

人工衛星観測データの大量統計解析による、赤道面上磁気圏境界の磁気圏サブストームに伴う変形の時間・空間・太陽風依存性の解明

#中村 涼太¹⁾, 河野 英昭²⁾

(¹ 九大, (² 九州大学

Statistical Analysis of Substorm-Associated Deformations of the Equatorial Tail Magnetopause Observed by Satellites

#Ryota Nakamura¹⁾, Hideaki KAWANO²⁾

(¹Kyushu University, (²Kyushu University

Substorms are typically categorized into three phases: the growth phase, the expansion phase, and the recovery phase. During the growth phase, southward interplanetary magnetic fields (IMF) arriving from the Sun become anti-parallel to the geomagnetic field at the dayside magnetopause, triggering magnetic reconnection. The reconnected field lines are carried by the solar wind into the magnetotail, where they accumulate. In the expansion phase, a Near-Earth Neutral Line (NENL) forms around 20 – 30 Re in the magnetotail. Magnetic reconnection at the NENL generates high-speed plasma flows directed both earthward and tailward. During the recovery phase, the IMF turns northward, leading to a gradual restoration of the magnetospheric configuration.

This study aims to investigate the deformation of the magnetotail magnetopause associated with substorms by analyzing satellite data near the magnetic equatorial plane. Previous studies have identified two types of transient events: the Temporary Out-going Event, where the GEOTAIL satellite briefly exits the magnetosphere and re-enters [Kawano et al., 2000], and the Temporary Getting-In Event, where the satellite briefly enters the magnetosphere from the outside and exits again [Shirotani, Master's Thesis, 2017]. These events are believed to be associated with substorms: the former with the equatorial tail-plasma flow toward the NENL to compensate the decrease in the plasma density near the NENL due to high-speed plasma flows during the expansion phase, and the latter with magnetic flux accumulation during the growth phase.

A preceding study (Tsukamoto, Undergraduate Thesis, 2022) analyzed approximately nine years of data from the GEOTAIL and WIND satellites, along with the AU/AL indices provided by the World Data Center for Geomagnetism, Kyoto University. By relaxing the event selection criteria from Shirotani's study, Tsukamoto increased the number of identified events and found that the time difference between the substorm onset and the start of the Temporary Out-going Event tends to increase with distance from $X = -30$ Re in the GTL_X coordinate. However, the number of analyzed events was still insufficient in terms of the statistical significance of this feature.

In this study, we aim to improve upon previous results and discover new insights by incorporating additional data from the THEMIS satellites to increase the number of events. In this presentation, we will report on the analysis of all the events consisting of the events newly identified in the THEMIS data and the above-stated GEOTAIL events.

サブストームは成長相、爆発相、回復相の3つに分けられる。成長相においては、地球の昼側で太陽方向からやってくる南向き惑星間空間磁場がマグネットポーズ内の磁気圏磁場との間で反平行になり、磁気リコネクションが発生する。リコネクションでできた磁力線は太陽風により磁気圏尾部へと流されて堆積していく。爆発相においては、磁気圏尾部20~30Re付近にNENLが形成される。NENLでは反平行の磁力線がリコネクションを起こし、地球方向と反地球方向へプラズマの高速フローが発生する。回復相で太陽からやってくる惑星間空間磁場が北向きになることで磁力線の蓄積は徐々に回復し、元に戻る。本研究では、磁気赤道面付近の人工衛星データの解析により、サブストームに伴った磁気圏尾部マグネットポーズの変形の様相を調べることを目標としている。

これまでの研究により、磁気赤道面付近のGEOTAIL衛星が磁気圏内から短期間で磁気圏外に出て、再び磁気圏に戻るTemporary Out-going Event[Kawano et al.2000]と、磁気圏外から短期間で磁気圏内に入り、再び磁気圏外に出るTemporary getting-In Event[城谷修論 2017]について、サブストームと対応のある場合に前者は爆発相でプラズマの高速フローが発生してNENL近傍のプラズマが希薄化したのを埋め合わせる為にNENLと磁気圏境界面の間の赤道面上領域でプラズマがNENLに吸引される影響する影響、後者は成長相で磁力線が磁気圏尾部に蓄積することにより発生すると考察されてきた。

先行研究(塚本卒論 2022)では、GEOTAIL衛星、WIND衛星による観測データと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より公開されているAU/ALデータを用いて約9年間分のデータ解析が行われた。塚本卒論では城谷修論のイベント選定条件を緩和してイベント数を増やすことで、サブストームオンセットからTemporary Out-going Event開始時刻までの時間差とGTL_Xについて、 $X=-30$ Re付近を中心に離れると時間差が大きくなる関係が見られた。しかし、解析されたイベント数は十分ではないため、本研究では、新たにTHEMIS衛星のデータを解析してイベント数を増やすことで、先行研究で得られた結果の向上を目指すと共に、新たな発見を目標とした。本発表では、THEMIS衛星からのイベントと先行研究のイベントを合わせた解析結果について述べる。