

電流と磁界に関する教材研究

—コイルの作る磁界について—

はじめに

コイルの作る磁界の強さを調べるときの条件はいろいろあるが、電流の大小、まき数、まき線の太さについては問題なく実験がうまくいくようである。しかし、コイルの長さや直径が変化すると問題がでてくる。たとえば、コイルの直径が大きくなると、直感的には、磁界の強さは小さくなるように思われるが、中学校の教科書にあるような方法で実験してみると大きくなる。

そこで、コイルの長さや直径が変化することによって、磁界の強さは、どうなるかを理論的に解明し、実験値と比較して検討を加えていきたいと思う。

1. コイルの中央部での磁界の強さ

長いコイルの作る磁界の強さ H は、コイルの直径の大小に関係なく単位長あたりのまき数 n とコイルに流れる電流 I の積 nI に比例する。

$$H \propto nI \quad \dots\dots\dots(1)$$

しかし (1) 式が成立するためには、コイルの長

さが“十分に長い”場合という条件がついている。

それでは実際に実験するとき、どの程度の長さであれば“十分に長い”といえるのかを考えてみる。半径 a 、単位長あたりのまき数 n のコイルに、電流を流すと中心軸上の磁界の強さ H は一般に、図-1 より (2) 式で与えられる。

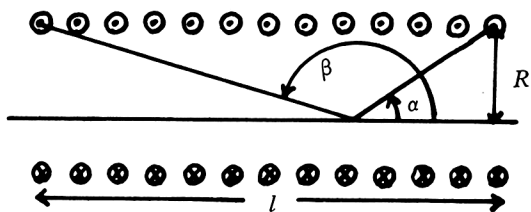


図-1

$$H = \frac{1}{2} nI (\cos \alpha - \cos \beta) \quad \dots\dots\dots(2)$$

④参照

コイルの中央部すなわち中心軸の中点の磁界の強さ H は 図-1 に於て $\cos \alpha = -\cos \beta$ となるから (3) 式ようになる。

$$H = \frac{1}{2} nI \cdot 2 \cos \alpha$$

$$= nI \cos \alpha \quad \dots\dots\dots(3)$$

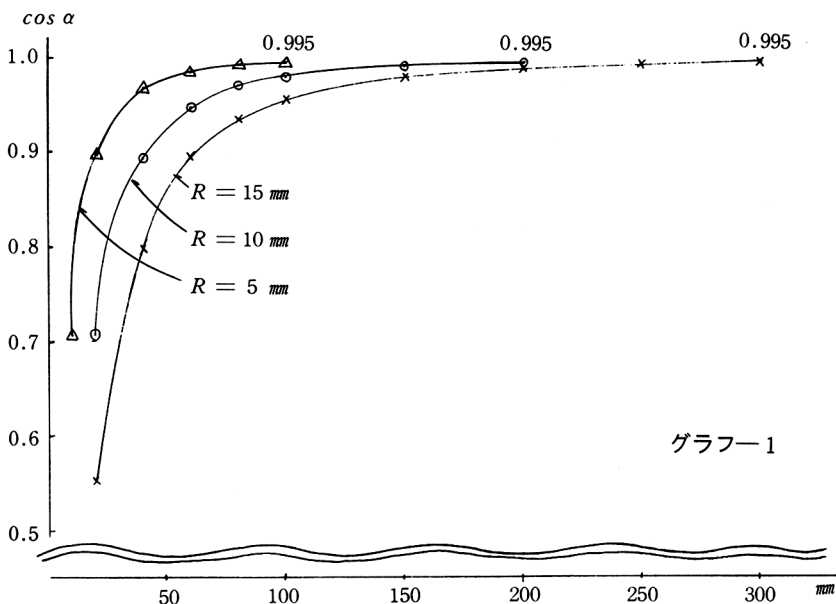
そこで、 $\cos \alpha$ がコイルの長さによってどう変わるかを調べるため図-2 より (4) 式を求めた。

$$Y = \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + R^2}$$

$$\cos \alpha = \frac{l/2}{Y}$$

$$= \frac{l}{2Y} \quad \dots\dots\dots(4)$$

これを $R = 5, 10, 15\text{mm}$ の場合について、コイル長 l の変化によって (単位長あたりのまき数は一定) H がどのように変わるかを示したのが、グラフ-1 である。



グラフ-1