

Tychoクレーターのエジェクタ分布と二次クレーターの解析

平田 成¹, 中村 昭子¹, 佐伯和人²,

¹神戸大学自然科学研究科

²大阪大学理学研究科

1. Introduction:

クレーターが形成される衝突現象はほとんどの場合、斜め衝突である。これまで斜め衝突を再現するための実験や数値シミュレーションには種々の制限があり、斜め衝突によるクレーター形成の過程について十分理解が進んでいたとは言いがたかった。しかし、近年になって次第にこの制限を乗り越える研究が為されるようになってきている(例えば、Pierazzo and Melosh, 2000, Stöffler et al., 2002; Anderson et al., 2003)。本研究では斜め衝突の実例として知られる月のTychoクレーターを例に取り、その周囲のejecta分布を解析して実験やシミュレーション結果との比較を試みる。Tychoは月の表側、南半球に位置する直径85kmの新鮮なクレーターで、Schultz and Anderson (1996) によればおよそ30度の斜め衝突で形成されたと考えられている。

2. Data sets:

- 1) Clementine UVVIS 750-nm モザイク
空間解像度: 100 m/pixel
-> 地形の解析や、二次クレーター、continuous ejectaの解析に使用
- 2) Clementine UVVIS モザイク源泉のOMAT画像 (Lucey et al., 2000)
空間解像度: 100 m/pixel
-> 物質分布の解析に使用
- 3) Advanced Lunar Imaging Spectrometer (ALIS) によるハイパースペクトル画像 (Saiki et al., 2004)
空間解像度: 10 km/pixel
波長範囲: from 380 nm to 1060 nm
波長分解能: 5 nm
-> 詳細な物質分布の解析に使用

3. Ejecta units and their distributions:

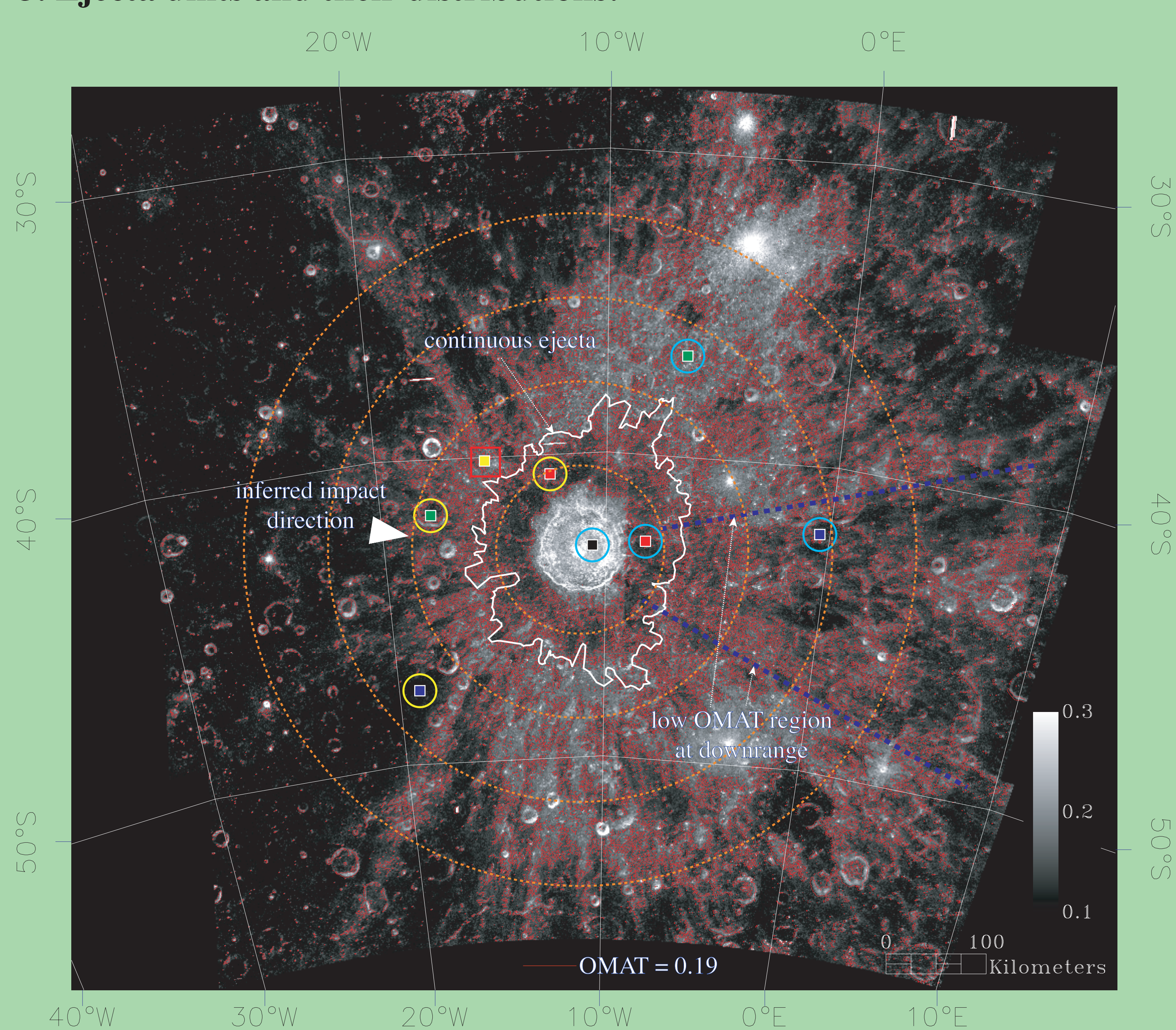


Fig. 1. An OMAT image of Tycho. Azimuthal equidistant projection centered at the crater. Thin red lines represent the contours of OMAT 0.19. Orange dotted circles are equidistant lines from the crater center with radius of 2.0R, 4.0R, 6.0R and 8.0R. The continuous ejecta (a thin white solid line) and the down range ejecta (a pair of thick blue dotted lines) are outlined in the image. Symbols with small yellow or sky blue circles show the points of the ALIS spectrum in Fig. 4c and 4d.

Table 1 Ejecta units of Tycho and their extent

unit name	OMAT	extent from the crater center		
		downrange direction (E)	side (NE/SE)	uprange direction (W)
rim material	high	1.2R	1.6R	1.2R
dark ring (impact melt)	low	2.2R	3.6R	2.2R
continuous ejecta	low/high	2.2R	4.0R	2.2R
fresh ejecta	high	5R	6.5R	3.3R
downrange ejecta*	low	---	---	---

* see section 5

5. Low OMAT region at downrange:

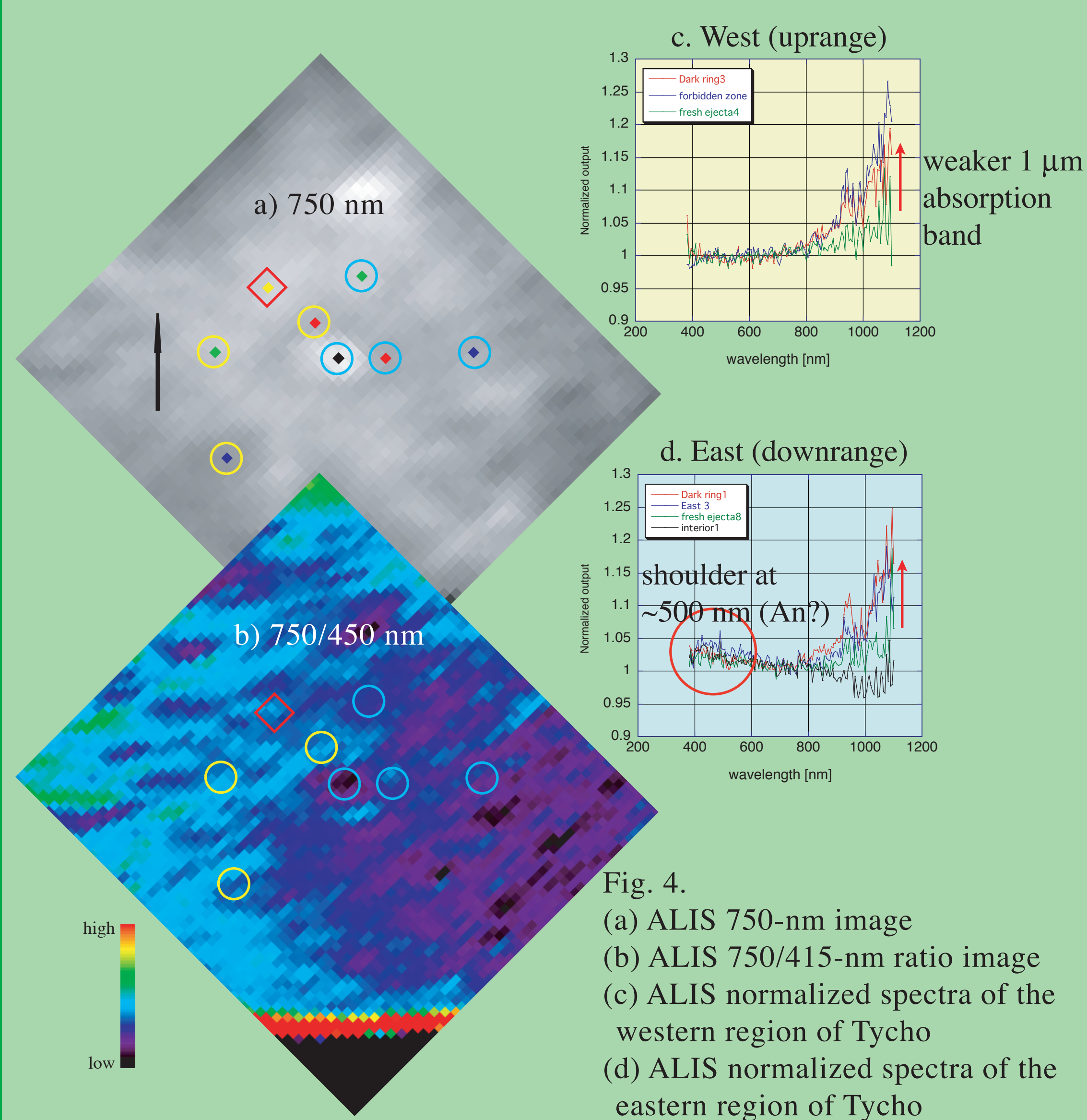


Fig. 4. (a) ALIS 750-nm image (b) ALIS 750/415-nm ratio image (c) ALIS normalized spectra of the western region of Tycho (d) ALIS normalized spectra of the eastern region of Tycho

リム周囲のdark ringの他に、Tycho下流側には扇型に低OMATの領域が広がっている。ALISデータからは、この低OMAT領域の物質は、400-600nmに「肩」をもつスペクトル形状で特徴づけることができる。同様のスペクトル特徴をもつ物質は、Tychoの東側に広く分布している。扇状の低OMAT領域ではガラスを多く含むと考えられるが、1000nmの吸収帯が明瞭な、ガラスはあまり含まないよう見受けられる領域でもこの「肩」をもつ物質の存在が示唆される。

4. Secondary crater distribution:

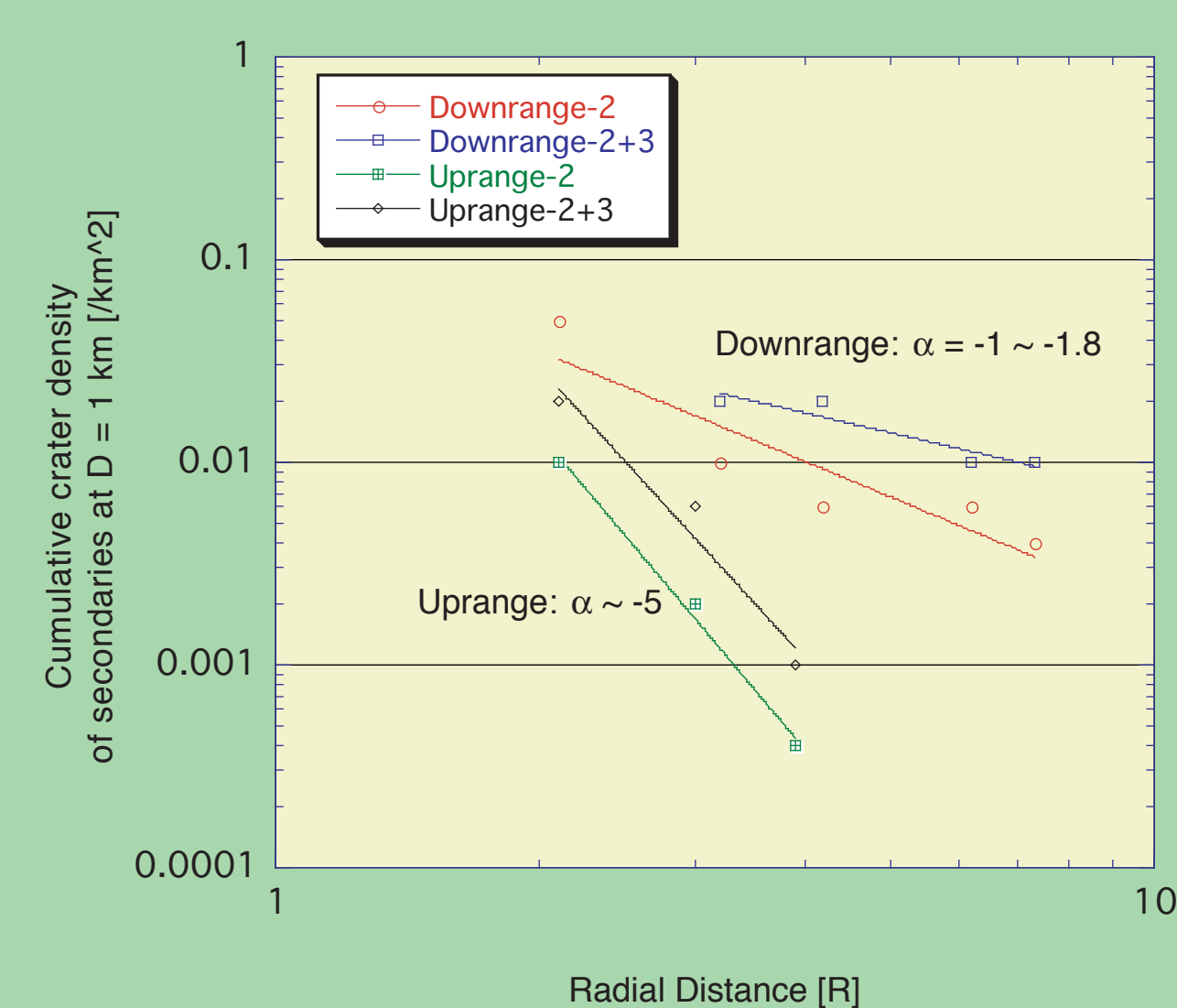


Fig. 2. The cumulative densities of secondary crater at D = 1 km vs. the distance from the crater center.

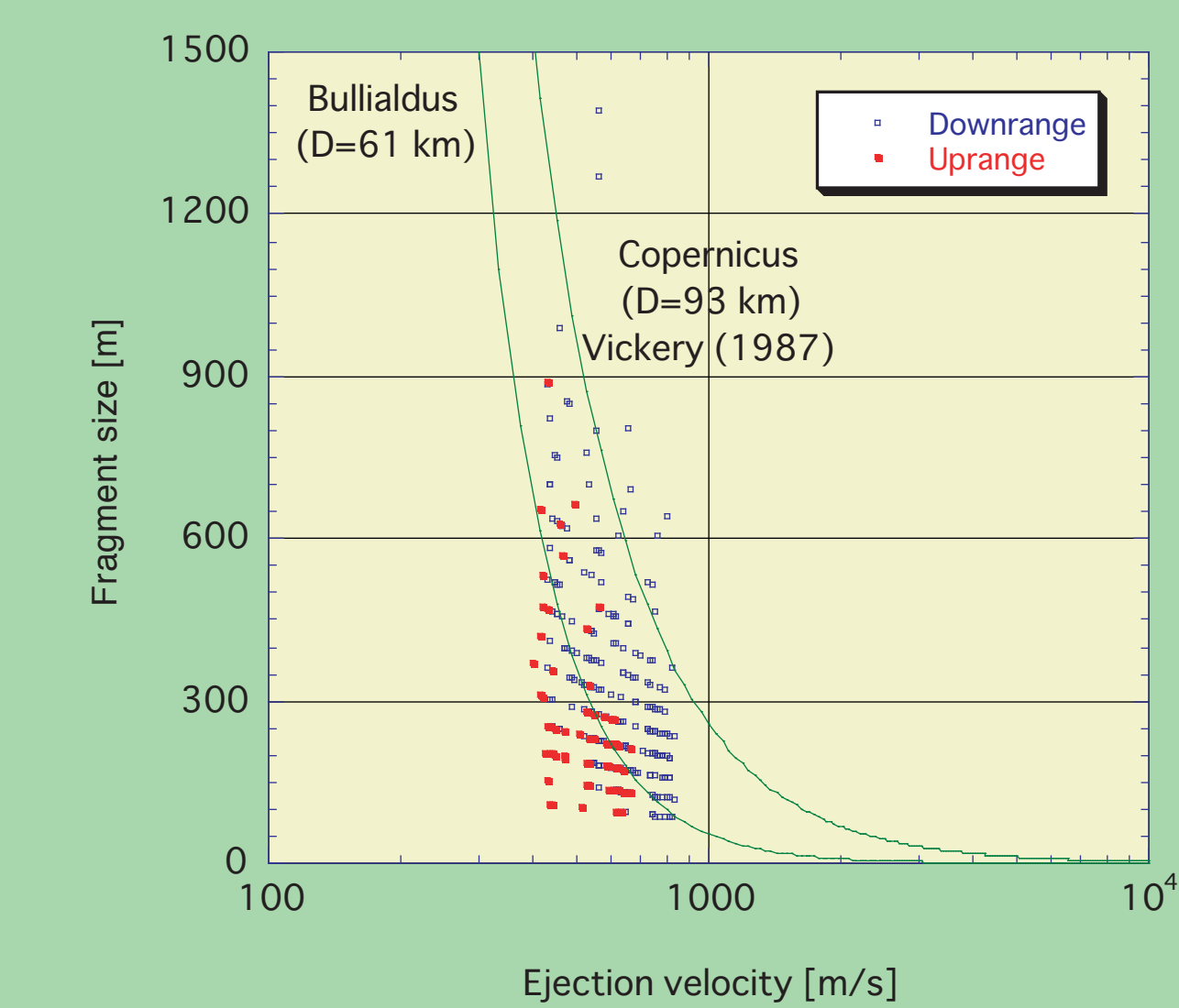


Fig. 3. Inferred size-velocity distribution of secondary crater forming ejecta from Tycho. The curves are fitted results for the other lunar craters by Vickery (1987).

Tychoの下流側では、上流側と比べて2-4倍多く二次クレーターが存在する。また、Tychoからの距離による二次クレーター密度の減衰率は、下流側で距離の-1から-1.8乗のべきなのに対して上流側では-5乗のべきになっている。上流側では3クレーター半径より遠いところには二次クレーターは存在しない。垂直衝突による等方的な二次クレーター形成では、理論的な減衰率は-2.5から-3乗である (Housen et al., 1993)。また、垂直衝突と考えられるAristarchusの場合の実測値では-2.8乗である (Gault et al., 1975)。二次クレーターの位置とサイズから見積もられるejecta破片の速度-サイズ分布は、垂直衝突の場合と大きな差はないものの、下流側では上流側に比べて同サイズの破片で20-40%早い放出速度を持っている。

6. Summary:

(1) Tychoのejectaと二次クレーターは非常に異方的な分布を示す。(2) その異方性はTychoからの距離が大きくなるほど甚だしくなる。(3) ejectaと二次クレーターの分布は実験による斜め衝突のejecta分布の傾向 (Anderson et al., 2003) とよく一致している。(4) 下流側でejecta速度が大きい傾向も、実験とよく一致している。(5) impact meltの分布は衝突斜めによるクレーター形成の掘削段階初期では下流側に集中するが、後には等方的になる。この傾向はシミュレーションでもみることができる (Stöffler et al., 2002)。

Acknowledgement:

本研究は神戸大学21世紀COEプロジェクト「惑星系の起源と進化」より支援を受けています。