

女木島における局地的強風「オトシ」について

吉田 真純*・森 征洋**

1. はじめに

瀬戸内海の高松市沖に浮かぶ女木島には、東側に東浦、西側に西浦という2つの集落がある。冬季、西よりの季節風が卓越するとき、風上側の西浦ではなく、風下側の東浦でしぶきを伴った南よりの強風が吹く。この島では、この風のことを「オトシ」と呼んでいる。東浦の海岸に接する民家では、強風やしぶきから家屋を守るため、「オーテ」と呼ばれる石積の堅固な防風垣を備えている。海岸線に沿って連なるオーテは、この地域特有の景観を形成している。

冬季、季節風の風下側で、このような防風垣が設けられるほどの強風が吹き、島の住人の生活にも大きな影響を与えている特異な現象について、これまで、定量的な観測はほとんど行われておらず、詳しい研究もなされていない。そこで、オトシの実態をとらえるため、冬季に固定観測点を設け、風の観測を行った（渡邊・森 2004；吉田・森 2006）。現地観測の詳細については、これらの研究報告に示した。ここでは、これらの観測結果を総合して、オトシの実態を明らかにし、さらに数値シミュレーションによって発生原因について検討した。

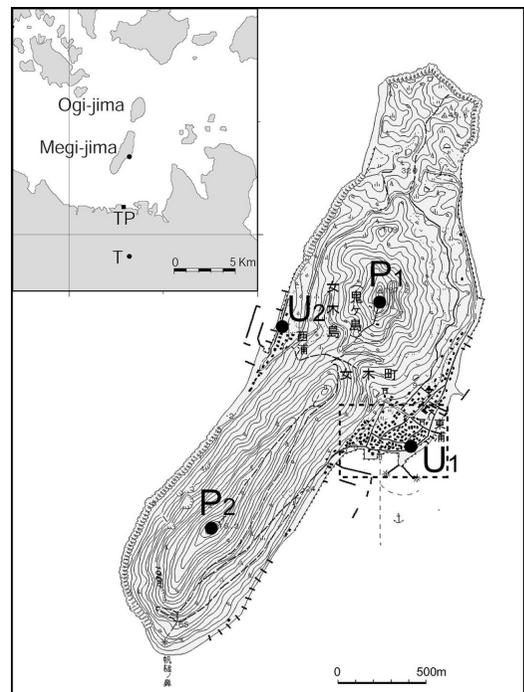
2. 女木島の防風垣（オーテ）

女木島は第1図に示すように、高松港（TP）から沖合約4 km に位置している。島は、ほぼ南北方向に伸びる細長い形をしており、北端から南端までの距離は約4 km であるのに対し、幅は広いところで約1

km である。

東浦（U₁）は、中央付近の東側に位置する。島の中央より少し北側に標高187 m の円錐形状の鷲ヶ峰（P₁）があり、この峰から南西方向に尾根が高さを増しながら、約2 km 細長く延びている。南端近くに島の最高点である標高216 m のタカト山（P₂）がある。

オーテの1例を第2図に示す。オーテは、石を積み



第1図 瀬戸内海における女木島の位置と地形図。破線で囲った領域（第3図）の沿岸部でオトシは吹く。TP：高松港，T：高松地方気象台，U₁：東浦，U₂：西浦，P₁：鷲ヶ峰，P₂：タカト山。国土地理院の数値地図を使用。

* Masumi YOSHIDA, 日本気象協会.

** (連絡責任著者) Yukihiro MORI, 香川大学名誉教授.

E-mail: mori-yuki@lime.plala.or.jp

© 2017 日本気象学会

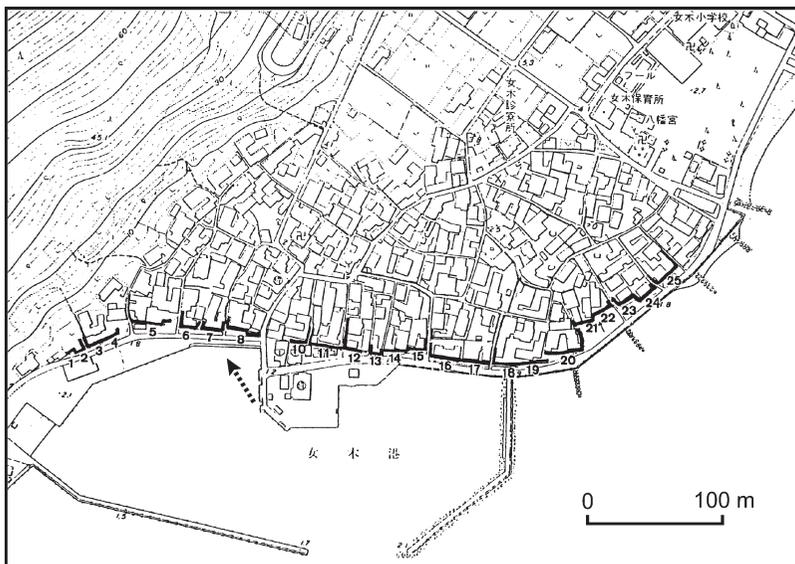
上げて造られており、高さは3~4m、長さは15~20mが多く、石材は女木島の安山岩や直島・庵治の花崗岩が用いられている。オーテは、第3図に示すように、海岸沿いに20数基連なっている。それを遠く船上より見ると、屏風のようなであり、女木島の文化景観とくに気候との関係においてそれをとらえる気候景観として特色あるものと考えられる(香川大学地理学研究室 1957)。このような防風垣は女木島でも東浦において見られるのみで、西浦では見られず、また隣接す

る男木島でもみられない。

このような防風垣をオーテと呼ぶのはこの島独特の方言で、瀬戸内海の島嶼には他に見られない。「オーテ」はカタカナで表現され、その由来ははっきりしない。柳田ほか(1955)には「広島県には垣を大手(オオテ)」という言葉があるが、これは表入口に面した部分だけ特に一種の垣を結ったもので、即ち大手垣の略称かと思われる」という記載があり、また、日本国語大辞典(1973)では、「おおて(大手)」は「家の周囲」を意味する徳島県、愛媛県の方言として載せられている。



第2図 オーテの例。石積みの高さは4m。第3図の矢印の方向から撮影。



第3図 オーテの分布図。太い線がオーテを示す。矢印は第2図の写真を撮影した方向。青山(1991)による図の一部を改変。

3. 固定観測点によるオトシの観測

3.1 観測期間および使用測器と観測点の配置

観測は、2002年、2003年、2005年のそれぞれ1月を含む冬季3ヶ月について行った。観測を行った地点は第1図に示す4地点(P_1 , P_2 , U_1 , U_2)である。利用できる風速計が3台であったため、第1回(2002年)と第2回(2003年)の観測では風速計を鷲ヶ峰(P_1)、東浦(U_1)、西浦(U_2)に設置し、第3回(2005年)の観測では西浦の代わりに南端近くにあるタカト山(P_2)に設置した。それぞれの観測点で使用する測器、設置高度などは第1表に示す。

風速は、いずれの地点も10分ごとに連続して10分間スカラー平均風速と最大瞬間風速を測定し、風向は、10分間ベクトル平均風向を測定し、それを東浦では角度(分解能1度)で記録し、その他の地点では16方位(分解能22.5度)で記録した。

3.2 オトシの事例 (2002年1月7日から9日)

オトシとはどのような風なのかを把握するために、女木島の南約8kmにある高松地方気象台(第1図T、以後高松と略記)の風と比較した観測例を示す。2002年1月7日から9日にかけて第4図に示すように、温帯低気圧が日本海を

発達しながら北東に進んだ。この低気圧の中心から延びる寒冷前線が7日18時から19時にかけて高松を通過し、その後、冬の気圧配置が強まった。

このときの風の時系列を第5図に示す(ただし、観測は東浦のみ)。この図では、1時間ごとの風ベクトルを矢印で表したが、西風の場合、軸線と重なってしまうので、風向と風速を別々に表した図を加えた。

1月7日の午前から昼過ぎにかけて、高松では2 m/s以下の弱い風であったが、14時ころから南西の風が強まり、16時に風向が南南西になった後、18時ころ西よりに転じるとともに、風速が急に大きくなった。このころ寒冷前線が通過したと見られる。その後、

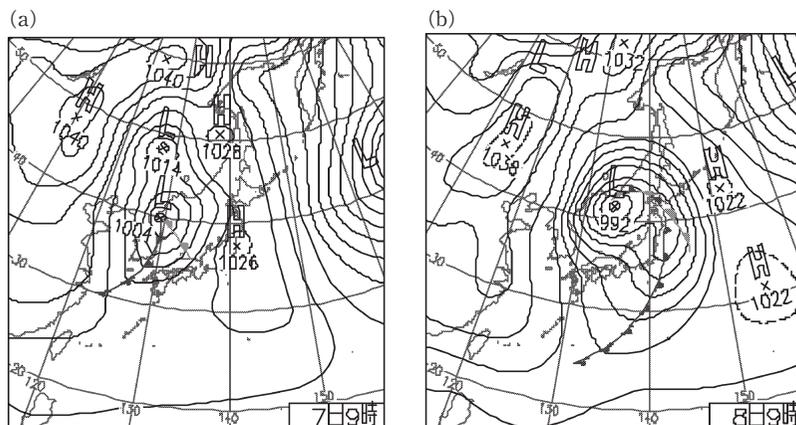
平均風速10 m/s前後の強風が8日18時ころまで吹き続いた。風速はその後、少し弱まったが、西よりの風は9日17時ころまで2日間に渡って吹き続いた。

これに対応して、東浦では7日18時30分ころから南西の強風が吹き始め、8日17時ころに風向が南南西に変わり、9日の18時ころまで、南よりの強風が2日間に渡って吹き続いた。この風がオトシである。

東浦における10分ごとの10分間平均風速と最大瞬間風速を図のEに示した。突風率を風力5以上(8 m/s以上)の場合(図のDの太線)について求める。この条件に合う場合は約41時間(データ数248個)あった。突風率を平均風速15 m/s未満の場合と以上の場合について分けて求めると、平均風速8~15 m/s未満の場合は1.78(159個)、平均風速15~20 m/sの場合は1.71(89個)となっていた。全国の気象官署における台風時の突風率を調べた結果(桑形 1993)によると、突風率は観測地点周辺の地表面粗度と関係し、地表面粗度の小さな地域では1.5程度であるが、地表面粗度の大きな地域では2~3となる。オトシの突風率は、地表面粗度の小さな地域のそれより大きく、都

第1表 観測地点と風向風速計.

観測地点	記号	標高	風向風速計の地上高	風向風速計
東浦	U ₁	1 m	12 m	風車型, DYNAVANE, 大田計器製作所
鷺ヶ峰	P ₁	180 m	9 m	風車型, KADEC21-KAZE, コーナシステム
西浦	U ₂	3 m	10 m	風車型, KADEC21-KAZE, コーナシステム
タカト山	P ₂	216 m	5.4 m	風車型, KADEC21-KAZE, コーナシステム
移動観測			3.5 m	風車型, KDC-S4, コーナシステム



第4図 地上天気図。(a) 2002年1月7日09時, (b) 1月8日09時.

市化された地域のそれより小さい。

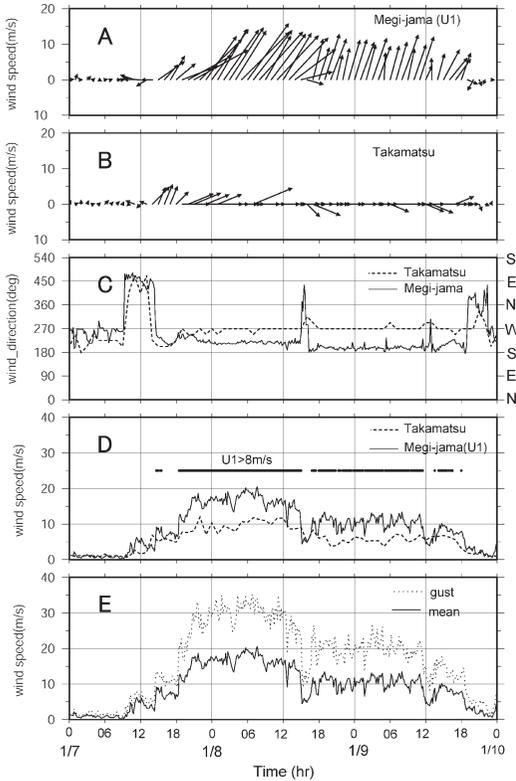
このときのオトシの事例では、1月8日07時40分に南西の風、平均風速20.2 m/s, 最大瞬間風速34.0 m/sを記録している。この日の高松での最大風速は西南西12.6 m/s, 最大瞬間風速は25.6 m/sであったので、東浦では、高松に比べて平均風速で1.6倍、最大瞬間風速で1.3倍の風が観測されたことになる。

3.3 鷺ヶ峰, 東浦, 西浦の風

固定観測地点において、3回の冬季の観測で得られたデータに基づいて、風の特徴を調べた。その際、一般風の影響を強く受けていると考えられる鷺ヶ峰の風を基準にして観測地点間の比較を行った。

鷺ヶ峰において風力4以上(5.5 m/s以上)で、風向が16方位のうち北西, 西北西, 西, 西南西の4方位の場合それぞれについて調べた。この結果、風向が西の場合に鷺ヶ峰に対する東浦の風速比が最も大きく、1を越える場合もみられた。そこで、鷺ヶ峰の風向が16方位の西の場合について東浦, 西浦, タカト山の風の平均的な対応関係を調べた。

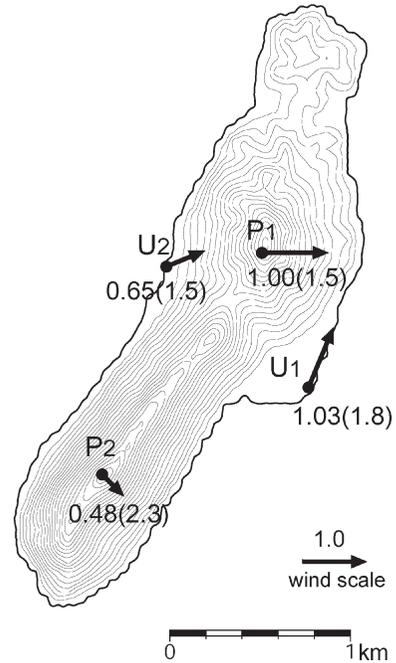
鷺ヶ峰において風力5以上(8 m/s以上)の場合



第5図 2002年1月7日-9日における東浦(U₁)と高松地方気象台の風。A, B: それぞれ東浦と高松における1時間ごとの10分間平均風ベクトル, C: 平均風向(高松と東浦), D: 平均風速(高松と東浦)。高松は1時間ごとの10分間平均値, 東浦は10分ごとの10分間平均値。太線は東浦の風速が8 m/s以上の時間, E: 東浦における10分ごとの平均風速と最大瞬間風速。

についてみる。鷺ヶ峰-東浦-西浦のデータがあるのは第1回と第2回の観測である。停電などのトラブルにより、欠測期間があるため、3地点同時にそろったデータは84例となった。また、第3回の観測から鷺ヶ峰-タカト山の2地点同時の組み合わせデータを求めると198例となった。これらのデータにより各地点における最多風向とその風向の場合の風速比および突風率の平均値を求め、その結果を第6図に示す。

鷺ヶ峰で西風の場合、東浦では風向が南南西となり、風速は鷺ヶ峰と同程度になる。突風率は東浦の方が大きいので、最大瞬間風速は鷺ヶ峰より2割くらい大きくなる。西浦では、西南西の風で、鷺ヶ峰の風速の7割程度である。この結果、東浦では西浦と比べる



第6図 鷺ヶ峰(P₁)が西風の場合の各観測点における最多風向と風速(P₁に対する風速比)および突風率(括弧内の数値)。鷺ヶ峰の風速が風力5以上(8 m/s以上)の場合についての平均値。国土地理院の数値地図を使用。

と、約1.6倍強い風が吹く。南端近くのタカト山では鷺ヶ峰に比べて、風速が半分程度になり、突風率が2.3と大きくなっているのは、この地点の風速計の設置高度(5.4 m)が低く、地表面粗度による影響を大きく受けているためと思われる(塩谷 1992)。

4. オトシに伴うしぶき

2002年12月10日、鷺ヶ峰に登った際に、偶然、山頂付近からオトシに伴うしぶきを観察することができた。山頂付近から撮影した海面の様子を第7図に示す。この現象が観察された時刻に近い14時における高松での風は西北西6.2 m/sで、西よりの季節風が卓越していた。

これらの写真から推測されるしぶきの移動方向も矢印で示した。しぶきの列は島の東側海上に現れ、幅は数10 m またはそれ以上で、長さは最長約500 m でやや弓状になっていた。海岸線に対してほぼ直角方向に並ぶしぶきの列が、およそ9 m/sの速度で海岸線に沿って進行し、東浦に吹き付けていた。東浦の防波堤

付近で、しぶきが数10 mの高さまで吹き上げられている様子も見られた。しぶきについて、この事例以外には調査を行っていないが、地元ではしぶきを伴った強風をオトシと呼んでいる。

5. 数値シミュレーション

オトシは女木島の地形の影響で発生すると考えられる。そこで、オトシの発生メカニズムを数値シミュレーションにより検討した。

5.1 使用モデルと設定条件

流れの数値計算には、パソコン (OS: Windows XP) にインストールした CHAM 社の熱流体解析ソフトウェア PHOENICS を使用した。このプログラムは Patankar (1980) に基づき、熱伝導方程式と粘性流体の運動方程式 (Navier-Stokes 方程式) を離散化方程式にして解いている。Colioris 力は考慮していない。ここでは、高さ200 m程度の地形による流れの力学的変形を調べるため、温度場は考慮せず、非圧縮粘性流体の定常流として、緩和法で計算を行った。地表面については、non-slipとした。上流の風の鉛直プロファイルは、べき分布の式

$$u = u_1 \left[\frac{z}{z_1} \right]^\alpha$$

によった。ここで、 u は高度 z における風速、 u_1 は基準高度 z_1 における風速、 α はべき指数である。 α は海上の風の場合の0.1を採用した (Davenport 1967)。また、 $z_1 = 10$ m、 $u_1 = 10$ m/sとした。

計算領域として、水平方向には女木島を囲む東西4 km×南北5 kmの範囲に50 m×50 mのメッシュを設定した。高さ方向には800 mとして、90のセルを設定したが、間隔は約200 mまでは5 mごと、それより高いところでは、高さとともに次第に間隔を広げ、最後は約15 mとなるように設定した。地形データには、数値地図50 mメッシュ (標高) (国土地理院 1999) を使用した。

5.2 実地形モデル

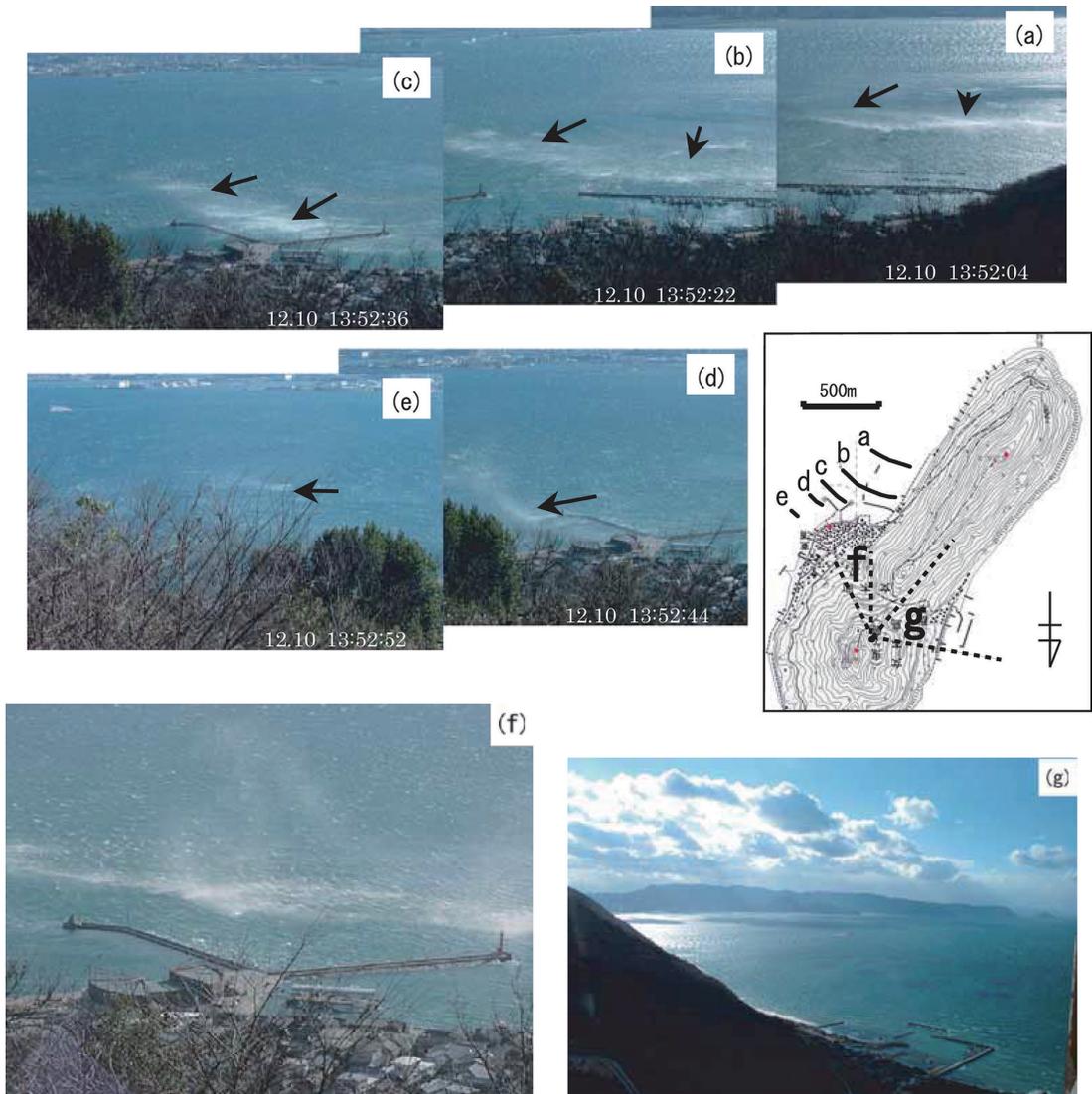
一般風が西風の場合について、実地形モデルを用いて流れを計算した。地表面から10 mの高さの風速分布を第8図に示す。計算結果の妥当性をチェックするため、この結果と実測値のある地点の観測値とを比較した。西浦、鷲ヶ峰、東浦における風速計の高度は10 m前後なので、これらの地点について比較を行った。鷲ヶ峰 (P_1) の風を基準 ($W, 1.0$) にして比較す

ると、実測では西浦 ($WSW, 0.7$)、東浦 ($SSW, 1.0$)、計算結果では、西浦 ($W, 0.6$)、東浦 ($SSW, 1.0$) となっていた。東浦の風速は、実測値、計算値とも鷲ヶ峰と同じで、西浦に比べると約1.6倍となっていた。このように風速は数値計算により、ほぼ再現されていた。風向については、東浦は一致し、西浦は1方位分の違いが見られた。タカト山は風速計設置高度が他の地点の半分程度で、地表面粗度による乱れの影響を大きく受けている。そのため、数値計算で見られた風速の大きな増強は見られなかった。

このように数値計算の結果は、実測値をほぼ再現している。そこで、広い範囲の風の分布を見てみると、風上側となる西側の海岸沿いと風下側になる鷲ヶ峰の東側に弱風域が広がっている。一方、南端付近を越え、または迂回した流れは、北向きに方向を変え、いったん弱まった後、次第に強くなり南よりの流れとなって東浦に吹き付けている。この様子は、オトシが吹いているときに、東側海岸沿いに行った移動観測や海面状態の目視観測 (渡邊・森 2004; 吉田・森 2006) の結果とも一致している。東浦付近には南よりの強風域が形成されており、オトシの状況が再現されている。

気流が半島状の地形を越えるときの振る舞いを、高度10 mの高さから流入する気流 (西風) の流跡線で見える。第9図に示すように、南端最高点 (P_2) 付近を越える気流は、風上側では地形に沿って上昇し、尾根を越えると下降しながら進行方向を北向きに変え、その後上昇している。これは島の東側にも上昇気流となる領域が形成されているためである。東浦に向かう海面近くの気流も海岸近くで上昇しており、この様子は、海岸近くで舞い上がるしぶき (第7図f) の現象と対応している。

ここで、実測と数値計算の結果から「オトシ」という風の名について触れておく。オトシは、①山から吹き下ろす強風、または②突発性の強風を意味する (柳田 1942; 東條 1951; 柳田ほか 1955; 徳川 1989)。関口 (1985) が全国の漁業関係者に行った調査では、いくつかの西日本の地域で、冬季などに急に吹き出す強風の意味で用いられている。女木島のオトシは、これらの方言調査では言及されていない。女木島のオトシは冬季に海から、しぶきを伴って吹く突発性の強風で、山から直接吹き下ろす風ではない。しかし西風が尾根を迂回し、あるいは越えて吹き下ろし、向きを変え強風となって吹き付けているので、両方の意味を含



第7図 オトシ (2002年12月10日) に伴うしぶき. 渡邊・森 (2004) による図に一部追加. a~e: しぶきの列を追った. 矢印はしぶきの移動方向. f: 東浦の海岸近くで高く舞い上がるしぶき. g: 西側の海面の様子. 高松地方気象台における12月10日14時の風は西北西6.2 m/s.

んでいる. 柳田 (1942) では, オトシは「山に当たり或いは, 折れて麓に吹き下ろす風」(島根県隠岐島) という記載があり, 女木島のオトシはこの意味に近い.

6. まとめ

オトシは, 冬季, 寒冷前線通過後など, 冬型の気圧配置が強まり, 西風が卓越するとき発生する. オトシが発生しているとき, 風上側の西浦や鷺ヶ峰山頂では

西よりの風が吹いているが, 東浦では南よりの風となっており, 風速は風上側の西浦よりも約1.6倍大きく, 鷺ヶ峰山頂と比べると同程度か, それより大きくなる場合もある.

オトシの発生は女木島の地形が南北方向から少し時計回りに傾いた方向に伸びていることと関係している. 西よりの気流が, 直角より少し傾いた方向から稜線を越えるとき, 地形により力学的変形を受け, 南端

付近を越え、または迂回した気流は島の地形に沿って、北東方向に進み、南よりの強風となって、しぶきを伴って東浦海岸に吹き付ける。これがオトシである。

謝 辞

この研究を行うにあたって、この現象の解明に取り組んだ渡邊匡央氏の修士論文を参考にさせていただいた。風向風速計の設置を許可していただいた高松市および香川県に感謝します。

参 考 文 献

青山茂行, 1991: 備讃瀬戸地域の島嶼における集落立地と風. 香川大学教育学部卒業論文, 地理学教室.

Davenport, A.G., 1967: The dependence of wind loads on meteorological parameters. Wind Effects on Buildings and Structures, Proceedings, Vol.1, University of Toronto Press, 19-81.

香川大学地理学研究室, 1957: 女木島の地理学的研究. 観光学術誌本「鬼が島」, 高松市商工観光課, 31-60.

国土地理院, 1999: 数値地図50 m メッシュ (標高) および数値地図2500 (行政界・海岸線). CD-ROM.

桑形恒男, 1993: 大型台風にともなった気象官署の突風率の長期変化. 天気, 40, 91-97.

日本大辞典刊行会編集, 1973: 日本国語大辞典. 第三巻, 小学館, 711pp.

Patankar, S.V., 1980: Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. Hemisphere Publishing Corp., McGraw-Hill, 197pp.

関口 武, 1985: 風の事典. 原書房, 961pp.

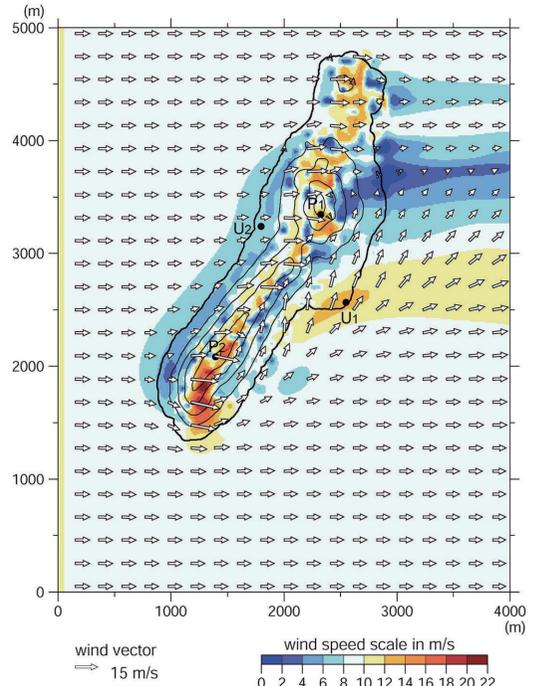
塩谷正雄, 1992: 強風の性質—構造物の耐風設計に関連して—. 三訂新版. 開発社, 201pp.

東條 操編, 1951: 全国方言辞典. 東京堂出版, 881 pp.

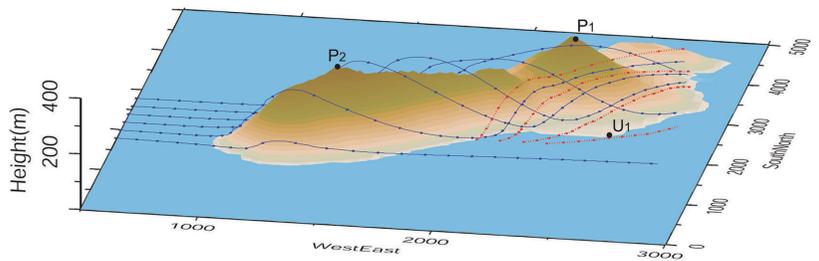
徳川宗賢監修, 1989: 日本方言大辞典. 小学館, 922pp.

渡邊匡央, 森 征洋, 2004: 女木島における局地的強風「オトシ」について—現地観測—. 香川大学教育学部研究報告, 第II部, 54, 75-101.

柳田国男編, 1942: 風位考資料 (増補版). 明世堂, 182 pp.



第8図 数値シミュレーションによる一般風が西風で地上高10 mの風の分布. 国土地理院の数値地図を使用.



第9図 流入高度10 mの西風の流跡線 (青色) と東浦海岸近くの高度10 mを出発点とする流跡線 (赤色). 流跡線には10 sごとの位置にマークを入れた. 国土地理院の数値地図を使用.

柳田国男監修, 民俗学研究所編, 1955: 総合日本民俗語彙. 第1巻, 平凡社, 477pp.

吉田真純, 森 征洋, 2006: 女木島における局地的強風「オトシ」について—現地観測 (その2) —. 香川大学教育学部研究報告, 第II部, 56, 61-74.