

九州西部海域における主要気象じょう乱による海上風の再解析

李 漢洙¹・山下隆男²・駒口友章³
吉野真史⁴・大石剛史⁵

海上風解析には、従来、i) 実測風をスプライン補間などにより内挿する方法、または ii) 簡便な台風モデルや大気境界層モデルによる方法が用いられてきたが、再現性、適用性には限界があった。最近の局地気象モデルの普及により、iii) メソ気象モデルを用いる方法が海岸工学的な実務面でも適用されるようになり、複雑な地形条件下で陸上地形の影響を考慮した海上風場の高精度な解析が可能となってきている。本研究では、メソ気象モデル MM5 を九州西部海域に適用し、この海域での 1959 年以降の主要 47 気象じょう乱（台風 42）を対象とした局地気象の再解析を行い、解析結果をデータセット化した。さらに、推算結果を利用して非常に閉鎖性が強く、山岳地形の影響が顕著である大村湾海域の風特性を検討した。

1. 緒 言

わが国の内湾、内海域における波浪、吹送流、高潮の解析を行うためには陸上地形の影響を正確に取り入れた海上風の解析が必須である。海上風解析には、従来、i) 実測風をスプライン補間などにより内挿する方法、または ii) 簡便な台風モデルや大気境界層モデルによる方法が用いられてきたが、再現性、適用性には限界があった。最近の局地気象モデルの普及により、iii) メソ気象モデルを用いる方法が海岸工学的な実務面でも適用されるようになり、複雑な地形条件下で陸上地形の影響を考慮した海上風場の高精度な解析が可能となってきている。

本研究では、メソ気象モデル MM5 を九州西部海域に適用し、この海域での 1959 年以降の主要 47 気象じょう乱（台風 42）を対象とした局地気象の再解析を行い、解析結果をデータセット化した。さらに、推算結果を利用して非常に閉鎖性が強く、山岳地形の影響が顕著である大村湾海域の風特性を検討した。

2. メソ気象モデル MM5 による再解析の方法

海上風ベクトルを算定する手法としては、実測風の補間と数値モデルによる方法が考えられるが、地形の複雑な、九州西部海域や瀬戸内海等のわが国の内海域においては、実測風に地形によるじょう乱が内在しているため、海上風を再現する方法としては適切ではない。特に、長期間の風ベクトルの算定では、観測地点数やデータの増減、質変化等も問題となる。

数値モデルによる方法では、簡易台風モデルから非静力学メソ気象モデル、雲物理を考慮した局所気象モデル

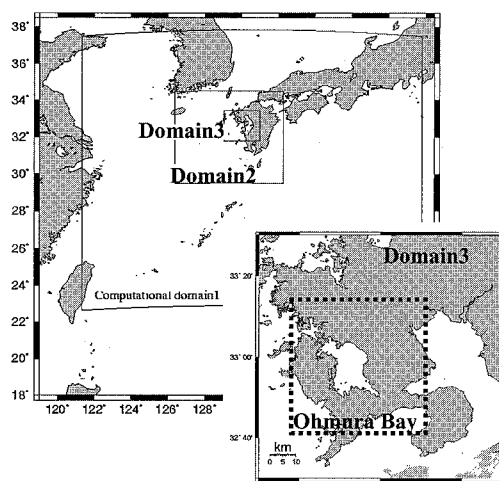


図-1 計算領域

まで、広範なモデルの適用が可能となっているが、長期間の気象要素追算業務では傾度風モデル、大気境界層モデル、MASCON モデル、およびこれらの結合モデルが使用されている。しかしながら、陸上地形の影響が大きい内湾などにおける海上風推算への適用には限界があった。

本研究では、陸域地形の影響などを考慮した信頼性の高い海上風分布を得ることを目的として、金ら(2005)の方法により、過去 50 年間の主要気象じょう乱に対して九州西部海域での MM5 による気象場の再解析を行った。

気象場のバックグラウンドデータは NCAR・NCEP の客観解析データ（1959 年以降、格子間隔 2.5°）を使用した。3 領域（格子間隔 27, 9, 3 km）のネスティング、3 時間毎のベストトラックデータを用いた台風ボーガスを広領域 (27 km) で使用した。計算領域を図-1 に示す。

3. 主要気象じょう乱の再解析

(1) 1959 年以降の主要 47 気象じょう乱

1 次選定方法として、気象官署の観測データから年最大風速の一覧表を作成し、強風の原因である気象擾乱を

1 学生員 工修 京都大学 大学院工学研究科
2 正会員 工博 広島大学教授 大学院国際協力研究科
3 正会員 工博 財団法人漁港漁場漁村技術研究所
4 正会員 財団法人漁港漁場漁村技術研究所
5 工修 長崎県北振興局田平土木事務所（元長崎県水産部漁港漁場整備課）

抽出した。さらに、2次選定として、天気図も参考にして、風向別に年最大風速を発生させた気象擾乱を抽出した。最終的に、災害資料から、災害の発生原因となった気象擾乱を選定した。この結果、大村湾では年最大風速を記録した気象じょう乱のほとんどが7~10月の台風の通過によるものであった。台風通過時に風速が増大するケースのほとんどが、東シナ海から大村湾海域の西側を

表-1 主要気象じょう乱

No.	期 間	観測最大風速(m/s) 長崎&佐世保(風向)	
1	2004.08.17~2004.08.19	10.5(SSW), 17.4(S)	T0415
2	2004.08.27~2004.08.30	11.8(WNW), 20.5(NNW)	T0416
3	2004.09.04~2004.09.07	23.3(SW), 23.7(W)	T0418
4	2004.09.25~2004.09.30	14.1(N), 17.6(N)	T0421
5	2004.10.18~2004.10.21	13.6(NNE), 22.8(NNE)	T0423
6	2003.06.18~2003.06.19	9(SW), 17(S)	T0306
7	2003.08.07~2003.08.08	9.2(N), 14.4(NNE)	T0310
8	2003.09.10~2003.09.13	10.5(SSW), 17.2(SSE)	T0314
9	2002.08.29~2002.09.01	5(NNE), 17(SE)	T0215
10	2001.06.18~2001.06.25	大村 20(SW)	前線 L
11	1999.04.09~1999.04.11		前線 L
12	1999.06.24~1999.06.29	大村 19(SSW)	前線 L
13	1999.09.21~1999.09.25	15.1(N), 11.6(W)	T9918
14	1998.09.28~1998.09.30	大村 15(SSE)	T9809
15	1998.10.15~1998.10.18	8.8(N), 10.4(ENE)	T9810
16	1997.07.31~1997.08.09	大村 15(SSW)	T9711
17	1997.09.13~1997.09.17	12.1(NNE), 11.6(ENE)	T9719
18	1997.11.24~1997.11.26	大村 22.0(SSE)	日本海
19	1996.06.17~1996.06.18	大村 18(SW)	日本海
20	1996.08.11~1996.08.15	15(WNW), 11.1(NNW)	T9612
21	1994.08.13~1994.08.14	5(NE), 11.0(E)	T9414
22	1993.09.01~1993.09.05	13.4(NNE), 11.0(N)	T9313
23	1992.08.06~1992.08.09	13.9(N), 12.1(NNW)	T9210
24	1991.07.28~1991.07.29	12(SSW), 8(SE)	T9109
25	1991.09.13~1991.09.14	15(W), 13(N)	T9117
26	1991.09.25~1991.09.28	25.6(N), 17.6(ENE)	T9119
27	1990.09.11~1990.09.20	11.8(N), 10.8(NNE)	T9019
27	1989.07.24~1989.07.29	7.3(NE), 15.8(E)	T8911
29	1987.08.26~1987.08.30	12(SSW), 12(E)	T8712
30	1985.08.30~1985.08.31	16(W), 12(W)	T8513
31	1982.08.26~1982.08.27	13(WNW), 11(W)	T8213
32	1982.09.23~1982.09.25	7.0(WNW), 11(NE)	T8219
33	1981.07.30~1981.07.31	9(NNE), 10(NNE)	T8110
34	1979.10.18~1979.10.19	10.1(N), 12.1(NE)	T7920
35	1976.09.11~1976.09.13	12.8(WNW), 13.2(NE)	T7617
36	1971.08.29~1971.08.30	9(N), 13(NE)	T7123
37	1970.08.13~1970.08.15	17(W), 14(ENE)	T7009
38	1968.07.28~1968.07.30	12(SW), 11(W)	T6804
39	1968.09.24~1968.09.27	16.3(NNE), 23.2(NE)	T6816
40	1966.09.23~1966.09.25	14.3(NNE), 21.7(NNE)	T6626
41	1965.09.10~1965.09.18	13.7(NNE), 13(N)	T6524
42	1964.08.23~1964.08.24	14(NNE), 13(NNE)	T6415
43	1964.09.24~1964.09.25	11(NNE), 11(NNW)	T6424
44	1963.08.09~1963.08.10	11(WSW), 13(NNE)	T6309
45	1961.09.15~1961.09.17	14.5(NNW), 15.7(N)	T6118
46	1959.07.15~1959.07.18	19.1(SW), 19(S)	T5905
47	1959.09.26~1959.09.27	15.2(NNE), 19.6(NNE)	T5915

通過した台風であることがわかった。

その典型的な例は、台風 9918, 9119, 8712 号である。以上の中から、大村(長崎空港)または佐世保で平均風速 15 m/s 以上の強風が観測された事例、長崎、佐世保のいずれかで平均風速 10 m/s 以上となった事例を抽出した(表-1 参照)。なお、表中の「日本海」は日本海低気圧、「前線 L」は前線を伴う低気圧による気象じょう乱である。

(2) 九州西部海域のデータベース

解析結果は、Domain 1, 2, 3 いずれも 15 分間隔で表-2 に示す 2 次元および 3 次元気象要素 (330 Gb パイナリーデータ、読み取り用 FORTRAN プログラム付) がデータベース化してある (著者から提供可能)。また、図-2 (表-3 参照) に示した出力 4 点、佐世保、長崎空港、St1、St2 での海上風時系列 (ASCII データ) の検索が可能である。

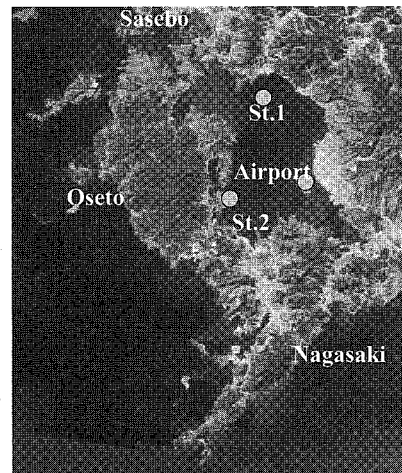


図-2 計算領域 Domain3 中の大村湾周辺領域と時系列データのある出力 4 点

表-2 利用可能なデータの構成要素(15 分間隔)

	3D DATA (23 sigma levels)	2D DATA
1	wind velocity - U, V(m/s)	ground temperature (K) 2 m above the ground surface
2	vertical velocity - W(m/s)	accumulated convective precipitation(cm)
3	temperature(C)	accumulated non-convective precipitation(cm)
4	water vapor mixing ratio (kg/kg)	surface sensible heat flux (W/m ²)
5	cloud water mixing ratio(kg/kg)	surface latent heat flux(W/m ²)
6	rain water mixing ratio(kg/kg)	friction velocity(m/s)
7	geopotential height(m)	sea level pressure(Pa)
8	pressure(Pa)	10 m surface wind (m/s)→ U10, V10
9	vorticity-vertical component (1/s)	
10	potential vorticity(1/s)	
11	divergence - horizontal component(1/s)	

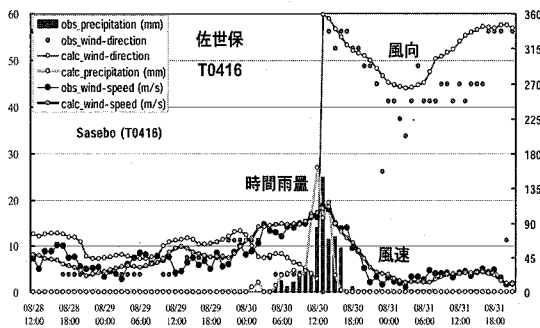
表-3 海上風時系列(ASCII データ)の検索が可能な点

Station	location
Nagasaki Airport	32:55:00 N, 129:54:08 E
Sasebo	33:09:05 N, 129:43:06 E
Station 1	33:00:00 N, 129:52:00 E
Station 2	32:55:00 N, 129:52:00 E

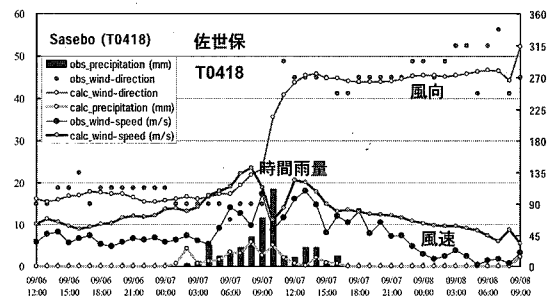
(3) 再解析結果

台風 0416 号および、0418 号についてモデルによる推算値と観測値との比較を行った。長崎、佐世保および大村(長崎空港)における風向(右軸で北が0度で時計回りを正と定義した角度。E:90°, S:180°, W:270°), 風速(左軸, m/s) および時間雨量の MM5 による推算

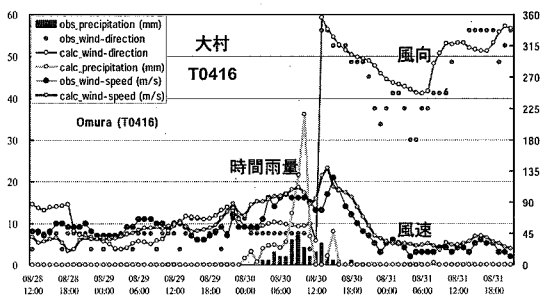
値と観測値の比較を図-3 に示す。図中、丸印は風速、風向の観測値、棒は観測時間雨量(左軸, mm/hr) 太い実線は計算値を示している。その結果、台風 0416 号に対しては、大村(Airport)と佐世保の推算結果は風向・風速ともに観測値の変化を精度良く再現し、台風の移動にともなう風向の変化(NE→E→S→W)も再現できており、風速のピーク値についても推算値と観測値は良く一致している。時間雨量の推算値は、台風 0416 号に対しては過大評価、0418 号では過小評価傾向になる。ただし、吹き始めがE系の風である台風 0418 号の結果では、風速のピーク値再現できていないが、観測風は計算風に比べて小さめに出ている。



(a) 佐世保における風ベクトル, 時間雨量



(b) 大村(Airport)における風ベクトル, 時間雨量



(c) 長崎における風ベクトル, 時間雨量

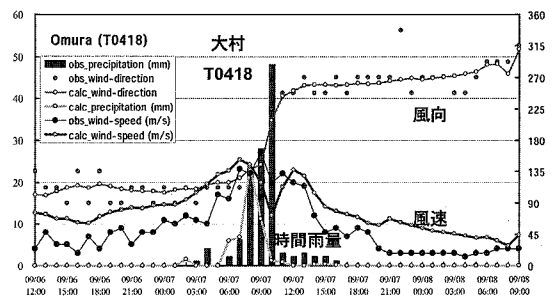


図-3 台風 0416, 0418 号の MM5 による風ベクトル, 時間雨量の計算結果と観測値の比較。

特に、長崎では NNE 系の風で、風向、風速ともに観測値との差が大きく、観測風向は北よりで小さくでている。

その他の台風の再現結果を総合すると、観測値と推算値の差は風向により一定の特性を持っており、その差は観測点の局所的な特性に依存しているものと考えられる。また、時間雨量に関しては必ずしも再現性は良くないが、これは海面水温の情報の解像度を高めることで再現性を良くできる可能性があることが指摘されている (山口ら, 2005)。

4. 大村湾海域の風特性の検討

(1) 観測データによる強風特性

大村湾は山岳地形によって囲まれた内湾であるため、海上風の推算には地形の影響が極めて大きい。最大風速分布の周辺陸上地形による影響を系統的に示すため、各地点 (長崎空港、佐世保、長崎、大瀬戸) の観測値の統計解析を行い、各々の風特性を調べた結果、以下のことがわかった。

1) 長崎空港の風速分布には局所的な遮蔽の影響は少ないが、強風時には大村湾を囲む山岳地形の影響によって NW 系および SE 系の風向が卓越する。また、他の 3 地点に比べて強風の出現頻度が高い。この理由としては、本空港の立地特性により海上風に近い風が観測されていることが考えられる。

2) 大瀬戸の強風の風向の出現分布は N 系にほぼ制限される。この理由として、陸域 (松島や長浦岳) の影響により W 系や E 系の風は遮蔽されていると考えられる。また、大瀬戸の風速は全体的に小さく、強風時の値は最も小さめとなっている。

3) 長崎の風は、観測場所の周辺地形 (特に東側) の局所的な遮蔽の影響を強く受けており、E~SW の範囲で風が制限されている。

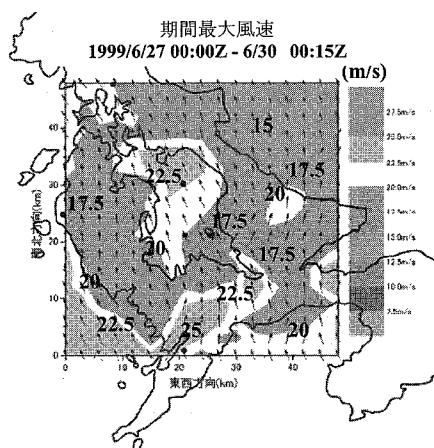
4) 佐世保は長崎空港よりも全体的に風速値は小さいが、風速分布は長崎空港と類似の傾向を示しており、大瀬戸や長崎に比べて周辺地形の遮蔽影響が少ない。

これらの解析結果は、前述した MM5 の計算結果とも一致している。

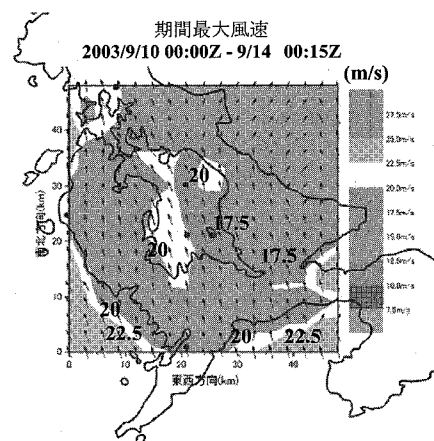
(2) 再解析データによる強風特性

MM5 の再解析データから、大村湾に強風をもたらした台風時および吹送時間の比較的長い季節風時について、長崎空港で最大風速 15 m/s 以上となった気象擾乱を抽出し、期間最大風速の出現分布を調べた。図-4 にそれらの一例を示す。これら結果からは、以下のことがわかる。

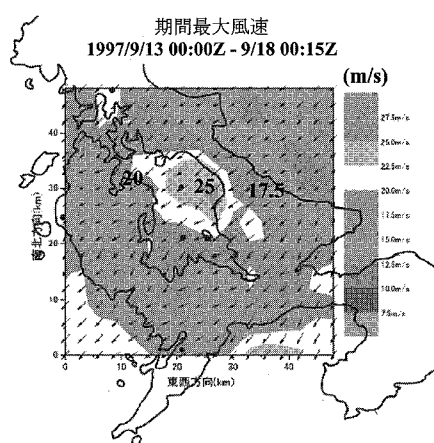
1) 各風向に対して、湾内の海上風は周辺域よりも大きな風速値となっている。この要因としては、陸域等の粗度の影響や山地による遮蔽の影響によるものと考えら



(a) 前線型低気圧による強風分布



(b) 台風 0314 号による強風分布



(c) 台風 9719 号による強風分布

図-4 大村湾の強風 (期間最大風速) の空間分布

れる。

2) SE 方向および NW 方向の風向の場合には、湾内全域で一様に風速値が大きくなる傾向がある。この要因としては、これらの風向の場合には高い山地等の障害物が少ないことが考えられる。

3) NE 系の風向では湾の北東部 (ST1 の東側) ~ 東域で風速の最大値が現れる。一方、E 系方向では ST2~長崎空港の付近に最大値が現れる。

4) S 系および W 系の風向では湾内の風速分布はいずれも一様である。風速の最大値は 20 m/s 以下と小さい

が、S 系の風速値がやや大きめである。

5) N~NW 系の風向に対しては湾の南東域 (長崎空港付近) で風速の最大値が現れる。一方、SE 系の風向に対しては湾の北西域 (ST1 付近) で風速の最大値が現れる。

(3) 再解析データの極値統計解析への応用

大村湾における 2 地点 (St1, 長崎空港) における 30 年確率風速を求めるため、再解析データの年最大風速値を用いて極値統計解析を行い、風向別の各再現年に対応する再現期待値を算定し、図-5 のような結果を得た。この解析から以下のことがわかった。

1) 長崎空港と St1 の位置における確率風速を比較した場合、N~NW の北系、WSW~SW の西系および E 系の風向範囲で長崎空港の方が St1 の値よりも大きい。

2) SSW~S~SE~ESE の南系および NE (北東) の風向範囲では St1 の方が長崎空港よりも値が大きくなる。

5. 結 語

メソ気象モデル MM5 を九州西部海域に適用し、この海域での 1959 年以降の主要 47 気象じょう乱 (台風 42) を対象とした局地気象の再解析を行った。得られた主な成果は以下のようなものである。

(1) メソ気象モデル MM5 を複雑な地形条件を有する九州西部海域に適用し、この海域での過去の主要 47 気象じょう乱に対して海上風を含む局地気象の再解析を行い、再解析データセットを作成した。このデータセットは 330 Gb で、本論文の著者からの提供が可能である。

(2) 台風 0416, 0418 号に対して、再解析データセットと風の観測値との比較を行い、再現性評価の指標を示した。これにより、観測値と再現値が一致する地点と一致しない地点とが風向毎に明確に存在していることを示した。

(3) 再解析データを用いて、山岳地形によって囲まれた内湾である大村湾における強風の平面分布特性と風向別の各再現年に対応する再現期待値をもとめ、再解析データの有効性を示した。

なお、本研究を遂行するに当たり、株式会社碧浪技術研究所からデータの提供を受けたことを明記し、謝意を表する。

参 考 文 献

- 金 庚玉・李 漢洙・山下隆男 (2005) : ボーガス低気圧を援用した MM5 と WW3 の結合モデルによる冬季日本海の異常波浪の再現計算, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp. 176-180.
- 山口弘誠・山下隆男・金 庚玉 (2005) : メソ気象モデルによる降雨・地上風シミュレーションに及ぼす黒潮海域 SST の影響, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp. 366-370.

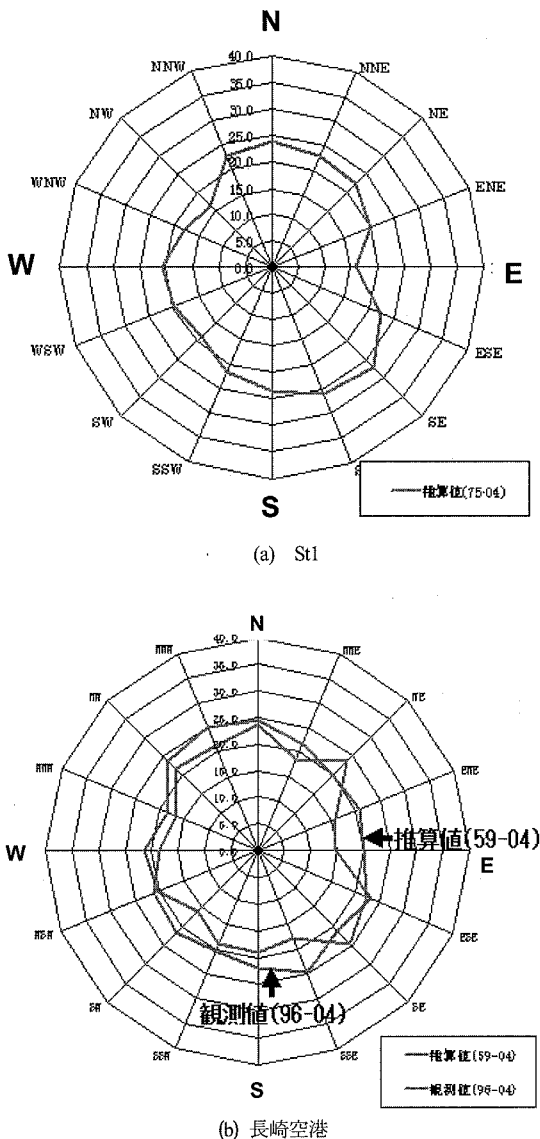


図-5 St1 および長崎空港における 30 年確率風速 (推定値: 再解析データを使用)