

# 地球惑星科学 II

## 第10回

2017年12月21日

# 前回のミニレポート

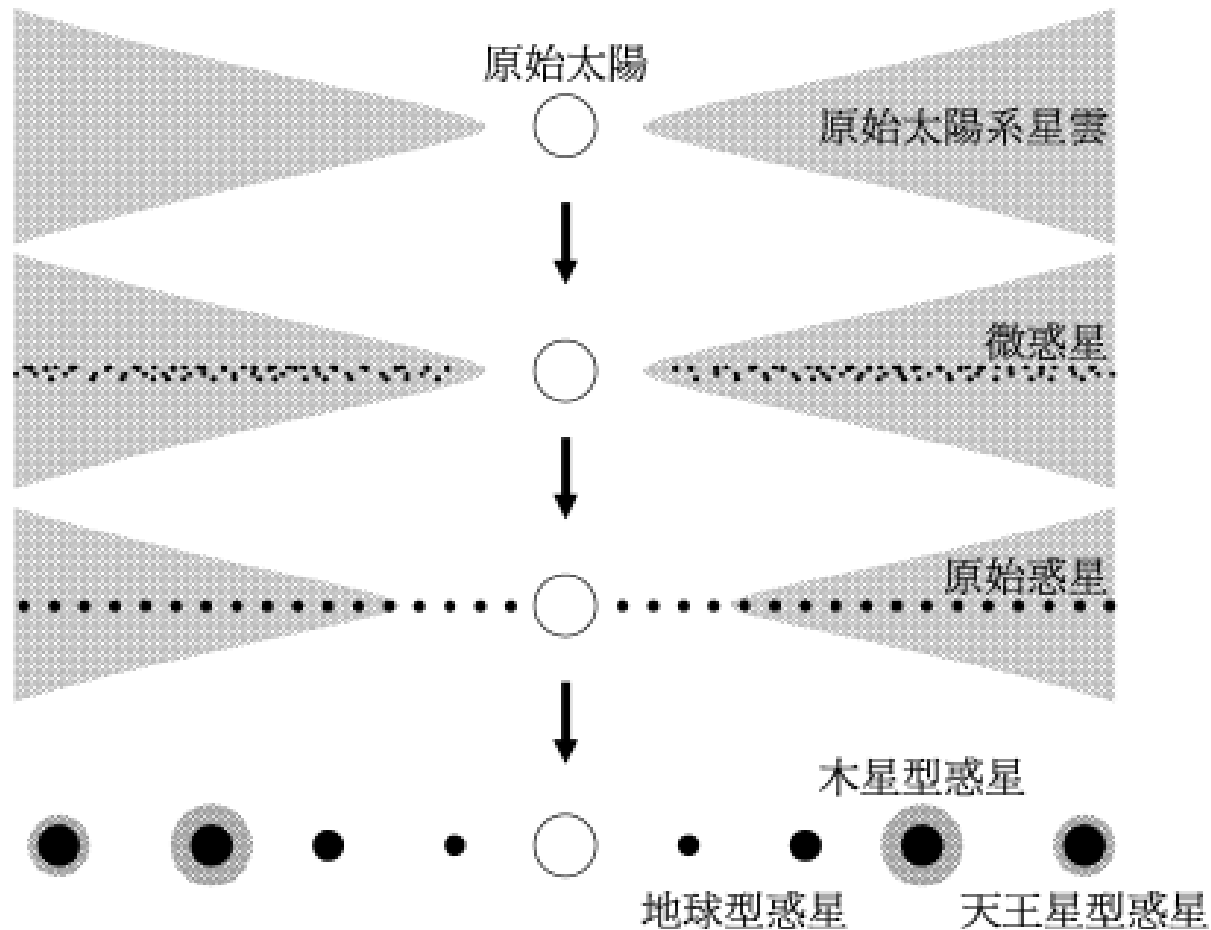
- 惑星・宇宙に関してどのような観測・探査を行うと良いか？
  - なぜそのような観測をおこなうのか？  
(何が知りたいか？)
  - 観測対象、観測する物理量、観測方法なども説明してください
  - 予算は無尽蔵にあるとして良い
  - 思いつく限りたくさん書いてください

# ミニレポート回答例

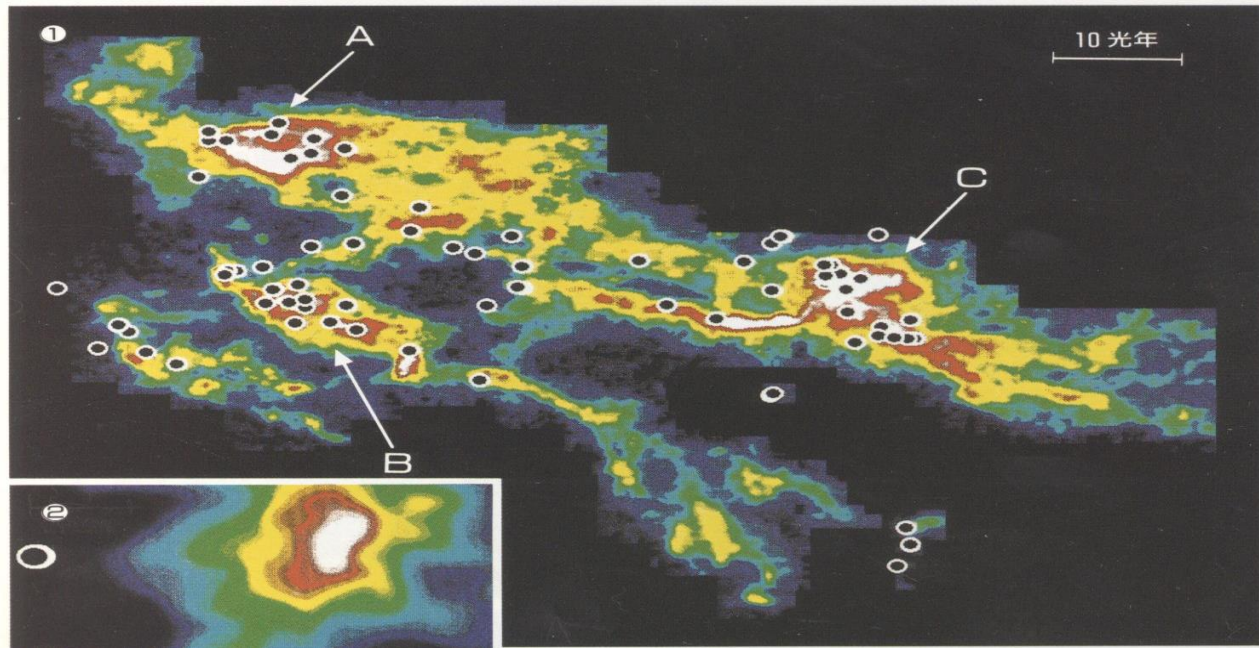
- ちょっと無理かも
  - 赤外線とかX線を地球からとばす
  - 知的生命体がいると考えられる星まで衛星をたくさん連結させて直接調べる
- なかなか鋭い
  - 土星や海王星の環の成因を調べる
  - 水星における磁場と表面付近の構造の調査
- 大計画
  - 自己増殖性の人工衛星
  - 太陽系全体を遠くから概観する観測

# 今日のテーマ

- 地球および太陽系はどのようにできたのか？
- 参照：地球惑星科学入門32章



# 惑星系の生まれる場所：星間分子雲



星間分子雲  
から星、星雲が  
生まれる

一酸化炭素が放出する電波によって観測した牡牛座分子雲  
「福井・水野(1994)科学,64巻」より転載

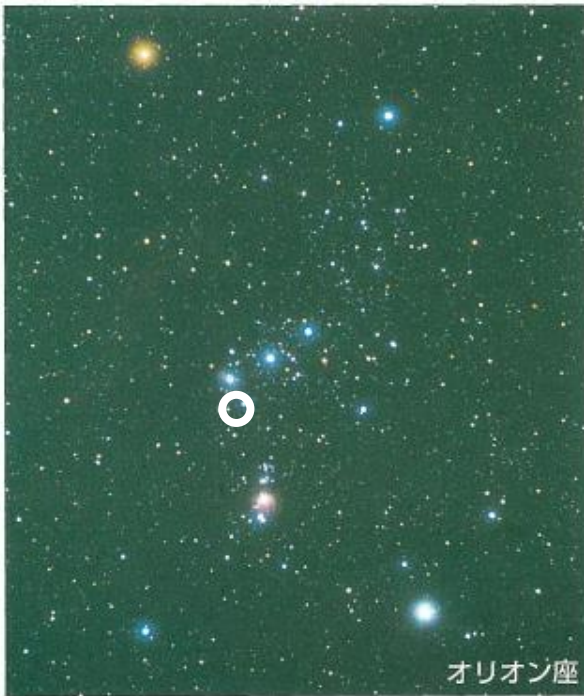
- 星から放出されたガスが集合
- 主成分：水素（75%）、ヘリウム（24%）
- 直径は10～100光年。質量は太陽の100～100万倍
- 温度は10～50K
- 太陽系の場合、収縮開始は46億年前

# 暗黒星雲

馬頭星雲(オリオン座)



地学図表P.45

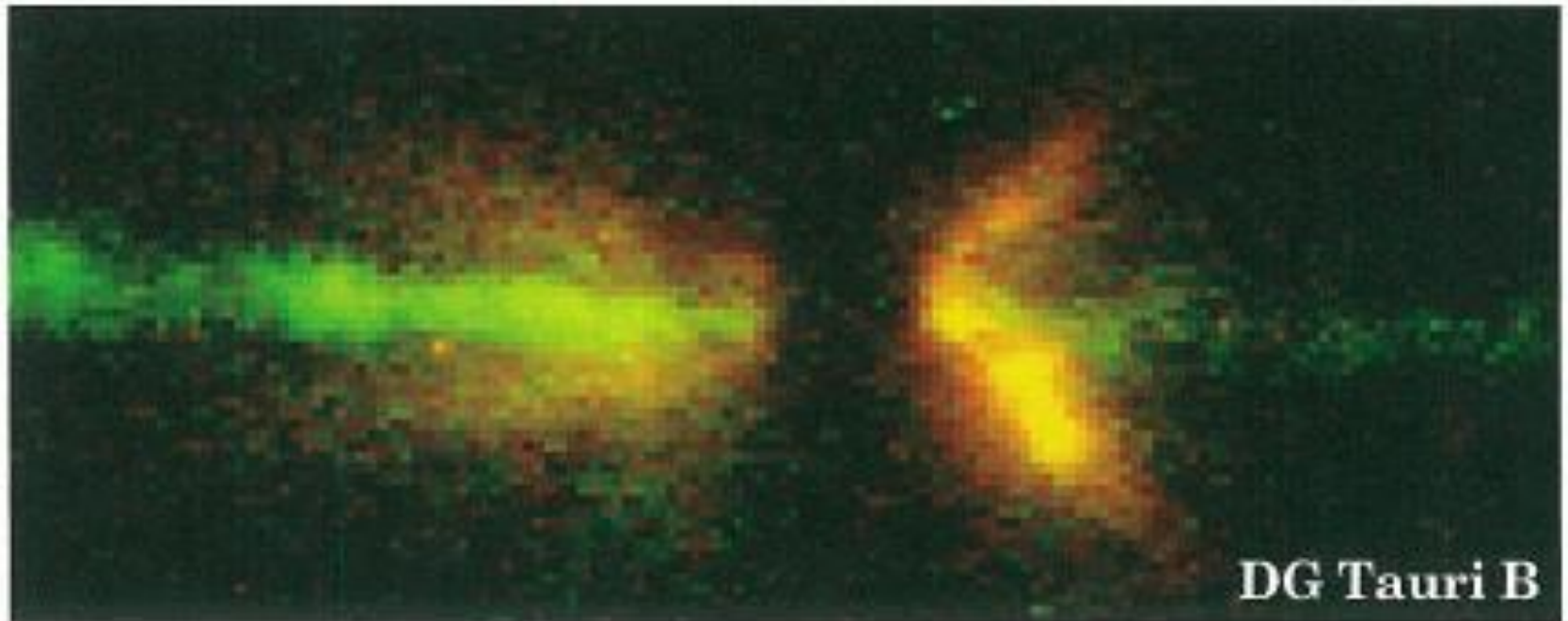


[http://www.nasa.gov/multimedia/  
imagegallery/image\\_feature\\_89.1](http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_89.1)

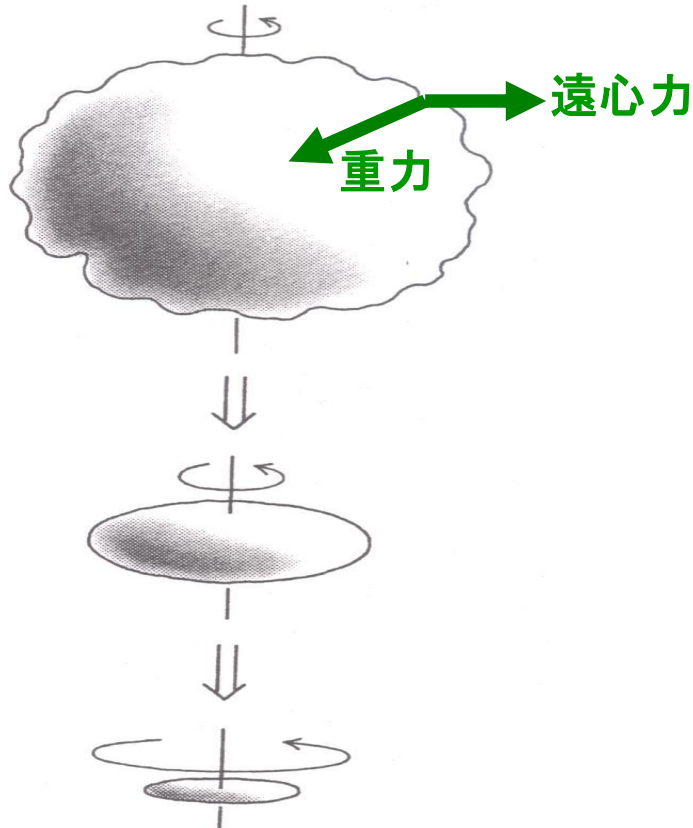


# 恒星の誕生

地学図表P.140



# 原始太陽系円盤の形成



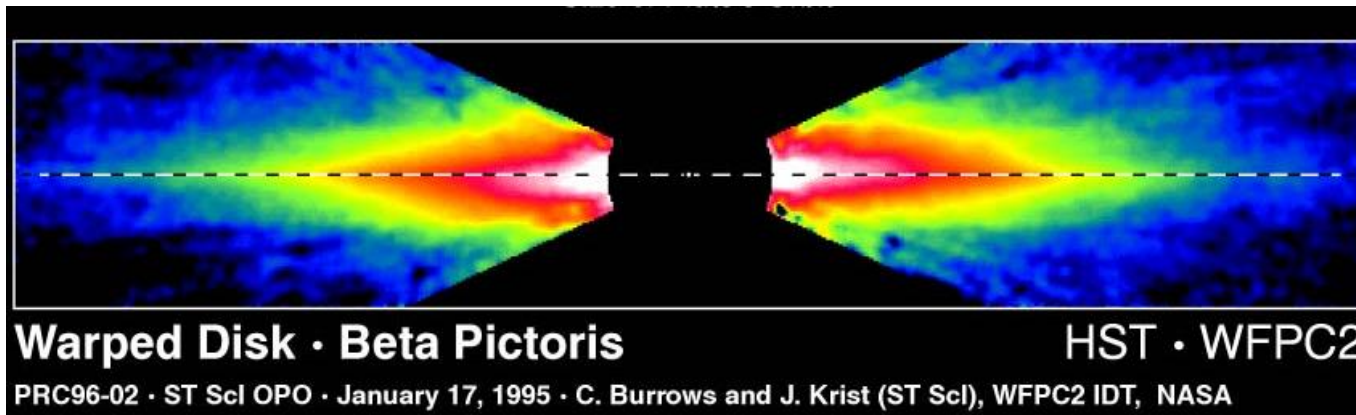
[http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-103/hires/sts103\\_726\\_081.jpg](http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-103/hires/sts103_726_081.jpg)  
より転載

「一億個の地球,井田茂・小久保英一郎著,岩波書店」

- 円盤状になって中心星の周りを回転
- 微粒子(ダスト)と気体(ガス)から成る
- 原始太陽系円盤を調べるには、他の天体を見る

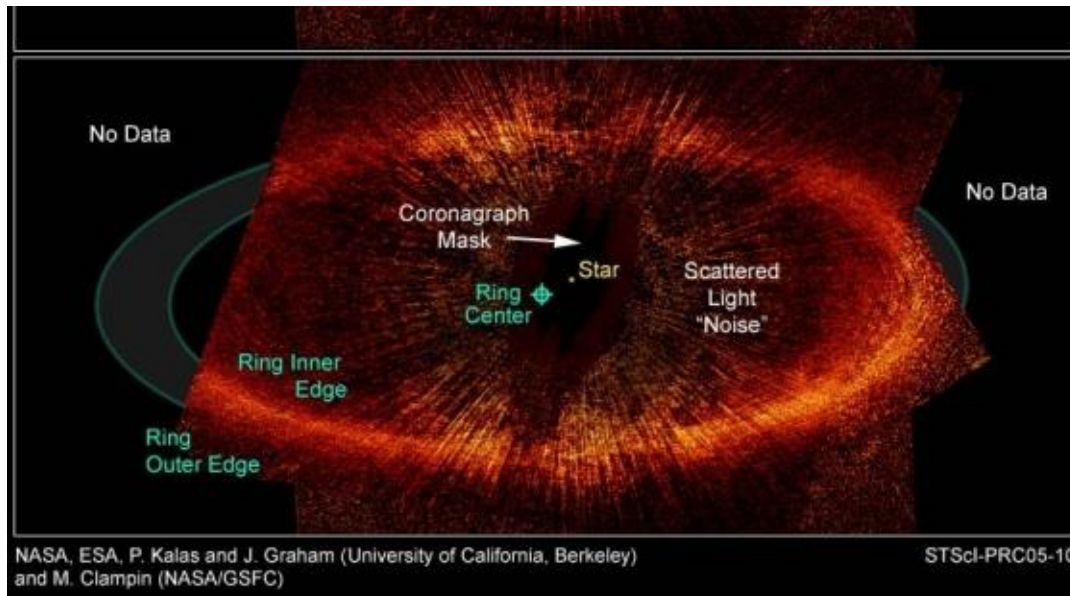


# 原始太陽系円盤の姿



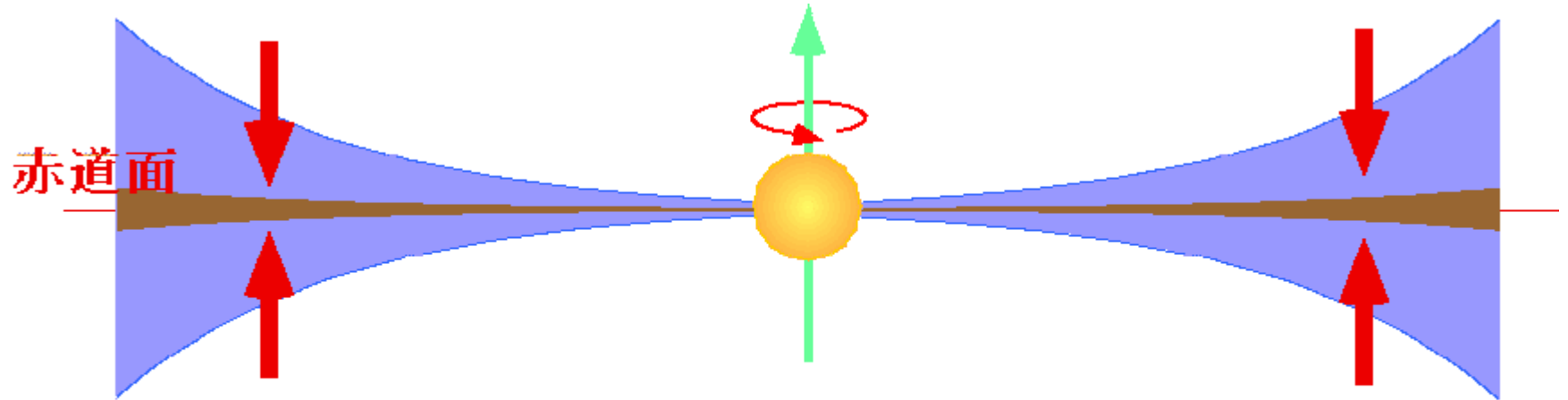
ハッブル宇宙  
望遠鏡による  
観測

<http://hubblesite.org/newscenter/archive/1996/02/image/a>より転載



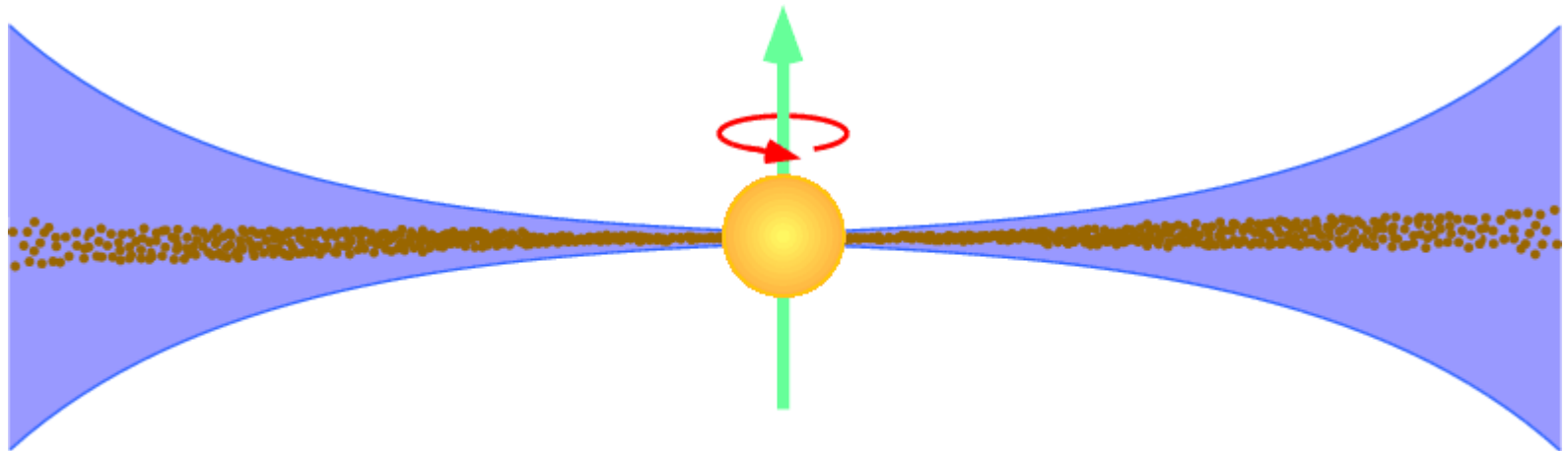
<http://www.solstation.com/starx/fomalhau.htm>より転載

# 微惑星の形成



ダストが赤道面へ沈殿していき薄いダスト層を形成する。

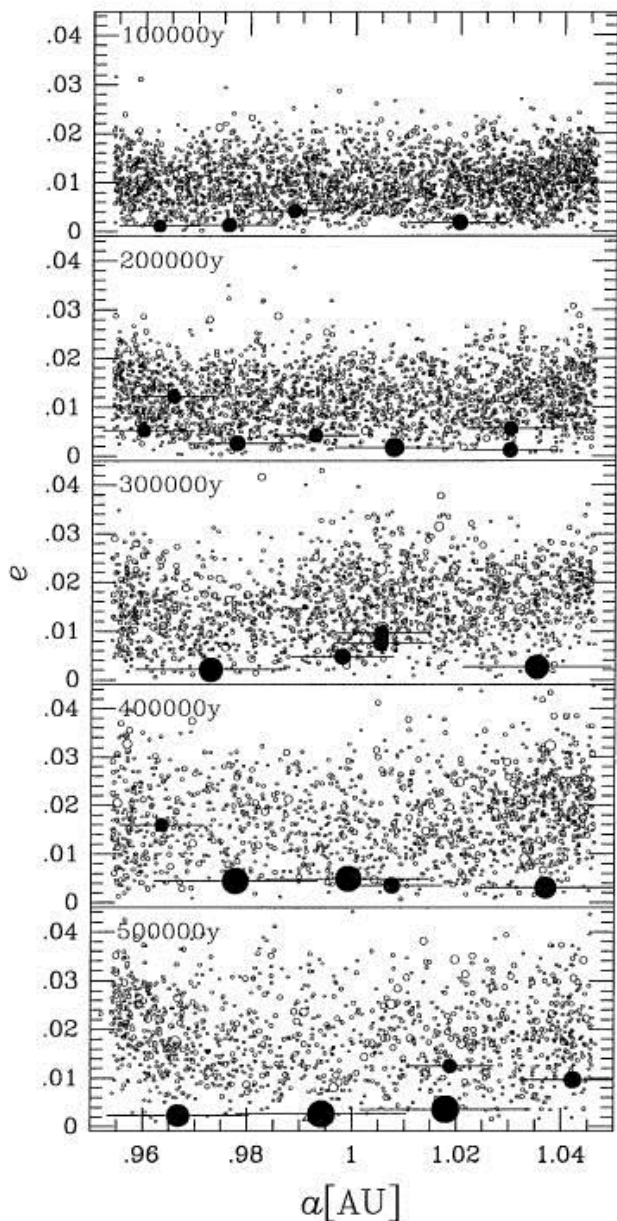
<http://th.nao.ac.jp/openhouse/1998/poster/1997/planet/sedimentation.html>



ダスト層が分裂して、多数の微惑星を形成する。

<http://th.nao.ac.jp/openhouse/1998/poster/1997/planet/planetesimal.html>

# 微惑星集積の集積～惑星の形成



- 調べる方法は数値シミュレーション
  - 数1000個の微惑星
  - 太陽・微惑星同士に働く重力、ガス抵抗を考慮
  - 微惑星同士が接近した時に何が起こるかを追跡(散乱、衝突・合体、捕獲)
- 膨大な計算量となる
  - 専用計算機も作られている
- 結果
  - 微惑星集積→複数の原始惑星形成
  - 惑星は周りから材料(微惑星)を集めないといけないので間隔が空く
  - 太陽からの距離により材料が異なる

# 微惑星の姿

- 微惑星の生き残り～小惑星



小惑星 イトカワ

[http://www.jaxa.jp/article/special/hayabusa\\_sp3/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/article/special/hayabusa_sp3/index_j.html)より転載



はやぶさ

[http://www.jaxa.jp/projects/sat/muses\\_c/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/projects/sat/muses_c/index_j.html)  
より転載



# 巨大ガス惑星の形成

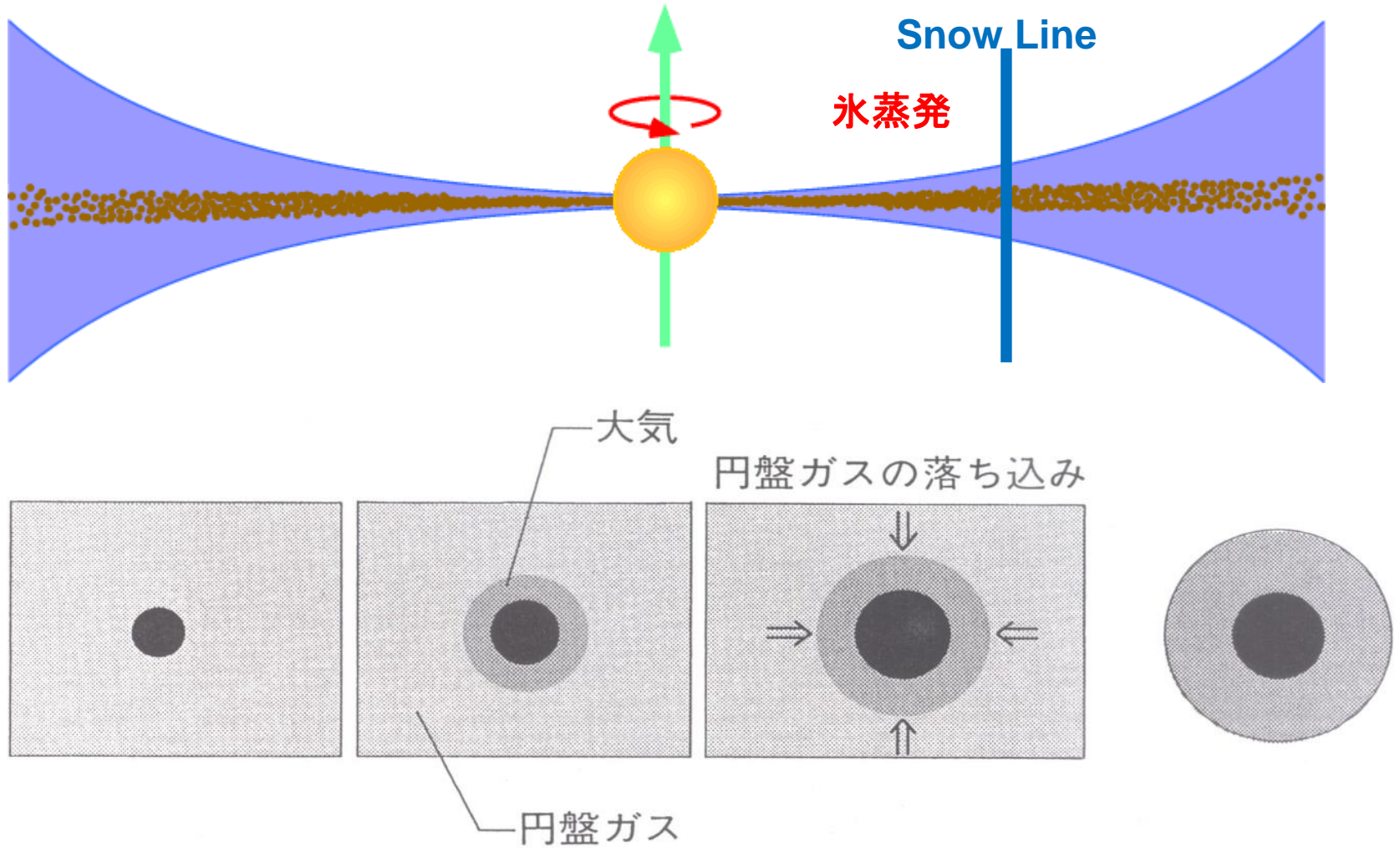
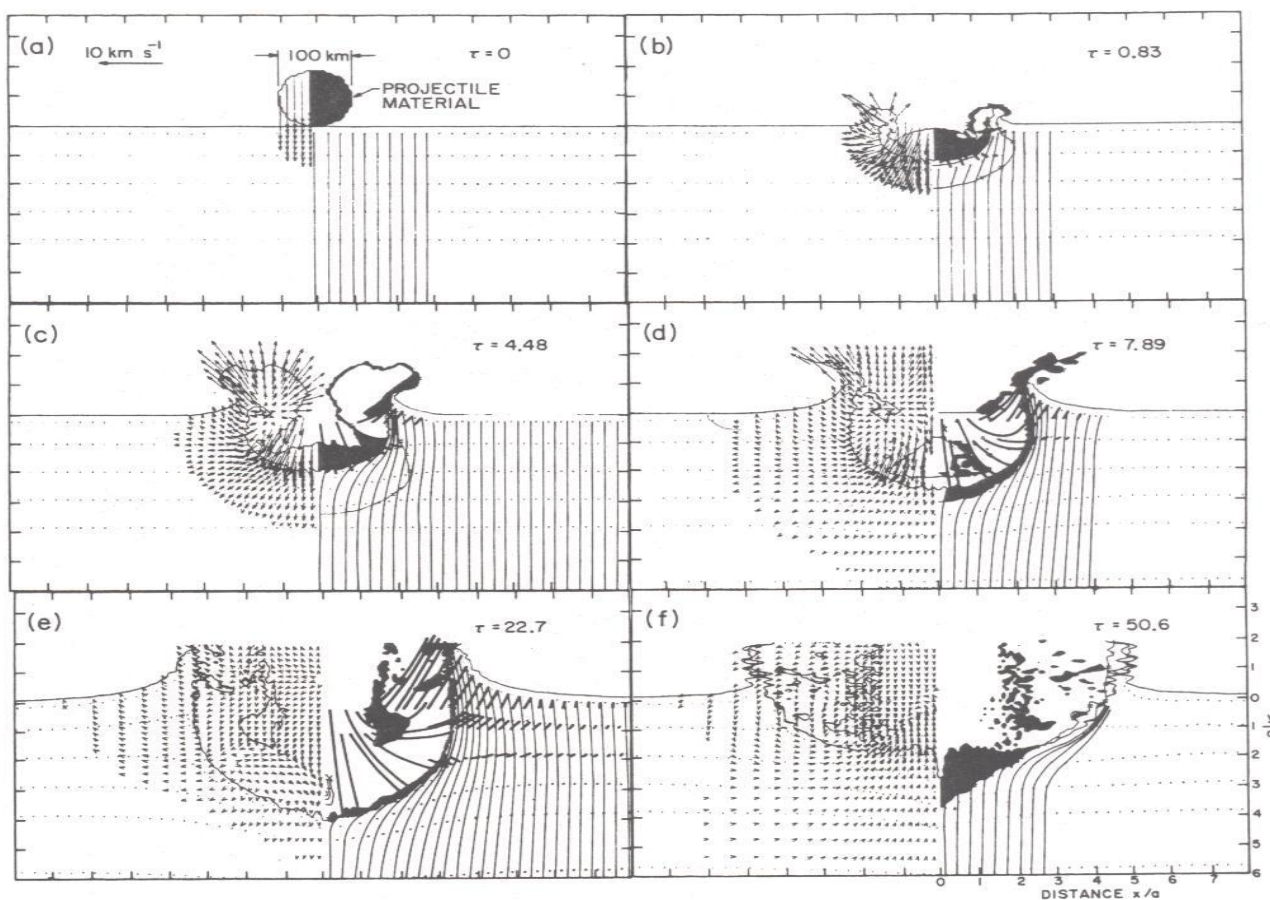


図 13 木星のガス捕獲

「一億個の地球,井田茂・小久保英一郎著,岩波書店」より転載

# 地球型惑星のその後：衝突脱ガス

- 微惑星衝突の際に水蒸気・二酸化炭素などの気体が放出
- 厚い大気とマグマオーシャンの形成



「比較惑星学,松井孝典他著,岩波書店」より転載

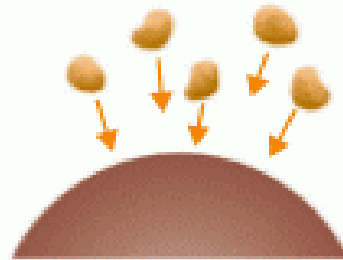


# 今日の計算問題

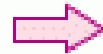
- 地球に直径10kmの小惑星が衝突する際に発生するエネルギーフラックス(1秒間に、 $1\text{m}^2$ あたりに解放されるエネルギー量)を計算せよ。小惑星が持つ運動エネルギーが解放されて地球表面全体に与えられると考える
  - 小惑星の衝突速度:  $10\text{km/sec}$
  - 小惑星の密度:  $5\text{g/cm}^3$
  - 小惑星衝突イベントの時間スケール:  $1\text{sec}$

# 原始地球の形成

初期原始地球 (半径約 750 km)



直径 10 km 程度の無数の微惑星が数十 km/s の速さで衝突・合体して成長し、初期の原始地球ができる。

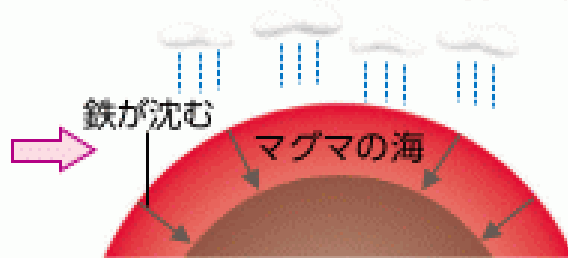


水蒸気 二酸化炭素 窒素



衝突で微惑星内部のガスが放出され (衝突脱ガス), 原始大気\* になる。  
\*ジャイアントインパクト後のマグマオーシャンから放出されたガスが大気になったという説もある。

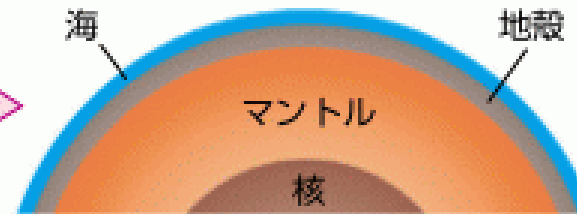
雲 (水蒸気100気圧)



衝突のエネルギーと大気による保温効果で岩石がとけ、地表はマグマにおおわれる (マグマオーシャン)。密度の大きな鉄やニッケルは沈んで核になる。



原始地球



マグマにおおわれた表面は冷えて地殻になり、水蒸気は海になり、現在のよ  
うな層構造ができる。大気中の二酸化炭素は海に溶け、温室効果 (▶ p.159) が弱まり、気温は低下した。

# 月の起源



地学図表P.21

# 太陽系の形成過程

