

小型衛星搭載用の 新型偏光検出器の開発

金沢大学 自然科学研究科 数物科学専攻
宇宙物理学研究室 修士1年 菊池 将太

研究の目的～GRBとは？～

ガンマ線バースト (GRB: Gamma-Ray Burst)とは、ガンマ線が宇宙の遠方から突発的に飛来する現象

- ◆ 非常に短い時間変動を伴う
数秒～数百秒
 - ◆ 宇宙最大の爆発現象
 $10^{52}[\text{erg}] = 10^{45}[\text{J}]$
 - ◆ 等方的に1日に1回発生
 - ◆ 発生メカニズムが不明
- GRBの偏光が観測されれば説明が
つく有力な理論モデルがある

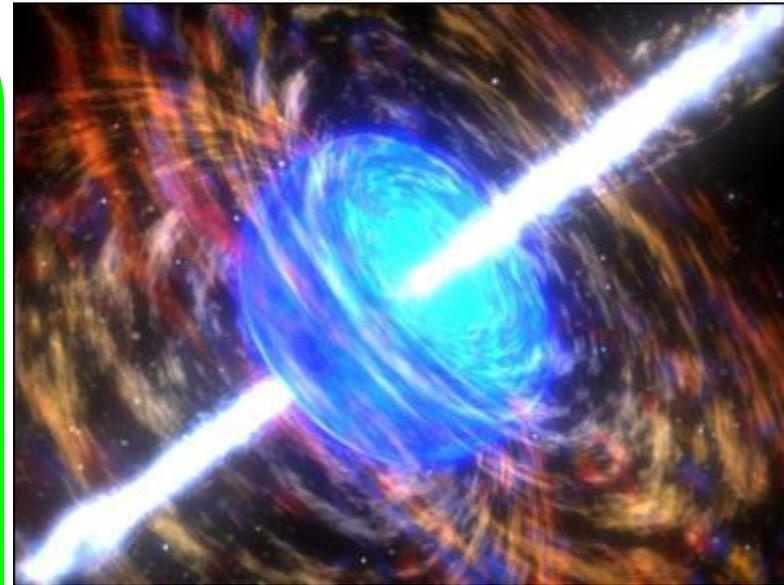


図: GRBの想像図

我々の目的は、GRBの偏光観測によりその放射機構や磁場構造を解明すること！

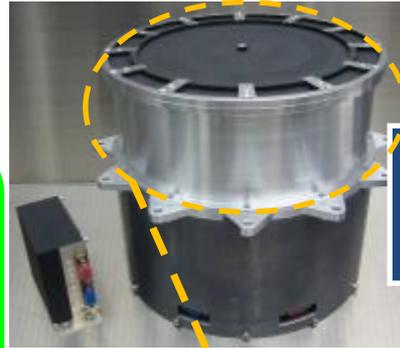
GRB偏光検出器

GAP(Gamma-ray burst Polarimeter)

- ◆ 世界初の本格的な偏光検出器
- ◆ IKAROSに搭載されている

小型ソーラーセイル実証機

(Interplanetary Kite-craft Accelerated by Radiation Of the Sun)



搭載

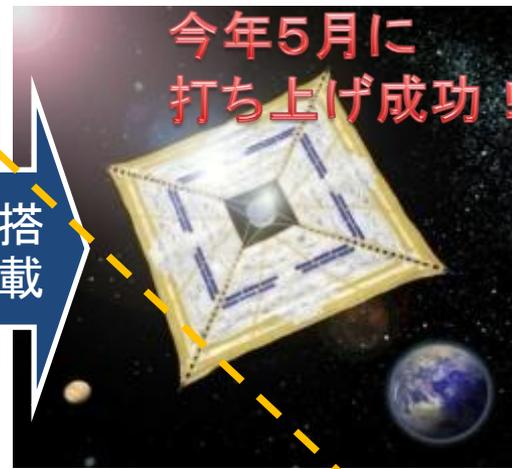
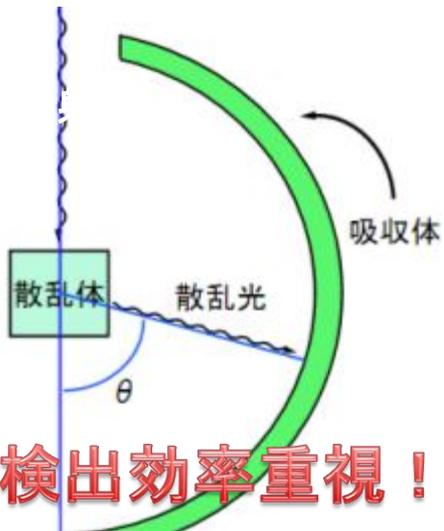
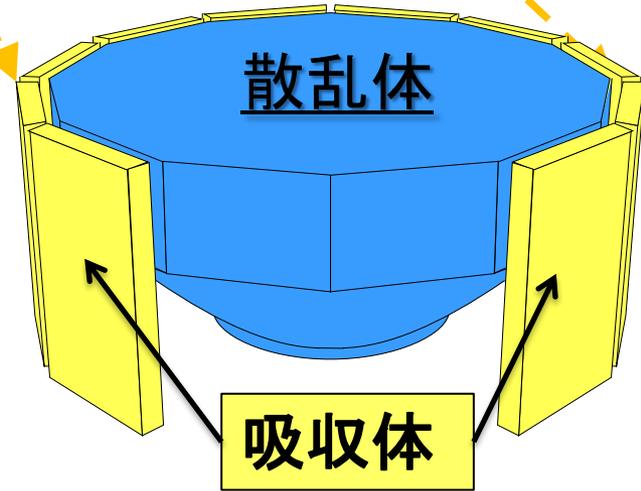


図: 小型ソーラーセイル実証機

～偏光検出器の性能～



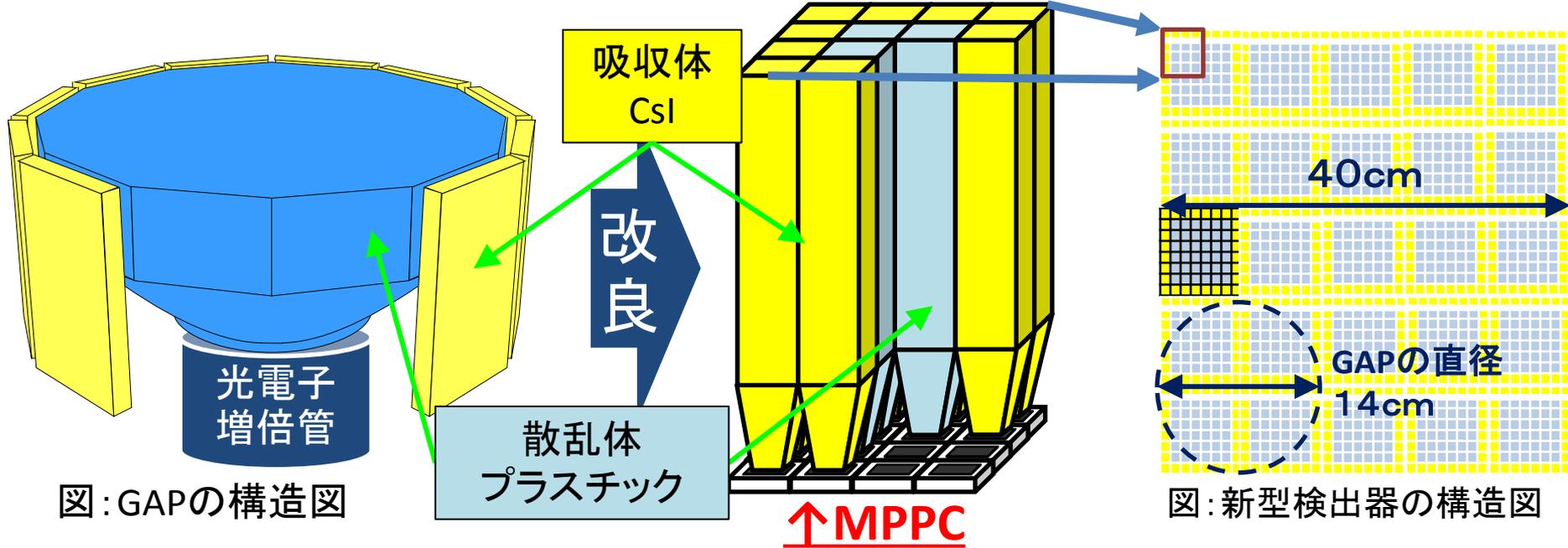
モジュレーション
ファクター重視!



GAPの打ち上げ→
次はより高性能な
検出器開発!

◎多い	検出できる散乱光	×少ない
×分かりにくい	散乱光の入射方向	◎分かりやすい

GAPから新型検出器へ



M: モジュールシオンファクター
 η : 検出効率 S: 有効面積
 α : 比例定数

最小偏光感度MDP
 (Minimum Detectable Polarization) は

$$MDP = \frac{\alpha}{M \sqrt{\eta S}}$$

↑低いほど高性能

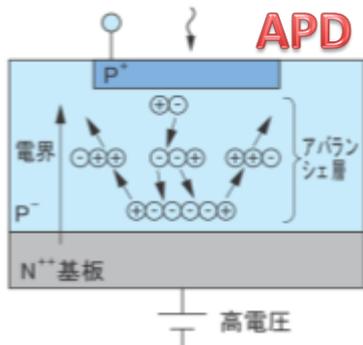
	GAP	新型検出器	性能差
M	0.30	<u>0.53</u>	1.8倍
η	0.17	<u>0.2</u>	1.2倍
S[cm ²]	154	<u>900</u>	5.8倍

**新型はGAPよりMDPで
4.7倍性能が良い!**

MPPCについて

MPPC(Multi-Pixel Photon Counter)は複数のAPDからなる新しい光子検出器

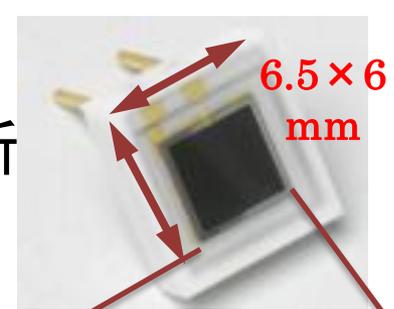
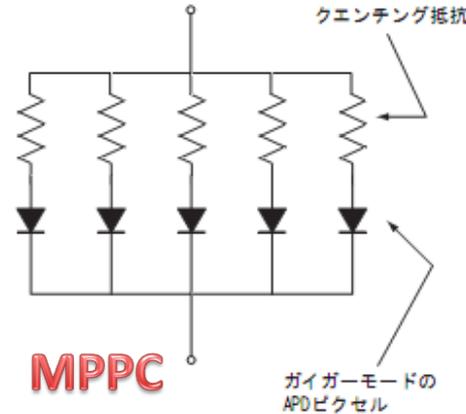
動作原理



発生したキャリアが、高電界で加速されて、新たに電子-正孔対を発生させる **イオン化**

発生したキャリアも加速されて、新たな電子-正孔対を発生させる連鎖が起こる **アバランシェ増倍**

印加バイアスに応じた増倍率を得ることができる

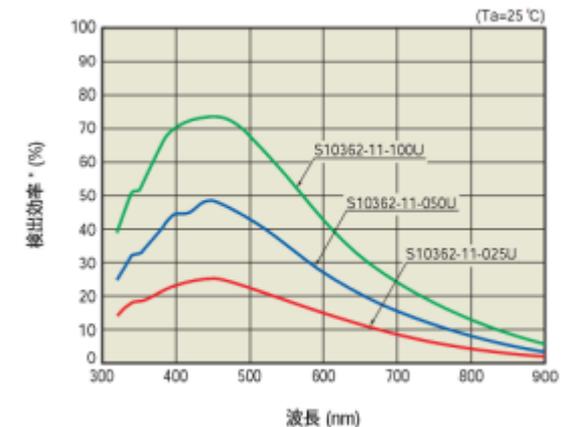


図：MPPCとその拡大写真

主な特徴

- ◆ 低電圧で動作(約70V)
- ◆ 高い増倍率 $10^5 \sim 10^6$
- ◆ 小型・軽量(約0.4g)
- ◆ 量子効率が高い
- ◆ 衝撃に強い

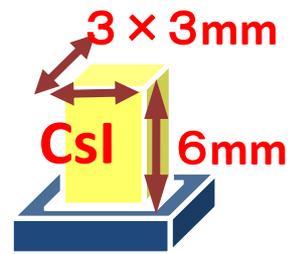
→ 衛星搭載に適している！



図：MPPCの検出効率

MPPCの動作実験

MPPCの基本的な特徴を理解する



- ◆ MPPCの性能と温度の関係
 - 恒温槽で $-20 \sim +20^{\circ}\text{C}$ (10°C 刻み)
- ◆ 3種類のMPPCを比較
 - 同じシンチレータを異なるMPPCに装着

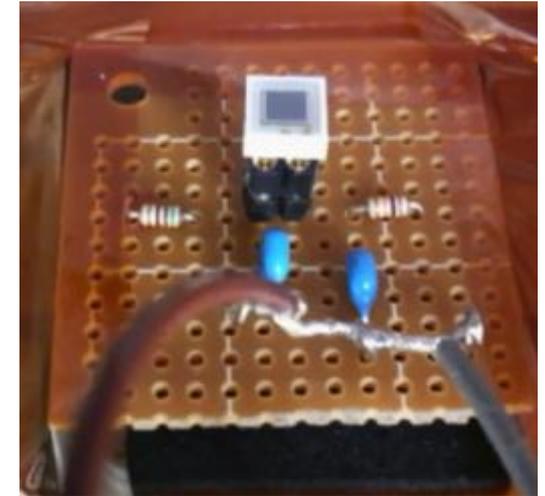


図: 回路に取り付けたMPPC



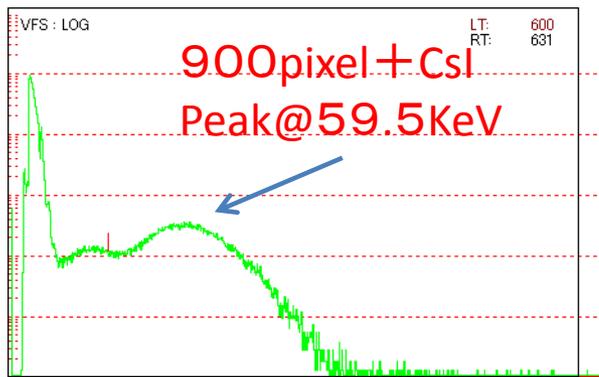
図: 実験に用いた恒温槽

S10362 - 33	- 025C	- 050C	- 100C
受光面[mm]	3 × 3	3 × 3	3 × 3
ピクセル数	14000	3600	900
ピクセルサイズ[μm]	25 × 25	50 × 50	100 × 100
開口率[%]	30.8	61.5	78.5
増倍率	2.75×10^5	7.5×10^5	2.4×10^6

表: 3種類のMPPC

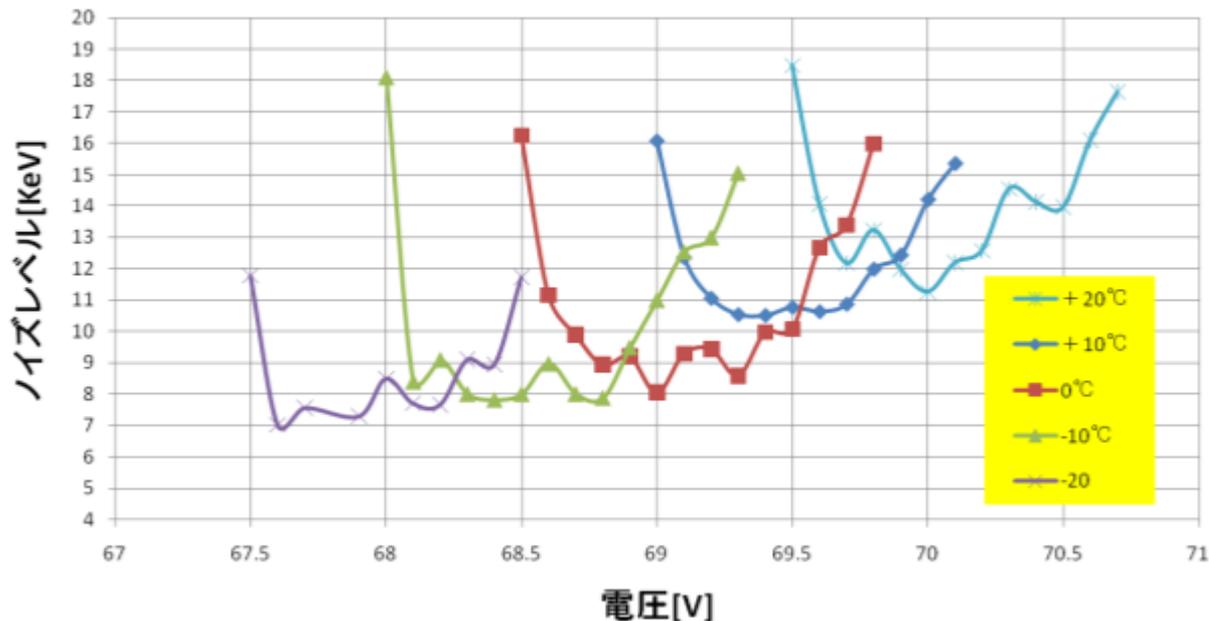
実験結果

カウント数(対数)

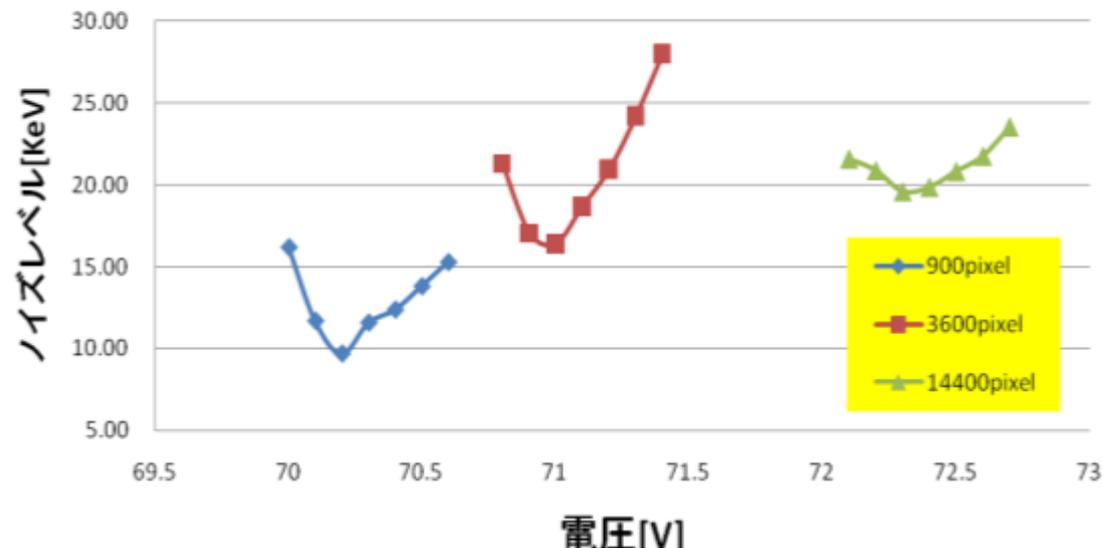


Ch(max511ch)

ノイズレベルー温度の関係 (900pixel+CsI)



同一シンチレータ&各MPPCの関係@10°C



まとめ

- ◆ 0.1Vでノイズレベルが変化
- ◆ ノイズレベルに温度依存性
- ◆ ピクセルが少ない→ノイズ少
- ◆ ピクセル数によって最適電圧が違う

今後の目標

MPPCを用いて新型検出器を開発中

- ◆ MPPCの温度—ノイズレベルの詳細な関係
→ 温度に合わせて電圧を自動制御
- ◆ MPPCと異なるシンチレータを用いた比較実験
→ 最適な組み合わせを決定
- ◆ 4×4 の回路作成とシグナルの読み出し

最終的には

GAPよりも高性能な検出器を
使ってGRBを観測する！

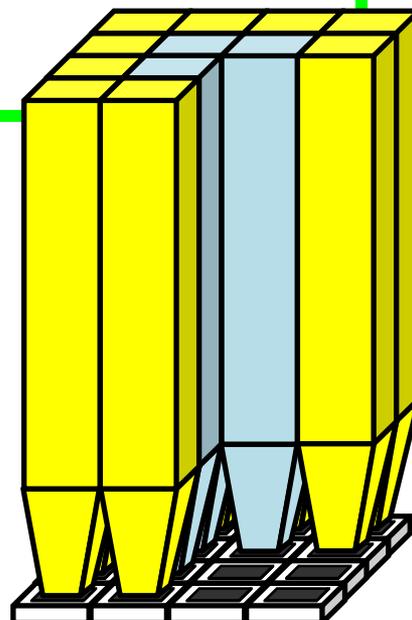


図5: 4×4 の検出回路

