

突発天体自動追尾望遠鏡 WIDGET-Lに用いる冷却CCD カメラの性能評価

埼玉大学大学院理工学研究科
物理機能系専攻物理学コース
田代・寺田研究室 M1
小林 沙緒里



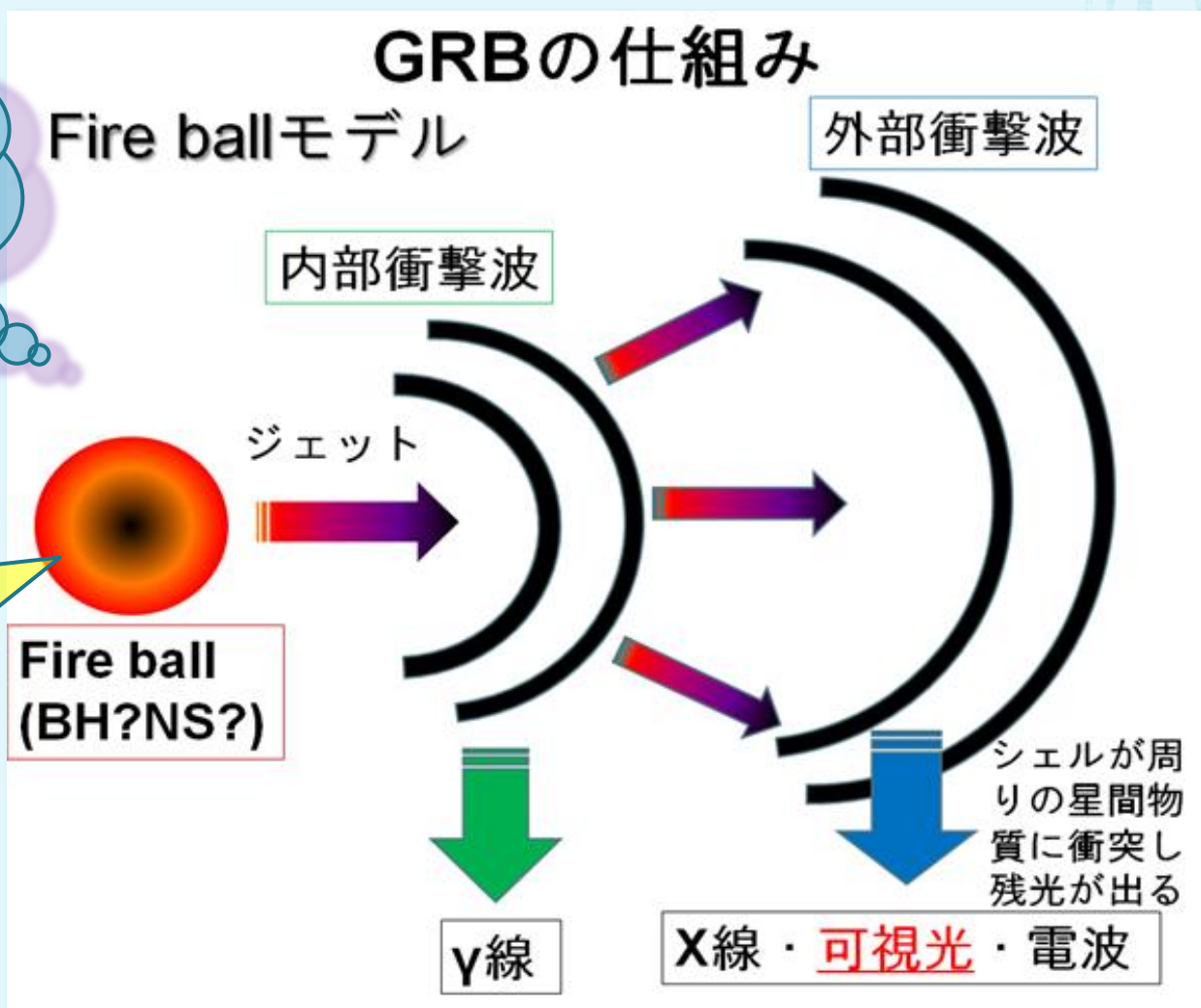
我々の目的:ガンマ線バースト(GRB)の可視光観測

GRBとは

宇宙のどこかで一日に一回程度観測される宇宙最大規模の爆発

GRBから
可視光?

内部衝撃波や
Fire ballからも
可視光を観測



WIDGET-観測システム

(WIDe-field telescope for GRB Early Timing)

観測地: 東京大学木曾観測所

WIDGET-2

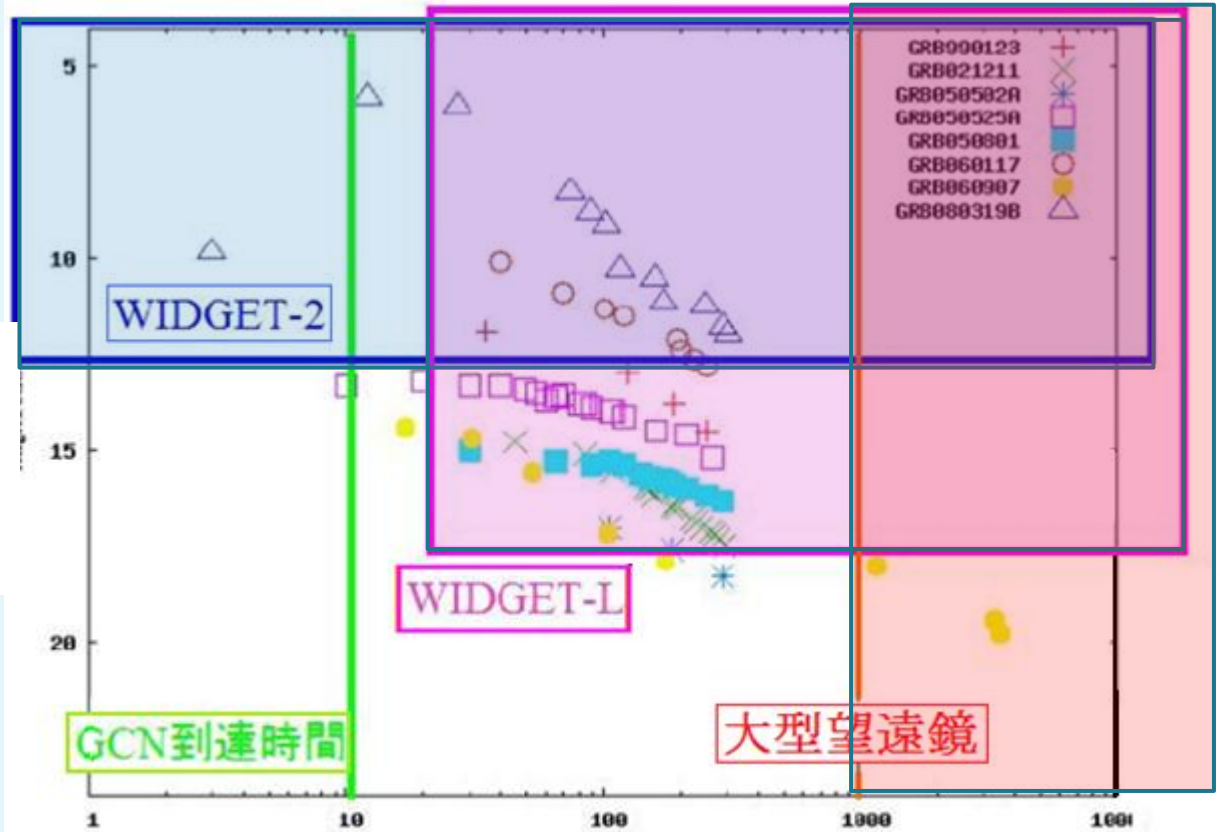


WIDGET-L



WIDGET-2、WIDGET-L、大型望遠鏡の観測領域

等級(mag)



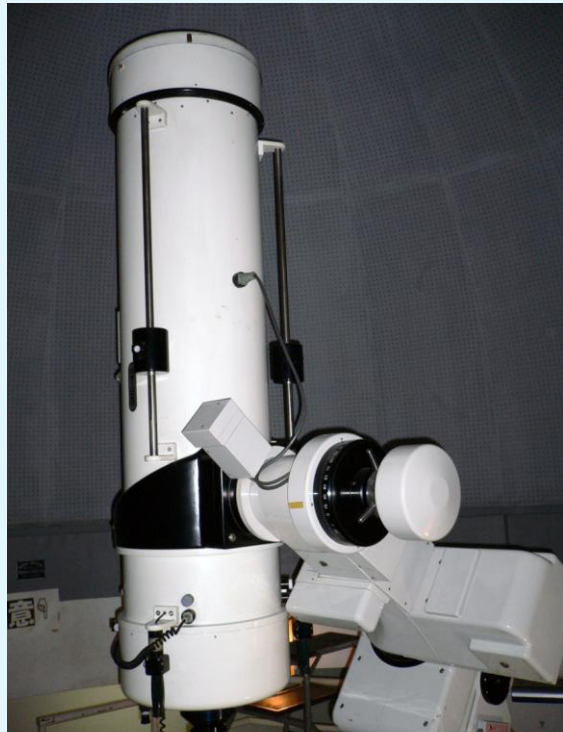
GRB発生からの時間log(sec)

WIDGET-S の誕生 ?

本研究の目的:

WIDGET-SがGRB可視光観測において十分な性能を持つか評価する

教育学部所有40cm
望遠鏡とドーム



評価対象

- CCDカメラの性能評価
- 限界等級(16等を目指)



教育学部棟7階にあります

冷却CCDカメラの性能評価



CCDカメラST-9XE



実験の様子

運用に必要なデータ

- ◆冷却限界
- ◆設定温度までの冷却時間
- ◆Dark countの温度依存性
- ◆Countに対するLinearity

CCD チップ	Kodak KAF-0261E-NABG
チップサイズ	10.2 × 10.2 [mm]
画素数	512 × 512 [pixel]
画素サイズ	20 × 20 [μm]
A/D 変換	16 [bit]
A/D ゲイン	2.2 [e^-/ADU]
読み取りノイズ	15 [e^- -RMS]
フレーム転送型	FFT 型
冷却装置	1 段ペルチェ素子、 冷却ファン
冷却限界	外気温より $-35\text{ }^\circ\text{C}$ まで

CCDカメラのスペック

冷却CCDカメラの性能評価

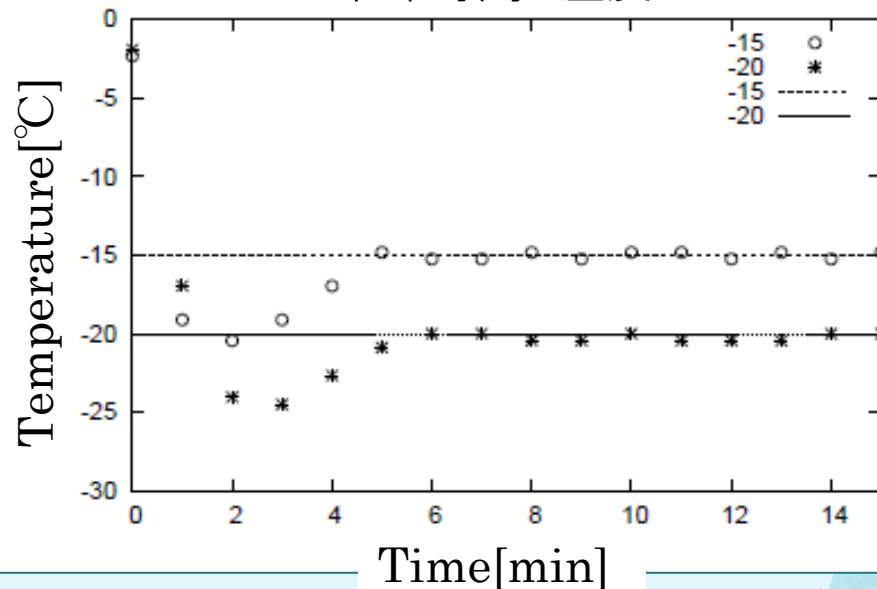
◆ CCDの冷却限界(室温25°C)

冷却温度と冷却効率

設定温度 [°C]	冷却温度 [°C]	冷却効率 [%]
-9	-8.96 ~ -9.37	81 ~ 84
-11	-10.62 ~ -11.03	90 ~ 97
-12	-11.87 ~ -11.03	94 ~ 97

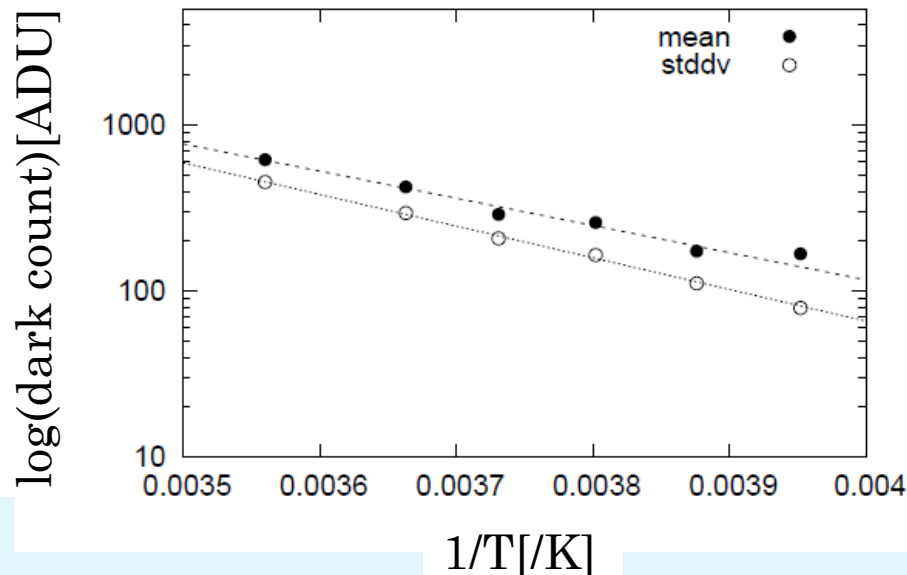
◆ 設定温度までの冷却時間

冷却時間と温度



◆ Dark countの温度依存性

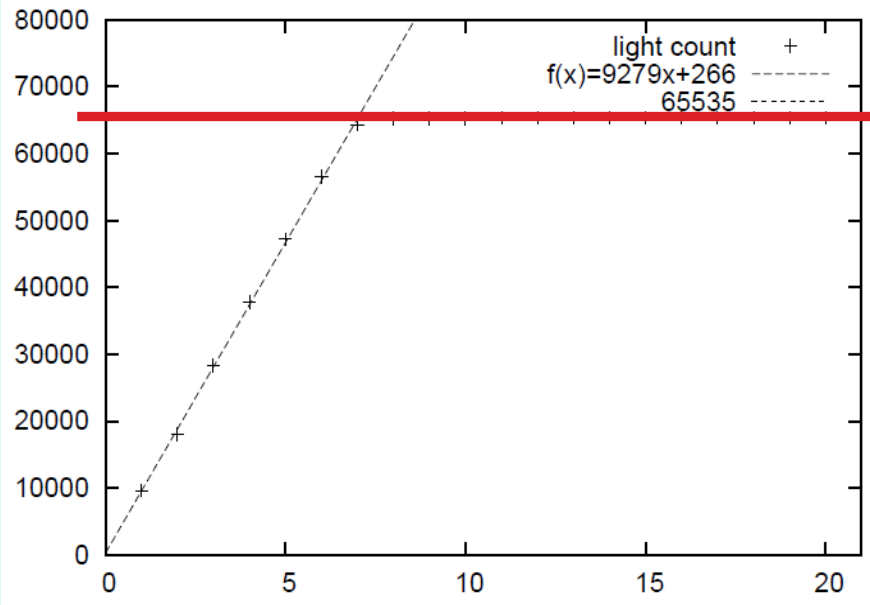
dark count と 温度



- ◆ 室温より-35°Cまで冷却可能
- ◆ 設定温度になるまで約5分
- ◆ -15°Cまで冷却できれば暗電流によるノイズを十分小さくできる

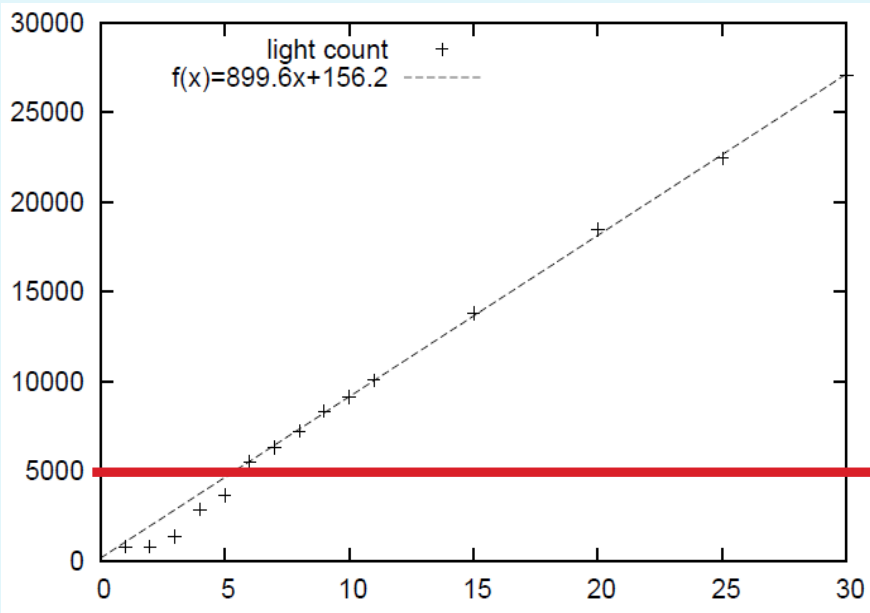
冷却CCDカメラの性能評価

light count [ADU]



light count linearity

CCDのlinearity
5000~64000[ADU]
で保たれる



integral time [sec]

露光時間[sec]

測光-データの取得

40cm望遠鏡



主望遠鏡	ドールカーカム・カセグレン式望遠鏡
主鏡有効径	400mm
副鏡有効径	160mm
合成焦点距離	5200mm
製作	三鷹光器

撮像時の設定

CCDの冷却	冷却効率が90%になるまで冷却 CCDの設定温度 -7.5°C
Dark frame	露出時間5秒、10秒をそれぞれ観測前に20枚取得
標準星	Landolt standard starより ディザリングしながら数十枚取得 Rバンド使用
Flat frame	トワイライトフラットを使用 5秒露光で30枚取得

データ解析-一次処理(IRAFを用いた)

取得したデータに含まれるもの

天体からの信号	これだけ欲しい
ダークノイズ	CCD チップ内で生じる熱電子によるノイズ成分
感度のむら	光学系に由来。非常に暗い天体の光を検出する場合には 慎重に補正する必要がある。
スカイノイズ	天体以外の空からの光成分。大気光や無数の遠方天体からの光, そして都市光など。



Light flame

—

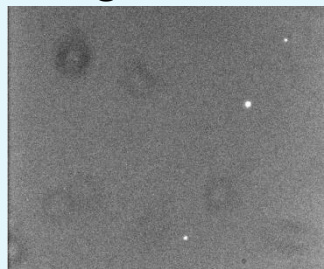


Dark flame

=

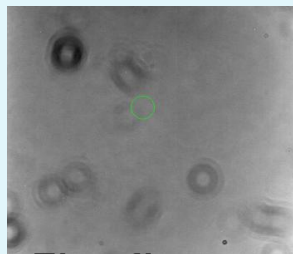


Dark を引いたデータ



Dark を引いたデータ

÷



Flat flame

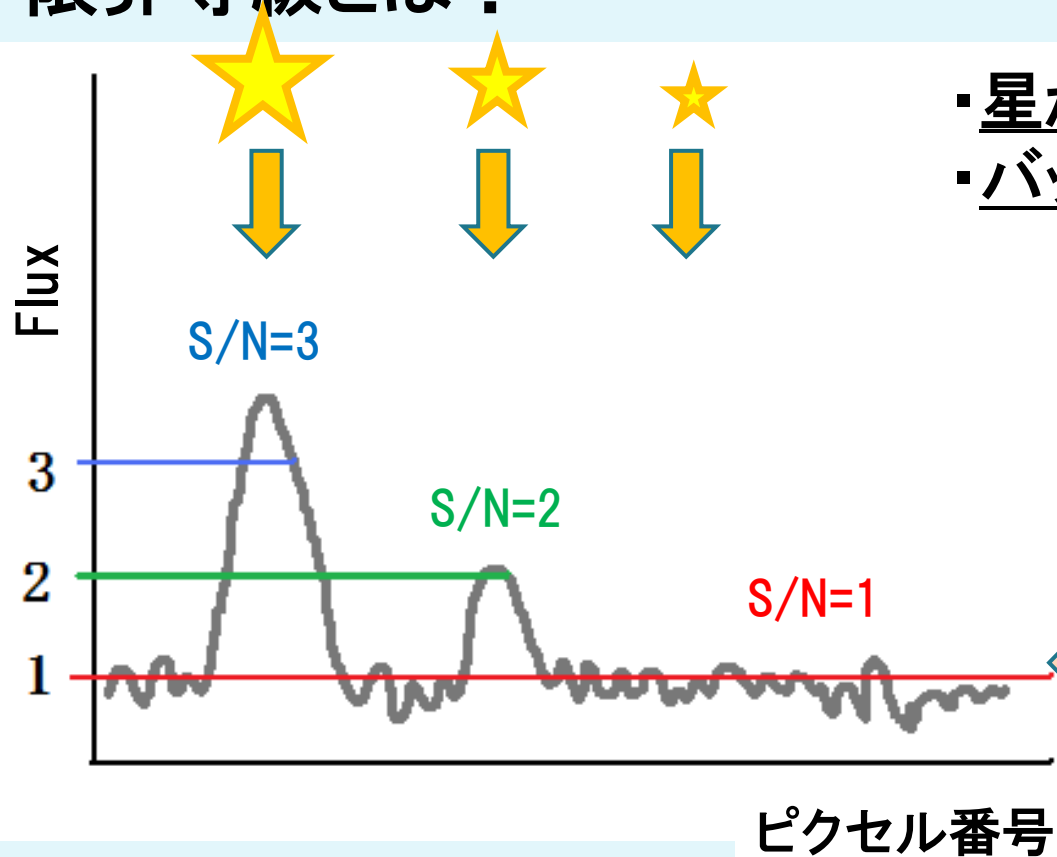
=



処理済みデータ

測光-限界等級の算出

限界等級とは？



- ・星からのシグナル(S)
- ・バックグラウンドのノイズ(N)
でS/Nをとる

ピクセル番号ごとのFlux

バックグラウンドのゆらぎ(rms)

ノイズ(N)に対して何倍のFluxを星とみなすかで決まる

測光-限界等級

S/Nと限界等級の関係

S/N	Mag(lim)
1	15.9
3	14.7
5	14.1
10	13.4

画像を重ねた枚数と限界等級の関係(S/N=3)

枚数	Mag(lim)
1	14.7
3	15.6
5	16.0
10	16.3

S/Nが小さいほど、画像を重ねるほど
限界等級は上がる

GRB可視光観測において十分な等級を観測できる

まとめと今後の課題

- ◆ WIDGET-Sとして観測に必要な等級を満たす
- ◆ GRB観測望遠鏡として使えるので本格運用にむけて測光精度を求める。
- ◆ 星が密集した領域での測光方法の習得
- ◆ WIDGET-Lが復旧次第測光の開始