

# 送電鉄塔建設における落雷頻度算出

## のためのニューラルネットワークの構築

佐藤 徳昭<sup>1)</sup>・本田 親久<sup>2)</sup>・大坪 昌久<sup>2)</sup>・竹之内 修<sup>3)</sup>

### Construction of the Neural Network for the Lightning Strokes Frequency Calculation in Transmission Tower Construction

Noriaki SATOU, Chikahisa HONDA, Masahisa OTSUBO, Osamu TAKENOUCI

#### Abstract

*In info-communication society, dependence on electricity rises more and more. Therefore, good quality and stable electric power are being demanded by the society. However, many of accidents in the electric power system are caused by lightning and efficient lightning damage measures based on the lightning stroke forecast are necessary. Then, this research aims to make clear the relation between lightning strokes and topographies based on the data observed with LPATS (Lightning Positioning And Tracking System) owned by Kyusyu Electric Power Co., Inc. .*

*In this paper, we paid attention to three transmission lines newly established in Miyazaki Prefecture, and Construction of the neural network for the lightning strokes frequency calculation before and after transmission tower construction. As a result, it seemed that lightning strokes frequency changes according to geographical factor. That is, lightning strokes and topographies have the correlation.*

#### Key Word:

Lightning Strokes, Lightning Positioning and Tracking System, Lightning Frequency Map, Topographical Factor Analysis, Neural Network

#### 1. はじめに

高度情報化社会である現在、電気への依存度はますます高くなっている。これに伴い社会から良質かつ安定な電力が求められている。

しかし、電力系統における事故の多くが雷によるものであり、効果的な雷害対策を行うために落雷予測を基盤とした局所集中型の耐雷技術の向上が望まれている<sup>1)~3)</sup>。そこで、本研究では九州電力(株)が所有する落雷位置標定システム (Lightning Positioning And Tracking System : LPATS) による観測データを基に、雷害対策のための基礎研究として送電鉄塔の有無が落雷へどのような影響を与えるかを調べた。

1) 宮崎大学 電気電子工学専攻大学院生

2) 宮崎大学 電気電子工学科教授

3) 航空大学校 助教授

本研究では 1994 年以降に新設された宮崎県内の 3 つの送電線の鉄塔地点に着目した。鉄塔建設前後における落雷予測値の算出を行うために、実際の落雷データと地形データを用いてニューラルネットワーク<sup>4)5)</sup> (以下、NNと記す)の構築を行った。更に、仮想的な地形の作成を行い、この仮想地形において今回構築したNNを適用、鉄塔建設前後それぞれの落雷予測値を算出したので結果を報告する。

### 2. 観測概要

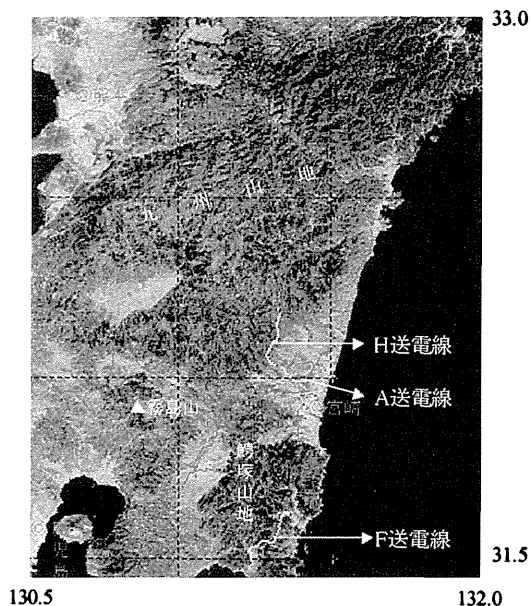
表 1 に宮崎県内に 1994 年以降に新設された 3 つの送電線の概要、図 1 に県内の送電線網を示す。赤いラインが宮崎県内の他の送電線で、その内、黄色いラインが研究対象とした 3 つの送電線である。A 送電線は宮崎平野に面し海岸線から約 7km 内陸に位置し、北西約 12km に九州山地、南約 15km に鰐塚山地が広がっている。H 送電線は九州山地の南東斜面から宮崎平野に面し、海岸線から約 6~23km 内陸に位置している。F 送電線は鰐塚山地の南部の平野に面し、海岸線から約 3~10km 内陸に位置している。

表 1 新設送電線概要

項目	A送電線	H送電線	F送電線
電圧階級[kV]	66	220	66
観測区間	No.1-13	No.1-88	No.1-100
線路長[km]	3	27	23
鉄塔数[基]	13	88	100
鉄塔高[m]	27-53.5	44.2-89.9	25.5-57
標高[m]	48-114	24-630	7-417

### 3. 地形因子

地形因子は、鉄塔の地理的位置を表す因子、地表の凹凸を表す因子、周囲の 3 次元的地形



状況を表す因子、地形の傾斜などを表す因子である。解析に用いた地形因子を表 2 に示す。起伏度は、指定した方位に高い山があるかないかを表し、曲率は東西、南北など鉄塔地点を通る直線での山谷の地形を表す。これらの地形因子は、鉄塔地点からの方向と小スケールから大スケールまでの影響を包含出来るよう配慮した。そのため、表 2 のスケール値 R の値として 100 m~8000m とした。また、方向は東、西、南、北、北東、北西、南東、南西の 8 方向を考慮した。

表 2 解析に用いた地形因子 (R: 100m~8000m)

項目	定義
標高	鉄塔地点の標高
塔頂標高	鉄塔頂の標高
鉄塔高	鉄塔の高さ
海からの距離	鉄塔から海岸までの最短距離
起伏度 (8方位)	鉄塔地点を中心とした半径Rの円内の最高標高地点と鉄塔地点の標高差
傾斜 (8方位)	鉄塔地点を中心とした±Rの地点の標高差
曲率 (8方位)	鉄塔地点を中心とした±Rの地点の傾斜の差。東西、南北など鉄塔地点を通る直線での山谷の地形を表現する因子

図 1 予測地域

## 4. ニューラルネットワークの構築

### 4.1 解析手法

3つの送電線について、鉄塔建設後における鉄塔地点の落雷頻度、地形因子、鉄塔データをNNに取り込み、どのような地形特性に位置する鉄塔に落雷の影響が大きくなるのか検討を行った。まず、3つの各送電線の実際の落雷数を偏差値換算し、これを実落雷偏差値と呼ぶ。これは、各年度の落雷数が大きく異なるため、解析上、落雷数というよりも落雷偏差値という見方をし、年度別の落雷数の偏りを無くすためである。そして、NNより得られる予測値を落雷予測値と呼び、この実落雷偏差値と落雷予測値を比較することにより、そのNNの良し悪しを判断する。より良いNNを構築するための検討項目として、教師用データ、中間層の層数、ニューロン数があり、それぞれの検討を行った。

#### 4.1.1 中間層の層数とニューロン数の検討

中間層の層数とニューロン数は、NNにおいて、その中核であり、落雷予測値を算出させる際に大きな役割を担っている。このため、まずは中間層の層数を1層、2層、3層、4層、5層と変化させ、その時の落雷予測値の算出を行った。続いて、実際の落雷偏差値と今回算出した予測値がどの程度合っているのかを示す実落雷偏差値とこの落雷予測値の差を二乗した予測誤差値の算出を行った。この予測誤差値を用いて、NNの良し悪しを判断する。またニューロン数においては、下記の3つのパターンで入力から出力に向かって減少させ、それぞれにおいて、予測誤差値の算出を行った。

【1】等間隔・・・各層において、等間隔にニューロン数を減らしていく。

【2】タイプA・・・前半少しずつ減らしていく、

後半急激に減少させる（後半収束型）

【3】タイプB・・・後半少しずつ減らしていく、

前半急激に減少させる（前半収束型）

図2に中間層の層数とタイプ別ニューロン数との相関を示す。

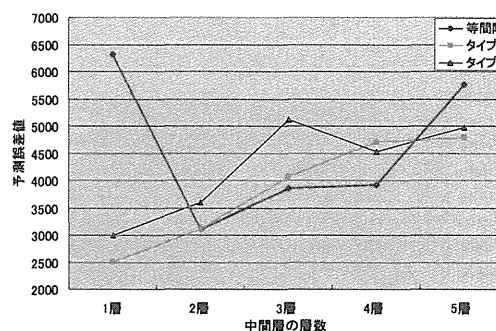


図2 中間層の層数とタイプ別ニューロン数との相関

図2より中間層の層数を1層～5層に増やしていくにつれて、ニューロン数を等間隔に取った場合の予測誤差値は不規則、これに対して、タイプAとタイプBは、中間層の層数をふやしていくにつれて、予測誤差値が増加する傾向になることがわかった。この結果から本研究に使用するNNは中間層1層とした。

#### 4.1.2 教師用データの検討

より良いNNを構築するためには、良い教師用データを学習させることが必要不可欠である。このため、サンプル1～サンプル6まで6つの教師用データを準備した。表3に各教師用データの詳細を示す。また図3に教師用データにおけるニューロン数と予測誤差値との相関を示す。

表3 各教師用データの詳細

項目	サンプル1	サンプル2	サンプル3	サンプル4	サンプル5	サンプル6
一ツ瀬	35	42	28	44	22	35
福島	40	36	46	36	45	40
アスモ	5	2	6	0	13	5
計	80	80	80	80	80	80
平野部	48(60%)	39(48.8%)	51(63.8%)	16(20%)	64(80%)	46(57.5%)
山地部	32(40%)	41(51.2%)	29(36.2%)	64(80%)	16(20%)	34(42.5%)
平均標高	142.213	189.563	135.755	221.2746	89.2545	144.246
特徴	等間隔	ランダム	ランダム	山地部から中心に	平野部から中心に	等間隔

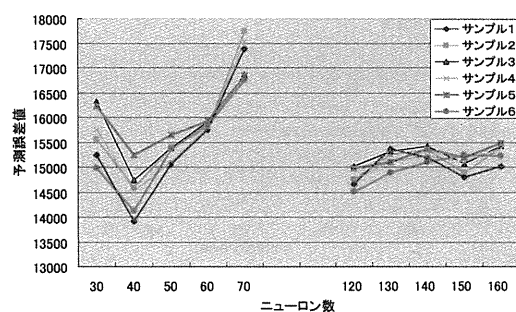


図3 各教師用データのニューロン数と予測誤差値との相関

図3より、サンプル1の誤差がどのニューロン数の場合においても少ない。中でもニューロン数40のときの予測誤差値が最も低いことが確認出来た。その他のサンプルにおいても、ニューロン数が40のときの予測誤差値は低い傾向にある。ニューロン数40のときは誤差が低い、その前後(30、50~70)においては比較的誤差値が高い。それに比べて、ニューロン数120~160は、どのサンプルにおいても比較的誤差が低いことが確認出来た。

これより、教師用データには等間隔で抽出したサンプル1を使用し、かつニューロン数を40とした。

#### 4.2 構築したニューラルネットワークの概要

上記結果をもとに、NNの構築を行った。下記にその詳細を示す。

#### (1) 教師用データ

一ツ瀬柏田線、福島鉄肥線、アスモ分岐線それぞれから40%のメッシュを公平かつ等間隔に抽出(サンプル1)

(3) 学習回数 50000回

(4) 入力層1層、入力因子は地形因子164個

(5) 中間層1層、ニューロン数40

(6) 出力層1層、落雷予測値として、偏差値表示

### 5. 仮想的地形を用いた落雷予測値の算出

#### 5.1 解析手法

地形と落雷との相関を明らかにするために、作成されたNNを使用し、仮想的な地形を与え、その落雷予測値の変化を鉄塔の有無をパラメータとして調べた。

今回、山地部、斜面、盆地に限って、仮想的な地形を8つ作成した。仮想地形8つの内訳は【1】北側山地、【2】東側山地、【3】南側山地、【4】西側山地、【5】中央山地、【6】中央盆地、【7】東側斜面、【8】西側斜面である。なお、全ての仮想地形において、鉄塔はメッシュ中央に建設すると想定してシミュレーションを行っている。

【建設前】：鉄塔建設前の落雷予測値

【建設後】：鉄塔建設後の落雷予測値

【変化値】：【建設後】 - 【建設前】

つまり、変化値の値が+に大きければ、その地形は鉄塔を建設することによって、落雷被害への影響度が高い。逆に-に大きければ、落雷被害

への影響度が低いということが言える。

仮想地形に用いた標高データを表4に、【7】東側斜面の例を図4に示す。

表4 仮想地形に用いた標高データ

	仮想地形【1】～【5】	仮想地形【6】	仮想地形【7】、【8】
最高標高	750m	500m	450m
最低標高	1m	1m	1m
鉄塔地点の標高	150m	150m	150m

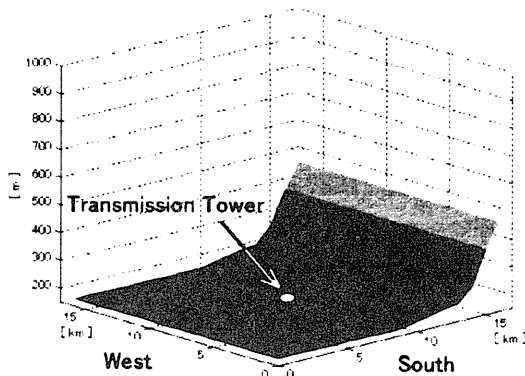


図4 【7】東側斜面

## 5.2 結果と考察

表5にシミュレーション結果を示す。

### (1) 仮想地形1～北側山地を模擬～

鉄塔建設前が45.5591と低いことから、もともと落雷頻度は低いと思われる。変化値-0.9769より、鉄塔建設を行っても、全く落雷頻度に影響はないと推測出来る。つまりは鉄塔建設に向いている地形であると思われる。

### (2) 仮想地形2～東側山地を模擬～

鉄塔建設前が66.1628と今回の仮想地域の中でも最も高いことから、もともと落雷頻度が非常に高いと思われる。変化値+1.9807より、鉄塔を建設することによって、さらに落雷頻度は増加すると思われる。つまり、もともと落雷頻度が非常に高いこと、また鉄塔建設後、落雷予測値が更に上昇するという2点から、この地

表5 シミュレーション結果

仮想地形	【建設前】	【建設後】	【変化値】
【1】	45.5591	44.5822	-0.9769
【2】	66.1628	68.1435	1.9807
【3】	56.2463	58.1495	1.9032
【4】	42.1827	43.7521	1.5694
【5】	53.1864	58.6837	5.4973
【6】	53.2433	54.2168	0.9735
【7】	62.2248	67.5196	5.2948
【8】	46.7672	43.1793	-3.5879

形における鉄塔建設は危険であると思われる。

### (3) 仮想地形3～南側山地を模擬～

鉄塔建設前が56.2463と今回の仮想地域の中でも2番目に高いことから、もともと落雷頻度が高いと思われる。更に、変化値+1.9032より、鉄塔を建設することによって、さらに落雷頻度は増加すると思われる。つまり、仮想地形2の東側山地に引き続き、もともと落雷頻度が高いこと、また鉄塔建設後、落雷予測値が更に上昇するという2点から、この地形においても鉄塔建設は危険であると思われる。

### (4) 仮想地形4～西側山地を模擬～

鉄塔建設前が42.1827と仮想地形中最も低いことから、もともと落雷頻度は非常に低いと思われる。更に、変化値+1.5696と若干落雷予測値は上昇しているものの、数値的に非常に低いため、鉄塔建設を行っても、全く落雷頻度に影響はないと推測出来る。つまりは雷害防止の観点からすると、鉄塔建設に非常に最適な地形であると思われる。

### (5) 仮想地形5～中央山地を模擬～

鉄塔建設前が53.1864と比較的高めで、もともと落雷頻度は高いと思われる。ただそれよりも変化値+5.4973と今回の仮想地形中、最も高く上昇しており、鉄塔を建設することによる落雷頻度の増加は最も高い。つまり、鉄塔建設前は、落雷頻度は比較的高い程度であるが、鉄塔

を建設することにより、落雷頻度は大幅に上昇すると推測出来る。つまり、鉄塔建設することによって、雷害の危険性が急上昇すると思われ、鉄塔建設には向かないと思われる。

#### (6) 仮想地形6～中央盆地を模擬～

変化値+0.9735 と少しの上昇が見られた。そのため、今回模擬した仮想地形において、建設前の落雷頻度は若干高めであるが、鉄塔建設後もそれほど、値が変わらないため、鉄塔建設による落雷頻度への影響は低いと推測出来る。つまり、この地形では、もともと若干落雷頻度は高めであるが、鉄塔を建設することによる落雷頻度の上昇はそれほどないため、鉄塔建設には比較的向いているのではないかとと思われる。

#### (7) 仮想地形7～東側斜面を模擬～

鉄塔建設前が 62.2248 と仮想地形2の東側山地に続いて、2番目に落雷頻度が高く、さらには、変化値+5.2948 と非常に高い上昇率となった。そのため、もともと落雷頻度が高い地形であり、更には、鉄塔を建設することによって、落雷頻度が急上昇すると推測出来る。つまり、落雷頻度への影響の観点から見た場合、鉄塔を建設するに当たって、最も危険な地形であると思われる。

#### (8) 仮想地形8～西側斜面を模擬～

建設前の値が 46.7672 と低い。更に変化値-3.5879 と鉄塔を建設した後の方が落雷予測値は低い数値が算出された。そのため、鉄塔建設を行っても、落雷頻度への影響は全く無く、今回の仮想地形の中でも、落雷頻度を示す落雷予測値は非常に低い。つまり、落雷頻度への影響の観点から見た場合、鉄塔を建設するに当たって、最適な地形であると思われる。

## 7. まとめ

本稿では、九州電力（株）が所有する落雷位置標定システム(LPATS)による観測データに基づいて、宮崎県で新設された3つの送電線に着目し、落雷予測値を算出するニューラルネットワークの構築、また仮想的地形を用いたシミュレーションを行った。その結果を下記にまとめる。

- (1) ニューラルネットワークから鉄塔建設前後それぞれの落雷頻度を示す落雷予測値の算出が可能であることが確認出来た。
- (2) 仮想的地形を模擬し、今回構築したニューラルネットワークを適用、鉄塔建設前後におけるシミュレーションを行ったところ、東側山地、中央山地、東側斜面、南側山地の落雷予測値が非常に高く、この4つの地形については、鉄塔を建設することによって、落雷頻度に大きく影響がある事が確認出来た。逆に、北側山地、西側山地、中央盆地、西側斜面においては、もともと落雷頻度が低く、更に鉄塔建設を行っても、それほど落雷頻度の上昇が見られない結果となった。

## 参考文献

- 1) 青山孝宏ほか：「LLP システムデータを用いた耐雷設計用データベースの検討（その2）」、電気学会研究会資料，ED-95-201，HV-95-72
- 2) 板本直樹ほか：「統計的手法による送電線雷撃頻度の地域特性に関する検討」、電気設備学会誌，平成12年12月，pp.977～982
- 3) 板本直樹ほか：「地形因子解析による送電線への落雷頻度の推定」平成14年電気学会電力・エネルギー部門大会，pp.406～407
- 4) 合原 一幸：「ニューラルコンピュータ - 脳と神経に学ぶ -」東京電気大学出版局、1988
- 5) Bahman Kermanshahi：「ニューラルネットワークの設計と応用」，昭晃堂，1999