

## 5. デュアルバンド携帯電話アンテナ設計例

### 5-1 デュアルバンドPIFAの基本動作

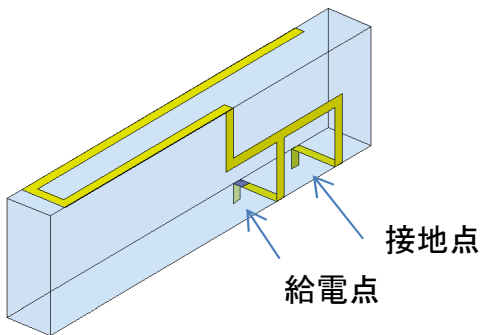
現状広く普及しているいわゆるデュアルバンドPIFAは基本的に下記形状のInverted-FアンテナをLow-bandとHigh-bandで複共振させた形です。

- Low-bandは $\lambda/4$ に相当する周波数で共振
- High-bandは $3\lambda/4$ に相当する周波数で共振

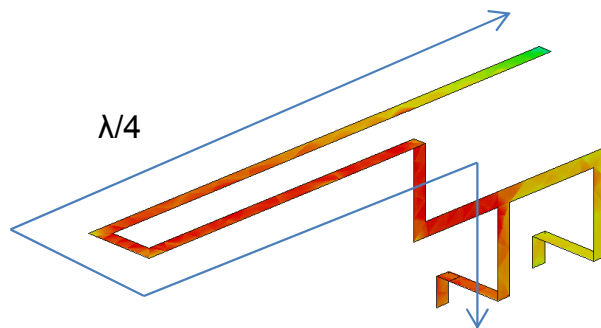
#### <基本形状>

機構寸法: 44 × 12 × 5mm  
材質: ポリカーボネート樹脂  
電気的特性:  $\epsilon_r=2.6$ ,  $\tan\delta=0.005$

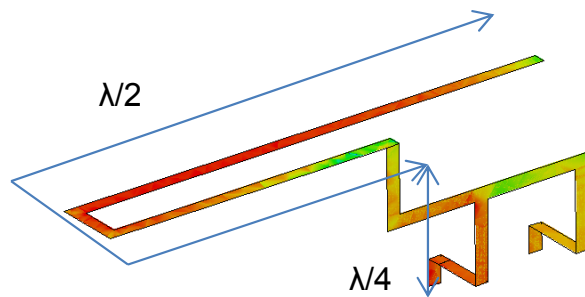
本基本サンプルのアンテナ諸元は下記の通りです。  
- パターン位置・形状は概ねこの形を維持すれば  
 周囲物体(スピーカー・振動モータ等)を避ける  
 形状でもOK



#### <導体上共振電流分布>



Low-band  
 $\lambda/4$ の周波数で共振



High-band  
 $3\lambda/4$ の周波数で共振

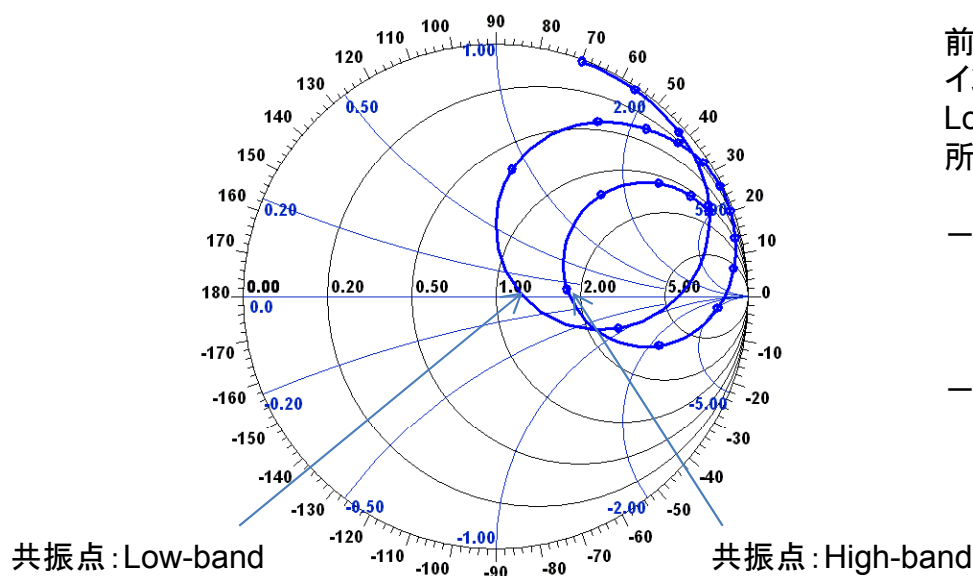
#### <グラウンド板搭載>



グラウンド板寸法  
44 × 80mm

## 基本特性シミュレーション結果

### <インピーダンス特性>

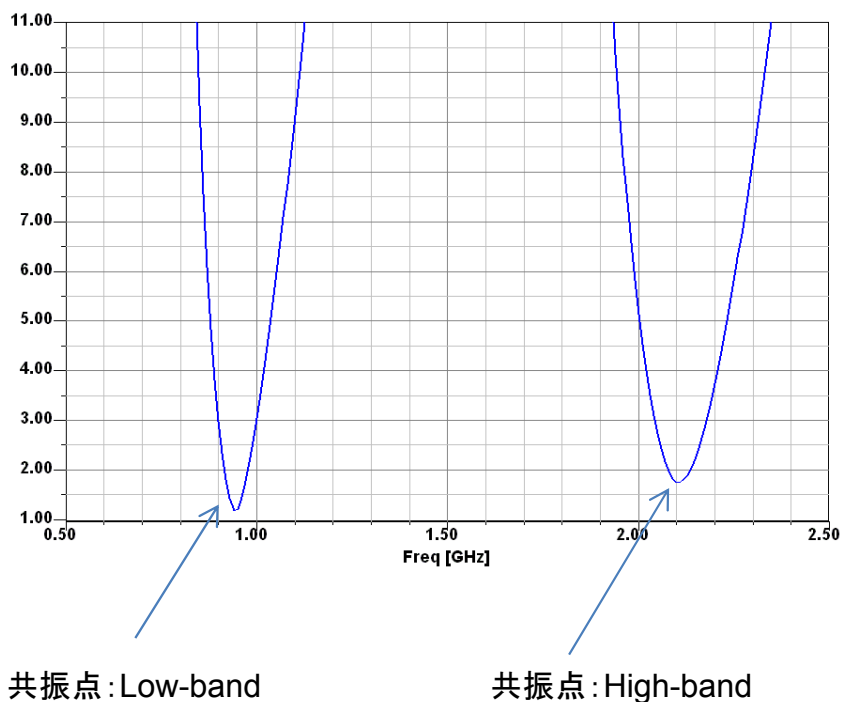


前頁の形状でシミュレーションしたインピーダンス特性です。Low-band、High-bandともにほぼ所望の整合が取れています。

— 整合が取れない場合はアンテナパターンの接地点からの給電位置を調整します。

— 詳細は後述

### <VSWR特性>



前頁の形状でシミュレーションしたVSWR特性です。パターン長はLow-bandの $\lambda/4$ に設定してあるためHigh-band共振周波数は所望の周波数より高くなります。

— High-band周波数に対してはパターン先端に容量性負荷を装荷して周波数を下げます。

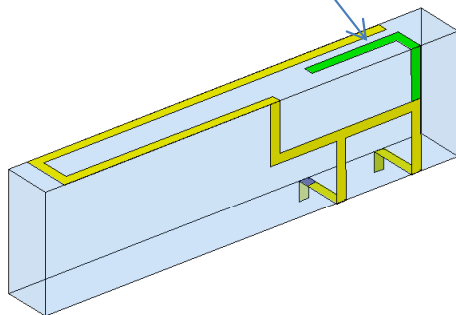
— 詳細は後述

## High-band周波数調整

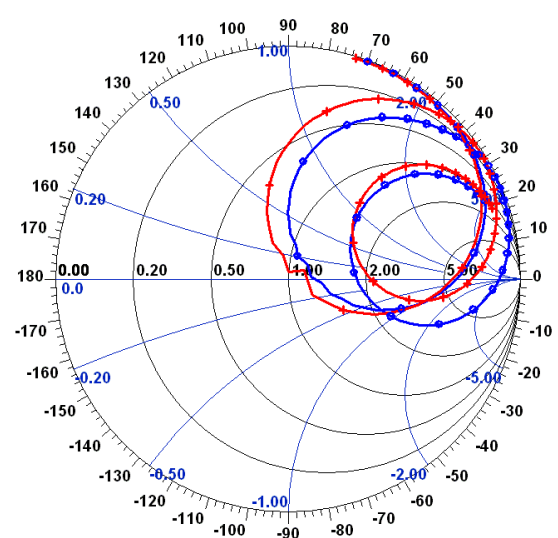
同一の導体をLow-bandとHigh-bandを複共振させ、導体長をLow-bandの共振周波数相当の長さにとすると当然High-band共振周波数は希望周波数より高くなります。従って導体解放端に容量を装荷し周波数を下げる様調整します。この時Low-band周波数の変化は軽微ですが、帯域幅が低下しますので注意が必要です。

容量性Stub追加

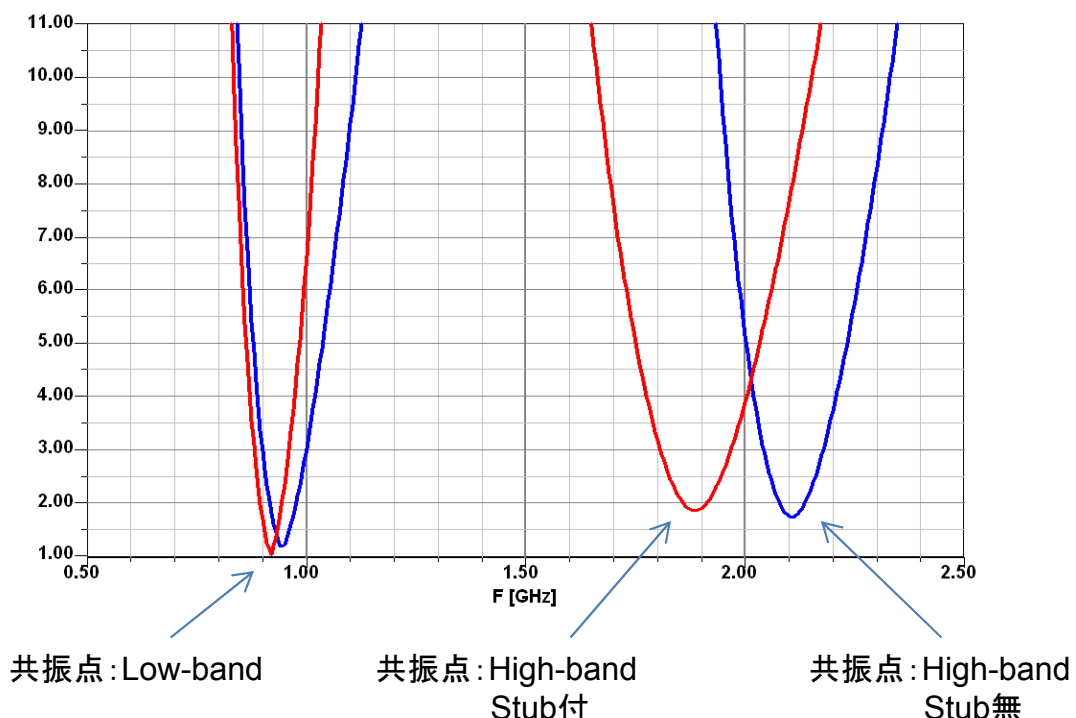
- ・間隔/オーバーラップ長を調整し  
 所望の周波数に調整



### <インピーダンス特性>



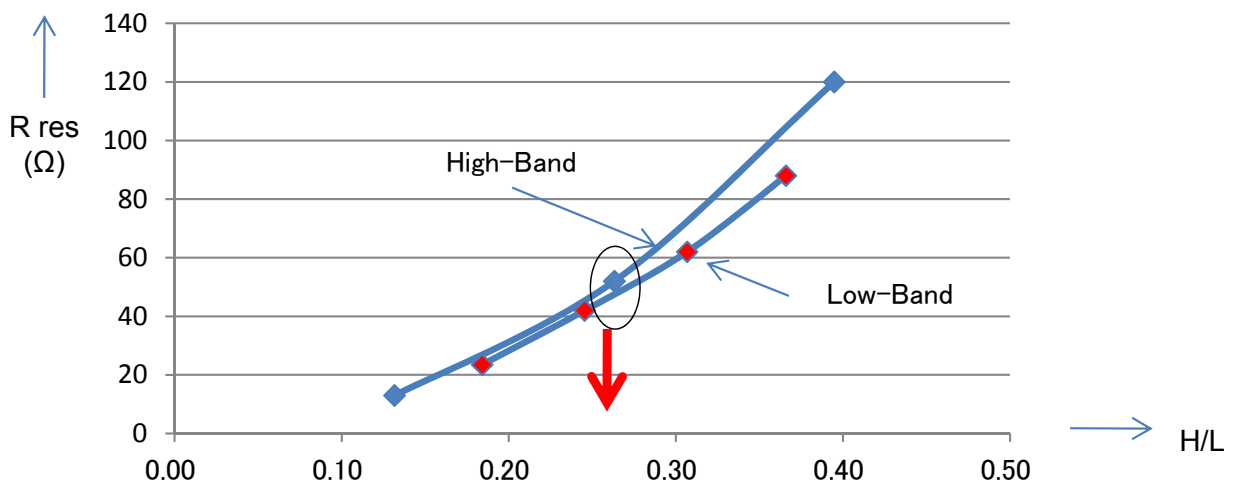
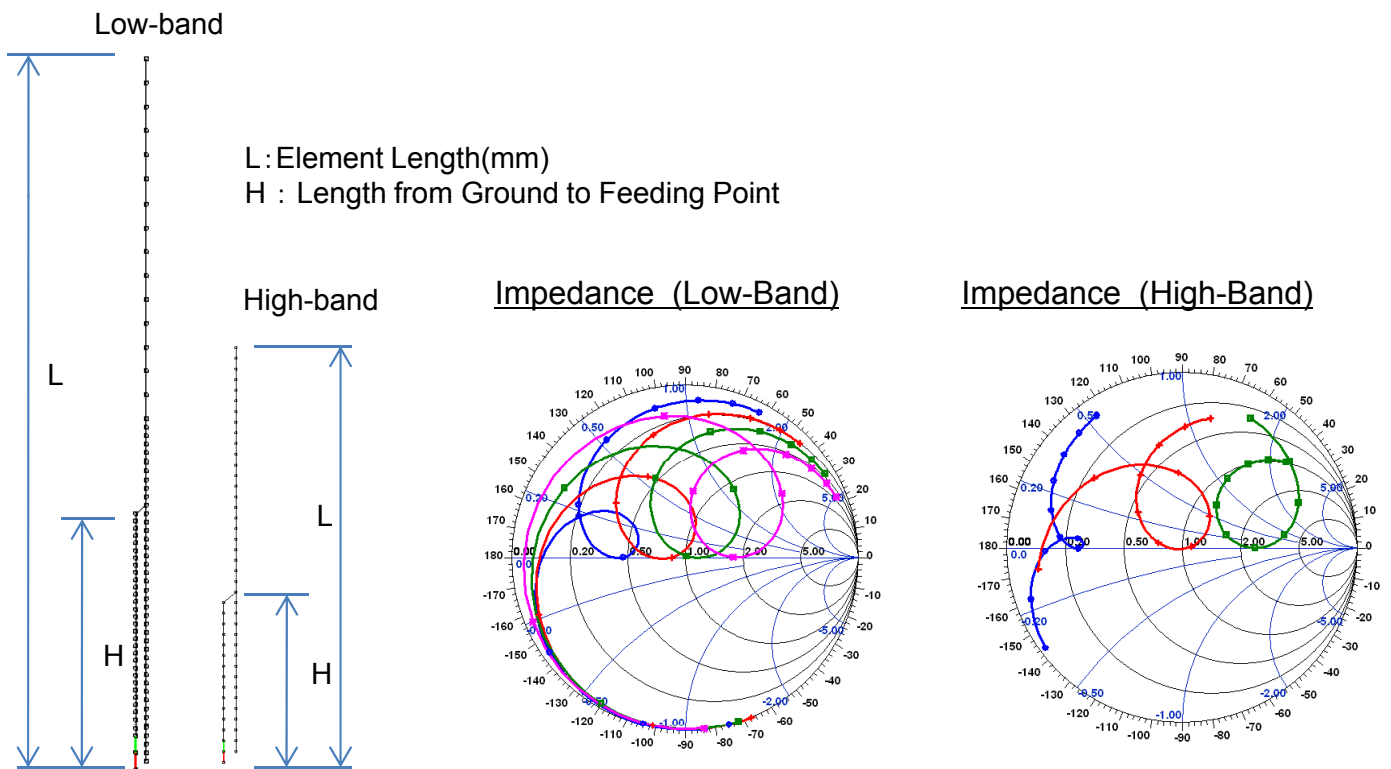
### <VSWR特性>



## Low-band、High-band 給電インピーダンス調整

接地したモノポールアンテナの中間点から給電し、グラウンド側からの給電点位置を変化させた場合の放射抵抗の変化をシミュレーションした例です。

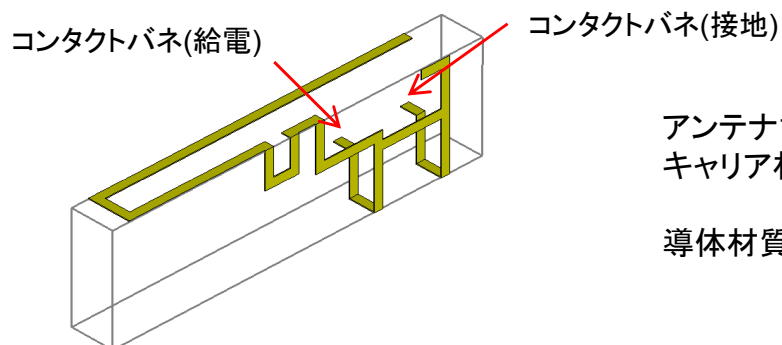
- この例ではLow-band、High-band共にグラウンド側からエレメント長の約1/4の地点から給電した場合 $Z_0=50\Omega$ に整合します。
- Low-band、High-bandはエレメント長が異なりますので実際は妥協点を探します。
- Inverted-Fの場合は基本的に放射抵抗が下がりますので最適点は1/4地点よりも小さくなりますので調整が必要です。



## 5-2 デュアルバンドPIFA設計例

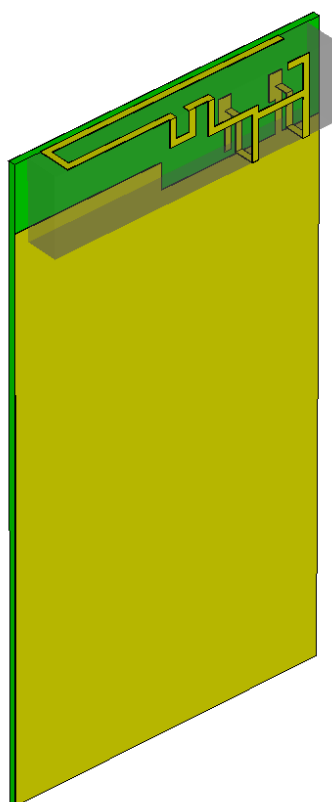
実際の携帯電話モデルに搭載したPIFAの設計例を紹介します。  
基本構造は5-1項の基本モデルと同等ですが給電部と接地部は携帯電話に組み込むために板バネ構造となっています。またパターンは周囲のスピーカー・振動モータを避け、またLow-band周波数調整の為途中にミアンダ構造のパターンを挿入しました。

### アンテナ素子



アンテナ寸法 : 44 × 12 × 5mm  
キャリア材質 : ポリカーボネート  
 $\epsilon_r=2.8, \tan\delta=0.01$   
導体材質 : リン青銅板,  $t=0.1\text{mm}$

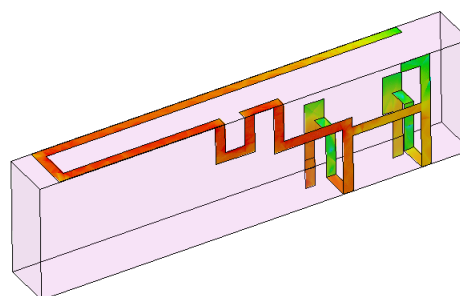
### グラウンド板搭載



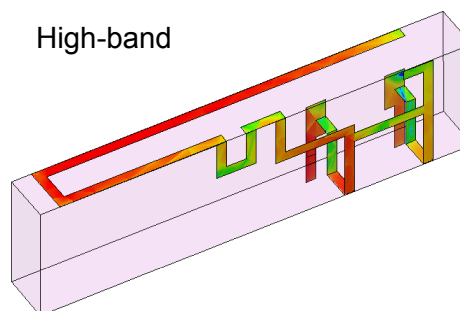
グラウンド板寸法 : 48 × 80mm

### アンテナ素子導体上の共振電流(参考)

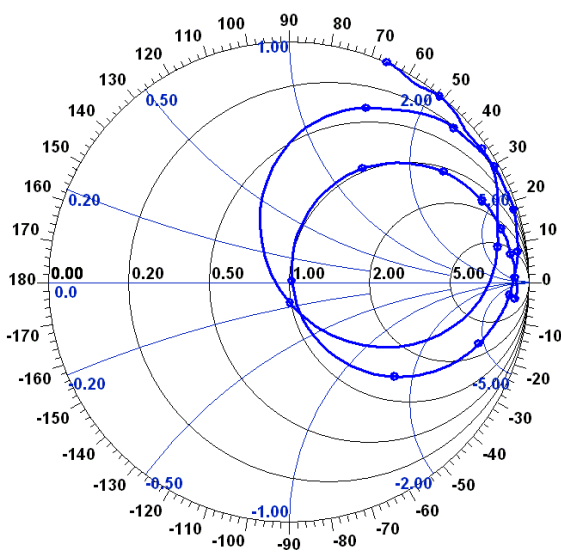
Low-band



High-band



## インピーダンス特性 ( $s_{11}$ )

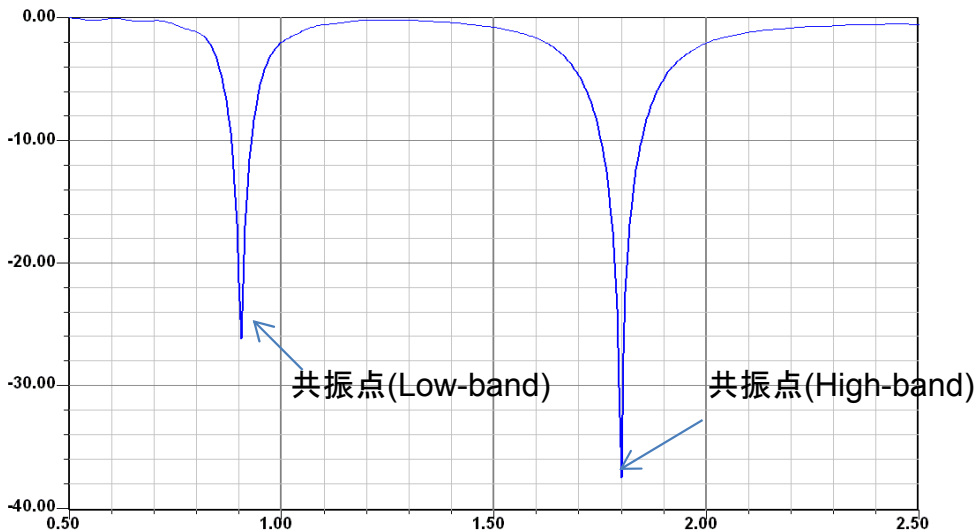


アンテナインピーダンスは給電点と接地点のピッチを調整しスミスチャートのほぼ中心 ( $Z_0=50\Omega+j0$ ) に調整出来ました。

尚経験的に言うと、HFSSやMicrowave-studio等の電磁シミュレータを用いたシミュレーション結果と実際にサンプルを試作した実験結果とのデータの一緻度は90%程度に達していると言って良いでしょう。

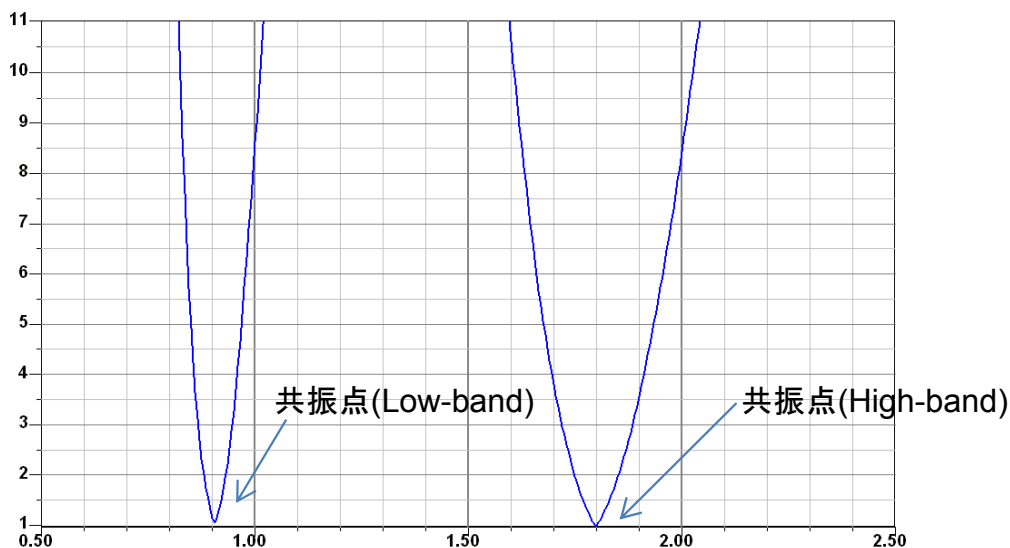
従って技術構想段階での電磁シミュレータの利用は開発効率の観点から非常に有用と言えるでしょう。

## リターンロス特性 ( $|s_{11}|^2$ )



共振周波数は便宜上定めたLow-band:900MHz High-band:1.8GHzに調整しました。  
(詳細周波数は各電話モデルが使用する周波数帯域に調整します)

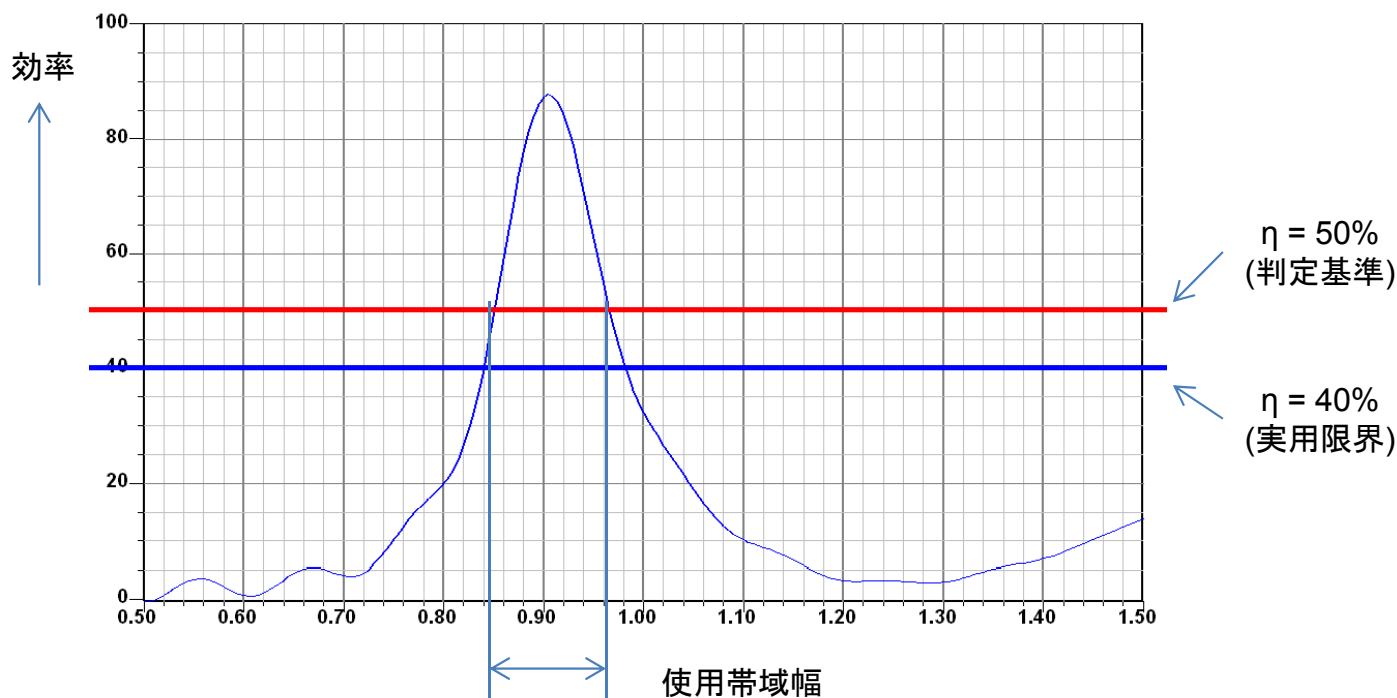
## VSWR特性 ( $(1+|s_{11}|)/(1-|s_{11}|)$ )



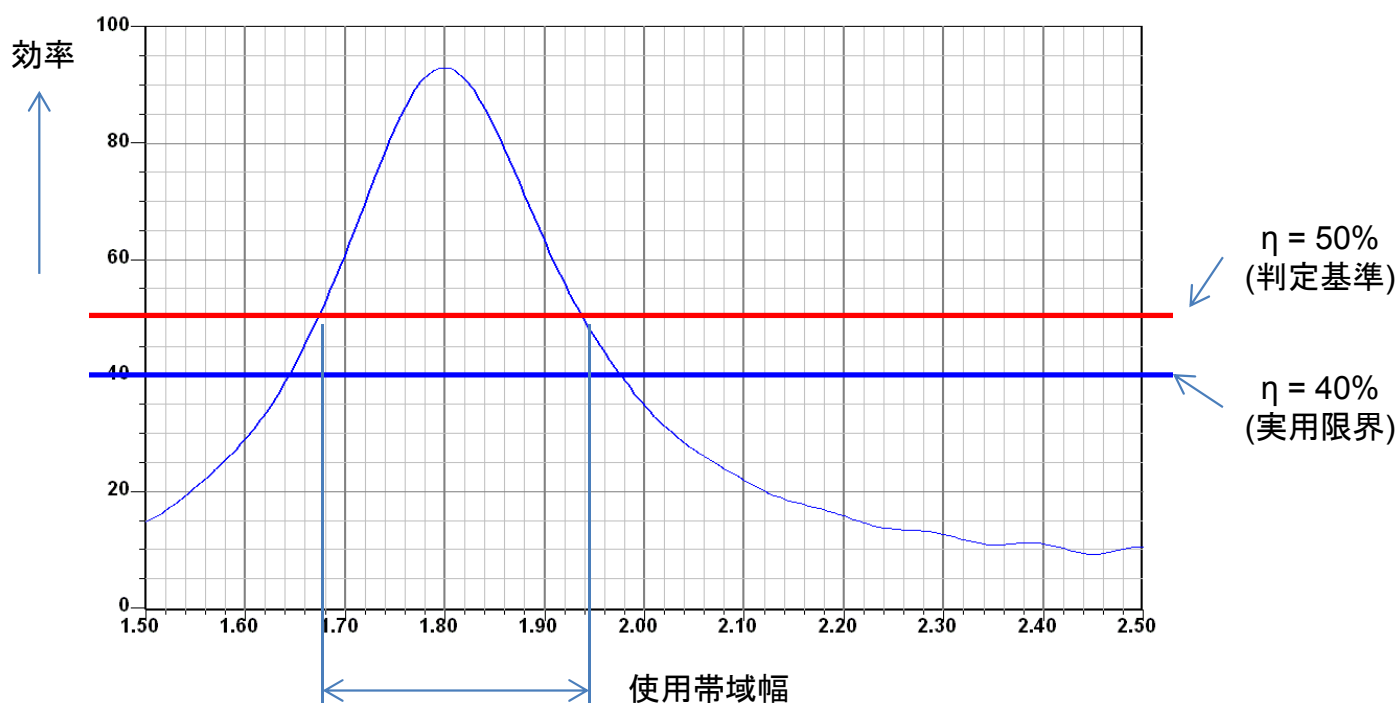
周波数調整はLow-bandエレメント長とHigh-band容量Stubを交互に調整し目的周波数に収束させます。また場合によっては給電位置の調整も必要です。

HFSSでシミュレーションしたアンテナ放射効率の周波数特性です。  
一般的に携帯電話開発における放射効率の良否判断は使用周波数帯域内で50%以上です。  
他特性(SAR・Hand-effect・HAC等)との兼ね合いで最悪許される実用限界は40%としている端末開発会社が多いようです。

### 放射効率周波数特性 (Low-band)

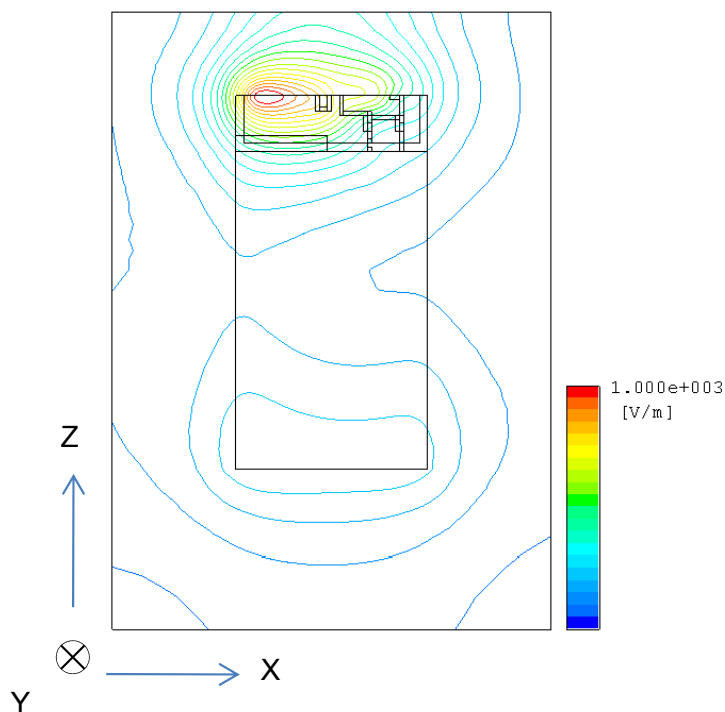


### 放射効率周波数特性 (High-band)



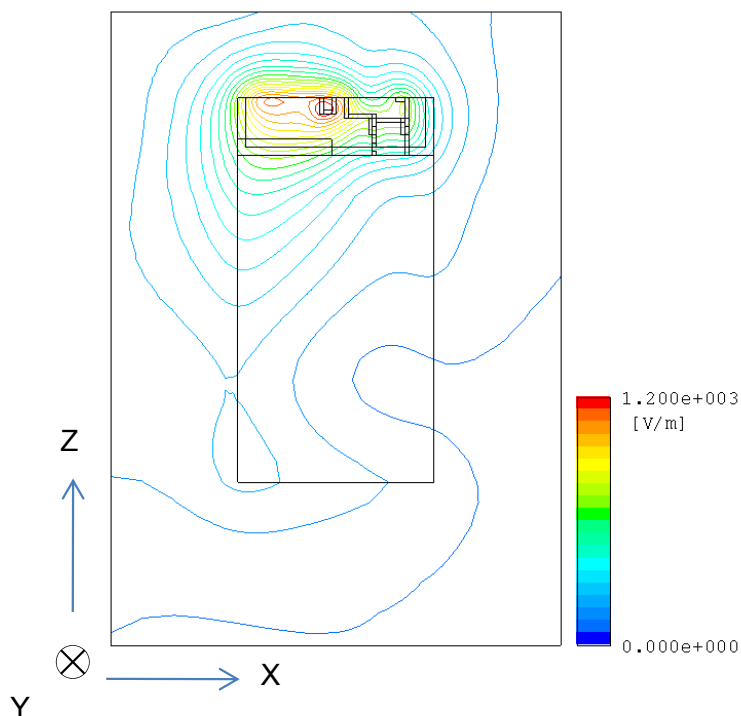
アンテナ入力が1W(30dBm)の時のグラウンド板から10mm離れたY面上の電界強度分布図のシミュレーション結果です。Low-bandはアンテナ共振は一点なので電界強度分布は集中します。High-bandは共振点が複数あるので分布は分散傾向になります。電界強度分布の解析は特にSAR・HAC等の人体影響特性を改善する場面では重要です。

### 近傍電界強度分布 (Low-band)



グラウンド板上方10mm  
Y面上の電界強度分布

### 近傍電界強度分布 (High-band)



グラウンド板上方10mm  
Y面上の電界強度分布