

冬期季節風の予報法*

—地域予報の立場からの—

野本 真一・田中 正清・清水千代三**

要旨: 雨量予想に関するワークシートは近年かなり整備されて来たが、冬期の季節風に関する系統立つたワークシートは殆んど見当たらない。筆者は現業で使用するのに便利な、あまり手数がかからずしかも割合有効なワークシートを作成した。これによる適中率は大略70%位、また不適中率は10%前後である。

1. はしがき

暖候期の予報が台風、梅雨など主として雨に関する現象が主体であるのに対して、寒候期は季節風、旋風など主として風に関する現象が大きな問題である。

筆者は数年来、冬期の季節風予報の調査^{1),2),3)}を進めて来たが、ここではこれらの結果も含めた予報用ワークシートを作成したので報告する。

この調査は東京管区地域気象ハンドブック第2編のサンプル調査である「山梨県における冬期季節風の予報法」の内容とほぼ同じであるが、この地域気象ハンドブックは現業で実際に使用する図表が主体で、これの作成に関する詳細は記述されていない。そこでこれを補足説明したり、または詳細に記述したりしたいわば解説版とも云えるものである。

この調査は「今日季節風が吹くか、吹かないか、また吹くとすれば何時頃から何 m/s 位か」と云うようにその日の予報精度の向上と、適切な注意報、情報の発表が目的である。そしてこの予報法の基礎になるパターン⁴⁾の予報、即ち「季節風型の気圧配置になるか、ならないか」については全然ふれていない。これにつれては一般的な天気図解析によらなければならない。

2. 基礎資料について

この調査に関する基礎の資料は次のとおりである。

1. 使用した資料

(1) 気象庁印天、(2) 縮刷天気図、(3) Aerological Data。
(4) 甲府の気象原簿、(5) 甲府で作成した天気図その他

2. 調査期間と調査対象日

(1) ことわりのない限り1953年から1963年の冬期(1, 2, 3月)における季節風型の日を対象とした。

(2) 季節風型の日とは

(i) 地上天気図が冬型か、または冬型に近いこと、(ii) 甲府で最大風速が10m/s以上の北よりの風か、または日平均風速が3m/s以上の日、(iii) この2条件を満足する日は上記11年間で381日である。

(3) 以上により冬期でも季節風型と認められない日は調査対象から除外した。

3. 総観予報

まず第1に「季節風が吹くか、吹かないか」と云うことを予想する。次に吹くとすれば10m/s以上(山梨県では異常乾燥注意報の風速に該当)または15m/s以上(強風注意報の風速)になるかならないかを予想する。

地上天気図は9時のものを使用した。他の時刻の天気図で予想する場合は位置を内外挿する必要がある。高層天気図は前日21時のものを使用した。これは当日の朝、当日の風の予報の参考にするためである。

1. 季節風が吹くか、吹かないか

(1) 第1図のような広域天気図の場合は季節風型である(これは季節風が吹くための必要条件である)。

(1-a) いわゆる西高東低型で、この型では風速は地衝風にはほぼ比例し、吹き始め、止み時刻は日変化の影響が大きい。ただし強い寒気を伴う場合は継続時間は長い。

(1-b) 南岸低気圧東進型。西高東低であるが南岸の低気圧がそのまま東進する場合で、高気圧はやや北に片寄り、いわゆる「かぶり型」となり風速は最も弱い。

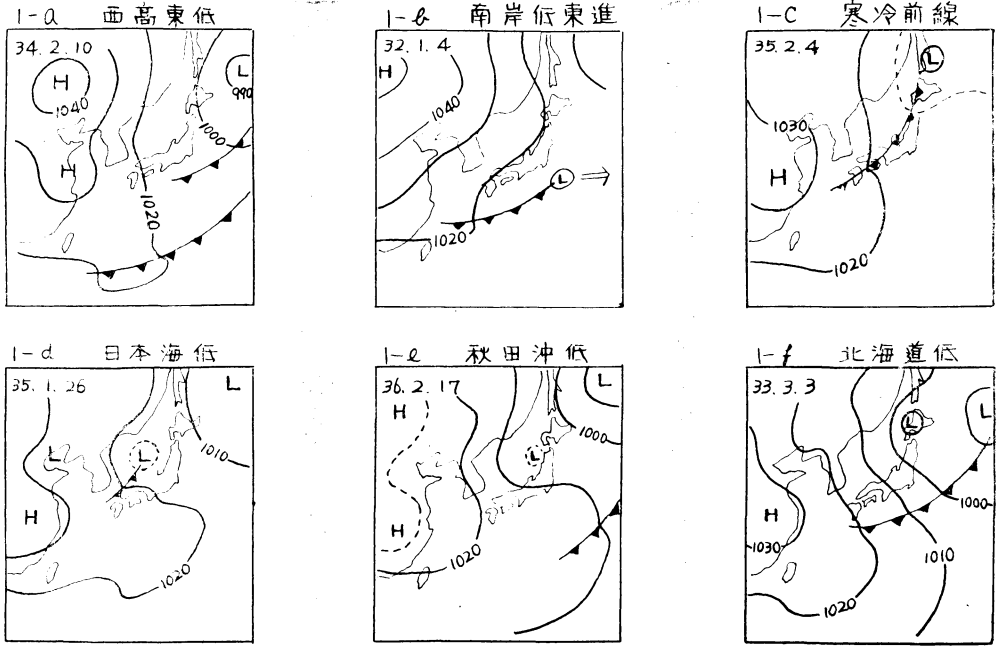
(1-c) 寒冷前線通過型。単独で前線の通過する場合もあるが、多くの場合他の型と同時に起る。第1図の例は西高東低型に寒冷前線通過型の重なったもので、一般に風は予想よりも強い。

(1-d) 日本海低気圧型。この場合は高気圧の張出しは

* On the Objective Forecasting of the Monsoon in Winter.

** S. Nomoto, M. Tanaka, and C. Shimizu, 甲府地方気象台

—1964年1月25日受理—



第1図 代表的な季節風型天気図

南に片寄り易く、いわゆる「そり型」で風は弱い。ただし低気圧が E 及至 ENE 進し東北地方や北海道を抜け発達すると、けんちよな西高東低型となり風は非常に強くなる。この場合は低気圧の発達程度と進行方向、速度が予報上の問題点となる。

(1-e) 秋田沖低気圧型。西高東低であるが東北地方西岸に弱い低気圧がある場合である。この低気圧のため高気圧の張出しはやや南に片寄り、風は予想より弱い。

(1-f) 北海道低気圧型。北海道附近に低気圧がある場合で、低気圧の進行方向が E 乃至 ESE ならば風は西高東低型と同じ位強くなるが、N 乃至 NE では風は殆んど吹かない。

(1-d), (1-e), (1-f) は低気圧の位置により分類したもので、低気圧が 140°E 線を通過する時の緯度と中心示度が一番問題である。

なおこの分類は量的予報の補正値に使用するので良く記憶しておく必要がある。

(2) 局地天気図

局地天気図で第2図のように関東中部地方で等圧線がZ字型（日本海南部—北陸—中部山岳—東海—伊豆諸島北部）で且つ気圧傾度が大きい場合は季節風型である（これは季節風が吹くための充分条件である）。

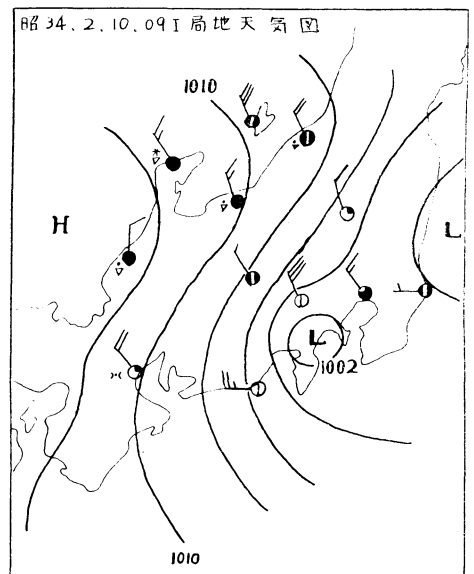
このZ字型等圧線が現れると冬期以外でも北風が強くなる。

なる。

2. 10m/s 以上または 15m/s 以上になるか、ならないか

(1) 地上高、低気圧の位置との関係（第3図）

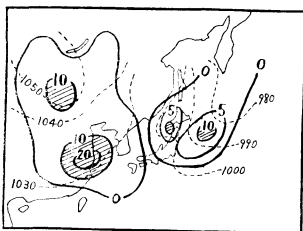
10m/s 以上 (15m/s 以上) になった日の高、低気圧



第2図 局地天気図の1例

の位置の頻度分布で、高気圧は緯度、経度 4° 毎の面積、低気圧は 2° 毎の面積内に位置した回数から等値線を描いたものである。高気圧のみ1956年以前は中共の資料がないため1957年以降の統計である。

10m/s 以上と 15m/s 以上を比較すると頻度分布では殆んど差は認められないが、中心気圧では 15m/s 以上の方が高気圧で 5 乃至 10mb 高く、低気圧で 10 乃至 20mb 低い。

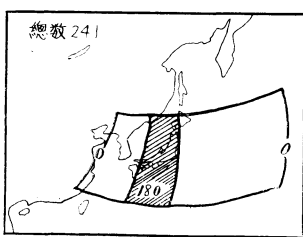


第3図 高、低気圧の位置、示度と甲府の強風

(2) 700mb トラフの位置との関係 (第4図)

10m/s 以上 (15m/s 以上) になった日の前日 21時の 700mb トラフの位置の頻度分布である。これによると本邦上にトラフが位置する場合は全体の80%位である。

経度の範囲をみると 15m/s 以上は 128°E から 155°E (主として本邦上) であるのに対して 10m/s 以上では 122°E から 160°E までと広く、またトラフの存在しない例も 8 例ある。また一般に深いトラフ程風は強い。



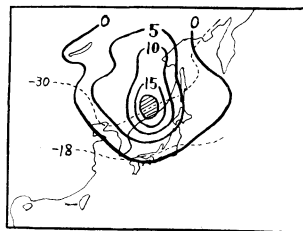
第4図 700mb トラフの位置と甲府の強風

(3) 700mb cold core の位置との関係 (第5図)

10m/s 以上になった日の前日 21時の 700mb Cold core の位置の頻度分布で、緯度、経度 4° 毎の面積内に位置した回数から等値線を描いたものである。

cold core が満州や沿海州にあるとき風は吹き易く、中心気温の等値線で 10m/s 以上は日本海南部から東北地方に混んだ所があるのに対して 15m/s 以上では北鮮→日本海中部→北海道に混んだ所がある。(cold core が日本海中部以南に位置すると風はそれ程強くないと云う

ことになる。これは山梨県だけの現象かも知れない)



第5図 700mb Cold Core の位置と甲府の強風

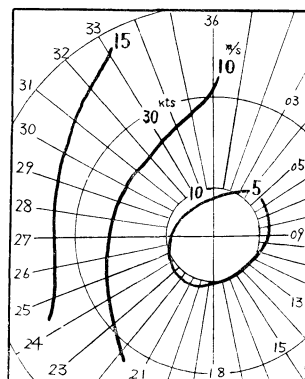
(4) 相川の風との関係 (第6図)

甲府の風は北陸地方の風と良い関係がある。1例として相川21時の風速(ノット)と甲府の夜半から翌早朝まで(24時から翌朝6時まで)の最大風速とは次の関係がある。

相川21時の風速	甲府 (24~6時) の最大風速
22 (ノット) 以下	9.9 (m/s) 以下
23~32	10.0~14.9
33 以上	15.0 以上

0.26 技能点

そこで相川21時の風向風速と甲府 (21時~翌日9時) の最大風速の関係を示すのが第6図である。この図は相川の風から甲府の最大風速を求める図だが、風は局地性が非常に強いので地点間の相関と云うように簡単には予想できない(至近距離ならば別であるが)。そこでこの図は強風が吹くか吹かないかの目安に使用する。相川9時の風と甲府 (9時~21時) の最大風速の関係も調査したが、21時のものより精度が良くないことと、分布も殆んど同じなので省略する。



第6図 相川の風向、風速と甲府の最大風速

4. 時間的予報

これは日常の予報は勿論、注意報発表にとって最も大切なことである。このうち吹き出し時刻は寒冷前線の通過時刻、先行低気圧の位置より大体見当つけられる。季節風はまた日変化の影響が大きくこれも見逃すわけには行かない。附表は甲府における吹き出し、吹き止み、最大風速の出現時刻、強風継続時間を示すもので、これより日中吹き出して前夜半に止むと云うことがかなりの精度で云えそうだ。

吹き止み時刻における低気圧（第8図右側）、高気圧（左側）の頻度分布で、高気圧は緯度、経度 4° 毎、低気圧は 2° 毎の面積内に位置した回数から等値線を描いたものである。

吹き止み時刻は低気圧の位置よりも高気圧の位置や張出し方に注目すべきで、かなりけんちょな吹き出しでも分離した高気圧が日本海に入ると風は止む。また日変化の影響が非常に大きい点を念頭におかなければならない。

時刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	23
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
吹き出し	2	3	1	1	1	1	2	4	4	5	9	11	12	13	13	7	4	1	1	1	1	0	1	2
吹き止み	6	3	2	3	3	3	1	1	2	1	0	1	0	0	0	2	6	7	13	15	14	9	8	
v _{max} 出現	5	2	2	2	1	1	1	1	1	3	1	5	6	9	13	10	11	5	6	5	5	2	1	2
強風継続時間	継続時間						1~6		7~12				13~18			19~24		25~36		37~				
	%						21		43				22			7		6		2				

(附表) 吹き出し、吹き止み、最大風速の時刻別出現頻度 (%) と強風継続時間の出現頻度 (%)

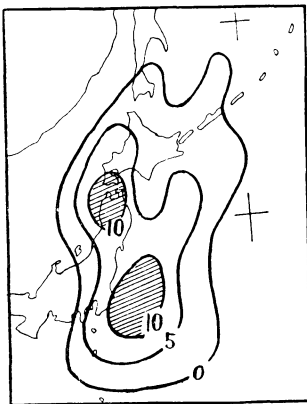
1. 寒冷前線の通過時刻と吹き出し時刻の関係

寒冷前線の通過時刻を吹き出し時刻と考えて良い。まれには数時間遅れることもあるが。

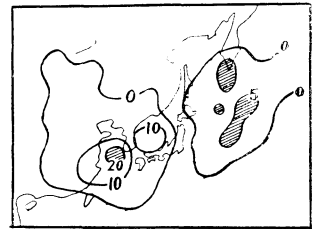
2. 低気圧の位置と吹き出し時刻の関係 (第7図)

甲府で季節風が吹き出した時刻における低気圧の位置の頻度分布で、緯度、経度 2° 毎の面積内に位置した回数から等値線を描いたものである。

一般に南岸低気圧では銚子沖、日本海低気圧では東北地方北部に達したとき吹き出すと考えると良い。更に普遍的に云えば 140°E 線通過後吹き出すとして良い。



第7図 甲府の吹き出し時刻における低気圧の位置



第8図 甲府の吹き止み時刻における高、低気圧の位置

4. 気圧配置と強風継続時間の関係 (第1表)

総観予報で分類した気圧配置と甲府の強風継続時間を示すのが第1表で、日本海低気圧型、西高東低型は長く寒冷前線通過型、秋田沖低気圧型は短い。この表は平均値を示すもので、偏差がかなり大きいので目安程度に使用する。

第1表 気圧配置と強風継続時間

気圧配置	西高東低	日本海L	秋田沖L	北海道L	南岸L東進	C.F.通過
継続時間	14h30'	14h50'	9h50'	13h40'	11h20'	8h50'

5. 最大風速 (v_{max})、日平均風速 (v_{mean}) と強風継続時間 (t) の関係 (第2表)

1958~1963年冬期、甲府のすべての吹き出しの断続時間とその日の日平均風速は比例しており

$$t = 3.7 v_{mean} - 5.5$$

3. 高、低気圧の位置と吹き止み時刻の関係 (第8図)

の関係式が80%の確率で成立する。

日平均風速と最大風速は日平均風速が3乃至11m/sの範囲内では比例しており、日平均風速6m/sが最大風速15m/sに相当する。そこで v として最大風速をとり t との関係を示したのが第2表である。この関係の技能点は0.40である。

第2表 最大風速と強風継続時間

最大風速 (m/s)	10以下	11	12	13	14	15	16	17
継続時間 (hr)	7以下	8	9	10	12	15	19	28

6. 第3表は強風が24時間以上続くための必要条件を列記したものである。

調査期間中の該当回数は27回である。

第3表 強風が24時間以上つづくための心要条件

1. 地上

- (1) 南岸 L, 日本海 L が三陸沖, 北海道東方で発達, ゆつくり NE 進。
- (2) けんちよな季節風型気圧配置がつづく。

2. 上層

- (1) 500mb 強風帯が 39°N 以南 (140°E に於て)。特に関東から東北地方南部 (34~39°N) にあること。
- (2) メアンダーが強い。
- (3) けんちよなトラフが通過する。
- (4) 500mb の L (cold vortex) が 49°N 以南を通過。
- (5) 700mb cold core が満州東部から沿海州にある。

この表のうち、地上天気図では西高東低型がけんちよであること、上層では強風帯が 39°N 以南にありメアンダーが強いことが有力な目安になる。

7. 吹き出し時刻の地点間の相関

$$\begin{aligned} \text{甲府の吹き出し時刻} &= \text{輪島の吹き出し時刻} + 5.5 \text{時間} \\ &\quad (\pm 2 \text{時間}) \\ &= \text{御前崎の吹き出し時刻} + 3 \text{時間} \end{aligned}$$

5. 量の予報法

単に地上の高、低気圧や上層のトラフ、cold core など天気図解析の結果と風との関係はすべて統計的に云えることで、その間には直接理論的な関係はない。例えば西高東低型になると等圧線が混んで地衡風が強まるとか、気圧配置が急変すると変圧風が強まると云うように、天気図解析の結果が直接風に結びつのでなく、その間に理論的なうらづけが介入している。

理論的⁴⁾には

1965年1月

(イ) 風は気圧傾度に比例すると云う地衡風(傾度風)の考え方

(ロ) 風は気圧配置の変化により生ずると云う変圧風の考え方

(ハ) 二層間の温度差による温度風

(ニ) 地形の影響である山越えの風, 山谷風, 海陸風など

(ホ) 運動学的な風速差と相対うず度との関係などが考えられる。

また統計的には、気圧配置、寒気、ジェットなどと風の関係については既に普偏化しているのでここでは述べないが、1例として寒気と風が密接な関係にあることを示そう。

甲府1, 2月の毎日の最低気温の平均値と1, 2月の季節風型の日数、突風率(=瞬間最大風速÷最大風速)は1953年から1963年の11年間の統計では負の相関があり、相関係数は夫々-0.62, -0.81となつている。これから寒気は瞬間最大風速と良い関係があると云えそうだ。

綜観予報により吹くと予想されたら量の予報を行う。ここでは最大風速(10分間平均の v_{max})、瞬間最大風速(v_{gust})、日平均風速(v_{mean})を対象にしており、前日21時の資料より当日(6時~24時)の風速を予想するもの(現在の放送スケジュールでは朝8時すぎまでに入手できる資料を使用するもの)により朝最初の予想をする。次に正午前に当日9時の資料より主に日中(9時~21時)の風速を改めて予想しなおす(11時頃までに入手できる資料を使用するもの)。前者は主として統計的に、後者は理論的から求めた気象変数を使用している。又日平均風速は1日1回9時の資料よりその日の風速を予想する。⁵⁾

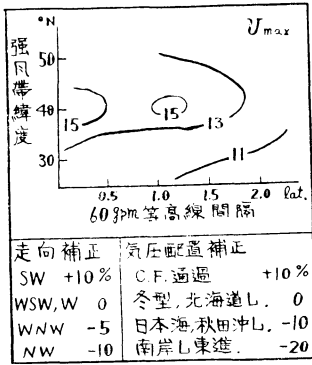
1. 最大風速(v_{max})の予想法

(1) 前日21時, 500mb 強風帯と当日(6時~24時)甲府の v_{max} の関係(第9図)

ジェットと地上天気図が密接な関係にあることは良く知られているが、ここではジェットの代りに500mbの強風帯を用い、140°Eにおける強風帯の緯度(位置)と風速を気象変数とし、これに強風帯の走向と地上気圧配置による補正をして v_{max} を求める。

図の作り方は散布図による方法⁵⁾を用い、図から求められた値(v_{cal})と実測値(v_{obs})の差を v_{cal} で除したものを強風帯走向の方向別に合計し平均したものが走向による補正係数である。気圧配置による補正係数もまた以下の各図のものも同じようにして求めた。

この図からの結果と使用法を述べると、



第9図 500mb 強風帯と甲府の最大風速

(イ) 強風帯が 39~43°N にあるときに U_{max} は大きい。また強風帯の風速が大きい程一応は U_{max} も大きいが、37~43°N では殆んど関係はない。

(ロ) 強風帯の走向が SW のときは v_{cal} より v_{obs} が大きく、NW では小さい。これは次の理由からである。SW ではけんちよなトラフが本邦上にある場合が多く、また NW では極ジェットはシベリヤ北部から北海道方面に走り、地上では移動性高気圧となることが多い。

(ハ) 気圧配置の判別困難な場合はこの補正はしない方が良く走向による補正のみ行う。二つの補正は同時に行う。例えば強風帯の走向が NW 気圧配置が日本海低気圧型の場合は $(-10) + (-10) = -20\%$ とする。

(ニ) この図を使用しての適中率 ($v_{cal} - v_{obs} = 2 \text{ m/s}$ 以内) は71%、不適中率 (4 m/s 以上) は7%である。

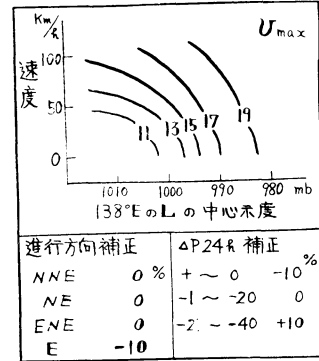
130°E における強風帯についても以上と同じような調査をしたが結果は良くなかった。

(2) 138°E における低気圧の示度、進行速度と甲府の U_{max} の関係 (第10図)

けんちよな季節風は低気圧の通過に伴う場合が大部分で、甲府で U_{max} が 20m/s 以上となったのはすべて発達した低気圧の通過後に起っている。強風が吹くためには本邦上で等圧線が南北に走り、気圧傾度の大きいことが必要であるから、強い低気圧が発達しながらゆっくり NE 進すれば風は強いことになる。

第10図は調査期間中本邦の南岸を通過した51個の低気圧により作成したものである。この図は 138°E において 30~35°N の間を通過する低気圧にのみ使用できる。後24時間中心示度変化が予想困難な場合はこの補正はしない。これによる適中率は 55%、不適中率は 15% である。

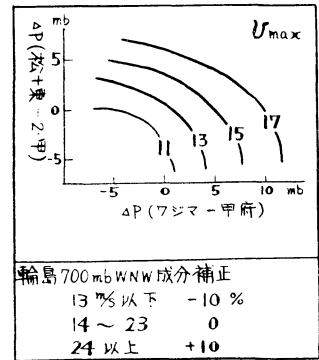
また日本海側通過の低気圧についても調べたが、進行方向、速度、中心示度変化とは殆んど関係なく、僅かに 138°E における示度のみ多少関係があった。 (U_{max} が 10



第10図 低気圧と甲府の最大風速

m/s 以上になるためには低気圧の示度は 1000mb 以下)

(3) 当日9時 (輪島一甲府) 気圧差、(松本+東京-2×甲府) 気圧差と甲府 (9時~21時) の U_{max} の関係³⁾ (第11図)



第11図 地上気圧差と甲府の最大風速

季節風時には関東中部地方では等圧線の走向が南北に立っているので地衝風 (v_g)、相対うず度 (ζ_g) は

$$v_g \propto (\text{輪島一甲府}) \text{ 気圧差}$$

$$\zeta_g \propto (\text{松本+東京-2×甲府}) \text{ 気圧差}$$

山越えの風は山頂で山脈に直角の風に比例する。日本アルプスの山頂はほぼ 700mb に相当し山脈の走向は NNE から SSW なので直角方向は WNW となる。故に

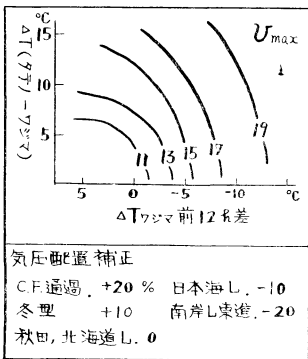
$$\text{山越えの風} \propto \text{輪島700mbの風のWNW成分}$$

これらを気象変数として作成したのが第11図でこれによる適中率は 55%、不適中率は 15% である。

なお季節風時における時刻別の風速，気圧差の1956年から1960年の5年間の平均値は次のとおりである。

時刻	3	9	15	21
甲府の風速	3.3	4.2	9.3	4.1m/s
(輪島-甲府)気圧差	+2.8	+3.3	+7.0	+4.0mb
(松本+東京-2・甲府)気圧差	+0.9	+1.2	+3.7	+2.4mb

(4) 当日9時の850mb，輪島前12時間気温差，(館野-輪島)気温差と甲府(9時~21時)の v_{max} の関係³⁾(第12図)



第12図 850mb 気温差と甲府の最大風速

地上気温は地形その他の影響が大きいので，代りに850mbの気温変化を使用する。すなわち

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} \propto 850\text{mb 輪島前12時間気温差}$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta s} \propto 850\text{mb (館野-輪島) 気温差}$$

気圧配置による補正は判別困難な場合はしない方がよい。またこれによる適中率は61%，不適中率は13%である。

2. 瞬間最大風速 (v_{gust}) の予想法

(1) 前日21時，輪島700mbの気温，500mbの強風帯の緯度と甲府(6時~24時)の突風率の関係(第13図)

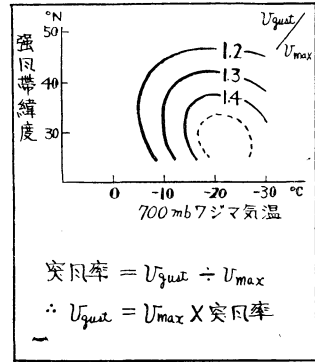
$$\text{突風率} = v_{gust} / v_{max}$$

と定義する。従って

$$\text{予想 } v_{max} \times \text{突風率} = \text{予想 } v_{gust}$$

となる。

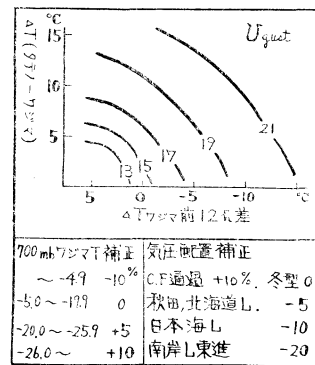
突風率が寒気と良い相関があることは既に述べたが，寒気を目安として輪島700mbの気温をとった(500mbより700mbの方が良好)。また総観解析の結果強風帯が



第13図 700mb ワジマ気温，強風帯と甲府の突風率

本邦の南にあると v_{max} は小さいが v_{gust} は比較的大きく，逆に40°N以北にあると v_{max} は大きい v_{gust} は比較的小さいことがわかった。また130, 140°Eいずれの強風帯の緯度でも調べたが130°Eはあまり良い結果でなかった。

(2) 当日9時の850mb，輪島前12時間気温差，(館野-輪島)気温差と甲府(9時~21時)の v_{gust} の関係³⁾(第14図)

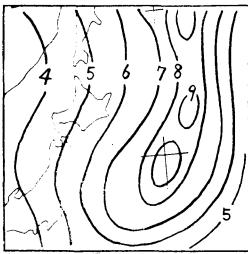


第14図 850mb 気温差と甲府の瞬間最大風速

各気象変数の説明は前節(4)と同じだが， v_{gust} は寒気と良い関係があるので，気温を使用した理論的な気象変数を使用した。補正の仕方は今迄の図と全く同じようだが9時700mb輪島の気温による補正をみてもわかるように気温の低い程 v_{gust} は予想より大きくなる。

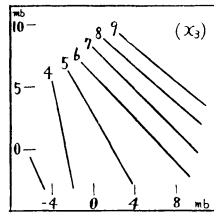
これによる適中率(3m/s以内)は65%，不適中率(5m/s以上)は17%である。

3. 日平均風速の予想法²⁾(第15図)



低気圧位置から x_1

$$(x_2) = 0.75(\square) - 2.5$$



(ハ), (ニ) から x_3

v_{mean} を求める.

$$\left. \begin{array}{l} (イ) : x_1 \\ (ロ) : x_2 = 0.75(\square) - 2.5 \\ (ハ) : x_3 \\ (ニ) : x_3 \\ (ホ) : x_1 \\ (ヘ) : x_1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} y_1 \\ \\ \\ \\ y_2 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} (イ) \\ (ロ) \\ (ハ) \\ (ニ) \\ (ホ) \\ (ヘ) \end{array}} \right\} z (v_{mean})$$

これによる適中率 (2 m/s 以内) は85%である.

4. 県内各地域の風の子報

季節風時の流線図から県内を7小区域に分割し、これら小地域の風力を求める次の2図表がある (図省略).

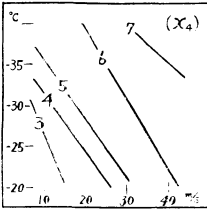
- (1) 甲府の最大風速と各地域の最大風力の関係.
- (2) 等圧線の走向と各地域で風力5以上になる確率.

6. 結 び

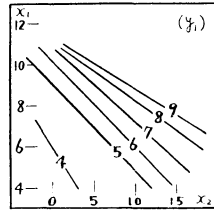
以上をまとめたのが附図のワークシートである.

風は地域性が非常に大きいので、ここで採用した気象変数や結果がすべての地方に適用できるとは考えられない. どの地方でも季節風が吹くのに適した等圧線の恰好 (主として走向) があるわけで、この等圧線の恰好を適当な気象変数から予想すれば良いわけである.

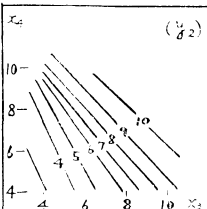
この調査にあたり色々とお指導いただいた榎沢台長、関技術課長、また資料の作成に協力していただいた山本、向山、高橋の各技官に深く感謝します.



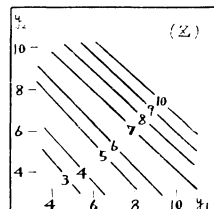
(ホ), (ヘ) から x_4



x_1, x_2 から y_1



x_3, x_4 から y_2



y_1, y_2 から $z (v_{mean})$

第15図 甲府の日平均風速を求める図

参 考 文 献

甲府の日平均風速 (v_{mean}) と関係のある気象変数として次の6変数を採用した. 観測時刻は9時である.

- (イ) 低気圧の位置²⁾ (§3-2-(1) 参照)
- (ロ) 御前崎の風の WNW 成分¹⁾
- (ハ) (松本+東京-2×甲府) 気圧差³⁾
- (ニ) (輪島-甲府) 気圧差³⁾
- (ホ) 700mb 輪島の風の WNW 成分³⁾
- (ヘ) 輪島 500mb の気温²⁾

以上の変数を円式相関法³⁾ により[次のように結び付け

- 1) 野本真一 1960: 1959年1月30~31日と2月9~11日の季節風のメソ解析, 研究時報, 13, 306~312.
- 2) 野本真一 1960: 季節風の解析(その2), 昭和35年度甲信地方気象研究会誌.
- 3) 野本真一 1961: 冬期の季節風速の予想法について, 研究時報, 14, 488~492.
- 4) 気象学ハンドブック編集委員会 1959: 気象学ハンドブック, 技報堂.
- 5) S. Petterssen 1956: Weather Analysis and Forecasting, Second edition, § 27.