

CHERENKOV TELESCOPE ARRAY

次世代超高エネルギーガンマ線天文台

茨城大学 高エネルギー宇宙物理グループ

CTA PROJECT

可視光の1兆倍のエネルギーをもつ光を、超高エネルギーガンマ線あるいはTeVガンマ線(1TeV=10¹²eV)と呼ぶ。このようなガンマ線は、主に宇宙で高エネルギーまで加速された荷電粒子に伴って放射される。宇宙から届いたTeVガンマ線が地球に到来すると、大気中の原子核と反応して、上空で多数の電子・陽電子を作り出す。これらの高エネルギー電子・陽電子は、チェレンコフ光という青い光を放射し、それらの一部が地上に届く。この微弱な光を大型反射望遠鏡で集め、主焦点に多数配置した高感度の光センサー(光電子増倍管)で光の像を検出することにより、TeVガンマ線は検出できる。CTAでは、従来の装置の10倍の感度と広い帯域のガンマ線を観測できるガンマ線天文台を、北半球と南半球に2ステーション建設し、全天を観測をめざす。建設後は、天文の他のコミュニティに開かれた天文台として運営され、これまで以上に多波長天文学の一翼を担っていくことになることと期待できる。

大口径望遠鏡(LST)
30GeV~1TeV

中口径望遠鏡(MST)
100GeV~10TeV

小口径望遠鏡(LST)
1TeV~100TeV

CTAで狙うサイエンス

- 銀河系内宇宙線の起源・加速・伝播: 超新星残骸と周辺の分子雲、パルサー星雲、連星系、TeV未同定天体、銀河中心、銀河面拡散ガンマ線
- 銀河系外宇宙線・最高エネルギー宇宙線源の探査: 活動銀河核・ジェット、ガンマ線バースト、近傍銀河、爆発的星形成銀河、近傍銀河群・銀河団
- 宇宙論・量子重力: 活動銀河核・ガンマ線バーストからのTeVガンマ線の系統的観測による宇宙背景放射光強度への制限、および、プランクスケールでの時間・空間の量子ゆらぎへの制限
- 暗黒物質: 暗黒物質の対消滅・崩壊によるガンマ線・電子宇宙線の探索

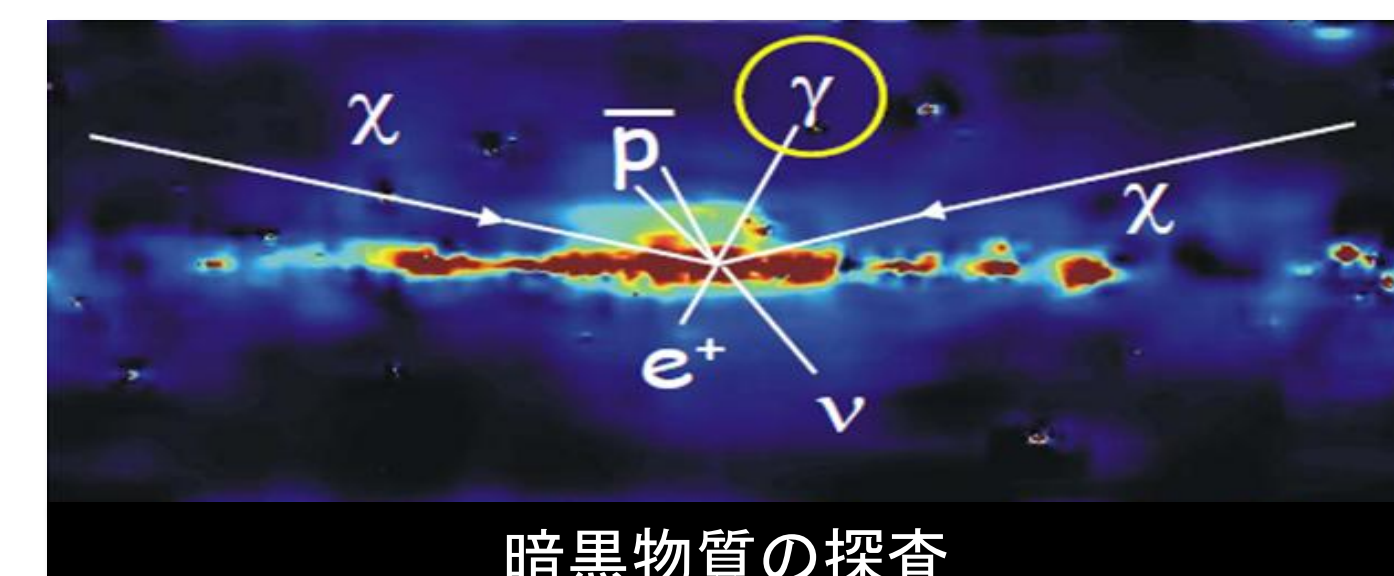
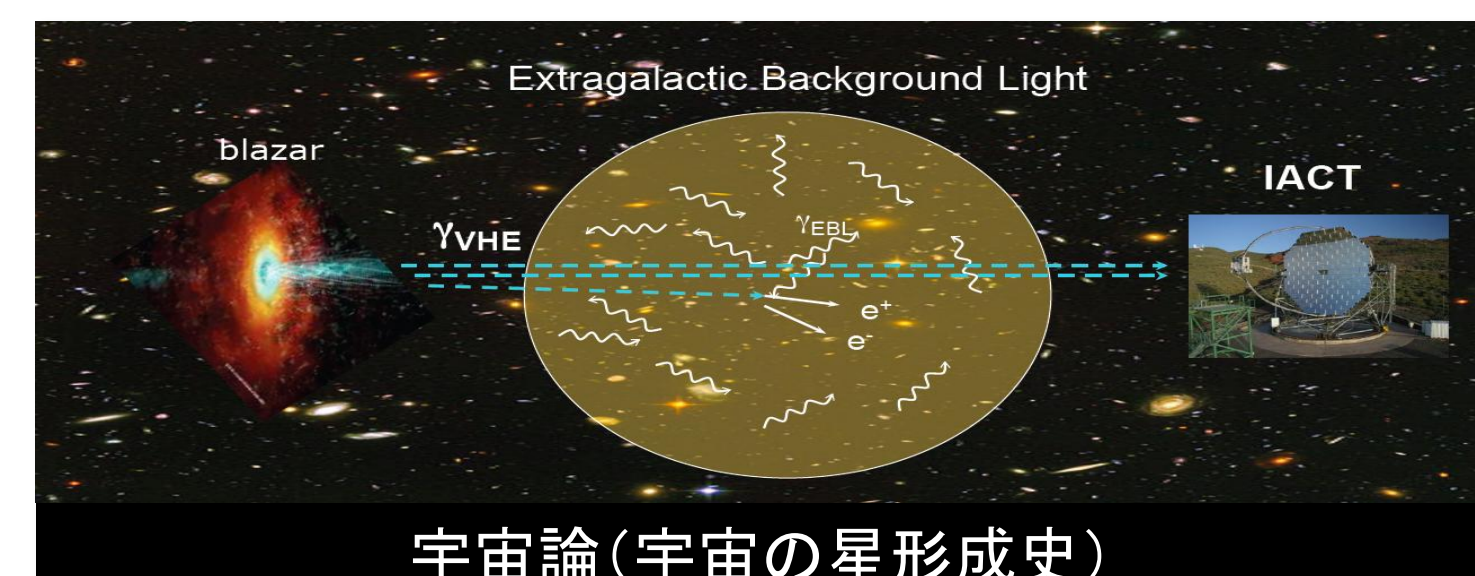
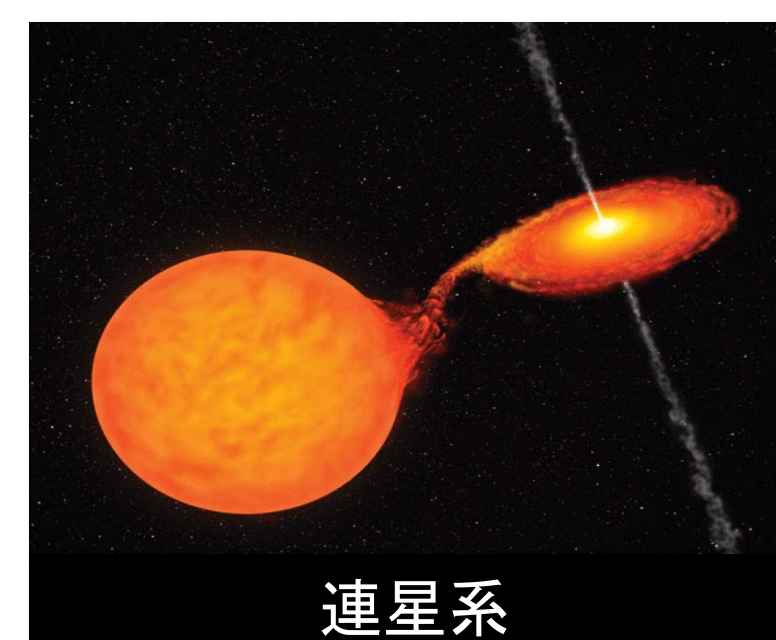
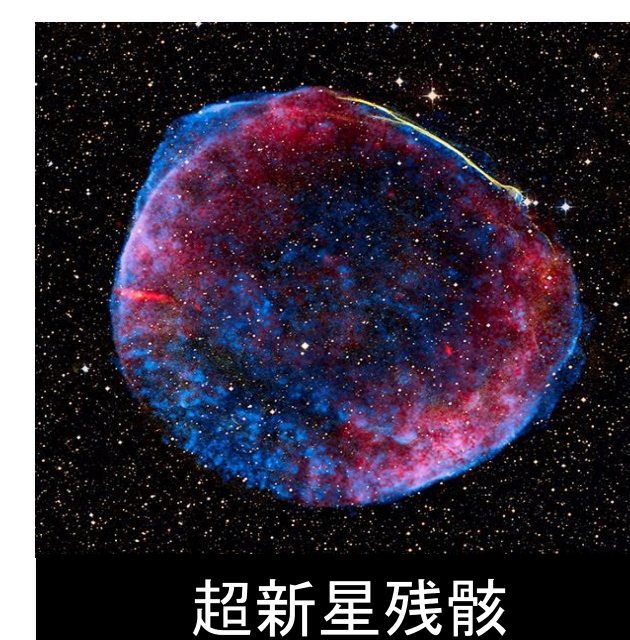
チェレンコフ望遠鏡での観測の原理

宇宙から届いたTeVガンマ線が地球に到来

大気中の原子核と反応して、上空で多数の電子・陽電子を作り出す(空気シャワー)

これらの高エネルギー電子・陽電子は、チェレンコフ光という青い光を放射し、それらの一部が地上に届く

この微弱な光を大型反射望遠鏡で集め、主焦点に多数配置した高感度の光センサー(光電子増倍管)で光の像を検出する



ライトガイド開発

M2 黒田

研究テーマ
ROOTを使ったシミュレーションツールROBAST(ROOT BAsed Simulator for ray Tracing)を用いた、LST用ライトガイドの形状最適化

ライトガイドとは
光電子増倍管(PMT)間の隙間(dead space)を埋め、PMTに効率よく光を集めるための光学部品

ROOTとは
高エネルギー物理学のデータ処理・データ解析を主目的として開発されているソフトウェア・ライブラリ群の総称

ROBASTでライトガイドの形状を作成。
任意の角度ごとに光子を降らせるシミュレーションを行い、光子の集光効率を調べる

集光率(%) = $\frac{\text{出口を通過したフォトン数}}{\text{入射したフォトン数}} \times 100[\%]$

視野内の光
余分な光

ライトガイドへのray tracingのイメージ

ミラー開発

M1 加賀谷

- 大口径望遠鏡分割鏡要求仕様
- 分割鏡1枚あたりのサイズ: 1.5m(六角形)
 - 分割鏡枚数: 1台あたり約200枚(>400m²)
南北で8台: 合計1600枚
 - 反射率: >90%(at 400nm)
>85%(at 300-600nm)
 - 重量: <50kg/枚(20秒で180度回転)
 - 反射率経年変化 <1%/yr(10年の耐久性)



実験: 加速試験
サンプルのミラーを塩水に浸けてミラーの劣化の様子を観察

反射率の測定や腐食面積の測定を行い、ミラーの耐久性を評価する

鏡の劣化の原因の追跡と劣化速度の定量化を行い、より性能の高いミラーを製造するために改良していく



プリアンプ性能評価

M1 梅原

プリアンプの役割

プリアンプは、光電子増倍管(PMT)の増幅率を補助するのが主な目的である。CTAでは目的の検出感度を達成するために、プリアンプに対して右のような要求仕様を課している。

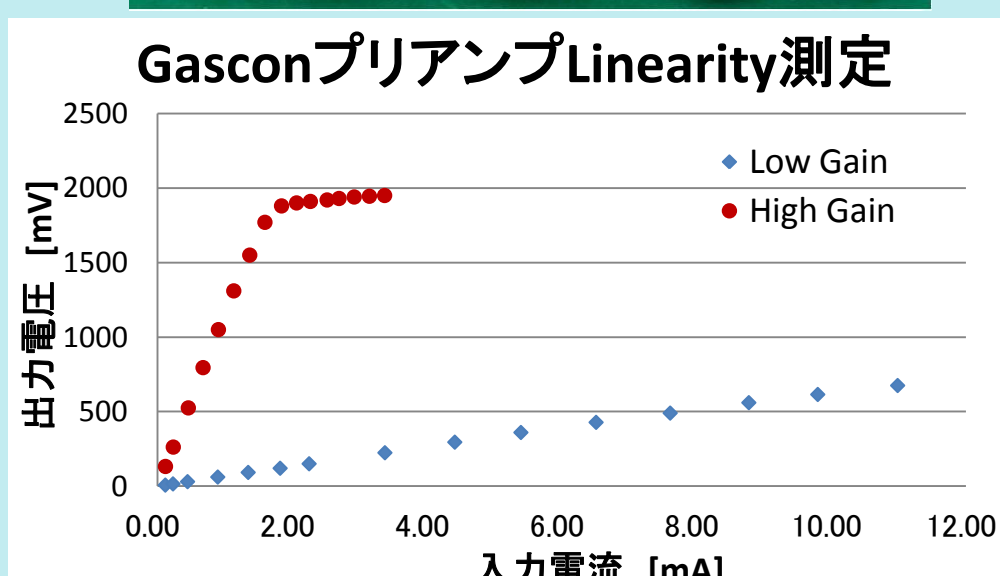
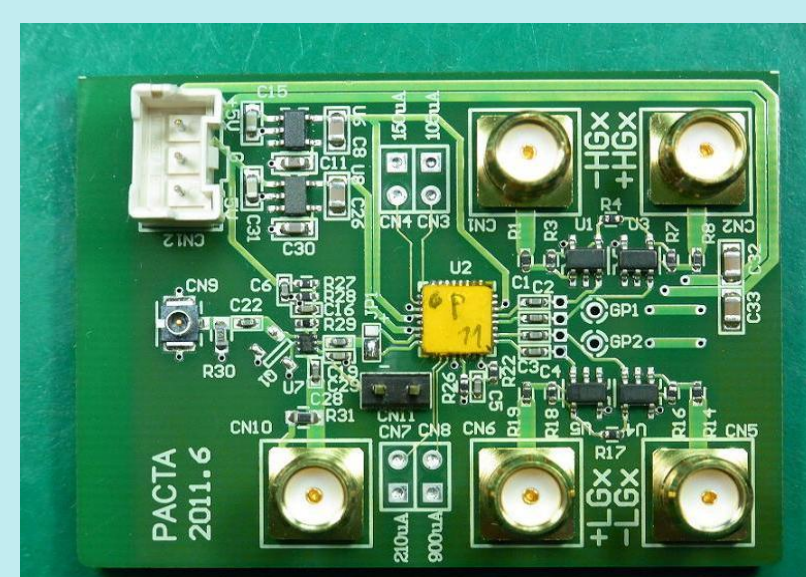
右図が、今まで試験されてきたプリアンプよりも低消費電力であるということから、CTA-LSTカメラで使用する候補として挙げられているスペインのパルセロナ大で制作されたチップを用いたプリアンプである。このプリアンプがCTAの要求を満たしているかを評価する。

性能評価試験

右図はプリアンプの線形性を測定したもので、この結果から増幅率がわかり、また線形性が保たれている範囲からプリアンプで増幅される入力電流の範囲(ダイナミックレンジ)を評価している。

CTAの要求

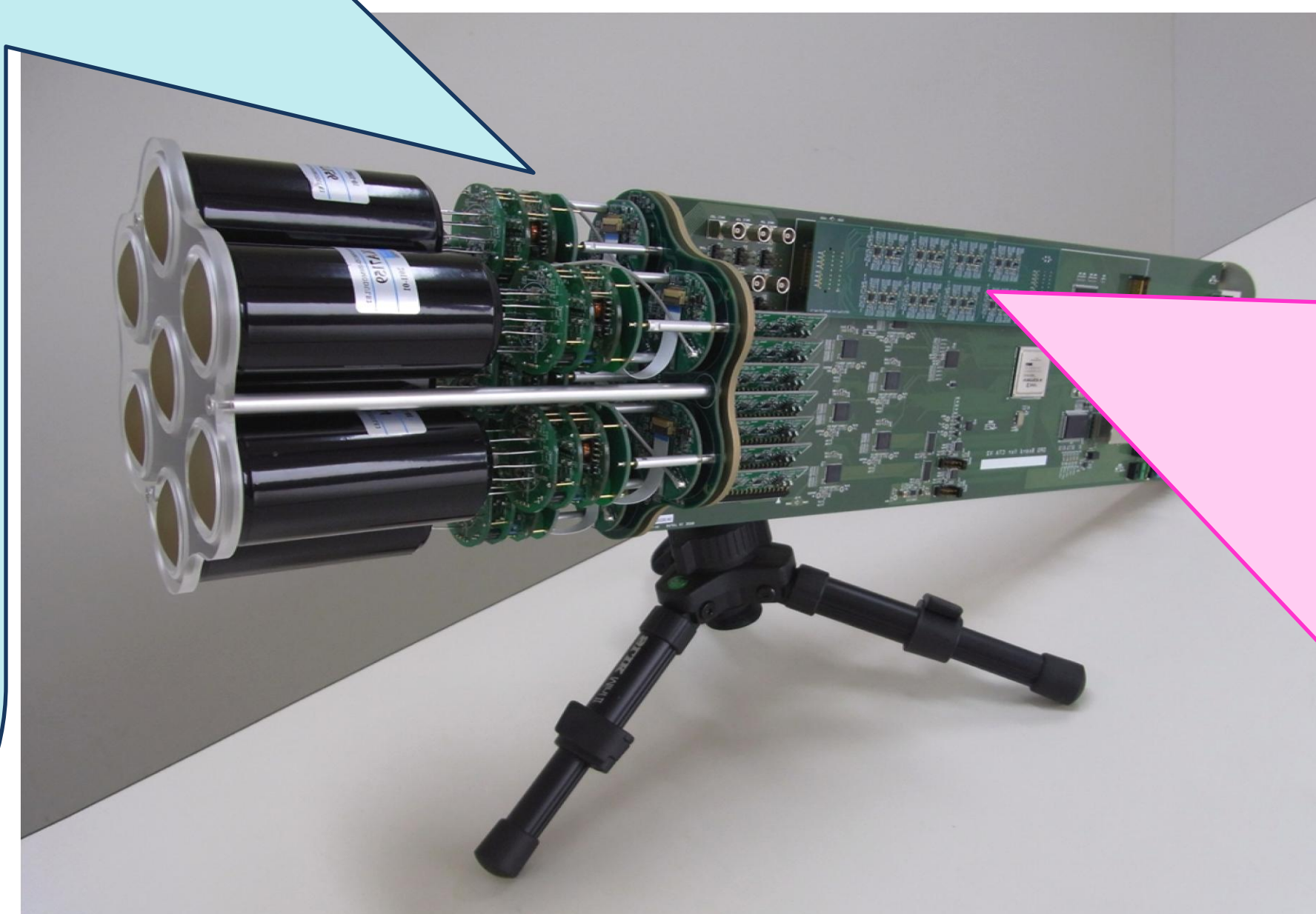
- 広いダイナミックレンジ(1~3000p.e.)
- 良い線形性
- 低ノイズ
- 高速応答(帯域500MHz以上)
- 低消費電力(≒100mW)



大口径望遠鏡(LST)装置開発

大口径望遠鏡(LST)の要求仕様

- 口径: 23m
- 焦点距離: 27.6m
- F値: 1.2(27.6m/23m)
- 曲率半径: 56m
- 形状: 回転放物面型
- スポットサイズ: <2分角

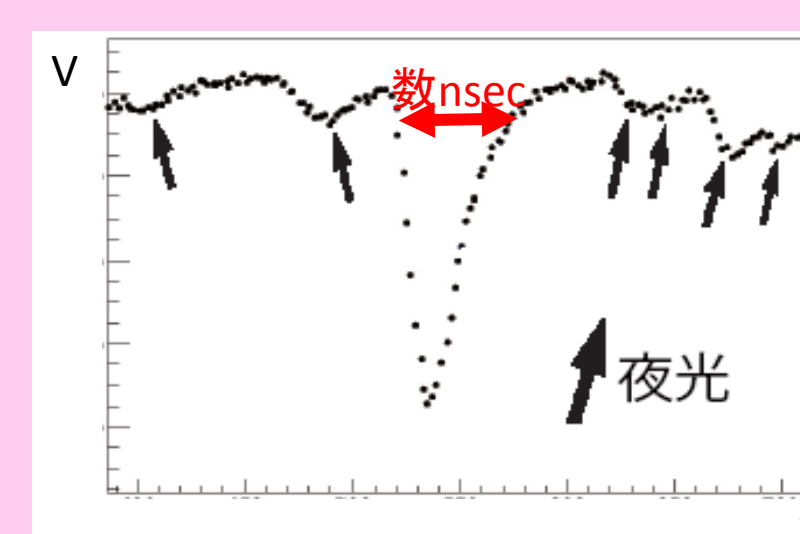


DRS4チップの特性評価

M2 佐々木

要求仕様

- 高速の読み出しエレクトロニクス
夜光レート: 数百MHzに1光電子
チェレンコフ光の信号の幅: 数nsec
1GHz程度のサンプリングにより、夜光によるノイズ減らす。
- コンパクト、安価
(1カメラ当たり数1000ピクセル)
- 低消費電力(熱設計)



DRS4評価ボード
DRS4チップ自身の評価をするために、最低限の機能のみを搭載したボード

目的

DRS4チップの入力電圧に対する応答を測定する(例: 恒温槽を用いてチップの温度特性を測定する)。

DRS4チップ (スイスPSIで開発)

