

# 無料のシミュレータを使いたいまどきのインダクタの設計解析手法

有限会社ソネット技研 石飛徳昌  
www.SonnetSoftware.co.jp tovy@SonnetSoftware.co.jp

2015年7月9日

## 1 インダクタンスの近似式

インダクタの形状とインダクタンスの関係は概ね  $L = \mu \frac{AN^2}{l}$  に従う。しかし、現実のインダクタでは  $\frac{A}{l}$  や磁気回路の状態によって、この近似式から解離する。例えば

**ソレノイド** 直径に比べて長い。磁気回路が開放されている。

**トロイダル** 直径に比べて長い。磁気回路が完全に閉じている。

**角型ボビン** 直径と長さが同程度。磁気回路がほぼ閉じている。

**平面スパイラル** 直径に比べて長さが非常に小さい。磁気回路は開放されている。損失の大きな物体に強く結合している場合がある。

トロイダルや角型ボビンに巻かれたインダクタでは  $L \propto N^2$  によく一致するが、平面スパイラルでは  $L \propto N^{1-2}$  になる。平面スパイラルインダクタのインダクタンスは、無料の電磁界シミュレータ SonnetLite を使って十分な精度で解析することができる。

## 2 等価回路抽出

低い周波数ではインダクタのインピーダンスは  $\text{Im}(Z) = \omega L$  に従う。測定や電磁界シミュレーションではこの関係を利用して  $Z$  から  $L$  を求める。しかしこの方法では浮遊容量の影響や共振周波数の影響を受ける高い周波数で大きな誤差を生じる。

そのような周波数領域では、測定や電磁界シミュレーションの結果を  $Y = (\frac{1}{R} + j\omega C - j\frac{1}{\omega L})^{-1}$  に照らして、インダクタンスとキャパシタンスと必要に応

じて抵抗分を抽出しなければならない。<sup>\*1</sup>

## 3 電磁界シミュレーションのコツ

形状が異なっても面積  $A$  が同じならインダクタンスは殆ど変わらないから、円形の巻線は面積の等しい正方形に置き換える。

電磁界解析モデルでは巻径と同程度の余裕を上下左右四方に確保する。

パルスなど広い周波数成分に対する反応を再現する必要がある場合は、磁性材料の周波数依存性のモデル化もしなければならない。[3][4]

## 参考文献

- [1] 石飛徳昌, “コイルの電磁界解析と新しい等価回路抽出機能,” <http://www.SonnetSoftware.co.jp/product/seminar/ceatec2012/ceatec2012.pdf>, 2012.
- [2] 石飛徳昌, “Sonnet 入門,” 例題を実際に入力解析しながら操作を説明する自習書. <http://www.SonnetSoftware.co.jp/free/>, 2010.
- [3] 石飛徳昌, “Sonnet における周波数依存磁性体のモデリングの例,” [http://www.SonnetSoftware.co.jp/support/tips/freq\\_dep\\_dielectric/magmat.pdf](http://www.SonnetSoftware.co.jp/support/tips/freq_dep_dielectric/magmat.pdf), 2011.
- [4] 石飛徳昌, “単板コンデンサの誘電体の複素比誘電率の周波数依存性の抽出,” [http://www.SonnetSoftware.co.jp/support/tips/freq\\_dep\\_dielectric/freq\\_dep\\_dielectric.pdf](http://www.SonnetSoftware.co.jp/support/tips/freq_dep_dielectric/freq_dep_dielectric.pdf), 2012.

<sup>\*1</sup> [1] には共振回路の等価回路抽出の理論が、[2] には具体的な抽出例がある。