

超軽量交流磁界受信ループアンテナ方式受信機の開発

石坂 圭吾, 富田 新之助, 須田 康介, 岡田 敏美 (富山県立大)

はじめに

本開発では、将来の地球・惑星の磁気圏・電離圏探査において軽量・高精度の広帯域交流磁界計測を実現を目指す。現在、宇宙空間中の交流磁界観測はサーチコイル(SCI)を用いた受信機が主流となっている。これは、SC方式の受信機は小型化が可能であるため、科学衛星搭載機として非常に有利である。そのため、Geotail衛星以降、日本の科学探査衛星における交流磁界観測にはSCが搭載されている。しかし、VLF帯~MF帯の高周波帯域の交流磁界観測にはループアンテナの方が感度もよく、地上では高周波帯域のEMC試験時のセンサとして利用されている。ただし、現行のループアンテナは、サーチコイルよりも重量が重く、さらに小さく収納することが困難である。そこで、本開発では、ループアンテナ本体の軽量化と収納法の検討を行う。さらにAKEBONO衛星で確立したループアンテナ方式プリアンプを改良し、AKEBONO衛星搭載品よりも高感度・広周波数帯域化(ELF帯~MF帯)を実施し、日本におけるループアンテナ方式受信技術の継承と発展を目指す。特に開発された受信機は、現在計画である「火星探査計画MELOS」における着陸機による火星地表面での電波観測に用いることを念頭に置き開発を進める。

火星表面で予想される電波環境

火星地表面、大気中においてDust Stormが発生し、

- ・ 摩擦による帯電
- ・ 放電による電現象

が発生する。

電磁波放射が予想される

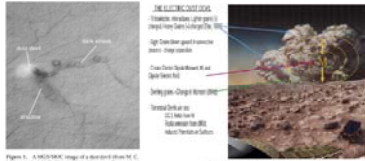


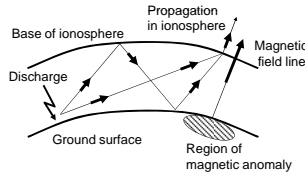
Photo and illustration of the electric dust devil (Farrell et al., JGR 2004)

火星地表面で生じたELF/VLF波の電離圏内の伝搬特性を導出

Okada et al.2001 : Full wave method

Melnik and Parrot, 1999 : WKB method

強い磁場が存在すれば、VLF帯電波が電離圏を伝搬する

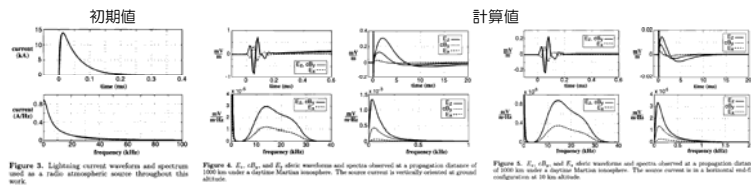


放電に伴放射された電磁波の伝搬の概念図 (Okada et al., IEICE, 2001)

火星地表面で生じたELF/VLF波の大気中伝搬特性を導出

Cummer and Farrell, 1999

**1000km以上はなれた場所でも伝搬は可能
ただし、2kHz - 5kHzの電波は減衰してしまう**



火星大気中を伝搬する電磁波の計算値 (Cummer and Farrell, JGR 1999)

火星地表面で生じるELF/VLF波観測

Dust stormの発生箇所等の推定等が可能

**火星地表面で電波観測するための
ループアンテナを用いた受信機を検討する**

受信機の構成

火星表面での電波環境を観測できるように設計

アンテナ(2軸) + プリアンプ + メインエレクトロニクスで構成。

[受信機からの出力]

- 波形出力

Dust stormから放射される電磁波の到来方向探査

- 検波出力(1 kHz, 100 Hz, 10 Hz)

Dust stormの発生を検出

- 広帯域スペクトル出力 (~10kHz)

自然電波の広帯域観測

ループアンテナの軽量化&収納法の検討

プリアンプの小型軽量の検討

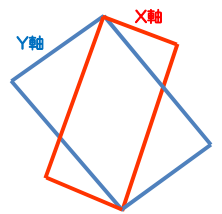
ループアンテナ

- ・ 1辺が30cmの正方形を2つ組み合わせる
- ・ アンテナを構成するフレームの軽量化



三軸織CFRP製STEM

- ・ 軽量・ジョイント部分の加工も可
- ・ 反発力がない
→ アンテナの展開ができない (QFRP: 反発力あり、絶縁性)
- ・ 導電性 → シールド効果なし、
- ・ 細くすることができない、



ループアンテナの軸の構成



カーボン製の筒

- ・ 軽量
- ・ 柔軟性がない
→ Dust stormでも耐えることが可
- ・ 導電性 → シールド効果あり、
- ・ 細くすることができる、



ループアンテナ外観イメージ

カーボン製の筒を用い、シールド効果を持ったフレームを開発する。

重量見積もり

フレーム

(カーボン製筒+接合部のカバー+パイプ接合用ジョイント) : **160g**

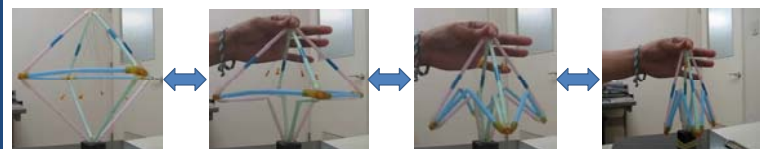
アンテナ線材(2軸分) : **60g**

合計 : **220g**

ループアンテナの収納法の検討

アンテナフレーム下部を折りたたむことで細くする → 折りたたみ傘の要領

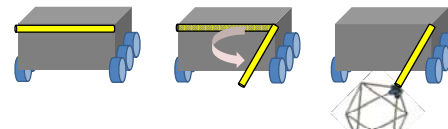
展開・収納を繰り返すことが容易に可能



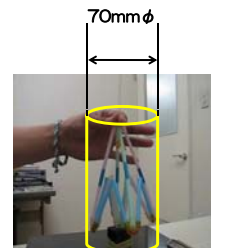
収納順番イメージ(ストローモデル使用)

10mmφのカーボン製筒を用いたフレームの場合

収納時には約70mmφの円筒に収納することが可能。
円筒はアンテナを機体から離すためのブームになる



ローバー (or ランダー)でのアンテナ展開イメージ図



収納イメージ(ストローモデル使用)

まとめ

火星地表面で生じるELF/VLF波について、調査した。

Dust stormの発生に伴い、電磁波が生じる可能性あり。

→ **ブロードバンドの電磁波が放射されると予想**

ループアンテナによる電波受信機の開発を進める。

現在、ループアンテナの軽量化、収納法の検討を実施

アンテナの展開方法・大きさを再検討

プリアンプ、メインエレクトロニクスの小型化・省電力化を検討

電磁波の2成分を観測
dust stormの発生方向の推定
自然波動の観測 等に応用可能
センサをマイクにすれば、
火星地表面での音を観測可能