

フラックスゲート磁力計の単一コアセンサによる3成分検出

Single core sensor system for tri-axial fluxgate magnetometer

田中 竜太 [1], 遠山 文雄 [1]

Ryuta Tanaka [1], Fumio Tohyama [2]

[1] 東海大・工・航空宇宙

[1] Space Engineer., Tokai Univ, [2] Space Engineer., Tokai Univ

<http://srp.ms.u-tokai.ac.jp/>

フラックスゲート磁力計のセンサに使用される複数のコアを単一にする事により、単一コアによる磁場3成分検出の可能性について調べ、センサを小型化した。まず、単一リングコアによるセンサを使って計測を試みた。このセンサは、センサ座標系に対してリングコアを傾けたものである。出力電圧は、水平な回転台の上で回転させると履歴曲線を描いた。単一円筒状コアを使うと、履歴現象が起らずに磁場3成分を計測出来た。このコアを使ったセンサは、Zero method方式により径方向の直交2成分と軸方向に出力が出るという特徴を示す。我々は、ヒステリシスを起こす原因となぜ円筒状コアの軸方向に外部磁界に依存した磁束密度が発生するのかを検討した。

フラックスゲート磁力計のセンサに使用される複数のコアを単一にする事により、単一コアによる磁場3成分検出の可能性について調べ、センサを小型化した。まず、単一リングコアによるセンサを使って計測を試みた。このセンサは、センサ座標系に対してリングコアを傾けたものである。出力電圧は、水平な回転台の上で回転させると履歴曲線を描いた。単一円筒状コアを使うと、履歴現象が起らずに磁場3成分を計測出来た。このコアを使ったセンサは、Zero method方式により径方向の直交2成分と軸方向に出力が出るという特徴を示す。我々は、ヒステリシスを起こす原因となぜ円筒状コアの軸方向に外部磁界に依存した磁束密度が発生するのかを検討している。

リングコアの傾きは、軸方向がX-Y平面内でX軸に対して 45° 、X-Y平面に対して 45° であるが、この傾きの角度自体に特別な意味があるわけではない。外部磁界に対する出力電圧の特性は、ヘルムホルツコイルによって外部磁界をかける軸をZero method方式によって動作させ、その他2成分をオープンループにして計測した。3成分を各々に動作させると、線形性を示した。しかし、Zero method方式により3成分を同時に動作させると、使用する成分以外をオープンループにした場合の感度と違い、各成分間で干渉を起こして感度が変化する。また、この干渉は発散するものではないことを確認した。これは、フィードバックによって作られる磁界がリングコアを介して他の成分に影響しているものと考えられる。この結果は、このセンサに対してZero method方式が不適であることを示すことから、オープンループ型の信号処理をして特性を見ることを考えている。また、回転特性は、履歴曲線を描いたことにより出力電圧と外部磁界の関係が1対1に対応しない。この原因は、単にリングの法線ベクトルと地磁気ベクトルの方向余弦をさらにピックアップコイルとの方向余弦を検出している事に起因するものと考えている。つまり、2成分のセンサと同じ事であり、3成分を検出できたわけではないと考えられる。現在、この仮定を裏付けすべく、出力を解析中である。従って、磁場3成分の計測器としては不適であり、2次元物体であるリングコアを使って3成分の物理量を計測する事は難しいのではないかと考えている。

使用した円筒状コアは、直径と高さがほぼ同じであり、Orthogonal fluxgateとして知られるチューブ状コアより軸方向の長さが短い。まず、外部磁場が存在する場所で、円筒状コアの軸方向に発生する磁束をソレノイドコイルで検出し、磁束の絶対値ではなく変化量だけを計測した。その結果得られるカーブは、左右非対称であり円周方向の磁束密度が飽和する領域で軸方向の磁束密度が振動する様子を示した。また、外部磁界を $1/1000$ 程度まで減衰させることが出来る磁気シールドケースの中にこのコアを入れると、その振動の様子は見られなくなり、励磁磁界に対して線形性を持った磁束密度が発生した。これらの結果は、まず透磁率の等方性によるものではないかと考えられたが、左右対称なカーブが得られない事から一概にそうは言えない。また、軸方向の磁束密度が振動するという現象は、磁気シールドケースにいれると減衰することから、外部磁界に依存したものであると考えられる。これは、円周方向の磁界によって飽和状態にある磁性体内部の磁気モーメントが励磁周波数と外部磁界によって振動していると理解できる。そして、この振動の様子は磁束の変化によって得られる起電圧の信号をFFTによって周波数解析すると、励磁周波数の偶数次高調波が外部磁界によって振幅変調されていること示し、奇数次高調波が振幅変調されずに残っていることを示し、外部磁界が存在しない場合にも軸方向に磁束密度が生じることを示した。この事は、一般的なフラックスゲート磁力計の原理で説明される偶数次高調波の磁場振幅変調と同じ様子を示していることになり、同じZero methodによる信号処理により磁力計として動作させることを可能にした。そして、磁力計と動作させた場合の軸方向と径方向の感度は、約 $20000[\text{nT/V}]$ であった。また、約 $20[\text{nT}]$ 以下のノイズが含まれていた。