



手巻きコイル&秋月パワー・アンプで
地磁気センサ級計測

原理体験!
高感度フラックスゲート磁力計

第2次世界大戦では
潜水艦探知でも活躍

田口 海詩 Uta Taguchi

脳磁や心磁のような微弱な磁束密度 $1\text{pT}(10^{-12}\text{T})$ を検出したい場合、液体ヘリウムを用いて極低温まで冷却して使うSQUID (superconducting quantum interference device) という超高感度な磁気センサが用いられます(コラム)。

本稿では、SQUIDほど高感度ではありませんが、

常温でもある程度高感度な磁場計測を行える「フラックスゲート(Fluxgate)磁力計」を製作し、その特性を実験で検証します。

フラックスゲート磁力計の
あらましと計測原理

● 今でも現役! 生体磁気計測への応用も

フラックスゲート磁力計は、地磁気を電氣的に検出するために1930年代ごろから研究が開始され、第2次世界大戦のころには高感度で磁気計測できる特性を生かして潜水艦を探知するセンサとして用いられていました。

その後、高信頼性・堅牢性である特性を生かし静止軌道の人工衛星に搭載され地球の周りの宇宙磁場計測にも利用されています。

最近では、フラックスゲート磁力計のノイズ低減化が行われ、SQUIDを使用しないと検出できなかった心磁図などの生体磁気計測を行う研究も行われています。

● キー・テクノロジー①…倍周波磁気変調を利用する

フラックスゲート磁力計は、磁場検出を行う部品としてパーマロイやフェライトなどの高透磁率磁性材料を用います。これらの材料は、 $B-H$ 曲線を描いたときに飽和点をもつヒステリシス特性をもちます。

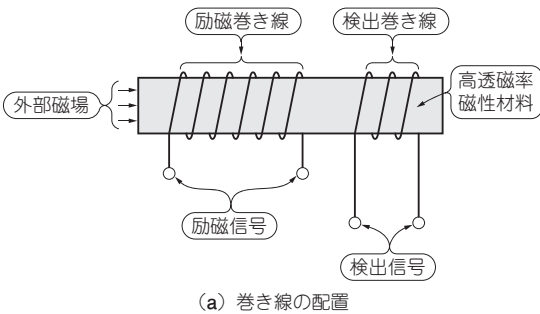
図1(a)に示すように、励磁巻き線と検出巻き線を高透磁率磁性材料に巻きます。励磁巻き線には、励磁周波数(f_{ex} : 数kHz)の正弦波を加えて、磁性材料が飽和するまで($B-H$ ヒステリシス曲線の B_s 、 $-B_s$ に到達まで)電流を流します。

▶外部磁界がないときは検出信号が上下対称

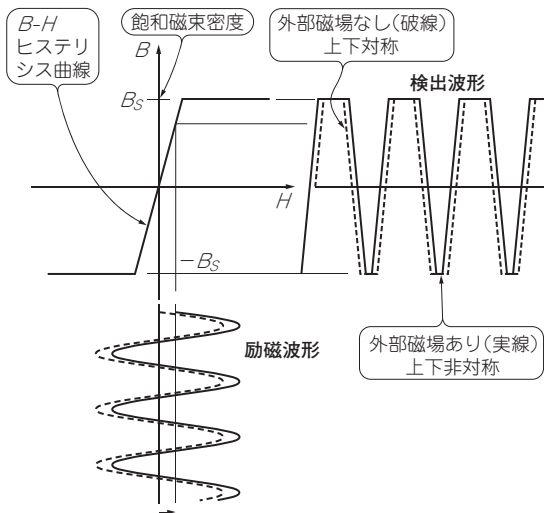
図1(b)に示すように、磁性材料の外部に磁場がない場合、検出巻き線に発生する波形は、破線のように上下対称になります。検出信号のスペクトル成分を見ると、励磁周波数(f_{ex})と奇数次高調波成分($3f_{ex}$ 、 $5f_{ex}$ …)しか含まれていません。

▶外部磁界があると検出信号が上下非対称になる

ところが、磁性材料に外部磁場が加わると、励磁波



(a) 巻き線の配置



外部磁場により中央がずれる

(b) 巻き線の波形

図1 フラックスゲート磁力計の原理

磁性材料の $B-H$ ヒステリシス特性の対称性を活用し、外部磁場が磁性材料内部に入り込むことで $B-H$ ヒステリシス特性対称性が崩れ2次高調波が発生する現象を利用している