

Titan impacts and escape

D.G. Korycansky, Kevin J. Zahnle

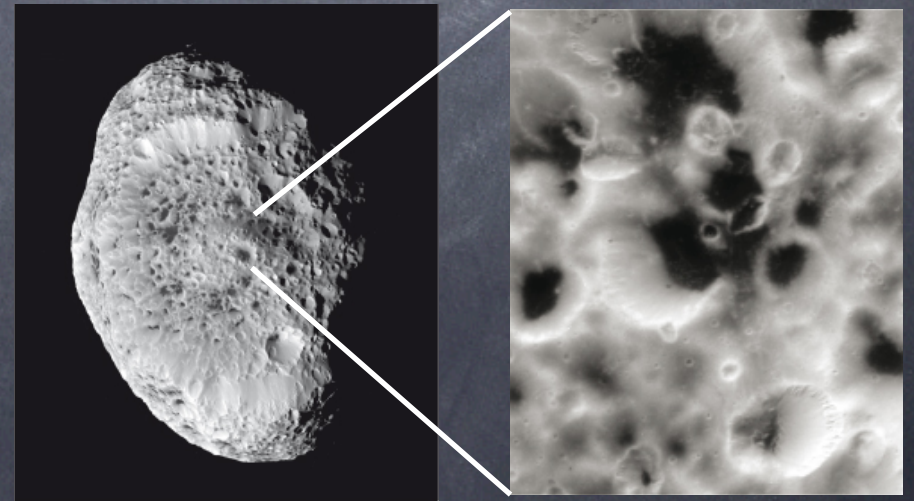
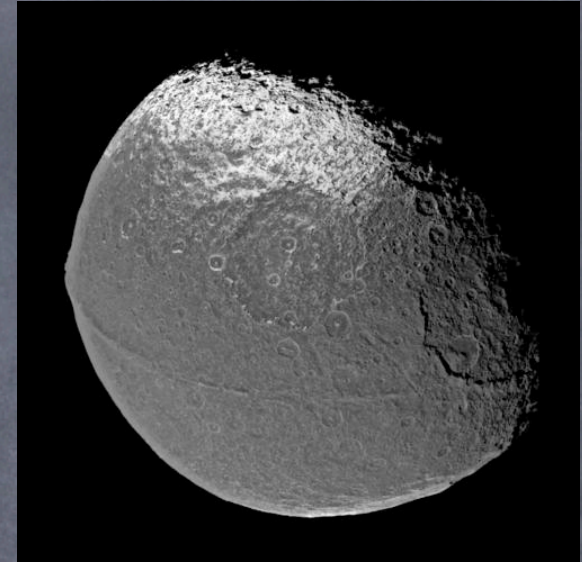
Icarus **211**, 707–721, 2011

担当：藤田航（東大・M2）

2011年5月12日 衝突勉強会

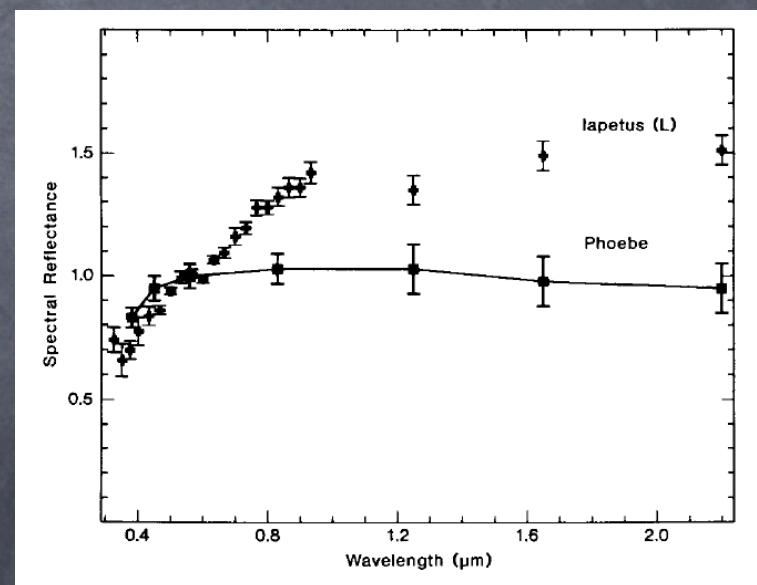
IapetusとHyperion

- Iapetusの先行半球に
広がっている黒い物質
- Hyperionのクレーター
フロアにある黒い物質
- これらの起源は？



Phoebe由来説

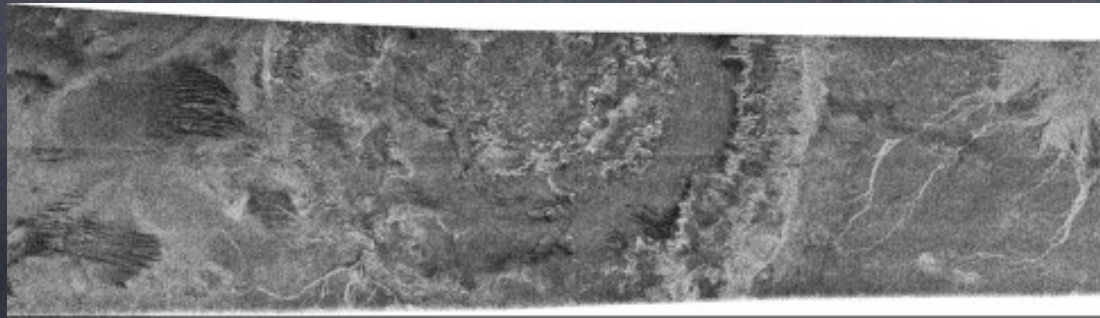
- IapetusとPhoebeの軌道の間
に存在するダストの環
(Verbiscer et al., 2009)
- しかし、PhoebeとIapetus
の反射スペクトルの形が
赤外領域で大きく異なっ
ている点を説明できない



Cruikshank et al. (2007)

Titanに目を向けると

- Manrva crater - 直径約400km
- 直径数10kmの隕石が $\sim 10\text{km/s}$ で衝突してできた
- Titanの反射スペクトルがIapetusとHyperionのそれと似ている？ (Cruikshank et al., 2007)

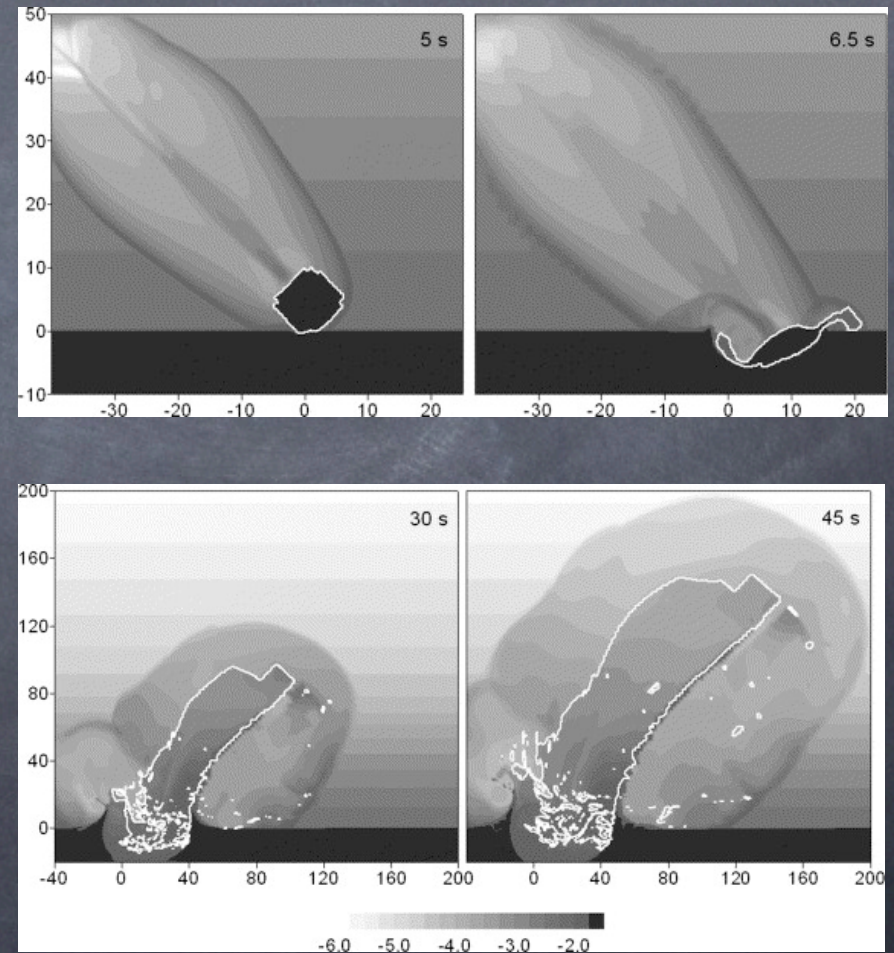


仮説

LHBなどの要因でTitanに隕石が衝突し、
そのイジェクタが宇宙空間に撒き散らされて、
IapetusやHyperionに降り積もったのではないか？

Titanへの衝突シミュレーション (Artemieva & Lunine, 2005)

- 直径10km以上のimpactorでは、発生したplumeによって放出物が加速される。
- 直径50kmのimpactorでは escaping massは $\sim 3.5 \times 10^{19} \text{g}$ となり、Iapetusの黒い物質を十分説明できる。



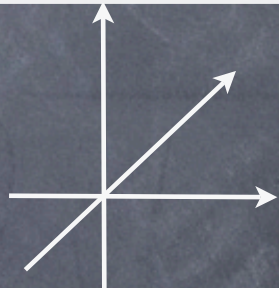
本論文の位置づけ

- Artemieva & Lunine (2005)の衝突シミュレーションをより詳細に行う。
- その上で、TitanからIapetusやHyperionの黒い物質を説明できるほどの量のイジェクタが飛び出すかどうかを定量的に見積もる。
- escaping massが実際に降り積もるかどうかは今後の課題

検証方法

- 3つのジオメトリーを用いた数値計算
 - impactor、target、大気の挙動を調べる。
- ZEUSMP2流体コード(Hayashi et al. (2006))
 - 大気を含めた衝突の再現に適している。
- 物質強度は無視

3つのジオメトリー

	使用目的	イメージ
3D Cartesian	Artemieva&Lunine (2005)との比較	
2D spherical polar	球面効果を取り入れた 垂直衝突の再現	
2D plane polar	球面効果を取り入れた 斜め衝突の再現	

parameter survey

Geometry	d_i (km)	v_i (km s ⁻¹)	θ_i (°)	Grid
3D Cartesian	4, 10, 100	11	45	256 × 160 × 160
				400 × 400 × 400
	10	7, 15	45	256 × 160 × 160
				400 × 400 × 400
	10	11	0, 30, 60, 75	256 × 160 × 160
2D spherical polar	20, 40	7, 11, 15	45	256 × 160 × 160
				400 × 400 × 400
				800 × 320
				1600 × 640
2D plane polar	10, 20, 40	7, 10, 15	0, 30, 45, 60, 75	400 × 1280
				800 × 640
				800 × 1280

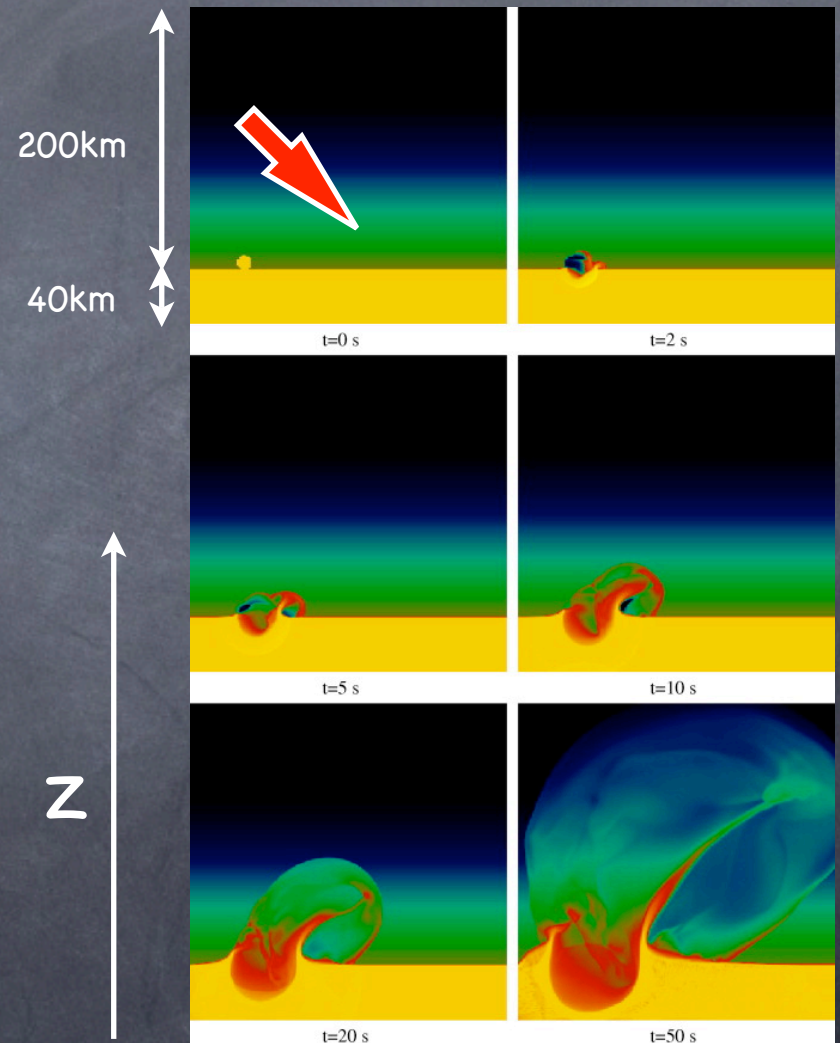
各ジオメトリーにおいて、impactorの直径、衝突速度、衝突角、解像度を変化させた。

結果：3D Cartesian

- impactorは $t=0$ でTitan表面に接している
- escaping massは、計算領域の各境界において $V_z > 0$ かつ $V > V_{esc}$ を満たす全質量
(A&L, 2005では後者のみ)

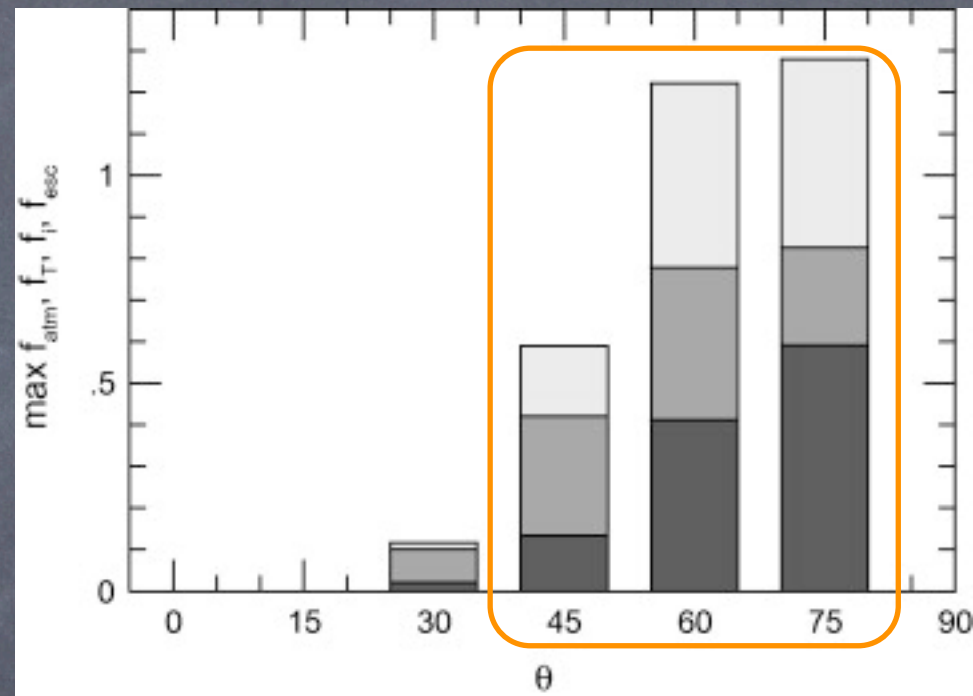
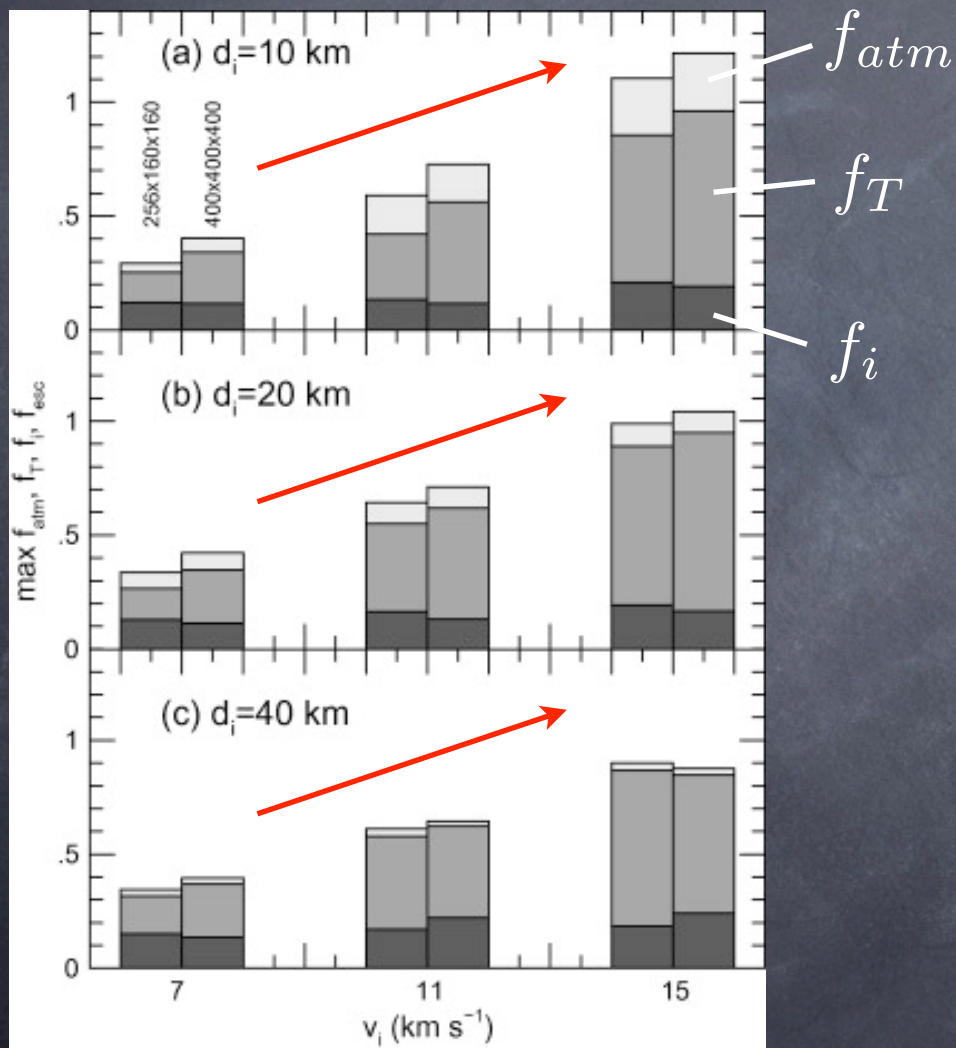
$$\int F dt = \int dt \int_B \rho v_n dA$$

11



$$10^{-15} < \rho < 1 \text{ g cm}^{-3}$$

結果：3D cartesian



$$f_{esc} = m_{esc}/M_i = f_{atm} + f_T + f_i$$

結果：3D Cartesian

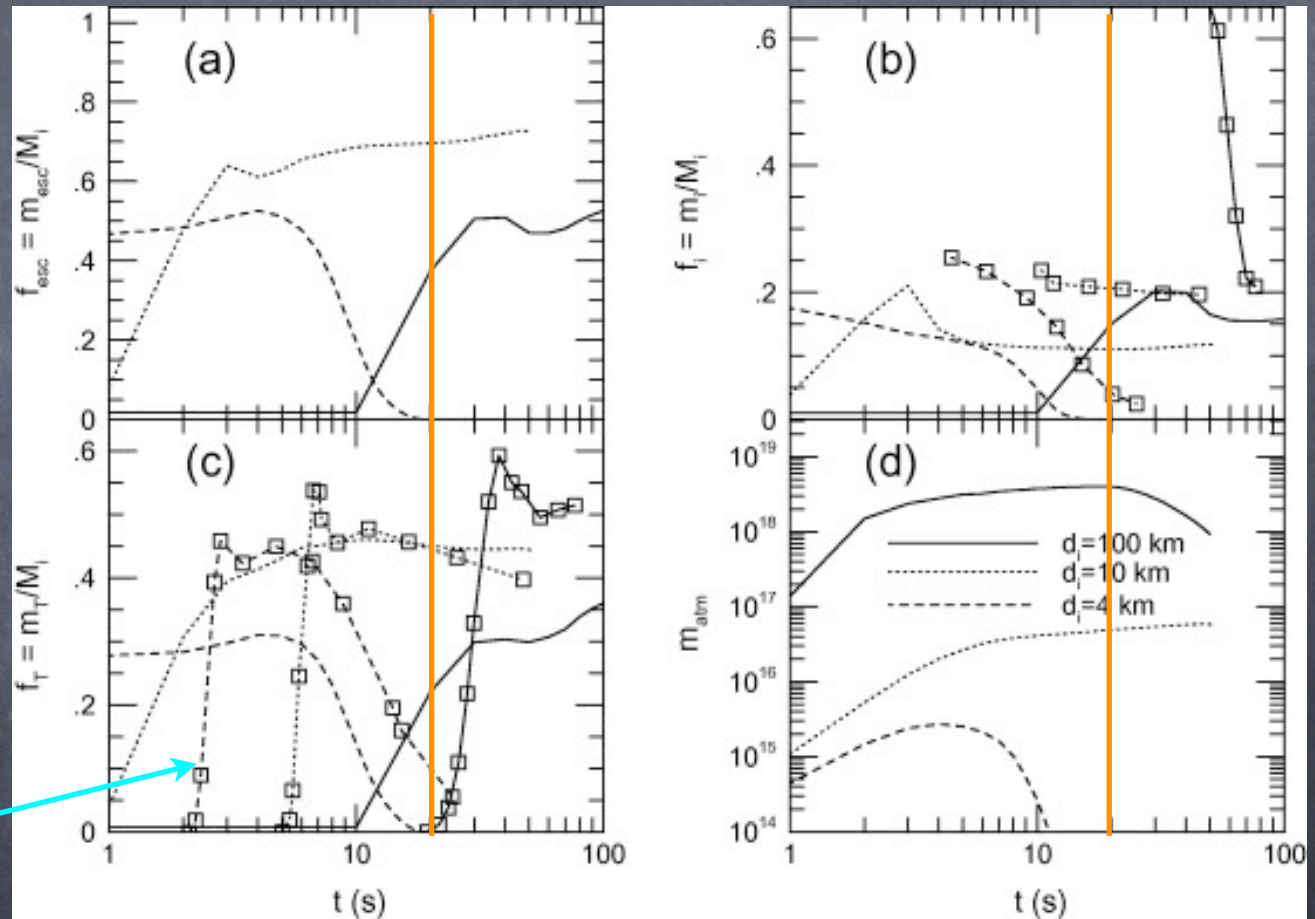
A&L(2005)と比べて
2倍程度の違い



まあまあ

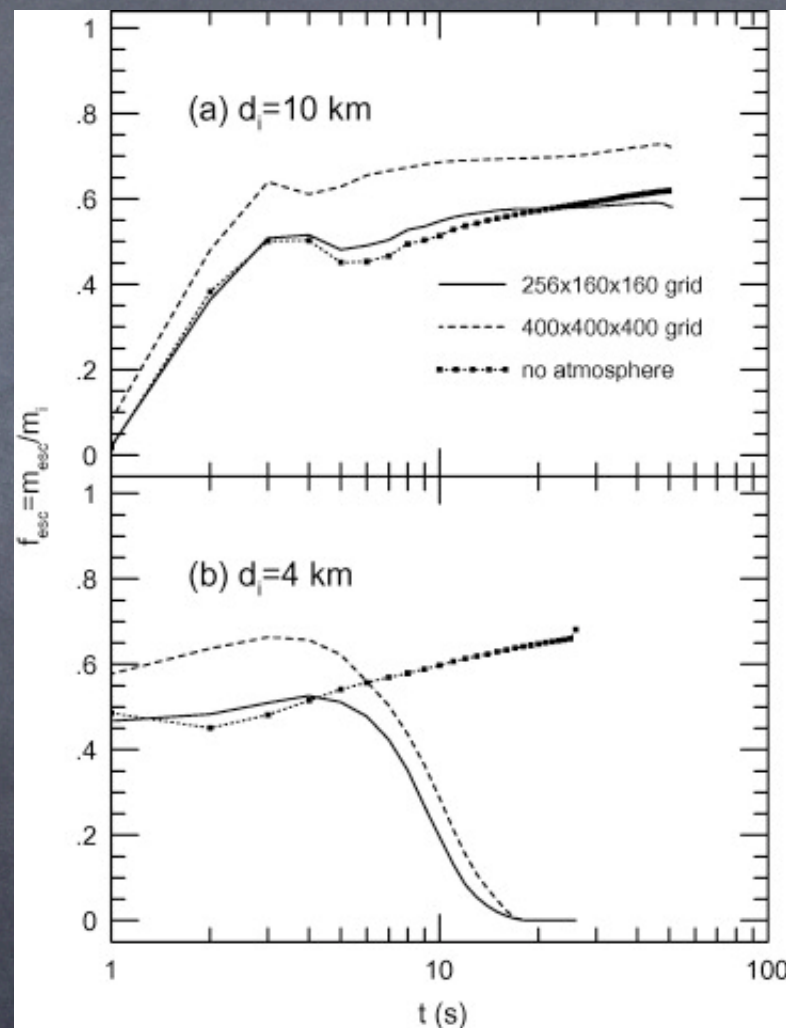
合っている？

A&L(2005)

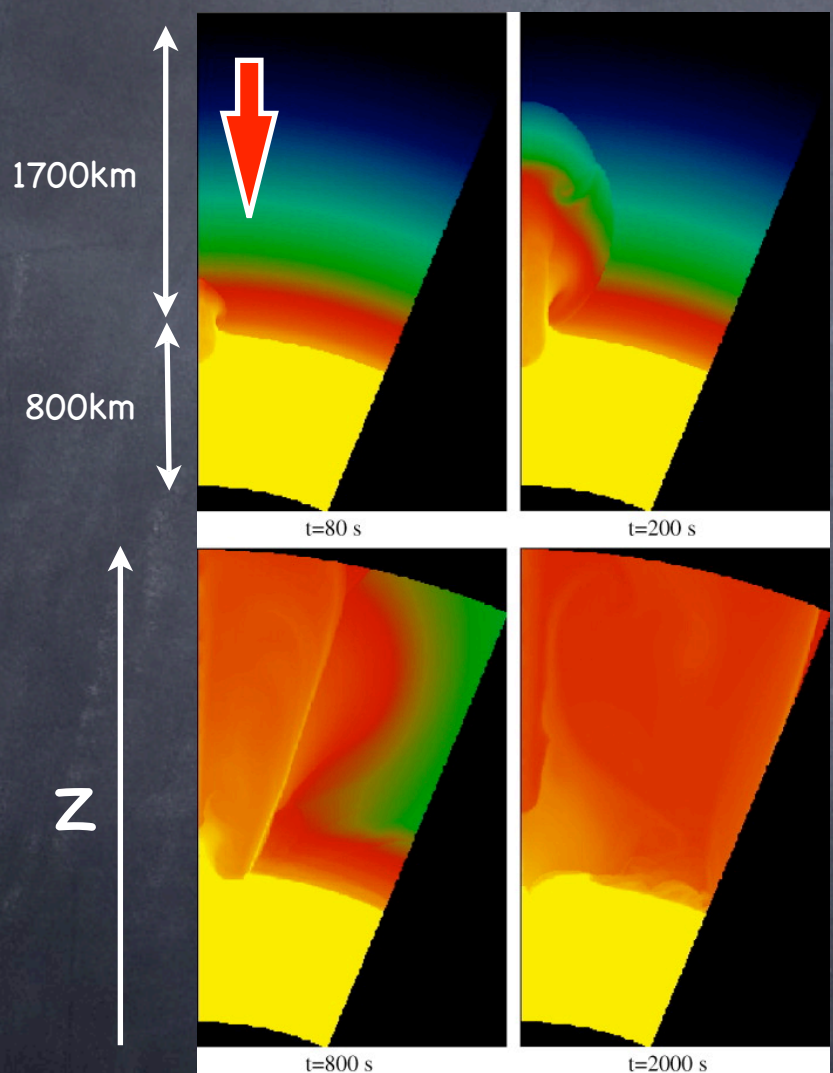


結果：3D Cartesian

impactorのサイズが小さいと、
空気抵抗の効果が現れてくる。



結果：2D spherical polar



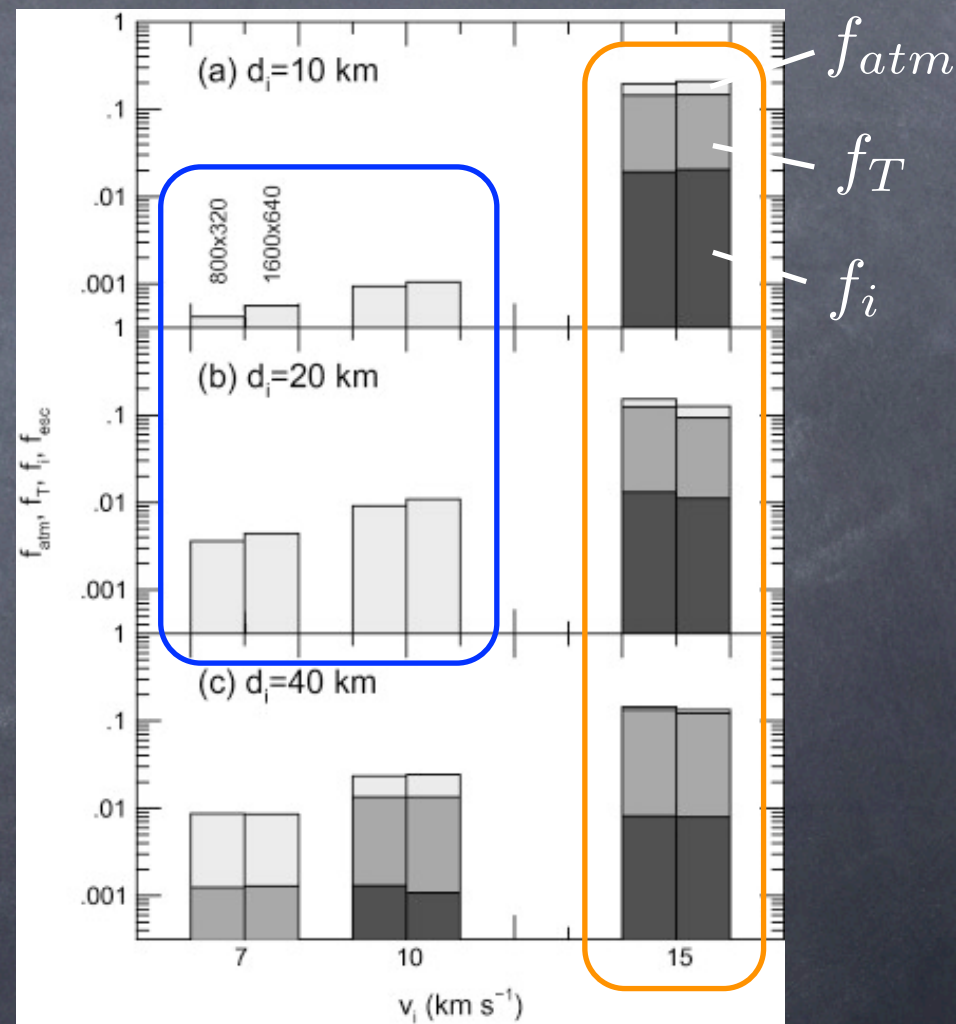
$$10^{-15} < \rho < 1 \text{ g}_5\text{cm}^{-3}$$

- 3Dより長い時間を計算
- 球面効果
- 垂直衝突
- escaping massは、exobaseを脱出速度以上で飛び出す全質量

$$m_{esc} = \int dt \int_{v > v_{esc}} \rho v_r dA$$

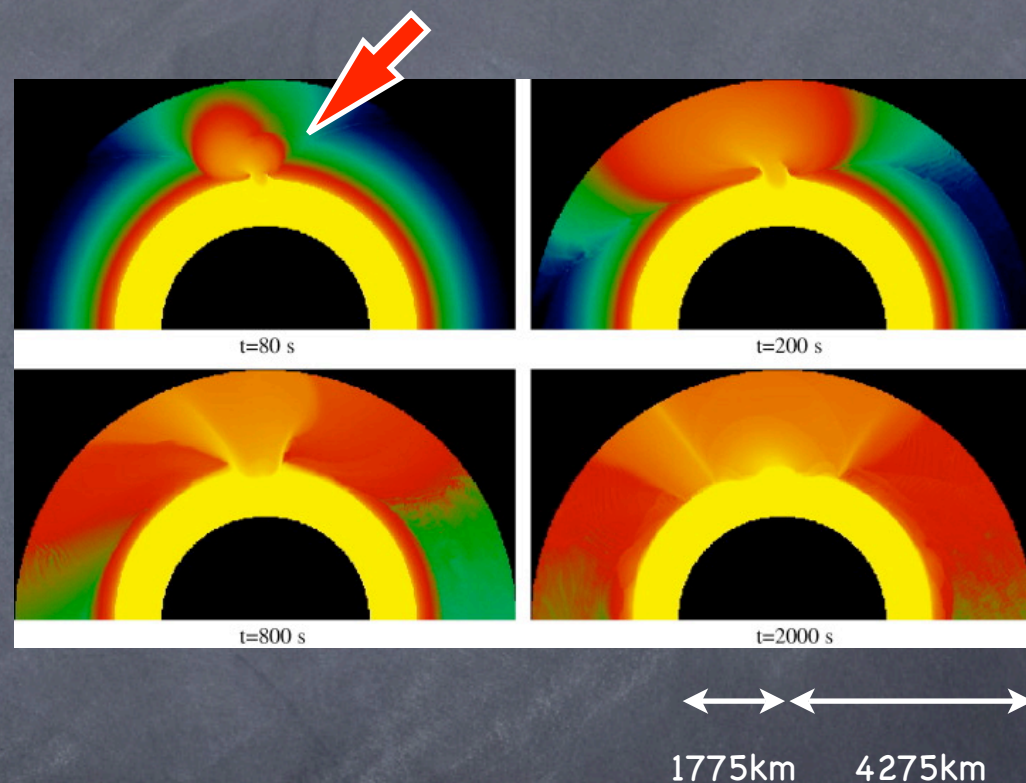
結果：2D spherical polar

- 低速・中速衝突では大気成分のみ放出
- 高速衝突では大気成分はあまり放出されない



結果：2D plain polar

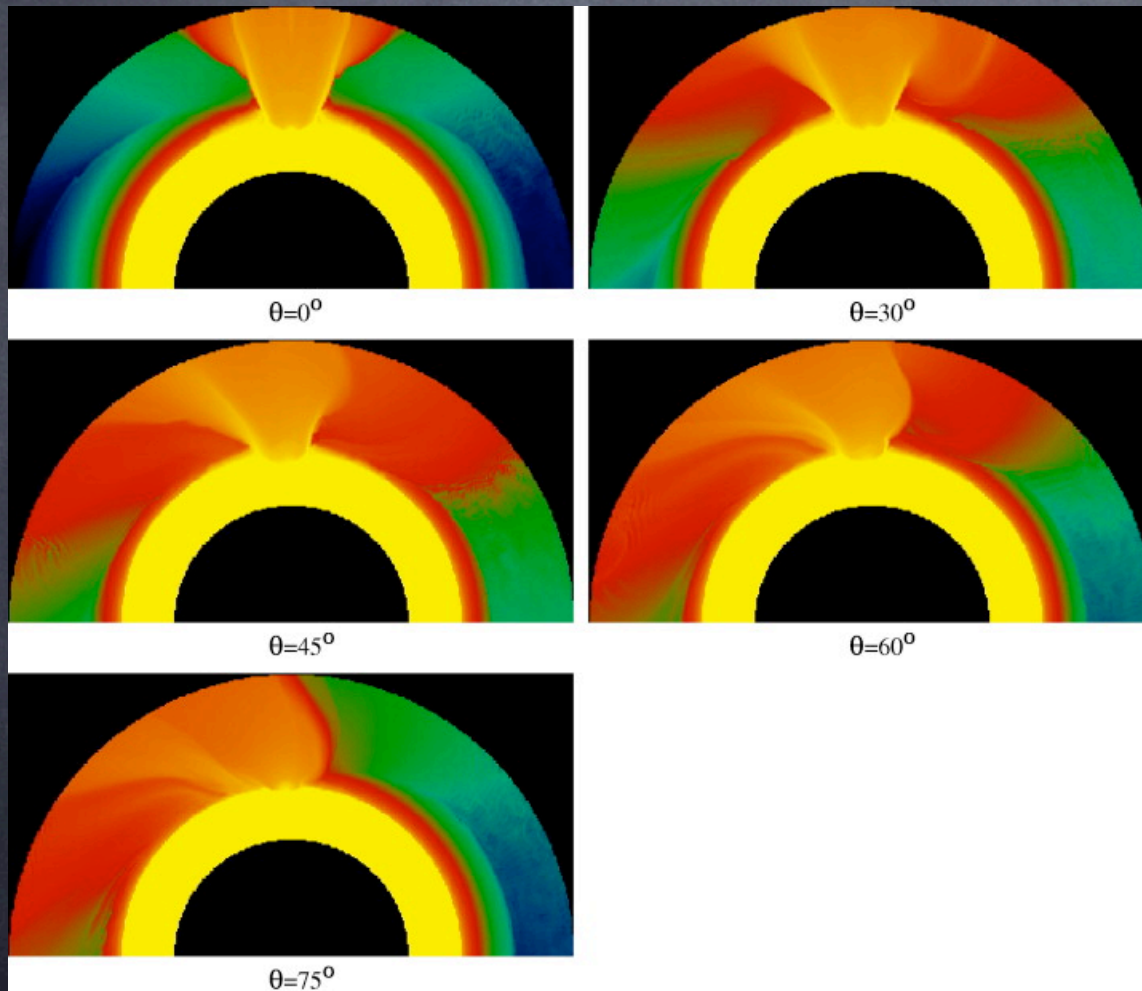
- 3Dより長い時間を計算
- 平面方向のみの球面効果
- 斜め衝突



$$10^{-15} < \rho < 1 \text{ g cm}^{-3}$$

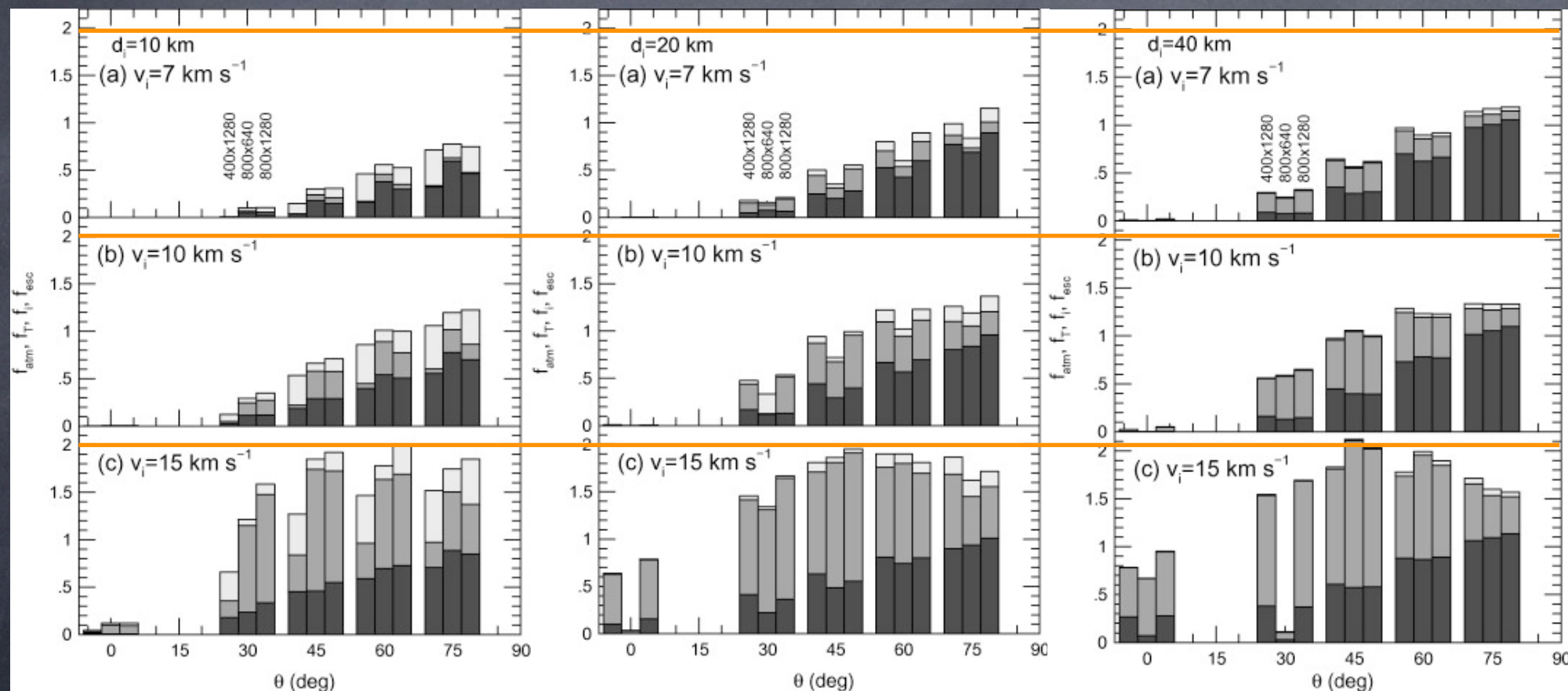
$$\mu_{esc} = \int dt \int_{v > v_{esc}} \rho v_r d\phi$$

結果：2D plain polar



垂直衝突の場合が
escaping mass最小

結果：2D plain polar



$$f_{esc} \leq 2$$

まとめ

escaping massは、

- impactor質量の高々2倍程度
- impactorの直径にはあまり依存しない
- 45度以上の斜め衝突 > 垂直衝突

また、impactorの物質が含まれる割合は、衝突角が大きくなるほど増加した。

まとめ

impactor mass $\sim 3 \times 10^{19} \text{g}$ なので、
その2倍程度なら黒い物質を説明するのに十分な量の
escaping massが飛び出す。