

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
東京大学宇宙線研究所

2015年12月18日@宇宙線研共同利用研究発表会

研究課題、予算、使途

- E14 : 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、寺澤敏夫(東大宇宙線研)、森正樹、奥田剛司(立命館大理工)、田島宏康、松原豊、さこ隆志(名大STE研)、西嶋恭司(東海大理)、大嶋晃敏(中部大工)、齋藤隆之(京大理)、山本常夏(甲南大理工)
- 平成27年度査定額(単位千円):

研究費	旅費	合計
240	200	440

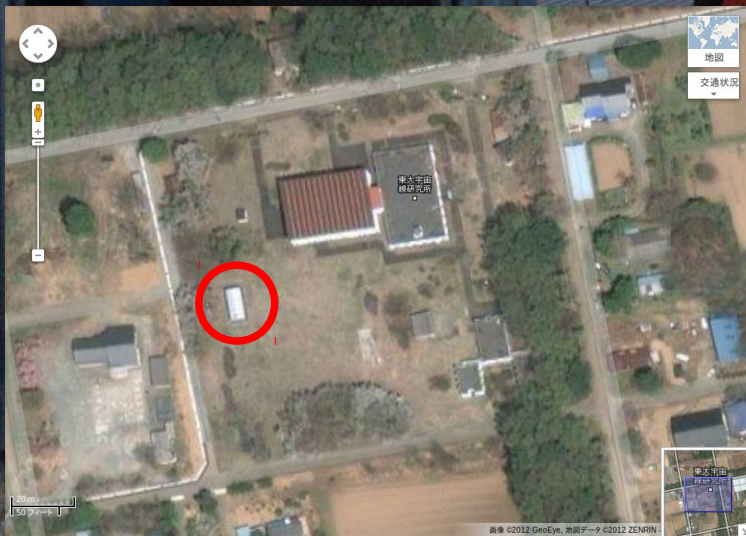
- 主な使途:
 - 明野観測所への出張旅費
 - GPS モジュール
- ご支援ありがとうございます

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
 - 現在国内唯一の大気チェレンコフ望遠鏡
- 中古望遠鏡を修理して設置
 - 光学系、駆動制御システムを再構築、維持
- 大気チェレンコフ望遠鏡用 R & D / プロトタイプシステムを導入
 - PeX 用 R & D、CTA 用カメラ R & D、空気シャワー電波観測等
- 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の検出を試みる
- 可視光 Crab パルサーの観測
 - 電波との同時観測で Nebula プラズマの振る舞いを調べる

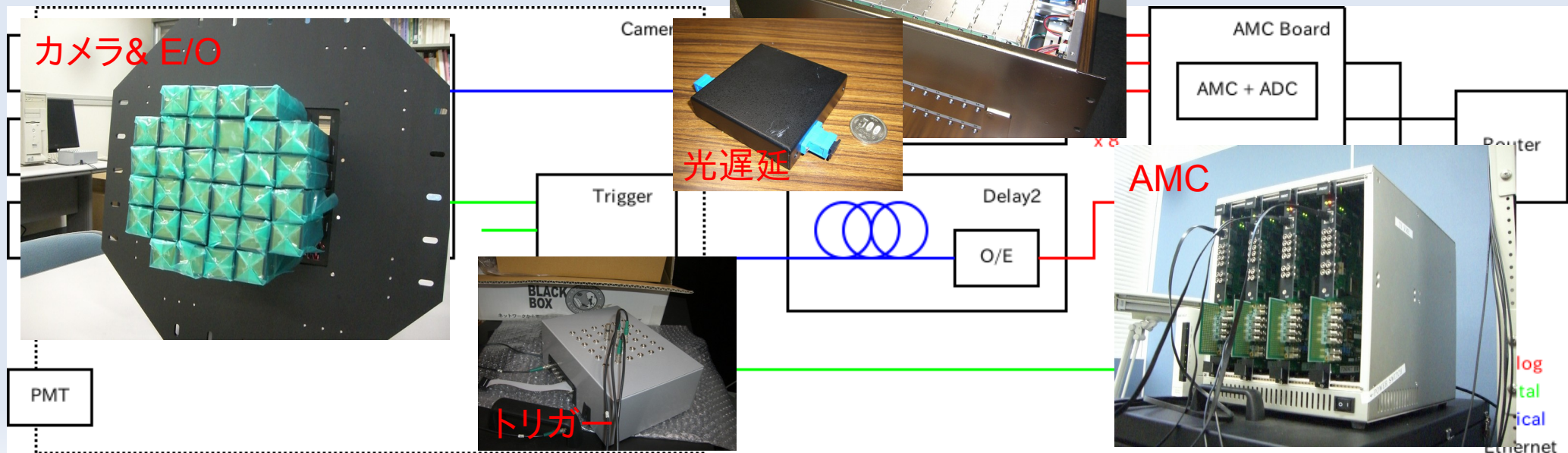
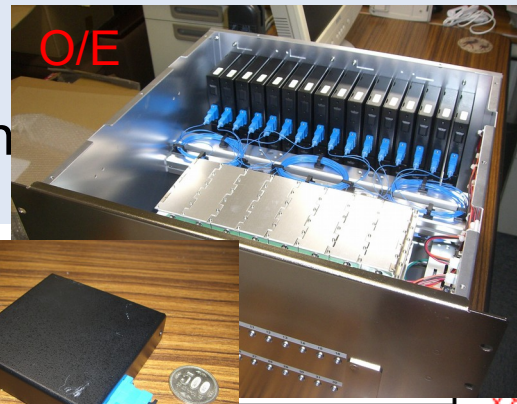
明野大気チェレンコフ望遠鏡

- 中古大気チェレンコフ望遠鏡
 - 三井造船 1998 年製
- 口径 3 m の経緯台
 - 光学系: Davies-Cotton
 - $f/d = 1.0$
- 2010 年 11 月に設置完了



PeX (TenTen) R & Dシステム

- 32ピクセル (PMT) カメラ
 - Hamamatsu R11265-100 (SBA 光電面)
- 波形読み出し回路: アナログメモリーセル (AMC) ASIC
 - 1 GS/s、アナログ帯域 > 200 MHz
 - ピクセル当りサンプリング深さ $64 \text{ ns} \times 8 \text{ ch} = 1 \text{ ASIC}$ (光遅延を利用)
- FPGAトリガーボード
 - 単純なトリガー条件 (adjacent)



インストール完了 (2014年3月)

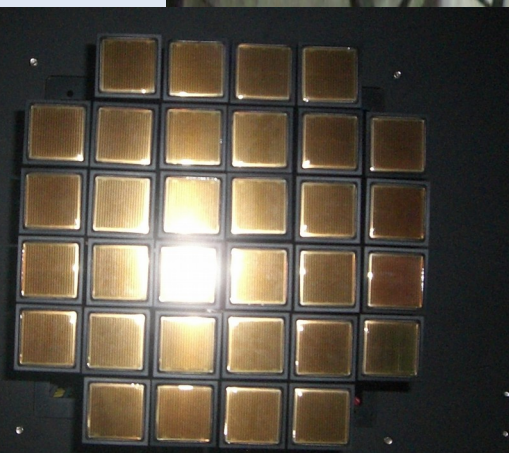
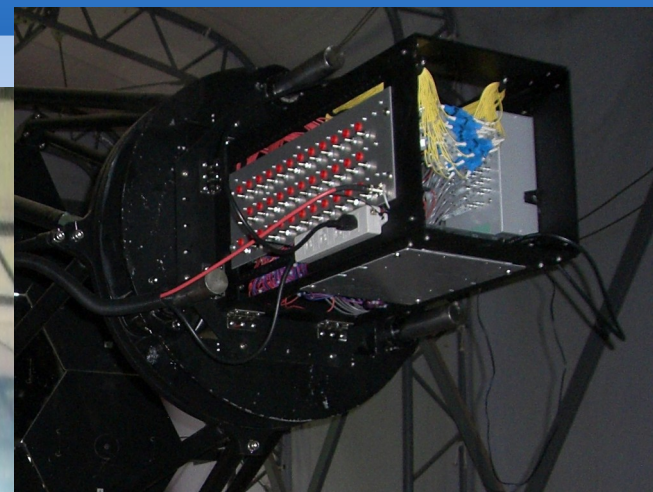


光ケーブル

HV分電盤 (大嶋)

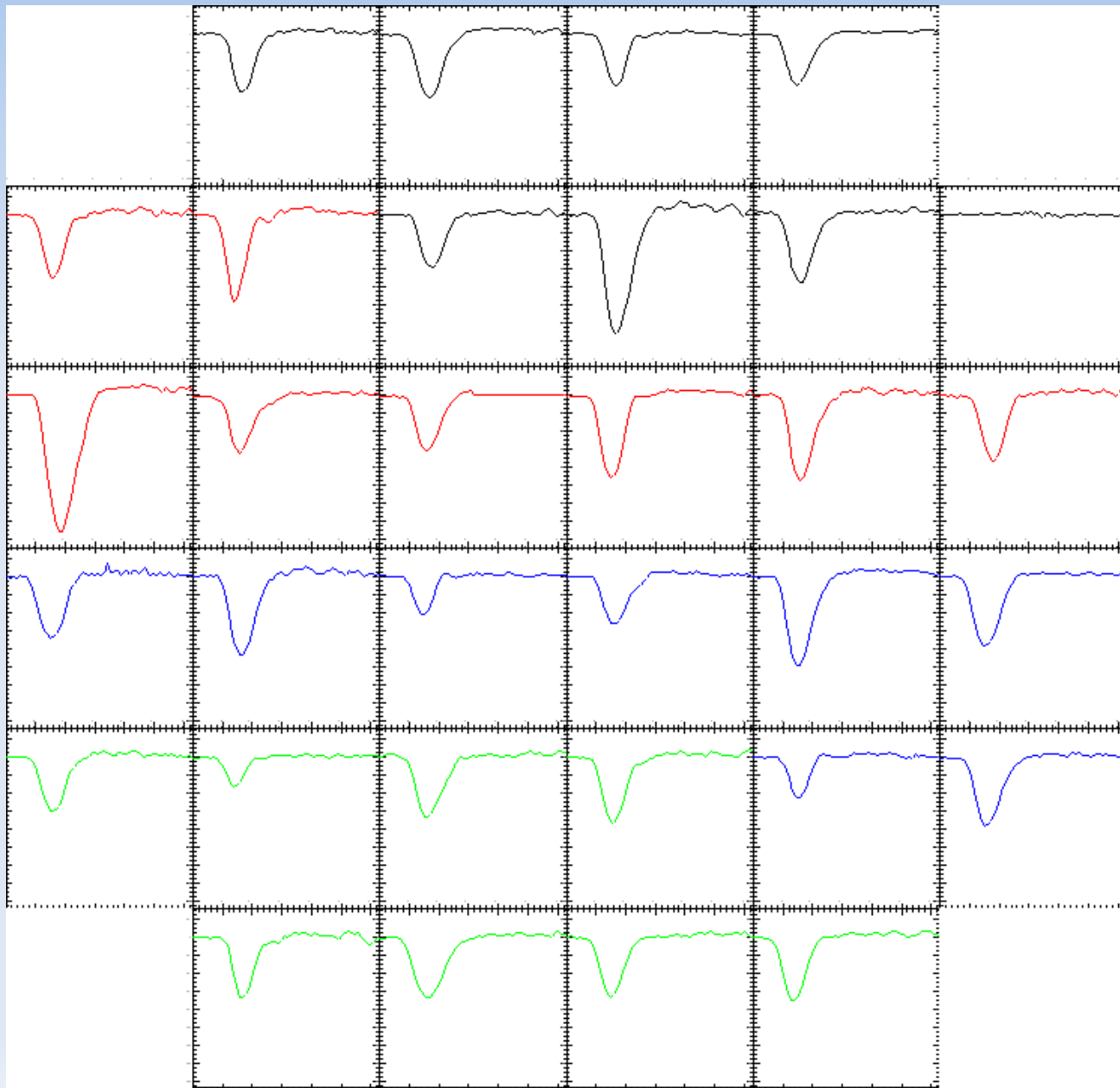
トリガー (大石)

DC電源



データ収集システムの試験

- 全チャンネルの波形データ
 - 青色LED光源(外部トリガー)
 - HVの粗合せ後(オフライン補正無し)
- AMC
 - 8チャンネル/チップ
 - 同一色が同じチップ
 - 1 GS/s
 - 64 ns window
- ノイズ問題
 - トリガー回路に影響
 - 調査中



ノイズとの戦い

トリガー回路に影響

- E/Oユニット中のコンパレータ

発生源?

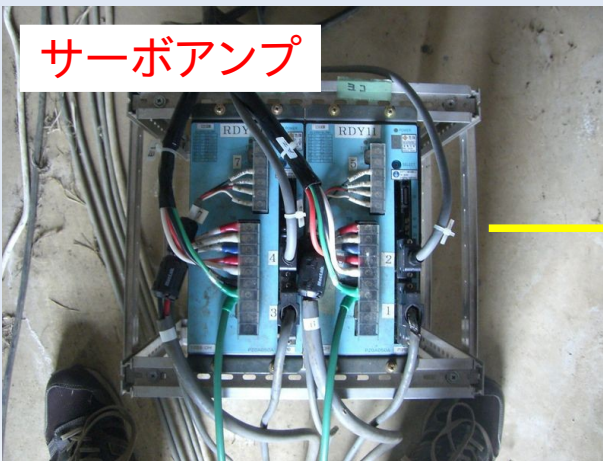
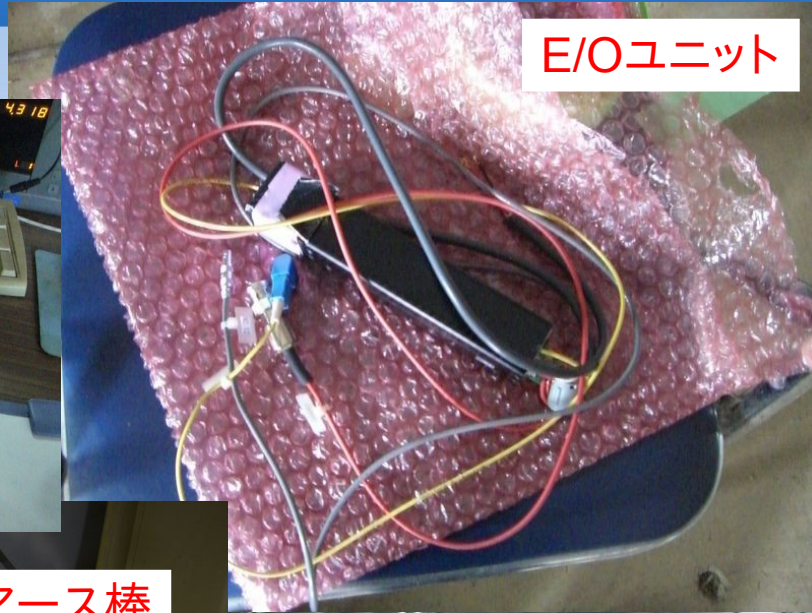
- 駆動系のサーボアンプ?
- E/Oユニットそのもの?

進入経路?

- 電源ライン?
- 電磁波?(低周波)

対処

- アース棒増設
- フェライトコア
- シールドメッシュ
- ハイパスフィルタ



可視光Crabパルサーの観測

- 電波望遠鏡(鹿島)との同時観測
 - 寺澤研(電波観測担当)と協力
 - 異なる波長域で同時観測し、dispersion measure (DM) のゆらぎを精密観測
 - パルサー前方の Crab Nebula 中のプラズマ(加速領域)に関する新知見
 - 明野望遠鏡は同経度かつ長時間使用可能であるため好都合
- 大気チェレンコフ望遠鏡では実績多数
 - HEGRA、H.E.S.S.、VERITAS、...
- 中心付近の PMT を使用し、光子計数法を採用

Crabパルサーの同時観測

鹿島

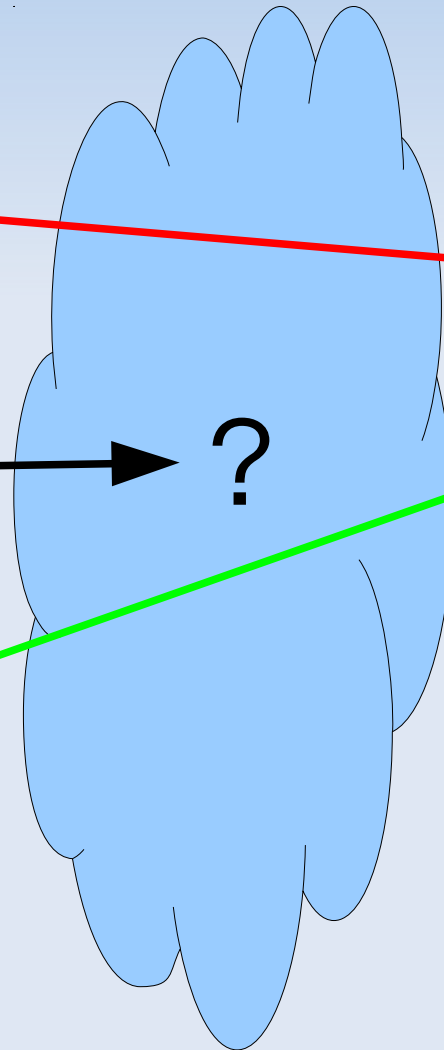


DM変動

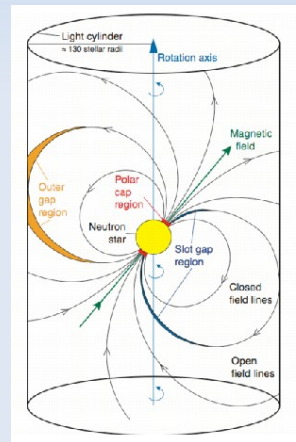
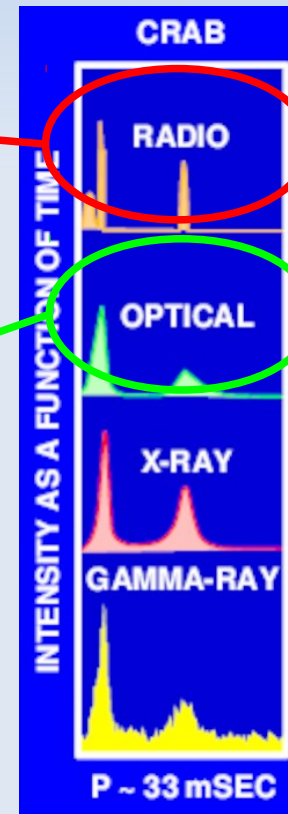


明野

Crab Nebula
(プラズマ)

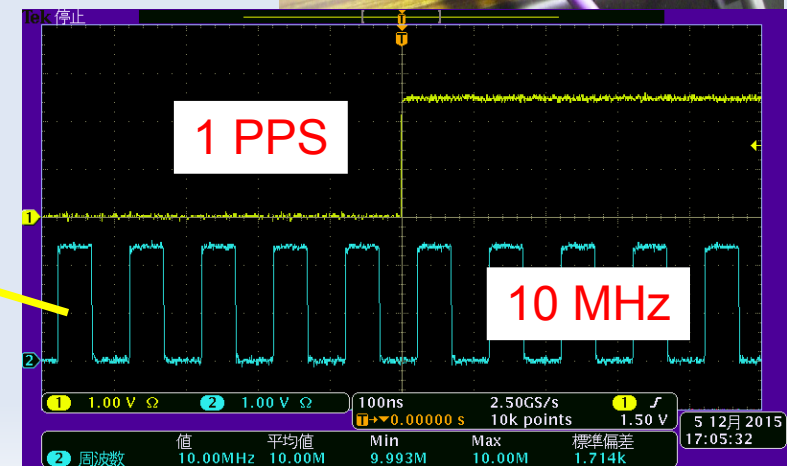
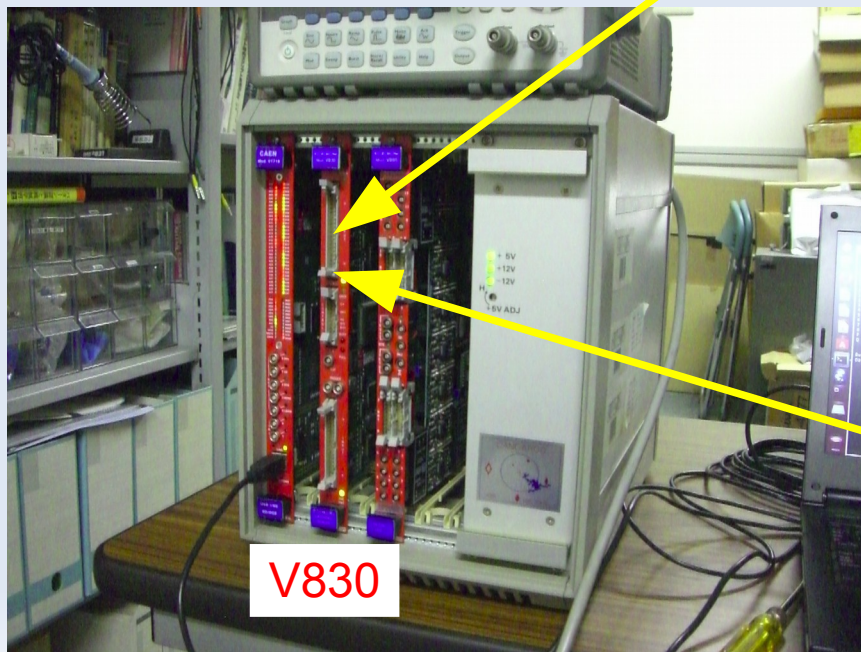
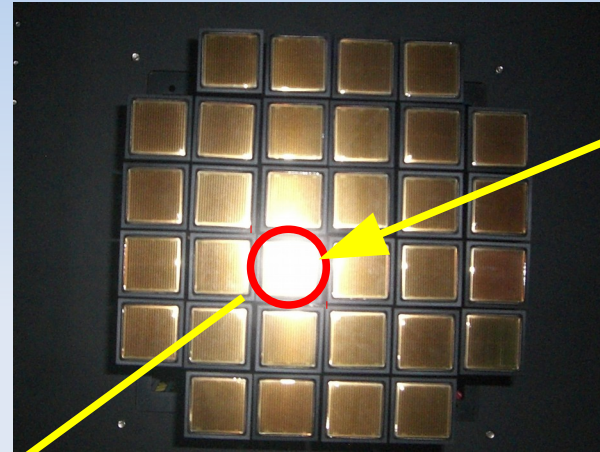
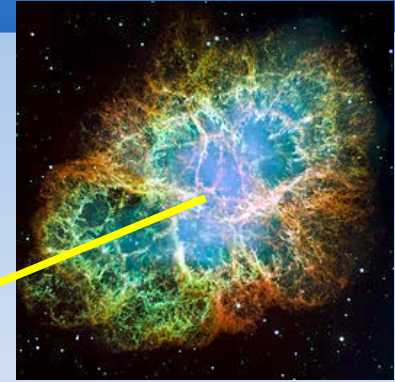


Crab
パルサー



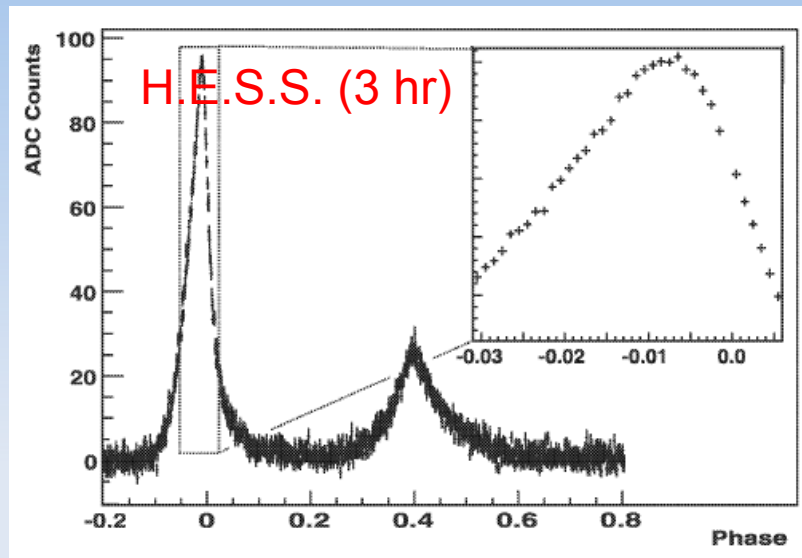
可視光Crabパルサー用DAQシステム

- PeX R & D 用 PMT を再利用
 - 中央付近の1ピクセルのトリガー信号
- 光子計数法
 - 高速スケーラ (CAEN V830)
 - 10 MHz GPS (校正用)

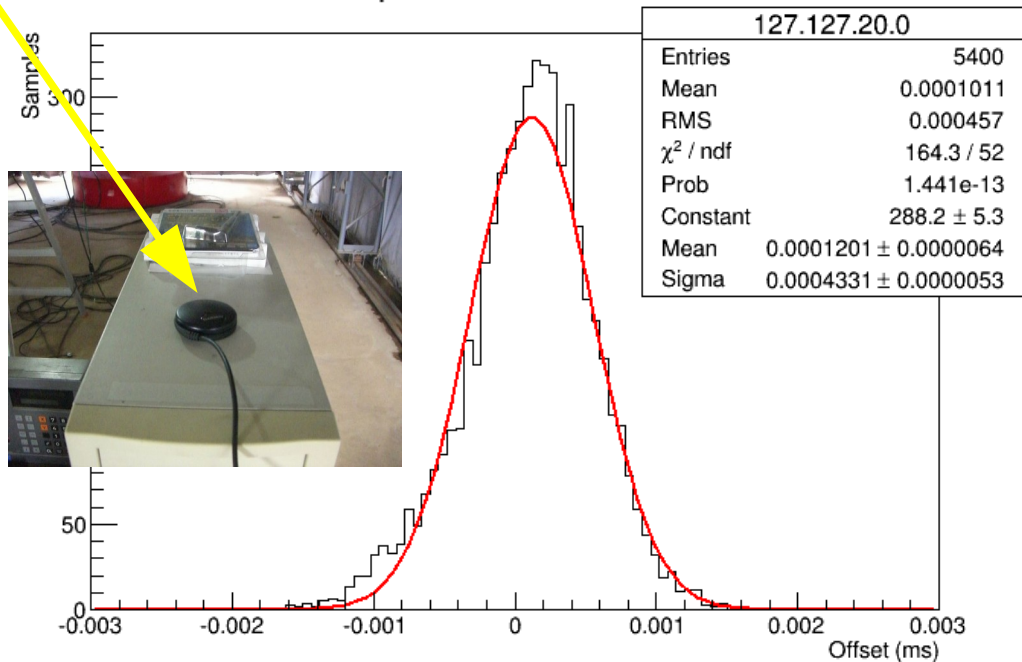


DAQ用PCの時刻合せ

- Crab パルサー周期: ~ 33 ms
 - Main peak 幅 ~ 1 ms
 - 高精度時刻合せが必要
- GPS の PPS 信号を利用
 - GPS ユニット: **Garmin GPS 18x**
 - PC : Core i3 2.5 GHz
 - Ubuntu 15.04
 - GPS ユニットとシリアル通信
 - NTP で同期
- 性能:
 - **RMS ~ 500 ns を達成**
 - 昨年度より一桁改善



NTP peerstats on 20151215



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し、維持
 - 中古品を修理後、2010年に設置完了
 - 望遠鏡光学系、駆動制御システムの再構築を完了
- 別途開発中のデータ収集システムを導入し、試験観測
 - PeX R & Dシステムを導入、調整中
 - 空気シャワー、ガンマ線(?)の観測で性能実証
- 可視光 Crab パルサー観測の準備
 - 電波との同時観測で Nebula 加速に関する新知見を期待
- 今後の予定
 - CTA カメラ R & D、空気シャワーからの電波観測
 - 胞芽的研究の支援