

中国地方における冬の強風について*

(主として昭和38年度寒候期の場合)

太田 盛三**

要 旨

昭和38年度寒候期の資料によると、中国地方における冬の強風の大部分は季節風によるものであり、気圧傾度が大きく地衡風向が北西象限にある時、最も吹きやすい。500mb では低気圧の中心が21時に北朝鮮や日本海北西部に到達すると翌日の強風出現率が最も大きくなる。また500mb の谷が21時に日本海東部以東にあれば翌日ほとんど強風はないが、日本海西部以西にあれば翌日強風の起る可能性が比較的大きい。また昭和33～42年における台湾坊主のいちじるしい6例では日本海低気圧通過の場合に比べ、中国地方の強風出現率が小さくなっていることがわかった。最後に昭和38年1月における50°N に沿う500mb 高度分布の調和分解による各成分の振幅変化と中国地方における強風との関係を調べた。なお中国地方の強風の目安としては日最大10分間平均風速が10m/sec 以上を記録した気象官署の数をを用いた。

1. はしがき

中国地方程度の区域を対象とする予報に伴う指示報の作成などに役立つために、気象変化に対し全区域の統合的变化や各気象官署における変化の性格を予備的に調査しておくことは、単に予報上の問題だけではなく動気候学的立場から見ても有意義なことと思われる。このような観点より筆者は中国地方における冬の強風と地上気圧傾度、500mb 高度場などとの関係について調査し若干の結果を得たので、ここに報告する。

2. 調査資料

調査資料の主な期間は昭和37年12月～昭和38年2月で地上天気図と500mb 天気図を用いた。ただし台湾坊主については他の年の天気図も参考にした。また中国地方の観測地点の資料としては、広島、呉、松永、岡山、津山、下関、防府、萩、松江、浜田、西郷、鳥取、米子、境の14気象官署を選び、これらの毎日の日最大10分間平均風速を用いた。

3. 地上気圧場との関係

中国地方における冬の強風の大部分は季節風となっているので、このような西高東低型の場合とこれに準ずる

場合(低気圧が日本海東部付近にある場合)だけを選び、中国地方付近の地上気圧傾度と各地における強風との関係を統計的に調べた。まず中国地方付近を代表する地上気圧傾度の大きさとしては、広島において等圧線に直交し、広島を中点にもつ長さ10° lat. の線分の両端における気圧差の絶対値を用い、これを Δp とおいた。また地上気圧場を広島を中心とする地衡風向が、N, NNE, NE の場合と WSW, W, WNW, NW の場合とに分け、前者を NE 地衡風系、後者を NW 地衡風系と名づけた。そしてさらに地点別にとった毎日の日最大10分間平均風速を v とし、 v と Δp との統計的関係を気圧場別に調べた。ただし Δp の値は、当日の9時と21時について求め、どちらか一方の大きい方だけをとり、これと v の値とを対応させた。もちろん、この場合、気圧場は中国地方付近に低気圧の中心があるような複雑なものは除かれており、単純なものだけが選ばれている。

以上のような方法で中国地方における冬の強風と地上気圧傾度などとの関係を統計的に調べると次のような傾向が認められる(第1表参照)。

(1) Δp と v との気圧場別相関は NE 地衡風系の方が NW 地衡風系よりも大きくなりやすいようである。

(2) NW 地衡風系の方が NE 地衡風系よりも強風が吹きやすい(大部分の地点で危険率5%の統計的有意差が認められる)。

(3) v から Δp への直線回帰係数も NW 地衡風系の方

* On the Winter Strong Winds in Chūgoku District (Mainly during December 1962 to February 1963)

** M. Ōta 広島地方気象台

—1969年1月31日受理—

第1表 中国地方各地における冬の強風と地上気圧傾度との関係(調査資料:昭37・12~昭38・2)

項目 要素 地点	相関係数			平均風速			回帰直線 (NE)			回帰直線 (NW)		
	NE	NW		NE	NW		a	b	ΔP_{10}	a	b	ΔP_{10}
広島	0.72	0.52	×	7.0	8.6	×	3.6	0.28	22.9	1.2	0.54	16.3
呉	0.78	0.40	○	4.8	7.7	○	2.3	0.24	32.1	3.2	0.35	19.4
松永	0.64	0.58	×	4.9	7.3	○	2.8	0.17	42.3	2.7	0.37	19.8
岡山	0.87	0.70	×	5.2	8.2	○	2.1	0.29	27.3	2.6	0.43	17.2
津山	0.72	0.52	×	7.2	9.2	×	1.5	0.54	15.7	1.2	0.63	13.9
下関	0.85	0.44	○	9.0	12.9	○	2.6	0.53	13.9	5.8	0.53	7.9
防府	0.52	0.38	×	7.8	9.8	×	5.3	0.22	21.4	3.7	0.47	13.4
萩	0.83	0.68	×	11.1	10.3	×	1.2	0.89	10.1	0.8	0.74	12.4
松江	0.84	0.68	×	6.4	11.6	○	1.5	0.45	18.9	2.8	0.61	11.8
浜田	0.86	0.43	○	9.8	15.1	○	3.8	0.54	11.5	3.5	0.90	7.2
西郷	0.69	0.32	○	6.8	9.2	○	1.7	0.44	18.8	2.4	0.54	14.1
鳥取	0.88	0.85	×	7.8	10.2	○	1.3	0.59	14.7	3.5	0.50	13.0
米子	0.77	0.63	×	7.1	9.2	×	1.2	0.58	15.2	3.2	0.45	15.1
境	0.71	0.45	○	6.5	9.2	○	1.6	0.44	19.1	2.9	0.49	14.5

(注) 相関係数: 計算に用いた気圧差 ΔP (mb) と日最大10分間平均風速 v (m/sec) との間の標本相関係数(詳細は本文参照) NE, NW: 気圧場が NE 地衡風系(資料数36), NW 地衡風系(資料数46) の場合をそれぞれ NE, NW として区別した。

○, ×: 左側の気圧場別に求めた計算値の間に危険率5%以下で有意差が認められる場合は○印, 認められない場合は×印。

a, b: 直線回帰方程式 $v = a + b \Delta P$ に対する定数。

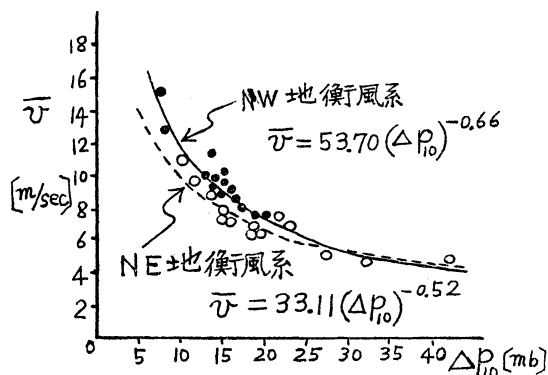
ΔP_{10} : 直線回帰方程式に $v = 10\text{m/sec}$ を代入して得られる ΔP の値(強風予想における大体の目安)。

が NE 地衡風よりも大きくなりやすいようである。

なお第1表をさらに細かく見ると, NW 地衡風系の場合に平均風速が最も大きくなっているのは浜田の 15.1 m/sec であり, これに次いで下関の 12.9 m/sec が大きく, 松江, 萩, 鳥取でも 10 m/sec を越えている。そしてこれらは港湾, 海峡, 平野, 丘陵, 山脈, 河川などの地形分布に大きく支配されているようである。また当然のことながら山陰側の方が山陽側よりも平均的にみて幾分風速が大きくなっている。

次に直線回帰方程式 $v = a + b \Delta P$ に $v = 10\text{m/sec}$ を代入して得られる ΔP の値を ΔP_{10} とおき, これと v の気圧場別平均値 \bar{v} との関係を調べると第1図のような結果が得られた。(ΔP_{10} は強風注意報などにおける大体の目安として利用出来る)。もちろん両者の間の関係は負相関であるが, 直線的な関係ではない。すなわち \bar{v} と b との間に正相関があるために曲線的関係となっているようである。

また14地点のうち当日 $v \geq 10\text{m/sec}$ となった地点の数を強風観測所数 N とおき, ΔP と N との関係についても

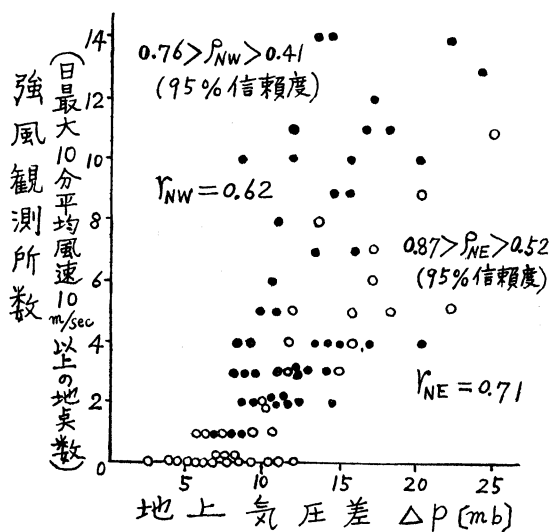


第1図 冬の強風予想における目安となる ΔP_{10} と日最大10分間平均風速の平均値 \bar{v} との関係(昭37・12~昭38・2)

資料としては中国地方における14か所の地点の観測から得られた値を用いた。

● NW地衡風系, ○ NE地衡風系

調べて見た。この場合は資料が少ないため各種標本値の間に気圧場別の統計的有意差(危険率5%)は認められなかったが, 標本値だけを見ると前述における(1), (2),



第2図 中国地方における冬の強風観測所数と地上気圧傾度との関係 (昭37・12—昭38・2)
 ●NW 地衡風系, ○NE 地衡風系, 気圧場別相関係数や直線回帰係数の間には, 統計的有意差 (危険率5%) は認められないが, 標本値の間には若干の差が現れている。
 r_{NW} , r_{NE} は●, ○に対する母相関係数
 r_{NW} , r_{NE} は●, ○に対する標本相関係数

(3)で示される傾向と大体一致している (第2図参照)。このことよりNの値は単に強風の地域的な広がり程度を示しているだけでなく, 全区域に対する強風の大きさな目安としても利用出来るように思われる。もちろん本来ならば v の面積平均などを利用すべきであるが, Nの値を求めるやり方のほうが方法として, はるかに簡便である。

さて次に当日の ΔP の9時, 21時の値を, それぞれ ΔP_{9h} , ΔP_{21h} とし, これらの差に対し次のようにおく。

$$\Delta P_{21h} - \Delta P_{9h} = \Delta^2 P$$

ここでさらに標本平均値に対してバー, 気圧場別の添字としてNW, NEを用い, 昭37・12~昭38・2の期間における $\Delta^2 P$ の標本平均値を求めると, $\overline{\Delta^2 P_{NW}} = -0.33\text{mb}$, $\overline{\Delta^2 P_{NE}} = -1.29\text{mb}$ となった。このままでは, これらに対して統計的有意差は認められないが, おそらく標本を増加させれば $\overline{\Delta^2 P_{NW}} > \overline{\Delta^2 P_{NE}}$ に対する有意性が現れるだろう。そこで今 $\Delta^2 P$ の気圧場別標本平均値の傾向が成り立つものとして, Brunt-Douglasの変圧風 $-\frac{\alpha}{f^2} \nabla^2 \frac{\partial p}{\partial t}$ の効果を考えると, どちらの場合でもこの効

果が平均的には主としてNW象限に風向をもつ冬の風を弱めるようなE-ly成分として働いている。しかしさらに細かく見ると, このような風を弱める効果は平均的に見てNE地衡風系の場合の方がNW地衡風系の場合よりもはっきりしているように推察される。従って一定の ΔP に対しNW地衡風系の方がNE地衡風系よりも v が大きくなりやすいということは, このような効果を考えることによっても, ある程度定性的な説明が出来るように思われる。また上層におけるうず度や温度の移流効果より一般にNW地衡風系の場合の方がNE地衡風系の場合よりも下降気流がいちじるしいと考えられるので, 前者は後者の場合よりも位置エネルギーから運動エネルギーへの転換が起り易くなっているようにも推察される。そして静力学的垂直安定度と気流の垂直混合との関係なども一役加わっているであろう。

4. 500mb 気圧場との関係

さて次に500mb天気図と中国地方における強風との関係を調べる。まず前日21時の500mb低気圧の中心位置と当日の強風観測所数Nとの関係を昭37・12~昭38・2の期間について調べるとN \geq 7に対応する位置は満洲, 朝鮮半島, 日本海西部などの区域に現れている (第3図参照)。中でも北朝鮮と日本海北西部などは強風出現率が特に大きいと思われるので注意を要する (第4図参照)。

さらに前日21時の500mbの気圧の谷と当日の強風観

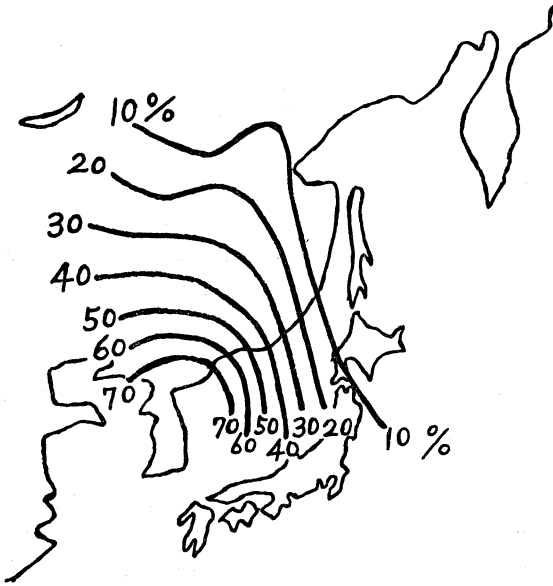


第3図 500mb 低気圧の中心位置 (前日21時) と中国地方における冬の強風観測所数 (当日) との関係 (昭37・12~昭38・2)
 強風観測所数Nに対し●はN \geq 10, ○は9 \geq N \geq 7, ×はN $<$ 6

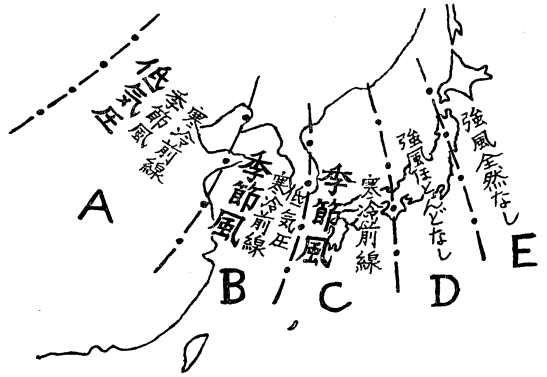
測所数Nとの関係についても調べて見た。その結果昭37・12~昭38・2の期間では、中国地方における強風(N ≥ 7)に対する前日21時の気圧の谷の存在範囲はA: 華北地区、B: 黄海、朝鮮、東シナ海地区、C: 日本海西

部、西日本地区の3区域であり、D: 日本海東部、東日本地区、E: 北日本、三陸沖、オホーツク海方面では強風がほとんど無いか、または全然現れていない。なおここで注目すべきは、たとえ前日21時における500mb低気圧の中心が強風出現率の大きい要注意区域にある場合でも、その中心からのびる気圧の谷が南東に走り、D区域などに入っている場合は、やはり強風(N ≥ 7)は当日現れていないということである(第5図、第6図参照)。

また、昭37・12~昭38・2の期間ではA、B、C区域に現れた前日21時の500mbの谷に対する当日の強風出現



第4図 500mb 低気圧の中心位置(前日21時)に対する中国地方の冬の強風出現率(当日)との関係(昭37・12~昭38・2) N ≥ 7の場合(第4図の●, ○の場合)を強風の出現とした。強風出現率は第4図における10こずつの互に接近した資料のブロックごとに推算し、100分率であらわした。ただし、推算値は各ブロックにおける資料分布の重心に対するものとした。



第6図 500mbの気圧の谷の存在範囲(前日21時)と中国地方における冬の強風(当日)の直接原因との関係(昭37・12~昭38・2) C区域では低気圧接近による強風は現れなかった。また昭和38年度寒候期では、いちじるしい台湾坊主によるものなど南岸沖通過の低気圧による強風は全然現れなかった。華南の谷は含まれていない。なお太字は主要直接原因を示す。



第5図 昭和38年度寒候期における500mbの気圧の谷(前日21時)と中国地方の強風出現(当日)との関係 太い実線はN ≥ 7に対する谷線、細い破線はN < 7に対する谷線。

率は50%前後のようである。

5. 台湾坊主との関係

以上ではまだ台湾坊主などに伴う強風について述べられていないので、ここでは台湾坊主の過去6例(昭33~42)について調べた結果を述べる。

まず台湾坊主の移動発達経過をⅠ発生期、Ⅱ近接期、Ⅲ西高東低期の3段階に分類し、各例のこれらの時期に対する強風観測所数Nについて調べた。その結果、僅か6例ではあるが、第Ⅰ期よりも第Ⅱ期、第Ⅱ期よりも第Ⅲ期というように、次第にNが大きくなって行くという傾向の有意性が統計的に(危険率5%)示されている。すなわち第Ⅲ期は季節風の時期であり、以上は理論的にも妥当であることが推察される。ただし華南から東シナ海に入った低気圧の場合も1例だけ台湾坊主に準ずるものとして6例の中に含まれている。ここでさらに各時期のNについて細かく見ると第Ⅰ期では、 $0 \leq N \leq 2$ 、第Ⅱ期では、 $1 \leq N \leq 4$ 、第Ⅲ期では $3 \leq N \leq 10$ となっている。

従って6例の全期間を通じ $N \geq 7$ というようないちじるしい強風は、ほとんど現れず、 $N \geq 7$ となったのは昭和37・2・26(第Ⅲ期)における $N=10$ の僅か1例だけであった。これに次ぐものは第Ⅲ期における $N=5$ の3例である(第2表参照)。

以上より中国地方に対し、台湾坊主は日本海低気圧より強風に関する限り影響が比較的小さいようである。ただし稀には第Ⅲ期において中国地方全般に季節風が、いちじるしく強く吹くこともあるので注意を要する。なお第Ⅱ期における強風は下関を除けば一般には山陰側の方が山陽側よりも吹きやすいようである。

次に各段階の時期別に日最大風速の風向別強風観測所数($v \geq 10\text{m/sec}$)を6例について調べて見た(第3表参

第2表 台湾坊主の経過時期と中国地方における強風観測所数との関係

実例	時期		Ⅲ 西高東低			計
	Ⅰ 発生	Ⅱ 近接	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	
①昭33・2・1~3	1日 2	2日 4	3日 5			11
②昭33・2・5~8	5日 1	6日 4 7日 3	8日 5			13
③昭34・2・23~25	23日 1	24日 3	25日 5			9
④昭37・2・24~26	24日 0	25日 1	26日 10			11
⑤昭39・2・23~25	23日 1	24日 2	25日 3			6
⑥昭42・2・2~4	2日 0	3日 2	4日 3			5
計(回数)	5(6)	19(7)	31(6)	55(6)		
平均	0.83	2.71	5.17	9.17		

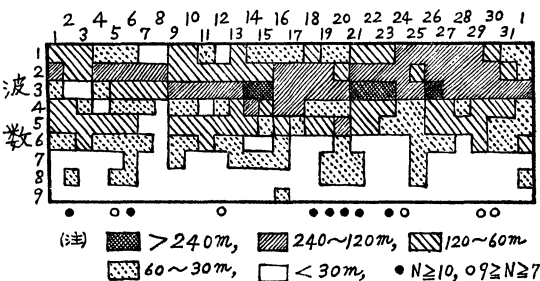
(注) 僅か6例ではあるが、強風観測所数Nの時期別の統計的有意差が危険率5%で認められる。

第3表 台湾坊主の経過時期と中国地方における強風主風向との関係(昭33~昭42)

風向	時期			計
	Ⅰ 発生	Ⅱ 近接	Ⅲ 西高東低	
SE	2	1	0	3
ESE	1	2	0	3
E	0	3	0	3
ENE	1	3	0	4
NE	0	0	0	0
NNE	0	1	1	2
N	0	2	3	5
NNW	0	1	4	5
NW	0	2	6	8
WNW	0	1	6	7
W	0	0	4	4
WSW	1	2	7	10
SW	0	1	0	1
計	5	19	31	55

(注) 上の表は各段階の時期別に日最大風速の風向別強風観測所数($v \geq 10\text{m/sec}$)を6例全体について調べたものである。

日付 (昭和38年1月1日~2月1日)



第7図 昭和38年1月における50°Nに沿う500mb高度分布の調和分解による波数別各振幅の時間変化。

照)。これによれば第Ⅰ期では大部分がE-ly系統であるが、観測所数は少なく、第Ⅱ期ではE-ly系統が約半数を占めてやや多くなり、その他は、N-ly、NW-ly、W-ly、などとなっている。第Ⅲ期にはE-ly系統が消滅し、N-ly、NW-ly、W-lyだけの系統となり冬季季節風の卓越性をあらわしている。そして風向別強風観測所数の合

計値でも、後者が大部分で全体に対し $42/55 \times 100 \approx 76\%$ を占めている。

なお西郷や下関では第Ⅱ期における E-ly の強風が多く、第Ⅲ期でも季節風が強くなることが多い。また萩では第Ⅱ期と第Ⅲ期において N-ly または NW-ly の強風が吹きやすく、時には 15m/sec 以上に達している。

6. 50°N に沿う 500mb 高度分布 (昭和38年1月) との関係

さて昭和38年1月における 50°N に沿う500mb高度分布を調和解し波数別に各成分波振幅の時間変化を求め、これらと中国地方における強風との関係を調べ若干の結果を得た(第7図参照)。すなわち 50°N に沿う500mb高度をフーリエ級数で示すと

$$Z = \bar{Z} + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(n\lambda + \delta_n)$$

ここで Z は 50° に沿う500mb高度、 \bar{Z} は 50°N に沿う Z の平均値、 A_n は波数 n に対する各成分波の振幅、 λ は 50°N に沿う経度、 δ_n は波数 n に対する各成分波の位相を示すものである。ただし実際の計算は波数 n が1から9までの各成分波について行なった。

その結果によると昭和38年1月では、 50°N に沿う500mb超長波の中の波数3の成分波が中旬から下旬にかけて最もいちじるしく卓越していることがわかる。しかも18~21日の4日間は、中国地方では $N \geq 10$ の強風が連続している(広島でもこの4日間は連続して $v \geq 10\text{m/sec}$ となった)。そしてこの期間中に成層圏で最終突然温暖化が起っているということも興味ある事実である。

ただし他の年の場合についても数例調べて見ると、冬の典型的強風時における500mb高度の 50°N に沿う分布は必ずしも波数3卓越型だけではなく、波数2卓越型、波数1卓越型、各種超長波同程度卓越型などいろいろ現われている。このように冬の強風時には超長波が長波に比べて卓越していることが多いが、その逆は必ずしも成立しない。すなわち西日本程度の範囲における冬の強風現象の原因としては、単に超長波の卓越だけでは不十分であり、このほかに長波または短波の傾圧不安定が引金作用として必要のようである。例えば昭和38年1月の 50°N 500mb高度分布の場合では、波数5ぐらいの波が2次的に卓越し、時々傾圧不安定を示しているように見える。

7. 結 び

以上の調査は主として僅か1年の寒候期の資料を用いたものに過ぎないので不完全なものであるかも知れないが、他の年の場合にも適用される部分もかなり含まれていると思う。従って予報の立場や今後の調査研究などで、多少なりとも参考になれば幸いである。

なお今後に残された課題としては次のようにいろいろな問題が考えられる。すなわち、日変化も含めた地上気圧傾度の変化の予想、NW地衡風系の場合とNE地衡風系の場合に対する理論的考察による比較とその実証的調査(例えば個々の場合について大気の静的安定度、変圧風効果などを実際に調べる)、台湾坊主に対するさらに詳しい調査、850mb、700mbなどの上層風との関係などである。