

機関番号：56301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008 年度 ～ 2010 年度

課題番号：20740285

研究課題名（和文） sporadic-E 層出現時の電離圏電子密度構造の研究

研究課題名（英文） Structure of ionospheric electron density during sporadic-E event

研究代表者

若林 誠 (WAKABAYASHI MAKOTO)

新居浜工業高等専門学校・電気情報工学科・助教

研究者番号：40462147

研究成果の概要（和文）：

本研究では、インピーダンス・プローブを用いた電離圏電子密度観測において、特に「電子密度の低い領域」における測定精度向上を試みた。具体的な手法としては、「1. これまでに得られた位相検出型インピーダンス・プローブによるデータを活用する」「2. 周辺プラズマの「UHR 周波数」と、「位相差」の定量的な関係を明らかにする」ことの2つである。これら2つの項目を踏まえ、宇宙科学研究所のスペースサイエンス・チェンバーを用いて観測実験を行い、実際の観測状況を確認した。これらの成果は、22 年度スペース・プラズマ研究会において報告済みである。

研究成果の概要（英文）：

In this study, it is attempted to improve the accuracy of impedance probe measurement in low-density region. There are two major directions; namely, 1 - Improvement of phase detection type impedance probe, 2 - Demonstration of quantitative relation between the UHR frequency of ambient plasma and phase shift. Based on these two items, impedance probe observation in the ionosphere was simulated by using space science chamber at ISAS/JAXA.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・超高層物理学

キーワード：超高層大気環境、超高層物理学、地球電離圏、宇宙空間プラズマ

1. 研究開始当初の背景

中緯度域 sporadic-E 層（以下 Es 層）は、地球電離圏の高度 100km 付近で突発的に発生する電子密度の高い層であり、これまでに多くの先行研究がある（[Whitehead, 1961] 等）。1990 年代以降においては、信楽の MU レーダーを使用した観測により、Es 層に伴った Field-Aligned Irregularity（沿磁力線擾乱、

以下 FAI）の研究が活発に行われてきた。

特に、Es 層に伴った FAI が 5～10 分程度の間隔で周期的に観測される現象は Quasi-Periodic Echo（準周期エコー、以下 QPE）と呼ばれ[Yamamoto et al., 1991]、その発生メカニズムを探るためのロケット実験「SEEK」及び「SEEK-2」が、1996 年と 2002 年にそれぞれ実施された。その結果、

Es 層内部に生じた電子密度の不規則構造が水平方向に移動し、レーダーのビームを横切る際に QPE として観測されることがほぼ明らかとなった[Saito et al., 2006]。

これら 2 度のロケット実験を通じて、Es 層と QPE の関係はほぼ明らかになったが、QPE に伴って観測された Es 層は、100km 付近の電子密度の高い層を中心として、その周辺高度に複数の電子密度ピークを持つ構造をしていた。この事実を踏まえて、QPE の生成モデルが 2 とおり考えられ、一つは「高度 100km 付近の層から、FAI が上空に長く伸びる (図 1) タイプであるが、他方は、周辺高度にできた「比較的密度の薄い層」においても FAI が発生する(図 2)タイプである。このどちらの場合でも、ロケット軌道上での電子密度は似た分布になると思われるが、両者の違いは「中心となる層の周辺高度に、比較的密度の低い層が存在するかどうか」である。

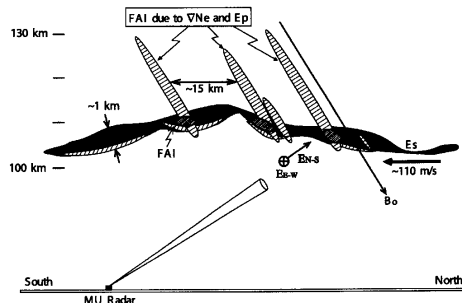


図 1 高度 100km 付近の層から、FAI が磁力線に沿って伸びるモデル [Ogawa et al., 2002]

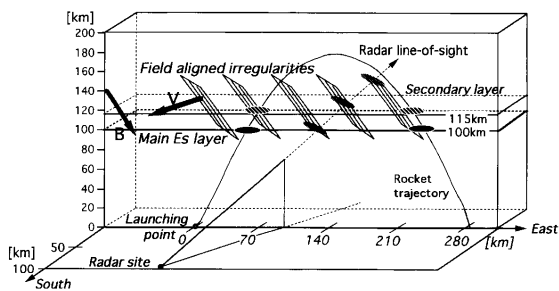


図 2 複数層にわたる Es 層のそれぞれに FAI が生成するモデル [Yamamoto et al., 1998]

しかしながら、インピーダンス・プローブは測定原理上、電子密度が高くなると測定精度が落ちてしまい、SEEK-2 においては「密度は低い、層を成している」という確かな証拠を得ることができず、上記 2 つのモデルについてもう一步踏み込めずに居た背景がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、インピーダンス・プローブを用いたロケット機上での電子密度観測において、特に電子密度の低い領域での測定精度を向上させることである。

3. 研究の方法

本研究の流れを以下のように記す。まず「①位相検出型インピーダンス・プローブの、これまでのデータを参照して調査」を行い、次に「②回路シミュレータによる衝突周波数の影響評価」、その後「③周辺プラズマの UHR 周波数と、観測される位相差との定量的関係の導出」の順で研究を実施した。

4. 研究成果

上記①～③について、以下で述べる。

「①位相検出型インピーダンス・プローブの、これまでのデータを参照して調査」

2006 年までに得られていた、位相検出型インピーダンス・プローブのデータを再び参照し、UHR 周波数での位相差が、衝突周波数の卓越によってどの程度変化するのか、見積もることを試みた。ところが、この位相差が相対値として出力されているため、位相検波回路を再校正する必要が生じた。

その後、位相検波回路は改良され、位相差の絶対値が測定できるようになった。

また、目的としていた仕様を実現するために具体的な設計値を算出した。本研究では、周波数 500kHz～2990kHz を 212ms で掃引することとした。

「②回路シミュレータによる衝突周波数の影響評価」

ここでは、回路シミュレータによって、プラズマ中に浸したアンテナのインピーダンスを等価回路によって模擬し、周波数応答を調査した。

これによると、インダクタンスおよびキャパシタンスから構成される、理想的な LC 回路に対して、電子-中性粒子間の衝突によって生じる抵抗値を加え、その衝突周波数の増加に伴って、どの程度位相がずれるのか検証した。

「③周辺プラズマの UHR 周波数と、観測される位相差との定量的関係の導出」

ここでは、スペースチェンバーにおいて位相検出型インピーダンス・プローブの測定を改めて行い、「UHR 周波数」と「位相差」の間の定量的な関係を求めようと試みた。

チェンバーでは、「地球磁場がある場合 (図 3 に示す)」と「磁場が無い場合」の 2 通りのデータを得ることができたが、UHR 周波数と

位相差の間には、大まかな関係しか見て取れず、定量的な関係を得るには至っていない(図4)。

原因としては、位相差はUHR周波数を直線的かつ急峻な傾きを持って通過するため、ほんのわずかなノイズなどにも影響されてしまう事が考えられる。

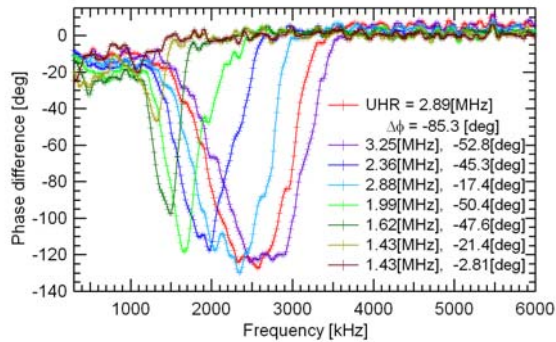


図3 スペースチェンバーで得られた、位相差データ(地球磁場がある場合)

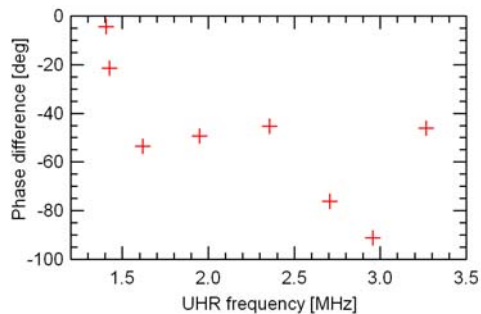


図4 UHR周波数の値と、位相差の間の相関関係(定量的な関係は、今のところ認められない)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

①若林 誠、鈴木 朋憲: 「低電子密度領域におけるインピーダンス・プローブ観測の高精度化に関する研究」、平成22年度スペース・プラズマ研究会、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、2011年3月3日。

②若林 誠、小野 高幸、鈴木 朋憲: 「低電子密度領域におけるインピーダンス・プローブ計測の高精度化に関する研究」、第124回地球電磁気・地球惑星圏学会、仙台市戦災

復興記念館、2008年10月11日。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

若林 誠 (WAKABAYASHI MAKOTO)

新居浜工業高等専門学校・電気情報工学科・助教

研究者番号: 40462147

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: