

MPPCを用いたパルサーの可視光高時間分解観測装置の開発

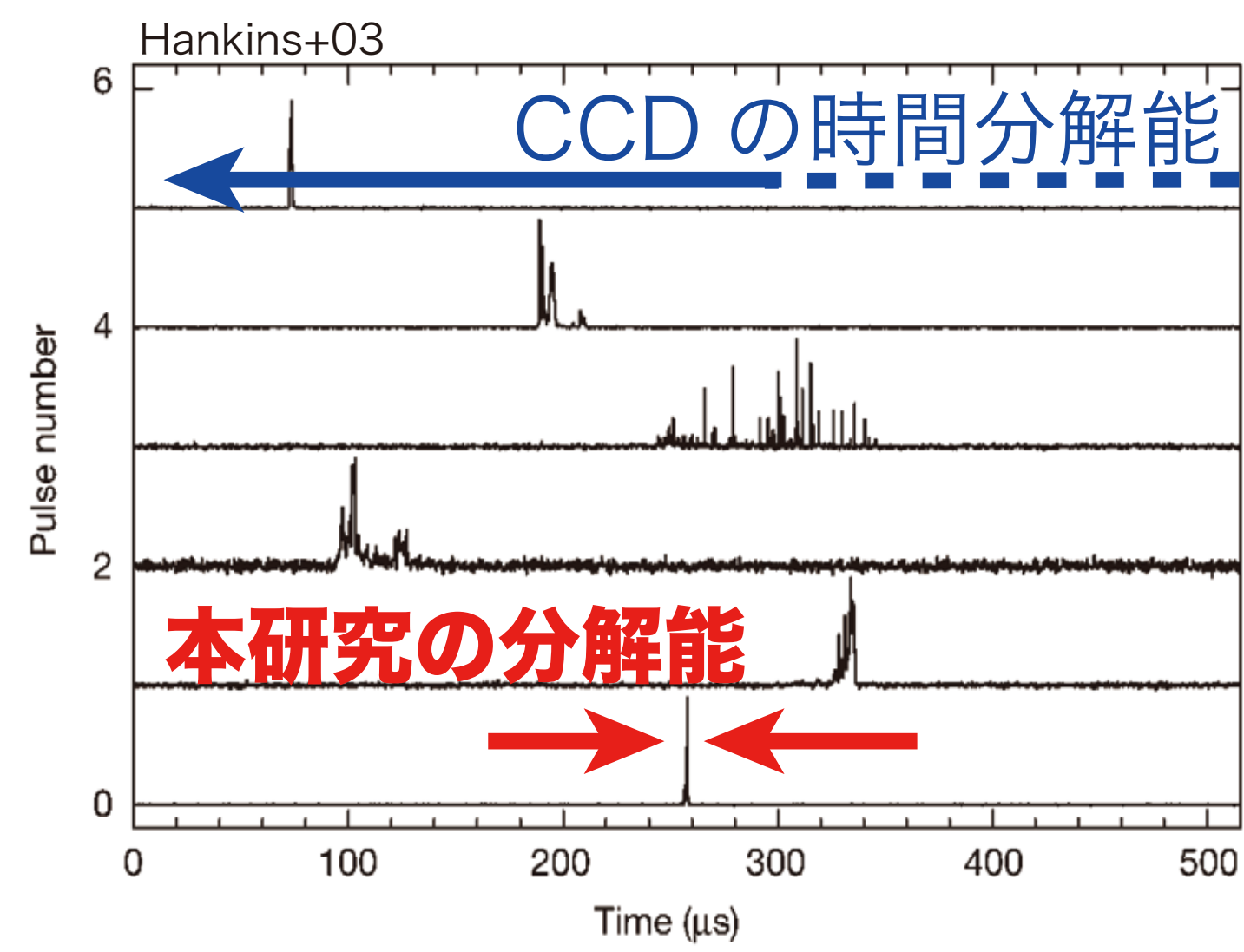
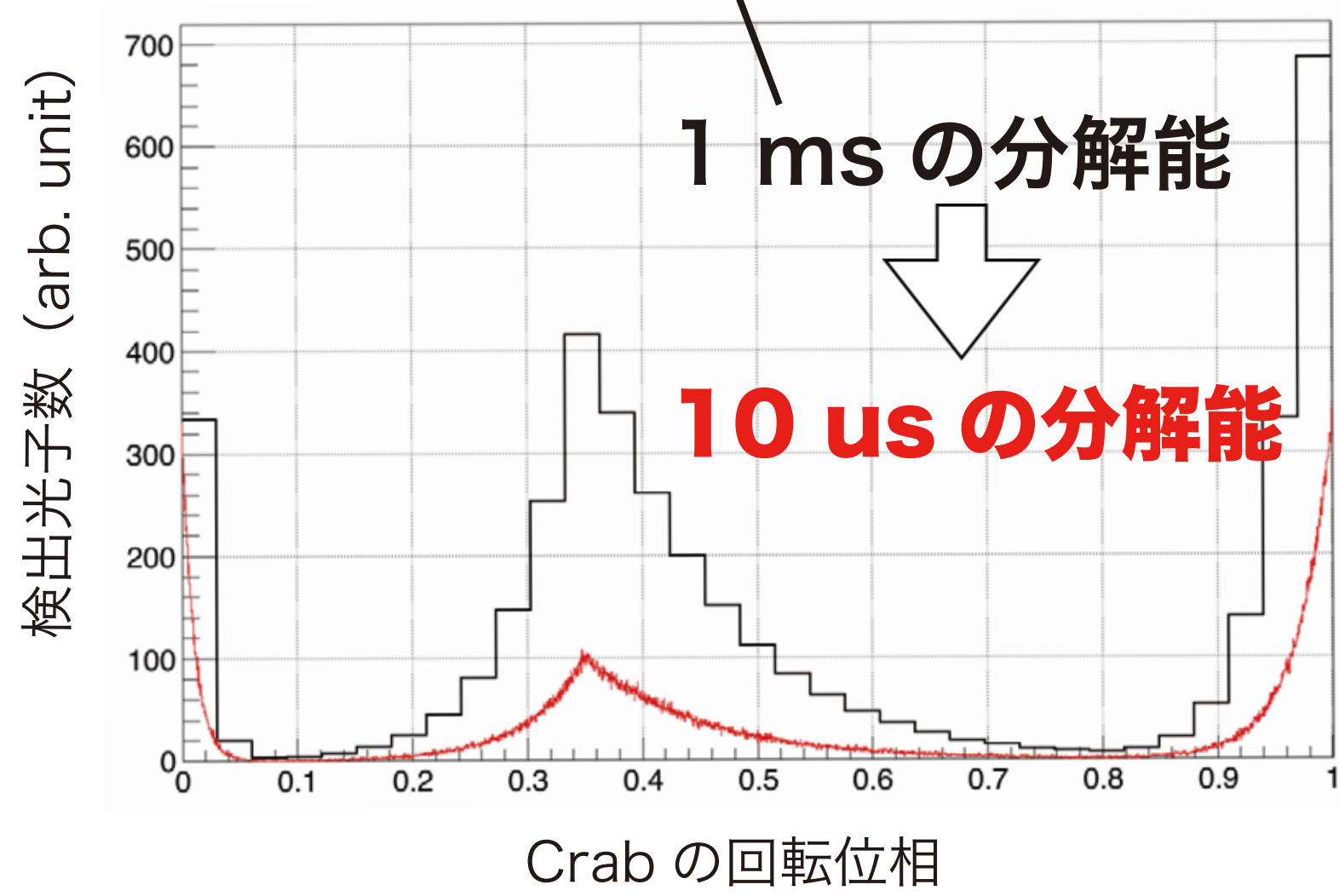
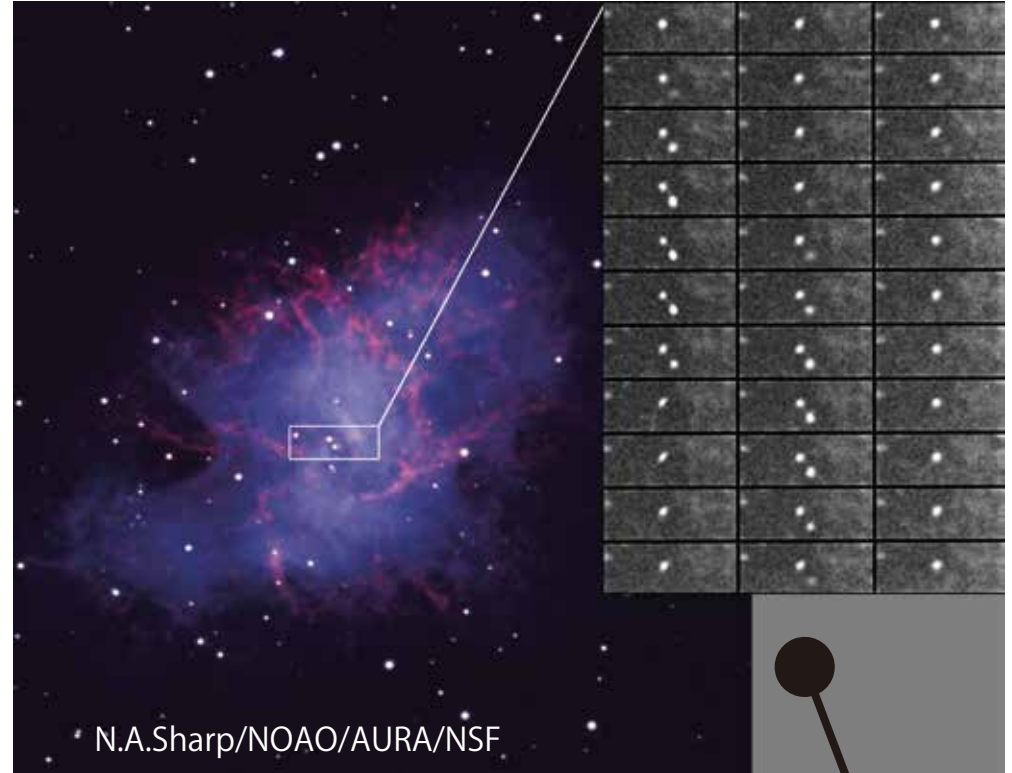
中森健之 荻原理沙 高橋知也 小松未侑 細井祥汰 清水達也 郡司修一 柴田晋平(山形大) 谷津陽一(東工大)

目指すこと

光子計数による高時間分解能で可視光・赤外観測
 詳細な光度曲線の観測 → 磁気圏放射のプローブ
 GRP との同期放射の探索 → 放射起源のプローブ

やまがた天文台で Crab を観測し、
 10 マイクロ秒の時間分解能を実証する

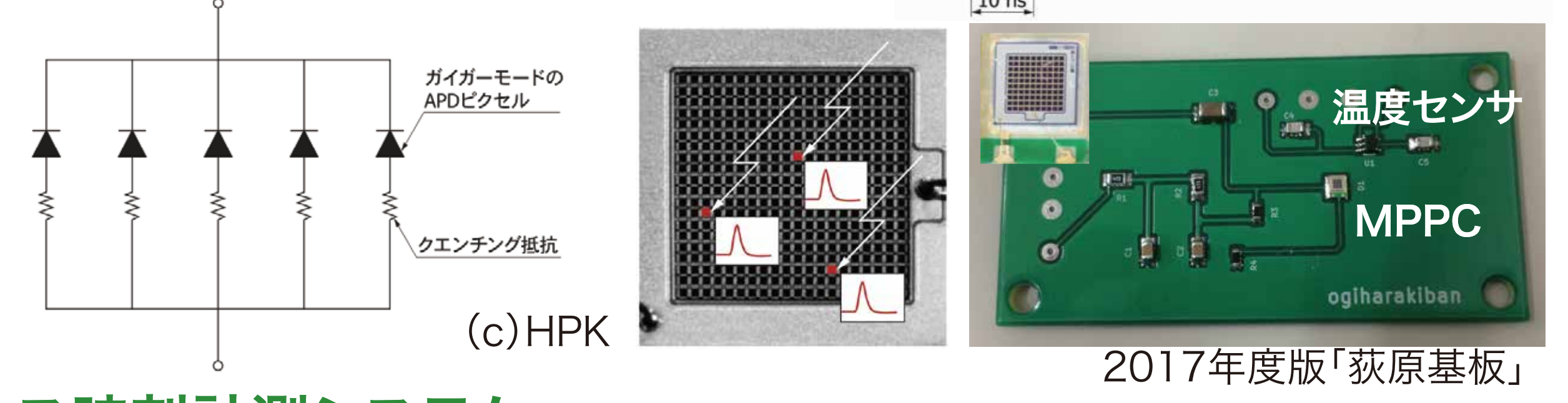
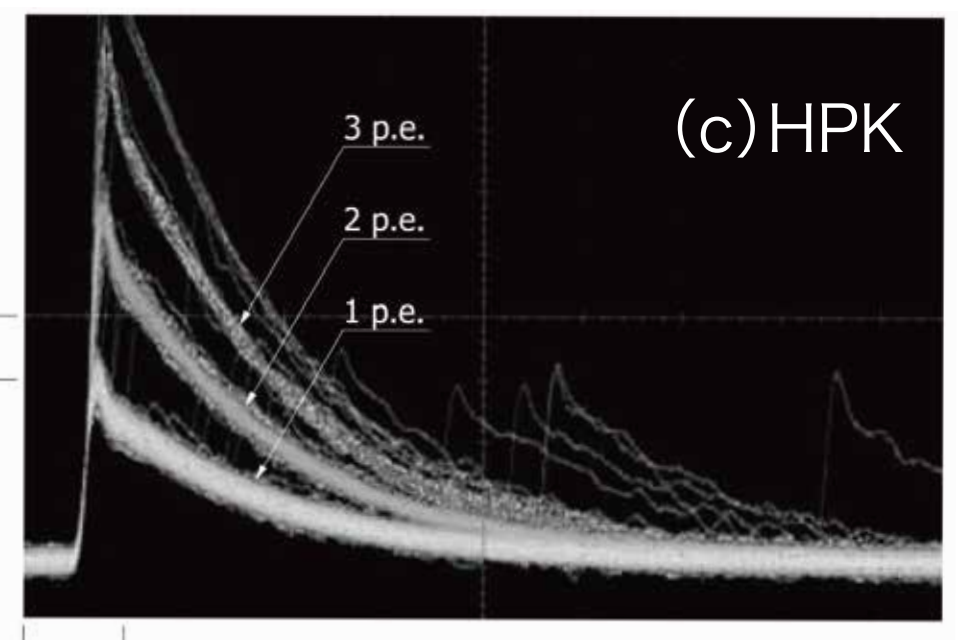
天体起源の1光子を検出する検出器と
 光子検出の絶対時刻を計測するシステムを開発



検出器とシステム

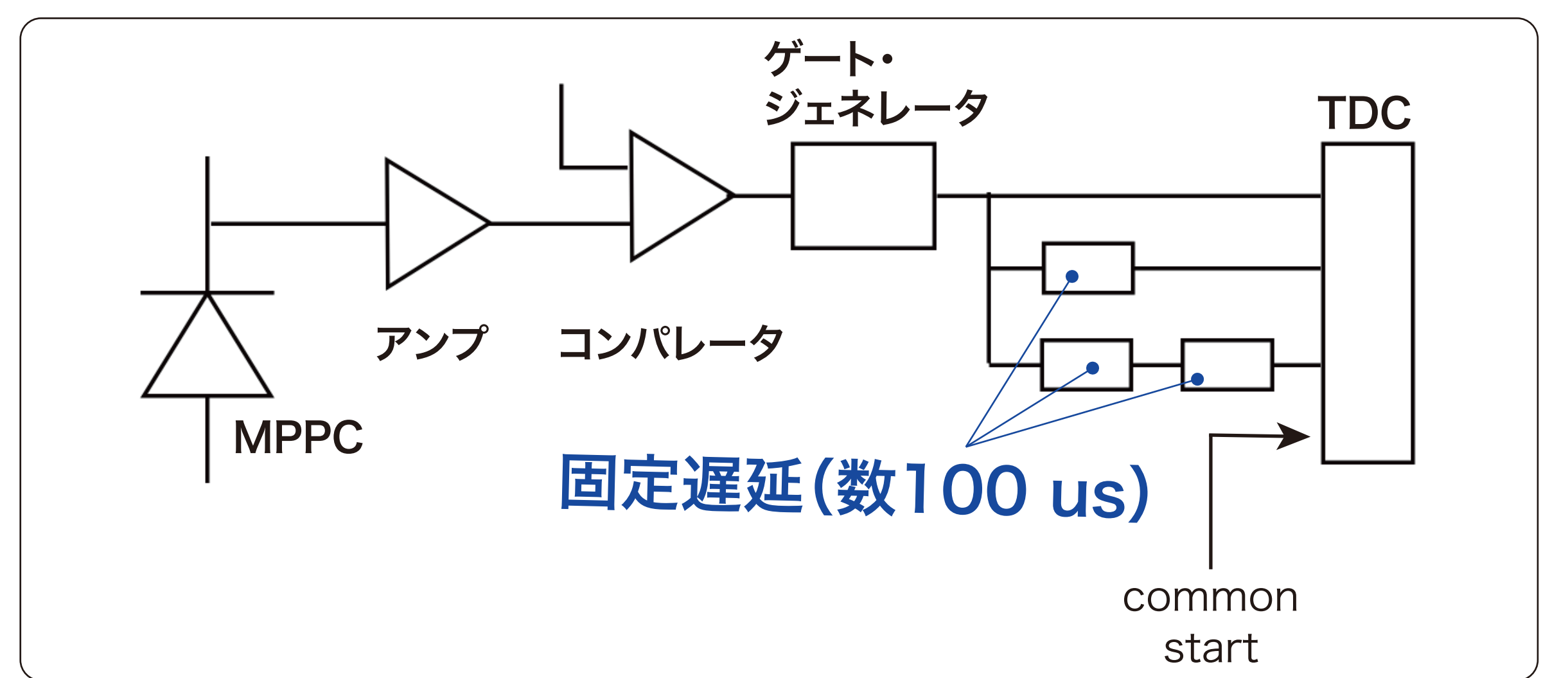
MPPC (SiPM)

- Si半導体: 小型・軽量
- ガイガーモードによる高ゲイン: 10^6
- 低電圧動作: 5-60 V
- 1mm角 (100 umピクセル) を採用



パルス時刻計測システム

- 素粒子実験用TDCをダウングレード (0.5 usec/bit)
- マルチヒット計測対応にファームウェアを改造
- 遅延回路を併用、デッドタイムフリーに



できていること

ペルチェによる冷却

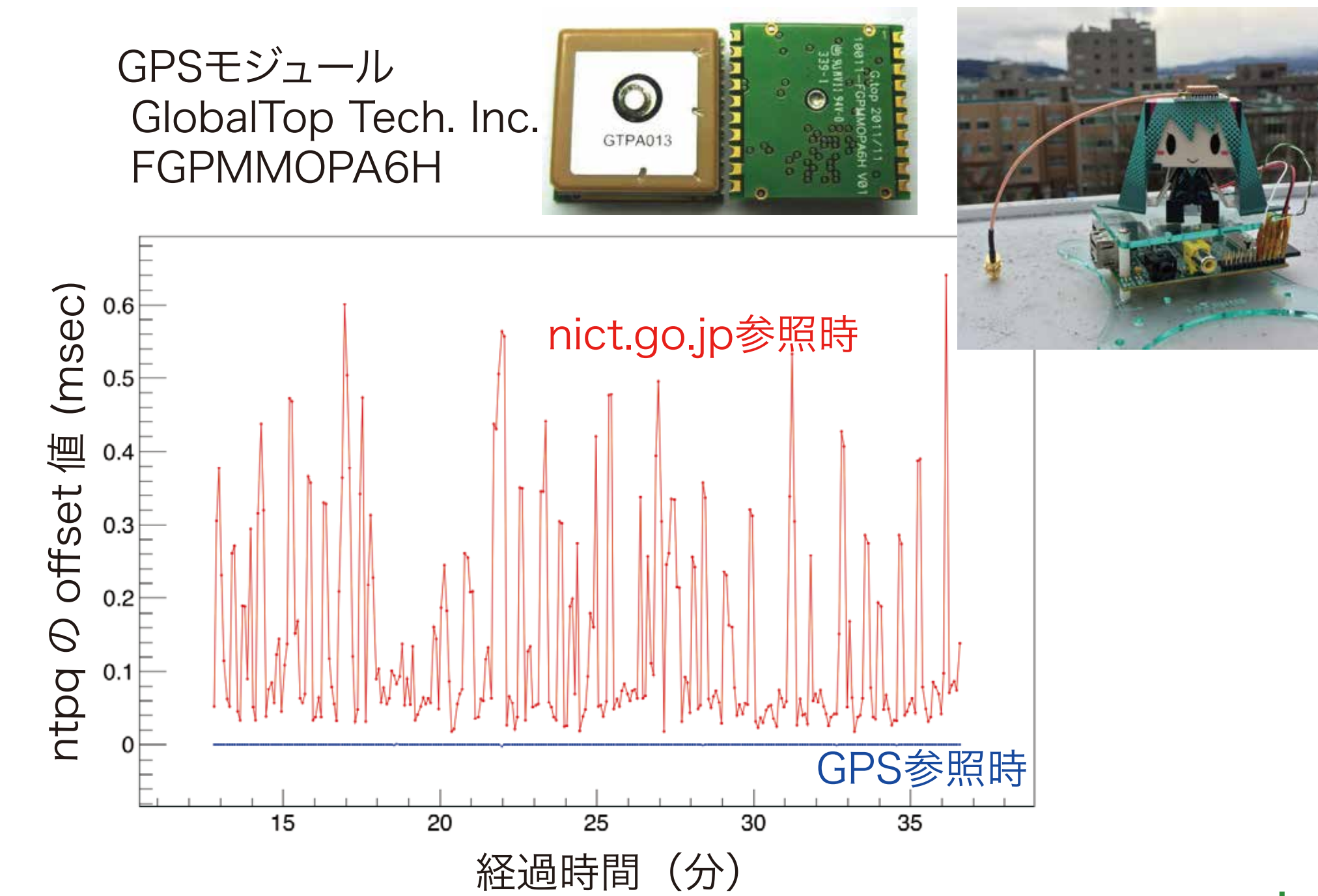
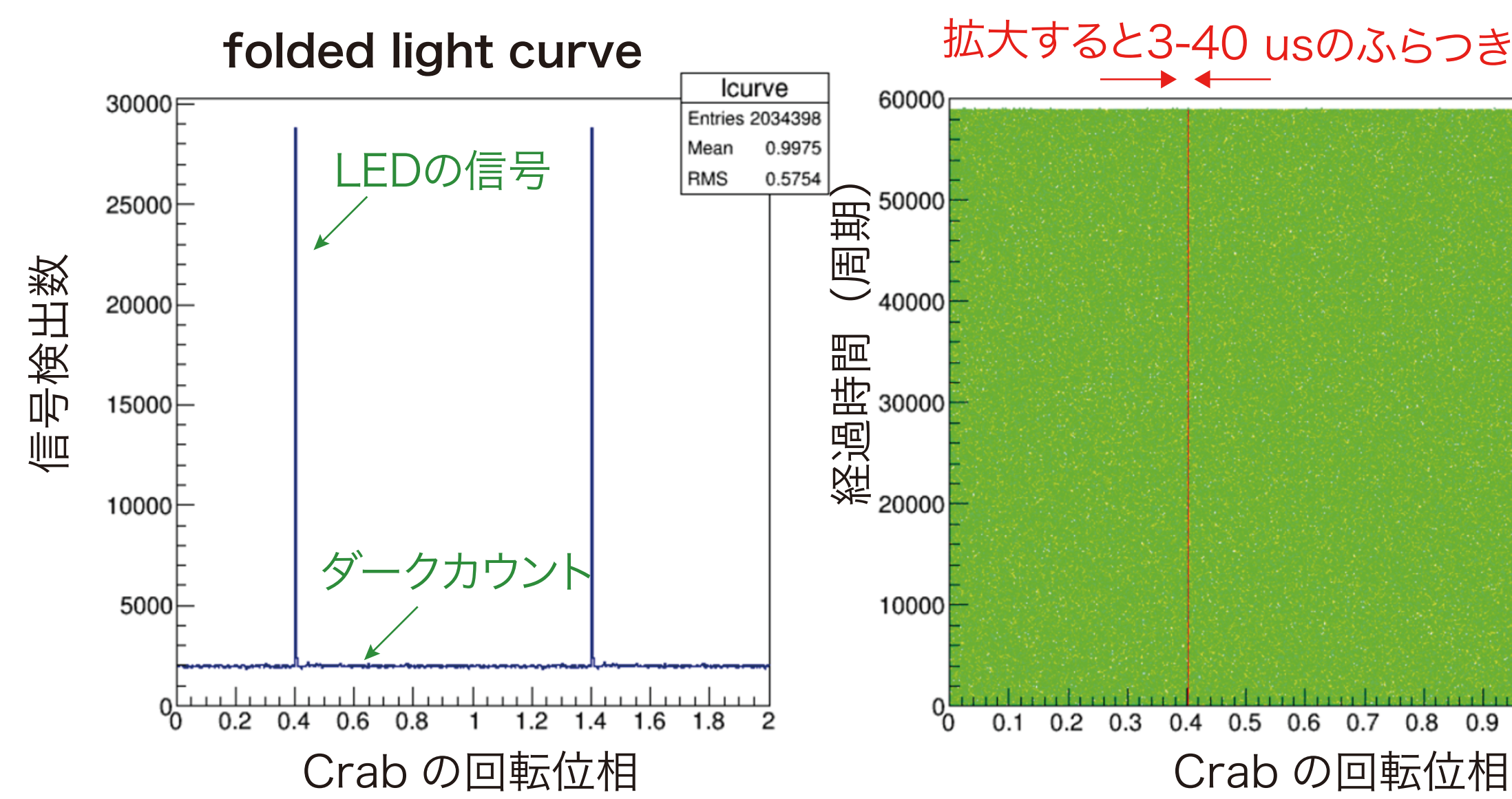
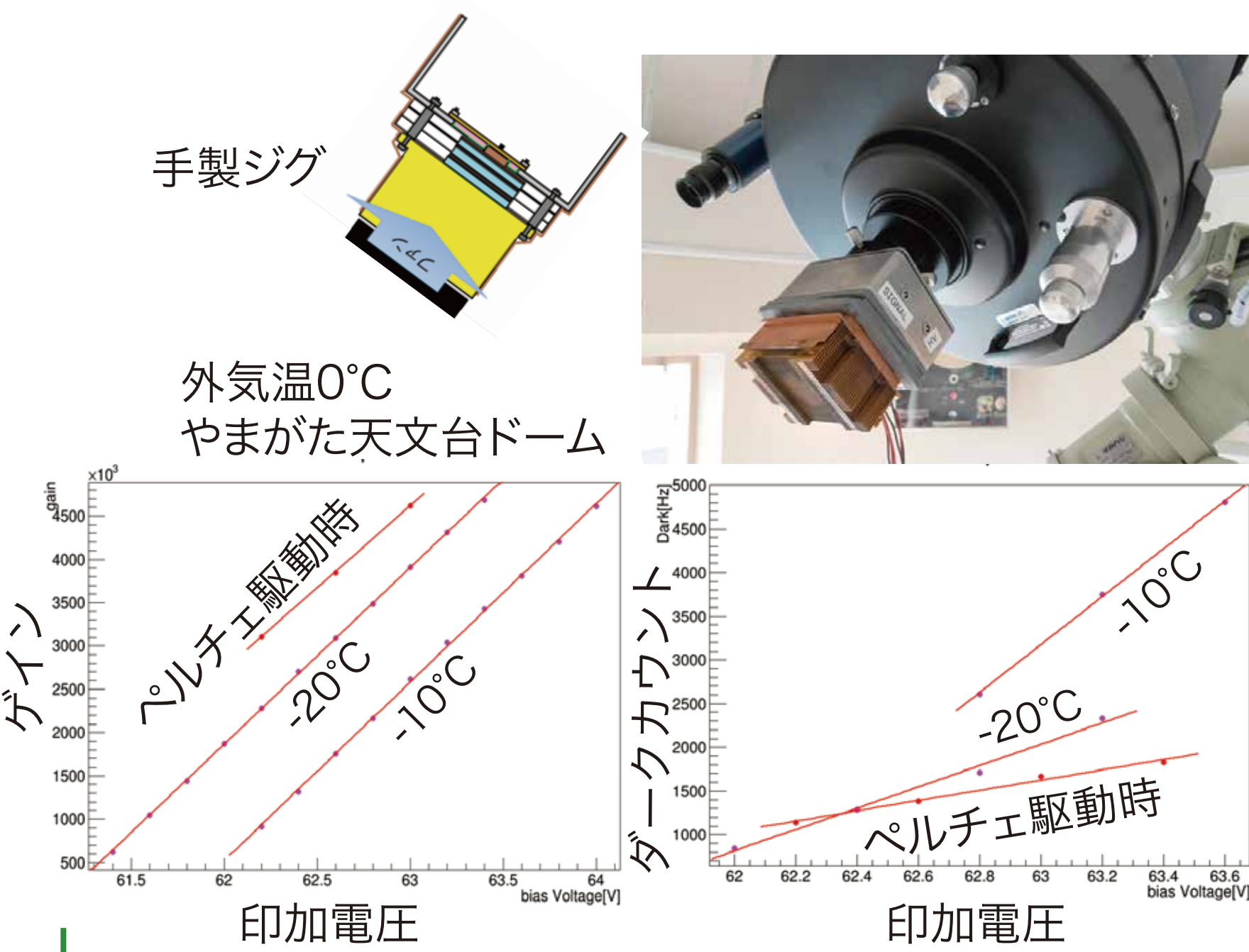
- お手製3段ペルチェ+ヒートシンク
- 外気温度差25°Cを達成
- 望遠鏡取り付け時の動作を確認
- ダークカウント~1 kHzを達成

周期信号の検出と安定動作

- 33 ms周期で点滅するLEDに暴露
- パルス検出時刻をfoldingして周期検出に成功
- 30分以上の安定動作を確認
- DAQマシンの時計が絶対時刻精度を律速 or LEDを駆動したfunc. gen. の安定性

絶対時刻精度の向上

- Raspberry PiでGPS時刻サーバを構築
- 高精度時刻対応カーネル+PPSをntpdへ
- 絶対時刻精度の向上が期待できる結果



できていないことと解決策

追尾精度の確立

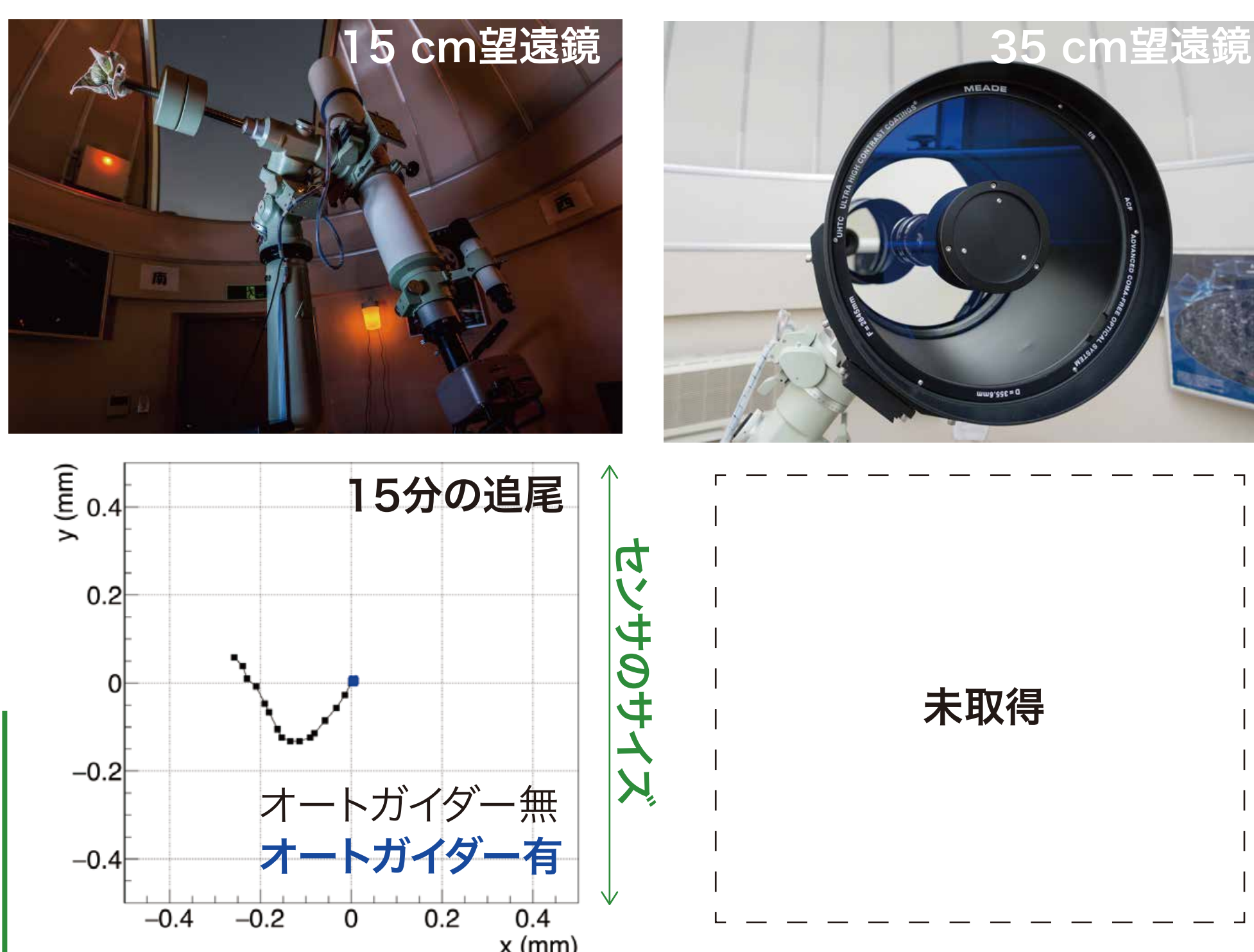
- 口径15 cmと35 cmの望遠鏡がある
- 35 cmを使いたい、赤道儀の積載量超過
- ~0.3 mm/分の顕著な追尾遅れが生じる
- オートガイダーで補正する計画
- 15 cm望遠鏡でオートガイダーの効果を確認

夜光削減

- 15 cm望遠鏡+MPPCを空に暴露
- 夜光由来の実測雑音が~40 kHz
- センサが大きく視野が広いことが原因

光軸合わせと導入

- 「画像を見ながら合わせる」ことができない
- 精密な機械設計+現場の微調整が必要



$$\theta = \tan^{-1} \frac{D}{L}$$

視野 受光面サイズ 焦点距離

現状でも検出可能という見積もりだが、
 小ピクセル化でS/Nが10倍以上改善?



野望

Crabの多色・偏光観測

Crab以外のパルサーの観測

- PSR0205+6449/3C58は前例がない(?)
- ミリ秒パルサーにも対応可(でも暗い)

よその大型望遠鏡への搭載

- 移植しやすいセンサとシステムとして設計済

FPGAベースのコンパクトなシステムへ

- 可搬性と信頼性向上

ピクセル単位の独立読み出しMPPCの開発

- 荒い撮像+雑音低減・高感度観測へ

Pulsar	log(r) (yr)	log(L) (erg s ⁻¹)	Log luminosity (erg s ⁻¹)			d (kpc)
			Optical	X-ray	γ-ray	
Crab	3.10	38.65	33.15	36.32	35.79	2
PSR B1509-58	3.19	37.25	30.97	35.04	34.83	4.2
PSR J0205+6449	3.73	37.43	30.06	33.42	34.91	3.2
Vela	4.05	36.84	28.13	32.44	34.93	0.287
PSR B0656+14	5.05	34.58	27.53	32.22	32.49	0.288
Geminga	5.53	34.51	27.20	30.97	34.39	0.250
PSR B1055-52	5.73	34.48	28.20	32.18	34.23	0.72

Moran+13