



Title	非負値行列因子分解を用いた電力設備の異常検出に関する研究
Author(s)	田邊, 昭博
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/98691
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 （ 田 邊 昭 博 ）	
論文題名	非負値行列因子分解を用いた電力設備の異常検出に関する研究
<p>論文内容の要旨</p> <p>高度経済成長期に敷設された社会インフラの老朽化が問題になっている。老朽化インフラを補修したり、新しいものに置き換えるためには、金銭的、人的リソースが必要となるが、必ずしも潤沢とはいえない。このような状況で社会インフラの予防保守の重要性が高まっている。そこで本研究では、特に電力設備の予防保全に着目する。電力設備における故障の原因となる予兆として部分放電(PD)が生じることが知られている。PDは、一般に地中送電線の絶縁体界面のボイド（空隙）や突起などに電界が集中することで発生する放電現象であり、PDの検出とそのパターンの分析は、地中送電線の劣化診断において重要となる。PDを検出するために、地中送電線内の交流電圧から放電パルス集計した時系列データを対象とする。本論文では、地中送電線内のPD検出のために、時系列データに非負値行列因子分解(NMF)を適用することを提案する。NMFにより分解された基底行列とその係数行列は、放電パターンおよび、各パターンの寄与度を時系列に表したものと解釈することができる。またNMF再構成誤差に着目した基底数の決定方法についても述べる。提案手法は多くのデータを必要とせず、教師情報なしで動作する。また時系列中に未知のPDパターンが生じて基底を追加することにより追従可能である。PDを含むデータを用いた実験では、逐次的にデータを追加する実運用に近い環境において、部分放電パターンが検出・追加できることを確認した。PDの研究は80年近く続き今なお盛んに取り組まれているが、NMFを用いた異常検知方法は、本研究が初めてとなる。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (田 邊 昭 博)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	櫻井 保志
	副 査	教授	三浦 典之
	副 査	准教授	前川 卓也
	副 査	准教授	松原 靖子

論文審査の結果の要旨

電力機器内における部分放電の検出は機器故障の原因となることから、古くから研究されてきた。しかし、実際のデータが不足していることに加え、測定環境、測定方法など様々な要因により異なるパターンを示すことが知られており、深層学習に代表される大規模データを用いた教師あり学習による検出は困難である。本論文は、非負値行列因子分解を用いた教師なし学習により、地中送電線における部分放電信号をいくつかの代表パターンに分解する方法を提案したものである。また実際の運用を想定し、データが逐次的に取得される場合においても本手法を適用できるようにアルゴリズムの拡張を行っている。本論文では、人工データと実データの両方で評価実験を実施し手法の有効性が検証されている。具体的には、以下の成果を得ている。

〔オフライン部分放電検出〕

部分放電を検出するための特徴表現であるpqmマップを時系列に蓄積したデータ行列に対し、非負値行列因子分解を適用した。分解により得られた行列は、部分放電の特徴を表すpqmマップと、その寄与度を表す時系列パターンであるとみなすことができる。また、非負値行列因子分解の基底数の決定方法に関して、再構成誤差最小化基準を提案し、その妥当性を実験において検証した。

〔オンライン部分放電検出〕

実際の運用を想定した場合、データは逐次的に追加されるため、未知のパターンが出現することが想定される。本研究では、再構成誤差を用いた部分放電検出アルゴリズムを、逐次的にデータが追加された場合でも基底画像を追加できるオンラインアルゴリズムに拡張した。またデータ圧縮の観点から増えすぎた基底を集約する方法についても提案した。実験では人工データと実データの両方でこれらの妥当性を検証した。

以上の研究成果は、部分放電検出において環境に依存せず汎用的に適用可能な手法である。さらに実運用を想定した場合でも、既知のデータや事前知識の存在なしに適用可能である。また、将来的に深層学習などを利用したより精度の高いモデル構築を行うためのデータ収集にも利用できる。本論文は部分放電の検出を目的としたpqmマップを扱うすべての研究、運用において、初期分析、手法の比較、定性評価などに利用可能であることから、この分野における共通のベースラインとして今後大きく貢献するものであると期待できる。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。