
特集「新海洋データ同化システム (MOVE/MRI.COM) の業務への活用について」

MOVE/MRI.COM-WNP の海流データを用いた流出油の 漂流予測の精度検証*

金子 秀毅・田内 利治・峯松 宏明**

要 旨

気象庁海洋気象情報室では、日本の周辺海域で大規模な油流出事故が発生した場合に備え、海面を漂流する油の位置や広がり予測する「漂流予測モデル」を即応的に運用できる体制をとっている。本モデルは、対象となる海域の一週間先までの流出した油の移動や拡散を予測するものである。モデルに入力するデータのうち、海流のデータには従来海洋総合解析システム (COMPASS-K, 以下同) の解析値を利用してきたが、気象研究所で開発された北西太平洋海洋データ同化システム (MOVE/MRI.COM-WNP, 以下 MOVE) の解析値に代えて検証した結果、海面を漂流する油の移動や拡散の予測精度の向上が確認できた。これにより、2008年9月より漂流予測モデルで用いる海流データを COMPASS-K から MOVE に変更した。

1. はじめに

1997年1月に日本海で発生したナホトカ号の重油流出事故を契機とし、気象庁では1999年10月より流出油の漂流予測業務を開始した。当該業務では海上保安庁との連携体制により、日本の周辺海域で大規模な油流出事故が発生した場合に備え、海面を漂流する油の位置や広がり予測する「漂流予測モデル」を即応的に運用できる体制をとっている。海上保安庁は事故発生から3日先までの短期の漂流予測を、気象庁は事故発生から4日以降一週間程度先までの長期の漂流予測を担当することとしている。

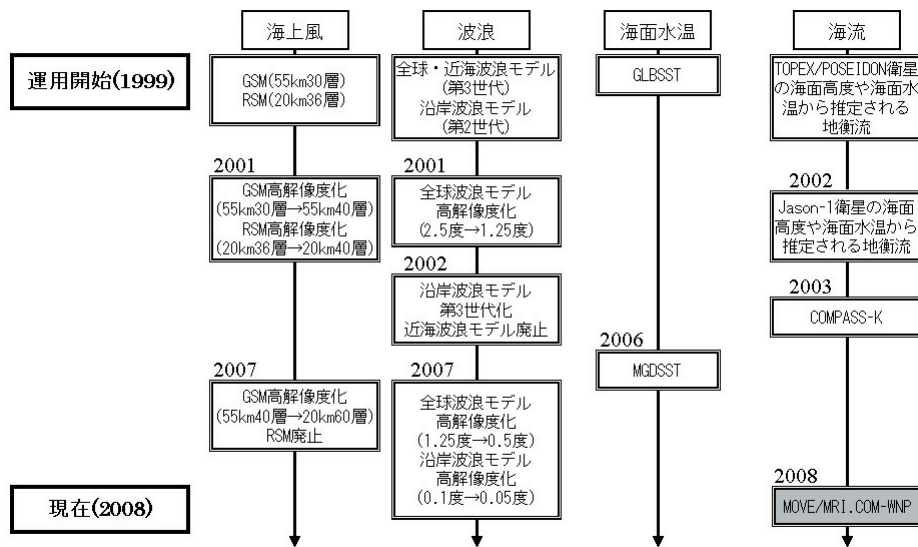
海面を漂流する油は、海上風による吹走流、波浪によるストークスドリフト、そして海流によ

て移動・拡散する。漂流予測モデルは、これらの効果を取り入れ、流出した油を多数の粒子で表現し、これら粒子を追跡することで油の漂流位置を計算するものである (高野, 1998)。漂流予測モデルの精度は、油追跡調査用漂流ブイ (以下油追跡ブイ) を使った実験によってその精度の高さが確認されている (森, 林原, 1999)。漂流予測モデルのさらなる精度向上を図る上では、モデルそのものの改良だけでなく、漂流予測モデルで外力として用いている海上風、波浪、海面水温、そして海流のデータの精度向上が不可欠である。本業務開始以来、これらの外力データが改良される度に当該データを取り入れるよう変更を加え、精度向上を図ってきた (第1図)。このう

* An Accuracy Validation of JMA Oil Spill Model by Using Ocean Current Data of MOVE/MRI.COM -WNP

** Hideki Kaneko, Toshiharu Tauchi, Hiroaki Minematsu

Office of Marine Prediction, Global Environment and Marine Department (地球環境・海洋部海洋気象情報室)



第 1 図 漂流予測モデルで利用する入力データの更新履歴

GLBSST は、全球の $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ の月平均海面水温で、MGDSST (Merged satellite and in-situ data Global Daily Sea Surface Temperature) は、全球の $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ の日別海面水温である。

ち、海流データについては、本業務の開始当初は TOPEX/POSEIDON 衛星の観測によって得られる海面高度解析値や海面水温解析値 (GLBSST, 海洋気象部海洋課, 1990) から推定した地衡流を用いていたが、2002 年の Jason-1 衛星への変更を経たのち、2003 年からは COMPASS-K (杉本ほか, 2003) の 70m 深の海流を利用してきた。海洋気象情報室では、2008 年 3 月にこれまでの COMPASS-K に代え、MOVE/MRI.COM-WNP (以下、MOVE) (石崎ほか, 2009) を新たな海況解析予報システムとして運用開始した。そこで、本稿では COMPASS-K に代えて MOVE の海流データを利用することで流出した油の移動や拡散の予測精度がどの程度向上するのか検証を行った。第 2 節では検証の方法について、第 3 節では油追跡ブイの軌跡と漂流予測モデルでの予測結果との比較について、第 4 節では 1997 年 1 月に日本海で発生したナホトカ号の重油流出事故の事例と漂流予測モデルでの油の漂流予測結果との比較について、第 5 節で比較結果についてまとめを述べる。

2. 検証方法について

検証は、外力として用いる海上風 (GSM によ

る 3 時間ごと一週間先までの予想値) と波浪 (全球波浪モデルによる 3 時間ごと一週間先までの予想値), 及び海面水温 (GLBSST, 解析値を一週間先まで固定) のデータを共通とし、海流データとして COMPASS-K の 70m 深の解析値を用いた場合の漂流予測モデルでの予想の結果と MOVE の 50m 深の解析値を用いた場合の漂流予測モデルでの予想の結果を比較した。いずれの海流のデータも海面水温同様、解析値を一週間先まで固定としている。なお、本検証では格子間隔の異なるこれらのデータをすべて $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ に内挿処理し、油追跡ブイの初期位置若しくは油流出事故発生地点を含む南北 $4^{\circ} \times$ 東西 4° を計算範囲として漂流予測モデルを実行した。

3. 油追跡ブイによる検証

気象庁では、漂流予測モデルの精度を検証する目的で、1999 年から 2002 年にかけて漂流する油に見たてた油追跡ブイを日本周辺の海域で 5 回放流した。森, 林原 (1999) は、それまでに行っていた 3 事例について検証し、漂流予測モデルの精度として定性的にはブイの軌跡と対応していたと報告している。

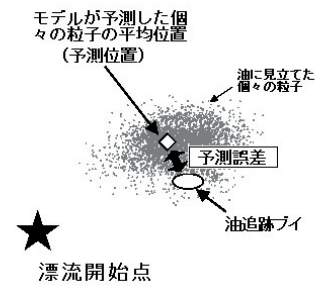
本節では、漂流予測モデルに入力する外力のうち、海上風・波浪・海面水温のデータは共通とし、海流データに COMPASS-K を用いた場合と MOVE を用いた場合との予測精度の比較・検証の結果を示す。検証は、実際の油追跡ブイの位置と、モデルが予測した個々の粒子の平均位置（以下、予測位置とする）を比較し（第2図）、その距離（以下、予測位置との差とする）が小さいほどより予測精度が高いものとした。以下、COMPASS-K の現業運用開始後の 2001 年 3 月以降の 2 事例について検証を行った。

3.1 2001 年 11 月 奄美大島西方沖の東シナ海

2001 年 11 月 12 日に奄美大島西方の東シナ海で放流した油追跡ブイを基準とした比較検証結果を示す。第3図に当該ブイの軌跡を示す。プロットした期間は 11 月 17 日 12UTC から 24 日 12UTC である。この期間の最初の位置を初期位置とし、海流データに COMPASS-K を用いた場合、MOVE を用いた場合のそれぞれ漂流予測モデルによる計算を行った。これらにより予想された予測位置を第3図に同時に示す。海流データに MOVE を用いた場合の予想の方が、COMPASS-K を用いた場合の予想よりも油追跡ブイの軌跡に近い予想となっていることがわかる。さらに、油追跡ブイはトカラ列島付近で減速して向きを南東、さらに西へと反転したが、MOVE を利用した漂流予測モデルの結果はこの動向をよく表現している。

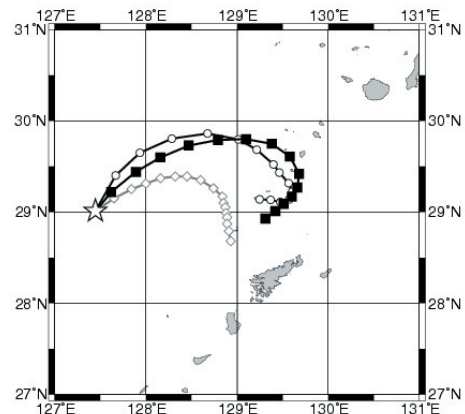
第4図に油追跡ブイの位置に対する漂流予測モデルの予測位置との差を示す。COMPASS-K を用いた予想では 60 時間後まで予測位置との差が時間とともに増大し、最大約 80km に達するのに対し、MOVE を用いた予想では期間を通じて 20km 前後に収まっている。

第5図は COMPASS-K、MOVE で解析された 2001 年 11 月 17 日の海流の状況である。両者ともに油追跡ブイ付近に強い海流（黒潮）が明りょうに解析されているが、その速さは COMPASS-K では 70cm/s であるのに対し、MOVE では 100cm/s と MOVE の方が大きい。この海流の速さの差



第2図 油追跡ブイを利用した漂流予測モデルの検証方法

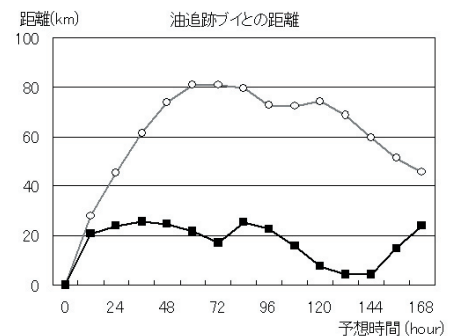
モデルが予測した個々の粒子の平均位置（予測位置）と油追跡ブイとの距離を予測誤差とする。



第3図 油追跡ブイと漂流予測モデルによる予測位置の軌跡

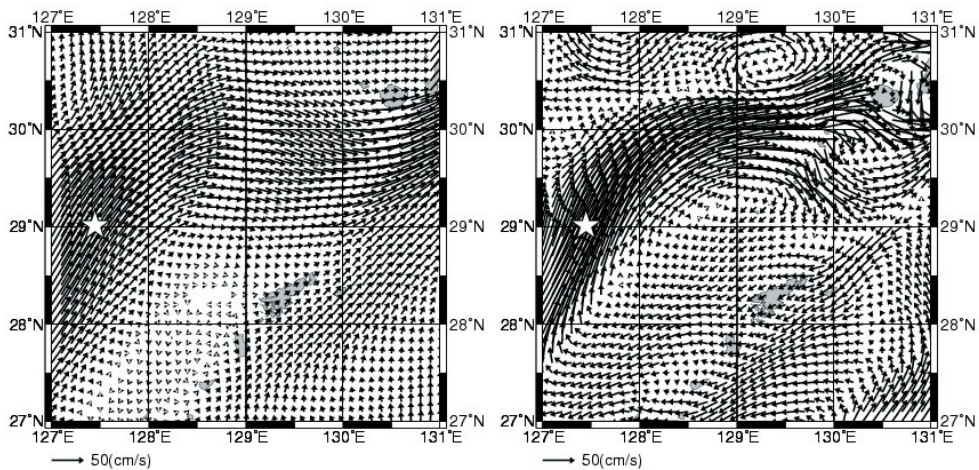
- ：油追跡ブイの位置
- ◇：海流データに COMPASS-K を用いた場合の予測位置
- ：海流データに MOVE/MRI.COM-WNP を用いた場合の予測位置

プロット期間：2001 年 11 月 17 日 12UTC (☆) ～ 24 日 12UTC までの 12 時間ごと。



第4図 漂流予測モデルの予測誤差

○：海流データに COMPASS-K を用いた場合、■：海流データに MOVE/MRI.COM-WNP を用いた場合
漂流予測モデルの初期値は 2001 年 11 月 17 日 12UTC で、168 時間後は 2001 年 11 月 24 日 12UTC を表す。



第5図 COMPASS-K (左), MOVE/MRI.COM-WNP (右) による2001年11月17日の海流の解析
 矢印の間隔はともに0.1度(解像度0.25度のCOMPASS-Kについては0.1度に内挿処理している)
 ☆: 同日12UTCにおける油追跡ブイの位置

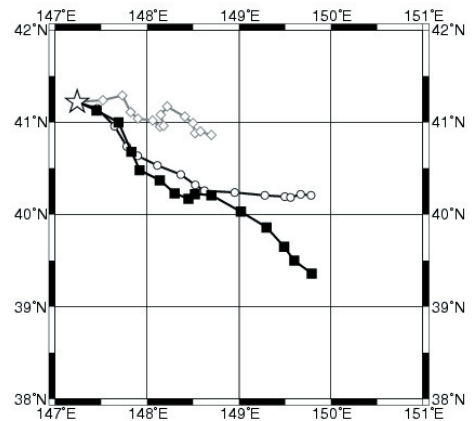
が、予測位置との差の大きさに反映したと考えられる。

3.2 2002年2月 北海道南東沖の太平洋

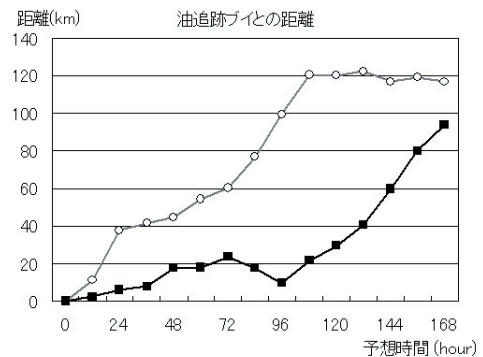
2002年2月12日に北海道南東の太平洋で放流した油追跡ブイを基準とした比較検証結果を示す。3.1節と同様、当該ブイの軌跡と、海流データにCOMPASS-K, MOVEそれぞれを用いた場合の漂流予測モデルによる予測位置の軌跡を第6図に示す。プロットした期間は2月18日12UTCから25日12UTCである。3.1節の事例と同様に、海流データにMOVEを用いた場合の予想の方が、COMPASS-Kを用いた場合の予想よりも油追跡ブイの軌跡に近いことがわかる。

第7図に油追跡ブイの位置に対する漂流予測モデルの予測位置との差を示す。COMPASS-Kを用いた予想では108時間後まで予測誤差が時間とともに増大し、最大約120kmに達するのに対し、MOVEを用いた予想では120時間後まで予測位置との差は20km前後に収まっており、その後次第に大きくなったものの、期間を通じてCOMPASS-Kを用いた予想よりも油追跡ブイとの位置の差は小さかった。

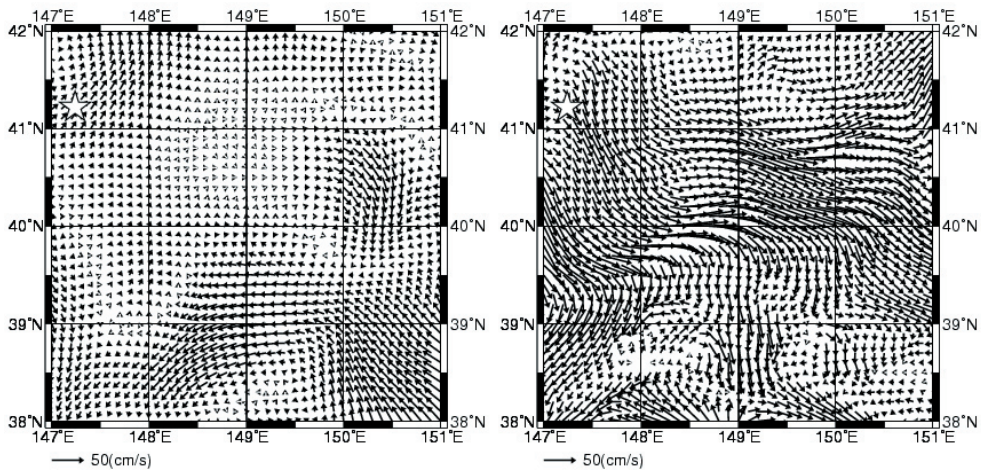
第8図はCOMPASS-K, MOVEで解析された2002年2月18日の海流の状況である。COMPASS-Kでは油追跡ブイの軌跡近傍での海流



第6図 第3図に同じ
 ただし2002年2月18日12UTC(☆)～25日12UTCまでの12時間ごと。



第7図 第4図に同じ
 ただし初期値は2002年2月18日12UTCで、168時間後は2002年2月25日12UTCを表す。



第8図 第5に同じ
ただし2002年2月18日の海流の解析.

はMOVEより弱く解析されているが、MOVEでは南東から東向きの海流が明りように解析されており、この差が予測位置との差に反映されたと考えられる。

4. ナホトカ号重油流出事故の事例解析

本節では1997年1月に発生したナホトカ号重油流出事故の事例をもとに、漂流予測モデルで用いる海流データをCOMPASS-KからMOVEに変えた場合の予測精度の変化を示す。なお、本事例でも第2節同様に海上風などの海流以外の外力データは共通とした。また、COMPASS-Kの海流データは、現業運用開始以前の実験段階のものを利用した。

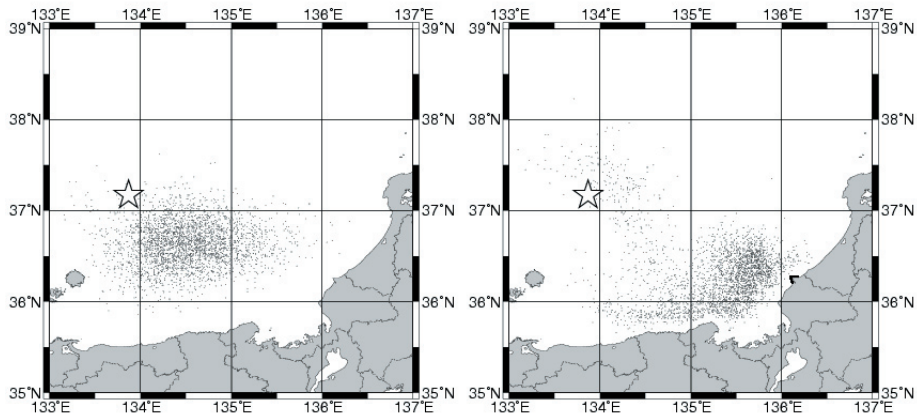
報道等によれば、隠岐島北東の日本海を航行していたロシアのタンカー・ナホトカ号は1997年1月2日未明に高波を受けて船体が二つに折れ、折れた船体の船首部分が南東方向に漂流して1月7日に福井県坂井市（当時三国町）安島岬の海岸に漂着したとされる。またタンカーより流出した重油（以下、油とする）は1月7日には福井県の海岸に、9日には兵庫県・京都府・石川県の海岸に漂着したとのことである。

第9図は福井県に油が漂着した1月7日12UTCでの油の移動・拡散の予想で、左は海流データにCOMPASS-Kを、右はMOVEを用いて計算したものである。COMPASS-Kを用いた予想

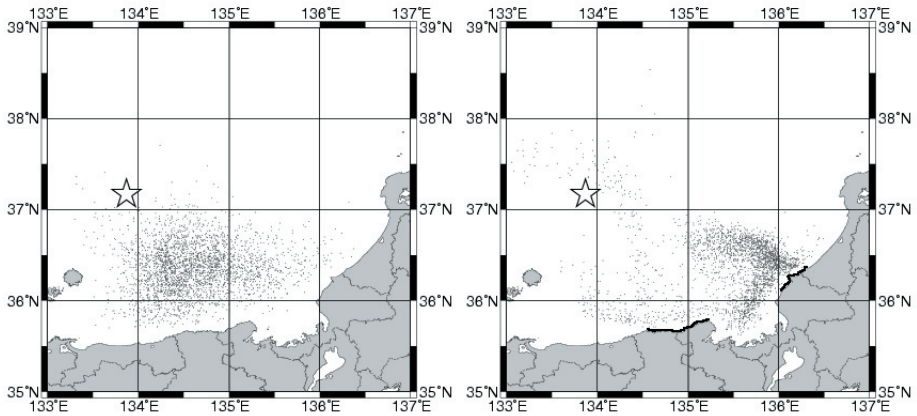
では事故発生地点から南東方向に移動・拡散し日本海沿岸に接近するものの、海岸からはまだ遠い。これに対し、MOVEを用いた予想では、油の大部分が事故発生地点から福井県の沖合に広がり、先端は海岸に漂着している。海流データとしてMOVEを用いた予想は、報道等による油が海岸に漂着するタイミング、及び漂着の場所とおおむね合致していた。

第10図は福井県に続いて兵庫県・京都府・石川県に油が漂着した1月9日12UTCでの油の移動・拡散の予想である。COMPASS-Kを用いた予想では1月7日12UTCの予想（第9図左）よりもさらに兵庫県や京都府に接近するものの、漂着するまでには至っていない。これに対し、MOVEを用いた予想では、兵庫県や京都府にも新たに油が漂着し、さらに石川県の沖合にも広がっている。7日12UTCでの予想同様に、9日12UTCでの予想も報道等による油が海岸に漂着するタイミング、及び漂着の場所とおおむね合致していた。

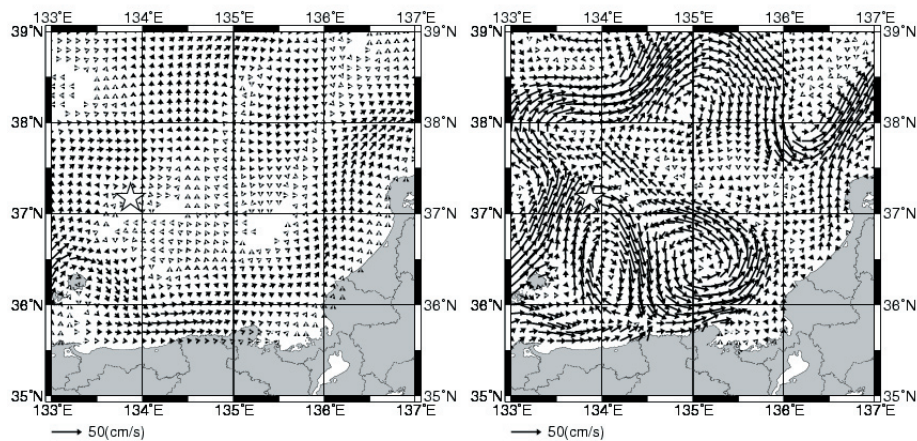
第11図は1997年1月1日のCOMPASS-K（左）、MOVE（右）で解析された海流の状況である。COMPASS-Kはナホトカ号事故発生地点付近の海流が非常に弱い。これに対しMOVEは事故発生地点から日本海沿岸に向かう流れが明りように解析されており、この差が両者の予測精度に反映されたと考えられる。



第9図 1月7日12UTCにおける油の移動・拡散の予想
 左は海流データとしてCOMPASS-Kを、右はMOVE/MRI.COM-WNPを用いて計算。
 海岸線を太く示した範囲：油の漂着が予測される海岸
 ☆：ナホトカ号の事故発生地点



第10図 第9図に同じ
 ただし1月9日12UTCにおける油の移動・拡散の予想。



第11図 第5図に同じ
 ただし1997年1月1日の海流の解析。
 ☆：ナホトカ号の事故発生地点

5. まとめ

油追跡ブイによる検証，及びナホトカ号の事例解析から，漂流予測モデルに入力する海流のデータとして COMPASS-K を用いた予測よりも，MOVE を用いた予測の方が，現実の漂流に近い結果が得られた．これらの結果から，MOVE を用いた方が予測精度が高くなると考えられる．海洋気象情報室では海況予報業務のために MOVE の運用を開始しており，それに伴って漂流予測モデルでは，入力する海流データとして従来の COMPASS-K から MOVE に変更する作業を終え，不測の事態に即応できるよう現場環境を整備した．

現行の漂流予測モデルでは，海流や海面水温は一週間程度での変化は小さいとして予想期間内は事故発生日の解析値が持続するものとして計算している．今後はこれに代えて MOVE の日々の予想値を取り込むことで予測精度の一層の向上が見込めるか検証を行う予定である．

参 考 文 献

- 石崎士郎・曾我太三・碓井典久・藤井陽介・辻野博之・石川一郎・吉岡典哉・倉賀野連・蒲地政文 (2009) : MOVE/MRI.COM の概要と現業システムの構築. 測候時報, 76, 特別号, S1-S15.
- 海洋気象部海洋課 (1990) : 旬平均海面水温解析. 測候時報, 57, 283-291.
- 高野洋雄 (1998) : 流出油に対する海洋汚染予測モデル. 測候時報, 65, 特別号, S107-S114.
- 森一正・林原寛典 (2002) : 油追跡調査用漂流ブイについて. 測候時報, 69, 特別号, S79-S84.
- 杉本悟史・蒲地政文・吉田久美・村上潔・川江訓・三浦雄美利・谷政信・吉岡典哉・湊信也・宮城直文・瀬河孝博・岡野克彦 (2003) : 海洋総合解析システムの検証. 測候時報, 70, 特別号, S71-S105.