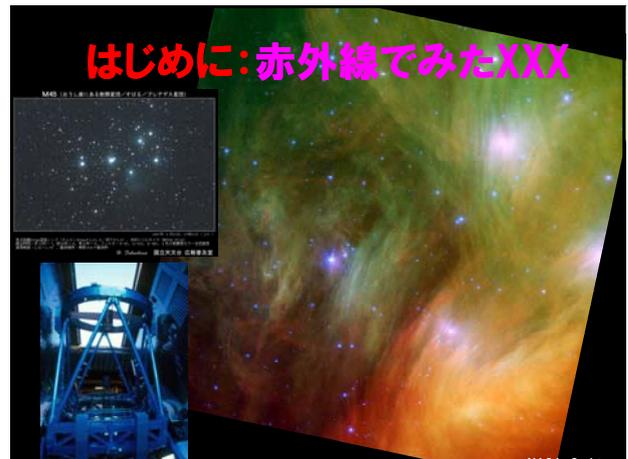


Thirty Meter Telescope

講演会
超大型望遠鏡 TMT がめりかえる宇宙像

太陽系外惑星に 生命の兆候を探る

2012年10月8日(月) 体育の日 質疑応答50分
国立天文台
田村 元秀



話の内容

けいがいわくせい
系外惑星の研究の紹介

- 系外惑星=第2の木星や第2の地球の発見は私たちの世界の見方を変えつつある
- どのように惑星を探すのか?
- すばるで巨大惑星を「写す」
- ケプラー衛星で地球型惑星の「影をみる」
- TMTで地球型惑星に「生命の兆候を探る」

私たちの母なる星、太陽は「恒星」

ガスのかたまり
表面温度 約6000度

よって
生命には不向きな場所
(デンジャラス!)

地球

(太陽系の)地球:海と陸、生命が存在

https://mail.nvnet.org/~quillen/S02DB24C3.1/Rotating_Earth_Animation.gif

木星

木星:ガスからなる巨大な惑星(逆回り付き)

惑星は、太陽のような恒星よりもずっと小さくて軽い天体

太陽

地球

木星

木星質量～太陽質量/1000 (大きさは約1/10)
地球質量～木星質量/300 (大きさは約1/10)
惑星 = 木星質量の約20倍以下、恒星を周回

太陽のように自ら光る天体ではない (普通の説明) しかし、**赤外線では惑星も光っている** (ただし弱い)

(左) 可視光 (右) 赤外線

太陽の周りを回る 太陽系「内」の惑星

太陽系「内」の惑星・小惑星は 探査機(たんさき)が行って調べるができるが、、

小惑星探査機「はやぶさ」(2003年打ち上げ-2010年帰還: JAXA)

系外惑星を直接に見ることは難しい

太陽系をしないで離れて外から見ると、、

惑星は見えにくくなる

恒星でさえ暗い点にしか見えず 恒星と惑星を見分けられない

太陽系の広がり1万～10万倍も離れた距離にある惑星の検出
⇒ 最初は直接撮像ではなく、**間接的観測によるアプローチ**

かんせつてき

系外惑星の見つけ方の代表例

間接観測法 その1 ドップラー法

視線方向の速度(メートル/秒)

時間(位相)

恒星

地球に光

惑星(見えない)

観測されるスペクトル(虹)

「恒星の速度ふらつきを測る」 恒星光はドップラー効果を受ける

系外惑星の見つけ方の代表例

間接観測法 その2 トランジット法

恒星のまわりを周回する惑星 (ほぼ真横から見た場合だけに起こる) ↓ 確率が小さいので多数の星を観測する

明るさ変化の精密観測 (地上では0.2%精度、宇宙では0.002%精度)

時間

「惑星の影を見る」 恒星+惑星の明るさの変化を検出

系外惑星の発見=新たな宇宙の見方

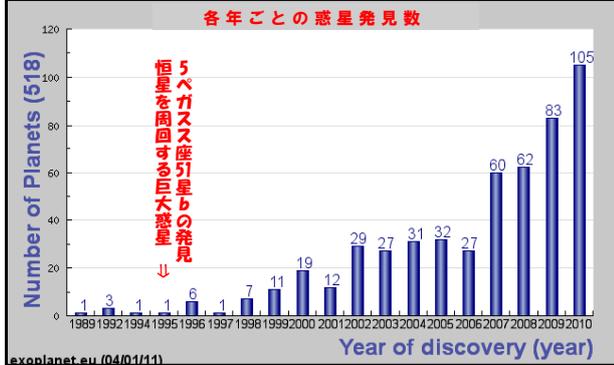
1995年に発見された系外惑星(ホットジュピター)は、太陽系のどの惑星とも似ていない!

太陽系が「標準」かどうかわからなくなった、、

「**51ペガサスB**: 軌道0.05AU、周期4日、温度1000度C 木星: 軌道5AU、周期12年、温度-150度C

1AU = 地球と太陽の距離(約1.5億km、8.3光分)

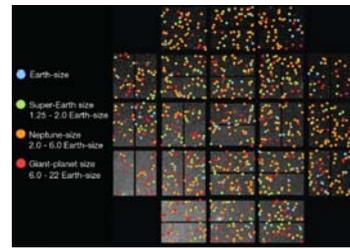
2010年までに500個を超えた系外惑星



2011年：ケプラー衛星革命

合計3000個以上の惑星（ケプラー衛星だけで約2300個の候補）

個数
(前頁の1/10スケール)



ケプラー望遠鏡の詳しい話は後で

確認された惑星は現在800個以上 発見年

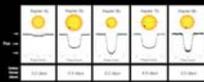
2011

最新のニュース

- 木星型惑星の直接観測の時代が来た
- 地球型惑星に迫れるようになった



Transit Light Curves



系外惑星探査最前線

すばる望遠鏡による直接観測へのアプローチ
(国立天文台が建設・運営、1999年観測開始)



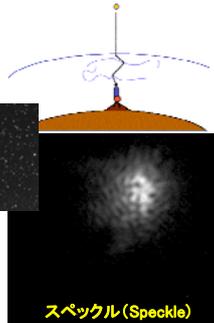
系外惑星探査最前線

大気の揺らぎをリアルタイムで直す補償光学技術

大気の無い宇宙空間にある望遠鏡で星を見た場合
地上の望遠鏡で星を見た場合



星空を
拡大
すると



回折限界 (Airy Pattern)

スペックル (Speckle)

明るい星本体を隠すと

周りの暗いものが見えてくる: 皆既日食!

かいきにつしよく

2009年7月22日に
日本のごく一部で
皆既日食が見られた



実は、同じ技術が
系外惑星観測にも
使われている!

diove.chez-alice.fr/Eclipse_06-01_eng.html

系外惑星探査最前線

HICIAO (ハイチャオ) 新コロナグラフ装置完成 (2005-2009)
CIAO (チャオ:2000-) の後継機
望遠鏡は進化する
⇒
・パロマー5m望遠鏡は60年以上
・新しい観測装置の開発がカギ

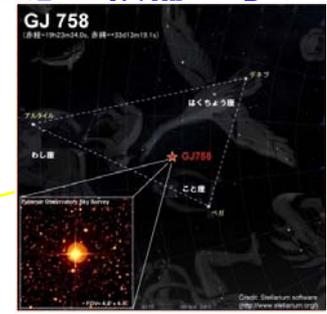




世界初、太陽型の星をめぐる惑星候補を写す



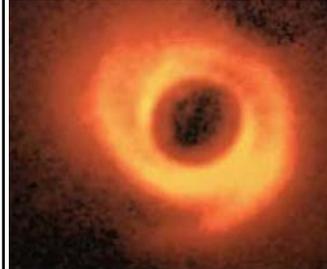
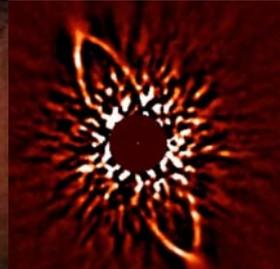
- こと座の方向
- 距離：50光年
- G9型恒星
 - 可視光で6等星
 - 質量：0.97太陽質量
 - 太陽にそっくり
- 明るい中心星の影響を抑える観測およびデータ解析法を活用
- 第2、第3の木星も撮像で発見、乞期待



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) また、白が明るく、黒が暗い意味の色(実際の色ではない)

世界で初めて惑星が生まれる現場を詳細に撮像

原始惑星系円盤で実際に惑星が生まれている証拠!

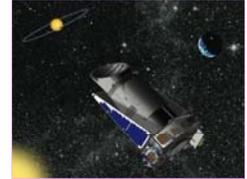
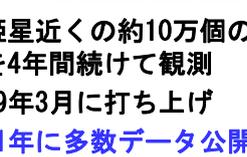



見え方は間接照明と同じ

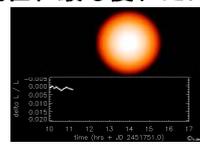
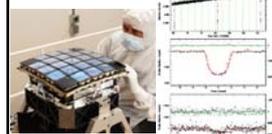
ケプラー衛星



- ✦ 小さな惑星の「影」をとらえるNASAのケプラー衛星
- ✦ 現在、最も優れたトランジット法

- ✦ 織姫星近くの約10万個の星を4年間続けて観測
- ✦ 2009年3月に打ち上げ
- ✦ 2011年に多数データ公開

ケプラー衛星が発見した多数の小さな惑星たち

- 2326個の惑星候補。
- 46個がハビタブルゾーンにある。
- 100個の恒星には34個の惑星あり(惑星存在率34%)。

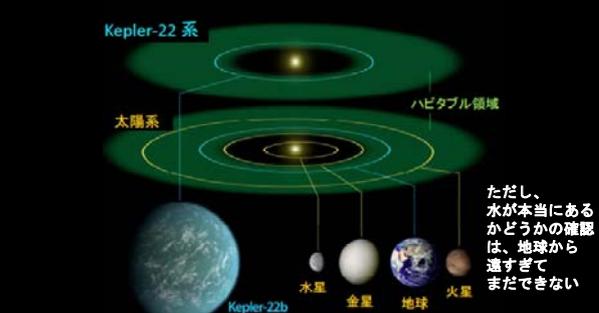
惑星候補の個数			
264個	地球サイズ	1083個	海王星サイズ
704個	スーパーアースサイズ	206個	木星サイズ

惑星直径	惑星個数(棒グラフ)と補正後の惑星存在確率
地球サイズ	5%*
スーパーアースサイズ	8%*
海王星サイズ	18%
木星サイズ	2%
木星以上サイズ	0.1%

*: 補正不完全

ケプラー-22b: ハビタブル惑星

- 主星: ほぼ太陽と同じ性質、ただし、620光年も先にある恒星
- 惑星: 2.4地球半径、軌道半径0.85AU、公転周期290日



ただし、水が本当にあるかどうかの確認は、地球から遠すぎてまだできない

想像図: NASA Kepler

ケプラー47c: 2個の太陽を持つハビタブル惑星

- 主星: ほぼ太陽と同じ性質、ただし、0.3太陽質量の恒星と近い連星
- 惑星c: 4.6地球半径 @1AU、惑星b: 3.0地球半径 @0.3AU

Kepler-47 System

Habitable Zones

Solar System

'Tatooine' Planet? (in 'star wars')

Planets and orbits to scale

想像図: NASA Kepler

地上からの第二の地球の探し方

すばる8mから次世代の30m望遠鏡 (TMT) へのステップ

太陽 → 軽い星

- 太陽より**軽い恒星**を狙う
 - ・ 数多くある (太陽型の10倍以上)
 - ・ 可視光では暗いが**赤外線**で**明るい**
- 世界最初の「第2の地球」撮像をめざす (二段階で!)
 - ① 「すばる」で**軽い恒星の速度を赤外線**で測り**地球型惑星**を探す
 - ② 「TMT」で、それらを**直接に写し** **生命の証拠**を得る

太陽質量
温度6000度
(可視光で暗く
軽い惑星は
探しにくい)

太陽質量x1/5
温度3000度
(赤外線
で明るい)

他にも**生命証拠**に迫る**アイデア**あり

TMT30m望遠鏡 (2021年完成予定)

地球外生命の探し方

- 太陽系外
- 世界を一新
- ① 赤外線
- ② 生命

軽い星

質量x1/5
3000度
赤外線

(完成予定)

地球外植物を検出する?

地球の植物は**光合成**を行い
生命にとって**重要な酸素(さんそ)**をつくる
大陸や海とは異なる、**植物のスペクトル**を調べる

光の反射率

地球を人工衛星から見たときのスペクトル植物の「レッドエッジ」に着目

まとめ

ガリレオが400年前に
月や金星の満ち欠けを
4cm望遠鏡と肉眼で観測

↓

- ・ 系外惑星満ち欠け**間接**観測
- ・ 8m望遠鏡系外惑星**直接**撮像
- ・ 47テラ**地球型**惑星候補検出
- ・ 新しい**観測装置**開発が大事

↓

いよいよ
系外惑星の研究から
宇宙生命の科学的な話
に迫れる時代がやってきた!

真の**第2の地球**を見つけて、**生命**を科学的に探す時代に突入!

知りたい! サイエンス

宇宙は地球であふれている

小学館の図鑑 NEO

宇宙

BLUE BACKS

地球外生命 9の論点

さらなる読み物として...

MAシリーズ 現代の天文学

宇宙の観測!

Newton

宇宙特選画像 2012

地球外生命体を探せ

画像クレジット: 国立天文台、NASA、ESOほか、講演中で引用したサイト