

海況図のデジタル作成システム

藤村昌彦：海洋調査課

Digital Processing and Editing System for the Bulletin of Ocean Conditions

Masahiko FUJIMURA : Ocean Surveys Division

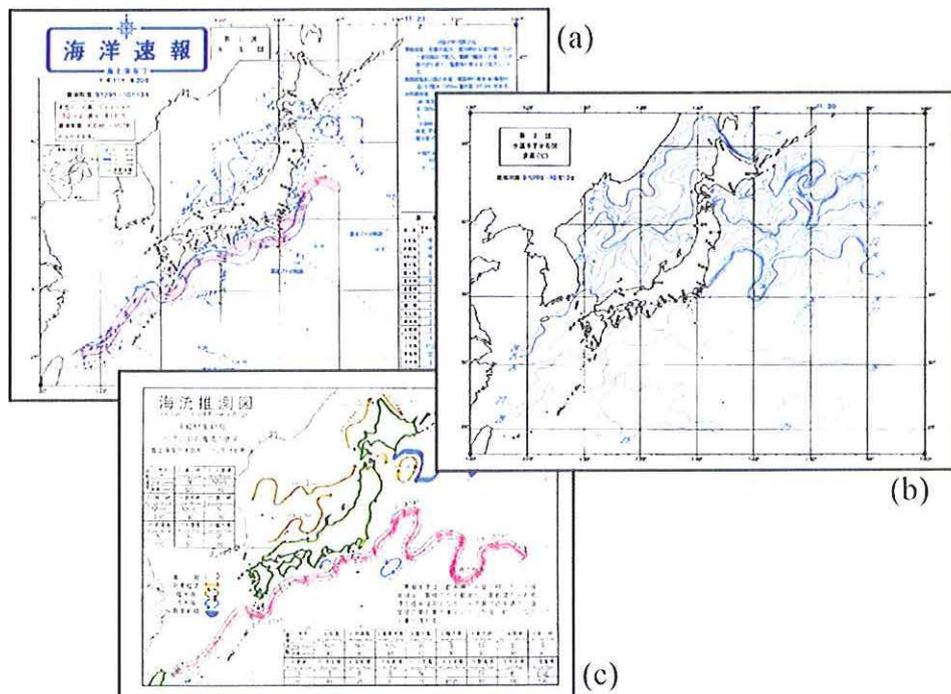
1 はじめに

海洋調査課では、昭和35年4月から海運、水産、防災、海洋開発、学術調査、レジャー等海洋活動のための基礎資料として、黒潮をはじめとする日本周辺の海流および水温等海況のモニタリングを行い、その結果を「海洋速報」(第1図(a), (b))として月2回刊行してきた。また、昭和61年10月からは5日後の日本周辺の海流を推測した「海流推測図」(第1図(c))を毎週作成し提供を開始した。

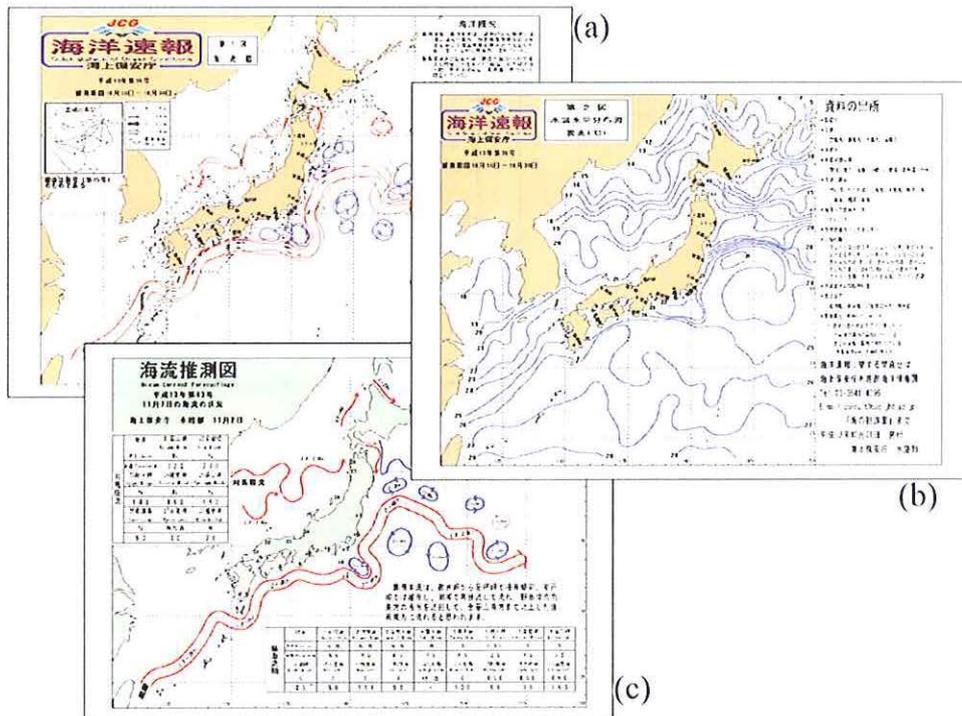
近年、コンピュータおよびリモートセンシング技

術の目覚ましい発達と海象データのデジタル化が進む中で、海況図(海洋速報および海流推測図)の作成は、データの管理のみが電子化されただけで等値線描画、海流矢符の貼り込み等は手作業に頼っていた。また、原図は全紙(A0)サイズであり、印刷原稿作成のための墨入れ・写真撮影、複数の色版印刷原稿作成、解説記事の重ね合わせ等、煩雑な製作過程が必要であった。このため、作業の効率化の推進として、海況図のデジタル化が検討された。

海況図のデジタル化において最も困難とされたものは不良データの自動処理、手書きと同等の滑らか



第1図 旧海況図：(a), (b)海洋速報, (c)海流推測図
 Fig.1 The Bulletins of the Ocean Conditions edited by traditional manual work.
 (a), (b)Quick Bulletin of Ocean Conditions
 (c)Ocean Current Forecastings



第2図 新海況図：(a)、(b)海洋速報、(c)海流推測図
 Fig.2 The Bulletins of the Ocean Conditions edited by computer work.
 (a), (b) Quick Bulletin of Ocean Conditions
 (c) Ocean Current Forecastings

さを持つ等値線の自動描画，そして，それらをシステムチックに組み合わせることである。これらが不十分であったため，海況図作成のデジタル化は実用に至らなかった。今般，ナホトカ号海難事故を契機に整備されたリアルタイム海況データベースおよび海況監視衛星受信解析装置の海流・水温データを使用し，不良データの除去，メッシュ化，平滑化，内挿処理，水温等値線および海流流線の編集，各種レイヤーの重畳機能，データ検索，線・文字の属性変更，外部ラスタデータの取り込み（外部画像の取り込みと重ね合わせ），水温偏差表示，岸線・経緯度線の自由な設定等を組み込んだ海況図作成プログラムを作成し，海況図の作成からインターネットによる提供までの一連のシステムを完成させた（第2図）。これにより，「作成作業の効率化，リアルタイム性の向上」「解像度の向上」「客観解析化」「人為的ミスの軽減」等の成果があがった。

2 海況図作成システムの概要

2.1 使用データ

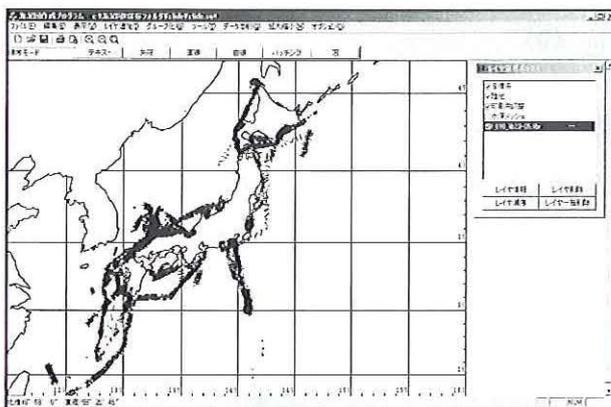
海況図作成には，海洋速報が2週間の船舶等の観測データ，海流推測図が1週間の船舶等の観測データ，そして海況監視衛星（NOAA）で得られた海面水温の3日分の合成値を用いる。

2.2 データの取り込み

リアルタイム海況データベースサーバーからFTPにより，海況図作成に用いる観測期間の10m深海流，0・100・200m水温の観測データおよび海況監視衛星受信解析装置から緯度・経度10分格子の海面水温データ（3日間合成値）を海況図作成用パソコンの所定フォルダーにダウンロードする。ダウンロードした各データは日毎に分けられているため，項目毎にレイヤーとして扱うため合成（グループ化）を行った後使用する。それらのデータは，海況図各号毎に保存され，既刊海況図の再生が可能である。

2.3 海流データの処理

海流データに関してはリアルタイム海況データ



第3図 海況解析期間内の取得全海流データ
Fig. 3 All current data observed for the period in the Bulletin.

ベースで自動品質管理が行われているため当システムでは特に品質管理は行わず、基本的に全データを読み込み使用する(第3図)。ただし、ADCPの設定不良に起因すると思われるデータなどが見られる場合には、手動により個別または指定範囲一括の削除・復活作業を行う。また、船舶コード、海流値の正規表現検索による一括削除・復活が可能であり、特定船舶のデータの一括削除や一定値以上・以下のデータ削除等ができる。

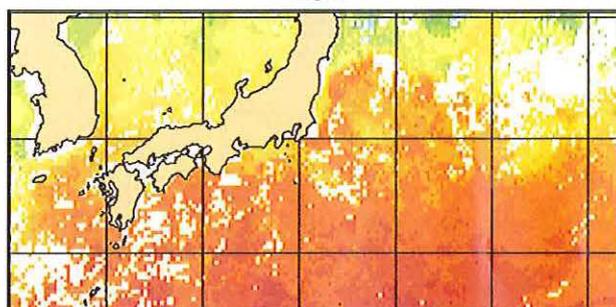
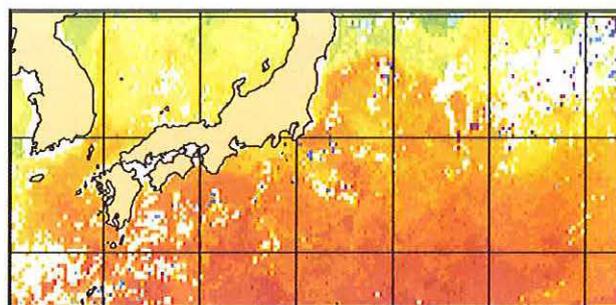
2.4 水温データの処理

船舶観測データと海況監視衛星データをそれぞれ別々に水温30分メッシュ統計値と比較し標準偏差の3倍(変更可能)を超えるデータを取り除く。これにより雲の影響と見られる衛星データと明らかなエラーと思われる船舶データは自動的に除去される(第4図)。

更に、衛星データと船舶データを比較して一定の値を超えた偏差が見られる海域がある場合は、その海域の船舶、衛星のいずれかのデータを除去する。これらの処理を行った後、船舶データと衛星データを0 m水温レイヤーとして1つに合成する。

2.5 データのメッシュ化

海流データ、水温データ共に緯度・経度10分メッシュ平均化を行う。平均の方法は海況図作成日に近いデータにガウシアン関数的に重み付け(可変)して、できるだけ現在に近い海況を表すようにしている。



第4図 水温不良データの除去
水温統計データと比較し、標準偏差の3倍を超えるデータを棄却する

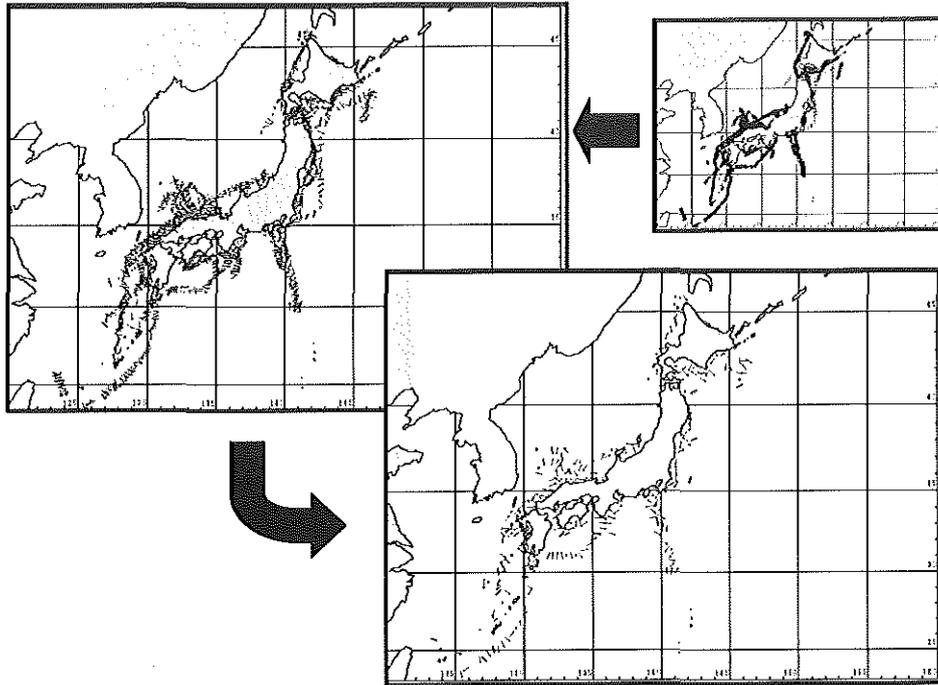
Fig. 4 Removal of erroneous water temperature data. The temperature data beyond the three times of stastical standard deviation are rejected.

海流データは、矢符の判別を容易にするため緯度・経度20分メッシュに表示した後、黒潮などの流線の位置を決めやすくなるように表示・非表示の編集を行う(第5図)。

2.6 メッシュデータの内挿・平滑化

水温の10分メッシュ平均値はデータの空白域が多く、また、実際に観測されたデータは不均質であるため自動で等値線を描くには補間、平滑化が必要となる。平滑データは、水温等値線自動描画のための広範囲平滑と等値線編集時に用いる狭範囲平滑の2つのデータセットを使用する。

狭範囲平滑は、1つのメッシュデータに対し周辺の8メッシュデータと加重平均処理を行う。ウェイトは対象となるメッシュが9、上下左右のメッシュが3、斜め方向にあるメッシュが1でデータの無い場合は0とし、標本数に入れない。なお、データの無いメッシュに対してこの作業を行うことにより空きメッシュの補間となる。この補間作業を行うか否



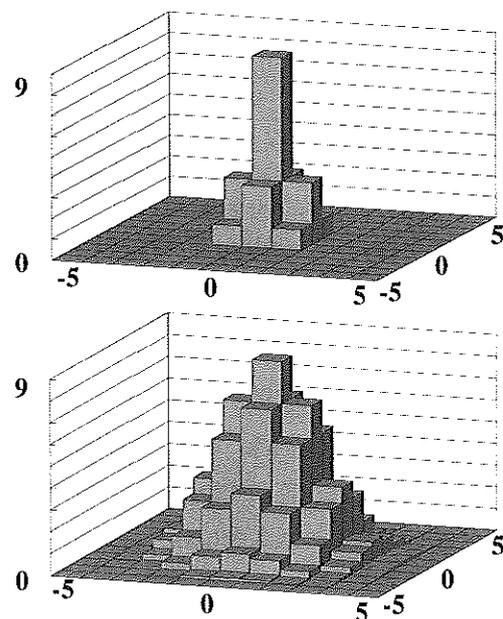
第5図 海流矢符の設定
 生データは緯度・経度10分メッシュで平均し，そのデータを20分間隔で表示する
 Fig. 5 Display of arrow symbols for ocean currents in 20 minutes mesh after making average in 10 minutes mesh.

かはチェックボックスにて選択が可能である。

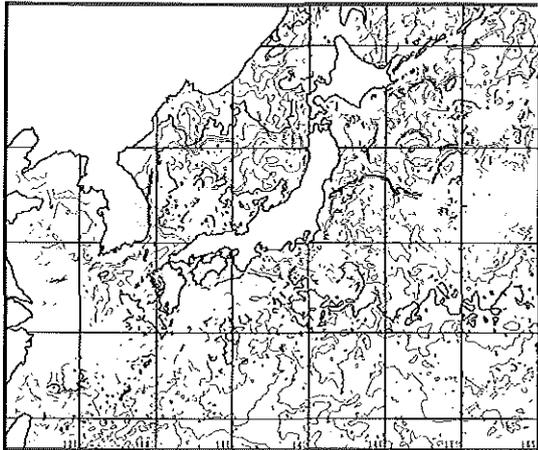
わが国周辺における海面水温の空間変動距離は，概ね400kmであるが，海域によって異なり本州の東方では200km程度と小さくなっている（気象庁気候・海洋気象部海洋課：1996）。このことを考慮して広範囲平滑では1つのメッシュに対して上下左右5メッシュ（半径約100km）の範囲でデータの平滑・補間処理を行う。実際には，狭範囲平滑を5回繰り返して行う。ウェイトの分布を第6図に示す。このような処理を行った水温10分メッシュデータを用いることで手書きの等値線図と同等の滑らかさを持つ等値線を自動で描くことが可能となる。例として，平滑化処理を行わずに等値線を引いたものを第7図，狭範囲平滑化処理をしたものを第8図，広範囲平滑化処理を行ったものを第9図にそれぞれ示す。

2.7 等値線の編集

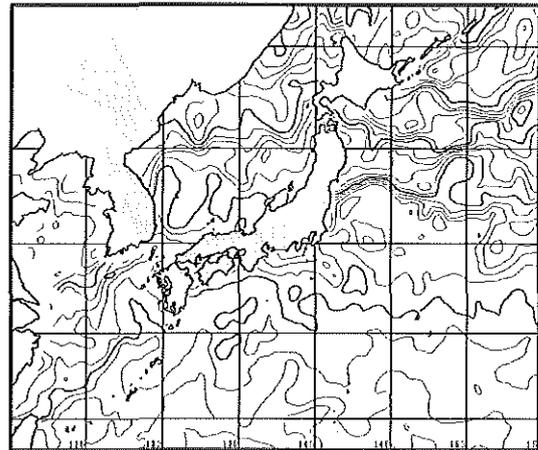
自動描画した等値線に不連続な箇所，不自然な箇所が生じることは避けられない。また，広範囲平滑を行うと水温勾配が現実のものより滑らかになる。これらを修正するため，等値線の編集を行う。



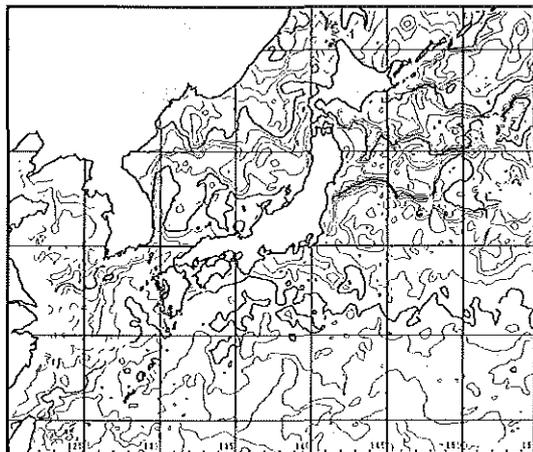
第6図 狭範囲平滑（上）と広範囲平滑（下）のウェイトの分布
 Fig. 6 Weight distributions of narrow range smoothing (upper) and wide range smoothing (lower).



第7図 平滑処理を行っていないもの
Fig.7 Temperature contour lines without smoothing.



第9図 広範囲平滑処理の結果
Fig.9 Temperature contour lines with smoothing in wide range.



第8図 狭範囲平滑処理の結果
Fig.8 Temperature contour lines with smoothing in narrow range.

等値線は適当な数の制御点を持つスプライン曲線で図形レイヤーに描画され、制御点を移動することによる曲線修正、表示色の変更、太さの変更等の編集作業が可能である。水温図には、より解像度の高い等値線図が望まれるが、広範囲平滑を行うことにより黒潮前線や暖水渦、冷水渦等に見られる温度勾配の急な海域が滑らかになってしまう。このため、作成担当者は、狭範囲平滑のみを行ったメッシュカラー表示レイヤーを広範囲平滑後に作成した水温等値線レイヤーの下に敷き、本州南方の黒潮高温水帯、本州東方の渦周辺のスリーマー、親潮の沿岸への張り出しなどが見られる海域を中心に等値線の修正

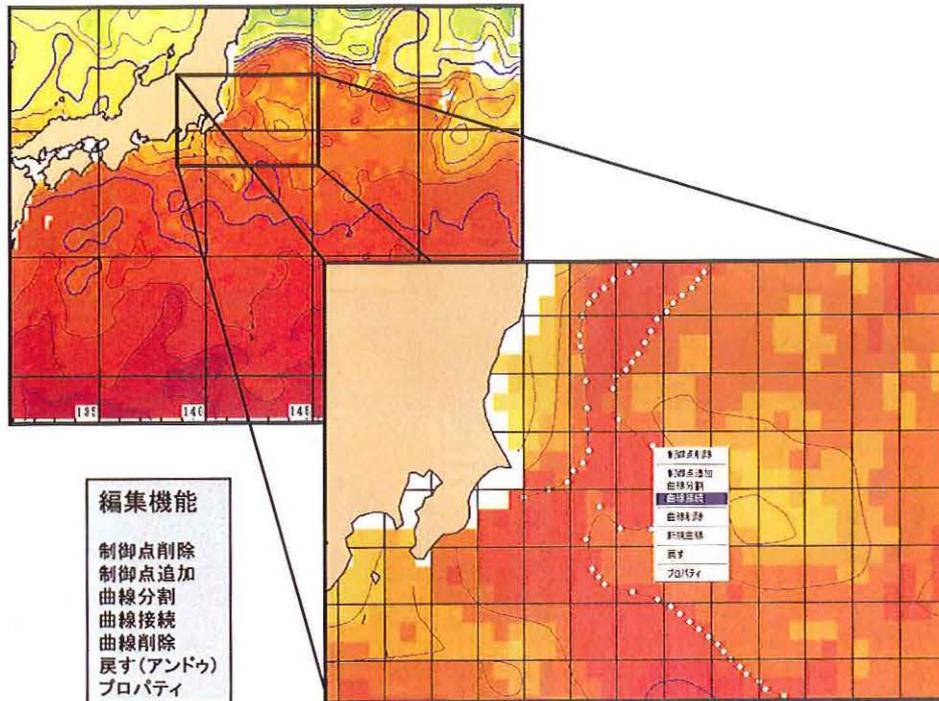
を行う(第10図)。等値線の編集機能には、制御点の移動、制御点削除、制御点追加、曲線分割、曲線接続、曲線削除、新規作成、戻す(アンドゥ)、およびプロパティ(線の属性変更等)がある。

2.8 流線の描画

黒潮、対馬暖流、津軽暖流、宗谷暖流、冷・暖水渦などの想定流線は図形レイヤー上に作成する。前号で作成した図形レイヤーをコピーの上、修正して用いることも可能である。想定流線図の編集は、海流矢符図、0 m水温図、100・200 m水温(データポイント、数値の表示されたレイヤー)等を下層レイヤーに置き、それらを適宜切換えながら行う。流線の編集機能は、制御点の移動、制御点削除、制御点追加、曲線削除、およびプロパティ(線の属性変更・矢符の設定等)である。

2.9 外部画像データの取り込み

当システムはデジタル化された画像(Web ページ上にある画像、スキャナーで取込んだ画像等)を取込み、作成中の海況図と同縮尺で表示する機能を持つ(第11図)。この機能は、海氷域の作画、他機関の作成した図との比較などに用いる。対応画像フォーマットはBMP形式とWMF(Windows Meta File)形式である。通常は、WMF形式にフォーマット変換した後に使用する。WMFフォーマットを採用したのは、基図の拡大縮小による歪みをできる限り少なくするためである。同機能を用いて、海洋速



第10図 広範囲平滑データから作成した等値線は、カラー表示された狭範囲平滑データを参考にして編集する

Fig.10 The contour line of smoothing temperature data in wide range was revised by using the smoothing data in narrow range.

報ロゴタイプ、海洋概況、黒潮流軸までの距離等の表を貼り込み、完成となる。

2.10 その他

陸地の色、岸線の太さ、経緯度線の太さ、出力サイズ (A 4, B 4, A 4) の設定機能もあり、海洋速報・海流推測図以外の図作成まで容易に作成できる。

図形レイヤーでは、テキストボックスにおいてフォント (サイズ、スタイル、文字飾り、文字色、印字角度、文字位置、背景色等) 設定ができる。また、直線・曲線描画、矢符表示等もできる。

漂流ブイの軌跡表示ができ、1日当たり1点の軌跡と全通報点の軌跡表示の選択機能を持たせ容易に日毎の漂流ブイ移動量を見積もることができる。

毎月第2週に刊行される海洋速報には、表面と100m層における水温の前月の統計値と観測値との偏差図をも併せて掲載されている。従来これらの図を編集するために、区域毎に水温偏差を5段階で表示して、それぞれハッチング描画、墨入れ、印刷原稿用への縮小など煩雑な行程が必要であったが、当シス

テムでは、偏差の計算、色分け表示等を自動化し、容易に作成できる。

毎月第4週には、前月の16日から当月の15日までの100・200m深層の水温分布図を掲載しているが、表面水温と同様の方法で描画する。

任意区域の拡大縮小機能および特定地点から黒潮流軸までの距離を測定するための図上距離計算機能を持たせ、編集作業の効率化を計った。

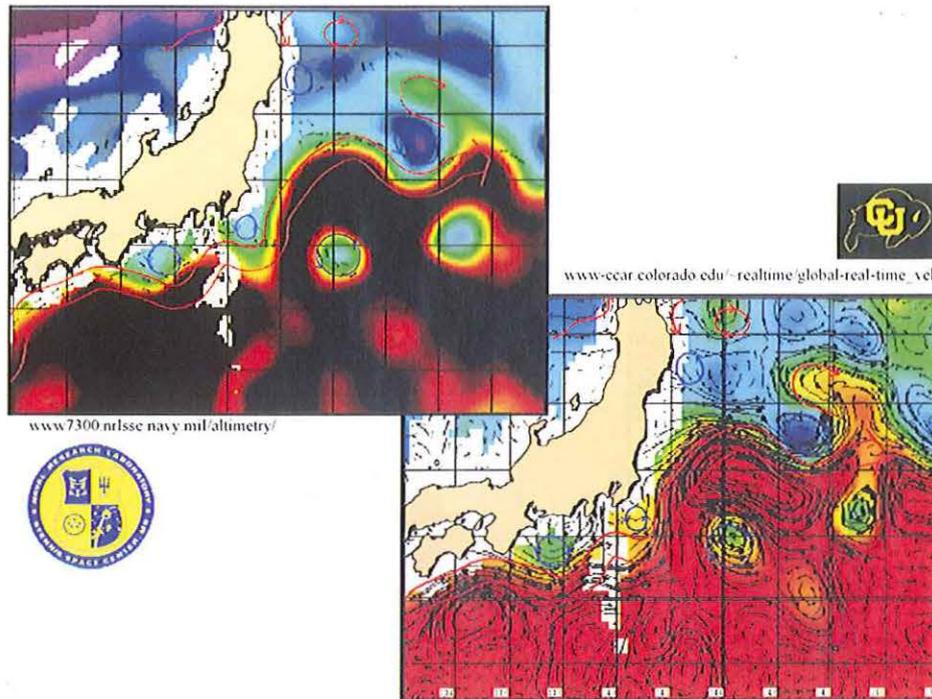
統計値海流メッシュデータをサンプル数別に色分けして表示したり、風予報値データを表示することもできる。

なお、印刷物としての発送数を大幅に削減し Web による配布とし、印刷用に Adobe 社の PDF (Portable Document Format) で作成した図を用意した。

3 成果

3.1 海況図作成作業の効率化

手作業による海況図作成の場合、編集作業に要する時間は、平均的に2名が海洋速報では3.5日、海流



第11図 外部画像データの取り込みの例
 左がNRLの海面高度図，右はCCARの海面高度および海流図
 Fig.11 Sea surface height image maps by external organizations, which is sometimes utilized to edit the Bulltine.
 NRL Real time altimetry products (left) and CCAR Global Near Real-Time Altimeter Data Velocity Viewer (right).

推測図では1.5日を要していたところ，本システムの開発により1名が海洋速報には1.0日，海流推測図には0.5日の時間で作成することが出来るようになり，大幅な短縮となった。また，海況図に用いるデータは，海況図作成開始の時点で締め切るため，海洋速報では刊行の4日前までのデータで作成していたが，作成時間の短縮により刊行前日までのデータで作成できるなどリアルタイム性が向上した。更に，船舶データ伝送システムから送られる観測値，電報・Fax等で送付される観測値の基図への日々の手書き作業は全く必要なくなった。

3.2 海洋速報の毎週刊行

海洋速報は，昭和35年の刊行以来月2回発行してきたところであるが，本システムにより作成作業が大幅に短縮されたため，平成13年4月から海流推測図と同様に，海洋速報も毎週刊行することとなった。

3.3 解像度の向上

旧海況図では，水温の等値線を描くためにプロッターでA0版の基図に数値を書き込んでいた。読み

取り可能サイズの関係で使用データは緯度・経度20分間隔であった。当システムでは，リアルタイム海況データベースに合わせ10分間隔としたため4倍以上のデータが用いられるようになり解像度が向上した。また，伝送装置からの海流観測データは5分または10分の時間間隔でデータテーブルを印刷した後，作成担当者が印刷物を見ながらその中から海流データを適当に選択し，矢符を貼り込んでいたが，当システムでは，伝送されて来る全データの一括処理が可能となった。

3.4 海況図の客観性

水温等値線は，衛星データ等を約3時間かけてXYプロッターで基図に書き出し，更に船舶の観測データを上書きしてから作成担当者が数値を見ながら独自の判断で等値線を描いていた。本システムにより，10分メッシュの全てのデータが瞬時に画面上に表示され，計算機による平均化，平滑化処理を経て自動描画することになり客観性が向上した。

3.5 人為的ミスの減少

海流データ、水温データはリアルタイム海況データベースを直接海況図作成 PC にダウンロードして用いることから、基図上に書き込まれたデータの読み取り、印刷物を見ながらの海流矢符の張り込み作業などにより発生する人為的なミスの解消につながった。

3.6 インターネットへの掲載

海況図のインターネットへの掲載は、旧海況図では、印刷物をスキャナーで取り込み、掲載していたため、不鮮明な部分が生じるなど画像の品質が一定でない。また、重ね合わせに一致しないなどの問題があった。本システムにより、これらの問題が解消され、2次加工やアニメーション作成なども容易となった。

3.7 海況図の閲覧

海況図の利用者は、インターネット環境にあるパソコンがあれば、いつでも、何処からでも海況図を閲覧することができる。本システムでは、ファイル容量の少ない gif 形式画像の他に印刷用として PDF ファイルを掲載しているため、利用者は、水路部において印刷配布されるものとほぼ同品質のものが入手可能となった。また、従来の海洋速報は B4 サイズ、海流推測図は A 4 サイズの印刷物でしか利用可能でなかった。しかし、利用者は、PDF ファイルをダウンロードして、印刷サイズを A 4、B 4、A 3 等の中から任意に選択することが出来るようになった。

4 おわりに

今回の電子化で海況図の作成における主観的解析性を完全に無くすことはできなかったものの一定の評価ができる成果をあげることができたと思われる。しかしながら、海況図作成の要は、元データであり、いかに良質なデータで空白域が埋められるかである。これには限界もあり、次の段階では、近未来の予測を含め、海洋同化モデル等の計算値を組み込んでいくことであろうと考える。

参 考 文 献

気象庁気候・海洋気象部海洋課：日本周辺海域の高分解能海面水温解析，測候時報，63，6，287-302（1996）。