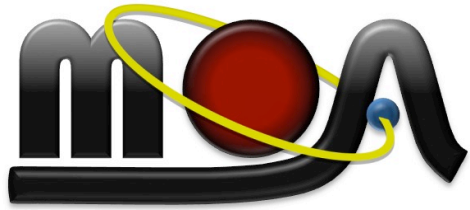
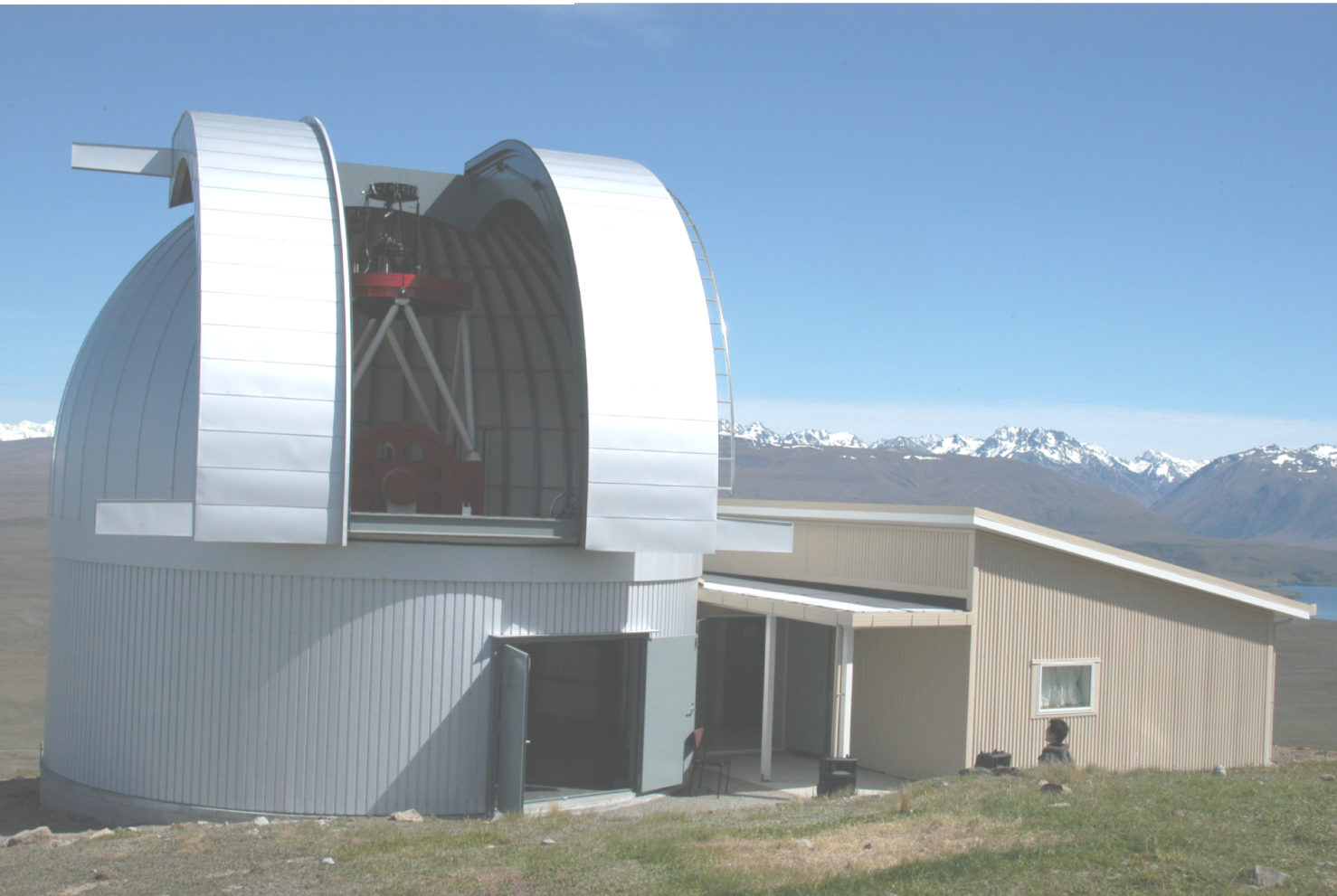


MOA-IIプロジェクトについて

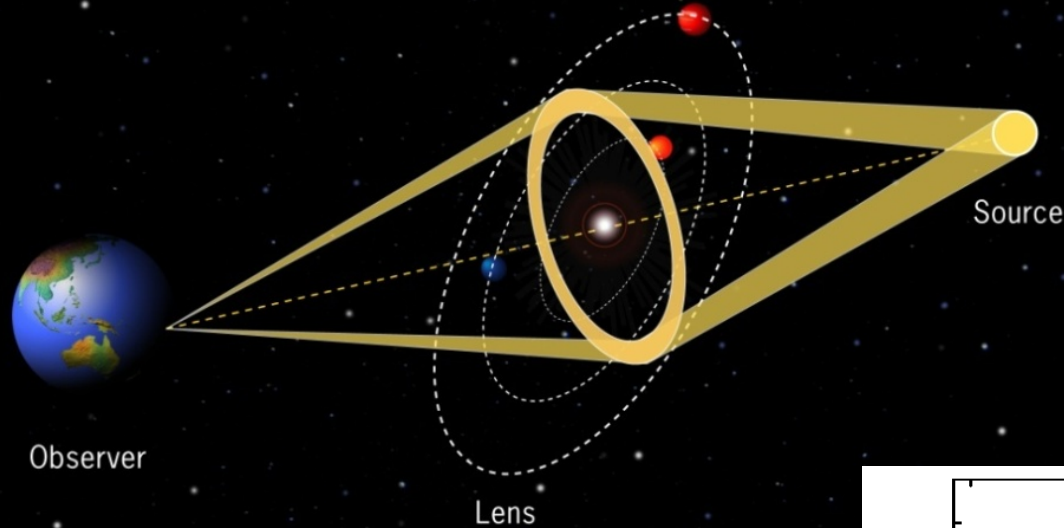


大阪大学 宮崎翔太

MOAコラボレーション



重力マイクロレンズ現象



Anomaly

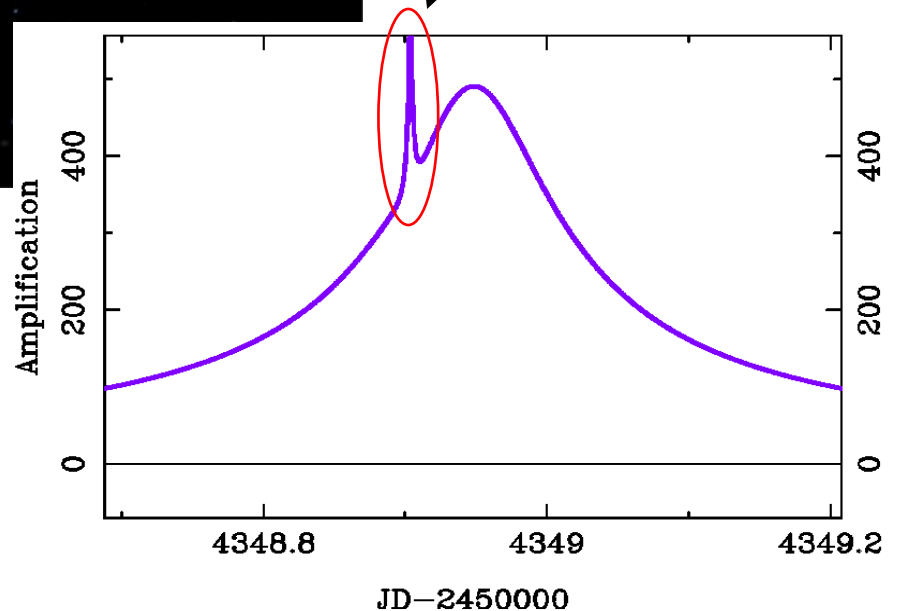
- イベントタイムスケール

$$t_E \propto \sqrt{M_L} \quad t_p \propto \sqrt{M_p}$$

木星質量：～数日程度

地球質量：～数時間程度

- アインシュタイン半径(～数au)くらいの惑星に検出感度が高い。



MOA (since 1995, JPN NZ US)

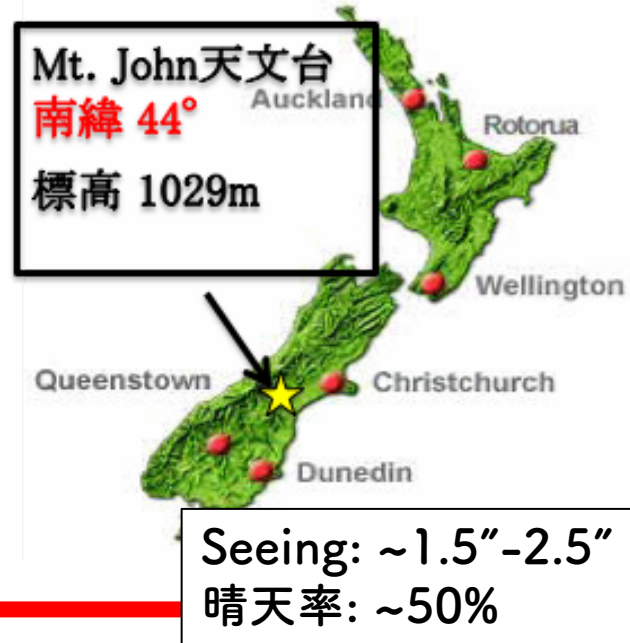
(Micro^Mlensing Observations in Astrophysics)

1995~1998: MOA-0

B&C望遠鏡(0.6m)
MOA-cam1(10Mpix)

1999~2005: MOA-I

MOA-cam2(24Mpix)
2003年 系外惑星を初検出



2005~: MOA-II

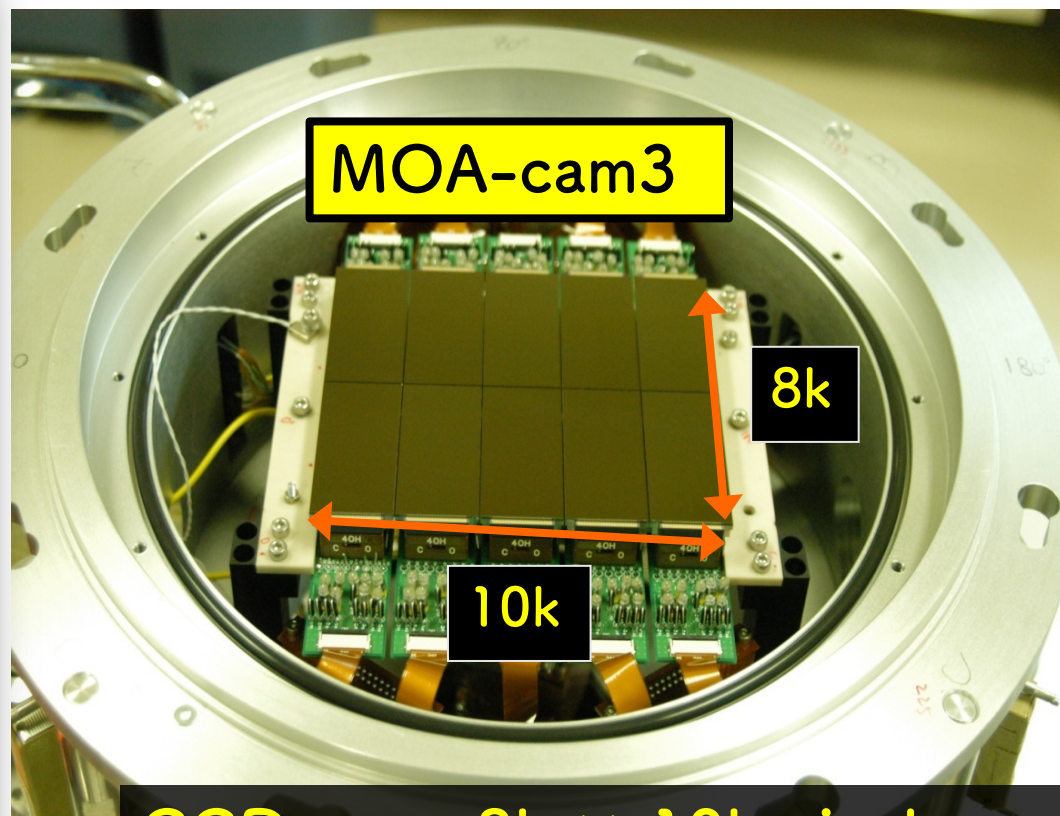
MOA-II望遠鏡(1.8m)
MOA-cam3(80Mpix)



MOA-II望遠鏡

主焦点広視野可視光望遠鏡 2006年4月より観測開始
銀河系バルジ領域の重力 μ lensサーベイ観測・系外惑星探査

MOA-II 望遠鏡



CCD : $8k \times 10k$ pixels
視野 : 2.2 deg^2
Pixel scale: $0.58''/\text{pix}$ (15 μm)

MOA-IIの観測

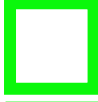
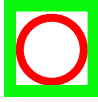
銀河系バルジ領域の広視野高頻度観測

50deg²(~5000万個の星)
をモニター観測する

銀河中心

~500 event/year

領域毎の観測頻度

-  1 obs./night ($>M_{\text{Jup}}$)
-  1 obs./90min. (M_{Jup})
-  1 obs./45min. (M_{Nep})
-  1 obs./15min. ($M_{\oplus}$)

年間3-5個の惑星を発見

<https://www.massey.ac.nz/~iabond/moa/alerts/>

MOA-IIの観測

観測イメージは即時測光して、イベントの光度曲線を随時オンライン公開。
Anomalyイベントは、リアルタイム解析しその結果も随時オンライン公開。

Event Page

MOA 2019-BLG-002

[Previous event](#) [Next event](#) [Return to alert index](#)

Event Parameters

Internal ID: gb8-R-9-21996
Discovery date: 2019-02-03T00:47:26
RA: 18:01:43.37
Dec: -30:39:57.53
Current assessment: microlensing
A transient event found by MOA.

Last 5 photometry measurements

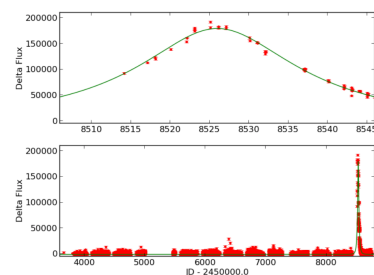
Observation date	I mag	seeing (arcsecs)
2458745.849 (2019-Sep-19.349)	14.76 ± 0.01	3.55
2458745.883 (2019-Sep-19.383)	14.78 ± 0.01	3.46
2458745.917 (2019-Sep-19.417)	14.78 ± 0.01	3.79
2458745.953 (2019-Sep-19.453)	14.74 ± 0.01	3.65
2458745.987 (2019-Sep-19.487)	14.80 ± 0.02	2.49

Calibration: $I = 27.40 - 2.5 \log_{10}(\Delta F + 111583.51)$

Nearest catalogued stars

starID	RA	Dec	mag	separation
--------	----	-----	-----	------------

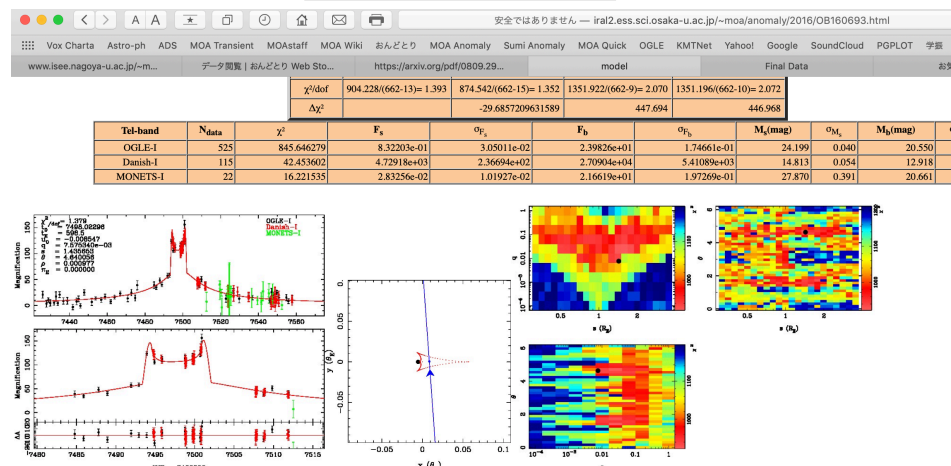
Lightcurve



Single lens fit parameters

$t_{\max} = \text{JD } 2458525.99 \pm 0.02 \text{ UT (2019-Feb-11.49)}$
 $t_E = 24.04 \pm 0.25 \text{ days}$
 $u_0 = 0.4296 \pm 0.0073$
 $b_{\text{base}} = 14.96 \pm 0.16$

Model Page



即時測光からAnomalyを発見、フォローアップ観測要請を迅速に行える

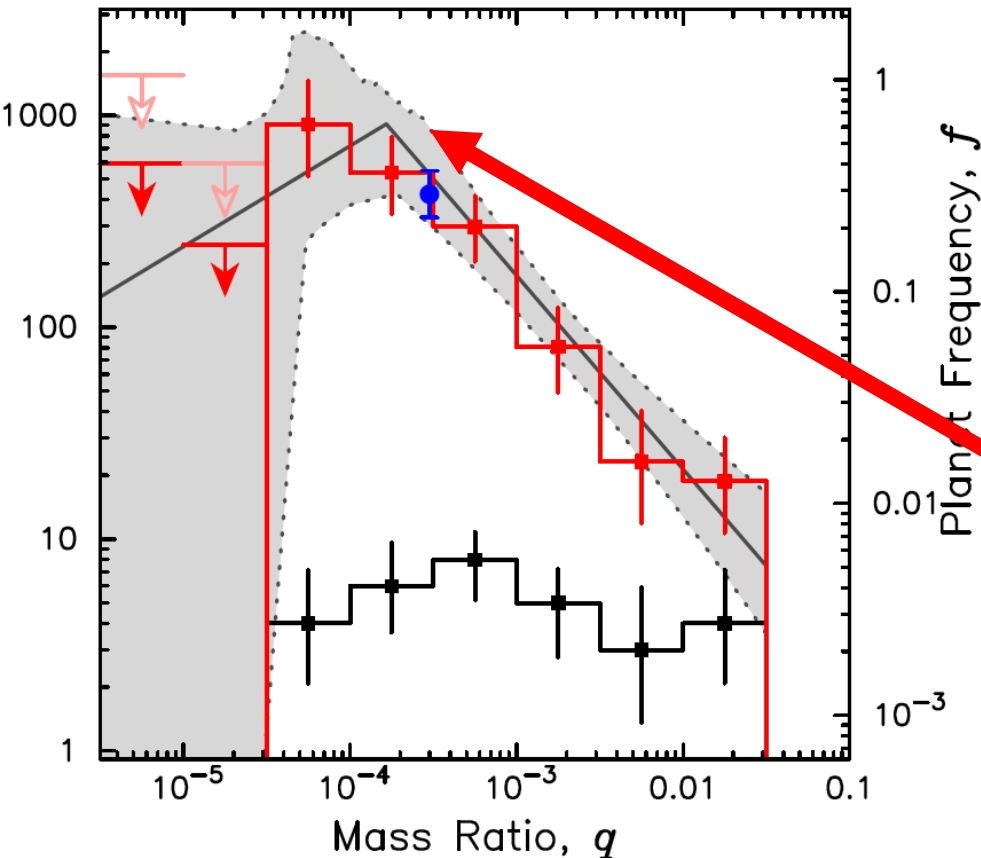
観測データから惑星シグナルを同定

他のサーベイ・フォローアップ観測グループと連携・協力して重力マイクロレンズによる惑星探査を行っている。

MOA-II望遠鏡の成果

- 6876個の μ lens イベント、40個以上の系外惑星の検出に貢献。
- 銀河系における自由浮遊惑星の存在量の制限 (Sumi et al. 2011)
- Snow line 以遠の惑星存在率の質量比関数を導出 (Suzuki et al. 2016)

質量比に対する惑星存在頻度分布



2007~2012年にMOA-IIで観測された惑星サンプルの数をそれぞれの惑星検出効率で補正し、Snow line 以遠の惑星の存在頻度を推定。

海王星質量比の惑星が最も存在頻度が高い

MOA-IIのデータ公開

2006~2014年までのMOA-IIの観測データ(約6000個のイベントの光度曲線)を「NASA Exoplanet Archive」にて公開

NASA EXOPLANET ARCHIVE
NASA EXOPLANET SCIENCE INSTITUTE

HomeAbout UsDataToolsSupportLogin

The delivered data products contain inconsistencies that we are working with the MOA collaboration to fix. In the meantime, please use these data with caution, and contact us if you have any questions.

Microlensing Observations in Astrophysics (MOA) Survey Information

Here we present the publicly available data from the [Microlensing Observations in Astrophysics \(MOA\)](#) collaboration, which operates a joint Japanese/New Zealand ground-based microlensing survey. In total, this data release includes approximately 6,000 photometric light curves, acquired from 2006–2014, using the 1.8m MOA telescope located at Mount John Observatory in New Zealand. These data span 22 target fields, the locations of which are shown in the [observational coverage map below](#), were selected using the [methodology described below](#), and have been made available to the public via the NASA Exoplanet Archive with help from the MOA collaboration.

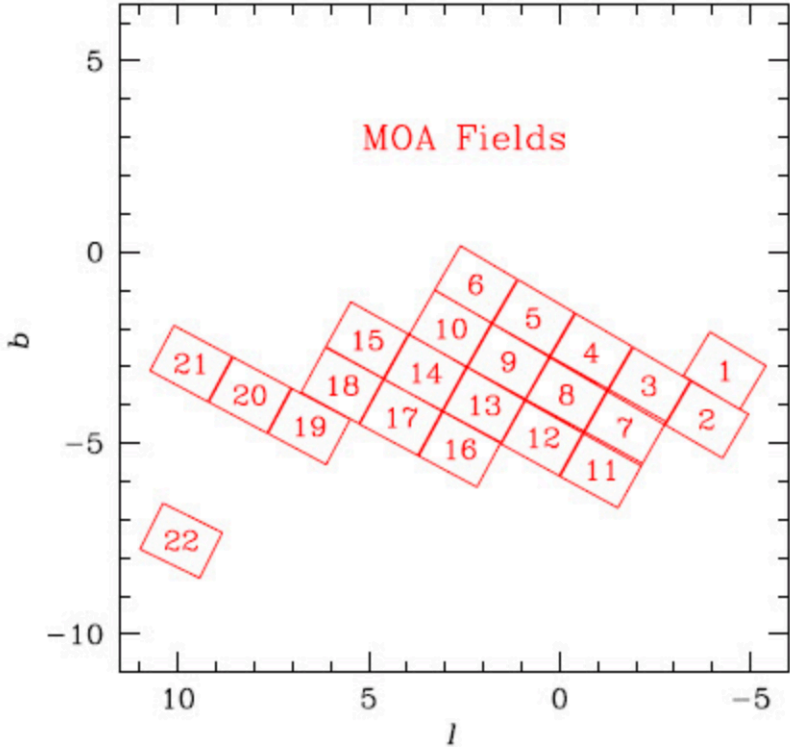
NASA Exoplanet Archive MOA Resources

The NASA Exoplanet Archive hosts photometric light curves for approximately 6,000 microlensing events detected by the ground-based MOA microlensing survey, totaling roughly 17 GB of data. See the links below to download these data, either as a complete data set (first link in table below), or by specific observational field (subsequent links in table below). Full column descriptions for each light curve are given in the [Data Columns](#) page.

Additionally we provide tables with positional information as well as microlensing fit parameter values, derived by the MOA collaboration, for each of the presented light curves (final set of links in table below).

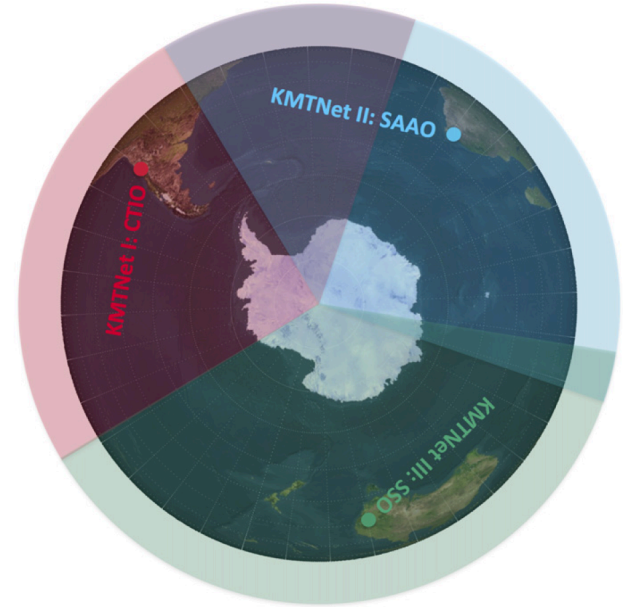
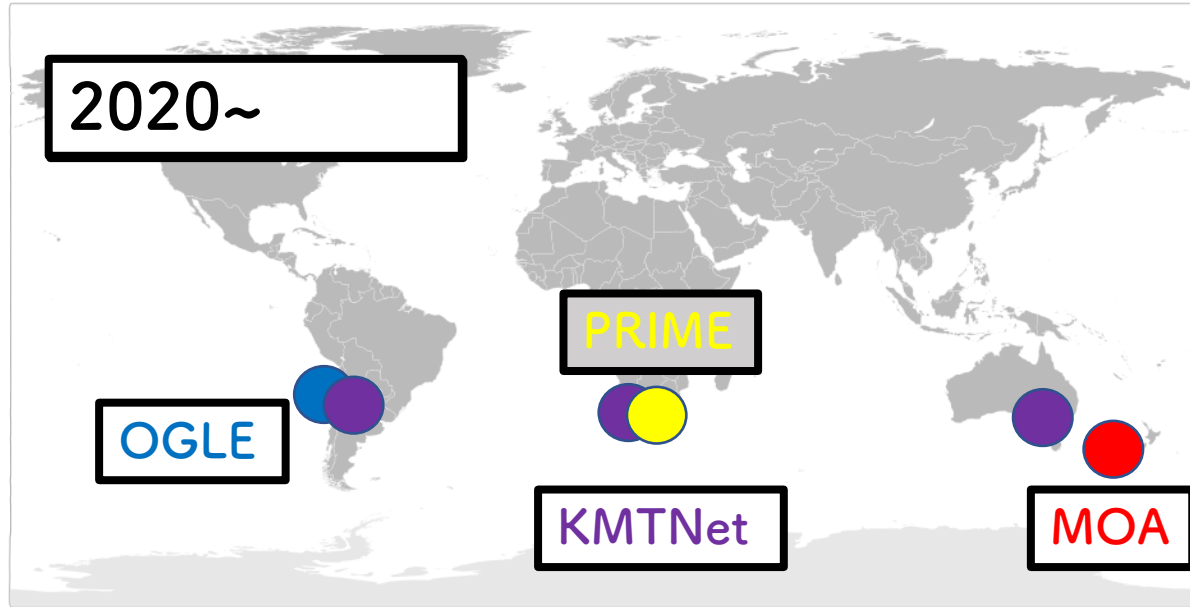
	Download Links	Notes
Full Data Set	MOA_2006_2014.tar (16.9 GB)	This download includes data from all 22 fields and the two metadata files.
Individual Fields	MOA_field_gb1.tar (524 MB)	These are individual download files for each field. Column definitions are provided on the MOA Data Columns page.
	MOA_field_gb2.tar (359 MB)	





<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/MOAMission.html>

μ lens系外惑星探査の現状・展望



- KMTNetグループの台頭(2015~)

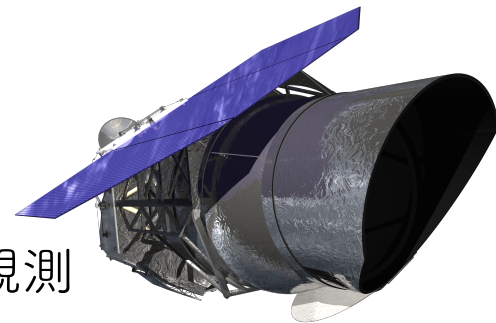
3つの1.6広視野望遠鏡により銀河系バルジを常時観測できるようになった
可視光領域でのイベント、惑星シグナルの見逃しが大幅に少なくなる

- PRIME望遠鏡計画(2020~)

より低銀緯領域を近赤外広視野サーベイ観測
イベント数、惑星検出数増、可視光観測との差別化

- WFIRST衛星(2025~)

宇宙空間における近赤外重力マイクロレンズサーベイ観測
3000個以上の系外惑星、 $\sim 0.06M_{\oplus}$ 惑星を発見できる



MOA-II望遠鏡の今後

13年間続いてきたMOA-II望遠鏡の重力 μ lensサーベイ観測だが、サイエンス開拓や維持のためにも今後について考える必要がある。

- 従来の可視光観測の継続

WFIRSTの打ち上げ(2025~)までは惑星の統計量を溜められる。

(以下、検討中)

- 望遠鏡のアップグレード?

NIRカメラの搭載?(PRIMEのフォローアップ)、サイトの移動?

- 現地の大学とのMOUの再締結

バルジ以外の観測時間をシェア、新たな観測機器の検討

- 観測員

限られた人数でPRIMEとMOA両方を運営する必要がある

現地観測員、現地観光会社との協力

PRIMEの観測が始まっていく中で、
科学的面や金銭面を考えながらMOA-II運営を行う方法を模索中





Wide-field Photometric Systems

Telescope	Camera	FOV	Site	Target
PanSTARRS 1.8m × 4	1400M pixel CCD	7.0 deg ²	Haleakala, USA	All sky survey
MOA 1.8m	80M pixel CCD	2.4 deg ²	Mt. John, New Zealand	Galactic Bulge
KMTNet 1.6m × 3	340M pixel CCD	4.0 deg ²	CTIO - SAAO - SSO	Galactic Bulge
SkyMapper 1.35m	268M pixel CCD	5.7 deg ²	SSO, Australia	All sky survey
OGLE-IV 1.3m	268M pixel CCD	1.4 deg ²	LCO, Chile	Galactic Bulge