

# NICTにおけるkHzレーザ+MCPの 試験観測結果（SLR 関連活動）

2016/3/10

有限会社 TTC 宇佐美敬之, 泉忠,  
情報通信研究機構 國森裕生

# 目次

- ・ 1 はじめに
- ・ 2 現SLRシステム概要
  - 2-1 1.5m望遠鏡
  - 2-2 制御系
  - 2-3 レーザシステムの更新
  - 2-4 送受信系
  - 2-5 受信BOX
  - 2-6 受信検知器
- ・ 3 試験観測状況                    2015年—2016年
- ・ 4 過去のデータ取得状況
- ・ 5 まとめ 今後の課題

# 1. はじめに

- NICTではILRS発足(1998)以来、SLR観測局として加盟ILRS以前のCRL時代から数えると1990年から活動。
- 平成27年(2015年)度、光通信衛星観測局の維持管理という観点でオペレーション契約(週1~2回平均で観測および実験を実施)
- 2015年2月に発生した1.5m望遠鏡の制御系不具合により、望遠鏡本体の動作が出来ず、定常観測が行えない状態が長期間続いた データの送信は1年以上行っていない。  
**現在は休止局**となっている。
- 2015年9月に望遠鏡の修理完了、この間1 $\mu$ m波長のレーザと受信系を導入しスペースデブリ(はやぶさ2)対応のシステムと切り替えて実験ができるシステムの構築と実験(2015年12月まで)
- その後kHzレーザの更新を実施、2016年1月よりアライメントとソフトウェア調整作業を実施中。2月19日、新システムで低軌道衛星のリターンを取得できたが、種々の課題があり、システムでの調整を進めている。

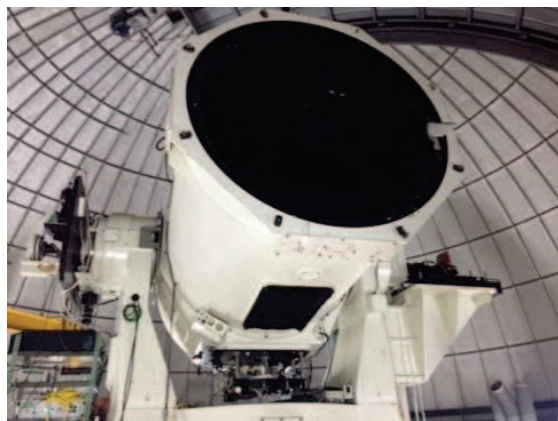
以下、今年度に行った改修・調整を中心にシステムの紹介と現状とについて説明

## 2. 現SLRシステム概要

### 2-1 1.5m望遠鏡

不具合改修について

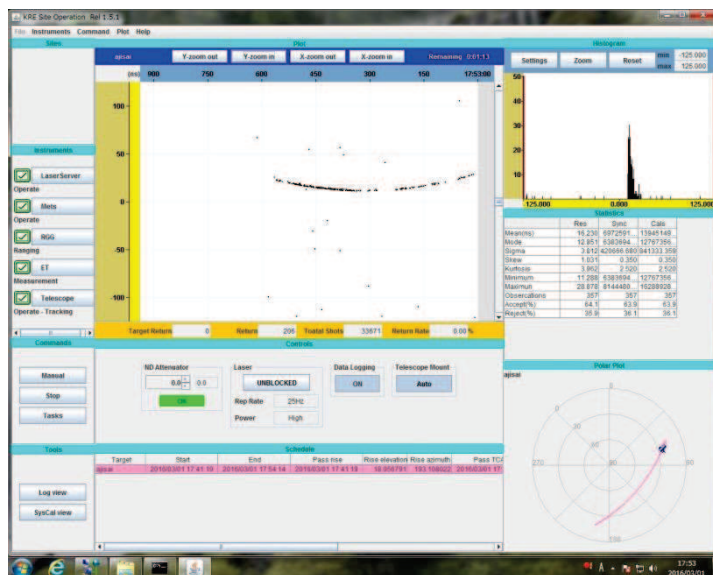
- ・ 2015年2月に望遠鏡サーボ制御系のトラブルにより動作不良となった。
- ・ 2015年9月に制御系CPUボードを交換し、周辺の調整を行い正常動作が確認できた。
- ・ 1.5m望遠鏡システム(Contraves製)は既に設置から20年以上経過しており、経年とともに保守部品の入手が困難な状況で、不具合の調査から交換部品の調達に長期間を要し、運用停止の期間が長期化する要因となった。



## 2. 現SLRシステム概要

### 2-2 制御系

- ・KRE (Koganei kHz Ranging Engine)を利用して、SLRオペレーションを行っている。
- ・レーザはレーザサーバ経由で制御
- ・Range Gate Generator からゲート信号を出力し各システムへの信号を送っている。
- ・MCP受信機からのデータをEvent Timer で受け、受信データを KREに出力している。



## 2. 現SLRシステム概要

### 2-3-1 レーザシステム

- ・南側COUDEベンチに設置されていたpsレーザは、設置から既に15年以上経過し、2015年1月にRegen Headの交換が必要となったが、交換後もアライメントが容易ではなく時間を要す事から、2015年6月にベンチから撤去し、既に納入済みであった、ATTODYNE製の1kHzレーザをベンチ内に設置した。

#### 新レーザ SPEC

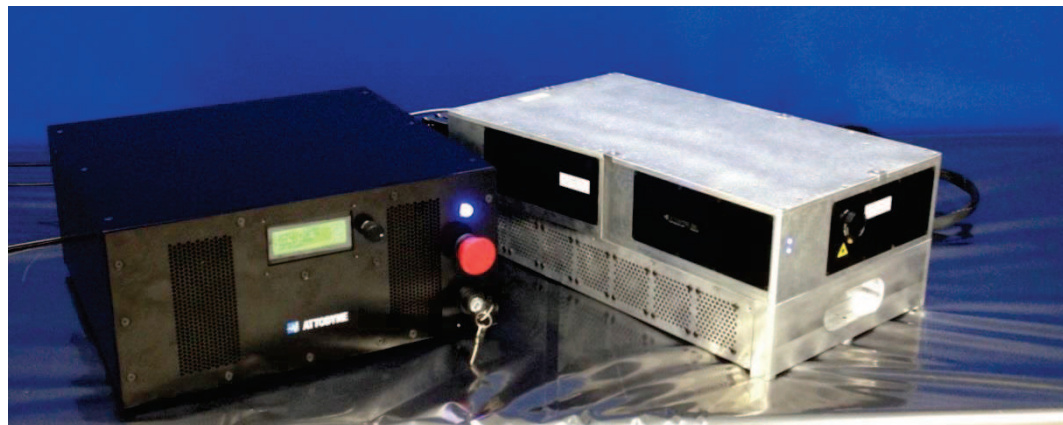
ATTODYNE製 APLQ-532

波長 532nm

パルス幅 10ps

繰り返し 最大 1kHz

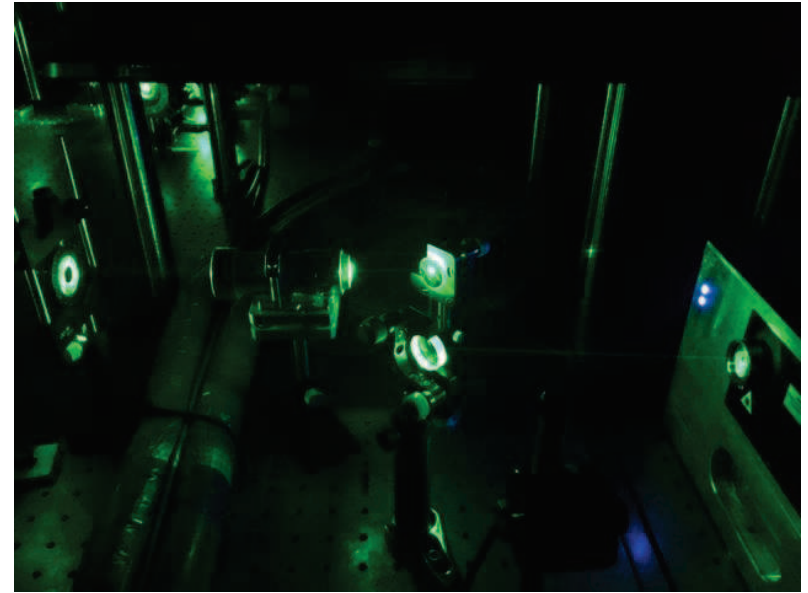
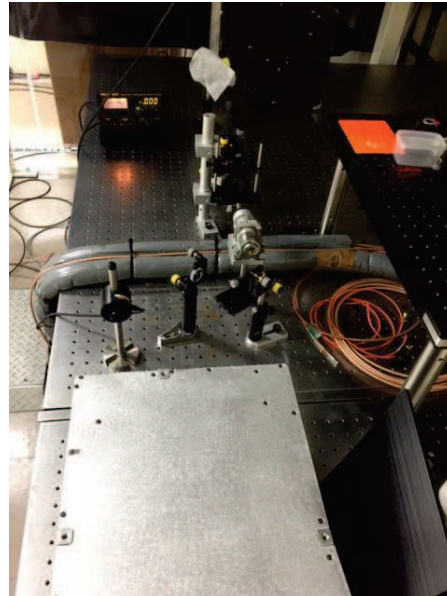
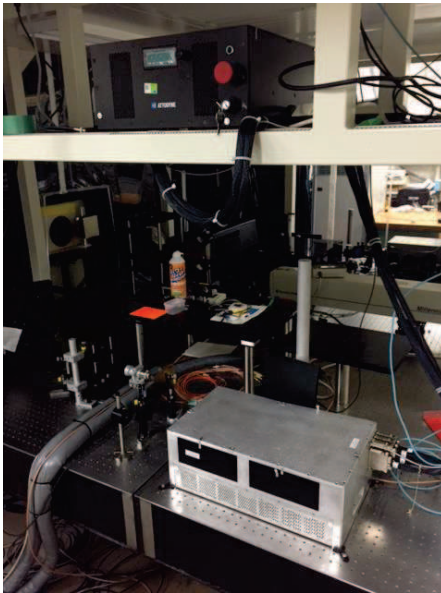
平均出力 0.5W (0.5mJ)



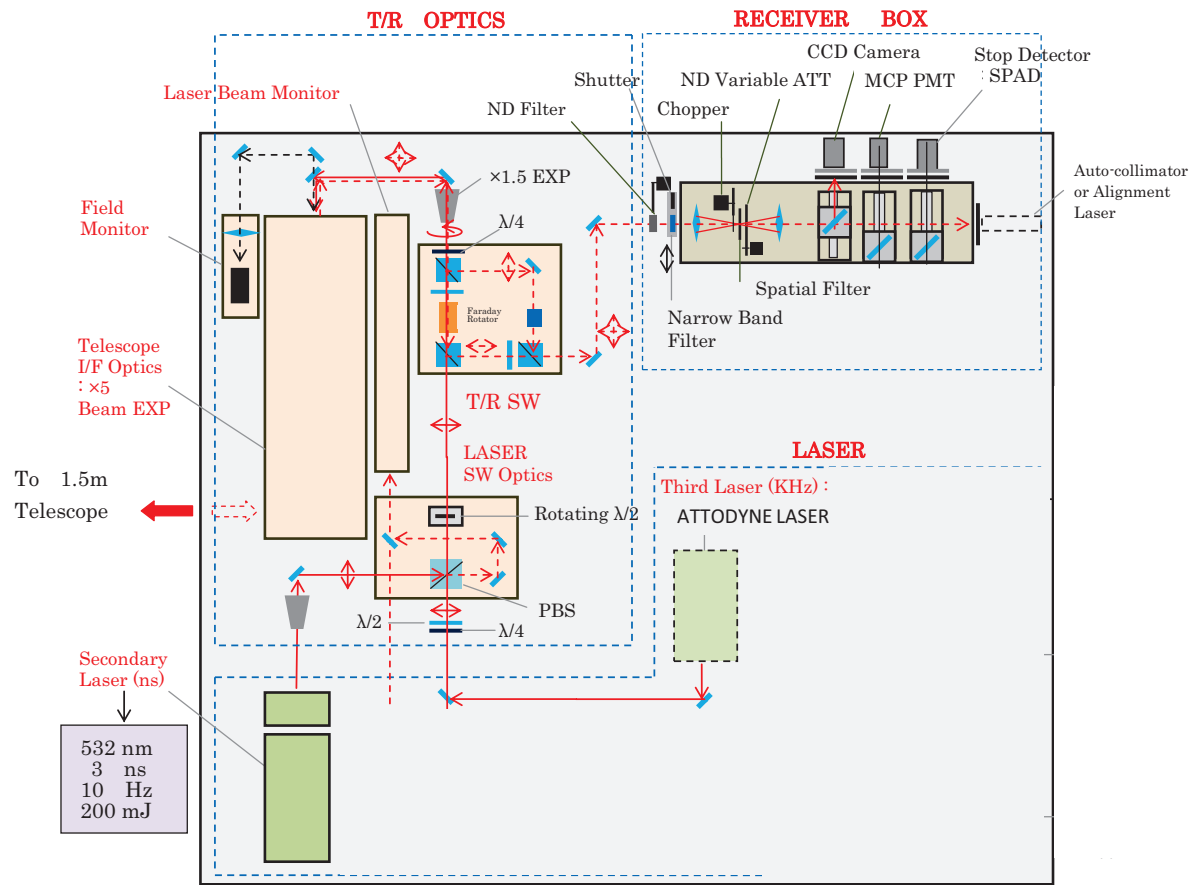
## 2. 現SLRシステム概要

### 2-3-2 レーザシステム

- ・レーザ納入後に比べ、出力が約6割程度0.3W程度に低下しており、調査中である。発信光からスタート信号を検出し、Event Timer へ信号を送っている。
- ・レーザレンジングでは、旧レーザシステムと同様の20Hzから運用を開始し、低軌道衛星のデータ受信を確認できた。



# 2. 現SLRシステム概要



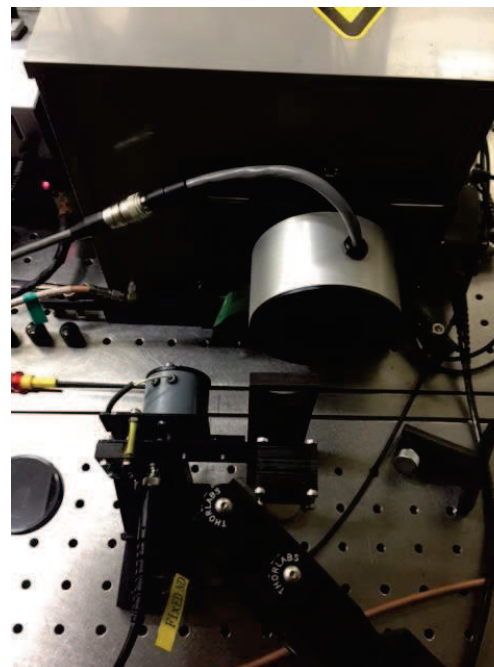
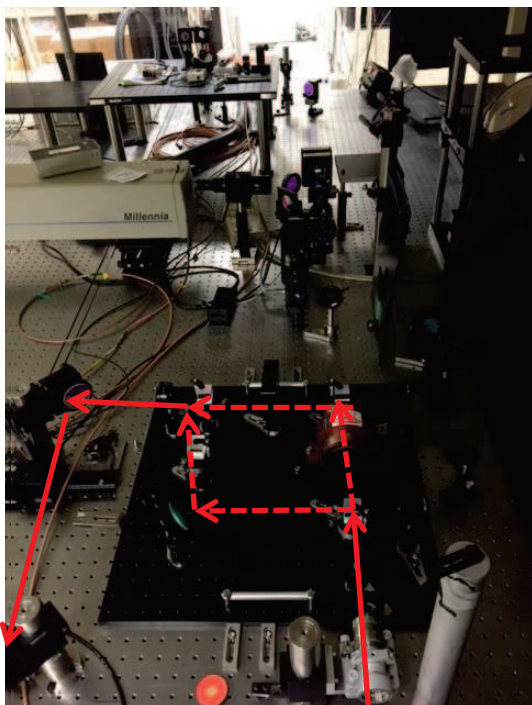
SLR OPTICAL SYSTEMS CONFIGURATION



## 2. 現SLRシステム概要

### 2-4 送受信系

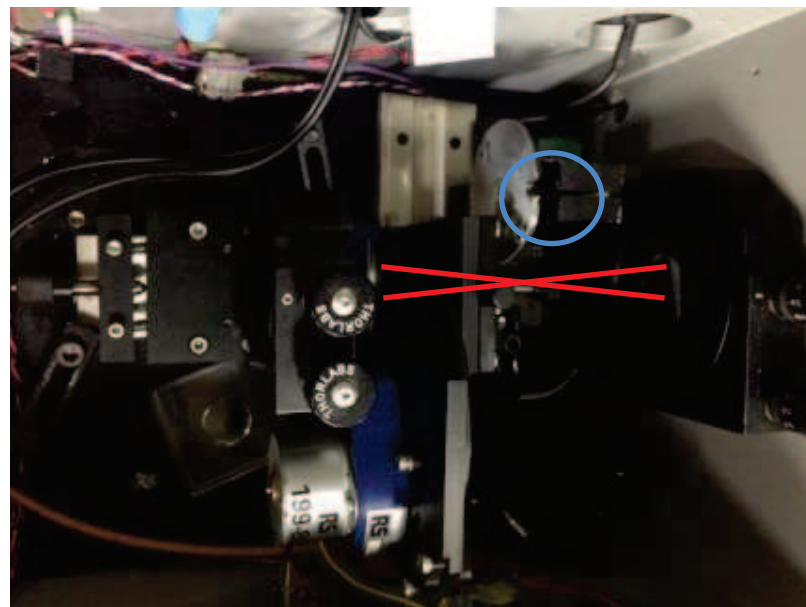
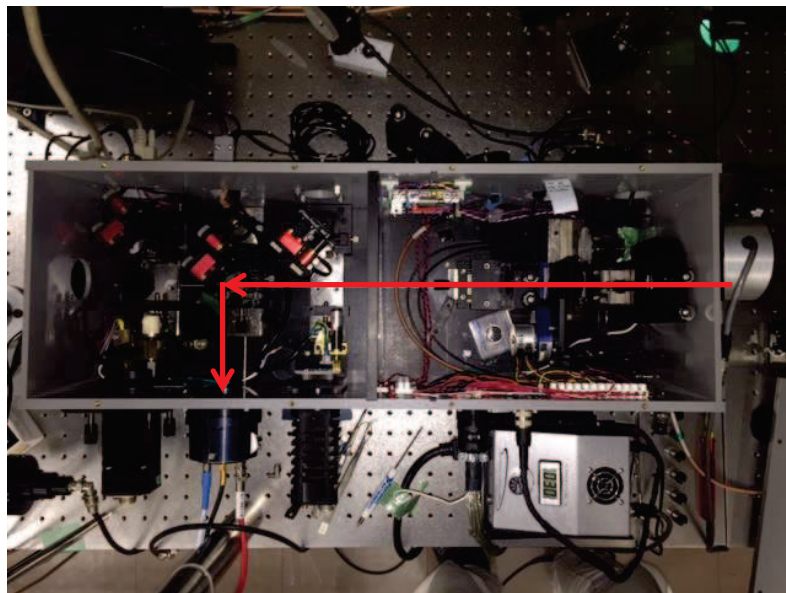
- ・光学ベンチ内に従来通り光TR(送受信)スイッチを設けてあり、送受信の信号を偏光ミラーにより2系統が、受信BOXに送られ、ロスを軽減している。
- ・受信BOX手前にFIXED ND(地上測距用)と昼用のフィルターが設けられている。



## 2. 現SLRシステム概要

### 2-5 受信BOX

- ・ビーム幅を細くして、回転シャッターとバリアブルNDが設けられている。
- ・現在の受信BOXは、旧システムのまま運用しており、衛星測距時に回転シャッターの同期限界が、既存のモータでは25Hzまでしか対応できず、現状それ以上の周波数と同期出来ない為、直近の課題となっている。（ポッケルセルやkHzに対応する受信シャッターの取付を検討中）
- ・ミラーにてセレクトした受信機に受信光が入る仕組みとなっている。



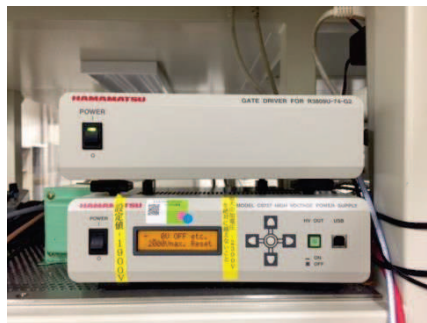
## 2. 現SLRシステム概要

### 2-6 受信検知器

- 受信装置は下記MCPで運用している。  
(浜松ホトニクス製) R3809U-74-G2



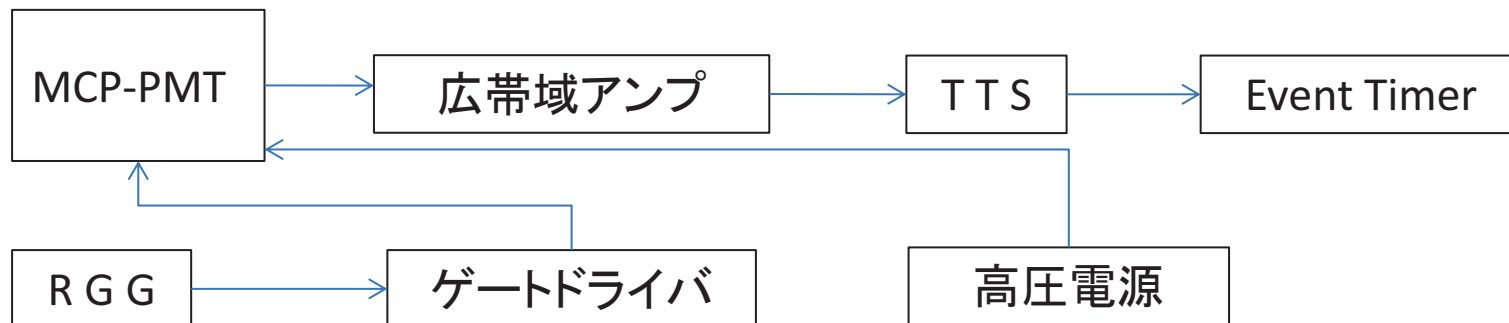
MCP-PMT



ゲートドライバ  
高圧電源



Triple Threshold Selector  
Event Timer  
Range Gate Generator



# 3. 試験観測状況

## 3-1 2016年 新レーザによる試験観測状況

- ・新レーザシステム(レート20Hz)にて2月9日に地上測距の初リターンを観測し、2月19日にBEC衛星のリターン取得。その後もAJISAI JASON2 STARLETTEの取得ができたが、LAGEOSの取得には至っていない。
- ・現在は受信シャッターのモータ同期限界のレート25Hzにて運用中。

SATELLITE	Pass数	FR数	NP数	FR/NP(%)	RMS(ns)
AJISAI	2	487	18	27.1	0.278
BE-C	1	295	9	32.8	0.083
JASON-2	1	67	3	22.3	0.046
STARLT	2	229	8	28.6	0.076
Total	6	1078	38	28.4	0.120

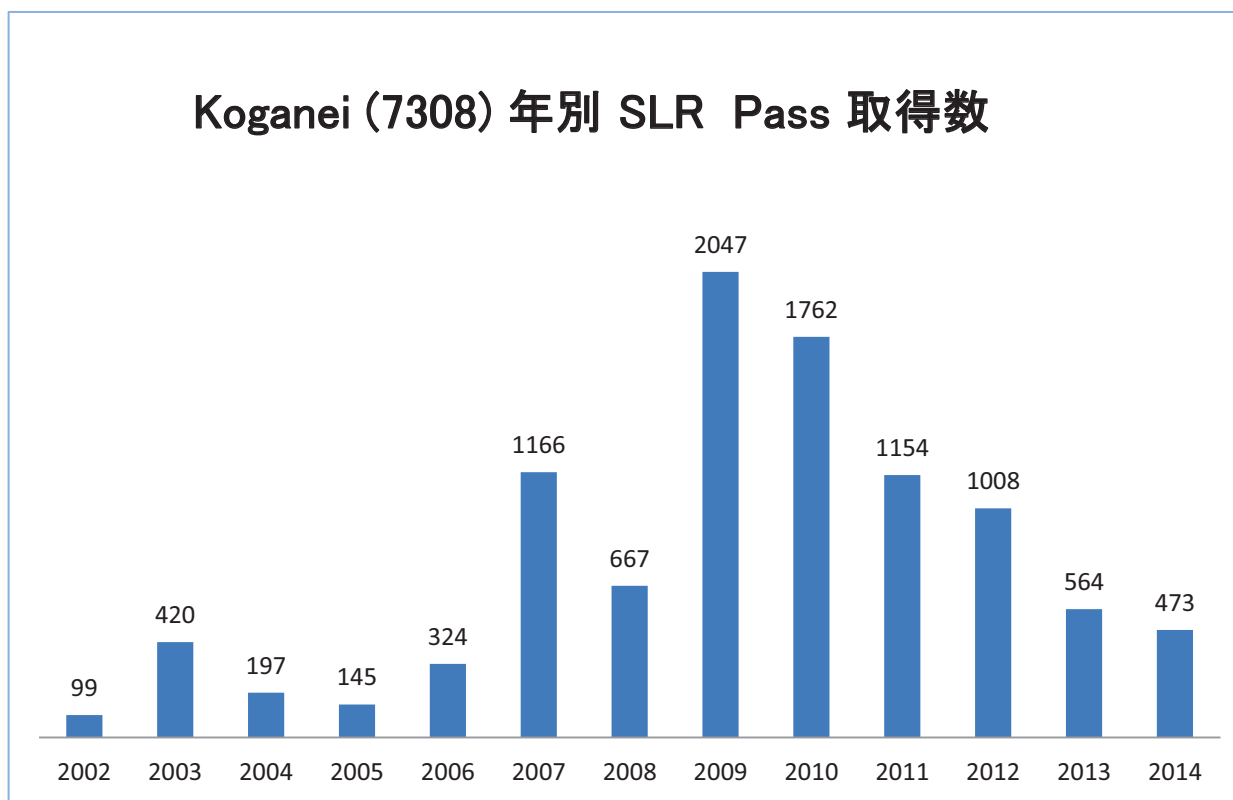
# 3. 試験観測状況

## 3-2 2015年 望遠鏡トラブル前の30mJ psレーザによるパス取得状況

SATELLITE	Pass	FR	NP	FR/NP
AJISAI	7	11564	84	137.7
BE-C	3	3535	57	62
Cryosat-2	1	708	12	59
ETLON2	1	113	4	28.3
GLNS102	2	877	12	73.1
GLNS109	3	1934	14	138.1
GLNS118	1	147	6	24.5
GLNS129	1	1307	4	326.8
GLNS130	2	4600	15	306.7
Galileo-101	1	284	4	71
Galileo-102	1	2806	7	400.9
Galileo-103	1	652	4	163
HY2A	2	1041	14	74.4
LARES	1	917	14	65.5
LARETS	1	659	5	131.8
LGEOS1	9	18365	76	241.6
LGEOS2	7	15933	57	279.5
QZS1	2	295	9	32.8
STARLT	10	11392	75	151.9
Total	56	77129	473	163.1

# 4. 過去のデータ取得状況

4-1 2002年～2014年のSLR観測状況を示す。



# 4. 過去のデータ取得状況

## 4-2 2002年～2014年のSLR観測状況を示す。

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
ADEOS2	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
ALISAI	38	71	55	65	102	214	143	237	209	119	102	65	42	1462
ALOS	0	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	8
ANDEC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
ANDEP	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
BE-C	18	26	5	0	14	124	94	188	161	109	65	34	56	894
BLITS	0	0	0	0	0	0	0	0	47	49	5	3	0	104
CHAMP	0	2	0	0	3	9	0	8	5	0	0	0	0	27
COMPASSG1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14	9	26
COMPASS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	6
COMPASS5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	5
COMPASSM1	0	0	0	0	0	0	0	43	46	23	9	0	0	121
COMPASSM3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	6
Cryosat-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	22	10	10	52
Cryosat2	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20
ENV	1	21	0	0	12	43	23	83	55	16	4	0	0	258
ERS2	1	19	0	2	8	40	25	77	69	8	0	0	0	249
ETLON1	1	5	8	4	2	37	16	68	40	32	23	25	8	269
ETLON2	0	2	2	3	6	27	7	40	38	29	12	11	10	187
ETS8	0	0	0	0	0	0	35	6	42	16	0	0	0	99
GFO	2	2	0	1	8	35	18	0	0	0	0	0	0	66
G/OA	0	0	0	0	1	5	3	14	17	5	8	0	0	53
G/OB	0	0	0	0	0	0	5	26	19	7	4	0	0	61
GLNS100	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
GLNS102	0	0	0	0	0	0	1	56	44	28	27	12	15	183
GLNS109	0	0	0	0	0	0	3	45	44	33	31	15	18	189
GLNS110	0	0	0	0	0	0	0	11	26	19	6	0	0	62
GLNS111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
GLNS115	0	0	0	0	0	0	0	53	48	45	25	0	0	171
GLNS118	0	0	0	0	0	0	0	0	12	40	29	18	11	110
GLNS120	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	8
GLNS125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	16
GLNS127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
GLNS129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	22	18	41
GLNS130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	14	14	44
GLNS84	3	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
GLNS87	4	6	7	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	23
GLNS89	0	0	3	3	4	10	0	0	0	0	0	0	0	20
GLNS96	0	0	0	0	0	30	5	0	0	0	0	0	0	35
GLNS99	0	0	0	0	0	12	9	4	0	0	0	0	0	25
GOCE	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	2	0	0	10
GPS35	0	5	9	3	0	17	4	4	0	0	0	0	0	42
GPS36	0	0	0	0	0	12	1	20	32	5	12	5	7	94
GRACEA	0	6	0	0	4	17	1	40	28	3	7	1	4	111
GRACEB	0	1	0	0	0	7	1	35	17	0	4	5	5	75
Gallileo-101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	18	3	6	29
Gallileo-102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	19	2	5	28
Gallileo-103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	7
Gallileo-104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5
Giob1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Giob2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
HYZA	0	0	0	0	0	0	0	0	20	27	13	8	8	68
JASON	0	12	3	4	17	72	31	114	90	61	26	1	0	431
JASON-2	0	0	0	0	0	0	11	145	124	69	56	34	34	473
KOMPSAT-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
LAR	0	0	0	0	3	28	7	70	60	20	9	0	0	197
LARES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	36	17	87
LARETS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
LGEOS1	8	68	46	15	35	137	66	159	161	105	79	51	61	991
LGEOS2	11	52	37	11	30	120	61	143	130	85	90	80	42	892
LRE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OPTSB1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
QZS1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	113	111	38	11	277
REF	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SOHLA	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
SOHLA-1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
STARLT	3	37	11	13	54	80	78	170	124	75	74	20	22	761
STELLA	2	21	1	2	10	42	27	67	52	24	17	14	17	296
TOPEX	6	42	6	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
TRSX	0	0	0	0	0	12	21	38	17	2	4	2	0	91
TandEMX	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	10	5	4	35
probaz2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
Total	99	420	197	145	324	1166	667	2047	1762	1154	1008	564	473	10026

## 5. まとめ

### 現状のまとめと今後について

- 新システムでのデータ取得が可能になった.
- 休止局の状態を運用局へ戻すため, LAGEOSのデータ取得を目指す.
- 課題
  - 1kHzレーザのスペックを発揮してSLRが行えるように, 受信系の直前の迷光防止シャッターのkHz化
  - SITE.LOGの準備 (別紙)

### 今後は

NICTは光通信, スペースデブリの技術開発局  
独自で測地用ルーチン局として維持をおこなうことは困難  
他機関運用局の試験用設備として利用できる道があれば幸い