

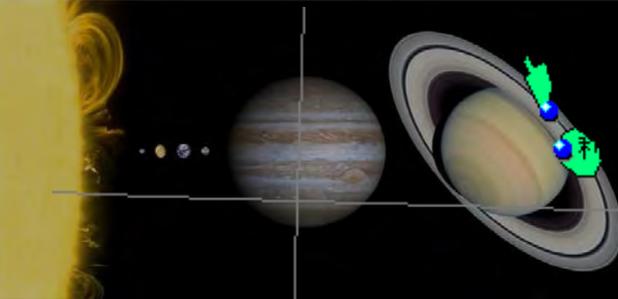


自己紹介

くらかもと きよし

倉本 圭

北海道大学
理学部 地球惑星科学科・
大学院理学院 宇宙理学専攻
教授



札幌市

浦河町 小2~4

室蘭市



比較惑星学入門

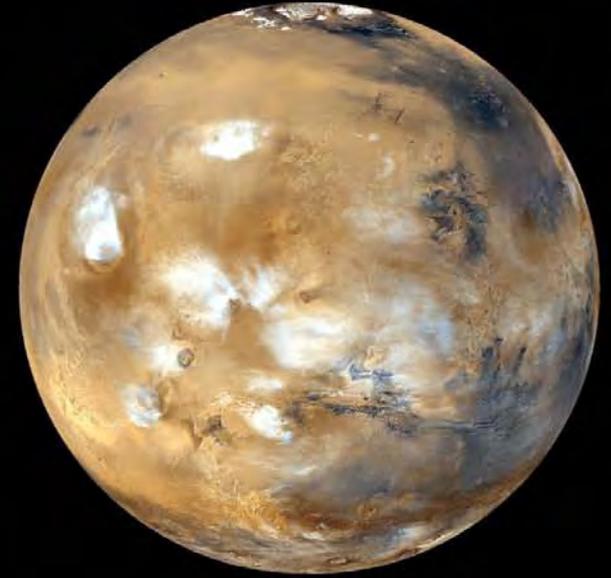
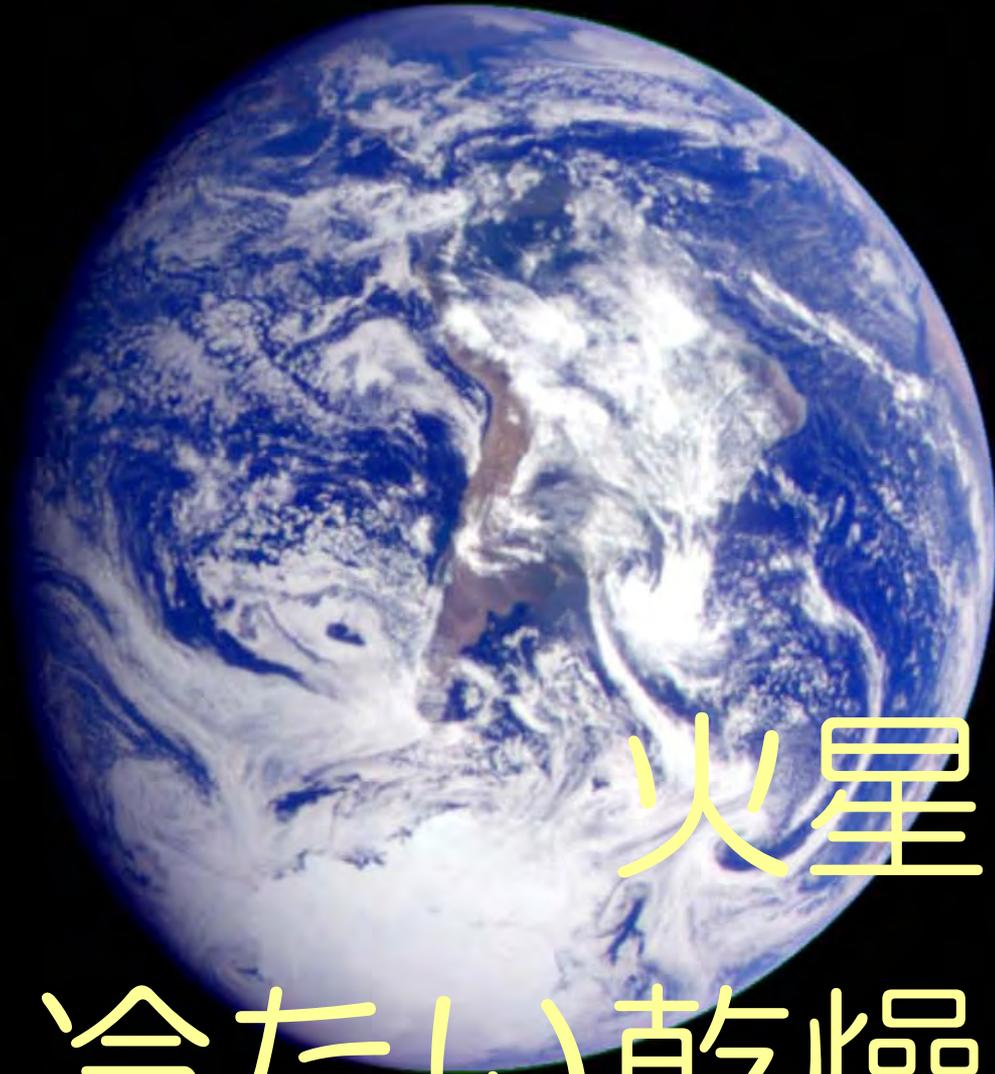
第二の地球は存在するか

- 火星と金星
- 宇宙に生命を持つ惑星は
どれだけ存在するか

どちらが火星？



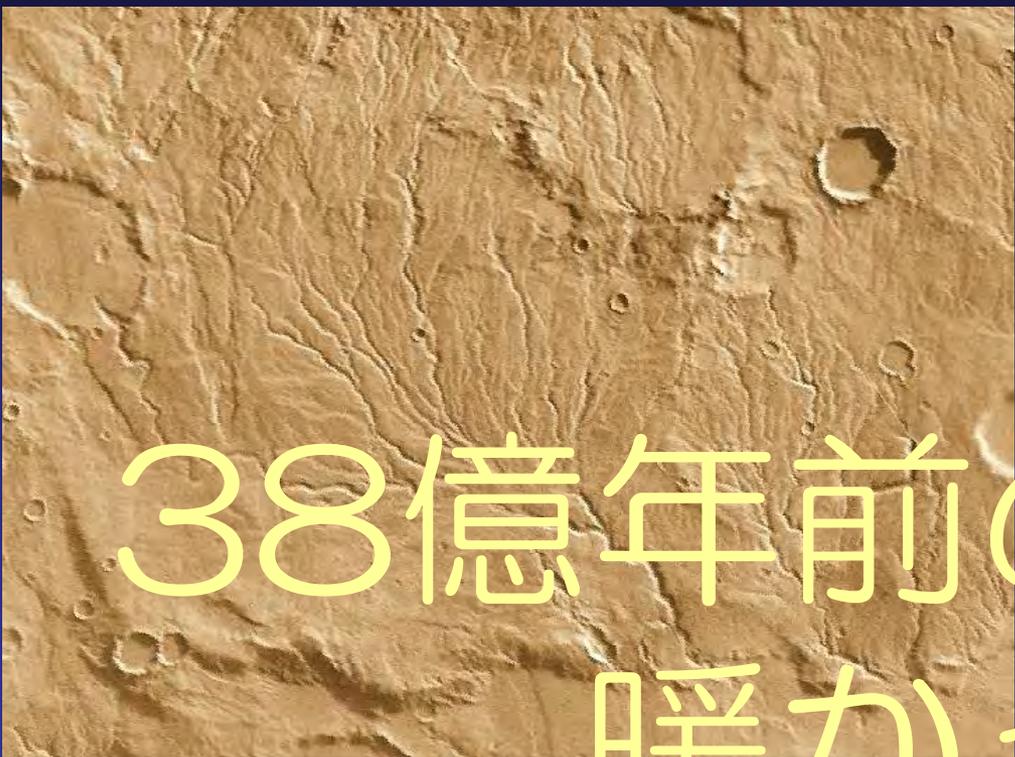
<http://apod.nasa.gov/apod/ap050412.html>



火星は

冷たい乾燥した惑星

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA02570>



38億年前の火星は 暖かった

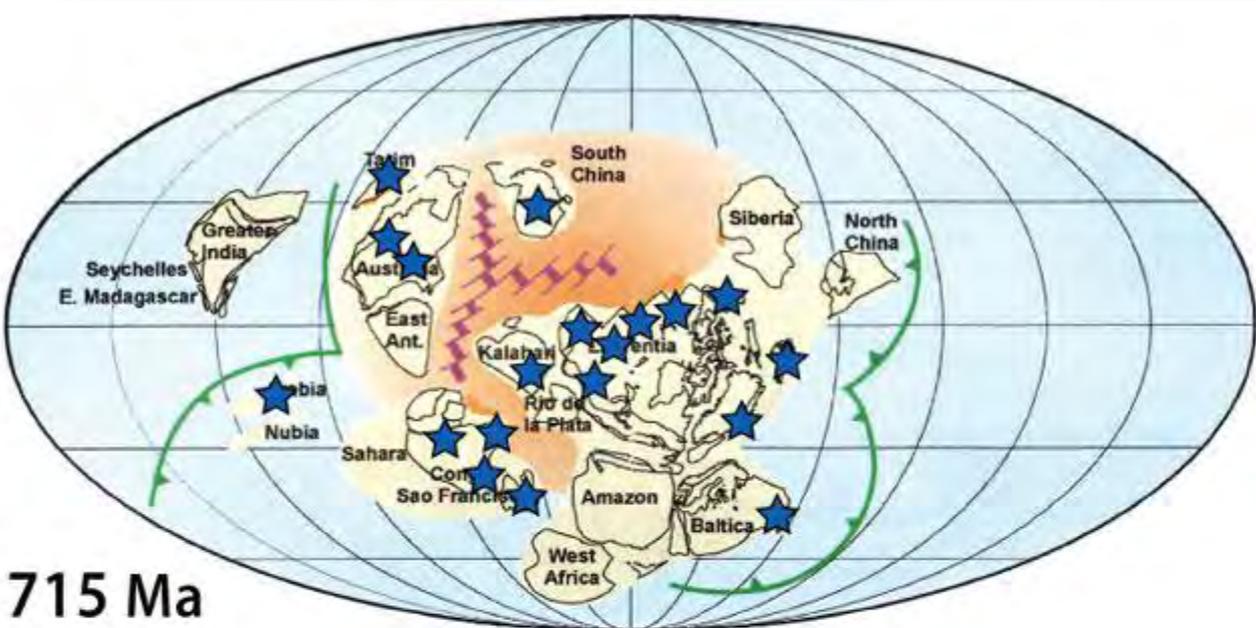
<http://www.astro.washington.edu/courses/labs/learninghouse150/labs/Mars/comgeol.html>

なぜ火星は冷えた？

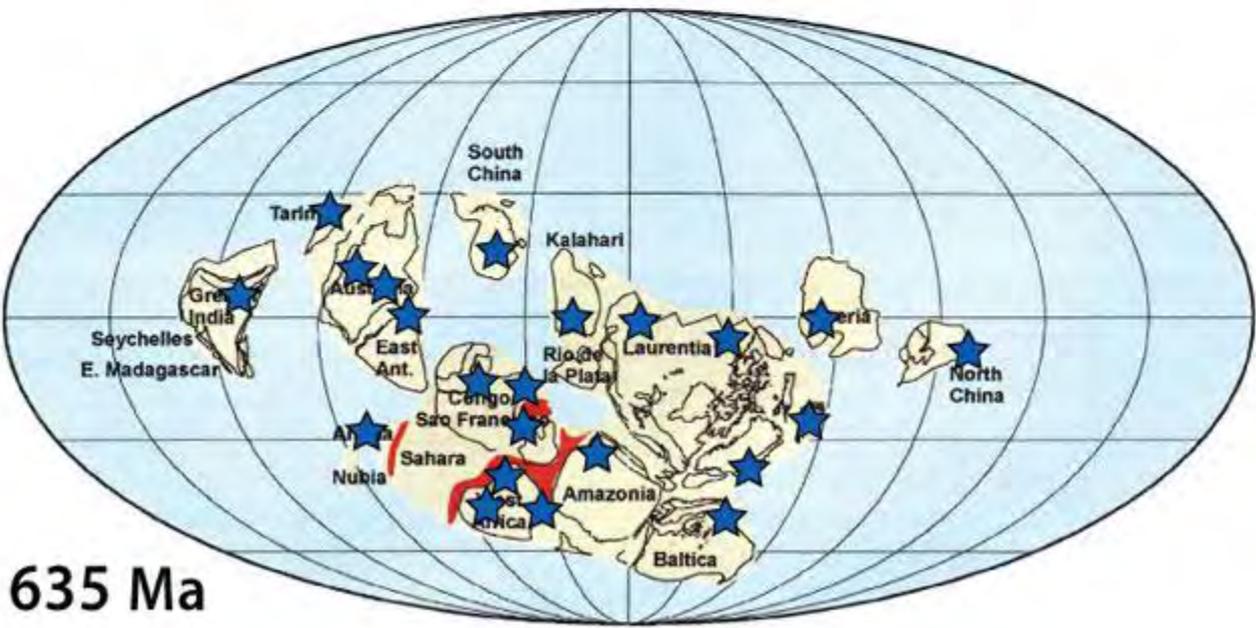
⇔なぜ地球は暖かい？

地球大気からCO₂を完全に
に取り除いたとする。地
球の平均気温は何度にな
る？

実際に起きた

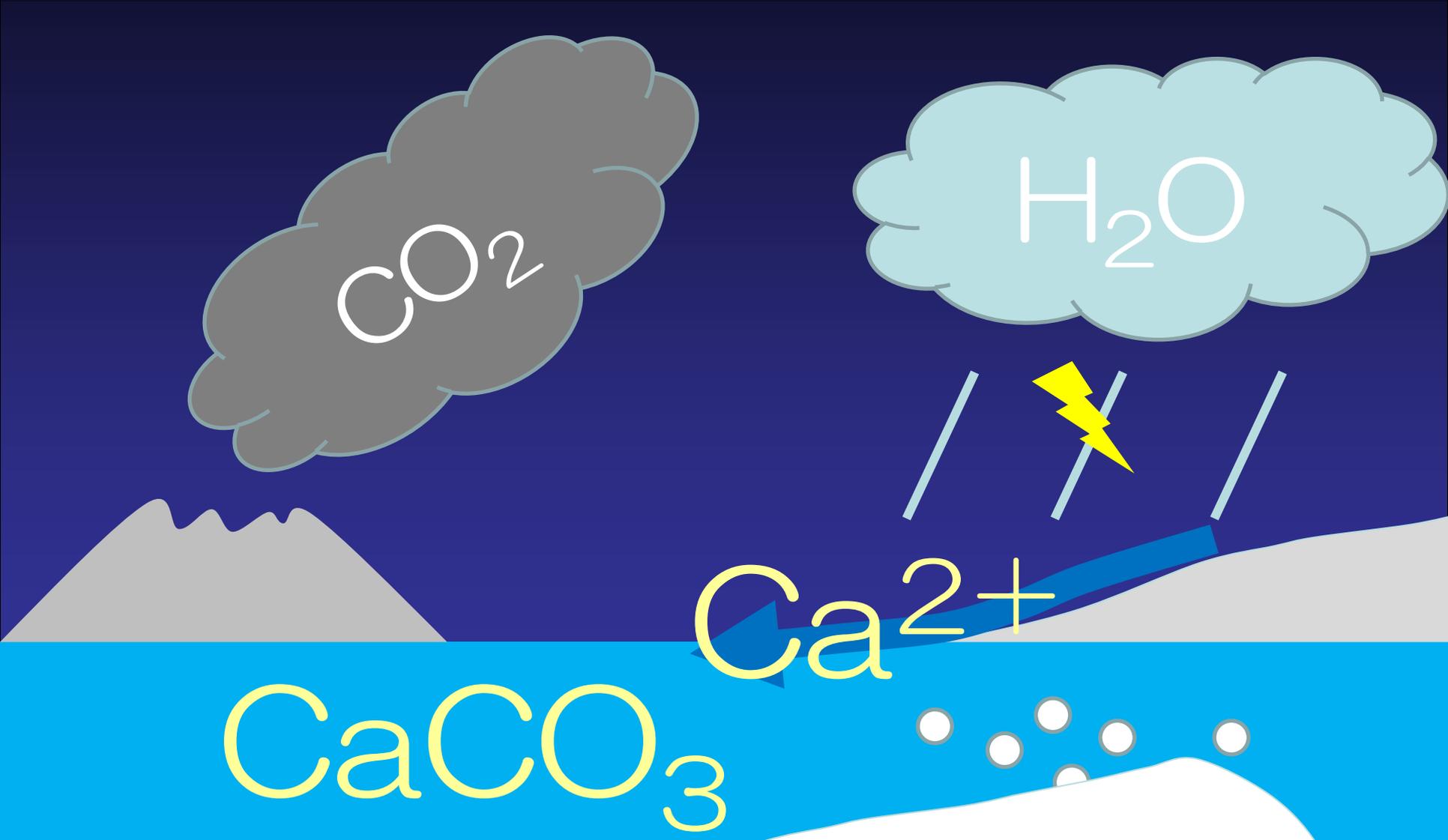


715 Ma



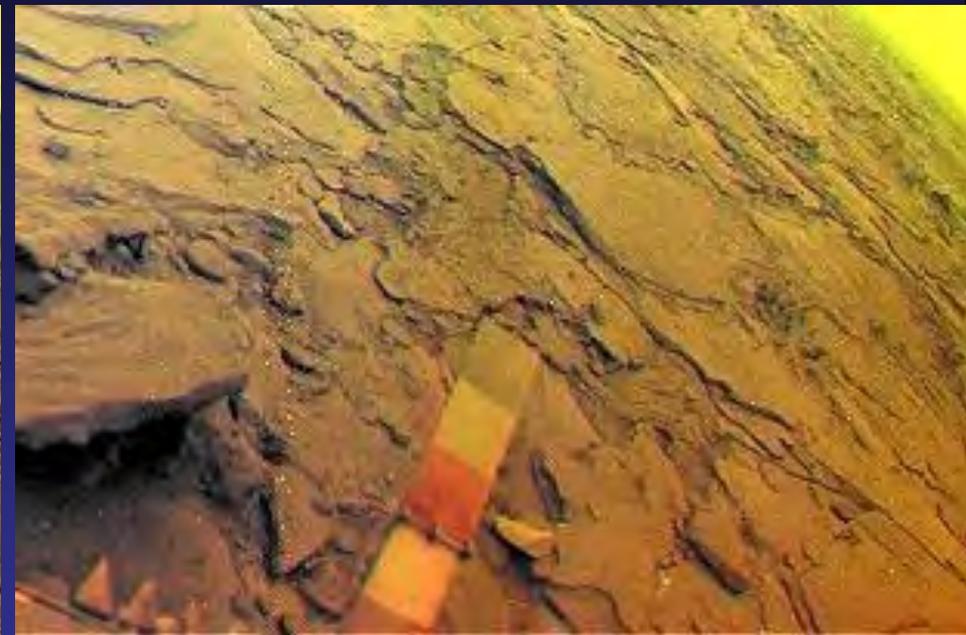
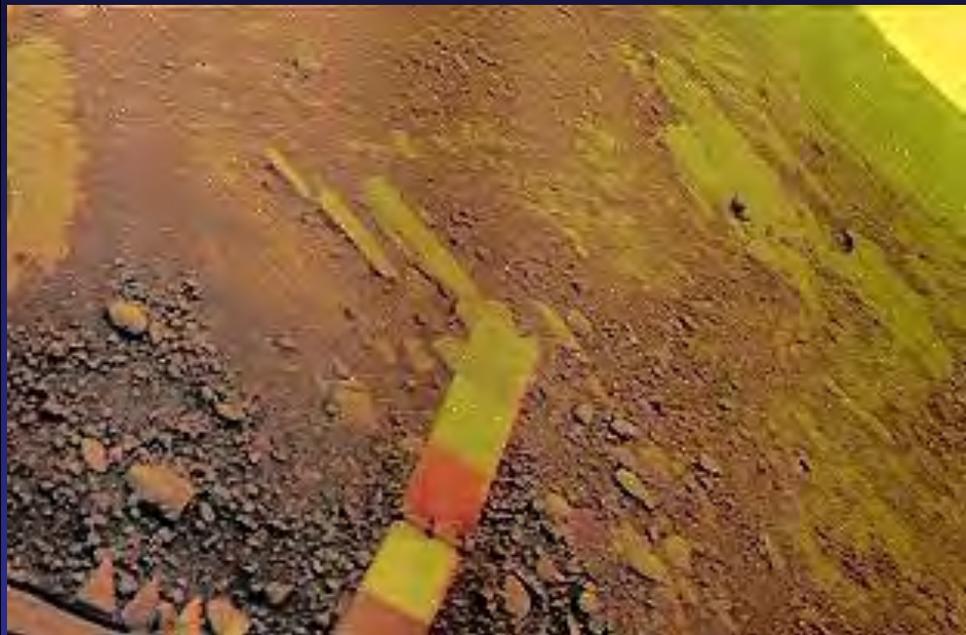
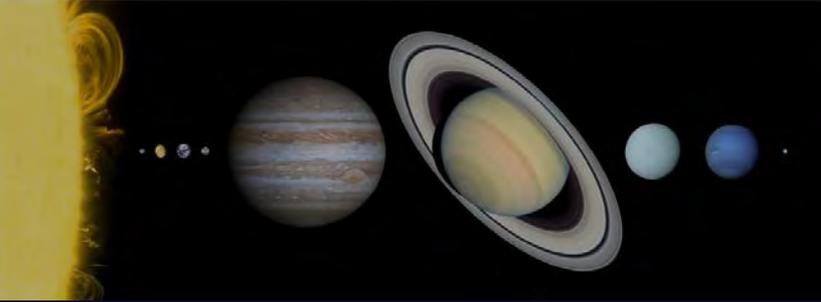
635 Ma

調節のしくみ



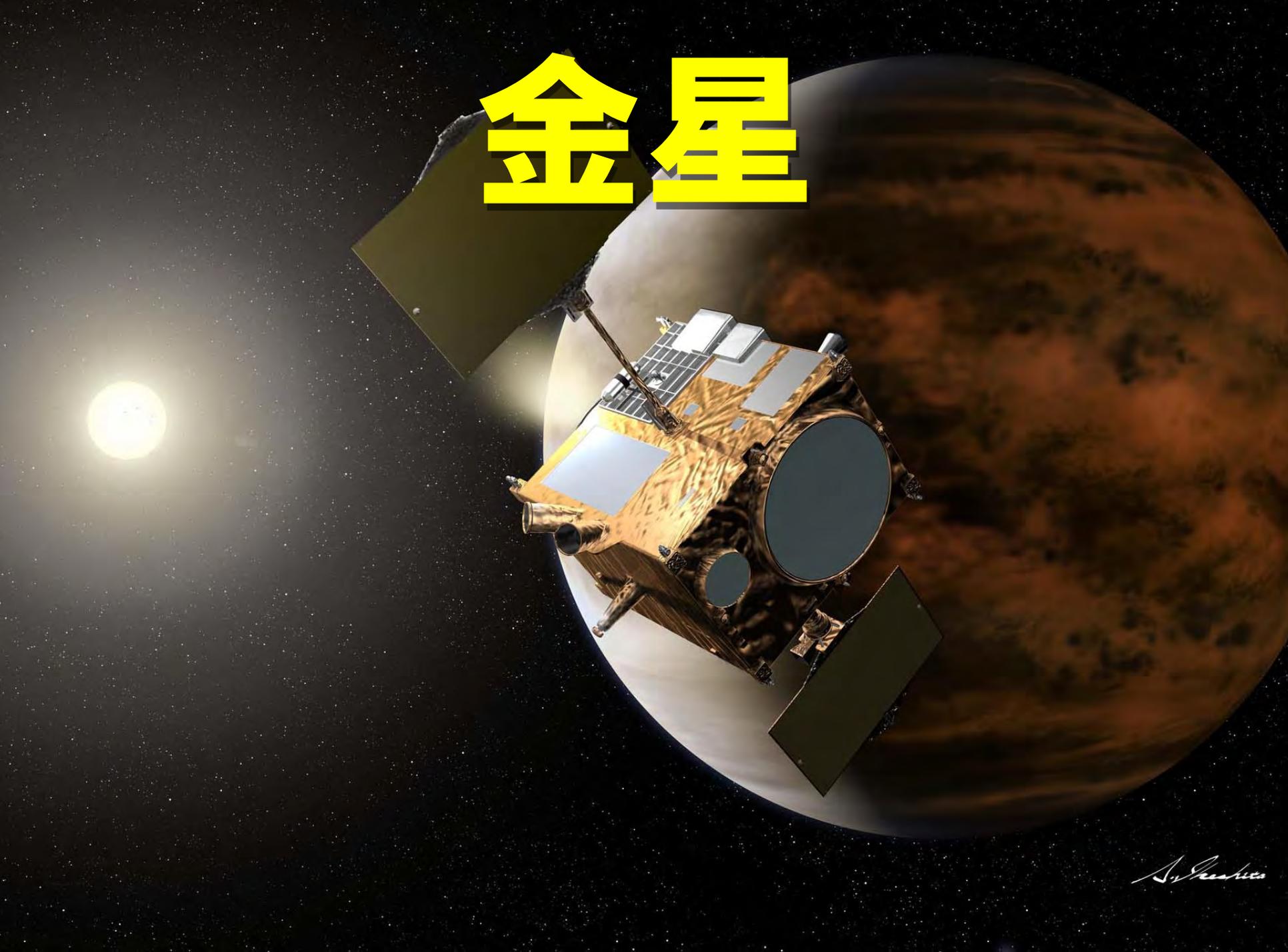
火星はなぜ冷えた？

- ① サイズが小さく、火山活動の衰えが速かった
- ② 大気が宇宙空間に失われた



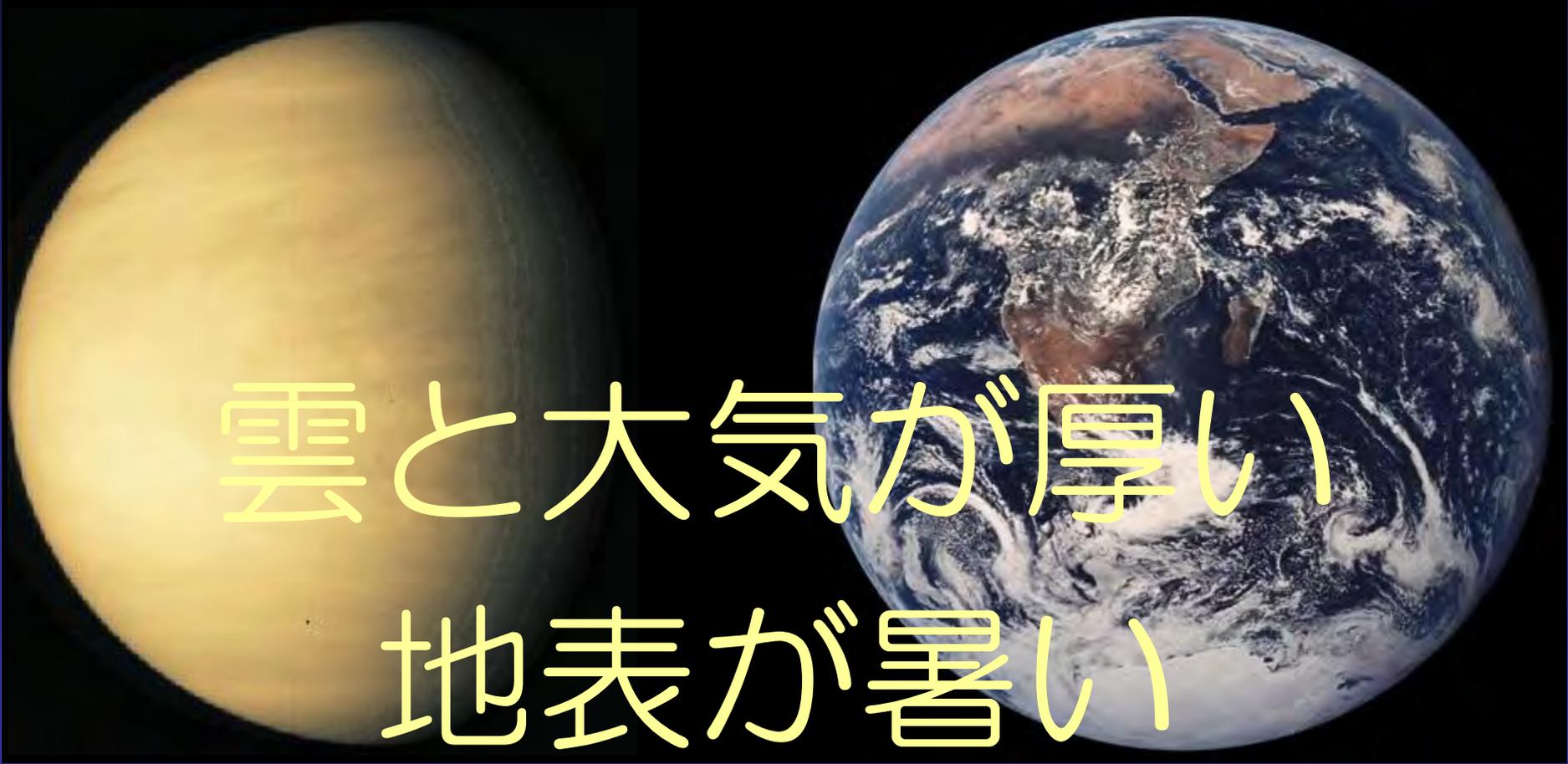
<http://www.molossia.org/vesperia.html>

金星



Art by [Signature]

金星は“あつい”

A side-by-side comparison of Venus and Earth. Venus is on the left, appearing as a bright, featureless yellowish sphere. Earth is on the right, showing a detailed view of the planet with blue oceans, white clouds, and brown landmasses. The text is overlaid on the bottom half of the image.

雲と大気が厚い
地表が暑い

なぜ“あつい”？

海がないため

CO₂が固定されない

仮にはじめ海が

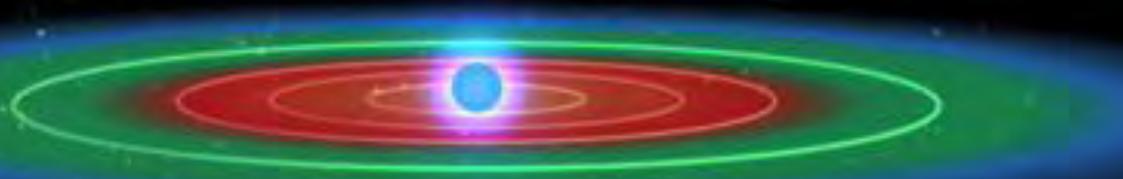
あっても全蒸発

ハビタブルゾーン

生命存在可能領域

重い星

Hotter Stars



太陽

Sun-like Stars



軽い星

Cooler Stars



軽い星ほど内側

宇宙に生命を育む 惑星はいくつある？

ドレイク方程式



$$N = R * f_p n_e f_l f_i f_c L$$

銀河系内の地球外文明の
個数を求める式

宇宙に生命を育む 惑星はいくつある？

ドレイク方程式



$$N = R * f_p n_e f_l f_i f_c L$$

一年あたりに生まれる星
の総数 10

宇宙に生命を育む 惑星はいくつある？

ドレイク方程式



$$N = R * f_p n_e f_l f_i f_c L$$

星が惑星を持つ確率 1/2

宇宙に生命を育む 惑星はいくつある？

ドレイク方程式



$$N = R * f_p * n_e * f_l * f_i * f_c * L$$

一つの惑星系で生命の
存在可能な惑星数 2

宇宙に生命を育む 惑星はいくつある？

ドレイク方程式



$$N = R * f_p * n_e * f_l * f_i * f_c * L$$

生命の進化がおこる確率

1

宇宙に生命を育む 惑星はいくつある？

ドレイク方程式



$$N = R * f_p * n_e * f_l * f_i * f_c * L$$

知的生命体が進化する

確率 0.01

宇宙に生命を育む 惑星はいくつある？

ドレイク方程式



$$N = R * f_p n_e f_l f_i f_c L$$

電波交信技術を獲得する確率 0.01

宇宙に生命を育む 惑星はいくつある？

ドレイク方程式



$$N = R * f_p n_e f_l f_i f_c L$$

技術文明が継続する時間
1万年

宇宙に生命を育む 惑星はいくつある？

ドレイク方程式



$$N = R * f_p n_e f_l f_i f_c L$$
$$= 10$$

電波交信の可能な惑星数



違う方法でやってみる

宇宙に生命を育む

惑星はいくつある？

クラモト方程式



$$N = N_G f_{met} f_{age} f_{single} f_{disk} f_{hz}$$

銀河系内の生命を育む

惑星の個数

Milky Way Galaxy

Kepler Search Space

← 3,000 light years →

Sagittarius Arm

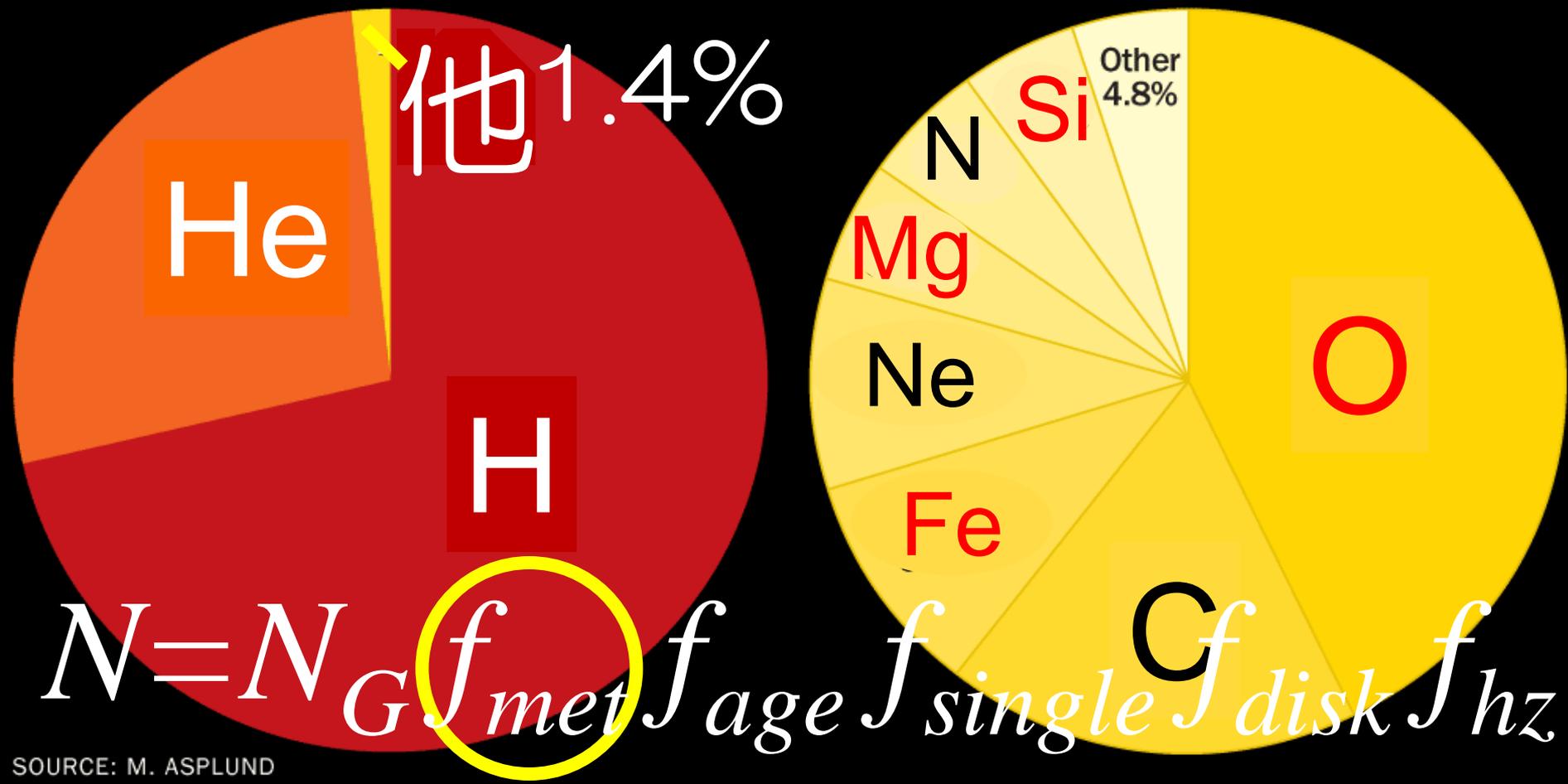
☉ Sun

Orion Spur

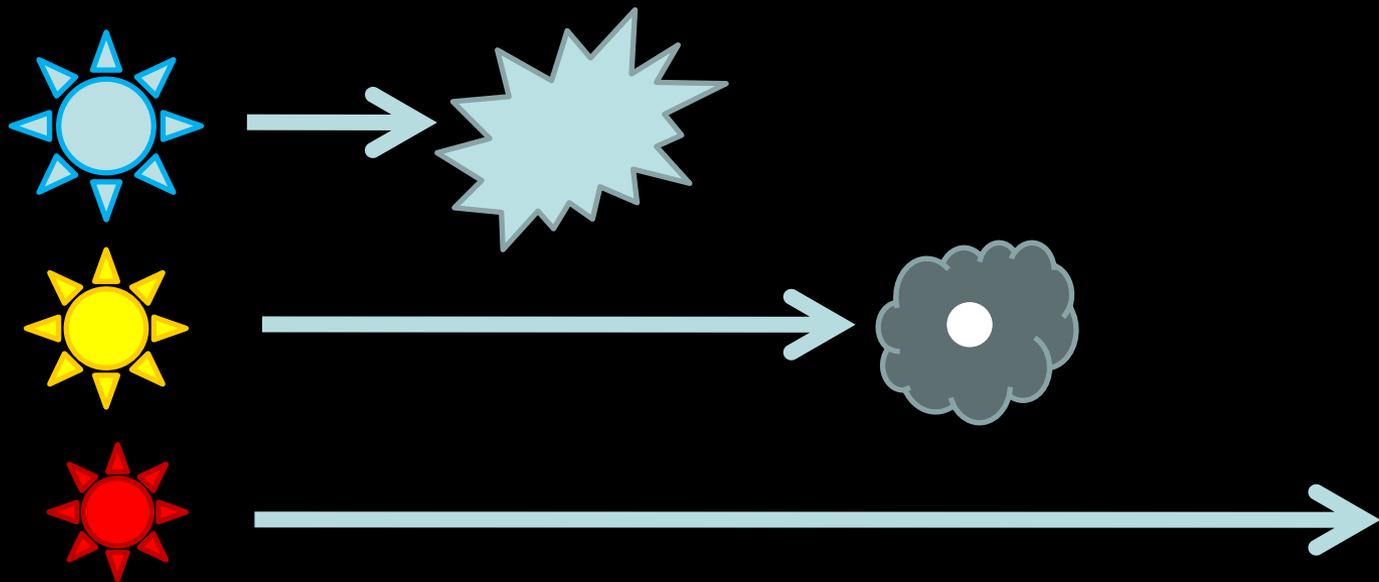
Perseus Arm

$$N = N_G f_{met} f_{age} f_{single} f_{disk} f_{hz}$$

銀河系内の星の総数
10,000,000,000,000個



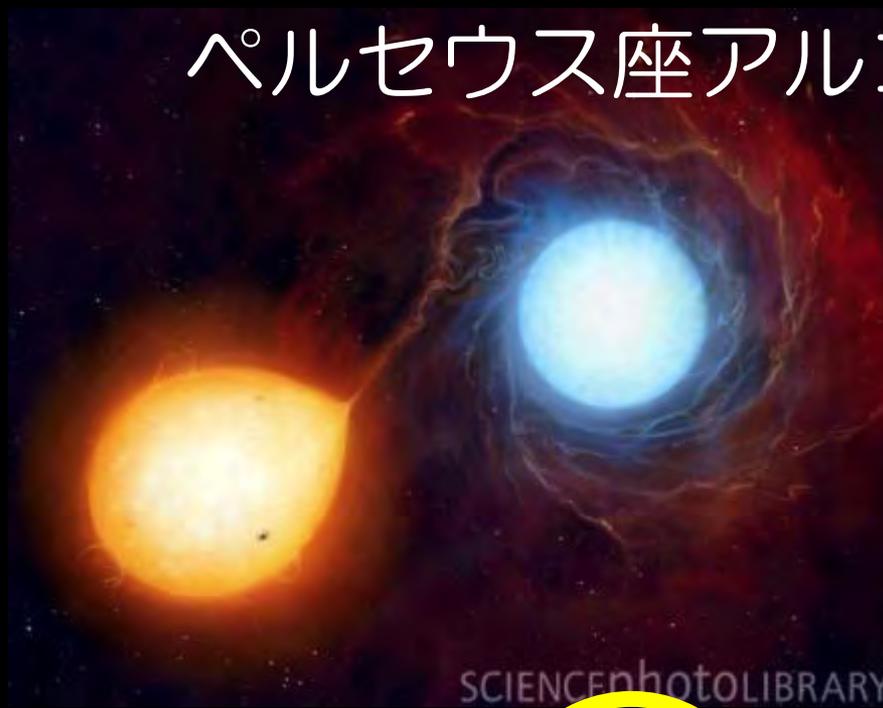
惑星材料元素を十分もつ確率
4分の1



$$N = N_G f_{met} f_{age} f_{single} f_{disk} f_{hz}$$

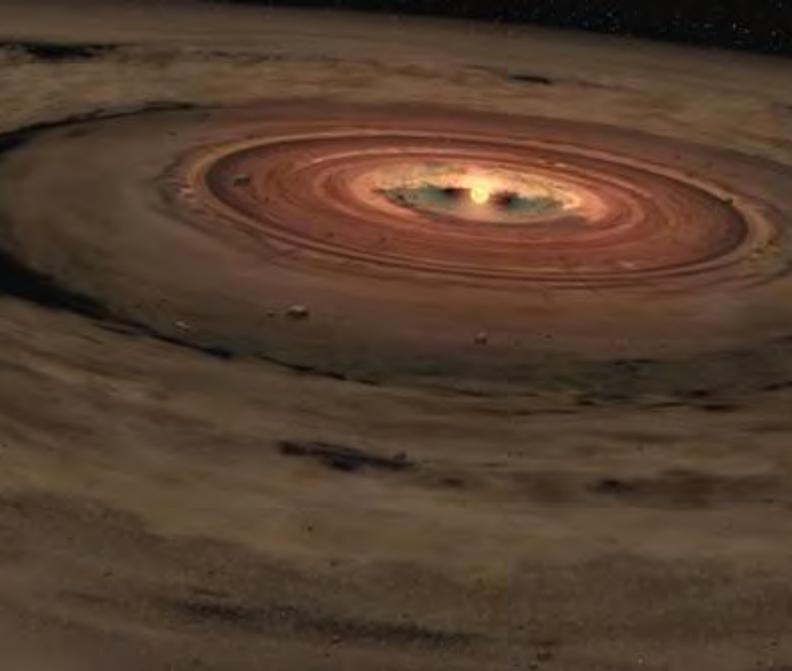
寿命の長い恒星の割合
およそ1

ペルセウス座アルゴルの想像図



$$N = N_G f_{met} f_{age} f_{single} f_{disk} f_{hz}$$

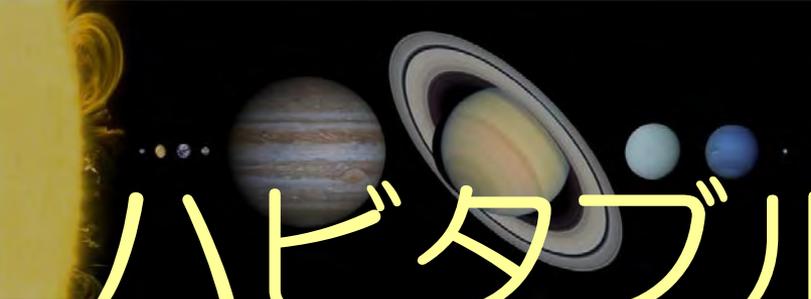
単独星の割合
2分の1



重い円盤からは巨大
ガス惑星が3つ以上
でき、互いの重力で
軌道が乱れ、惑星系
が壊れる

$$N = N_G f_{met} f_{age} f_{single} f_{disk} f_{hz}$$

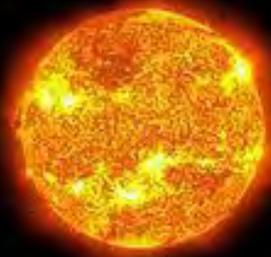
惑星系円盤が軽い割合
2分の1



ハビタブルゾーンに地球型惑星が形成される割合

$$N = N_G f_{met} f_{age} f_{single} f_{disk} f_{hz}$$

約 1



Sun

1

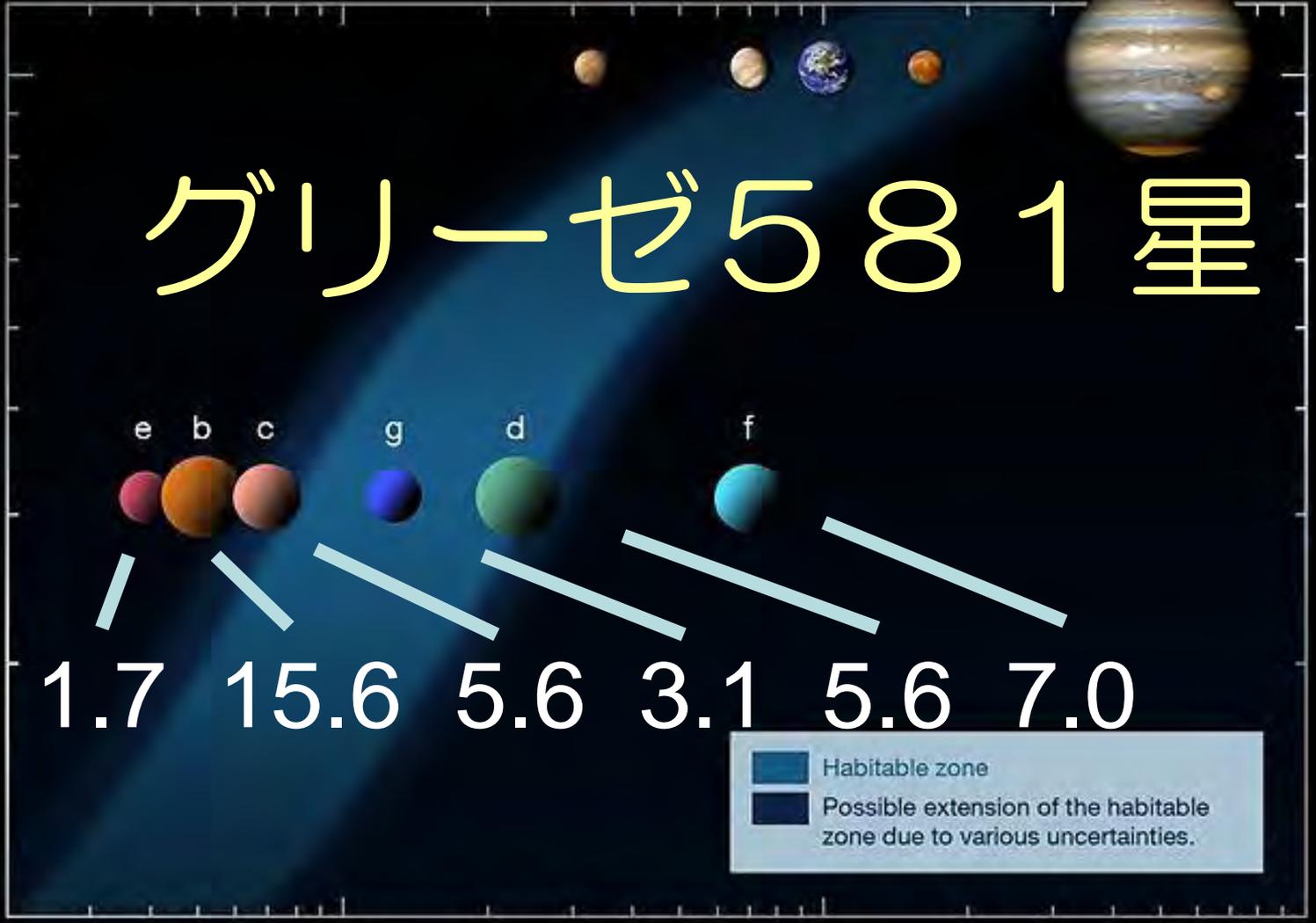
光年の数



Gliese 581

0.1

グリーゼ581星



 Habitable zone
 Possible extension of the habitable zone due to various uncertainties.

0.1 1
中心星からの距離

生命の存在する惑星数

$$N = N_G \times \frac{1}{4} \times 1 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 1$$

$$= \frac{1}{16} \times N_G$$

≒ 60億!

生命に満ちていておたしくはない

Milky Way Galaxy

Kepler Search Space

← 3,000 light years →

Sagittarius Arm

Sun

Orion Spur

Carina Arm

地球外文明の数

60億をさらに絞る

60億 ×

$\frac{1}{2}$ × 0.01 × 1万 / 100億

知的生命の進化に十分な
時間を経た惑星の割合

地球外文明の数

60億をさらに絞る

60億 ×

$\frac{1}{2} \times 0.01 \times 1万 / 100億$

文明が現れる確率

地球外文明の数

60億をさらに絞る

60億 ×

$\frac{1}{2} \times 0.01 \times 1\text{万} / 100\text{億}$

文明が現存する確率

地球外文明の数

生命の存在する惑星数

60億個

文明をもった惑星数

3千万個

文明が現存する惑星数

30個

生命の兆候 は発見可

一緒にチャ
レンジする
人歓迎

