

直接撮像アーカイブデータによる太陽系外惑星探査

大阪大学 理学研究科 宇宙地球科学専攻 芝井研究室 桑田 嘉大

惑星検出の現状

惑星検出実績 (2010年7月現在)

「The Extrasolar Planets Encyclopaedia」 (<http://exoplanet.eu/>)

方法	利点	問題点
間接検出法	多くの検出実績	検出可能領域に制限 (短周期、大質量ほど発見しやすい)
直接撮像法	惑星の存在の確定 恒星から離れた領域での惑星探査	検出実績が少ない 恒星に近い領域では惑星探査できない

方法名	恒星数	惑星数	質量 (木星質量)	軌道長半径 (AU)
視線速度法	378	442	0.006 ~ 25	0.014 ~ 12
トランジット法	91	91	0.015 ~ 22	0.014 ~ 0.45
重力レンズ法	9	10	0.01 ~ 3.5	0.62 ~ 5.1
パルサータイミング法	5	8	$7 \times 10^{-7} \sim 19$	0.19 ~ 23
直接撮像法	11	13	3 ~ 22	4.5 ~ 670

目的

- 直接撮像法による太陽系外惑星発見実績の向上
- 系外惑星探査の結果を用いて惑星の存在確率について統計的に議論
- 惑星形成理論に対する観測的制限 (質量、軌道長半径)

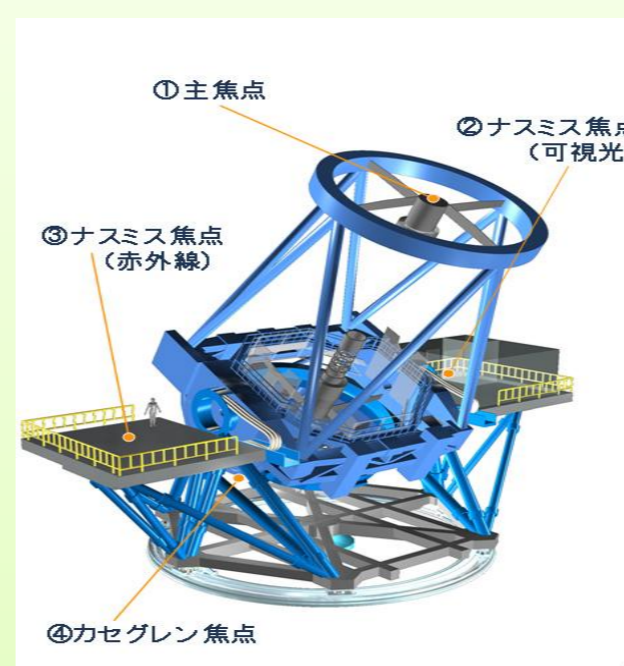
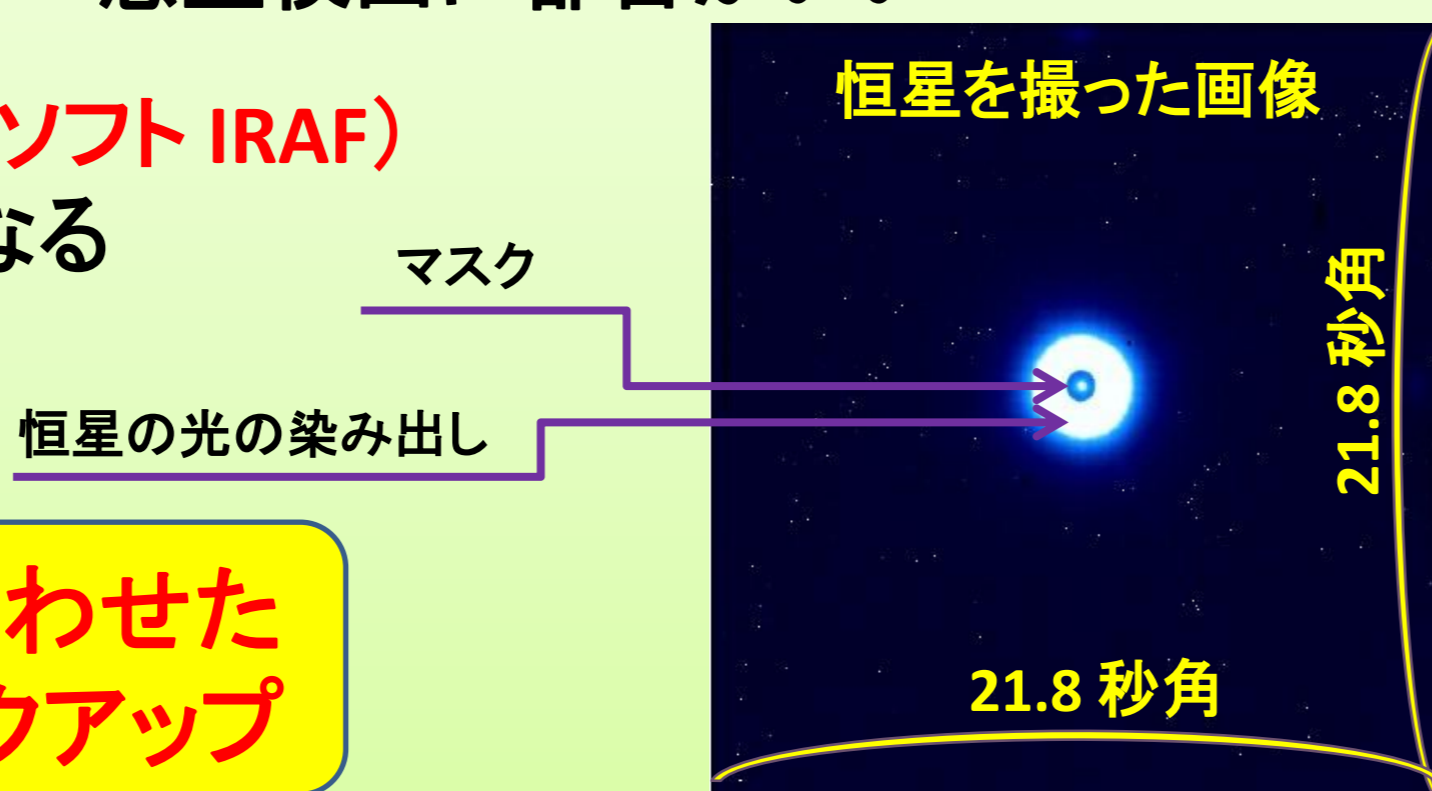
方法

アーカイブデータの取得 (SMOKA)

- すばる望遠鏡にて過去に観測された天体の画像を使用
- 近赤外線コロナグラフ撮像装置CIAO -> 惑星検出に都合がいい

点光源の検出を目的とした解析 (画像解析ソフト IRAF)

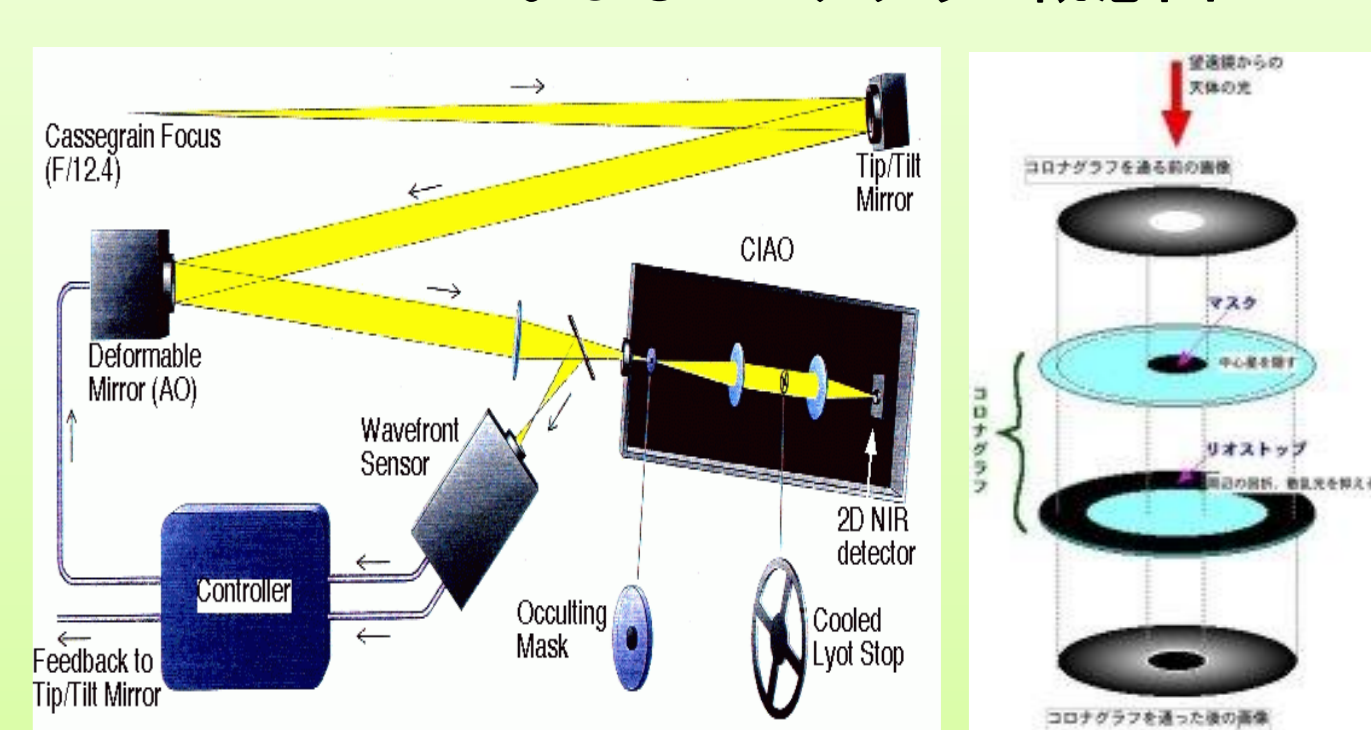
- 恒星の光のみを取り除くことが必要となる
- 既存の解析法が存在する



すばる望遠鏡外観図

口径8.2 m
リッチークレチアン光学式反射望遠鏡
CIAOはカセグレン焦点を使用

CIAOおよびコロナグラフ概念図



観測波長とsensitivity

Filter	Wavelength (um)		Sensitivity (5sig 1hr)	
	Centre	Width	mag	mag / arcsec ²
J	1.25	0.16	23.4	19.4
H	1.65	0.3	22.1	18.1
Ks	2.15	0.35	22	18
K	2.2	0.34	21.9	17.9
L'	3.77	0.7	16.5	12.5
M'	4.68	0.24	12.7	8.7

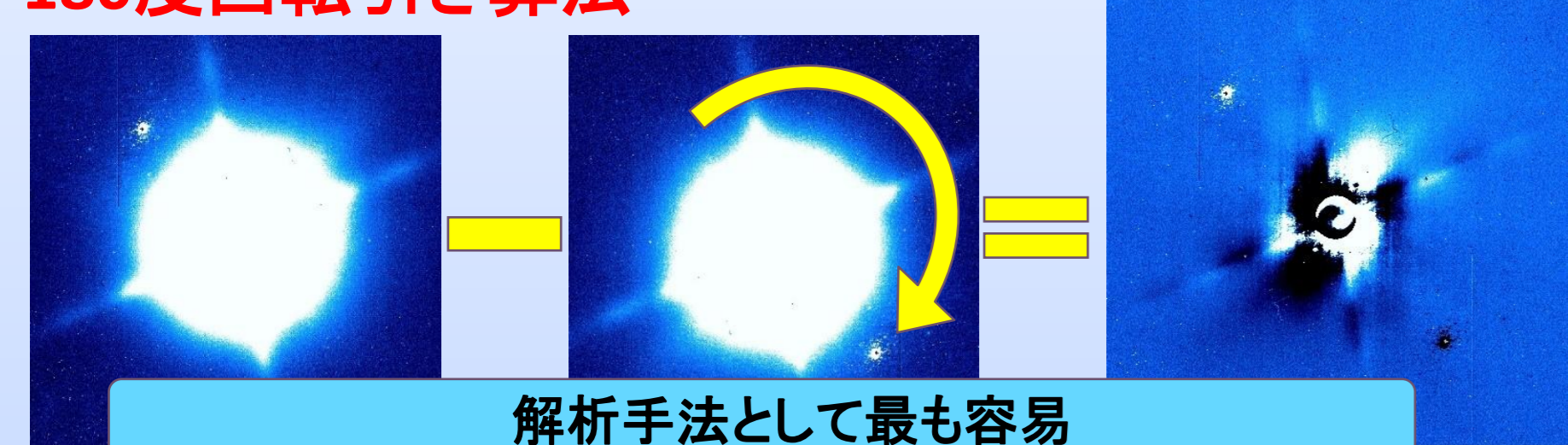
既存の解析法と観測手法を組み合わせた独自の解析を行い、惑星候補をピックアップ

解析

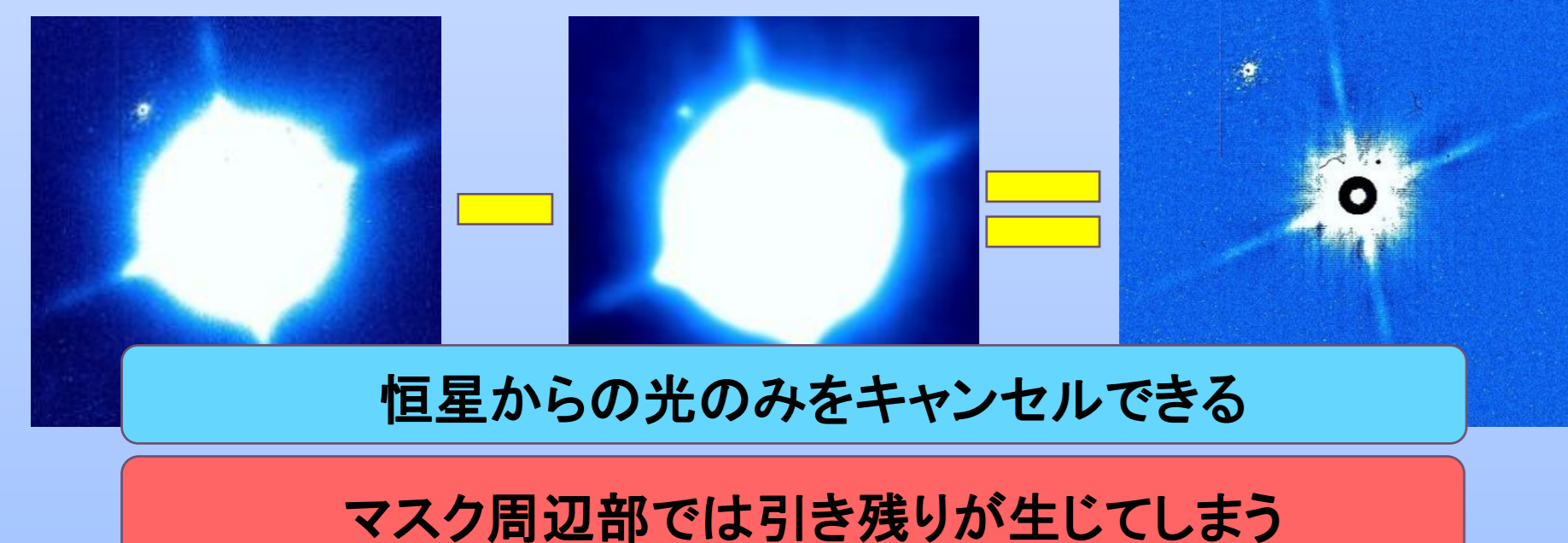
アーカイブデータをダウンロードし、取得した画像に一次処理を施す
データをディザリング前後に分けてリスト化し、それぞれに独自の解析を施して惑星候補を検出する

既存の解析法

180度回転引き算



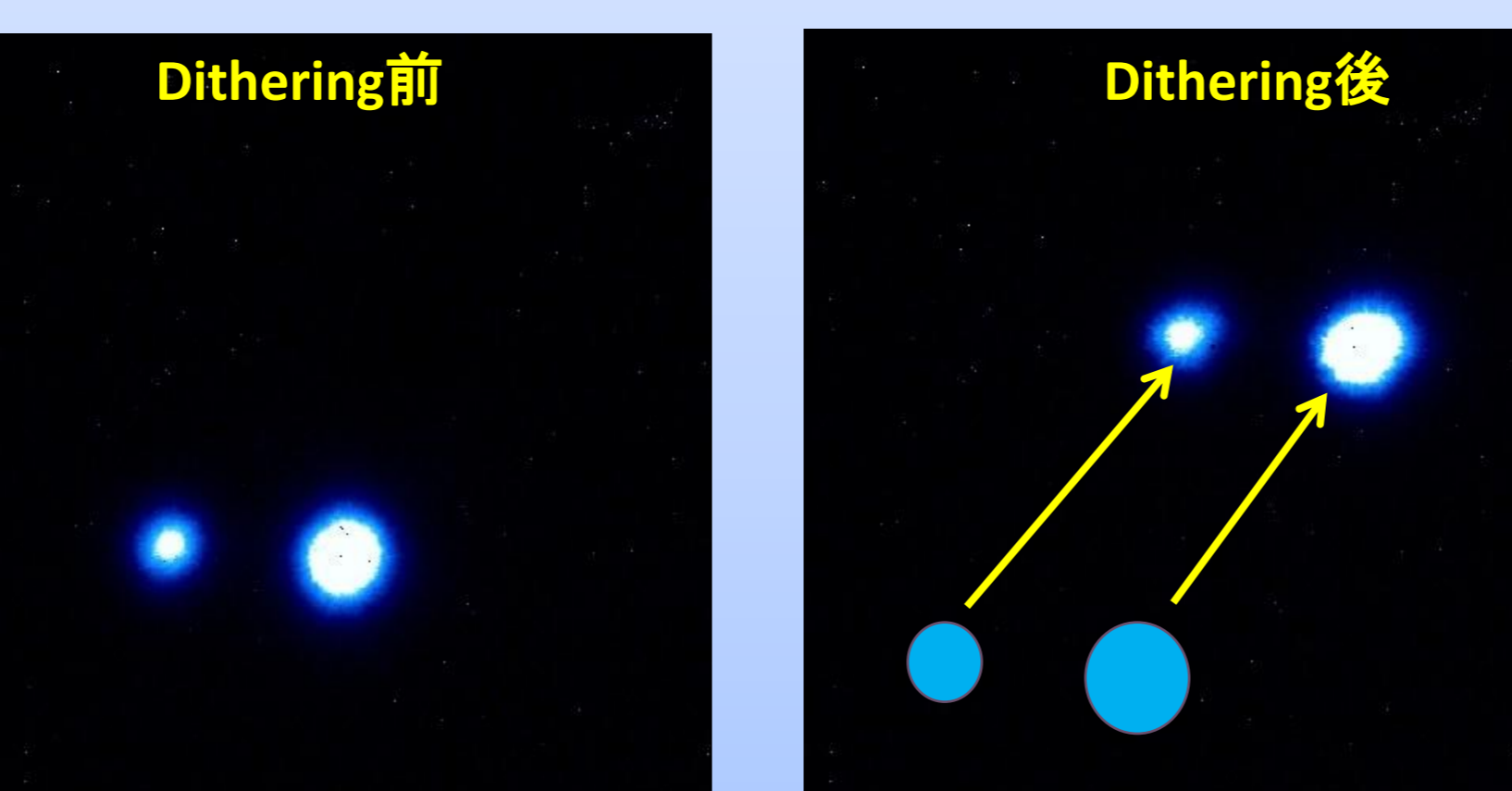
median filter法



既存の観測手法

Dithering手法

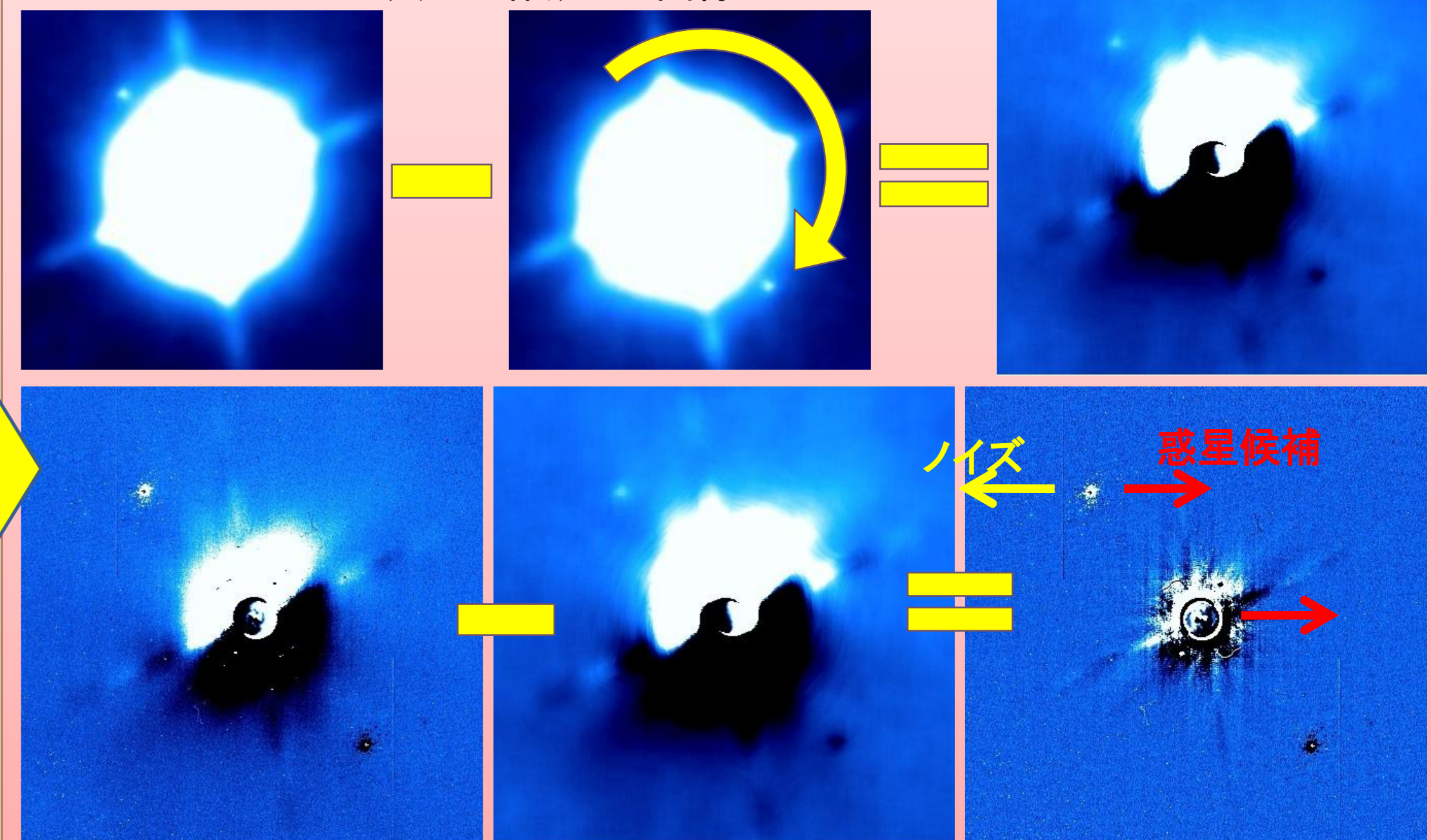
- 一度の観測で、検出器上でのターゲットの位置をずらして観測
- ノイズと恒星の位置関係は変化する
- 恒星と惑星の位置関係は変わらない
- ⇒ 真の信号とノイズを区別できる



独自の解析手法

180度回転引き算 + Median Filter法 + Dithering手法

Median Filter法にて作成した画像



これまでの成果

太陽系に近い領域に位置する恒星から優先的に解析 (検出限界等級・分解能の点で有利)
ディザリング手法を用いて観測されていないもの、連星と思われるものは解析候補から除外

恒星名	距離(pc)	スペクトル型	波長	観測日1	観測日2	候補有無	個数	恒星名	距離(pc)	スペクトル型	波長	観測日1	観測日2	候補有無	個数	恒星名	距離(pc)	スペクトル型	波長	観測日1	観測日2	候補有無	個数	
V1216Sgr	2.97	M3.5	K	2004/08/30	2005/07/10	○	7	GJ1243	11.92	M4	K	2005/11/13		○	4	HD113449	22.12	G5 V	J	2001/7/10		○	1	
FIVir	3.34	M4	H	2004/11/18		○	2	NLTT13657	11.94	M1.5	K	2004/11/21		-	-	HD160934	24.54	K7	K	2005/7/13	2008/7/13	○	1	
LHS530	4.72	M4	K	2004/09/01		-	-	HD75732	12.53	G8 V	H	2001/12/7		-	-	HD160934	24.54	K7	K	2005/7/13	2008/7/13	○	1	
GJ3379	5.37	M3.5V	K	2004/11/20	2005/11/13	○	2	V596Cas	12.74	M4	K	2004/11/21	2005/11/13	○	4	HD25620	24.75	F0	H	2003/11/6		○	1	
YZCMi	5.93	M4.5Ve	K	2004/11/19	2005/11/13	○	1	NLTT41689	13.92	M1	K	2005/7/9	2005/7/13	-	-	68Eri	25.01	F2V	K	2003/1/17		-	-	
G202-48	6.58	K2	K	2004/9/1	2007/7/23	○	1	HD221503	13.95	K5	K	2004/9/1		-	-	HD238224	25.10	M0 V	K	2007/7/24		○	1	
EQPeg	6.58	M3.5	K	2005/07/13		-	-	NSV11342	14.15	K5	K	2004/8/29	2007/7/23	-	-	V1005Ori	26.67	M0.5V:e	K	2003/1/17		○	2	
G225-62	6.58	M1.5	K	2004/09/01	2007/07/23	○	1	GJ3305	14.71	M0.5	K	2003/1/17		-	-	AF Lep	26.84	F7 V	K	2003/1/17		-	-	
LHS508	6.74	M3.5	K	2005/07/13		-	-	HD216133	14.80	K7	K	2004/9/1		-	-	Z19ap	26.95	A0IVn:kB9	K	2003/5/13	2001/5/16	-	-	
V1045Tau	7.78	G0	K	2005/11/18		○	2	LHS3828	15.15	M1	H	2005/7/9		-	-	51 Eri	29.76	F0 V	K	2003/1/17		-	-	
DGCvn	7.94	M4	K	2005/07/10		-	-	V1386 Ori	15.45	K0 V	H	2004/11/22		○	1	NT Aqr	35.51	G5 V	H	2002/8/7		-	-	
LHS3558	8.31	M2.5	K	2004/08/29		-	-	HD24916	15.77	K4V	K	2004/11/20		-	-	HD282954	35.71	G0V	K	2005/11/18		○	1	
GJ623	8.41	M3V	K	2003/01/17		-	-	GJ157B	15.77	M2	K	2004/11/20		-	-	DFtau	38.90	K5	H	2003/11/15		○	1	
NLTT47964	8.84	G5V	Ks	2007/7/20		-	-	GJ619	15.91	K5	K	2005/7/12		-	-	HR9	39.08	F3 V	K	2003/1/17		-	-	
V374 Peg	8.96	M4	K	2004/8/31	2005/11/13	○	2	G164-66	17.39	M1.5	K	2005/7/12		-	-	HD203	39.78	F3Vn	K	2003/1/17		-	-	
V374Peg	8.96	M4	K	2004/8/31	2005/11/13	○	1	LHS6033	17.54	M4	K	2004/9/1		-	-	GJ466	39.87	M0 V	K	2003/1/17		-	-	
NLTT9672	9.42	M3 D	K	2004/11/21		-	-	G180-35	18.15	K0V	H	2001/5/16		○	1	BD+25471	43.48	A3	H	2002/11/21		○	1	
G139-43	10.00	M0	K	2005/07/12	2007/07/23	○	2	HNPeg	18.39	G0VH-05	J	2001/7/10		-	-	HD197890	44.40	K0 V	K	2002/7/17		-	-	
GJ3959	10.00	M5	K	2004/08/31	2007/07/23	-	-	HD206860	18.39	G0 V	J	2001/7/10		-	-	HD209458	47.08	G0 V	H	2008/7/15		-	-	
GJ3976	10.00	M4.5	K	2004/09/01	2007/07/23	○	3	NSV7040	18.89	K5	K	2005/7/13		-	-	HD17163	51.39	F0III:	K	2002/10/12		-	-	
LHS1179	10.06	M1.5	K	2004/08/30	2004/11/19	○	3	HD25457	19.23	F5V	K	2003/1/17		-	-	HD25979	69.44	F8	H	2004/11/24		-	-	
LHS3745	10.31	M0.5V	K	2004/11/21		○	1	GJ9475	19.23	K7	K	2005/7/10	2007/7/24	-	-	HD176386	136.05	B9V	H	2004/6/7		○	2	
LHS3257	10.32	M1	K	2004/08/30		-	-	NLTT49806	19.23	M3.5	K	2005/11/13	2005/11/13	○	4	DGTau	140.00	GV:e...	H	2002/10/15	2003/01/01	-	-	
GJ3147	10.35	M5	K	2004/9/1	2007/7/24	-	-	HD25457	19.23	F6 V	K	2003/1/17		-	-	GJ3305	-	M0 V	K	2003/1/17		-	-	
V388 Cas	10.47	M5	K	2007/7/23		○	2	NSV10635	19.32	K7Vk	K	2005/7/10		○	3	HD70573	-	G6 V	K	2003/1/17		-	-	
GJ3270	10.50	M4.5 D	K	2004/11/20		-	-	PLX5703.1	19.37	K7	H	2003/1/18	2003/7/11	-	-	del CrvB	-	K0 V	K	2001/5/16	2003/5/13	-	-	
NLTT9671	10.76	M3.5	K	2004/11/21		-	-	HD220140	19.74	G9 V	H	2004/11/22		○	1	GJ3966	-	M4	K	2004/8/30	2007/7/24	-	-	
NSV6695	11.14	M3.5	K	2005/7/9		-	-	G164-66	19.76	M1.5	K	2005/7/12		-	-	G207-19	-	M3	K	2004/8/30	2007/7/23	○	2	
G141-21	11.24	M4	K	2004/9/1	2007/7/23	○	7	MV Dra	20.00	G8 V	J	2001/7/10		-	-	G205-28	-	M3.5	K	2004/9/1	2007/7/23	○	2	
HD245409	11.61	K7	K	2004/11/20	2005/11/13	○	1	DK Leo	20.43	K7	K	2003/1/17		-	-	GJ3326	-	M4	K	2004/11/20		-	-	
G206-40	11.76	M3	K	2004/8/29	2007/7/23	○	3	FP Cnc	20.72	K7	K	2008/5/23		○	1									
LHS1731	11.76	M3V	K	2004/11/21	2005/3/1	○	1	NLTT53073	21.29	G0V	J	2001/7/10		-	-									
																小計	B1:A2:F10:G14:K20:M47		94	30	38	77		

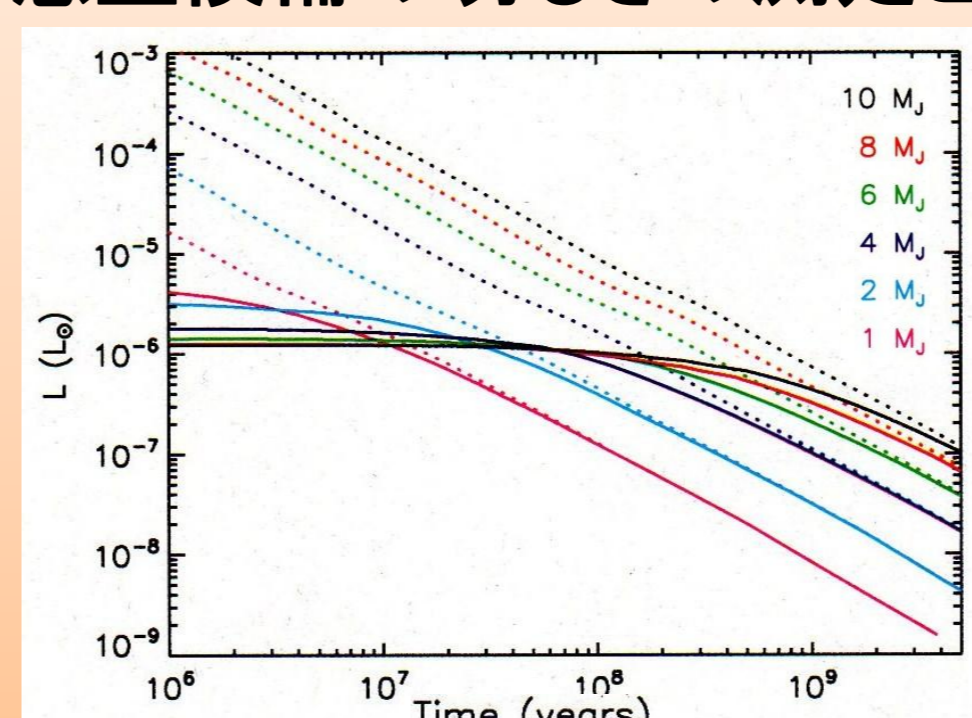
これからの展望

- 真の惑星候補と、背景星との識別、および更なる惑星候補の選別
- 他の観測装置、他の望遠鏡で観測されたデータの取得・解析 (HST, Gemini, Keck, VLT など)

すばる望遠鏡にて再観測 (公開されているデータのないもの)

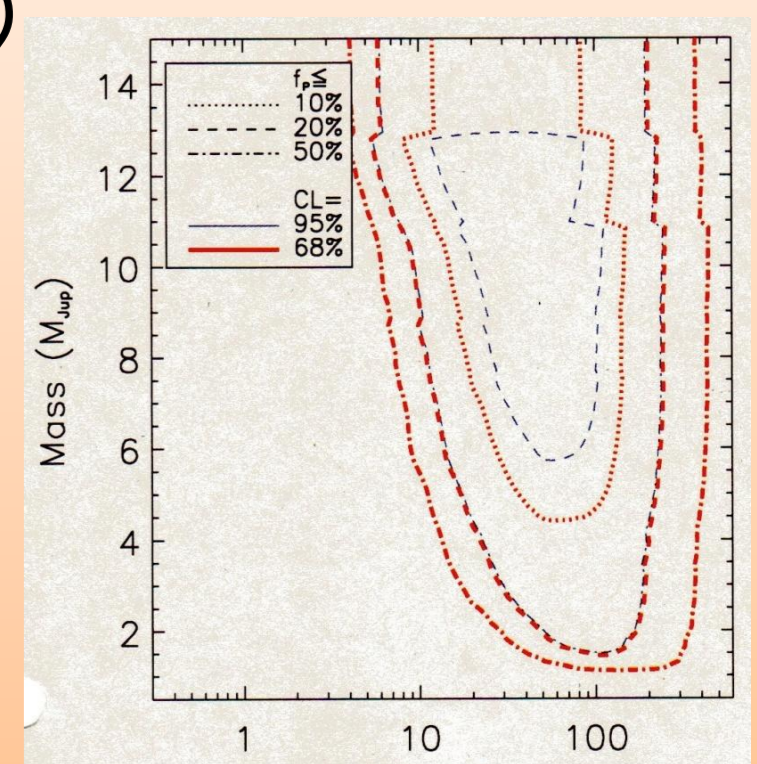
複数回の観測で恒星に付随するような動きをしているものを惑星とみなす

惑星候補の明るさの測定と質量の見積もり (Fortney et al. 2008)



Fortney et al. 2008
コア集積モデル・重力不安定モデル
における、惑星の光度進化曲線

Nielsen et al. 2008
惑星探査実績を基にした
惑星存在率の議論の例



解析結果を基にした惑星存在確率に関する統計的議論 (Nielsen et al. 2008)