

デジタル方式フラックスゲート磁力計のためのデジタル-アナログ変換器の開発

Development of digital to analog converter for the digital fluxgate magnetometer

井口 恭介 [1]; 松岡 彩子 [2]; 高橋 隆男 [3]

kyosuke Iguchi[1]; Ayako Matsuoka[2]; Takao Takahashi[3]

[1] 東海大学大学院 工 航空宇宙; [2] 宇宙研; [3] 東海大・計セ・情報

[1] Tokai Univ.; [2] ISAS/JAXA; [3] Information Science Laboratory, Tokai University

現在、磁場測定技術は様々な分野で応用されている。例えば、宇宙工学においては、宇宙機の高精度な姿勢計測に利用されている。他に、宇宙科学の分野では、宇宙空間の物理現象を理解するために磁場計測が行われている。

我々が地球磁気圏や惑星周辺の現象を理解するためには、その場の電磁場やプラズマの運動を定量的に知る必要がある。そのために、プラズマのエネルギーや電荷量を粒子計測器で、その運動に影響を与える電磁場を電磁場測定器で計測する。磁気圏探査衛星にも各衛星やミッションに応じて磁場測定器を開発する必要がある。

磁場測定器には感度軸方向の磁場を検出できる磁力計と全磁力を計測できるものがある。代表的なものとして、前者ではフラックスゲート磁力計が、後者ではプロトン磁力計が挙げられる。フラックスゲート磁力計は姿勢計測も可能で精度も比較的良好いため科学観測衛星によく搭載される。

フラックスゲート磁力計はセンサ部(変調器)と信号処理部(復調器)がネガティブフィードバック系で構成されている。フィードバック系はセンサ内部の磁場を打ち消すように制御され、その制御量は外部磁場に相当する。信号処理部にはアナログの電子部品が多く用いられていることから次のような欠点が存在する。

- ・ アナログ電子部品の経年劣化に伴う出力の経年変化
- ・ アナログ電子部品の温度特性に伴う出力の温度特性が大きい

近年では、これらの問題を解決するためデジタル方式フラックスゲート磁力計(DFG: Digital Fluxgate Magnetometer)が開発されている。デジタル方式は、信号を内部のコンピュータで計算することからDFGと呼ばれている。DFGの利点はアナログ電子部品をできるだけ減らすことで、アナログ方式の欠点を低減し、さらに次のような効果を期待できる。

- ・ 小型、軽量化
- ・ 省電力化
- ・ 個体差が少ない

このような理由からDFGの開発は米国やオーストリアでも進められ、現在では、衛星に搭載されている。

一方で、センサへのフィードバック部分にデジタル量をアナログ量に変換するためのデジタル-アナログ変換器(DAC: Digital to Analog Converter)が必要になる。DACはフィードバックに直結し、制御量(外部磁場)を直接出力するのでDFGの分解能を決定する役割を持つ。宇宙用の高分解能DACは素子がなく、その開発が必要となる。海外でも原理的な高分解能DFGは未だ実現されていない。

本研究ではDFGの小型、軽量化、省電力化などを目指すとともに、高分解能を実現するDFG開発を目標としている。今回の発表では、マイクロコンピュータ内部でDelta-sigma変調を行い、外付けのアナログローパスフィルタを採用することで高分解能なDACを開発した結果を示す。

Delta-sigma変調器は積分器、量子化器、遅延器からなり、ネガティブフィードバック系で構成されている。Delta-sigma変調器の出力は入力をパルス密度変調したもので、パルスの密度から入力値が計算できる。出力のパルスの密度はアナログローパスフィルタを通して復調され、アナログ量に逆算される。16ビットよりも多ビットのアナログ-デジタル変換やデジタル-アナログ変換には、Delta-sigma方式が用いられるが、宇宙機用のDelta-sigma方式変換素子は存在しない。このため、宇宙機に用いることのできる素子や部品のみを用いてDelta-sigma方式で高ビットデジタル-アナログ変換を行う回路を開発した。