

ガニメデに残る巨大衝突を示唆する痕跡 (Furrow system on Ganymede)

平田直之 Naoyuki Hirata (hirata@tiger.kobe-u.ac.jp)

Graduate School of Science, Kobe University

ガニメデで最も古いと考えられる地形は Furrow (ファロウ) と呼ばれる正断層性の溝状の構造である[1]。Dark Terrain を構成するブロックはガニメデ表面に散らばっており、いずれにも概ね Furrow が含まれている (図 1A)。Furrow は直径 10km を超えるガニメデのどのクレーターにも切られているため、最も古い地形であると考えられている[8]。ヴォイジャー画像から、Galileo Regio と Marius Regio にまたがる半球規模の Furrow 系があることが明らかになっていた[2,3]。この Furrow は 20°S 180°W を中心とする同心円に沿っているため、カリストのヴァルハラ盆地 (Valhalla) の周囲に見られるような多重リング構造の一部分だと考えられてきた (図 1C) [1,4,5,6]。ガリレオ探査機の画像データから、(Voyager が調査できなかった領域にも) Furrow が多数あることが明らかになった。例えば、Nicholson Regio の西側の Furrow は平行に並んでいて、Galileo Regio とは異なることが明らかになった (図 1B) [7]。

ヴォイジャー画像とガリレオ画像を利用して、Furrow の分布の調査を行った。図 2A は 20°S 180°W を中心とする正距等角図であり、Marius Regio、Galileo Regio、Melotte Regio が写っている。すでに指摘されているように[3]、Furrow は Marius Regio を中心とする同心円構造の一部を成している。図 2B は 20°N 0°W を中心とする正距等角図であり、Fig. 2A の正確な反対側にあたり、Perrine Regio、Nicholson Regio、Barnard Regio が写っている。興味深いことに、Barnard Regio 側も同じく同心円状の構造を成しており、しかも中心を共有していることもわかる。これらは、ヴォイジャー時代には知られていなかったことであり、Furrow は全球におよぶ巨大な同心円構造を持っていることを示している。Dark terrain は今日のガニメデの全体の三分の一程度しかのこっていないが、Bright Terrain 形成以前においては、ガニメデ全体に同心円状の構造があったはずである。

カリストのヴァルハラ盆地周辺の多重リング構造は、巨大なトランジェントクレーターの崩壊によって生じたと考えられている[6]。もし、Furrow も同じく、衝突によって生じた構造であるのならば、太陽系最大の衝突構造と言えるだろう。とはいえ Furrow も同様のメカニズムで形成されたかについては議論の余地があり、たとえば潮汐によるテクトニクス等も考えられるかもしれない。

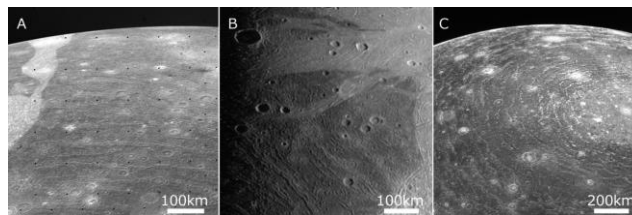


図 1 ガニメデの Furrow (A, B)。カリストのヴァルハラ盆地 (C)。

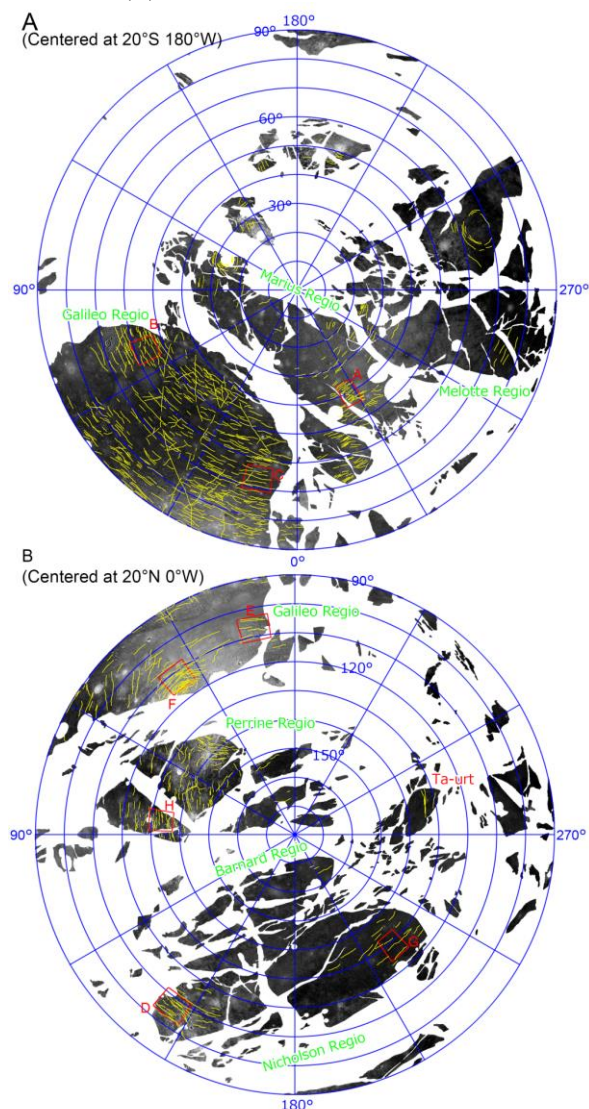


図 2 黄色の線は Furrow を意味する。これらの図は、 20°S 180°W を中心とする正距方位図 (A) と、 20°N 0°W を中心とする正距方位図 (B) である。白い領域は Bright Terrain である。

図3にある通り、 20°S 180°W を中心とする同心円と Furrow のズレはかなり小さく、どの地域でも 15 度以上ズレているような例は稀である。最大の Dark Terrain のブロックである Galileo Regio の中に限っても、15 度程度のズレがあるため、偶然に生じる程度のズレであると言える。それゆえ、Dark Terrain の相対的位置関係はほとんど変化していないのかもしれない。Bright Terrain 形成の際に、ガニメデ表面は活発なテクトニクスが生じていたとみられるが、プレートテクトニクスの様に、ガニメデ表面に散らばる Dark Terrain が大きく動いていれば、一致することはあり得ないと考えられるからである。

もし衝突起源だと仮定した場合の、Furrow を形成したインパクトの直径を推定するのはやや複雑である。なぜなら、明瞭なリムを欠いているからである。リムがないこと自体は不思議ではなく、カリストのヴァルハラやアースガルド (Asgard) といった衝突盆地もリムを欠いており、この種の天体では明瞭なリムができないと考えられている[6,9]。ヴァルハラやアースガルドのトランジェントクレーターはそれぞれ 1000 km と 675 km だったということが、エジェクタや二次クレーターの存在から推測されている[10]。一般的なパイスケーリング則を適用すると、インパクトの大きさはそれぞれ 115 km と 70 km 程度になる。ヴァルハラ盆地形成を iSALE でシミュレーションした研究では、直径 100km 程度の衝突体をカリストにぶつけば直径 600 km のメルトプールを作ることができ、これはヴァルハラ盆地の中心付近に実際に存在している滑らかな領域に相当するのではないかという研究もある[11]。

ガニメデの Furrow にも中心付近に Furrow の全く無い領域があってその大きさは半径 1380km 程度である。そのようなメルトプールを作ること

ができる衝突体の大きさは、おおざっぱにメルトプールの領域が 4 倍になっていることから単純に 4 倍すれば直径 400km 程度であると言える。一方で、これがメルトプールではなくエジェクタのようなものという可能性もあり、その場合パリンパセストの研究 [12] から推測すると、直径 100km のインパクトでも良いかもしれない。その詳細を詰めるために、いま、iSALE を用いた研究を行っている。

ガニメデとカリストは大きさとサイズが似ているにもかかわらず、分化の程度という点で大きな違いがある。Barr and Canup [13] はその違いを LHB の衝突エネルギーの差によって説明している。もし、Furrow を作った衝突体が 500 km 近い大きさがあるならば、これ一つでガニメデを分化させるエネルギーを与えることができる。それゆえ、この Furrow を形成した衝突体は、もしかするとガニメデとカリストの大きな違いを生み出した可能性もあるという点でも、興味深い対象である。

引用: [1] B. A. Smith et al., Science 206, 927 (1979). [2] M. T. Zuber, and E. M. Parmentier, Icarus 60, 200 (1984). [3] P. M. Schenk, and W. B. McKinnon, Icarus 72, 209 (1987). [4] W. B. McKinnon, and H. J. Melosh, Icarus 44, 454 (1980). [5] H. J. Melosh, JGR: Solid Earth 87, 1880 (1982). [6] R. Casacchia, and R. G. Strom, JGR: Solid Earth 89, B419 (1984). [7] L. M. Prockter et al., JGR: Planets 105, 22519 (2000). [8] Q. R. Passey, and E. M. Shoemaker, in Satellites of Jupiter. (1982), vol. 1, pp. 379-434. [9] P. M. Schenk, JGR: Planets 100, 19023 (1995). [10] P. M. Schenk, and F. J. Ridolfi, GRLs 29, 31 (2002). [11] B. C. Johnson et al., abstract presented at the 44th Lunar and Planetary Science Conference, Houston, (2013). [12] K. B. Jones et al., Icarus 164, 197 (2003). [13] A. C. Barr, and R. M. Canup, Nature Geosci 3, 164 (2010).

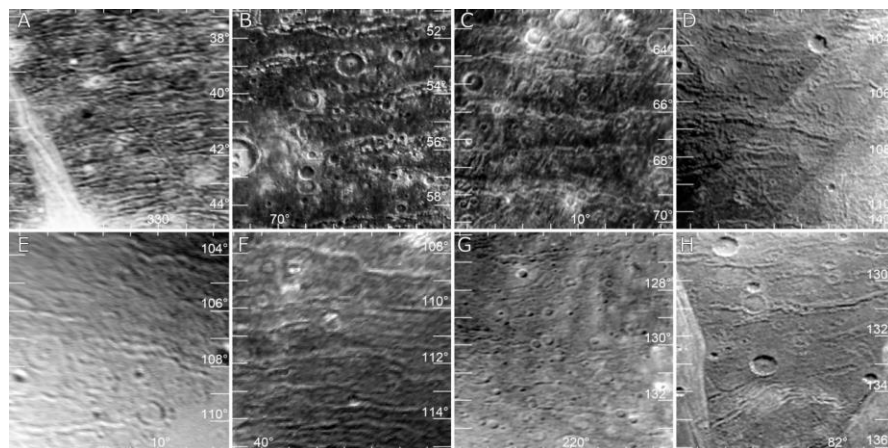


図3 さまざまな場所での Furrow。縦軸は 20°S 180°W からの余角を表している。 20°S 180°W を極とする斜軸円筒図で切り出しているため、横一列に並んでいる構造は同心円に沿っているということを意味する。Marius Regio (A), Galileo Regio (B, C, E, F), Nicholson Regio (D, G), Perrine Regio (H) が写っている。