

NICTにおける 波長1 μ mレンジングシステムの構築

國森裕生

情報通信研究機構(NICT)

謝辞:株式会社PDC, オーテックス株式会社, 株式会社ユニバース, 株式会社エスアンドエー, 有限会社TTC各社HAYABUSA2-LIDAR PIチーム(代表: JAXA水野貴秀氏)の関係各位、国立天文台各位, 千葉工業大学, Mt.Stromlo 観測局スタッフ各位, 早稲田大学 遠藤寛之氏

目次



□ 背景 目的

□ SpaceDebris観測システム

□ 望遠鏡と観測コンフィギュレーション

□ レーザ

□ 測距系

□ 受信器

□ 試験観測Hauabusa2

□ 終わりに

背景目的

- 日本のSSAに対応、豪州プログラムSERCとのスペースデブリプログラムで地上局により現在より**高出力で波長1umのSLR機能の追加、変更実施**。
- HAYABUSA-2のLIDAR光リンク実験に関する**共同研究** (NICT-JAXA 2015年3月～)に基づく。 JAXA-LIDAR-PIチーム(水野貴秀リーダー)としての活動。 衛星-地球間(**2000万km~500万km**)の光パルスの送受信を試みることで、LIDAR側の打ち上げ後のアライメント、健全性を確認するとともにLIDARの時系の校正。
- **地球スイングバイ日は12月3日**。その前後北半球(小金井局)では10月、11月に南半球では12月それぞれ数日間の実験ウインドウ。

SSA: Space Situation Awareness

SERC: Space Environment Research Center (Australia)

LIDAR: the light detection and ranging laser altimeter on Hayabusa 2

SLR: Satellite Laser Ranging

望遠鏡と観測コンフィグレーション

NICT小金井

1m級望遠鏡

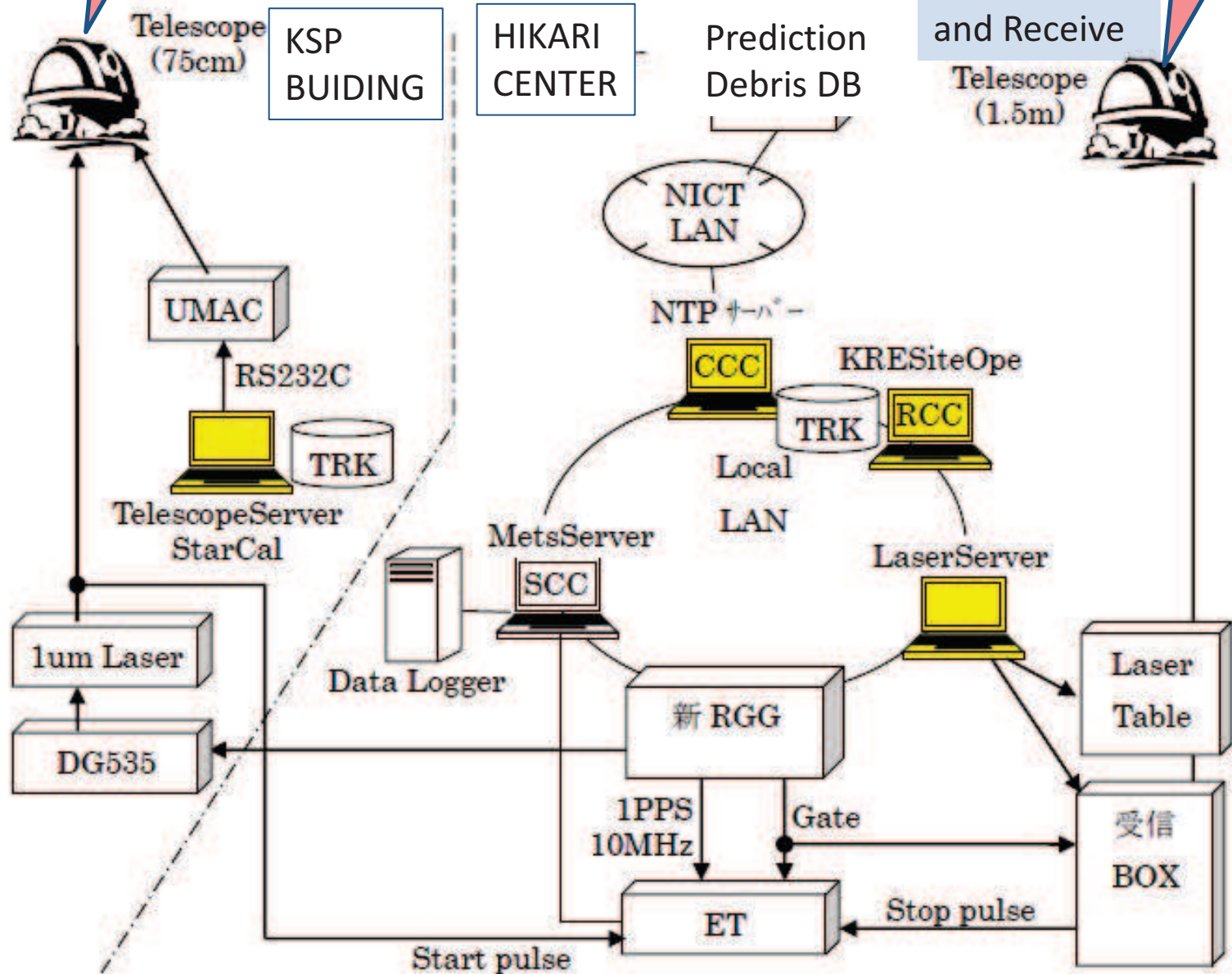


口径	1.5m	75cm	1m
形式	ALT-AZ	ALT-AZ	ALT-AZ
焦点	Coude,, StationaryN ASMYTH DerotatedN ASMYTH Bent- Cassegrain	Coude	NASMYTH, Classic- Cassagra in, Coude
ILRS	7308	7328	-
主目的	光通信 測 距・スペース デブリ	スペー スデブリ	光通信

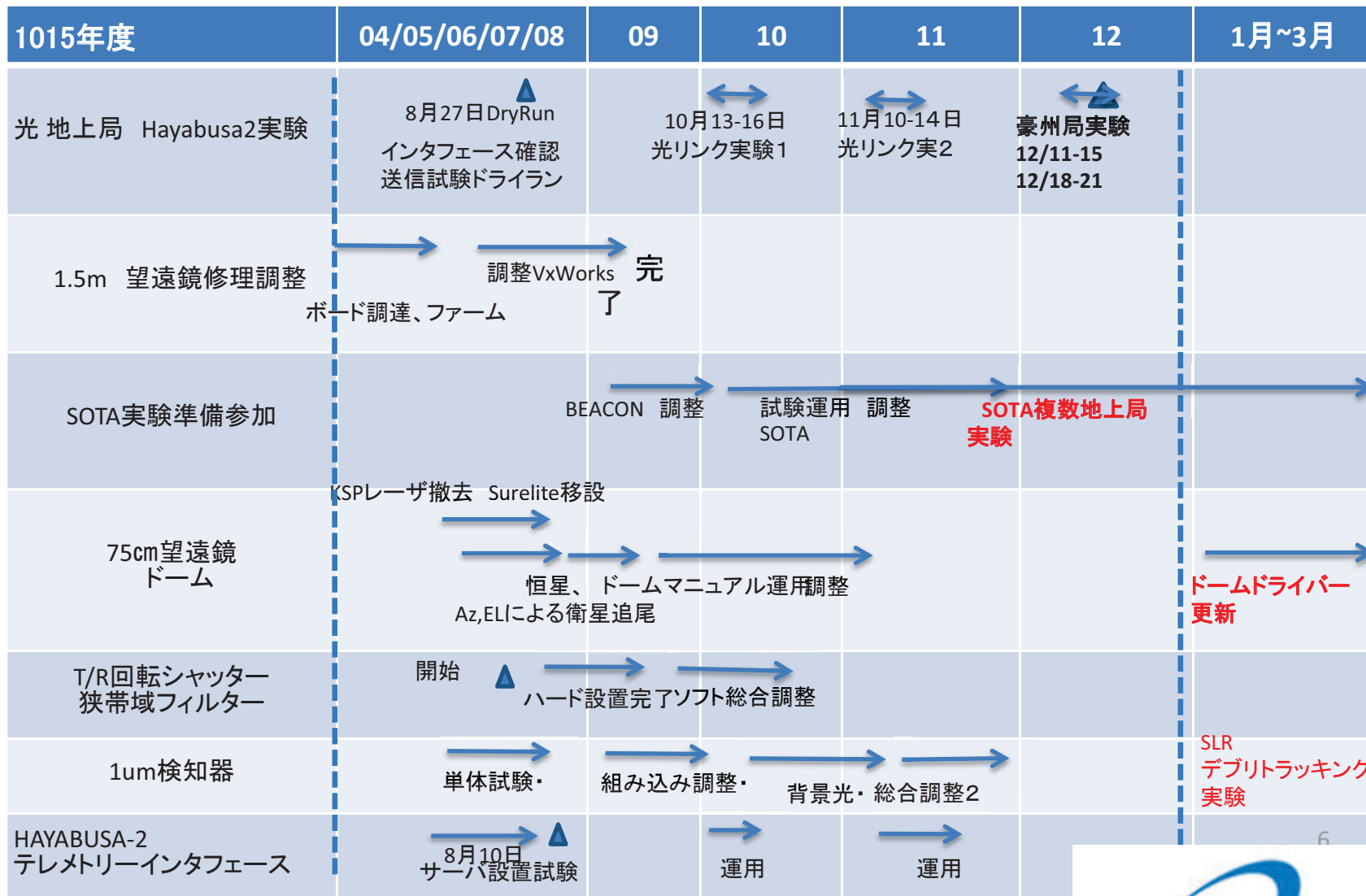
Configuration Diagram for Tracking Debris /Hayabusa2

Transmission Only

Transmission and Receive



小金井望遠鏡 光リンク/スペースデブリ開発の記録



SpaceDebris Observation Laser System Specification



Major Laser Specification

	Pico sec SLR System	Nano sec Debris /Hayabusa2 for 1.5 m telescope	Nano sec Debris/ Hayabusa2 for 75cm telescope
Wavelength	532nm	1064nm	1064nm
RPF	20~1kHz	10Hz	10Hz
Energy / pulse	0.5mJ	1.2J	800mJ
Pulse width	30ps	10ns	8ns

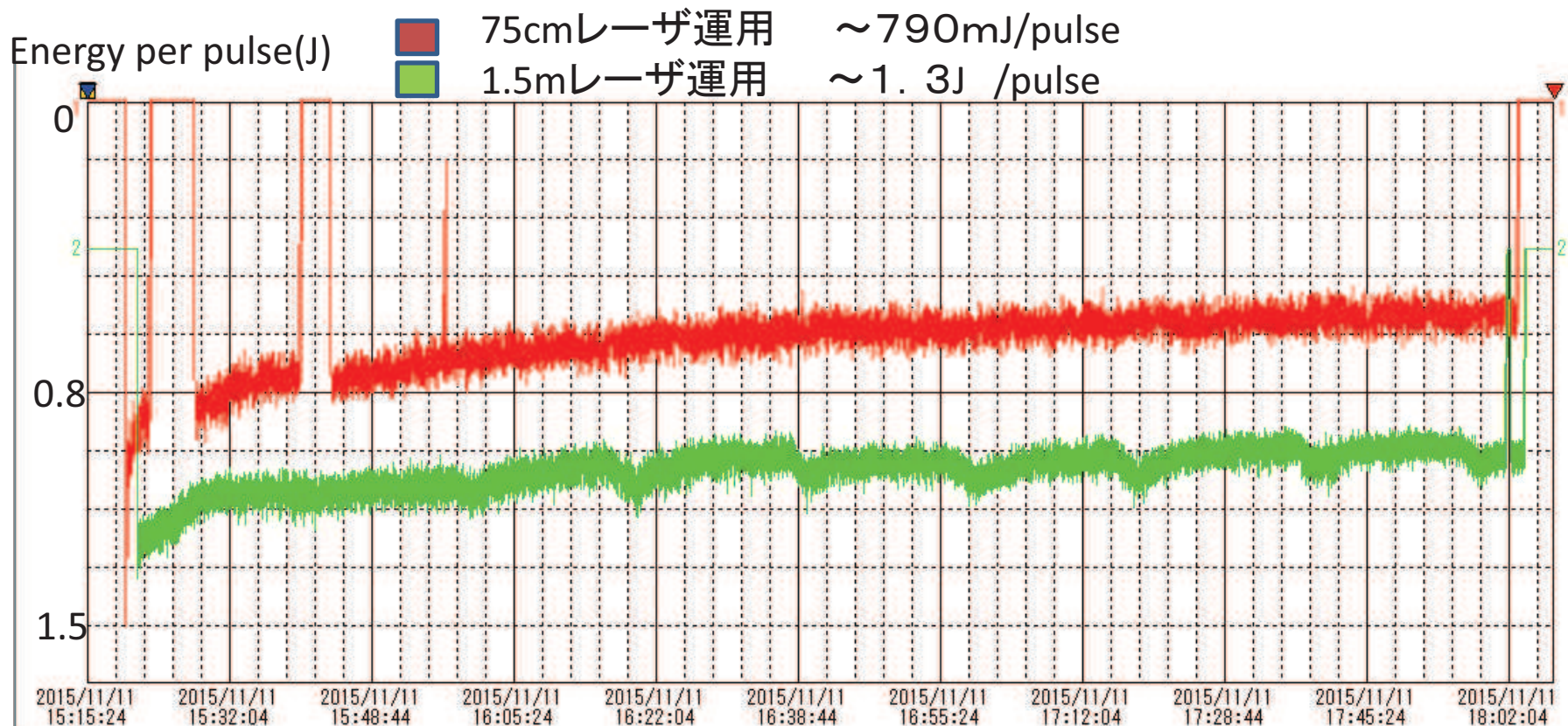
For ILRS,
POD/Geodesy

For Space Debris,
Long Range Target



Nano sec Laser on
1.5m Telescope Coude Bench

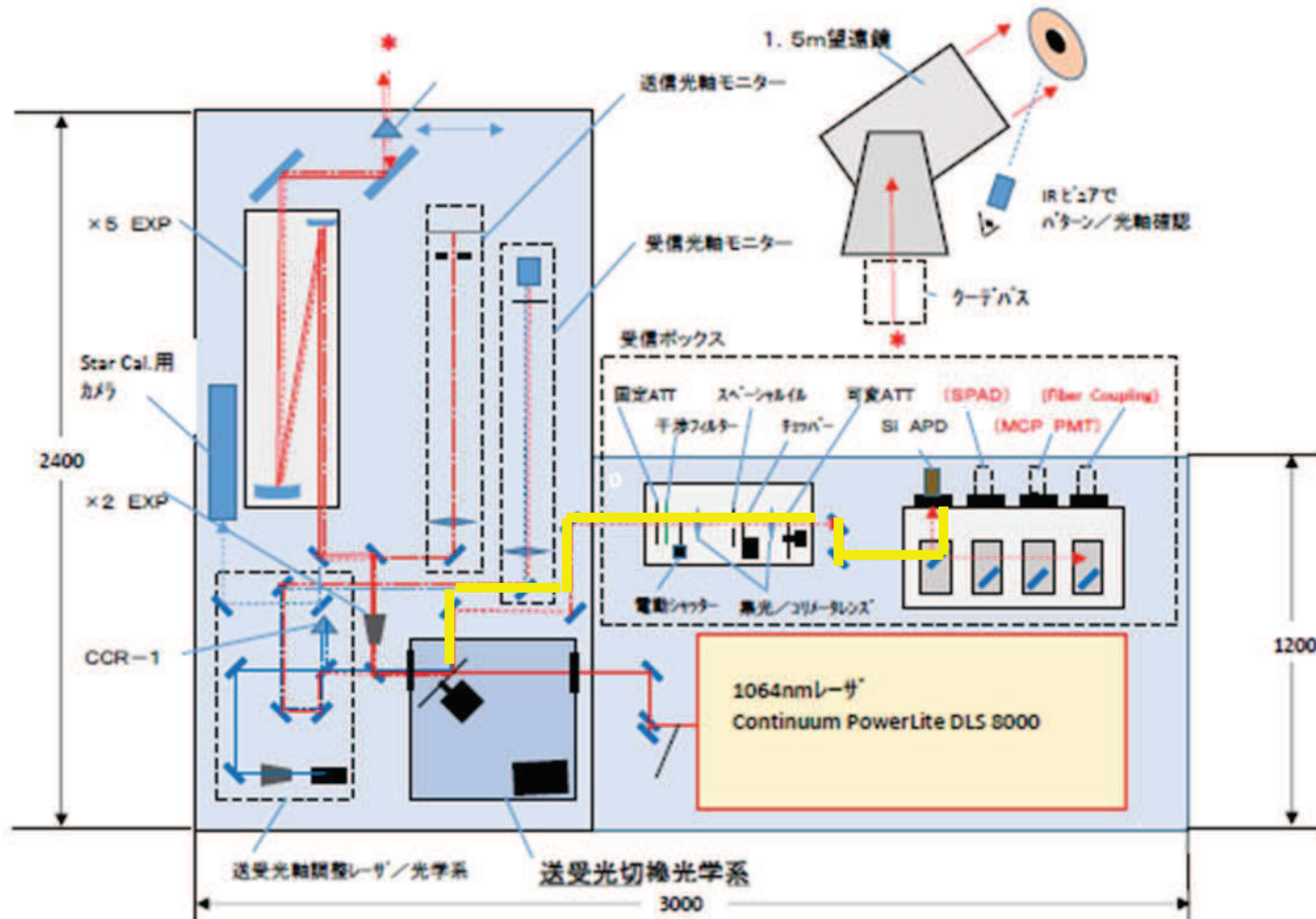
送信レーザーのパワー記録



CH	アンプ*	モード*	レンジ*	フィルタ	位置	倍率	コメント	スケリング*	変換比	オフセット
<input checked="" type="checkbox"/> CH1 [V]	VOLT		10V	OFF	147%	11.21	75cmLASER	OFF	-	-
<input checked="" type="checkbox"/> CH2 [V]	VOLT		10V	OFF	75%	2.81	1.5mLASER	OFF	-	-

送受信光学系

NICTクーデ室西ベンチ

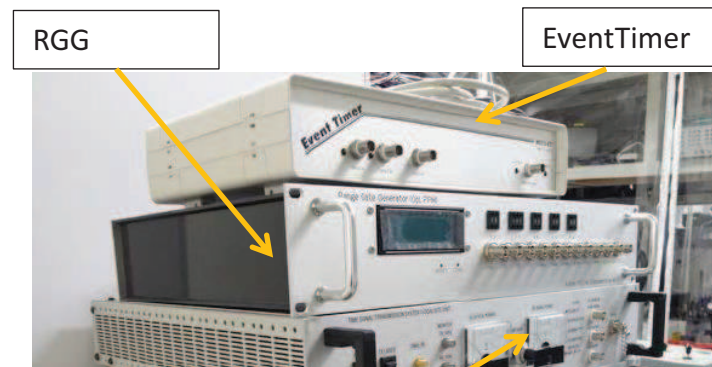


測距装置

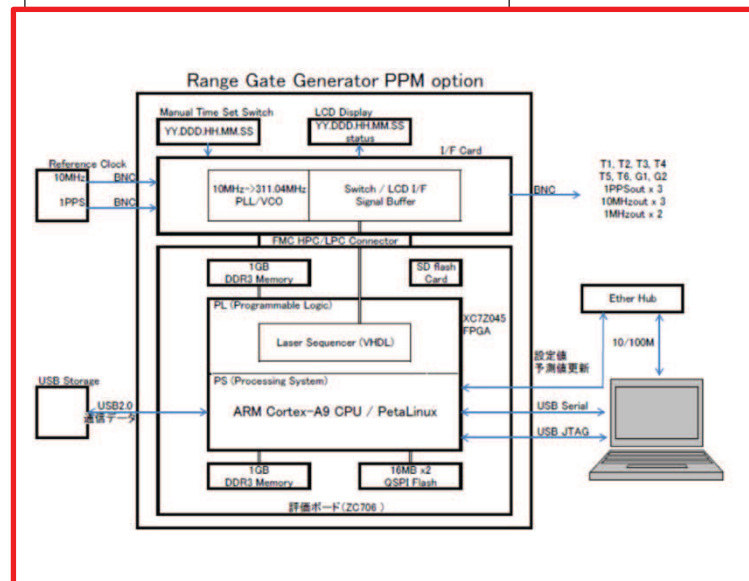
RGG (PPM機能) の仕様



項目	仕様
Reference Frequency	外部 10 MHz, 1pps(UTC)
PRF(繰り返し)	1 Hz - 1 MHz
Target Mode	-Fixed or -Moving UP to 400,000km → 2000万 km以上に対応
Modulation Mode	-Normal mode -PPM mode (Selectable) PPM M=2-256 基本SLOT RATE 311.04MHz →32文字ASCII文字送信コマンド
UTC sync Mode	sync at station clock sync at target mode
Collision Avoidance	送信と受信の衝突の回避(レーザ抑制またはゲート抑制)

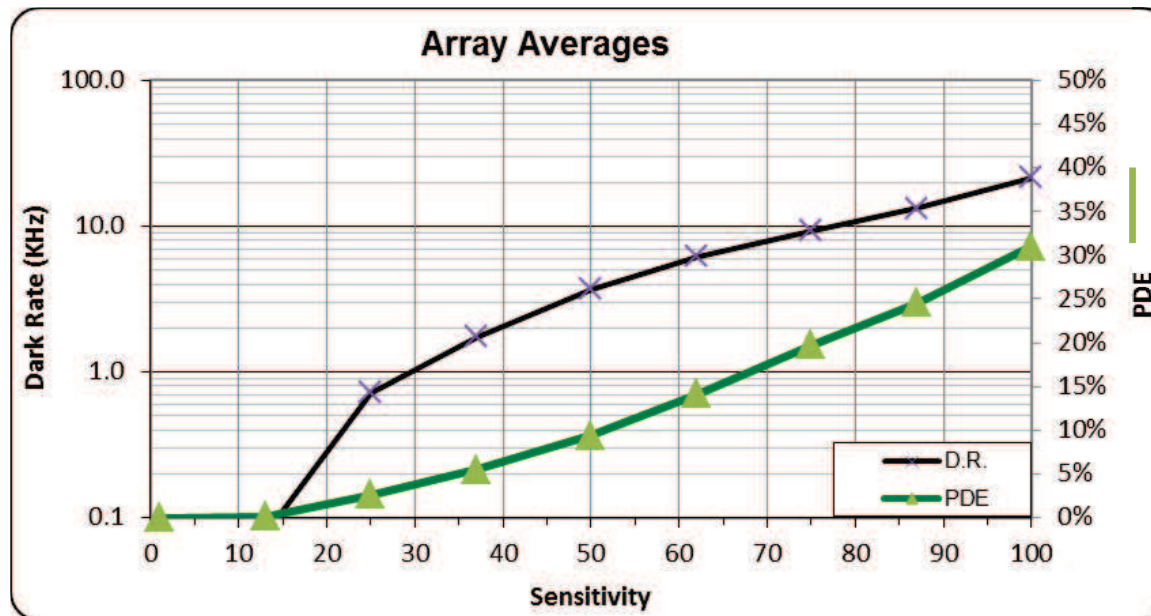


光ファイバー10MHz伝送装置



Receivers : GM - InGaAs-APD 32x32 Array Camera

1. Wavelength 960~1640 sensitivity
2. Range Gate 4ns~10us
Timing Internal/External from RangeGateGenerator
3. Mean DCR/PDE over ~980 pixels@1.5um



GM - InGaAs-APD 32x32 Array : Trackingモード

重心を計算し、フィードバック電圧を出力する

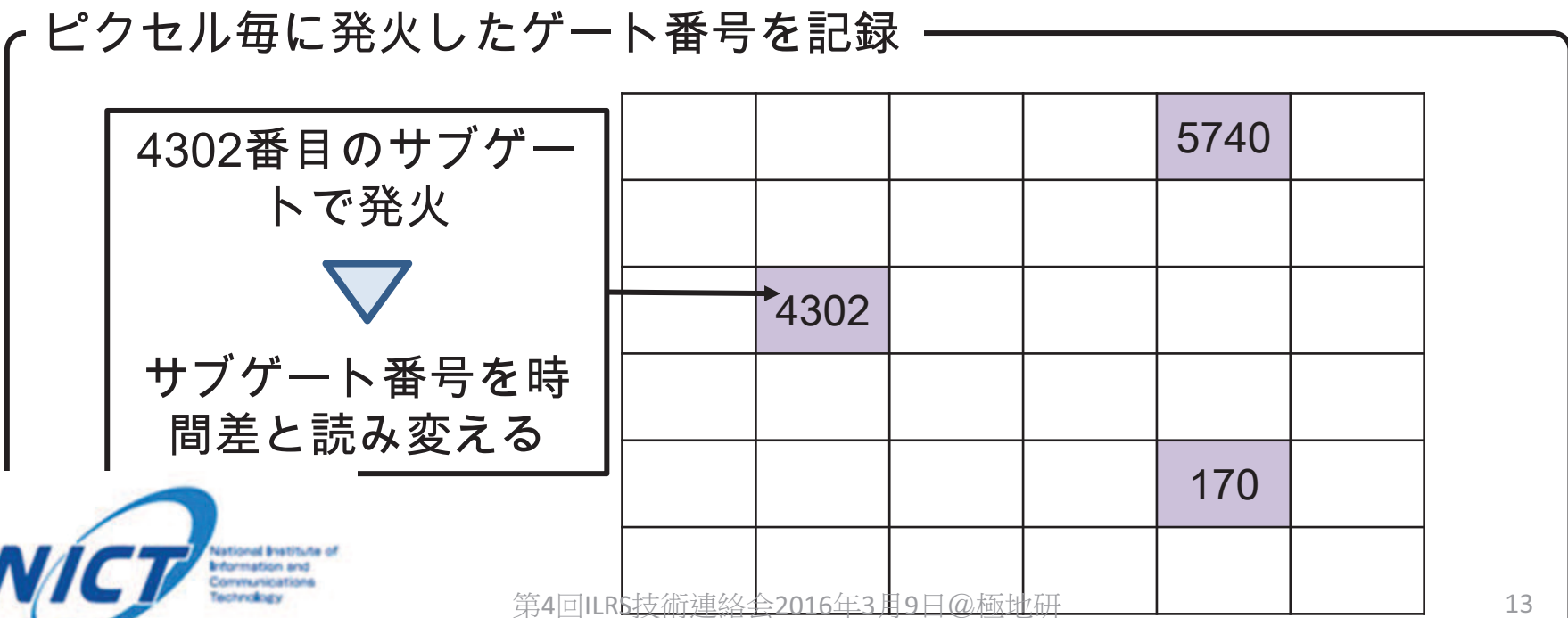
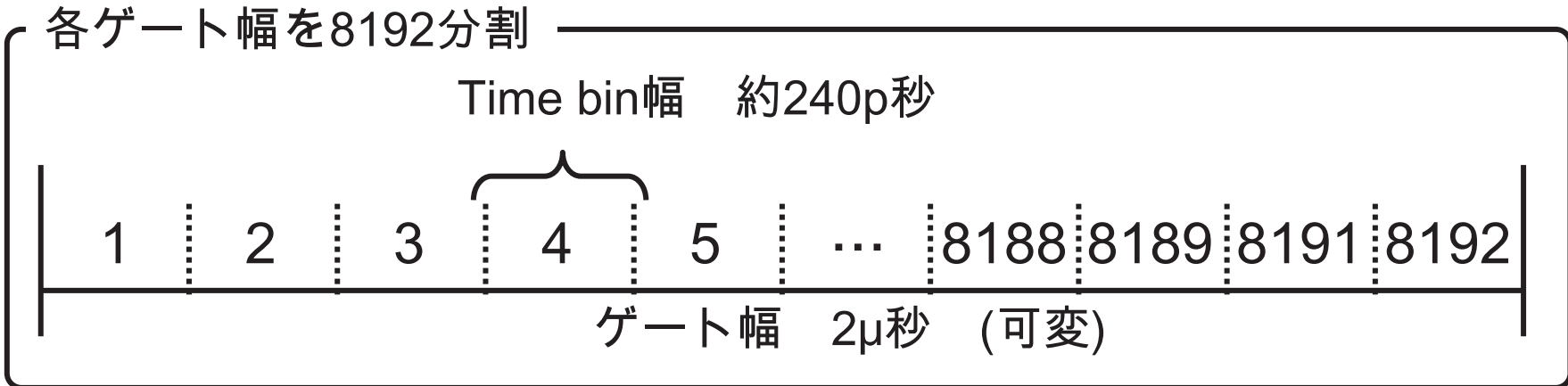
The image displays two software interfaces. On the left is the Logitech Webcam Software, showing a camera view with a blue tracking spot. On the right is the Princeton Lightwave GMAPO 32x32 Camera Control and Acquisition software, which includes a 'PLI Camera Centroid' window. This window shows a 32x32 pixel array with a centroid calculation. The centroid is located at approximately (16.325, 16.954) pixels, which corresponds to (163.04, 169.64) micrometers. The software also displays various acquisition parameters such as frames per second (1000), resolution (1024x1024), and camera temperature (298.2 K).

Pixel	x	y
Pixel Centroid	16.325	16.954
Pixel Other	0.935	-0.935
Angle Centroid	16.304	16.954
Angle Offset	0.325	-0.935
Angle of View	31.997	31.997



GM - InGaAs-APD 32x32 Array : 測距(TOF)モード

時間差を利用したTime Of Flight (TOF)による3次元像の作成

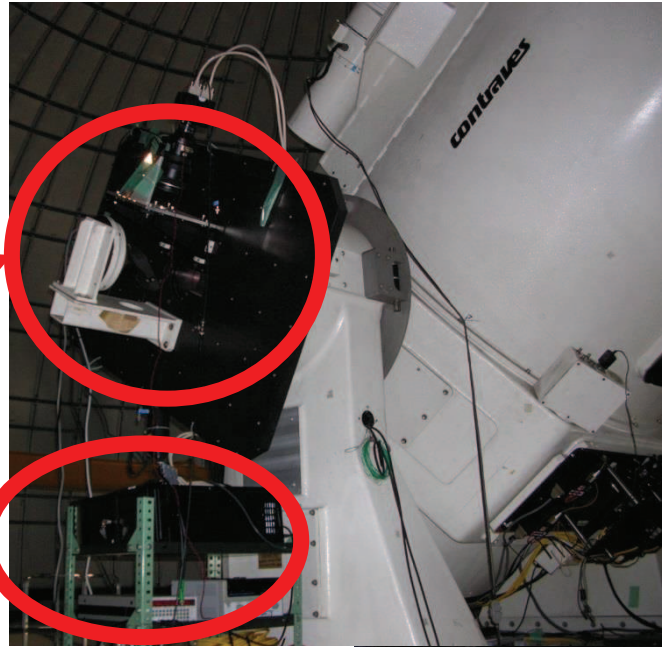


APD 32x32 Array Camera @1.5m Telescope Derotated Nasmyth

Array Camera
+
Lens $f=1000\text{mm}$
+
Spectral Filter
 0.4nm $T=90\%$ $OD5$

Controller PC
Pulse
Generator

Coude
Transmit beam
Pick-up



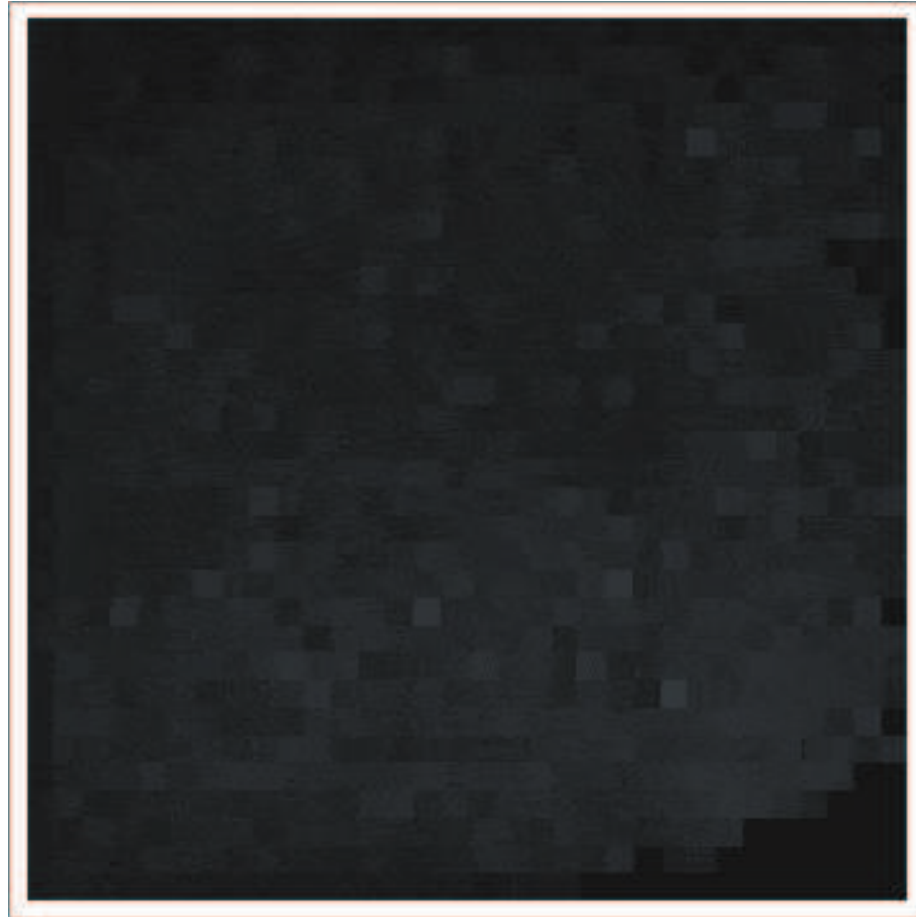
Lateral
Transfer
Hollow
RetroReflector



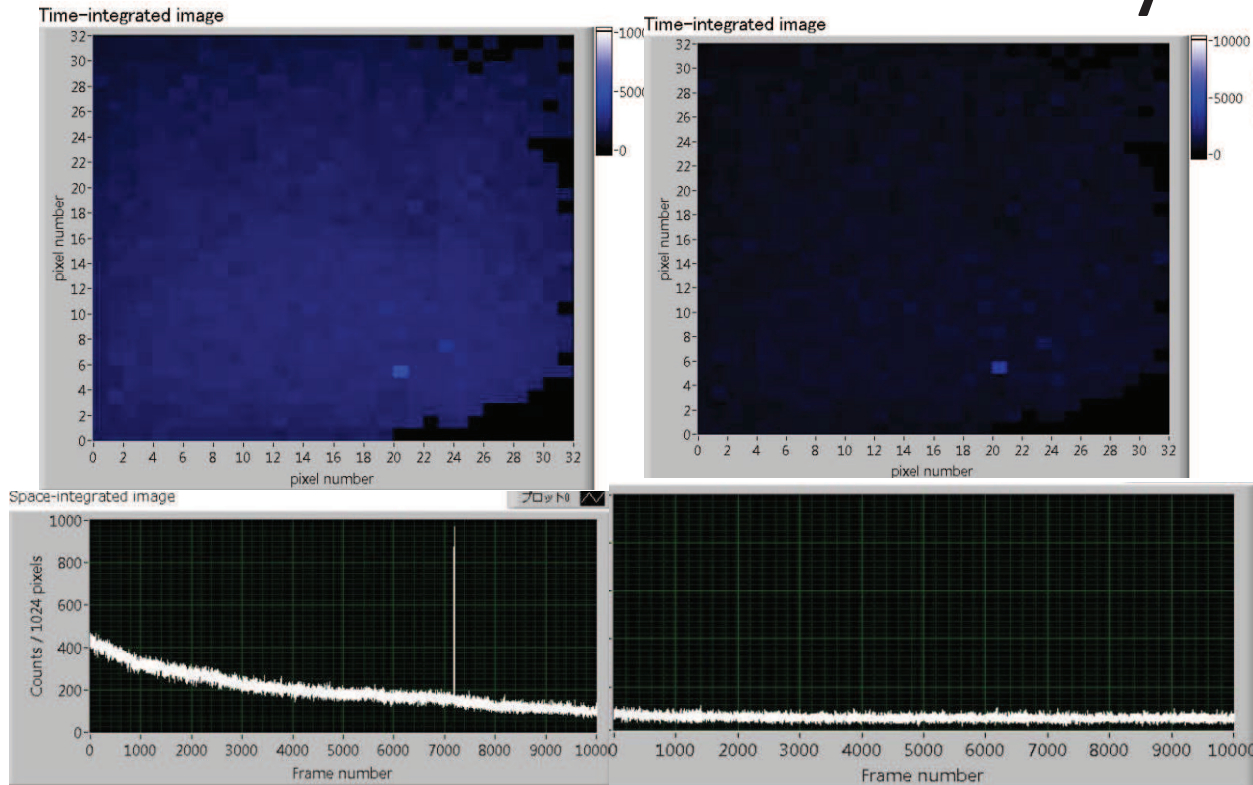
測地衛星 あじさい トラッキング

2016年1月14日 @1.5m望遠鏡

GM - InGaAs-APD 32x32 Array Tracking Mode



Back ground Noise Received in GM-APD 32x32 Array



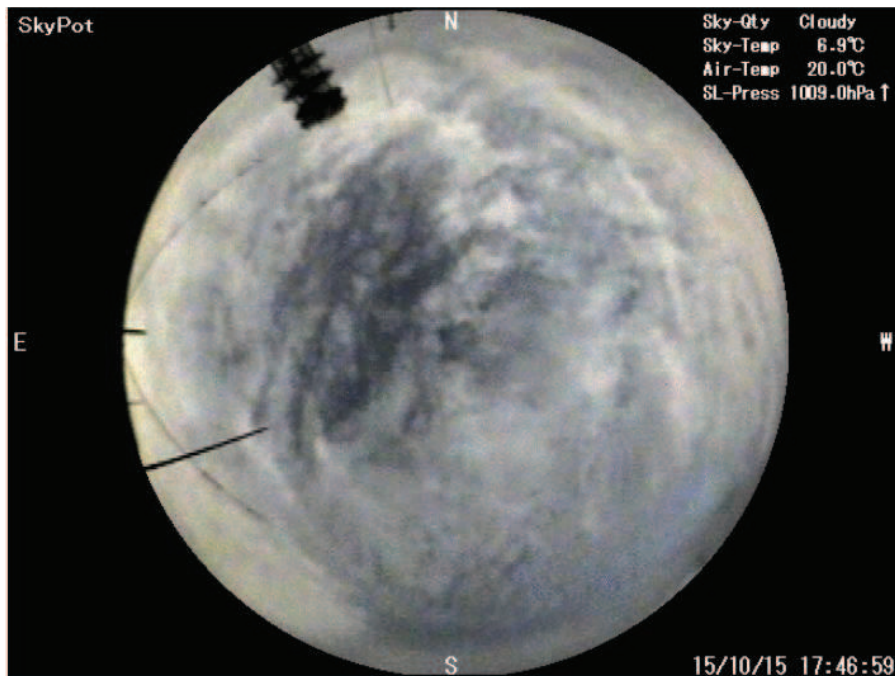
← 20 minutes each
Integration time
2D Photon distribution

Time series of noise
count per 1000 frames

Nov.11, 2015 JST (Local Time)

16:36:53 _____ 16:54:34 _____ 17:15:03 _

Results: Not received photon from the Earth/Hayabusa2



Date	Koganei	Mt.Stromlo
Oct.13	Clouds 90%	-
Oct.14	Clouds100%	-
Oct.15	Clouds brake 20 minutes through	-
Oct.16	Rain	-
Nov.10	Heavy clouds	Rain
Nov.11	Heavy clouds	30 seconds In cloud brake
Nov.12	Heavy Clouds	Heavy Clouds
Nov.13	Clouds and rain	Heavy Clouds
Nov.14	-	Heavy Clouds
DEC.		リンク確立！

終わりに

- 日本のSSAに対応したレーザを用いたスペースデブリ観測システムに地上局を更新.
- HAYABUSA-2 LIDARへの光リンク豪州との共同でレンジング小金井ではリンクは確立できなかった. が,
- 構築したシステムは今後デブリ観測に利用していく.
- 謝辞: 株式会社PDC, オーテックス株式会社, 株式会社ユニバース, 株式会社エスアンドエー, 有限会社TTC各社HAYABUSA2-LIDAR PIチーム(代表: JAXA水野貴秀氏)の関係各位、国立天文台各位, 千葉工業大学, Mt.Stromlo観測局スタッフ, 早稲田大学 遠藤寛之氏に感謝します.