

## リングコア型フラックスゲート磁力計の雑音特性

### Noise Characteristics of Ring-core sensor for Fluxgate Magnetometer

# 馬場 元樹[1], 田中 竜太[2], 鳥居 靖子[1], 遠山 文雄[1]

# Motoki Baba[1], Ryuta Tanaka[2], yasuko torii[2], Fumio Tohyama[3]

[1] 東海大・工・航空宇宙, [2] 東海大・院・航空宇宙

[1] Aeronautics and Astronautics.Tokai Univ, [2] Space Engineer.,Tokai Univ, [3] Space Engineer., Tokai Univ

#### 1. はじめに

フラックスゲート磁力計は、地磁気観測や人工衛星による磁場計測といった  $0.01\text{nT}\sim 100,000\text{nT}$  の DC レベルの磁場を計測するために利用されている高感度磁場計測器である。最近、月や火星といった微小磁場をもつ観測対象に対するミッションが多く計画されており、より高感度・低雑音のものが望まれている。しかしながら、フラックスゲート磁力計の出力雑音は雑音モデルが確立されていない。我々は幾つかの種類のリングコアセンサに対して、出力雑音がどのような条件（励磁磁場振幅、励磁周波数、パーマロイ層数、リング直径）で低くできるか、また感度がどのような場合に高くなるのかを実験し、コアの雑音特性を得た。

#### 2. センサコア試料と実験

コア試料には、国産として磁気材料研究所製（81Ni-4Mo Permalloy）27mm と 18mm、ヤマハメタニクス社製材料（79Ni-Mo Permalloy）18mm、米国産 1 インチ、ロシア産 14.5mm、その他数種類を用いた。励磁波形は、パルス電流源を用いた場合に最大感度を持つことが解っている Duty25% のパルス波電流源を使用した。励磁磁場振幅は  $0.8\text{Vp-p} \sim 16\text{Vp-p}$ （30 両端）の範囲であり、励磁に必要な励磁磁場振幅の大きさを調べた。励磁周波数は  $200\text{Hz} \sim 16\text{kHz}$  の範囲であり、最適励磁周波数を調べた。各リングコアにはトロイダル状の励磁コイル（約 150～約 300 巻）を巻いて励磁磁界を与え、ピックアップコイルに共通のソレノイドコイル（箱型）を使用して高調波出力を取り出し、信号処理回路には、倍周波検出方式（Closed Loop）のものを使用した。雑音レベルは、7 重パーマロイ磁気シールドケース内に置いたセンサの磁力計出力を LPR（ $f_c=14.7\text{Hz}$ ）に通し、電圧出力を 16bit ADC（ $1.3\text{kHz}$  サンプリング）によりデータを取得して RMS 値（入力磁場換算）として評価した。また、感度評価のためにヘルムホルツ型校正用コイルで  $1\text{nT}$  幅のパルスをセンサに与えた。

本実験ではまず、パーマロイ層数 6T と 12T（共に磁気材研製）のコアについて実験的考察を行い、磁力計センサを低雑音にするには次のような条件があることが判った。（1）励磁磁場振幅は  $100\text{ep-p}$  以上、（2）励磁周波数は  $8\text{kHz}$ 、（3）6T と 12T ではパーマロイリボンを長くする（またはパーマロイ層数を多くする）。次に、（3）の考察を踏まえて新しい低雑音コアとしてパーマロイ層数 9T、15T（共に 27mm と 18mm）のコアを試作して実験を行った。

#### 3. 実験結果

実験で明らかになった励磁条件で励磁した場合、18 コアでは 9～12T に最適層数が存在し、27 コアでは 6～15T の範囲で 15T が最適層数であった。27mm - 15T のコアにおいては、入力磁場換算雑音レベル  $7.2\text{pT}_{\text{rms}}(1.6\text{pT}/\text{Hz}@1\text{Hz})$  を達成することが出来た。この雑音レベルは、本研究で実験した米国産やロシア産等の他種類に比べても最も入力磁場換算雑音レベルが低く、現在の衛星搭載用として活躍している磁力計（ $2\sim 3\text{pT}/\text{Hz}@1\text{Hz}$ ）よりも低雑音であった。従って、パーマロイリボン層数を適切にすることにより低雑音センサを開発することが可能である。センサ感度に関しては、共通のピックアップコイルを使用した場合にリング直径の約 3 乗に比例し、最大微分透磁率が感度に大きく関係していることがわかった。

室温（ $+20^\circ\text{C}$ ）におけるオフセット温度係数は、パーマロイ層数や直径、磁性体組成などに関係しているという結果は得られなかったが、雑音・感度温度特性試験（ $-20\sim +70^\circ\text{C}$ ）により、27mm - 15T のコアは米国産コアに比べて温度変化による入力磁場換算雑音が大きく変化する事がわかった。本実験で使用したセンサコアのセラミック系ボbinは、その線膨張係数が Mo-Permalloy の約半分であるため、温度変化による雑音レベルの変化はボbin材質による可能性が残されており、INCONEL ボbinに変えて更なる実験的考察が必要である。