

パワーインダクタの 動的モデルについて



v1.01 2015/6

Q. なぜ動的モデルが必要なのか？

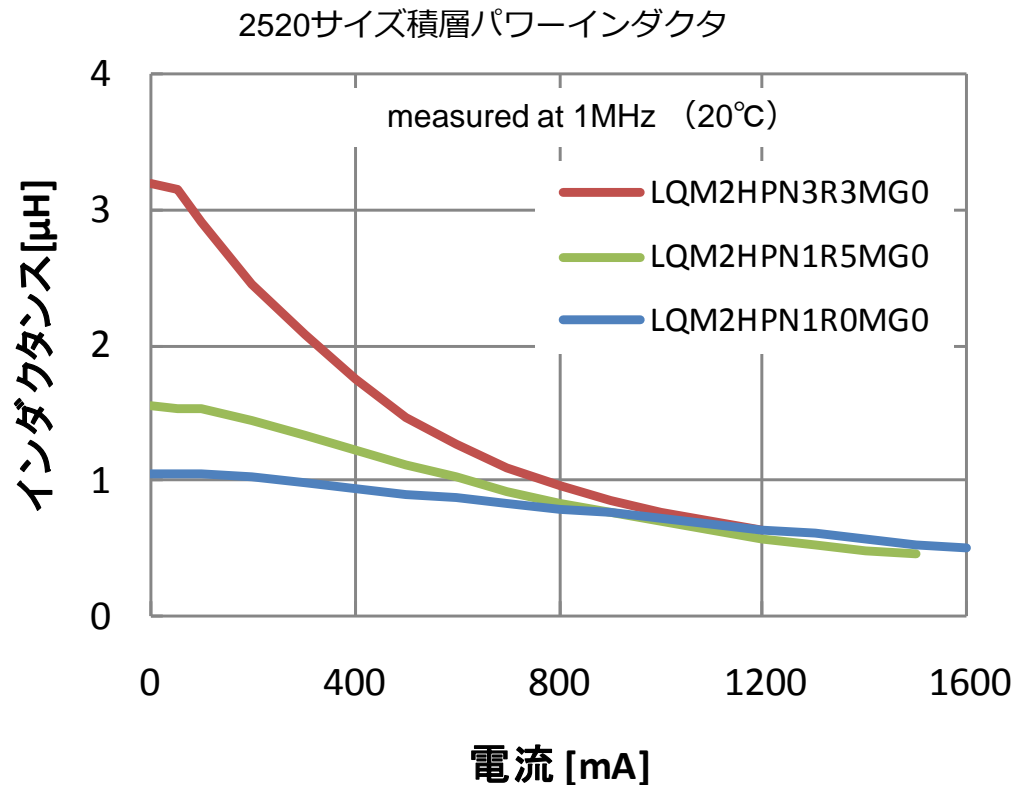
A. 静的モデルでは、リアルタイムに変化するインダクタンスを反映したシミュレーション結果が得られないから



パワーインダクタが使用される回路において、パワーインダクタに流れる電流は一定ではない

||

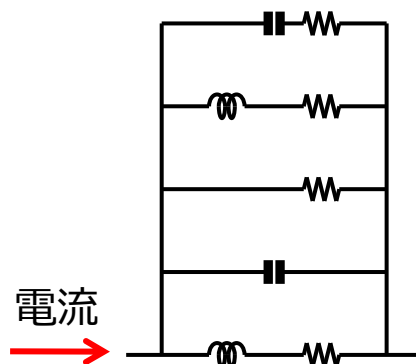
インダクタンス値は、動作時には一定ではない



⇒ フェライトを使用したパワーインダクタは、大きな電流が流れるとフェライトが磁気飽和に近づくため、その過程で透磁率が低下します。インダクタンスは透磁率に比例することから、インダクタンスも低下することになります。パワーインダクタに直流電流を流したときの上図の特性（**直流重畳特性**）は、それを示しています。

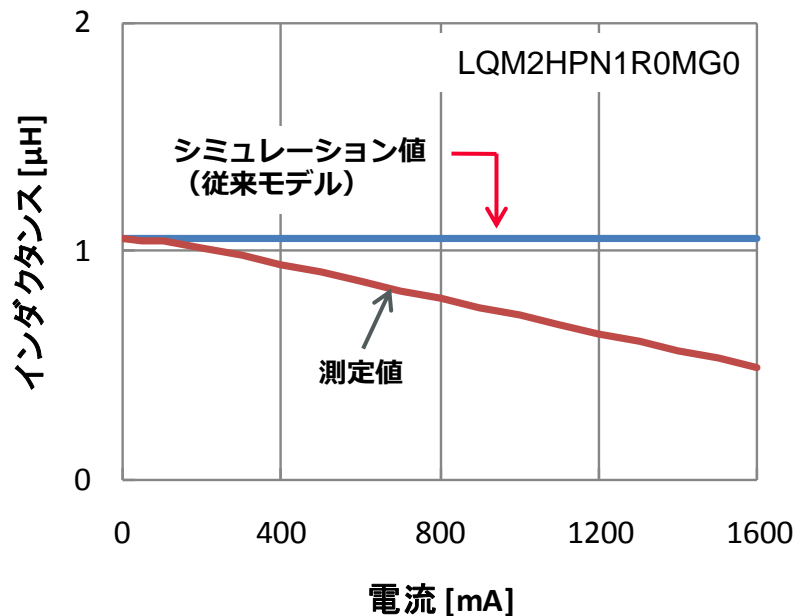
当社の従来モデルと実測値との比較

(1) 当社インダクタの従来の等価回路モデル（例）



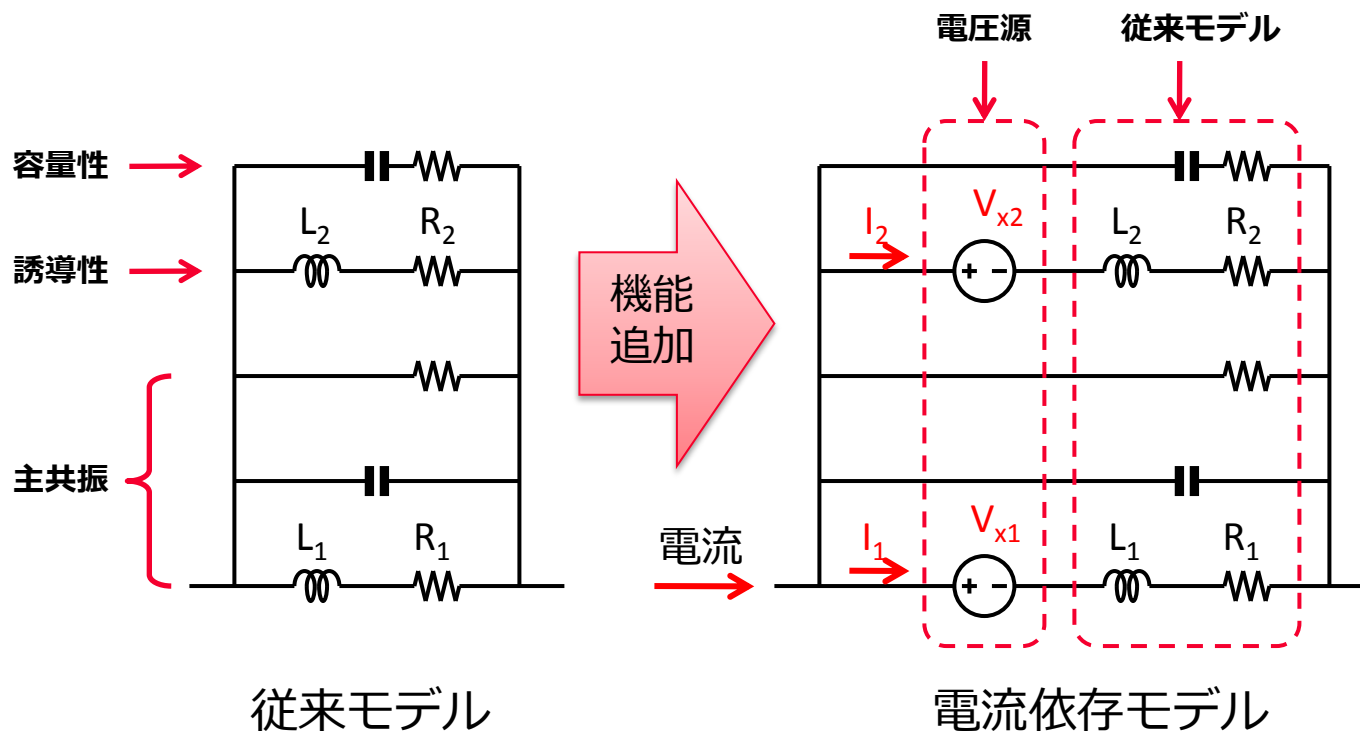
⇒ 電流が変化しても各素子の定数は変化しない（直流重畳特性は反映されない）

(2) 従来モデルと実測値との比較



⇒ (1) の従来モデルでは、直流重畳特性は反映されていません。

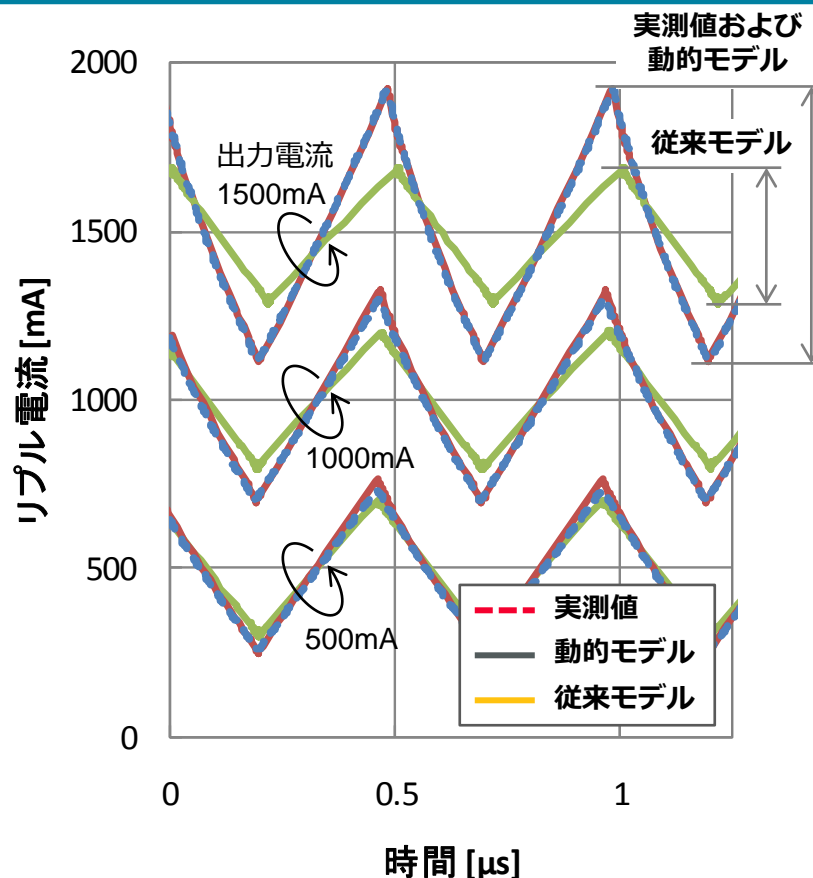
電流依存モデル（動的モデル）の提案



⇒ 従来モデルのいくつかの素子に対して電流依存性をもたせることで、リアルタイムな電流の変化にともなうインダクタンスの変化に対応した動的モデルを実現しました。

動的モデルと実測値との比較 (1/2)

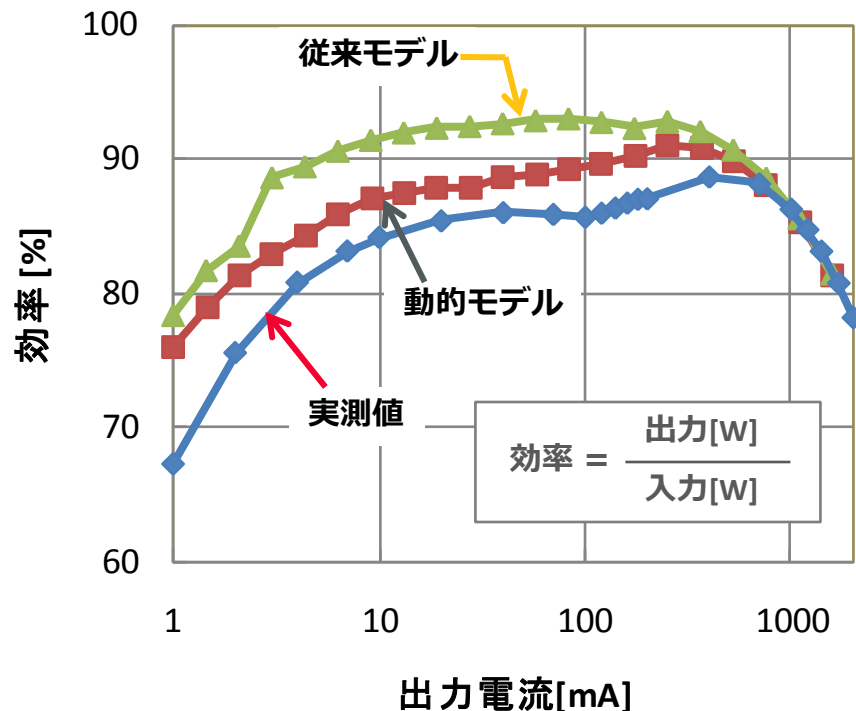
検証例：DC-DCコンバータにおけるリップル電流の比較



⇒ 従来モデルでは、インダクタの電流依存特性が反映されていないため、実測値から外れたシミュレーション結果となっています。
一方、動的モデルでは実測値に近い結果が得られました。

動的モデルと実測値との比較 (2/2)

検証例：DC-DCコンバータにおける電源効率の比較



⇒ 動的モデルによるシミュレーションでは、より実測に近い結果を得ることができました。

※インダクタの動的モデル以外の要素があるため、シミュレーションと実測値とは完全に一致していません。



本モデルは、当社Webサイトにてライブラリとして公開しています。

■ Cadence® PSpice®

<http://www.murata.com/ja-jp/tool/library/pspice>

■ Cadence® Spectre

<http://www.murata.com/ja-jp/tool/library/spectre>

■ Synopsys HSPICE®

<http://www.murata.com/ja-jp/tool/library/hspice>

■ Linear Technology LTspice

<http://www.murata.com/ja-jp/tool/library/ltspice>

[収容製品]

パワーインダクタ：LQMxxPシリーズ

※CadenceおよびPSpiceは、Cadence Design Systems, Inc.の米国およびその他の国における登録商標または商標です。
※HSPICEは、Synopsys, Inc.の米国およびその他の国における登録商標または商標です。

当社パワーインダクタの動的モデルの使用例

- PSpice® -

```
LQM2MPNR24MGH_P.mod - メモ帳
ファイル(E) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)
**$ENCRYPTED_LTB
**$PARTIAL
*
* PSPICE Model generated by Murata Manufacturing Co., Ltd.
* Copyright(C) Murata Manufacturing Co., Ltd.
* Murata P/N : LQM2MPNR24MGH
* Description : Size 2 * 1.6 * 0.9mm / L = 0.24uH / Imax = 3.4A / Rdc = 0.02ohm
* Frequency Range : 679.7kHz - 30.0MHz
* Voltage Condition : DC-DC Converter, Input Voltage = 3.6V, Output Voltage = 1.8V
* Model generated 2014/04/14(Ver 1.05), measured 2014/04/01
* A patent has been applied for
*
* Encrypted Netlist
*
.subckt LQM2MPNR24MGH port1 port2
$CDNENCSTART
eee8c5c7a2b8678664e7916da0bae22e8cb0bba041dd67c69ce448ea70148a9ac1670c8926c1a
6a46f4e4a708d3c8f2104a6a3f8d859eb3553d9a91294fd429388bcb1ddedb571d6878eeec08f
fd0d27d8bc408b7a80e20a04097ae60587568e99bb4c24f00abf73b59eb73958667b0549088555add448d8bc
f94f0f90877aefaf3f9387711c250295A2ac78k222f79a0ac8d9287937690k587a6da2R4f2ab9f8a3A188R2
```

入出力ノード

品番

回路データ

◎使用例

```
PSPICE_main_L.cir - メモ帳
ファイル(E) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)
.inc ./data/LQM2MPNR24MGH_P.mod
.ac dec 41 500e3 30e6
.probe
.param Ibias=3.4
I1 0 N001 DC {Ibias} AC 1 0
XL1 N001 0 LQM2MPNR24MGH
.end
```

使用するmodファイルを追加

直流重畳電流値は、自動的に検知

ノード"N001"と0の間にLQM2MPNR24MGHを追加

当社パワーインダクタの動的モデルの使用例

- Spectre -

```
// -----  
// Spectre Model generated by Murata Manufacturing Co., Ltd.  
// Copyright(C) Murata Manufacturing Co., Ltd.  
// Murata P/N : LQM2HPN1R0MGH  
// Description : Size 2.5 * 2.0 * 1.0mm / L = 1uH / Imax = 2A / Rdc = 0.05ohm  
// Frequency Range : 500.0kHz - 30.0MHz  
// Voltage Condition : DC-DC Converter, Input Voltage = 3.6V, Output Voltage = 1.8V  
// Model generated 2014/04/02(Ver 1.05), measured 2014/04/02  
// A patent has been applied for this model.  
// -----  
simulator lang=spectre  
subckt LQM2HPN1R0MGH port1 port2  
//pragma protect begin_protected  
//pragma data_method = RCS  
//pragma protect data_keyowner = Cadence Design Systems.  
//pragma protect data_keyname = CDS_KEY  
//pragma protect data_keyversion = 2
```

◎使用例

```
simulator lang=spectre  
include "../data/LQM2HPN1R0MGH_Spectre.mod"  
  
Sweep1 ac start=500e3 stop=30e6 log=40  
parameters DCbias=2  
  
I1 (0 N001) isource type=sine dc=DCbias mag=1  
XL1 (N001 0) LQM2HPN1R0MGH
```

当社パワーインダクタの動的モデルの使用例 - HSPICE® -

```
*-----*
* HSPICE Model generated by Murata Manufacturing Co., Ltd.
* Copyright(C) Murata Manufacturing Co., Ltd.
* Murata P/N : LQM32PN1R0MG0
* Description : Size 3.2 * 2.5 * 0.9mm / L = 1uH / Imax = 1.8A / Rdc = 0.048ohm
* Frequency Range : 500.0kHz - 30.0MHz
* Voltage Condition : DC-DC Converter, Input Voltage = 3.6V, Output Voltage = 1.8V
* Model generated 2014/04/15(Ver 1.05), measured 2014/04/01
* A patent has been applied for
*-----*
* Encrypted Netlist
*-----*
.subckt LQM32PN1R0MG0 port1 port2
.PROT dd11
A9(8S#Uc(1Y # %S$b-, (2/E5bVWc'F:9h]Uc:Xj5EJh>(&j)7-U#;/JS;b-I:'%EP$V,c'/25b]
y7/xiW8SP:=.44w0
>h$#T:9W[26M'2c9V-0IRIw'J(==;Q
9-%28MD)! =Xz5=#Y0ra1RG%ULWtp' xF.*[B:4f9b+' 98b-.X6
```

◎使用例

```
HSPICE_main_L.cir - メモ帳
ファイル(E) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)

.option post=2

.inc ./data/LQM2MPNR24MGH_H.mod

.ac dec 41 500e3 30e6
.print ac vr(V1) vi(V1)
.param Ibias=1.8

I1 N001 0 DC=Ibias AC=1,0
XL1 N001 0 LQM2MPNR24MGH

.end
```

当社パワーインダクタの動的モデルの使用例

- LTspice -

■ シンボルファイル (拡張子.asy)

LTspiceがインストールされているフォルダにある「sym」フォルダ以下に、任意のフォルダを作成して保存する。

例) C:\Program Files (x86)\LTC\LTspiceIV\lib\sym\murata_Inductor\

■ 暗号化済み非線形SPICEファイル (拡張子.mod)

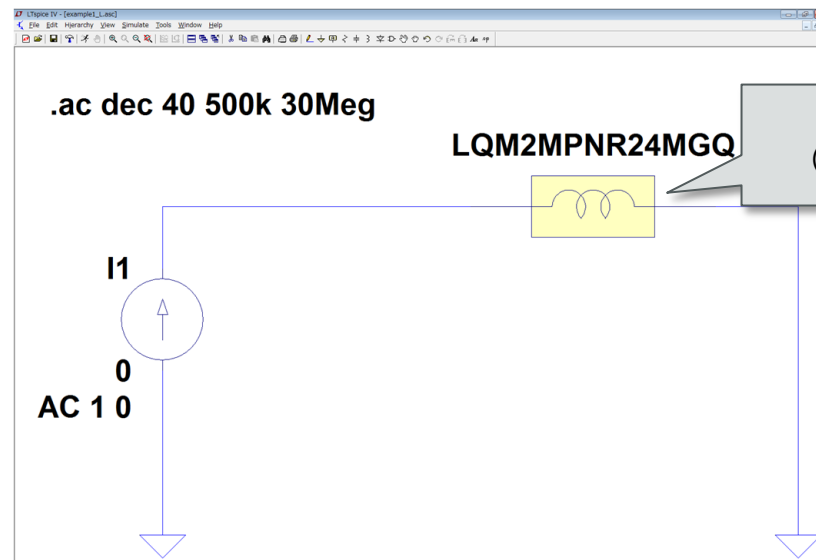
LTspiceがインストールされているフォルダにある「sub」フォルダ以下に、modファイルを直接保存する。

例) C:\Program Files (x86)\LTC\LTspiceIV\lib\sub\

※参照元の回路(例：test1.asc)と同じフォルダに.modファイルを保存することも可能

※それ以外のフォルダに保存する場合は、コマンド「.inc」を使用して参照する

メニューの
Edit -> Componentから
保存したファイルを選択



パワーインダクタ動的モデル
(直流重畳電流値は、自動的に検知)