

汎用解析型 GIS ソフトウェアによる電子測量原図の作成

松本良浩, 戸澤実: 海洋情報部

Compilation of Digital Smooth Sheet on General-Purpose Analytic GIS Software

Yoshihiro MATSUMOTO, Minoru TOZAWA: Hydrographic Surveys Div.

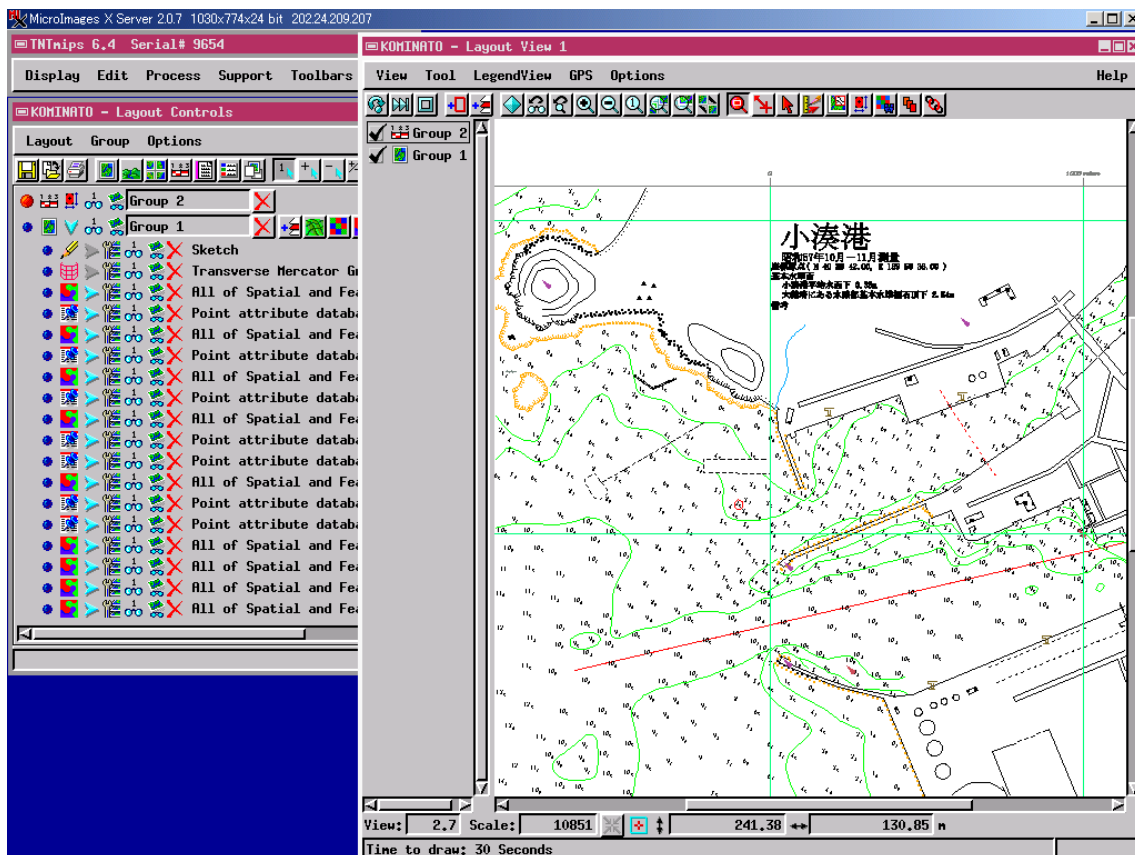
1 はじめに

平成 10 年度より海上保安庁海洋情報部においては、浅海域の測量において水路測量データをデジタル処理し地理情報システム(GIS)を使用して作成した電子測量原図および電子側傍水深図(以下「電子測量原図等」と呼ぶ)を測量成果として提出することが必須とされている。アナログデータをもとに紙(或いはプラスチックシート)をベースとして主に手作業で調製されてきた従来の測量原図を電子測量原図に移行するために、各種測量機

器のデジタル化の流れに並行した測量作業全体のシステム化の取り組みが行われてきた。

本稿では、導入後既に約 5 年を経て測量作業において定着した感のある電子測量原図作成システムの実現の経緯についてまとめた。

なお、電子測量原図は構想段階では「デジタル測量原図」と呼称されていたことから、本稿においても引用した一部の図や文献名の中で「デジタル測量原図」の表記が見られるが、これらは電子測量原図と同じものであると了解いただきたい。



第 1 図 電子測量原図の編集画面

Fig.1 Compilation screen of digital smooth sheet.

刷出力上に表現する。図法については従来の測量原図と同様の TM(Transverse Mercator) 図法によるものとする。

3.4 従来の測量原図のデジタル化

水路業務法第 6 条・第 26 条等に基づき外部から提出されるプラスチックシートに記入された測量原図については、電子測量原図を調製することとなる。このため、イメージスキャナーを用いて元となる原図を読み取り、ラスター型データとして GIS ソフトウェアに取り込んだのち、ヘッドアップデジタル化によるラスター・ベクター変換を行って、3.1～3.3 節に述べたのと同様の編集作業を行う。

3.5 電子海図システムへのデジタルデータ出力

実測されたベクタ型データは付与された属性をもとに S-57 Edition3 DAI 形式の電子ファイルに変換出力する。

3.6 その他

ベースとなる GIS ソフトウェアは、作成された電子測量原図データを基にして地形解析処理など他の成果物へのデータ利用の拡張性を備えていることが望ましい。

4 汎用解析型 GIS 上への電子測量原図作成システムの実装

4.1 TNTmips の採用とシステムの構築

3 章で述べた要件に従って、点・線・面のベクタ型データを作成・編集することがすなわち電子測量原図の調製にほかならない。これらの地理座標を持ったデジタルデータ群を地図投影を経て視覚的に表現する作業を行うためには、汎用の解析型 GIS ソフトウェアをプラットフォームとして業務に合うようにカスタマイズし電子測量原図作成システムを構築することがコストや開発期間の面で有利である。3.1～3.6 節で述べた内容に沿っ

実測データの取得と編集
a. ベクタ型データのインポート (ASCII 形式による)
旧資料の利用
b. ベクタ型データのインポート (電子海図データによる)
c. ラスター型データのインポート (各種の画像フォーマットによる)
測量原図の視覚的表現
d. 測量原図図式に準拠したベクタ型データの表示
e. ベクタレイヤの重畳表示
f. 修飾情報の作成・編集・表示
g. 測地系変換・図法変換
h. 印刷
従来の測量原図のデジタル化
i. ラスター型データのインポート (各種の画像フォーマットによる)
j. ラスター・ベクター変換
電子海図システムへのデジタルデータ出力
k. ベクタ型データのエクスポート (S-57Edition3 DAI 形式)
その他
l. 各種のベクターおよびラスター解析機能

第 2 表 電子測量原図作成システムの要件

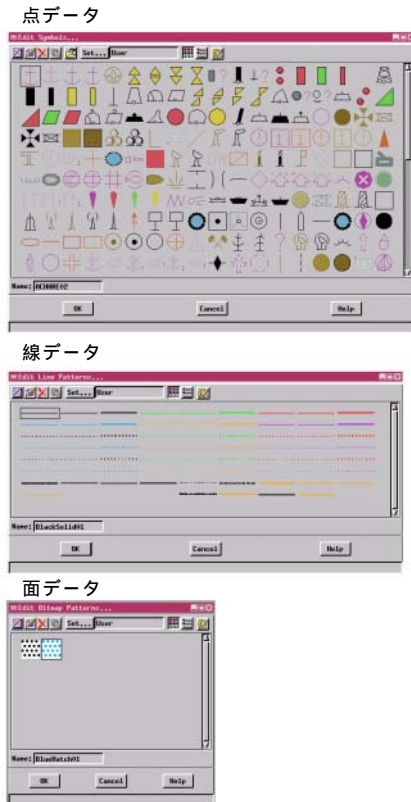
Table 2 Requirements of digital smooth sheet compilation system.

て要求される機能を具体的に列挙すると、第 2 表のようになる。ここに挙げる機能を実現できる GIS ソフトウェアを選定することとなる。

電子測量原図作成システムのベースとして、平成 8 年度に水路部沿岸調査課(当時)は米国 MicroImages 社製の TNTmips を選定した。TNTmips はベクタ・ラスター型データを共にサポートする解析型 GIS のパッケージであり、豊富なデータ編集機能と解析機能を安価に提供する製品のひとつである。TNTmips が標準装備する機能によって、第 2 表のうち a,c,e,f,g,h,i,j,l は既に実現されていることになる。

b については、平成 8 年度に財団法人日本水路協会が行った委託研究「ENC のパソコンによる表示の調査研究」において電子海図データ(S-57 Edition3)を TNTmips ベクタオブジェクトに変換するソフトウェアが開発されており、これを利用することで電子海図データのインポートが既に可能となっている。

d については、従来の測量原図図式および「IHO(国際水路機関)による ECDIS の海図内容と表示に関する仕様書」(S-52) に準拠したシンボル群を別途作成して提供し、表示に使用することとした(第 4 図)。



第 4 図 電子測量原図図式の例

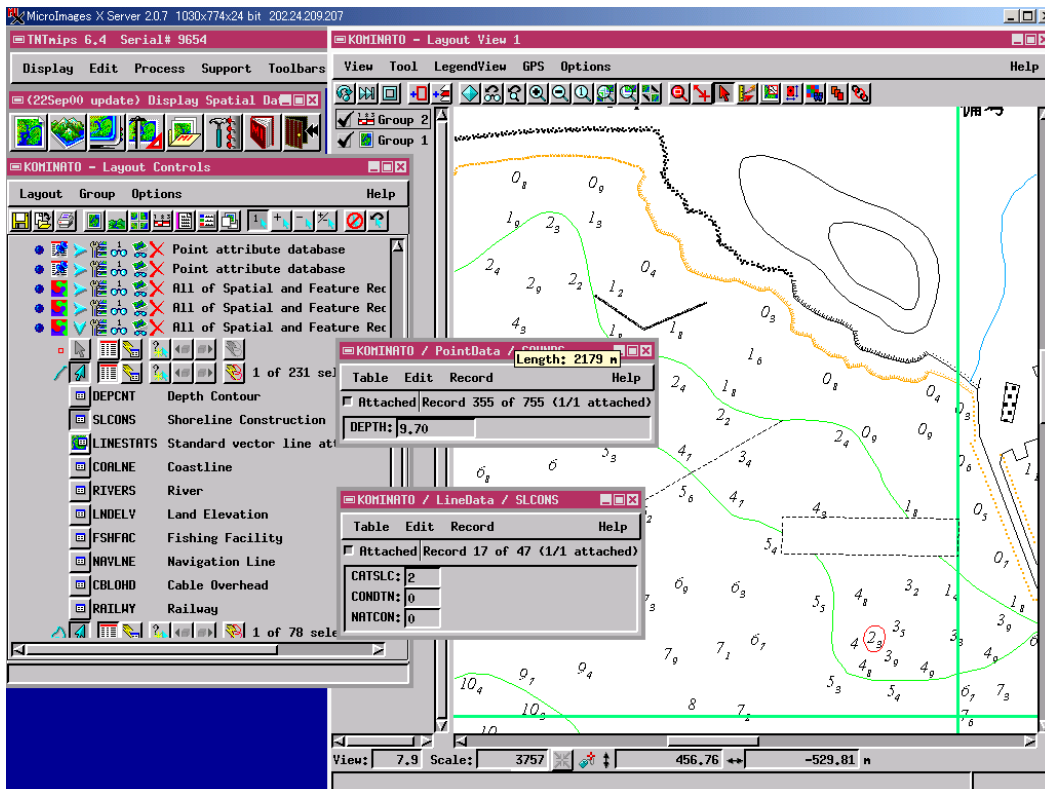
Fig.4 Examples of digital smooth sheet symbols.

k については, c の逆変換ともいえるが, S-57 Edition3 DAI 形式を変換出力する変換プログラムを TNTsdk(TNT Software Development Kit) を用いて開発した .

電子測量原図の調製に関する一連の操作については「デジタル測量原図作成システムマニュアル」が整備・配布された . 原則的にこのマニュアルに沿って作業を進めれば電子測量原図を完成させることができる .

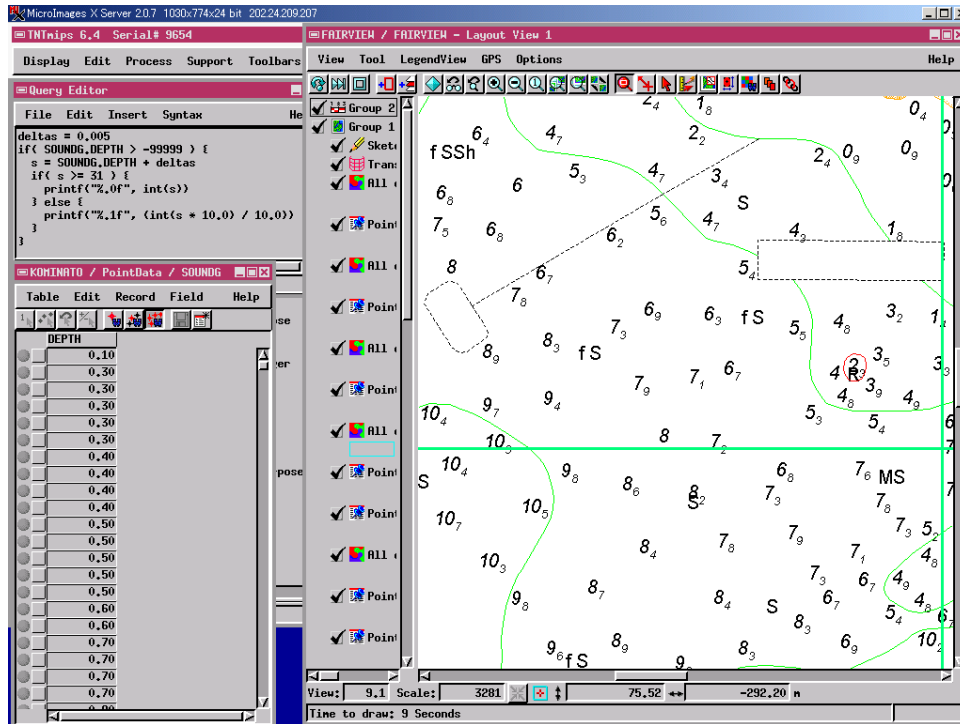
4.2 S-57 に準拠したデータ構造の実現

S-57 では, 電子海図に記載される一つ一つの要素をオブジェクトと呼び, オブジェクトが持つ各種の属性をオブジェクトアトリビュートと呼ぶ . TNTmips 上ではベクタ型のデータの各要素に対してテーブルを作成して属性を付与することができるため, テーブルを S-57 オブジェクトに, テ



第 5 図 テーブルの例

Fig.5 Examples of tables.



第 6 図 水深の例

Fig.6 Example of soundings.

4.3 属性付与の実際

従来の紙ベースの測量原図とは異なり，電子測量原図を調製する際には測量されたデータに対し S-57 に準拠した属性を付与しなければならない。このため，測量原図を調製する者は電子海図のデータ形式についても一定の知識が求められることとなった。

電子測量原図のベクタ型データに属性を付与する際の早見表として第 4 表に示すような表が提供された。ここには各要素に対応するオブジェクト名・アトリビュート名のほか，点・線・面のうちとり得る型，属性付与上の注意などが記されている。

電子測量原図の調製者は，ベクタ型データの作成と同時にこの表を参照しながら各データ要素に適切な属性を付与していく。

以下では主要なオブジェクトについて，属性付与の具体例を述べる。

NATSUR(表面の性質)

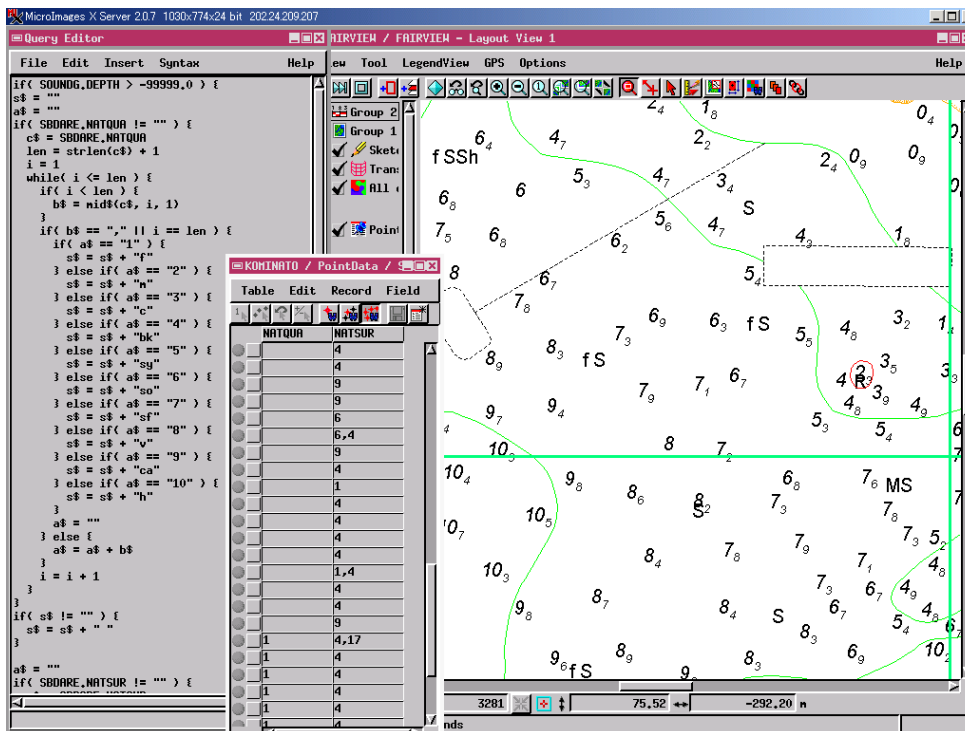
ID	種類	S-57 における定義	測量原図における底質記号
1	泥	ゆるい、ぬれている土。	M
2	粘土	(0.002mm 以下の粒子)；焼いたときに堅くなる堅い粘着質の土。	Cy
3	シルト	(0.002-0.0625mm の粒子)；手の上で乾いたときに容易にこすり落とせる。	Si
4	砂	(0.0625-2.0mm の粒子)；押しつぶされたか擦り切れた岩の小さな粒。	S
5	石	中れきやれきから群石や大きな岩のかたまりまでの範囲の大きさの破片の一般的な名前。	St
6	れき	(2.0-4.0mm の粒子)；粗い砂を伴う小さな石。	G
7	中れき	(4.0-64.0mm の粒子)；水の中をころがることによってなめらかに円くなった小さな石。	P
8	大れき	(64.0-256.0mm の粒子)；水によって円くならぬに擦り切れた石で舗装道路に使われる。	Cb
9	岩	岩石圏の不可欠な部分を構成する自然が源のあらゆる形成物。堅いかたまりを形成する自然にできた物質。	R
11	溶岩	火山から流れてくる流体や半流動体。溶融した岩の冷えたものが結果できた物質。海底の一部は溶岩からなっている。	Lv
14	さんご	海洋ボリアブの多くの属の堅い炭酸カルシウムの骸骨。	Co
17	貝殻	さまざまな水に住む動物の外骨格。	Sh
18	群石	256mm よりも大きい直径を伴う円くなった岩。	

NATQUA(表面の性質 - 限定した用語)

ID	種類	S-57 における定義	測量原図における底質記号
1	細かい	(特定の NATSUR に対し)大きさの最も小さい分類。	f
2	中位の	(特定の NATSUR に対し)大きさの中位の分類。	m
3	粗い	(特定の NATSUR に対し)大きさの最も大きい分類。	c
4	砕けた	砕けたか粉々になっている。	
5	粘着質	粘着性が膠のような固着性を持っている。	
6	軟らかい	堅くない。	
7	堅い	柔軟でない；厚く流れに抵抗力がある。	
8	火山質	火山から噴出した物質からなっているか含んでいる。	
9	石灰質	カルシウムかカルシウム炭酸からなっているか含んでいる。	
10	堅い	堅い；通常固められていない堆積物によって覆われていない海底の部分に対していう。	

第 5 表 底質の属性

Table 5 Attributes for quality of the bottom.



第 7 図 底質の例

Fig.7 Example of quality of the bottom.

4.3.1 水深・干出

水深は点データであり、電子測量原図では 2 次元の点座標に S-57 で定義されていない SOUNDG.DEPTH という特別の属性を付与する形で表現する(第 6 図)。このほか測量年月日(SORDAT)や測量精度(SORACC)を付与することもできる。

干出については負の水深値を与えることで水深と同様に扱う。

4.3.2 底質

底質(SBDARE)は点データであり、電子測量原図では点座標に底質の属性を付与する形で表現する。底質の属性としては NATSUR(表面の性質)と NATQUA(表面の性質の修飾語)を付与する(第 5 表・第 7 図)。なお、水深と同じ場所に付与された底質については、水深と同じ点座標に対して重ねて底質の属性を付与する事によって実現する。

4.3.3 岸線

岸線は線データである。S-57 Edition3 におい

CATCOA(海岸線のカテゴリ)

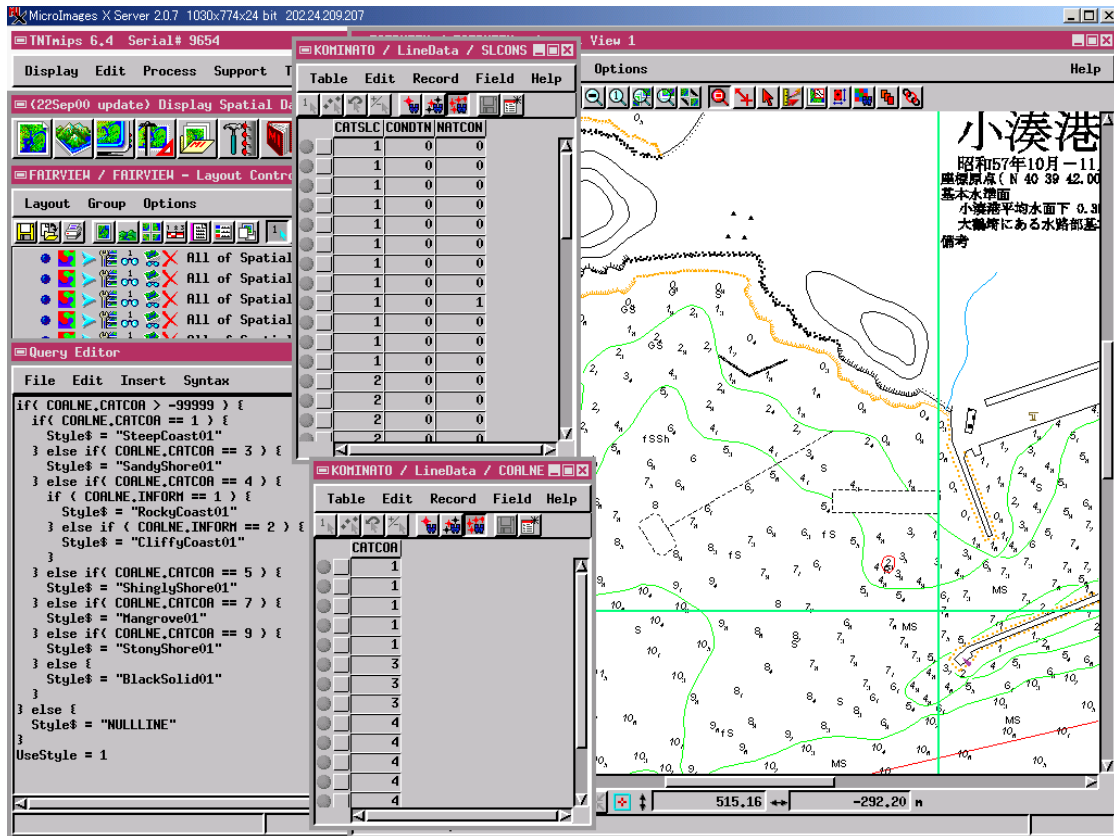
ID	種類	S-57 における定義	測量原図における分類
1	急斜海岸	岩または土の崖を持つ海岸はレーダーをよく反射し、また海岸に沿って崖と低い海岸が交互に現れる場合には、かなりの沖合からも目視による識別に有効である。	
2	平坦な海岸	明らかな地形学的なフィーチャーのない平らな海岸。	泥
3	砂浜	砂すなわち小さいが 0.0625 と 2.000 ミリメートルの間の簡単に区別できる個々の粒から成っているぼろぼろの物質から成り立っている海岸線区域。	砂
4	石浜	石と中れきとれきから群石や大きな石の塊までの範囲における石の破片からなる海岸線の区域。	群石・岩又ははげ岩
5	れき浜	だいたい 16 ミリメートルよりも大きい丸められてしばしば水の作用で摩滅した石の破片から成り立っている海岸線の区域。	れき
7	マングローブ	多くの支持根を生ずる熱帯の木や低木のある属の一つで低い海岸から浅い水へと茂っている。	樹木岸
8	沼地の海岸	水をたっぷり含んだ海綿状の土地から成り立っている海岸線の区域。表面上に現れるかなりの数の植生を普通ともない浅く水で覆われている。	湿地岸
9	珊瑚礁	本質的に珊瑚とその派生物で構成されているしばしば大きな広がりのある。	

(通常使用されるものみ抜粋)

第 6 表 自然岸線の属性

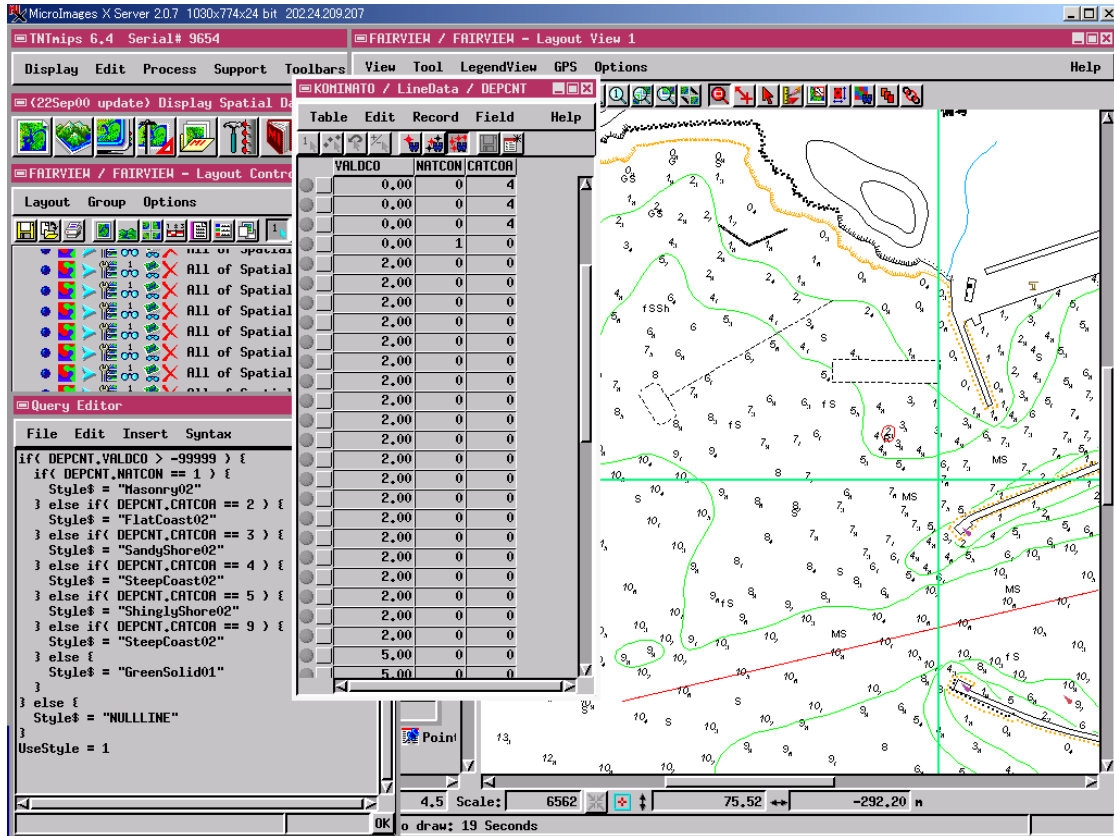
Table 6 Attributes for natural coastline.

て岸線は自然岸線 (COALNE) と人工岸線 (SLCONS)を区別する。



第 8 図 岸線の例

Fig.8 Example of coastlines.



第 9 図 等深線の例

Fig.9 Example of depth contours.

自然岸線の属性としては CATCOA(海岸線のカテゴリー)を付与する(第 6 表) . 従来の測量原図図式と S-57 Edition3 との間で属性が対応しておらず、礫と岩、群石とガケ岩がそれぞれ区別されないなどの整合性の悪が見られる .

人工岸線は元来測量原図では工事中などを除いて種類を区別する決まりはなかったが、S-57 Edition3 においては CATSLC(人工岩のカテゴリー)を付与し、よく使用されるものだけでも CATSLC=1(防波堤)、2(防波堤・護岸)、4(棧橋(突堤))、5(遊歩棧橋)、6(ふ頭(岸壁))、9(捨石)、13(斜路)、15(固い壁のふ頭)、16(開いている表面のふ頭)のように細かく区別する。但し表示上は全て黒実線であり、個別の図式はない(第 8 図) .

4.3.4 等深線・低潮線



等深線(DEPCNT)は線データであり、属性としては VALDCO(水深値)を付与する(第 9 図) . 元来測量原図では等深線と低潮線を区別するが、S-57 Edition3 では低潮線を VALDCO=0 の等深線として区別せずに取り扱う .

測量原図において低潮線は海岸の種別に応じた図式を茶色で表示することとなっている . このため、本来 DEPCNT に付与されない CATCOA を岸線同様に付与し、特に区別を行っている . この属性は電子海図システムでは無視されることとなる .

4.3.5 その他

前述の対応表でカバーしていない要素については、S-57 Edition3 Appendix A のオブジェクトカタログを参照し個別に適切な属性を判断して属性付与を行う .

前述の対応表およびオブジェクトカタログを参照すれば、データの種別別に概ね規則的に属性を付与することができるが、中には調製者が付与の仕方に困るようなものも多々ある . このような事例で他の調製者にも参考になると考えられるものはまとめて以下のような事例集(第 7 表)を作成した .

種類	オブジェクト	点線面	属性	備考
係船浮標(小)	MORFAC		CATMOR=7	 12, R (No 2) 沖合・大型タンカー用のものは次を参照。
係船浮標(大)	BOYINB		BOYSHP, CATINB など	
船架	GRIDRN		WATLEV, VERLEN など	つける属性がない場合、INFORM(英語)もしくは NINFORM(日本語)に何か注記を書く。(何か属性が無いと DAI 変換されないで)
潜堤	SLOONS		CATSLC, NATCON, WATLEV=3	WATLEV=3: 常に水没 他は人工岸と同じ
杭(パイル)	PILPNT		CATPLE, CONDTN	CATPLE=1: 湾標, 3:杭, 4: 三脚
験潮所	S1STAW		CATS1W=12	
生質	MARCUL		CATMFA, VALSOU, WATLEV	CATMFA=1: 甲殻類動物, 2: 牡蠣・胎貝 3:魚 4:海藻
海底導水管の両端にあるビーコン	BCNSPP		CATSPM=39	CATSPM=39: 海底輸送管の位置や輸送管が陸へ上がる点を示すのに使われる標識
海底電力ケーブルの両端にあるビーコン	BCNSPP		CATSPM=6	CATSPM=6: 海底ケーブルの位置やケーブルが陸へ上がる点を示すのに使われる標識
送電線の両端の電柱	PYLONS		CATPYL=1	CATPYL=1: エネルギー伝送ケーブルや線を支えるための、鉄鋼の枠組みや補強鋼線入りのコンクリートなどからなる垂直の構造物
石碑	LNDMRK		CATLMK=9	CATLMK=9: 記念碑
フェリーターミナル	BUISGL		INFORM, (FUNCTN)	FUNCTN は空欄(該当なし)とし、INFORM(英語)もしくは NINFORM(日本語)に何か注記を書く。(何か属性が無いと DAI 変換されないで)

第 7 表 属性の付与に困る事例集

Table 7 Case examples confusing to attach adequate attributes.

5 問題点

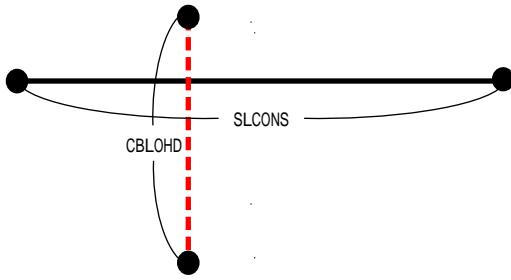
5.1 S-57 と TNTmips のトポロジーレベル

電子海図システムとできる限り整合するデジタルデータを編集できるように電子測量原図作成システムは構想されたのであるが、そのプラットフォームである TNTmips と S-57 の間でトポロジーレベルに違いがある .

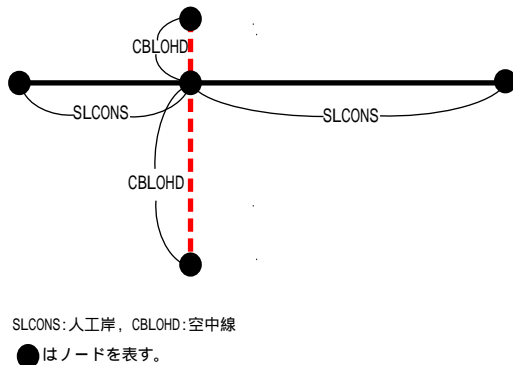
GIS においてトポロジーとは、ベクタ型データにおける図形要素間の位相関係を意味する . S-57 にはトポロジーレベルとして Cartographic Spaghetti, Chain Node, Planar Graph, Full Topology の 4 種類が規定されているが、電子海図ではこのうち Chain Node を使用する一方、TNTmips は Full Topology を使用する . この違いから、空間データの構成に違いが生じることがある .

TNTmips の Full Topology においては、線と線が交差すると必ず交差した位置にノードが発生し、線データはノードを境に分断される . また、線に

電子海図(Chain Node)の場合



TNTmips(Full Topology)の場合



第 10 図 岸壁を横切る空中線

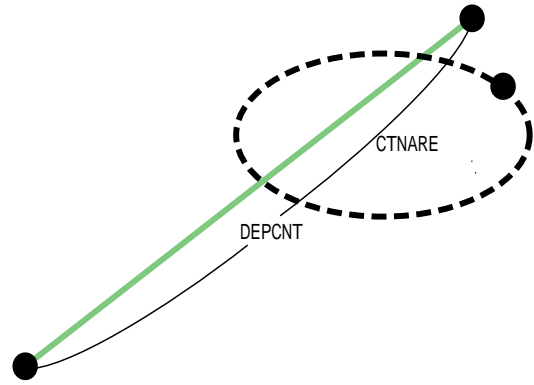
Fig.10 Example of an overhead cable across a wharf.

よって閉じた領域は必ず面として認識される。一方電子海図の Chain Node においては、位置関係のほかデータの概念的つながりを考慮するため、無関係な線データ同士の交差にはノードは発生せず、また無関係な線データの組み合わせで囲まれた領域は面と認識しない。

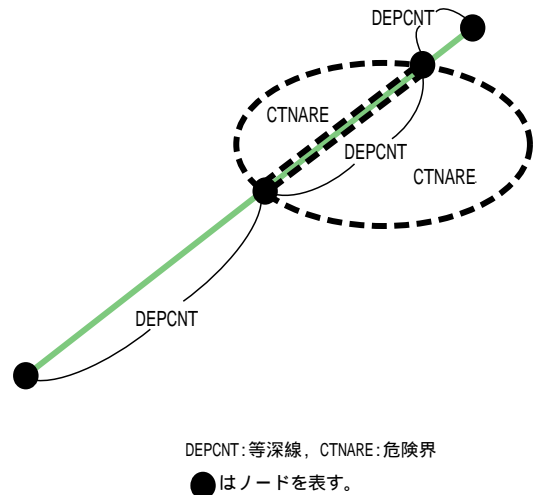
例えば、第 10 図において TNTmips では人工岸 (SLCONS) と空中線 (CBLOHD) の交差した点にノードが発生し、人工岸と空中線各々が 2 つの線データに分断されるが、電子海図では人工岸と空中線の間概念的つながりはないのでノード無しで交差を許容する。

また、第 11 図のような危険界 (CTNARE) は TNTmips では等深線 (DEPCNT) を境に 2 つの面データとして認識されることとなるが、電子海図では危険界と等深線の間概念的つながりはない

電子海図(Chain Node)の場合



TNTmips(Full Topology)の場合



第 11 図 危険界を横切る等深線

Fig.11 Example of a depth contour across caution area.

ので危険界は分断されずひとつの領域と認識される。

TNTmips で作成されたこれらの例のようなデータを変換出力して電子海図システムで取り扱うことは可能であるが、Chain Node の考え方においては不自然に分断された状態でデータが渡されるため、電子海図の編集者において自然な形態に修復する必要があるが起きている。

5.2 底質記号表示の問題

電子測量原図の底質点は、点型データに対し S-57 オブジェクト SBDARE のアトリビュート

NATSUR および NATQUA に相当する属性を付与することで実現される。NATSUR には表面の性質に対応して泥は 1, 砂は 4, 貝殻は 17 などという値が(複数ある場合はカンマ区切りで)付与され, NATQUA には「細かい」は 1 などの修飾語が付与される。よって「泥と細かい砂と貝殻」が認められる底質点の例では, 「NATSUR=1,4,17」と「NATQUA=,1,」という属性が付与されることとなる。これは「MfSSh」と表記されるものであるが, TNTmips のマクロ機能を用いてこの表示を実現することが遂にできなかった(第 12 図)。これは TNTmips のマクロ機能の不備によると考えられ, MicroImages 社に修正を要望したが改善は見られなかった。この問題は未解決である。

5.3 TNTmips のサポート上の不満

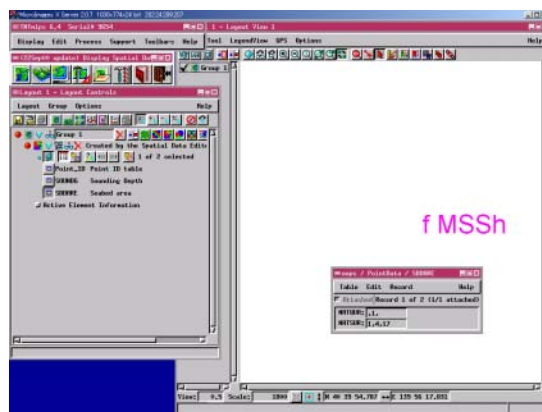
TNTmips はバグが多く, バグレポートを送っても修正の対応が速やかではない。また, 定期的にバージョン番号が上がっていくシステムをとっているため, アップデート契約をしていないと修正が行われても契約上の問題で使用できないというケースが多い。さらに, 修正に伴い他のバグが混入する場合も非常に多い。

この結果安定したバージョンといえるものが無く, 不具合を回避するためにはアップデートし続けることとなり, 業務の定常化の面からも費用の面からも問題がある。

5.4 RVC ファイルによるデータ保管の問題

TNTmips においてあらゆるデータは RVC という固有のファイル形式で入出力される。このファイルフォーマットは非公開であるため, 電子測量原図という資産を長く保管する際には, 将来にわたってアクセス可能かどうかという点で疑問がある。

また, 前節で述べたようなバグに類する問題であるが, RVC ファイルを作成したのと異なるバージョンの TNTmips でデータを表示・印刷出力すると元のレイアウトとは違うものが出力されるという場合が多い。この点について MicroImages



第 12 図 底質記号「MfSSh」表示の不具合

Fig.12 Display failure of quality of the bottom 'MfSSh'.

社から公表はされていないが, 内部で RVC ファイルフォーマットの仕様が変更されている, もしくは何らかのバグが潜在している可能性が高い。このことから, 調製済み電子測量原図を長期保管する目的には, 他の公開されたファイルフォーマットを採用することが望ましいと考える。

6 おわりに

平成 8 年度に各管区に 1 ライセンス目の GIS ソフトウェア(TNTmips)配布されてから 2 年足らずで水路測量の成果提出は 100%電子測量原図へと移行した。こうして短期間のうちに測量原図のデジタル化が達成されたことは, ひとえに本庁・管区の全ての水路測量担当官が操作習得に費やした並々ならぬ努力の賜物である。

測量データの一貫したデジタル処理という目標において, 水路業務法第 6 条・第 26 条等に基づき提出される外部成果には, プラスチックシートによるものが未だ残されている。これについても, 最近では原図のほかに水深データの電子ファイルの提出を受けることにより, 管区において水深の位置精度を落とさずに電子測量原図を調製することが多くなっている。

また, GIS 利用の普及に伴い, 測線計画・他の業務用参考図の作成等電子測量原図調製以外の新たな利用方法も広まった。これらの取り組みが水

路測量担当官全体の電子海図や GIS・コンピュータマッピングに対する知識や技術レベルの底上げにつながった効用は大きいと考える。

電子測量原図作成システムは使用者の意見や不具合報告を随時反映して改善を行ってきたが、イントラネットを用いた情報交換・情報共有が大変有益であった。本稿でまとめた内容の多くはイントラネット上の海洋調査課技術担当サイトの Web ページや掲示板で見いだすことができる。とりわけ掲示板による情報交換は本システムの改善のみならずあらゆる利用者にとって参考となったと考えられる。このように、本庁・管区の水路測量に携わる職員全体の取り組みによって本システムは作り上げられたとって過言ではない。

参 考 文 献

- 海上保安庁水路部沿岸調査課海図編集室電子海図担当,デジタル水路データのための IHO 転送基準 S-57 第 3 版(日本語訳),(1998)
- 沓名景義・坂戸直輝,新訂海図の知識,成山堂,407 ページ,(1996)
- 町田 聡,地理情報システム 入門&マスター,山海堂,178 ページ,(1994)
- 日本ユニシス株式会社・テラ株式会社,ENC のパソコンによる表示の調査研究報告書,29 ページ,(1996)
- 社団法人海洋調査協会,水路測量関係規則集,151 ページ,(2002)
- テラ株式会社,デジタル測量原図作成システム 運用マニュアル,23 ページ,(1999)
- テラ株式会社,デジタル測量原図作成システム 操作マニュアル,76 ページ,(1999)