

水星の熱史と固有磁場の起源

倉本 圭 [1]

[1] 北大・理・宇宙

Thermal history and origin of intrinsic magnetic field of Mercury

Kiyoshi Kuramoto[1]

[1] Cosmosci., Hokkaido Univ.

<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~shwlab>

Mercury, the smallest terrestrial planet, has a strong intrinsic magnetic field which cannot be explained by a remanent magnetism. It is likely that the Mercury's magnetic field is induced by a dynamo action in a metallic core. Such a core dynamo requires that the Mercury's core is molten at least partially and that a convective motion occurs there with sufficient intensity.

Before the discovery of the Mercury's magnetic field by Mariner 10 in 1974, strong intrinsic magnetism on Mercury was considered unlikely, because the core of a small planet such as Mercury had been speculated to be completely frozen at present. In 1980's, a parameterized convection theory was applied for studies of the thermal history of the terrestrial planets by describing the convective heat transfer in rocky mantle. This reveals that the dissolution of several wt percent of sulfur possibly keeps Mercury's core from complete freezing owing to the depression of melting point and that the compositional convection is driven with enough intensity in associated with the growth of inner core. Currently, this idea is the most accepted theory for the origin of Mercury's magnetic field.

However, the thermal history of Mercury and the associated evolution of core remain poorly understood. In particular, there are notable uncertainties in the viscosity of rocky mantle and the composition of core. Because Mercury has no atmosphere, it is likely that the Mercury's mantle little contains water which significantly lowers its viscosity. According to the observation of reflectance spectra, the surface of Mercury lacks colored minerals, implying that the mantle of Mercury is poor in iron oxides, that is, having a reduced composition. If the building blocks of Mercury have a reduced composition as much as E-chondrite, the core would contain abundant sulfur more than previously thought.

We have reexamined the thermal history of Mercury with taking into account that the mantle viscosity is significantly higher than that of the Earth and a larger amount of sulfur dissolves in the core. Although the earlier works try to avoid the complete freezing of core, our analysis reveals that the interior of Mercury cools very slowly and possibly sustains a completely molten core until present. In this case, the intensity of convection becomes too weak to driven dynamo action in the core.

On the basis of these analyses, several aspects which should be clarified in the future Mercury missions will be discussed.

水星は小さな惑星であるにもかかわらず残留磁気では説明のつかない強い固有磁場を持っている。水星の固有磁場の成因には金属核のダイナモ作用が有力視されている。ダイナモ作用が駆動されるためには、核の少なくとも一部が流体であることと、そこで十分な強さの対流運動が起こることが必要である。

1974年のマリナー10号による水星固有磁場の発見以前は、水星は小さな惑星であるためにその核は完全に固化しており、強い固有磁場は存在しないだろうと考えられていた。その後1980年代にマントル対流による熱輸送をパラメータ化対流理論により記述した惑星熱史の研究が行われ、水星の核に数パーセントの硫黄が含まれていれば、その凝固点降下によって現在も核は部分的に融解でき、また固体内核の成長に伴う組成対流によってダイナモ作用を起こすに十分な対流運動が起こりうることを示された。この考えは現在も水星の磁場の起源を説明するもっとも有力な仮説となっている。

しかし水星の熱史とそれに伴う核の進化については実は不明な点が多い。特に不確定性が大きいのはマントルの粘性率と核の組成である。水星は大気を持たない惑星であり、地球と違ってマントルにはその粘性率を著しく低下させる効果をもつ水分がほとんど含まれていないと考えられる。また反射スペクトルの観測から水星の表面は有色鉱物が乏しく、このことは水星のマントルに酸化鉄が余り含まれていない、すなわち還元的な組成を持つことを示唆する。水星がEコンドライトに匹敵するほど還元的な組成をもつ物質を材料物質としていた場合には、核には従来の考えよりもはるかに多量の硫黄が混入した可能性がある。

我々は水星のマントルの粘性率が地球のそれよりも高く、核に多量の硫黄が溶解していた可能性を考慮し、水星の熱史モデルの再検討を進めている。従来は水星の核が急速に固化してしまうことが問題視されていたが、実は水星の内部は非常にゆっくり冷却し、多量の硫黄による凝固点降下も手伝って、条件によっては核が現在も完全に融解している可能性があることが分かった。この場合、核の対流は弱く、ダイナモ作用は起こりにくくなる。

講演では今回の解析をもとに、今後の水星探査で明らかにされるべきいくつかの観点について議論したい。