



回路シミュレーションと技術支援ツール

評価・解析センター 梅村哲也・江畑克史

2009.May.28 AN-TST09Z001_ja

■ コンピュータシミュレーションの活用

近年の回路設計や機器設計では、コンピュータシミュレーションが積極的に導入されています。実際に回路や機器を試作してテストを繰り返すよりも、大幅に時間を短縮してコストを削減できるからです。また、ハードウェア、ソフトウェアともに性能が向上しているため、複雑な計算を比較的短時間にできるようになったことも、普及を促している要因の一つと言えるでしょう。

■ コンピュータシミュレーションの精度向上

前述のように、実感としてコンピュータシミュレーションは普及してきていますが、それを懐疑的に感じている人の意見のひとつとして、「実際の結果とシミュレーションのそれが合わない」ということがあるでしょう。確かにすべての事象を正確に導き出すのは「神のみがなせる技」なのかもしれませんが、大枠の現象を理解するための用途として、近年のコンピュータシミュレーションはかなり進歩していると言えます。

コンピュータシミュレーションの信頼性を左右する要因は大きく二つあります。一つは計算原理、いわゆる「計算エンジン」です。もう一つは、「モデリング技術」です。

「計算エンジン」はこれまで導き出されてきた原理をもとに、各シミュレータメーカーが工夫を凝らしてコンピュータで計算できるようにしたものです。同じ回路をシミュレーションしても、計算エンジンによって結果や計算時間に差が出ます。

「モデリング技術」は、シミュレータを使うユーザに依存する傾向が強くなります。計算エンジンが素晴らしくても、シミュレーションさせるモデルが現実と近くなければ、その結果もやはり現実からはかけ離れてしまいます。しかし、このモデリング技術の習得には、高い専門知識と経験が必要とされます。

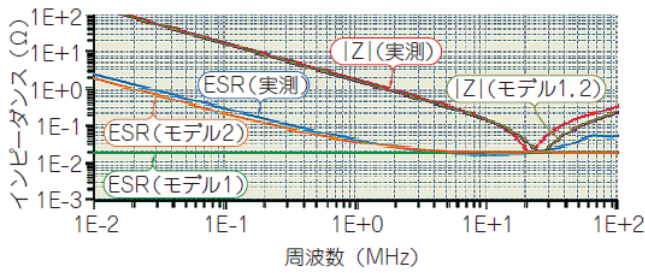
一例として、セラミックコンデンサを見てみましょう。図1はセラミックコンデンサ(0.1 μ F)の実測データと「等価回路モデル」から計算されたモデルデータとのインピーダンス特性の比較例です。 $|Z|$ 特性は実測といずれのモデルとも合っていますが、モデル1のESR(等価直列抵抗)特性は実測データと合っていないことがわかります。コンデンサは回路シミュレータでは、 $-|$ $|$ のようにモデル化されますが、現実のコンデンサは抵抗成分やインダクタンス成分などが含まれていて、それらをより正確にモデル化したものを使わないと「シミュレーションと実測は合わない」ということになってしまうかもしれません。ただ、計算精度を求めるあまり、安易に複雑なモデルを多用すると、計算時間が大幅に伸びてしま

表1 TDKの技術支援ツール

分類	名前	概要
Windows®アプリケーション	部品特性解析ソフト「SEAT」	部品の特性表示、パルス応答シミュレーション、DC バイアス・温度特性表示など高機能アプリケーション
Web アプリケーション	部品特性ビューア「CCV」	部品の周波数特性、DC バイアス・温度特性などをブラウザ上で比較表示
汎用電子部品モデル	S-parameter Data Library	実測の S パラメータデータ集
	等価回路モデルライブラリ	PDF 形式の等価回路モデル集
	SPICE Netlist Library	ネットリスト形式の等価回路モデル集
シミュレータ専用電子部品モデル	Agilent ADS 用電子部品モデル	部品の等価回路モデル、回路図シンボル、フットプリントデータ
	Ansoft Designer® & NEXXIM®用電子部品モデル	
	図研 CR-5000 Lightning 用電子部品モデル	
	Cadence Allegro® PCB SI 用 電子部品モデル	部品の等価回路モデル
Cadence Allegro® PCB PI option 用 電子部品モデル		

いますので、使い方には注意が必要です。

図 1 セラミックコンデンサ(0.1uF)の実測とモデルの比較例



特性ビューア「CCV」は、汎用電子部品モデルの情報を使って、特性を表示したり、簡単な回路シミュレーションをしたりするように開発されたソフトウェアです。シミュレータ専用モデルは汎用電子部品モデルをそれぞれのシミュレータで使いやすいように加工したもので、シミュレータに付属の部品パレットから簡単に配置できるようになっていたり、CAD 機能と連携してフットプリントの情報を得たりすることができます。なお、いずれのツール/モデルも無償で使用することができます。

★技術支援ツールのホームページ

<http://www.tdk.co.jp/tst/index.htm>

■ TDKの技術支援ツール

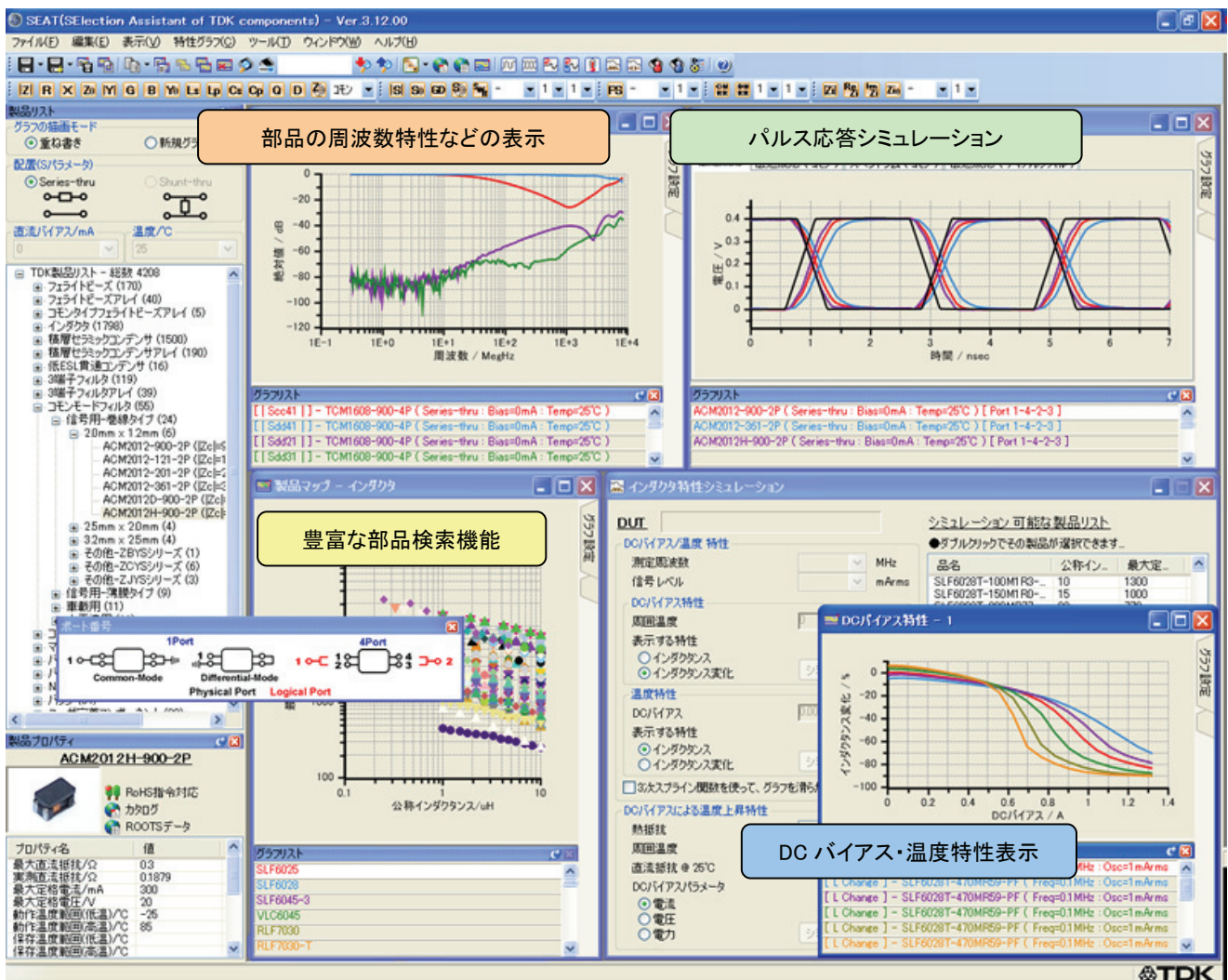
TDK の技術支援ツールは、いろいろなモデル化のニーズに応えられるように多くの電子部品モデルとそれらを活用するソフトウェアを提供しています。表 1 は執筆時点での TDK の技術支援ツールの内容です。汎用電子部品モデル(S パラメータや等価回路など)が基礎となっており、部品特性解析ソフト「SEAT」や部品

■ 部品特性解析ソフト「SEAT」

図 2 は部品特性解析ソフト「SEAT」のスクリーンショットです。「SEAT」には主に下記のような機能があります。

- ・ コイル、コンデンサ、ビーズ、3 端子フィルタ、コモンモードフィ

図 2 部品特性解析ソフト「SEAT」のスクリーンショット



ルタ、バリスタ、NTC サーミスタ、バリスタなど数千点の部品を収録

- ・インピーダンスやSパラメータなどの特性表示
- ・パルス応答シミュレーション
- ・TDRシミュレーション
- ・DCバイアス・温度特性シミュレーション
- ・ユーザ定義フィルタ(複数の部品を組み合わせたツール)
- ・ユーザ定義コンポーネント
- ・特性インピーダンス計算ツール(伝送線路の物理寸法から特性インピーダンスを計算するツール)

「SEAT」を使うと、周波数特性の表示はもちろん、その部品の効果をパルス応答シミュレーションで確認したり、DCバイアス印加時や任意の温度条件下での特性の変化の度合いを見積もったりすることができます。

図3はノイズ対策部品の一つであるフェライトビーズが伝送波形にどのような影響を与えるのかをパルス応答シミュレーションで計算した結果例です。黒線はフィルタがない場合、赤と青は二つの異なるフェライトビーズをドライバ直後に挿入した場合のレシーバ側での電圧波形です。回路条件によっては、青い線のように、大きなリングングが発生して逆効果になることもあるので、

「SEAT」のようなツールを使って、あらかじめ当たりをつけることで、余計な時間とコストを減らすことができます。

★SEATのホームページ

<http://www.tdk.co.jp/seat/index.htm>

図3 パルス応答シミュレーション(シングルエンド)におけるフェライトビーズの効果例

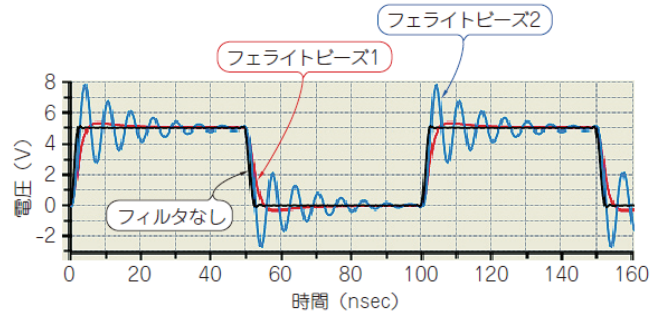
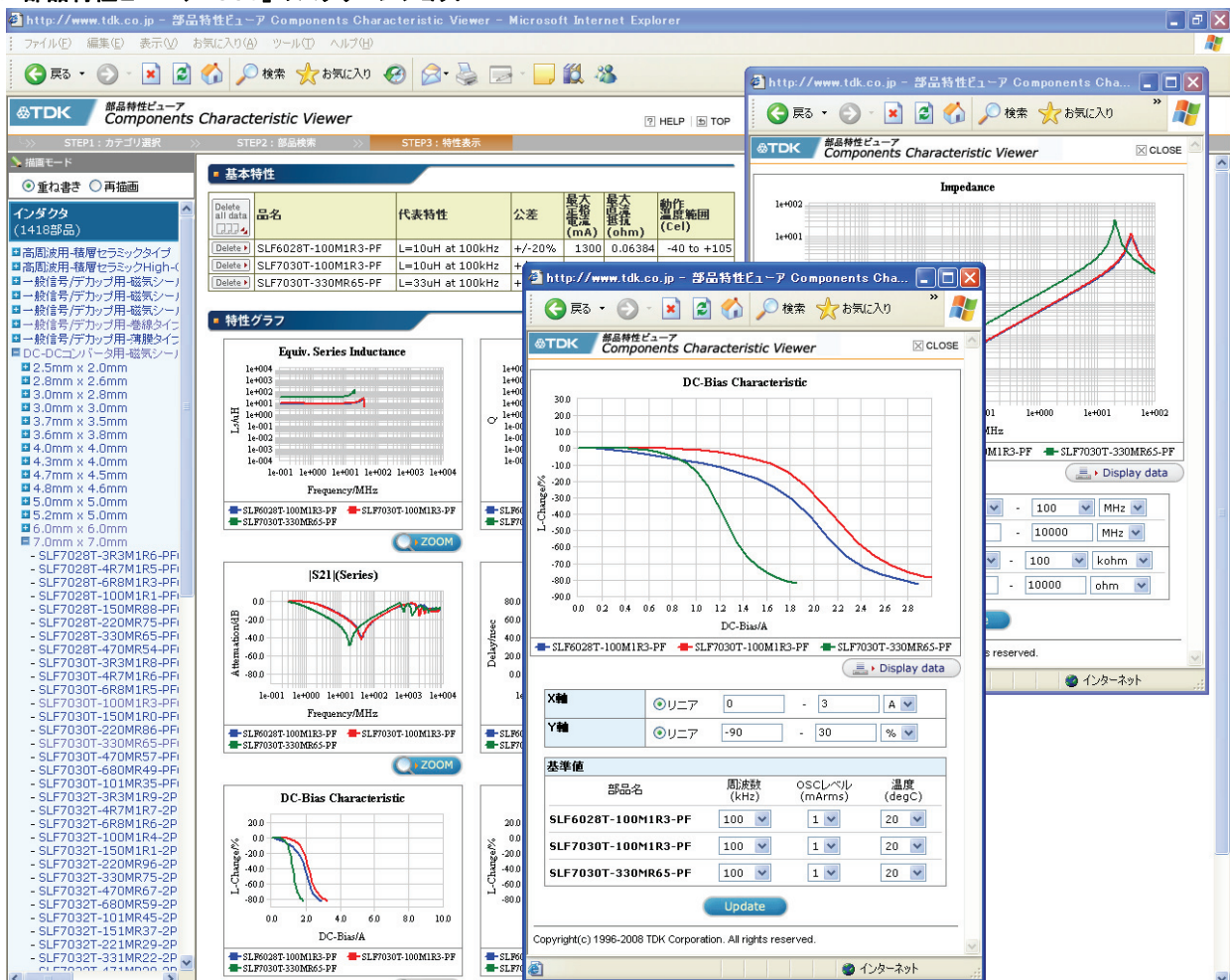


図4 部品特性ビューア「CCV」のスクリーンショット



■ 部品特性ビューア「CCV」

図 4 は部品特性ビューア「CCV」のスクリーンショットです。「CCV」には「SEAT」に含まれているシミュレーション機能は搭載されていませんが、周波数特性やDC バイアス・温度特性などを、ブラウザ上で表示できることが特長です。

操作方法も非常に簡単で、ウィザード形式(3ステップ)で部品を選択するだけで、部品の特性を表示することができるようになっています。具体的には、

ステップ 1: 部品カテゴリを選択

ステップ 2: 対象製品の絞り込み(絞り込む必要がなければなんも入力しないで OK)

ステップ 3: 画面左の部品リストから部品を選択します。そうすると、画面右側に部品特性が表示されるようになっています。さらに部品を選択すれば、グラフが重ね書きして表示されるので、比較評価が簡単に行えるようになっています。

「CCV」は操作も簡単で、インストールの必要がない Web アプリケーションですので、部品選定の際にぜひ活用していただければと思います。

★CCV のホームページ

<http://www.tdk.co.jp/ccv/index.asp>

■ 回路シミュレータ用電子部品モデル「TVCL」

回路シミュレーションを用いて電子回路設計を行う際、回路を構成する種々の要素(半導体や受動部品、コネクタ、基板配線など)についてのシミュレーションモデルが必要です。TDK では各種電子部品の回路シミュレーションモデル(TDK Virtual Component Library)をご提供しております。以下に、その内容をご紹介します。

■ TDK の回路シミュレータ用電子部品モデルの特長

・多彩な収録製品

コンデンサ、インダクタ、フェライトビーズ、コモンモードフィルタ、3 端子フィルタ、パルストランス、バリスタ、バランなど、TDK の汎用的な受動電子部品を多数収録しております。

・各種回路シミュレータへの対応

様々な回路シミュレータへ対応できるよう、表 1 の下半分に示すような 8 つのライブラリを準備しております。このうち、汎用電子部品モデルは、様々な回路シミュレータで使用できるよう汎用的なフォーマットで作成されたモデルです。また、シミュレータ専用電

子部品モデルは、特定の回路シミュレータ専用で作られており、等価回路モデルのデータに加えて回路図シンボルやフットプリントなどのデータが含まれます。

・インターネットを通じて最新のモデルをご提供

いずれのモデルもインターネットを通じてご提供しております。

URL は以下の通りです。

日本語ページ <http://www.tdk.co.jp/tvcl/>

英語ページ <http://www.tdk.co.jp/etvcl/>

■ 各ライブラリの内容

TDK の回路シミュレータ用電子部品モデルは 8 つのライブラリから構成されており、使用する回路シミュレータや目的などに応じて最適なライブラリを選択できるようになっています。以下に、各ライブラリの内容をご紹介します。

・S パラメータデータライブラリ

S パラメータを実測したデータ集です。広く採用されている Touchstone 形式で記述しており、多くのシミュレータでそのまま読み込むことができます。(図 5 参照)

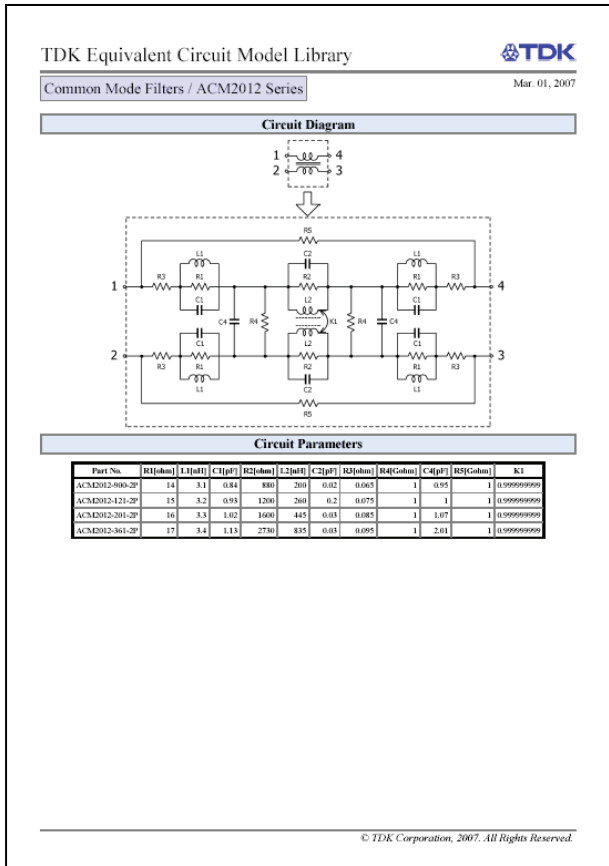
図 5 S パラメータデータライブラリの一例

```
! Port assignments
! 1 ---@@@--- 2
!
! Measurement condition
! Operating Temperature = 25 Cel
! DC Bias Current = 0 A
!
! TDK Corporation
!
! # MHz S MA R 50
0.0000 0.0010 -0.0000 0.9991 -0.0000 ...
0.3000 0.0602 -84.612 0.9947 -3.4358 ...
0.3141 0.0628 -85.264 1.0005 -3.5931 ...
0.3289 0.0677 -85.119 0.9990 -4.1515 ...
-
<中略>
-
8500.0 0.3809 -120.98 0.8349 -35.585 ...
```

・等価回路モデルライブラリ

等価回路モデルとは、実際の部品の周波数特性を回路シミュレータ上で再現するための回路のことです。等価回路モデルライブラリは、等価回路モデルの情報を PDF 形式のファイルに記したものです。(図 6 参照)

図 6 等価回路モデルライブラリの一例



・SPICE Netlist ライブラリ

等価回路モデルの情報を SPICE のネットリスト形式で記述したものです。汎用的な SPICE フォーマットを用いておりますので、多くのシミュレータでそのまま読み込むことができます。(図 7 参照)

図 7 SPICE Netlist Library の一例

```

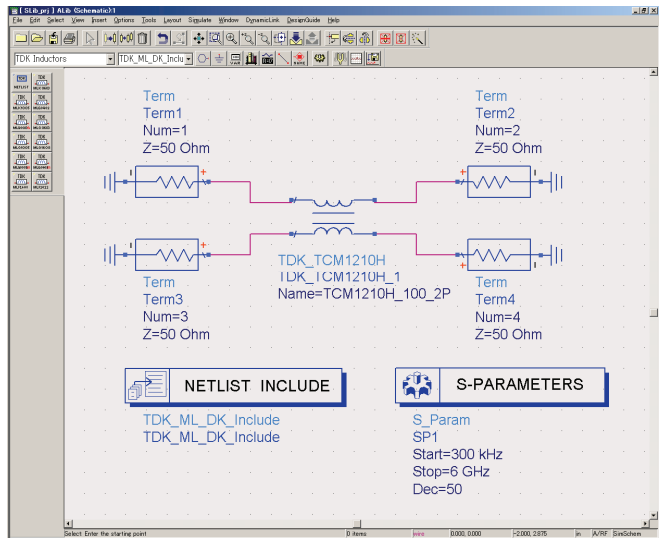
-----
* SPICE Netlist Generated by TDK Corporation
* TDK P/N: ACM2012-900-2P (Common Mode Filter)
* Property: Zc(at 100MHz) = 90 [ohm]
* Model Generated on Dec. 04, 2006
-----
* External Node Assignments:
*
* 1 ---@@@--- 4
*      ===
* 2 ---@@@--- 3
*
-----
.SUBCKT ACM2012_900_2P 1 2 3 4
C11 11 12 0.84p
C12 21 22 0.84p
C13 31 32 0.84p
C14 41 42 0.84p
C21 12 42 0.02p
C22 22 32 0.02p
C41 12 22 0.95p
C42 32 42 0.95p
.
<中略>
.
R42 32 42 1G
R51 1 4 1G
R52 2 3 1G
.ENDS ACM2012_900_2P
-----

```

・Agilent ADS 用電子部品モデル

Agilent Technologies 社の ADS で使用するためのライブラリです。等価回路モデルのデータに加えて、回路図シンボルやフットプリント情報が含まれています。また、ADS の Discrete Optimize 機能にも対応しておりますので、最適な部品を自動的に選択することも可能です。(図 8 参照)

図 8 Agilent ADS 用電子部品モデルの一例



・Ansoft Designer® & NEXXIM® 用電子部品モデル

Ansoft 社の Ansoft Designer および NEXXIM で使用するためのライブラリです。等価回路モデルのデータに加えて、回路図シンボルやフットプリント情報が含まれています。(図 9 参照)

・図研 CR-5000 Lightning 用電子部品モデル

株式会社図研の CR-5000 Lightning で使用するためのライブラリです。共通モードフィルタの等価回路モデルに加えて、回路図シンボルやフットプリント情報が含まれています。(図 10 参照)

・Cadence Allegro® PCB SI 用 電子部品モデル

Cadence 社の Allegro PCB SI で使用するためのライブラリです。共通モードフィルタとフェライトビーズの等価回路モデルが収録されています。

図 9 Ansoft Designer® & NEXIXIM®用電子部品モデル

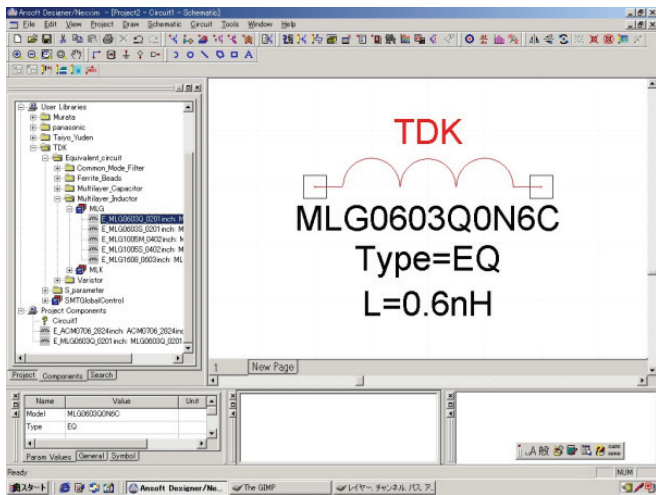
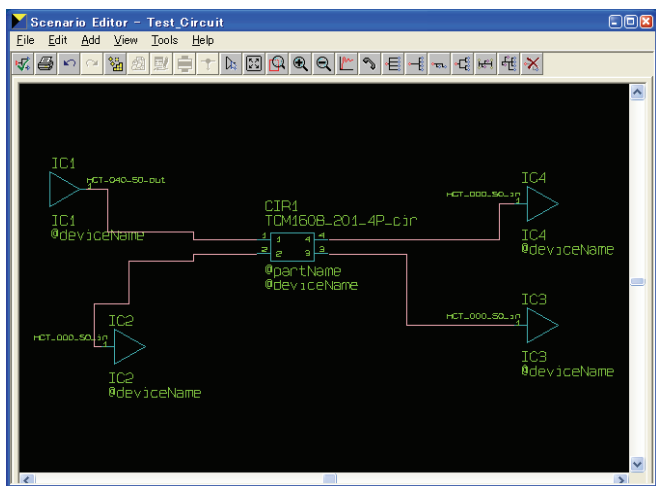


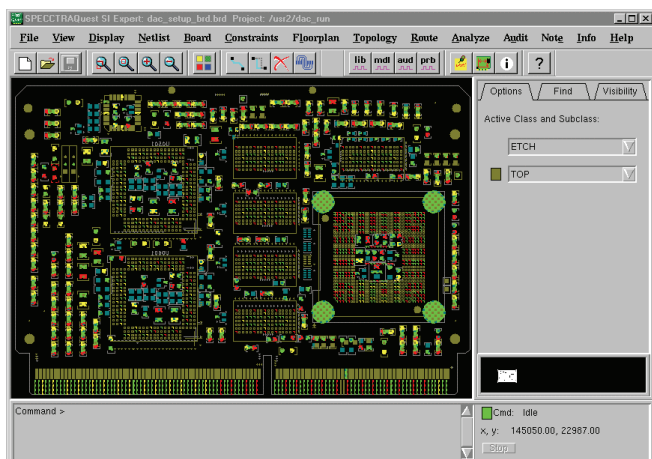
図 10 図研 CR-5000 Lightning 用電子部品モデルの一例



・Cadence Allegro®PCB PI option 用 電子部品モデル

Cadence 社の Allegro PCB PI オプションで使用するためのライブラリです。積層セラミックコンデンサの等価回路モデルが収録されています。(図 11 参照)

図 11 Cadence Allegro® PCB PI option 用電子部品モデルの一例

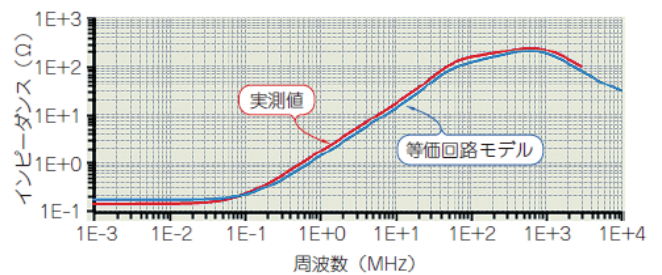


■ 等価回路モデルと実測値の比較

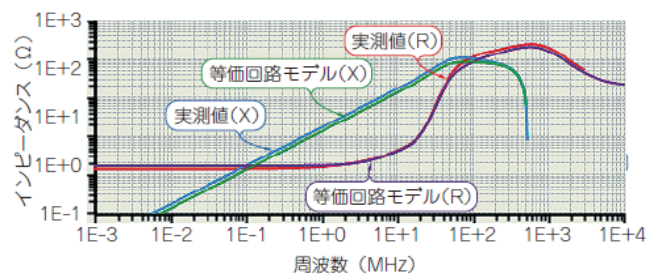
TDK の等価回路モデルは、電子部品を構成する材料の特性や部品自体の内部構造が考慮されているため、実際の部品の特性を詳細に再現することができます。図 12 に、フェライトビーズ(MMZ1005D121C)に対する、等価回路モデルと実測値のインピーダンス特性の比較結果を示します。等価回路モデルは、広い周波数範囲に亘り実際の部品の振る舞いをよく再現していることがわかります。信頼できる回路シミュレーション結果を得るためには、このような精度の高いシミュレーションモデルを用いることが不可欠です。

図 12 等価回路モデルと実測値とのインピーダンス特性比較 (MMZ1005D121C)

(a) インピーダンス成分 (|Z|)



(b) 抵抗成分 (R), リアクタンス成分 (|X|)



■ 最後に

TDK が提供している技術支援ツールをご紹介しました。電子回路設計や EMC 対策等にご活用いただければ幸いです。



ご注意

- ◆ 本アプリケーションノートで表示されている電子部品モデル、特性データ、シミュレーション結果および部品特性解析ソフト「SEAT」・部品特性ビューア「CCV」で表示される特性などは、製品の特性を保証するものではありません。
- ◆ 本アプリケーションノートおよび電子部品モデル、部品特性解析ソフト「SEAT」、部品特性ビューア「CCV」に掲載された内容によっておきる損害については、TDK は一切の責任を負いませんので、その旨ご了承ください。
- ◆ Ansoft Designer®、NEXXIM®は、Ansoft Corporation の登録商標です。Allegro®は、Cadence Design Systems, Inc. の登録商標です。その他記載の社名・製品名などは各社の登録商標です。
- ◆ 本アプリケーションノートで使用している画面およびデータは 2009 年 5 月現在のものを使用しています。
- ◆ 改良その他により予告なく変更する場合があります、実際のものとは異なることがあります。
- ◆ 「SEAT」は TDK 株式会社の登録商標です。