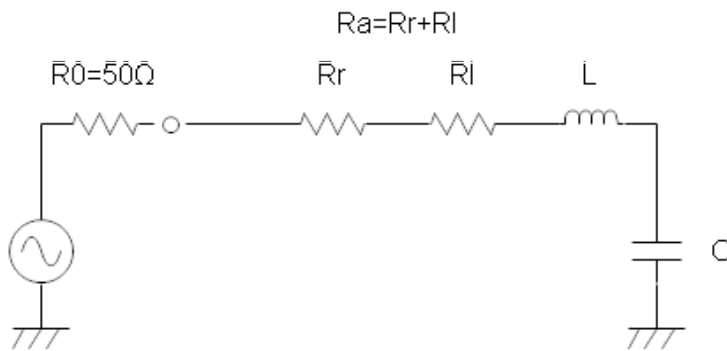


2. 一般的な小型アンテナ特性

2-1 アンテナ放射効率(1)

放射効率は携帯電話アンテナの性能指標の中で最も重要な指標です。

後述する帯域内偏差、ハンドエフェクトと呼ばれる手の影響等の判断基準として用いられます。



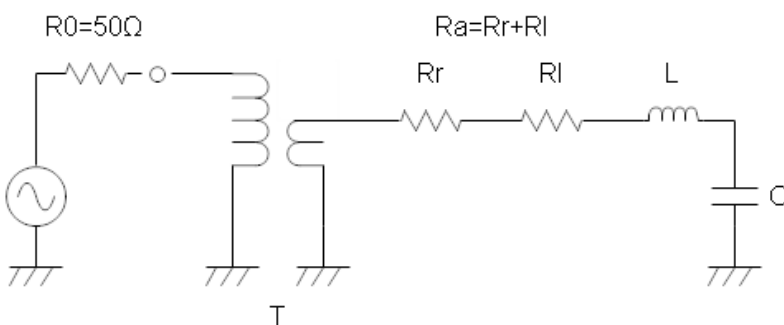
- R_r : 放射抵抗(空間に輻射される電力損失分)
- R_l : 損失抵抗(アンテナ内で熱に変る、導体損、誘電体損、整合素子損失等)

- 共振点での無損失条件: $R_0=R_a$
- この時空間に放射される電力の割合(効率)は

$$\eta=R_r/R_a=R_r/R_r+R_l$$

- R_l 一定とした場合 R_r が低くなるほど空間に輻射される電力の割合が下がる(放射効率低下)
- $R_r=R_l$ なら輻射効率 $\eta=50\%$

- ネットワークアナライザ等のインピーダンス測定では R_r と R_l を分離して測定出来ないので注意が必要。
(VSWR特性が良くても放射効率が良いとは限らない)



- T: 理想トランス(巻数比 $n=(R_0/R_a)^2$)
- リアクタンス素子で代替可能。
- リアクタンス素子最大3個でスミスチャート上のインピーダンス間でも整合可能。

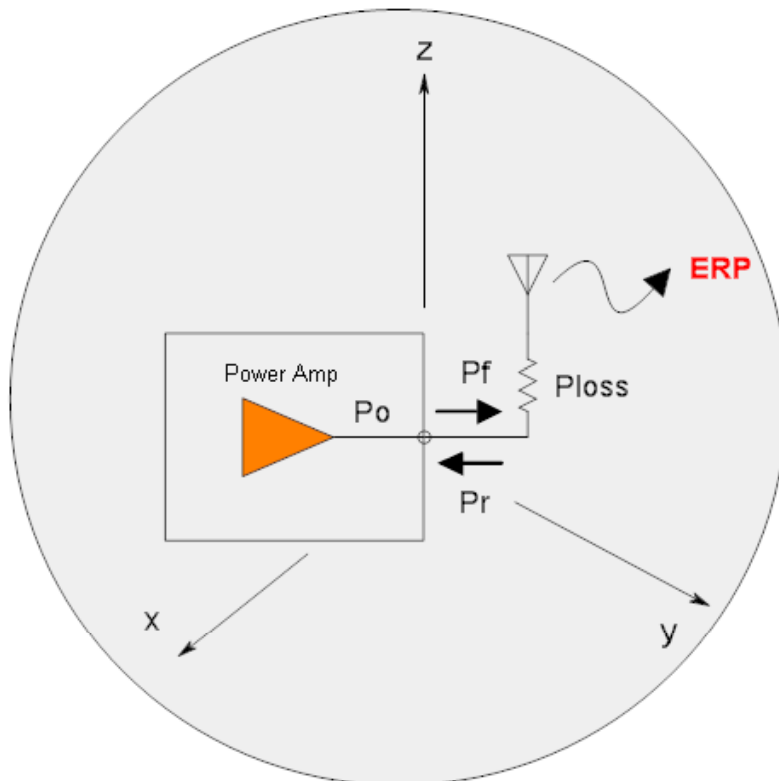
- $R_0 \neq R_a$ の場合はインピーダンス整合が必要

- 図中のインピーダンス整合トランスは逆Fアンテナの様にアンテナ構造中に設けるか給電回路中に整合回路を設ける(リアクタンス素子 $L \cdot C$)。

- リアクタンス素子最大3個でスミスチャート上のインピーダンス点間でも整合可能であるが素子の損失が大きいと放射効率は低下するので使用数出来る限り少なくする。

2-2 アンテナ放射効率の測定方法

前述のようにネットワークアナライザ等によるインピーダンス測定では放射抵抗と損失抵抗の分離が出来ないため通常は電波無響室内で放射電力を実際に測定し、予め測定済みのパワーアンプ出力電力との比で放射効率を算出します。



- ・球面上の電力束密(W/m^2)を全球面(m^2)で積分

- ・実際は携帯電話本体を送モードでx,y,z面で360度回転し一定距離離れた受信アンテナで電界強度(電力束密度)を測定。

- ・受信電力の球体面上での面積分値を算出して総電力とする

- ・ $\eta = ERP/P_0$

- ・Pf: 伝送電力

- ・Pr: 反射電力(リターンロス)

- ・Ploss: 損失電力

- ・アンプ出力とアンテナ入力インピーダンスは共振周波数で通常整合されPr=0

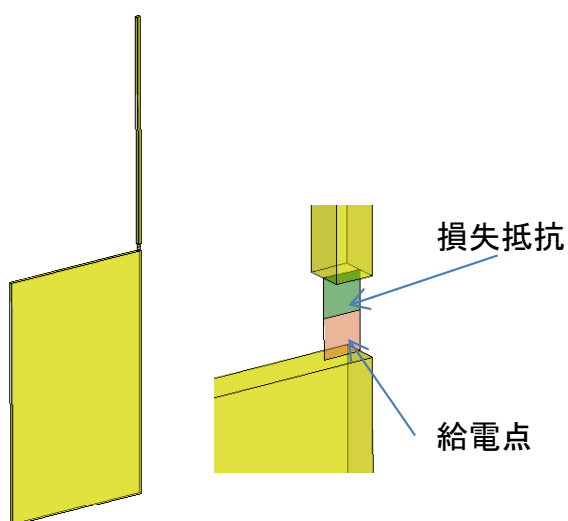
- ・共振周波数以外ではPr≠0となり効率が悪化する(帯域幅)

実際の測定は携帯電話を測定モードで動作させ放射電力と受信感度をTRP (Total Radiated Power, TIS(Total Isotropic Sensitivity)として測定する。測定システムはアジレントテクノロジー等が提供しています。

2-3 アンテナ内部損失による放射効率の低下のシミュレーション例

片側グラウンド板形状のダイポールアンテナの給電部に損失抵抗を挿入し変化させた時のアンテナ共振点での放射効率の変化をシミュレートした結果を参照してください。

Element: 70mm
Ground: 44 × 70mm



放射効率計算結果 (By HFSS)

損失抵抗 (Ω)	放射効率 (%) HFSS	放射効率 (%) $R_r / (R_r + R_l)$
0	100	100
5	94	94
10	88	88
15	82	83
20	77	78
25	72	74

放射効率定義

$$\text{Efficiency} = \text{Radiated Power} / \text{Accepted Power}$$

$$\text{Accepted Power} = P_{in} (1 - |s_{11}|^2)$$

$|s_{11}|^2$: Return Loss

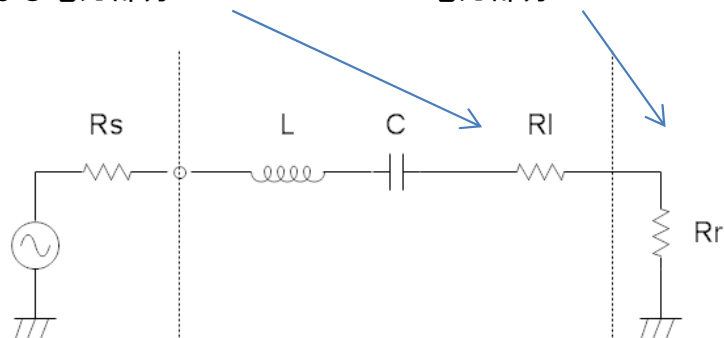
左記に示すように一般的な放射効率にはインピーダンス不整合による反射損失 (Return Loss) は含めない。ただし携帯電話アンテナ設計場面においては通常反射損失も含めた実際の動作放射効率として扱うので注意が必要。

損失抵抗

・Antenna内部で消費され熱になる電力部分

放射抵抗

・空間に放射され失われる電力部分



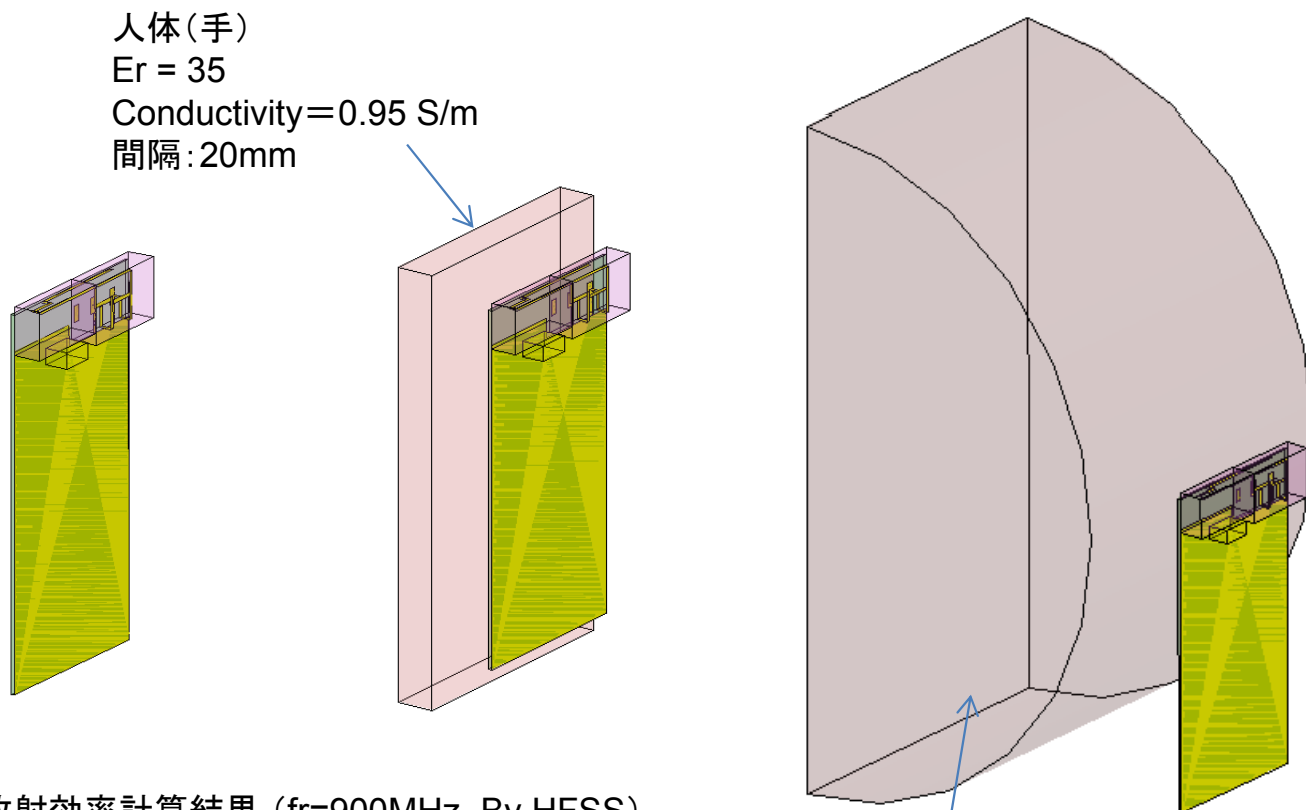
R_s : Source Resistance
 R_l : Loss Resistance
 R_r : Radiation resistance
 L : Inductance
 C : Capacitance

$$@ R_s = R_r + R_l$$

$$\eta = R_r / (R_r + R_l)$$

2-4 アンテナ周辺人体の吸収損失による効率低下のシミュレーション例

デュアルバンド インバーテッドFアンテナの近傍に人体モデルを配置した時の人体高周波電力吸収による放射効率の変化をシミュレートした例です。
手近接の場合効率=52%、頭部近接の場合は効率=27%と低下します。



放射効率計算結果 (fr=900MHz, By HFSS)

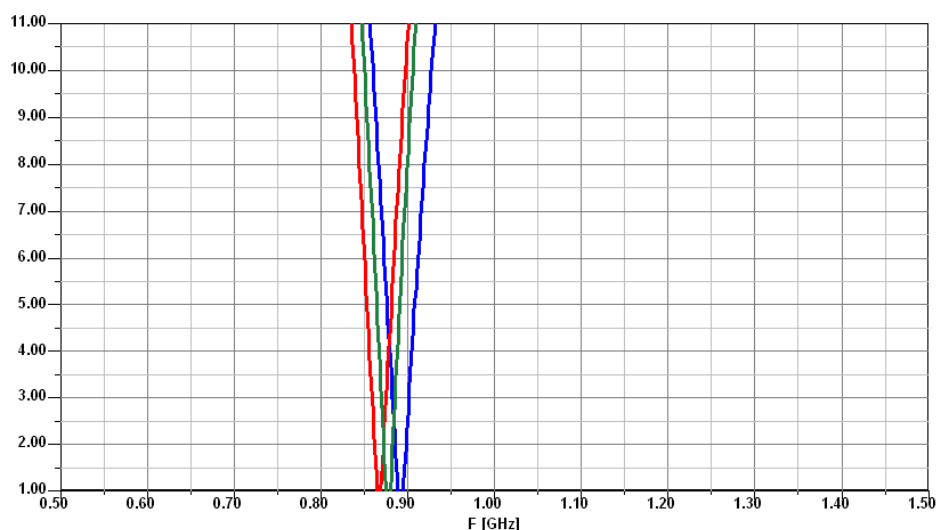
DUT	放射効率 (%) (HFSS)
アンテナ+グラウンド板	91.2 (-0.4dB)
人体近接(手)	52.7 (-2.8dB)
人体近接(頭部)	27.2 (-5.6dB)

実際の携帯電話アンテナの設計では、手、頭等の外的要因による放射効率の低下だけでなく、アンテナ素子と携帯電話構造に起因する効率の低下要因を推測する事が重要です。

- 周囲物体の誘電体Loss
- 周囲物体の磁性体Loss
- 導体損失
- Contact Pinの接触抵抗
- 等々

2-5 人体近接時のアンテナ放射効率 の周波数特性

VSWR (By Designer)

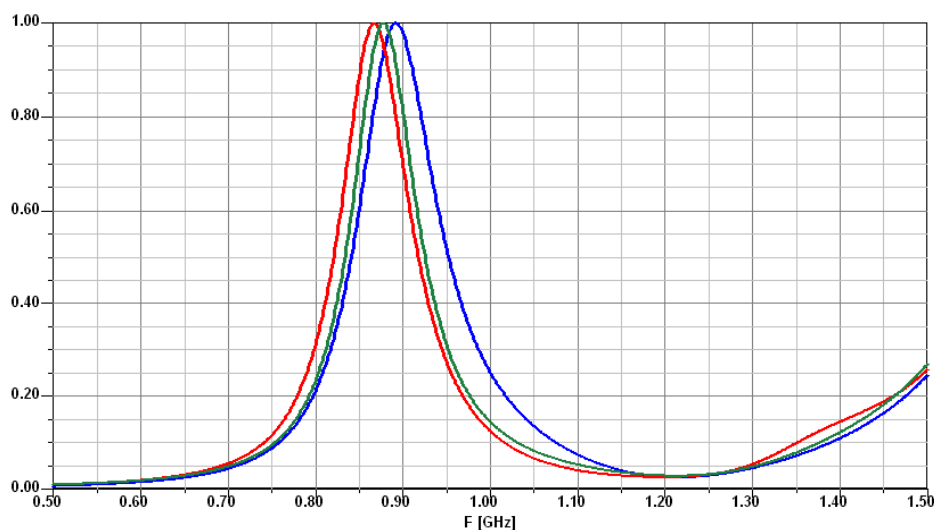


左図のVSWR特性は前頁、
に示すアンテナ素子+グラウ
ンド板、人体(手)近接、人体
(頭部)近接のVSWR特性で
ある。

若干の周波数変化はあるが
共振点のVSWRは各場合も
良好。

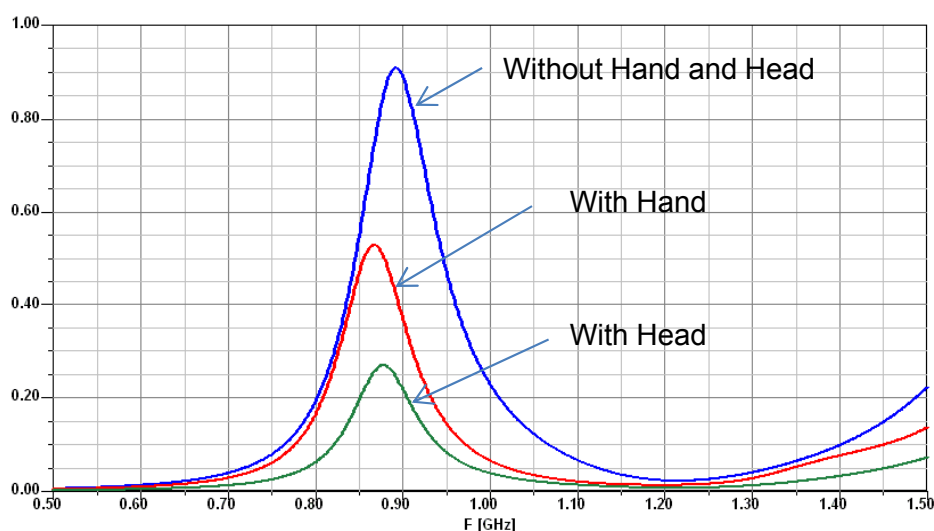
→VSWR(Return Loss)特性
だけでは効率の評価はできな
い。

Efficiency from Return Loss



左図は反射損失から換算した
効率の周波数特性。

Actual Efficiency (Return Loss+Antenna Efficiency)



共振周波数における放射効
率と反射損失の周波数特性
を換算した総合放射特性。

実際の携帯アンテナ設計場面
ではこの動作放射効率を使用
する。

もちろんインピーダンス整合
素子等にも損失があれば加
算されなければならない。