

平成30年6月18日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05276

研究課題名(和文)月と水星の比較惑星学的研究

研究課題名(英文)Comparative study of the Moon and Mercury surface evolution

研究代表者

加藤 學 (KATO, Manabu)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・名誉教授

研究者番号：80115550

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：2015年4月に観測を終了したアメリカの水星探査機メッセンジャーの全球データのうち画像と高度計のデータを解析して特徴的な地形「直線崖Rupes」を詳細に調べた。断層の高度差と断層が大円上に分布していることから、水星地殻の全球的な収縮で断層崖が形成されたことを明らかにした。また、月面上にある直線崖が玄武岩マグマが固化した海の周縁部に分布していることから月ではマグマの固化に伴って掃き寄せられる形で断層崖が形成されたことを比較惑星学的に明らかにした。

本研究で獲得できた水星観測データの解析手法を使って日欧共同次期水星探査機ベピコロンの観測計画の策定とデータ解析計画の立案を行えるようになった。

研究成果の概要(英文)：Predominant geological feature Rupes on Mercury are analyzed using image and altitude data by NASA MESSENGER Mercury mission. The rupes are presumably formed by crust shrinking globally considering their distribution on large circles of Mercury and large offsets of rupes. Rupes on the Moon are comparably investigated on their distribution and offset magnitude. It concludes lunar rupes are locally formed in margin area of Mares solidifying magma. Results of this study are also used to make observation program in next Mercury exploration Bepi-Colombo project.

研究分野：太陽系探査科学

キーワード：水星探査 メッセンジャー計画 画像解析 直線崖 ループ地形 ベピコロンの計画 比較惑星学

1. 研究開始当初の背景

(1)40年ぶりに水星に到達したNASAの水星探査機メッセンジャーが5年にも及ぶグローバル観測を燃料枯渇のために終了しようとしていた。大成功と言われる大きな成果、科学観測データをもたらした。水星はわが地球と同じ内惑星系に属しているが、太陽に最も近くグループのエンドメンバーと言える。高い温度に耐える熱設計が施された衛星でないと安全に接近できないため、なかなか探査ができなかった。水星を詳しく研究する時期が到来した。

(2)一方、日本と欧州が共同して探査機を水星に送るベピコロンボ計画も進行していて本年秋に打ち上げるまでに漕ぎつけてきている。メッセンジャー衛星に比べ、高性能な観測機器が搭載されているので、格段の成果が期待されている。そのため実際にメッセンジャー衛星のもたらしたデータを使ってデータ解析手法の確立と観測対象の選定が必要とされてきている。

(3)メッセンジャー衛星のもたらした観測データは、機器に依存する値の較正後NASA惑星データシステムPDSから公開され、世界中の研究者に公開されている。また、所定の形式で書かれたデータは、他の機関で開発された統合ソフトウェアを使って画像化することで、対象とする地形を調査できる。解析手法を習得することが必要になる。

(4)月探査は日米を中心に近年進展し、我が国の「かぐや」、アメリカの「ルナーリコネクサンスオービター-LRO」の詳細な観測データも公開されていて、同じ解析手法で画像化することができる。月と水星は大きさが近いこと、表層が岩石でできていること、大気がないことに類似点があるため、表面の状態を比較することによって進化の類似点、相違点を考察するという科学がある。

2. 研究の目的

(1) 月と水星の最新探査データを使って両天体の表層進化を解明することが本研究の目的である。

(2)表面のカメラ画像とレーザー高度計による表面の凹凸のデータに着目して表面地形の形状を決定した。共通して最も顕著な地形はクレータであり、月では8500か所、水星では300か所のクレータが国際天文連合により命名されている。月は身近であり、膨大な映像がこれまで撮られてきているため、命名数も多い。命名された全地形の90%がクレータで両天体共通に顕著な地形といえる。クレータの直径や直径と深さの比など形状については両天体で極めて似ていて、生成条件が両天体で類似していることが推測される。

(3)本研究では水星表面に特徴的な直線崖 Rupes に注目して形状と分布を観測データから明らかにすることによって月と水星での直線崖の生成を考察することが主な目的である。

3. 研究の方法

(1)月探査機「かぐや」の地形画像データと高度計データを JAXA-DARTS データセンターから、水星探査機メッセンジャーと月探査機 LRO の画像データと高度計データを NASA-PDS データセンターから検索システムを利用して直線崖地点ごとのデジタルデータをインターネットを通じてダウンロードした。

(2)これらの観測データは共通のフォーマットで記載されているため、共通で無償の解析ソフトウェアが利用でき、アメリカ地質調査所が開発した統合解析ソフト ISIS を利用してモザイク画の制作を行った。高度計データについてもフォーマットは共通にしているため、データテーブルを作成、プロットソフト

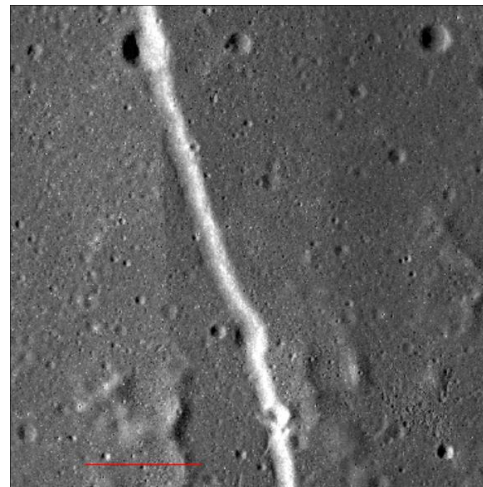


図1.月の直線崖 Recta Rupes
スケールは5km



図2.水星の崖 Alvin Rupes
スケールは25km

トを使って可視化した。一か所の直線崖のモザイク画は 50GB にも達するため、演算速度の速いワークステーションと大容量の HDD 記憶媒体を本研究では新規に導入した。

4. 研究成果

(1) 国際天文連合により月面上で直線崖と認定され、命名されているのは 8 か所、崖の長さは 10km から 150km までである。一方、水星では 30 か所、長さ 60km から 600km に及んでいる。クレータの命名数との比較によると如何に水星表面では直線崖が顕著な地形である意味している。

(2) 月の直線壁とも呼ばれていたレクタ崖 (図 1) は「雲の海」の東端に位置している。高分解能カメラによるモザイク画では凹みや重なりも見られ、直線の壁でもないことがわかる。

(3) 水星表面での直線崖としてアルベン崖を 図 2 に例示してある。直線状といえ、190km にもおよぶ長大な断層であることがわかる。高度計のデータでみると月の直線崖の段差は 500m 程度であるが、水星では 2km 以上の段差が明らかになっている。より大きな応力が形成時に働いたことを覗わせる。

(4) 直線崖の月面と水星表面での分布を表したものが図 3、図 4 である。

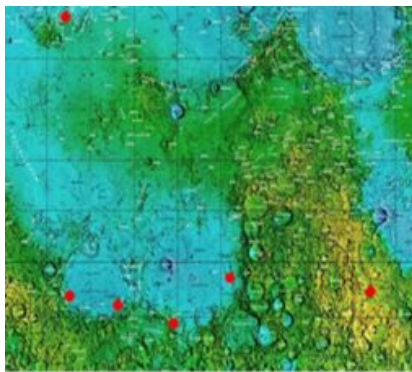


図 3. 月の直線崖の分布 (赤丸)。メルカトール図法の高度地図上にプロット。

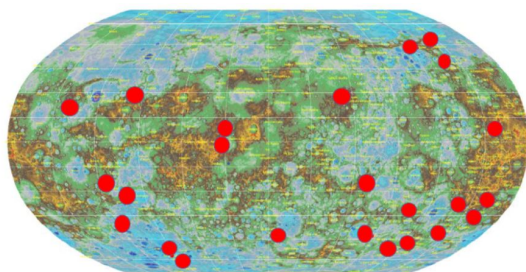


図 4. 水星上に分布する直線崖 (赤丸の位置) エケルト図法の高度地図上にプロット

(5) 月の直線崖は、直径 500km 程度以上の「海」の外縁部に分布している (アルタイ崖のみが高地の部分にある。図 3 中右前)。溶岩の「海」が固化していった時に掃き出されて崖が形成されたのであろう。

(4) 水星表面の直線崖は図 4 にあるように 5, 6 本の大円 (経度線) 上に分布している。これは水星全体の熱収縮や大規模な地殻マグマの固化などによる全球スケールでの断層の発生が考えられる。

(5) 水星表面上には月で見られるようなスケールのマグマの噴出、「海」や「大洋」の形成は見られない。月でのような 46 億年を通じたの繰り返すマグマの噴出も見られない。進化の過程が全く異なっているように見える。水星は内惑星系では地球に次ぐ強度の固有磁場があることもメッセンジャー衛星によって確かめられた。その磁場を発生するメカニズムやエネルギー供給の熱機関が存在するはずである。

(6) 次いで注目した地形は、連鎖孔 Catena である。

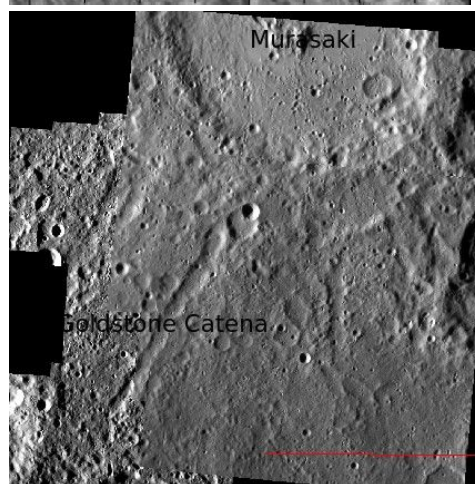
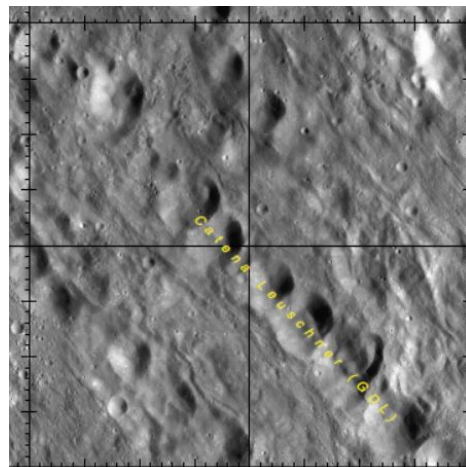


図 5 上、月面のリュッシュナー連鎖孔。下、水星のゴールドストーン連鎖孔 長さは、共に約 100 km。

直径が 5 から 10km 程度の孔が 10 個以上連なっている。成因は様々あるが、まだ定かではない。

月、水星で同じ成因であるかどうかもわかっていない。火星にも見られる地形であり、比較研究に興味がある。

(7)本研究の目的にメッセンジャー衛星の成果を研究して次期水星探査機ベピコロンボ衛星の観測計画に役立たせることがある。画像解析手法は取得できたと考えている。メッセンジャー衛星は従来にない膨大な量のデータをもたらしたが、技術的な制約のため衛星高度が最も水星に近づく近水点を赤道ではなく、北緯 60 度以上にして水星表面からの強い太陽反射光避けせざるを得なかった。したがって、南半球では衛星高度が上昇し、南半球の観測には大きな不利があった。南半球の地形観測、高度計測定、分光測定に不利があり、十分な観測データが得られていない。ベピコロンボ衛星は今秋打ち上げられ、6 年後の水星到着が待たれる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 2 件)

- (1) Kato, M. & Ootake H., Comparative Study of the Moon and Mercury: Rupes, their Topography and Origin, Japan Geoscience Union, 2017
- (2) 加藤學、衛星画像の取得と惑星科学への応用、東北大学大学院グローバル安全学トップリーダー育成プログラム産学連携セミナー、平成 28 年 7 月 (招待講演)

6. 研究組織

(1)研究代表者

加藤 學 (KATO, Manabu)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・名誉教授

研究者番号：80115550