台風 0423 号による海王丸海難時の気象解析

藤井 勉*・大澤 輝夫**・石田 廣史***

Meteorological Analysis of the Maritime Casualty of Kaiwo Maru Caused by Typhoon 0423

Tsutomu FUJII, Teruo OHSAWA and Hiroshi ISHIDA

Abstract

This paper describes the results of the meteorological analysis when the maritime casualty of the sailing T/S Kaiwo Maru occurred on October 20, 2004. She anchored in the left semicircle of typhoon, in which winds were expected to be lower than in the right semicircle. From the Japan Meteorological Agency analysis data, it is found that Typhoon 0423 changed to the extratropical cyclone at the time of the accident and had stronger winds in the left semicircle than in the right semicircle. It is moreover found that the gale with higher wind speed than 30 m/s in the left semicircle was caused by the advection of cold air mass from the north, which intensified the pressure gradient and also deformed the atmospheric pressure pattern in the cold air mass region in the changing process to the extratropical cyclone. This is the primary factor to cause such strong winds. As the secondary factor, winds were also strengthened by about 1 to 2 m/s in the casualty area due to the effects of geographical features in Toyama Bay.

Keywords : Kaiwo Maru, maritime casualty, typhoon, extratropical transformation, left (navigatable) semicircle

キーワード : 海王丸、海難、台風、温帯低気圧化、左（可航）半円

1. はじめに

台風による海難は、最近 20 ヶ年で海難審判にかかった海難件数だけで 54 件⁽¹⁾⁽²⁾もある。しかし、台風に関連して発生した海難についての研究⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾はそれほど多くはなされていない。しかし、台風に伴う海難は被害も甚大で、今なお、台風に関連して発生した海難についての研究は、海難防止という視点から重要である。

2004 年 10 月 18 日、独立行政法人航海訓練所練

習帆船海王丸が富山湾内 (Fig.1) にて錨泊中、台風 0423 号 (以下「T0423」とする。) からの強風と高波を受けて走錨し、岩瀬漁港の防波堤に座礁するという海難が発生した⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

海難発生当時 (10 月 20 日 21 時)、T0423 の中心は岐阜県郡上市付近にあり、中心気圧は 980hPa で東へ 55km/h の速さで進んでいた。この時、富山湾は T0423 の進行方向左側に位置しており、一般的には可航半円と呼ばれる領域内にあった。

* 学生会員 神戸大学大学院 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1) 053w212n@y05.kobe-u.ac.jp

** 正会員 神戸大学海事科学部 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1) ohsawa@maritime.kobe-u.ac.jp

*** 正会員 神戸大学海事科学部 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1) h-ishida@maritime.kobe-u.ac.jp

Fig.1 Position of the maritime casualty of the T/S Kaiwo maru, indicated by an asterisk.

このように、中心気圧が比較的高く、移動速度が速くなった上陸後の減衰中の T0423 で、なぜ台風の右半円（危険半円）に比べて風速や波浪が低いと考えられる左半円（可航半円）において海難を引き起こすまでの強風が起り得たのかを、本研究では、T0423 に伴うこの強風のメカニズムを観測データの解析及び数値シミュレーションにより明らかにすることを目的とする。

2. 海難発生時の気象概況

今回の海難を引き起こした T0423 が高知県土佐清水市付近に上陸したのは、10 月 20 日 13 時である。この上陸日は、2004 年に日本に上陸した 10 個の中では最も遅く、1951 年以降に上陸した台風の中で過去 3 番目に遅い記録となっている。すなわち、T0423 の重要な特徴として、まず、上陸時期が非常に遅い台風であったという事実が挙げられる。

海難発生当時（10 月 20 日 21 時）の日本付近の地上天気図及び 500hPa 高層天気図を Fig.2(a)(b)にそれぞれ示す。Fig.2(a)の地上天気図を見ると、T0423 の中心は北緯 35.4 度、東経 136.6 度の岐阜県郡上市付近にあり、中心気圧は 980hPa である。台風周辺には温暖前線及び寒冷前線が形成されており、T0423 がこの時点において温帯低気圧化してい

Fig.2 Weather charts⁽⁸⁾ on Oct 20, 2004. (a) Surface weather chart, (b) 500hPa upper weather chart.

ることが判る。この温帯低気圧化に伴い、台風は同心円状等圧線を失い、北東から南西方向に長軸を持つ楕円形の気圧構造となっている。この時刻に台風はほぼ東に進んでいるが、右半円側に比べて左半円側で等圧線が密になり、気圧傾度が大きくなっている状態が認められる。

次に Fig.2(b)の 500hPa 高層天気図を見ると、北緯 30 度から 50 度までの間で 20℃近くの温度差があることがわかり、南北の温度勾配が強いことが伺

Fig.3 Wind speed and direction at Fushiki.

える。そして、T0423の北上に伴って偏西風波が大きく蛇行し、谷の西側で北からの強い寒気の移流と、谷の東側で南から暖気が移流してきた形となっていることが判る。それに伴い、日本海から南西諸島方向に向かって局所的な気圧の谷が形成され、その西側では等高線と等温線とが大きく交差し、顕著な寒気移流が認められる。

海難発生現場に近い富山伏木港伏木指向灯で観測された風速及び風向⁹⁾の時系列データを Fig.3 に示す。海難発生前後、長時間に渡って北東から北北東の風が吹いていたことが判る。これは Fig.2(a)で示されたように、台風が北東から南西方向に長軸を持つ楕円形になっていたことによるものと推測される。風速については、20時に33m/sの最大風速が観測されている。海王丸の海難は正にこの最強風速時間帯に発生した。ただし、伏木指向灯での風速測定高度は海面上25mであるため、一般的に用いられる10m高度の風速値より若干高くなる。

3. 温帯低気圧化による影響

前章では、T0423の温帯低気圧化が海難の発生に密接に関っていることが示唆された。そこで本章では、T0423の温帯低気圧化の様子を3次元的に調べるために気象庁メソ客観解析値(MANAL)を用いた解析を行った。メソ客観解析値とは、日本周辺を対象とした6時間ごと、10km間隔の格子点を用いた数値計算によるデータであり、気温、風速、海面気圧、等圧面高度等の気象要素などである。

3.1 寒気移流

台風周辺大気の気団解析のため、台風上陸前(10月20日03時)及び海難発生時(21時)における850hPaでの気温、等圧面高度、風ベクトルの分布を Fig.4(a)(b)にそれぞれ示す。上陸前(Fig.4(a))には、台風中心付近に暖気核を確認することができるが、海難発生時(Fig.4(b))には、上陸後の台風の衰退に伴い、暖気核が不明瞭になっており、南西からの暖気と、北東からの寒気との間に大きな温度勾配、即ち不連続線が形成されている。この境界は言うまでもなく、Fig.2(a)の地上天気図に描かれた温暖、寒冷の両前線に対応するものである。つまり、この時点において、T0423は温帯低気圧化し、温帯低気圧としての性質を相当帯びている様子が伺える。

Fig.4 Temperature, geopotential height and wind vectors at 850 hPa, based on JMA MANAL. (a)03JST on Oct 20, 2004 (b)21JST on Oct 20, 2004.

Fig.5 Vertical cross section of the temperature anomaly from the mean temperature in each layer.

寒気移流の鉛直構造を調べるために、台風中心を通る南北断面をとり、気温分布を示したものが Fig.5 である。横軸は台風中心からの距離であり、鉛直 15 層において、それぞれの各層の気温平均値からの差、偏差を示している。この図から、台風中心の暖気核がすでに消滅しかけており、熱帯低気圧としての性質が崩れていることが伺える。台風の北側では、500hPa よりも下層で寒気が流入している様子が明確に認められる。また、この寒気流入のために、地上から 500hPa までの領域では大きな水平温度勾配、不連続面が形成されていることが判る。

3.2 気圧傾度の強化

次に、この寒気移流に伴う気象場の変化について考えてみる。Fig.6 は 950hPa, 850hPa, 500hPa の各気圧面における、台風中心に対する等圧面高度の偏差を示したものである。まず、地表に近い 950hPa 面を見ると、台風南側に比べて北側において等圧面高度が急な勾配をしていることが判る。一方 500hPa 面を見ると、北側の等圧面高度の勾配は南側よりも緩やかになっている。

これらの事実を模式図にまとめると Fig.7 のようになる。Fig.5 では、台風北側では 500hPa 高度以下で顕著な寒気移流があることが示されたが、これは、台風北側と南側の気柱を比べれば、大気気温と密度の関係から、低温な北側の気柱が高温な南側の気柱よりも短くなっていることを意味している。そこで両気柱の上端と下端を結ぶ気圧面を考えてみ

Fig.6 Geopotential height anomalies in the N-S direction from those at the typhoon center.

Fig.7 Schematic features of the air mass structure of T0423.

ると、上端側（500hPa）は南側で、下端側（980hPa=地上気圧）は北側でそれぞれ気圧傾度が大きくなることになる。これは Fig.6 の事実と合致する。風速は傾度風の関係から気圧傾度に比例するため、結果的に南側よりも北側で強風となることが示唆される。

Fig.7 による模式的な説明の確認として、風速の南北鉛直断面図を Fig.8 に示す。台風はこの時刻にはほぼ東進していたため、北側が左半円の可航半円側、南側が右半円の危険半円側に相当する。この図において地上付近を見ると、可航半円側の風速が危険半円側の風速を上回っていることが明確に認められる。以上より、今回の強風は、主として台風の温帯低気圧化による影響、北からの寒気の大きな流入、そしてその流入に伴う等圧線の変形に伴う気圧傾度の増大により生じていたことが明らかになった。

Fig.8 Vertical cross section of wind speed.

4. 富山湾の地形効果

今回の強風に対する可能性としてもうひとつ別の要因が考えられる。それは、富山湾周辺の地形影響である。Fig.3 からも明らかなように、強風の風向は常に富山湾が口を開いた北東から北北東であったため、富山湾周辺の地形が風を収束させる働きをしたのではないかと推測できるからである。3 章で使ったメソ客観解析値では、格子間隔が 10km と荒く、富山湾内の局所的な風の解析が困難である。そこで本章では、メソ気象モデル MM5⁽¹⁰⁾を用いた数値シミュレーションを行った。数値シミュレーションに関する詳細な情報は本稿末尾の付録にまとめて記載している。

Fig.9 に、海王丸が走錨する約 1 時間前の 20 日 19 時から 23 時までの 5 時間の平均地表風速(10m 高度)の分布を示す。この図より、富山湾の湾奥部では、湾外に比べて風速が 3~4m/s 程度強まっていることが確認できる。このような風速分布が富山湾周辺の地形的な影響によるものであるか、それとも前章で述べた温帯低気圧化によるものなのかどうかを検証するために、DOMAIN3 の陸域の標高をすべて 0m としたシミュレーションを行った。通常の標高データを用いたシミュレーションによる風速分布(Fig.9)から、標高をすべて 0m としたシミュレーションによる風速分布を差し引いた結果を Fig.10 に示す。Fig.10 を見ると富山湾では全体的に正の値が卓越しており、地形影響によって風速が 1~2m/s 程度増加していることが判る。しかし、Fig.3 で見られる

Fig.9 Mean surface wind speed from 19JST to 23JST on Oct 20, 2004, simulated with MM5 (DOMAIN3).

Fig.10 Intensified wind speed due to the effect of terrain.

ような 30m/s を超える強風に対する寄与という意味では、地形影響は 2 次的なものであったと結論付けられる。

5. まとめ

本研究では、観測データの解析及び数値シミュレーションにより海王丸海難を引き起こした T0423 に伴う強風の発生要因について考察した。本研究の主要な結論を以下にまとめる。

- ① T0423 は上陸時期が 1951 年以来過去 3 番目に遅い台風であり、季節的に強まりつつある寒気団内に進入してきたことによって温帯低気圧

化が顕著に生じた。

- ② 北方からの寒気移流により左半円（可航半円）側の気圧傾度が強まったため、980hPa という中心気圧から想定される以上の強風（30m/s 以上）が発生した。
- ③ 富山湾周辺の地形影響による風速強化は 1~2m/s と見積もられ、今回の強風発生の要因としては 2 次的なものであった。

台風の暴風域における航法で注意を要することは、左半円の「可航半円」は「航行が可能な半円」ではなく、「荒天航法によって暴風圏を避航することが可能な半円」ということである。決して、左半円であれば、暴風圏内でも航行可能な領域ということではなく、当然、危険で避けるべきである。最後に、本研究から得られた教訓として、「秋遅くに日本に接近する台風は温帯低気圧化に伴って、左半円（可航半円）側で右半円（危険半円）よりも強風となる場合があり得るので、船舶の運航には十分な注意が必要である。」ということを挙げておく。

謝辞

伏木指向灯における風観測資料は海上保安庁より提供頂いた。ここに謝意を表します。

参考文献

- (1) 石田廣史・林美鶴・森脇千春・堀晶彦：日本近海で発生した気象・海象に関連する海難の解析，日本航海学会論文集，第 113 号，pp.259-266，2005.
- (2) 森脇千春・林美鶴・石田廣史：日本近海で発生した気象・海象に関連する海難の解析-II-海域特性-，日本航海学会論文集第 114 号，pp.185-190，2006.
- (3) 川北浩：台湾における台風被害（1977 年）の結果と我が国における台風対策，航海環境安全シンポジウム，日本航海学会，pp.57-66，1987.
- (4) 松本吉春・小田義士：ジェーン台風と港内船舶事故，日本航海学会論文集，第 4・5 号，pp.145-149，1951.
- (5) 大澤輝夫・石田廣史：台風 9905 号による「フェリーむろと」海難の気象解析，日本航海学会論文集，第 113 号，pp.267-273，2005.
- (6) 日本海難防止協会：台風による船舶海難を防げ！，日本海難防止協会情報誌，pp. 4-19，2005.
- (7) 横浜地方海難審判庁：練習船海王丸乗揚事件，2006.
- (8) 気象庁天気図 CD-ROM，2004.
- (9) 日本海洋データセンター：沿岸海上気象データページ，http://www.jodc.go.jp/data/wave/fixed_wave_j.htm，2006.
- (10) PSU・NCAR：MM5 トップページ，<http://www.mmm.ucar.edu/mm5/>，2006.

付録

本研究で数値シミュレーションに用いたメソ気象モデル MM5 は、ペンシルベニア州立大学と米国大気研究センターによって共同開発された非静力学数値計算モデルである。境界値に現実の気象データを与えることにより、再現計算及び予測計算の両方に用いることができる。今回用いた計算条件を Table 1

Table.1 Model configuration used for this study.

Period	Start : 09JST Oct 20 2004 End : 09JST Oct 21 2004
Input data	6-hourly JMA Analysis data Weekly OI SST data
Grids	Domain1 : 18km(121×121grids) Domain2 : 6km(85×85grids) Domain3 : 2km(85×85grids)
Time step	Domain1 : 54sec Domain2 : 18sec Domain3 : 6sec
4-D data assimilation	All domains (u,v,T,q)
Physics options	Cloud-radiation schemes Eta schemes KF schemes Shallow convection Multi-layer soil temperature model

Fig.11 Domains of the numerical simulation with MM5.

に、計算領域を Fig.11 に示す。計算は、18km 格子領域(121×121 格子)、6km 格子領域(85×85 格子)、2km 格子領域(85×85 格子)の3領域で行った。鉛直層数は3領域とも地表から100hPa面までの40層である。初期値・解析値には気象庁のメソ客観解析値を用いた。このような条件の下、2004年10月20日09時を初期値とする24時間の計算を行った。

本シミュレーションの精度検証のため、富山県の伏木指向灯での風速観測値とMM5計算値を比較したものを Fig.12 に示す。両者を比較すると、風速ピーク時に計算値の方が多少過小評価となっているが、全体的な変化傾向としては概ね一致していることがわかる。

Fig.12 Comparison between MM5-simulated and observed winds at Fushiki-shikoutou.

質疑応答

岡野良成 (航海訓練所) :

今回の解析結果から、秋遅くに日本に接近してくる台風に関しては、従来の可航半円や危険半円の考え方は捨てるべきなのでしょうか？

藤井 勉 :

通常の台風(熱帯低気圧)の性質を維持している間は、可航半円や危険半円の考え方はやはり重要だと思います。但し、台風の暴風域における航法で注意を要することは、左半円の「可航半円」は「航行が可能な半円」ではなく、「荒天航法によって暴風圏を避航することが可能な半円」ということであります。決して、左半円であれば暴風圏内でも航行可能な領域ということではなく、当然、危険で避けるべきであります。一方、今回のように顕著な温帯低気圧化が起これば、2つの半円を分ける意味が薄れてきます。現段階では、T0423の事例解析以外は行っていないため、はっきりとした回答はいたしかねますが、少なくともT0423の場合はそうでした。秋遅くに日本に接近する台風において、どの程度の台風が今回の事例ほどの温帯低気圧化を起こすかについては、今後の検討課題とさせて頂きたいと思います。