

第 13 回日本気象予報士会研究成果発表会

# 講演予稿集



2021 年 2 月 28 日

一般社団法人日本気象予報士会

## 第 13 回日本気象予報士会研究成果発表会

日時 2021 年 2 月 28 日 (日) 10:00~16:30

会場 Web 開催 (Zoom 利用)

コメンテーター

木村 龍治 (きむら りゅうじ) 先生 (日本気象予報士会)

佐藤 薫 (さとう かおる) 先生 (日本気象予報士会)

座長 諸岡 雅美

プログラム

- ・ 10:00~10:10 開会案内：コメンテーター紹介  
開会挨拶：大西晴夫会長
- ・ 研究成果発表 (午前の部)
  - 10:10~10:26 岩木山大沢雪溪の消雪日の推移について 小関英明 (青森県)
  - 10:27~10:43 最暑日と最寒日の地理的要因に関する統計解析 深澤 亮 (埼玉県)
  - 10:44~11:00 円山川あらしの発生条件 濱 和宏 (京都府)
  - 11:00~11:15 (休憩)
  - 11:15~11:31 積乱雲に伴う対流の可視化映像 實本正樹 (京都府)
  - 11:32~11:48 川内川あらし 2019~2020 発生状況 井上和博 (福岡県)
  - 11:49~12:05 有効積算気温を用いたウグイス初鳴日の推定 太田佳似 (大阪府)
  - 12:05~13:10 (昼休み)
- ・ 研究成果発表 (午後の部)
  - 13:10~13:26 梅雨前線の接近に伴う突風の解析の試み 太田佳似 (大阪府)
  - 13:27~14:43 台風から変化した温帯低気圧に伴う 10 月の降積雪と市民生活への影響  
白川龍生 (北海道)
  - 14:44~15:00 2019 年の台風 19 号による千曲川流域の大雨の解析 (気象モデル MM5 による要因解析)  
大矢康裕 (愛知県)
  - 15:00~15:15 (休憩)
  - 15:15~15:31 関東降雪時における気温分布の特徴—雨雪判別の記録とアメダス観測の比較より—  
中山秀晃 (東京都)
  - 15:32~15:48 「Pepper 防災教室」に地域性を取り入れた防災教育の紹介—福岡県うきは市—  
栗原ちひろ (宮崎県)
  - 15:49~16:05 温室効果をフライパンモデルで考える実験教材の提案 関 隆則 (千葉県)
- ・ 16:06~16:20 コメンテーター総評 (木村先生・佐藤先生)
- ・ 16:20~16:23 閉会挨拶：平松信昭副会長
- ・ 16:23~16:25 終了

## 《 目 次 》

1.	01 統解-41	岩木山大沢雪溪の消雪日の推移について	小関英明（青森県）
2.	01 統解-42	最暑日と最寒日の地理的要因に関する統計解析	深澤 亮（埼玉県）
3.	01 事例-35	円山川あらしの発生条件	濱 和宏（京都府）
4.	01 事例-36	積乱雲に伴う対流の可視化映像	實本正樹（京都府）
5.	02 統解- 7	川内川あらし2019～2020発生状況	井上和博（福岡県）
6.	02 統解- 8	有効積算気温を用いたウグイス初鳴日の推定	太田佳似（大阪府）
7.	03 解技- 2	梅雨前線の接近に伴う突風の解析の試み	太田佳似（大阪府）
8.	03 事例- 7	台風から変化した温帯低気圧に伴う 10月の降積雪と市民生活への影響	白川龍生（北海道）
9.	03 事例- 8	2019年の台風19号による千曲川流域の大雨の解析 (気象モデルMM5による要因解析)	大矢康裕（愛知県）
10.	03 事例- 9	関東降雪時における気温分布の特徴 ー雨雪判別の記録とアメダス観測の比較よりー	中山秀晃（東京都）
11.	04 教育-12	「Pepper 防災教室」に地域性を取り入れた 防災教育の紹介-福岡県うきは市-	栗原ちひろ（宮崎県）
12.	04 教育-13	温室効果をフライパンモデルで考える実験教材の提案	関 隆則（千葉県）

### 付 録 研究成果発表一覧

研究区分凡例	
【大区分】	【中区分】
01: 気象一般	解技: 解析技法
02: 気象情報作成・活用	統解: 統計解析
03: 防災気象	事例: 事例解析
04: 気象知識普及	予測: 気象予測
05: 古気候・古気象	WB: 気象ビジネス
06: 気象情報ニーズ	実験: 気象実験
07: 文化と気象	授業: 出前授業
08: その他	教育: 気象教育
	運用: 活動要領
	歴史: 気象歴史

当研究成果発表会予稿集に掲載された研究発表の文章・図表を複製あるいは翻訳して利用する場合は、日本気象予報士会の文書による利用許諾を得た上で出所を明示して利用しなければなりません。ただし、著作者自身による利用の場合は、利用許諾の申請は不要です。本プログラムの記載内容に関する問い合わせは、〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-3-3 虎ノ門南ビル 3階A 本部事務所 (jimu@yoho.jp) まで。

## 岩木山大沢雪溪の消雪日の推移について

小関英明(No.1989 青森県気象予報士会)

### 1. はじめに

青森県津軽地方にある岩木山は、弘前方面より眺めるとき、春から初夏にかけて特徴ある雪形が多くみられる<sup>1)</sup>。また、独立峰であることから中腹には多くの放射谷が存在するしており、その一つの大沢は、山頂下の鞍部より南東方向に向かって伸びる沢で浅い U 字形底を持っている<sup>2)</sup>。岩木山では毎年この沢の雪溪の消滅が最も遅く、筆者の住む弘前市から消長状態が観測しやすいため、雪形の観測とともに、大沢の消雪についても観測を行ってきた。本発表では、筆者の恩師であり、筆者より以前から観察を行っていた佐藤清一氏のデータと合わせて約 50 年間に渡る観察データを用いて、大沢雪溪の消雪日の推移について調べた。

### 2. 岩木山の雪形(残雪および雪溪)の観測

岩木山(標高 1625m)は青森県西部に位置する独立峰であり、弘前方面より眺めるとき、春から初夏にかけて特徴ある雪形が数多くみられ、古来より津軽地方の農作業の目安とされてきた<sup>1)</sup>。筆者は、特に北側尾根に現れるネガ型雪形に注目し、「クロウサギ」は筆者が命名し、1998 年から 2008 年までの観察で、春季(3月-5月)の気温と雪形の見え始めおよび桜の開花時期との相関から気候観測の指標の一つと成り得ることを示した<sup>3)</sup>。

筆者は 1993 年より弘前市向外瀬の岩木川河川敷において写真撮影により岩木山の雪形および大沢の雪溪の観察を行ってきた。写真撮影は山肌に雲のかかっている場合に行い、撮影時間は主に AM7:00~8:00(通勤途中)である。主な雪形は、5月末頃には確認できなくなるが、大沢の雪溪は最も遅くまで残雪が確認される。佐藤は 1965 年より 2007 年(ただし 1966, 1967, 1971 の各年は欠測)まで弘前大学屋上および弘前大学附属医療短期大学の屋上から観測を行っていた<sup>4)</sup>。図 1 に「クロウサギ」確認できる(楕円内)春季の岩木山の写真を示す。また、図 2 には夏の大沢の雪溪(楕円内)の写真を示す。



図 1 雪形 「クロウサギ」

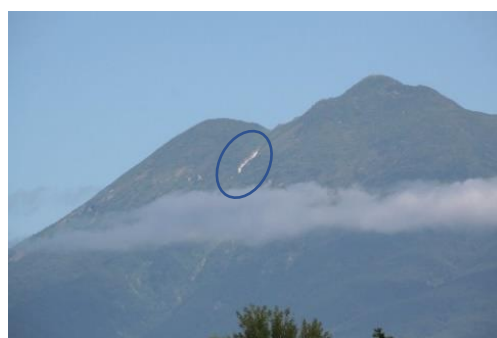


図 2 大沢雪溪

### 3. 大沢の消雪日の推移

#### 3-1. 大沢の消雪日の観察

大沢の消雪日の観察は、大沢が観察できた時の目視と写真撮影により行う。残雪が確認でき



なくたった日を消雪日，最後に確認できた日を最終確認日としてした．気象状態の関係で1週間以上にわたり観察できない場合は，これまでの観測を基に予測により消雪日を推定している．図3に大沢の消雪日の経年変化とともにアメダスにおける弘前の降雪量合計<sup>5)</sup>を示す．

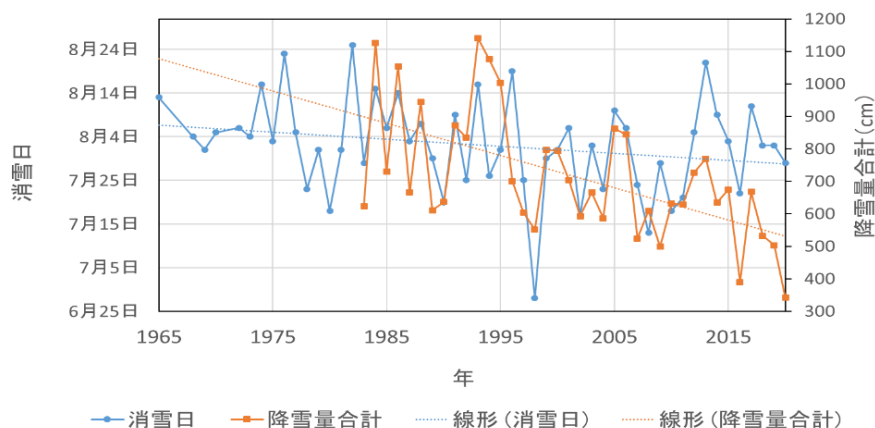


図3 大沢の消雪日と弘前の降雪量合計の経年変化 (気象庁, 2020)

1965年から1992年までは佐藤のデータ<sup>4)</sup>を用い，1993年からは筆者のデータを用いた．図中の点線は消雪日の線形近似直線である．55年間では消雪日平均は8月2日である．

図3より，消雪日の線形近似直線の傾きは $-0.161(\text{Day}/\text{Year})$ であるから，長期的には消雪日は早くなっていく傾向にある．また1965年から1984年までの，20年では消雪日の平均が8月5日であるのに対し，2001年から2020年の平均では7月30日となり5日消雪日が早くなっている．

さらに，弘前の降雪量合計においては，線形近似直線の傾きが $-9.94(\text{cm}/\text{year})$ であることから，長期的にみると降雪量が平均して1年間に約10cm減少している．このことから，降雪量合計の減少が消雪日の早くなっている一因と考えられる．

#### 4. まとめ

筆者は佐藤の資料と合わせ，岩木山の沢雪溪の消雪日について，約50年の経年変化を調べた．その結果，消雪日は早くなる傾向にあり，調査開始から20年の平均と近年20年の平均では5日消雪日が早くなっている．さらに，弘前の降雪量も減少傾向にあり，消雪日が早くなっている一因と考えられる．また，消雪日については，春季から初夏における気温による要因も大きいと考えられるが，これらについては発表時に述べる．

#### 参考文献

- 1) 佐藤清一 岩木山・八甲田山の雪形 - 水資源指標としての一考察 水, p61-p64 (1994)
- 2) 佐藤清一, 国包勝英 岩木山大沢雪溪の研究 雪氷 No.41, p 19-p21 (1979)
- 3) 小関英明 岩木山の雪形「クロウサギ」のその消長について 東北の雪と生活 No.27, p13-p16 (2012)
- 4) 佐藤清一 青森県の雪況拾遺 東北の雪と生活 No.23 p67-p68 (2008)
- 5) 気象庁 過去の気象データ検索 <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2020/12/10 確認)

## 最暑日と最寒日の地理的要因に関する統計解析

日本気象予報士会埼玉支部 深澤亮

### 1. はじめに

地球上の気温が太陽放射の影響を大きく受けるのは言うまでもない。よって、太陽高度が高いほど気温が高く、太陽高度が低いほど気温が低いことが想像できる。しかし実際は、1年の中で気温が最も高くなる日(最暑日)と最も低くなる日(最寒日)はそれぞれ夏至・冬至と一致するわけではない。

年最高気温を迎えるのは8月上旬頃、年最低気温を迎えるのは1月下旬頃である。この理由を正確に説明できるかと言われると、答えられない人が多いのではないだろうか。実は私自身も疑問が残るテーマであるため、このことを探究しようと決めた。

本研究では、最暑日と最寒日が「遅れる」原因に迫るため、遅れ方の大小関係を日本各地で比較してその傾向を捉えることとした。

### 2. 調査方法

全国 154 地点(富士山・伊吹山・剣山を除外)の気象台・測候所における気温の平年値のデータを1週間単位でダウンロードした。

平均気温が最低および最高となる週の階級値を記録し、複数週で値が被る場合は中間値を記録した。

各地点を地図上に色分けしてプロットし、傾向を読み取った。この傾向を仮説とし、統計検定によって、最寒日と最暑日の時期を左右する地理的要因を確定させた。

本研究では、154 地点を地形に応じて内陸・沿岸・岬・島に分類した。ただし「沿岸」は海岸線がおおよそ直線と見なせる地域での観測点を指した。また、便宜上「岬」は半島も含むものとした。

### 3. 出力結果及び統計的仮説

最暑日の分布は以下の図1の通りである。最暑日の分布から、①南ほど最暑日が早く、北ほど最暑日が遅そう ②内陸では最暑日がやや早そう ③岬や半島では最暑日が遅そう という傾向が読み取れる。これらを統計検定により確かめることにした。

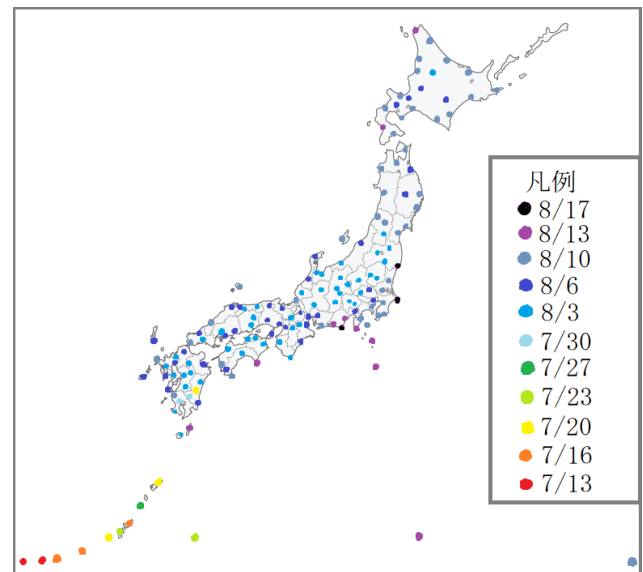


図1 日本各地の最暑日の分布

最寒日の分布は以下の図2の通りである。最寒日の分布から、①南北差はあまりみられなさそう ②内陸ほど最寒日が早そう ③島嶼部では最寒日が遅そう という傾向が読み取れる。これらを統計検定により確かめることにした。

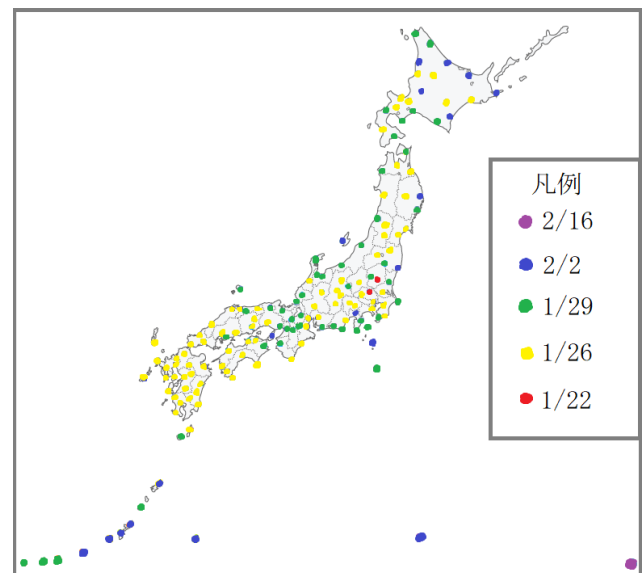


図2 日本各地の最寒日の分布

### 4. 統計的考察

最暑日・最寒日の南北差について調べるため、日本全国および各地形の最暑日・最寒日について単回帰分析を行った。その結果を以下の表1に示した。

日本全国では緯度と最寒日に特定の傾向がみられなかった。しかし、緯度と最寒日の関係性について、地形ごとにある程度差が見られた。

また、緯度と最暑日には全体的に正の相関があった。中でも緯度の影響の強さは地形によって異なり、島では特に強い正の相関がみられた。これは北に行くほど最暑日が遅いことを意味する。これにより、「梅雨明けの遅い地域ほど最暑日が遅い」という仮説が立てられるが、詳細は明らかでない。

ところで、岬では最暑日・最寒日ともに、緯度との相関がみられなかった。このことは、以降の表3,4の考察が関係していると考えられる。

表1 緯度と最寒日・最暑日の相関係数一覧

	緯度と最寒日	緯度と最暑日
内陸	0.205(弱・正)	0.473(中・正)
沿岸	0.531(中・正)	0.614(中・正)
岬	0.143(無相関)	-0.0812(無相関)
島	-0.384(弱・負)	0.746(強・正)
全体	-0.127(無相関)	0.585(中・正)

次に、地形ごとの差異について調べるために、日本全国の最暑日・最寒日の平均を各地形で集計した。その結果を表2に示した。

表2 日本全国の各地形の平均最寒日・最暑日

	平均最寒日	平均最暑日
内陸	1月27日	8月4日
沿岸	1月27日	8月7日
岬	1月28日	8月11日
島	1月31日	7月31日

ところが、島はほとんど南(鹿児島・沖縄・東京島嶼部)に位置し、表1の結果により島は緯度の影響を受けやすい。そのため、緯度と地形の間の交互作用を除外する必要がある。

そこで、北緯34度から42度までを抽出して、地形ごとの最寒日・最暑日を調べた結果を以下の表3に示した。

表3 北緯34~42度の各地形の平均最寒日・最暑日

	平均最寒日	平均最暑日
内陸	1月27日	8月4日
沿岸	1月27日	8月7日
岬	1月29日	8月14日
島	1月30日	8月10日

表3に示した最寒日と最暑日の平均に関して、地形ごとに有意な差がみられるかどうかをt検定により確認した。その際のp値と統計的意味について以下の表4にまとめた。

表4 最寒日・最暑日の各地形のt検定の結果(p値)

	最寒日	最暑日
岬vs沿岸	0.0628(ゆるく有意)	0.0006619(非常に有意)
内陸vs沿岸	0.1891(有意でない)	0.00005815(非常に有意)
島vs沿岸	0.1218(有意でない)	0.04936(普通に有意)
岬vs内陸	0.02212(普通に有意)	0.00008273(非常に有意)
岬vs島	0.5977(有意でない)	0.03321(普通に有意)
内陸vs島	0.07314(ゆるく有意)	0.004584(かなり有意)

表4により、最暑日は内陸→沿岸→島→岬の順に現れるということが統計的に明らかとなった。一方で最寒日については「内陸・沿岸」と「岬・島」のグループ間の違いは見られたが、各グループ内の有意差はなかった。以上から、最暑日の方が最寒日より地形の影響が大きいといえる。

## 5. 結論

最暑日については北に行くほど遅くなり、その傾向は島嶼部で特に顕著であった。また、同程度の緯度帯で比較すると、より海と接した地形であるほど最暑日が遅くなることが確認できた。

一方で、最寒日については、緯度による明確な差異はみられなかった。また、より海と接した地形であるほど最寒日が遅くなるというデータは得られたが、その影響は最暑日の時に比べて小さかった。

以上を踏まえると、最寒日・最暑日が冬至・夏至から遅くなる原因について、海洋の巨大な熱容量が重要な役割を果たしていると考えられる。

## 6. 今後の課題

本年度の研究を踏まえて、最暑日が遅くなる原因の1つに梅雨前線があるという予想が立てられた。次年度はこれを検証するため、梅雨明けと最暑日の関係を詳細に解析することに加え、天候と地形の影響の大小関係について重回帰分析を実施したい。

## 7. 参考文献

気象庁「過去の気象データ・ダウンロード」

<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>

## 円山川あらしの発生条件

濱 和宏(京都支部), 今津一也, 峠 敦子, 中井美幸, 新田 理, 宮部 保, 若林みゆき, 脇 聡士, 今村 聡(鹿児島支部)

### 1. 目的及び方法

兵庫県北部では、秋から冬に、豊岡盆地で発生した霧が円山川の流れとともに地峡部を北上し、海に流れ込む光景(以下「円山川あらし」という。)が見られる。

久重(2013)は、豊岡盆地の霧の発生成因は放射霧が多いと述べた。濱(2020)は、円山川あらしとは豊岡盆地から円山川河口部に向かう霧を伴った陸風のことであり、発生時期は9月下旬～12月、地峡入口付近における霧の上限高度はおおむね標高200～300mであること等を示した。

本研究では、円山川あらしの発生条件を調べるため、円山川河口周辺部の風況、豊岡盆地の霧の発生状況、豊岡盆地と円山川河口周辺部との気温差等を解析した。

### 2. 研究地域

豊岡盆地は、標高約300m以下の山々に囲まれた東西4km、南北10kmの盆地であり、日本海との間には長さ10kmの地峡が存在する(図1)。

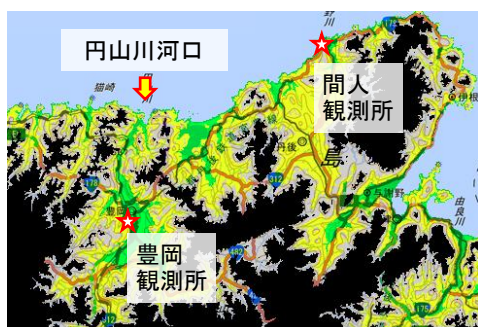


図1. 豊岡盆地及び周辺

※地理院タイルに地名、施設名等を追記して掲載

### 3. 解析データ

2019年10月～2020年2月の気象データとして、豊岡盆地では標高3.4mに位置する豊岡特別地域気象観測所(以下「豊岡観測所」という。), 円山川河口周辺部では河口から約25km 東北東の標高42mに位置するアメダス間人観測所(以下「間人観測所」という。)の値を用いた。

また、円山川あらしの発生状況は、現地目視観測(毎朝6～7時頃)によって確認した。

さらに、円山川河口で撮影した2020年3月9日7時頃の動画(以下「動画」という。)を画像解析した。

### 4. 円山川あらしの発生状況

解析期間の豊岡盆地における霧の発生日数は37日で、そのうち円山川あらしの発生日数は12日(11月及び12月で9日)、円山川あらし発生には至らなかったが河口近くまで霧が到達した日数は13日だった。

円山川あらしが発生した日は、前日の23時～10:00に、豊岡観測所で霧(視程1km未満)が観測された。

### 5. 円山川河口周辺部の風況

#### (1) 河口周辺部の風況と円山川あらしの発生

円山川河口で風が強い日は、円山川あらしが発生しないことが経験的に知られている。そこで、間人観測所の7:00における風速の北方成分と豊岡観測所の霧の発生状況を、円山川あらし発生日(ケース1)、円山川あらし発生には至らなかったが河口近くまで霧が到達した日(ケース2)、河口近くで霧が確認できなかった日(ケース3)、霧が発生しなかった日(ケース4)、に分類して比較した(図2)。

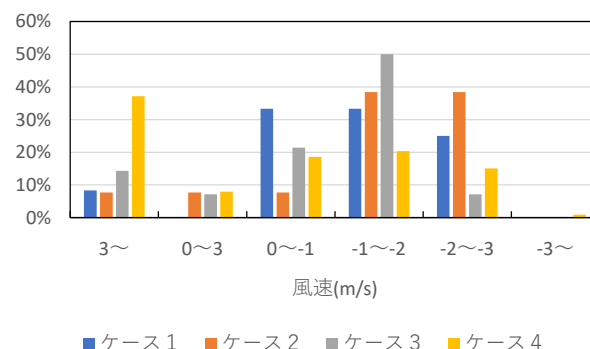


図2. 間人観測所の風速の北方成分

その結果、豊岡盆地の霧及び円山川あらしの発生は、おおむね風速の北方成分が負の場合であることがわかった。このことから、北寄りの風によってもたらされる空気は、乾燥し、豊岡盆地の霧の発生を抑制すると考えられる。

また、豊岡盆地の霧及び円山川あらしの発生は、風速の北方成分がおおむね3m/s未満の場合に限られることもわかった。このことから、円山川河口周辺部の風速の北方成分が3m/s以上の場合は、豊岡盆地において接地境界層内の混合が盛んになり、地上付近の冷却が抑制されると考えられる。



## (2) 円山川あらしの風速

円山川河口における円山川あらしの風速を推測するため、動画における霧の上限(標高約 100m)の形状の移動速度(位相速度)を解析した。

位相速度が風速と同じで、風向が円山川の流下方向と同じ南南西だと仮定すると、風速は約 9m/s だと推測された。

なお、同日 7:00 の間人観測所では風向が南、風速が 0.6m/s、気温が 8.3℃であり、豊岡観測所では風向が南西、風速が 1.3m/s、気温が 4.2℃だった。

## 6. 豊岡盆地における霧の発生

豊岡盆地における霧と円山川あらしの発生の関係を知るために、豊岡観測所における平均視程の経時変化をケースごとに調べた(図 3)。

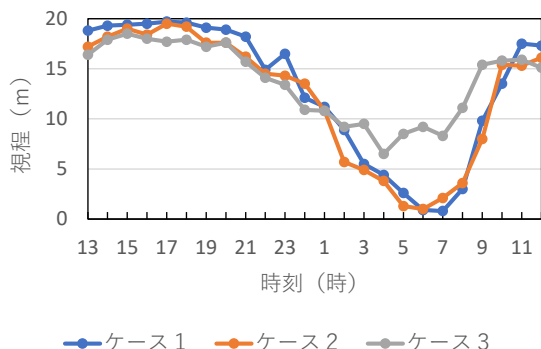


図 3. 豊岡盆地の視程の経時変化

その結果、平均視程が、1:00 は各ケースとも約 11m だったが、7:00 はケース1及びケース2が 1m 以下でケース3が約 8m だった。

1:00 と 7:00 の平均気温差を調べると、ケース 1 が-1.7℃、ケース 2 が-1.5℃、ケース 3 が-0.8℃であった。

すなわち、豊岡盆地で発生した霧が円山川河口に到達するためには、未明～日出に豊岡盆地の地上付近で冷却が進行することで、十分な量の水粒子が空気中に蓄積されることが必要である。

## 7. 豊岡盆地と円山川河口周辺部との気温差

「6 豊岡盆地における霧の発生」の解析において、ケース1とケース2の平均視程及び1:00と7:00の平均気温差に顕著な違いがなかったことから、円山川あらしの発生に対して、豊岡盆地と円山川河口周辺部の気象条件の違いが影響している可能性がある。

そこで、乾燥断熱減率を用い、間人観測所における気温を豊岡観測所と同じ標高の気温になるように補正(+0.4℃)したうえで、7:00における両者の気温差を調べた(図 4)。

その結果、豊岡盆地で霧が発生した日は、全て豊岡観測所の方が間人観測所よりも気温が低くなっていた。

このことは、豊岡盆地で霧が発生するとき、豊岡盆地から円山川河口向きの圧力傾度力が生じていることを示唆する。

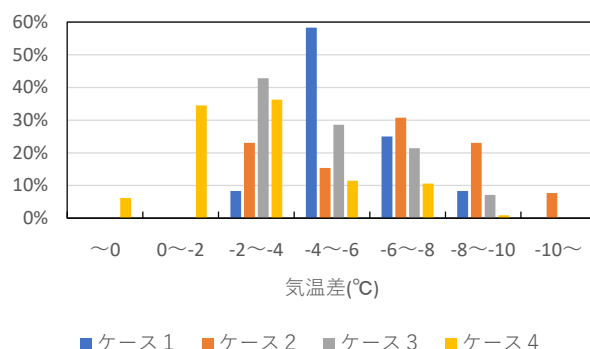


図 4. 豊岡-間人の気温差(補正済)

ケースごとに気温差の頻度を比較すると、ケース 1 は-4~-7℃が 75%(-4~-8℃が 83%)だったが、ケース 2 では気温差が大きい場合に発生頻度が高く-6℃以下が 62%だった。

このことから、7:00 において河口周辺部の気温が豊岡盆地よりも 7℃以上高い場合、豊岡盆地で発生した霧は、円山川の流れとともに地峡部を北上する時に周囲の暖気と混合して蒸発しやすくなり、河口に至るまでに消滅すると考えられる。

すなわち、7:00 において、豊岡盆地の気温が円山川河口周辺部よりも 4~7℃低い場合が、円山川あらしの発生にとって好適条件である。

## 8. まとめ

秋から冬における円山川あらしの発生の好適条件は、次のとおりであることがわかった。

- ・円山川河口周辺部の風は、南寄りかつ風速が 3m/s 未満。
- ・豊岡盆地の地上付近において、未明～日出(1:00~7:00)に冷却が進行することで、十分な量の水粒子が空気中に蓄積。
- ・日出時(7:00 頃)の豊岡盆地の地上付近の気温が、円山川河口周辺部よりも 4~7℃低い。

円山川あらしは、発生過程の詳細、北上時の周囲の空気との混合、海上に流れ込んだ後の挙動、消滅過程など、不明点が多い。物理過程全体を把握するために、今後、データの蓄積が必要である。

## 9. 参考文献

- 久重(2013): 豊岡の霧の特性調査と「放射霧予測マニュアル」の作成, 大阪管区気象研究会誌
- 濱(2020): 「円山川あらし」の概況, 第 12 回日本気象予報士会研究成果発表会予稿集

# 積乱雲に伴う対流の可視化映像

實本正樹（関西支部）

## 1. 研究動機

猛暑となった2020年夏、列島各地で局地的に積乱雲が発生し、短時間強雨や落雷など積乱雲に伴った顕著現象が発現し、ときには被害をもたらした。

同年8月12日夕方、京都府南部を数個の積乱雲群からなる降水セルが通過した。

筆者は、積乱雲に吹き込む収束流と積乱雲から吹き出す発散流を動画撮影し、その画像を気象庁HPから得た高解像度降水ナウキャストや各種天気図、またアメダスデータとともに解析した。

## 2. 撮影画像

撮影地点は、京都府宇治市のほぼ中央部の自宅で北北西方向の空をゆっくりと通過する降水セルとともに、画面左下方の煙突とそこから発する煙を動画撮影した。

16:19頃を境に煙突の煙がなびいた方向が逆転した。

16:11から16:30にかけての約20分間を10倍速にしたものをYouTubeに公開している。（第1図～第3図）



第1図 撮影画像 2020年8月12日 16:11  
煙突の煙は、降水セルへ吹き込んでいる。（収束流）



第2図 撮影画像 2020年8月12日 16:19  
風弱く、煙突の煙は、立ち昇っている。

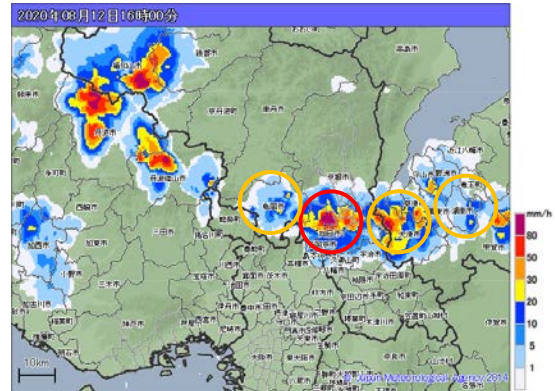


第3図 撮影画像 2020年8月12日 16:30  
煙突の煙は、降水セルから吹き出している。（発散流）

## 3. 高解像度降水ナウキャスト

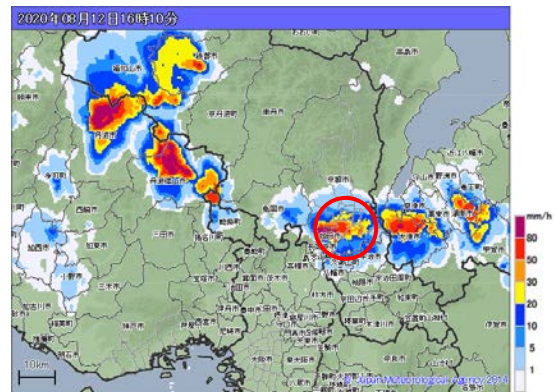
気象庁HPを閲覧すると、撮影当日の16:00頃、京都府南部を通過した降水セルは、数個の積乱雲群からなり、これら降水セルは東西に並び東進していた。

動画撮影し風向変化を捉えることができた降水セルは、第4図の赤丸印の降水セルと推定した。（第4図～第7図）



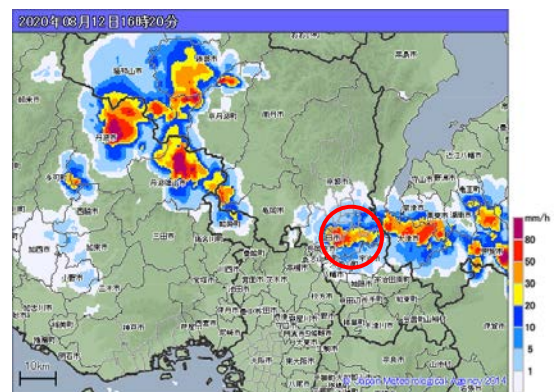
第4図 高解像度降水ナウキャスト 16:00

数個の積乱雲群からなる降水セルは東西に並び、東進した。撮影したのは赤丸印の降水セルである。



第5図 高解像度降水ナウキャスト 16:10

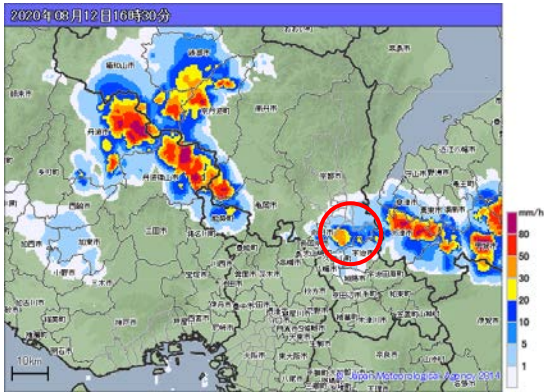
降水セルは発達中で、この南方に位置する撮影地点では南寄りの風を観測した。（収束流）



第6図 高解像度降水ナウキャスト 16:20

降水セルは発達期から衰弱期に変わりつつあるところで、撮影地点では風弱く立ち昇る風を観測した。





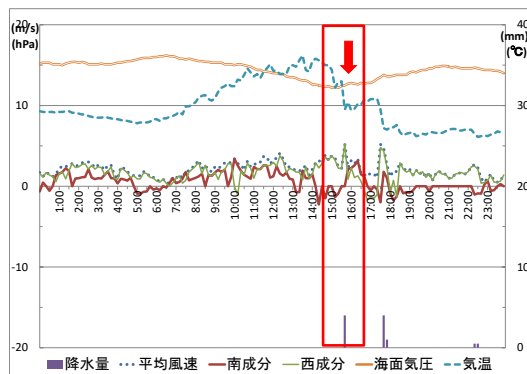
第7図 高解像度降水ナウキャスト 16:30

降水セルは衰弱期に入り、撮影地点では北寄りの風を観測した。(発散風)

#### 4. 京都アメダス 10分値

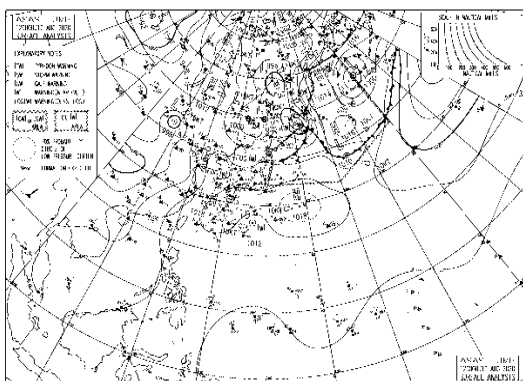
15:50に4mmの降水が観測され、風向は北西(北寄り)から南西(南寄り)に変わり、気温は33.0℃から29.5℃と3.5℃低下した。海面気圧は、15:50に1012.5hPa記録してから16:10にかけて0.3hPa上昇し1012.8hPaとなった。

京都アメダスは降水セルの北側に位置しており、15:50を境に風向が収束流から発散流に変化したことや、15:50過ぎに僅かながら気圧上昇したことから、下降気流による雷雨性高気圧が発生したと考えられる。(第8図)



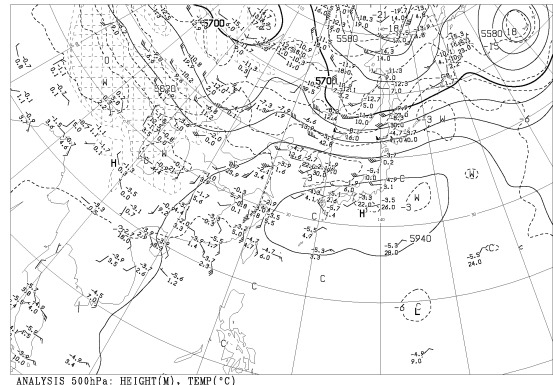
第8図 京都アメダス 10分値 (2020年8月12日)

#### 5. 当日の天気概況



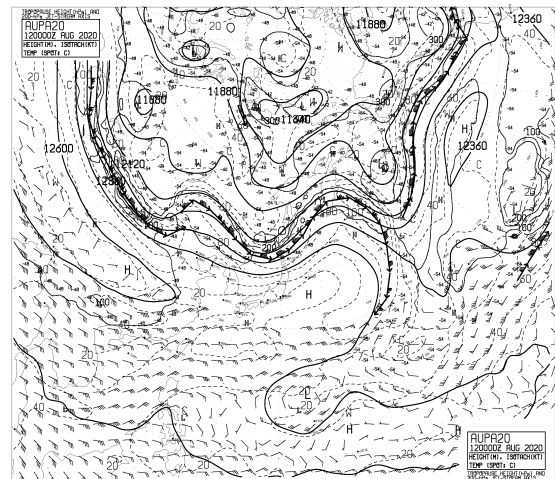
第9図 アジア地上天気図 2020年8月12日9時

太平洋高気圧の勢力は強く、西日本に張り出したいわゆる「鯨の尾型」となっていた。



第10図 アジア 500hPa 天気図 2020年8月12日9時

西日本上空は太平洋高気圧は卓越していたが、北日本上空では、5700m等高度線が南下した気圧の谷があり、高度傾度の大きい状況にあった。



第11図 アジア太平洋 200hPa 図 2020年8月12日9時

ジェット軸の蛇行周期は短く、日本海上空では南に下がり寒気が入っていた。また大陸から張り出したチベット高気圧は、東・西日本上空を覆っていた。

#### 6. まとめと今後の課題

積乱雲は激しい対流を伴い、成長・衰退するが、鉛直流を実像化することは難しい。しかし、積乱雲周囲の地表付近では、対流に伴い、上昇気流が発達しているときは、積乱雲の中心付近へ吹き込む“収束流”が、下降気流の場合には、積乱雲の中心付近から吹き出す“発散流”が吹く。

本事例では、この水平気流を煙突の煙のなびく方向として可視化することができた。今後も積乱雲に伴う諸現象を記録し、積乱雲の実態を伝え、防災減災に繋ぎたい。

#### 7. 参照資料、参考資料

気象庁 HP <https://www.jma.go.jp/jma/index.html>

空と雲の記録 <http://jitsumsk.com/sora/index01.html>

You Tube 『降水セルに伴う“収束流”と“発散流”』

<https://youtu.be/he4EzEvi-YQ>

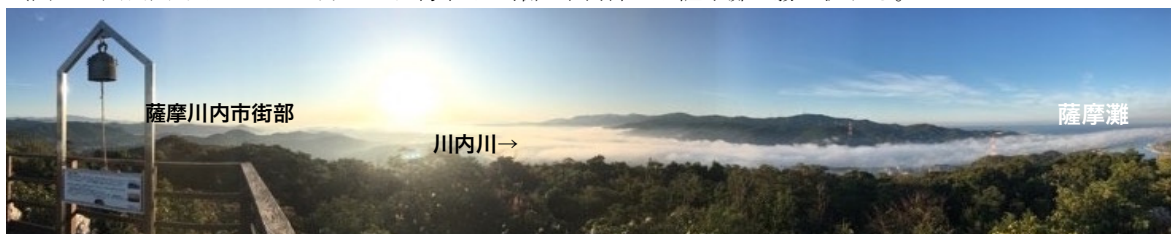
## 川内川あらし2019～2020発生状況

川内川あらしプロジェクト 西部支部 井上 和博

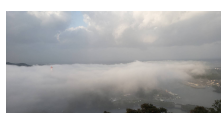
## 1 はじめに

川内川流域では晩秋から初春にかけて晴れて風が弱く放射冷却の効いた朝は霧がよく発生するが、特に薩摩川内市街部付近から河口部においては霧が川に沿って海へと流れる現象が発生する。これを「川内川あらし」と呼ぶ。(図-1参照)河口から10kmほど上流にある薩摩川内市街部は山に囲まれた盆地となっており地形的に霧が発生しやすく、市街部から河口にかけては川の両側が山に囲まれた狭窄部となっていることから霧の流れが一段と強まり、市街部では1m/s以下の弱風でも河口では平均4m/s程度の強風が吹くこととなる。通常の河川は河口に近づくにつれ、扇状地・平野が広がるが、川内川のように河口付近が狭窄部になっているのは九州の一級河川(20河川)では川内川のみである。全国的に一定の頻度で「かわあらし」が観測される一級河川は、愛媛県の肱川と兵庫県の円山川があるが、両河川とも河口近くが狭窄部となっていることから「河口近くが狭窄部」ということが「かわあらし」の一つの要因と考えられる。

(図-1川内川あらし 11月10日鶴木さん撮)市街部から薩摩灘へ霧が流れる。



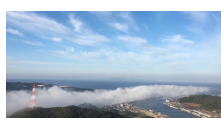
## 2 川内川あらしの形状 川内川あらしの形状を3つに分類する。



①放射霧型 放射霧を主にし、気温の高い時期か前日に降雨があり湿度が高い日に発生する。滑らかな形状で霧頂は100mに達することもある。(10月30日 矢島さん撮影)



②蒸気霧(気嵐)型 ほぼ気嵐のみの川内川あらし 気温は低いが湿度が60%～70%程度で放射霧が出にくい状態で発生する。形状は切れ切れ



③混合型 放射霧と気嵐が混合する形となり、形状は河口付近ほど霧頂がゴツゴツする。湿度が80～85%程度で発生しやすい。霧頂は概ね50m程度(11月10日鶴木さん撮)

## 3 川内川あらしの発生状況・要因 昨シーズン24回の発生時の気温・湿度等の要因を見ていく。

※発生基準は目視により霧が河口まで流れる事象が確認され、河口付近で3m/s以上の東寄りの風がこと。

月別発生状況

	発生回数	放射霧型	蒸気霧型	混合型
10月	4	4	0	0
11月	7	2	2	3
12月	5	0	3	2
1月	5	1	2	2
2月	2	0	0	2
3月	1	0	1	0
計	24	7	8	9

薩摩川内市最低気温別発生状況

	発生回数	放射霧型	蒸気霧型	混合型
15℃超	2	2	0	0
10～15	4	4	0	0
8～10	2			2
6～8	1			1
4～6	0			
2～4	3		1	2
0～2	6	1	3	2
-2～0	5		3	2
-2未満	1		1	
計	24	7	8	9

湿度別発生状況

	発生回数	放射霧型	蒸気霧型	混合型
90%超	2	2	0	0
86～90	6	3	0	3
81～85	4	1		3
76～80	0			
71～75	5	1	2	2
66～70	3		2	1
61～65	1		1	
56～60	2		2	
51～55				
50以下	1		1	
計	24	7	8	9

川内港海水温別発生状況

	発生回数	放射霧型	蒸気霧型	混合型
25℃以上	5	4	0	1
23～24	2	0	0	2
21～22	4	2	2	0
19～20	10	1	5	4
17～18	2	0	0	2
16℃	1	0	1	0
計	24	7	8	9

川内港海水温-薩摩川内市最低気温 差別発生状況

	発生回数	放射霧型	蒸気霧型	混合型
5℃未満	0	0	0	0
5～10	4	4	0	0
10～15	3	2	0	1
15～20	13	1	4	8
20℃以上	4	0	4	0
計	24	7	8	9



## ①気温について

○最低気温が10℃を超える場合は蒸気霧（気嵐）を伴う蒸気霧型、混合型は発生せず、放射霧型しか発生していない。

## ②海水温について

※河口の川内港では10月初旬には海水温が25℃程度あるが、徐々に下がり12月下旬には20℃程度、1月下旬に18℃、3月中旬に16℃まで低下した後、上昇に転じた。

○海水温が18℃を下回る1月下旬から発生頻度が下がる。

○海水温が25℃以上のときは気温も高く、放射霧の発生が多い。

○海水温が19℃～20℃が発生回数が多い。蒸気霧（気嵐）型も20℃程度が一番発生する。

○海水温が18℃以下になると発生頻度が少なくなる。気嵐が発生しにくくなると思われる。

## ③海水温と気温の差について

※北海道などでの気嵐がよく見られる所では、大規模な気嵐が出るためには湿度等の条件もあるが、水温と気温の差が16℃以上が必要と言われている。

○川内川あらしでは気嵐を伴う蒸気霧型、混合型は海水温-気温が15℃程度ないと発生していない。また満潮時刻が5時台から8時台にいくと特に発生しやすい。

○特に蒸気霧型は海水温-気温が15℃以上ないと発生していない。また蒸気霧型は海水の影響を受けやすい河口近くで発生することが多い。

○海水温-気温5℃未満では川内川あらしは発生していない。

## ④湿度について

※湿度は薩摩川内市のアメダスでは観測されていないため隣市の阿久根市のデータである。阿久根は薩摩川内市とほぼ同様の空気が流れてきていると考えられるが、海に近いことから放射冷却があまり効かず最低気温は薩摩川内市より3℃程度高い。

○放射霧を伴う放射霧型、混合型は湿度65%以下では発生しない。

○湿度が55%未満になると蒸気霧の発生も難しくなる（気嵐が発生しにくい）

## 4 ま と め

## 川内川あらし 発生予測フロー



川内川あらしプロジェクトでは、川内川あらしの予報に取り組んでいるところではあるが、現状ではデータ等の不足から困難な状況である。昨シーズン（19年～20年）のデータをとりまとめたが、12月までは放射冷却があり満潮時刻が5時台～8時台に来ればかなりの確率で発生を予想できたが、1月の中旬以降は同様な条件となっても発生しないことが多くなってきた。予想される要因としては、川内港の海水温が18℃以下になると発生頻度が減ったことが考えられる。これは表中にもあるが、大規模な気嵐の発生が水温と気温の差が16℃程度なければ難しいことが考えられる。川内川あらしとこのような形で1シ

ーズンつきあってみたが、川内川あらしはなかなか気まぐれな現象で言う事を聞いてくれないという印象である。とりまとめとして昨シーズンを振り返った発生フローを添付する。最後に写真等のデータを提供していただいた川内川プロジェクトのメンバー、水引地区や川内川河川事務所など関係者の皆様に感謝申し上げます。

# 有効積算気温を用いたウグイス初鳴日の推定

\*太田佳似（日本気象予報士会 関西支部）

植田睦之（バードリサーチ）

## 1. はじめに

気象庁では長年に亘り生物季節観測が行われ、また2009年まで桜の開花予想が発表されて来た。このような生物の予測では、しばしば、有効積算気温という概念が用いられる[1][2]。これは植物に限らず、モンシロチョウの羽化など昆虫にも適用され、生物一般の生理反応に共通の機序と考えられる。本報告では、鳥類であるウグイスの初鳴きでも、この有効積算気温を用いることが可能か、気象庁の気温データとバードリサーチで収集したウグイス初鳴日の観測記録[3]を用いて解析を行うと共に、初鳴日推定のモデル作成を試みた[4][5]。

## 2. 解析手法

ウグイス初鳴日の観測記録（1350件）は全国に分散しており、解析のため、ある程度のデータ数を同一地点にまとめた。最も近いアメダスを選ぶと1地点のデータ数が不足するため、生物季節観測を行って来た気象台（南西諸島を除く91地点）毎にまとめ、データ数が9件以上の39地点の観測記録（1176件：87%）を用いた。また、気温は、直前の気温の影響（ツバメの初認[6]、キビタキの繁殖時期[7]）や冬からの長期的な気温の影響（ヤマガラ繁殖時期[2]）等が考えられるため、事前に、積算気温や月平均気温と観測日の相関を調べ、有効積算気温との相関が最も高いことを確認した（図1）。

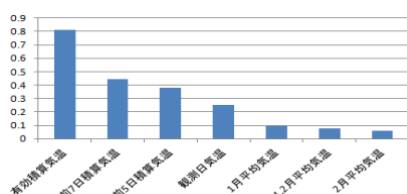


図1 ウグイス初鳴きの観測日と各種気温の相関

## 3. 有効積算気温

有効積算気温で生物現象を予測するためには、例えば以下の式の積算開始日  $ds$  や、積算零点  $To$ 、有効積算気温  $Ta$  を各地点で予め算出しておく必要がある。

$$Ta = \sum_{k=ds}^{do} (Td(k) - To)$$

$Ta$  : 有効積算気温  $Td(k)$  : 日付  $k$  の日平均気温

$To$  : 積算零点  $ds$  : 積算開始日  $do$  : 初鳴き観測日

南西諸島を除く日本全国で、ウグイスの初鳴きは2月～5月のため、今回は積算開始日を1月1日とした。また、積算零点は、のちの初鳴き観測が無い地点への拡張を考慮し  $0^{\circ}\text{C}$  に統一した。観測日の有効積算気温は、地点毎に  $5^{\circ}\text{C}$  ずつ変化させ、2005～2019年の初鳴日の平均

値と予測日との差が最小となる最適値を求めた。

## 4. 解析結果

求めた有効積算気温から各地点毎に毎年の初鳴日を予測し、観測日の平均値と相関を取った（図2）。相関係数は0.998と高く、ウグイスの初鳴きが、桜の開花等と同様、有効積算気温で予測できることが分かった。

また、個々の観測日の予測日からのばらつきは、図3のような対数正規分布に近い形となり、これはウグイスの個体差を反映したものではないかと推察している。

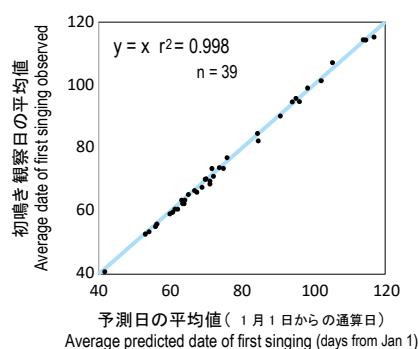


図2 観測日と予測日の相関

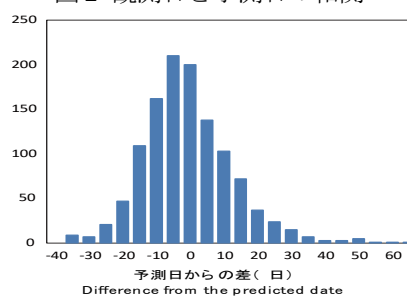


図3 観測日と予測日の差異の頻度分布

## 5. 全国モデルへの展開

上記39地点のモデルでは、全国のウグイスの初鳴日を予測するには不十分なため、全国展開を検討した。39地点の2005～2019年の年平均気温と有効積算気温の関係を調べ、ほぼ線形関係が得られたため（spearmanの順位相関  $r = 0.78$ ,  $S = 2217$ ,  $P < 0.001$ ,  $n = 39$ ; 図4）

有効積算気温  $Ta = 26.101 \times \text{平均気温} - 51.304$  を全国788ヶ所の気象観測地点に適用し、この  $Ta$  を用いて各地点の予測日を求めた。

## 6. 全国モデルの検証

2019年までの情報をもとに作成した上記の全国モデルを2020年の初鳴き情報（152件）で検証した。

2020年に初鳴きが確認された地点から80km以内に上記気象観測地点があり、かつ20km以内に10件以上の過去の初鳴き情報がある地点（90件：59%）を対象とし、全国モデルによる初鳴きの予測日を求めた（図5）。

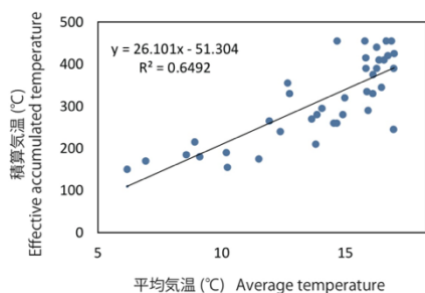


図4 年平均気温と有効積算気温の相関

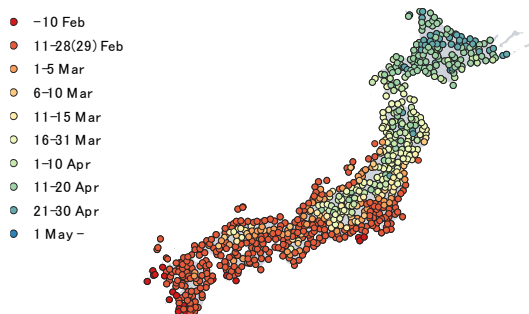


図5 2020年のウグイス初鳴日予測

この予測日と2020年の観察日との差は、0を中心とした分布になっていたが、2005～2019年の観察日の平均値との差は負値側に偏った分布となった(図6)。予測日との差の絶対値は、有効積算気温による予測日が $9.9 \pm 8.6$  (SD) 日、過去の観察日の平均値が $17.3 \pm 18.2$  日で、有意に有効積算気温がよく予測できており ( $t_{89} = -3.96$ ,  $P = 0.0001$ )、平均7.4日、42.7%予測が改善されていた。95%信頼区間の幅も有効積算気温による予測が5.4、過去平均が10.1と、前者の方が狭かった。

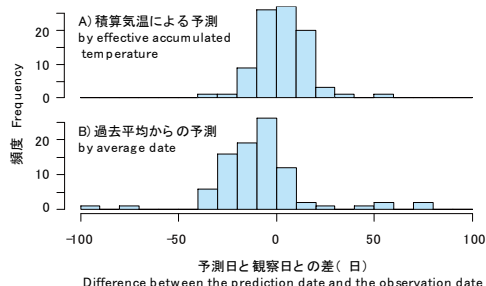


図6 有効積算気温の予測日と過去平均の比較

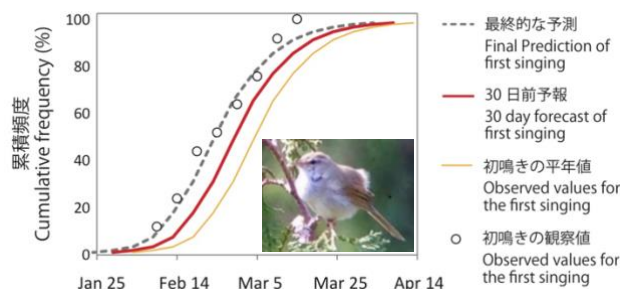
## 7. 考察

この予測モデルは応用面で有用かも知れない。農業では、気候の年変動に合わせて農作業を行う。梅の開花で春作の準備をしたり、ニセアカシアの開花でデラウェアのジベ漬けを行う等、指標生物を用いた方法が経験的に行われ、ウグイスの初鳴きも春作の準備に利用されている[8]。気象庁の生物季節観測もそのような要素があった[9]。ウグイスの初鳴きが有効積算気温で予測できたことは、農作業へのフィードバックをより定量的に行える可能性を示している。

また、桜の開花予測が毎年出されるが、同様にウグイ

スの初鳴き予測ができれば、一般の注目を集め、生物季節や気候変動の影響等の普及啓発に繋がるだろう。図7は、試みに2020年の東京の初鳴日を30日前予測した例である。観察日を30日早めたモデルを作り、求めた予測日に30日を足してウグイスの初鳴き予測日とする。図中の曲線は、図3の頻度分布に基づき、横軸の0値を予測日に合わせた。実際の初鳴き日と比べ、遅い予測となったが、2020年の初鳴きが平年より早いことは予測できている。この後も1週間程度の間隔で予測を出すことで、より実用的な運用が可能と考えられる。

また、過去の初鳴き時期の推定や、将来予測ができるかも知れない。過去の推定は、地点は限定されるが気温データのある1870年代まで遡れる。観察日は、古くから



鳥の観察をしている人からの聞き取りや気象庁の生物季節観測のデータ等を用いて検証したいと考えている。

図7 2020年の東京での観測日と予測日

## 参考文献

- [1]中村寛志他,2008,オオルリシジミ蛹の飼育温度と羽化日,成虫の蔵卵数・前翅長との関係および羽化に要する蛹期の有効積算温度について,Bull. Shinshu Univ. AFC No.6,45-50
- [2]植田陸之,2014,温度ロガーを用いたヤマガラ繁殖時期のモニタリング, Bird Research 10,F21-F25
- [3]バードリサーチ(online)季節前線ウォッチ -鳥の初認と初鳴き調査-,2020,[http://www.bird-research.jp/1\\_katsudo/kisetu/index\\_kisetu.html](http://www.bird-research.jp/1_katsudo/kisetu/index_kisetu.html)
- [4]太田佳似,2020,気象データを用いたウグイス初鳴日予測の試み, 日本気象学会秋季大会,354
- [5]太田佳似他,2020,積算気温をもちいたウグイスの初鳴き日の推定,Bird Research 16,A39-46
- [6]Turner A,2006,The Barn Swallow,T&AD Povser,London
- [7]環境省生物多様性センター,2020,モニタリングサイト1000 森林・草原調査2004-2017年
- [8]農山漁村文化協会(編),2020,天気を読む知恵とワザ,別冊現代農業2020年1月号
- [9]武彦高彦,2018,日誌より生物季節記録の意味を考える-2000年から2018年 京都の生き物歳時記-京都造形芸術大学紀要/Genesis(22),126-139



# 梅雨前線の接近に伴う突風の解析の試み

\*太田佳似（日本気象予報士会 関西支部）

川村俊博（奈良地方気象台）

## 1. はじめに

先行研究で、2019年の台風20号が温低化する過程で近畿地方の広い範囲で発生した突風について議論した[1]。その際、実際に突風が起きたと期待される観測を検出するために、10分間平均風速と最大瞬間風速の相関を取り、そこからの偏差の大きな最大瞬間風速の記録を「突風期待観測」として抽出し、それらの観測地点「突風期待観測点」が大気的不安定な状態を示す低SSI領域周辺に分布していることを示した。

この手法を他の事例で確認するため、本報告では2020年7月8日朝に近畿地方を通過した梅雨前線（図1）に伴う突風について解析を行った。

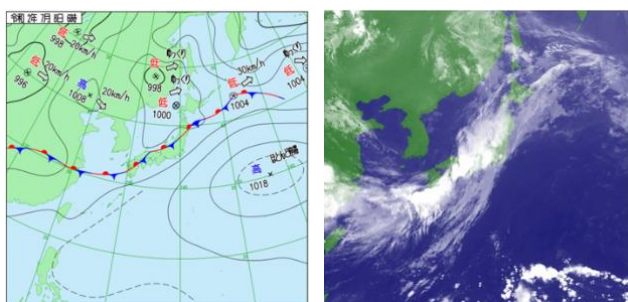


図1 7月8日6時の天気図と5時の赤外線雲画像

## 2. 突風の観測

大阪府柏原市（八尾アメダス南東4km）において、7月8日の早朝5時に突風が吹き、建設中の市役所新庁舎の足場が数十mに亘って崩れ、東脇を走るJR大和路線の架線を切断し、列車は終日運休となった。また、三重県桑名市周辺では、朝6時半頃に突風が吹き、住宅4棟の屋根瓦が飛ぶなどの被害があり、津地方気象台と名古屋地方気象台で現地災害調査が行われた[2]。その他にも近畿地方の広範囲で突風が観測された（図2）。

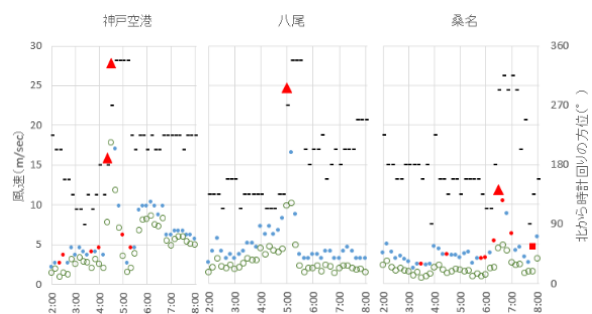


図2 7月8日02～08時の風速（神戸空港、八尾、桑名）  
赤と青は最大瞬間風速、緑は平均風速、黒は風向

## 3. 突風期待観測点の解析

突風の原因としてはダウンバーストやガストフロントが考えられる。前述の手法で突風期待観測点を求め、SSIデータと重ねた例（7月8日04時と05時）を図3に示す。突風期待観測点（赤印）が低SSI領域（橙色）の周辺部に分布している様子が分かる。

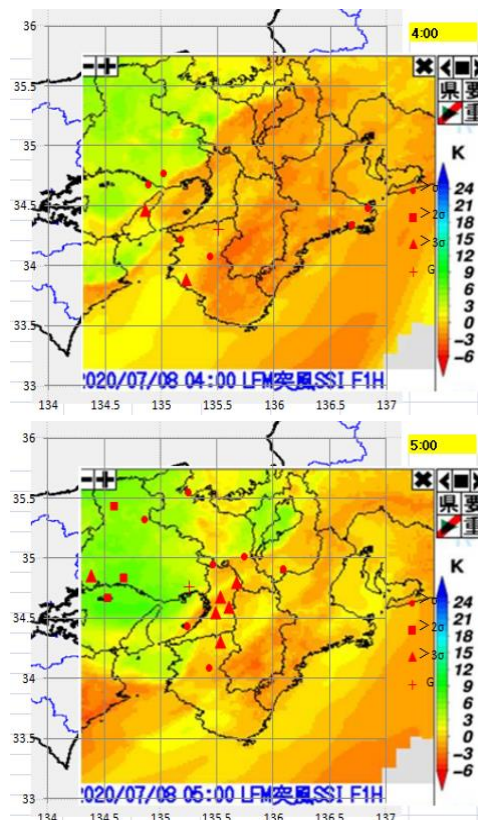


図3 突風期待観測点の分布（上：04時、下：05時）

また、直接、降水域と比較したものが図4で、7月8日05時00分から06時30分まで30分おきに示す。梅雨前線の降水域の東進に伴い、主にその前面に突風期待観測点が集中していることが分かる。

これらのことから、10分間平均風速と最大瞬間風速から求めた突風期待観測点が、ダウンバーストもしくはガストフロントを捉えているものと推察される。

## 4. 実況データから推定した突風の構造

05時20分頃には奈良（八尾から東北東約20km）でも突風が観測されており（図5）、この時の実況データ（図6）から推定される突風の構造を図7に示す。

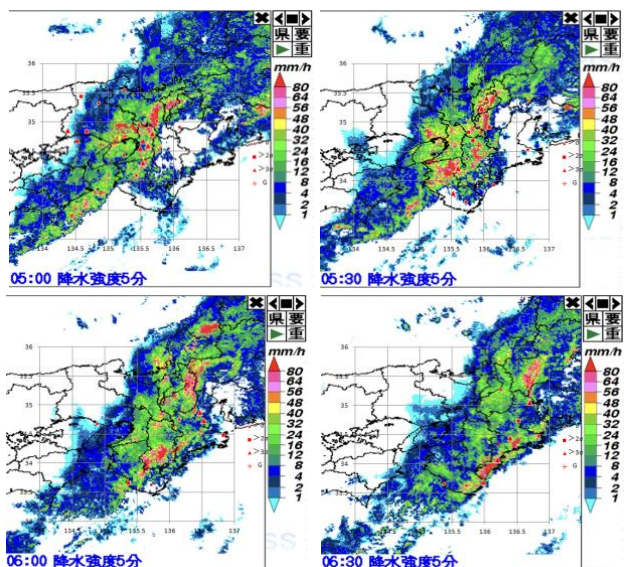


図4 降水域と突風期待観測点分布の時間変化

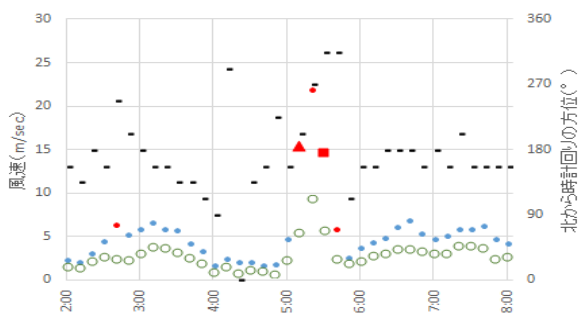


図5 7月8日00～12時の風速(奈良)  
各印の意味は図2に同じ

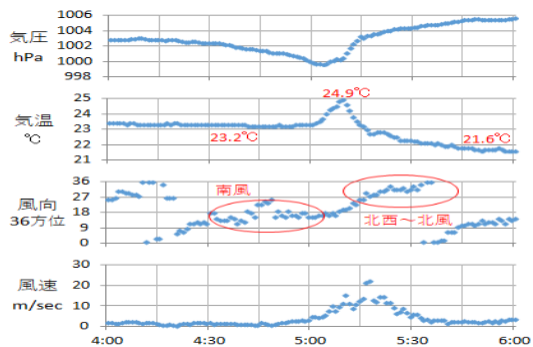


図6 奈良での実況データ(7月8日04時～06時)

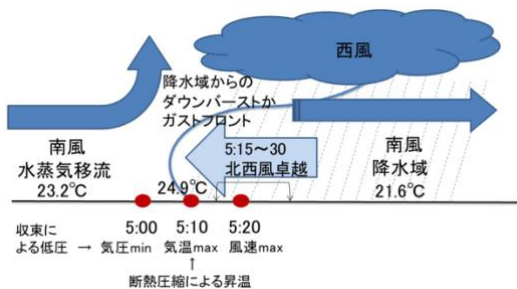


図7 突風の構造の推定(横軸が時間軸)

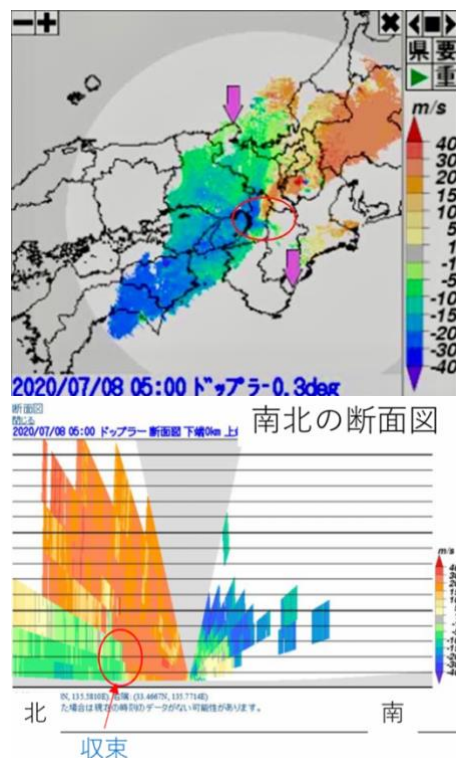


図8 05時のドップラー画像(高安山気象レーダー)

### 5. 柏原市の突風事例

先に述べた大阪府柏原市で7月8日05時に起きた突風は、図4の05時の図から強い降水域の前面での現象であった。また、高安山気象レーダーによるドップラー画像(0.3deg)の05時の実況画像(図8)を見ると、一般に南寄りの風の中、東部大阪の柏原市付近では下層に北寄りの風が入り、強い収束が起きていたことが分かる。足場が崩壊した新庁舎裏を走るJR大和路線は、この付近で北北西から南南東に1キロ以上直線区間で、地形的に谷間構造になっており、そこを北寄りの風が集中して吹き抜けたと推定される(図9)。東に面した足場が、北側からめくれ返るように崩れていたことも、そのことを裏付けている。



図9 大阪府柏原市の被災位置(赤い建物)

### 参考文献

- [1]太田佳似,2019,第12回研究成果発表会講演予稿集,日本気象予報士会,16-17
- [2]津・名古屋地方気象台,2020,現地災害調査報告 令和2年7月8日に三重県桑名市、三重県桑名郡木曾岬町及び愛知県弥富市で発生した突風について



# 台風から変化した温帯低気圧に伴う10月の降積雪と市民生活への影響

白川 龍生（北海道支部所属）

## 1. はじめに

北海道では、晩秋に季節外れの降積雪を記録することがある。平地における10月の降積雪はそれ自体が珍しい現象であるが、北海道では気象庁の降積雪記録が残る1961年以降に計4回、台風から変化した温帯低気圧に伴う降積雪の事例がある（後述）。この時期の降積雪は水分を含む湿雪であり、乾雪に比べ密度が高く、着雪しやすい。また強風を伴うため、暴風雪になることもある。道路交通や農業分野にとっては雪への備えが不十分な時期のため、わずかな降積雪でも影響は大きい。

そこで本研究はこれらの事例について整理した。研究の直接の動機は、2017年10月に台風26号から変化した温帯低気圧に伴う道東平野部の降積雪を経験したことにある。台風接近時に雪が降る現象は、晩秋に「勢力の強い台風」と、「大陸側の高気圧」「上空の寒気」という要素が揃ったときに見られた。気象庁の統計によると、10月に北海道へ接近・上陸する台風は10年に1個程度である。2017年の事例では、過去10年で最も勢力が強いとされる台風が稀なタイミングで接近した事例である。筆者はこのとき北海道北見市で積雪断面観測を実施した。ここではこの事例を中心に過去4回の事例について述べる。

## 2. 調査方法

本研究では、気象庁の降積雪記録が残る1961年以降について、過去に北海道に接近した台風もしくは台風から変化した温帯低気圧に伴う降積雪の記録（対象：北海道内の現在の気象官署8箇所）を調べた<sup>1,2)</sup>。これらの結果と当時の新聞記事<sup>3)</sup>から窺える道路交通や農業等市民生活への影響について調査した。また、2017年10月の事例で実施した積雪断面観測は、日本雪氷学会編『積雪観測ガイドブック』に準拠して行い、観測記録を整理した<sup>4)</sup>。

## 3. 結果および考察

### 3.1 過去4回の事例分析

北海道で1961年以降における台風から変化した温帯低気圧に伴う降積雪記録は、事例1：1981年台風24号（から変化した温帯低気圧）と日本海の低気圧、事例2：2009年台風18号（同）、事例3：2013年台風26号（同）、事例4：2017年台風21号（同）の計4回である。これらの降積雪記録の概況は下記の通りである。

#### (1) 事例1：1981年台風24号から変化した温帯低気圧と日本海低気圧

雨を伴った大型台風で、関東の南東海上を通過した。東京都区内各所では日雨量200mm以上を記録した。台風24号は三陸沖で温帯低気圧に変化し衰弱したが、同時期に日本海を北東進していた別の低気圧が台風24号の影響で急速に発達し、10月23日21時にはサハリン北部で948hPaに達し、偏西風から切り離され寒冷低気圧となりサハリン付近に停滞した。北海道上空には強い寒気が流れ込み、旭川で積雪12cmを記録した<sup>5)</sup>。

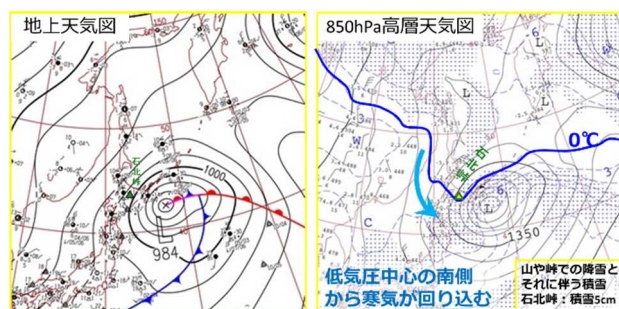


図1 2009年10月9日9時の天気図（抜粋）<sup>1)</sup>

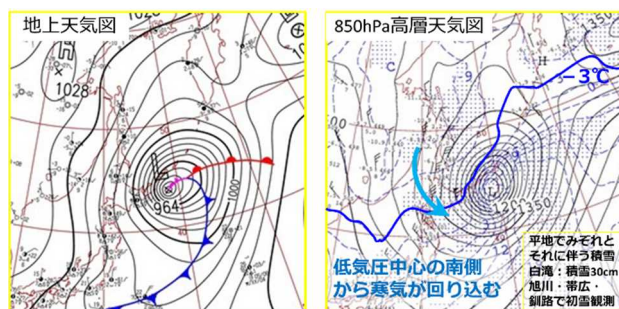


図2 2013年10月16日21時の天気図（抜粋）<sup>1)</sup>

#### (2) 事例2：2009年台風18号から変化した温帯低気圧

2009年に日本に上陸した唯一の台風で、死者6名を含む人的被害や災害が発生した。台風は暴風域を保ったまま北海道の南を北東進し千島列島近海で温帯低気圧に変化した。沖縄から北海道にかけ広い範囲で大雨となり、北日本の太平洋側や日本海沿岸、オホーツク海沿岸で高さ4mを超えるしけとなった。石北峠では積雪5cmを記録した<sup>5)</sup>。

図1は、2009年10月9日9時の天気図抜粋である。右側の850hPa面では、0°Cの等温線が北海道オホーツク側から大雪山系付近まで南下し、寒気は低気圧中心の南側から回り込むように流入している。南縁にあたる石北峠は標高1050mで850hPa面に比較的近い高さにあり、この等温線は同峠での積雪（5cm）に対応すると考えられる。

#### (3) 事例3：2013年台風26号から変化した温帯低気圧

伊豆諸島の伊豆大島で記録的な大雨となり、土石流により甚大な被害が発生した。死者40名を含む人的被害や災害が発生した。台風はその後三陸沖で温帯低気圧に変化した。北海道上空には強い寒気が流入し、旭川や帯広、釧路では前年より1カ月以上早い初雪を観測し、遠軽町白滝では積雪30cmを記録した<sup>5)</sup>。

図2は、2013年10月16日21時の天気図抜粋である。北海道東部では等圧線の間隔が狭く、気圧傾度が高い。右側の850hPa面では、-3°Cの等温線が43°N付近まで南下し、寒気は低気圧中心の南側から回り込むように流入している。遠軽町白滝は-3°C線の南縁付近にあり、平地積雪エリアに対応している。

#### (4) 事例4：2017年台風21号から変化した温帯低気圧

確実な記録が残る1991年以降で初めて超大型の状態

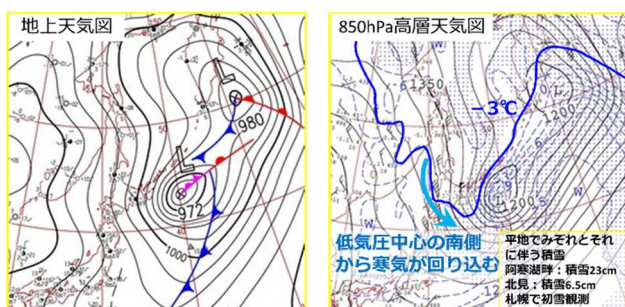


図3 2017年10月23日21時の天気図(抜粋)<sup>1)</sup>

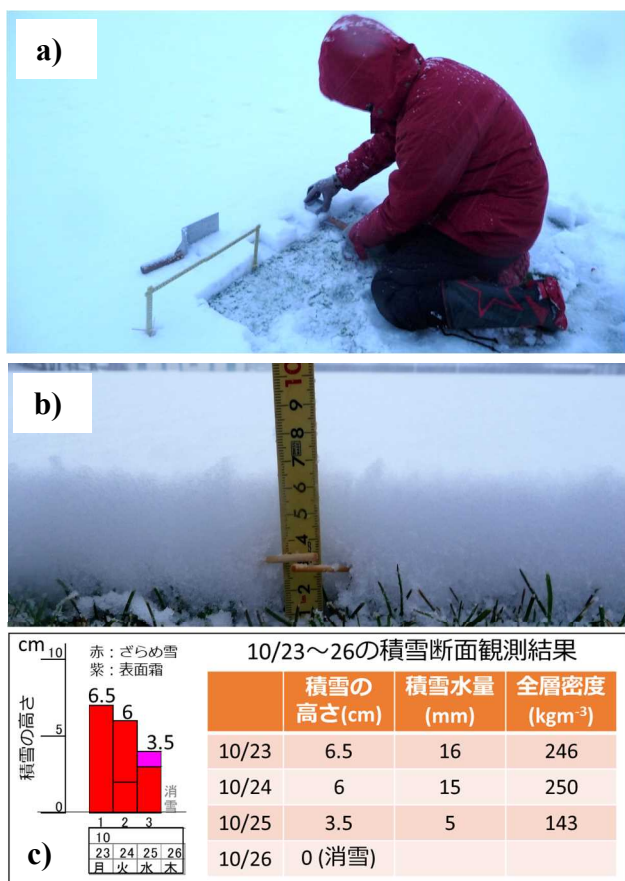


図4 北海道北見市で実施した積雪断面観測結果。a: 観測の様子, b: 10月23日の積雪断面, c: 観測結果。

日本に上陸した台風で、死者8名を含む人的被害や災害が発生した。台風はその後福島県沖で温帯低気圧に変化した。北海道上空には強い寒気が流入して内陸平野部も積雪となり、札幌で初雪、阿寒湖畔で積雪23cmを記録した<sup>5)</sup>。

図3は、2017年10月23日21時の天気図(抜粋)である。右側の850hPa面では、 $-3^{\circ}\text{C}$ の等温線が道南を除く北海道の広範囲を覆い、北海道内各地では11月中旬並みの寒さとなった。ここでも事例2、3と同様、寒気は低気圧中心の南側から回り込むように流入しており、札幌や阿寒湖畔の積雪記録とも対応している。

### 3.2 事例4(2017年10月)で実施した積雪断面観測と市民生活への影響

2017年の事例4では、筆者が在住する北海道北見市でも

積雪となったため、同年10月23日～26日の期間に積雪断面観測を実施した(図4)。この観測は、2017～2018年冬シーズンにおける最初の観測となった。全層、密度の高い湿雪(ざらめ雪)で、23日の観測では積雪の高さ6.5cmを計測した。全層密度は、積雪の高さと積雪水量(積雪を水量に換算した値)から算出した。積雪は3日間続き、3日目の25日には放射冷却に伴い表面霜が現れ、翌26日に消雪した。

この積雪は、道路交通・農業等市民生活に少なからず影響を与えた<sup>3)</sup>。当時の新聞報道によると、夏タイヤ装着車の立ち往生・スリップ事故が多発し、北見市郊外の開成峠では車50台が2時間以上立ち往生した。北海道内ではシャーベット状の路面により計7件のスリップ事故が発生している。23日の北見アメダスの日平均気温は $2.3^{\circ}\text{C}$ <sup>2)</sup>で、送電線が着雪、および強風に伴う倒木のために断線し、北見市の隣に位置する訓子府町では約2900戸が停電した。同町内の酪農家では停電が搾乳作業に影響したため、非常用発電機を使用して対応した。

## 4. まとめ

本研究では、台風から変化した温帯低気圧に伴う10月の降積雪について、記録に残る4事例を示した。事例1は台風が付近の温帯低気圧に影響を与えた事例で、4事例の中ではタイプが異なる。2009年以降の3事例(事例2～4)については、台風から変化した温帯低気圧による事例であり、いずれも閉塞前線を伴い大気下層は寒気に覆われる構図であった。また、850hPa面ではいずれも低気圧中心の南側から寒気が回り込んでいた。

近年、北海道への台風接近ルートが変化しており、以前は6割以上が日本海ルートだったが、太平洋ルートが5割以上に増加している<sup>6)</sup>。太平洋から北海道に接近する台風は、他のルートと比較し中心気圧が低い状態のまま北上する傾向がある。太平洋ルートを通る場合、北海道は台風(または変化した温帯低気圧)中心の北西象限に位置するため、寒気が流入しやすい。これに湿数の低い領域の分布、地形性降水などの条件が重なれば今後も季節外れの降積雪とそれに伴う気象災害の可能性があるので、注意を要する。

## 参考文献

- 1) 国立情報学研究所ウェブサイト「デジタル台風」  
<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>
- 2) 気象庁ウェブサイト「過去の気象データ検索」  
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 3) 2017年10月24日付北海道新聞朝刊。
- 4) 日本雪氷学会編(2010): 積雪観測ガイドブック。朝倉書店, 136pp。
- 5) 原典: 気象庁「日々の天気図」, 加工: 国立情報学研究所ウェブサイト「デジタル台風」
- 6) 北野慈和, 山本太郎, 小林彩佳, 山田朋人(2017): 2016年8月豪雨事例を含む過去56年間に北海道周辺を通過・上陸した台風の統計的解析。土木学会論文集B1(水工学), 73(4), I\_1231-I\_1236。



## 2019年の台風19号による千曲川流域の大雨の解析 -気象モデルMM5による要因解析-

大矢 康裕<sup>1,2</sup> 吉野 純<sup>2</sup> (1. 気象予報士会東海支部 2. 岐阜大学)

## 1. はじめに

前回の研究成果発表会において2019年の台風19号(以下T1919)の大雨の要因に関して、気象庁のGSM・MSMを使用した解析結果について報告した。その際、瀬古弘先生から『前線の西側が必ずしも乾燥しているわけではない』こと、瀬上哲秀先生からは『前線の西側の軽井沢付近でも大雨になっている』ことについてご指摘をいただいた。

本研究は第11回の研究成果発表会において木村龍治先生からいただいた『MSMに部分的に詳細な地形モデルを埋め込んだ解析』というご助言も踏まえて、前回のご指摘についての研究を行った。また本研究は20年度気象学会秋季大会での発表内容に対して更に検討を進めたものである。

## 2. 本研究の目的

T1919により広範囲で大雨となって、各地で大きな被害を受けた。地形による強制上昇によって関東山地の東側(浦山など)で大雨になっており、通常では大雨にならない関東山地の風下側に位置する千曲川流域まで大雨になり氾濫が発生している。本研究は千曲川流域での氾濫の原因となった千曲川上流域における大雨の要因について明らかにすることを目的とする。

## 3. 解析方法

T1919が東日本を接近・通過した2019年10月11日12z~同13日00zにおける6時間毎のNCEP最終解析値FNLを使用して、PUS/NCARメソスケール気象モデルMM5(Dudhia, 1993)を用いて、27km(D1)、9km(D2)、3km(D3)、1km(D4)の4段階ネステイング(図1)により、36時間の数値積分を実施した。

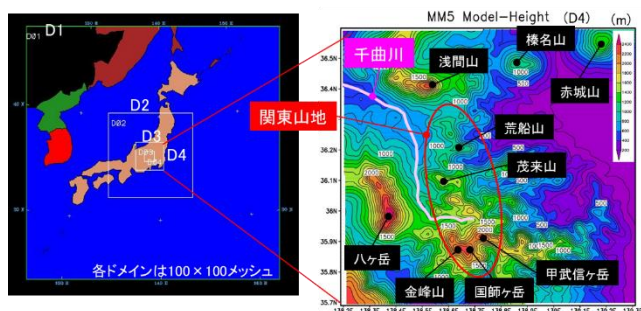


図1 気象モデルMM5による解析ドメインの設定

地形の影響を見るためにモデル地形cntlに対して

標高ゼロ(CASE1、図略)、関東山地にそれより高い衝立を設置(CASE2)、千曲川の下流側に衝立を設置(CASE3)の地形改変を実施して解析を行った。

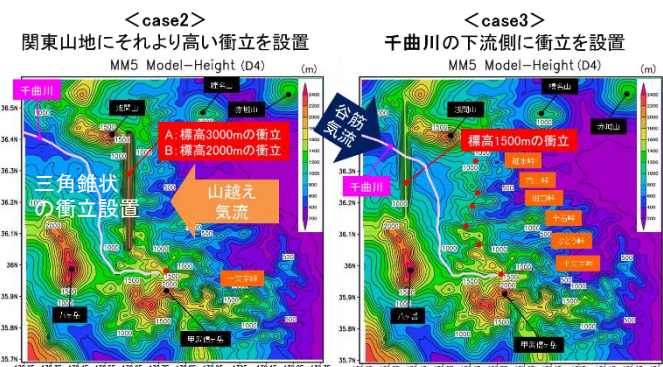


図2 人工的な衝立設置によるモデルの地形改変

## 4. 解析結果

まずMM5の妥当性を検証するため、気象庁のT1919の位置表とMM5の進路の比較を行った。実況に対して約3時間遅れとなっているものの、進路はほぼ実況と一致した。なお、D4領域にある29地点のアメダスデータの平均(図略)を求めると、1時間に15mmを超える大雨は12日15時頃をピークとして8時から21時まで持続しており、T1919の進路の3時間遅れによる解析に対する影響は少ないと考える。

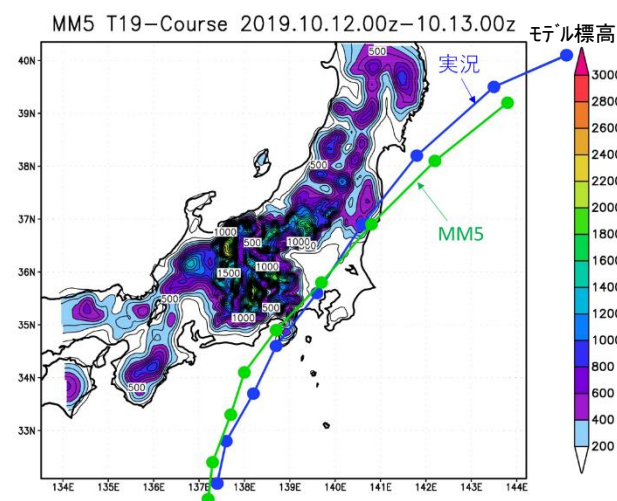


図3 実況とMM5のT1919の進路比較(D2)

更に降水量に関しては、10月12日の24時間降水量について、気象庁の1kmメッシュ解析雨量とMM5降水量との比較を行った。MM5は中程度の降水強度の領域で誤差が大きいですが、大雨の領域はほぼ実況通りとなっていることが検証できた。(図4)



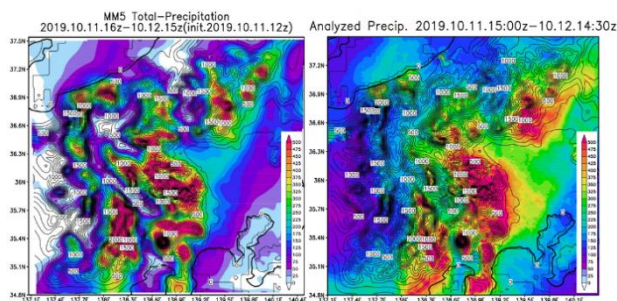


図 4. 24 時間雨量比較(D3): MM5(左)、解析雨量(右)

標高ゼロの地形改変を行うこと、地形の影響によって広範囲で大雨になった(図略)ことは明らかであり、D4-cntl においては帯状の降水域が関東山地を越えて形成されていることが確認できた(図 5)。

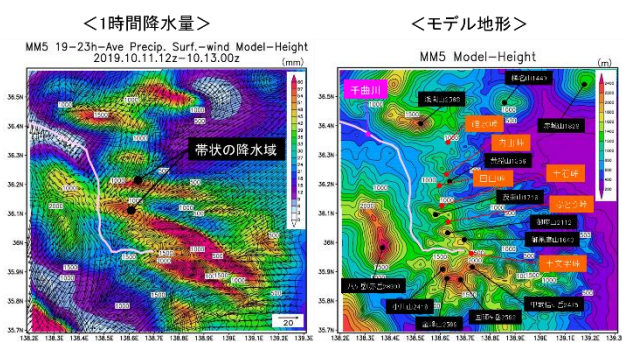


図 5 1 時間降水量(19-23h)とモデル地形(D4-cntl)

しかし可降水量 60mm 以上、混合比 0.015kg/kg 以上の非常に湿った空気は関東山地峠を越えて千曲川上流域まで入って来ていない(図略)。

そこで降水粒子の流れを見るために、全水量混合比  $qt=qc+qr+qi+qs+qg$  の Flux(流束)について解析を行うと、前回の発表でも解析された温暖前線面を降水粒子が滑昇している様子が分かる(図 6)。

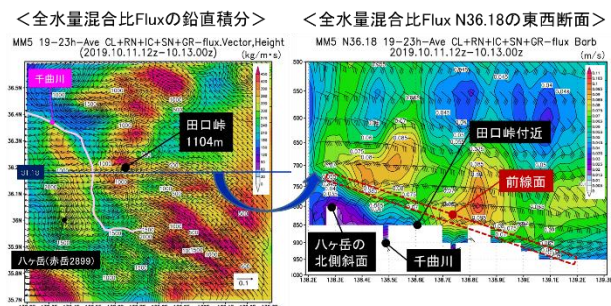


図 6 全水量混合比 Flux の解析(D4-cntl)

関東山地に 3000m の衝立を立てると、降水粒子の多くは 3000m の衝立付近に留まり、千曲川上流域に入るまでに減少している(図 7)。cntl の結果と併せると関東山地の東斜面の上の 1000~3000m の降水粒子が強い東風で流されて千曲川上流域における大雨をもたらしたと考えられる。

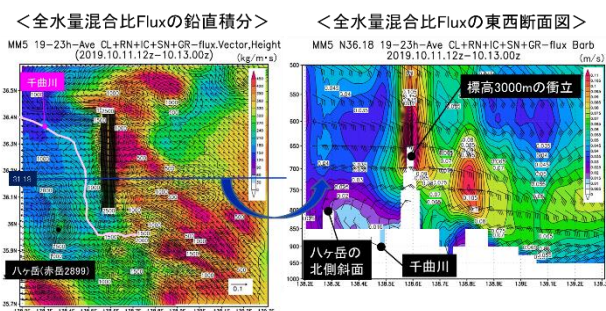


図 7 全水量混合比 Flux の解析(D4-CASE2)

### 5. 考察

しかし台風の北側に形成される温暖前線面の下は、通常は乾燥しており、降水の蒸発が起きるため大雨にはならない。それにもかかわらず千曲川上流域で大雨になったのは、先行降水の蒸発などにより流域の下層に冷気プールが形成されたためと考える(図 8)。なお CASE3 の実験からこの冷湿な空気の起源は北からの移流ではないことを確認済みである(図略)。

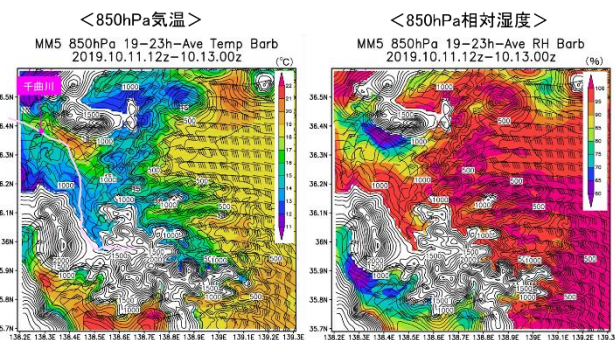


図 8 850hPa 気温・相対湿度(D4-cntl)

### 6. まとめ

T1919 によって千曲川上流域で大雨になった要因は以下のように結論づけられる。

- ・関東山地含む中部山岳の東側に前線形成
- ・非常に湿った空気は関東山地を越えていない
- ・強風によって降水粒子が流され温暖前線面を滑昇
- ・前線面の下に冷気プール形成(先行降水の蒸発等)
- ・飽和状態となり、降水は蒸発せず大雨となった

### 7. 今後の課題

- ・山岳域での気象モデル MM5 の精度向上

### 8. 謝辞

岐阜大学工学部付属 応用気象研究センター センター長の吉野純准教授に心から感謝いたします。また 20 年度気象学会秋季大会での発表において貴重なコメントをいただきました気象研究所の瀬古弘先生、京都大学の榎本剛教授、国立環境研究所の林未知也研究員にも感謝いたします。

# 関東降雪時における気温分布の特徴

## —雨雪判別の記録とアメダス観測の比較より—

中山秀晃(東京支部)・大門禎広(北関東支部)

### 1. はじめに

関東地方の雪に関する気象・防災情報は、改善がみられるものの、未だ信頼性の高い雨雪判別予報や積雪予報を提供するまでに至ってはいない。関東地方における雪の観測地点は少なく、「気温上昇で溶ける」「圧密などで変質する」という雪の性質上、降雪状況の把握を困難にする。観測体制の充実と降雪事例の集積が求められる。

気象観測を補う方法として、Web上の降雪情報を活用した関東地方の雨雪判別及び積雪情報の記録を2008-09年から実施している。また2017-18年の冬から、防災科学技術研究所の気象情報収集システムである「ふるりポ!」による観測情報の記録を従来のデータに追加した。

今回は、10年にわたる雨雪判別の記録とアメダスデータを使った気温分布の比較検証から、関東地方降雪時における低温域の発達に特徴的な型があることが明らかになったので報告する。なお、風向風速についても同様の比較検証を行っているが、今回は気温分布を中心に報告したい。

### 2. 対象とした雨雪観測とアメダスデータ

対象とした雨雪事例は、2011年～2020年の10年間にわたる89事例の観測である。WebGISを活用した雨雪判別記録は、3時間毎に一枚の図を作成し時間変化を捉えているが、それに対応した時刻のアメダス気温および風向風速の分布図を1時間毎に作成し、主に平野部における降雪の降り始めや、降雪域の拡大時における低温域の変化に注目して特徴的な型(顕著事例)を抽出した。

### 3. 特徴的な低温域の発達と降雪域の拡大について

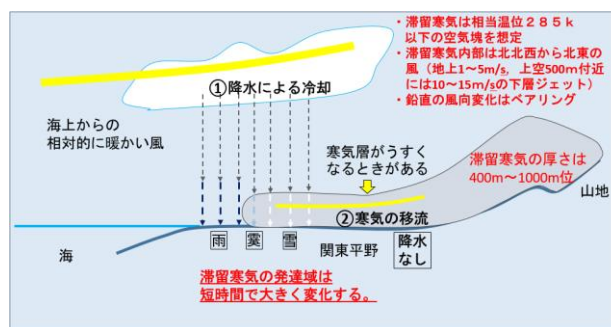
先行研究では、関東平野における降雪開始前後の下層低温化について、「寒気移流」と「降水の相変化に伴う冷却」が注目されている(第1図)。この二つのプロセスを念頭に、対象事例におけるアメダス低温域の変化と対応する降雪域の変化を比較検証した結果、以下の型が抽出できた。

抽出された型(目視による)	出現回数	出現頻度
①寒気滲出型 (西→南東・東)	38回	43%
②寒気移流型 (北東→南南西・南南東)	24回	27%
③冷却域拡大型 (局地的な降水による冷却域拡大)	26回	29%
④相対的温暖域型 (群馬県南東部周辺を中心とする)	47回	53%
⑤沿岸前線関連型・その他 (②と③の複合型など)	30回	34%

第1表:降雪時のアメダス気温分布から抽出された型

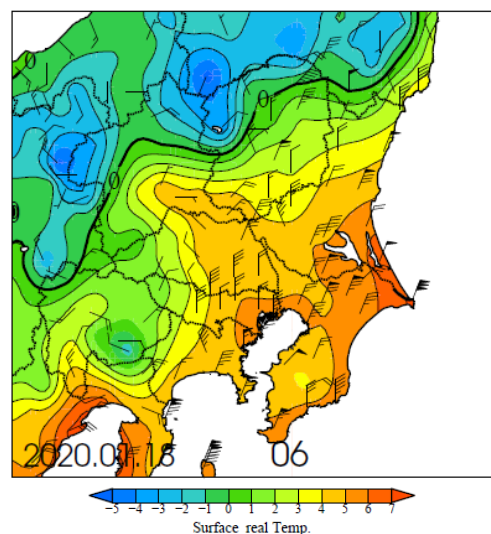
なお、第1表①～⑤の事例は、一回の降水イベントで複数回にわたり発生する場合がある。また、第2～4図は、第1表の①に該当し、時間経過とともに低温域が南東方向に拡大し、房総半島南部まで降雪域が広がった事例である。

第5図は抽出した特徴的な気温分布に相当する模式図であり、5つの型の典型的な出現域が示されている。図中の矢印は、時間経過とともに発達する方向を示す。

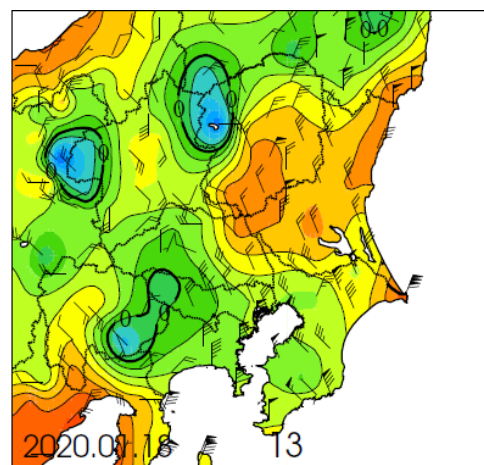


第1図:南岸低気圧通過時に関東平野に形成される滞留寒気と雨雪の関係を示した模式図

### ☆関東西部から低温域が拡大した事例(第2～4図)

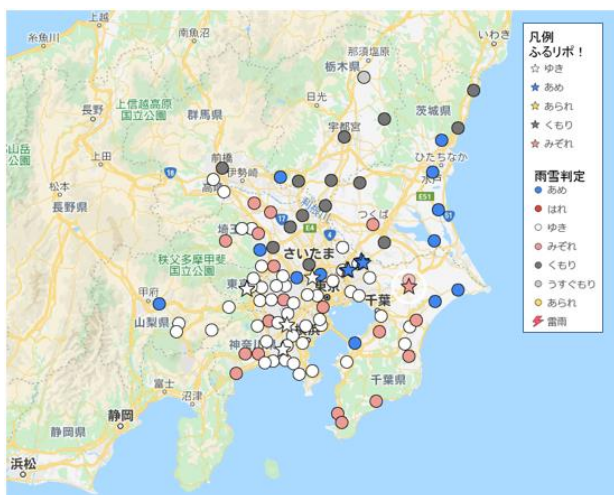


第2図:2020年1月18日6:00のアメダス図

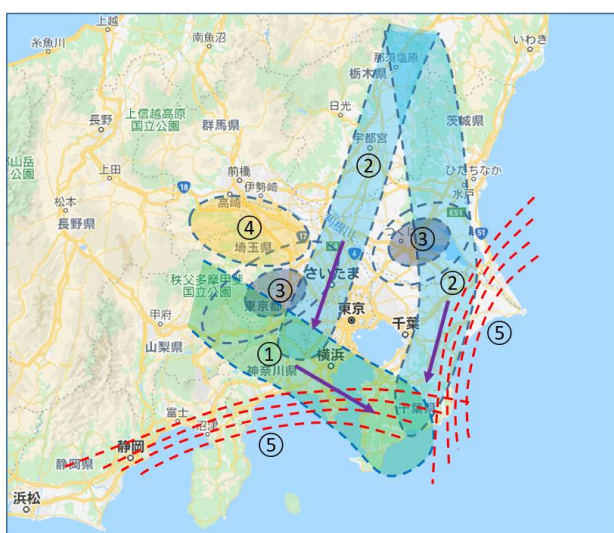


第3図:2020年1月18日13:00のアメダス図  
(凡例は第2図に同じ)





第4図:2020年1月18日12:00~15:00の雨雪判別図



第5図:関東降雪時の特徴的な気温分布の模式図

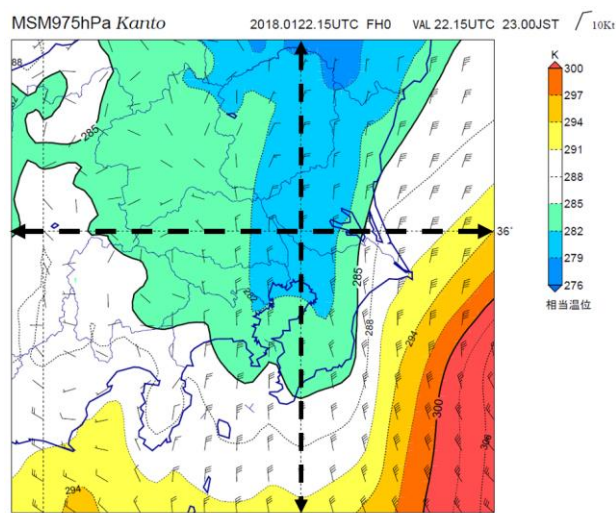
#### 4. 寒気移流の鉛直構造について

第6~8図は、2018年1月22日における相当温位と風向風速の鉛直構造を捉えたものであり、降雪期間の終盤に発達した寒気移流の水平および鉛直構造の特徴が示されている。雨雪判別の境界と仮定した相当温位285k以下の領域に注目すると、 $36^{\circ}$  Nの東西距離は190km程度、 $140^{\circ}$  Eに沿った南北距離は250km程度となる。また、寒気移流層の高さは、 $36^{\circ}$  N断面で925hPa (735m)、 $140^{\circ}$  E断面で850hPa (1430m)をピークとしていることが判明した。

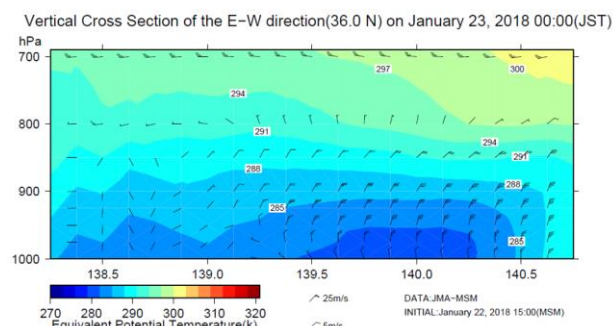
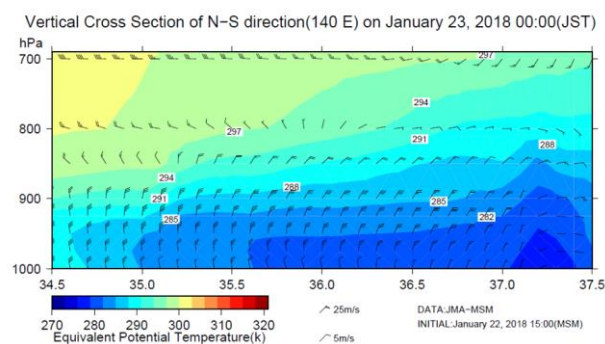
#### 5. 今後の課題

今回の抽出した5つの型がどのような気象条件のときに発生しやすいのか、その因果関係を気圧配置や風向風速の時間的・空間的な変化に着目しながら、マルチスケールで考察し明らかにする必要がある。

また、風向風速の分布を含めた各気象要素の鉛直的な構造と時間的推移の特徴を5つの型ごとに明らかにし、関東降雪時の気象メカニズム解明すること、さらには気象災害の軽減や高精度の雨雪判別予報・積雪予報の開発に繋がる様々な知見を得ることが当面の課題である。



第6図:2018年1月23日0時のMSM975hPaにおける相当温位図(データは、気象庁MSM(メソモデル)15UTCの初期値を使用)

第7図:2018年1月23日0時における相当温位と風向風速の鉛直断面図( $36^{\circ}$  Nに沿った鉛直断面)[データは、気象庁MSM(メソモデル)15UTCの初期値を使用]第8図:2018年1月23日0時における相当温位と風向風速の鉛直断面図( $140^{\circ}$  Eに沿った鉛直断面)[データは、気象庁MSM(メソモデル)15UTCの初期値を使用]

#### ☆参考文献

- 中山秀晃, 2019: 関東地方における降雪分布—WebGISを活用した雨雪判別と積雪深の記録— 日本気象学会秋季大会予稿集 B301
- 中山秀晃・水谷 勝・落合孝太・大門禎広 2019: WebGIS を活用した関東地方の雨雪判別と降雪情報について. 気象研究ノート「南岸低気圧による大雪」III, 241号, 8.2, 523-539.

# 「Pepper 防災教室」に地域性を取り入れた防災教育の紹介 -福岡県うきは市-

栗原ちひろ（日本気象予報士会・西部支部）

## 1. はじめに

防災教育には様々な形態があるが、ソフトバンク株式会社が開発した人型ロボット「Pepper」を活用したユニークな防災授業（防災スクールテンプレート：2018年3月リリース）がある。これは、社会貢献活動として全国で実施されているもので、気象庁（福岡管区気象台）が監修した防災教育（大雨版・地震版・津波版）の内容が含まれている。全国どこでも利活用できるよう汎用的に制作されており、Pepper が一般的な気象の知識を伝えながら、ワークショップで子供達自身が考え発言するアクティブラーニング形式となっている。また、地域特性に合わせ、ワークショップの総括として、ハザードマップや歴史を紐解きながら、先生（講師）が災害リスクを解説する形式である。

そこで、福岡県うきは市を対象に実施した Pepper 防災教室（江南小学校）に、筑後川の氾濫リスクなどを取り入れた試みについて報告する。

## 2. 授業の組立て

うきは市の災害リスクを授業に取り入れるために、現地の図書館を訪れて災害の歴史を調べ、うきは市役所防災担当職員とハザードマップ街歩きをして、風化しつつある自然災害伝承碑の内容の確認を行った。この地域は、筑後川や巨瀬川の氾濫による水害に見舞われてきた歴史がある。特に、昭和28年西日本大水害は「筑後川の三大水害」の一つと呼ばれている。当時は、橋梁や民家を押し流すと共に堤防が決壊し、低地の浸水被害が深刻であった。授業を行った江南小学校に隣接する碑文には、「昭和28年6月25日から26日に至る豪雨は、巨瀬川、美津留川がまず氾濫し、橋梁相次いで流出、大石、長野水道も崩壊し、恵蘇宿鉄橋も流出する。中島堤防500mが



図1 うきは市の災害リスクを説明した防災授業のスライド



決壊し濁流奔馬の如く村内に進入する。床上・床下浸水 300 有余戸、田畑の荒廃 130 町歩におよぶ。」と記されている。これが、地元小学生の住む地域の具体的な災害リスク（図 1）である。

授業では、最初に Pepper が一般的な防災知識を話し、小学生と対話することによって自然災害の仕組みと防災を知るきっかけとなる。引き続いて、小学生が住む地域ではどんな災害が起こり、どう命を守るのがよいか？と問いかけて、地域の災害リスクと防災の授業を組み合わせた（図 1）。まず自分たちの住む地域の災害の記録を写真で示し、水害のイメージを持たせた。次に、ハザードマップで自分たちの家が浸水する危険性があるかどうかを確認してもらった。さらに、平常時と災害時の川の様子と比較写真を見せた。一方的に話す授業にならないように、生徒たちに意見を何度も発表させ、双方向型の授業を行った。

### 3. 今後の展望

以上のような防災授業は、小学校の総合学習の中で実施される。しかし、小学校教員は業務が多いため、防災授業コンテンツの開発は大きな負担となる。従って、「Pepper 防災教室」のような防災コンテンツの提供により、Pepper を活用して一般的な知識を教えることができるので、担当教員は生徒との双方向の対話に集中できる。

一方、具体的に災害から身を守るためには、地域の災害の歴史とともに、災害リスクを十分理解させることが不可欠である。そのために、図 2 に示すように、市町村の教育委員会や防災担当部署が中心となり、地域の災害に詳しい専門家や郷土史家、地域に根差した気象予報士や防災士を交えて教材の開発を進めることが重要である。そして、完成した地域版の防災教育資料を基に、小学校教員と協議して具体的な教育方針を決める。その際は、災害リスクが地域の中でも大きく異なるため、小学校ごとに防災教育資料を作成する。以上を通して、防災の指導要領の地域版、すなわち、どの教員が担当しても実施可能な「地域の防災授業コンテンツ」を作成することが望まれる。



図 2 「地域の防災授業コンテンツ」作成に向けての提案

**謝辞：**今回、Pepper 防災教室でご協力頂いたうきは市役所と江南小学校の関係者の皆様、授業の実施機会を与えて頂いたソフトバンク株式会社 CSR 本部の西郷隆子氏、うきは市の防災についてご助言頂いた九州大学大学院工学研究院の西山浩司氏に、深く感謝申し上げます。

## 温室効果をフライパンモデルで考える実験教材の提案

関隆則（日本気象予報士会：千葉支部）

### 1. はじめに

温室効果を一般の人に説明するのに、温室効果気体の赤外線吸収、放射の性質を確認する実験と、太陽からの放射が地面を加熱、地面からの赤外線放射、大気中の温室効果気体の赤外線吸収、そして赤外線放射による地面の加熱に至るエネルギーの流れに関する実験が役立つ。前回、2020年研究成果発表会にて大気層をカーボン紙で擬似し、地表の温度上昇を考える実験を報告した。今回は“天気”67.3「地球環境システムの仕組みを学習する Toy モデル」木村龍治における温室効果のフライパンモデルを参考に、教科書などで解説されている地球の熱収支を考える実験教材を提案する。

### 2. 温室効果のフライパンモデル

図1は教科書などで解説されている地球の熱収支の平均的数値である。太陽放射エネルギーの内、地表面が吸収する49%のうち顕熱・潜熱に30%が使われるので、地表面の温度上昇に使われる分は19%である。大気層からの放射エネルギー95%とで地表面温度を288Kに加熱し、地表の放射量は114%で放射平衡になる。

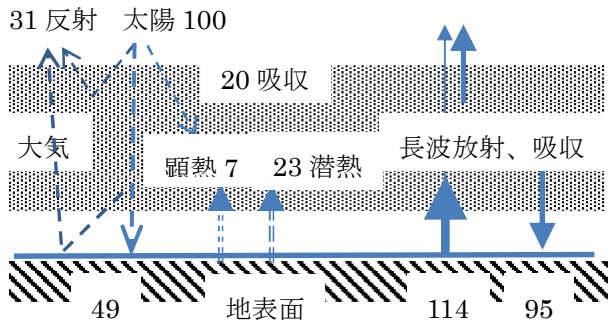


図1 地球の平均的エネルギー収支（太陽の放射エネルギーを100% (=342Wm<sup>2</sup>) として示してある）

図2にモデルの地表と大気間の赤外線の収支を示す。フライパンの面積は1m<sup>2</sup>、蓋の内側は赤外線を100%反射でき、r（面積比0~1）の穴がある。

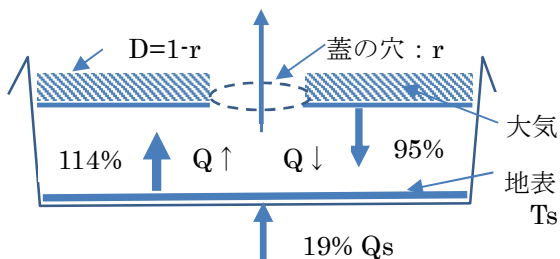


図2 フライパンモデルの収支

穴の面積を r とすると蓋から地表に戻る下向きのエネルギーは  $(1-r) \sigma T_s^4$  であるから、下向きの放射/上向きの放射 =  $1-r$  である。この比を断熱率 D と定義する。

$$D = Q_{\downarrow} / Q_{\uparrow} = 1 - r$$

太陽放射エネルギーの内、地表面の放射に使われる

エネルギー  $Q_s$  は

$$Q_s = (1-D) \sigma T_s^4$$

この関係から、 $Q_s$  が  $65\text{Wm}^{-2}$ 、 $T_s$  が  $288\text{K}$  であることから  $65\text{Wm}^{-2} = (1-D) \sigma (288\text{K})^4$  から  $D = 0.833$ 。このように、地表からの上向き放射量の D 倍に相当する赤外線が大気から地表面に戻されるのが温室効果と説明できる。

### 3. 実験装置の構成

図3に装置の機能図と外観を示す。地表面に対応するアルミ板の面積は  $0.01\text{m}^2$ 、ヒータは  $3.6\text{W}$ 、 $Q_s = 360\text{Wm}^{-2}$ 、蓋は工作用厚紙にアルミ箔を被せ、D に対応した穴を設ける。保冷材は周囲からの赤外線の入射を低減し実験感度を高めている。装置内の空気に蓄熱しないように垂直に配列している。

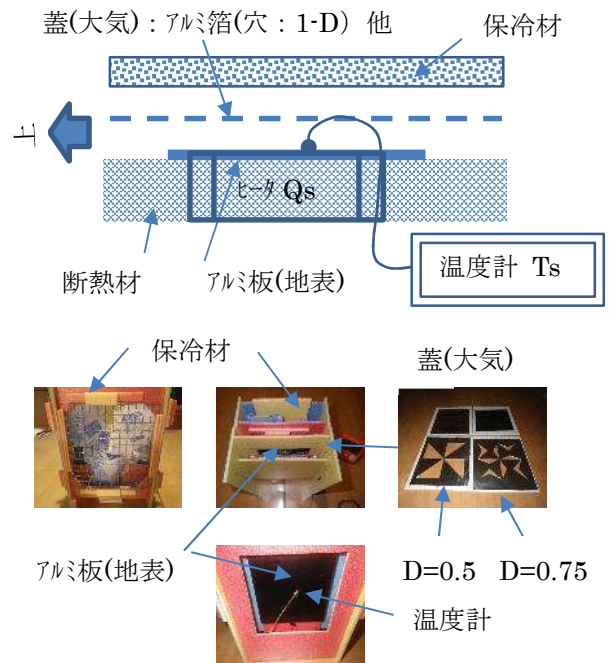


図3 機能図と装置外観

### 4. 実験結果

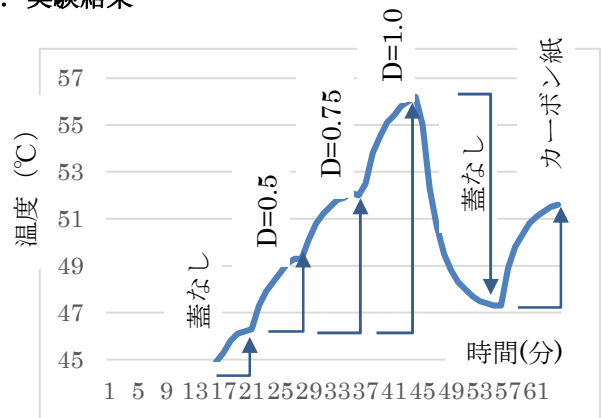


図4 実験結果

### 4. 実験結果 (室温: 25.0℃)

蓋の断熱率(D)を0、0.5、0.75、1.0についてアルミ板の温度を測定する。D:Ts で示すと、0(開放):46.2℃、0.5:49.3℃、0.75:52℃、1.0:56.2℃であった。カーボン紙はアルミ箔(D=1)の約1/2の温度変化が確認できた。保冷材を使わない場合、温度変化は20~30%減じる。

### 5. 教材化の提案

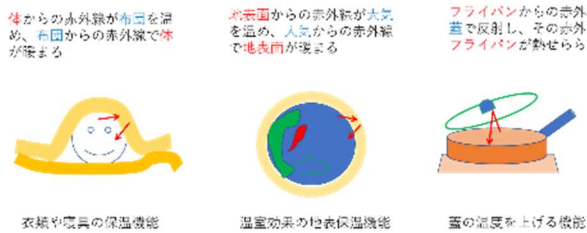
#### ①実験のプログラムの説明

ゴールは

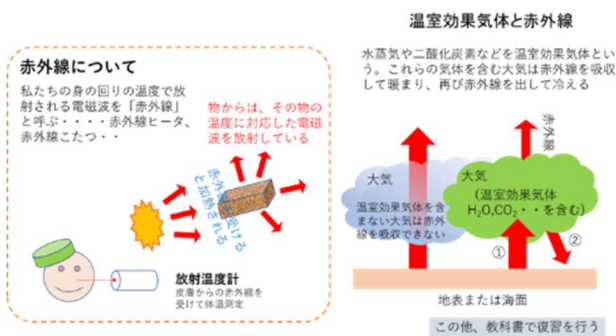
- ・温室効果の保温の仕組み
  - ・温室効果気体と赤外線の関係
- を説明できるようになること



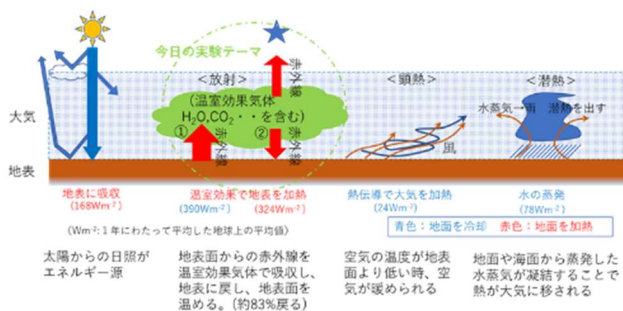
#### ②温度を高める仕組み



#### ③赤外線と温室効果



#### ④地表と大気を温める仕組み



#### ⑤ワークシート 1

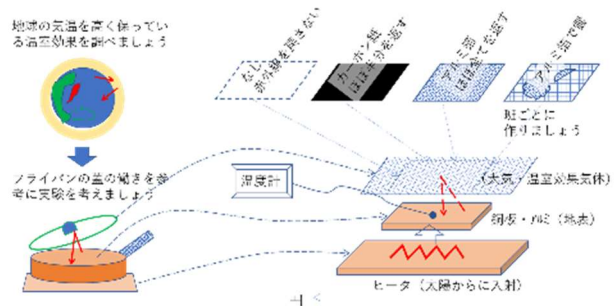
解った事を班で話し合ひましょう

次の問から、班の中で、各自一つを選んで、説明し合って下さい。うまい説明に關心! しましょう

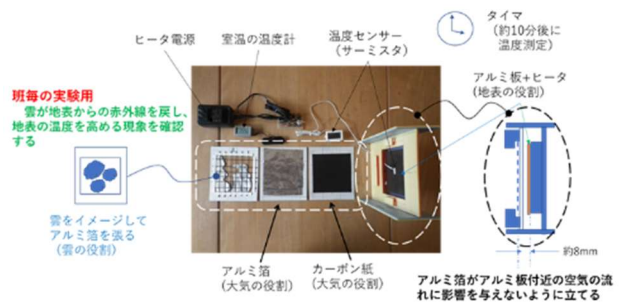
- Q1:物が冷える時、熱くなる時の赤外線の動きは何か?
- Q2:温室効果気体にはどんなものがあるか?どれくらい?
- Q3:温室効果気体の動きはなにか?
- Q4:冬の晴れた夜に放射冷却が起きるわけ?
- Q5:温室効果の強い夜の気象の特徴は?
- Q6:空気を暖めるのに、どんな方法があるか?

自分の説明(Q□について)のメモ \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_

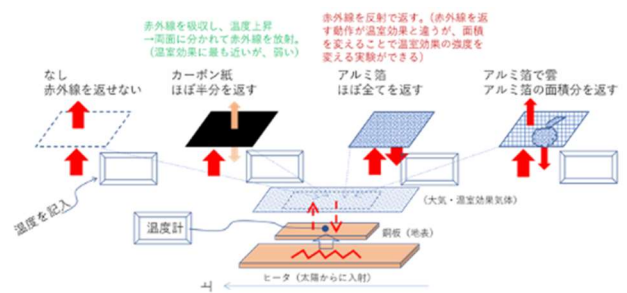
#### ⑥今日の実験の説明



#### ⑦装置の説明



#### ⑧実験シート・・・ワークシート 2



### 5. まとめと課題

身近なフライパンの蓋の保温機能で温室効果を考える教材を提案した。温室効果は大気の再放射による地表の加熱であることから、最初は蓋をカーボン紙とした実験で温室効果の仕組みを学び、その後にアルミ箔の蓋で理解を深める構成にした。課題は生徒の参加を促すためのワークシートなどの充実です。

### 6. 参考文献

- 小倉義光, 1984: 一般気象学 (第2版)
- 武田康男, NHK 高校講座 地学基礎 地球の熱収支
- 木村龍治, 2020: 地球環境システムの仕組みを学習するためのトイモデル, 天気, 67, 181-194



## 研究成果発表一覧(第1回～第13回)

	研究区分 一連番号	研究テーマ	発表者	発表日	備考
1	01解技- 1	MT法による冬型気圧配置判別のための一方法	関 隆則 (千葉支部)	2009. 2. 15	
2	01解技- 2	分布関数による降水パターンの解析	関 隆則 (千葉支部)	2009. 2. 15	
3	01解技- 3	10分降水量の度数分布で見た降水パターンの特徴	関 隆則 (千葉支部)	2010. 2. 13	09年度木村賞
4	01解技- 4	2010年11月～2011年4月の船橋市における結氷観測	関 隆則 (千葉支部)	2012. 2. 25	
5	01解技- 5	結氷観測・冷却要因と結氷パターンの関係	関 隆則 (千葉県)	2013. 2. 23	
6	01解技- 6	2地点の最低気圧観測時刻と風向変化から割り出す台風の位置	梶原和利 (神奈川県)	2014. 3. 1	
7	01解技- 7	夏季インド洋～赤道上の850hPa高気圧性循環と熱帯収束帯の関連 季節予報資料を台風発生(傾向) 予報に活かさないか?	藤井 聡 (静岡県)	2014. 3. 1	
8	01解技- 8	山形県内における降雪域形成の数値シミュレーション	高野哲夫 (新潟県)	2015. 2. 28	
9	01解技- 9	夏の1か月予報～週間予報支援図から、集中豪雨の可能性を見る	藤井 聡 (静岡県)	2015. 2. 28	
10	01解技-10	山形県内の冬季降水域および気温分布に関するニューロ・モデル の独自開発	高野哲夫 (新潟県)	2017. 2. 25	16年度木村賞
11	01解技-11	平成30年7月豪雨に関する考察と災害から学ぶ気象予報士会のあり たい姿	井澤慎郷 (兵庫県)	2019. 2. 24	
12	01統解- 1	夏の最高気温と標準偏差：千歳と岩泉	根本由紀子 (千葉支部)	2009. 2. 15	
13	01統解- 2	地上気温の変化と500hPa高度変化の関係	根本由紀子 (千葉支部)	2009. 2. 15	
14	01統解- 3	8～9月台風の経年変化	藤井 聡 (静岡支部)	2009. 2. 15	
15	01統解- 4	夏季晴天日の気温変化に着目した千葉県内アメダスの特徴	竹村雅之 (千葉支部)	2009. 2. 15	
16	01統解- 5	2009年夏の天候と2003年日本の冷夏との比較	井澤慎郷 (関西支部)	2010. 2. 13	
17	01統解- 6	東京における冬季の気温と降水量の関係	根本由紀子 (千葉支部)	2010. 2. 13	
18	01統解- 7	桜開花の経年変化	大貫信彦 (埼玉支部)	2010. 2. 13	
19	01統解- 8	関東南部の降雪メカニズム	藤井聡 (静岡支部)	2010. 2. 13	
20	01統解- 9	東京の無降水継続日数の順位分布と特徴	関 隆則 (千葉県)	2011. 2. 20	
21	01統解-10	東京における1月の気温と降水量	根本由紀子 (千葉県)	2011. 2. 20	
22	01統解-11	5年移動データから見た台風の経年活動と気候変動	藤井 聡 (静岡県)	2011. 2. 20	
23	01統解-12	桜の開花に対する冬季の気温の影響について	関 典央 (静岡県)	2011. 2. 20	
24	01統解-13	桜の開花予想に関する考察	大貫信彦 (埼玉県)	2012. 2. 25	12年度木村賞
25	01統解-14	5年移動データから見た台風の経年活動と気候変動	藤井 聡 (静岡県)	2012. 2. 25	
26	01統解-15	国内の気温上昇はピークアウトしたか?	内山常雄 (神奈川県)	2013. 2. 23	13年度木村賞
27	01統解-16	岩木山の雪形「クロウサギ」の消長と気候の監視について	小関英明 (青森県)	2013. 2. 23	
28	01統解-17	京都と舞鶴における夏場の最高気温の比較	土井修二 (京都府)	2013. 2. 23	
29	01統解-18	平年値に関する考究～単純平年値の効用～	志摩恭臣 (徳島県)	2013. 2. 23	
30	01統解-19	東海地方における海陸風の研究	川井睦夫 (愛知県)	2013. 2. 23	
31	01統解-20	桜の開花予想に関する考察—第2報—	大貫信彦 (埼玉県)	2013. 2. 23	
32	01統解-21	多治見の夏の暑さと降雨の関係	吉田信夫 (岐阜県)	2013. 2. 23	13年度木村賞
33	01統解-22	自宅の気温からアメダスの気温を推定する	内山常雄 (神奈川県)	2014. 3. 1	



34	01統解-23	東海地方における海陸風の研究	川井睦夫 (愛知県)	2014. 3. 1	
35	01統解-24	四国沖を北東に進む台風によってもたらされる愛媛県東予地方の大雨について	一 広志 (愛媛県)	2014. 3. 1	
36	01統解-25	2015年の日本の気温偏差を推定する	内山常雄 (神奈川県)	2015. 2. 28	
37	01統解-26	夏のテレコネクションと日本の天候	井澤慎郷 (兵庫県)	2016. 2. 20	
38	01統解-27	九州における2000年代6月前半の降水量の減少と広域場の特徴	大谷和男 (岡山県)	2016. 2. 20	
39	01統解-28	雨に関するある考察～雨はいつ降りやすいのか?～	志摩恭臣 (徳島県)	2016. 2. 20	
40	01統解-29	大阪における寒候期の降水形態と地上気温・湿度について	中島保則 (大阪府)	2016. 2. 20	
41	01統解-30	アメダスデータ可視化によるビール麦の栽培適地に関する考察	浅井孔徳 (栃木県)	2016. 2. 20	
42	01統解-31	近年の、単位日照時間における全天日射量の経年変化	藤井 聡 (静岡県)	2016. 2. 20	
43	01統解-32	高温事例からみた多治見の暑さ	吉田信夫 (岐阜県)	2017. 2. 25	
44	01統解-33	熊本市での降雪条件について	栗原めぐみ (熊本県)	2018. 2. 24	
45	01統解-34	日本の年単位気温変動についての一考察	内山常雄 (神奈川県)	2018. 2. 24	
46	01統解-35	落合橋 (神奈川県 鶴見川) のピーク水位と上流降雨量の関係	梶原和利 (神奈川県)	2019. 2. 24	
47	01統解-36	10月の本土接近 上陸台風 長周期変動はあるのか?	土井修二 (京都府)	2019. 2. 24	
48	01統解-37	富士山可視日数と天気に関する一考察 ～1992年から2012年までの観察記録@町田～	杉原 寛 (広島県)	2019. 2. 24	
49	01統解-38	関東地方に発生する沿岸前線におけるMSM予報の精度検証	鈴木健斗 (宮城県)	2019. 2. 24	18年度木村賞
50	01統解-39	台風第15号による大規模停電時の千葉県の気温低下の検証	内山常雄 (神奈川県)	2020. 2. 23	
51	01統解-40	日較差の風向依存性に関する統計処理と考察	深澤 亮 (埼玉県)	2020. 2. 23	
52	01統解-41	岩木山大沢雪溪の消雪日の推移について	小関英明 (青森県)	2021. 2. 28	
53	01統解-42	最暑日と最寒日の地理的要因に関する統計解析	深澤 亮 (埼玉県)	2021. 2. 28	
54	01事例- 1	2008年8月29日の夜に発生した愛媛県東予地方の大雨について	一 広志 (四国支部)	2009. 2. 15	
55	01事例- 2	2008年10月23日に発生した高知県西部の大雨について	一 広志 (四国支部)	2009. 2. 15	
56	01事例- 3	2008年4月10日に徳島県南部で発生した短時間強雨について	高須賀大輔 (四国支部)	2009. 2. 15	08年度木村賞
57	01事例- 4	生徒と取り組んだ積乱雲観測 (バックビルディング積乱雲に迫る)	村山 保 (関西支部)	2010. 2. 13	09年度石井賞
58	01事例- 5	2009年8月9日の佐用豪雨の解析及び予報作業における実況監視上の留意点についての検討	廣幡泰治 (岡山支部)	2010. 2. 13	
59	01事例- 6	2010年7月12日の愛媛県地方の大雨について～松山における大雨の成因と降水域の移動に関する考察を中心に～	一 広志 (愛媛県)	2011. 2. 20	
60	01事例- 7	京都府宇治市の突風 (ダウンバースト)	実本正樹 (京都府)	2011. 2. 20	
61	01事例- 8	現地観測によるフェーンの検証	関谷不二夫 (三重県)	2011. 2. 20	
62	01事例- 9	2009年8月1日に京都府宇治市で発生した突風 (ダウンバースト) -第2報-	実本正樹 (京都府)	2012. 2. 25	12年度木村賞
63	01事例-10	鈴鹿おろしと風下波動	関谷不二夫 (三重県)	2012. 2. 25	
64	01事例-11	2011年7月4日に発生した松山の大雨について ～寒冷前線を形成した低温気塊の生成と移動に関する考察を中心に～	一 広志 (愛媛県)	2012. 2. 25	
65	01事例-12	2012年4月22日に発生した高知県南西部の大雨に地形が及ぼした影響について	一 広志 (愛媛県)	2013. 2. 23	
66	01事例-13	大気境界層の気象変化	関谷不二夫 (三重県)	2013. 2. 23	
67	01事例-14	台風1318 京都府の降水分布についての考察 (速報)	土井修二 (京都府)	2014. 3. 1	
68	01事例-15	生徒と取り組んだ琵琶湖の蜃気楼観測	村山 保 (京都府)	2014. 3. 1	

69	01事例-16	支部会員による積雪の観測	関谷不二夫 (三重県)	2014. 3. 1	
70	01事例-17	2013年台風第18号に伴う大雨により蘇った「巨椋池」	實本正樹 (京都府)	2014. 3. 1	
71	01事例-18	鈴鹿山脈御在所岳における気温減率について	関谷不二夫 (三重県)	2015. 2. 28	
72	01事例-19	下位層気楼の発生条件について	村山保 (京都府)	2016. 2. 20	
73	01事例-20	線状降雨帯の発生について ～平成27年9月関東・東北豪雨～	前川清 (京都府)	2016. 2. 20	
74	01事例-21	2015年7月9日に発生した松山の短時間強雨	一 広志 (愛媛県)	2016. 2. 20	
75	01事例-22	2013年3月10日の温帯低気圧に伴う寒冷前線の解析	實本正樹 (京都府)	2016. 2. 20	
76	01事例-23	2016年4月17日の寒冷前線の特徴	實本正樹 (京都府)	2017. 2. 25	
77	01事例-24	平成29年 台風第5号の中部山岳などの山岳地形による分裂の解析	大矢康裕 (愛知県)	2018. 2. 24	
78	01事例-25	福山の霧 ～神辺平野で発生し、福山中心部に移流する放射霧～	杉原 寛 (広島県)	2018. 2. 24	17年度石井賞
79	01事例-26	2017年台風21号に伴う近畿地方の大気構造および神戸地方の強風について	伊藤 忠 (愛知県)	2018. 2. 24	
80	01事例-27	2017年7月豪雨の考察	前川 清 (京都府)	2018. 2. 24	
81	01事例-28	定点観測で得られた5個の台風のプロファイル	實本正樹 (京都府)	2018. 2. 24	
82	01事例-29	総観場からみた南岸低気圧による関東の雪	大門禎広 (栃木県)	2018. 2. 24	
83	01事例-30	近畿地方を北東進する台風による伊勢湾周辺での暴風	伊藤 忠 (愛知県)	2019. 2. 24	ポスター
84	01事例-31	台風1820号について、定点観測データによるレインバンドの解析	實本正樹 (京都府)	2019. 2. 24	
85	01事例-32	「円山川あらし」の概況	濱 和宏 (京都府)	2020. 2. 23	
86	01事例-33	平成30年台風第24号通過に伴う副低気圧の形成場	伊藤 忠 (愛知県)	2020. 2. 23	
87	01事例-34	2018年西日本豪雨に影響を与えた高相当温位域の移	前川 清 (京都府)	2020. 2. 23	
88	01事例-35	円山川あらしの発生条件	濱 和宏 (京都府)	2021. 2. 28	
89	01事例-36	積乱雲に伴う対流の可視化映像	實本正樹 (京都府)	2021. 2. 28	
90	01予測- 1	雲断面図による時系列予報 (G P Vの利用法)	大門禎広 (北関東支部)	2010. 2. 13	09年度木村賞
91	01予測- 2	冬型気圧配置における地元での強風予測の試み	土井修二 (京都府)	2012. 2. 25	
92	01予測- 3	WebGISを活用した降雪情報の開発	中山秀晃 (東京都)	2013. 2. 23	13年度木村賞
93	01予測- 4	上層発散による大雨予想	大門禎広 (栃木県)	2014. 3. 1	
94	01予測- 5	長期予報を利用した肱川あらし発生予報	濱田和雄 (愛媛県)	2014. 3. 1	
95	01予測- 6	「雲断面図」による最大瞬間風速予想	大門禎広 (栃木県)	2016. 2. 20	
96	01予測- 7	過去の気温変動傾向を利用した2016年の平均気温の予想	内山常雄 (神奈川県)	2016. 2. 20	
97	01予測- 8	関東平野に発生する沿岸前線のMSM予報バイアスに関する解析	鈴木健斗 (宮城県)	2020. 2. 23	
98	01WB- 1	気圧変化をグラフで視覚化する試み～「天気痛」に悩む方のため に～	岡田みはる (山形県)	2016. 2. 20	
99	01実験- 1	空気塊の運動のシミュレーション	佐藤 元 (神奈川支部)	2009. 2. 15	
100	01実験- 2	気象実験のすすめ	佐藤 元 (神奈川支部)	2009. 2. 15	
101	01実験- 3	重さの微小変動と気象条件の関係	梶原和利 (神奈川県)	2011. 2. 20	10年度木村賞
102	01実験- 4	密封容器の中にみる水蒸気圧	梶原和利 (神奈川県)	2013. 2. 23	
103	01実験- 5	温室効果気体の赤外線吸収実験	関 隆則 (千葉県)	2014. 3. 1	

104	01実験- 6	生徒の能動的参加を重視した気象実験事例 「使い捨てカイロを用いた空気の保温実験」	関 隆則 (千葉県)	2014. 3. 1	
105	01実験- 7	生徒の能動的参加を重視した気象実験事例 (その2) 「赤外線放射と吸収実験」	関 隆則 (千葉県)	2015. 2. 28	
106	01実験- 8	傘を叩く雨の音量から推測する降雨量	梶原和利 (神奈川県)	2016. 2. 20	15年度木村賞
107	02解技- 1	スグダス2を利活用した関東南部の降雪予想と実況	藤井 聡 (静岡県)	2017. 2. 25	
108	02解技- 2	HYSPLITモデルによる迷行鳥類の気象要因解析	太田佳似 (大阪府)	2020. 2. 23	
109	02解技- 3	温帯低気圧化した台風201920号の突風解析の試み	太田佳似 (大阪府)	2020. 2. 23	ポスター
110	02統解- 1	揚水発電所の稼働がおよぼす竹田城跡の雲海への影響の考察	上田博康 (兵庫県)	2017. 2. 25	
111	02統解- 2	直近28年間の日本の地表から高層の気温変動傾向	内山常雄 (神奈川県)	2017. 2. 25	
112	02統解- 3	降水パターンの類似性に着目した愛媛県地方の降水地域区分	一 広志 (愛媛県)	2017. 2. 25	
113	02統解- 4	アメダスデータをカード化する発案研究	遠藤 猛 (神奈川県)	2019. 2. 24	ポスター
114	02統解- 5	日本の気候変動の地域性についての一考察	内山常雄 (神奈川県)	2019. 2. 24	
115	02統解- 6	1か月予報資料を利活用したサクラの開花予想	藤井 聡 (静岡県)	2019. 2. 24	
116	02統解- 7	川内川あらし2019～2020発生状況	井上和博 (福岡県)	2021. 2. 28	
117	02統解- 8	有効積算気温を用いたウグイス初鳴日の推定	太田佳似 (大阪府)	2021. 2. 28	
118	02事例- 1	投票率に対する天気の影響	志摩恭臣 (徳島県)	2017. 2. 25	
119	02事例- 2	水蒸気輸送に着目した平成29年7月と平成24年7月の九州北部豪雨の比較	一 広志 (愛媛県)	2018. 2. 24	
120	02事例- 3	関東地方に接近後西進した2018年台風12号	山崎秀樹 (東京都)	2019. 2. 24	
121	02WB- 1	Wikiを活用した旅行用気象情報サイトの構築について	中山秀晃 (東京支部)	2009. 2. 15	
122	02WB- 2	国内外の確率的気象情報の利活用について－確率予報を利用した意思決定に関する研究 (第1報)－	平松章男 (北陸支部)	2010. 2. 13	
123	02WB- 3	異常天候早期警戒情報を利用した在庫管理の意思決定について－確率予報を利用した意思決定に関する研究 (第2報)－	平松章男 (北陸支部)	2010. 2. 13	
124	02WB- 4	確率予測資料を利用した意思決定のモデルについて－確率予報を利用した意思決定に関する研究 (第3報)－	平松章男 (石川県)	2011. 2. 20	
125	02WB- 5	季節依存性に注目したエアコン需要量の分析モデル－気象の平年値・平年偏差データの活用－	栗原 剛 (埼玉県)	2012. 2. 25	
126	02WB- 6	意思決定者のリスク選好態度を考慮した確率予報の利用について－確率予報を利用した意思決定に関する研究 (第4報)－	平松章男 (石川県)	2012. 2. 25	
127	02WB- 7	意思決定者のリスク選好態度を考慮した確率予報の利用について－確率予報を利用した意思決定に関する研究 (第5報)－	平松章男 (石川県)	2013. 2. 23	
128	02WB- 8	「気象要素の地域差加算モデル」による家庭用エアコンの全国需要分析	栗原 剛 (埼玉県)	2013. 2. 23	
129	02WB- 9	太陽光発電による雲形態と日射量の関係調査	有賀 勇 (千葉県)	2015. 2. 28	
130	02WB-10	降水日数を指標とする天候デリバティブのプレミアム算定の試み	高野哲夫 (新潟県)	2017. 2. 25	
131	02WB-11	モンテカルロ法を用いた強風デリバティブのプライシング	高野哲夫 (新潟県)	2019. 2. 24	
132	02教育- 1	スマホアプリを用いた防災意識向上から自助行動へ	太田佳似 (大阪府)	2018. 2. 24	
133	02運用- 1	当日のプロット図を使った天気図検討会の運営	八木健太郎 (東京都)	2016. 2. 20	
134	03解技- 1	花崗岩地帯における土砂災害の一考察	實本正樹 (京都府)	2020. 2. 23	
135	03解技- 2	梅雨前線の接近に伴う突風の解析の試み	太田佳似 (大阪府)	2021. 2. 28	
136	03統解- 1	青森県の積雪期における雪関連災害の被災者数とその推測に関する一考察	小関英明 (青森県)	2015. 2. 28	
137	03統解- 2	過去災害時の雨量 定点観測等を利用した 地域の災害警戒雨量値作成の試み	土井修二 (京都府)	2016. 2. 20	
138	03事例- 1	台風0806号－船舶遭難との因果関係についての考察－	土井修二 (京都府)	2011. 2. 20	

139	03事例- 2	ヒマラヤ山脈、カラコルム山脈における気象遭難事例の考察	猪熊隆之 (長野県)	2013. 2. 23	
140	03事例- 3	山岳における気温のGPVと実況値とのズレの解析、そして山岳気象予報にどう生かすか	大矢康裕 (愛知県)	2019. 2. 24	
141	03事例- 4	2008年12月28日の八ヶ岳山系 根石岳の強風の解析 (山岳遭難をなくすために)	大矢康裕 (愛知県)	2019. 2. 24	
142	03事例- 5	2018年9月4日の神戸市・芦屋市における高潮被害に関する考察	上田博康 (兵庫県)	2019. 2. 24	
143	03事例- 6	2019年の台風19号による大雨の解析 (大気の流れによって運ばれた水蒸気フラックスの地形性収束)	大矢康裕 (愛知県)	2020. 2. 23	
144	03事例- 7	台風から変化した温帯低気圧に伴う 10 月の降積雪と市民生活への影響	白川龍生 (北海道)	2021. 2. 28	
145	03事例- 8	2019年の台風19号による千曲川流域の大雨の解析 (気象モデルMM5による要因解析)	大矢康裕 (愛知県)	2021. 2. 28	
146	03事例- 9	関東降雪時における気温分布の特徴 - 雨雪判別の記録とアメダス観測の比較より -	中山秀晃 (東京都)	2021. 2. 28	
147	03予測- 1	気象学と陰陽五行学の「相違」と「相似」についての考察	小室善隆 (東京都)	2019. 2. 24	
148	03予測- 2	人間一人一人が自己完結型のアメダス観測装置。「気圧の低下 が病気の原因である」は誤り	小室善隆 (東京都)	2020. 2. 23	
149	03運用- 1	京都での台風体験から考える気象予報士の今後	土井修二 (関西支部)	2010. 2. 13	
150	03運用- 2	氾濫危険水位超過判定モデルの模擬判定 (2017年21号台風事例)	上田博康 (兵庫県)	2018. 2. 24	
151	03運用- 3	自力避難困難者を対象とした新たな避難システムの構築について	山内雅志 (広島県)	2020. 2. 23	
152	03訓練- 1	気象災害の図上訓練 (DIG) について	多々良秀世 (東海支部/WFT東海)	2010. 2. 13	
153	03教育- 1	身体の外での気象防災と身体の中の気象防災	小室善隆 (東京都)	2017. 2. 25	
154	03教育- 2	風災記念碑と防災教育	村山 保 (京都府)	2018. 2. 24	
155	03教育- 3	全校体制で行う防災教育の効果 - 雷アンケートの結果から -	荒川知子 (神奈川県)	2020. 2. 23	19年度石井賞
156	04実験- 1	温室効果気体の赤外線吸収実験 (その2)	関 隆則 (千葉県)	2016. 2. 20	
157	04実験- 2	ロートを滴る水滴の間隔時間から推測する雨の強さ	梶原和利 (神奈川県)	2017. 2. 25	
158	04実験- 3	スワール比との関係が観察できる竜巻実験装置	関隆則 (千葉県)	2017. 2. 25	
159	04実験- 4	温室効果実験：二酸化炭素と乾燥空気～早く冷えるのはどっち？～	関隆則 (千葉県)	2018. 2. 24	
160	04実験- 5	水蒸気と二酸化炭素を用いた温室効果実験教材	関 隆則 (千葉県)	2019. 2. 24	ポスター
161	04授業- 1	千葉県内小学校での気象実験教室の実施 (その1)	船原克己 (千葉支部)	2009. 2. 15	
162	04授業- 2	千葉県内小学校での気象実験教室の実施 (その2)	松田 聡 (千葉支部)	2009. 2. 15	
163	04授業- 3	小学校出前授業「楽しいお天気講座」の活動状況と成果	藤井 健 (関西支部)	2009. 2. 15	08年度石井賞
164	04授業- 4	2009年度小学校出前授業『楽しいお天気講座』の活動状況～神戸市総合教育センター理科支援員を中心に～	寺野健治 (関西支部)	2010. 2. 13	
165	04授業- 5	出前授業を活用した気象教育の充実	荒川知子 (神奈川県)	2011. 2. 20	
166	04授業- 6	千葉県内中学校課外授業用の気象自由研究プログラム開発	松田 聡 (千葉県)	2012. 2. 25	
167	04授業- 7	『楽しいお天気講座』の活動と成果及び講座で行う実験について	箭川昭生 (大阪府)	2012. 2. 25	
168	04授業- 8	母親向けお天気教室『さいえんすママカフェ』活動報告	山本由佳 (神奈川県)	2012. 2. 25	
169	04授業- 9	母親向けお天気教室「さいえんすママカフェ」活動報告及び母親の防災意識向上への取り組み	山本由佳 (神奈川県)	2014. 3. 1	
170	04授業-10	地元郷土史研究者に対するの発表報告 - 地方での防災活動への試みのひとつとして -	土井修二 (京都府)	2015. 2. 28	
171	04授業-11	生徒の能動的参加を重視した気象教室事例 (その3) 「天気予報をやってみよう」	関隆則 (千葉県)	2016. 2. 20	
172	04授業-12	生徒の主体的活動を生かした気象教育(2)	荒川知子 (神奈川県)	2017. 2. 25	
173	04教育- 1	高等学校における気象分野の学習内容の分析	瀧澤裕興 (関西支部)	2010. 2. 13	

174	04教育- 2	教育現場における気象予報士の活動 ～『気象』をテーマに中高大がつながる～	阪本和則 (京都府)	2014. 3. 1	
175	04教育- 3	生徒の主体的活動を生かした気象教育	荒川知子 (神奈川県)	2015. 2. 28	
176	04教育- 4	スマートフォンを活用した気象知識の普及について	滋野哲秀 (京都府)	2016. 2. 20	15年度木村賞
177	04教育- 5	大気圧に対する見方を変える－『空気分子 (N2やO2など) の運動』の視点で－	榎野泰夫 (愛知県)	2017. 2. 25	16年度木村賞
178	04教育- 6	教養教育における気象知識の理解と実践知・活用知を育成するアクション・リサーチ	滋野哲秀 (京都府)	2018. 2. 24	
179	04教育- 7	高等学校における課題研究～身近な気象のサイエンス～	阪本和則 (京都府)	2018. 2. 24	17年度木村賞
180	04教育- 8	気象と鳥たちの生活－生物季節観測に親しむ	太田佳似 (大阪府)	2019. 2. 24	18年度木村賞
181	04教育- 9	気象・防災意識の向上を目的とした他文化とのコラボレーション～「気象」と「音楽」～	山内雅志 (広島県)	2019. 2. 24	18年度石井賞
182	04教育-10	雷に関するミスコンセプション－中学生・高校生・大学生のアンケート調査から－	滋野哲秀 (京都府)	2019. 2. 24	
183	04教育-11	エネルギーの流れを考える温室効果実験教材	関 隆則 (千葉県)	2020. 2. 23	ポスター
184	04教育-12	「Pepper防災教室」に地域性を取り入れた防災教育の紹介-福岡県うきは市-	栗原ちひろ (宮崎県)	2021. 2. 28	
185	04教育-13	温室効果をフライパンモデルで考える実験教材の提案	関 隆則 (千葉県)	2021. 2. 28	
186	05統解- 1	歴史時代における気象関係記録の利用促進へ向けて	谷岡能史 (兵庫県)	2016. 2. 20	
187	06運用- 2	新聞記事から読む“気象と私たちの暮らし”に関する研究テーマの創出－気象予報士として相応しい研究テーマの探求－	小林勝広 (東京都)	2011. 2. 20	
188	06WB- 1	ローカル放送局の気象情報に求められるもの	吉井明子 (静岡県)	2016. 2. 20	
189	07統解- 1	紅葉の見ごろ予想についての考察	関谷不二夫 (三重県)	2016. 2. 20	
190	07事例- 1	信州の天気のことわざ検証 三登山の逆さ霧について	宮澤佳幸 (長野県)	2011. 2. 20	10年度木村賞
191	07事例- 2	「弘前藩庁日記ひろひよみ」の作成	福眞吉美 (青森県)	2013. 2. 23	
192	07事例- 3	気象と絵画の関係についての一考察 －画家・金山平三の場合－	成川慎吉 (兵庫県)	2014. 3. 1	14年度木村賞
193	07歴史- 1	寺田寅彦の気象分野への影響をたどる	林 穂積 (埼玉県)	2019. 2. 24	
194	08解技- 1	気候変動支配因子の探索	井澤慎郷 (長野県)	2012. 2. 25	
195	08事例- 1	気象予報士としてのロジカルシンキング	井澤慎郷 (兵庫県)	2015. 2. 28	
196	08事例- 2	最近の気になる自然現象～2018年スーパームーンや気象・地震活動について～	田中章夫 (長野県)	2018. 2. 24	

**第13回日本気象予報士会研究成果発表会  
講演予稿集**

発行 2021年2月28日

発行者 一般社団法人日本気象予報士会会長

\*無断転載を禁じる

連絡先 一般社団法人日本気象予報士会

〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-3-3

虎ノ門南ビル3階-A

TEL 03-6435-7650 FAX 03-6435-7651

Email:jimu@yoho.jp