

文字列照合等を用いた赤道ジェット電流地磁気変動の特性抽出とその応用

#西口 稜真¹⁾, 吉川 颯正²⁾, 藤本 晶子³⁾

¹⁾ 九大, ²⁾ 九大/理学研究院, ³⁾ 九工大

Search for geomagnetic variation of equatorial electrojet using string matching and its application

#Ryoma Nishiguchi¹⁾, Akimasa Yoshikawa²⁾, Akiko Fujimoto³⁾

¹⁾ Kyushu university, ²⁾ Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, ³⁾ Kyushu Institute of Technology

The strong eastward zonal current near the magnetic equator on the day side (Equatorial Electrojet: EEJ) is enhanced by the crowling effect, especially within ± 3 degree. The EEJ causes significant changes in the ground magnetic field, especially in the north-south component on the dayside. EEJ is superimposed over various physical phenomena, including the interaction between the atmosphere and ionospheric plasma, solar wind disturbances. Thus, it plays a critical role in the coupling of the solar wind-magnetosphere-ionosphere system.

Over 150,000 days of geomagnetic field data has been collected at Kyushu University. It takes an enormous amount of time and effort to manually detect specific patterns from this large amount of data. Therefore, an automatic and quick detection method is needed. Matsuyama (2021) showed that "string pattern matching" is useful for analyzing EEJ geomagnetic variation patterns of EEJ. In the proposed method captured the characteristics of the graph by replacing numerical increases and decreases with strings. By searching for specific string patterns, similar variations are extracted. They also demonstrated the rapid and automatic detection of EEJ variation patterns from hourly magnetic field data. Furthermore, a comparison of search speeds between two string search algorithms, the Knuth-Morris-Pratt (KMP) algorithm and the Rabin-Karp algorithm, revealed that the Rabin-Karp algorithm is effective when searching for longer strings. On the other hand, the characteristics of geomagnetic variation are captured by replacing geomagnetic variation patterns with characters, so if the number of characters to be replaced is small, the original characteristics cannot be captured correctly, resulting in a problem with search accuracy.

In this study, we conducted string conversion on 1-minute low-pass filtered data. We used approximately 4000 days from 2012 to 2018 of magnetic field data collected at the DAVAO [GM Lat.-2.2] station. We found that 12 and 18 characters could represent 70% and 99% of the total variation pattern, respectively. This method enables the extraction of typical EEJ, morning CEJ, and afternoon CEJ patterns under quiet conditions from over 4000 days of data in approximately 0.2 seconds, using a standard PC. This high search speed allows for more efficient analysis compared to traditional manual extraction techniques. In this presentation, we will discuss the results of classifying the variation patterns of the extracted EEJ using string matching. Furthermore, we plan to discuss the classification of various types of events, including DP2-type events, sudden geomagnetic variations caused by solar flares (solar flare effect: SFE), and events that take place during complex magnetic disturbance.

昼側磁気赤道付近には、強い東向きの帯状電流（赤道ジェット電流：EEJ）が流れており、特に $\pm 3^\circ$ 以内はカウリング効果によって強化されている。EEJは地上磁場に大きな変動をもたらす、その南北成分が昼側で卓越する変動パターンとして観測されてきた。EEJは、大気と電離圏プラズマの相互作用や太陽風の擾乱現象など様々な物理現象が重畳することから、その変動を解析することにより、太陽風-磁気圏-電離圏結合系の理解が進むことが期待される。

地上磁場データは、九州大学が40年に亘り蓄積した15万日以上データのデータを含め、世界中で大量のデータが蓄積されている。この大量のデータから、特定の変動パターンを手動で検出するには膨大な時間と手間がかかる。そのため、変動パターンを自動かつ高速に抽出する手法が必要である。松山(2021)にてEEJの地上磁場変動パターンの解析には、文字列照合という手法が有用であることが示された。提案された文字列照合を応用したEEJ検出法では、数値増減を文字に置き換えることでグラフの特徴を捉え、特定の変動パターンを文字列として検索することで類似した変動を抽出する。同論文では、1時間値の磁場データからEEJの変動パターンを高速に自動検出できることを明らかにした。更に、KMP法とRabin-Karp法の2種類の文字列検索アルゴリズムの検索速度の比較することにより、検索する文字列が長い場合はRabin-Karp法が有効であることが示された。一方で文字列検索は、地磁気変動パターンを文字に置き換えることで変動の特徴を捉えるため、置き換える文字の種類が少ないと、正しく元の特徴を捉えることができず、結果として検索精度に問題があることも示唆されている。

本研究では、ローパスフィルタをかけた1分値のデータに対して文字列化を行い、性能評価を行った。用いたデータは磁気赤道域のDAVAO [GM Lat.-2.2] 観測点における2012年から2018年の7年間に取得された約4000日分の磁場データである。1日の変動パターンは、12文字で全変動パターンの約70%を表すことができ、18文字以下で全体の約99%を特定できる。この検索手法を用いると、例えば、標準的なPCを用いて、静穏時における典型的なEEJや朝型逆ジェット電流(CEJ)、夕方CEJの発生イベントの分離・抽出なども、上記4000日分のデータに対して約0.2秒で完了する。この検索スピードは従来型の目視による現象抽出に対して、飛躍的な高効率解析を可能とする。本発表では文字列照合によって抽出したEEJの変動パターンを分類した結果について報告し、更にDP2タイプイベント、太陽フレアによる突発的な地磁気変動(太陽フレア効果:SFE)、複合的な磁気擾乱イベントなどの、分離抽出についても議論する予定で

ある。