

インド洋の波浪予測情報について

独立行政法人海洋研究開発機構
ダウンスケール沿海変動予測研究チーム チームリーダー
宮澤 泰正

1. インド洋の気象海象情報

本稿は、インド洋は、太平洋や大西洋に比べて気象海象情報、特に波浪についての情報が不十分であるという話を伺い、波浪に注目して現在インターネット上で簡便に入手可能な気象海象情報について調べた結果をまとめたものである。航行中の船舶から本稿で紹介するウェブサイトを直接閲覧するのは現状の通信環境においては困難であるかもしれないが、インターネットに接続するのが容易な陸上の支援担当者がこれらの情報を収集加工し、航行中の船舶に通報することは可能だろうと考える。さらに本稿では、海洋物理学の観点から波浪に着目してインド洋の気象海象条件の一般的な特徴を概説する。この小文が、インド洋における安全かつ効率的な船舶運航のために何らかお役に立てれば幸いである。

インターネットの検索サイトで、'Indian Ocean Wave Height Forecast' と検索すると、様々な機関がインド洋の波浪予測情報を提供していることがわかる。現代では、米・欧・日等の主要国の気象機関が高精度な数値モデルを用いて全球の数値波浪予報を行っている。そのうち特に米国の気象予報機関である米国海洋大気局(NOAA)と米国海軍数値気象海洋センター(FNMOC)は、インターネット上で波浪予測情報を即時更新、公開しており簡便にその情報を入手することができる。

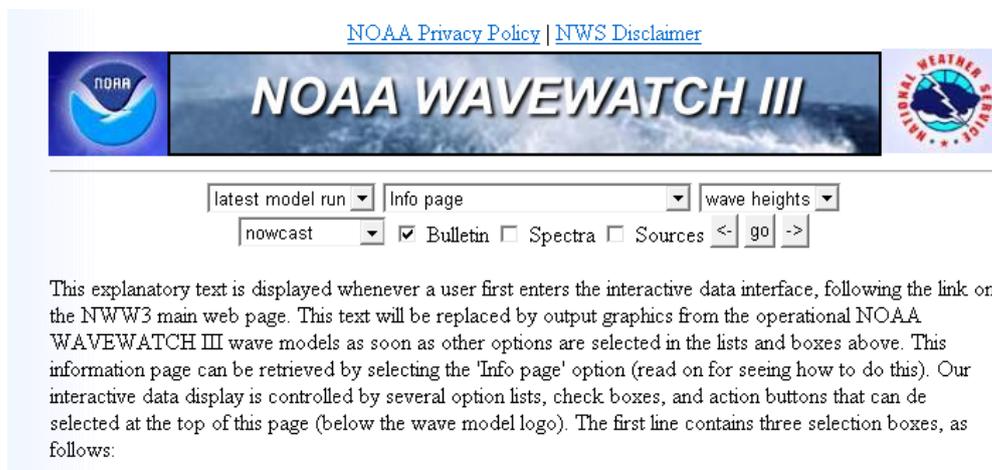


図 1. NOAA 波浪予測情報ウェブサイト画面の一部。

NOAA は、http://polar.ncep.noaa.gov/waves/main_int.html において世界各地の波浪予報を公開している。図 1 に見える 'Info page' の欄から、'Indian Ocean from global' を選択し、'go' をクリックすると、最新の波浪現況('nowcast')情報を見ることができる。図 2 は、世界標準時 2010 年 9 月 29 日 18 時の波浪現況を示している。本稿執筆時は、日本時間 2010 年 9 月 30 日 11 時（世界標準時 2010 年 9 月 30 日 2 時）なのでほぼ即時的に予報が公開されていると言ってよいだろう。図 2 では、色付のコンターが有義波高('Significant wave height')を表し、矢印が波浪の進行方向を表し、矢羽根付の棒線が風向風速を表している。インド洋赤道周辺では最大で 2-3m 程度の有義波高が生じており、南緯 30 度以北では全体として北西方向に波浪が移動しつつあることが見てとれる。南緯 40 度以南では東向きに波浪が移動しており、10m を越える高い波高の領域が存在する。

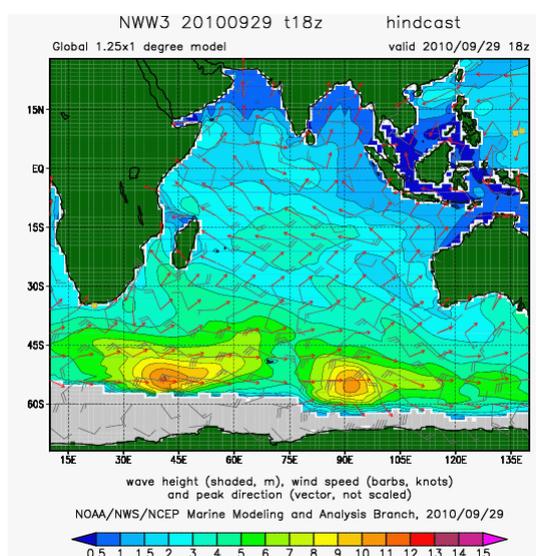


図 2. NOAA 提供インド洋波浪現況図の例。

図 1 に見える 'nowcast' の欄を開くと、最長 180 時間後までの波浪予報が公開されていることがわかる。また、'wave height' の欄には、波浪の性質を表す有義波周期('peak period')や、風向風速('wind speeds')の項目があり、それぞれの画像を閲覧することが可能である。

一方、FNMO は、<https://www.fnmoc.navy.mil/wxmap/cgi/index.html> において世界各地の波浪予測情報を公開している。そのうち北インド洋('N Indian OCN')の画像下にある 'WW3' をクリックすると図 3 の画面が現れる。'SeaState Products' が様々な物理量の項目を表し、'Tau' が 0 時間目現況から 144 時間後予報までの項目を表している。緑丸ボタンをクリックすることにより、各予報時間、各物理量項目を選択できる。'all' はすべての物理量、ないしは特定の物理量項目についてすべての予報結果を表示する項目である。左上隅の緑丸ボタンをクリックすると 0 時間目現況の有義波高及び波向を閲覧することができる。図 4 は NOAA と同様に世界標準時 2010 年 9 月 29 日 18 時の波浪現況を示しており、赤道周辺で最大 9-12 フィート(2.7-3.6m)の波高が存在することがわかる。全体的な波高分布や波向の特徴は NOAA の結果(図 2)と同じであるが、FNMO の結果では水平解像度がより高く細か

な特徴が表現され、波高はやや高めになっている。波高の違いは数値波浪モデルを駆動する風の違い（NOAA は NCEPGFS 数値気象モデル、FNMOC は NOGAPS 数値気象モデルが予報する海上風をそれぞれ用いている）によるものと考えられる。どちらの予報精度が優れていると単純に言うことはできない。

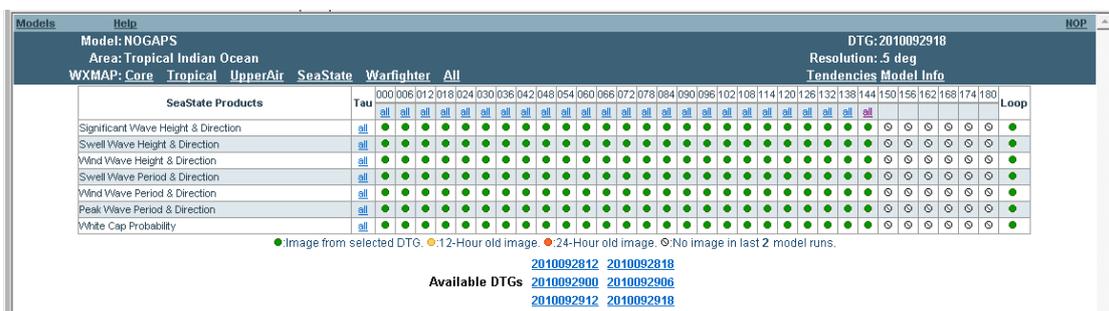


図 3. FNMOC 波浪予測情報ウェブサイト画面の一部。

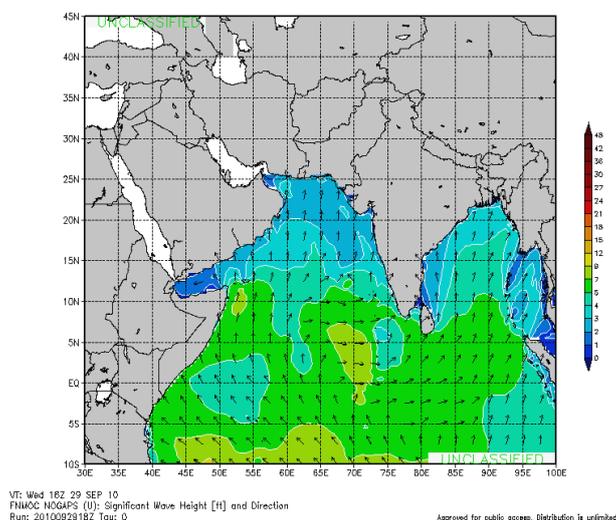


図 4. FNMOC 提供インド洋波浪現況図の例。

NOAA 及び FNMOC が提供する波浪予測情報の他に、国外の民間気象予報会社によるインド洋の波浪予測情報が即時提供されている。以下に、インターネットを検索して目についたウェブサイトのアドレスを示す。適宜、内容を確認し必要に応じ活用して頂ければ幸いである。

http://www.windfinder.com/forecasts/swell_indian_ocean_akt.htm

http://www.stormsurf.com/mdls/menu_wam.html

http://www.yosurfer.com/surf_reports/io/map/

2. 波浪の性質

ここで、船舶運航の際提供される波浪の情報を正しく解釈するための前提になる知識として、波浪の物理的な性質について確認しておく(磯崎と鈴木、1999)。波浪('wind-generated

surface wave')とは、海上に現れる波のうち、その場の風によって直接ひきおこされる「風波」('wind wave'ないしは'wind sea')と、一度できた風波が遠方に伝播することによって生ずる「うねり」('swell)を総称したものである。変動の周期は、1秒~30秒であり比較的短い。(例えば別種の海上波として津波があるが、その周期は約60分であるし、卓越する潮汐の周期は約12時間及び約24時間である)海上に風が吹くと、まず短い周期で小さな波高の波が生じるが、風が吹き続けると波高が高くなり周期も長くなる。そのうちに発達の度合いも弱まり、風によるエネルギーの注入と、砕波、摩擦等によるエネルギーの消散がほぼつりあい定常に近い状態、いわゆる「十分に発達した風波」となる。風波が十分に発達するためには、風が十分長く吹き続け波浪が発達するための広い海域、すなわち「吹走距離」('fetch')が必要である。十分に発達した風波は風がやんでも相当遠方に伝播することが知られており、これがうねりと呼ばれる現象である。FNMOCの波浪予測情報画面の左側には'Other Products'というメニューがあり、そこで'Wind Wave Hgt/Dir'という項目を選択してクリックすると、インド洋における風波の予測情報が、'Swell Wave Hgt/Dir'という項目を選択してクリックすると、うねりの予測情報が別々に見られる。周期の予測情報も同様にして見ることができ、うねりの周期が風波に比べて長くなっていることが確認できる。後で解説するが、インド洋ではその場で生じている風波よりも、南から来るうねりが卓越していることもわかる。

波浪は、周期も波高もばらばらな、不規則な波の集合体であるので、その特徴は全体の特徴を平均的に表す統計量によって特徴づけられる。船舶運航の際、日々入手する波浪予測情報もこうした統計量として提供されている。平均的な波高やその周期は、ひとつひとつの不規則な波のうち、波高の高いもの上位1/3の波の波高や周期をそれぞれ平均したものとして、それぞれ「有義波高」('significant wave height')、「有義波周期」('significant wave period')として定義されている。これらの統計量は、単純に平均した量より代表性が高く、特に有義波高は海面状態を見て人間が直感的に感ずる波高に近いといわれている。前章で紹介した、インド洋の波浪予測情報で表示されている'wave height'や'wave period'はそれぞれ有義波高および有義波周期である。ただし注意しなければならないのは、波浪予測で提供される有義波高は代表値であって、実際にはそれより高い波が生ずる可能性があるということである。統計的には、不規則に現れる様々な波のうち通常は3000波に1波程度の確率で、有義波高の2倍以上の波が生じる可能性がある。ある特殊な気象海象条件の場合には3000波に1波よりもさらに高い確率で有義波高の2倍以上の波が生じる場合があり、このような波を「異常波浪」('freak wave', 'rogue wave')と呼ぶ。もともとの有義波高が高い場合、異常波浪は「巨大波浪」となり船舶の安全航行に影響を及ぼす。インド洋周辺でも南アフリカ南東沖のアグルハス海流域では、このような異常波浪とそれによると思われる海難事故が頻繁に報告されており、注意が必要である。

3. インド洋の波浪概況

本章では、インド洋の気候的な波浪概況、すなわち「波候」(‘wave climate’)を海洋物理学の観点から解説する。まず、インド洋の1月と7月の気候的な海上風と降雨分布を図5に示す(Goswami, 2005)。北インド洋では風系が季節的に劇的に変化し、1月は北東風が卓越し、7月は南西風が卓越する。南緯10度以南の南インド洋では年間を通じて南東風が卓越している。1月は北東風と南東風が収束する赤道の南側で降水量が多くなり、7月は北インド洋では卓越する南西風と陸地の相互作用等により特徴的な降雨分布がアラビア海東部とベンガル湾に現れる。風系の強度としては、1月にはアジア大陸側から吹きだす季節風が山脈の影響を受けてさえぎられることから弱まることとあいまって、7月に相対的に強まるのが特徴的であり、後述するように波浪の分布にも影響する。赤道付近では年間を通じ風系強度は弱い。

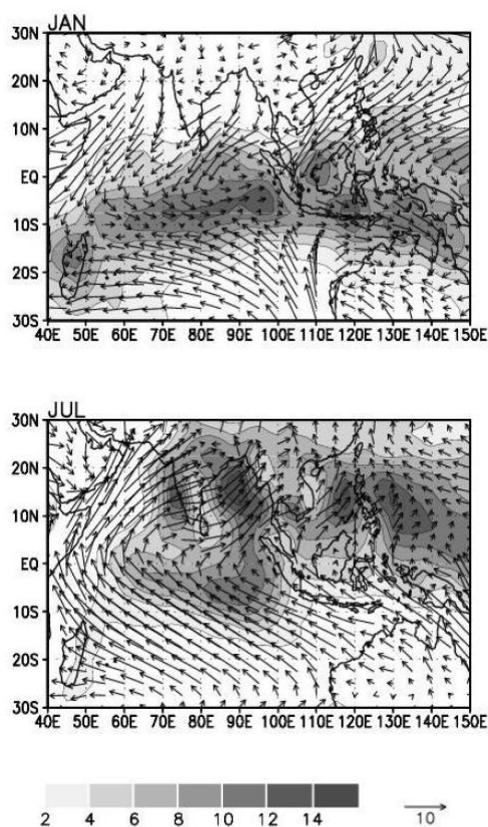


図5. インド洋の気候的な海上風(矢印、m/s)と降雨量(濃淡、mm)。上:1月。下:7月。次に、世界の海洋の1月と7月の波候を図6にそれぞれ示す(Sterl and Caires, 2005)。風系の季節的な変化に伴い、1月は北太平洋と北大西洋で波高が高くなり、7月は南大洋で波高が高くなる。南大洋の南緯40度線(「吠える40度線」)以南では年間を通じて東風(極東風)が吹いており、かつ陸地によって吹走距離が区切られないことがないため波高は年間を通じて高い。こうした高波高域と比べるとインド洋の波高は相対的に低い。ただ、波向を見るとわかるように、「吠える40度線」付近からうねりとなって波浪が北上する傾向が

年間を通じて存在する。図 2 を見ればわかるように日々の波浪予報においてもその傾向が見られ、船舶の安全航行のために北上するうねりの動向に常に注意する必要があると思われる。局地的な特徴としては、夏季の強い季節風によりベンガル湾、特にアラビア海では波高が高くなるので、この点も日々の波浪予報を確認して注意する必要がある。

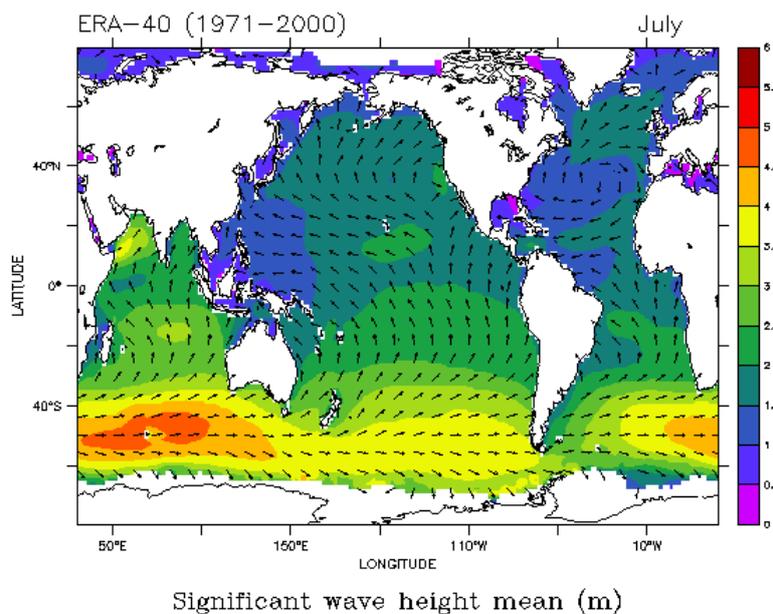
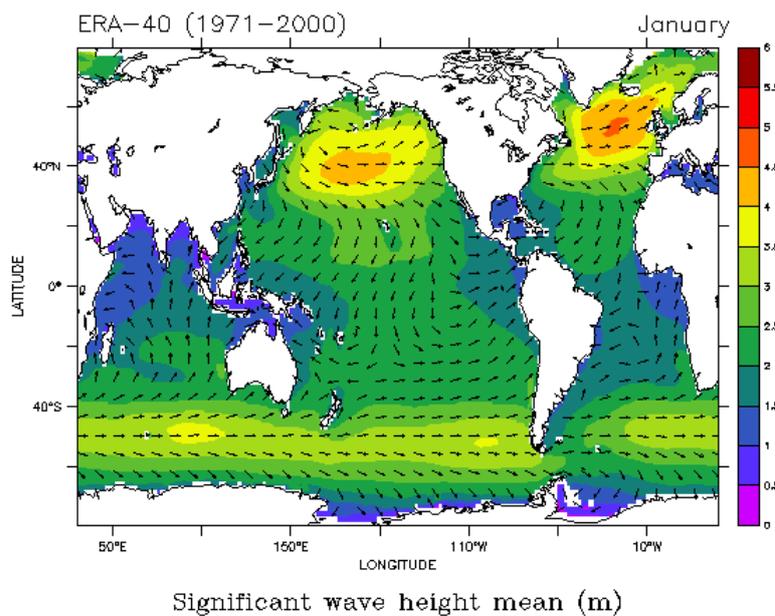


図 6. 世界の波候。平均有義波高(色,m)と平均波向(矢印)。

4. まとめと参考文献

以上、波浪に着目して、インド洋の海象気象情報の取得方法、及びその気候的な特徴について述べた。執筆していて改めて実感したことであるが、現代ではインターネットが全世界に存在する情報を束ねる巨大なデータベースとして構築されており、これをうまく活用することが重要である。今後、通信基盤がさらに整備され、外航船からでも容易かつ安価にインターネットへ接続できるようになることを大いに期待したい。

Goswami B. N., 2005: South Asian Summer Monsoon: An overview: in *The Global Monsoon System: Research and Forecast*, Eds. C.-P. Chang, Bin Wang, Ngar-Cheung Gabriel Lau, Chapter 5, pp 47, WMO TD No. 1266, WMO, Geneva.

磯崎一郎, 鈴木靖, 1999: 波浪の解析と予報, 東海大学出版会.

Sterl, A., and S. Caires, 2005: Climatology, variability and extrema of ocean waves: the web-based KNMI/ERA-40 wave atlas, *Int. J. Climatol.*, 25, 963-977.