

コースラインの描画による航海情報獲得を指向した 航海情報のデータベース化

林 祐司[†] 若林 伸和^{††} 北橋 忠宏^{†††}

船舶の安全かつ効率的な航海に必要な航海情報には、大別して動的なものと静的なものがある。前者は自船の位置や速力、他船との相対距離や他船の針路など衝突回避に不可欠なものおよび時々刻々変化する気象や海象などである。これに対し、後者には航海計画立案時や航海中に必要な海図、水路誌および灯台表などの図誌類がある。このうち静的航海情報は紙に印刷された海図や航法など記された水路誌などから、手作業で航海士が航海の各場面でその都度必要な情報を得るべく検索している。本論文では、船舶の航行支援を目的とし必要な情報検索の自動化を目指した静的航海情報検索システムのユーザインタフェースと静的航海情報のデータベース構築法について述べる。

Retrieval System for Static Navigational Information by Ship's Course Lines

YUJI HAYASHI, NOBUKAZU WAKABAYASHI
and TADAHIRO KITAHASHI

Navigational information is necessary for safe and efficient ship handling. Currently ship navigators must manually pick up necessary navigational information from a vast amount of data. In this paper, we propose an automatic retrieval system for Japanese nautical charts and sailing directions, which is composed of a general purpose database, a retrieval algorithm and a user-friendly interface. The database contains the data from 781 sheets of Japanese nautical charts for the waters surrounding Japan. When the user inputs a navigational route in terms of the departure port, altering points, and arrival port on the chart shown on his workstation's graphic display by its mouse pointer device, the system can retrieve relevant charts for the route. The database of sailing directions for our retrieval system currently contains only data for 'Seto Inland Sea.' The sailing directions are classified into 2,000 areas and items. When the user selects an item of the operation menu on the graphic display, the system can retrieve and show the requested information. Our system can save time considerably, compared with manual operation. Moreover, it retrieves relevant navigational information from the database without any omissions.

1. はじめに

船舶の安全かつ効率的な運航を実現するには計画段階では航路選定が、実行段階では航路維持と衝突防止が重要である。特に航路選定は燃料や清水の搭載量を決定する重要な要素であり、緊急時の危機管理にも強い影響を及ぼす。また海上での経路選定は道路ほど限定されていないものの、航路が決まっている海域もあり、障害物回避や適切な水深以上を確保できる航

路の選択など、海上といえども出発地と目的地の間を海図上で折れ線でつなぐだけのものではない。基本的な制約は海図と水路誌に記載されており、その内容は静的航海情報として航路選定の際に極めて重要な役割を果たし、実行段階の操船の際にも位置の確定などに役立っている。衝突防止のためには他船との距離や他船の真針路の測定などの動的航海情報が必要とされるが、これに関してはARPAレーダ（衝突防止装置付きレーダ）をはじめとする電子機器の開発により、比較的自動化・電子化が進んでいる。これに対し前述の船舶の経路選定および実用的な位置推定に必要な静的航海情報を提供する機構に関しては近年海図の電子化が試行されているものの、従前の海図や水路書誌類など紙メディアが依然として主な情報源であり、電子化が遅れていると言わざるをえない。そこで、本稿では静的航海情報として最も重要な海図および水路誌を

[†] 神戸商船大学商船学部
Faculty of Nautical Science, Kobe University of Mercantile Marine

^{††} 静岡大学工学部システム工学科
Dept. of Systems Engineering, Shizuoka University

^{†††} 大阪大学産業科学研究所
The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

対象として、それらのデータベース化を図るとともに、従来の作業環境に慣れた航海士に適合した入出力機能を有し、かつ状況適応性をもつ航路情報を提供する航路選定支援システムのプロトタイプを開発したので報告する。またこれは静的航海情報の電子化のためのシステム構築に関する話題であると同時に、情報処理の立場から見れば、書誌情報と画像情報の統合すなわちメディア統合による理解支援の1つの試みでもある。

2. システムの概要

通常、航海士は出港地と目的港とを結ぶ大まかな経路を海図によりマクロな予定経路を決定した上で、水路誌から得た航路や港湾に関する詳細な情報を基にミクロな経路を選定し、かつ実際上の操船に当たってもこれらの情報を参照している。本稿では上記のようにマクロおよびミクロな経路選定のそれぞれに決定的な静的航海情報を提供する海図および水路誌に焦点を当て、これらを用いた航路選定支援システムの構成について考察する。システムの操作に関しては現在の紙メディアに慣れ親しんだ航海士に違和感の少ないユーザインタフェースを実現するために、処理の流れを次のように定めた。まず、ディスプレイ上に表示された索引海図上でマウス操作により、情報を検索したい経路または地点を入力する。これをもとに検索エンジンによって、その経路または地点において必要となる海図と周辺のランドマーク名の一覧を表示する。ここでランドマークとは島、水道、山、川その他、航行時の目標となるような顕著な目標物のことである。表示されたランドマーク名はそれぞれ水路誌の該当するページへリンクさせておき、一層詳細な情報を要する場合には該当する水路誌の内容を閲覧できるようにした。このような検索の機能を実現するためには経路または地点の緯度・経度から水路誌を検索する必要がある。従来の紙メディアの資料ではこれを実現することは困難であったが、海図のデータベース化および水路誌のハイパーテキスト化を基礎として実現できる。さらに、地名とその種別および位置情報とを関連づけるテーブルを作成することによって多様な利用形態に対応できる。このテーブルをランドマーク・テーブルと名付ける。ランドマーク・テーブルは航路選定の過程において、考察中の航路に関連する水路情報を適応的に提示することを可能にするなど、提案するシステムにおいて重要な役割を演じる。提案するシステムは経路入力・表示のための「ユーザ・インタフェース・ツール」、海図番号等の海図識別情報を記した「海図テーブル」、水路誌の本体をテキストデータ化した「水路誌本体デー

タベース」、および位置情報から地名を検索するのに必要とする「ランドマーク・テーブル」、さらに入力された経路をもとにこれらのテーブルやデータベースを用いて必要な情報を検索する「検索エンジン」から構成される。まず、基も基本的なシステム構成要素である海図、水路誌およびランドマーク・テーブルについて、航路選定における役割とシステム内での機能について述べる。

2.1 海図について

海図のうち、印刷物として提供されているものを電子海図と区別して、紙海図と呼ぶことにする。紙海図は日本近海だけでも、様々な範囲および縮尺のもの1,000枚以上が海上保安庁から発行されている。各海図には地理情報とともにラベルとして海図番号、名称および縮尺を与えられており、すべての海図のラベルを網羅した目録（水路図誌目録）が用意されている。しかし、初めて航行するような海域についての海図を航海士が選択する際には海図名称のみから適切なものを選択するのは困難であり、目録に付属している地図上にすべての海図の記載域を記した目録図を参照して、その上に航路を描き、実際に必要な紙海図を取り出している。提案するシステムではこのような海図検索操作を後述する索引海図と海図テーブルを用いて実現しようとしている。システムの詳細な機構については3章に詳しく述べる。

2.2 水路誌について

水路誌には総記、航路記、沿岸記、港湾記などの内容が図面や写真を含めて記述されている。日本近海を5つの海域に分割し、各海域を対象にそれぞれ500頁前後の計5冊の水路誌が書籍として海上保安庁から発行されている。このような水路誌の中から、必要とする情報が記述されている箇所を見つけだすには主に水路誌に付属している索引を利用することとなる。しかし、この索引は前述のランドマークである港湾、岬、水道、島などの名称とそれに関する内容の記述ページを列挙したものであり、その名称が不明の場合には適切な情報を見つけだすことは困難である。すなわち、検索対象が海図上で明確に指定できても、地理上の名称が不明な場合には大部の水路誌中から必要とする記述を短時間に見い出だすことは容易ではない。

2.3 ランドマーク・テーブルについて

航海士が水路誌の情報を必要とするのはその海域についての予備知識が少ない場合であり、海図等により自船が航行している緯度・経度や付近の地形的情報は分かっている、その地名や小さな物標の名前を知らない場合である。しかし、現用の水路誌では緯度・経

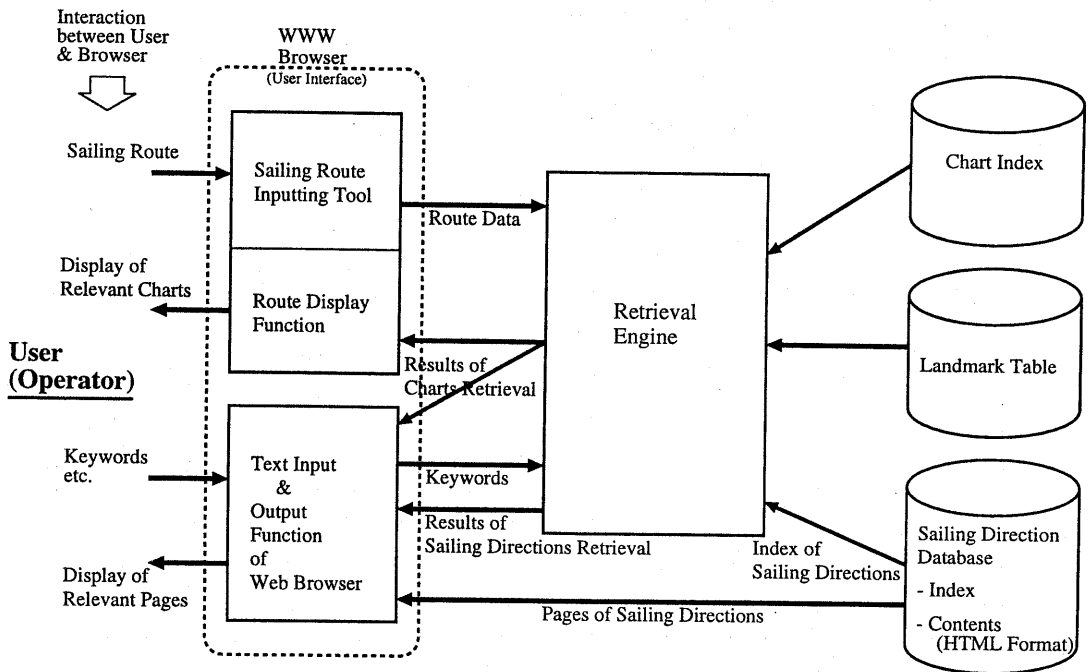


図1 システムの構成
Fig.1 Block diagram of the system configuration

度から水路誌の記述への索引はない。そこで、提案システムでは水路誌の索引項目として現れる前述のランドマークと、基本的にはそれぞれの存在位置を記録したランドマーク・テーブルを作成しこれに対処した。これは現用の静的航路情報の活用の際の不便を解消する有効なツールを与えるものであり、本試作システムの最大の利点である。ランドマーク・テーブルはランドマーク名に対し、その読み、位置情報、通称海域名、構成セル数（セルについては後述する）および種類の組からなるレコードを、水路誌に現れるすべてのランドマークについて列挙したファイルとして実現する。このランドマークの位置は点ではなく存在区画によって示す。そのため索引海図の領域を緯度・経度それぞれ1分単位のマス目に区切り、各ランドマークは、それを含むマスを列挙することによって表示する。この1マスのことをここではセルと呼び、セルの位置は南西端の緯度経度によって表すことにする。この様子を図2に示す。1分を単位としたのは中緯度における緯度の1分はほぼ1海里に対応し、船舶の運航者に親和性があり、速力20ノットの船での航行所要時間が3分で、航海情報として位置を表すには十分に小さな単位であるからである。またデータの作成作業にも細かすぎない適切な値であるともいえる。このランドマ

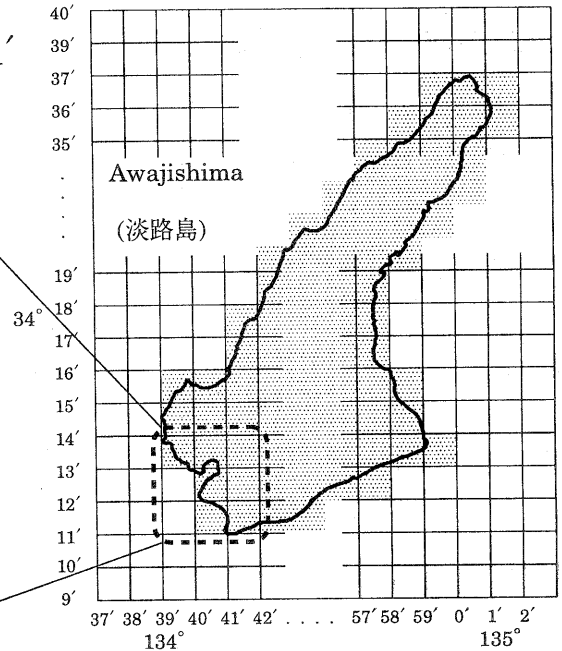
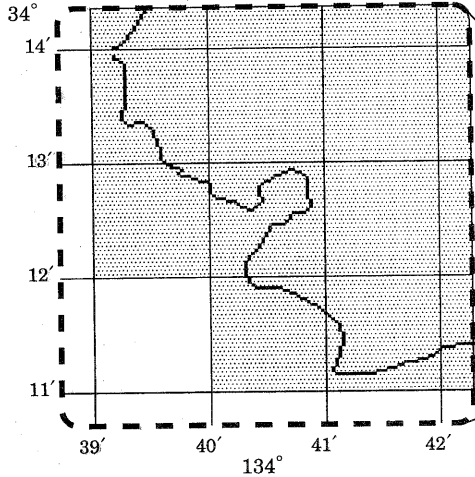
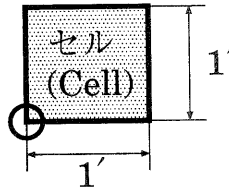
ク・テーブルは海図を基準として考えるとセル内に存在するランドマーク情報を埋め込んだことと同義となるが、ランドマークの統括的管理（例えばランドマークの更新および追加）に有効であると考えられる。

本システムでは予定航路を索引海図上に折れ線状に指定し、その航路近辺に存在する水路誌に記載されているランドマークを抽出する。著者らはこのために手法を開発している。この手法はランドマークを前述のようにそれを包含するセルの列挙によって表示するとき、検索経路または探索点と交差するランドマークの判定において、過剰検出を許容しながら検索漏れを極力抑制する特性を持たせた。この特性は本システムのような応用分野では、安全性を重視するという観点から許容されるものと判断する。ランドマーク項目には基本的に水路誌に付属の索引項目に相当する目標物を採用し、それぞれについて位置データを入力する。これまでに瀬戸内海周辺海域に対して1,700件のランドマーク・データが登録された。

2.4 システムの構成

提案するシステムではそのデータベースとして紙海図のラベルを記録した海図テーブルおよび水路誌の記載内容を記録した水路誌データベースを用意し、これらをランドマーク・テーブルによって相互に関連づけ

南西端の緯度経度で表す
Described by the
south-west point



Latitude & Longitude data of the Cells

(34° 11' ,134° 40'),(34° 11' ,134° 41'),.....(34° 11' ,134° 45')
 (34° 12' ,134° 44'),(34° 12' ,134° 45'),.....(34° 12' ,134° 50')

 (34° 36' ,134° 59'),(34° 36' ,135° 00'),(34° 36' ,135° 01')

図2 ランドマーク・テーブルのセル
Fig.2 Cells in the Landmark Table

る。この他、経路入力や検索および結果の表示機能を含め、提案するシステムの全体構成を図1に示す。試作システムはUNIX上で開発しており、利用者が直接操作するツールはJavaアプレットとして動作させる。

3. 経路入力インタフェース

利用者の検索対象である海域または経路に関する情報の獲得に必要な海図または水路誌中の記述の検索作業は、端末画面上の経路入力・表示ツールのマウス操作により行われる。具体的には経路入力・表示ツール上に海図画像が表示され、その上に検索海域、経路をマウスにより入力する。この海図画像を索引海図と名付ける。試作システムは日本近海のデータを用いて開

発しており、最初に画面に表示される索引海図は日本総図である。しかし前述のとおり、海図や水路誌の情報検索ではマクロな検索からミクロな検索まで様々な段階があり、日本総図ではミクロな検索に適さない。このため索引海図中の適切な部分を拡大して表示する機能が必要となる。ただし、本インタフェースで用いている索引海図はビットマップの画像データであるため、任意の拡大縮小には対応していない。そこで、ビットマップ・データに適した拡大率の縮尺を持つ索引海図を作成し、それに適合する分割を施した補助的な索引海図を作成した。すなわち、索引海図画像を縮尺によって階層化し、必要に応じた縮尺の拡大海図を対話的に呼び出せるようにした。システムでは日本近海を

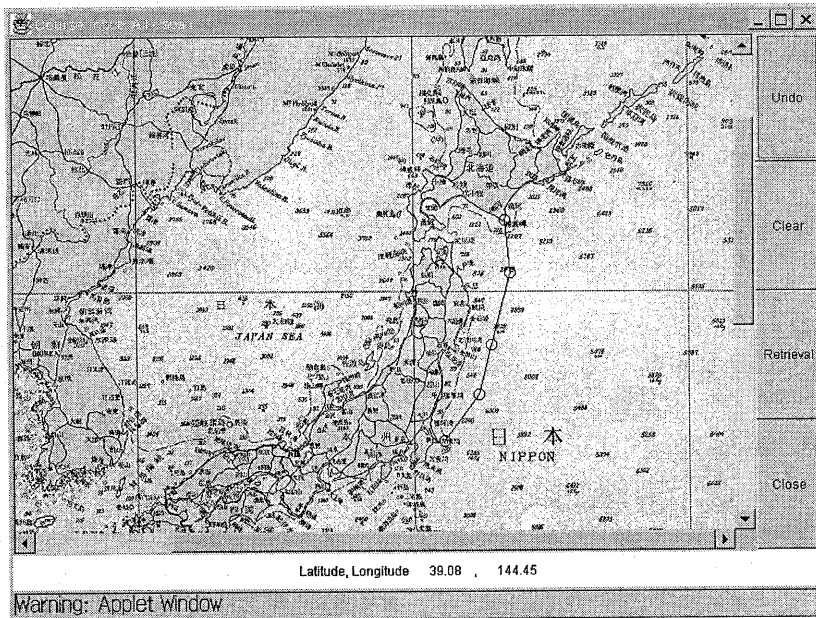


図3 経路入力・表示ツールの画面例
Fig.3 A display image to aid sailing route inputting

海域により3～4階層にまとめている。また索引海図はその拡大海図も含め、画像上でのX-Y座標値から緯度経度値への変換のための基準点を較正データとして予め記録しておく³⁾。このインタフェース・ツールは1点のみクリックした時点で検索を実行すればその位置について、また出発地から目的地に向けて変針点などの主な点を順にクリックしていけばその経路について、検索エンジンが関連する情報を検索する。図3に、経路入力インタフェースの操作画面の例を示す。

4. データベース

既述のように提案するシステムでは静的航海情報として、紙海図のラベルを格納した海図テーブルおよび水路誌の内容と索引情報を格納した水路誌データベースを用意している。またこれらを相互に関連付けるランドマーク・テーブルを作成した。

4.1 海図テーブルと索引海図

紙海図は通常、緯線・経線にそれぞれ平行な長方形で切り取って地形を表した図である地理情報と個々の海図を同定するラベルが付されている。海図テーブルはこのラベルである海図番号、海図名称、縮尺、記載範囲を1つのレコードとするファイルとして実現する。経路入力・表示ツールで用いる索引海図とその拡大図はメルカトル図法により描かれた地形図であるため、画像データ中で予め緯度・経度が明らかな左下隅と右

上隅の2点について較正データを与えておけば、画像上の任意の点の座標データ(X-Y座標値)をもとに経度は線形変換により、また緯度は漸長緯度法により緯度経度データに変換でき、その逆変換も可能である³⁾。

4.2 水路誌データベース

日本版の水路誌は海域ごとに、「北海道水路誌」、「本州北西岸水路誌」、「本州南・東岸水路誌」、「瀬戸内海水路誌」、「九州沿岸水路誌」の5分冊にまとめて発行されている。各水路誌は水路誌本体と索引から成り、本システムではこれらを個々にデータベース化する。

4.2.1 水路誌本体データベース

水路誌本体は編・章・節の形で構造的にまとめられている。水路誌本体データベースは水路誌に記載されている文章、図表および写真をHTML化するもので、作成の際も基本的にその構造を反映した階層構造でディレクトリを作成し、ファイルに分割してハイパーテキストとして関連する項目間にリンクを張り内容を記録する。また、1つのファイルは必要以上に小さく分割せず章単位程度とし、各章の中の節や項目はHTMLのNAMEアンカーで名前付けしておく。このように1つのファイルをある程度内容を連続させた大きな単位にしておけば、スクロール操作で前後の項目を見ることができ、書籍としての水路誌のページをめくる感覚に近づけることができる。しかし、それぞれのファイルが大きくなりすぎると、索引項目に対するそ

の記述部分の指定が粗くなるため、各項目に NAME アンカーを付け細かく指定できるようにする。

4.2.2 水路誌索引テーブル

現用の水路誌には地名などの目標物の名前を索引項目とし、その項目についての記述があるページ番号を列挙した索引が付属している。本システムにおいても、水路誌索引テーブルを水路誌本体に対応させて用意する。その内容は索引項目名、読み、記述があるファイル名、NAME アンカー名、編タイトル、章タイトル、節タイトル、項目タイトルで、レコード 1 件に 1 つの索引項目の記述に関するデータを記録する。このようにして、瀬戸内海水路誌に対して、約 2,500 件のレコードからなるテーブルを作成した。

5. 検索処理と実行結果

以上のようなデータベース群を用意したうえで、提案する検索処理を実現するために検索エンジンに必要な機能は海図については

- 経路データから必要紙海図を検索が挙げられ、また、水路誌については
 - 経路データから関係するランドマークを検索
 - そのランドマークについて記載されている水路誌ページを検索
- が挙げられる。

以下に説明するそれぞれの検索ではまず、利用者がどの経路（または位置）についての情報を必要としているのかを、経路入力・表示ツールを用いて索引海図または拡大海図画面上でマウス操作により経路データとして作成しておき、これを条件として検索を行う。

5.1 紙海図の検索と結果表示

紙海図の検索については次の方法を設定し、そのための機能を検索エンジンに与えている。

5.1.1 経路データから必要紙海図を検索

入力した経路の各変針点の緯度・経度の値と海図テーブル中の記載範囲情報を用いて該当する紙海図を選び出す。その手続きは以下に示す「交差判定法」と名付けたアルゴリズムを適用する⁴⁾。[交差判定法] 経路データ中の各変針点の、隣り合う各 2 点間をそれぞれ 1 つの区間とし、以下の処理を施す。

- (1) 区間の始点を範囲に含む海図を、距離"0"として選ぶ。
- (2) 区間の始点と終点を結ぶ直線と紙海図（長方形）の辺が、幾何学的に交差する紙海図をすべて選ぶ。また、始点から近い方の交点までの距離（海里単位）を同時に計算し、記録しておく。
- (3) 選ばれた海図を、各区間の始点からの距離が短

い順にソートし、重複した海図番号を削除する。

このような処理を行うことによって、各区間で選定される紙海図の順序は航海が進んでいく順と一致する。経路データからの海図検索結果の例を図 4 に示す。上段のウィンドウの経路に対して、下段のウィンドウの上半分に検索された海図の海図番号、縮尺、海図名が列挙されている。なお、この例では同時に検索されたランドマークも下半分に表示している。

5.2 水路誌の検索と結果表示

5.2.1 経路データから関係するランドマークを検索

経路と交差した矩形の領域を検索し、重複を除外するという交差判定法の前半部分の機能を用いて経路データから該当するセルを検索する。まず、経路データを交差判定法により検索したセルの集合に置き換える。すなわち経路と交差するセルを列挙して経路データとし、それらのセルとランドマーク・テーブル中の位置情報とを照合することにより、該当するランドマークを抽出する。ただし経路データの区間に相当する線分と完全に交差するセルだけを経路データとして列挙したのでは交差セルの近傍に存在する必要なランドマークを落す可能性がある。そこで検索余裕を設定し、経路と交差するセルの両側数セルもセルを列挙した経路データに付加しておく。このように付加するセル数を検索余裕値と呼ぶ。この値は入力時のインタフェース中で設定でき、入力時に利用者がその値を設定することができる。この値はマクロな情報の検索中か、ミクロな情報の検索中かという、検索処理の場面に依存する。一方、経路と海域によっては検索余裕値を最小値に設定しても膨大なランドマークを検索することがある。そのような場合にはランドマークの種類を利用して検索対象の絞り込みが可能となる。経路データからランドマークを検索した結果を図 4 に示す。上段のウィンドウは経路を入力した索引海図、中段は海図検索結果、下段がその経路付近のランドマーク名の一覧である。このうち水路誌情報を知りたいランドマーク名より、水路誌中の関連する記述を閲覧できる。

5.2.2 ランドマークに対応する水路誌記述ページを検索

以上の操作で検索および選択したランドマーク項目について、水路誌データベース中の水路誌索引テーブルを用いて、該当する水路誌の記述ページを検索する。その結果は水路誌の記述がある部分へのリンクを列挙したものとなる。

6. おわりに

実際に瀬戸内海を頻繁に航海する熟練航海士が本シ

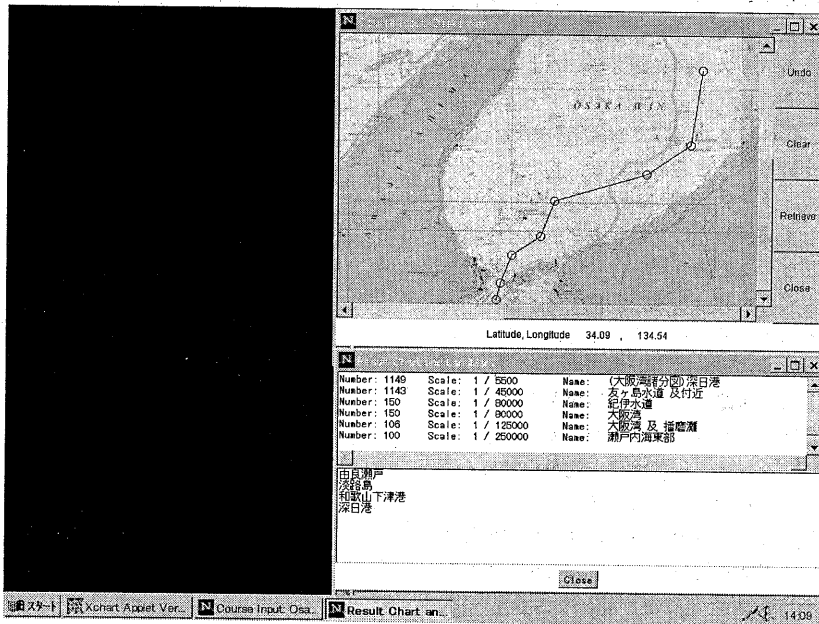


図4 海図・ランドマークの検索結果
Fig. 4 Result of chart and landmark retrieval

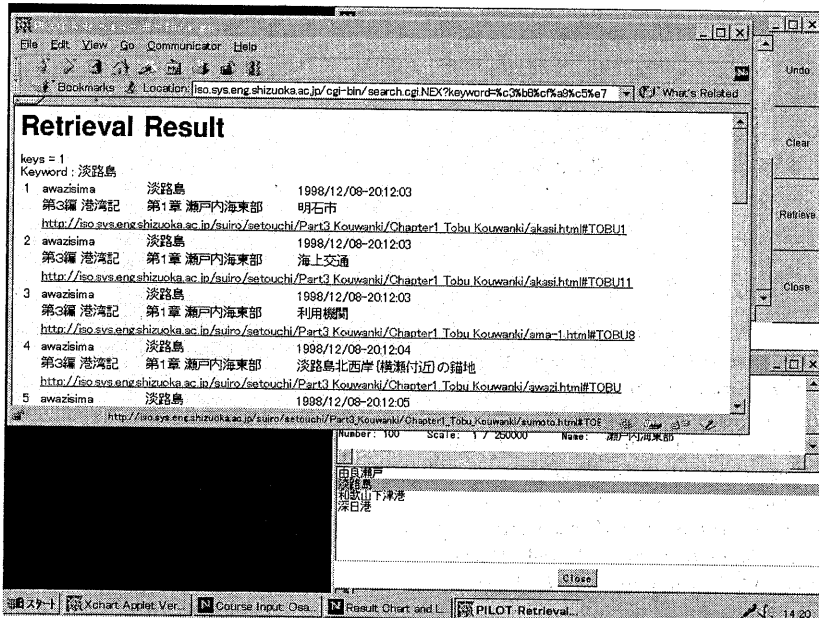


図5 ランドマーク名より水路誌を検索した結果
Fig. 5 Result of sailing direction retrieval with a landmark as a key

システムを操作したところ、操作性に違和感が少なく、検索結果も妥当なものであるとの評価を得た。今後、実際の航海においてさらに多くの状況で熟練度の異なった航海士が使用することを想定して、操作性の改

善と検索精度の向上を図る予定である。本稿では静的航海情報のうち典型的な要素を含む例として海図と水路誌を取り上げ、その処理システムの実現方法について議論を行った。通常のデータベースにおけるテキス

ト情報のもっぱら文字列のパターン・マッチングによる検索とは異なり、当該システムでは図形情報と文字情報を結びつける取り扱いが必要で、そのような検索の実現のためにここではランドマーク・テーブルの導入を提案した。これは書誌情報と画像情報の統合についての1つの指針であると考えている。またシステムのうち、検索エンジンをはじめほとんどの機能をJavaアプレットとして実現したことにより、httpdを稼働すれば、ネットワークと組み合わせたシステムの構築などが容易になり、これは将来の船内LAN構築のための要素技術として価値を持つてくるであろう。さらに、水路誌本体のHTML化について提案を行った。これまで書籍として水路誌のような情報を提供している機関が、例えばCD-ROMのようなメディアでこれを提供するようになれば、一気に実用化が現実のものとなる。そのような状況になれば、インターネットを利用した、改補（記載情報の改訂・追加）が容易に実現でき、海難や軍事演習区域などの航行安全情報なども即時性をもって公表・通知が可能となるであろう。そのためにも単に書誌中の文章や図表を電子化するに留まらず、本論文で提案した検索のための枠組を採用入れることが切に望まれる。

謝辞 本研究を行うにあたり、サイモンフレイザー大学 Tiko KAMEDA 教授、神戸商船大学和氣博嗣教授、静岡大学野飼享教授、ならびに同石塚丈晴助手より貴重な御意見をいただきました。日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社海野英一郎氏には、システム開発に多大なるご尽力を頂きました。ここに深甚の謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) Y.Hayashi, N.Wakabayashi, T.Kitahashi and H.Wake: An Image Ranging System at Sea, *Proc. IEEE Position Location and Navigation Symposium*, pp. 113-120 (1994).
- 2) Y.Hayashi, N.Wakabayashi, T.Kitahashi and H.Wake: Computation of the True Course of the Target Ship from its Image at Sea, *Proc. 8th Congress of International Association of Institutes of Navigation*, pp. 147-154 (1994).
- 3) N.Wakabayashi, Y.Hayashi and H.Wake: A Supporting System for Searching Nautical Charts with User-friendly Interface, *Proc. TECHNO-OCEAN '94 International Symposium*, Vol. 2, pp. 565-570 (1994).
- 4) Y.Hayashi, N.Wakabayashi and T.Kitahashi: A User-Friendly Navigation Information Retrieval System, *Navigation & Communication*

for Maritime & Land Mobile Applications, Space Congress, European Space Report, pp. 71-77 (1995).