

人工衛星とOSIRIS-REx地球スイングバイ観測

(一般に底辺を広げるために)

倉敷科学センター 学芸員 三島 和久



自己紹介

三島 和久 (みしま かずひさ)

倉敷市教育委員会所属の科学館施設

「倉敷科学センター」の天文系学芸員

主にプラネタリウムを担当

今年で25年目

日本公開天文台協会 (JAPOS) にも参加



「OSIRIS-REx」地球スイングバイ観測キャンペーン

地球最接近時刻

2017年9月22日 17時ごろ（世界時）

日本公開天文台協会（[JAPOS](#)）

および日本惑星協会（[TPSJ](#)） が協力



画像：NASA

広く、アマチュア観測家の参加も求めたい



“個人の楽しみ”として人工衛星の計算や撮影を

倉敷科学センター特集
国際宇宙ステーションをみよう

国際宇宙ステーション 国際宇宙ステーションの全国の観測予報

17/ 9/18 ~ 17/11/ 7 の観測の予報を公開中です
(この予報は 2017-09-26 のデータで更新しました)

地平高度 15 度以上の高さに見える条件を計算しています

観測地リスト

・札幌	・神奈川 (横浜)	・兵庫 (神戸)	・長崎 (長崎)
・旭川	・山梨 (甲府)	・紀伊半島 (新宮)	・大分 (大分)
・釧路	・長野南部 (飯田)	・奈良 (奈良)	・熊本 (熊本)
・青森 (青森)	・長野北部 (長野)	・和歌山 (和歌山)	・宮崎 (宮崎)
・岩手 (盛岡)	・新潟 (新潟)	・岡山 (岡山)	・鹿児島 (鹿児島)
・秋田 (秋田)	・富山 (富山)	・広島 (広島)	・沖縄 (那覇)
・宮城 (仙台)	・石川 (金沢)	・山口 (山口)	・奄美大島
・山形 (山形)	・福井 (福井)	・鳥取 (鳥取)	・南大東島
・福島 (福島)	・静岡 (静岡)	・島根 (松江)	・石垣島
・茨城 (水戸)	・愛知 (名古屋)	・香川 (高松)	・三宅島
・栃木 (宇都宮)	・岐阜 (岐阜)	・徳島 (徳島)	・父島
・群馬 (前橋)	・三重 (津)	・愛媛 (松山)	・対馬 (厳原)
・埼玉 (浦和)	・滋賀 (大津)	・高知 (高知)	・富士山
・東京	・京都 (京都)	・福岡 (福岡)	・黒松岳
・千葉 (千葉)	・大阪 (大阪)	・佐賀 (佐賀)	

倉敷科学センター
Tel: 086-454-0300 / FAX 086-454-0304
ksc@city.kurashiki.okayama.jp

■ 国際宇宙ステーション(ISS) 札幌での見え方
[国際宇宙ステーション(ISS)が星空の中をどのように動くか計算] [トップへ戻る]

9 月 19 日
2 時 49 分ごろ 北東の低い空(23.8°)で地球の影から出て見え始め、2 時 51 分ごろ東の低空へ動き見えなくなる。

9 月 19 日
4 時 22 分ごろ西北西の低い空(12.3°)で地球の影から出て見え始め、4 時 25 分ごろ 南西の中ぐらいの高さの空(53.1°)でいちばん高くなり、4 時 28 分ごろ南東の低空へ動き見えなくなる。

9 月 20 日

人工衛星の観測予報を公開

ISS（国際宇宙ステーション）

倉敷科学センター ： 国際宇宙ステーションをみよう

www2.city.kurashiki.okayama.jp/lifepark/ksc/tokusyu/iss/

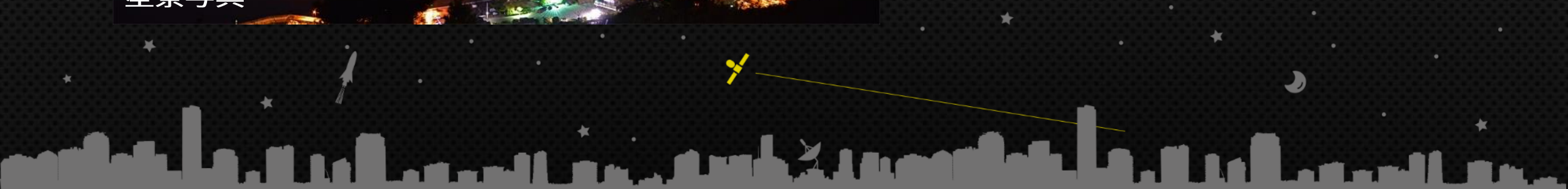
“個人の楽しみ”として人工衛星の計算や撮影を



星景写真



ISSクローズアップ



転機としては2011年ごろから

大学等による超小型衛星の観測ニーズ (10cm~50cm)

- ・衛星の姿勢、スピン状態を知りたい
- ・LED発光などをとらえたい
- ・広報的な資料画像を得たい

求められた明るさ

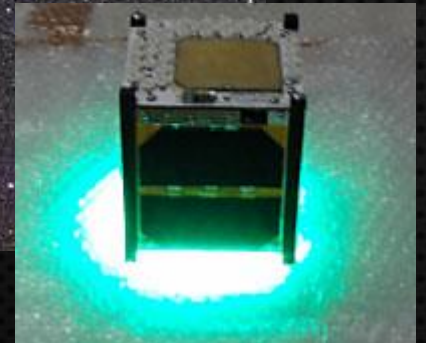
6~12等級！！



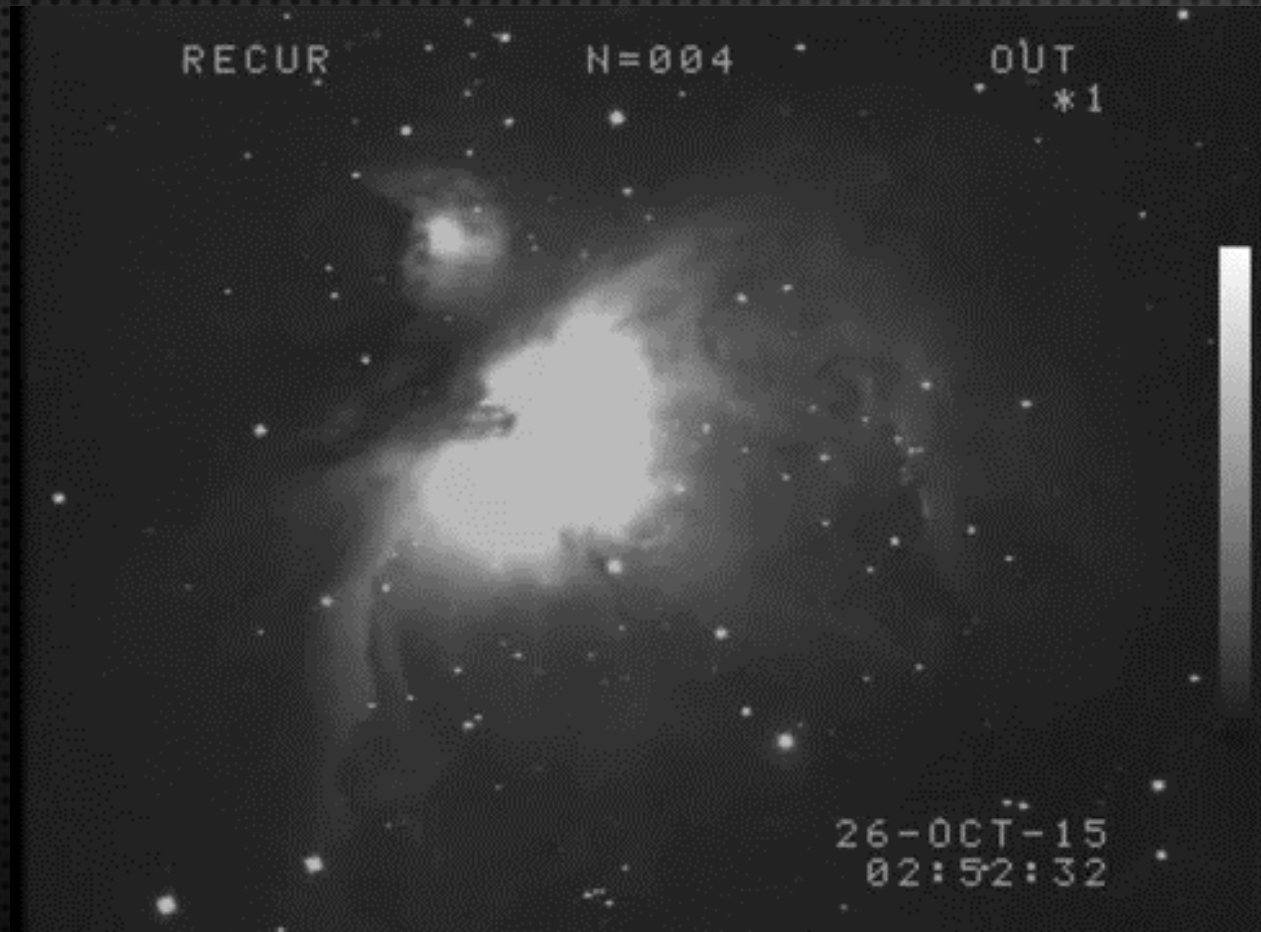
福岡工業大学（にわか衛星：FITSAT-1） 6—7等級

2012年11月～2013年5月

- ・ LEDを制御発光させ光学的に確認できるか実証
- ・ 観測者有志でWebサイトを公開、観測情報を発信し支援



高軌道の暗い人工衛星のビデオ撮影 9-14等級



日本の静止衛星が打ち上げられたら、
フォーメーションなどを撮影

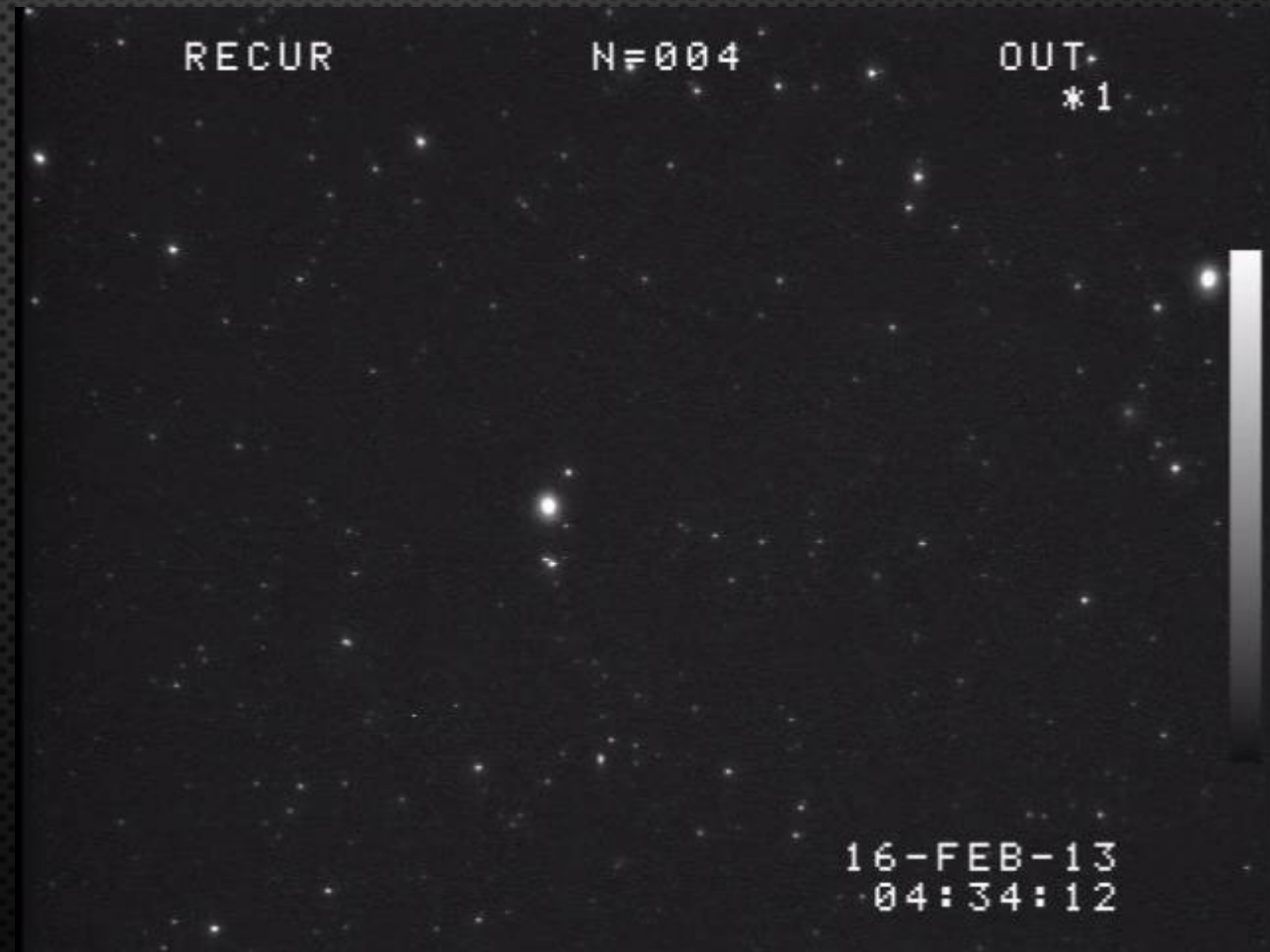


地球近傍小惑星の観測領域とだんだん接近してくる

2013年02月16日

小惑星 2012 DA14 7-8等級

インターネットライブ中継



小惑星探査機「はやぶさ 2」地球スイングバイ観測

2015年12月3日18:00~18:58

- ・ JAXA 吉川 真 先生の呼びかけの元、日本公開天文台協会、
日本惑星協会が中心となった観測キャンペーンに参加
- ・ 観測ガイド、撮影技術情報発信のお手伝い



はやぶさ 2 地球スイングバイ (2015年12月3日18時43分)



第2の転機 X線天文衛星「ひとみ」事故

2016年3月26日 高速スピンによるブレイクアップ(分解)



画像: JAXA



ASTRO-H「ひとみ」衛星本体 (41337)
2016.04.05 20:30(JST) 500mm, F2.8 ISO6400 露出3秒

RECUR

N=004

OUT

*1

ASTRO-H「ひとみ」－ 衛星本体(41337) 20:30:13 前後

05-APR-16

20:30:00

安価な架台で衛星トラッキング（追尾）ができるという情報が

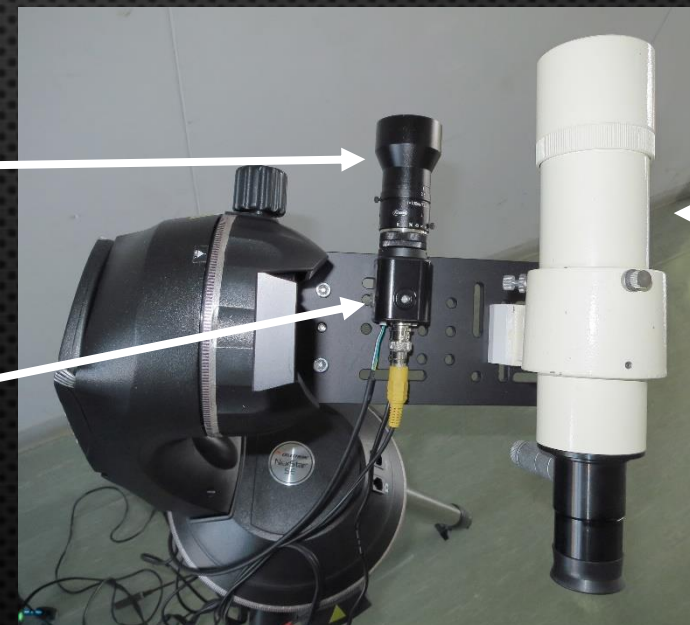


画像：Celestron, LLC

- ・セレストロン（米） **Nexstar 4SE** + プレート 10万円
- ・WATEC（日） WAT-910HX/RC + レンズ 10万円
- ・制御ソフトウェア（フリーウェア）

レンズ
100mm F2.8

超高感度
ビデオカメラ
（白黒）



ファインダー

JAXA飯塚さん、ありがとうございました

LIVE

OUT
*1

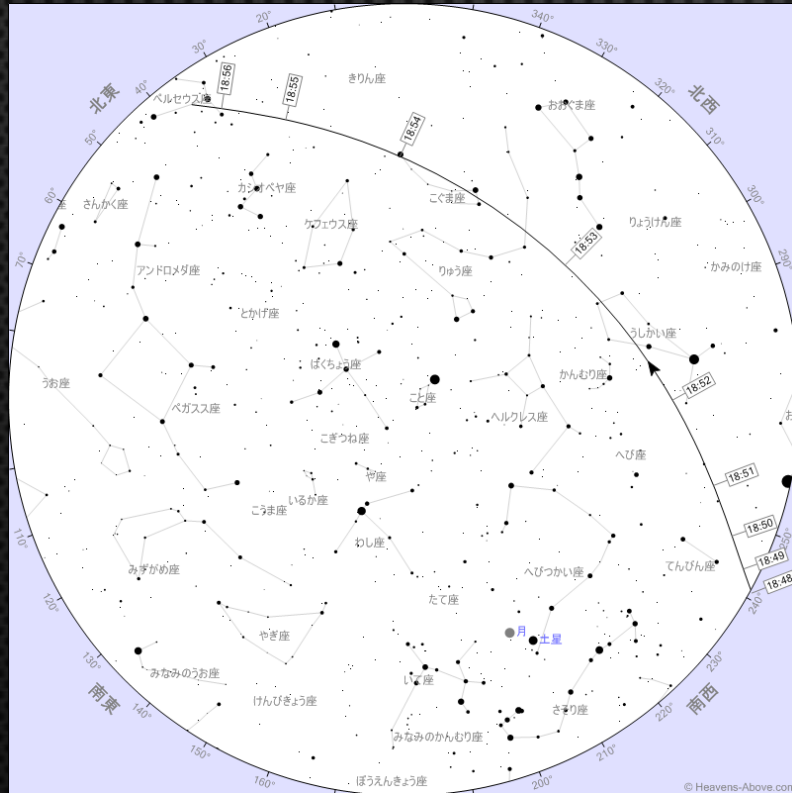
88 95 103
88 97 106 97
92 80
88

この組み合わせで限界等級は11等級か？

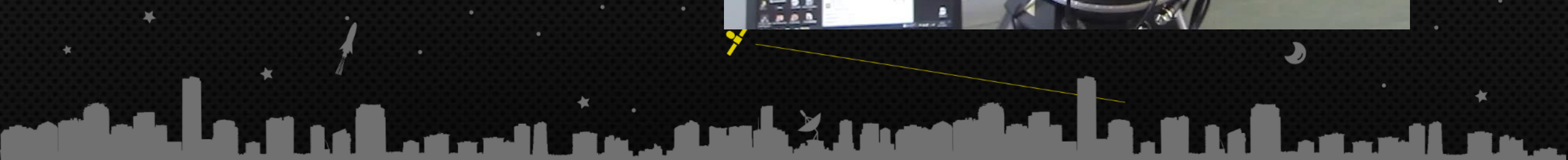
静止画ならもっといきそう

29-MAY-17
20:26:25

国際宇宙ステーションのトラッキングシミュレーション



画像：<http://www.heavens-above.com>



LIVE

OUT

*1



Telkom 3 の閃光

※インドネシアの軌道に乗れなかった通信衛星

12-AUG-17
20:53:59

「OSIRIS-REx」地球スイングバイ観測キャンペーン

地球最接近時刻

2017年9月22日 17時ごろ（世界時）

日本公開天文台協会（[JAPOS](#)）

および日本惑星協会（[TPSJ](#)） が協力



画像：NASA

広く、アマチュア観測家の参加も求めたい



ほんとうにOSIRIS-Rexは観測できるのか？

地球最接近時刻

2017年9月22日 17時ごろ (世界時)

- 日本の可視条件はどうか？
- 「OSIRIS-Rex」は「はやぶさ2」よりでかい。
- 地球最接近距離は約2万キロ、「はやぶさ2」は約3千キロ。どこまで明るくなるか？
- 最接近前後に地球の影への潜入はあるのか？



ほんとうにOSIRIS-Rexは観測できるのか？

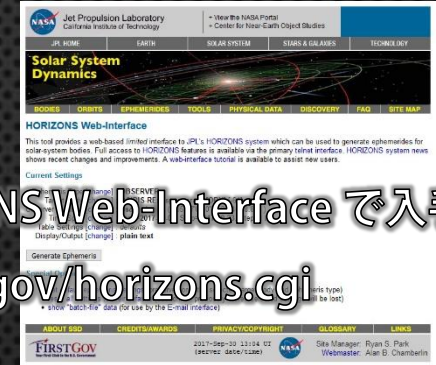
地球最接近時刻

2017年9月23日 02時ごろ（日本時間）

位置情報



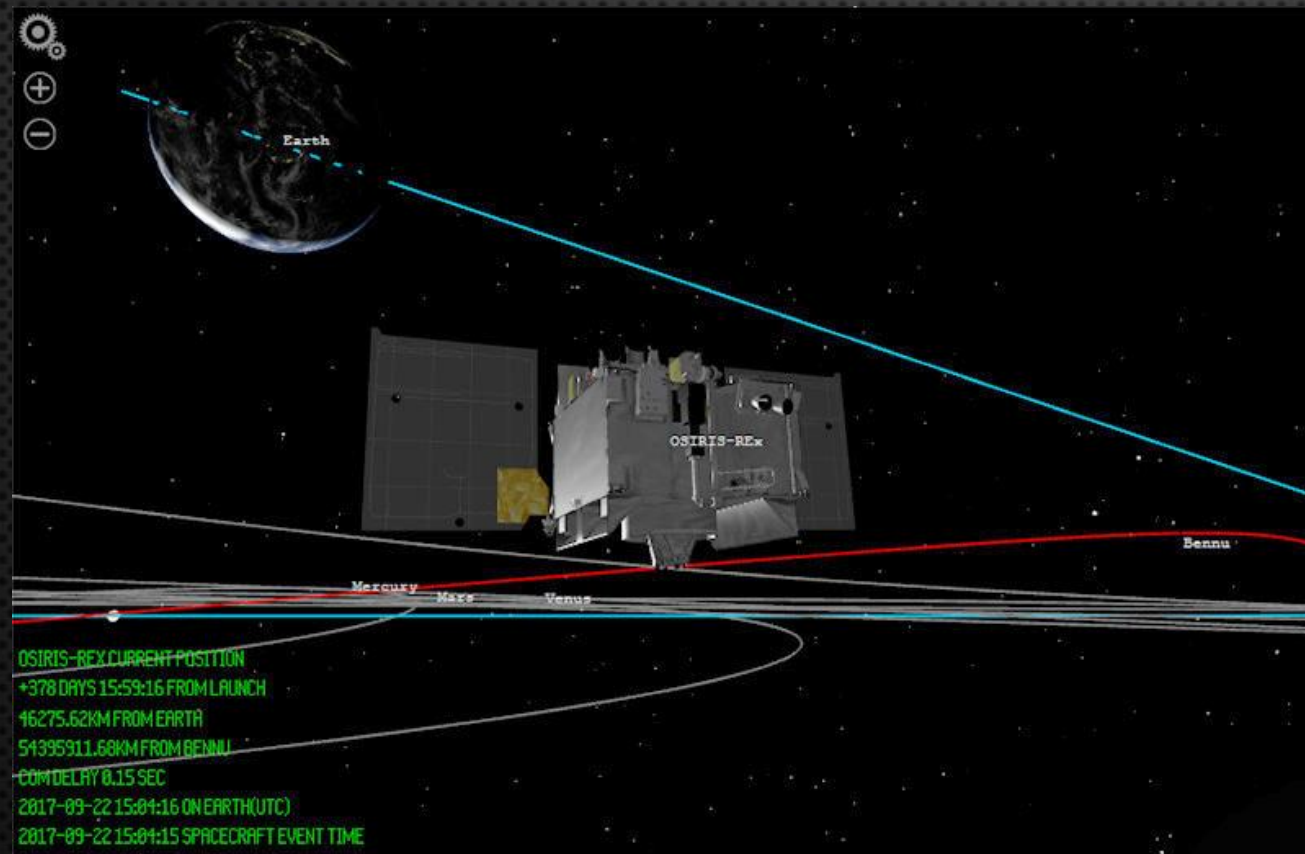
NASA/JPL HORIZONS Web-Interface で入手
<https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>



- 日本の可視条件はどうか？ → **22日 22～24時（日本時間）ごろがみごろ（最接近時は地平線下）**
- 「OSIRIS-Rex」は「はやぶさ2」よりでかい。
- 地球最接近距離は約2万キロ、「はやぶさ2」は約3千キロ。どこまで明るくなるか？ → **14等前後**
- 最接近前後に地球の影への潜入はあるのか？ → **最接近は南極上空。地球の影への潜入はなし**



「OSIRIS-Rex」地球最接近時は南極上空

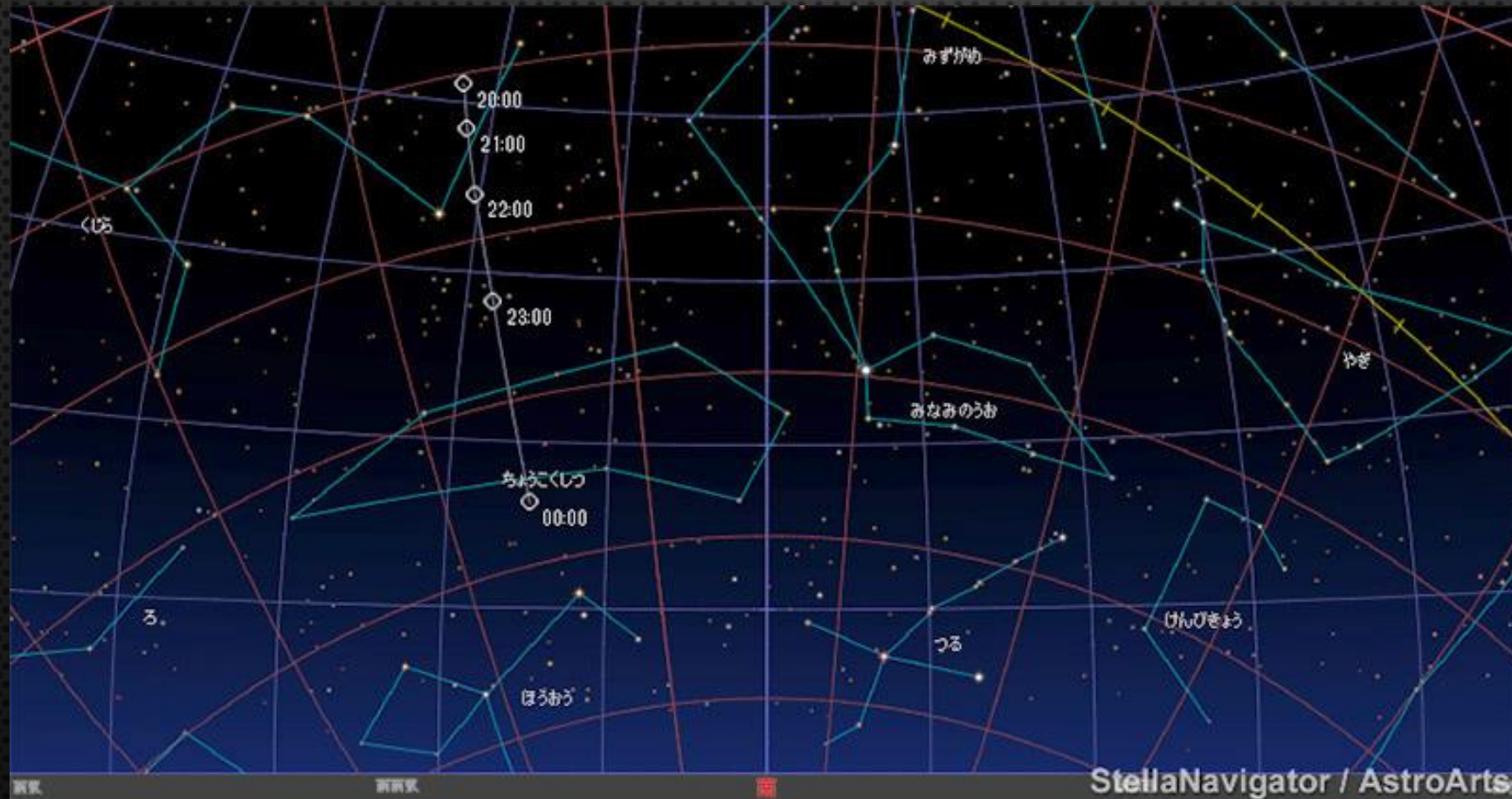


画像：「OSIRIS-REx Realtime Simulation」

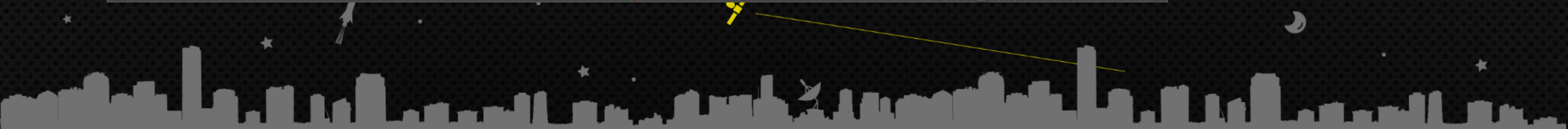
柏井勇魚さん、宮崎剛さん制作

http://www.lizard-tail.com/isana/orb/misc/osiris_rex/

日本での観測条件は比較的よい



画像：株式会社アストローツ
ステラナビゲータ Ver.10で作成



数万キロ先の探査機が本当に見えるのか？

2. スイングバイに関連する予定について (5/6)

(2) 地上望遠鏡による観測キャンペーン

火星探査機「のぞみ」の地球スイングバイ時の撮影
(愛媛県の久万高原天体観測館の中村彰正氏による)



露出時間：12秒、視野は約12分角
「のぞみ」の明るさは15～16等

16

小惑星探査機「はやぶさ2」(2015年12月)

2万キロ(11等級)～7千キロ(8等級)

火星探査機「のぞみ」(2003年6月)

5.3万キロ(15～16等級)

画像：「のぞみ」スイングバイ時の撮影事例

JAXA 記者説明会資料より

第一に求められる明るさの情報、でもどうやって見積もるか

人工天体の明るさの見積もりは、けっこうアバウト。

1～2等級ぐらい見込みと違ってても気にしない。

いや、気にしてはいけない。



明るさはどのように見積もるのか？

(三島の場合)

静止軌道上 (36,000km上空) に 4 m^2 の平面体に
太陽光が直射している場合。

地上から観測した場合の基準光度を

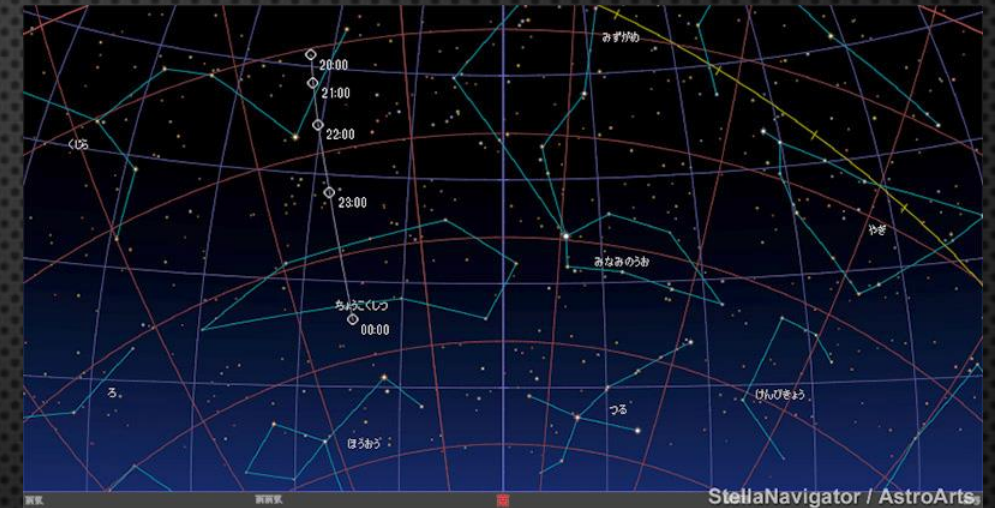
12.7 等級 とする

あとは、「面積」と「反射率」と「距離」の押し引きで計算



地球スイングバイ当日の明るさの予測

日本時間		Δ (AU)	距離 (km)	光度
2017-Sep-22	22:00	0.000651533	97,468	14.4
2017-Sep-22	22:10	0.000625031	93,503	14.4
2017-Sep-22	22:20	0.000598637	89,555	14.3
2017-Sep-22	22:30	0.000572363	85,624	14.2
2017-Sep-22	22:40	0.000546226	81,714	14.1
2017-Sep-22	22:50	0.000520245	77,828	14.0
2017-Sep-22	23:00	0.000494443	73,968	13.8
2017-Sep-22	23:10	0.000468848	70,139	13.7
2017-Sep-22	23:20	0.000443495	66,346	13.6
2017-Sep-22	23:30	0.000418430	62,596	13.5
2017-Sep-22	23:40	0.000393708	58,898	13.4
2017-Sep-22	23:50	0.000369401	55,262	13.2
2017-Sep-23	0:00	0.000345601	51,701	13.1
2017-Sep-23	0:10	0.000322430	48,235	12.9
2017-Sep-23	0:20	0.000300042	44,886	12.8
2017-Sep-23	0:30	0.000278642	41,684	12.6



画像：株式会社アストローツ
ステラナビゲータ Ver.10で作成

アストロアーツ社「ステラナビゲータ Ver.10」が迅速に対応

アップデートにより、OSIRIS-Rexの正確な位置表示を可能に。

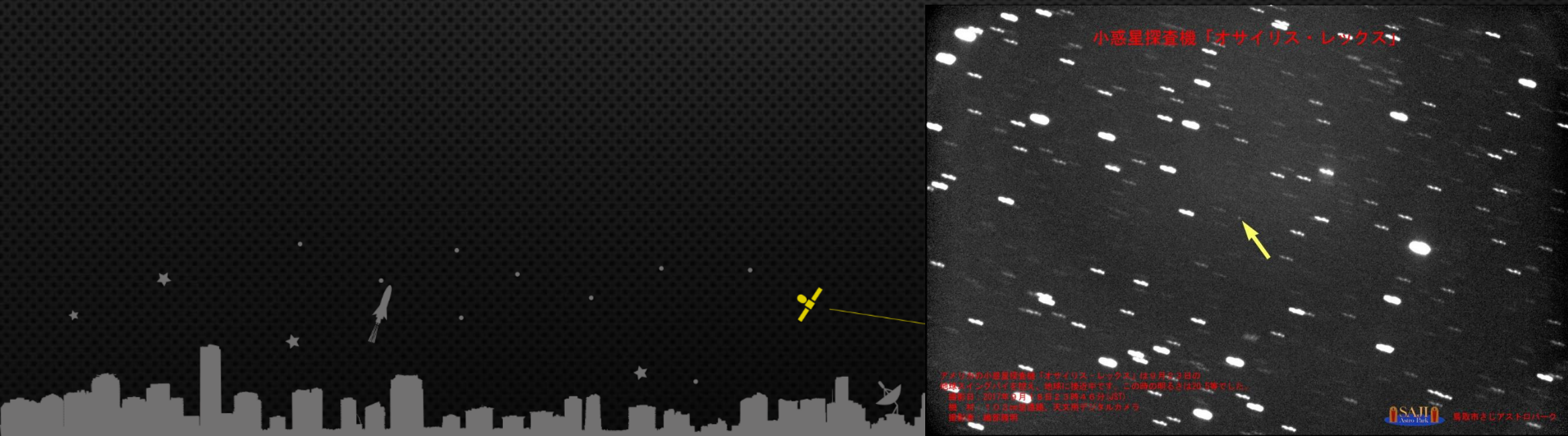


画像：株式会社アストロアーツ

この場をお借りして、改めて感謝申し上げます！

地球スイングバイ以前の明るさの予測

日本時間			Δ (AU)	距離 (km)	光度
2017-Sep-19	0:00		0.0149360	2,234,401	20.3
2017-Sep-20	0:00		0.0113020	1,690,760	19.7
2017-Sep-21	0:00		0.0076691	1,147,280	18.9
2017-Sep-22	0:00		0.0040272	602,456	17.5
2017-Sep-23	0:00		0.0003452	51,639	12.2



移動するOSIRIS-Rexをどうとらえるか？

固有運動を追尾できる架台が理想ではあるが・・・(点でとらえる)

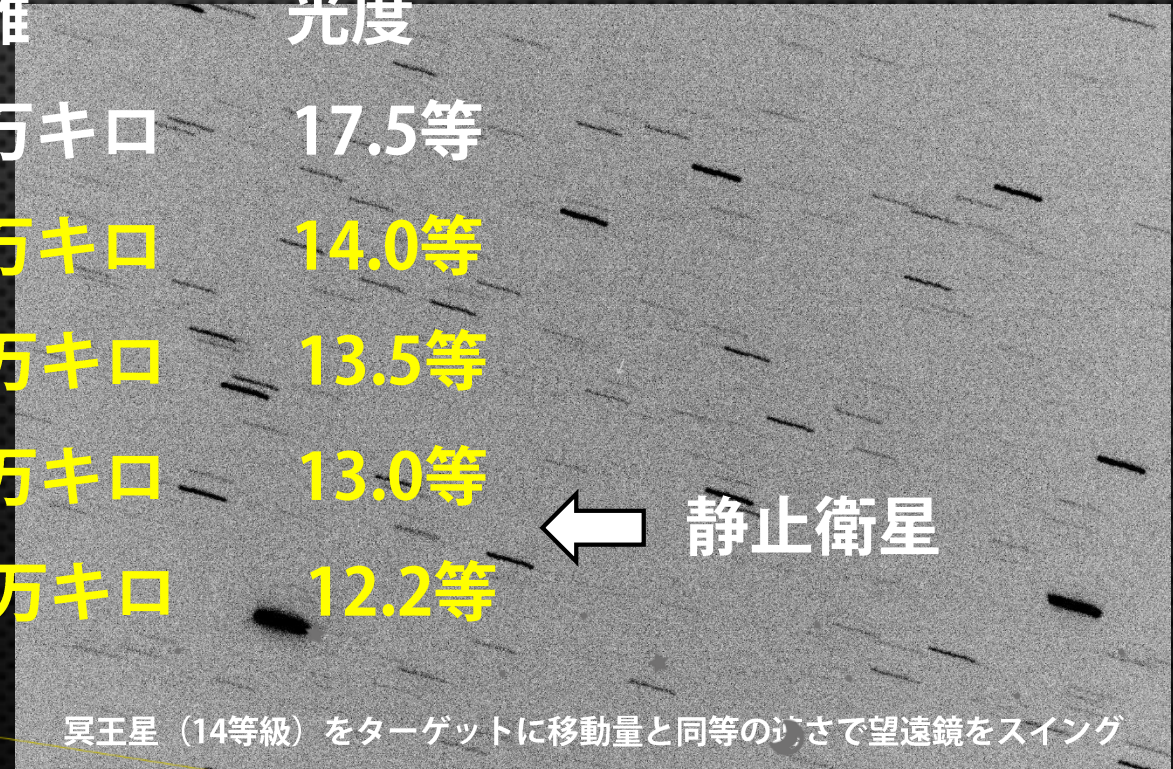
日本時間	移動量	距離	光度
22日 0時	10" 角／分	60万キロ	17.5等
22日 21時	3" 角／秒	12万キロ	14.0等
22日 22時	5" 角／秒	9万キロ	13.5等
22日 23時	8" 角／秒	7万キロ	13.0等
22日 24時	18" 角／秒	5万キロ	12.2等



移動するOSIRIS-Rexをどうとらえるか？

地球スイングバイ当日はやっぱり移動量が多い(光跡でとらえる)

日本時間		移動量	距離	光度
22日	0時	10" 角/分	60万キロ	17.5等
22日	21時	3" 角/秒	12万キロ	14.0等
22日	22時	5" 角/秒	9万キロ	13.5等
22日	23時	8" 角/秒	7万キロ	13.0等
22日	24時	18" 角/秒	5万キロ	12.2等



冥王星 (14等級) をターゲットに移動量と同等の速さで望遠鏡をスイング

注意しておかなければならない人工衛星の誤認

「はやぶさ2」の経路と人工衛星（30分間のプロット）

固有運動をしっかりと確認することで回避できる



かくして迎えた地球スイングバイ前日

地球スイングバイ前日の「OSIRIS-REx」



撮影日時：2017年9月22日 01時07分～01時25分

撮影場所：大芦高原（岡山県美作市）

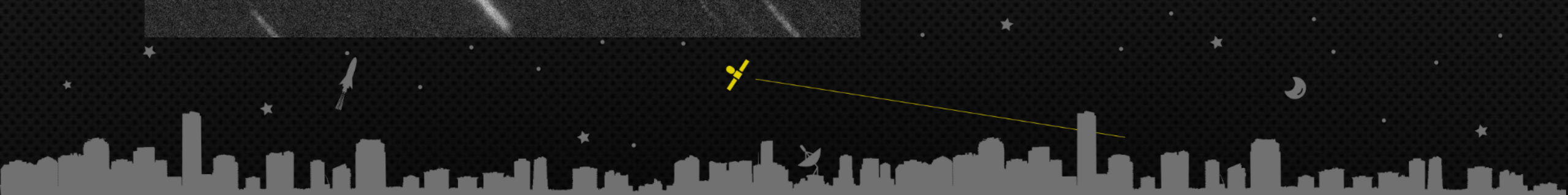
撮影者：倉敷科学センター（三島）

タカハシ μ -250CRS (f=1820、F7.3)

ニコン D810A ISO 51200相当、露出30秒

16コマをOSIRIS-Rexに合わせて比較明合成

17.5等級



光度の予測は合っていたか？

日本時間	観測光度	予測光度	観測サイト
9月02日	約25等級	24.8	Large Binocular Telescope Observatory
9月16日10時	約21等級	21.3	France by amateur astronomer Jost Jahn
9月16日15時	約21等級	21.3	amateur astronomer David Rankin
9月18日23時	20.5等	20.3	佐治天文台
9月19日09時	約21等級	20.3	Noelia Sanchez Ortiz of Deimos Sky Survey
9月20日19時	19.4等	18.9	Spacewatch 0.9-m telescope on Kitt Peak
9月20日22時	約18等級	18.9	石垣島天文台
9月21日22時	18.1等	17.5	佐治天文台
9月22日00時	17.5等	17.5	美星スペースガードセンター
9月22日01時	17.5等	17.5	岡山(三島)
★9月22日23時	13.8等	13.8	佐治天文台

見栄えのする撮影も狙ってみたい

APSTAR-9
通信衛星 (142.0E)
中国

YZ-2 R/B
遠征2型ロケット部分
中国

Sky Muster
通信衛星 (140.0E)
オーストラリア

Himawari-9
気象衛星 (140.7E)
日本

Himawari-8
気象衛星 (140.7E)
日本

Express-AM5
通信衛星 (140.0E)
ロシア

小惑星2017 BS32とM67の接近

2017年2月2日



小惑星2014 JO25とM101の接近

2017年4月19日



小惑星フローレンス

90分間の移動

2017年9月1日



観測キャンペーンにご参加、ご協力いただいた
すべてのみなさまに感謝申し上げます。

