

# 地球惑星科学II

## 第13回

2018年01月25日

# 学期末試験について

- **試験は来週！** 単位が必要な人は必ず出席を！
    - 2月1日(木) 10:30～12:10頃
    - 地球惑星科学入門・**地学図表**・自筆ノート持ち込み可
    - 出題形式: 計算問題と記述問題
    - その場での思考を問う問題も出題
  - **注意**
    - ノート・教科書をよく復習しておくこと。各種概念を頭の中に入れておくように
    - 解答では論理のつながりに注意
    - 成績は総合得点順で機械的に決定する
    - 授業で使った資料は公開
- <http://www.gfd-dennou.org/arch/momoko/index.htm>

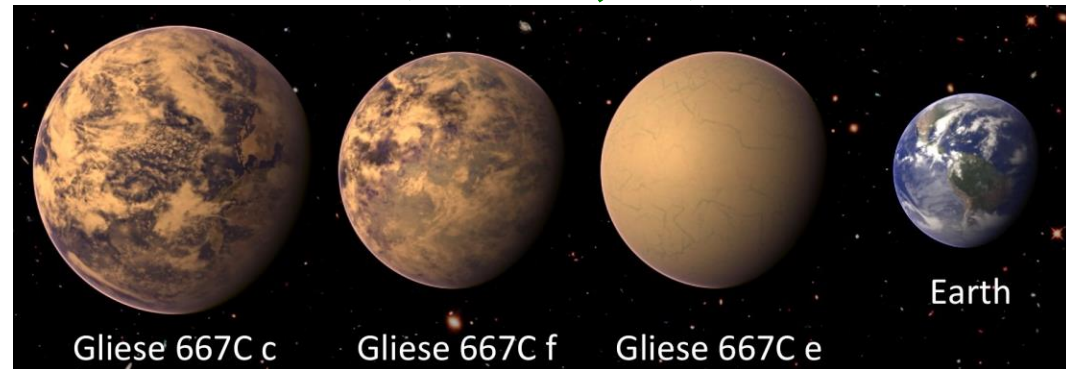
# 今日のテーマ

- 系外惑星とはどのようなものか？

Hot Jupiter



スーパーアース



<http://www.cosmosmagazine.com/news/3404/new-hot-jupiters-rewrite-planetary-theory>

<http://www.drewexmachina.com/2014/09/07/habitable-planet-reality-check-gj-667c>

- 生命存在可能性はどのように決まるか？

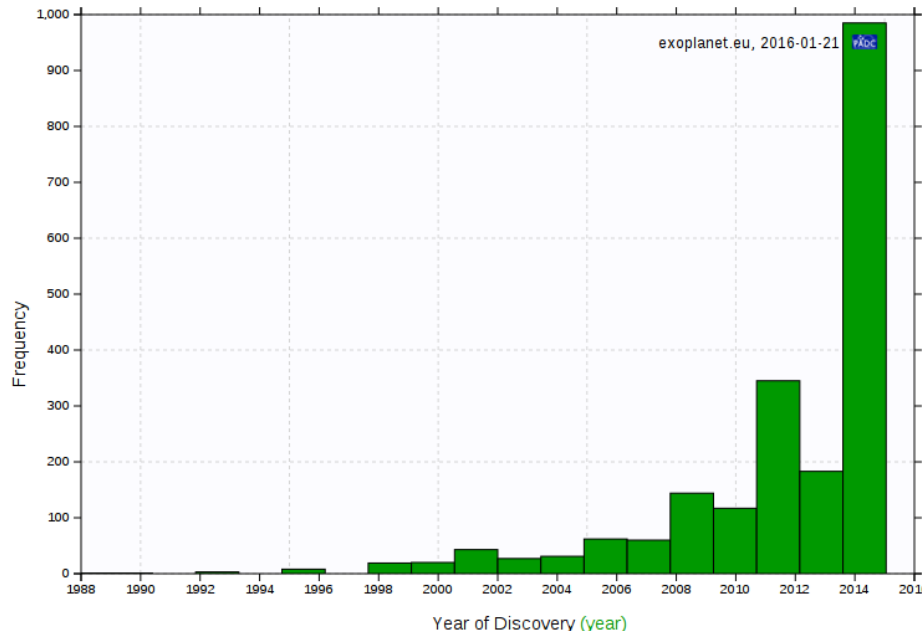
- 参照：

地学図表 p.28—p.29

地球惑星科学入門31章—34章

# 系外惑星とは

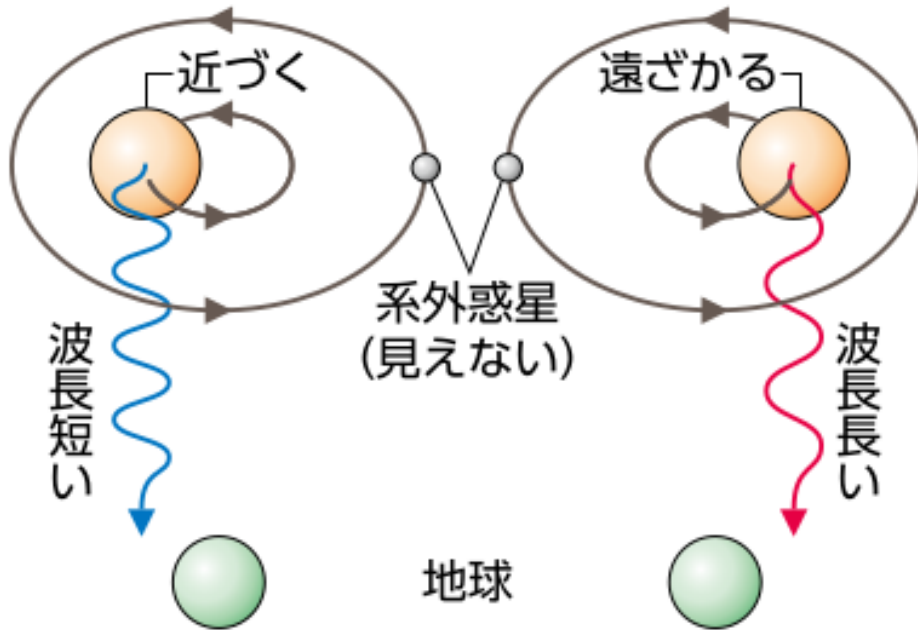
- 太陽系以外の惑星
  - 1995年の初発見（ペガサス座51b）以来、候補天体を含め3000個以上が発見
  - 最近は太陽に非常に近いところにも地球と似た惑星（プロキシマb）が発見
- 系外惑星の発見数の変化



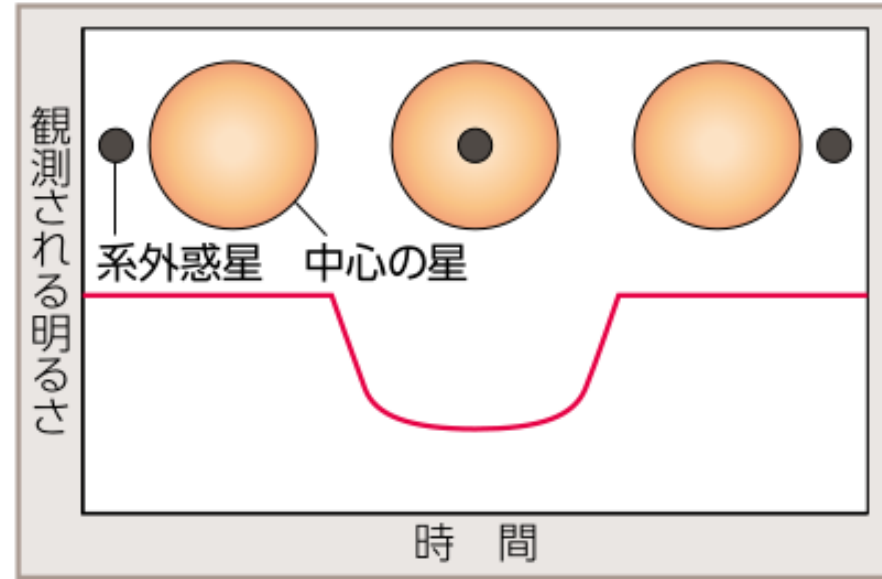
<http://exoplanet.eu/>

# 系外惑星の観測方法

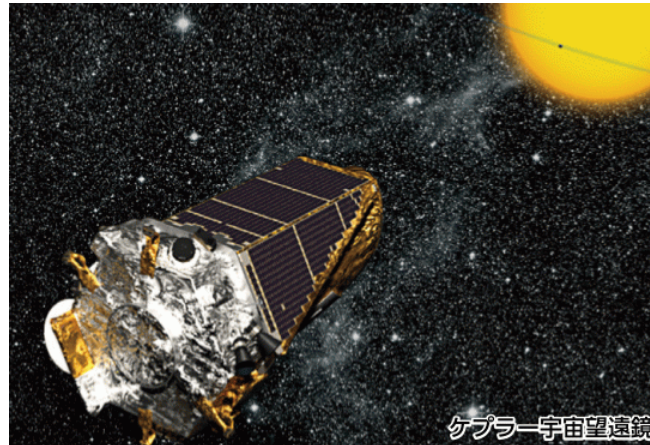
## ドップラー法



## トランジット法



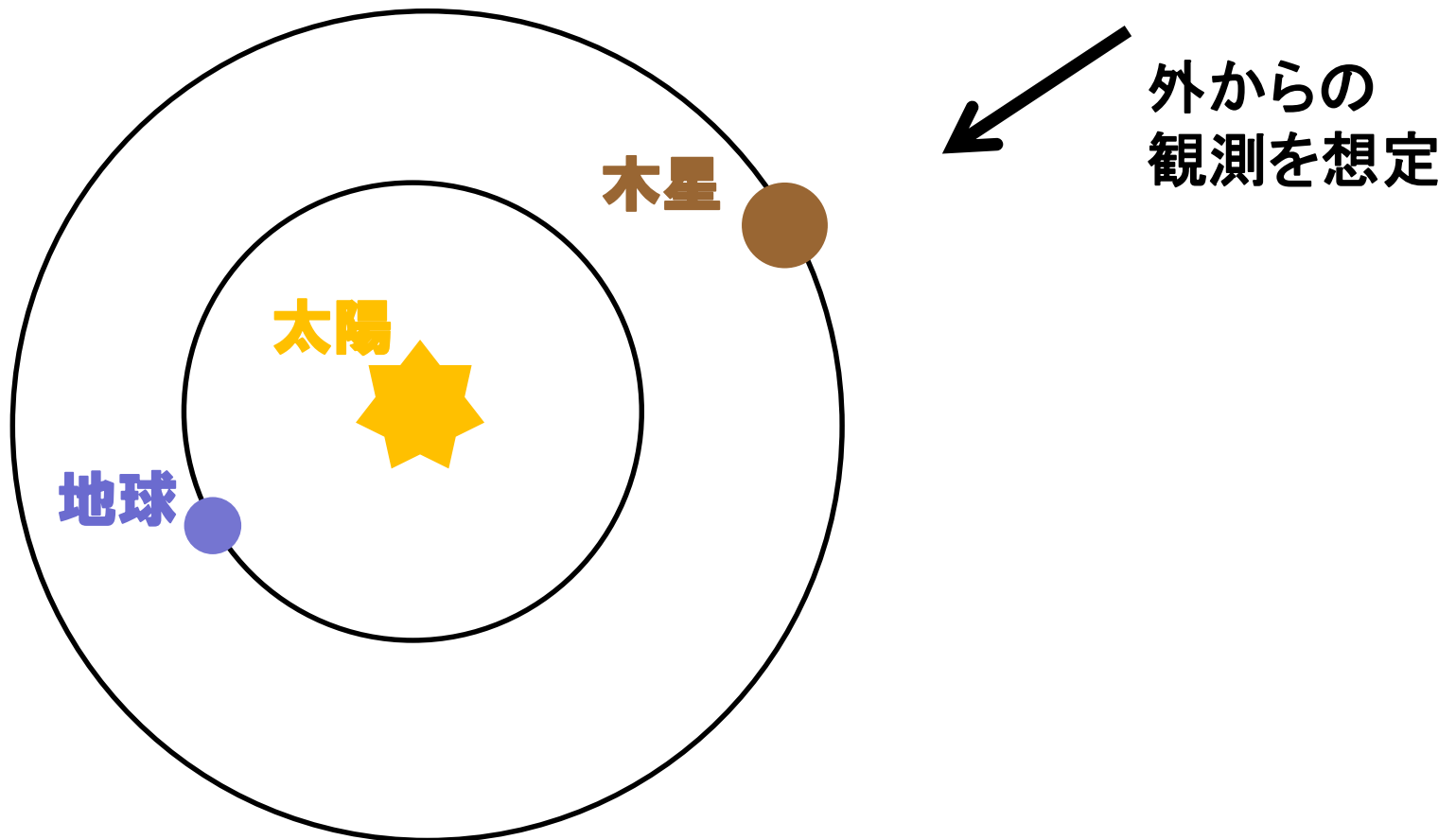
## ケプラー 宇宙望遠鏡



ケプラー宇宙望遠鏡

# 今日の計算問題

- 木星が太陽の前を通過すると太陽光は何%減少するか？

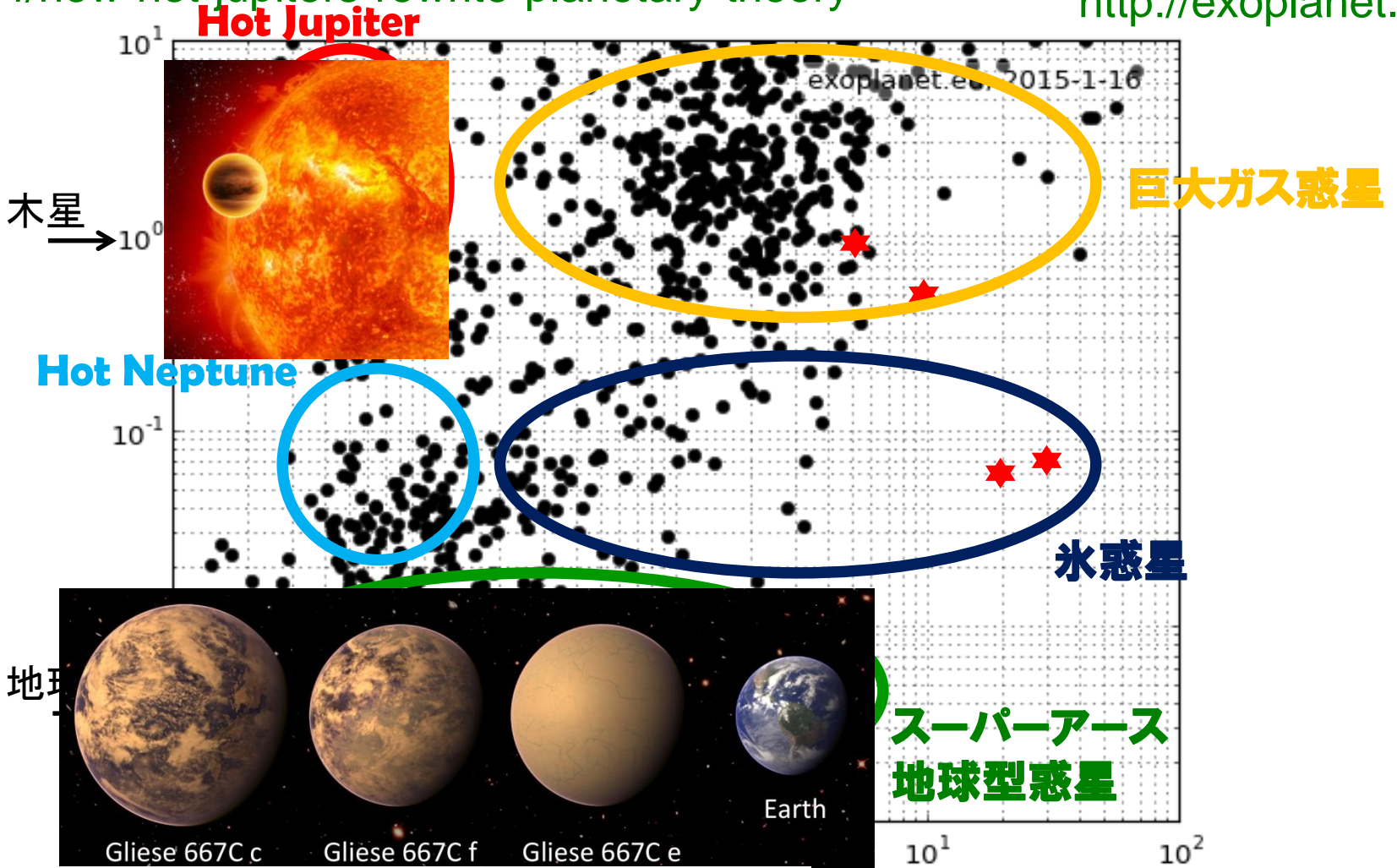


# 系外惑星の多様性

<http://www.cosmosmagazine.com/news/3404/new-hot-jupiters-rewrite-planetary-theory>

<http://exoplanet.eu/>

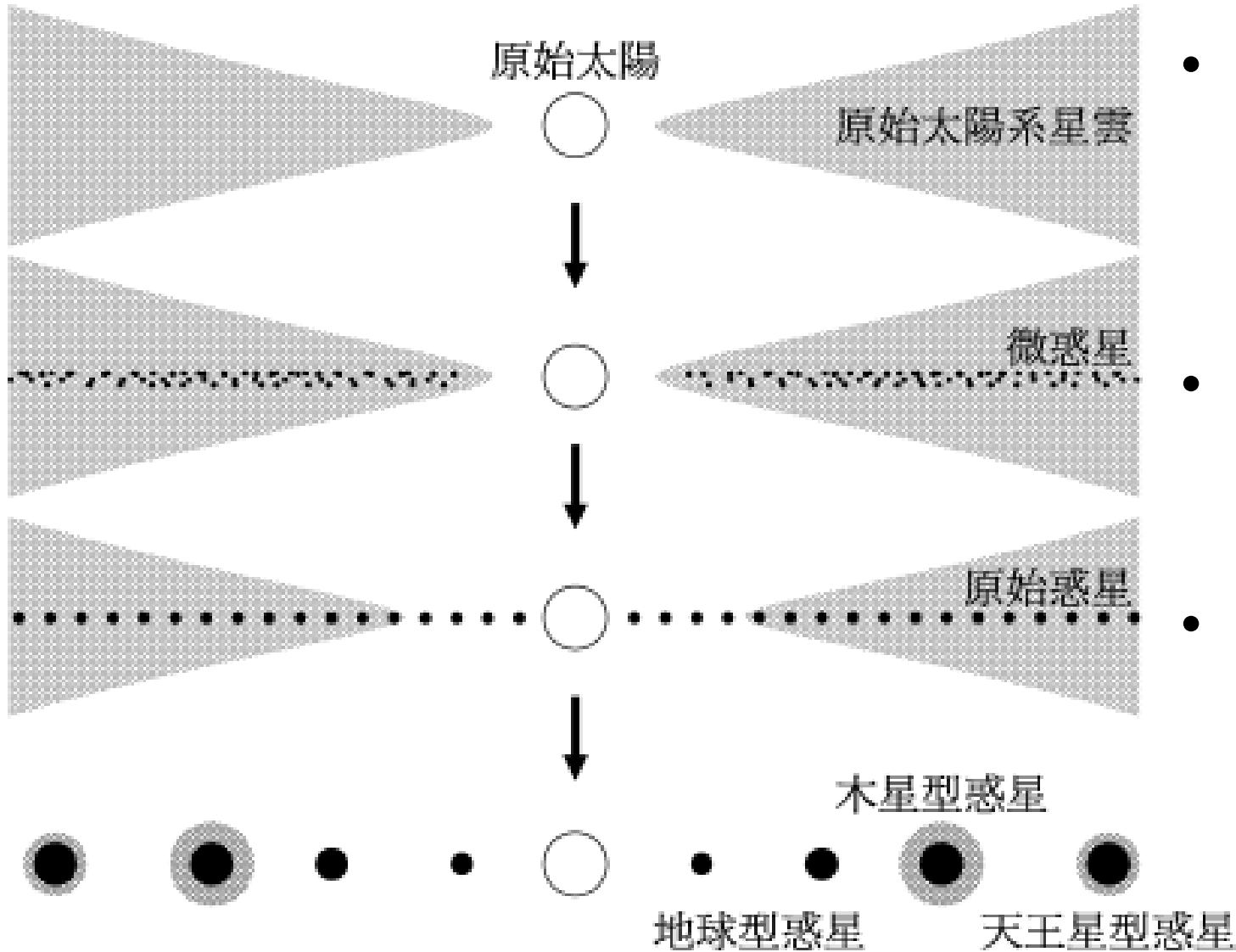
惑星質量（木星で規格化）



<http://www.drewexmachina.com/2014/09/07/habitable-planet-reality-check-gj-667c>

軌道長半径 (AU)

# 惑星系の形成過程

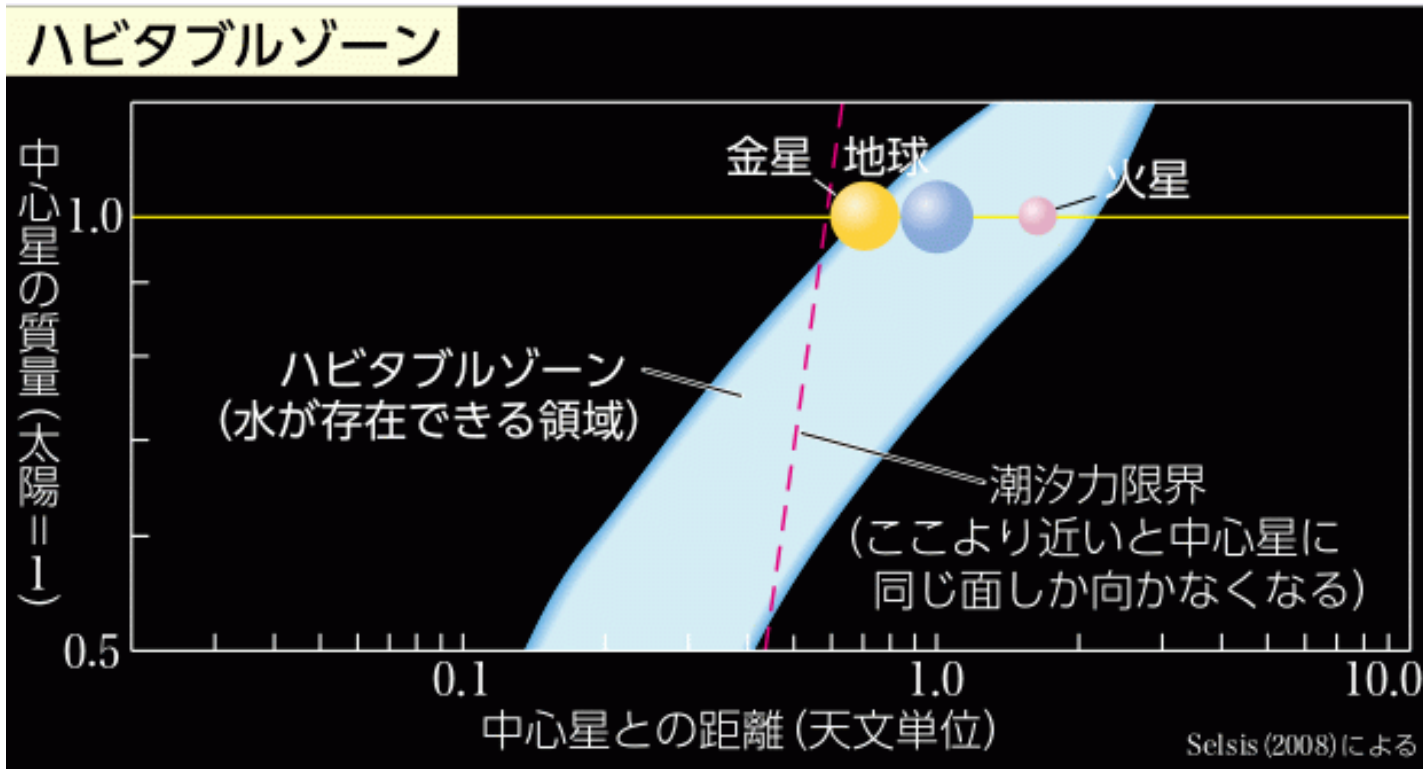


- 系外惑星の形成過程は太陽系と異なる可能性
- より一般的な惑星形成論が必要
- 惑星移動



# 系外惑星における生命存在可能性

- 生命発生条件は一般的にはわからない
- 通常は、惑星表面上に液体の水が存在できる条件を考える: ハビタブルゾーン

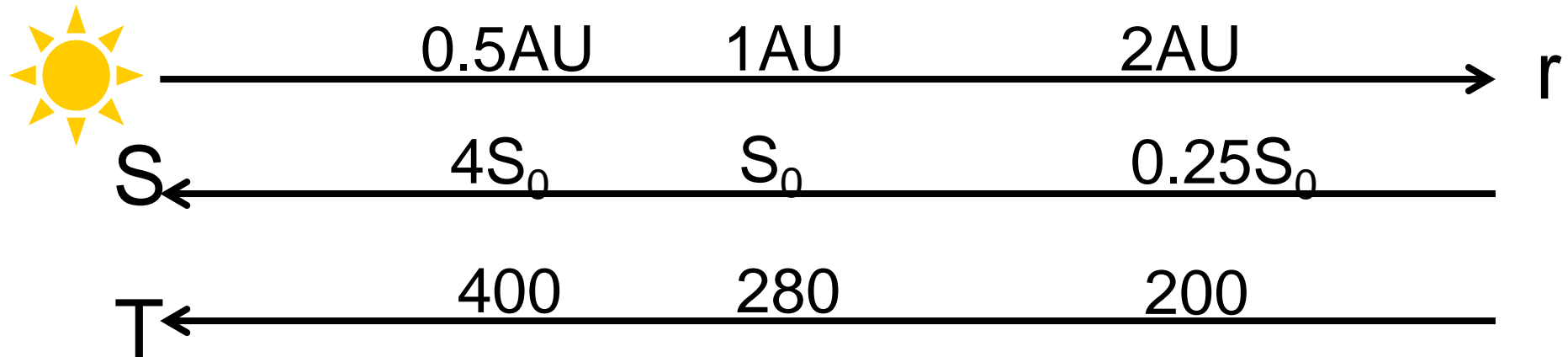


地学図表P.28

# 系外惑星における生命存在可能性

- 適度な温度になるためには恒星からの距離が適度なものでなければならない
- 全球平均モデル

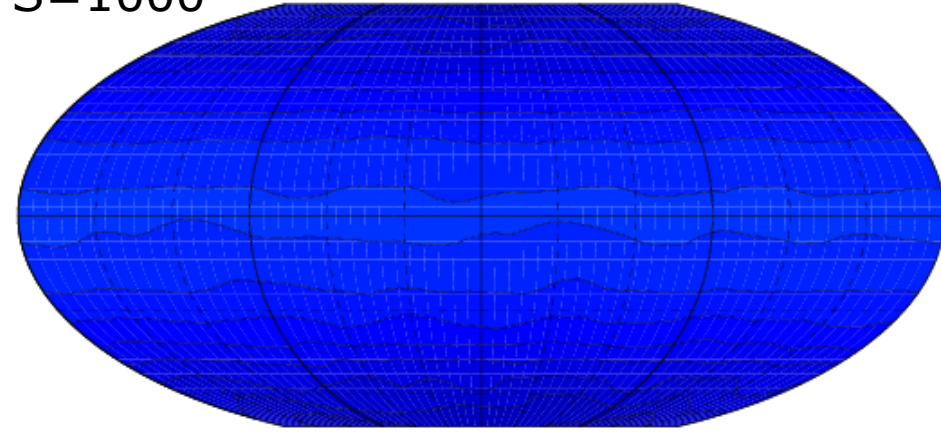
$$\text{熱収支: } (1 - A)S = 4\varepsilon\sigma T^4$$



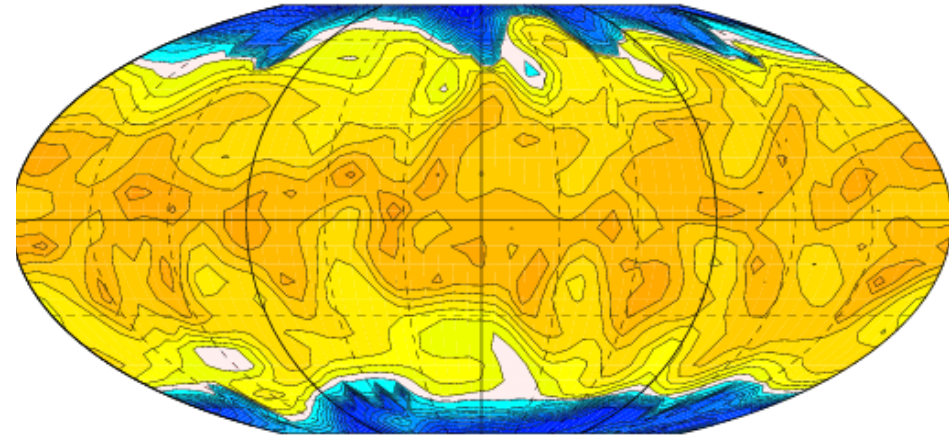
# 太陽定数による気候の違い

**全球凍結状態**

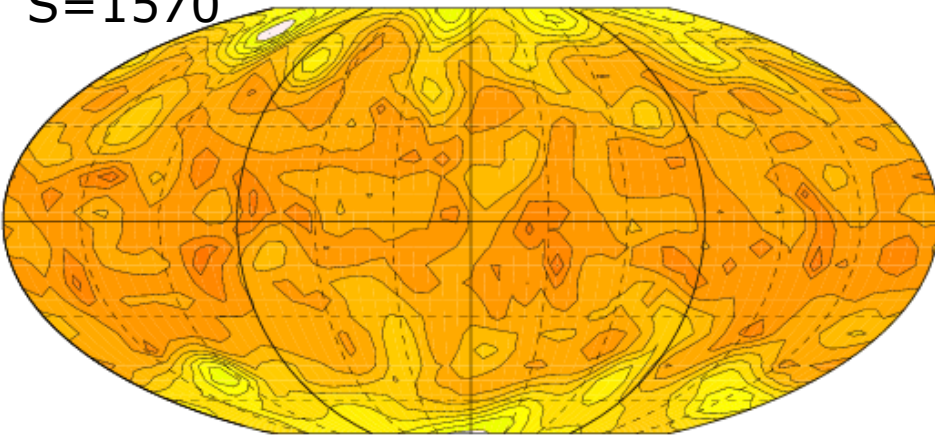
S=1000



S=1490

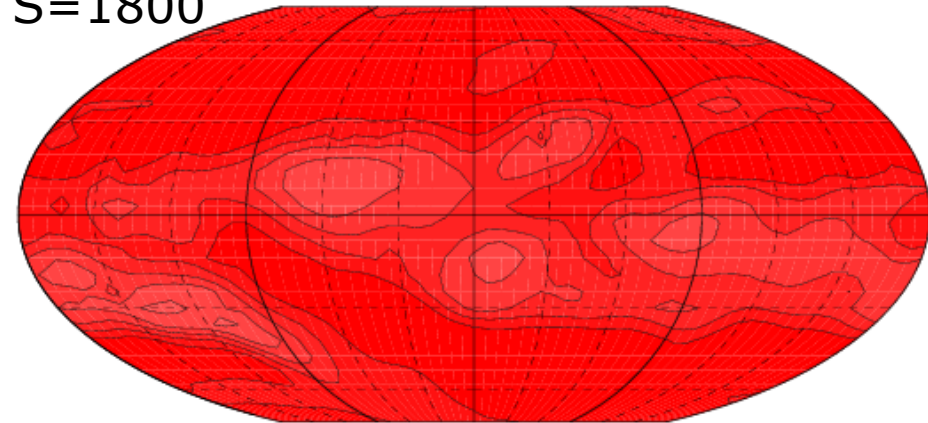


S=1570



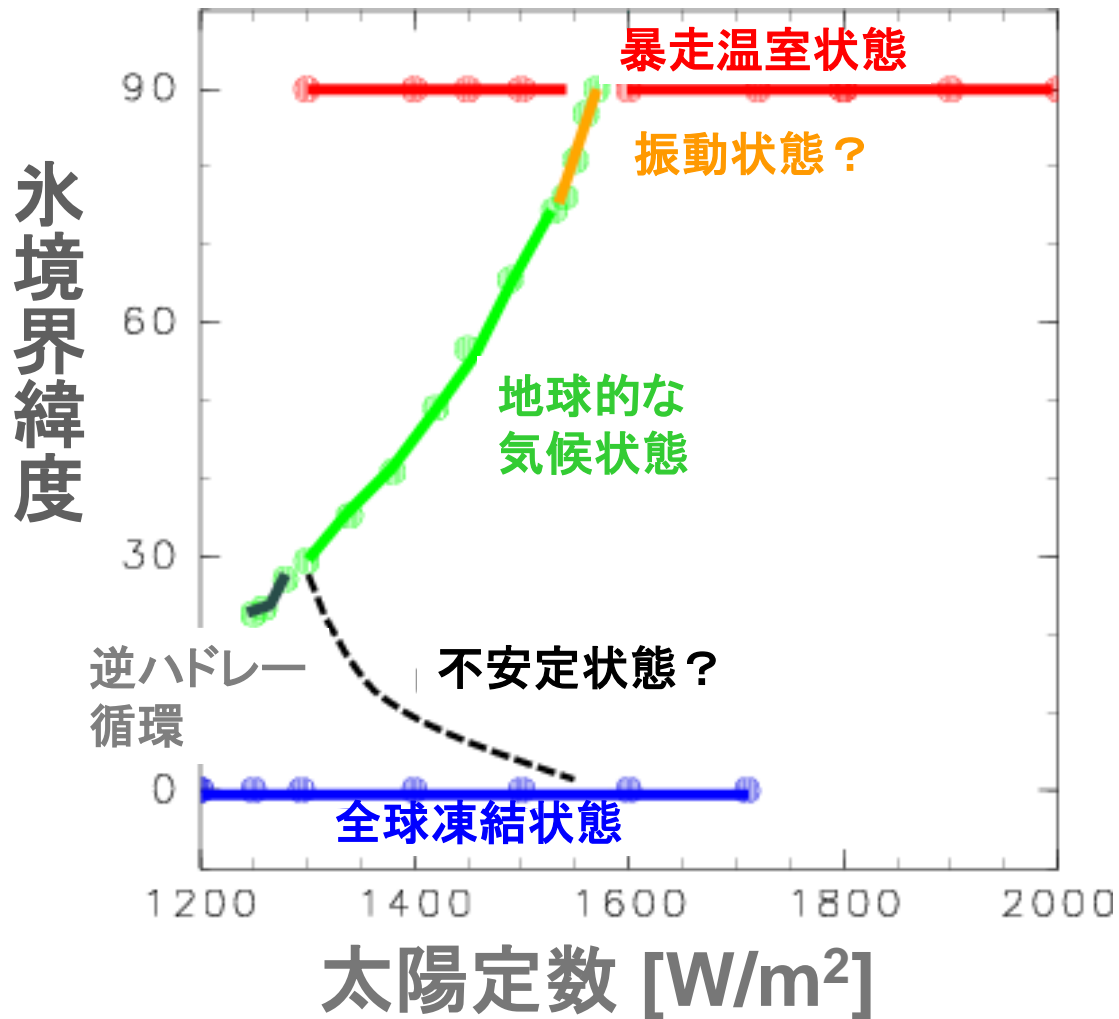
S=1800

**暴走温室状態**



Ishiwatari et al.(2002, 2007)

# 気候レジーム

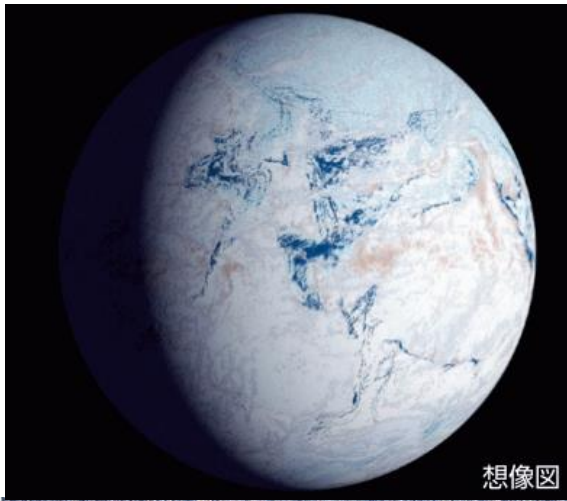


Ishiwatari et al.(2007)

- 大気大循環モデルを用いた数値実験
- 暴走温室状態：温度が上昇を続ける
- 全球凍結状態：地球全体が氷床で覆われる

# 雪玉地球仮説

- Kirschvink (1992) が提唱
- 7億年前・22億年前に全球凍結
- 古地磁気学データからすると低緯度にも氷



想像図

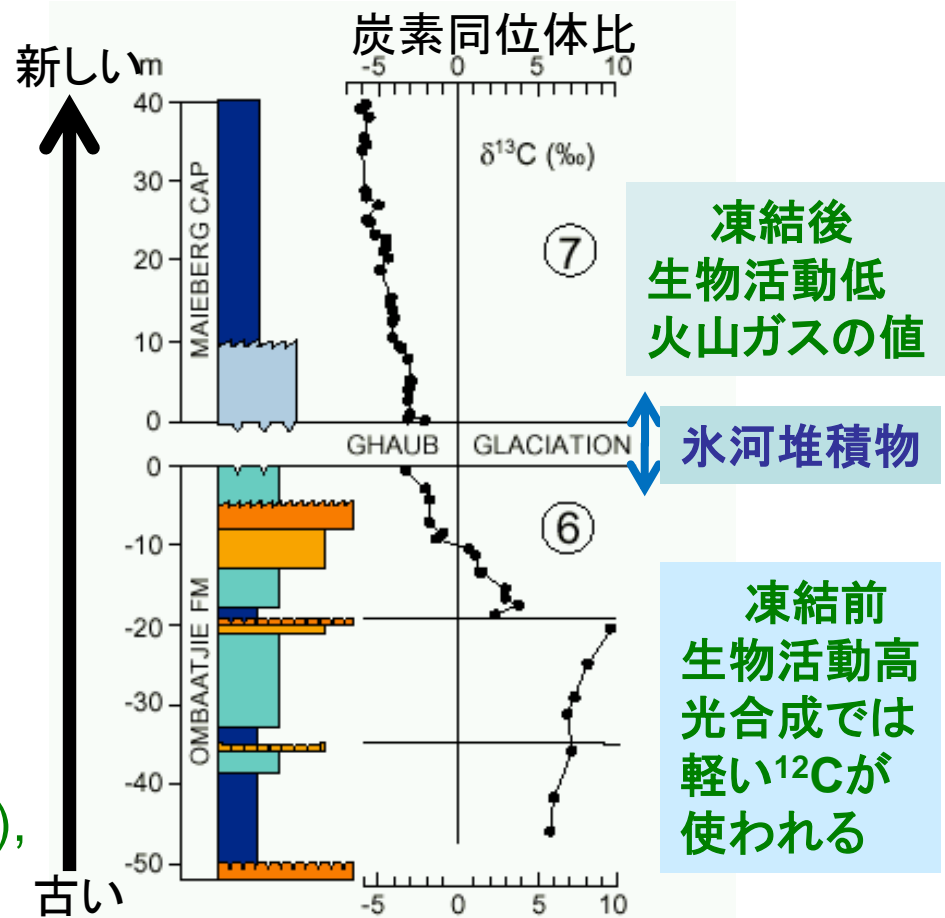


氷河堆積物

⑤ 7億年前の氷河堆積物

地学図表  
P.139

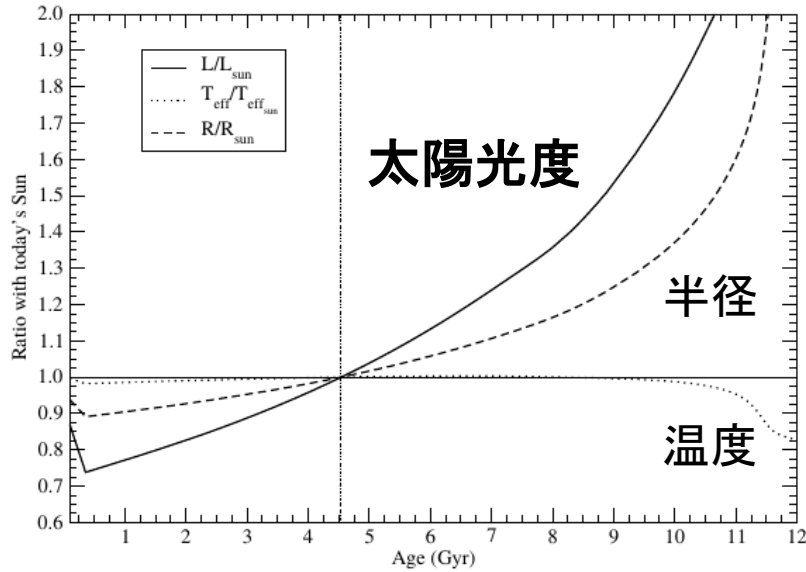
川上 (2000),  
科学 vol.70



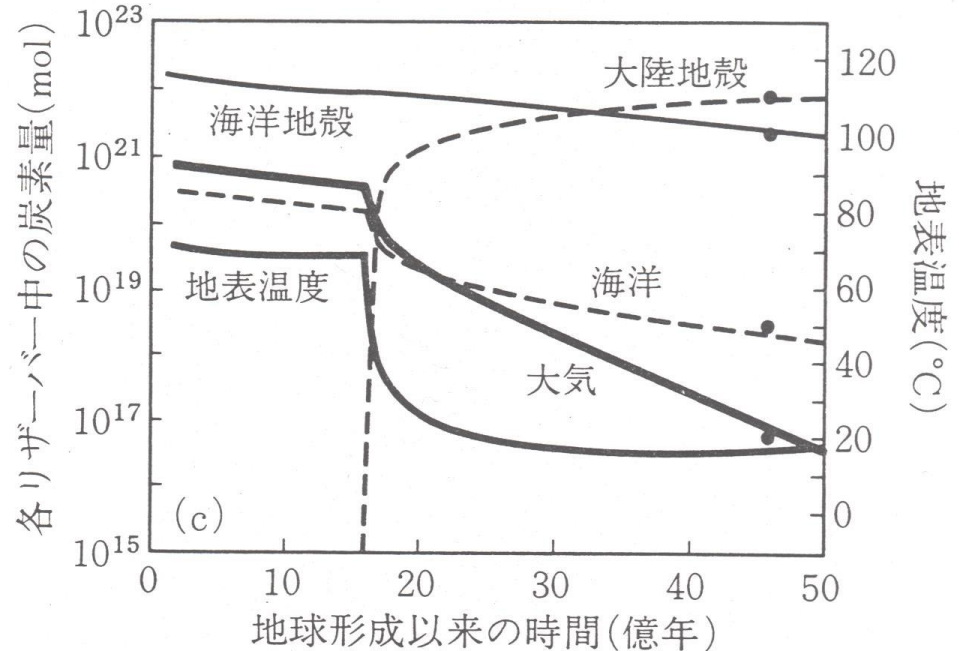
Hoffman et al. (1998)

# 外的条件変化による気候長期変化

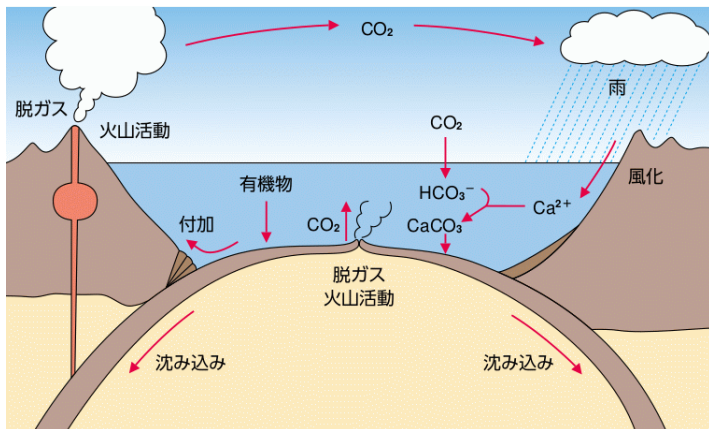
## 太陽光度の変化 Ribas (2010)



## 大気海洋の化学進化 CO<sub>2</sub>量の変化

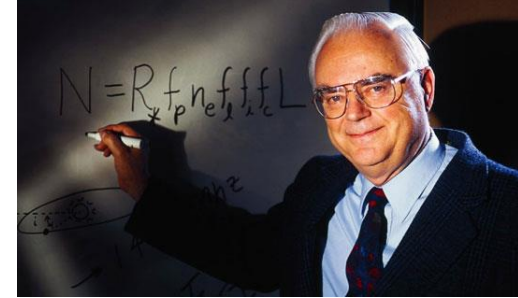


## 炭素循環 地学図表P.183



Tajika and Matsui (1990)

# ドレイク方程式



<http://www.seti.org/drakeequation>

- Drake が提案

- 1961年、グリーンバーグ会議

- 銀河系の中で通信可能な知的文明の数

$$N = R \times f_p \times n_e \times f_L \times f_i \times f_c \times L$$

$R$ : 銀河系内で毎年誕生する恒星の数

$f_p$ : 誕生した恒星が惑星系をもつ割合

$n_e$ : 各惑星系における生命の存在に適した惑星の数

$f_L$ : 生命の存在に適した惑星上で生命が誕生する可能性

$f_i$ : 誕生した生命が知的生命体まで進化する割合

$f_c$ : 進化した知的生命体が通信可能な段階まで文明を  
発展させる割合

$L$ : 通信を行う文明が維持される時間