

木星磁気圏における substorm-like event の発生頻度とプラズマ密度との関係-II

水口 岳宏 [1]; 三澤 浩昭 [2]; 土屋 史紀 [1]; 小原 隆博 [3]; 笠原 慧 [4]

[1] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター; [3] 東北大・惑星プラズマセンター; [4] ISAS/JAXA

Relationship between the occurrence frequency of Jovian substorm-like event and the plasma density in the magnetosphere - II

Takahiro Mizuguchi[1]; Hiroaki Misawa[2]; Fuminori Tsuchiya[1]; Takahiro Obara[3]; Satoshi Kasahara[4]

[1] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [2] PPARC, Tohoku Univ.; [3] PPARC, Tohoku University; [4] ISAS/JAXA

Jupiter has the largest magnetosphere in the planets of solar system, which has been produced by its rapid rotation period (about 10hours), strong intrinsic magnetic field and internal source of heavy plasma originated from Io.

The observations of the Galileo orbiter revealed that there are quasi-periodic flow bursts of energetic particles and the variation of the B-theta component implying magnetic reconnections in the Jovian magnetosphere. The signatures of these events are similar to the terrestrial substorm, so they are called substorm-like events.

In the preceding studies (Kronberg et al., 2007; Woch et al., 1998), their generation processes are proposed as follows based on a hypothesis of plasma mass loading in the Jovian magnetotail region: First, the magnetotail is stretched because of the large centrifugal force by the rapid rotation and heavy ions. Second, a reconnection occurs and a plasmoid is released. Third, the magnetic field configuration returns to the initial (non-stretched) state, but then the magnetotail stretching starts again and the cycle repeats to make the periodicity.

Studying physical processes of the events is important to understand global dynamics of the Jovian magnetosphere. Their characteristics, such as their variable periodicity (2.5 - 7 days) and existence of unobserved period etc., have been known well, however, it has not been revealed yet what factor controls the periodicity of the events.

In this study, we have examined the plasma mass loading hypothesis by investigating the plasma density inside the plasma sheet by using the data obtained by the Plasma Wave Subsystems (PWS), Energetic Particle Detector (EPD) and Magnetometer (MAG) onboard the Galileo orbiter.

As a result, there is a positive correlation between electron density in the magnetotail region obtained from the plasma frequency and the occurrence frequency of the substorm-like events derived from the changing of the north-south component of the magnetic field from the preceding study by Vogt et al.(2010).

However, it is known that reconnection regions of the Vasyliunas cycle is concentrated in the post midnight sector and auroral observation suggested azimuthal extent of each reconnection event to be several R_J (Radioti et al.2011). This means that Galileo could not detect substorm-like events in MAG or EPD if the spacecraft located different local time sector. To avoid this apparent effect, we have analyzed occurrence of narrow band kilometric radio emission (nKOM) to identify occurrence of sunstorm-like events, by referring the preceding study by Louarn et al. (2001) who suggest a good correlation between occurrence of nKOM and that of substorm-like event. Because nKOM is emitted from outer edge of the Io plasma torus and the source is corotating with the plasma around the planet, it is possible to detect the substorm-like event independent of the Galileo position.

The result shows that the occurrence frequency of nKOM is correlated with the plasma density in the plasma sheet region in any LT regions and it is similar to that obtained from MAG. These results support the proposed hypothesis; the occurrence frequency of Jovian substorm-like events is controlled by amount of mass-loading plasma, i.e., substorm-like events are driven by the internal process.

木星は強力な固有磁場を持ち、また、衛星イオの火山活動を起源とするプラズマの供給源を内部に持つ。更に、約 10 時間という速い自転周期で磁場に捕らわれたプラズマを駆動するため、活動的で巨大な磁気圏が形成されている。

Galileo 探査機の観測により、磁気圏尾部において、高エネルギー粒子の動径方向への flow burst や、リコネクションを示唆する磁場の南北成分の変化が準周期的に観測され、地球の substorm に似た現象として substorm-like event と呼ばれるようになった。その駆動メカニズムとしては、速い自転による共回転とイオ起源の重イオン（硫黄、酸素）による遠心力によって磁気圏尾部が引き伸ばされ、リコネクションの発生によるプラズモイドの放出が繰り返されることで準周期性が発生するとする、内的要因によるメカニズムが先行研究 (Kronberg et al., JGR, 2007; Woch et al., GRL, 1998 等) で提唱されている。

この現象の物理過程を理解することは木星の大規模な磁気圏活動のダイナミクスを知る上で重要である。しかし、観測時期によって周期が異なっている、現象そのものが観測されない期間があるなどの特徴を持つ substorm-like event の発生条件が、どのような要因でコントロールされているのか、その観測的な究明は未だなされていない。

本研究では Galileo に搭載された観測機器のうち、プラズマ波動観測機 (PWS)、高エネルギー粒子観測機 (EPD) および磁場観測 (MAG) のデータを用いた解析を行い、現象をコントロールする内的要因の候補である磁気圏尾部のプラズマシート内のプラズマ密度に着目し、現象の発生頻度との関係を明らかにすることを目的として研究を行った。

本研究では、PWS で得られたプラズマ周波数から電子密度を求め、Vogt らにより示された南北方向の磁場変動から導出した substorm-like event の頻度 (Vogt et al., JGR, 2010) と比較した。その結果、電子密度と substorm-like event の発生頻度の間に正相関が見られた (水口他, JpGU2012)。

しかし、Galileo が夕方側 LT に位置する場合に、Vasyliunas cycle におけるリコネクション発生域と大きく離れてしまう。またオーロラ発光からの見積もり等では、個々のリコネクション領域の経度方向への広がり数は数 ~ 数十 R_j (Radioti et al., JGR, 2011) であるとされ、Galileo の観測位置によっては磁場観測からでは substorm-like event を検出できていない可能性が危惧された。先行研究では、substorm-like event の発生と木星の狭帯域キロメートル電波 (nKOM) と出現との対応が示唆されている (Louarn et al., JGR, 2001)。本研究ではこの関連性に着目し、nKOM を用いた substorm-like event の同定と出現頻度の導出を行い、磁場の变化から求めた場合と同傾向の結果を得た。また、Galileo が磁気圏尾部の夕方側を観測していた期間には、粒子観測での flow burst や磁場南北成分の大きな変動は見られなかった。しかしこの期間でも nKOM の発生が観測され、substorm-like event が発生していることが示唆された。

これらの結果は、イオ起源のプラズマの供給量が変化することで現象の発生頻度がコントロールされるという、内的駆動メカニズムを支持するものと考えられる。