

## 逆距離加重法を用いた鋼桁の腐食評価の精度向上に関する検討

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○三輪 直登  
 名古屋工業大学大学院 学生会員 長谷川 陽平  
 名古屋工業大学大学院 学生会員 前原 綾乃

名古屋工業大学大学院 正会員 永田 和寿  
 名古屋工業大学大学院 学生会員 Zabihullah Rasoli  
 名古屋工業大学大学院 学生会員 六谷 拓真

## 1. 研究の背景と目的

本研究では、これまで鋼橋の結露による腐食に着目し、任意の地点での簡易的な結露発生評価を目的とし、逆距離加重法 (IDW) による気温と相対湿度の予測、結露評価を行ってきた。しかし、一般的な IDW では距離のみを考慮しており、山間地で大きな誤差が生じるという問題点があったため、本研究では標高差を考慮した気温と相対湿度の修正式の提案、その式の有効性の確認を行った。加えて、修正式を用いた予測結果と実際の鋼橋での現場計測結果と比較し、簡易的な腐食程度の評価を行った。

## 2. 逆距離加重法 (IDW) を用いた予測の概要

IDW は、実測値をもつ地点の測定値を距離による加重平均を行うことにより、未測定地点の値を予測する手法である。本研究では、以下の式(2.1)を用いた。

$$\text{予測値 } Z = \frac{z_a d_a^{-2} + z_b d_b^{-2} + z_c d_c^{-2}}{d_a^{-2} + d_b^{-2} + d_c^{-2}} \quad (2.1)$$

ここで、 $Z$  は予測地の気象データ、 $z_a$ ,  $z_b$ ,  $z_c$  は観測所の気象データ、 $d_a$ ,  $d_b$ ,  $d_c$  は距離である。IDW を行う際の観測所数の設定について、本研究では主に 3 箇所の観測所を用いることとした。予測精度については、2 乗平均平方根誤差 (RMSE) を用いた。

前述の標高差の影響を考慮するために、各観測所の気象データを図-1 に示すように修正を行った(標高修正)。気温については式(2.2)、相対湿度については式(2.3)により標高修正を行い、検討することとした。

$$T_{\text{correction}} = T_{\text{original}} - 0.65 \times h / 100 \quad (2.2)$$

$$U_{\text{correction}} = \frac{eS_{\text{original}}}{eS_{\text{correction}}} \times U_{\text{original}} \quad (2.3)$$

ここで、 $T$  は気温(°C)、 $h$  は予測地の標高から観測所の標高を引いた標高差(m)、 $U$  は相対湿度(%),  $\text{original}$  は標高修正前のデータ、 $\text{correction}$  は標高修正後のデータをそれぞれ表す。式(2.3)に関して、 $U_{\text{correction}}$  が 100% を超えた場合は、 $U_{\text{correction}} = 100\%$  とする。本研究は、観測所より予測地の標高が高い場合のみを取り上げることとした。

キーワード 逆距離加重法 鋼桁 腐食評価 結露 腐食電流量

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL052(735)5482

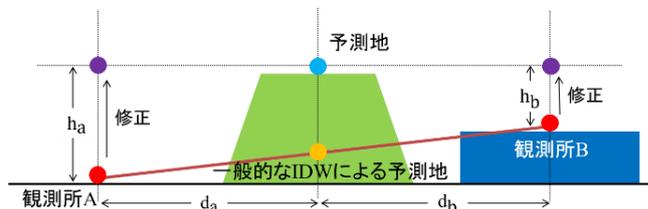


図-1 標高修正のイメージ

表-1 各観測所の土地情報

	地名			地名			
	地名	標高 [m]	予測点からの距離 [km]	地名	標高 [m]	予測点からの距離 [km]	
大阪	大阪	23.0	—	俱知安	俱知安	176.1	—
	神戸	5.3	28.01		小樽	24.9	37.71
	京都	40.8	42.02		寿都	33.4	45.02
	和歌山	13.9	58.78		札幌	17.4	49.79
名古屋	名古屋	51.1	—	軽井沢	軽井沢	999.1	—
	四日市	55.1	43.17		諏訪	760.1	51.33
	岐阜	12.7	31.84		長野	418.2	47.68
	浜松	45.9	82.11		前橋	112.1	46.49
札幌	札幌	17.4	—	飯田	飯田	516.4	—
	小樽	24.9	28.81		名古屋	51.1	87.24
	岩見沢	42.3	40.71		岐阜	12.7	96.98
	苫小牧	6.3	51.71		甲府	272.8	68.05

表-2 一般的な IDW の気象予測結果 (RMSE)

	気温	相対湿度
大阪	0.749	6.183
名古屋	0.717	10.718
札幌	1.03	11.689
俱知安	2.259	13.226
軽井沢	4.631	15.692
飯田	3.221	16.192

## 3. 逆距離加重法 (IDW) を用いた気象予測の結果

表-1 に示した標高差が小さい例 3 つ (大阪, 名古屋, 札幌), 標高差が大きい例 3 つ (俱知安, 軽井沢, 飯田) それぞれの予測点について、表中の予測点以外の 3 箇所の観測所のデータを用いて、2018 年 12 月のデータをもとに気象予測を行った。表-2 に一般的な IDW の予測結果を示す。この表より、気温と相対湿度共に、標高差が小さい例の方が RMSE が小さくなった。このことから、この期間では標高差が大きい例が小さい例より気象予測の精度が低いことがわかった。次に、標高差が大きい例について標高修正有で行った IDW の結果を表-3 に示す。

この表より、気温と相対湿度共に、標高修正有のほうがRMSEが小さくなった。このことから、気温と相対湿度共に、予測の際の標高修正が有効であると考えられる。ただし、主に相対湿度について、精度が劇的に改善されるわけではないこともわかった。

#### 4. 現場計測概要

2018年11月28日より、豊邦大橋(図-2)にて、気温・相対湿度・桁温度・腐食電流量の計測を継続的に行ってきた。豊邦大橋の位置を図-3に示す。計測には、温湿度センサ、K型熱電対、ACMセンサを用いた。熱電対とACMセンサは、ウェブ内側(熱電対A, ACM1)と下フランジ(熱電対B, ACM2)にそれぞれ設置し、温湿度センサは桁近くに直射日光が当たらないように設置した。

#### 5. 現場計測の結果と現場の気象・腐食程度評価結果

本研究では、腐食電流量が高い、2018年12月1日から4日の下フランジのデータに着目することとした。

桁温度・気温と露点温度の差と腐食電流量の関係を図-4に示す。一般的には、桁温度が露点温度を下回ると結露が発生し腐食電流量が高くなるが、この図より、この期間では桁温度が露点温度より $2^{\circ}\text{C}$ 程度高い場合でも腐食電流量が高い場合が多かった。また、気温と露点温度の差においても同様であった。これらより、露点温度から桁温度や気温を引いた温度差の値が約 $2^{\circ}\text{C}$ 以内であれば、腐食電流量が高い場合が多いことがわかった。

次に、名古屋・飯田・浜松の3箇所の観測所の気象データを用いて豊邦大橋の気象・腐食程度評価を行うこととした。豊邦大橋と各観測所の土地情報を表-4に示す。

気象予測結果を表-5に示す。この表より、気温と相対湿度共に、標高修正無より有のほうがRMSEが小さくなり、標高修正により気象予測の精度が改善した。

桁温度が予測不可能なため、IDWにより求めた気温と露点温度の差の予測値と腐食電流量の計測値の関係を比較して結露評価を行うこととし、その結果を図-5に示す。この図の枠の部分に着目すると、腐食電流量が高いときの気温と露点温度の差について、標高修正無の場合は $2^{\circ}\text{C}$ から $7^{\circ}\text{C}$ 程度がほとんどであるが、標高修正有の場合は $0^{\circ}\text{C}$ から $2^{\circ}\text{C}$ 程度がほとんどで、前述の現場計測と同様の結果が得られた。このことから、この期間では標高修正により結露発生評価の精度が向上したと考えられる。

#### 6. 結論

本研究では、逆距離加重法を用いて任意の地点での気象予測、結露評価を行う際の標高修正式(2.2), (2.3)の有効

表-3 標高修正有無の精度比較 (RMSE)

	気温		相対湿度	
	標高修正無	標高修正有	標高修正無	標高修正有
俱知安	2.259	1.529	13.226	9.768
軽井沢	4.631	1.919	15.692	12.664
飯田	3.221	1.603	16.192	12.132



図-2 豊邦大橋 図-3 豊邦大橋の位置 (丸印)

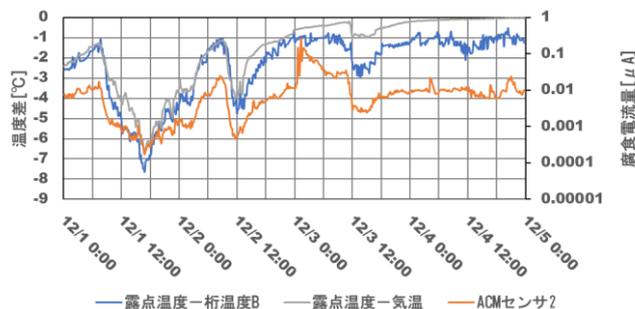


図-4 桁温度・気温と露点温度の差と腐食電流量

表-4 豊邦大橋と各観測所の土地情報

	標高[m]	豊邦大橋からの距離[km]
豊邦大橋	671.0	
名古屋	51.1	44.87
飯田	516.4	59.52
浜松	45.9	44.01

表-5 現場の気象予測結果 (RMSE)

気温		相対湿度	
標高修正無	標高修正有	標高修正無	標高修正有
4.656	1.808	21.497	11.193

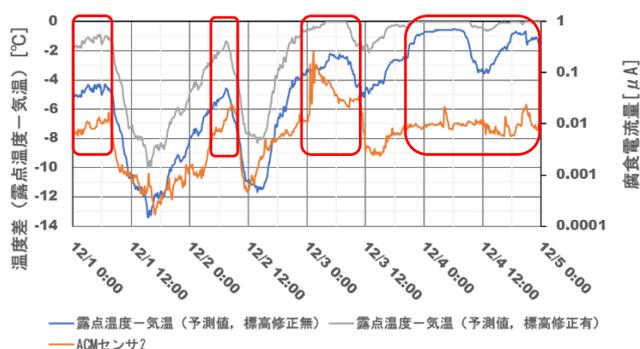


図-5 現場の結露(腐食程度)評価の結果

性について検討を行った。その結果、標高修正有で気象予測を行った際に標高修正無よりRMSEの値が小さくなったこと、腐食電流量が高いときの気温と露点温度の差の予測値(標高修正有)を比較すると現場結果とほぼ同様の結果となったことから、IDWにより気象予測、結露評価を行う際の標高修正が有効であることがわかった。