

第四回惑星探査データ解析実習会レポート

末次 (神戸大)・安井 (神戸大)

3月14日

1 はじめに

月の基本的な性質として、大きさは平均直径で 3474km、地球からの距離は約 38 万 km である。月は常にほぼ同一な面を地球に向けている。これは月の自転周期と公転周期がほぼ一致しているためである。このように月面のうち地球に面した半球を表側、その反対側の半球を裏側と呼ぶ。月表面のうち、明るく見える部分を高地、一方で暗く見える部分を海と呼び、このように大別される。高地は主に Al と Ca に富んだ無色鉱物である斜長石を多く含む斜長岩から形成されており、海は Mg と Fe に富んだ有色鉱物の輝石を多く含む玄武岩から形成されている。高地は平均標高が高く、大小無数のクレーターが存在している。衝突クレーターの多さは、この地域の年代が古いことを示している。海は月内部から噴出した玄武岩質の溶岩が巨大衝突盆地を埋めることによって形成されたと考えられており、海の内部では、衝突クレーターの密度が低いことから、溶岩の流出は月の形成からかなり時間の経過した後に生じたと示唆される。さらに海は月面の 2 割弱を占めており、その大部分が表側に分布していることも特徴として挙げられる。月の裏側が初めて観測されたのは、1959 年、ソ連のルナ 3 号によるものである。この観測により、表側とは全く異なり、表側に見られた黒っぽい海はほとんど見られず、全体が白っぽい高地であることが明らかになった。その後 1969 年のアポロ計画で月の表側の有人探査が実現し、海は火山活動によって噴出したマグマが冷えて固まった玄武岩からなり、高地は斜長石や輝石を主成分とする岩石からなることが明らかになった。今回の実習では、2007 年、日本の探査機「かぐや」から得られたデータを用いて、クレーター年代学の手法を学んだ。使用したデータの地域はマーレ・オリエンターレであり、この地域はちょうど月の表側と裏側の境目にあたる場所となる。我々はクレーターカウンティングを行うことによって、マーレ・オリエンターレ全体 (図 1) とマーレ・オリエンターレのうち南西部と北東部 (図 2) の年代を測定した。我々が得た結果より、どのようなイベントがどのような順序で生じることによって、このような地形が形成されたのかを推測していく。2 で用いた手法、3 で結果、4 で結論と考察を述べる。

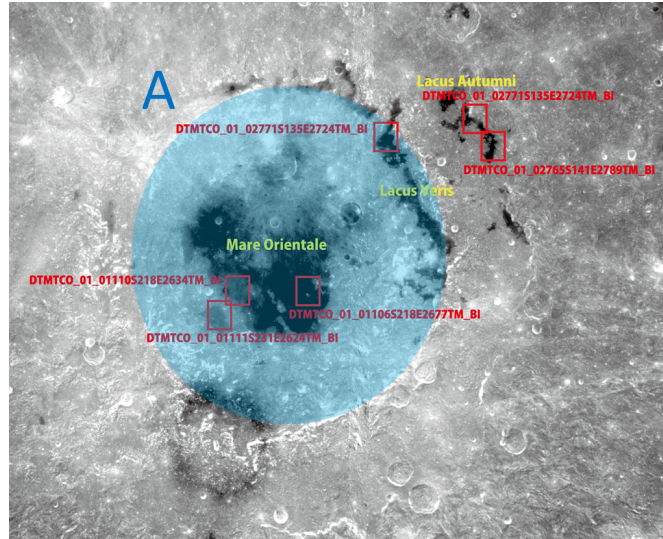


図1 マーレ・オリエンターレ全体の年代測定 (A)

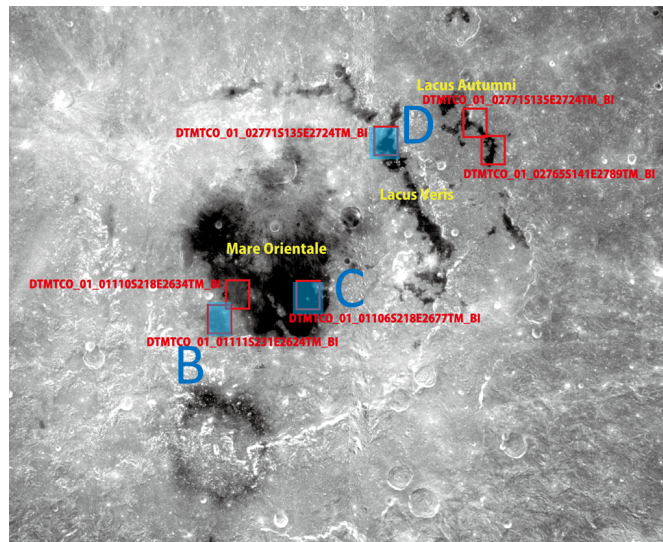


図2 マーレ・オリエンターレ内の異なる領域での年代測定 (南西部 B、北東部 C、外縁部 D)

2 手法

固体天体表面の年代は、クレーターの数と頻度を調べることによって決定することができる。一般的に、クレーターの数密度が高いとその地域の年代は古いと考えられる。しかし、クレーターの数密度が高くなると互いに重なり合うようになる。そのうちに新たな衝突によって形成されるクレーターの数とその衝突によって消されるクレーターの数が釣り合うようになる。このような状態を飽和と呼ぶ。また、ある年代に表面に存在するクレーターがなんらかの理由によって消される

と、その後に生じた衝突を記録していることになる。今回の実習では、日本の月探査機「かぐや」で観測されたデータを用いた。データは諸田講師があらかじめ加工したものを使用した。実際にクレーターカウンティングを行い、クレーターのサイズ分布関数を求めることによって、該当地域の年代を決定した。クレーターカウンティングには DS9 というソフトウェアを使用した。クレーターカウンティングを行うには、画像の中からある程度の大きさの領域を設定し(図3等の青の領域)、その領域内に存在するクレーター(図3等の緑の丸)の数を調べた。その際、2次クレーターと思われるものは除いた。最終的に、その領域に存在するクレーターの数密度を求めた。その後、craterstats2 というソフトウェアを使用し、我々が得たクレーターサイズ分布 Neukum(1983) のクレーターサイズ分布関数でフィッティングを行い、マーレ・オリエンターレ全体、南西部、北東部、外縁部の年代の決定を行った。

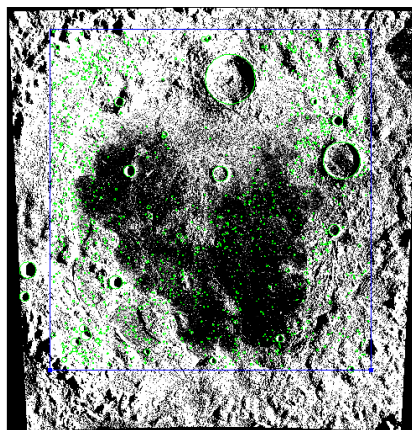


図3 領域 A のクレーターカウンティング

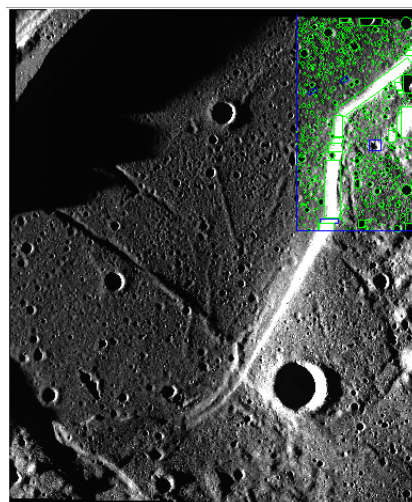


図4 領域 B のクレーターカウンティング

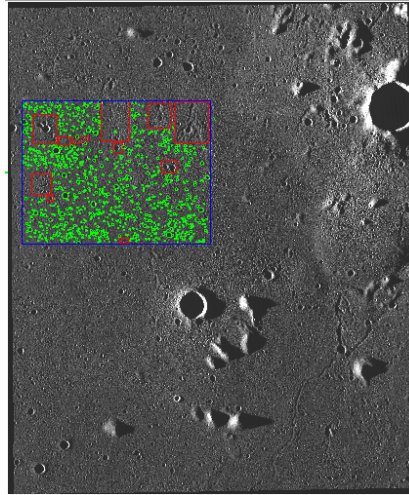


図5 領域 C のクレーターカウンティング

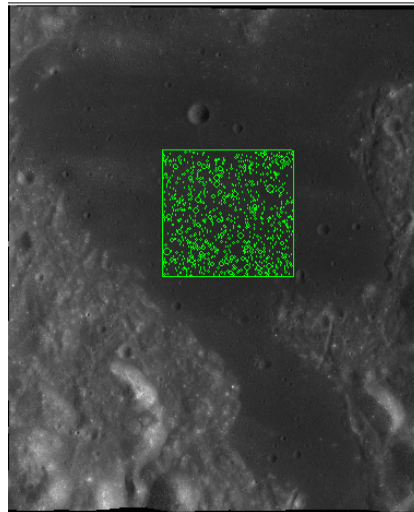


図6 領域 D のクレーターカウンティング

3 結果

図7はマーレ・オリエンターレ全体に対するクレーターサイズ分布関数のフィッティングの結果、図8はマーレ・オリエンターレ南西部の結果、図9はマーレ・オリエンターレ北東部の結果、図10はマーレ・オリエンターレ外縁部の結果を示している。図7より、マーレ・オリエンターレ全体の年代は約38億年と見積もられた。また図8より、南西部は約35億年、図9より北東部は約32億年であると推定される。さらに図10より、外縁部の海の部分の年代は約32億年と推定できた。

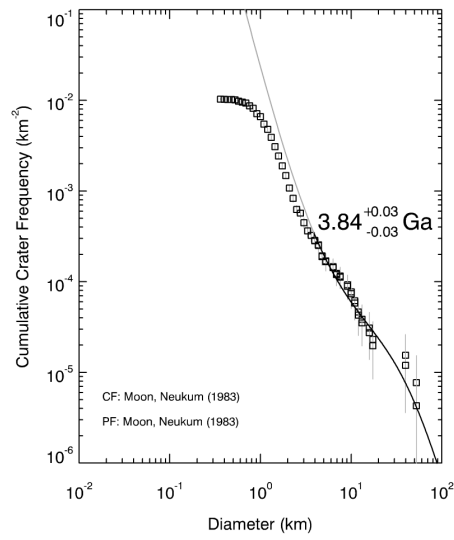


図 7 領域 A のクレーターカウンティングの結果

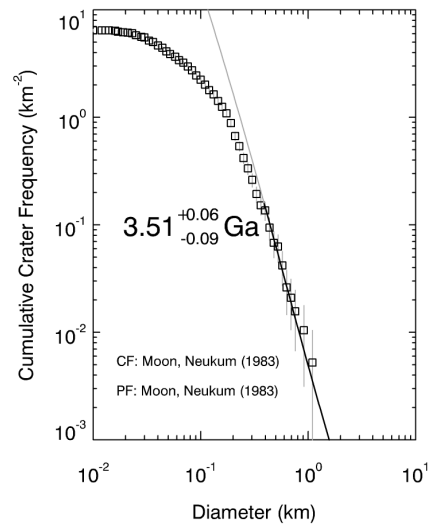


図 8 領域 B のクレーターカウンティングの結果

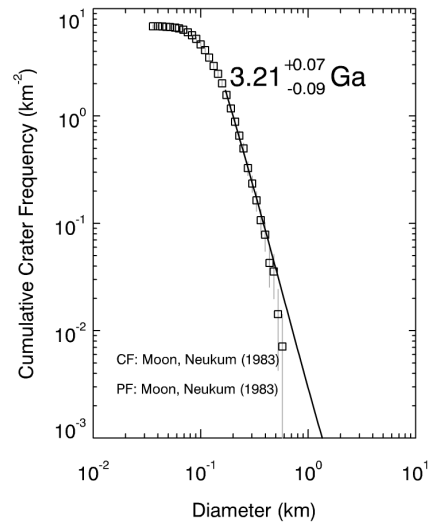


図 9 領域 C のクレーターカウンティングの結果

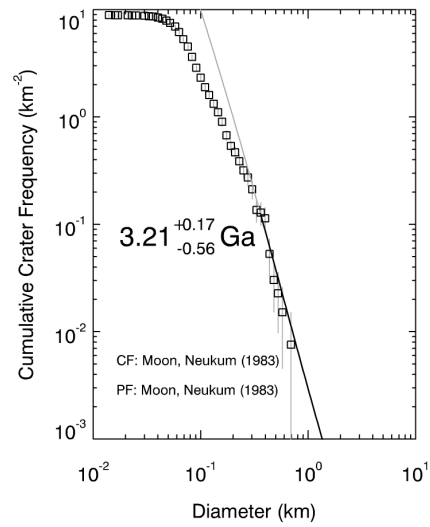


図 10 領域 D のクレーターカウンティングの結果

4 結論と考察

得られた結果より、まず約 38 億年前にマーレ・オリエンターレ全体が形成された。その次に約 35 億年前にマーレ・オリエンターレ南西部が形成され、約 3 億年経過した後にマーレ・オリエンターレ北東部と外縁部が形成されたと考えられる。マーレ・オリエンターレ全体には大きな溝のようなものが見られるので、全体が形成された原因としては、巨大隕石の衝突が考えられる。このような巨大隕石が衝突することによって、マグマが噴出し、マーレ・オリエンターレの底を埋めつくすことになり、そのマグマが冷えて固まることによって海とよばれる部分が形成されたと考えられる。マーレ・オリエンターレ北東部と外縁部はこの海の部分に該当し、離れた二つの領域で年代が一致することはこのことにより説明がつく。外縁部の方では、衝突によって月の表面に高さ方向に地形のずれが生じ、そのずれた部分からマグマが噴出し、その領域を覆ったと考えられる。しかし、マーレ・オリエンターレ全体が形成されてから約 5 億年後にこの地域は形成されたという結果を得たが、果たして噴出したマグマが約 5 億年間も冷えて固まらずにいられたのかどうかは定かでない。またマーレ・オリエンターレ南西部ではマグマによって覆われることはなかったが、この巨大衝突によってそれまでの衝突の情報が消去されてしまい、その後の衝突の情報を記録したものと考えられる。その結果、北東部・外縁部とは異なり、約 35 億年前に形成されたという結論を得た。

今回の実習では、時間の都合上クレーターカウンティングに割く時間は限られてしまい、十分なカウンティングが行えなかったと思われるので、クレーターカウンティングの量を増やし、より正確な年代測定を行うべきであると考えられる。また我々は月に関する背景の知識が非常に少ないため、考察が不十分であると考えられるので、今後もっと理解した上で考察をし直したいと思っている。