

エウロパの表層地形

Surface structure of Europa

荒川 政彦[1]

Masahiko Arakawa[1]

[1] 北大・低温研

[1] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.

<http://risu.lowtem.hokudai.ac.jp/~arak>

我々はガリレオ衛星の探査によりエウロパの新しい、そしてエキサイティングな情報を得ることができた。今回の発表では、発見された種々の地質構造について、その形成メカニズムを氷物性との関連からレビューを行う。

我々はガリレオ衛星の探査によりエウロパの新しい、そしてエキサイティングな情報を得ることができた。今回の発表では、発見された種々の地質構造について、その形成メカニズムを氷物性との関連からレビューしたいと思う。

1. クレーター緩和

エウロパ表面に見つかった Pwyll クレーターは、直径約 26km の非常に興味深いクレーターである。このクレーターは、周囲に見られる二次クレーターやレイの様子からその形成次期はかなり若いと見積もられる。しかしながらクレーター深度はほぼ周囲の地表レベルにまで上昇している。これはクレーターが十分に緩和したことを意味している。衝突により形成されるクレーターは、アイソスタシーを満たすため時間と共にその形状が変化する。特に、その深さが浅くなって行くのが特徴である。この浅くなる速度は、地表を形成する物質の粘性と最初にできたクレーターのサイズによる。計算によれば現在のエウロパの表面温度（150K 以下）では Pwyll のような比較的小さなクレーターが緩和を起こすには数億年以上かかることがわかる。これは二次クレーターやレイの観測が示す若い年代と反するので、計算の仮定を見なおす必要があることを意味する。可能性の一つはエウロパの地殻がかなり温かいということである。表面温度は放射平衡温度により決まるため、160K より高くなることは難しいが、現在までの観測からエウロパ内部に海が存在することが指摘されているので、内部では 200K 前後まで温度が高くなっている可能性はある。

2. ドーム地形・氷河地形

エウロパには地下より水が噴出したような地形が数多く存在する。それらはリッジ地形として見られるが、このリッジ地形は複雑に交錯している。何度にもわたる地殻の破壊と水の噴出しの結果、この複雑なリッジの絡み合いが構成された。このリッジ地形はボイジャーの探査でかなり良く観測されていたが、今回このリッジ地形の他にドーム地形や舌状の氷河地形が見つかった。ドームや氷河地形はその高度変化が滑らかであり変化自体も小さいため高解像度のカメラを用いないと見つけることは困難である。今回ガリレオでは最高 20m の分解能で写真撮影を行っているので、このような発見が可能となった。

まずドーム地形の成因であるが、これは地球の岩塩ドームの形成と似ていると思われる。地殻内部の低密度層がレイリー・テラー型の不安定を起こしてブリュームを形成するというものである。このアイデアでは氷地殻の中に氷よりも密度の低い物質の存在が必要である。この物質の候補としてはアンモニアやメタンなどの水和物（アンモニア水、メタノール）が想像できるが、残念ながら今のところそれを示す証拠は見つかっていない。

次に舌上氷河についての説明であるが、このような氷河地形が見つかったのは今回の探査が初めてである。そのサイズは差し渡し 5~10km であり、その厚さは 1km 以下と思われる。この氷河は地中の水が表面に噴き出してできた地形だと推測されているので、地球の火山に見られる lava flow に関する考察を適用することができる。地球には南極氷床や山岳氷河などその流動特性が調査されている例がいくつもある。それらの例と比較して氷衛星上での氷河運動が今後解析されて行くと思われる。

3. 氷地殻の破壊

ガニメデが撮影した最も印象的な写真として、エウロパ表面に発見された地球の海氷を思い起こさせる地形がある。当然、現在はすべて氷になってしまっているわけであるが、ある時期、短期間だけエウロパ表面に海が存在し、その海の中で氷が浮いていたことを強く主張する写真である。表面の大気がほとんど真空であるエウロパの表面でこのような海がどのように存在し、海氷に似た氷板がどのように形成されたかは大変に興味深い問題である。この海氷域はエウロパのある領域に局所的に存在する地形である。それゆえエウロパにおいて常時見られる地質現

象であるとは思えない。たぶん、大変発達したブリュームとか熱対流の上昇口で起きた単発的な現象であると思われる。ここでプレートの破断について力学的な考察を行ってみる。局所的な加熱により氷が薄くなり中央部で開水域が形成されるようになると、その周囲のプレートでは浮力が働きプレートに対して上向きの圧力が生ずる。これはプレートの付け根に剪断応力として伝えられ、氷の破壊強度を超えたところで破壊が生ずる。プレートのたわみ等の力学的考察からプレートの厚さを見積もると、数mという結果になる（ただし、計算には写真から計測できる破断したプレートのサイズ（10km）及び氷の剪断破壊強度（0.1MPa）を用いた）。