

# 太陽系小天体による恒星の掩蔽観測データの 持続可能なアーカイブ化に関する研究

## Study on sustainable archiving of stellar occultation data by solar system small bodies

野田寛大<sup>1</sup>, 吉田二美<sup>2</sup>, 平田成<sup>3</sup>, はしもとじょーじ<sup>4</sup>, 浦川聖太郎<sup>5</sup>

Hiroতোমo Noda, Fumi Yoshida, Naru Hirata,

George Hashimoto, Seitaro Urakawa

# 目次

- 掩蔽観測とは
- 背景
- 提案書の内容, 結果
- その後の展開

# 掩蔽観測とは what is occultation obs. ?

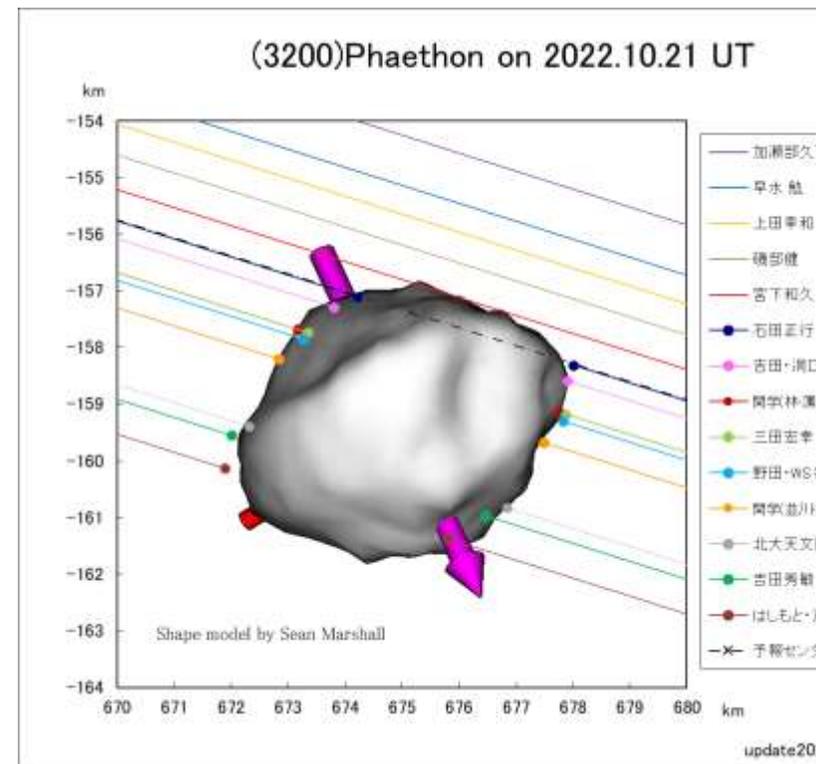
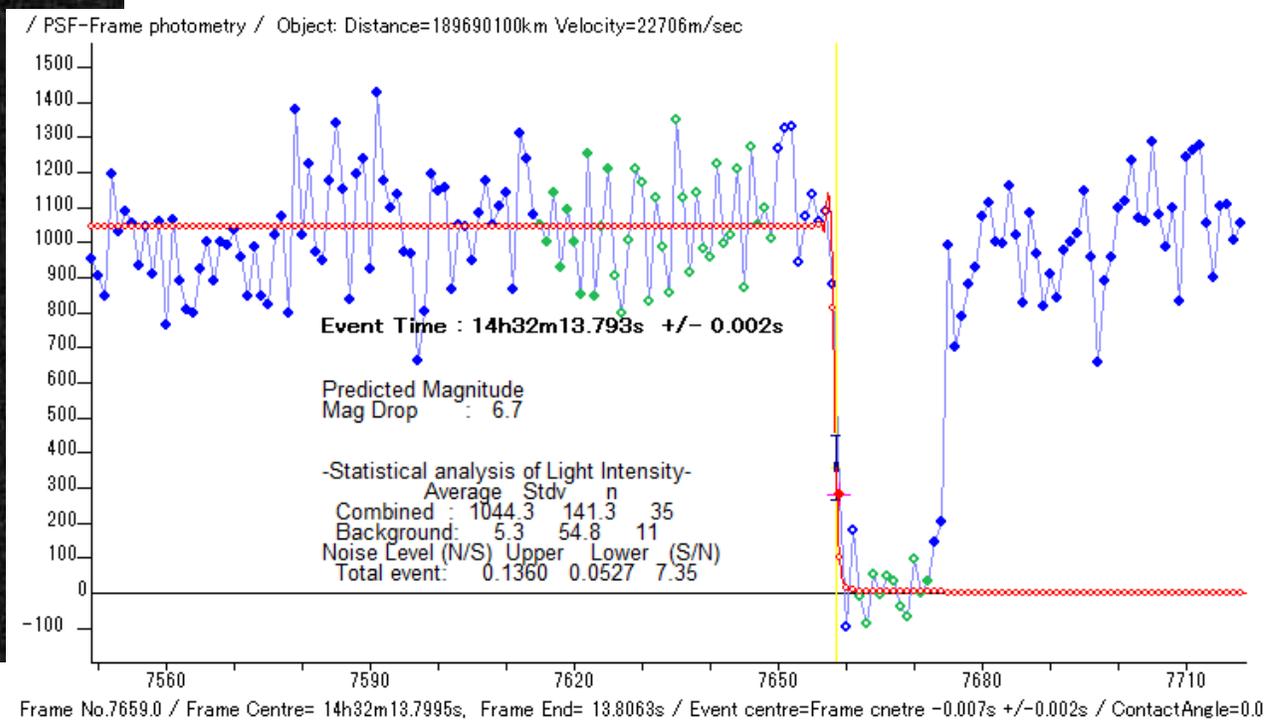
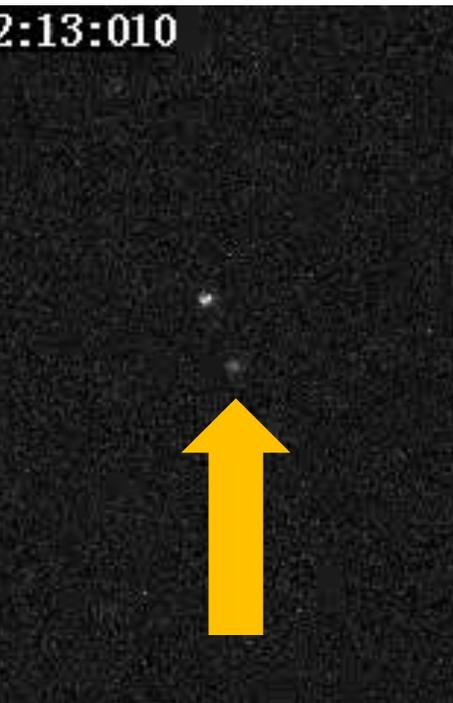
生動画データ

通常の収集データ

減光時刻

復光時刻

整約図 reduction



恒星の前を小天体が通過する時刻を観測する

小天体の  
-サイズ、形状  
-軌道

# 観測装置例

- ・観測点への移動が必須
- ・観測者の布陣重要
- ・アマチュア天文家くらいの装置
- ・GPS 1ppsによる絶対時刻校正

2024.11@兵庫・赤穂↓

2021.10

@香川→



2022.10.21 14h32mUT 小惑星(3200)Phaethon による TYC 2844-0735-1(mag10.8) の恒星食／観測結果 (update 2022.10.23)

Red line = Predict Center / Blue line = Path limit / Green = Error limit (1σ) / Orange = Offset from Center line

● 減光を観測 / ○ 通過を観測 / ◯ 観測不成立

# 布陣の一例

住民の邪魔にならない場所  
道の駅、空き地、公園、駐車場  
川原沿い、キャンプ場、学校等

- ・アクセス
- ・視界が良い

を探す



Map center is at (WGS84) Lat = 43.16365, Lon = 141.492572 / Map size= 5

Set center Latitude.  °, Longitude  ° / Map size (2-15)  Change

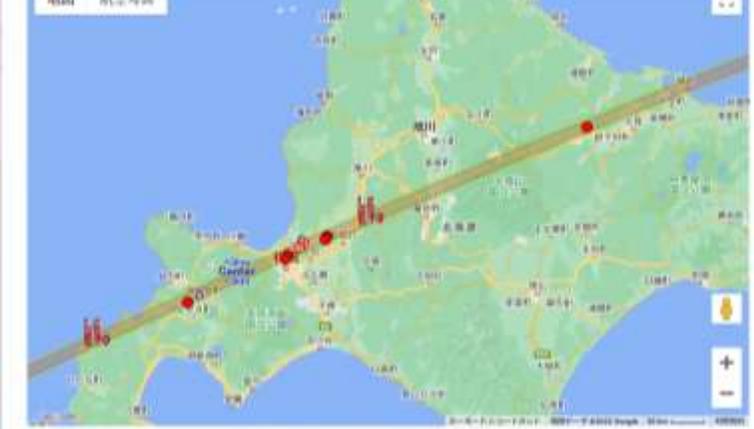
Offset lines(orange) interval= 1 km / Number of offset lines at each side= 5

Set interval  km / Number of lines  Change

2022.10.21 14h32mUT 小惑星(3200)Phaethon による TYC 2844-0735-1(mag10.8) の恒星食／観測結果 (update 2022.10.23)

Red line = Predict Center / Blue line = Path limit / Green = Error limit (1σ) / Orange = Offset from Center line

● 減光を観測 / ○ 通過を観測 / ◯ 観測不成立



Map center is at (WGS84) Lat = 43.16365, Lon = 141.492572 / Map size= 5

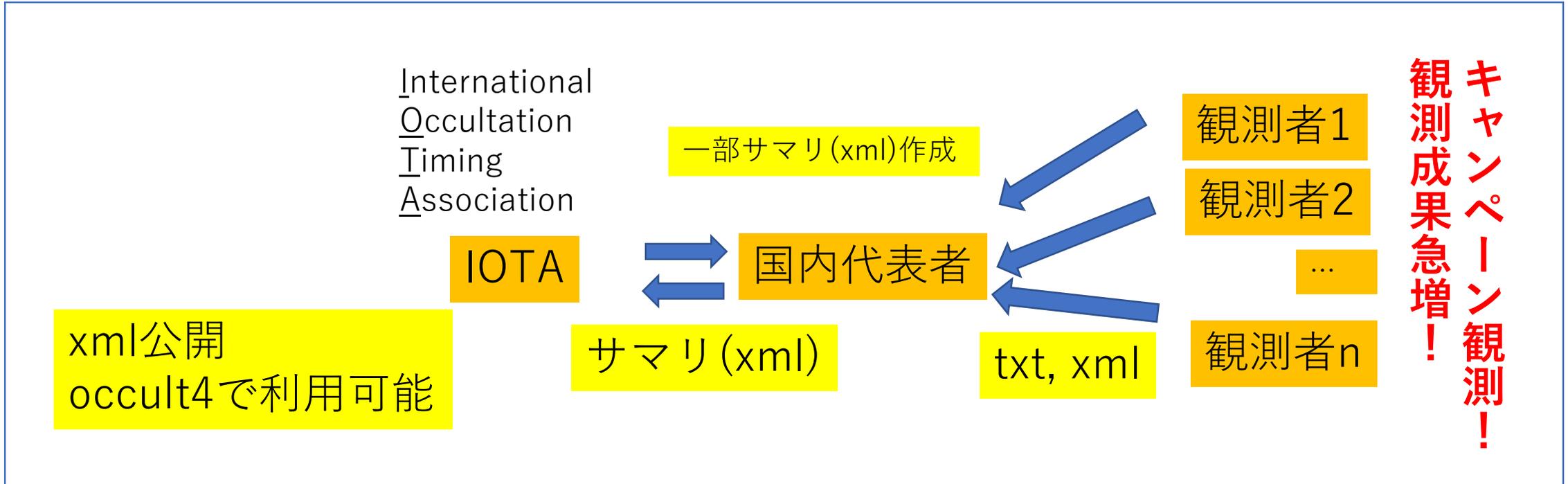
Set center Latitude.  °, Longitude  ° / Map size (2-15)  Change

Offset lines(orange) interval= 1 km / Number of offset lines at each side= 5

Set interval  km / Number of lines  Change

# 現状・アーカイブの目的

IOTA報告の現状認識



(吉田氏私信)

- (1) 大勢で観測した自分達の観測データをシェアする場所がほしい。→現在「はしもとドライブ」@岡山大
- (2) 今後のために残しておきたい (PhaethonやLucyのターゲットのようなケースは後の論文に使えるはず)  
→本研究で残し方検討
- (3) (もう少し発展的に) 掩蔽のデータアーカイブの拠点を作りたい → // 提供・閲覧I/Fなど仕様検討

# 背景



ZWO 290 MM

- 掩蔽観測 アマチュアの趣味?? → 否
  - 小天体の**サイズ・形状、軌道**を精度よく調べられる手段
  - 未知の**衛星・バイナリ・リング**検出の可能性
- 結果をアマチュアの方が取りまとめて中央局に報告していた
  - 観測**データ数増大の一途**
    - **GAIA**恒星データ精度向上 $\sim 10 \mu\text{as}$ の桁に(2018/4 DR2, 2020/12 EDR3, ...)
    - 安価な**CMOSカメラ**入手容易に
  - **直径数kmの小天体**でも観測が可能になってきた(2019/7/29)
  - → **非重力摂動**(Yarkovsky効果)が効く天体の**軌道推定**に有効
  - **持続可能性に問題**
- 探査機ターゲット天体の集中観測、**動画データ保存**の必要性
  - ← 論文化・追加検証用
  - 動画aviファイルでも数Gbytes
- 集中観測をテストケースとしてデータ収集、管理のテスト

以上の事情を背景に、本研究では将来的に**持続可能な**データアーカイブ化を行うことを視野に入れて、掩蔽観測データの適切なアーカイブの方法について検討を行う。

# 提案書内容と結果

アーカイブシステムの仕様検討を行う。特に、以下の点に着目した検討を進める。

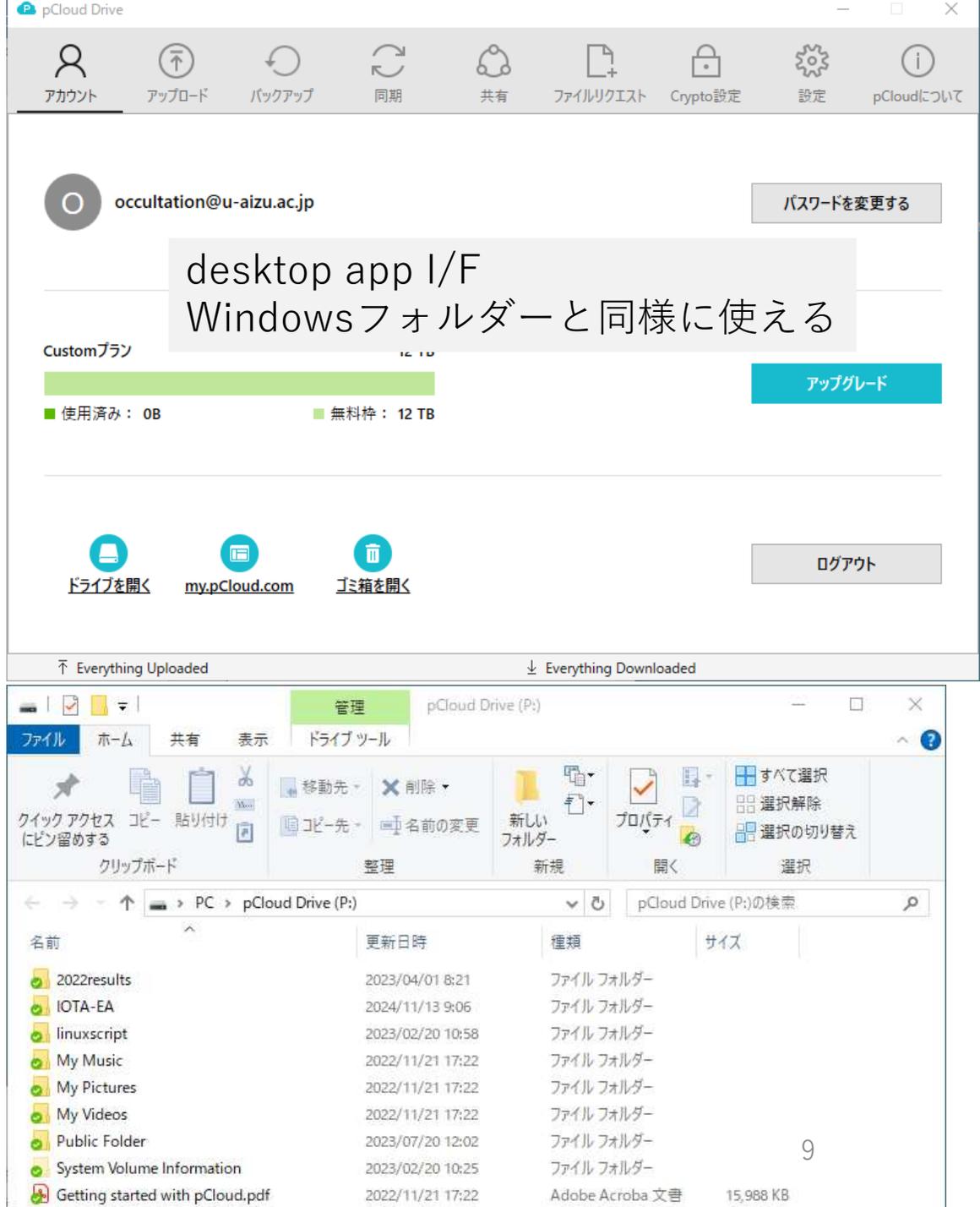
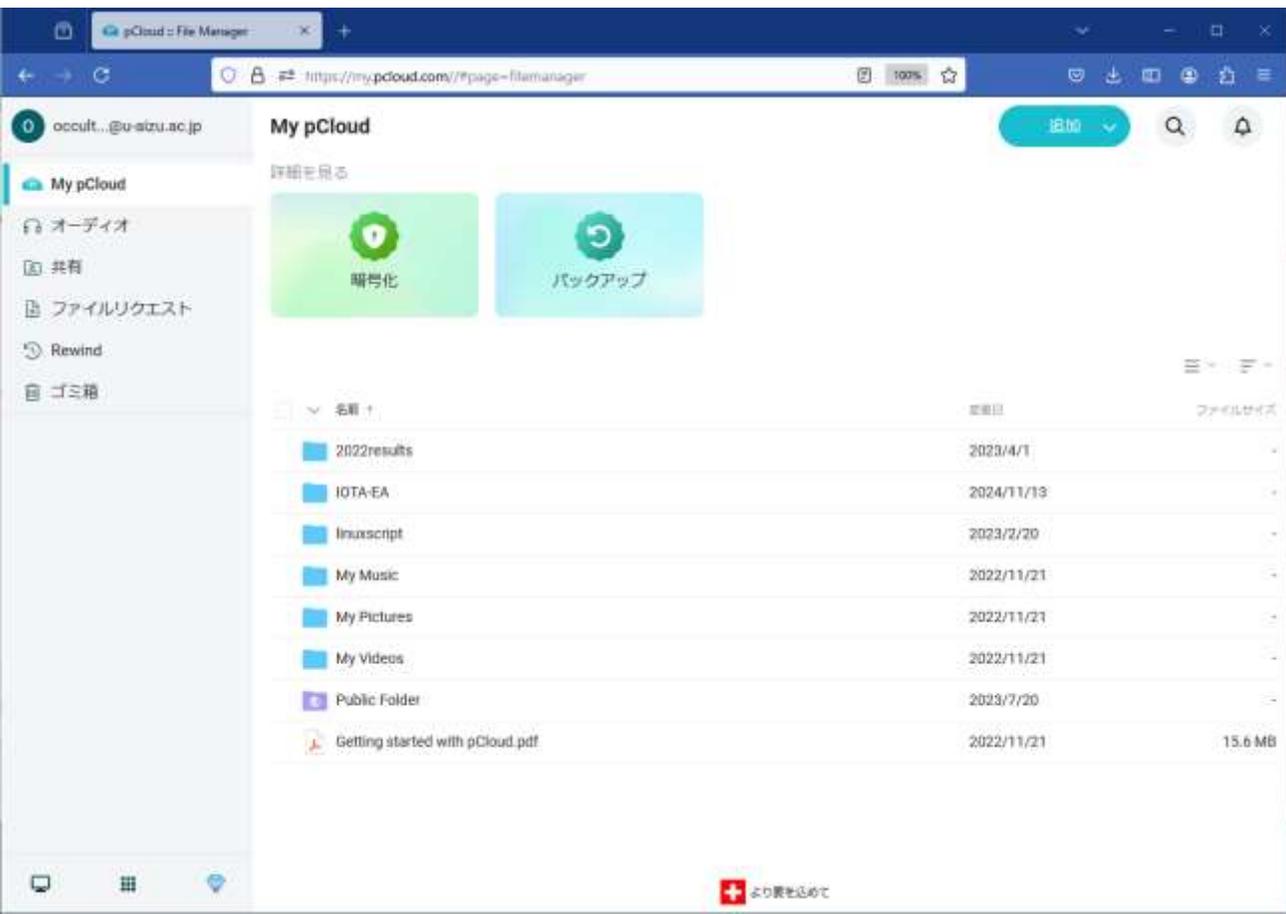
- A. アーカイブシステムのストレージ形式
  - 大容量HDDを接続し、インターネットに公開されたストレージサーバの整備と利用
  - (買い切り) クラウドストレージサービスの利用
  - 会津大学ARC-Spaceにて整備中のオプティカルディスクアーカイブシステム設備の利用
- B. アーカイブデータに付与するメタデータの内容・保存形式
  - 想定：観測地の位置情報、時刻較正情報など
  - 必要な項目の洗い出し
  - 保存形式→**観測者が書き込み可能なGoogleDrive上のスプレッドシート**（後述）
- ~~C. アーカイブデータの提供インターフェース：得失を検討~~
  - ~~再解析などの場合に対応するため~~
  - ~~データ量、収録イベント数が増えた場合の対応~~
  - ~~メタデータの内容を元に、検索インターフェースを動的に構築~~
  - ~~その他の方法~~
- D. アーカイブ対象データの収集インターフェース
  - アップロードやメタデータの登録を簡単に行えること
  - メタデータをもとにアーカイブ全体のデータベースのアップデートを行う仕組み構築

[戻る](#)

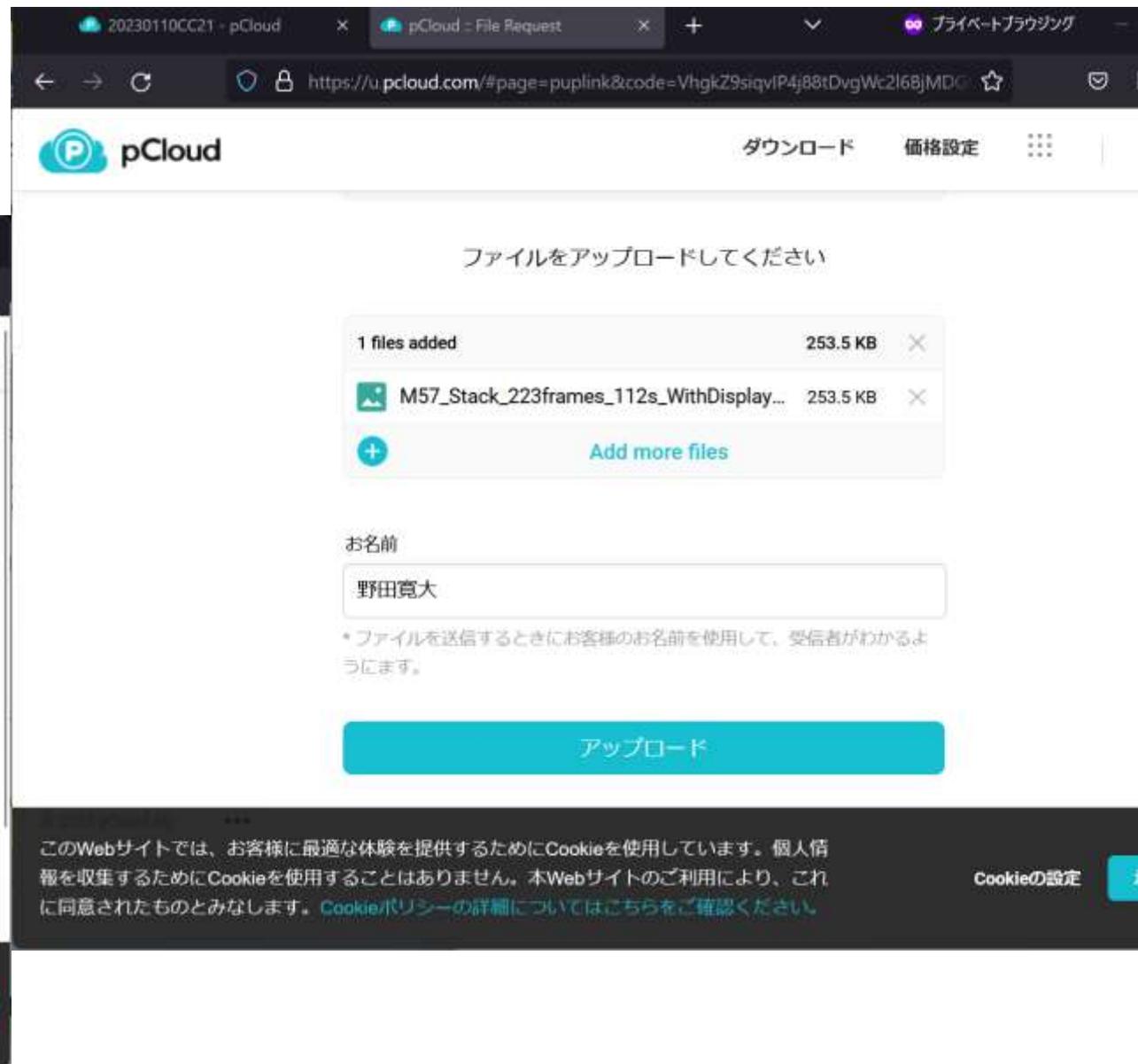
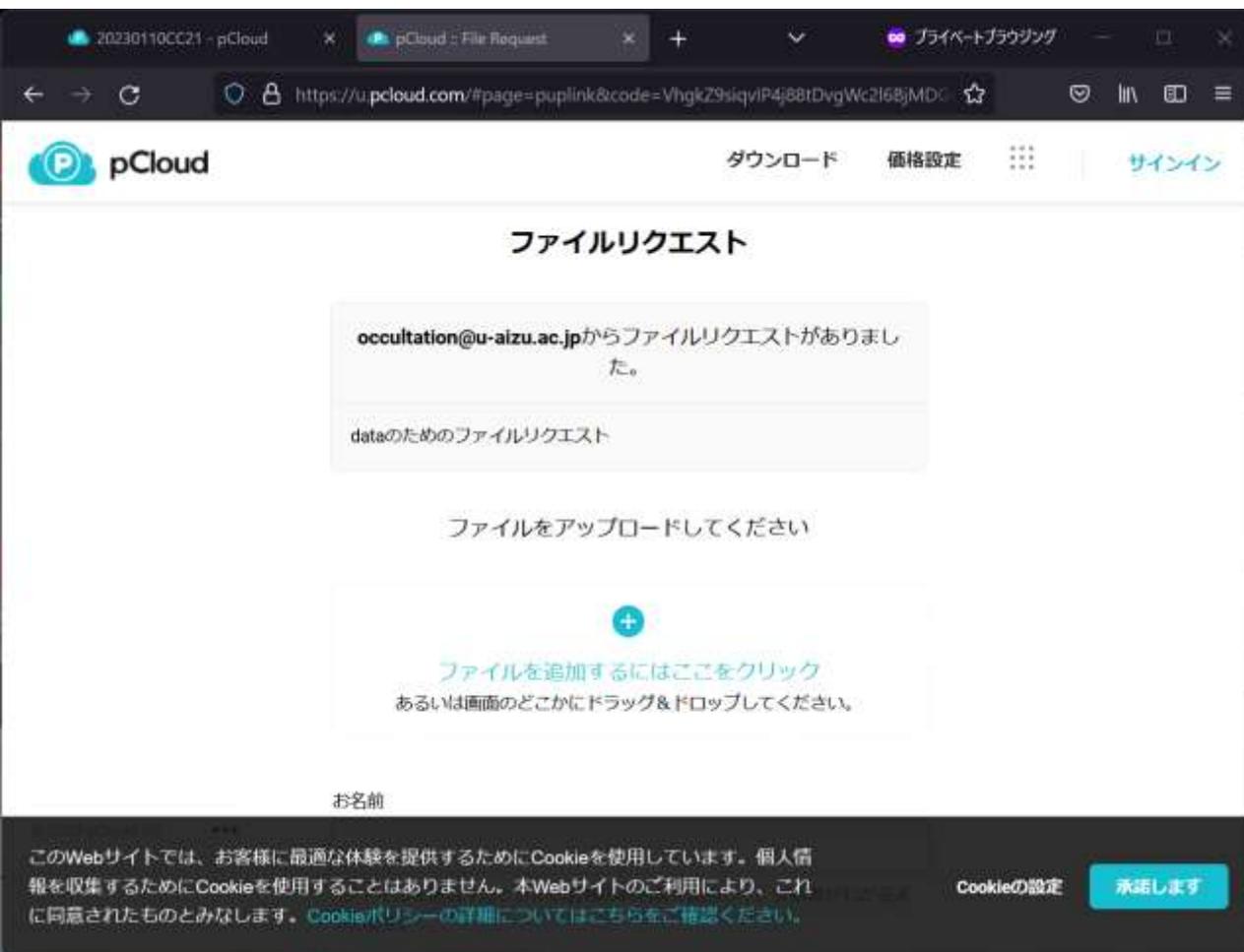
# pCloud

- 買い切り、永年利用可能  
容量追加可能
- 高セキュリティ
- 限定領域へのデータリクエスト可能
- 公開領域がある
- desktop app経由でスクリプト処理が可能

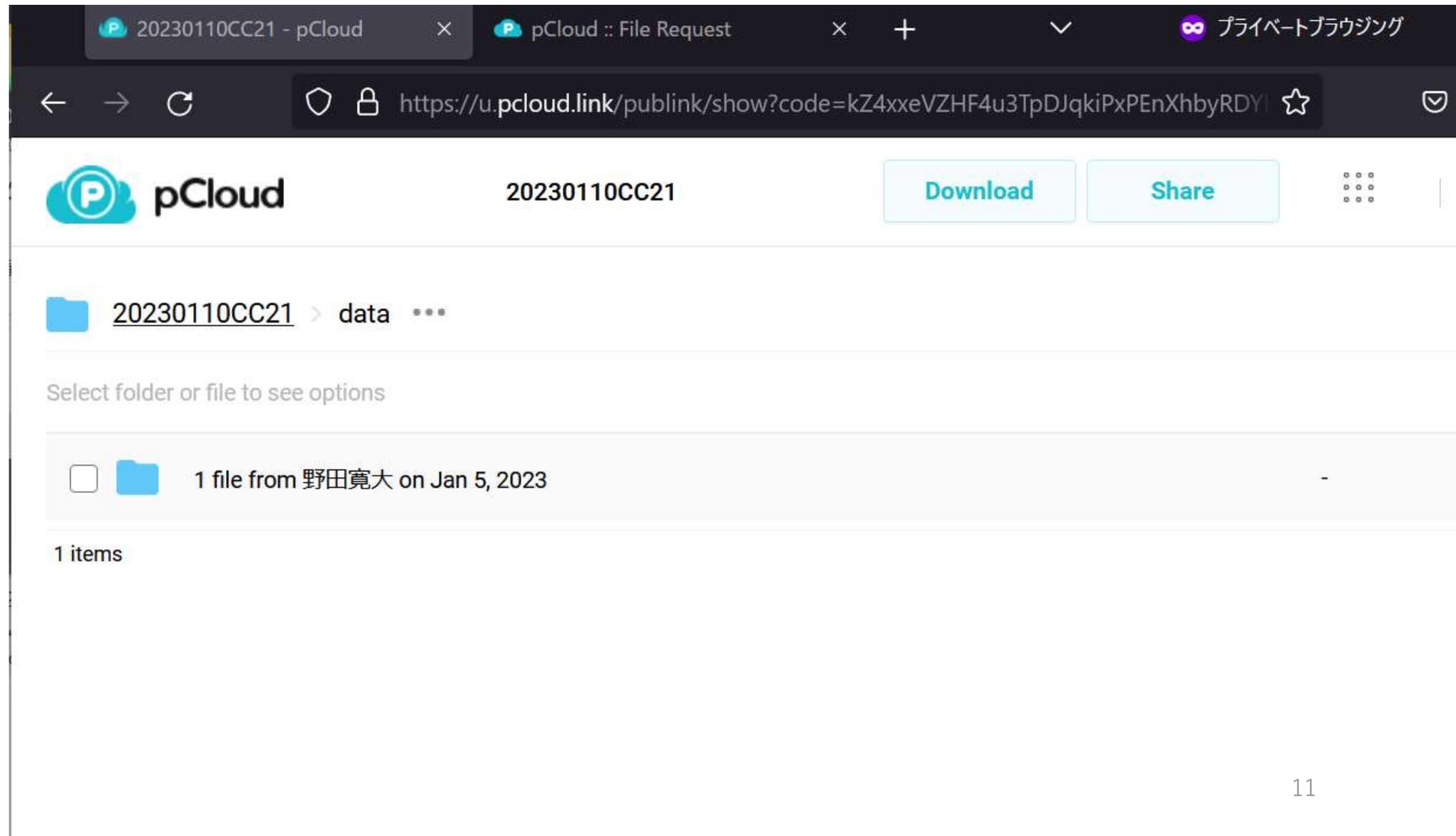
ウェブI/F



# アップロード画面



# アップロードファイル/フォルダの見え方



# 結果（続き）

- 「メタデータ」は当面エクセルファイル
  - 観測者が自分で書き込む
  - 現状でこれ以上の要求事項がないため
- ファイル命名規約を決めて実施 → 約半数の方だけ
  - アマチュアの方に強制はできない
    - その後手作業で変更
- 回線が細かい場合（e.g.自宅から）アップロード失敗することがあった

# 戻る サマリテーブル

4	観測者氏名 (主たる)	野田寛大
5	氏名ローマ字	Hiroto NODA
6	所属	国立天文台
7	所属英語名	National Astronomical Observatory of Japan
8	観測地名	札幌市北区篠路町太平
9	観測地ローマ字	Shinoro-cho Taihei, Kita, Sapporo
10	観測地経度 (0.1"まで) (注1)	141d22m11.1s
11	観測地緯度 (0.1"まで) (注1)	43d07m48.0s
12	観測地標高 (m) (注2)	6.1m
13	測地系 (国土地理院, GPSは世界測地系)	世界測地系
14	観測の成否 (approval / fail)	成立 approval
15	予報マップのライン番号	L7
16	観測開始時刻 (UT)	14h30m30s
17	観測終了時刻 (UT)	14h34m30s
18	減光があったか (Y/N)	Y
19	減光の開始時刻 (注3)	14h32m13.795s
20	時刻誤差	0.002s
21	減光の終了時刻	14h32m14.008s
22	時刻誤差	0.002s
23	時刻の解析者名	野田寛大、宮下和久、大澤亮
24	時刻の解析者名ローマ字	NODA, Hiroto; MIYASHITA, Kazuhisa; OHSAWA, Ryou
25	望遠鏡の型式	Rowe-Ackermann Schmidt
26	望遠鏡の口径 (cm)	27.8cm
27	望遠鏡の焦点距離 (cm)	62cm
28	レデューサ装着後の焦点距離 (cm)	62cm
29	カメラの種類	ASI1600MM
30	シャッタースピード (sec) または	13.5ms
31	時刻保持の方法 (注4)	GPS同期のLED照射

	A	K	L	M	N	O	S	
1	2022年10月21日 (3256) Phaethon							
2	報告フォーム/東北～							
3		10	11	12	13	14	15	
4	観測者氏名 (主たる)	野田寛大	秋田谷 洋	加藤 久司	吉田 尚敏	山村 秀人	磯部 健	上田 達和
5	氏名ローマ字	Hiroto NODA	AKIYAMA, Hiroshi	Hasebe, Kasebe	Hidetoshi Yoshida	Hideohito Yamamura	Ken Isobe	Yukiozumi Ueda
6	所属	国立天文台	千葉工業大学衛星探査研究 天文/日本天文愛好会/さんた10N			APC/花山星空ネットワーク	JON/JAC	JAC
7	所属英語名	National Astronomical Observatory of Japan	Planetary Explore Research / JON / Japan Occultation Information / Japan Occultation Information			SPO / HISAM ASTRO / SETORU / Japan Occultation Information / Japan Astronomical Society		
8	観測地名	札幌市北区篠路町太平	石狩郡当別町太美町	北海道石狩郡当別町太美	北海道札幌市東区	北海道帯広市南条町北作	北海道石狩郡当別町当別太	北海道石狩
9	観測地ローマ字	Shinoro-cho Taihei, Kita, Sapporo	Tobetsu, Hokkaido	Tobetsu-cho, Hokkaido	Higashi-Ward Sapporo-City Hokkaido	Kurumatsunai-cho, Soru, Hokkaido	Tobetsu-cho, Hokkaido	Tobetsu-cho, Hokkaido
10	観測地経度 (0.1"まで) (注1)	141d22m11.1s	141d26m24.43s (141.440318)	141d27m12.8s	141d125m21.0s	140d11'45.6"	141d27m24.2s	141d27m25.1s
11	観測地緯度 (0.1"まで) (注1)	43d07m48.0s	43d11m47.98s (43.196994)	43d11m41.2s	43d09m25.5s	42d45'57.1"	43d10m28.7s	43d10m27.9s
12	観測地標高 (m) (注2)	6.1m	8.1m	8.5 8.2m	13m	13m	3.8m	3.1m
13	測地系 (国土地理院, GPSは世界測地系)	世界測地系	世界測地系	世界測地系	WGS84	WGS84	WGS84	WGS84
14	観測の成否 (approval / fail)	成立 approval	failed	approval	approval	不成立	approval	approval
15	予報マップのライン番号	L7	L7	L3	L8	L8	L5	L4.5
16	観測開始時刻 (UT)	14h30m30s	-	14h31m15s	14h30m45s	-	14h31m20s	14h31m25s
17	観測終了時刻 (UT)	14h34m30s	-	14h33m15s	14h33m45s	-	14h33m05s	14h33m55s
18	減光があったか (Y/N)	Y	-	N (通過)	Yes	-	N (通過)	N (通過)
19	減光の開始時刻 (注3)	14h32m13.795s	-	-	14h32m13.918s	-	-	-
20	時刻誤差	0.002s	-	-	+/- 0.002sec	-	-	-
21	減光の終了時刻	14h32m14.008s	-	-	14h32m14.121s	-	-	-
22	時刻誤差	0.002s	-	-	+/- 0.002sec	-	-	-
23	時刻の解析者名	野田寛大、宮下和久、大澤亮	-	加藤 久司	吉田 尚敏	-	磯部 健	磯部 健
24	時刻の解析者名ローマ字	NODA, Hiroto; MIYASHITA, Kazuhisa; OHSAWA, Ryou	-	Hasebe, Kasebe	Hidetoshi Yoshida	-	Ken Isobe	Ken Isobe
25	望遠鏡の型式	Rowe-Ackermann Schmidt	Schmidt-Cassegrain	ニュートン	Schmidt-Cassegrain (ACF)	Schmidt-Cassegrain	Schmidt-Cassegrain	Schmidt-Cassegrain
26	望遠鏡の口径 (cm)	27.8cm	28cm	30cm	30.5cm	20cm	25cm	30cm
27	望遠鏡の焦点距離 (cm)	62cm	280cm	800cm	305cm	200cm	150cm	128cm
28	レデューサ装着後の焦点距離 (cm)	62cm	86cm	(使用せず=単純焦点)	132cm	96cm	63cm	55cm
29	カメラの種類	ASI1600MM	GHY174M-GPS	ZWO ASI290MM	ZWO ASI290MM	ZWO ASI290MM	ZWO ASI290MM	ZWO ASI290MM
30	シャッタースピード (sec) または	13.5ms	10ms	8.5ms	8.7msec	15.3ms	15.5ms	15.4ms
31	時刻保持の方法 (注4)	GPS同期のLED照射	観測者によるGPS時刻直接 GPS同期LED照射	GPS同期LED照射	GPS HTP LED-illuminescence	GPS同期LED照射	GPS同期LED照射	GPS同期LED照射
32	観測者が複数いる場合以下に	横口 悠希 SEIGUICHI, Tomohiko	なし	なし	nan	-	なし	なし
33		樋口 有輝 HIGUCHI, Anika						
34		大澤 亮 OHSAWA, Ryou						
35		高木 聖子 TAKAGI, Seiko						
36								
37								
38								
39								
40	取得したデータのファイル名				25_30_45.avi	-	25_31_30.avi	25_31_30.avi
41	取得したデータのファイル名				25_30_45.CameraSettings.TXT	-	25_31_30.CameraSettings.Txt	25_31_30.CameraSettings.Txt
42	取得したデータのファイル名							
43	取得したデータのファイル名							
44					フレームレートが無効した通りなら 望遠鏡指向・射出動作せず。GPS同期から減光の開始を求め、停止時間を1分以内で観測の完了になり時刻が不明な不成立。からのデータを解析して時刻が求められた。			
45					Home Observatory			
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								
71								
72								
73								
74								
75								
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87								
88								
89								
90								
91								
92								
93								
94								
95								
96								
97								
98								
99								
100								

# FY2022時点キャンペーン観測

(報告書の抜粋)

※他、個別に行われた(98943)2001CC21の観測データも収集した。

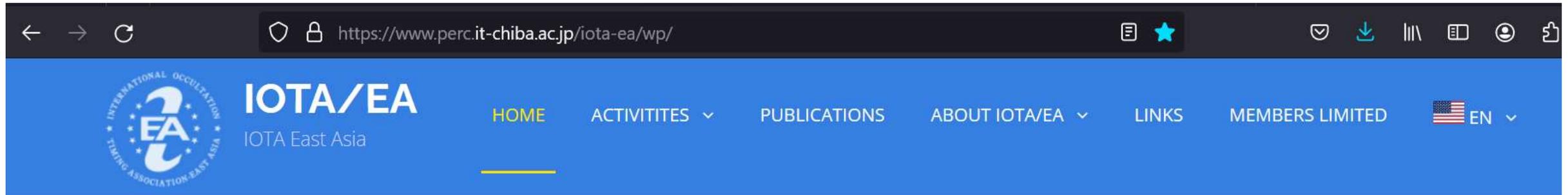
年月日	収集件数	総データ容量 (Gbytes)	対象天体、観測地域
2022/10/21	16	18.9	(3200)Phaethon,北海道
2023/01/10	7	6.2	(98943)2001CC21,近畿
2023/02/06	1	2.7	(98943)2001CC21,近畿-九州北部
2023/02/08	5	12.4	(98943)2001CC21,関東/東海-北陸
2023/03/05	11	15.2	(98943)2001CC21,四国-中国
2023/03/26	12	44.1	(98943)2001CC21,九州南部

この後はIOTA/EAキャンペーン観測として  
・提案書  
で提案された分を対象に収集を継続

# その後の展開

- 東アジアの観測とりまとめ組織 **IOTA/EA** の立ち上げ  
(*Yoshida + Phil. Trans. R. Soc. A, accepted*)
  - 年会(2023/8初回)、月毎予報、キャンペーン観測、観測・解析講習会
  - 部会、担当理事、地域代表(香港、台湾、中国)を決めて仕事を定義
    - 個人への負荷はまだ大きい、メンバー代替は可能になった
  - 持続可能性は以前よりは向上
  - 会員数 2024/11時点で88名(正会員55, 準会員33)
    - 大学の天文部、研究室単位、高校の部活メンバー参加あり
- pCloudをIOTA/EAの **観測データ置き場** に利用
  - **毎月の観測データ** (xml、テキスト光度曲線、任意で画像ファイル等)
  - IOTA(本家)への報告にも利用
  - 生動画データを保存する **キャンペーン観測** は数回/年
    - 提案者ベースなので提案者が自分でとりまとめている状況

# IOTA/EA(Int'l Occultation and Timing Association / East Asia)



## Recent Posts

IOTA/EA STARTS COLLECTION  
ASTERIODS AND LUNAR OCCULTATION  
REPORT

🕒 2023-12-12



THE 3RD OCCULTATION  
OBSERVATION

WORKSHOP IN JAPAN HAD BEEN HELD  
ON OCTOBER 27, 2023

🕒 2023-11-07



IOTA/EA  
ESTABLISHMENT  
MEETING HAD BEEN

## IOTA/EA Home

Welcome to the IOTA/EA home page.

## News

[IOTA/EA starts collection Asteroids and Lunar occultation report](#)

2023-12-12

IOTA/EA is ready to begin report collection business on Dec.15 2023. The reports from East Asia region will be sent to the central office of IOTA. These data, from all over the world, are archived at the VizieR Astronomical Data Center. And the data will be used for various purposes, such as understanding the shape...



[戻る](#)

# データ配置方法 (定常観測)

- XML等テキスト
- 整約図
- 任意で観測者が作成した画像等ファイル

Results of Asteroidal Occultation

IOTA/EA IOTA East Asia

HOME NEWS ACTIVITIES PUBLICATIONS ABOUT IOTA/EA LINKS MEMBERS LIMITED EN

Home / Results Of Asteroidal Occultation

### Recent Posts

[PHAETHON OCCULTATION OBSERVATION CAMPAIGN AND DATA ANALYSIS WORKSHOP - 2024](#)  
2024-10-23

[FY2024/25 ANNUAL GENERAL MEETING HELD ON AUGUST 25](#)  
2024-09-17

[IOTA/EA FY2024/25 ANNUAL GENERAL MEETING \(2ND CIRCULAR\)](#)  
2024-08-18

[NETWORK MAINTENANCE ON AUGUST 17-18](#)  
2024-08-16

[POWER OF ATTORNEY FORM FOR THE FY2024/25 ANNUAL MEETING AVAILABLE](#)  
2024-08-10

[Inaugural General Meeting of IOTA/EA](#)  
27 Aug 2023 05:00UT start

## Results Of Asteroidal Occultation

The Summary of East Asia results.

[Past Results / 2018Mar - 2023 \(link to HAL site\)](#)  
[Past Results / before 2018Mar \(link to Sendai Space Hall site\)](#)  
[Asteroidal Occultation Prediction 2024](#)

\*1 : The Observations from 2021 are published in OBS.XML format available [OCCULT4](#) as "Obs" field. Download by right click.  
\*2 : The explanation of [How to display VizieR format light curve .dat](#).

Search:

Date(UT)	Asteroid	Star	mag	Positive	No occ	Obs(*1)	Reduction	detailed data(*2)	update	Note
2024/1/1	(3497)Innanen	UCAC4 486-046503	10.9	1	0	<a href="#">link</a>	<a href="#">link</a>	<a href="#">link</a>	2024/2/27	
2024/1/10	(612533)2002 XV93	UCAC4 632-038483	15.8	2	1	<a href="#">link</a>	<a href="#">link</a>		2024/2/28	TNO
2024/1/12	(2562)Chaliapin	UCAC4 633-024014	12.7	2	0	<a href="#">link</a>	<a href="#">link</a>	<a href="#">link</a>	2024/1/29	
2024/1/13	(6238)Septimaclark	UCAC4 570-028434	12.5	1	0	<a href="#">link</a>	<a href="#">link</a>	<a href="#">link</a>	2024/1/29	
2024/1/13	(1583)Antiochus	UCAC4 366-047846	13.5	2	1	<a href="#">link</a>	<a href="#">link</a>	<a href="#">link</a>	2024/1/29	Trojan 17
2024/1/14	(538)Friederike	UCAC4	12.8	1	0	<a href="#">link</a>	<a href="#">link</a>		2024/1/29	

# 現状の問題点等

- 役員の人への入れ替えが現時点では難しい
  - 分かっている人が担当している感じ
  - 若手（30 - 40代）がいると嬉しい
- IOTA/EA自体のウェブサイトは大学からサーバ借用、レンタルサーバへの移行検討中
- 理想はPDSのように拠点が運用できるのがよいのだが…
  - 用途は限定的
  - ユーザが少ない
- アーカイブの公開は現状でIOTA/EA会員向けのみにする予定

# まとめ

- 東アジア（主に日本）での掩蔽観測の生動画データを収集・管理するための調査をFY2022に実施した
- 買い切りクラウドサービスpCloudを利用して、年度内6回のキャンペーン観測の時に調査した
- pCloudで実現したいことはおおむねできるが、アップロードが遅い
- その後、東アジア域の観測を取りまとめる組織を立ち上げて定常運用中
  - 人の入れ替えが可能な組織になるとより良い
- アーカイブ・組織へのご提案等あればぜひ