

【JAXA × 三浦大知】
「だいち号」で観測！ だいち2号に写ろう

2024年3月11日のNHKは、日本の新たな主力ロケット「H3」で、来年度2024年度に打ち上げられる計画の地球観測衛星「だいち4号」が、11日神奈川県で報道陣に公開されたと報道していました。「だいち4号」は現在の「だいち2号」の後継機です。①

<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20240311/k10014387161000.html>

2022年12月26日～2023年1月30日に実施された「だいち4号のミッションマークを選ぼうキャンペーン」の結果は2023年3月に発表されています。②

2023年9月25日沖縄県恩納村(おんなそん)赤間(あかま)総合運動公園でおこなわれた「だいち2号」の観測に関わる行事の動画が、今日14日に公開されました。この行事にYACもかかわっています。③

<https://youtu.be/kpUJvvJBN8A>

YACは、JAXAの協力を頂きながら2014年から「だいち2号」に写ろうを、全国のYAC分団・学校で展開しています。今回公開された動画と関わる情報を本号で紹介します。きっと動画を一層興味深く視聴できると思います。

* 公開されている動画画面のキャプチャー資料、JAXAだいち沖縄企画_撮影マニュアル引用資料を多く使用しています。これらの資料にも©JAXAと付記しています



【JAXA × 三浦大知】小学生と描いた巨大文字を「だいち2号」で観測！三浦大知と沖縄で学ぶ「だいち」シリーズ衛星

本号では、公開されている動画の背景説明的な資料です。過去のYACかわら版の一部も再掲しています。資料を下表で紹介しましょう。

題名・説明	番号
会場・参加校紹介	1
異なる衛星で赤間総合運動公園の観測	2
参加校のウェブサイト	5
CR (コーナーリフレクター) の作り方	8
9月25日 (動画画面から)	11
当日の観測イメージ	12
9月25日観測データ	13
参考 「CR」の反射強度	14
「だいち」こ写ろう 過去の経験を活かす	15
だいちファミリー	16
合成開口レーダーとは YACかわら版 273	17
もしも合成開口レーダーでなければ...	19
初期段階北海道苫小牧での「校正」作業	20
センチネル1・コーナー反射鏡 YACかわらばん448	21
コーナーリフレクタ (CR) の仕組み	23
「だいち2号」の電波を、音で聞くこともできます	24
「だいち2号」は今どこ？	25

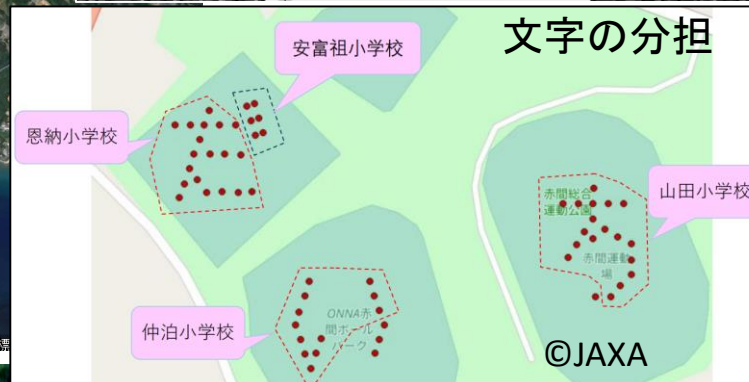
2023年9月25日

「だいち2号」に写ろう



於 赤間総合運動公園

<会場・参加校紹介>



参加したのは
恩納村の4つの小学校6年生

- ① 恩納村立山田小学校
- ② 恩納村立仲泊小学校
- ③ 恩納村立恩納小学校
- ④ 恩納村立安富祖小学校



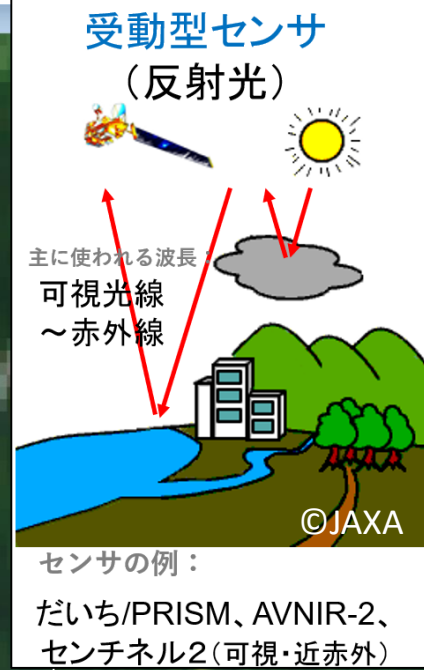
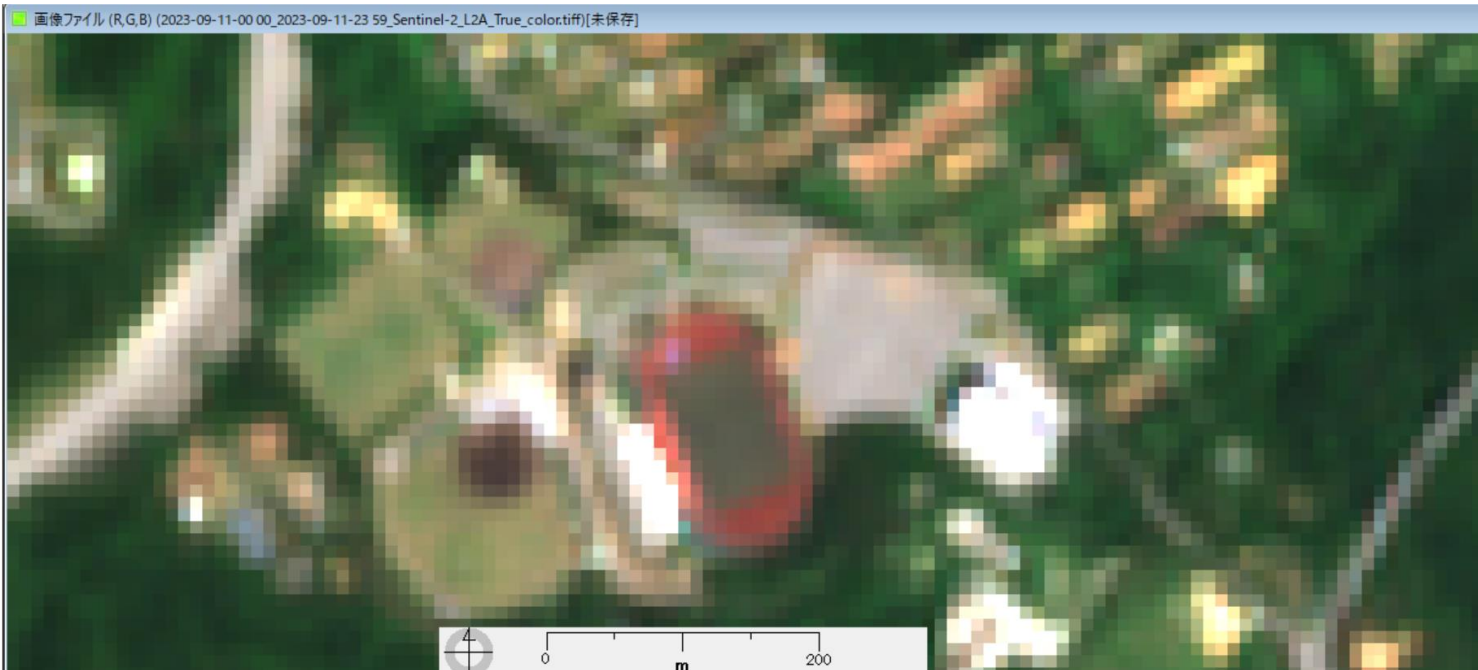
<異なる衛星で赤間総合運動公園の観測>

センチネル2

光学衛星

高度 786km

2023-09-11 11:20



空間分解能10m
10日で回帰

2基で運用 5日毎に更新
「EOブラウザ」→OK

* 光学衛星ランドサットシリーズ有



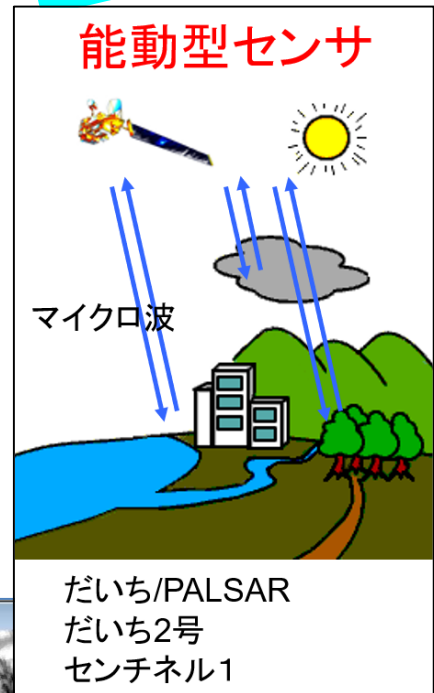
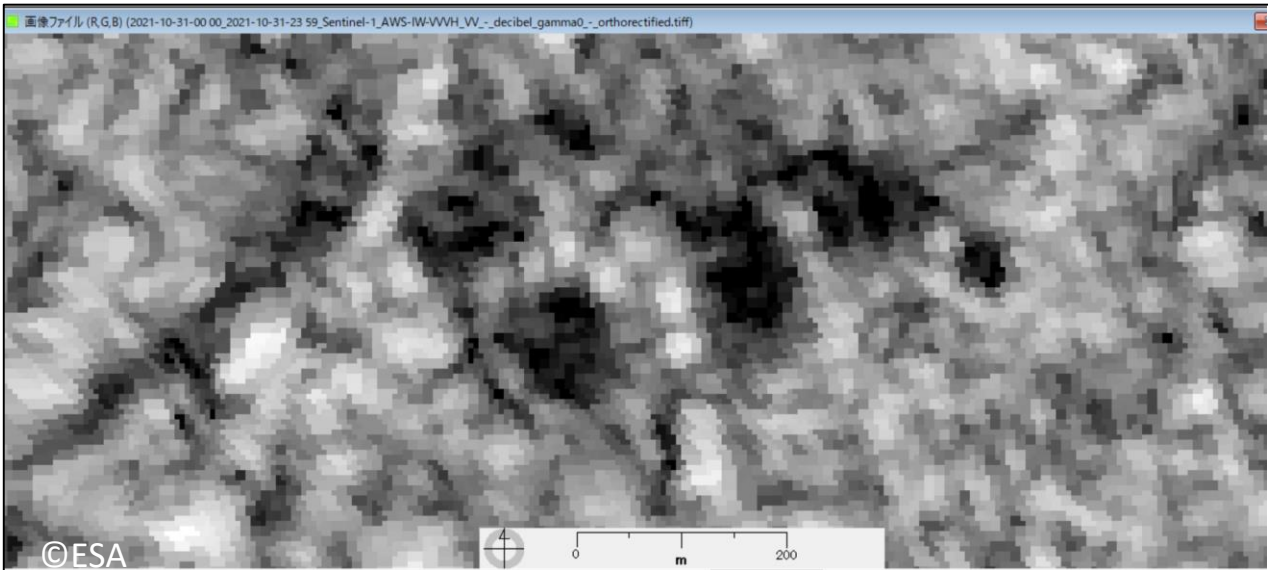
©ESA

<異なる衛星で赤間総合運動公園の観測> センチネル1

2021-10-31 18:28

高度 693 km

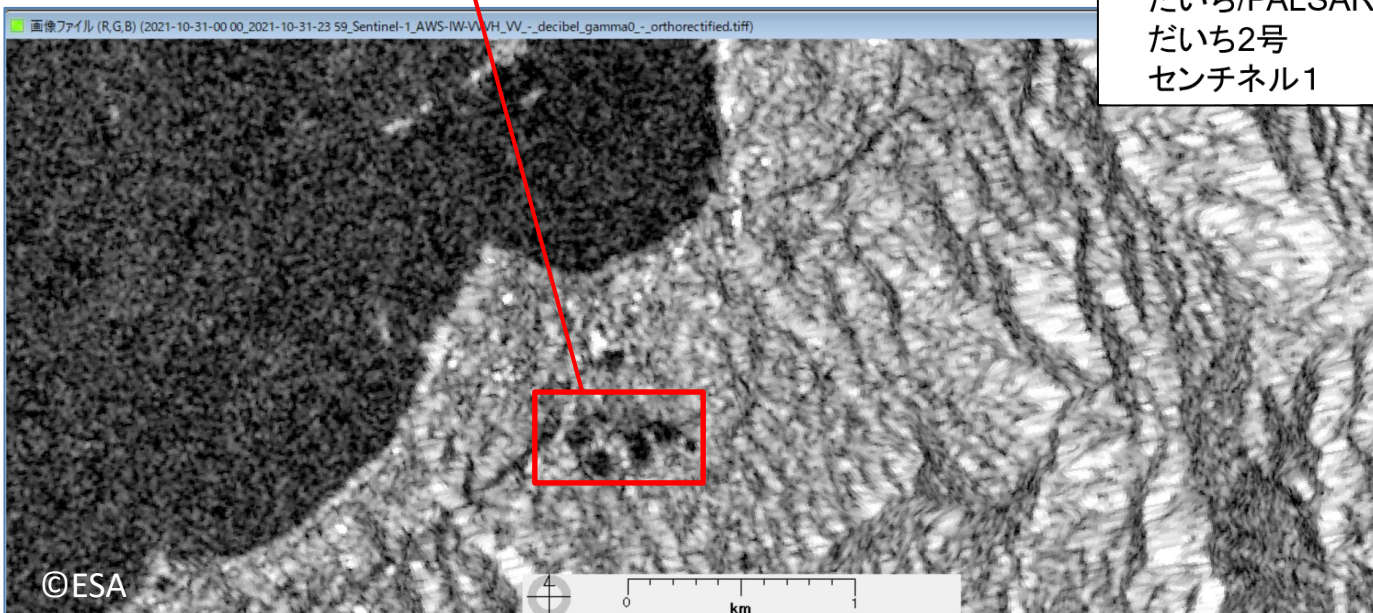
レーダ衛星
「だいち2」の仲間



空間分解能10m
12日で回帰

現在1基で運用
1基打上待機中

「EOブラウザ」→OK



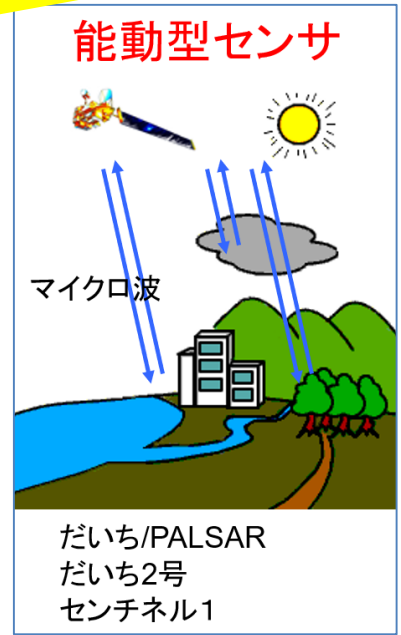
©JAXA

<異なる衛星で赤間総合運動公園の観測> だいち2号

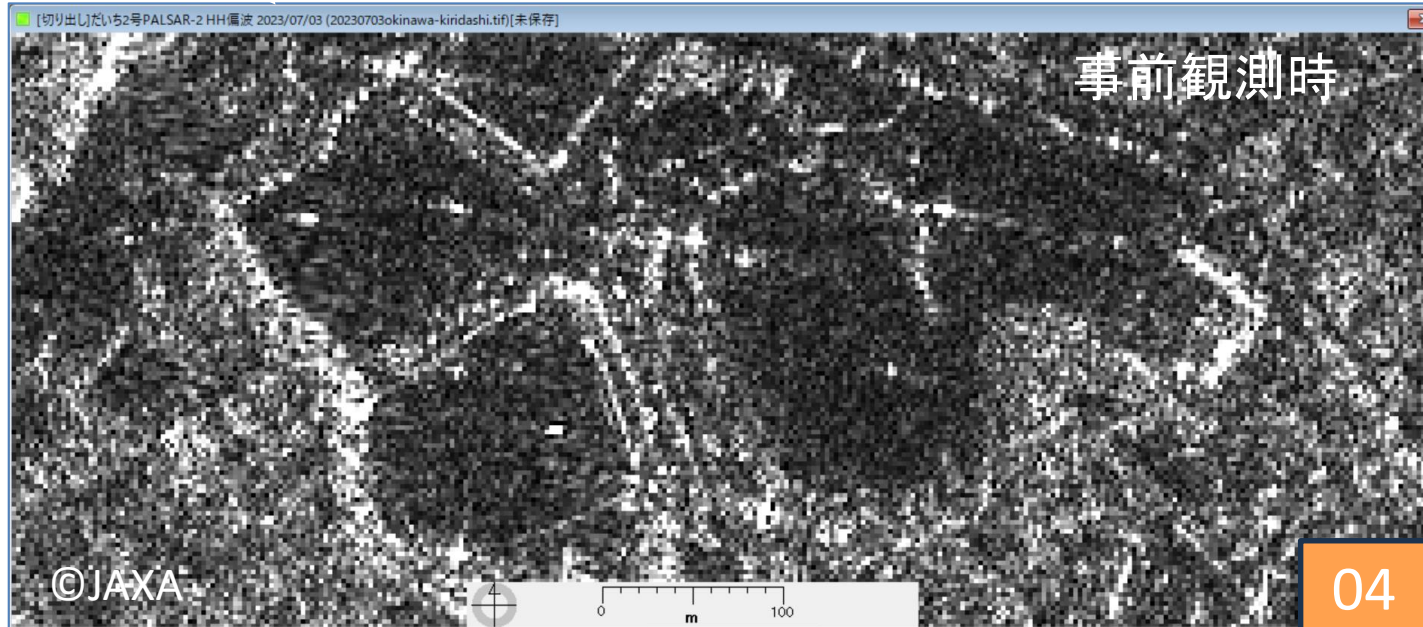
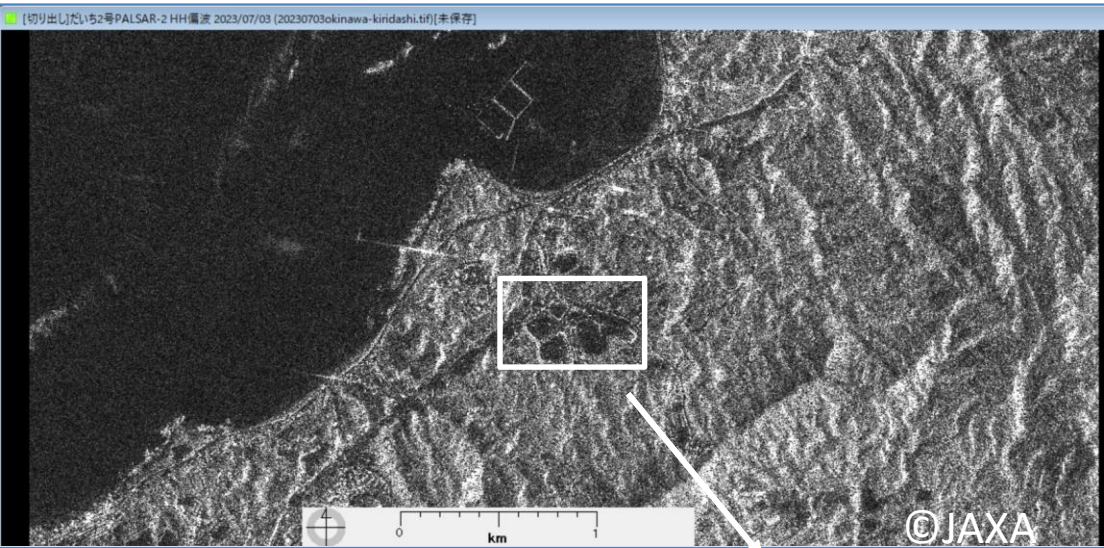
2023-07-03 18:28

高度628km

レーダ衛星



©JAXA



空間分解能3m

14日毎に回帰

EOブラウザでは
利用できない

9月19日
事前オンライン授業
「だいち2号」の

打上・役割
反射板作成

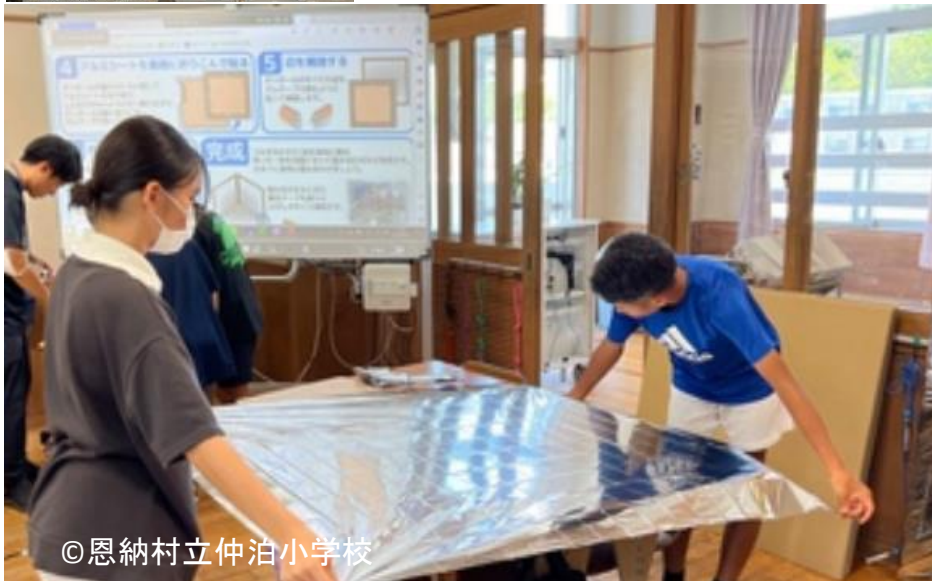
恩納村立
仲泊小学校の場合
ウェブサイト画像紹介



©恩納村立仲泊小学校



©恩納村立仲泊小学校



©恩納村立仲泊小学校



©恩納村立仲泊小学校

<https://nakadomarischool.ti-da.net/>

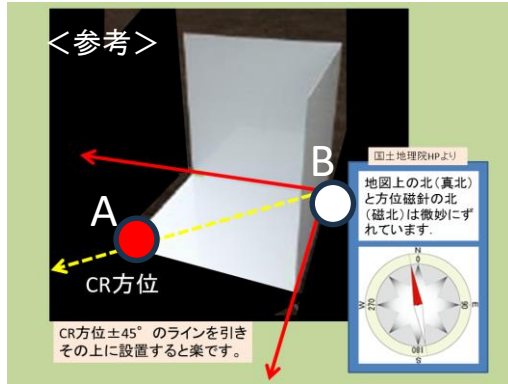
反射板を3枚ずつグループで作成
観測日に組立

9月25日の様子紹介

恩納村立仲泊小学校の場合 ウェブサイト画像紹介



©恩納村立仲泊小学校

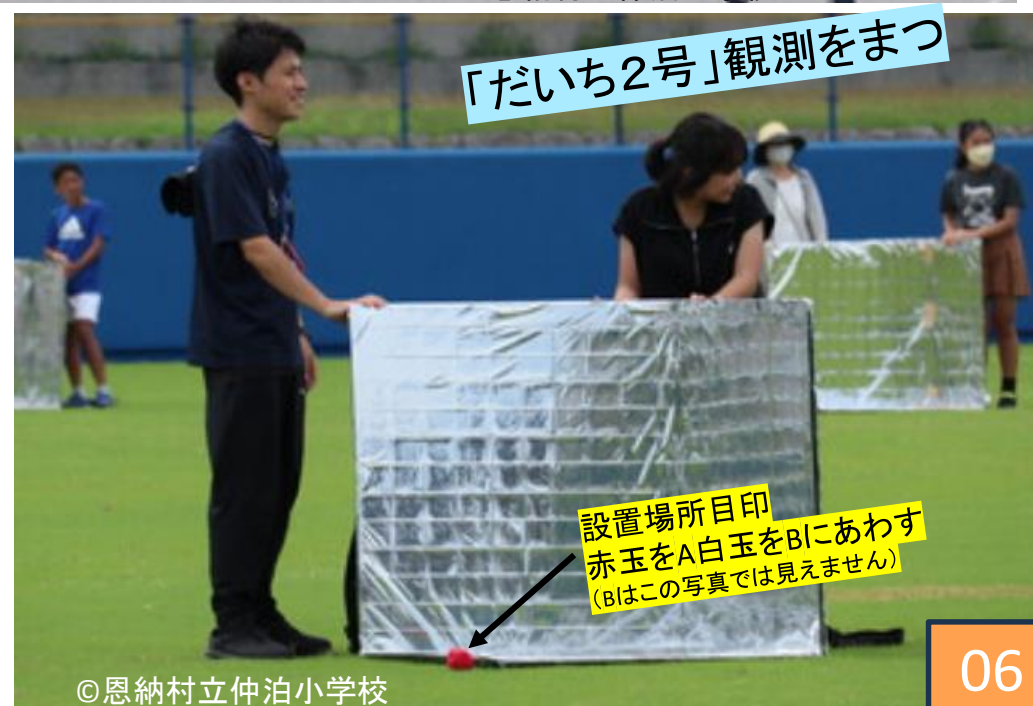


赤間多目的運動場



©恩納村立仲泊小学校

<https://nakadomarischool.ti-da.net/>



©恩納村立仲泊小学校

9月19日
事前オンライン授業
「だいち2号」の
打上・役割
反射板作成

「た」



© 恩納村立恩納小学校

参加校のウェブサイト



© 恩納村立恩納小学校

恩納村立
恩納小学校の場合
ウェブサイト画像紹介

<https://onnaschool.ti-da.net/e12589621.html>



© 恩納村立恩納小学校

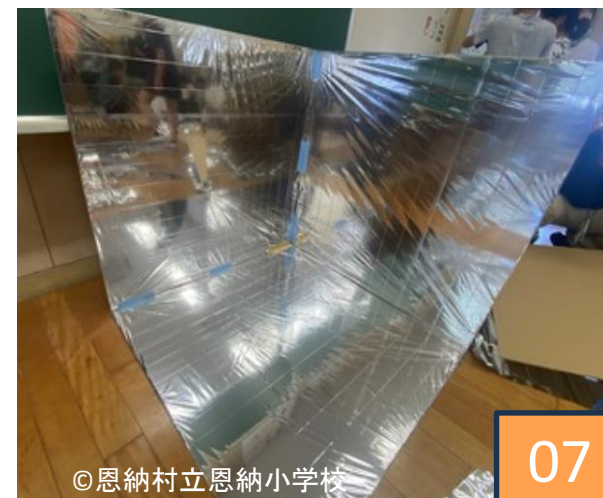


© 恩納村立恩納小学校

反射板を3枚ずつ
グループで作成
観測日に組立



© 恩納村立恩納小学校



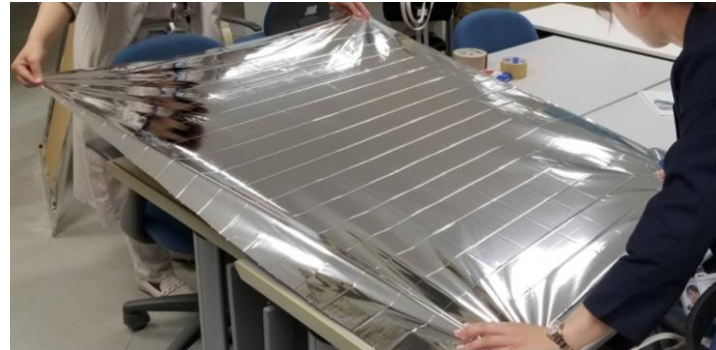
© 恩納村立恩納小学校

CR(コーナーリフレクター)の作り方

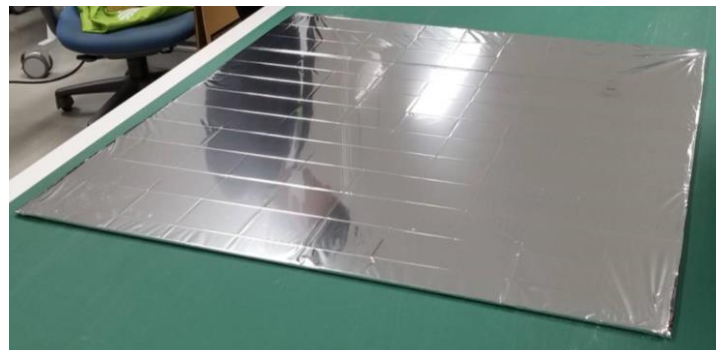
①袋から出したアルミシートを**広げずに細長い状態で**半分に切る



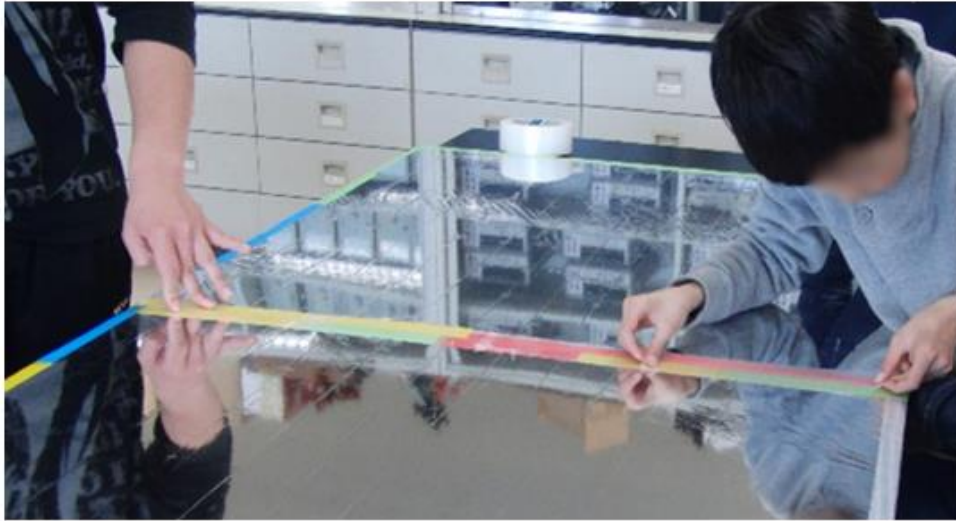
②4スミに両面テープを貼った段ボールシートにかぶせるようにアルミシートを合わせる



③**しわが出ないように**引っ張りながらはみ出た部分を折り返して養生テープで固定



CR(コーナーリフレクター)の作り方



三枚のパネルを用意する



2枚をつなぎ合わせる



2枚の板をすきまなくぴったりとつなぎ合わせるように気をつけてください。

3枚のうち2枚を、折りたためるようにガムテープでつなぎ合わせます。

一度に長い距離をはるのは難しいので、何回かに分けてはると良いです。



CR(コーナーリフレクター)の作り方

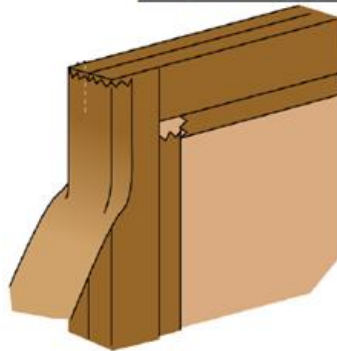
はりあわせた2枚を折りたたむ

はりあわせた辺を中心に、表側の面が内側になるようにして折りたたみます。



折った部分にもガムテープをはる

折りたたんだつなぎ目部分を、裏面からガムテープではさみこむようにしてはっていきます。



つなぎ目部分をはり終わったところ



一度に長い距離をはるのは難しいので、何回かに分けてはると良いです。

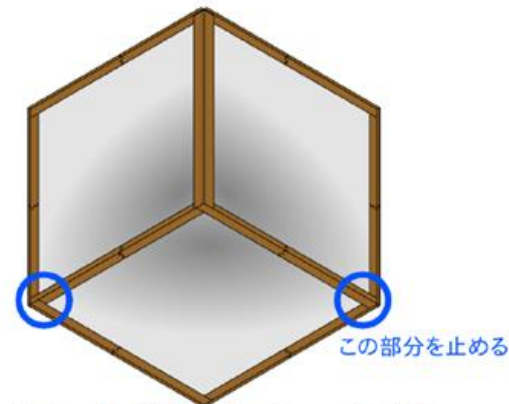
3枚をつなぎ合わせて完成

作業した場所の回りを片づけます。
忘れ物がないか確かめて、観測場所に移動します。

指示板の場所を確かめましょう。
2枚を組みあわせたものともう1枚を運びます。

いよいよ仕上げです。
地面側の1枚と、組み合わせた二枚が垂直になるように養生テープでとめます。

組み合わせた2枚を直角になるように開きます。残った1枚を地面に水平に置き、組み合わせた2枚を地面に垂直に置きます。



養生テープは、はがれやすいテープです。
観測が終わったら簡単にはがすことができます。

©日本宇宙少年団

だいち2号に写ろうのための指導者用参考メモ

<https://www.yac-j.com/hq/info/alos2sanko.pdf>

9月25日 (動画画面キャプチャー)

各校→赤間多目的運動場
 (顔合わせ・全大会・CR組立・CR設置等説明)
 → CR設置分担場所移動→
 設置場所でCRを設置・待機・観測→
 (観測電波をレシーバーで受信)
 全体会場に戻る→
 「だいち」シリーズ衛星の応援アンバサ
 ダーの三浦大知さんとの交流

<参考資料>

CR設置情報

観測地	赤間総合運動公園
観測時刻	9月25日 12:19:45
CR方位(真方位)	100.00 °
CR方位(磁方位)	103.98 °
CR仰角(3面CR)	7.74 °

* 今回は仰角をつけませんでした

©恩納村立仲泊小学校



安富祖小学校 仲泊小学校
 恩納小学校 山田小学校



「だいち」シリーズ衛星 応援アンバサダー
 三浦大知が学ぶ

「だいち2号」に写ろう!

撮影された衛星写真

大成功

当日の観測イメージ



だいち2号

衛星との距離

約894km

軌道高度
約630km

高度43°

水平約653km

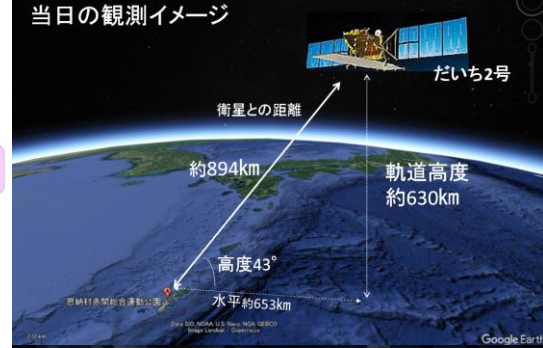
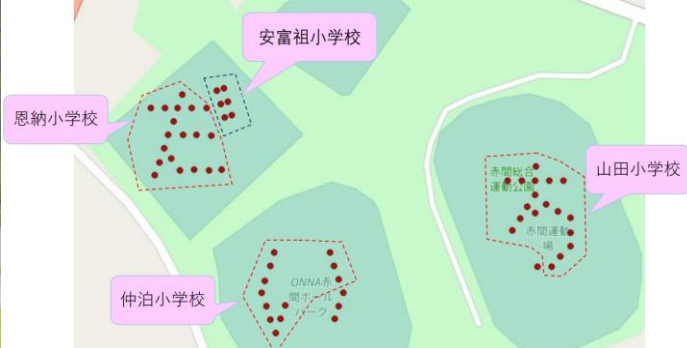
恩納村赤間総合運動公園

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat / Copernicus

272 km

Google Earth

観測時刻 12時20分頃 コーナーリフレクタを向ける方位: 100° (およそ東向き)



9月25日観測データ

秒速約7.5kmの「だいち2号」が、
約890m離れた上空から...
各「CR」が確認できます!



参考「CR」の反射強度

対照群 (富士山御殿場口新五合目駐車場)



衛星データ分析ソフト「EISEI」は、「CR」の反射強度を確認できます
御殿場市に設置してある一辺3mの校正用「CR」は、「13.33dB(!)」を示しています。すなわち、「13.33dB以上」です。

「だいち」シリーズ衛星 応援アンバサダー 三浦大知が学ぶ

「だいち2号」に写ろう!

3枚の反射板が直角に交わり、真方位100度に設置されたとき、反射強度が強くなります

距離890km 秒速7.5kmの「だいち2号」

リアルタイムで撮影

電波の強さはdB(デシベル)で表します。今回の「CR」は、ていねいに製作・設置されていることが分かります。



強度 13.33dB(!)
北緯35.334144, 東経138.796381



JAXA×三浦大知 小学生と描いた巨大文字を「だいち2号」で観測! 三浦大知と沖縄三浦大知が学ぶ

実際の設置場所と設置計画とは少し異なります

強度 10.08dB
北緯26.471138, 東経127.840424

強度 8.55dB
北緯26.470867, 東経127.840402



2006年「だいち」に写ろう

過去の経験活かす



光学センサー PRISM

「だいち」に写ろうの取組の経験を最大限に生かしました。
前は天候に大きくば影響を受けました。雲が心配でした。
今回の「だいち2号」では、「CR」づくりと設置方法がポイントです。

JAXAが「だいちに写ろうキャンペーン」を全国展開するモデルケースとして、被写体を製作し、「だいち」の光学センサーPRISMに写つる本事業をJAXAから委託して**1支部13分団**で実施しました。PRISMの直下の空間分解能は2.5m。天候条件や予定日の観測計画変更などあり、700km上空の「だいち」写ることができたのは、**1支部4分団**でした

ALOSを使った総合学習用活動のモデルケース実験業務委託報告書より

8月10日(木)木津分団

8月20日(日) 広島分団

9月15日(金)あきた矢島分団



工事用シート(5.1m×1.8m)
106枚を敷いて作成

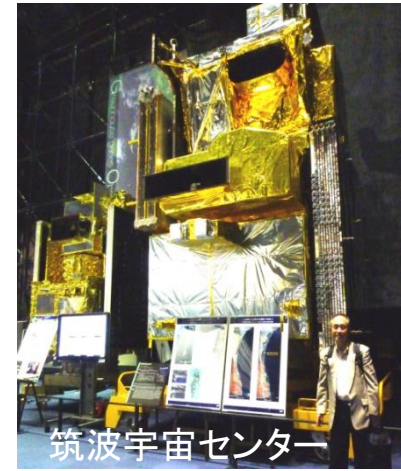
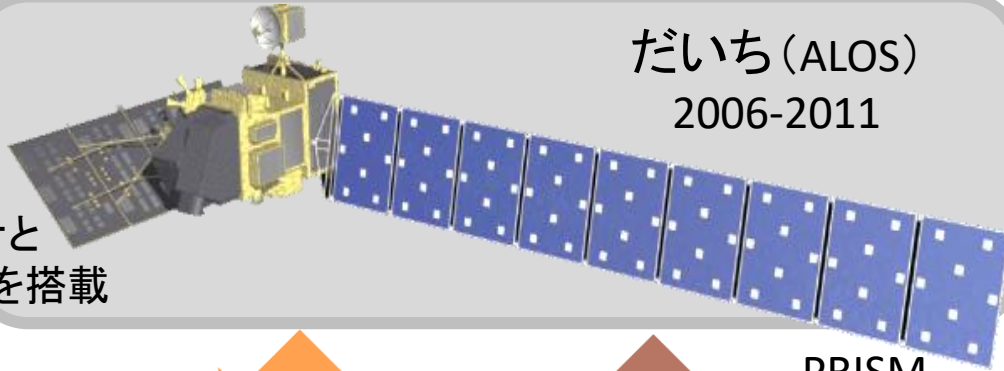
廿日市市佐伯総合スポーツ公園
(広島県廿日市市)

使用した工事用のシートは周辺
の建設会社3社から借用

普通の写真と同じように写りこみます。

「だいち」シリーズ衛星

合成開口レーダ、光学センサの両方を搭載



「だいち」は、光学センサと合成開口レーダの両方を搭載

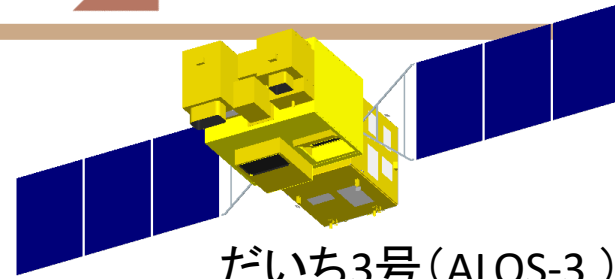
合成開口レーダを搭載

PRISM
光学センサを搭載

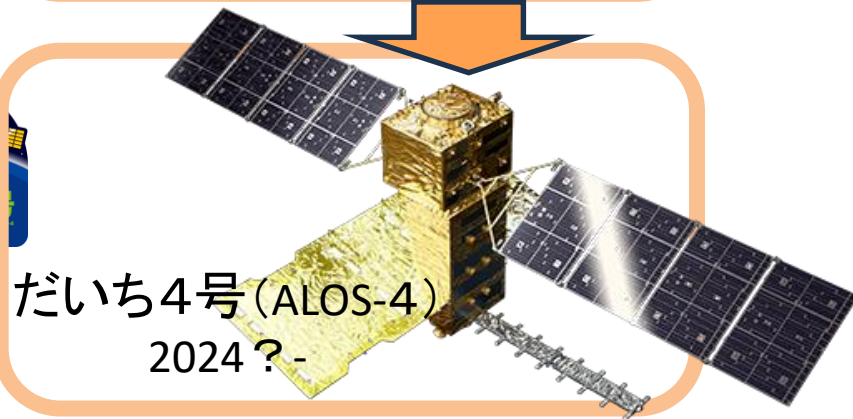


「大地にも、精密検査が必要だ。」

だいち2号 (ALOS-2)
2014-



だいち3号 (ALOS-3)
20230207 軌道投入できず



だいち4号 (ALOS-4)
2024?-

役割を2衛星に分け、それぞれ能力を向上

「だいち2号」のひみつ

2014年に打上げられた「だいち2号」には、地球に向けて板のようなものが取り付けられています。これは、
合成開口レーダ(SAR)とよばれる、
電波(※1)で衛星写真を撮る装置です。



合成開口レーダ (アンテナ部分)
だいち2号(ALOS-2) ©JAXA

Google Earthなどでおなじみの普通の衛星写真(光学衛星写真)は、光(可視光)を観測したものです。この光は、もともと太陽が地球を照らし、地表で反射した光です。

一方、「だいち2号」のSARは電波で地表を見ます。この電波はSAR自身が地表に発射し、地表で反射したものを自分で観測しています。つまり、太陽を使わずに自分が出した電波で観測するので、夜でも屋と同じように撮影ができます。また、雲や煙を通り抜ける波長の電波を使っているため、雲がかかったり、火山から噴煙が上がったりしても、その下の地面を撮影できます(※2)。

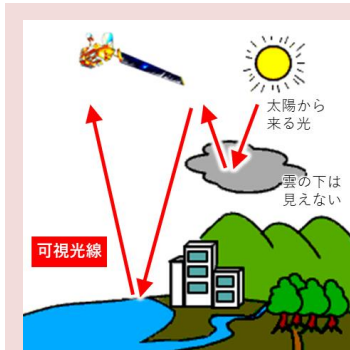
- ※1 赤外線(可視光より波長が長い)よりさらに波長の長い電磁波。
- ※2 SARの画像は電波の強さを表した特殊な白黒画像となり、光学衛星と同じ情報を得ることはできません(例えば、地表の色は分かりません)。

地球や私たちを守る、合成開口レーダのすごい力

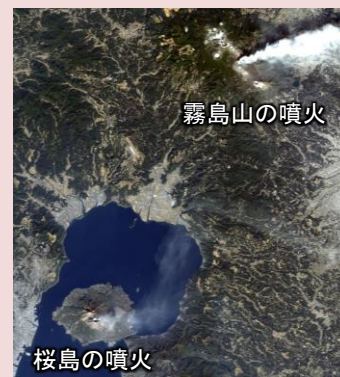
大雨など天気が悪いときに起こる洪水や土砂崩れの被害は、SARなら雲を通り抜けていち早く観測でき、夜でも観測でき、避難や復興に役立てられます。

火山の噴火の時もSARなら噴煙の下の地表の様子分かるので、地形の変化や溶岩の流れなど火山活動の様子を知ることができます。

地球環境を守ることもできます。熱帯ではほとんど曇っている雨季とよばれる季節がありますが、雲の下でも熱帯雨林の伐採を見つけることができます。



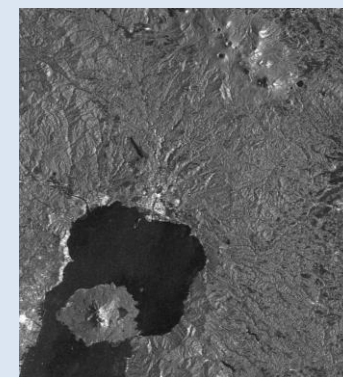
光学衛星のしくみ



光学衛星の画像

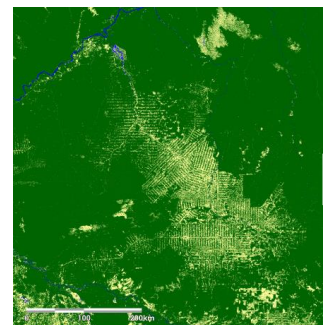


合成開口レーダのしくみ



合成開口レーダの画像

「だいち」画像 ©JAXA, METI



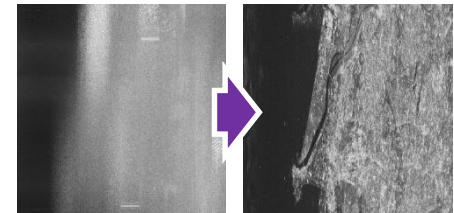
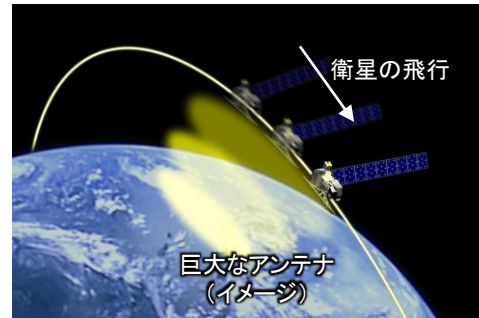
10年

森林伐採が進むアマゾン川流域

「ふよう1号」「だいち」画像 ©JAXA, METI

人工衛星の大きさを千倍に？合成開口レーダのしくみ

「だいち2号」は地上の3mのものまで見分ける能力をもっています。宇宙から電波でこれほど細かいものを見るには、本来は数十kmの巨大なアンテナが必要で、衛星に載せられません。しかし実際の「だいち2号」のアンテナ(板のような部分)の長さはたった10mです。巨大なアンテナを搭載するかわりに、衛星が飛行しながら取ったデータを、地上のコンピュータで巨大なアンテナで観測したかのようなデータに合成します。これが合成開口レーダの名前の由来です。



そのままの合成
開口レーダ画像
(ぼやけている)

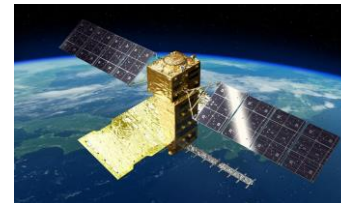
コンピュータで
合成後の画像(細か
いものが見える)

「だいち」画像 ©JAXA, METI

合成開口レーダの仲間たち

SARは日本の衛星では「ふよう1号」(1992年打上げ)に初めて搭載され、「だいち」(2006年)、「だいち2号」(2014年)、そして今後打上げられる「だいち4号」に引きつがれています。他にも世界中で、それぞれ特徴の異なるSAR衛星が様々な目的で打上げられています。宇宙機関だけでなく民間企業が小型のSAR衛星を開発し利用する動きも広がっています。

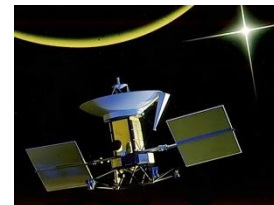
地球だけでなく、月・惑星探査にも使われています。月周回衛星「かぐや」(2007年)にも月の資源を調べるためSARの機能が備えてられていました。雲に覆われた天体を探査するため、米国の金星探査機「マゼラン」や土星探査機「カッシーニ」にもSARが搭載されました。



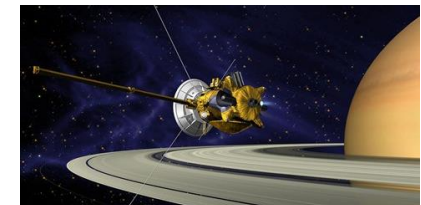
だいち4号



©JAXA 月周回衛星「かぐや」



マゼラン



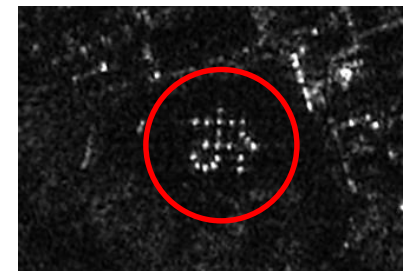
カッシーニ

「だいち2号」に写ろう!!

SARが観測するとき、電波を反射するものを地上に置いておくと、SAR画像に点が写ります。たくさんの点を描いて文字などにすることもできます。みなさんも、電波を反射する素材や形状を工夫して、「だいち2号」の画像に写ってみませんか？



手作りの電波反射鏡

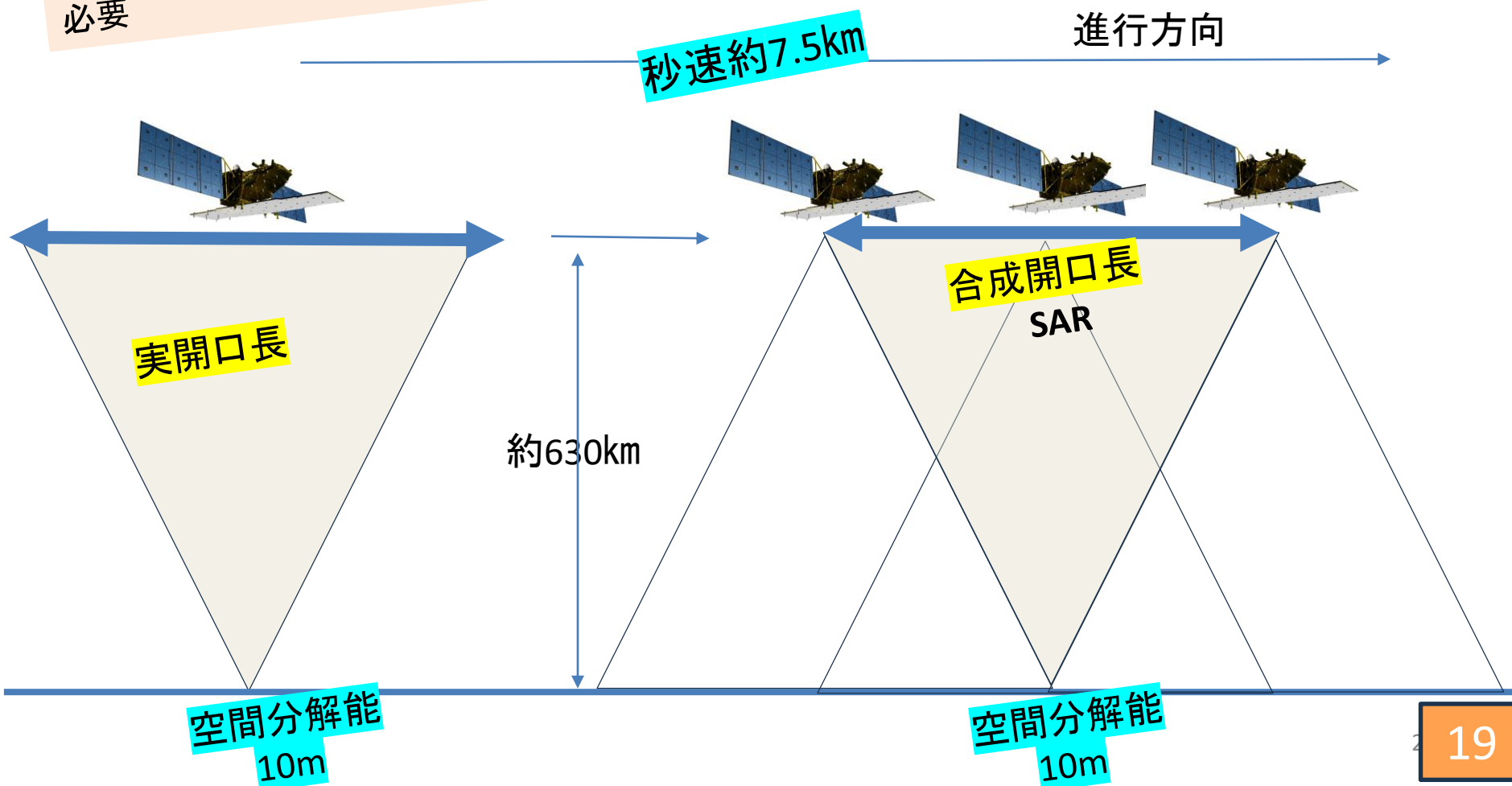


「だいち2号」による観測結果

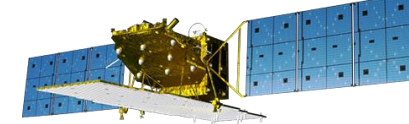
もしも合成開口レーダーでなければ... 大きなアンテナ必用

波長約24cmのだいち2の場合
長さ約18 km
サッカーコート200個分以上面積
必要

波長約5cmのCバンドSAR衛星の場合
長さ約4.2Kmのレーダーアンテナ
サッカー場47個分以上面積必用



初期段階 北海道苫小牧での「校正」作業



JAXA Calibration Site in Tomakomai, Hokkaido, Japan

「だいち2」からの
電波を反射

「だいち2号」は運用を開始する前に様々な検証作業を行っています。地上に「CR」を設置し、予定した軌道の確認作業等も実施しています。（「校正」作業）
2006年に「だいち」に写ろうを展開していたYACは、苫小牧で展開していた初期校正作業に大いに興味をもちまし。JAXAの協力を頂いて現在の「だいち2号に写ろう」を企画することができました。

バンド合成開口レーダ (SAR)

軌道を確認



3m CR

©JAXA



©JAXA

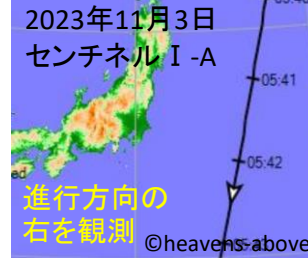
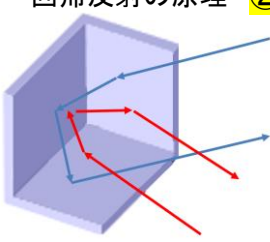
YACかわら版 448

御殿場市

センチネル1・コーナー反射鏡



©兵庫県立東播磨高等学校



月面着陸したSLIMもNova-Cも、NASAの「レーザー再帰反射鏡」を積んでいました。今後 NASA等のアルテミス計画の有人月着陸船の位置確認段階で活躍する機会があるでしょう。

自転車の後部反射器でおなじみの「再帰反射(さいきはんしゃ)」の原理を用いて、YACは「だいち2号に写ろう」を展開しています。①②

<https://www.yac-j.com/content/eisei-data/>

また、3月14日にJAXAウェブサイトは、【JAXA × 三浦大知】小学生と描いた巨大文字を「だいち2号」で観測！三浦大知と沖縄で学ぶ「だいち」シリーズ衛星を公開しました。「再帰反射鏡」=「コーナー反射鏡(リフレクター)」=「CR」をつかって「だいち2号」衛星に写る様子を紹介しています。「だいち2号に写ろう」に大いに参考になります。

<https://www.youtube.com/watch?v=kpUJvvJBN8A>

「だいち2号」は自然災害が発生した時にも、大活躍する合成開口レーダー(SAR)衛星です。残念ながら「だいち2号」のデータを自由に入手することはできませんが、「センチネル1」(SAR)衛星のデータは「EOブラウザ」で自由に利用できますね。

センチネル1は、センチネル1-Aと1-Bの2基が打ち上げられましたが、現在は1-Aのみ運用中。12日毎に観測しています。

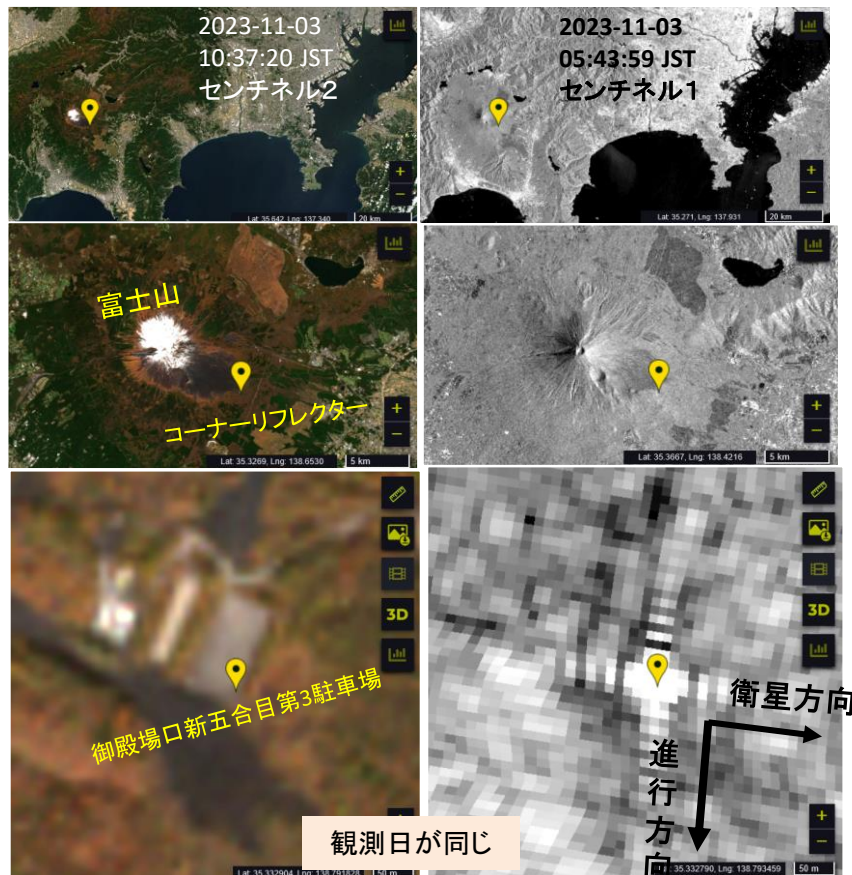
「センチネル1」の電波でも、「CR」の実験は可能ですが、波長の短い「センチネル1」では、ハードルの高い実験です。

「だいち2号」の波長は約24cmなので、波長の約3~4倍を1辺とする、コーナーリフレクターで十分観測可能で、おすすめです。

「センチネル1号」の波長は約5.5cmです。誤差約3ミリ以内の極めて精巧な「CR」をつくる必要があります。

ところが、極めて興味深い情報があります。御殿場(ごてんば)市の富士山御殿場口新五合目第3駐車場に、JAXAが製作した「CR」が設置してあります。この精巧な「だいち2号」用「CR」が、「センチネル1」の観測データに写りこんでいるのです。なぜ御殿場市にコーナーリフレクター(CR)があるのでしょうか。どのようなCRが設置してあるのでしょうか。

* 合成開口レーダー(SAR)は YACかわら版273「合成開口レーダ」参照



2017年12月7日

12月7日に、御殿場市との「人工衛星の校正検証及び衛星データの利用等に係る連携協力に関する協定」を締結しました。

<https://www.city.gotemba.lg.jp/gyousei/g-2/g-2-4/6251.html>

2018年11月21日

【コーナーリフレクター、ついに完成！】

富士山御殿場口新五合目に、JAXAにより人工衛星用コーナーリフレクターが整備され、本日完成披露式が開催されました。 <中略>
コーナーリフレクターは、1辺が3メートルのステンレス製の反射板を組み合わせて作成されており、人工衛星からの電波を反射させることで、人工衛星の校正・検証に使われます。これは人工衛星の運用中継続して実施され、人工衛星が提供する画像データの正確性を保つためにも重要な活動となります。 <以下略>

<https://m.facebook.com/GotembaCity/posts/2146806358703790/>

校正(こうせい)とは何でしょうか

軌道のわずかな変化もみのがさないように人工衛星は追跡管制され続けています。

衛星データを補正するため「校正地点」を設けています。電波で観測する「だいち2号」などは、校正基準点の役割を持つ「CR」を設置し、観測画像の重ね合わせ等をおこない観測データの精度検証に使用しています。

基準点とは地図の作成はもちろんのこと道路の建設、都市の開発などの公共事業を行う際にはなくてはならない「三角点」などを基準点といいます。三角点は、山の頂上付近や見晴らしのよいところに設置され、経度、緯度、標高が正確に求められています。

「校正(こうせい)」とは、機器の精度や機能、動作を「確認」することだといわれています。

測定器が示す値と真の値の関係を求め、目盛の補正などを行うときにつかわれています。人工衛星の分野でも使用されます。

「校正」という漢字は、「較正」という漢字を使うべきですが、通常「校正」と表記します。



コーナーリフレクターとは

宇宙をとんでいるいろいろな種類がありますが、だいち2号などの衛星は、電波を発射して地面の変化(地球は生きているので、地面が少しずつ上がったり下がったりしています)などを測っています。

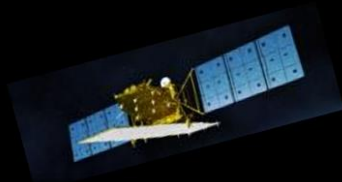
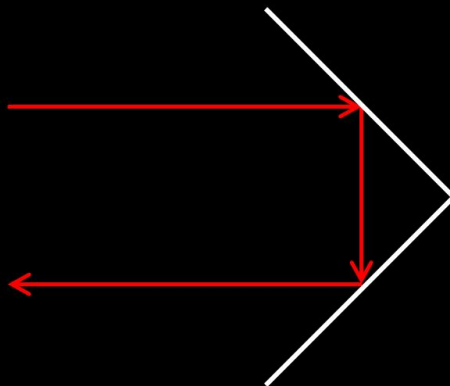
ここに設置されているコーナーリフレクターは、レーダ衛星から発射されている電波を反射させて、レーダ衛星が正しく仕事ができているか確かめるためのものです。

御殿場市は、2017年12月JAXAと協定を結んで、このコーナーリフレクターの設置をはじめ、JAXAの活動の協力しています。

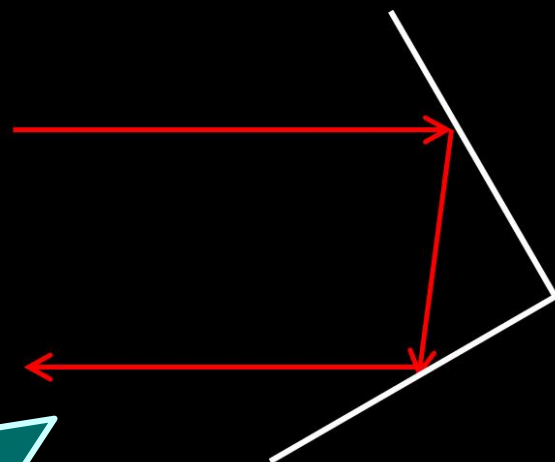
コーナーリフレクタ(CR)の仕組み



だいち2号の出す電波を、
だいち2号の方へ反射する



だいち2号の出す電波を、
だいち2号の方へ反射する



角度が少しずれても元の方向に反射する
でも、 10° 以上ずれないようにしっかり押さえましょう

「だいち2号」の電波を、音で聞くこともできます

参 考



「だいち2号」
バンド
(波長約25cm)



市販アンテナ
自作アンテナ

電波受信の様子

今「だいち2号」が近づいてそして皆さんを撮影して遠ざかっていきました

「だいち」シリーズ衛星 応援アンバサダー
三浦大知が学ぶ

「だいち2号」に写ろう!



「だいち2号」からの電波を受信すると

「だいち」シリーズ衛星 応援アンバサダー
三浦大知が学ぶ

「だいち2号」に写ろう!



1257.5 MHzが聴(き)ける
レシーバー

「だいち2号」からの電波を受信すると

「だいち2号」は今どこ？

https://www.lizard-tail.com/isana/tracking/?catalog_number=39766&target=

ALOS 2 (#39766)

Lat: 24° 47.69' S

緯度
高度

Lng: 50° 48.6' E

経度
速度

Alt: 640.867 km

V: 7.536 km/s

23 min 32 sec to sunrise

International Space Station

ALOS 2 (#39766)

衛星データベース

カタログ番号
39766

ヘブンズアバブ

名前

打ち上げられた年

衛星の番号の範囲 -

<https://www.heavens-above.com/Satellites.aspx?lat=34.2408&lng=132.5557&loc=Unnamed&alt=0&tz=JapST>