

### 実験の手順

- 誘導起電圧と磁場コイルを流れる電流の振幅  $I_0$  と周波数  $f$  との関係測定します。
- 誘導起電圧の誘導コイルの巻数  $N$  と断面積  $A$  への依存性を測定します。
- 誘導起電圧と磁場コイルを流れる電流波形との関係測定します。

### 目的

変動磁場による誘導起電圧波形を確認すること。

### まとめ

交流電流が流れる円筒形コイル内に  $N$  回巻の閉じた導体ループを置くと、ループを貫く磁束の変化によって誘起電圧が発生します。この誘導起電圧は、導体ループの巻数や断面積の他に、磁場コイルを流れる交流電流の周波数、振幅、波形にも依存します。これらの依存関係を調べて、ファラデーの電磁誘導の法則を確認します。

### 必要機器

品番	品名	数量
U122501	誘導コイル・3本セット	1
U12253	磁場コイル・120回巻、直径120mm	1
U51004	抵抗器・1Ω	1
U8496150	アクリルスタンド	1
U8533600-115	関数発生器	1
U11830	USBオシロスコープ 2x25 MHz	1
U11257	BNC-4mmプラグ変換ケーブル	2
U13812	プラグ付き安全リード線・75cm・2本セット	2

### 基本原理

$N$  回巻の閉じた導体ループを貫く磁束の変化によって、ループ内に誘起電圧が発生します。磁束の変化は、磁場に対する導体ループの面積を変えることや、交流電流が流れる磁場コイル内に導体ループを置くことなどで生じさせることができます。本実験では交流電流が作る変動磁場による誘導起電圧を測定します。

## 基礎実験

- 仕様は予告なく変更されることがあります。
- 品番・品名をクリックすると製品仕様ページ（外部サイト）が開きます。

ファラデーの電磁誘導の法則によれば、磁束の時間変化率と誘導起電圧には以下の関係が成り立ちます。

$$(1) \quad U(t) = -\frac{d\Phi(t)}{dt}$$

磁束密度  $B$  が、面積  $A$  の領域を垂直に通る場合、この面積  $A$  を通る磁束  $\Phi$  は次式で与えられます。

$$\Phi = B \cdot A$$

ここで、 $B$ : 磁束密度。

よって式 (1) から、一定の面積  $A$  で  $N$  回巻のコイルであれば次の結果が得られます。

$$(2) \quad U(t) = -N \cdot A \cdot \frac{dB(t)}{dt}$$

磁場コイルをソレノイドとして扱うことで、導体ループ内には以下のような磁束密度が発生することが分かります。

$$(3) \quad B(t) = \mu_0 \cdot \frac{N_F}{l_F} \cdot I(t)$$

ここで、 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ : 真空透磁率、 $N_F$ : 磁場コイルの巻数、 $l_F$ : 磁場コイルの長さ、 $I(t)$ : 磁場コイル内を流れる電流。

以上の式から、誘導起電圧  $U(t)$  は磁場コイルを流れる変動電流  $I(t)$  を使って次のように書けます。

$$(4) \quad U(t) = -\mu_0 \cdot N \cdot A \cdot \frac{N_F}{l_F} \cdot \frac{dI(t)}{dt}$$

実験の測定はオシロスコープで行います。関数発生器を使って、磁場コイルに正弦波電圧を印加します。磁場コイルを流れる電流  $I(t)$  の振幅  $I_0$  は、コイルと関数発生器との間に直列に接続された抵抗両端電圧から換算できます。

印加正弦波電圧の振幅・周波数を変えて誘起起電圧  $U(t)$  を測定することで、 $U(t)$  の振幅  $U_0$  が印加正弦波電圧の周波数  $f$  と磁場コイル内を流れる電流の振幅  $I_0$  に依存することが確かめられます。

また誘導コイルを変えて同様の測定を行い、誘導コイルの巻数  $N$  と断面積  $A$  に対する依存性を確認します。

最後に誘導コイルと印加電圧の周波数を一定に保ったまま、三角波及び矩形波を磁場コイルに流して、誘導起電圧と電流波形の関係を確かめます。

各実験結果はオシロスコープのスクリーンショットを保存すると良いでしょう。

### 評価

正弦波電流

$$I(t) = I_0 \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$$

に対して、誘起起電圧  $U(t)$  は計算上次の式になります。

$$U(t) = -U_0 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$$

ここで、

$$U_0 = 2\pi \cdot \mu_0 \cdot N \cdot A \cdot I_0 \cdot f \cdot \frac{N_F}{l_F}$$

安全上の注意)

1Ω抵抗の最大許容電力は4Wなので、これを超えない範囲の電力で実験を行ってください。

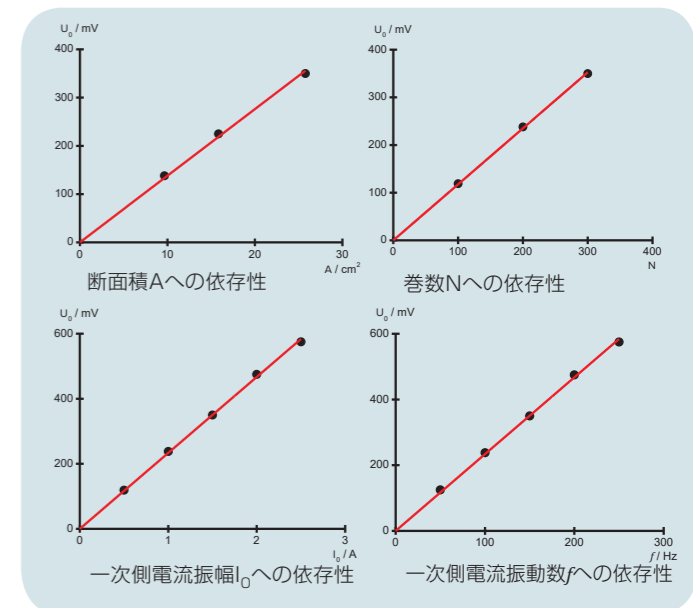


図1: 正弦波電流による誘導起電圧の各ファクターに対する依存性測定

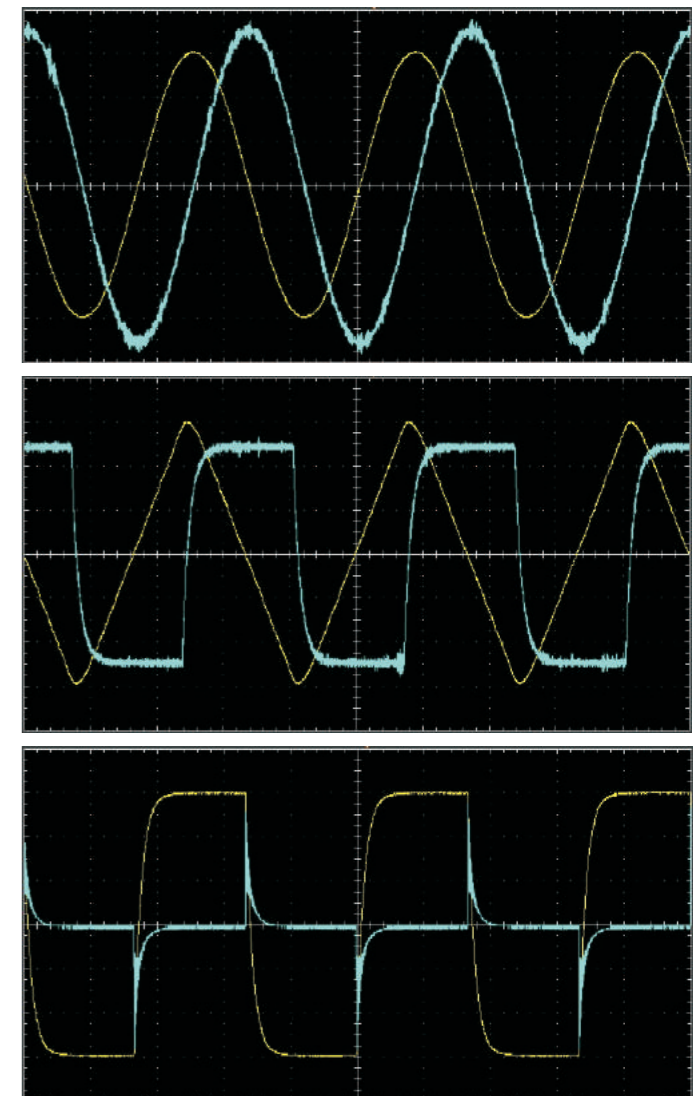


図2: 一次側電流波形(黄)と誘導起電圧波形(青)  
上から正弦波・三角波・矩形波電流