



平成30年度からの188cm 望遠鏡の運用

佐藤文衛（東京工業大学）

昨年度の岡山UMで国立天文台から示された内容（抜粋）

188cm望遠鏡の継続利用について

既存望遠鏡群については、平成30年度以降も国立天文台が維持する。その継続利用にあたっては、研究者グループ等による自己負担での運用を行う

* 国立天文台としては、基本的にミニマムな維持

草刈り等の構内整備、管理に必要なための人件費（鍵管理～日程調整）、

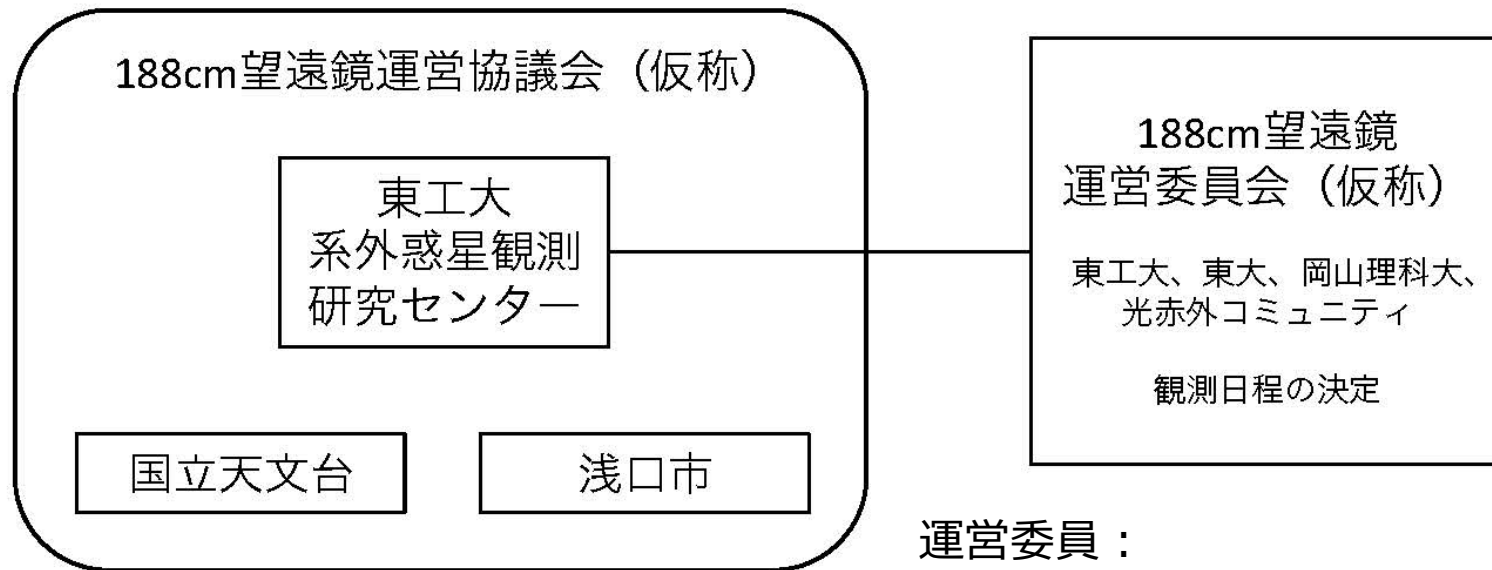
* 通年使用のための共通の経費として少なくとも800万円～500万円（概算）の追加費用が必要。この経費を確保する必要がある

* 京大は、3.8mの共同利用運営に支障がない限り、施設提供などの形（例えば、実費での仮眠室・食堂利用）で協力する

どの種類の資金をどれくらい用意する必要があるか？
それらをどのようにして集めて、どのように管理し、どのように運用に充てるか？
資金提供者間でどのように観測時間の配分と運用作業の分担を行うか？
⇒188cm望遠鏡有効利用連絡協議会を設立したい。

平成30年度以降の利用希望を表明した佐藤（東工大）、成田、生駒（東大）、泉浦（国立天文台）が中心となって考える（昨年度のUM集録より）

2018年度からの運用体制 (協議中)



運営委員：

佐藤文衛 (東工大；委員長兼幹事)

泉浦秀行 (NAOJ；HIDES装置代表)

成田憲保 (東大；MuSCAT装置代表)

和田武彦 (JAXA；コミュニティ代表、
光赤天連運営委員長)

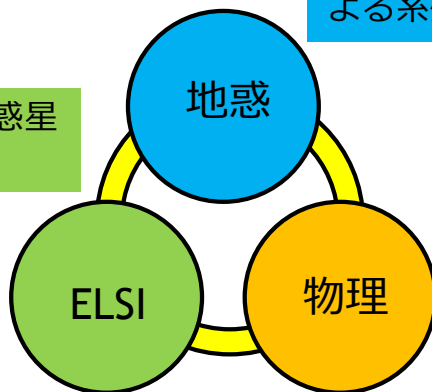
福田尚也 (岡山理科大；地元大学代表)

東京工業大学理学院 系外惑星観測研究センター (2017年4月発足)



分光・測光観測による系外惑星探索

系外惑星理論



専用望遠鏡の運用経験



全地球的分光・測光観測ネットワーク
による多様な系外惑星観測の展開、
宇宙望遠鏡との連携観測の推進



😊 連携拠点候補

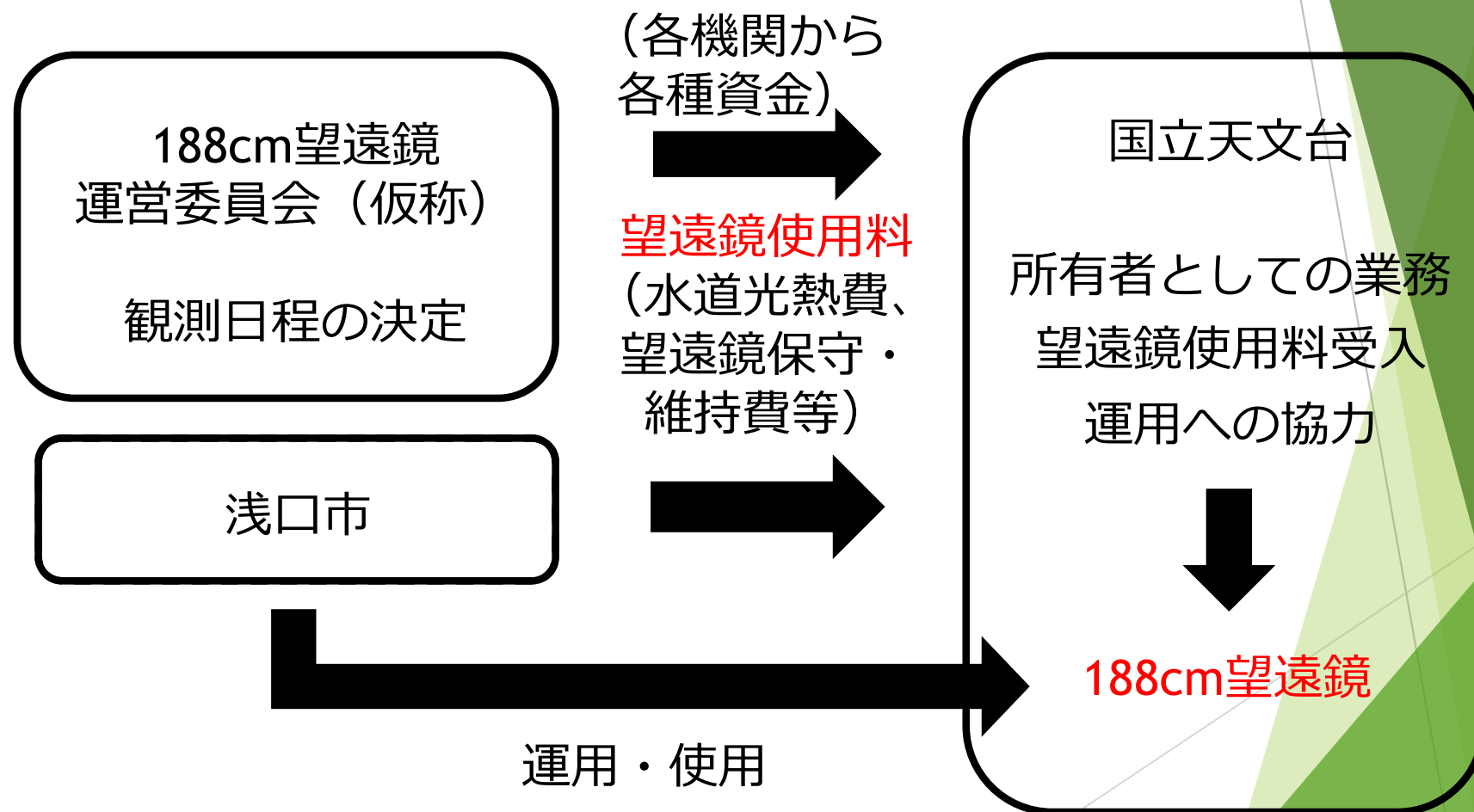
国内連携機関：東京大学・アストロバイオロジーセンター（測光装置運用）、国立天文台、他
海外連携機関（候補）：中国科学院国家天文台、韓国天文研究院、アンカラ大学（トルコ）、
ミュンヘン大学（独）、ニューサウスウェールズ大学（豪）、マサチューセッツ工科大学
（米）、ハーバード大学（米）、他

体制

- 中本泰史（理学院地球惑星科学系・教授・センター長）
- 佐藤文衛（理学院地球惑星科学系・准教授）
- 野村英子（理学院地球惑星科学系・准教授）
- 奥住 聡（理学院地球惑星科学系・准教授）
- 平野照幸（理学院地球惑星科学系・助教）
- 河合誠之（理学院物理学系・教授）
- 井田 茂（地球生命研究所・教授）

- 学外協力研究者
 - 田村元秀（東京大学理学系研究科天文学専攻／アストロバイオロジーセンター・教授）
 - 成田憲保（東京大学理学系研究科天文学専攻・助教）
 - 神戸栄治（国立天文台・特任准教授）
 - 泉浦秀行（国立天文台・准教授・岡山天体物理観測所所長）

運用イメージ (協議中)



運用方針

- ▶ 大学研究者の需要が高い間はその利用を中心にしつつ、教育、広報、観光のための利用も促進していく
- ▶ 大学研究者等の利用においては、これまでの経緯に配慮し一時的な利用者にも一定の配慮を行う

当面の主な使用内訳（予定）

▶ 研究

- ▶ 視線速度精密測定による系外惑星探索、発見確認観測（HIDES）
- ▶ 宇宙望遠鏡との連携によるトランジット惑星の観測（MuSCAT）
- ▶ 各種恒星の星震学観測、分光観測（HIDES）
- ▶ 木星の振動観測（持ち込み装置DSI/JOVIAL；平成30年度）
- ▶ その他、長期（1ヶ月～数年）連続モニター、突発現象観測等、共同利用から外れた188cm望遠鏡ならではの成果が期待できる研究

▶ 開発

- ▶ 光コム等を用いた精密視線速度測定
- ▶ 自動観測システム

▶ 観光・教育

- ▶ 観望会、学生教育、実習

ワークショップ「岡山188cm望遠鏡による新たなサイエンスの展開」 2018/2/22-23@東工大

2018/2/24

188cm望遠鏡WS

内では困難だった新しい観測研究を始めるチャンスが訪れるとも言えます。

188cm望遠鏡WS

本ワークショップでは、平成30年度以降に同望遠鏡の利用を希望するユーザーが集い、今後の観測研究の展開とそれを実現する方法、体制等について議論します。近年盛んに行われてきた系外惑星観測を主軸としつつ、岡山を拠点とした太陽系惑星、恒星、突発天体などの新しい観測研究の可能性も追究していきます。特に、自動化される同望遠鏡の機動性を活かした観測や、柔軟な時間割付を活かしたモニター観測、全球的なネットワーク観測など、新たに可能になる観測研究の提案を歓迎します。また、望遠鏡・観測装置の運用に関する議論への積極的な参加を期待します。多くの方のご参加を心よりお待ちしております。

プログラム：

1日目(2018年2月22日)

9:00	佐藤文衛 (東工大)	Opening remark
9:10	福井暁彦 (国立天文台)	多色モニター観測に向けたMuSCATのキュー観測化の進捗
9:35	川内紀代恵 (東工大)	高温のホットジュピターにおける昼夜境界層のTiO/VO検出
10:00	平野照幸 (東工大)	188cm望遠鏡によるトランジット惑星系のキャラクタリゼーション
10:25	休憩	
10:40	佐藤文衛 (東工大)	188cm望遠鏡とHIDESによる新たな系外惑星探索
11:05	大宮正士 (ABC)	岡山視線速度サーベイで狙うソーラーツイン周りの惑星探索
11:30	議論	MuSCATの運用
12:00	昼食	
13:00	原川紘季 (国立天文台)	高金属量星周りの系外惑星探索 (観測戦略立案自動化を視野に入れて)
13:25	宝田拓也 (東工大)	プレアデス星団における惑星探索

2018/2/24

188cm望遠鏡WS

13:50	長谷川 椋 (東工大)	ヨードセルを用いた視線速度精密測定について
14:15	188cm望遠鏡WS 泉浦 秀行 (国立天文台)	HIDESの高安定化と高感度化について
14:40	休憩	
15:00	稲場 肇 (産総研)	HIDES-Fへの光コム導入の現状
15:25	吉岡 孝高 (東京大)	固体レーザーによる可視天文コム製作と試運転
15:50	神戸 栄治 (国立天文台)	HIDESでテスト中の天文コムスペクトルについて
16:15	休憩	
16:35	議論	HIDESの運用
18:30	懇親会 (もつ鍋らく)	

2日目(2018年2月23日)

9:00	竹田 洋一 (国立天文台)	岡山188cm鏡を用いた恒星研究の半世紀
9:30	野津 湧太 (京都大)	188cm望遠鏡を用いたスーパーフレア星のモニタ観測
9:55	野上 大作 (京都大)	3.8m望遠鏡と188cm望遠鏡で迫る突発天体・現象
10:20	休憩	
10:40	前原 裕之 (京都大)	HIDES-F向け自動観測システムを用いた突発天体の高分散分光観測
11:05	生駒 大洋 (東京大)	ドップラー振動撮像装置を用いた木星表面振動観測計画
11:30	議論	HIDES、JOVIALの運用
12:00	昼食	

2018/2/24

188cm望遠鏡WS

13:00	福田尚也（岡山理科大）	岡山188cm望遠鏡の教育研究利用
13:25	縣秀彦（国立天文台）	岡山188cm望遠鏡を用いた教育・アウトリーチ事業の提案
13:50	議論	教育、アウトリーチ
14:20	休憩	
14:30	川端弘治（広島大）	広島大1.5m主鏡のアルミ再蒸着の今後
14:45	議論	全体の運用、体制構築

世話人：

佐藤文衛（東京工業大学）

泉浦秀行（国立天文台）

成田憲保（東京大学）

福田尚也（岡山理科大学）

和田武彦（宇宙科学研究所）

主催：

東京工業大学理学院系外惑星観測研究センター

188cm望遠鏡とHIDESによる 系外惑星探索

- ▶ 中質量巨星周りの系外惑星探索
 - ▶ 2-4 M_{\odot} 星の総合的な惑星探索
 - ▶ $a > 0.05 \text{ au}$, $m \sin i > 10 M_{\oplus}$ の惑星分布を明らかに
 - ▶ 高金属量星を選ぶことで確実に $M > 2 M_{\odot}$ を選ぶ
- ▶ 近傍太陽型星周りのハビタブル惑星探索
 - ▶ 近傍 ($d < 15 \text{ pc}$) の明るい ($V < 6$) 太陽型星が対象
 - ▶ ハビタブルゾーンのスーパーアース以上の惑星を調べる
- ▶ トランジット惑星のフォローアップ観測
 - ▶ TESSで見つかる惑星候補が主な対象
 - ▶ 惑星かどうかの判定、軌道決定
- ▶ 高金属量太陽型星、プレアデス星団、、、

研究の継続性、共同利用終了により生まれる時間的余裕を
生かした新たな展開（規模拡大、集中観測）、
新たなサイエンス、3.8m鏡への発展

近傍太陽型星周りの ハビタブル惑星探索

Supported by アストロバイオロジーセンターサテライト研究
(H29-31 ; 代表・佐藤文衛)

最終的な目標

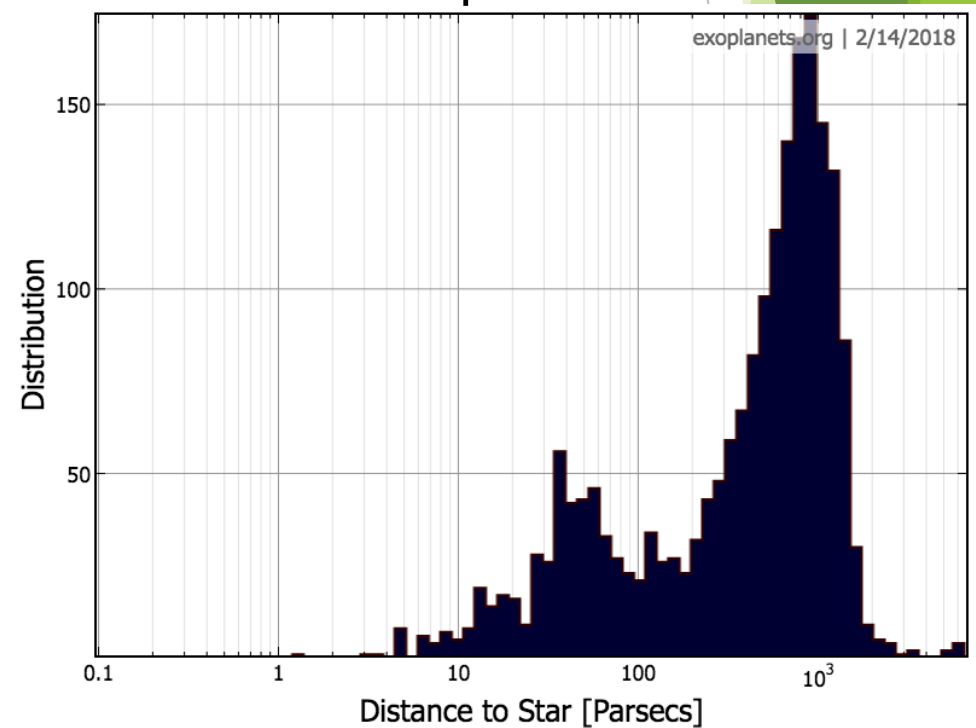
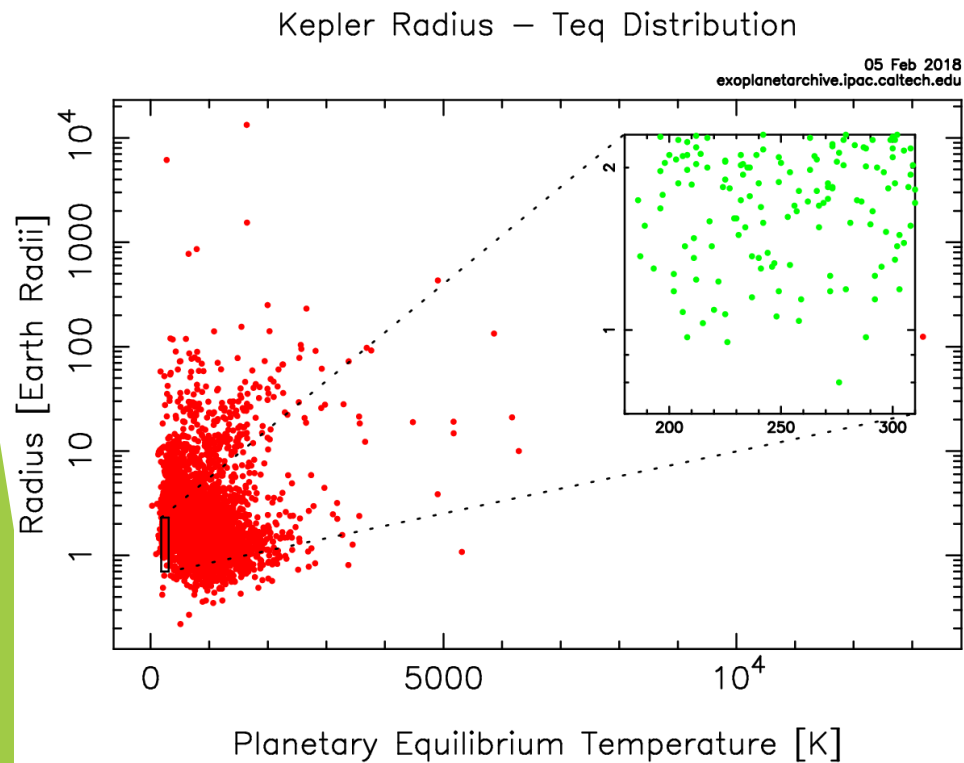
- 1) 詳細観測が可能なできるだけ太陽近隣の明るい恒星に生命を有する可能性のある惑星を発見する
- 2) 年齢や金属量、環境等の異なる様々な恒星に惑星を発見し、生命を有する惑星の条件を観測的に明らかにする

ハビタブル惑星探索

- ▶ *Kepler*による多数のハビタブルゾーン惑星の発見
- ▶ しかしそれらは地球から遠くにあるため詳細な観測は困難

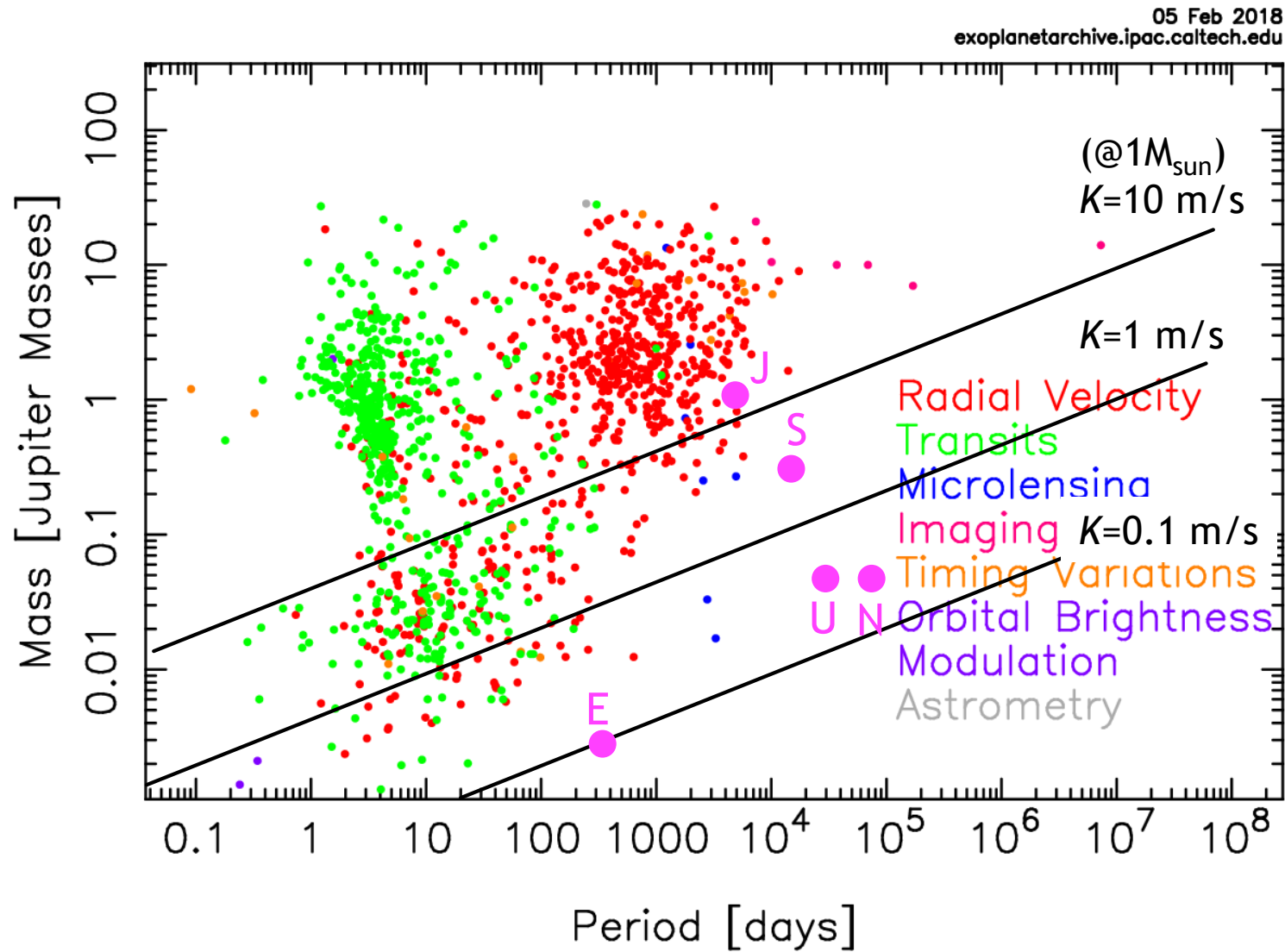
10pc

1kpc

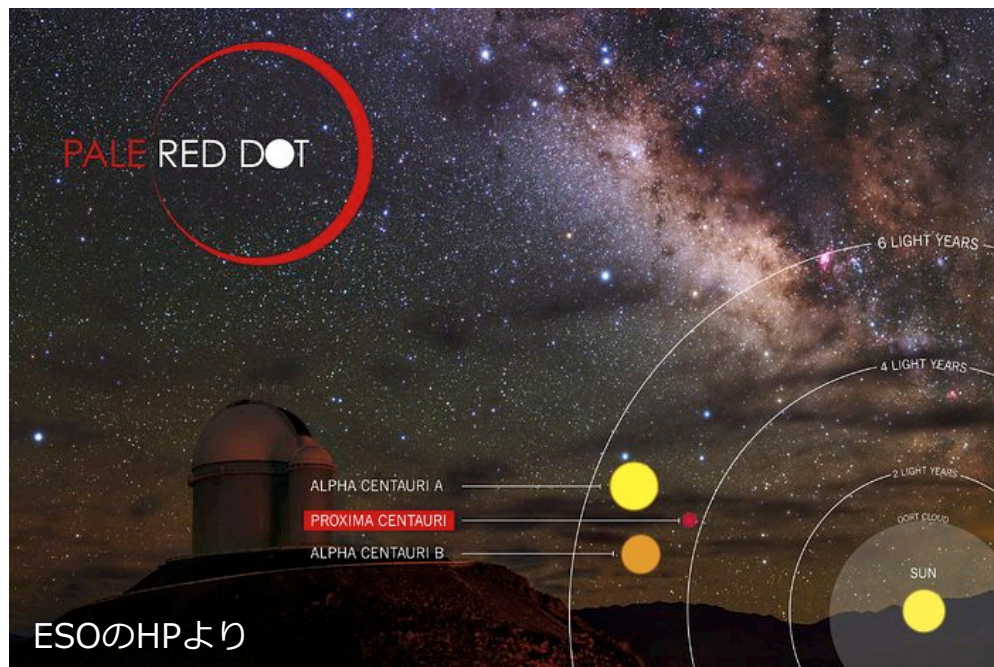


検出限界

Mass – Period Distribution

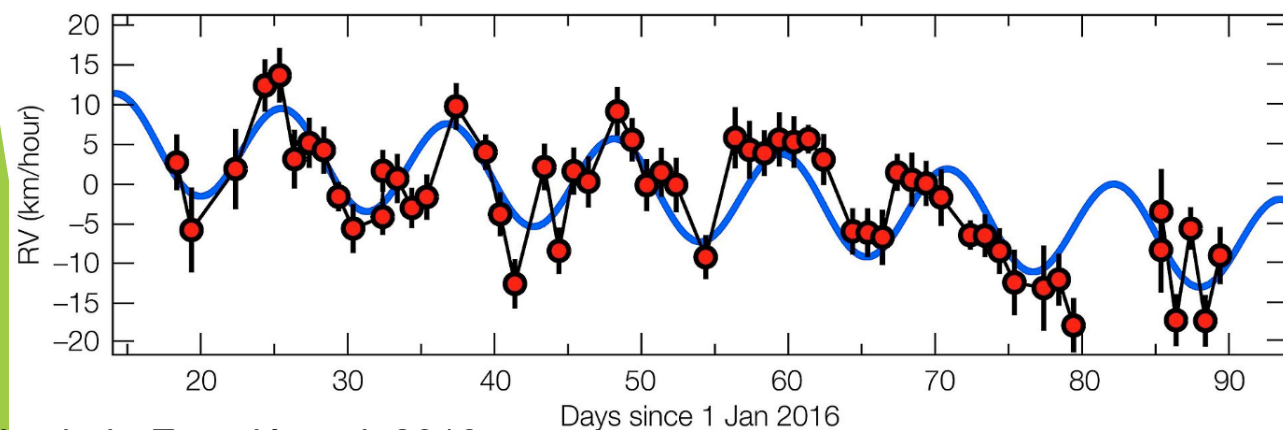


プロキシマ・ケンタウリ b

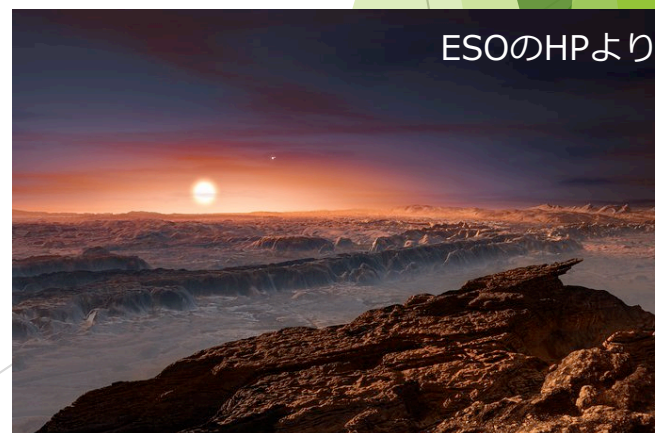


- 恒星：プロキシマ・ケンタウリ
 - ケンタウルス座α星系の恒星の一つ
 - 赤色矮星 (M5.5Ve)
 - 見かけの明るさ 11等
 - 距離 約4.25光年 (地球から最も近い)
 - 質量 約0.12太陽質量

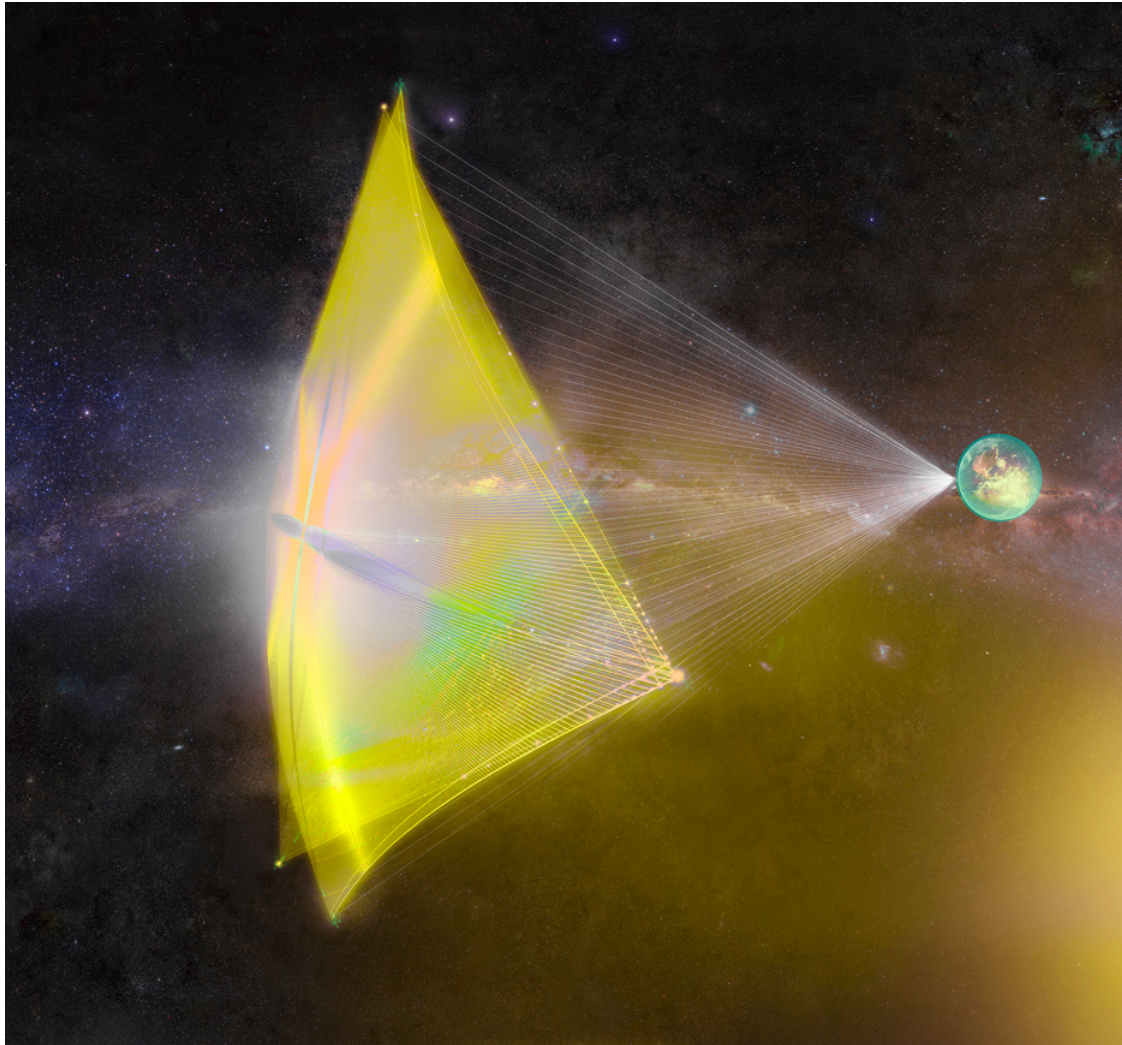
- 惑星：プロキシマ・ケンタウリ b
 - 公転周期 約11.2日
 - 質量 約1.3地球質量



Anglada-Escudé et al. 2016

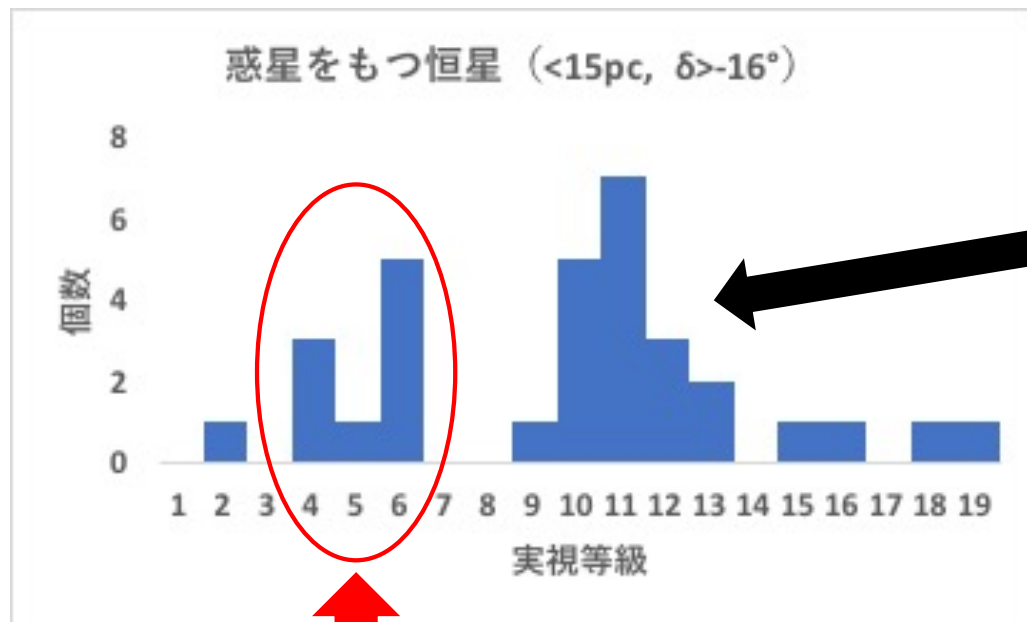


ブレークスルー・スターショット計画



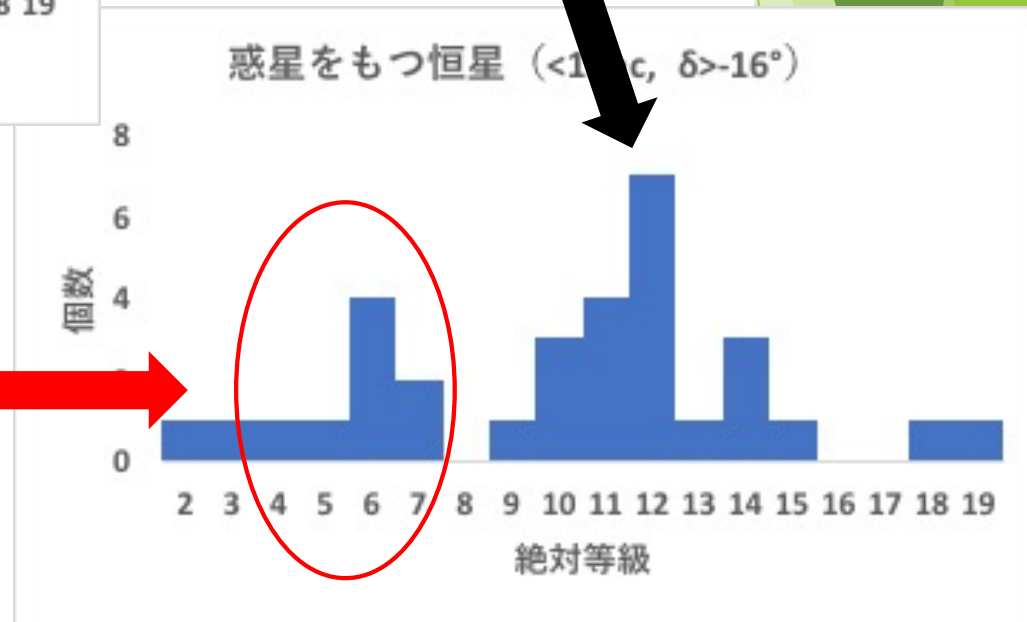
<http://breakthroughinitiatives.org/initiative/3>

太陽のごく近傍かつ北天 ($d < 15\text{pc}$, $\delta > -16^\circ$)
にある惑星をもつ恒星・・・32個



ほとんどがM型星

太陽型星



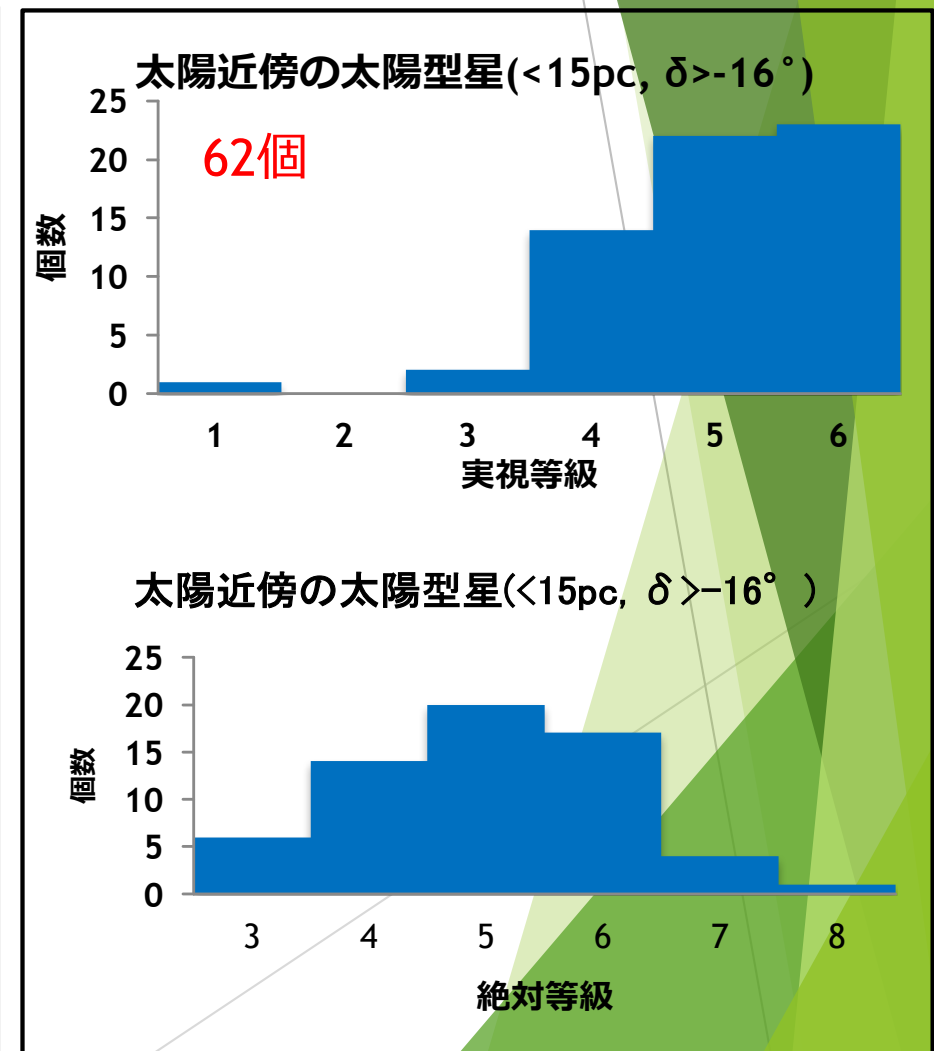
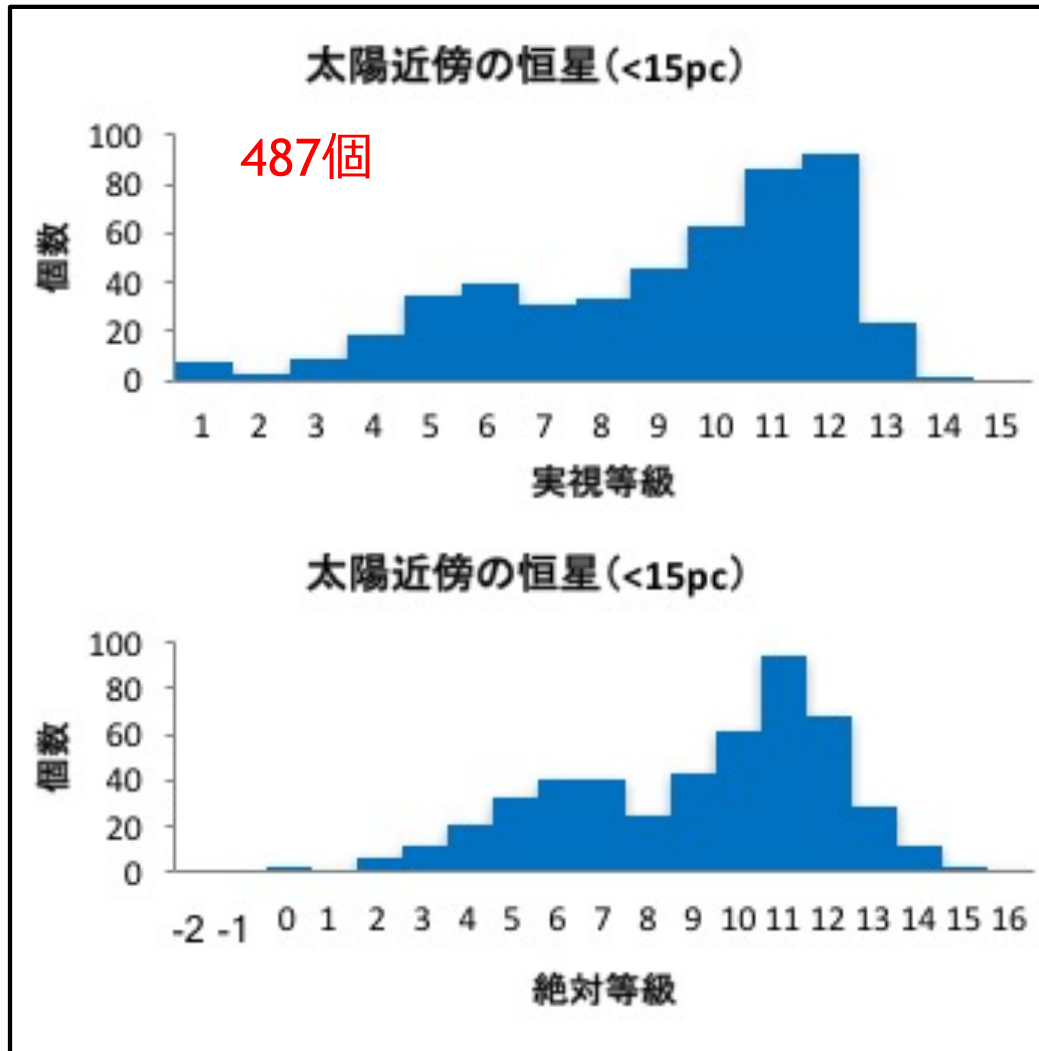
太陽のごく近傍かつ北天 ($d < 15 \text{ pc}$, $\delta > -16^\circ$) にある惑星をもつ太陽型 (FGK型) 星

・・・9個

恒星	距離 (pc)	実視等級 (mag)	絶対等級 (mag)	スペクトル型	質量 (Msun)	年齢 (Gyr)	備考
太陽	1au	-26.7	4.8	G2V	1.0	4.6	8惑星
ϵ Eri	3.2	3.8	6.3	K2 V	0.83	0.8	巨大惑星
τ Cet	3.7	3.5	5.7	G8 V	0.78		スーパーアース、4惑星
HD 219134	6.6	5.6	6.5	K3 V	0.81	11	ネプチューン、6惑星、トランジット
HD 3651	11.1	5.9	5.6	K0 V	0.88		巨大惑星
55 Cnc	12.5	6.0	5.5	G8 V	0.91	10.2	巨大惑星、スーパーアース、5惑星、トランジット
HD 69830	12.6	6.0	5.5	K0 V	0.86	7	スーパーアース、3惑星
υ And	13.5	4.1	3.5	F8 V	1.3	5	巨大惑星、3惑星
γ Cep	13.8	3.2	2.5	K1 IV	1.4		巨大惑星
47 UMa	14.1	5.1	4.3	G0 V	1.0	7.3	巨大惑星、3惑星

太陽のごく近傍かつ北天 ($d < 15\text{pc}$, $\delta > -16^\circ$) にある太陽型 (FGK型) 星・・・約60個

(from Hipparcos カタログ)

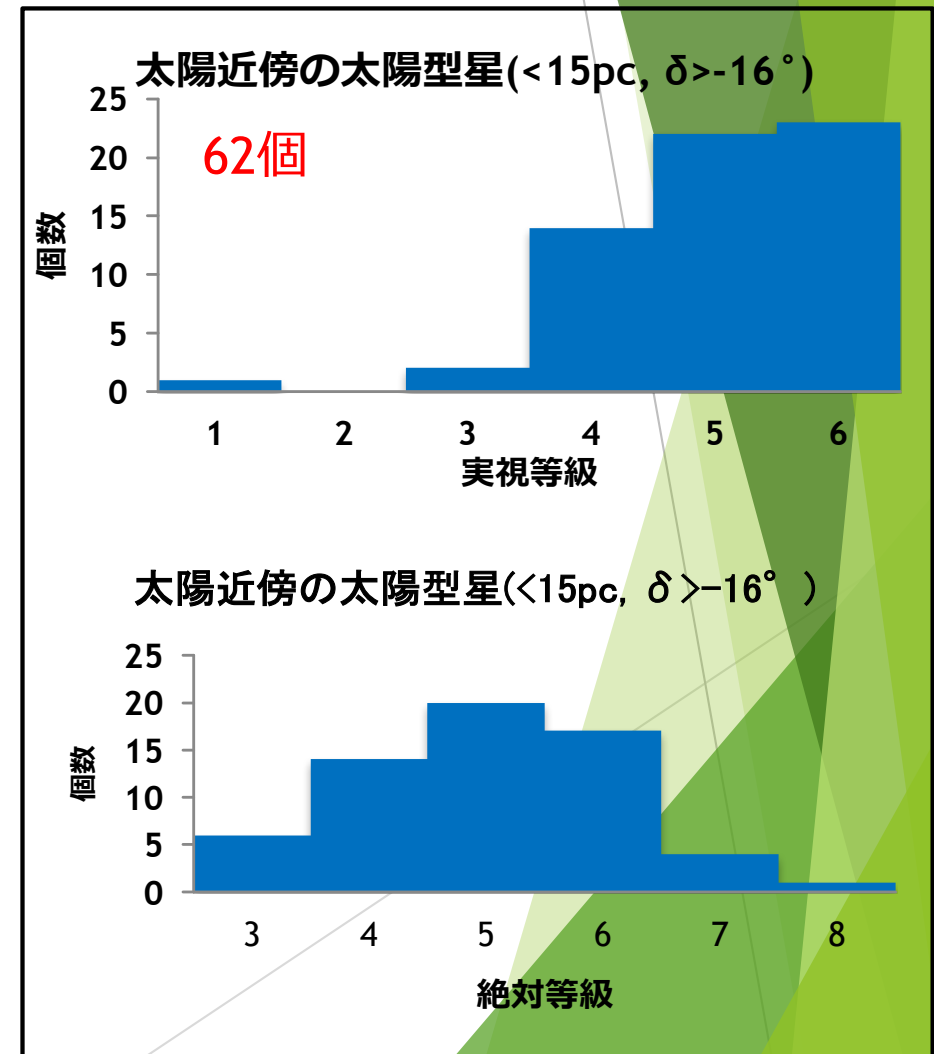


太陽のごく近傍かつ北天 ($d < 15\text{pc}$, $\delta > -16^\circ$) にある太陽型 (FGK型) 星・・・約60個

(from Hipparcos カタログ)

巨大惑星の存在確率 (~10%) を
考えると、巨大惑星はほぼ見つ
かっている

地球型～海王星型惑星の存在確率
(~50%) を考えると、ほとんどの
惑星はまだ見つかっていない



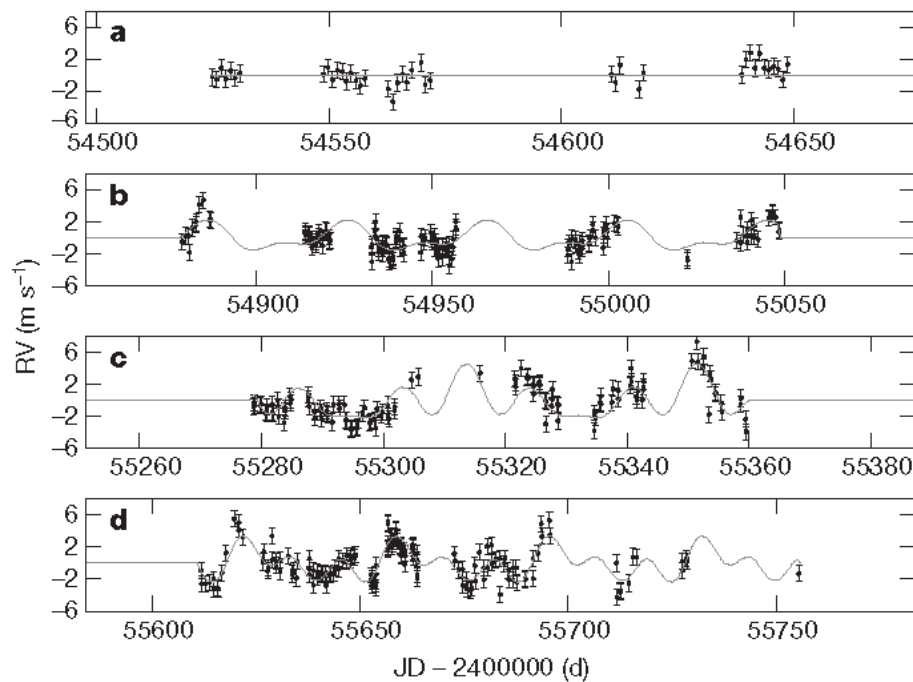
観測例

■ α Cen B

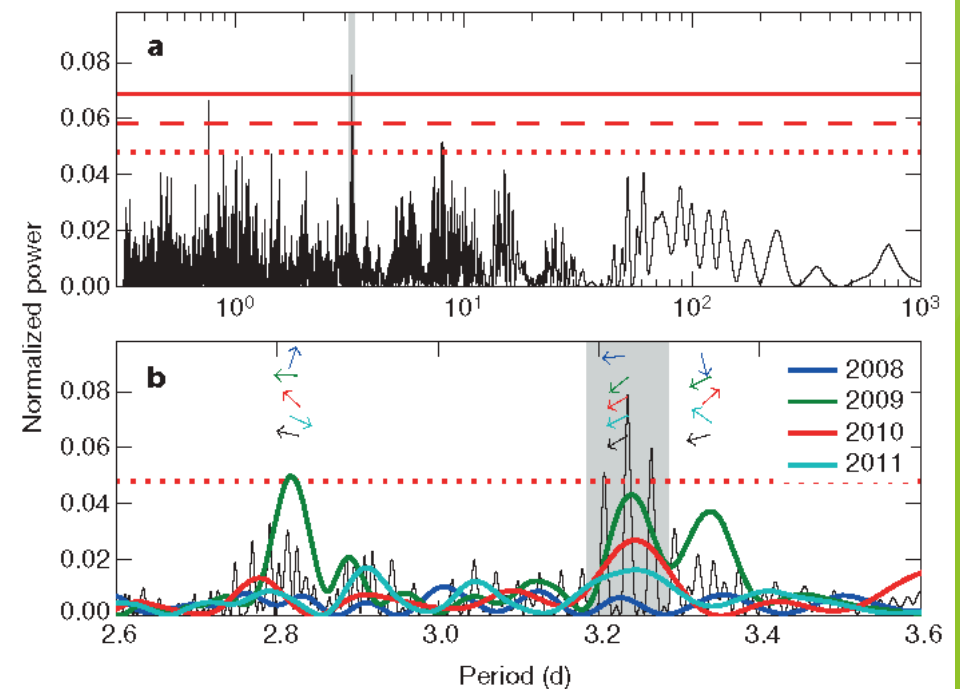
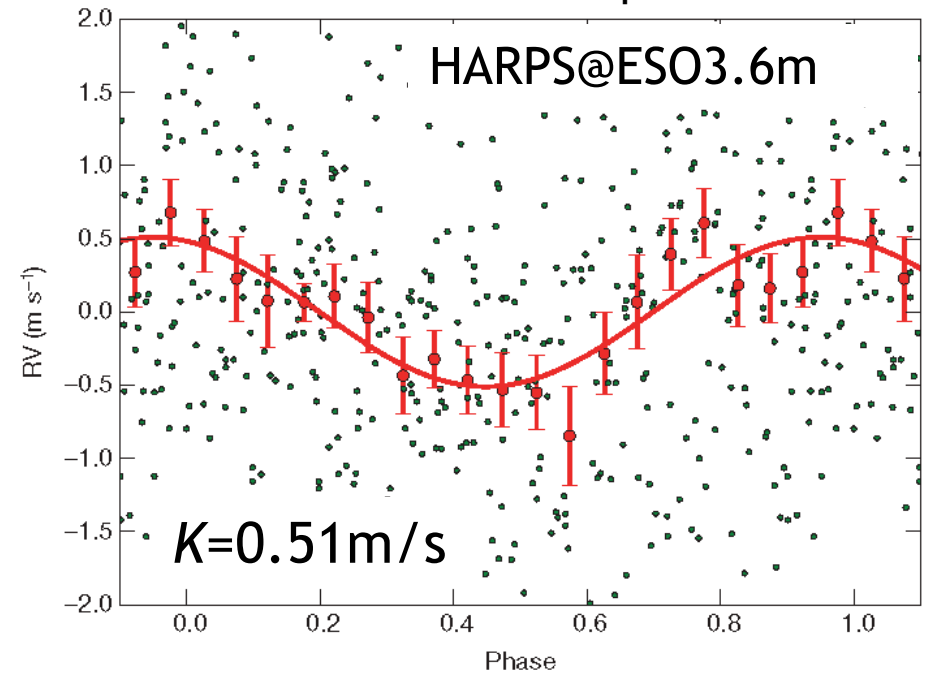
✓ 中心星 K1V, $0.9M_{\odot}$

✓ 惑星 $P=3.2d$, $M\sin i=1.13M_E$

□ 自転によるモジュレーション (周期 ~ 38 日)



Dumusque et al. 2012

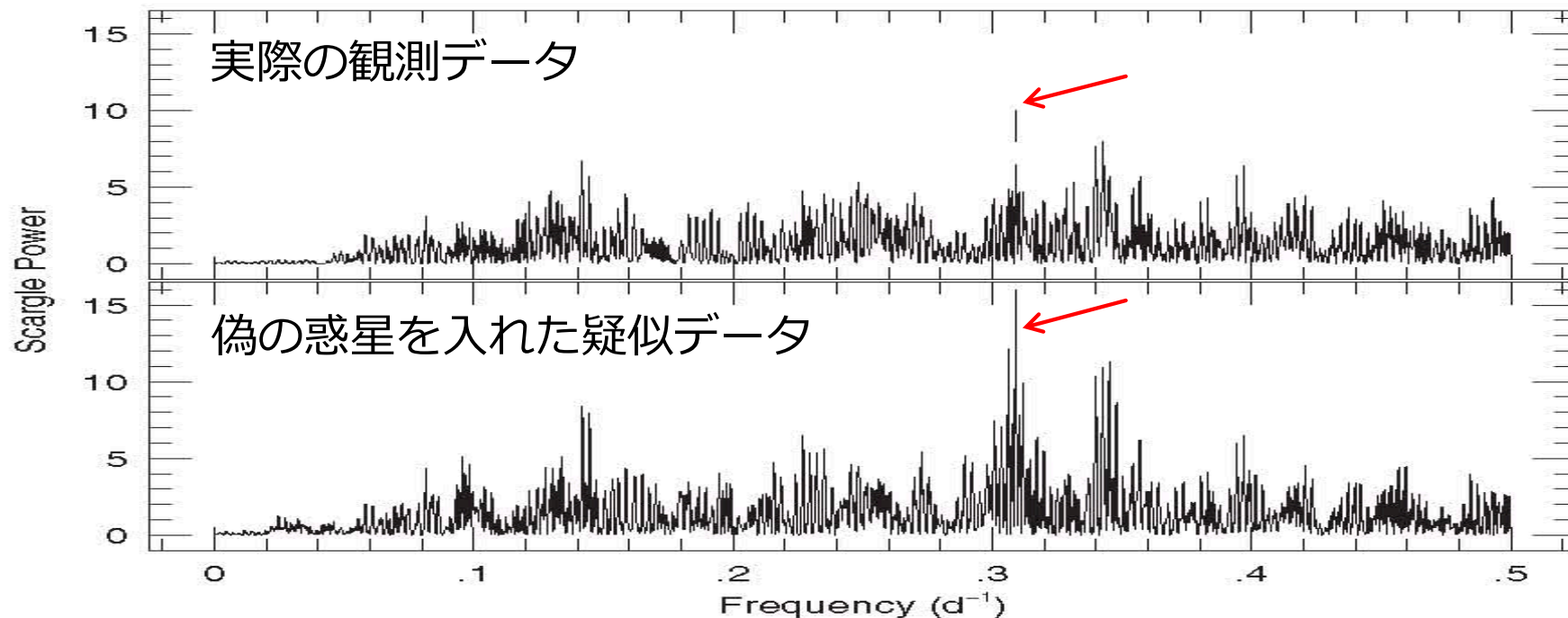
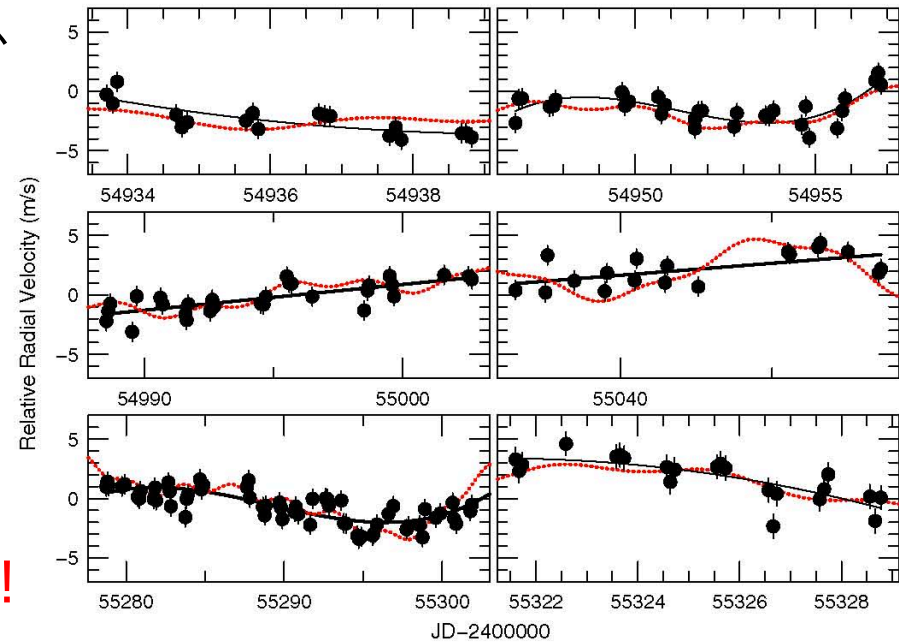


ローカルのトレンドの除き方を変えると、惑星の信号（3.2日周期）が弱くなる
（Hatzes 2013）

→惑星と結論づけるには時期尚早

恒星活動の様々な周期（分～年）に応じたデータを連続的に多数（～数百点）取得する必要あり

→中小口径（岡山188cm）望遠鏡！！



Some ongoing projects (other teams, north hemisphere)

- ▶ TNG 3.6m telescope (Europe)
 - ▶ Monitoring RV of ~50 stars within 18 pc
 - ▶ Old and inactive late-G to early-M type stars
- ▶ APF 2.4m telescope (USA)
 - ▶ Monitoring RV of ~50 stars within 25 pc
 - ▶ Old and inactive late-G to early-M type stars
- ▶ However, there are a variety of bright ($V < 6$) solar-type stars in solar neighborhood ($< 15\text{pc}$)
 - ▶ Younger ($< 2\text{Gyr}$) GK-type stars (e.g. ϵ Eri, β Com)
 - ▶ More massive F-type stars (e.g. α CMi; $1.4M_{\text{sun}}$)
 - ▶ etc.



Our targets

今後

- ▶ さらなる資金獲得努力
 - ▶ 向こう3年はある程度の見通しがあるが、安定運用には足りない
 - ▶ 今年度東工大から概算要求 => 不採択
 - ▶ 188cm望遠鏡の年間運用費 + 人件費 ~ 3000万円/年
- ▶ 具体的な運用体制の構築
 - ▶ 運用に必要な具体的な作業の洗い出し => 昨年12/11に観測所訪問企画実施
 - ▶ 観測装置ごとに運用グループを形成 => 昨日 (2/23) 議論
 - ▶ 具体的な (名前の入った) 人員配置、役割分担 => 昨日 (2/23) 議論
 - ▶ 運用方法、計画等を詰める
- ▶ 天文台、浅口市との協定

集まった資金と人員で最大限やれることをやるという方針
利用希望者の積極的な資金的・人的貢献、新しいアイデアを期待