



ぎんれいプロジェクト

超長距離可視光通信への挑戦



中島 厚

信州大学特任教授・ぎんれいプロジェクトマネージャ

平成27年2月13日

東京海洋大学越中島会館



信州大学における衛星開発

寄附講座の開設

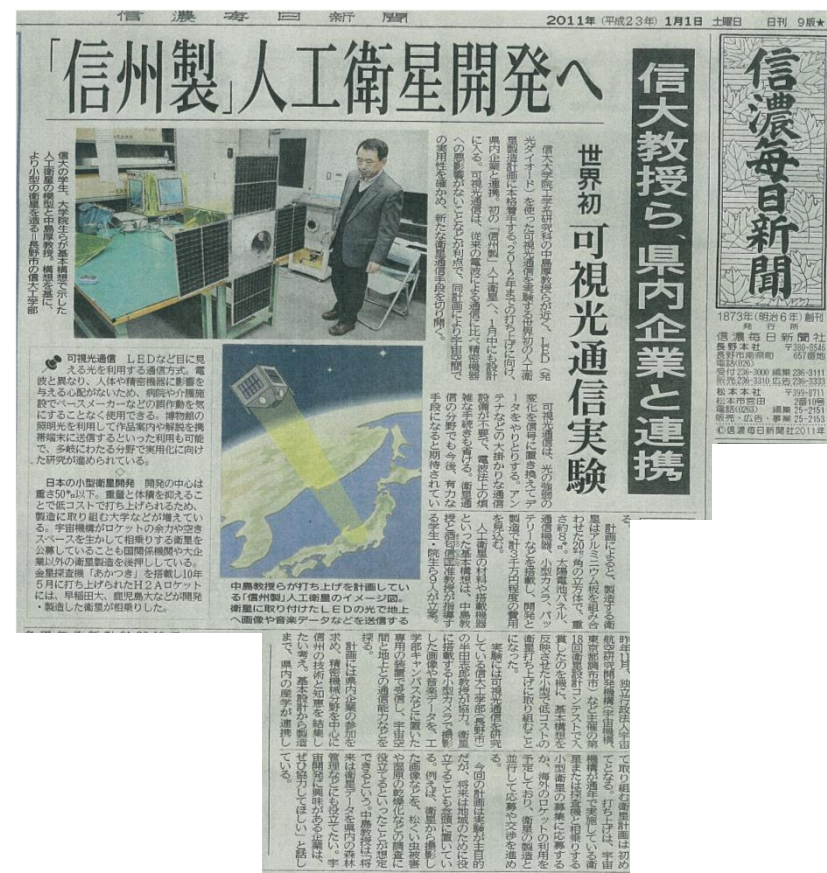
多摩川精機(株)並びに萩本博幸会長の寄附により、信州大学大学院工学系研究科に設置:モバイル制御講座(多摩川精機・萩本寄附講座)(平成20年4月～平成25年3月まで)。

技術蓄積

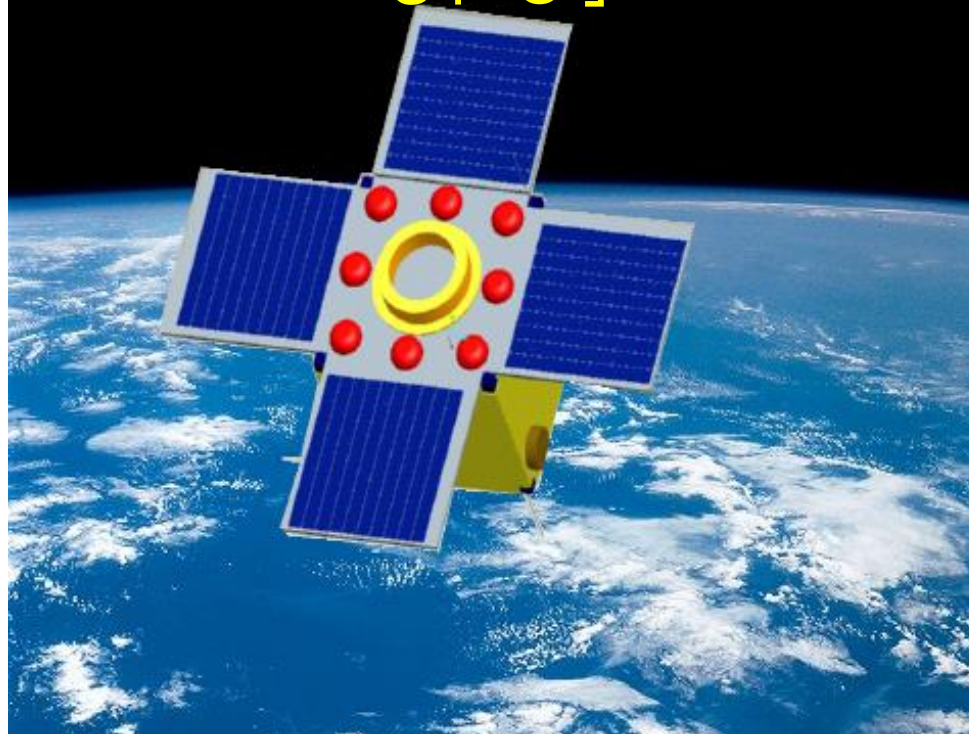
民間が開発している地球観測衛星ASNARO搭載用ジンバル装置の開発を多摩川精機(株)と信州大学が受託。信州大学は熱設計・解析を主担当。学生が衛星搭載機器開発の技術習得。

人材育成

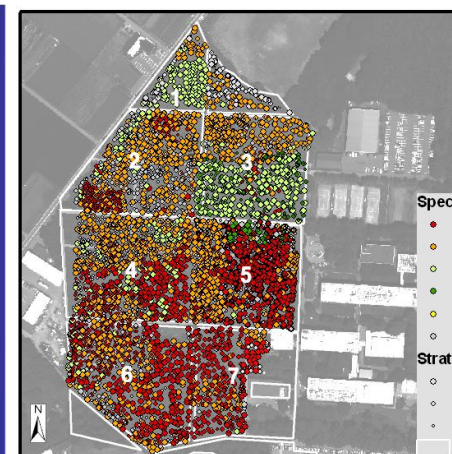
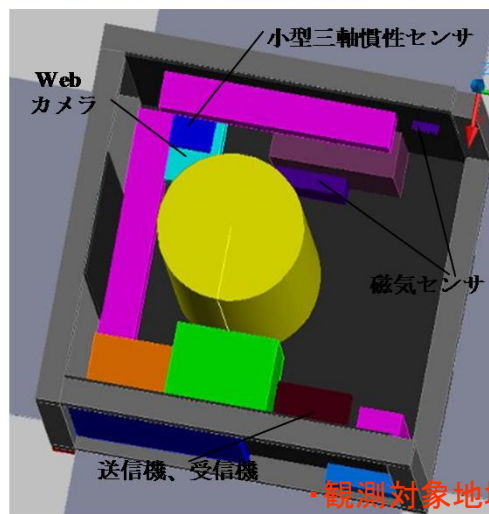
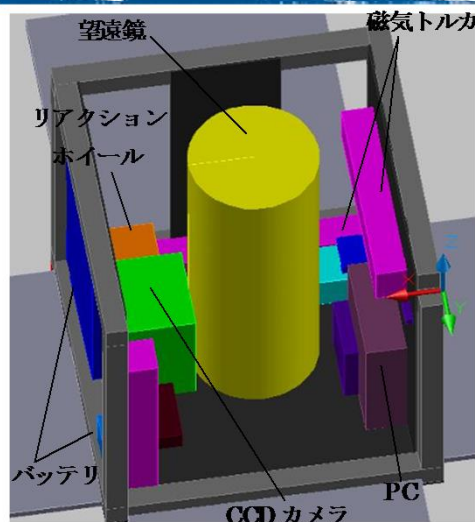
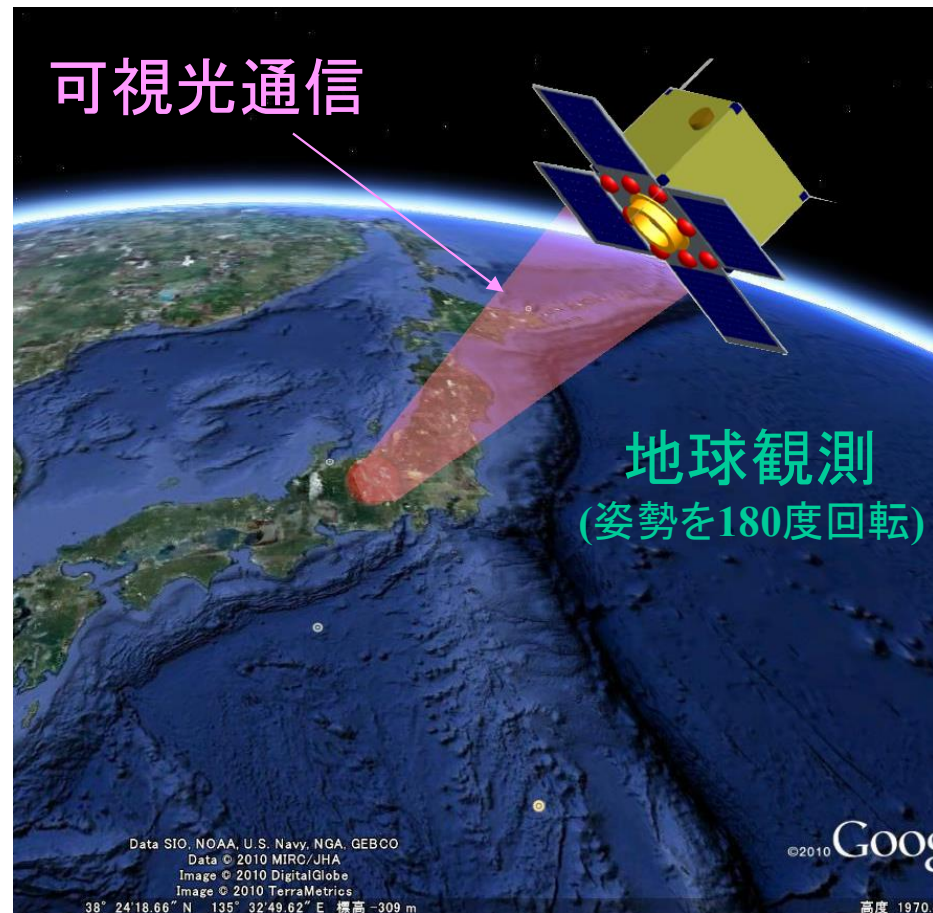
信州大学担当教員(中島厚教授、酒匂信匡准教授、橋本英一非常勤講師)は我が国における超小型衛星開発において多くの実績を有しており、学生、民間企業の指導・育成が可能。
2010年度開催された第18回衛星設計コンテスト設計部門で信大衛星「こもれび」が電子情報通信学会賞を受賞。



森林観測衛星 「こもれび」



可視光通信



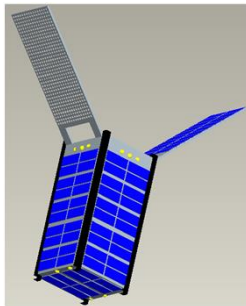
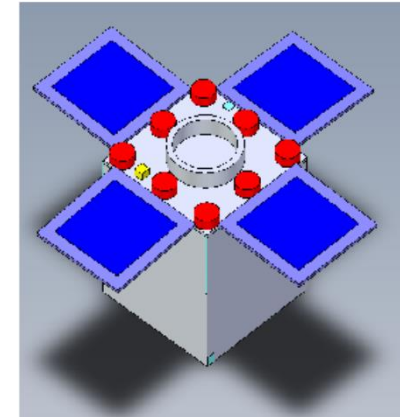
・観測対象地域(木曽谷): $60\text{km} \times 70\text{km} = 4200\text{km}^2$ (木曽ヒノキ生育地域: 950km^2)

信大衛星ファミリーとそのミッション

信州大学は森林観測衛星「こもれび」を提案。その後、LED可視光通信を世界で始めて衛星・地上間の通信として利用する超小型衛星「ぎんれい」を開発。平成26年2月28日に打上げ、宇宙実験に成功。

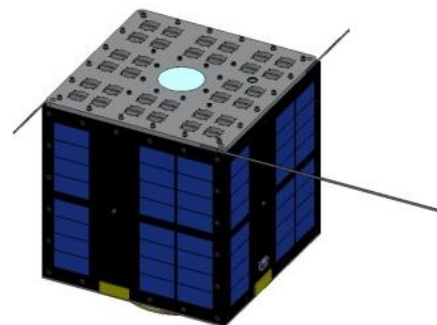
50cm級超小型衛星「こもれび」

- ・ 森林観測ミッション(地上分解能GSD:5mクラス)
- ・ LED可視光通信によるデータ伝送
- ・ 第18回衛星設計コンテスト(平成22年)設計部門電子情報通信学会賞



2U サイズ (10cm × 10cm × 20cmサイズの可視光通信実験衛星)

- ・ 衛星・地上間のLED可視光通信実験(ダウンリンクのみ)
- ・ 能動姿勢制御なし。各面にLED
- ・ 平成24年度「きぼう」放出ミッションとして提案。不採択。



40cm級超小型衛星「ぎんれい」

- ・ 衛星・地上間の双方向可視光通信実験を行う可視光通信実験衛星
- ・ アマチュア無線通信サービス
- ・ 平成25年度H-IIA相乗り副衛星として採択(H23.12.14 宇宙開発委員会で報告)。平成26年2月28日H-IIAF23打上げ。

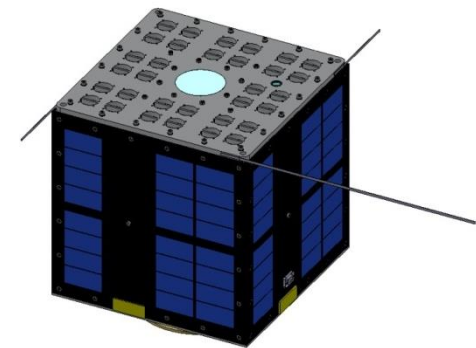
LED可視光通信とは？

部屋の照明は蛍光灯から、寿命が長く消費電力の少ないLEDに急速に普及してきています。LED可視光通信は、このLEDを高速で点滅させていろいろな情報を遠くに送る事が出来ます。

信州大学では、世界で初めてこのLED可視光通信を人工衛星と地上とで行う実験衛星：**可視光通信実験衛星**を提案しています。

宇宙通信の問題とLED可視光通信の特徴

1. 通常人工衛星に使われる電波は非常に混雑してきており、また、無線局免許申請に2～3年を要し、新しい技術を1年程度で実験したいような衛星が作れない事になります。
2. LED可視光通信は目に見える光(波長360～830[nm])を利用します。その特徴は、
 - ① 電波のような申請が不要
 - ② 電磁ノイズを出さないため他の機器や人体に影響が少ない
 - ③ 指向性があり混信が起きにくい
 - ④ 通信状態が目で見える
 - ⑤ LEDを使用しているので長寿命
3. **信大衛星により長距離の可視光通信技術が実証されれば、**
 - ① 世界的な電波の混雑解消に役立つ
 - ② 小型衛星の開発期間を短縮できる(電波申請にかかる時間が不要)
 - ③ 高速通信を実現する事により小型衛星の通信能力が向上する



長距離可視光通信実験例

2007年9月より灯台サブプロジェクト(海上保安庁, カシオ計算機(株), 日本電気(株), (株)東芝)が立ち上がり、既存のLED灯台を応用した長距離可視光通信の実現へ向けて活動を開始。

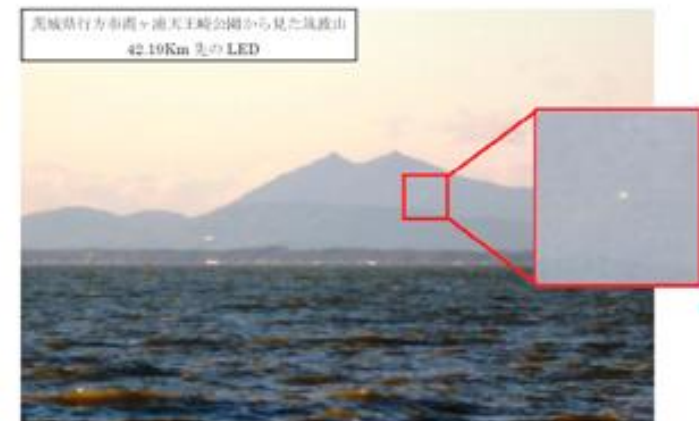
(灯台サブプロジェクト(<http://www.vlc.net/modules/xpage2/incex.php?id=3>))

2008年10月、千葉県の大九十九里浜において、LED灯器を使用している灯台からの発光信号に情報を載せて、長距離通信が可能であることを確認する基礎実験が行われ、この実験においてイメージセンサを活用することで、長距離通信実験に成功したとの報告がなされている(通信距離2kmでは通信速度1022bps、通信距離1kmでは通信速度1200bpsを記録)。

(株)アウトスタンディングテクノロジーは2010年に3w高輝度LEDを使用して千葉県東金市と大九十九里浜の間13km、通信速度5kbpsで通信を成功。

(OTC News & Information (<http://www.ot-c.co.jp/pg64.html>))

同社は2011年には42kmの距離を5kbpsの音声通信に成功(右図)。本実験は、筑波山と行方市霞ヶ浦天王崎公園の間(42.19km)を10W高輝度LEDを用い、3.58MHzのサブキャリアにFM変調し、低静電容量反射集光受光器(LEC-RP)で受信。
(OTC News & Information (<http://www.ot-c.co.jp/pg69.html>))



長距離可視光通信実験送信光

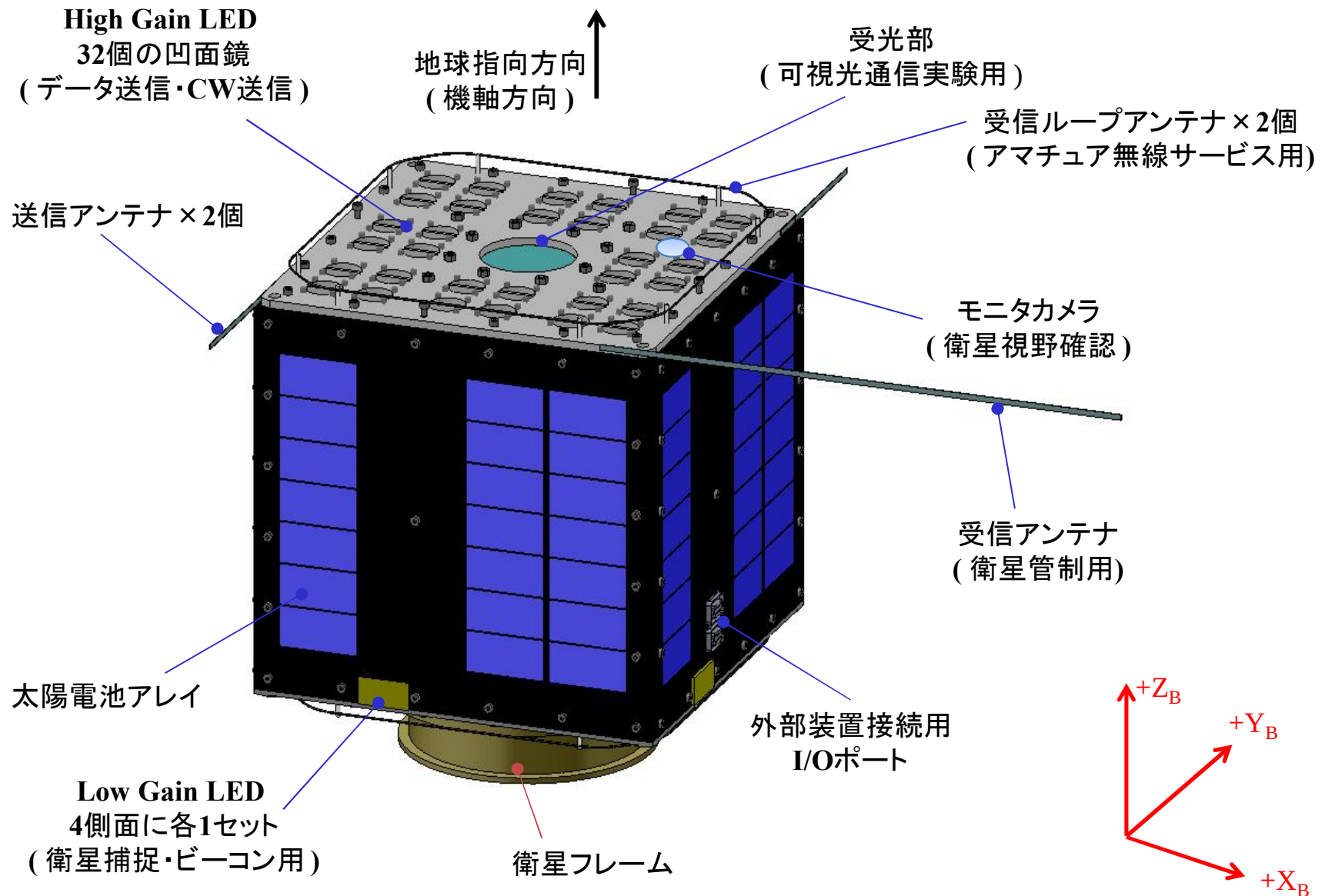
可視光通信実験衛星:ShindaiSat(愛称:ぎんれい)開発スケジュール

[illegible]

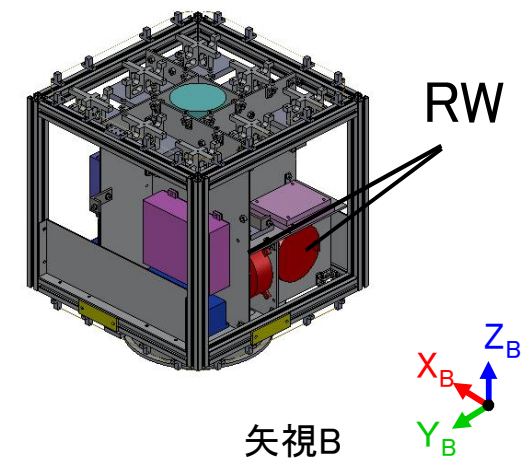
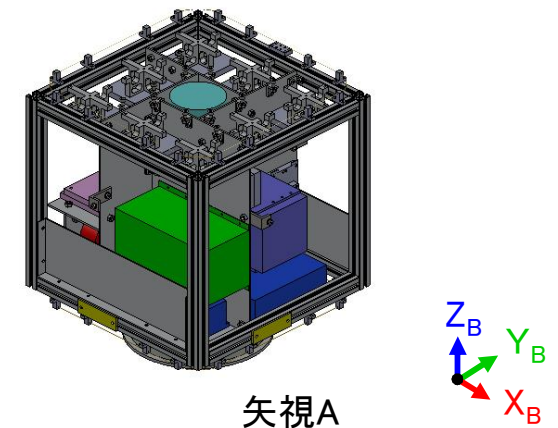
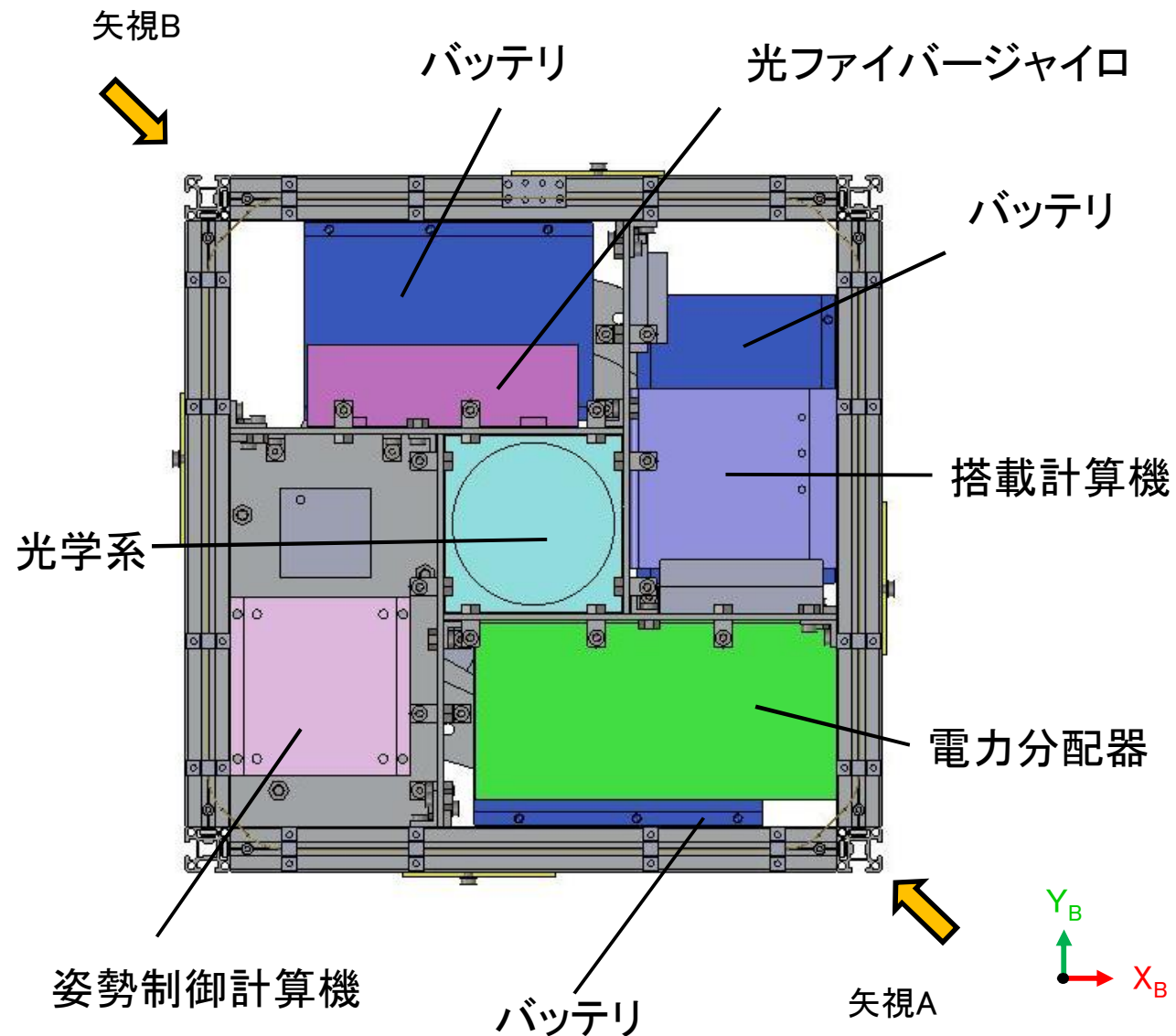
「ぎんれい」ミッション達成度

達成度合	ミニマムサクセス	フルサクセス		エクストラサクセス
項目	Å 衛星のLED光観測	Å LED光を使用した可視光通信によるダウンリンク(衛星⇒地上)	Å LED光を使用した可視光通信によるアップリンク(地上⇒衛星)	Å LED光を使用した可視光通信によるクローズドループ姿勢制御(地上⇔衛星)
内容	Å 衛星からのLED光を地上に設けた設備(望遠鏡)により観測, 写真撮影	Å 衛星からのLED光を変調, 点灯して地上へ向けてデータを送信し, 地上で受光, 復調	Å 地上からLED光源を変調, 点灯して衛星へ向けてデータを送信し, 衛星で受光, 復調	Å 地上からLED光源を変調, 点灯して衛星へ向けてデータを送信し, 衛星搭載受光素子(PD)で受光, 復調。受光素子の中心位置と受光位置のズレから衛星姿勢を決定。受光位置が受光素子中心となるよう衛星姿勢を制御。継続的に実施することによるLED光を使用した地上局指向
成果	Å 距離及び大気減衰の影響確認, データの取得 Å 衛星の輝度データ取得 Å 可視光通信衛星追尾技術の確立	Å 宇宙-地上間の可視光通信(片方向)技術の実証 Å LED光を使用した可視光通信による衛星の双方向通信の成立(オープンループ姿勢制御時)		Å LED光を使用した可視光通信による衛星の双方向通信の成立(クローズドループ姿勢制御時)
アマチュア無線サービス	Å 「ぎんれい」からの衛星関連情報ビーコンの送信	Å アマチュア無線家からのコマンドに対する「ぎんれい」からの応答サービス		

「ぎんれい」外観



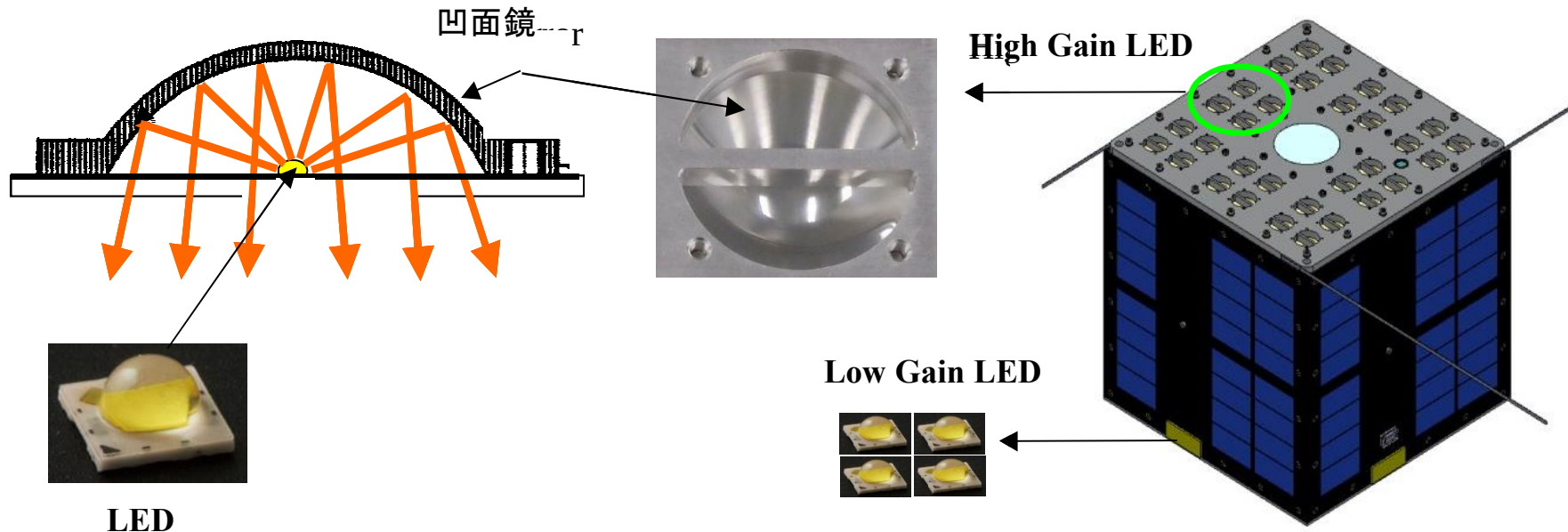
機器配置



「ぎんれい」 主要諸元

外形寸法			398×398×445 mm ただし、衛星フレームを含む機軸方向が450 mm (包絡域設計要求:400×400×450 mm)
質量			32.9kg (質量設計要求:30±6kg)
姿勢制御	待機時		地心指向（粗制御）
	ミッション時		地上局指向（精制御）
軌道			高度400km, 軌道傾斜角65deg.
通信	アップリンク:145MHz帯		1200bps
	ダウンリンク:430MHz帯		1200bps
電力	消費電力	待機時最大消費電力	9.4 W
		ミッション時最大消費電力(瞬間)	152W
	最小発生電力(1周回平均)		7.9～19.3 W
ミッション	受光用光学系		φ 80 × f 200 mm
	発光用 光学系	High Gain LED 高速通信(モールス, FSK)用	φ35mm凹面鏡（半値角3deg.）× 32個（地球指向面） 15wpm, 1,200/9,600bps
		Low Gain LED ビーコン(モールス)用	LED単体（半値角 55deg.）× 16個（側面パネル各4個） 15wpm
その他機能	アマチュア無線サービス		衛星情報ビーコン(モールス信号)送信, コマンドに対する自動応答
	モニタカメラ(衛星の視野確認用)		CMOSカメラ

LEDの光を集める凹面鏡と明るさ



High Gain LED

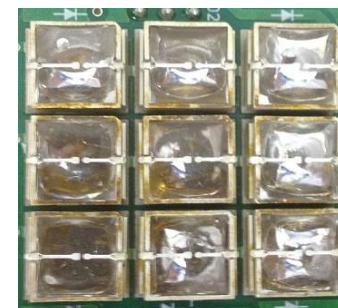
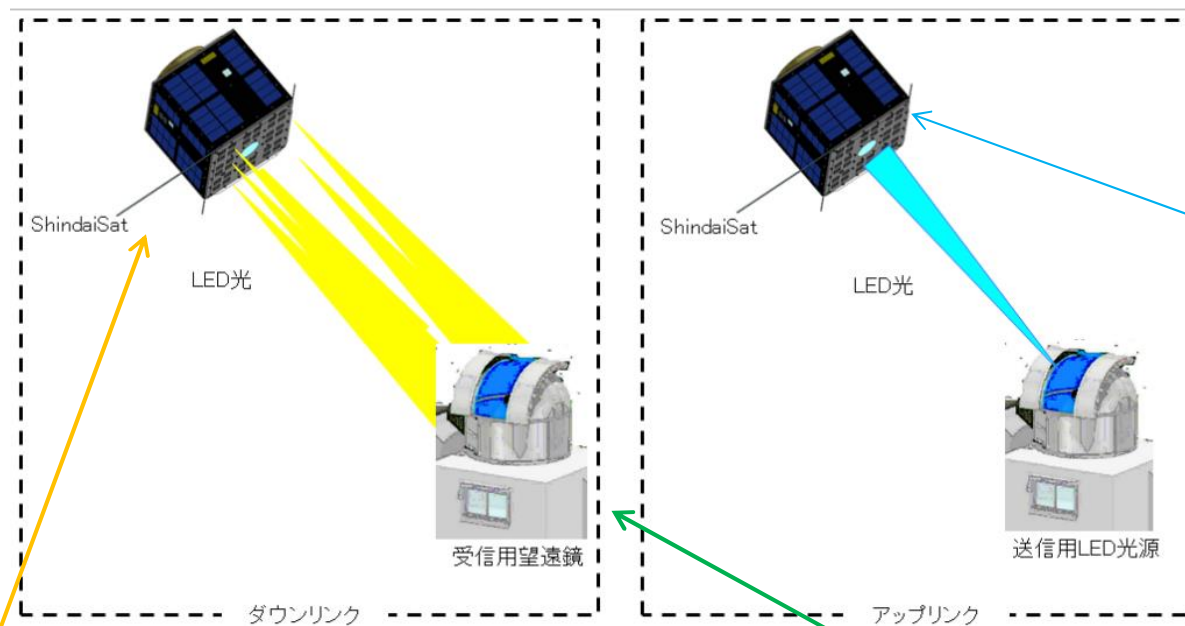
32個のLEDと凹面鏡
照射角: 6度
消費電力: 86.4W
光束: 9600ルーメン

12畳用シーリングライト2個分

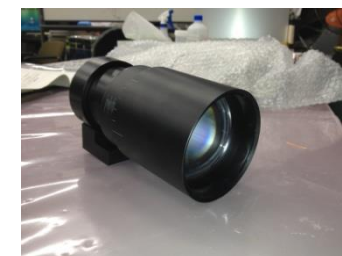
Low Gain LED

4個のLEDを衛星の4面に取り付け
照射角: 110度
消費電力: 89.6W
光束: 1920ルーメン／1面

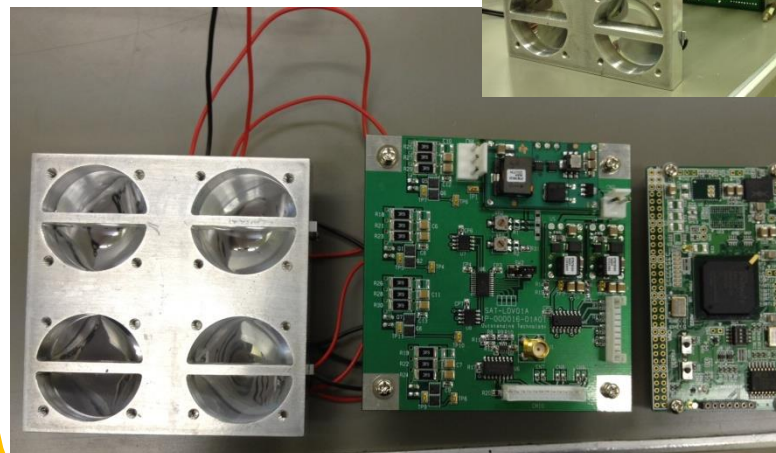
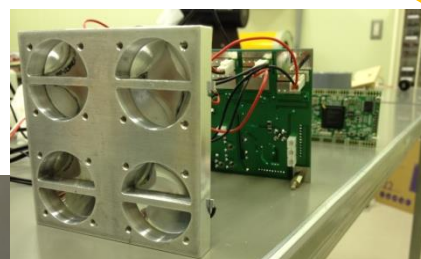
車のヘッドライト1個分



PDアレイ



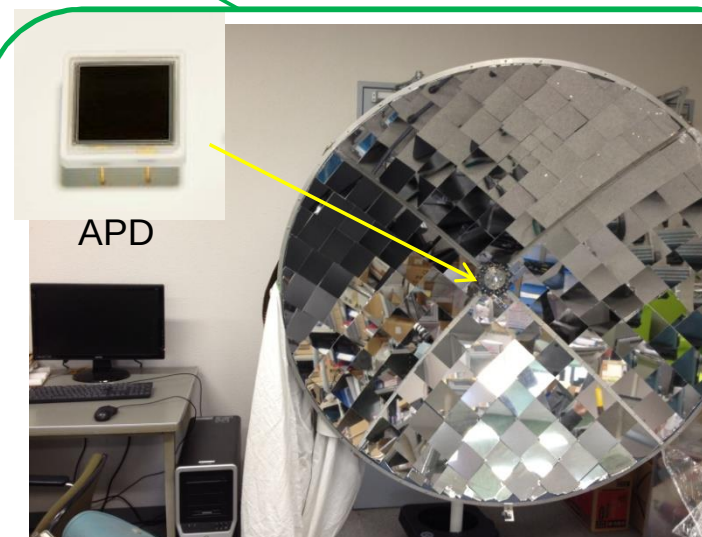
受信光学系



反射型凹面鏡

ドライバ

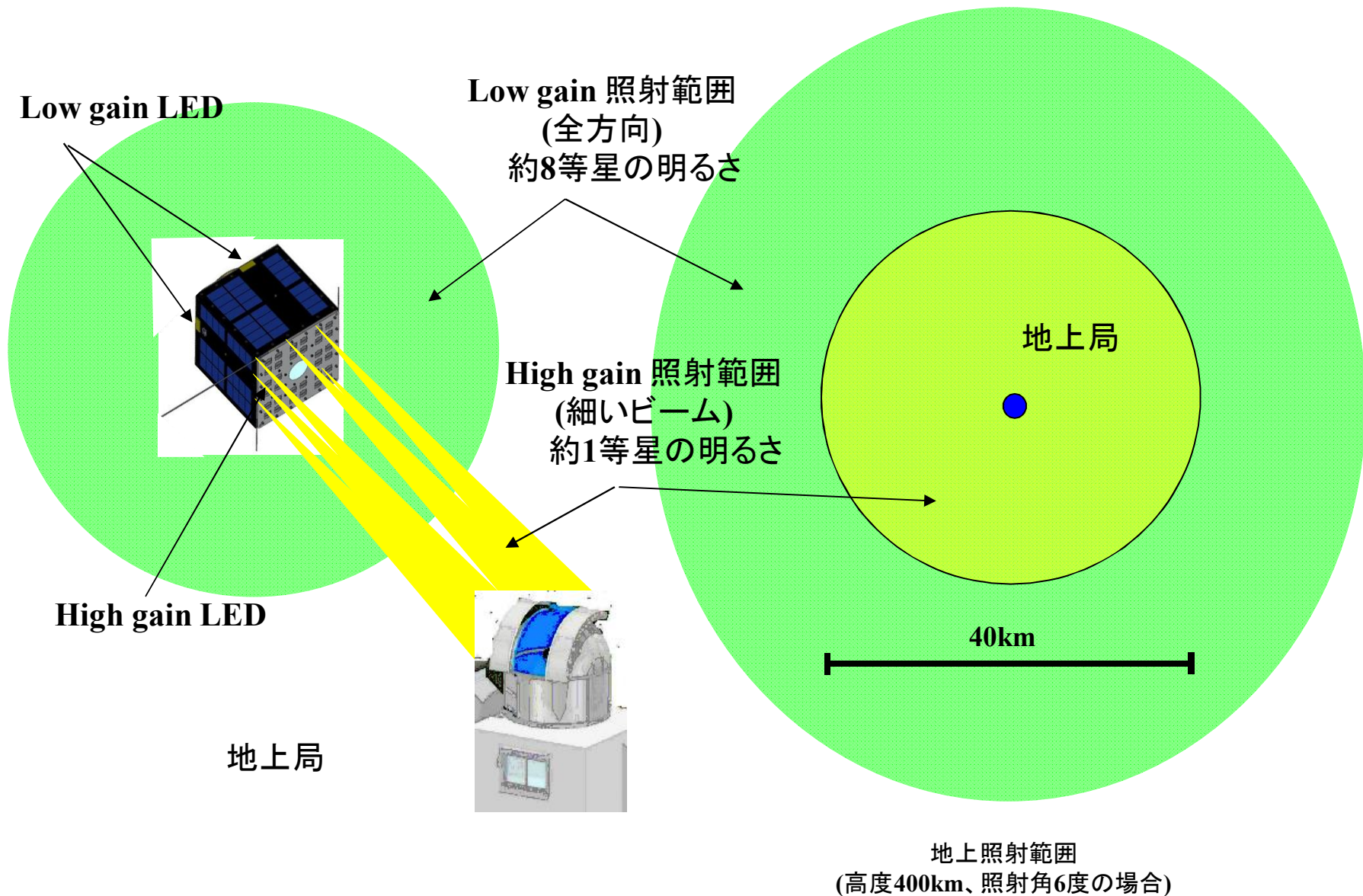
変調基板



地上局

(1.5mパラボラ鏡)

衛星からの光の強さと光が見える範囲



変調装置

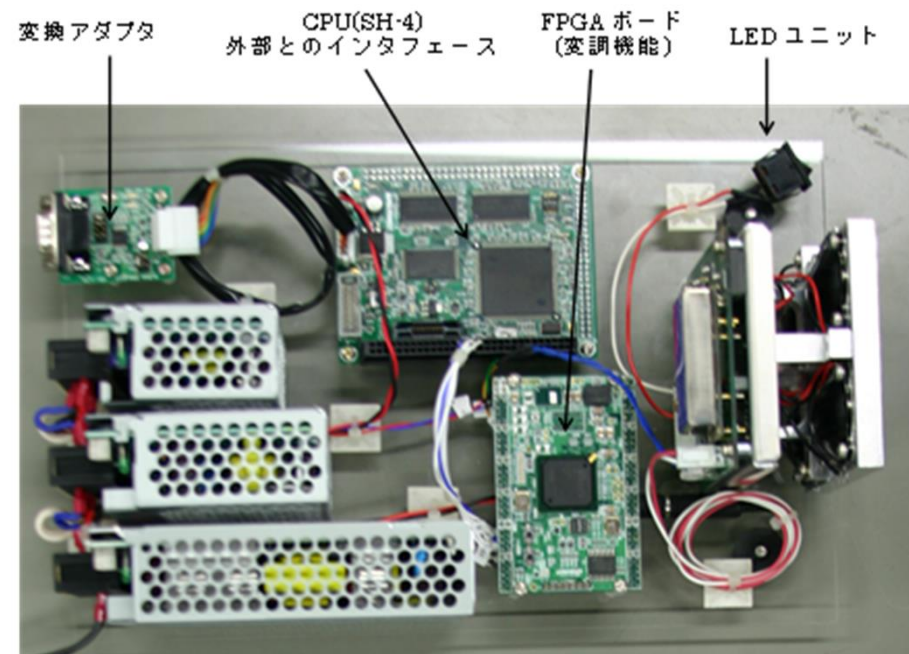
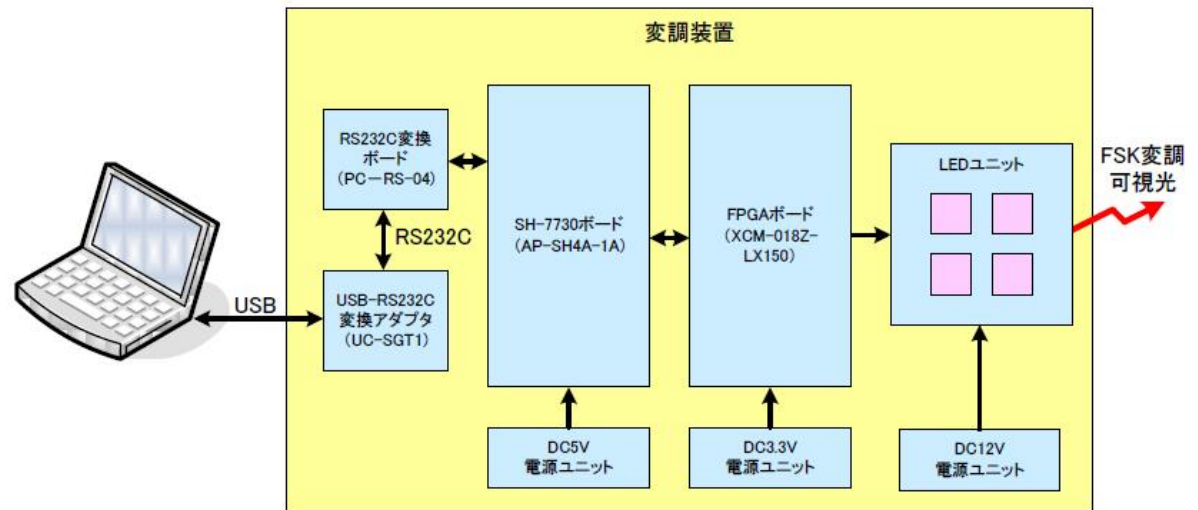
可視光通信変調装置は可視光によるデジタル信号をFSK変調する。設計仕様は、

キャリア周波数: 1.942MHz

通信レート: 9.6kbps

インタフェース: 変調データの
USB/RS-232C通信機能

専用データ処理装置で作成されたデータはUSB/RS232C経由でインタフェースCPU(SH-7730ボード)に取り込まれ、FPGAボードで変調された信号はLEDユニットのドライバーを駆動して、FSK変調された可視光が照射される。



復調装置

可視光通信復調装置は可視光によるFSK変調されたデジタル信号を復調する。受光素子は3x3のアレイ状に配列されているため、9チャンネルの復調機能を有する。設計仕様は、

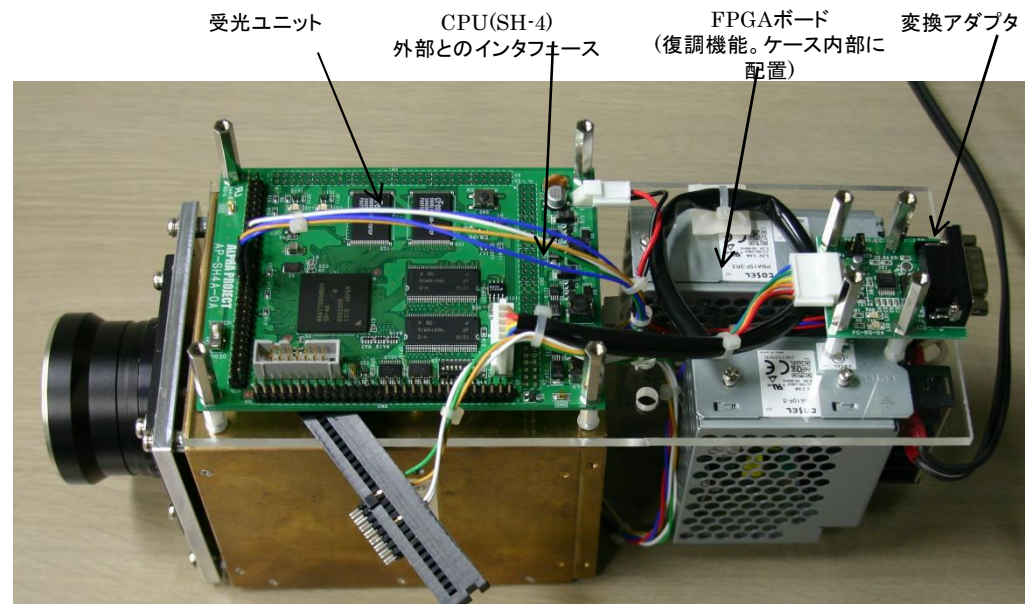
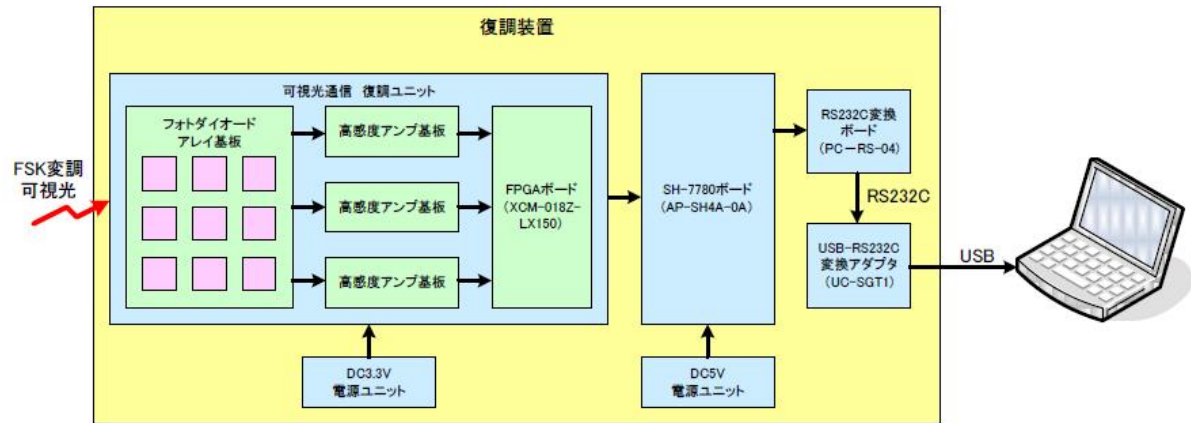
キャリア周波数: 1.942MHz

通信レート: 9.6kbps

復調器: 9ch独立

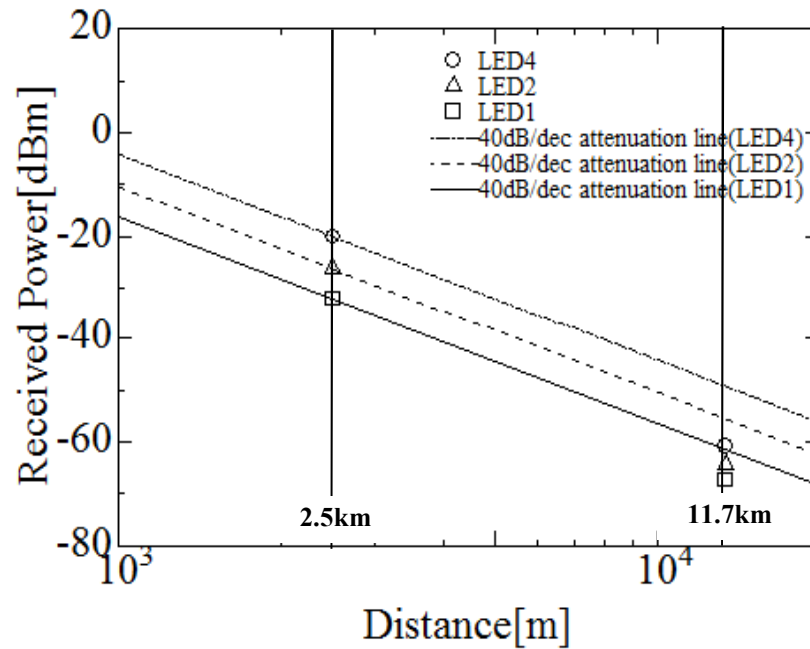
受光強度信号: 9ch独立に各受光素子の出力(RSSI)を送出

インタフェース: 復調データのRS-232C通信機能



受光用光学系で集光された光はフォトダイオードアレイ基板で結像し、各素子独立に受光した信号はFPGAボードで復調及びRSSI出力される。これらデータはCPU及びRS-232C/USBインタフェースで専用データ処理装置に送出される。RSSI出力はFSK変調された可視光を常に追尾するための追尾用ジンバル装置に入力される。

大気減衰の評価



9, 2km分の大気減衰が見られた

LED4: -11.47dB

LED2: -8.82dB

LED1: -6.05dB

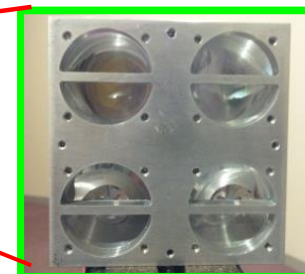
人工衛星「きらり」での実績では

快晴: -3.2dB

やや雲有り: -6 ~ -11dB



受光素子: PD (LEC-RP0508)
感度 0.2A/W
受光光学系: 口径28cm望遠鏡



送信側: LED (NVS119A)
最大出力 2.7W/LED
凹面鏡、半値角 3deg.

受光素子によるS/Nの比較

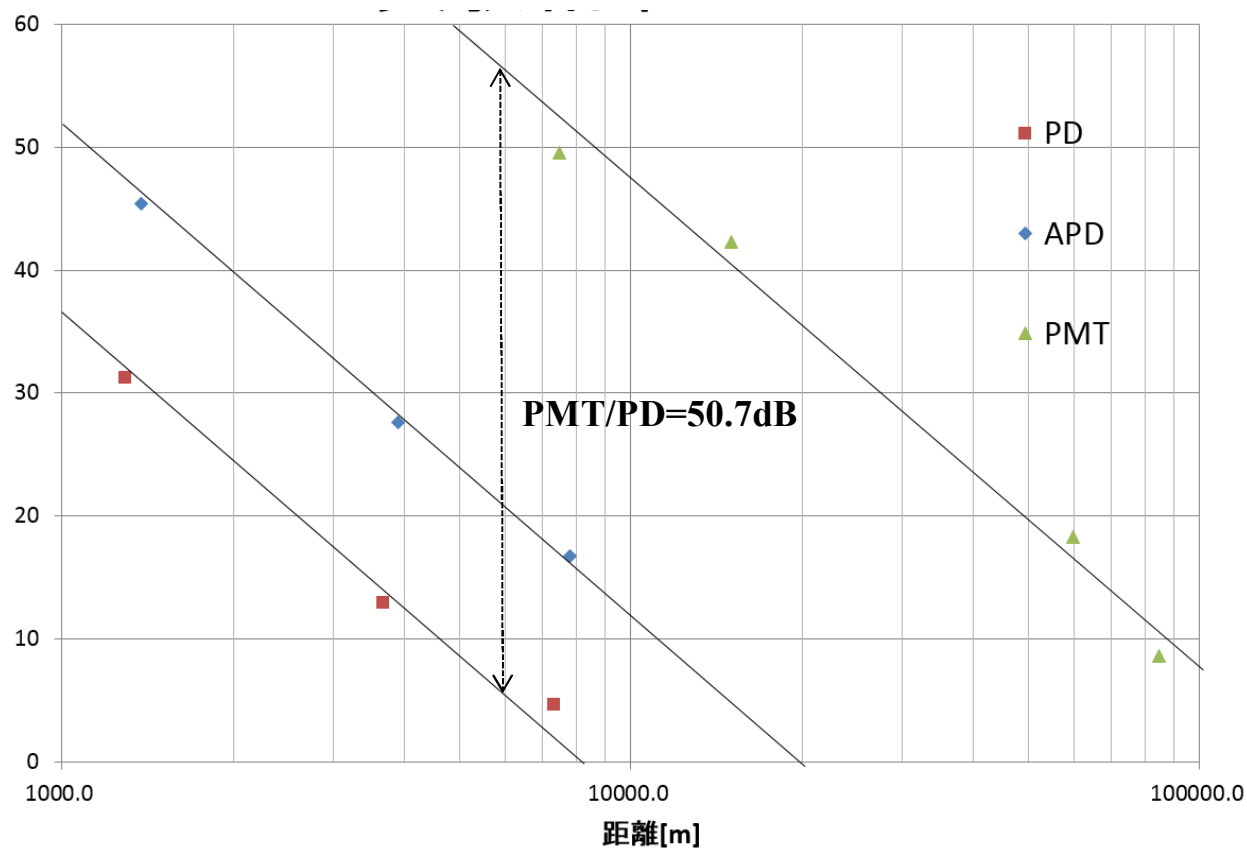
実験条件

発光側:「ぎんれい」搭載用凹面鏡1個

受光側:φ 80mm/f=100mmのレンズに

PD、APD、PMTを取り付け

室内(距離25m)でスペクトルアナライザで測定し、フィルタにより距離換算を行う



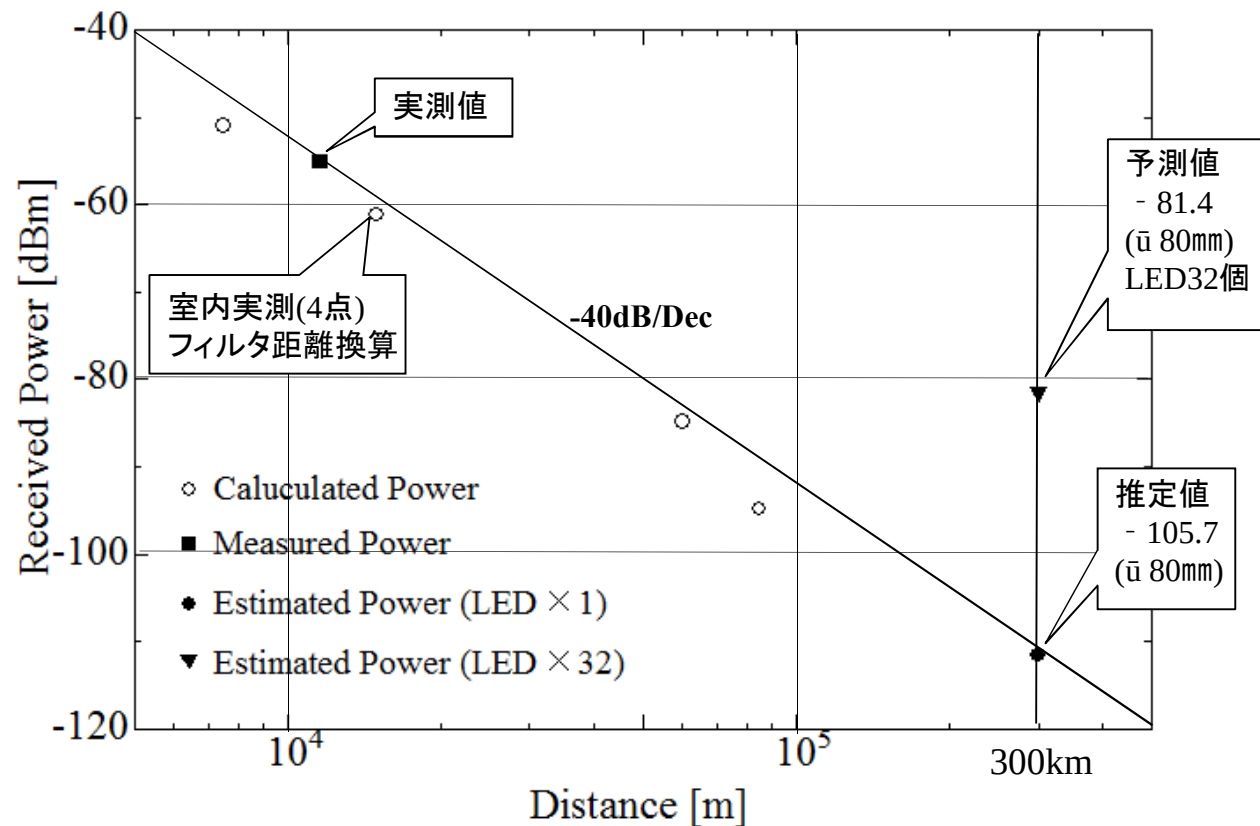
光電子増倍管(PMT)H7826
浜松ホトニクス Φ19mm

ダウンリンク実現の条件

「ぎんれい」からのFSK変調されたLED光を受光し、復調するためには、 $S/N > 20\text{dB}$ が必要であることが実験から求められた。

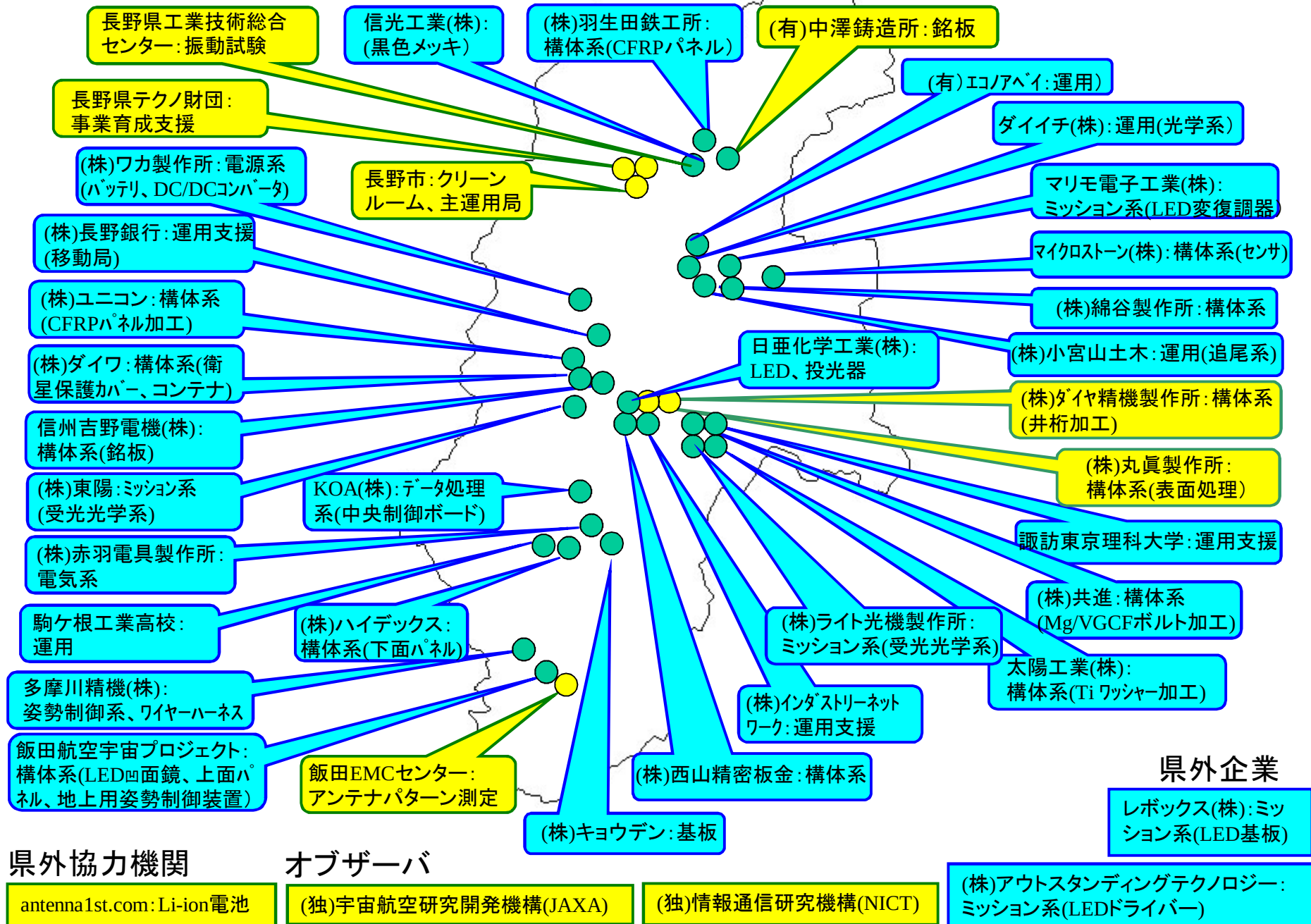
PMTのフロアレベルは -103dBm 程度であり、口径 80mm のレンズでは -81.4dBm の受信電力が得られるため、この条件を満足する。

実際は口径 280mm の望遠鏡(-60.0dBm)を使用して実験を行った。

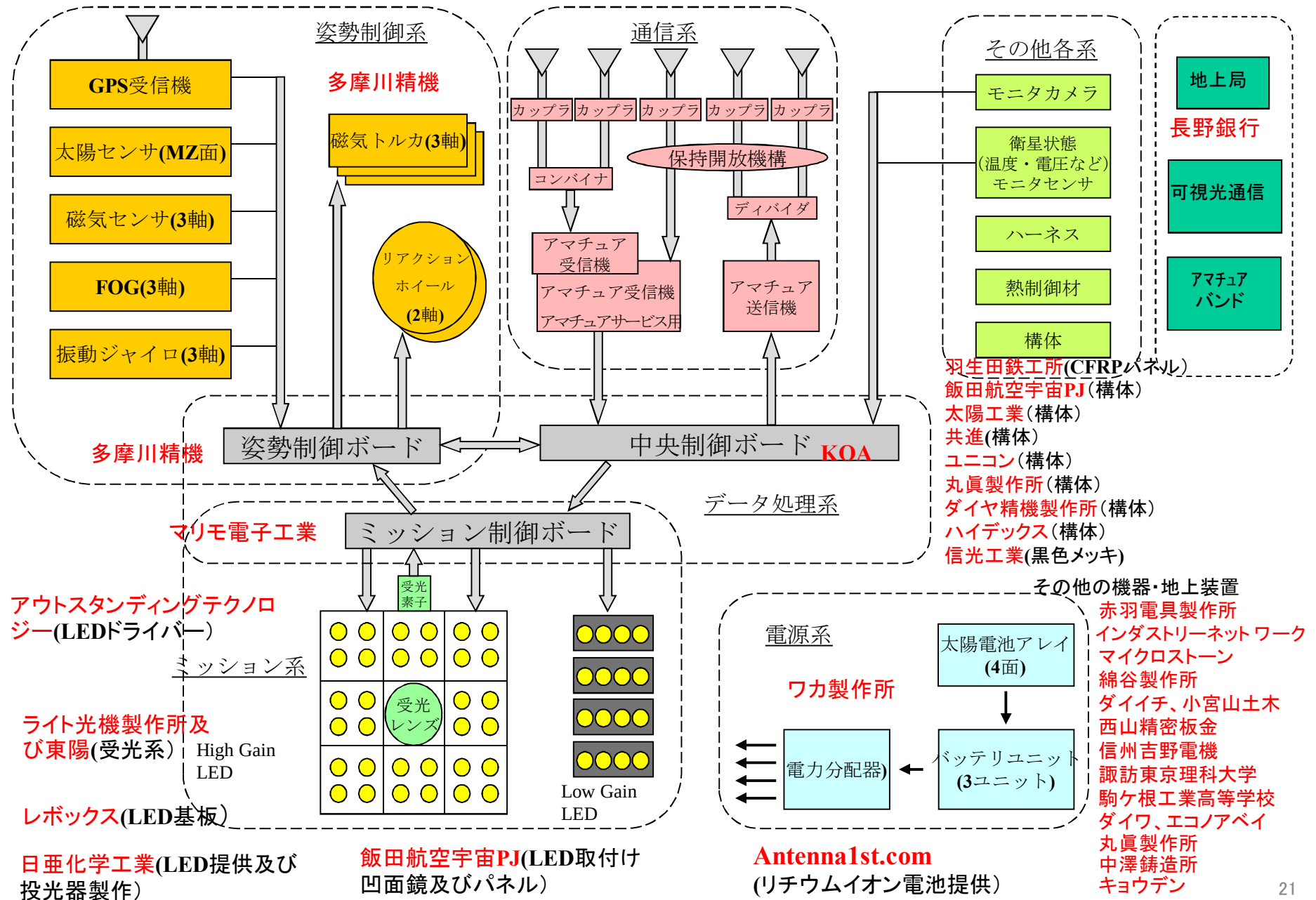


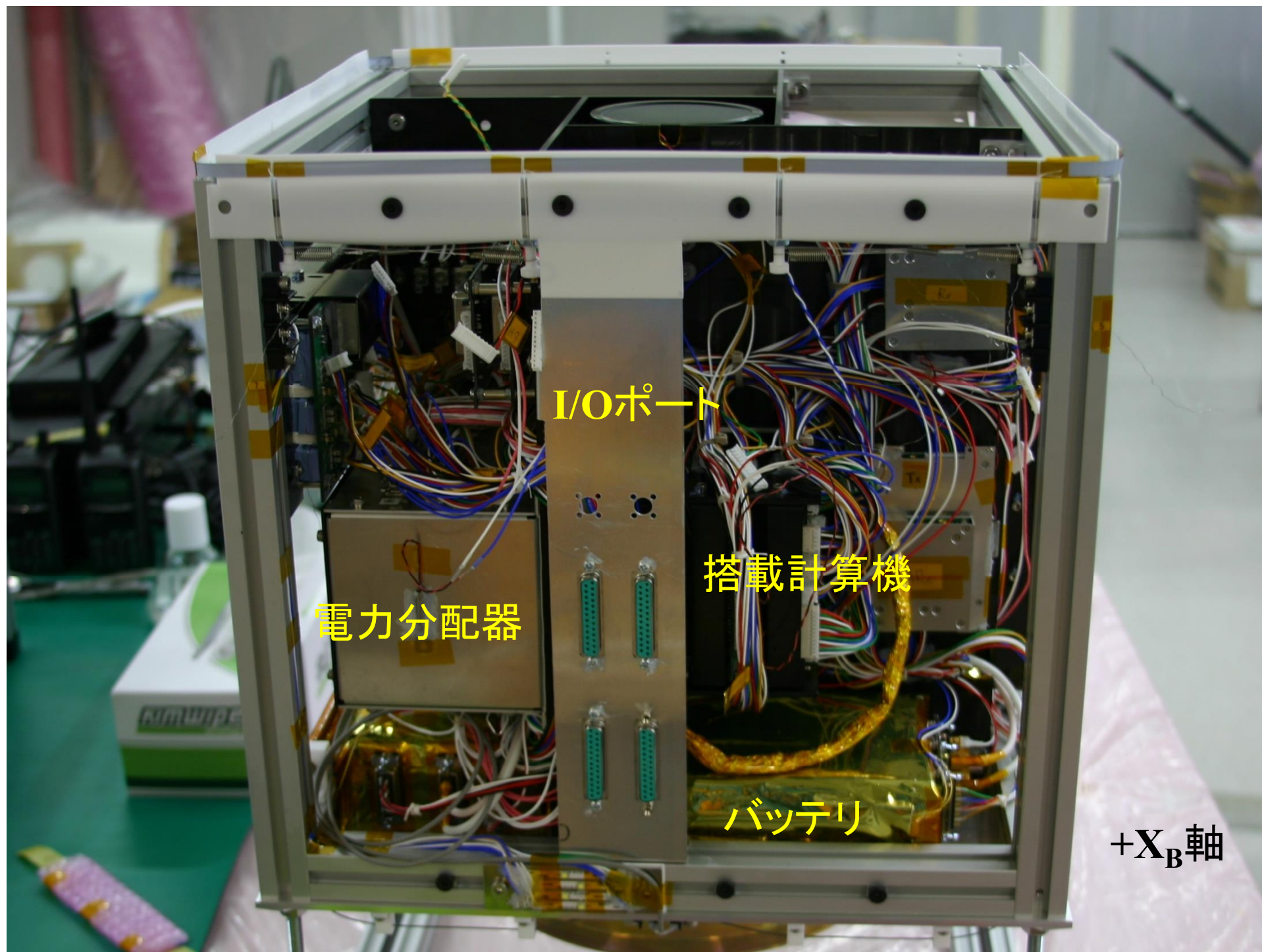
信州衛星研究会参加企業(法人会員)並びに協力機関

平成25年度28社(法人会員)
平成26年度2社追加(法人会員)



「ぎんれい」サブシステムと連携企業の役割分担





I/Oポート

電力分配器

搭載計算機

バッテリ

+X_B軸

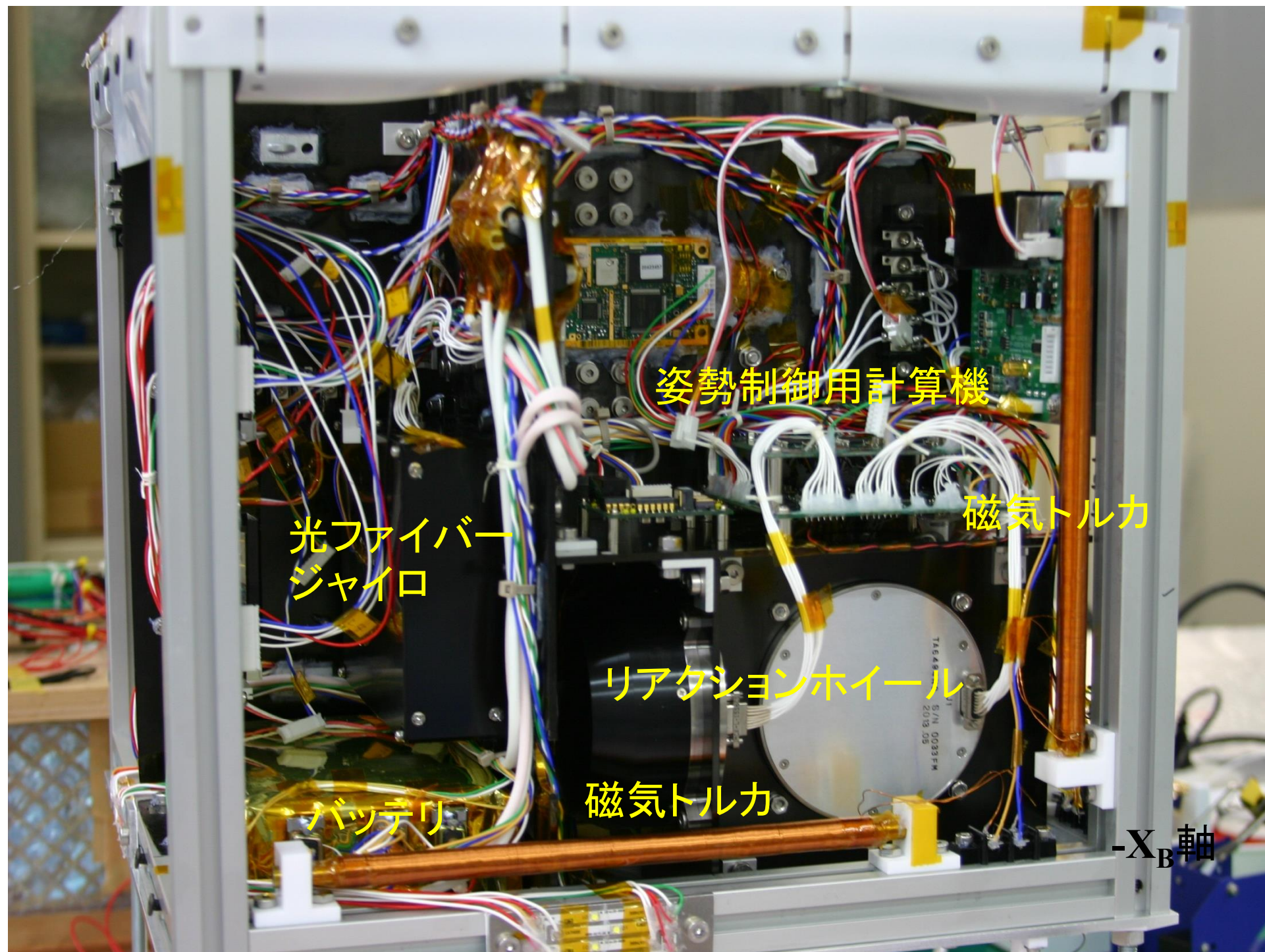
搭載計算機

Low Gain LED
ドライバー

バッテリー

バッテリー

+Y_B軸



姿勢制御用計算機

磁気トルカ

光ファイバー
ジャイロ

リアクションホイール

バッテリー

磁気トルカ

-X_B軸

Low Gain LED
ドライバー

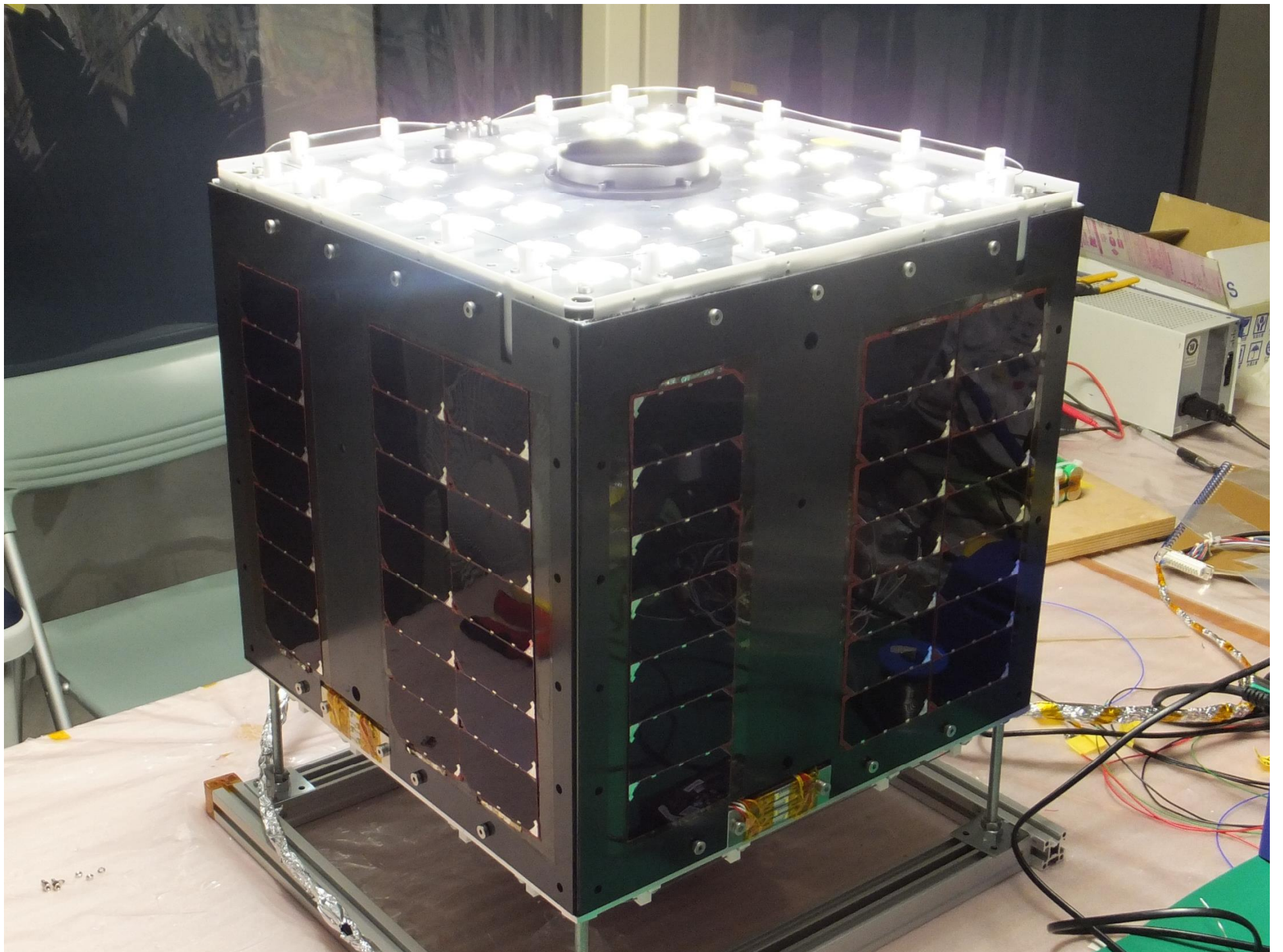
電力分配機

リアクション
ホイール

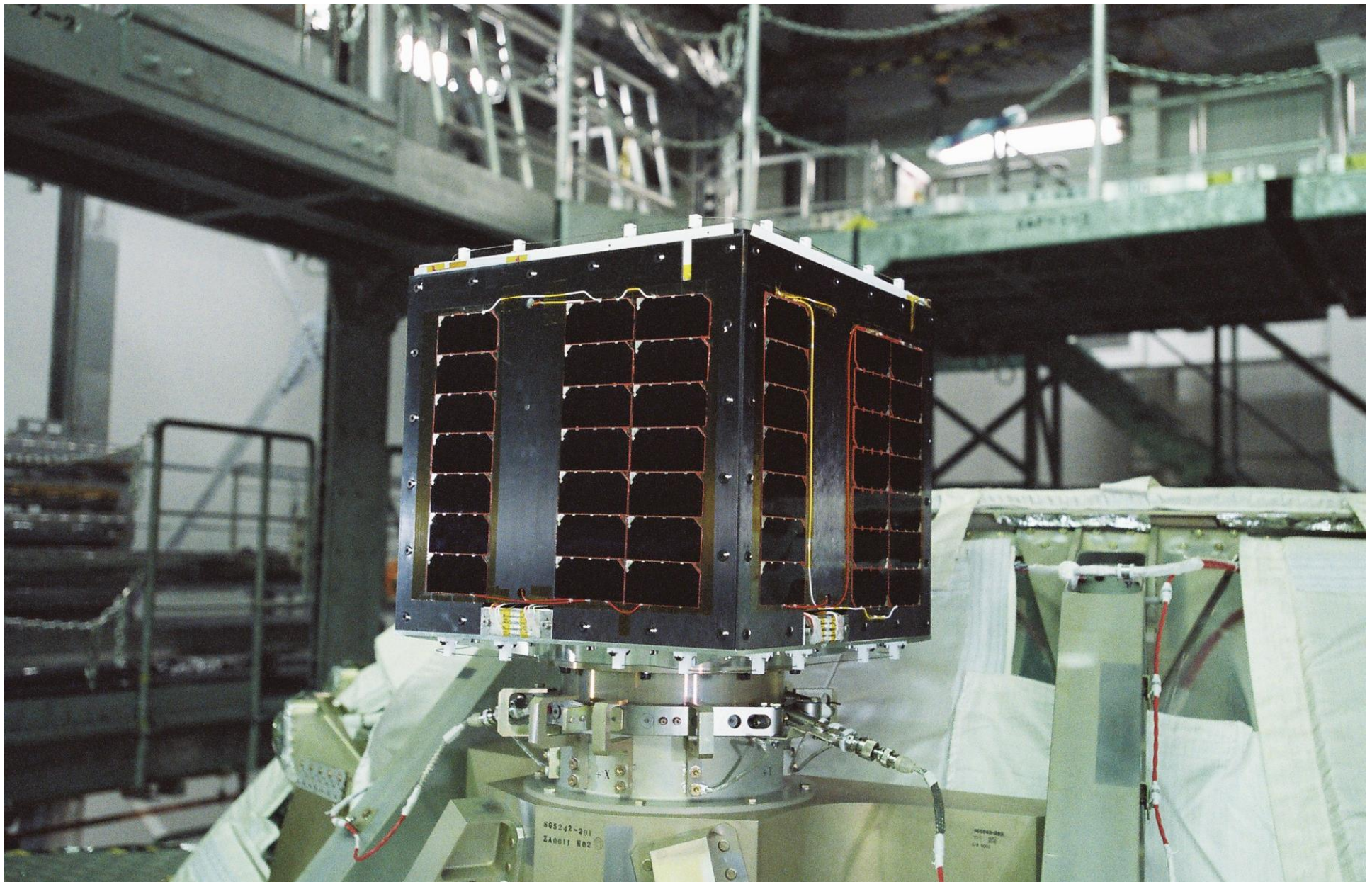
バッテリー

磁気トルカ

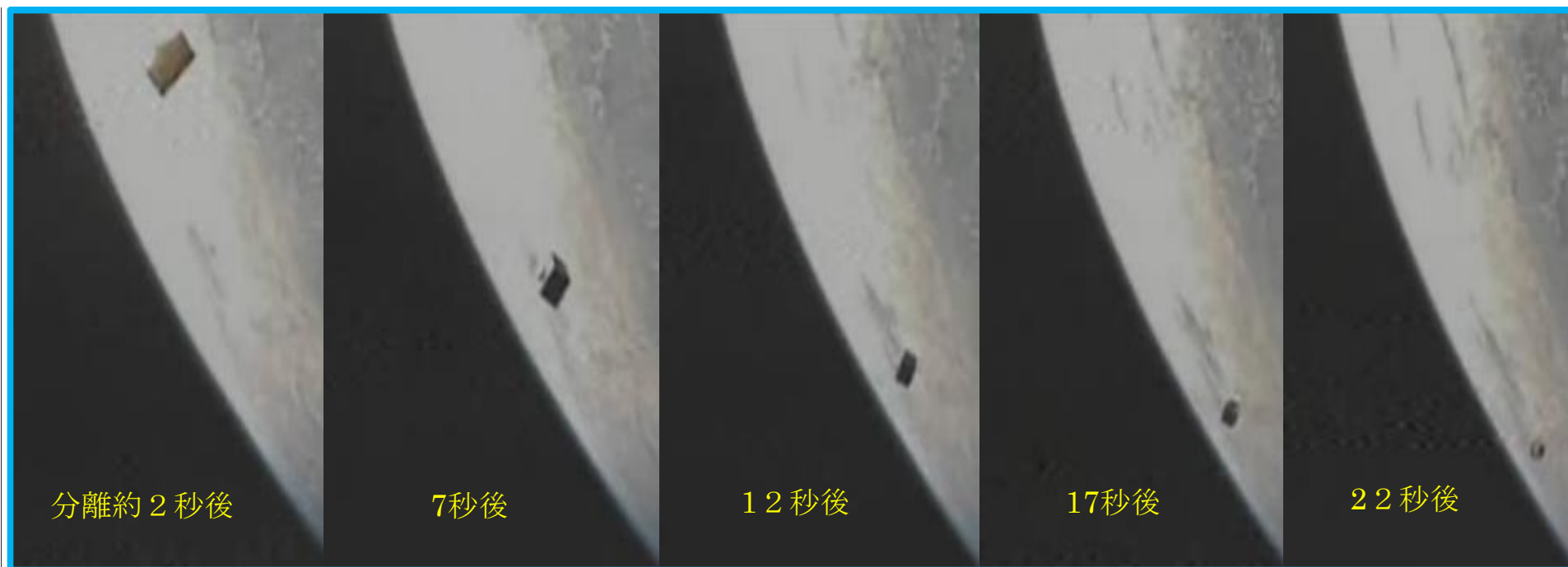
-Y_B軸



平成26年2月10日、種子島宇宙センターにてロケットに取り付け



H-IIAロケットから分離された「ぎんれい」



天気		最高気温 最低気温	
北九州		6	嵐山
0時	12	18	24
2日	3日	4日	5日
6時	12	18	24
2日	3日	4日	5日
6時	12	18	24
2日	3日	4日	5日
6時	12	18	24
2日	3日	4日	5日

「ざんれい」との交信に使うアマチュア無線の免許状を受け取る中島厚特任教授（中央）

「ぎんれい」運用計画と結果

(青字:実施済み)

分離200秒後

- ・RFアンテナ展開
- ・沿磁力線制御(Zコイル通電)

初期運用

- ・RF確認
- ・衛星HKデータ取得
- ・姿勢制御系他サブシステム確認
- ・LEDチェック(短時間点灯)

姿勢制御系動作確認

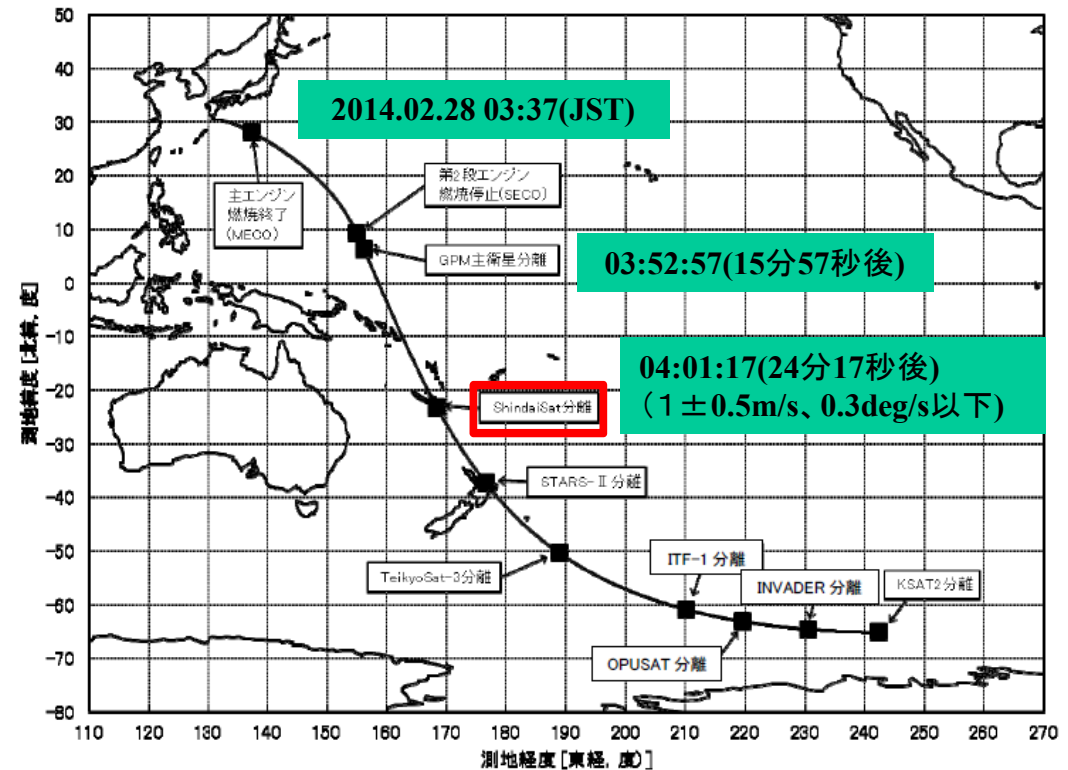
- ・沿磁力線制御(データ解析)
- ・地心指向制御(磁気トルカモード、RWモード)
- ・地上局指向制御(同上)
- ・Z軸レートダンピング(沿磁力線制御時)
- ・セーフティーモード

LEDミッション確認

- ・Low Gain LED(CW)
- ・High Gain LED(FSK, CW)
- ・地上系は、目視、小型光学系、1mクラスの望遠鏡(他機関利用)、自作凹面鏡
- ・移動局(High Gain LED/CWモード受光・復調)

本格運用(軌道寿命まで。約1年間)

- ・運用体制



国際登録: ShindaiSat

愛称: GINREI(ぎんれい)

コールサイン: JR0ZST

国際標識: 2014-009A

衛星カタログ番号: 39572

CWビーコン受信記録(打上げ直後)

- ・04:54 DK3WN(ドイツMike氏)で受信 (06:10 JH0XBV(飯田今村氏)より報告)
- ・05:18:36 JR0ZSS(松本局)で1stパスを受信
- ・17:09:33 JR0ZSU(長野局)で受信

「ぎんれい」LED点灯実験結果一覧

(平成26年4月24日～11月22日)

実験 No.	日時	主LED		副LED		結果		備考
	(日本時間)	モールス	FSK	モールス	点灯	観測		
						確認	PD/PMT取付	
1	4月24日午前2時台(北行バス)	○			×	×		千葉県沖。リアルタイムコマンド不通により不点灯
2	4月26日午前1時台(北行バス)	○			○	○		関東上空。北海道陸別町で動画撮影。約1等星の明るさ
3	4月28日午前1時台(北行バス)			○	○	×		長野県上空。天候不順
4	5月6日午後10時台(北行バス)	○			○	×		群馬県上空。リアルタイムコマンド。LOS近くで点灯
5	5月8日午後9時台(北行バス)	○			○	○		長野県上空。リアルタイムコマンド。LOS近くで点灯。陸別町で撮影
6	5月28日午前1時台(南行バス)			○	○	○		中部地方西部上空。自動点灯。岡山県美作市で撮影
7	5月29日午前0時台(南行バス)			○	○	×		北海道上空。天候不順
8	5月30日午前1時台(南行バス)			○	○	○		関西上空。リアルタイムコマンド。長野、富山で点滅を確認
9	5月31日午前0時台(南行バス)			○	○	×		北海道上空。リアルタイムコマンド。LOS近くで点灯
10	6月1日午前0時台(南行バス)			○	○	○		関西上空。自動点灯。富山市(動画)及び美作市(デジカメ)で撮影
11	6月3日午前0時台(南行バス)			○	○	×		関西上空。自動点灯
12	6月4日午後11時台(南行バス)			○	○	×		関西上空。リアルタイムコマンド
13	7月21日午前0時台(北行バス)			○	○	×		長野県上空。自動点灯。天候不順
14	7月22日午後11時台(北行バス)			○	○	×		関東上空。リアルタイムコマンド。天候不順
15	7月24日午後10時台(北行バス)	○			○	○		千葉県東部上空。自動点灯。長野県は天候不順。宮城県丸森町(デジカメ)及び陸別町(動画)で撮影
16	7月26日午後10時台(北行バス)			○	○	×		千葉県沖。自動点灯
17	7月27日午後10時台(北行バス)			○	○	×		九州西部上空。自動点灯。台風で天候不順
18	7月29日午後9時台(北行バス)			○	○	×		九州東部上空。自動点灯。天候不順
19	7月31日午後9時台(北行バス)	○			○	×		関西西部上空。自動点灯。天候不順
20	8月18日午前1時台(南行バス)		○		○	×		関西上空。自動点灯。天候不順
21	8月19日午前0時台(南行バス)		○		○	×		北海道東部上空。リアルタイムコマンド。天候不順
22	8月20日午前0時台(南行バス)		○		○	×		長野県上空。自動点灯。天候不順
23	8月21日午前1時台(南行バス)	○			○	×		九州西部上空。自動点灯。天候不順
24	8月21日午後11時台(南行バス)	○			○	×		東北南部上空。自動点灯。天候不順
25	8月23日午前0時台(南行バス)	○			○	×		九州北部上空。自動点灯。天候不順
26	8月23日午後11時台(南行バス)	○			○	×		東北地方上空。リアルタイムコマンド。LOS近くで点灯
27	8月24日午後11時台(南行バス)	○			○	×		中国・四国地方上空。自動点灯。天候不順。電圧低下
28	8月25日午後10時台(南行バス)	○			○	×		北海道西部上空。リアルタイムコマンド。LOS近くで点灯
29	8月26日午後10時台(南行バス)	○			○	×		関西上空。自動点灯。天候不順
30	8月28日午後10時台(南行バス)	○			○	×		長野県上空。自動点灯。天候不順
31	8月29日午後10時台(南行バス)	○			×	×		九州上空。コマンド不通により点灯せず
32	8月30日午後9時台(南行バス)	○			○	×		東北地方上空。自動点灯。天候不順
33	8月31日午後9時台(南行バス)	○			○	×		中国・四国地方上空。自動点灯。天候不順
34	9月1日午後8時台(南行バス)	○			○	×		北海道西部上空。自動点灯

35	9月3日午後7時台(南行バス)		○	○	×	PD(銀河の森天文台口径1m望遠鏡)	北海道上空。自動点灯。銀河の森天文台でPD(フォトダイオード)素子による測光。可視光通信実験。夕方から雲に覆われ観測不可
36	9月4日午後7時台(南行バス)	○		○	×		長野県上空。自動点灯。千葉県で写真撮影したが観測できず
S3	9月29日午前3時台(北行バス)		○	○	○	PD(富山市天文台口径1m望遠鏡)	関東上空。自動点灯。特別実験(山梨県、長野県、富山県、岡山県での観測体制)。富山市天文台(動画)及び長野県須坂市(眼視)で観測。富山市天文台でPD素子による測光(スペアナで検出できず)
S4	10月2日午前2時台(北行バス)		○	○	×	PD(富山市天文台口径1m望遠鏡)	富山県上空。自動点灯。特別実験・富山市天文台でPD素子による測光(LED光が観測できず)。ほぼ天頂付近を通過したため照射範囲外と思われる
37	10月15日午後10時台(北行バス)	○		○	×		千葉県上空。自動点灯。
38	10月16日午後10時台(北行バス)	○		○	×		九州上空。リアルタイムコマンド。LOS近くで点灯
39	10月18日午後9時台(北行バス)		○	○	×		千葉県沖。自動点灯
40	10月19日午後9時台(北行バス)		○	○	×		九州東部・中国地方上空。自動点灯
41	10月21日午後8時台(北行バス)		○	○	×		千葉県沖。第39回よりも更に沖合上空。陸地での観測困難
42	10月22日午後8時台(北行バス)	○		×	×		関西上空。バッテリー電圧の回復が遅いためLED点灯実験中止
43	10月25日午後7時台(北行バス)	○		○	×	アップリンク(モールス)実験	長野県上空。自動点灯。但しバッテリー電圧低下により天頂付近通過後に低消費電力モードに移行。伊那市創造館で公開観測会。初めてアップリンク用灯光器を使用
44	10月28日午後5時台(北行バス)		○	○	×	アップリンク(モールス)実験。PMT(富山市天文台口径1m望遠鏡)	千葉県沖。自動点灯。太陽光を反射した「ぎんれい」が各地で見られた。東京(鈴木氏)で撮影された画像には太陽の反射光は確認できるが、LED光は確認できず。栄小学校で公開観測会。あいにくの曇り空だが「ぎんれい」に向けてモールス光でメッセージを送る。富山市天文台でPMT(電子増倍管)による測光(LED光が検出できなかったため、スペアナでの検出が不可)。動画撮影(太陽光反射)
45	10月29日午前3時台(南行バス)		○	○	×	PMT(富山市天文台口径1m望遠鏡)	長野県上空。リアルタイムコマンド。LOS近くでの点灯のため観測困難 富山市天文台でPMTによる測光(観測できず)
46	10月29日午後6時台(北行バス)		○	×	×		長野県西部上空。リアルタイムコマンドを試みるが電波不通のためLED点灯せず。 太陽光反射が各地で観測
47	10月30日午前3時台(南行バス)		○	×	×		関西上空。リアルタイムコマンドを試みるが電波不通のためLED点灯せず
48	11月2日午前2時台(南行バス)		○	○	×		東北地方南部上空。リアルタイムコマンド
49	11月3日午前2時台(南行バス)		○	×	×		関西上空。事前及びリアルタイムコマンドを試みるが電波不通のためLED点灯せず
50	11月15日午後9時台(南行バス)		○	○	×	PMT(銀河の森天文台口径1m望遠鏡)	北海道東部上空。自動点灯。銀河の森天文台でPMTによる測光(観測できず)
51	11月16日午後9時台(南行バス)		○	○	×	PMT(銀河の森天文台口径1m望遠鏡)	北海道上空。自動点灯。銀河の森天文台でPMTによる測光(観測できず)
52	11月17日午後8時台(南行バス)		○	×	×		北海道西部上空。HKデータ取得のためLED点灯実験中止
53	11月18日午後8時台(南行バス)		○	○	×	双方向可視光通信実験。28cm望遠鏡で受光	東北地方上空。自動点灯。八戸市で初めての双方向可視光通信実験を実施。 アップリンク:赤道儀に灯光器セット。FSK変調光を「ぎんれい」に向けて送信 ダウンリンク:「ぎんれい」からのLED光を口径28cmの望遠鏡+PMTで受光。あいにくの曇り空で通信実験できず
54	11月20日午後8時台(南行バス)		○	○	×	アップリンク(モールス)実験。28cm望遠鏡で受光	東北地方上空。自動点灯。宮城県柴田町「太陽の村」で公開観測会。また同時に石巻市で観測。「ぎんれい」からのLED光確認できず
55	11月21日午後7時台(南行バス)		○	○	×	アップリンク(モールス)実験。28cm望遠鏡で受光	東北地方上空。リアルタイムコマンド。石巻市で観測。「ぎんれい」からのLED光確認できず
56	11月22日午後7時台(南行バス)		○	○	×	アップリンク(モールス)実験。28cm望遠鏡で受光	東北地方上空。自動点灯。 岡谷市諏訪湖畔で最後の観測会。「ぎんれい」の軌道が東北地方上空のため長野県からの観測は困難

平成26年4月26日午前1時過ぎ(日本時間)

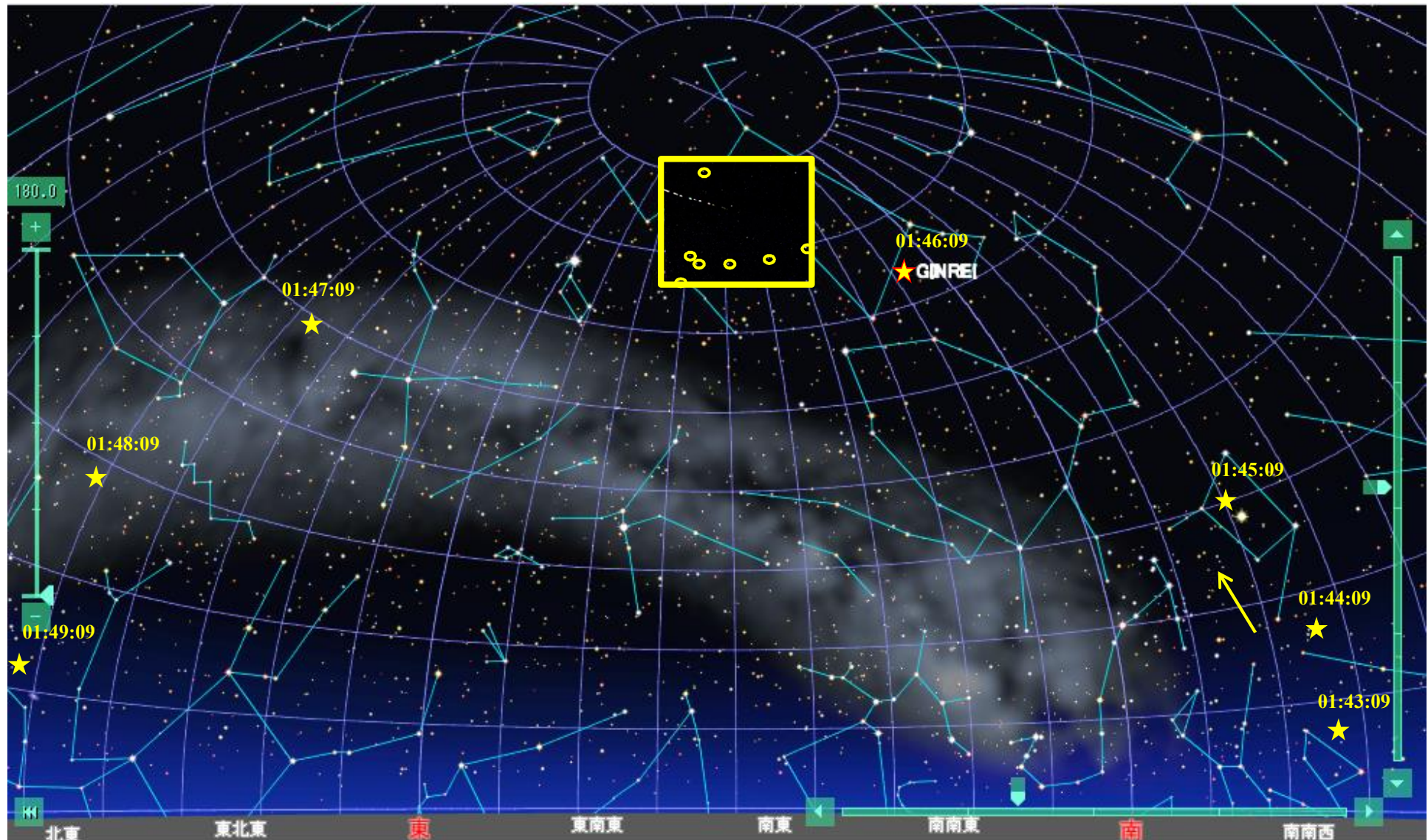
図中の各市で見える方向は別途星図で示します。



銀河の森天文台から見た「ぎんれい」

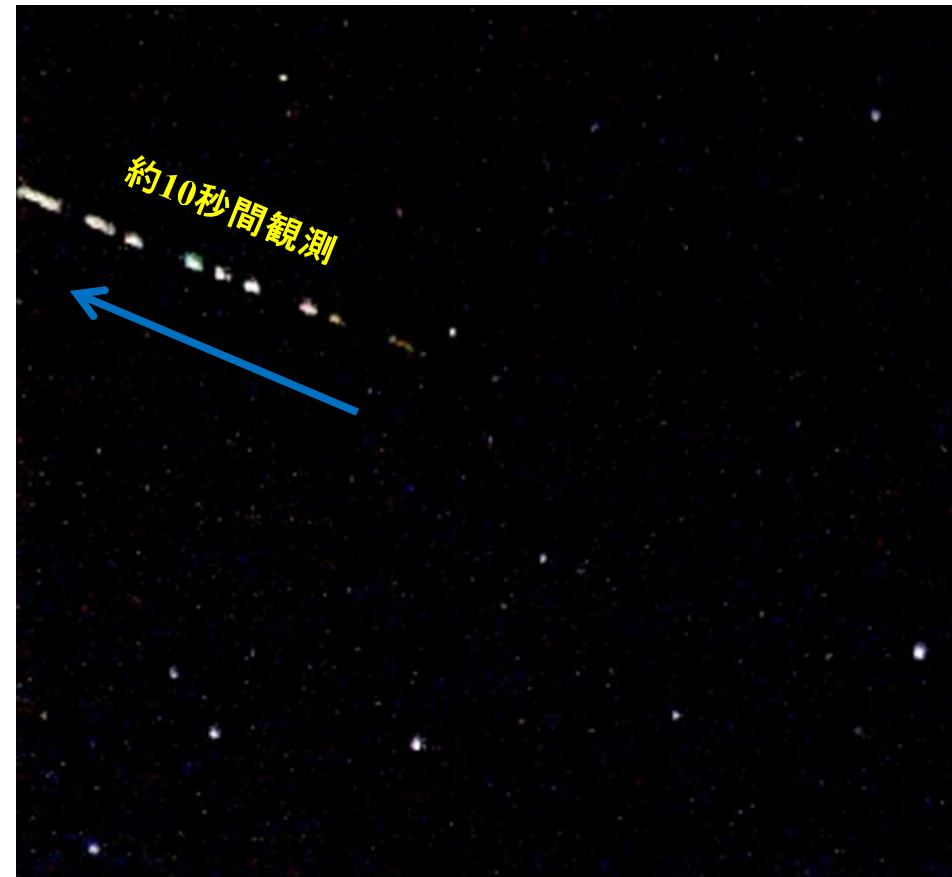
平成26年4月26日午前1時41分(日本時間)頃に南の空の地平線から出現、1時46分前後に★の辺りを移動しながら数十秒間光る予定。図は1分ごとの「ぎんれい」の位置を示しています。

→ 予報より約20秒遅れて観測

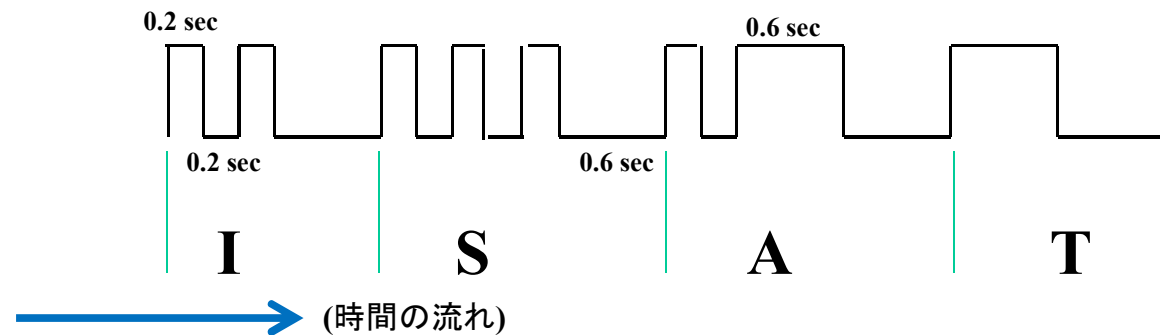


「ぎんれい」のモールス信号

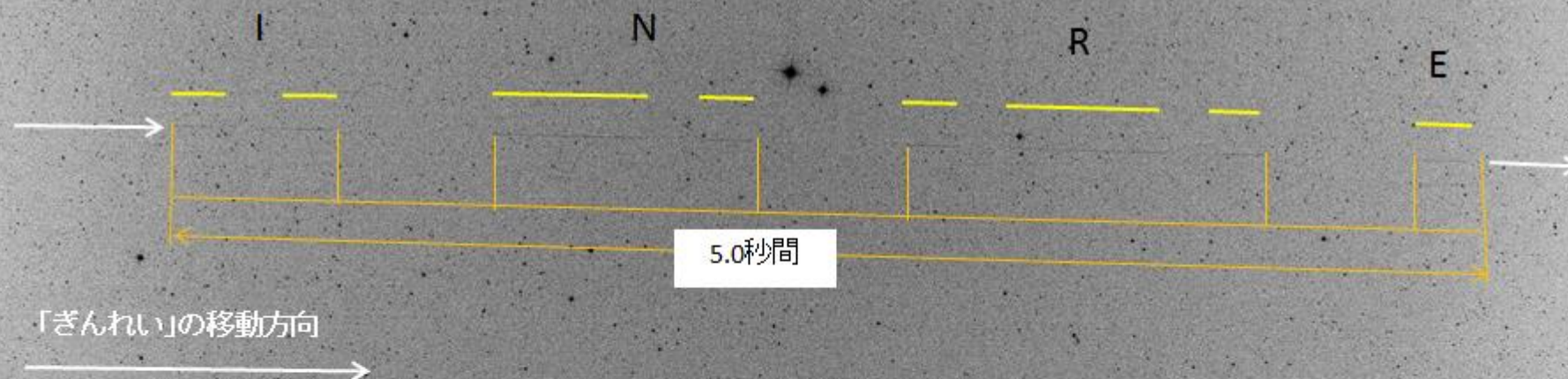
北海道陸別町にある銀河の
森天文台で撮影に成功
(平成26年4月26日午前1時46分37秒)



SHINDAISAT 一部



こま座の中を移動する「ぎんれい」 副LEDをモールス信号で発光(GINREIのINREが撮影された)



こま座δ星
(4.5等級)

撮影データ:

日時: 2014年5月28日午前1時50分50秒と
56秒の2コマを合成

場所: 岡山県美作市大芦高原

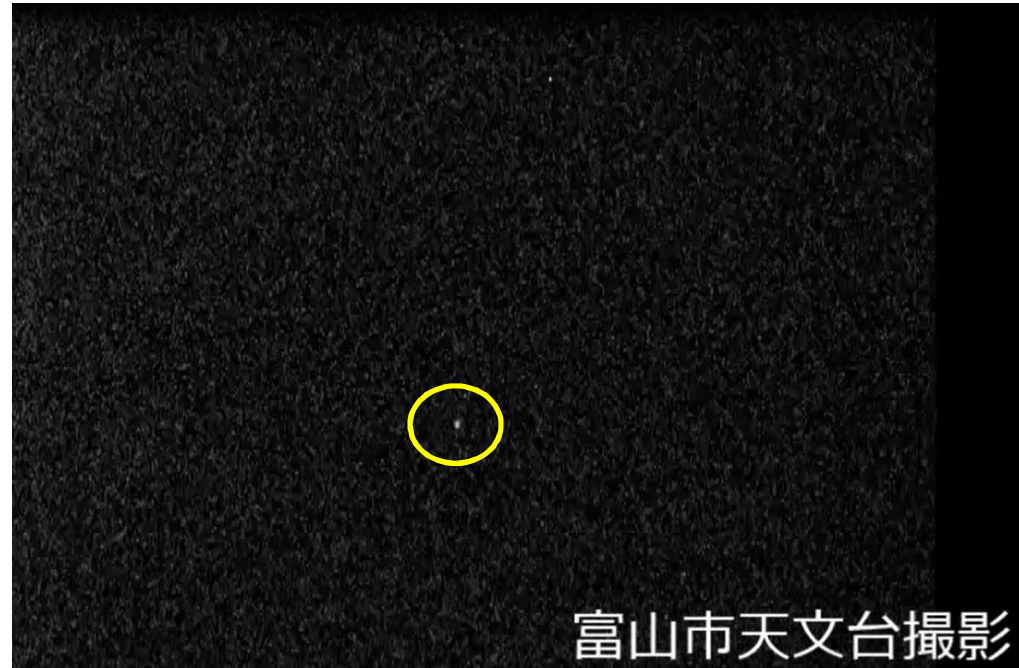
器材: 口径18cm反射望遠鏡(f=500mm)+Nikon
D800(ISO12800相当、露出各6秒)

撮影者: 倉敷科学センター学芸員 三島和久氏

富山市天文台で撮影された「ぎんれい」の副LEDモールス信号



富山市天文台(富山市三熊49-4)
<http://www.tsm.toyama.toyama.jp/tao/>



富山市天文台撮影

丸印が「ぎんれい」のLED光(信大HPでは動画で見れます)

撮影データ:

日時: 2014年6月1日午前0時42分40秒

望遠鏡: 富山市天文台1m望遠鏡(口径1000mm、焦点距離8000mm)

口径について: 光を2分割しているので実質口径は約700mm

焦点距離について: f=60mmのアイピースとf=6mmF0.8のビデ

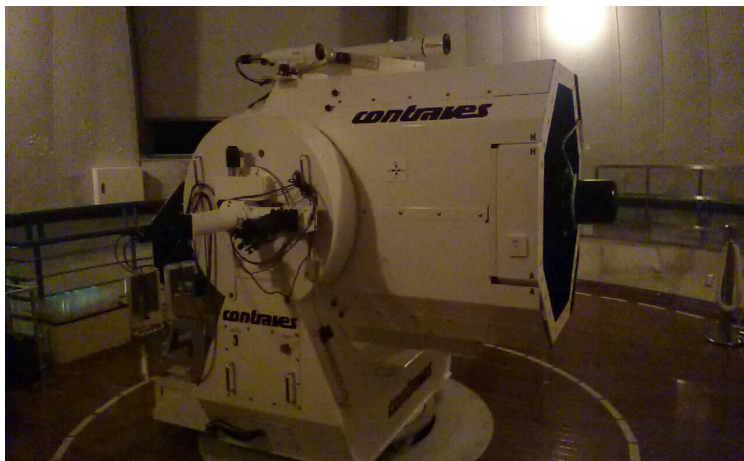
オレンズにより800mmに変換

ビデオカメラ: WATECのWAT-100N

視野: 直径で約22arcmin

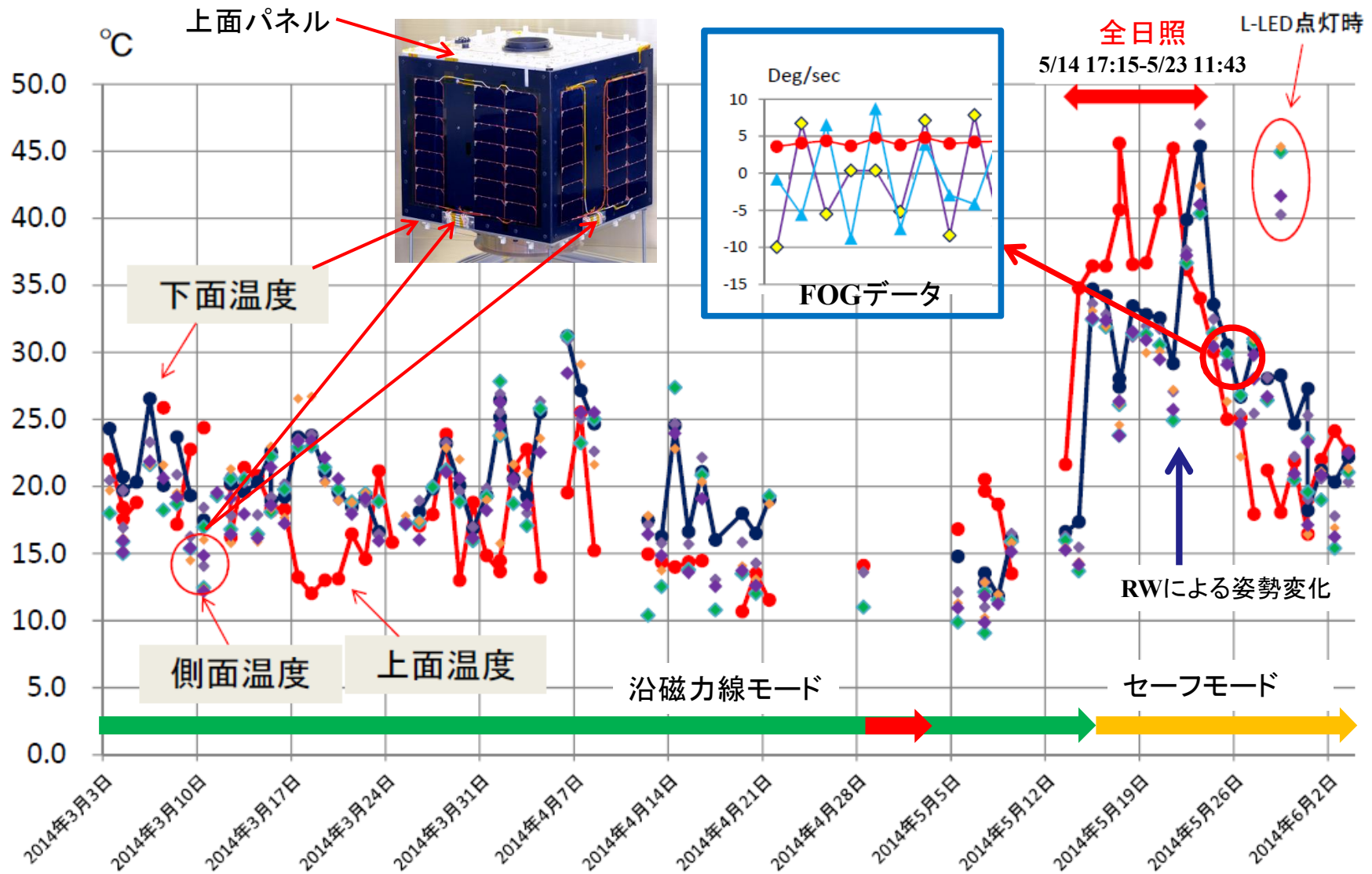
限界等級: 約11等

撮影者: 富山市科学博物館附属富山市天文台 林 忠史 主査学芸員
(天文担当)



「ぎんれい」構体温度変化

2014.02.28 – 06.03

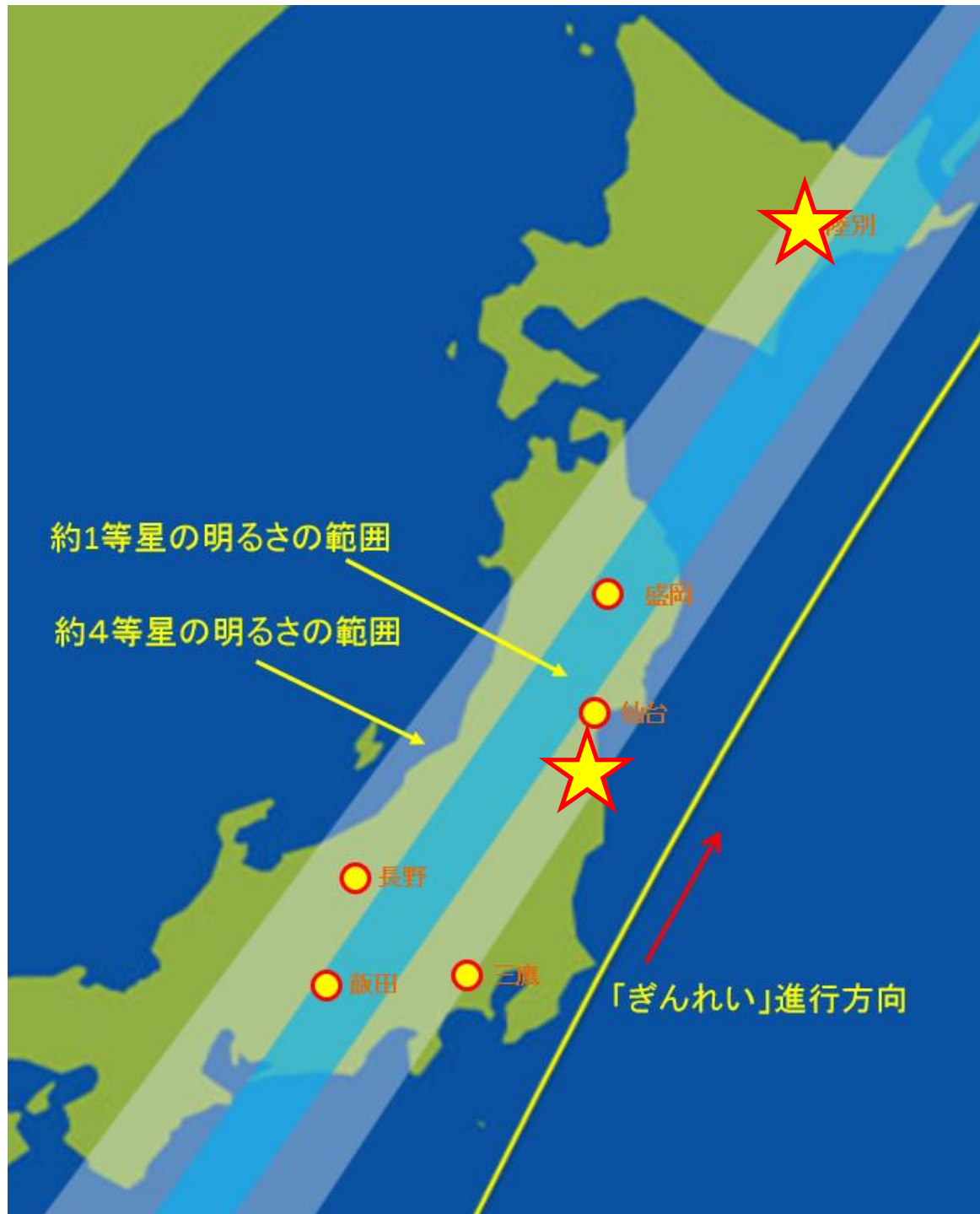


第15回LED 点灯実験の予定と結果

平成26年7月24日(木)午後10時台のパスにおいて主LED点灯実験を実施。長野市から見える「ぎんれい」は午後10時55分から午後11時02分(日本時間)にかけて、南南西から北東に移動。

「ぎんれい」の進行方向とそれに伴う主LED光の光跡を図に示す。中心付近は約1等星の明るさであり、その周辺は約4等星の明るさまでの範囲を示してある。見える時間は10秒～20秒程度。

宮城県丸森町(静止画)と北海道銀河の森天文台(眼視と動画)で確認。長野県内は天候が悪く観測できなかった。



宮城県丸森町で撮影された「ぎんれい」

第15回LED点灯実験(主LED点灯)

撮影データ

日時:平成26年7月24日午後11時00分(JST)頃発光。

DE JR0ZST の内 DE J を観測

カメラ:CANON EOS6D

レンズ:EF70-200(70mm) F/2.8

露出:10秒

ISO感度:12800

追尾モード:自動追尾

場所:宮城県伊具郡丸森町字松地内

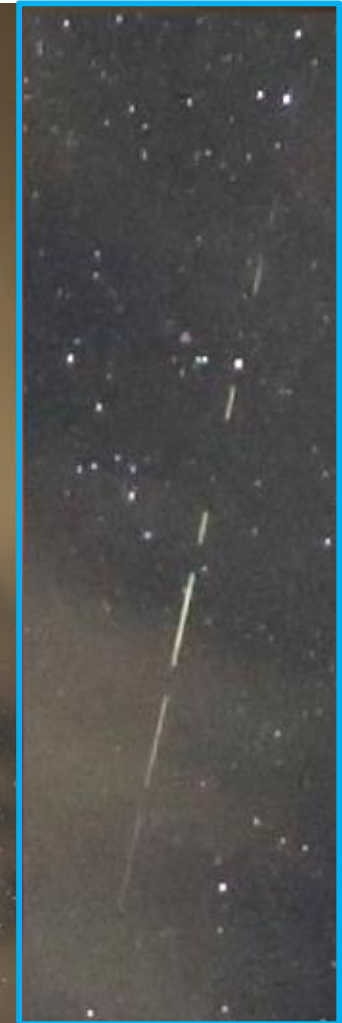
(140-42-31E,+37-54-48, 標高472m)

撮影者:大槻功氏

カシオペヤ座

移動方向

拡大図





銀河の森天文台で撮影された「ぎんれい」

第15回LED点灯実験(主LED点灯)

撮影データ

日時:平成26年7月24日午後11時01分56秒(JST)頃発光。

JR0ZST ShindaiSat の内 T Shi を観測

カメラ:CANON EOS-1D X 動画モード

レンズ:EF50mm F/1.4

画像サイズ:1920X1080

ISO感度:102400

追尾モード:自動追尾(ϕ 115cm望遠鏡に同架)

場所:北海道足寄郡陸別町字遠別りくべつ宇宙地球科学館

撮影者・報告者:笥伸浩氏、村田拓也氏



移動方向(左図参照)





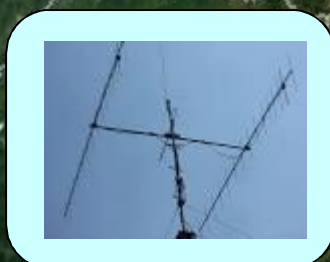
可視光通信実験局
(固定局and/or移動局)



信州大学工学部



可視光通信範囲
(直径40km)



ぎんれいプロジェクト運用クラブ松本
(バックアップ局)

電波局(アマチュア無線帯)



ぎんれいプロジェクト運用クラブ
(工学部主管制局)

Saitama さいたま
埼玉県

Tokyo 東京
東京都

Google

Yokohama 横浜
高度 256.83km

© 2010 Europa Technologies
© 2010 ZENRIN
© 2010 Ches/Spot Image
Data © 2010 MIRC/JHA

36° 39'23.32" N 138° 18'19.40" E 標高 798 m

60 km

「ぎんれい」との双方向可視光通信実験風景



「ぎんれい」の高度変化(その⑧最終)

最終データ

(日本時間平成26年11月24日午後0時08分の軌道データ)

近地点Perigee: 150.4 km

遠地点Apogee: 168.0 km

軌道傾斜角Inclination: 65.0 °

軌道周期Period: 87.5 minutes

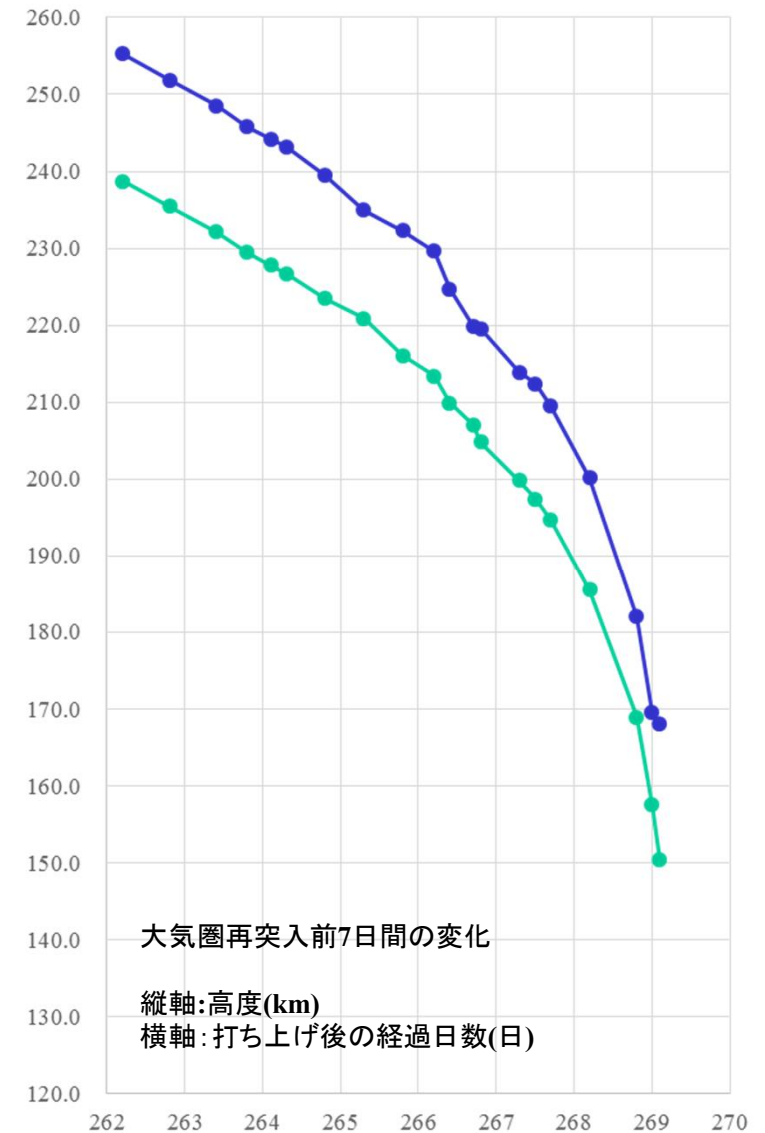
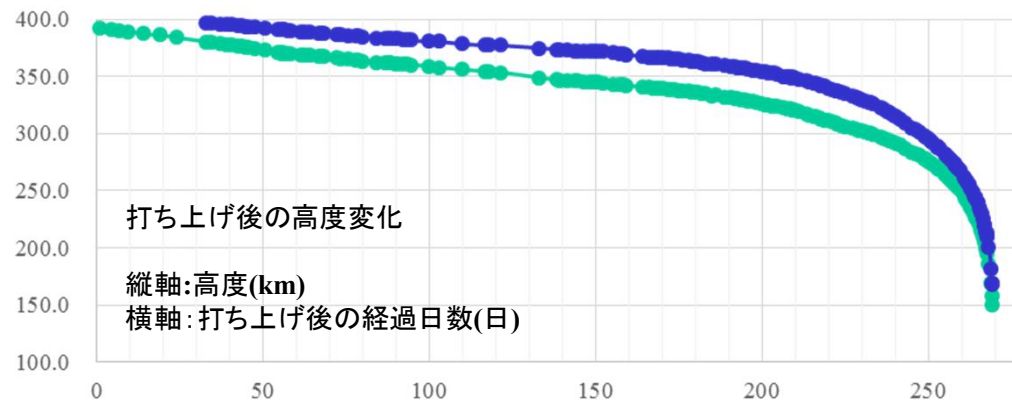
軌道長半径Semi major axis: 6530 km

TLE(Two-line elements)

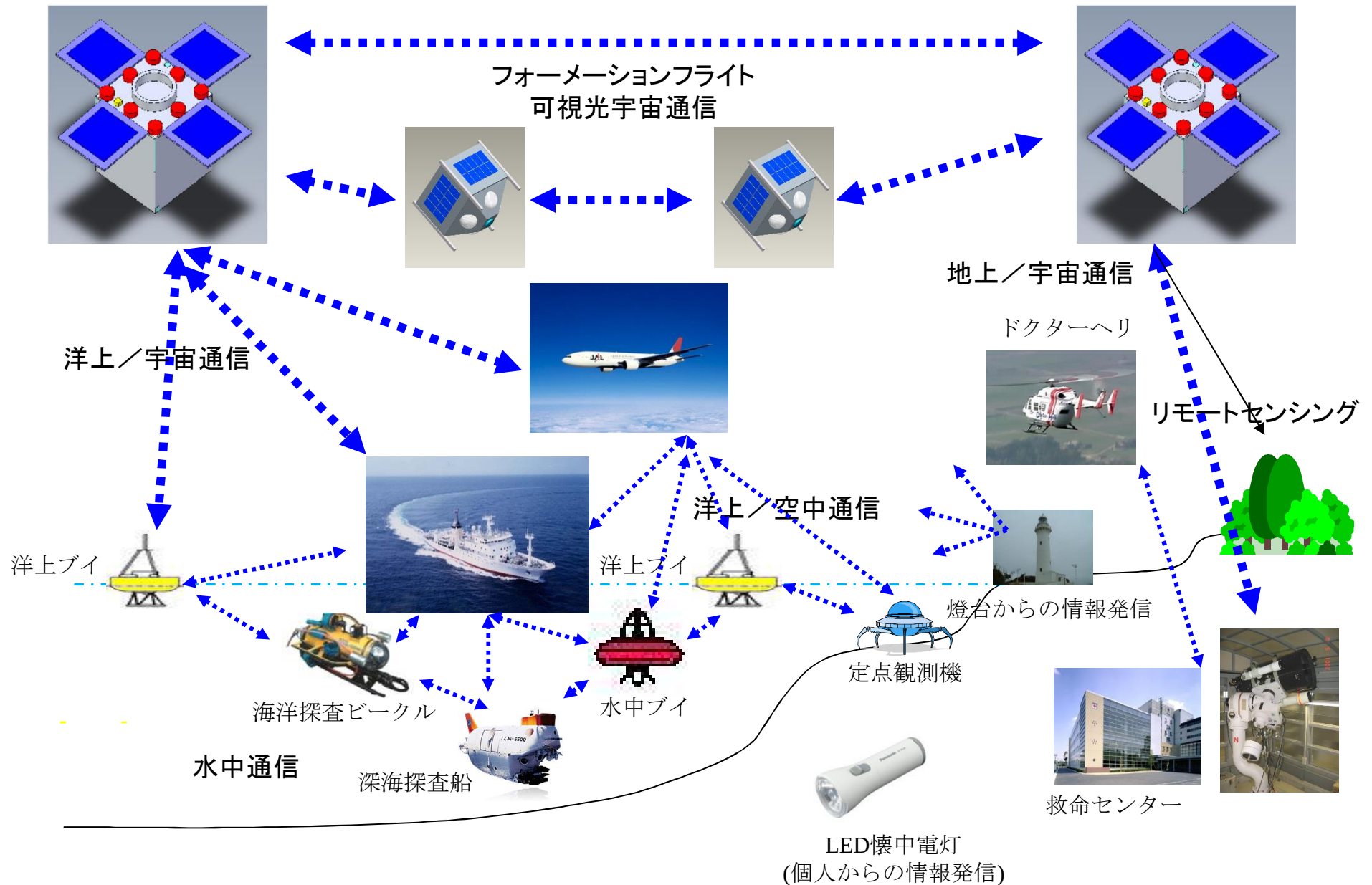
1 39572U 14009A 14328.13084988 .28848087 76253-5 66603-3 0 4474

2 39572 064.9728 197.0096 0013534 259.7861 100.1802 16.45181032 42403

この4時間37分後の**午後4時45分**に大気圏再突入し、流れ星となる



信州大学が提案する LED可視光通信利用のすそ野の広がり・発展性

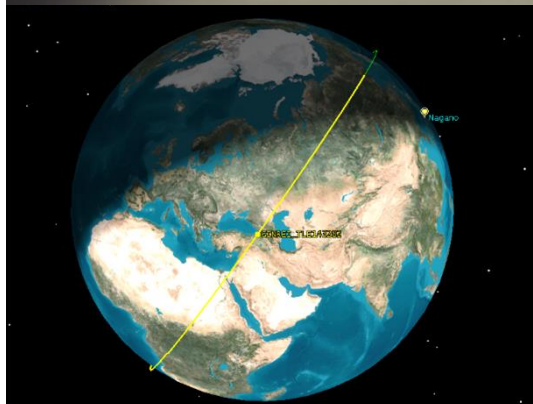


懐中電灯型可視光送受信装置



「ぎんれい」は平成26年11月24日午後4時45分(日本時間)
大気圏に再突入して消滅、そのミッションを終了しました

多くの皆様のご支援,ご協力に心より感謝致します



Space-track.org decay_msg
NORAD DECAY_EPOCH REV DIRECTION LAT LON
39572 2014-11-24 07:45:00 4245 ascending 41.4 42.1

日本時間
平成26年11月24日午後4時45分
4245周回
北緯 41.4度、東経 42.1度
トルコ北部(グルジアとの国境近く)

