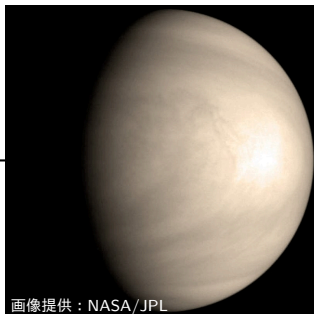


金星温故知新セミナー

はしもとじょーじ

- ▶ 比較惑星気候学
- ▶ 表層環境システムの安定性
 - Hashimoto and Abe (2005) Planet. Space Sci., 53, 839-848.
- ▶ 地表放射率から金星の過去を探る
 - Hashimoto et al. (2008) J. Geophys. Res., 113, E00B24
- ▶ 活火山探索
 - Hashimoto and Imamura (2001) Icarus, 154, 239-243.



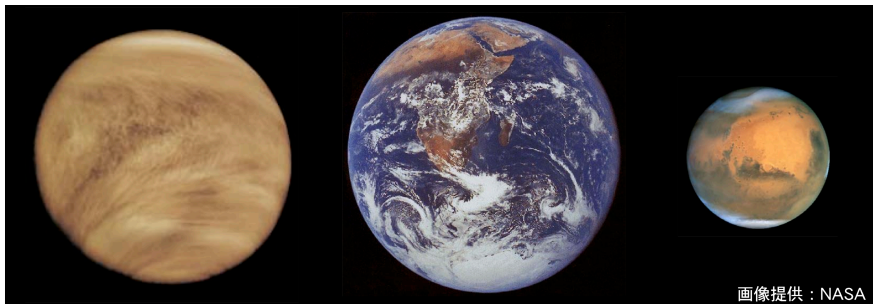
画像提供：NASA/JPL

比較惑星気候学

金星

地球

火星



画像提供：NASA

温度

灼熱

温暖

酷寒

H₂O

微量

海洋

氷

大気量

100

1

0.006

進化

?

暑→温

温→冷

活火山

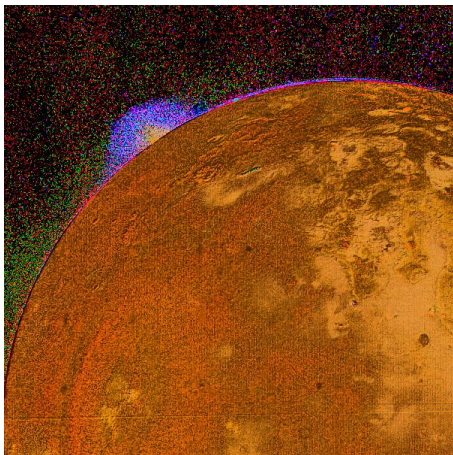


Image Credit: NASA/JPL Volcanic plume on Io

金星の活火山は見つかっていないだけ？

火山はどこにでもあがるが、
活火山の存在が確認されているのは地球とイオだけ

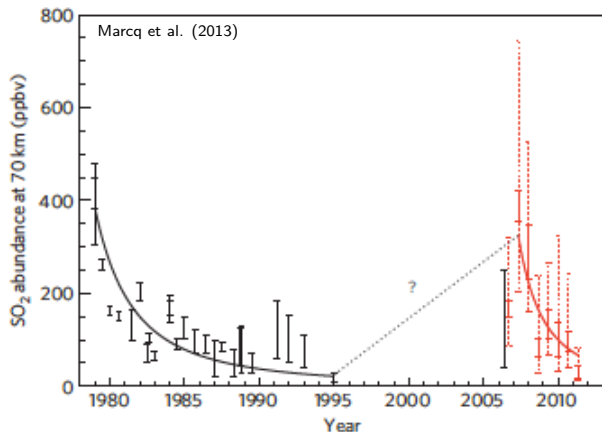
熱源

- ▶ 惑星集積時の加熱
- ▶ 短寿命放射性核種
- ▶ 潮汐加熱

冷却速度は惑星半径に反比例

- ▶ 熱量 \sim 体積 \sim 半径³
- ▶ 冷却 \sim 表面積 \sim 半径²

雲頂より上のSO₂



Esposito (1984)
Marcq et al. (2013)

- ▶ 活火山？
- ▶ 大気大循環？

(光) 化学反応？

- ▶ SO₂ 濃度勾配と未同定のS相？

- ▶ 厚い大気がある金星の噴火は爆発的にならない？
(Wilson and Head 1983)
- ▶ cf. 1991年ピナツボ噴火 ~ 20 Mt SO₂ ⇒ +70 ppbv

下層大気のSO₂

観測されているSO₂濃度

- ▶ ~ 130 – 150 ppm (e.g. Oyama et al., 1980)

CaCO₃があるならSO₂は過剰 (overabundance)

- ▶ $\text{CaCO}_3 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_4 + \text{CO}$
 - この反応が平衡になるとSO₂は ~ 1 ppm
 - 反応は速い (~ 2 Myr で平衡) (Fegley and Prinn, 1989)
- ▶ 過剰なSO₂は火山ガスの放出を示唆？

CaCO₃がないならSO₂は過剰でない (Hashimoto and Abe, 2005)

- ▶ $\text{FeS}_2 + 16\text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4 + 6\text{SO}_2 + 16\text{CO}$
 - この反応がSO₂量を決めていると考えてもよい

熱い地面は活火山の直接的証拠

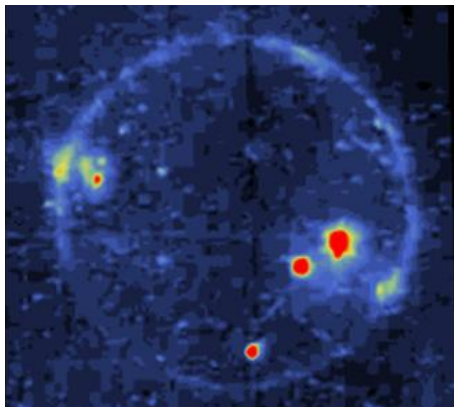
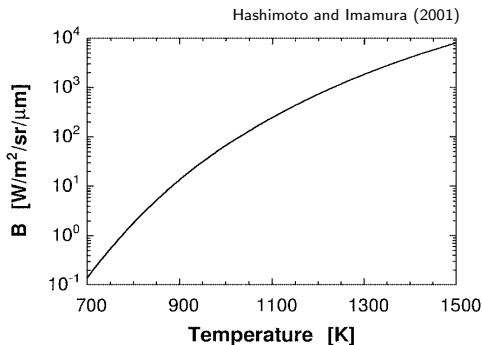


Image Credit: NASA/JPL/University of Arizona

イオ (Galileo SSI)
噴出して間もない熱い溶岩
が射出する熱放射



プランク関数 ($1\mu\text{m}$)

短い波長の熱放射は温度
が上がると急激に増える

$$\frac{B_{\lambda=1\mu\text{m}}(1500\text{K})}{B_{\lambda=1\mu\text{m}}(750\text{K})} > 10^4$$

観測量と地表温度の関係

Hashimoto and Sugita (2003)

- ▶ 観測量はプランク関数 $B_\lambda(T_S)$ に比例
⇒ 雲によって減光してもコントラストは変わらない

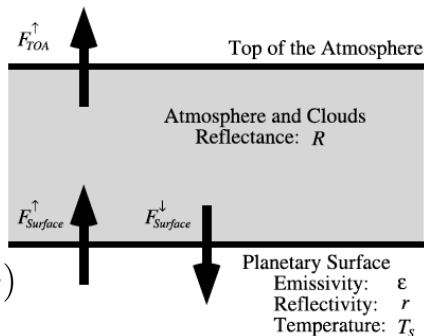
$$F_{Surface}^\uparrow = \varepsilon\pi B_\lambda(T_S) + (1 - \varepsilon)F_{Surface}^\downarrow$$

$$F_{Surface}^\downarrow = RF_{Surface}^\uparrow$$

$$F_{TOA}^\uparrow = (1 - R)F_{Surface}^\uparrow$$

連立して解くと

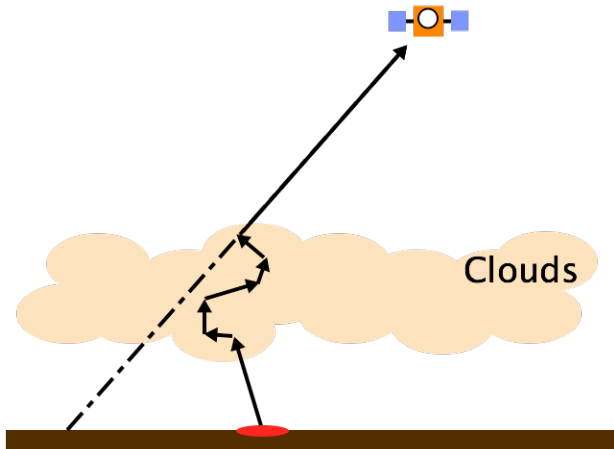
$$F_{TOA}^\uparrow = \frac{(1 - R)}{1 - (1 - \varepsilon)R} \varepsilon\pi B_\lambda(T_S)$$



雲の磨りガラス効果

Hashimoto and Imamura (2001)

- ▶ 雲が光を散乱するので地表はボケて見える



雲の磨りガラス効果

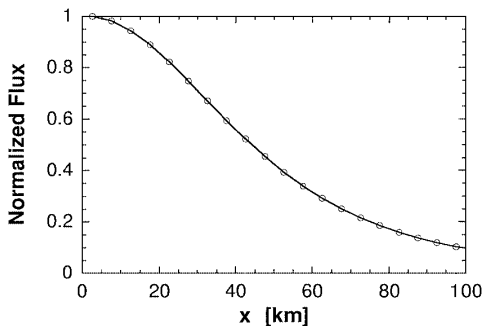
Hashimoto and Imamura (2001)

地表に置いた点光源から射出された光子の行方を計算

- ▶ モンテカルロ法
- ▶ 雲
 - 高度 50-70km
 - 光学的厚さ 20
 - 雲粒直径 $2\mu\text{m}$

計算結果

- ▶ 透過率 0.183
- ▶ 透過光の平均散乱回数 79.3 回
- ▶ 点像の拡がり $\sim 90 \text{ km}$ (FWHM)

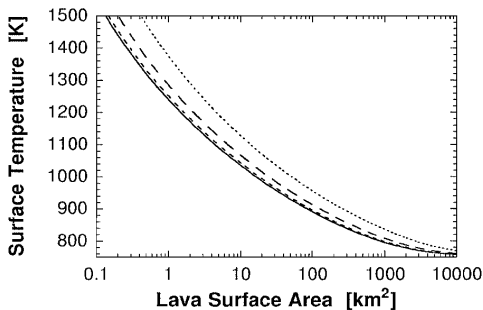


熱い地表が射出する過剰な放射

Hashimoto and Imamura (2001)

雲上で $\geq 10\%$ 以上の過剰放射が観測される条件

- ▶ 背景の温度 750 K
- ▶ 観測の空間分解能
 - 20km, 50km, 100km, 200km



溶岩流表面には冷えたクラストが形成

検出可能なもの

- ▶ 溶岩流 $\sim 100 \text{ km}^2 \Rightarrow \geq 915 \text{ K}$
- ▶ 溶岩湖 $\sim 1200 \text{ K} \Rightarrow \geq 1 \text{ km}^2$

活火山検出確率

観測できるのは夜面だけ

- ▶ 昼面は太陽散乱光に埋もれてしまう

冷えた溶岩は観測できない

- ▶ 溶岩冷却の時間スケール ~ 1 day (Head and Wilson 1986)
- ▶ 金星の1太陽日 ~ 116.75 day

溶岩流生成率の推定

- ▶ ~ 10 km²/yr
 - ▶ 溶岩噴出量の推定 $\sim 0.1 - 0.2$ km³/yr (Basilevsky et al. 1997)
 - ▶ 溶岩流の厚さ ~ 10 m (Roberts et al. 1992)
- ▶ $\gtrsim 100$ km² の溶岩流形成は 10 年に 1 度 (以下)
⇒ 数 10 年以上の長期モニタリングが必要