

第1章

NASA公開データセットを使って
LSTM (長・短期記憶) モデルを試す

ご購入はこちら

人工衛星のテレメトリ・データ
で異常検知AIを試してみる

廣川 類

本稿では、NASAが実際に運用している衛星や火星探査機から送信されたデータを用い、LSTM (Long Short-Term Memory, 長・短期記憶) モデルによる異常検知をPythonで実装し、その仕組みを段階的に解説します。

LSTMは、リカレント・ニューラル・ネットワーク (RNN) の一種です。時系列データや自然言語処理において、長期的な依存関係を学習する能力に優れており、従来のRNNが抱えていた勾配消失問題を克服するために開発されました。

ここでは人工衛星のデータを対象にしますが、他の産業において取得された時系列データにおいても同様の手法の適用が可能です。人工衛星が異常状態に陥ることは稀なことであり、これは一般の製造装置にも言えることからです。

衛星運用の課題

● 人工衛星のミッションは10年以上、人間がつききりでモニタするのは難しい

地球を周回する人工衛星や、月や火星に向かう宇宙機において、搭載機器の故障は衛星/宇宙機の喪失に直結します。

衛星/宇宙機には、各搭載機器の状態をモニタするために、多くのセンサが搭載されており、地上の管制官が搭載機器の健康状態を常時モニタし、異常を検出して有効な対策を実行します。しかし、数年から長い場合は10年以上にわたる人工衛星/宇宙機の長いミッション期間中に24時間体制で常時モニタを継続し、また、機器の故障に関する専門性を有するエキスパートを常時確保することは容易ではありません。特に火星などの深宇宙ミッションになった場合には、通信時間が多くかかるため、異常を検出し、対応するまでに時間 (火星の場合は、往復40分かかることもある) を要し、即時対応が困難という課題があります。

● 数千機の衛星を打ち上げることも…常時モニタは難しい

最近では、Space XのStarlinkのように低軌道 (高度350k ~ 600km程度の地球周回軌道) を中心としたコンステレーション (複数の衛星により同一ミッションを行う) が構築されるようになりました。数千機の衛星からなるStarlinkのようなプロジェクトでは、従来のように人間が各衛星の健康状態を常時モニタすることは困難となり、故障検知を含めた運用の自動化が進みつつあります。

公開されているデータセットを使って
異常検知AIを試してみる

● 衛星や宇宙船のデータセットが公開されている

衛星の健康状態のモニタをAIの適用により自動化する試みは以前から各国の宇宙機関を中心に行われています。NASAは、実際の宇宙機 (人工衛星) からテレメトリ・データとして取得されたデータセットを用いて、AIを適用した異常の自動検出の検討を行っています⁽¹⁾。この宇宙機は、次の2つです。

- L帯合成開口レーダにより地球全体の土壤水分を観測する人工衛星SMAP (Soil Moisture Active Passive)
- 火星にローバを送るミッションで使用された宇宙船MSL (Mars Science Laboratory)

欧州の宇宙機関ESAは、ESA-ADB (ESA Anomaly Detection Benchmark) と呼ばれる大規模なデータセットを公開しています⁽²⁾。ESAは、このデータセットを題材とした異常検出コンテストをKaggleで実施しています。

● データはタグ付けや正規化実施済み、容易に試せる

本稿では、人工衛星SMAPで取得されたデータを用いて、異常検出のデモを行います。このデータは、専門家がタグ付けした状態で公開されており、データの正規化も実施済みです。このため、Pythonツール (PandasやTensorFlowなど) を用いて異常検知手法