

電離層プローブの風洞実験

—ドリフトプラズマの探極測定—

土手敏彦・一宮虎雄・玉本章夫

§1 はしがき

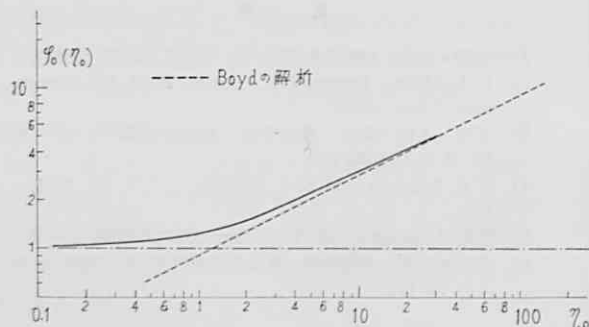
わが国における電離層のイオン密度の観測には Langmuir により開発された探極（プローブ）が用いられ、世界にさきかけて電離層のイオン密度の一応のデータを得ることに成功したことは周知の通りである。この場合ロケットは相当に大きな速度で飛しょうするので、ロケットに搭載された探極の電離層プラズマに対する相対速度を無視するわけにはゆかない。さきにおかれればこのような場合の探極に捕集された正イオン電流の値から正イオン密度を算出する方法を与えた¹⁾。この解析方法には多くの仮定が含まれており室内実験的にその妥当性を証明する必要がある。これはその実験に関する報告であって、探極を東大生産技術研究所の超音速低密度風洞の中に作られたプラズマに浸し、その探極特性を測定し以前に与えた解析法の妥当性を吟味したものである。詳しくは文献²⁾に記述されているので、ここではその概括を与えるにとどめる。

§2 理論の概説¹⁾

探極電流から正イオン密度を算出するための解析法は、探極周囲の正イオン鞘の形を適当に仮定し、平板型探極の場合のドリフトプラズマ中の特性の解析を球型探極に適用するものである。探極に捕集される正イオン電流 I_+ は、ドリフトに垂直な方向の電流密度と鞘半径とをそれぞれ j_0 , r_0 とすれば

$$I_+ = 4\pi r_0^2 j_0 \phi_0(\eta_0) \quad (1)$$

で与えられる。ここに ϕ_0 は探極がプラズマに対して相対速度を持つ場合の補正係数で、正イオンのドリフトエ



第1図 η_0 の函数としての補正係数 ϕ_0 の図表
破線は Boyd³⁾ により与えられた結果を示す

ネルギーと熱的運動エネルギーとの比 η_0 の函数である。第1図はガス圧がそれほど低くなく、鞘中で正イオンが中

性ガス粒子と衝突を頻繁に起こすような場合の $\phi_0(\eta_0)$ の η_0 に関する図表で $\eta_0=0$ のときはいうまでもなく $\phi_0=1$ となる。図の破線は Boyd³⁾ により与えられた結果で、これは単に正イオンがドリフトに直角な円形断面積に捕集されると仮定し $\phi_0 = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \sqrt{\eta_0}$ により表わしたものである。 η_0 の値が大きい場合には近似的にこの式を用いることができることが分かる。

§3 実験

この実験に用いられた風洞は静圧 100~10 μ Hg, マッハ数3くらいまでの気流をつくることのできる密閉循環

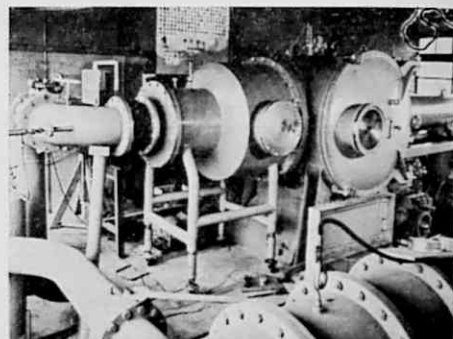


写真1 低密度風洞の全景

型で、その全景を写真1に示す。風洞の中にプラズマをつくるために、ラバール・ノズルの先端を陰極として陰極の前方 67 mm の距離に幅 20 mm, 直径 86 mm の銅環を置いて陽極とし、その間に高電圧を印加して放電させる。探極は直径 5 mm の球型、材料はステンレス鋼で、陰陽両極間に挿入しその距離を適当に調節することができる。ここでは陰極前 47 mm から 20 mm ごとにその位置を5段階に変化させた。写真2は放電空間の全

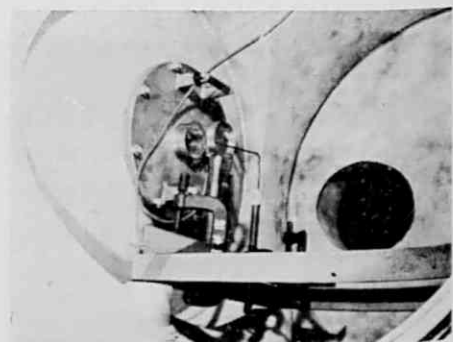


写真2 風洞内の放電空間の全景

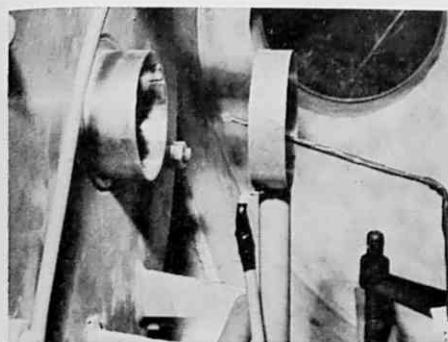
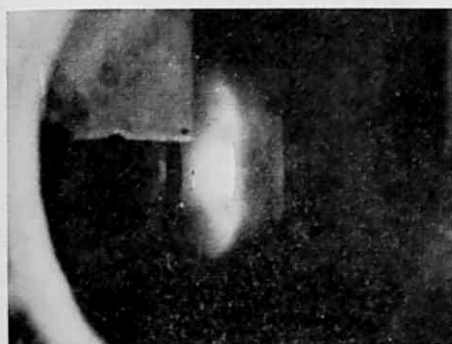
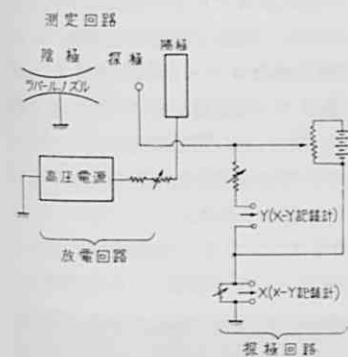


写真3 放電部のクローズアップ

写真4 放電している場合の様相
(明るい所がグローである)

景で、写真3はそのクローズアップを示す。風洞内の静圧は $86 \mu\text{Hg}$ 一定とし、ドリフト速度はマッハ数3に抑えた。放電空間の放電開始電圧は約 470 V で維持電圧は放電電流により変化するが $310 \text{ V} \sim 320 \text{ V}$ の範囲にある。

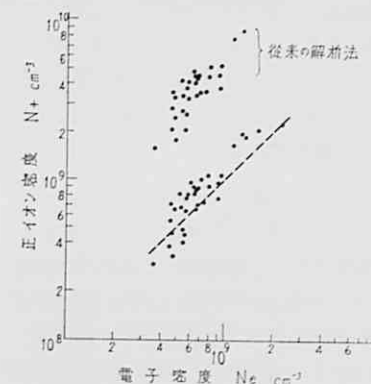


第2図 測定回路のブロックダイアグラム

で探極測定は $X-Y$ レコーダで円滑速に行なわれた。放電電流を 2 mA から 10 mA まで 2 mA ごとに変化した。放電電流が 10 mA 以上になると放電は不安定になる。 10 mA 以下の雑音電圧の大きさは 0.1 V 以下であった。

上に記したいろいろの実験条件のもとで、それぞれについて探極測定を行ない、その特性の正イオン電流飽和

領域の電流値から前述の解析法を用いて、正イオン密度 N_+ を算出し、電子電流領域の特性の肩部から電子密度 N_e を求め N_+ と N_e との比較を行なった。後者は電子に対する特性であってこれはドリフトの影響を受けない

第3図 正イオン密度 N_+ と電子密度 N_e との比較

前者はドリフトプラズマの探極特性解析法により、後者は電子電流特性から算出された。上方に $\phi_0=1$ の場合の解析法による結果が示されている。

と考えることができる。第3図はその結果を示したもので N_+ と N_e との間の一致はこの粗い実験に対しては比較的満足なものと思われる。同図の上方にドリフトの影響を考慮しないで算出された(すなわち $\phi_0=1$ と置く) N_+ と N_e との比が示されている。

§4 むすび

以上、ロケットに搭載された探極の捕集正イオン電流から正イオン密度を算出する方法の実験的な吟味を目的として行なわれた結果を概括的に報告した。

この実験に用いられたガスは空気であって、実験条件はその周囲状態により非常に大きく左右されるであろう。このような条件に対して行なわれた実験においては比較的満足すべき結果が得られたと考えられる。さらにこの実験の場合、放電領域は高ガス圧領域に属し、かつプラズマのドリフト速度はマッハ数3に相当する場合だけである。以前に提出された解析法はこのような例において十分妥当性を持っているということができよう。電離層の場合はD層あるいはE層下部の領域に相当し、少なくともその領域では電離層プローブは正イオン密度の観測法として用いることが可能であることが実証されたわけである。(1963年4月2日受理)

文 献

- 1) T. Dote, K. Takayama and T. Ichimiya: Analysis of probe characteristics in drifting plasma, J. Phys. Soc., Japan, 17, 1, 174/183, 1962. 01
- 2) T. Dote, T. Ichimiya and F. Tamaki: Some experiments on probe characteristics in drifting plasma, J. Phys. Soc., Japan, 18, 2, 260/265, 1963. 02
- 3) R. L. F. Boyd: Plasma probes on space vehicles, Proceedings on the fifth international conference on ionization phenomena in gases, (North-Holland, Amsterdam), pp 1387/1396, 1962