



# 最新気象予報技術を活用した運航判断－3－MSM格子 点値と観測値の比較－

濱地, 義法  
大澤, 輝夫  
林, 美鶴

---

(Citation)

日本航海学会論文集, 150:21-26

(Issue Date)

2024-07-01

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(Rights)

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/0100496767>



# 最新気象予報技術を活用した運航判断－3 － MSM格子点値と観測値の比較 －

濱地 義法<sup>1</sup>・大澤 輝夫<sup>2</sup>・林 美鶴<sup>3</sup>

## Operation decision using the latest weather forecasting technology - III - Comparison of MSM Grid Point Values and Observations -

Yoshinori HAMAJI, Teruo OHSAWA, Mitsuru HAYASHI

### Abstract

In this study, we initially generated two-dimensional histograms by utilizing mesoscale model grid point values (MSM-GPV) with approximately a 5km mesh and observational data to compare wind conditions in the coastal areas of Osaka Bay. We also investigated the correlation between MSM and wind direction and speed gauges installed at the mooring facilities or AMeDAS observation values. As a result, the characteristics of wind conditions at sea became more easily discernible. The prediction accuracy of MSM was high at observation points near the sea while the prediction accuracy at observation points installed on land tended to be low. We also found that the correlation between MSM and observation values varied significantly depending on wind direction. Based on these analytical results, we discussed the use of MSM for ship operation judgment and its predictive accuracy.

**Keywords :** Education, Weather and Sea States, Operation Decision, Maritime Casualty, MSM

**キーワード:** 教育・訓練、気象・海象、運航判断、海難防止、MSM

### 1. はじめに

今日では、世界中の観測施設や船舶により、広範囲で同時に気象観測が実施され、また気象衛星等による観測も行われている。これらの資料は、各国に送られ天気図作成や気象予測に活用されている。数日先までの気象予測に大きな役割を果たす気象庁の数値予報モデルの一つとしてメソモデル (MSM: Meso-Scale Model) がある<sup>(1)</sup>。このメソ数値予報モデルの結果を用いて気象庁や民間気象会社から様々

な予測情報が提供され、船舶運航現場での意思決定に活用されている。港内等の限られた水域にある大型船は、減速により舵効きが悪く、操縦性が低下しており、風潮に圧流された場合の危険性が高い。この状況下で、万一、ガントリークレーン等の荷役機械へ接触すれば、衝突速度が小さい場合でも、復旧に数か月を要する膨大な損失を生ずる事がある。したがって、風の予測は、離着機の局面で非常に重要な情報である<sup>(2)</sup>。しかし、風の振る舞いは多種多様

<sup>1</sup> 正会員 神戸大学大学院海事科学研究科 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1) y.hamaji@osakawanpilot.jp

<sup>2</sup> 正会員 神戸大学大学院海事科学研究科 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1) ohsawa@port.kobe-u.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 神戸大学大学院海事科学研究科 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1) mitsuru@maritime.kobe-u.ac.jp

で、気象庁や民間気象会社から入手する気象情報には、不確実性が存在する。船長等が運航判断する際に、気象情報の不確実性を把握していれば、もし、その意思決定が「空振り」となった場合でも、船主や荷主への科学的根拠のある説明責任を果たすことが出来る。

本論は、「最新の気象予報技術を活用した運航判断」と題した一連の研究の第三部となる。これまでの研究では、海難事例を踏まえて海技士が学ぶべき気象教育の提案<sup>(3)</sup>を行うと共に、観測地点や風向による突風率の差異<sup>(4)</sup>などを調査してきた。今回の研究では、MSM 推定値を係留施設に設置された風向風速計や AMeDAS 観測値と比較することで、MSM による風の推定精度の検証を目的とする。

## 2. MSM の概要と観測地点

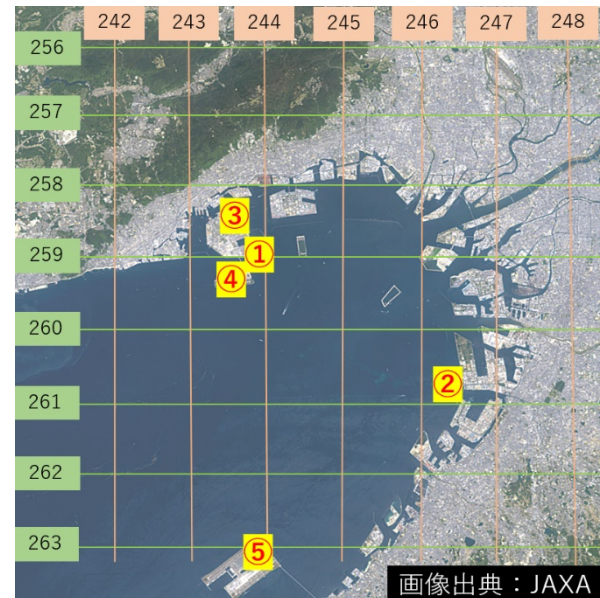
MSM は、日本とその近海を計算領域とし、全球モデル(GSM: Global Spectral Model)より細かい水平格子間隔(約 5km)で、1日8回(3時間毎)、78時間先(00, 12UTC 初期値)または 39 時間先(それ以外の初期値)までの予測計算を行っている<sup>(1)</sup>。格子点は、北緯 47.6 度、東経 120.0 度を原点として、南に 0.05 度毎に 505 個、東に 0.0625 度毎に 481 個である。

京大生存圏研究所では、MSM データを研究目的で利用できるように NetCDF 形式<sup>(5)</sup>で提供している。3 時間毎の MSM の初期値を順番に並べ、各時刻間の 2 時間分を直前の初期値からの予測値で埋めることで、過去の大気の状態を時間解像度 1 時間で推定したアーカイブとなっている<sup>(6)</sup>。本研究では、この MSM の地上面データ東西風(地上 10m)、南北風(地上 10m)を使用した。神戸～関空島にかけての MSM 格子番号と本研究で用いた風向風速計の設置場所を図 1(a)に示す。神戸港コンテナ埠頭の風向風速計は、図 1(b)に示すように、係留施設内にあるビルの屋上の海拔約 28m に設置されている。一方、堺 LNG 栈橋では、図 1(c)に示すように、海上に突き出した栈橋上の海拔約 24m に設置されている。本研究では、MSM 格子点値と観測値との相関により推定精度を示すことから、べき乗則等による高度補正は省略した。

## 3. 結果

### 3.1 2次元ヒストグラムによる可視化

図 2 は、堺 LNG 栈橋に設置されている風向風速計の観測値について、2021 年 8 月～2022 年 7 月の 10



- ① 神戸港コンテナ埠頭 風向風速計
- ② 堺 LNG 栈橋 風向風速計
- ③ AMeDAS 神戸 観測点
- ④ AMeDAS 神戸空港 観測点
- ⑤ AMeDAS 関空島 観測点

(a)MSM 格子点と風向風速計設置場所



(b) 神戸港コンテナ埠頭の風速計設置環境



(c) 堺 LNG 栈橋の風速計設置環境

図 1 MSM 格子点と観測地点の概要

分平均風速により描いた2次元ヒストグラムであり、堺 LNG 栈橋における1年間の風向・風速出現頻度を示す。図3は、堺 LNG 栈橋直近 MSM 推定値（格子番号 緯度 261、経度 246）の2021年8月～2022年7月（図2と同期間）の毎正時10分平均風速により描いた2次元ヒストグラムである。図2、図3では、横軸に東西風成分(u)を、縦軸に南北風成分(v)を降順（X軸の右端が+20m/s、左端が-20 m/s、Y軸の下端が+20m/s、上端が-20m/s）にプロットし、ビンの度数を色で表現した。したがって、中心からの方向が風向（12時方向を0°とし時計周りに360°）を示し、中心からの距離が風速(m/s)を示す。図2と図3を比較すると、どちらもSW-NE方向に主風軸が見られ、またWNW及びSSWの風向で強風の出現頻度が高いこと等が読み取れる。このように、年間を通じての風況は類似している。

次に、MSM 推定値と観測値の風速差異の季節的な傾向を調査した。MSM 推定値と観測値の時系列には若干の乖離があり、これらをそのまま比較しても意味のある傾向は読み取れない。そこで、図2、図3で使用したそれぞれの風速データ（毎時）を用い、気象庁統計<sup>(7)</sup>の「旬」という単位に相当する10日間移動平均でその乖離を描いたところ、MSM 推定値と観測値の風速差異の季節的な傾向を捉えることができた（図4）。この図より、年間を通じてMSMは風速を過大評価する傾向があるものの、夏季だけは風速を過小評価する傾向が見られた。この結果について、より一般的な傾向を確認するために、高品質な長期の過去データが入手できる AMeDAS 神戸空港（図1(a)④）と、その直近のMSM 推定値（格子番号 緯度 259、経度 244）の2017年～2021年（5年間）の毎時平均風速データを用いて同様の解析を行った（図5）。神戸空港においても例年7月頃のみ、MSMが風速を過小評価する傾向が見受けられた。また、神戸から離れた AMeDAS 関空島（図1(a)⑤）とその直近のMSM 推定値（格子番号 緯度 263、経度 244）を使って調べた結果においても、同様の傾向が確認できた（図6）。したがって、夏季に過小評価、それ以外は過大評価となる傾向は、MSMによる風速の一般的な誤差特性であると考えられる。ただし、その原因については本研究では明らかになっておらず、今後の課題としたい。

### 3.2 MSM と観測値の風速の相関

MSM による風速の精度をより詳細に調査するため

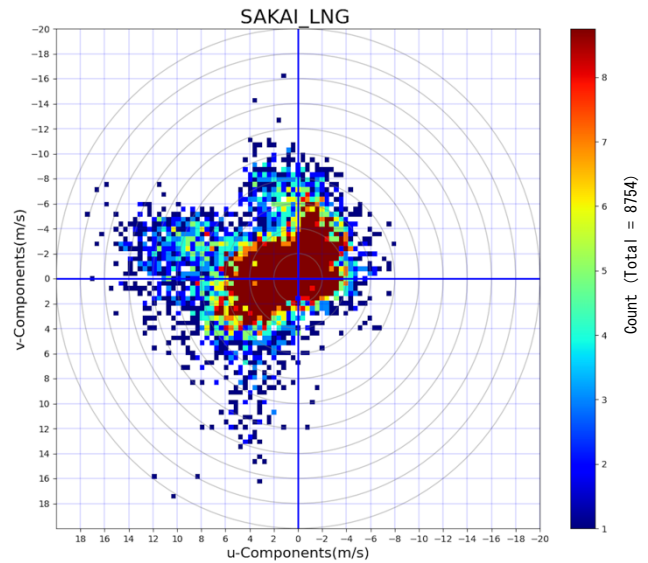


図2 堺 LNG 栈橋における1年間の風向・風速出現頻度（観測値）

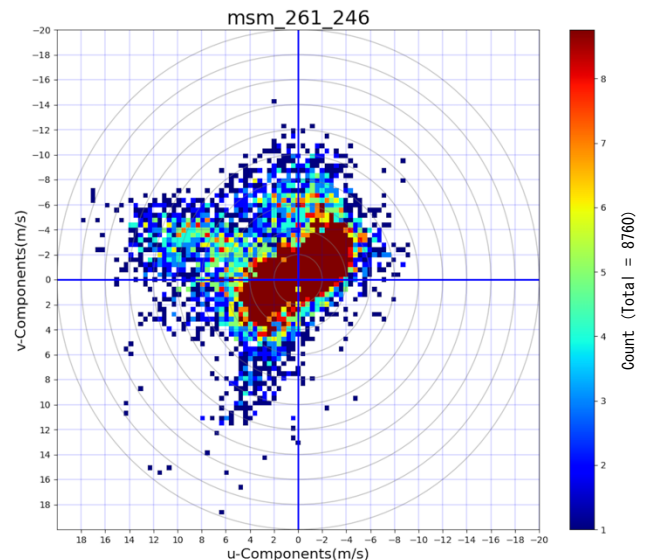


図3 堺 LNG 栈橋における1年間の風向・風速出現頻度（MSM 格子番号 261,246）

に、2021年8月1日～2022年7月31日（1年間）の風速データに基づいた神戸港コンテナ埠頭及び堺 LNG 栈橋の観測値とMSM推定値の相関を図7に示す。神戸港コンテナ埠頭（図7(a)）では、直近のMSM 推定値（格子番号 緯度 259、経度 244）との相関係数は0.666であった。一方、堺 LNG 栈橋（図7(b)）では、直近のMSM（格子番号 緯度 261、経度 246）との相関係数は0.818と、神戸港コンテナ埠頭と比較してMSMの推定精度は高い結果となった。

AMeDAS 観測点3カ所（図1(a)③④⑤）についても2017年～2021年（5年間）のデータと直近MSM 格子点との相関係数を求め、神戸港コンテナ埠頭、堺 LNG 栈橋の結果と共に表1にまとめた。AMeDAS 神戸

と神戸港コンテナ埠頭では、0.6 前後の相関であるのに対し、堺 LNG 栈橋と AMeDAS 関空島では、0.8 を超える強い正の相関が見られた。この結果は、神戸港コンテナ埠頭など陸に近い観測点よりも堺 LNG 栈

橋のような海上にある観測点では高風速であること、また、陸寄りに設置されている風向風速計に対しては周辺の地形や建屋、地表面粗度等<sup>(8)</sup>の影響が大きいこと等が原因だと推測される。

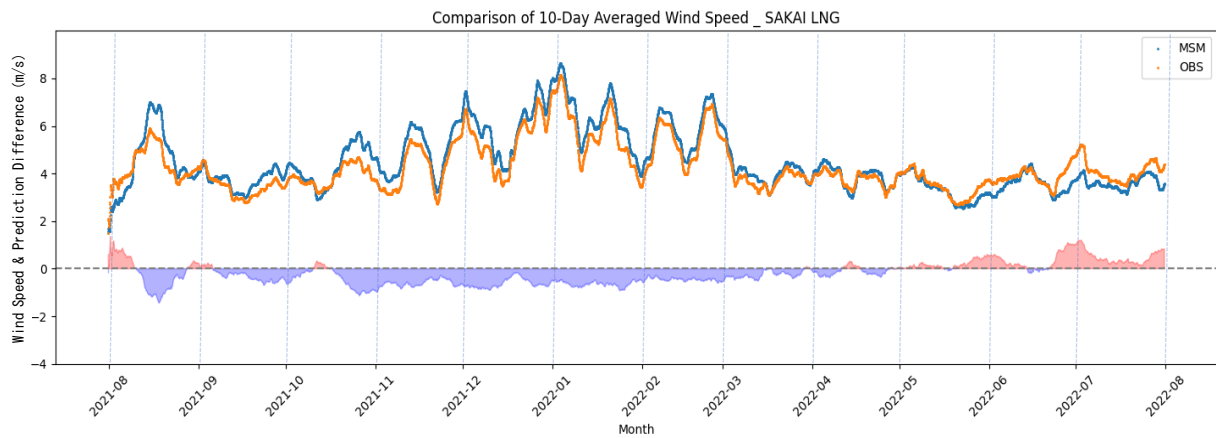


図4 堺 LNG 栈橋観測値と MSM の10日間移動平均比較

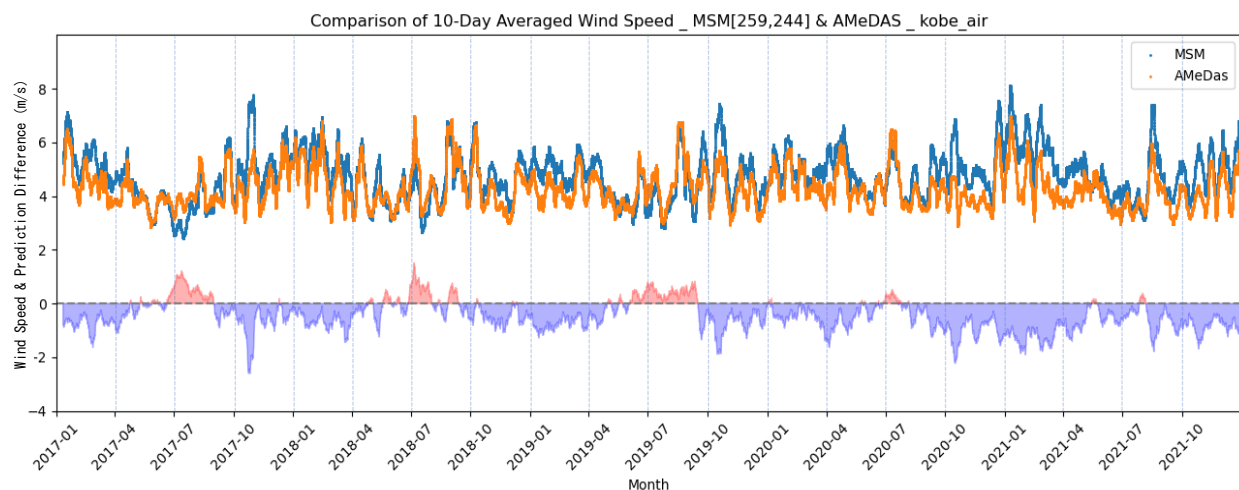


図5 AMeDAS（神戸空港）観測値と MSM の10日間移動平均比較

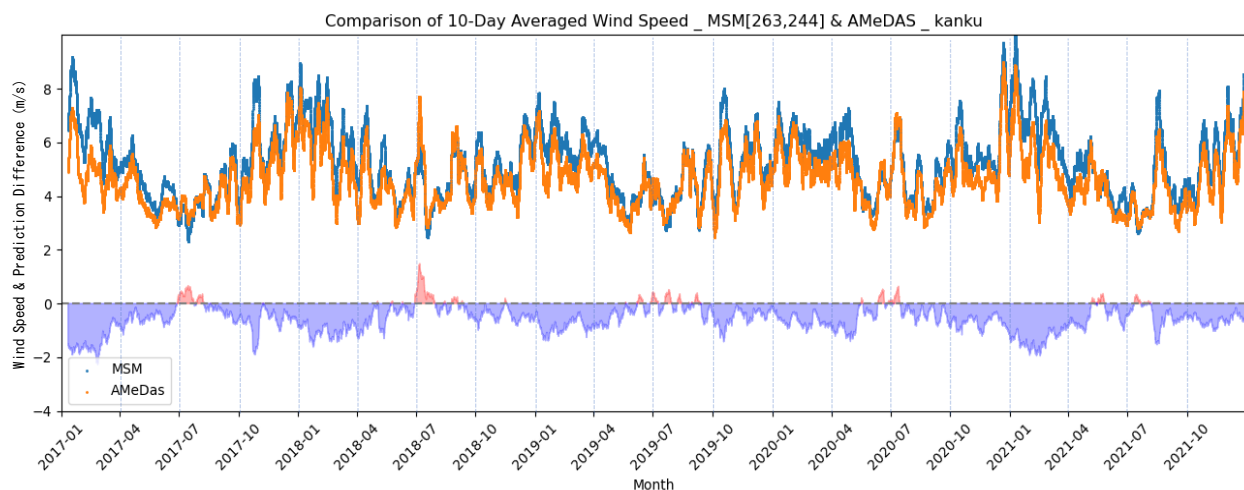
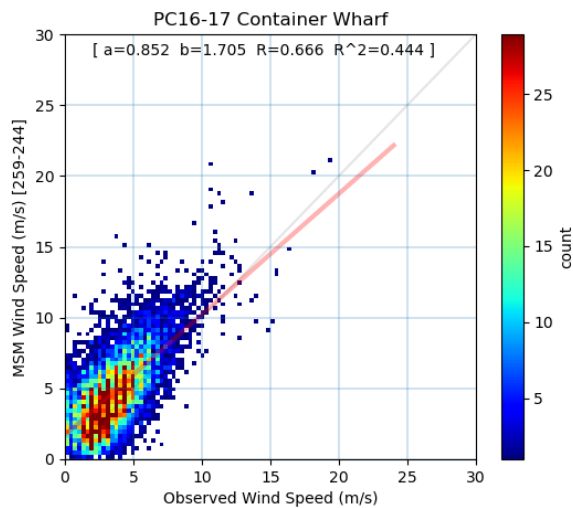
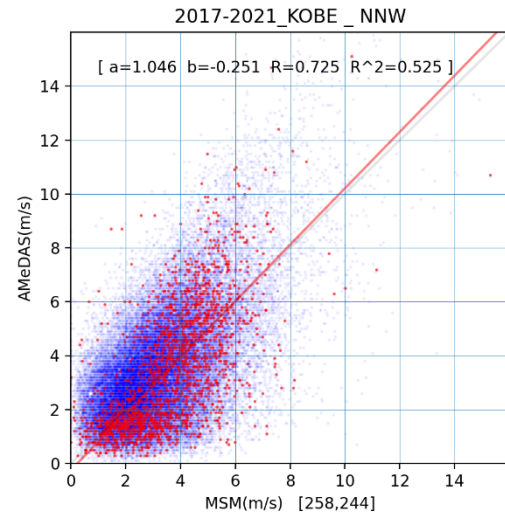


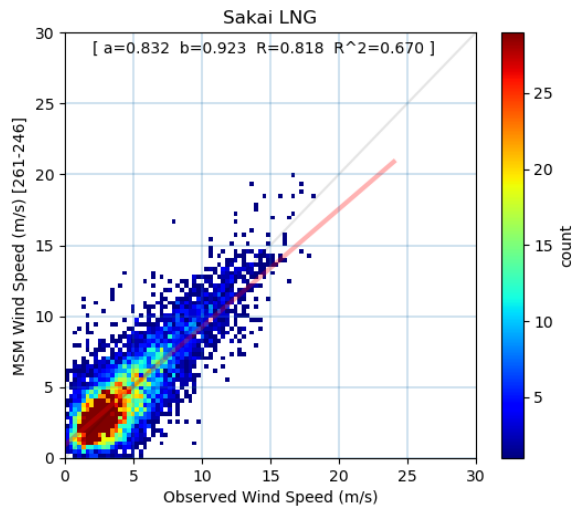
図6 AMeDAS（関空島）観測値と MSM の10日間移動平均比較



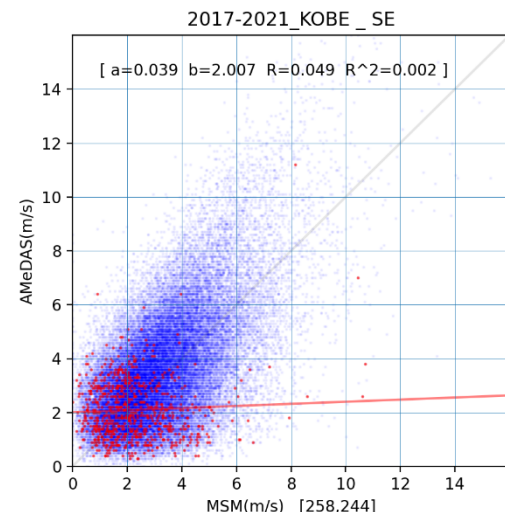
(a) 神戸港コンテナ埠頭



(a) 風向 NNW



(b) 堺 LNG 栈橋



(b) 風向 SE

a : 傾き(slope)    b : 切片(y-intercept)  
R : 相関係数     $R^2$  : 決定係数

図 7 MSM と観測値の二次元ヒストグラム

青色プロット：全風向  
赤色プロット：特定の風向（上図：NE 下図：SE）  
a : 傾き(slope)    b : 切片(y-intercept)  
R : 相関係数     $R^2$  : 決定係数

図 8 MSM[258, 244] と AMeDAS 観測値の  
散布図

### 3.3 MSM と AMeDAS 観測値の風向毎の相関

表 1 観測点と直近 MSM の相関

| No | 観測点        | MSM格子点(Lat,Long) | 相関係数  |
|----|------------|------------------|-------|
| ①  | 神戸港コンテナ埠頭  | 259, 244         | 0.666 |
| ②  | 堺LNG栈橋     | 261, 246         | 0.818 |
| ③  | AMeDAS神戸   | 258, 244         | 0.589 |
| ④  | AMeDAS神戸空港 | 259, 244         | 0.697 |
| ⑤  | AMeDAS関空島  | 263, 244         | 0.820 |

次に MSM と観測値の風速の相関が風向によってどう異なるかを調べた。AMeDAS 神戸の観測点と最も近い格子点（格子点番号 緯度 258、経度 244）の 2017 年 1 月～2021 年 12 月（5 年間）の毎時平均風速について、風向（16 方位）毎にその相関を調査した。図 8 は、横軸に MSM 推定値、縦軸に対応する日時の AMeDAS の 10 分間平均風速をプロットしたものである。図 8(a)は最も相関が高かった（0.725）風向 NNW での相関を示し、図 8(b)は最も相関が低かった

(0.049) 風向 SE での相関を示す。風向によって MSM の精度には大きな差異があることが分かる。

表 2 に、AMeDAS 神戸における風向毎の平均風速とその直近の MSM 格子点 (格子番号 緯度 258、経度 244) との風向毎の相関係数をまとめた。表中では、最小値～最大値を寒色～暖色で色付けしている。観測点における平均風速が比較的高い NE、West、NNW の風向では 0.7 を超える相関が見られたが、平均風速が低い ESE や SE の風向では 0.1 以下で、ほとんど相関が見られなかった。MSM の推定精度が、風向や風速によりどう変化するかは、予測情報を活用した離着陸可否等の意思決定にとって重要な要素であり引き続き調査が必要と考える。

表 2 AMeDAS 平均風速と風向毎の相関

| AMeDAS KOBE    |                | MSM [258-244] |
|----------------|----------------|---------------|
| Wind Direction | Ave Speed(m/s) | Correlation   |
| North          | 3.59           | 0.610         |
| NNE            | 3.12           | 0.576         |
| NE             | 5.42           | 0.719         |
| ENE            | 4.39           | 0.555         |
| East           | 2.77           | 0.499         |
| ESE            | 2.50           | 0.098         |
| SE             | 2.08           | 0.049         |
| SSE            | 1.84           | 0.228         |
| South          | 2.31           | 0.347         |
| SSW            | 3.52           | 0.558         |
| SW             | 3.60           | 0.428         |
| WSW            | 3.29           | 0.555         |
| West           | 3.95           | 0.709         |
| WNW            | 3.33           | 0.691         |
| NW             | 2.95           | 0.625         |
| NNW            | 3.57           | 0.725         |

#### 4. まとめと今後の方針

本論では、避泊海域や港湾における MSM の風況推定精度の把握を目的として、大阪湾を例に、MSM 推定値を係留施設に設置された風向風速計や AMeDAS 観測値と比較し、精度検証を行った。主な結果を以下に列記する。

- (1) 堺 LNG 栈橋の観測点では、MSM 推定値と観測値のどちらも風向 WNW あるいは SSW で強風の出現頻度が高く、年間を通じての風況は類似していた。また、その相関は 0.8 を超え、実用的にも参照し得る精度であった。一方、神戸コンテナ埠頭の観測点では MSM 推定値の風速の相関は 0.7 を下回っていた。
- (2) 今回調査した堺 LNG 栈橋、AMeDAS 神戸空港、AMeDAS 関空島での観測値との比較において、MSM による風速推定値は、年間を通じて過大評

価する傾向が見られた。ただし 7 月前後の夏季のみは、いずれの地点においても風速を過小評価する傾向が見られた。

- (3) AMeDAS 神戸と周辺の MSM 推定値を比較すると、風向によって相関が大きく異なっていた。NE や West～NNW の風向では、比較的相関が高い一方で、ESE～South の風向については、相対的に風速が弱く、ほとんど相関が見られなかった。

以上より、MSM 推定値による風況データは、開けた海上では、その相関が 0.8 を超え、ある程度の有用性が見込めるものの、陸上地形や地物の影響を受け易い港湾での離着陸を含めた運航支援データとして活用するには、相関が 0.6 を下回る等、比較的精度が低いことが分かった。また、風向毎に風速誤差特性が異なる事が分かったため、今後は、特に離着陸可否判断のための風向と風速の包括的な解析を行っていく予定である。

#### 参考文献

- (1) 気象庁：メソモデル・局地モデル，  
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-6.html>, 2023. 3. 3
- (2) 松田茂・宮田正史：船舶の係留施設への衝突事故に関する基礎的分析，土木学会論文集，76 巻 2 号, pp. 396-401, 2020.
- (3) 濱地義法・大澤輝夫・圓尾太朗：最新気象予報技術を活用した運航判断 -海難事例からの考察-, 日本航海学会論文集, No. 147, pp. 66-72, 2022.
- (4) 濱地義法・大澤輝夫・林美鶴・石井快・真鍋大雅：最新気象予報技術を活用した運航判断-2 - AMeDAS 風況解析による考察-, 日本航海学会論文集, No. 148, pp. 58-64, 2023.
- (5) R. Rew・G. Davis・S. Emmerson・H. Davies・E. Hartnett：NetCDF User's Guide, Unidata Program Center, ver 2.4, 1996.
- (6) 京都大学 生存圏研究所：グローバル大気観測データ，<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/glob-atmos/>, 2023. 3.
- (7) 気象庁：気象観測統計指針 第 1 部 第 2 章，  
[https://www.data.jma.go.jp/stats/data/kaisetu/shishin/shishin\\_2.pdf](https://www.data.jma.go.jp/stats/data/kaisetu/shishin/shishin_2.pdf), 2024. 6. 13
- (8) 宮下康一・赤星明紀・佐々木亮治・中村修・植松康：地表面粗度の状況が異なる地点における地表面近傍の風の性状，日本風工学会論文集，Vol. 134, pp. 1-9, 2013. 1.