

Lunar Multiring Basins and the Cratering Process

Wieczorek, M., and R. J. Phillips (1999)
Icarus 139, 246-259

担当: 鎌田俊一 (東大・杉田研M2)

衝突勉強会
 2009.5.26

©JAXA/NHK

発表内容

- 背景
- 内部構造推定・Excavation cavity の復元
 - 重力場データを用いたインパージョンによる内部構造推定
 - Excavation cavity 復元
- 議論
 - Excavation cavity の深さ・直径比
 - リム付近のイジェクタ厚
 - アイソスタシーからのズレ
 - ⇒ 各盆地で計算・比較し、形成メカニズムを議論

Image credit: NASA/JPL

発表内容

- 背景
 - クレーター研究
 - 多重リング盆地
 - 内部構造からのアプローチ
 - 研究目的
- 内部構造推定・Excavation cavity の復元
- 議論

Image credit: NASA/JPL

衝突クレーター

- 隕石・彗星などの衝突痕
 - 固体惑星に一般的な地形
- 内部構造を知る手掛かり
 - 掘削される物質の量は?
 - 掘削される深さは?
 - 撒き散るイジェクタの厚さは?

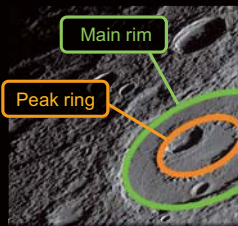
などなど...

Excavation cavity を知る必要

水星のCaloris盆地. MESSENGER撮像.
 Image credit: NASA/Johns Hopkins Univ. Appl. Phys. Lab./Carnegie Inst. Washington.

クレーターの形状

- クレーターサイズの増大に伴う形状の変化
 - 単純クレーター → 複雑クレーター → 多重リングクレーター
- 単純クレーター
 - お椀形
- 複雑クレーター
 - 中央丘やピークリングが見られる
 - ピークリングはMain rim の内側
- 多重リングクレーター
 - Main rim がどれかよくわからない
 - 形成メカニズムがよくわからない



ピークリングを持つ水星の複雑クレーター. MESSENGER撮像.

Image credit: NASA/Johns Hopkins Univ. Appl. Phys. Lab./Carnegie Inst. Washington.

多重リング盆地

- 衝突盆地 (直径 > 数百km)
 - 室内実験できない
 - 理論計算もどこまで妥当??
 - 地球の衝突盆地は保存状態が悪い
 - 風化・侵食
- 月の多重リング盆地
 - 比較的よく保存
 - Main rim の特定が困難

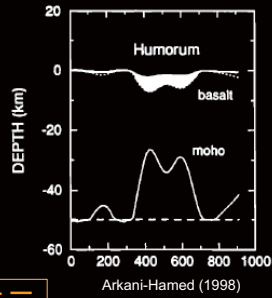
月のOrientale盆地. Lunar Orbiter IV撮像.
 © LPI/Universities Space Research Association

スケーリング則に従うにしても、画像解析による

Excavation cavity の復元は困難

内部構造からのアプローチ

- 惑星・衛星の内部構造
 - 重力場 (+地形) データから推定
- 月の重力場
 - 直接計測は表側のみ(当時)
 - 盆地下ではモホ面が上昇
 - 衝突による影響



マントル上昇前の地形を復元
⇒ 掘削量の見積もり

研究目的

- 月の多重リング (+ SPA) 盆地に着目
- 地形・重力場データから内部構造を推定
- それを用いて掘削量 (Excavation Cavity) の見積もり
- 深さ・直径比、イジェクタ分布などを調べる

巨大多重リング盆地の
形成メカニズムの理解へ

Crisium盆地. Appolo VIII 撮像.
Image credit: NASA-JSC



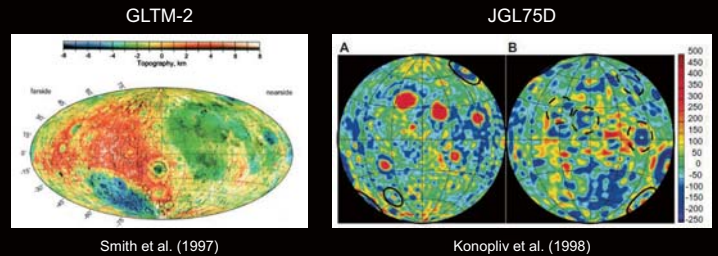
発表内容

- 背景
- 内部構造推定・Excavation cavity の復元
 - 内部構造推定
 - 方法
 - 結果
 - Excavation cavity 復元
 - 1回目で大まかに復元、2回目で確定
 - 復元結果
- 議論



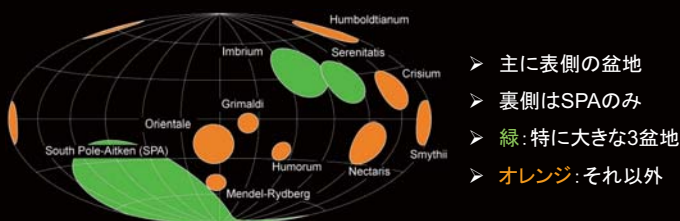
内部構造の推定: データ

- 地形データ
 - Clementine 探査機に搭載されたレーザー高度計 (GLTM-2)
- 重力場データ
 - Clementine / Lunar Prospector 探査機の追跡 (JGL75D)



内部構造の推定: データ

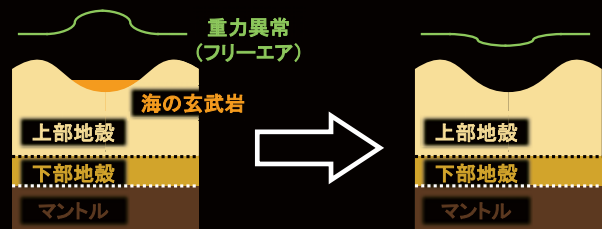
- 地形データ
 - Clementine 探査機に搭載されたレーザー高度計 (GLTM-2)
- 重力場データ
 - Clementine / Lunar Prospector 探査機の追跡 (JGL75D)



- 主に表側の盆地
- 裏側はSPAのみ
- 緑: 特に大きな3盆地
- オレンジ: それ以外

内部構造の推定: 方法

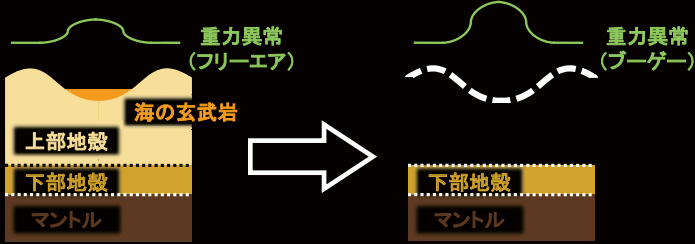
- フリーエア異常からブーゲー異常の計算
= 地形 (+「海」の玄武岩) の影響を取り除く



- 下部地殻とマントルを一緒に持ち上げる
- マントルを持ち上げる

内部構造の推定:方法

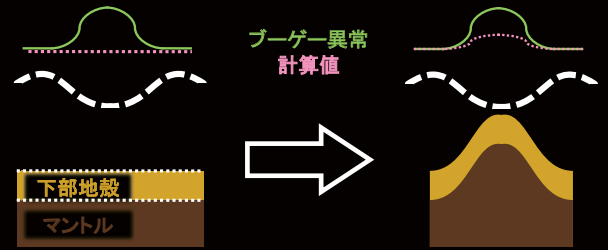
- フリーエア異常からブーゲー異常の計算
= 地形 (+「海」の玄武岩) の影響を取り除く



- 下部地殻とマントルを一緒に持ち上げる
- マントルを持ち上げる

内部構造の推定:方法

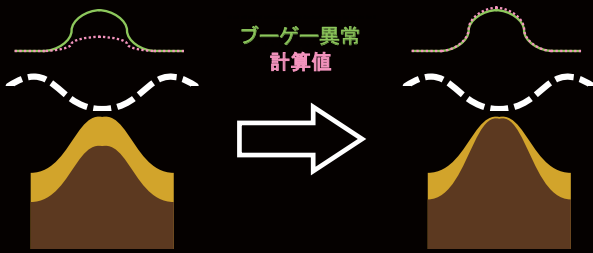
- フリーエア異常からブーゲー異常の計算
- 下部地殻とマントルを一緒に持ち上げる



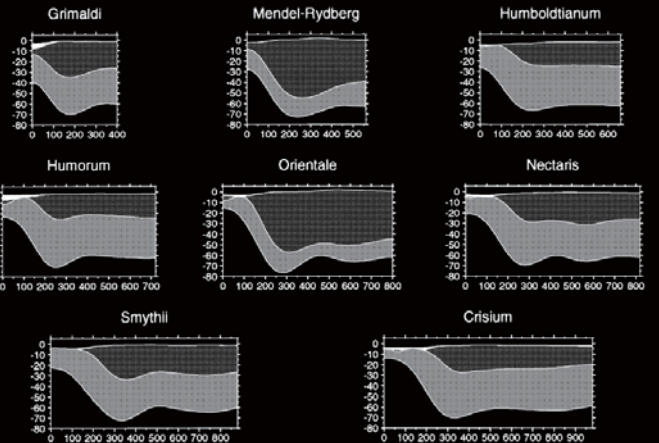
- マントルを持ち上げる

内部構造の推定:方法

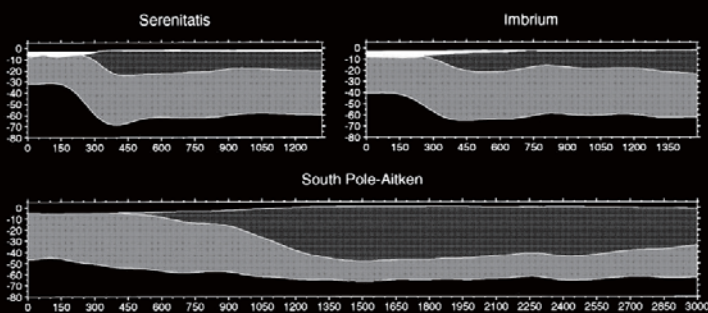
- フリーエア異常からブーゲー異常の計算
- 下部地殻とマントルを一緒に持ち上げる
- マントルを持ち上げる



内部構造の推定:結果 (小さい盆地)

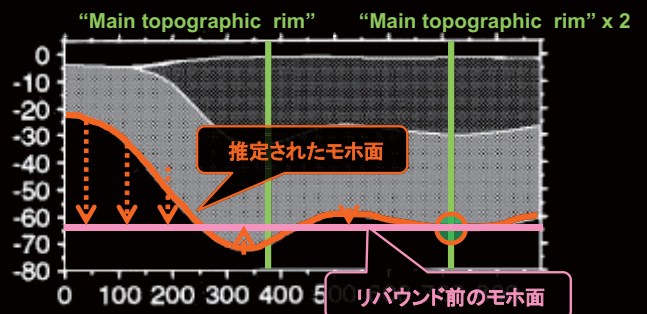


内部構造の推定:結果 (大きな盆地)



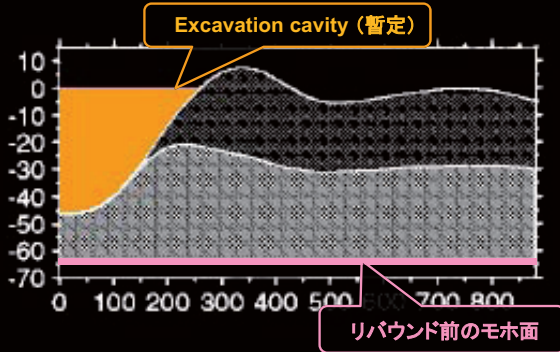
Excavation cavity の復元

- 1回目: 基準 = "Main topographic rim" の2倍の位置



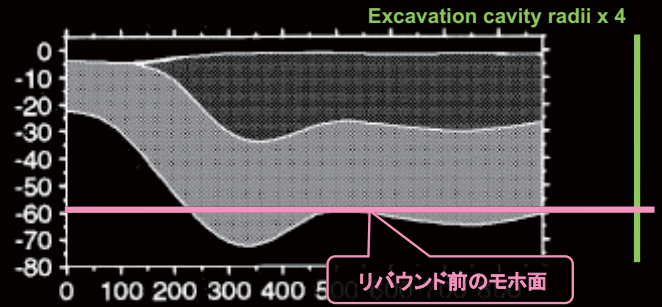
Excavation cavity の復元

- 1回目: 基準 = “Main topographic rim” の2倍の位置



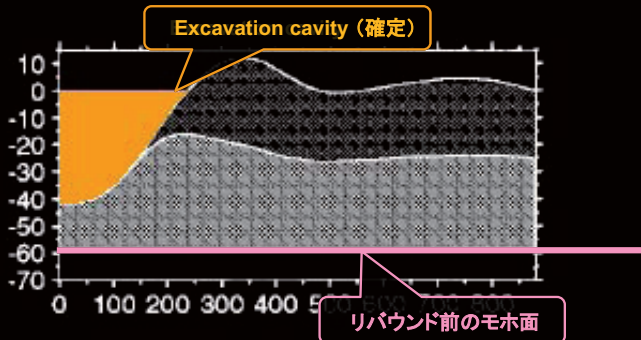
Excavation cavity の復元

- 2回目: 基準 = Excavation cavity (暫定)の4倍の位置

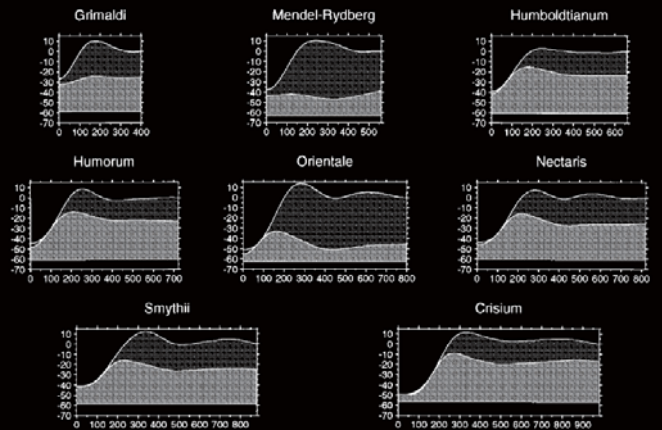


Excavation cavity の復元

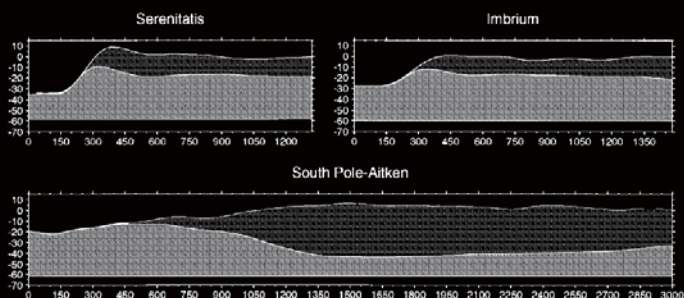
- 2回目: 基準 = Excavation cavity (暫定) の4倍の位置



Cavity の復元 (小さい盆地)



Cavity の復元 (大きい盆地)

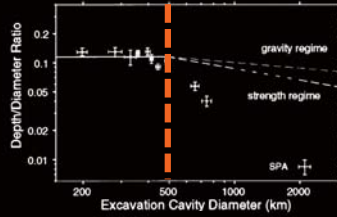


発表内容

- 背景
- 内部構造推定・Excavation cavity の復元
- 議論
 - Excavation cavity の深さ・直径比
 - リム付近のイジェクタ厚
 - Excavation cavity の半径とリングの位置関係
 - アイソスタシーからのズレ

Excavation cavity の深さ・直径比

- 深さ・直径比 ~ 0.1
 - 実験的研究と整合的
 - Cavity 直径 $\sim 500\text{km}$ より大きいと浅くなる
 - 1層地殻モデルでも同様

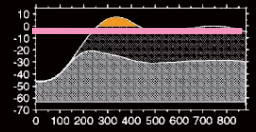


(Fig. 4)

- スケーリングから外れる原因
 - Nonproportional scaling
 - Schultz (1988) の理論では説明不足
 - 斜め衝突
 - 大きくなると、斜め衝突の影響が出やすい可能性
 - 盆地形成後の長期間に渡る粘性緩和
 - SPAに関してはそもそもマントルが見えていないので、これだけで説明はできない

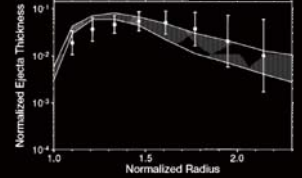
リム付近のイジェクタ厚

- Excavation cavity 周囲では地殻が厚い
 - 衝突前の地殻厚
 - Cavity の 2-4 倍の半径での平均地殻厚
 - それより盛り上がったところ
 - ⇒ イジェクタの堆積



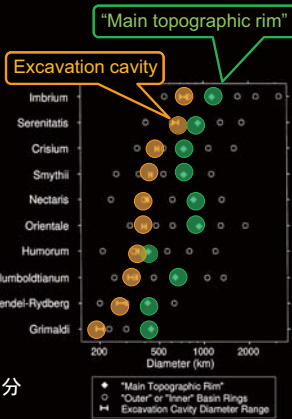
- 実験的研究と整合的 (Housen et al., 1983)
 - 大きなクレーター
 - ⇒ 厚いイジェクタ (Crisium 盆地では 15km !)
 - やはり特に大きな3盆地は薄い (図示せず)

(Fig. 5)



Excavation cavity とリング構造

- “Main topographic rim”
 - 地形が最もはっきりしているリング
- Excavation cavity の位置
 - “Main topographic rim” より内側
 - 隣接していない場合もある
 - 内側から2番目とよく対応 (例外もあり)
- もし形成時にMain rim があるなら...
 - イジェクタで見えていない可能性も十分



(Fig. 6)

アイソスタシーからのズレ

- 支えている荷重とCavity直径は比例?
 - やはり大きいSerenitatis, Imbrium は除外
- Cavityではなく、盆地の位置?
 - PKTに近い盆地では緩和が進行

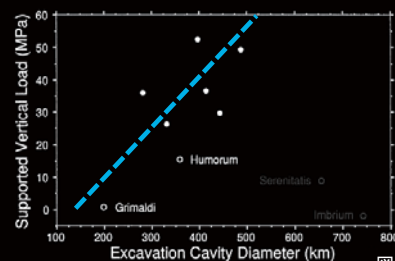


図: アイソスタシーからのズレ (Fig. 5)

アイソスタシーからのズレ

- 支えている荷重とCavity直径は比例?
 - やはり大きいSerenitatis, Imbrium は除外
- Cavityではなく、盆地の位置?
 - PKTに近い盆地では緩和が進行

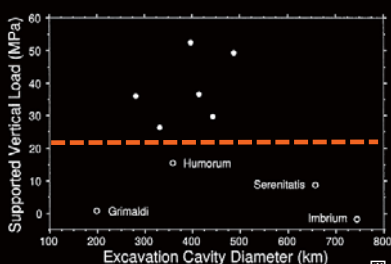
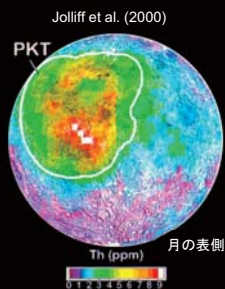


図: アイソスタシーからのズレ (Fig. 5)



まとめ

- 2層地殻モデルによる内部構造、Excavation cavity を推定
- 大きな3つの盆地 (Serenitatis, Imbrium, SPA) 以外では、スケーリング則に従っている
 - Excavation cavity の深さ・直径比
 - イジェクタ厚の分布
- 月の多重リング盆地では、Main terraced rim は厚いイジェクタによって隠されているのでは?
- 大きな3つの盆地は、スケーリングから予測されるよりも浅い