

J「地磁気を測ってみよう」

講師名 所属先・役職 所属学会等

近藤泰洋 NPO 法人 物理オリンピック日本委員会・理事 日本物理学会所属

野村晶代 慶應義塾大学大学院 理工学研究科 修士1年

工藤晴美クリスティ 東洋大学大学院 理工学研究科 生体医工学専攻 1年

8月7日(金)【実験・実習】9:00~11:30 302 研修室

地球は大きな1個の磁石です。皆さんも小さな磁石で北の方角を確かめた事があるでしょう。この地球磁石による磁場(地磁気)がどのくらいの強さか、測ってみましょう。

磁石が鉄などを引きつけることは知っているでしょう。この空間を通して働く力は、各位置の関数として表され、磁場、又は磁界といいます。登山などで使う磁石(コンパス)では、働く力の方向は分かりますが、強さは分かりません。本課題では、3つのステップで地磁気の強さを測ってみましょう。まず、ステップ1で磁場の強さを定量的に測るにはどうしたらよいかを理解することから始めます。次に、ステップ2で測定装置を組み立て、強さの分かっている磁石による磁場を測ります。また、棒磁石などの回りの磁場がどのような分布をするかを測ってみます。最後に、ステップ3として、周辺に磁石が無い状態を作り、地球による磁場(地磁気)を測ってみましょう。

**ステップ1**：この実験では、小さな磁石ではなく、半導体の中の電子にはたらく力を利用します。磁場中を運動する電子にはローレンツ力と言いう力が働きます(図1)。ここで磁場の強さと方向はベクトル  $B$  で表され、単位はテスラ (T) で表されます。この力により、磁場中の導体に電流を流すと、フレミングの左手の法則(図2)で表される力が働きます。

今、半導体中に電子1個が流れ込んだ場合を考えてみましょう。図3で示すように、導体の片側に寄ってしまいます。さらに電子が流れ込み、図4に示すように、定常的な電子の流れの場合、片側に-の電荷が溜まり、反対側には、電気的中性を保つために、+の電荷が溜まります。この電荷により作られた電場  $E$  による力  $-eE$  と、磁場による力  $F$  が釣り合い、電子は真っ直ぐに流れ出てきます。

このように、電流と磁場の両方に垂直な方向に発生する電圧をホール電圧、このような現象をホール効果と呼びます。

ホール電圧を  $V_H$  とすると、 $V_H$  は磁場の強さ  $B$  と電流の大きさ  $I$  に比例するので、

$$V_H = A \cdot I \cdot B$$

と表されます ( $A$  は比例定数)。

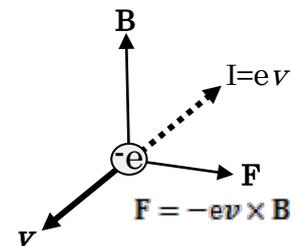


図1：ローレンツ力

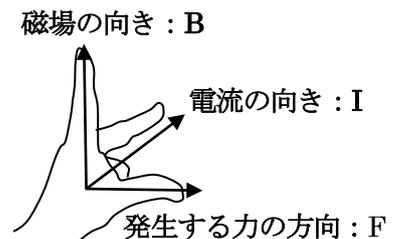


図2：フレミングの左手の法則

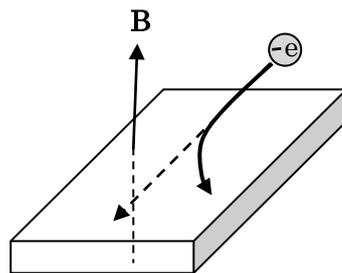


図3：半導体中、電子1個の動き

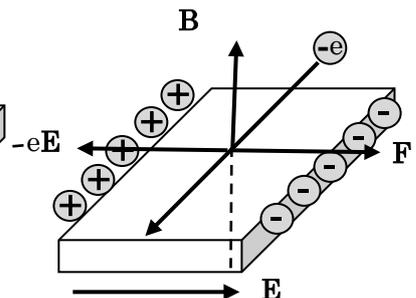


図4：定常電子流の場合

**ステップ2**：図5に示す半導体素子セットを使い、測定装置を組み立てます。図6に測定回路を示し、赤点線に示されている部分（乾電池以外）が図7に示す部品です。CN1で示すコネクタで、ホール素子をつなぎ、スイッチS2をRH側に倒してホール電圧 $V_H$ をJ1、J2間で、電流 $I_x$ をJ3、J4とそれぞれマルチメータで測ります。スイッチS1は+、-どちらに倒しても構いません。



図5 半導体素子センサーセット

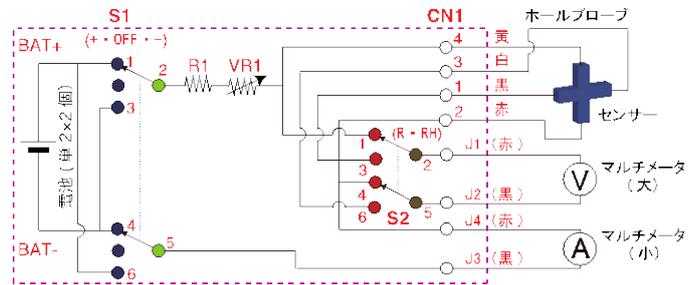


図6： 測定回路

Bの強さが0.190Tである磁石の組を用いて、まず比例定数Aを求めます。図8の様にフェライト磁石の間、中央に素子を置き、 $V_H$ の値を見ながら、磁石セットを回し、最大の値の時の電流値と $V_H$ を求めれば、Aを求めることができます。磁石と素子の配置がどの様に $V_H$ が最大になるか確かめてみましょう。また、時間があれば、フェライト磁石セットを外し、小さな棒磁石を素子に近づけ、棒磁石の周りの磁場がどのように変化するかしらべてみましょう。

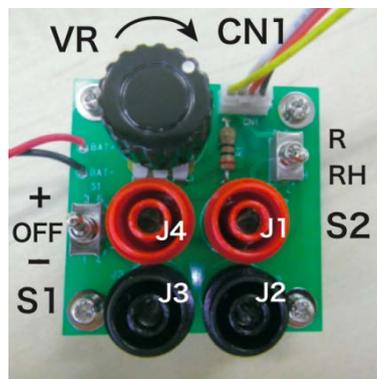


図7： 測定回路盤.

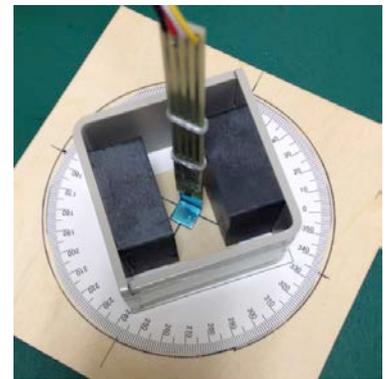


図8： フェライト磁石セット

**ステップ3**：素子の近辺から磁石を取り除き、周りに何もない状態（地磁気のみがある状態）にして、電流値Iを最大にして、地磁気を測ってみましょう。しかし、地磁気はかなり弱いので、 $V_H$ はデジタルマルチメータの最小値（1mV）以下でしょう。そこで、図9に示すように、デジタルマルチメータと測定器の出力端子 J1、J2 の間に電気信号を増幅するプリアンプを入れ、その倍率を適当に変えて測定して見ましょう。求めた $V_H$ とAから、地磁気の値を求めましょう。

時間があれば、小さな棒磁石の周りの磁場の様子、さらに鉄材などがあるとどの様に磁場が変化するかなどを観察して見ましょう。最近では、建物の中の磁場が場所によって変化することを利用して建物の中のどの位置を特定することなどにも、このような磁気センサーが利用されています。

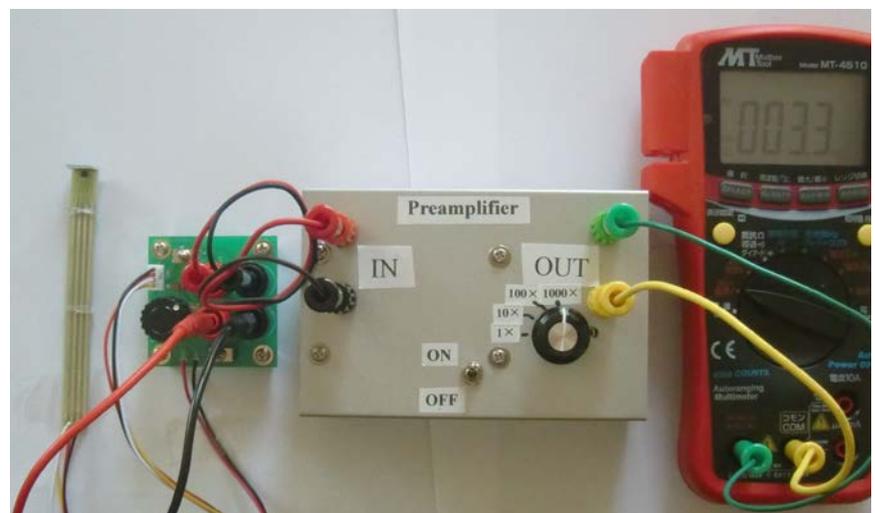


図9： プリアンプ (Preamplifier) を入れた配置