

イオン・電子ビームライン校正装置用 2次元プロファイルモニターシステムの開発 -ビーム2次元プロファイラーの初期稼働試験-

平原 聖文・大川 裕貴(名古屋大)、齋藤 義文・浅村 和史(JAXA)

1. 概要

地球の超高層大気領域観測のような宇宙探査計画においては、宇宙プラズマや中性粒子の定量的なその場観測を行うために、粒子分析器に関する技術は非常に重要なものである。これら粒子分析器の開発に必要なシステムの一つに、真空チャンバー内で超高層大気領域の粒子を模擬した電子・イオンビームを照射することで粒子分析器の較正を行うビームライン較正システムが挙げられる。これに用いられるビームの特性は粒子分析器の較正結果にも影響を及ぼし、特にビームフラックスの二次元断面分布およびエネルギー・角度分布の均質性は、粒子分析器の開発において非常に重要な要素となる。本研究では、マイクロチャンネルプレートおよび複数のリニアステージとターンテーブルを真空チャンバー内に配置し、それを外部からプログラム制御してビームフラックスの二次元分布およびエネルギー・角度分布をモニタリングする、ビームラインモニターシステムの開発、整備および実機を用いた室内稼働試験を通じて、その性能評価を行う。

2. 実験方法

実験系はビームフラックスの二次元分布を取得する系、およびエネルギー・角度分布を取得する系の2つの系からなる。これまで、それぞれの系について独立した室内稼働実験および性能評価を行った上で、現在2つの系を同一の真空チャンバー内に再配置して稼働実験を行っている。ここで図1に二次元分布取得系の概略図を、また、図2にエネルギー・角度分布取得系の概略図を示す。これまで行った各取得系の実験において、真空チャンバー内の圧力は 10^{-4} Pa程度の真空度に保たれ、2~10 keVのエネルギーを有する N^+ や N_2^+ などの高エネルギーイオンビームを用いて取得を行った。また、二次元分布取得系の制御・データ処理はC#プログラムを、エネルギー・角度分布取得系の制御・データ処理はLabVIEWプログラミングを用いて行われ、2つの系は単一のPCで制御可能である。二次元分布取得系に用いられるプログラムには、ビームの時間変化を補正する機能が搭載されているため、各系でデータが取得できることの確認とともに、測定中にビーム強度に恣意的な変化を与えることで、この時間変化補正機能についての性能評価も行った。

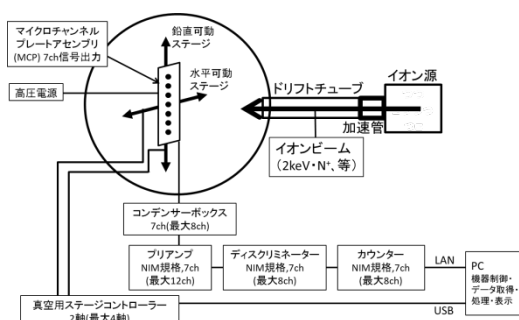


図1 二次元分布取得系

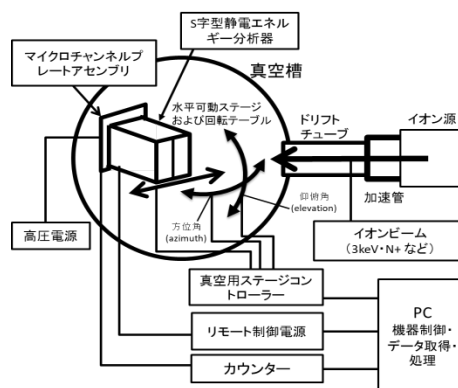


図2 エネルギー・角度分布取得

3. 実験結果

図3に取得された二次元分布図を示す。また、図4、5にはそれぞれビーム強度に恣意的な変化を与えた二次元分布図と、時間変化補正機能を用いて補正を行った二次元分布図を示す。

図6、7にはエネルギー・角度分布図について、それぞれSIMIONによるシミュレーションの結果と室内実験の結果を示す。

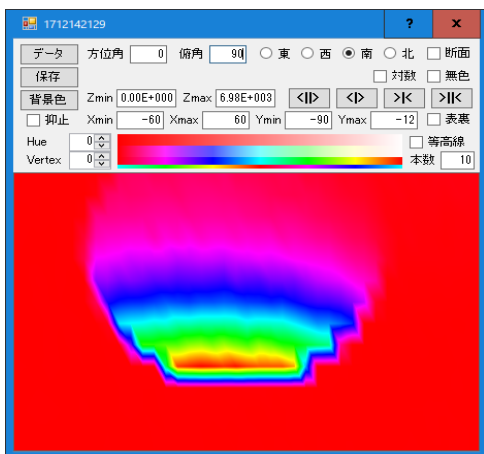


図3 二次元分布取得系により取得された分布図の一例
(8 keV N₂⁺ビームを使用)

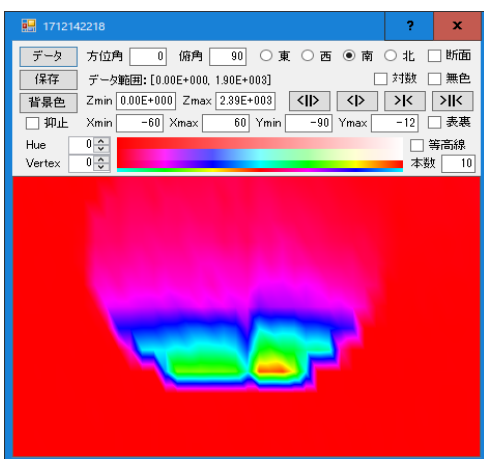


図4 二次元分布図取得中、ビーム強度に恣意的な変化を与えた分布図 (8 keV N₂⁺ビームを使用)

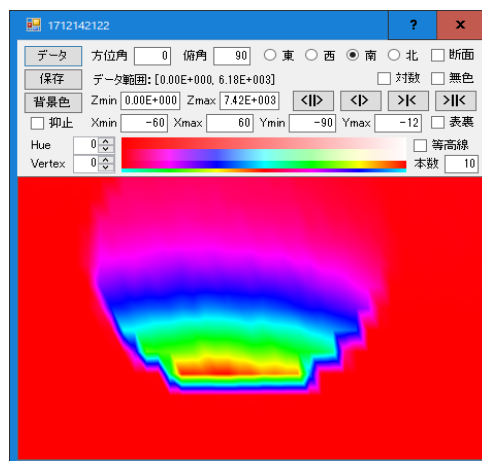


図5 ビーム強度に与えた恣意的な変化をプログラム上で補正した分布図 (8 keV N₂⁺ビームを使用)

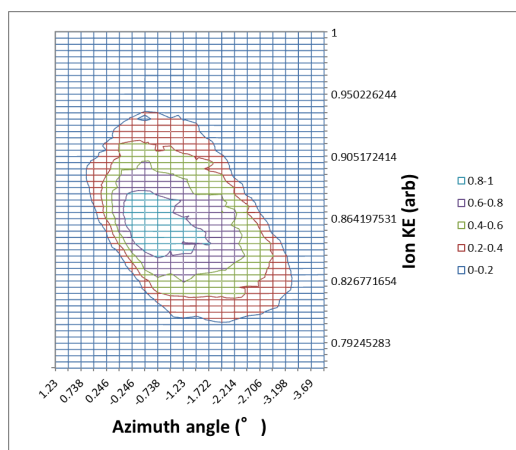


図6 エネルギー・角度取得系により取得された分布図の一例 (3 keV N⁺ビームを使用)

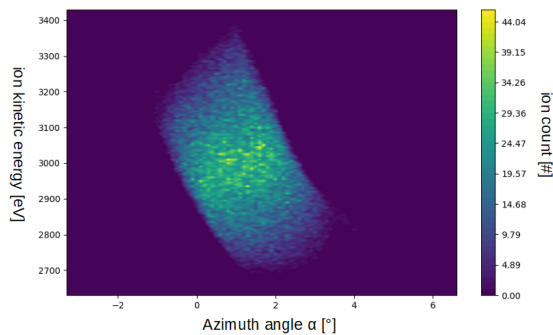


図7 SIMIONによるエネルギー・角度分布のシミュレーション結果

4. 考察

今回、新たにビームラインモニターシステムの開発、整備、室内実機稼働試験を行い、二次元分布およびエネルギー・角度分布が取得できることを確認した。また、図 4、5 より、二次元分布取得系の時間変化補正機能がビーム強度与えた恣意的な変化を一定の確度で補正することを確認した。また、図 6、7 より、取得されたエネルギー・角度分布と SIMION によるシミュレーションとの間で比較を行ったところ、特定の角度におけるエネルギー分布に関しては良い相関が見られたが、特定のエネルギーにおける角度分布に関してはあまり良い相関が見られなかった。これは、照射したビーム強度に方位角に依存した偏りがあるためと考えられる。

5. 結論

本研究では、中性粒子分析器較正用ビームラインモニターの開発を通じて、以下の結論を得た。

これまでは十分に測定されてこなかった、粒子分析器較正用イオンビームの二次元分布およびエネルギー・角度分布について、本ビームラインモニターシステムを用いることでそれぞれを測定することができるようになった。また、二次元分布においてはビーム強度の時間変化を補正したものを取得することができ、エネルギー・角度分布においてはシミュレーションとの比較からビームの特性と思われる偏りを判別することができた。

今後は、二次元分布取得系とエネルギー・角度分布取得系を同一の真空チャンバー内に再配置した上で、ビームのモニタリングが正常に行えるかを確認し、その結果を用いて、可能な限り分散を低減できるようビームパラメーターを設定し、より精度の高い分析器の較正を目指す。

謝辞

本研究の一部は、宇宙航空開発研究機構・宇宙科学研究所のスペースプラズマ共同利用設備の真空チャンバーおよびビームラインを用いて行われました。また、二次元分布取得系における制御プログラムの作成において、立教大学の柳町朋樹氏に多大な助力を頂き感謝しております。

す。