

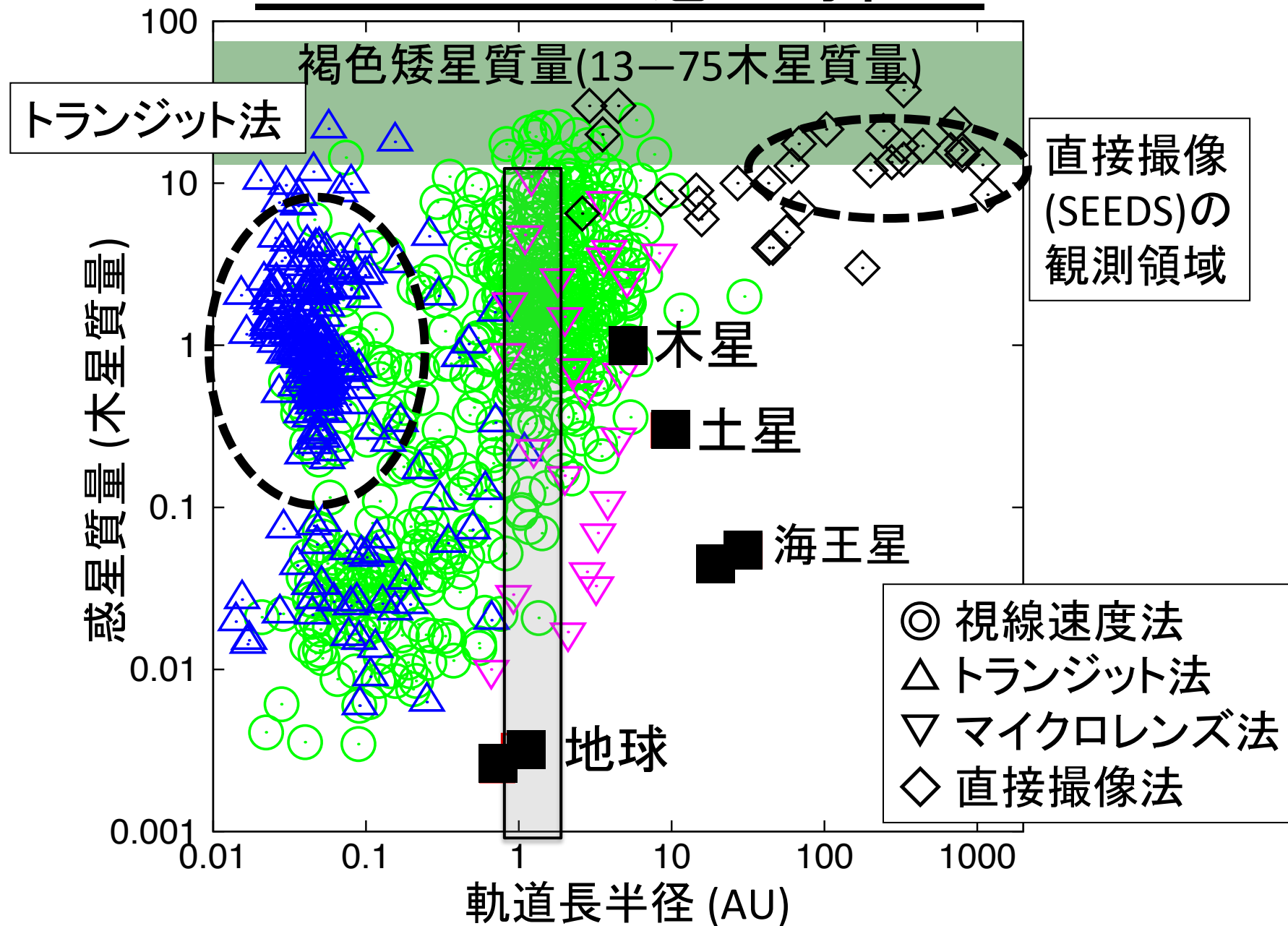
3.8m望遠鏡による 太陽系外惑星検出数の評価

山本広大 (京都大学)

2014/05/22

岡山3.8m新望遠鏡による
サイエンス・装置・運用ワークショップ

これまでの惑星探査



これまでの直接撮像惑星探査

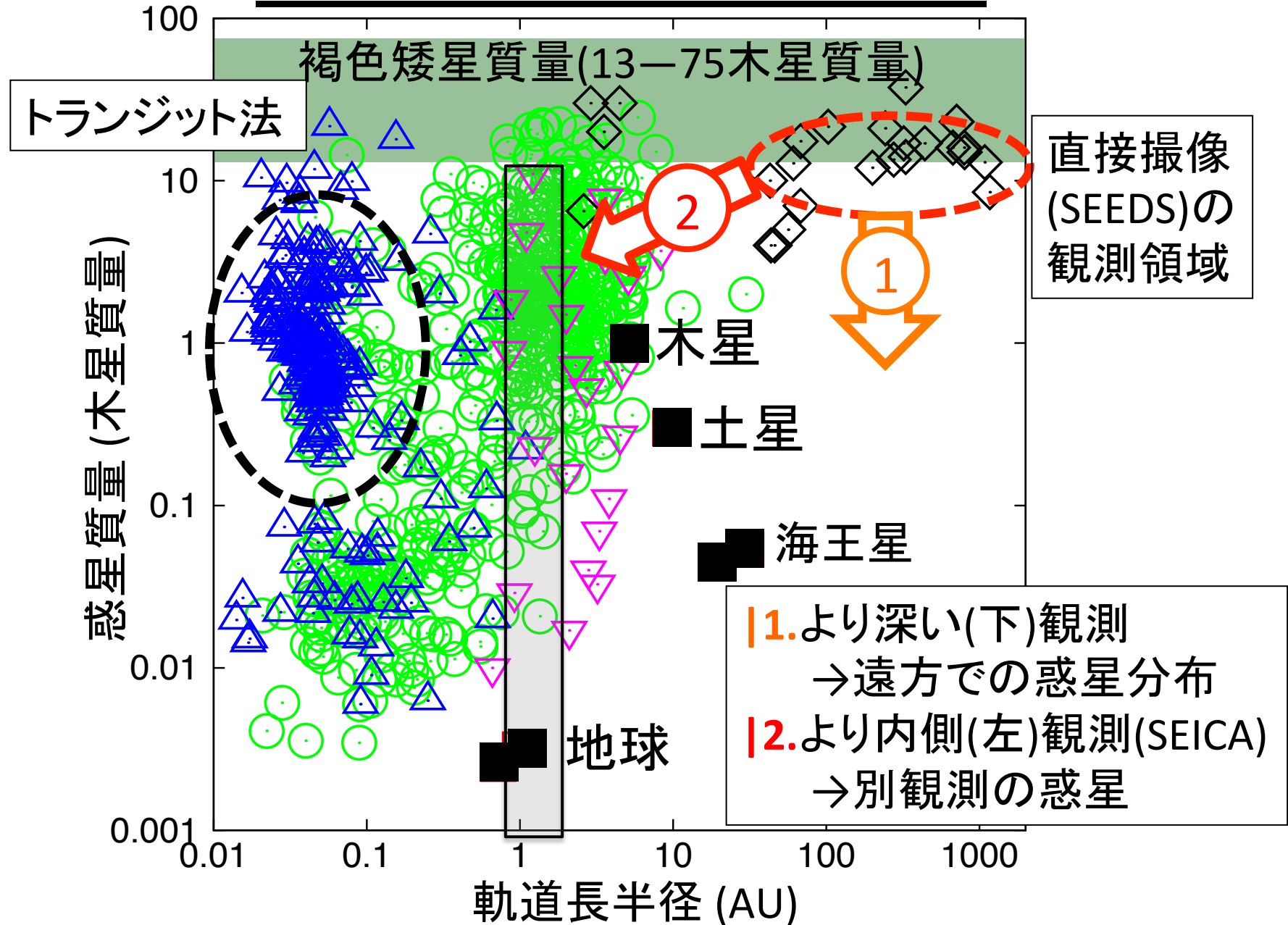
Reference	Telescope	Instr.	Mode	Filter	FoV ("×")	#	SpT	Age (Myr)	Chauvin+14
Chauvin et al. 2003	ESO3.6m	ADONIS	Cor-I	<i>H, K</i>	13 × 13	29	GKM	< 50	
Neuhäuser et al. 2003	NTT	Sharp	Sat-I	<i>K</i>	11 × 11	23	AFGKM	< 50	
	NTT	Sofi	Sat-I	<i>H</i>	13 × 13	10	AFGKM	< 50	
Lowrance et al. 2005	HST	NICMOS	Cor-I	<i>H</i>	19 × 19	45	AFGKM	10 – 600	
Masciadri et al. 2005	VLT	NaCo	Sat-I	<i>H, K</i>	14 × 14	28	KM	< 200	
Biller et al. 2007	VLT	NaCo	SDI	<i>H</i>	5 × 5	45	GKM	< 300	
	MMT		SDI	<i>H</i>	5 × 5	-	-	-	
Kasper et al. 2007	VLT	NaCo	Sat-I	<i>L'</i>	28 × 28	22	GKM	< 50	
Lafrenière et al. 2007	Gemini-N	NIRI	ADI	<i>H</i>	22 × 22	85		10-5000	
Apai et al. 2008 ^a	VLT	NaCo	SDI	<i>H</i>	3 × 3	8	FG	12-500	
Chauvin et al. 2010	VLT	NaCo	Cor-I	<i>H, K</i>	28 × 28	88	BAFGKM	< 100	
Heinze et al. 2010ab	MMT	Clio	ADI	<i>L', M</i>	15.5 × 12.4	54	FGK	100-5000	
Janson et al. 2011	Gemini-N	NIRI	ADI	<i>H, K</i>	22 × 22	15	BA	20-700	
Vigan et al. 2012	Gemini-N	NIRI	ADI	<i>H, K</i>	22 × 22	42	AF	10-400	
	VLT	NaCo	ADI	<i>H, K</i>	14 × 14	-	-	-	
Delorme et al. 2012	VLT	NaCo	ADI	<i>L'</i>	28 × 28	16	M	< 200	
Rameau et al. 2013c	VLT	NaCo	ADI	<i>L'</i>	28 × 28	59	AF	< 200	
Yamamoto et al. 2013	Subaru	HiCIAO	ADI	<i>H, K</i>	20 × 20	20	FG	125 ± 8	
Biller et al. 2013	Gemini-S	NICI	Cor-ASDI	<i>H</i>	18 × 18	80	BAFGKM	< 200	
Brandt et al. 2013 ^b	Subaru	HiCIAO	ADI	<i>H</i>	20 × 20	63	AFGKM	< 500	
Nielsen et al. 2013	Gemini-S	NICI	Cor-ASDI	<i>H</i>	18 × 18	70	BA	50-500	
Wahhaj et al. 2013 ^a	Gemini-S	NICI	Cor-ASDI	<i>H</i>	18 × 18	57	AFGKM	< 100	
Janson et al. 2013 ^a	Subaru	HiCIAO	ADI	<i>H</i>	20 × 20	50	AFGKM	< 1000	

23の大規模サーベイで延べ909個(重複あり)の恒星を観測して

Fomalhaut b, HR8799 bcde, β Pic b,

κ And b, HD 95086 b, GJ 504 bぐらいの検出例。~1%程度

これからの惑星探査



1. より深い直接撮像惑星探査

～より深い(～ $1M_J$)撮像での**新発見**を目指す～
狙い

- 他手法(RV, トランジット)で**惑星が発見されている恒星にさらに惑星が存在する?**

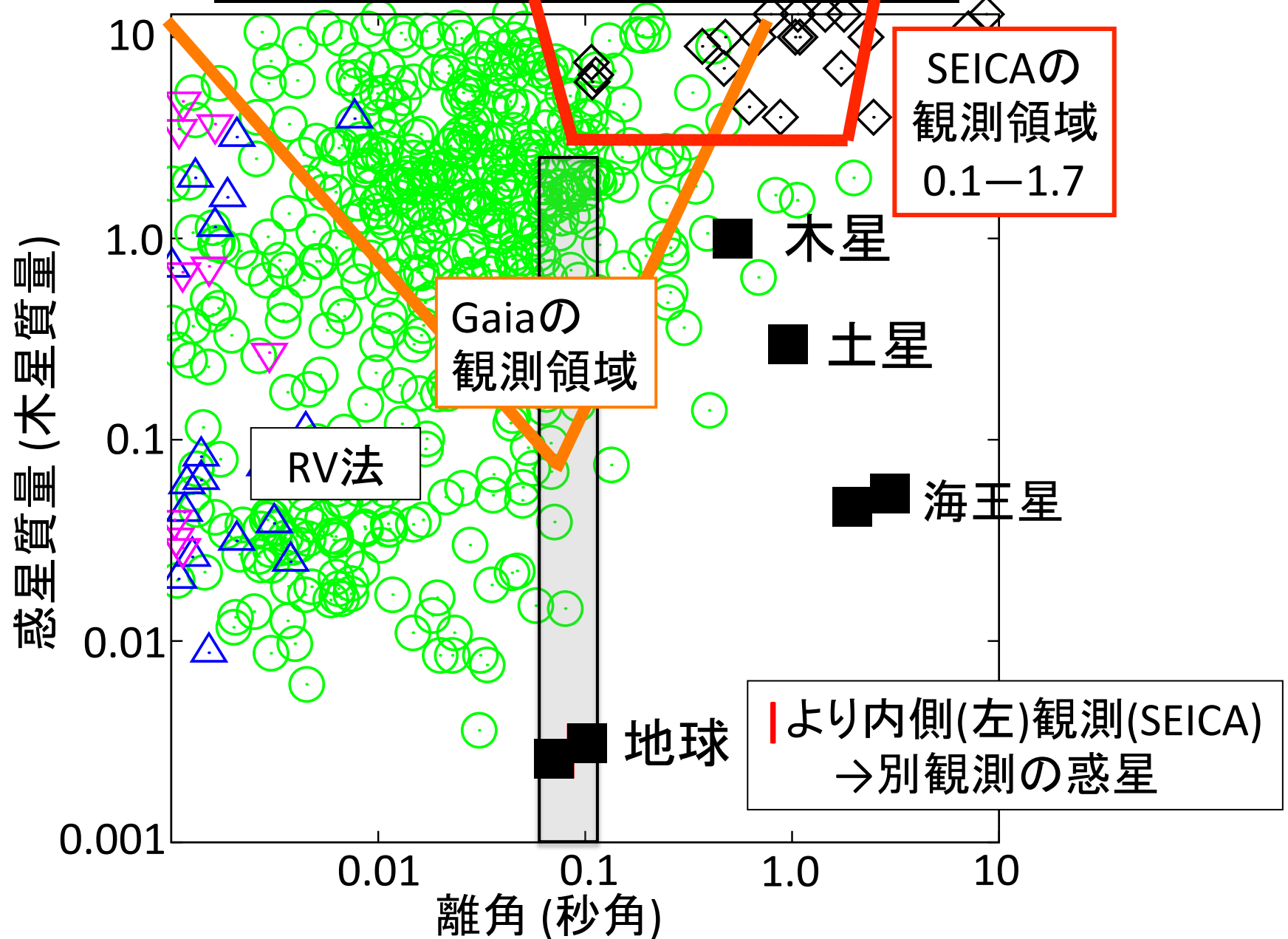
- planet-planet scatter, free-floating planet capture, etc.....

しかし

– 先行観測から5–100AUの惑星の存在頻度は**上限～10%**。

新規装置で大規模サーベイをする理由は.....

これからの惑星探査



なにを狙うのか？

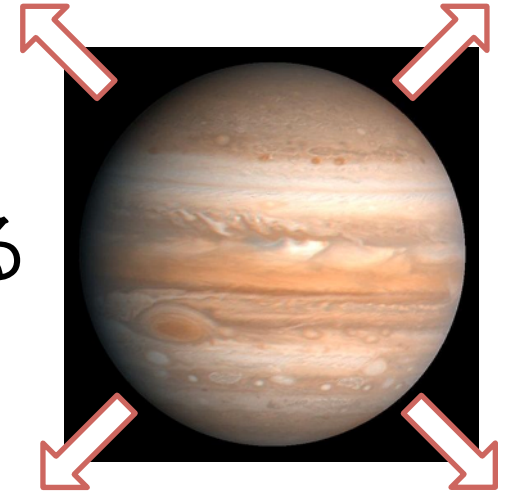
他観測で存在と質量が分かっている惑星

- 惑星熱放射

- 従来：光度→[モデル]→質量

- 我々：質量、光度が別々に測定出来る

- モデルの検証



- 惑星(大気)反射光

- (直接撮像では)検出されていない

- 熱放射と違い惑星の温度に依存しない。

さらに.....

- 惑星の光度変動

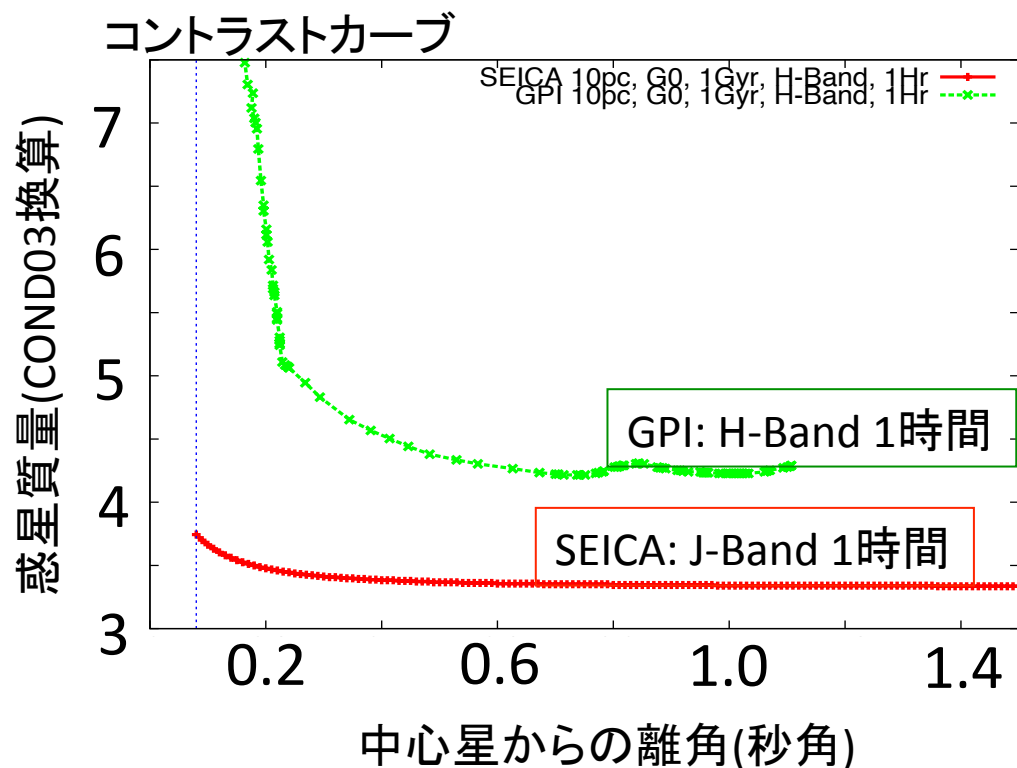
- 雲の有無、自転周期 etc...

どれくらい惑星を
検出出来るのか？

2. より内側の惑星探査(SEICAとGPI)

直接撮像で新たに発見される惑星検出数の見積

1. SEICAとGPIの(目標)性能: コントラストカーブ
2. RV観測(Cumming+08)での惑星分布
3. 同じくRV観測による1-5AU, 2-13M_J惑星の存在量: ~3.2%



惑星の分布

年齢	1Gyr
距離	10pc
惑星質量範囲	2-13M _J
惑星質量分布	$\propto M_p^{-1.3}$
軌道長半径範囲	1-5 AU
軌道長半径分布	$\propto a^{-0.6}$
離心率分布	$\propto e \exp(-(e/0.3)^2/2)$

	検出効率	期待値 (100回観測)
GPI	24.6 %	0.76個
SEICA	47.5 %	1.47個

2. より内側の惑星探査(熱放射)

他観測で質量が分かっている天体を観測！！！！

- RV法で検出された惑星の熱放射

- | | |
|-------------------------|-------|
| 1. カタログ(exoplanet ency) | 1781個 |
| 2. RV観測 | 554個 |
| 3. 惑星の離角が $0''.1-1''.7$ | 55個 |
| 4. Dec $>-25^\circ$ | 32個 |
| 5. 5時間の観測で検出可能な惑星 | 5個 |

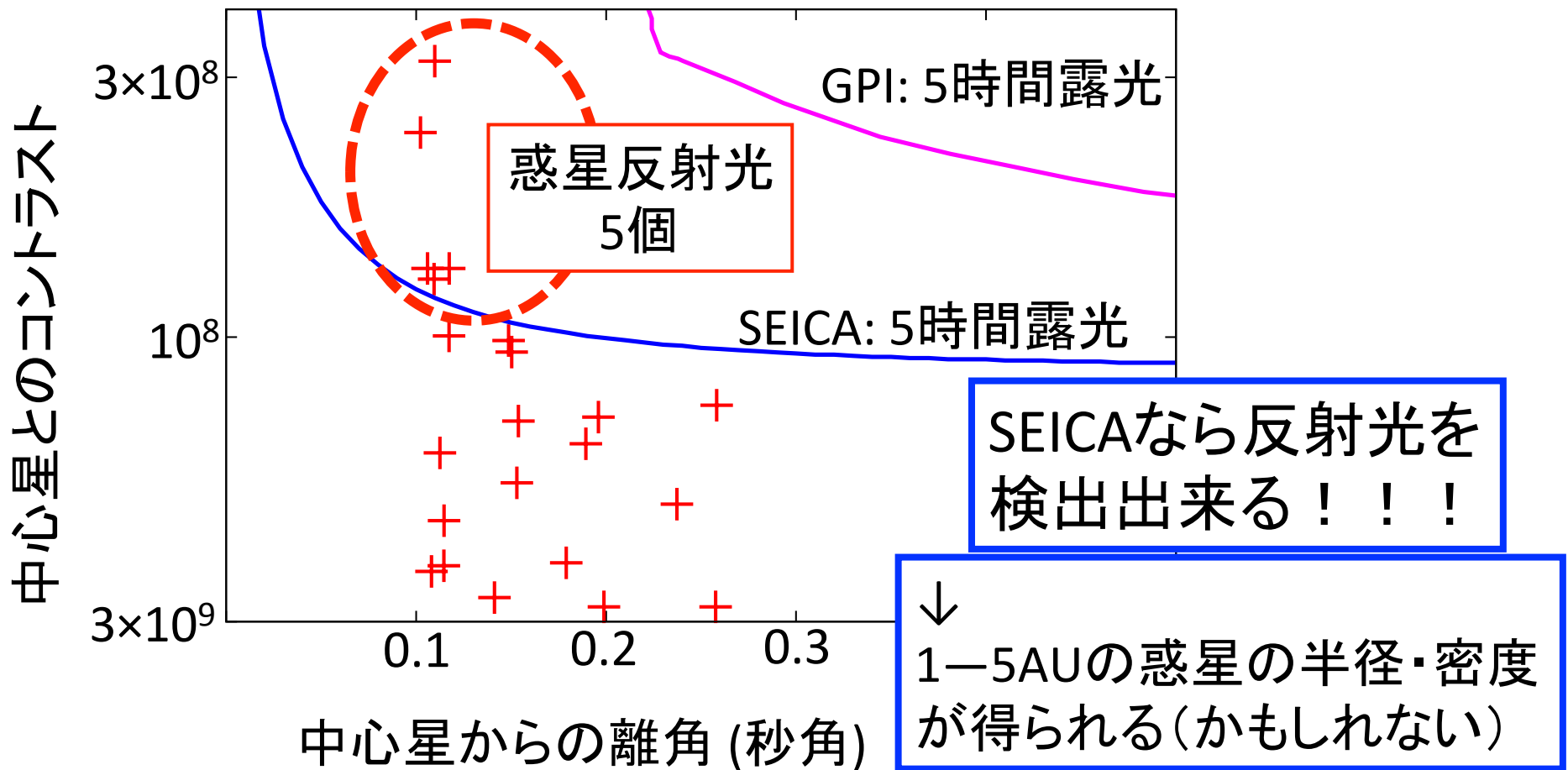


- アstrometri法(Gaia)で期待される惑星数

- 全天で50pc以内、1-4AUに1-13 M_J が1400個
- 質量・軌道長半径分布が視線速度と同じとしたとき、
検出可能な数 ~ 30 個

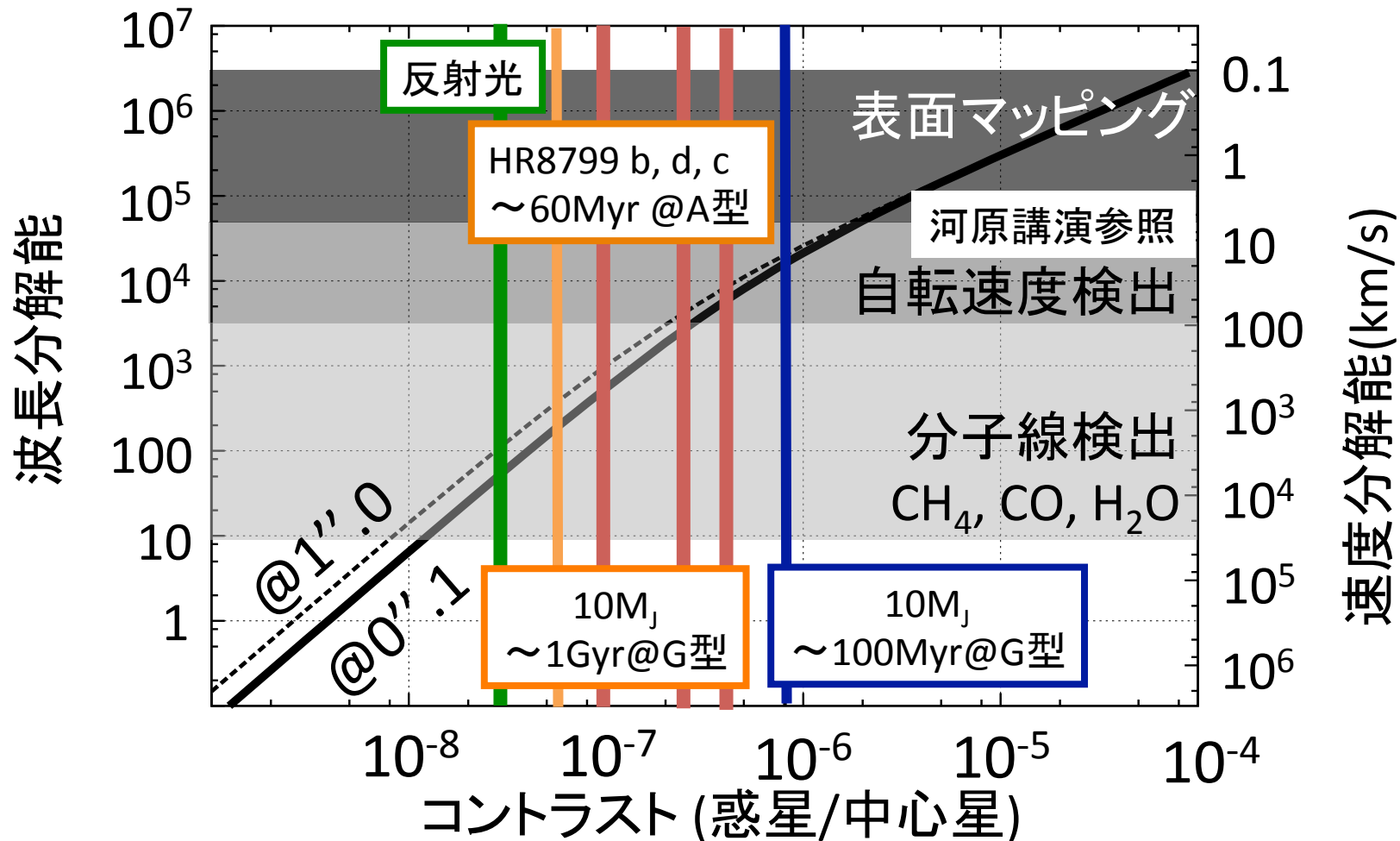
より内側の惑星探査(大気反射光)

- 反射光は $I_P = I_* p \phi(\alpha) \left(\frac{r_P}{a}\right)^2$ でアルベド p , **惑星半径 r_P** 、軌道長半径 a だけに依存。



さらに進んで分光

- 高コントラストなので分光装置を搭載したとき
分子線検出、自転速度検出が狙える！！



まとめ

- SEICAをサーベイに使用→1.7個(100天体観測)
- SEICAで他観測で発見された惑星を観測
→40 (5+5+30)個
- SEICAを「新惑星検出」に使うより、既出惑星の「新たな物理量観測」に用いるべき。
- 熱放射検出：光度モデル検証、惑星の表層環境検出etc...
- 反射光検出：惑星の表層環境、惑星半径etc....
- 分光観測：分子線検出、自転速度検出etc....