

船舶の通航実態と電子海図の精度情報を用いた 水路測量計画の優先度についての検討

尾花良裕*¹, 政岡久志*²

Study on the method to prioritize hydrographic surveys using information on marine traffic and quality of bathymetric data encoded in electronic navigational charts

Yoshihiro OBANA *¹ and Hisashi MASAOKA *²

Abstract

In order to effectively determine the areas where hydrographic surveys are preferentially required within limited resources, priorities in hydrographic survey are evaluated using information on marine traffic and quality of bathymetric data collected by previous surveys. Ships' traffic flows in each 1 min * 1 min grid-cell are acquired in coastal areas by analyzing AIS (Automatic Identification System) data. CATZOC values, which are encoded in Electronic Navigational Charts, are used as the information of quality of bathymetric data.

Using the evaluation method developed in this study, survey priorities can be derived simply by processing objective information in a normalized way. The derived priorities are not biased from region to region and can be compared on the same criterion.

1 はじめに

海図には適度な間隔で水深が記載されている。一見、これらの水深の性質に違いは見られないが、場所によってその測量年代（精度）が異なる。例えば、新たな浚渫や岸壁の築造が行なわれると、その周辺は近代的な機器を用いて速やかに水路測量が実施され、その成果が海図に反映される。その一方で、近代的な水路測量が実施されていない海域も残っている。その様な海域では、船から錐を付けたロープを垂らして海底までの深さを計測し、六分儀と呼ばれる 2 つの目標の夾角を測る光学機器を用いた幾何学的な方法によって位

置を決定した水深が海図に記載されている。

海上保安庁海洋情報部では、東日本大震災を踏まえた対応としては、被災港湾の早期復興を図るための水路測量を実施するとともに、航海安全のための水路測量においては、水深データの古い海域や輻輳海域などの調査を優先的に実施することを基本方針にしている。

水路測量を実施し、その成果を海図に反映するためには、測量船やレーザー測深機を装備した航空機を運用し、得られた膨大なデータを処理することが不可欠である。しかしながら、これらの運用時間にも取得したデータの処理能力にも限りが

*1 技術・国際課 海洋研究室

Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

*2 海洋調査課 Hydrographic Survey Division

あるため、優先順位を付けて効果的な水路測量を計画する必要がある。そこで、上記の基本方針を効果的に達成するため、船舶自動識別装置 (AIS: Automatic Identification System) の位置情報から船舶の通航実態を解析し、それに航海用電子海図 (ENC: Electronic Navigational Chart) に付与された精度情報 (CATZOC: Category of Zone of Confidence in Data) を組み合わせることで、水路測量計画の優先度を策定する手法を検討した。

2 船舶の通航実態

船舶の識別符号・種類・位置・針路・速力・航行状態及びその他の安全に関する情報を自動的に VHF 帯電波で送受信し、船舶局相互間及び船舶局と陸上局の航行援助施設などとの間で情報の交換を行うシステムである AIS の搭載が、国際航海に従事する旅客船舶と 300 総トン以上の船舶、国際航海に従事しない 500 総トン以上の船舶（一部に除外あり）に義務付けられた。このことによって、AIS 情報は船舶の通航実態を把握するのに有効となった。

船舶が送信する AIS 情報には、「動的情報（位置・時刻・速力など）」と「静的情報（船名・船種・船の長さなど）」と「航海関連情報（船の喫水・目的地・到達予定時刻など）」がある。本稿では以下、「静的情報」と「航海関連情報」を合わせて「静的情報」という。これらの情報は、6 ビットアスキーのデータ形式で記録される。入手した AIS 情報から緯度・経度 1 分四方（1 分メッシュ）ごとに Table 1 に示す船舶の通航実態に分類することで、船舶の通航実態についての空間分布を解析した。処理の概略は以下のとおりである。

①入手した 6 ビットアスキーのデータから受信した全ての船舶の静的情報を CSV ファイルでリスト化し、時々刻々変化する船舶の動的情報を船舶ごとにテキストファイルでリスト化した。この変換には、海上保安試験研究センターが作成した

Table 1 Classification of the situation of ships' traffic flows.

表示色	分類	通航実態
赤	I	喫水10m以上の船舶が通航
黄	II	喫水10m未満の船舶が1日に1隻以上の頻度で通航
紫	III	喫水10m未満の船舶が1日に1隻未満の頻度で通航
無色	IV	船舶が通航しない (AIS搭載船について)

「AIS データ解析用プログラム」を使用した。同プログラムでは、動的情報は 1 船舶ごとにファイルが作成され、位置データは該当する船舶の動的情報ファイルに順次追加される。静的情報については、全ての船舶のデータが 1 つのファイルに順次追加される。

②船舶から VHF 帯電波で送信された AIS 情報は、沿岸陸上部の AIS 関連施設（陸上局）で受信され、これらの情報は幾つかの海域に分けて集約される。VHF 帯電波の伝播状態・到達距離によっては、近傍の AIS 関連施設が同じ情報を受信することも有り得る。このことから、全国規模で①の処理を行うと、位置データなどの動的情報は必ずしも時系列になっておらず、重複するデータも有り得る。また、動的情報の発信間隔は船速などに依じて一様ではない。このため、個々のファイルにリスト化したデータを時刻で並べ替え、緯度方向又は経度方向において 1 分の位で変化したデータ、すなわち隣接する 1 分メッシュに移動したデータのみを抽出した 2 次ファイルを作成した。

③静的情報からは、各船舶の喫水値を抽出した。船舶の喫水は、積載貨物などの増減によって変化する。このため、船名 (MMSI 番号) と喫水データで並び替え、各船舶の喫水データの最大値を求め、これをその船舶の喫水値とした。但し、AIS 情報における喫水データの許容値は 0~25.5 m (25.5 m 以上は 25.5 m) であることから、この許容値を外れたデータは喫水不詳 (0 m) とし

た。

④②の2次ファイルと③の喫水値によって、まず分類Ⅰの通航実態である海域（1分メッシュ）を選別し、その後に分類Ⅱ～Ⅳの通航実態である海域に区分した。この区分にあたっては1分メッシュごとに船舶の存在数を加算して、用いたAIS情報が1箇月分であることから、存在数が30を超える箇所は1日に1隻以上の頻度で船舶が存在（通航）する海域とした。

Table 1 の分類を定めるにあたって、予め幾つかの分類方法を検討したが、分類Ⅰとした海域の多くが分類Ⅱの条件を満たしていたことから、分類Ⅰにおいては存在頻度による条件区分を加味しなかった。

本件では、2011年1月に受信・集約された本邦沿岸全てのAIS情報を用いた。同年3月に発生した東北地方太平洋沖地震によって、港湾施設を含む様々な生産基盤・生活基盤に甚大な被害を受けたため、地震発生後の情報では通常時における船舶の通航実態を把握できない。このため、地震発生前の情報を用いることとした。これを基に分類した伊勢湾と仙台湾における船舶の通航実態を Fig. 2 に示した（図類は全て本稿の末尾に掲載した）。伊勢湾においては、三河湾を含む湾内の主要な港湾と伊良湖水道・中山水道・師崎水道を結ぶ通航路が、分類Ⅰ又は分類Ⅱで示されている。これに対して、仙台湾は開放された湾であることから、沖合いに分類Ⅰが広がっている。なお、4項で述べるが、本件の主たる対象は水深30m未満の海域とした。

3 CATZOC

新たに水路測量が実施された海域では、未発見の浅所が存在する可能性が比較的小さいため、船舶の進路設定の自由度が高く、効率的な航行が可能になる。このため国際水路機関は、ENCにCATZOC属性を付与することを奨励しており、海洋情報部が刊行するENCには、この属性を付与し（寄高・他、2012）、新たな水路測量成果を







採用した際には、順次これを更新している。

CATZOC の評価区分は、Table 2 のとおりである。本件では、この内、A1・A2・Bに区分された海域については、当面、優先的に水路測量を行なう必要のない海域とし、C・D・未評価（以下、U（Unassessed）という）に区分された海域については、今後、水路測量を必要とする海域とした。

2012年2月時点において伊勢湾と仙台湾で、これまでに実施された水路測量の精度分布を Fig. 3 に示した。配色はCATZOCの区分ごとにTable 2 に掲げた色を使用している。概観すると、伊勢湾内の主要な航路については、概ねB以上の精度に区分されている。一方、仙台湾については、ほぼ全域がUに区分されている。これは2011年東北地方太平洋沖地震による水深変化を考慮したもので、過去の測量成果と現状が大きく異なっている可能性があることから、地震発生後、一旦、全域をUに区分した。その後、最新の機器で高精度な水路測量を実施した仙台塩釜港の航路付近と石巻港の一部についてA1に再区分している。

当部のENC作製部門では、CATZOC属性を付与するにあたり、当初は1つのシェープファイルを用いていた。CATZOCの区分表示だけならば、1つのファイルで対処できるが、本件では4

Table 2 Category of zone of confidence in depth data.

表示色	評価	評価項目(抄)
	A1	位置精度(±5m). DGPS, マルチビーム等による高精度全面測量
	A2	位置精度(±20m). 全面が音響測深器等により測量された標準精度測量
	B	位置精度(±50m). 全面が測量されていない標準精度測量
	C	位置精度(±500m). 全面が測量されていない、精度の低い測量
	D	全面が測量されていない、更に精度の低い測量
	U	未評価

↑ 背景色は適宜

項で述べる優先度を表示するために、評価区分ごとのシェープファイルに分割した。

4 水路測量計画の優先度

本件では水深 30 m 未満の海域を主たる対象とし、船舶の通航実態と CATZOC の区分を要素にして、Table 3 のとおり水路測量計画の優先度を定義した。すなわち、水深 30 m 未満の海域においては、CATZOC の区分では $U > D > C$ の順で優先海域とし、その中での優先度について、通航実態に応じて、Table 3 のとおり 1~5 の 5 段階に分類した。C 区分はその評価項目の内容 (Table 2) から水路測量を必要とする海域とするが、船舶が通航しない海域 (分類 IV) の優先度は最下位にした。

1 項で述べた制約が無ければ、水深 30 m 以深の海域においても、前述の優先度を準用した水路測量の計画が望まれる。近年の水路測量では、GPS (Global Positioning System) を用いて測量船の位置を決定することが多く、その位置が経緯度 (又は変換した座標値) で容易に得られる。この位置データを基に、測量船を平行線状に航行させて水路測量を実施することから、水路測量の計画区域は、新たな水深データの取得を予定している海域を含む幾つかの矩形で立案される。このため、当初の予定区域が水深 30 m 未満の海域であった場合でも、実際の計画区域には近傍の水深 30 m 以深の海域が含まれることがある。また、1 分メッシュごとに区分した船舶の通航実態と細切れ状に分布した CATZOC を要素にしていることから、水路測量計画の優先度の分布は更に細切れ状になっている。

以上のことから、水路測量の計画区域が概ね定まった段階で、その近傍に水深が 30 m 以深であるものの優先度が高いとされる海域が僅かに分布する様な場合、将来的には水深 30 m 以深の海域も本件の対象に成り得ると思われるので、計画区域を若干見直し、その海域も含めた方が効率的である。このため、水深 30~50 m の海域についても、参考情報として水深 30 m 未満の分類を準用

Table 3 Priorities of hydrographic survey. Numbers in the cells mean priorities.

		水深：0~30m					
		CATZOC					
		A1	A2	B	C	D	U
通航実態	I				4	1	1 ⁺
	II				4	2	2 ⁺
	III				4	3	3 ⁺
	IV				5	4	4 ⁺
		水深：30~50m					
		CATZOC					
		A1	A2	B	C	D	U
通航実態	I				4 ⁻	1 ⁻	1
	II				4 ⁻	2 ⁻	2
	III				4 ⁻	3 ⁻	3
	IV				5	4 ⁻	4
		水深：50m~					
		CATZOC					
		A1	A2	B	C	D	U
通航実態	I				5	5	5 ⁺
	II				5	5	5 ⁺
	III				5	5	5 ⁺
	IV				5	5	5 ⁺

U：未評価

し、このことを明示するために、最下位の配色である水色の斜線を重ね、Table 3 の中の各数字には ‘-’ を付すなどした。

水深 50 m 以深の海域においては、U・D・C 区分ともに最下位の優先度にした。但し、U 区分は当該海域 (水深) に限らず、全ての海域において D 区分よりも優先する分類とし、このことを明示するために、D 区分の各配色に黒色で網掛けをし、Table 3 の中の各数字には ‘+’ を付すなど

した。

優先度の地図上への表示には、ArcGIS (Ver. 9.3.1) を使用した。主なレイヤについて、下位からの描画順に列挙すると以下のとおりである。

- ①通航実態のⅣ～Ⅰ (優先度 4～1 に相当)
- ②CATZOC の C 区分 (優先度 5 に相当)
- ③CATZOC の C 区分, 通航実態のⅣを除く (優先度 4)
- ④等深線 (面データ) (Fig. 4)
- ⑤CATZOC の U 区分 (網模様)
- ⑥CATZOC の B・A2・A1 区分
- ⑦数値地図
- ⑧等深線 (線データ) (Fig. 4)

このようにして得られた伊勢湾と仙台湾における水路測量計画の優先度を Fig. 5 に示した。伊勢湾においては、伊良湖水道北西口の北西、同水道の南東口付近、及び師崎水道に優先度が高い海域が分布している。他の海域にも所々に優先度が高い海域が分布しているが、この中には船舶の通航実態についての空間分布を 1 分メッシュで解析したことに起因するものも含まれていると考えられる (伊勢湾北部に位置する名古屋港東航路や三河湾東部に位置する三河港の掘下げ水路の近傍など)。一方、仙台湾においては、湾内の主要な港湾への進入航路に優先度が高い海域が分布している。

水路測量計画の優先度は、結果として、3 つの要素で定義される。これらの内、船舶の通航実態と等深線データについては、当面、大きく変わることは考え難い。

CATZOC の区分については、新たな水路測量成果を採用した際には順次更新される。これらの水路測量成果は使用する機器や関係する測量基準を考慮すると、ほとんどが B 以上に区分されることから、CATZOC の区分が現状よりも下位になることは通常では考え難い。このため、今後の更新方法としては、電子海図システムから B 区

分以上の各ポリゴンデータを抽出し、これらのポリゴンデータを本件の上でも更新することで、前述した各レイヤの上下関係から、水路測量を要するとした海域が解消されたことが本件に反映できる。

5 まとめ

1 項で述べた基本方針の内、被災港湾の早期復興を図るための水路測量に関しては、港湾によって被災規模や復興状況が異なることから、関係機関との調整や各港湾の現状把握によって、その実施時期や区域が定まり、各港湾の水路測量について、鋭意務めているところである (災害対応水路測量班, 2012)。このため、次の段階である各港湾への進入航路についての水路測量に関して、本件がその計画立案の参考になることを期待したい。

一方、本件は客観的な事実を基にして、本邦沿岸を一律に処理したことから、任意の海域 (AIS 関連施設の受信範囲に限る) を同じ尺度で比較することができる。このため、水深データの古い海域や輻輳海域の水路測量に関しては、本件がその計画立案の参考になることが期待できると思う。

参考文献

- 海上保安試験研究センター (2011), AIS Analysis Ver 4.1.
- 国土地理院 (2007), 数値地図 25000 (空間データ基盤), 国土地理院, つくば.
- 災害対応水路測量班 (2012), 水路測量, 海洋情報部研究報告, 49, 96-117.
- 寄高博之・岩本暢之・金田謙太郎・笹原昇・清水潤子・三宅武治・小森達雄 (2012), 水路技術の進展と電子海図への取組, 海洋情報部研究報告, 48, 20-21.

要 旨

効果的な水路測量を計画することを目的に、船舶自動識別装置の位置情報から緯度・経度1分四方ごとに船舶の通航実態を分類し、これと航海用電子海図に付与された精度情報を用いて、水路測量計画の優先度を策定する手法を検討した。

客観的な事実を基にして、本邦沿岸を一律に処理したことから、任意の海域を同じ尺度で比較することができ、水深データの古い海域や幅狭海域の水路測量に関して、計画立案の参考になり得ると思われる。

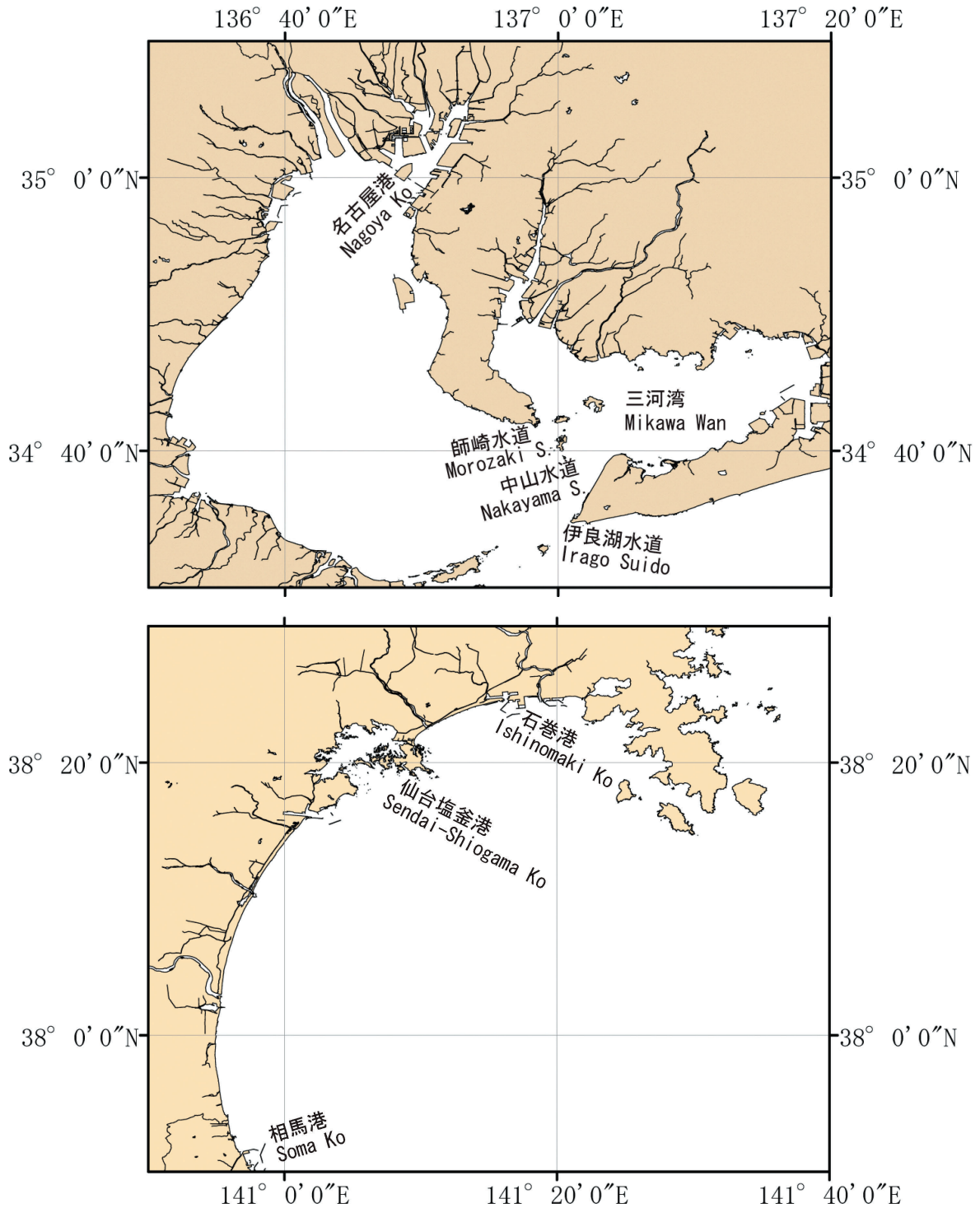


Fig.1 Geographical names in Ise Wan (upper panel) and Sendai Wan (lower panel).

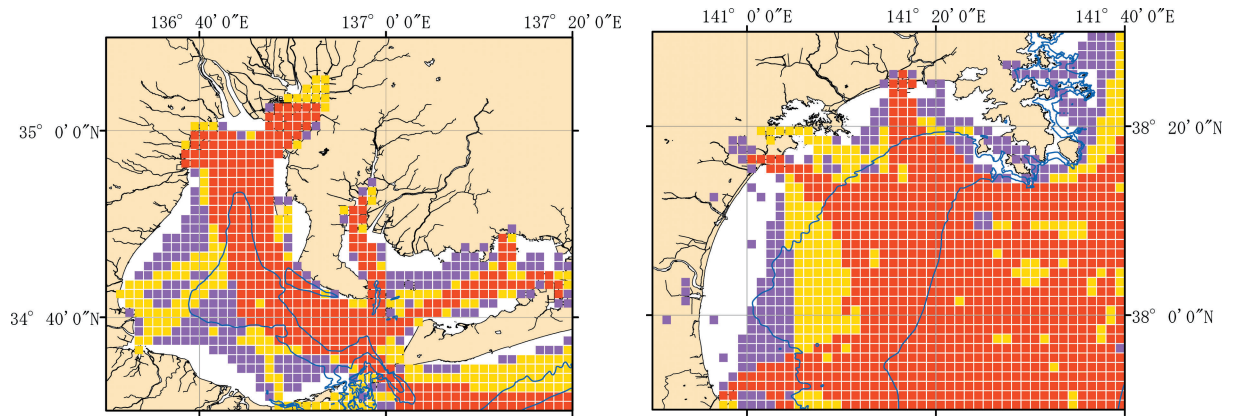


Fig. 2 Situation of ships' traffic flows in Ise Wan (left panel) and Sendai Wan (right panel). Iso-depth contours are drawn by blue line. Color palette is shown in Table 1.

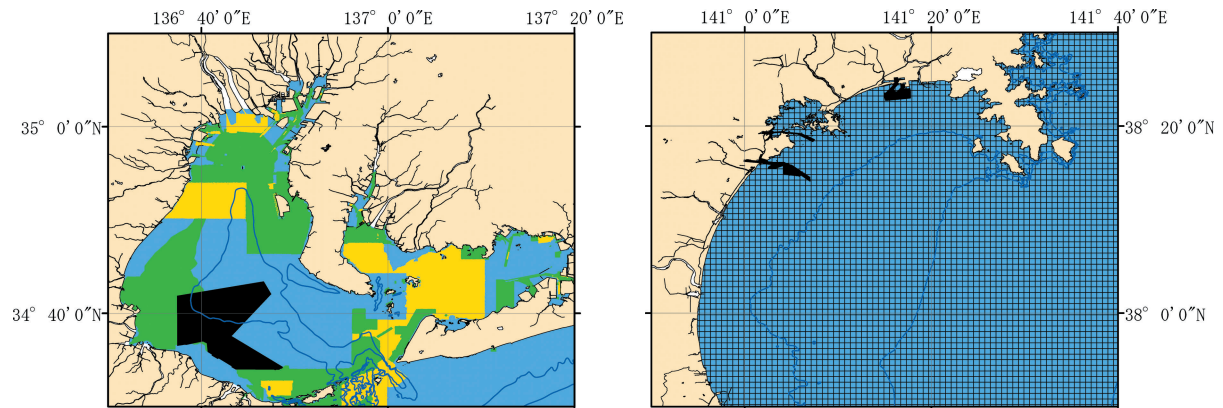


Fig. 3 Zones of confidence in Ise Wan (left panel) and Sendai Wan (right panel). Color palette is shown in Table 2.

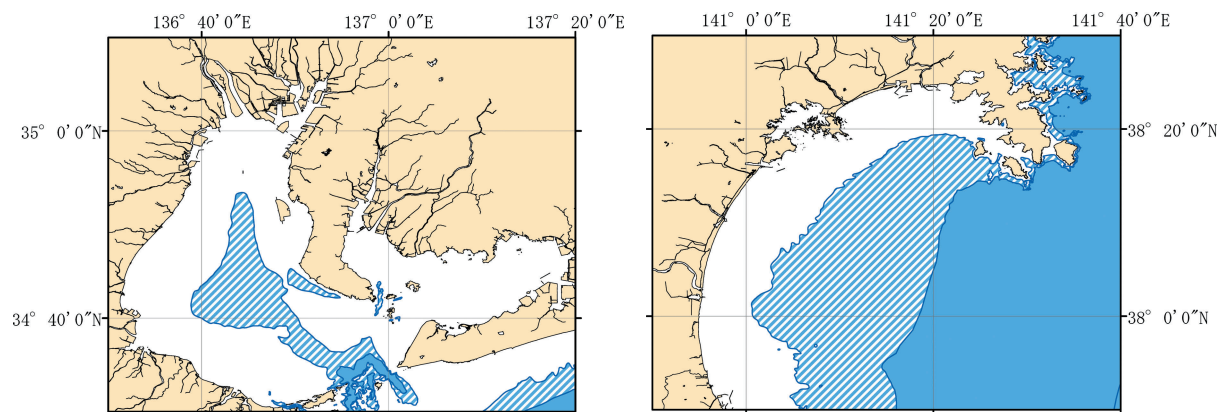


Fig. 4 Depths in Ise Wan (left panel) and Sendai Wan (right panel). White, hatched, and light-blue areas indicate less than 30 m, from 30 to 50 m, and more than 50 m, respectively.

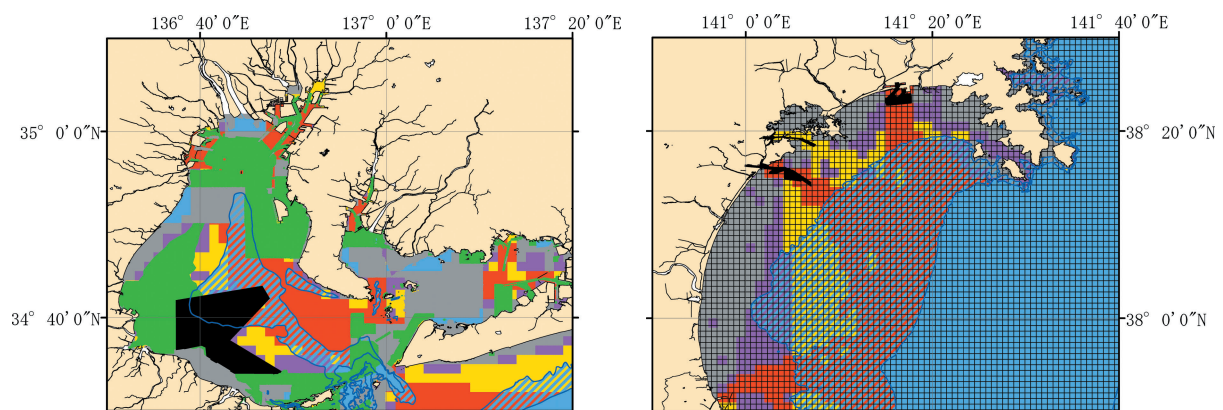


Fig. 5 Hydrographic survey priorities in Ise Wan (left panel) and Sendai Wan (right panel). Color palette is shown in Table 3.