

## ニューラルネットワークを用いた静止軌道MeV電子フラックス増大予測

### Prediction of High-Energy Electron Flux at Geosynchronous Orbit by using the Neural Network

中村 祐輔<sup>1\*</sup>, 北村 健太郎<sup>1</sup>, 徳光 政弘<sup>2</sup>, 石田 好輝<sup>2</sup>, 亘 慎一<sup>3</sup>

Yusuke Nakamura<sup>1\*</sup>, Kentarou Kitamura<sup>1</sup>, Masahiro Tokumitsu<sup>2</sup>, Yoshiteru Ishida<sup>2</sup>, Shinichi Watari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>徳山工業高等専門学校, <sup>2</sup>豊橋技術科学大学, <sup>3</sup>情報通信研究機構

<sup>1</sup>Tokuyama College of Technology, <sup>2</sup>Toyohashi University of Technology, <sup>3</sup>NICT

静止軌道における衛星の内部帯電現象のために引き起こされる衛星の誤作動・故障の原因は、MeV以上のエネルギーを持つ高エネルギー電子であることが知られている。そのような障害を防ぎ、衛星の運用を安全に行うために、高エネルギー電子フラックスが危険なレベルに達することをあらかじめ知り、必要な対策を練ることが重要となる。また、高エネルギー電子フラックスの増加は、太陽風速度の変化や、地磁気の変化と相関があることも知られている。そのため、高エネルギー電子の増加を予測する経験的予測モデルが必要となる。本研究では、非線形であるニューラルネットワークを用い、地上データと太陽風データを組み合わせ、7年分のデータを学習させることによって、24時間後の電子フラックス量の予測精度を最適化させることを目的とする。まず、ニューラルネットワークに用いる入力データ、中間層パラメータの検討を行った。入力データはGOES10の2MeV以上の電子フラックスの現在値(E)、ACEで観測された太陽風速度(Vsw)、惑星空間磁場南北成分(Bz)、世界標準時間(UT)、イプシロンパラメータの過去3日分の積分値( $\Sigma \epsilon$ )、Dst指数、AE指数、Dst指数の過去3日分の積分値( $\Sigma Dst$ )を用いた。これらのデータに対し、以下の3通りのケースについて、中間層パラメータを変更して実験を行った。(1)太陽風データのみの場合(E, Vsw, UT, Bz,  $\Sigma \epsilon$ )、(2)地上データのみの場合(E, UT, Dst, AE,  $\Sigma Dst$ )、(3)太陽風データと地上データを組み合わせた場合(E, Vsw, UT, Dst, AE)。その結果、(3)の太陽風データと地上データを組み合わせた場合において、ニューロン数は5個以上、中間層数の上限を4層までとすることで予測効率が大きく改善されることがわかった。次に上記に示した入力データのうち、出力結果に対する依存性を明らかにするため、ネットワークの視覚化を行った。ネットワーク構造を簡単にするために、中間層数を1層、ニューロン数を6個として解析を行った。ニューロンの結合係数の重みから寄与率を定義したところ、寄与率の大きいパラメータは、Dst指数、Vswであることがわかった。この結果より、電子フラックスの増大に寄与するのは、従来知られている太陽風速度の他に、地上データとしてDst指数の寄与が大きいことが明らかになった。

キーワード:ニューラルネットワーク,高エネルギー電子,内部帯電

Keywords: Neural network, High-energy electron flux, Deep electrical charging