

宇宙天気予報への応用に向けた極域電離圏プラズマ対流および電流系モデル

Polar ionospheric plasma convection and current models having space weather applications

田口 聡[1], 林崎 勇[2]

Satoshi Taguchi[1], Isamu Hayashizaki[1]

[1] 電通大・情報通信, [2] 電通大・電子

[1] Univ. of Electro-Communications

宇宙天気予報への応用を考慮し、DE2 衛星観測の電場データに基づく完全に定量的な電離圏プラズマ対流および電流分布のモデルを構築することを目的とする。電場を積分したポテンシャルデータを用い、各パスに対して、極大、極小の値と位置、さらにゼロ点の位置に注目し、これらと太陽風パラメタとの関係を明らかにすることにより、ポテンシャルモデル、すなわち、対流モデルを構築した。次に、妥当なコンダクタンスモデルを仮定し、構築したポテンシャル分布と合わせることで電流分布を求め、それより地上磁場変動を算出し、実際の地上磁場観測と比較する。この差を評価し、モデルへフィードバックを行い、モデルを高精度化した。

過去数十年にわたる極域電離圏の直接および遠隔観測、あるいは地上磁場を用いたモデル計算等により、電離圏プラズマ対流および電流系の様相、とりわけ、太陽風パラメタに対する振舞いは、かなりの程度まで明らかになってきた。人工衛星による直接観測は、精度の高いデータを提供し、この振舞いの理解に大きな貢献をしてきているが、軌道に沿った1次元観測であるため、それを多数集めて統計解析することにより得られたこれまでの電離圏対流モデルは、半定量的なもの、すなわち、プラズマの流れ方には定量性があるが太陽風パラメタのコントロールに関しては定性的であるものにとどまっている。本研究では、1年半にわたる DE2 衛星観測の電場データに基づく完全に定量的な電離圏プラズマ対流および電流分布のモデルを構築することを目的とする。宇宙天気予報への応用を考慮し、太陽風パラメタを入力としてモデルを表現することを試みる。

まず、電場を積分したポテンシャルデータを用い、各パスに対して、極大、極小の値とそれらの位置、さらにゼロ点の位置に注目する。これらの値は、対流の強さ、対流セルなどの分布に関わる重要なパラメタである。これらの情報だけを使い衛星の軌道に沿ってスプライン補間すると、実際のデータに近いものが再現できることがわかった。上記の位置に関するパラメタは、Y-Z 面内の IMF の向きと南向き磁場の大きさとに強い相関をもち、これらの関数として表現した。ポテンシャルの極大、極小の大きさに関してはローカルタイムの依存性を仮定し、IMF の Y-Z 面内の大きさと太陽風速度の関数として表現した。これらのいくつかの関係をもとに任意の太陽風条件に対応できるポテンシャルモデルを構築した。モデルに真北から朝夕方向に回転する IMF を与えると、高緯度に太陽方向の流れを引き起こす2つの対流セルに低緯度側の2つの小さいセルが伴っている形状から“標準的な”より大きな2セルパターンへと変化していく様子を再現できた。

次に、モデルを高精度化するため、上記の方法で同定できない空間および時間スケールの対流をモデルに取り込む。妥当なコンダクタンスモデルを仮定し、構築したポテンシャル分布と合わせることで電流分布を求め、それより地上磁場変動を算出し、実際の地上磁場観測と比較する。この差を評価し、モデルへフィードバックを行う。IMF 北向き時に対して算出した磁場変動は、実際の観測（たとえば Thule における観測値）と変化のトレンドに関して良い一致を示すことが多いものの、南向き IMF 時の夜側電離圏ではしばしば不一致を示す。これは、明らかにサブストームに固有の時間・空間スケールに対する調整が必要であることを意味する。いくつかの地上ステーションにおける磁場変動の観測値と計算値との差の時間発展に対して太陽風磁場の時間変化の観点から検討を加え、その結果をもとにポテンシャル分布を決めるパラメタの関数形に調整を加えてモデルを高精度化する。