傾向があります。

RCCでも、4CH, ERP100KWの基幹局は黄金山という標高200m程度の山に位置しており、その輻射体中心は249mです。

この黄金山を親局とする千代田TV局へのプロフィールをご覧いただいております。

千代田局受信アンテナの標高は814.3mで、黄金山からはプラス1.34度の俯角となります。したがって、プラス方向の垂直指向特性がなければ、千代田局の到達電界は計算できないこととなります。





さらに、今後地上デジタル放送局の建設に伴い、送信アンテナより高い山岳を回折していく、または回折してくる妨害波の検討を行う必要があります。

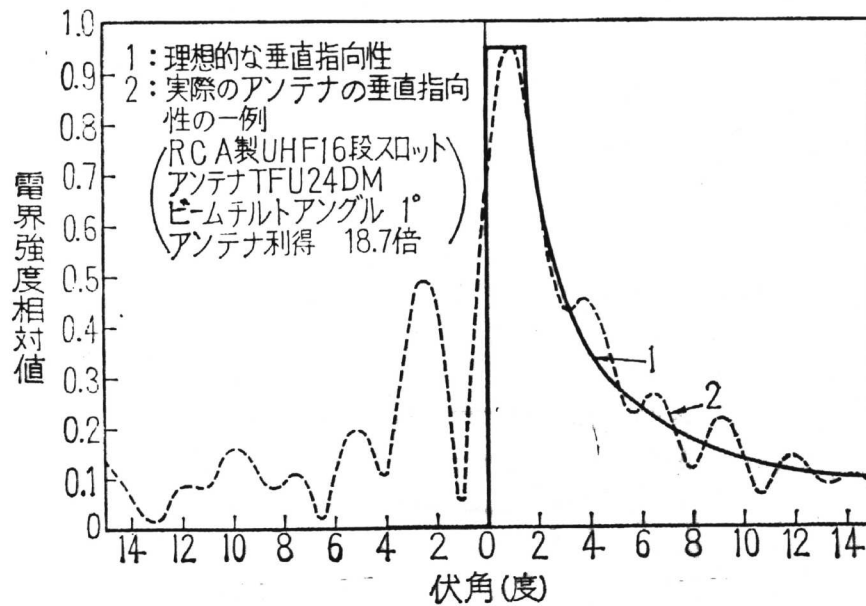
ご覧いただいているのは、そのような例です。

黄金山から東へ79.6km離れた福山西TV局へのプロフィールをご覧いただいています。

この場合は、プラス2.78度の俯角となり、やはり水平より上部の指向特性を軽視して遠方の電界を正確に求めることは困難であることがおわかりいただけると思います。

## 送信アンテナの垂直指向性の例

遠藤敬二著 TV・FM放送アンテナ 日本放送出版協会編 P16より



特にビームが鋭い大電力局では、チルトやヌルフィンがついている場合が多く、水平方向に放射された電界は僅か1度であっても減衰が著しく大きく10-15dBも違う指向性のアンテナもあります。

ご覧いただいているのは、遠藤敬二さん著作の「TV・FM放送アンテナ」日本放送出版協会編の16ページにあった指向特性の例です。

こうなると、回折計算の精度よりもアンテナの垂直指向性の誤差のほうが大きな誤差発生の原因となる場合を見逃せなくなります。

「エリアかくべえ」では、ペン&タブレットにより入力された指向特性にスプライン補間をかけ、0.5度おきのデータとして保存するとともに、0.5度の間は直線補間により、指向性減衰量を計算しています。

また、近年のアンテナ設計においては、アンテナの指向特性を三次元的に捕らえて設計される手法がとられており、アンテナメーカーと協力して、この三次元データをそのまま取り込む試みを始めています。

## 回折損失に関する問題

- フレネルゾーンの半径は  
距離と波長の関数
- 検討する帯域の中心周波数付近を  
代表値として採用している
- リッジを多く含む起伏の激しい地形の  
伝搬では誤差が大きくなる

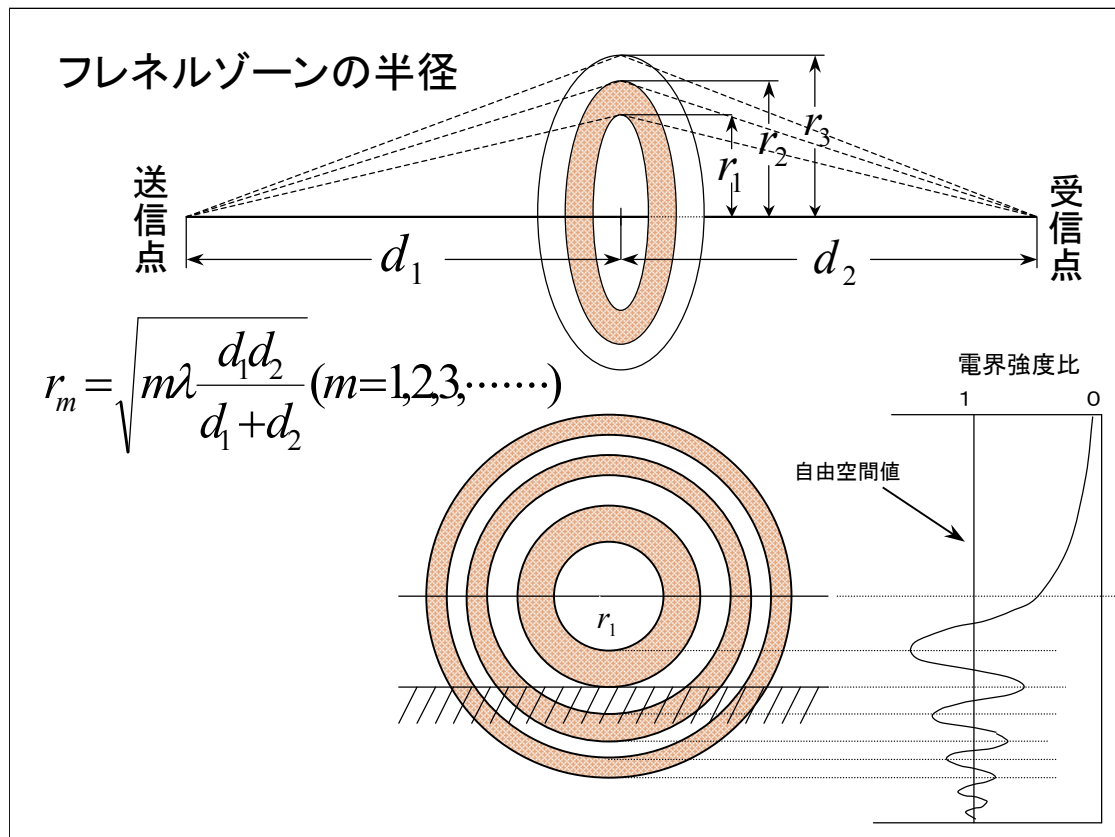
次に回折損失に関する問題に移ります。

ご存知の通りフレネルゾーンの半径は距離と波長の関数で求められます。

ところが、郵政省告示では、FM放送、VHF、UHFの三種類のグラフしか明示されておらず、検討する帯域の中心周波数付近の値を代表値として扱っているようです。

その誤差は中心周波数と帯域の端の周波数とで、大きくてもせいぜい5-6dB程度ですが、リッジを多く含み、起伏が激しい回線では誤差が大きくなる可能性があります。

伝搬距離が長くなる妨害波の検討においては、この誤差の程度によって、実際には影響のあるものが、影響無しと判断されるかもしれません。



告示が制定された昭和40年ころは、現在のように高速のコンピュータを手軽に使用できる環境もなく、そのほとんどを勘や経験と手計算にたよらざるを得なかったことを考えれば、代表値を用いてでも手軽に計算できるグラフは非常に有用であったと考えます。

しかし、我々はコンピュータを使って、より正確なシミュレーションを目指しています。

「エリアかくべえ」に限らず、コンピュータによる計算への努力は、このような便利な道具が無かった時代の基準を否定するものではなく、むしろ、複雑な無線回線設計を妥当なグラフにより、簡単に且つ可能な限り正確に計算できるよう工夫された諸先輩のご努力に敬意を払いながら、いっそう正確に計算できる方法を探っている段階にあるといえます。

また、過去のテレビジョンの発展の歴史で郵政方式にのっとりた大量な申請資料があり、これをコンピュータで再検討した場合、丁寧に計算された申請の場合では、おおきな違いがあるとは言いきれないものですから、現段階では郵政告示を尊重し、しかしより正確な値としてコンピュータシミュレーションを参考にして頂きたいと願っています。

なお、「エリアかくべえ」では、第一フレネルゾーンだけでなく、第6フレネルゾーンまでの任意のフレネルゾーンで検討できるようになっています。

## 都市減衰に関する問題

- 周波数特性が考慮されない
- 受信点近傍の状況把握

郵政告示: 受信点のまわり1平方キロ

提 案: 受信点の前方の面積

受信点の前方帯状の状況

などで考慮しては？

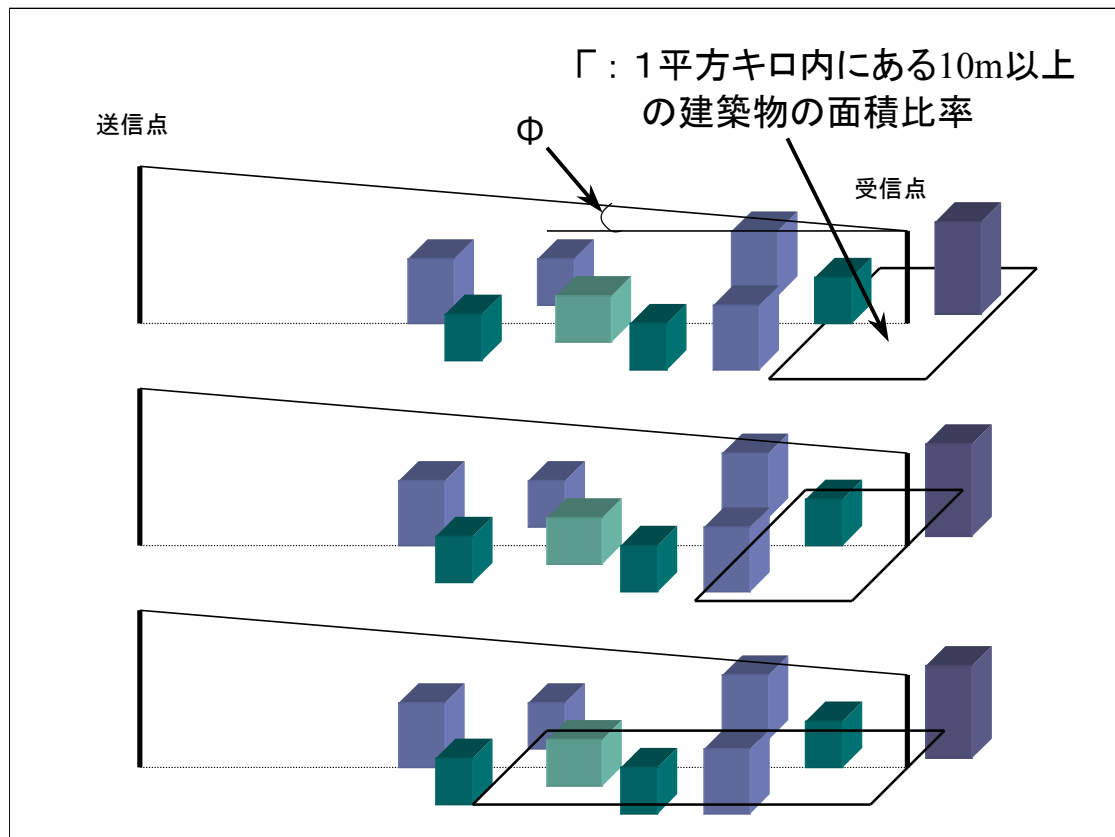
次に、皆さんが大変関心をお持ちであろう都市減衰に関する問題です。

告示では、VHF以下の周波数においては、都市減衰を考慮しなくてもいいということになっております。

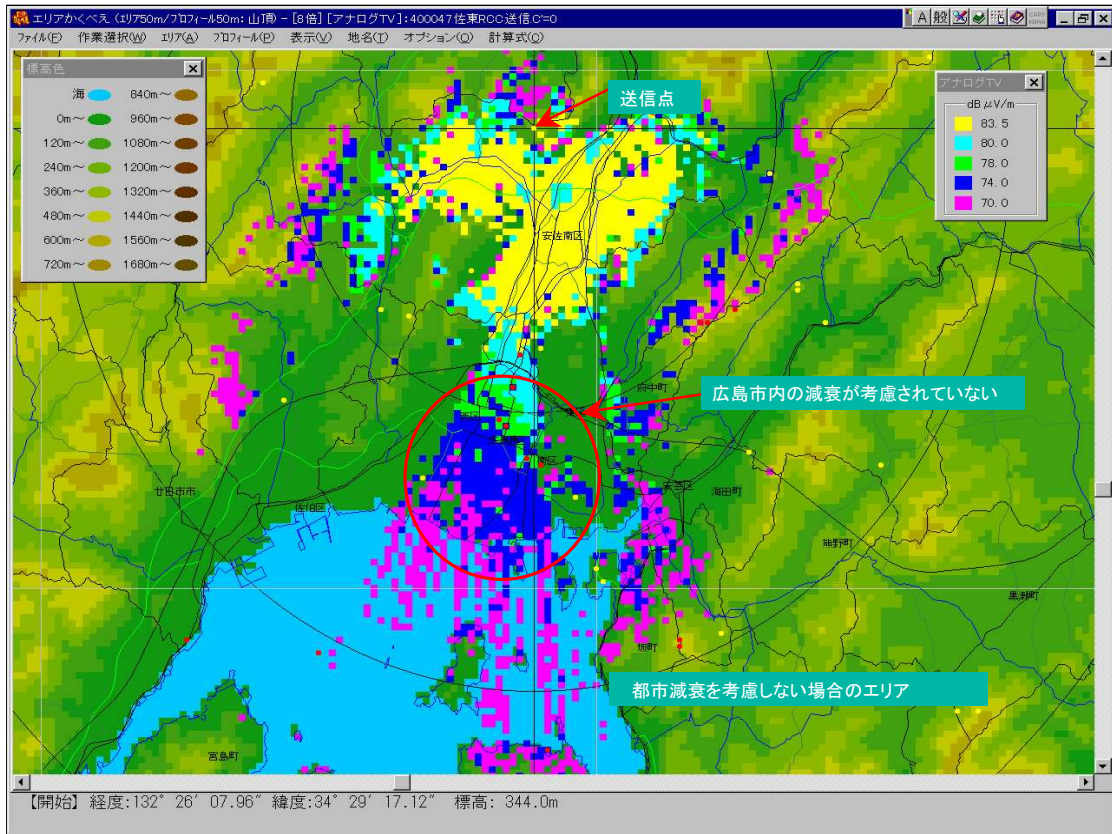
しかし、経験上では、VHF以下の周波数においても都市減衰を考慮するのが妥当のように考えます。

また、減衰量を計算する場合、受信点を中心とした1キロ平方にある10m以上の建物の面積比率と受信点から送信点を見た俯角から求めます。

しかし、到達電界は、電波が伝搬してきた伝搬路の環境に大きく左右されることを考慮すれば、受信点の前方の環境に注目していくべきであると考えます。



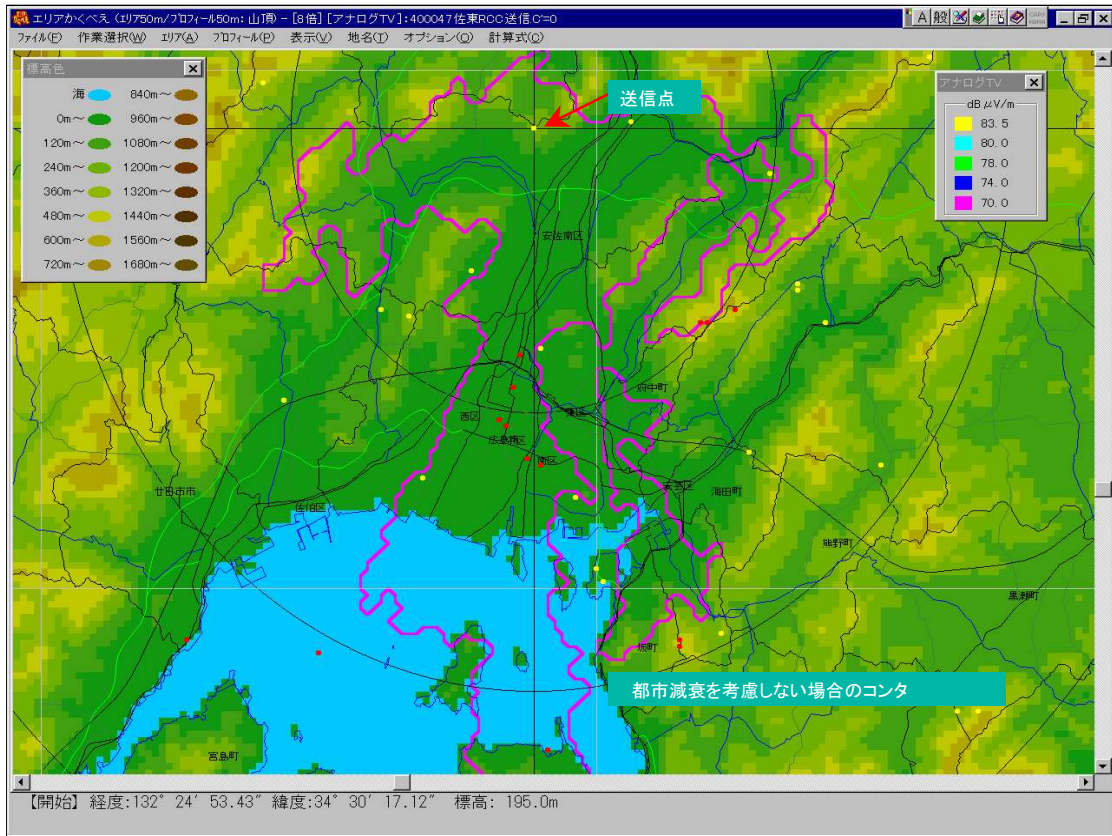
すなわち、受信点中心ではなく、受信点の前方1キロ平方、もしくは受信点の前方の細長い帯状の面積について環境を調査するのが妥当のように思えます。ただし、現段階では、どの程度の範囲を検討すべきかは検証できておりません。ここでは、郵政告示に基づいた検討範囲で、「エリアかくべえ」の最大の特徴である、パラメータの変更により、都市減衰を変化させた場合のエリア計算例についてご説明します。



ご覧いただいているのは、広島市近郊にある佐東TV局(57ch, ERP310W)のエリア計算例です。

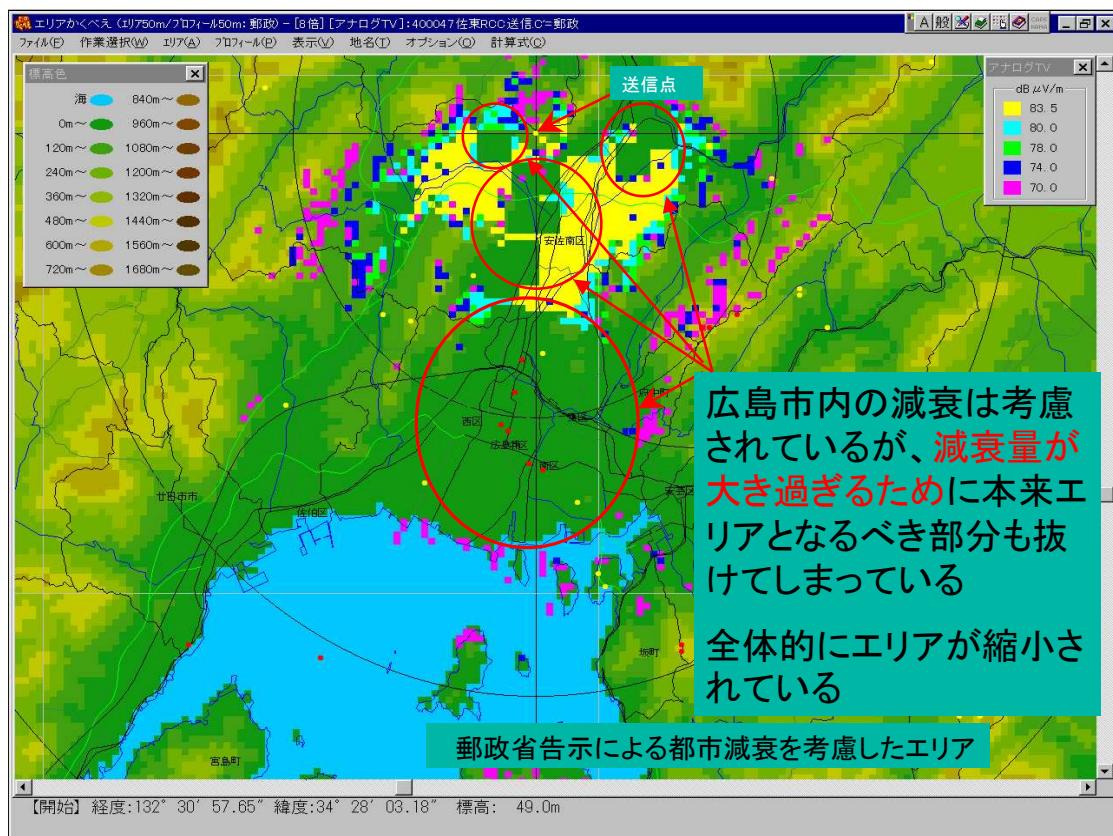
これは、まったく都市減衰を考慮しない場合のエリア計算結果です。

赤丸で囲んだ地域は広島市の中心部で、実際にはエリアとはならない地域ですが、都市減衰がないために、サービスエリアと判断されています。



これは、先ほどのメッシュ状のエリアを等電界線として処理したものです。



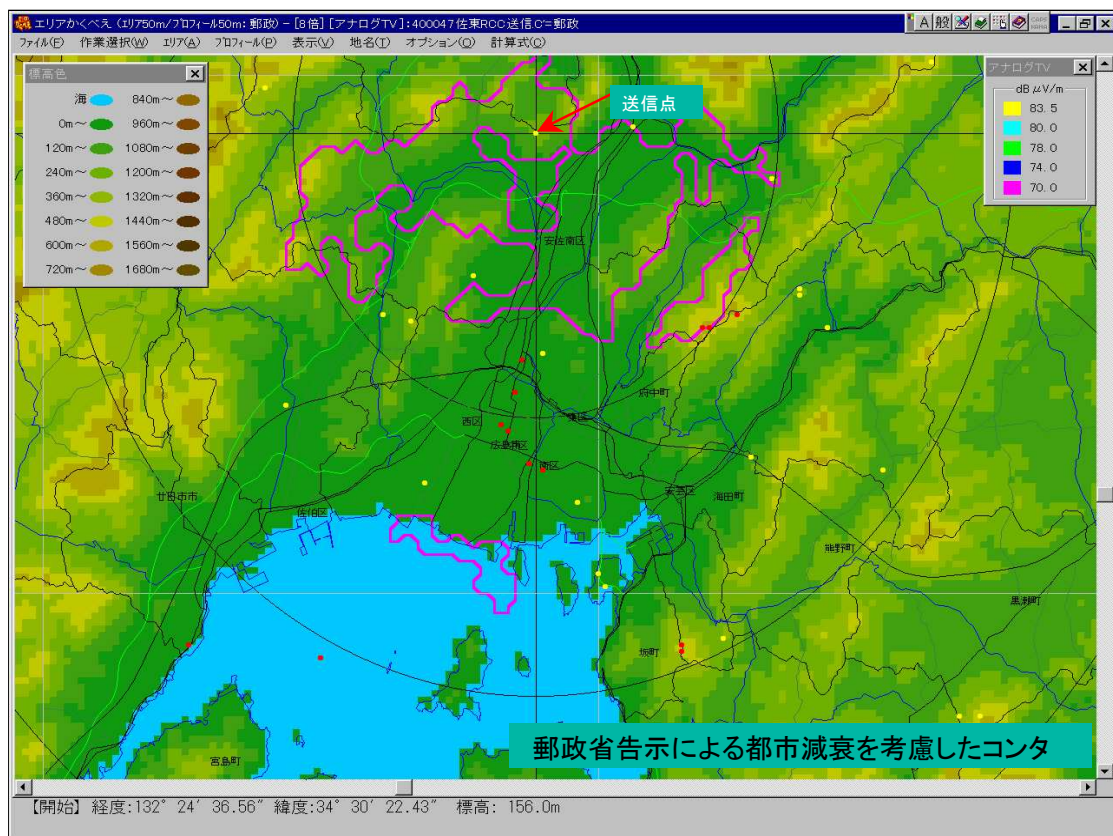


次に告示で示されている都市減衰を考慮した例です。

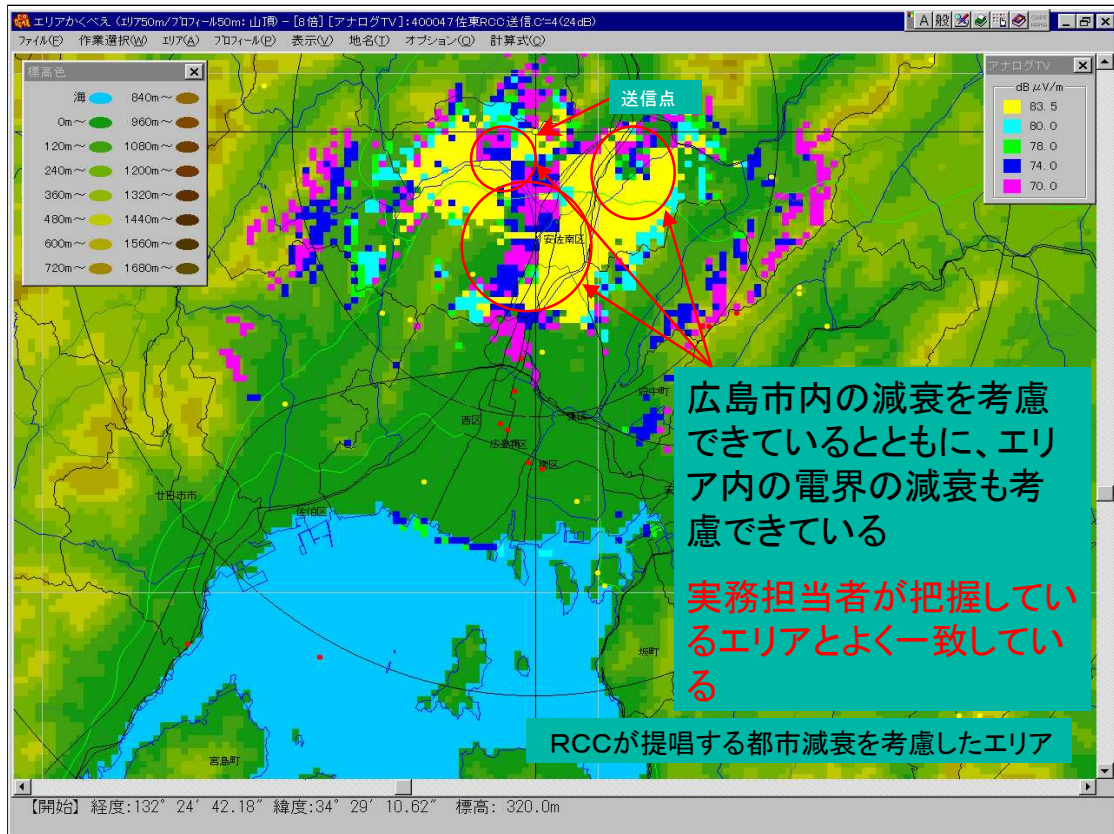
広島市の中心部は、都市減衰のために、エリアから除外されていますが、反面、本来エリアと判断しなければならない地域も除外されています。

この地域は、佐東TV局のエリアの中でも特に都市化が進んでいる地域のようなです。

全体的に都市減衰を大きく見込みすぎ、実際のエリアより縮小されたエリアとなっています。



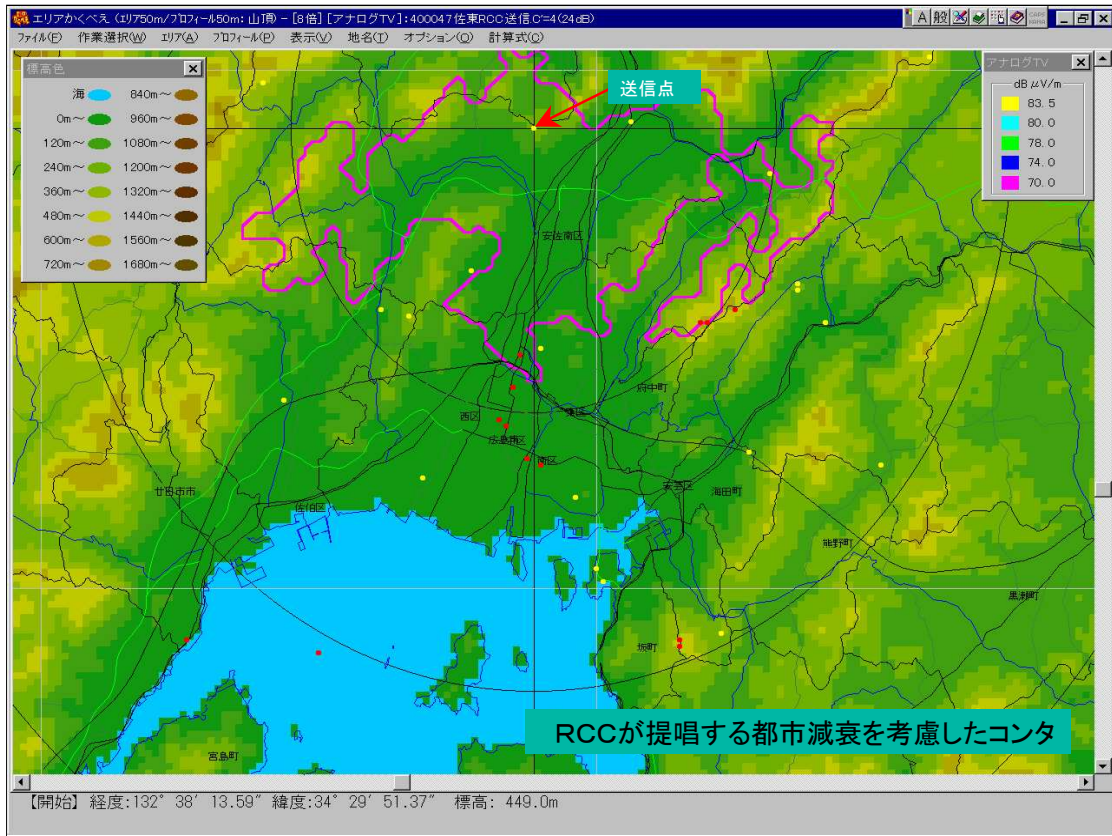
これは、先ほどと同様、郵政告示で計算した場合の等電界線です。  
 大きなエリアの中に存在する閉曲線は、指定電界に満たない地域を示しています。  
 このように、大きなエリアの中にありながら、指定電界以下のためにエリアとならないスポット(ギャップ)エリアを表示できるのも「エリアかくべえ」の大きな特徴のひとつです。



次に、都市減衰のパラメータを変更し、実務担当者が把握しているエリアとよく一致するエリアを求めたものです。

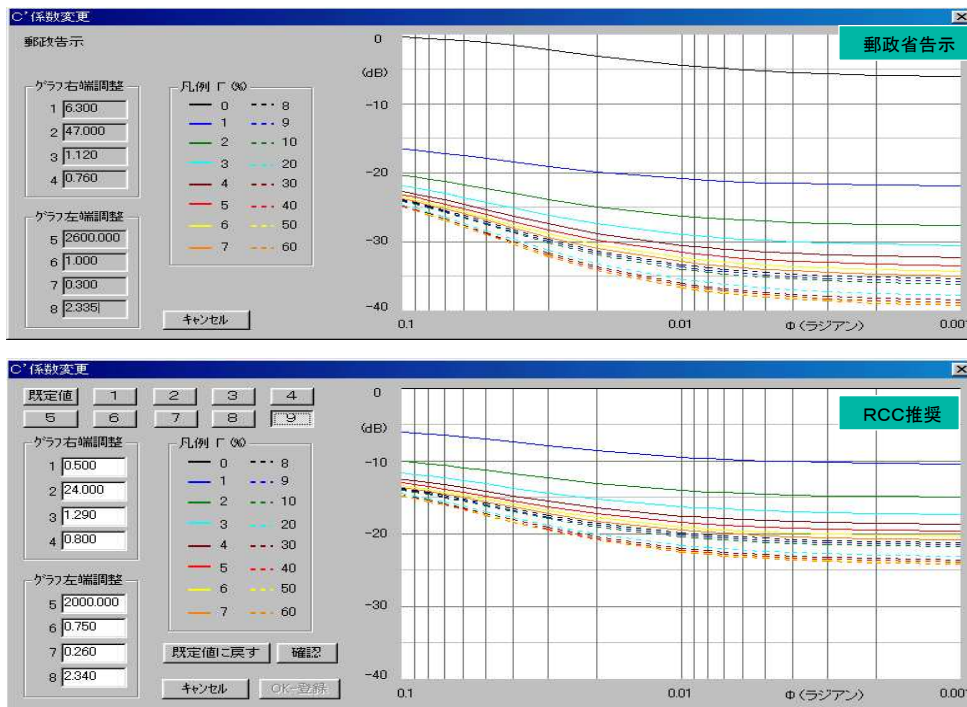
広島市中心部をエリアから除外できているとともに、郵政告示の方法では除外された地域がエリアとなっていることがわかります。

ただ、この地域はエリア内の他の地域よりも電界が低下する傾向がみられますから、何らかの対策をこうじる必要がある地域であることが示されていると考えこともできます。



同様に等電界線による表示にしたものです。

## 都市減衰の減衰量比較



ご覧いただいたように、都市減衰を考慮することで、実務担当者が把握している実際のエリアに近いエリアをコンピュータ上で再現することができました。

上側に示しているのが、郵政告示、下側が実際のエリアと良く一致した場合の都市減衰です。

ここで、少し不思議なことは、

都市減衰が制定された当時は、UHFの伝搬特性について活発な議論が展開され、東京近郊で大掛かりな実測も実施されたと聞いています。

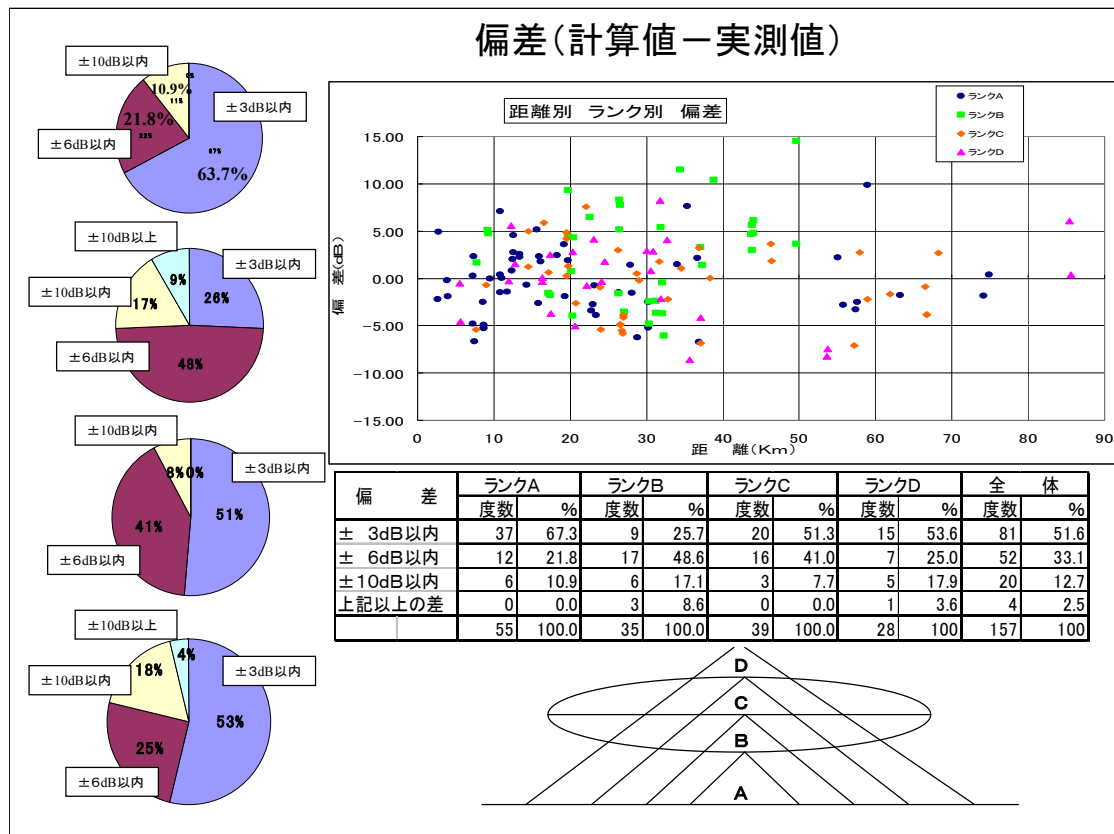
普通に考えるならば当時よりも現在のほうが都市化がすすんでいるはずですから、都市減衰は大きくなってしかるべきのようですが、実際は減衰を少しあまくするほうが実状に良く合うという結果になってしまいました。

この原因は何なのかははっきり言ってよくわかりません。

しかし、東京のような大都市、広島市よりもっと小規模な都市については、まだどの程度の減衰を見込んだら良いのかが検証できておりません。

全国の局のご協力をいただければ、実状に良く一致した新しい減衰量を提案することができるかもしれません。

ぜひ、ご協力をお願いします。



さらに計算値と実測値の比較についてです。

お手元に追加資料が配布されていると思います。

この資料は在広民放TV局のサテ局における到達電界強度をご提供いただいたものです。チャンネルはVHF4chからUHFにかけてほぼ全帯域をカバーしております。

ランクは第一フレネルゾーンに対してどのようにリッジがひっかかるかを区別するものです。

Aは第一フレネルゾーンにかかるリッジが存在しない。

Bは第一フレネルゾーンにかかり、最大半分まで遮蔽するリッジが存在する

Cは第一フレネルゾーンを半分以上遮蔽するリッジが存在する。

Dは第一フレネルゾーンが完全に遮蔽されるリッジが存在する。

といった状態を意味します。

全データ数157のうち、約85%が±6dB以内の偏差に集中していることがわかりたいと思います。

ランク別では、一番精度が悪いBランクでも約75%が±6dB以内の偏差に集中しています。

一般に、このようなシミュレーションでは実測と±10dB程度食い違うのは当たり前のようになっているところがありますが、この結果はどうでしょうか？

お手元の資料の中で、ランクA、つまりまったくの見通しにもかかわらず、遮蔽損失が計算されていますが、これはランクが第一フレネルゾーンを基準に区別しているにもかかわらず、計算上は遮蔽損失の検討範囲を第五フレネルゾーンまで拡大して計算しているためです。

## 今後の課題と問題点

- デジタル放送への対応  
**C/N, BER, 変調方式**
- 伝搬距離特性・都市減衰などの検証  
**全国の局のご協力が必要**
- 送受信点の正確な位置の把握  
**D/U比計算においては大変重要  
今一度データの確認を！！**

最後に今後の課題と問題点についてです。

まず、放送のデジタル化への対応です。

デジタル放送といえども、乗せているのはアナログと同じ電波ですから、到達電界強度によってサービスエリアの推測は可能です。しかし、厳密にはC/N比、誤り率特性、階層化による変調方式の相違などにより、サービスエリアを検討していく必要性があると思われます。

技術基準が明確にされた時点で、これらに対応していきます。

次に、伝搬特性、都市減衰などについて、さらなる検証が必要です。全国の局のご協力をぜひともお願いします。

最後に、送受信点の正確な位置の把握についてです。

先ごろ、放送行政局より、放送局の送受信点の諸元に関する調査があったと思います。これに回答すべく調査していくうち、同一の鉄塔に乗っているはずの局の緯度・経度が各社バラバラである局の存在に気がつきました。RCCの申請書上では辻褃があっているのですが、赤本も含めてチェックしたところ判明した事実です。

今後、「エリアかくべえ」のようなシミュレーションソフトで置局の検討を行う場合、申請書ではなく地図上で把握した放送局の正確な位置は大変重要です。緯度・経度の間違いにより、誤った位置のメッシュデータでプロフィールを引くこととなりますから、最悪の場合、実際とはまったく異なる計算結果となります。今一度送受信所の正確な位置確定に注意を払っていただき、そのデータを全国の局が共有できる環境が出来上がることを望んでやみません。

最後に、計算値の検討にあたり、実測値データを快く提供していただいた在広民放TV各局にこの場を借りてお礼申し上げます。

ご清聴ありがとうございました。