

SESノート K-No.593

K-9M-69号機による観測

昭和54年12月

東京大学宇宙航空研究所

ワイヤ連結型親子ロケット分離実験 (TPE)

東京大学宇宙航空研究所

平尾 邦雄

河島 信樹

小山 孝一郎

佐々木 進

八木 康之

赤井 和憲

中井 豊

1. 実験目的

ロケットをワイヤをつけた状態で親子ロケットに分離し、ロケットの運動と宇宙空間磁場とで発電を行うとともに、親子ロケット間にMCPで高電圧を印加し、電圧—電流特性を取得する。又その時の宇宙空間プラズマに与える擾乱をラングミュアプローブ、フローティングプローブ等のプラズマ計測器で測定する。更に相乗り機器であるCBE、MCP、DCP、NELで粒子計測、ポテンシャル計測、波動計測を行い、ワイヤ連結型ロケットがひきおこす宇宙空間プラズマ諸現象を総合的に研究する。

2. 機器概要

本機器は、ワイヤ繰出し機構部、ワイヤ繰出し制御部、子ロケット方向検出部及びプラズマ計測部より成る。

i) ワイヤ繰出し機構部

約230mのテフロンコーティングステンレスワイヤ(0.81mmφ)をリール巻取り方式で収納し、親ロケット分離後1m/sの高速繰り出しが可能な構造になっている。ワイヤ出口部には、繰出しワイヤ長測定用のビームスイッチ及びワイヤ展長後に作動するワイヤブレーキ機構が付いている。

ii) ワイヤ繰出し制御部

ワイヤ繰出し長を測定するとともに、ワイヤ長が約180mとなった時ブレーキ機構部に信号を送って、約20m(10秒)でワイヤ繰出しを停止させる。ブレーキはまさつ方式で、約200gwの制動をワイヤにかける。

iii) 子ロケット方向検出部

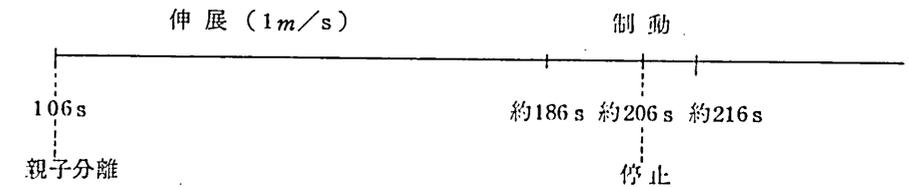
子ロケット側に写真用フラッシュランプを搭載し、親ロケット側に10ケの光電素子からなる方向検出アレイを搭載する。フラッシュは親子ロケット分離後5秒に1回行方。測光系は太陽光を受けないよう視野をしぼっている。

iv) プラズマ計測部

親子ロケットにラングミュアプローブ及びフローティングプローブを搭載する。CBEによる電子ビーム放出での帯電を考慮してラングミュアプローブの掃引電圧は-100V~100V(親ロケット)、-10V~+10V(子ロケット)とし、フローティングプローブのダイナミ

ックレンジは±1,000V(親ロケット)、-1,000V~+50V(子ロケット)に設定している。

3. 動作シーケンス



電子ビーム放出による波動励起
及び帰還電子エネルギーの測定
(CBE、CBE-VLF)

東京大学宇宙航空研究所

河島 信 樹

佐々木 進

八木 康 之

赤井 和 憲

中井 豊

1. 実験目的

電子ビームを以下に示す64秒1サイクルのモードで放出して以下の実験を行う。

- ① 静電アナライザーによる帰還電子のエネルギー解析
- ② 波動励起の測定(VLF、HF波帯)
- ③ 親ロケットの電位をプラズマに対してプラスにすることにより親、子ロケット系による電流捕集状況を変える。

2. 機器概要

搭載機器としては、親ロケットにCBE、子ロケット側にCBE-VLFの2PIを持つ。HF帯の測定機器はNELに搭載されているのでここでは述べない。

i) CBE

本PIには、電子銃2つ、電子銃用高圧電源、静電アナライザー(REA)、REA用高圧電源、コントロール系が2段のステージに搭載さ

れている。

各機器の特徴は以下の様である。

① 電子銃……今回は今までのロケット実験と違って、直線ヒータ

(長さ4 cm 径0.22 mm、材質1

%トリウムタングステン)を使

用し、又、安全性のため2つ電子

銃を載せているので、今までの

電子銃実験より広い角度に広が

ることになる。

② 電子銃用高圧電源……最大1

kV 30mA の出力が得られ、

30 mA 以上のエミッションに

対しては limiter がかかる様になっている。

③ REA……静電アナライザーであり、極板間に最大±200V

の電圧を sweep することにより2 KeV までの電子エネルギーが解

析できる。分解能は100 eV 程度である。

④ REA 用高圧電源……アースに対して±200V

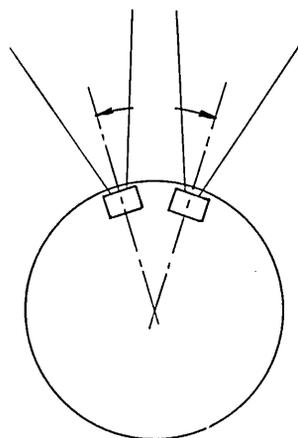
1.0 wA 出力できる。

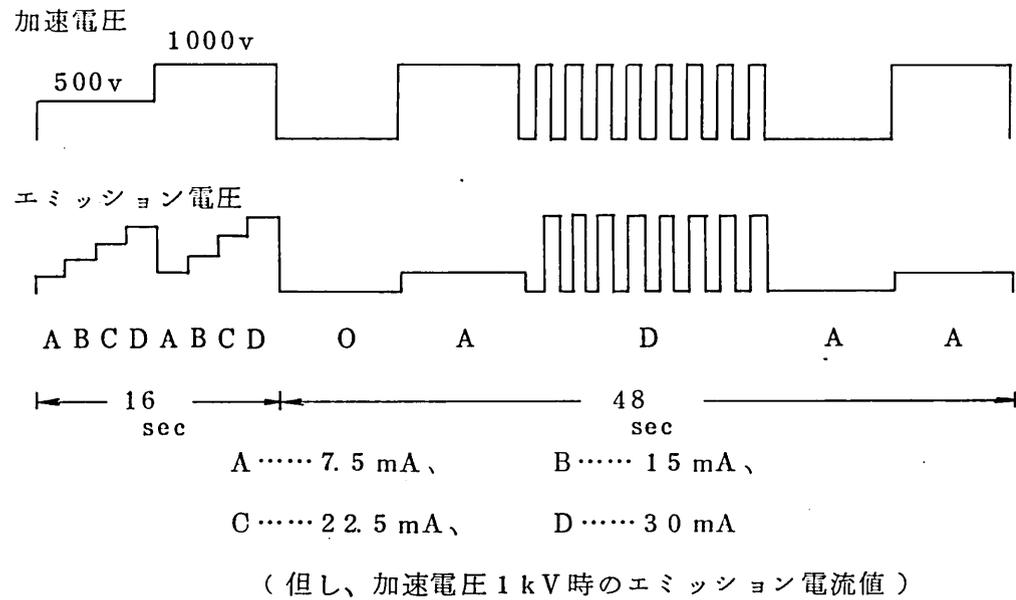
⑤ コントロール系……CBEコントロール系は実験モードを決め

ており、他のPI (TPE-ML、MCP/IVM) に clock 信

号ステータス信号を送って同期をとらせている。

電子銃放出のモードは次の様になっている。





ii) CBE - VLF

周波数... 2.5 KHz ~ 5.5 KHz、 信号強度... 10 μV ~ 1 mV まで detect できる。

チャージプローブによる
ロケット帯電の研究 (MCP, DCP)

Utah 州立大学
Roger Williamson
Bill Denig
Peter Banks
東京大学宇宙航空研究所
平尾 邦雄
河島 信樹
小山 孝一郎

1. 実験目的

TPEで分離された親子ロケットに掃引電圧を印加して電圧電流特性を取得すると同時に、チャージプローブによって帯電電圧を測定する。又、CBEからの電子ビーム放出にともなう親子ロケットの帯電も測定する。

2. 機器概要

チャージプローブは、親ロケット及び子ロケットに1ケずつ搭載される。

1) 親ロケットチャージプローブ (MCP)

チャージプローブとともに親子ロケット間に電圧をかけるための掃引電圧発生器を含む。

チャージプローブ

掃引電圧発生器 出力電圧 0 ~ 800 V

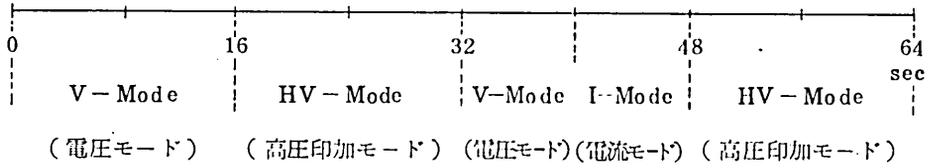
電流 10 mA

掃引周期 8 秒、鋸齒波

2) 子ロケットチャージプローブ(DCP)

チャージプローブ

3. 動作シーケンス(64 秒 / 1 周期)



電子密度の観測 (NEL)

東京大学宇宙航空研究所

大 林 辰 蔵

江 尻 全 機

渡 辺 勇 三

I 実験目的

インピーダンスプローブを用いて冬の昼間の電離層電子密度の高度分布を測定して中低緯度の夏冬の昼時のデータの蓄積に資するとともに、TPE実験 (Tethered Payload Experiment) の為の基礎的資料を提供する。

A. 今迄の6回のロケット実験により11時頃のKSCの電子密度の平均的の高度分布が得られている。今回は冬期のデータを得る。

B. TPE実験はユタとの国際協力実験として行なわれる。宇宙空間で親子ロケットを分離して、かつ両者を導線で繋いだまま地球磁場中を飛翔させ、プラズマ中の諸現象を観測する。インピーダンスプローブは子ロケットに搭載されて、 $V \times B$ の起電力に基づく子ロケット電位の変動時のロケット周辺の電子密度の実測値を得る。

C. 今回のロケットではスペースシャトルと同様の電子ビーム放出実験が行なわれる (CBE)。CBE実験時の子ロケット近傍の電子密度が測定される。

D. また、インピーダンスプローブを用いてHF波動の高感度スイープ受信を行ない、TPE、CBEの動作時のプラズマ波動の特性を調べる。

E. 同時搭載のラングミュアプローブによる観測結果と比較検討する。

II 期待される成果

子ロケットの電位はV×Bの起電力効果と電子ビーム放出効果の両者の兼合いにより複雑な変化をするものと思われる。それによってロケット周辺のシース構造が定まるのでプローブ特性に特徴的な変化が現われるかもしれない。また電子ビーム放出実験時にプローブ自身の電位が変動してシース容量値の測定値に変化が現われるかもしれない。さらに上述の active 実験中に種々のプラズマ中波動が検出されるものと思われる。

III インピーダンスプローブ測定法

インピーダンスプローブはプラズマ中に置かれた金属製プローブの等価容量値の周波数依存性が電子密度によって変化することを利用したプラズマ測定装置で、測定された周波数特性には種々のプラズマ共鳴現象が現われる。すなわち、UHR、PR、SHR、および、MPRが明らかにされており、特にUHRからはプラズマ中の電子密度が高精度で求められ、プローブの形状、姿勢に依らないことが特長である。また、PRは低電子密度の場合に直読が可能であることが知られており、MPRは磁場とプローブの角度によって変化する特性を持っている。高周波数領域の測定値は真空中のプローブ容量値を与え、低周波数での値はほぼシースの容量値を与える。シースの容量値からその厚さがわかりそれは普通デバイ長の1~5倍であるのでこの関係を用いて電子温度の概略値が求められている。通常プローブは浮動電位を保っているが電子ビームやイオンビームの流入時にはプローブ電位が変動するのでそれによってシースの厚さが変化する。CBE実験との対応が注目される。また今回のインピーダンスプローブではセンサーとIF段の中間に高感度プリアンプを設置してプローブへの電波

雑音を周波数掃引受信している。HF帯の波動の観測が行なわれる。

IV インピーダンスプローブの仕様

1. 測定周期	0.5秒
2. プローブ側掃引周波数	0~13MHz
3. 測定容量	0~200pF
4. アンテナ展張秒時	N.C. off + 2 = X + 67秒
5. 測定電圧	
	H-gain 2~20 μ V _{RMS}
	L-gain 20~200 μ V _{RMS}
6. IF段中心周波数	50KHz
7. NEL-HFプリアンプ	Z _{IN} = 600 Ω
8. テレメーター	
	#8 NEL-M
	(F-mark と HF-L と交互)
	#12 NEL
	(NEL-A と HF-H と交互)
9. 電力	
	+18V +180mA
	-18V -160mA
10. 重量	1.5Kg
11. 寸法	60H×200 ϕ

ELF帯における

電力線誘導放射の観測 (ELF)

電気通信大学

芳野 勉 夫

冨沢 一郎

1. 観測の目的

ELF帯における自然の電磁環境に対する電力線からの誘導や放射の影響を電離層高度において観測する。この観測は今後増大すると考えられる影響を予測する上での基礎データとしても意義がある。

今回の観測では、電力線からの基本周波数(50、60 Hz)及び、その高調波放射が電離層高度でどのような分布をしているか、また、その絶対値がどのくらいかについて調べる。

2. 観測方法及び観測装置

- 全磁力を測定するためにロケットの中心軸方向と、これに直角方向に各1本の磁心入ループアンテナを設置する。
- 各出力を、プリアンプで必要なレベルまで増幅する。
- 基本周波数の磁界強度を測定するために、50、55、60 Hz の狭帯域BPFを通し直線検波する。55 Hzは50、60 Hzの測定値に含まれる背景雑音のレベルを測定するために設けてある。
- この3つの検波出力と、校正用電圧を0.25秒毎に切替えて対数増幅器を通した後、テレメータ#9、#10で伝送する。
- 高調波成分については、中心軸と直角方向のループアンテナのプリアン

ブ出力を帯域制限(100Hz~2KHz)した後AM変調をかけテレメータ#14の周波数帯で伝送する。

○広帯域信号は地上での電源からの混入を防ぐため変調をかけたままテープに記録し、解析時に検波再生する。

3. 主要特性

① 受信磁界強度 0.1mT~100mT

② 受信周波数 ○狭帯域

50Hz、55Hz、60Hz ($B_w = \frac{f_0}{70}$)

○広帯域

100Hz~2KHz

③ ループアンテナ ○パーマロイユア • 静電シールド付

○巻数 4.5万回×2

④ 検波出力の時定数 0.25秒

⑤ 検波出力切替 ○0.25秒毎

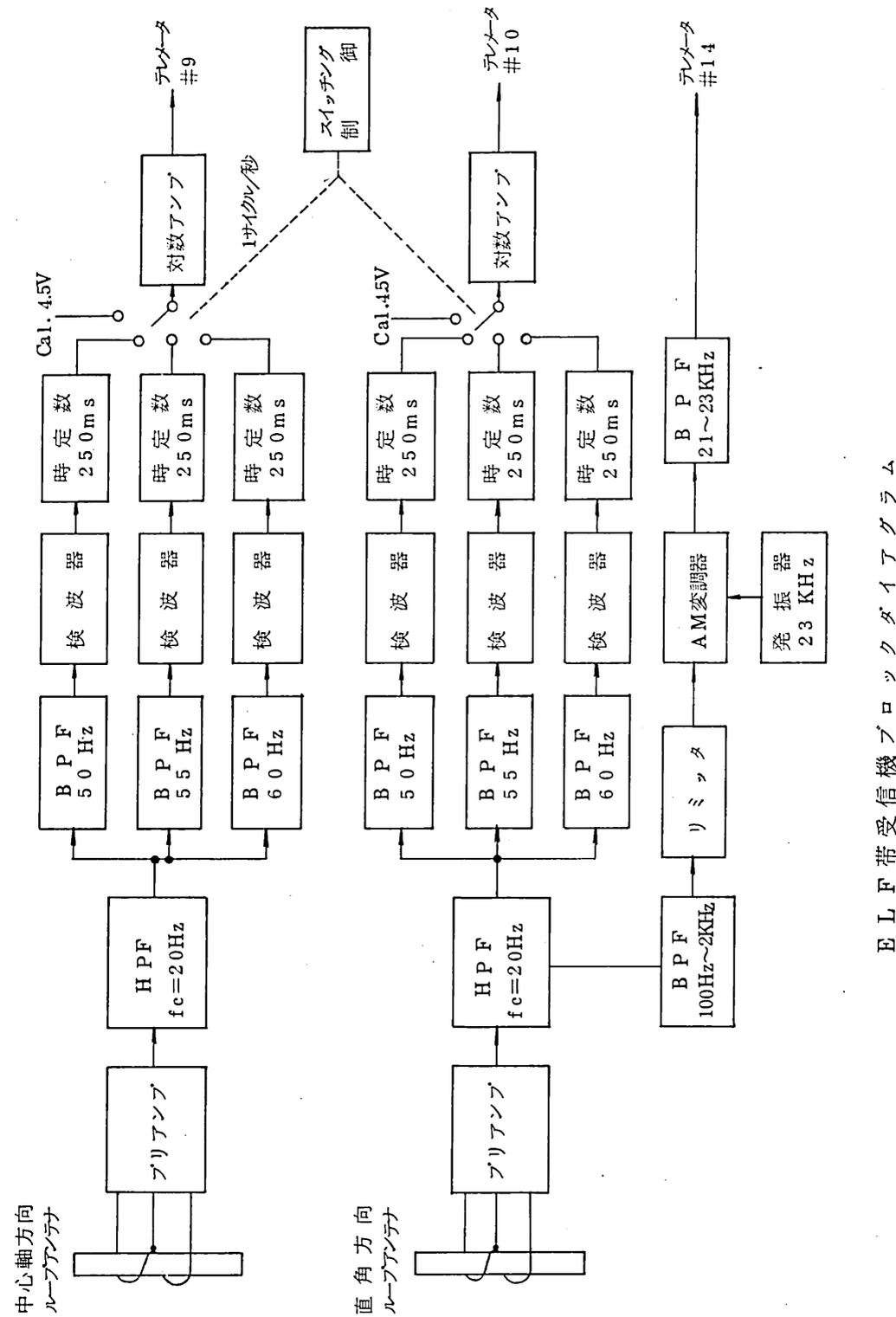
○1サイクル/秒

電子温度の測定 (TEL)

東京大学宇宙航空研究所

平尾 邦雄

小山 孝一郎



目的：電子温度は電離層プラズマにおける最も基本的なパラメータの1つであり、科学観測が始められて以来、ロケット、衛星、および Back Scatter 法によって測定されている。しかしながら電子温度の精度に注意が払われるようになったのは、この数年のことであり、国際標準電離層の作製に寄与すべく、データの蓄積を行なう。

K-9M-69号機実験においては、導体で結ばれた親子のロケット間に、地球磁場を横切って飛ぶために自動的にかかる電圧、あるいはロケット内蔵の高圧より人為的にかける電圧などのためにプラズマが擾乱されるので、これらに対応して電子温度の変化を観測する。

原理：プラズマ中に浸された電極に高周波電圧を印加すると、印加した高周波電圧の振幅に応じて floating 電位 (浮動電位) が負に shift する。この現象は多くの人々によって理論的に実験的に研究されている。電位の shift 分 ΔV_f と印加した電周波電圧の変化分とは下のような関係がある。

即ち、

$$\Delta V_f = \frac{GK T_e}{e} \cdot \ln 10 \left(\frac{ea}{K T_e} \right)$$

ここで、

G : 増巾器の Gain

K : 10.38×10^{-23} Joule/°C

e : 1.6×10^{-19} クーロン

a : 印加した高周波電圧の振幅

であり、上記によって利得 G が知られていると電子温度が知られる。

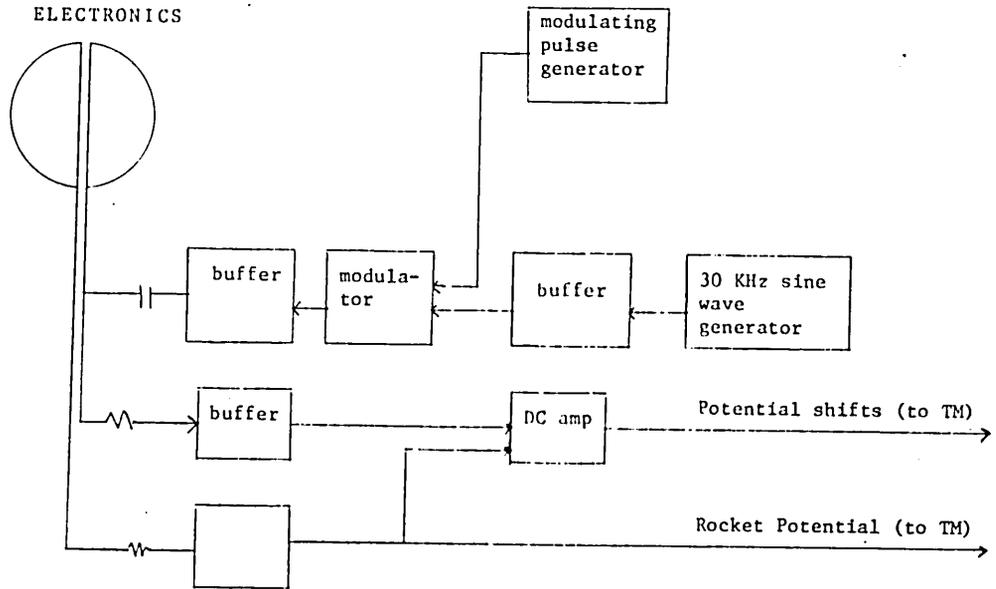
振幅 a および 2 a の高周波電圧を交互に電極に印加した時の浮動電位の比 r は上式より、

$$r = \ln \left[I_0 \left(\frac{2ea}{kT_e} \right) \right] / \ln \left[I_0 \left(\frac{ea}{kT_e} \right) \right]$$

で比 r は検出された floating 電位の比であるので、電子温度が上式によって計算できる。

この方法の長所は、(1)データが汚染電極の使用にもかかわらず信頼できる。(2)データ伝送系の Gain によらない。(3)compactで、かつプラズマを乱さない場所であれば何処でも搭載できる。(4)データ処理が容易である。などであり、この電子温度プローブは、インド、アメリカ、カナダのロケットおよび“太陽”“極光”衛星に搭載され、その動作は、きわめて安定である。

測定器：前記の原理に従って設計製作された電子温度プローブのブロックダイアグラムは図のようである。測定器は高周波電圧発生回路、電極に印加する電圧を作る変調回路、このためのタイミング回路、高入力増巾器、および電源回路である。



これらの測定系は直径90 mm、高さ22 mmのアルミニウムのケースに納められ、このケースに直径100 mm、厚さ1.6 mmの金メッキされた電極が取り付けられている。電極は2つに分れ、高周波電圧を印加した電極の出力と高周波電圧を印加しない電極との出力は、直流差動 Amp に導かれ、このことによってロケット電位の変動、プラズマ雑音を除去し、良好なデータを得ることができる。

SES ノート K-No. 594

S-520-1 号機による観測

昭和 54 年 12 月

東京大学宇宙航空研究所

一酸化窒素及び準安定窒素原子
の同時測定 (NNP-N/NO)

東京大学理学部

小川利紘

岩上直幹

1. 観測目的

一酸化窒素 (NO) 及びその化学的母体である準安定窒素原子 ($N(^2D)$) は下部熱圏の中性及びイオン光化学反応系において重要な役割を演ずる微量成分であり、これまでも我々の他いくつかのグループによって測定されている。しかし NO の測定例数は今だに充分といえず、 $N(^2D)$ の測定例もその困難さのため極めて少ない。しかもそのほとんどが中程度あるいは静穏な太陽活動度のもとで行なわれたものである。

現在は太陽活動極大期にあたるため、今回の実験は NO 及び $N(^2D)$ 密度分布を同時に測定することにより、熱圏における光化学反応系の、太陽活動度に対する応答に関する情報を得ることを目的としている。

2. 観測方法及び測定器概要

NO 及び $N(^2D)$ の定量はそれぞれガンマ (1, 0) バンド 2150 \AA の

大気光強度の測定によって行なわれる。

2150 Å 放射計は、集光レンズ、干渉フィルタ（中心波長 2150 Å バンド巾 150 Å）、光電子増倍管（R166）及びレーリ-散乱光等の背景光を分離するための NO ガス入りセル及び空セルから構成されている。

これまで用いてきた一組のセルの往復交換方式はデータ取得率及び機械的安定性が低く、しかも、しばしば他測定器への干渉がみられたため、今回は三組のセルの回転交換方式を採用している。

5200 Å 放射計は、フレネル集光レンズ、干渉フィルタ（中心波長 5206 Å、バンド巾 5 Å）及び光電子増倍管（1P21）から成り、ティルティングフィルタ方式（フィルタを周期的に傾けて波長掃引する方式）により 5200 Å 輝線を背景光から分離する。

上記二種の放射計は、一体となっており、特に今回の実験は比較的太陽高度の大きな時刻に行なわれるため、その遮光筒には二重円錐構造が採用され、太陽直接光の混入が極力低減されるように設計されている。

マイクロ波を用いた電離層プラズマ中のロケット実験

M I N I X

(Microwave Ionosphere Nonlinear Interaction Experiment)

MINIX主任 木村 磐根（京大工）

M W T 松本 紘（京大工）

P W P H 宮武 貞夫（電通大）

P W P L 橋本 弘蔵（京大工）

B W I 筒井 稔（京大工）

R P A 松本 治彌（神大工）

N E L 賀谷 信幸（神大工）

I 実験目的

宇宙開発史上 1980 年代はスペース・シャトル時代と言われ、科学実験、新技術開発等の宇宙空間の積極的利用を始められようとしている。スペース・シャトルによる宇宙空間での人類の活動の広がる中で自然の技術的延長として不足する地上エネルギー源を補うため宇宙太陽発電所（Solar Power Station; SPS）構想が提案され検討が開始されている。この場合宇宙空間から地上へエネルギーを伝送する手段として、マイクロ波無線エネルギー伝送が有力であると考えられている。

しかし、マイクロ波強電界と電離層プラズマとの相互作用の研究は学術的にも未だ殆んど行なわれていない。殊に実験面の研究が遅れている。本計画は MINIX プロジェクトと称し、観測ロケットを用いマイクロ波と電離層との相互作用の研究を実験的に行なう総合プロジェクトである。次節において強いマイクロ波と電離層との可能な非線形相互作用を簡単に述べ

る。いずれの問題も非線形段階での定量的性質は全く未知であり、今後の研究が必要である。

II マイクロ波-電離層非線形相互作用

電離層プラズマの固有周波数であるプラズマ周波数 f_p 及びサイクロトロン周波数 f_H はそれぞれ 9 MHz 及び 1 MHz 程度であるから GHz 帯のマイクロ波にとって、電離層は殆んど透明な媒質であるように考えられてきた。しかしマイクロ波強度が大きい場合にはマイクロ波の伝搬特性も電離層から影響を受けると同時に電離層もマイクロ波電界により影響を受けると考えられる。以下に考えられる効果を簡単に述べる。

(1) 電離層加熱とマイクロ波自己収縮作用

マイクロ波電界が強い場合は電離層プラズマの電子の流す高周波電流の同相成分が仕事をし電離層の電子温度を上昇させることが予想される。熱は電子と中性粒子との衝突とで中性粒子へ逃げていくが、その割合から概算すると約 200 V/m のマイクロ波電界の場合、電子温度は 1000 °K ~ 3000 °K 上昇することになる。但しこの値はマイクロ波の定常照射の場合の値である。

電子温度が上昇すれば圧力バランスを保つためにその部分の電子密度が低下する。従って、もし電離層に図 1 に示すような密度変動が存在すれば、マイクロ波の屈折率は電子密度の低い所で大きいため、マイクロ波がそこに集束する。集束した場所では電子温度が上昇するため益々電子密度が低下する。このようにマイクロ波の自己収縮が起り得る。マイクロ波の自己収縮現象にはプラズマの密度の揺ぎが従って伴う。

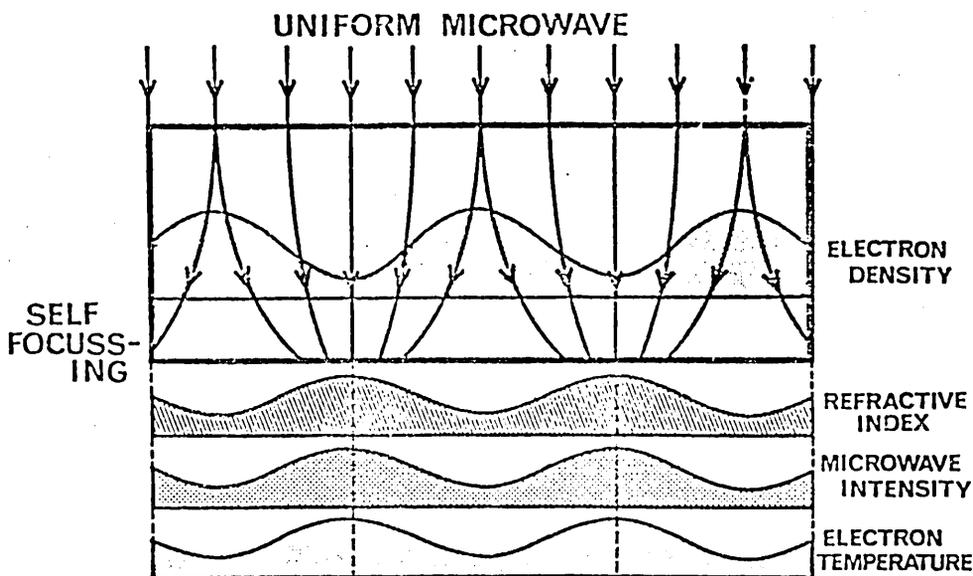


図1 マイクロ波の熱的自己収縮作用の説明図

(2) マイクロ波の空間強度変化に伴う非線形ポンドロモーティブ力効果

マイクロ波の電磁界強度が空間的に変動している場合、 ∇E^2 に比例した、非線形ポンドロモーティブ力が電子に働き、マイクロ波の存在する空間から電子が押出される効果が存在する。この効果は上記(1)のマイクロ波自己収縮作用と同時に起る。

(3) 非線形パラメトリック効果

マイクロ波の強度が強い場合、マイクロ波はプラズマ中で次の三つの非線形散乱を受ける可能性がある。これらの散乱はプラズマ中のパラメトリック不安定性によって起こされる。散乱の種類は、「ブリロアン散乱」と「ラマン散乱」と「コンプトン散乱」とが考えられる。ブリロアン散乱は強いマイクロ波がイオン音波と励起しイオン音波周波数だけ低い周波数のマイク

ロ波が後方に散乱される現象である。ラマン散乱は強いマイクロ波が電子プラズマ波を励起し、電子プラズマ波周波数だけ低い周波数のマイクロ波が後方に散乱される現象である。コンプトン散乱は強いマイクロ波が直接プラズマ粒子によって後方に散乱を受け、プラズマ粒子に直接エネルギーを与える現象である。図2にこれらの三種の散乱の周波数対波数関係図 ($\omega-k$ ダイアグラム) を掲げる。これらのパラメトリック効果が生じるかどうかはマイクロ波電界強度とプラズマ波のランダウ減衰、衝突減衰等と関連しており、その励起プラズマ波強度、散乱波強度等を理論的に求めることは極めて困難であり実験が必要である。

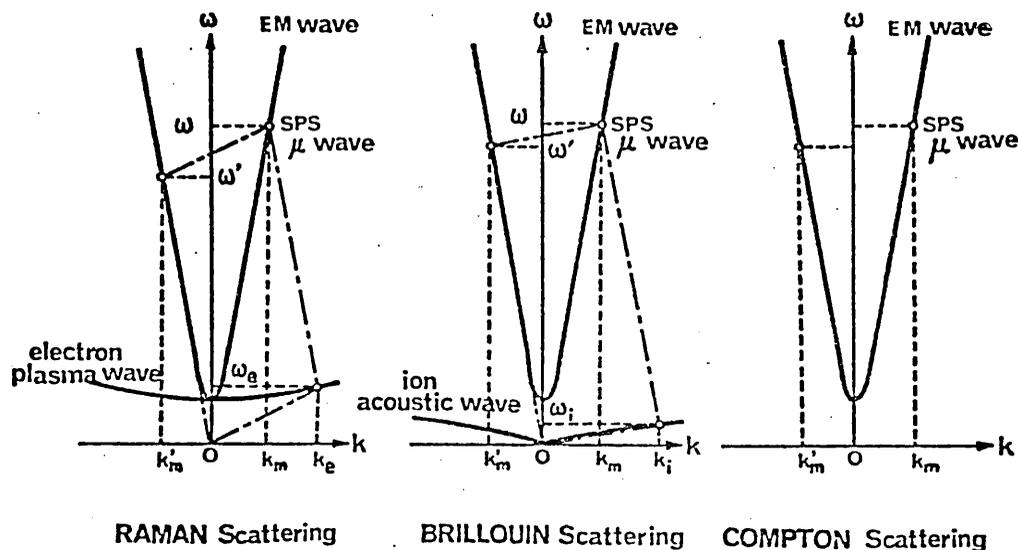


図2 マイクロ波の非線形パラメトリック効果による電離層中の可能な散乱の $\omega-k$ ダイアグラム

III MINIX ロケット実験計画の概要

前節で述べたようなマイクロ波と電離層プラズマとの可能な相互作用を

実験的に明らかにする目的で、東京大学宇宙航空研究所の観測ロケット S-520 を用いたロケット実験を計画し、Microwave Ionosphere Nonlinear Interaction Experiment の頭文字をとってMINIXプロジェクトと呼ぶことにする。

図3はロケット実験の概念図を示す。マイクロ波送信機 (MWT) から10秒間に1回200 msec 間マイクロ波をプラズマに照射する。その方向に同時に低エネルギー (1~10 eV) の電子ビームが打出される (BWI)。HF帯のプラズマ波は二本のモノポールで受信され、電子プラズマ波等の励起がチェックされる。VLF帯のプラズマ波は2mのダイポールアンテナとその先端に取りつけられた小さい (6 cm) ダイポールによって検出されイオン音波等の励起の有無が調べられる。散乱されたマイクロ波も受信されパラメトリック励起の条件を満足しているかどうか調べられる。Langmuir probe やファラデーカップはマイクロ波の照射時と非照射時の電離層プラズマの違いを調べるのに用いられる (NEL、RPA)。

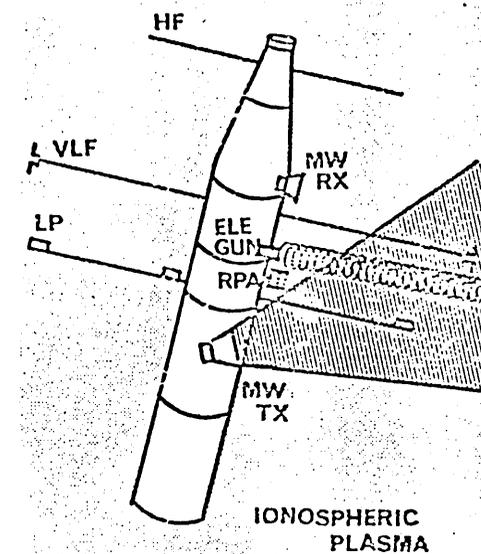


図3 MINIX実験の概念図

IV 各観測器の仕様

- (1) マイクロ波送受信機 (MWT)

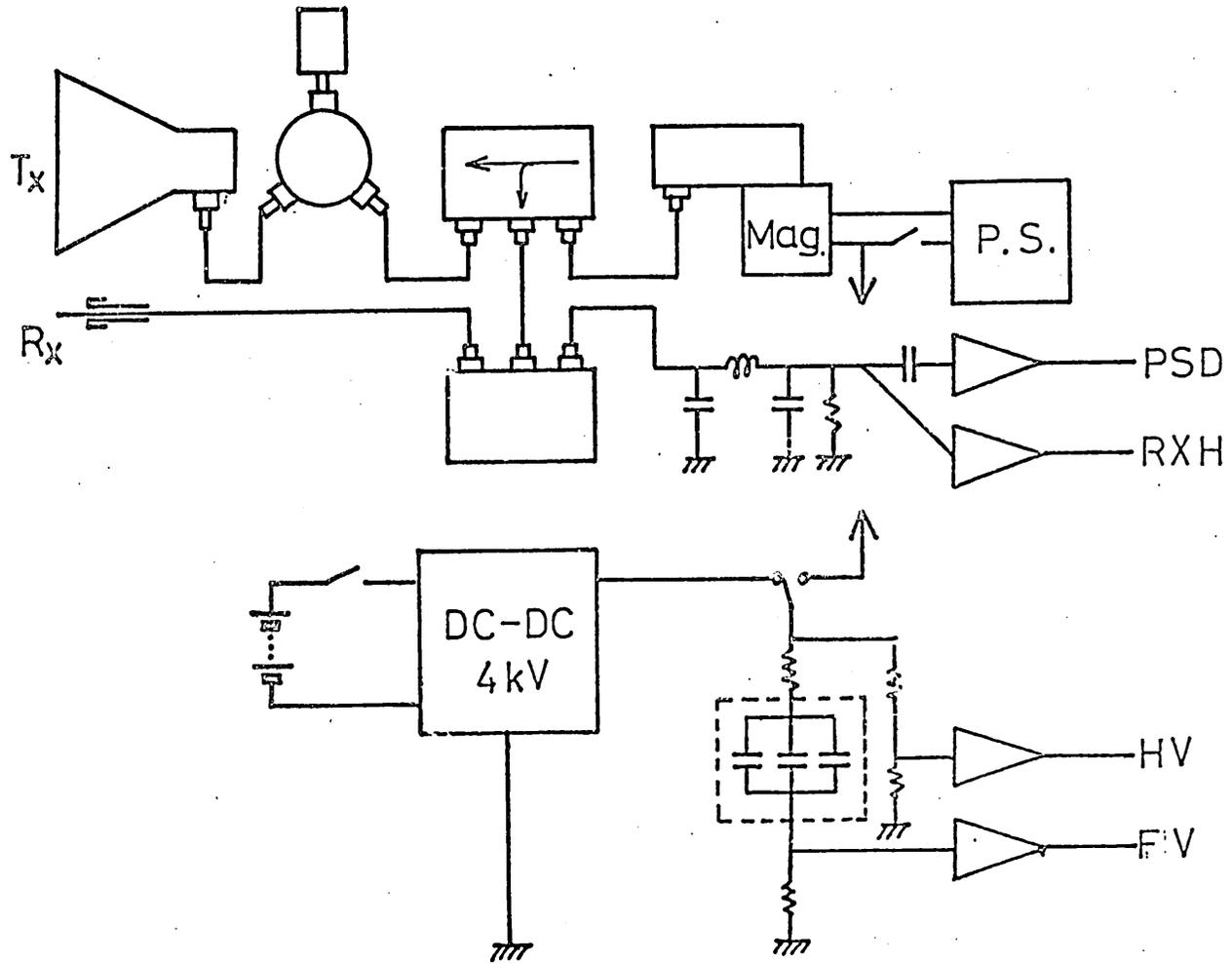


図4 MWTのブロック図

- 1.1 送信周波数; $f = 2.45 \text{ GHz}$
- 1.2 送信出力; 830 W (マグネトロン 2M172)
- 1.3 アンテナ部; 円型ホーン・アンテナ (直径 2λ)
- 1.4 送信タイミングと送信時間; 10秒に1回 200 m sec 送信
- 1.5 電 源; Ni Cd 電池とコンデンサバンク (4 KV 、 300 mA)
- 1.6 受信部; 散乱波を受信後送信波とのビート周波数をモニタ
受信アンテナはスリーブ・アンテナ
- 1.7 その他; 図4にブロック図を示す。

(2) HF受信機 (PWPH)

- 2.1 受信周波数; 固定周波数 8チャンネル
 $0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 \text{ MHz}$
- 2.2 受信アンテナ; 50 cm モノポールアンテナ 2本
- 2.3 サンプルング方法;
 - ① 100 msec の周期で、チャンネルを切換える。
(HF-SW、HF-REF)
 - ② マイクロ波送信時に同期し、送信前2点、送信中20点、送信後3点のサンプルングをする。
それをA/D変換し、Memoryにたくわえ順次伝送する。

(3) VLF受信機 (PWPL)

- 3.1 受信周波数; $500 \text{ Hz} \sim 18 \text{ KHz}$ 広帯域受信3系統
- 3.2 受信アンテナ; 1組の $66 \text{ cm} \times 2$ ダイポール・アンテナ

6.5 cm ダイポール・アンテナ 2組

(大きなダイポールの先端に取付け)

- 3.3 出力信号; ① Wide Band 3系統切換え
② Level 出力
③ Potential Monitor 最大5V

(4) 電子ビーム装置 (BWI)

4.1 電子銃; ヒータ 3.5 V 6.3 A

エミッション電流 200 μ A

加速電圧 0, 4, 8 V

4.2 タイミング; マイクロ波送信と同期し、20秒間に5秒電子を放出する。

4.3 タイマ項目; 上昇時 200 Km Heater ON
下降時 250 Km Heater OFF

(5) 電子エネルギー分析器 (RPA)

5.1 センサー; 5 cm ϕ \times 2 cm のファラデー・カップ。ロケットより30 cm 離し NEL のブームに取付ける。

5.2 観測モード; Micro wave 放射と同期し、モードをサイクリックにかえる。

① 掃引モード

-10 V ~ +10 V 0.5 Hz (三角波)

② 固定モード

0, 1, 2, 10 V

(6) ラングミュア・プローブ (NEL)

6.1 センサー; 3個の円筒プローブ、50 cm のブームをロケットの両側に出し、その先端にそれぞれ1個。マイクロ波側にロケットより10 cm の位置に1個取付ける。

6.2 観測モード; Micro wave 放射に同期し、モードをサイクリックにかえる。

① 掃引モード

-3 V ~ 3 V 0.5 Hz (三角波)

② 固定モード

0, 1, 3 V

③ Floating

SES ノート K-No. 595
S-310-8号機による観測

昭和54年12月

東京大学宇宙航空研究所

成層圏大気近赤外吸収スペクトル観測 (NNP-O₃)

東京大学宇宙航空研究所

伊藤 富造

中村 良治

松崎 章好

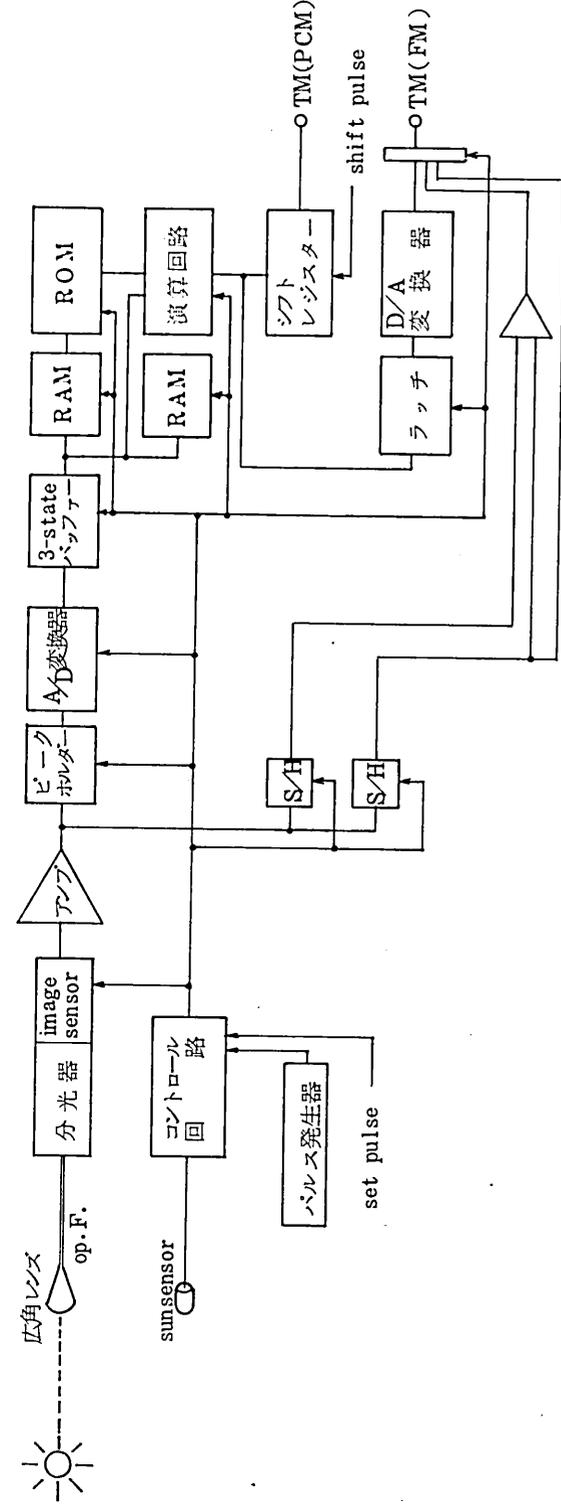
1. 目的

新しい原理に基いた分光法により、450-950 *nm* の近赤外波長領域の成層圏大気の吸収及び消散スペクトルの観測を行ない、大気中浮遊粒子、O₂、O₃、及びH₂Oの存在量と気温とを同時に求め、相互の関係を調べる。

2. 装置と原理

観測装置全体は、光学系及び電気系から成る。太陽光を視野角50°の広角レンズを用いて5 *mm* φの像中に集光し、オプティカルファイバーを使用して更に0.8 *mm*の像中に集光して分光器 (f = 100 *mm*) に導入する。分光器の回析格子により分散されたスペクトルを1024画素から成る一次元固体撮像素子により4 msec 程度内の時間で測定する。本装置には、太陽センサーが付属しており、センサーが、ある出力以上になってか

ら8回スペクトルを測定し、そのうち出力信号の大きさを比較して規準以上の電圧をもった信号と、2回目に測定された信号の二つのスペクトルが地上にPCM信号で約1秒毎に送られる。また一次元固体撮像素子の各画素の感度のバラツキを補正するためにROM及び演算回路が装備されている。また差分吸収法の原理を取り入れるために、吸収のある画素とその近傍の吸収のない画素の出力信号及び差信号が地上に送られる。



電子密度の観測 (NEL)

東京大学宇宙航空研究所

大 林 辰 蔵

江 尻 全 機

渡 辺 勇 三

I 実験目的

太陽天頂角が90度前後の日没時の電離層電子密度の高度分布を標準型インピーダンスプローブを用いて測定する。

II 電離層状態

太陽天頂角が 80° ~ 95° の場合、太陽 EUV は地球大気の特異なフィルター作用により独特の減衰効果を受けるのでイオン生成率の高度分布は特徴のある構造となり電離層電子密度の高度分布もいわゆる中間型の分布となる。中間型電子密度分布は今迄に K-9M-59号機と S-310-6号機などによって測定されている。これらの測定結果によると中間型分布の特徴は日没直前の日照時の特異な密度分布の減少経過を反映しつつ、ローカルな日没条件下での現象を示している。すなわち F2層と F1層の一部は EUV が照射しておりロケットの昇降時の電離生成率に基づく電子密度分布となり E-F 領域の一部分はいわゆる O_2 の窓を通過して来る水素ライマンアルファ線によって照らされており領域の NO はこれにより電離されている。E-F 領域の下部は日陰状態となっており電子密度は再結合消滅による減少過程を示す。この領域には EF Valley の初期の構造が観測されやがてこれは夜型の典型的な谷状構造へ変化していく。また、日照

時の姿をとどめるピーク構造が E F Valley と E 層との中間に現われる。このピーク層は日没直前の O_2^+ の電離生成率の高度分布に基づくものであると解釈されている。

III 期待される成果

前述のような独特の中間型の電子密度分布を精密に測定することにより複雑な日没時の電離層諸現象の解明の為の基礎的資料を得る。同じような条件で行なわれた今迄のロケット実験の結果と比較検討して、特に、E F 領域に現われるピーク状構造の成因と特徴を調べる。中間型電子密度分布の観測結果を用いて領域の有効再結合係数を求めたり、日没時日照部の電離生成率を考察する。また、同時搭載の太陽水素ライマンアルファ線の観測結果を用いて領域の NO 密度に関して検討する。さらに、同機搭載のイオン組成測定器の結果と比較して電離層の構造とイオン組成に関して調べる。

IV インピーダンスプローブの仕様

1. 測定周期 1.0 秒
2. プローブ側掃引周波数 0 ~ 7 MHz
3. 測定容量 0 ~ 100 pF
4. アンテナ展張秒時 N.C. off + 2 = x + 52 秒
5. テレメーター

9 NEL-R

14 NEL-A (x + 51 秒までは x)

イオン組成の観測 (CPI)

郵政省電波研究所

巖 本 巖

佐 川 永 一

東京大学宇宙航空研究所

伊 藤 富 造

1. 目 的

下部電離層 D、E 領域のイオン組成は上部電離圏に比してはるかに複雑な様相を示しており、それだけに十分に理解されているとは言えない。本実験はイオン質量分析計により下部電離層のイオン組成を観測し、この領域のイオン化学の解明に役立てようとするものであり、次のように高度領域で分けて3つの狙いをもっている。

- (1) 70 - 90 Km : クラスタイオンの測定
- (2) 90 - 110 Km : 金属イオンの検出
- (3) 110 Km 以上 : $\text{NO}^+ / \text{O}_2^+$ の高度分布の測定

特に(1)の項は世界的にも観測例が少なく、観測の価値が高く興味深いものである。

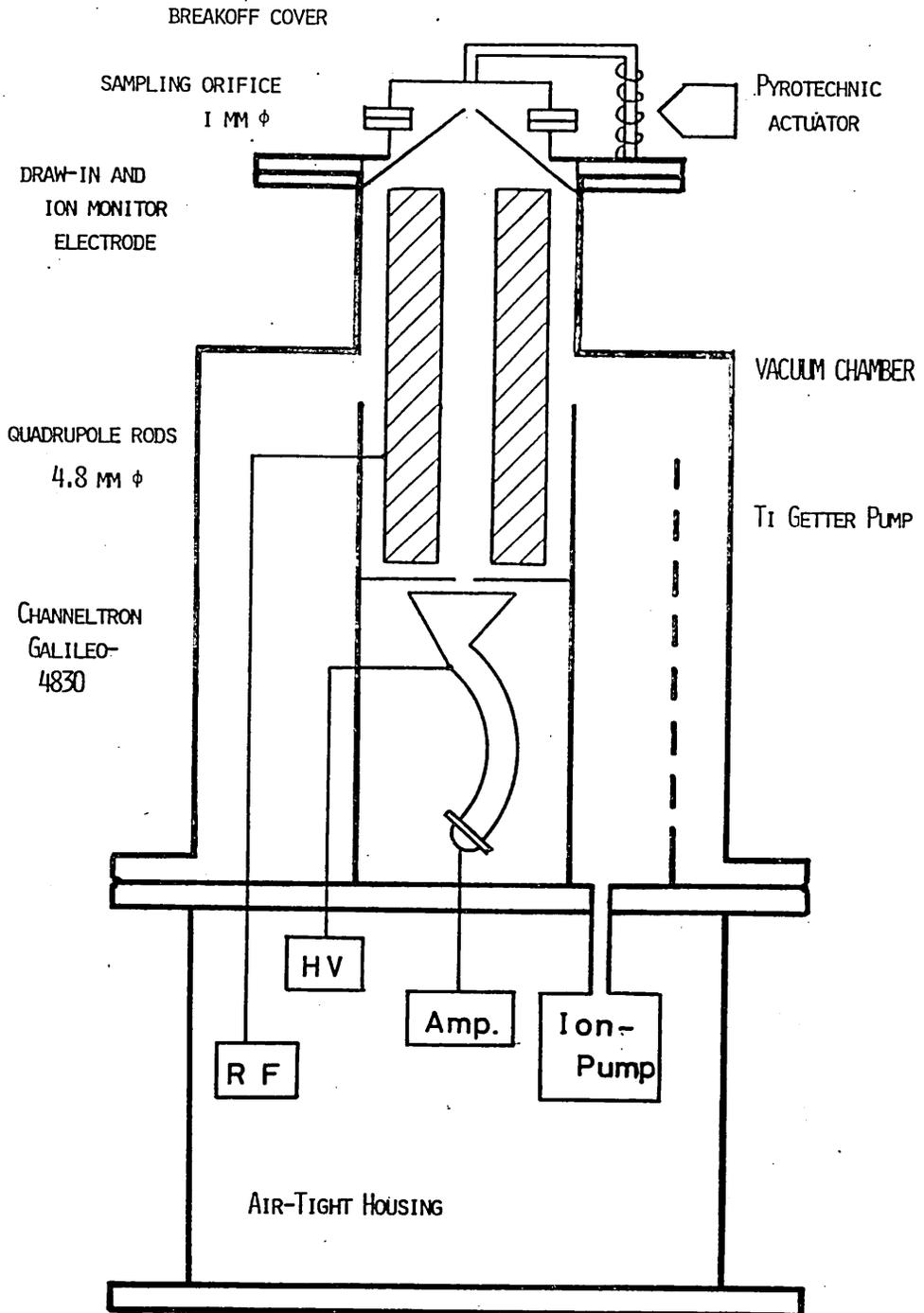
2. 測定器の概要

図のように四重極マスフィルターとチャンネルトロンを組み合わせ小型真空チェンバーに封じ切ったものをセンサーとして用いる。測定高度約 70 Km で、爆管によりカバーを開孔し、Ti ゲーターポンプで排気しながらイオンをサンプリングする。

主な仕様は次の通り。

- マスフィルターロッド : $4 \text{ mm } \phi \times 10 \text{ cm}$
- 測定質量範囲 : 10 ~ 100 AMU
- チャンネルトロン : ガリレオ 4830
ゲイン $\times 10^8$ 、カウントレート $\sim 2 \times 10^6 \text{ Hz}$
- 排気系 : Ti ゲーターポンプ ($\sim 100 \text{ l/s}$) + イオンポンプ (真空保持用)
- テレメータ : アナログ及び PCM 併用
アナログ # 11 : イオンアナログ信号
" # 7 : SV モニターなど
デジタル : イオンカウント信号
- 重量 : $\sim 15 \text{ KG}$
- 電力 : + 18 V (1250 mA)
- 18 V (750 mA)

SCHEMATIC DIAGRAM OF C P I



大気 O₂ 密度の測定及び太陽 H Ly- α 線の 絶対強度測定 (NNP-O₂/SUV)

大阪市立大学工学部

東野 一郎

渡辺 紀彦

大阪市立大学原子力基礎研究所

小塩 高文

1 観測目的

太陽水素ライマン α 線 (H Ly- α : 1216 Å) は、地球大気の主として O₂ 分子により吸収される。

イオン箱を使って、非分散方式により、H Ly- α 線の各高度での絶対強度を測定し、かつその観測値より大気 O₂ 分子の密度の高度分布を測定する。

今回は、イオン箱の波長純度を上げるため、O₂ フィルターをつける。

2 装置概要

(1) Mg F₂ 窓、NO ガス入りイオン箱

O₂ フィルター付 1 ケ

フィルター無し 1 ケ

(2) 指向特性平坦化のための 2 段三角おおい。 2 組

(3) 感度自動切換付直流増巾器。 2 台

これによりゲインが 160、80、40、20 倍の 4 段に切り換えられる。

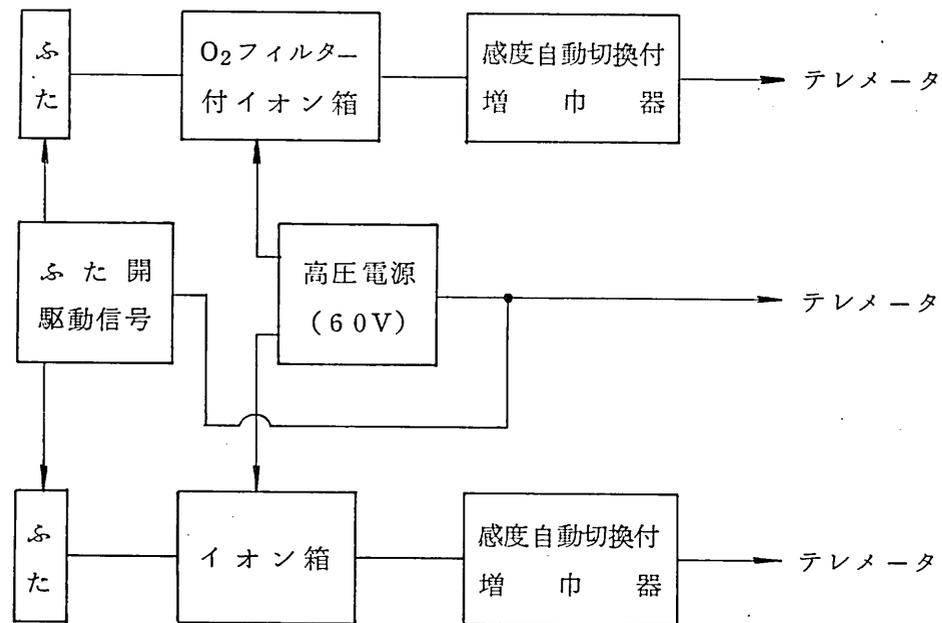
(4) 防煙用ふた及びふた開用駆動機構。 2組

イオン箱前面に取りつけて、開頭時の煙による汚染を防ぐ。タイマーにより開蓋を行う。

(5) イオン箱高圧電源 1台

60V

3 ブロック図



電子温度の測定 (TEL)

東京大学宇宙航空研究所

平尾 邦雄

小山 孝一郎

目的:

電子温度は電離層プラズマにおける最も基本的なパラメータの1つであり、科学観測が始められて以来、ロケット、衛星、および Back Scatter 法によって測定されている。しかしながら、電子温度の精度に注意が払われるようになったのは、この数年のことであり、国際標準電離層の作製に寄与すべく、データの蓄積を行なう。

原理:

プラズマ中に浸された電極に高周波電圧を印加すると、印加した高周波電圧の振幅に応じて floating 電位 (浮動電位) が負に shift する。この現象は多くの人々によって理論的に実験的に研究されている。電位の shift 分 ΔV_f と印加した電周波電圧の変化分とは下のような関係がある。

即ち、

$$\Delta V_f = \frac{G k T_e}{e} \cdot \ln \ln \left(\frac{ea}{k T_e} \right)$$

ここで、

G : 増巾器の Gain

k : 10.38×10^{-23} Joule/°C

e : 1.6×10^{-19} クーロン

a : 印加した高周波電圧の振幅

であり、上記によって利得 G が知られていると電子温度が知られる。

振幅 a および $2a$ の高周波電圧を交互に電極に印加した時の浮動電位の比 r は上式より

$$r = \ln \left[I_0 \left(\frac{2ea}{kT_e} \right) \right] / \ln \left[I_0 \left(\frac{ea}{kT_e} \right) \right]$$

で比 r は検出された floating 電位の比であるので、電子温度が上式によって計算できる。

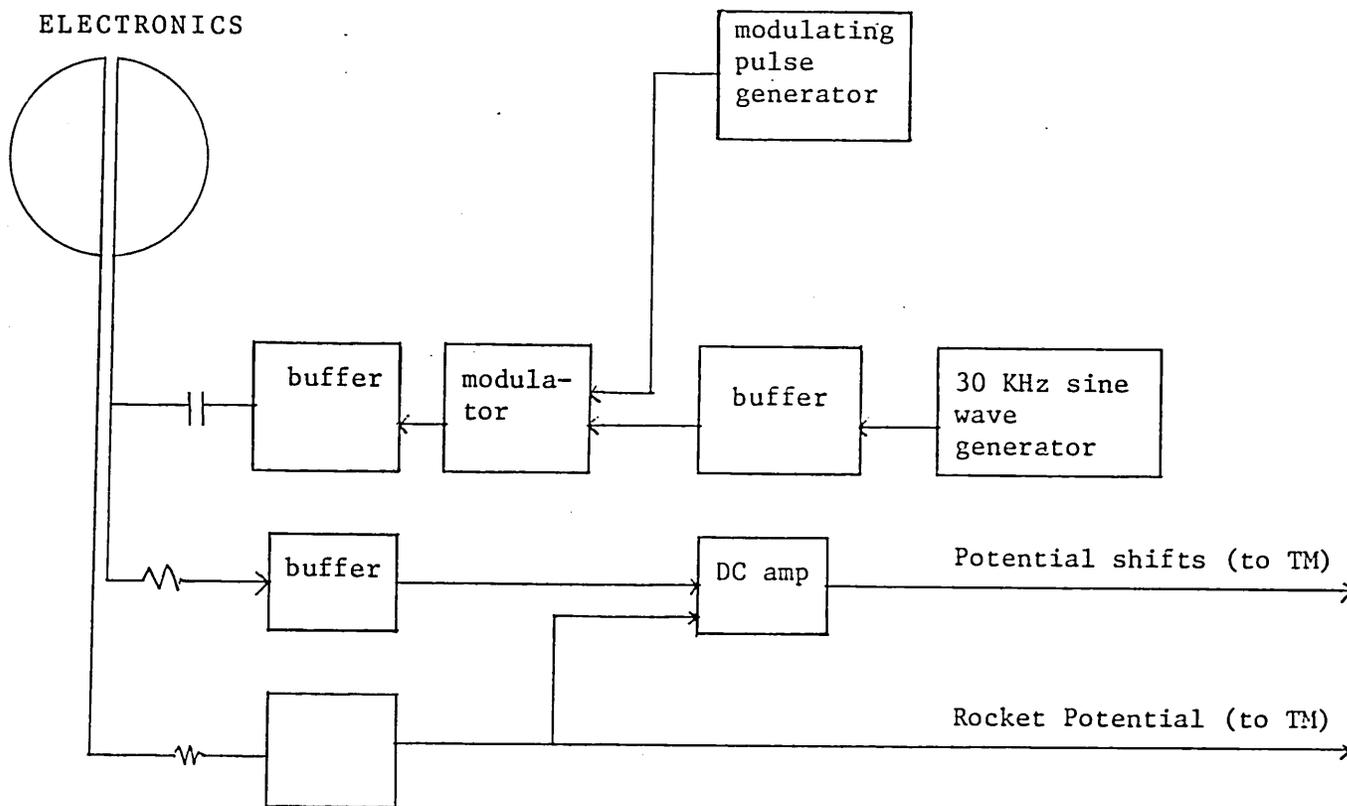
この方法の長所は、(1)データが汚染電極の使用にもかかわらず信頼できる。(2)データ伝送系の Gain によらない。(3) Compact でかつプラズマを乱さない場所であれば何処でも搭載できる。(4)データ処理が容易である。などであり、この電子温度プローブは、インド、アメリカ、カナダのロケットおよび“太陽”“極光”衛星に搭載され、その動作はきわめて安定である。

測 定 器 :

前記の原理に従って設計製作された電子温度プローブのブロックダイアグラムは図のようである。測定器は高周波電圧発生回路、電極に印加する電圧を作る変調回路、このためのタイミング回路、高入力増巾器、および電源回路である。

これらの測定系は直径 90 mm 、高さ 22 mm のアルミニウムのケースに納められ、このケースに直径 100 mm 、厚さ 1.6 mm の金メッキされた電極が取り付けられている。電極は2つに分れ、高周波電圧を印加した電極の出力力と高周波電圧を印加しない電極との出力は、直流差動 Amp に導かれ、このことによってロケット電位の変動、プラズマ雑音を除去し、良好なデータを取得することができる。

ELECTRONICS



電子温度プローブ仕様

- 高周波電圧振幅 $0\text{ V} (0.2 \pm 0.005)\text{ V}, (0.4 \pm 0.005)\text{ V}$
- 高周波電圧周波数 $30\text{ KHz} \pm 1\text{ KHz}$
- 高周波電圧歪み率 0.1% 以下
- 周 期 $0.6\text{ 秒} \pm 0.002$
 $0.3\text{ 秒程度まで高度分解能を上げることができる}$
- DC Amp 入力抵抗 $110\text{ M}\Omega$
- DC Amp 利得 20 db
- 無入力時の off set 電圧 0.6 V
- 電子温度測定範囲 $200\text{ }^\circ\text{K} \sim 4,000\text{ }^\circ\text{K}$
- 電子温度プローブ
動作可能な電子密度 $8 \times 10^3\text{ } \text{コ}/\text{cm}^3$ 入力抵抗 $1,100\text{ M}\Omega$ のとき、
 $8 \times 10^2\text{ } \text{コ}/\text{cm}^3$