

R004-02

C会場：9/26 AM1 (9:00-10:30)

9:15~9:30

## 惑星ダイナモ計算に基づく水星 Lowes 半径とダイナモ半径の比較

#八木 優人<sup>1)</sup>, 藤 浩明<sup>2)</sup>, 高橋 太<sup>3)</sup>

<sup>(1)</sup> 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, <sup>(2)</sup> 京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター, <sup>(3)</sup> 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門

### Comparison between Mercury's Lowes radius and dynamo radius based on planetary dynamo simulation.

#Yuto Yagi<sup>1)</sup>, Hiroaki Toh<sup>2)</sup>, Futoshi Takahashi<sup>3)</sup>

<sup>(1)</sup> Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, <sup>(2)</sup> DACGSM, Graduate School of Science, Kyoto University, <sup>(3)</sup> Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

MESSENGER (Mercury, Surface, Space Environment, Geochemistry, and Ranging) was the first spacecraft to enter Mercury's orbit. Based on these data, the Gauss coefficients of Mercury's intrinsic magnetic field was also estimated. The small intensity of Mercury's intrinsic magnetic field compared to its large metallic core has led to the proposal of an internal structure with a stably stratified layer (Christensen, 2006), and dynamo simulations based on this structure have recently reproduced the northward offset of Mercury's surface magnetic field (Takahashi et al., 2019).

The Mauersberger spectrum, which means the energy density spectrum of the potential magnetic field, is obtained from the Gauss coefficient, and the Lowes radius estimated from the slope corresponds to the radius of the equivalent current sphere, or the radius of the dynamo region. Earth's Lowes radius is close to the CMB (core-mantle boundary) radius, but the CMB radius for Mercury determined by magnetic field induced by Mercury's core in response to external magnetic field changes (Katsura et al., 2020) and geodetic studies (Genova et al., 2019) is approximately 2000 km, while the Lowes radius of Mercury estimated from the Gauss coefficient of Mercury's intrinsic magnetic field (Anderson et al., 2019) is just under 900 km (Yagi and Toh, 2023).

Jupiter's intrinsic magnetic field is calculated using dynamo simulation of the liquid metal-hydrogen layer, and energy spectrum from the calculated field is compared with the Mauersberger spectrum of the observed field. It is argued that the Lowes radius gives a lower limit for the dynamo radius.

In this study, we examine the effect of the stably stratified layer above the outer core on the intrinsic magnetic field generated in the dynamo region based on Mauersberger spectra obtained from numerical Mercury dynamo calculation (Takahashi and Shimizu, 2012). The dynamo calculations were performed using a double-diffusion convection model for a rotating spherical shell conductive incompressible Boussinesq fluid. In a previous study by Yagi and Toh (2023), the thickness of the outer core convective layer was varied in the Mercury dynamo calculations, and it was found that the Lowes radius remained relatively constant at approximately 1000 km. However, that calculation did not calculate a sufficient time for the magnetic diffusion time, and the calculation time was improved in this study.

The attenuation of the magnetic field due to skin effects by the stably stratified layer is discussed using dynamo calculations for different convection layer radii, and we discuss quantitatively the variation of the slope of the magnetic field energy spectrum in the region above the convection layer and that of the spectrum with convection layer radius, as done in Tsang and Jones (2019). We research the convective layer radius inside Mercury that is consistent with the observed Lowes radius of Mercury and report the results.

MESSENGER (Mercury, Surface, Space Environment, Geochemistry, and Ranging) は水星の周回軌道に初めて投入された探査機であり、惑星電磁気学的にはベクトル磁場観測データを用いて水星固有磁場のガウス係数も推定されている (Anderson et al., 2012)。水星固有磁場強度がその大きな金属核に比べて小さいことから、外核上部が成層している内部構造が提唱され (Christensen, 2006)、最近ではそれに基づくダイナモシミュレーションによって、北側にオフセットした水星表面磁場が再現されている (Takahashi et al., 2019)。

また、ガウス係数を用いて磁場の平均エネルギー密度スペクトルである Mauersberger スペクトルを求め、その傾きから惑星磁場の等価電流球半径、すなわちダイナモ半径に相当する Lowes 半径を推定することができる (Lowes, 1974)。地球の Lowes 半径は CMB (コア-マントル境界) 半径に近い値となるが、外部の磁場変化に対して水星コアにより誘導される磁場 (Katsura et al., 2020) や、測地学的研究 (Genova et al., 2019) により求められた水星の CMB 半径がおおよそ 2000km である一方で、水星固有磁場のガウス係数 (Anderson et al., 2019) から求められる水星の Lowes 半径は 900km 弱 (Yagi and Toh, 2023) である。

そして木星においては、液体金属水素層のダイナモシミュレーションを用いて固有磁場を求め、得られた磁場から計算されるエネルギースペクトルと観測磁場の Mauersberger スペクトルを比較して、Lowes 半径はダイナモ半径の下限を与えるという議論が行われている (Tsang and Jones, 2019)。

本研究では、外核上部の安定成層が外核下部のダイナモ領域で発生する固有磁場に与える影響について、水星ダイナモによる数値計算 (Takahashi and Shimizu, 2012) から得られる Mauersberger スペクトルを用いて考察する。ダイナモ計算には、回転球殻導電性非圧縮ブジネスク流体の二重拡散対流モデルを使用した。Yagi and Toh (2023) で、上記の水星ダ

ダイナモ計算を用いて、外核対流層厚を変化させ計算したが、Loves 半径は約 1000km の一定値であることを示した。しかしこの計算は磁気拡散時間に対して十分な時間の計算ができておらず、本研究では計算時間の改善を行った。

外核安定層による表皮効果による磁場の減衰について、異なる対流層半径のダイナモ計算結果を用いて考察し、Tsang and Jones (2019) で行われたように、対流層上部の領域における磁場エネルギースペクトルの傾きの変動と、対流層半径によるスペクトルの変化について定量的な議論を行う。そして観測された水星の Loves 半径に整合する水星内部の対流層半径をサーチし、その結果を報告する。