

銀河系内(特に星惑星形成)分野の 展望

1. アメリカのDecadal Survey
2. 我々の研究とその展開

神戸大学 伊藤洋一



THE ASTRONOMICAL JOURNAL

AAS IOP Publishing

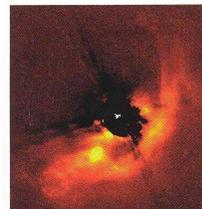
aj.aas.org

 THE ASTRONOMICAL JOURNAL

aj.aas.org



Cover image: False, three-color composite image of S106 in the Subaru CSSO observations (J band [blue], H band [green], K_s band [red]). *Oasa et al The Astronomical Journal* **131** 1608–1628.



Near-Infrared Coronagraphic Observations of T Tauri binary system (17 Apr). *Heki et al The Astronomical Journal* **134** 880–885.

Editorial Activity

All editorial activity, including peer-review, is managed by AJ's Editor-in-Chief, Dr. John S. Gallagher, III and Associate Editor-in-Chief, Dr. Margaret M. Hanson.

Please address all editorial correspondence to:

The Astronomical Journal
Space Astronomy Lab, Chamberlin Hall
University of Wisconsin
1150 University Avenue
Madison, WI 53706
USA

Tel: (608) 265-6005

Fax: (608) 265-6005

E-mail: aj@iop.org

For more detailed information on preparing your manuscript, please see the "Author Services" link <http://authors.iop.org/aj>.

About IOP Publishing

IOP Publishing (IOP) is a not-for-profit learned society publisher dedicated to science communication. IOP provides a comprehensive range of products and services to the physics and physics-related communities including an award-winning platform for electronic publishing. It is also an integral part of the Institute of Physics, a leading international professional body and learned society, established to promote the advancement of physics. IOP directly contributes to the funding of the educational and charitable work done by the Institute.

AAS IOP Publishing

aj.aas.org

別の人生歩むならどんな仕事？

もし別の人生を歩めるのなら何になりたいか、と聞いたところ1位は「医者」(6.41%)、2位「野球選手」(5.66%)、3位「学者・博士」(4.78%)であることが、第一生命の調べで分かった。<中略>

また男性3位となった「学者・博士」を見ると、「科学者」「考古学者」「天文学者」が目立った。

TMTができる10年後も、同じような結果が出てほしいなあ。。。

銀河を研究する人の爆発的増加

2006年度すばるUMでの科学成果発表件数

銀河 9件

系内 1件しかない

将来計画

銀河分野については「大内レポート」が完成

WF MOSを推進する原動力となっている。

銀河系内分野は???

いろいろな装置を提案。ばらばら?

10年後には「光赤外のアストロノミスト = 銀河研究者」?

天文学会の発表件数は？

- 口頭およびポスター
- 光赤外の観測と思われるもの

	系内	銀河
1996春	22	18
2008春	47	26

- 両分野とも講演数が増加。
- 銀河に席卷されているわけではない。ただし、論文数では銀河が多いのかも？

系内研究者は中小口径望遠鏡や大学望遠鏡を利用。

注 TMTができる10年後には「すばる」も中口径望遠鏡になる。

Decadal Surveyとは



- アメリカの天文学者が、10年ごとの目標を設定。
 - 最新版は2000年発行 (Geminiの成果はまだ)。
 - あらゆる分野。全374ページ。
 - 光赤外の地上観測は約60ページ。
-
- 「アメリカはNo1でなければならない」。超右翼。
 - VLTをライバル視。すばるは出てこない。
 - 「国際協力」という言葉もたった2箇所だけ。
 - 天文学全体で27個のプロジェクトを推薦。

推薦する地上望遠鏡計画

1. GSMT : 30m分割鏡。AOつき (PSF=0.01")
2. LSST : 6.5m望遠鏡。 広視野(10平方度)

Decadal Surveyに対する批判



2000年のdecadal surveyは失敗 (Nature 2006)

- 「計画のうち、うまく進みそうなのはGLASTだけ」
- 「GSMT(30m望遠鏡)はたぶん400億円を超える」

失敗の主因はお金の見積りが甘すぎたこと。

仕切り直しが必要。

次の10年のヒントがいっぱい

WHERE ARE THEY NOW?
The class of 2001 has had mixed fortunes.

完全に中断



TPF



X線衛星

資金不足



LSST



GSMT

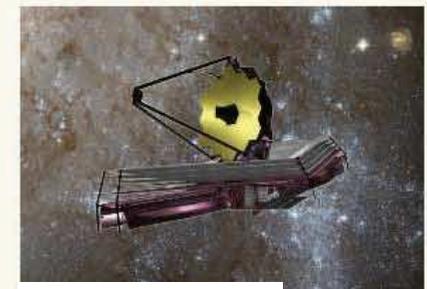


E-VLA

開発に遅れ



遠赤衛星



JWST

GMSTでのサイエンス (恒星/星惑星形成分野)

- 初期質量関数、星形成率 <多天体分光器>
 - 地道な観測が必要。

- ジェットの起源 <高空間分解能、高分散分光>
 - ジェットの根元を観測。

- 原始星の理解 <高分散分光>
 - 質量降着の経路(X point)の解明。
 - 光球の大気パラメータを決定。

- 伴星の質量の力学的決定 <高空間分解能>
 - ケプラー運動を検知。

- 円盤の構造と化学 <高空間分解能>
 - 円盤を空間分解。惑星があればギャップや腕構造も。
- 太陽系外縁天体
 - カイパーベルト天体の鉱物学。
 - 今ある赤外分光器を30m望遠鏡につければOK。
 - 表面を空間分解。
 - 高空間分解能観測による。
- 惑星の直接検出 <高空間分解能>
 - 年齢1000万年以下の惑星を狙うべき。
- 褐色矮星の大気 <高分散分光>
 - 太陽系外惑星の大気との相違を知る。

「あたりまえ」なサイエンスばかりな気が。。。。

次期decadal surveyの活動が始まっている。

AURA(アメリカの大学連合)のwebページにあるリンク先

- Gemini Aspen Process
- Exo Planet Task Force
- Dark Energy Task Force
- The Physics of the Universe
- Beyond Einstein Program (紫外線)

これらが「次の10年」のキーワード?

多くの観測技術は「太陽」から。
「可視」に応用されたあとに「赤外」へ。

技術	太陽	恒星
aperture mask	1975	1975
speckle	1973	1976
adaptive optics	1984	1987
coronagraph	1939	1982
echelle	1967	1974
iodine cell	1984	1992

注 多くの技術は初期には明るい恒星に対してしか応用できなかった。

「高分散分光は嘘をつかない」 by 安藤さん

近赤外高分散分光器

波長分解能=10万程度
可視では実現している。

超高分散分光器

波長分解能=100万程度
太陽ではフーリエ分光器で実現

可視高分散分光偏光器

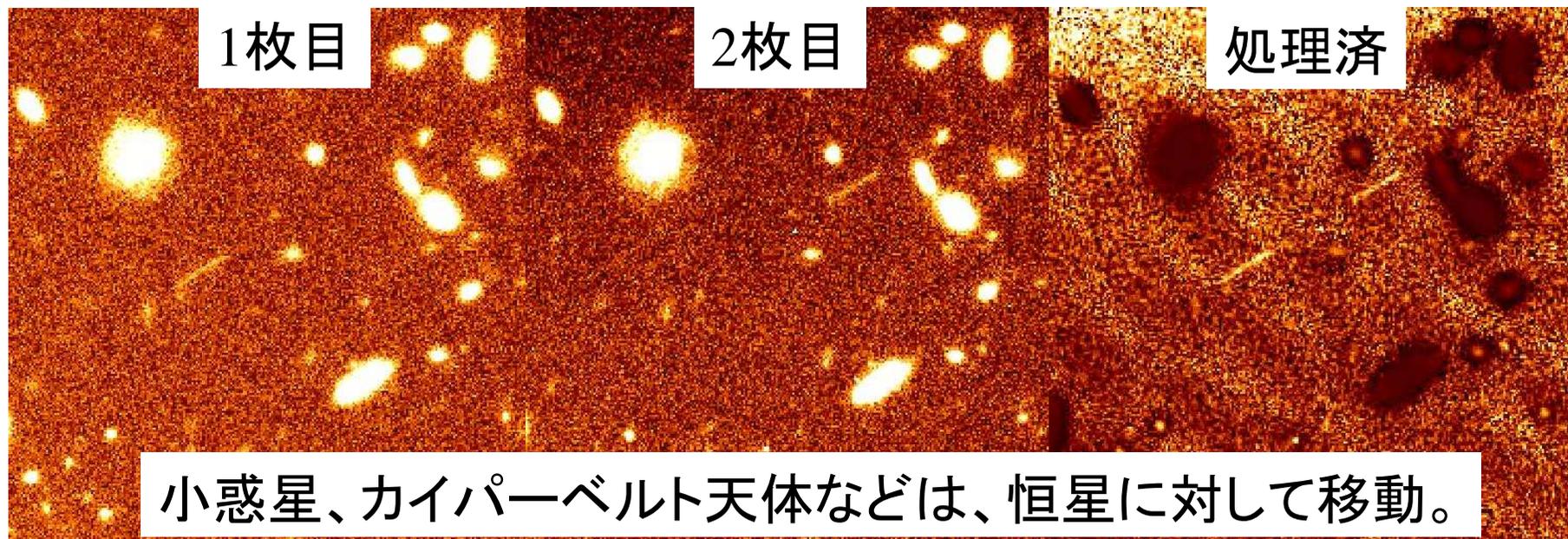
波長分解能=10万程度
太陽、可視(海外)では実現している。

1. 広視野カメラによる小惑星の探査(寺居)

神

- 目的: 小惑星の軌道・サイズ分布
→ 太陽系形成時の微惑星形成、進化を調べる。
- 過去研究: 3枚以上取得(同定、軌道決定)→専用の観測

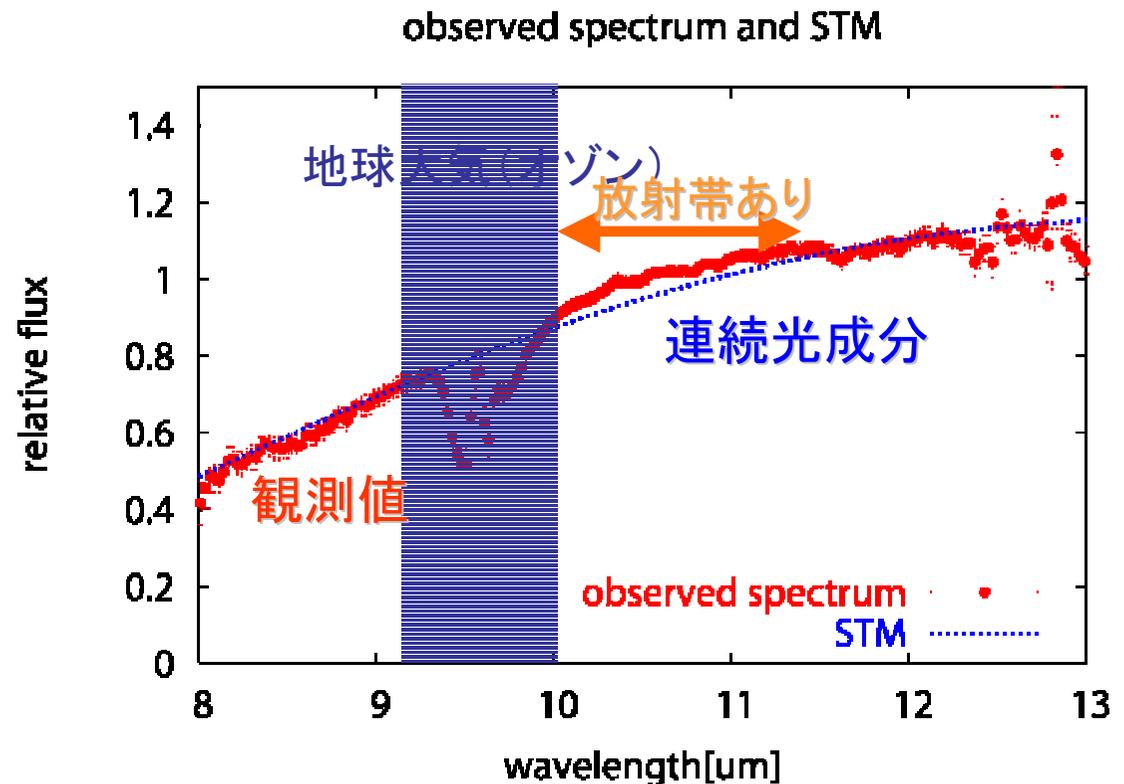
- 本研究: すばる望遠鏡のアーカイブデータ→2枚でも同定
- 結果: 数百個の小惑星、10個以上のKBO候補天体



2. 小惑星の鉱物組成 (高橋)

神

- 目的: 鉱物組成を、地球岩石や隕石と比較。太陽系内の固体の化学。Astromineralogy。
- 過去研究: C型、S型といったスペクトル分類は、鉱物組成に基づくといわれているが、詳細な鉱物組成が分かっている小惑星はごく一部。
- 本研究:
UKIRT/Michelleで中間赤外分光。
- 結果: セレス以外にはシリケート起源のエミッションは見つからず。



2. カイパーベルト天体の鉱物組成

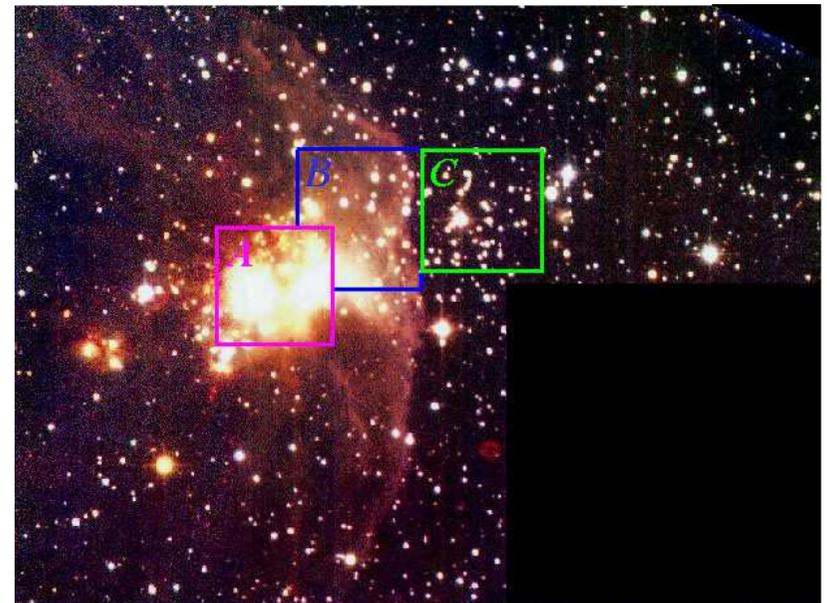


- 目的: 鉱物組成を、地球岩石や隕石と比較。太陽系内の固体の化学。Astromineralogy。
- 装置: COMICS on TMT
- 必要夜数: 数晩で数十個を探查
- 現状: 光量が足りず非現実的
- ライバル装置: 赤外線衛星に対して勝ち目はないかも。

3.初期質量関数 (大朝、田中)



- 目的: 褐色矮星、惑星質量天体の形成と普遍性
 - 過去研究: 初期質量関数(IMF)は $0.1M_{\odot}$ あたりにピーク & 普遍的
-
- 本研究: すばるやUKIRTを使い、JHKLバンドで深い撮像。
 - 結果: IMFはひとつの星形成領域内でも一様ではない。何がIMFの形を決めているかは、いまだに不明。



3.初期質量関数

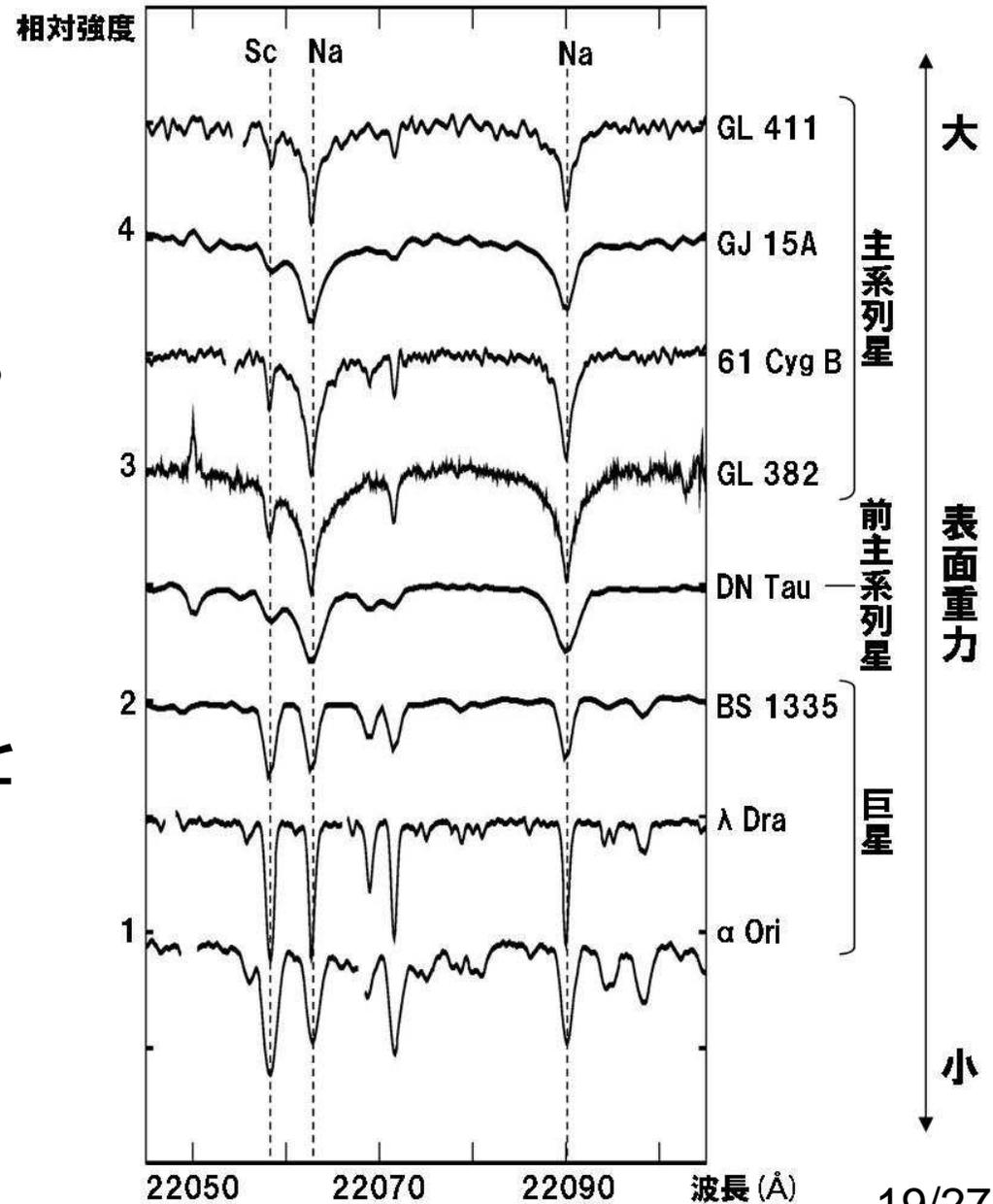


- 目的: 大質量星形成領域での惑星質量天体の形成。形成されうる最小質量の天体の探査。
 - 装置: 広視野近赤外カメラ & 多天体分光器 on TMT。
 - 必要夜数: 30晩で10領域を探査
-
- 現状: 測光から質量を求めることが多い。多天体分光の場合はデータ解析がネック。
 - ライバル: UKIRT/LSST

4.若い天体の大気パラメーター (高木)



- 目的: YSOの質量、年齢の決定
- 過去研究: 総光度から求めていて、まったく不正確。
- 本研究: 分光学的に有効温度と表面重力を求める。
- 結果: まったく新しい質量と年齢の決定法を確立



4.若い天体の大気パラメーター



- 目的1：Tタウリ型星・原始星の質量・年齢を決め、進化を探る。
 - 目的2：金属量と惑星形成の関連を明らかにする。
 - 装置：近赤外高分散分光器 on TMT
 - 必要夜数：5晩で50天体
-
- 現状：明るいTタウリ型星は分光できる。近赤外域のモデルスペクトルの構築が必要(辻さんの後継者?)。
 - ライバル：VLTやKeckか？

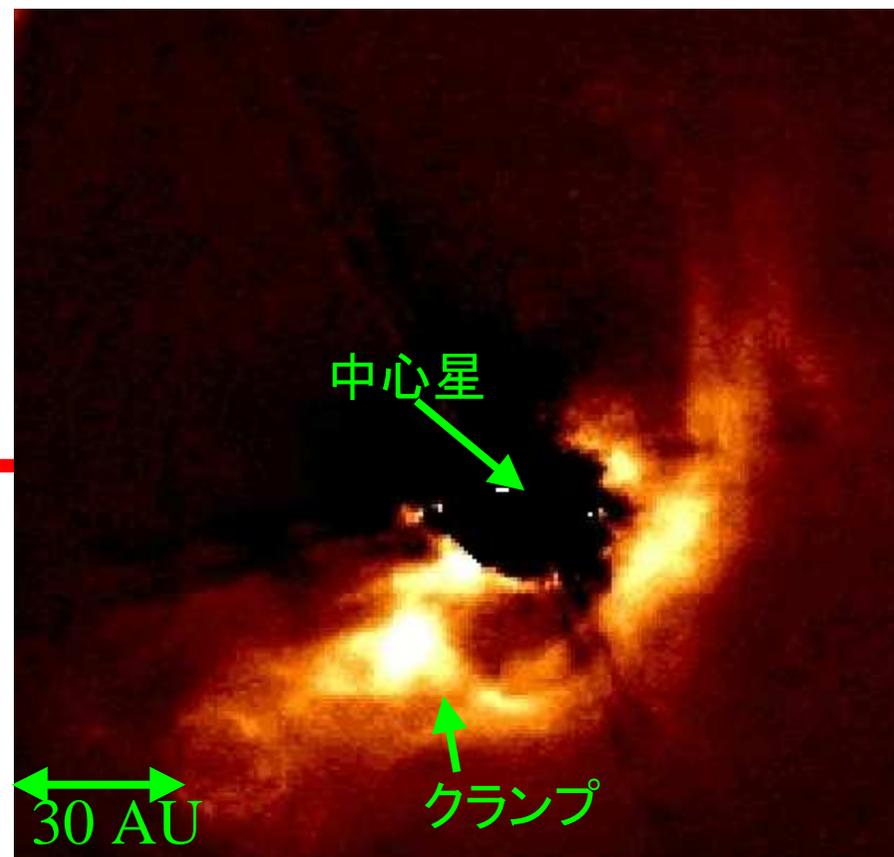
5. 原始惑星・原始惑星系円盤 (日置、城野)



- 目的: 連星系に付随する円盤の頻度・形状を探る。
- 過去研究: Tタウリ型星の約半分が連星にもかかわらず、周連星円盤はほとんど検出されていない。

← 観測バイアス

- 本研究: すばる+コロナグラフ
- 結果: UY Aurの周連星円盤を検出。
 - ドーナツ状の円盤
 - クランプは原始木星の卵?



UY Aurの周連星円盤は、複雑な構造。
⇔GG Tauの円盤は「のっぺり」。

5. 原始惑星・原始惑星系円盤



- 目的: 惑星形成領域の円盤構造。
 - 装置: AO on TMT, 干渉計(VLT, ALMA)
 - 必要夜数: 10晩で100天体
 - 現状: 100AU程度の離れた領域しか空間分解できていない。
-
- 目的: 原始惑星の大気構造、付随円盤、質量降着。
 - 装置: コロナグラフ+分光 on どこ??
 - 必要夜数: 10晩で100天体
 - 現状: コロナグラフで検出されるものは、通常分光器で分光できるぐらい、中心星から離れている。
 - ライバル: JWSTやSpicaで原始惑星自体は検出されるか。

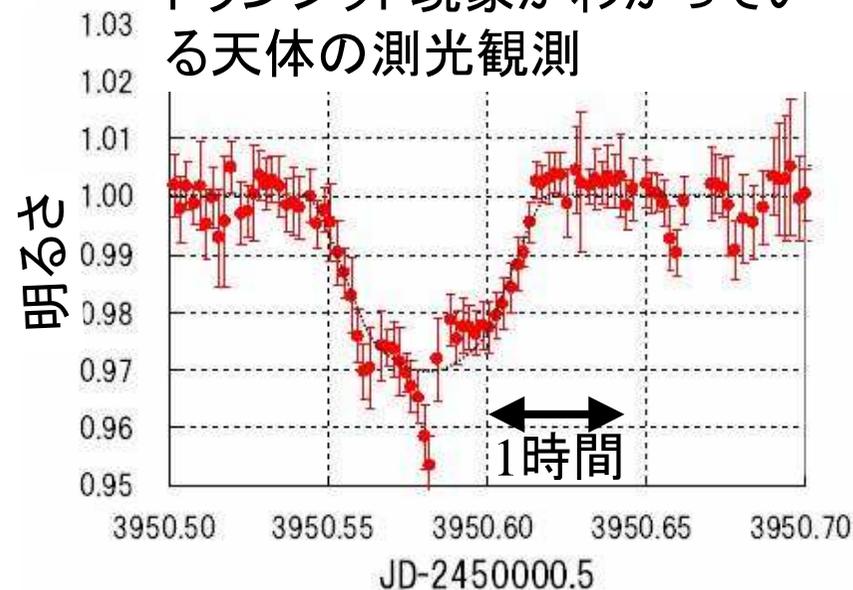
6. 系外惑星探査 (石隈、加藤)

神

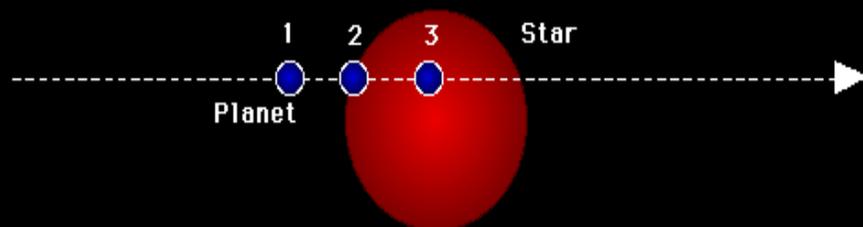
- 目的: 系外惑星の発見
- 過去研究: 日本人ではまだ一人。
- 本研究: 大学にトランジット専用望遠鏡を設置。また、岡山でドップラーシフト法で毎月観測。
- 結果: まだ未検出。



トランジット現象がわかっている天体の測光観測



惑星による恒星食=トランジット



6. 系外惑星探査

- 目的: 系外惑星の気象を観測し、大気構造を推定する。また、生命の間接的証拠を探す。
 - 装置: (可視or赤外)高分散分光器on TMT
(惑星が空間分解できていればベストだが、空間分離は必ずしも必要ない)。
-
- 必要夜数: 50夜程度?
 - 現状: 高温の惑星に対してはいくつかの報告例あり。
 - ライバル: JWST, Spica, TPF

他の恒星分野では？

- 黒点 <可視高分散偏光分光でモニター観測>

偏光しているラインのプロファイルから黒点の形状と運動を
求める。磁場の推定。

- 星震学 <可視高分散分光でモニター観測>

恒星のパラメーターの正確な決定。

可視高分散分光の後継者が必要。

- 突発天体の観測。

これらは、中口径望遠鏡の「すばる」または大学望遠鏡で？

すばるファーストライトシンポジウム (1996.1)

当時のM1の感想文

- 現在の天文学は、idea limitというより、いかに早く多くの資金力を注ぎ込めるかで、成果が決まってしまうのでしょうか？
- 資金力がなければ、ideaで競争しようにもあまりに土俵が狭くて、とても最先端の科学などできないのでしょうか？
- 大きいハードでもできることは前々からすでに決まっていて、それを全部やってしまえば、その装置の寿命は終わりなのではないでしょうか？

すばるが現実になった今では、これらの疑問にNoと言えるはず。

TMT時代になっても上の疑問にNoと言えますように。

(質疑応答 — Q:質問, A:回答, C:コメント — 氏名無しは発表者の発言, 敬称略)

(Q) TMT でしか出来ないサイエンスは何か? (柏川)

(A) まだ十分に SUBARU を使い倒していないので、コメントできない。

(Q) IMF が一様でないというのはどういう意味でか? 観測した星形成領域内で足し上げれば一様なのでは? (菅井)

(A) 一つの星形成領域の中でも IMF はバラバラで、一つの星形成領域内で足し上げて他の領域と比較しても、やはりバラバラ。我々のグループでは、恒星の mass をしっかり決定してから議論を行っている。