

ASICを用いた磁気圏探査衛星搭載用デジタル方式フラックスゲート磁力計の小型化

Development of the ASIC for miniaturizing the digital fluxgate magnetometer onboard future magnetospheric satellites

井口 恭介^{1*}, 松岡 彩子²

kyosuke Iguchi^{1*}, Ayako Matsuoka²

¹ 総合研究大学院大学, ² 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

¹Sokensai, ²ISAS/JAXA

宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所では5機の衛星による地球磁気圏の同時多点、マルチスケール観測計画(SCOPE: cross-Scale COupling in the plasma universE)が進められている。5機の衛星の総重量や体積は大きく、ロケットへの積載制限により衛星重量や体積は厳しく制限される。そのため、磁気圏探査に搭載されるフラックスゲート磁力計などの科学観測機器も重量等のリソースを削減しなければならない。

フラックスゲート磁力計は簡便な仕組みであり、高精度、省電力であるため、1950年代から多くの磁気圏探査衛星に搭載されてきた。従来のアナログ方式フラックスゲート磁力計の信号処理回路は、多数の個別のアナログ電子部品で構成されており、小型軽量、省電力化が困難である。一方、アナログ回路による信号処理をFPGA等のデジタルプロセッサに代替させたデジタル方式フラックスゲート磁力計が1990年代に開発された。デジタル方式は小型軽量、省電力化されたが、アンプやバンドパスフィルタは未だアナログ回路で構成されている。さらに、アナログ・デジタル変換器やデジタル・アナログ変換器も個別の半導体デバイスで構成されている。

市販の半導体デバイスとは異なるApplication Specific Integrated Circuit(ASIC)は、用途に合わせて独自に開発する半導体デバイスである。したがって、必要な性能を満たし、回路を小型化できる可能性がある。我々が設計する磁力計では、磁力計のデジタル化とアンプやバンドパスフィルタのASIC化により、より一層のリソースの削減を実現させる。

設計したASICはそれぞれ1種類の増幅回路とバンドパスフィルタ回路で構成されている。ASICのチップ面積は5mm角であり、実際の使用面積は5mm x 1mm程度である。増幅回路の増幅率は外部信号により2倍から10倍まで変更できる。バンドパスフィルタは2次型バターワースフィルタを採用し、中心周波数はフラックスゲートセンサの検出信号の周波数である22kHzに調整できるようにした。

まず、ASICの機能や性能について電子回路シミュレータを用いて検証した。さらに、-30度から50度の温度範囲でASICの機能や性能が損なわれないことも確認した。設計した回路の消費電流は1mAで、消費電力は約5mWであった。出力のダイナミックレンジは0.24F.S.であり、1.2Vに相当する。増幅回路とバンドパスフィルタで発生するノイズは600nV/Hz^{1/2} at 1Hz(2pT/Hz^{1/2}に相当)以下と小さく、センサのノイズと同等またはそれ以下である。シミュレーションの結果から設計したASICが正しく機能し、要求に対して十分な性能が期待されることを確認した。

今回の発表では、実験により評価したASICの性能を中心に報告する。

キーワード: 宇宙プラズマ, 磁気圏, SCOPE, フラックスゲート磁力計, ASIC

Keywords: Space plasma, Magnetosphere, The SCOPE mission, Fluxgate magnetometer, ASIC