

リングコア型フラックスゲート磁力計の雑音特性実験

Experimental Investigation on Noise Characteristics of Ring-core Sensor for Fluxgate Magnetometer

古川 克 [1], 遠山 文雄 [1]

Chikara Furukawa [1], Fumio Tohyama [2]

[1] 東海大・工・航空宇宙

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

磁場計測装置として使用されるRing-core型フラックスゲート磁力計の雑音についての比較実験を行った。センサー感度の向上と低雑音・ドリフトでかつ温度特性がよい磁力計センサーコアの条件を実験により考察することを目的としている。行った比較実験は コアの励磁方法(励磁周波数・励磁振幅・パルス波形Duty)による感度と雑音、 コアの構造(コア径・パーマロイ層数)による感度と雑音、 国産、外国産コアの感度と雑音、温度特性の比較を行っている。励磁周波数が高く、パーマロイ層数が少ない方が雑音が小さく、国産と外国産では温度ドリフトがほぼ変わらないことが明らかになった。

地磁気観測用として、またロケット・人工衛星搭載用としても利用されるRing-core型フラックスゲート磁力計の雑音についての比較実験を行った。現在のこの磁力計の磁場検出限界は $\sim 0.01\text{nT}$ のオーダーでありこれはセンサーに使用される磁性材料(81Ni-パーマロイなど)に起因するものとされている。本研究ではセンサー感度(V/nT)の向上と低雑音・ドリフトでかつ温度特性が良い磁力計センサーコアの条件を実験により考察することを目的としている。行った比較実験は、

コアの励磁方法(励磁周波数・励磁振幅・パルス波形Duty)による感度と雑音

コアの構造(コア径 30ϕ , 20ϕ ・パーマロイ層数12Turn, 6Turn)による感度と雑音

国産、外国産コア(日本産・米国産・ロシア産)の感度と雑音、温度特性

であり計6種類のコアについて比較している。すべての実験においてコアだけを変更し、センサーのPick up coilや電気回路部は同様のものを使用してPick up coil後の高調波並びに倍周波磁力計としてのopen loopとclosed loopにおいて感度と雑音を取得している。またコアの比較実験については励磁方法も同一条件にしている。

コアの励磁波形は25%Dutyのパルス波がPick up coil後の2次高調波において最大感度をもつことが理論と実験により確かめられたため本研究では統一して使用することにした。励磁周波数は $2\text{kHz} \sim 16\text{kHz}$ の範囲で行い、周波数が高い程2次高調波は高く、磁力計としての雑音も低くなることが分かった。励磁振幅についてはある一定以上(数erstedp-p)で考えれば感度も雑音もそれほど変わらないことが分かった。励磁部の消費電力は25%Dutyのパルス波形では周波数では変わらず、励磁振幅に比例するので励磁周波数は高いほうが良いという結論が得られた。

センサーの構造については、径(20ϕ と 30ϕ)が大きくなれば感度は大きくなったが、雑音はそれほど変わらなかった。これは径が小さくても雑音に対しては変化がないということになり磁力計の小型化が考えられる。パーマロイの層数は6Turn, 12Turnで感度についてはほとんど変わらないのにもかかわらず雑音は6Turnのほうが小さくなり、ほぼ半減していることが明らかになった。これより層数は6Turn以上にしても感度を向上させることにはあまり効果がなく、層数と雑音については比例関係があるということも言われていることから逆に雑音を増やす結果になることが分かる。しかしながら層数をあまり少なくすると感度が減少していくため、パーマロイ層数には最適値が存在すると予想される。

センサーとして日本産(30ϕ , 12Turn)、米国産(1in., 6Turn)、ロシア産(14.5ϕ)のコアの比較を行った。雑音については日本製のコア($0.03\text{nT}_{\text{rms}}$ 以下)よりもアメリカ製のコア($0.01\text{nT}_{\text{rms}}$ 以下)の方が良い結果が得られた。これは米国産の磁性材料はMagnetic annealを行っていることから単一磁区構造になりMagnetic annealを行わない多磁区構造のものに比べて雑音が小さくなると言われているためその結果が表れているものだと考えることができる。しかし日本製のコアでもパーマロイ層数により米国製と同レベルの雑音になる条件もあった。

温度試験は液体窒素を使用し $-50 \sim 0$ について温度ドリフトと温度による雑音の変化を日本産、米国産、ロシア産について測定した。日本産のコアに使用されているボビンセラミックであるのに対して米国産のものはInconelが使用されている。Inconelは線膨張係数がパーマロイに近い温度による伸縮から磁性体に力が加わらないため温度ドリフト・雑音に強いと言われており、また強度的に優れているためロケット・衛星搭載用磁力計のコアとしても使用されている。実験結果ではすべてのコアについて数nT/°Cの温度ドリフトが確認されており、米国産のコアよりも日本産のコアのほうが温度ドリフトは小さかった。温度による雑音の変化についてもロシア産・米国産については常温に近づくにつれて雑音が減少する傾向があるのに対して、日本産のコアはそれほど変化がなかった。これより米国産のコアが温度に強いということは言えないということが検証された。