

冬季雷地域における超高压送電線路の 効果的な送電用避雷装置の設置方法について

新屋 輝^{*1} 田村直人^{*2} 熊田一雄^{*3}

1. 序論

北陸地方は冬季雷が頻繁に発生する地域として知られており、冬季雷によって超高压送電線路の2回線事故がしばしば発生し停電に至ることから、対策が望まれていた。

対策として超高压用の送電用避雷装置が開発されているが、非常に高価であり、費用対効果を考慮すると雷事故頻度の高い箇所限定して設置する必要がある。

本論文では、冬季雷地域を通過するAおよびBの超高压送電線について、雷事故頻度を推定するために重回帰分析や判別分析を行ったので、その手法について述べる。

2. 雷事故頻度多発鉄塔の特定

(1) AおよびB超高压送電線の位置

AおよびB超高压送電線の位置を第1図に示す。これらの送電線は福井県の南西部に位置している。

A送電線は海岸からの距離が6km以内に位置し、海岸と平行に走っており、また標高50mから700mの山岳地帯を通過している。B送電線は内陸部へ向けて走っており、標高70mから620mの山岳地帯を通過している。

(2) AおよびB送電線の諸元

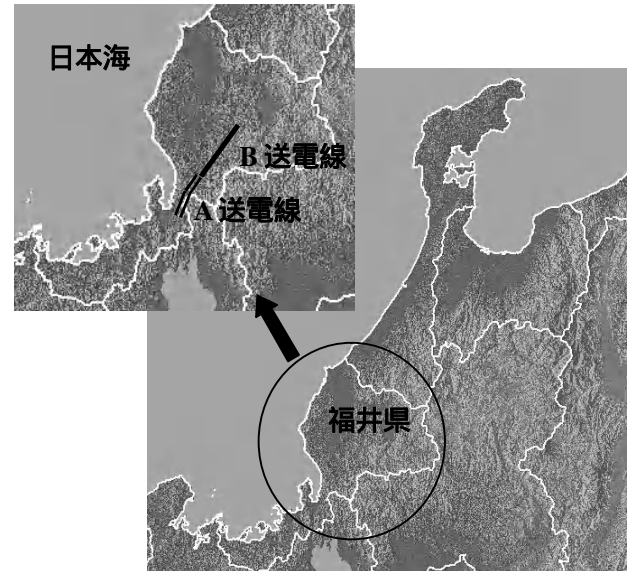
第1表にAおよびB送電線の諸元を示す。

AおよびB送電線は同等の鉄塔高および遮蔽角を有しており、また山岳地帯を通過している。

(3) 雷事故実績

解析に用いた雷事故の実績は、両送電線が建設されてからの13年間のデータを用いた。(n=25)

重回帰分析の従属因子は「各鉄塔における雷事故頻度」とし、独立変数として「鉄塔座標」「標高」「傾斜」「開放度」「曲率」などの地形



第1図 AおよびB超高压送電線の位置

第1表 AおよびB送電線の諸元

	A線	B線
電圧	275kV	275kV
回線数	2cct	2cct
こう長	19km	31km
鉄塔基数	49	77
架空地線条数	2	2
遮蔽角	7°	7°
平均塔高	63m	65m
標高	50 ~ 700m	70 ~ 620m
海岸からの距離 (北西方向)	0 ~ 21km	20 ~ 34km

因子のほかに、特定因子として「鉄塔高」「塔脚接地抵抗」などの雷事故に関する因子を選定した。地形因子は、50mメッシュ地形データによって数値化した。

なお、特定因子の例を下記に示す。

[特定因子]

- 海岸からの距離
- 鉄塔高
- 塔頂標高
- 塔脚接地抵抗
- 半径2km内100kA*以上の雷撃頻度(LLS)

100kA*: 275kV送電線路において塔頂雷によりトリップ事故に至る雷撃値

*1 電力流通部 送電チーム

*2 富山支店 富山電力部

*3 石川支店 金沢電力部 工務課

全鉄塔基数(n= 126)に比較して事故数(n= 25)が非常に少ないため、普通の方法で雷事故推定式を作成しても高い相関係数は得られなかった。(約0.4)

そのため、下記の方法で雷事故を強調した推定式を作成することとした。

- 雷事故頻度を強調するため、雷事故のあった鉄塔のみを抽出した上で重回帰分析を行い、雷事故頻度推定式を作成する。
- 上記の強調式を全鉄塔に展開し、各鉄塔の雷事故頻度を推定する。
- 雷事故のあった鉄塔のみで雷事故推定式を作成したため、「事故がない」という情報は、雷事故推定式の中に含まれておらず、正確に雷事故鉄塔を推定しているとは言えない。そのため判別分析を行い、雷事故発生の有無を推定し、雷事故推定式の結果を補足する。

(4) 分析結果

A および B 送電線で雷事故実績のあった 13 基をもとに雷事故頻度の推定式を作成した。推定式には雷事故と関連のある地形因子が選択された。

(1)に重回帰分析の式を示す。

$$Y = -0.195820 + 0.002081 * A_1 - 0.013086 * A_2 + 0.008393 * A_3 + 0.127699 * A_4 \quad (1)$$

Y: 雷事故頻度(回/13年間)

A₁: 塔頂標高(m)

A₂: 西方向海岸からの距離(km)

A₃: 西側 4km 開放度(°)

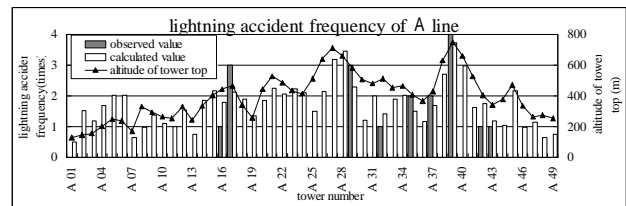
A₄: 塔脚接地抵抗()

雷事故推定式は冬季雷に関連した因子が選択されるとともに、次に示す冬季雷の性質を表している。

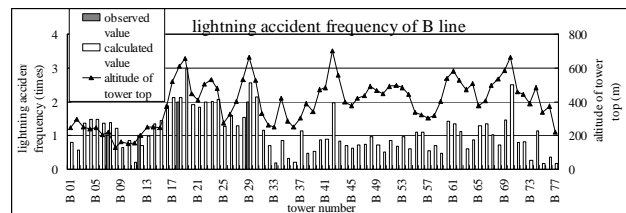
- 塔頂標高が高いほど、雷事故が発生する。
- 海岸から離れるほど、雷事故は少なくなる。
- 雷雲が流れてくる方向に開けているほど、雷事故が発生する。

ど、雷事故が発生する。

- 塔脚接地抵抗が高いほど、雷事故が発生する。(鉄塔電位上昇による逆フラッシュオーバの発生)



第 2 図 A 送電線の雷事故実績および雷事故推定結果



第 3 図 B 送電線の雷事故実績および雷事故推定結果

(5) 判別分析

A および B 送電線の雷事故実績あり 13 基、雷事故実績なし 113 基のデータをもとに、判別分析を行った。独立変数は雷事故頻度と関連の高い地形因子と特定因子が選択された。判別分析により得られた式を(2)に示す。

$$Y = -3.4869 + 0.0069 * B_1 - 0.0542 * B_2 + 0.0132 * B_3 + 0.1137 * B_4 + 0.0043 * B_5 - 0.0027 * B_6 \quad (2)$$

Y: 判別値

B₁: 塔頂標高(m)

B₂: 北西方向海岸からの距離(km)

B₃: 塔脚接地抵抗()

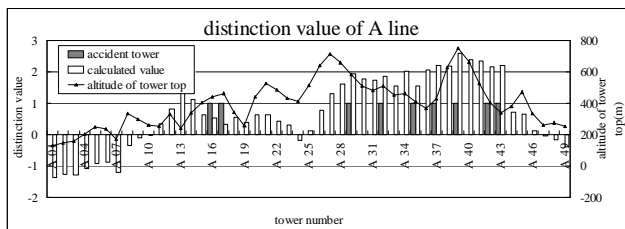
B₄: 半径 2km 内 100kA 以上の雷撃頻度 (LLS)

B₅: 北西 4km 起伏(m)

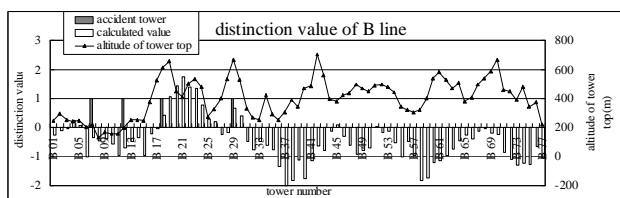
B₆: 東西 1km 傾斜(m)

判別式は冬季雷に関連した因子が用いられるとともに、次に示す冬季雷の性質を表している。

- 海岸から離れるほど、雷事故は減少する。
- 塔脚接地抵抗が高いほど、雷事故が発生する。（鉄塔電位上昇による逆フラッシュオーバの発生）
- 100kA 上の雷撃頻度が多いほど、雷事故は発生する。



第4図 A送電線の雷事故実績と判別値



第5図 B送電線の雷事故実績と判別値

3. 結論

地形因子と雷事故頻度に関連する特定因子をもとに重回帰分析と判別分析を行い、A および B の超高圧送電線における雷事故頻度を特定した。

雷事故実績に基づいた推定式は、塔頂標高が高いほど、海岸から近いほど、塔脚接地抵抗が高いほど事故が多いという冬季雷の様相に一致している。よって、得られた式は雷事故頻度の推定に効果的であると言える。

鉄塔基数に比べ事故実績が少ない場合、重回帰分析だけでなく判別分析を用いることで、事故発生確率を推定する上で効果的である。

(6) 送電用避雷装置の設置

雷事故推定値および判別値の高い鉄塔について送電用避雷装置を設置することとしたが、下記の項目について1基1基チェックを行い、最終的に設置鉄塔を決定した。

- (1) 鉄塔周辺の微地形(山頂, 尾根, 谷, 傾斜など)を 1/50,000 地形図でチェックし, 尾根地形にある鉄塔に設置されていることを確認した。
- (2) 塔脚接地抵抗をチェックし, 接地抵抗が高い鉄塔に設置されていることを確認した。
- (3) 半径 2km 内 100kA 以上の雷撃頻度 (LLS) についてチェックを行い, 頻度の高い鉄塔に設置されていることを確認した。
- (4) 雷観測カメラによる雷撃頻度をチェックし, 雷撃頻度の高い鉄塔に設置されていることを確認した。