

# 人工衛星画像を用いた霜害発生予測手法の検討

1220128 則村光紀<sup>1</sup>

<sup>1</sup>高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

E-mail [220128y@ugs.kochi-tech.ac.jp](mailto:220128y@ugs.kochi-tech.ac.jp)

現在、日本では様々な霜害が発生している。現状は様々なデータを用いて経験的に霜の発生が予測されることが多い。本研究は、既往研究<sup>1)</sup>の霜発生予測手法の定量的な霜発生条件を使用して面的に過去の霜発生を再現することで、全国的な霜害への対策につなげることを目指す。

福島県と栃木県を対象に気象衛星ひまわりの地表面温度のデータと MSM の気温と相対湿度データを使用して霜発生再現画像を作成し、霜注意報の履歴を使用して検証を行った。結果としてはおおむね再現できたが、実際の霜発生履歴を用いてより詳細な精度検証を行うことが今後の課題である。

**Key Words:** 気象衛星ひまわり, 数値予報データ, 霜注意報

## 1. 序論

### 1-1. 背景

現在、日本では霜による災害が多数発生している。例えば、霜が農作物に降りることによって発生する霜害や電車線（架線）に霜が付着することで事故が発生してしまうことがある。これらの対策を効率的に行うためには、霜の発生予測が重要である。現状は、様々なデータを用いて経験的に霜の発生が予測されることが多い。鎌田らによる架線着霜現象の解明と発生予測手法の検討<sup>1)</sup>では、岐阜県中津川市で架線着霜の発生する気象条件を定量的に明らかにし、得られた気象条件と霜の発生メカニズムに基づいて、翌朝の架線着霜を予測する簡便な手法を検討した。

霜は放射冷却により表面温度が 0°C 以下になると発生するため表面温度のデータが重要になる。しかし、既往研究<sup>1)</sup>では霜が発生する架線の表面温度を気温から推定したものを使用していた。そこで、本研究では気象衛星ひまわりで地表面温度を測定したデータを使用することにより精度が向上すると考えた。

### 1-3. 目的

本研究ではメソ数値モデル（MSM）データと衛星データを用いて過去の霜害を再現できるかどうか検討することを目的とする。既往研究<sup>1)</sup>で得られた霜の発生メカニズムに MSM データを使用することで面的な予測が可能となり、面的に霜発生予測ができれば全国的な霜害対策につながる。さらに、地表面温度の衛星データを使用すれば気温から推定するよりも精度向上が期待できる。

## 2. 研究手法

### 2-1. 霜害発生日の再現

2021 年 4 月東北地方で広範囲に霜が降り霜害が発生した。この時の霜発生状況を面的に再現することを試みた。まず、既往研究<sup>1)</sup>の霜予測フローに気象衛星ひまわりのデータを組み込んだものが図-1 である。そしてこのフローを使用して毎時の霜発生再現画像を作成した。霜発生再現画像とは図-1 のフローに必要な面データを使用して、面的に霜の発生を判断した画像である。必要なデータの組み合わせは表-1 に記す。

表-1 データの組み合わせ

No.	気温 (T <sub>1</sub> )	相対湿度 (RH)	地表面温度 (T <sub>2</sub> )	雲の有無
1	MSM	MSM	気象衛星 ひまわり	気象衛星 ひまわり

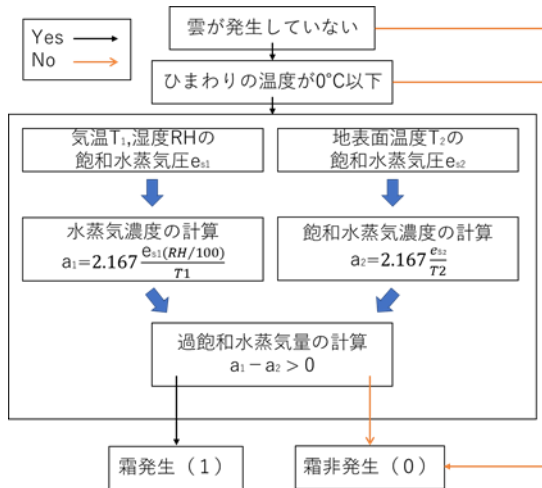


図-1 気象衛星ひまわりを組み込んだ霜発生予測フロー

### (1)MSM のデータについて

本研究では、京大生存圏研究所がグローバル大気観測データとして公開している気象庁が作成した MSM GPV データ<sup>2)</sup>を用いた。MSM GPV データは(財)気象業務センターを通じて公開されている数値予報データであり、5km メッシュで1時間毎の物理量の子報値である。本研究の対象範囲は福島県がすべて入る範囲で、期間としては2021年4月1日0時00分～2021年4月30日23時00分(UTC)の毎時のデータを使用した。このデータを気象衛星ひまわりの範囲に合わせるように画像のリサンプリングを行った。

### (2)気象衛星ひまわりのデータについて

気象衛星ひまわりのデータ<sup>3)</sup>はバンド14(観測波長帯:11.08-11.32um)の2kmメッシュのものを使用し、対象範囲としては福島県がすべて入る左下の座標が経度139.0度、緯度36.5度、右上の座標が経度141.5度、緯度38.0度の範囲で期間としては2021年3月25日0時00分～2021年4月30日23時00

分(UTC)の毎時のデータを使用した。

### (3)雲の判別

気象衛星ひまわりを扱う上で重要なのが雲の除去である。雲が少しでも発生していると地表面の情報を得ることができない。そこで本研究では、まず8日間ごとの毎正時の最高値を計算した。その温度と気象衛星ひまわりの温度の差が10°C以上あるときに雲が発生していると推測し、その時の値を欠測値とした。

### 2-2. 検証方法

検証方法として、気象庁の霜注意報の履歴<sup>4)</sup>と地方気象台による霜害発生日のデータ<sup>5)</sup>を使用する。まず、対象期間の霜注意報は発表時に県全域に発表されていた。そのため、県全域として発表されたときとされていないときの2ケースしかない。したがって、県全域の値として霜注意報が発表された日を1とし、発表されていない日を0とした。次に、図-1で作成した毎時の霜発生再現画像を日毎に積算して日毎の霜発生再現画像を作成し図-2の流れで二値化した。この時、昼(10時～16時(日本標準時))の霜が発生しない時間を除いた17時間で積算した。さらに、二値化した日毎の霜発生再現画像の中に霜発生画素(値:1)が1つでもあれば県全体として霜発生(値:1)とした。そして、それぞれ県全体の二値化した日毎の霜注意報の値と比較して正解率や適合率、再現率を求めた。

また、県の境界線は基盤地図情報基本項目行政区画<sup>6)</sup>を使用し、「農用地」のエリアは国土数値情報の土地利用細分メッシュ<sup>7)</sup>において「その他の農用地」とされる範囲で設定した。

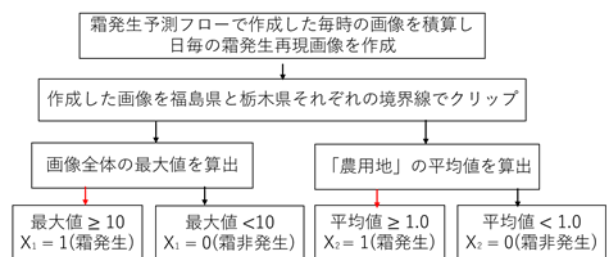


図-2 検証のための二値化

### 3. 結果

#### 3-1. 日毎の再現画像から分かった結果

図-3は4月10日の積算した霜発生再現画像である。霜発生再現画像の最大値、霜発生再現画像において「農用地」とされるエリアの平均値、霜注意報の発表状況をまとめ、一部抜き出したものが表-2である。なお、10日、11日、15日、27日は地方気象台による霜害発生日である。表-2から地方気象台が発表した霜害が起きた日の「農用地」の平均値の値は3以上となりこの数値は他の注意報が発表されている日の値と比べても大きい値をとっていることが分かる。

表-2 霜注意報と再現画像の比較

発令日	霜注意報	最大値	平均値
1	1	17	2.156118
2	1	15	1.780591
3	0	6	0.624473
4	0	5	0.485232
10	1	16	4.295359
11	1	16	1.468354
15	1	11	3.708861
21	1	5	0.025316
27	1	12	3.295359
30	0	14	1.658228

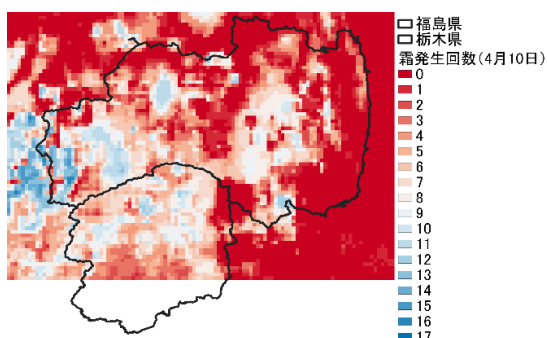


図-3 霜発生再現画像（4月10日）

#### 3-2. 二値化した画像から分かった結果

図-4は図-2のフローで作成した画像全体の最大値で二値化した日毎の霜発生再現画像のうちの4月10日のものである。この画像の結果としては福島県と

栃木県それぞれに霜発生画素（値：1）があるのでどちらの県も霜発生（値：1）となる。このように二値化した日毎の霜発生再現結果と二値化した霜注意報とを4月1日から4月30日まで比較し、以下の4つに分類してまとめたものが表-3である。

- TN：再現は「霜非発生」、注意報は「霜非発生」
- FP：再現は「霜発生」、注意報は「霜非発生」
- FN：再現は「霜非発生」、注意報は「霜発生」
- TP：再現は「霜発生」、注意報は「霜発生」

表-4と表-5はそれぞれ検証結果から正解率、適合率、再現率を算出したものである。表-4は福島県のみ結果で表-5は福島県と栃木県をあわせた結果である。全体的に見て「農用地」の平均値よりも画像全体の最大値を用いた方が正解率、適合率、再現率が高くなる結果となった。しかし、全体として、表-3のFNが多いため正解率や再現率の値があまり高くならなかった。

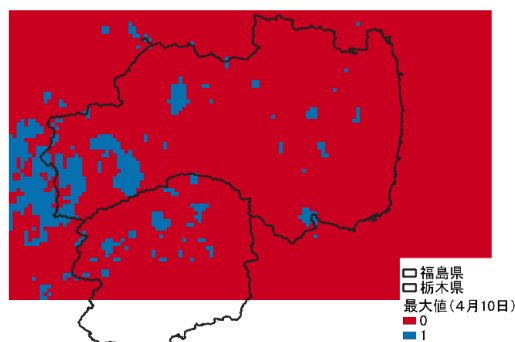


図-4 最大値で二値化した霜発生再現画像  
（4月10日）

表-3 福島県と栃木県を合わせた検証結果

	TN	FP	FN	TP
全体	18	3	11	28
農用地	14	7	15	24

表-4 福島県の検証結果

	正解率	適合率	再現率
全体	0.833333	0.85	0.894737
農用地	0.633333	0.722222	0.684211

表-5 福島県と栃木県を合わせた検証結果

	正解率	適合率	再現率
全体	0.766667	0.903226	0.717949
農用地	0.633333	0.774194	0.615385

## 4. 考察

### 4-1. 再現画像の考察

#### (1) 霜害発生日はその他の農用地の平均値が大きい

「農用地」の平均値が大きいときに霜害が発生している。つまり、霜発生と判定した時間が長いときに霜害が発生することを再現できたと考える。したがって、「農用地」の平均値を霜害が発生する危険度として使用可能だと考えられる。

#### (2) FN の発生理由

表 2 の 21 日は霜注意報が発表されているが再現結果では霜非発生となるパターンである。21 日の気象状況を知るべく 21 日の気象要素の画像の平均値と霜害が発生した 27 日の画像を比較した。気温はどちらも同じような形をとっていたが相対湿度の値が 21 日では明らかに小さいことが分かった (図-5 と図-6)。これは、既往研究<sup>1)</sup>の霜発生の定量的条件である相対湿度の値を満たしていないので、おそらく霜は発生していないと考えられ、霜注意報が気温の要素だけで注意報を出していることによる空振りだと考えられる。

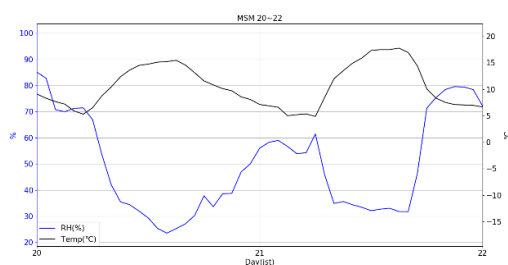


図-5 21日の気温(黒)と相対湿度(青)

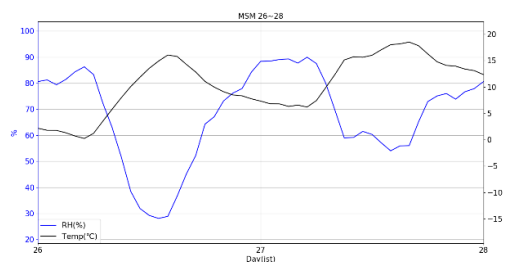


図-6 27日の気温(黒)と相対湿度(青)

## 5. まとめ

本研究では MSM データと衛星データを用いて 2021 年に発生した東北地方の霜害をおおむね再現することができた。おおむねと表現した理由としては、検証に使用したものは実測値ではなく霜注意報の履歴を使用したためである。そして、霜注意報の問題点が見えた。そのため、霜注意報は相対湿度も考慮する必要があると考える。最後に本研究を予測に使うには、まず実際の霜発生履歴を用いたより詳細な精度検証が必要となる。精度が担保されるのであれば面的な地表面温度の予測が今後の課題となる。

## 6. 参考文献

- 1) 鎌田慈, 宍戸真也, 遠藤徹, 飯倉茂弘: 架線着霜現象の解明と発生予測手法の検討, 鉄道総研報告, 第 22 巻, 第 1 号, pp.5-10, 2008.01
- 2) 京都大学生存圏研究所グローバル大気観測データ気象庁データ:  
<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/gpv-netcdf.html>
- 3) 千葉大学 CEReS:  
<http://www.cr.chiba-u.jp/japanese/database.html>
- 4) 特別警報・警報・注意報データベース:  
<http://agora.ex.nii.ac.jp/cps/weather/warning/>
- 5) 福島地方気象台:  
<https://www.jma-net.go.jp/fukushima/>
- 6) 基盤地図情報ダウンロードサービス:  
<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>
- 7) 国土数値情報ダウンロードサービス:  
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>