# 4. 高精度漁海況予測

# 4.1. 構造格子モデル

#### 4.1.1. 東シナ海モデル開発

2017 年度までに開発した DREAMS\_Energy (DR\_E)を参考に、図 41-1 のように計算領域を変更した DREAMS\_Epsilon (DR\_Ep)モデルを開発した。鹿児島県から熊本県、および長崎県南部の海域、つま り黒潮から分岐する対馬暖流の上流域を計算の主対象としている。図 41-1 の水温や流速の分布からも 明らかであるが、DR\_E モデルをそのまま流用するだけでは、五島〜男女群島と済州島の間を通過する 対馬暖流が計算領域外となってしまうため、西側境界を 126°E 経線に沿って設定することとした。

東西・南北方向の格子刻み幅(それぞれ1'と0.8'、約1.5km)や各種パラメーター値、気象条件や境 界条件などのモデル計算条件は、前年度までに構築した対馬海峡(DR\_D)モデルとほぼ同一である。た だし、DR\_Epモデルでは最深部が6000mを超えるため、深部での鉛直層位(グリッド幅)を粗く設定 したものの、鉛直層数は114に達した(表41-1)。



図 41-1 DR\_E と DR\_Ep の計算領域。IM0, JM0 は東西, 南北方向のグリッド数。

鉛直層数の増加に伴い、計算結果のデータサイズが膨大となり、運用に際してディスク容量やデータ 転送時間の負荷が問題となる。一つの対策として、毎時出力に関しては、可視化に影響が認められない 程度に鉛直方向の出力間隔を減らすこととした。(日平均値については全層を出力する。)表 41-1 で示 す ()が毎時データでは間引かれてしまう層にあたる。

層番号(k)	DR_D	DR_Ep	DR_E
1	1m	1m	1m
2	3m	3m	3.5m
3	$5 \mathrm{m}$	$5 \mathrm{m}$	6.5m
4	7m	7m	10m
5	9m	9m	15m
6	11m	11m	22m
10	19m	(19m)	64m
20	39.5m	50m	278m
30	72m	(105m)	1092m
kmax	98	27 (114)	40

表 41-1 3モデルにおける鉛直層位(グリッド幅)の設定



図 41-2 33.2°N, 2020/7/4 のモデル塩分鉛直断面図

検討の結果、表層付近で鉛直方向に1レベルずつ、深層では3~5レベルを間引くこととした。図 41-2下部の左右図で比較できるように、塩分や水温の図で間引きの影響はほとんど視認できないほどよ く似ている。流速分布はより複雑な鉛直分布となることがあり、水温や塩分よりもやや「なまった」形 となってしまったが、実用上は許容できる程度の差であった。

作成したばかりの状態でのモデル計算(シミュレーション)の結果を、2020年7月4日の大出水時 に着目して紹介する。図41-3に示すようにDR\_Epは、先行モデルであるDR\_DとDR\_Eの両方と対 比することが可能である。1時間平均値というかなり瞬間的な状態においても、五島灘(天草灘北部) ではDR\_Dの流速ベクトルと類似し、天草~鹿児島県沿岸ではDR\_Eの特徴をよく再現しており、沿 岸域の流況を従前のモデルと同様に表現できていることが分かる。

河川からの出水を反映した低塩分水の分布は先行モデルよりもさらに低塩化する傾向が認められた (図 41-4)。筑後川や球磨川だけでなく、白川、緑川、川内川まで河川流域(降水域と河口の対応関 係)を調整したため、DR\_Epモデルで沿岸付近の塩分分布も改善されていると見込まれる。例えば、 大口盆地(伊佐市)近辺の降水は、従来版(DR\_E)では距離的に近い八代海か鹿児島湾へと向かっていた が、最新版(DR\_Ep)では川内川河口へ放出されるよう指定した。



図 41-3 2020-9-7 3-4JST の表層流速分布



図 41-4 2020-7-4 のモデル海面塩分。

# 4.1.2. 東シナ海データ同化

前節で開発した海況予測モデル(DR\_Ep)に対して観測データを同化し、より現実的な海況を再現、予報の初期値とする。対馬海峡モデル DR\_D と同様に、計算の精度と負荷がバランスした準最適データ同化手法(近似カルマンフィルター; Hirose et al., 2013 など)を利用する。誤差共分散の計算を縮小する近似グリッドを図 41-5 に示す。東西方向 25′、南北方向 20′(約 37km)間隔とし、鉛直方向には 6 層(1,35.5,111,214,382,762m)用意した。図 41-5 では水平流速成分の同化計算点を示しているが、密度成分の計算点も別途定義し、それぞれ 6 層分を合計すると 512 点と 547 点、それぞれ 2 成分(UV とTS)と海面高度も含めて総計で 2286 点(縮小された状態ベクトルの長さ)となった。

モデル制御にも工夫を凝らした。従来の方法では気象条件(海面境界)にモデル誤差(process noise) を求めることが多かったが、対馬暖流の最上流域で黒潮の影響が強い本海域では、側面からの流入出の 境界条件(開境界条件)も大きな誤差要因となりうる。そこで DR\_Ep 同化モデルにおいては、海面と 側面の両方の境界条件についてモデル誤差(process noise)を導入し、黒潮や対馬暖流の修正をより積極 的に実施することとした。

縮小近似場における誤差伝搬の時間スケールを考慮し、データ同化の時間間隔は1日とする。ただし、観測データとモデル予報値との対比は毎時計算し、イノベーション (y – Hx) を正確に取得した。

以上のアルゴリズムによって実際に漁業者が観測した CTD データを同化した結果を図 41-6 に示す。 観測データが長崎県から熊本県の岸沿いに集中しているため、等値線で表される同化修正量も沿岸域で 卓越している。例えば天草付近では、モデル予測値と比べて水温も塩分も低めとなっており、観測デー タとモデル予測値との差が縮小する方向での順当な修正となっている。

毎日の同化修正量は小さいが、継続的に観測データが入力されることによって、同化モデルの計算結

果はシミュレーション(非同化計算)から乖離してくる。3週間漁船観測データを継続的に入力したと ころ、図 41-7 で比べられるようにはっきりと温度分布に差が生じている。この両者の差を図 41-8 左図 に、塩分差を右図に示す。





図 41-6 2020 年 9 月初旬の CTD 同化初日。40m 深の温度と塩分分布。



図 41-7 9月下旬、(左)同化なし、(右)データ同化を3週間継続。



等値線間隔はそれぞれ 0.5°C と 0.1 PSU。

漁船データは長崎県から鹿児島県の本土付近に集中しているため、沿岸域の海況把握(データ同化) に適しているが、やはり沖合、特に黒潮の激しい変動を捉えるためには衛星高度計データが効果的であ る。そこで 2014 年の1 年間を対象として、衛星高度計データの同化実験を行った。

境界条件として気象変化を制御した場合も、開境界条件(親モデル)を修正した場合も、いずれも非同化(シミュレーション)の場合よりも RMS 差が小さい現実的な状態推定が実現している。図 41-9 に示すように、特に後者(側面)を修正したときには 128°E 以西や 31°N 以北、さらに南西諸島付近でも

良好な結果が得られている。

この図で黒潮自身の修正効果は明確ではないが、図 41-10 に示すようにデータ同化の有無によって前 線波動の位相や周期の様相はかなり異なっており、データ同化の効果を確認することができる。



図 41-9 衛星高度計データとモデル海面高度との RMS 差(2014)。左から非同化、同 化あり(気象条件修正)、同化あり(開境界条件修正)



### 4. 高精度漁海況予測

### 4.1.3. 対馬海峡モデル運用・修正

DREAMS\_Dash (DR\_D)モデル、DREAMS\_Squid (DR\_S)モデルともに、長期的に安定した計算と なっている。DR\_Dモデルに対しては、100 隻以上の漁船から得られる ADCP, CTD データを自動的か つ継続的に入力(同化)して現実的な状況を再現かつ予測することに成功している。

2020年4月上旬に佐賀県の漁業者が、図41-11(左)に示すように、壱岐付近に異常なDR\_Dモデルの水温変化を発見し報告を受けた。モデル誤差を大きく設定しすぎていたことが原因であったため、 調整した結果、右図のように修正することができた。当モデルが漁業者によって「育てられる」好例といえるだろう。



図 41-11 2020/4/6 10-11JST の SST (左) 修正前と(右) 修正後

福岡県の調査船「げんかい」により、ロクレットー・横曽根エリアの詳細な浅瀬地形が得られたので (図 32-4 と 5)、その海域約 20 km<sup>2</sup>だけの海底地形を修正して DR\_S モデルの感度実験を実施した (2020 年 7 月のみ)。その結果、改変した地形直上では流速ベクトルの RMS 差が 2~4 cm/s 程度とな り、有意な差が認められたが、温度差は 0.1°C 未満と小さかった。ただし、温度差の情報は対馬暖流に 乗って下流へ伝搬する傾向であった。

福岡県「げんかい」「つくし」および佐賀県「まつら」の魚群探知機で計測された水深情報とDR\_S モデルの海底地形データを比較した(図 41-12)。東松浦半島付近と唐津湾内が赤色となり、数メートル のバイアス差があることが分かる。そこで馬渡島を北西端としてモデル水深を 2.8m 深めた感度実験を 行った。

1ヶ月間の計算の結果、図 41-13 に示すように、東松浦半島周辺だけでなく、壱岐下流にも比較的大 きな流速差が生じた。流体力学的な解釈はまだ困難であるが、沿岸付近の海底地形が遠方にまで影響す るとは予想外の計算結果であり興味深い。また温度差としても、唐津湾付近で RMS 差 0.1~0.2℃、壱 岐の下流側でも 0.05℃ を超えており、小さいながらも空間分布としては流速差(図 41-13)と相似した 形の反応であった。



図 41-12 佐賀県「まつら」と福岡県「げんかい」で計測された魚探水深と DR\_S モデル地形の差



図 41-13 馬渡島南東海域の水深を 2.8m 深くした場合と標準実験との流速ベクトル RMS 差。