

4. 高精度漁海況予測

4. 1. 構造格子モデル

4. 1. 1. 運用状況

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、60 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）している。

また今年度は、アプリ向けに、DR_D, S ともに xz 方式の圧縮ファイルを作成し、ウェブサイトを通じて提供を始めた。初期には、圧縮過程の途中でデータ転送が始まったり、圧縮ファイルが2日分しか作成されない、などのバグが散見されたが、適宜修正対応した。計算直後のファイル圧縮処理が必要となったが、この方式により、九大からいであへのデータ転送時間はかなり短縮された。

また、2020 年 2 月末に、九大応力研の大型計算機が NEC SX-ACE から NEC SX-Aurora TSUBASA へと更新された。バイナリーファイルの byte order が big_endian から little_endian へと変更されるなど、同じ会社のスパコンとは思えないような変更点もあったが、旧型機から新型機への移行は、DREAMS の運用を止めることなく、1 週間程度で無事に完了した。（速やかな移行を優先したため）全体性能の4分の1しか CPU を使っていないが、それでもモデル計算速度は2倍程度向上した（例えば DR_D の1日分の時間積分に必要な計算時間は5分40秒から2分50秒へと短縮）。ディスク I/O も体感として明らかに早くなった。

毎朝の計算スケジュールとして、DR_D は午前5時までに、DR_S も午前6時までには（圧縮ファイルも含めて）ウェブサイトの更新が完了するように、自動処理のスクリプトを設定している（2020 年 3 月）。

DREAMS ウェブサイトへのアクセス数は、今年度半ば（2019 年夏頃）まで伸び続けていたが、その後は停滞している。海況予報アプリの試験が始まり、一定数のユーザーが九大ホームページからいであアプリへ移行したと見られる。

4. 1. 2. 潮汐変化の最適化

2019 年 4～5 月にかけて、長崎県から福岡県の多数の協力漁業者に DR_D モデルの使用感を尋ねてみたところ、潮流変化の再現性は概ね良好とのことだったが、一部の漁業者から「潮の変化が少し遅れ気味の時期がある」と指摘された。聞き込んでいくと、さらに具体的に「2 週間毎に悪い時期があるようだ」と指摘される方もおり、潮汐・潮流の計算条件に問題があると推察された。

そこで、漁船 ADCP 観測データを拘束条件として、主要4分潮(M2, S2, K1, O1)の最適化を実施した。非成層期（混合期）の方が順圧流として素直な潮流変化が期待されるため（内部波が生じにくい）、2019 年 3 月にデータ転送に成功していた7隻分の ADCP 観測データを用いた。修正値として Matsumoto et al. (2000)を使用し、主要4分潮それぞれの正弦関数と余弦関数の計8パラメーターを、モデルグリーン関数を通じて逆推定してみた。

4. 高精度漁海況予測

その結果、表 41-1 に示すように、半日周潮(M2, S2)に対する修正量は小さく、むしろ日周潮(K1, O1)が大きく修正されることとなった。実際にこの修正量を与えて 2019 年 3 月の 1 ヶ月間の数値実験をやり直したところ、相関係数は 0.922 から 0.944 へ上昇、決定係数も 0.841 から 0.891 へと改善し、rms 差は 8.6cm/s から 7.1cm/s へ減少した。潮汐成分の見直しは、かなり有効だったといえる。

図 41-1 にいくつかの代表点における流速の時間変化を示す。潮流変化が 1 日 2 回の振動流として規則的に繰り返している時期には修正効果は小さいが、日潮不等が起こるような小潮時に差が大きくなっている。

2019 年 7 月にこの潮汐条件を日々の予測計算に実装したところ、直後に（1～2 週間以内に）上述した漁業者から「九大の予測値が急に良くなった」との反応が伝わってきた。漁業者の観察力に驚くとともに、モデル計算の責任を強く感じるやり取りであった。

表 41-1 潮汐条件（境界値）の修正量

成分	振幅	位相
M2	0.099	-10.69°
S2	0.093	+71.38°
K1	0.297	+90.00°
O1	0.466	-130.17°

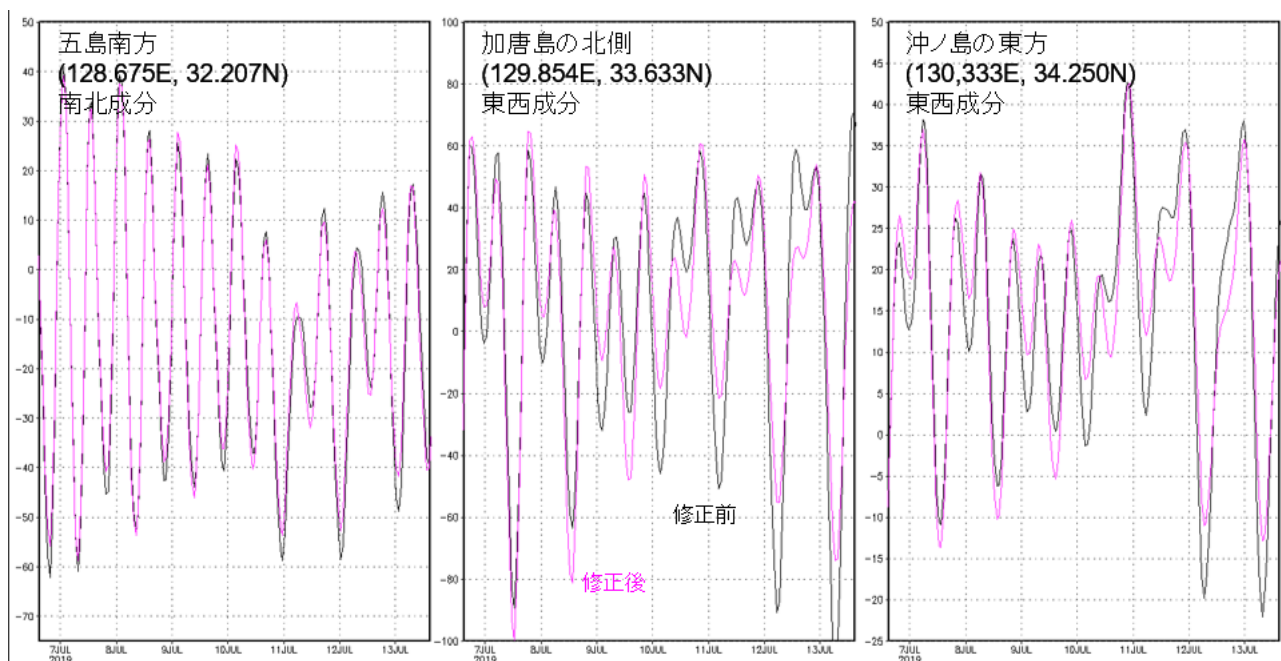


図 41-1 2019 年 7 月中旬のモデル潮流変化。左から流速ベクトルの卓越方向として（長崎県）五島南方の南北成分、（佐賀県）加唐島の北側の東西成分、（福岡県）沖ノ島東方の東西成分を示す。

4.1.3. データ同化実験

近似カルマンフィルターを用いて、漁船 CTD, ADCP データを継続的・即時的に DR_D モデルへ同化する。基本的に、小規模かつ短期的な（乱流的な）変動を修正する意図である。他方、水温・塩分の平均値や総流量といった全体的なバイアス修正はグリーン関数法で実現しており、前節の潮汐補正も全体的パラメーターを調整したものである。

当フィルターは以下のように設計されている。

- ・ 誤差共分散の計算点は水平的に非構造分布とする。（図 41-2）
- ・ 対馬海峡北部・南西部・南東部の 3 つの区域を独立に評価することによって、計算時間を節約する。（図 41-2 の色分け）
- ・ 鉛直方向の力学的モード近似は導入しない。その代わりに、鉛直方向には、1m~180m の 10 深度で制御計算（誤差評価）を行う。（図 41-2 は深度 1 と 8 の計算点を例示している。）
- ・ 長期平均値に近い 2014 年 6 月 6 日と 2009 年 1 月 4 日を基準に夏季と冬季の各種システム行列を数値的に作成する。
- ・ ADCP データを同化する場合、制御対象は海表面と海底面の応力とする。つまり、process noise は流体柱の上下面で与えられる。
- ・ CTD データを同化するとき、制御誤差となる水温と塩分は季節躍層、つまり 30m 深程度を境界とした 2 層分布を仮定する。

このカルマンフィルターのプログラムにも様々なバグがあり、今年度中に何度も改訂作業を行った。そこで、最新版（2020 年 3 月）の同化コードで 2019 年夏季のデータ同化を再び実施した。

修正例として、図 41-3 に 2019 年 8 月 1 日 9-10 時 JST の同化修正分布を示す。この時間帯には、S-CTD 観測データが 33.9N, 129.9E 付近に 2 点、ADCP データは 34.1N, 130.3E 付近に数点存在していた。

図 41-3 上段に示す通り、33.9N, 129.9E を中心としてモデル水温は上昇、塩分は下降修正を受けた。成層期であるので、流速場の修正量（図 41-3 下段）は季節躍層を境界として浅部が時計回り、深部が反時計回りとなる内部構造をしている。

また、水温や塩分の修正量はやや東北東方向に伸びる形となっており、流速修正（15m 深）も壱岐島側の時計回り渦と、沖ノ島側の反時計回り渦のペア構造となっている。S-CTD データよりも東北東に位置する ADCP データの効果である。

4. 高精度漁海況予測

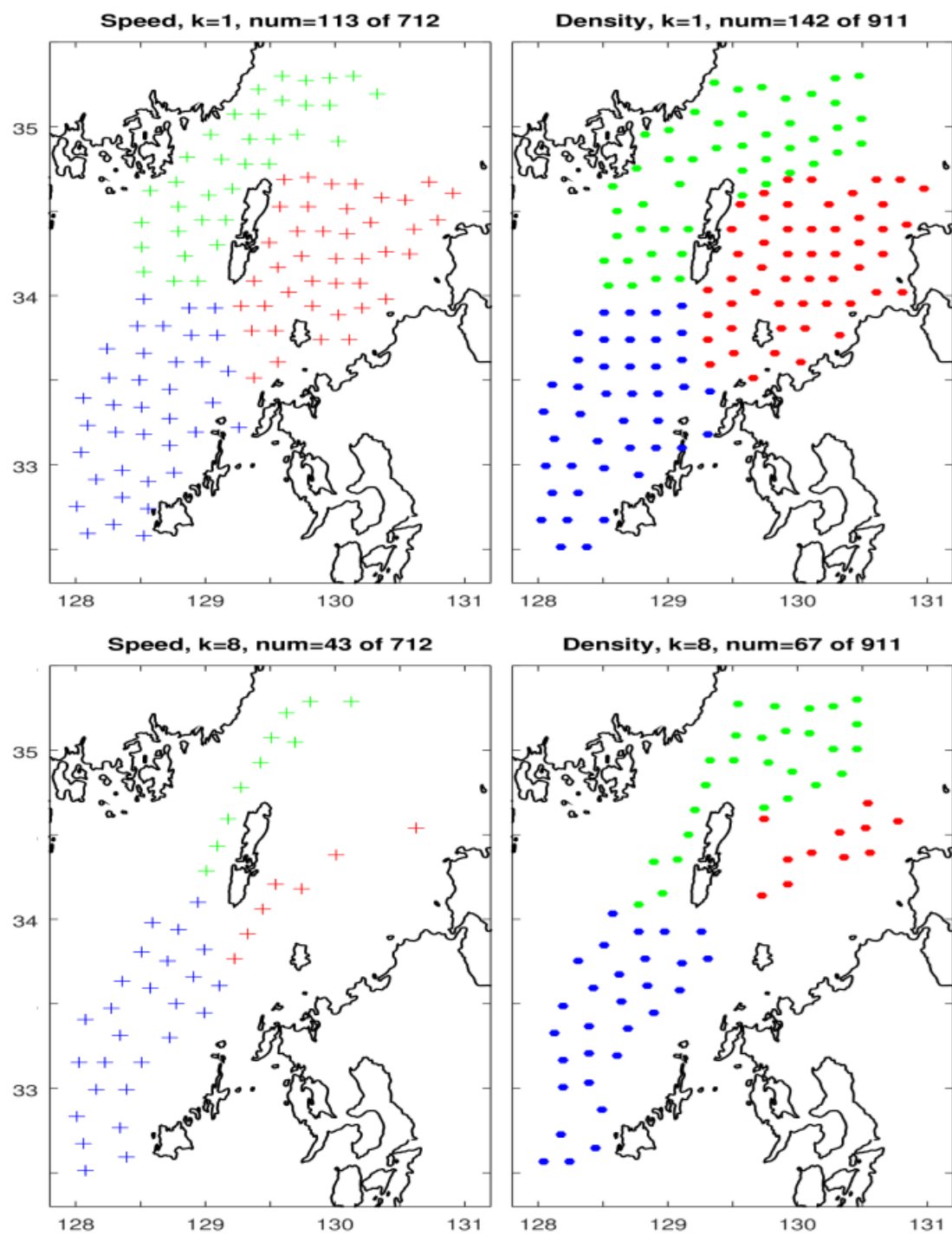


図 41-2 縮小近似したカルマンフィルターの計算点。上段が深度 1 (1m 深)、下段が深度 8 (100m 深)、左側は流速点、右側は水温・塩分点を示す。

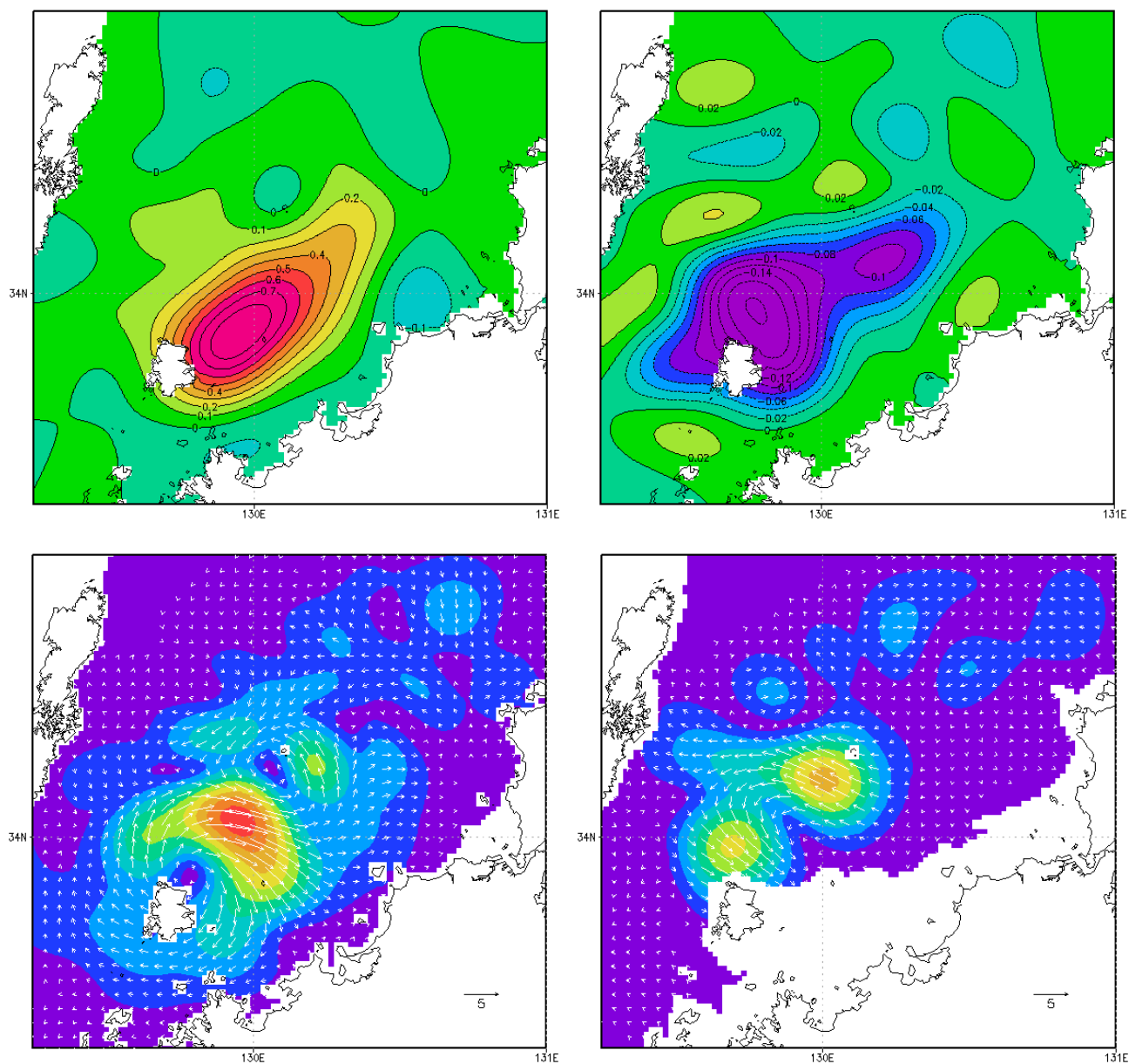


図 41-3 2019 年 8 月 1 日 9-10 時 JST における（上段）15m 深水温・塩分の修正量と（下段）15m と 60m 深の流速ベクトル修正量の分布。（矢印は 4.5km 間隔＝モデル格子の 3 倍で表示している）

図 41-4 と 5 に、同時刻のモデル水温と塩分の分布を示す。比較のため、2016 年当時に作成したばかりの DR_D モデルの結果を示す。継続的なデータ同化だけでなく、様々なパラメーターの調整や境界条件の見直しにより、水温や塩分の局所的な構造がかなり異なっている。特に、鉛直渦動粘性係数を 2 桁も増加させたため（グリーン関数による逆推定）、旧版で活発だった小規模な渦が新版では抑制されている。観測データとの比較および検証は後述する。（4.5 と 4.6 節）

4. 高精度漁海況予測

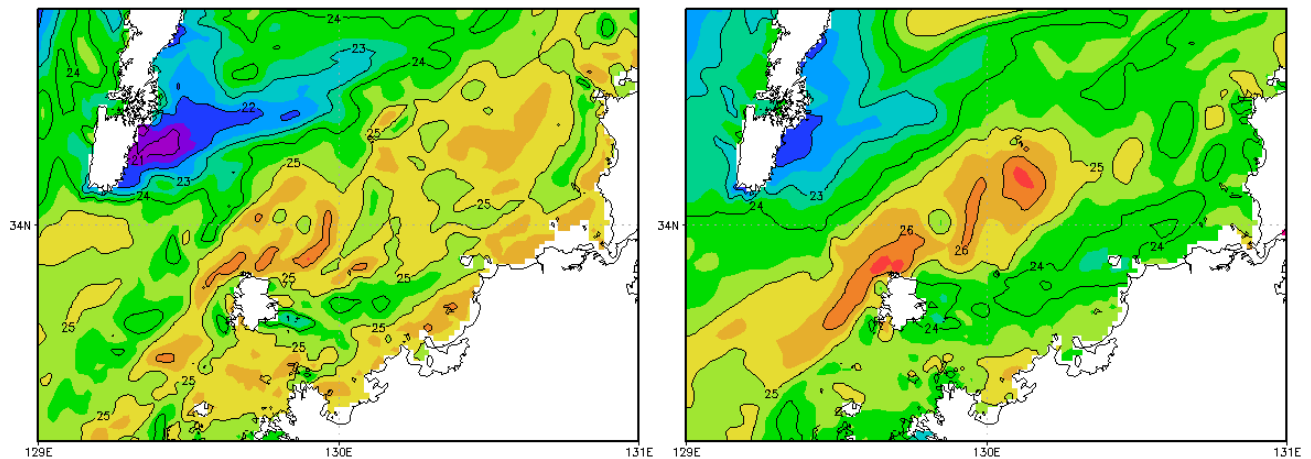


図 41-4 2019 年 8 月 1 日 9-10 時 JST, 15m 深における DR_D モデル水温分布。(左) 2016 年版、(右) 2020 年版。

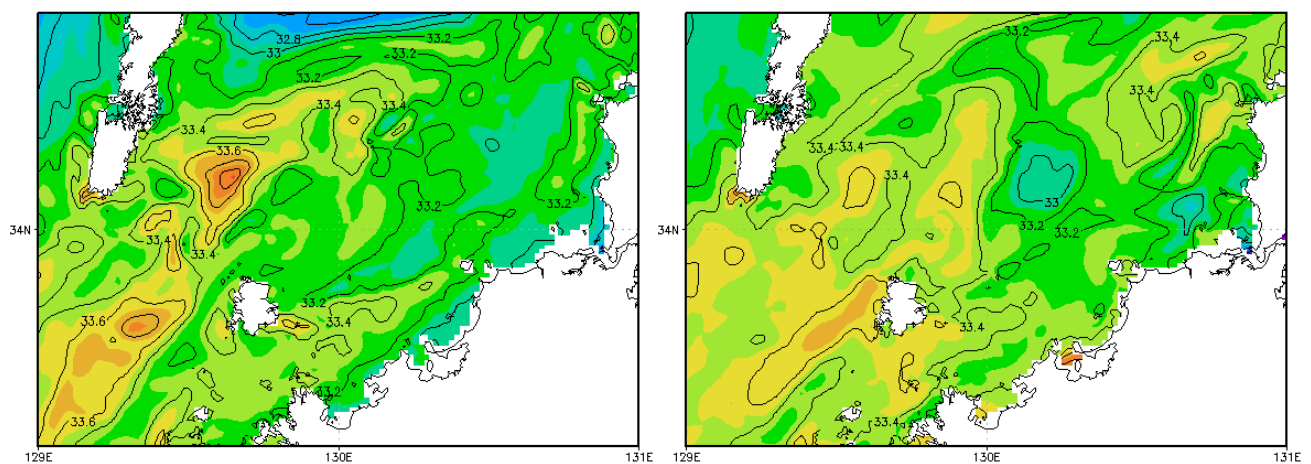


図 41-5 図 41-4 と同様、ただし塩分分布。

4.1.4. 海底地形データの更新

浅い沿岸域の海況変化を正確にモデリングするためには、高分解能で高精度の海底地形の情報が欠かせない。DR_S モデルでは、これまで DR_D モデルの海底地形データを補間処理して高分解能化した地形情報を用いていたが、沖ノ島より東方や北九州地区の漁業者から「九大モデルは外れることが多い」という声が複数寄せられたため、海底地形データを見直すこととした。

調査の結果、日本水路協会の M7000 デジタルデータの評判が高いことが分かったので、このデータを DR_S モデルと同じ東西 0.2'×南北 0.16' (約 300m メッシュ) で格子化した (図 41-6 と 7)。新旧の地形データを比較すると、明らかに旧版にはノイズらしき小構造が見られる。新版では、沖ノ島の東方や西方において山と谷が筋状に形成されており、漁業者の GPS プロッターで表示される海底地形と類似している。また、福岡湾内の大型船が通行する人工的な航路も確認でき、様々な点で新版の方が優れていると判断できる。

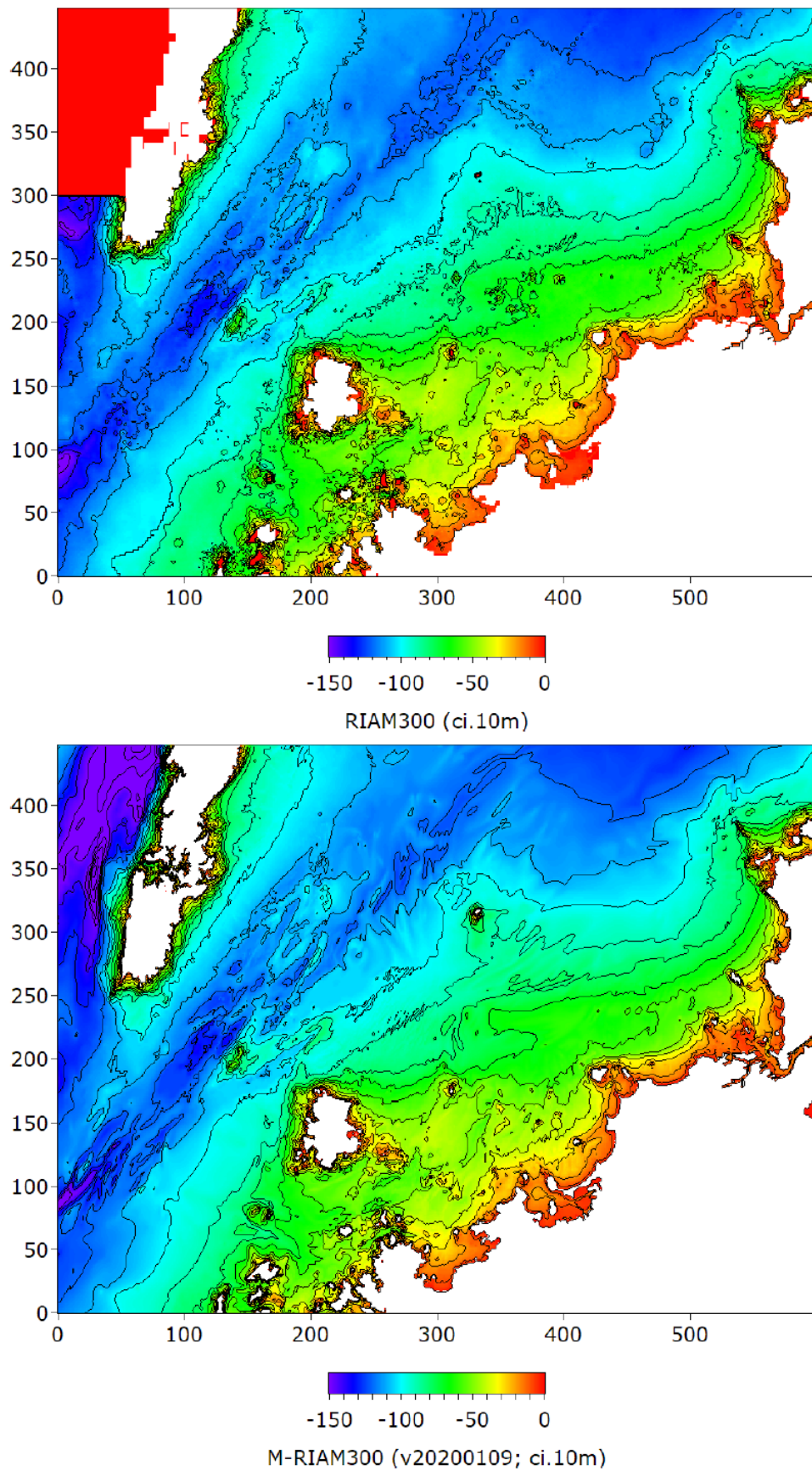


図 41-6 DR_S モデルで使用する水深データ。上図が旧版、下図が新版。