

地上磁気試験設備及び宇宙機搭載観測器への適用を旨とした新方式磁力計の開発状況

WS16-P05

磁気試験設備概要と研究目的

<磁気試験設備の主な目的>
磁気試験設備(図1,2)では主に下記①、②の試験を実施するため大型フラウンベンクコイルを用いて地磁気の影響がない静磁試験空間を構築する。

- ①宇宙機の磁気モメント測定
軌道上の衛星は磁気を帯びていると地磁気との相互作用により姿勢が乱れる可能性がある。衛星自身が帯びている磁気を測定し影響度を評価するために実施【SELENE, EarthCARE等】
- ②宇宙機搭載磁気センサの校正
衛星観測等のミッションで衛星に搭載される磁力計を地上で予め正確に校正するために実施【あらせ(ERG), みお(MIMO)搭載磁力計等】

零磁場試験空間の特性確認及び試体の磁束密度計測には設備用磁力計が使用されるが、従来の簡易磁場計測ミッションに向けた試験検証や設備周辺磁気環境の悪化対策等、設備の高精度化・高効率化を要求するために**高精度より小型・高精度な磁力計が必要**となる。



図1 磁気試験設備全景



図2 コイルによる零磁場試験空間概念図

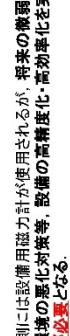


図3 観測磁力計のセンサヘッド部
パターンのリングコア型フラウンベンクコイルであり、零磁場空間中に設置された後、試験空間内を移動して測定するが、非常に大型で高い壁面分離性能での測定が難しい。

現在までの経緯・研究内容

- 「小型・高精度」を実現しうる新方式磁力計として、九州大学の荻田一昭教授率いるアモルファスワイヤコアを用いた基本波型直交フラックスゲート型に着目。
- 2016年に九州大学と共同研究を実施した後、2017年よりJAXAが研究を引き継ぎ、更なる**性能向上、性能の安定性・再現性確保**といった、**実用化に向けた応用研究開発(下記)を実施している。**

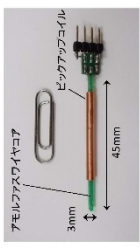


図4 現在開発している新方式磁力計のセンサヘッド部(一輪)

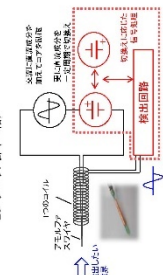


図5 新方式磁力計の動作概念図
アモルファスワイヤに励磁電流を直接流すのではなく、フラックスゲート型で、励磁電流に直交するユニークな動作モードで低雑音で磁場検出が可能。またこの励磁電流の逆起電圧を周期的に切り替えることで零点安定性を確保している。

- 2018年からは小型な新方式磁力計を火星衛星探査計画(MMX)衛星搭載観測器搭載の**磁力計として応用するための検討・支援**をプロジェクトからの依頼に基づき実施している。

研究成果の紹介

取り組みとして実施したセンサコアへのglass-coatedアモルファスワイヤの適用と、その通電熱処理法について紹介する。
Glass-coatedアモルファスワイヤはCo-Fe-Si-B-Cの組成からなり、660nmのものを選定した。

Glass-coatedアモルファスワイヤは均一な物性が得られやすい反面、アモルファス材料を覆う薄いガラスコーティングによる応力が磁気特性に大きく影響する。図8の青点線にglass-coatedアモルファスワイヤを生材(as-cast)の状態で作った場合のセンサ雑音密度スペクトルを示す。結果、後述使用していた裸線のアモルファスワイヤコアと比較して4.5倍ほど雑音が大きくなったという結果となった。

本研究では図7に示す通り**通電熱処理法によりglass-coatedアモルファスワイヤの熱処理を実施し**、ワイヤ内の応力の緩和と磁気特性等の内部特性を整えることを試みた。通電熱処理ではワイヤに流した電流によるジュール熱を熱源として利用するため簡単に熱処理を実施できる。この際、すでにセンサヘッドとして組上げたものを磁気シールド内に入れ、この状態のままワイヤコアへ通電を行う方法を採用した。これにより通電熱処理後にワイヤを不要な外的応力にさらさず、最適な状態を採ることが可能となった。**結果、図8の青線に示す通り1Hzの雑音密度は11.7pT/√Hzとなり、大幅な改善が得られた。**これは磁気試験設備で適用する**磁力計**としても、MMX搭載品を見据えても問題ない水準となっている。

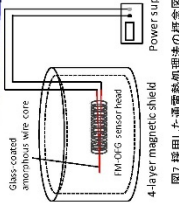


図7 採用した通電熱処理法の概念図

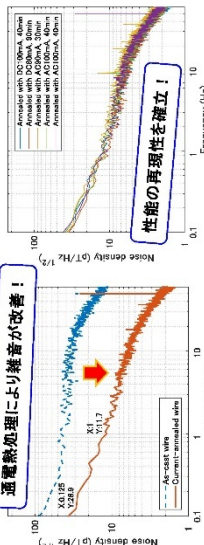
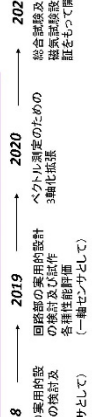


図9 通電熱処理後の異なる5本のセンサの雑音の雑音密度である。本稿の通り、**通電熱処理によりコアの物性が均一に整えられ、性能の再現性が得られている**ことが確認された。これは今後実用化を行い製品としての製造を行う上で重要な成果である。

今後の計画

これまでのJAXAのインハウス研究で良好な改善・評価結果が得られていることから、次ステップとして**今年度中に磁力計メーカーを交えた研究開発体制を構築し、現状の実験室レベルのセンサ構造・回路構成から実用可能な強度と信頼性を持つ試作・試作を開始する**。並行して引き継ぎMMX搭載品としての試験検証等の支援を継続し、状況に応じて計画を前倒しして開発を推進する予定である。

なお小型・高精度な本磁力計は宇宙以外にも広く適用可能と考えられることから、**他産業への成果の展開を視野**に入れている。



[1] Sasada, "Orthogonal fluxgate mechanism operated with dc biased excitation," Journal of Applied Physics, vol. 91, no. 10, pp. 7789-7791, 2002.
[2] M. Murata, et al., "Current annealing of glass-coated amorphous wire for noise reduction of low-offset fundamental mode orthogonal fluxgate," 2018 IEEE International Magnetic Conference (INTERMAG).

