

IDPの起源としての ダストレビテーション

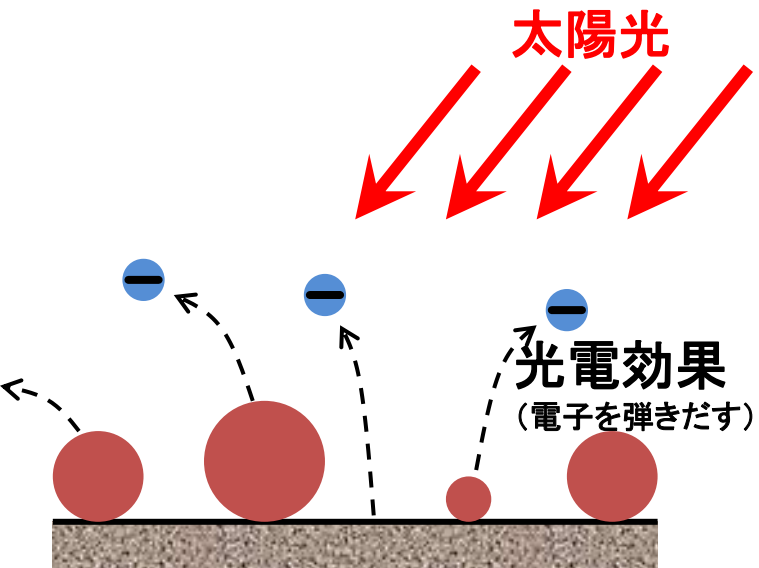
ダストはどこ(の天体)にでもある

- 小天体上で常に作られている
 - いわゆる天体衝突
 - マイクロインパクトによる岩石の破壊
 - IDPの集積
- 小天体から常に失われている, らしい
 - Itokawaは表面は常に更新されている
 - IDPの起源のひとつ?
 - 彗星や小天体の衝突だけでは観測値を説明できない
- 失われずとも水平に移動することもある
 - ポンドなどの表層地形
 - 表層付近に浮遊していると衛星本体にとって脅威

ダスト浮遊のメカニズム

小天体は重力が小さいため、何らかのきっかけがあればダストは失われる

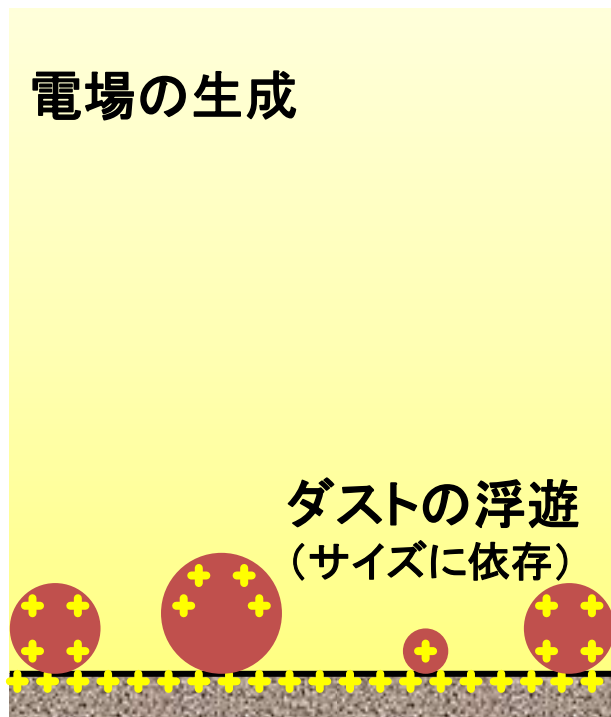
- 天体衝突, それに伴う振動やダスト流
- 惑星や太陽の潮汐に伴う破壊や振動
- 自噴(彗星活動)
- **光電効果**によるダストの浮遊
- 太陽光圧, 太陽風, 太陽磁場



光電効果によるダストの浮遊

大気を持たず伝導性が悪い天体の表面が太陽光を受けると、電子がはじき出され、正に帯電する

電場の生成



天体表面の微粒子は地面と反発し、跳び上がる

特徴的なサイズ

- > 100 μm 動かない
- 100 ~ 10 μm 少し跳びあがる
- 10 ~ 1 μm 大きく飛びあがる
- < 1 μm 重力を振り切る

↑はやぶさ
↓回収試料

ダスト浮遊モデル (Colwell et al., 2005)

- ダストの電荷 =
(光電効果) - (電子の再吸収) - (太陽風電子)

- 小天体表層の電場

$$E(z) = E_0 / (1 + z / \sqrt{2} \lambda_D)$$

$$\lambda_D = \sqrt{\epsilon_0 k_B T_{pe} / n_{pe,0} e^2} \quad \text{Debye length}$$

- ダストの運動方程式

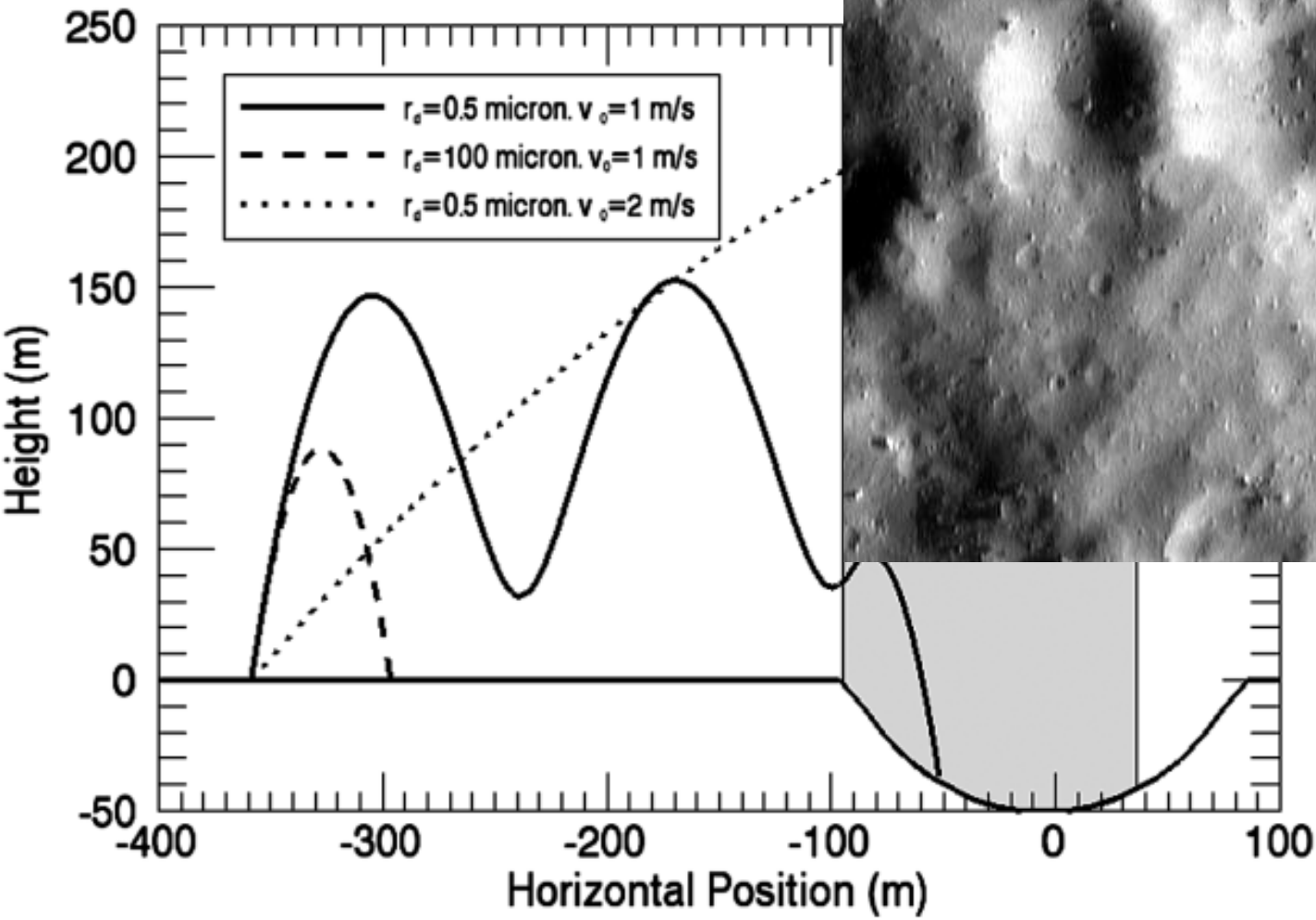
$$\frac{du}{dt} = \frac{Q_d}{m_d} E(z) - g(z)$$

以上は微分系。解くには初期条件と境界条件が必要

- 初期条件(速度)はよくわからない
- 境界条件(光電効果の効率)も実はよくわかっていない

ダスト浮遊モデル (Colwell et al., 2005)

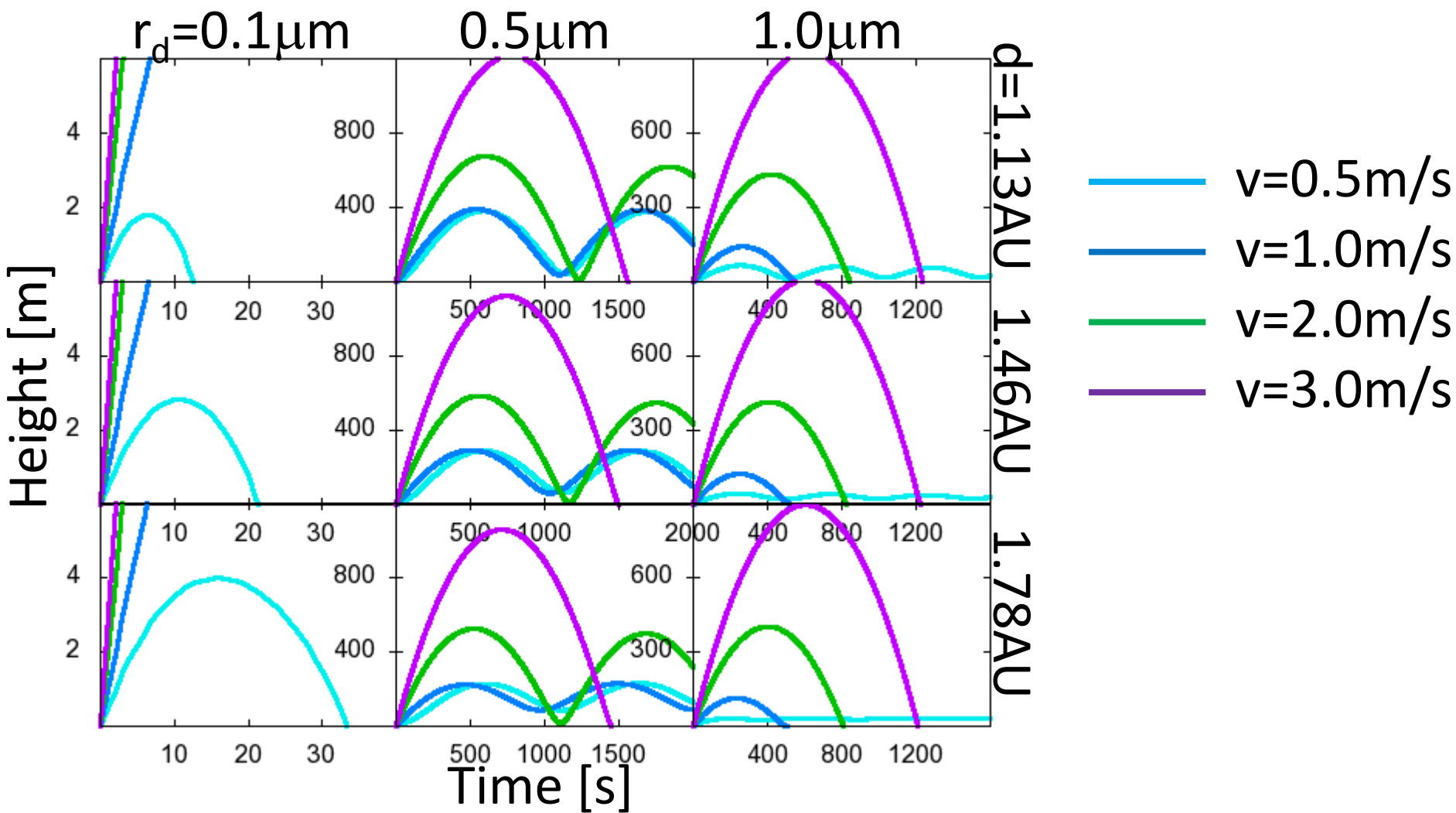
- Eros の場合, $0.5\mu\text{m}$ のダスト



EROS の場合

軌道長半径1.458AU, 離心率0.223

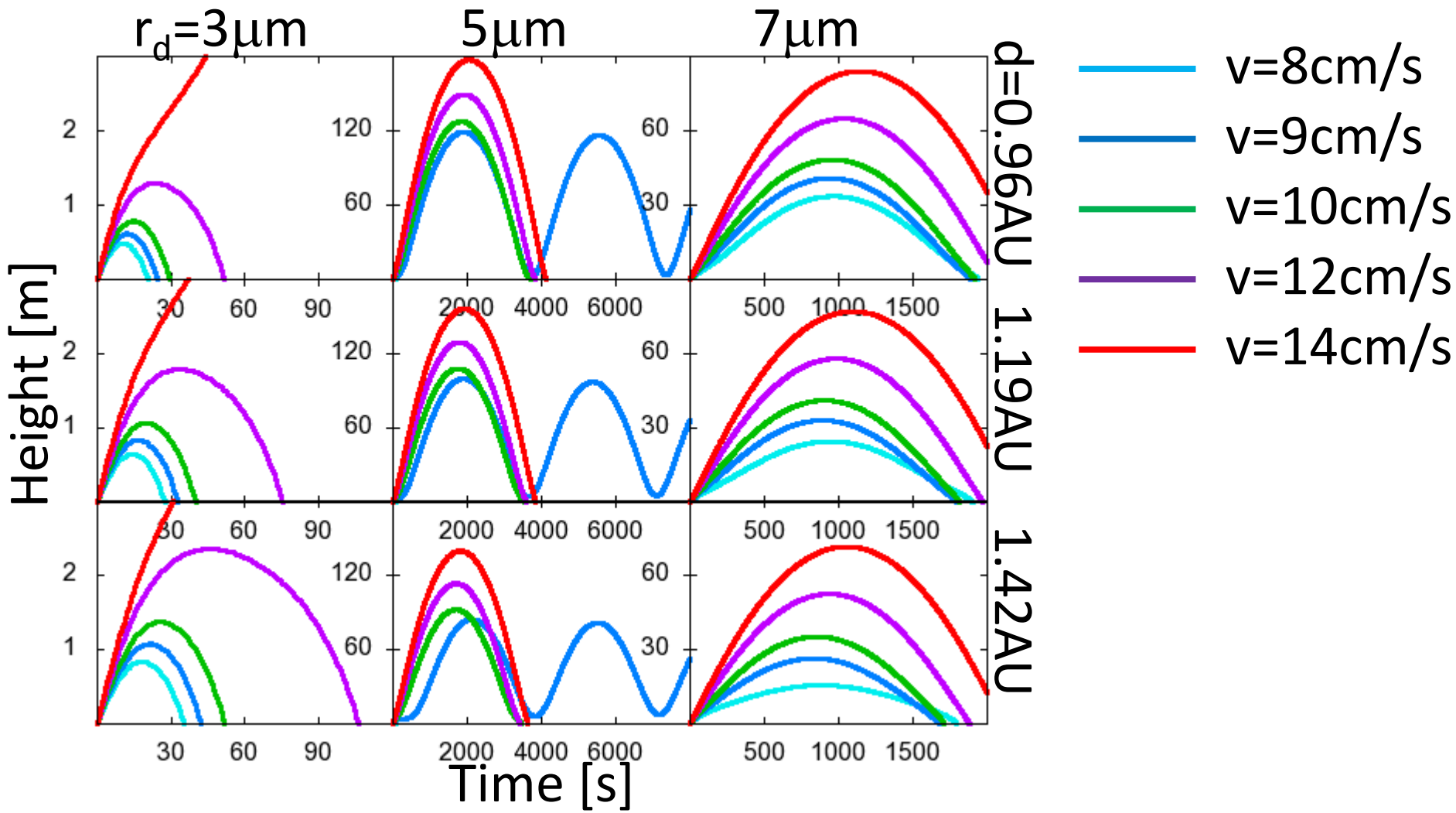
天体半径 11200m, 表面重力加速度 0.0059m/s^2



1999JU3の場合

軌道長半径1.189AU, 離心率0.190

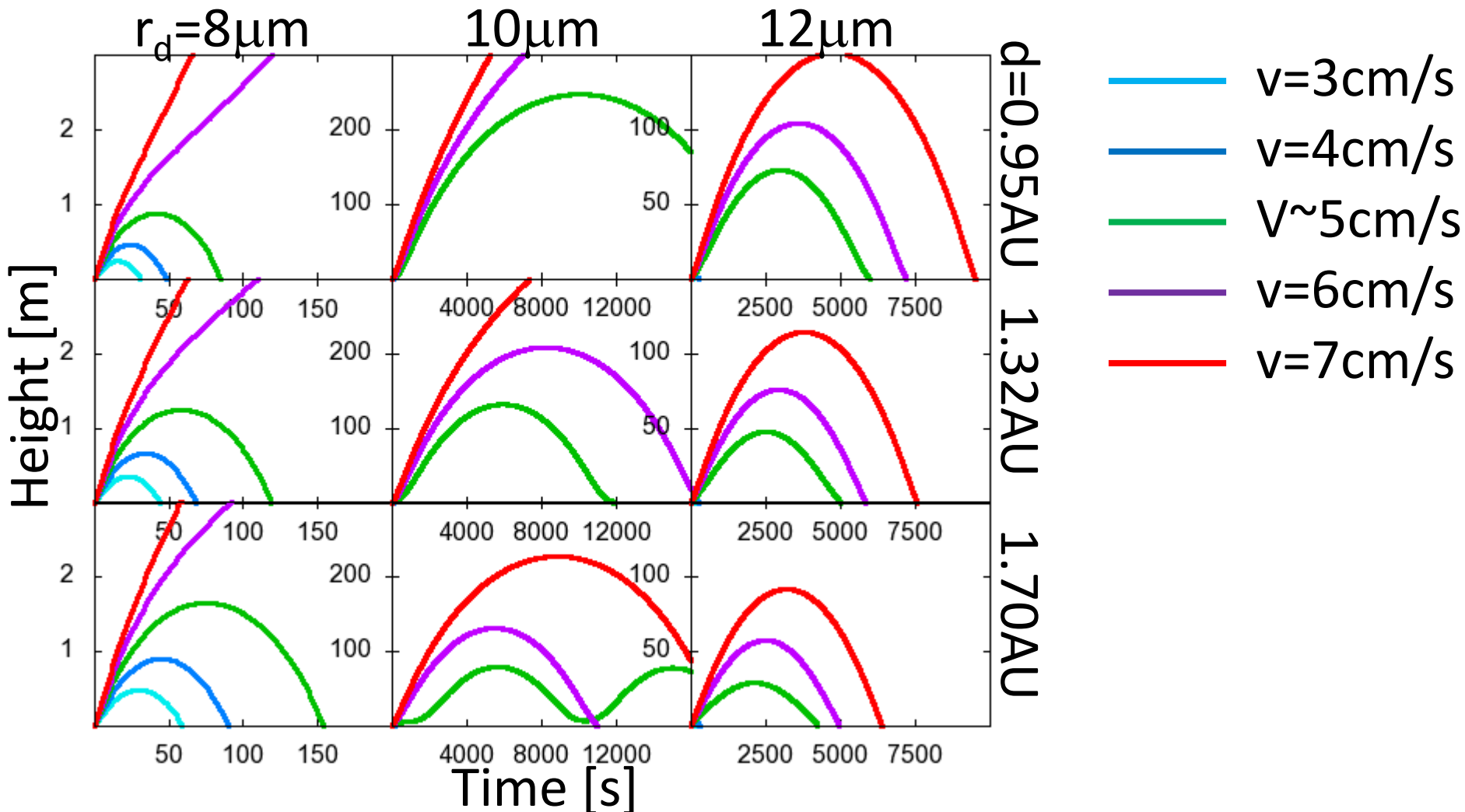
天体半径 461m, 表面重力加速度 0.00029m/s²



ITOKAWA の場合

軌道長半径1.1324AU, 離心率0.28

天体半径 165m, 表面重力加速度 0.00008m/s²



議論

- 地表面電位は、太陽からの距離に依らない
 - 紫外線、太陽風ともに距離の2乗で減衰するため両者がバランスする電位は距離に依らない
- デバイ長は太陽からの距離に比例する
 - 光電効果で放出される電子の運動量は太陽からの距離に依存するため、構造が変化する
- ダストの運動は、デバイ長を越えられるか否かで決まる
 - デバイ長を越えられないダストは落下する
 - デバイ長を越えられたダストの運動パターンは、以下の3種類に分類される
 - ✓ 放物軌道で落下
 - ✓ 上空で振動し長時間浮遊し続ける
 - ✓ 重力を振り切って脱出

議論

- ダストの運動は、デバイ長を越えられるか否かで決まる
 - デバイ長を越えられないダストは落下する
 - ✓プラズマ電子の再吸収で負に帯電するため、加速的に地面に落下する
 - デバイ長を越えられたダストの運動パターンは、以下の3種類に分類される
 - ✓放物軌道で落下
 - 重力が強い場合
 - 落下速度が速すぎて戻れない場合
 - ✓上空で振動し長時間浮遊し続ける
 - 重力と、地表面との電氣的反発がバランスする場合
 - ✓重力を振り切って脱出
 - 電氣的反発が重力に勝る場合
 - IDPの起源になるのではないか

議論

- ダストの運動の違いは、重力と日心距離の違いを反映
 - Eros は重力が強く、太陽から遠い
 - Itokawaは天体サイズが小さいので重力が小さく、重力加速度の減衰も早い
 - 1999JU3はErosとItokawaの中間的性質を持つ(?)
 - 天体のサイズ・位置とラフネスに関係がありそう
- 脱出速度がわからない
 - 実験・観測などで押さえる必要

観測方法

- ダストの射出速度がわからない(ので知りたい)
 - ただし, 射出速度は一意に決まらないだろう
 - そもそも初期電荷が何で決まるのか(静電気, 光電効果, 破壊...)は, まだよくわかっていない
- 地表面に残されているダストのサイズ分布**を測る
 - どこまで小さなダストが残されているのか
- IDPのサイズ分布**を測る
 - 小惑星のサイズ分布との関係**
- 上空のダスト**の分布を測る
 - サイズ毎の高度分布または運動量分布
 - ある高度に存在する確率は, モデルから計算可能
 - 観測値と計算結果との比較
 - LIDAR観測ができれば望ましいが, 視野を横切る光線を射出し, 反射光の分布を見るのでも良い