

ディオオーネの地質学的層序の検討

東京大学総合研究博物館

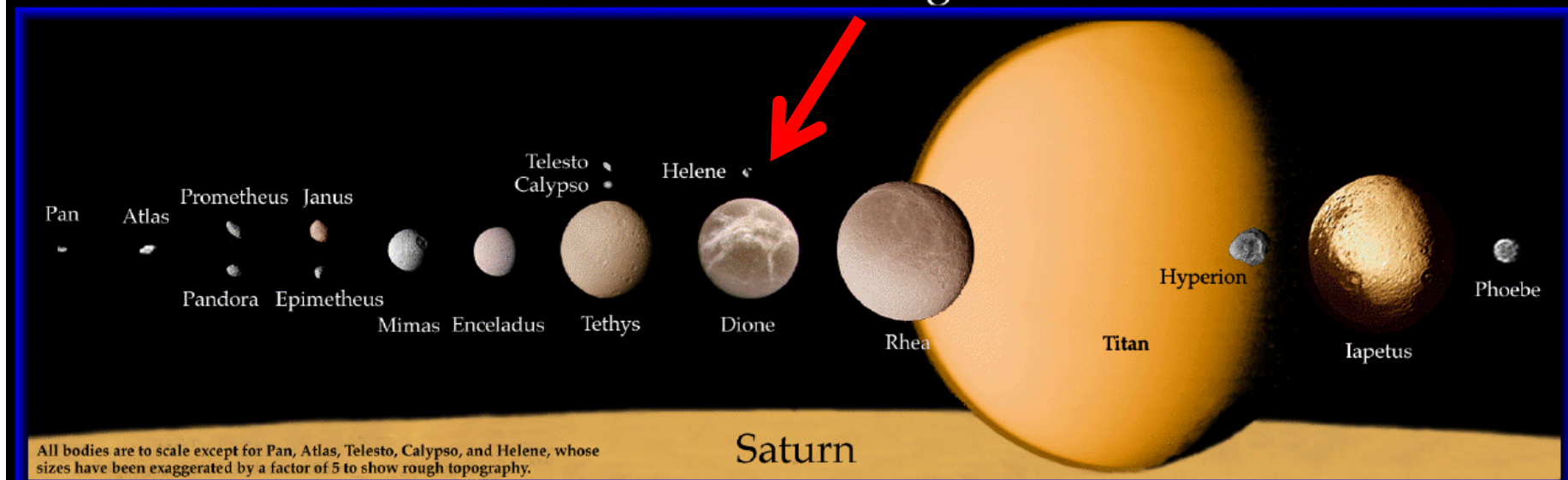
D3 平田直之

Dione

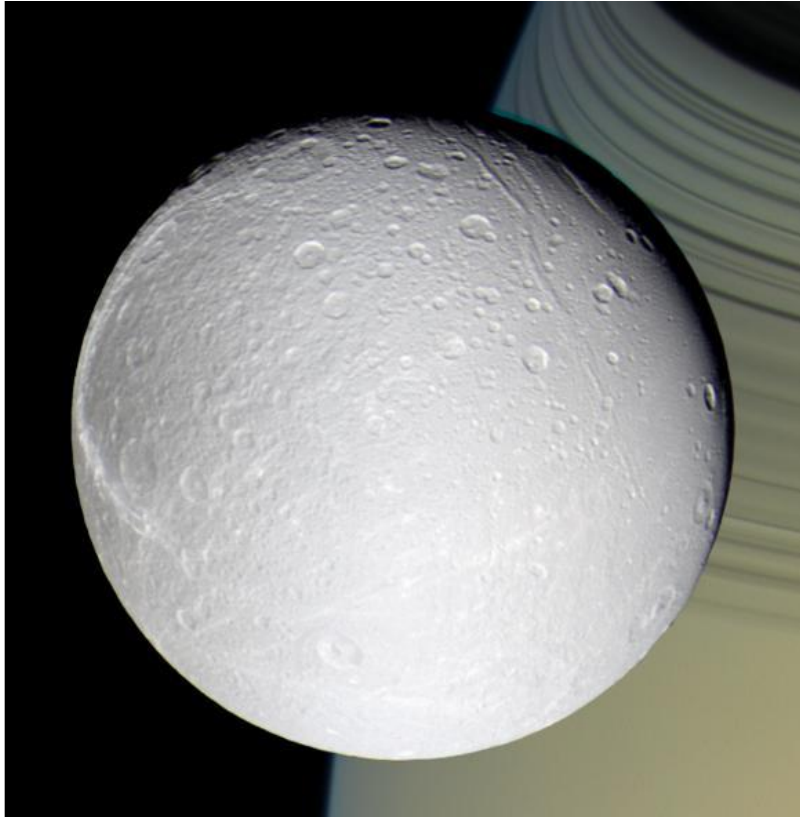
- ディオネ・ダイオーネ・ディオオーネなど
- 土星の中型衛星の一つ
- Voyager Cassiniによって多くのデータが取得
- 特に、2004年以降稼動しているCassiniによって画像が得られている
 - 2km/pixel以上の画像を取ったフライバイはいままで28回
 - 現在までに約1900枚の高解像度画像が得られている
 - 全領域の画像が得られている



Saturn's Satellites and Ring Structure



Dione



Cassini により撮影 PIA07744

- 半径 561km
- 土星系では3番目に高密度
 - 1.47 g/cm^3
- かなり分化した天体
- 岩石成分の割合 50% (質量比)
- 過去の熱的活動の痕跡がある

Enceladus



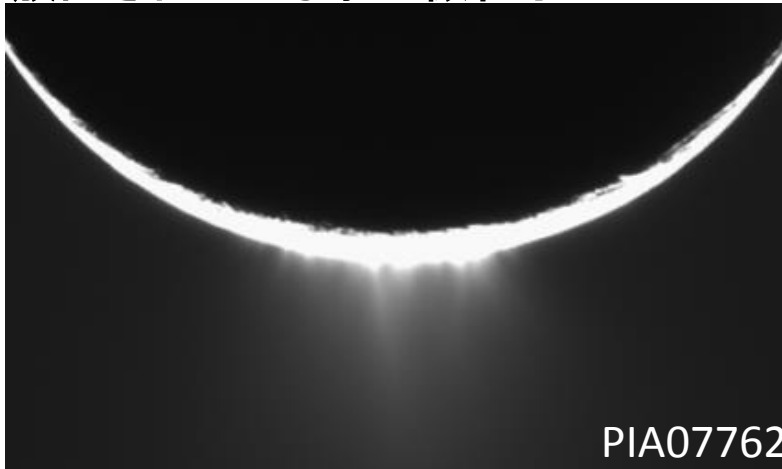
Cassini により撮影 PIA06249

- 半径 252km
- 土星系では2番目に高密度
 - 1.60 g/cm^3
- かなり分化した天体 ($\sim 0.31MR^2$)
- 岩石成分の割合 57% (質量比)
- 熱的活動がある

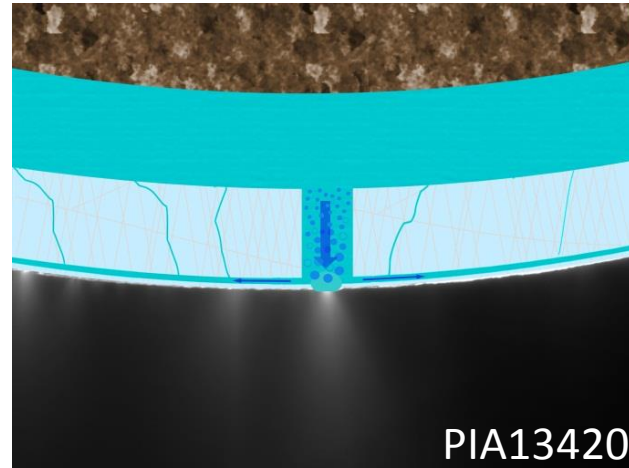
エンセラダスの熱的活動

- 土星の衛星エンセラダス
 - 活発な熱的活動
 - 内部海を有し、南極からは放出物
 - 熱源は潮汐加熱

放出されている氷の微粒子



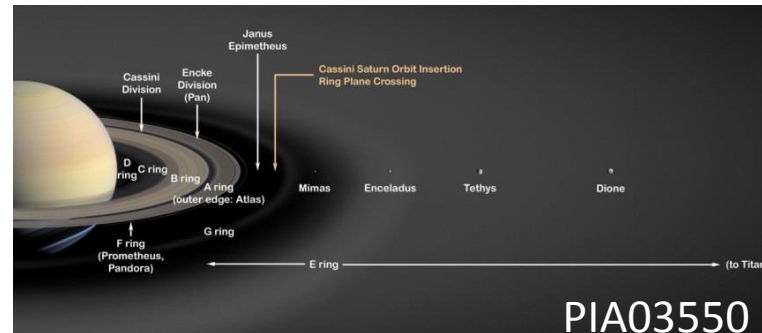
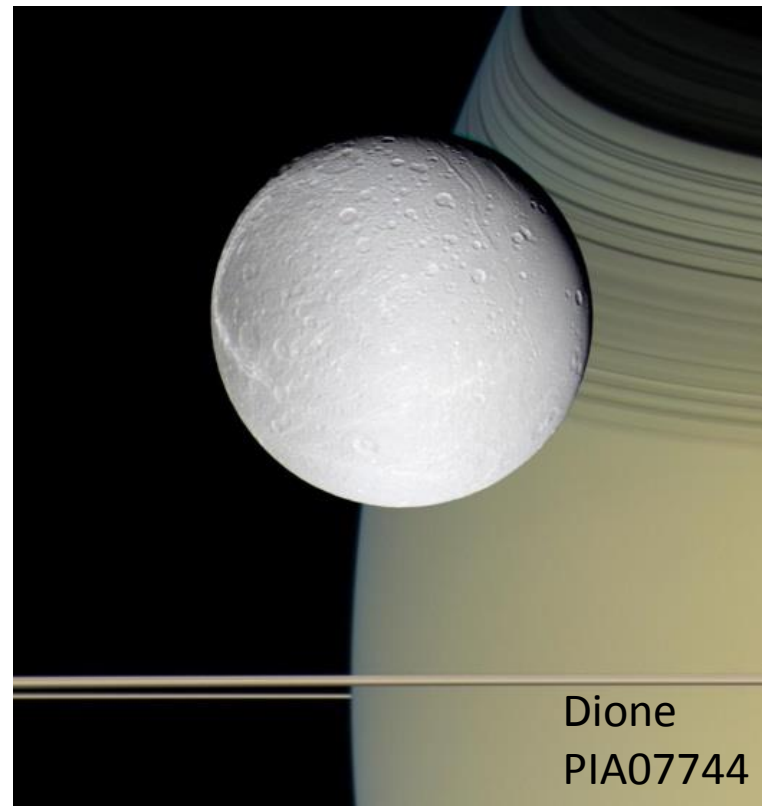
想定される内部の構造



熱源は潮汐加熱

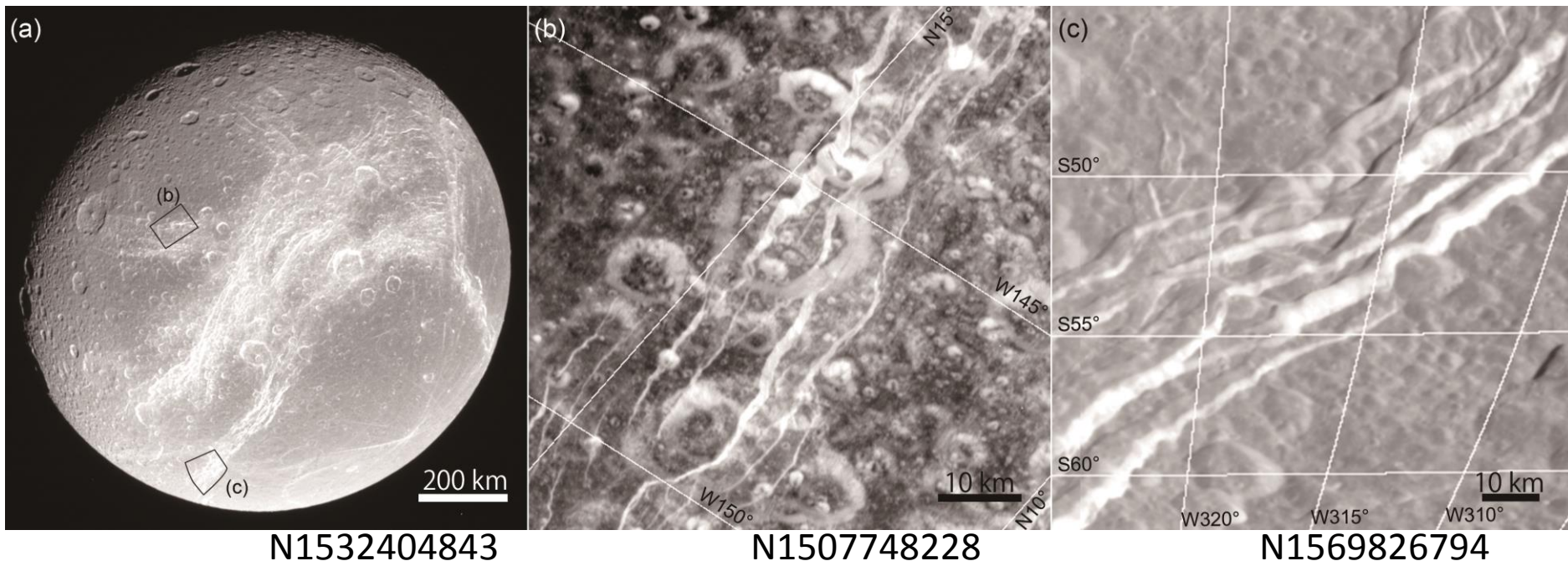
- 加熱メカニズム
 - EnceladusとDioneは2:1の軌道共鳴
 - 同じ場所で会合するため離心率増大
 - 両衛星に加熱が生じる
- Thomas et al. 2007の概算によると
- Enceladus の加熱量 20.4 GW
 - 潮汐加熱 20 GW 壊変熱 0.38 GW
- Dione の加熱量 12.5 GW
 - 潮汐加熱 8.6 GW 壊変熱 3.9 GW
- Dioneにも一定の熱的現象が起きていてもおかしくは無い

Dione は年代が分っているものに限れば
20~30億年前に熱的活動を終えている
年代が分らないものなら新しそうなものも

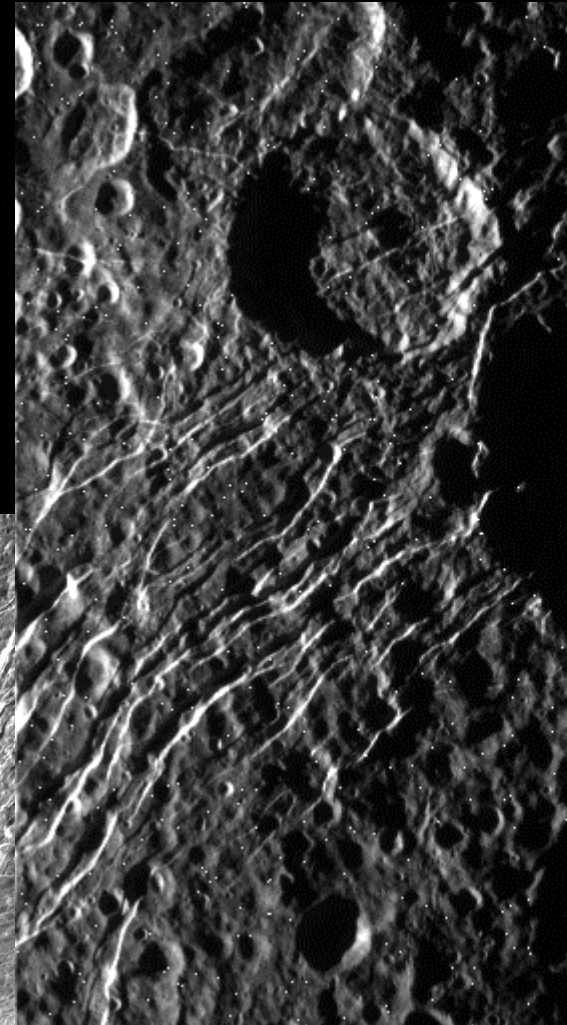
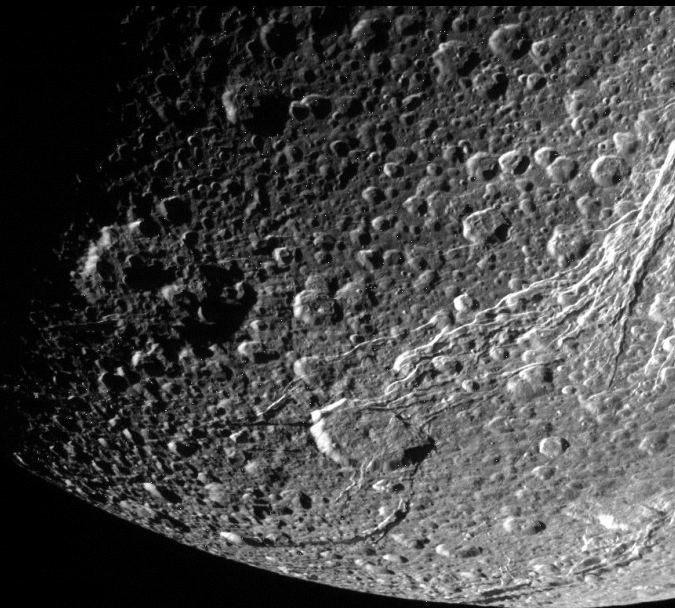
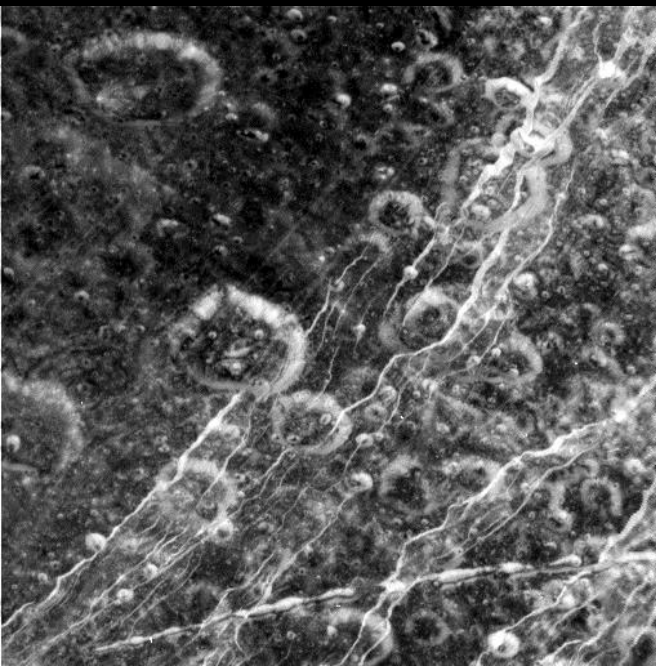


Wispy 構造

- DioneにはWispy構造と呼ばれる亀裂が存在
 - 過去の内的営力によるテクトニクスの痕
 - 大規模、比較的新しい、ただし年代は不明
 - 斜面が綺麗・ほとんど崩壊していないため



ディオオーネは亀裂だらけ



氷衛星では普遍的な構造

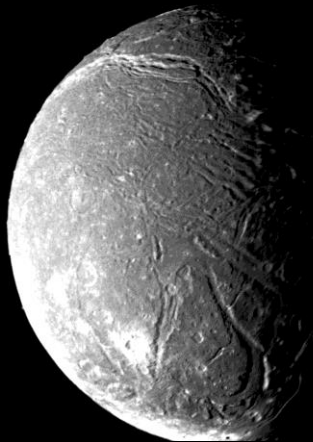
トリトンTriton

PIA00059



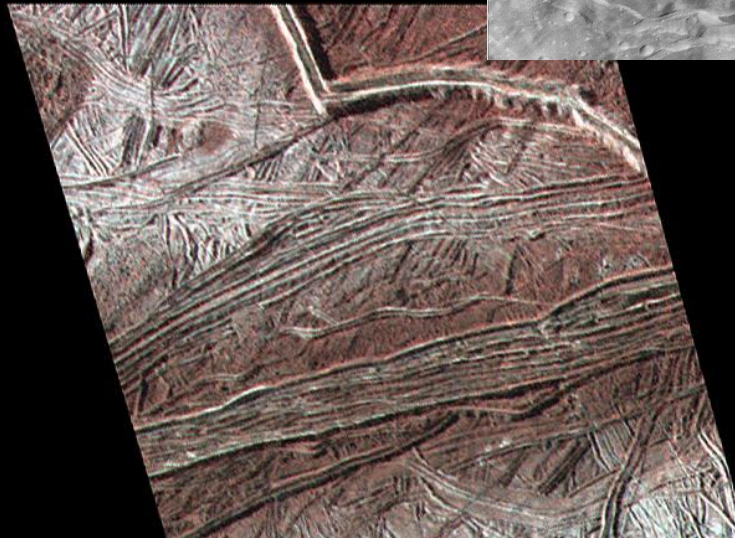
アリエルAriel

PIA01534



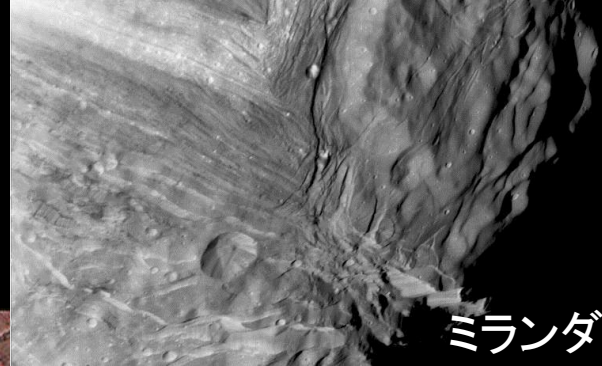
エウロパ

Europa PIA17737



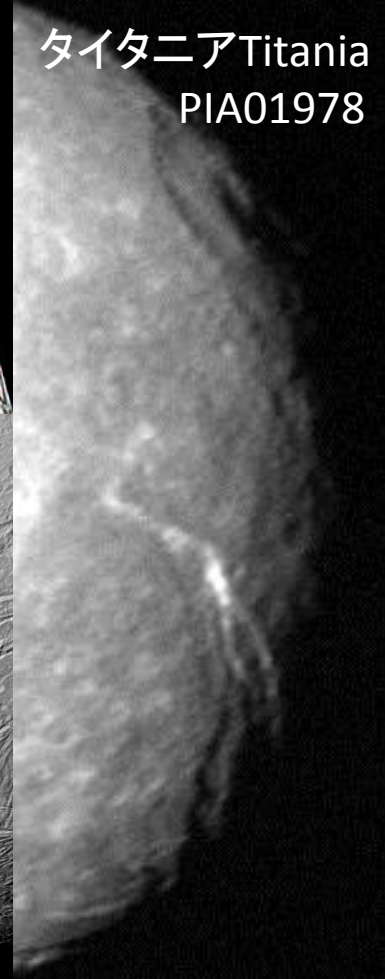
ミランダ

Miranda PIA01354

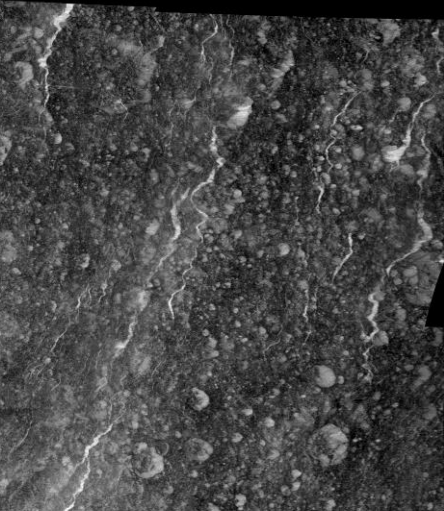


タイタニアTitania

PIA01978



レアRhea PIA12809



テティスTethys

PIA10527



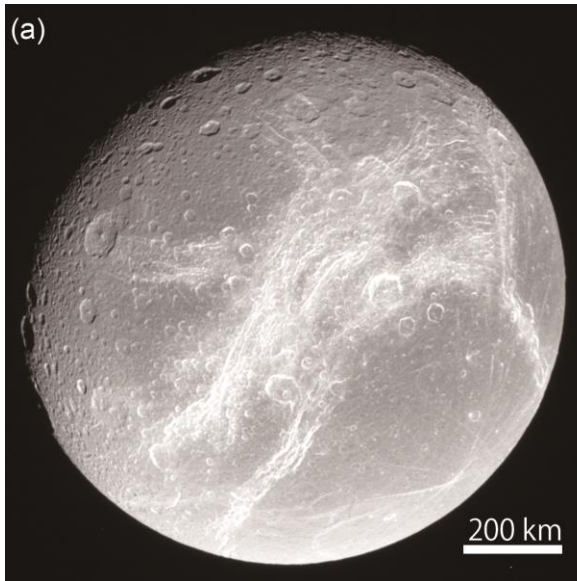
エンセラダス

Enceladus PIA14578

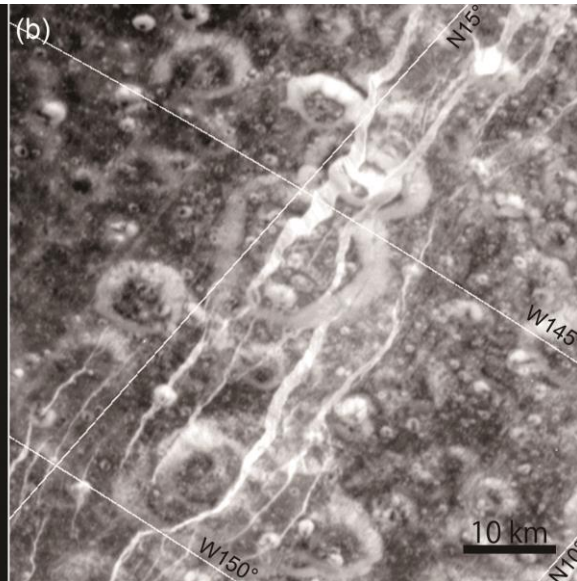


Wispy構造は

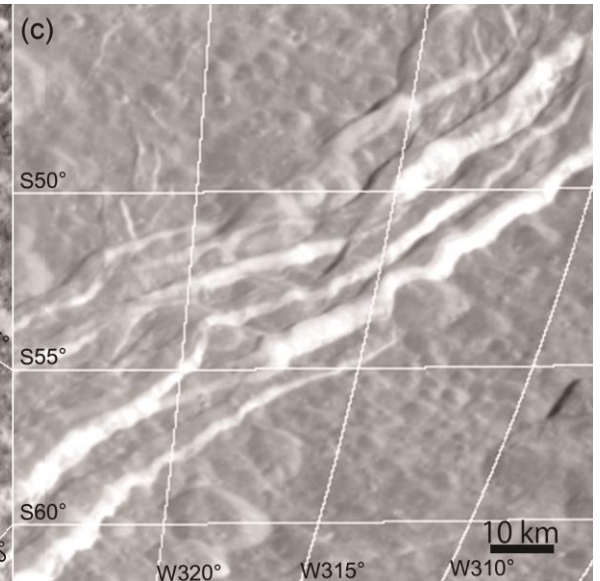
- 衛星では最大規模。かつ新しいように見える
- しかし年代が不明
- いつ頃できたのか調査するのは、進化史において重要だろう



N1532404843



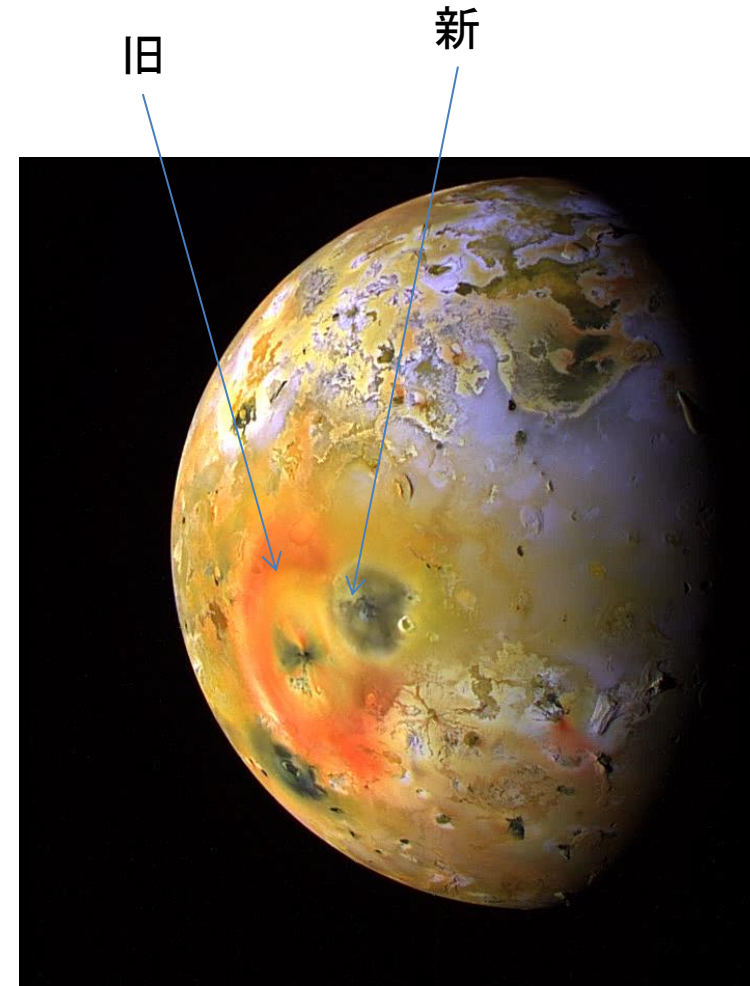
N1507748228



N1569826794

切った切られたの関係を探す

- Wispy はクレーター年代法は適用不可能
 - 線的構造であるため
- この場合、
 - 切った切られたの関係(cross-cutting relations)を整理し年代のわかるもので挟む
- Wispy構造の年代決定に、
 - Creusa Ray System
 - Dark terrain が重要



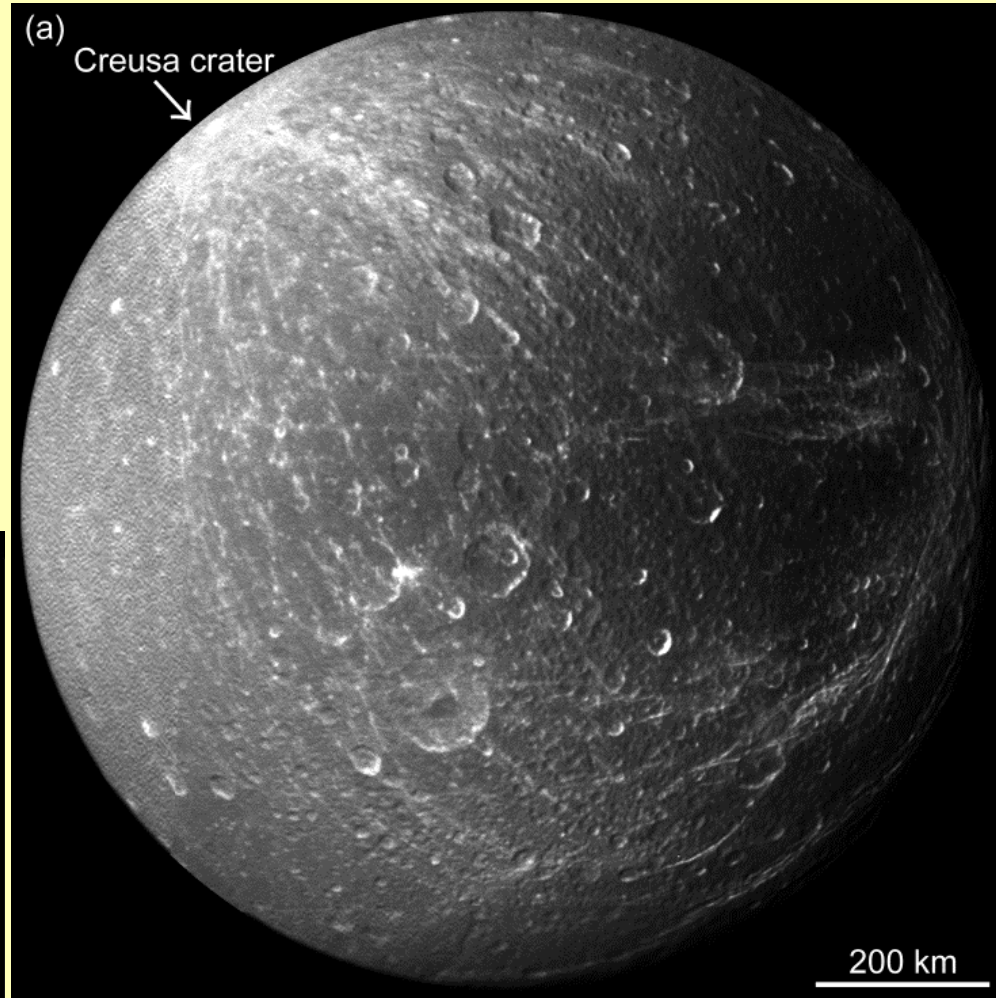
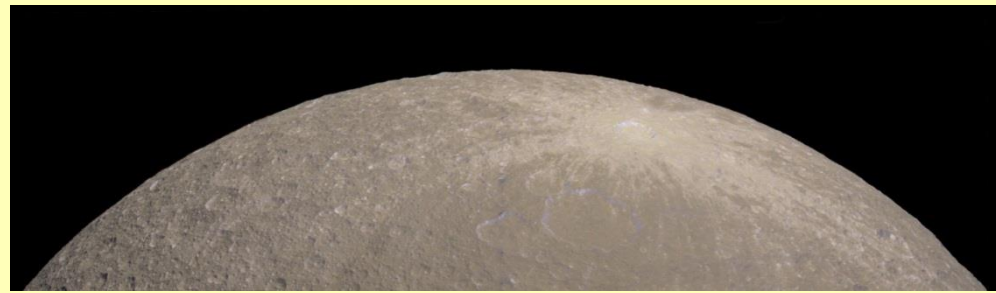
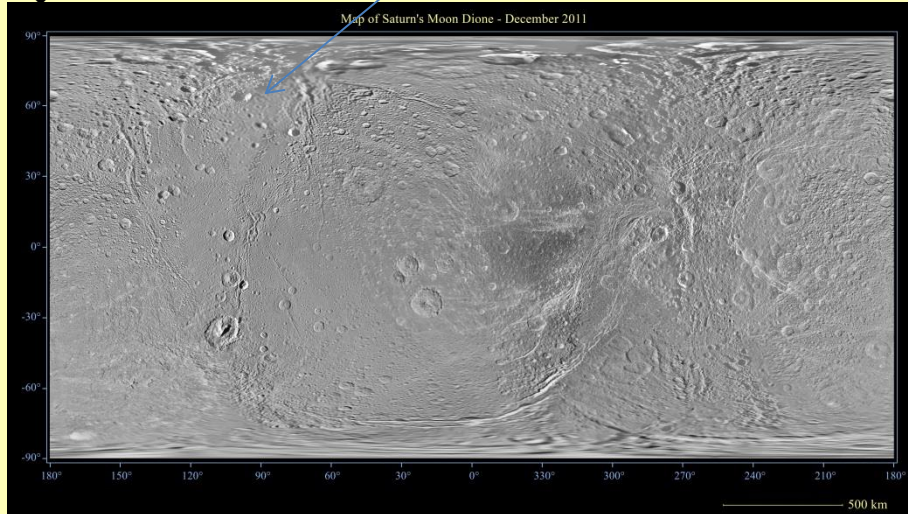
広域的かつ同時代性があるものが望ましい

Creusa Ray System

- Creusa crater(76W, 49N)から放出されたレイ(光条)
- Dione最大のレイ付クレーターでもある(Wagner et al., 2011)
- 年代が推測できる
 - (最大1億年以下:後述)

↓PIA14914

Location



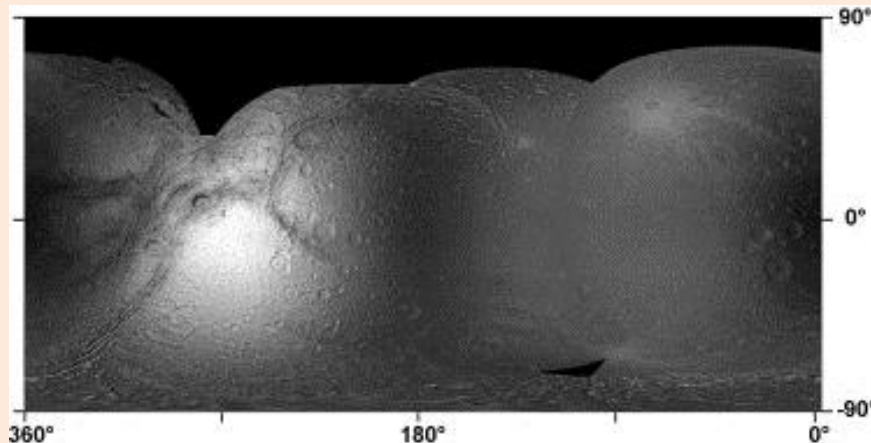
↑W1649313601と W1649316019のモザイク

Creusa Crater の形成年代

- Creusa craterの年代は2つの独立した方法で推定でき、信頼性が高い
 - クレーター年代に基づけば、5億年～500万年程度
 - クレウサクレーターや類似のレイクレーターの、クレーター年代から推定 (Wagner et al., 2011)
 - レイの寿命という点で 最大数千万年程度
 - レイは最も若いクレーターであることを示唆
 - 放射状に放出された新鮮な内部物質が周囲の物質と異なることで生じる
 - その後、宇宙風化などでフェードアウトしていくと考えられている
 - レイ付クレーターは、月や水星では10個に1個の割合で認められる (Allen, 1977)
 - このことが、月や水星でのレイの寿命が5億年程度であることの最大の根拠となっている。
 - 氷衛星(ディオオーネ、レアなど)ではこれが100個に1個以下 (Kirchoff and Schenk, 2010)
 - これは氷衛星でのレイの寿命が5000万年程度であることを示唆。
- これらの事実から、Creusa は高々数千万年程度しか経っていないと推定できる。

Dark terrainとは？

- 後行半球側は赤い (Clark et al. 2008)
 - この領域を**Dark terrain**
 - 氷の吸収線が弱い
 - 紫外線より赤外線をよく反射
- 形成年代不詳。

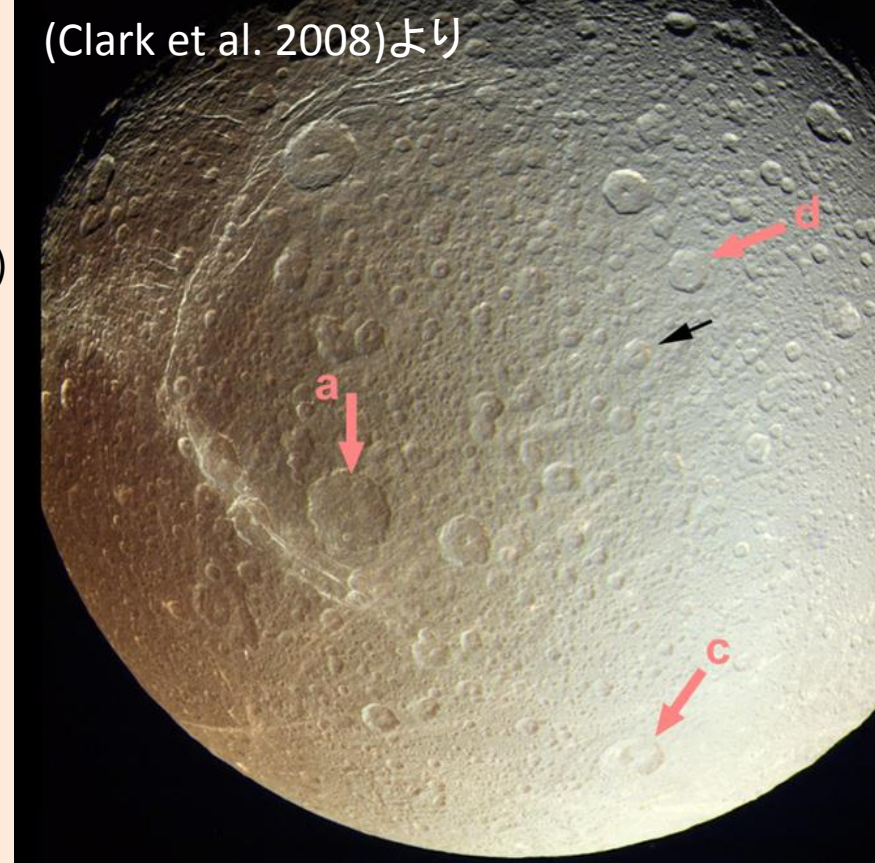


→ Ir/UV比画像

Dark terrainの堆積物はUVよりIRをよく反射する。明るい場所ほどdark terrainの堆積物が多いことが示唆される Schenk et al 2011

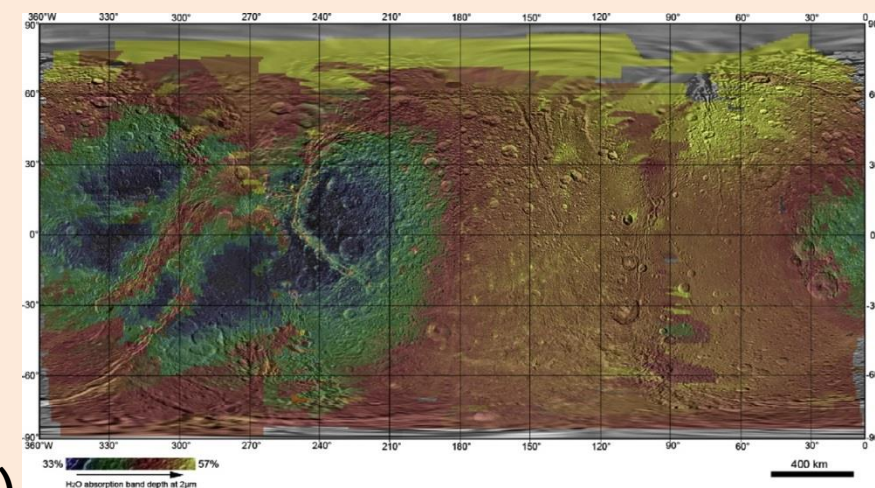
→ 2 μ mの波長の吸収度 (Clark et al. 2008)
寒色ほど吸収が弱い、すなわち氷が少ない

(Clark et al. 2008)より



← 後行半球側

先行半球側 →

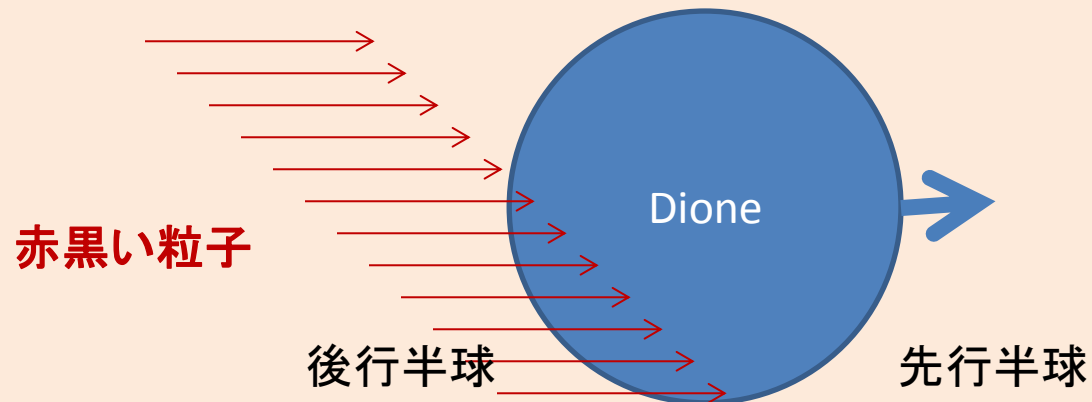
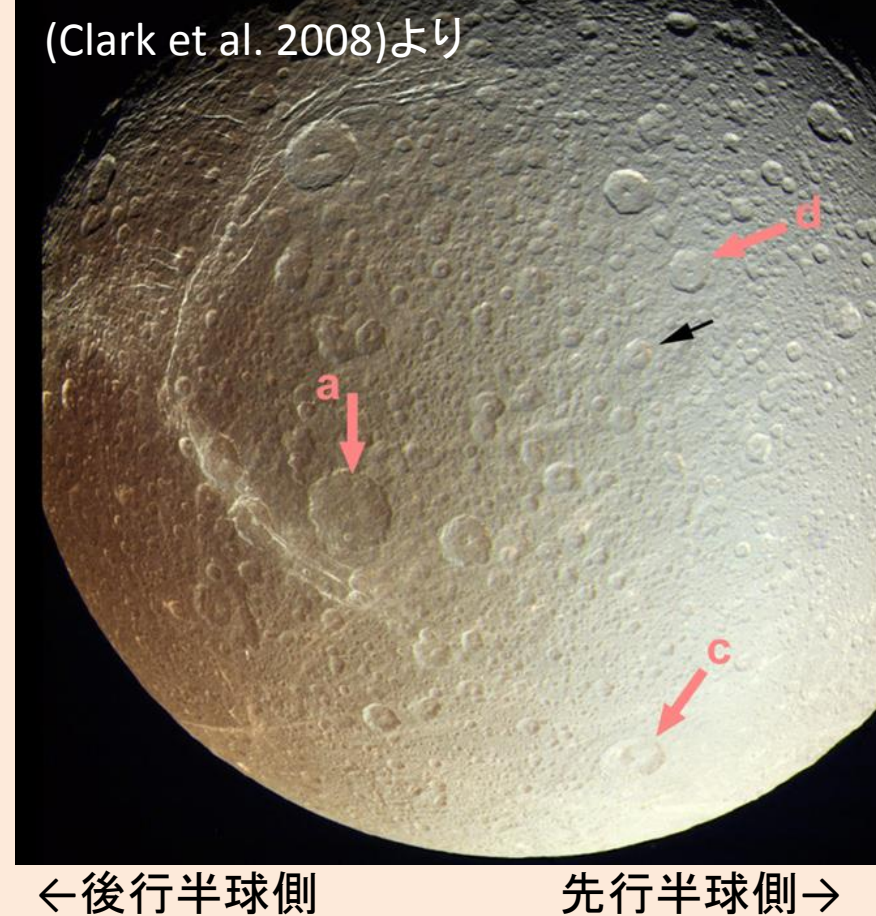


(Clark et al. 2008)より

Dark terrainとは？

Clark et al. (2008)によれば

- 赤さに斜面方位依存がある
 - 後行半球側を向く斜面は暗い
 - 先行半球側を向く斜面は薄い
 - 後行半球側から飛来した粒子が堆積し、形成されたとされる。
- 赤黒い堆積物(Dark material)が薄く堆積していると考えられる。



層序を検討した結果

- Creusa Ray System → Dark terrain → Wispy structure
という順序で形成されたことを示唆
 - つまりWispy 構造は高々数千万年か？

