

# THE GLOBAL EFFECTS OF IMPACT- INDUCED SEISMIC ACTIVITY ON FRACTURED ASTEROID SURFACE MORPHOLOGY

*ICARUS*, 179, 325-349, 2005.

---

第2回衝突研究会TVセミナー

2012/5/31

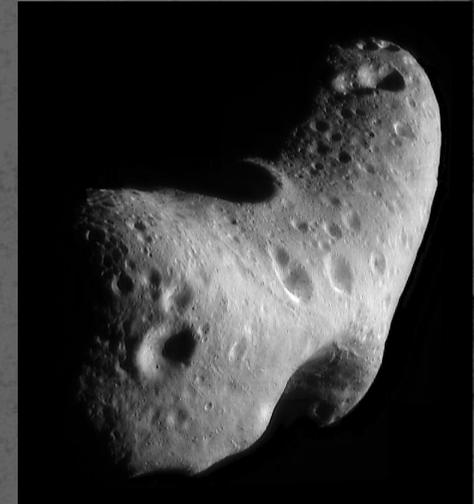
3本目担当：鎌田俊一（東大柏）

# SUMMARY

---

- 地震のモデリング
  - 衝突励起振動が小惑星全体に及ぶ条件
    - キーワード：エネルギー減衰、周波数
  - 典型的な地震波形のモデリング
- レゴリス流動のモデリング
  - 安定性解析、“拡散係数”の導出
- 衝突クレータリングの統計的モデリング
  - NEAR-Shoemaker で観測された 433 Eros のクレーターサイズ頻度分布と比較

433 Eros  
(NASA/JPL/JHUAPL)

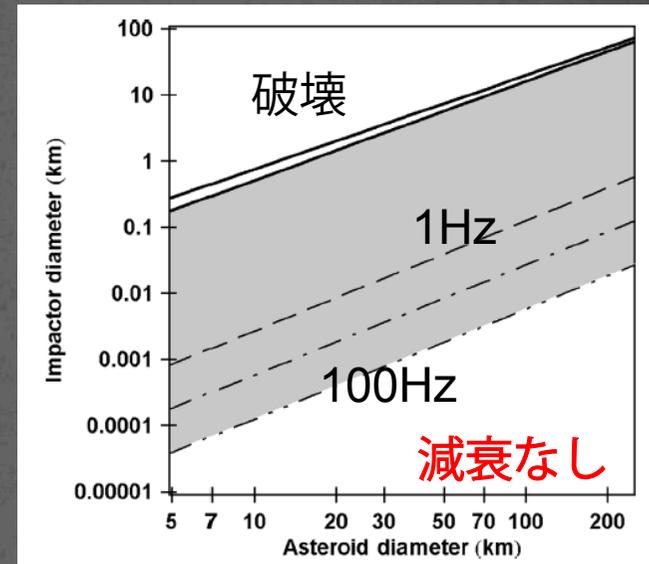


# GLOBAL SEISMIC EFFECTS

- 破壊することなく小惑星全体が揺れる条件
  - エネルギーの観点から議論
  - 加速度が  $1g_a$  を超えればよい
- 高周波地震
  - 高エネルギー密度
- 高減衰率

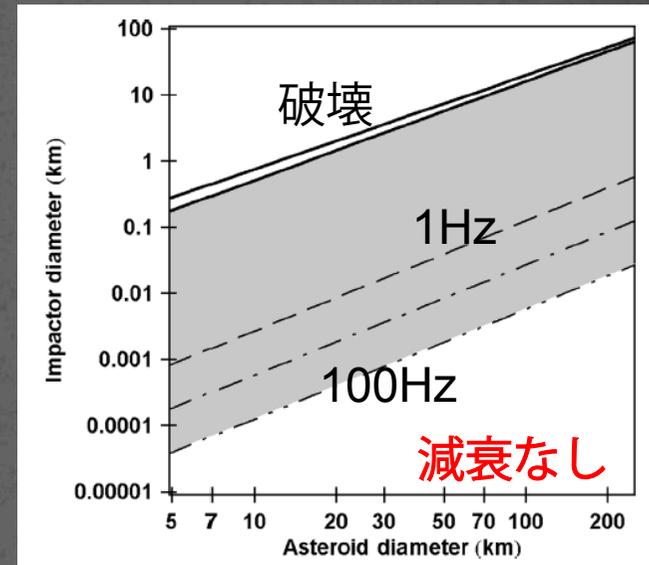
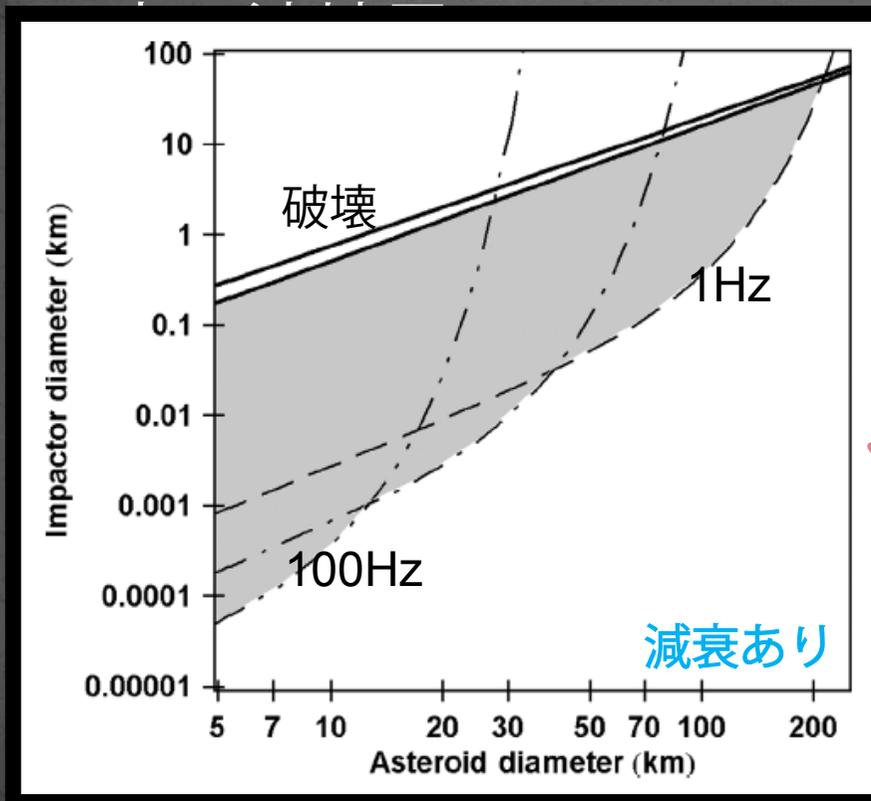
$$\epsilon_d = \rho_a \pi^2 f^2 A^2$$

$$\frac{\partial \epsilon_s}{\partial t} = K_s \nabla^2 \epsilon_s - \frac{2\pi f \epsilon_s}{Q},$$



# GLOBAL SEISMIC EFFECTS

- 破壊することなく小惑星全体が揺れる条件
  - エネルギーの観点から議論
  - 加速度が  $1g_a$  を超えればよい



- 幅広いインパクターサイズで地震が起きうる
- 大きな小惑星では全球に規模の地震は起きない

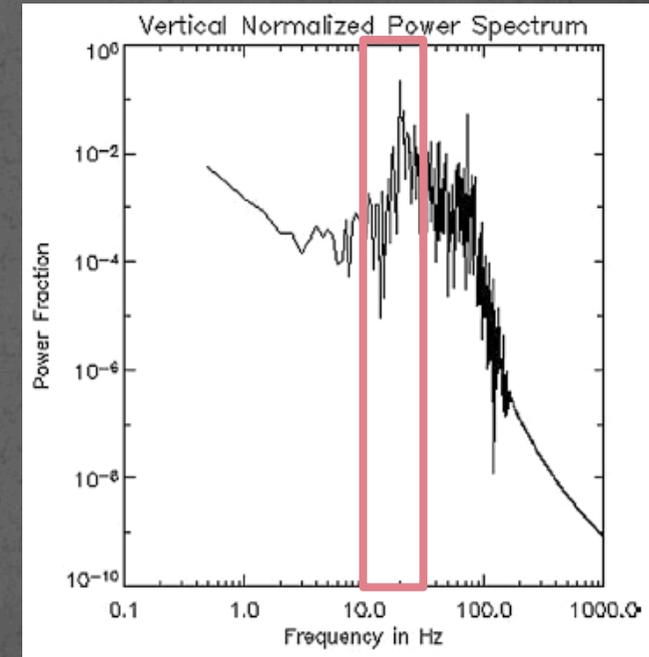
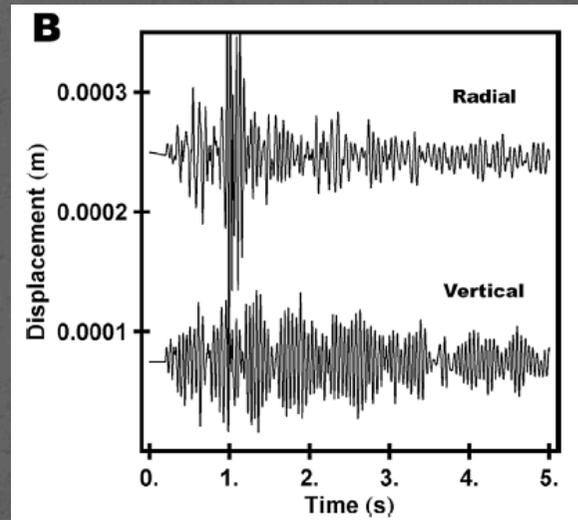
# SYNTHETIC SEISMOGRAMS

---

1. 衝突体を仮定、衝突エネルギー  $E_k$  を計算
2. 初期の振動エネルギー  $E_s$ 
  - $E_s = \eta E_k$  ( $\eta \sim 10^{-4}$ )
3.  $E_s$  を周波数ごとに分配
  - パワースペクトルを求める (次のスライド)
4. 各周波数ごとに減衰を考え、衝突点からある距離離れた点で観測されるべき地震波形を求める  
(次の次のスライド)

# POWER SPECTRA

- Hydrocode simulation -> 数秒間の振動
  - ピークはだいたい 10-20 Hz



月地殻上層に似た構造を仮定

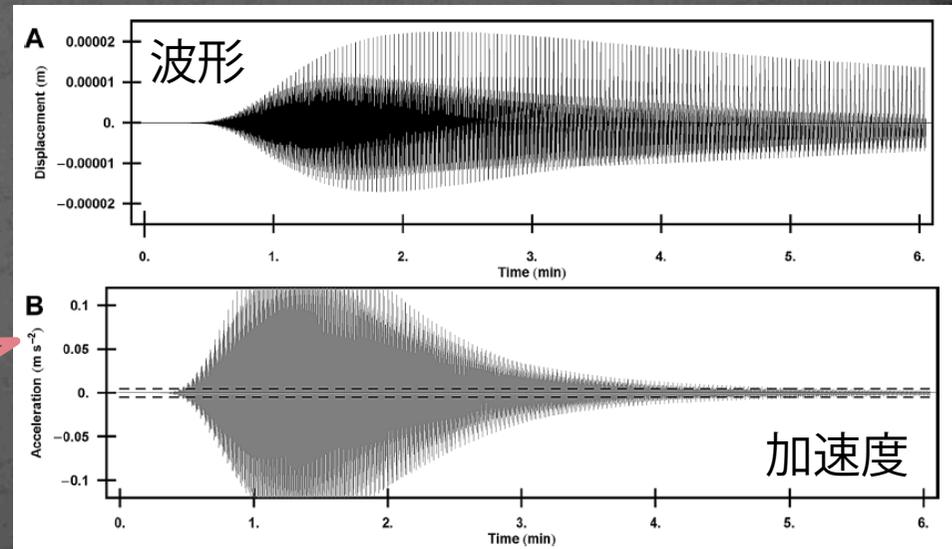
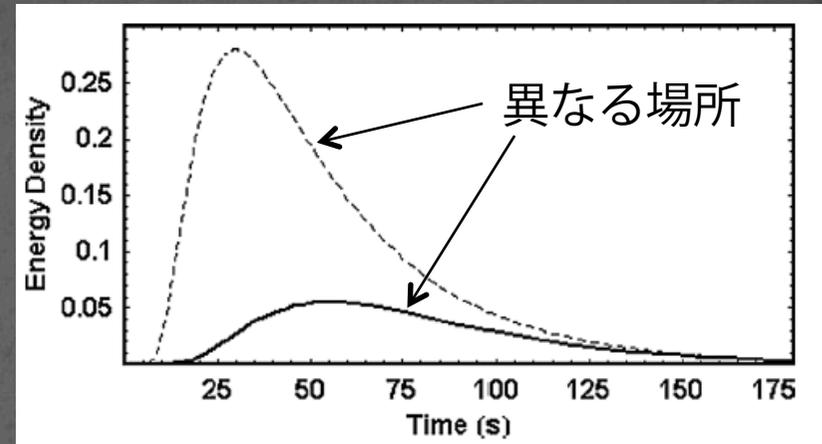
# PROPAGATION OF WAVES

- 震源からある距離の場所でのエネルギー密度の時間変化
  - 周波数依存

$$\frac{\partial \epsilon_s}{\partial t} = K_s \nabla^2 \epsilon_s - \frac{2\pi f \epsilon_s}{Q},$$

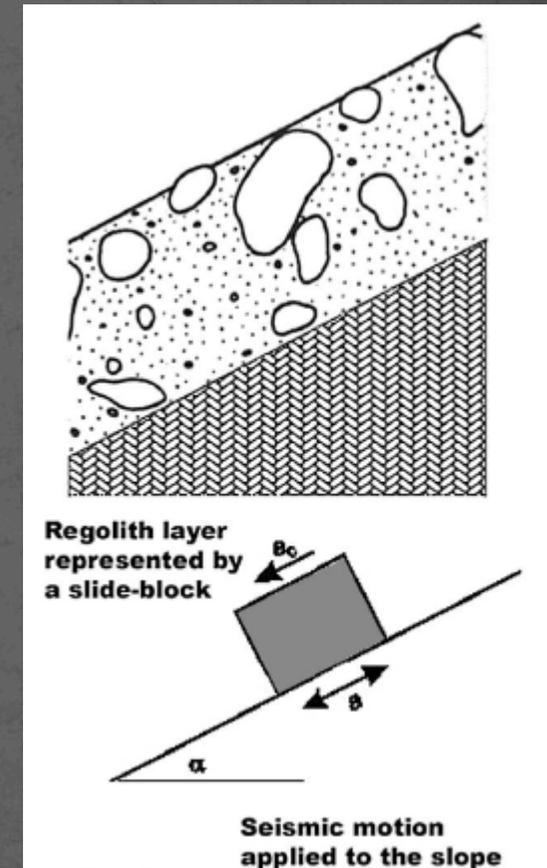
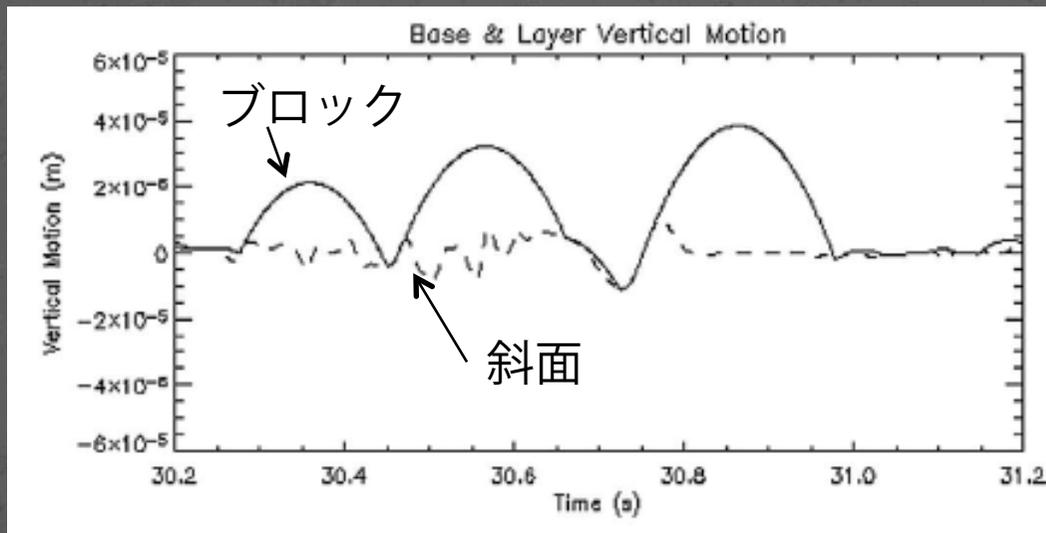
- パワースペクトルを使い、地震波形を計算（逆フー

- $1 g_a$  を超える振動が数分～数時間続く



# NEWMARK SLIDE-BLOCK ANALYSIS

- FOS -> 月レゴリスより低粘着力
- 斜面上のモデルレゴリスを揺さぶる
  - $D_p$  小：スリップ
  - $D_p$  大：飛び上がる



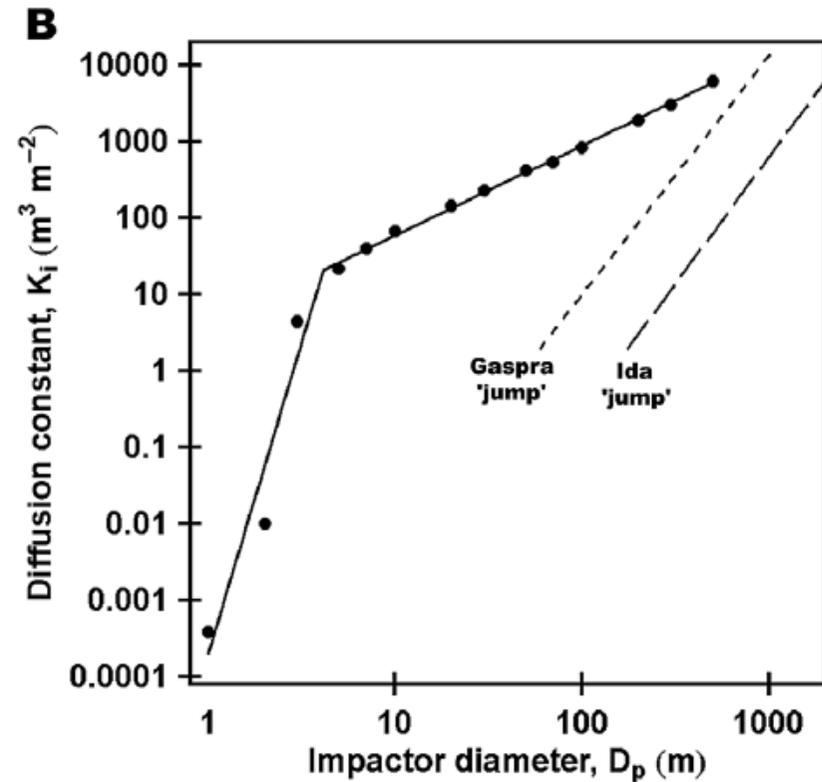
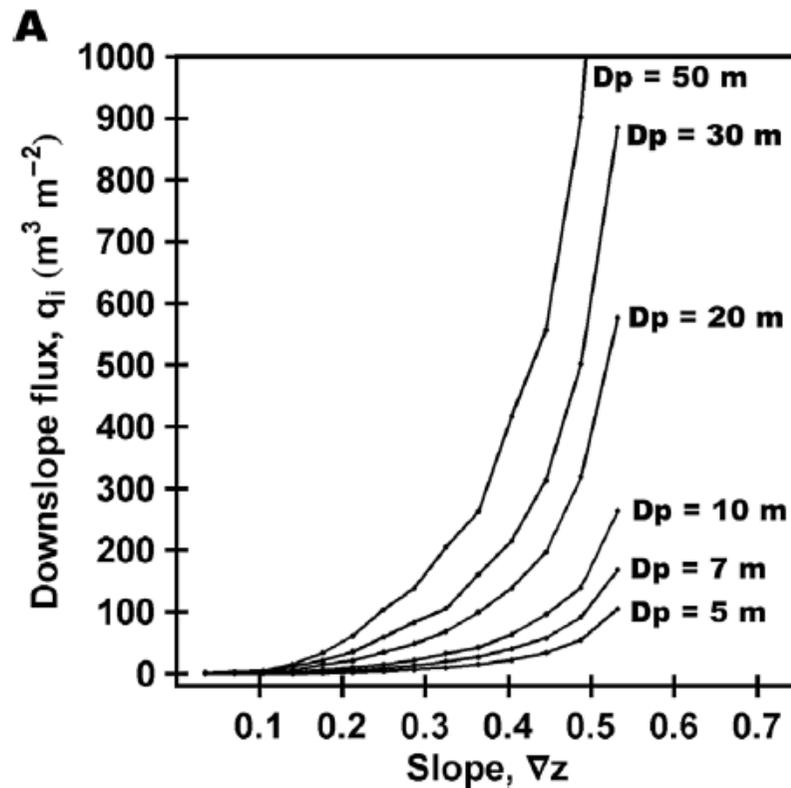
- 下流へのレゴリスフラックス  $q_i$  を計算

# DIFFUSION CONSTANT

- 流動量から拡散係数の導出
- 地形浸食

$$\frac{\partial z}{\partial t} = K_d \nabla^2 z.$$

$$q_i = \frac{K_i \nabla z}{1 - [|\nabla z|/S_c]^2},$$

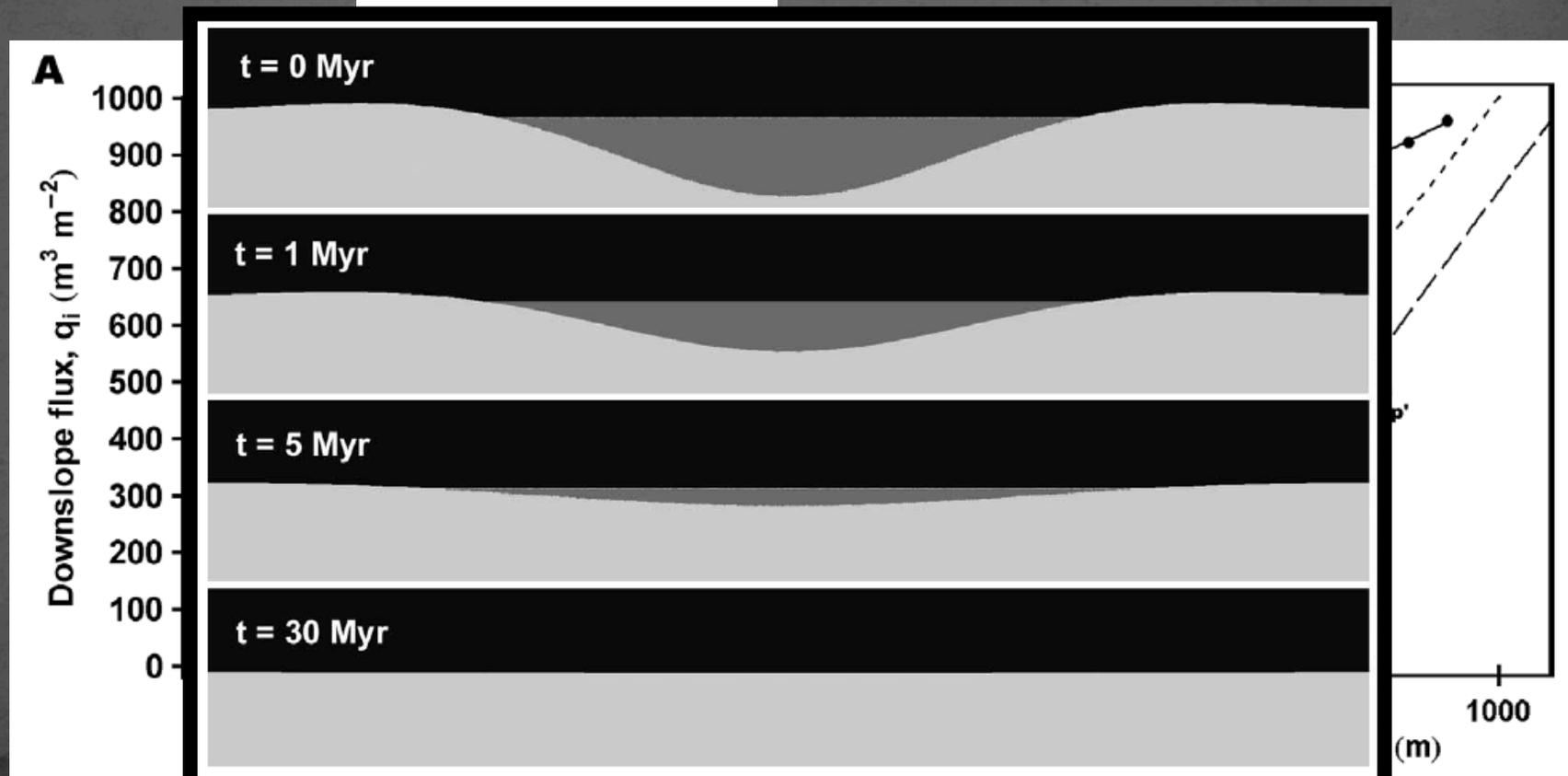


# DIFFUSION CONSTANT

- 流動量から拡散係数の導出
- 地形浸食

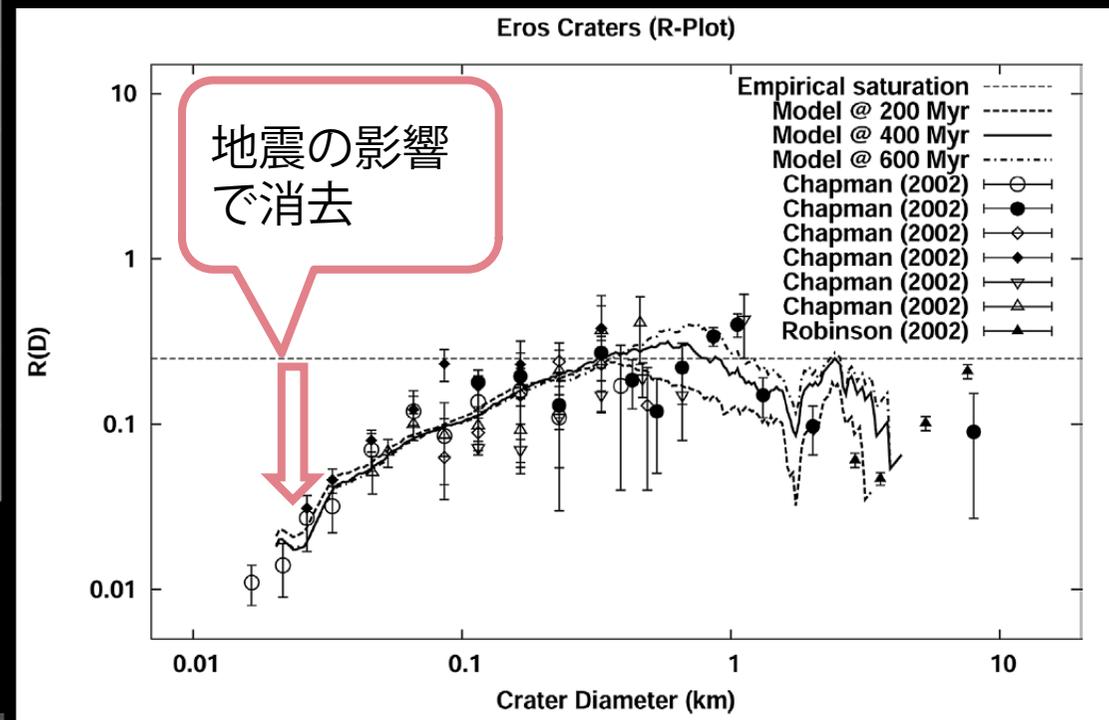
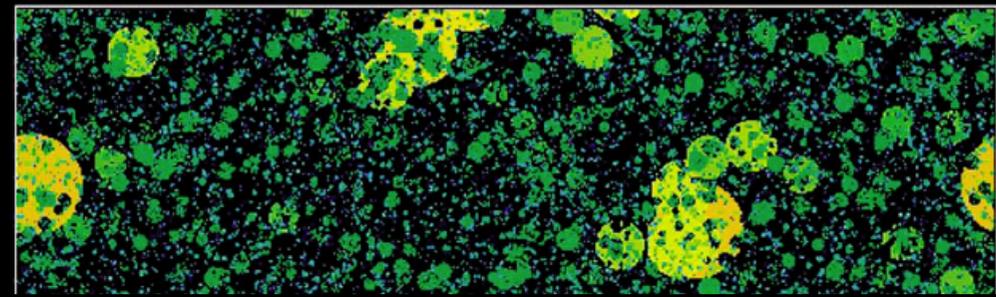
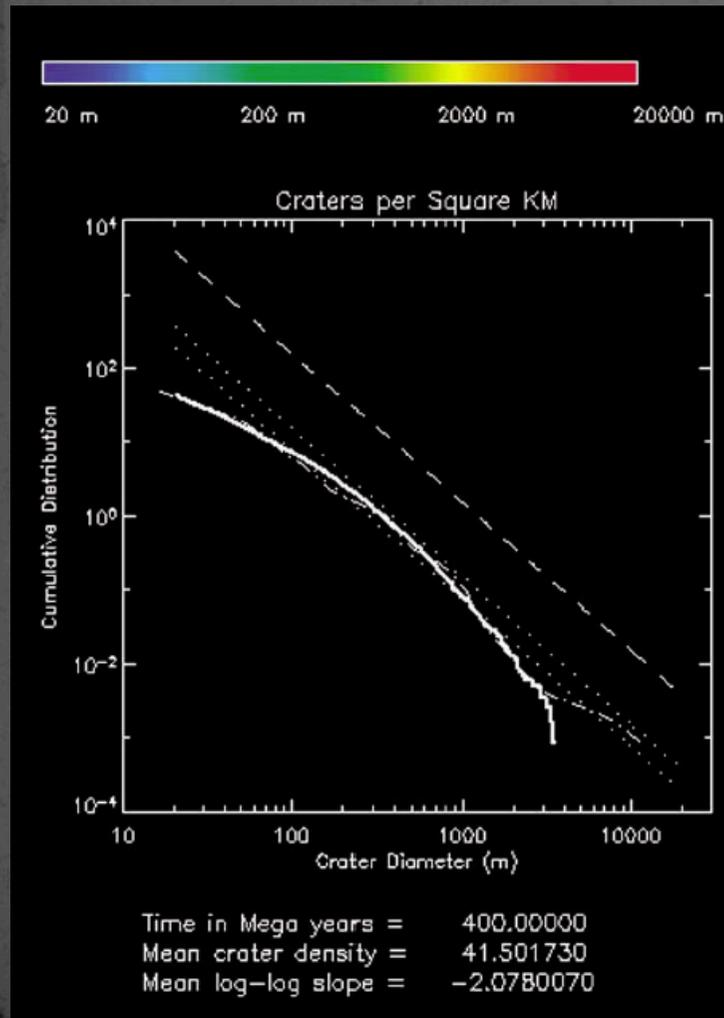
$$q_i = \frac{K_i \nabla z}{1 - [|\nabla z|/S_c]^2},$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} = K_d \nabla^2 z.$$



# STOCHASTIC CRATERING MODEL

- 0.5-500 m のインパクトター



# PONDS OBSERVED BY NEAR

- 地震によるクレーター形状緩和では、ここまで平坦にはならない
- 局所的（全球に分布しているわけではない）



- Electrostatic dust levitation
  - 輸送量としては地震よりもはるかに小さい
- 全球的に小さいクレーター消去に重要な役割を持っているのは地震

