

第1章

高効率化のための基本パラメータ① 磁束密度

眞保 聡司 Satoshi Shinbo

トランスやインダクタに使われる磁性コアの磁気飽和や損失は、コアの磁束密度の状態を見て判断します。よってトランスやインダクタの最適設計には非常に重要な量です。本章では、各種形状における磁束密度をシミュレータを使って計算します。

1-1 ソレノイド・コイルの場合

コイルのなかで一番簡単な構造で、空芯の巻き枠に筒状にワイヤを巻いたものをソレノイド・コイル (solenoid coil) と呼びます。いわゆる空芯コイルとも言われているものです。理想形状である無限長ソレノイドの場合、筒の内側の磁束密度は一樣という特徴があります。一方、長さが有限の有限長ソレノイドの場合は、端部からの漏れ磁束の影響があり、端部に行くほど磁束密度が一樣ではなくなります。いずれの形状のソレノイドも寸法が決まれば磁界の強さは厳密に計算できます。

● 計算式

最初のシミュレーション例として、有限長ソレノイド・コイルの磁束密度を計算してみましょう。写真1-1は、磁界印加用コイルとして作成したものです。このコイルの磁束密度を理論式から計算してみます。

中心線上の磁束密度を計算する理論式は図1-1の式で示されます。この内容の詳細な解法は多数の文献がウェブ上や書籍であるので、興味がある人は各自参照してください。図1-1中の式(1)より、このコイルの寸法では、125 Tsに0.3290 Aを流すと1 mTの中心

磁界が得られることとなります。

● シミュレーション

次いで、図1-2にソレノイド・コイルの3D解析モデルを示します。モデルは実形状そのままを入力するのではなく、簡略化して入力することができます。例えば細いワイヤをそのまま解析すると、シミュレータはワイヤ内に細かく領域を切って有限要素解析を行います。そのためメッシュ数がワイヤの部分で膨大になってしまい、計算時間が非常に増えてしまいます。それでも高速大容量メモリのマシンを使えば解けなくはないですが、普通のPCレベルだと解析時間が非常にもったいないです。

磁気シミュレーションでストレスなく早く結果を得る場合のコツとしては、得たい解析結果にあまり影響しない部分はなるべく単純化して入力する必要があります。解析時間が短いと、そのぶん解析回数が増やせるので有利となります。

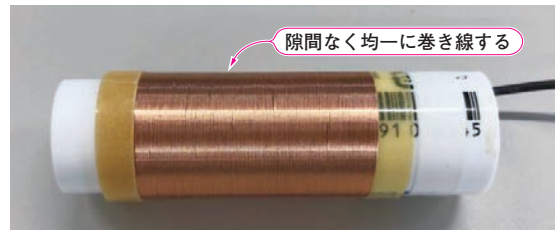
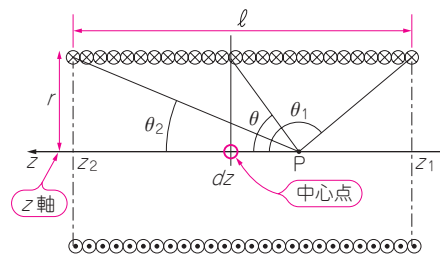


写真1-1 解析するソレノイド・コイルの外観
スティック糊のケースを巻き軸として125Ts巻き線して作成した。中空なので、磁界を加えたいものを設置することができる



z軸上のP点の磁束密度

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{2\ell} (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)$$

中心点での磁束密度

$$B_{\max} = \frac{\mu_0 Ni}{\sqrt{4r^2 + \ell^2}}$$

ℓ: コイル長さ, r: コイル半径,
N: コイル巻き数, i: 電流,
μ₀: 真空透磁率 (μ₀ = 4π × 10⁻⁷)

図1-1 ソレノイド・コイル内部の磁束密度の計算

ソレノイド・コイルの内部の磁束密度は、理論式で厳密に計算が可能である

r = 12.7mm, ℓ = 45mm, N = 125Tsで中心点での磁束密度を1mTにするには、

$$i = \frac{\sqrt{4r^2 + \ell^2} B}{\mu_0 N} = 0.3290 \dots \dots \dots (1)$$