業務用電波技術者向け電波申請に必要な（電波法順守）

『エリアかくべえ』電波伝搬Q＆A

【1】ハード性能

【2】全般

【3】地点

【4】データー管理

【5】受信電界（dbm、dbμV/m、mV/m、dbμVo、dbμVt）

【6】妨害計算（D／U計算）

【了】人口・世帯数計算（国勢調査）

【8】エリア処理

【9】アンテナパターン

【10】地図表示

【11】電波理論（主として電波法）

【郵政方式】電波法告示第 640 号　【最新方式】【その他の重要説明】

『エリアかくべえ』は、

株式会社ユニコーンと近藤技術士事務所の2社共同開発商品です。

★電波法告示第 640 号は、本ホームページの【技術資料】に掲載しています。

参考文献

REC. ITU-R　P. 368-7　（10KHz から 30MHz範囲の地表波伝搬曲線）

REC. ITU-R　P. 370-7　（30MHzから 1000MHz範囲の周波数に関するVHFとUHF伝搬曲線）

REC. ITU-R　P. 526-5　（回折による伝搬）

REC. ITU-R　P. 529-2　（陸上移動無線のVHF、UHFでの電界強度予測方法 奥村・秦カーブ）

販売元 ： 近藤 技術士 事務所

担当 ： 近藤 寿 志　　携帯 電話 ： 090 － 8718 － 8047

メールアドレス: kondo.h@gold.megaegg.ne.jp

製造元 ： 株式会社 ユニコーン

広島市 安佐南区 西原 4 － 14 － 13 〒 7 31 － 0113

TEL ： 082 － 850 － 1020 FAX ： 0 82 － 850 － 1024

https://kakube.com/

『エリアかくべえ』 電波伝搬Ｑ＆Ａ

【1】ハード

【１－１】【ハード】パソコン性能
Ｑ：『エリアかくべえ』を使用する場合のパソコン性能は、どうなっていますか？

Ａ：以前ではパソコン性能の満足が必須条件でしたが、最近のマシンではほとんど問題なく『エリアかくべえ』が動きます。
OS は Windows『７』『８』『１０』『１１』、32 ビット、64 ビットに対応しています。

大量のエリア計算処理を実施される場合では RAM ： 8GB 以上のマシンを選んでください。

【１－２】【ハード】ディスプレー性能
Ｑ：『エリアかくべえ』を使用する場合のディスプレー性能は、どうなっていますか？

Ａ：以前ではディスプレー性能が問題でしたが、最近 10 年以内に販売されたものであれば全て大丈夫です。

【１－３】【ハード】プリンター性能
Ｑ：『エリアかくべえ』を使用する場合のプリンター性能は、どうなっていますか？

Ａ：カラー印刷ができるプリンターであれば、どんなプリンターでも大丈夫です。但し、任意地図にエリア図を印刷する場合の任意地図が大きい場合はそれが使えるプリンターが必要になります。
使用プリンターを通常使うプリンターに設定の上でお使いください。

【2】全般

【2－1】【全般】元データー
Q:『エリアかくべえ』の元データーには、何を使っていますか？

A:『エリアかくべえ』には、以下の①～⑥の元データーを使っています。これらの元データーは全て内臓されていますので改めての購入は必要ありません。
但し人口・世帯数計算は国勢調査毎に変わり、**有償でバージョンアップ**ができます。

① 250m メッシュ標高データー:エリア計算結果表示の下地地図に使っています。
② 50m メッシュ標高データー:プロフィールの山岳探索に使っています。
③ FD マップデーター:行政界、道路、鉄道、等の追加表示に使っています。
④ 250m メッシュ土地利用データー:エリア計算結果表示の下地地図に使っています。
変換して 250m メッシュ毎の地盤係数と人口・世帯数計算に使っています。
⑤ 20 万分の1地図:正規化して 50m ピッチ計算以上のエリア表示に使っています。
⑥ 国勢調査データー:変換して 250m メッシュ毎の人口・世帯数計算に使っています。

★画面地図の詳細は本文の【10-3】【地図表示】画面地図、を見てください。

【2－2】【全般】 ソフトの媒体
Q:『エリアかくべえ』の【ソフトの媒体】は、どうなっていますか？

A：『エリアかくべえ』の媒体は、以前では FD と CD でしたが、平成 24 年4月からは USB で提供しています。
FD キーの時代では読み取りミスがあったり、インストールに時間が掛っていましたが、USB キーにしてからは、読み取りミスも無く、インストールは数分で完了します。

【2－3】【全般】 ライセンス・セキュリティー
Q：『エリアかくべえ』の【ライセンス・セキュリティー】は、どうなっていますか？

A：『エリアかくべえ』は、1マシン1ライセンスになっています。1ライセンスで複数のマシンに同時に使う事はできません。
但し、アンインストール⇒インストールが早くなり、計算済のデーターや登録データーはコピー使用が自由ですから、再インストールしながら複数のマシンで使う事ができます。

【2－4】【全般】 保守料・バージョンアップ
Q:『エリアかくべえ』の【保守料やバージョンアップ料】は、どうなっていますか？

A:『エリアかくべえ』では、保守料は頂戴していません。バージョンアップは改修希望が多くなった時点で自主的に実施しています。バージョンアップした**新システムは有償**になります。

バージョンアップの内容はホームページに掲載します。

また、個別の改修希望がありましたら、ご連絡をください。お急ぎの場合は有償になります。
有償改修であっても、改修時の著作権は基本的には改修要望者に帰属しません。

【2－5】【全般】 パソコンクラッシュ対応
Q:『エリアかくべえ』の【パソコンクラッシュ対応】は、どうなっていますか？

A:パソコンはしばしばクラッシュします。貴重な計算済データーや登録データーは別の媒体にコピーしておかれる事をお薦めします。

パソコンクラッシュでは、お客様が大変お困りの状態が想定されます。無償ではありませんが安価で迅速に対応する体制がありますので、ご安心の上ご連絡をください。

【3】地点

【3－1】【地点】 地点登録
Q：『エリアかくべえ』の地点登録は、どうなっていますか？

A：『エリアかくべえ』の地点登録は、世界測地系と日本測地系の両者で登録できます。
両者の変換は瞬時にできます。
地点登録する場合は、一覧表の緯度経度数値を鵜呑みにしないで、一つ一つの地点を『国土ポータル』等で詳細な位置を確認してください。

可能な限り秒単位の 100 分の1数値までを指定してください。『エリアかくべえ』の地点登録での秒数値は百倍秒を採用しています。100 倍して4桁値で登録してください。

【3－2】【地点】 地点の種別色別け
Q：『エリアかくべえ』では【地点の種別色別け】ができますか？

A:『エリアかくべえ』では、地点登録の地点名の先頭文字を個別指定すれば、送信点、受信点、中継点、実測点、その他の地点の種別に従った色別で地点を表示できます。
地点を画面地図に表示する丸の大きさは3段階で調整できます。

【3－3】【地点】 地点登録の共有
Q: 別マシンの『エリアかくべえ』での【地点登録の共有】はできますか？

A: 地点登録データーをコピーして別マシンに張り付ければ共有可能になります。

【3-4】【地点】地点のグループ別け
Q:『エリアかくべえ』では【地点のグループ別け】ができますか？

A:『エリアかくべえ』は業務に従って地点登録グループを使い分ける事ができます。

【4】データー管理

【4－1】【データー管理】 計算の業務仕訳
Q:『エリアかくべえ』では【計算の業務仕訳】ができますか？

A:『エリアかくべえ』では、自由な名前のフォルダーで計算結果を保存できます。従って、担当者による仕訳、業務による仕訳、等が自由にできます。

【4－2】【データー管理】 データーの共有化
Q:『エリアかくべえ』では【データーの共有化】ができますか？

A:『エリアかくべえ』では、1台のマシンを複数の人が操作する場合の、アンテナパターン、CSVデーター、地点データー、等は共有して使いながら、担当者による仕訳、業務による仕訳、等が自由にできます。

【5】受信電界

【5－1】【受信電界】 地球等価半径
Q:『エリアかくべえ』の【地球等価半径】は、どうなっていますか？

A:『エリアかくべえ』では、1/3、2/3、3/3、4/3、5/3、6/3、1、0.8、任意設定、等で【地球等価半径】を設定可能になっています。大気の擾乱を検討する上では、様々な設定が必要になりますが、任意設定も可能になっています。

【5－2】【受信電界】 電波擾乱調査
Q:『エリアかくべえ』の【電波擾乱調査】は、どうなっていますか？

A: 電波擾乱調査は、一般に、地球の等価半径を変えて検証します。
『エリアかくべえ』では、あらゆる地球等価半径を指定できますので、様々な大気擾乱を検討できます。
プロフィールの土地利用地図表示では、色別で、海、川、湖、田んぼ、河川敷、海岸、等の色分けが自由に設定できます。

電波が反射し易い地盤色を明瞭にしておけば、反射点近傍の地盤状況が把握し易く、電波擾乱調査がやり易くなっています。

【５－３】【受信電界】 受信電界、受信電力、受信電圧の単位
Q:『エリアかくべえ』の【受信系の単位】は、どうなっていますか？

A:『エリアかくべえ』では、dbm、dbμV/m、mV/m、dbμVo、dbμVt、の5つの単位系を使用できます。ラジオボタンで切り替えて使ってください。ラジオボタンを切り替えると瞬時に別の単位の数値変換ができますから、便利です。

尚、dbμVo は受信端の開放端子電圧（デシベル）で、dbμVt は受信端の終端端子電圧（デシベル）を表しています。

一般の微小電圧計は終端端子電圧で測定した値を開放端子電圧に換算しています。
/m が付くと受信アンテナ近傍 1m 区間の電位差（真値）を表しています。

世界で最も多く使われている単位は dbm（受信電力デシベル）ですが、日本の放送分野では mV/m（受信電界真値）が多く、その他では dbμV/m（受信電界デシベル）、または、dbμVo（開放端子電圧デシベル）が良く使われています。

dbμV と表記された場合は、dbμVo（開放端子電圧デシベル）が多いようです。

【５－４】【受信電界】 受信電界のしきい値の数と色
Q:『エリアかくべえ』の【受信電界しきい値の数と色】は、どうなっていますか？

A:『エリアかくべえ』では、dbm、dbμV/m、mV/m、dbμVo、dbμVt、の5つの単位系における、5段階のしきい値と、それぞれに個別色を任意に指定できます。

また、最低受信電界を下回る地点の色も任意に指定できます。これを白にすれば透明になります。

【５－５】【受信電界】 受信電界計算
Q:『エリアかくべえ』の【受信電界計算】は、どうなっていますか？

A:『エリアかくべえ』には、【郵政方式】【最新方式】【研究方式】の三つの計算方式があります。

【郵政方式】は、電波法告示第 640 号に完全に準拠した計算方式で、電波申請には必須の計算方式です。

【最新方式】は、日本の電波法に ITU 等の信頼できる文献からの計算方式を追加して実測に良く合うように調整した参考的計算方式です。

【研究方式】は、【郵政】または【最新】の一部を更に調整できます。

★詳しくは本文の【12-1】【電波理論】全般、【12-3】【電波理論】電波法告示第 640 号、を見てください。

【５－６】【受信電界】 山岳回折伝搬計算
Q:『エリアかくべえ』の【山岳回折伝搬計算】は、どうなっていますか？

A:山岳回折伝搬計算の一般の電波理論では、プロフィール画面で対象山岳をはさんだ両側二つの山岳の頂点同士を結んだ送信点側への延長線が送信点の位置に一致した縦線との交点を新たな送信点として対象山岳の回折損失を求めます。これを『疑似送信高移動方式』と呼称します。

『エリアかくべえ』では、これとは違って、対象山岳をはさんだ両側二つの山岳の頂点同士を結んだ

送信点側の山頂に新たな送信点を移動して対象山岳の回折損を求める計算方式も搭載しています。
これを『山頂移動方式』と呼称します。

多くの多段山岳回折を計算して実測と比較してみると、『山頂移動方式』の方が実測に良く合う事が分かりました。
そこで『エリアかくべえ』【郵政方式】では電波法告示第 640 号に準拠した『疑似送信点移動方式』で法律指定の計算式とグラフを採用し、『エリアかくべえ』【最新方式】では 『山頂移動方式』で、フレネル回折損失のグラフ近似式を採用しています。

この【最新方式】は、電波法に規定されていませんから、電波申請にはこの理論は含めないで、電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

★フレネル回折損失の詳細は本文の【12-2】【電波理論】フレネル回折損失、を見てください。

【５－７】【受信電界】 多重リッジ付加損失 Lc
Q:『エリアかくべえ』の【多重リッジ付加損失 Lc】とは、どんなものですか？

A : ITU-R P. 526-5 (回折による伝搬) に掲載された理論です。山岳リッジの回折損失（db）は一般に単純な加算ですが、回折リッジが近接している場合では、単純加算に付加損失を追加加算する計算方式です。
実測に良く合いますので【最新方式】に搭載しています。

この【最新方式】は、電波法に規定されていませんから、電波申請にはこの理論は含めないで、電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

★詳しくは本文の【12-16】【電波理論】多重リッジ付加損失 Lc、を見てください。

【５－８】【受信電界】 反射点探索
Q：『エリアかくべえ』の【反射点探索】は、どうなっていますか？

A：日本は、地盤の起伏が激しい国ですが、起伏のある地盤での電波反射点を求める事は容易ではありません。

電波法告示第 640 号では【案分法】を指定していますので『エリアかくべえ』【郵政方式】では法律条文に従った【案分法】によって反射点を求めています。
しかし【案分法】と実際の反射点は幾分違います。

詳しい反射点探索法としては、3次方程式を何回か実施して、そこに実在点が有れば反射点とする方法がありますが、容易ではありません。

そこで、『エリアかくべえ』【最新方式】では、地形の断面図（プロフィール）において、送信点から受信点までの全ての標高メッシュ点を仮の反射点として、その地点の入射角と反射角を地球等価半径を考慮した球面幾何計算で求め、入射角と反射角が最も近いメッシュ点を反射点候補にしています。

ところが、3次方程式を用いる反射点探索法の場合でも、『エリアかくべえ』【最新方式】の場合でも、複数の反射点候補が出る場合があります。

『エリアかくべえ』【最新方式】では、候補点を反射点とした場合の反射波による到達受信電界を直接波と同じ計算要領で計算し、適切な反射係数を考慮して、全ての反射点候補の中で、受信点に入り込む反射波レベルが最大の地点を抽出して、これを最終反射点にしています。

複数の反射点からの全ての反射波を位相合成する方法も試みましたが、合成反射波電界が直接波

より強くなる不条理が発生する場合の適切処理が分からす断念しました。
また、一つの反射波伝搬路に発生する二次反射波についても適切な計算方法が分からす断念しました。
上記の【最新方式】は電波法に規定されていませんから、電波申請にはこの理論は含めないで、電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

【５－９】【受信電界】 反射点の反射係数
Q:『エリアかくべえ』の【反射点の反射係数】は、どうなっていますか？

A: 『エリアかくべえ』【最新方式】では、多くの安定した実測値から推定した地盤毎、周波数毎の反射係数グラフが掲載された信頼できる文献の『反射係数グラフ』から近似式を作り、反射点の土地利用データーを地盤係数に換算して、使用周波数に合わせた実測に良く合う反射係数を使用しています。

実測と良く合いますが、この【最新方式】は電波法に規定されていませんから、電波申請にはこの理論は含めないで、電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

★本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に概要を掲載しています。

【５－１０】【受信電界】 A'
Q:【告示第 640 号のA'】とは、どんなものですか？

A: 主として【FM 放送】【TV 放送】に関わりますが、第一フレネルゾーン半径内の下（大地）側の多くの電波ビームが大地に近い場合は、地盤の【誘電率】【透磁率】【導電率】による減衰を考慮した計算が必要になります。

マクスウエル（Maxwell）の電磁方程式で解析しますが、電波法告示第 640 号のA'は、これに極めて近い優れた計算方式です。
『エリアかくべえ』では、【郵政方式】と【最新方式】の放送分野に使っています。
放送分野を除く分野では【奥村・秦カーブ】を使用しています。

★詳しくは本文の【12-8】【電波理論】A'、を見てください。

【５－１１】【受信電界】 奥村・秦カーブ
Q:『エリアかくべえ』では、【奥村・秦カーブ】を使った計算ができますか？

A: 奥村・秦カーブは、電波ビームが大地に近い場合に直接波自身が大地の『電気特性』の影響を受けるというゼネック（Zenneck）理論を実測値で補正して近似式にしたものと言え、ゼネック理論の実用計算式の中では最も使い易い計算式で、実測とも良く合います。

その他のゼネック理論の実用計算式としては【二波モデル】があります。
L（db）＝20＊log{d2/（hl＊h2）}＋β
d:伝搬距離（m）、hlh2：送受信アンテナ高（m）、β：市街地補正係数
ですが、信頼性が乏しく、公には採用されなかったようです。

ITU では ITU-R P.529-2（陸上移動無線のVHF、UHFでの電界強度予測方法）で『奥村・秦カーブ』を採用していますが、日本の電波法では『奥村・秦カーブ』は採用しないで『A'』と『C'』を採用しています。 『電波法告示第 640 号のA'』と『奥村・秦カーブ』を比較すると、30Km 以内では、ほぼ似た計算結果になります。

30Km を超えると保証距離を超える為か、『A’』の方が実測に良く合います。

『奥村・秦カーブ』では個別周波数で計算できますが、『電波法告示第 640 号のA’』は FM 帯と UHF 帯の二つの代表周波数だけによるグラフから求めます。
両者共、都市減衰を考慮しています。

『電波法告示 640 号の都市化率「（%）』は、受信点の周囲1キロメートル平方に 10m 以上の建物占有率を【都市化率「（%）】として、受信点から送信点方向を見た電波通路の仰角に基づいてグラフから求めます。

『奥村・秦カーブの都市化率』は、受信点の周囲 500 メートル平方に建物が存在する面積率で規定しており、電波法告示第 640 号のC’程には厳密ではありません。
厳密ではないが故に、使用者の個人判断が入る余地ができてしまいます。
『エリアかくべえ』では『奥村・秦カーブ』を、放送分野を除いた【最新方式】の高い周波数部分も含めて、提示された全周波数帯に、全ての計算式を搭載しています。
また、『電波法告示第 640 号の都市化率「（%）』を『奥村・秦カーブ』の都市化率に反映して、スムーズに連続計算ができるようにして、誰が計算しても個人差が出ない同じ計算結果になるように工夫しています。

★詳しくは本文の【12-14】【電波理論】都市化率「、【12-18】【電波理論】ゼネック理論、を見てください。また、ITU-R P.529-2（陸上移動無線のVHF、UHFでの電界強度予測方法）にも掲載されています。

【５－１２】【受信電界】 建物による電波障害
Q：『エリアかくべえ』で【建物による電波障害計算】が、できますか？

A：これまでの多くの建物電波障害計算では、複雑形状の建物を、フレネル回折損失計算方式で解析し易いように、単純化したモデル建物に置き換えて計算していました。

『エリアかくべえ』では、複雑な任意形状の建物を単純形状にモデル化しなくても電波障害計算ができる手法を研究し、既に学会に発表して、実測との照合もできて使える状態になっていますが、使い易さに難点があって搭載には至っていません。
使い易いソフトに改修して搭載します。但し、反射障害は実測に合わず、研究中です。

【５－１３】【受信電界】 中波
Q：【中波】では『エリアかくべえ』は、どのように計算していますか？

A：電波法告示第 640 号の中波計算方式は、ミリントン（Millington）の計算方式を採用した、実測に良く合う、極めて優れた計算方式です。
『エリアかくべえ』では、250m メッシュの土地利用地図の全メッシュに適切な【減衰率】を設定して、この計算が正確に高速処理できるようにしています。

電波法準拠の【郵政方式】でもかなりの精度で計算できますが、【最新方式】では更に細かい地盤係数を取り入れ更に精度の高い計算ができます。

しかし、理論と法律は立場が違いますので、電波申請には電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

★詳しくは本文の【12-6】【電波理論】中波、をみてください。

【5－14】【受信電界】 C’
Q:【告示第 640 号のC’】 とは、どんなものですか？

A:主として【TV 放送】に関わりますが、受信点が都市部にある場合の都市減衰を考慮しています。
受信点の周囲1キロメートル平方に 10m 以上の建物占有率を【都市化率「(%)】として、受信点から送信点を見た仰角に基づいてグラフから求めます。

★詳しくは本文の【12-12】【電波理論】c’、を見てください。【都市化率「(%)】については本文の【12-14】【電波理論】都市化率「、を見てください。

【5－15】【受信電界】 アンダービームロス
Q:『エリアかくべえ』の【アンダービームロス】とは、どんなものですか？

A:フレネル回折損失が基本です。直接波は見通しでありながら、ビーム中心線の下部(大地)側か山等で遮蔽された場合でもフレネル回折損失が発生します。
山岳回折伝搬の場合では、山岳間の中が他の山岳で詰まっている場合と、島間のように中が空いている場合では、約 15db の違いが出る事は以前からの実測で分かっていましたが、この解決策が【アンダービームロス】になり【最新方式】に搭載しています。

この【最新方式】は実測と良く合いますが、電波法に規定されていませんから、電波申請にはこの理論は含めないで、電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

★詳しくは本文の【12-15】【電波理論】アンダービームロス、を見てください。

【5－16】【受信電界】 プロフィール表示
Q:『エリアかくべえ』の【プロフィール表示】は、どうなっていますか？

A:『エリアかくべえ』の固定回線モードでは、地図上で線を引くだけで簡単に簡易プロフィールを見る事ができます。
正確なプロフィール計算は、諸元を正確に設定したエリア計算を実施した後に、受信点の地点登録を設定してから作ってください。
プロフィールでは送受信点のアンテナ高を 1m毎に上げ下げできて、その都度の受信レベルや反射点を確認できますので、最適アンテナ高を選ぶ事が簡単にできます。

『エリアかくべえ』【最新方式】のプロフィールでは、反射波レベルを計算した後の『反射波プラス値』『直接波のみ』『反射波マイナス値』の三つを横に並べて表記しています。
『反射波プラス値』と『反射波マイナス値』の差が大きい場合は受信レベルの季節変動が大きい事を物語っていますので注意が必要です。

また『エリアかくべえ』のプロフィールでは、地形断面を土地利用区分色で見る事ができます。
重要回線では、反射点が水面や水田の付近になって、電波擾乱が起き易いか否かを確認できます。
★本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】または【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に概要を掲載しています。

【5－17】【受信電界】 エリア計算
Q:『エリアかくべえ』の【エリア計算】は、どうなっていますか？

A:『エリアかくべえ』では、50m 標高メッシュを使った、50m 毎、100m 毎～3000m 毎のピッチでエリ

ア計算ができます。広いエリアを計算する場合には、事前に荒い計算を実施して、その後に時間を掛けて詳しい計算をしてください。
サービスエリアを手書きや矩形で任意指定できますので、必要な範囲だけのエリア計算が可能です。
中波計算を除いた場合の標高データーは 50m メッシュ標高データーを使ってください。
中波計算は全て 250m メッシュ標高データーを使った 250m 毎、500m 毎～3000m 毎のピッチでエリア計算ができます。標高地図と土地利用地図に表示したエリア図は描画速度を上げる為に 50m メッシュになっています。

50m ピッチのエリア図を表示するには 20 万分の１地図【地図表示】で見てください。

メッシュとピッチの違いが分かりにくいですが、メッシュは標高を表す区分け距離で、ピッチは飛ばし計算をする場合の飛ばし距離です。大きなピッチで飛ばし計算をする場合でも最も細かい標高メッシュデーターを使ってください。

★本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】または【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に概要を掲載しています。画面地図については本文の【10-3】【地図表示】画面地図、を見てください。

【５－１８】【受信電界】 電離層伝搬
Ｑ:『エリアかくべえ』では、【電離層反射計算】が、できますか？

Ａ:電離層反射計算では、計算方式は様々ありますが、実測値が不安定な為に、計算値と実測値の比較段階でつまずいて、実用可能な段階には至っていません。現在研究中です。

【５－１９】【受信電界】 Ｅスポ
Ｑ:『エリアかくべえ』では、【Ｅスポ計算】は、できますか？

Ａ: Ｅスポ計算とは、電離層のＥ層（スポラディツクＥ層）で反射が発生する自然現象ですが、『エリアかくべえ』では、今のところ、この計算はできていません。

【５－２０】【受信電界】 山岳反射
Ｑ:『エリアかくべえ』の【山岳反射計算】は、どうなっていますか？

Ａ: 山岳反射計算とは、急斜面の崖などで発生する崖面反射で、マルチパスと呼ばれていますが、『エリアかくべえ』では今のところ、この計算はできていません。

【５－２１】【受信電界】 反射波位相損失
Ｑ:『エリアかくべえ』では、【反射波位相損失】を使った計算ができますか？

Ａ: 反射波位相損失計算とは、直接波と反射波の位相合成で受信電界を求める手法です。
この手法は基礎理論としては重要ですが、実際の現場ではほとんど役に立ちません。
理由は、
① 地表面起伏を考慮した球面幾何計算による反射位置の探索が難しい。
② 例え反射位置が分かっても、反射点の地盤状況を定めにくい。
③ 例え地盤状況が分かっても、地盤状況に対応した反射係数を定めにくい。
④ 例え１点の反射係数が分かっても、反射点近傍起伏による散乱を把握しにくい。
⑤ 地球球面による反射波散乱を補う計算式が分からない。
⑥ 受信アンテナ高が極端に低い場合の大地の影響を補う計算式が分からない。
⑦ 反射には複合反射が含まれる場合が多く、反射波の合成位相を定めにくい

⑧ 大気の影響で反射点位置がしばしば移動する。
等があります。このような場合は、実測値を参考にする方法が近道だと考えました。
これらの完全解明は難しい作業ですが、それでも『エリアかくべえ』は、全点での入反射計算と土地利用地図データーの応用によって①～③までは解決済と言えます。
更に『エリアかくべえ』【最新方式】の周波数別の反射係数は、実測に基づくグラフの近似多数実測比較で更に補正していますから④⑤も解決済と言えます。

⑥ は4m以下が多いようですから、重要事項からは外す事ができます。
結局、⑦と⑧が未解決状態になりますが、これらの解明は極めて困難です。
そこで、『エリアかくべえ』【最新方式】では、反射波位相損失計算による受信電界値を信じる事はあきらめて、実測による補正を加えた、直接波より小さくなった反射波による、『反射波プラス値』『直接波のみ』『反射波マイナス値』をプロフィールの数値欄に表示しています。
『反射波プラス値』と『反射波マイナス値』の差が大きい場合は、反射波レベルが大きい場合となり、季節変動が大きい事に注意して戴くようにお願いしています。
実際の可視聴地点を把握するエリア計算では、受信アンテナの方向調整や移動して良好受信点を探れる電波利用分野では、反射波位相損失計算ではなく『反射波プラス値』を受信可能電界にしています。

①圧倒的に電波利用人口が多い、受信点が低く電波ビームが大地に接するような一般状態での電波伝搬計算では、『電波法告示第 640 号方式』でも『ITU 方式』でも『奥村・秦カーブ方式』でも、【反射波位相損失計算】は使っていません。

『エリアかくべえ』【郵政方式】では、法律条文に忠実に従った直接波の減衰で計算しています。
とは言え、②マイクロ回線のような専門使用に限られた、電波ビームが大地から十分離れている特殊な電波利用分野では【反射波位相損失計算】が必要になります。
残念ながら、上記の①～②間での連続した補足計算方式は分かっていません。
理由は、
①は直接波自身への地表面の【誘電率】【透磁率】【導電率】の影響が主題で、
②は単純位相合成が主題で、両者の主題が噛み合わないからです。
これを連続的に噛み合った万能計算式を作る為には、直接波にも反射波にも、地表面からの【誘電率】【透磁率】【導電率】の影響を考慮した後に、適切な反射係数を考慮してから両者をベクトル合成するような新たな計算方式が必要だろうと推測します。
この新方式は、中波計算と同じように地盤状況を考慮しながら、中波と違って電波ビームと大地との離隔を考慮して、直接波も反射波も地盤によって次第に電界成分と磁界成分がズレていく状態のベクトル合成計算になりますから、容易ではないと推測できます。
また、この新方式では、全反射の場合であっても、反射波の方が大地に近い事から大地の影響が多くなり、反射波は直接波より小さくなるはずです。
『エリアかくべえ』は、この万能計算の実現に、最も近い位置に居ると考えています。

★詳しくは本文の【5-8】【受信電界】反射点の探索、【5-9】【受信電界】反射点の反射係数、を見てください。

【5－22】【受信電界】ハイトパターン計算
Q:『エリアかくべえ』では、【ハイトパターン計算】が、できますか？

A:反射波位相損失計算を使った単純計算によるハイトパターン計算は簡単ですが、『エリアかくべえ』は今のところ、この計算は搭載していません。

理由は、送受アンテナ高が高くて反射点が湖面の場合にのみ実測値と計算値が良く合いますが、その他の場合では、実測値と計算値がうまく合わないからです。
一般地盤でのハイトパターン実測では、直接波と反射波が逆相になる落ち込み部分が計算値程には落ち込ます、なだらかな部分では多くの凸凹が出ます。
理由は、
① 表面起伏を考慮した球面幾何計算による反射位置の探索が難しい。
② 例え反射位置が分かっても、反射点の地盤状況を探りにくい。
③ 例え地盤状況が分かっても、地盤状況に対応した反射係数を定めにくい。
② 例え1点の反射係数が分かっても、反射点近傍起伏による散乱を把握しにくい。
③ 地球球面による反射波散乱を補う計算式が分からない。
④ 受信アンテナ高が極端に低い場合の大地影響を補う計算式が分からない。
⑤ 反射には複合反射が含まれる場合が多く、合成位相を定めにくい。
⑥ 大気の影響で反射点位置がしばしば移動する。
等があります。
このような場合は、実測値を参考にする方法が近道ですが、ハイトパターン計算には、⑦の『反射波の合成位相』が重要な為、実測に合う計算には至らず、本件は研究中です。
ここでは、直接波にも反射波にも、地表面からの【誘電率】【透磁率】【導電率】の影響を考慮した後に、適切な反射係数を考慮してから両者をベクトル合成するような新たな計算方式が必要だろうと推測します。この新方式では、反射波の大地からの影響が多くなり、反射波は直接波より小さくなるはずで、逆位相落ち込みは小さくなるはずです。

★反射点と反射波については本文の【5-8】【受信電界】反射点の探索、および【5-9】【受信電界】反射点の反射係数を見てください。

【5－23】【受信電界】 レイトレース法
Q: 『エリアかくべえ』の【レイトレース計算】は、どうなっていますか？

A: レイトレース法とは、建物からの反射波を位相合成で求めて受信電界を計算する手法です。『エリアかくべえ』には建物データーが無い為、この計算はできていません。その代替えとして【都市減衰計算方式】を使用しています。

★詳しくは本文の【12-12】【電波理論】C'、を見てください。

【6】妨害計算

【6－1】【妨害計算】 D/U 計算
Q:『エリアかくべえ』の【D/U 計算】は、どのようになっていますか？

A:『エリアかくべえ』では、【D/U 計算】と【等電界地点探索】の二つの方法で妨害関係を検討する事ができます。
【D/U 計算】では、一つの目的波に複数の妨害波が到来する場合の詳しい妨害関係を地点クリックで確認する事ができます。この機能は、送信アンテナの微調整に適しています。
【等電界地点探索】は複数の送信点からの電波を一括して D/U 検討を行い、干渉地点を指

定色で区別して見る事ができます。詳細な検討には不向きですが、最終確認には有効です。

★本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に概要を掲載しています。

【6－2】【妨害計算】所要 D/U
Q: 『エリアかくべえ』の【所要 D/U 設定】は、どのようになっていますか？

A:『エリアかくべえ』の【等電界地点探索方式】では、同一周波数の複数の送信点からの、一つだけの所要 D/U 設定による妨害計算になります。

【D/U 計算方式】では、隣接周波数との妨害関係や、フィルター特性を含めた所要 D/U 設定枠があり、中間周波の混信を含めた妨害関係も検討する事ができます。
また、水平偏波、垂直偏波、右円偏波、左円偏波の交差偏波識別を含めた妨害関係も検討に含む事ができます。
また、デジタル、アナログ、の混信保護比を含めた妨害関係も検討に含む事ができます。

★詳しくはマニュアルを見てください。

【7】人口・世帯数

【7－1】【人口・世帯数】人口・世帯数計算
Q:『エリアかくべえ』の【人口・世帯数計算】は、どのようになっていますか？

A:『エリアかくべえ』では、国勢調査による単位行政区域内の人口と世帯数を事前に記憶しています。単位行政区域内では、土地利用データーによって人口配分の重み付けを実施し、250m メッシュ内の人口・世帯数を日本全国の 250m メッシュに事前に保存しています。

多数のモデル地域で確認して実態に良く合うように調整しています。
エリア計算後では、最低受信電界以上の 250m メッシュの人口・世帯数を加算してエクセルに移せる CSV で吐き出す機能があります。
送信アンテナの位置、高さ、パワー、指向性、等を変えると、敏感に合計の可視聴人口・世帯数を計算できますので、送信アンテナの最適状態を数値で比較する事ができます。

市区町村の全域、県内全域、などの範囲設定は『サービスエリア設定機能』で可能です。
★本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【国勢調査人口データの応用】に詳しく掲載しています。

【8】エリア処理

【8－1】【エリア処理】等電界線表示（コンタ）
Q:『エリアかくべえ』の【等電界線表示（コンタ）】は、どうなっていますか？

A:『エリアかくべえ』の標準エリア表示には、①ベタエリア表示（無透過色）、②ベタエリア表示（半透過色）、③等電界線表示、④コンタ内塗りつぶし表示ができます。

① ベタエリア表示（無透過色）は、色が付いた点の下地の地図は見えませんが、鮮明なベタエリアを表示できます。
② ベタエリア表示（半透過色）では、鮮明なベタエリアを見る事ができませんが、色が付いた点の下地の地図が半透明で透けて見えます。
③ 等電界線表示では、エリア計算結果に従って図形処理で等電界線を描けます。一般の

等電界線（コンタ）では多数の閉曲線ができますが『エリアかくべえ』では各々の閉曲線の内部メッシュ数を記憶して、小さな閉曲線を画面から消して、大きな範囲の等電界線だけを見易くする図形処理ができます。線の太さを個別に指定して、見易い等電界線（コンタ）図を作る事ができます。

④コンタ内塗りつぶし表示は、コンタ内を強引に同色で塗りつぶして、サービスエリアに見せかける事ができます。

★本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】に見本を掲載しています。

【８－２】【エリア処理】エリアの合成
Ｑ：『エリアかくべえ』では【エリアの合成】ができますか？

Ａ：『エリアかくべ』え』には【エリア合成】機能があり、例えば、一つの行政区域内に複数の送信所が有って、これを合成して一つの行政区内のエリアに換算する事ができます。
この場合では、一つの行政区内全体の複数の送信所からの、可視聴人口・世帯数計算が１度でできます。

この処理ができない場合は、重なった部分の人口・世帯数を引き算しなくてはなりませんが、これは極めて困難です。
また、一つの送信ポールに複数のアンテナを設置した場合のエリアの合成ができます。

複数のアンテナが同一周波数の場合ではアンテナパターン合成で同じ処理ができますが、
複数のアンテナの周波数や偏波面が違う場合では、この合成でなければできません。

【８－３】【エリア処理】合成エリアの等電界線処理
Ｑ：『エリアかくべえ』では【合成エリアの等電界線処理】ができますか？

Ａ：『エリアかくべえ』には【エリア合成】機能があります。例えば、一つの行政区域内に複数の送信所が有って、これを合成して一つの行政区内のエリアに換算する事ができます。その後では、一つの行政区内での複数送信所全体の等電界線処理ができます。

【８－４】【エリア処理】エリアの複数表示
Ｑ：『エリアかくべえ』では【エリアの複数表示】ができますか？

Ａ：『エリアかくべえ』では、複数のエリアを【送信点の色別】【電界しきい値の色別】【その地点での最高受信電界の色別】で複数エリア表示できます。等電界線で複数エリアを表示すると、複数エリアの『重なり過ぎ』や『離れ過ぎ』を迅速に検討できます。

【８－５】【エリア処理】任意範囲のエリア計算
Ｑ：『エリアかくべえ』では【任意範囲のエリア計算】ができますか？

Ａ：『エリアかくべえ』では、【サービスエリア】として、カーソルで任意の計算範囲を閉曲線で指定できます。また任意の矩形範囲も簡単に指定できます。
ここで例えば、アンテナ高を 9999m、送信出力 9999W、受信電界最低で任意エリアを計算すれば、任意エリア内の全ての地点の人口・世帯数を計算できます。

【9】アンテナパターン

【9－1】【アンテナパターン】水平面アンテナパターン作成
Q: 『エリアかくべえ』の水平面アンテナパターン作成は、どうなっていますか？

A: 『エリアかくべえ』には、幾つかの代表的な水平アンテナパターンを登録してあります。
目的のアンテナパターン図に近い登録済アンテナパターンを選んで、その後に部分修正すれば新しいアンテナパターンを作る事ができます。

以前ではタブレット入力が主流でしたが、最近では画面入力でも簡単に入力できます。
反転機能が有りますから左右対称な場合は右片面のみの作成で反転コピーができます。
水平面のアンテナパターン全体の方位回転は数値入力で任意に回転できます。
回転後に名前を付けてエリア計算に使用できます。

★本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】または【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に概要を掲載しています。

【9－2】【アンテナパターン】垂直面アンテナパターン作成
Q:『エリアかくべえ』の垂直面アンテナパターン作成は、どうなっていますか？

A:『エリアかくべえ』には、幾つかの代表的な垂直アンテナパターンを登録してあります。目的のアンテナパターン図に近い登録済アンテナパターンを選んで、その後に部分修正すれば新しいアンテナパターンを作る事ができます。

以前ではタブレット入力が主流でしたが、最近では画面入力でも簡単に入力できます。
反転機能が有りますから上下対称な場合は下面作成で反転コピーができます。
垂直パターンは法律に従って、円筒パターン表示になって細いビームを見易くなっています。
垂直面の上方部は＋20 度までで下方部は-90 度です。
垂直面は四角鉄塔に合わせて4面を設定するようになっていますので、電気チルトや機械チルトも正確に数値設定できます。
垂直パターンで上方 20 度方向を超える上向きの検討の場合は、自動的にピーク反転させて、現実にほぼ近い値を自動的に読み取る機能もあります。

★本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】または【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に概要を掲載しています。

【9－3】【アンテナパターン】 アンテナパターンの内部処理
Q:『エリアかくべえ』の【アンテナパターンの内部処理】はどうなっていますか？

A:『エリアかくべえ』内部では、入力された水平垂直パターンデーターを閉曲線型スプライン補間で 360 度 0.5 度毎の三次元パターンデーターに変換して保存してからエリア計算を実施します。
この立体パターンを見て確認する事ができます。

実際のエリア計算のほとんどの受信点方向は、0.5 度間隔の中間部になりますが、この場合は、0.5 度間隔の周囲の4点からの立体補間で正確な方向の正確なアンテナゲイン求め、正確にエリア計算に反映します。

★本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】または【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に概要を掲載しています。

【9－4】【アンテナパターン】パターン合成

Q:『エリアかくべえ』では多方向アンテナの【パターン合成】はできますか？

A: 同一周波数で、複数のアンテナを電力分配して向きを変えて送信する場合では、アンテナ相互の干渉が問題になりますが、アンテナメーカーと相談した上で、各アンテナどうしの干渉の影響が薄いと判断された場合には、それぞれのアンテナパターンをプラス合成する事ができます。
『エリアかくべえ』には、この合成機能が搭載されていますので、相互干渉弊害が無い場合には合成できます。

干渉がある場合は、合成アンテナパターン図を入手して、新たに入力してください。

【9－5】【アンテナパターン】アンテナパターンの数値での取り込み
Q:『エリアかくべえ』では【アンテナパターンの数値での取り込み】ができますか？

A: アンテナパターンの数値データーがある場合は読み取って指向性図に変換できます。

0.5 度おき、1度おき、2度おき、3度おき、3次元数値データーなど、どれにでも対応できます。

【9－6】【受信電界】キャンデラブラ計算
Q:『エリアかくべえ』では、【キャンデラブラ計算】が、できますか？

A: キャンデラブラ計算方式とは、NHK の銚子テレビ局の2本送信柱での送信アンテナパターン変化を探る目的で開発された計算方式です。
送信点の近傍の金属導体では、相互インピーダンスと自己インピーダンスと放射性能からの立体パターン計算が必要ですが、この計算方式では、妨害柱が一定以上の長さがある金属物体では、妨害柱を、妨害柱の電気的等価半径の無限に長いアンテナと置き換えて近似計算をします。
モデル実験で検証しても誤差が少なかった優れた計算方式です。

水平偏波と垂直偏波で違いますが、第1種ベッセル関数、第2種ベッセル関数（ノイマン関数）、第3種ベッセル関数（ハンケル関数）の微分形を級数加算するような複雑な計算になります。

『エリアかくべえ』では、この水平面計算までは完成していますが、立体計算への拡張は現在研究中です。

【10】地図表示

【10－1】【地図表示】 任意地図の使用
Q:『エリアかくべえ』の計算結果は、任意の地図に表示できますか？

A:『エリアかくべえ』で計算したエリア図を一旦 20 万分の1地図上に表示させれば、左上と右下の矩形範囲を示す緯度経度でエリア図だけを出力できます。パワーポイント等で任意地図とエリア図を正確に重ね合わせて、上側の白部分を透明化すれば、任意地図にエリアを表示できます。

上下を逆にして、見易い方を選ぶ事ができます。一般では、ベタエリアの場合は地図が上、等電界線表示エリアではエリア図が上だと見易くなります。
出来上かったエリア図に、表題、説明、アンテナパターン、指定電界と電界色、エリア詳細表示等、

を重ねれば、簡単に電子データーの提出資料が作れます。
任意地図の範囲切り取りには『カシミール（無料ソフト）』が便利です。

【10－2】【地図表示】 任意地図にエリアを印刷
Q：『エリアかくべえ』の計算結果は、任意の地図に直接印刷できますか？

A：『エリアかくべえ』で計算したエリア図は、任意の下地地図に直接印刷できます。印刷したい下地地図の左上、右下の緯度経度と地図矩形の大きさ（mm）、及び、下地地図の余白を（mm）で指定すれば、大型の地図でも小型の地図でも、任意の縮尺の地図でも、プリンター仕様に合わせてカラー印刷ができます。

【10－3】【地図表示】画面地図
Q：『エリアかくべえ』の【画面地図】は、どうなっていますか？

A：『エリアかくべえ』のエリア図表示の為の画面地図には、①250m メッシュ標高地図、②250m メッシュ土地利用地図、③FD マップ、④20 万分の1地図、の4種類があります。

① 250m メッシュ標高地図は最も標準的な画面用地図で1～8倍の拡縮が可能です。全てのエリア図や等電界線図及び妨害関係エリア図が表示できます。画面展開を早くする為に 50m メッシュ地図ではなく、意図的に 250m メッシュ地図を使っています。この地図の標高のしきい値も標高個別色も自由に設定を変えることができます。
② 250m メッシュ土地利用地図は①の地図の代わりに使え①と同じく1～8倍の拡縮が可能です。計算済のエリア図と土地利用地図を重ねて見たい時に便利です。この地図の土地利用区分の個別色は、自由に設定を変えることができます。
③ FD マップは、行政界、鉄道、道路、河川、湖岸線、海岸線、都道府県名、市区町村名、等を①と②の地図に上書き表示できます。海岸線、湖岸線、行政界、市区町村名、等を載せれば、見易い画面になります。
④ 20 万分の1地図は、計算済のエリアを表示する目的と、50m メッシュ計算の表示に使います。この地図は『カラー表示』『影付きカラー表示』『影なし白黒表示』に表示別けができます。エリア図を載せて範囲を絞って縮尺を調整して、そのままのハードコピーができます。また、任意指定範囲の『地図とエリア図のデーター出力』『エリア図だけのデーター出力』『地図だけのデーター出力』ができます。

【11】電波理論（電波法告示第 640 号）

【11－1】【電波理論】全般
Q：『エリアかくべえ』の【電波理論】は、どうなっていますか？

A：電波伝搬理論は、見通し（直接）波が大地から十分離れて電波が大地の影響を受けない特別な領域では、一般の電波伝搬教科書に載っている『自由空間損失と反射波位相損失と回折損失だけに留まる簡略計算方式』でも大丈夫ですが、圧倒的に電波利用人口が多い、受信点が低く電波ビームが大地に接するような場合では、極端に難しくなります。
この難しい計算方式は、一般には知られていませんが、電波法では厳格な規定があります。

『エリアかくべえ』には、【郵政方式】【最新方式】【研究方式】の三つの計算方式があります。

【郵政方式】は、電波法告示第 640 号に完全に準拠した計算方式で、電波申請には必須の計算方式です。
【最新方式】は、日本の電波法に ITU 等の信頼できる文献からの計算方式を追加して、実測に良く合うように調整した参考的計算方式です。また、中波を除いた【最新方式】には、反射波を考慮しています。
【研究方式】では、【郵政】または【最新】の一部を更に調整できます。

とは言え、電波申請には電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

**★本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】または【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に概要を掲載しています。また本件は、本ホームページの【技術資料】→【平成23年6月29日】に改定された電波法告示第 640 号に掲載されています。
また、ITU-R P.526-5（回折による伝搬）に詳しく掲載されています。**

【11－2】【電波理論】 フレネル回折損失
Q：【フレネル回折損失】とは、どう言う事ですか？

A：電波には、フレネルゾーン半径と言う伝達範囲があります。電波は直進しますのでこの範囲が主要なエネルギー伝達範囲になります。この範囲内で電波が進むと、中心線の細い部分だけは直線ですが、中心部から外れた伝搬路は楕円軌道になり、電波到達距離は中心線より長くなります。

楕円軌道部の路程が長くなった伝搬線では、中心線との位相が遅れて受信点に到達します。
この遅れを考慮した全体の電波伝搬姿態の一部を山等が遮蔽すると、その他の通過伝搬線だけで伝搬する事になります。これでも安定した無線回線を獲得できる場合が多いものですが、この時に遮蔽された部分による損失をフレネル回折損失と呼んでいます。

原理式が複雑過ぎて、やむを得ずグラフによる計算に留まっていますが『エリアかくべえ』
【最新方式】では、グラフに忠実な近似式で高速に計算して、第一フレネルゾーン半径の2倍範囲までを標準計算しています。この範囲は調整可能です。

『エリアかくべえ』【郵政方式】では、電波法告示第 640 号にS’グラフで計算するように指示されていますので、これに準じた計算方式を実施しています。

このS’グラフでは、電波ビームが障害物の見通しを超えた上部にある場合は全て1になっています

が、アンダービームロスを無視すれば大きな違いはありません。

★本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】または【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に概要を掲載しています。また本件は、本ホームページの【技術資料】→【平成23年6月29日】に改定された電波法告示第 640 号に一部が掲載されています。
また、ITU-R P.526-5（回折による伝搬）に詳しく掲載されています。

【11－3】【電波理論】 電波法告示第 640 号
Q:【電波法告示第 640 号】とは、どんな計算方式ですか？

A: 電波には、フレネルゾーン半径と言う伝搬範囲があります。電波は直進しますので、この範囲が主要なエネルギー伝達範囲になります。
見通し回線でありながら、この範囲内の中心（見通し）線より下側の多くが大地で遮蔽されるような電波伝搬では、見通し（直接）波自身が地表面の【誘電率】【透磁率】【導電率】の影響を受けます。
また、受信点が都市部に含まれる場合には見通し（直接）波自身が都市の影響を受けます。
また、中波では地表面の【誘電率】【透磁率】【導電率】の影響を強く受けますので特殊な計算方式が必要になります。

これらの見通し（直接）波自身が周辺環境から受ける影響を厳格に定めた法律が、電波法告示第 640 号です。

一般には『受信アンテナ高が低い場合や都市部での電波使用が圧倒的に多い』ことから、『自由空間損失と反射波位相損失と回折損失だけに留まる一般の電波伝搬教科書に載っている簡略計算方式』では、計算結果が実測と大きく違う場合があります。
従って、電波を業務運用する場合には厳重な注意が必要となり、電波申請には、電波法に準拠した計算【郵政方式】が必須条件になります。

★本件は、本ホームページの【技術資料】→【平成23年6月29日】に改定された電波法告示第 640 号に全てが掲載されています。

【11－4】【電波理論】 告示第 640 号は学校で習っていない
Q: 告示第 640 号の計算方法は、なぜ一般の教科書に掲載されていないのですか？

A: 一般の電波伝搬教科書に載っている『自由空間損失と反射波位相損失と回折損失だけに留まった計算方式』は、電波ビームが大地と十分離れて、主ビームが大地の影響を受けていない場合の簡略計算式ですから、電波ビームが低くて電波が大地や都市の影響を受ける状態には全く対応できていません。
従って、送受信アンテナのどちらか又は両者の標高が低い場合では実測と大きく違ってきます。
一般の電波使用では、携帯機器や車載アンテナのように受信高が低い場合が多いことから、電波ビームが低い状態の特殊な電波計算方式が必要になります。

電波法告示第 640 号の計算方式は、電波ビームが大地に接近して電波姿態が大地の電気的特性によって影響を受ける状態の計算を重視していますから実測に良く合います。
ところがこの計算方式の原理式は極めて複雑で難解ですから、教科書に載せるのに無理があるからだろうと推測できます。
『エリアかくべえ』は、電波法告示第 640 号のグラフやノモグラフに忠実に従って、それに ITU 等の信頼できる文献の新理論を付加して実測と比較して、良いものだけを取り入れているだけで、正しい理論展開には至っていませんが、電波ビームが地表に近い場合や都市部でも実測に良く合う計算ができています。

【11－5】【電波理論】 222√P
Q:電波法告示第 640 号の 222√Pとは、どう言う事ですか？

A：受信電界を求める計算式には、√30P、√49P、7√P、222√P、300√P、等と幾つか在りますが、これらは全て、一般教科書の自由空間損失と同じもので、基準アンテナと単位系が違うだけです。いずれも分母に距離があります。

222√Pでは、出力PがKW、距離dがKm、受信電界がmV／mで、相対利得アンテナ（半波長ダイポールアンテナ）を基準にしています。従って、基準アンテナと単位系に従って正確に換算すれば、一般の自由空間損失に一致します。

中波の場合は、300√Pになります。これは、基準アンテナとして、相対利得アンテナ（半波長ダイポールアンテナ）の代わりに短小アンテナを使用したからです。理由は、中波の半波長ダイポールアンテナは大き過ぎて測定用の基準アンテナには不向きだからです。
理論的アンテナには、①アイソトロピックアンテナ（完全球面放射アンテナ、Gi＝1.00、0dbi）や微小双極子がありますが、これは理論上のアンテナで実在しません。測定の基準用アンテナには使用可能なアンテナが選ばれ、一般には、②ダイポール（半波長）アンテナ（Gd＝1.64、2.14dbi）と、③短小アンテナ（Gs＝3.00、4.77dbi）があります。

★本件は、本ホームページの【技術資料】→【平成23年6月29日】に改定された電波法告示第 640 号に 222√Pの使用を義務付ける条文が掲載されています。

【11－6】【電波理論】 中波
Q：【中波】では『エリアかくべえ』は、どのように計算していますか？

A：電波法告示第 640 号の中波計算方式は、ミリントン（Millington）の計算方式を採用した、実測に良く合う、極めて優れた計算方式です。

中波では第一フレネルゾーン半径は数Kmと大きく、電波の第一フレネルゾーンの下（大地）側は、ほとんど大地に接した伝搬になります。すると、ゼネック（Zenneck）の表面波解析の影響が顕著となり『磁性体成分が多い大地伝搬では、電波の電界成分と磁界成分の位相がズレて受信電界は急速に減衰しますが、誘電体成分が多い水面を伝搬するとズレた位相が戻り受信電界が増加に転じ。』と言う不思議な現象（リカバリーエフェクト現象）が実測されています。

ミリントンの計算方式を採用した電波法告示第 640 号の計算方式では、見事に実測に近い不思議な計算が可能になっています。しかし伝搬路の地盤状況の詳細な配置は、地図を見ただけでは容易には設定できません。
『エリアかくべえ』では、250m メッシュの土地利用地図の全メッシュに適切な【中波減衰係数】を設定して、この計算が正確に高速処理できるようになっています。
電波法準拠の【郵政方式】では地盤区分数が少ない為に幾分粗い計算に留まりますが、それでも実測に近い計算ができます。

【最新方式】では更に細かい地盤区分を取り入れて、実測との比較検証で補正していますから、更にに近い計算が可能です。

しかし、理論と法律では立場が違いますので、電波申請には電波法に準拠した計算【郵政方式】

でなければなりません。
尚、この計算要領は市販の教科書では見る事ができす昔の学会論文を紐解かなくてはなりません。

★本件は、本ホームページの【技術資料】→【平成23年6月29】に改定された電波法告示第 640 号に詳しく掲載されています。また本件は、学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【中波放送サービスエリアの自動計算】に詳しく掲載しています。

【11－7】【電波理論】 中波・見かけの能率
Q: 中波アンテナにおける【見かけの能率(%)】とは、どう言う事ですか？

A: 中波の送信アンテナは、アンテナ垂直部長さ、頂部付加(頂冠)、ラジアルアース状況、地状況、アンテナ基部高さ、アンテナ基部給電線状況、指向性付加、等でアンテナ性能が変わります。一般のアンテナのように開口面積や素子数でアンテナゲインを決める事ができません。

またデシベル表記では数値が粗くなることから、真値のパーセントでアンテナ性能を表記し、中波の受信電界計算は、見かけの能率の真値を 300√P内の出力Pに掛け算します。

4分の1波長の電気長アンテナが、十分広い導体平面上に垂直に立ち、基部高さも給電線も最短な理想状態を見かけの能率 100%の基準アンテナにしています。
『見かけの能率』と表記して単なる『能率』と表記しない理由は、電気的能率とアンテナ性能が一致しない為です。
0.64 波長の電気長アンテナで導電率の良い地盤で十分な広さと十分な密度をもったラジアルアースが敷設されている場合には見かけの能率が 220%になる場合があります。
反面この 0.64 波長の電気長アンテナでは上方 60 度方向の空間波が増える欠点があります。
0.53 波長の電気長アンテナが上方 60 度方向の空間波が最も少ない事から大電力送信に使われています。
上方 60 度方向の空間波が増えると、電離層に反射して大地に跳ね返った空間波と、地上を伝搬する直接波が干渉して、夕方や早朝に、送信点から約 100Km 辺りで混信が激しくなって音声が聞き取れなくなる場合があります。小電力送信では問題になりませんが、送信電力が 10KW 以上の大電力送信では注意が必要です。

従って、大電力送信では、見かけの能率だけでアンテナ性能を単純評価できません。
尚、この計算要領は市販の教科書では見る事ができず昔の学会論文を紐解かなくてはなりません。

★本件は、本ホームページの【技術資料】→【平成23年6月29日】に改定された電波法告示第 640 号に送信電力と見かけの能率規定が掲載されています。

【11－8】【電波理論】 A'
Q:【告示第 640 号のA'】とは、どんなものですか？

A: 主として【FM 放送】【TV 放送】に関わりますが、第一フレネルゾーン半径内の下(大地)側の多くの電波ビームが大地に近い場合は、地盤の【誘電率】【透磁率】【導電率】による減衰を考慮した計算が必要になります。
マクスウエル(Maxwell)の電磁方程式で解析しますが完全解明には至っていません。しかし電波法告示第 640 号のA'は、これに極めて近い優れた計算方式です。

一般の電波伝搬教科書に載っている『自由空間損失と反射波位相損失と回折損失だけに留まった計算方式』は、電波ビームが十分に高くて直接波が大地の影響を受けていない場合の簡略計算方式になります。
電波法告示第 640 号のA’に従えば、多くの場合、教科書に載っている簡略計算では得られない数 10db の地盤による損失が出ますが、実測に良く合っています。
従って、この電波法告示第 640 号の計算方式は、送信出力決定や指向性決定および送信高決定には十分使える信頼できる計算方式です。
原理式が複雑過ぎてやむを得ずグラフによる計算に留まっていますが『エリアかくべえ』には電波法告示第 640 号のA’に忠実な近似式を搭載していますので高速で計算できます。
他のソフトでは忠実とは言えないようです。
また、この計算は『奥村・秦カーブ』に似た計算結果になりますが幾分違います。
理論と法律では立場が違いますので、電波申請には電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

★本件は、本ホームページの【技術資料】→【平成23年6月29日】及び【平成25年2月20日】に改定された電波法告示第 640 号に詳しく掲載されています。また本件は学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】または【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に概要を掲載しています。

【11－9】【電波理論】 Ai＝1
Q:【告示第 640 号のA‘における反射波カットに伴う Ai＝1】とは、どう言う事ですか？

A: 電波法告示第 640 号の Ai(真値)＝A’(db)は、マクスウエル(Maxwell)の電磁方程式に最も近い優れた計算方式で実測に良く合いますが、反射波を過剰に重視しているようです。
マクスウエルの電磁方程式に最も近い解析としてはゼネック(Zenneck)の表面波解析が有名です。
この解析では、初段階では反射波を基準にしていますが、最終的には、地表地盤の【誘電率】【透磁率】【導電率】が直接波に影響を及ぼす方法で計算され、初段階の反射点は全体の代表地盤に置き換えられています。
バロース(Burrows)理論では反射波の位相は『-1|』で固定され、初段階の反射点は全体の代表地盤に置き換えられています。
また、電波法告示第 640 号の多数のA’グラフ外枠の右上端と左下端を直線で結んだ【本文 30 ページ掲載以下同　第1図】青破線で示す右下側半分程度の多数のグラフ曲線は、地球の湾曲によって大幅に電波が遮蔽される領域になります。

ここでは地球の湾曲部分によって反射波は完全にカットされますので Ai＝1 になります。
従って、この条文をそのまま適用すれば全てのA’グラフの【第1図】青破線の右下側半分程度の多数のグラフは全て『0』になるはずです。
また『反射点付近の反射波のフレネルゾーンが広い場合が多く1点における反射波だけでこの条文を適用するには無理がある。』と言う考え方もあります。
従って『反射波カットに伴う Ai＝1』については議論があります。実測比較では、この条文が無い方が実測に良く合います。
長年にわたり文献を調べていますが未だに『反射波カットに伴うAi＝1』の条文は、どの論文にも

見当りません。どなたかご存知の場合は教えてください。
とは言え、理論と法律では立場が違いますので、電波申請には電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

★本件の『反射波カットに伴う Ai＝1』の条文は、本ホームページの【技術資料】→【平成23年6月29日】及び【平成25年2月20日】に改定された電波法告示第 640 号に全てが掲載されています。

【11－10】【電波理論】 Ai＝1の柔軟化
Q: 告示第 640 号のA’における反射波カットに伴う Ai＝1を柔軟に扱えませんか？

A: 電波法告示第 640 号の Ai（真値）＝A’（db）に関する条文は、『3（1）ア考察する二点のうちの一点、その二点間の電波反射点（地図上の二点を結ぶ線分を二点のそれぞれの海抜高に従って、その比に内分した点を通る鉛直線と見通図上の地表線との交点をいう。以下同じ。）及び考察する二点のうちの他の一点を順次に結ぶ二つの線分のうち、いずれかが山等の障害物でさえぎられる場合の Ai は1とする。』となっています。

ここでは『山等』の判断が難しいところですが、考え方によっては『反射波の通過（回折）度合によって Ai の値を調整すべき。』とも解釈できます。この場合では調整度合を示してもらわないと具体的な計算に反映できません。

また別の考えでは『反射波の山岳回折損失（db）をA’（db）値から差し引く。』と考える事もできます。しかしこの考えにも異論があります。
『エリアかくべえ』【郵政方式】では、この調整度合が法律条文に明瞭に示されていない事から、やむを得ず『反射波が少しでも遮蔽された場合はAi＝1』にしています。
『エリアかくべえ』【最新方式】では、極めて大きく反射波が遮蔽された場合にのみ Ai＝1 にしています。
関東平野のように小さな起伏が多数点在する広い平野では、A’（db）値が大きく違う場合が多い為に、【郵政方式】と【最新方式】の計算エリアが大きく違う場合があります。
本件は、今後の議論を待ちたいと考えています。

【11－11】【電波理論】【郵政】と【最新】が大きく違った場合
Q:『エリアかくべえ』計算で【郵政】と【最新】が大きく違った場合はどうしますか？

A: 関東平野やその他の、小さな起伏が多数点在する広い平野での FM 放送では、『反射波カットに伴うAi＝1』の法律条文から、【郵政】と【最新】の計算結果が大きく違う場合があります。

このような場合の電波申請では困ってしまいますが、まずは、電波法を尊重する姿勢が大切です。
理論と法律では立場が違いますので、電波申請には電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

電波申請の立場では【最新方式】は【参考計算】程度でお考えください。

【11－12】【電波理論】 C’
Q:【告示第 640 号のC’】とは、どんなものですか？

A:主として【TV 放送】に関わりますが、受信点が都市部にある場合の都市減衰を考慮しています。受信点の周囲1キロメートル平方に 10m 以上の建物占有率を【都市化率「(%)】として、受信点から送信点を見た電波通路の仰角に基づいてC’グラフから求めます。
この計算方式は、建物による回折や反射の影響だけでなく、建物に含まれる鉄分による【誘電率】【透磁率】【導電率】をも含んだ、総括平均値な実測重視の計算方式になります。

この電波法告示第 640 号の計算方式では『自由空間損失と反射波位相損失と回折損失だけに留まった一般の教科書に載っている簡略計算方式』では得られない数 10db の大きな損失(都市減衰)が出ますが、多数実測による平均誤差比較では実に良く合っています。
従って、この電波法告示第 640 号の計算方式は、送信出力や指向性および送信高等の決定には十分に使える信頼できる計算方式です。

原理式が複雑過ぎてやむを得ずグラフやノモグラフによる計算に留まっていますが、『エリアかくべえ』では電波法告示第 640 号のC’に忠実な近似式を搭載していますので高速に計算できます。他のソフトでは忠実とは言えないようです。

ここでは、いかに実測に近い優れた他の計算方式があろうとも、理論と法律では立場が違いますので、電波申請には電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

★本件は、本ホームページの【技術資料】→【平成23年6月29日】及び【平成25年2月20日】に改定された電波法告示第 640 号に全容が掲載されています。また本件は、学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】または【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に詳細を掲載しています。

【11－13】【電波理論】 法律規定の受信高
Q: 受信点の高さが4mから 10m に変わったようですが、なぜですか？

A: 主として【TV 放送】に関わります。電波法告示第 640 号のC’は【別表第 22 図の 2】に掲載されていますが、これは受信高 10m のC’グラフを受信高4mに換算したものです。

これは、法律制定時代の日本の家庭では木造家屋の1階に室内アンテナを設置してテレビ放送を受信する視聴者が多かったからのようですが、最近では室内アンテナを使用する視聴者は少なく、多くは屋根の上に屋外アンテナを設置していますので、受信高 10m に戻したと聞いています。

しかし電波法告示第 640 号改定後も【別表第 22 図の 2】は変わっておらす、改定後の受信高 10m のC’グラフは一般の人には簡単に見る事ができません。
『エリアかくべえ』では、【研究方式】の中に複数の研究用C’を持っており、【C’＝規定値】が受信高4mの場合で、【C’＝④】が受信高 10m の場合になります。
また本件では『携帯使用のワンセグ受信機ではどのように扱うか？』までは掲載されていません。ここでは、受信アンテナ高に従った連続したC’計算式が求められるところです。

★本件は、本ホームページの【技術資料】→【平成25年2月20日】に改定された電波法告示第 640 号に掲載されています。また本件は、学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】または【電波伝搬シミュレーションシステム『エリアかくべえ』の開発】に概要を掲載しています。

【11－14】【電波理論】 都市化率Γ
Q:【都市化率Γ（%）】と【仰角φ（ラジアン）】とは、どんなものですか？

A:電波法告示第 640 号には、『Γは受信点を中心とする1キロメートル平方の地表の平均の高さから 10 メートルの高さにおける当該1キロメートル平方内にある建築構造物の水平断面積の総和の1平方キロメートルに対する百分率（%）、φは受信点から送信空中線輻射体中心部（山岳回折に関係する n 個の山がある場合は n 番目の山の頂上とする。）をみる仰角（rad）とし、別表第 23 図の1及び別表第 23 図の 2 により求める。』と掲載されています。

『エリアかくべえ』には【建物の面積】も【建物の高さ】も、元データーとしては保持していませんので、土地利用地図データーの市街地を抽出して【都市化率Γ（%）】を求め、その後にモデル地域で詳細に確認して計算結果に補正を加えて【都市化率Γ（%）】を求めています。

【仰角φ（ラジアン）】は、受信点からみた送信点への電波経路の仰角を地球等価半径に従って球面幾何計算で計算してラジアンに変換しています。

★本件は、本ホームページの【技術資料】→【平成23年6月29日】及び【平成25年2月20日】に改定された電波法告示第 640 号に掲載されています。また本件は、学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【放送サービスエリアの計算方法と実測値比較】に詳細を掲載しています。

【11－15】【電波理論】 アンダービームロス
Q:『エリアかくべえ』の【アンダービームロス】とは、どんなものですか？

A: フレネル回折損失理論が基本ですが、直接波は見通しでありながら、ビーム中心線の下部（大地）側か山等で遮蔽された見通し回線でもフレネル回折損失が発生します。
電波法告示第 640 号では【別表第 22 図の1】（受信点が市街地にない場合のC’）に示され、ITU-R P.526-5（回折による伝搬）には更に詳しく示されていますが、フレネルゾーンを考えた場合の電波伝搬範囲の下部（大地）側の調度半分が平面大地によって遮蔽された場合は、フレネル回折損失のビームが山岳に接した時と同様に 6db 減衰します。

理由は、電波ビームの上半分だけしか受信点に到達できす電波伝搬エネルギーの半分が消失するからです。
山岳回折伝搬の場合では、山岳間の中程が他の山岳で詰まっている場合と島間のように中程が空いている場合では約 15db の違いが出る事は以前からの実測で分かっていましたが、これを計算に取り入れる事ができませんでした。この解決策が【アンダービームロス】になります。

『エリアかくべえ』【最新方式】では【アンダービームロス】を取り入れた事から、この課題を解決できて、超遠方の妨害波検討に不可欠な長距離伝搬の受信電界計算の確度を上げることができました。

とは言え本方式は電波法に規定されていませんから、電波申請にはこの理論は含めないで、電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

★本件は、ITU-R P.526-5（回折による伝搬） に概要が掲載されています。また本件は、学会に報告していますが、本ホームページの【技術資料】→【電波伝搬上におけるアンダービームロスについて】に詳細を掲載しています。

【11－16】【電波理論】 多重リッジ付加損失 Lc
Q:『エリアかくべえ』の【多重リッジ付加損失 Lc】とは、どんなものですか？

A：ITU-R P. 526-5（回折による伝搬)に掲載された理論です。山岳リッジの回折損失（db）は一般に単純な加算ですが、回折リッジが近接している場合では、単純加算に付加損失を追加加算する計算方式です。実測に良く合いますので【最新方式】に組入れています。

実際の計算では近接度合の調整が難しく実測と比較して最適に調整しなければなりませんでした。
計算処理とすれば、送信点から受信点に向けて順次二組のリッジの間隔と回折損を記憶しておいて、付加損失が必要な場合にのみ付加しています。
とは言え本方式は、電波法に規定されていませんから、電波申請にはこの理論は含めないで、電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

★本件は、ITU-R P.526-5（回折による伝搬）に概要が掲載されています。

【11－17】【電波理論】 マクスウエルの電磁方程式
Q:【マクスウエルの電磁方程式】とは、どんなものですか？

A: 物理方程式のアインシュタインの相対性理論のような電波に関する原理式で、電磁波に関するあらゆる現象を美しい微分方程式で表しています。
現在の電波工学計算の公式は、ほとんどが、このマクスウエル（Maxwell）の電磁方程式から導き出されています。しかしこの原理式は、容易には理解できません。

【11－18】【電波理論】 ゼネック理論
Q:【ゼネック理論】とは、どんなものですか？

A: 電波は、電界成分と磁界成分が直交した状態で伝搬していると考えられ、電界成分が大地に対して水平か垂直かによって偏波面を決めています。
この両者が同位相の状態が正常な電波になりますが、電波が誘電体や磁性体の媒体に長く接すると、媒体の【透磁率】【誘電率】【導電率】の影響を受けて媒体の各部に微小渦電流が発生し、この微小渦電流からの反発現象によって本元の直接波の電界成分と磁界成分の位相が変化します。モーターの駆動原理と同じような電磁誘導現象です。

ゼネック（Zenneck）は、この電界成分と磁界成分の位相ズレをマクスウエル（Maxwell）の電磁方程式から解析しましたが、実証検証がうまくいかす幻の理論になっています。
しかし、電波が媒体を這うように伝搬する場合の電波姿態をうまく言い当てています。

【11－19】【電波理論】 ミリントン理論
Q:【ミリントン理論】とは、どんなものですか？

A: ゼネック（Zenneck）は、マクスウエル（Maxwell）の電磁方程式から電波通路付近の媒体によって、電波の電界成分と磁界成分の位相がズレて、電波エネルギーが低下すると言う、電波姿態の変化を解析しました。しかし、中途半端に終わった為に、この理論のままでは実際の電波伝搬計算には使えませんでした。
そこでミリントン（Millington）は、地球地盤の【透磁率】【誘電率】【導電率】の影響を 【減衰率】に換算して、尚且つ『送信点から受信点への電波減衰と、受信点から送信点への電波減衰の幾何平均』で計算するという新たな手法で、実測と良く合う計算方式を考え出しました。

ここには反射波に関わる計算はありません。
この頃では、同様な計算方式が多数出現しましたが、実測と比較したところ、ミリントン方式が最も実測に良く合うという事が分かり中波伝搬では、ITU も日本の電波法もこれを採用しました。
しかし、『電波ビームの中心線と地盤との離隔に関する扱いが不明瞭』『正当な電波理論からは外れている』との批判も受けています。
もしこの手法で、電波通路の中心線と地盤との離隔に関する扱いが明瞭になれば VHF 帯にも使えるはずです。
この計算値は、一般の電波伝搬教科書に載っている『自由空間損失と反射波位相損失と回折損失だけに留まった簡易計算方式』では全く求める事ができず、多くの場合、無視できない程に大きな数 10db の地盤損失になります。
従って、電波申請には、電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

【11－20】【電波理論】 バリントン理論、バロース理論、
Q：【バリントン理論】や【バロース理論】とは、どんなものですか？

A： ゼネック（Zenneck）は、マクスウエル（Maxwell）の電磁方程式から電波通路付近の媒体によって電波の電界成分と磁界成分の位相がズレて楕円偏波となって電波姿態が変化する事を解析しましたが中途半端で終わりました。
ミリントン（Millington）は、ゼネック理論を元に実用的な中波伝搬理論を完成させました。
本来はこのミリントン理論のままで VHF 以上の電波伝搬解析を進めてもらえれば分かり易いのですが、ミリントンの中波計算方式は実務処理が難しい上に『電波通路と地盤との離隔関係が不明瞭』『送受逆転の平均値が最終回答はおかしい』と言った批判もあります。
また、周波数が高くなるとフレネルゾーン半径が狭くなり地盤による影響が中波よりは減って、送受平均計算と一方通行計算との差が少なくなります。
また、周波数が VHF 以上では、中波帯で発生した『リカバリーエフェクト現象』は、ほとんど見られなくなります。

ここで、【本文 30 ページ掲載以下同　第2図】の左上部に示すように、電波ビームの見通し（直接）波が地球の湾曲でさえぎられるより遠方の領域（d3>0）を【接球外】、電波が丁度地球湾曲面に接した状態（d3=0）を【接球点】、【接球点】よりも受信点が送信点側に近い領域を【接球内】と仮称します。
【接球点】は、4/3 地球等価半径では、d（km）＝4.12{√h1（m）＋√h2（m）}で決まります。
バリントン（Bullington）は、【接球外】の地球球面による回折損失を、トンガリ山の連続とナダラカ山の連続の二つの場合で、多段山岳回折理論を用いた級数計算で求めました。
【接球外】では反射波が少ない事から、砂漠や広い草原等では安定実測が可能な事から、バリントンは、実測値で補正した【第2図】の実測値に良く合うノモグラフを作りました。
計算式では、実測値に合うように、トンガリ山の連続とナダラカ山の連続の二つの計算式の中間を採用したようです。ですから、ノモグラフも計算式も実測に良く合います。【第1図】の青破線で示す、電波法告示第 640 号の多数のA’のグラフ外郭線の右上端と左下端を直線で結んだ右下側

の多数のグラフのほとんどが【接球外】グラフになります。
この部分は、【第１図】のバリントンが示した【接球外】ノモグラフから、【第１図】の赤細線で示すように、ほぼ正確に再現できます。
ところが【接球内】の計算は容易ではありません。
原理的に考えれば、受信点が送信点に近い近距離伝搬では、地盤による損失A’（db）は小さくなり、A’グラフの全曲線の左側は左上端（0Km、0db）に集中する事になります。
その後、受信点が送信点から離れて受信点が【接球点】になれば、【接球外】グラフ（【第１図】の赤細線）の左端に結び付く事になります。
【接球内】計算では、どれが正しいのか？判定できない程に様々な計算方式があります。
一般には受信高が高くなるとA’（db）の絶対値は小さくなりますが、地表面近くの１～４mでは受信電界が変わらないという、マクスウエル理論と実測結果の両者を満足する、バロース（Burrows）の【接球内】計算式が選ばれたようです。
バローズは、ゼネック理論を元に、反射波の位相を『－１』すなわち『反射波と直接波の受信電界を同じにして逆位相に固定する』事によって、難解なマクスウエル理論の簡略化に成功して、内挿法を用いて【接球点】に一致させて【接球内計算】を完成させました。
元々、【接球外】では実測に良く合いますので、このバリントンとハローズの二人による 【接球外】【接球内】計算方式は、近傍でも遠方でも実測値に良く合います。
そこで ITU では、地盤状況や周波数に応じた多数のグラフで、この方式を採用しました。
日本では、多数の実測で再確認してから、日本の地形や地盤に合う計算方式を選んで、使い易さを重視して、代表地盤と代表周波数に絞ったA’グラフを日本の電波法として採用したと聞いています。
従って、近傍でも遠方でも実測値に良く合っています。
ただ、世界の平均地盤と日本の地盤状況では幾分違う為か、代表周波数は FM 帯では 85MHz、UHF 帯では 600MHz、になっているようです。これは実務的には問題ありませんが、【第２図】から【第１図】を再現する場面では重要になります。
実際のA’グラフは、ファンデルポール（Van Der Pol）やブレマー（H.Bremmer）が提唱した、マクスウエルの電磁方程式に更に近い計算方式から求めたと聞いています。
このA’による計算値は、一般の電波伝搬教科書に載っている『自由空間損失と反射波位相損失と回折損失だけに留まった簡易計算方式』では全く求める事ができず、多くの場合、無視できない程に大きな数 10db の地盤損失になります。
従って、電波申請には、電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

以上は、多数の論文や文献を調べて分かった概要説明ですが、間違いがあるかも知れません。
もし、間違った部分がありましたら、ご遠慮なくご指摘ください。
間違いを懸念するには、もう一つの理由があります。それは、どこにも【告示第 640 号のA’における反射波カットに伴うAi＝１】の理論を見い出せなかったからです。
この理論が入ると、上記の説明は変わってきます。どなたかご存知の方は教えてください。

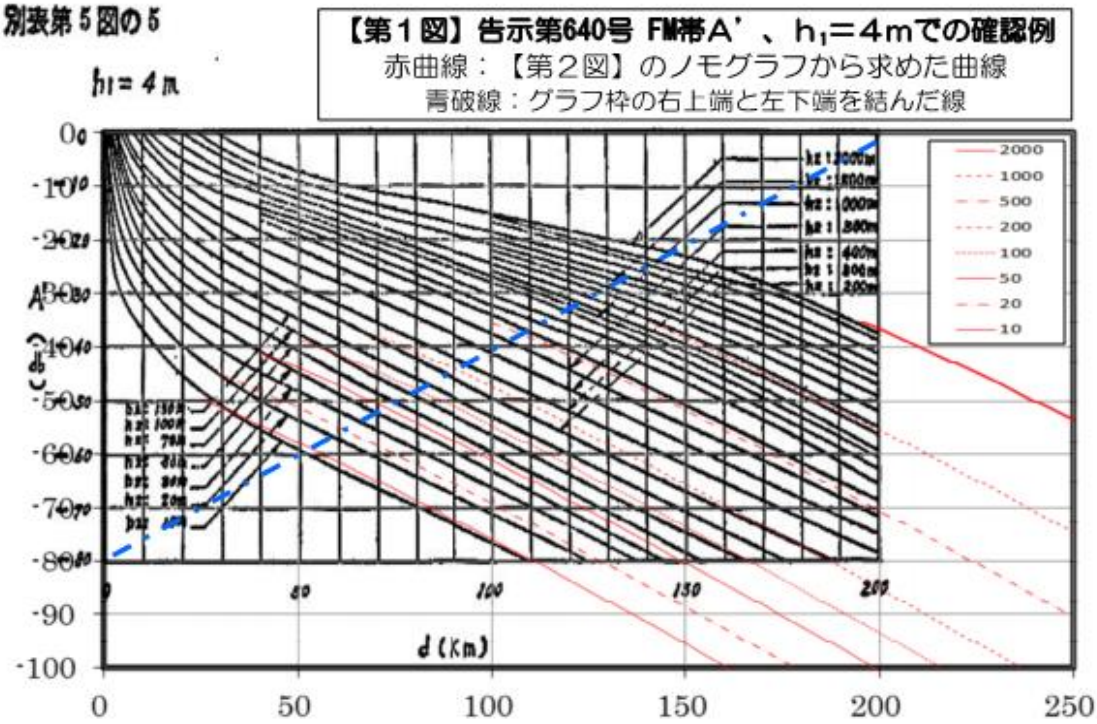
【１１－２１】【電波理論】超遠方でのA’とS’の重複計算
Q：地球湾曲が関わる超遠方では、A’とS’の重複計算にはならないか？

A: 電波法告示第 640 号の【接球外】すなわち【第1図】に示した赤細線部分は『地球湾曲による回折損失部分』になりますから、A'とS'は重複計算になる懸念が発生します。
電波法告示第 640 号で直接波が遮蔽された場合は、遮蔽山岳の両側にA'を発生させるよう規定しています。このとき遮蔽山岳が連続すれば、連続した中間部は除いて最両端側だけにA'を発生させるように規定しています。

このような場合のA'は、山岳の標高が高い事から、A'値は小さな値に留まり、遮蔽損 (S')が大きな影響を与えます。従って過剰にA'にこだわる必要はありません。
直接波が地球の湾曲で遮蔽される【接球外】領域のA'についても同様の扱いとなり、連続した中間部は除外して、最両端側だけにA'が発生します。
従ってA'値を求める場合の距離は、いかなる場合も【接球内】に留まります。
遮蔽損(S')は、電波法告示第 640 号で示されたグラフに従って求めます。
『エリアかくべえ』【郵政方式】は、電波法告示第 640 号の条文に従っています。
従って【接球点】以遠は、A'からS'に代わる為に、両者の重複計算はありません。

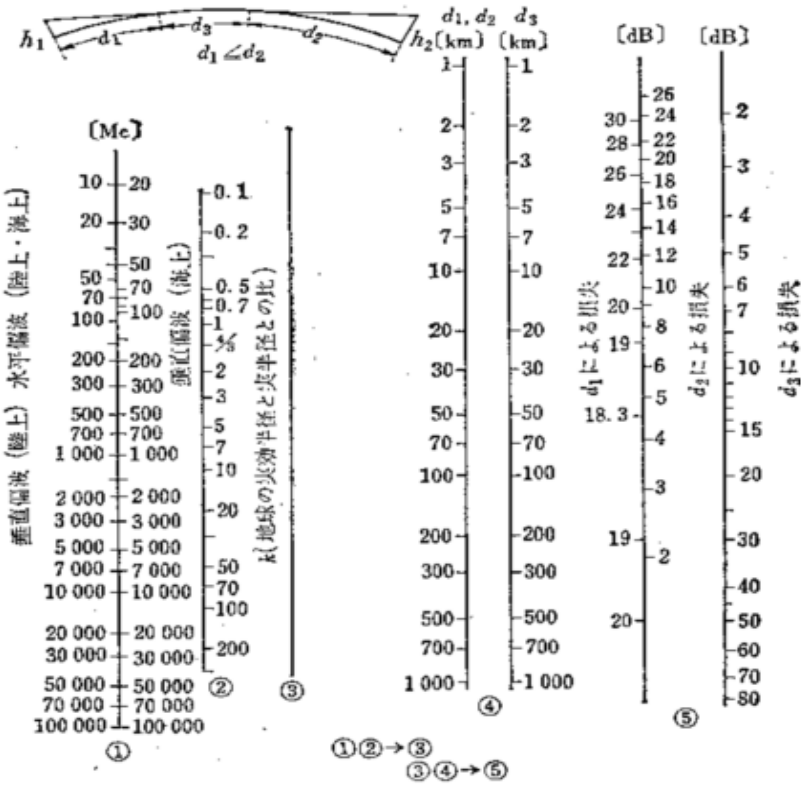
『エリアかくべえ』【最新方式】の放送分野では『電波法告示第 640 号のA'』を使いますが、【最新方式】その他の分野では『奥村・秦カーブ』を使います。
両者共に、反射波を考慮しています。
A'の扱いは『電波法告示第 640 号』と同じですが、山岳回折損失はフレネル積分グラフの近似式に従って『山頂移動方式』の多段山岳遮蔽損失で求めています。
多段山岳の内で、接近した山岳では、多重リッジ付加損失 Lc(db)を考慮しています。
従って【接球点】以遠は、A'からS'に代わる為に、両者の重複計算はありません。
とは言え【最新方式】は、電波法に規定されていませんから、電波申請にはこの理論は含めないで、電波法に準拠した計算【郵政方式】でなければなりません。

以上は、電波法上でも、一般理論上からでも、正しい扱いと言えます。
こうなると、【第1図】に示した赤細線部分は、回折計算を自動的に実施するコンピューター計算では、全く使う事が無く、不要グラフのように思えます。
しかし、コンピュータ—を使わない場合の超遠方電界を簡単に探るには大変便利で、しかも実測に良く合っていますから、上手に使えば、優れた指標になります。



【第１図】告示第640号 FM帯A’、h_1＝４mでの確認例
赤曲線：【第２図】のノモグラフから求めた曲線
青破線：グラフ枠の右上端と左下端を結んだ線

d_3=0 のとき【接球点】、d_3>0 のとき【接球外】



第 10・20 図　球面大地上で見通し外地点の伝播の場合において自由空間損失に加わる損失

【第２図】接球点から接球外の地球球面による損失
無線工学ハンドブック（オーム社）第２版 P10-19 から引用