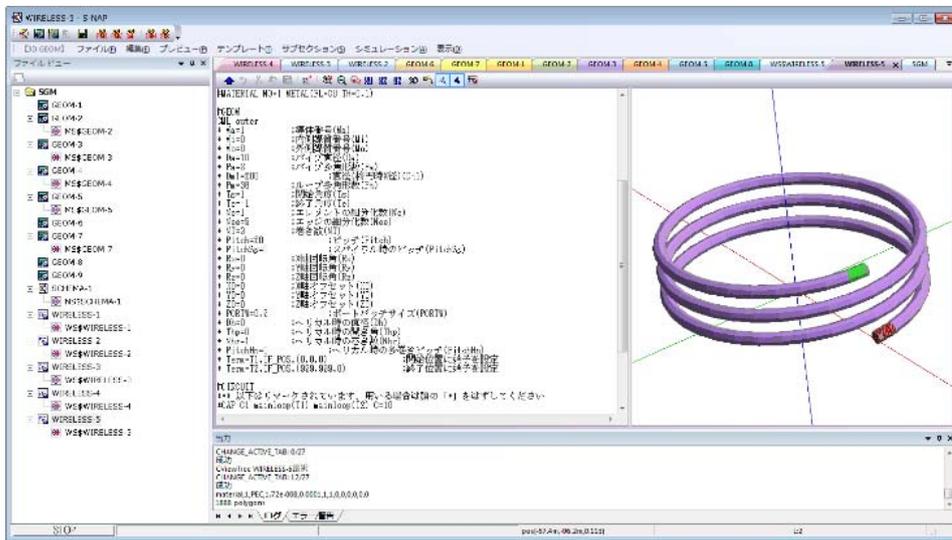

S-NAP Wireless Suite 詳細資料
- 3D電磁界関係 -

株式会社 エム・イー・エル
2016年12月

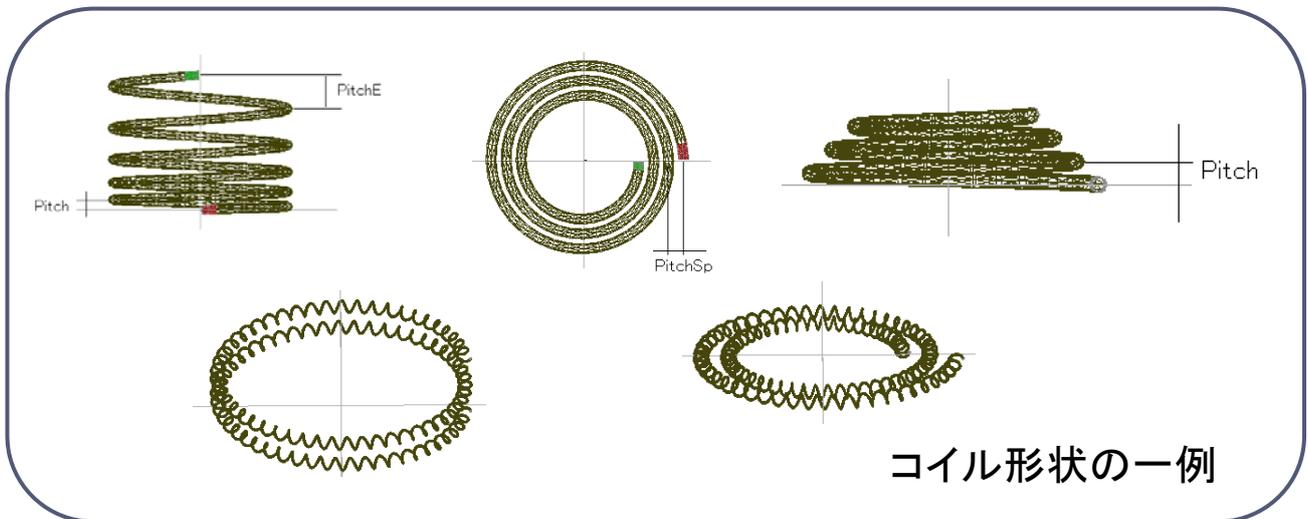
3次元図形入力の3つのルート

①基本図形による入力

標準的な図形として、円、コイル、スパイラルコイル、ヘリカルコイル、ボックス、平板など、アンテナ設計や電力伝送などの用途で頻りに用いられるような基本図形を持っています。これらの図形は、直径や長さなどのパラメータで設定できるため、図形の最適化を行うことができます。



標準図形による作図画面



コイル形状の一例

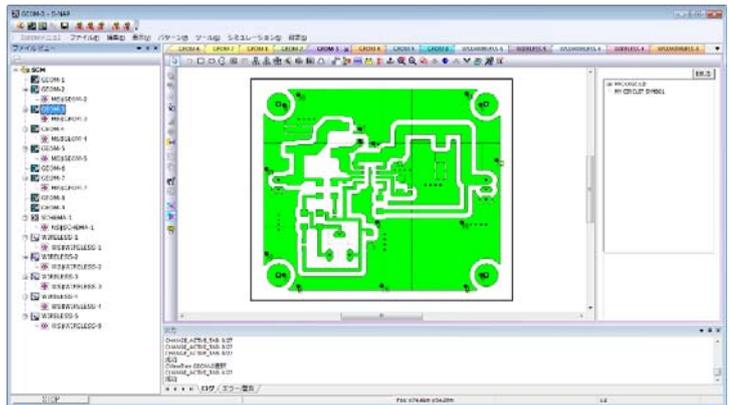
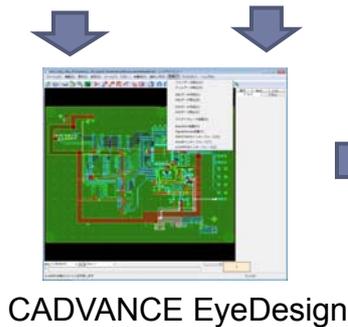
3次元図形入力の方法の3つのルート

②平面回路用のジオメトリによる入力

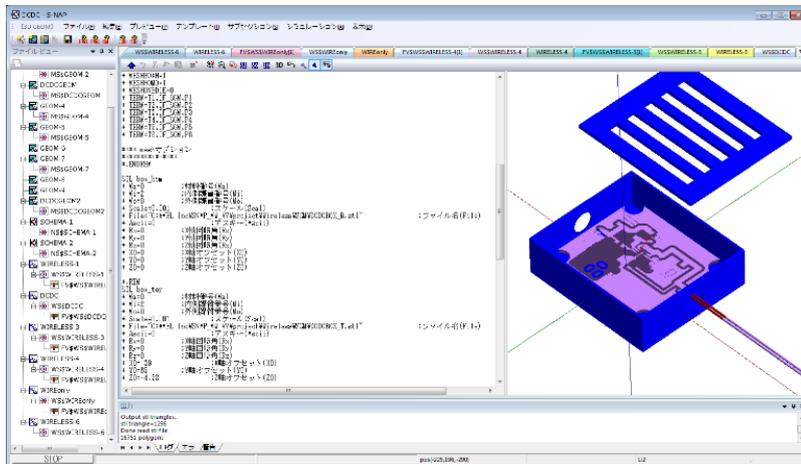
基板関係の図形入力として、多層基板用の平面図形入力エディタを持っています。このエディタで入力した図形を3次元エディタに読み込むと、基板を3次元に配置することができ、筐体内への組み込みやワイヤの結合、他の基板との干渉などを解析することが可能です。また、平面図形入力エディタは、図研社のCADVANCE EyeDesignとインターフェイスを持っており、ガーバーデータやプリント板CADのファイルをインポートすることができます。

ガーバーデータ

PCB CADデータ



基板データを基板PCBCADから読み込み

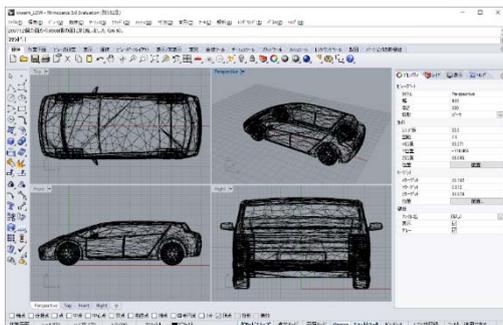


筐体やケーブルとの合成が可能

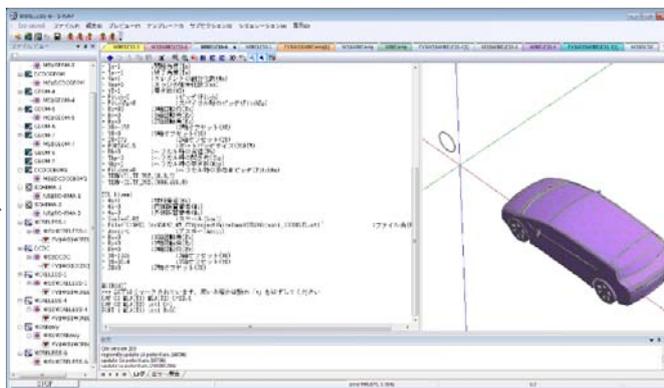
3次元図形入力 of 3つのルート

③一般的な3次元CADによる入力

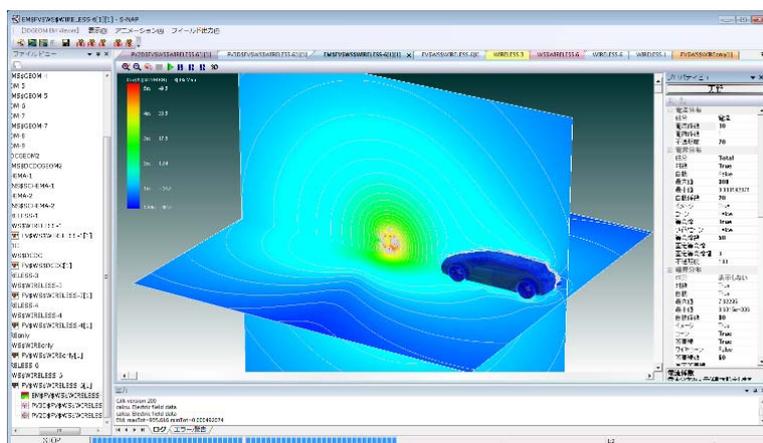
複雑な図形入力に関しては、STLファイルのインターフェイスを持っていますので、3Dプリンタなどで使用される一般的な3次元CADを用いることが可能です。3次元CADで読み込んだ図形上に、自由にポート設定を行うことができますので、アンテナをケースにすることや基板のグランドを車のボディに接続するなどの設定が容易に行えます。



例えば、Rhinoceros (Ver.5)



S-NAP Wirelessへ読み込み

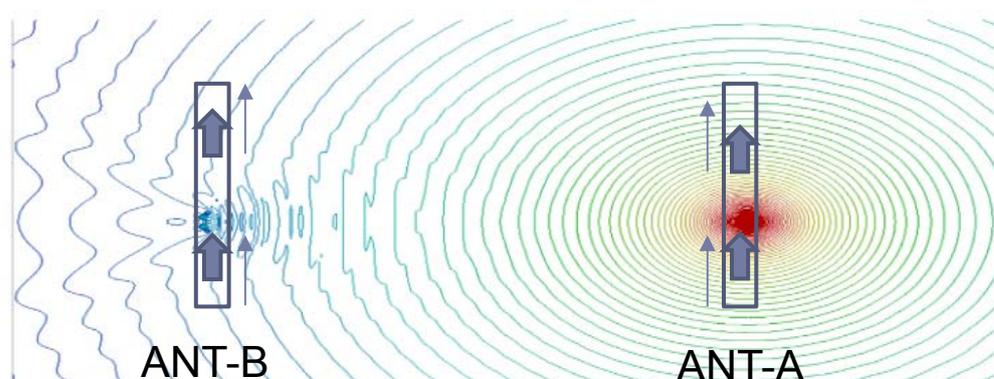


3次元電磁界解析を実行

3D電磁界ソルバの特徴 — 広範囲な解析 —

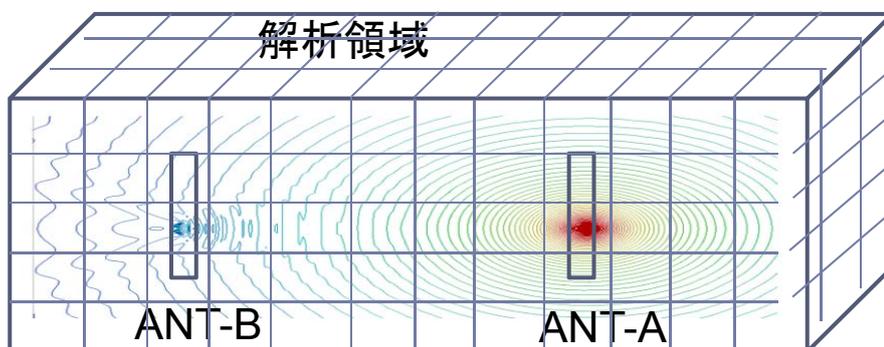
▶ 送受アンテナを含むような広範囲な解析

モーメント法では誘電体や導体境界面にのみ変数を設定し、空間の離散化は必要ないので、送受信距離が離れている場合でも解析が可能です。



モーメント法では、誘電体や導体境界面にのみ変数を設定するので、送受信距離に依存しない（境界要素）

一方、



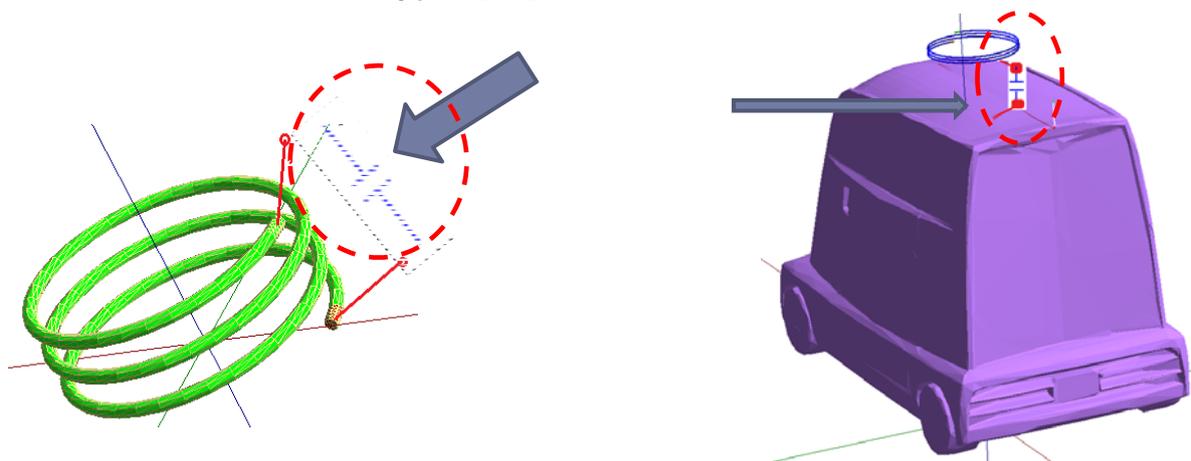
解析空間の離散化が必要な手法（例えばFDTD法や有限要素法など）の場合、アンテナ部分だけでなく周囲の空間も離散化する必要がある

3D電磁界ソルバの特徴

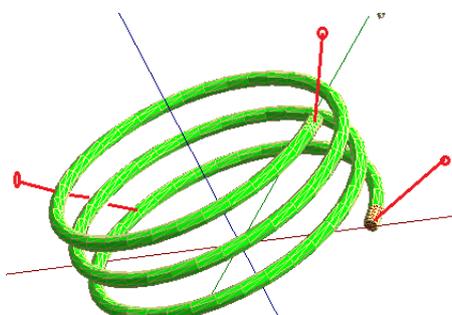
—任意の場所に端子を設定可能—

- ▶ 一般的に、電磁界シミュレータはポートの設定方法に制約がある場合が多く、例えば導体上の離れた任意のポイントをコンデンサで接続するなどのような操作が困難な場合が多いのですが、S-NAP Wirelessの3次元ソルバは、導体上の任意のポイントに単独で端子を設けることが可能です。この結果、図のように、コイルの両端に理想的なキャパシタを挿入したり、アンテナ導体と車のボディを接続したりなどの設定を容易に行うことができます。

離れた2点に、コンデンサを挿入したい・・・



金属導体の任意の場所に単独ポートを設定可能



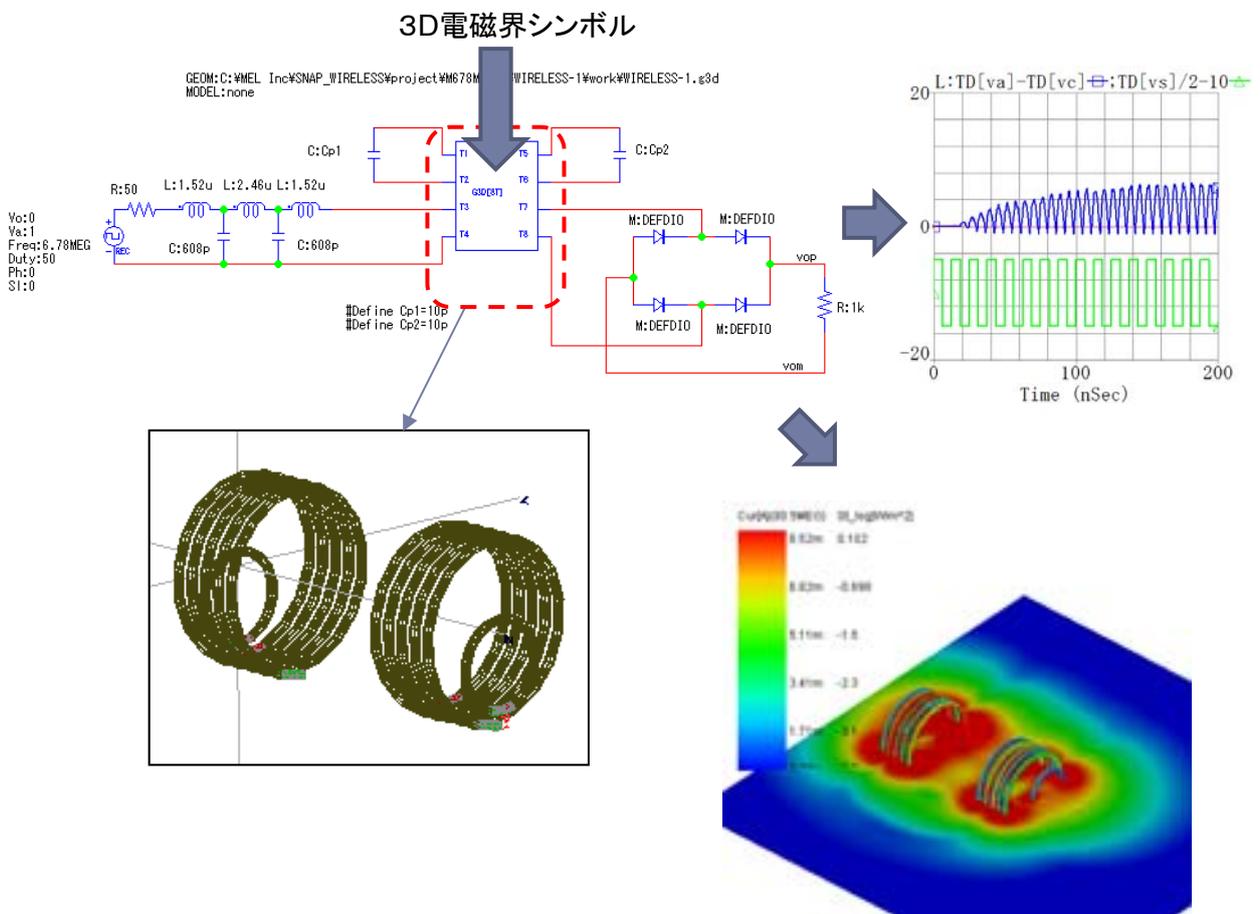
タップを取り出したい

3D電磁界ソルバの特徴

—回路シミュレータからの電磁界ソルバの呼び出し—

システム全体の解析(回路解析との連携)

回路図中に3D電磁界シンボルを置くことが可能で、3次元図形の金属部分の任意の位置から引き出した端子を回路図中で参照することが可能です。この機能により、3次元図形に回路を付加してハーモニックバランスやトランジェント解析を行うことができます。図は、磁界共鳴方式の全体解析例で、パルス入力時の入力波形と出力側の整流波形を解析しています。回路動作確認のために平滑回路は含んでいませんので、全波整流された出力を確認することができます。

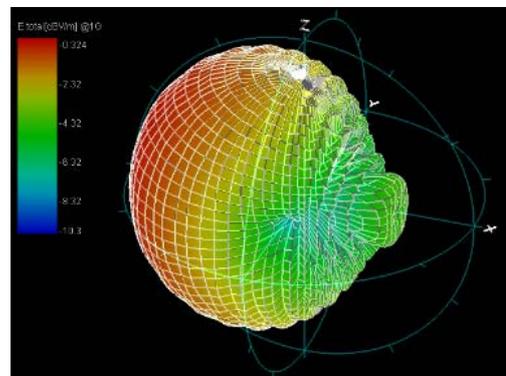
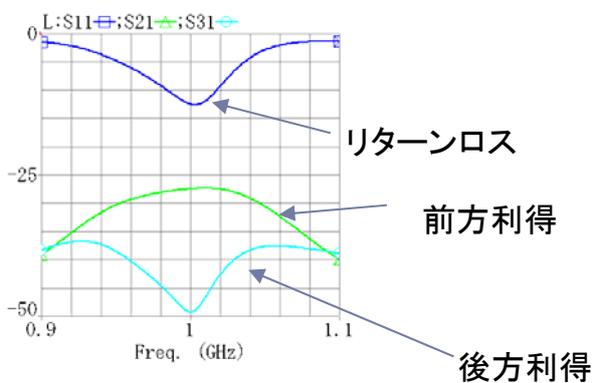
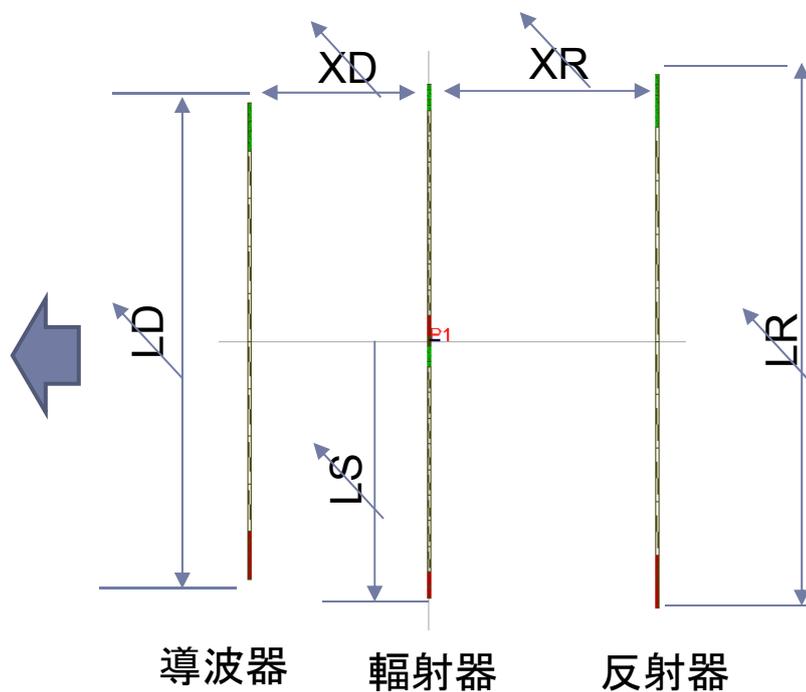


回路解析上で得られた端子データを電磁界にフィードバックし、電流分布や電磁界分布の計算が可能

3D電磁界ソルバの特徴

— 図形寸法の最適化機能 —

- ▶ 基本図形で描かれた3D図形の各部の寸法や各図形の位置を変数として設定し、電磁界特性を最適化することが可能です。例えば、図は八木アンテナの前後6波長の位置にダイポールアンテナを設定し、前方が最大で後方が最小になり、かつリターンロスが最小になるように、5個のパラメータの最適化を行った例で、この機能を用いてエレメントの長と間隔を抽出しています。

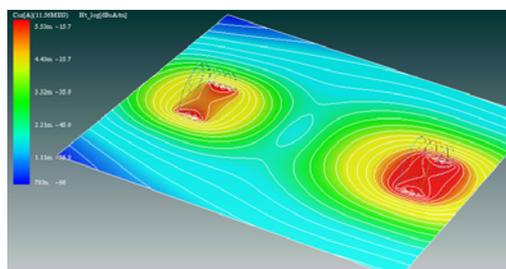
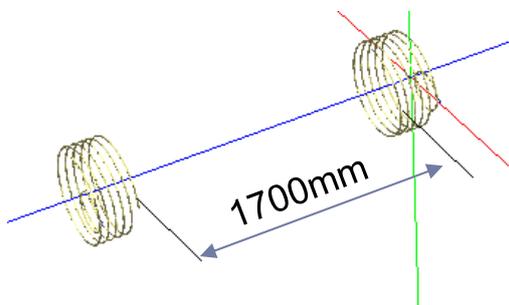
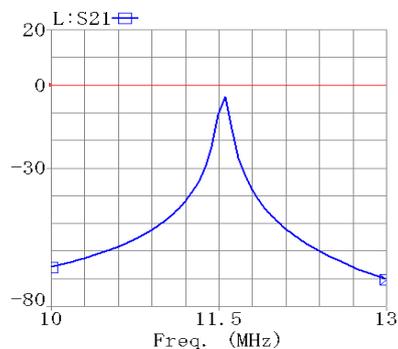
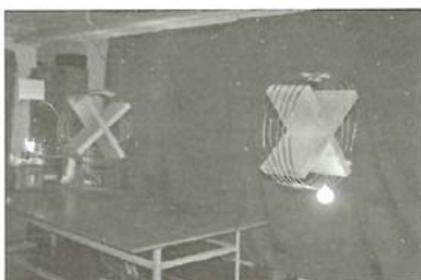


適用アプリケーション

▶ ワイヤレス電力伝送解析

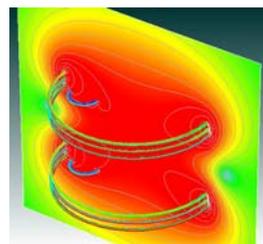
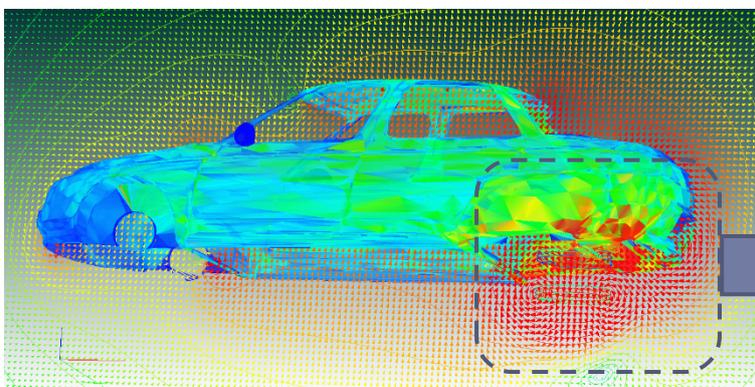
磁界共鳴方式の電力伝送解析

- ▶ 磁界共鳴方式は、コイルの自己共振による共鳴現象を利用したもので、数メートル間の高効率電力伝送が可能です。しかし、放射を最小にし、最大な伝送効率を求めるならば、コイルの直径、線径、ピッチ、巻き数、励振コイルとの位置関係など細かく調整する必要があります。これらのパラメータを求めるためには、送受信コイルを数メートル離れた状態で、3次元電磁界解析を行う必要があります。図は、MITの実験モデルを設定した例で、高い伝送特性を示していることが確認できます。



※MITモデルの詳細寸法が不明なため、完全な再現モデルではありません

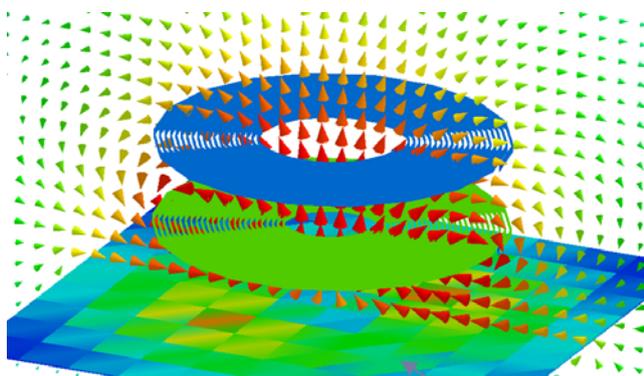
磁界分布



自動車に実装した磁界共鳴電力伝送システムの解析例

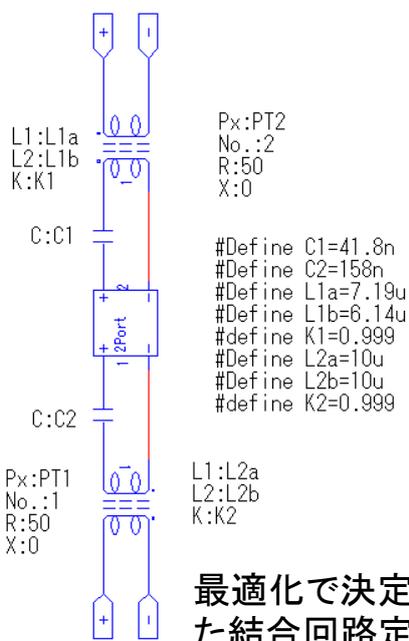
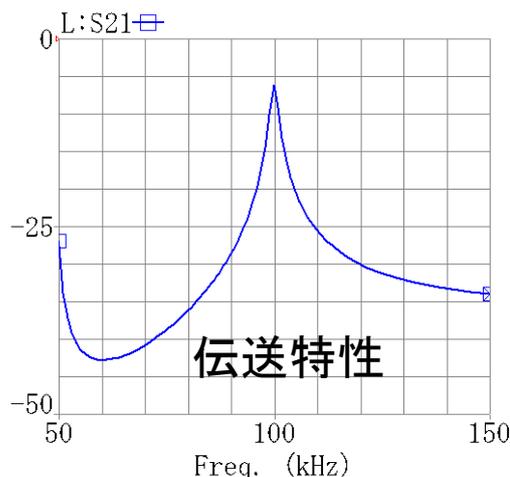
電磁誘導（共振）方式の電力伝送解析

- ▶ 電磁誘導方式による電力伝送では、低い周波数が用いられることがありますが、数十kHz以下の周波数でも解析することが可能です。以下の例は、送信コイルの下に金属板が置かれている場合と、複数の受信コイルが存在する場合の特性と磁界分布を示しています。整合用の回路定数は、最適化機能を用いて決定しています。

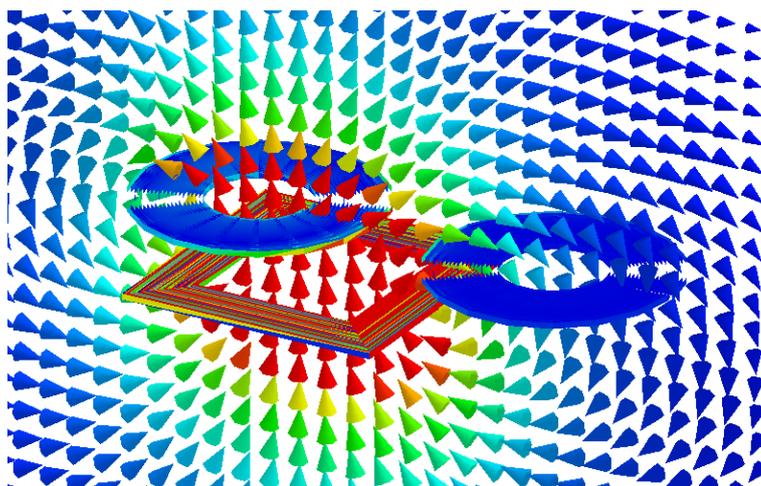


金属板を含む伝送系の電流分布と磁界分布

金属板



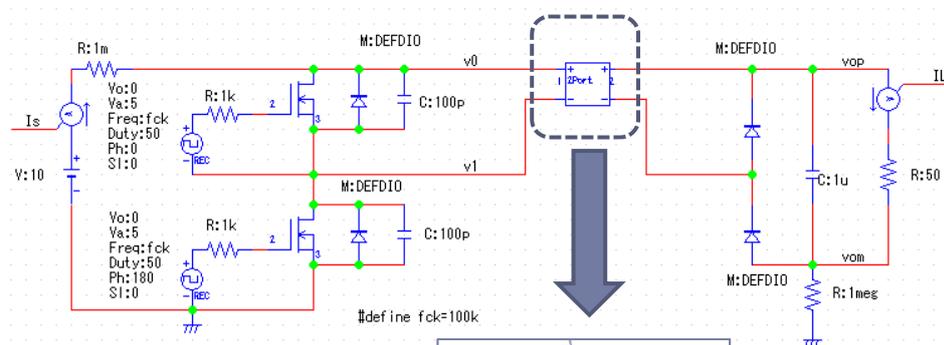
最適化で決定した結合回路定数



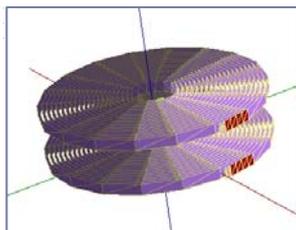
複数の受信コイルを設定した例

電磁誘導（共振）方式の電力伝送解析

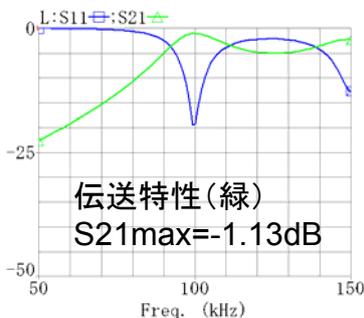
- ▶ 誘導コイルとコンデンサによる共振を有する電磁誘導方式で、MOSFETを用いてスイッチングを行い、全体回路を解析することが可能です。以下は直径5cmのコイルを1cm離れた場合のシミュレーションです。トランジェント解析を含めて1分以内で解析が終了しています。出力電圧はピークで約1Vが得られています。



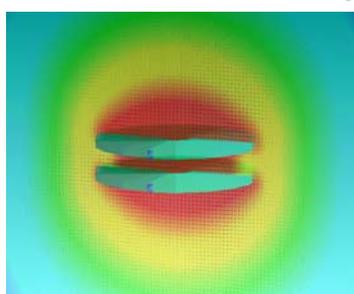
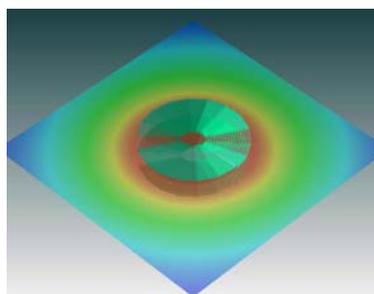
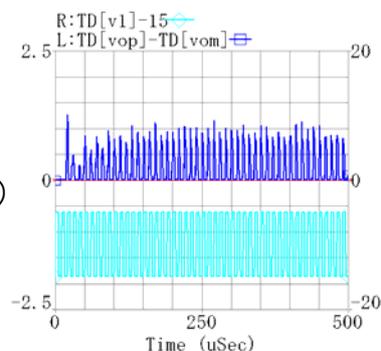
周波数解析: 42秒/301Freq
トランジェント解析: 5秒



直径: 50mm
巻き数: 20回
共振容量: ***
コイル間距離: 10mm



出力波形(上)
スイッチング波形(下)

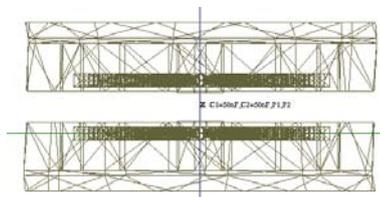
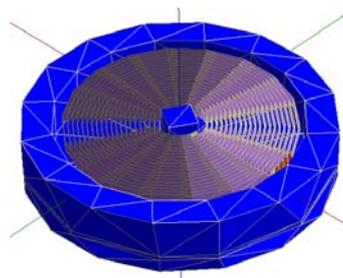


100KHzにおける磁界分布

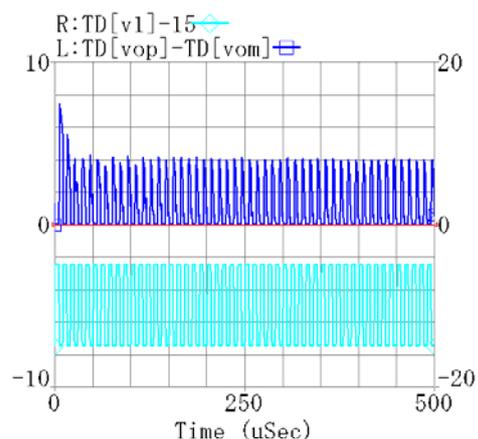
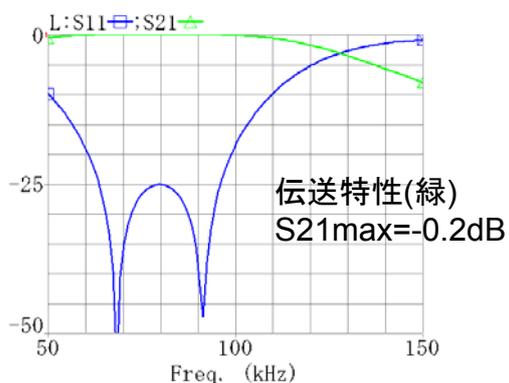
電磁誘導（共振）方式の電力伝送解析 —フェライトあり— （参考データ）

※フェライト解析機能は、次期バージョンより実装予定です。

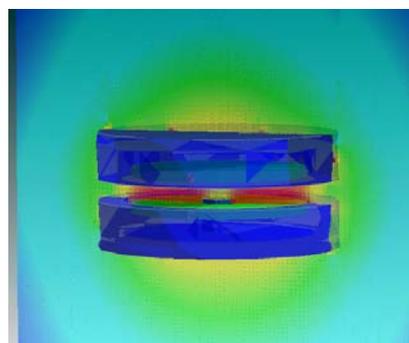
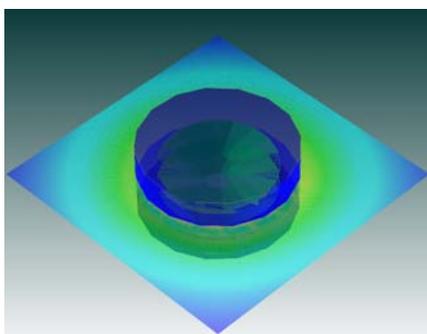
- ▶ 右図のように心棒を持つフェライトの円形ボックス ($\mu_r=100$) にコイルを入れた場合の解析例を示します。伝送特性は大きく向上し、ロスは0.2dBほどになっています。整流出力も4Vほどになり、フェライトのない場合の5倍程度あります。



175秒/301周波数
トランジェント解析: 5秒



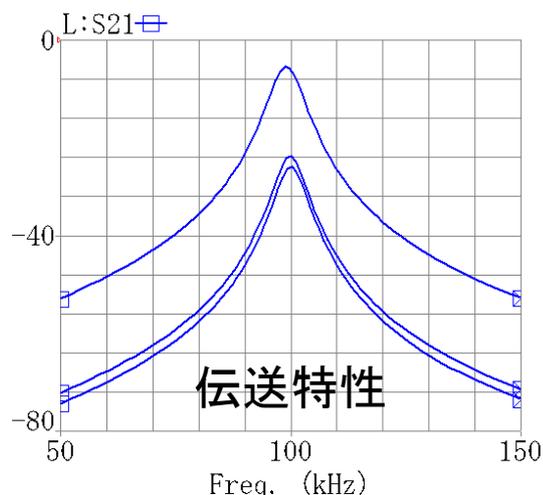
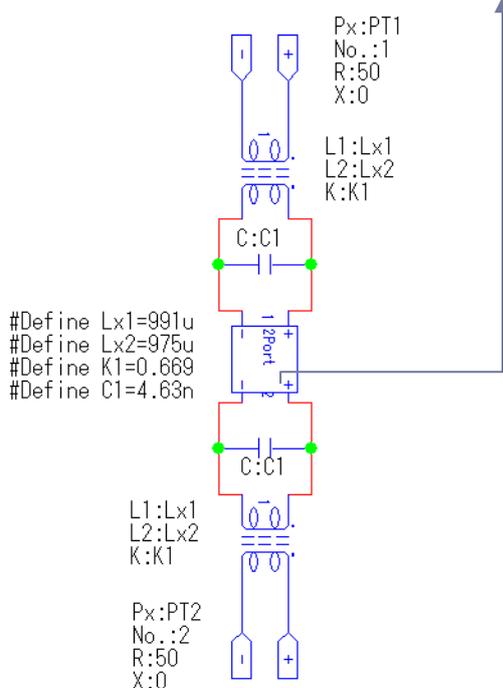
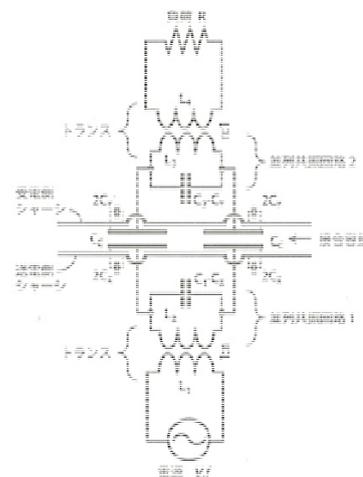
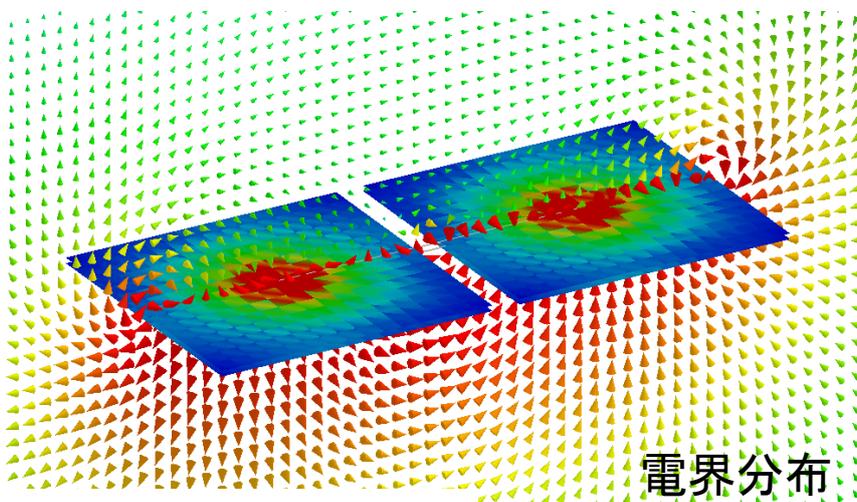
出力波形(上)、スイッチング波形(下)



100KHzにおける磁界分布
磁界が閉じ込められていることがわかる

電界結合方式の電力伝送解析

- ▶ 電界結合方式は、対向する接合容量で電力伝送を行う方式です。直列型と並列型がありますが、以下に並列型の解析例を示します。接合容量を含めた共振系の最適値を求める必要がありますが、S-NAP Wireless Suiteの最適化機能を用いれば、容易にトランスのインダクタンスや結合容量を得ることができます。グラフは対向電極の距離が変化した場合の伝送特性の差を示しています。ビューワは、100kHzにおける電界分布のベクトル表示です。



距離がずれた場合の伝送特性の変化

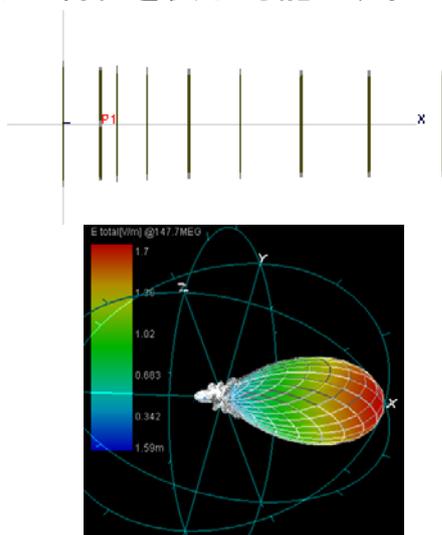
図引用: 篠原真毅著, “電界磁界結合型 ワイヤレス給電技術”, 科学情報技術出版, pp308

適用アプリケーション

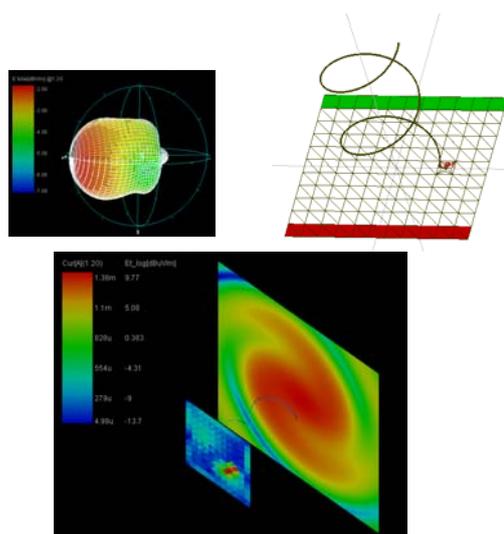
▶ アンテナ解析

一般的なアンテナ解析例

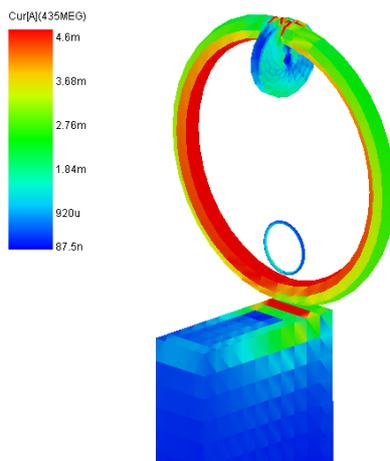
- ▶ ダイポールや八木アンテナなどの一般的なアンテナ解析や近傍の金属、誘電体を含んだ解析にも用いることができます。リターンロス、2D/3D指向性、放射効率、電界、磁界表示、ポインティングベクトル、インピーダンスマップなど多彩に特性を表示可能です。



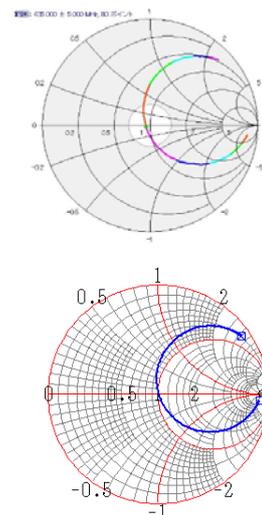
八木アンテナ(144MHz)



ヘリカルアンテナ(円偏波)



電流密度分布

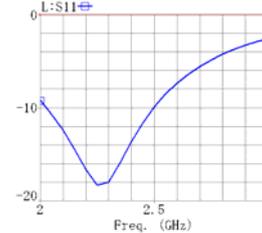
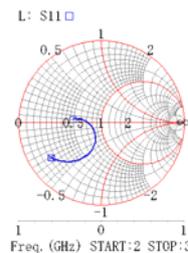
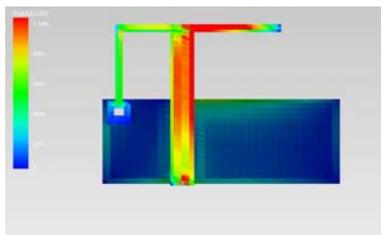
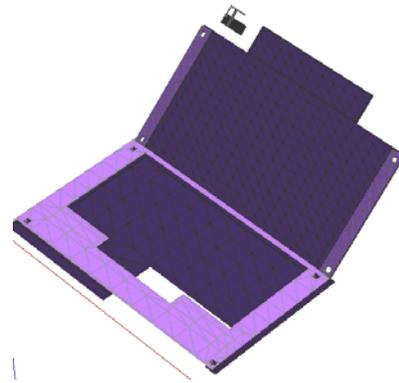


実測(上)とシミュレーション(下)

筐体+MLA(Magnetic Loop Antenna) MLA48中島一氏(JR10AO)設計製作

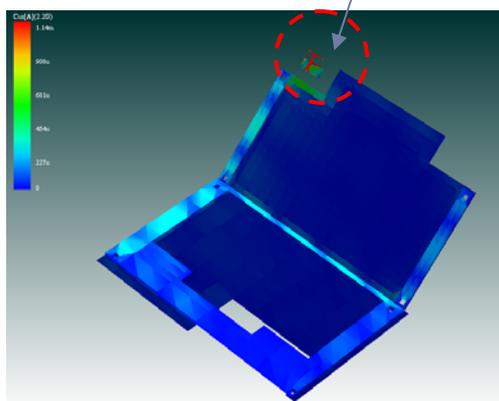
筐体を含めたアンテナ解析 - ノートPCと逆Fプリントアンテナ -

ノートPCにプリント逆Fアンテナを取り付けた例ですノートPCの下の面は電界分布で、ノートPCから放射状に伝搬していく様子がわかります。水平面が電界分布で垂直面は磁界分布です

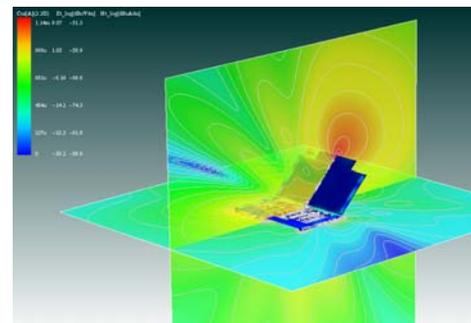


アンテナ部電流分布
(基板は非表示)

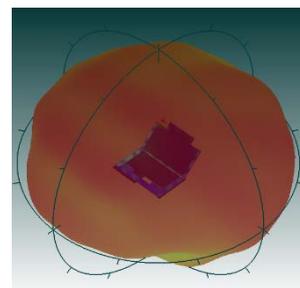
逆Fアンテナ



ノートPC筐体を通る電流分布



電界磁界分布



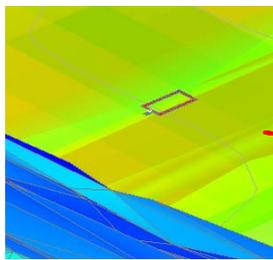
遠方界

筐体を含めたアンテナ解析 -自動車周りの電波伝搬 (350MHz) -

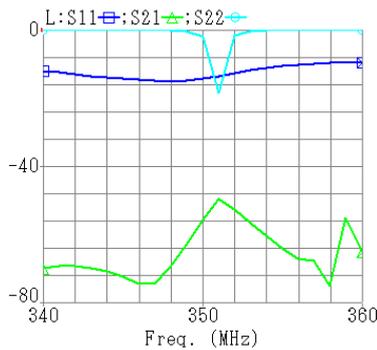
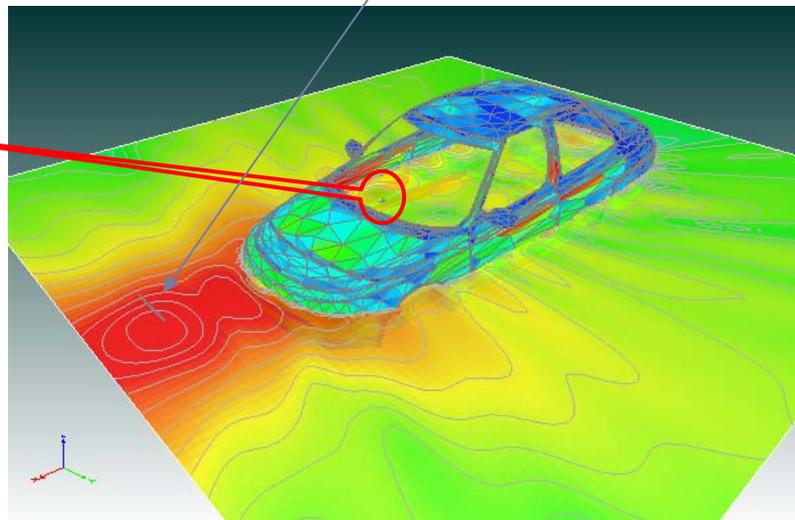
車内に置かれた受信アンテナとの伝搬特性と車周辺の電界分布。350MHzのアンテナサイズは車のボディサイズに比較し非常に小さく、大きなOBJECTと小さなOBJECTが混在している解析です。このような条件でも、S-NAPでは境界要素を用いていますので、高速に解析が可能です。

送信ダイポール:ポート1、受信ループアンテナ:ポート2

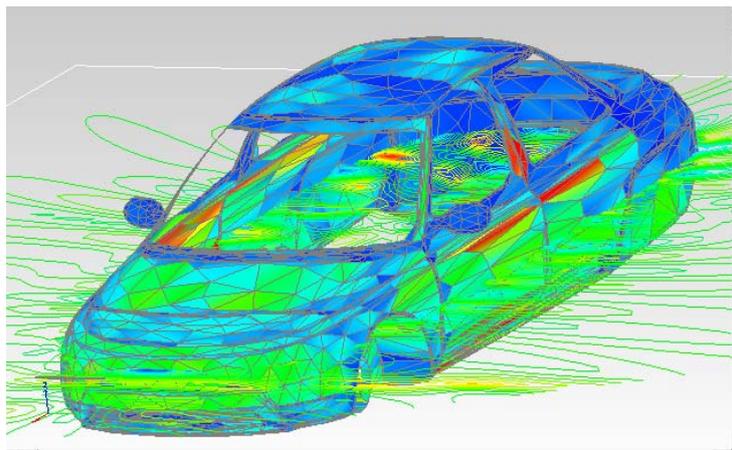
解析時間:5分/周波数



受信アンテナ
50x28mmのループ



送受信特性
S11,S22,S21

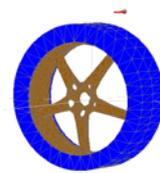


空間インピーダンスマップ

<電界アニメ>

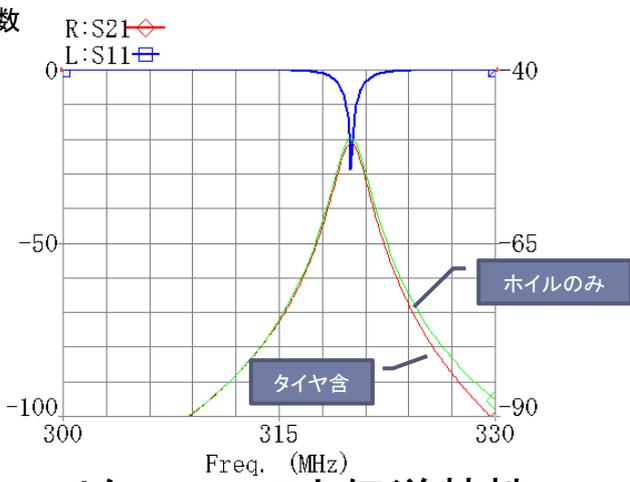
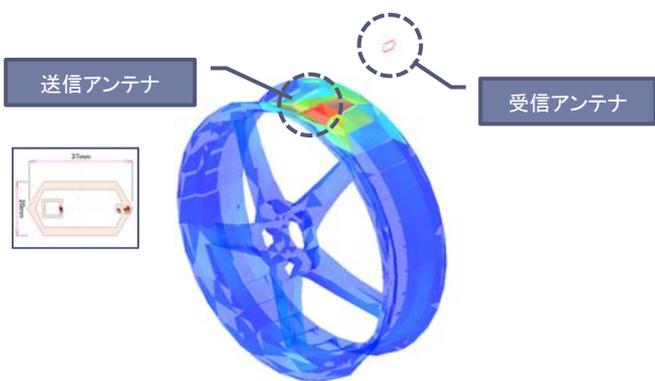
http://www.melinc.co.jp/strage/wireless/anime/car1_efield.gif

筐体を含めたアンテナ解析 -タイヤ空気圧センサ-

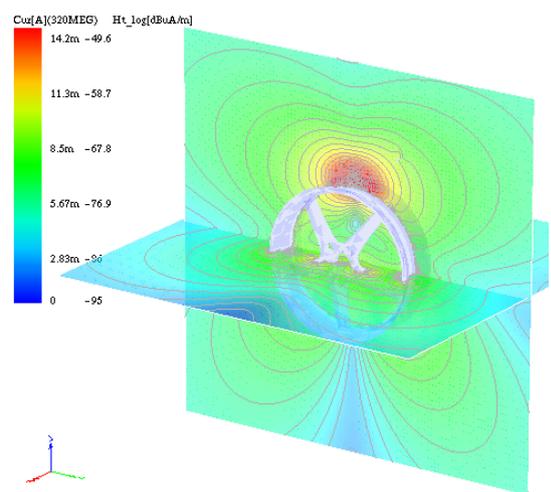


微弱電波帯域(320MHz)を用いたタイヤの空気圧センサのシミュレーション例です。送信アンテナは磁界ループ型で、ホイールにほぼ接触状態に取り付けられています。伝送特性は、タイヤのゴムのロスを考慮した場合とホイールのみの場合を示しています。タイヤを含む場合(タイヤ内部に送信アンテナがある)は、1dB程度損失があることがわかります。タイヤは、 $\epsilon_r=7, \tan\delta=0.07$ のゴム(誘電体)のみでワイヤは含んでいません。

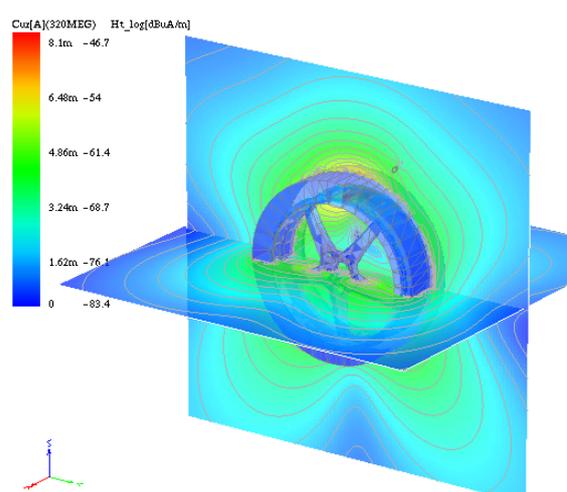
解析時間: 約 1分(ホイールのみ)、3分(タイヤ含)/周波数



リターンロスと伝送特性



磁界分布
(ホイールのみの場合)



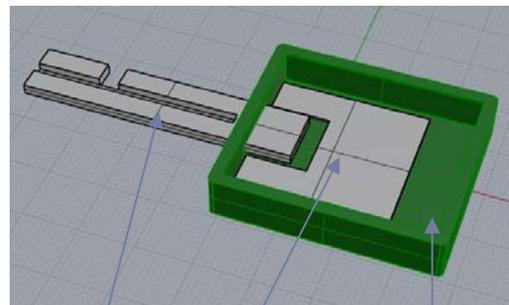
磁界分布
(タイヤを含む場合)

<http://www.melinc.co.jp/strage/wireless/anime/TireMfield1.gif>

筐体を含めたアンテナ解析

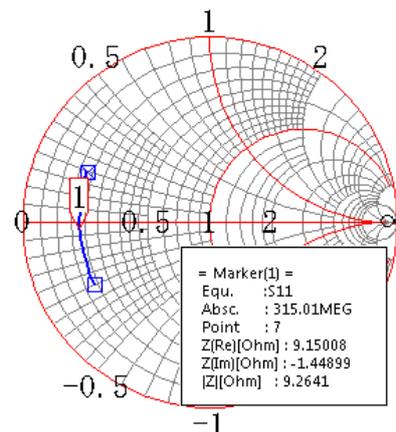
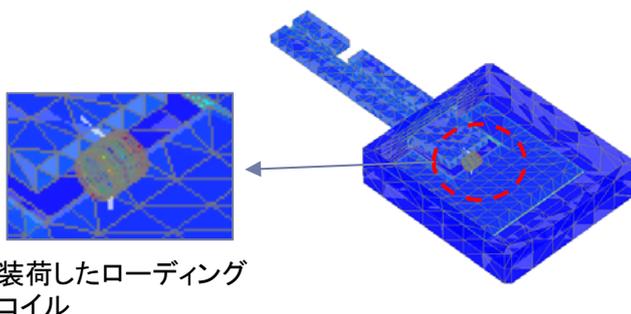
-ワイヤレスキーのアンテナ設計 1-

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を示します。キーの鍵部とグランド板だけでは315MHzに共振しませんので、ローディングコイルを含めて設計します。また、樹脂ケースを付けることにより共振点がシフトしますので、ケースも考慮して全体を解析します。

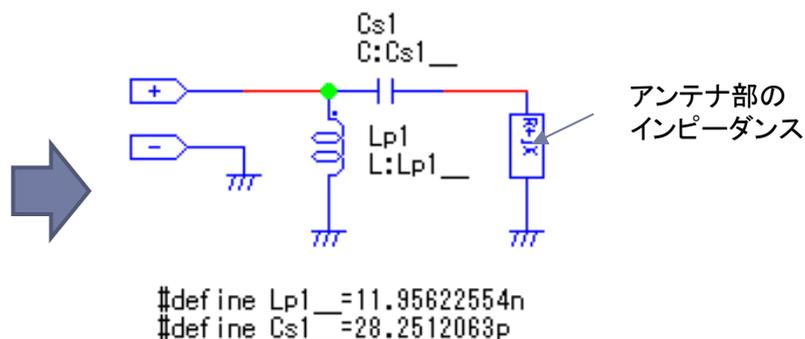


アンテナ グランド板 樹脂ケース
 ※モデルの作図は、Robert McNeel & Associate社のRhinoceors(Ver.5)を使用しています

ステップ 1) 鍵部にローディングコイルを装荷し、315MHzに共振させます。コイル、鍵部、グランド、ケースをすべて含めて解析を行い、コイルの最適寸法と巻数を求めます。共振点でのコイルを含めたインピーダンスは、 $Z=9.15-j1.45[\Omega]$ となることがわかります。



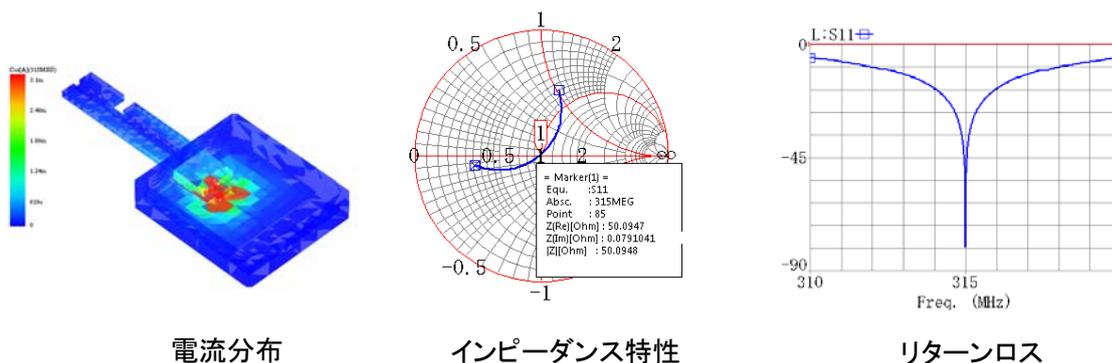
ステップ 2) コイルを含めたアンテナ入力インピーダンス ($Z=9.15-j1.45[\Omega]$) を、 50Ω に整合させる回路を設計します。設計は自動設計機能を用います。ターゲットインピーダンスを指定するだけで、整合回路が一瞬で出力されます。



筐体を含めたアンテナ解析

-ワイヤレスキーのアンテナ設計 1-

ステップ 3) ステップ2で設計した整合回路を含めてキー全体をシミュレーションします。下図左から電流分布、インピーダンス特性、リターンロス特性を示します。ターゲット周波数(315MHz)で50Ωに整合が取れていることが確認できます。もしここで特性が不十分であれば、最適化機能を用いて、整合回路や結合コンデンサなどをさらに最適化することが可能です。

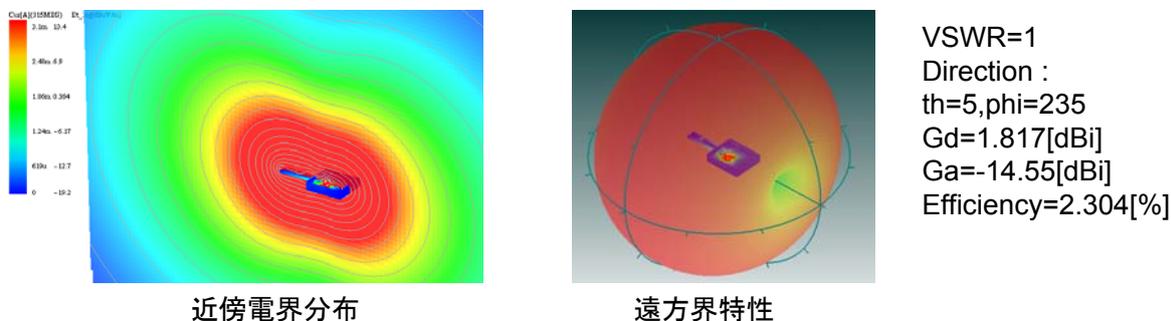


電流分布

インピーダンス特性

リターンロス

ステップ 4) 近傍電界分布や遠方特性を確認します。放射効率は2.3%得られており、キーの軸方向は電界強度が弱いことがわかります。



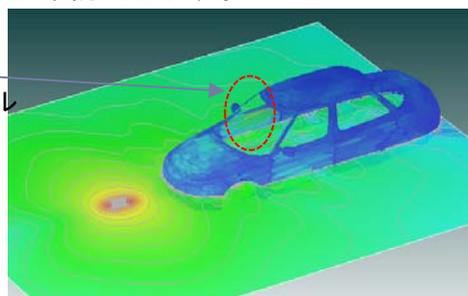
近傍電界分布

遠方界特性

ステップ 5) 周囲環境を含んだ伝搬特性を確認します。2.3m離れた受信特性を、自由空間に置かれたダイポールと運転席近傍に設置したダイポールで比較しています。ダイポールが見通し位置にある場合、受信電力はほとんど同じであることが確認できます。

DPの場所	S11	S21
自由空間	-59.11	-56.86
車中	-59.17	-56.12

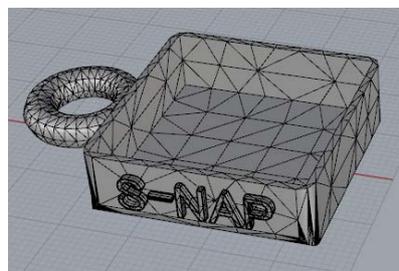
受信
ダイポール



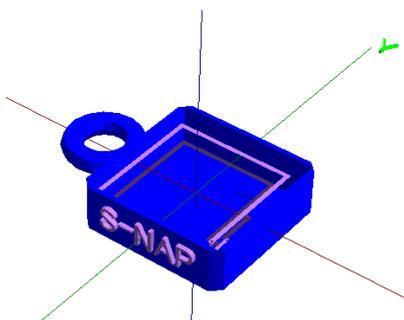
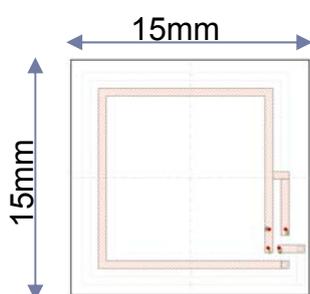
アニメ: http://www.melinc.co.jp/strage/wireless/anime/wirelesskey_and_car.gif

筐体を含めたアンテナ解析 -ワイヤレスキーのアンテナ設計2-

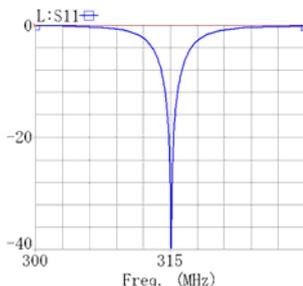
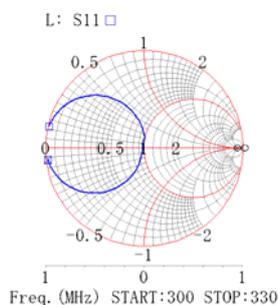
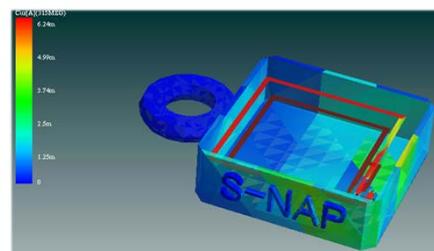
約15mm口の樹脂ケースに入った315MHzのワイヤレスキーのアンテナ設計例です。アンテナは磁界ループ型で、最適化により整合回路を設計しています。樹脂ケースの影響も考慮するため、ケースを含めた解析を行っています。右図は、車を含めた解析で、車前方1mの位置から送信した場合の電界と磁界の瞬時値です。アンテナは15mm口で、車は5mほどの長さがあります。



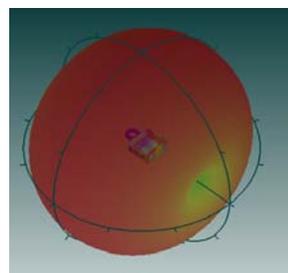
※モデルの作図は、Robert McNeel & Associate社のRhinceros(Ver.5)を使用しています



樹脂ケースとアンテナの組み合わせ

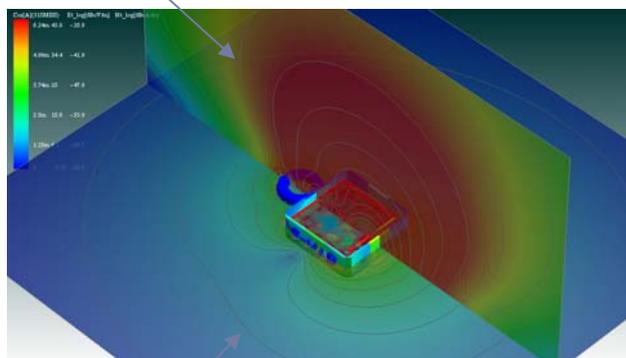


アンテナ特性



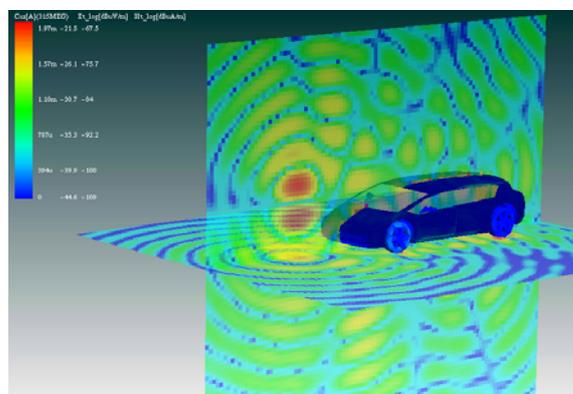
指向性

磁界分布



近傍電界磁界分布

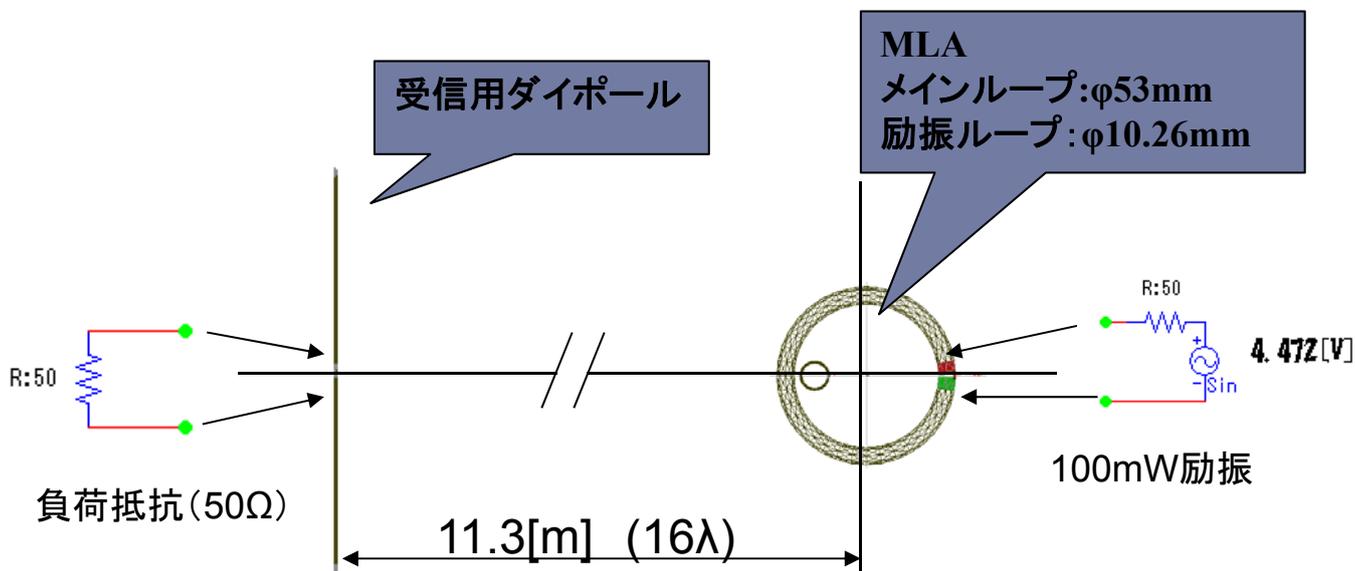
電界分布



車に向け送信した場合の電界と磁界の瞬時値

マイクロ領域とマクロ領域の混在問題

- 複数のアンテナやオブジェクトが存在する系において、空間を離散化しなければならない解析法では、解析サイズがアンテナ間の距離に依存するため、離れると解析が不可能になる場合があります。S-NAP Wireless Suiteは、モーメント法を採用しているために、アンテナ間距離に依存せずに容易に複数間のアンテナ問題を解析できます。以下の例は、MLAとダイポールの電力伝送を解析したのですが、直径5cm程度のMLAと11m以上の距離という、マイクロとマクロの混在問題です。

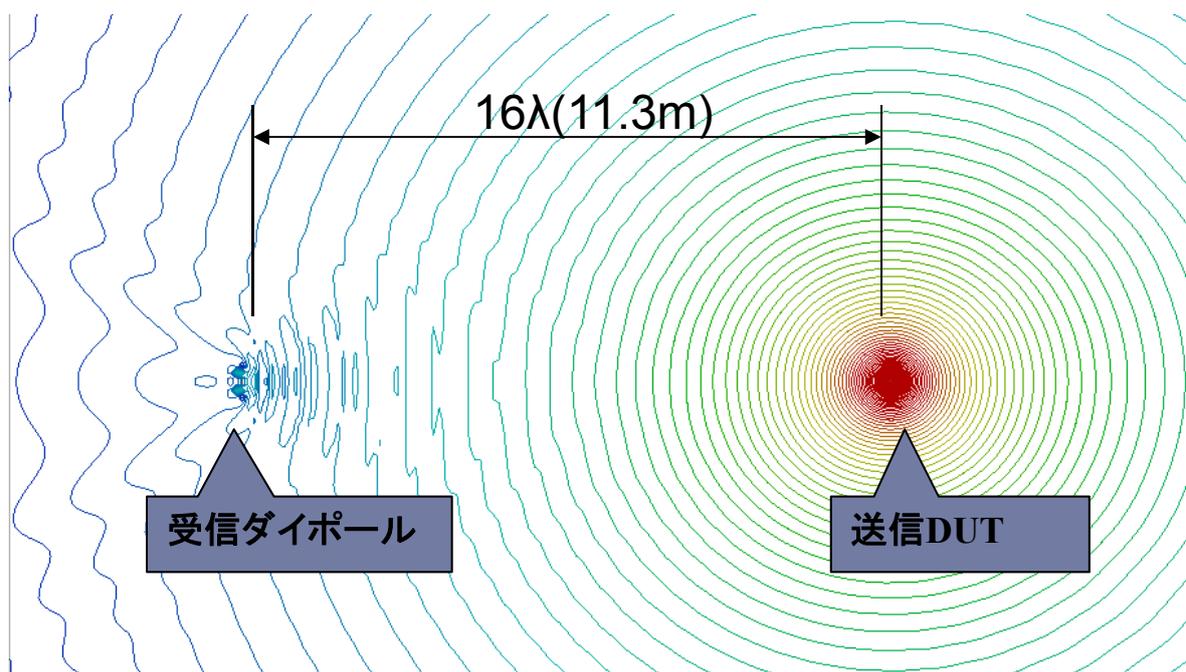


DUTに励振した場合の、ダイポールの負荷抵抗の電力をシミュレーション

- ・励振電力: 100mW
- ・DUT: MLA、 $\lambda/2$ DP、 1λ LOOP

マイクロとマクロ領域の混在問題の解析

- 以下の図は、送信元のアンテナがダイポール、MLA、1λループの3種類の場合の、16λ離れた位置に置かれたダイポールの受信レベルを測定およびシミュレーションしたものです。実測とシミュレーションの誤差は、最大でも3%程度であることがわかります。



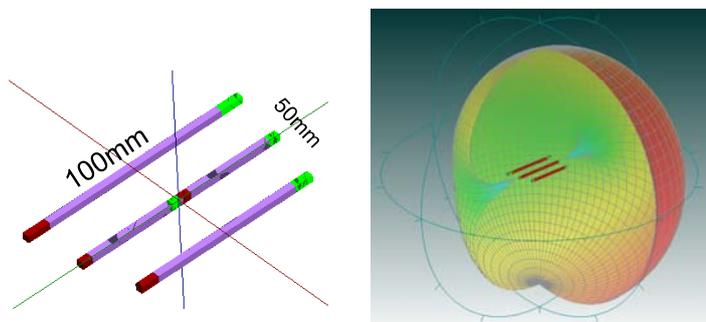
MLA(波源)ーダイポール間の電界分布

DUT	受信レベル[dBm]			誤差[%]
	シミュレーション	実測		
λ/2ダイポール	-25.04	-25.0		0.16
MLA	-26.33	-25.5		3.15
1λループ	-23.28	-24.0		3.00

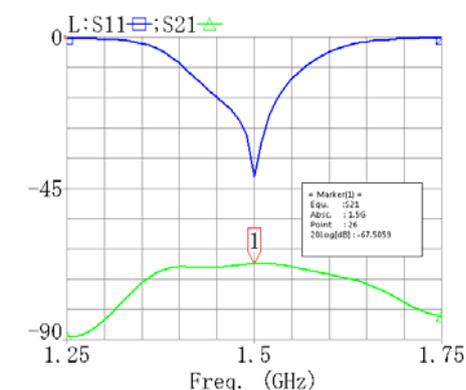
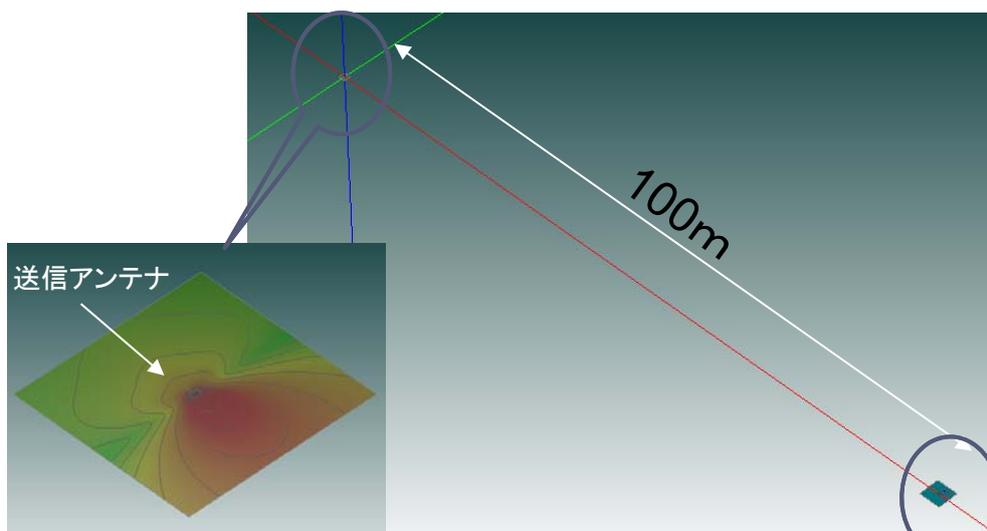
MLA48 中島一氏 (JR10AO) 測定 受信強度の比較

長距離における伝搬特性解析

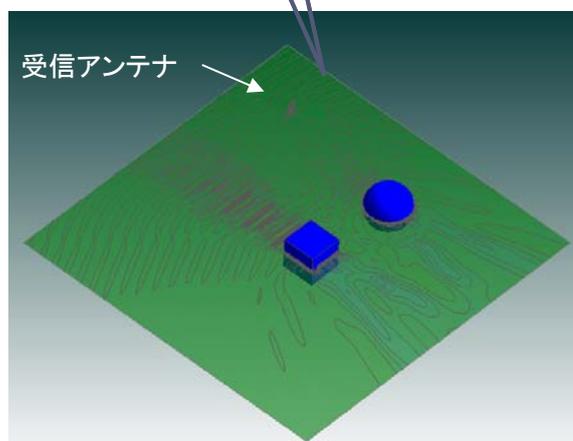
- 下の図は、1.5GHzの3エレメント八木アンテナの前方100mの位置に置かれた受信アンテナの伝送特性を解析したものです。受信アンテナの周囲にある障害物の影響がわかります。送信アンテナ近傍の電界は、八木のビームパターンがみられ、受信アンテナ近傍では周囲の金属による干渉波が観測できます。



送信アンテナと指向性特性



送信アンテナのリターンロスと伝送特性

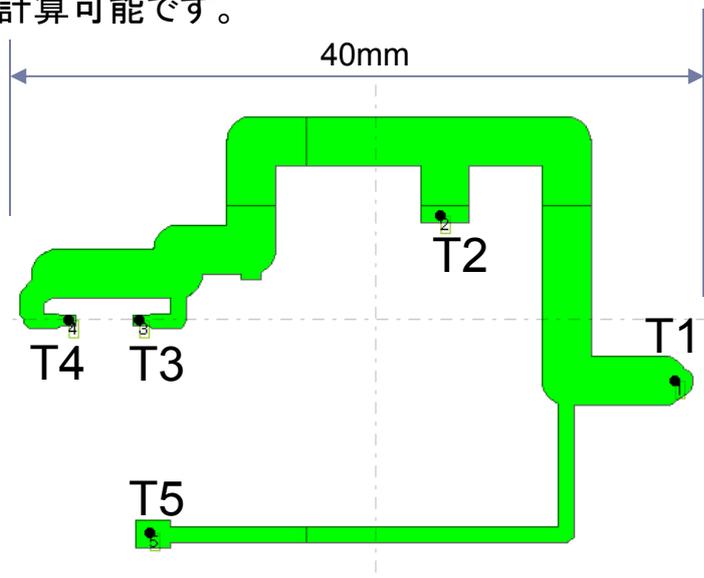
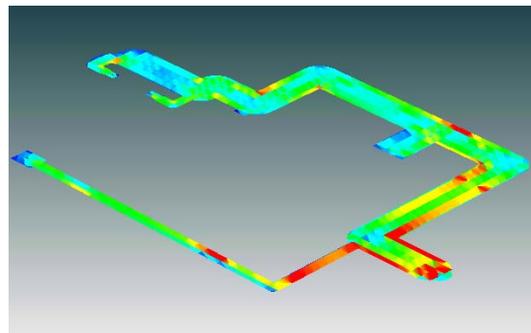


適用アプリケーション

▶ プリント板、EMC関係解析

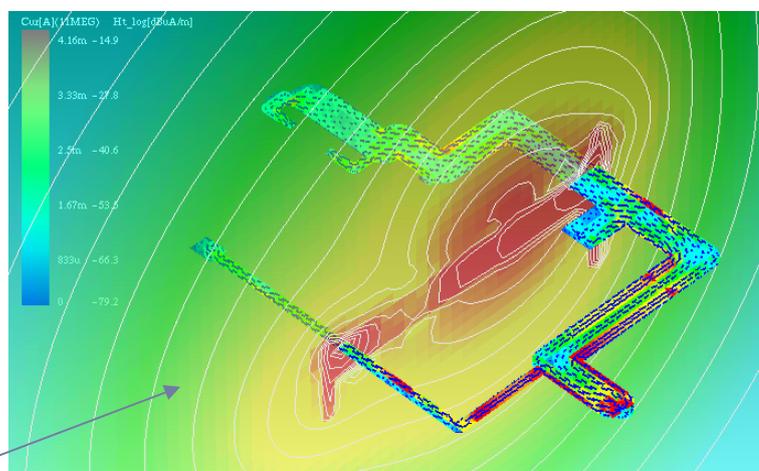
片面プリント基板のインダクタンス

片面基板に描かれたパターンの周波数に依存したインダクタンスを計算する問題は、電磁界シミュレータにとって結構厄介な問題です。この解析には、端子やポートを任意の位置に単体で設定できるかどうか鍵になります。下図は横幅が約40mmの大電流パターンのインダクタンスを解析した例です。パターンは1面にしかなく、自由空間に浮いている状態です。この条件で、T1と各端子間のインダクタンスを計算可能です。



端子	インダクタンス [nH] @10MHz
T1-T2	12.34
T1-T3	26.07
T1-T4	29.64
T1-T5	28.87

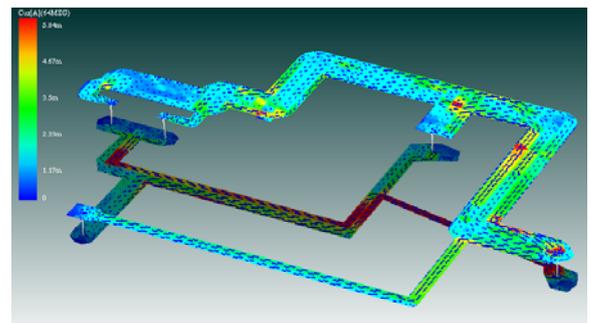
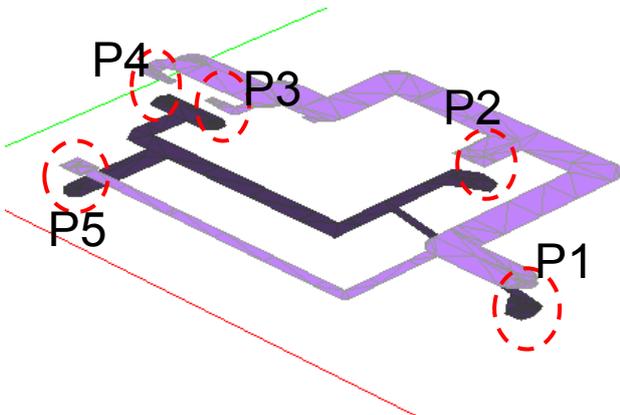
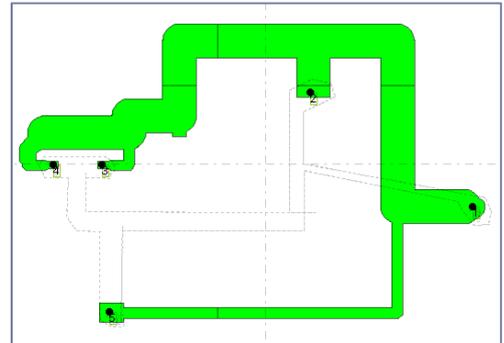
右図のパターン上の分布は、10MHzにおける電流分布と電流ベクトルであり、エッジに電流が集中していることがわかります。縦面は、磁界のカット面であり、幅の広いパターン周辺の方が磁界が強いことがわかります。また、基板エッジの近傍では磁界分布が乱れていることも確認できます。



磁界面

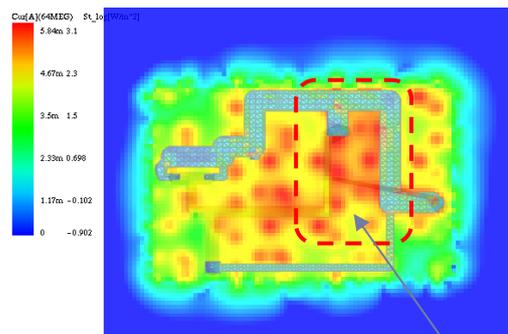
対向面のない両面プリント基板の特性

両面基板などでパターンが対向していない場合の特性解析は、平行平板モードを用いているような電磁界シミュレータでは正確な計算が困難になります。S-NAP/Wirelessの3D ソルバは、このような条件でもストレスなく解析が可能です。図は横幅が約40mmの大電流パターンで、グランド面は殆ど対向していません。



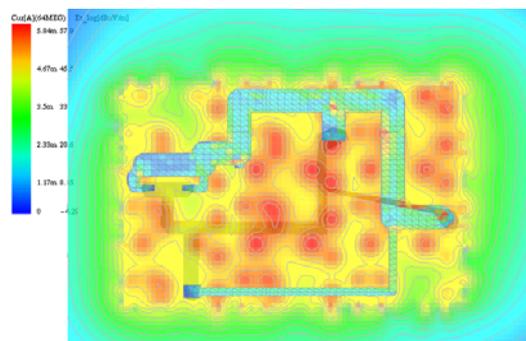
電流分布と電流ベクトル

電界分布およびポインティングベクトルは、誘電体を中央でスライスした位置での表示です。ポインティングベクトル($E \times H$)では、電流が合流している付近で分布が大きいことがわかります。右下図はP1から64MHzを1Vで励振したときの3mの位置での近傍電界強度です。若干基板の右上方向に強く出ていることが解ります。

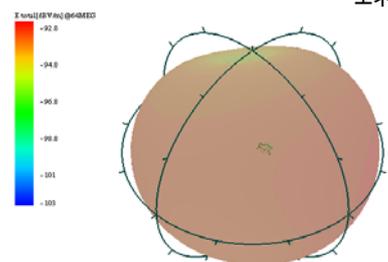


基板内のポインティングベクトル

エネルギーが大きい

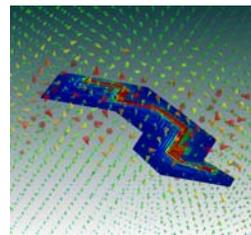


基板内の電界分布

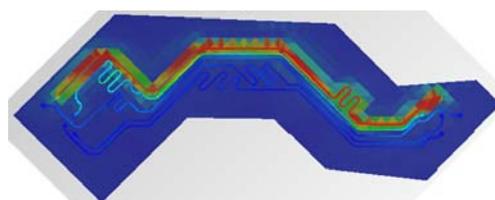
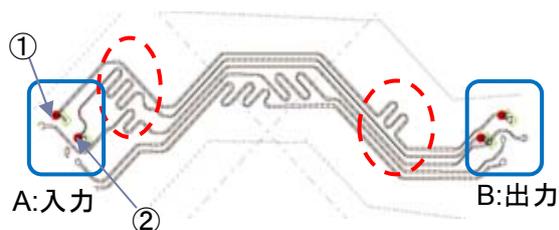
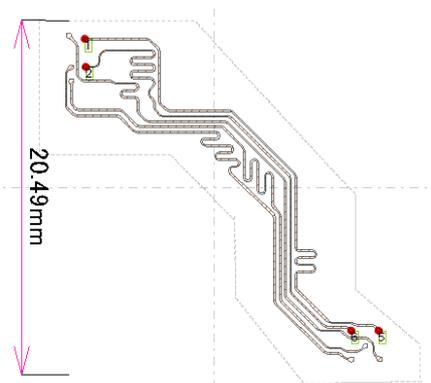


3mの位置における電界強度分布

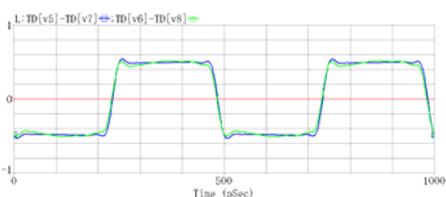
高速信号線路解析(SI)



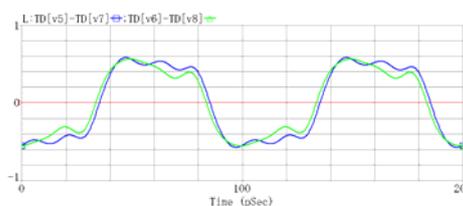
伝送周波数が高い高速ロジック信号では、ドミナントモードであるTEMモードだけでなく、高次モードが伝搬し波形が歪みます。このため、電磁界解析は、3次元でフルウェーブ解析を行う必要があります。このサンプルパターンは、等長配線を行っており、出力端Bの信号が同位相になるように設計されています。以下の解析例では、入力A端の①②に2GHzと10GHzを入力した場合の出力Bの波形を示しています。2GHzではほぼ歪もなく同位相で伝搬されています。10GHzクロックでは、1.6ps程度の位相差が確認できます。磁界分布と電界分布では、基板端面に定在波が生じていることがわかります。



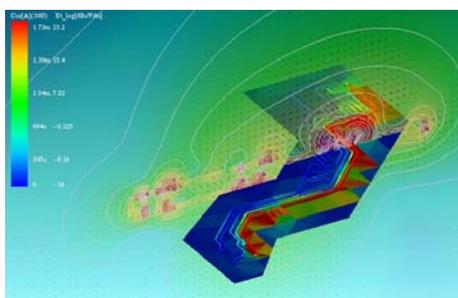
電流分布10GHz



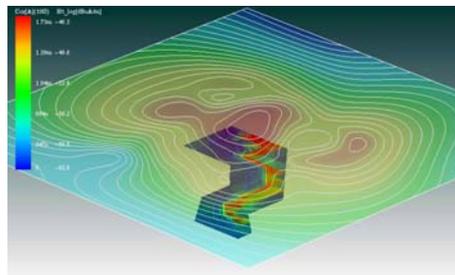
2GHzクロック波形



10GHzクロック波形



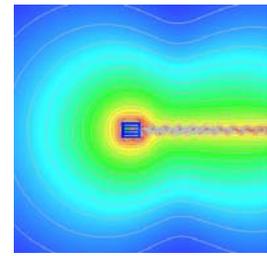
電界分布(10GHz)



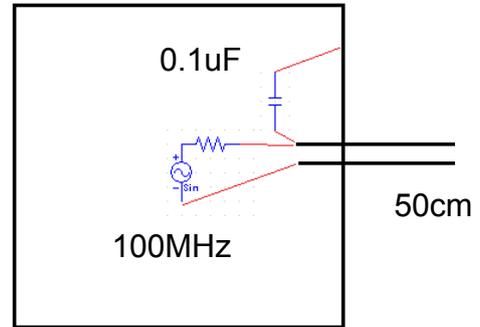
磁界分布(10GHz)

ケーブルからの放射

- 3種類のケーブルを比較 -

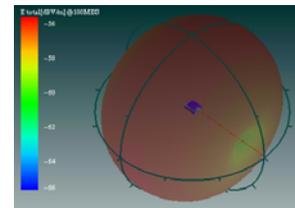
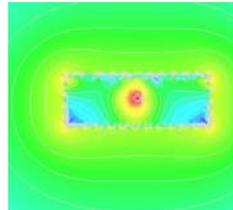
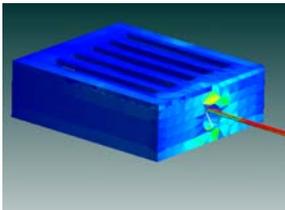


シールドケースからケーブルが出ている場合の放射電界を解析しています。右図のように、ケーブルの片方は0.1uFでケースに接続されており、ケーブルには100MHz, 1Vが励振されています。ケーブルを、平行線、ツイストペア線、シールド線の場合の近傍電界を解析しています。平行線とツイストペア線では、ツイストペア線がわずかにレベルが小さいが、ほとんど変化はない。シールドをかぶせた場合は、10m地点で約8dBほどレベルが下がっていることが確認できます。

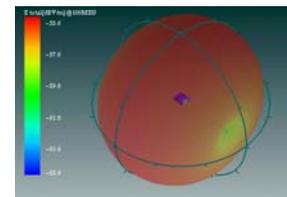
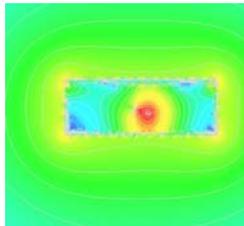
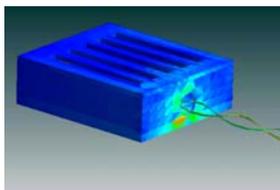


	近傍最大値 dBV/m	10m地点 dBV/m
平行ケーブル	41.2	-56.0
ツイストペア	42.6	-55.6
シールド付	28.0	-63.8

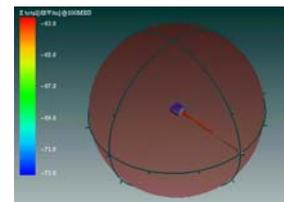
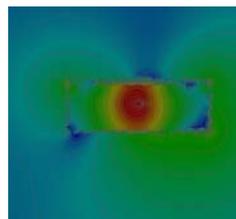
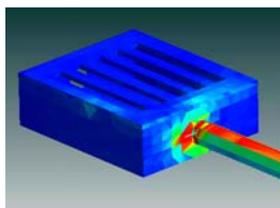
平行線



ツイストペア線



シールド線



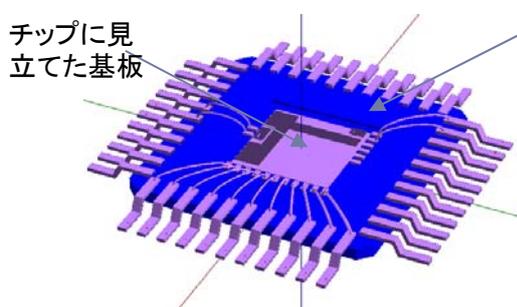
電流分布

断面電界

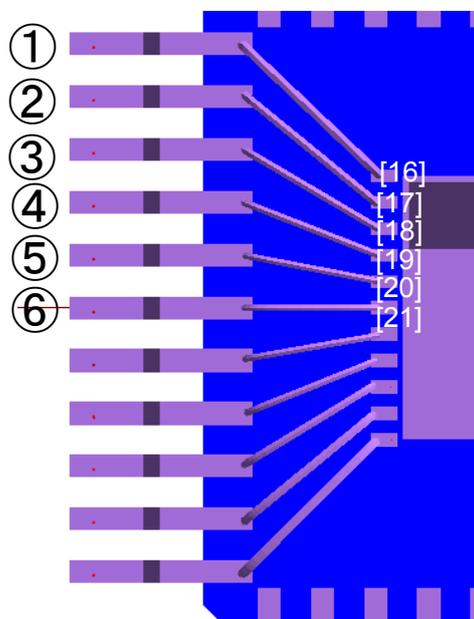
10m地点の電界分布

ICパッケージの特性解析

ICパッケージのリード端子やボンディングワイヤなどの解析は、3次元構造で設定することで、リードインダクタンスやクロストーク、チップとの結合などを解析することが可能です。以下の解析サンプルは、QFP44ピンパッケージで、リード端子、ボンディングワイヤ、パッケージ誘電体、チップの代わりにプリント板で構成されています。

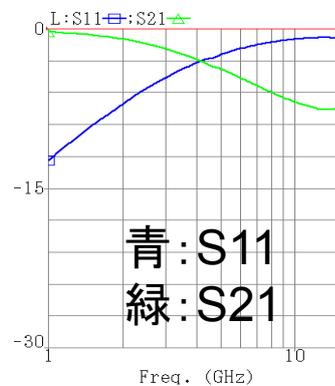
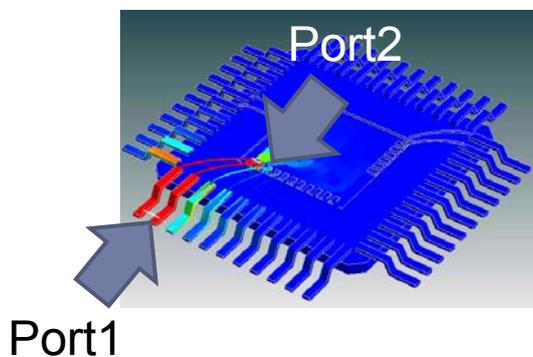


パッケージ($\epsilon_r=10$)



端子	インダクタンス[nH]
①-[16]	3.95
②-[17]	3.76
③-[18]	3.59
④-[19]	3.42
⑤-[20]	3.36
⑥-[21]	3.35

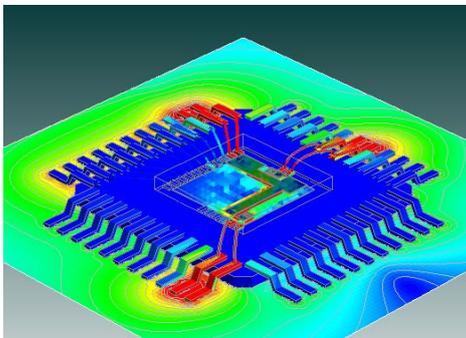
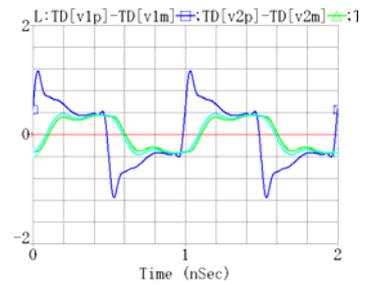
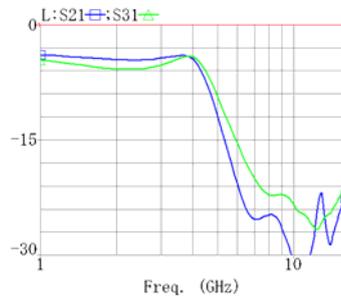
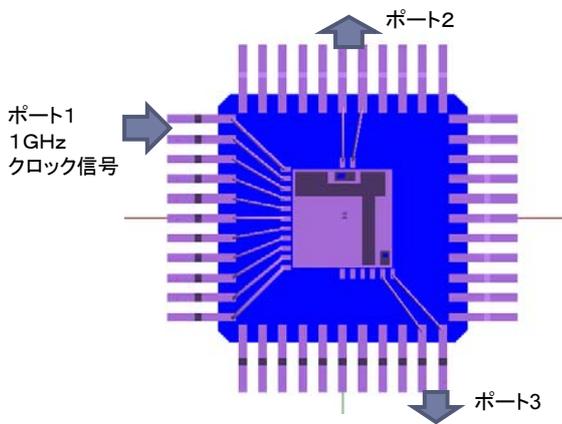
リード端子+ボンディングワイヤのインダクタンス
センターに近づくほど小さくなって



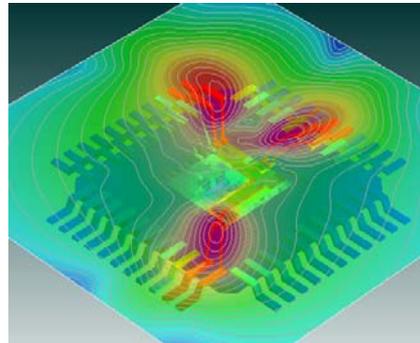
①-②をポート1に、[16]-[17]をポート2に設定したときの、Sパラメータ特性と電流分布

ICパッケージの特性解析

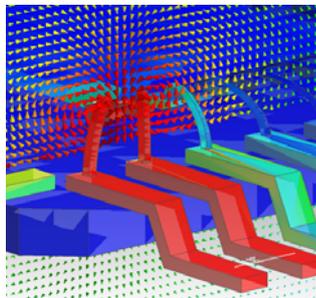
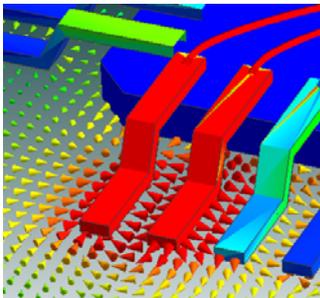
次に、以下の図のようにポート1から1GHzのクロック信号を入力し、内部の基板でポート2とポート3に分配される接続にした場合の特性を解析してみます。伝送特性は、5GHzより高域がカットされたLPF特性となっており、結果、クロック信号の立ち上がりと立下り特性が悪くなっています。LPF特性となっている要因は、内部基板でLPF回路が形成されていることによります。



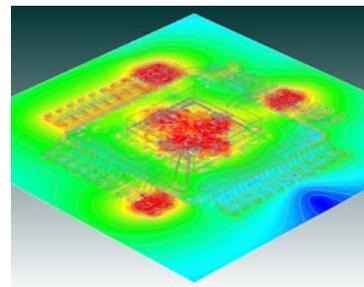
パッケージ下部の電界分布



パッケージ上部の磁界分布



端子近傍の電界ベクトルと磁界ベクトル



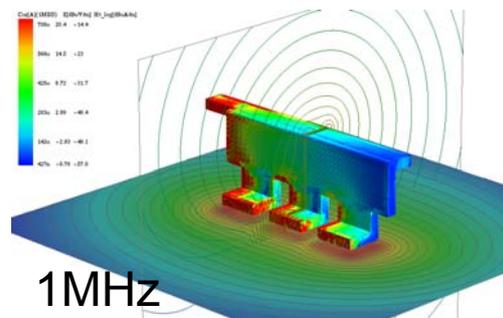
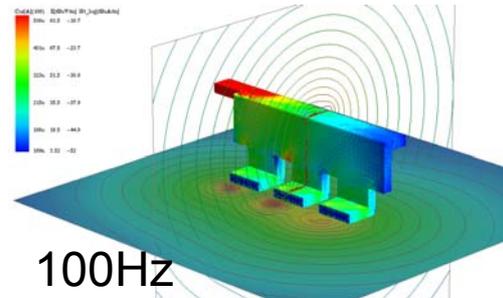
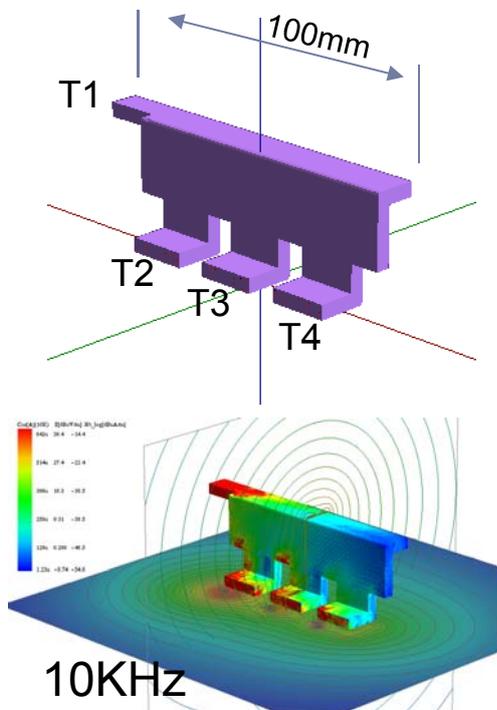
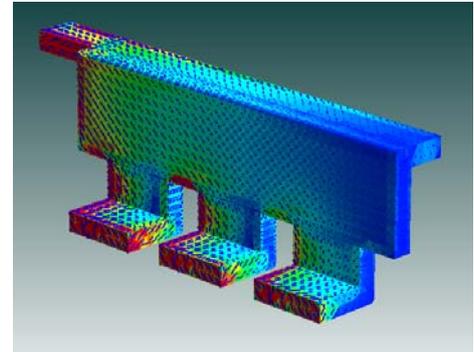
パッケージ内部の電界分布

適用アプリケーション

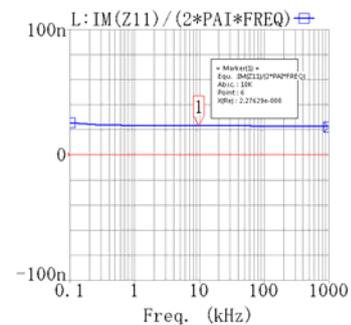
▶ 3次元形状部品解析

大電流電極

横幅が約100mmの大電流供給端子の周波数別解析の例を示します。T1から流入した電流は、T2,T3,T4に流れています。端子表面の分布は電流分布を示しており、水平面は電界、垂直面の等高線は磁界を示しています。周波数が高くなるにしたがってエッジに電流が偏ることが解ります。このような低い周波数でも問題なく電磁界分布を得ることができます。



端子	インダクタンス[nH]
T1-T2	22.8
T1-T3	30.7
T1-T4	40.8

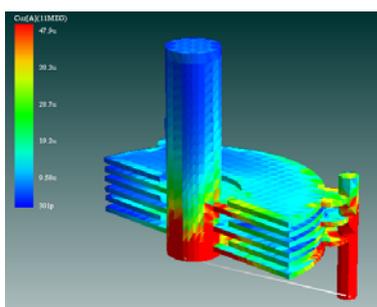


端子1-2間インダクタンス

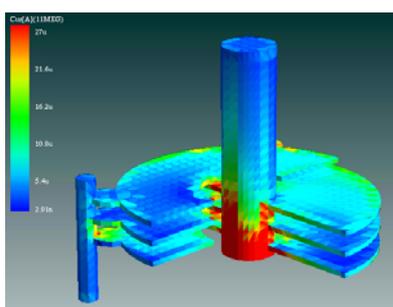
エアバリコンの解析例

- タイトバリコン -

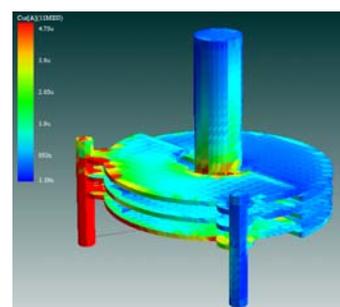
右図のような20pFタイトバリコンの解析例です。回転角が0,90,180度での電流分布と電界分布(0度)を示します。最大容量での解析値がほぼ製品の容量値に一致していることがわかります。解析周波数は11MHzです。



回転角 0度

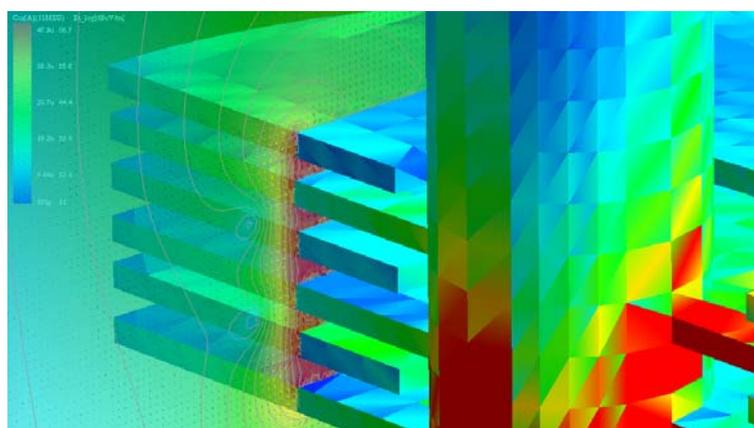


回転角 90度



回転角 180度

回転角「度」	容量 [pF]
0	20.6
90	11.32
180	2.46



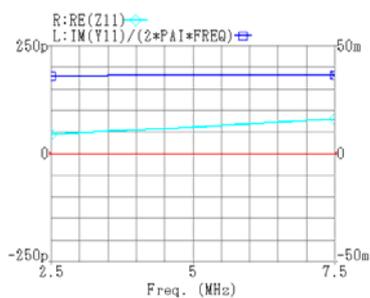
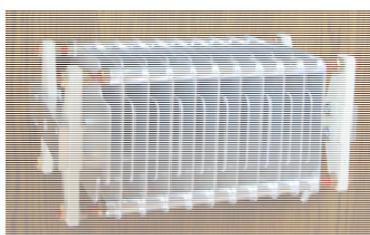
電界分布@11MHz

エアバリコン解析例

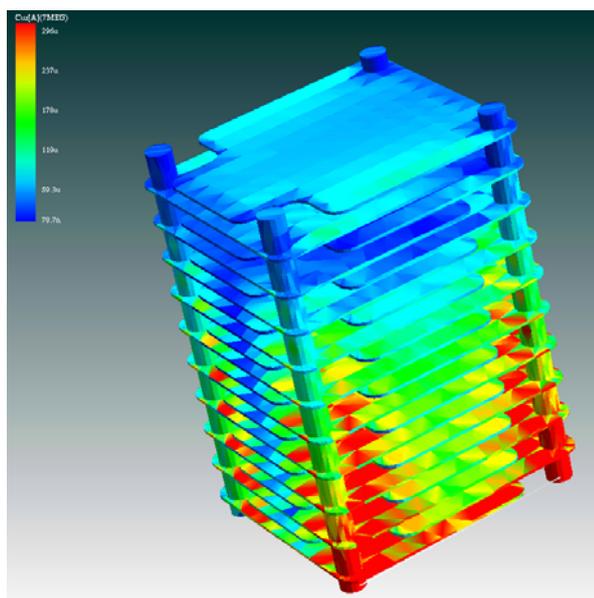
ー固定コンデンサ、 バタフライバリコンー

固定コンデンサ(上)とバタフライバリコンの解析例です。容量とオーミックロス解析しています。解析値はほぼ製品の容量値に一致しています。

固定コンデンサ

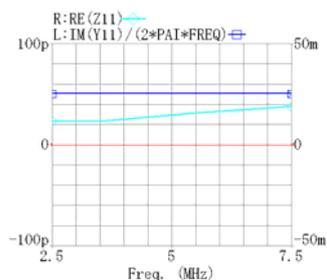
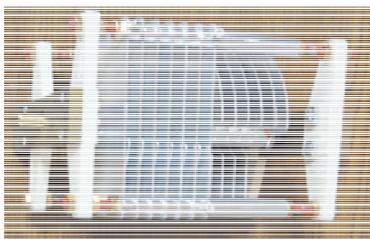


容量とオーミックロス

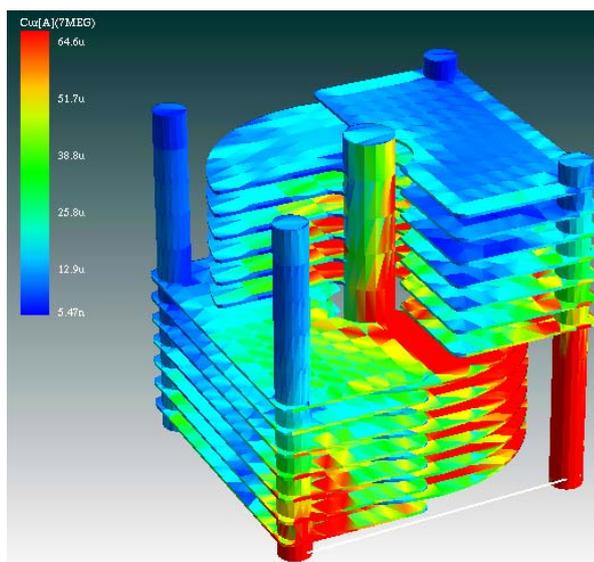


181pF

スプリットステータバリコン



容量とオーミックロス



90度 27.73pF