

スペースシャトル搭載用電子加速器を用いた 大型スペースチェンバー(宇宙研及び NASA) における室内実験

佐々木進・河島信樹・栗木恭一
中丸邦男・長友信人・大林辰蔵

Abstract: A large-scale electron beam experiment was performed in the large NASA JSC vacuum facility in Houston, Texas. The characteristics of electron beam propagation, the beam-beam and beam-plasma interactions were studied with least wall effect. Recontraction of the electron beam due to the geomagnetic field was observed in a low power operation of the electron beam accelerator and electrostatic waves at frequencies of $(n + 1/2)f_{ce}$ (n : integer, f_{ce} : electron cyclotron frequency) were generated when a counter-streaming beam configuration was formed. The charging of the electron beam accelerator system in a floating mode operation and its neutralization were also studied for the design of SEPAC instruments.

1. 実験目的

宇宙空間での電子ビーム放出実験は、近年ロケット等を用いて盛んに行われ、既に波動の励起、人工大気光/オーロラの生成及びエレクトロンエコーの観測等の成果があがっており、又将来も 1980 年代に予定されているスペースシャトル AMPS - SEPAC 計画を初めとして、大出力電子銃を用いた実験が各国で予定されている。しかしながら現在迄の所、飛翔体から放出された電子ビームが実際にどのような振舞いをするかについては、最も基本的な問題であるにもかかわらず、明確な情報が得られていない。実際我々も既に数回の電子銃を用いたロケット実験を行って波動の励起、ロケットボディの電位変化等の測定を行っているが、測定及び情報伝達手段が限られている為、ロケットから実際にどのような状態でビームが出て行くのかの情報を得る事が困難であった。このようなビームの伝播特性の問題を地上で研究する場合、小型チェンバーでは壁の影響が強く、実際にスペースでビームを放出した状態をシミュレートする事ができない。例えば、ビームの拡がり方は、磁場の存在する場合そのサイクロトロン運動に支配されるが、地球磁場程度の場合さえ、数百Vのエネルギーを持つ電子ビームは、一サイクロトロン周期の間に十数m進み、通常の数m程度のチェンバーでは磁場の影響を受けたビームの全容を観測する事はできない。又波動の励起の問題についても

小型チェンバーにおいては、波長の長い波動は励起できず、実際の宇宙空間での実験とは大きく異なったものにならざるを得なかった。既に我々は宇宙研の大型チェンバー(2mφ×3m)を用いて、電子ビームの伝播特性実験、波動励起実験を行ない各種のデータを得ているが、チェンバー壁の影響がどの程度きいているのかは非常に評価しづらく、できるだけ大きなスペースチェンバーで実験する必要がある。NASA JSC 大型スペースチェンバー(168mφ×274mh)での実験を行った。更に前述のスペースシャトル AMPS-SEPAC 実験には我国の電子銃等の粒子加速器が搭載されることになっており、我国でその科学的検討が行われていると同時に、システムの技術的開発が行われている。現在その EM がほぼ完成しており、できるだけ宇宙空間に近い大型チェンバーでテストする必要がある。この様な事情から今回の大型スペースチェンバー実験は、次の様な目的設定のもとに行った。

- a 壁の影響の少ない大型チェンバー内における電子銃特性の検討
- b 電子ビームの伝播特性(拡がり)の測定
- c 電子ビームによる波動励起の測定
- d 電子ビーム放出に伴う電子銃システムの charge up とその neutralization の研究
- e スペースシャトル AMPS-SEPAC 電子銃(EM)の性能試験

2. 電子銃システム

本実験では二種類の電子銃を使用した。

電子銃A：6kV 0.5A 定格(3kW)でカソードは直熱型である(タングステン)、第1図(a)にその外形を示す。

電子銃B：SEPAC EM 電子銃であり、5kV 2.5A 定格(12.5kW)でカソードは傍熱型である(インプレグネイテドカソード)第1図(b)にその外形を示す。

高圧電源は、最大出力5kV 1A(5kW)のものを用い、アノード電位制御によってDC ~ 100 msec の duration で電子銃を動作させた。又 SEPAC-EM 高圧電源(1 unit 1.25kV 2.5A)も試験的に用いた。ヒーター電源は20V 30A(AC, 耐圧30kV)のものを使用した。なお電子銃後部及び計装は放電防止の為にシールドを行い可動機構部にマウントした。

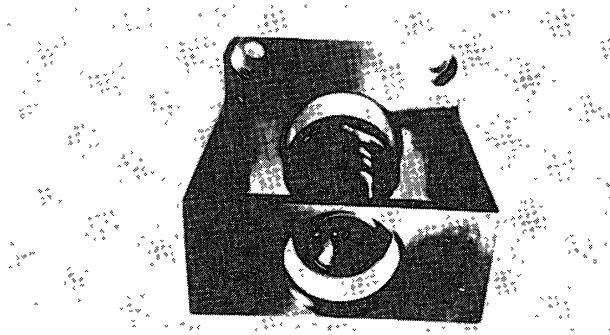
3. 測定装置

各測定装置と電子銃との位置関係を第2図に示す。

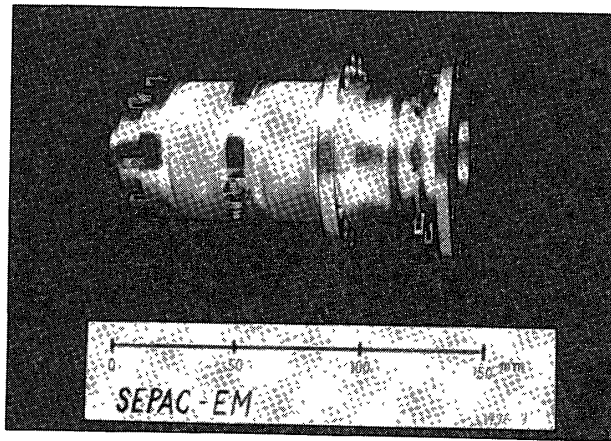
(1) 伝播, 拡がり測定

チェンバー上部に直径26mのコレクターを配置し、ビームの拡がりを測定した。電子銃とコレクターとの間隔は約20mである。このコレクターは、ほぼ同心円状の幅7cmの多数の電極(電極間の距離3cm)から成り、各電極に入ってくるビーム電流値からビームの拡がりを知る事ができる。

ビーム飛跡の観測は、可動プローブ類が不調だったため専ら光学観測に頼った。高真空領域(~10⁻⁶ Torr)での電子ビーム伝播の様子は肉眼では観測する事ができない、その為、LLTV(Low Light Level TV)を用いてビームの飛跡を追跡しその拡がり方を測定した。



(a)



(b)

第1図

TVカメラは電子銃付近とコレクター付近に各々ひとつずつ配置した。更に低真空領域 ($\sim 10^{-4}$ Torr) ではビーム伝播の様子を直接記録する為、ポラロイドカメラを用いた。

(2) 波動測定

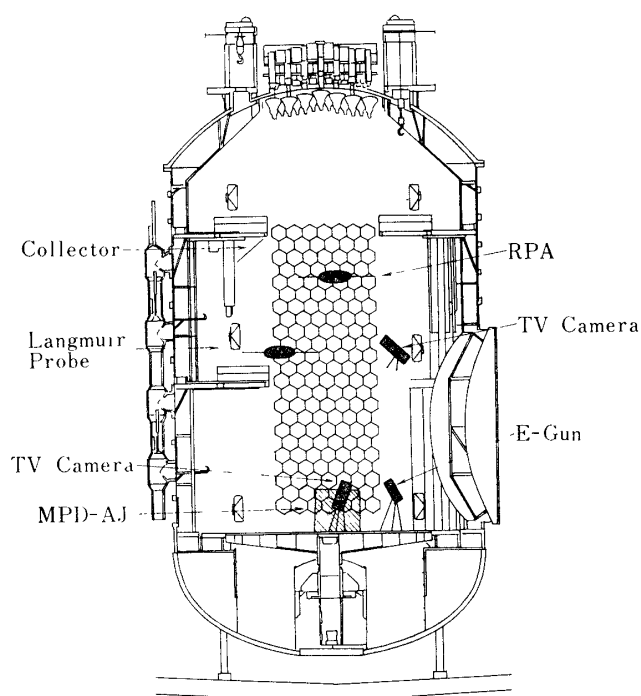
ビームパスに沿って dipole antenna を設定した。Spectrum analyzer の受信周波数は、100 kHz \sim 50 MHz で、測定感度は $10 \mu\text{V}/\text{m}$ である。

(3) プローブ測定

可動のラングミュアプローブ及び RPA (Retarding Potential Analyzer) が設定されたが、実験中不具合を生じ実質的には使用できなかった。又フォトメータも準備されたが故障し使用できなかった。

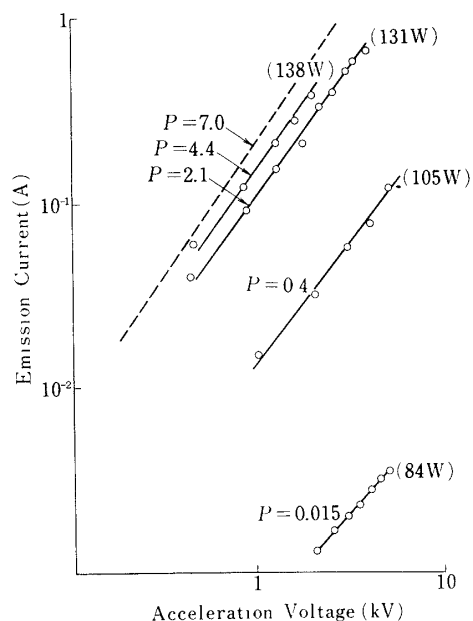
4. 測定結果

a 大型チェンバー内での電子銃性能



○ Current Solar Module Configuration
○ Available Solar Module Nozzle Locations

第2図



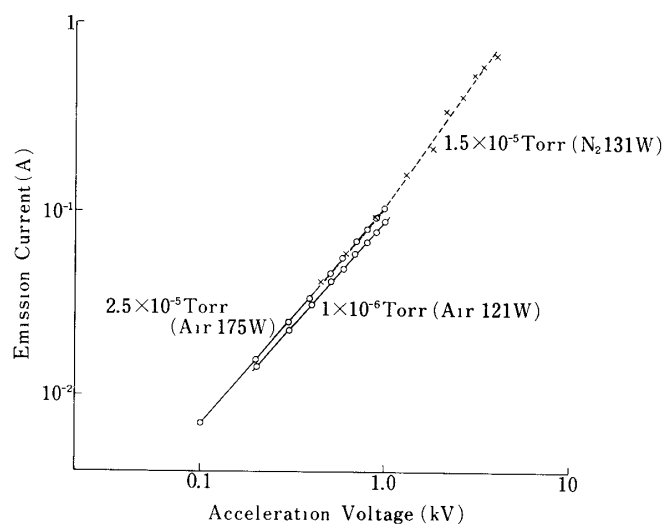
第3図

今回使用した電子銃の代表的な加速電圧 (V) 対ビーム電流 (I) 特性を第3図に示す。(電子銃Bの場合) 一般に空間電荷制限領域においては、この特性は

$$I = \left(\frac{P}{10^6} \right) V^{\frac{3}{2}} \quad (P : \text{const})$$

で表わされる。Pはパービアンズと呼ばれる量で、電極構造、カソードのエミッター特性等に依存するものである。今回の電子銃の設計性能は、電子銃AがP=1.1、電子銃BがP=7.0であった。但し、今回の実験では、チェンバー内設備をビームで破損しないという配慮から、性能いっぱいの高出力運転は行わなかった。この実験で得られた電子銃A、B共に宇宙研の大型チェンバー及び更に小さな真空チェンバーで行った実験で得られたものとほぼ同じで、このことは周囲の壁の位置が、直接、電子銃のエミッション性能に影響する事はないということを示している。

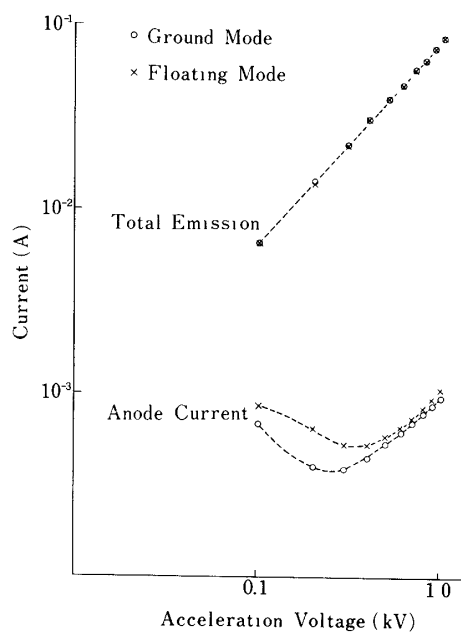
第4図は電子銃Bのエミッション性能の真空度及びガス種類依存性を示したものである。この図では同一特性をとるために必要なヒーター電力でエミッション性能を比較している。図から明らかな様に、ガスが空気の場合、真空度が 10^{-5} Torr領域になると、 10^{-6} Torr領域と比較してエミッション性能が悪くなる。 10^{-6} Torr領域と同量のエミッションを得る為には、ヒーター電力を約5割ましにしなければならない。ガスが N_2 の場合には、 10^{-5} Torr領域でも 10^{-6} Torr領域と比較して、ほとんどエミッション性能はおちない。これ



第4図

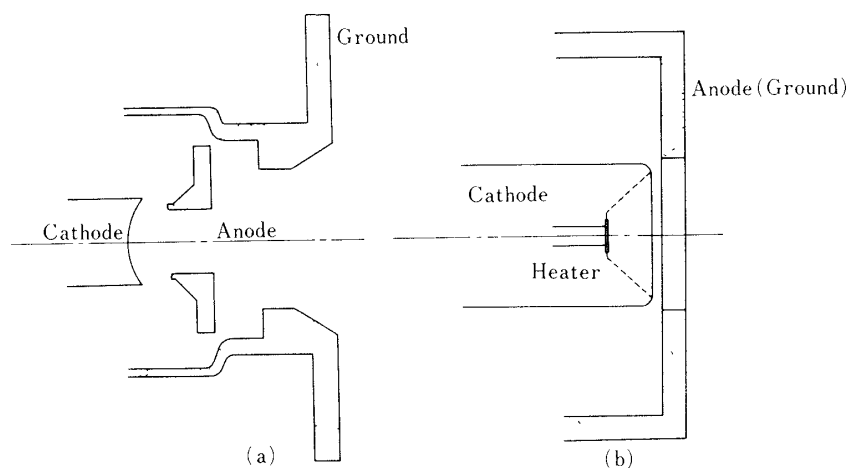
は電子銃Bのエミッターがインプレグネイテドカソードであるため、一般に、インプレグネイテドカソードを用いたエミッターは、高真空領域では、他の材質を用いたエミッタよりも、ヒーター電力に対するエミッション効率がよいが、低真空領域ではその性能が急激に劣化する。タングステンヒーターを用いた電子銃Aの場合は、その特性は真空度に強く依存しない (10^{-3} Torr 以下)。

以上示した特性は、電子銃をグラウンドモードで動作させて得られたものであるが、電子銃Bの場合は、後述する様にフローティングモードでの動作も行った。第5図に示す通り、電



第5図

電子銃のエミッション特性は、グランドモードでの動作の場合とほとんど変化なかった。このことは、電子銃Bの場合、電子銃の外側の電位分布がカソード・アノード間の電位分布に影響を及ぼしにくいという電極構造のためであると考えられる(第6図(a))。宇宙研で行った電子銃Aによるグランドモードとフローティングモードとのエミッション性能比較実験ではフローティングモードの場合のエミッション性能が非常に悪かった事を既に報告しているが、これは電子銃Aの場合、電子銃の外側の電位分布がカソード・アノード間の電位分布に影響を及ぼし易いという電極構造によると考えられる(第6図(b))。周囲の電位分布の予想が困難な宇宙での飛行体からの電子ビーム放出にあたっては、電子銃Bのような電極構造を持った電子銃を用いる事が望ましい。



第6図

b 電子ビームの伝播データ

b-1 電子銃Aによる伝播特性データ

宇宙研大型チェンバーに於る測定(電子銃出口からチェンバー壁までの距離約1.6 m)では、ビームはほぼ定格で拡がりその拡がり角は(半角) $\theta_{\frac{1}{2}} \sim 14^\circ$ ($P = 1 \times 10^{-5}$ Torr, 2 kV 25 mA)であった。JSC チェンバー実験においては、次の2点を調べた。

(1) 電子銃付近でのビームの拡がり角が周囲の壁の影響をどううけるか。

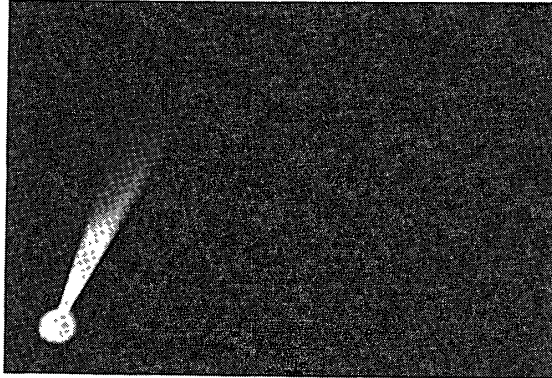
通常の実験室で行われるような壁と電子銃とが近い場合の実験では

- i) ビームが壁をたたいて出てくるアウトガスの影響
- ii) 壁による電位的な影響

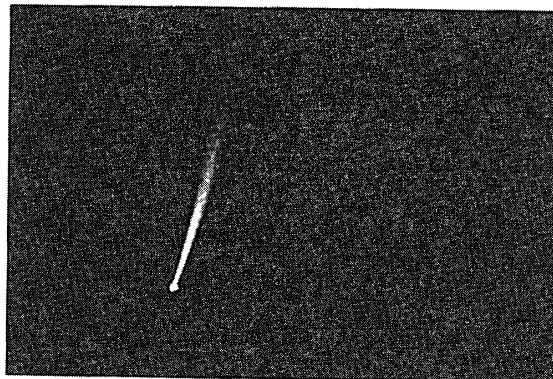
という理由の為、宇宙で電子ビームを放出した場合及び理論的に計算した場合と差が出てくる可能性がある。特に宇宙で人為的に電子ビームを放出した場合には、そのほぼ無限空間での運動の初期条件は、電子銃の特性だけでなく、飛行体の影響をも考慮しなければならない為、電子銃を出たビームが、周囲の壁の影響をどううけるかを知る事が重要である。又逆に電子ビームを飛行体から放出する場合、その安全性という面からも、特に

エネルギー密度が高い電子銃付近での電子ビームの振舞いは問題になる。

第7図(a)に今回の実験での電子銃Aによる電子ビームの電子銃付近での拡がりの様子を
示した(3 kV 10 mA 写真の中のビームの長さは約2 m)。この写真に表われている様に、
ビームはほぼ定角度で拡がっている。



(a)



(b)

第7図

壁の影響のない所での電子銃からの電子ビームの拡がり
は円筒座標系で、次の様な運動方程式で表わされる。

$$m(\ddot{r} - r\dot{\phi}^2) = eE + er\dot{\phi}B \quad (1)$$

$$m\frac{1}{r}\frac{d}{dt}(r^2\dot{\phi}) = -erB$$

但し E : 自己電場

条件 ビームを磁場に平行に円柱状に放出した場合

$$\text{これから } \ddot{R} = \frac{\omega_{b0}^2}{2R^3} - \frac{\omega_c^2}{4} R + \frac{\omega_c^2}{4R^3} \quad (2)$$

$$\text{但し } R = \frac{r}{a_0} \quad a_0 : \text{初期ビーム半径}$$

さて第1項(自己電場による項)が第2, 3項(磁場による項)よりも充分大きい領域では, 磁場の影響は無視でき, 自己電場による拡がりだけを考えればよい. この領域は(2)式から

$$R \lesssim \frac{1}{\sqrt{5}} \frac{\omega_{b0}}{\omega_c} \quad (\text{但し } \omega_{b0} \gg \omega_c) \quad (3)$$

1 kV 10 mAのビームの場合, $\omega_{b0} = 6.1 \times 10^8$, 又 $\omega_c = 8.8 \times 10^6$ であるから $R \lesssim 50$ の領域ではこのような近似が成立する.

この時の広がり方は(2)を積分して

$$\dot{R} = \omega_{b0} \sqrt{\log R} \quad (4)$$

$$\text{但し } t=0 \text{ で } R=1, \dot{R}=0$$

従って半角 $\theta_{\frac{1}{2}}$ は

$$\tan \theta_{\frac{1}{2}} = \left\{ \left(\frac{m}{se} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{1}{10^6 \pi \epsilon_0} \right\}^{\frac{1}{2}} (P \log R)^{\frac{1}{2}} = 0.174 (P \log R)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

$R \gtrsim 50$ 程度の領域では $\log R \sim 2.0$ であるから $R \sim 50$ では

$$\tan \theta_{\frac{1}{2}} \sim 0.35 \sqrt{P} \quad (6)$$

となる. この様な近似が成立するのは1 kV 10 mAの場合(3), (4)式から, 電子銃より1 m程度迄の範囲になる. 電圧が同じで電流値が大きくなる場合には, この近似の成立する領域は大きくなる.

(2) 電子銃から遠く離れた時ビームがどのような振舞をするか.

電子銃Aはその電極構造上, 電子銃の出口での電子の速度ベクトルの拡がりが大きくそういった場合の電子銃からかなり離れた所でのビームの拡がり方はその計算が困難であり, 実験的に確める必要がある. 又我々は既に電子銃を用いたロケット実験を行っているが, その時用いた電子銃は大きさ等の点から, 電極構造が電子銃Aと同じものであり, ロケットデータ解析上, ビームが遠方でどう拡がるかを知る必要があった. ところが, ビーム拡がりを直接測定できる可動プローブ類が不調であったため, 測定手段がLLLTVに限られ, しかもそのLLLTVも電子銃のヒーター光を被って(電子銃Aの様な直熱型電子銃の場合, そのヒーター光が外にもれるのは不可避である), 電子ビーム軌跡の弱い光を検出する事が困難であった. 従ってこの問題に対する明確なデータは得られなかったが, ビーム電流が小さい

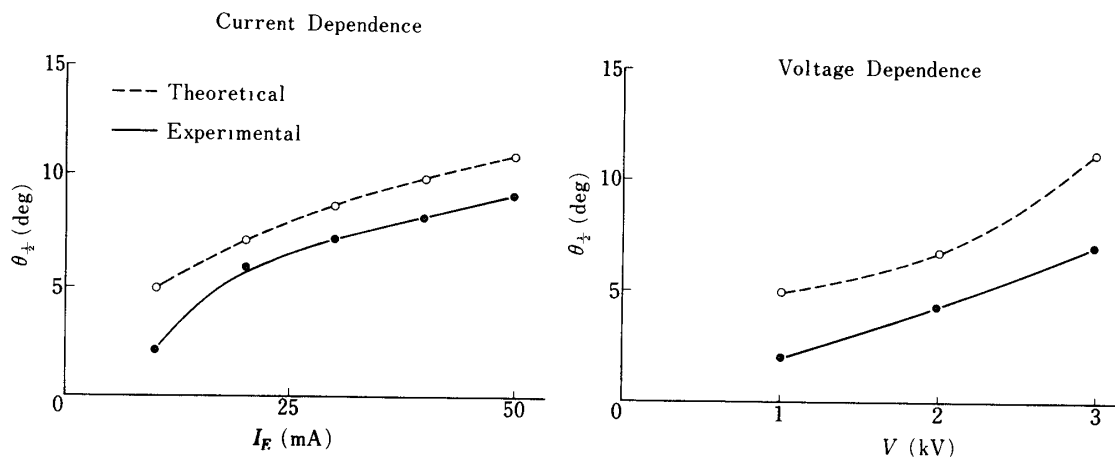
場合には、局所的にビームをLLLTVで捕捉する事ができた。この写真によれば電子銃からかなり離れた所でのビームの拡がり角は、少くとも電子銃を出た直後の拡がり角度よりは小さな角度になっていると判断できる。

b-2 電子銃Bによる伝搬特性データ

電子銃Bについては、そのビーム伝播に関する予備実験データがなかったが、設計上は平行ビームに近い電子ビームを打ち出す事ができるものであった。この実験では次の3点について調べた。

(1) 実際に電子ビームが平行に打ち出されるか

第7図(b)は、電子銃Bからの電子ビームの様子をポラロイド写真にとったものである。(3kV 10mA)。電子銃Aからの電子ビーム(第7図(a))と比較すると拡がり方が非常に少なく、電子銃出口ではほぼ平行に近い電子ビームが放出されている事がわかる。第8図に電子銃付近でのビームの拡がり方($\theta_{\frac{1}{2}}$)のビーム電流、加速電圧依存性を示した。実際のビームの拡がり方は理論値よりも小さく、これはビームによって生成されたプラズマの影響によるものだと考えられる。



第8図

(2) 電子銃を出たビームが、自己の静電的な電場でどの様に拡がっていくか(拡がり続けるか、ある大きさ迄広がって変化しなくなるか、再収束するか)

電子銃Bは傍熱型のためそのカソード面が比較的暗く、LLLTVによる電子ビーム飛跡光の追跡が可能であった。今回の実験では、加速電圧700V以下の領域でビームパス上に再収束点(ノード)が観測され、その位置が加速電圧によって動く事が確認された。第9図(a)は加速電圧が200Vの場合の写真でチェンバー中央とコレクター付近でビームが収束している様子がわかる。このような電子銃から遠く離れた場合の電子ビームのふるまいを知るには(2)式を解く必要がある。(2)式を積分すると

$$\dot{R}^2 = \omega_{bo}^2 \ln R - \frac{\omega_c^2}{4R^2} (R^2 - 1)^2$$

この式は R が周期的変化をする事を示しており、最大の R (R_c) は

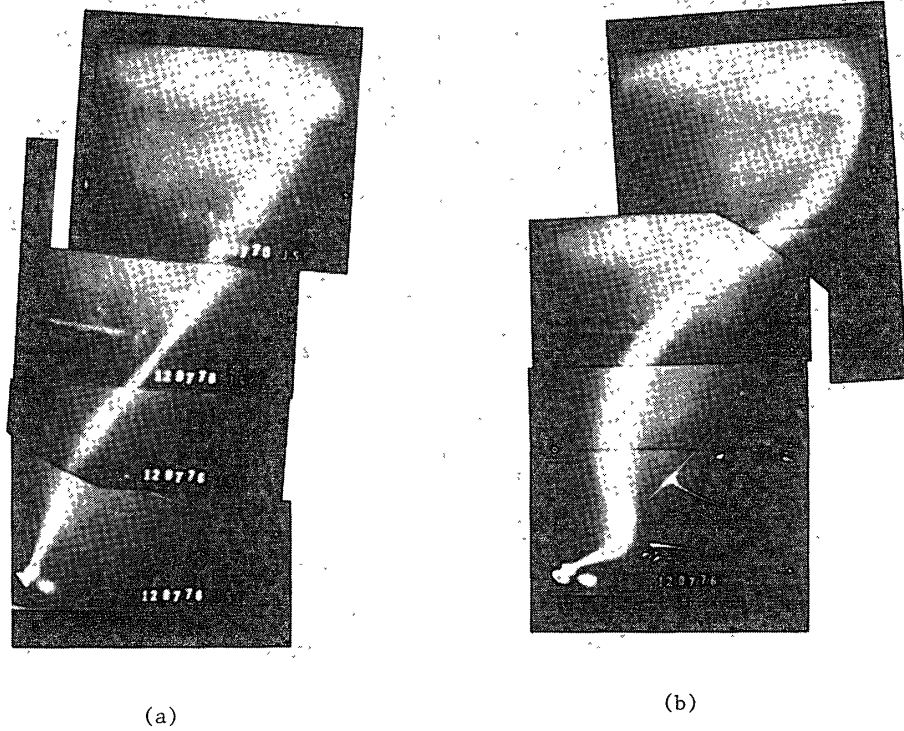
$$\left. \begin{aligned} R_c &= \frac{\omega b_0}{\omega} \sqrt{2 \ln R} \\ \text{又その周期はほぼ } \tau &\simeq \frac{2\pi}{\omega_c} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

となる。第9図(a)のビームのパラメータ (200 V, 3 mA) の場合

$$r_c \sim 80 \text{ cm}$$

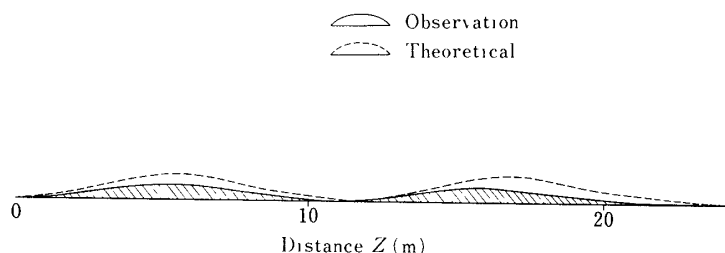
$$\tau \sim 7.1 \times 10^{-7} \text{ sec}$$

となり、ノードの位置は電子銃出口から 11.5 m, 23 m と求まる。



第9図

第9図(a)から書き写した実際のビーム形状と、上の議論から求めたビーム形状とを比較したものが第10図である。実際のビームは今述べた議論から求めたビーム径よりやや細くなっており、これはひとつには、ビームにより電離されたプラズマによるビームの自己電場の neutralization のためと考えられる。周期の方はほぼ実験とあっており、約 700 V でコレクター付近にノードが、約 200 V でチェンバー中央とコレクター付近にノードができると



第 10 図

いう実験結果を定量的に説明できる。

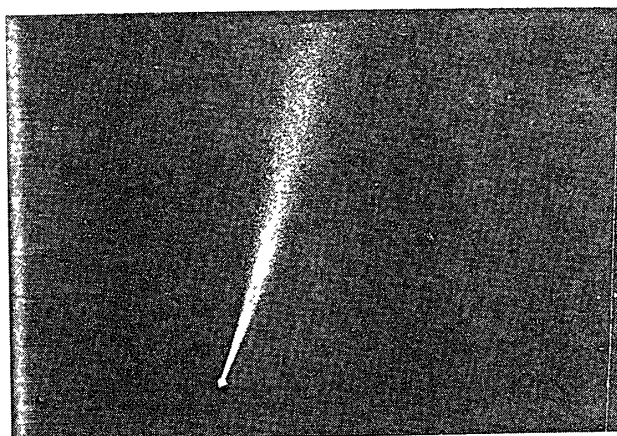
第9図(b)には、電子ビームの磁場に対する打ち出し角(ピッチ角)を約 30° にした場合のビームの様子を示した。ビームは予想されたように磁力線にまきつきスパイラル状になる事が、LLTVで確認された。

(3) フローティングモードとグランドモードの出方、拡がり方に差があるか。

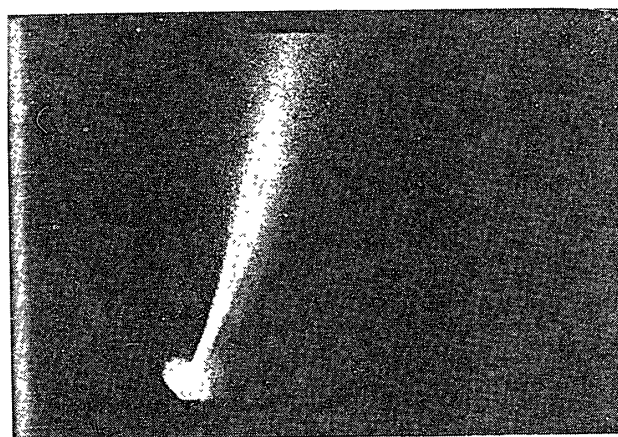
実験室における電子銃のフローティングモード動作は、電気回路的には、飛翔体上での電子銃動作に対応する。フローティングモード動作の場合、後で述べる様にシステムがチェージアップするが、フローティングモード動作の場合でも、前に述べたように(第5図)電子銃のエミッション性能は不変である。従ってカソードを出た電子がただちに電子銃グランド又はアノードに入ってしまう、電子銃の外に出ないのか、あるいはいったん電子銃を出た後もどってくるのかが興味深い点であり、飛翔体での電子ビーム放出実験でも常に問題になる点である。というのは宇宙空間で飛翔体から電子ビームを放出する場合、定常的にはそれと同量の電子電流がその飛翔体にもどってくる事が必要であるが、ビーム電流が充分大きい場合には、宇宙空間プラズマから飛翔体に供給される電子電流だけではそのビーム電流につりあう事ができないからである。この問題に関して今回の実験ではフローティングモードの場合でも、電子ビームはグランドモードの場合とほぼ同様に電子銃から放出されたことが観測された。(第11図上:グランドモード, 下:フローティングモード 2 kV 100 mA). この場合電子銃から出たビームはチェンバー壁付近でおりかえし電子銃付近に帰ってきたと考えられる。又電子銃を出たビームは一部の中性ガスを電離すると考えられるが、これらによる電子がチェージアップした電子銃システムにもどってきて、電子銃部分を明るく照らしている様子が第11図には示されている。このような発光現象は、宇宙空間の実験でも当然みられると考えられ(一部のロケット実験では見られたという報告がある)、有人飛翔体の場合、その安全性あるいは通信上の問題を生じるかも知れない。

c 波動観測

波動観測は、コレクター部の前面についているメッシュ部に負電位をかけ、ビームを追いかえす事によって、コレクター部にやってくるビームとで counter bean 条件を作り、壁の影響の少い所での two stream instability を観測しようとするものであった、この種の実験は既に Bernstein がプランブルグで行っており、今回はその再現を行うとともにビームパラメータを大きく変えてプローブ類によりビームパラメータを測定しながらより精密な実



GROUND MODE



FLOATING MODE

第11図

験を行おうとするものであった。プローブ類は実験中不調であったが、加速電圧700 V ビーム電流10 mA 前後で、磁場が存在する所での two stream instability の特徴的な波動であるハーフサイクロトロン周波数が高次までわかり、コレクターのメッシュバイアスを変化させる (return beam の速度を変化させる) 事によって、励起波動の強度、周波数がどう変化するか等が調べられた。又ビームによって生成されたプラズマによるプラズマ周波数も検出された。更に、コレクターメッシュ間で人為的な放電をひきおこし、プラズマを生成してそれと電子ビームとを相互作用させ、どのような波動現象がひきおこされるか等についても調べた。このプラズマ雲と電子ビーム及び return ビームの相互作用のマクロな様子は LLTV で映画にもとった。これら波動のデータは現在 Bernstein が解析中である。

d フローティングモードの実験結果

先に述べた様に、飛翔体から電子ビームを放出する場合は、実験室でのフローティングモ

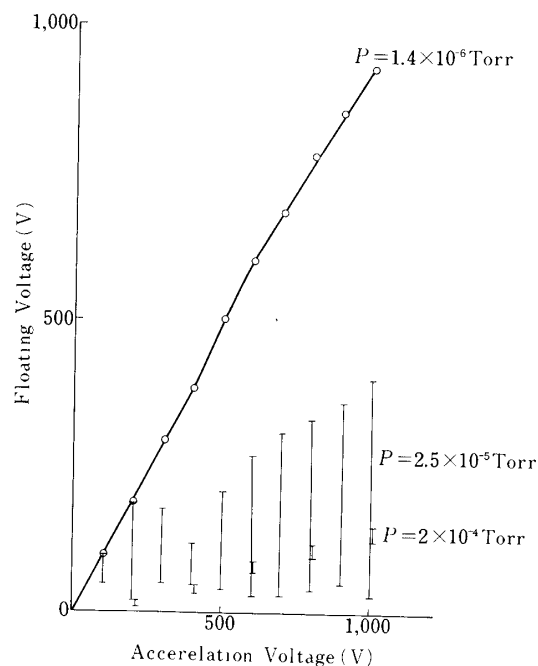
ードでの実験に対応する。この実験では、ビームを放出する事によって、電子銃システムがどの程度 charge up するか、及び中性ガス/プラズマ放出によってそれをおさえる (charge neutralization) 方法について調べた。

(1) Charge Up データ

第12図に今回得られたフローティング電圧と真空度との関係を示した。これは先に宇宙研で行った実験で得られたデータとほぼ一致する。一般的に言って、 10^{-6} Torr 領域では加速電圧分 charge up する。 10^{-5} Torr 台ではかけた電圧の1/5程度に charge up し、しかもフローティング電圧が不安定になる。JSC 実験の場合は、フローティング電圧が規則的に変動し、加速電圧をあげるにしたがって、その周波数は大きくなった。 10^{-4} Torr 領域では、1 kV の加速電圧でも100V程度しか charge up しない。これは電子ビームによって中性大気が電離されたプラズマができ、それによって charge up がおさえられるためと考えられる。この charge up 電圧と真空度及びビームパラメータの関係は、非常に複雑なので後の機会に解析する。

(2) Charge Neutralization データ

上記の Charge Up 現象は、宇宙空間での実験では、安全上、実験上おさえる事が望しいが、スペースシャトルの実験では前述の charge up 量が真空度に依存する (低真空度領域では charge up 量が少くなる) ことを利用して、最も簡単な charge neutralization の方法として、ビームパスに中性ガス雲を放出する方法が考えられている。この方法が有効である事は既に宇宙研での実験では確認されている。このガス放出による charge neutralization を試験するため、約4m離れたMPD-A Jシステムから中性ガスを放出して実験を行った。



第12図

放出ガスはアルゴンで流量は 15×10^{22} /sec であった。しかしこの実験では放出ガス量が少なすぎたため charge neutralization の効果を確認する事ができなかった。

放出ガス流量から

$$I = n v s$$

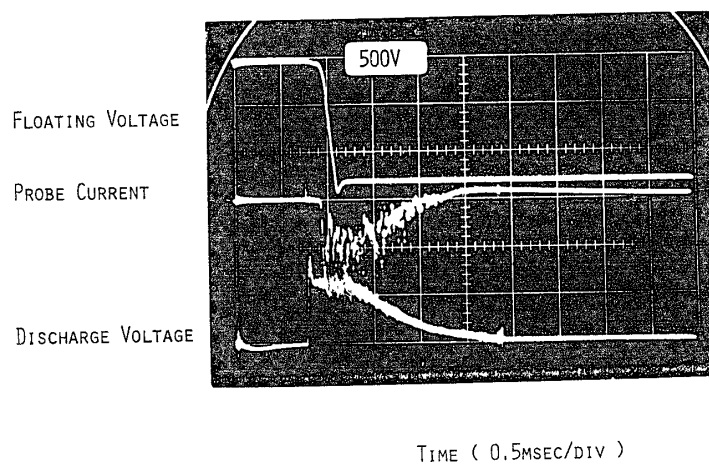
I 流 量
 n 中性ガス密度
 v ドリフト速度
 s 面 積

を用いて計算したビームパス上での中性ガス密度は

$$n \sim 2.5 \times 10^{11} / \text{cc} \quad (P \sim 7 \times 10^{-6} \text{ Torr})$$

であり, charge up データ(第12図)からいっても, 放出ガス量が少なすぎたと言える。今回の実験の場合, charge neutralization に必要なガス流量は, 10^{23} ヶ/sec 程度であったと考えられる。

又, この実験で MPD-AJ システムからプラズマを放出してそれによる charge neutralization を試験した。放出プラズマ量は, 12×10^{22} ヶ/sec で, ビームパス上でのプラズマ密度は, 10^7 /cc 程度となる。この場合は第13図(upper beam がフローティング電圧, lower beam は MPD-AJ プラズマ信号)に示す様にプラズマ放出と同時に charge up が完全におさえられた事が観測された。この実験結果は宇宙研で行ったプラズマ中での電子ビーム放出実験で得られたデータと一致している。



第13図

e スペースシャトル AMPS - SEPA 電子銃システム (EM) の性能試験

現在 AMPS - SEPAC 電子銃システムはその Engineering - Model の製作迄完了しており, その性能試験を行った。

(1) 電子銃

本実験での電子銃Bは、SEPAC EM 電子銃として考えられてきたものである。a及びbで述べた様に、高真空領域でのエミッション性能及び放出ビームの平行性の点では、所期の性能を発揮したが、低真空領域では(2×10^{-5} Torr), ガスが空気の場合そのエミッション性能が急激に劣化した。エミッション性能をあげるためにヒーター電力をふやしても、電子銃から外に出る正味のエミッションは増加せず、アノード・カソード間のリーク電流がふえるのみで、最後には電子銃としての機能を果たさなくなった。これはそのカソード材質によるもので、スペースシャトル周辺の真空度はかなり悪いと考えられる様になった現在、そのカソード材質を再検討する必要がでてきた。

(2) 高圧電源

SEPAC高圧電源は1次電源としてバッテリーを用いその電圧を Step up して高圧電源として用いるものであり、搭載用として小型・軽量化している。本実験では4ユニットのうち1ユニット(1.25 kV 2.5 A)を用いた。SEPAC 高圧電源を用いた場合と通常の実験室の高圧電源を用いた場合との電子銃特性には差が認められず、SEPAC高圧電源が正常に動作したことが示された。

(3) MPD-AJシステムとの同時動作

スペースシャトル AMPS-SEPAC 計画では電子銃システムとMPD-AJシステムとの相乗りが予定されている。本実験では、これら両システムの相互間隔は、約4mであった。スペースシャトル上でのこれらのシステムの配置に関連してそのカミ合いが問題になるが、今回の実験では、dに示した様なそれらの同時操作においても不意の放電あるいは基本性能上でのカミ合い等はない事が確認された。(但し同時動作は加速電圧1kV以下の領域で行われた。)

5. 結 論

今回の共同実験で得られた成果は科学的には

(1) 壁の影響の少ない領域での電子ビームの伝播特性が広い領域にわたって観測された
(2) そのような条件下で two stream instability を検出しパラメータを広い範囲で変化させてその性質を調べる事ができた。

(3) 宇宙空間で行う電子ビーム放出実験に近いフローティングモード動作での各種データが得られた。

又技術的にも SEPAC EM の試験がより宇宙環境に近い大型チェンバーで行われ、いくつかの技術的情報が得られた。

今回の実験は、実質的に極めて短い期間のもので大まかな survey しかできなかったが今後宇宙開発事業団のスペースチェンバー等で今回の実験で得られたデータ、経験を基により精密な実験を行っていく予定である。

1977年8月20日 新設部(科学)