

惑星大気散逸光学撮像観測のための迷光除去システムの基礎開発

中川広務, 山崎敦, 塩谷圭吾, 田口真, 坂野井健, 寺田直樹, 関佳奈子, 松岡彩子 (東北大学, JAXA/ISAS, 立教大学, 名古屋大学)

Abstract

非磁化惑星である火星と太陽風の相互作用の理解は、海外の多くの探査機が火星を踏破した現在でさえ、未だに成し遂げられていない重要未解明問題である。これまで提案されてきた多様な大気散逸機構を観測的に分別するためには、太陽風と火星電離圏との相互作用領域における散逸する大気のグローバルイメージングが本質的であるが、そのためには惑星本体からの強烈な迷光の近傍に存在する微弱な拡散光を検出する技術が必要である。本研究では、迷光除去システムとして、NASA 太陽観測衛星などで実績をあげているベン構造バッフル技術 [例えば Buffington et al., 1996; 2000] に着目し、ベン試作品の製作及びその性能評価のための要素実験を開始した。要求精度は、電離圏界面高度 300km を撮像するため、近接離角約 1 度での迷光除去率 1E(-7) の達成である。本発表では、ナイフエッジ型ベンを用いて離角 1 度で 1E(-7) を達成することに成功し、その成果について報告をする。

Introduction

次期火星大気散逸探査機科学目標

『火星気候変動の謎: 二酸化炭素と水の行方を探る』

- I : 惑星起源の低エネルギー帯を含む粒子の散逸機構を明らかにする
- II : 各大気散逸機構の太陽風・太陽放射変動への応答を明らかにし、大気散逸が気候変動に果たした役割を理解する
- III : 水と二酸化炭素の各総散逸率を明らかにする
- IV : 大気の上下結合が大気散逸率に及ぼす影響を明らかにする

クローズアップカメラへの観測要求

CO_2+O_2+ の電離圏界面付近 2 次元撮像

- 大気散逸機構の詳細特性を捉えることで、大気散逸機構を同定
- (例) 電離圏イオン流出機構 - KH 不安定性などを介した太陽風から電離圏への運動量輸送
- $\lambda=289nm$ ($d\lambda=15$) for CO_2+ , $561nm$ ($d\lambda=0.5$) for O_2+
- 空間分解能 $20km$ (0.1°), 時間分解能 $40sec$

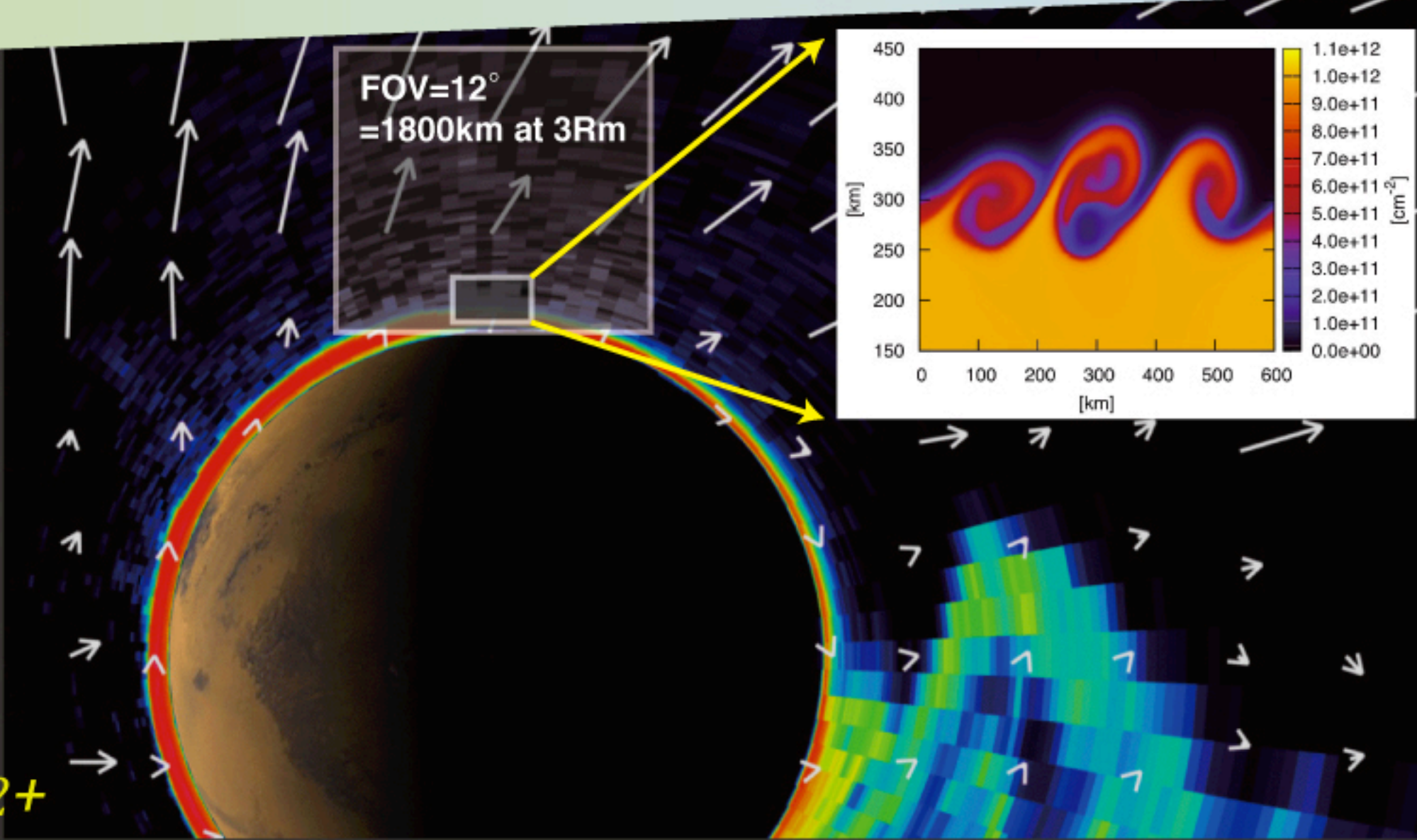


図1. 数値シミュレーションによって再現された火星全球での大気散逸の様子と電離圏界面におけるKH不安定性 [Terada et al., **]. 想定する装置視野。

Experiment Setup and Results

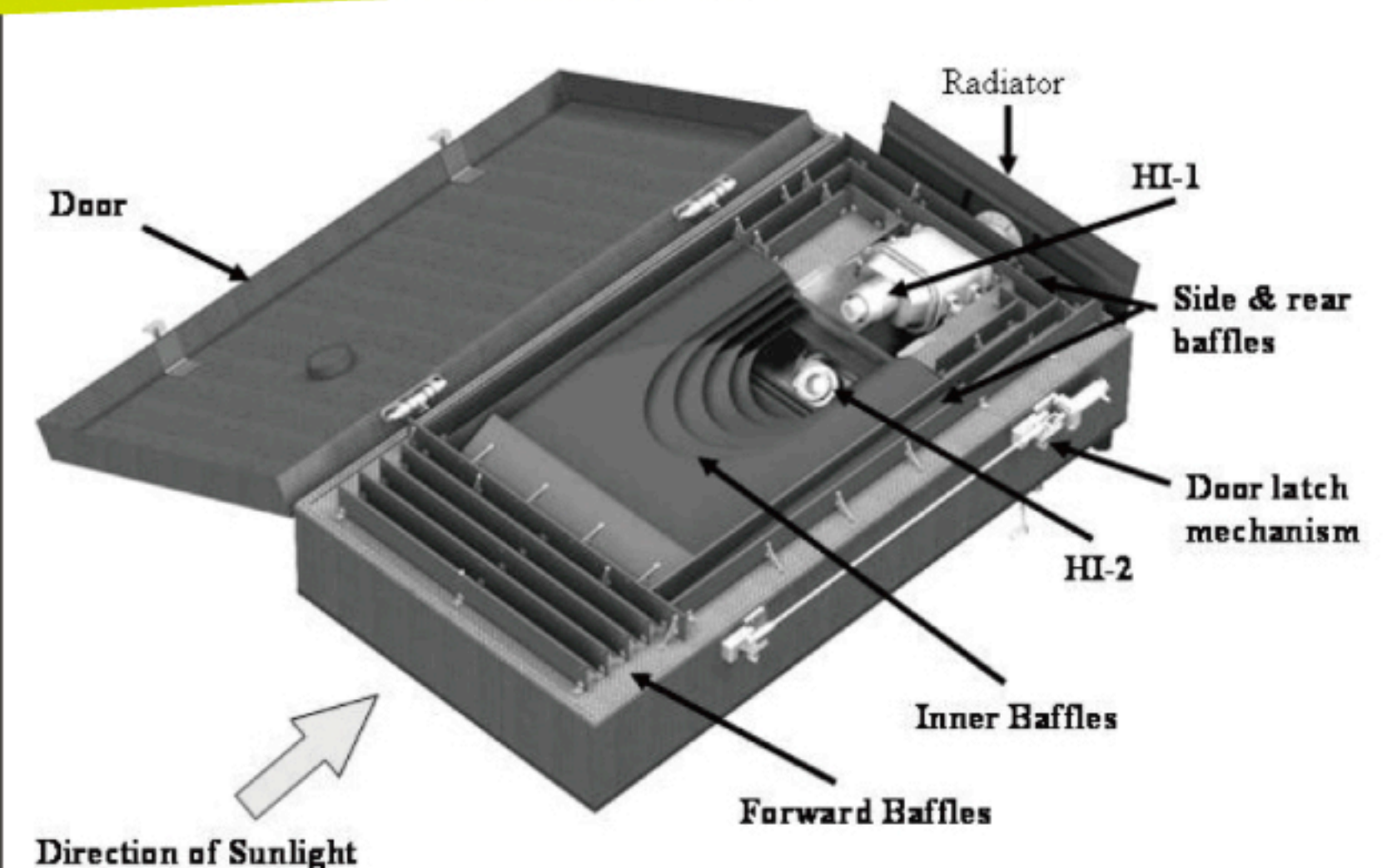


図2. 太陽観測衛星STEREO搭載SECCHI HI-1 & HI-2 [Jackson et al., 2010]

- 太陽光を減光し、CME などの放出現象を撮像する

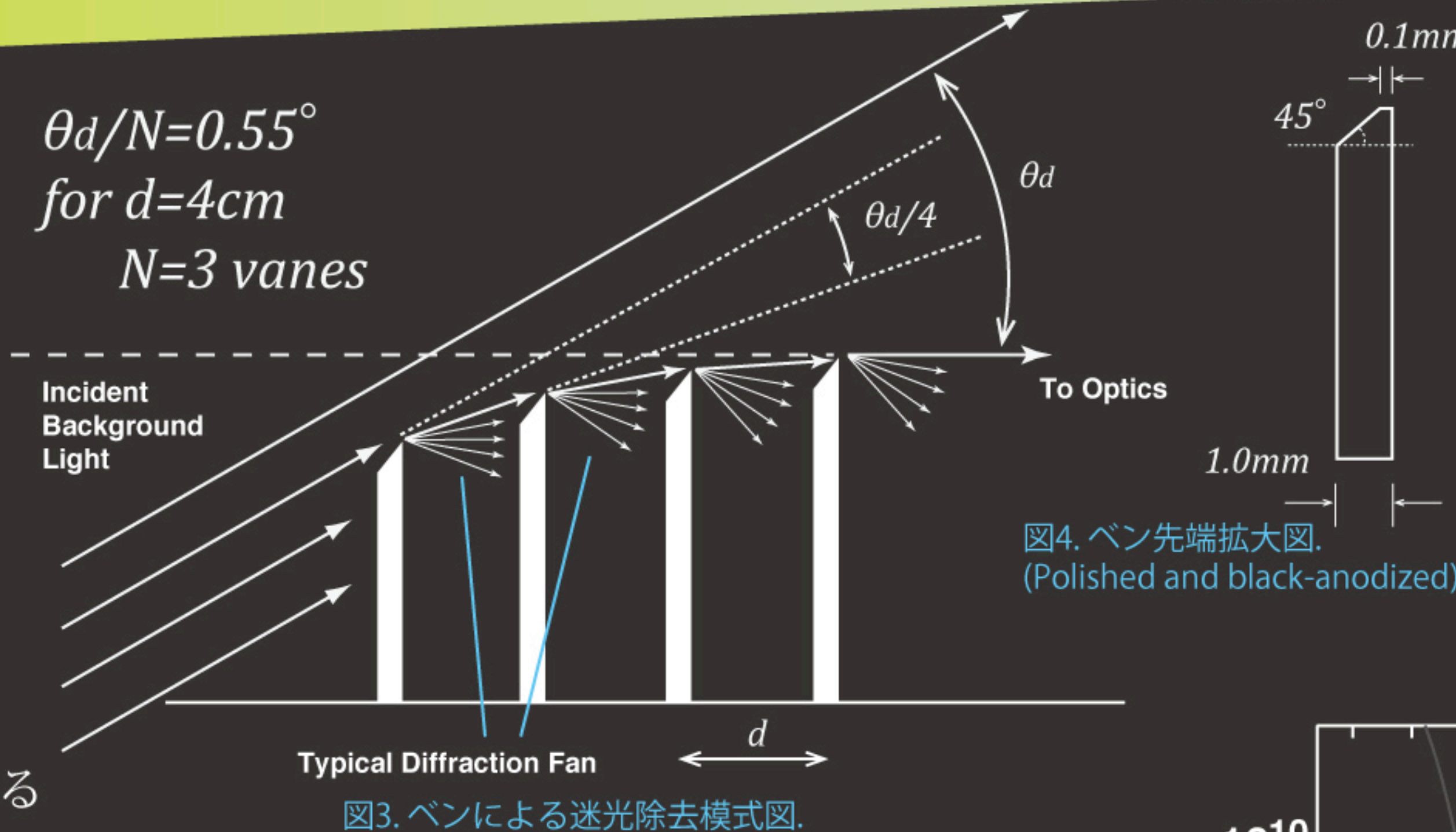


図3. ベンによる迷光除去模式図.

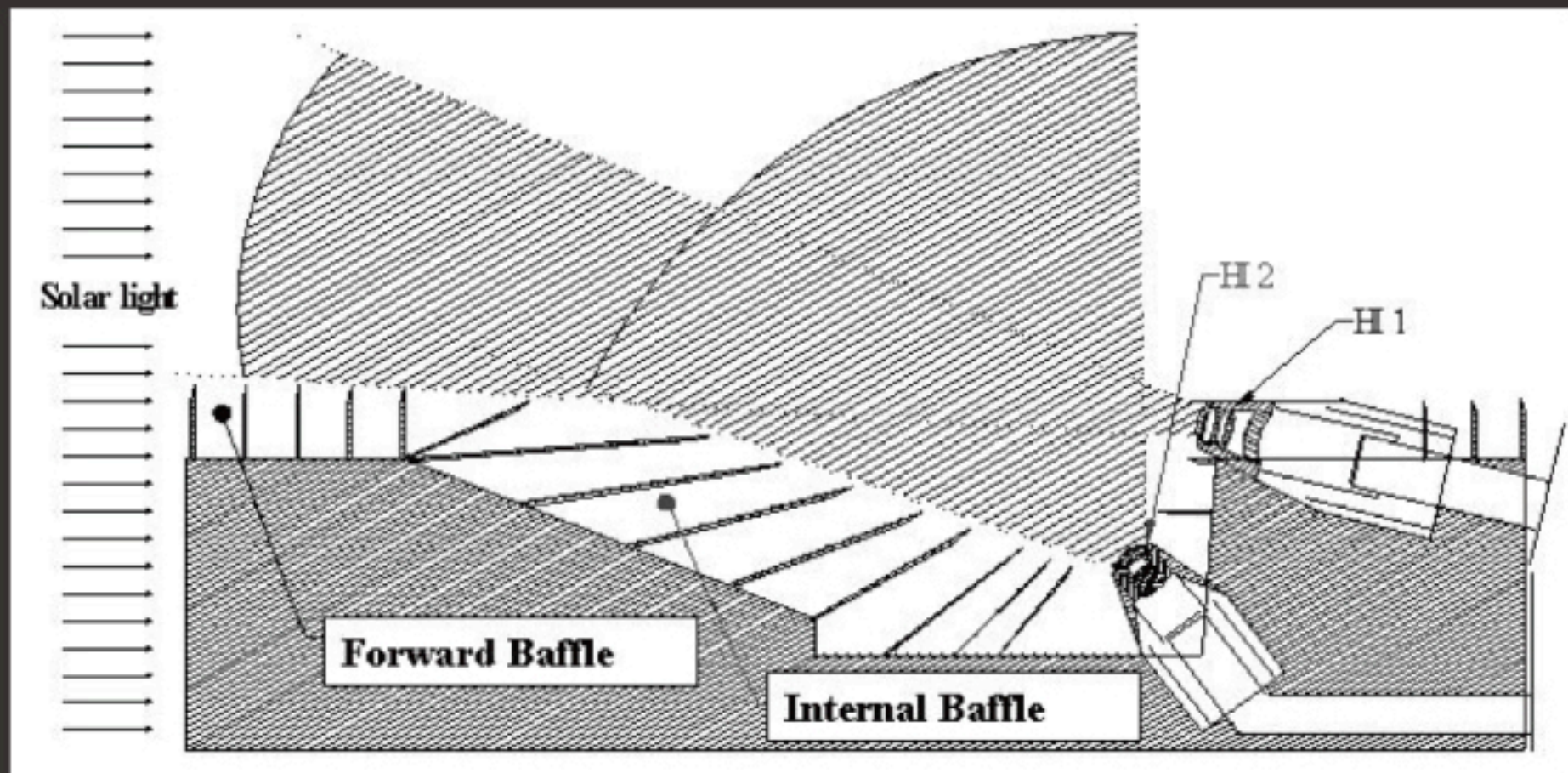


図4. ベン先端拡大図. (Polished and black-anodized)

図5. SECCHI HI-1 & HI-2デザインコンセプト [Jackson et al., 2010]

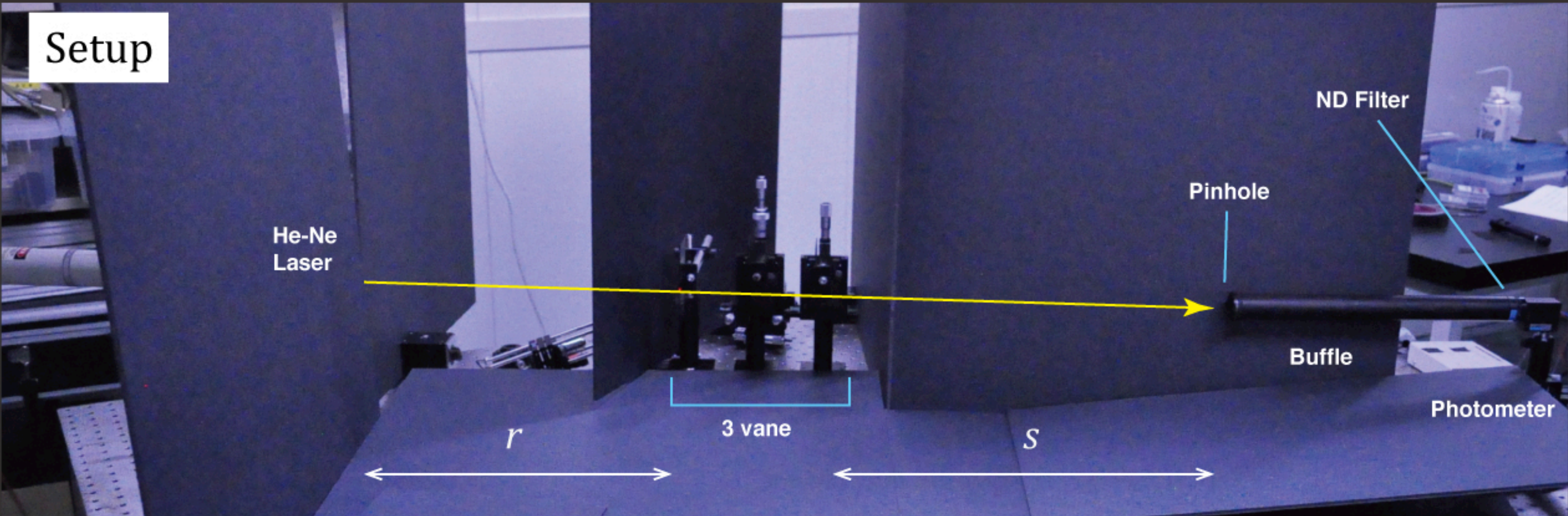


図6. 室内実験外観.

$d = 4cm$, difference of the vane height = $2.3mm$
 $r = 65cm$, $s = 80cm$
Length of baffle = $34cm$
Pinhole diameter = $2mm$
Beam diameter = $2-3mm$
Sweep length of the detector = $27mm$

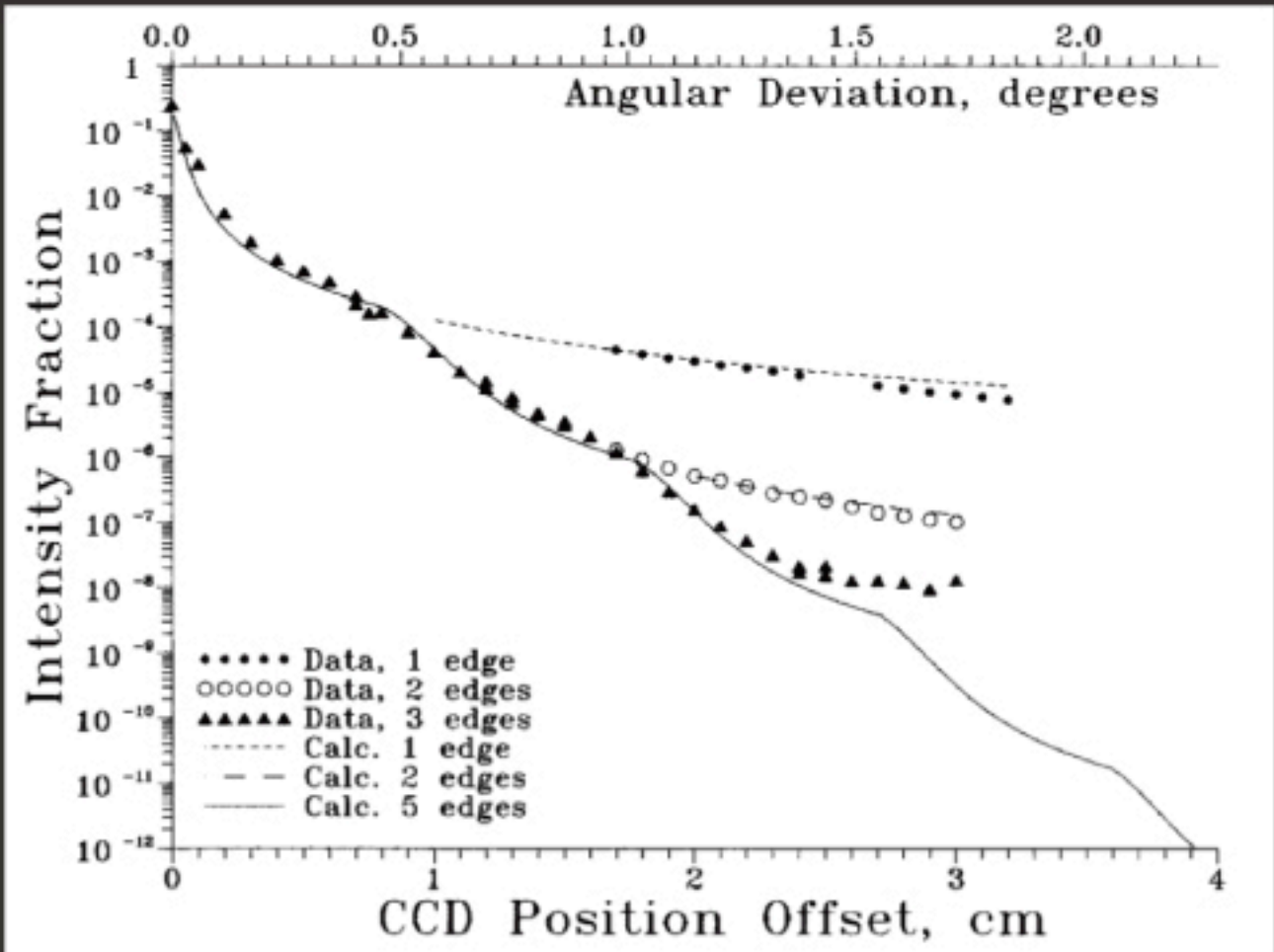
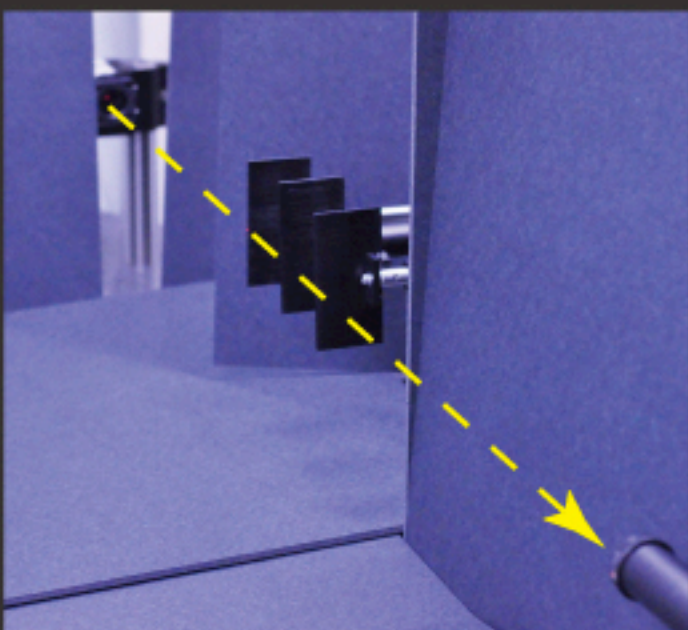


図8. 先行研究(STEREO)における室内実験結果 [Buffington et al., 1996].

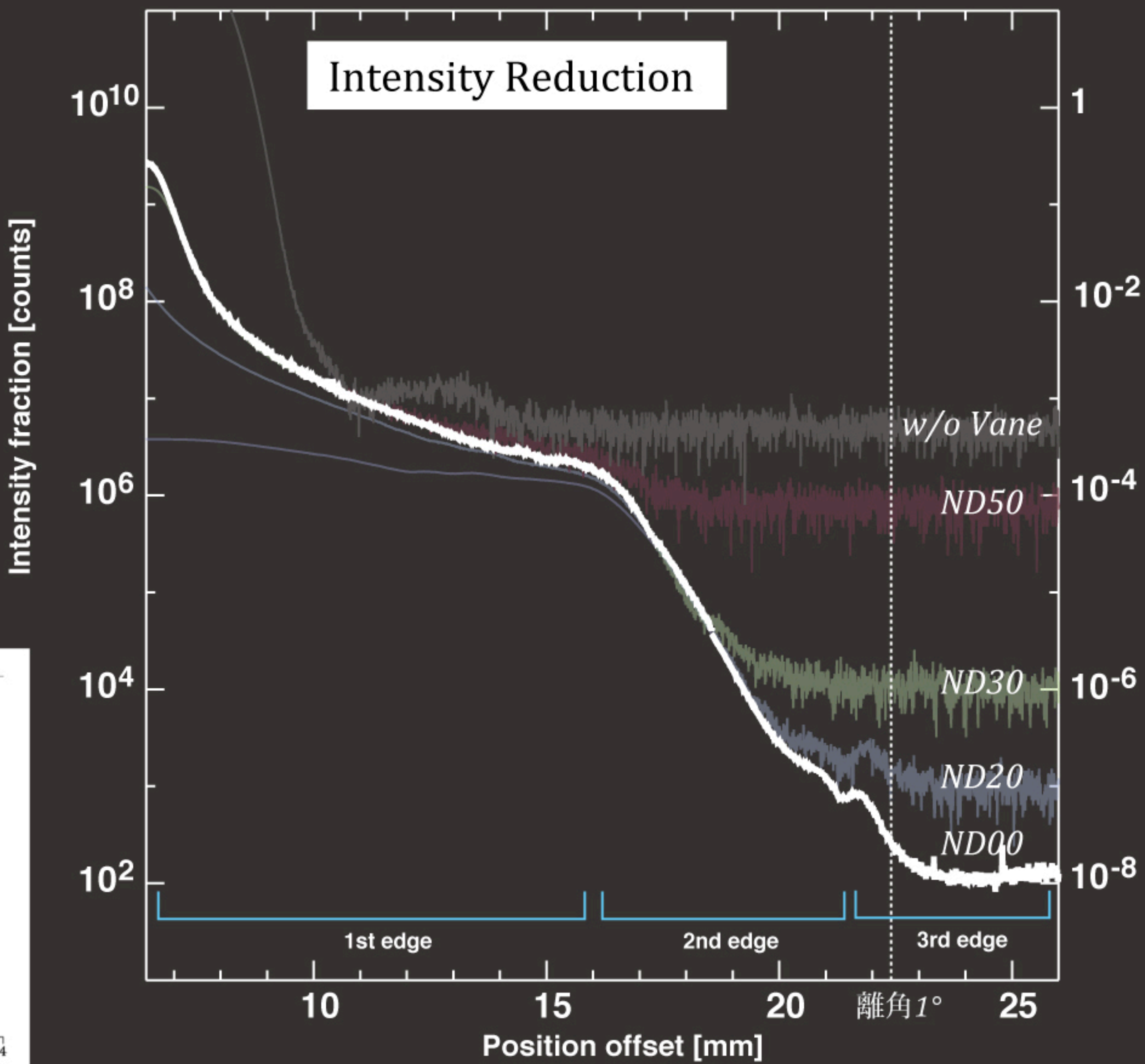


図7. 室内実験結果。横軸は光源直達光からのオフセット距離、縦軸は減光率。用いたフォトカウンティングユニットが4乗程度のリニアリティしか保証されていないため、NDフィルタを用いて複数に分けて8乗の大ダイナミックレンジを計測。各NDフィルタ計測結果は、 $0.8 \times ND$ 率を掛けてつなぎ合わせている。

- Black Hard Board を用いて計測に邪魔な迷光を遮断
- フォトメータの視野を絞ることで迷光対策を
- 光源は安定で高強度の He-Ne レーザを使用
- 各ベンの高さ調整は CCD を用いて pixel 単位で調整
- フォトメータの移動は電動リニアステージでスweep
- クリーンブース内はレベル 100-1000 と十分なクリーン環境

- STEREO に搭載されたナイフエッジ型ベンを模擬した試作品を製作。4cm 間隔で 3 枚配置した。
- 離角 1° で減光率 7 乗を達成することに成功、先行研究における基礎開発試験結果と同等の性能

Summary and Future perspectives

本研究では、火星電離圏界面付近を 2 次元撮像し火星大気散逸機構を明らかにするため、周回機搭載用迷光除去システムの開発を開始した。NASA 太陽観測衛星 STEREO に搭載されているナイフエッジ型ベンを模擬した試作品を製作し、その性能評価試験を実施した。ナイフエッジを 3 枚配置し、He-Ne レーザの回折光を遮り、フォトメータを 1 次元移動計測することで、その減光率を計測した。その結果、離角 1° で 7 乗の減光率を達成することに成功し、我々の観測要求を満たすことができることが確認できた。今後、このベン構造を基礎として装置のベースデザイン・サイズを決定し、ブレッドボードモデルの製作にとりかかる。加えて、衛星本体ならび太陽パネルなどからの迷光を防ぐため、衛星全体のシステム検討に本結果を反映させていく必要がある。