

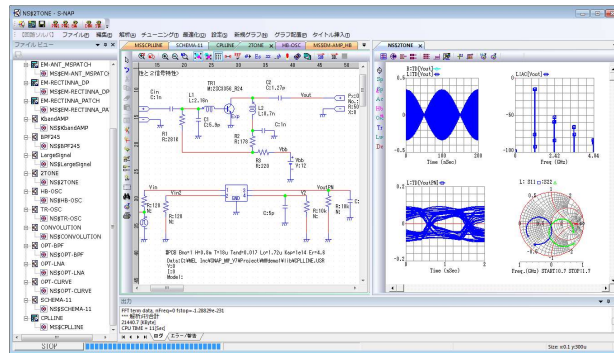
S-NAP Wireless 紹介資料 アンテナ解析

株式会社 エム・イー・エル

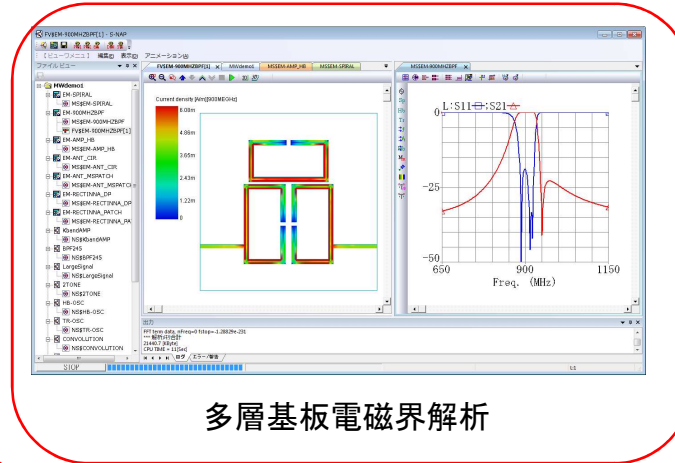
2024/3

S-NAP Wireless Suite

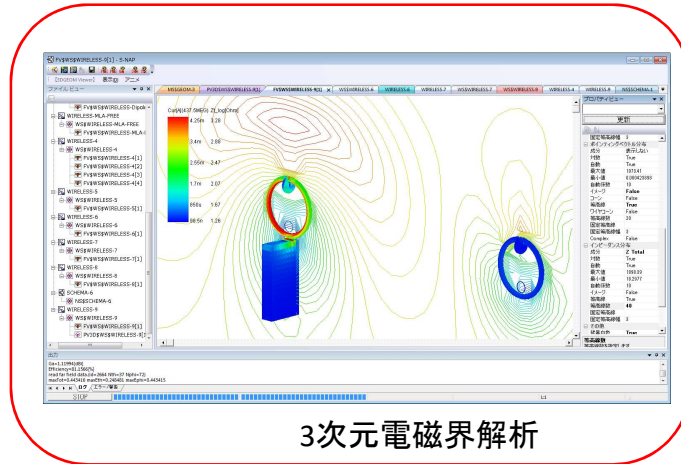
- ワイヤレス電力伝送
- IoT組み込みアンテナ
- 3次元EMC問題



回路解析



多層基板電磁界解析



3次元電磁界解析

↑
← アンテナは
これらの機能です

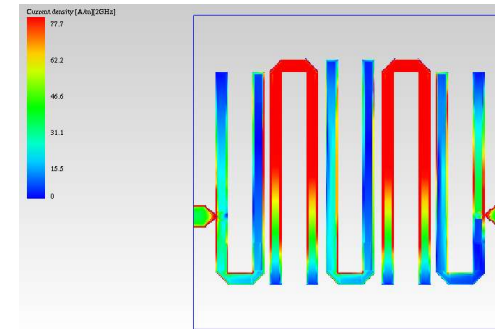
S-NAP Wirelessの電磁界機能

多層基板解析では、2種類のソルバを実装

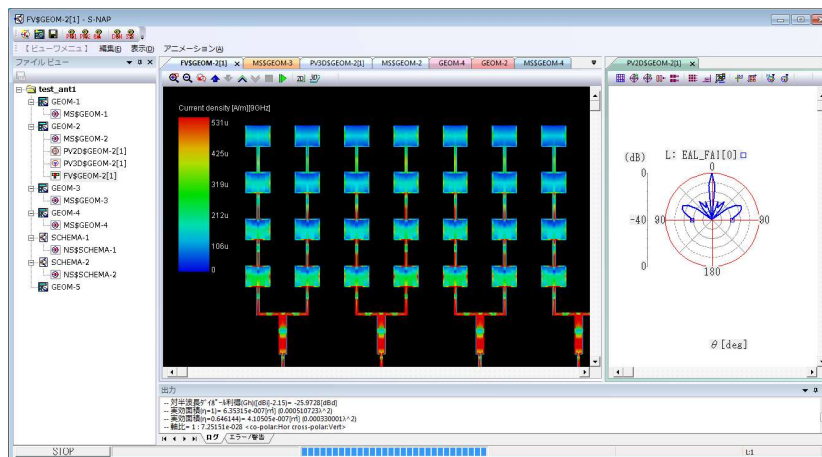
2.5D電磁界

シールド領域グリーン関数、オープン領域グリーン関数

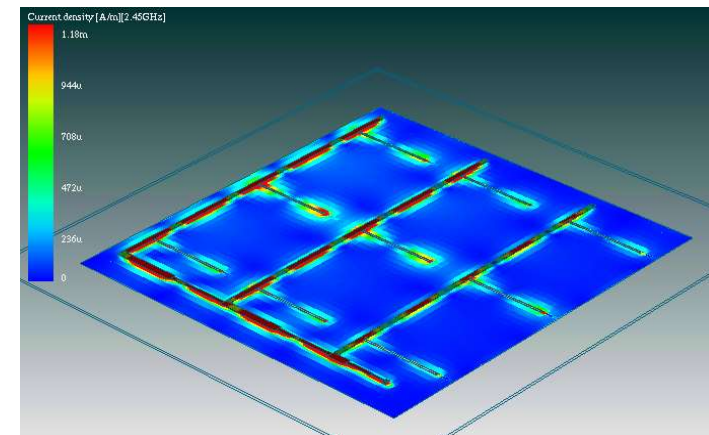
プリント基板用電磁界を用いた比較的大規模な解析例



平面回路



パッチアレイアンテナ

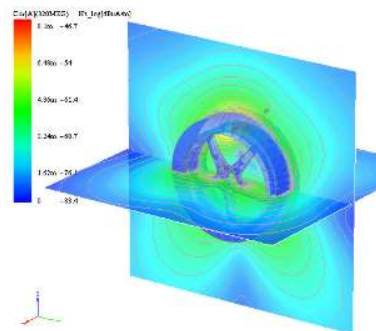


スロットアレイアンテナ

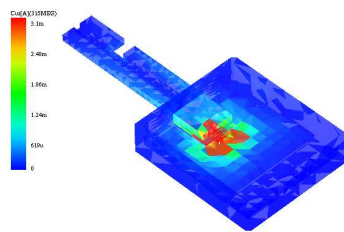
S-NAP Wirelessの電磁界機能

3D電磁界

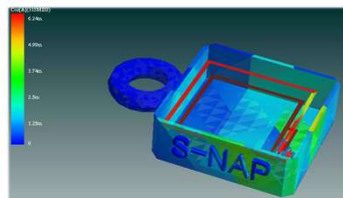
自由空間グリーン関数、半空間グリーン関数、Sommerfeld グリーン関数
アンテナ系サンプル(小型アンテナ、組み込みアンテナ、線状アンテナ、パラボラ等)



空気圧センサ

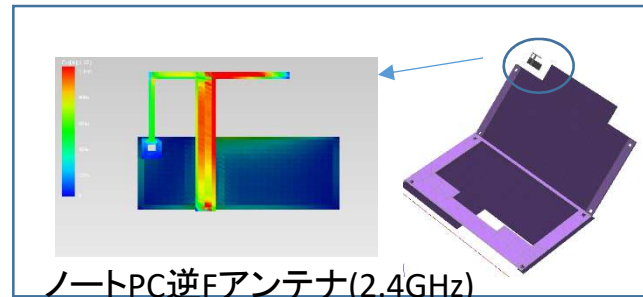


キーアンテナ(315MHz)

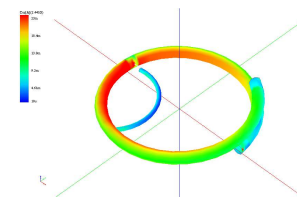


キーホルダアンテナ(315MHz)

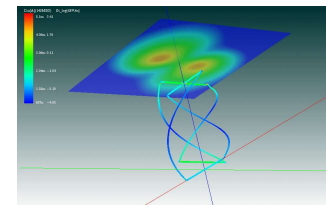
© MEL Inc.



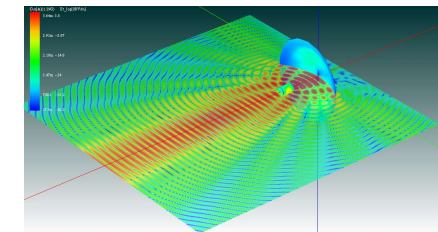
ノートPC逆Fアンテナ(2.4GHz)



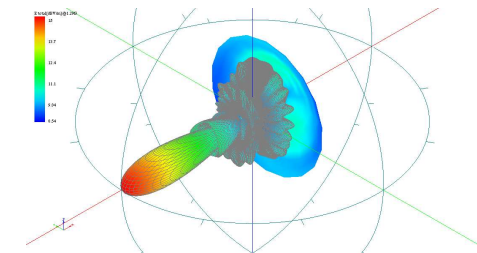
ループアンテナ(2.4GHz)



QFH円偏波(145MHz)



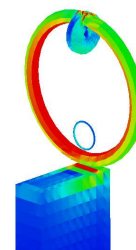
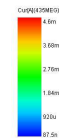
パラボラ電界分布↑
指向性↓



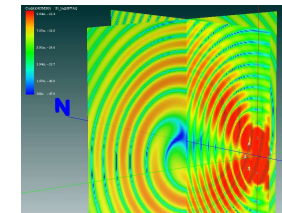
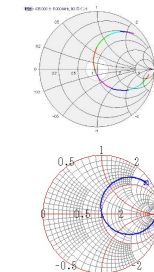
OAM(空間多重)電界分布



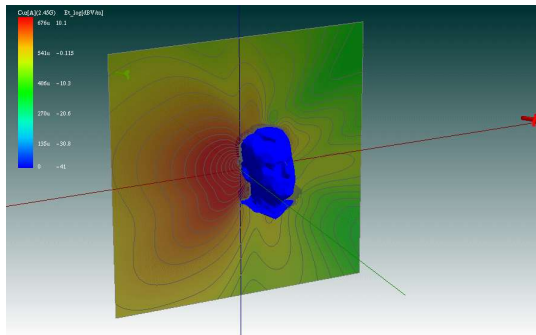
435MHz MLA



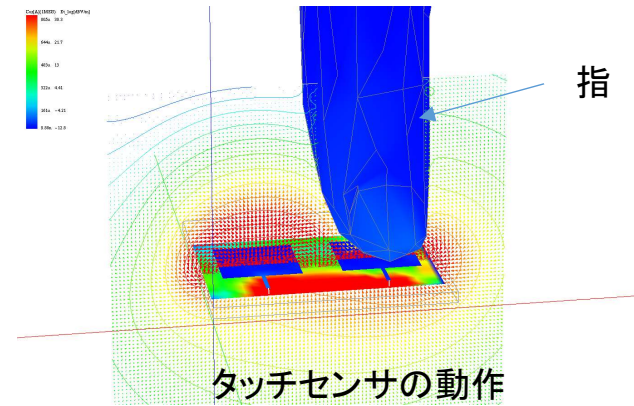
実測(上)とシミュレーション(下)



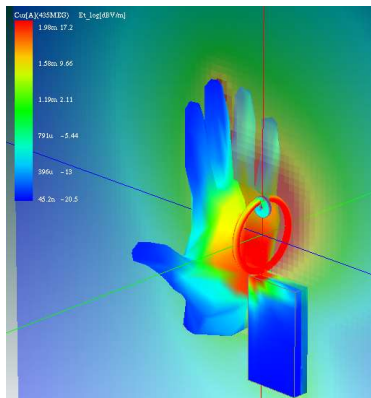
3D電磁界 人体の影響サンプル



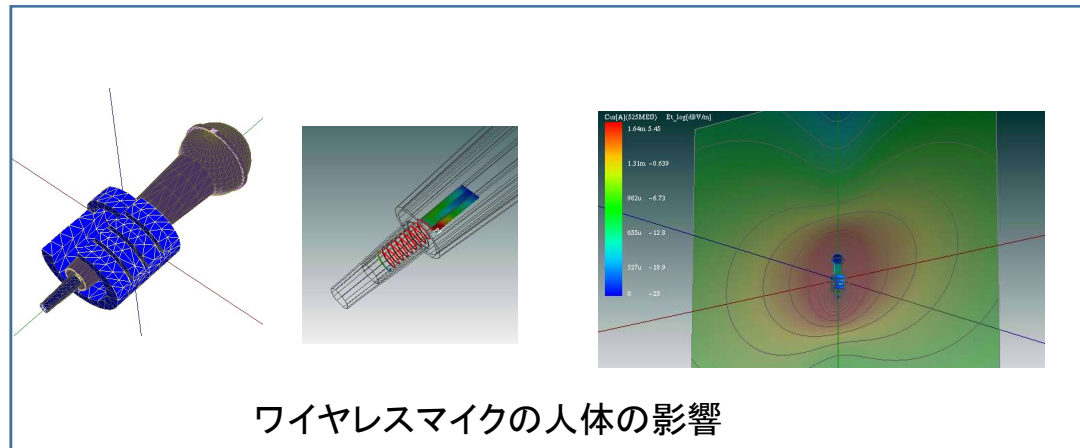
BlueTooth人体の影響



タッチセンサの動作



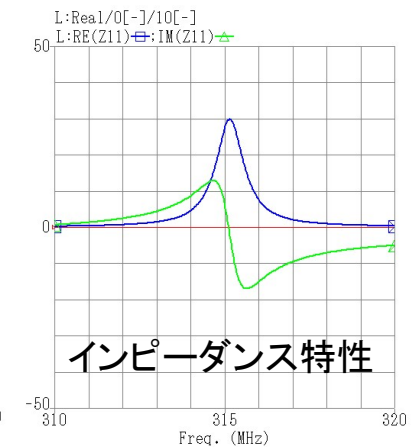
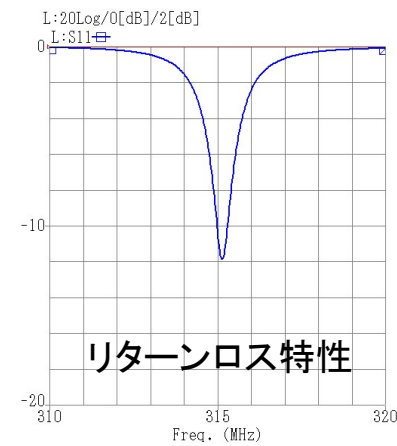
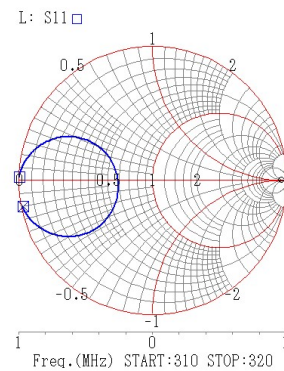
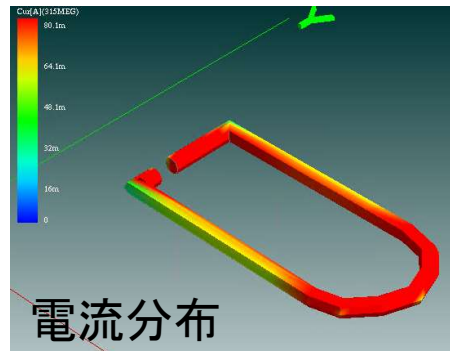
ループアンテナの人体の影響



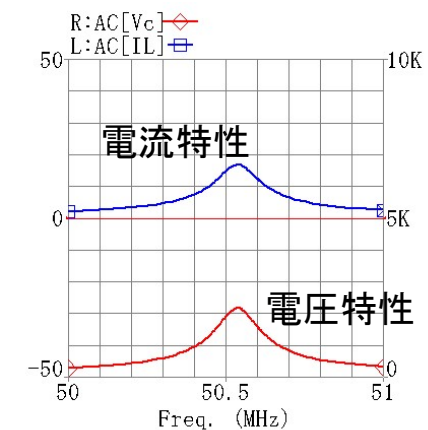
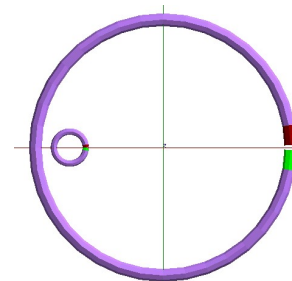
ワイヤレスマイクの人体の影響

アンテナ解析項目

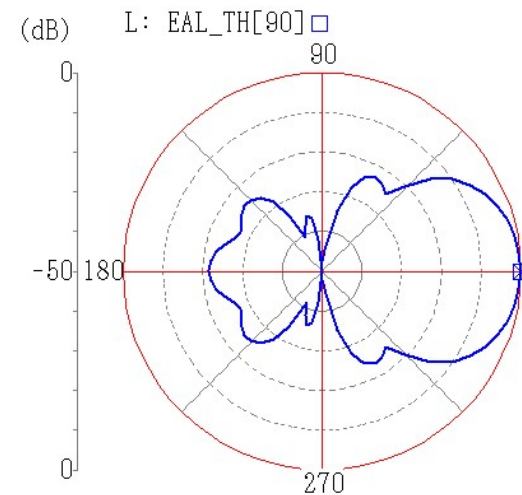
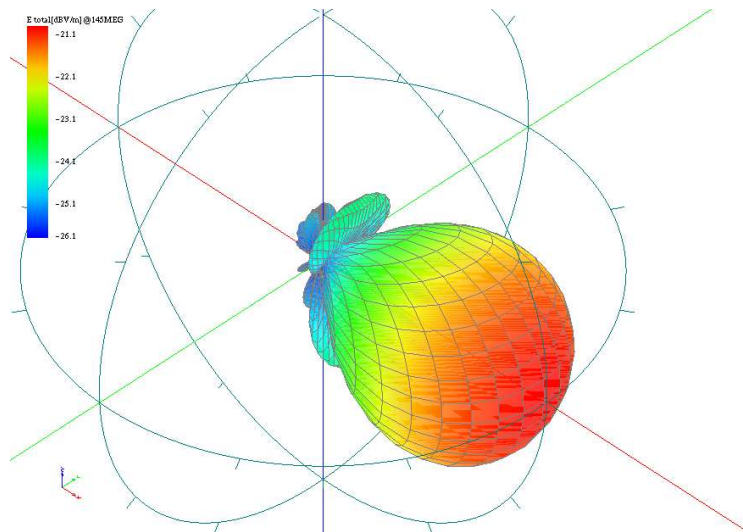
アンテナ解析時の主な表示項目



- ・電流分布、電圧分布
- ・Sパラメータ特性
- ・SWR、リターンロス等
- ・インピーダンス特性
- ・電流、電圧特性など
- ・放射特性
- ・電界磁界分布
- ・ポインティングベクトル
- ・インピーダンスマップ



遠方界パターン、放射効率



--- Far field analysis ---

Frequency 145MEG Hz

Direction : th=90,phi=0 <=最大放射方向

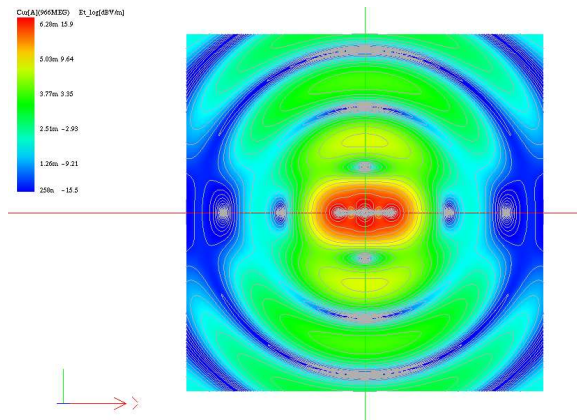
Gd=12.9432[dBi] <=指向性利得

Ga=12.8642[dBi] <=絶対利得

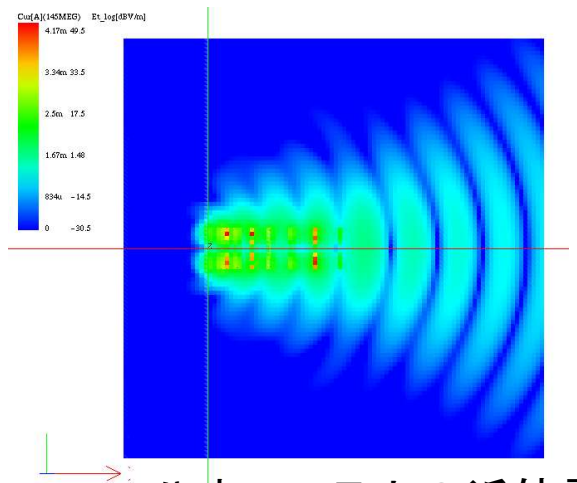
Efficiency=98.197[%] <=放射効率

Axis ratio= 1:5.8379e-08 <=軸比

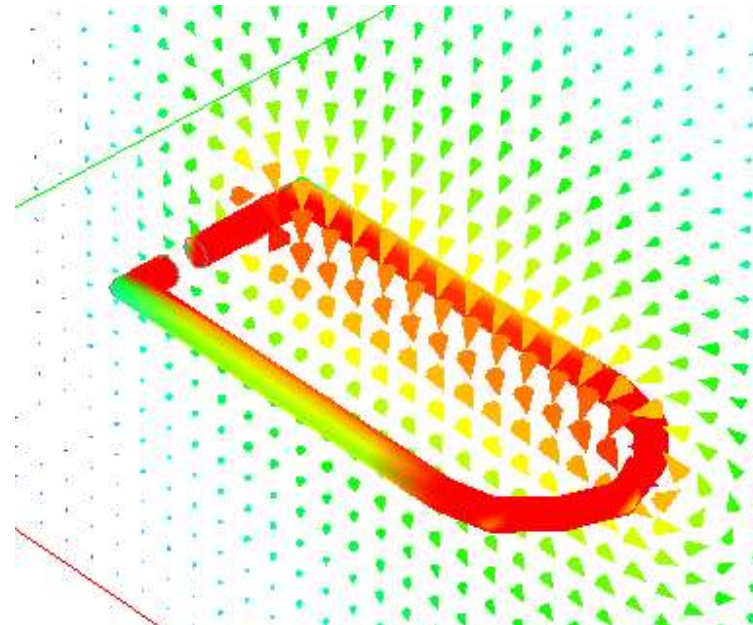
電界分布、磁界分布



ダイポールの近傍電界

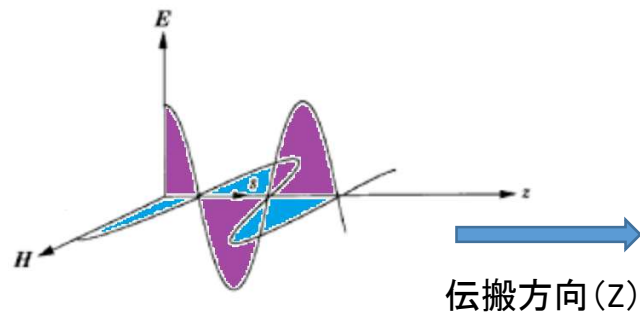


八木アンテナの近傍電界



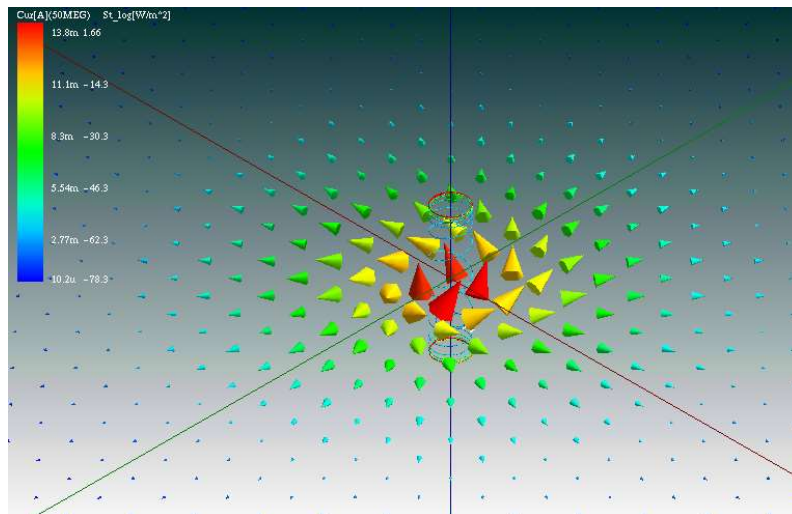
ループアンテナの近傍磁界

ポインティングベクトル、インピーダンスマップ

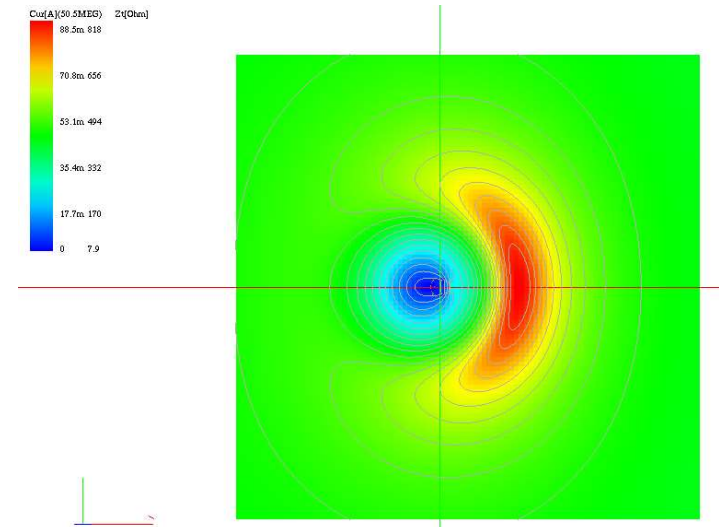


ポインティングベクトル: $\mathbf{E} \times \mathbf{H}$
インピーダンスマップ : \mathbf{E}/\mathbf{H}

$$P_z = \iint \mathbf{E} \times \mathbf{H}^* \cdot \mathbf{u}_z ds$$



ヘリカルアンテナのポインティングベクトル



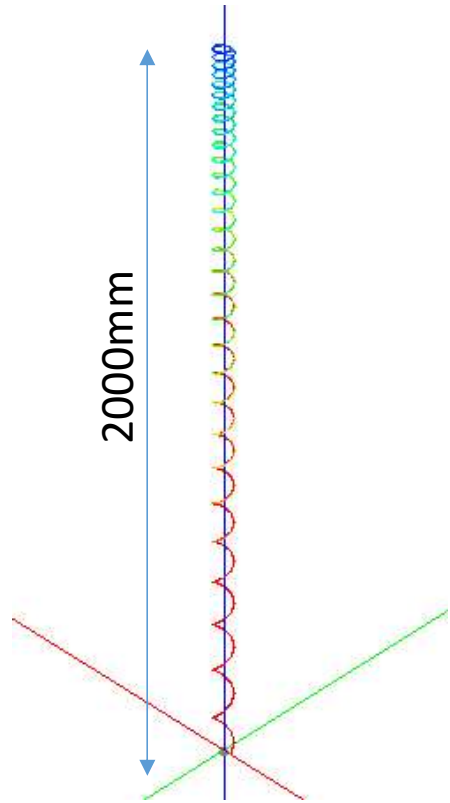
ループアンテナのインピーダンスマップ

モーメント法の特徴

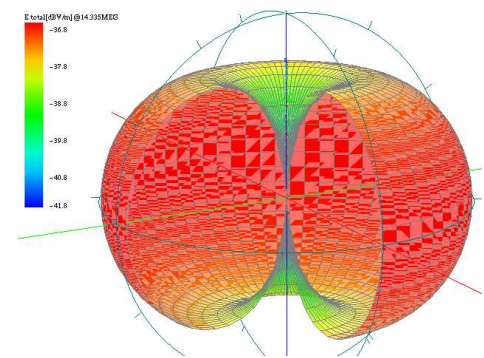
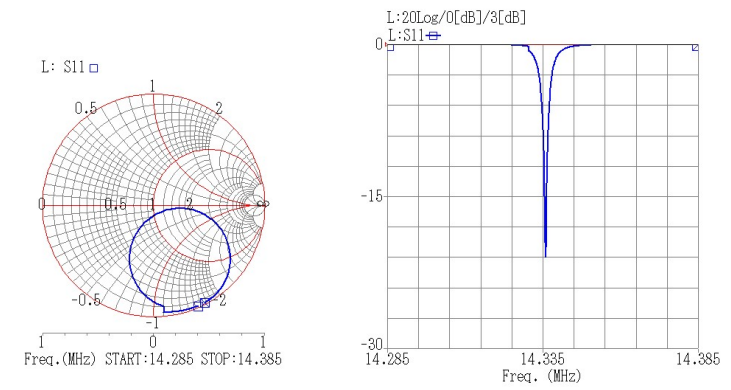
- <一般的な特徴>
- 境界面の変数のみなので必要な変数が少ない
マトリックスが小さくて済む(ただし密行列)
- 結合問題が高精度に解析可能
磁界共鳴方式などのHi-Q問題に適している
- 数十波長離れている遠方のオブジェクト間の解析が容易(1km程度まで可能)
ワイヤレス電力伝送など送受信ペアで解析する問題の解析
- 極大、極小問題の解析が容易
小型アンテナと車などの大規模な筐体との同時解析など
- <MPIE(Mixed Potential Integral Equation)>
- 超低周波から超高周波まで対応できる(kHz~ミリ波まで)
85kHzのワイヤレス電力伝送の解析も容易
- ポートを単独で設定できる

一般的なアンテナ例

14MHzノンラジアルヘリカルホイップ

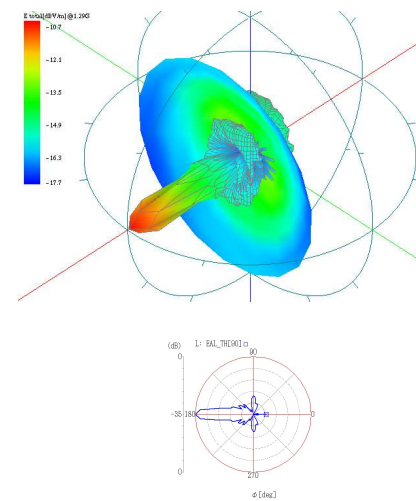
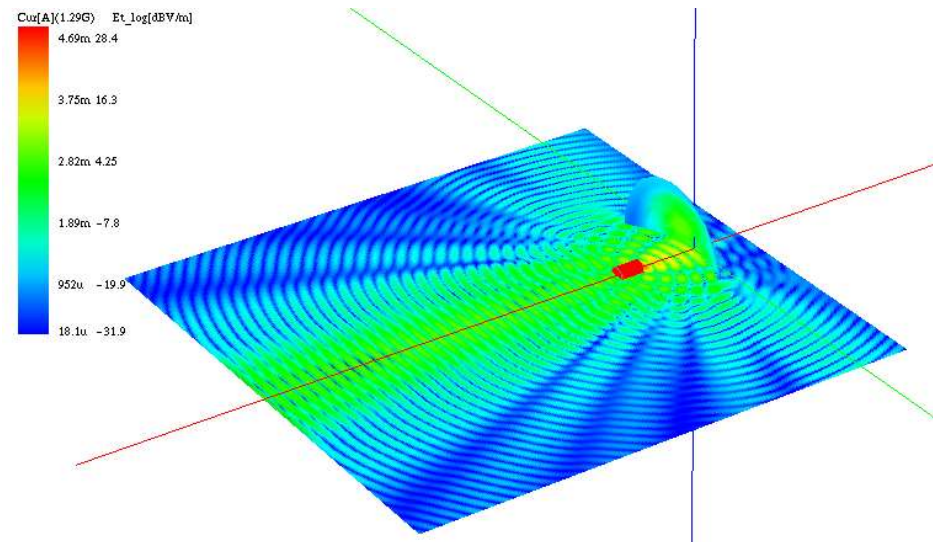
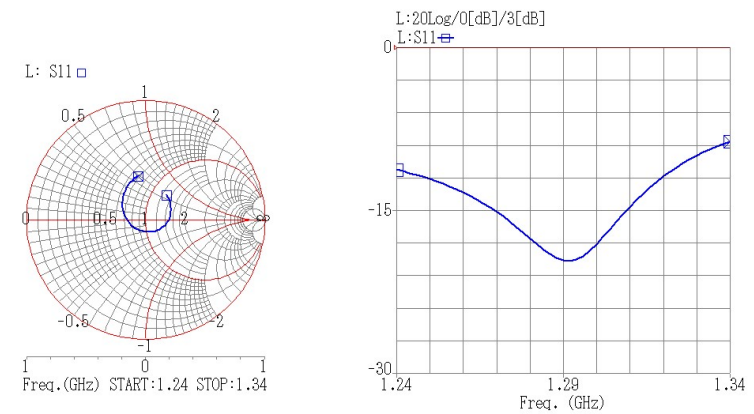
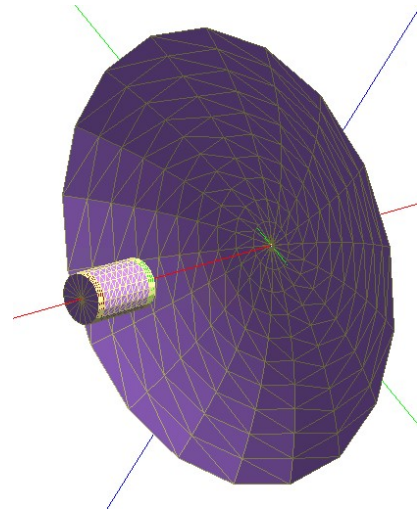


40秒/1周波数
205秒/1000周波数(VFモードスイープ)



--- Far field analysis ---
 Active port imp.=50
 Pt=0.0060108[W] include refraction
 VSWR=2.63387
 Direction : th=90,phi=255
 Srm=0.000208834[W]
 Gd=1.84047[dBi]
 Ga=-3.59921[dBi]
 Efficiency=28.578[%]
 Axis ratio= 1: 3.13539e-05

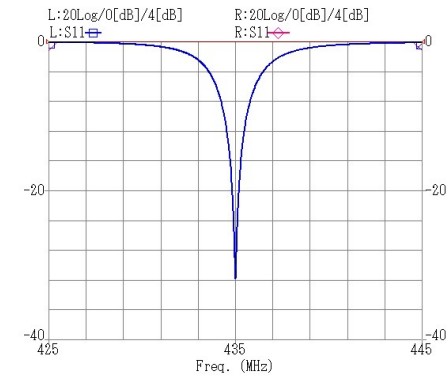
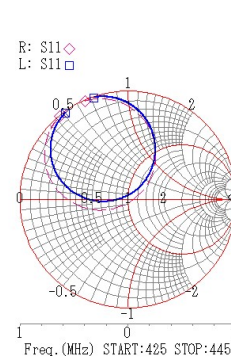
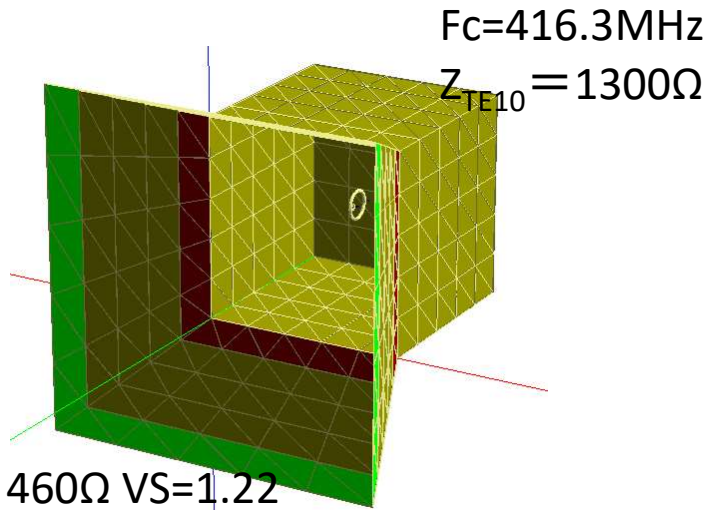
パラボラアンテナ



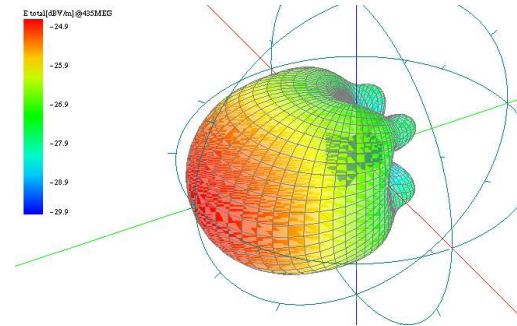
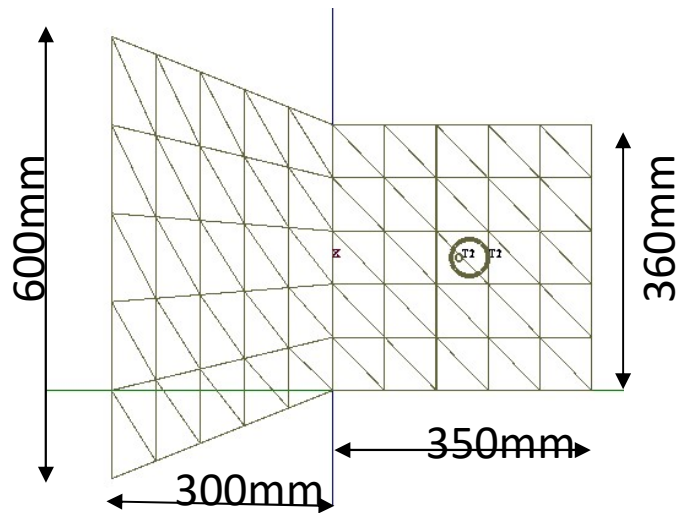
--- Far field analysis ---
 Active port imp.=50
 Pt=0.00505411[W] include refraction
 VSWR=1.23221
 Direction : th=90,phi=180
 Srm=0.084712[W]
 Gd=23.3431[dBi]
 Ga=23.2351[dBi]
 Efficiency=97.5438[%]
 Axis ratio= 1: 1.22687e-06

4秒/1周波数
 157秒/51周波数

MLAホーンアンテナ



SパラはMPとほぼ同じ



--- Far field analysis ---

VSWR=1.0631

Direction :

th=90, phi=270

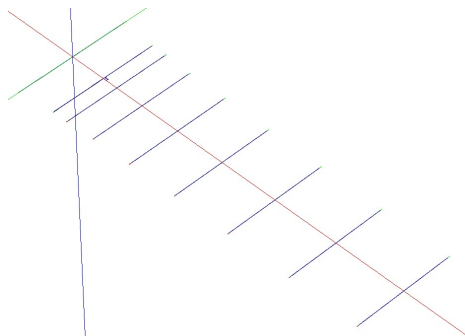
Gd=9.19231[dBi]

Ga=9.13917[dBi]

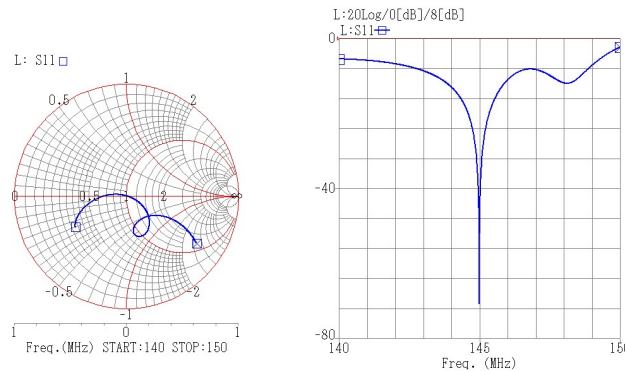
Efficiency=98.7839[%]

22秒/1周波数
 114秒/1000周波数(VFモードスイープ)

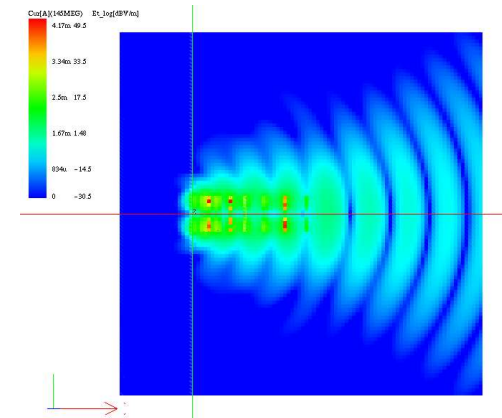
八木アンテナ (9エレメント)



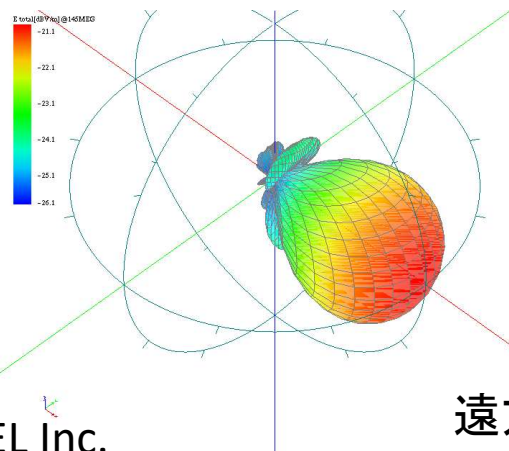
145MHz
20秒/周波数



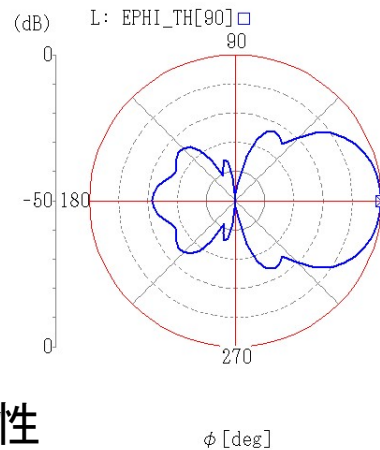
Sパラ特性



近傍電界分布



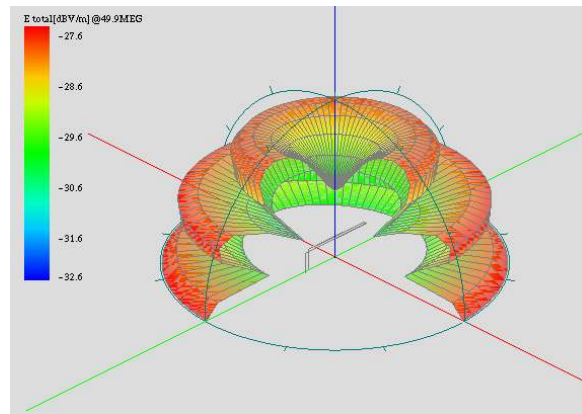
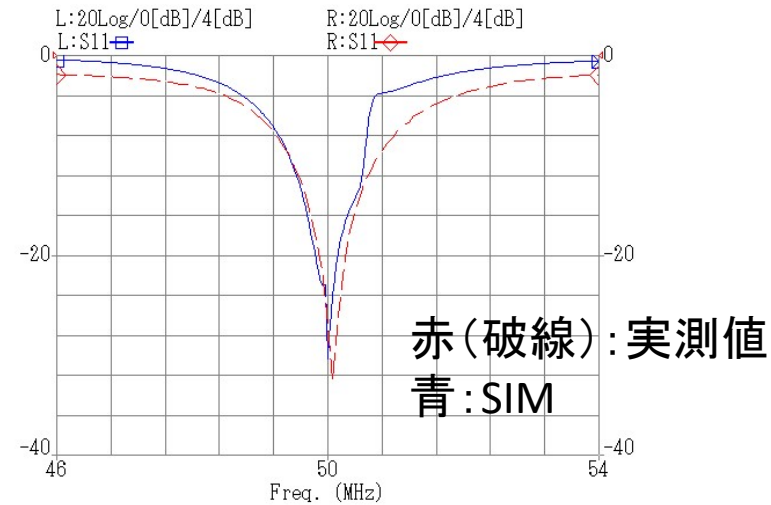
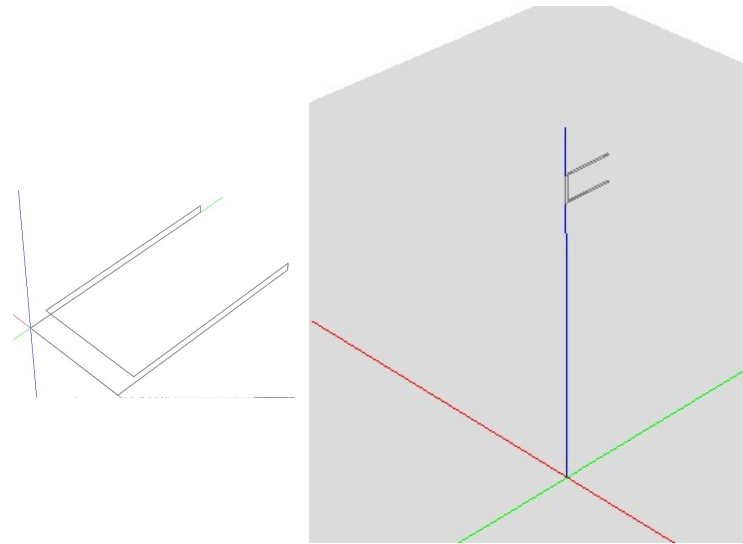
遠方界特性



--- Far field analysis ---
 Frequency 145MEG Hz
 Direction : th=90,phi=0
 Gd=12.9432[dBi]
 Ga=12.8642[dBi]
 Efficiency=98.197[%]
 Axis ratio= 1:5.8379e-08

利得、効率等

Folded UNE ANT 実測比較



--- Far field analysis ---

Active port imp.=50

Pt=0.00502754[W] include refraction

VSWR=1.16034

Direction : th=90,phi=10

Srm=0.00175423[W]

Gd=7.38525[dBi]

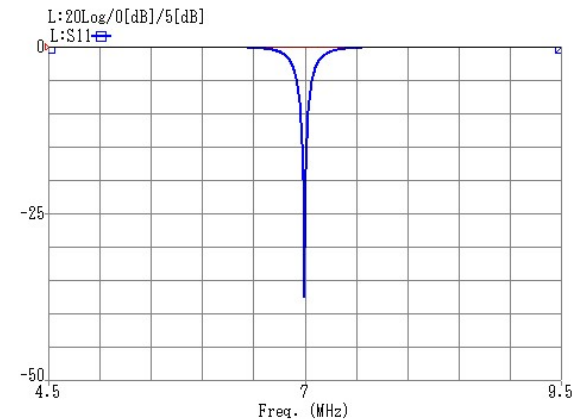
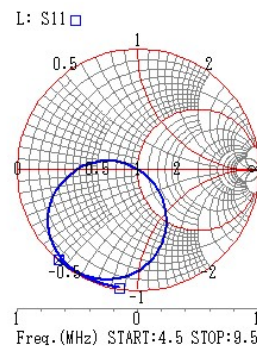
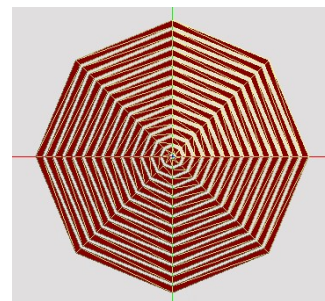
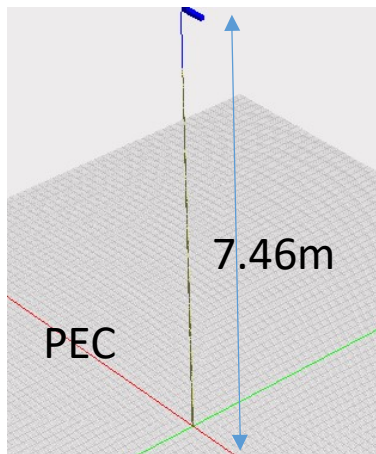
Ga=6.4194[dBi]

Efficiency=80.0598[%]

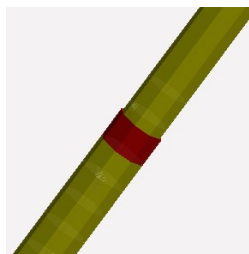
カーボンロッドアンテナ(7MHz)

カーボンロッド 14段
 全長=7.46m 重なり=45mm
 外形: $\phi 21\text{mm} \sim \phi 1.5$
 体積抵抗率 $\rho = 0.6\text{m}\Omega \cdot \text{m}$

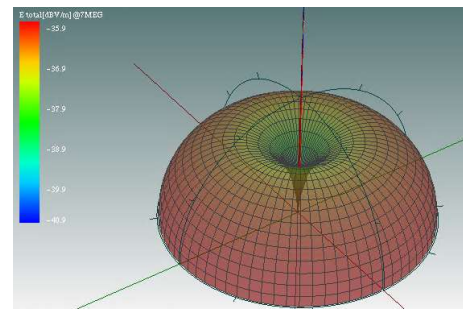
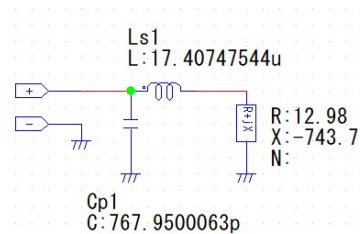
カーボン製の釣り竿アンテナの解析例です
 各段は非接触で、容量結合しています



Top view



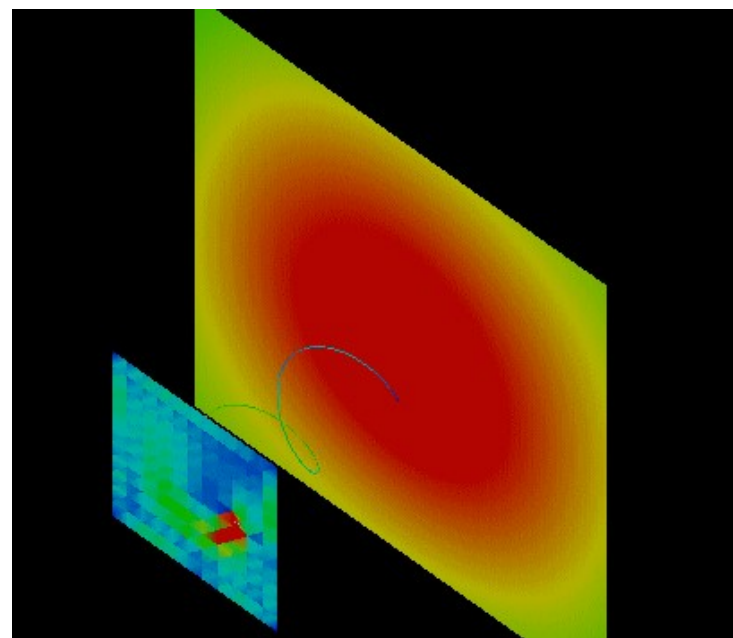
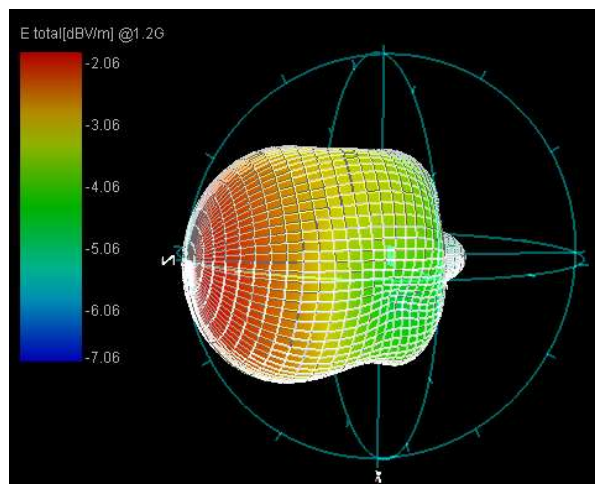
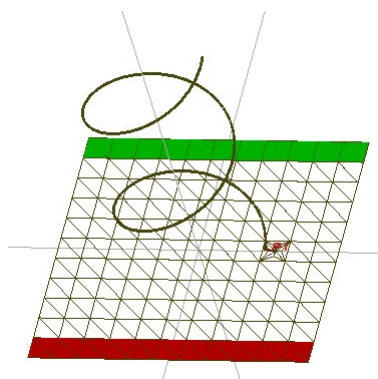
つなぎ目



--- Far field analysis ---
 VSWR=1.02682
 Direction : $\theta = 90, \phi = 300$
 Gd=5.54447[dBi]
 Ga=-1.87863[dBi]
 Efficiency=18.1005[%]
 Axis ratio= 1: 1.93641e-15

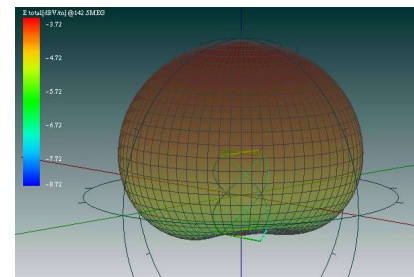
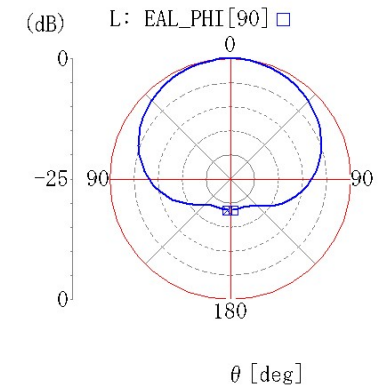
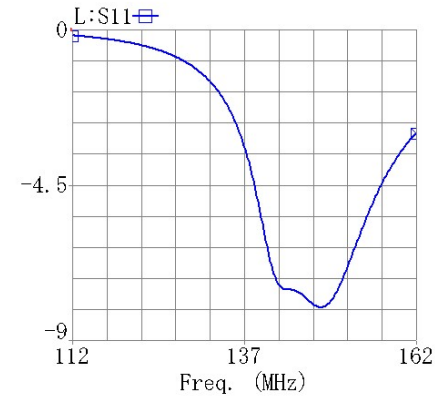
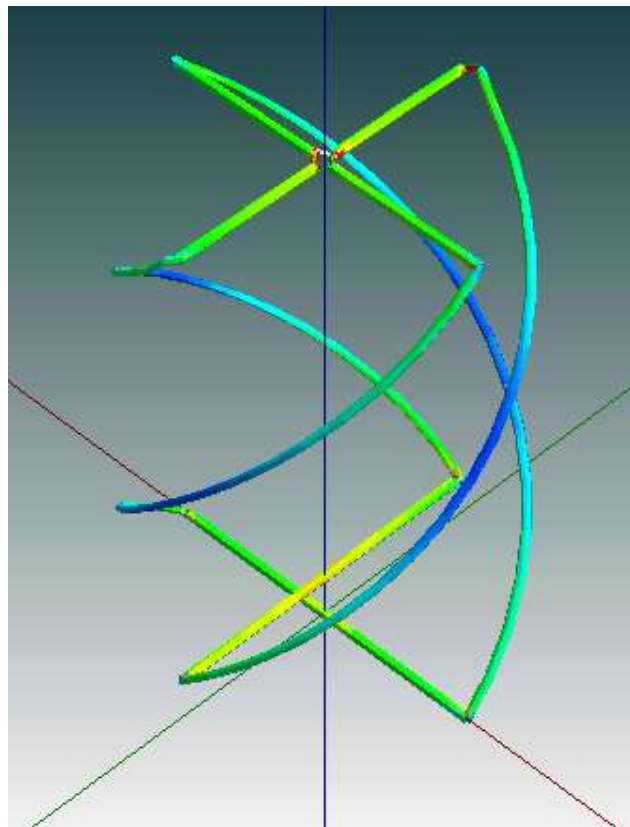
円偏波アンテナ

エンドファイアヘリカル

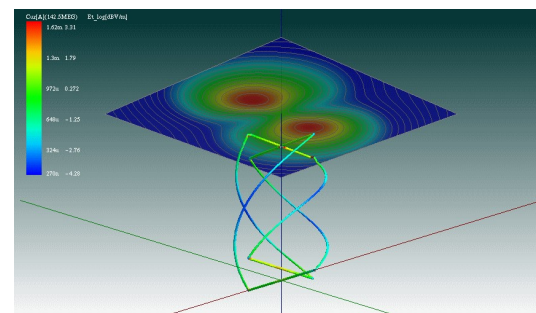


QFHアンテナ

QFHアンテナは天頂方向に指向性を持つ円偏波アンテナで、衛星の受信などに用いられています



Gd=5.44475[dBi]
Ga=4.52631[dBi]
Efficiency=80.93[%]



近傍電界分布

IoT機器小型アンテナ

IoT 組み込みアンテナ色々

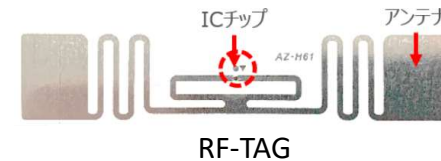
IoT化で筐体への組み込みが必須

- ・アンテナ導体のサイズは制約される
- ・筐体の影響を受ける
- ・人体の影響を受ける

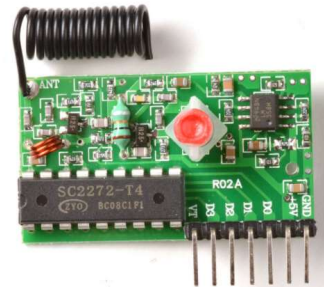
300MHz (微弱機器)

2.45GHz ISM (Wi-Fi, Bluetooth, etc.)

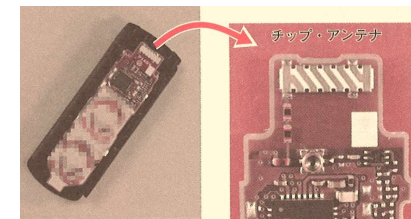
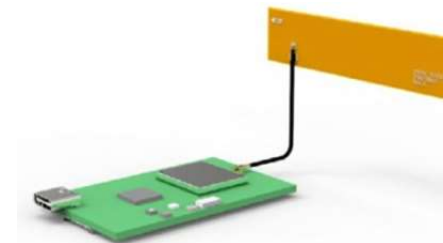
900MHz (RF-TAG)



パッチアンテナ



微弱機器(315MHz)[2]



チップアンテナ[1]

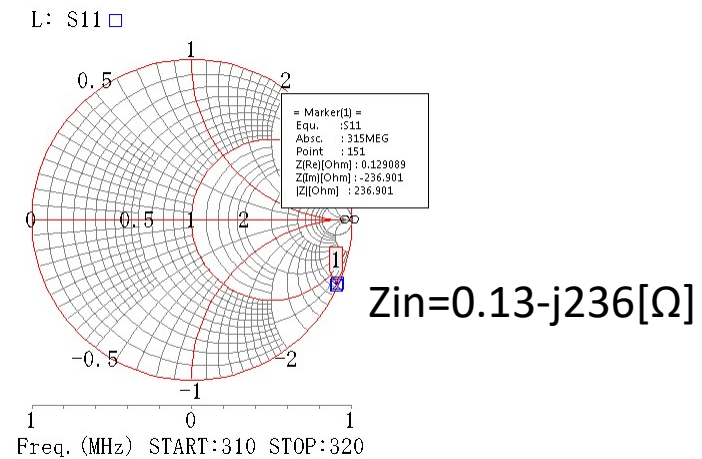
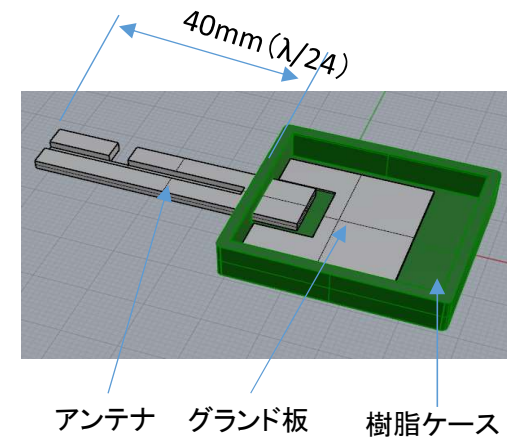
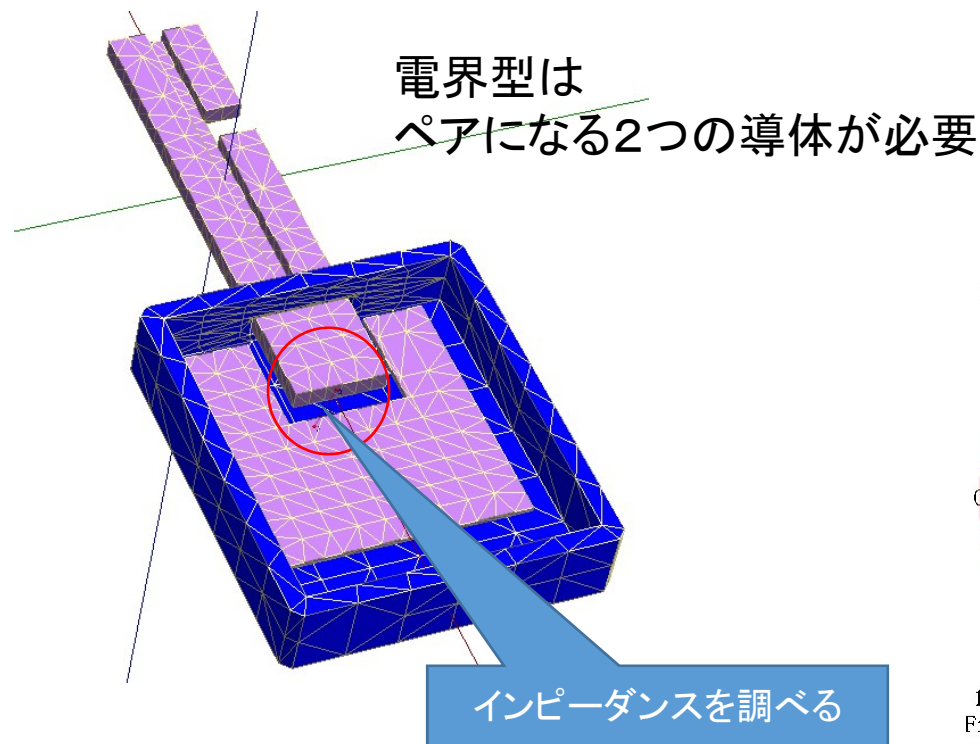


[1]RFワールド No.44

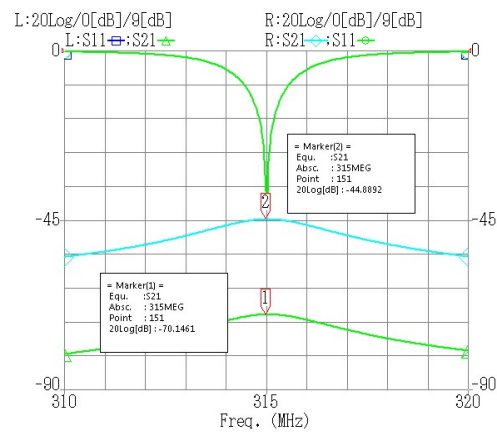
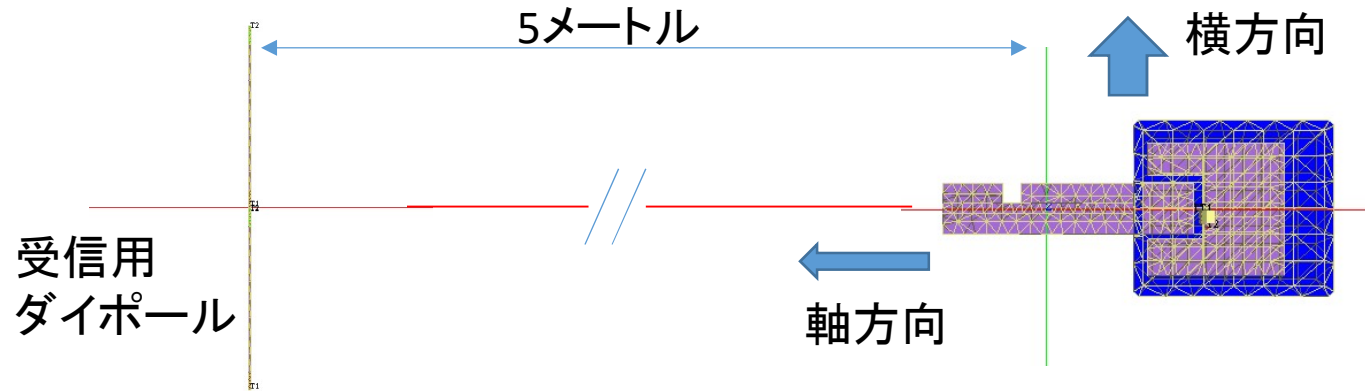
[1][2]以外の画像はWEB上のデータです

電界型小型アンテナ (315MHz)

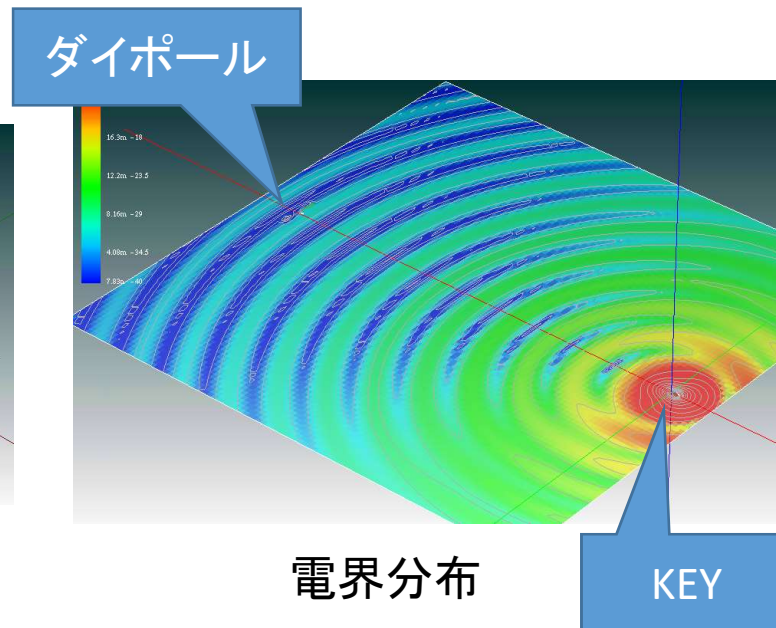
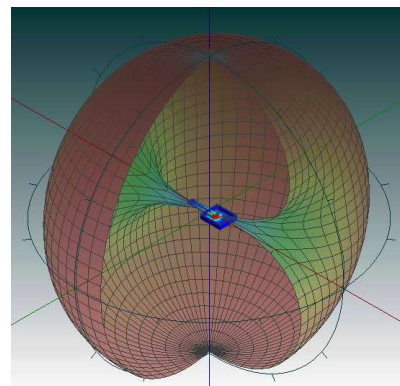
約40mmの金属鍵部を持つキーを315MHzのワイヤレス化する場合のアンテナ設計例



到達距離を調べる

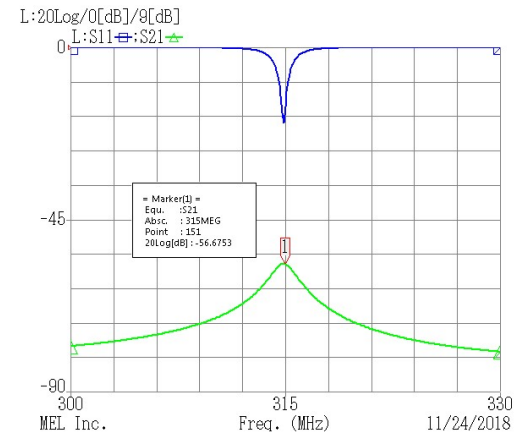
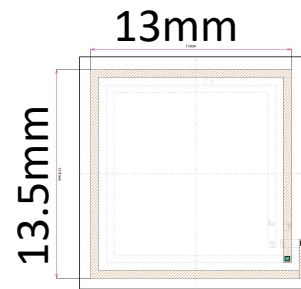
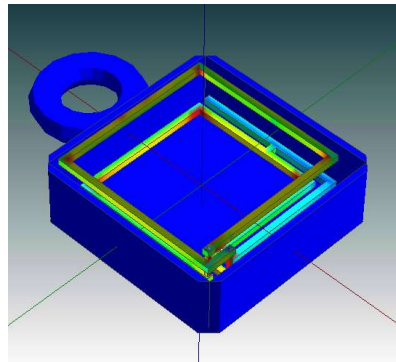


S21=-70dB 軸方向
S21=-45dB 横方向

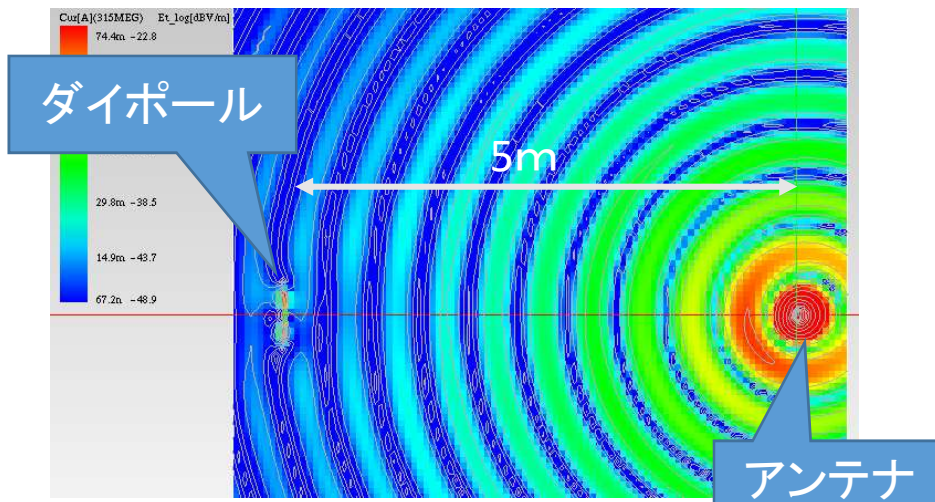


磁界型アンテナ例 (315MHz MLA)

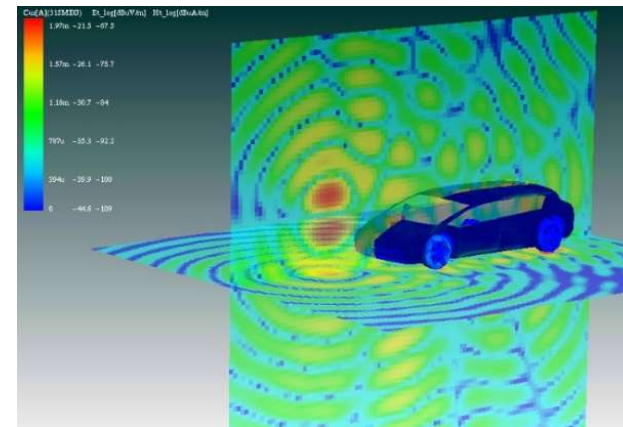
約15mm口の樹脂ケースに入った315MHzのワイヤレスキーのアンテナ設計例



S21=-56.6dB @315MHz



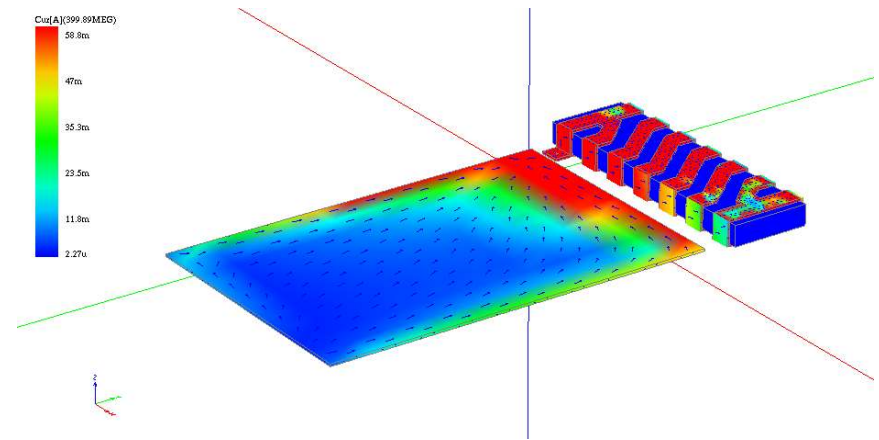
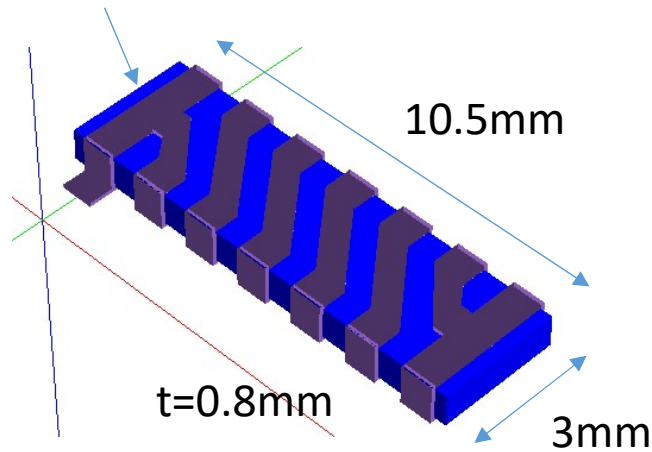
電界分布



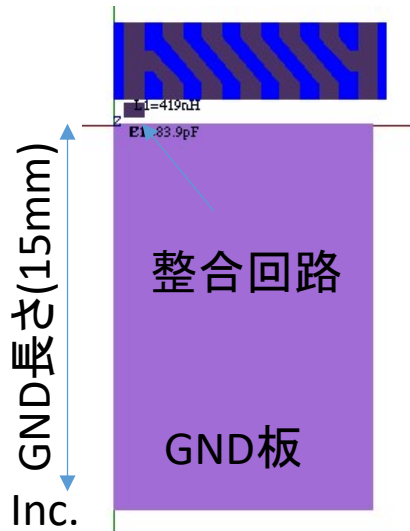
小型アンテナと車が混在して解析可能

チップアンテナ(400MHz)

誘電体 $\epsilon_r=10.5$

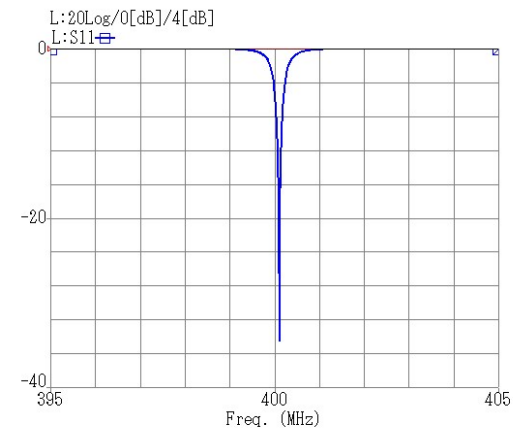
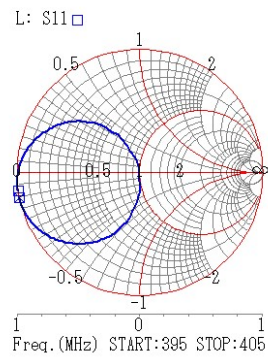


電流分布 @400MHz

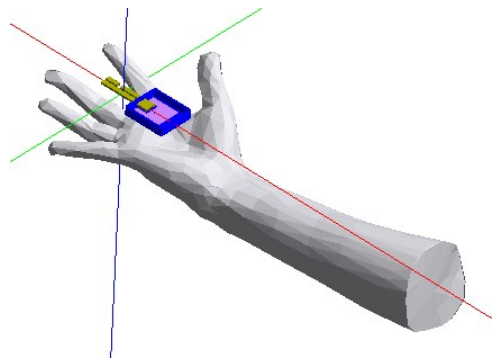


整合回路

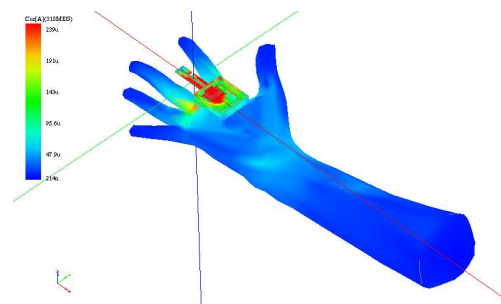
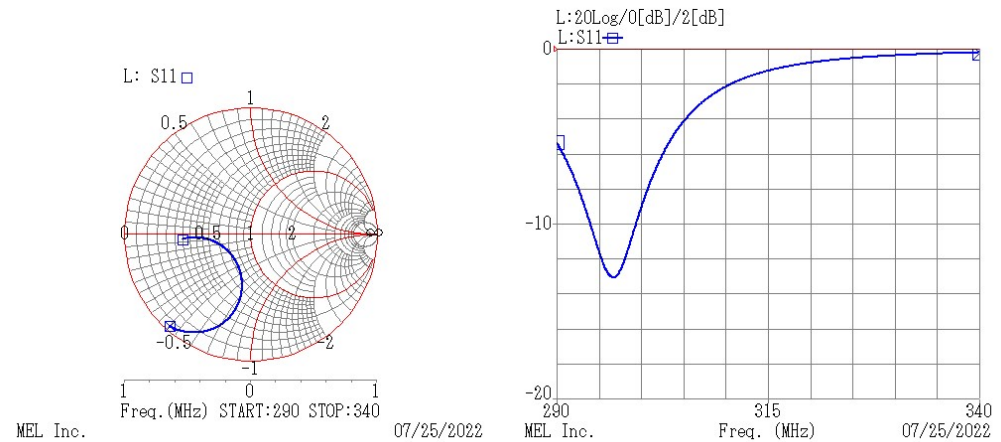
GND板



人体の影響



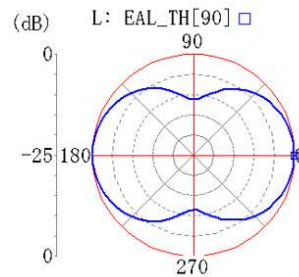
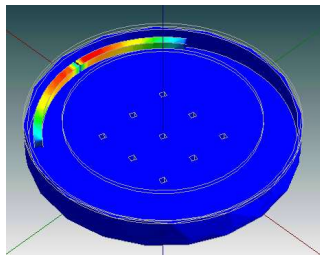
人体を考慮した設計が必要



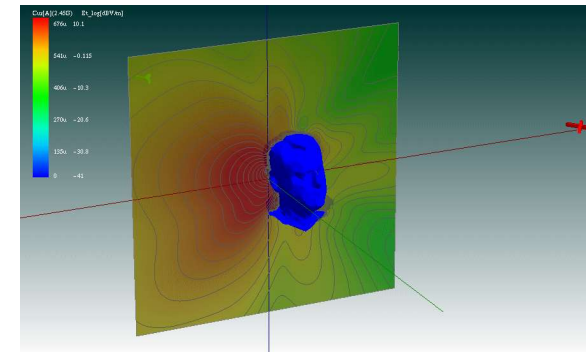
--- Far field analysis ---
 VSWR=13.6476
 Direction : th=140,phi=300
 Gd=3.09672[dBi]
 Ga=-10.8248[dBi]
Efficiency=4.05363[%]
 Axis ratio= 1: 0.00843472

人体の影響を解析

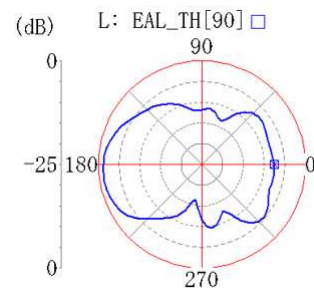
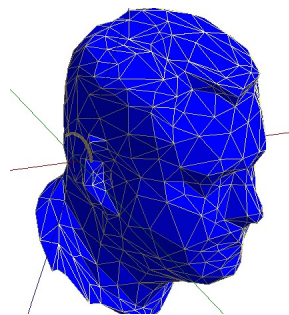
人体の影響を考慮した2.4GHzヘッドホン特性の解析



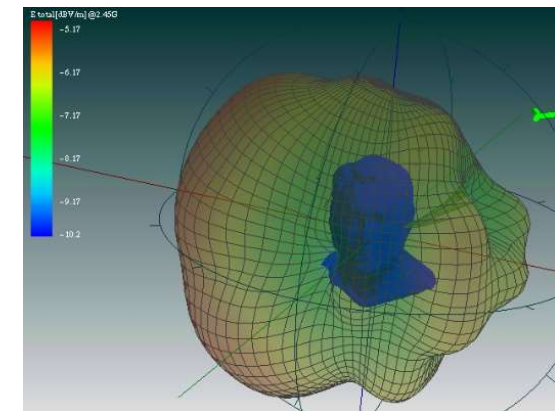
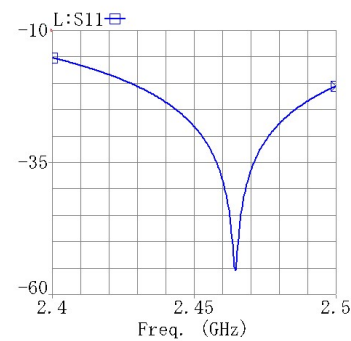
単体の指向性



近傍電界



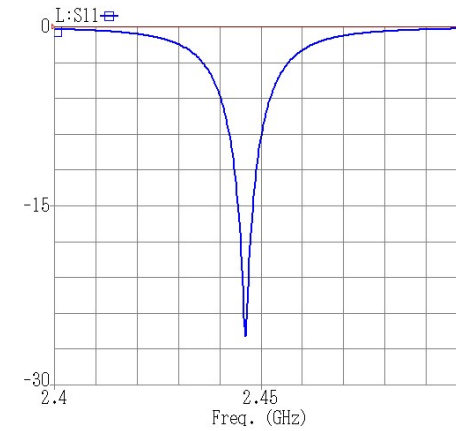
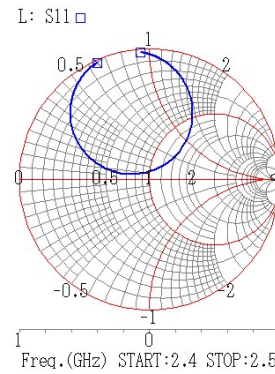
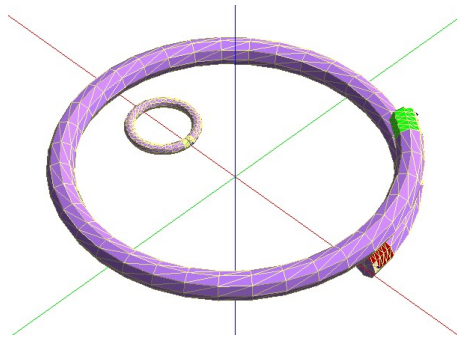
頭部モデルを含めた指向性



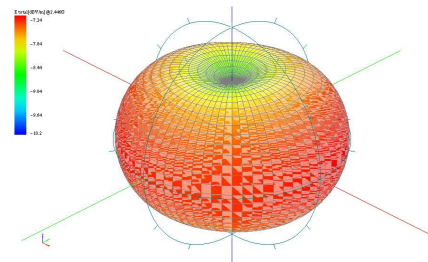
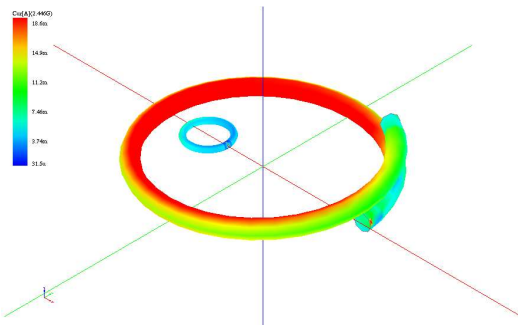
3D指向性

2.45GHzマグネティックループ

D=10mm ϕ =0.8mm
巻き数:1.17T



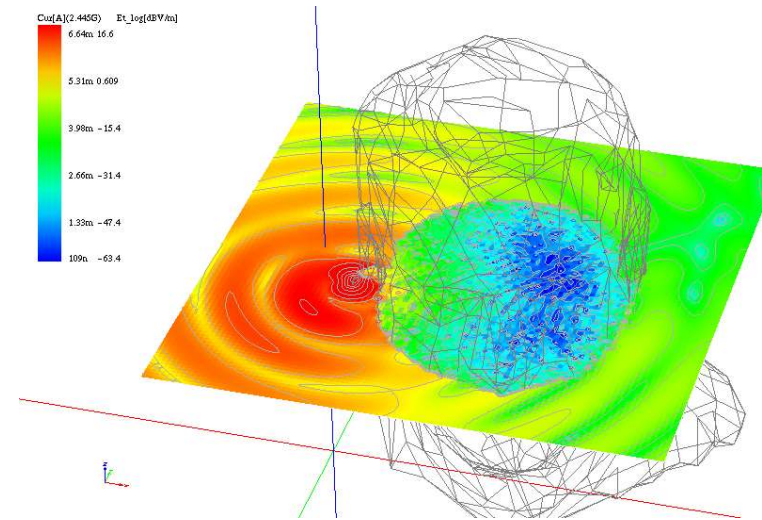
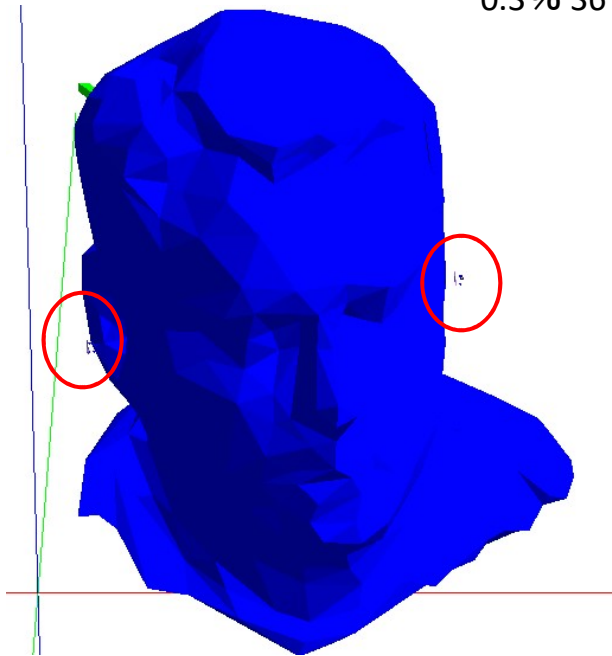
共振容量は0.17pF程度になるので、部分的に重ねて自己共振を用いる方がよい



Active port imp.=50
VSWR=1
Direction : th=90,phi=30
Sr=0.000501588[W]
Gd=1.73852[dBi]
Ga=1.00587[dBi]
Efficiency=84.4764[%]

人体の影響と左右の伝送特性

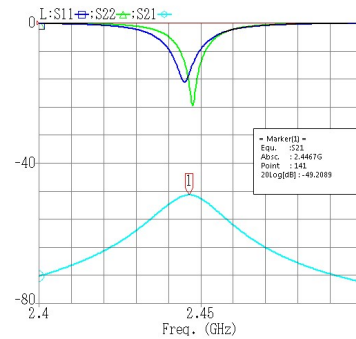
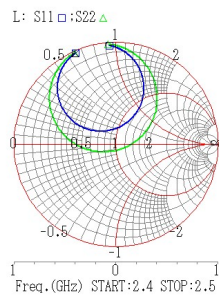
人体モデル:
0.3% 36°C塩水



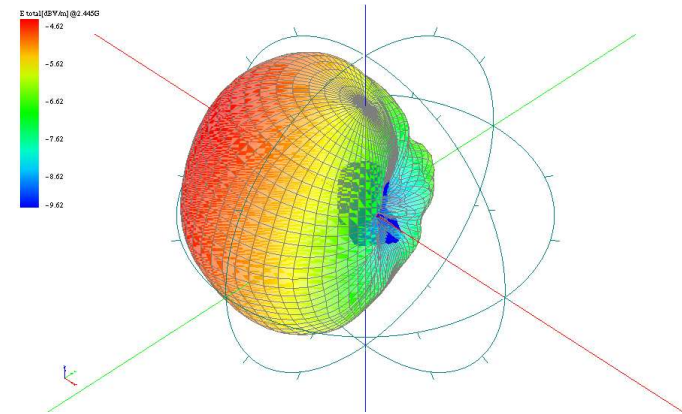
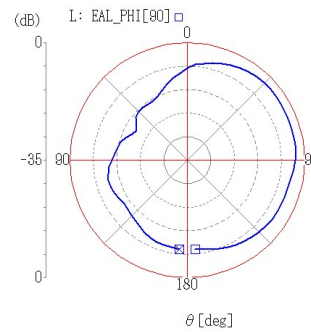
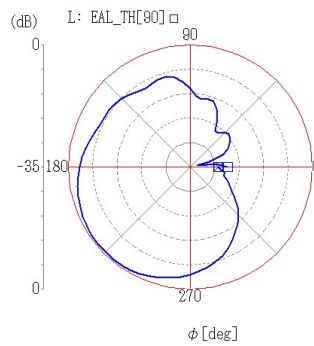
人体の影響と左右の伝送特性 MEL Microwave & Electronics Laboratory

リターンロス、伝達特性、指向性

人体による周波数変動は少ない



左右の伝達特性: -50dB

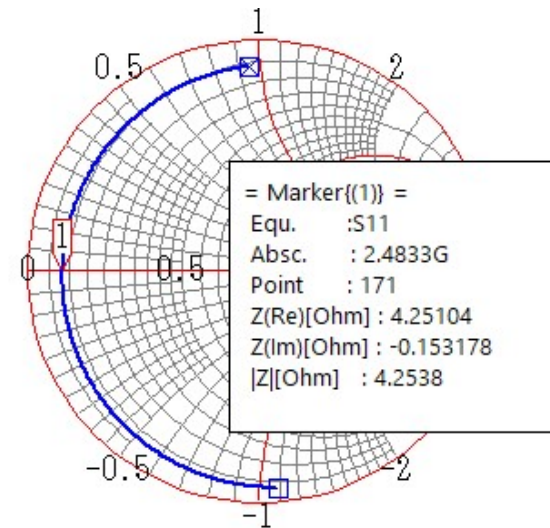
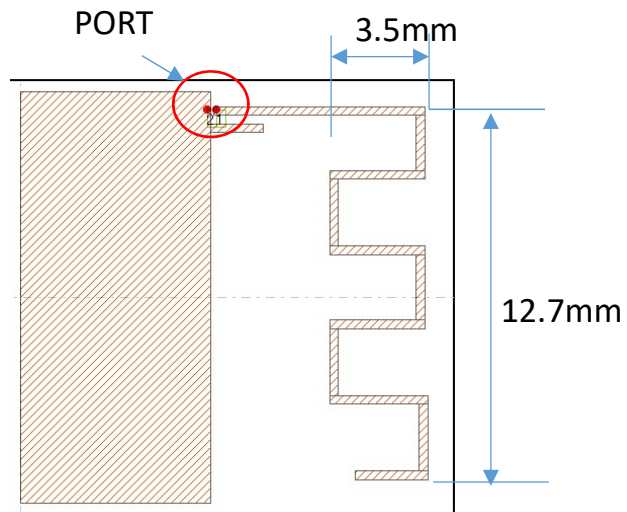


Active port imp.=50
 VSWR=1
 Direction : th=55,phi=220
 Sr=0.000916654[W]
 Gd=6.11958[dBi]
 Ga=3.62445[dBi]
 Efficiency=56.2973[%]

放射効率は28%減少

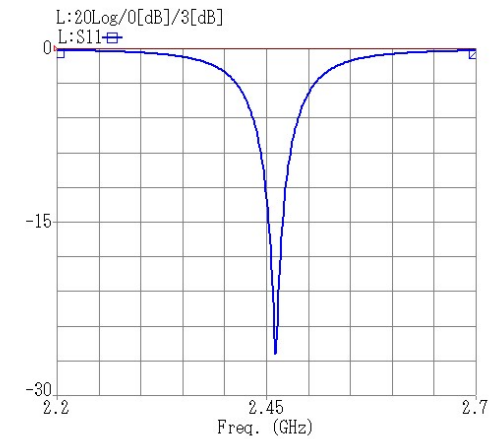
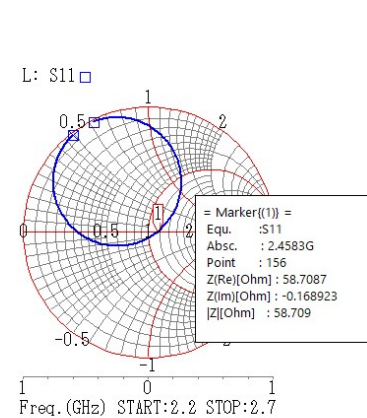
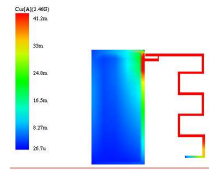
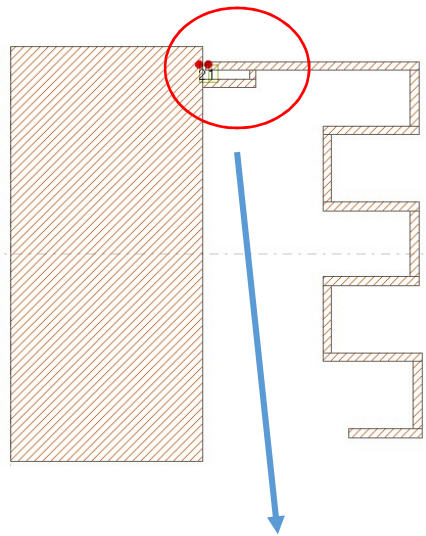
プリント板アンテナ

2.45GHzプリントアンテナ

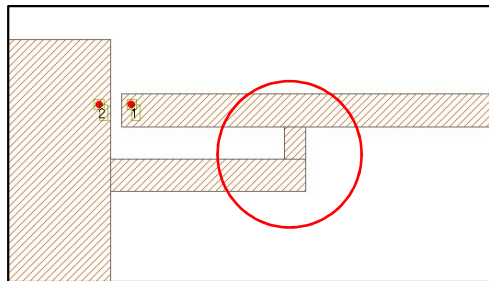


- ・パターン長を調整して2.45GHzに合わせる
- ・メアンダはあまり密にしない

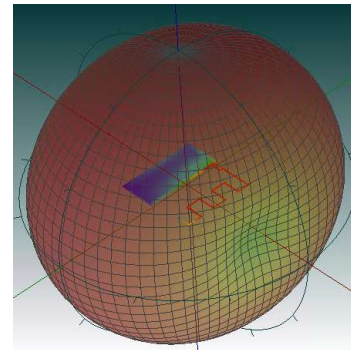
整合回路を追加



整合特性



ガンママッチ

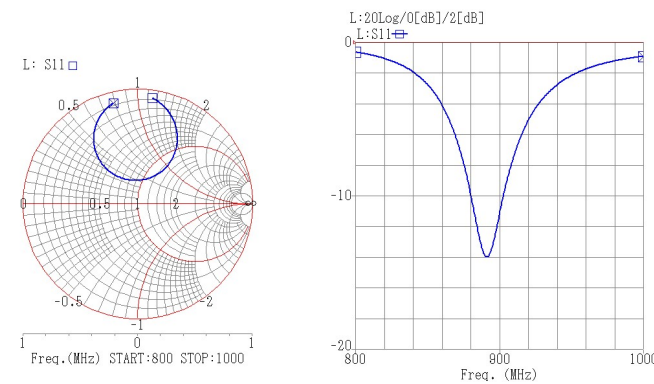
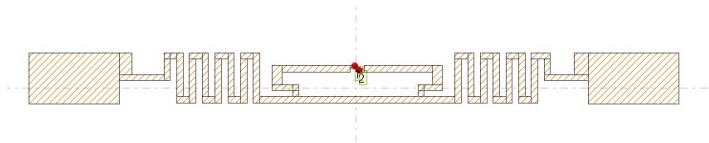


放射特性

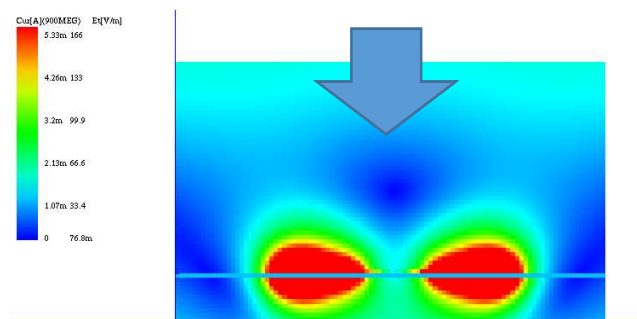
--- Far field analysis ---
 VSWR=1
 Direction : th=175,phi=260
 Gd=1.62058[dBi]
 Ga=1.19166[dBi]
Efficiency=90.5958[%]
 Axis ratio= 1: 0.000187325

RFTAG(900MHz)の特性

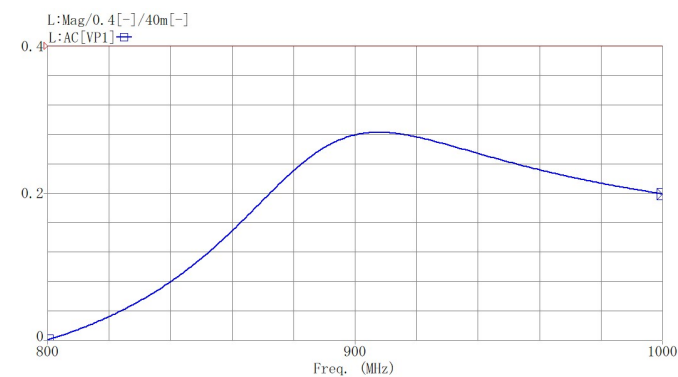
- ・Sパラメータ解析
 - ・入射波解析
- ポートインピーダンス:200Ω



Sパラ特性



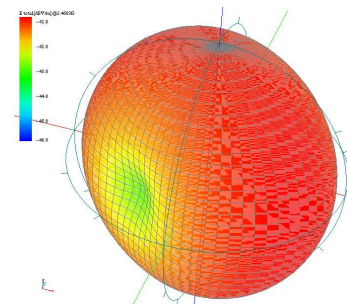
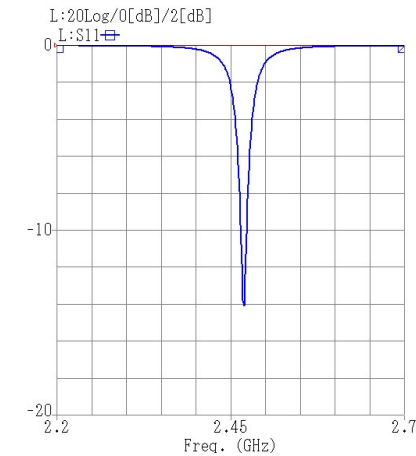
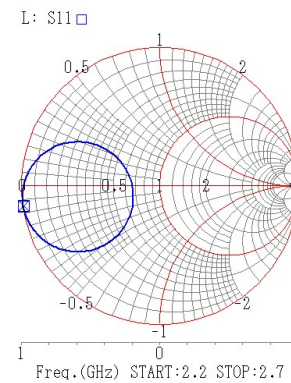
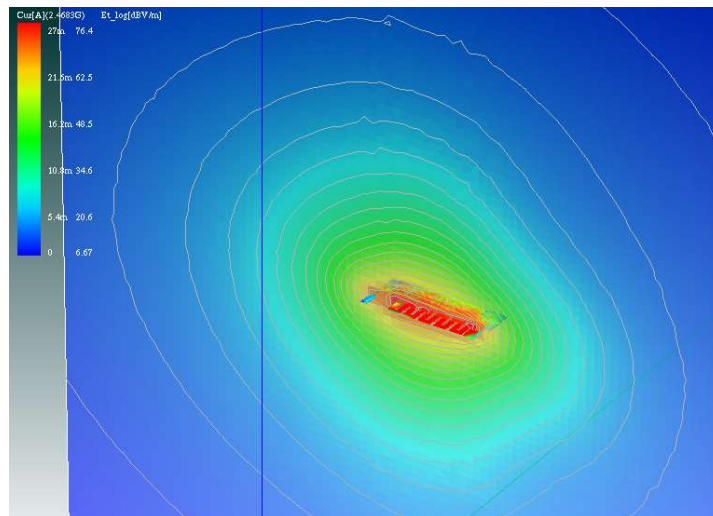
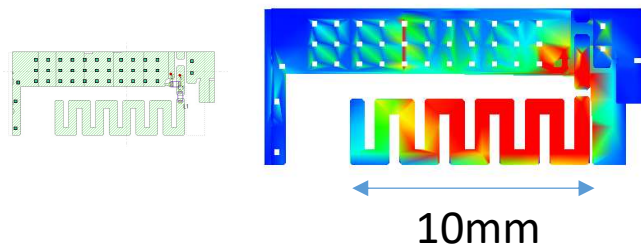
入射電界、散乱電界



0dBm入射時のポート誘起電圧

プリント板Wi-Fiアンテナ

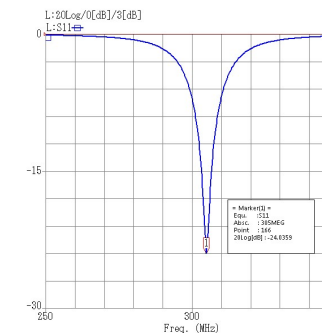
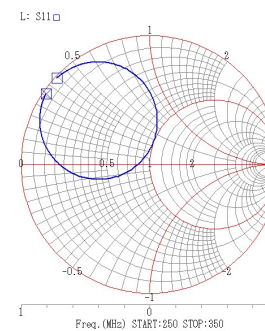
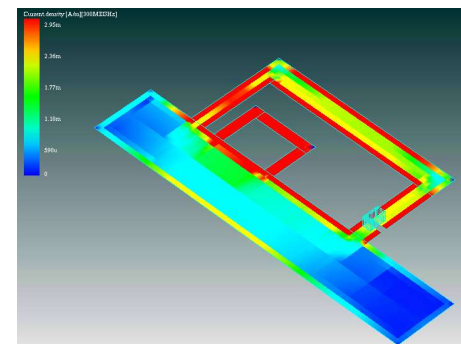
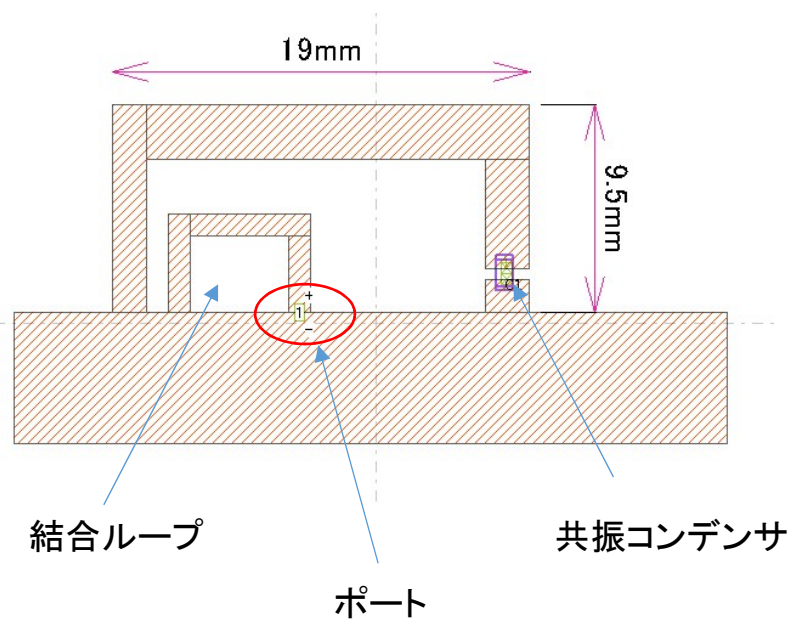
ガーバーファイルからアンテナ部分を切り取ったシミュレーションです



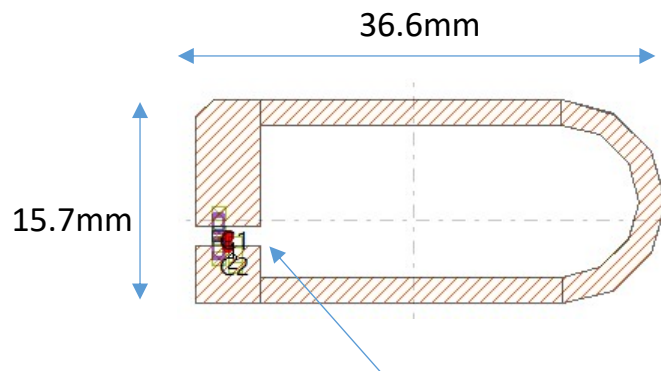
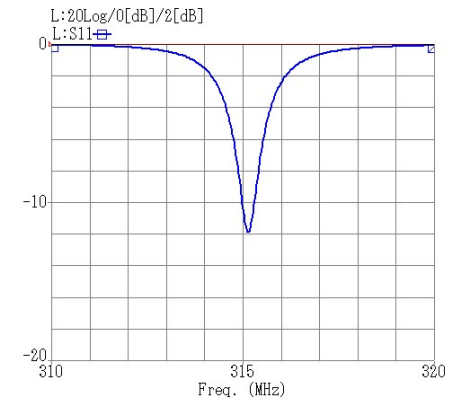
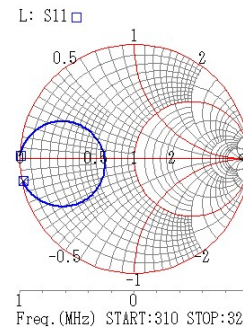
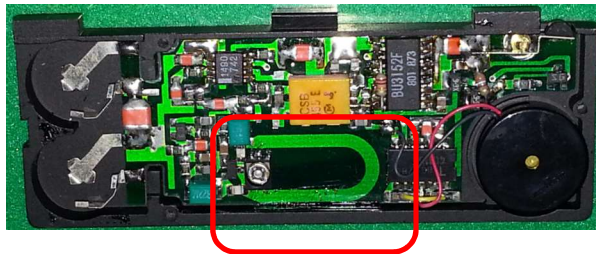
--- Far field analysis ---
 Frequency 2.4683G Hz
 Direction : th=90,phi=145
 Gd=1.82566[dBi]
 Ga=-7.76317[dBi]
 Efficiency=10.993[%]
 Axis ratio= 1:7.50804e-15

磁界型アンテナ例 (300MHz)

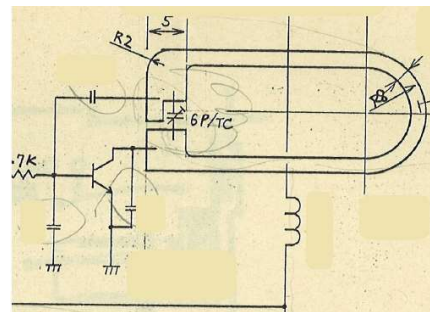
任意サイズで作成可能



小型機器への適用例



共振,整合回路



--- Far field analysis ---
 VSWR=1
 Direction : $\theta=90, \phi=180$
 $G_d=1.72737[\text{dBi}]$
 $G_a=-10.8688[\text{dBi}]$
Efficiency=5.50026[%]
 Axis ratio= 1: 1.53493e-14

入射波解析(電波放射による電力伝送:レクティナ)

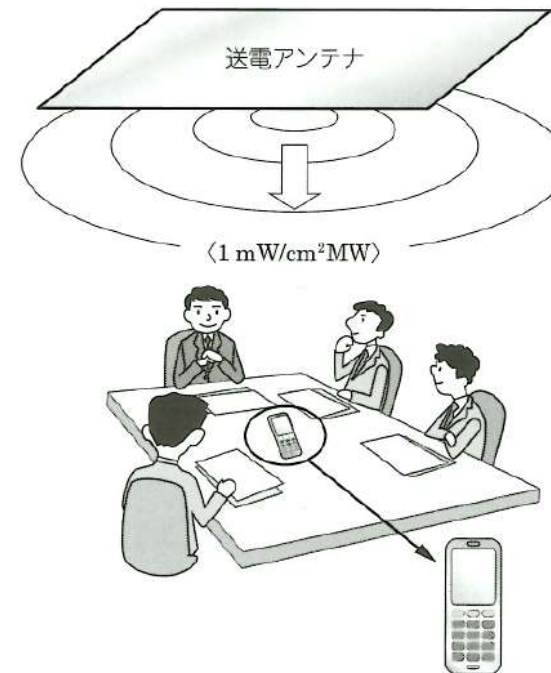
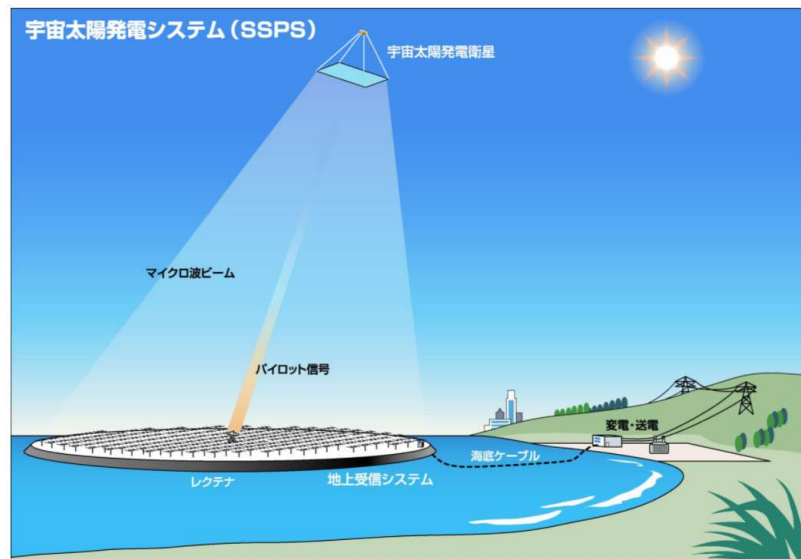


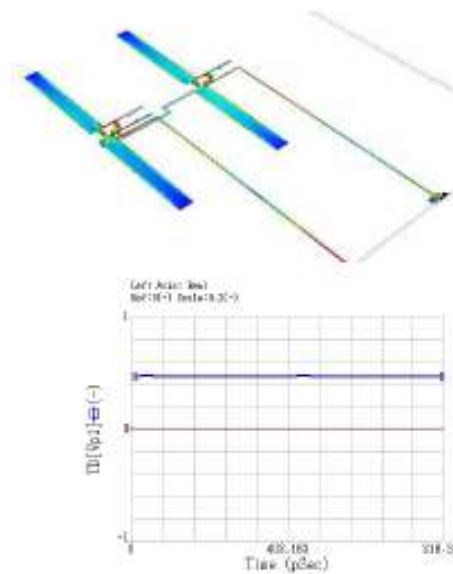
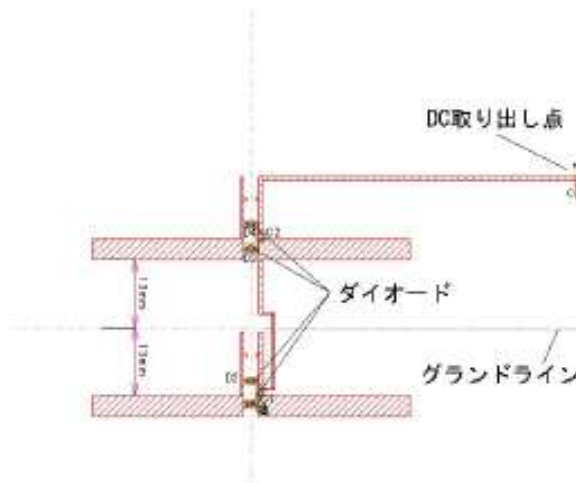
図 2.16 マイクロ波による 3 次元空間ワイヤレス給電のイメージ

- [1] 松木英敏, 高橋俊輔, “ワイヤレス給電技術がわかる本”, オーム社
- [2] 日刊工業新聞2015年11月13日「創刊100周年特別号」より

電波放射による電力伝送

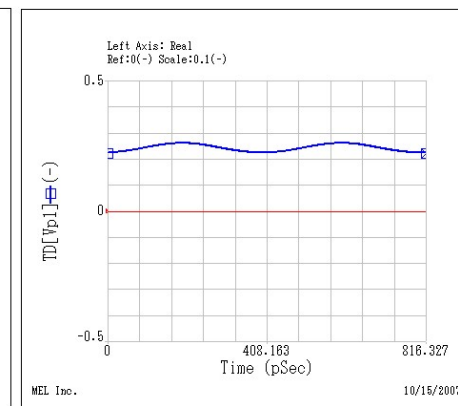
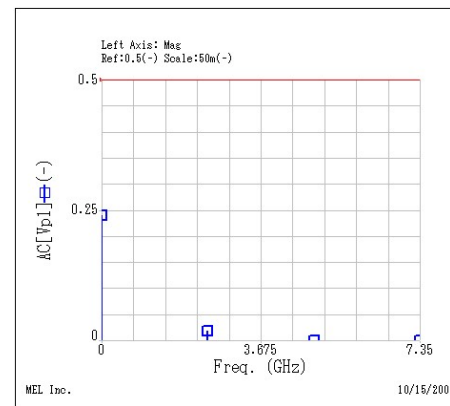
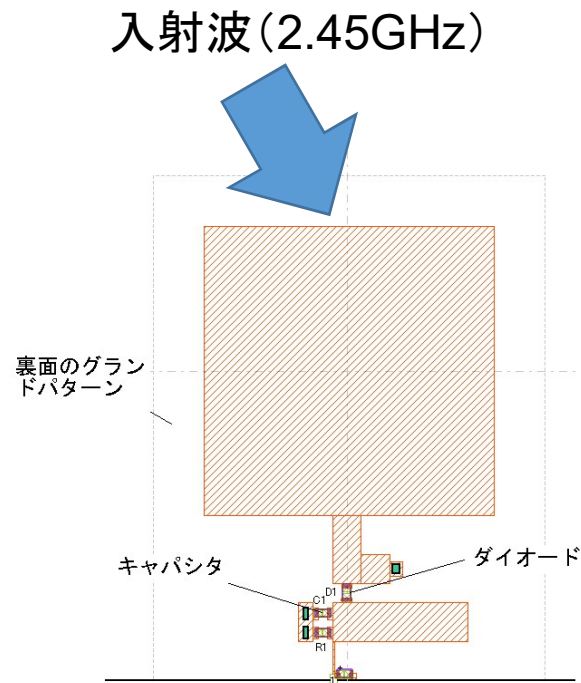
ダイポールレクティナアンテナ

ダイポールアンテナを2個使用したレクティナアンテナです。1アンテナあたりダイオードを2個用いて倍電圧検波回路を構成しています。解析条件としては、 $14\text{V/m}@2.45\text{GHz}$ の電界強度の電磁波が正面方向から到来している場合の特性を解析しています。ポート抵抗は $500\text{K}\Omega$ として開放電圧を見ています。約 460mV のDC成分が得られ、この値はモノポールアンテナ時のほぼ2倍の値になっています

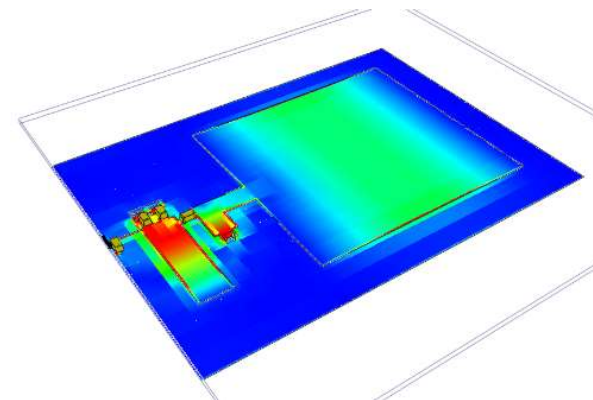


電波放射による電力伝送

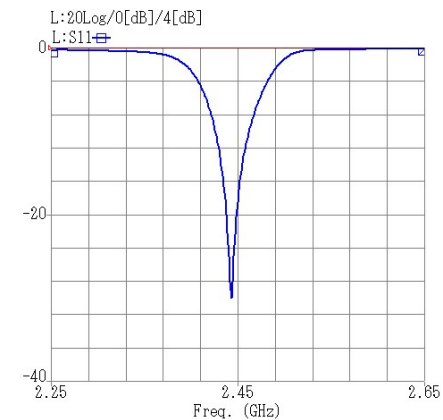
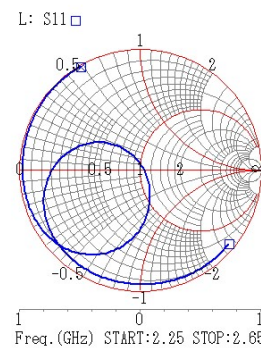
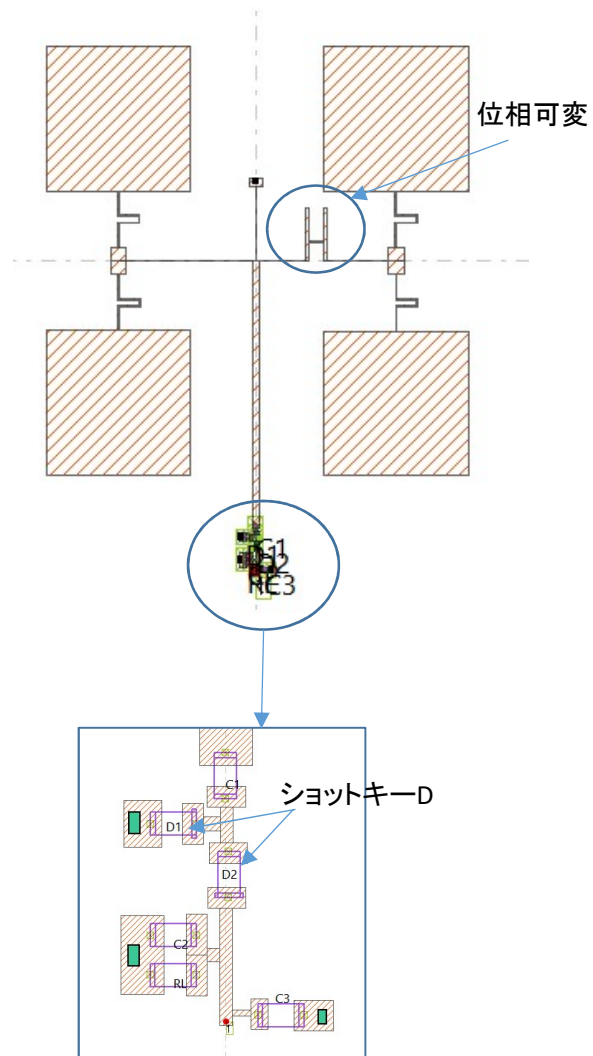
マイクロ波による電力伝送



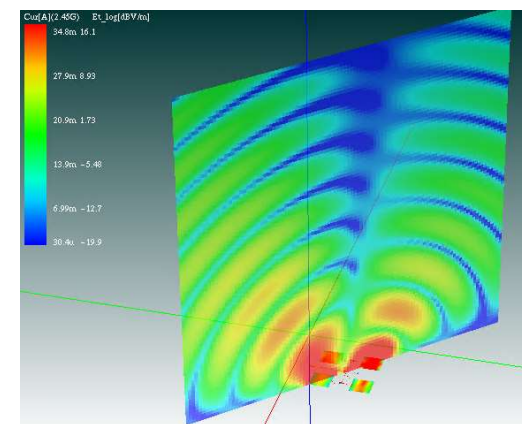
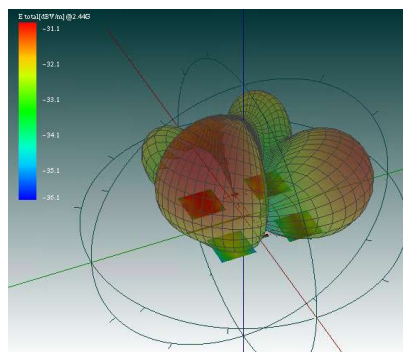
ポート端子でのスペクトルと波形 240mVのDC出力が出ている
 入射電界強度 : 14V/m (開放電圧)
 負荷抵抗 (ポート抵抗) : 500K Ω



左右のパッチの位相を変えた4アレイパッチ レクティナテスト



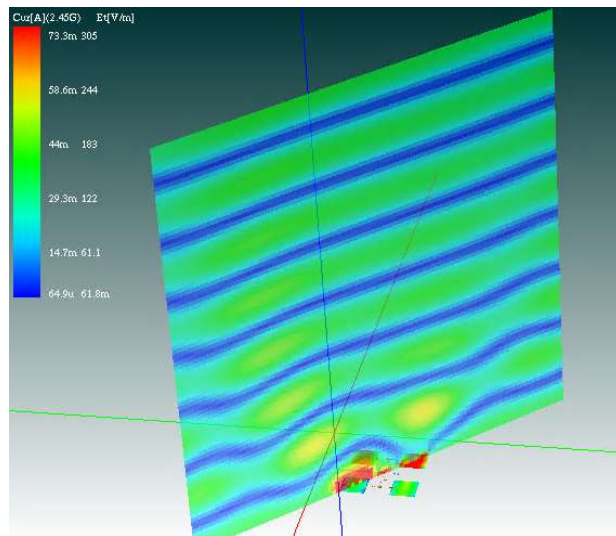
①アンテナのsパラ特性と放射特性



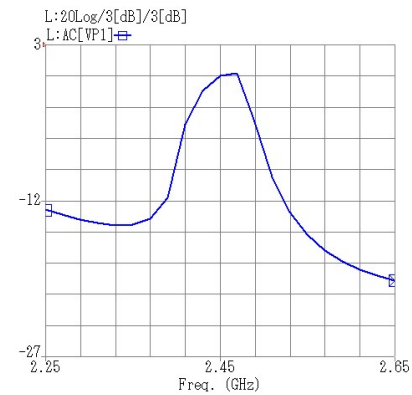
放射パターンと放射電界

②入射波特性とレクティナDC出力特性

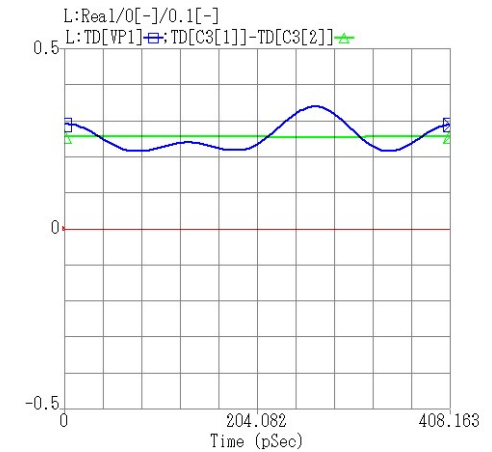
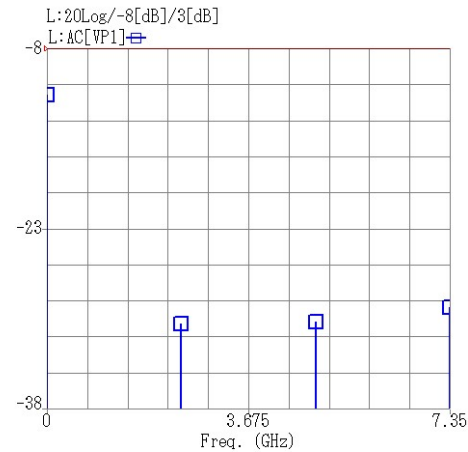
入射電界 : 2.45GHz 0dbm
 $\Theta=30$ 度 $\phi=-45$ 度



入射電界と散乱電界の様子



入射波をスイープしたときのポート誘起電圧



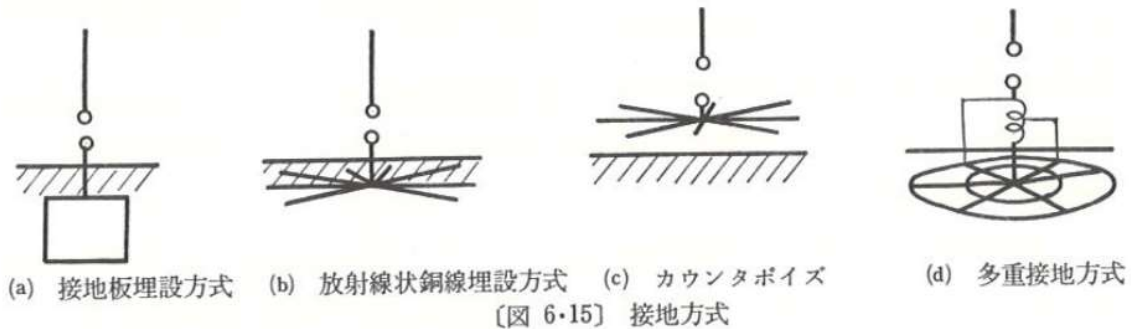
整流出力 左:スペクトル 右:ポート波形

接地型アンテナ 接地抵抗など

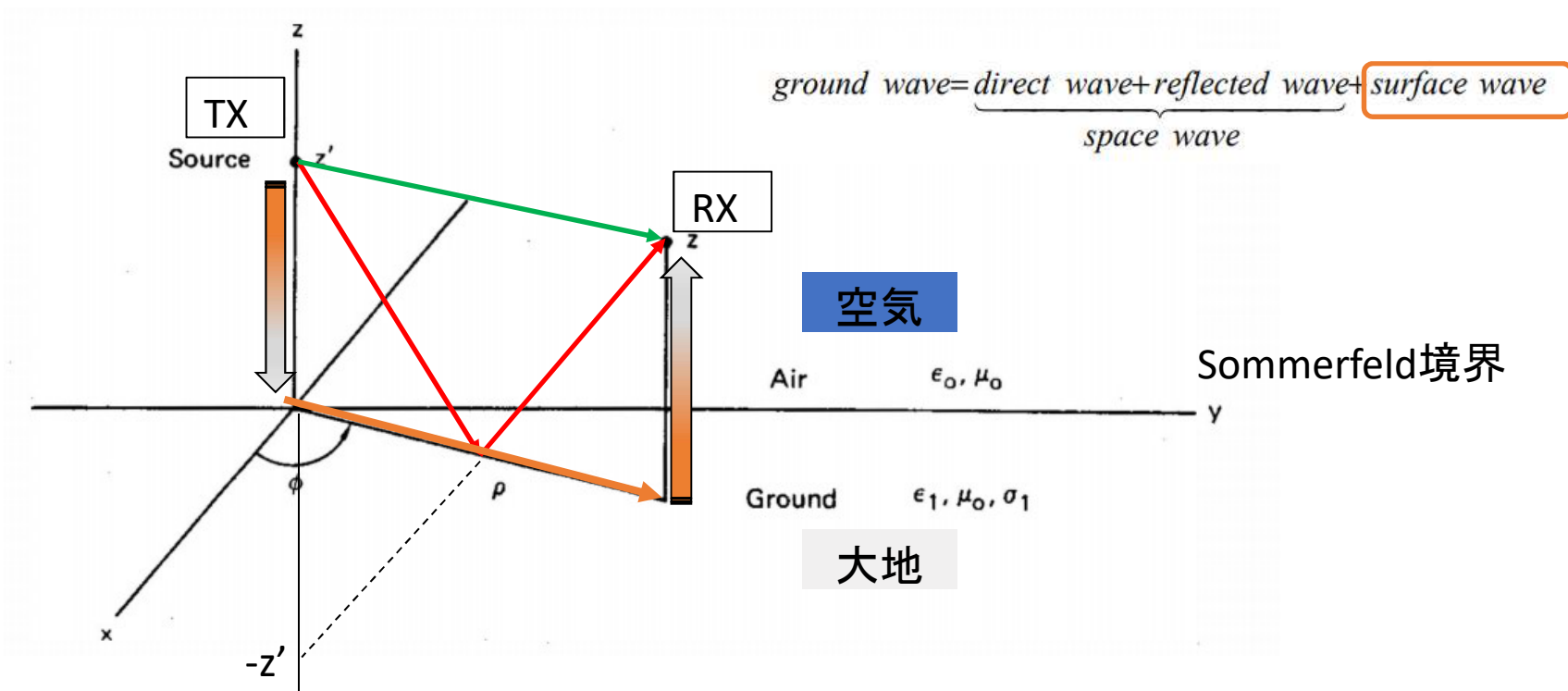
Verticalアンテナのアースの効果 カウンタポイズ/ 接地板/ 埋設

6.7 接地方式

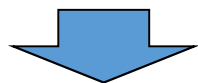
接地アンテナの損失の大部分は接地抵抗によって占められるから、アンテナの効率を高めるために、できるだけその値を小さくすることが必要である。接地の方法には図6.14に示すようないくつかの方法がある。



Ground Wave



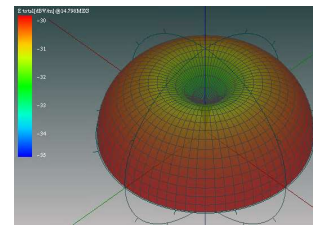
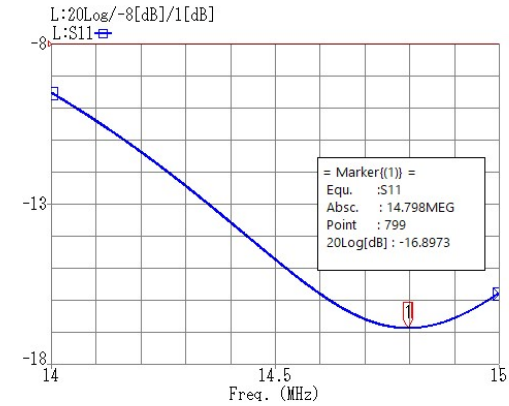
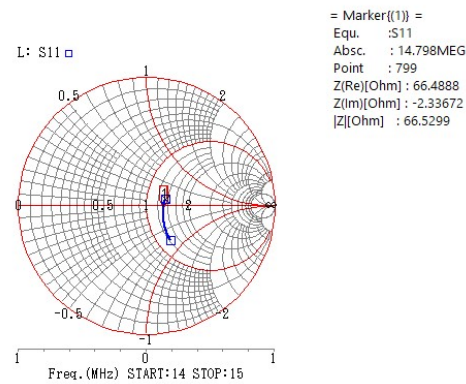
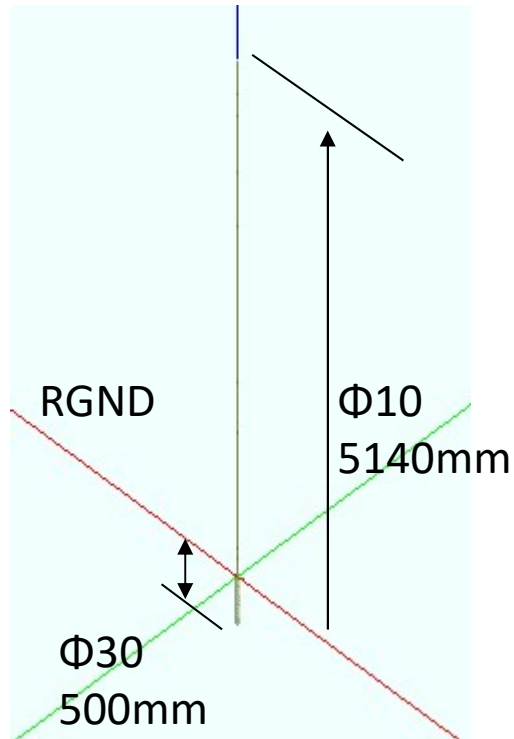
RXでの電界を求めるには
Sommerfeld 積分の計算の必要あり



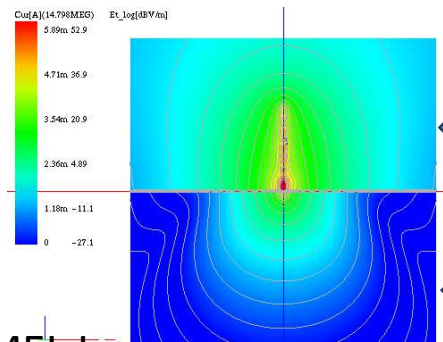
$$V_{22} = 2 \int_0^{\infty} \frac{\exp[-\gamma_2(z + z')] J_0(\lambda\rho) \lambda d\lambda}{k_1^2 \gamma_2 + k_2^2 \gamma_1}$$

(Surface wave)

14.5MHz Vertical ant.
 境界面: リアルグランド
 接地: アース棒



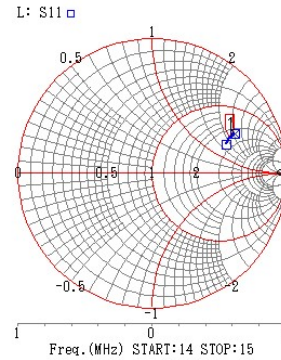
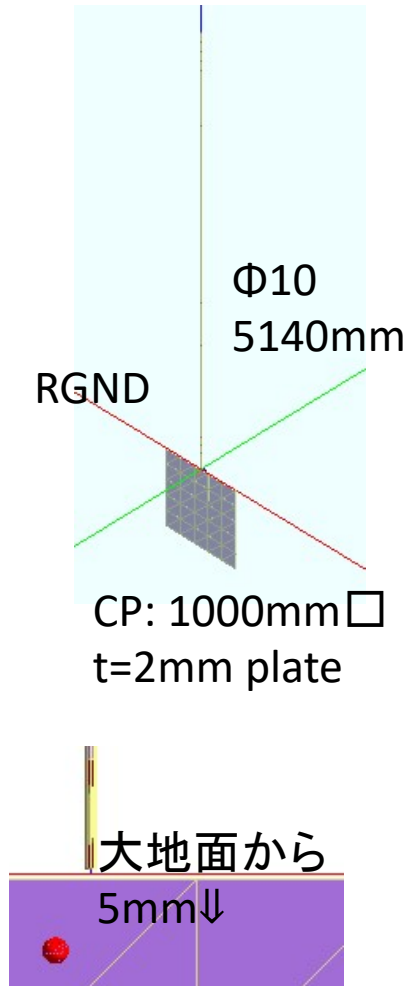
--- Far field analysis ---
 Frequency 14.798MEG Hz
 Direction : th=90, phi=275
 Gd=5.89089[dBi]
 Ga=3.95338[dBi]
Efficiency=64.0102[%]
 Axis ratio= 1: 5.05675e-16



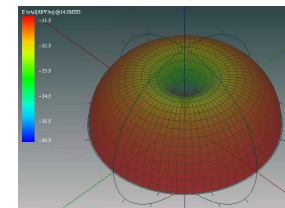
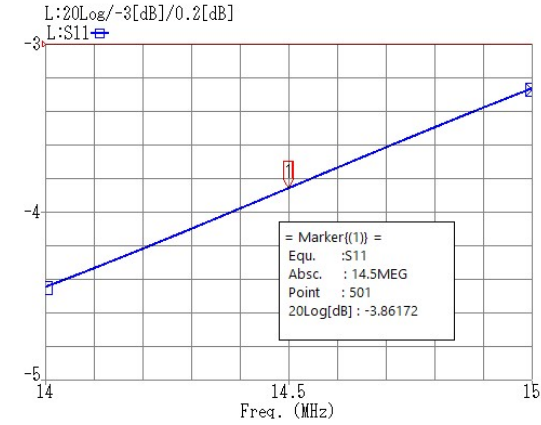
← 空間の電界分布

← 地中の電界分布

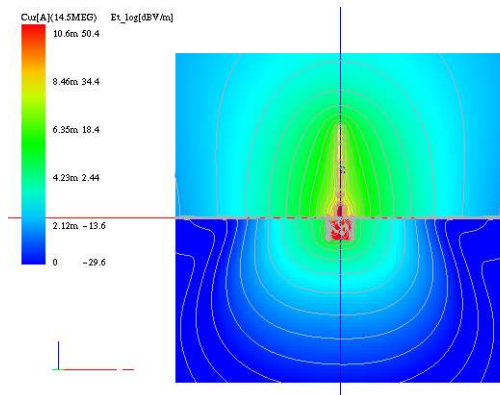
14.5MHz Vertical ant.
境界: リアルグランド
接地: 1m◇プレート(1枚 埋設)



= Marker(1) =
Equ. :S11
Absc. : 14.5MEG
Point : 501
Z(Re)[Ohm]: 123.852
Z(Im)[Ohm]: 108.764
Z[Ohm] : 164.83



--- Far field analysis ---
Frequency 14.5MEG Hz
Direction : th=90,phi=90
Gd=5.76148[dBi]
Ga=2.47701[dBi]
Efficiency=46.9411[%]
Axis ratio= 1: 7.1041e-16

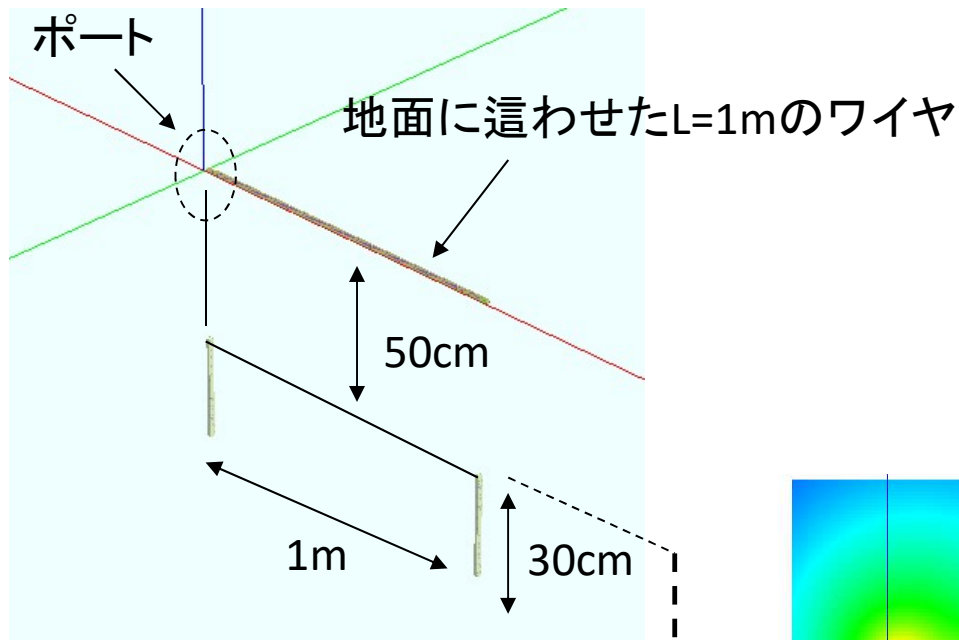


← 空間の電界分布

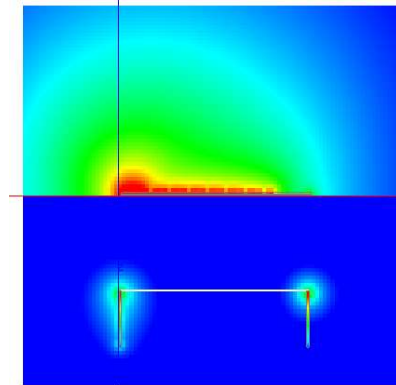
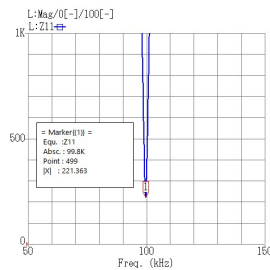
← 地中の電界分布

接地抵抗のシミュレーション

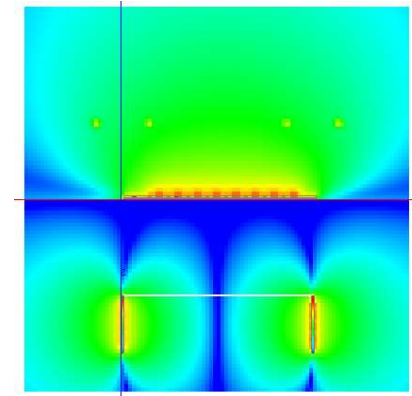
100kHzでポートに直列のLを入れて共振点でのインピーダンスを測る



本数	接地抵抗[Ω]
1	314
2	221
3	189



電界分布
@100kHz

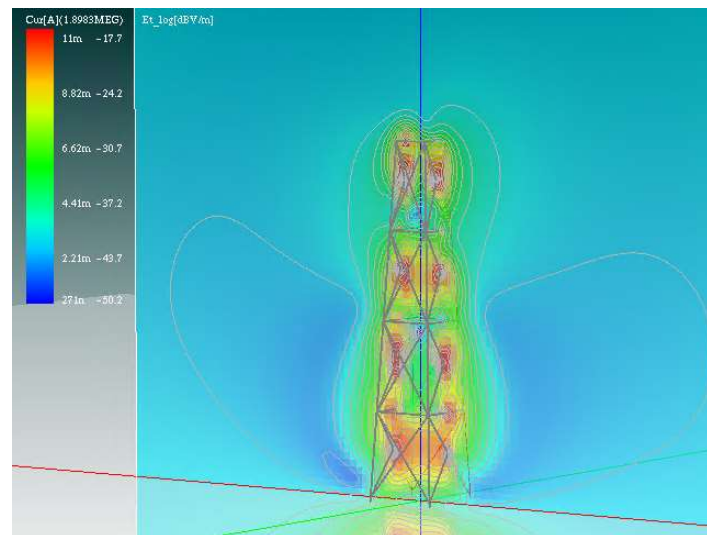
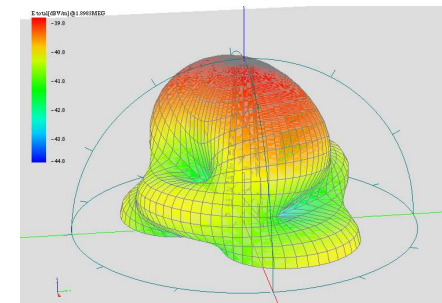
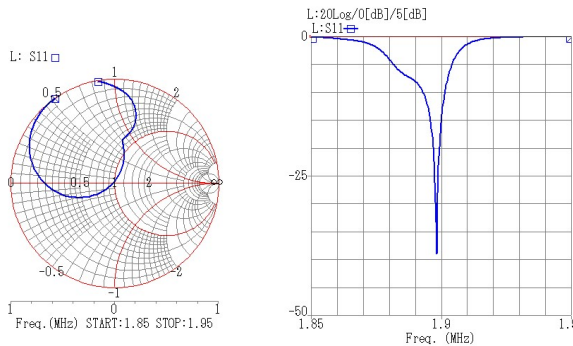
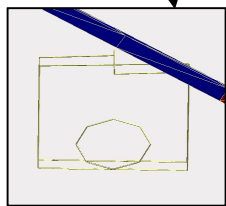
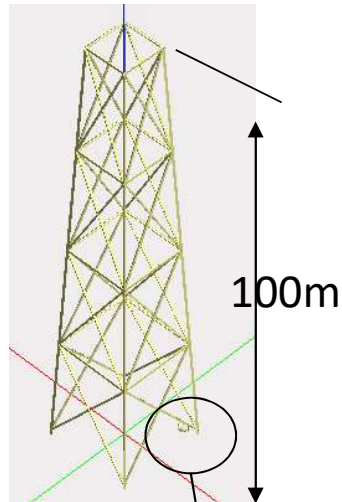


磁界分布
@100kHz

その他

鉄塔ドライブ

高さ100mの鉄塔に1.9MHzを乗せる



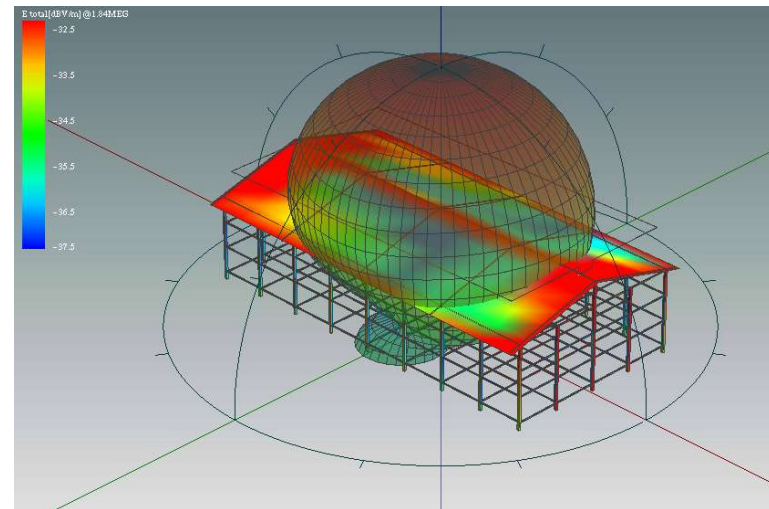
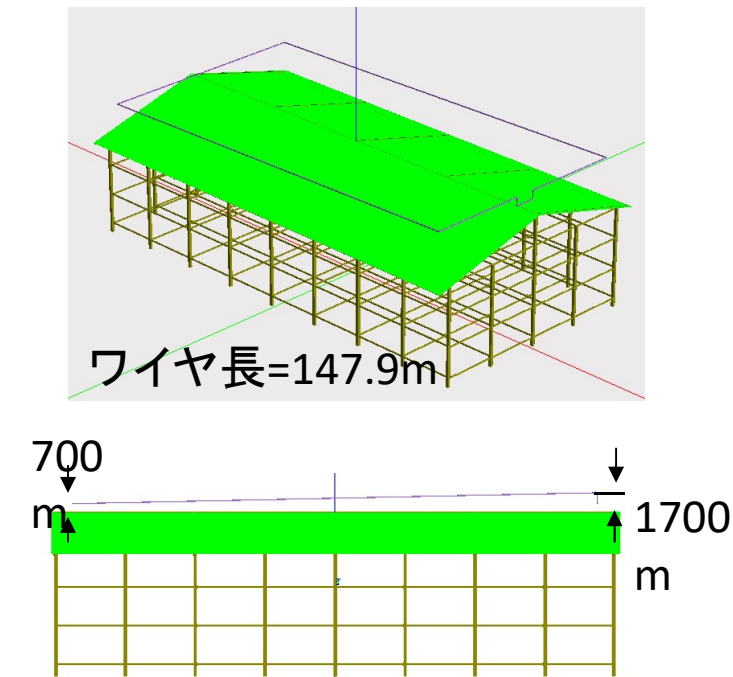
電界分布@1.9MHz

--- Far field analysis ---
 VSWR=1.01861
 Direction : th=10,phi=215
 Gd=9.36457[dBi]
 Ga=-5.77655[dBi]
Efficiency=3.06118[%]
 Axis ratio= 1: 0.00564178

MLA 単体特性	
境界条件	η[%]
FREE	2.046
PEC(50cmh)	3.462

建物を含んだLOOPアンテナ特性

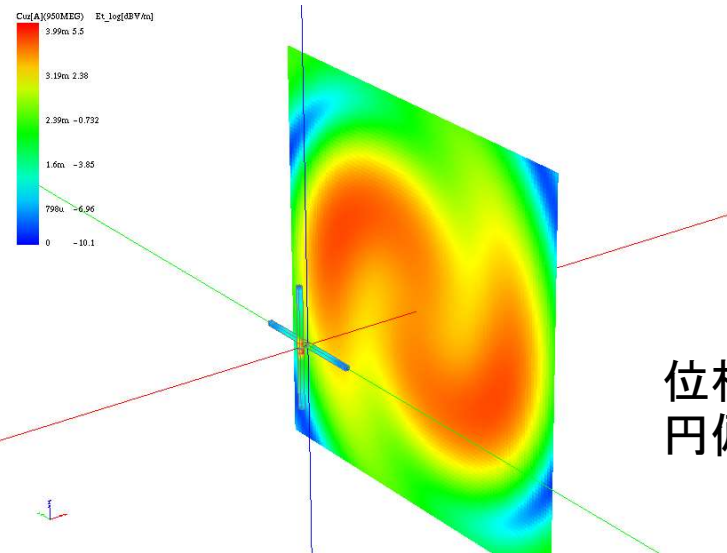
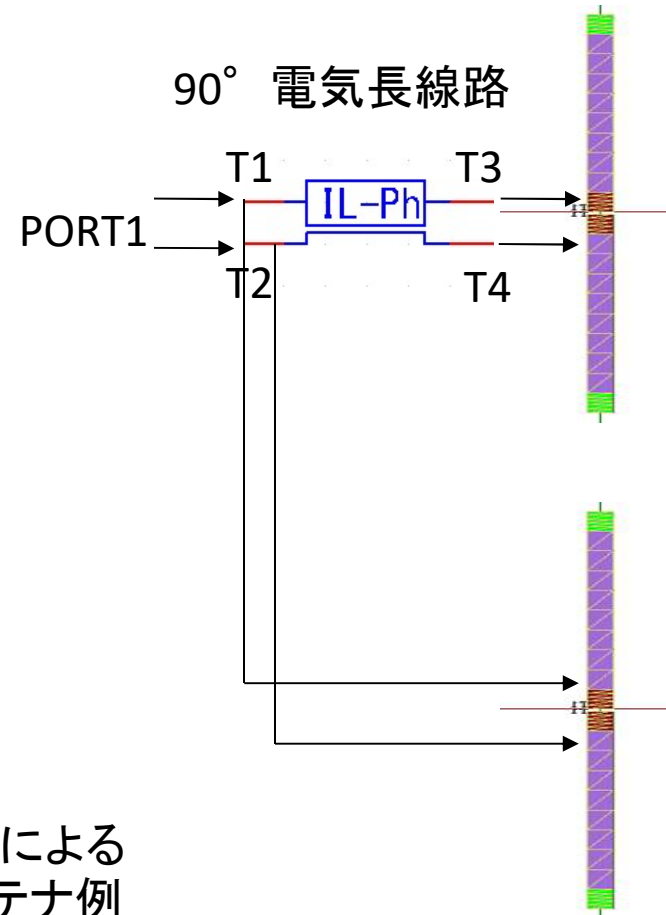
倉庫の屋上に敷設した1.8MHzのLOOPアンテナ
倉庫を含めて解析を行う



@1.84MHz
--- Far field analysis ---
VSWR=1.00177
Direction : th=0,phi=220
Gd=9.75979[dBi]
Ga=1.49947[dBi]
Efficiency=14.9269[%]
Axis ratio= 1: 0.00260305

各種回路素子の組み込み

ポートとアンテナ間に各種の回路素子を挿入することが可能。例えば、 90° の位相差を付けたい場合は、右図のように伝送線路を組み込みます。クロスダイポールに 90° 位相差を加えて励振することで、 \downarrow 図のように理論的な円偏波アンテナを構築できます



シールドパイプのノイズ抑圧効果シミュレーション MEL Microwave & Electronics Laboratory

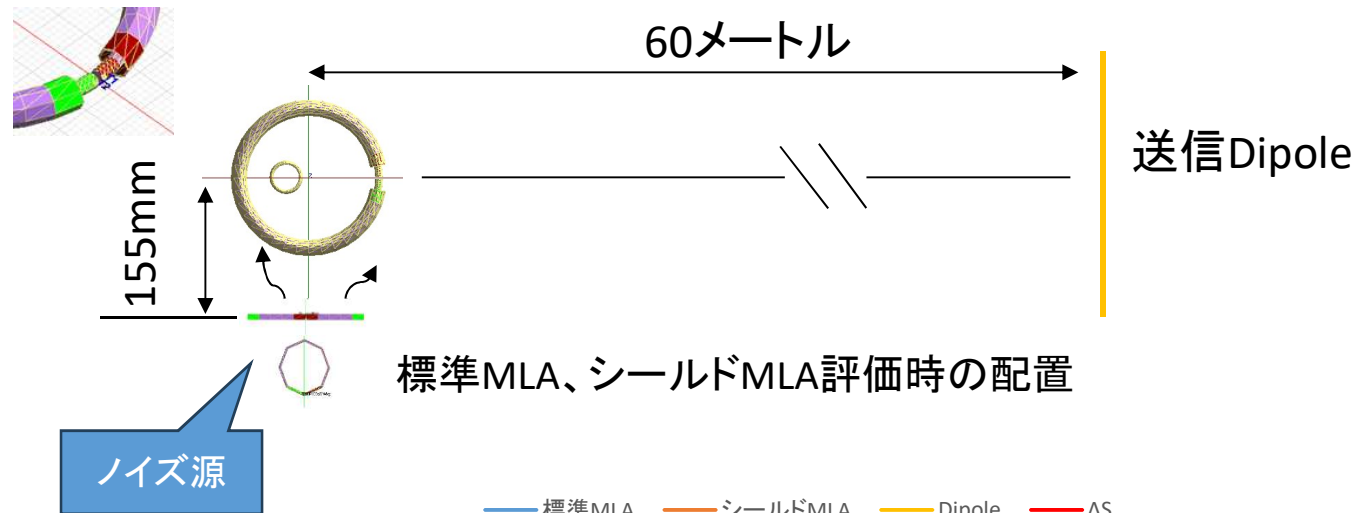
シールドループを被せたループアンテナで、近傍からのノイズがどれだけ抑圧できるかを調べます。信号は60m離れたダイポールから送信しています

【電界ノイズ源】

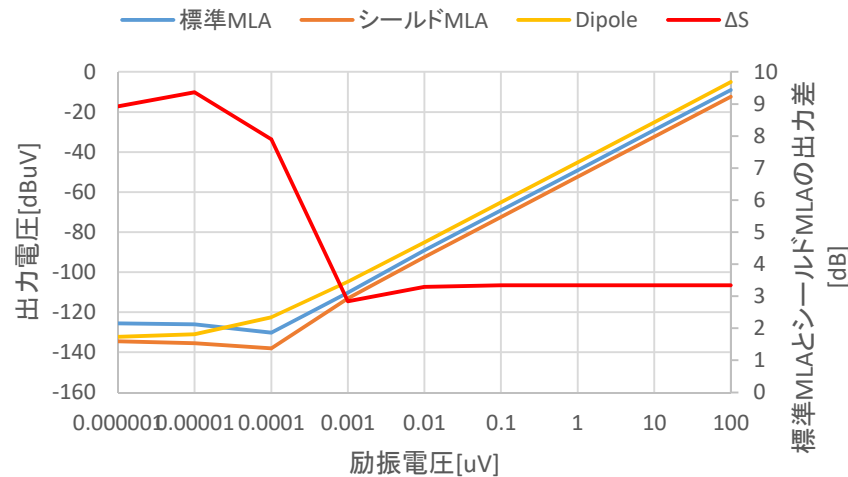
0.5mm□ 5mm×2
微小ダイポール

【磁界ノイズ源】

0.5mm□ D=10mm
8角形ループ



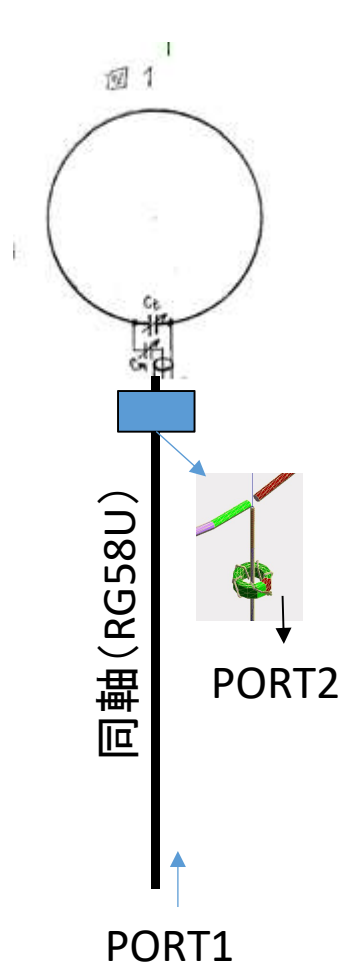
・電界ノイズ(偏波面//)時ノイズ電圧の差は約8.9dB、信号受信時の差は3.4dBなので、シールドMLAのノイズ抑圧効果は、電界ノイズに対して約5.5dBあることがわかる。ちなみに磁界ノイズに対しては抑圧効果は殆どない



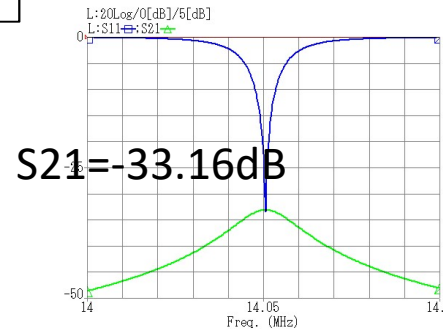
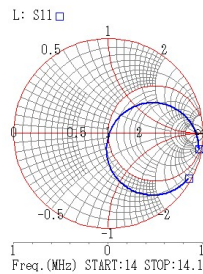
Dipole(Port1)に励振した場合の出力レベル

コモンモードと同軸からの放射シミュレーション

パターンソーループ(不平衡整合)



同軸 0.5m



--- Far field analysis ---

VSWR=1.07215

Direction : th=90,phi=185

Srm=8.85729e-05[W]

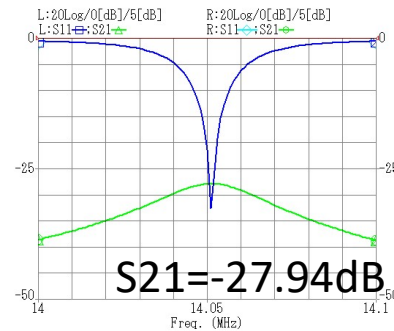
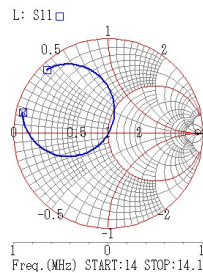
Gd=1.72697[dBi]

Ga=-6.52986[dBi]

Efficiency=14.9389[%]

Axis ratio= 1: 5.80304e-07

同軸 5m



--- Far field analysis ---

VSWR=1.1004

Direction : th=90,phi=95

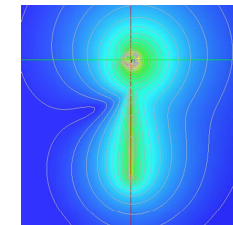
Srm=0.000188897[W]

Gd=2.16885[dBi]

Ga=-3.24527[dBi]

Efficiency=28.7467[%]

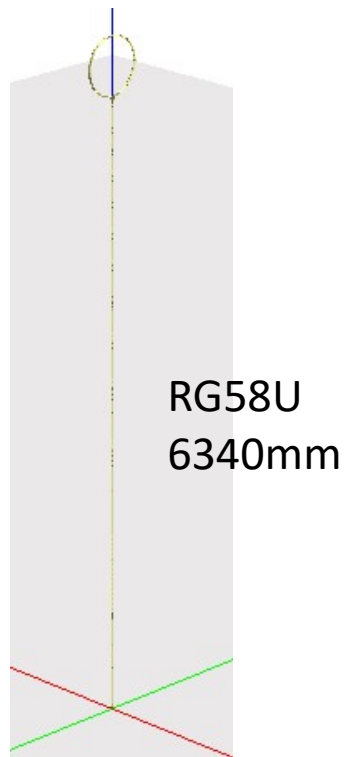
Axis ratio= 1: 2.08071e-07



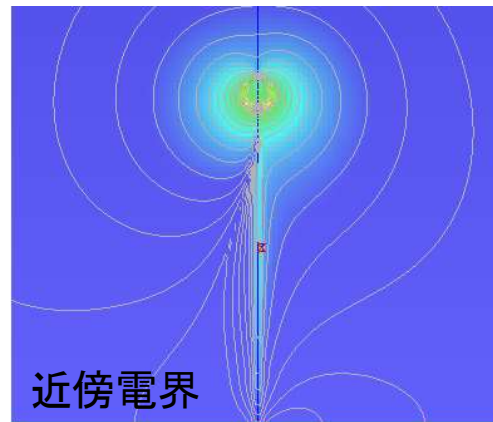
近傍電界

同軸の長さを5mにするとコモンモードレベルが大きくなるが、放射効率上がる。これは同軸からの放射分が加算されていると言える

シュツベルトップ(阻止外管)の挿入特性

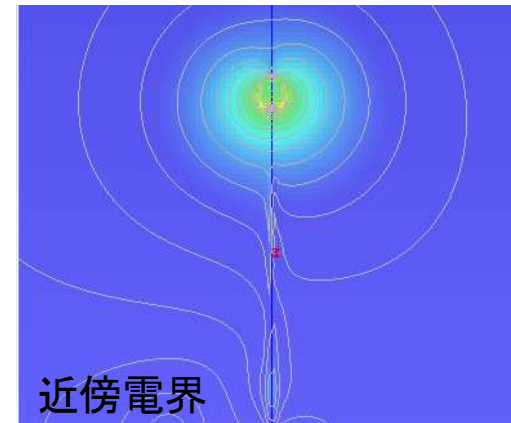


阻止外管なし



--- Far field analysis ---
 VSWR=1.1119
 Direction : th=90,phi=90
 Srm=0.000302405[W]
 Gd=8.1812[dBi]
 Ga=-1.20389[dBi]
 Efficiency=11.521[%]
 Axis ratio= 1: 1.65341e-15

阻止外管あり



--- Far field analysis ---
 VSWR=1.11308
 Direction : th=90,phi=90
 Srm=0.000300376[W]
 Gd=8.16294[dBi]
 Ga=-1.23336[dBi]
 Efficiency=11.4913[%]
 Axis ratio= 1: 1.66458e-15

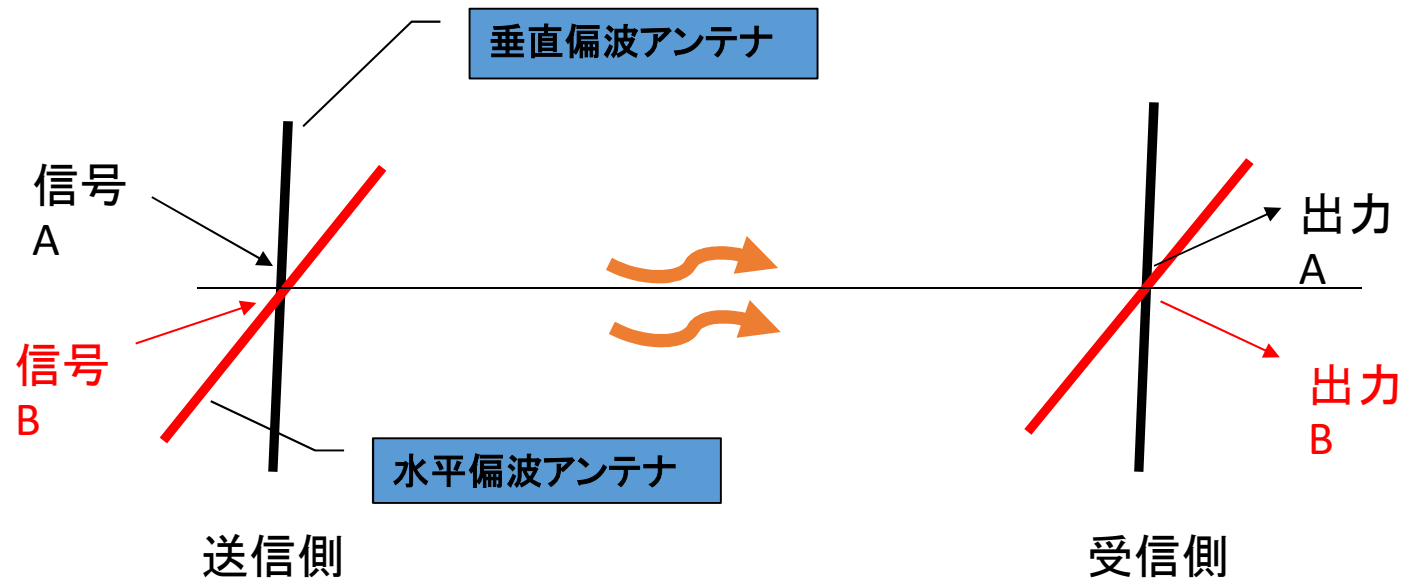
阻止外管を挿入すると同軸周りの電界レベルが下がっていることがわかる

伝搬解析

空間多重伝送サンプル OAM (Orbital Angular Momentum)

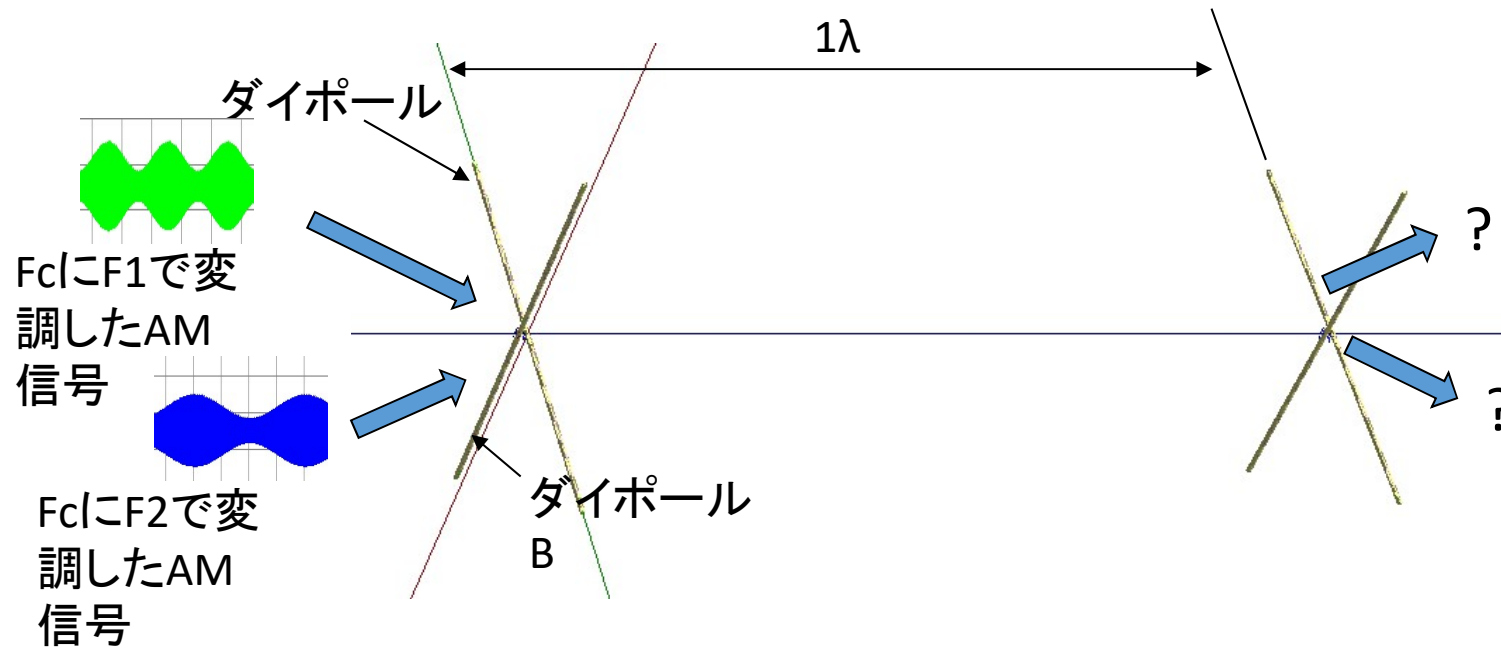
空間多重伝送の解析は空間を離散化する方式ではシミュレーションが難しいと言われますが、モーメント法は境界要素ですので、このようなシミュレーションも容易に行うことができます

偏波多重方式



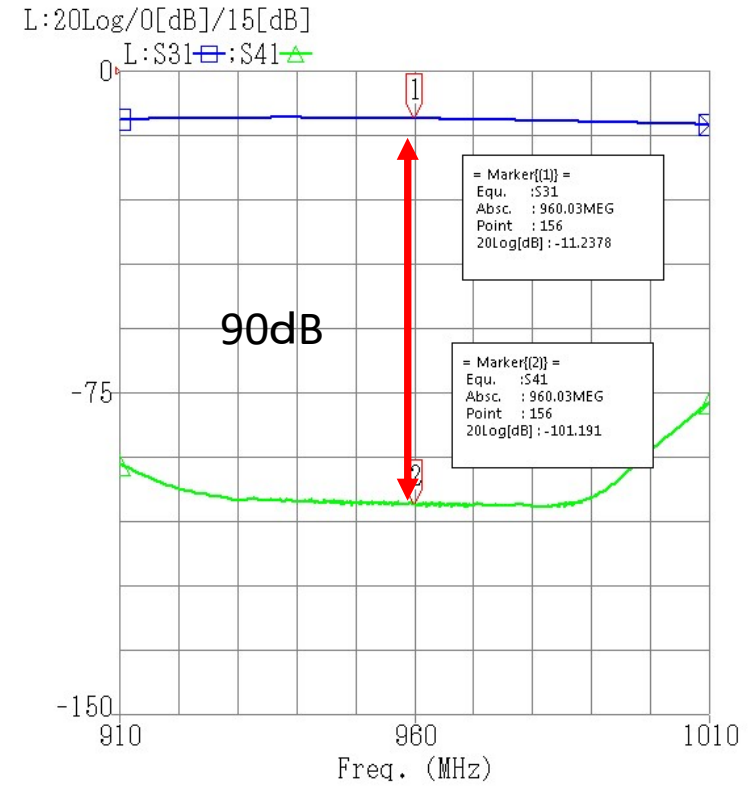
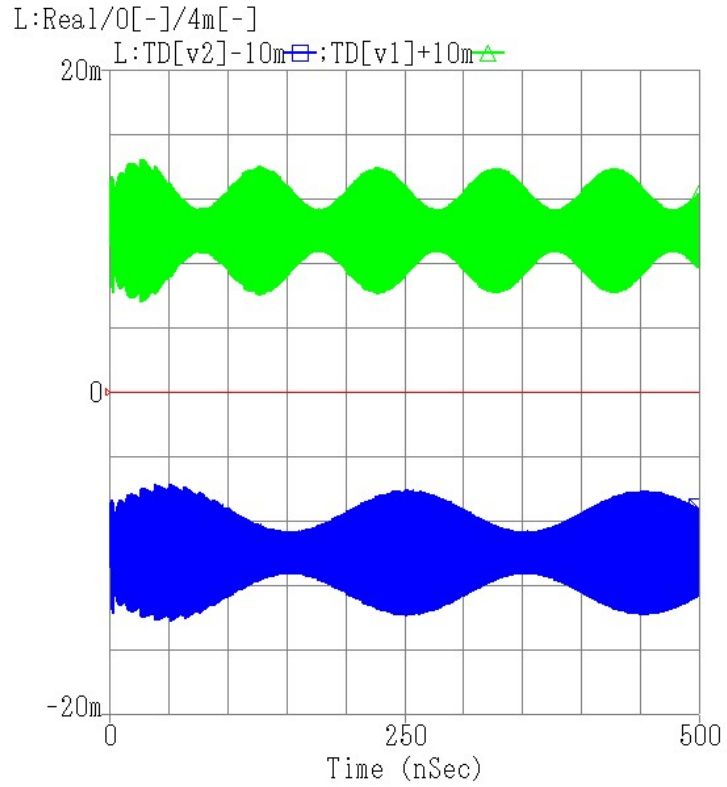
偏波面の異なるアンテナを用いると互いに干渉しないので、
信号Aと信号Bが同じ周波数でも通信が可能。

偏波多重のシミュレーション



搬送周波数が同じで、変調周波数の異なる2つの信号をそれぞれのアンテナに入れた時、出力はどうなる？

受信レベルと出力波形

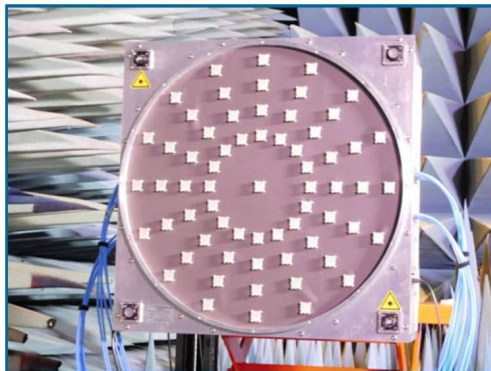


2つの信号は干渉して
いない

OAM (Orbital Angular Momentum)

OAMは日本語で「軌道角運動量」。進行方向に対して螺旋(らせん)形状になる電波の“回転度合い”を示す。回転度合いの異なる電波は互いに交わらず、平行して進む特徴があるため、複数の電波を重ね合わせて通信容量を増やすOAM多重の研究が各所で進められている。

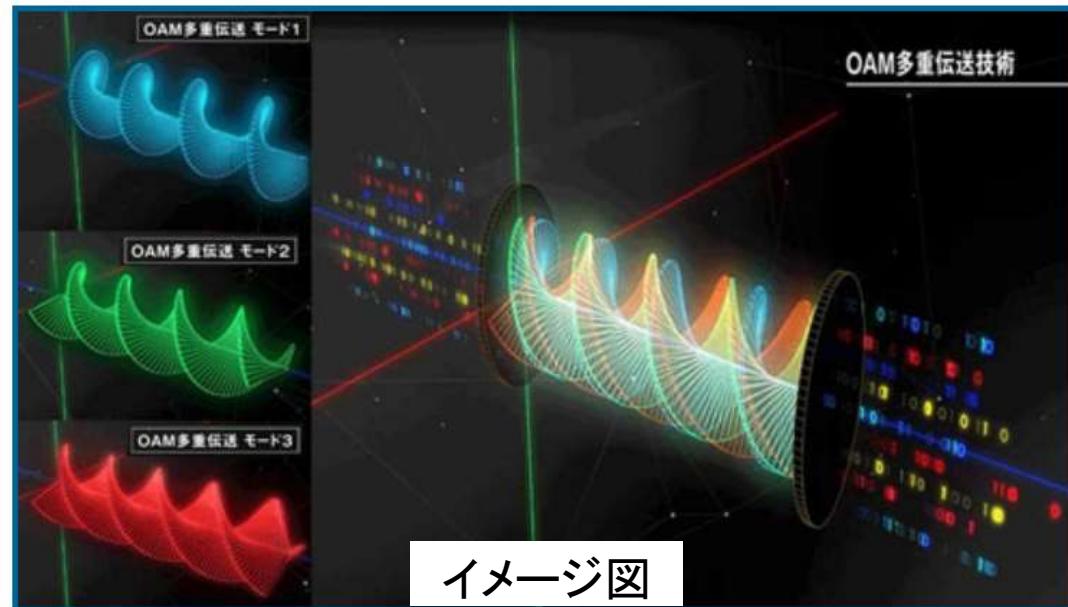
(IT media NEWSより引用)



NTTが試作した送受信装置

OAM用のアンテナ

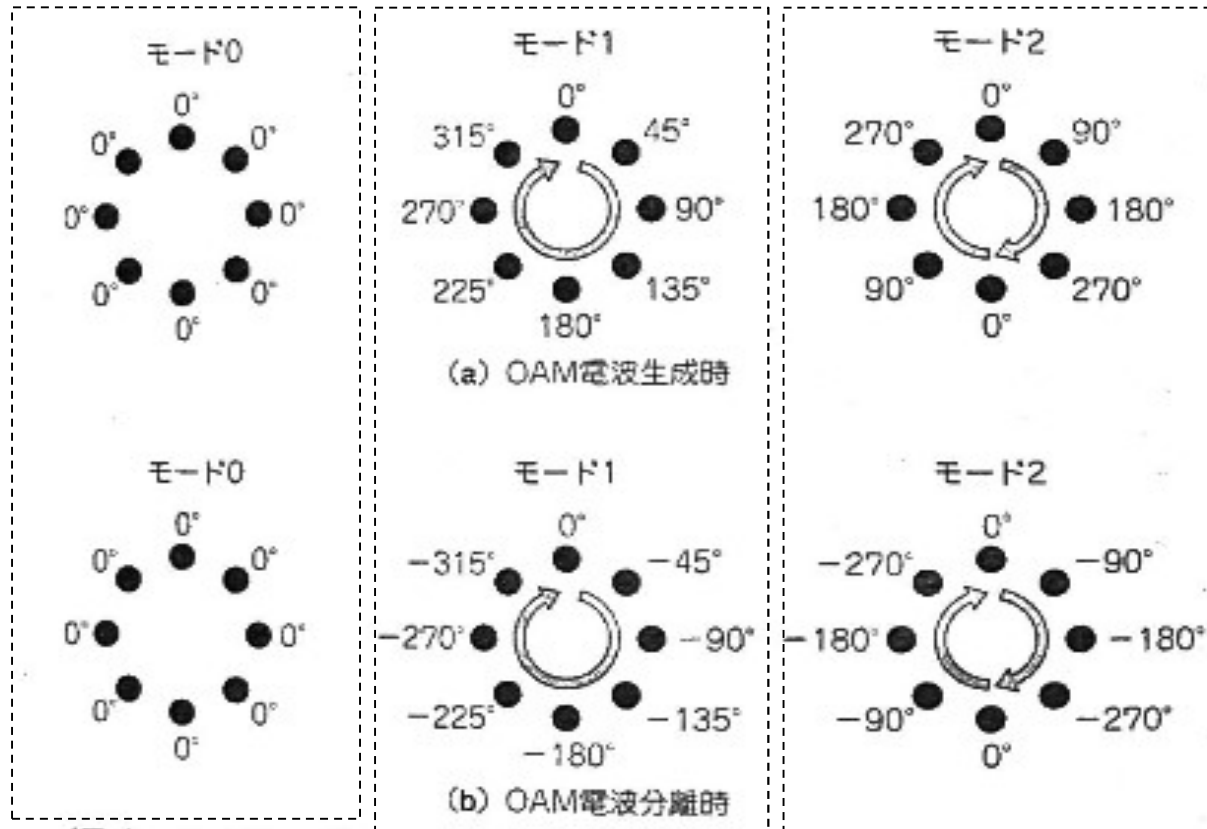
UCA (uniform circular array)



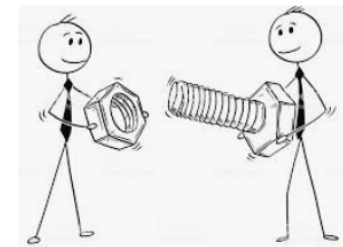
OAM多重の原理

参考資料: IT media News

OAMの位相シフト図

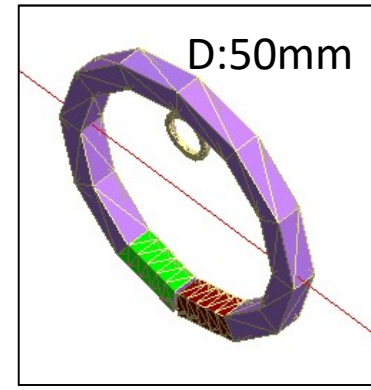
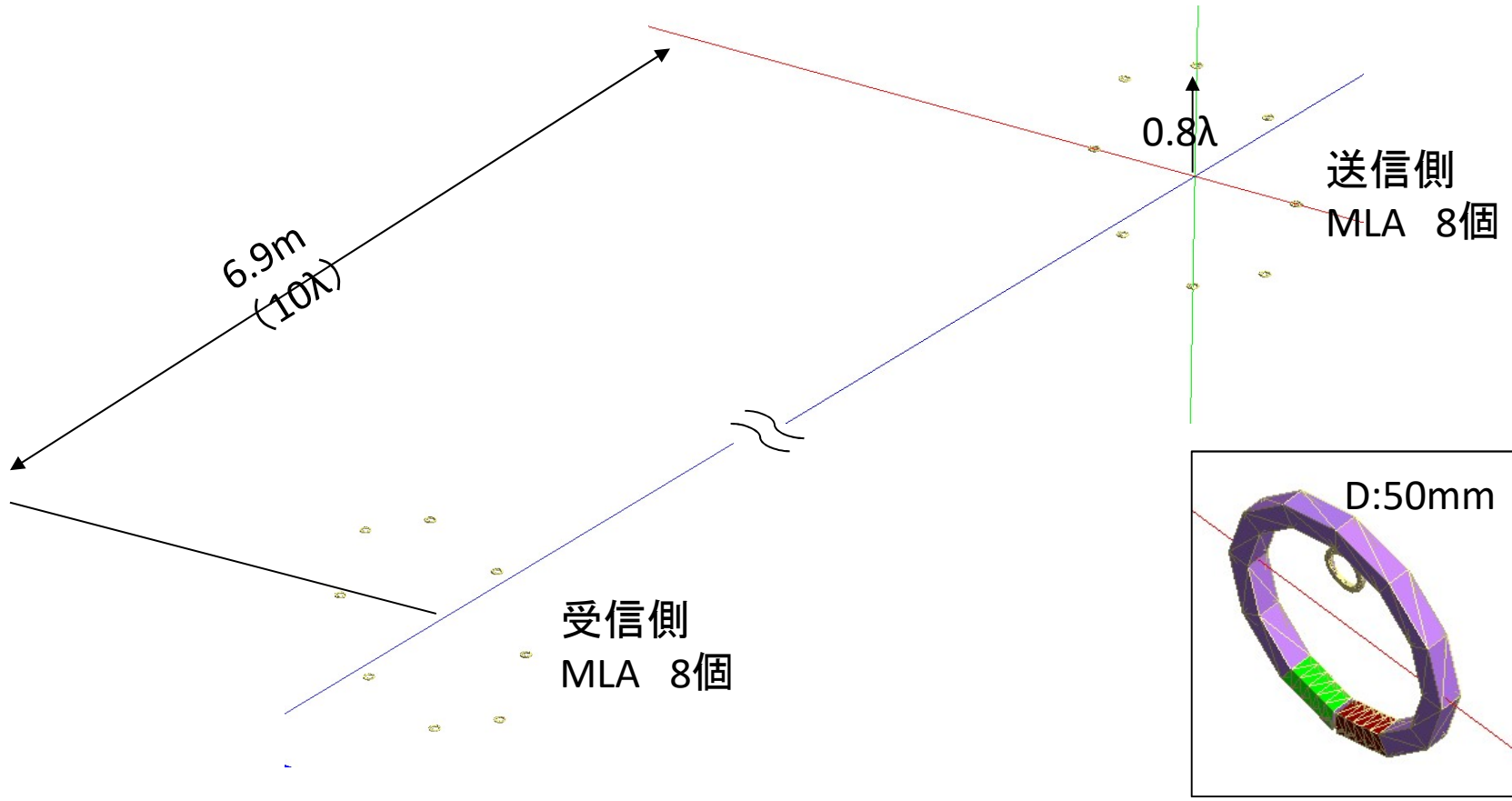


(図4) 一つのUCAを使って異なるOAMモードをもつ電波を生成/分離する時の各アンテナ素子に与える位相シフト量



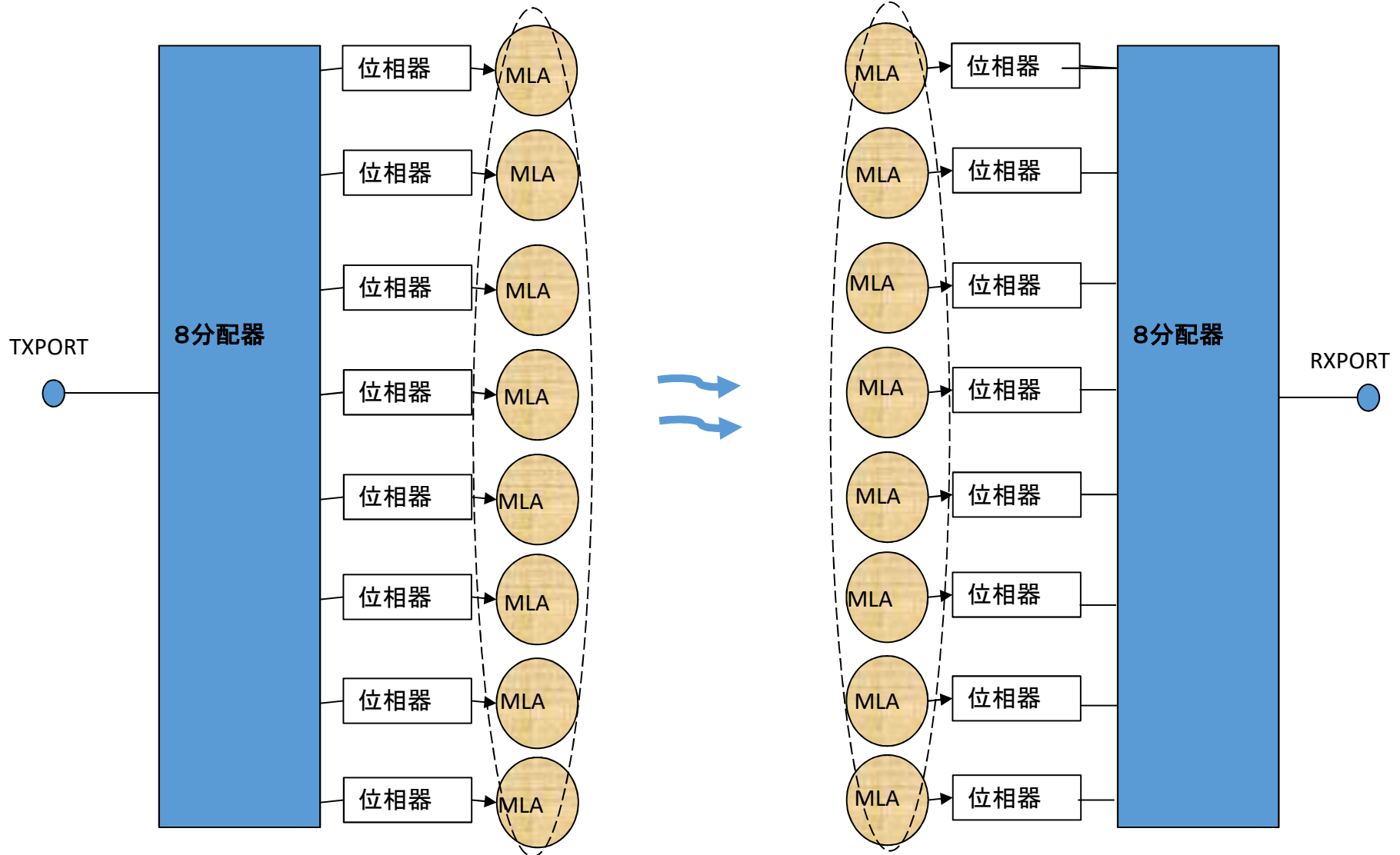
参考文献: RFワールド No.47

OAMのシミュレーション図

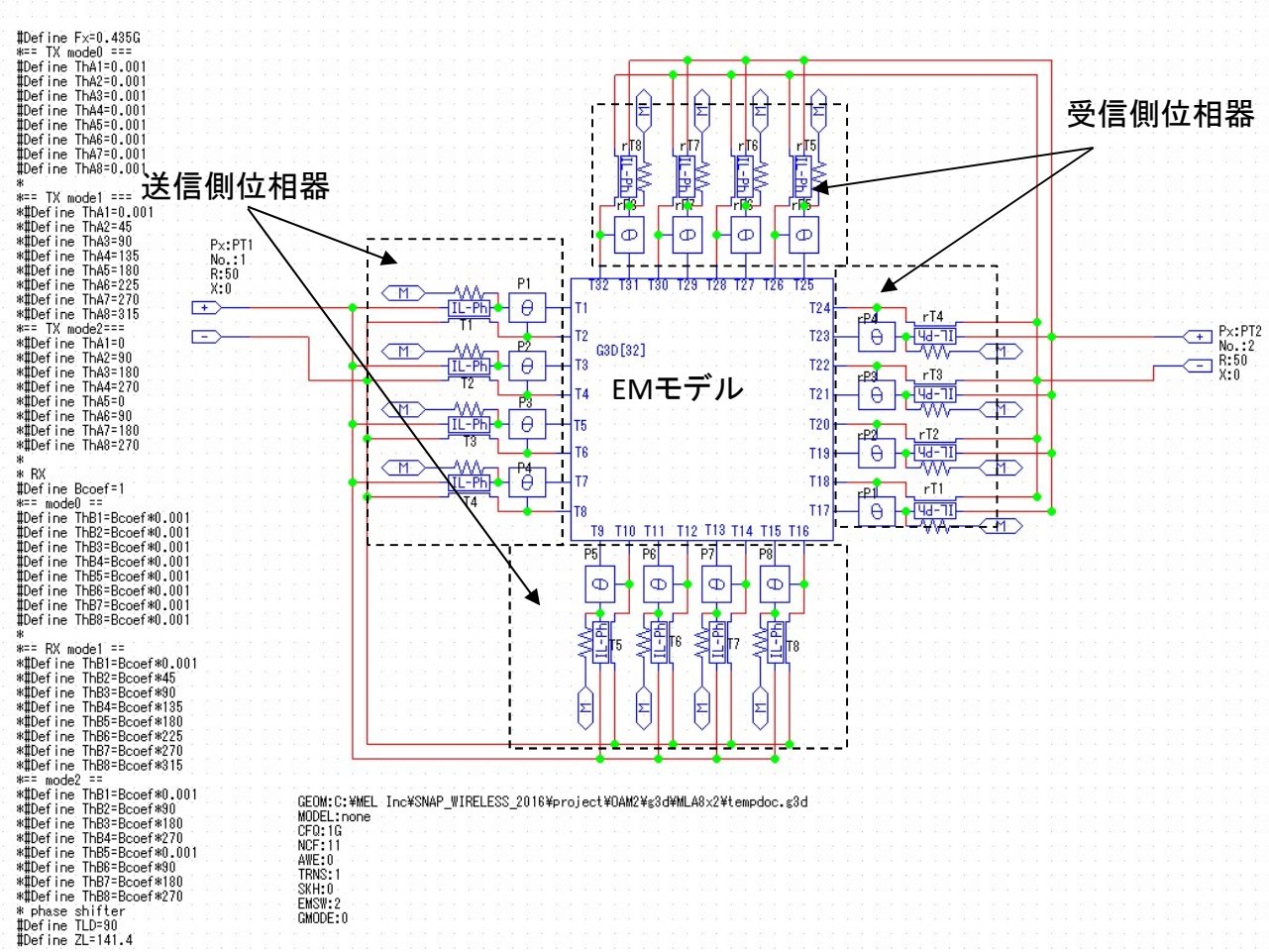


435MHz MLA

OAMのシミュレーション図 位相器と8分配器



OAMのシミュレーション図 位相器と8分配器



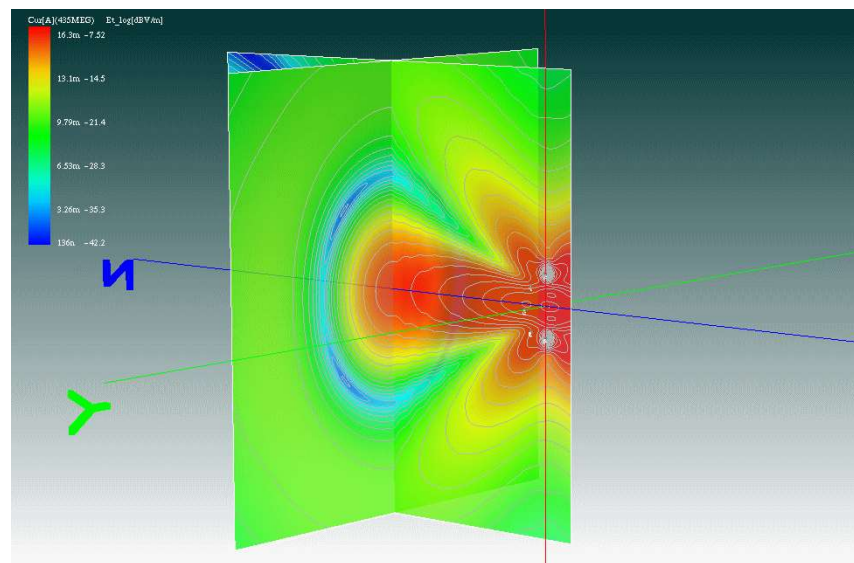
モード切替時の受信レベル

単位: dB

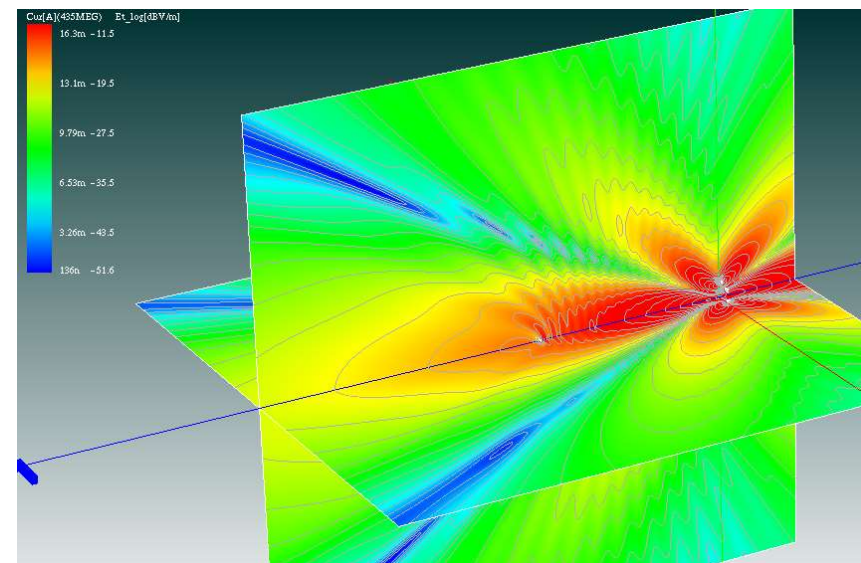
送信モード		Mode 0	Mode 1
受信	Mode 0	-22.43	-110.20
	Mode -1	-110.04	-34.98

435MHz 8MLAアレイ 0次ベッセルビームアンテナ

利得: 7.91dB (対ダイ
ポール比)

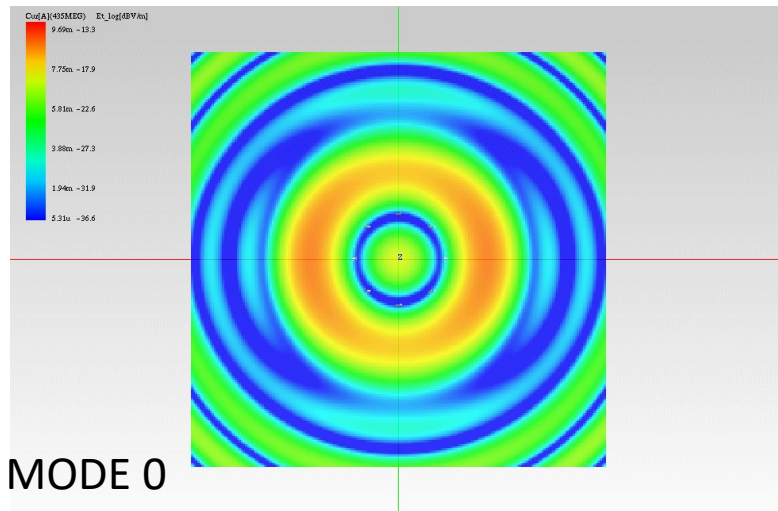


XY面 XZ面 電界分布

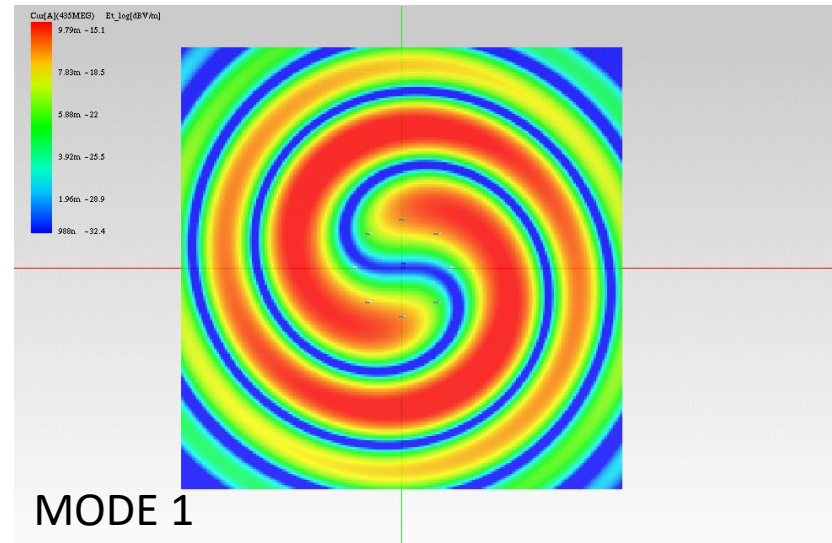


表示エリア: 20×20m 電界分布

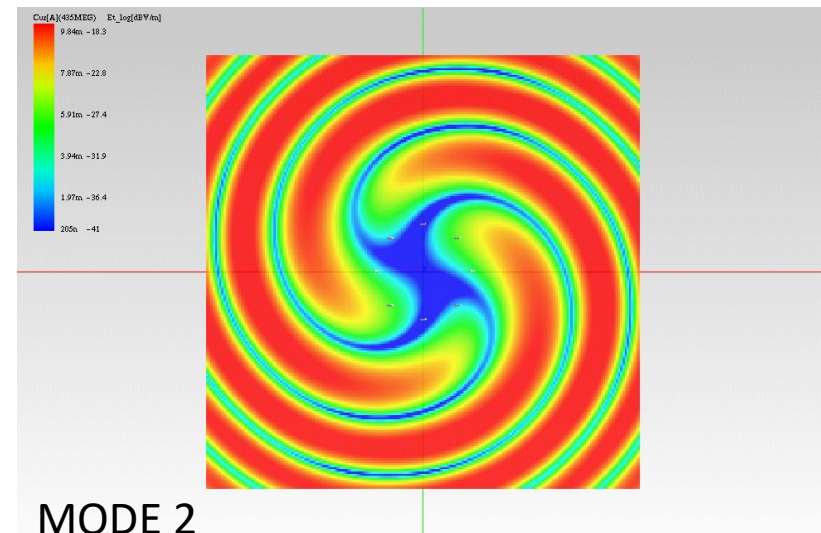
断面電界分布



MODE 0

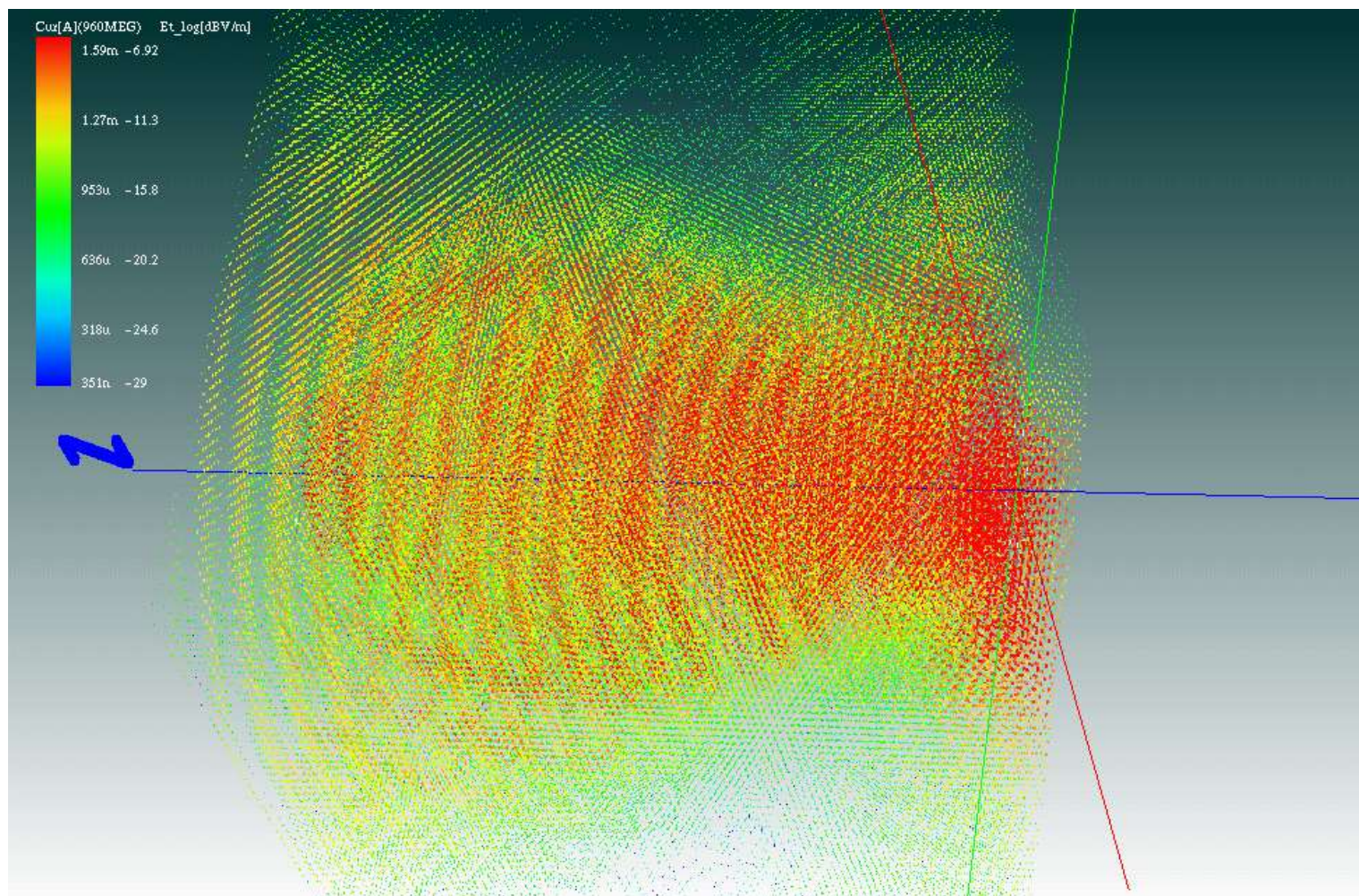


MODE 1



MODE 2

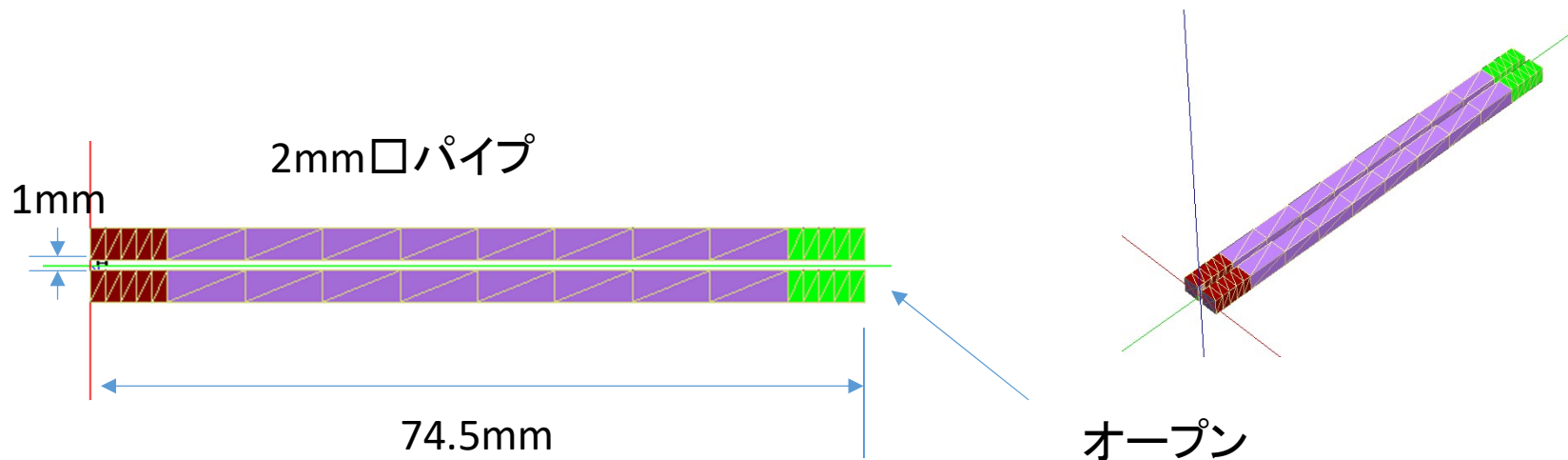
空間にマッピングしたMODE 1の時の3次元電界分布



アンテナの基礎解析例

ダイポールアンテナの成り立ち

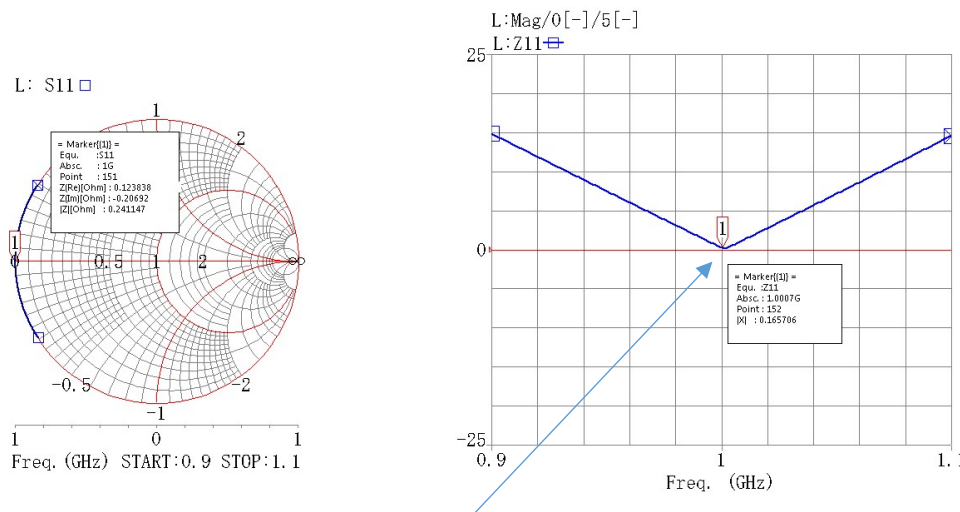
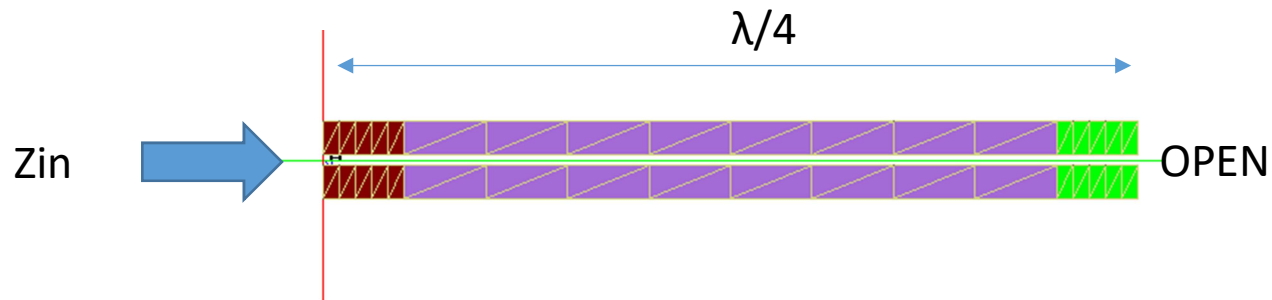
まずは先端開放の $\lambda/4$ の平行線路の特性



$\lambda/4$ @1GHz \doteq 75mm \rightarrow 74.5mm (短縮)

平行線路特性

先端開放の $\lambda/4$ の平行線路の特性



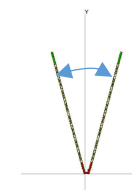
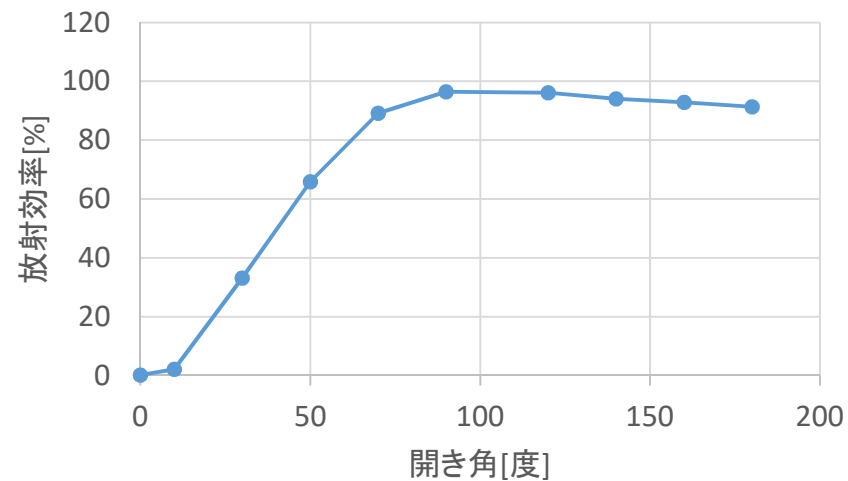
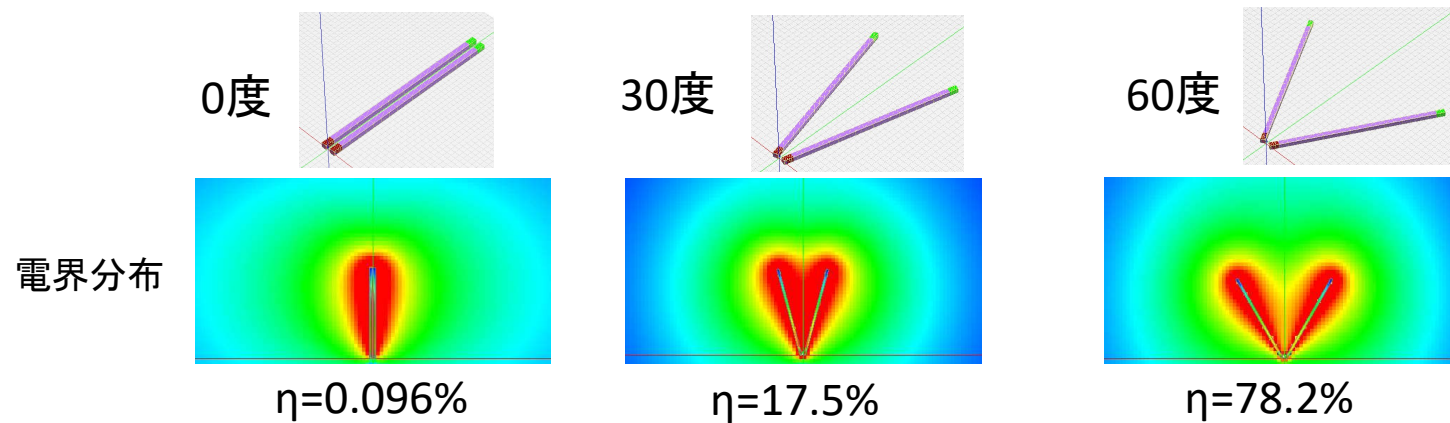
$$Z = Z_0 \frac{Z_r + j Z_0 \tan \beta l}{Z_0 + j Z_r \tan \beta l} \quad \text{--- (7)}$$

長さが $\lambda/4$ 時は、 $\tan \beta l = \infty$ となり
 $Z = Z_0^2 / Z_r$ となる。

入力インピーダンスは
 負荷インピーダンスに反比例

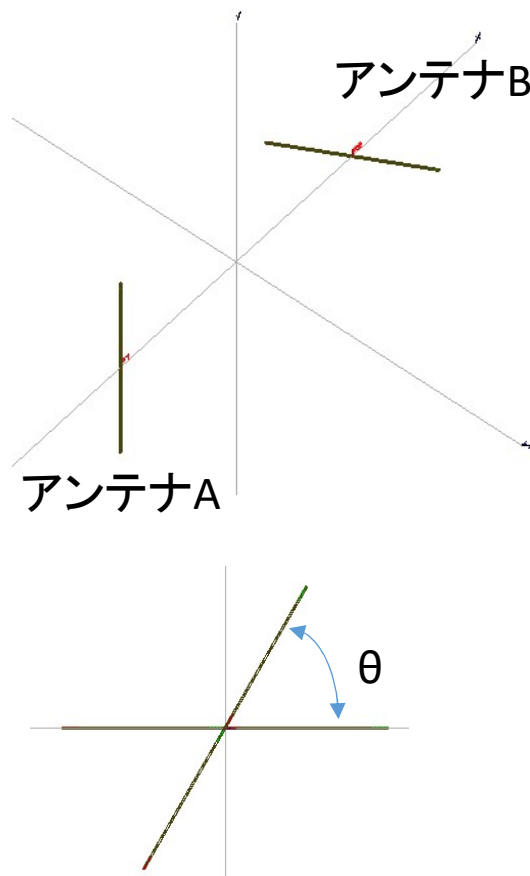
ショート状態

開き角と放射効率

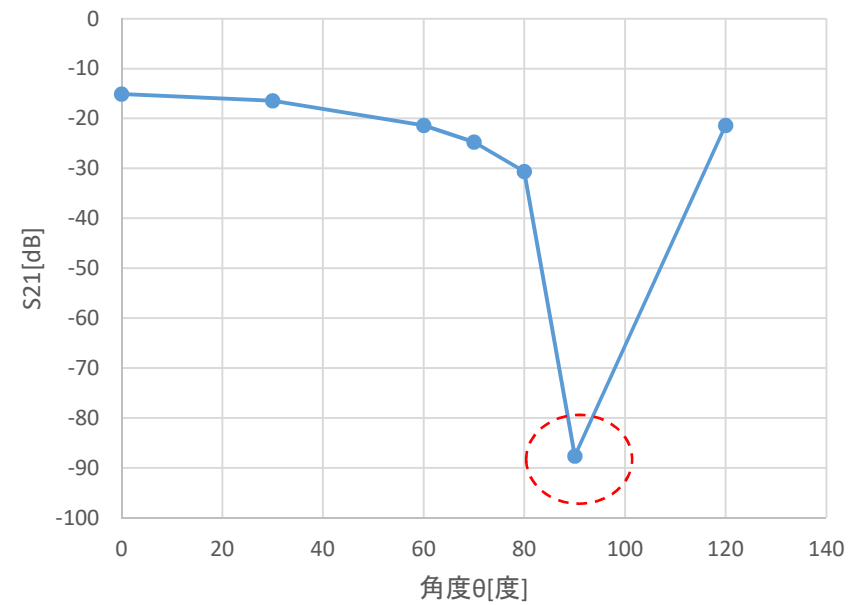


偏波面の影響

直線偏波アンテナの偏波面が互いに異なる場合



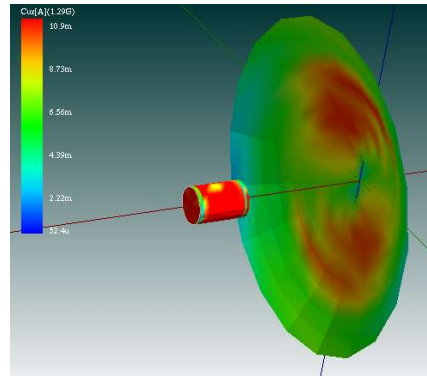
90度で受信できなくなる



S-NAP/Wireless 3次元電磁界ソルバ 周波数あたりの解析時間と解析時の最大メモリ使用量



ループアンテナ
8秒/周波数 MEM:0.1GB

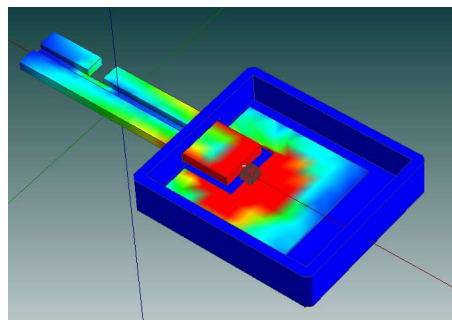


パラボラアンテナ
6秒/周波数 MEM:0.1GB

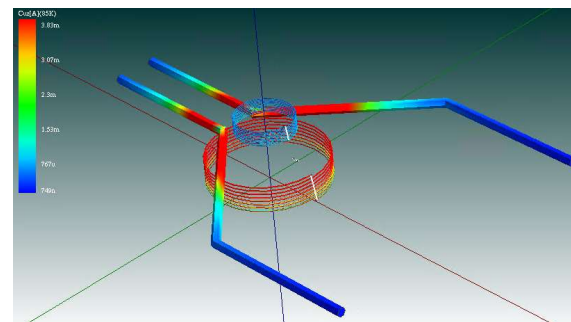
[テストマシンスペック]

デバイスの仕様

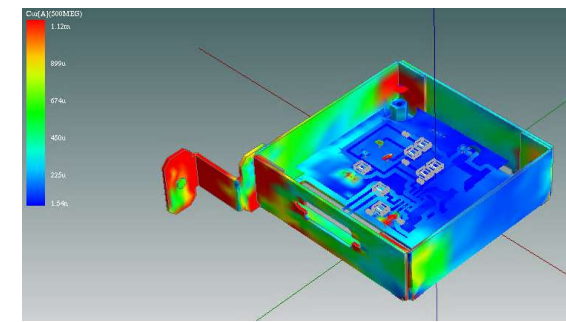
デバイス名	DESKTOP-F6MDK5N
プロセッサ	Intel(R) Xeon(R) W-2265 CPU @ 3.50GHz 3.50 GHz
実装 RAM	256 GB (256 GB 使用可能)
デバイス ID	9CA3B809-465D-4B04-89F2-269CA726CF04
プロダクト ID	00330-71429-24076-AAOEM
システムの種類	64 ビット オペレーティング システム、x64 ベース プロセッサ



キーアンテナ(金属+誘電体)
11秒/周波数 MEM:0.5GB

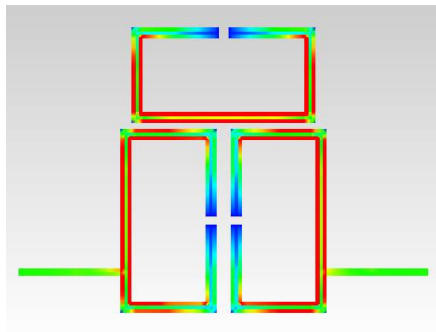


85KHz WPT 送受コイル+排気管
265秒/周波数 MEM:5GB

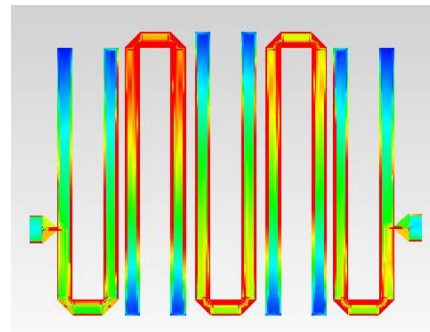


筐体+両面プリント板
1049秒/周波数 MEM:19GB

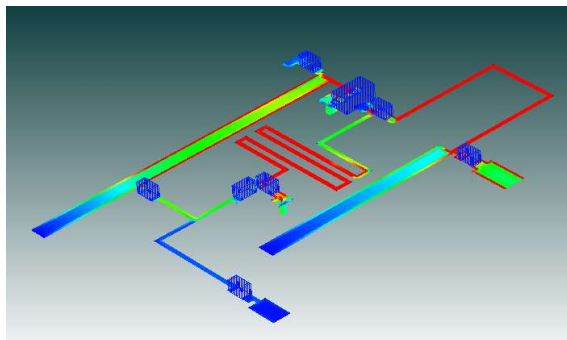
S-NAP/Wireless 多層基板用2.5次元電磁界ソルバ 周波数あたりの解析時間と解析時のメモリ使用量



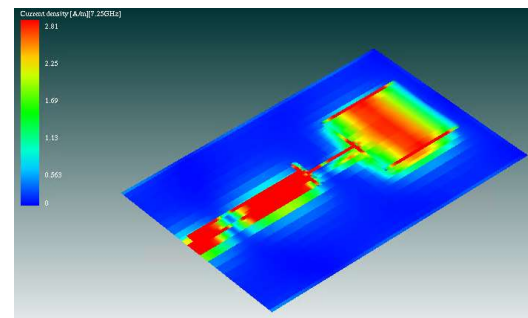
900MHz BPF
2.9秒/周波数 M:0.1GB



2GHzヘアピンフィルタ
8.3秒/周波数 M:0.3GB



1.2GHz アンプ(実装部品あり)
12秒/周波数 M:0.3GB



7.75GHz パッチアンテナ(GND付)
3.2秒/周波数 M:0.1GB

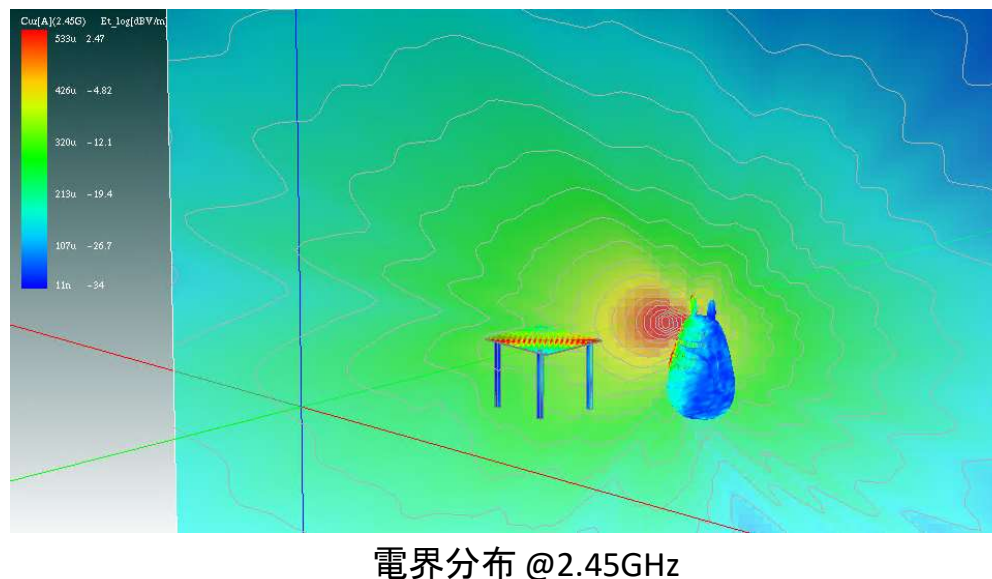
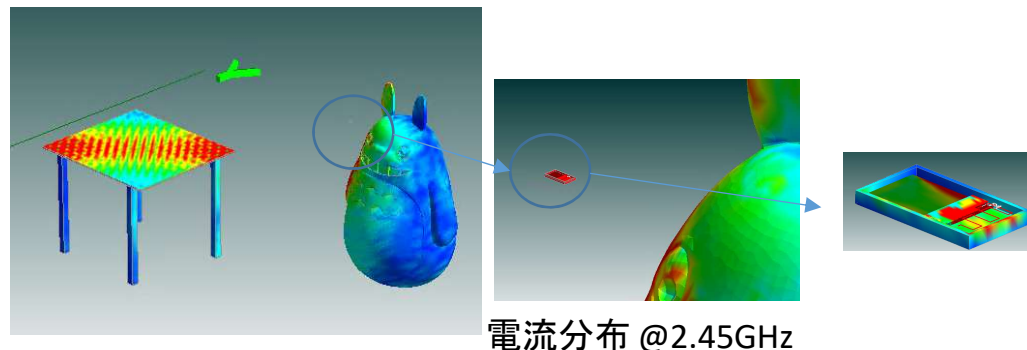
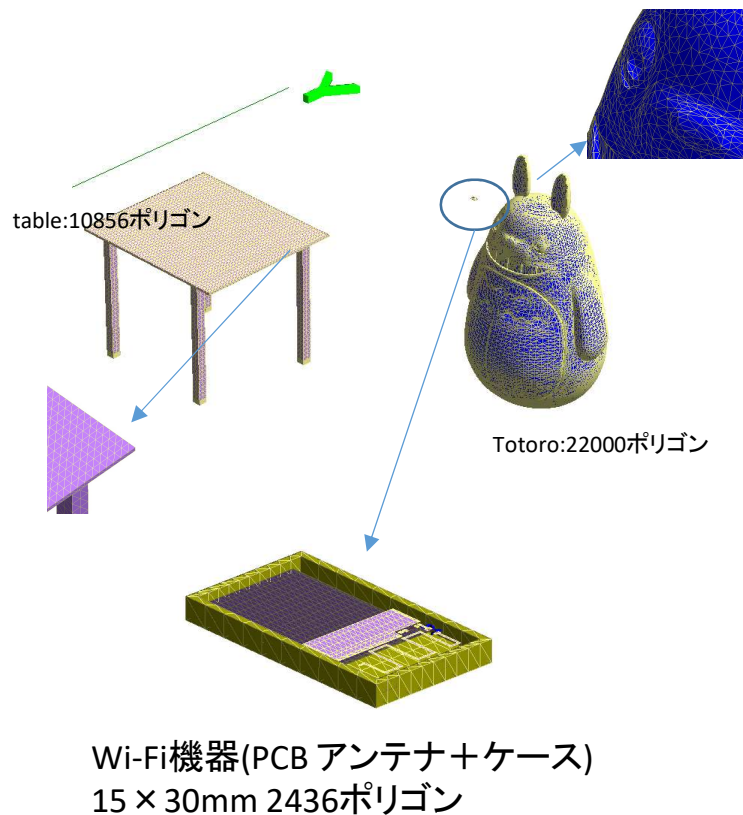
[テストマシンスペック]

デバイスの仕様

デバイス名	DESKTOP-F6MDK5N
プロセッサ	Intel(R) Xeon(R) W-2265 CPU @ 3.50GHz 3.50 GHz
実装 RAM	256 GB (256 GB 使用可能)
デバイス ID	9CA3B809-465D-4B04-89F2-269CA726CF04
プロダクト ID	00330-71429-24076-AAOEM
システムの種類	64 ビット オペレーティング システム、x64 ベース プロセッサ

複合解析とメッシュ数

周波数が高くなるとメッシュサイズを小さくする必要があるので、オブジェクトサイズが大きいとメッシュ数が増加します。この例では2.45GHzで35292ポリゴンになります



Wi-Fi + 人 + テーブル @2.45GHz
ポリゴン数:35292

解析時間: 1.8h/周波数 memory:192GB程度