

# 火星超高層電離大気の光学観測可能性の研究

山崎 敦、宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所

## 【研究目的】

惑星誕生から現在・そして未来にわたる惑星大気進化の研究において重要な課題のひとつである超高層電離大気と太陽風の相互作用領域の物理プロセスを理解するために、相互作用領域の二次元光学観測を検討している。火星の場合、超高層電離大気の発光量は非常に微弱で、火星ディスクでの反射光をいかに除去するかが課題であり、「離角 0.5~2 度以上において 6 桁以上のコントラスト」の光学性能を持つ観測機器の設計することが成功に導くカギである。この性能を達成するために、系外惑星観測用の瞳マスクコロナグラフの技術を応用した微細ガウシアン構造遮光バツフルを試作した。遮光バツフルの高コントラスト化の働きを、コロナグラフと対比して図1に示す。本研究では、試作した微細ガウシアン構造遮光バツフルのコントラスト性能を測定することを目的とし、将来の火星超高層大気光学観測を実現する機器設計を目的とする。

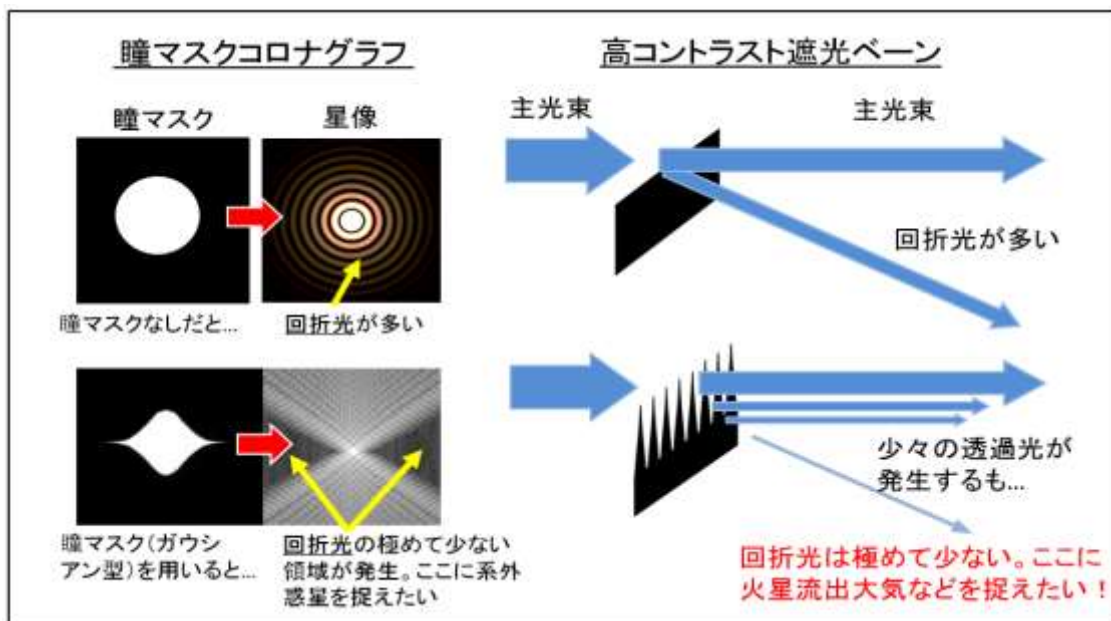


図1. ガウシアン構造バツフルの機能を示す模式図。左側に系外惑星用コロナグラフの瞳マスクでの機能を、右側にそれを応用した遮光バツフルの機能を示す。上段、下段はそれぞれ標準的な設計方針、高コントラスト化のガウシアン構造バツフル設計方針を示す。

## 【研究方法】

試作済みの微細ガウシアン構造バツフルの先端にヘリウムネオンレーザーを照射し、回折角に対する回折光の強さを測定する。回折光は極めて微弱となるため、大気の散乱の影響を極力避けるためにクリーンブース内で実施することが必要であり、かつNDフィルターを複数枚用意し同一システムで8桁にわたるダイナミックレンジを確保した計測を実施することが求められる。また、0.5~2度にわたる幅広い回折角に対するコントラストの回折垂

直方向の分布を評価するため、バッフル端面に垂直方向に移動する電動光学ステージと平行方向に移動する手動光学ステージ上に検出器を設置し再現性のあるシステムが必要となる。大気中実験を実施できるこのような光学系設備を東北大学大学院理学研究科合同C棟1階の光学実験室に設置し、回折光の二次元分布測定を実施した。

### 【研究結果】

測定前の準備として、標準的なストレート構造バッフルとガウシアン構造バッフルについて、回折角に対するコントラストを数値計算した。結果を図2に示す。バッフル端面にガウシアン微細構造を施すとコントラストが3桁程度向上することが期待される。

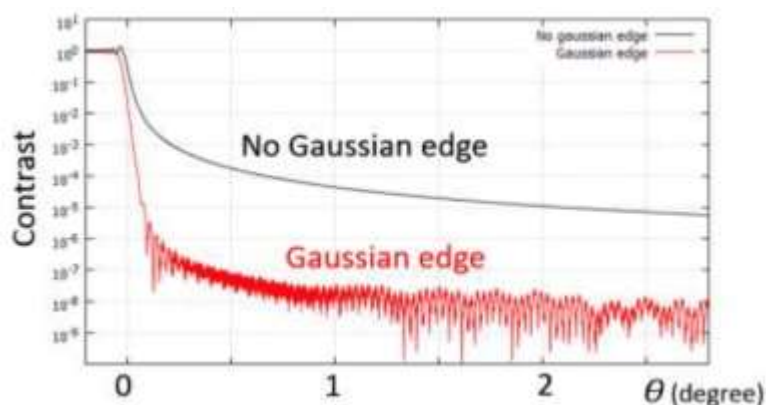


図2 数値シミュレーションによるバッフル端面の形状に依存する回折角に対するコントラストの計算結果。標準的なストレート構造バッフル（黒線）、ガウシアン構造バッフル（赤線）のコントラストを示す [Enya et al., 2018]。

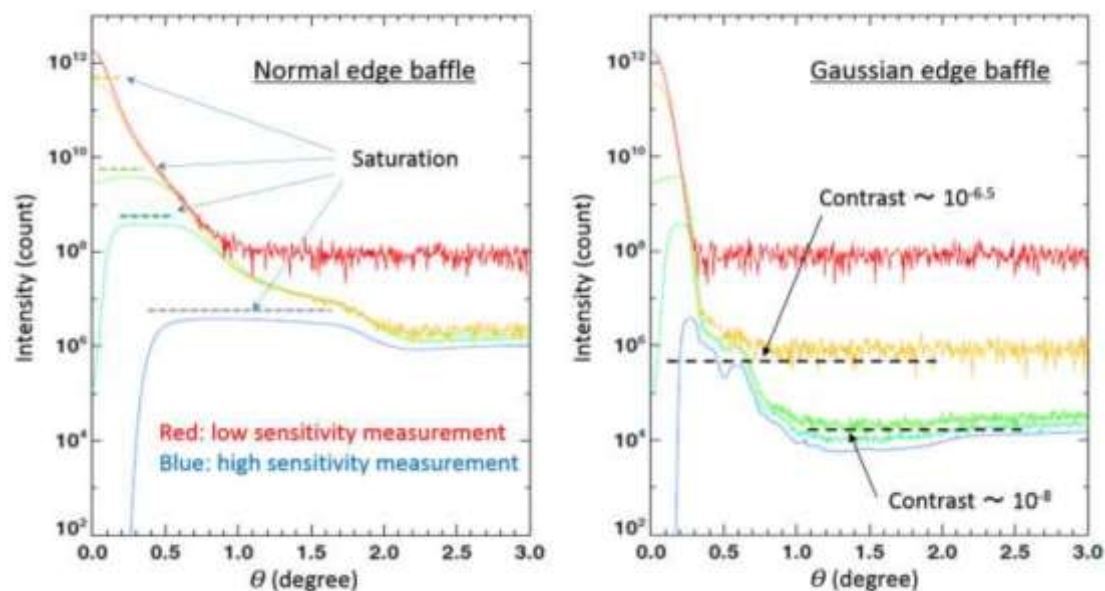


図3 バッフル端面の形状による回折角に対する回折光強度の測定結果。標準的なストレート構造バッフル（左）、ガウシアン構造バッフル（右）の測定結果を示す。幅広いダイナミックレンジの計測を成立させるために、角度に合わせた複数のNDフィルターを用いて複数回に分けて計測した（赤→黄→緑→青） [Enya et al., 2018]。

標準的なストレート構造バッフルとガウシアン構造バッフルの回折角に対する回折光強度の測定した結果を図3に示す。ガウシアン構造バッフルの1度の回折角の位置で、コント

ラストが  $10^{-8}$  を達成できることを確認した。比較対象として計測した標準的なストレート構造バツフルのコントラストは  $10^{-4.5}$  であった。数値計算予測通りのコントラストを達成し、微細ガウシアン構造がコントラスト向上に優位に働くことが分かった。

並行してバツフル端面に平行方向への回折光分布を測定したところ、回折角0度の位置で平行方向に回折する光が見られた。その強度についての評価を現在実施している。

#### 【考察】

事前の設計計算通り、微細ガウシアン構造は遮光性脳に優れ、目標とする「離角 0.5~2 度以上において 6 桁以上のコントラスト」の光学性能を有することを実測し、火星超高層大気の光学観測にとって有効な遮光技術であることを確認できた。また、今年度取得した回折光の二次元分布については現在詳細を評価中であり、観測機器設計に反映できる基礎データを取得できたと考えている。

本研究期間に評価したガウシアン構造バツフルの遮光性能を基礎データとして、火星超高層電離大気の光学観測機器の設計を進めていくことが今後の課題となる。

#### 【成果発表】

1. K. Enya, A. Yamazaki, H. Nakagawa, N. Fujishiro, N. Terada, K. Seki, A. Motoyoshi, and O. Moriwaki (2018), High-contrast apodization baffle for instruments of planetary exploration missions, Proceedings of SPIE, Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation III, 10706, doi: 10.1117/12.2312577.

#### 【謝辞】

本研究の実施に際し多大なるお力添えを頂きました、東北大学の中川広務氏、宇宙航空研究開発機構の塩谷圭吾氏、アストロオプト社の藤代尚文氏に深い感謝の意を表します。