ディジタル方式フラックスゲート磁力計の高分解能化

2009/07/29STPセミナー井口恭介

目次

- SCOPE、S310-40号機
- フラックスゲート磁力計
- ディジタル方式
- 先行研究と課題 一高分解能化と線形性一
- 課題への対策 ΔΣ変調方式DAC

- 現状
- まとめと今後の計画

SCOPE Scale COupling in the Plasma univerE

5機の衛星による同時マルチスケール観測

目的 : 地球磁気圏のダイナミックな現象を理解

探査領域 : ショック、リコネクション、境界層

方法 : ① 100000 km ~数 kmのマルチスケール観測

② 時間と空間を分解するための同時多点観測



SCOPEの磁場測定 1

• DC磁場

 ① 磁気圏の構造を捉え、磁気圏の背景場を知る
 ② instantaneous な磁場の方向を正確に測る → 分布関 数の非等方性

• 0.1~数十Hzの磁場

① イオンや電子の加速や加熱過程

サイクロトロン周波数付近の波や運動論的アルフベン波の 波動粒子相互作用

衝撃波、境界層の遷移領域内部での磁場擾乱

② リコネクションジェット先端における磁場擾乱をとらえ、リコネクションのエネルギー変換を解明する



S310-40号機

- スポラディックE層の観測を目的としたロケット
- 磁場測定器への要求・・・ロケットの姿勢計測(地磁気姿勢角)

磁力線

- ・2度の姿勢決定精度
- → 65000 nT×(1-cos 2°)= 約40 nT
- → 40 nT以上の分解能が必要

ロケットに固定された軸の 磁場に対する角度

ディジタル方式の利点

従来方式はアナログ電子部品が非常に多い

アナログ電子部品の削減により

- 計測値の温度変化および経年変化の向上
- 小型、軽量
- 省電力
- 個体差が少ない
- 部品入手が容易
 などが期待される

従来方式・・・あけぼの、GEOTAIL、 のぞみ、CLUSTER、Bepi(MMO MGF-I)

ディジタル方式・・・ROSETTA、THEMIS、 Bepi(MMO MGF-O)





ディジタル化



◆ ディジタル方式(DFG:Digital Fluxgate maGnetometer)

DAC : Digital to Analog Converter

- ① 離散時間信号を連続時間信号に変える
- ② 離散値(0,1の信号)をある分解能を持った連続量に変換する



先行研究 DFGの課題:高分解能化と線形性

H. U. Auster et al , 2007 Space Sci. Rev. THEMIS 衛星搭載 ディジタル方式磁力計



12 ビット = 分解能 12 nT放射線対策済DACは12 ビットまで

課題: 線形性の保証



THEMIS搭載 FGM 信号処理回路





アナログ方式・・・ 水位0で、流入=流出にするように 保たれる

ディジタル方式・・・ 流出量が決まった値(

流出量が決まった値(分解能)しか とれない



高分解能DACが必要・・・8 pT

→ ΔΣ変調方式DACを用い、まず は分解能2 nT(16ビット)を目 指して開発を行う。



△∑変調方式のパラメータ

性能を決めるパラメータ	制限
Over Sampling Ratio : f0/(2*fc)	プロセッサの能力
積分器の数(次数)	特に3次以上は実際の回路で発振注意
ダイナミックレンジ(計算範囲)	ダイナミックレンジ付近は誤差が大きい
Analog LPF の性能	性能とアナログ素子数のトレードオフ



定常磁場に対する応答の計算 セッティング



OSRとノイズ 結果



アナログフィルタの性能とノイズ 結果



高周波域の減衰量を大きくすると、その分ノイズが減衰され小さくなる

定常磁場に対する応答の計算 結果

2次型ΔΣ変調 OSR=171 LPF: -60dB/dec



DACのノイズが約2 nT(ビット)に達した。

PICによるDAC開発 ーディジタル部の構成ー

PIC Peripheral Interface Controller 小型・安価なマイクロコンピュータ



開発の現状 ② ーPIC ソフトウェアー



まとめ今後の計画

- シミュレーションの評価
- ΔΣDAC開発環境の整備・試作

試作したDACの詳細評価を行う。 DFGの全体設計

ループレスポンスのためのパラメータ設計
 DFGの製作と評価



- M. Kono, M. Koyanagi, and S. Kokubun, A Ring-Core Fluxgate for Spinner Magnetometer, J. Geomag. Geoelectr., vol.36, pp149-160, 1984
- Primdahl, F., The fluxgate magnetometer, Journal of Physics E: Science Instrum, Vol.12, pp241-253, 1979
- H U Auster et al 1995, Meas. Sci. Technol. 6 477-481.
- J. L. Burch and V. Angelopoulos, The THEMIS Mission. Springer New York,2008
- 岡田 和之,松岡 彩子,中村 正人,JAXA RR-05-019,2006 参考 Web site
- http://www.nasa.gov/mission_pages/themis/main/index.html http://www.esa.int/SPECIALS/Rosetta/index.html