

自然電波の伝搬モード推定に対する 機械学習の利用の検討

鈴木 綾人, 後藤 由貴, 笠原 禎也, 南保 英孝 (金沢大学)

1. はじめに

オーロラキロメートル放射(AKR)は、地球の両極域の高度 2,000 から 19,000 km のオーロラ磁気線に沿って広がる波源から放射される強力な電磁波であり、月を周回する「かぐや衛星」でも明瞭に観測されている [1]。かぐや衛星の運用された約1年半の期間において、AKR は最も頻繁に観測された自然電波のひとつであり、その解析は現在も進められている。図 1 にかぐや衛星で観測された AKR の電界スペクトルを示す。横軸に時刻、縦軸に周波数、色により電界強度を示している。AKR には R-X モードと L-O モードの 2 つの伝搬モードがあり、このモードを特定することが、AKR の発生機構の解明につながる重要な情報となる。

AKR の伝搬モードを特定するには、偏波の向きに加え、波源が南北半球のどちらであるかを知る必要があり、観測条件が厳しいことから、ごく一部のデータに関してのみモードの特定が可能であるのが現状である。そこで、本研究では、この AKR の伝搬モードを観測された電界スペクトルのみに基づき判別できるかを教師ありの機械学習を用いて検討を行った。

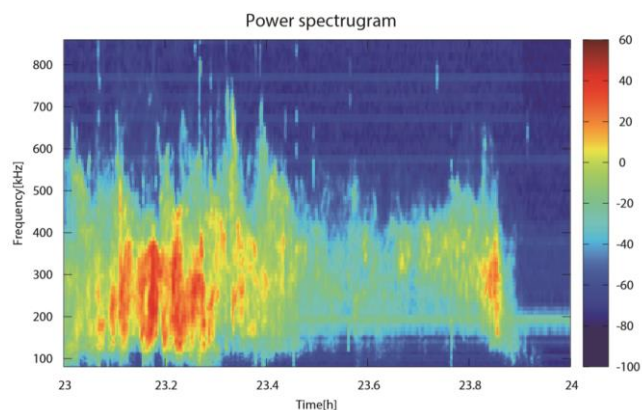


図1. AKR の電界スペクトル

2. 畳み込みニューラルネットワークによるモード分類

AKR の伝搬モードの判別に畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を利用した。伝搬モードが既知のスペクトル画像(図 1 のようなもの)を、周波数を 280kHz、時間を 64 秒間隔でメッシュ状に分割して 32×32 画素のデータとし、それぞれ R-X モード、L-O モード、現象なしの 3 クラスにラベリングして教師データとした。現象の有無の判定には、電界直交 2 成分のコヒーレンスが 0.5 以上である部分が領

域の 60% 以上であるかどうかを基準とした。学習では、各ラベルの個数が同じになるようにし、その後、学習に使っていないデータを含む全データに対してテストを行うことで未知のデータへの汎用性を確認した。

3. 結果

始めに 3 クラスを同時に分類した。学習データの分類については、5 分割の交差検定で精度は 90%程度になった。この学習器を使って、全データに対して分類した結果を表 1 に示す。縦軸がラベル、横軸が分類結果である。L-O モードのデータはもともと少なく、テストデータがすべて学習データに入っているため、正しく分類されているが、他のラベルに関しては正しく分類できなかった。

表1:適用結果

	R-X	L-O	現象なし
R-X	812	232	102
L-O	9	469	12
現象なし	3840	1227	4933

次に、分類を 2 段階に分けて行った。最初の学習器で現象の有無を判定し、現象ありと判定されたデータに対して、2 段階目の学習器でモード判定を行った。これにより学習に用いるデータ数の問題が改善できると期待される。2 段階目の学習器に対してテストを行った結果、1 段階目の学習器の精度は 88%を越えていた。しかし、2 段階目の学習器での分類は精度が 40 から 50%程度で正しく分類ができなかった。R-X と L-O のみのデータに対してテストを行っても精度は上がりず、40 から 50%程度であった。

4. まとめと今後の課題

本研究では、機械学習を用い、AKR の伝搬モードを推定できるか検討を行った。結論として、適用した入力データからではモードの分類が難しいことが分かった。今後、教師データの量を増やしたり、入力データのサイズを見直したりすることで分類できるようになるか確認する予定である。

参考文献

- [1] Hashimoto et al., Auroral Dynamics and Space Weather Understanding and Applications, AGU Geophysical Monograph Series, Wiley, 255-273, 2015.