

修士学位論文要約（令和4年3月）

## 気象条件を考慮した配電用ポリマーがいしの 漏れ電流発生量の予測手法に関する研究

石関 智哉

指導教員：斎藤 浩海， 研究指導教員：八島 政史

### Study on Prediction Method of Leakage Current Generation of Polymeric Insulators for Distribution Lines Based on Meteorological Conditions

Tomoya ISHIZEKI

Supervisor : Hiroumi SAITOH, Research Advisor : Masafumi YASHIMA

Compared to conventional porcelain insulators, polymeric insulators are easier to work because of their lightness, and have better withstand voltage performance under discharge, rain, and contamination conditions due to their higher hydrophobicity. On the other hand, the use of polymeric materials for the outer coating raises concerns about their deterioration over time and clarifying the long-term performance in the polluting and humid environment unique to Japan is an important issue for practical application. In this study, based on the results of voltage applied exposure test for polymeric insulators, we developed prediction models of leakage current generation and analyzed meteorological conditions which affect leakage current generation.

#### 1. はじめに

外被材にシリコンゴムを使用したポリマーがいしは、従来の磁器がいしと比較して、軽量で作業性に優れ、撥水性による耐汚損性能も良好であることなどから、電力流通設備への導入が国内でも進んでいる<sup>1)</sup>。一方で、外被にポリマー材料を使用しているため、その経年劣化が危惧されており、特に我が国特有の汚損湿潤環境における長期性能を明らかにすることが、実適用を図る上での重要課題となっている<sup>2)</sup>。





本研究では、がいしの漏れ電流発生量の変動予測に対して、機械学習手法の一つである Neural Network を適用し、気象条件に基づくポリマーがいしの漏れ電流発生量の予測モデルの構築を行った。作成したモデルを用いて漏れ電流発生量の予測を行うとともに、予測に影響を及ぼす気象条件について分析した。

#### 2. 課電曝露試験の概要

がいしの課電曝露試験は、東北電力／東北電力ネットワーク管内の重塩害地区である、青森県五所川原市脇元地区および山形県鶴岡市加茂地区の2地点で、2006年12月より実施されている。この課電曝露試験では、ポリマーおよび磁器性の耐張型がいしとピン型がいしの4種類のがいしを使用している(表1)。

試験は6.6kV実配電線路の約1m下に設けた試験線路で行われており、漏れ電流計測データ(1分毎)および気象観測データ(10分毎)を取得している。

表1 供試がいし

	ポリマーがいし		磁器がいし	
	耐張型	ピン型	耐張型	ピン型
外観形状				
表面漏れ距離	381 mm	390 mm	370 mm × 2	300 mm

#### 3. 予測モデルの概要

Neural Network とは生物の神経細胞の信号伝達過程および学習過程を数学的にモデル化した非線形モデルであり、重回帰分析と比較して入力データセットに内在する相関(多重共線性)の影響を受けにくいという特徴がある<sup>3)</sup>。本研究では、図1に示す順伝播型3層 Neural Network を使用した。

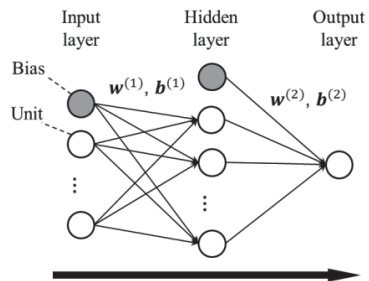


図1 順伝播型 Neural Network <sup>4)</sup>

時刻  $t$  の入力値 (ベクトル) を  $\mathbf{x}_t$ , 中間層出力値 (ベクトル) を  $\mathbf{h}_t$ , 出力値を  $y_t$  とすると, 順伝播計算は以下のように表される。ただし,  $\mathbf{w}$ ,  $\mathbf{b}$  はパラメータ行列とベクトル,  $f$  は活性化関数である。中間層の活性化関数には ReLU, 出力層の活性化関数には恒等関数を使用した。

$$\mathbf{h}_t = \mathbf{f}^{(1)}(\mathbf{w}^{(1)} \cdot \mathbf{x}_t + \mathbf{b}^{(1)}) \quad (1)$$

$$y_t = \mathbf{f}^{(2)}(\mathbf{w}^{(2)} \cdot \mathbf{h}_t + \mathbf{b}^{(2)}) \quad (2)$$

2007年1月～2016年12月の五所川原における試験データを用いて学習を行った。モデル作成に使用した入出力データの一覧を表2に示す。

表2 モデル作成に使用した入出力データ

入力値 No.	項目	時点	単位
1		現在 (0時間前)	
2		1時間前	
3	北方風速 (北向き正)	2時間前	m/s
4		3時間前	
5		4時間前	
6		5時間前	
7~12	東方風速 (東向き正)	"	m/s
13~18	気温	"	°C
19~24	湿度	"	%
25~30	気圧	"	hPa
31~36	累積降雨量	"	mm
出力値			
	漏れ電流積算値	現在 (0時間前)	μA・h

予測精度を評価するための指標として, 以下に示す  $R^2$  (決定係数) を用いた。ただし,  $y_t$  は真値,  $\hat{y}_t$  は予測値,  $\bar{y}_t$  は真値の平均値である。

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum (y_t - \bar{y}_t)^2} \quad (3)$$

#### 4. 漏れ電流発生量の予測結果と影響要因の分析

作成したモデルを用いて, 2017年1月～12月の五所川原における, ピン型ポリマーがはいしの漏れ電流発生量の予測を行った。予測結果の一部を図2に示す。真値を青色の破線, 予測値を赤色の実線で示した。1年間の予測を行った結果, 特に漏れ電流発生が多い1月, 12月などで  $R^2$  (決定係数) が比較的大きく, 実際の漏れ電流発生量の変動に対して予測がよく当てはまっていることが分かった。

入力データとして使用する各気象要素の影響を評

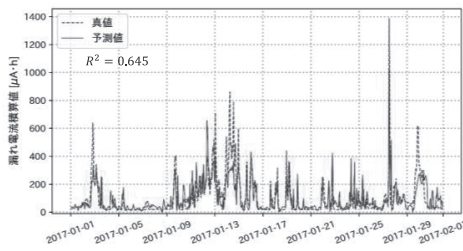


図2 漏れ電流発生量の予測結果の例

価するため, 表2に示した6項目の気象データから1項目ずつ除外して予測モデルを作成し, 漏れ電流発生量の予測を行った。図3に各モデルの予測精度を示す。

図3より, 特に東方風速, 湿度および降雨量のデータをそれぞれ除外した予測モデルについては, 6項目の気象データを使用した予測モデルと比較して予測精度が低下していた。このことから, 東方風速, 湿度および降雨量のデータは, 予測精度の向上に与える影響が比較的大きいと考えられる。また, 湿度のデータを除外した場合に最も予測精度が低下したため, 漏れ電流発生量の予測に対して, 湿度の影響が最も高いと考えられる。

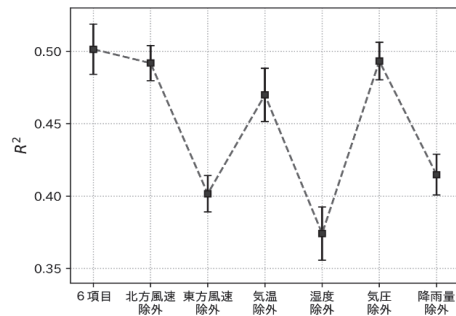


図3 使用する気象項目による予測精度の変化

#### 5. まとめ

機械学習手法の一つである Neural Network を用いて, 気象条件に基づくポリマーがはいしの漏れ電流発生量の予測モデルの構築を行った。また, このモデルを使用することで, 漏れ電流発生に影響を及ぼす気象条件の多変量解析を検討した。今後は, 気象条件に加えて, ポリマーがはいし表面の塩分付着量や撥水性の変化についても予測モデルの入力情報として組み込むことで, 漏れ電流発生に対する影響要因の総合的な評価が必要であるとされる。

#### 文 献

- 1) 電気学会:「屋外用ポリマー絶縁材料の性能評価・改質技術」, 電気学会技術報告, 1383号, pp. 3-4, 6-7, 10-12, 18-19, 24 (2016)
- 2) 本間 宏也, 畔柳 俊幸, 石野 隆一, 高橋 毅:「自然環境下における高分子がはいしおよび磁器がはいしの漏れ電流特性比較」, 第35回電気電子絶縁材料システムシンポジウム, L-9, 芝浦工業大学 (2004)
- 3) 中谷 祐介, 石崎 裕大, 西田 修三:「深層学習を用いた感潮河川の水質変動予測」, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 73, No. 4, I\_1141-1146 (2017)
- 4) 岡谷 貴之:「深層学習」, 講談社, pp. 7-27 (2015)