

第10回日本気象予報士会研究成果発表会

講演予稿集



2018年2月24日

一般社団法人日本気象予報士会

第10回日本気象予報士会研究成果発表会

日時 2018年2月24日(土) 10:00～17:00

会場 「エル・おおさか」6階 606
(大阪府大阪市中央区北浜東3-14)

コメンテーター

山中 大学(やまなか まなぶ)先生(海洋研究開発機構)

瀬上 哲秀(せがみ あきひで)先生(日本気象予報士会)

座長 太田 佳似(午前)、難波 良彰(午後)

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)

10:10～10:30 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)

10:30～10:50 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)

10:50～11:10 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)

11:10～11:30 2017年7月豪雨の考察 前川 清(京都府)

11:30～11:50 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)

11:50～12:50 昼休み

・研究成果発表(午後の部)

12:50～13:10 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)

13:10～13:30 熊本市での降雪条件について 栗原めぐみ(熊本県)

13:30～13:50 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)

13:50～14:10 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)

14:10～14:30 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)

14:30～14:40 休憩

14:40～15:00 風災記念碑と防災教育 村山 保(京都府)

15:00～15:20 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)

15:20～15:40 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)

15:40～16:00 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)

16:00～16:20 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)

16:20～ コメンテーター 総評(瀬上先生)

16:30～ コメンテーター 総評(山中先生)

16:40～ 閉会挨拶 岩田修幹 幹事長

16:45 終了

《 目 次 》

1. 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)
2. 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)
3. 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)
4. 01 事例-27 2017 年 7 月豪雨の考察 前川 清 (京都府)
5. 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)
6. 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)
7. 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)
8. 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)
9. 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)
10. 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)
11. 03 教育- 2 風災記念碑と防災教育 村山 保 (京都府)
12. 03 運用- 1 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)
13. 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)
14. 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)
15. 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)

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

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。

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

日本気象予報士会 東海支部

大矢 康裕

1. はじめに

平成 29 年の台風 5 号(Noru)は、7/20 に南鳥島近海で発生、8/7 に和歌山県に上陸、8/8 に温帯低気圧に変わるという経過を辿り、1951 年以降の気象庁の統計では 2 位タイの長寿台風であった。この台風のもう一つの注目に値する点は、中部山岳付近で分裂したとみられることである。本研究では、この台風の分裂の様子を解析し考察を行った。

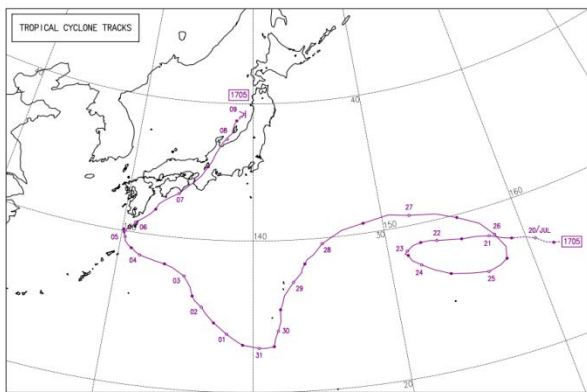


図 1 台風 5 号の経路図(出典: 気象庁)

2. 本研究の目的

台風が地形の影響で分裂する現象については古くから報告がある。「台風 6619 号の中心の分裂」(広島地方気象台予報課 1968 天気)では台風 6619 号が広島県東部に上陸する前に中心が分裂した事例、「大きな低気圧の地形分裂について」(竹永一雄 1972 天気)において山脈等の地形による分裂のメカニズムの考察と実例などが主なものである。

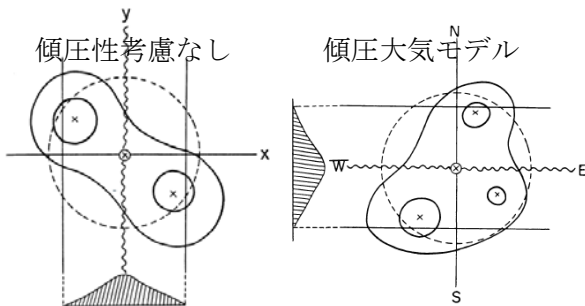


図 2 山脈による台風の分裂

竹永は通常の台風のように傾圧性がない場合、

図 2 左のように 2 つに分裂し、温帯低気圧に変わりつつある台風や温帯低気圧のように温度傾度を持つ傾圧大気の場合は図 2 右のように 3 つに分裂するとしている。平成 29 年の台風 5 号がどのように分裂したかを解析し、分裂における気象状況について考察することが本研究の目的である。

3. 解析方法

日本気象予報士会パソコン利活用研究会の解析ツールのアメダス局地図を使用し、海面気圧の地点データから気圧と風の観測データと整合するようにフリーハンドで等圧線を引いた。また、気象庁発表の台風 5 号の中心位置とは別に、低気圧性の渦が認められる場所を解析し、渦の中心をプロットした。更に気象庁が海面気圧を発表しているアメダス地点の時間推移を、気象状況を考える上での参考とした。

4. 解析結果

8/7 の 21 時(図 3 左)には台風本体は琵琶湖付近に進んだ。それとは別に、それ以前には見られなかった低気圧性の渦が富山県に発生している。また、990hPa の等圧線が北東方向に変形している。

8/8 の 0 時(図 3 中)には台風の本体は伊吹山(1377m)付近の稜線を越えて岐阜県内に進んでいる。富山県と新潟・長野県境付近には台風本体とは別の低気圧の渦が認められる。990hPa の等圧線は、更に大きく北東方向に変形している。

そして 8/8 の 3 時(図 3 右)には、岐阜県内に低気圧性の渦を残したまま、奥美濃山系の冠山(1276m)付近の稜線を越えて、白山(2702m)のすぐ西に台風本体が移動している。他にも低気圧性の渦は、富山湾、新潟県、長野県付近に認められる。

このように 3 時間ごとに解析し、連続性が認められる低気圧性の渦だけをつなげていくと、結果として台風 5 号は図 4 のように台風本体を含めて 3 つに分裂したと思われる。

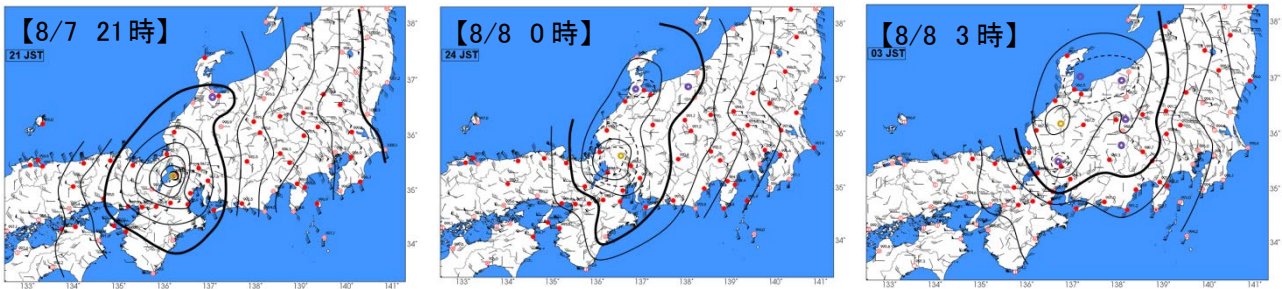


図 3 アメダス観測値による地上局地解析

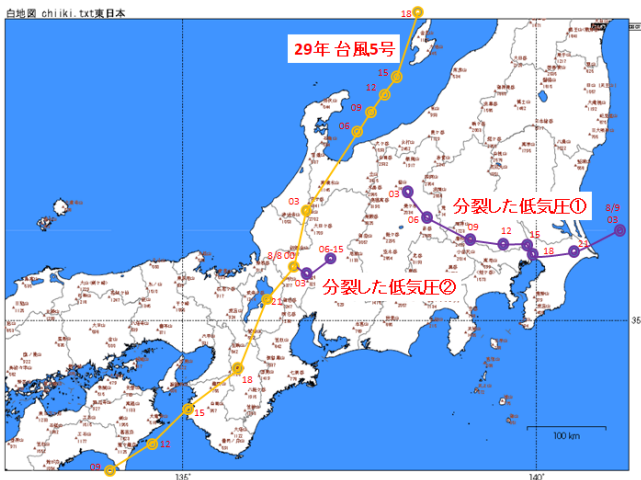


図 4 台風 5 号および分裂した低気圧の経路図

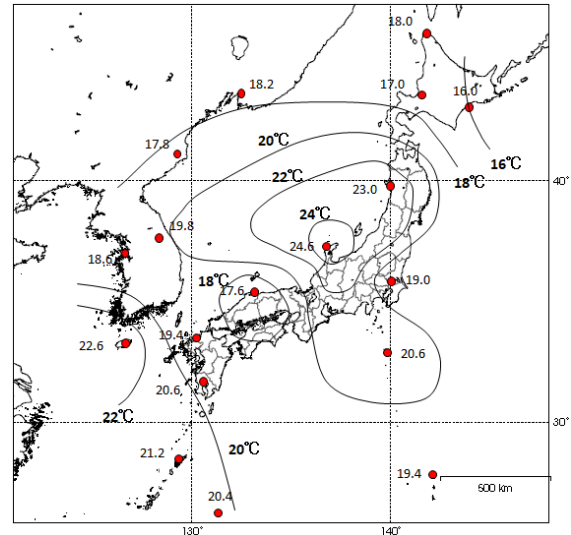


図 5 8/7 21 時の 850hPa 気温解析図

5. 考察

台風の分裂が始まったと推定される 8/7 の JST21 時のアジア 850hPa・700hPa 天気図(気象庁 AUPQ78)による 850hPa 気温を読み取って等温線図を作成した。能登半島付近に 850hPa 気温の極大、中国地方に極小があって、近畿から北陸にかけて 850hPa 温度傾度が大きくなっている。この時点で既に 850hPa は傾圧大気となっており、台風の温帯低気圧化が進み始めていたと考える。なお、この温度傾度は 850hPa ほどではないが 700hPa でも認められる(図略)。また、500hPa では依然として台風の中心付近に暖気核の存在が認められる(図略)。

このような傾圧大気の場合によって台風は 3 つに分裂したものと推察する。8/8 の 0 時に台風本体として岐阜県内に移動した台風の渦は、そのまま岐阜県内に留まって分裂した低気圧性の渦の一つを形成した。もう一つの分裂した渦は中部山岳の東側に形成され、最初のうちは南東に進み、次第に偏西風の流れに乗って東から北東に向きを変えながら進んだ。

6. まとめ

本研究の結果をまとめると以下ようになる。

- ①台風 5 号は中部山岳付近で分裂した。
- ②傾圧性が強いため 2 つではなく 3 つに分裂した。
- ③傾圧性が強い北東象限に進んだ渦が最も中心気圧が低くなって、台風本体と認定された。
- ④最低気圧の位置だけを追うと、台風の位置がジャンプしたように見えるが、事前に低気圧性の渦と気圧の低下が認められた。

7. 今後の課題

このような台風や大きな低気圧の分裂の報告事例が少ないため、今後、同様の事例の解析を積み重ねていきたい。今回は地上の渦を解析したが、850hPa・700hPa 等の上空の渦と山岳地形との関係把握も重要と思われる。最終的には実際の山岳の現場での局地気象の予測につなげていきたい。

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（広島県支部）

1. はじめに

筆者は5年前に郷里である福山にUターンしたが、市中心部に濃い霧が発生することが年に数回あることを経験した。瀬戸内海沿岸部に位置する福山に霧のイメージはあまりなかったが、当初は単純に放射冷却で発生したものと考えていた。しかしながら観察を続けるうちに、市中心部北側にある神辺平野（盆地状地形、中心部の標高は10m程度）で発生した放射霧が流れてきているのではないかと考えるようになった。

本研究では、この霧の実態を把握することを目的とする。

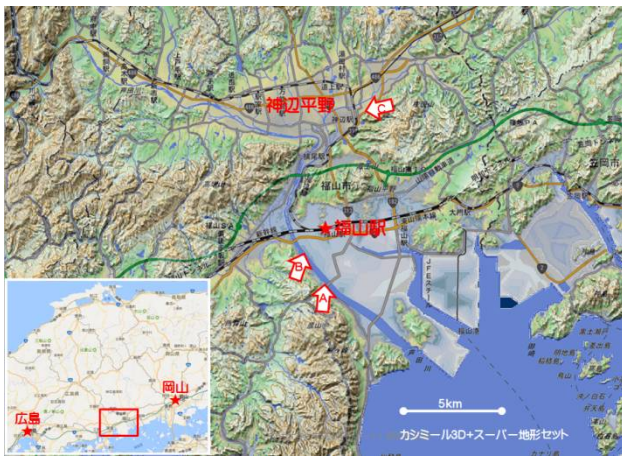


図1 福山周辺の地理、地形（A,B,Cは観察場所）

中国地方の盆地霧については、広島県三次盆地（宮田,1994）や岡山県津山盆地（上甲ほか,2002）等の先行研究がある。宮田は比較のため広島県内の他の盆地についても調査を行い、盆地の形状や規模の違いが、霧の特徴の違いに関係していると述べているが、福山周辺の霧については調査されていない。

2. 観察事例

自宅（福山駅の南東約2km）から目視と写真撮影による観察を基本とし、大規模な霧が発生している場合には、山の中腹や高台から俯瞰的な観察を行ってきた。

5年間で約20事例の霧を観察し、そのうち大規模

な濃霧は5例程度であった。以下、特徴的な事例について述べる。

2.1 2013年5月12日

芦田川付近に霧が発生していたので、高所（図1 A点）から観察を行った。霧は芦田川の流れに沿って神辺方面まで続いていることを初めて確認した。この日の霧は市中心部には広がっていなかった。

2.2 2014年11月27日

自宅付近で霧の発生を確認したので高所（図1 A点）から観察を行った。神辺方面から市中心部には筋状の霧が流れ込んでいた。芦田川沿いに流れた霧は、河口付近まで達して消散していた。いままで観察した中で最大規模の霧である（図2）。

2.3 2016年11月20日

神辺平野は周囲を200~300mの山に囲まれ、南側の芦田川流路周辺だけがやや低くなっている。霧はその付



図3 神辺城跡からの霧の観察

近から福山中心部に流れ出ているのではないかという仮説を確認するため、流れの出口付近が見渡せる神辺城跡（図1 C点）から観察を行った（図3）。

この朝、自宅付近の霧は濃くなかったが、神辺城跡からは神辺平野一面に霧が広がっている様子が見られ、下流側に向かって流れ出す様子を動画に撮影することができた。

2.4 2016年12月21日

早朝、自宅付近は濃霧に包まれていた。高所（図1 A点）から観察すると、福山駅前の高層ビルも完全に霧に覆われて見えなかった。それまで、霧の層は厚くても80~100m程度と推定していたが、この日は120m以上と推定された。いままで観察した中で最も厚く、消散までの継続時間も長い霧だった。



図2 大規模な霧の事例（2014年11月27日、図1の観測点Aから）

3. 解析

2016年11月20日の解析結果を例として示す。

霧発生の前日(19日)は山陰沖を低気圧が通過し、福山アメダスでは午前中に11.0mmの降水を記録した。午後には雨は止んで曇り、夜遅くには晴れたが、視程は5km程度で霧が観測されている。20日朝の最低気温は14.0℃で、平年より8.3℃も高かった(図4)。

20日6時のMSM鉛直断面図(福山中心部最寄りのGPV)からは、800hPaより下層が湿潤で、975hPaから地表にかけて接地逆転層の形成が解析されている(図5)。

19日18時初期値のMSM雲断面図からは、20日朝は気温が露点温度以下まで下がり、霧が発生しうる条件であることが予測されていた(図6)。

20日明け方~朝の周辺の風向・風速は、静穏か北寄りの微風であった(図7)。神辺平野や福山中心部にアメダス観測地点がないため、農研機構西日本農業研究センターの気象観測データや、近隣の小中学校に設置されている環境省大気汚染物質広域監視システム(そらまめ君)のデータを利用した。

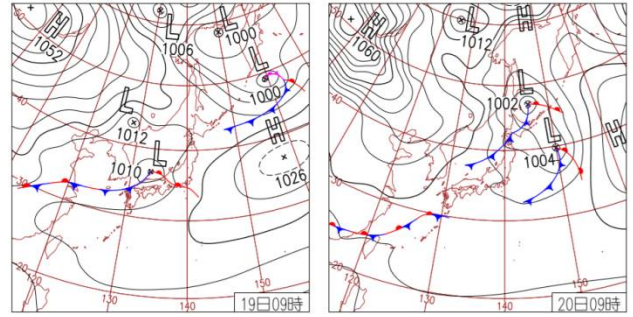


図4 2016年11月19日~20日の天気図
(気象庁 日々の天気図より引用)

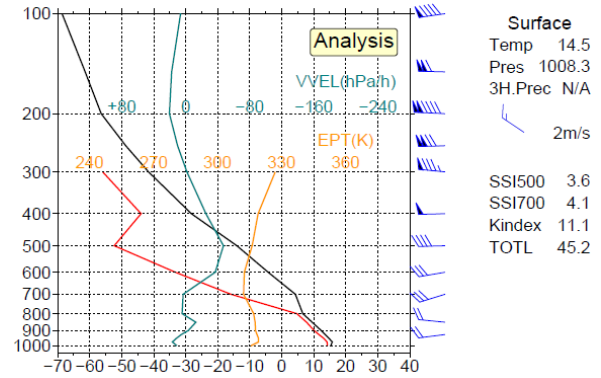


図5 2016年11月20日6時のMSM鉛直断面図
(「晴れてほしーの」で作成)

4. 考察

神辺平野で発生した霧が福山中心部に移流する条件は、放射霧発生条件(1)(2)に加え、(3)が必要であると推測している。

- (1)降水や暖湿気流入等で十分な水蒸気が供給されること
- (2)夜間の放射冷却で神辺平野(盆地)内に冷気が滞留し、気温が露点温度以下まで下がること
- (3)周辺の風が、静穏か北寄りの微風であること

霧は冷気を伴うため、無風状態であっても重力流により芦田川の流に沿って下流に流れ出すと考えられるが、市中心部への大規模な移流には北寄りの風が必要であると考えている。南風の事例の場合、神辺平野では霧が発生しても、移流しなかった。

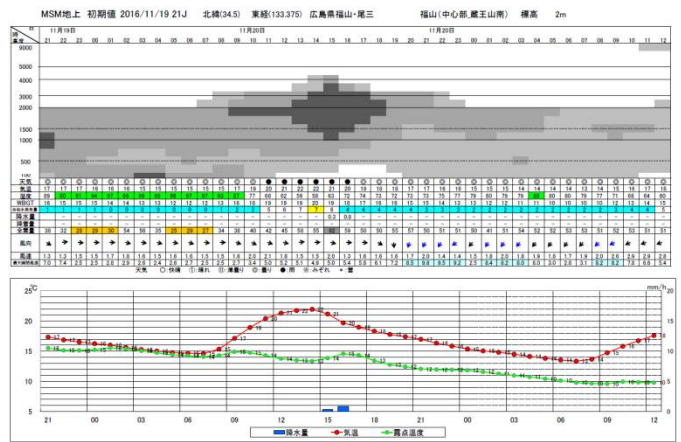


図6 2016年11月19日21時初期値のMSM雲断面図
(「晴れてほしーの」で作成)

5. おわりに

霧の発生頻度が少なく、また水蒸気量や風の影響などで発生状況が毎回異なるため、実態把握には至っていないが、事例をさらに収集し、移流メカニズム解明に向け研究を続けるとともに、地域気象の理解に努めたい。

参考文献

- 沢井哲滋, 1982: 霧の理解のために. 天気, 29, 57-73.
- 宮田賢二, 1994: 三次盆地の霧の研究. 溪水社.
- 上甲実, 清原康友, 塚本修, 2002: 津山盆地における霧の観測. 岡山大学地球科学研究報告, 9, 41-52.

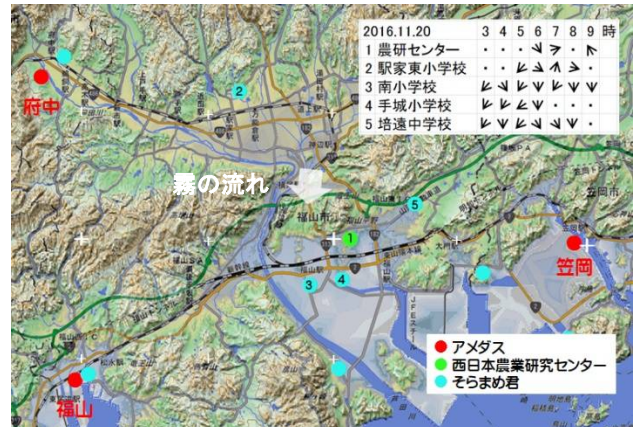


図7 2016年11月20日3時~9時の風向

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 気象予報士会東海支部

1. はじめに

神戸新聞によると、台風21号が紀伊半島の南東海上を進んだ2017年10月22日夜から23日未明にかけて近畿地方では全般に強い北寄りの風が吹き、神戸では23日午前0時半ごろ最大瞬間風速45.9 m/sを記録した。神戸の観測では、「ジェーン台風」に次ぐ歴代3位の強風で、「第2室戸台風」も上回り、転倒事故や倒木、通行止めなどが相次いだ(神戸新聞, 2017)。

神戸が、この時間帯には台風の進路の可航半円側にあったにもかかわらず、このような強風になったのは地形と特有の大気構造が関係していると考えられるので、この点について考察する。

2. 台風に伴う神戸での気象状況

図1は2017年10月22日9時(以下、日本時間)から23日9時にかけての神戸における気圧、気温、降水量および風の状況を気象庁のアメダスデータ(気象庁, 2017)からプロットしたものである。神戸では10月22日18時ごろから急に北寄りの風が強まり、23日0時過ぎには平均風速が約30 m/sとなった。これに伴い、45 m/sを超える最大瞬間風速を観測した。ちょうどこの時間帯に最低気圧を観測している。その後も平均風速20 m/sを超える強風状態は23日3時ごろまで持続した。

神戸でこのような強風が持続した時間帯には、台風は四国の南海上(22日18時)から御前崎付近(23日3時)にあった(図省略)。

3. 近畿地方の局地的気圧配置

図2は、45 m/sを超える最大瞬間風速を観測した時刻に近い23日1時におけるアメダスデータ(気象庁, 2017)を用いて近畿～関東における気圧

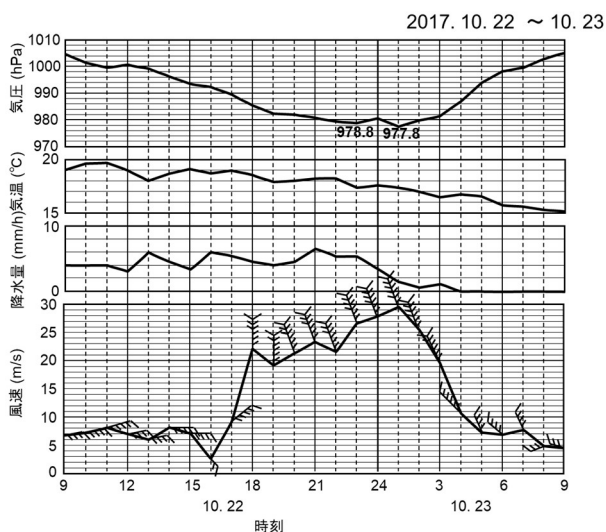


図1. 2017年台風21号に伴う神戸のアメダスデータ時系列変化。気象庁ウェブサイト「過去の気象データ検索」より、筆者作図。

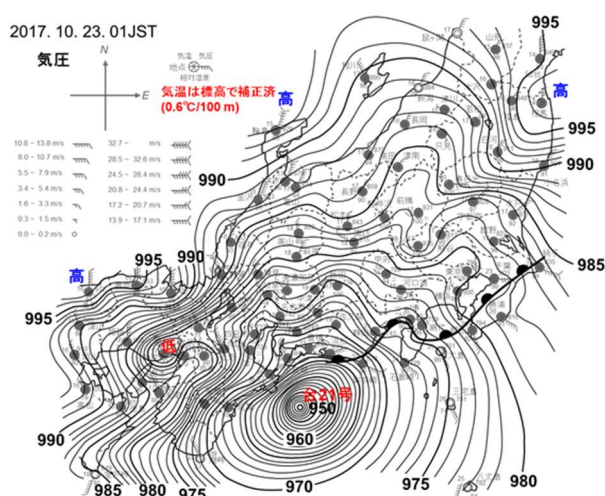


図2. 2017年10月23日1時における近畿～関東の気圧配置。気象庁ウェブサイト「過去の気象データ検索」より作図。

配置図を作成したものである。台風は志摩半島南東海上を北東進している。一方、神戸付近には閉じた等圧線で明瞭に示される低気圧が見られる。本稿では図を省略するが、この低気圧は、22日18時にはすでに明瞭であり、23日3時までは同じような位置に解析された。神戸市はこの低気圧のすぐ南西部に当たり、この低気圧の存在した時間帯で風速20 m/s以上の強風となった。

4. 近畿地方の大気構造

10月22日夕方から23日未明にかけて近畿地方で強風が観測されたときの大気の断面構造を調べるため、気温と風の断面図を図3のように作成した。作成方法は以下のとおりである。呼称「スグダス2」として株式会社ウェザーニュースのウェブサイト「MyWeather Solution」で提供されている気象庁メソモデル(MSM)解析データを利用した(株式会社ウェザーニュース, 2017)。

「MyWeatherSolution」の中にはMSM解析データが主要アメダス地点におけるエマグラムとして表示されているものがある。図3に表示されている各地点について、エマグラムから各指定気圧面における気温と風向・風速を読み取り断面図チャートに記入した。データは指定気圧面のものではなく、エマグラムからの読み取り誤差(0.5 deg程度)があるので、これらを補正する。気温と当該指定気圧から温位を計算し、風向・風速、したがって上昇・下降流や温度風を考慮することにより気圧面間、地点間および読み取り誤差を補完して等温位線を描画する。等温位線の密なところは安定層として描画する。そのようにして描画した等温位線描画図から再び気温を小数点以下1位まで

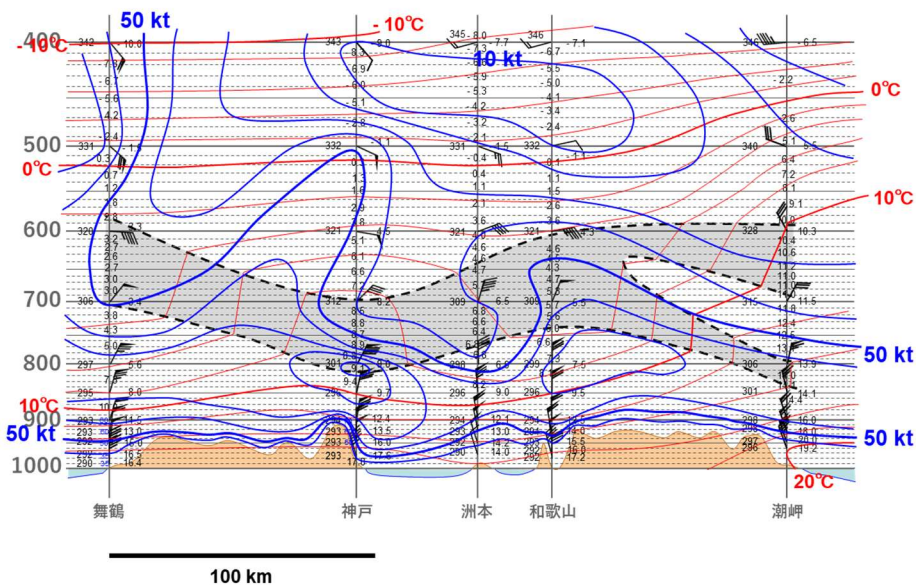


図3. 2017年10月22日24時における近畿地方における気温・風の南北断面図。ウエザーニュースウェブサイト「MyWeather」にエマグラムとして開示されている気象庁MSM解析データの読み取りにより筆者作図。

計算しなおし、等温線を描画した。

図3は、10月22日24時(15UTC)における近畿地方の大気の流れにほぼ沿った気温・風断面図である。安定層が波型に形成され、神戸付近で垂れ下がり、和歌山方面に向かって再び上昇している。近畿地方を吹走する北寄りの風は、安定層を越えにくいのに加えて、標高932mの六甲山があるために、神戸付近では流路断面積が狭くなっている。また、六甲山風上の兵庫県中部上空の風速 u を60kt(30m/s)と見積もると、六甲山の風上の気層の上下端の温位の差 $\Delta\theta = 6\text{K}$ 、平均温位 $\theta = 295\text{K}$ から浮力による加速度 $g^* = g \cdot (\Delta\theta/\theta)$ は 0.20 m/s^2 と見積もられる(ここで、 g は重力加速度 $\approx 10\text{ m/s}^2$)。気層の厚さ $h = 1000\text{ m}$ として、これから内部フルード数 Fr (小倉, 1978)は、

$$Fr = u / (g^*h)^{1/2} = 2.1$$

と計算される。すなわち、超臨界流であり、もし安定層がなければ六甲山頂で盛り上がる流れとなる。ところが、六甲山上空に安定層があるために風下の神戸側に跳ね返される。この状況は、跳ね返される向きが異なるが、バレーボールにおいて、スパイクが敵陣の巧妙なブロックにあって強烈に跳ね返されるのに似ている。

跳ね返された風速が神戸付近でどの程度になるか見積もってみる。非粘性圧縮流に拡張されたベルヌーイの定理(玉虫ら, 1971)によれば、

$$\frac{u^2}{2} + \int \frac{dp}{\rho} + gz = \text{一定}$$

である。ここで、 u は風速(六甲山で30m/s)、 p は気圧、 ρ は密度、 gz はジオポテンシャルである。これに状態方程式 $p = \rho RT$ 、 $R = 287\text{ m}^2/\text{s}^2\text{K}$ 、気層の平均的な気温288K(六甲山頂の気温と神戸の気温の平均 $= 15^\circ\text{C}$)、六甲山頂の気圧900hPa、神

戸の地上気圧980hPaを用いると、神戸での風速は70m/sと計算される。実際に観測された風速に比べると2倍程度の値ではあるが、神戸で相当の強風となることがうかがえる。

さらに図3から別の特徴的な大気構造が見て取れる。風速が神戸から南方上空に向かって、強、弱、強、弱と波状に分布している。また、安定層のうねりの波長は100km以上である。六甲山はこのような大気構造の形成に相当寄与していると思われるが、距離スケールからいってそれだけではないと思われるので今後の課題としたい。

6. まとめ

2017年台風21号に伴う近畿地方の大気構造と神戸における強風について考察した。

神戸付近で垂れ下がった安定層と六甲山によって流路断面積が狭くなることと、超臨界流が安定層で跳ね返されることによって神戸市において記録的な強風になったと考えられる。

引用文献

- 小倉義光(1997): メソ気象の基礎理論, 東京大学出版会, p. 98.
- 株式会社ウェザーニュース(2017): MyWeather Solution, http://weathernews.jp/my/solution/cgi_co/solution_disp.cgi, (2017年12月24日閲覧)。
- 気象庁(2017): 過去の気象データ検索, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, (2017年12月24日閲覧)。
- 神戸新聞(2017): <https://www.kobe-np.co.jp/news/sougou/201710/0010668665.shtml>, (2017年12月24日閲覧)。
- 玉虫文一 他(1971): 理化学辞典, 第3版, 岩波書店, p. 1238.

2017年7月豪雨の考察

～平成29年7月九州北部豪雨～

日本気象予報士会 関西支部 前川 清

2017年7月に島根と九州北部で発生した線状降雨帯による豪雨により、各地で人的被害と広範囲の土砂被害が発生した。このような豪雨は近年頻繁に発生し甚大な被害をもたらしている。今回の豪雨の発生状況を、気象データを分析し、発生要因を調査することにより、気象予報士として豪雨発生の予測に繋げたいと考えた。

はじめに

気象庁は、7月4日から6日に九州北部で発生した豪雨を「平成29年7月九州北部豪雨」と命名した。台風3号通過後、南西からの暖湿流と上層の寒気により、島根・九州北部にライン状の降水帯が発生し、記録的な大雨をもたらした。また、島根・福岡・大分の3県に『大雨特別警報』が発表された。

1. 降水状況

1.1 積算雨量

4日から6日までの積算雨量をFig-1に示す。

雨量の区域は3つに分かれていることが分かる。4日夜から5日朝にかけて波佐付近、5日昼から夜にかけて朝倉・日田付近、6日未明から朝にかけて杵岐・熊本付近で雨量が集中している。

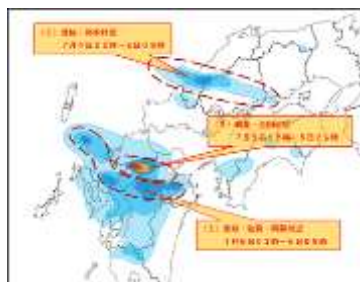


Fig-1 積算雨量図

1.2 雨量の時間変化

朝倉アマダスの雨量変化をFig-2に示す。

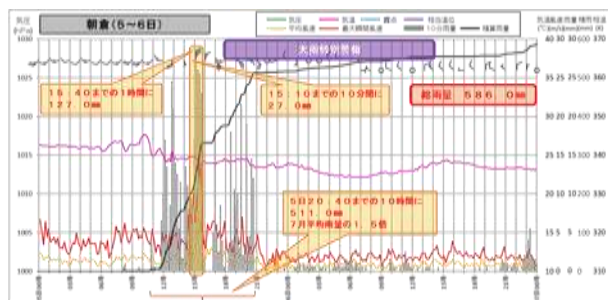


Fig-2 朝倉アマダス雨量データ

15時10分までの10分間に27.0mm、15時40分までの1時間に127.0mm、6日までの積算雨量が586.0

mmを記録している。Fig-3に5日15時のレーダー図を示す。朝倉・日田付近に東西方向に線上降水帯が観測されている。

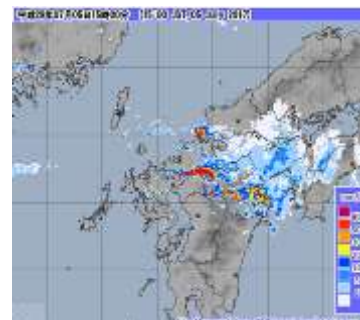


Fig-3 5日15時レーダー図

2. 豪雨発生時の気象状況

2.1 地上天気図

5日15時と21時の天気図をFig-4に示す。台風3号から変わった低気圧が日本の東にあり、梅雨前線が西日本に延び南下している。

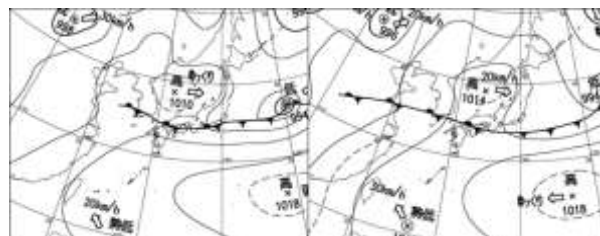


Fig-4 地上天気図(5日15時・21時)

2.2 高層天気図

5日21時の高層天気図をFig-5に示す。九州北部でJSが加速域、500hPaで寒気移流と正渦度域、850hPaで暖湿気の移流と上昇域が観測されている。

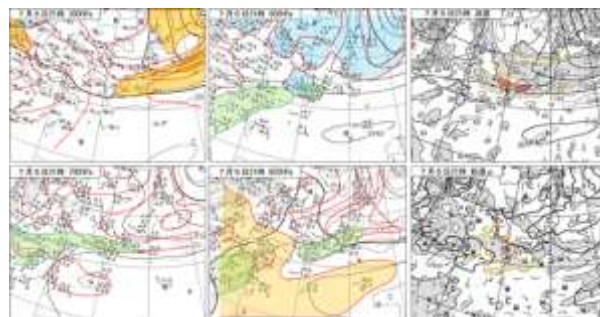


Fig-5 高層天気図(5日21時)

福岡のエマグラムでは650 hPaまで不安定層でSSI=-3.34になっている。大分のウインドプロファイラーでは日田雨量のピーク直前に4000m以下で風向の変化が観測されていて収束帯が通過したことが分かる。

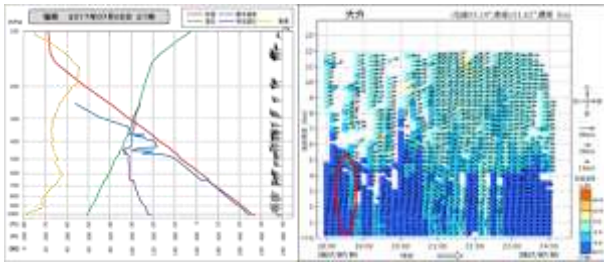


Fig-6 5日 21時エマ(福岡)・WPF(大分)

2. 3下層の風の流れ

朝倉・大分豪雨の時の高層気象データが無いので、ウインドプロファイラーの風データを利用して、1500mの風の流れを分析した。その結果九州北部に北西から南東に延びる収束帯が有ることが分かった。これが豪雨の引き金になっていると推定する。



Fig-7 1500m 付近の風の流れ(5日17時～19時)

3. 線状降雨帯の発生要因

今回の線状降雨帯の発生要因について推定する。

①下層での暖湿流の移流

梅雨前線の南側下層で高相当温位の暖湿流が西日本に移流していた。

②下層での収束

梅雨前線の南北で気流が収束していた。

③上層での寒気移流による不安定

日本海西部の上層に寒気移流があり、気層全体が強い不安定になっていた。

④ジェット気流の加速域

300 hPaを分析するとJPとJSが西日本上層で合流し加速域になっていて、吸い上げ効果で上昇流を強める働きをしていた。

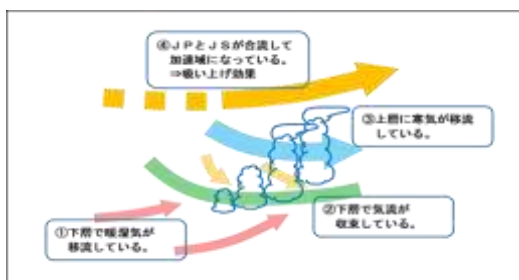


Fig-8 豪雨発生のイメージ図

4. 結論

気象予報士として、リアルに入手できる気象データは5分毎のレーダー・ナウキャスト、10分毎のウインドプロファイラーのデータがある。速報天気図は3時間毎、高層天気図は12時間毎に入手できる。リアル性には欠けるが、気象状況を把握するには必須である。

今回のような豪雨を一早く把握するには、

①地上・高層・渦度・鉛直p速度天気図を良く読み気象状況を理解しておくこと。

②ウインドプロファイラーで気層全体の風の変化の有無を把握すること。

③レーダー・ナウキャストで強雨の発生を監視すること。

が気象予報士として求められていると考える。

———参考文献———

1) 地上・高層天気図 北海道放送「HBC お天気」ホームページ

2) アメダステータ/レーダー合成図/ウインドプロファイラー

気象庁ホームページ

3) エマグラム Wyoming-Univ.ホームページ

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（関西支部）

1. はじめに

気象庁によると2016年の台風個数は発生26、接近5、上陸6、2017年は発生27、接近4、上陸4であった。

本報告では京都府宇治市の自宅に設置したデータロガー及び、同地で撮影した画像、近隣アメダスデータにより台風接近に伴う海面気圧（以下、気圧）や風向や風速の変化の特徴を調べた。

2. データ解析方法

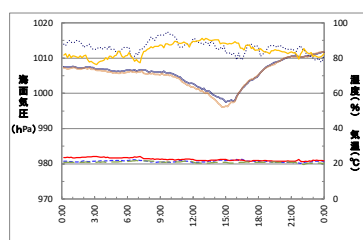
自宅データロガー（以下、DL）により、1分ごとの気温、湿度、気圧データを得た。また30秒ごとに連続写真を撮影、動画化した。DLによる観測値に京都及び京田辺のアメダスによる値を加えてグラフ化し、さらに台風経路図やレーダー・ナウキャストの画像も参照した。

3. 台風事例

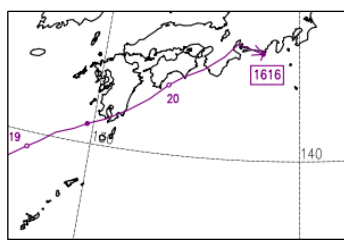
3.1. 台風1616号（2016/9/20）—第1図、第2図

最接近時の15時頃、定点とした京都府宇治市の南約70kmを通過した。連続写真を動画化した画像によると風向は、北東→北→北西と逆転し、最接近時、雲の動きは速まった。近隣アメダスデータも同様の変化を示した。

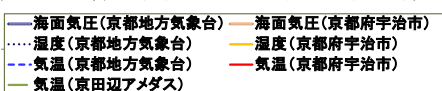
台風の接近によりDLの気圧は9:40（1005.4hPa）から14:40（996.1hPa）までの5時間で9.3hPa下がった。そのあと気圧変化の度合いは小さくなり、60分後の15:40から気圧は急上昇に転じた。



第1図 京都・宇治・京田辺 (T1616)

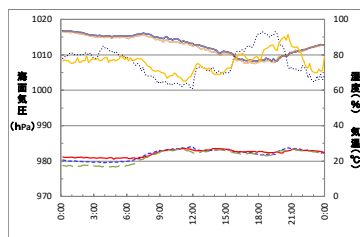


第2図 台風経路図 (T1616)

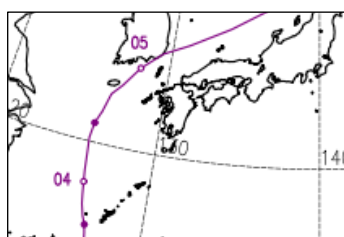


出典：気象庁 HP
加工して作成

3.2. 台風1618号（2016/10/5）—第3図、第4図



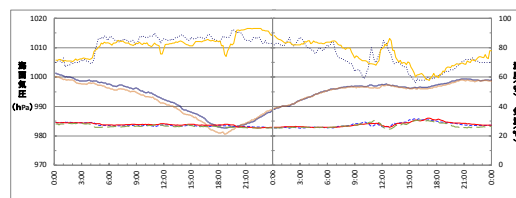
第3図 京都・宇治・京田辺 (T1618)



第4図 台風経路図 (T1618)
出典：気象庁 HP 加工して作成

最接近時の18時頃、京都府宇治市の北約330kmを通過した。風向は南→西→北と順転したが風速変化は小さかった。気圧は7:30（1015.6hPa）から16:00（1008.4hPa）までの8時間30分で7.2hPa下がった。このあと気圧は3時間30分後の19:30から急上昇に転じた。気圧の低値が継続した時間が長く、風向変化も急激ではなかった。

3.3. 台風1705号（2017/8/7～8）—第5図～第8図



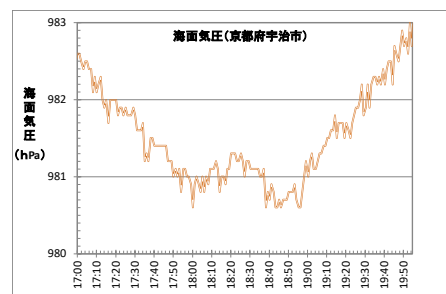
第5図 京都・宇治・京田辺 (T1705)

最接近時の19時頃、京都府宇治市の南約20kmを通過した。風向は南寄り→東→北→西寄りと、18:00から19:00にかけて急逆転した。気圧は、7:30（990.4hPa）から18:00（981.0hPa）まで10時間30分で9.4hPa下がった。

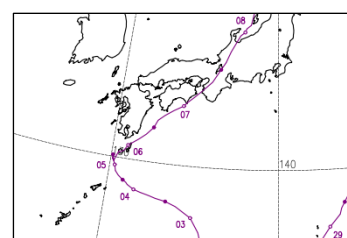
台風が接近した17:00から20:00まで、1分ごとの気圧変化を第6図に示す。18:01に980.6hPaとなり僅かに上昇し、18:45に再び980.6hPaを記録しその後、気圧は急上昇に転じた。

レーダー・ナウキャストの画像によると、台風的眼は、京都府宇治市の定点を通過しなかった。気圧極小値は、

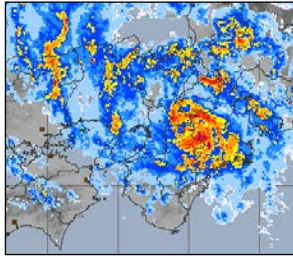
台風的眼の周囲の顕著なレインバンドの通過に伴うものと考えられる。



第6図 海面気圧詳細 (T1705)

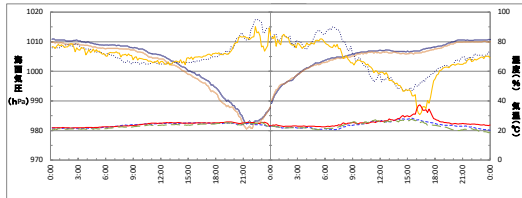


第7図 台風経路図 (T1705)
出典：気象庁 HP 加工して作成



第8図
レーダー・
ナウキャスト
2017.8.7 18:45
出典：気象庁 HP
加工して作成

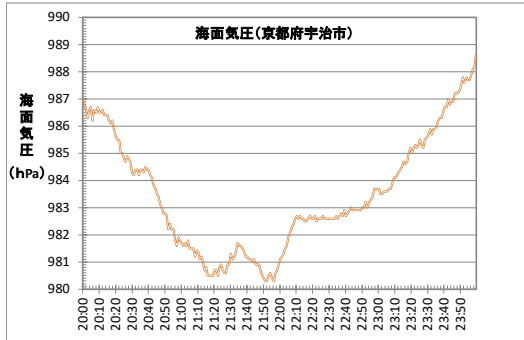
3.4. 台風1718号(2017/9/17~18) -第9図~第12図



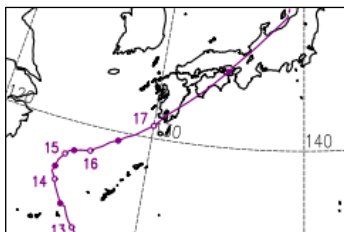
第9図 京都・宇治・京田辺 (T1718)

最接近時、京都宇治市の北約40kmを通過し、風向は東→南→西と順転した。気圧は12:10(1004.2hPa)から21:10(981.2hPa)までの9時間で23.0hPa下がった。

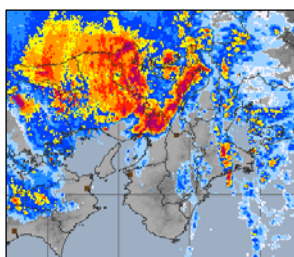
台風が接近した20:00から24:00まで、1分ごとの気圧変化を第10図に示す。最接近前の21:23に980.5hPaと21:53に980.3hPaの気圧極小値を記録したが、これらはレーダー・ナウキャストの画像によると、台風の前方にあるレインバンドの通過に伴うものと考えられる。



第10図 海面気圧詳細 (T1718)

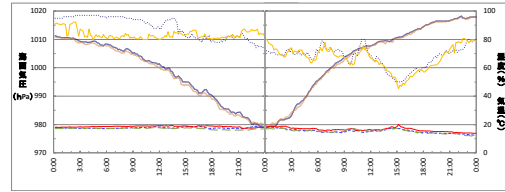


第11図
台風経路図
(T1718)
出典：気象庁 HP
加工して作成



第12図
レーダー・
ナウキャスト
2017.9.17 21:55
出典：気象庁 HP
加工して作成

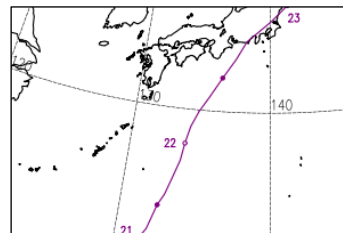
3.5. 台風1721号(2017/10/22~23) 第13図、第14図



第13図 京都・宇治・京田辺 (T1721)

最接近時、京都府宇治市の南約200kmを通過し、風向は東→北→西と逆転した。気圧は8:10(1005.9hPa)から22:30(980.5hPa)までの14時間20分で20.4hPa下がったあと、2時間40分後の1:10から急上昇した。

この台風は、T1705やT1718に比べて、最接近時の距離がかなり大きいにもかかわらず、DLの気圧最低値はほぼ等しい。また、この台風では気圧低下の始まりから気圧最低値を記録するまでの時間が長く、気圧低値の継続時間も長い。これらの特徴は、この台風の勢力が強かったことによるものであると考えられる。



第14図
台風経路図
(T1721)
出典：気象庁 HP
加工して作成

4. まとめ

2017年には2つの台風が京都府宇治市の定点のすぐ近くを通過し、データロガーの記録や空や雲の連続写真など、台風接近時の詳細なデータが得られた。

気象庁HP内の「過去の台風資料の台風経路図」から、定点での台風の最接近距離やその際の中心気圧を推定した。2016年と2017年に京都府宇治市の近くを通過した台風の解析データを第1表に示す。

第1表 京都府宇治市に近づいた5個の台風の諸データ

台風事例	気圧最低値	気圧最低値記録時刻	継続時間	最接近距離	中心気圧 hPa
T1616	996.1	9/20 14:40	1:00	70	985
T1618	1007.5	10/5 17:40	3:30	330	992
T1705	980.6	8/7 18:45	0:50	20	975
T1718	980.3	9/17 21:53	1:40	40	975
T1721	979.7	10/23 0:10	2:40	200	950

5. 参照資料, 参考資料

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

空と雲の記録 <http://jitsumsk.com/>

6. 謝辞

京都産業大学名誉教授 藤井健先生には助言を頂きました。本研究はJSPS 科研費 JP16H00322の助成を受けました。感謝致します。

総観場からみた南岸低気圧による関東の雪

日本気象予報士会
パソコン活用研究会 大門禎広

1. はじめに

関東地方に雪の降る代表的なパターンである南岸低気圧の雪について、総観場の気圧配置や温度分布に注目して、どんなパターンの時に雪になるか考察を行った。

2. 検証方法

関東地方に降雪のあった事例についてGSMの0時間予想天気図を晴れてほしいので描き、日本付近の気圧配置及び雨雪の目安となる925hPaの0°Cの位置に注目して解析を行った。

特に

- (1)南岸低気圧直前の冬型
 - (2)降水開始直前
 - (3)降水時
- に注目した。

3. 事例解析

(1)2013年1月14日 雪の事例

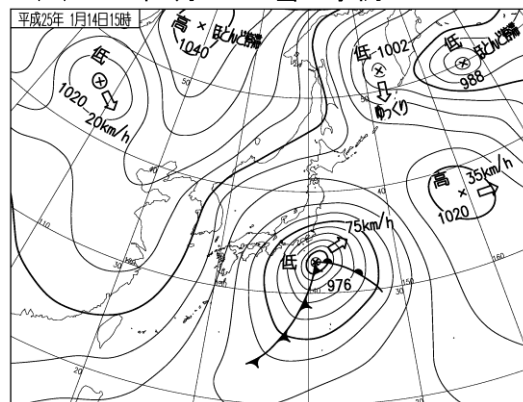


図1 低気圧が八丈島付近を通過して朝のうちは雨であったがその後雪に変わり東京でも8cmの積雪となった。

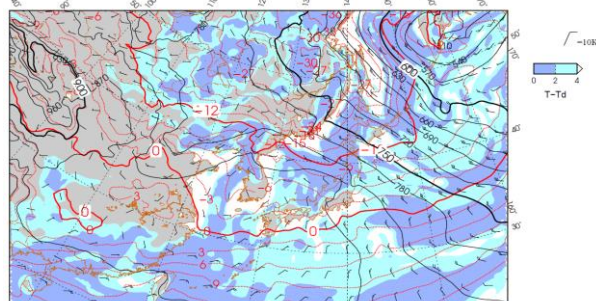


図2 直前の冬型で0°C線は伊豆諸島まで南下

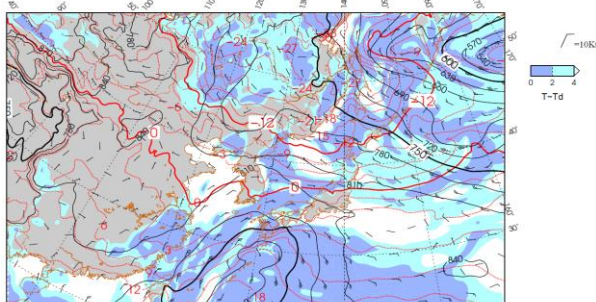


図3 925hPaの0°C線は福島県まで北上

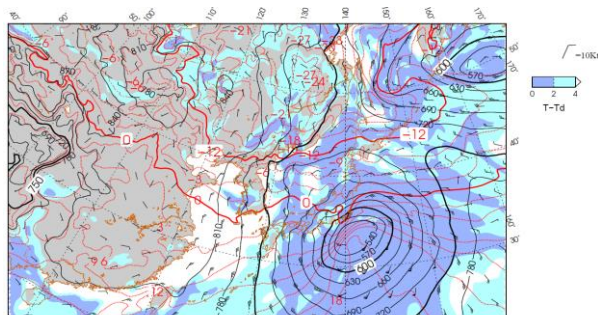


図4 降水の冷却効果により925hPaの0°C線は相模湾まで南下して雪になった

(2)2017年1月8日 雪にならない事例

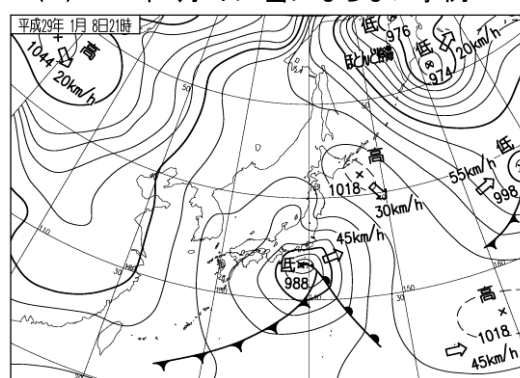


図5 低気圧が八丈島付近を通過し三陸沖に高気圧があるが山梨県や秩父などを除いて関東はほとんど雨になった。

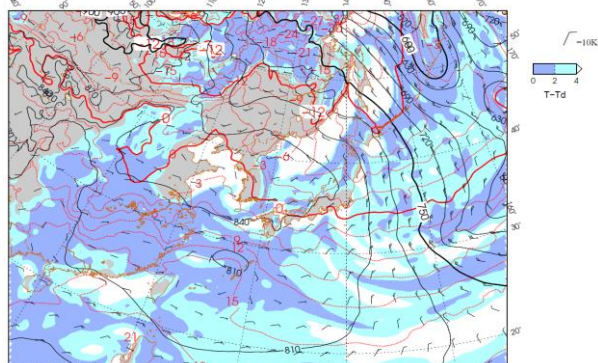


図6 直前の冬型で0°C線は伊豆諸島まで南下するが...

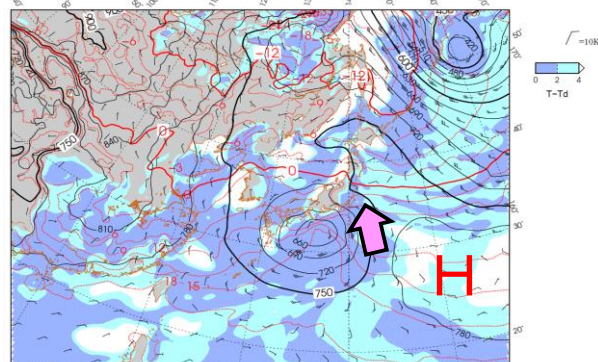


図7 南東海上に進んだ移動性高気圧からの暖気移流により0°C線が宮城県まで北上

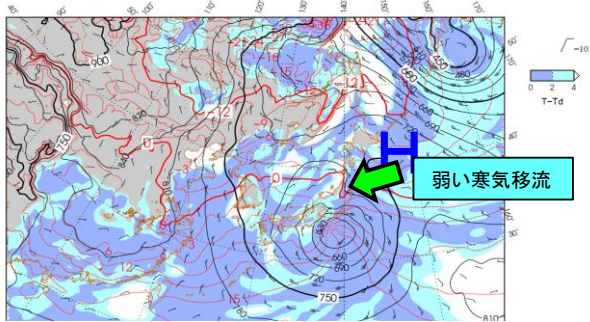


図8 三陸沖の高気圧からの寒気移流は弱く、降水の冷却効果があったものの925hPaの0°C線は栃木県北部までしか南下せず
(3)2016年11月24日 11月の降雪

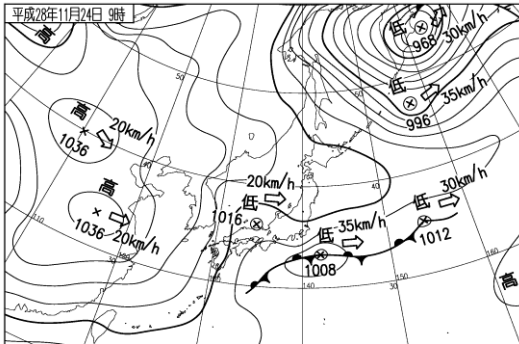


図9 八丈島付近に低気圧や前線が発生して季節外れの雪になった

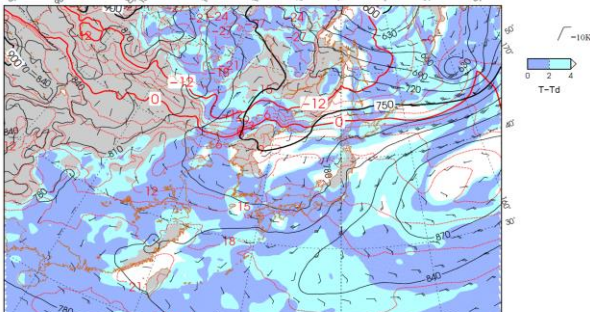


図10 11月とうとうともありもあり925hPaの0°C線は北海道北部

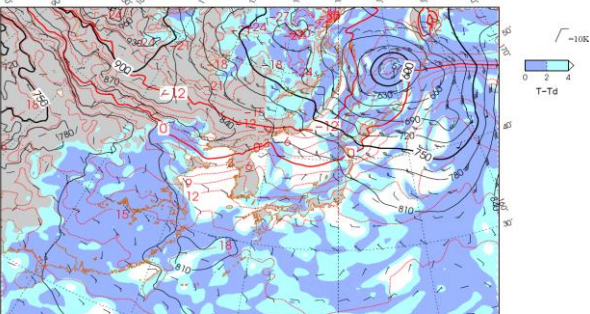


図11 冬型で925hPaの0°C線が東北北部まで南下

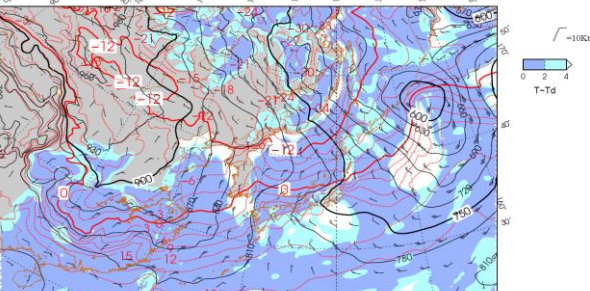


図12 2回目の冬型で925hPaの0°C線が福島まで南下して冬の状態になり、その後の降水の冷却効果で関東でも雪になった

4. まとめ

(1)寒気ベース

南岸低気圧の直前の冬型でどこまで寒気が南下したかが重要。

(2)寒気の維持

(a)三陸沖の高気圧

関東地方に冷たい北東の気流を送り雪に変えるものと思っていたが、実際には冬季の海風は暖かく銚子付近は滅多に雪にならない。

北東風の寒気移流により寒気のベースを維持する役割が大きいと考えられる。

2017年1月8日の事例のように移動性高気圧が南東進して暖気が入り0°C線が北上した場合は雪にならない。

(b)南岸低気圧

低気圧のコースと雨雪はあまり関係がないという研究もあるが、低気圧が発達した場合は温暖前線付近で等温線が集中し関東は寒気に覆われた状態が続くため、八丈島より北を通過しても雪になる。

コースに加えて発達度合いも同時に考慮する必要があると思われる。

以上のように三陸沖の高気圧と南岸低気圧の位置関係で関東付近に寒気移流が続くことが重要である。

(3)最後のひと押し(降水の冷却効果)

降水開始時は下層の温度が高く雨になることも多々、降水が始まった途端に気温が急降下し雪に変わる。この降水の冷却効果により雪に変わる。

経験上は925hPaが福島県以南まで南下した状態で降水の冷却効果が起こり温度が急

5. 今後の課題

南岸低気圧の雪は総観場では寒気のベース、維持、降水の冷却効果が重要であるが、局地解析をすると

- (1)秩父付近の局地高気圧はどうしてできるか
- (2)福島中通りから栃木県に入る冷たい北風はどこから来るか。
- (3)降水の冷却効果は中層の乾燥した空気が原因と言われているが、乾燥空気はどのようにしてできるか局地的な面から研究してみたい。

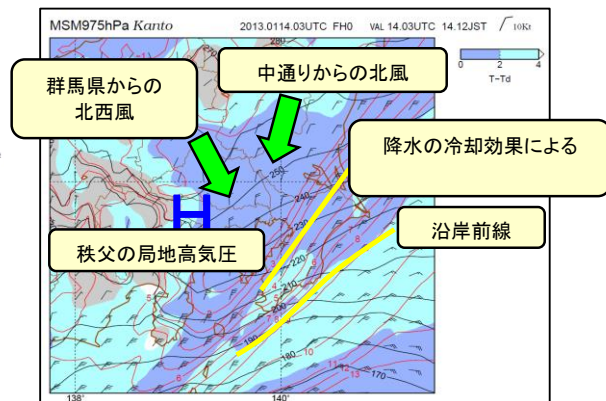


図13 南岸低気圧による降雪時は局地的にはこのような温度、風分布になることが多い

熊本市での降雪条件について

栗原めぐみ（日本気象予報士会西部支部）

1. はじめに

熊本県は、北側は筑紫山地、東と南は九州山地と山に囲まれ、西側は東シナ海に面している。また、国内では低緯度に位置していて、気温は高めであり、一般に言われている雪の降り方である、日本海側の山雪型や里雪型、太平洋側の南岸低気圧といった、典型的な条件だけでは降雪しない。今回は、県庁所在地である熊本市で雪の降る条件について、研究した。



図1 2010年1月13日 熊本市の大雪

2. 熊本市の降雪の特徴

南が山地となっていることや、南岸低気圧は発達前に九州を通過することから、南岸低気圧の通過で雪が降ることは珍しい。

山雪型と呼ばれるような、寒気とともに筋状雲が流れ込むパターンでは、雪が降ることがある。但し北側は山地であり、真北や北北西からの雲は流れ込みにくい。また、九州の北側には朝鮮半島があり、同じ強さの寒気でも北陸や北日本と比べると、雲ができにくいとみられる。よって、寒気が流

れ込む時に、一定の条件がそろった場合にのみ、熊本市でも降雪の可能性があると考える。尚、里雪型のようなパターンについては、東シナ海付近に低気圧ができることは多くはないことや、等圧線が大きく湾曲した時は寒気の流入が弱まっていたことなどから、今回は観測できなかった。

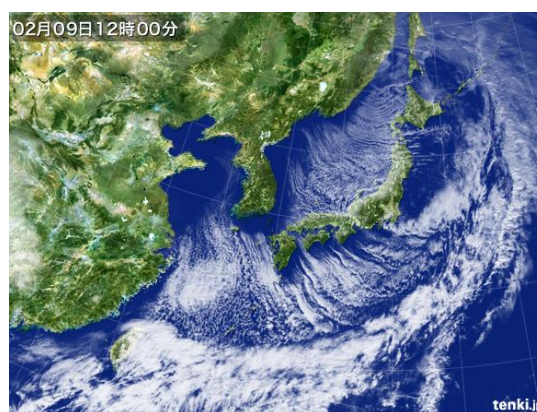


図2 2015年2月9日の衛星画像

筋状雲があっても九州に入らない

（日本気象協会 tenki.jp より）

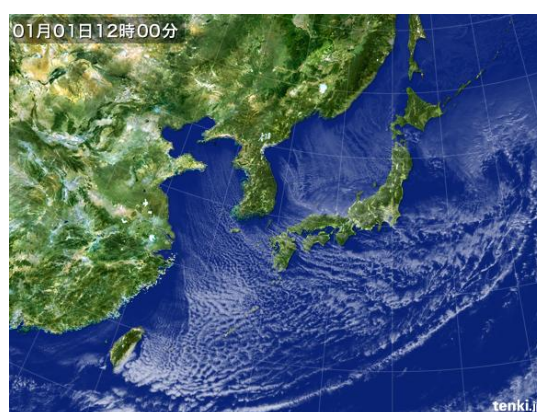


図3 2015年1月1日の衛星画像

北西風だと、筋状雲が熊本にも入り込む

（日本気象協会 tenki.jp より）

3. 調査対象日

本研究では、2014年11月～2017年3月の寒候期を対象期間とし、冬型ないし、九州の西に高気圧、東に低気圧となるパターンの日に絞って調査した。

4. 調査方法

調査対象日の、熊本市の天気（降雪の有無）、福岡上空850hPa面気温、500hPa面気温、熊本市の最低気温、最高気温、最大風速とそれを記録した風向、日照時間、熊本沖付近の海面水温を一覧にまとめた。更に850・500hPa面気温については、海面水温との差、2面間の気温差も計算し、降雪と気象条件との関連性を調べた。

5. 結果

気象庁HPの熊本市の日々の気象記録から、降雪を記録した日に共通し、且つ他の対象日では当てはまらない条件を、以下のように考えた。

- ① 500hPa面と海面水温との差が大きい（40℃以上）
- ② 850hPa面の気温が低いこと（-9℃以下）
- ③ 北西または西北西の風が強く吹きこむこと（8m/s以上）
- ④ ③の条件を満たさない場合でも、500hPa面の寒気が極めて強い場合（-30℃以下）は、降雪がある。また、②を満たさなくとも、風速が強い（10m/s）場合も降雪があった。

6. まとめと所感

北を山に守られている熊本で雪が降るためには、ある程度、雲が発達する必要がある、500hPa面に強い寒気が入らなければ、雪となることは少ない。一般的な条件の一つとされている、850hPa面-6℃は、熊本市では降雪しやすい条件には至らないと考える。また、冬季期間の初期に強い寒気が入った場合は、雪よりもアラレになる傾向があった。海面水温が高いほど、雪雲が発達するため、降雪は冬季の中期までが多く、初雪の平年値が東京よりも早いのは、このためと考える。

7. 今後の研究の展開

今回求めた山雪型での条件の検証に加え、里雪型のパターン、南岸低気圧（1984年1月に熊本市で12センチの積雪となった）についても、都度条件を検討したい。熊本市に加え、標高が高い阿蘇地方や、沿岸部でより日本海側に近い条件で降る天草地方についても、降雪の条件を検討したい。

8. さいごに

地域ごとのきめ細かな予報は、地方で働く気象予報士の務めと考えます。その土地に住んで、空気を吸って雨に打たれた人にしかできない予報を、心がけたいと思います。今回の研究のきっかけは、私が関東から熊本に来て最も驚いたこと（＝「850hPa面が-6℃以下だと平地でも雪が降りやすい」という教科書パターンでは雪が降らない）を自分なりに追求したものです。日々の業務を改めて数値化することで、よりよい解説に繋がれば、と考えます。

日本の年単位気温変動についての一考察

内山 常雄 (神奈川支部)

1. はじめに

現在の長期気候変動の研究は、高性能の計算機に多くのデータを入力し、様々な気象要素のデータ同化のテクニックを駆使して行われている。それでも本年の夏の気温水準を半年前に言い当てることは難しいようである。エルニーニョを言い当てても「現実のエルニーニョは毎回異なった様相を見せ、なかなか見本のような典型例は現れず、予報は簡単ではない」¹⁾ ことになり、日本の夏の気温を言い当てるところまではなかなか至らない。複雑精緻な解析は専門家に任せるとして、これまでの日本の気温の周期性と転換点の解析による気温予報の可能性を考えた。

2. 近年の日本の気温変動のグラフ

気象庁は国内の15地点の気温を用いて日本の気温の長期変化傾向を公表している²⁾。このうち年平均気温偏差のグラフはタイムスケールが粗く気温変動周期を見るには向かない。月平均気温についても月ごとのグラフでは気温変動周期を見るには向かない。一方、月単位の気温変動のグラフを用いると変動周期が見えてくる。図1に気象庁の月気温平均偏差を用いて計算した過去30年の気温推移のグラフを示す。

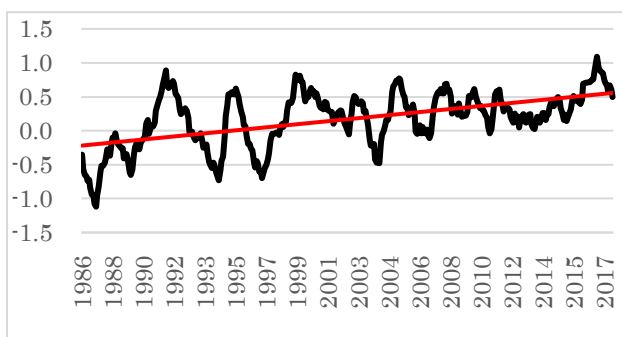


図1 1986年以降の月単位気温偏差の推移

赤線はこの区間の線形近似線である。気温の転換点を細かく調べるには日単位の変動を見たいので、15地点の日平均気温の単純平均のデータを用いて作成したグラフを図2に示す。



図2 1987年以降の15地点日平均気温の推移
月平均気温偏差のグラフと日平均気温の単純平均のグラフの形はほぼ同じである。図2には、極大値と極小値を線で結んでいる。

3. 日本の最近30年の気温変動の一考察

図2から日本の過去30年の気温変動について以下の点を読み取った。

- 1) 大きく上昇した後大きく下降する
- 2) 2015年まで変動振幅は縮小傾向にあった
- 3) 小さい変動を繰り返している間は、その後上昇するか下降するかの予想は難しい
- 4) 大きな上昇を開始した後の極大値の目途は、その直前の極大値であり、下降した場合の極小値の目途も直前の極小値である

4. 気温水準と異常高・低温との関係

気温水準と体感を含めた異常高温、低温とは直接関係していない。気象庁は世界の異常気象の中に、日本の異常高温を3例示している³⁾。そこに示されている2010年夏の異常高温の時期が気温水準を示すグラフでどのように見えるかを図3に示す。

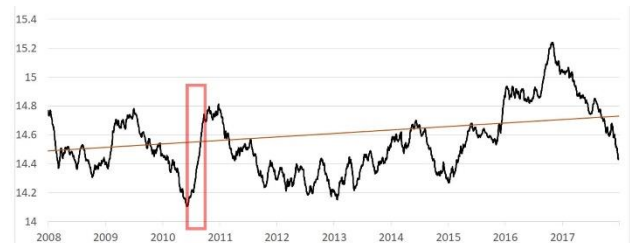


図3 2010年の異常高温時期の気温変動

図3では、2010年夏の異常高温時期を赤い四角で囲んでいる。気温水準は2009年7月の極大値から

2010年6月の極小値まで1年間にわたって下降していたところ、その後の4か月という短期間で元の水準に戻した。その時期が夏であったため、異常高温として体感されたと解釈できる。

気象庁は2013年3月と7～8月の東日本から中国中部にかけて異常高温だったとしている。この時期は、気温水準は小刻みな振動を繰り返していたが、当該時期が気温上昇時期に相当している。気象庁は、2016年4～6, 10, 12月の九州南部から中国南東部が異常高温だったとしている。この期間も気温水準の上昇時期である。ただ、夏の暑い時期を外していたこと、関東はその対象地域ではないことから、東京では異常高温を感じたひとは多くなかったようだ。

5. 2017年の気温水準の推移

過去3年間の日本の気温水準の推移を図4に示す。

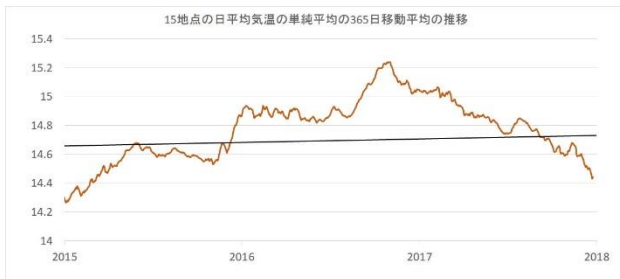


図4 過去3年間の気温水準の変動

2015年1月から上昇を開始した日本の気温水準は2016年10月31日に極大となり、2016年の年平均気温は統計開始以来最も高かった。その後下降した気温水準は2017年4月中に、急上昇を開始した2016年8月10日の気温水準を下回った。

これにより、それより前の気温上昇開始ポイントである2015年11月の水準まで下降する可能性があるとの予測を立てた。しかし、実際には2017年7月は高温となり、2017年7月26日に極大値をつけるまで気温水準は上昇した。その後再び下降を続け10月31日に極小値をつけると、11月12日の極大値まで上昇した。その後、11月中旬以降気温水準は下降し、2017年12月8日には2015年11月2日の極小値を下回ったことから、現在2015年1月の気温水準まで下降する可能性があるものと考えている。

気象庁は2017年12月21日に「2017年の日本の

年平均気温偏差(速報値)は1898年の統計開始以来、第10位の値となる見込みです。」と発表した⁴⁾。しかし、12月の気温が低下傾向にあったため、14～15位程度になるものと予想している。

6. 2018年の気温水準の推定

これまでの気温の推移を見ると(1)、数カ月以上にわたって上昇、あるいは下降する、(2)1か月程度の短い期間で上下変動を繰り返す、の2パターンがある。現在がそのどちらにあるかの識別の第1のポイントは、気温下降時期なら、前回の極小値を下回って下降を続けているか、上昇時期では前回の極大値を上回って上昇を続けているか、と考える。

第2のポイントは、1か月の間の前年の気温を上回った日の割合が50%を超えていれば、短期的には気温上昇時期である。さらに、2か月間、3か月間のこの日数割合が50%を超えているかを調べる。これらの値も50%を超えていれば気温上昇時期であることがより確実になる。

これらの指標は現在気温下降時期であることを示している。冬季と気温下降時期が重なることになるため、今冬季は異常低温を体感する人が多いかもしれない。ただ、気温低下時期から上昇時期への転換日を予想する根拠は見つからず、いつ上昇に転じてもおかしくない。

7. 参考文献

- 1) 木本昌秀, 2017:「異常気象」の考え方. 朝倉書店, 219.
- 2) 気象庁, 世界と日本の平均気温・降水量
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/db/database_temp.html
- 3) 気象庁, 世界の異常気象
http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/monitor/extreme_world/index.html
- 4) 気象庁, 2017年(平成29年)の世界と日本の年平均気温(速報)
<http://www.jma.go.jp/jma/press/1712/21d/worldtemp2017.html>

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（日本気象予報士会四国支部）

1. はじめに

本報は、平成 29 年 7 月九州北部豪雨と平成 24 年 7 月九州北部豪雨について、福岡県筑後地方から大分県西部にかけてもたらされた大雨の発生メカニズムを観測データから得られる水蒸気輸送の状況から検証し、これら二者における大雨の成因について比較することを目的とする。

2. 考察に使用するデータ、物理量

本考察においては、以下のデータならびに物理量を使用する。

i) 福岡の上層における指定等圧面ごとの東向き水蒸気輸送量ならびに北向き水蒸気輸送量

水蒸気輸送量は、(対象とする福岡の指定等圧面の絶対湿度) × (その指定等圧面の西風成分、南風成分) で与えられる。

ii) 九州島における地上相当温位の分布

iii) 福岡県筑後地方ならびに大分県西部における地上の水蒸気の収束・発散

水蒸気輸送量の差の算出方法は以下の通りである。

- 南北方向 : (飯塚の絶対湿度 × 同南風成分)
 - (日田の絶対湿度 × 同南風成分)
 東西方向 : (日田の絶対湿度 × 同西風成分)
 - (佐賀の絶対湿度 × 同西風成分)

この値が正ならば発散、負ならば収束となる。

iv) 福岡県筑後地方ならびに大分県西部の周辺の気象官署ならびに特別地域気象観測所における東向き水蒸気輸送量ならびに北向き水蒸気輸送量

v) 福岡県筑後地方ならびに大分県西部の周辺の地上相当温位傾度

東西方向の傾度は $(\theta_e \text{ 佐賀} - \theta_e \text{ 日田})$ 、南北方向については $(\theta_e \text{ 熊本} - \theta_e \text{ 飯塚})$ で求めた。

3. 考察の結果

i) 平成 29 年 7 月九州北部豪雨の事例

平成 29 年 7 月 5 日 9 時の福岡の東向き、北向きそれぞれの水蒸気輸送量の鉛直分布を見ると、地上から 500hPa 面に至るまで東向きの水蒸気輸送量が平成 29 年の梅雨期間の平均値を上回っていることに注目される。とりわけ 700hPa 面、900hPa 面、925hPa 面のそれぞれにおいては標記期間の平均値より標準偏差の 2 倍以上大きい値を示しており、西風成分による水蒸気輸送が活発であったことがわかる。一方、北向きの水蒸気輸送量は標記期間の平均値を下回り、南風成分による水蒸気輸送は不活発であった。

降水イベントの発生期にあたる 5 日 12 時の九州島とその周辺における地上相当温位の分布状況については、九州島の気象官署および標高の高い阿蘇山と雲仙岳を除いた特別地域気象観測所すべてにおいて 350K を超えており、暖湿気塊が広範囲にわたって存在していることがわかる。

豪雨が発生した朝倉（福岡県）における降水量とその周辺の地上の水蒸気の収束・発散との関係に着目すると、収束が強くなるにつれて降水強度が増す傾向があり、とりわけ東西方向については強雨発生時は常に収束で推移している。前述した 2 地点間の水蒸気輸送量の差と朝倉での 10 分間降水量との間には南北方向、東西方向ともに 1%水準の t 検定で有意な負の相関関係が認められる。

降水イベント時においては西風成分による水蒸気の収束が継続していることを踏まえ、豪雨発生地西側に位置する佐賀、熊本、福岡の各地点における水蒸気輸送に着目した。降水イベントの発生前より、佐賀では西寄りの風、熊本では南西寄りの風、福岡では北西寄りの風が卓越している。併せて、熊本～佐賀間の大牟田では南西寄りの風、黒木では南南西寄りの風が、福岡～佐賀間の太宰府では北西寄りの風、豪雨発生地北に位置する飯塚では北寄りの風がそれぞれ継続しており、採り挙げた各地点の位置関係に基づくと、これらの

卓越する風は豪雨発生地付近で収斂することが予想される。佐賀では西風成分、熊本では南西風成分、福岡では北西風成分のそれぞれによる水蒸気輸送量の推移を調べた。各地点とも朝倉での降水のピーク時付近の15～16時に最大値が出現している。これに基づき、朝倉とその周辺における記録的大雨は、地表付近における北西風、西風、南西風の三者によってもたらされる水蒸気がほぼ同じ空間領域で収束したことによって発生したものと推察される。降水イベントの発生前からのこれらの風向からの水蒸気輸送は、九州島北東部の梅雨前線に水蒸気を大量に供給し続けていたことを意味する。

地上相当温位傾度と朝倉における降水量との関係に着目すると、前述した2地点間の値の差が大きくなるにつれて降水量が増す傾向があり、豪雨発生地点の西側および南側に暖湿気塊が存在する条件下で前線傾度が拡大している時に多降水となっている。

ii) 平成24年7月九州北部豪雨の事例

平成24年7月14日9時の福岡における水蒸気輸送の鉛直分布に着目すると、925hPa面から800hPa面にかけて東向きの水蒸気輸送量がおよそ180～230(g/m²/s)に達しており、925hPa面から850hPa面にかけては平成29年7月5日9時における値を上回っている。

豪雨が発生した黒木（福岡県）における降水量とその周辺の地上の水蒸気の収束・発散との関係に着目すると、平成29年7月の事例と同様に収束が強くなるにつれて降水量が増す傾向があるが、相関関係は29年の例に比べて弱い。また、豪雨発生地点周辺の地上相当温位傾度と黒木の降水量との関係は、東西方向については西側に暖湿気塊が存在する条件下で傾度が大きくなると多降水となる傾向があるものの相関係数は29年の例に比べて小さく、南北方向については二者の間に有意な関係は認められない。

4. まとめ

平成29年7月の豪雨は、観測データの解析に基づく、福岡方面からの北西風、佐賀方面からの

西風、熊本方面からの南西風のそれぞれが大量の水蒸気輸送を伴って福岡県筑後地方から大分県西部付近で収束したことによってもたらされたものと考えられる。一方、平成24年7月の豪雨については、福岡の925hPa面から850hPa面にかけての東向きの水蒸気輸送量は平成29年の事例を上回っているが、福岡県筑後地方ならびに大分県西部での地上における水蒸気の収束と降水量との対応は29年の事例に比べると弱く、地表付近においては水蒸気の収束以外の降水を強化させる要素がより強く作用していることが考えられる。

平成29年7月九州北部豪雨の発生メカニズムの概念



参考文献

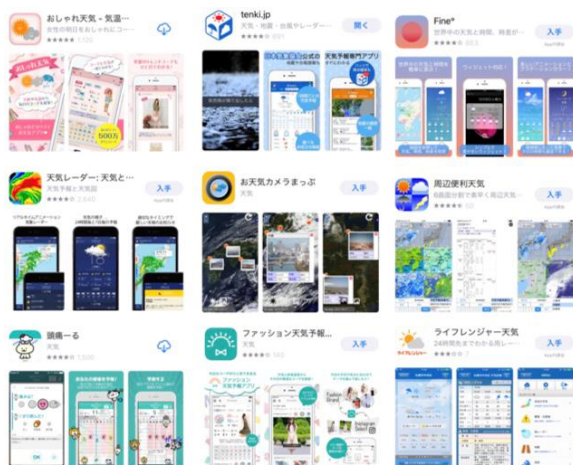
- 一 広志 (2017) 2017年7月九州北部豪雨の観測データからの発生メカニズムの検証 例会講演要旨集第142号 17-20 日本気象学会関西支部

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（関西支部）

1. はじめに

昨今、気象庁のデータを利用した様々なスマートフォン用アプリケーション(以降、スマホアプリ)が開発されている(第1図)。そこで、スマートフォンの目覚ましい普及を利用して、気象予報士目から見ても正確で、かつ、使い易く、一般の人々の防災意識向上、ひいては自助行動を促すためのツールとして役立つスマホアプリを探し出し、様々な機会を捉えて普及、啓蒙を図っている。



第1図 様々なスマートフォン用アプリケーション

2. ユーザー目線のスマホアプリ

中でも、気象を専門とする者が見慣れた、上空からの衛星画像やレーダー画像ではなく、空を下から見上げるユーザー目線で見た雨雲や雨足の3次元表示(以

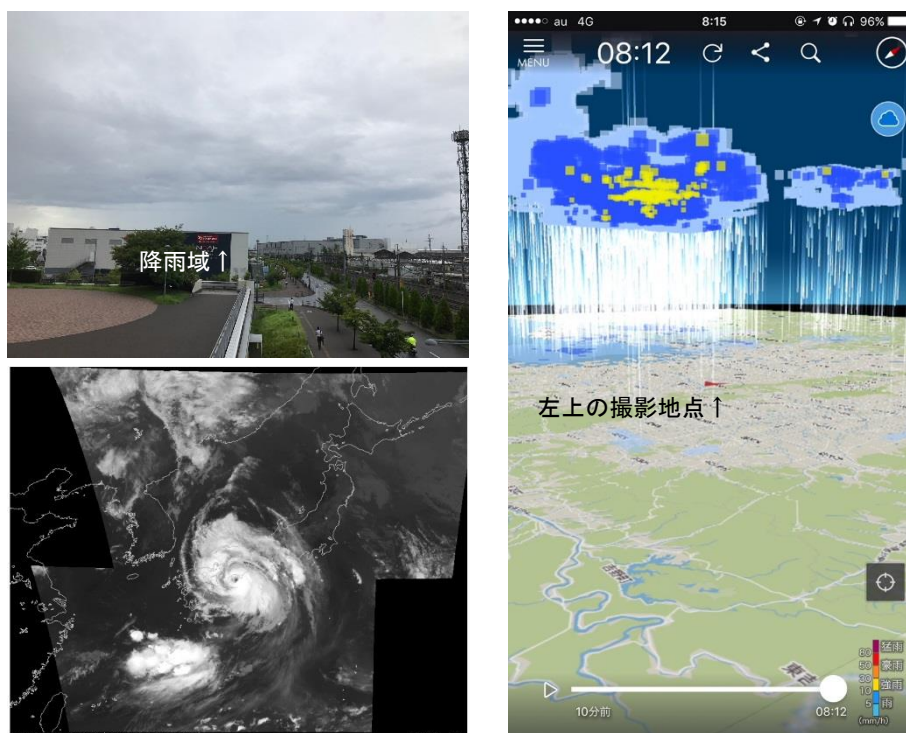
降、3D表示)や、それらを現実の景色と重ねた拡張現実(以降、AR)で見せるスマホアプリも開発されている。これらは、気象に詳しくない一般の人々でも、直感的に現象が捉え易い。この事は緊急を要するシーンで、重要な要素と考えられる。

(1) 3D表示を用いたスマホアプリの例

情報通信研究機構(以降、NICT)他の実証実験で提供されている「3D雨雲ウォッチ」は、関西圏は、大阪大学吹田キャンパスとNICT未来ICT研究所(NICT神戸)のフェイズドアレイレーダ、関東圏は、日本無線のフェイズドアレイレーダで観測された雨雲の立体構造を30秒毎に更新提供しており、積乱雲からの短時間豪雨にも対応できる。1日2テラバイトにも及ぶ観測データをNICTの分散型クラウドを用いて、観測後1分でのウェブ更新を実現している。

なによりの特徴は、WebGLを用いた3D描画で、観測された雨雲の立体構造と、推定される雨足をスマートフォンの画面で視点を自由に変えて見れるよう工夫されている。

第2図は、2017年8月7日8時頃、四国沖を東進する台風5号から伸びるアウターバンドが大阪に接近中の様子を示す。左上は大阪府八尾市から西を望んだ雨雲と降雨の様子、右側が「3D雨雲ウォッチ」の3D表示であり、直感的なイメージと非常によく対応している。



第2図 2017年8月7日8時 台風5号の雨雲(左上) 衛星画像(左下) アプリの3D表示(右)

(2) ARを用いたスマホアプリの例

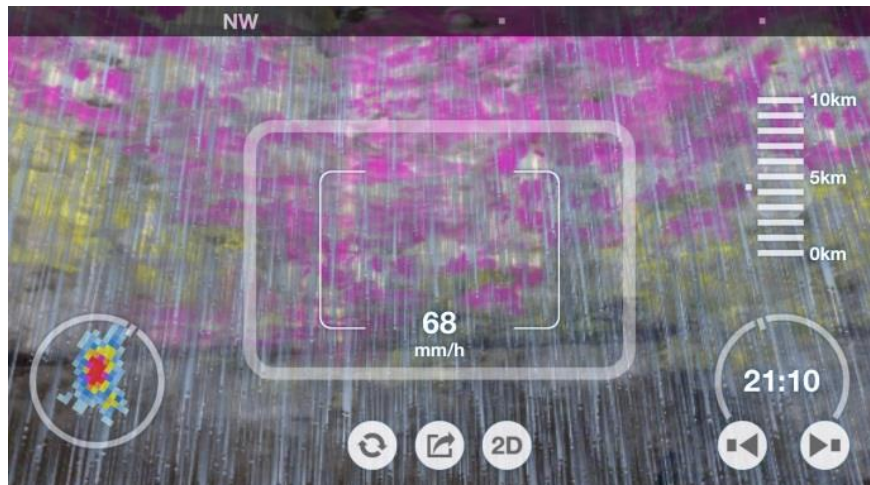
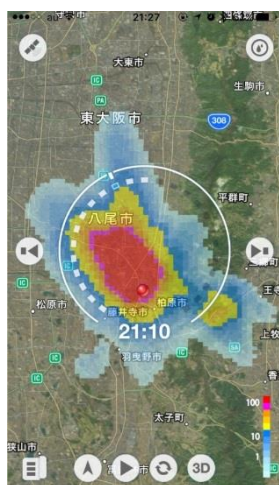
島津ビジネスシステムズが提供する「Amemil(アメミル)」は、気象庁の高解像度降水ナウキャストの降水分布図と、カメラで捉えた目の前の雨雲をARとして合成する。

さらに、視野中央の雨雲までの距離とそこでの降水量も分かるため、どの雨雲が危険か、空を見上げて即座に判断できる。雨量に応じた雨足の様子を動画と音で表現しており、室内に居ながら雨の様子を知ることができ、特に激しい風雨の時は安全に確認できる。

第3図は、2017年7月29日14時頃、大阪府柏原市に接近する積乱雲による雨雲の「Amemil」の表示で、右にARにより実際の雨雲と重ねて見た様子を示す。このように雨を降らせている雨雲がどこまで観測者に接近しているかを直感的に捉えられる。



第3図 2017年7月29日14時 雨雲の降水分布の平面図(左) AR(右:観測点は左図赤丸)



第4図 2017年7月13日21時 雨雲の降水分布の平面図(左) AR(右:観測点は左図赤丸)

第4図は、2017年7月13日21時頃、積乱雲の降雨域に入った時の「Amemil」の表示で、右のARは室内で見た様子を示す。雨量に応じた雨足の様子を動画と音で表現しており、室内に居ながら雨の様子を知ることができ、特に激しい風雨の時は安全に確認できる。

3. まとめ

このようなスマホアプリは、日進月歩の変化があるため、常日頃から、様々なスマホアプリの動向や精度を気象予報士の目で継続チェックする必要がある。そしてその時々のお薦めアプリや、ユーザーのニーズに合った情報提供をすることで、防災の一助となることを願い、今後も取り組んでいきたい。

風災記念碑と防災教育

関西支部 村山保

1 はじめに

私が勤務する京都府立桃山高等学校には立派な「風災記念碑」がある。これは、昭和9年9月21日に関西を中心に大災害をもたらした室戸台風によって、本校も建物の倒壊を含む甚大な被害を被ったが、その折りに1人の死傷者も出さなかったことに対する記念碑である。数年前から、記念碑が苔むし始めたので記録にとどめておかなければと考えていたが、今年度の2年生の課題研究で拓本を採ることになり、生徒と一緒に過去の記録を調べることにした。

2 昭和9年9月21日の概要

室戸台風は昭和9年9月21日午前6時に室戸岬に上陸した。上陸時の中心気圧は911.6hPa・最大風速60mで、7時55分に大阪を通過し京都を襲った。(図1) 全国で死者2,702人、不明334人、負傷者14,994人にのぼった。この時、大阪府下では死者1663人で161の学校が倒壊し全死者の4割が児童であった。京都では、240人が亡くなり、27の学校が倒壊し157人の児童が死亡した。(図3) 京都市内には多くの慰霊碑や記念碑があり、京都市東山区の知恩院山門前には「師弟愛の像」がある。淳和小(現在の西院小)では児童三十二人、教諭一人が亡くなった。その時、松浦寿恵子先生は児童をかばい、命を落とした。その崇高な精神をたたえ、市民有志が像を建てたという。(図2)



図1 室戸台風の経路 (桃山12月号より)



図2 師弟愛の像

学校名	死者数
両洋中学	19名
西陣校	41名
淳和校	32名
下鳥羽校	14名
向島校	9名
大内第三	5名
八幡校	32名
大藪校	5名
有智郷校	1名
明親校	1名

図3 京都の学校での死者数 (桃山12月号より)

3 風災記念碑の拓本作成

本校の風災記念碑は高さ270cm、横幅78cmの頁岩製で、表の面に深く大きく「風災記念碑」と彫られ、裏面にはびっしりと小さな文字が刻まれている。(図4)



図4 本校の風災記念碑

11月21・28日(火)に、2年生普通科課題研究の授業において、風災記念碑の拓本制作を行った。2日とも晴天に恵まれて、佛教大学名誉教授(自然地理学)植村善博氏に拓本の取り方を教えていただき、11名の生徒達が初めての拓本作りに挑んだ。(作成物については発表会において写真で披露します。)

5 桃山12号「風害記念号號」

来年度、本校は創立100周年を迎える。そのための同窓会の準備が行われている。その中の記念誌委員会の活動の中で、「桃山十二月號風害記念號」が見つかった。(図5)



図5 風害記念號の表紙

この冊子は、全100ページにおよび、被災した本校の写真の他に、後日、本校を訪れた久松侍従や松田文部大臣の写真などとともに、当時の様子を示す、教職員・生徒の生々しい体験談が多数綴られている。昭和9年当時の文章であるため、多少難しい漢字・表現はあるが、災害時の必死の様子が伝わる文章に生徒達も一気に読み進めているようである。

6 拓本制作と防災教育

今回「拓本制作」に関わった生徒は、本

校普通科文系の生徒で、ちょうど地学基礎を履修している。気象分野は3学期に学習の予定であるが、拓本制作は屋外での作業となるので、晴天が多い秋のうちに終えることにした。現在は、採った拓本の裏打ちと読み取り、「風害記念號」の輪読、および、室戸台風や台風災害についての調べ学習などをを行っている。このまとめについては、2月の課題研究発表会で報告する予定である。

さて、本研究を始めた当初は、何とか「拓本を採る」ことが目標であった。ところが、課題研究の進行に合わせて、「風害記念號」が見つかり、佛教大学植村先生(自然地理学)の講義などを通して、台風災害の実態に触れることができ、生徒達の動きに「やらされている」から「自分たちで次の課題を考える」に変化した。これが、課題研究をやっていく中での醍醐味であるが、生徒達が変化をする瞬間が見える時がある。その動きの最先端では、京都市の出している水害等のハザードマップの点検を行う活動になっている。

先ほど述べたように、3学期の地学基礎は気象分野に入る。台風・気象災害の授業中で、生徒たちの研究活動の披露の場をつくるとともに「生徒自らが取り組む防災教育」に結びつけていきたいと考えている。

謝辞 佛教大学植村善博先生には、拓本制作から京都市内の記念碑について、ご教示いただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

桃山中学校金城會(1934)「桃山十二號」
風害記念號
京都新聞特集アーカイブ「師弟愛の像」

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（関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団）

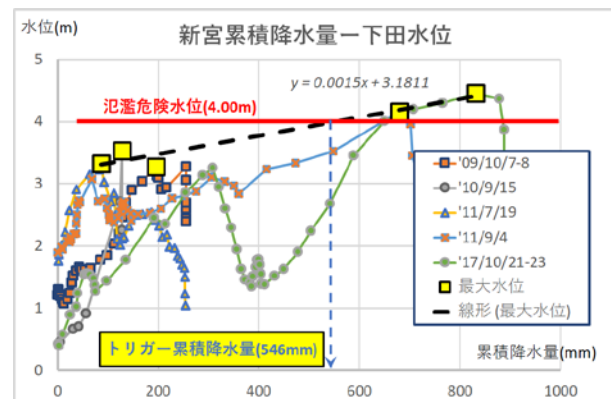
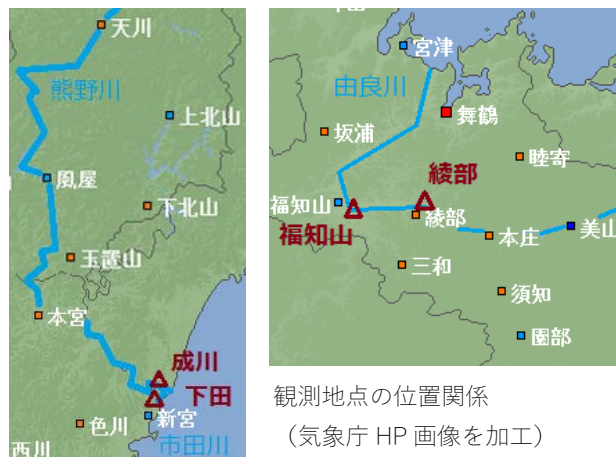
【研究の動機】

台風第21号は21日から22日にかけて日本の南を北上し、台風を取り巻く発達した雨雲や本州付近に停滞した前線の影響により各地で大雨をもたらした。洪水による被害に注目すると、11月6日時点での近畿2府4県の浸水家屋数は、床上1,397戸、床下1,566戸に上り、国民生活に大きな影響を及ぼした。

本年1月には内閣府を「避難勧告等に関するガイドライン」を改定し、「市町村は空振りを恐れずに躊躇なく避難勧告等を発令すること」が基本としている。そこで、市町村の避難勧告発令判断の一助として、数値予報（降水量）を用いて河川の氾濫危険水位超過を判定するモデルを設定し、今回の台風事例では、このモデルを用いて、氾濫危険水位超過の想定に十分なリードタイムが得られるのかを考察する。

【研究方法】

- 今回の台風で氾濫危険水位を超過した観測点が存在した河川から、水位の1時間値が公開されている三重県紀宝町成川（新宮川水系熊野川）・和歌山県新宮市下田（同市田川）および京都府綾部・福知山（由良川水系由良川）について、2008年以降の出水期（6月から10月）に氾濫注意水位を超過した期間を特定する。
- 前段の超過期間における「最大水位」と「同時刻の上流域雨量観測地点の累積降水量」との相関から、水位観測点氾濫危険水位超過のトリガーとなる累積降水量を試算する。（具体的には、両者の散布図から線形近似線をエクセルグラフ上で求め、同線と氾濫危険水位線が交差する点からトリガー累積降水量の水準を推定する。例として、新宮累積雨量値と下田水位の散布図を右図に示す。）
- 気象庁のMSMの降水量予測を用いて、前段の雨量観測地点（相関係数の高い地点3点までを対象とする。）ごとの累積降水量を予測し、今回の台風における氾濫危険水位超過時刻がどの時点で判定できたかをシミュレーションし、リードタイムがどの程度存在するのかを評価する。



【研究成果の概要】

1. 過去10年間の氾濫注意水位超過実績

水系	地点	氾濫注意水位 氾濫危険水位	超過実績（ <u>下線</u> は氾濫危険水位超過実績） ※ 氾濫注意水位低下後、翌日に再度超過した場合は1回としてカウント
新宮川	成川	4.50m/7.70m	'11/7/19-20, ' <u>'11/9/2-4</u> , '11/9/21, '13/9/16, '14/8/10, '15/7/17, '17/10/22-23（7回）
	下田	3.20m/4.00m	'09/10/7-8, '10/9/15, '11/7/19, ' <u>'11/9/4</u> , ' <u>'17/10/21-23</u> （5回）
由良川	綾部	3.50m/6.00m	'09/10/8, '11/9/20-21, ' <u>'13/9/16</u> , '14/8/9-10, '14/8/16-17, '14/10/14, '15/7/18, '16/9/20, '17/8/8, ' <u>'17/10/22-23</u> （10回）
	福知山	4.00m/5.90m	'11/9/21, ' <u>'13/9/16</u> , '14/8/10, ' <u>'14/8/16-17</u> , '16/9/20, ' <u>'17/10/22-23</u> （6回）

2. 「最大水位と累積降水量との相関係数」および「氾濫危険水位超過トリガーとなる累積降水量」試算値

(1) 新宮川水系 (注) 下北山地点 (2014 年開始) は記録が 10 年分揃わないため、今回の判定に用いない。

水位観測地点	雨量観測地点ごとの相関係数およびトリガー累積降水量							水位観測地点	同左
	新宮	本宮	玉置山	風屋	天川	下北山	上北山		
成川	0.5628 602mm	0.8351 818mm	0.9154 597mm	0.9579 677mm	0.8722 582mm	0.9553 529mm	0.9616 959mm	下田	0.9707 546mm

(2) 由良川水系

水位観測地点	雨量観測地点ごとの相関係数およびトリガー累積降水量						
	福知山	綾部	本庄	美山	睦寄	須知	三和
綾部		0.6773 222mm	0.7862 208mm	0.7657 216mm	0.8234 253mm	0.6893 232mm	
福知山	0.5809 196mm	0.4985 186mm	0.4390 166mm	0.4431 160mm	0.5574 191mm	0.2470 152mm	0.5058 189mm

3. 今回の台風事例での MSM 降水量予測値・アメダス観測値を用いた氾濫危険水位判定モデルの模擬判定結果

(1) 氾濫危険水位超過時刻予想結果

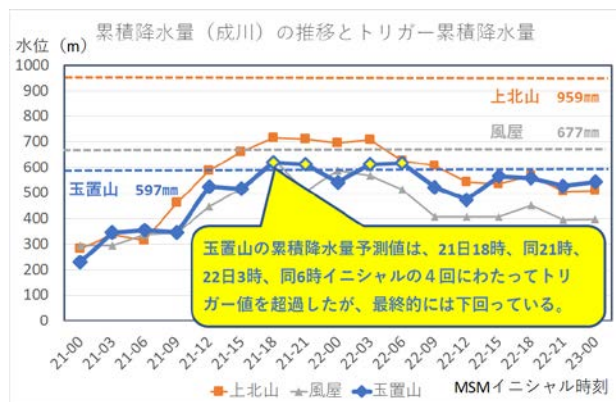
水位観測地点	雨量観測地点	トリガー値超過イニシャル時刻	氾濫危険水位超過時刻予測	リードタイム	氾濫危険水位超過時刻実績	予測時間誤差
成川	上北山	未到達	-	-	超過せず	-
	玉置山	10/21 18:00	10/23 1:00	30 時間		-
	風屋	未到達	-	-		-
下田	新宮	10/21 3:00	10/22 18:00	38 時間	10/22 19:00	+1 時間
綾部	睦寄	10/21 6:00	10/22 21:00	38 時間	10/22 23:00	+2 時間
	本庄	10/21 9:00	10/22 22:00	36 時間		+1 時間
	美山	10/21 9:00	10/22 23:00	37 時間		±0 時間
福知山	福知山	10/21 6:00	10/22 21:00	38 時間	10/22 24:00	+3 時間
	睦寄	10/21 6:00	10/22 19:00	36 時間		+5 時間
	三和	10/21 6:00	10/22 21:00	38 時間		+3 時間

(2) 今回の想定に対する自己評価

実際に氾濫危険水位を超過した 3 地点については、氾濫危険水位超過を予測できた。今回、そのリードタイムは 36~38 時間あり、前日のうちに避難準備指示を発令するなど、余裕をもった対応に活用できる。

成川地点については、モデルが水位超過を予測する「空振り」が発生したが、その経緯は右図のとおり。防災現場での運用にあたり、新たな判定結果が出れば対応を修正する必要があることを示唆している。

なお、今回の想定は、モデル構築に用いた水位と累積降水量データを使った模擬判定であるため、実体に即した判定結果が出やすい事情は差し引く必要がある。



【今後の課題等】

今回は降水量実測値にアメダスデータを用いたが、解析雨量や MSM の格子点データを用いて、より精度の高いモデルの構築を検討したい。また、上流域の雨の降り方にも人々が関心を持つよう、啓発手段を考えたい。

以上

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（日本気象予報士会・千葉支部）

1. はじめに

大気中の二酸化炭素が増加することが環境にどう影響するかを教えるのに、二酸化炭素の赤外線吸収・放射に関する実験教材が有効である。実験の内容は①温室効果気体である水蒸気や二酸化炭素の赤外線吸収・放射の機能確認実験(*1)②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の仕組みの実験(*2)である。今回は①の温室効果気体の性質について理解を深める実験教材について報告する。

2. 実験で生徒に見せたい事。

教科書では温室効果について、・・・大気中の水蒸気や二酸化炭素は地表からの赤外線を吸収して暖まり、暖まった大気からも赤外放射が行われ、地表にもどって地表を暖める・・・と説明されている。赤外線の照射で二酸化炭素を含む空気は温まるが、温度上昇による赤外線放射の増加によって温度上昇が飽和する様子と、赤外線の照射をやめた後の冷却する様子を乾燥空気と比較して見せ、温室効果気体の性質や働きを考察させたい。

3. 温室効果実験（その1）

(1) 実験方法

- ・赤外線を透過しやすい容器に、乾燥空気又は二酸化炭素 20%混合空気を入れる。
- ・約 70℃に熱したアルミ板で赤外線を約 20 秒間容器に照射する。
- ・容器内の温度変化を気圧変化として測定する。

(3) 実験装置の構成、ブロック図

図1 図2に示す

(4) 実験結果

気圧計の構成と感度(入力X側)を図3図4に示す。

乾燥空気と二酸化炭素 20%の空気を容器に入れ、それぞれヒータで 20s 間加熱した時の気圧変化を図5に示す。二酸化炭素の混合によって加熱時の気圧上昇が小さく、冷却が早い事が確認できた。これに対し、乾燥空気に対しては気圧上昇が大きく、冷却が遅い事が確認できた。

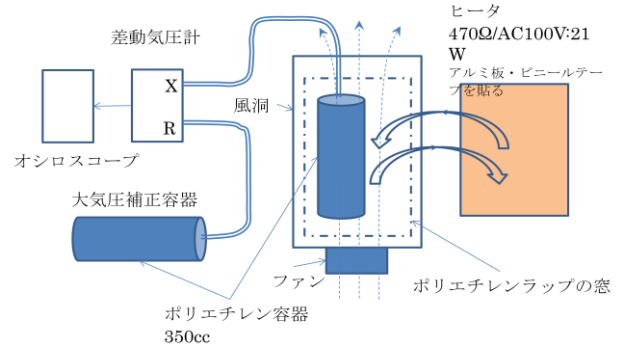


図2 実験装置のブロック図

気圧計の構成と感度を図3、図4に示す。

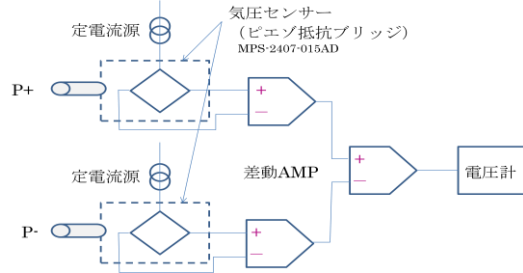


図3 気圧計の構成

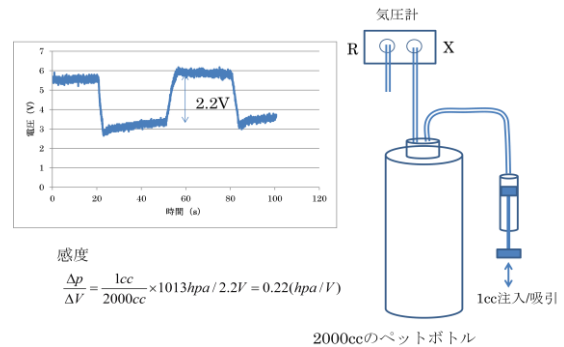


図4 気圧計の感度測定



図1 実験装置の全体

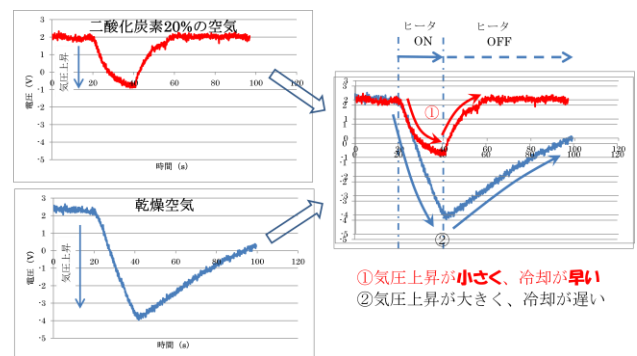
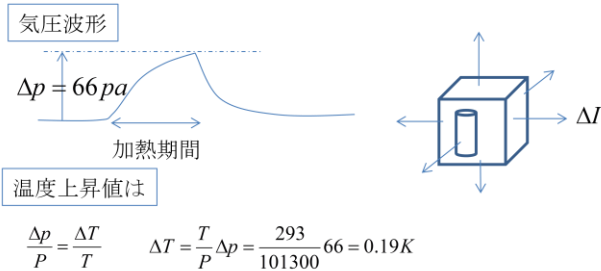


図5 実験結果

(5)放射量の増加分とヒータからの照射量の推定

図5からは二酸化炭素は20秒加熱すると約66pa気圧が上昇しほぼ頭打ちとなることから、二酸化炭素からの赤外線放射がほぼ同量になっていると考えられる。気圧変化から温度上昇、放射の増加量、およびヒータからの赤外線の照射量を推定した。

二酸化炭素の放射量の増加分は図6のように吸収係数を $0.1m^2Kg^{-1}$ として大まかな計算であるが $0.256Wm^{-3}$ を得た。また、同様にヒータからの照射量は図7のように $0.47Wm^{-3}$ を得た。容器の容積は350ccであるが $1m^3$ で計算した。推定結果の放射量と照射量の開きは大きがこの実験で温室効果気体の働きは説明できると考える。



ΔTの上昇にともなう放射量は

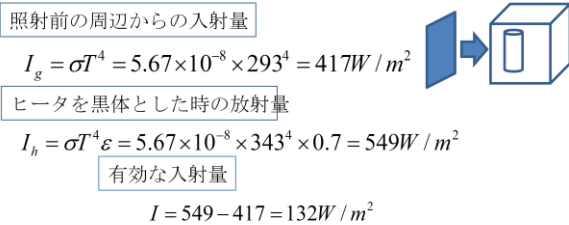
1m² 1面分 CO₂の吸収係数はk=0.1m²Kg⁻¹とする

$$\Delta I = 4\sigma T^3 \Delta T k \rho \cdot dl = 4 \times 5.67 \times 10^{-8} \times 293^3 \times 0.19 \times 0.1 \times 1.977 \times 0.2 \times 1 = 0.0427W/m^2$$

1m³ 6面分

$$\Delta I_0 = 6\Delta I = 0.256W/m^3$$

図6 放射量の増加分の推定



CO₂の吸収量

$$dl = k\rho \cdot I \cdot dl = 0.1 \times 1.977 \times 0.2 \times 132 \times 1 = 5.2W/m^3$$

容器を考慮した加熱量の推定

$$dl_b = rdl = 0.09 \times 5.2 = 0.47W/m^3$$

容器との結合係数0.9の内訳
容器の透過率: 0.3
パネルと容器の結合: 0.3

図7 ヒータ (70℃) からの加熱量の推定

(6)実験結果の検討

二酸化炭素は赤外線を吸収し、そのエネルギーで空気を暖め、その温度上昇に対応した赤外線を照射する・・・の説明に使えと考える。なお、乾燥空気の冷却が遅い事については、乾燥空気は赤外放射の機能がないので、容器の壁面からの顕熱放熱となり冷却が遅いと考える。

4. 温室効果実験 (その2)

その1の実験は二酸化炭素の赤外線吸収を直感的に説明できない。その2は二酸化炭素の赤外線吸収の機能を、加熱開始直後の気圧変化を乾燥空気と比較

して確認する実験である。

なお、0.1秒以下の時間帯では光音響効果を使って、二酸化炭素の赤外線吸収を確認できる。(*1)

(1) 実験方法

図8に実験装置の構成を示す。乾燥空気と二酸化炭素の容器を一緒にダクトに収容している。赤外線による加熱時間は5秒程度として初期の気圧変化を確認する。CO₂濃度は10%である。

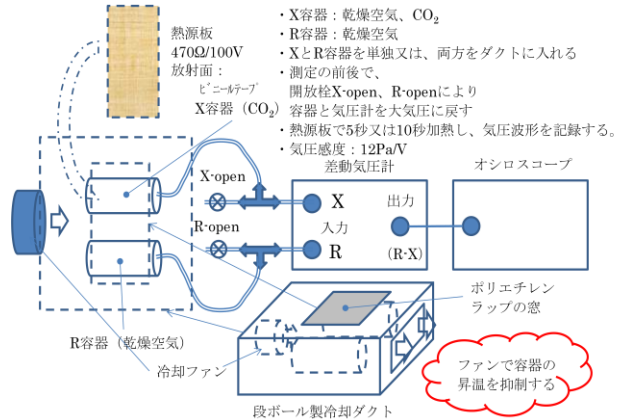


図8 加熱初期を測定した実験装置

(2) 実験結果と検討

図9は5秒間の加熱期間中、その後の冷却中の気圧変化である。加熱の初期は二酸化炭素の気圧上昇が早い。乾燥空気は容器からの顕熱によって加熱されるため気圧上昇が遅れると考えられる。

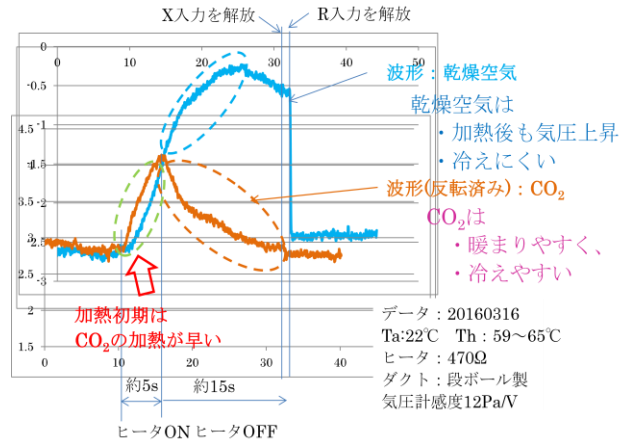


図9 加熱初期の気圧変化

6. まとめと今後の課題

- ・この実験で、温室効果では赤外線の吸収と放射の両方が大切であることが説明できる。
- ・温室効果気体の赤外線吸収機能は赤外線加熱の初期の気圧上昇で説明できる。
- ・温室効果気体の赤外線放射機能は実験の冷却段階の気圧変化で説明できる。
- ・課題: 生徒が操作できるよう装置の安定化。

7. 参考文献

- 小倉義光、1984: 一般気象学 (第2版)
- 松田佳久、2011: 惑星気象学入門
- *1 関隆則、日本気象学会 2015 秋 (京都): P102
- *2 関隆則、日本気象学会 2017 秋 (札幌): A406

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 —学生の気象知識の理解を踏まえた気象学習「風を読むことができる学び」へ— 関西支部 滋野 哲秀

1 教養教育における学生の地学履修の動機

本学においては、教養教育科目を自然科学系科目の中から選択させて履修させている。授業開始時のアンケートで地学選択の理由を聞いたところ、「地学に興味があったから」「中学校以来、学ぶ機会がなかったから」「面白そうだったから」「宇宙や気象に興味があったから」「火山や地震、気象など気になることがあったから」「大まかな天気の予想をしてみたかったから」「生活に影響する天気を知りたかったから」「シラバスをみて興味を持ったから」という理由が多い。

高校での地学の履修状況を尋ねたところ、地学基礎を履修した学生は3名／理系履修者40名で、履修率は8%。文系は28名／文系履修者51名で、履修率は55%であった。全体での地学履修率は、31/91人となり、履修率は34%である。履修者の科目名は、ほとんどが「地学基礎」(2単位)である。

2 教養教育における学生の理解度

高校における地学の履修状況を考えると、気象分野における全員の共通な基礎知識は、中学校2年生で履修する「天気とその変化」という単元内容だと考え、授業資料を考えると、中学校の教科書を調べると、単元構成項目は、「気象の観測」「気圧と風」「気団と前線」「大気の動き(偏西風)」「季節風」「海陸風」「日本の天気(冬、春・秋、梅雨、夏、台風)」「天気予報」「飽和水蒸気量と露点」「雲のでき方」(東京書籍)となっている。要するに総観スケールからメソスケールの現象まで全て網羅されている。この知識が正しく定着していれば、天気図を見て、天気がどう変化するかという理解は全員ができていくはずである。

授業でいろいろな問いを考え、知識の定着度を把握しながら授業を展開するといろいろなことがわかってきた。キーワードとして、偏西風、高気圧と低気圧、台風、前線、等圧線といった単語はほぼ全員が知っている。冬の「西高東低の気圧配置」という用語も大半が知っていた。前線の記号(寒冷前線、温暖前線)も名前に関する定着率は高い。寒冷前線の通過後気温

が下がるということもほぼ定着している。

ところが天気図を見て、「風がどの方向に吹くかを天気図に矢印で記入する」という問いに対しては、ほとんどの学生が正しく記入することができない。高気圧と低気圧を直線で結ぼうとしたりする学生もいる。ほとんどは「えー。わからない」という言葉を発する。ただし、西高東低の気圧配置の場合だけは、北西風というイメージがあるらしく比較的正確率が高い。

さらに、理解度が低いのは、雲のでき方であり、「水蒸気が凝結して水滴に変わったのが雲である」という概念形成は、あやふやで雲は気体だと思っている。ペットボトルで雲を作る実験を中学校・高校のいずれかで体験した学生は91人中2人という悲惨な状況であった。実験した経験のある学生も断熱膨張・圧縮の概念には乏しく、断熱膨張で冷えるという説明ができる学生は少数であることがわかった。

3 天気図から「風を読む」という学びへ

高等学校までの学びを考えると、「高校までの学びは『XはYである』という形での命題を暗記することが中心となっている。すなわち命題知の学習である。(中略)これに対して、実際の社会で求められるのは、命題知のみではなく命題知を基礎にした実践知・活用知である」(河合塾 2011)。

中学校・高等学校で学生が学んできた気象に関する内容については、こうした命題知は高校入試等をとおしてまずまず定着しているが、実際の天気図を見て、総観場の特徴が把握できているかとなると、はなはだ疑問である。

天気図を見て「どのような天気になるのか」「気温はどう変化するか」といった活用知が定着してこそ、学習の成果といえるのではない。授業の開始時に気象についての理解度を把握した学生が授業を重ねるにつれてどのように変容したかを把握し、気象学習の成果を評価したいと考えている。

こうした中で、授業の焦点を「天気図から風を読む」という点に絞り、気象現象の理解を高める授業として実践した。中学校の教科書では「風は気圧の高いところから低いところに向

かって吹いている」「等圧線の間隔が狭いところでは強い風が吹く」（東京書籍）と記述されている。高等学校「地学基礎」の教科書では、「気圧傾度」「地衡風」という記述は一部の教科書に「発展」として掲載されている程度である。中学校の教科書で「気圧と風向を考えてみよう」という問いはあるが等圧線と風向の関係は詳しく記述されてはいない。

「風を読む」とは、第1に、偏西風がどのように流れているのかを高層天気図で理解できることである。偏西風の蛇行が理解できれば、寒気移流場、暖気移流場がわかる。第2に、下層風を地上天気図で読むことができれば、「大陸育ちの空気は乾いて冷たい」「南の海洋育ちの空気は湿って暖かい」ということが理解できどんな空気が移流するかが読めるようになる。

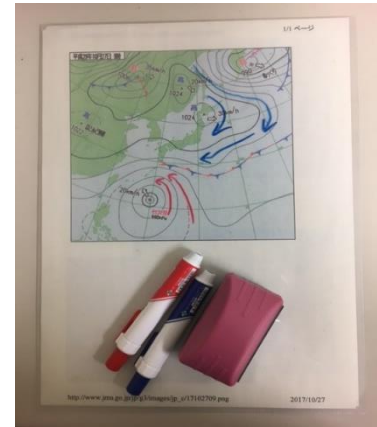
天気図を与えて、風がどのように吹いているかを自分で考えて矢印で記入させる。次に、風について気圧傾度と転向力について説明し、等圧線と地衡風、地上風の風向についてどのようになるかを説明した。地衡風について、「(北半球では) 風は、気圧の高いほうを右に見ながら等圧線と平行に吹く」と説明し、500hPa 天気図の風向を確認する。等圧線と平行であり、理解しやすい。一部の学生は図を回転させながら風向を記入していた。次に地上天気図に風向を記入する。暖気移流は赤色で、寒気移流は青で記入する。そうすると、二つの移流がぶつかるところに前線ができていくこともすぐに理解できる。温帯低気圧と前線も理解しやすい。

4 素朴概念から科学的概念へ

「風を読む」に加えて、落としてはいけない知識が、「湿った空気と乾いた空気はどっちが重いか」という問いである。ほとんどの学生が間違える。水が重いという素朴概念を利用し、「暖湿気と乾燥した空気がぶつかるとうなるか」という問いにより「大気の状態が不安定」である。とはどういうことなのか天気図での理解に結びつける。

5 命題知から実践知・活用知への学習を促すツール (CBL : cross/cloth board learning)

3で述べたように天気図から「風を読む」ことを理解するために、筆者が考案したツールが「CBL」である。(CBLの命名は筆者が名づけたもの)。A3のクリアファイルをホワイトボードの代わりに使用したもので、クリアファイルに天気図を挿入したものである。マーカーペンで文字や線を記入し、イレイザーやティッシュで消すことができる。これを4人グループでどのように風



が吹くかを考える協働の学び、アクティブ・ラーニングのツールとして用いるとほとんどの学生が「風を読む」ことができるようになった。

筆者が勤務する教職大学院の授業で、教員をめざす院生や現職教員の院生にこれを数回試行したところ「集中豪雨発生時の天気図もよく理解できる」と好評であった。それは、「乾いた空気」と「暖湿気」の流入「熱帯低気圧」がそろった天気図である。「天気図から風を読む」これが理解できれば天気図が活用できる。

今後、さらに中等教育を終えた段階での気象知識の理解度を教養教育におけるアクション・リサーチによって適切に把握し、そのデータをもとに初等中等教育を担当する教員とともにより効果のある気象知識の普及に取り組んでいきたい。

6 引用・参考文献

- 「アクティブラーニングでなぜ学生が成長するのか」
河合塾編著 2011
- 「PBL 学びの可能性をひらく授業づくり」北大路書房
2017
- 「新しい科学2年」 東京書籍 2012
- 「地学基礎」 東京書籍 2012

高等学校における課題研究 ～身近な気象のサイエンス～

日本気象予報士会関西支部 阪本和則（京都府立桃山高等学校）

1. はじめに

高等学校には生徒が主体的に取り組む探求型の授業「課題研究」がある。本校は理数教育を重点的に行うスーパーサイエンスハイスクール（SSH校）に指定されており、自然科学科の第2学年のカリキュラムに課題研究が設置されている（平成26年度からは普通科にも設置）。次期学習指導要領にも「理数探求（仮称）」が新設され、理数教育の要として注目されつつある。

筆者は地学教師として課題研究を担当しており、気象・天体分野の研究を希望する生徒の指導にあたっている。昨年度、京都の夏の暑さに興味を持ったグループとともに、学校内の暑さ指数を調査した内容について報告する。

2. 研究テーマの決定

課題研究の研究テーマは生徒達自身で決定する。数名ずつのグループに分かれて意見を交わし、十数の理数研究テーマが誕生する。各グループには1名ずつ指導教員がつき、生徒たちは課題研究の授業時間（週2時間）に活動し、1年かけてそれぞれの研究を行う。例年、気象に関するテーマは1～2件程度である。

3. 気象予報士としての指導

生徒は科学への興味関心から、様々な研究テーマを提案するものの、当初は漠然としたものが多い。気象に興味を持っていても『雲を研究したい』『夏の暑さを研究したい』というように、具体的に何をどのように調査するかということまではイメージできていない。そもそも高等学校における気象分野の学習は、地学を履修して初めて行われるため、専門的な知識を持つ生徒は非常に少ないのが現状である。

しかしながら、調査に必要な知識さえ得られれば生徒は主体的に探究を進めていくことができる。各種天気図や気象レーダー、雲画像等の見方を学べば、生徒自身の発想によって疑問を提起していく様子が見られる。解析に必要なデータは気象庁はじめ、インターネット上のダウンロードサイトから入手でき、GPV気象予報などもスマホアプリを利用して生徒でも容易に閲覧が可能である。

課題研究の難しいところは、生徒の主体性を保持しつつ、教員がある程度のサポートをしながら、科学的、探究的な活動をさせなければならない。最初から答えに導くのではなく、教員も共に考えながら探究を進めていくのが理想である。気象予報士として必要な時に必要な知識や情報を提供しながら、自らにとっても探究となるような活動に導くことも魅力の一つである。

4. 研究内容

京都市は2016年の猛暑日の日数で全国5位(27日)を記録し(*1)、熱中症患者の発生率も全国1位である(*2)。本校は京都市伏見区に位置し、高温多湿な環境から、夏場には熱中症の生徒が出ることもある。

一方、環境省では熱中症予防情報サイト(*3)において、暑さ指数の情報提供を行っている。特に「生活の場における暑さ指数」は、身近な生活環境における熱中症の危険度を示す指標となっている。ただし、生活の場として「学校」は想定されていない。

これらのことから、学校内において様々な場所の暑さ指数を測定し、熱中症の危険が高い場所の特定とその原因について調査を行った。

暑さ指数（湿球黒球温度 WBGT : Wet Bulb Globe Temperature）は熱中症の予防を目的にアメリカで提唱されたものであり、人体と外気との熱収支に着目し、①気温②湿度③輻射熱の影響を考慮した指標である。

$$\text{暑さ指数 (WBGT)} = \begin{array}{ccc} \text{1} & : & \text{7} & : & \text{2} \\ \text{気温の効果} & & \text{湿度の効果} & & \text{輻射熱の効果} \end{array}$$

（図：環境省熱中症予防サイト）

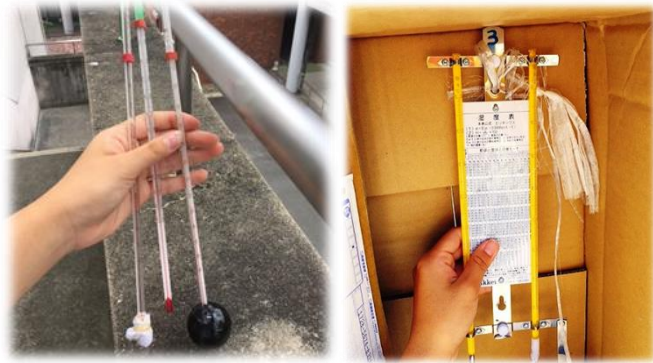
具体的な値は乾球・湿球・黒球温度計の値をもとに次式で与えられる。

$$\text{WBGT} = 0.1 \times \text{乾球温度} + 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度}$$

5. 研究の結果

まず生徒たちは身近で安価な材料をもとに黒球温度計を自作した。本来ならば熱伝導率が高い金属球を用いるべきではあるが、ピンポン玉を黒ペンキで塗り、温度計を差し込むことで簡易の黒球温度計とした。

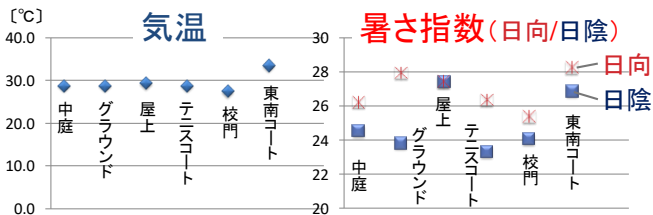
観測日：平成28年9月1日（金）
 天気：晴れ
 時刻：12：00～12：30（10分毎）
 場所：桃山高校敷地内6地点
 測定要素：乾球・湿球・黒球温度



湿球・乾球・黒球温度計

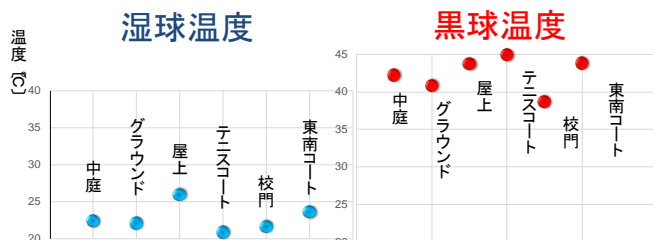
測定の様子

屋外の観測地点ごとの気温と暑さ指数を比較した。場所による気温の違いに比べ、暑さ指数では場所ごとの違いが顕著であった。また、日向と日陰の違い（日射の有無）によっても大きな差がみられた。



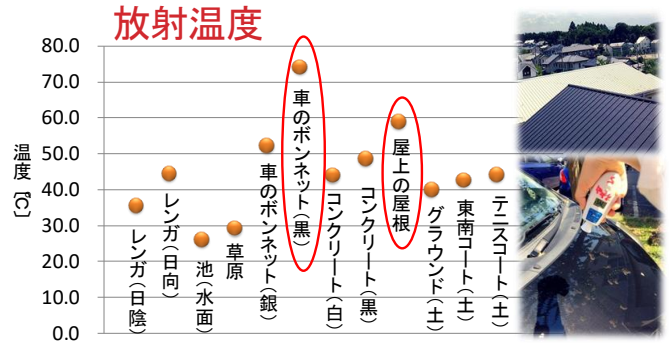
屋外における気温と暑さ指数の比較

次に湿球温度と黒球温度の比較を行った。黒球温度は暑さ指数に加算される割合は低いが、3つの温度計の中では最も値が大きく、また場所による違いも顕著であった。すなわち、場所ごとの輻射熱の影響は無視できないことを示している。



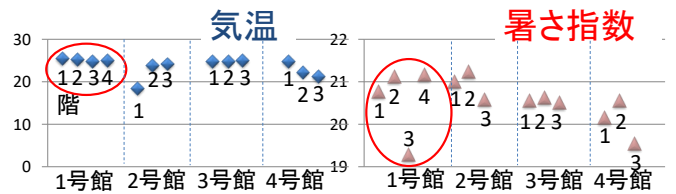
場所ごとの湿球温度と黒球温度の比較（屋外）

そこで、放射温度計を用いて様々な場所からの放射熱を測定し比較した。



物体ごとの放射温度の比較

上の結果より、学校内では車のボンネットと屋上の屋根で特に高い値を示した。このことから、駐車場や屋上の照り返しを受ける教室等では暑さ指数が高くなる可能性がある。次の図は屋内における気温と暑さ指数の比較である。屋外同様たとえ同じ気温であっても、熱中症に対する危険度は場所ごとに大きく異なる。



屋内における気温と暑さ指数の比較（数字は階数）

6. まとめ

課題研究はあくまで生徒の研究である。高校生の興味や知識技能の範囲内で、いかに深い探究活動に取り組ませるかが重要である。本取り組みでは、生徒目線を大切に、気象測器の手作りや身近な暑さ環境の調査に取り組ませた。測定にはやや厳密性に欠ける部分もあるが、生活に身近なものを用いることで、自分達でも調べることができるという実感を持たせることができた。本研究を通して、生徒たちは気象学に関する興味をさらに深めてくれたことと信じている。

予報士としての立場で振り返ると、専門的な情報の提供と同時に、筆者自身の気象に対する興味や現象との向き合い方が影響すると強く感じた。「(結果から)そんな風に考えるんや」という生徒の言葉は、予報士である教員自身が生徒と共に探究したからこそその表れだと感じている。

7. 参考文献

- *1 気温と雨量の統計 (<http://weather.time-j.net/>)
- *2 熱中症患者速報 平成27年度報告書(国立環境研究所)
- *3 環境省 熱中症予防情報サイト (<http://www.wbgt.env.go.jp/>)

研究成果発表一覧(第1回～第10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的位置	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	
12	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	
13	01統解- 3	8～9月台風の経年変化	藤井 聡 (静岡支部)	2009. 2. 15	
14	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	
15	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	
16	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	
17	01統解- 7	桜開花の経年変化	大貫信彦 (埼玉支部)	2010. 2. 13	
18	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	
19	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	
20	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	
21	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	
22	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	
23	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
24	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	
25	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
26	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	
27	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	
28	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	
29	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	
30	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	
31	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
32	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	
33	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	

34	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	
35	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	
36	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	
37	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	
38	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	
39	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	
40	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	
41	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	
42	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	
43	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	
44	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	
45	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	
46	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	
47	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
48	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
49	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	
50	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	
51	01事例- 7	京都府宇治市の突風 (ダウンバースト)	實本正樹 (京都府)	2011. 2. 20	
52	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	
53	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-	實本正樹 (京都府)	2012. 2. 25	12年度木村賞
54	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	
55	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	
56	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	
57	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	
58	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	
59	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	
60	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	
61	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	
62	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	
63	01事例-19	下位蜃気楼の発生条件について	村山保 (京都府)	2016. 2. 20	
64	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	
65	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	
66	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	
67	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	
68	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	

69	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	
70	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	
71	01事例-27	2017年7月豪雨の考察	前川 清 (京都府)	2018. 2. 24	
72	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	
73	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	
74	01予測- 1	雲断面図による時系列予報 (GPVの利用法)	大門禎広 (北関東支部)	2010. 2. 13	09年度木村賞
75	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	
76	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
77	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	
78	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	
79	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	
80	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	
81	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～	岡田みはる (山形県)	2016. 2. 20	
82	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	
83	01実験- 2	気象実験のすすめ	佐藤 元 (神奈川支部)	2009. 2. 15	
84	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
85	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	
86	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	
87	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	
88	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) 「赤外線の放射と吸収実験」	関 隆則 (千葉県)	2015. 2. 28	
89	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
90	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	
91	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	
92	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	
93	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	
94	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	
95	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	
96	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	
97	02WB- 2	国内外の確率的気象情報の利活用についてー確率予報を利用した意思決定に関する研究 (第1報)ー	平松章男 (北陸支部)	2010. 2. 13	
98	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ー確率予報を利用した意思決定に関する研究 (第2報)ー	平松章男 (北陸支部)	2010. 2. 13	
99	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ー確率予報を利用した意思決定に関する研究 (第3報)ー	平松章男 (石川県)	2011. 2. 20	
100	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ー気象の平年値・平年偏差データの活用ー	栗原 剛 (埼玉県)	2012. 2. 25	
101	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ー確率予報を利用した意思決定に関する研究 (第4報)ー	平松章男 (石川県)	2012. 2. 25	
102	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ー確率予報を利用した意思決定に関する研究 (第5報)ー	平松章男 (石川県)	2013. 2. 23	
103	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	

104	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	
105	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	
106	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	
107	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	
108	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	
109	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	
110	03事例-1	台風0806号 ー船舶遭難との因果関係についての考察ー	土井修二 (京都府)	2011.2.20	
111	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	
112	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	
113	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	
114	03教育-1	身体の外気象防災と身体の中の気象防災	小室善隆 (東京都)	2017.2.25	
115	03教育-2	風災記念碑と防災教育	村山 保 (京都府)	2018.2.24	
116	03運用-1	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	
117	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	
118	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	
119	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	
120	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	
121	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	
122	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	
123	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
124	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	
125	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	
126	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	
127	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	
128	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	
129	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	
130	04授業-10	地元郷土史研究者に対しての発表報告 ー地方での防災活動への試みのひとつとしてー	土井修二 (京都府)	2015.2.28	
131	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	
132	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	
133	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	
134	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	
135	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	
136	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
137	04教育-5	大気圧に対する見方を変えるー『空気分子 (N ₂ やO ₂ など) の運動』の視点でー	槇野泰夫 (愛知県)	2017.2.25	16年度木村賞
138	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	

139	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	
140	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	
141	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	
142	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	
143	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	
144	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
145	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	
146	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－	成川愼吉 (兵庫県)	2014. 3. 1	14年度木村賞
147	08解技- 1	気候変動支配因子の探索	井澤愼郷 (長野県)	2012. 2. 25	
148	08事例- 1	気象予報士としてのロジカルシンキング	井澤愼郷 (兵庫県)	2015. 2. 28	

**第10回日本気象予報士会研究成果発表会
講演予稿集**

発行 2018年2月24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