

# MS - T 5 を含む将来衛星搭載用リングコア磁力計 に関する諸問題

斎藤 尚生\*・湯元 清文\*\*・瀬戸 正弘\*\*\*

(1981年12月26日受理)

## Rulfmeter, a new ULF magnetometer in connection with the ring-core to be installed on MS - T 5

By

Takao SAITO, Kiyohumi YUMOTO and Masahiro SETO

**Abstract:** A series of high-sensitive and stable ring-core magnetometers have been developed to install on MS - T 5, the first Japanese spacecraft to the interplanetary space. During the course of the development, we invented a new kind of magnetometer that consists of a high-sensitive and stable ring-core magnetometer and a time-derivative circuit. The six components of geomagnetic variations, H, D, Z,  $\dot{H}$ ,  $\dot{D}$ , and  $\dot{Z}$  can simultaneously be recorded by the magnetometer. Since it is the new magneto-METER to observe ULF waves with the Ring-core sensor, it is named RULFMETER. Both of the volume and weight of the rulfmeter sensor are only  $\sim 1/25$  of the total volume and weight of the previous fluxgate and induction sensors. Under the Circum Northern Pacific ULF Study Project, ULF waves were successfully and simultaneously recorded by rulfmeters at College, Alaska, San Gabriel Canyon, Los Angeles, Ewa, Hawaii, and Onagwa, Japan.

### 1. 緒 言


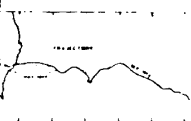
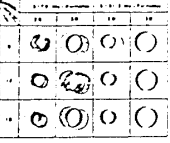

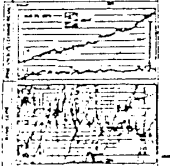
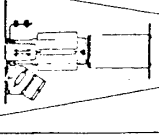
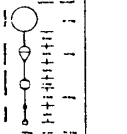
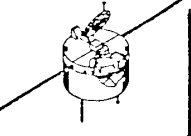
日本の飛翔体による科学計測の歴史が始まって以来20年以上もの間搭載され続けてきた2コア型フラックスゲイト磁力計に代わって、我々研究グループは昭和52年以来リングコア磁力計を開発してきた。そして、日本初の人工惑星であるMS - T 5への搭載に向けてこれまでの計画的な実験をすべて成功裡に遂行してきた(第1図参照)。この様にリングコア

---

\* 宇宙科学研究所太陽系プラズマ研究系客員部門助教授

\*\* 東北大学理学部

\*\*\* 東北工業大学

<b>第1次計画</b> Two core型(50cm) 世界最高のdimension ratio 連続観測に成功(0.3nT/mm)		<b>第5次計画</b> Balloonに搭載 Spin stabilize Digital-Analog出力	
<b>第2次計画</b> 12種類のcoreの比較試験 連続観測に成功(0.16nT/mm)		<b>第6次計画</b> 各種磁場計測に応用 残留磁化測定装置製作 携帯用本製作 (1980年磁場計測Symposium発表)	
<b>第3次計画</b> Station用本製作 0.036nT/mmの感度に成功		<b>第7次計画</b> Rocket搭載 FACにおおB vector表示	
<b>第4次計画</b> Balloonに搭載 24Km高度で37時間 連続観測に成功		<b>第8次計画</b> 人工惑星搭載用 太陽風磁場構造の研究	

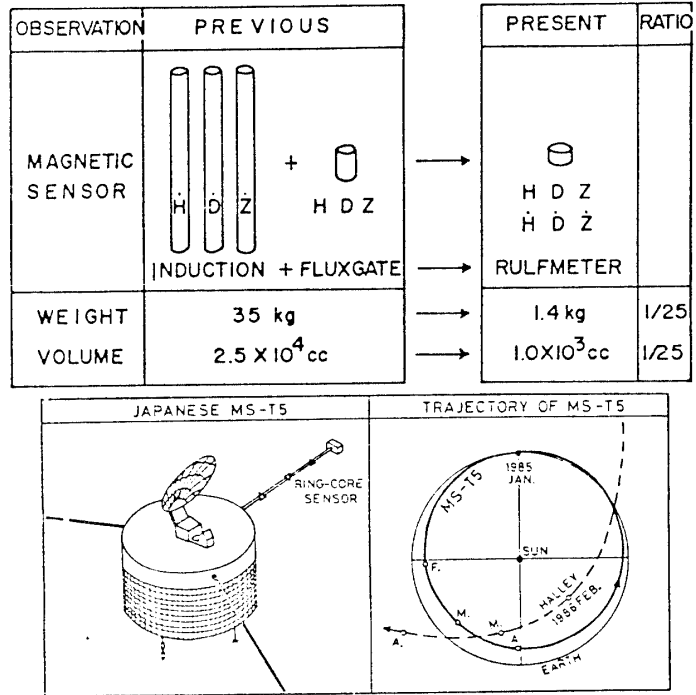
第1図 リングコア磁力計開発計画

磁力計が開発されてどんどん性能が向上すると、単に量的に性能が向上するばかりでなく、質的に新しいアイデアの磁力計が発明されるようになった。そのひとつは我々がラルフメータ (rulfmeter) と名付けた ULF 磁波計測用の磁力計であり、もうひとつはリクレストメータ (ricrestometer) と名付けた弱残留磁気高速測定装置である。これらは共に宇宙研の基礎開発費により開発されたので、ここに衛星搭載用磁力計とあわせてその開発結果を報告することにする。

## 2. リングコア型 ULF 磁波計測装置 (RULFMETER)

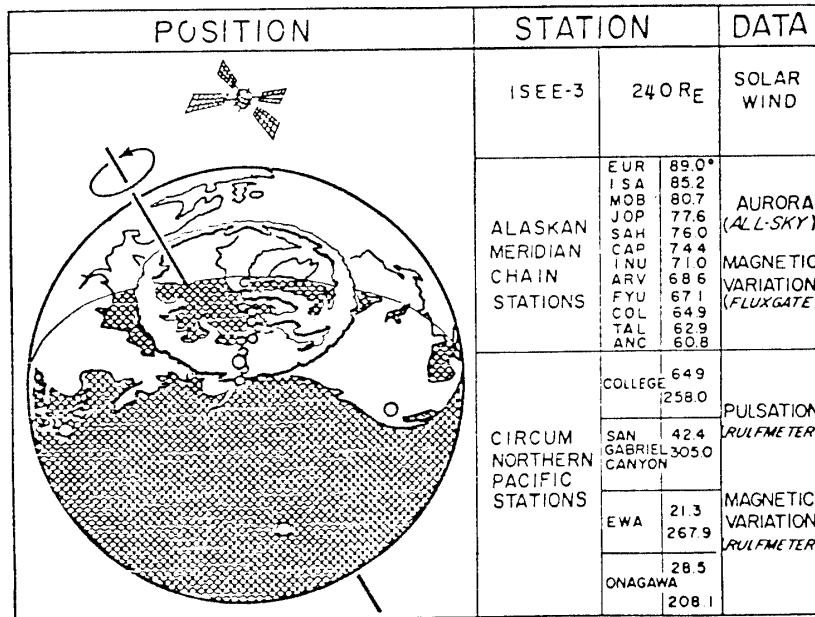
我々研究グループによるリングコア磁力計の研究開発の結果、現在のところノイズレベル 20 pT で温度ドリフト 0.2 nT/°C という高精度かつ高感度の磁力計が製作されるに至った。そこでこのリングコア磁力計のオーディナリー出力を微分することにより、ULF 磁波も同時に出力できるラルフメータの開発が行なわれた。このことは一見些細な改良の様に思われるが、過去の国内外観測において 100 Kg 近い重量級誘導磁力計センサー 3 本とフラックスゲイト磁力計を苦勞して梱包運搬開梱設置した頃に較べて、小さなセンサーを 1 個セットするだけで ULF 波の 3 成分と地磁気 H, D, Z 3 成分合計 6 成分を計測できるようになったことは、磁力計に革命を持ち込んだことにも相当する。即ち、今従来の方式とラルフメータについてセンサーのみの重量と容積を比較してみるならば、第2図に見られる通りそれぞれ僅か 1/25 で済む様になった。これは大事なことでセンサーが 1/25 になれば、梱包費、運送費、消耗品費からそれに伴う人件費に至るまで皆安くなるので、我々はこのラルフメータが出現したために今まで長年の伝統を誇ってきた誘導磁力計がやがて地上から姿を消すであろうと考えている程である。現に我々は今年の1月から3月にかけて

(2) RULFMETER (RING-CORE ULF MAGNETOMETER)



第2図

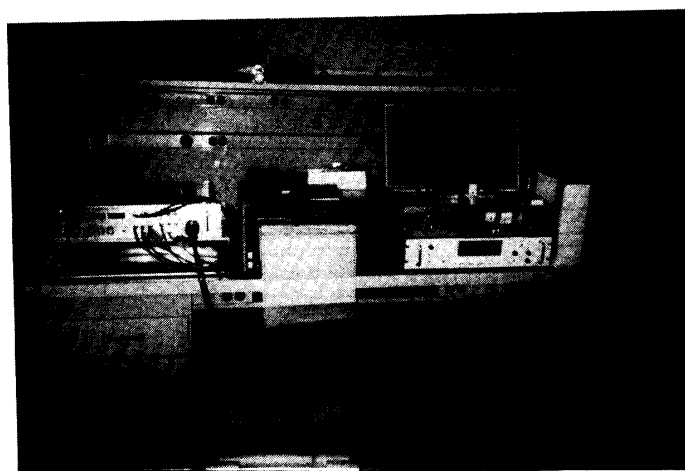
CIRCUM-NORTHERN PACIFIC ULF OBSERVATION PROJECT



第3図

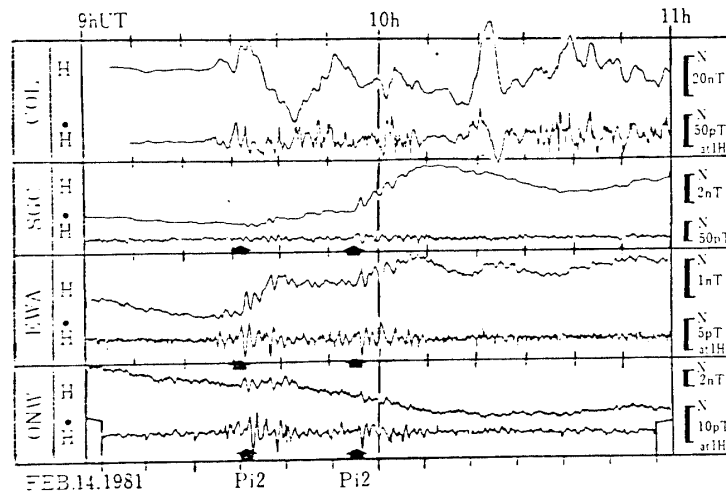


第4図



第5図

てこのラルフメータを北太平洋をとり囲む4地点(第3図参照)にセットしてULF波を同時観測することに成功した。例えば、第4図と第5図は、4地点のうちのSan Gabriel Canyonにあるジェット推進研究所附属観測施設に設置したラルフメータのセンサー部分と出力記録部分を夫々示す。第5図ではラルフメータの非微分3成分出力を記録するペン書きレコーダ・カセットテープ1本で8日間記録可能な小型軽量のテープレコーダ及び時刻信号発生装置(JJY, WWV, WWVHを使って6秒に1回自動校正)を示す。第6図では、環北太平洋4観測点で同時記録されたラルフグラムの一例を示し、夫々のパネルの上側が従来のオーディオ出力であり、下側がin situに記録されたULF出力である。



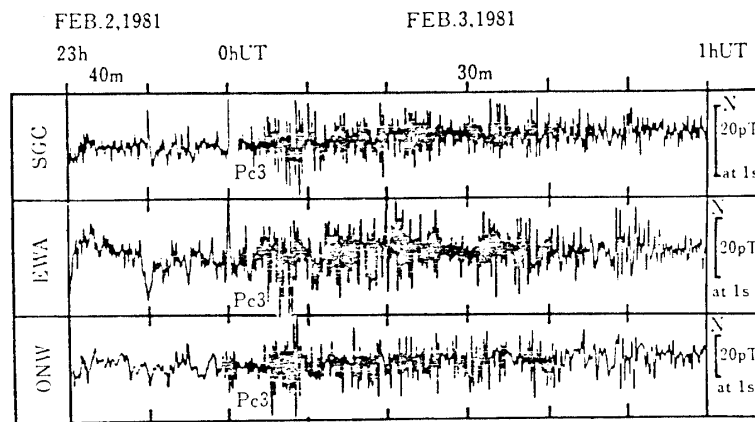
第6図

極小磁気圏嵐とそれに伴う Pi 2 が 4 点で明瞭に記録されているのがわかる。またオーディナリーの記録がこの様に極めてよい S/N 比で記録されているので、同時観測終了後いろいろな帯域のフィルターを通して実験室で ULF 波を取り出すことも可能となった。第 7 図はラルフメータによる周期約 20 秒の Pc 3 の太平洋をまたがる 3 観測点における同時観測記録を示す。

このように 1 台で従来のフラックスゲイト磁力計及び誘導磁力計の 2 台分の能力を兼ねる新しい磁力計であるラルフメータが開発されたが、これは実用的にも優れた磁力計であることが今回の海外観測によって充分確められた。

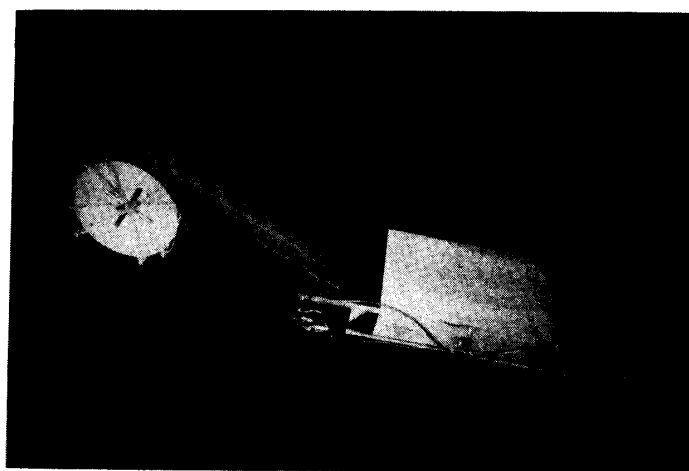
### 3. リングコア型弱残留磁気測定装置 (RICRESTOMETER)

前節で述べた様に磁力計が高精度、高感度になってくると、人工衛星用としては新たな

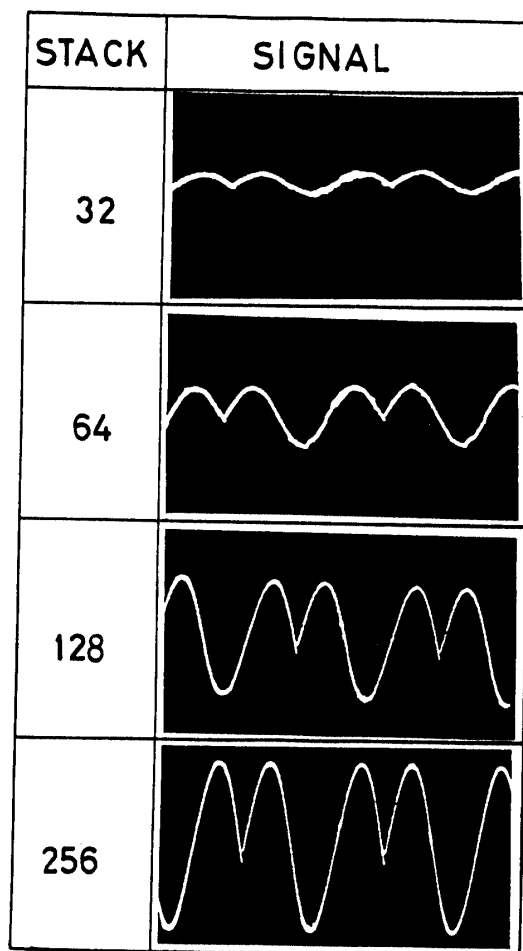


第7図

別の問題が生じてくる。例えば EXOS-C 軌道の周囲磁場に対して MS-T5 は惑星間空間で1万分の1程度の弱磁場を測定せねばならぬことになる。そうすると飛翔体本体が帯磁しているから、せっかく惑星間空間まで打ち上げても計測している磁場は惑星間磁場ではなく飛翔体本体磁場であるという奇妙なことが起こりかねない。従ってこれからの人工衛星では、飛翔体本体の磁気クリーニングの問題をどうしてもさけて通ることは出来なくなっている。そのために、磁場計測の立場から要求される宇宙研の地上系設備の1つとして、人工衛星を構成する沢山の部分品の微弱残留磁気を1つ1つ測定する装置が必要となる。そこで我々研究グループはリングコアの長所をうまく組み合わせて、電車や自動車が頻繁に走る日中でも、1部品あたり30秒程度という高速で微弱残留磁気を測定するリクレストメータ (ricrestometer) を製作した。第8図にそのセンサー部分を示す。これまでは計算表示のために既成の高速周波数解析装置 (Hissa) を使用してきたが、現在リクレストメータ専用の計算表示装置を試作中であり、第9図にその一例を示す。スタッキングをしたために人工ノイズに強い測定が可能となった。



第8図



第9図

#### 4. 人工衛星搭載用リングコア磁力計

##### (1) ブームの問題

これまで述べてきた様にリングコア磁力計は充分開発が進んだので飛翔体に搭載するからと言って、特に感度や精度の向上をはからなければならぬ必要性は最早やない。むしろ米国に較べて日本の人工衛星では搭載PIの重量制限が遙かにきついため、米国の人工衛星では考えなくてよい様な問題に当面しているのが現状である。これらの問題は磁力計自体の性能を向上させようとする方向からすれば、その本筋には拘わらない徒労の面を含むが、MS-T5について述べるならば主に3つに要約されよう。即ちブームの問題、本体磁気バイアスの問題、及びセンサー重量の問題である。

先づブームに関して述べるならば、搭載PIの重量制限からブーム重量を2.64 Kg以下に抑えざるを得ない状況となった。これはケーブル、ブーム駆動部及びブーム収納箱も総て含んだ重量である。従ってこれまでの論文で述べてきたAstromastは断念せざるを得ず、MEC製のパンタグラフ方式の2mブームを採らざるを得なくなった。センサーのブー

ムへの取付角度精度は $\pm 0.2^\circ$ 以下を考慮中である。

### (2) 本体磁気バイアスの問題

ブームの長さが重量制限から 2 m に短縮されたので人工衛星本体の磁気バイアスの問題が更に深刻になってきた。本体の磁気を従来通り (例えば Exos-B 程度) と仮定するならば、本体磁気はセンサー位置で実に 50 nT となり、この様に大きなバイアス磁場が存在すると、磁力計は常にスケールアウトしてしまうために、数 nT 程度の IMF の測定が不可能になる。従って本体磁気は少くとも 1/10 にクリーニングする必要があり、リクレストメータが必要とされる所以である。たとえ「定常」残留磁気を 1/10 にクリーニングできたとしても、2 m ブームでは「変動」磁気も極力抑える必要がある。

### (3) センサーの問題

重量制限のためにセンサーを 230 gr 以下にすることが要求されている。このために支持具の肉厚を薄くせざるを得ず、しかも 3 成分の直交性を維持することに注意を払わねばならない。従来の東北金属製の GA の直交精度は 1/100 であることを考えれば、230 gr の範囲で直交精度を上げることに努力が必要であることが解るであろう。

## 5. 討論と結語

宇宙研の基礎開発費に基づいて、リングコア磁力計の開発は高度に進み、ラルフメータ、リクレストメータ、という新しい磁力計を生むに至ったが、日本の人工衛星の搭載可能重量が小さいために磁力計自体の開発の本筋と離れたブームや磁気クリーニングの問題に努力せねばならぬ現状である。若し米国の人工衛星の様に搭載可能重量が桁違いに大きければ、これらの努力はほとんど不要であり、開発されたリングコア磁力計の長所がそのまま生かせる筈である。

最後に、特にリクレストメータについては宇宙研の平尾邦雄教授が研究推進に御尽力下さっているのでここに感謝する。又、第 9 図は東北工業大学の小島正美助手の努力によるものなのでここに感謝する。