

# 日本列島における強風の出現について

田上 善夫

On the appearance of strong winds in the Japanese Islands

Yoshio TAGAMI

E-mail: tagami@edu.u-toyama.ac.jp

## Abstract

In this study, the factors and processes were analyzed of the appearance of the strong winds in various parts of the Japanese Islands. The wind record of AMeDAS since its beginning was used as data. The top 1/1000 strongest winds in each observation point were defined as a 'strong wind'. And as for the countrywide appearance of the strong wind, the influence of the surrounding topography was especially analyzed. Furthermore, on the basis of the extracted case day of the strong wind, the appearance of the strong wind accompanying a typhoon movement was analyzed. The results are as follows: 1) Local strong winds and local weak winds appear separately on the same day at distant places. A local strong wind group over a wide area appears with a large-scale strong wind like a typhoon and additional local factors. 2) Among the appearance factors of a strong wind are the wind direction and the topography. The position of a typhoon and the topographical direction cause strong winds to appear in remote places simultaneously. 3) At the leeward side of a mountain, air currents are let off, and strong winds called a downslope wind, such as Hirotokaze, Rokko-oroshi, or Hira-oroshi, will appear. 4) Also at the mountainsides, like a peninsula, air currents are let off and strong winds will appear. They are canyon winds, like the ones in the Toyama Bay or the Tango Peninsula. 5) On the other hand, a weak wind zone is generated locally in the leeward of a big mountain range like the Hida mountain range. Strong winds appear before and after the weak winds appear. Moreover, next to the weak wind zones are strong wind zones. Under an atmospheric state with a big energy like a typhoon, remarkable strong winds appear separately in remote areas. It shows the necessity for analyzing local phenomena over wider areas.

キーワード：局地的強風，日本列島，風害，アメダス

keywords：local strong winds, Japanese Islands, wind disasters, AMeDAS

## I はじめに

強風災害にもみられるように，大被害が生ずる地域がある一方，被害の少ない地域もある。風は地域差が大きいが，とくに地上付近で強風が吹走するときには地表の形状が大きく影響する。さらに下層大気の安定度が高いときに，山や谷などの影響が大きくなり，局地的強風とよばれるような顕著な風が出現する。

局地的強風である山越え気流について，Houghton and Kasahara (1968)，Arakawa and Oobayashi (1968) により，浅水方程式モデルでのシミュレーションが行われた。またおろし風だけでなく，地峡風や山を迂回する流れにも適用された。さらに Clark (1977) により，非静力学モデルが用いられるようになる。近年では誰でも自由に利用できるコミュニティモデルの普及により，局地風のシミュ

レーションは手軽に行えるようになってきた（日下博幸，2011）。

このように，局地風の研究には観測やシミュレーションが重要である。それは AMeDAS にしても，地点間隔は平均して 30km ほどあるため，その観測網では局地風を捉えることが困難なことなどによる。そのため局地風の研究は，個別地域で行われることが多い。ただし，局地内で強風であるにしても，強風は各地に出現する。とくに台風が至近距離を通過するときには，どこでも強風出現の可能性がある。このようなときには，解析の対象は台風に焦点をあてて，メソスケールから行われることが多い。そのため強風の地域的差異は，必ずしも明らかではない。

強風出現は地域的に複雑であるが，一方で強風出現には共通の要因があることが考えられる。あるいは強風には局地的には異質で，広域的には等質とい

う二面性がある。そのため、本論ではまず各地点における強風がどのようにして出現するか、明らかにする。さらに、日本列島における近年の顕著な強風を例として、その出現の傾向や地域性の解明を試みる。

## Ⅱ 強風の概観と解析方法

### 1. 強風の出現

#### 強風の風向分布

気象庁の気象統計情報より、地点ごとの観測史上第1位の日最大風速時の、風向分布を示す(図1)。この風向分布は、大変複雑である。同一風向が全国的に分布し、特定地域に集中することはない。一方

で地域内においてもさまざまな風向が混在し、地域的な傾向をみることは困難である。これは強風の出現には、南北差、日本海－太平洋側の差、沿岸－内陸の差のような、多くの気候的特色を規定する要因とは、異なる要因の影響が大きいことを示している。

#### 卓越する風向

ただし、日最大風速出現時の風向別に出現度数を集計すると、最大は南で93地点、次いで南南西86地点、さらに西77地点が続く。一方少ないのは北東で24地点、次いで東北東27地点、北北東35地点である(図2)。

これには各地点の地形などの影響を除いた大勢が示されており、基本的には強風をもたらす大気現象

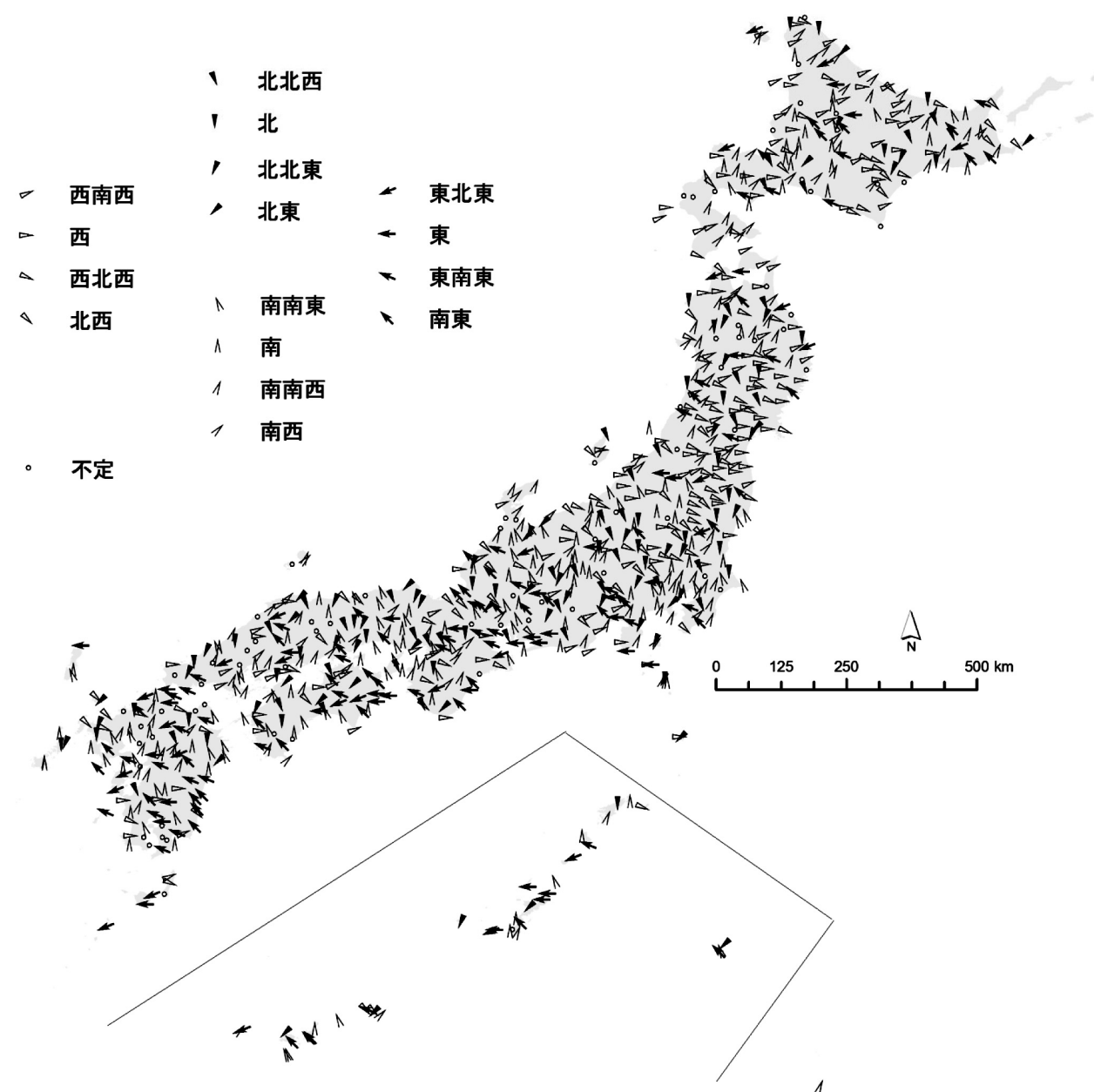


図1 史上1位の日最大風速出現時の風向

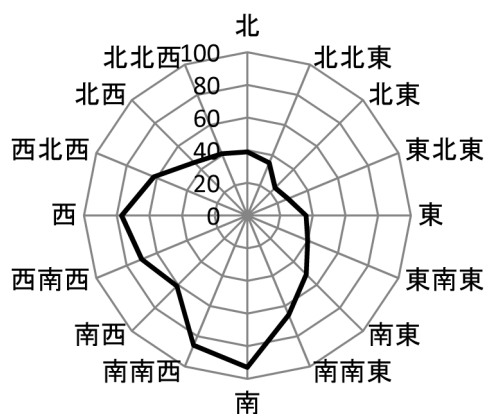


図2 日最大風速出現時の風向別出現度数  
数値は図1における地点数

を反映していると考えられる。すなわち、擾乱の通過に伴って、その進行方向とも一致することの多い、南西系の強風の出現を示すと考えられる。ただしとくに南風、西風が多いが、これは日本列島の走向である、東北日本の南北軸、西南日本の東西軸の反映と考えられる。冬型気圧配置下の北西風は少ないが、高気圧が強化し、南偏したときに出現する西風が含まれる可能性がある。

## 2. 資料と強風の抽出

局地的な差異が大きいことを特色とする強風について、全国的なスケールで解析するため、AMeDASデータを基本的にも用いる。それにはウェザートーイの『気象データベース・アメダス』の1976～2009年と、2010年以降の気象庁の気象統計情報を用いた。対象となったAMeDASは全703地点である。ただし、観測開始・終了の異なる地点があるため、各日における地点数はこれよりも少ない。

強風は大雨などと同様に、その定義はさまざまである。風速の大きさは地点により異なり、また同じ風速でも地点により、もたらされる災害は異なる。そのためここでは、各地点の統計期間内の千分位値までを、強風日とした。すなわちAMeDAS日別値の最大風速について、各地点別に強い方から千分位までの日を抽出した。これはおよそ3年に1度にあたり、観測開始は早い地点で1976年であるので、期間内には最大で第12位までが対象となる。

## 3. 強風出現の特色

### 月別の季節変化

抽出された強風日について、月別に日数を集計す

る。これは延べ地点数であるので、数が多いことは空間的な広がりも大きいことにあたる。

強風日の出現は季節的に変化し、春と秋に多い。最大は秋の9月である。また2番目の極大が春の3月に現れる。一方初夏には少なく、最小は6月である。また初冬の11月にも2番目の極小が現れる(図3)。

春と秋に多いことは、最大風速出現時の風向は、南が最大であること、すなわち擾乱の通過にかかわることと調和する。また擾乱の通過の多い4月ではなく3月に極大が現れることは、晩冬に卓越する発達した南偏した高気圧や、北方旋風あるいは爆弾低気圧、さらに春一番などの影響が含まれる可能性がある。

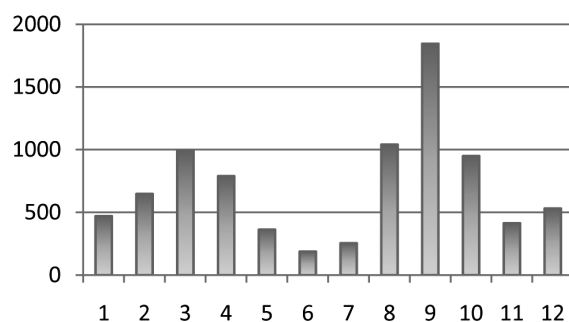


図3 月強風出現数の季節変化  
数値は地点数

### 日別の季節変化

ここでの強風をもたらす原因は、通常の擾乱ではなく、出現頻度の低い、卓越した規模をもつ現象であると考えられる。それらは特異日に集中することが考えられる。日別に強風の出現度数、すなわち地点数を集計する。日々の変動がやや大きいために、11日移動平均のグラフも示す(図4)。

その結果、強風出現のピークは、月別同様9月に現れ、9月7日が最大となる。移動平均によれば、最大は9月3日である。なお雑節の一つで立春を起算日とした二百十日は、台風が来て天気が荒れやすく強風がいわれる。現在(2001～2023年)は9月1日であるが、9月3日は212日、9月7日は216日にあたることになる。

ただし台風は、1701～1887年は9月上旬に多かったが、1888～1995年には9月上旬には少なくなったことが指摘されている(水越允治, 2010)。このように風速の観測データからみるならば、近年も二百十日の頃は強風期間として認知されることが考え

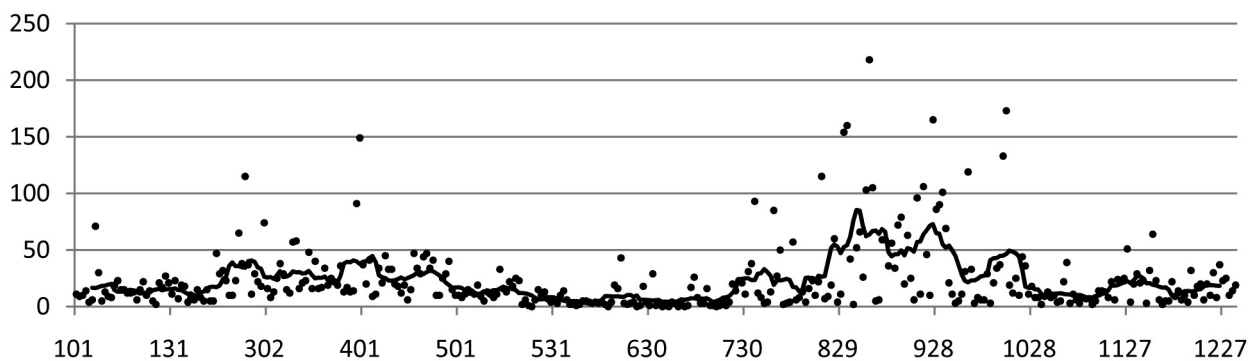


図 4 日強風出現数の季節変化

縦軸は地点数 (1976-2010年), 折線は日出現数の11日移動平均

られる。

#### 経年変化

近年、個々の地点でも強風出現が増大しているが、原因として擾乱の規模の拡大が考えられる。この場合、強風出現の延べ数にはより明瞭に現れるはずである。1976～2009年の期間に対して、有効観測が90%以上の地点を対象とすると、34年間にも出現に大きな経年変動がみられる(図 5-a)。最大は2004年であり、次いで1979年、2009年、1991年にも多い。

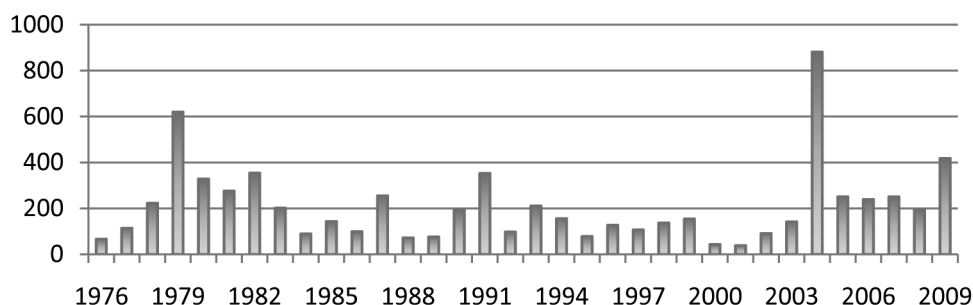


図 5-a 年強風出現数の経年変化

縦軸は地点数

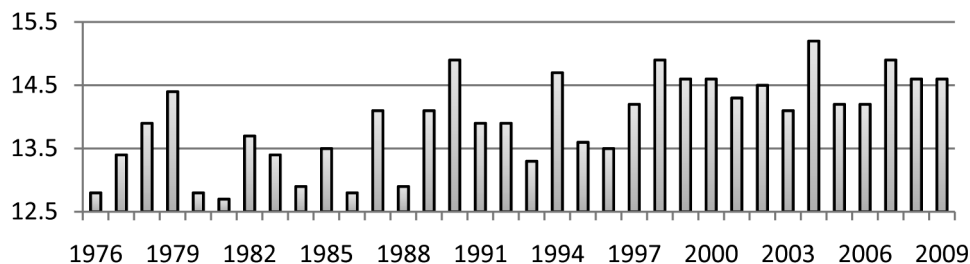


図 5-b 年平均気温の経年変化

縦軸は富山の気温(℃)

強風出現の経年変化を、年平均気温の経年変化と比較すれば、それぞれピークとなる年に対応がみられる(図 5-b)。すなわち強風出現数の多い2004年、1979年には、年平均気温も高く、1987年にも対応がみられる。またこのころはおよそラニーニャ期間に対応する。ただし、この期間内において、気温は継続的な上昇がみられるが、強風には必ずしも継続的な上昇はみられない。

強風と気温の長期的な変化傾向が必ずしも対応しないことには、ここでの強風の出現には、主として台風がかかわるが、気温の上昇により台風のコースも変化することが考えられる。また北方旋風や春一番など寒候期の強風出現との差異もかかわると考えられる。

### III 強風出現日の地域的類似性

#### 1. 大規模な強風

##### 主要な強風事例

一般に強風をもたらす現象は、強さに比例して規模も大きくなる。そのため強風の出現は広域にわたる一方、出現の日は限られる。とくに規模が大きい、すなわち強風出現の延べ地点数の多い日について検討を加える。

1976年から2009年の毎日について、全国の強風日出現地点総数を集計する。出現地点数がきわめて多い、すなわち広域に強風が現れる、上位15日を抽出する。この15日を出現順に並べると、連続する2日にあたるものが3組あるが、それらは移動する台風のように同一の原因によると考えられるため、それぞれ1事例としてまとめる(表1)。



表 1 主要な強風事例

出現 番号	年	月	日	強風地 点数	台風 番号	台風 通過	備考
1	1979	3	30	78			日本海低気圧
	1979	3	31	129			
2	1979	9	30	69	7916	中央	
3	1979	10	19	131	7920	中央	史上最低気圧
4	1981	8	23	111	8115	東	
5	1982	8	2	69	8210	中央	
6	1991	9	27	165	9119	西	リング台風
	1991	9	28	71			
7	1999	9	24	87	9918	西	
8	2004	8	30	134	0416	西	
9	2004	9	7	170	0418	西	富山史上最強風
	2004	9	8	102			
10	2004	10	20	121	0423	中央	伏木史上最強風
11	2005	9	6	86	0514	西	
12	2009	10	8	96	0918	中央	
13	2011	5	29	—	1102	中央	

出現は経年変化に現れたように、1979、1991、2004年に過半数が集中する。また月別には、1979年の3月の例を除き、8、9、10月に集中している。各地点の気象要素の変化、天気図、台風経路図と対照すると、強風が出現した日にはおよそ台風が通過中である。いずれも規模が非常に大きいことに加えて、とくに秋には太平洋高気圧が南に後退し、台風はその縁に沿って日本列島を南西から北東に縦断するため、強風地点が多くなると考えられる。

ただし、第1番の1979年3月の例のみは、台風ではなく、日本海低気圧がみられる。第3番の7920号台風は、沖ノ鳥島南方に位置していたときに870hPaまで中心気圧が低下し、東京で日最大瞬間風速38.2m/sを記録した。第6番の9119号は青森のリングに大被害をもたらし、リング台風とよばれるものである。第9番の0418号では厳島神社に被害があり、富山でも、呉羽梨や加積リングに9119号以来の被害があり、新湊では高潮被害があった。

#### 強風出現地点の分布

強風出現の延べ地点数が多くても、最大でも170地点であり、全国一斉に出現するわけではない。このことは、大規模な強風原因があっても、局地的には必ず強風出現を抑制する要因もあることを示している。比較的最近に北陸を含む広域で、強風日が

出現した日について、強風日地点の分布を示す。

事例の第10番、2004年10月20日、また一部の地点では翌21日も、引き続き強風日となった(図6-a)。出現は西日本各地であるが、内陸では強風ではないようすがみられる。

また事例の第12番、2009年10月8日には、前日7日の西日本の一部での強風に引き続き、中央から東日本で強風日となった(図6-b)。上記の図6-aの事例と同様に、強風地点は海岸付近で多く、内陸では該当しないようすがみられる。すなわち広域的な出現傾向は類似するが、強風は地域内の近隣地点同士は、必ずしも出現傾向は一致しない。

## 2. 強風出現による地点分類

上述のように規模の大きな台風においても、強風出現は地点による差異がある。これにはとくに周辺の地形、とくに山地との位置関係が影響していると考えられる。反対に地点が隣接していなくても、山地との位置関係が類似するような地点では、規模の大きな台風のもとで、同じように強風が出現すると考えられる。この地点間での強風出現の類似性を明らかにするため、クラスター分析を適用して分類を行う。

ここでは、前出の台風0423号、0918号の両者ともに強風出現がみられた中央日本西部を対象とする(図7)。強風出現日が同じである場合に、その地点同士が類似するとする。すなわち AMeDAS 地点間

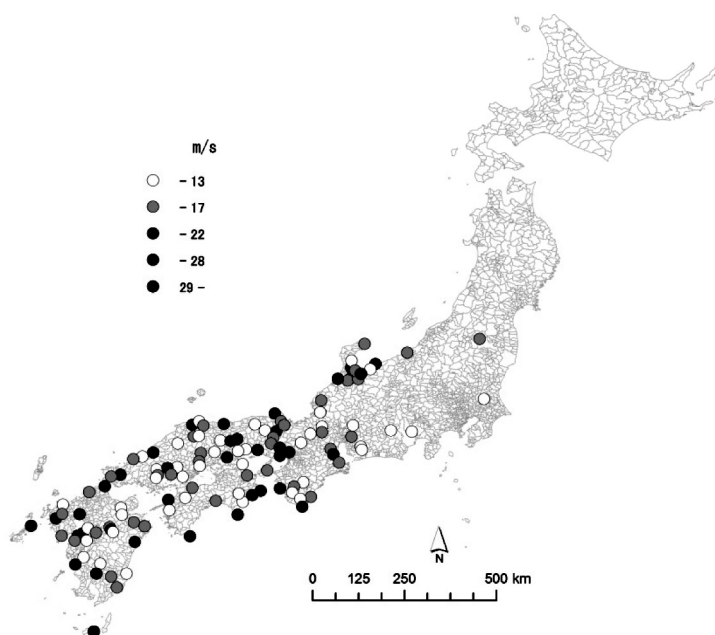


図 6-a 強風の出現  
2004年10月20(・21)日

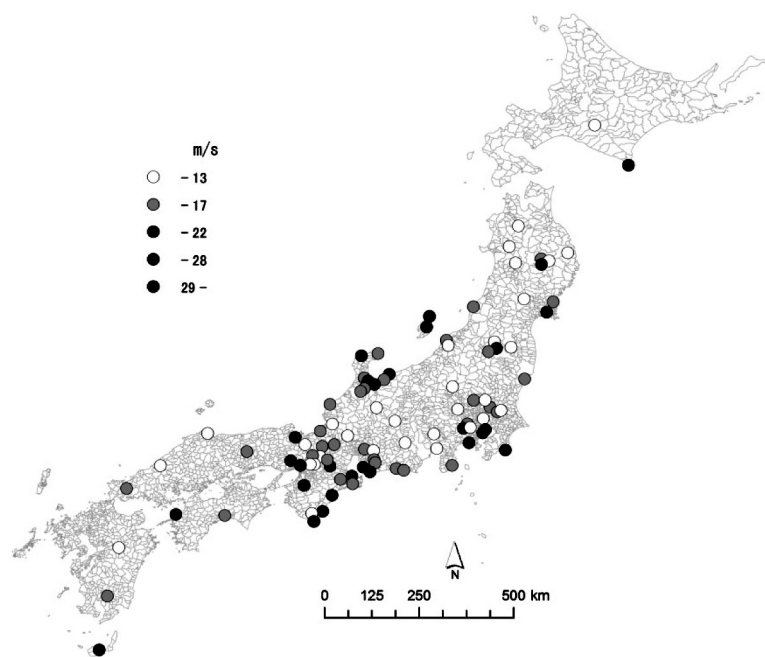


図 6-b 強風の出現  
2009年10月(7・)8日

で、同一の強風日が出現した場合を1とし、その合計を一致係数とした。この一致係数は、最小は0、最大は12となる。それにもとづき、中央日本付近の125地点について、平均連結(グループ間)法を

用いて、分類する。クラスター分析の結果、樹系図より、大きくA~Fの6型に分かれ、さらにA型とB型は下位分類される。

#### 遠距離間での類似

そのうちA型は、地域内の東部と太平洋側に多く、一方B型は、西部と日本海側に多い(図7)。これは台風が東進しながら列島上を縦断する場合などのように、作用中心との位置関係が強風出現日のずれとなって現れることが考えられる。すなわちはじめはB1型のように西部および、台風東方の南寄りの風を受けやすい地点で強風となる。後ではA1型のように東部と台風西方の北寄りの風を受けやすい地点で強風が出現する。これは広域的に共通する特色である。

ただし、この広域的傾向と異なり、周辺地点とは異なる型に属する地点がある。たとえばA2型は日本海側に現れる。すなわち富山湾の伏木、氷見、七尾、若狭湾付近の今庄、南小松、舞鶴、間人、また岡山県奈義などに現れる。一方B1型でも富山、石川、福井ではとくに内陸側山麓部地点も属する。山地のおよそ北西側斜面の山麓にあたる。

### 3. 強風出現型と風向 最大風速が北~東となる地点

ここでとくにA2型に属する地点では、前述の史上1位の日最大風速出現時の風向は、北から東寄りであることが多い。この北から東の風向の強風は、出現度数が最も少ない。その風向に該当するAMeDAS地点を抽出すると、合計161地点である。

これらの地点の分布は、

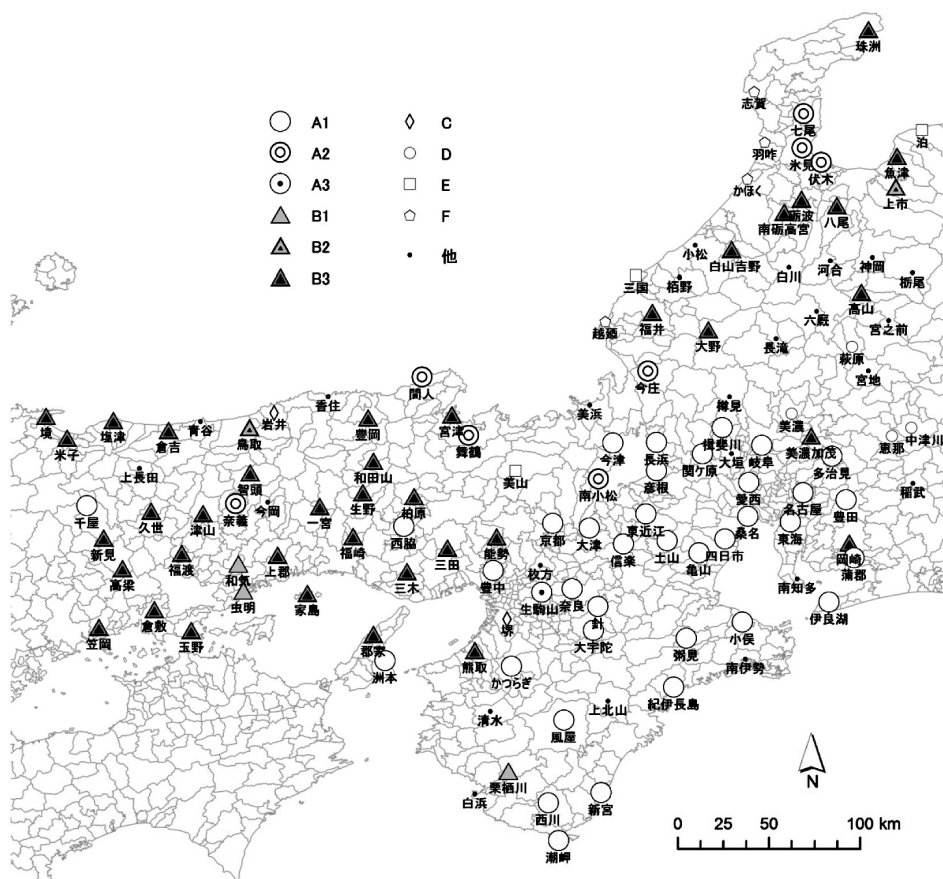


図 7 クラスター分析による強風出現日の分類

全国におよんでおり、初夏に東日本に卓越する、北東気流とは異なっている。また局地内でも出現は複雑であり、微妙な地形条件の影響が考えられる。このことは強風が多くは南風として出現するときに、局地的な条件により他の方向、中には北東になる可能性を示している。

このように遠隔の地同士で、強風出現日が類似することには、共通の要因がかかわると考えられる。その要因は顕著な強風の場合に現れると考えられるが、およそ海岸付近では、たとえば輪島や間人のように海岸線に平行な方向、またこれに類似して、魚津や舞鶴のように、湾の奥に向かう方向の強風が現れている。一方内陸では奈義や砺波のように、山地風下の吹き下ろす方向の強風が現れている。

#### 4. 北～東強風の出現と台風

先述のように強風の主要事例は、およそ台風に伴って出現している。この北から東の強風の出現日の場合、2000年以降では2004年10月20日、2009年10月8日、2011年5月29日に集中しており、それぞれ事例第10番の0423号台風、事例第12番の0918号台風、さらに1102号台風が通過した日と対応する。強風出現地域が事例により異なるのは、台風の経路が異なることによると考えられる。主要事例の場合、経路は西日本あるいは中央日本の場合がほとんどで、1981年の15号台風のみが、東日本に襲来したものである。

これら3事例では、台風はいずれも日本列島を縦断した。経路が南西から北東方向で、日本列島上を進む距離が長いことが、広域で強風日となったことにつながると考えられる。強風は台風の中心の東方、西方ともに出現するが、内陸では必ずしも出現しない。その経路の違いと、強風出現地域の違いについて、以下で分析を加える。

### IV 北から東の強風の出現

#### 1. 南西方を台風通過—第10番：2004年10月20日—0423号台風

##### 台風と災害の概要

2004年は史上最高の高温年であった。自然災害も多く、9月1日に浅間山が噴火し、10月23日に中越地震が発生した。富山県内では天然アユが激減し、クマ被害が激増し、魚津市、上市町、高岡市などの市街地にも出沒した。台風上陸数は10と史上

最多で、平年の2.6、それまでの記録1990、1993年の6回にくらべて突出する。また9月末からの3週間に台風21、22、23号が連続して上陸し、23号の上陸は史上3番目に遅い。本研究での「強風」は年3回と、1979年とともに突出する年である。台風22号では、太平洋側に大被害があった。

この10月20日には、強風は西日本に多く出現したが、強風をもたらした0423号台風は、20日13時ころ土佐清水付近に上陸、夕方泉佐野に再上陸、翌日鹿島灘で海上に出、09時ころに温帯低気圧になった(図8-a)。死者・不明者は、3番の7920号での111名以降では最多で、91名となった。舞鶴や豊岡などでも大きな被害があり、天橋立ではクロマツなど200本が倒れた。

富山では、平均風速12m/s超の状況が、夕方から夜遅くまで続き、日本海を北東に進んだ0418号台風や、9119号のリング台風のときよりも長かった。また1979年以降に風向が北東で13m/s以上の風は吹いたことがなく、昭和36(1961)年以来と考えられる(由比榮造, 2005)。

この間に伏木港に係留中のロシア船が、中古車を積んだまま転覆し、富山港沖に停泊した海王丸は、強風で碇を流され座礁した。また富山港以西で漁船5隻が流出、18隻が沈没、転覆した。氷見の定置網も被害があった。

24時間降水量は富山、高岡で10月として史上2位であった。神通川の水位は神通大橋で8.33mに達し、庄川でも大門大橋でも7.68mに達し、いずれも史上最高を記録した。高山線は宮川の橋梁が流され、この後3年にわたり部分運休する。神通川支流の市街でも、浸水被害があった。また富山県内の8万戸で停電した。

入善町杉沢の沢スギも100本以上が倒れ、瑞龍寺や小矢部護国八幡宮でも被害があった。福光町の三社柿、魚津市加積のフジリングも多くが落下した。

砺波平野でも強風となり、福光消防署で19時29分に20.3m/s、井波署で19時58分に23.3m/sの風速を記録した。風は高度100mほどの峠も越え、北陸道の方角も強風を導いたとみられる。砺波の神社102社中の71社で被害があり、目まわり20cm以上の樹木4,000本余りのうち683本に被害があった。樹木の根は南・西の風に抗するように立つのに、北東の風に見舞われた(堀越 勝, 2005)。

また砺波市の屋敷林のある2,206戸では、倒木被



害が計14,236本にのぼり、その95%がスギであった(村上朋弘, 2005)。砺波市南方の集落でも、倒木被害の85%をスギが占めている(安ヶ川恵子, 2005)。また高瀬神社境内でも、スギ334本中57本が倒れた(大浦進, 2005)。

砺波市高瀬地域の屋敷林は、屋敷の南・南東方向に多いが、南西方向に倒れた(大浦進, 2005)。砺波市街北方の集落でも、倒木の多くは北東から北の強風による。倒木による家屋への被害は少ないが、屋敷林の多くが南から西側に植えられて、屋敷の外の水田側に倒れたためである(新藤正夫, 2005)。

この砺波平野を中心とした記録にも示されるように、通常よりも風速が大きいだけでなく、風向が通常とは反対であったことにより、甚大な被害をもたらされた。御神木のような長年の風雪にも耐えてきた樹木が被害を受けたことも、稀有な強風であったことを示している。

#### 風・気圧の分布

当時の風と気圧の分布を、気象庁のMSMデータから示す(図 8-b)。地表付近では、強風の出現した18時頃には、台風の中心は近畿地方にあり、山陰から北陸にかけてはその北側に位置して、北寄りの風が吹走していた。奈義や神戸は山地の風下に、富山の地点は富山湾に吹き込む風を受ける位置にあっている。

#### 風速変化

遠隔の地で同日に強風が出現することは、それらの地点が台風という規模の大きな擾乱に対して、同じ強風発生条件を備えているためと考えることができる。この強風日出現の遠隔地同士での関係について、事例日から分析する。とくに A 型の典型として奈義、南小松、伏木と、これに対して B 型の魚津、および強風の出現する神戸の 5 地点について、風速変化を図示する(図 8-c)。

日最大風速・風向は、岡山県奈義では34m/sで北、富山県泊では23m/sで東北東、砺波では19m/sで北東、である。この強風は奈義では観測史上1位、泊と砺波では2位であった。また日最大瞬間風速・風向は、富山で40.6m/sで北東、神戸で41.5m/sで西北西、などである。こちらも富山では観測史上2位、神戸で4位であった。いずれも北寄りの風向となっている。

各地点で風速がピークに達するのには時間差がある。20日17時頃には、奈義で風速がピークに達し、

遅れて19時頃に富山県の3地点でピークとなった。この後、21時頃には奈義で風速が急に弱まった。

## 2. 南東方を台風通過—第12番：2009年10月8日—0918号台風

### 台風と災害の概要

東日本に強風をもたらした0918号台風は、10月8日に志摩半島、さらに知多半島付近に上陸し、牡鹿半島で海上に出た(図 9-a)。台風中心が富山に最接近したときの位置は群馬県南部であり、岐阜県南部であった0423号よりは遠かった。

日最大瞬間風速は、セントレアで44.2m/s、尾鷲で42.0m/sと、10月として観測史上最大となった。福島県浪江町で24時間雨量が281.5mmと、10月の記録を更新した。

富山県内では日最大瞬間風速は、富山で32.5m/s、泊で31.4m/s、高岡で30.3m/sを記録した。南砺、砺波、高岡、氷見、魚津などで倒木があり、その影響で、延べ3.6万戸が停電した。リンゴの主力品種フジの収穫期11月の前であり、魚津市加積で1~2割、富山市池多、射水市椎土では8割以上のリンゴが落ちた。被害はリンゴ563トン、ネギ86.8トン、柿21.5トンにのぼった。

### 風・気圧の分布

この8日06時には、台風0918号の中心は東海地方にあった(図 9-b)。奈義や神戸は北寄りの風に対して山地の風下にあっている。富山湾周辺では湾奥に向かって風が吹き込む。しかしこの前の時間帯には、富山湾一帯は、飛騨山脈の風陰にあっている。

### 風速変化

このとき各地で、記録的な強風に見舞われた。日最大風速・風向は滋賀県南小松では15.6m/sで北西、富山県泊では21.2m/sで東北東、神戸では25.2m/sで北北西、であった。南小松では観測史上1位、泊では4位、神戸では9位であった。また日最大瞬間風速・風向でも、三重県亀山では23.2m/sで西北西、岡山県奈義では26.6m/sで北であったが、それぞれ観測史上1位と3位であった。

顕著な強風は、前7日の22時に頃から始まった(図 9-c)。奈義、神戸、南小松の順に風速が急増していった。亀山ではやや遅れて、8日の06時頃から強まっている。同様に富山湾周辺でも8日03時から風速が増大する。とくにやや内陸側の富山でも







泊以上の強風が吹走している。また強風となる前に、7日18時から24時頃にかけて、風速が著しく小さくなる時間帯がある。

### 3. 南方を台風通過－2011年5月29日－1102号台風台風と災害の概要

1102号台風は北上して日本列島南岸の梅雨前線に合体し、室戸半島付近から野島崎付近まで、日本列島の南岸に沿って東進し、29日午後3時には温帯低気圧になった(図10-a)。

とくに中部地方から西で、強風が出現した。また30日朝までの24時間降水量は、四国から東北の100ヶ所以上で、5月として最大となった。さらに福井、滋賀、京都、徳島の計8地点では、観測史上最大となった。

富山県内では日最大瞬間風速が、泊で32.2m/s、氷見で31.0m/s、魚津で24.2m/sと、5月の最高を記録し、石巻市などでも5月として最高となった。

神通川では神通大橋で29日23時に水位が5.36mと、5年ぶりに氾濫注意水位(5m)を超えた。

#### 風・気圧の分布

29日の21時には、台風の中心は近畿地方にあった(図10-b)。この前後には後述のように、奈義、神戸、南小松などでは風速が低下し始めたのに対し、泊、氷見、伏木などでは風速が上昇し始めた。

#### 風速変化

この日には岡山県奈義、兵庫県神戸、滋賀県南小松などでは著しい強風となった。日最大瞬間風速・風向は、奈義では40.1m/sで北、南小松では30日に30.1m/sで北北西、また富山県泊でも32.2m/sで北東である。奈義、南小松、泊ともに、観測史上1位である。

奈義と神戸では、ほぼ同じ29日18時頃に風速がピークとなった(図10-c)。ただし広島や神戸空港では、風速は極端に大きくはなく、奈義や神戸で局地的強風が出現していたとみることができる。

富山湾周辺では奈義や神戸に遅れて風速が増大し、ピークは泊で23時頃であった。ただし魚津では19時から風速が急減し、とくに21時から翌05時には1m/s前後ときわめて弱くなった。富山でも0時から03時にかけては、2～3m/s程度の弱い時間帯がみられる。富山よりも飛騨山脈に近い魚津で、より風陰となる時間が長かったとみられる。ただし泊では風陰に入ることはなかったようである。また魚津、

富山では風速が低下する前後に、風速のピークが現れている。

奈義などは山地の風下側にあたる北風の時に、風速がピークとなる。また富山湾周辺は、湾奥に向かう風の流れが顕著となる北東風のときに、風速がピークとなる。台風の東進とともに、これらの地域では、風向は北東から一時東寄りになった。両地域は台風を中心から見て異なる位相のときに、風速のピークを迎えている。

解析によれば台風の中心は、21時には志摩半島付近にある。奈義などでの風速のピークは台風の中心が紀伊水道付近にあったとき、泊などでの風速のピークは台風の中心が伊勢湾付近にあったときとみられる。

#### 収束発散分布

強風の出現は、とくに風向と地形の関係から、気流が大きく収束、あるいは発散することによると考えられる。奈義などでの強風出現時に近い29日の18時(図10-d)と、泊などでの強風出現時に近い同日24時の収束発散分布を示す(図10-e)。

18時には、日本海側の若狭湾から丹後半島周辺に著しい収束域が現れている。また南小松、神戸は反対に著しい発散域にあたっている。奈義周辺の山地付近では、収束が示される。また丹後半島の間人付近や若狭湾の舞鶴付近でも収束がみられる。

一方24時には、飛騨山脈の北端と能登半島西部に著しい発散域が現れ、富山湾岸付近の著しい収束域と著しい対照を為している。また今庄付近でも収束している。一方南小松、神戸などの発散域は、弱いものとなっている。

## V 強風の地域的出現の検討

### 1. 中央日本の強風 (図7での対象範囲)

#### 北陸地方

富山平野での強風の出現が、フルード数( $Fr = U/Nh$ :  $U$ は風速,  $N$ はブラント-バイサラ振動数,  $h$ は山地高度)から検証されている。日本海を進む低気圧の影響で、富山平野の神通川沿いの強風が広域に拡大するが、泊で北東風が卓越する場合と、南風が卓越する場合がある。前者では、日本海と太平洋に低気圧があり、誘い風と言われる北東風が吹き、主に川沿いの強風が吹く。後者では、日本海に低気圧があり、広域に強風が広まる。フルード数は、前者では風が弱いため小さく、一方後者では風が強い

ため大きい場合に当たる（成瀬孝幸，2010）。

また，2010年4月27日17時から18時を中心に，神通川・庄川流域で強風災害が発生した。南砺消防署井波庄川出張所では，最大風速は南南東25.9m/sに達した。950hPaの高度では神通川・庄川流域で南東から南南東の強風で，井波庄川付近では，これが地上に達していたと考えられる。平均標高を1000mとすると，フルード数は0.90，無次元化した山の高さは0.51で，浅水流レジーム図でもハイドロオリックジャンプの発生にあたる（牛島孝友・大野裕・武井康郎・木南哲平，2010）。

すなわち日本海低気圧による南よりの風のとき，大気の成層安定度を一定とすれば，一般風の弱いときには地上の強風も地峡風のように局地内に限られ，風が強まると広域に広がる。強風でも条件があれば，局地的に著しい強風が発生する。反対に北東風の場合，その方向は富山湾で平均高度は0mであるためフルード数は大きく，強風が広域に広がることになる。ただし風向が東に偏った場合，平均高度として飛騨山脈のそれを考えなければならないため，強風の出現は異なることになる。

北陸地方の平野部の多くは，南よりの強風に対して山地の風下にあたる。福井県では，嶺南と嶺北北部で強風が多く，その風向は南東あるいは北西であるが，とくに南東で災害事例が多い。上述の神通川・庄川流域と同様に，2010年4月27日には，17時以降に，敦賀，小浜，三国で風速20m/s以上を記録した。美浜では17時37分に，4月の史上最高の16.3m/sを記録した。ウィンドプロファイラーでは，福井は鳥取の2時間後に，強風が観測されている。また14時頃には，7m/sの下降流を観測している。そのため強風が下降して，地上風速が増大したと考えられる。また敦賀を通る南南東風の断面では，900hPa付近の強風域が，滋賀県境の山脈を越えて下降し，295Kの等温位面も下降している（西尾伊三男・長谷川洋・川崎齊彦・池野弘明，2010）。

若狭湾沿岸の谷を中心として，このように上層の強風が下降しておろし風となり，強風が発生する。これは富山での地峡風に類似しており，南よりの風に対しては，北陸地方では広範に強風が出現することになる。一方，反対の北よりの風向での強風の出現は少ない。富山ではこの方向には広く開けているのに対し，若狭では谷の開口部がきわめて狭く，奥で収束することがないことが関係すると考えられる。

## 東海・近畿地方

脊梁山脈の南の太平洋側では，北陸地方での南風に対応するものは，北よりの風である。琵琶湖における観測によれば，強風の出現は安曇川沖で多く，一方雄琴沖では少ない。その風向は，安曇川沖は北西，沖ノ島は北か南西，雄琴沖は南西となることが多い（土井ひかる，2010）。

また岐阜では風速8m/s以上の風は北西風系が77%，南東風系が16%である。北西風系は3～4月，南東風系は8～9月に多い。強風は11時から18時に多いが，南東風系の場合には昼夜であまりかわらない。北西風系は低気圧性および高気圧性の寒気・乾気移流で，南東風系は低気圧性の暖気移流である。西北西の強風は，関ヶ原付近の鞍部，あるいは三国岳から揖斐川町付近の谷を通る。南の海津市では，山地風下で下降流が地表に卓越して風が強まる。岐阜市では，地表付近の温度が上昇して境界層内の対流混合が発達すると，風が強まる（満 満男，2010）。

太平洋側での北よりの風は，上層の強風が地表付近に達することにより，広域に強風が出現している。また山地の風下地域に特定されるわけではない。そのため富山平野の北東の強風，また南よりの局地的強風とも異なる。ただし季節と地域により，おろし風とみられる強風も出現する。

三重県の鈴鹿おろしは，3月に出現が多い。鈴鹿山系を横断する40kmの線上での，ラジオゾンデ観測では，上空で南西風の時にはハイドロリックジャンプに伴う山越え気流系の強風，上空で西風の時には鈴鹿峠を通り抜ける地峡風系の強風が出現する（小松謙介，立花義裕，山田祐司，2010）。

なお，大阪湾の南の友ヶ島では，2006年3月から2010年5月までには，日最大風速20m/s以上の日は16例あった。NHMによれば25m/sの暴風域は，1) 南から南南西風で，友ヶ島から大阪湾，2) 南風で，大阪湾内，3) 南から南南東で，洲本市東方，に現れた（徳田祥如・木守周司・笠井将伸・萩尾公一・福場彰子・岡本人臣・池田秀一，2010）。

鈴鹿山系付近では，西から南西の風で，風下となる地域に局地的強風が出現するが，太平洋側では季節的・地域的に限られている。さらに風向が南偏した場合に，紀淡海峡のように南に開けた地形では，風速が強化され，地峡風的な風が吹走するが，こうした地域も限られる。



## 中国地方

奈義付近の強風は広島風とよばれ、日本海から鳥取県の千代川に沿って風が入り、那岐山(1255m)の南麓に吹き降ろす。奈義で北よりの風、風速9m/s以上、かつ広島風の天気図パターンとなるのは、30年間に29事例あり、そのとき下層には安定層があった。奈義で北北西16m/sの風で、津山でもほぼ同様の強風の場合は広島風でなく、強風域の沈降と日射による対流によると考えられる(川北昇司・岡 泰広・谷條薫一・川見 温・北山 拓, 2009)。

奈義では、台風が中心が紀伊水道から琵琶湖付近にあるときに、強風が出現する。これは富山で北東の強風が出現する場合と類似する。ただし広島風は広域に吹走するのではなく、奈義の隣接地域では必ずしも強風ではないことが富山とは異なる。

一方北側の日本海側では強風は南風であり、鳥取では25kt以上の南成分の風は、160°方向に限定される。モデルでは、南よりの25kt以上の風となるのは、県東部の千代川下流平野部、中部の天神川下流平野部である。強風域と等温位線は下層に降りているので、おろし風が示唆される(長谷川伸一・大崎晋太郎・川崎浩志・岸田泰寛・奥田智紀・山本悦雄, 2010)。

また島根県では、強風が出現するのは、県西部地区、出雲地区の沿岸部で、とくに西部の高津で最も強風となりやすい。モデルでは大田市一出雲市間の沿岸部に最大風速の極大域があり、三瓶山のおろし風と考えられる。江津の強風が再現されないが、河口付近の細かい地形が表現されないためと考えられる(足立誠・和田正太郎・依岡幸広, 2009)。

鳥取県、島根県ともに、強風の出現する位置は沿岸部が多く、かつ河川沿いである。このような地形では、地峡風の影響はあるが、おろし風をもたらすような山地からは大きく隔たっている。そのため大気下層の安定度の影響の大きな広島風とは異なり、広域に出現する強風と考えられる。

## 2. 西日本の強風

### 四国地方

南風に対して山地風下に位置する平野は、山陰地方では不明瞭であるが、四国の瀬戸内側では明瞭である。愛媛県東部に出現する局地的強風は、やまじ風とよばれる。伊予寒川付近のJRによる観測では、最大瞬間風速20m/s以上の出現は、2009年の9ヶ

月間に7回あった。MSMでは、日本海に低気圧、四国南岸に前線があるときに、やまじ風は出現しない一方、二つ玉低気圧の南の低気圧が四国南岸を通過した際には強風が出現し、さらに九州南部に低気圧があり四国南部の通過が予想されたとき、実際には40m/sの強風が出現した(矢野孝志・中塚健・森下修, 2009)。

このように、南よりの強風の出現は、北方に低気圧が存在するときに限らず、南方に前線さらには低気圧が存在する場合もある。それはこの地域では、大気下層の下降流により、強風が降りてくるのではないことを示している。むしろ南方にも擾乱があることは、大気下層の安定度がかかわることを示している。瀬戸内地方に比べ日本海側の平野では、山地の風上側付近は陸地であり、太平洋からの南風が長距離陸上を吹走する間に変質し、瀬戸内地方とはやや異なると考えられる。

### 九州地方

上述のやまじ風の出現地域は、山地の風下に加えて稜線の鞍部の風下に位置する。阿蘇の立野に出現する局地風、まつぼり風の吹走地域でも同様であるが、その地形的特色はより明瞭である。すなわち、阿蘇山の立野火口瀬では、外輪山を侵食して白川が流れ出る。

ここでモデルを適用し、模式地形により感度実験を行うと、強風の出現には阿蘇外輪山の影響が大きい。立野火口瀬や中央火口丘にもまつぼり風を強化する効果がみられる(稲村智彦、岩崎一晴、齋藤仁、中山大地、泉岳樹、松山洋, 2009, 2011)。

地形的に平野部への河川の開口部であることが明瞭であるが、強風は基本的に山地のおろし風として出現し、さらに地峡風として強化されるとみることができる。

## 3. 東日本の強風

### 関東地方

関東地方は、日本列島の走行が折れ曲がる位置にあたり、そのため一般風の流れに対して特異な位置にあたる。およそ北西風に対して、山地の風下になることが多い。そのため強風の出現は、日本海側地域とはもちろん、太平洋側でも他地域とはやや異なる。2009年には第12番事例のように、日本列島を縦断した0918号台風により、各地に強風がもたらされたが、関東地方はやや異なっている。

2009年4月から2010年4月には、栃木県那須(高度749m)での最大風速・風向は、5月14日の18.1m/s、西北西であった。奥日光(1292m)での最大風速・風向は、3月21日の18.4m/s、西であった。いずれの場合も気圧配置は、西高東低であった。モデルでは、北部の山岳地域に沿い、那須から奥日光にかけて強風となるが、このとき高度4,000m以下に強い下降流がある。そのため栃木県北部の山岳を乗り越えてきた強風が、山岳風下で地上付近に下降して発生したと考えられる(畠山武志・石川治美・岸啓二, 2010)。

こうした強風は広域に現れる。局地的強風とならないのは、北よりの風の場合には海から隔たっており、山地の形状が複雑であることが考えられる。一方南よりの風に対しては、平野が開けているために、局地的に風は強化されない。

#### 東北地方

東北地方は西方の日本海側と東方の太平洋側が対照的であり、局地的強風は日本海側に出現しやすい。

庄内地方の清川ダシは、稲作に多くの被害をもたらす。清川ダシが風速10m/s以上となるのは、5月に集中する。オホーツク海高気圧の影響した2003年には、暑夏だった2004年にくらべて清川ダシが極端に少なかった。峡谷出口付近で風速が強いが、逆転層高度が高く、一般風が強いと、峡谷から離れたところで強風となる。モデルからは、強風は峡谷による収束・発散よりも、周辺の山からのおろしによる影響が強かったと考えられる(佐々木華織, 2011)。

まつぼり風と同様に、清川ダシにおいても、基本的に山地のおろし風であるところに、地狭風の効果が加わっている。さらに一般風が強くなると広域に強風が現れることは、富山平野での南よりの強風と同様である。

さらにこの強風は5月に多くても、オホーツク海高気圧の影響する北よりの風ではない。総観規模の気圧系が移動する時期にあたるが、南よりの風が吹走するときには、日本海側では低気圧の前面(東)に位置するのに対し、太平洋側では低気圧の後面(西)に位置することになる。前面すなわち温暖前線側で、下層大気の安定度が大きいことが、こうした強風の出現にかかわると考えられる。

## VI おわりに

本論では日本列島の各地点の強風を対象にして、その出現について解析した。まず AMeDAS の各観測地点について、千分位以上の風を、その地点の強風とした。次に強風の全国での出現傾向から、とくに周辺の地形の影響について検討した。さらに強風の顕著な事例日を抽出し、とくに台風の移動に伴う強風の出現について解析した。その結果は以下のとおりである。

- 1) 吹走範囲の限定された局地的強風や局地的弱風が、広域内の各地に同日に出現する。広域の局地的強風群は、大規模場での大気の状態のもとで、地域的な要因が影響して出現する。
- 2) 強風の出現要因として、風向と地形とがかかわる。原因となる台風との位置関係と地形とのかかわりで、遠隔地でも同じ頃に強風が出現する場合がある。
- 3) 風向に対して山地の風下に位置する地点では、強い風の発散状態となり、強風が出現する。広戸風、六甲おろし、比良おろしなどのような、風下波動にあたる。
- 4) 風向に対して湾岸や半島のように風の側面に位置する地点でも、風の発散状態になり、強風が出現する。
- 5) 一方、飛騨山脈のような大山脈の風下側では、局地的な弱風地帯が生ずる。弱風となる前後の時間に風速のピークがあり、また弱風地帯に隣接して顕著な強風地帯がある。

今回の対象事例からは、とくに台風のように大きなエネルギーをもつ気象現象に際して、異常状態は砺波平野に限らず、遠隔の地域においても出現していることが示された。これは局地的現象を広域的に解析することの必要性を示すものであるが、それらの検討は今後の課題である。

## 文献

足立 誠・和田正太郎・依岡幸広(2009): JMANHM による島根県の南よりの強風の調査. 平成21年度大阪管区気象研究会誌, 4 p.  
稲村智彦, 岩崎一晴, 齋藤 仁, 中山大地, 泉 岳樹, 松山 洋(2009): 阿蘇山の特徴的な地形が局地風「まつぼり風」に及ぼす影響に関する数値実験. 天気, 56 (3), 123-138.

- 稲村智彦, 岩崎一晴, 齋藤 仁, 中山大地, 泉 岳樹, 松山 洋 (2011): 阿蘇山の中央火口丘と立野火口瀬および外輪山がまっぼり風発生に及ぼす影響に関する数値実験. 気候影響・利用研究会会報, 29, 28-30.
- 牛島孝友・大野 裕・武井康郎・木南哲平 (2010): 2010年04月27日に富山県南砺市で発生した局地風(井波風)の調査と検証. 平成22年度東京管区調査研究会誌, 43, 4p.
- 大浦 進 (2005): 高瀬神社の社叢の被害. 砺波散村地域研究所研究紀要, 22, 45-50.
- 川北昇司・岡 泰広・谷條薫一・川見 温・北山 拓 (2009): 那岐山からのおろし風の発生条件と基本パターンの作成. 平成21年度大阪管区気象研究会誌, 4p.
- 日下博幸 (2011): 局地風の数値シミュレーション. 気候影響・利用研究会会報, 29, 5-11.
- 小松謙介, 立花義裕, 山田祐司 (2010): 狭域多点同時観測による鈴鹿おろしの準断面解析. 平成22年度気象学会中部支部研究会講演要旨集, 25-28.
- 佐々木華織 (2011): 山形県庄内地方に発生する局地風清川ダシの観測および数値シミュレーション. 気候影響・利用研究会会報, 29, 26-27.
- 新藤正夫 (2005): 砺波市小島集落の屋敷林被害. 砺波散村地域研究所研究紀要, 22, 74-77
- 堀越 勝 (2005): 砺波市内社叢の倒木被害について. 砺波散村地域研究所研究紀要, 22, 53-64.
- 土井ひかる (2010): 滋賀県琵琶湖上における強風の特性に関する調査. 平成22年度大阪管区気象研究会誌, 4p.
- 徳田祥如・木守周司・笠井将伸・萩尾公一・福場彰子・岡本人臣・池田秀一 (2010): JMANHMから求めた友ヶ島周辺に広がる南よりの暴風域の特徴. 平成22年度大阪管区気象研究会誌, 4p.
- 成瀬孝幸 (2010): 富山県における局地風から広域風への移行の過程について. 平成22年度東京管区調査研究会誌, 43, 4p.
- 西尾伊三男・長谷川洋・川崎斉彦・池野弘明 (2010): 福井県における強風災害と JMANHM を活用した強風特性. 平成22年度東京管区調査研究会誌, 43, 4p.
- 長谷川伸一・大崎晋太郎・川崎浩志・岸田泰寛・奥田智紀・山本悦雄 (2010): 鳥取空港の南風について. 平成22年度大阪管区気象研究会誌, 4p.
- 畠山武志・石川治美・岸 啓二 (2010): 栃木県北部の局地風に関する調査— JMANHM を活用した地域に特有な現象の調査 (2年計画の2年目). 平成22年度東京管区調査研究会誌, 43, 4p.
- 満 満男 (2010): 強風時における美濃地方平野部の風の分布. 平成22年度東京管区調査研究会誌, 43, 4p.
- 水越允治 (2010): 風で語る日本の気候. 神道文化会編『自然と神道文化 3—水・風・鉄』弘文堂, 117-146.
- 村上朋弘 (2005): 屋敷林の被害について. 砺波散村地域研究所研究紀要, 22, p.44.
- 安ヶ川恵子 (2005): 砺波市鹿島集落屋敷林の被害状況調査報告. 砺波散村地域研究所研究紀要, 22, 68-73.
- 矢野孝志・中塚 健・森下 修 (2009): 「やまじ風」予報則の検証及びアメダスとの比較. 平成21年度大阪管区気象研究会誌, 4p.
- 由比栄造 (2005): 気象データからみた台風23号の特徴. 砺波散村地域研究所研究紀要, 22, 40-43.

(2011年10月20日受付)

(2011年12月14日受理)

