

2.10 鳥取県における大雨発生パターンの分類と大雨発生条件の確率表現

鳥取地方気象台

要 旨

これまで、鳥取地方気象台では鳥取県における集中豪雨・大雨発生の必要条件を抽出する研究が行われており、500m 高度相当温位と 500m 高度水蒸気フラックスの閾値が提案されてきた(大崎ほか 2012)。しかし、2013 年 6～7 月で閾値の妥当性の確認をすると、見逃しが多く、閾値が適当であるとは言えなかった。これを踏まえ、本調査では閾値を求めることをやめ、大雨発生の可能性を確率で表現することとした。また、鳥取県における線状降水帯がもたらす大雨の発生パターンを分類し、大雨発生確率と組み合わせることによって、現業でも参考資料として使えるワークシートを作成した。

1. はじめに

これまでの調査で、鳥取県内における 500m 高度相当温位(EPT)が 335K(6 月)、340K(7 月)、島根沖の 500m 高度水蒸気フラックス(FLWV)が $300\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (7 月)という閾値が提案されていた(大崎ほか 2012)。しかし、2013 年 7 月のデータを用いて検証したところ、FLWV が $300\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上の日が 12 日に対して、3 時間雨量 50mm 以上の日は 4 日、見逃しが 6 日となっており、見逃しの方が多くなっていた。したがって、本調査では閾値を求めずに、大雨発生の可能性を確率で表現することとした。また、線状降水帯による大雨発生の事例をパターン分けし、それぞれの特徴を整理した。

2. 調査期間と使用データ

調査期間は、2006～2013 年の 5～10 月とした。統計解析に用いたデータは、3 時間毎の気象庁メソ解析(メソ解析)の GPV、解析雨量による前 1 時間積算降水量である。

3. 鳥取県における大雨発生パターン

3.1 大雨発生パターンの分類

鳥取県で大雨が発生する場合、日本海から前線や線状降水帯が南下してくるパターンが多い(菊ほか 2011; 齋藤ほか 2013)。これらを前線や線状降水帯の走向により分類し、それぞれの特徴を整理した。特徴が異なると考えられるパターンを 4 つに分け、それぞれを 1 型、2 型、3 型、4 型と名付けた(第 1 図)。

3.2 1 型の特徴

1 型は、主に日本海の低気圧からのびる寒冷前線が通過するパターンである(第 2 図一段目)。このパターンでは、線状降水帯は前線に平行(南西-北東の走向)に形成され、鳥取県を通過する。西部では島根県沖からの下層暖湿気を起源とした降水帯がかかり、海上で発達した積乱雲が直接強雨をもたらす。しかし、中・東部を前線が通過する頃には、島根県沖からの暖湿気による影響は少なく、中国山地を越えてくる下層暖湿気の影響が大きくなる(第 2 図一段目は、このステージの特徴がみえる)。したがって、中・東部の大雨を予想する時は中国山地を越えてくる下層暖湿気にも注目する必要がある。

3.3 2 型の特徴

2 型は、寒冷前線や停滞前線の南下時によく見られ、同時間帯に鳥取県全域で大雨となることがある(第 2 図二

段目)。このパターンでは、線状降水帯が東西にのびるように形成されることが多い。また、暖湿気の入り方によって特徴が変わり、島根沖・中国山地で南西風の場合は1型に、島根沖で西風の場合は次に述べる3型の特徴に近くなる。

3.4 3型の特徴

3型は、停滞前線の南下や、高気圧の周辺を回って下層暖湿気が南西や西方向から入ってくる場合であり、線状降水帯は北西-南東の走向を持つことが多い。後者では前線が解析されない場合も多く、地上天気図からは悪天が予想しにくい気圧配置であるが、鳥取県では1時間100mmを超えるような猛烈な雨が降った事例もあり、最も警戒を要するパターンである。暖湿気は島根県沖を南西風や西風で流入し、中国山地では南西風による暖湿気の流入はないか、あっても弱い(第2図三段目)。

3.5 4型の特徴

4型は、熱雷などの不安定性降水である。降水域が散在するために線状降水帯のパターンではないが、鳥取県での大雨はこの4型によるものが一番多いため分類しておく。地上天気図に目立った擾乱がみられず、下層の風速が他のパターンと比較して弱いなどの特徴がある。

4. 大雨発生条件の統計調査

4.1 調査地点

第3項の大雨発生パターンの分類により、下層暖湿気の流入経路に特徴が見られた。ここでは、1・2・3型における下層の暖湿気が流入してくる領域を代表する地点として、下記の3地点(図3に位置を示す)をそれぞれ選び、メソ解析値のGPVを用いて調査した。

- ①鳥取県沖(N36.0° , E133.5°)
- ②島根県沖(N35.5° , E132.5°)
- ③岡山県久世付近(N35.0° , 133.5°)

4.2 大雨発生確率算出(単独)

この調査では、大雨発生の必要条件となるEPTやFLWVの下限値を求めるのではなく、過去のデータを用いて大雨発生確率を求めた。これは、本調査の目的が大雨発生の見逃しをなくすことではなく、危険度を算出し注意を促すことであることを意味する。

データは、2006～2013年の5～10月の3時間毎の全部で11776回分のメソ解析(地点①, ②, ③)と解析雨量による前1時間積算降水量(R1)を使用した。メソ解析には、直後3時間内の最大R1を対応づけている(たとえば、9時のメソ解析には、10, 11, 12時の最大R1が対応づけられる)。これまでの調査(大崎ほか 2012)による大雨の必要条件が、500m高度EPT, 500m高度FLWV, 500hPa気温(T)となっており、まずはこれらについての大雨発生確率を求める。

EPTについては、対象となる値の前後3Kまでをサンプルとして(340Kの場合は337K～343K, 345Kの場合は342K～348Kとなる。このために重複が存在する)、その中でR1が30mmや50mm以上の数(出現したメソ解析の数(3時間毎)で、単位をコマとする)を確率で表す。例えば345Kの場合の全コマ数は1650、その中でR1:30mm以上のコマ数は177となり、発生確率は10.7%(177/1650 *100)となる。また、全コマ(11776)を対象としたR1:30mm以上の発生確率は7.0%なので、10.7%は平均以上となり注意が必要な確率と言える。同様にFLWVは前後30g・m⁻²・s⁻¹, Tは前後0.5℃の範囲をサンプルとして算出した(EPTと同様に、FLWVとTにも重複が存在する)。

結果は第3図のようになり、どの地点も500mEPTが高いほど大雨発生確率は上がっている。特に地点③では顕

著に特徴が出ている。ただし、発生回数は350K前後が一番多い。下限値は300K付近となっており、ここを閾値としても低すぎて予報作業の補助情報には使えないであろう。条件を $R1:80\text{mm}$ 以上とすると、下限値は342Kとなった。500mFLWVは、ほとんど特徴が見られなかった。地点③では $250\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 前後で出現確率が上がっているが、発生回数もかなり少なく、あまり有意な情報とは言えない。また、500hPaTも地点③しか掲載していないが、どの地点でも発生確率に特徴は見られなかった。したがって、単独ではEPTしか大雨の指標には使えないという結果となった。

4.3 大雨発生確率算出(複合)

前項では、単独で発生確率を算出したが、本項ではそれぞれをAND条件で結び複合条件で発生確率を算出する。本来であれば、すべての地点①・②・③について検討すべきであるが、ここでは試しに地点③のみを用いることとした。複合条件ではグラフ化できないので、予報補助ワークシートを作成してそこで発生確率を確認する。

ワークシートは、地点③を利用して第1表のように作成している。 $R1:50\text{mm}$ 以上では発生確率5%以上を黄色、10%以上を赤色、 $R1:30\text{mm}$ 以上では10%以上を黄色、20%以上を赤色で表示した。全コマの中で、 $R1:50\text{mm}$ 以上降った確率は1.7%、 $R1:30\text{mm}$ 以上降った確率は7%なので、それを超える値を基準とした。色の違いは危険度の段階であり、警報・注意報とは関係ない。17日18時(右から3列目)を見ると、 $R1\geq 50\text{mm}$ でEPTのみでは8.9%だったが、FLWVやTと合わせると10%以上に上がり、3条件複合では14.3%まで上がっている。 $R1\geq 30\text{mm}$ でも同様に上がっている。このとき実際には県内で最大28mm(解析雨量)降っており、ワークシートの有効性がある程度確認できた。

さらに、複合条件の下には第3項で分類した型に当てはまるコマ数を算出しており、それぞれの条件がどの型で降っていたのかがわかる。データベースでは $R1\geq 30\text{mm}$ のすべてのコマについて1~4型に分類し、1型76コマ、2型66コマ、3型34コマ、4型358コマに振り分けられた。ただし、低気圧や台風の通過など分類できないコマもあり未分類が306コマある。

この分類によると、17日18時の例ではすべて4型で降っていることがわかる。この事例は停滞前線が鳥取県付近に停滞し、1型に近い状況であったので、高い確率でも過去の型も合わせ総合的に判断していく必要がある。

4.4 1-4型の大雨発生確率算出

第4.3項では、500m高度EPT(単位:K)、500m高度FLWV(単位: $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、500hPaT(単位: $^{\circ}\text{C}$)の3条件で大雨発生確率を算出した。これらに追加して確率を高められるような要素を見つけ出すために、

500m高度風向風速 単位:度(風向), m/s(風速)

EPT(500m-700hPa) 単位:K

EPT(500m-500hPa) 単位:K

T(500m-500hPa) 単位: $^{\circ}\text{C}$

鉛直シア- $VS(700\text{hPa}-500\text{m})$ 単位:m/s

T(300hPa) 単位: $^{\circ}\text{C}$

EPT(850hPa) 単位:K

の各要素の単独での大雨発生確率($R1\geq 30\text{mm}$)についても調べる。調べる地点は第4.3項に引き続き、地点③とした。また、特徴をより詳細につかむために、1から4型に分けて調査を行った。

第4図から500m高度EPTは1型が345K、2型が350K、3型が355K、4型が365K付近で最も大雨発生確率が高くなっていた。また、500m高度FLWVは1型が $250\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、2型が $150\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、3型が $200\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、4型が $50\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 付近で最も大雨発生確率が高くなっていた。これらより、型別に見ると相当温位が高ければ高いほど大雨発生確率が高くなるとは言えないことがわかった。水蒸気フラックスに関しては発生回数が多いのはどの型も50

～100g・m⁻²・s⁻¹付近が一番多く、発生確率の分布からだけでは特徴ははっきりとわからなかった。500hPa 気温の型別グラフは特徴がほとんどなかったため掲載していない。

その他の要素に関しては、特徴が見られた VS(700hPa–500m) と EPT(850hPa) についてのみ図(第5図)を示す。

500m 高度風速は、全コマでは風速が大きいほど発生確率が上がっているが、風速 10m/s 以上では出現コマ数がかなり少なくなるため信頼度は低い。1 から 3 型は特徴が見られず、4 型のみ風速が弱いほど発生確率が上がっている。これは熱雷時の特徴が現れている。500m 高度風向は、1 から 3 型で 270 度付近、すなわち西風で発生確率が上がっている。

EPT(500m–700hPa)は、1 から 3 型であまり特徴が見られない。全コマで 12K 以上の発生確率が上がっているが、これは 4 型の特徴がそのまま出ている。EPT(500m–500hPa)でも同様に 1 から 3 型であまり特徴はない。

T(500m–500hPa)は 1 から 3 型で 20℃付近から発生確率は上がっている。4 型では 30℃付近に発生確率、回数共にピークがある。これは、1 から 3 型では 4 型と比較して鉛直方向の安定度は悪くなくても大雨は発生することを意味する。

第5図から VS(700hPa–500m)は 1 から 3 型で大きいほど発生確率は上がっている。逆に 4 型は小さいほど発生確率は上がっている。すなわち、前線による大雨は鉛直シアが大きい方が相関が良く、熱雷などは鉛直シアが小さい方が大雨になるということを示している。全コマではあまり特徴は見られないが、型で分けるとはっきりと特徴が現れた。

T(300hPa)は 1, 4 型で-30℃付近が一番発生確率が高い。また、2, 3 型は気温が高いほど発生確率が上がっている。

第5図から EPT(850hPa)は、全事例で発生回数のピークが 345K となっている。また、発生確率は 345K を過ぎると小さくなっているため、500mEPT(第3図の右上図)とは少し相関関係が異なっている。

以上から、VS(700hPa–500m)や EPT(850hPa)が他の要素に比べて特徴が出ていることがわかり、判定に組み込めば高い大雨発生確率を算出できる可能性があると考えられる。

5. まとめ

過去の調査で求められた大雨発生の必要条件としての閾値は見逃しが多かったため、本調査では閾値を決めず、大雨発生確率を算出した。また、鳥取県での大雨発生パターンを作成し、大雨発生確率と合わせて現業で利用できるワークシートを作成した。このワークシートを利用することにより、予想地点 GPV と過去の大雨事例パターンを組み合わせることで、大雨発生の可能性を予想することができる可能性がある。

必要条件としての理想は 100%となることであるが、実際にはなるべく高い確率が算出されるように要素を選び出す必要がある。第4.4項の結果から、VS(700hPa–500m)や EPT(850hPa)が使える可能性があるが、4 条件複合での大雨発生確率は検証していないので今後の調査が必要となる。また、複合条件での大雨発生確率を地点③のデータでのみ算出したため、地点①、②でも算出して大雨発生確率の特徴を把握する必要がある。加えて、地点と大雨の型との関係をさらに明確にし、適切なワークシートを作成していく必要もある。

参考文献

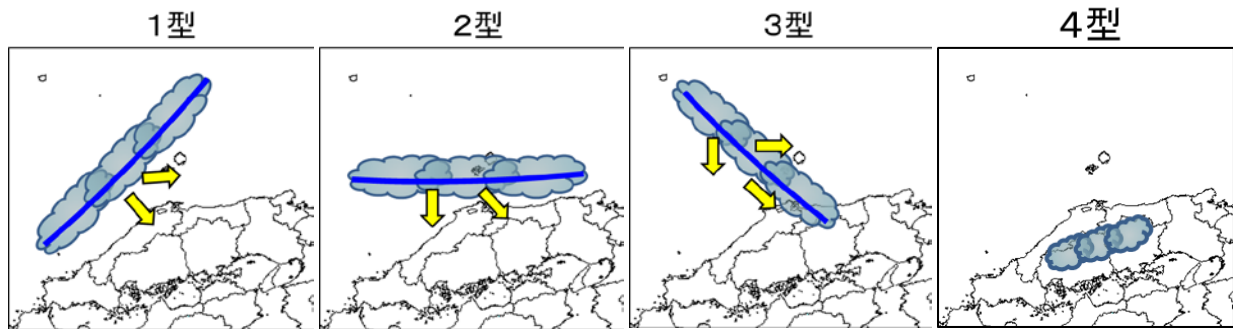
- 菊友彦, 森脇嘉一, 仲里正, 遠藤敬裕, 熊谷達也, 2011: 2006 年 7 月 15 日～19 日の大雨について。平成 23 年度大阪管区気象研究会誌(鳥取県)。
- 大崎晋太郎, 菊友彦, 森脇嘉一, 谷口典史, 若狭剛史, 岡村康伸, 山本高男, 廣尾進, 2012: 集中豪雨・大雨発

生の必要条件の抽出とその妥当正. 平成 24 年度大阪管区気象研究会誌(鳥取県).

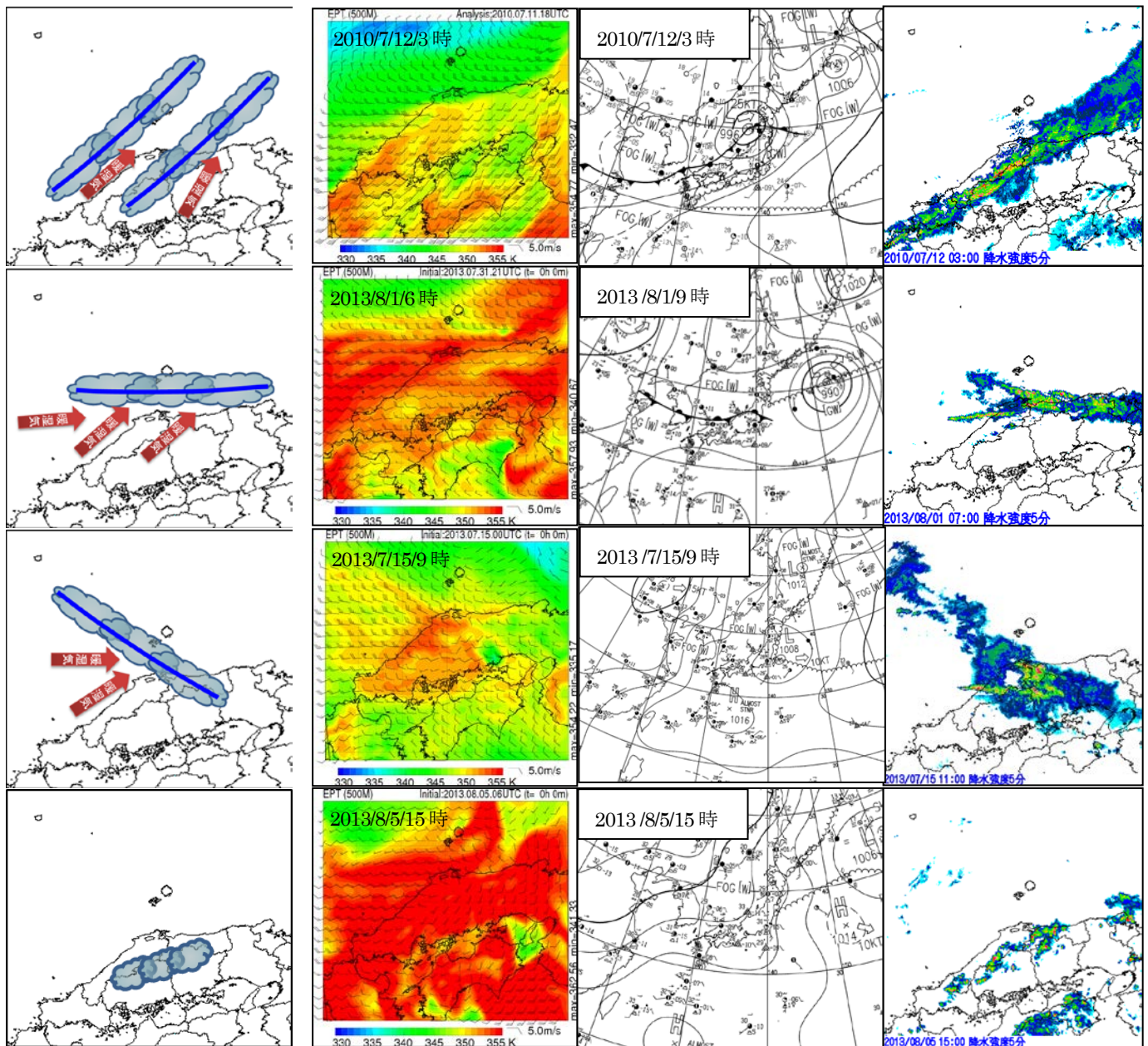
齋藤潤, 仲里正, 山本高男, 濱田浩一, 2013: 平成 25 年 7 月 15 日の大雨事例解析について. 平成 25 年度大阪管区気象研究会誌(鳥取県).

第1表: 予報補助ワークシートの一部(地点③で算出)

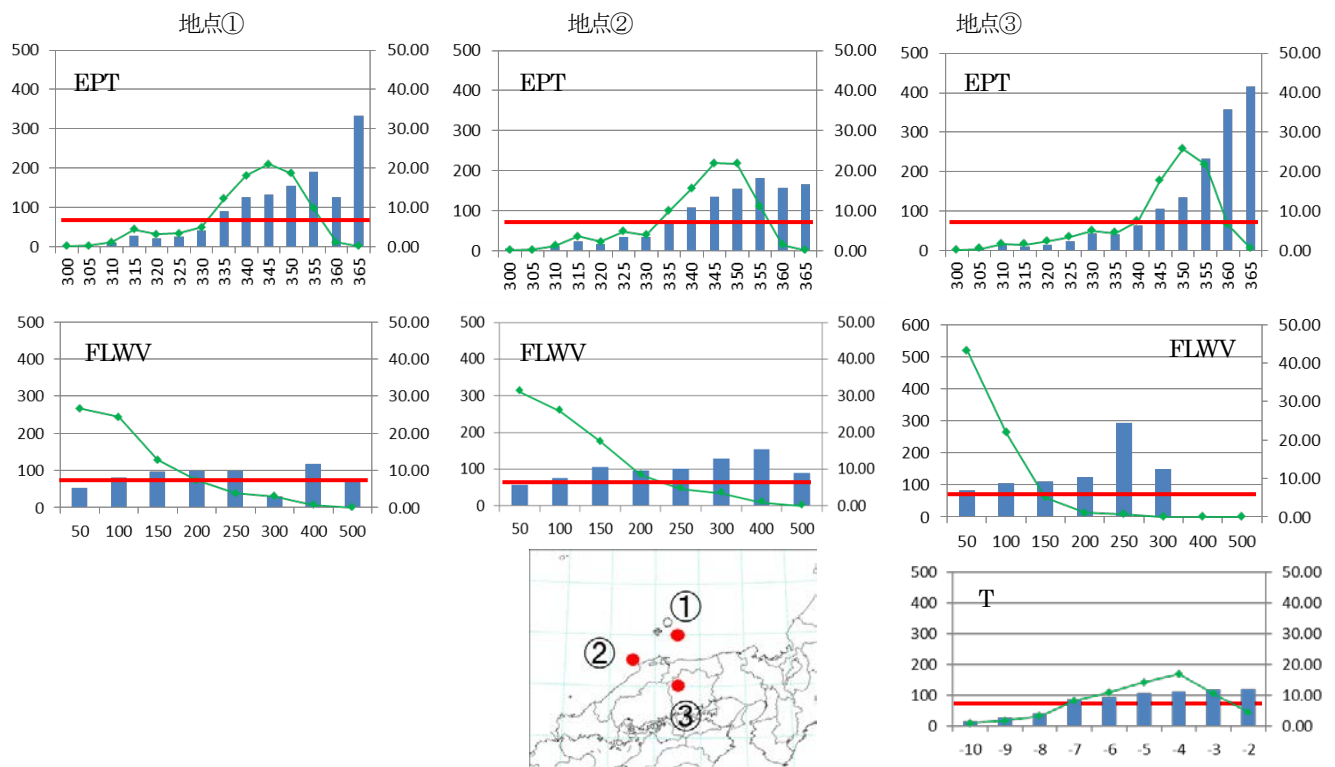
JST	GPV取込	16 21	17 00	17 03	17 06	17 09	17 12	17 15	17 18	17 21	18 00	
FT		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	
500hPa	気温[℃]-4.5	-3.4	-3.6	-4.1	-5	-4.8	-4.4	-3.8	-3.4	-4	-4.4	
500M	相当温位[K]	344	343	344	345	346	351	354	356	354	351	
500M	水蒸気フラックス[g/m2s]	117.5	111.7	75.2	60.2	49.4	21.1	16.7	39.5	64.1	74.3	
JST	大雨判定	16 21	17 00	17 03	17 06	17 09	17 12	17 15	17 18	17 21	18 00	
FT		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	
R1≥50mm		EPT	2.2	1.8	2.2	2.5	2.9	5.0	6.8	8.9	6.8	5.0
		33/1501	26/1410	33/1501	42/1650	52/1802	68/1758	81/1716	93/1704	81/1185	86/1758	
EPT-FLWV		2.0	1.0	2.3	2.7	3.4	7.1	9.0	12.9	6.2	4.9	
		7/358	4/381	18/781	26/946	36/1044	37/1019	29/332	45/352	62/651	45/825	
EPT-T		1.9	1.4	1.9	2.3	1.6	3.6	7.6	10.5	7.3	3.6	
		5/262	4/276	7/365	9/391	7/427	17/471	25/322	23/218	33/315	17/471	
EPT-FLWV-T		4.2	3.5	2.7	2.7	2.2	4.5	8.5	14.3	7.7	3.5	
		3/72	3/85	5/182	6/222	5/229	6/134	9/101	17/119	13/168	9/255	
1型		2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	
2型		0	0	2	4	3	0	0	0	0	5	
3型		0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	
4型		0	0	1	1	0	4	8	16	12	3	
R1≥30mm		EPT	10.3	9.7	10.3	11.0	11.3	15.2	21.1	27.8	21.1	15.2
		194/1501	126/1410	194/1501	182/1650	204/1802	267/1758	293/1716	186/1704	206/1185	207/1758	
EPT-FLWV		9.2	7.9	10.5	11.8	12.7	17.9	24.5	34.0	21.1	14.5	
		33/358	30/381	83/781	112/946	133/1044	137/1019	79/332	124/352	146/651	136/825	
EPT-T		7.6	7.6	8.8	11.0	11.7	15.1	22.0	33.8	21.3	15.1	
		20/262	21/276	32/365	43/391	50/427	71/471	72/322	74/218	97/315	71/471	
EPT-FLWV-T		12.5	9.4	11.5	11.3	14.8	20.1	29.2	42.0	19.6	12.2	
		9/72	8/85	21/182	25/222	34/229	27/134	31/101	59/119	33/168	31/255	
1型		5	6	7	4	5	4	1	0	0	0	
2型		1	0	5	6	7	0	0	0	0	6	
3型		2	0	2	0	0	0	0	0	2	2	
4型		0	0	3	5	10	18	28	49	25	16	
		10	3	46	31	40	27	36	28	23	7	



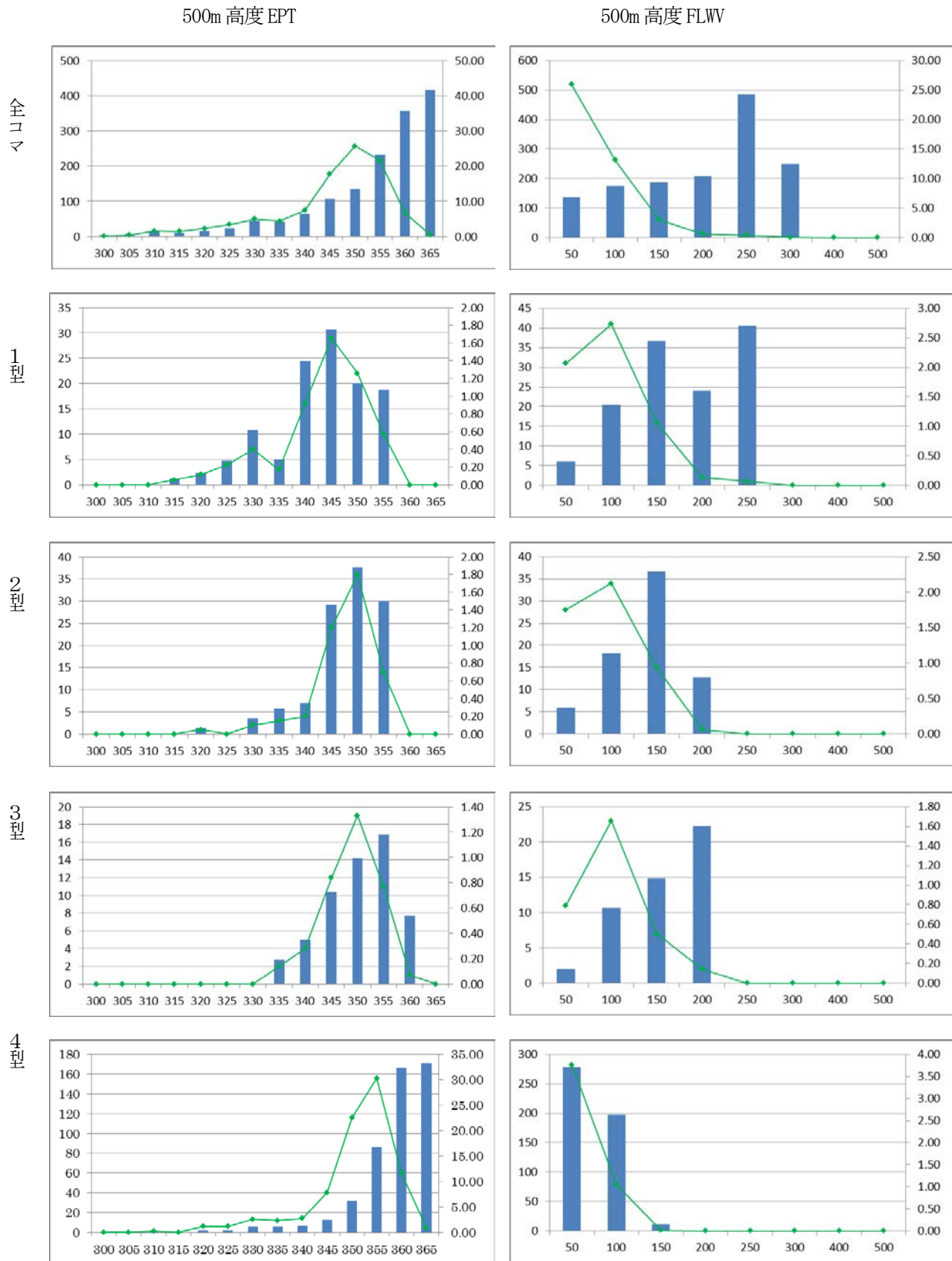
第1図：前線または線状降水帯の模式図(矢印は移動方向を示す)。



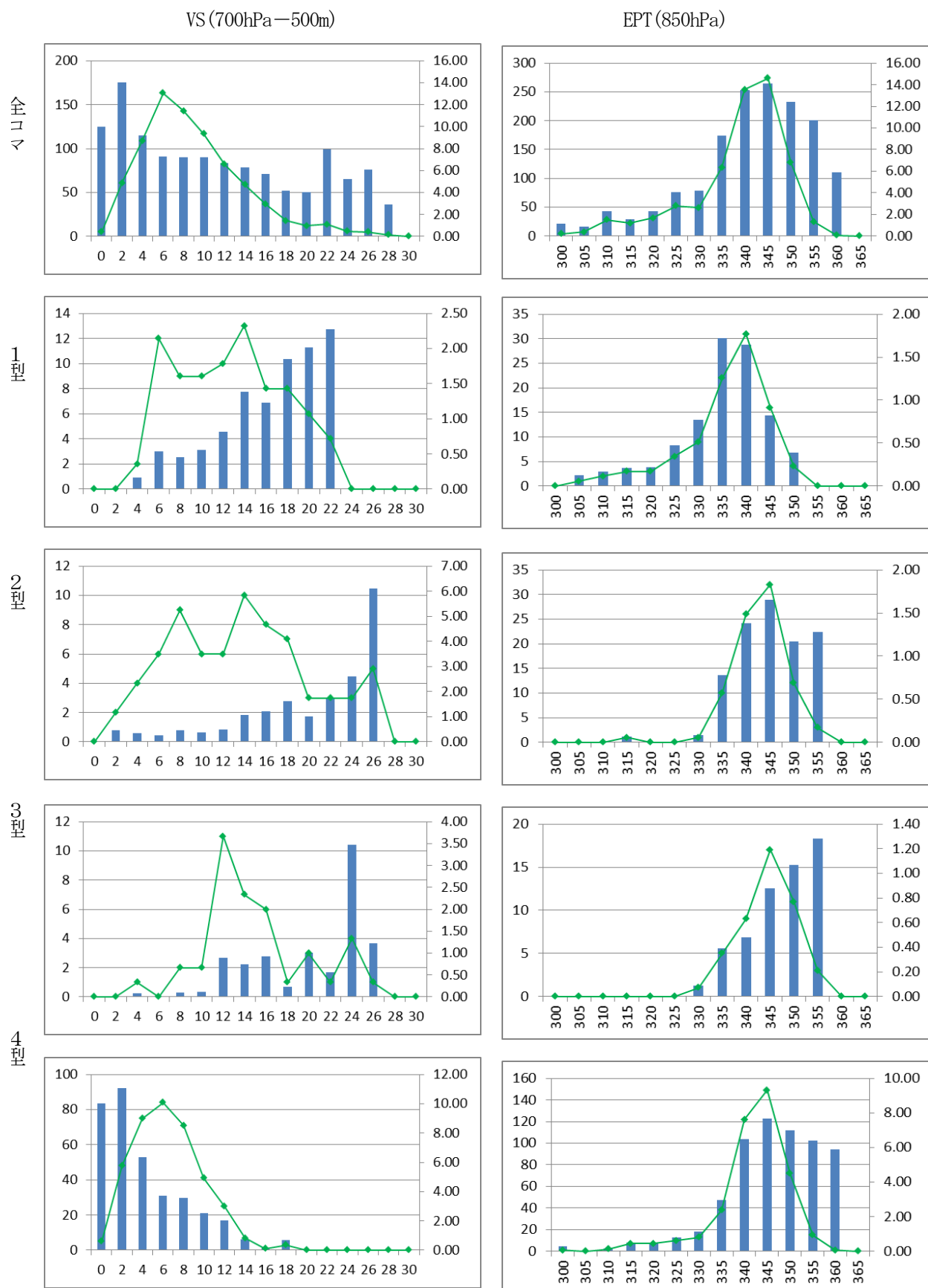
第2図：上から1～4型の事例(左から概念図，500m高度EPTと風，地上天気図，レーダー画像)。



第3図: 棒グラフ(右軸): $R1 \geq 30\text{mm}$ の発生確率, 折れ線グラフ(左軸): コマ数, 赤線: 全コマ中 $R1 \geq 30\text{mm}$ の確率.



第4図: 地点③における, (左)500m 高度 EPT と(右)500m 高度 FLWV. それぞれ, 棒グラフ(右軸): $R1 \geq 30\text{mm}$ の発生確率, 折れ線グラフ(左軸): コマ数. 上から全コマ, 1 型, 2 型, 3 型, 4 型に場合分けした.



第5図: 地点③における, (左)VS(700hPa-500m)と(右)EPT(850hPa). それぞれ, 棒グラフ(右軸): $R1 \geq 30\text{mm}$ の発生確率, 折れ線グラフ(左軸):コマ数. 上から全コマ, 1型, 2型, 3型, 4型に場合分けした.