

# 2012 TC<sub>4</sub>観測を見据えた オサイリス・レックスの 地球スイングバイ観測

村上恭彦・内藤博之・渡辺文健・永吉竜馬（なよろ市立天文台）

# もくじ

---

- ✿なよろ市立天文台の紹介
- ✿観測装置と成果
- ✿オサイリス・レックス観測

# なよろ市立天文台の紹介



◎Location:  $44^{\circ} 22' 25''$  N,  $142^{\circ} 28' 58''$  E

◎Altitude: 161 m

◎Telescope & Instruments:

◆0.5-m Kitaterasu telescope

◆0.4-m Meili telescope

◆0.4-m Chura telescope

◆1.6-m Pirka telescope of Hokkaido Univ.

▶ MSI (Optical imager)

▶ NaCS (Optical camera & spectrograph)

▶ NICE (Near-infrared spectrograph)

◎Members: 3 Staff+ (Total: 5)

◎Research field:

◆Novae & related stars

◆Planetary atmospheres

◆Comets & Minor planets etc.

- 人口3万人の名寄市にある公開天文台（愛称は『きたすばる』）。
- 全国で口径が3番目に大きな北大1.6mピリカ望遠鏡が設置されている。
- 冬はあまり晴れない。-30度を下回ることも。

# なよろ市立天文台の紹介

宇宙 (ISS) から見た夜の北海道



# なよろ市立天文台の紹介

N44°



Nayoro Observatory  
Hokkaido University  
**1.6-m**



Kiso Observatory  
The University of Tokyo  
**1.05-m**



no image  
Kyoto University  
**(3.78-m)**



Nishi-Harima Astronomical Observatory  
University of Hyogo  
**2.0-m**



VERA Iriki Station  
Kagoshima University  
**1.0-m**



Ishigakijima  
Astronomical Observatory  
**1.05-m**



MITSuME Telescope (Akeno)  
Tokyo Institute of Technology  
**0.5-m**



Saitama University  
**0.55-m**



Okayama Astrophysical Observatory  
NAOJ  
**1.88-m**



Higashi-Hiroshima Observatory  
Hiroshima University  
**1.5-m**



Associate Institutions  
Gunma Astronomical Observatory  
Koyama Astronomical Observatory, Kyoto Sangyo University  
Risei Spaceguard Center



The University of Tokyo  
Atacama Observatory  
Project  
**1.04-m**



South African  
Astronomical Observatory,  
Nagoya University  
**1.4-m**

N35°

N24°

# なよろ市立天文台の紹介

## なよろ市立天文台



N44°



Nayoro Observatory  
Hokkaido University  
**1.6-m**



Kiso Observatory  
The University of Tokyo  
**1.05-m**



MITSuME Telescope (Akeno)  
Tokyo Institute of Technology  
**0.5-m**



Kyoto University  
**(3.78-m)**

Saitama University  
**0.55-m**



N35°



Nishi-Harima Astronomical Observatory  
University of Hyogo  
**2.0-m**

Okayama Astrophysical Observatory  
NAOJ  
**1.88-m**



VERA Iriki Station  
Kagoshima University  
**1.0-m**

Higashi-Hiroshima Observatory  
Hiroshima University  
**1.5-m**

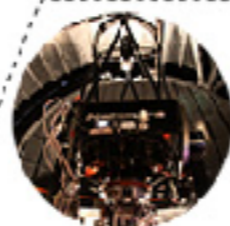


● Associate Institutions  
Gunma Astronomical Observatory  
Koyama Astronomical Observatory, Kyoto Sangyo University  
Risei Spaceguard Center

N24°



Ishigakijima  
Astronomical Observatory  
**1.05-m**



The University of Tokyo  
Atacama Observatory  
Project  
**1.04-m**



South African  
Astronomical Observatory,  
Nagoya University  
**1.4-m**

# なよる市立天文台の紹介

《沿革（小惑星との関わり）-①》

1973年12月 私設木原天文台開台（故・木原秀雄氏による）

1992年09月 名寄市立木原天文台運用開始

1993年09月 小惑星「Kihara（木原）」が命名される

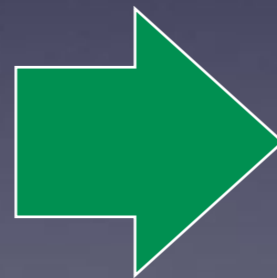
2001年08月 小惑星「Sano（佐野）」が命名される

2005年10月 新天文台（現なよる市立天文台）計画発足へ

// 小惑星「Nayoro（名寄）」が命名される



名寄市立木原天文台（25cm望遠鏡）  
年間来台者：3-4千人



なよる市立天文台（1.6mピリカ望遠鏡+）  
年間来台者：約1万2千人

# なよる市立天文台の紹介

## 《沿革（小惑星との関わり）-②》

- 2005年12月 北海道大学との相互協力協定
- 2006年03月 名寄市・風連町合併
- 2010年04月 なよる市立天文台オープン
- 2011年04月 北大1.6mピリカ望遠鏡運用開始
- 2011年10月 **小学生による小惑星発見プロジェクトを開始**
- 2014年02月 国立天文台石垣島天文台との交流協定
- 2015年07月 台北市天文科学教育館との交流協定
- 2016年03月 MPC Observatory Code (=Q33) を取得（北大附属天文台）
- 2016年06月 **アジア太平洋地域小惑星観測ネットワークに参加**
- 2017年02月 スペースガードシンポジウムに参加
- 2017年10月 本シンポジウム2に参加



北大1.6mピリカ望遠鏡

## なよるにゆかりのある小惑星

(4795) Kihara	(16463) Nayoro
(5915) Yoshihiro	(16507) Fuuren
(8660) Sano	(16466) Piyashiriyama



# なよる市立天文台の紹介

検索・発見  
追跡観測

衝突回避  
被害軽減

スペースガードの普及活動  
(宇宙からの災害リスクコミュニケーション)

# なよる市立天文台の紹介

搜索・発見  
追跡観測

衝突回避  
被害軽減

Asteroid Day  
スペースガード探偵団  
シンポジウム・研究会  
など

スペースガードの普及活動  
(宇宙からの災害リスクコミュニケーション)

# なよる市立天文台の紹介

搜索・発見  
追跡観測

衝突回避  
被害軽減

Asteroid Day  
スペースガード探偵団  
シンポジウム・研究会  
など

## スペースガードの普及活動

(宇宙からの災害リスクコミュニケーション)

### 《なよる市立天文台の目標》

- 搜索（発見）観測、追跡観測の実施（APAONにおける貢献）
- スペースガードや天体の地球衝突についての正しい情報共有と対話  
➡ 公開天文台の新しい社会的価値（市民の安心・安全に繋がる活動へ）

# なよる市立天文台の紹介

---

## ◆小惑星発見プロジェクト

- 2011年より毎年実施（実施期間：9月から11月の週末の8夜程度）
- 名寄市内の小学5・6年生が対象
- 望遠鏡操作、撮像、解析作業のすべてを子どもたち自身が行なう

# なよる市立天文台の紹介

## ◆小惑星発見プロジェクト

- 2011年より毎年実施（実施期間：9月から11月の週末の8夜程度）
- 名寄市内の小学5・6年生が対象
- 望遠鏡操作、撮像、解析作業のすべてを子どもたち自身が行なう



# なよる市立天文台の紹介

## ◆小惑星発見プロジェクト

- 2011年より毎年実施（実施期間：9月から11月の週末の8夜程度）
- 名寄市内の小学5・6年生が対象
- 望遠鏡操作、撮像、解析作業のすべてを子どもたち自身が行なう



# なよる市立天文台の紹介

## ◆小惑星発見プロジェクト

- 2011年より毎年実施（実施期間：9月から11月の週末の8夜程度）
- 名寄市内の小学5・6年生が対象
- 望遠鏡操作、撮像、解析作業のすべてを子どもたち自身が行なう



# なよる市立天文台の紹介

## ◆小惑星発見プロジェクト

- 2011年より毎年実施（実施期間：9月から11月の週末の8夜程度）
- 名寄市内の小学5・6年生が対象
- 望遠鏡操作、撮像、解析作業のすべてを子どもたち自身が行なう





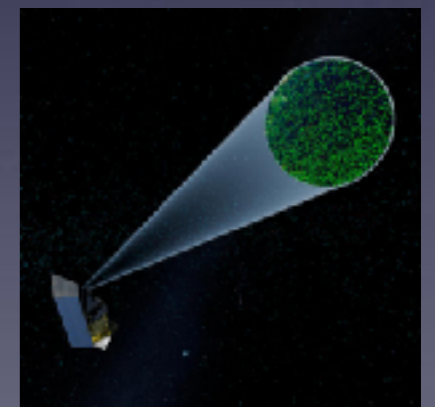
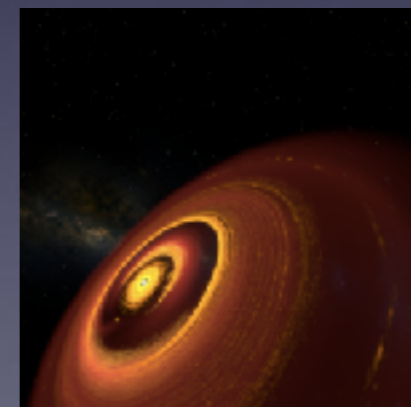
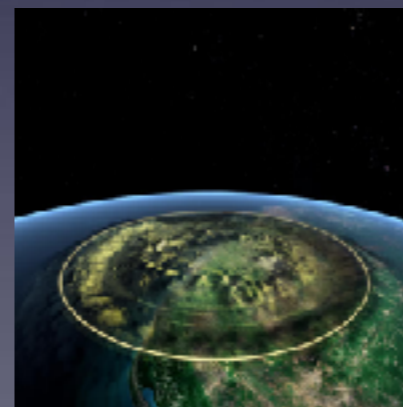
# なよる市立天文台の紹介



## 『INCOMING! (インカミング!)』 絶賛上映中!

### 《ストーリー》

小惑星、彗星の衝突。地球をとりまく驚くべき物語。  
これまでに、いくつもの小惑星や彗星が地球に衝突してきた。それらは、どのようにして生き物たちの運命を変えて、今、私たちが知る世界を創りあげたのだろう。



上映時間：約25分  
番組制作：カリフォルニア科学アカデミー

<https://www.calacademy.org/incoming>

# もくじ

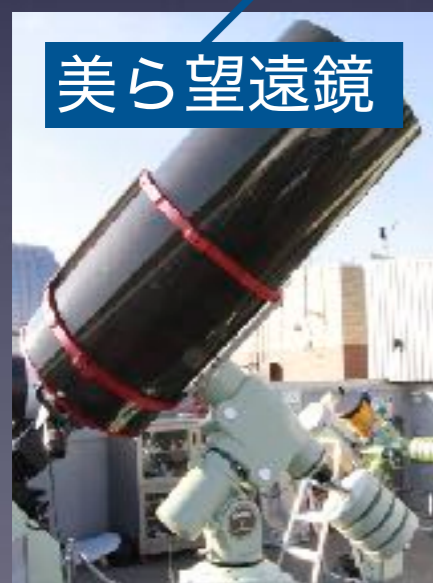
---

- ✿なよろ市立天文台の紹介
- ✿観測装置と成果
- ✿オサイリス・レックス観測

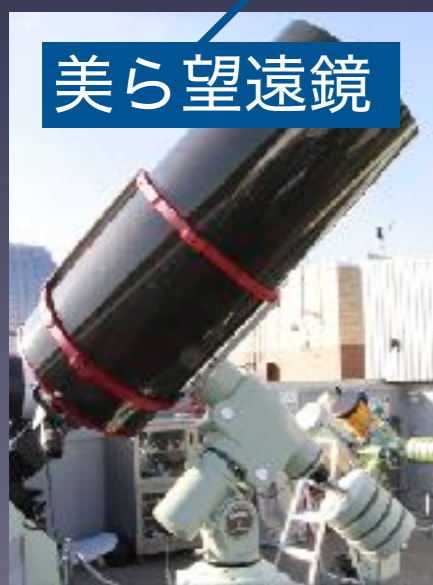
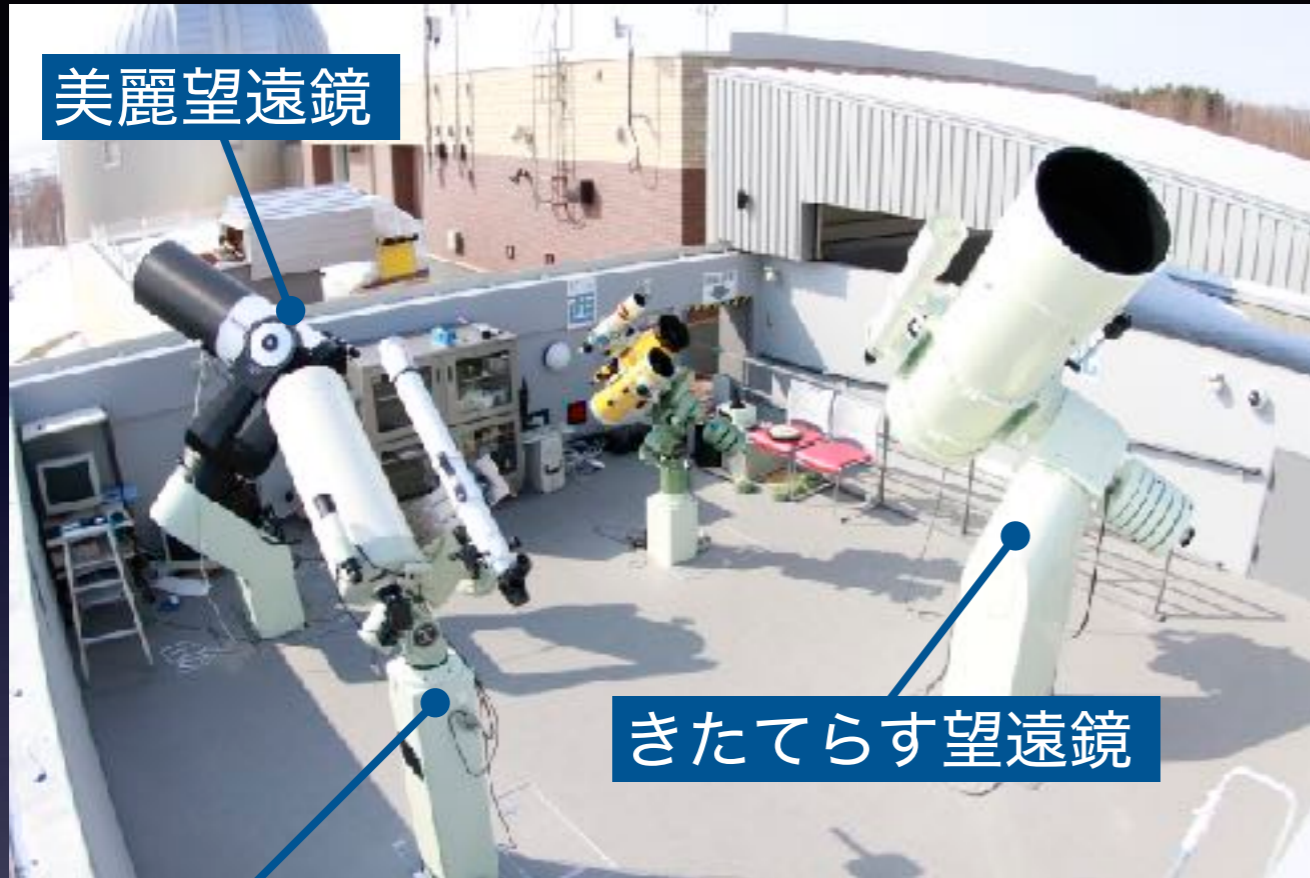
# 観測装置と成果



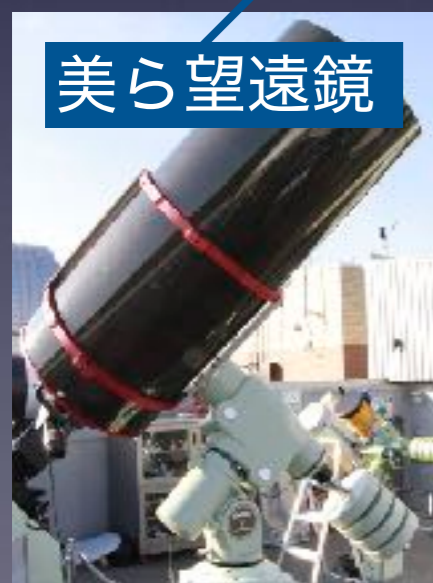
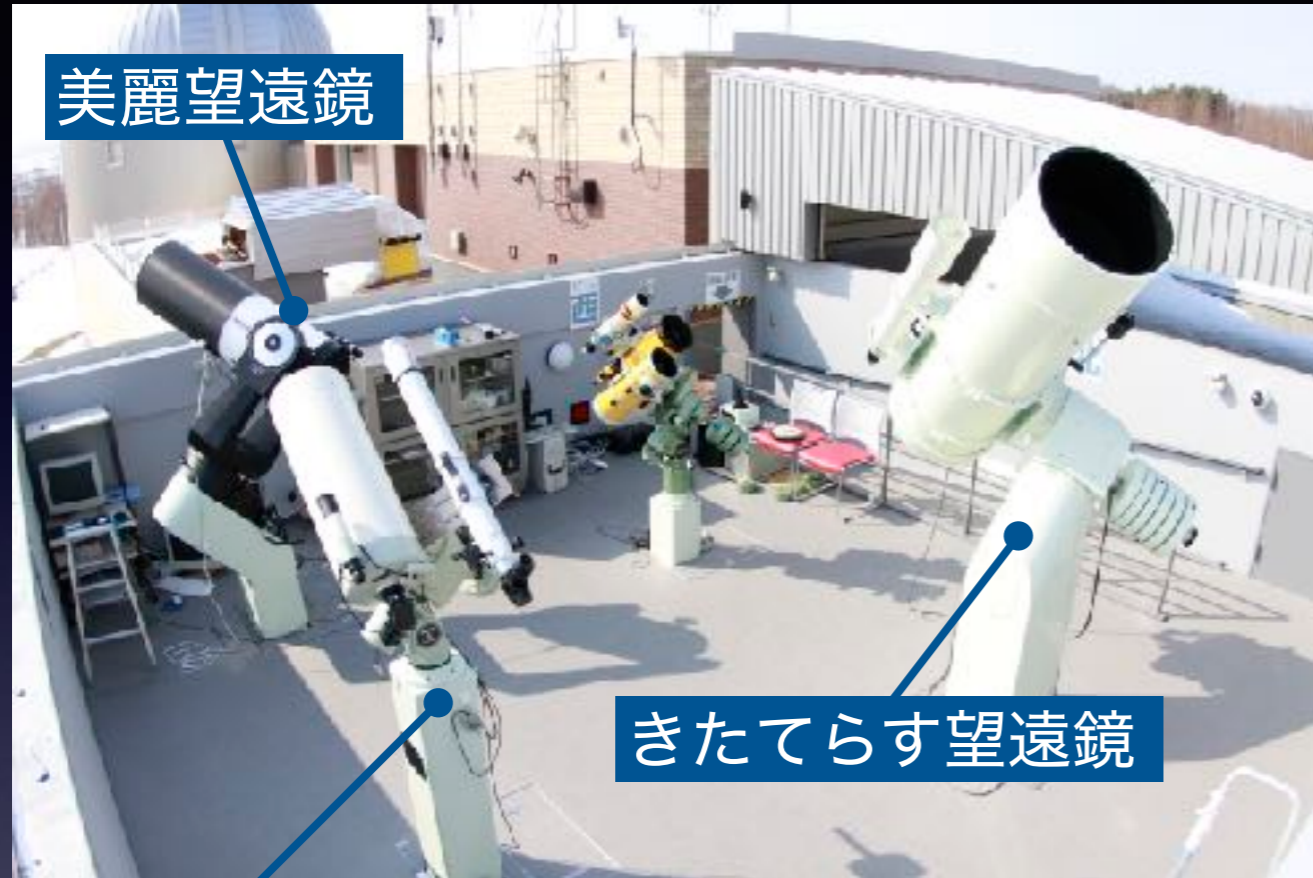
# 観測装置と成果



# 観測装置と成果



# 観測装置と成果



ピリカ...アイヌの言葉で美しい / 美ら.....沖縄の言葉で美しい / 美麗.....中国語 (in台湾) で美しい

# 観測装置と成果

## ◆美麗望遠鏡 Meili telescope

- 口径：406.4 mm (f=4,064 mm F10)
- 光学系：ミードACF光学系
- 焦点：カセグレン
- 赤道儀：MEADE LX200 (フォーク式)
- カメラ：SBIG STL-1001E (1k x 1k ピクセル)
- 視野角：21.7 x 21.7 分角 (1.27秒角/pixel)
- フィルター：IDAS RGB
- 主な用途：超新星搜索観測、鑑賞画像撮影

- M31N 2008-12a: Naito, Watanabe et al. 2015, ATel 9891
- V1655 Sco: CBAT TOCP (PNV J17381927-3725077)に報告



# 観測装置と成果

## ◆美ら望遠鏡 Chura telescope

- 口径：400mm (f=4,000mm F10)
- 光学系：リッチー・クレチアン式
- 焦点：カセグレン
- 赤道儀：TAKAHASHI EM-500
- カメラ：SBIG STL-1001E (1k x 1k ピクセル)
- 視野角：21.2 x 21.2 分角 (1.2秒角/pixel)
- フィルター：Johnson RVB
- 主な用途：観望会、小惑星発見プロジェクト

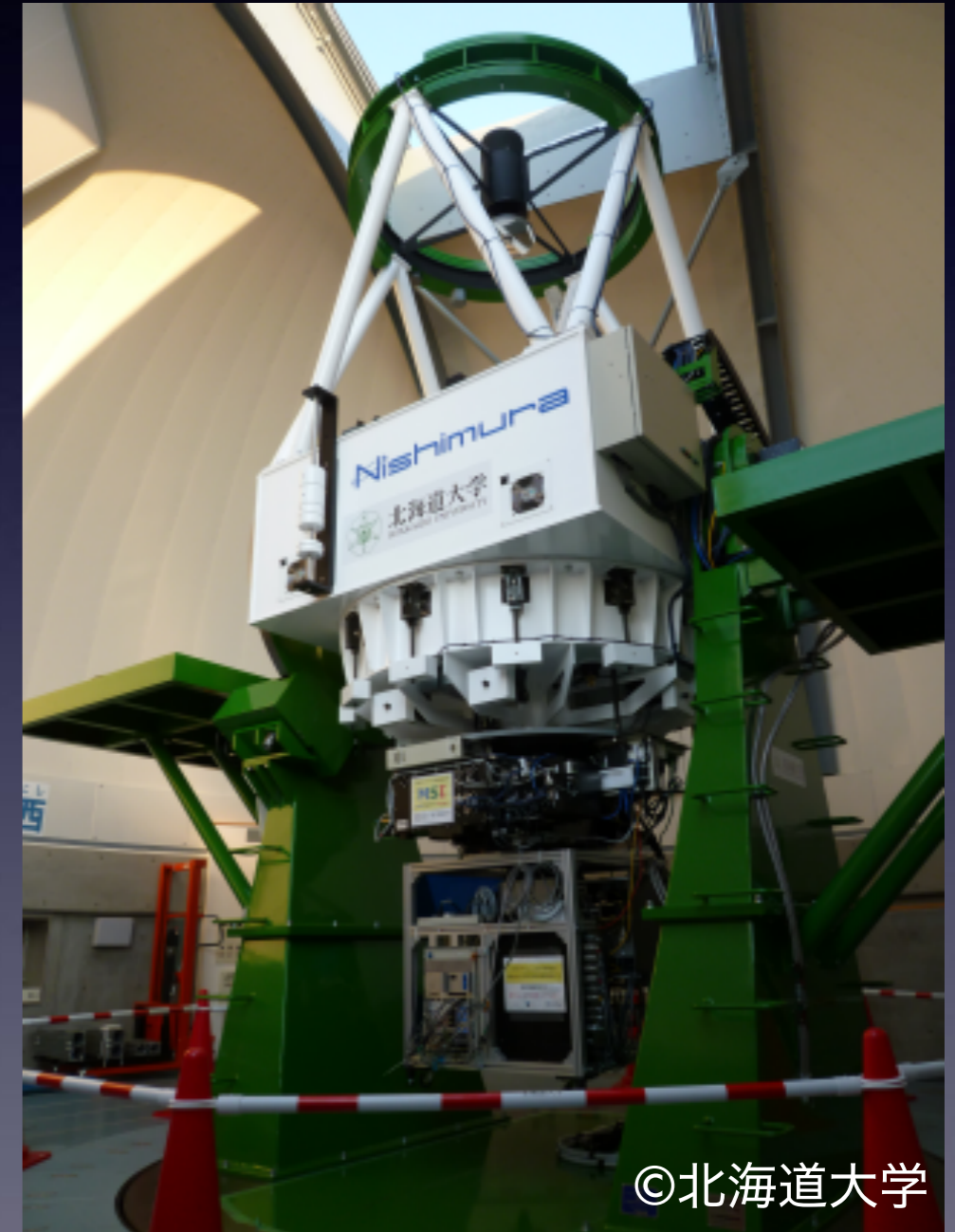




# 観測装置と成果

## ◆ピリカ望遠鏡 Pirka telescope (北海道大学)

- 口径：1,600 mm (f=19,238 mm F12)
- 光学系：リッチー・クレチアン式
- 焦点：カセグレン、ナスミスx2
- 架台：経緯台
- 装置：MSI、NaCS、NICE、眼視観望装置



- 主な用途：太陽系惑星観測、観望会
- オープンファシリティを導入 (約3万円/1時間)

# 観測装置と成果

## MSI

- 可視マルチスペクトル撮像装置  
(Multi-Spectral Imager)
- 波長域：0.36-1.05  $\mu\text{m}$
- 視野：3.3 x 3.3 分角 (0.39秒角/pixel)
- フィルター：U, B, V, Rc, Ic  
+ 液晶可変フィルター
- 検出素子：電子増倍型CCDカメラ
- 読み出し時間：0.048秒 (Normal mode)
- 設置場所：カセグレン焦点
- 限界等級：V=19.9 (60秒積分, S/N=10)

- M31N 2008-12a:

Naito, Watanabe, et al. 2016, ATel 9891

Darnley, Henze, et al. 2016 ApJ, 833, 149

## NaCS

- 可視撮像分光装置  
(Nayoro Optical Camera and Spectrograph)
- 波長域：0.38-0.97  $\mu\text{m}$
- 視野：8.5 x 3.6 分角 (0.25秒角/pixel)
- フィルター：SDSS g', r', i', z'
- 検出素子：CCDカメラ (裏面照射型)
- 読み出し時間：5.3-12秒 (1x1 binning)
- 設置場所：ナスミス焦点
- 限界等級：g'=22.5 (15分積分, S/N=10)

# もくじ

---

- ✿なよろ市立天文台の紹介
- ✿観測装置と成果
- ✿オサイリス・レックス観測

# オサイリス・レックス (OSIRIS-REx)

## 小惑星Bennuのサンプルリターン ミッション

打ち上げ日

▶ 2016年9月9日 8時5分 (JST)

地球スイングバイ (地球最接近)

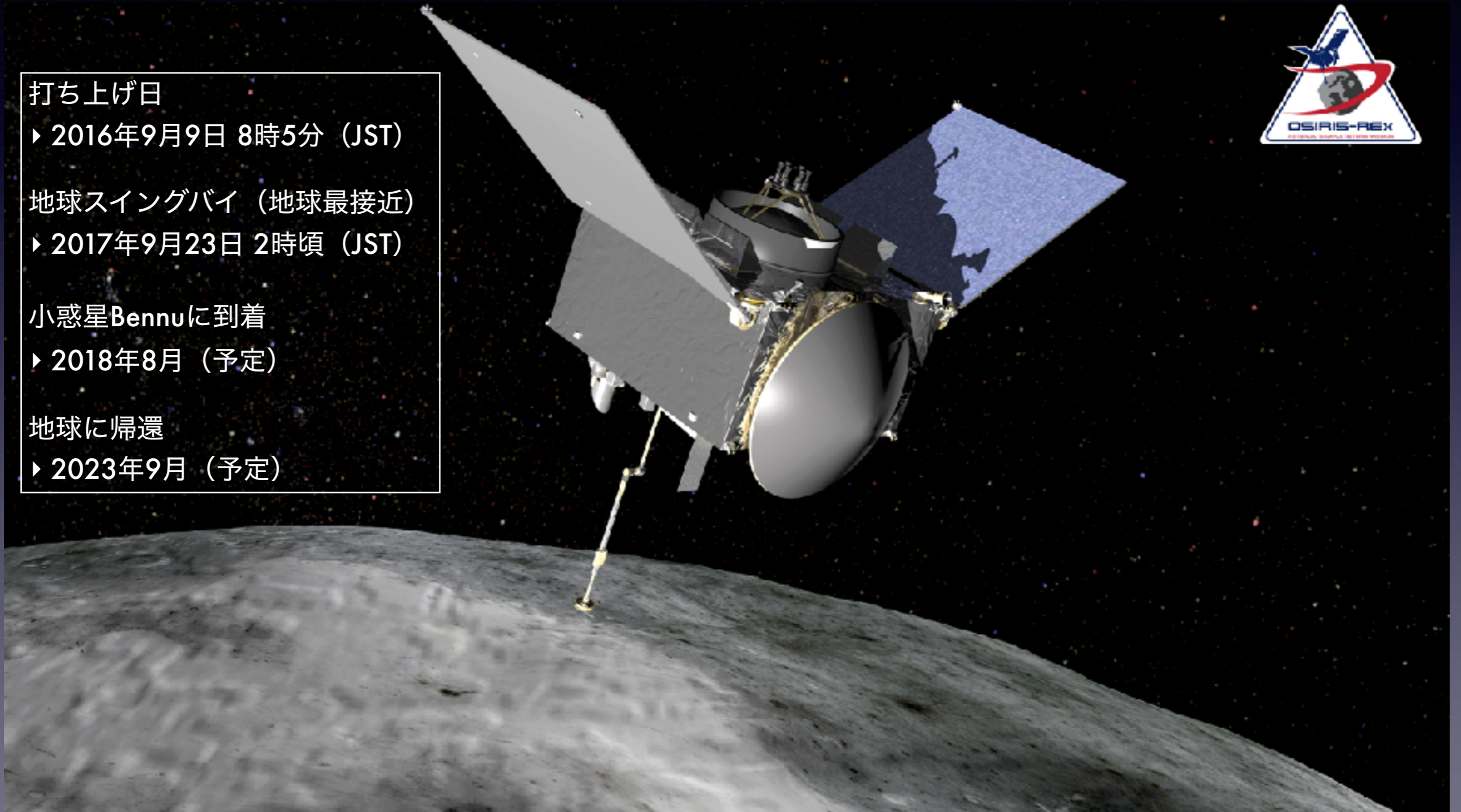
▶ 2017年9月23日 2時頃 (JST)

小惑星Bennuに到着

▶ 2018年8月 (予定)

地球に帰還

▶ 2023年9月 (予定)



# オサイリス・レックス (OSIRIS-REx)

## 小惑星Bennuのサンプルリターン ミッション

打ち上げ日

▶ 2016年9月9日 8時5分 (JST)

地球スイングバイ (地球最接近)

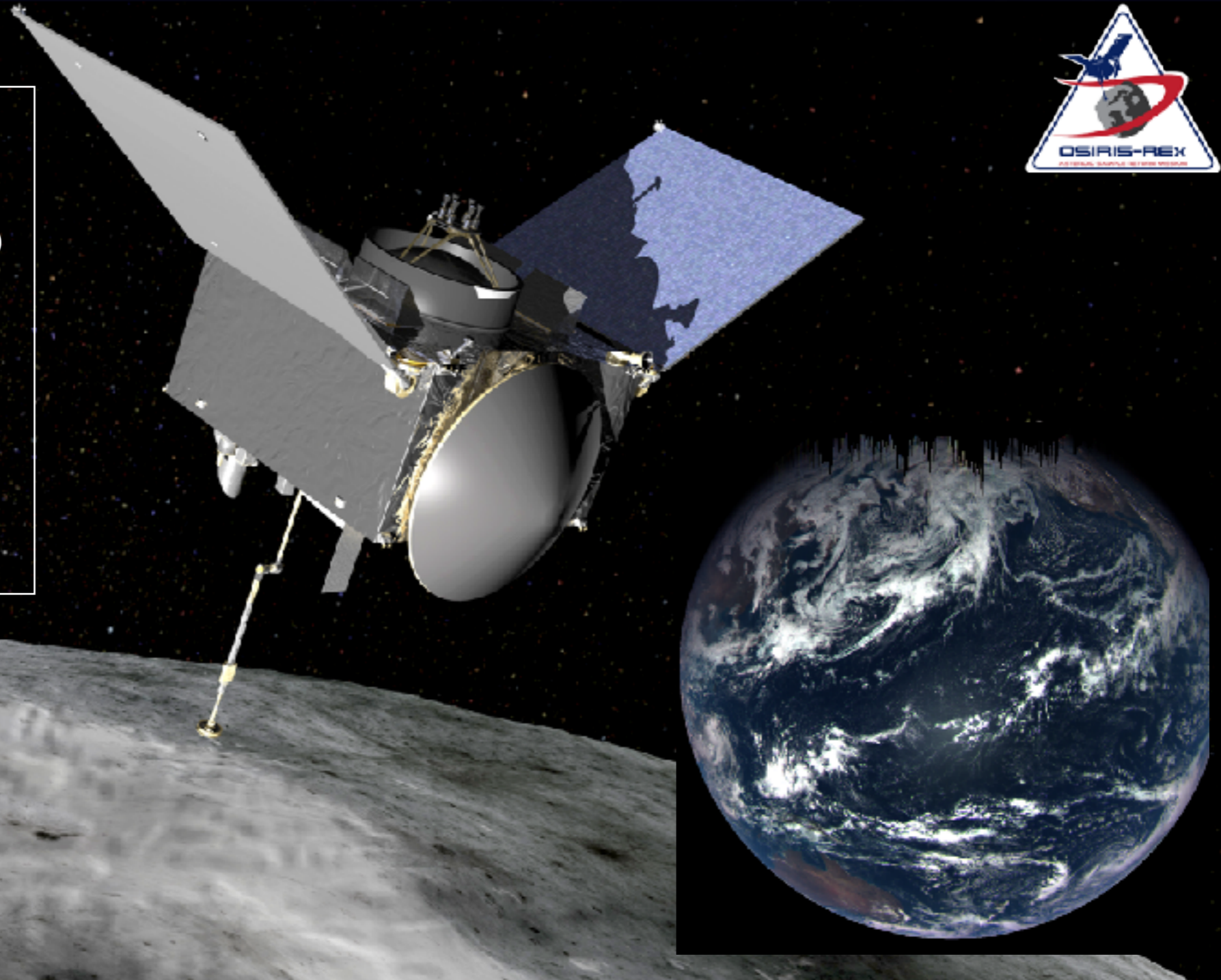
▶ 2017年9月23日 2時頃 (JST)

小惑星Bennuに到着

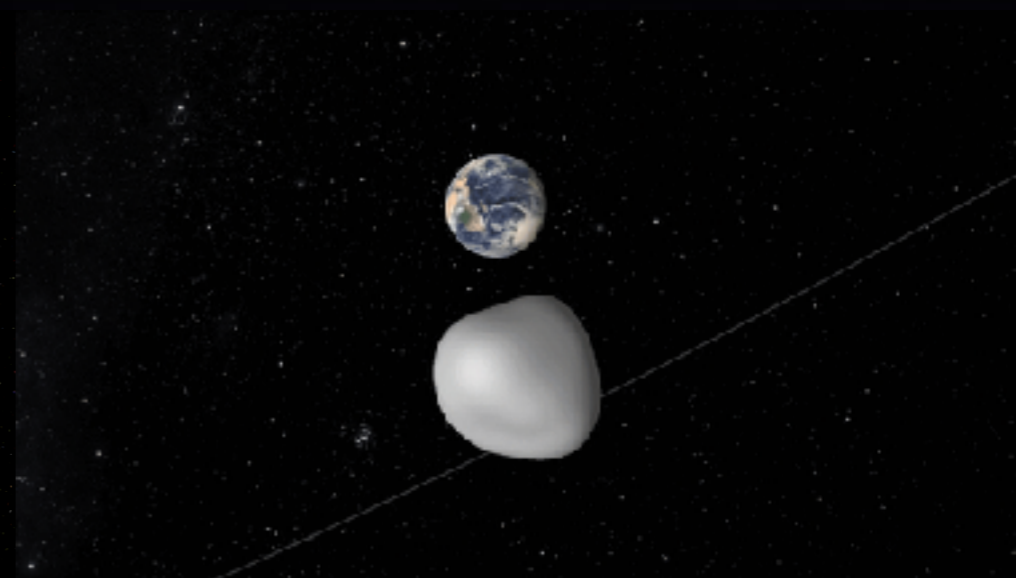
▶ 2018年8月 (予定)

地球に帰還

▶ 2023年9月 (予定)



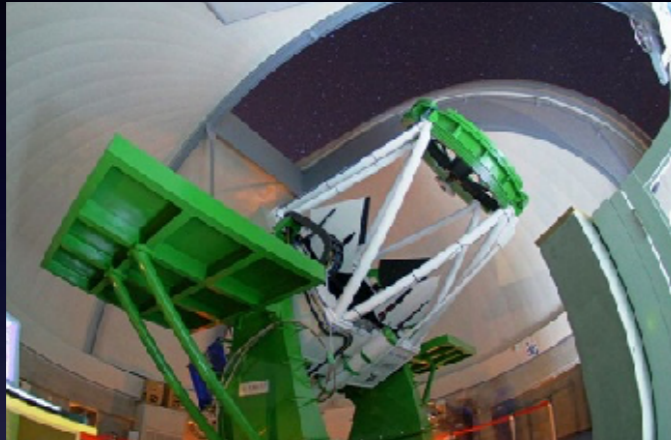
# OSIRIS-RExと2012 TC<sub>4</sub>



観測対象	OSIRIS-REx	2012 TC <sub>4</sub>
観測日 (期間)	2017年9月22日 (JST)	2017年10月8-11日 (JST)
明るさ (予想)	~14等	10/8-10: 18.8=>17.2等 10/11: 15.5=>15.2等
観測高度	9-22度 (Air mass: 2.6-6.1)	< 37度 (Air mass: > 1.7)
移動量	5"-17"/秒	10/8-10: 0".05/秒=>0".14/秒 10/11: 0".63/秒=>0".74/秒
自転周期	—	約12分

# OSIRIS-RExと2012 TC<sub>4</sub>

## 1.6-m プリカ望遠鏡+MSIでの観測



2017/09/22 20h55m (JST)

- EM CCD mode
- EM gain: 250
- Filter: Unfiltered
- Exp. time: 1 sec
- S/N: ~2000



~200"

OSIRIS-REx

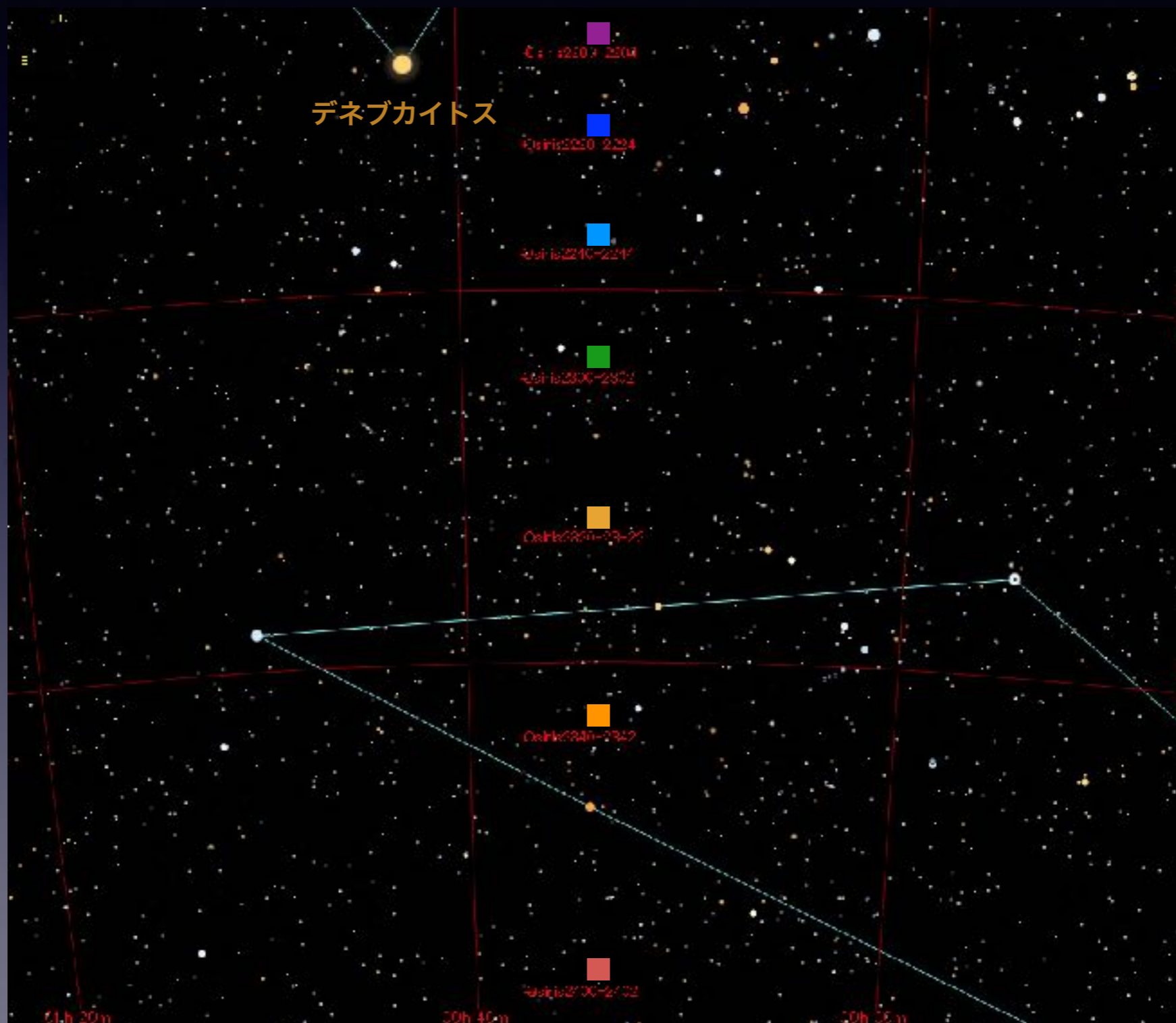
5"/秒

15倍速

~200"

# OSIRIS-RExの観測

Meili望遠鏡での観測 (Rバンド, 待ち伏せ作戦)





# OSIRIS-RExの観測

## Meili望遠鏡での観測 (Rバンド, 待ち伏せ作戦)

領域① 22h00m 2s  
移動量 : 5".04/秒  
Air mass : 2.6

領域③ 22h40m 1s  
移動量 : 7".10/秒  
Air mass : 2.7

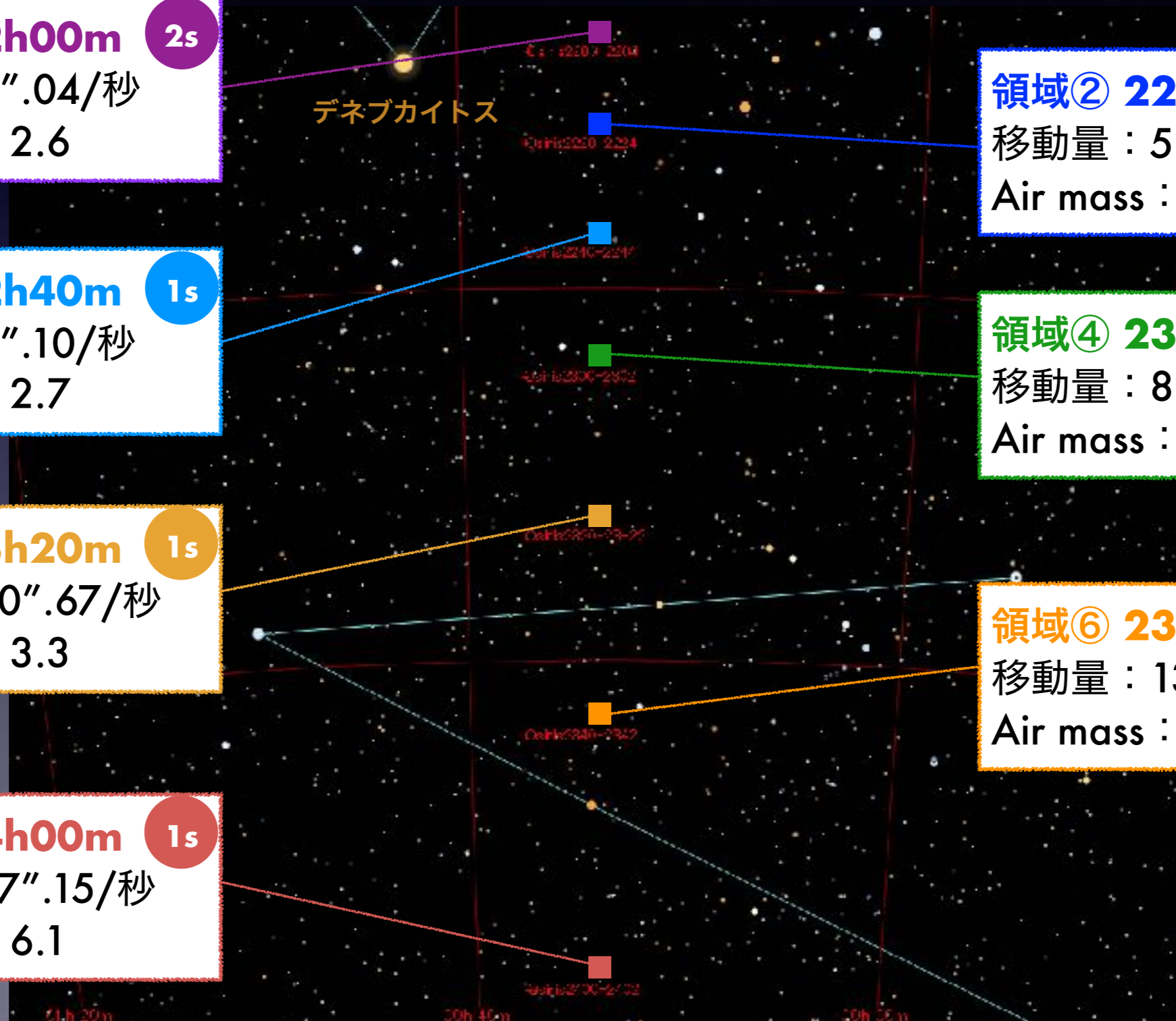
領域⑤ 23h20m 1s  
移動量 : 10".67/秒  
Air mass : 3.3

領域⑦ 24h00m 1s  
移動量 : 17".15/秒  
Air mass : 6.1

領域② 22h20m 1s  
移動量 : 5".94/秒  
Air mass : 2.6

領域④ 23h00m 1s  
移動量 : 8".63/秒  
Air mass : 2.9

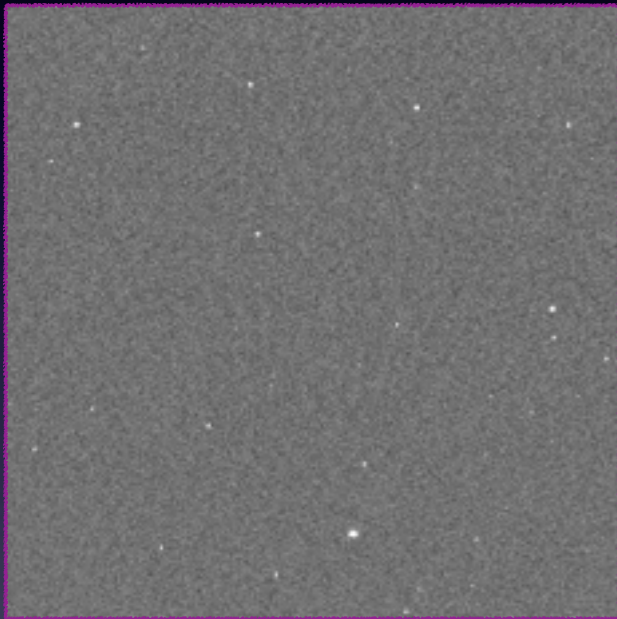
領域⑥ 23h40m 1s  
移動量 : 13".46/秒  
Air mass : 4.1



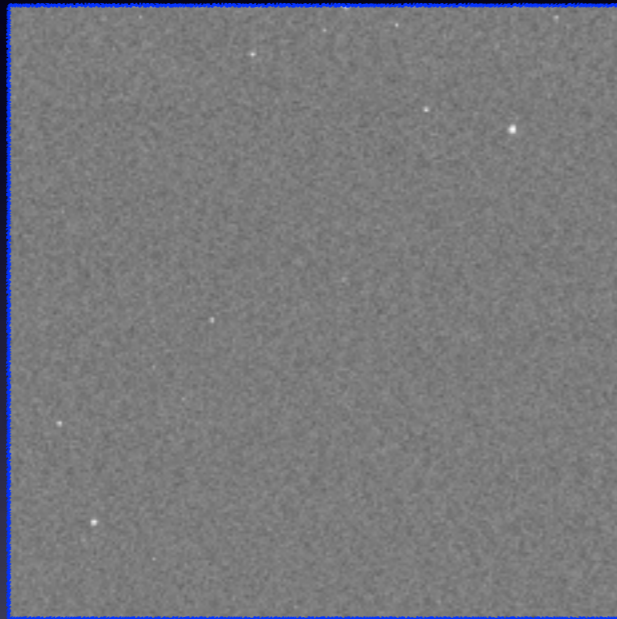
# OSIRIS-RExの観測

全てのフレームで（目視で）検出に成功！

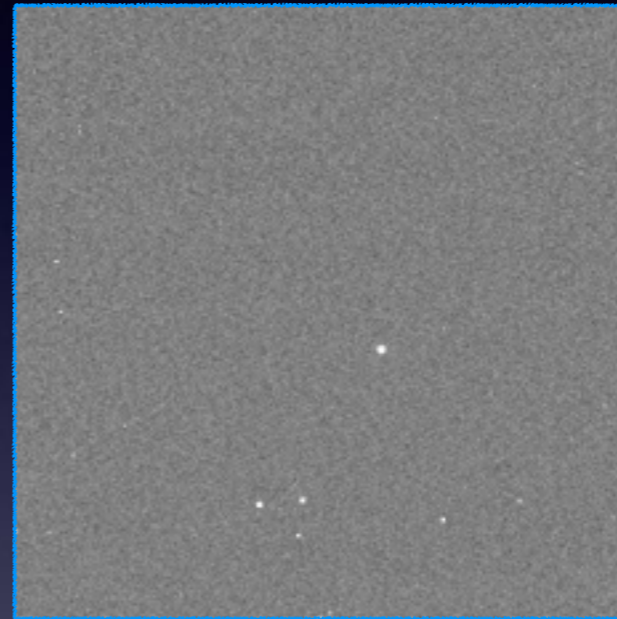
領域①



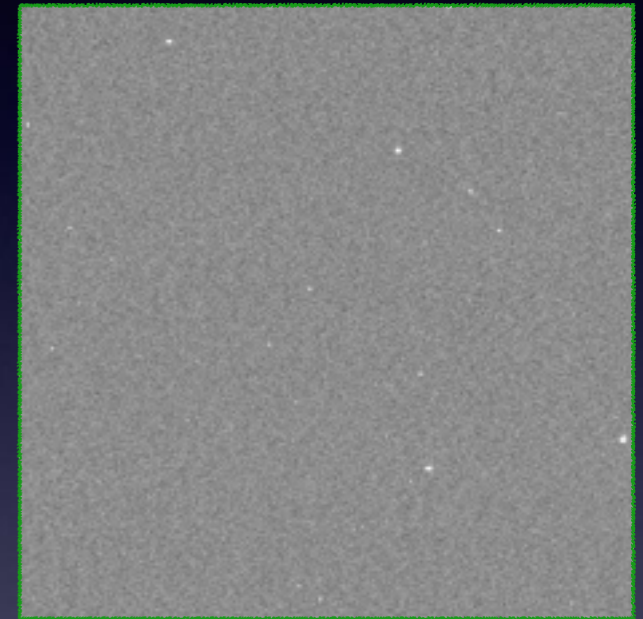
領域②



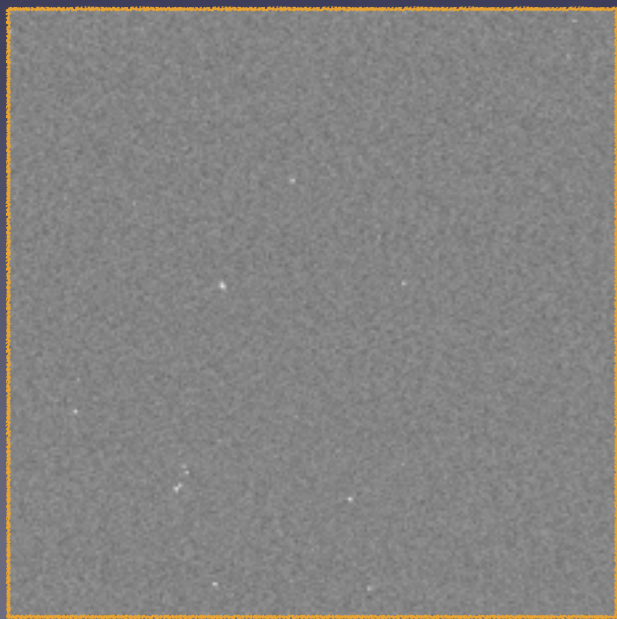
領域③



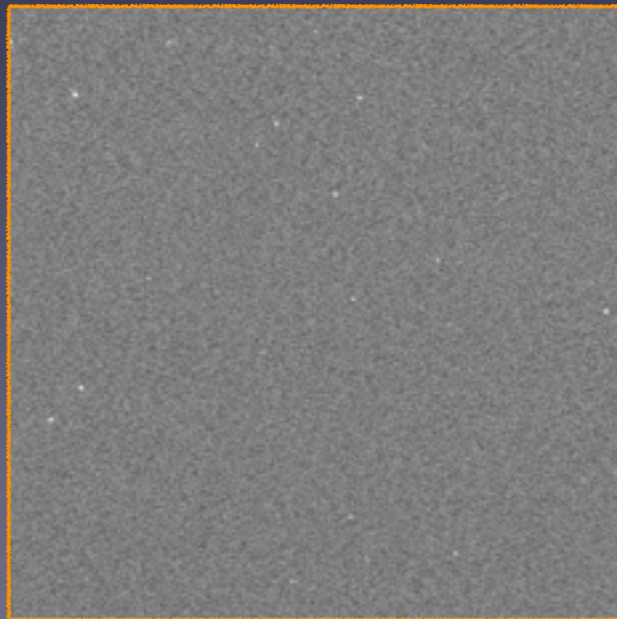
領域④



領域⑤



領域⑥



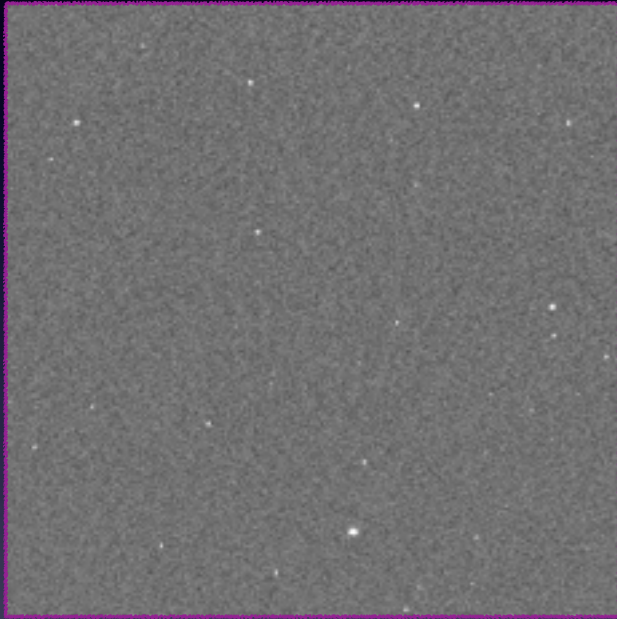
領域⑦



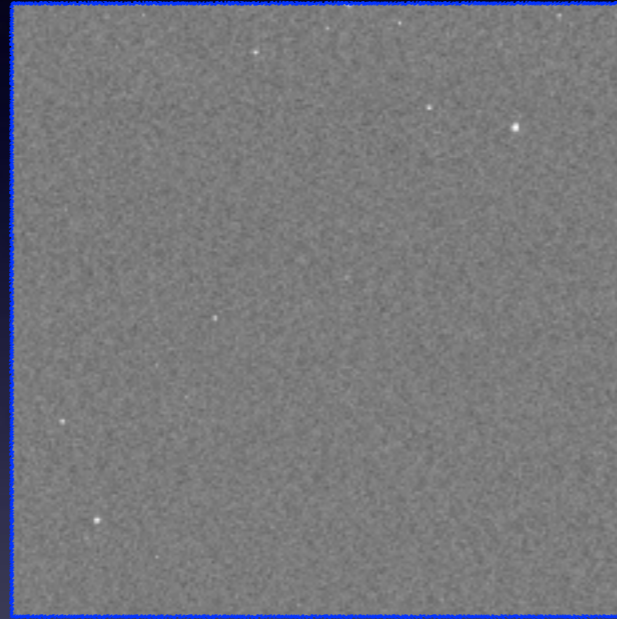
# OSIRIS-RExの観測

全てのフレームで（目視で）検出に成功！

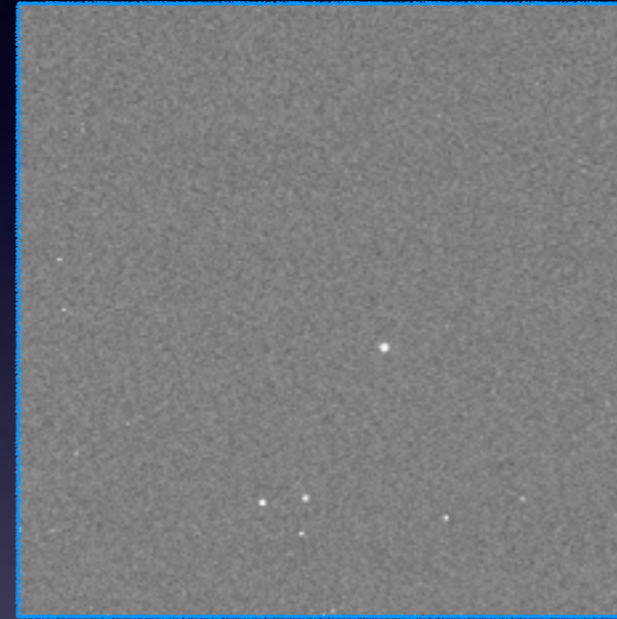
領域①



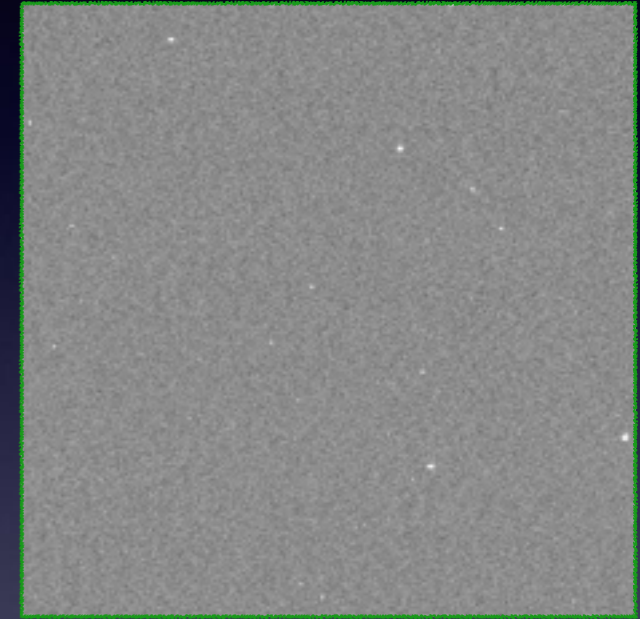
領域②



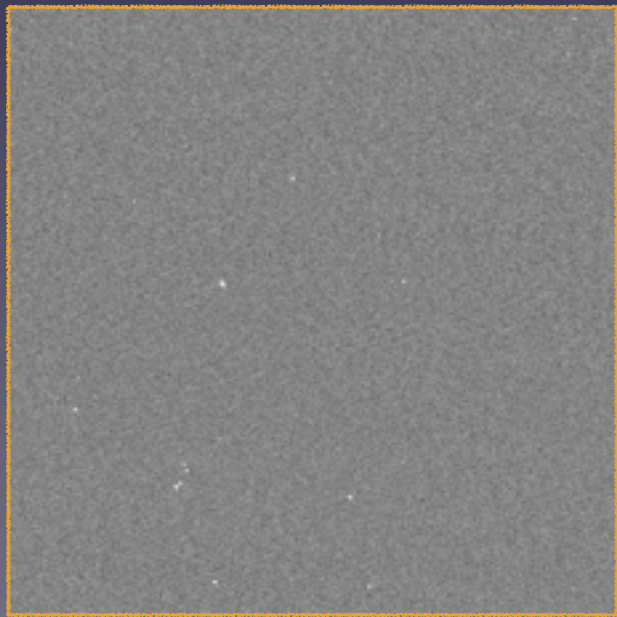
領域③



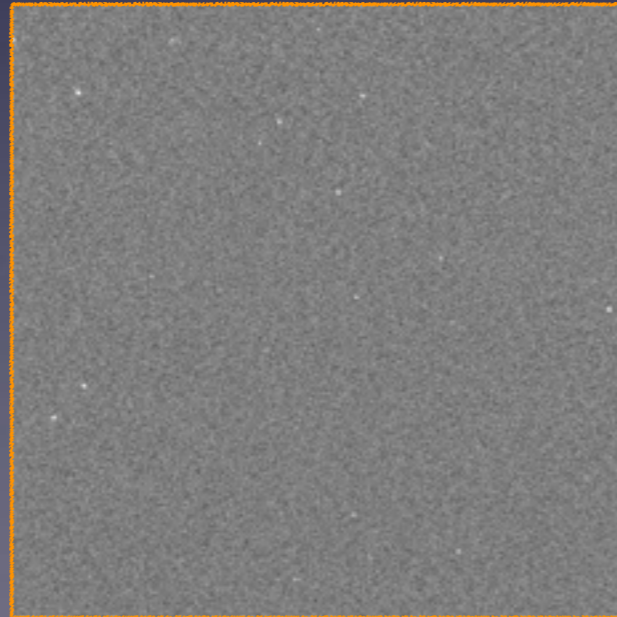
領域④



領域⑤



領域⑥



領域⑦



photometry  
pipeline

- ▶ Detection:  
S/N > 2.5 ( > 2 pix)
- ▶ Analysis: S/N > 8
- ▶ Aperture photometry
- ▶ System: PANSTARRS+

# OSIRIS-RExの観測

全てのフレームで（目視で）検出に成功！

領域①



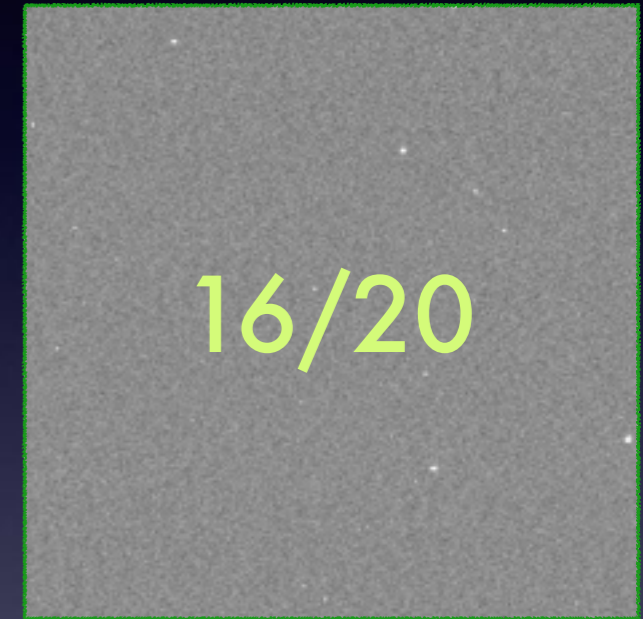
領域②



領域③



領域④



9/16



領域⑤

0/12



領域⑥

0/10



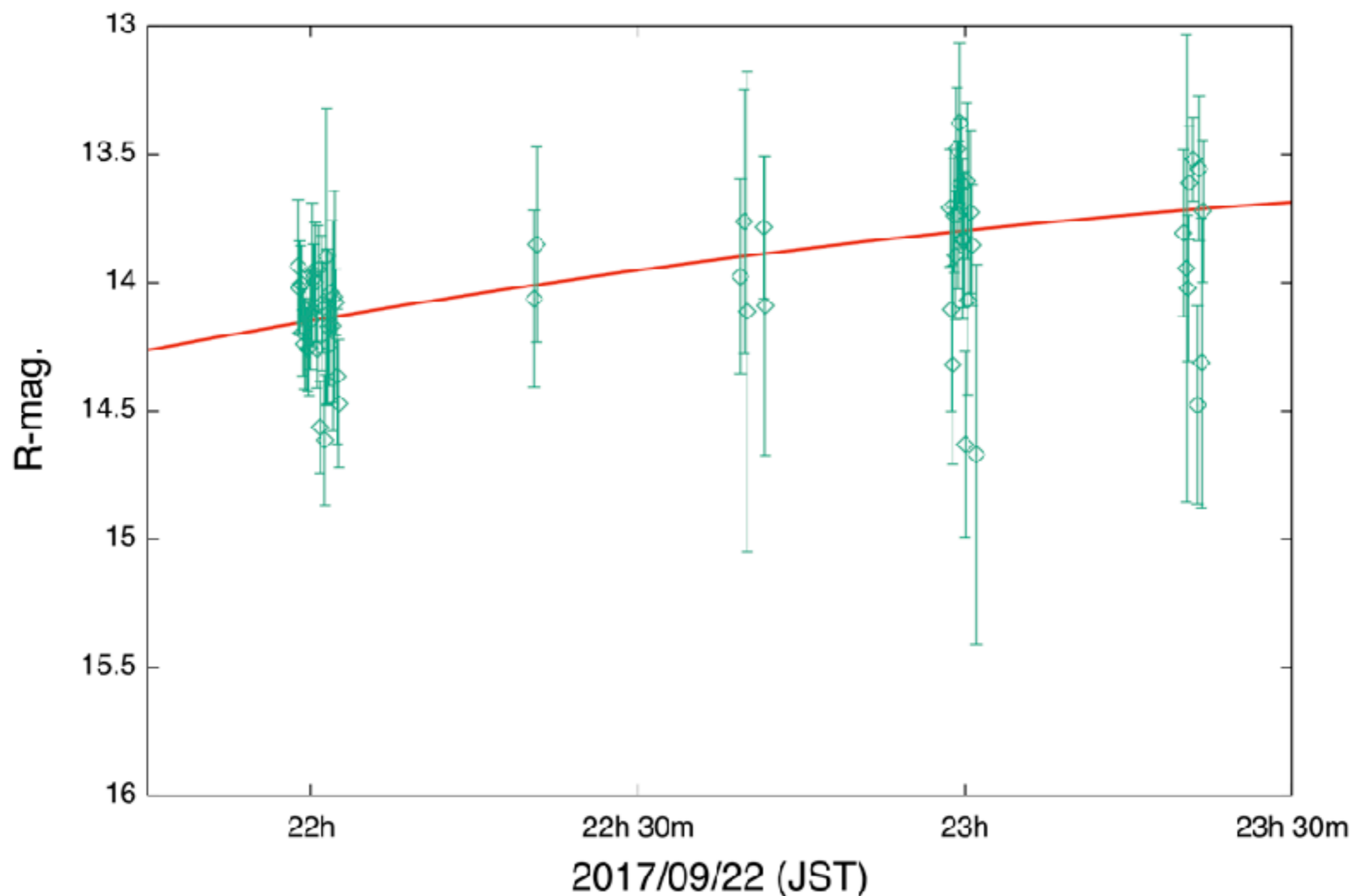
領域⑦

photometry  
pipeline

- ▶ Detection:  
S/N > 2.5 ( > 2 pix)
- ▶ Analysis: S/N > 8
- ▶ Aperture photometry
- ▶ System: PANSTARRS+

# OSIRIS-RExの観測

## OSIRIS-RExのライトカーブ



# まとめ

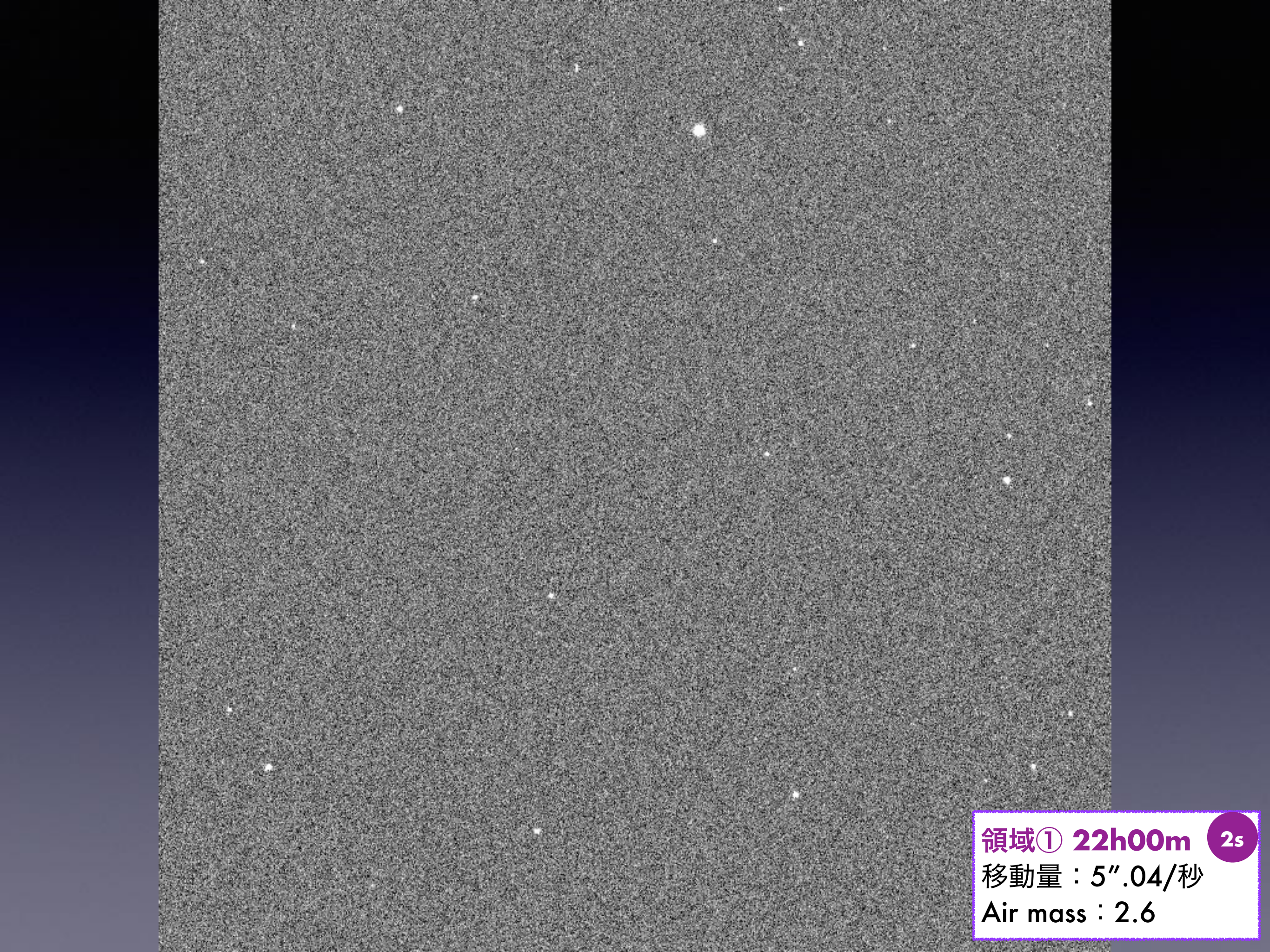
---

- ◆2017年9月22日にOSIRIS-RExの地球スイングバイの観測をMeili望遠鏡で実施した。
- ◆全てのフレームにおいて目視による検出ができた。機械による検出・測光は改良が必要。
- ◆天候の条件が良ければ（高度が低くない時間帯は）地球接近時（10/11）でも2012 TC<sub>4</sub>の検出・測光観測が可能。

おわり

バックアップ





領域① 22h00m 2s  
移動量：5".04/秒  
Air mass：2.6

領域② 22h20m 1s  
移動量：5".94/秒  
Air mass：2.6

領域③ 22h40m 1s  
移動量：7".10/秒  
Air mass：2.7

領域④ 23h00m 1s  
移動量：8".63/秒  
Air mass：2.9

領域⑤ 23h20m 1s  
移動量：10".67/秒  
Air mass：3.3

領域⑥ 23h40m 1s  
移動量：13".46/秒  
Air mass：4.1

領域⑦ 24h00m 1s  
移動量：17".15/秒  
Air mass：6.1