



Status Report of the SEEDS Project

Subaru UM

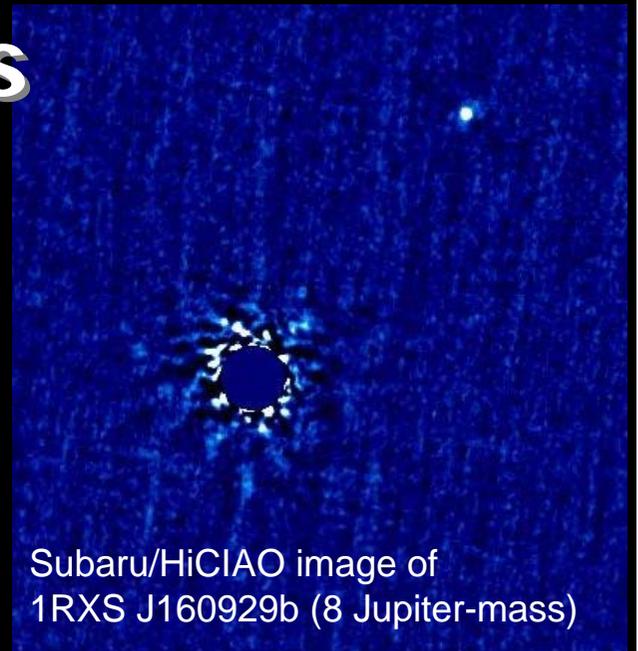
2010.1.15 9:40-10:00 (20 min)

M. Tamura / HiCIAO+A0188+SEEDS team
National Astronomical Observatory of Japan

Talk Outline: SEEDS

1. Performance Verification passed on 2009 Oct 1
2. First SEEDS run started on Oct 30
3. First discovery: planets
4. First discovery: disks
5. Other status

*See also poster by Frantz
for SCEXA0*



Subaru/HiCIAO image of
1RXS J160929b (8 Jupiter-mass)

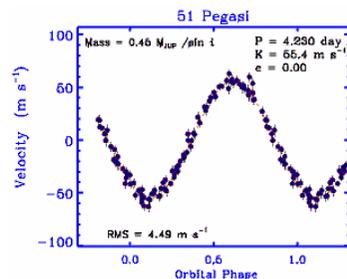
Exoplanet Detection Methods

間接観測法

惑星からの光を直接見ているわけではない

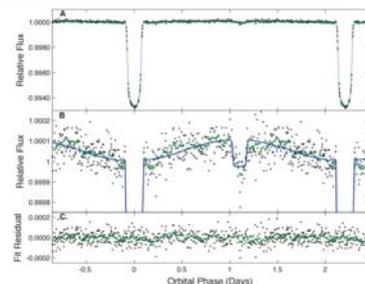
ドップラー法

惑星の公転運動による
恒星の**速度ふらつき**を
分光観測により検出



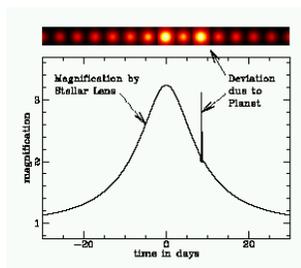
トランジット法

惑星が恒星の前面を
通過する際の**明るさの**
変化を検出



マイクロレンズ法

惑星を伴う恒星が背景の
恒星の近くを通過する際
の重力レンズ効果による
明るさの変化を検出



アストロメトリ法

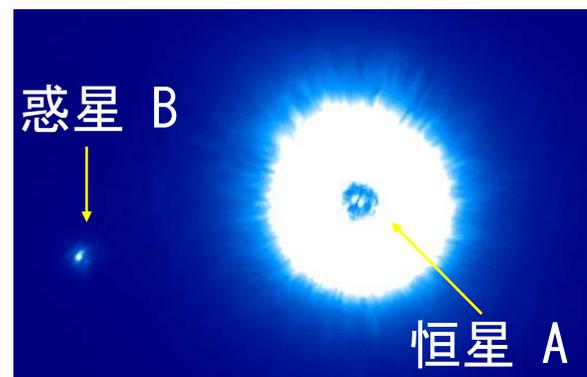
惑星の公転運動による
恒星の**位置ふらつき**を検出



直接観測法

惑星と恒星を見分けて撮像する

直接撮像法

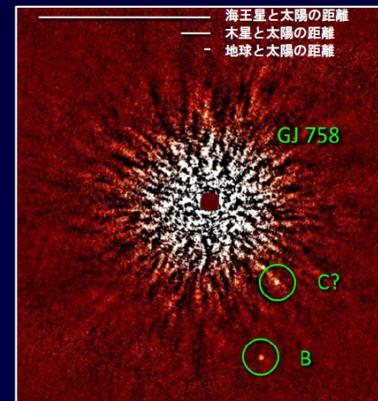
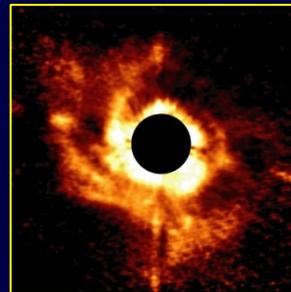
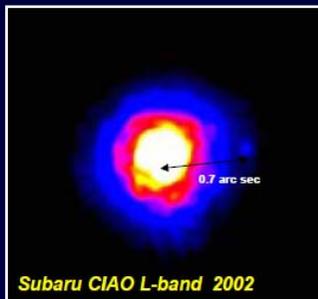


- 高解像度観測により、
恒星と惑星を見分けて撮像する。
- 惑星からの放射を検出・撮像。
- 恒星も惑星も点状天体として写る。
- 究極の惑星観測法。

系外惑星候補数は400個を超えた

SEEDS – Subaru Strategic Exploration of Exoplanets and Disks with HiCIAO/AO188

- First "Subaru Strategic Observations"
- 120 nights in 5 years on Subaru
- Direct imaging and census of giant planets around solar-type stars in the outer regions (a few - 40 AU)
- Exploring protoplanetary disks and debris disks for origin of their diversity and evolution at the same radial regions
- Direct linking between planets and protoplanetary disks

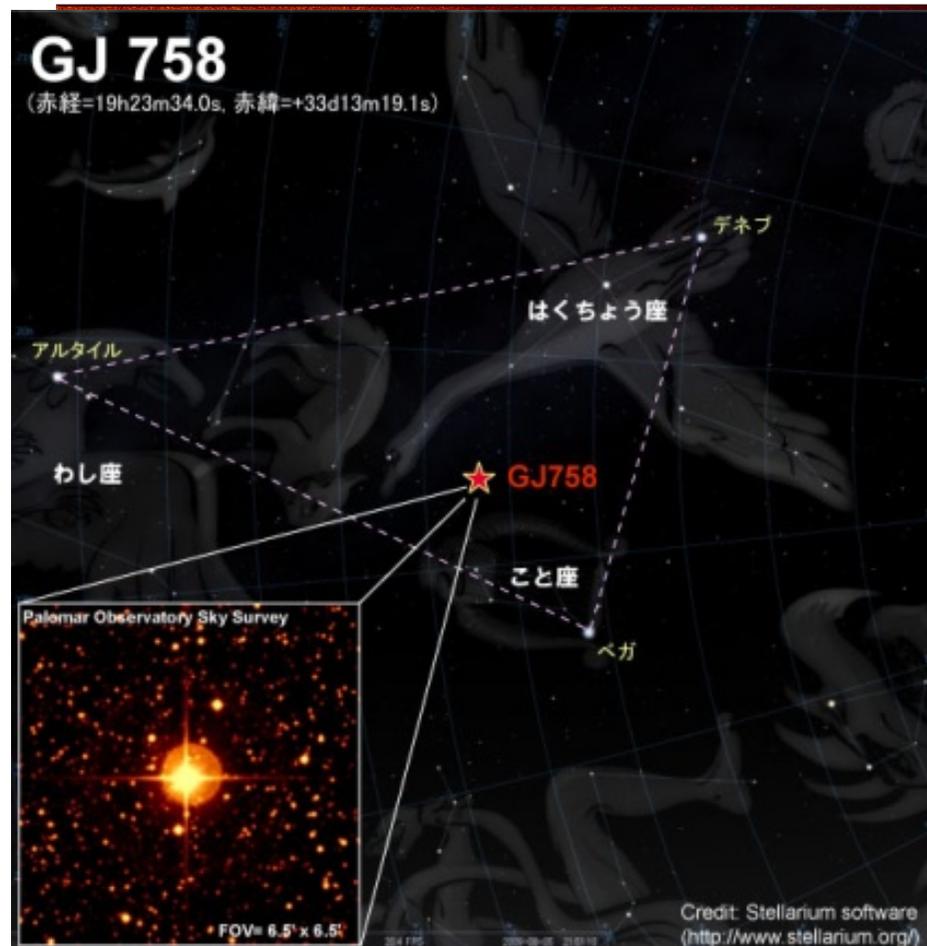


disk data shown later

世界初、太陽型の星をめぐる 惑星候補を撮像

- 距離：15.5 pc
- G9型恒星
 - 可視光で6等星
 - 質量：0.97太陽質量
- 過去のドップラー法では惑星は未検出
- 年齢
 - フィールド星では正確な見積りが難しい
 - ベストの見積り：7億年 (Takeda et al. 2007; isochrone)
 - 最大では87億年 (だが自転から求めた年齢は不定性が大きい可能性大)

中心付近の白黒の斑点は除去しきれないノイズ
(スペckルノイズ)

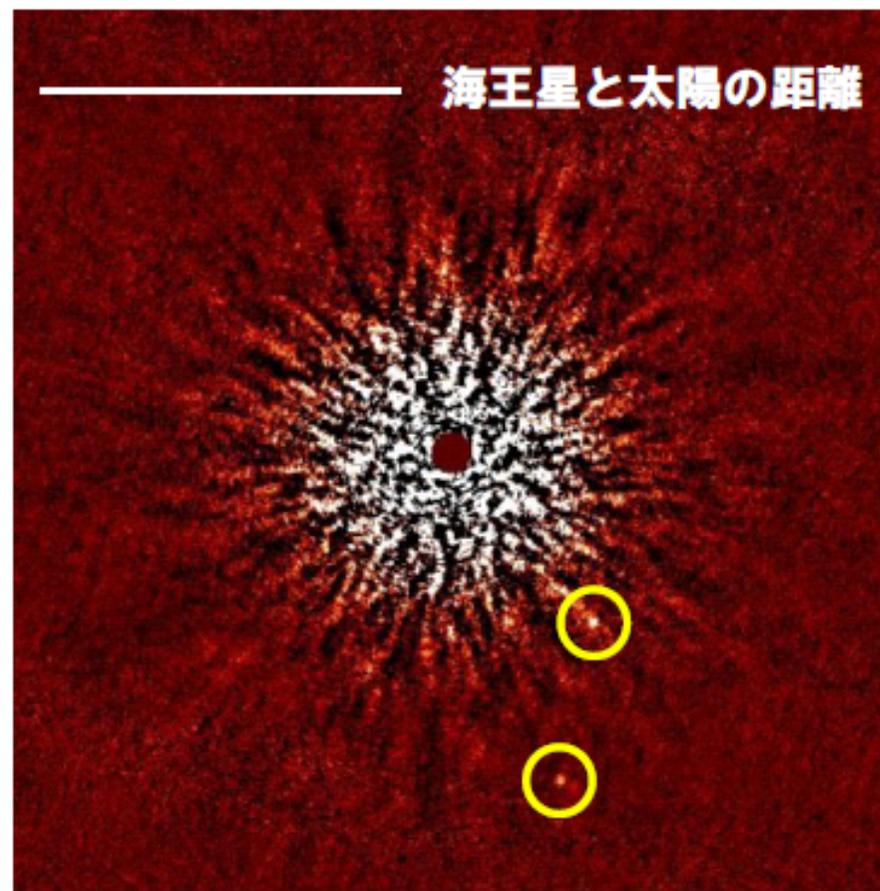


惑星の放つ熱が波長1.6ミクロンの
赤外線として見えている (反射光ではない)
Thalmann et al. 2009

世界初、太陽型の星をめぐる惑星候補を撮像

- 距離：15.5 pc
- G9型恒星
 - 可視光で6等星
 - 質量：0.97太陽質量
- 過去のドップラー法では惑星は未検出
- 年齢
 - フィールド星では正確な見積りが難しい
 - ベストの見積り：7億年 (Takeda et al. 2007; isochrone)
 - 最大では87億年（だが自転から求めた年齢は不定性が大きい可能性大）

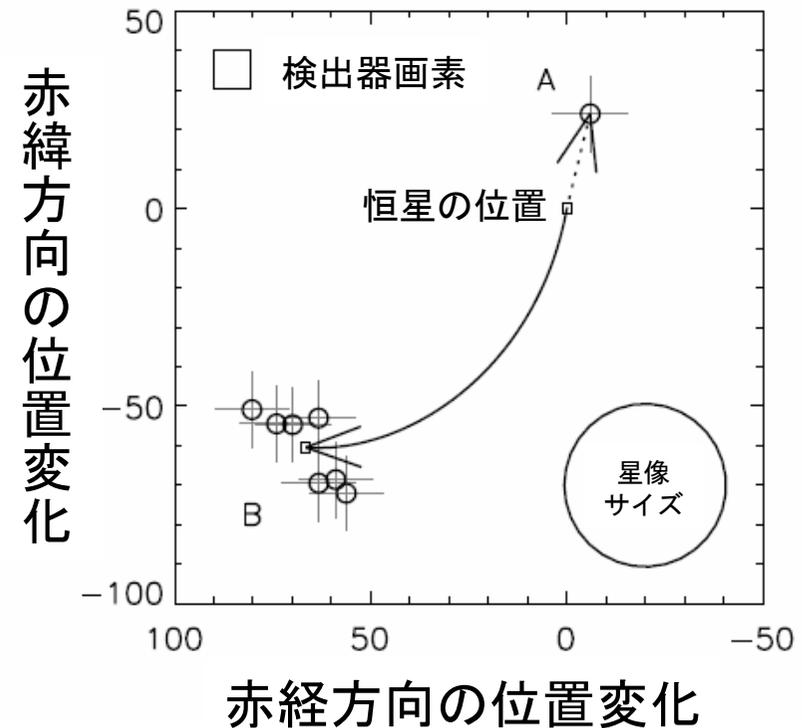
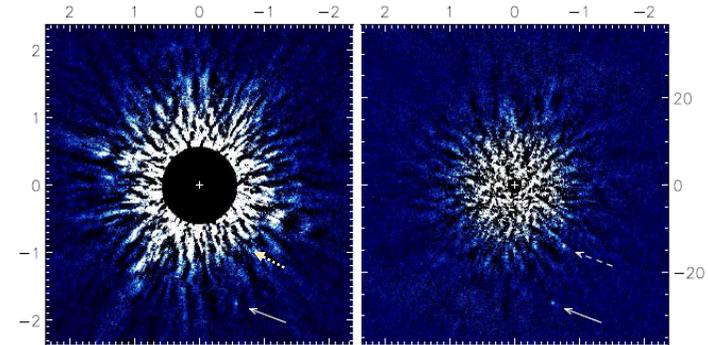
中心付近の白黒の斑点は除去しきれないノイズ
(スペckルノイズ)



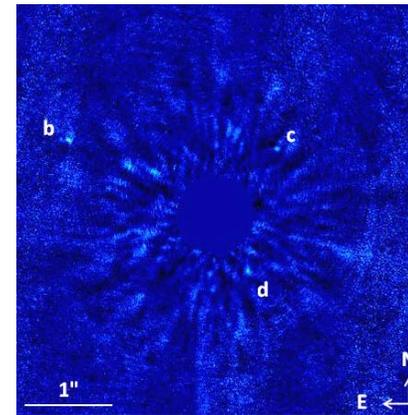
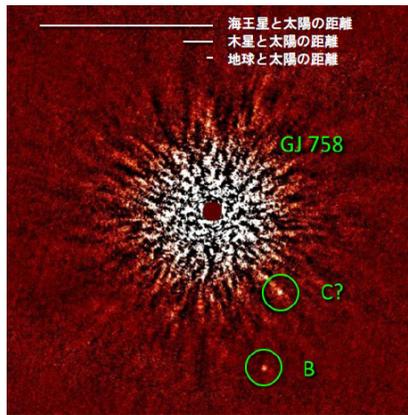
惑星の放つ熱が波長1.6ミクロンの赤外線として見えている（反射光ではない）
Thalmann et al. 2009

なぜ惑星と言えるか？

- 明確に背景星ではない
 - 3ヶ月間でも有意な視差（0.1秒角程度）
 - 視野内の7つの星（背景星）と明確に異なる位置変動を示す
 - 主星と同じ位置関係
 - 軌道の議論は、 1σ （右図矢印）なので割愛
 - 要、今後数年の軌道運動の観測



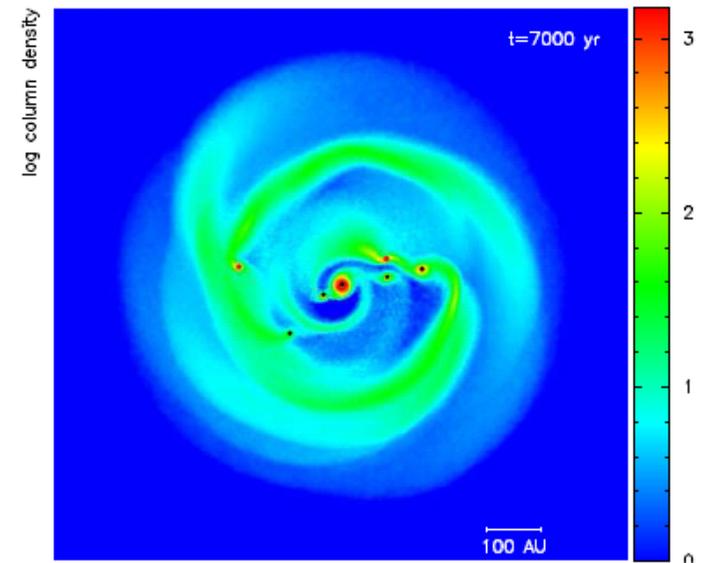
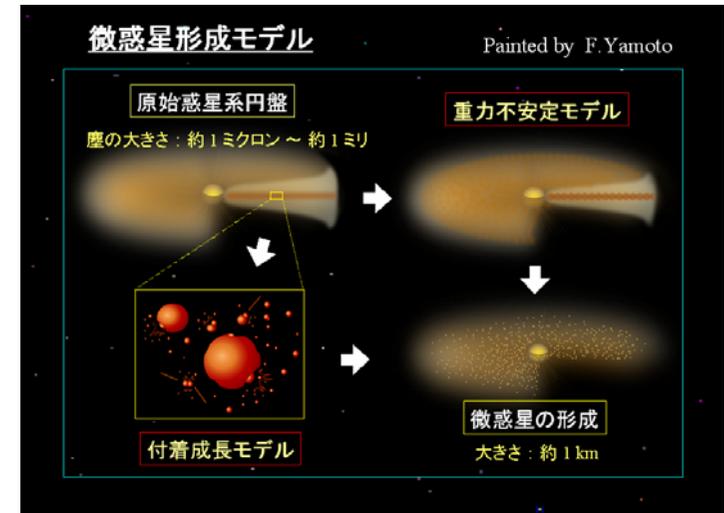
直接観測：G型星 vs. A型星



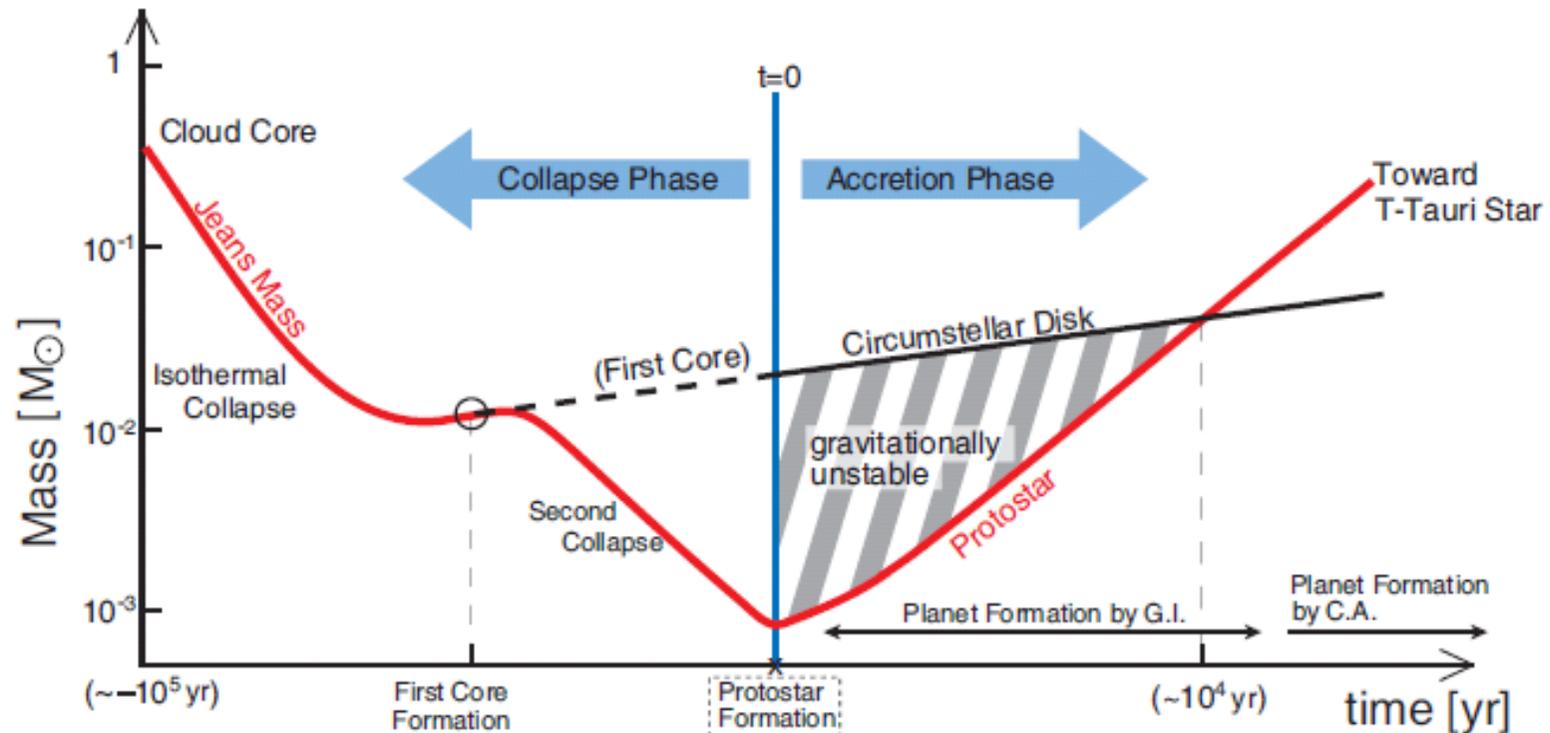
GJ758		HR8799	
距離	50光年	距離	130光年
年齢	7億年	年齢	6千万年
A 主星	0.97太陽質量（太陽型, G型）	A 主星	1.5太陽質量（A型）
伴星	質量（木星質量単位） 主星からの見かけの距離（天文単位）	伴星	質量（木星質量単位） 主星からの見かけの距離（天文単位）
B	10 木星質量（最大値：40） 29 AU	B	7 木星質量（最大値：36） 68 AU
C	12 木星質量（最大値：47） 18 AU	C	10 木星質量（最大値：50） 38 AU
-	主星は異なるが、どちらも太陽系サイズで言う「遠くにある巨大惑星」	D	10 木星質量（最大値：50） 24 AU

どのように形成された惑星か？

- 標準モデル（コア集積モデル）
 - 土星距離程度の巨大惑星の形成は可能
 - 天王星以遠にあるGJ758BとCの説明には、距離が大きすぎる
- 重力不安定性モデル
 - 比較的遠方でも巨大惑星形成は可能
 - しかし、仮定する円盤モデルが特殊ではないか？
- 惑星散乱
 - 複数の惑星が存在していれば惑星同士の相互作用が起こる？



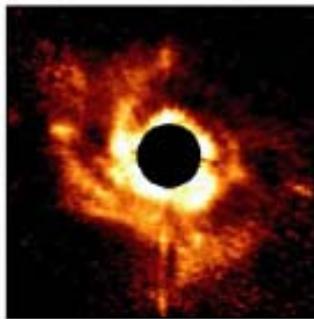
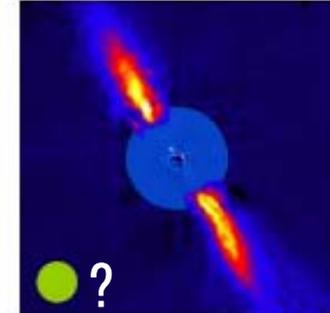
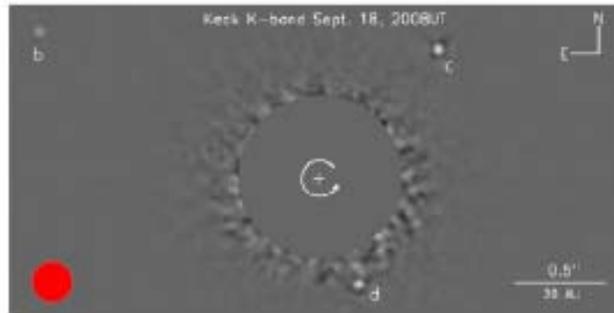
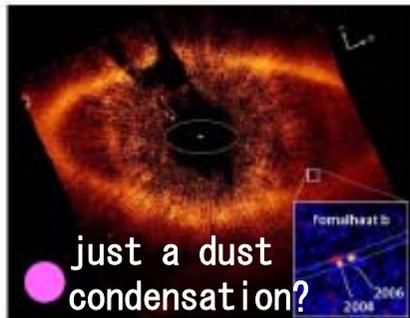
ハイブリッドモデル



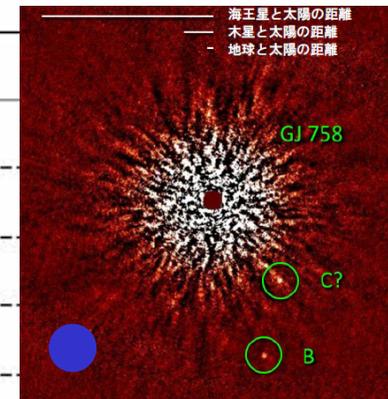
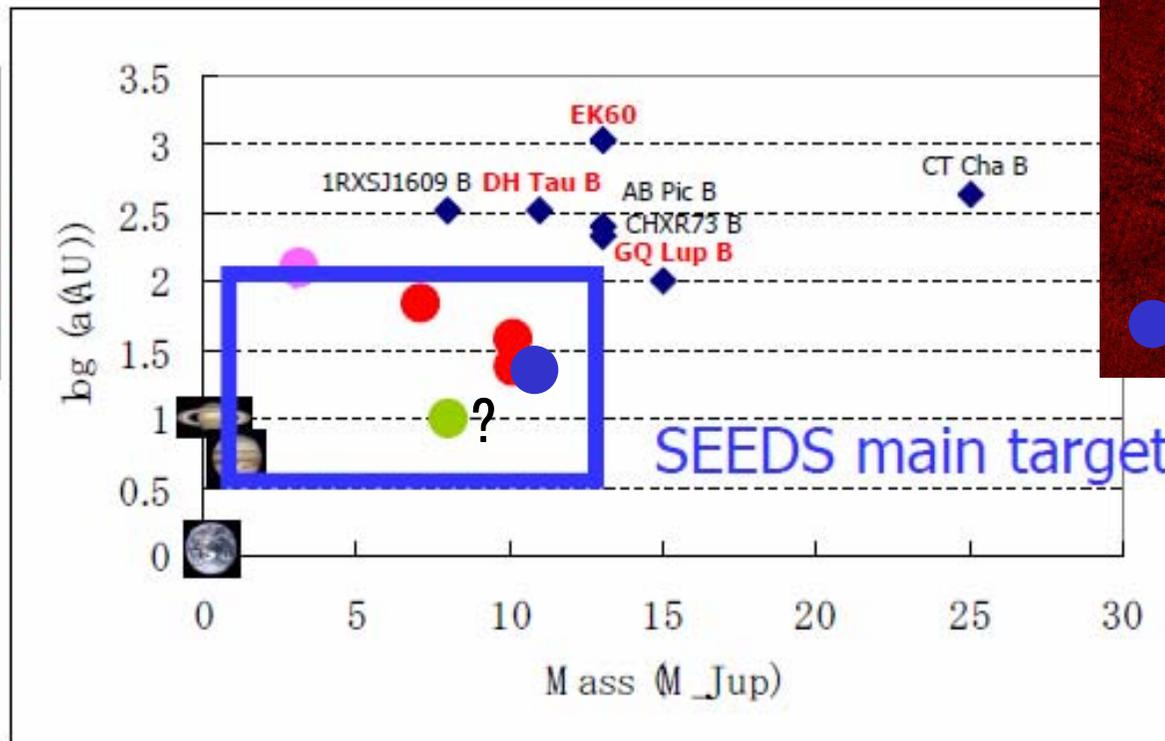
- 現実的な分子雲の収縮からの計算
- 惑星形成のごく初期に重力不安定性による惑星形成が、主星から離れた領域で起こりうる

Inutsuka, Machida, Matsumoto 2009

SEEDS – Subaru Strategic Exploration of Exoplanets and Disks with HiCIAO/AO188

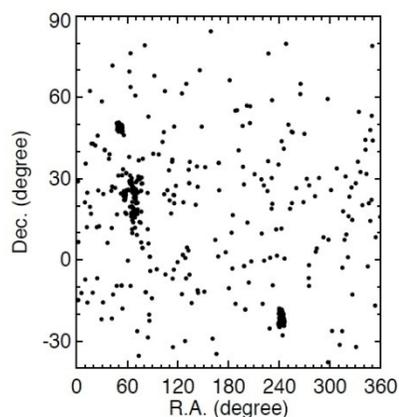


A star PP disk forming such "planets"?

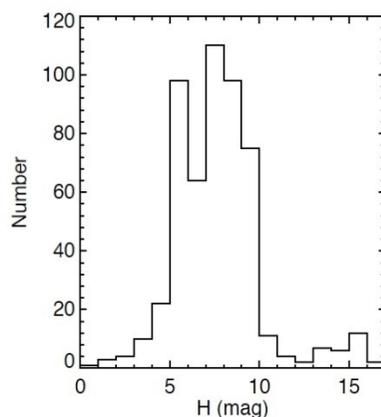


SEEDS Target Summary as of Jan 09

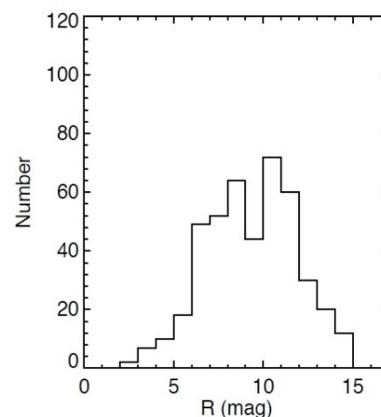
Category	Planet searches (in methane SDI/ADI mode)			Disk Searches (in PDI mode)		Total number
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	
	SFR YSOs	Open cluster & Moving Group	Nearby stars & WDs	Protoplanetary disks	Debris disks	
Number	90	100	140+37	130	70	567
Distance	~140 pc	<125 pc	<30 pc	~140 pc	<130 pc	
Age	1-10 Myr	10~100 Myr	100 Myr - 1 Gyr	1-10 Myr	5 Myr - 6 Gyr	
Comment	Tau/Sco	UPleiades/ several MGs	subcategory	TTS/HAeBE/ polarized sources	SST/AKARI sample	



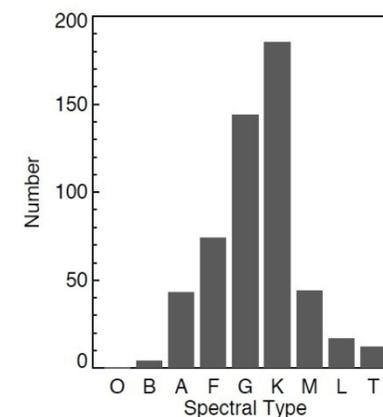
RA-DEC



H-mag



R-mag



Sp-Type

Runs Summary

- **Observation logs**

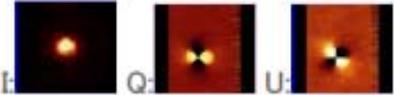
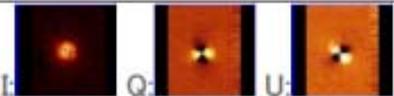
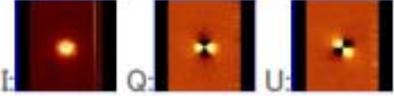
Target category	1 st run 10/30–11/1	2 nd run 12/22–25
Observable nights	2* of 3	4 of 4
YSO	5 (3)	10 (8)
OC	3	5 (4)
NS	6	8
MG	2	4
DD	2	2

NOTES

- independent target number (different band or mode)
- *: ~1 time loss by pointing trouble (and cirrus)

Quick Look Images & How to open data

SEEDS Quick Look and data Request

Young Stellar Object						
	Thumbnail	Object Name	Obs. date (HST)	mode/band	Exp. time	LoI/QL
<input type="checkbox"/>		AB Aur	2009 Oct. 30	PDI / H	20 min	LoI: J. Hashimoto, M. Fukagawa QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		AB Aur	2009 Oct. 31	PDI / J	20 min	LoI: M. Fukagawa QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		AB Aur	2009 Oct. 31	PDI / K	8 min	LoI: M. Fukagawa QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		DL Tau	2009 Nov. 1	PDI / H	22 min.	QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		DM Tau	2009 Nov. 1	PDI / H	32 min.	QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		DN Tau	2009 Dec. 22	PDI+ADI / H	— min.	QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		AA Tau	2009 Dec. 22	PDI / H	— min.	QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		DM Tau	2009 Dec. 23	PDI+ADI / H	— min.	QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		UX Tau	2009 Dec. 23	PDI / H	— min.	QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		GO Tau	2009 Dec. 24	PDI+ADI / H	— min.	QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		AB Aur	2009 Dec. 24	PDI+ADI / H	— min.	QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		AB Aur	2009 Dec. 24	PDI / H	— min.	QL: T. Kudo
<input type="checkbox"/>		DK Tau	2009 Dec. 24	PDI / H	— min.	QL: T. Kudo

Schedule, Rules, etc.

- **Schedule**
 - Till S10A: Jan 22–24, Feb 26–28, Apr 19–22, Jun (2–4)*1 + (5–8)*0.5
 - Then 12 nights per semester
- **SEEDS Rule Book**
 - Membership
 - How to conduct observations
 - Data access & archive
 - Publications
 - Follow-up
- **International collaborations**

Summary

- 既に装置性能検査の過程で、**太陽型**恒星をめぐ
る惑星候補を**世界で初めて撮像により発見**した。
主星は似ているが、**我々の太陽系とは異なる惑
星系**の存在が示された。
- **原始惑星系円盤**で、偏光観測から太陽系サイズ
の微小構造が見えてきており、上記の系外惑星
と円盤とが同じ主星からの距離で初めて議論で
きつつある。⇒まさに、SEEDSの目論見の手始め。
- 今後5年間で、同様の観測を継続することにより、
太陽系が普遍的かどうかについて、「**見て**」**誰
もがわかる**ように示すことができるだろう。
当面、**すばるの独壇場**と期待している。