

明野観測所における小型大気 チェレンコフ望遠鏡 R&D

吉越貴紀、大石理子、遠山健、森正樹、田島宏康、
松原豊、さこ隆志、西嶋恭司

東大宇宙線研、立命館大理工、名大STE研、東海大理

研究概要

- 大気チェレンコフ望遠鏡R&Dの国内テストベンチを明野観測所に整備
- 甲南チェレンコフ望遠鏡を譲受して改修・再利用
- 科研費基盤B（代表：吉越）で開発中の小型大気チェレンコフ望遠鏡用の測定システムを導入
 - PeV Explorer計画 R&D等
- 空気シャワー事象のテスト観測
 - Crab Nebulaからのガンマ線信号検出によるシステム性能の検証を目指す

共同利用予算と使途

平成23年度査定額 （単位：千円）

	研究費	旅費
吉越	400	300
大石	300	0
合計	700	300

総計： 1,000千円

◆使途(12月時点)

- 明野観測所への出張旅費
- 小型鏡再蒸着作業の治具製作・鏡輸送・消耗品（梱包材、安全具等）購入費用等

ご支援ありがとうございます

明野大気チェレンコフ望遠鏡



- 2010年11月に明野観測所に移設完了
- 再塗装・錆取り・ボルト交換などのメンテナンスを行った
- 実験棟西側の電動式テント小屋中に設置

1998年製作(三井造船製)
2003年から猪名川天文台で稼働
経緯台マウント $f=3.0\text{m}$ $f/D=1.0$
Davies-cotton型複合反射鏡(小型鏡18枚で構成)

装置開発の現状

◆ 光学系 → 小型鏡の再蒸着作業に着手

◆ 駆動系

→ 経緯台のコンピューター制御に着手

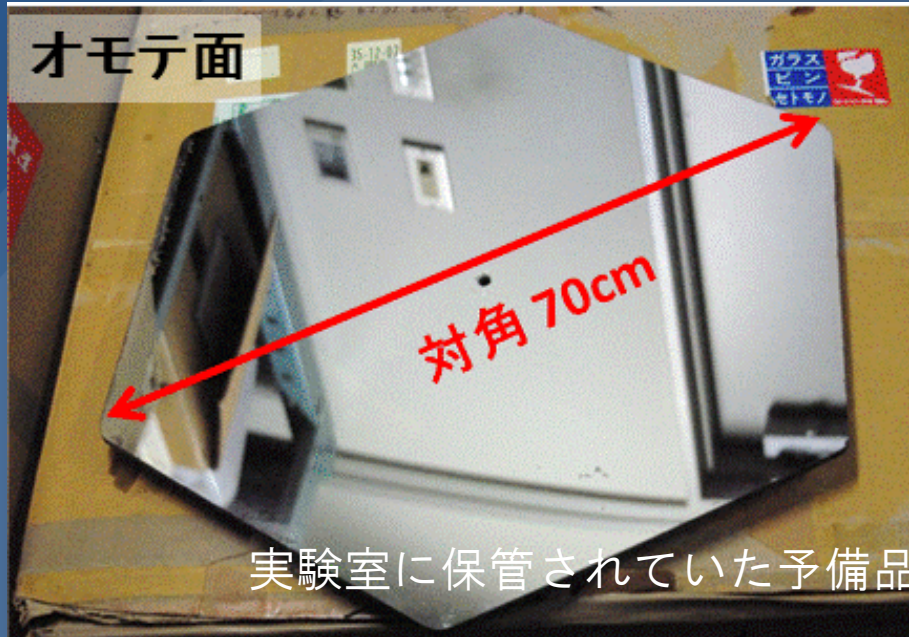
◆ 焦点面検出器

→ スーパーバイアルカリ方形PMT選定済み。
channel数 は32 を予定

◆ エレクトロニクス

→ KEK Open-Itとの協力のもとにAnalog Memory Cellの開発を継続
今年度からFPGAを用いたパターントリガーの開発に着手

明野望遠鏡光学系:小型鏡



- 対角70cm 正六角形
- 曲率半径 6.0m (2f)
- 厚さ8.5mm テンパックス ガラス
- 重量 8.2kg (ステンレス背板込み)
- アルミ蒸着+anodization コート(陽極酸化皮膜)
- 猪名川天文台では観測時以外は金属製の蓋で表面保護



小型鏡反射面の現状



- 経年変化によるアルミニウム反射面の劣化が顕著
- 現在の絶対反射率(450nm-500nm)推定値
～50% (場所により20%程度のばらつき)



鏡面再蒸着作業

- 反射鏡の集光効率はガンマ線のエネルギースケール・検出感度に直接的に影響を与える→ 集光効率の改善（**反射膜の再生**）が必要
- しかし可能な限り再生**コスト**を低く抑えたい
- **メーカー**による再蒸着費用見積もり
→18枚分で 1,710千円（古膜落としのための研磨にさらに追加料金）
- 国立天文台の**蒸着施設**を利用？
 - メリット**： コストが安い
古い皮膜を除去する技術を含めた再蒸着の経験豊富なスタッフの技術指導が得られる
 - デメリット**： 蒸着時期が限定的
技術指導・施設利用のみの提供なので、作業人員を確保する必要がある
表面保護のコーティングを行う設備がない

国立天文台 岡山天体物理観測所 真空蒸着装置



明野望遠鏡の小型鏡を一度に6枚蒸着することが可能 → 合計3回で全数蒸着完了

2011年9月に18枚のうち6枚を試験的に蒸着

- 直径74インチ真空蒸着タンク
- 岡山天体物理観測所の188cm 鏡を毎年雨季(6月)に再蒸着
- 岡山天体物理観測所以外の設備の反射鏡の蒸着も同時期に受け入れている

岡山天体物理観測所における 反射膜再蒸着作業

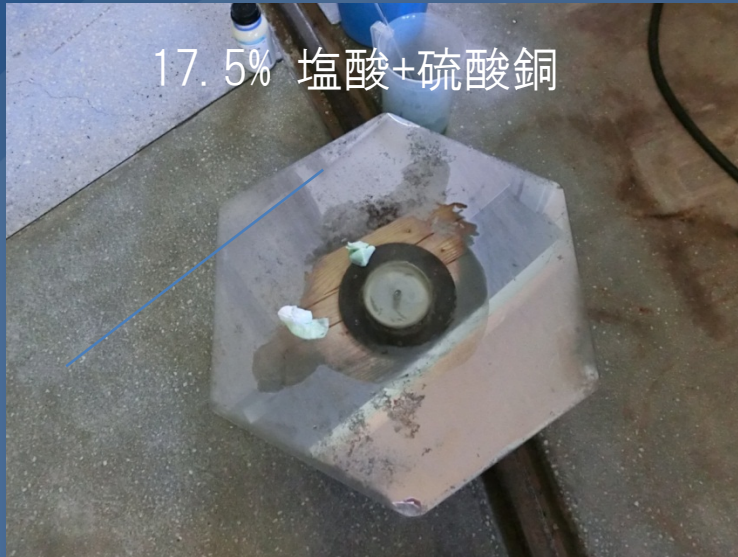
- ◆安全衛生教育（有機溶剤・特化物取扱・寒材・高圧ガス）
- ◆中型真空装置を用いたプリウェットフィラメント作成
 - アルミ蒸発に使用するタングステンフィラメントに、前もって高純度(99.999%)アルミニウムを溶かしつける作業
 - 蒸着一回につきフィラメントの購入費用が～720千円(主要な費用項目)
→ 使用済みフィラメントを洗浄・再利用することにより購入費用を0円に。
アルミを溶かしつける際のパラメータが新品フィラメントの場合とは異なるため、実験で最適パラメータを探索
- ◆塩酸＋硫酸銅による鏡面の古いアルミ皮膜の除去
- ◆ゾル状の炭酸水素ナトリウムによる鏡表面研磨
- ◆鏡表面の水分をアルコール置換・エタノール＋エーテル混合液での拭き上げ
- ◆釜入れ・真空引き・イオンボンバードメント・アルミ蒸着

プリウェットフィラメント



- 作業手順の変更、最大電圧値・電圧印加時間・電圧上昇時間などのパラメータを調整後、～95%の歩留まりを達成。
- 2日間で約80本のプリウェットフィラメントを製作(蒸着一回あたり36本使用)

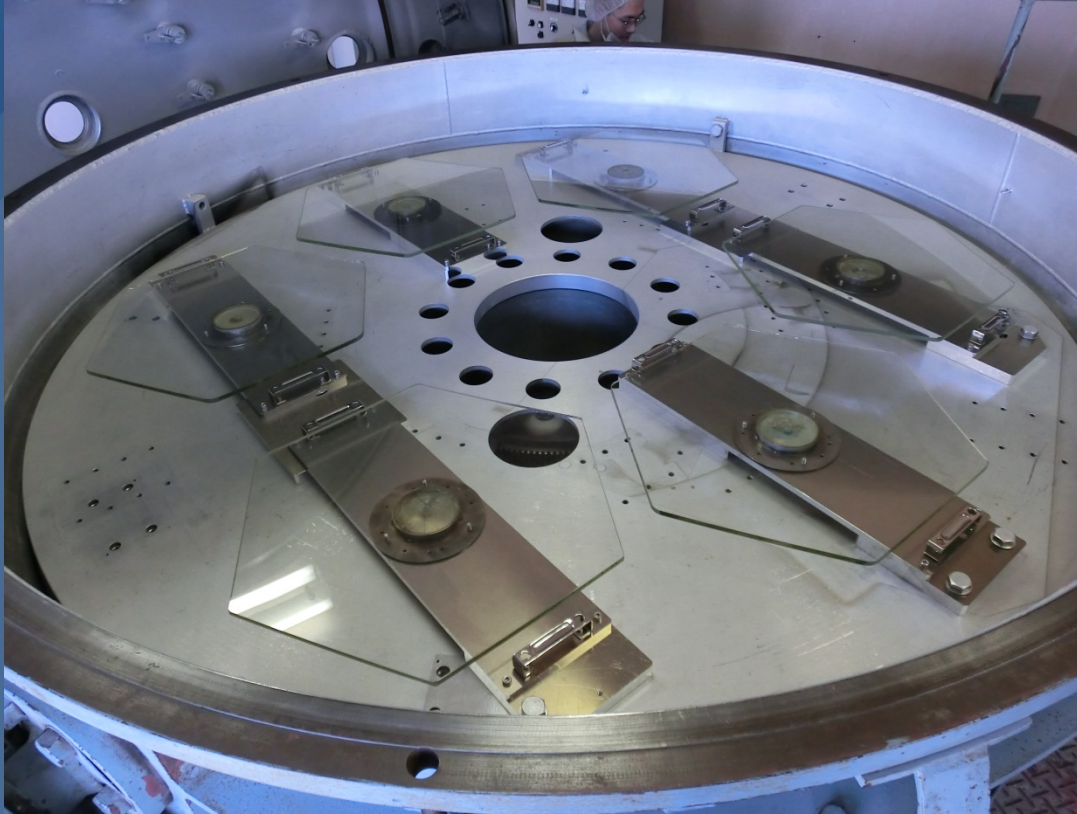
小型鏡反射膜再蒸着作業：古膜除去



Anodization コーティングの効果が残っているためか、古膜落としには予定より若干時間を多く要した

→次回以降の蒸着時は古膜除去作業を柏で済ませて岡山に持ち込むことを検討中

重曹研磨・拭き上げ完了後の鏡（釜入れ）



- 取り付け治具は事前にベーキング処理で残留ガスを除去済み

蒸着釜に取り付けられた
プリウェットフィラメント



鏡6枚分の古皮膜落とし＋表面研磨＋拭き上げ
に要した時間：約2.5時間

アルミニウム蒸着

- 真空引き→イオンボンバードメントによる脱塵・脱ガス→再度真空引き
- 36本のフィラメントを6回に分けて6本ずつ通電



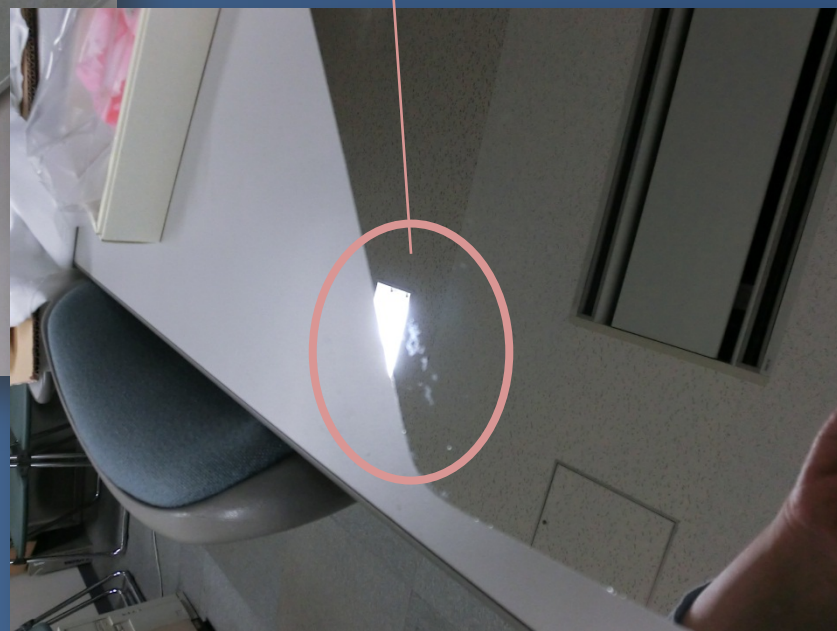
アルミ蒸着作業後、膜を定着させるために一晩蒸着釜の中に安置

電圧印加して数秒でガラス面にアルミ膜が生成

蒸着後の小型鏡



古い皮膜を落としきれなかった箇所が白濁小班として残っている



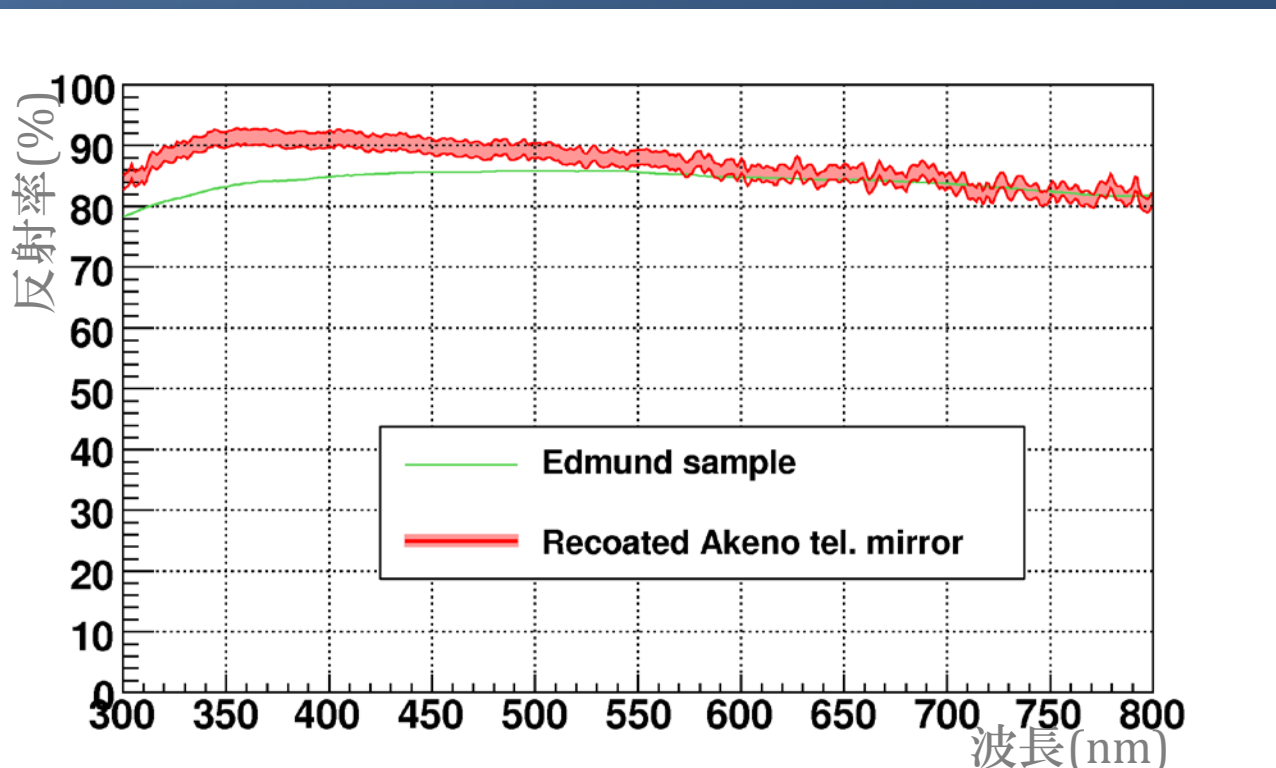
- スコッチテープによる剥離試験
→問題なし

再蒸着後の反射率

- ◆ 小サイズの参照鏡に対する絶対分光反射率測定：国立天文台三鷹先端技術センターの測定機器利用（UV-3100PC，島津製作所）
- ◆ 小型のUSBスペクトロメータ＋タングステンハロゲンランプ＋反射率測定プローブを用いて相対分光反射率測定・参照鏡との比較を行う



小型分光光度計



今後の予定

◆駆動制御システムの製作

PCからの制御

CANGAR00の駆動制御システムを流用

◆座標系の校正 基準点の定義

◆鏡の再蒸着作業の続行 保護コーティング処理

◆光学系の再調整

◆ケーブルの再配置

など

まとめ

- ◆国内唯一の大気チェレンコフ望遠鏡を明野観測所に整備
- ◆光学系の再構築を続行し、駆動系整備・検出器搭載のための調整作業を進める
 - ★ 協力者を募集しております。興味がある方はご連絡ください
- ◆別途開発中のデータ収集系を導入し、テスト観測を行うことを目標とする
 - 空気シャワー、ガンマ線の観測で性能実証
- ◆ 当望遠鏡をご利用希望の場合はご相談ください