

太陽系形成與尋找其他世界



陳文屏
中央大學天文所、物理系

2003.09.26 「展望」系列

浩瀚的宇宙



天體	相對距離尺度
地球	桌上的一粒鹽；0.3 mm
月球	一指外的胡椒
太陽	門口（4公尺）的番茄
木星—太陽系最大的行星	大樓口（20公尺外）的木瓜子
冥王星—最遠的行星	隔棟大樓（150公尺外）的一粒細沙
半人馬座 α 星—最近的恆星	馬尼拉的番茄！

什麼叫做「浩瀚」？

- 光速爲300,000公里/秒
- 這樣的距離相當於繞地球七圈半
- 這樣的速度到月球只需一秒多（眨眼的時間）
- 到太陽需約五百秒（～下課的時間）
- 到半人馬座 α 星須4.3年（～讀大學的時間）
- 跨越銀河系約需5~10萬年（人類演化的時間）
- 到最近的星系費時數百萬年（大地演化的時間）
- 而目前已知的銀河系超過數億個.....

宇宙中的物質，
有的發強光，有的
發弱光，有的
不發光...

有些緊密有序，
有些疏離分散...



星系聚集成群



我們的鄰居星系

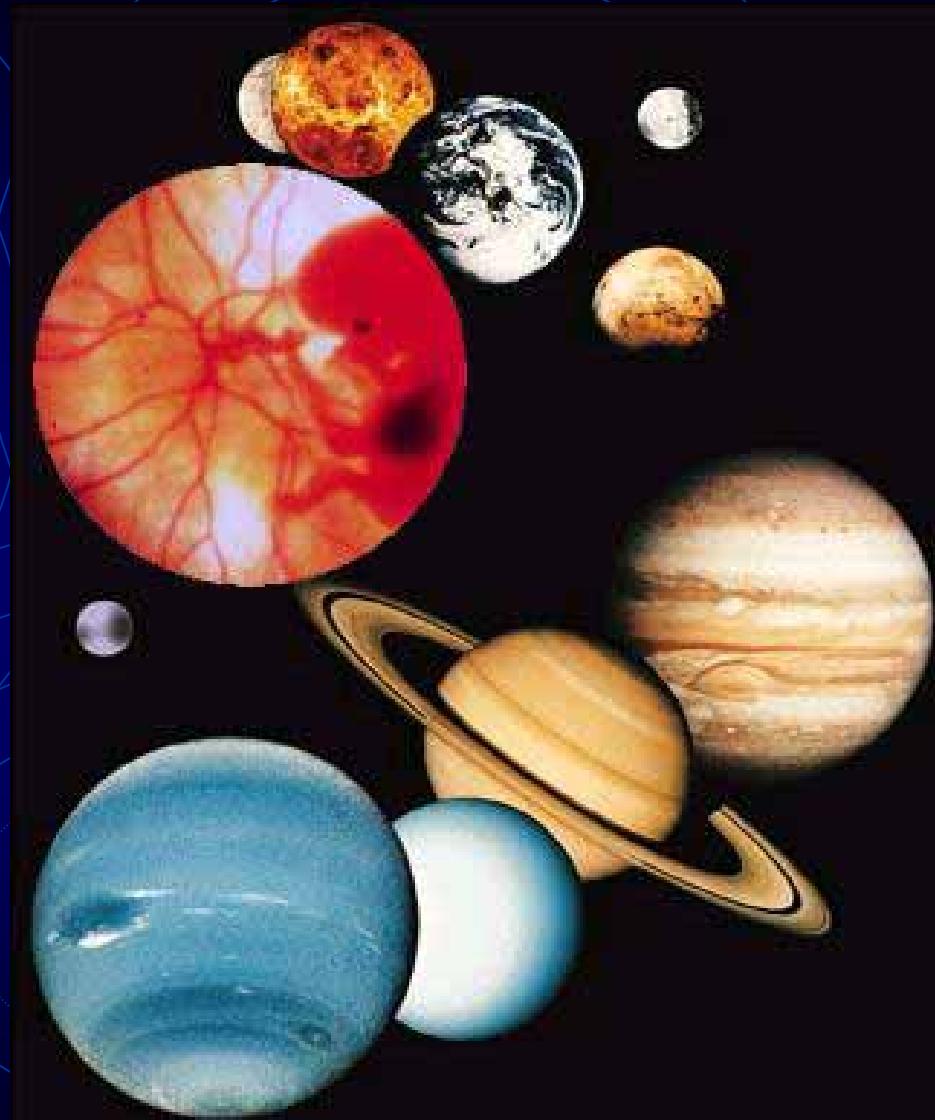


星系碰撞

太陽系

- 太陽、行星、衛星、
• • • 、灰塵、雲氣
- 是怎麼來的？
- 有人說是這麼來的
• • •

當然，不要太相信，
姑且聽之



星星也有生、老、病、死 —— 源於塵土、歸於塵土

- 星星之間有極寬廣的空間，但是 太空 ≠ 真空

收縮

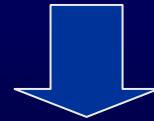
星際暗雲 初生星球 + 扁盤 + 剩下的環繞塵氣

旋轉



溫度上升、塵消氣散

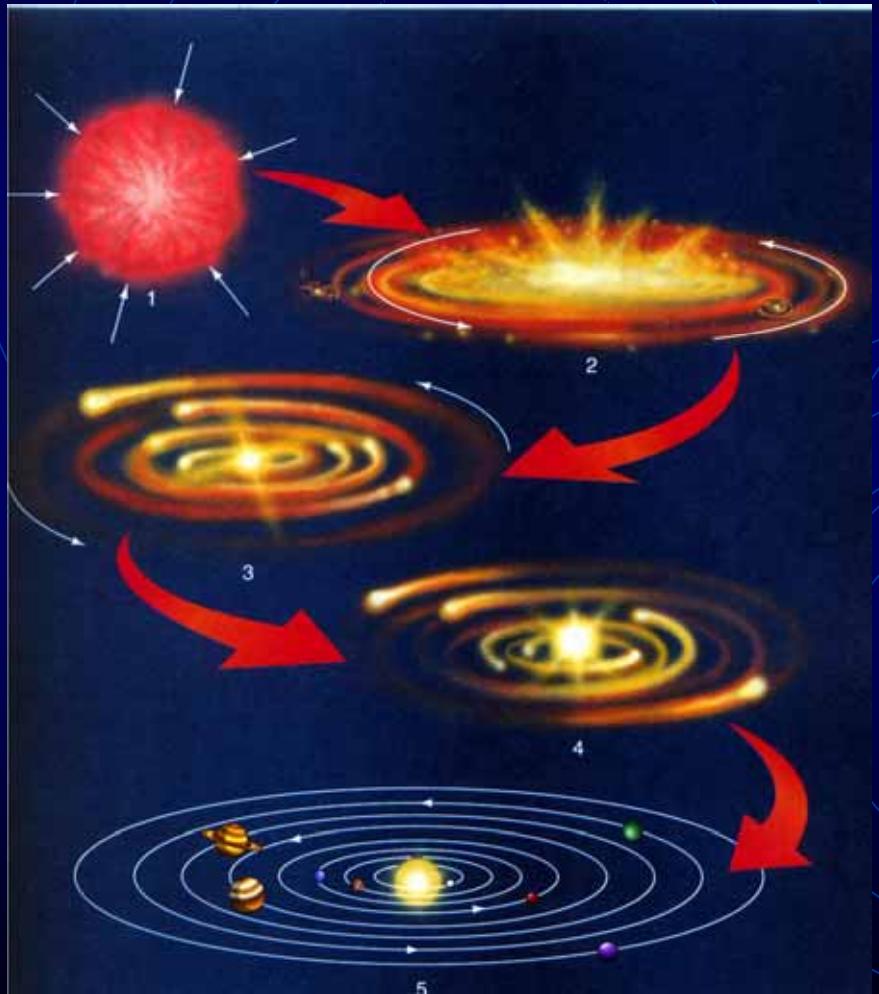
年輕的太陽 + 盤狀物質



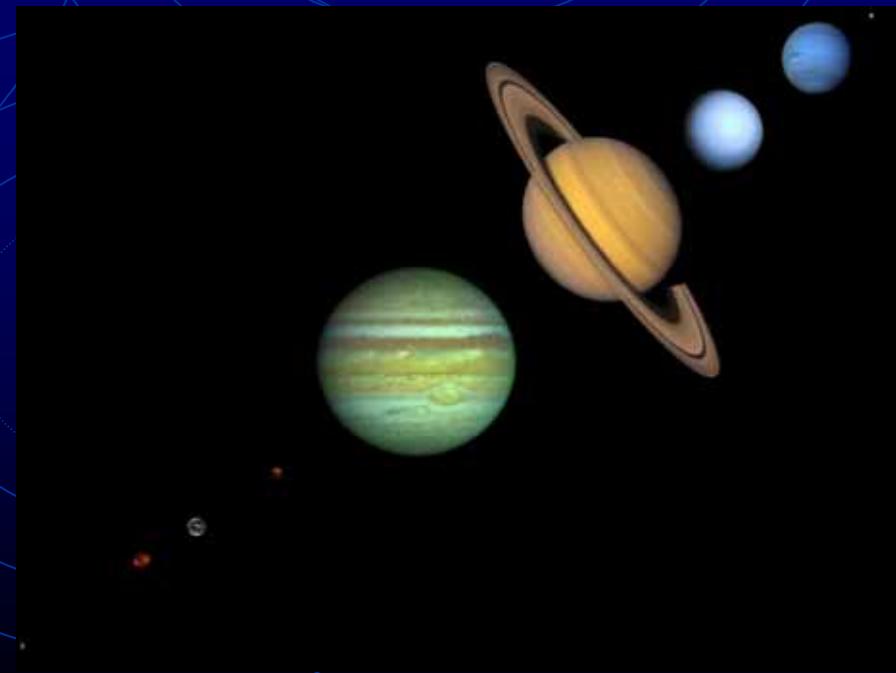
星際塵埃 塵塊 小行星 行星



太陽（恆星）與行星從同一團 雲氣中凝結而形成



其他恆星周圍
有盤狀結構
→ 行星？

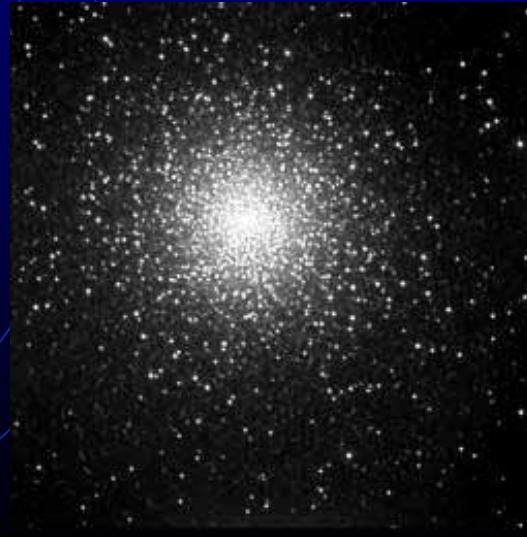


∴ 行星和太陽是差不多同時期產生的

- 行星系統是恆星形成過程的副產品
→ 很多恆星周圍可能都有行星
- 這當中，有些可能適於生命發萌
—— 但不一定就會出現

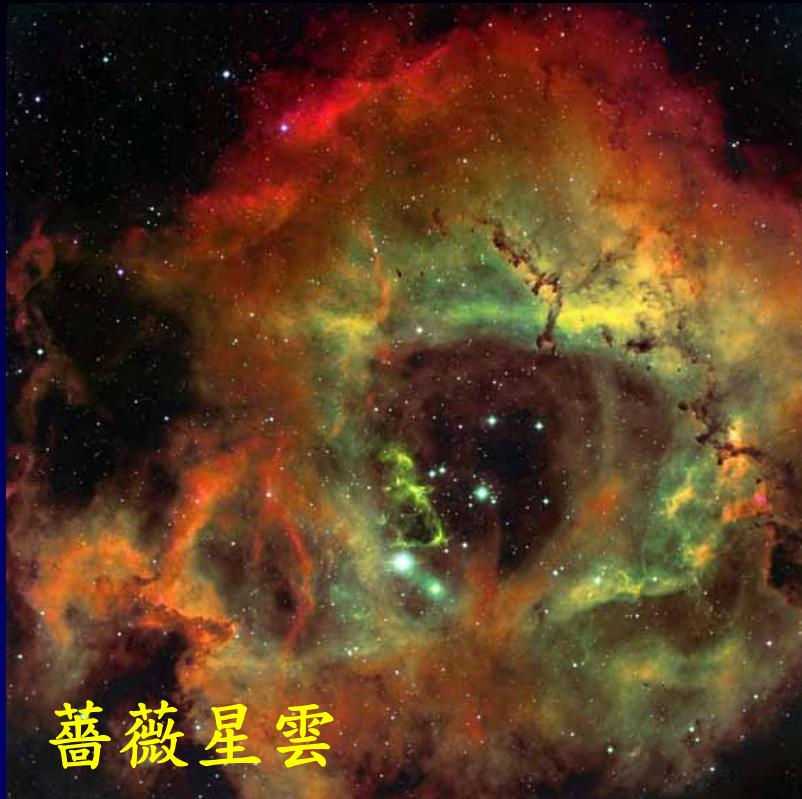


若雲氣夠大 → 分裂成小雲塊
→ 分別形成恆星 → 星團
→ 兩顆星互繞在一起 → 雙星





暗雲與初生星團



薔薇星雲



天鵝座

© 1998 Jerry Lodriguss



雙星團

© 1998 Jerry Lodriguss

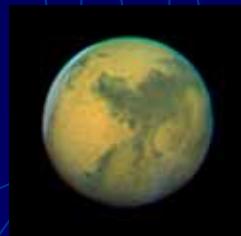
太陽系中的各式天體



雲氣收縮、中央溫度升高、點燃核子反應 → 太陽

雲氣縮成扁盤狀、盤中灰塵凝集 → 小行星

繼續凝集 → 行星



旁邊扁盤中的灰塵凝集 → 衛星

不成形的 → 外行星的環



不成形的 → 留在原地，例如小行星帶

→ 被拋到遠方 → 彗星核/小行星

不小心進入太陽系內圍 → 彗星



槍林彈雨的太空

- 剩下的大小碎渣在太空中遊走，四處亂撞，地球也不倖免



- 萬一撞到了……

如沙粒般的碎渣掉入大氣 → 流星

地球撞向彗星留在軌道上的殘渣 → 流星雨

大一點的如小石，燃燒剩餘部分落到地面 → 隕石

- 再大一點的呢？



各式各樣的行星



- 離母恆星距離近 → 热；距離遠 → 冷
- 行星質量愈大 → 愈抓得住（輕的）氣體

↖ 靠外圍的木星、土星、天王星、海王星
質量大、體積大、主要是氣體、沒有陸地

→ 類木行星

↖ 內圍的水星、金星、地球 (+ 月球)、火星
質量小、體積小、主要是岩石、有陸地

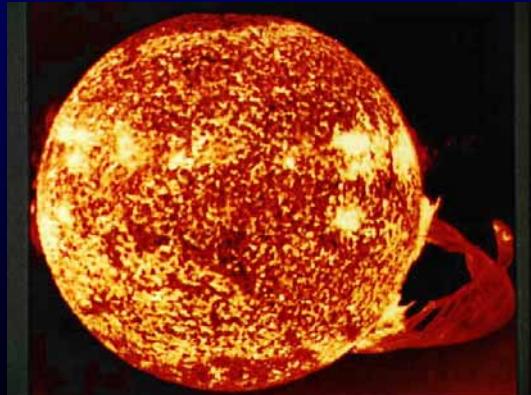
→ 類地行星



恆星璀璨多姿的一生



- 太空雲氣收縮→分裂
→各自形成恆星→星團
- 星球質量越大、越明亮、
溫度越高、呈藍白色
- 星球質量越小、越微暗、
溫度越低、呈橙紅色

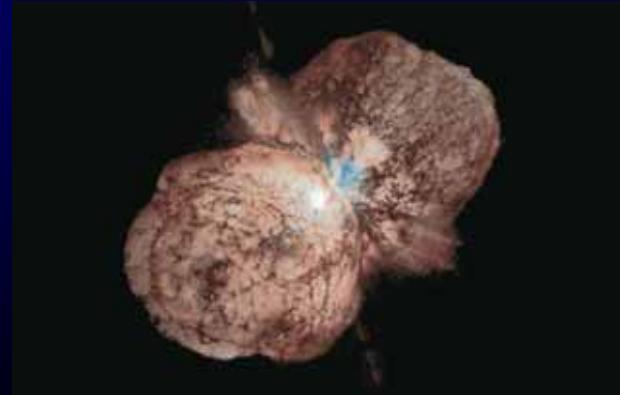
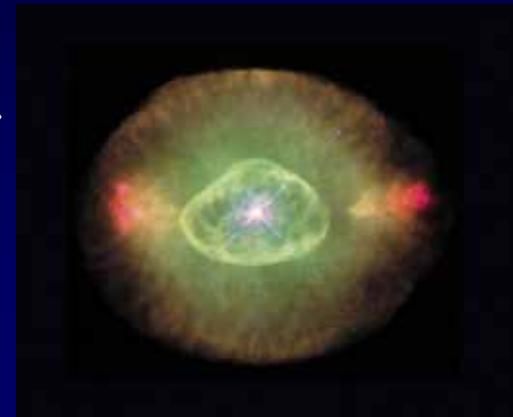


活生生的天體 — 恒星靠中心的核反應發光， 並且製造複雜元素

有的星球在核燃料用罄後，將一生
積蓄的複雜元素緩緩拋回太空 ➡

大型星球：耀眼；消耗燃料速率快
→ 壽命極短（紅顏薄命？）

臨死前爆發，將元素回歸星際空間
→ 下一代的星球 ↓



- 你我和星星的關係，比想像來得深
—— 我們都是星星的子民
- 「生命的意義在創造宇宙既起之生命」
- 宇宙別的角落也有生命嗎？咳，生命是什麼呢？
- 那裡生命也存在行星上嗎？否則呢？
什麼都有可能嗎？
- 那裡生命演化出文明了嗎？咳，文明是什麼呢？
- 我們能夠和他們聯絡上嗎？
- 他們也和我們一般有這些疑問嗎？
咳，這樣是很先進，還是很落後？

尋找其他的世界



如何知道恆星周圍有行星？

困難：行星不發光！

→ 擋光或 反光 或者 對發光體的影響



恆星太亮、
太近

位置變化

→ 亮度變化

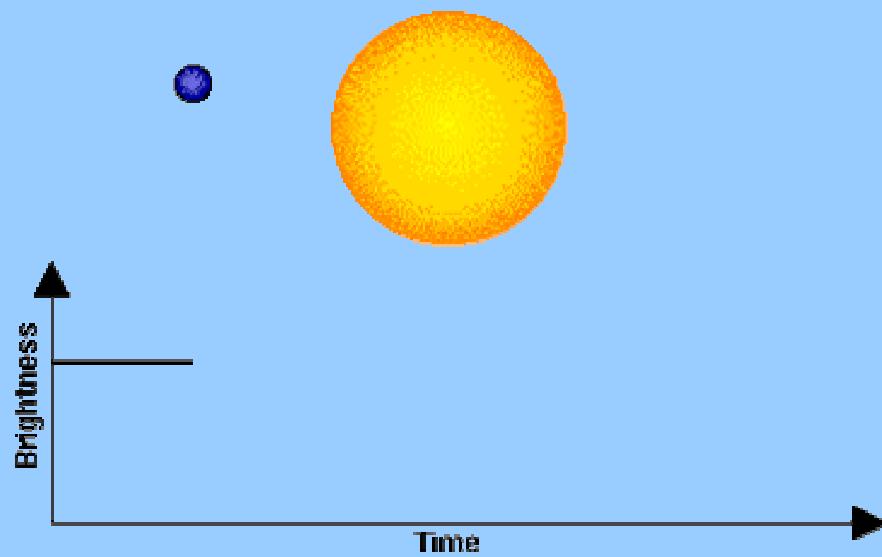
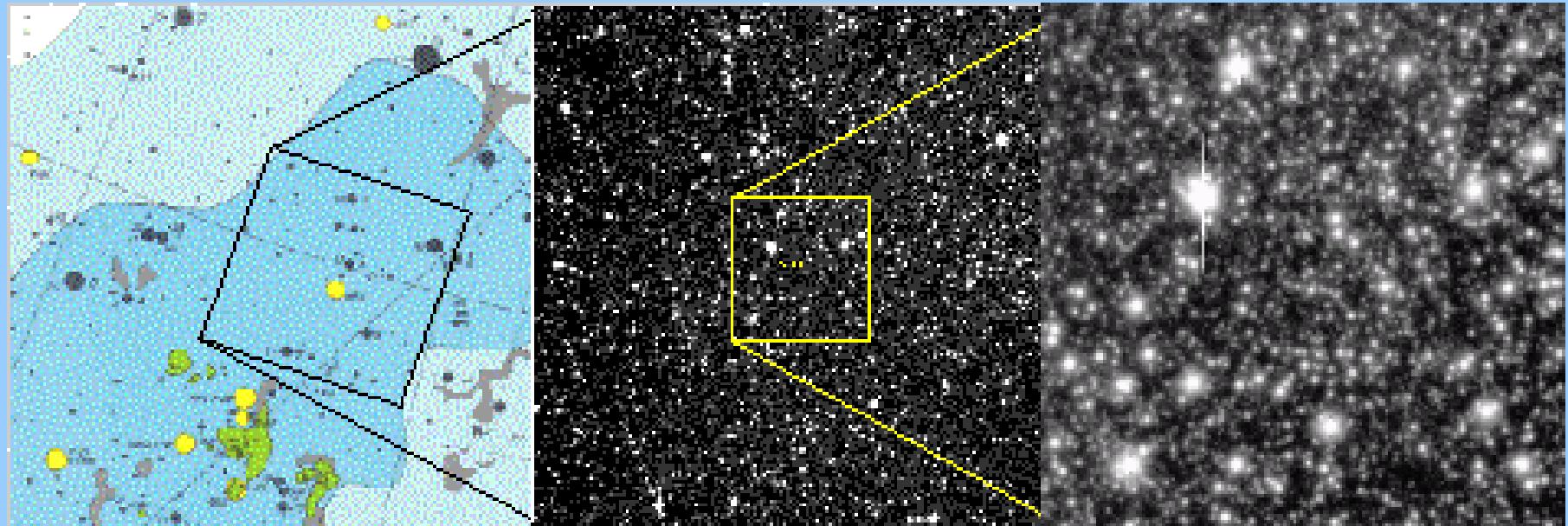
否則，直接看

偵測行星存在的方法

1 一凡走過的必留下痕跡

若行星繞恆星時，恰巧擋住恆星的光（像日食般），那麼恆星的**亮度**會以特別的方式變化

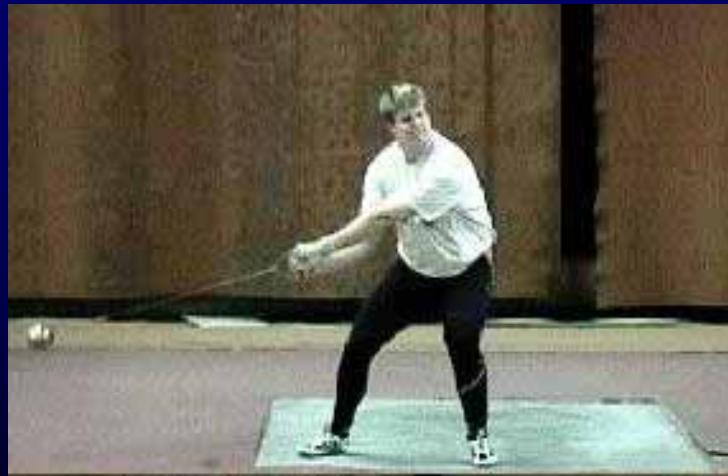




偵測行星存在的方法

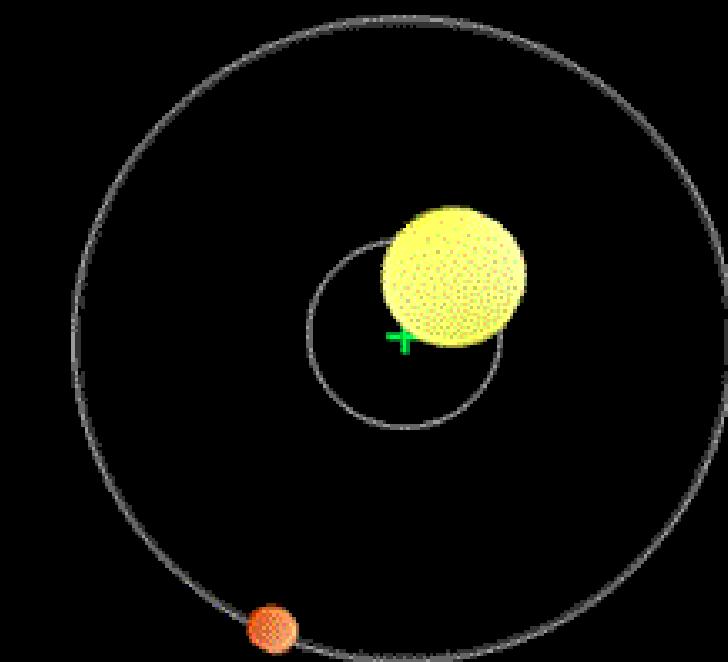
2 — 若要人不知，除非己莫爲

如果恆星周圍有行星，那麼恆星的**位置**與**運動**就會受到行星（萬有引力）的影響



Hammer throw

都卜勒效應

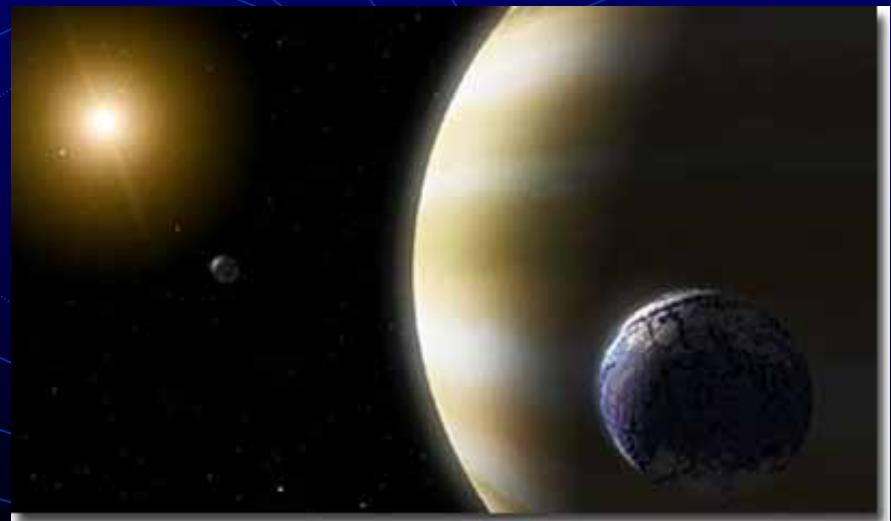
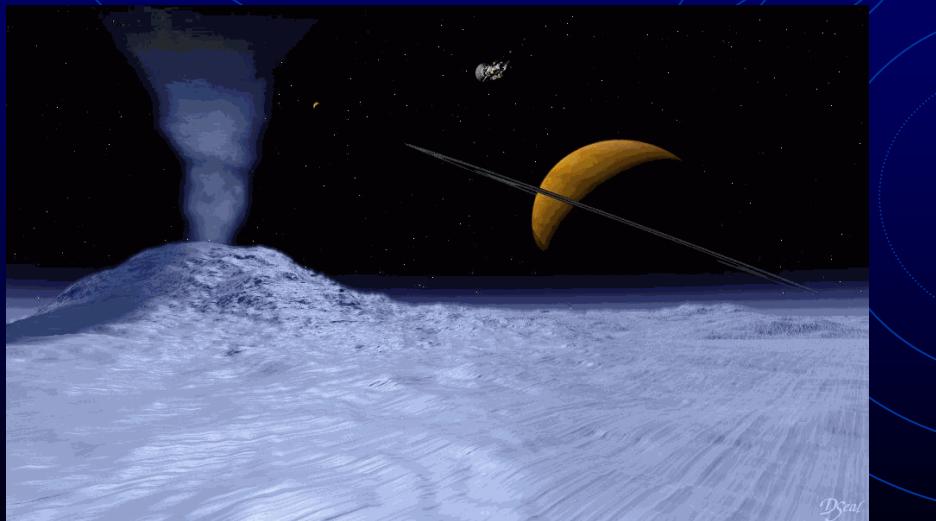
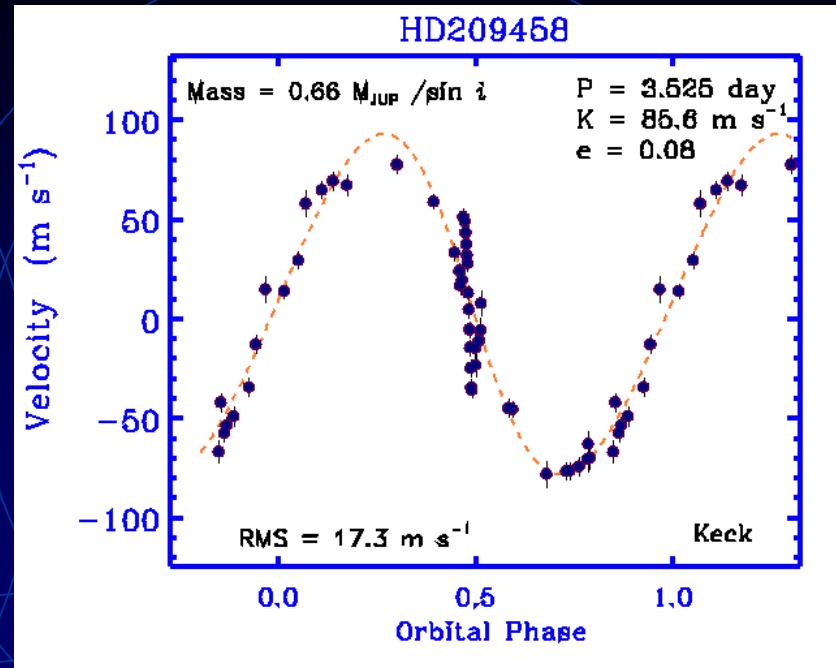


原本在太空中走直線的恆星，因為與行星互繞，而有「走螺線」的現象。

恆星因為與行星互繞，而在沿「視線」方向有「前後擺動」的運動。

截至2003.09已經在太陽系以外共發現了110個恆星周圍有行星（系外行星 extrasolar planets; exoplanets），絕大多數是利用「前後擺動」的原理所發現

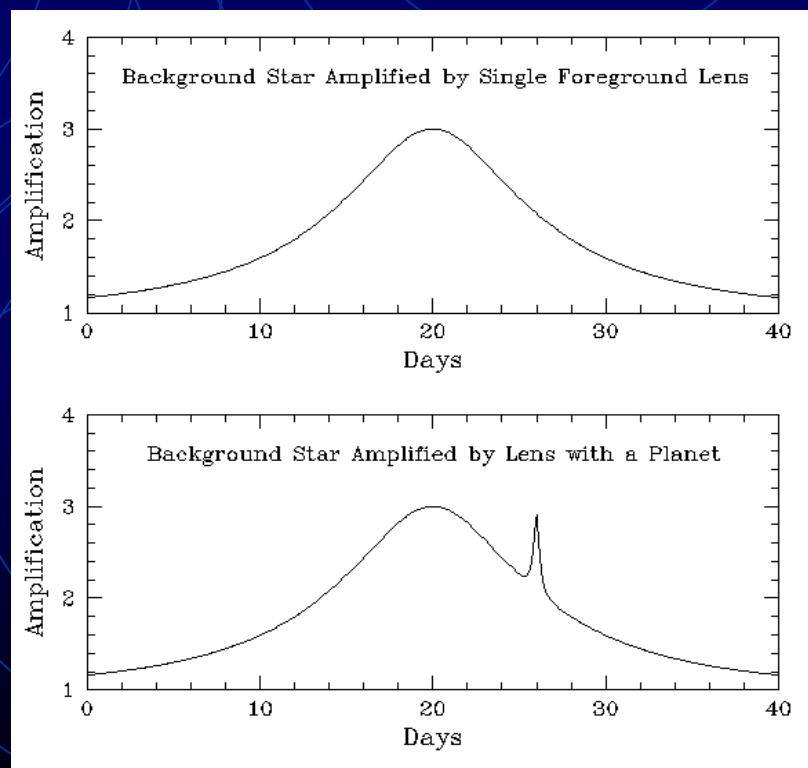
（為什麼？）



偵測行星存在的方法

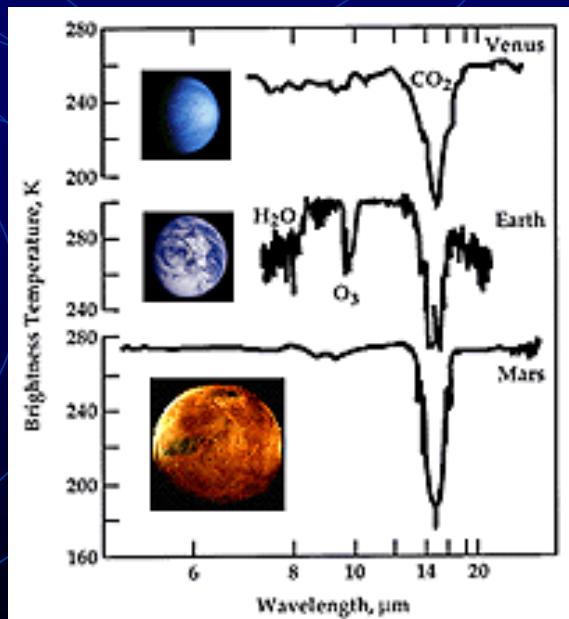
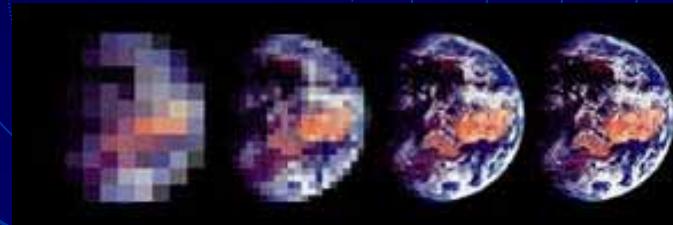
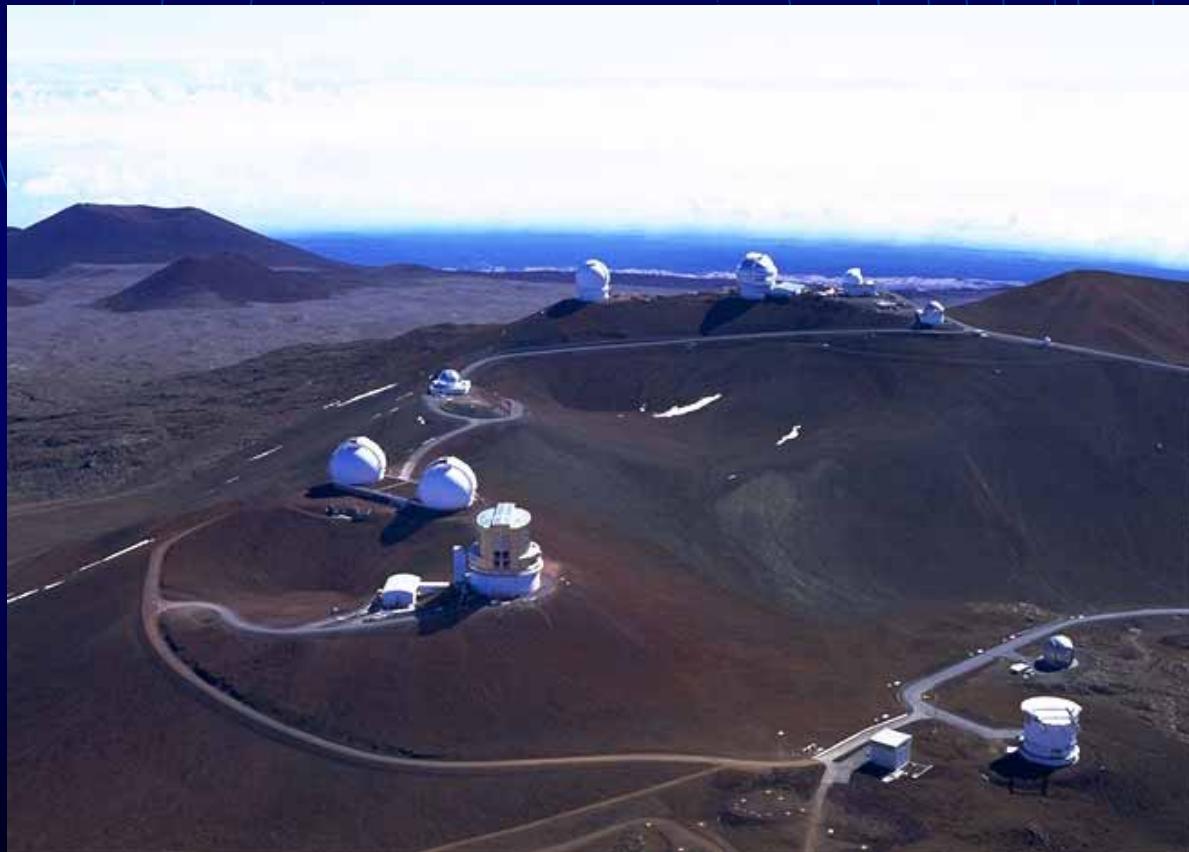
3 — 擋住了，但更亮！

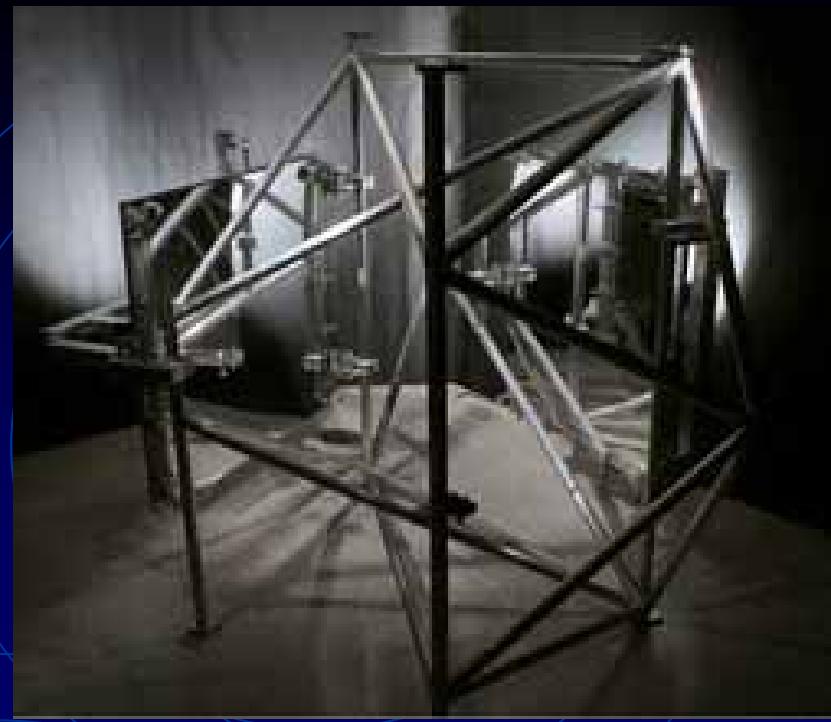
如果行星（前景）精準地正好在我們和遙遠恆星（背景點光源）之間，那麼恆星的亮度會增亮



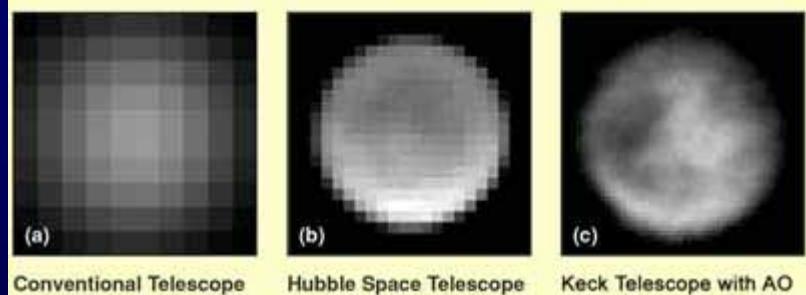
「重力透鏡」效應

鱗光片羽勝過千言萬語
——要是能直接看到就更棒啦





Titan (Saturn's Largest Moon)



(a) Conventional Telescope

(b) Hubble Space Telescope

(c) Keck Telescope with AO



Without Adaptive Optics

With Adaptive Optics

越來越看
得清楚的
觀測技術

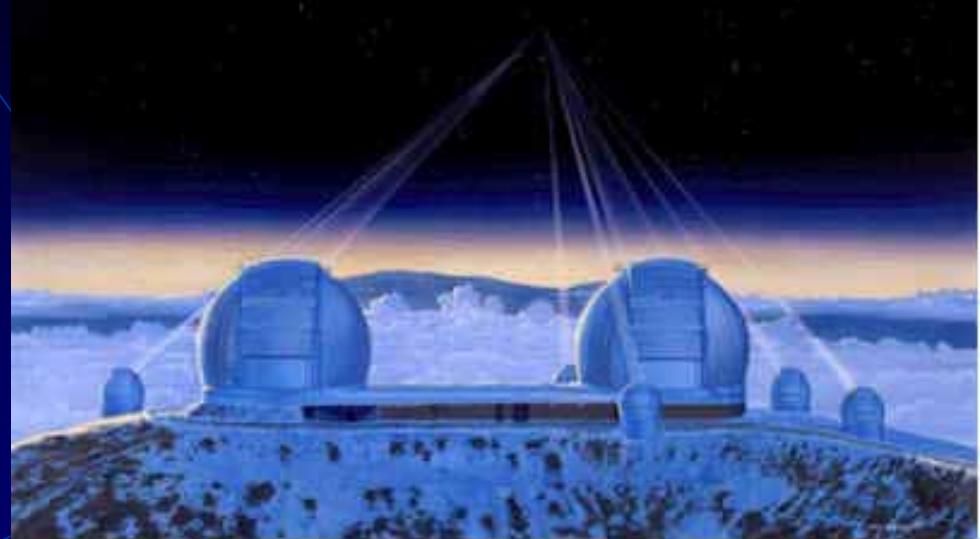
越來越靈敏
的偵測儀器



LBT in Arizona, USA



Keck in Hawaii, USA



Keck Telescopes as part of an interferometer

利用干涉技術把恆星的光減弱，增加看到行星的機會

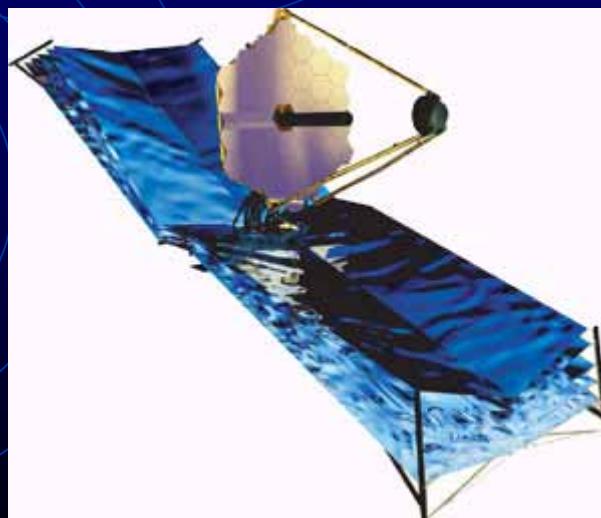
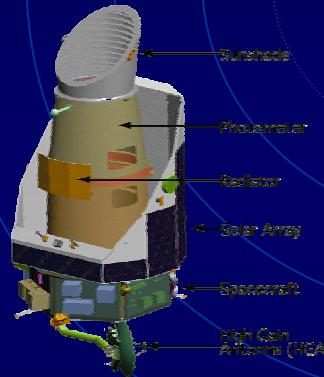
Light waves from star in different phases when they hit each telescope mirror.



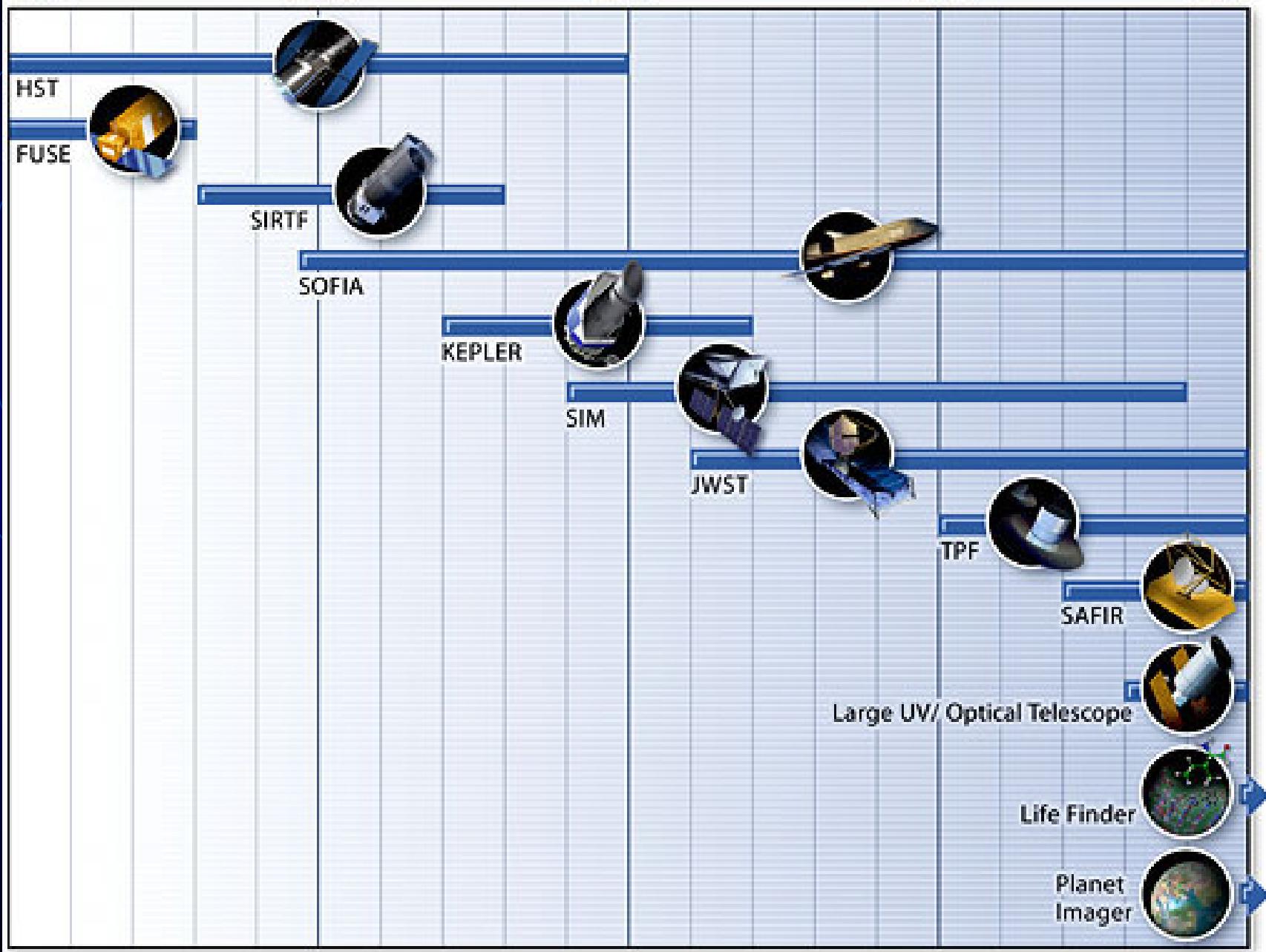
Keck I

Keck II

走，到太空去！
前面說的都能做，
而且做得更好得多



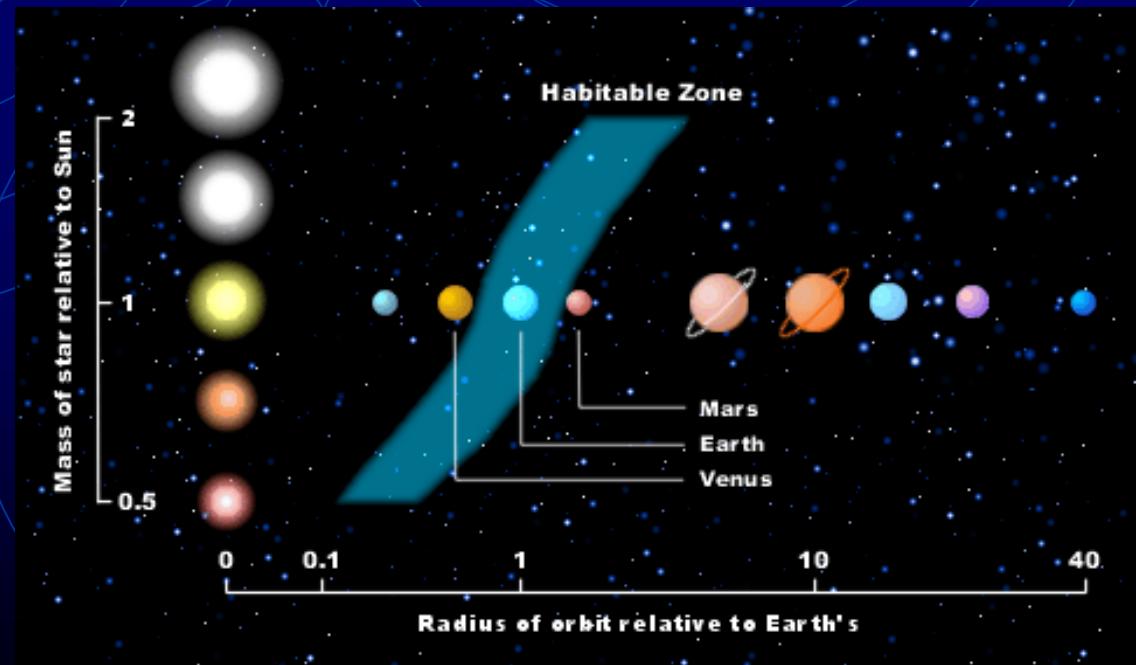
2000 2005 2010 2015 2020



- 適居區範圍：
大質量恆星→寬廣 小質量恆星→窄小



太陽適居區包含地球(及火星?)



The Search
continues

