

第 11 回日本気象予報士会研究成果発表会

講演予稿集



2019 年 2 月 24 日

一般社団法人日本気象予報士会

第 11 回日本気象予報士会研究成果発表会

日時 2019 年 2 月 24 日 (日) 10:00~17:00

会場 気象庁講堂 (〒100-8122 東京都千代田区大手町 1-3-4)

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)

瀬上 哲秀 (せがみ あきひで) 先生 (日本気象予報士会)

座長 林 穂積 (午前)、鈴木健斗 (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)

10:10~10:22 落合橋 (神奈川県 鶴見川) のピーク水位と降雨量の関係 梶原和利 (神奈川県)

10:22~10:34 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)

10:34~10:46 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)

10:46~10:58 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)

10:58~11:15 (休憩)

11:15~11:27 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)

11:27~11:39 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)

11:39~12:00 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
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)

12:00~13:00 (昼休み)

13:00~13:40 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)

・ポスター発表 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)
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)
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)

13:40~13:50 (休憩)

・研究成果発表 (午後の部)

13:50~14:02 寺田寅彦の気象分野への影響をたどる 林 穂積 (埼玉県)

14:02~14:14 気象と鳥たちの生活一生物季節観測に親しむ 太田佳似 (大阪府)

14:14~14:26 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)

14:26~14:38 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)

14:38~14:50 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)

14:50~15:02 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)

15:02~15:20 休憩

15:20~15:32 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)

15:32~15:44 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)

15:44~15:56 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)

15:56~16:08 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)

16:08~16:30 コメンテーター総評 (瀬上先生・木村先生)

16:30~16:40 (写真撮影・閉会挨拶: 平松副会長)

16:40~17:00 終了 (片付け・施錠)

《 目 次 》

1. 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）
2. 01 統解-35 落合橋（神奈川県 鶴見川）のピーク水位と降雨量の関係 梶原和利（神奈川県）
3. 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）
4. 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）
5. 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）
6. 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）
7. 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）
8. 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）
9. 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）
10. 02 統解- 6 1か月予報資料を活用したサクラの開花予想 藤井 聡（静岡県）
11. 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）
12. 02 WB-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）
13. 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）
14. 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）
15. 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）
16. 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）
17. 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）
18. 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）
19. 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）
20. 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）
21. 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）
22. 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）

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。

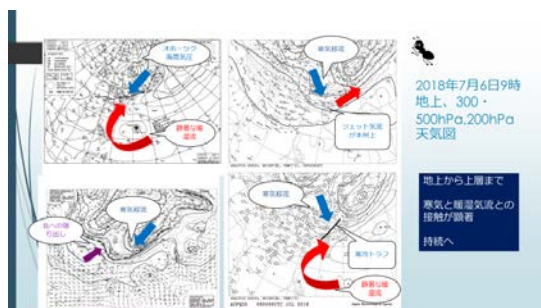
平成30年7月豪雨に関する考察 — 災害から学ぶ気象予報士会のありたい姿 —

井澤慎郷

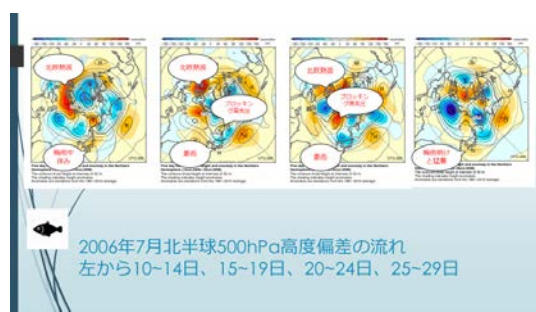
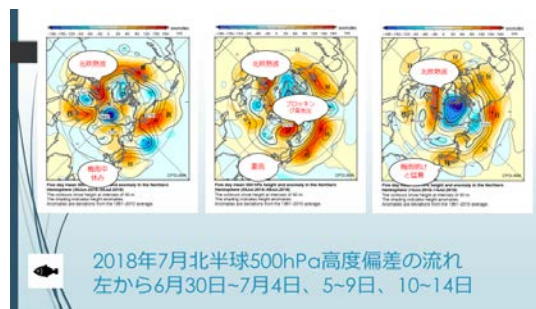
平成30年7月上旬、西日本を中心に広範囲で記録的な豪雨が降り、200人余りの人々が犠牲になった。この豪雨について類似事例の平成18年7月豪雨と比較しながら、ラテラルシンキングの観点である虫の目、魚の目、鳥の目で考察を行う。



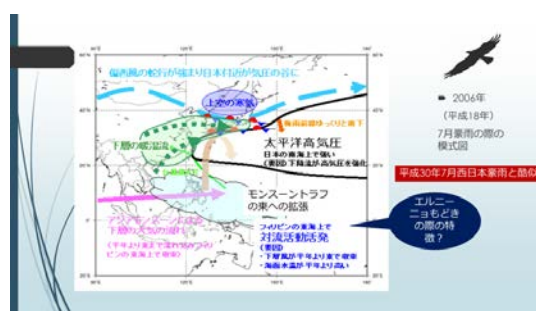
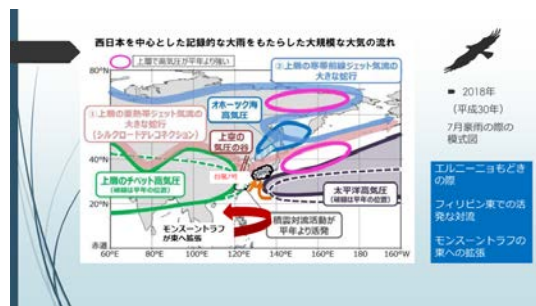
まず、日本上空で起こっている現象を代表的な地上、300/500hPa、そして200hPa天気図で見ると地上から圏界面までトラフになり、暖湿流と寒気がとが激しくぶつかり合っている。200hPa面でのチベット高気圧は大陸で北に張り出し日本付近では南に後退している（虫の目での解析）。



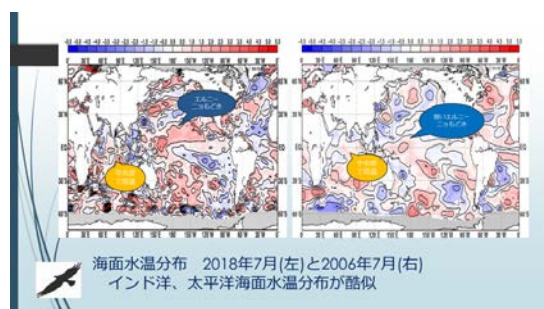
次に現象の流れについて500hPa 半旬北半球高度偏差見る（魚の目での解析）。台風が日本付近を通過したのちサブハイによる梅雨の中休みがあり、その後寒帯前線ジェット流の南への蛇行に伴い、寒冷トラフの日本上空への侵入と暖湿気流との衝突の持続で豪雨の長期化がうかがえる。その後南北の温度差が薄れ、日本の劇的な梅雨明けとなっている。タイミング的なズレはあるが平成30年7月と平成18年7月とではよく似ている。



次に平成30年7月豪雨、18年7月豪雨の両模式図を比較するとモンスーントラフが南方で例年より東へせり出し、対流活動が活発であること、寒帯前線ジェット流の南への蛇行で寒冷トラフが顕著であることにより日本上空で温度差が大きい空気の接触が長く持続したことが共通している（鳥の目による俯瞰）。



さらに海面水温分布を7月で比較すると、どちらも太平洋では強弱の違いはあるもののエルニーニョもどき(サブハイを強める)となっており、インド洋中央部で高温(オホーツク海高気圧を強める、北欧で熱波の因子)となっている。両方の因子が日本上空で衝突・持続することになる。



このように、我々気象予報士は過去の類似事例との比較を行うことにより、災害を予想して伝えることが重要になる。独自で実行したい。

次に災害をもたらす大雨が予想されたときになぜ人々は避難することをためらうのだろうか。

それは人間の心理学的因子としての思考の偏りがあるからである。使いやすい情報、ヒントを高く見積もってしまう利用可能性ヒューリスティクス、聞いたことがある情報を聞いたことがない情報より高く見積もってしまう再認ヒューリスティクス、初めに示された数字に引っ張られて近い数字を見積もってしまうアンカリング、そしていつもと違う行動をとりたくない現状維持バイアスである。これら、偏りを排除するには、偏りそのものに疑いを持つことが必要である。「それって、本当？」法で思い違い、見落としを探るのが有効である。経験したことがないのは今そこで暮らしている人が経験していないだけかもしれない。もっと激しい災害が過去にあっても観測されていないのかもしれない。気象予報士はこれらをわきまえて判断し、大衆に伝えることが大きな役目である。「今まで大丈夫だったから、次も大丈夫」は通用しないのである。山崩れ、川の氾濫、ダム状況などは時を重ねるにつれて刻々と変わっていることを前提に備えるような情報提供に努めなければならない。



さらに我々気象予報士に大切なのは、気象庁、気象台が発表

する情報だけでなく、絶えず、もし自分であればどのように解析し、どのように予想するかの見解をもっておくことである。海洋振動とそれに伴う現象、北極振動、地形効果による収束場などの組み合わせを前提に専門的予報資料について考え、過去の類似事例も踏まえて答えをだしたい。



そのスキル向上のためにチームとして誇りをもって継続して活動できるのが日本気象予報士会（以下、予報士会とよぶ）の本来のありたい姿ではなかろうか。教え合う、学び合う、そして喜び合う風土こそ必要不可欠であろう。どこの組織でもあたりまえのようなことではあるが、特に予報士会はダイバーシティに富んだ組織であるから強く意識したい。



風土ができあがっている組織は、大変堅牢なチームビルディングが成り立っている。チームで活動できてこそ本質を正確につかみ、思い違いや見落としをとらえることができる。メンバー各自の考えたものを持ち寄ることにより、多くの角度から考察することが可能になることでひとりひとりがそれぞれ自己効力感をもつことができる。自己効力感が持てる組織はメンバーにとって居場所になる。そこからさらに高度な成果があがるようになり、組織として社会貢献が果たせるのは間違いない。人命救助の観点から大きな社会貢献が果たせた暁には、権威ある組織へと発展することになるであろう。

この平成30年7月豪雨は、多くの視点からの考察の重要性、人間がもつ思考の偏りの恐さ、予報士としての役割、そして予報士の集まりである予報士会のありたい姿について多くを考えさせる災害であった。

落合橋(神奈川県 鶴見川)のピーク水位と降雨量の関係

梶原 和利 (神奈川支部)

1. はじめに

河川の水位は降った雨量が多い程上昇するが、そのメカニズムは複雑で一個人が降雨データを使ってパソコン等で水位を算出できるようなレベルではない。しかし降雨量が要因であるのなら水位が上昇した日のピーク水位と観測雨量のデータを多く収集し統計解析すればそれなりの関係を見い出せるのではないかと考え、近くを流れている鶴見川の水位について調べてみた。

2. 水位観測点と雨量観測点について

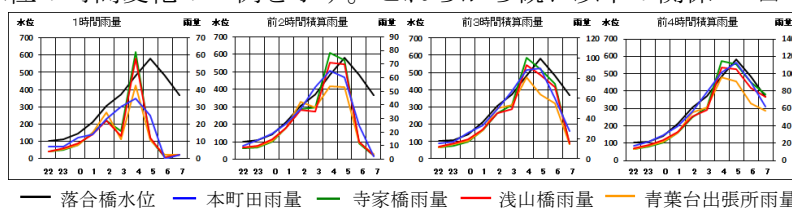
- 水位データ：近くで状況が確認しやすい国土交通省落合橋水位観測点とした。
- 雨量データ：過去を含めてデータを入手できる国土交通省 本町田、寺家橋、浅山橋の3地点と横浜市消防局 青葉台出張所の観測雨量を使った。



3. 水位と雨量の時間変化

図1に各観測点の積算雨量と水位の時間変化の一例を示す。これらから概ね以下の関係があることが分かった。

- 前3時間積算雨量及び前4時間積算雨量の時間変化が水位の時間変化に近い。
- 積算雨量のピーク時刻は水位のピーク時刻に比べ1時間ほど早い。



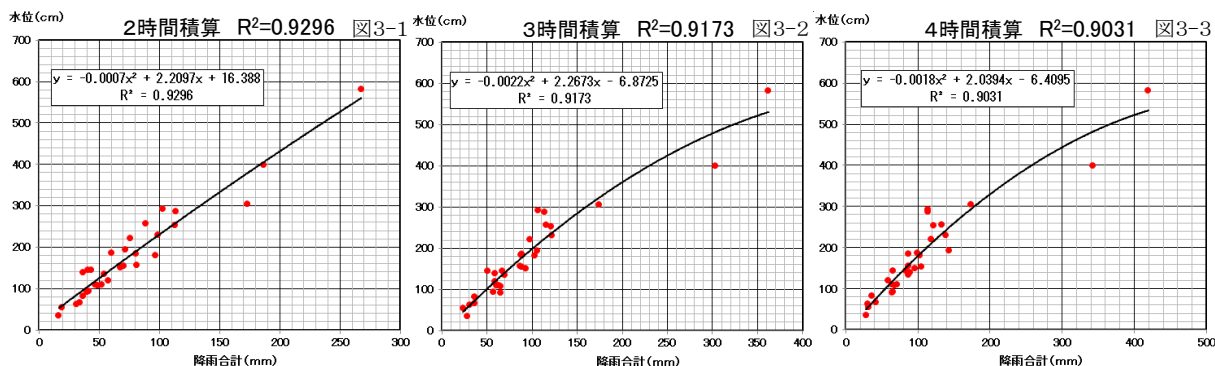
4. 解析のためのデータ

水位と降雨量の関係を調べる為に2017年5月13日～2018年9月26日の期間で水位が概ね50cm以上となった31日について水位のピーク値とピーク時刻1時間前における各観測点の2～4時間積算雨量の一覧表を作成した

No	月日	2時間積算降雨量		合計	落合橋	No	月日	3時間積算降雨量		合計	落合橋	No	月日	4時間積算降雨量			合計	落合橋	
		寺家橋	青葉台					寺家橋	青葉台					寺家橋	青葉台	浅山橋			本町田
1	5月13日	19.0	19.0	38.0	25.0	1	5月13日	25.0	25.0	50.0	24.0	1	5月13日	26.0	26.5	20.0	24.0	96.5	150
2	6月21日	16.0	15.5	31.5	23.0	2	6月21日	23.0	23.5	46.5	24.0	2	6月21日	31.0	32.5	33.0	47.0	143.5	193
3	7月29日	17.0	19.5	36.5	19.5	3	7月29日	22.0	19.5	41.5	29.0	3	7月29日	22.0	19.5	17.0	29.0	87.5	184
4	8月1日	52.0	25.5	77.5	67.0	4	8月1日	79.0	67.0	146.0	70.0	4	8月1日	82.0	80.5	70.0	110.0	342.5	399
5	8月19日	26.0	38.0	64.0	38.0	5	8月19日	26.0	38.0	64.0	60.0	5	8月19日	26.0	38.0	50.0	60.0	174.0	305
6	9月18日	26.0	23.0	49.0	25.0	6	9月18日	28.0	25.0	53.0	33.0	6	9月18日	29.0	24.5	35.0	33.0	121.5	253
7	10月7日	20.0	20.0	40.0	25.0	7	10月7日	26.0	25.0	51.0	33.0	7	10月7日	31.0	31.0	24.0	33.0	119.0	221
8	10月29日	31.0	27.0	58.0	28.0	8	10月29日	32.0	28.0	60.0	25.0	8	10月29日	35.0	29.5	25.0	25.0	114.5	292
9	1月17日	11.0	12.5	23.5	16.0	9	1月17日	15.0	16.0	31.0	16.0	9	1月17日	16.0	17.0	15.0	16.0	64.0	109
10	3月1日	22.0	25.0	47.0	33.0	10	3月1日	28.0	33.0	61.0	33.0	10	3月1日	33.0	37.0	30.0	33.0	133.0	256

5. 積算雨量とピーク水位の相関

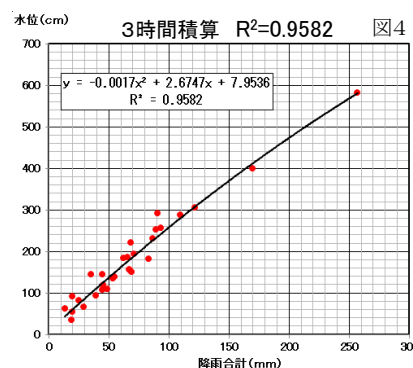
水位のピーク時刻1時間まえの4ヶ所積算雨量の和と水位の散布図を図3に示す



上記例では水位のピーク時刻1時間前の前2時間積算雨量との相関が一番強かった。

さらに4ヶ所の積算雨量和以外に1ヶ所から3ヶ所の積算雨量和とピーク時刻からの時間に0時間(ピーク時刻)を加えて組み合わせを広げたデータを作成し解析を行った。

その結果、ピーク時刻における青葉台出張所の前3時間積算雨量と寺家橋、浅山橋のピーク時刻1時間前の前3時間積算雨量、3ヶ所の和との相関が最も強く(決定係数が大きく)図4のようになった。



以上からピーク水位（ y ）は3時間積算雨量との相関が強く、青葉台出張所の降雨量（水位ピーク時刻における前3時間積算値）と寺家橋、浅山橋降雨量（水位ピーク時刻前1時間における前3時間積算値）の合計（ x ）との間には概ね以下の近似式で表される関係があることが分かった（図4）

$$y = -0.0017 \cdot x^2 + 2.67 \cdot x + 8 \quad y:\text{水位 (cm)} \quad x:\text{積算雨量 (mm)}$$

6. 降雨量から算出した水位のピークと実際のピーク値

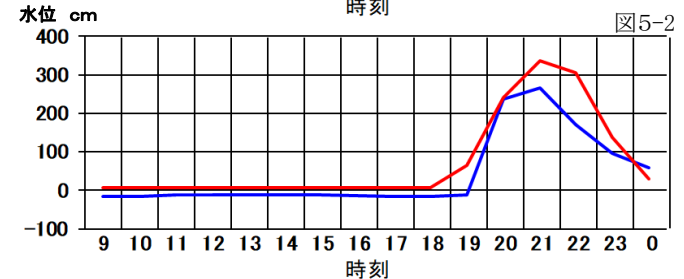
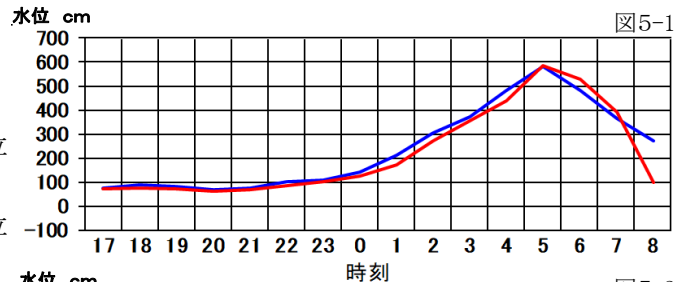
上記近似式を使い降雨量から **計算した水位** と **実測水位** 比較の一例を以下に示す。

時刻	降雨量(mm/h)			積算値 合計 x	水位(cm)	
	寺家橋	青葉台	浅山橋		実測値	計算値 y
14	4	4	2		-17	
15	2	2.5	2		-17	
16	4	2.5	2		-17	
17	4	4	2	25	76	74
18	2	3	2	25.5	91	75
19	2	1.5	2	24.5	82	72
20	3	3	3	21.5	71	65
21	4	4.5	5	23	78	69
22	4	4	4	30.5	102	88
23	5	5.5	6	37	110	104
0	8	8	9	45.5	143	126
1	15	15	14	64.5	212	173
2	22	27	22	107	307	274
3	16	11	13	143	372	355
4	62	43	58	183	482	440
5	11	11	12	258	582	584
6	11	2	1	229	483	528
7	2	2	2	160	366	392
8	0	2.5	1	35.5	271	101

時刻	降雨量(mm/h)			積算値 合計 x	水位(cm)	
	寺家橋	青葉台	浅山橋		実測値	計算値 y
6	0	0	0		-21	
7	0	0	0		-21	
8	0	0	0		-18	
9	0	0	0	0	-15	8
10	0	0	0	0	-15	8
11	0	0	0	0	-12	8
12	0	0	0	0	-11	8
13	0	0	0	0	-11	8
14	0	0	0	0	-12	8
15	0	0	0	0	-12	8
16	0	0	0	0	-14	8
17	0	0	0	0	-15	8
18	0	0	0	0	-15	8
19	26	22	19	22	-12	66
20	11	26	26	26	237	242
21	3	5.5	5	134.5	267	336
22	0	0.5	0	121	171	306
23	0	0	0	50	97	137
0	0	0	0	8.5	58	31

2018年
3月9日

2018年
9月17日



実測値との間に多少の差はあるがピークの時刻、値はそれなりに計算できている。

7. 降水短時間予報を利用した数時間先のピーク水位と時間の予測

実測の降雨量からある程度の精度でピーク水位と時間が計算できることから、降水短時間予報を使えば数時間先の水位も予測できるのではないかと考え試してみた。

降水短時間予想値はある程度の範囲を持った値で予報されるので10-20mm/hの予想の場合には15mm/hの降雨といった具合に中央値を降雨量として扱った。

時刻	降雨量(mm/h)			積算値 合計 x	水位(cm)	
	寺家橋	青葉台	浅山橋		実測値	計算値 y
2	0	0	0		-12	
3	0	0	0		-14	
4	0	0	0		-16	
5	0	0	0	0	-18	8
6	0	0	0	0	-20	8
7	0	0	0	0	-19	8
8	0	0	0	0	-15	8
9	0	0	0	0	-13	8
10	0	0	0	0	-11	8
11	0	0	0	0	-11	8
12	1	9.5	0	9.5	-12	33
13	5	6	2	16.5	12	52
14	6	4.5	3	28	28	81
15	7.5	10	15	37.5	60	106
16	7.5	7.5	10	60.5	148	163
17	3	3	3	69.5	154	185
18	3	3	3	59.5	101	161
19	0.5	0.5	0.5	36	69	102
20	0	0	0	16.5	55	52

時刻	降雨量(mm/h)			積算値 合計 x	水位(cm)	
	寺家橋	青葉台	浅山橋		実測値	計算値 y
7	0	0	0		-19	8
8	0	0	0		-16	8
9	0	0	0	0	-11	8
10	0	0	0	0	-16	8
11	0	0	0	0	-11	8
12	0	0	0	0	-15	8
13	0	0	0	0	-16	8
14	0	0	0	0	-17	8
15	0	0	0	0	-17	8
16	0	0.5	0	0.5	-17	9
17	1	1.5	2	2	-18	13
18	6	6	6	11	-12	37
19	7.5	7.5	7.5	30	26	87
20	3	3	3	46.5	78	128
21	15	15	15	58.5	85	158
22	15	7.5	7.5	76.5	98	202
23	7.5	3	3	84	134	220
0	0	0	0	73.5	134	195
1	0	0	0	36	82	102

2018年
9月25日

2018年
9月10日

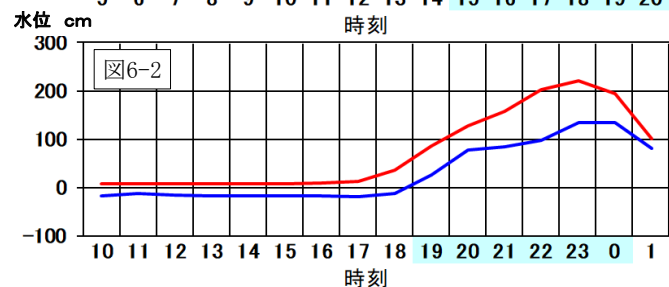
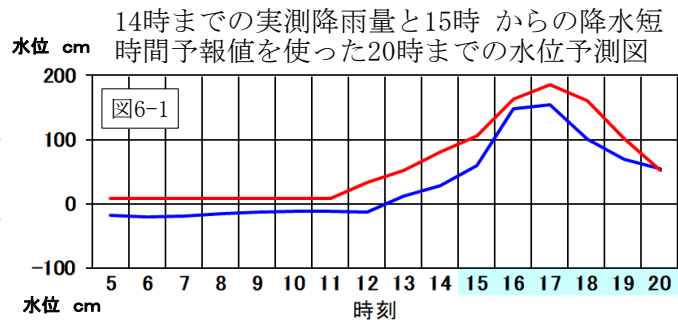


図6-1の例ではそれなりに予測できているが降水短時間予報精度が悪く図6-2のようになる場合もあった。

8. まとめ、今後の課題

- ① 今回、調査した河川・地点においては比較的精度よくピーク水位と雨量の関係を見出すことができ、3地点の降雨量から水位のピーク値、時間もそれなりに算出する事ができた。
- ② 今回使ったデータは防災上必要と思われる高水位（3.5m以上）のデータが少なく、高水位時における降雨量との関係を明確にする上からも今後も降雨と水位の関係について継続して解析を行っていかうと考えている。

10月の本土接近 上陸台風 長周期変動はあるのか？

調査期間 1921年～2018年

土井 修二 （日本気象予報士会 関西支部）

1. はじめに

2017年は10月下旬になって、2個の台風が日本に上陸 接近しました。このところ10月に日本に近づく台風が増えているように思うので、過去の10月台風について、少し調べてみました。

会員の皆様に問題提起をする意味でも、この発表を行い、ご意見を伺いたいと思います。

2. 調査方法

気象庁天気図や台風経路図、気象要覧などの資料を利用。1月に日本本土（北海道、本州、四国、九州）に接近、上陸した台風をピックアップしてみました。

接近はおおむね100Km以内に近づいたものとしました。（九州なら屋久島・種子島付近・対馬海峡、関東なら八丈島付近くらい）

朝鮮半島上陸は接近から除外しました。

期間は1921年から2018年までとし、10年おきに上陸 接近数を集計、傾向を見ることとしました。

年	発生数	転向型	西進型	接近数	上陸数
1921	2	2		1	
1922	2			1	
1923	2	2		1	
1924	2	1	1		1
1925	1	1			
1926					
1927	1	1			
1928	3	3		1	1
1929	2	2		1	1
1930	1	1			
年	発生数	転向型	西進型	接近数	上陸数
1931	2	2			1
1932	2	1	1		
1933	2	2			1
1934	4	2	2		
1935	3	2	1		
1936	5	3	2	2	
1937	2	2			
1938	3	3		2	
1939	3	2	1	2	
1940	1	1			
年	発生数	転向型	西進型	接近数	上陸数
1941	2	2			1
1942	2	1	1		
1943	2	2		1	1
1944	2	2			1

1945	2	2		1	1
1946	3	2	1		
1947	5	2	3		
1948	4	3	1		
1949	3	1	2	1	
1950	3	2	1	1	
年	発生数	転向型	西進型	接近数	上陸数
1951	4	5			1
1952	5	1	4		
1953	5	3	2		
1954	4	2	2		
1955	3	3		1	2
1956	1		1		
1957	4	2	2		
1958	3	2	1		
1959	4	3	1	1	1
1960	4	3	1		
年	発生数	転向型	西進型	接近数	上陸数
1961	4	3	2		1
1962	5	4	2		
1963	4	5			
1964	4	2	2		
1965	2	3			
1966	4	3	1	1	
1967	4	2	2		1
1968	5	4	1		
1969	3	4			
1970	5		5		
年	発生数	転向型	西進型	接近数	上陸数
1971	4	1	3		
1972	5	4	1	1	
1973	4		4		
1974	4		4		
1975	7	2	5	1	
1976	1	1			
1977	5	4	1		
1978	4	3	2		
1979	3	2	1	1	1
1980	3	3		1	

考察 1

1920年代：上陸3個、接近4個と連続して接近、上陸する傾向がある。その間に上陸、接近がない年もある。

1930年代：上陸数は少し減少。しかし11月の接近、上陸もあり、ひとつの高極と思われる。

1940年代：引き続き上陸4個、接近4個と多い。11月上陸もあり。

1950年代：上陸4個と引き続き多いが、接近数は半減。転向型が多い年もあるが、より南を通過する傾向になる。

1960年代：上陸、接近とも少ない。低極を迎えつつある。

1970年代：少し接近が増えたが、八丈島付近通過が2個とひきつづき少ない。後半になって増加傾向か。

年	発生数	転向型	西進型	接近数	上陸数
1981	2	2	1	1	
1982	3	2	1		
1983	5	1	4	1	
1984	7	5	2		
1985	4	3	2	1	
1986	5	2	3		
1987	2	1	1		1
1988	5	2	3		
1989	4	2	2		
1990	4	2	2		1
年	発生数	転向型	西進型	接近数	上陸数
1991	3	2	1	1	
1992	7	5	2		
1993	5	4	1	1	
1994	6	4	2		
1995	6	1	5		
1996	2	2	1		
1997	3	3			
1998	2	1	1		1
1999	2		2		
2000	2		2		
年	発生数	転向型	西進型	接近数	上陸数
2001	3	3		1	
2002	2	3			1
2003	3	2	1		
2004	3	3			2
2005	2	1	1		
2006	4	3	1		
2007	6	5	1	1	
2008	2	1	1		
2009	4	3	2	1	1
2010	2	1	1	1	
年	発生数	転向型	西進型	接近数	上陸数
2011	1		2		
2012	3	2	1		
2013	7	5	3	2	
2014	2	3			2
2015	4	2	2		
2016	4	2	3	1	
2017	3	2	1	1	1
2018	1	1	1		

考察 2

1980年代：引き続き上陸2個、接近3個と少な目。前年代からの連続接近、上陸は一時的のようだった。尚、対馬海峡通過のケースが出現。

1990年代：少し増加傾向と思われたが、再び少なくなる。

2000年代：上陸4個、接近4個とかつての多かった時期に匹敵。

2010年代：上陸3個、接近4個とひきつづき多い傾向が続く。対馬海峡通過の事例が増加。

1951年からの今と同じ台風基準でみた転向、西進の比率について、接近上陸が多い時期は、そうでない時期に比し、転向型の割合が少し多い。

まとめ

1930—1950年代を多い時期、1970—2000年代を少ない時期とする、長周期変動があるようにも見受けられる。

しかしながらもっと長い期間にわたって調べないと、断定することはできない。

上陸、接近が少ない時期にあっても、一時的には連続して接近、上陸するケースがある。多い時期にも、2、3年連続して接近、上陸すると、次の2、3年は上陸接近がない傾向がある。

最近では台風コースが大回りの傾向なのか、日本海コースも出現するようになった。

今後の課題

江戸時代などの資料も当たり、長い期間にわたって調べる必要性が感じられる。

世代を超えてこういう研究がなされることを希望する。

どこまでを本土接近とするべきか など 基準をもっと明確にする必要性を感じる。

参考文献

- ・ 気象庁ホームページ 台風経路図
- ・ 気象庁天気図
- ・ 気象要覧 各号
- ・ 日本台風資料

謝辞

京都地方気象台において、各種資料を閲覧させていただきました。心より御礼申し上げます。

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)

1. はじめに

筆者は、東京都町田市に居住した1992年6月から2012年8月までの20年間、自宅から富士山が見えるかどうかの記録を続けた(観察日数7069日、実施率95%)。記録データはパソコンの中に眠っていたが、データの新鮮さが失われる前に、富士山可視日数と天気との関係について、一考察を試みた。

富士山等の視程観測については、成蹊学園成蹊気象観測所がよく知られている(宮下ほか1994, 2013)。また、かつて私も参加していたパソコン通信サービス旧NIFTY-Serve「山の展望と地図のフォーラム(FYAMAP)」でも富士山の見え方を20名以上が毎日記録し、月末に結果を一斉にアップすることを行っていた(田代1998)。FYAMAPは形態を変えWebサイトで現在も継続している。

2. 観察方法, 結果

毎朝7時、自宅の町田観測所(以下、町田)からの定時観察にて、視程を7段階(A/A-/A--/B/B-/B--/X)で記録した。Aは富士山(距離66km)が見えた場合、Bは丹沢山地(同23~27km)まで見えた場合、Xは両方とも見えなかった場合であり、A/Bは見え方を主観で3段階(無印: はっきり見える, -: 霞んでいる, --: 存在が分かる程度)に区分した。

町田からの富士山の眺めを図1上に、富士山と町田等の位置関係を図1下に示す。図2には年間の富士山可視日数(視程がA/A-/A--だった日数)を示す。ここで1年は前年12月から当年11月までとし、季節ごとに合算して図示した。観察期間中、最多は147日(2011年)、最少は88日(1997年)であった。月別では、11月から3月までが平均(20年平均、以下同)で月10日以上と多く、12月(平均17.5日)から1月(平均18.0日)にかけてピークがある。逆に6月から8月にかけては各月平均3.5日程度であり、年間で最も見えにくい時期となる。ただし年による違いも大きかった。

3. 考察

3.1 特異月および特異年

年間可視日数の多い年の特徴として、冬の日数が平均以上で、他の季節の日数が顕著に多いことが挙げられる。年間最多の2011年は、4月の可視日数が16日、7月が13日、9月が12日で月別の最高値となり、平均の2~3倍の日数であった。いずれの月の天候も少雨・多照だったことが影響していると考え



図1 町田からの眺め(上, 2012年3月12日撮影)と、富士山および町田(富士山までの距離66km)、成蹊観測所(同83km)の位置関係(下)。町田からの富士山は概ね標高3400mより上部が見えている。富士山手前は丹沢山地で、左のピークは蛭ヶ岳。

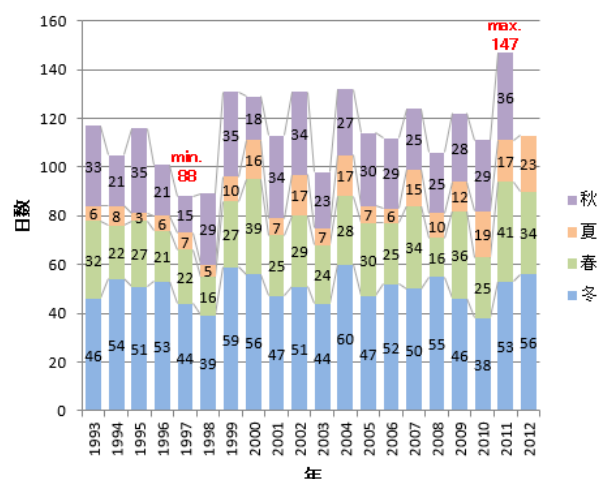


図2 町田からの富士山可視日数(1993年~2012年)。1年は前年12月から当年11月までとし、季節は冬: 12月~2月, 春: 3月~5月, 夏: 6月~8月, 秋: 9月~11月で各月の日数を合計。2012年は8月までのデータ。

られる。また、2012年8月は東日本を中心に晴れの日が多く、可視日数は14日で、平均の4倍となった。

3.2 エルニーニョ監視指数との関係

図3にエルニーニョ監視海域(NINO.3)における海面水温の基準値との差を示す。図4には基準値との差の年平均と、富士山可視日数との相関を示す。両者には負の相関が認められた($R = -0.60$)。1997年春から1998年春にかけて発生した最大級のエル

ニニー現象で日本付近は高温・多雨となったが、1997年と1998年の可視日数はともに90日未満であり、特に秋と冬の少なさに影響を及ぼしていると推測される。また、2003年もエルニーニョの影響が表れていると考えられるが、2010年は冬の可視日数は少なかったものの、夏以降はラニーニャ現象が発生して猛暑となり、年間では111日となった。

3.3 長期的変化

図5に町田と成蹊気象観測所における富士山可視日数の長期的変化を示す。両者に共通する1993年から2011年の比較では、日数は町田の方が2割ほど多いものの、年毎の変化傾向は類似している。成蹊気象観測所における半世紀の観測結果からは、1995年以降の都心方向の視程日数の増加は、公害対策による汚染物質の減少と乾燥化の相乗作用によると考えられる、と報告されている(宮下ほか 2013)。

一方、町田の20年間のデータからもやや増加傾向が見られるが相関は弱く(R=0.37)、1996年から1998年および2011年の特異年を除外すると、顕著な経年変化は認められなかった。長期的傾向を知るには、観測期間が20年では十分ではないと考えられる。また、町田から見る富士山は都心方向とは逆であるため大気汚染の影響が比較的少ないこと、乾燥化の影響も都心部に比較して少ないことなども、長期的変化が認められない要因と推測される。

4. おわりに

2012年9月に郷里である福山にUターンしたため観察は終了となった。本稿では可視日数と天気について一面から考察を行ったのみであるが、様々な気づきがあった。現在では富士山を取り巻くライブカメラが多数存在するため、リモートでも観察や解析が可能であると思われるが、現地での実際の観察に勝るものはないように感じる。

謝辞

成蹊学園成蹊気象観測所の観測データおよび文献をご提供いただいた宮下敦氏(成蹊大学)に深く感謝致します。

参考文献

- 田代博監修, 「山と地図のフォーラム」編, 1998: 富士山展望百科. 実業之日本社, 286pp.
- 宮下敦, 内田信夫, 倉茂好匡, 湯本晋一, 1994: 成蹊気象観測所における視程観測について. 天気, 41, 711-716.

宮下敦, 三島才輝, 2013: 東京近郊の視程日数の経年変化 - 成蹊気象観測所における半世紀の観測結果 -. 日本気象学会春季大会講演予稿集, 103, 325. 山の展望と地図のフォーラム (FYAMAP) Web サイト <http://fyamap.jizoh.jp/>

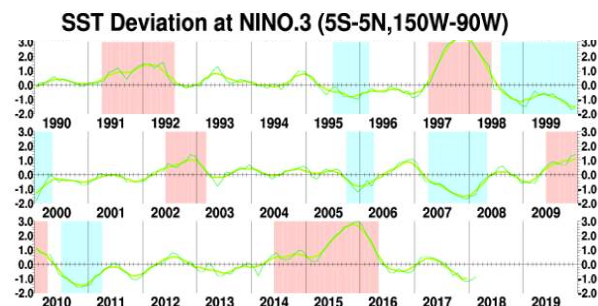


図3 エルニーニョ監視海域(NINO.3)における海面水温の基準値との差(°C). 気象庁HPの図から一部を切り取って引用。

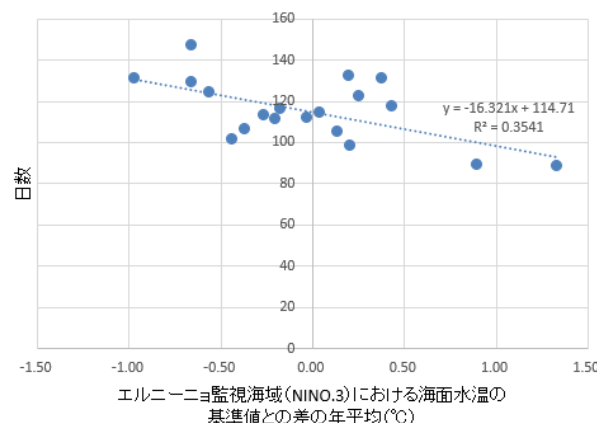


図4 エルニーニョ監視海域(NINO.3)における海面水温の基準値との差の年平均(°C)と富士山可視日数との相関(R=-0.60). 期間は1993年から2011年まで(N=19). 1年の考え方は図2と同じ。エルニーニョ監視指数の値は気象庁HPより引用。

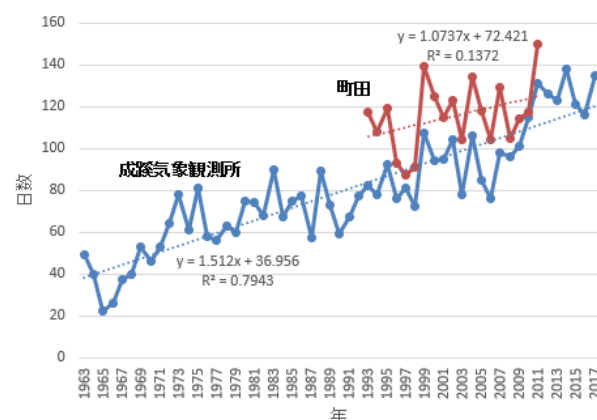


図5 町田と成蹊気象観測所それぞれの富士山可視日数の経年変化. 本図で示す日数は暦年1年間の可視日数である。赤曲線が町田, 青曲線が成蹊気象観測所, 点線はそれぞれの線形近似曲線。

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（東北支部）

1. 本研究の目的

沿岸前線は海岸付近に形成される局地前線であり、温かい海からの風と陸に滞留した薄い寒気層の間に形成される。関東地方に発生する沿岸前線の統計的な性質については藤部(1990)[1]により、海からの風が北～東よりも南寄りの場合、また晩秋～冬の寒候期に明瞭な沿岸前線が現れやすいことが分かっている。

沿岸前線は関東平野の気温や風の予想に重要であるが、数値予報モデルで沿岸前線を正確に予報することは難しい。気象庁数値予報解説資料[2]によれば、GSM では沿岸前線に相当する温度傾度帯を上手く表現出来ない一方、MSM では温度傾度帯を表現するものの実況よりも内陸側に予報する（温度傾度帯が寒気側に押し込まれやすい）事例が多いことを報告している。

本研究の目的は関東平野において、MSM が沿岸前線を内陸側に予報する系統的なバイアスを持つかどうかを統計的に調べることである。

2. MSM のバイアスの事例

MSM が沿岸前線を実況よりも内陸側に予想した事例を紹介する。図 1 に 2018 年 3 月 9 日 3 時における関東地方のアメダスと、MSM 予報（3 月 8 日 12 月 15 時を初期値とする 12 時間予報）を載せた。当日は日本海を低気圧が通過し、南からの風と内陸の滞留寒気の間で前線が発生した。図 1 より、MSM 予報は実況よりも沿岸前線を内陸側に予想したことが分かる。

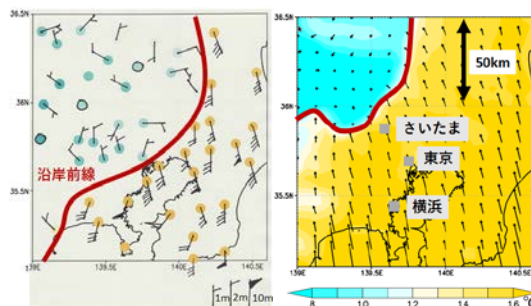


図 1 左：アメダス実況 右：MSM12 時間予報

3. 統計調査の方法

本実験では 2016 年 4 月 1 日～2018 年 3 月 31 日までの 2 年間を統計調査の対象とした。アメダスを用いて沿岸前線の発生時刻を抽出した後、その時刻に対応する MSM の 12 時間予報値と比較を行った。本研究では暖気が南寄りの風（西南西～南～南南東）の場合に限定して統計解析を行い、さらに暖気の風向が東南東～南南西の事例を S ケース、南西の事例を SW ケース、西南西の事例を WSW ケースと分類した。

3. 1 沿岸前線の抽出条件

藤部(1990)を参考に、関東地方の南端にある館山アメダスと内陸の久喜アメダスの気温と風データを用いて沿岸前線を抽出した。条件は以下の 2 つとした。

- ① 館山の気温が久喜より 5 度以上高い
- ② 館山の風向が東南東～南～西南西かつ、風速が 4 メートル以上

3. 2. 沿岸前線の位置の決定方法

図 2 に決定に用いた関東地方のアメダス 6 地点を示す。隣接するアメダス間を 1 区間

と定義した。各区間の気温勾配を求め、気温勾配が最大の区間を沿岸前線が存在する位置と決定した。MSM でもアメダスと同様に決定するが、以下の2条件を追加した。

- ① MSM での館山の風向が西～北～東の場合、沿岸前線は館山より海側に存在
- ② MSM での久喜の風向が東～南～西かつ、風速が3メートル以上の場合、沿岸前線は久喜よりも内陸側に存在

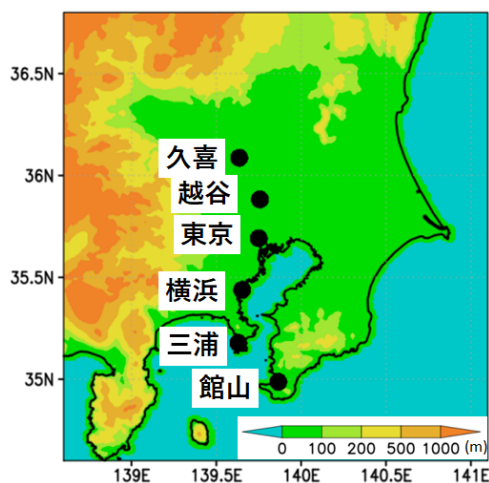


図2：沿岸前線の位置決定に用いたアメダス地点

4. 結果

沿岸前線の抽出条件を満たした事例は277例あり、その内訳はSケース73例、SWケース96例、WSWケース108例であった。表1より、SケースではMSMが実況より沿岸前線を内陸側に予想した事例がどの区間でも多いことが分かる。全73例のうち56例(77%)でMSMが沿岸前線を実況より内陸側の区間に予想した。(表2)

SWケースとWSWケースでは、それぞれ全体の58%、38%でMSMが沿岸前線を実況よりも内陸側の区間に予想した。逆に、MSMが沿岸前線を実況より海側(南側)の区間に予想した割合はSケース5%、SWケース14%、WSWケース26%であった。

S-case		アメダス					計
		館山～三浦	三浦～横浜	横浜～東京	東京～越谷	越谷～久喜	
MSM	館山より南	0	0	0	0	0	0
	館山～三浦	0	0	0	0	1	1
	三浦～横浜	4	3	0	1	0	8
	横浜～東京	6	3	0	0	0	9
	東京～越谷	5	7	4	6	2	24
	越谷～久喜	2	1	5	5	4	17
	久喜より北	0	0	4	4	6	14
計		17	14	13	16	13	73

表1：SケースでのアメダスとMSM予報における沿岸前線位置の対応表

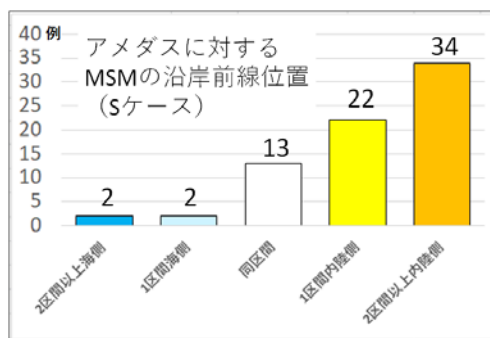


表2：Sケースでのバイアスの頻度グラフ。暖色系の棒グラフはMSMが実況よりも沿岸前線を内陸側に予想した事例数。

5. まとめ

本実験により、MSMの12時間予報値が沿岸前線を内陸側に予想しやすいバイアスを持つことが明らかになった。バイアスの出現率は暖気側の風向によって大きく異なり、暖気が滞留寒気に対してほぼ平行に吹くWSWケースで小さい一方、暖気が寒気に対し直角に近い角度で吹く(収束が強い)Sケースではバイアスの出現率が高い。

系統的なバイアスの原因はモデルの解像度、初期値誤差、物理過程など様々な理由が考えられる。大学院での自身の研究では、この統計結果を元に沿岸前線の予報誤差の原因解明に取り組んでいる。

6. 参考文献

- [1] Fumiaki Fujibe : *Papers in Meteorology and Geophysics Vol.41, No3, pp. 105-128, September 1990*
- [2]平成26年度気象庁数値予報解説資料 p118~p144

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 気象予報士会東海支部

1. はじめに

平成 30 年台風第 21 号が大阪湾を通過したとき、タンカーの空港連絡橋への衝突、屋根の飛散やトラックの横転など、暴風による被害が各地で発生した。図 1 は台風 21 号に伴う最大瞬間風速分布を示したものである。進路に近い大阪湾周辺では 50 m/s 以上の最大瞬間風速を観測した。一方、伊勢湾周辺では、進路から 100 km 以上離れていたにもかかわらず、35~40 m/s の最大瞬間風速を観測した。この伊勢湾周辺における暴風は、単に危険半円側に入ったために台風自身の風に台風の移動効果が加わったというだけではなく、中部山岳などのこの地方の地形が関係したと思われるので、この点について考察する。

2. 傾度風近似による風速

伊勢湾に浮かぶセントレア(中部国際空港)では 9 月 4 日 14 時から 15 時 30 分にかけて瞬間風速 35 m/s 以上を観測したので、代表的時刻を 15 時に設定し、傾度風に加えて台風の移動速度と一般風を考慮した風速計算を行う。藤部(1996)は、台風の移動速度ベクトルを \mathbf{C} 、一般風ベクトルを \mathbf{G} 、台風周辺の気塊に働く遠心力とコリオリ力の大きさの比を K とするとき、台風周辺の風(摩擦力は無視)は、台風が静止しているときの傾度風ベクトル \mathbf{v}_g に $(K\mathbf{C} + \mathbf{G})/(K + 1)$ をベクトル的に加えることによって近似的に求められることを示した。本稿では地上風を扱うので、地面粗度 $z_0 = 0.1$ m(人工島であるので低めの値を設定)を仮定し、地上風の摩擦角は約 30° 、風速は自由大気(孟(1996)、近藤(2000))として摩擦効果を考慮する。

傾度風の大きさ v_g は、

$$v_g = -r\Omega \sin \phi + \sqrt{r^2 \Omega^2 \sin^2 \phi + \frac{r}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r}} \quad (1)$$

で表される。ここで、 r は台風中心からの距離、 Ω は地球の自転角速度、 ϕ は緯度、 ρ は空気の密度、 p は気圧である。(1) 式の中の気圧傾度 $\partial p / \partial r$ を与えるためには台風内の気圧分布 $p(r)$ を知らねばならない。 $p(r)$ を表す式としては、(2)式で示される藤部の式(Fujita, 1952)が有名である。



図 1. 台風21号通過時の最大瞬間風速分布。赤矢印は台風の進路。地図は国土地理院による。

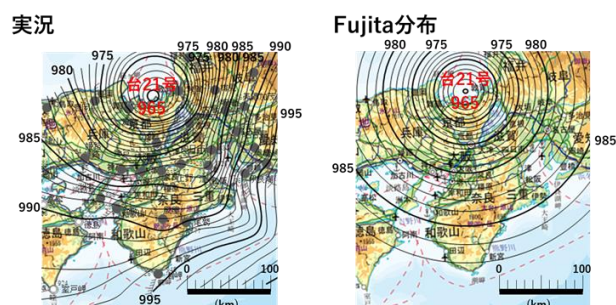


図 2. 実況地上気圧配置と藤田の式による気圧分布。2018年9月4日 15:00。台風位置は気象庁台風位置表による。地図は国土地理院による。実況図等圧線描画は筆者による。

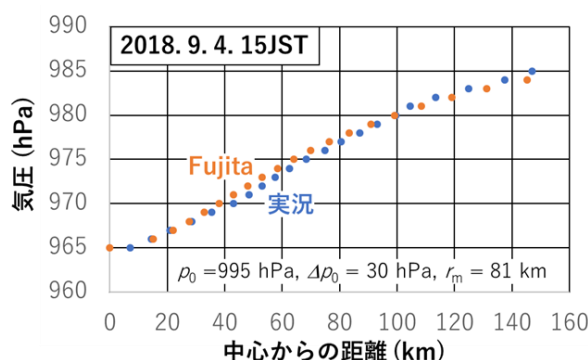


図 3. 藤田の式と実況データとのフィッティング。2018年9月4日 15:00。

$$p(r) = p_0 - \frac{\Delta p_0}{\sqrt{1 + (2r/r_m)^2}} \quad (2)$$

ここで、 p_0 は台風の勢力が及ばない地点の気圧、 Δp_0 は p_0 と台風の中心気圧との差、 r_m は最大旋衡風地点と台風中心との距離である。図 2 は、2018 年 9 月 4 日 15 時における気象庁アメダスデータ(気象庁, 2018a)を用いて作成した地上気圧配置と藤田の式によって求められた気圧分布を比較したものである。なお、 p_0 、 Δp_0 および r_m は図 3 のフィッティングから、それぞれ 995 hPa、30 hPa、81 km とした。セントレアの気温 25°C 、緯度 35° 、台風の中心とセントレアとの間の距離 120 km を用いると、 v_g は 25 m/s と計算される。移動速度 \mathbf{G} は気象庁台風位置表(気象庁, 2018b)から NNE、約 70 km/h \approx 20 m/s、一般風 \mathbf{C} は静岡県東部沿岸部の地上風 S、7~8 m/s から摩擦効果を取り除き SSW、15 m/s と考える。これらに $K = v_g / 2r\Omega \sin \phi \approx 2.5$ を用いて藤部の補正を加えると摩擦のない状態として風速は約 42 m/s と求まる。これに再度摩擦効果を考慮すると S、17~22 m/s と計算される。セントレアにおける 15 時の実測の 10 分間平均風速は SSE、27.3 m/s、その前後 20 分の平均風速も SSE、28~29 m/s であった(気象庁, 2018a)ので、実際には計算値の 1.5 倍の強い風が吹いたことになる。

3. 伊勢湾付近の実際の気圧分布と風速

図2からわかるように、傾度風場の等圧線は円形であるが、伊勢湾周辺の実況の等圧線は南北にほぼ直線である。津と伊良湖の実況の気圧差(10.7 hPa)と距離(45 km)から気圧傾度を求め、等圧線がほぼ直線であることを考慮して地衡風速を求めると 336 m/s となってしまう。摩擦による減衰があるとしても大きすぎる値である。このことは伊勢湾付近の気圧傾度が極端に大きいことを示している。

地衡風場は発散・収束のない場である。ところが、実際の伊勢湾周辺は台風の進路の南東側に当たり、レーダー画像(気象庁, 2018c)で数 10 mm/h の降水を観測している強い上昇流場である。実況から、等圧線が平行な領域の幅 $W = 50$ km, 強い上昇流のある領域の長さ $L = 200$ km, エクマン層の厚さ $D = 1$ km とし、図4に示す屋根のない流路 ABCDEFGH を考える。断面 ABCD から風速 $v_0 = 330$ m/s で風を送り込むと、流路には屋根がないので、上面 ADHE からほとんど上方へ気流が抜ける(上昇流)。水平流速 v を実測値 30 m/s とし、上昇流速 w を連続の式

$$v_0 DW = vDW + wLW \quad (3)$$

から求めると、 $w = 1.5$ m/s となる。この値は台風周辺の積乱雲内の上昇流速(浅井ら, 1981)と同じ桁である。すなわち、気圧傾度の効果がすべて水平風になるのではなく、広い範囲で強い上昇流となったため、気圧傾度が大きくても水平風速は数 10 m/s となったものと考えられる。

では、45 km の距離で 10 hPa 以上もある気圧差はどのようにして起こるのであろうか。図5は 15 時のアメダスデータをプロットして作成した関東地方までを含めた地上気圧配置である。伊豆半島沖から中部山岳の南斜面に向かって気圧の峰が見られ、その南側の遠州灘～駿河湾にかけては 10 m/s 前後の南風となっている。南風が中部山岳に当たることによる圧力抵抗で斜面の風上側の気圧が高くなり、気圧の峰が形成されたものと考えられる。遠州灘～駿河湾にかけて南風が吹いている間、中部山岳の南側では

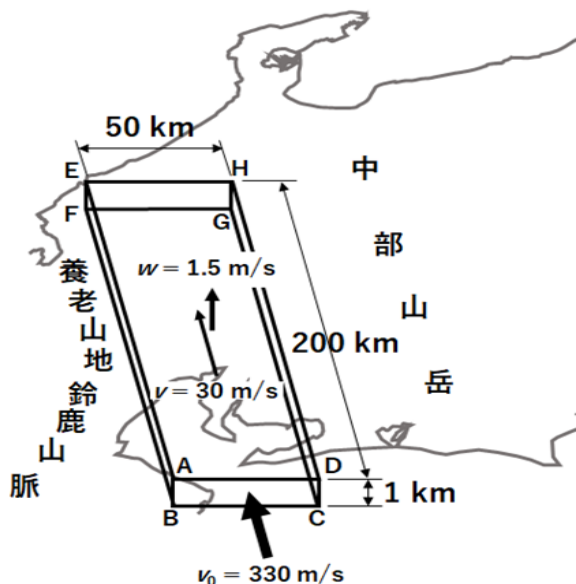


図4. 伊勢湾周辺の仮想流路。

2018. 9. 4. 15JST

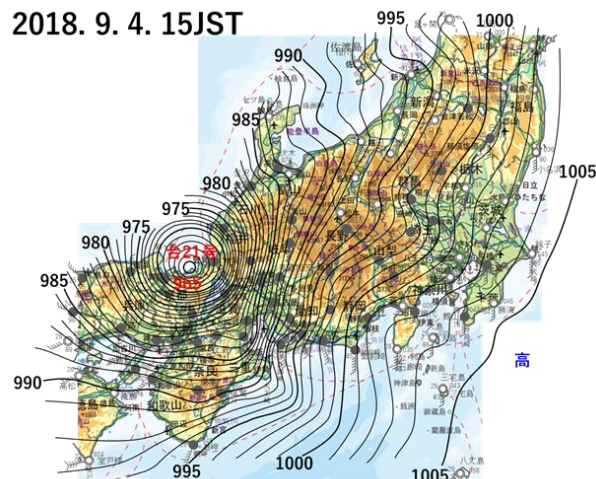


図5. 伊勢湾で暴風となったときの気圧配置。気象庁アメダスデータより筆者作図。台風中心位置は気象庁「台風位置表」による。地図は国土地理院による。

気圧の高い状態が継続する。このような状態の中を台風が北東進したため、低圧部が西からどんどん迫ることによって、中間地点である伊勢湾周辺で気圧傾度が高まったと考えられる。このような気圧配置は第2室戸台風通過時や1998年9月22日の台風7号の通過時(名古屋で伊勢湾台風時に次ぐ最大瞬間風速を観測(名古屋地方気象台, 1998))など、今回以外でも見られた。

6. まとめ

台風が近畿地方を北東に進む場合、中部山岳の南側に気圧の峰が形成され持続するため、伊勢湾周辺では気圧傾度が極端に大きくなり、台風自身の風に台風の移動効果が加わる効果と相まって暴風となると考えられる。

引用文献

- 浅井富雄, 武田喬男, 木村龍治(1981): 大気科学講座 2 雲や降水を伴う大気, 東京大学出版会, p. 177.
- 藤部文昭(1996): 「移動する台風の風速分布を表す計算式について」, 天気, **43**, 671-680.
- Fujita, T., 1952: "Pressure distribution within Typhoon," Geo. Mag. **23**, 437-451.
- 気象庁(2018, a): 過去の気象データ検索, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrm/index.php>, (2018年10月24日閲覧)。
- 気象庁(2018, b): 台風位置表平成30年(2018年), <http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/typhoon/T1821.pdf>, (2018年10月5日閲覧)。
- 気象庁(2018, c): レーダー・降水ナウキャスト, <http://www.jma.go.jp/jp/radnow/>, (2018年9月4日閲覧)。
- 近藤純正(2000): 地表面に近い大気の科学, 東京大学出版会, p. 88.
- 名古屋地方気象台(1998): 気象災害の記録 <https://www.jma-net.go.jp/nagoya/hp/bousai/saigai/h1009.html>, (2018年10月24日閲覧)。
- 孟岩, 松井正宏, 日比一喜(1996): 「中立時の大気境界層における強風の鉛直分布特性 その2 台風時の強風」, 日本風工学会誌, **66**, 3-14.

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（関西支部）

1. はじめに

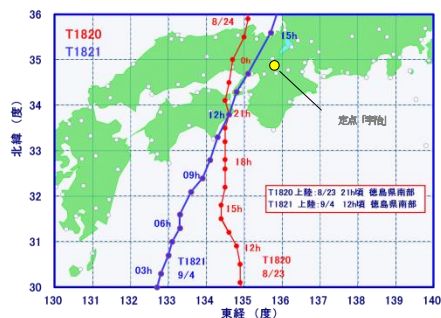
筆者は、京都府宇治市の自宅マンションバルコニー、15階建ての12階（以下「宇治」）に気象観測データロガーと固定カメラを設置し、自動観測と連続撮影を続けている。また京都府立久御山高校（勤務校、久世郡久御山町）、4階建ての屋上（以下「久御山」）に気象観測データロガーを設置し、自動観測を2018年4月よりはじめた。昨年度の研究成果発表会では、宇治のデータを用いて、2016～17年に上陸した5個の台風について解析した結果を発表した。

本報告では、2018年に上陸した5個の台風のうち、台風1820号について、主に宇治と久御山の定点観測データを用い、近隣気象官署等のデータで補い、レインバンドとの関係を解析した。また台風1821号を参考事例とした。

2. データ解析方法

宇治の現地気圧、気温、相対湿度の観測データ（1分間隔）、久御山の現地気圧、気温、相対湿度の観測データ（10分間隔）を用いた。両地点の現地気圧は、海面気圧に換算した。なお、久御山では上記データのほか、降水量と風向・風速のデータを得ている。

また近隣気象官署（大阪・奈良・京都）の海面気圧、気温、相対湿度と京田辺アメダスの気温のデータ、および気象庁レーダー・ナウキャスト（降水）の画像データを用いた。なお台風1820号と1821号の経路図を第1図に示す。



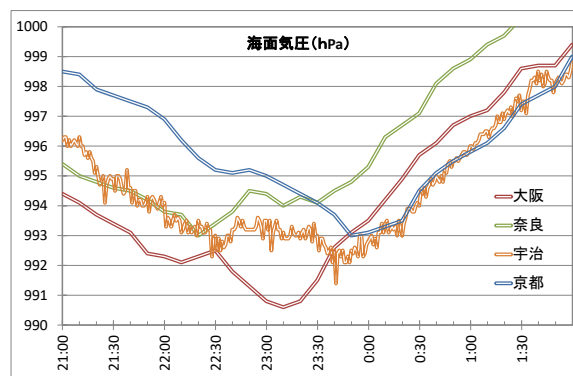
第1図 台風1820号と1821号の経路図
(京都産業大学名誉教授藤井健氏提供)

3. 解析事例 台風1820号 (2018/8/23～24)

8月23日21時頃、徳島県南部に上陸。同23時半頃、兵庫県姫路市付近に再上陸した。その後、ほぼ北に向かって進み、定点「宇治」の西方約90kmを通過した。

第2図によると、宇治では23日22:00頃から、気圧低下が鈍り、24日00:20頃にかけて『気圧鍋底値』となった。『気圧鍋底値継続時間』は約140分間であった。

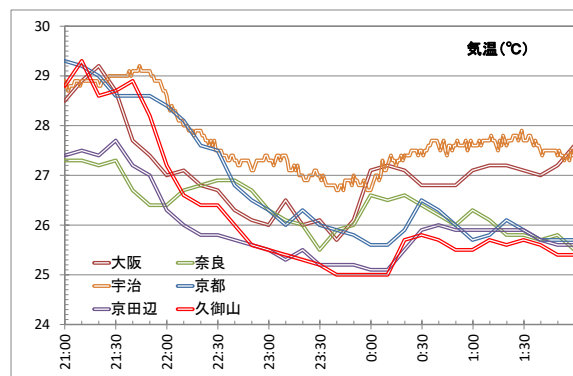
この間、海面気圧は22:30頃と23:40頃、極小を記録し23:10頃、極大を記録した。久御山の気圧データは機器故障のため記録欠測であった。



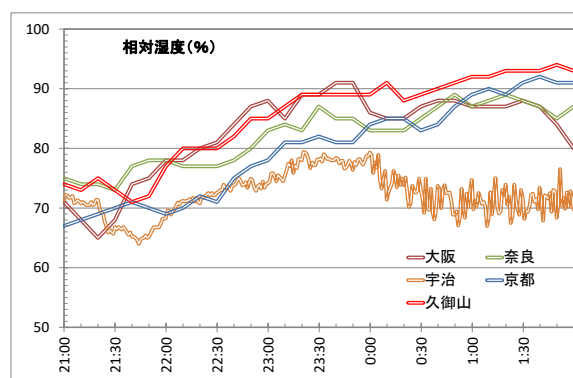
第2図 海面気圧 (定点「宇治」と近隣気象官署)

気温は、宇治では約27℃から29℃の間で推移し22:50頃と23:10頃、微小であるが極小となった。久御山では、約25℃から29℃の間で推移した。(第3図)

相対湿度は、『気圧鍋底値』となった時間帯において、宇治では約65%から80%近くまで上昇したが、その後、下降した。久御山では、宇治と比べて約10%高く推移し、23:20以降、しばらく約90%を保った。(第4図)



第3図 気温 (定点「宇治」「久御山」と近隣気象官署等)



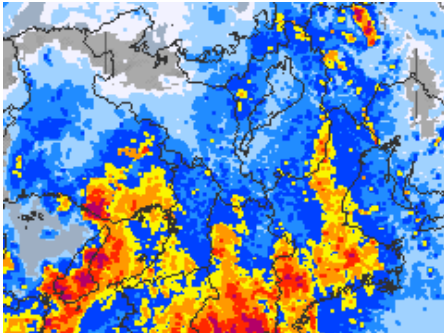
第4図 相対湿度 (定点「宇治」「久御山」と近隣気象官署)

22:30頃、宇治では、気圧極小となったが、このとき宇治は、北上してくるレインバンドの前面に位置していた。宇治より南に位置する大阪と奈良では、宇治より約20分早く気圧極小を記録した。

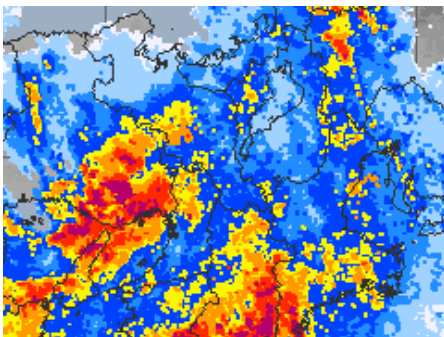
レインバンドは、台風の南東側で発達していた。台風を中心から 200km 程度の半径内では、幅 10~20km 程度の 4本のレインバンドが、北方へのびていた。

23 時前後、宇治では北方へのびたレインバンドがかかり、気圧は上昇した。奈良でも同様に気圧は上昇した。この頃、大阪では、台風が中心が最接近し、2本のレインバンドの狭間にあり、気圧極小を迎えていた。(第5図)

このレインバンドの狭間は、北に向かって進み宇治では 23:40 頃、二度目の気圧極小を迎えた。この気圧極小は、奈良で約 20 分早く京都で約 10 分遅く発現した。(第6図)



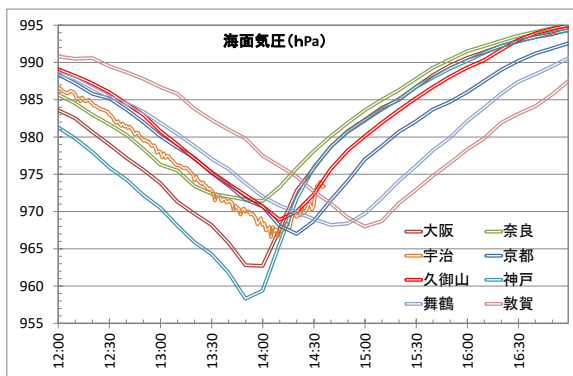
第5図 レーダー・ナウキャスト (降水) 23:10



第6図 レーダー・ナウキャスト (降水) 23:40

4. 参考事例 台風 1821 号 (2018/9/4)

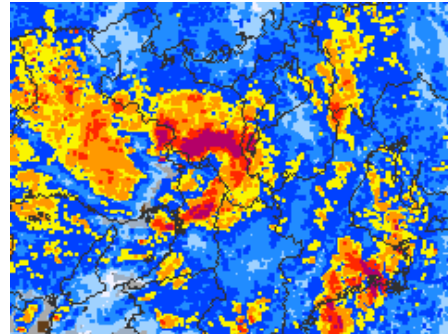
非常に強い勢力を保ったまま本州 (徳島県南部) に上陸し、9 月 4 日 14 時前、兵庫県神戸市付近に再上陸。近畿各地に大きな被害をもたらした。勤務校では倒木や屋根破損などの被害が生じた。台風 1821 号は、定点「宇治」の北西約 45 km を通過したが、暴風によって電源ケーブルが外れ、14:37 以降は、全記録欠測となった。



第7図 海面気圧 (定点「宇治」「久御山」と近隣気象官署)

宇治で台風までの最接近距離は約 45km あり、短距離ではなかったが、『気圧鍋底値』は不明瞭であった。これは台風 1821 号が、14 時 (神戸市) から 15 時 (若狭湾) にかけて、100km に近い距離を駆け抜けるなど移動速度が速かったためと考える。(第7図) なお、京都ではレインバンドが接近した 14:20 に気圧極小を記録した。(第8図)

第5図、第6図および第8図は、気象庁 HP のレーダー・ナウキャスト (降水) の画像を編集・加工して作成した。



第8図 レーダー・ナウキャスト (降水) 14:20

5. まとめ

ある観測点の気圧は、台風接近に伴い、ある一定値付近まで下がったあと気圧変化は小さくなり、鍋底状となる。鍋底状の一定値付近の値を『気圧鍋底値』、この値が継続する時間を『気圧鍋底値継続時間』とした。(實本, 2018b)

台風接近時、気圧極小となる時刻は、台風最接近時とは限らない。台風接近に伴って気圧変化が小さくなり『気圧鍋底値』となり、これが継続する時間帯にレインバンドが接近すると気圧が低下し、台風最接近時よりレインバンド接近時に気圧が極小となることが判明した。

宇治では、台風 1820 号の最接近距離は約 90km と遠く、台風接近に伴う『気圧鍋底値継続時間』は長く、レインバンドが接近したことによる気圧低下が顕著であった。

連続撮影した画像は、動画に編集して、著者が管理しているウェブサイト、「空と雲の記録」<http://jitsumsk.com/> からリンクを張り公開している。本報告の台風についても動画を数編まとめた。

6. 参照資料, 参考資料

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

實本正樹, 2018a: 定点観測で得られた 5 個の台風のプロフィール. 日本気象予報士会 第 10 回研究成果発表会

實本正樹, 2018b: 定点観測で得られた 2017 年台風の気圧変化の特徴. 平成 30 年度京都大学防災研究所共同研究集会「台風研究会」

空と雲の記録 <http://jitsumsk.com/>

7. 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。感謝致します。

アメダスデータをカード化する発案研究

日本気象予報士会 神奈川支部 遠藤 猛

1. 研究の動機

1. 1 アメダス観測地点を把握する

天気の解説では観測地点の記録をよく引用することがある。その際に、アメダスは地図上ではどこに当たるのか、今までの記録はどの程度か疑問に思ったのが発端である。

1. 2 観測値の量的感覚を理解する

近年、インターネットの進歩により、自分の真上から降ってくる雨の量も気象レーダなどのリモートセンシング技術により解析雨量が速報で知り得る時代となった。ただし、その値が過剰であるか否かは雨量計の実測値で確認すべきであり、アメダスの重要性はまだまだ高いと考える。

1. 3 気象データの利活用を考察する

最近では気象庁ホームページの改善によりアメダスのデータ収集が容易になっている※1。本研究ではアメダスを理解を深める一環として、観測地点名、観測値を楽しく覚えられる方法を考えた。そこでアメダスの記録を持ち運びできるサイズにカード化、及びゲームルールの取り決めを試みた。

2. 研究方法

2. 1 研究データの定義

アメダスから雨、風向風速、気温の4要素以上を観測している地点を抽出した。そして、集計単位はデータ編集の時間的制約を考え、毎月とする。また、観測期間は年区切りで1977年から2017年の過去40年間のデータを取り扱うことにした。

2. 2 カード化

カードを製作する際、自作で印刷するが、なるべく時間がかからず低コストで済むよう心掛けた。

2. 3 記載項目

気象庁のホームページよりアメダス観測所一覧があり、誰でも閲覧できる※3。その中から選んだ情報は以下の通りである。

①観測所名

観測地の名称である。難読の場合もあるので仮名を記載するようにした。

②府県名と観測所番号

カードを整理する目安として記載した。データ照合をするためにも必要と考える。

③所在地

観測機器を管理している方々にご迷惑をかけるように場所を特定しすぎないよう都道府県と市区町村名に記載を留めることとした。

④海面上の高さ

観測所の海面上の高さを表す。国土地理院発行の5万分の1の地図等から求めてある。

⑤最高気温

月毎に集計した日最高気温である。その値を記録した年月まで記載する。

⑥最低気温

月毎に集計した日最低気温である。その値を記録した年月まで記載する。

⑦月最大雨量

月毎に積算した降水量である。その値を記録した年月まで記載する。

⑧日最大雨量

月毎に集計した1日集計での最大降水量である。その値を記録した年月まで記載する。

⑨最多風向

月毎に記録されている最多風向がある、記録データを16方位毎にその月数をカウントした。

⑩地図

暫定版として、アメダスの地点名の記載がある地図を記載した。これは気象庁ホームページのアメダスのデータ収集画面にある※2。これにより、地名に詳しくなくても周辺のアメダスと地図により位置関係をわかるようにした。

2. 4 ゲーム化

カード化したメリットを生かして、一人、一対一の対戦から複数人数で競うことまでを想定した。

3. 研究成果の概要

3. 1 該当アメダスの数

該当アメダスの数は合計929地点。その内訳は、札幌管区気象台管内で173地点、仙台管区気象台管内で161地点、東京管区気象台管内で254地点、大阪管区気象台管内で174地点、福岡管区気象台管内で139地点、沖縄気象台管内で28地点である。

また、記録更新は観測終了してしまうと話題に上がらなくなるので、その観測所は外すことになる。したがって、カードにした場合は毎年更新する必要がある。しかし、古いデータであっても、新しいデータを比較すれば、どこに変更があるのかが分かることになるので、古いデータも活用でき、観測データの理解はより深まると考える。

3. 2 カード化の考察

まずはカード化のためのサイズである。初版は名刺サイズでカードを作成した。使用した用紙は穴あけされて一つの輪で閉じられる暗記メモである。この初版を知人に見ていただき文字が小さいとのコメントをいただいたので、次版ではトランプのサイズに変更して見やすさを改善した。サイズ変更は可能だが、コスト面から、トランプのサイズが限界と考える。次に、カードの枚数についてである。全国を全て用意するとかなりの量になるので関東や北海道、東北などといった単位で100枚程度が良いと考える。

3. 4 ゲームルール

ゲーム形式は大きく分けて2つの方式に分類した。詳細の内容は以下の通り。

①カルタ方式

読み札と取り札として2部用意し、札を取り合い、多く手に入れたものが勝者とする。ランダムに置く場合や、源平合戦のように左右対称に並べ、個人からチーム戦といったようにしても良いと考える。また、アメダスの観測地点名を昇順に規則正しく並べ

るなどで掛かった時間を競う方法もあり得る。

② トランプ方式

カードを山札から取り、記載項目をバトルテーマとして数値の大小関係で勝ち負けを決める。ポーカーや花札のように手札を比較して関連付けをしたものを揃え、役を作る方法も考えられる。

3. 5 アメダスデータからの気づき

データ集計をして気づいた内容を以下に示す。

① 観測地点名

名称が同名のところが存在する。一例として観測地点名と所在地を挙げる。

- ・長浜(ナガハマ)：愛媛県大洲市と滋賀県長浜市
- ・山形(ヤマカタ)：山形県山形市と岩手県久慈市

したがって、観測地点名は市町村のどこかを明確にし、特に名称が同名の場合は混同しないよう十分注意する必要がある。

② 観測値の地域的傾向

集計した上位10位で比較すると、最高気温が東京管区で8地点、最低気温は札幌管区で10地点、月最大降水量は大阪管区で8地点、日最大降水量は大阪管区で5地点、最大風速は沖縄が7地点となった。

③ 観測値の同地域の違い

島などは特に観測地点が隣接している場合がある。観測値を比較すると分かるが雨量で違いが大きく出る場合がある。一例を以下の表に示す。

表 3.5.1 大島北ノ山(オホシマキタノヤマ)と大島(オシマ)の観測値一覧(下段は記録更新月)

観測所名	最高気温	最低気温	月最大降水量	日最大降水量	月最大風速
大島	33.5	-1.6	726	267	28
北ノ山	2004/07	2015/01	2017/10	2013/10	2008/04
大島	34.3	-4	1293	525.5	31.5
	2004/07	1996/02	2017/10	2013/10	1985/07

なお、該当地点よりも周辺アメダスの記録の方が極値が大きい場合でも、同じ地点で記録を更新する可能性があり、防災上、注意喚起する際には引用すると良いと考える。

④ 月毎の更新記録数

最低気温は1月と2月、その他は6月から9月までが更新記録の数が多い。

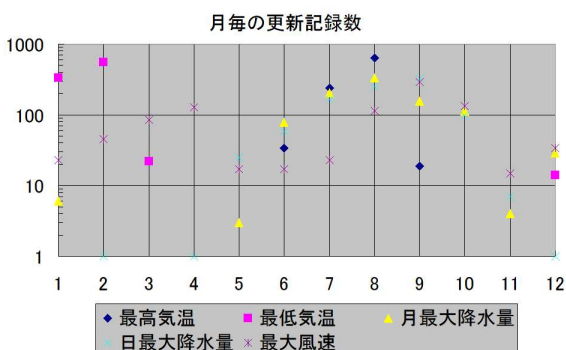


図 3.5.1 更新記録数を月毎にプロットしたグラフ

⑤ 記録更新年

毎年一定量の記録更新があるのが分かる。大きな特徴は1994年の最高気温が220件と記録更新が顕著に多い。また、最低気温の記録更新は近年は少なくなっているが、2012年は54件と2016年は90件と多くなる年も存在する。

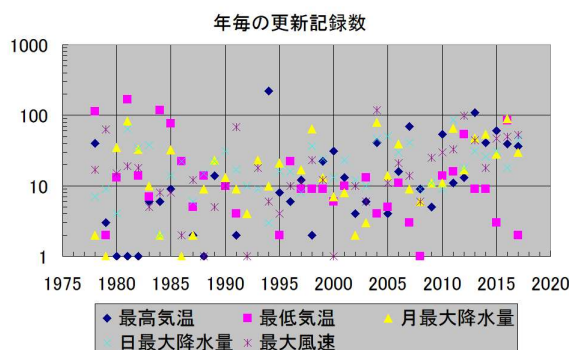


図 3.5.2 更新記録数を年毎にプロットしたグラフ

⑥ 最多風向

月毎でもっとも多く吹いた風向きを指すので、偏りが出るのは仕方ないと考えていたが16方位で0となる風向が頻繁に出ている。

これは地形の影響が反映されていると見えるが、時間間隔を1時間単位にするなど詳細な観測値で判断するなど十分なデータの吟味が必要である。

4. 今後の課題

今後、トライアルを繰り返して、ゲームルールの良し悪しを決めて魅力的なコミュニケーションツールになればと考える。風向については更なる考察が必要だと考えている。

また、アメダスデータのカード化はコレクションとしても十分に価値を創造できるものと考えられる。著作権の問題等が解決するのならば、世の中に出回る可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) 気象庁ホームページより過去の気象データ・ダウンロード
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- 2) 気象庁ホームページより地域気象観測所一覧
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/ame_master.pdf

日本の気候変動の地域性についての一考察

内山 常雄 (神奈川支部)

1. はじめに

農業では、現在気候と類似した過去の年に倣った生産管理をするという。類似年情報を作成するにあたって、単純化した指標を考えた。気温は高い方が、降水量は多い方が、そして日照時間も多い方が作物はよく育つという考え方である。

これら気象要素の旬ごとの平均値あるいは合計値の年間偏差の積算値を用いて、当該地方の農業気象条件の変動を評価することとした。

本研究の結果、過去の気候が繰り返されるというより、最近気候がある方向に進行する傾向が強いように思われた。その気候変動は地域により様相が異なり、それに合わせた生産管理をするべきであろう。

2. 気象条件の評価方法

気象庁が公表している旬平均気温、降水量の旬合計、日照時間の旬合計の年間値との差の2000年以降の積算値を計算した。計算対象は、気象庁が日本の気温偏差の計算に用いている15地点とそれ以外の12地点の計37地点である。その中には地元神奈川県5観測点が含まれている。

3. 気温・降水量・日照時間の推移パターン

対象としたすべての観測点で2000年以降気温は上昇していた。今後とも、気温上昇を見込んだ生産管理が必要だろう。37地点中最も気温上昇傾向が強かった熊谷のグラフを図1に示す。



図1 熊谷の旬平均気温の年間偏差の積算

対象期間で積算400℃あまりの上昇である。線形回帰線の決定係数も3番目に小さかった。気温上昇傾向が最も小さかった南鳥島のグラフを図2に示す。対象期間の偏差の積算は100℃。線形回帰線の決定係数も最も小さかった。



図2 南鳥島の旬平均気温の年間偏差の積算

降水量は31観測点で増加、5観測点で減少した。増加量の最も多かった室戸岬のグラフを図3に示す。対象期間の間に3000mm程増加しているが、増加していない期間もあり決定係数は0.73と大きくない。



図3 室戸岬の旬合計降水量の年間偏差の積算

決定係数が最も大きかった観測点は海老名で、図4にグラフを示す。海老名の対象期間の降水量増加は1600mm程度で7位だったが、決定係数は0.93で年を常に上回る傾向が強かった。

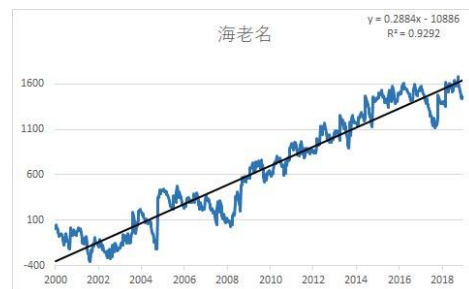


図4 海老名の旬合計降水量の年間偏差の積算

一方、最終的に増加はしたものの決定係数が小さかった広島をグラフを図5に示す。広島の降水量は2014年まで少なく、以降急激に増加している、対象期間を通じての増加傾向は小さい。



図5 広島の旬合計降水量の年平均偏差の積算

降水量の減少傾向が最も強かったのは浜田であり、グラフを図5に示す。ただ、減少が継続したのは2013年までで、その後増加に転じているように見える。



図6 浜田の旬合計降水量の年平均偏差の積算

日射量は、22観測点で増加傾向、15観測点で減少傾向だった。増加を傾向の最も強かった水戸のグラフを図7に示す。2010年以降強い増加傾向が継続している。



図7 水戸の旬合計日射量の年平均偏差の積算

減少傾向が最も強かった那覇のグラフを図8に示す。



図8 那覇の旬合計日射量の年平均偏差の積算

4. 地域別気候変動傾向

気候の類似年の情報を提供する目的で研究を始めたが、地域ごとの継続的な気候変動が目立つ結果となった。札幌の3指標のグラフを北海道の代表として図9に示す。



図9 札幌の3指標の推移

北海道は日照が増加せずに気温と降水量が増加している観測点が多い。

3指標がともに増加傾向にある関東の観測点の例として横浜のグラフを示す。



図10 横浜の3指標の推移

日照時間が2010年頃まで減少した後、3指標ともに上昇する傾向は東日本の観測点で多く見られる。西日本は日照時間は横ばいだが降水量が増加し、九州、沖縄、奄美は日照が増えていないという特徴がある。農業に役立つ指標としてさらに検討する。

1 か月予報資料を利活用したサクラの開花予想

日本気象予報士会 静岡支部（長期予報利活用研究会） 藤井 聡

1. はじめに

サクラがいつ開花するのか、人々の関心事であり、気象会社等でも各々で発表している。その開花については冬～春の気温が大いに関わっているとされているが、東京など関東地方のサクラ開花について気温との関係について考察し、1 か月予報を利活用して予想する手法について考えてみた。

2. 温度変換日数方式

新しいサクラの開花予想（気象庁，1996）によると、サクラは、低温に一定期間さらされると休眠から覚める（これを「休眠打破」という）ことが分かっており、花芽の生長量は春先の気温が高ければ大きく、春先の気温が高い年には早く開花するという。つまり、サクラ開花には冬の厳しい寒さが必要で、これによって冬が過ぎたことをいわば認識し、春先の気温上昇で春を知って開花すると考えてよいと思う。

秋から冬にかけて暖かく経過した年は、春先の気温が高く経過してもサクラの開花が遅れるようである。

2月に入れば気温も徐々に上昇するので、気象庁では当時、日平均気温を開花に関わる日数に変換（温度変換日数方式：下記）し、2月15日を起算日とした積算値が19.6（閾値とする）を超える日が開花日として予想するようにしていた。

$$19.6 \leq \sum_D \exp \frac{9.5 \times 10^3 \times ((t + 273.15) - 288.15)}{(t + 273.15) \times 288.15}$$

一方、上記起算日を2月1日・閾値を21.5として、この値を超えた日を開花日とする方法も発表されている。

3. 開花予想日と実況

そこで、筆者は上記方法を起算日2月15日の方法と2月1日の方法を用い、近年（2006～2015年）の東京のサクラについて比較した。

	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
開花日の積算値	17.87	17.35	18.91	18.52	20.10
11-1月平均最低気温計	14.5	22.3	18.5	19.5	19.3
開花日実況	3月21日	3月20日	3月22日	3月21日	3月22日
19.6以上の初日	3月24日	3月24日	3月23日	3月23日	3月22日
	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
開花日の積算値	19.20	20.84	15.89	19.25	18.14
11-1月平均最低気温計	17.7	17.7	15.2	17.2	15.9
開花日実況	3月28日	3月31日	3月16日	3月25日	3月23日
19.6以上の初日	3月29日	3月30日	3月19日	3月26日	3月27日

表1 2月15日を起算日としたサクラの開花予想と実況

秋～冬の寒さが厳しい方が休眠打破を誘発することを考えると、11月～1月の最低気温との関係を見る意味で、最低気温の月平均を合計値との関係をグラフにした（図2）。

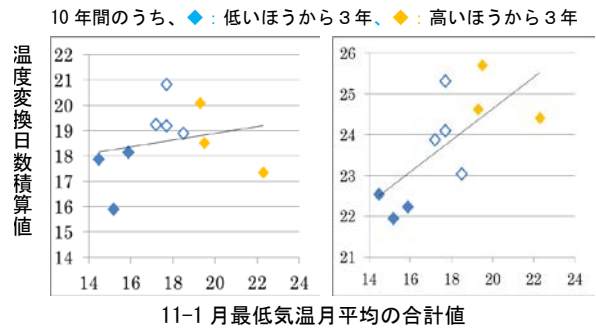


図1 開花日の、2月1日(⊕)と15日(⊙)を起算日とした11-1月最低気温月平均の合計値と温度変換日数積算値（2006～2015年 東京）

2月1日起算日について作成し比較すると図1のようになり、2月15日を起算日の場合は開花日が温度変換日数積算日より1日遅い～4日早くなり、11-1月最低気温月平均の合計値との関係もばらつきが大きい。そこで、2月1日を起算日とした方法で開花予測を考えて扱うようにする。

上記方法で温度変換日数積算値と開花日とを比較すると、サクラは21.5より0～6日早く開花しているが、暖冬の年（11～1月最低気温が高い）ほど開花日の温度変換日数積算値が大きくなる傾向があるように見える。この図から11～1月平均最低気温の合計値をx、温度変換日数積算値をyとすると、近似式が下記のように得られる。

$$y = 0.3881x + 16.878$$

また、開花日が近づくと、1日で温度変換日数が0.5～1.2ほど変化することが多い。そこで、この式から算出される値から離れた年の開花日を1日移動して近づけると、この式は、 $y = 0.3619x + 17.431$ となり（図2）、予想日に±1日を付加することによって、よりパフォーマンスのよい形となる。

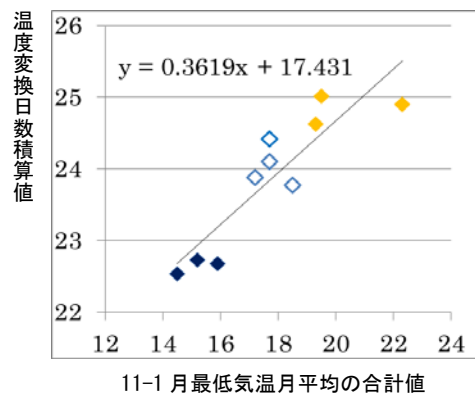


図2 開花日の、温度変換日数積算値と11-1月最低気温月平均の合計値（1日補正 2006～2015年 東京）

また、この式から得られる開花予想日（±1日）と実況とを比較すると以下のような表になる。

	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
予想日	3月22日	3月22日	3月24日	3月20日	3月22日
開花日	3月21日	3月20日	3月22日	3月21日	3月22日
	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
予想日	3月28日	3月30日	3月18日	3月25日	3月26日
開花日	3月28日	3月31日	3月16日	3月25日	3月23日

表2 y = 0.3619x + 17.431 より作成したサクラの開花予想と実況

関東甲信地方の3月気温偏差と、2006～2015年の東京に3月平均気温の相関関係をグラフにすると図3のようになり、この関係を用いて1か月予報ガイダンスから東京の月平均気温を予測できる。

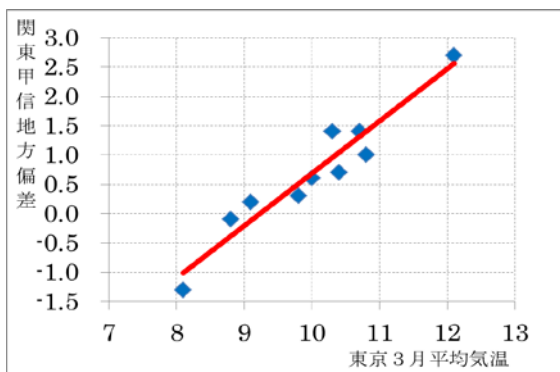


図3 東京における、3月平均気温と関東甲信地方の気温偏差

また、東京の3月1週目～4週目各週の平均気温は、平年値を基に作成できる。たとえば、2016年の場合、以下に示す表4のような範疇となる。

これらを基に1か月予報の気温予想を代入してサクラの開花を予想してみる。(2016年3月6日の長期予報活用研究会では、3チームに分かれてこの手法で予想し、サクラ開花予想が3月21～23日と予想、実況は3月21日と発表があった。ただ、東京の場合、気温観測地点が北の丸に移転したため、2017年以降、これまでの資料を同等に扱うのが難しくなっている)

	かなり低い	低い	平年並み	高い	かなり高い
1週目 (3/5-3/11)	～5.7	5.7～ 6.9	6.9～ 8.3	8.3～ 10.1	10.1～
2週目 (3/12-3/18)	～6.2	6.2～ 7.9	7.9～ 9.4	9.4～ 11.4	11.4～
3・4週目 (3/19-4/1)	～7.6	7.6～ 9.6	9.6～ 10.8	10.8～ 12.9	12.9～

表3 3月1週目・2週目・3～4週目の気温の範疇（東京）

4. まとめ

温度変換日数積算日は、2月1日起算日にした場合、11月～1月の最低気温の月平均合計値が大きい年（暖冬の年）ほど閾値である21.5よりも大きい値に開花し、寒冬の都市

ほど21.5に近い日に開花している。そこで、開花予想を考えるとき11-1月最低気温月平均の合計値から開花日の温度変換日数積算値がいくつのときに開花するかを割り出し、3月初めの週の1か月予報資料から、3月1週目・2週目・3～4週目の日平均気温の変化を予想して平年値と差し引きしながら変換日数積算値を計算（excelに数式を入れるとよい）して開花日を予想する。

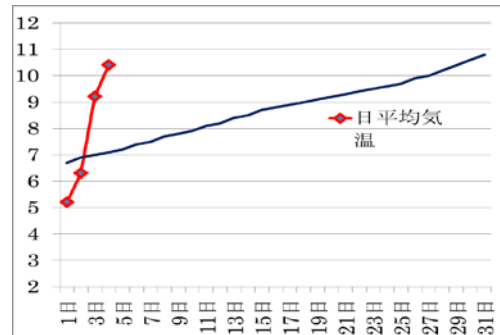


図4 東京での日々の気温変化と日平均気温（2016年）

なお、静岡など気温が高い地方ほど、この閾値が21.5よりもずっと大きく（表4）、「秋から冬にかけて暖かく経過した年は、春先の気温が高く経過してもサクラの開花が遅れる」という性質を反映しているように思える。

	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
開花日の積算値	28.80	24.36	27.6	25.91	24.30
開花日	3月24日	3月22日	3月19日	3月17日	3月20日
21.5を超えた日	3月10日	3月19日	3月11日	3月13日	3月16日
	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
開花日の積算値	25.94	24.68	24.99	26.33	32.22
開花日	3月24日	3月17日	3月24日	3月22日	3月27日
21.5を超えた日	3月18日	3月13日	3月18日	3月17日	3月11日

表4 サクラ開花日と温度変換日数積算日（2007～2016年 静岡）

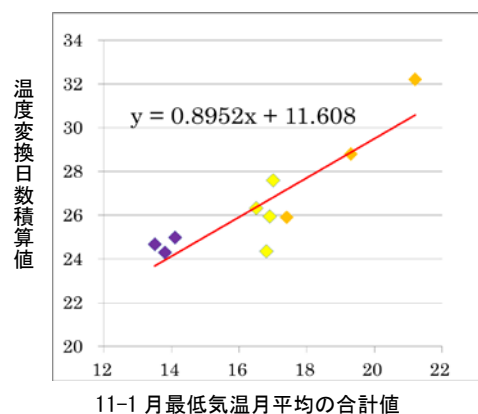


図5 開花日の、温度変換日数積算値と11-1月最低気温月平均の合計値（2007～2016年 静岡）

サクラ開花について長期予報活用研究会では2016年春に1か月予報資料を見ながら開花予想を行ってみたが、この手法を各地方で扱う場合、こうした傾向を考慮した上で閾値を決めていかねばならない。

関東地方に接近後西進した 2018 年台風 12 号

日本気象予報士会 サニーエンジェルス・パソコン活用研究会・東京支部 山崎 秀樹†1

1. はじめに

日本気象予報士会 サニーエンジェルスの親子お天気教室のクイズ「お天気はふつう西から東に移る」・・・正解“〇”に対し、逆のコースをたどった 2018 年台風 12 号の特異な進路について、気象庁 MSM GRIB2 データ+Wvis2(東海大学 新井直樹教授による)の 3D 動画化により寒冷渦(上層の切離低気圧)と台風の進路相互作用の状況をビジュアル化し、加えて寒冷渦と台風の鉛直構造の比較を行った。

2. 本研究の目的

2018 年の台風 12 号は、7 月 28 日～29 日に関東地方に接近後西進した。直後(8 月)のサニーエンジェルス親子お天気教室で質問を受ける事を想定、回答準備のため本研究を開始した。



図 1 サニーエンジェルス親子お天気教室クイズの一例

図 2 は台風 12 号の経路図である。北緯 30 度以北を関東地方付近に接近後に本州付近を西進したが、天気予報では「これまで経験のない進路」との表現で警戒を呼び掛け、そういった進路となる原因については日本の南にある「寒冷渦のため」あるいは「寒冷渦と太平洋高気圧の間を進むため」との説明があった。

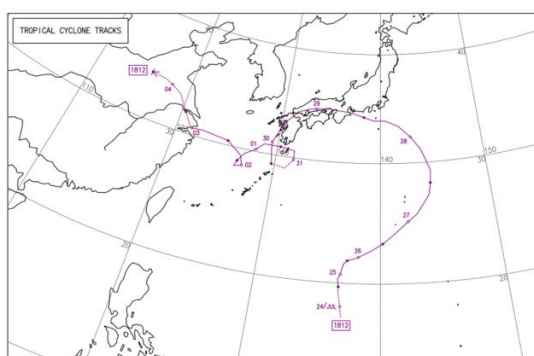


図 2 2018 年台風 12 号経路図(気象庁 HP より)

図 3 は、当該寒冷渦(上層の切離低気圧)が 2018 年 7 月 25 日に北海道の東北東のトラフより切離して発生、その後南西進し台風 12 号に接近していった過程を追った

AUXN50 図(北半球 500hPa 高度・気温)の部分図である。寒冷渦は 27 日から 28 日にかけて台風 12 号を巻き込む様子が見られ、その詳細について数値予報データによる分析を行った。

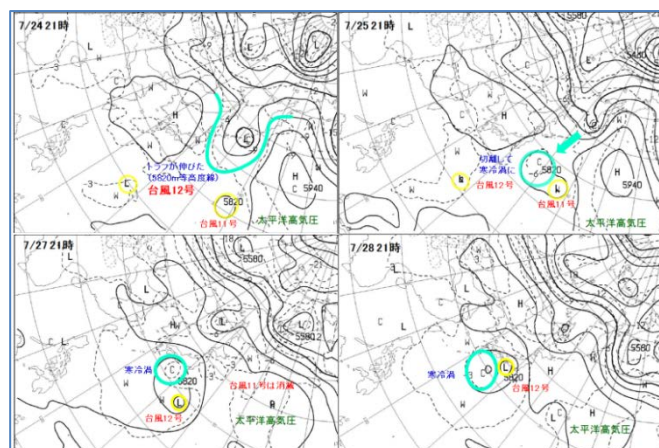


図 3 7 月 25 日切離した寒冷渦の台風 12 号への接近の過程(気象庁、Sunny Spot 専門天気図アーカイブより AUXN50)

3. 分析方法

パソコン活用研究会で紹介の気象情報可視化ツール Wvis2(Version 2.1.3、東海大学 新井直樹教授による)を使用、気象庁天気図画像ファイル提供サービス(SUGDaSS)よりダウンロードした 20180727 21Z の MSM GRIB2 気圧面物理量および地上物理量バイナリデータ入力により相当温位、温位、風向風速、500hPa 高度、地上気圧などの水平・垂直・時間軸方向の 3D 予想図を作成、寒冷渦および台風 12 号の動向をビジュアル化した。

4. 分析結果

図4は、20180727 21Z の MSM GRIB2 データを使った Wvis2 による寒冷渦および台風 12 号の 3D 予想図の一部である(FH03、FH27)。予想表示を行ったパラメータは、500hPa 面高度・風向・風速、地上気圧、降水量、および相当温位 350K 以上の個所とした。FH00～FH39 の計 14 枚の 3D 静止画を作成、GIF ファイルとしてつなげ動画を作成した(本予稿では省略)。

5820m で囲まれる範囲を寒冷渦とすると、台風 12 号はあたかも寒冷渦に巻き込まれる形の進路をとり結果として本州付近を西進した。この結果、7 月 25 日に発生した寒冷渦の擾乱の規模は台風 12 号のそれより大きかったと推定できる。

†1 気象予報士 登録第 9942 号

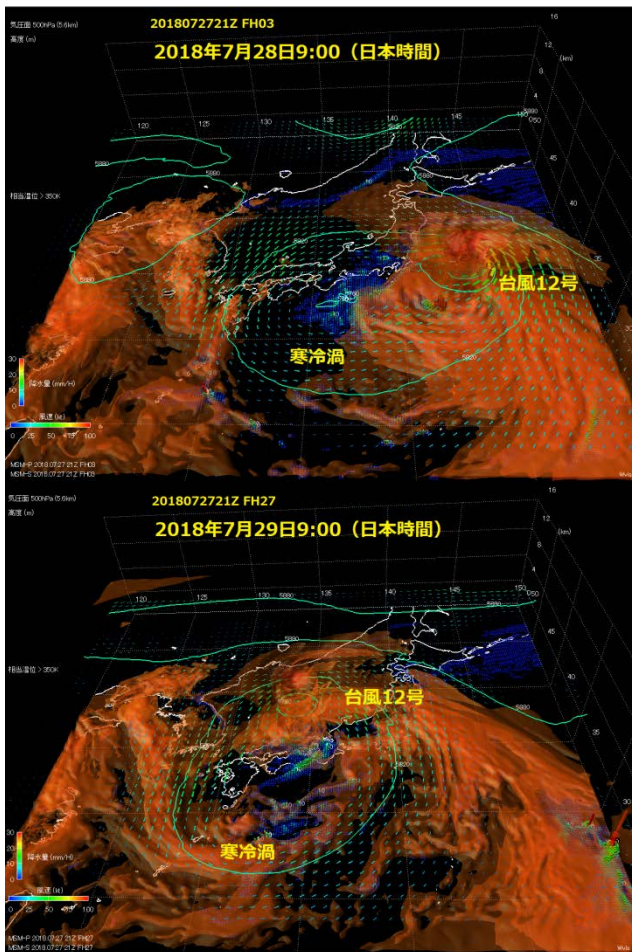


図 4 気象庁データ+気象情報可視化ツール Wvis2 による寒冷渦と台風 12 号の 7 月 28 日 9:00、29 日 9:00 の 3D 予想図

5. 考察

台風 12 号が関東地方付近に接近した後に西進した理由は、北海道の東北東で切離した寒冷渦に近づき、擾乱規模のより大きな寒冷渦に巻き込まれることにより、結果として日本列島付近において西よりの進路となる特異な経路をとったと考えられる。

加えて Wvis2 の鉛直分析機能を使って、7 月 25 日発生の寒冷渦と台風 12 号の鉛直構造の分析を行った。気象データとしては 20180727 21Z FH00(日本時間 2018 年 7 月 28 日 6:00)を使用した。

台風 12 号は地上から圏界面まで周囲より温位が高い「暖気核」構造をとり、進行方向右側の 1~2km 高度が約 100kt と最も風速が強い。一方、7 月 25 日発生の寒冷渦は、対流圏では周囲より温位が低く、圏界面が垂れ下がり、一方成層圏は周囲より温位が高い構造であり、また高度 10km~12km で最大風速約 70kt の低気圧性循環となっていた。これは、図 5 に示す寒冷渦(寒冷低気圧)鉛直構造に関する解説図^[1]の「低気圧性渦位アンマリー」に該当すると考えられる。

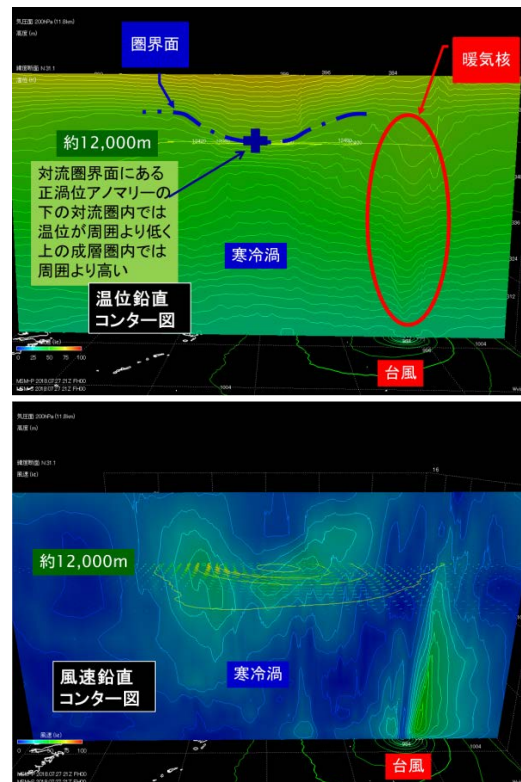


図 5 7 月 25 日発生の寒冷渦と台風 12 号の鉛直構造分析 (20180727 21Z FH00 を使用)

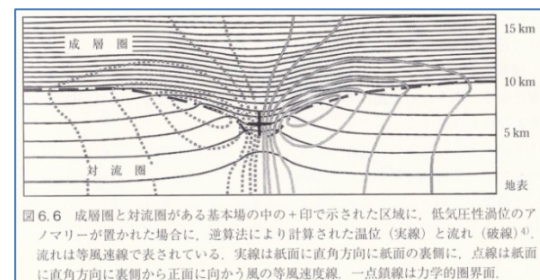


図 6 寒冷渦(寒冷低気圧)の鉛直構造に関する解説図^[1]

6. おわりに

今回作成した 3D 予想図は、台風通過前の 7 月 28 日朝、MSM 20180727 21Z GRIB2 を使用して作成できたもので、予報での活用が可能である。今後とも、JPCZ、前線など各種気象現象の 3D 動画表現・ビジュアル化による理解促進や予報伝達での活用・貢献を目指していく。

謝辞

本報告作成にあたりご助言頂いた東海大学の新井直樹教授、横浜国立大学の筆保弘徳准教授、琉球大学の伊藤耕介准教授、関西支部の土井修二様、天気図検討会の八木健太郎様、静岡支部の藤井聡様、サニーエンジェルの山本由佳様、パソコン活用研究会の高木育生様、東京支部の皆様方に感謝の意を表します。

参考文献

[1] 小倉義光、2015: 日本の天気、東京大学出版会、109pp

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

1. はじめに

天候デリバティブは、気象要素の変動から派生する形で価値が変動する金融商品である。この金融商品を、あたかも「保険」であるかのように利用することで、天候リスクをヘッジできるものである。

具体的には、契約時に設定された一定の気象条件が実現した場合（指定された気象要素が閾値を超えたことが観測された場合）に、その観測値（閾値からの差分）に応じた補償金が支払われるものである。

契約の際、利用者は「保険の掛け金」に相当する「プレミアム料」を保険会社などに支払う。このプレミアム料が天候デリバティブの「価格（契約金）」に相当する。

さて、天候デリバティブのプライシング（価格付け）の手法は一般的に二通りの方法で行われる。一つ目は、過去の気象要素の変動を適用した場合に発生する支払額（補償金）を計算する方法（Burning Cost 法）である。そしてもう一つは、正規分布などの確率分布を当てはめる方法（確率分布適合法）である（土方 2003）。

著者はこれまで、降水日数を気象指標とする天候デリバティブのプライシングを試みてきた。高野（2017a）では Burning Cost 法を使用し、高野（2017b）では確率分布適合法と Black-Scholes の公式を適用した。

本研究では強風日数を指標とする天候デリバティブを紹介し、確率分布適合法とモンテカルロ法による数値計算を基にプライシングを試みた。

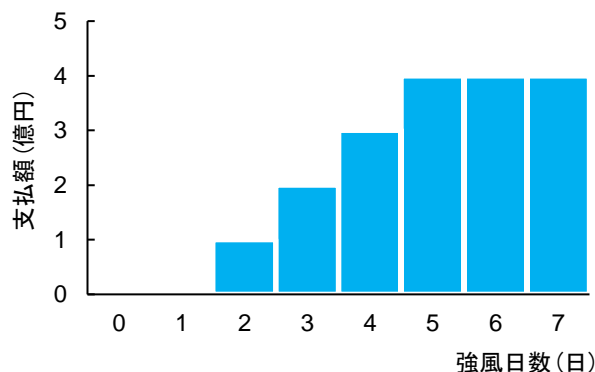
2. 強風デリバティブの契約事例

2000年3月18日から同年9月17日に渡って、淡路島において国際園芸・造園博覧会「造園博覧会 2000」が開催された。その際、強風の発生日数をインデックス（気象指標）とする天候デリバティブが導入された。このプライシングについて、北川（2014）は Burning Cost 法による事後評価を行った。

北川（2014）を基に、この天候デリバティブの条件を紹介する（第1表）。強風の度合い（CWD: Critical Wind speed Day）を、日最大風速（洲本）から 15m/s を差し引いたものと定義し、CWD > 0 となった日のカウント数（強風日数）をインデックスとする。第1図には、強風日数と支払額（補償金）の関係を示す。

第1表 天候デリバティブの概要（北川 2014 を基に）

取引形態	CWD を指数とする コール・オプション取引
観測地点	洲本特別地域気象観測所
観測期間	2000年06月01日から09月17日
インデックス	観測期間中に観測地点で日最大風速が 15m/s を超えた日数
ストライク値	1日
単位支払額	1億円
支払限度額	4億円
プレミアム	2,000万円



第1図 強風日数（インデックス）と支払額の関係

3. プレミアム料の算定（プライシング）

プレミアム料は、将来時点において発生し得る支払額の期待値に、ディスカウント・ファクター $e^{-r(T-t)}$ を乗じることで求められる。ここで、 r は無リスク利率（非危険利率）、 t は期間の起点、 T は期間の終点を表す。第1表より観測期間は 109 日間であるため、 $(T-t)$ の値を 109/365 年とする。また、 r の値は北川（2014）に倣い、年利 0~10% の範囲で扱う。

支払額の期待値は、次のような数値計算によって求めた。まず、日最大風速に見立てた乱数を 109 回発生させ、それらについて CWD の評価を行うことで支払額を求める。このプロセスを 1000 回繰り返す、アンサンブル平均を求め、これを支払額の期待値とした。

ここで、使用する乱数は「過去の日最大風速」の確率分布（次節 4. にて述べる）に従うものと仮定した。この確率分布の適用が、確率分布適合法に相当する。

4. 日最大風速の確率分布の仮定

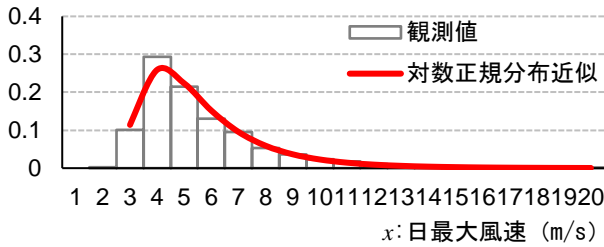
本節では、北川（2014）に倣って、洲本の 1970~1999 年における 6 月 1 日~9 月 17 日（109 日間）の日最大風速を基に検討する。今回は、適合する確率分布として対数正規分布（1）を考えた。

[対数正規分布]

$$f_{LN}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left\{-\frac{(\log x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (1)$$

ここで、 μ 、 σ は定数、 \log は自然対数を表す。

第2図には、過去の日最大風速の出現比率の棒グラフと対数正規分布の近似曲線を重ねて示した。この棒グラフは、観測された日最大風速 x を四捨五入した整数値とその出現比率の関係を表したものである。また、対数正規分布のグラフは $\mu = 1.120, \sigma = 0.595$ の $f_{LN}(x-2)$ に従う。本研究では「日最大風速の出現比率がこの対数正規分布に従う」と仮定して数値計算を行った。



第2図 日最大風速の確率分布
(棒グラフ：観測値，曲線：近似関数)

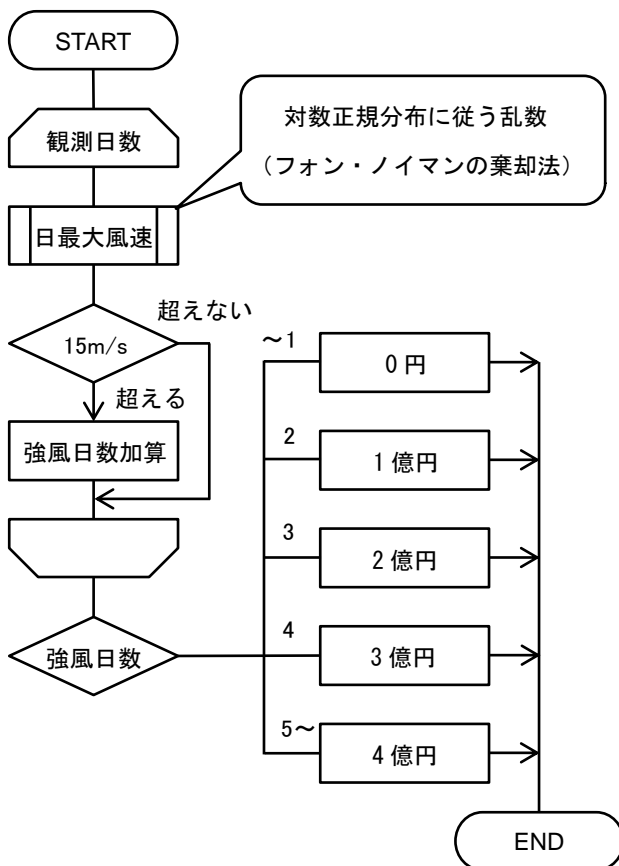
5. モンテカルロ法によるシミュレーション

支払額の期待値の計算はモンテカルロ法にて行う。すなわち，日最大風速を模した乱数を観測期間に渡って発生させ，そのCWDを評価するものである。

一般的に乱数は一様分布に従うが，本研究では対数正規分布(1)に従うものと仮定した。この確率分布に従う乱数の生成にはフォン・ノイマンの棄却法を使用した。

第3図には，支払額計算のフローチャートを示す。まず，日最大風速(乱数)が15m/sを超えるかどうかを判定し，超えた場合は強風日数を1ずつ加算する。この処理を観測期間の日数分(109回)だけ繰り返す。その後，得られた強風日数の値に応じて観測期間終了後の支払額を決定する。これが1観測期間分(1メンバー)の計算である。

本研究では，この一連の処理を1000メンバー分行い，各メンバーの支払額の平均値を求め，これを期待値とした。この結果，支払額の期待値は0.218億円であった。



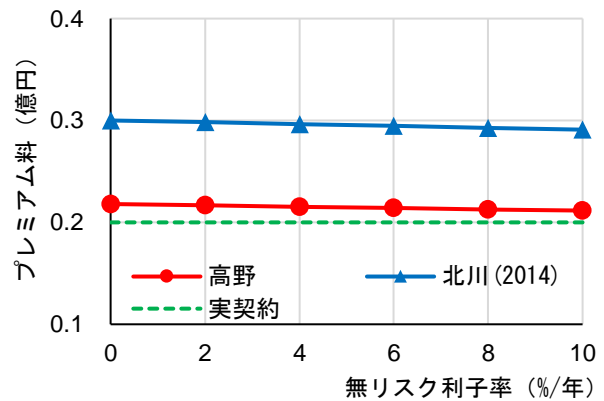
第3図 支払額計算のフローチャート(1メンバー)

6. プライシングの結果

前節 5.から得られる支払額の期待値にディスカウント・ファクターを乗じることでプレミアム料が求められる。

第4図には本研究，北川(2014)による Burning Cost 法，および実契約(第1表)のプレミアム料の比較を示す。実際のプレミアム料0.200億円に対し， $r=0$ におけるプレミアム料は，北川(2014)が0.300億円，本研究が0.218億円と価格評価に広がりが見られた。

Burning Cost 法は過去の観測データを直接用いるため，計算の根拠について信頼性がある。しかし，実際のプレミアム料は，確率分布適合法に基づく本研究の方が近かった。従って，第1表に示す契約のプライシングでは，何らかの形で確率分布適合法が用いられたものと推察できる。



第4図 プレミアム料の比較

7. おわりに

インデックスが対数正規分布で近似可能と仮定できる場合は，Black-Scholes の公式の適用が考えられる(例えば，高野 2017b)。しかし，この公式はそもそも天候デリバティブを想定したものではない。また，インデックスは必ずしも対数正規分布で近似できるとも限らない。

そこで本研究では，任意の確率分布に従うインデックスを想定し，実契約のプレミアム料に近い値を得ることができた。但し，この手法は実際の観測値を直接反映するものではなく，あくまで仮定の下での計算結果である。従って，現実問題に対し何処まで適用し得るか，議論の余地が残る。

また，今後は数値予報の発展に伴い，アンサンブル予報 GPV (将来の予測値) を直接用いた Burning Cost 法の実用化も考えられよう。株価などの金融資産とは異なり，気象要素はある程度予測が可能であるため，将来のリスクをより正確に評価できるようになるものと期待している。

8. 参考文献

- 土方 薫，2003：総論 天候デリバティブ．シグマベイスキャピタル，243pp.
- 北川徹哉，2014：淡路花博 2000 に導入された天候デリバティブについての一考察．第 23 回 風工学シンポジウム論文集，19-24.
- 高野哲夫，2017a：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，日本気象予報士会・第 9 回研究成果発表会.
- 高野哲夫，2017b：降水日数を指標とする天候デリバティブの価格付けに関する検討．天気，(64)，509-512.

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

日本気象予報士会 東海支部 大矢 康裕

1. はじめに

平地と違い山岳では、気温は標高とともに低下し、風も平地より強まる。そして平地よりも雲ができやすく、天気が悪いことが多い。平地とは異なる山岳での天気、気温、風などの山岳気象を把握し精度良く予測することは山岳遭難防止に繋がる最重要課題である。本研究では、このうちの山岳における気温についての解析を実施し、考察を行った。

2. 本研究の動機と目的

平地の天気予報では数値予報モデルの格子点値(GPV)において、地上(surface)の気温、気圧、風などの要素を参考にすることができる。しかし、山岳では数値予報モデルに使用される地形データの解像度が荒いため、地表面(surface)ではなく空中に浮かんだ気圧面の GPV の気象要素を参考にせざるを得ない。当初は GPV をそのまま使用して所属山岳部などの気象サポートを行っていたが、GPV と実況値の気温のずれが大きい時とほぼ一致する時があることに気付いた。このずれがどのような時に大きくなるのかを解析し、考察を行うことが本研究の目的である。

3. 解析方法

2008年12月から2011年12月まで、所属するデンソー山岳部、気象予報士会東海支部、気象予報士が所属する豊川山岳会などへの年間を通じた気象サポートの時に、各団体に要所ごとの気温の記録についての協力をお願いした。得られた60件の現地気温の報告に基づく山岳での気温の実況値と GSM(全球予報モデル)の GPV 解析値(FH=0)との比較を、改めて整理し解析を行った。解析を実施した季節ごとの事例数、山域、標高、卓越天気、時間帯、気温の報告が体感温度か温度計かの内訳は以下の通りである。温度計による報告例が少ないため、本解析では体感温度も積極的に採用している。また、風の実況報告があった事例については、解析を行う上での参考とした。(全報告は表7を参照)

表1 解析を実施した季節ごとの事例数(数字は月)

春(3~5)	夏(6~8)	秋(9~11)	冬(12~2)
15件	19件	16件	10件

表2 解析を実施した山域

北アルプス	中央・ハツ	南アルプス	その他
28件	5件	19件	8件

注: 中央・ハツは中央アルプスと八ヶ岳

図1 解析を実施した地点



表3 解析を実施した地点の標高

<1000m	<2000m	<3000m	≥3000m
3件	18件	33件	6件

表4 解析を実施した時の卓越天気

晴・快晴	曇	雨	雪	その他
39件	19件	1件	0件	1件

注:その他は地吹雪

表5 解析を実施した時間帯(日本時間)

3~7	8~11	12~17	18~21
17件	15件	24件	4件

表6 気温の報告内容

体感温度	温度計
44件	16件

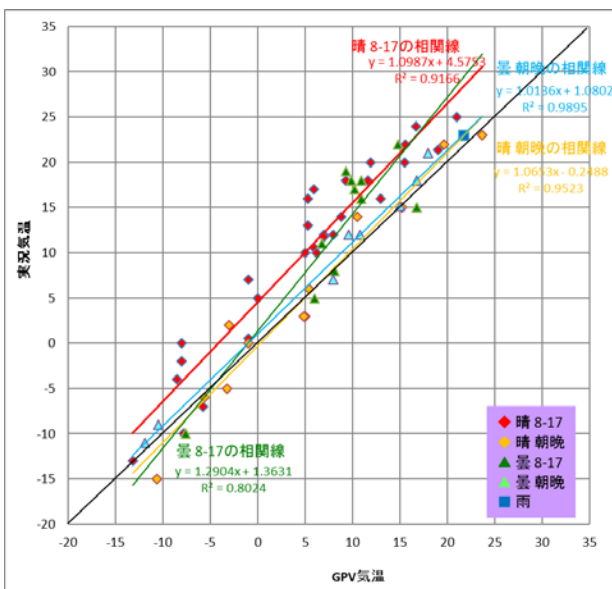
表7 全報告の一覧リスト

報告日	時刻	天候	緯度	経度	GPV 予報値			実況			備考	備考2
					GPV 予報値	実況	誤差	観測	実況	誤差		
2008/12/21	12時台	晴	35.01	140.30	12.5	11.0	-1.5	12.0	11.5	-0.5		
2008/12/21	12時台	晴	35.01	140.30	12.5	11.0	-1.5	12.0	11.5	-0.5		
2011/12/20	13時台	晴	35.01	140.30	12.5	11.0	-1.5	12.0	11.5	-0.5		

4. 解析結果

図2に時間帯と天気进行分类して、各サンプル集団の気温のGPV解析値と実況値の相関をまとめた。時間帯は早朝(3~7時台)、昼間(8~17時台)、夜間(18~21時台)に分類した。早朝を除いて午前と午後の差は認められなかったことと、早朝と夜間の差は認められなかったため、昼間(8~17時)と朝晩(8時以前と18時以降)に層別した。

図2 気温のGPV解析値と実況値との相関



5. 考察

Y(GPV 解析値)=X(実況値)との相関のずれが最も大きいのは晴・昼間(8~17時)の相関線で、曇・昼間

の相関線であり、晴・朝晩と曇・朝晩は Y=X の相関線とほぼ一致した。晴と曇の昼間の気温差は、日射による山岳地表面への加熱効果が原因と考えられる。風が強いと山岳地表面で暖められた空気が攪拌される効果が大いと考えられるため、図3に晴れの時の風速と、GPVと実況の気温差の相関を示す。予想通り風速が大きいほど気温差は小さくなっていった。

図3 晴の時の風速と、GPVと実況の気温差

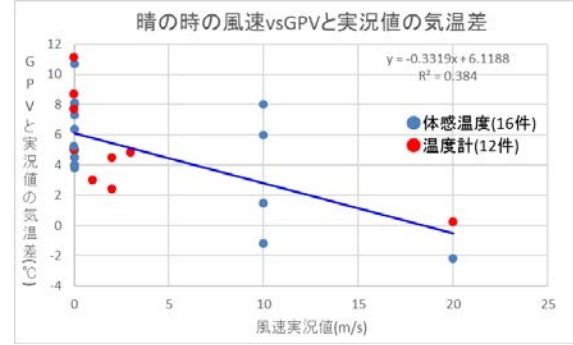


図3のように風が弱い時にはGPVと実況の気温差は約6°Cになることが分かった。GPVは空中の気温であり、実況値は山岳地表面の気温であることを考えると、この気温差が谷風を励起する要因になっていると考えられる。小倉義光先生の「メソ気象学の基礎理論」による海陸風の解析と同様に、谷風のスケールアナリシスを行うと、6°Cの気温差によって0.14m/sの上昇気流が励起されることが導かれる。これは実際に山岳エリアにおいて、目視で観察できる霧の上昇速度とオーダー的にほぼ整合している。

6. まとめ

- ①GPVと実況の気温差は、晴の昼間が最大。
- ②上記の原因は、日射による加熱効果と考える。
- ③弱風時はこの気温差によって谷風が励起される。
- ④スケールアナリシスによる谷風の上昇速度は、実際に観測される霧の上昇速度とほぼ整合する。

7. 今後の課題

このような解析の事例を今後も積み重ねて、山岳エリアにおける気温の予測の信頼度を上げていきたい。山岳による地形的な要因による気温への影響の把握も今後の課題である。

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）

日本気象予報士会 東海支部 大矢 康裕

1. はじめに

山岳における強風は、装備やウェアが改良され、気象情報も過去よりも遥かに充実している現在においても遭難事故の大きな要因となっている。強風による滑落や転落事故、低体温症、地吹雪となりホワイトアウトによる道迷いなど、多くの遭難事例がある。最近の大きな遭難事例は2009年7月のトムラウシ山での低体温症による8名の死者を出した事故が痛ましい。そして、山岳エリアでは強風の名所という場所が存在する。冒険家の植村直己さんが1984年2月に世界で初めて冬季の単独登頂を果たした直後に消息を絶った北米最高峰のマッキンリー（現 デナリ）の強風地帯であるデナリパス（峠）、日本でも八ヶ岳山系の硫黄岳や根石岳の強風が有名である。直近の2017年12月28日にも、根石岳付近で大阪のご夫婦が低体温症で亡くなられている。

2. 本研究の動機と目的

気象予報士の資格を取ってから約1年後の2008年年末に所属するデンソー山岳部の八ヶ岳における冬山合宿の気象サポートを行った。当時はまだPC研ツールに雲断面図がなく、地上、850hPa、500hPaのFAX図に基づいて予報を行った。初期時刻26日00ZのT=48の28日00Zの予想図における八ヶ岳付近の風は、地上で7~10m/s、850hPaで10~15m/s程度であったため、外挿して八ヶ岳付近の稜線(700hPa)で15~20m/sの風速であると予想した。

ところが、実際には28日正午頃には根石岳(2603m 図1)のすぐ南にあるコル付近(2550m)にて20m/sを超える強風が吹き、瞬間的には30m/sを超えると思われる突風が吹いて(図2)、前進不能となり出発点の夏沢峠まで撤退している(図3)。ピッケルやアイゼンで必死に身体を支えようとしたとしたが、強風にあおられて転倒したとの報告がメンバーからなされている。地上天気図では、八ヶ岳付近は冬型気圧配置が緩み始め、等圧線の間隔が開く予想であった(実況も同じ 図略)。

冒頭にも記したように、冬山に限らず山岳において強風の予想を外すことはまさに人命にかかわるため、この予想のずれの原因を解析し、考察を行うことが本研究の目的である。また、2008年12月28日の失敗の原因究明は10年越しの研究テーマでもある。

図1 根石岳の地形図(出典:国土地理院)

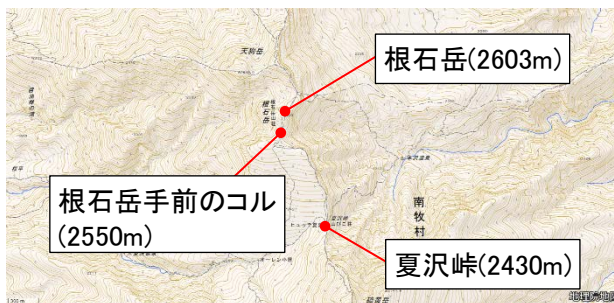
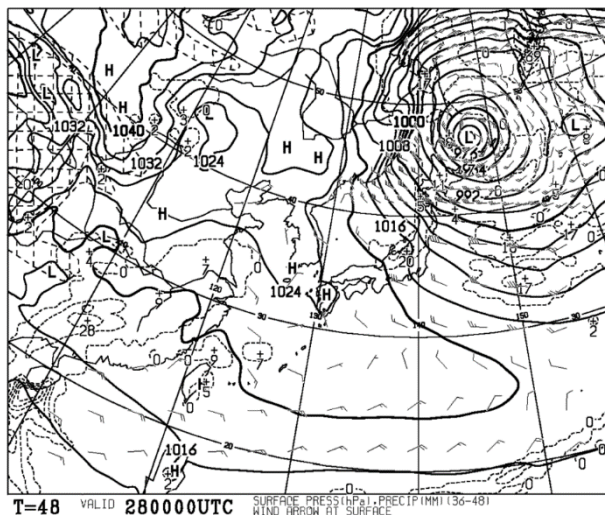


図2 強風が吹き荒れる根石岳手前のコル



図3 当日(2008.12.28 00z)の地上天気図



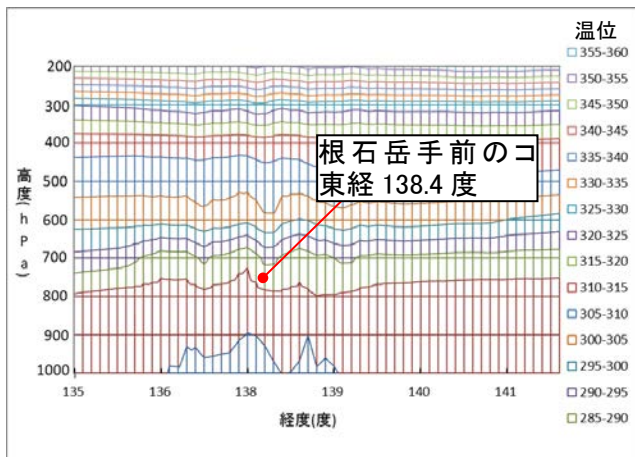
3. 解析方法

強風が吹いた2008年12月28日の03Zの気象庁によるMSM(メソ予報モデル)のGPV(格子点値)による解析を行った。GPVデータは、grib2.bin形式のファイルからwgrib2のコマンドを使用し、必要な要素を切り出して解析を実施した。

4. 解析結果

根石岳付近は800hPaまでは西風、700hPa以上では西北西の風であるが、近似的に東西方向の解析を行った。まず図4に根石岳のある北緯36度における東西方向の温位断面図を示す。根石岳手前のコル付近で温位の低下が上空まで見られる。風は等温位面に沿って吹くため、上空の強風が下りてきている可能性が示唆されている。

図4 北緯36度における温位断面図



そこで、図5に北緯36度における水平風速の西風成分断面図を示す。東経135度において640~690hPaにあった風速20~25m/sのエリアが、東経138度にかけて緩やかに下降して、根石岳手前のコル付近では700~770hPaまで急激に下降している。これは上空の強風が下りてきていることを示していると考えられる。実際にMSM解析値では700hPaで鉛直P速度+360hPa/hの強い下降流場になっていた。また、FXFE5784のT=48でも関東付近に+101hPa/hの700hPa鉛直P速度の極大が予想されていた(図略)。

次にMSMの根石岳手前のコルから約20km真西にある諏訪IC付近のエマグラム(GPVデータによる)を図6に示す。600~700hPaまで気温がほぼ一定の沈

降性の安定層が見られる。根石岳の約70km西側には穂高岳~乗鞍岳~御嶽山へと続く2500m級の稜線が連なる。もし、この稜線によって風下山岳波が発生した場合、山岳波はこの安定層を超え難いため、2550mのコルと安定層との間を山岳波が通過して突風率を増大させた可能性があると考えられる。また、コル地形によっても風が強まるのは言うまでもない

図5 北緯36度における西風成分断面図

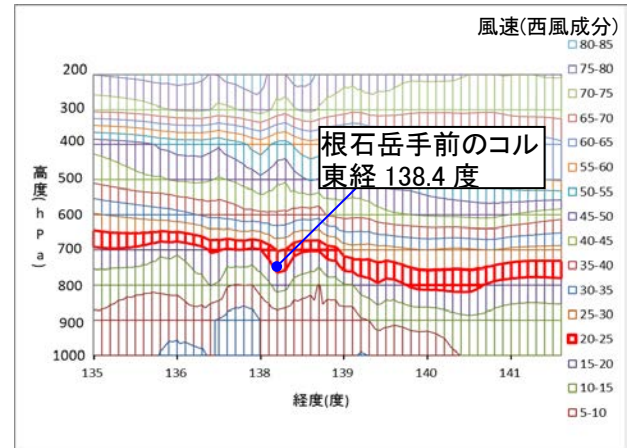
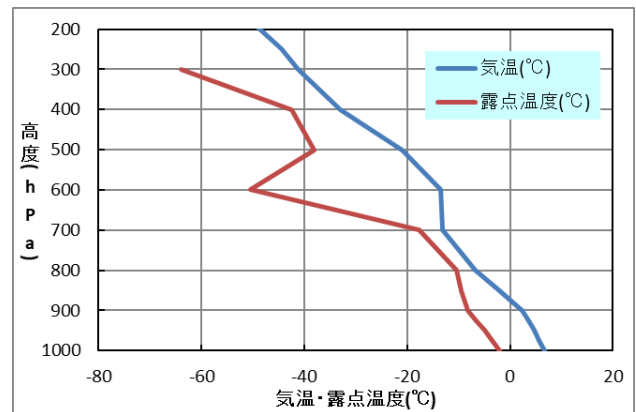


図6 諏訪ICにおけるエマグラム



6. まとめ

この事例で風が強まった要因は以下と推察する。

- ①地形要因に加えて上空の強風が下降してきたこと
- ②山岳波が突風率を強めたこと
- ③風上にある山が上記の山岳波を励起したこと

7. 今後の課題

今回推定した要因を事前に予測し、山岳での強風による遭難事故防止に繋げていくことが今後の課題である。更に解析事例を積み重ねていきたい。

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（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】

2018/9/4に台風21号（T1821）が四国・近畿地方を上陸、北上した。暴風で多数の家屋が損壊するとともに、高潮・高波による浸水による住宅被害も芦屋市等でも発生した（図1）。特に、神戸市東灘区・芦屋市では防潮堤内の住宅地でも浸水被害が発生している。地域住民から意見を聴く機会があり、気象情報をどのように利用すべきか関心が高いことが分かったため、利活用策考察を試みる。

【研究方法】

1. 神戸の潮位記録から、今回過去最高を記録した潮位上昇を踏まえ、今後想定される最大値を考察する。
2. 今回の浸水被害が潮位変動の影響だけによるのか、その他の要因の影響が大きいか考察する。
3. 今回の浸水被害を踏まえ、今後どのように防災気象情報を利活用すべきか考察する。

【研究成果の概要】

1. 今回の潮位上昇と今後想定される潮位最大値

神戸での潮位記録（気象庁WEB公表の1925年12月以降の毎正時標高値）を調べると、T1821は1925年以降の最高値190cm（図2）を記録した。（過去の最高値はT0416による2004/8/30の175cm）

また、気象庁の潮位表によると9/4 15:00の神戸の天文潮位は58cmだが、当日の満潮位は67cm（17:17）、2018年の最高となる満潮位は大潮（9/11）の106cmと推測されている。このため、台風接近が2時間程度遅れていれば潮位は199cmに、大潮の満潮時に接近していれば潮位は238cmに達するおそれがあった。

なお、天文潮位の影響を除いた潮位偏差に注目すると、T1821の最高値は132cmで、歴代7位にとどまる。過去最高175cmを記録した1964/9/25（T6420、図3）と比べると43cm低かったことになる。

このことから、神戸では起こりうる最高潮は281（=106+175）cmが一つの目安となる。

図1 T1821による神戸市・芦屋市の被災状況（国土交通省近畿地方整備局大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会第1回資料-5「各港湾管理者からの報告」4ページより）



図2 2018/9/4 神戸の潮位

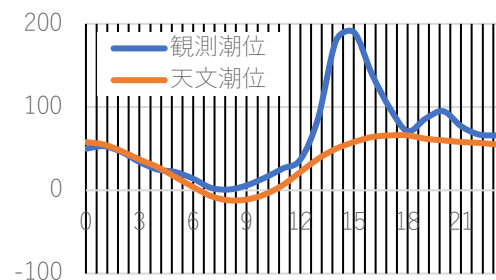
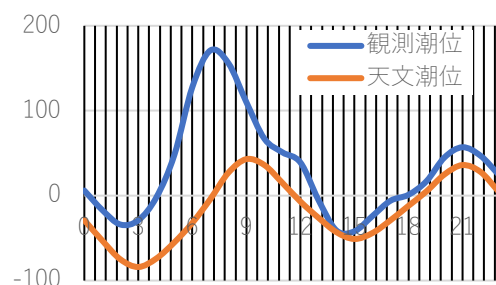


図3 1964/9/25 神戸の潮位



2. 今回の浸水発生の要因と考えられること

今回の潮位（瞬時値、標高）の最高値は、神戸港 233 cm（14:09）、西宮 323 cm（14:15）であった。これに対して、港湾の想定最大高潮は神戸港が 3.7m、阪神港（芦屋）が 4.35m となっている。このため、今回は潮位が施設設計上の想定値を超えておらず、他の要因で浸水が発生したと考えられる。

今回住宅地で浸水が見られた地域のうち、芦屋市南芦屋浜地区は護岸（高さ 5.0m）を超えて越水しており、高波による越波があったと考えられる。また、神戸市東灘区深江本町、芦屋市西蔵町・呉川町、では、氾濫した高橋川・呉川に堤防高が低い箇所があり、潮位上昇により、流域に降った雨が排水できなくなったことも要因と思われる。

このため、浸水については、高潮に加えて、高波、大雨（浸水）の影響も考慮する必要がある。

3. 今回の浸水被害を踏まえた、防災気象情報の利活用策

通常、気象庁では警報の発表は、MSM の予測値に基づき 3 時間単位を対象に発表される。T1821 は、9/3 の 12UTC の解析以降、中国東北部の寒冷渦が顕著となり、前面のトラフが深まり、本州接近時の台風の北上速度が高まった予測となった（図 4）。MSM をベースにした危険度予測では、台風の進路、速度が変化すると、格子点予想値からずれが大きくなることを意識する必要がある。

このことから、台風の接近に伴い危険性が高まる高潮、高波による被害を防ぐためには、台風情報をこまめに把握し、台風の進路（図 5）や速度が変化していないか注目することが必要と考える。特に、台風の勢力が衰えずに移動速度が高まっている場合、台風そのものの移動速度に相当する暴風が継続して吹くことに加え、うねりが湾の奥を直撃し高波が持続することを考慮すべきである。

また、地形の特性として、大阪湾の西側や播磨灘を台風が北上すると、六甲山系に台風に向かって吹き込む風がぶつかり、局地的な降水が発生する可能性が高い。このため、堤防高に余裕がない小規模な河川では、水位上昇が河口付近の潮位の高まりと相まって、内水の氾濫につながる可能性がある。ところが、この時点で既に暴風域内に入り屋外避難が困難な状況になることを考慮すると、標高 3メートル以下の住宅街においては、台風の最接近を待たずに避難行動を開始するような対応が必要となると考えられる。

【今後の課題等】

今回の考察では、台風の接近に伴う風向・風速の変化を考慮せずに潮位の観測結果等だけで検討を行った。今後は、アメダスの 10 分間値を解析するなど、より局地的な現象の理解に努めたい。

以上

（参考文献）

気象庁の高潮数値予測モデルについて（林原寛憲 2011、「天気」58 巻 3 号）

図 4 2018/9/4 00UTC の 500hpa 解析図（気象庁 AUPQ35 より）

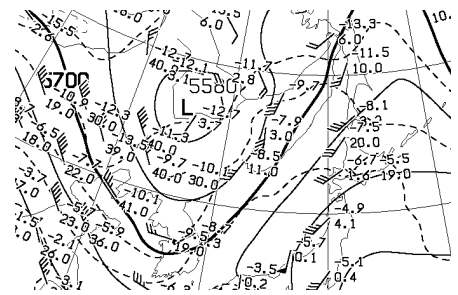
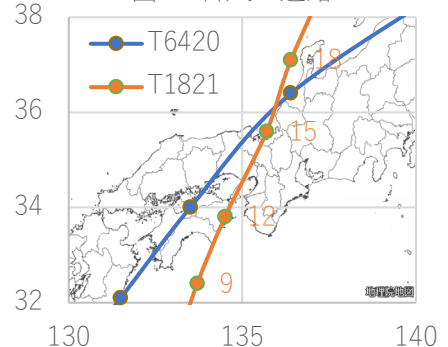


図 5 台風の進路



気象学と陰陽五行学の「相違」と「相似」についての考察

気象予報士登録番号 5084 小室善隆

「人間の病気の全ては六淫であり、全てが治せるのだ」と古文書には書いてあり、その「六淫」という中国古語を現代日本語に翻訳すると「気象病」と訳せる。そこで全ての病気が「気象病」であれば、「全ての病気を気象警報などで表現が出来るのではないかと私は考えた。今回の私のテーマは、その根拠となる東洋の陰陽五行学と西洋の気象学について、この2つの学問は東洋哲学とギリシャ哲学に関わり無く「この両者は相違の少ない学問、相似の科学である」事を考察したい。

西洋の気象学と東洋の陰陽五行学が別物だと考えている多くの方がいる。ギリシャ哲学派は東洋哲学派の「地面に棒を立てて影を」までを言うと「それは違う」と言い出して、そこから先へは「考察」を進めなくしてしまう。が、今日の私の考察はそこから始めたい。

西洋の気象学で言う通り、太陽の影の長さで計測する事は正しく無い、古人はそれに気付いていた。が、あえて修正しなかった。慌てて全てを修正する必要が無いと判断した。では、その正しくは無い方法から導き出された答えには本当に誤りがあるのか。少なくとも1年が365日と4分の1日である、と言う答えに誤りは無い。

地図帳には赤道が描かれ、一部の地球儀には黄道も描かれている。疑問はこの赤道と黄道が何であり、見かけ上の運動方向は東向きか、西向きか。

赤道は西向きに動く事になる。

それでは黄道の運動方向はどちらか。地球は公転しており、ここだけ天動説を採用すると、12星座の中を1年で1回りしている。北半球

から見ればその中を右から左へ動いている様に見える。その左へ動いている見掛け上の軌跡を地球の中心から眺めたとして、春分点をグリニッチに取り、地球表面に投影した線が黄道に相当し、地球の公転面になり、公転方向と同じ東向きに動いていると考える。

私はこの解答と解説が何処に記載されて、これを確認したのか。

この赤道と黄道の運動方向について、陰陽五行学の原典とも言われる「易経」の中に、赤道が自転面であり、黄道は公転面で、その角度は約23.4度、この違いが地球に季節を齎していると記載されていた。

ではその季節とは。温帯から極地にかけて、日本も含めて四季があると言う。では、本当に四季だけなのか。熱帯には雨季と乾季がある。日本の梅雨や秋雨は何なのか、やはり雨季でしょう。

陰陽五行学、この陰陽とは何を意味しているのか。五行とは何を意味しているのか。

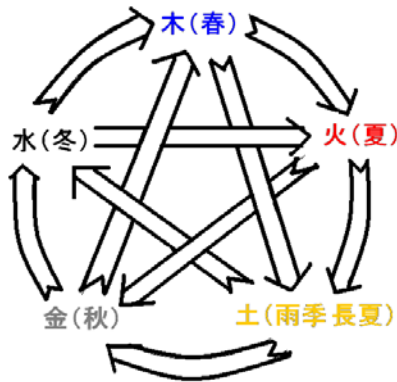
陰陽とは「変化する事、変化する物」と言う意味がある。

五行とは。では、アメダスで何を観測しているのか。知っての通り、温度、湿度、風向風速で、その他を観測している。また、気象衛星からどのような情報を得ているのか。

ここから五行要素に分けるとして、温度、湿度、風向風速をそれぞれ2値の状態に分ける。湿度は燥と湿に、気温は高と低に、風向風速は風のまま。

ここまでの結論として「陰陽五行学」と「気象学」は相似であると考察できる。では「相違」の部分は、用途が異なるだけだ、とも考察できる。

そこでその「相違」とする部分を考察すると、五行（気温(熱寒)、湿度(乾湿)、風向風速)の間の関係である、とも考察できる。



五角形の「木火土金水」

五角形の五行図の一回りは1年間を表し、右下の「土」を中央に置いての一回りは1日を表します。

そこで、春や風を緑の「木」に、夏や熱を燃える「火」に、梅雨時などの雨季を「土」に、秋や乾燥を「金」に、冬や寒を冷たい「水」にそれぞれを例えている。これらを纏めて「五行」と言い「木火土金水」と言う文字を割り当てる。これらが右外回りに循環している時は平穏である。また、右星回りに循環している時も乱調はあるが比較的平穏である。

つまり、「五行図」は熱寒乾湿風向風速を表すと同時に一日を、或いは一年間の季節の移り変わりをも表している。

では「水」と「火」の関係はどうか。水は火を消す事が出来る。が、火は水を蒸発させる事も出来る。

やはり気象学（物理学）と陰陽五行学の境界の線引きが出来ない。用途が異なるので全く同じだ、とは言えないが、やはり同じ科学学問なのである。

気象学と陰陽五行学の各要素について物理学、数学を考慮しながら相違と相似の考察を繰り返した。双方に存在する要素、気温は高低、湿度は湿燥、風は風。 πr^2 の円周率を含む面積の計算、二次関数、これらも双方に存在する。

そこで対象寸法も考察した。気象学は最小でも 10^3 より大きい。通常は 10^5 から 10^6 、場合によっては 10^7 まで考慮しなければならない。これに対して陰陽五行学は人間の大きさ、 10^0 であり、これよりも普通は小さく、 10^{-3} から 10^{-6} 、或いは 10^{-9} 〜 -12 位までを考えていた、と思える。

そしてある時傍と気付いた。先の「地面に棒を立てて影を」と言う反論である。陰陽五行学には三角関数が欠損している。今の所この三角関数の関係だけの違いしか考えられない。

対象寸法を考えると、西洋の気象学では「病機」（病気の誤りではない）の発症原因追究とその治療が出来ない、東洋の陰陽五行学では明日、明後日の天気予報が出来ないだけとしか考えられない。しかも、何処でも双方、陰陽五行学の風熱湿燥寒と、気象学の温度湿度風向風速の間の交錯が任意に、自由に出来、なおかつ混乱する事も無い。つまり、観ている対象が同じ「自然そのもの」だから、紫式部さんや清少納言さんが観ていた空模様なのです。

気象と鳥たちの生活 — 生物季節観測に親しむ

日本気象予報士会 関西支部 太田佳似

1. はじめに

昨年、京都府立農業大学校で、気象予報士により行なわれた気象学の半期6回の講義で、最終回の「暦(二十四節気)と動植物」と題された内容を担当した。暦の歴史と共に、植物や動物を通して、日本の季節変化を気象学の視点で捉える内容とし、実物を見せながらの講義とした所、生活に密着した事柄を通して気象学を学ぶ楽しさを多くの学生に実感して頂けた。

そこで、気象庁で長年行われている生物季節観測に選定された動植物の知識を、多くの気象予報士や気象台職員の方々と共に共有し、一般の方々に気象の知識を普及させる際の一助となることを目指して、今回は生物季節観測の対象となっている6種の鳥類を中心に、気象に影響される鳥たちの生活について述べたい。

2. 生物季節観測の鳥たち

気象庁による観測種目は、規定種目として、ウグイス(初鳴き)、ツバメ(初見)、ヒバリ(初鳴き)、モズ(初鳴き)の4種、選択種目として、カッコウ(初見)、サシバ(南下)の2種がある(第1図)。日本国内では、ウグイス、モズ、ヒバリは、主に留鳥、ツバメ、カッコウ、サシバは、主に夏鳥とされている。

(1) 留鳥と漂鳥 —ウグイスとモズの生活史—

但し、一年中見られる留鳥の中にも、移動する個体群がいたり(ヒヨドリ)、季節により異なる亜種となる鳥(ダイサギ)もいる。前者のような種は漂鳥と呼ばれる。

ウグイスとモズは、季節的に場所や標高を変える漂鳥で、第2図のような生活史を持つ。

(2) ウグイスそっくりなモズの鳴きまね

モズは「百舌鳥」とも表記されるが、実際、奈良県の里山で、13年間に、41種258例の鳴きまねが確認できた。雄から雌への求愛行動として春先に観察され、多くのレパトリーを持つ雄が雌に好まれるため、一時に6種もの鳴きまねを披露する個体もいた。中でもウグイスの鳴きまねは得意であり、ウグイスの初鳴きを観測する際には、他の鳥の声やモズのギチギチという自声に変化しないか、しばらく聞いて判断することが望ましい。勿論、鳴いている姿を確認できればなお良い。

(3) 山から海から分布を広げるイワツバメ、ヒメアマツバメ

イワツバメは、本州以南では、標高500~3000mの山地を中心に分布していたが、1970~80年代以降、都市部へ分布を拡大している。一方、ヒメアマツバメは、1960年代に、種子島、鎌倉市、高知市などで観察されるようになり、1967年に静岡市で初めて繁殖が確認されて以来、関東以南の太平洋側を中心に分布を拡大している。

いずれも観測種目のツバメとやや似ており、今後、識別に注意が必要と思われる(第3図)。



種名	尾羽	腰の色	腹部の色	喉の色	飛び方	地鳴き
ツバメ	深い燕尾	黒	白	赤	よく羽ばたき 上折り返し	チュピッ
イワツバメ	ほぼ角尾	白	白	白	よく羽ばたき 直線的	ジュリリリ...
ヒメアマツバメ	浅い燕尾	白	黒	白	時々小刻みに 羽ばたき 直線的	チリリリ...

第3図 ツバメ、イワツバメ、ヒメアマツバメの識別点

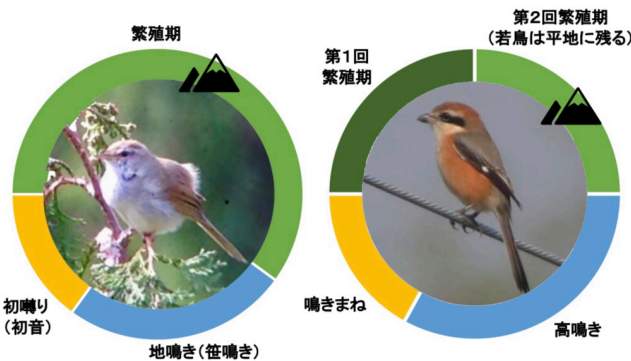
(4) 観測範囲が大幅に狭まったカッコウ、サシバ

カッコウの観測結果を見ると、1977年に旭川~松本(25地点)であった記録が、2003年頃から急減し、2017年には盛岡~宇都宮(8地点)に減少している。同様の傾向はサシバにも見られ、越冬地である南西諸島全域で記録されていたが、最近では石垣島、西表島のみとなっている。

観測結果は様々な研究に利用されている。昨年12月には気候変動適用法が施行され「重点的・継続的な生態系モニタリングを通して、科学的知見を充実させていく」ことの重要性が説かれている。今後、記録が減少している観測種目の原因究明と、早期の見直しが必要と思われる。



第1図 生物季節観測の観測種目の鳥たち



第2図 漂鳥としてのウグイス(左)とモズ(右)の生活史

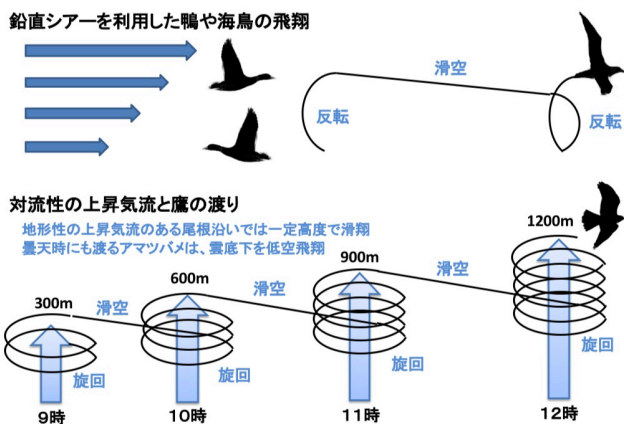
3. 気象現象の鳥の渡りへの影響

特に北半球では、多くの鳥たちが渡りを行なうため、気象現象の影響が非常に大きく、また逆にそれらを利用している鳥たちもいる。以下では、気象現象のスケールの小さなものから大きなものへと、その影響について述べる。

(1) 日変化の気象現象の影響

多くの鳥は夜間に渡ることが米国のレーダ観測から知られ、気流が安定し、体温が上昇し難いためと考えられている。殆どの種は、日没後に飛び立ち、夜半過ぎには渡りを終える。一方、ワシタカ類は昼間に渡り、上昇気流の発達に合わせて滑翔(旋回上昇)と滑空を繰り返し、午後の早いうちまでに渡る。羽ばたいて昼間に渡る鳥たちは、逆に飛行の妨げとなる上昇気流が発達する前の日出から午前中の早いうちに渡る。

上昇気流以外にも、鴨や海鳥は、風の鉛直シアーを利用し、向かい風の時は高度を下げ、追い風の時は高度を上げる。さらに、アホウドリなどは滑空で高度が下がると、反転上昇し、再び滑空を繰り返す(Paul Kerlinger, How Birds Migrate, Stackpole Books, 2008) (第4図)。



第4図 渡り鳥たちの様々な飛翔テクニック

(2) 総観スケールでの影響

日本産鳥類は、過去40年間に100種ほど増えているが、その多くは迷鳥である。今回、2002年から2012年の日本鳥学会誌の観察記録に掲載された45例について、気象現象との関連を調べた(第5図)。台風の眼に捕らえられた例の他、低気圧、寒冷前線、停滞前線、さらにシベリアな降雨、降雪、降雹等、その多くに気象現象との関連性が認められた。

月別では春の渡りの5月に最も迷鳥記録が多い(第6図)。遠く北米では、この時期、南米から800キロを超えるメキシコ湾を一気に渡る種も多いが、大西洋のアズレス高気圧のブロッキングによる南～南東の安定気流が恵みの風となっている。一方、東アジアでは、大陸東岸沿いを北上する際、次々と横切る低気圧等で、日本への迷鳥となるものが多く、春の渡りは厳しい条件となっていることが分かった。

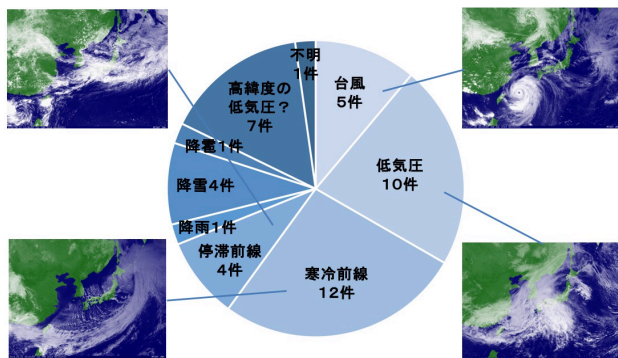
(3) 気候変動の影響

シベリア東端のペクルニイ湖沼群で繁殖するマガンは、冬は北海道から秋田県小友沼を経由して、宮城県伊豆沼で越冬する。しかし近年、伊豆沼での越冬期間が短縮し、個体数も減少している。逆に小友沼では1月の平均気温が氷点下とならず水面が凍結しないため、冬季でも採餌が可能となり、ここを越冬地とするマガンが増えている。

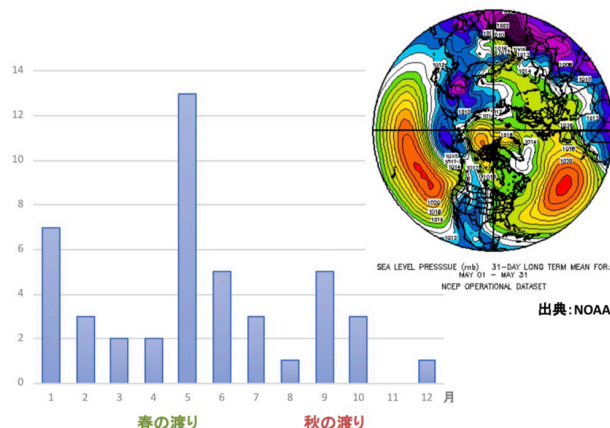
ヨーロッパでは、南フィンランドの気温が1980～2010年までに3.8度上昇し、キンクロハジロ、カワアイサ、ホオジロガモの越冬地が北上している(Global Change Biology, 19, 7, 2071 (2013))。また、オランダで繁殖するマダラヒタキは、温暖化の影響で、餌となる昆虫の発生時期が早まって繁殖期とずれてしまったために、個体数が90%も減少した地域が出ている(Nature 441, 7089 (2006))。

4. まとめ

冒頭で述べた情報共有の観点から、昨年より関西懇話会や京都部会で話題提供を行った所、多くの方々に興味を持って頂き、京都地方気象台や奈良地方気象台での資料回覧、大阪管区時報でご紹介頂くなど、少なからぬ反響があった。また、鳥類研究者の方からも、鳥と気象についての定量的な考察を共同で進めたいとのありがたい申し出を受けた。今後も、気象予報士の立場から、私たちの生活と結び付いた生態系モニタリングを通して、気象情報の普及に努めていきたい。



第5図 迷鳥の原因となる気象現象



第6図 迷鳥の月別記録数(左)と5月の北半球月平均海面気圧(右)

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」～

日本気象予報士会 広島県支部 山内 雅志

1. はじめに

平成 30 年 7 月豪雨により西日本各地で甚大な被害が出たことは記憶に新しいが、気象警報の理解不足や避難意識の欠如などの内容が紙面を賑わすなど、気象に対する理解や防災への意識の向上が依然として課題であることが改めて浮き彫りとなった。

一方、一般市民の気象の理解促進に向けた取り組みとして、お天気教室や防災訓練等のイベントは全国各地で実施されているところであるが、気象に興味のない方にも多く来てもらえるような企画作りが求められている。

上記の状況を踏まえ、一般市民の方が気象に接する機会をより多く創出するために、気象と他分野との新たなコラボレーションによる文化の融合を提唱したい。自身としては、気象予報士になる前から取り組んできた音楽に着目し、「気象」×「音楽」という新たな文化の融合により、音楽に興味を持つ方が気象に接する機会を持てるよう取り組むこととした。

2. 「気象」×「音楽」について

気象と音楽の関係について研究する取り組みは、これまでも実施されてこなかったわけではない。気象そのものの中に音を伴う現象が多数存在すること、また、音楽においても気象そのものを表現した楽曲が多数存在することを考えると、むしろ気象と音楽の関連への着目は自然な流れであるとも言えるだろう。実際、作曲の背景にある気象要素を読み解く研究や、教育現場において気象と音楽とを連携させた授業実践を行うなど、多くの取り組みが行われている。

防災力向上に向け「気象知識の教育・普及」を活動の一つとする気象予報士会に属している自身の役割として、気象と音楽の関わりを実際に目に見える形にし、一般市民の方に触れていただけるようにすることで、音楽という新たな切り口から気象に触れていただく機会を提供することを目指した。音楽という他文化から気象に

触れていただくことで、新たな興味の喚起につながるとともに、これまでも広く行われてきたお天気教室や防災イベント等の気象・防災普及活動の幅をさらに広げることができると考えたからである。

3. コンサート形式としての「気象」×「音楽」の実践

「1. はじめに」で述べた「気象」×「音楽」の文化の融合として、気象に関連する曲をプログラムとして取り入れたコンサートを江波山気象館と共催で実施した。

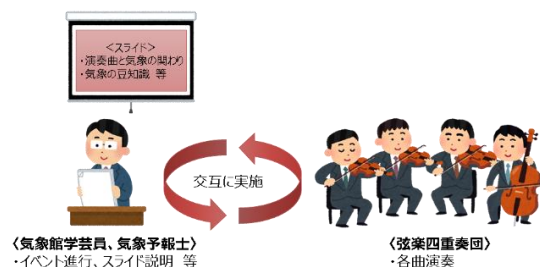


図1：コンサート実施イメージ

コンサートの詳細は以下のとおりである。

<お天気おしゃべり音楽会 ～弦楽四重奏の調べ～>

【日時】2018年11月23日(金・祝)

【場所】江波山気象館(広島県広島市中区)

【公演時間】(1)10:45～12:00 (2)14:00～15:15

【演奏者】ヴァイオリン：山根啓太郎、川畑美津代

ヴィオラ：増田喜代 チェロ：熊澤雅樹

【プログラム】計8曲。曲目は以下のとおり。(※1)

1. ビバルディ「冬」より第2楽章

2. ビバルディ「春」より第1楽章

3. 久石譲 風のとおり道

4. ハイドン「雲がゆくまで待とう」より第1楽章

5. ショパン 雨だれ

6. 北川悠仁/佐藤和哉 雨のち晴レルヤ

7. ハロルド・アーレン Over the Rainbow

8. ヨハン・シュトラウス2世 雷鳴と稲妻

※1 平成30年7月豪雨の復興への祈りを込め、特別曲として冒頭で菅野よう子作曲「花は咲く」を演奏

【入場料】無 ※江波山気象館の入館料は必要

本プログラムの構成は、最初の2曲は季節に関する曲、その後は気象要素が発生する順番(風⇒(風のシアにより発生する)雲⇒雨⇒晴れ⇒虹)で曲を構成し、音楽を聴きながら気象の流れを理解していただくような仕掛けとした。また、最後は、雷に関する曲でコンサートを盛り上げて終了とした。

また、進行にあたっては、気象関連の解説と音楽演奏の時間をおおよそ同じ配分としながら、演奏⇒解説の繰り返しでコンサートを進行した。

4. コンサートの実施結果

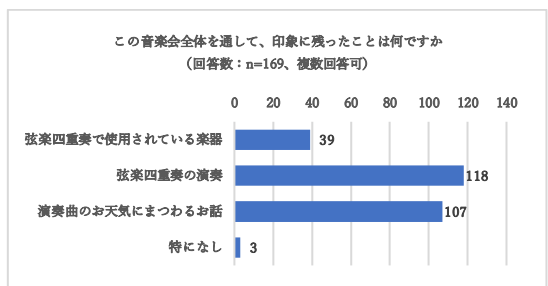
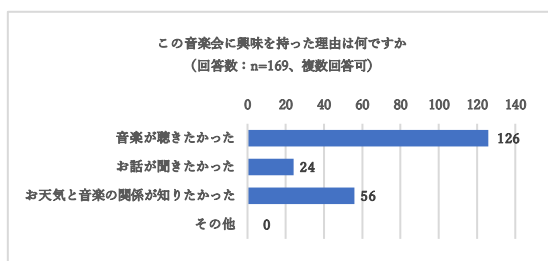
コンサートの実施結果は以下のとおりである。

【お客様数】

1回目:197名 2回目:190名 計:387名

【アンケート実施結果】

本コンサートにおいてはアンケートを実施し、「この音楽会に興味を持った理由」と「催し全体を通して印象に残ったこと」の両項目を確認することにより、気象への興味がどの程度喚起されたかについて確認を実施した。



「この音楽会に興味を持った理由は何ですか」の間に

対して、「お話が聴きたかった」を選択したのは回答者169名のうち24名(約14%)のみであり、大半の方が音楽に絡む選択肢を選んだことから、本コンサートに対しては「気象」ではなく「音楽」を期待して来られたお客様が大半であったことが分かる。一方で、「この音楽会全体を通して、印象に残ったことは何ですか」の間に対して、169名のうち107名(約63%)の方が「演奏曲のお天気にまつわるお話」を選択しており、楽曲の中に隠れた気象要素の解説が新たな気象への興味の喚起につながったのではないかと考えられる。



図 2:11/23「お天気おしゃべり音楽会」実施模様

5. まとめと今後の展望

「気象」と「音楽」のコラボレーションによる気象への新たな興味の喚起につなげるため、気象要素を含んだ楽曲をプログラムとしたコンサートを実施した。

2019年3月には、島根県松江市でも同様のコンサートを予定しており、広島での実施結果をふまえ、さらなる気象への興味の喚起を図っていく。また、助成金を活用した音楽イベントの企画など、運営面でも新たな実施方法を模索していく予定である。

6. 参考文献

・加藤内藏進・加藤晴子・逸見学伸 2009

日本の春の季節進行と季節感を切り口とする気象と音楽との連携 一小学校での授業実践一 天気 56(4), 203-216

・股野宏志(2000) 気象と音楽と詩 成山堂書店

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— 関西支部（京都） 滋野哲秀

1 雷による災害

気象庁のデータによれば、「2005～2017年の12年間で気象官署から報告のあった落雷害の数は、1,540件で、落雷害のうち約30%（468件）が8月に集中し、発生地域の特徴は、太平洋側で約65%、日本海側約35%が発生しており、月別では4～10月は太平洋側で多く、11～3月は日本海側で多い」ことが示されている。（図1）

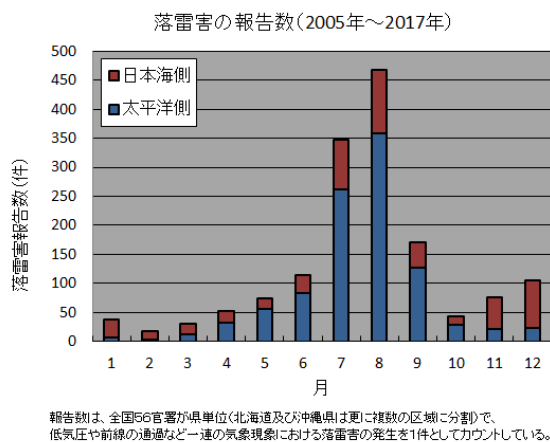


図1 落雷害の報告数 気象庁HPより転載

また、三隅（2014）は平成22年度版の警察白書を引用し「雷による災害は平成17（2005）年から21（2009）年の5年間で986件発生していて死者は14名、負傷者は50名出ています」と述べている。ところで、2010年以降は、なぜか警察白書から落雷事故の項目はなくなっている。

2 教養教育における学生の雷に関する理解

筆者が担当する授業は教職課程の授業が中心であるため、教員を目指す学生には防災に関する知識を学んでおく必要があるため、必ず気象防災の内容を教材化している。気象庁の「急な大雨や雷・竜巻から身を守るために」を視聴し感想を書かせると、雷についての理解が不十分なことがわかってきた。

例えば、「ピカッと光ってから音がするまでに10秒かかった。この場合すでに危険なところにいる」と認識できている学生は少なく、「このビデオ

をみて、雷の怖さがわかった」と感想を書く学生が非常に多いことがわかった。そこで、小学校から高等学校までの教科書を調べてみると教科書に雷を教えるところはほとんどない。気象分野で積乱雲に伴う雷雨が発生することは記述していても雷災害は扱われていない。（教員に知識があれば扱っている可能性はある）雷の写真が教科書に出てくるのは、静電気のところである。教職大学院で学ぶ現職教員に聞いたところ、おそらく教員は雷の詳しい説明はしていないと想像される。さらに、大人が間違った雷の知識を子どもに教えているのではないかと、それが繰り返されているのではという仮説が考えられる。

こうした状況から、中学生、高校生の雷に関する認識を把握するため2018年7月～9月にアンケート調査を実施した。また、教養教育科目を受講している大学生にも同じアンケートを実施した。

3 雷に関する中学生・高校生のアンケート調査結果

アンケート項目は10個で、日本大気電気学会「雷から身を守るには—安全対策 Q&A—改訂版」2001 をもとに筆者が作成した。

アンケートの回答数は、下記のとおりである。

中学生 280人、高校生 760人（大学生）

また、アンケートの内容は、以下①～⑩で、回答は2択式とした。

① ピカッと光ってから10秒後にゴロゴロという音が聞こえた。まだ、時折、日が差して明るく雨は降っていない。

(ア) 落雷のあった場所は遠いから、しばらくは大丈夫だ。 **誤答 43.5%**

(イ) いつ落雷が起こるかわからない危険な状況である。

② 稲光が光っており、ゴロゴロと雷鳴が聞こえはじめ、雨がポツポツと降り出した。近くに建物はない。

(ア) 積乱雲の雨はすぐやむ。近くに建物がない

から木の下で雨宿りする。誤答 7%

(イ) 木の下は危険なので平地の低い場所へ移動し、姿勢を低くする。

③ 空が暗くなり、ゴロゴロと雷の音が聞こえはじめた。

(ア) 身体につけている金属を外し、身体から遠ざけたりすると金属を身に付けているより安全である。誤答 67.6%

(イ) 人間の身体はそもそも電流を通しやすいので、金属を付けている場合と外した場合、ほとんど変わりはない。

④ 海で泳いでいるとき、ゴロゴロという雷鳴が聞こえはじめた。

(ア) すぐに、建物内に入り、濡れた身体を乾かす。

(イ) 水中には、落雷しないのであわてなくてもよい。誤答 5.8%

⑤ グラウンドで運動会の最中にゴロゴロと雷鳴が聞こえはじめ、雨がポツポツと降りはじめた。グラウンドには多数のテントが設置してある。

(ア) テントの中は比較的安全である。

誤答 15.9%

(イ) 雨はあたらぬが校舎の外は危ない。

⑥ 高層建築、鉄塔、煙突、クレーン、鉄線の側(そば)は安全ですか。

(ア) 高さ5m以上、30m以下の高い物体があればつぺんを45度の角度で見上げる範囲でその物体から4m以上離れたところで足をそろえて、しゃがんでいれば比較的安全である。

(イ) 高さ5m以下の物体の近くは比較的安全である。誤答 33.6%

⑦ ゴロゴロと雷鳴が聞こえはじめたとき、ゴム長靴をはき、レインコートを着てフードをかぶっていれば安全ですか。

(ア) 安全である 誤答 24.8%

(イ) 安全ではない

⑧ 飛行機が雷にうたれると乗客・乗員は安全ですか

(ア) 安全である

(イ) 危険である。誤答 63.1%

⑨ 道路に沿ってコンクリートの電柱があり、配電線が電柱から電柱に張られている。

(ア) コンクリートの電柱のそばや電線の下は、かなり安全である。

(イ) コンクリートの電柱のそばや電線の下は

危険である。誤答 84.1%

⑩ 傘、バット、テニスラケット、ゴルフクラブ、釣り竿など長いものを持っているとき雷鳴が聞こえたらどうするのが良いでしょう。

(ア) 傘はささず、長い物体は手放したほうがよい

(イ) 手放さなくてもほとんど影響はない

誤答 19.0%

アンケートから判明した雷に関する理解度は、中学生・高校生ほぼ同じであることがわかった。その後実施した大学生の理解度もほぼ同じ状況であることがわかった。大人の調査も実施予定。

4 雷についての学習

雷は誰もが恐ろしいと感じているはずである。学校教育の早い段階で1度は、雷に関する正しい知識を学んでおく必要がある。その教材として気象庁の「急な大雨や雷・竜巻から身を守るために」、日本赤十字社「青少年赤十字防災教育プログラム まもるいのち ひろめるぼうさい 小学校、中・高等学校用」2015 はわかりやすい。

さらに、ステップリーダーの動画を見せて落雷の様子を学ぶことも誤認識を改善するためには有効であり、圧電素子を用いた雷実験やバンデグラフ等を用いた静電気の学習で、人間の身体は良導体であることを学ぶことも重要である。

学習後の現職教員(野球の指導者)の感想:「ステップリーダーの動画を見てぞっとした」、大学生の感想:(高校の部活の顧問が、ゴロゴロ音が聞こえていても)「まだ大丈夫や」と言っていた。いま振り返ると怖ろしい、「(圧電素子の実験をして)人間の身体がこれだけ電気を通しやすいとは思っていなかった」「冬の雷も怖い」と答えている。

6 引用・参考文献

菊池勝弘「雪と雷の世界」 成山堂 2009

気象庁ホームページ「知識・解説 『雷』」

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/toppuu/thunder1-4.html>

三隅良平「気象災害を科学する」 ペレ出版 2014

日本赤十字社 「青少年赤十字防災教育プログラム まもるいのち ひろめるぼうさい」 2015

日本大気電気学会「雷から身を守るには—安全対策 Q&A—改訂版」 2001

高橋勲「雷の科学」 東京大学出版会 2009

水蒸気と二酸化炭素を用いた温室効果実験教材

関隆則（日本気象予報士会・千葉支部）

1. はじめに

従来、中学生や高校生を対象にした温室効果に関する実験では二酸化炭素を用いることが多かった。しかし実際の大气においては水蒸気の働きが主であることから、水蒸気と二酸化炭素を比較する実験、教材化を検討する。実験方法は光音響効果を使って、温室効果気体の赤外線吸収・放射の波形を再現性良く観測する。また講義用の資料として、生徒の主體的な参加に役立つクイズ、ワークシートなどを提案する。

2. 実験装置

図1に実験装置の構成を示す。赤外線を比較的よく透過するポリエチレン容器(350cc)は予めシリカゲルで除湿し、実験時点で注射器で水蒸気などを計量して注入する。赤外線吸収実験ではヒータからの赤外線をシャッターで断続して照射すると容器内の気圧がシャッターに同期して変化する事から吸収を確認できる。また赤外線放射実験では熱源を氷水に替えることで、容器内から放射される赤外線がシャッターで断続された時の気圧変化から放射を確認できる。シャッターの開閉角度を違えることで波形とシャッターの関係が解る。断続した赤外線が気圧が変化することは光音響効果として知られている。図2はヒータを熱源にした外観である。波形データは20データ(20mms)の移動平均を行っている。

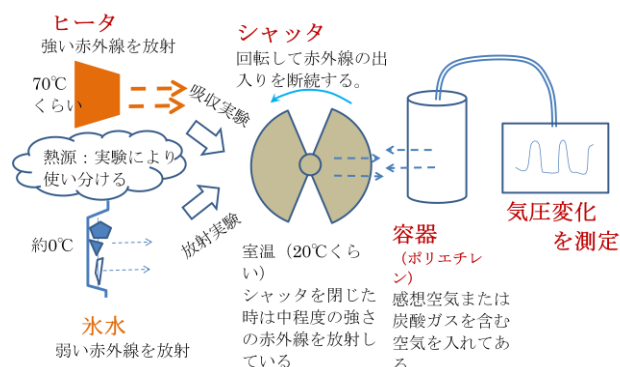


図1 実験装置の構成

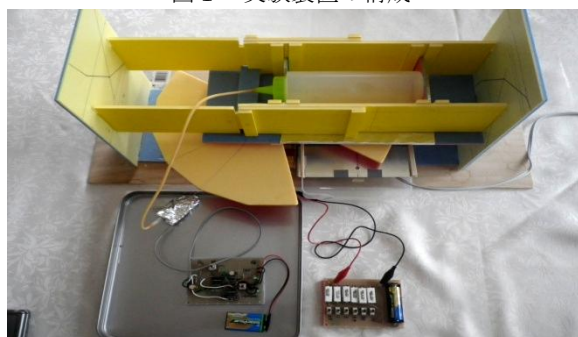


図2 実験装置の外観

2. 実験の結果

(1) 水蒸気と二酸化炭素の吸収実験

図3、図4は熱源に約70℃のヒータを使用し、水蒸気は飽和状態の120cc(23.6℃)を容器に注入、二酸化炭素は35cc

を容器に注入して、それぞれ気圧変化波形を測定。表1に水蒸気と二酸化炭素の気圧変化を比較すると、水蒸気は飽和水蒸気圧の制限から気圧波形の振幅は小さいが、3.5cc当りに換算すると二酸化炭素より大きい気圧変化となる。

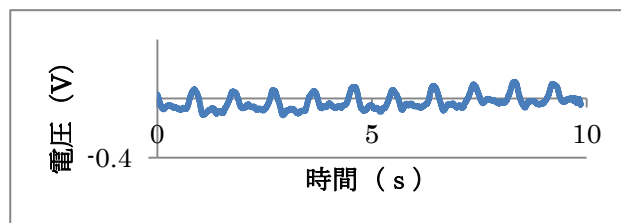


図3 熱源をヒータ、水蒸気の吸収による気圧変化

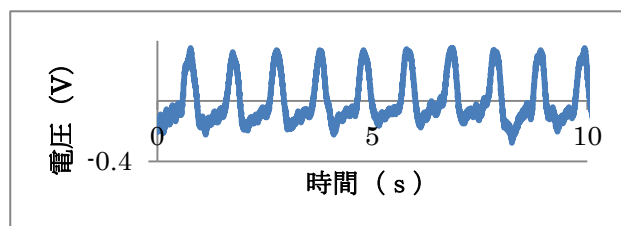


図4 熱源をヒータ、CO₂の吸収による気圧変化

表1 水蒸気とCO₂の吸収量比較

	容器内の体積	吸収波形の振幅	3.5cc当りの振幅
水蒸気	3.45cc *1	0.13V	0.13V
CO ₂	35cc	0.5V	0.05V

*1: 水蒸気の体積の計算 実験時の気温: 23.6℃、飽和蒸気圧: 29.1hPa、注入量: 120cc
 $120 \times 29.1 / 1013 = 3.45\text{cc}$

(2) 水蒸気と二酸化炭素の放射実験

図5、図6は熱源に氷水に替え、水蒸気と二酸化炭素を注入して気圧変化を測定。放射によって波形が反転することが確認できた。

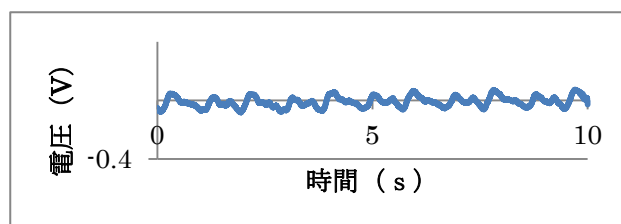


図5 熱源を氷水、水蒸気からの放射による気圧変化

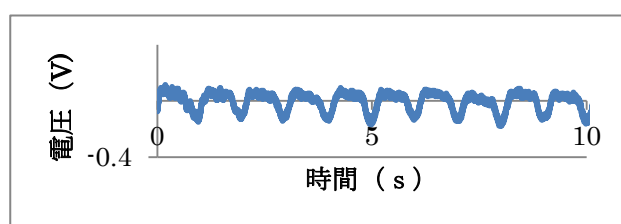


図6 熱源を氷水、CO₂からの放射による気圧変化

3. 実験のまとめ

- ・二酸化炭素と水蒸気の赤外線を吸収は再現性良く示すことができた。
- ・水蒸気の赤外線放射については今回の水蒸気量では波形の再現性が不十分であった。

4. 実験教室の進行、ワークシートなどの提案

項目と時間配分を図7に示す。生徒にも説明する。

- (1) 当日の教室進行のお願いを説明(図7)
- (2) 講義・・温室効果、熱力学の解説(図8、図9)
- (3) 生徒同士のコミュニケーション(図10)
- (4) 実験の説明、生徒の課題役割決定(図11)
- (5) 実験
- (6) 結果の集計、生徒の検討(図12)
- (7) まとめ(Q&A)

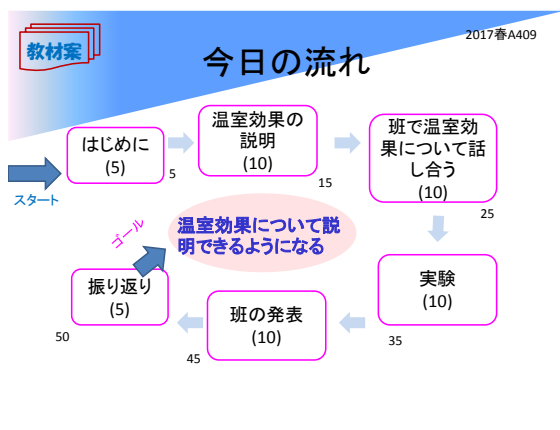


図7 当日の教室進行の説明

空気成分と性質

成分	体積%	変化の仕方	熱の伝わり方
窒素 N ₂	78%	ほぼ一定	地面や他の空気分子との接触
酸素 O ₂	21%		
アルゴン Ar	1%		
二酸化炭素 CO ₂	0.03%	年々増加	接触の他、赤外線の吸収、放射
水蒸気 H ₂ O	0.1~4%	天気によって変化	

温室効果に関係

図8 温室効果気体の位置づけの説明

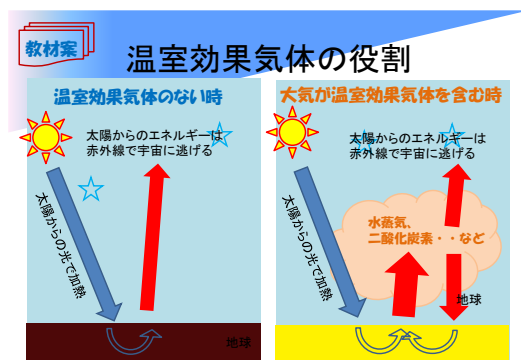


図9 温室効果における赤外線吸収と放射の説明

解った事を班で話し合ひましょう。

次の間から、班の中で、各自一つを選んで、説明し合つて下さい。うまい説明に関心！しましょう。

Q1:温室効果気体にはどんなものがあるか。
 Q2:温室効果気体の働きはなにか。
 Q3:大気中の二酸化炭素はどんな時に増えるか。
 Q4:空気は暖めると気圧、温度はどう変化するか。
 Q5:空気を暖めるのに、どんな方法があるか。

自分の説明(Q0についての)メモ 氏名

図10 生徒のコミュニケーションを助けるクイズ

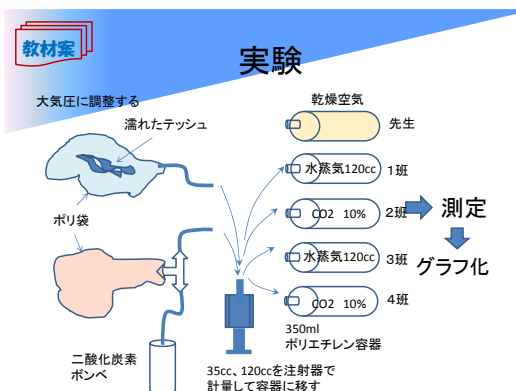


図11 実験の説明

実験項目の分担とグラフを見ての解説、感想

	先生	1班	2班	3班	4班
気体の種類	乾燥空気	水蒸気 120cc	CO2 10%	水蒸気 120cc	CO2 10%
熱源	ヒータ	ヒータ	ヒータ	氷水	氷水
波形の振幅(V)					

グラフ化、各班のデータを配置する。
班ごとにグラフを検討、感想を発表して下さい

図12 実験結果の検討

5. まとめと今後の課題

- ・水蒸気と二酸化炭素は同様に温室効果に関与していることを実験で示せた。
- ・水蒸気と二酸化炭素について、それぞれ実現容易な条件で実験を見せると水蒸気の温室効果が小さいように印象を与える危険性がある。講義方法の工夫が必要である。
- ・気圧変化の感度を校正。

6. 参考文献

日本気象学会 2015 秋季大会 P102 関隆則
 日本気象学会 2016 春季大会 D106 関隆則
 日本気象学会 2018 秋季大会 P314 関隆則

寺田寅彦の気象分野への影響をたどる

林 穂積 (気象予報士)

はじめに

寺田寅彦 (以下、寅彦) の随筆、論文のテーマを時系列的に整理し、また門下生の動向を調べながら、寅彦の気象分野への影響をたどった。そのなかで、寅彦から大きな影響を受けた藤原咲平 (以下、咲平) の渦動論の一端を知ることになった。寅彦、咲平とも、科学の方法の基盤を物理学におきつつ、その思索は、気象やそれを含む地球物理学に限ることなく、生物現象、社会現象にまで及んでいる。こうした寅彦の気象分野への影響をたどる作業において、科学的な考え方とは何かということについても考える機会を得ることができた。

* 寺田寅彦 (1878年～1935年)

東京帝国大学理科大学実験物理学科 1903年卒
東京帝国大学理学部教授、航空研究所所員兼務、
地震研究所所員兼務、理化学研究所研究員兼務

* 藤原咲平 (1884年～1950年)

東京帝国大学理科大学理論物理学科 1909年卒
第五代中央気象台長、東京帝国大学理学部教授も兼務、戦後公職追放

1. 中谷宇吉郎集を読む

気象予報士として、気象の理解をより深めるために、気象を研究した自然科学者の考え方に触れたいと考えていたところ、たまたま近くの公立図書館に人工雪の製作に世界で初めて成功した中谷宇吉郎 (以下、宇吉郎) の全集『中谷宇吉郎集全8巻』が揃っていたので、これを読むことにした。

* 中谷宇吉郎 (1900年～1962年)

東京帝国大学理学部物理学科 1925年卒
理化学研究所、北海道帝国大学、戦後渡米して研究
宇吉郎集には、真冬の十勝岳の山小屋での天然の雪の結晶の撮影の苦労などを綴った「雪の十勝 — 雪の研究の生活」、大学の実験室での人工雪製作までのプロセスが綴られた「雪を作る話」などの随筆が収められており、自然に立ち向かう自然科学者の考え方に触れることができたが、一番印象に残ったのは、随筆によく登場する東京帝国大学の恩師寅彦。

2. 寅彦を知る

宇吉郎の随筆「先生をめぐる話」の中で、1923年暮れ宇吉郎が学生るとき寅彦から聞いた話として、「僕はこう見えても科学普及ということにもかなり自信を持っているんだ。僕は科学的に考える方法というものを、日常の生活に取り入れることをかなり注意して書いているつもりなんだ。」と話したことを紹介。寅彦のいう“科学的に考える方法”に触れたいため、宇吉郎集を読み終えた後、寅彦の随筆集や、寅彦に関連する本を手あたり次第読みはじめた。

そして、寅彦の随筆「神話と地球物理学」を読んで、日本神話の古事記を地球物理学の眼を通して論考していて驚いた。また、論文「生物と割れ目」では、自分の家で飼っている黒の斑がある猫を観察している場面があり、自分の家で飼っている猫の斑の観察から、細胞の分裂を論じている。寅彦はここでは論じていないが、猫の斑から大陸の分裂をも想像させ、私が今まで経験したことのない世界観に驚かされた。

3. 寅彦の経歴等、論文発表・講演等、随筆等を整理

寅彦の随筆等の内容が、自然現象に関すること、家族のこと、趣味のこと、病気のことなど多岐にわたっていることから、随筆等が書かれた時代背景及び気象分野への寅彦の足跡等を把握する目的で、主に矢島祐利著『寺田寅彦』(引用文献①)をもとに、年代ごとに、経歴等、論文発表・講演等、随筆等に区分して整理。

(1) 気象分野との出会い

寅彦は大学の講師をしていた1907年10月農商務省から農事試験場における種芸に関する試験を委嘱されている。咲平は、「先生(寅彦)の気象学は西ヶ原から始まった。安藤廣太郎博士によると、1906年関東に異常な大降霜(こうそう)があり、その善後処理として、農事試験場、蚕業(さんぎょう)講習所、中央気象台及び各測候所の協議会となり、西ヶ原農事試験場において凍害予防の研究が開始せられ、岡田(武松)現気象台長の推薦により寺田先生が農事試験場嘱託となった。(略)毎週1回岡田博士と顔を合せている中いつの間にか気象畑へ引き込まれたものと見える。」(引用文献②)と述べている。

* 岡田武松 (1874年～1956年)

東京帝国大学理科大学物理学科 1899年卒
第四代中央気象台長

その後の岡田武松(以下、武松)と寅彦の関係について、元気象庁職員の須田灌雄は、「彼らは大学卒の年次では4年の開きがあったが、先輩後輩というより親しい友人であった。寺田は、岡田の作り出した中央気象台のムードを愛し、数々のアイデアを出したりして岡田を側面的にバックアップしていた。」(引用文献④P406)と述べている。

(2) 科学論文について

第六代中央気象台長(初代気象庁長官)和達清夫は、「寺田寅彦の科学論文は数多い。それらは広くいって物理学の研究であるが、その中、地球物理学の範囲にはいるものが過半数を占め、(略)その中において地震・測地、火山関係の論文が圧倒的に多く七割近くを占め、気象関係がこれについて多く、そして海洋、地磁気関係となっている。」(引用文献③に収録)と述べている。

(3) 気象関係の論文について

気象関係の論文については、咲平が引用文献②で次のとおり述べている。「(寅彦は)宇宙物理学の講座(物理学第三講座)を担当され、1911年より1927年まで続いた。この間は多く学生を指導し、その共著が多かったが、その中で著名なものは“気圧の日変化”で世界的有力文献の一つである。その他(略)“降水に対する地形の影響”、“低気圧性の雨量分布”、“地形と等圧線の形”、“対流の振動”、“海水温度と気象要素との関係”、“風の日変化と海岸地形”、“突風と地形”、“突風等の研究”等で、大震災以後はこの方面の研究は地震研究に代わられて著減したが、なお、“電光の構造”、“天気の頻度”、“雷雨の頻度”、“飛行機の音と風の構造”、“渦と雲形”、“森林火事と湿度の関係”等、有力な研究がある。(略)気象についても極めてoriginalな研究が多く、この頃始めてなるほどそうだったかと感心させられる様なものがある。」

(4) 随筆等

ざっと見ても、「海陸風と夕なぎ」、「瀬戸内海の潮と潮流」、「戦争と気象学」、「颱風雑俎」、「津浪と人間」、「天災と国防」、「凍雨と雨氷」、「夕風と夕風」等、気象、災害に関する随筆は数多い。

4. 寅彦の門下生の動向を調べる

門下生の動向を把握することは、寅彦の考えにも迫ることではないかと考え、宇田道隆が引用文献③で寅彦と密接な影響を受けて業績をあげた方々としてリストアップした門下生の動向を追い、各々が幅広い分野で活躍していることを理解した。門下生のうち気象台に入台した人物は、藤原咲平、武者金吉、国富信一、西村伝三、和達清夫、伊東疆自、宇田道隆、畠山久尚、中野猿人、荒川秀俊、竹内能忠、高橋浩一郎等であり、ほかにも雪氷、海洋、火災等気象及びその周辺分野に関わった門下生は多い。

5. 門下生の先輩格である咲平を知る

門下生の中でも、一番興味を持ったのは、門下生の先輩格である咲平。宇吉郎の随筆「先生をめぐる話」の中で、寅彦が宇吉郎に、咲平のことを語っている。「あの頃（注）は面白かったよ。藤原君が講義を受け持ってくれたので、僕は安心して自分の勝手なことばかりしていたんだ。何しろ藤原君の講義というのが振るっててね。「世に物と事とあり、物とは何ぞ、例えば幽霊は物なりや否や」という調子なんだからね。おそらく物理の講義の中に幽霊が出てくるなんていうのは、藤原君だけくらいものだろう。藤原君は学生時代はおとなしい学生で、あんなに偉くなろうとは思っていなかった。しかし一緒に水産講習所へ通っていた時の電車の話は面白かった。エントロピーが増す一方というのはおかしい、仏教の御経の中に何とかという文句があるが、あれはエントロピーが減ることを意味しているなどという話なんだ。どうも少し変わっていると思っていたが、とうとうノルウェーで出したあの有名なボルテックス（渦）の論文の中の根本概念はやはりそこにあったのだ。」

（注）咲平は水産講習所嘱託講師時代（1914年1月～1916年4月頃）に、（既に農商務省から水産講習所における海洋学に関する研究を嘱託されていた）寅彦と一緒に仕事をした。

6. 寅彦と咲平の経歴を比較する

寅彦と咲平の経歴の比較してみると、東京帝国大学の職歴等で交差する年代が多い。また、元気象庁職員の根本順吉は、「寺田の日記を精読してみると、（略）かなり足しげく気象台に出入りしていることがわかるのであって、それは大正の年末に至るまでつづく。寺田は、談話会（咲平が中心になって活躍）などへの出席も含めて、一時期、気象台のブレインになっていたのではないかと思われる期間があったのである。」（引用文献⑤P45）と述べていて、武松、寅彦、咲平と続く戦前の気象分野における一つの濃密な系譜を確認することができる。

7. 咲平の渦動論について

咲平はその著『雲をつかむ話』の中で、「私がいろいろの現象を見て直ちに渦巻の作用を連想するのなども、まあサンマとねこの関係かもしれません。」と述べているように、気象、天文、地形、生物、社会など様々な現象と渦巻との関連を考察。

欧州留学時に、咲平はベルゲンの研究所でビヤルクネス親子と出会い勉強しているが、根本順吉は、「藤原は低気圧の構造が次第に明らかになっていく過程に現場で立ち会ったのである（略）。また、自らの渦動論的な低気圧の見方も捨てず、ベルゲンの研究所に毎日（1回は昼食に帰るのだが）往復するとき、水門あたりに発生する渦巻を観察、これと前線や低気圧のように不連続面に発生する渦巻との類似について観察を続けている。（略）渦の発生、発達、老衰という見方は、ノルウェー学流の低気圧家族という見方にながしかの影

響を与えているかもしれない。」（引用文献⑤P66）と述べている。

8. 戦後における寅彦の気象分野における評価の事例

1969年8月気象庁内気象大学校教室で寅彦に関するシンポジウムが開催され、科学史家、寅彦門下生、寅彦研究者、気象庁の方々に参加して、寅彦の評価等について活発な議論が交わされている。

（1970年3月発行の気象研究ノート第103号）

出席者の一人である科学史家の中山茂氏（クーンの『科学革命の構造』を翻訳）は次のとおり発言。「一方の端では、寅彦随筆に書かれたものなんか本当の科学ではない、素人がそれを読んで科学がわかったように思うのは困る。それは科学を歪曲し、卑小化するものだ、という講壇化した科学の側からの非難があります。他方の端には、そこに講壇や教科書の中では埋没されている科学の芽、本質が露呈されている、という意見があります。私としては、後者を取りたいのですが、いろいろな人の意見を聞いてみたいものです。」

この問いかけは、今日まで答えが出ていない問題として残されたままになっているのではなからうか。

9. 科学的な考え方とは何かを考える

矢島祐利は、「物理学の根本問題」と題する一連のメモの中に甚だ興味がある一節があるとして、次を挙げる。「私の書物は読者に何事も教えない。読者を教えるべき書物は余りに多い、私の書物は始めから終わりまで“？”の符号で充たされている。私は唯私独りで持て余している“？”を読者の前にさらけ出して読者の解決を示唆するに過ぎない。私には書く事は考える事である。／これが私が書く所以である。」（引用文献①P134）。

確かに、私は、寅彦の気象分野への影響をたどるために、関連する本、資料などを読むことにより知識を得て、それらをつなぎながら、腑に落ちる事が増えるだけでなく、疑問に思う事、不思議に思う事も増えてきた。そして、疑問に思う事、不思議に思う事について調べて、それから得た知識をつなぐという連続であった。そして、この作業はこれからも続いていくが、寅彦の言う“科学的に考える方法”の一端に触れた微かな感触がある。

つないでつないでして、その到達した一地点が、咲平では渦巻だったのであろうし、寅彦は、古事記と火山、自分の飼ひ猫の斑と細胞の分裂のように、あらゆる自分の持っている物理学の知識と文学の知識、身近な現象などをつないで、我々が想像もできないような場所から自然の現象、社会の現象を見ていたのであろう。

私は気象予報士として気象の様々な現象を日々観ているが、今回寅彦の気象分野への影響をたどる作業をしたことにより、寅彦が学生によく言っていたという「ねえ君、不思議だと思いませんか」という言葉が、作業を始めたときに比べて身近から聞こえてくるような気がしている。

引用文献

- ①矢島祐利著『寺田寅彦』（岩波書店1983年9月第二冊発行）
- ②藤原咲平著『寺田寅彦先生』（1936年1月科学第6巻2号掲載）
- ③宇田道隆編著『科学者寺田寅彦』（日本放送協会1975年2月発行）
- ④須田瀧雄著『岡田武松伝』（岩波書店1968年6月発行）
- ⑤根本順吉著『藤原咲平伝 雲・渦・人』（筑摩書房1985年2月発行）

（本稿は、2018年7月14日開催「地学史研究会」で発表したものをベースに、一部加筆、一部削除したものです。）

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（日本気象予報士会長野支部）

1. はじめに

2018年は、「平成30年西日本豪雨」などの豪雨災害、「平成30年台風第21号・第24号」の強い勢力の台風上陸、「平成30年大阪北部地震」や「平成30年北海道胆振東部地震」の地震発生など、多くの自然災害が発生した。こうした自然災害については、その予兆の検知も含め、日頃から防災・減災に関する備えをしておきたい。ここでは、自然災害の誘因となるであろう、スーパームーンなどの自然現象について考えて、今後の防災・減災対策の一助としたい。

2. 最近の気になる自然現象と気象・地震活動について

最近の気になる自然現象として、スーパームーン、黒潮大蛇行、太陽の黒点活動を取り上げて、気象・地震活動との関連について考えた。本研究は文献調査により実施した。本研究の参考資料・参考サイトは、本論文の巻末に示す。

2-1. スーパームーンと気象・地震活動について

2018年のスーパームーン（最大の満月）は、年明けすぐの1月2日であった。2018年の最小の満月は7月28日であり、同時に皆既月食であった。1月と3月には1ヶ月間に2度の満月があり（2度目の満月をブルームーンと呼ぶ）、2月には満月が1度も無かった¹⁾。

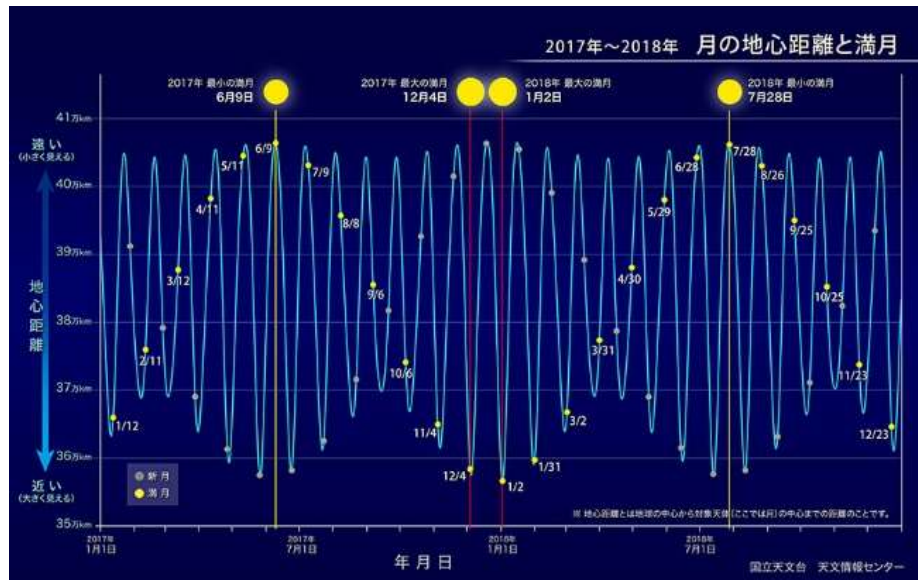


図-1 2018年最大の満月（国立天文台資料¹⁾）

長期的な気候変動では、月などの潮汐力による潮の満ち引きによって発生する海洋中の微細な海水混合が、深層海流を經由して、南極海の気候の決定要因の1つになるという研究がある。²⁾

短期的な影響では、気象関係の各種の振動現象（北極振動、南方振動、MJO、偏西風蛇行など）への影響が考えられる。NASAとドイツ航空宇宙センターが共同実施している人工衛星地球重力場観測GRACEの地球潮汐の重力観測によると、年間の重力変化は赤道周辺が最も大きな変化を示す³⁾。これは、太陽・月による潮汐力に地球の自転による遠心力の影響が加わったものであり、赤道域で発生する南方振動（エルニーニョ・ラニーニャ現象）への影響が考えられる。

地震活動については、スーパームーンが、大地震発生の際のトリガーとなる可能性があるという研究がある^{4,5)}。巨大地震では、2004年12月26日スマトラ島沖地震（M9.1）は満月に近く、2011年3月11日東日本大震災（M9.0）では、8日後の3月19日がスーパームーンであった。満月や新月では、潮汐力は大きくなり、海洋の潮汐も、固体地球の地球潮汐も大きくなるため、注意を要すると考える。

2-2. 黒潮大蛇行と気象・地震活動について

2017年8月以来、現在も、黒潮が、東海沖で南に大蛇行する黒潮大蛇行が発生している。この大蛇行では、東海沖に反時計回りの渦が発生して、その海域に深部の冷水塊が上昇している⁶⁾。

気象への影響について、東海沖に冷水塊が上昇すると、東京付近に降雪をもたらす南岸低気圧に北から流れ込む空気が温まりにくく、降雪が多くなるという研究がある。降雪は、ラニーニャ時に顕著という研究と、エルニーニョ時の方が増えるという研究もある⁷⁾。黒潮大蛇行で、2017～2018年冬季がラニーニャに、2018～2019年冬季がエルニーニョにあたりと予想されることから注目したい⁸⁾。

地震活動では、黒潮大蛇行により冷水塊が上昇する東海沖は、南海トラフ大地震のうち、東南海地震の震源直上にあたる。南海トラフ大地震では、東南海地震が先行して発生するケースが多いため注目される。

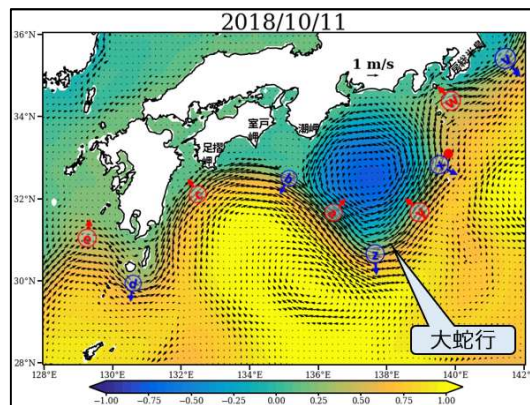


図-2 黒潮大蛇行 (JAMSTEC 資料⁶⁾)

2-3. 太陽の黒点活動と気象・地震活動について

現在、太陽の黒点活動は黒点が少ない極小期にある⁹⁾。太陽の黒点の減少期には、太陽活動が不活発となり、太陽の影響が弱まって、地球に降り注ぐ宇宙線の影響が、相対的に強くなるとされている。

気象への影響は、宇宙線の影響により、大気中のイオン（荷電粒子）が増加して、それがエアロゾルの増加となり、雲が増えて降水が増加すると言われている。極端な場合は小氷期となり、マウンダー極小期（1645～1715年頃）が有名である。

地震・火山活動への影響は、研究成果は見当たらないが、何らかの影響があると思われるため、今後、調べていきたい。

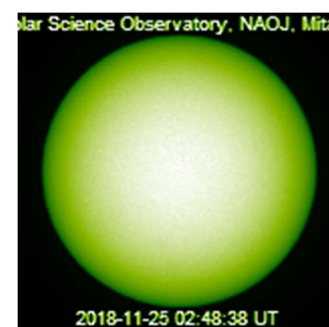


図-3 太陽黒点 (国立天文台⁹⁾)

<参考文献・参考サイト>

- 1) 国立天文台 (2018) 2018年最大の満月 <https://www.nao.ac.jp/astro/sky/2018/01-topics02.html>
- 2) 海洋研究開発機構 (2018) 潮の満ち引きと気候変動
http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20181012/
- 3) 日本測地学会 (2014) web 測地学テキスト新装丁版 第3部最近のトピックス GRACE がもたらしたもの http://www.geod.jpn.org/web-text/part3_2014/matsuo/index.html
- 4) 防災科学技術研究所 (2010) 月や太陽の引力が地震の引き金に
http://www.bosai.go.jp/press/pdf/20100128_01.pdf
- 5) S. Ide, et al. (2016) Earthquake potential revealed by tidal influence on earthquake size–frequency statistics <https://www.nature.com/articles/ngeo2796> Nature Geoscience
- 6) 海洋研究開発機構 (2018) 黒潮ウォッチ <http://www.jamstec.go.jp/aplinfo/kowatch/?cat=1>
- 7) 海洋研究開発機構 (2018) 2017年と2018年の冬季前半における日本付近の寒さと雪
http://www.jamstec.go.jp/j/jamstec_news/20180208/
- 8) 気象庁 (2018) エルニーニョ監視速報 (No.314) について
<http://www.jma.go.jp/jma/press/1811/09a/elnino201811.html>
- 9) 国立天文台 (2018) 太陽科学観測プロジェクト <http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/solarobs.html>

研究成果発表一覧(第1回～第11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	
50	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	
51	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	
52	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
53	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
54	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	
55	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	
56	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	
57	01事例- 8	現地観測によるフェーンの見証	関谷不二夫 (三重県)	2011. 2. 20	
58	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
59	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	
60	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	
61	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	
62	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	
63	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	
64	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	
65	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	
66	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」	実本正樹 (京都府)	2014. 3. 1	
67	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	
68	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	

69	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	
70	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	
71	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	
72	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	
73	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	
74	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
75	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	
76	01事例-27	2017年7月豪雨の考察	前川 清 (京都府)	2018.2.24	
77	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	
78	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	
79	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
80	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	
81	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
82	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	
83	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
84	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	
85	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	
86	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	
87	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	
88	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	
89	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	
90	01実験- 2	気象実験のすすめ	佐藤 元 (神奈川支部)	2009.2.15	
91	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
92	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	
93	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	
94	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	
95	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	
96	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
97	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	
98	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	
99	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	
100	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	
101	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
102	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	
103	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	

104	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	
105	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	
106	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	
107	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	
108	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	
109	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	
110	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	
111	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	
112	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	
113	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	
114	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	
115	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	
136	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	
137	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	
138	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	
139	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	
120	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	
121	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	
122	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	
123	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	
124	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	
125	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	
126	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	
127	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	
128	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	
129	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	
130	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	
131	03教育- 1	身体の外気象防災と身体の中気象防災	小室善隆 (東京都)	2017. 2. 25	
132	03教育- 2	風災記念碑と防災教育	村山 保 (京都府)	2018. 2. 24	
133	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	
134	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	
135	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	
136	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	
137	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
138	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	

139	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 (千葉県)	2009. 2. 15	
140	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
141	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	
142	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	
143	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	
144	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	
145	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	
146	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組み	山本由佳 (神奈川県)	2014. 3. 1	
147	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	
148	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	
149	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	
150	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	
151	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	
152	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	
153	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
154	04教育- 5	大気圧に対する見方を変えるー『空気分子 (N2やO2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
155	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	
156	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
157	04教育- 8	気象と鳥たちの生活ー生物季節観測に親しむ	太田佳似 (大阪府)	2019. 2. 24	
158	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	
159	04教育-10	雷に関するミスコンセプションー中学生・高校生・大学生のアンケート調査からー	滋野哲秀 (京都府)	2019. 2. 24	
160	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	
161	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ー気象予報士として相応しい研究テーマの探求ー	小林勝広 (東京都)	2011. 2. 20	
162	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	
163	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	
164	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
165	07事例- 2	「弘前藩日記ひろひよみ」の作成	福眞吉美 (青森県)	2013. 2. 23	
166	07事例- 3	気象と絵画の関係についてのー考察 ー画家・金山平三の場合ー	成川慎吉 (兵庫県)	2014. 3. 1	14年度木村賞
167	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	
168	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	
169	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	
170	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11回日本気象予報士会研究成果発表会
講演予稿集**

発行 2019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