新地形図情報システム（ＮＴＩＳ）について
The Outline of the New Topographic map Information System (NTIS)

測図部　大野裕幸・水田良幸・中南清晃・石井　武
Topographic Department
Hiroyuki OHNO, Yoshiyuki MIZUTA, Kiyoaki NAKAMINAMI and Takeshi ISHII

１．要　　旨

測図部は，平成14年度から２万５千分１地形図（以下「地形図」という。）に関係するすべての情報の管理方式を，現在のラスタ型の個別データファイルによる管理方式からベクトル型のデータベースで一元管理する方式に転換することを決定した。この方針の下で，ベクトル型の地形図情報を適正に管理し，情報の修正を行い，印刷図作成用最終データ出力までの情報の流れを統合したシステム構築の必要性が生じた。そこで，新しいベクトル型の地形図情報を管理するシステムという意味で，「新地形図情報システム（ＮＴＩＳ：New　Topographic map　Information　System)」(以下「ＮＴＩＳ：エヌティス」という。)を構築することとなった。

ＮＴＩＳは，地形図に関連するすべての情報を含むベクトル型の地理情報をデータベースで一元管理し，地形図及びそのサブセットである数値地図25000空間データ基盤を迅速に修正し，データ提供を可能にし，さらにデータ管理を合理化することを目的とした業務システムである。ＮＴＩＳの構築にあたっては，様々な新機軸を取り入れるとともに，構築の過程で多くの技術を新たに開発，実装していることから，それらの考え方，実装方法等について述べる。

２．要求仕様

ＮＴＩＳは，地形図修正という実業務に用いるシステムである。したがって，扱うデータがラスタ情報であるかベクトル情報であるかに関係なく，業務上必要とされる要求を満たす必要がある。また，システムを構築する上で，システムが持つべき要件を明確にする必要がある。そこで，まずシステムが持つべき機能を要求仕様として明確化した。

２．１　従来どおりの地形図ラスタデータを最終成果として作成可能

ＮＴＩＳ構築の目的は，印刷図作製のための製版・印刷工程を変えることなく、地形図修正工程をベクトル化することである。地形図作製工程の中で，最終工程である印刷用フィルム作製工程は，従来の地形図修正システム（ＶＲＣ）で用いられている，ラスタデータを用いてフィルムを作製するという現行方式のままで変更はない。したがって，ＮＴＩＳの運用結果として得られる最終成果は，現在ＶＲＣを用いて作製されている地形図ラスタデータと同等品でなければならない。そこで，最終出力結果として，ＶＲＣで用いられるＳＲＦ形式のラスタデータが出力でき，その中で描画されている図式描画のレベルもラスタベースの地形図に劣ってはならないこと，とした。さらに，ＮＴＩＳのベクトルデータから図式に準拠して描画した結果にベクトルベースで補正を加える必要がないよう，完全自動で図式描画を行うこととした。

ただし，ベクトルによる図式描画で，工夫等によって描画を可能とする余地が無く，描画が完全に不可能な場合に限り例外的措置として図式を変更することとした。

２．２　国土地理院オリジナルソフトとする

ＮＴＩＳは，国土地理院において今後の地理情報管理の核となるシステムである。そのソフトウェアの開発形態には，市販のソフトウェアをカスタマイズしてライセンスを導入する方法と，完全独自開発の２種類がある。開発着手にあたり，どちらの手法を採用するか検討した。

市販のソフトウェアをカスタマイズする方法を採用すると，費用は比較的安価だが，約100式を導入する場合のライセンス料，さらに今後の機能追加時の改良費用，保守料金等を考慮すると数年で数億円に達する見込みとなった。さらに修正作業の外注時等にソフトウェアを第三者に貸与する場合のライセンス形態等の問題が生じる。また，カスタマイズの基となるソフトウェアがＮＴＩＳの使用期間中継続して販売，保守され続ける保証がない。

一方，完全独自開発では，初期費用は多額となるが，ソフトウェアに関するすべての権利を国土地理院が保有することができるため，ライセンス問題が発生せず，自由に使用し，自由に機能追加も行うことができ，長く使用するほど総体的なコストは安価となる。また，外注時のソフトウェア貸与に関する権利問題も発生しない。

以上の理由から，ＮＴＩＳはすべてを独自開発することに決定した。なお，本システムの開発業務は，伊藤忠テクノサイエンス株式会社が行った。

２．３　使用開始時期（開発期間）

ＮＴＩＳは，当初計画では平成16年度から使用を開始する予定であった。ところが，全国のデータ整備が大幅に前倒しとなり約１年半で完了する見込みとなったため，急遽計画を２年間前倒しし，平成14年度から地形図修正に使用する必要が生じた。これにより，実質的な開発期間は，平成13年度１年間に限定されるため，地形図修正作業に必要性が高いものを優先して実装することとし，

実装を猶予することが可能な機能については，平成14年度に実装を先送りすることとした。

2．4 地方測量部等と本院のオンライン化

地形図修正作業は，地方測量部等（以下「地測」という。）で行われる。そのため、地測で修正された地形図の更新成果を，印刷用フィルム作製や成果管理のために本院に送付する必要がある。従来は，カートリッジテープ（ＣＭＴ）に記録して郵送していたが，修正内容を迅速に本院に伝達できるよう，国土地理院ＷＡＮ回線を利用してオンラインで本院に情報送付することとした。さらに，更新された情報の本院への送付を夜間を利用して自動的に行うことで，地測で修正された情報を原則として24時間以内に本院側に反映することが可能となる。

2．5 地形図に表現されない情報との統合

地形図の情報とＧＩＳ用の刊行情報の管理を統合することとした。ＧＩＳで用いられる情報は、大部分が地形図に表現される情報から抽出できるが、必ずしも地形図に表現される情報ばかりではない。地形図の修正と同時にこれらの情報も修正することにより地形図の修正内容が即時にＧＩＳ用刊行データに反映することが可能となる。したがって，ＮＴＩＳで管理する情報は、ＧＩＳで用いるための情報のスーパーセットとなっている。

ＧＩＳ用のデータは，地形図上に描かれた情報を基にモデル化したものではなく，可能な限り現実世界をモデル化したものが好ましい。そこで，25000レベル空間データ基盤で使用される道路，鉄道，水涯線，湖岸線，海岸線，河川中心線，行政界，グリッド標高については，その仕様を含むものとし，ＮＴＩＳデータの完全なサブセットと位置付けた。また，地名，公共施設については，数値地図25000（地名・公共施設）で刊行されている情報の大部分を取り込み，継承することとした。

2．6 図郭切り替え，図式変更を可能とする

ＮＴＩＳの使用開始と同時に改正測量法が施行され，測地系が世界測地系に変更される。これに伴い，地形図の刊行図郭の変更が計画されているため，図郭変更を柔軟に行うことができるシステムとすることが必要である。また，ベクトル型情報の特性を活かし，図式の変更にも柔軟に対応することができることとした。

2．7 スムーズなシステム移行

ＮＴＩＳの使用開始が平成14年度となったことで，十分なシステムの移行訓練期間を確保することが不可能となった。地形図修正等を行う編集者が，ラスタデータとベクトルデータの性質の違いを理解し，ベクトルデータの性質に応じた修正動作を取ることができるようにするには移行期間が不足する。そこで，できるだけ従来のＶＲＣのユーザインタフェースを変更することなく，スムーズにシステムを移行することができるよう，データの性質の違いによる影響を受けない部分については，ＶＲＣのインターフェースを可能な限り継承することとし，特別なユーザ教育の必要性を極力省くこととした。

3．開発方針

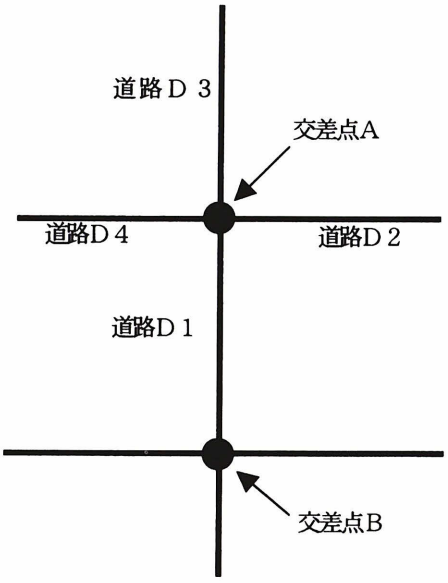
ＮＴＩＳの開発・構築にあたって，要求仕様に基づき，まず全体を包括するコンセプト（開発方針）を決定した。

3．1 二重管理の排除

従来の管理システムでは，地形図の修正をラスタベースで行い，そのデータを利用して数値化あるいはベクトル化等の手段を用いて二次的なデータセットを作成する手法を採っていた。この手法では，情報の更新が二次的なデータセットに反映されるまでに時間を要し，迅速な更新が困難という問題がある。また，一次製品の地形図の情報と二次製品のデータセット内の情報に差異が生じる可能性を排除することができないため，情報の不整合が避けられないのも問題である。そもそも，同じ情報を異なるデータセットで並行して管理するのは効率的でないことから，すべての情報を地形図の情報に一元化し，他のデータセットを作成する場合は，地形図の情報から必要な情報を抽出して作成することとし，情報の更新に必要な作業は一度だけ地形図の情報に対して行う体制とする。これにより情報の不整合の発生を防止し，かつ情報更新を二次的なデータセットに迅速に反映させることが可能となる。そこで，システムを包括する最上位のコンセプトとして「二重管理の排除」を位置付けた。

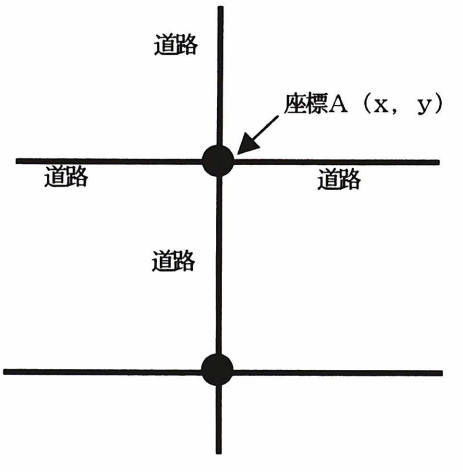
3．2 トポロジー算出型データ形式の採用

ベクトルデータで作成された面内を塗り潰したり，道路ネットワークを定義したりするためには，面の構成関係や線同士の接続関係を表すトポロジーという情報を必要とする。ほとんどのＧＩＳ用データセットは，データレコードにユニークに付与したＩＤ番号を用いてトポロジーを定義する方法を用いている。この形式では，図－１に示すように，例えば道路交差点であれば，「交差点」という点型の情報があり，各交差点には交差点番号が付与されている。一方，その交差点に接続している道路は，「道路」という線型の情報で定義され，各道路データは道路番号を持っている。ここでいう道路番号とは，国道番号のようなものではなく，データレコードのＩＤ番号のことである。２本の道路が交差する交差点Ａを例に取ると，道路データは各交差点でデータが切断されているため交差点Ａでは合計で４本の道路データが接続している。その４本の道路は，Ｄ１～Ｄ４までの道路である。また，道路側から見ると，Ｄ１という道路データは，片方が交差点Ａに接続し，もう片方は交差点Ｂに接続している。これらの複雑な情報をすべてデータに持たせているためデータそのものが複雑化してしまう。このようなデータ形式を「トポロジー明示型データ」という。国土地理院が刊行している数値地図は，ベクトル型のものはすべてこのトポロジー明示型のデータ構造を採用している。トポロジー明示型データ構造は，データを扱う場合にトポロジーが示されているためすぐに利用することができるというメリットを有する反面，一度作成したトポロジー明示型のデータセットに対して修正を加える場合，



【データの中身】
交差点：番号Ａ：接続道路数４本：接続道路番号D1,D2,D3,D4
道路：番号Ｄ１：始点側接続交差点Ａ：終点側接続交差点B

図－１　従来型のデータ構造



【データの中身】
線：種別道路：始点接続フラグ１：終点接続フラグ１

図－２　ＮＴＩＳのデータ構造

トポロジーの再定義が複雑で扱いにくいというデメリットを有している。

ＮＴＩＳは，地形図情報の修正のためのシステムであるため，トポロジー明示型データ形式では，デメリットの影響が大きい。そこで，トポロジーは必要な時に算出することとし，データは，トポロジー算出に必要な幾何条件と接続に関するフラグのみを持つことで，トポロジーに関する情報の更新作業自体を省略し，形状データの修正，更新に特化したデータ形式を採用することとした。それが「トポロジー算出型」のデータ形式である（畑中，大沢，2001）。この形式で，図－１と同じ交差点Ａと道路Ｄ１に該当するデータを表すと，図－２のようになる。まず，交差点という点データは存在しない。道路を表す４本のデータの端点が，交差点がある座標（x，y）で一致している。また，そこで接続状態にある道路データの端点接続フラグが有効となっていること。この２つの条件だけで，トポロジー明示型と同じ情報が表現できるのである。トポロジー算出型のデータを用いれば，トポロジーを示すためのＩＤ番号は必要なく，「交差点」という特別なデータを用意する必要もない。なぜなら，「交差点」は，「３本以上の道路が同一座標で接続する点」という条件定義のみで表現でき，接続関係についても２つの条件から算出することで復元できるからである。

トポロジー算出型のデータ形式を導入することによって，データ形式が極めて単純化される。ＮＴＩＳでは，データ型は「点」「線」の２種類しか定義していない。そのデータが道路なのか，鉄道なのか，基準点なのかはすべて属性値で判断することにしている。また，情報更新時に接続関係を保つ必要があるデータの場合，接続すべきデータ同士の端点座標が一致しているか，接続フラグが有効かの２点について，逐次判断するだけでよい。したがって，データの修正に必要なシステムの設計，実装が極めて簡単になる。

３．３　時系列レコード管理の導入

ＮＴＩＳでは，地形図の版の管理用及び地物の存在期間を示すために，すべてのデータレコードに時系列管理用のフィールドを設け，時系列レコード管理を行うこととした。地物は，時系列内のある時点で存在を始め，一定期間存在した後，消滅する。この期間を表すため，全てのデータレコードは，「発生」「消滅」の時間フィールドを保持している（門脇ほか，2001）。さらに，地物の存在を確認した時点を示す「確認」用の時間フィールドも保持している。「発生」「消滅」用のフィールドがレコードの本質的な存在期間を示すのに対し，「確認」用のフィールドは，運用時の情報管理を補完するものと位置付けられ，「発生」「消滅」「確認」の３つのフィールドによって時間管理を行う。

ここで，「発生」「消滅」の基準を明確にしておく必要がある。一般に，ＧＩＳ用のデータセットでは，当該レコードが示す地物が現実世界に存在した実期間を示すべきとされるが，ＮＴＩＳで扱う情報は，多くが中縮尺に総描された地形図の情報であること，現実世界に実際に存在した期間をすべてのレコードに対して調査し，登録するのは不可能であること等の理由で，地形図に記載及び消去された時点を「発生」及び「消滅」の基準としている。ただし，高速道路や鉄道の新規路線の開通や廃止等，現実世界での存在期間が明確化できるものについてはデータに入力できるようにするため，「発生」「消滅」

のフィールドの時間精度を示すフラグを付与することができる。したがって，運用上すべての地物の正確な存在期間をデータとして収集できるようになれば，現実世界での存在期間に基準を切り替えられるよう配慮している。

「確認」の時間フィールドは，地形図修正の運用上，修正時点で地形図上に存在する情報を確認した時点が記録される。「確認」フィールドに付与する日付は，作業の開始時にあらかじめ設定し，その付与方法には，以下の３種類がある。

1)　全域修正

修正を行う全域についての情報の存在を確認するもので，従来の定期修正に相当する。その修正作業の編集対象となったすべての情報の確認日を作業開始時に決定した日付に更新する。

2)　常時修正

修正を行ったレコードについての情報を確認したことを示すもので，修正が加えられたレコードの確認日のみを作業開始時に決定した日付に更新する。

3)　個別修正

特定のレコードについての情報を確認した場合に，当該レコードについてのみ確認日を更新する。個別修正では，作業開始時に決定するデフォルト日付はなく，個別に入力することとなることから，更新内容は，全面修正，常時修正より優先される。

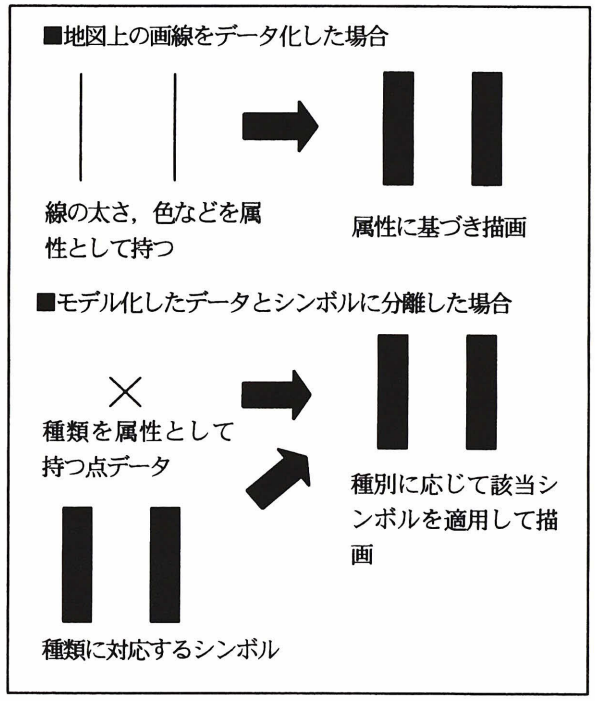
これらの修正種別は，情報修正用クライアントの起動時に選択するようにし，それぞれ全域修正モード，常時修正モードと呼び，作業者は，作業開始時に１回だけデフォルトの確認日を入力した後は，確認日の入力は意識する必要がない。個別修正は，全域修正及び常時修正での作業中に個々のレコードについて特別な日付を入力する場合に使用し，この場合は，デフォルトと異なるため日付入力が必要となる。

３．４　データの全国シームレス化

ＮＴＩＳは，すべてのデータを世界測地系の緯度経度で管理する。データの座標系が緯度経度であるため，投影法を考慮する必要がない。したがって，データを図葉等の印刷された管理単位ごとに扱う必要性が無い。そこで，ＮＴＩＳでは，全国のデータをシームレスに扱うこととした。これにより，自由な範囲のデータを抽出して地形図を作成することができるようになり，要求に応じた提供に即座に対応することが可能となる。仮に図郭ごとのデータが必要であれば，要求範囲の一つとして図郭の範囲を指定し，データを抜き出すことができる。これにより，図郭が絶対的なデータ範囲としての意味を持たなくなり，自由に図郭の変更を行うことが可能となる。これは，測地系の変更に伴う図郭切り替えに対応するために極めて重要な方針である。

３．５　データ仕様と描画法の分離

地図描画を前提としたベクトルデータを定義するために選択可能な手段が２種類ある。図－３に示すように，一つはいわゆる線画といわれるもので地図上に描画されている画線をそのままデータ化するもの，もう一つは情報を抽象化したモデルに基づいてデータ化し，それに対してシンボルなどの表現方法を適用する方法である。前者を線画データ，後者をモデル化データと呼ぶことにすると，線画データは，縮尺が一つに固定され，図式が変更される可能性がない場合に適している反面，図式の変更が事実上不可能で，データを利用した解析を行うことができない。一方，モデル化データは，図式の変更が極めて容易でモデル化されたデータ部分で高度な解析を行うことができる等の優れた特徴を持っている。また，モデル化を現実世界に即して行えば，一つのデータから複数の縮尺の地図を作製するマルチスケール対応も可能となる。残念ながら，ＮＴＩＳでは，現実世界をモデル化したものと地図記号をモデル化したものが混在している。



図－３　地図記号のデータ化方法

ここで重要なのは，データ仕様とシンボル等の描画方法を完全に分離して定義することである。分離して定義しておけば，描画法を取り替えることで，同じデータから全く異なる表現の地図を作製することも可能となる。

ＮＴＩＳでは，今後，図式の変更が予定されている（昭和61年図式→平成14年図式）こと，将来的には５万分１地形図の自動作成や，道路等のデータの大縮尺化を推進することも考慮しているため，図式変更に柔軟に対応するため，あらかじめデータ仕様と描画法を完全に分離することとした。

４．全体基本設計

要求仕様及びＮＴＩＳの開発方針に基づいて，システ

ムの全体の構成と機能概要を決定する基本設計を行った。基本設計は，最初に全体の構成について行い，全体を構成するサブシステムの機能を決定した後，それらサブシステム毎の機能を実現するために必要な個別の基本設計を行うという手順を取った。

４．１　クライアントサーバ方式の採用

ベクトル形式のデータをデータベース管理すること，時系列管理を取り入れることが既に決まっていることから，システムの基本形態がクライアントサーバシステム（Ｃ／Ｓ）となることは明らかであった。地形図情報を管理する１つのデータベースサーバに対して複数の情報更新用クライアントがデータ更新を行うという基本形態を決定した。本院，地測とも，ＬＡＮが整備されていることから，この形態の実現に支障はない。

この基本形態を採用することにより，データ管理部分とデータ修正部分を完全に分離することができる。地測毎に管轄範囲を集中管理するデータベースサーバを用意し，データ更新用のクライアントは，データベースサーバとの間で事前に決められたフォーマット等の通信手順（以下「プロトコル」という。）でデータ通信をするよう仕様化することによって，データベースサーバに対してではなく，特定のプロトコルに対する入出力に特化することができ，データベースサーバの管理内容（管轄範囲，データ種別等）が異なる場合でも，クライアント側はプロトコルさえ合致していれば，同様にアクセスすることができる。

さらに，データ更新を目的とせず，データ閲覧のみを行うクライアントや，特定の種類のデータのみにアクセスするクライアント等も同じプロトコルを適用することによって，容易に構築することができる。

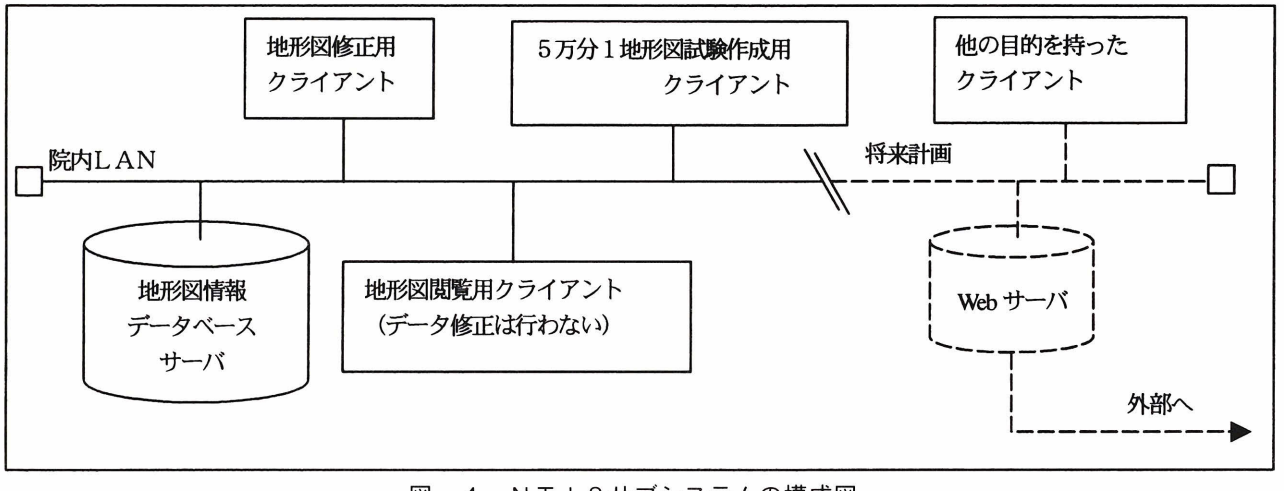
また，このクライアントサーバ形態を採ることによって，プロトコルさえ準拠していればサーバ内あるいはクライアント内の処理形態や仕様は互いに干渉することはないので，個別機能の付加や機能改良が容易となる。平成13年10月時点のシステム構成は，図－４のように，地形図情報のデータベースを基幹とし，地形図情報更新用のクライアントである修正ソフト，地形図情報閲覧用のクライアントである閲覧ソフト，５万分１地形図を試験的に作成するクライアントとして５万用ソフト等が，これらのプロトコルに準拠したデータ入力部を持つクライアントソフトウェアとして計画あるいは構築中である。

４．２　地域分散化と危機管理体制

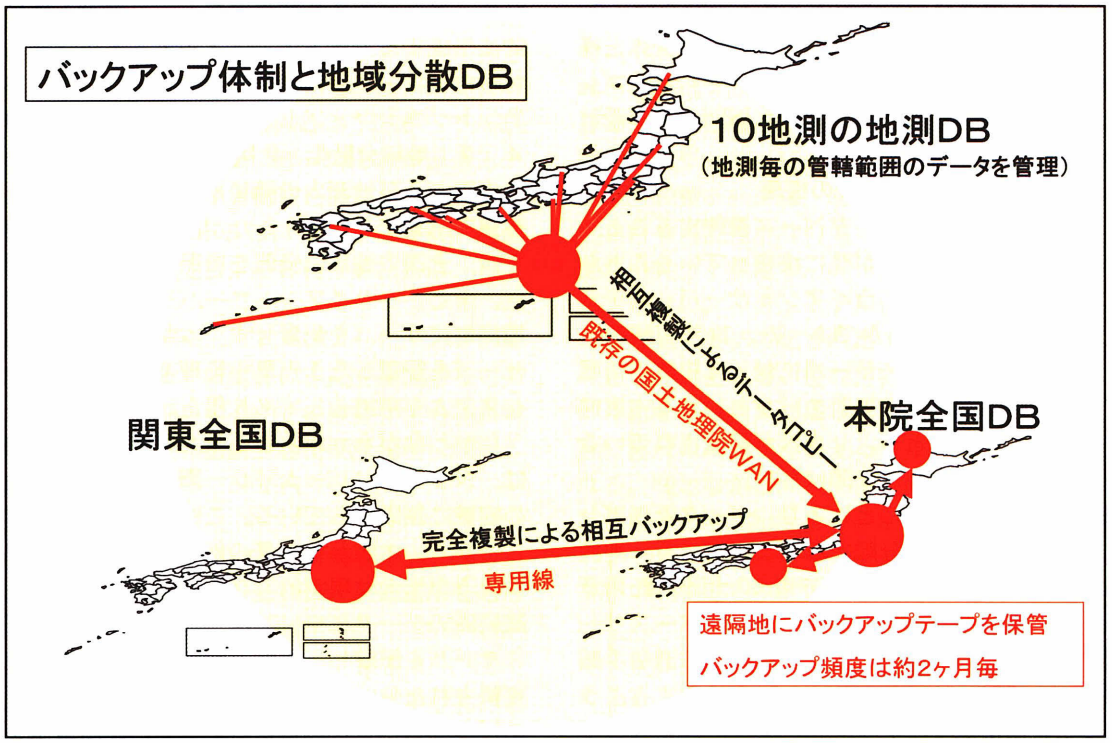
本院内及び地測内の構築形態は，クライアントサーバ形態で構築することとしたが，本院及び関東地方測量部では，全国の地形図情報を参照したいという要求があった。また，クライアントサーバ形態を採るのであれば，地測毎にサーバを配置せず，本院に全データを管理するサーバを配置した１点集中管理型のクライアントサーバシステムも形態としてあり得た。

しかしながら，本院と地測を結ぶ国土地理院ＷＡＮは，ＮＴＴのフレームリレー網を利用した最大128Kbpsの回線に制限されている。これを全地測で共有していることから，本院から大量の地形図情報を同回線を使用して読み出すのは現実的でない。したがって，各地測の管轄範囲のデータについては，地測にそれぞれデータベースサーバを配置し，本院と関東地方測量部には，地測で更新された分の差分情報を逐次取得して反映させる方式を採ることにした。これによって，北海道から沖縄までの10地測のデータベースサーバの中身を合わせて１つの全国データベースとみなすことができ，そのコピーを本院と関東地方測量部に保持するという地域分散型のデータベースを構築することにした。

一方，地域分散型データベースには，自然災害や火災等によってデータベースの一部が物理的に破壊されてしまった場合のバックアップ体制として有効という利点がある。各地測の管轄データは地測のデータベースサーバに１次データとして保存される。この10カ所をワンセットとして全国のデータが構成されることは既に述べた。次に，地測データベースが配備されていないつくば市の本院に全地測のデータを収集する全国データベースサーバを配置することで，２次データが作成される。さらに，関東地方測量部と本院との間で，データの完全複製を行うことで，全国で三重のデータバックアップを保持することができる。ただし，この体制には，１点ウィークポ



図－４　ＮＴＩＳサブシステムの構成図



図－５　地域分散データベースとバックアップ体制

イントがある。関東地方測量部には，全国データベースサーバと地測用データベースサーバが同時に配置される点である。仮に関東地方測量部が災害等で使用不能になり，データベースが物理的に破壊された場合を想定すると，関東地方測量部の管轄データは本院のみにバックアップされていることになる。全体の構成を決定する際，つくば市と千代田区は，直線距離で約60㎞離れているが，この距離が安全かどうかの議論があった。その結果，阪神大震災クラスの地震が発生したとしても，半径30㎞の範囲内が同時に壊滅的な打撃を受けることはないという結論に達し，これを安全とみなして，本院と関東地方測量部に全国データベースを配置することとなった。

ただ，原子力災害のような人間活動の結果生じる事故や国際的な大規模紛争等によって半径30㎞の範囲が壊滅する可能性がゼロではないことから，念のため，１年で少なくとも６回は，全国データベースのフルバックアップを取り，関東地方から遠く離れた場所にバックアップメディアを物理的に送って保存することとし，関東地方が壊滅したとしても，約２ヶ月前のデータまでは完全に復元が可能な体制を採った。

これにより，データが完全に失われる可能性を限りなくゼロに近づけ，かつ実運用に即した機器配置ができたものと考えている。

４．３　座標系と適用範囲

座標系は，全国シームレスとするため，緯度経度とすることが基本方針として既に決定している。これに基づき，ＮＴＩＳでは，0.0001秒単位で表現した緯度経度を全面的に採用した。

ここで，ＮＴＩＳが扱う情報，すなわち適用範囲について明確にしておく必要がある。ＮＴＩＳの適用範囲は，地理的には排他的経済水域も含む日本国全域とした。縮尺に関してＮＴＩＳは，「地形図情報システム」であり，管理対象を２万５千分１レベルに限定していない。理想的には，現実世界と１対１に対応した地理情報を１つだけ管理し，そこから必要な縮尺と図式に応じたデータセットや出力図を作成できることが望ましい。しかし，現実問題として，いかなる縮尺にも対応した描画方法は確立されていないこと，地図として使用する図面の最大縮尺は一般的に500分１よりも小さい縮尺に限られている点及びＤＧＰＳ等による直接測量の誤差量等を考慮すると，500分１よりも大縮尺の地図データを管理する必要性は高くない。また、技術革新の激しい現代にあっては，あまり長期間の使用を前提として仕様を固定化することは，新技術への柔軟な対応という点でも得策でない。

したがって，あまりにも大縮尺の情報を管理対象に含めて設計を進めるのは過大ということができ，システムの最大寿命として10年を想定したとしても，500分１より縮尺が大きい地理情報を管理する可能性は極めて小さい。そこで，緯度経度の解像度の最大値を最も現実世界の位置を精度よく表している基準点の解像度（小数点以下４位までの秒表記）に合わせるのが合理的であり，これが実世界で約3mmの解像度となる0.0001秒単位の整数（例えば14秒は140，000で現される）で座標を表すこととした理由である。

５．データベースの基本設計

全体基本設計を受け，各サブシステムに関する基本設計を行った。

データベースは，地域分散化という方針に従い，その管理範囲によって２種類に分類した。全国のデータを管理する「全国データベース」と，地測管内のデータを管理する「地測データベース」である。沖縄支所に配置するデータベースは，管轄範囲の実面数が100面程度と少ないため，機能的には地測データベースと同一だが，特に「沖縄支所データベース」と呼ぶ場合がある。

ここで構築するデータベースで管理される地形図情報は，後述する編集ソフトによる更新対象となるほか，今後，計画，実装されるであろう様々なクライアントに情報を送出することになる。したがって，詳細設計や実装に際して，編集ソフトに特化した設計は行わず，クライアントの種類を不特定とみなして設計を行うこととした。

５．１　データ管理方法

データベースは，レコード単位の時系列管理を行うことが基本方針で決定している。この方針に基づき，一度データベースに登録されたレコードが消滅した場合，レコードの「消滅日」フィールドに当該レコードが消滅した時間を記録した状態にするだけで，レコード自身を削除することはない。したがって，更新が加えられるたびに新しいデータが蓄積され，レコードがデータベース内から消去されることはない。

５．２　想定データ量

データ量の想定には，平成12年度に行った大分地区91面及び名古屋地区４面のベクトルデータ作成試験作業の成果（１面あたり平均４～５万レコード，ただし褐版，注記版を除く）を参考に，使用期間10年間とし，更新によってデータが蓄積していくとすると，10年後には立ち上げ時の約２倍のデータが管理されることになると想定して運用中の最大データ量を想定した。さらに運用中には，何らかの理由で大幅なデータ変更を行うことも考えられることから，安全率を100％見込んで設計に用いる想定データ量は，全国の概略オーダーで，10億レコード，１テラバイトクラスの使用となるとした。ここで，10億レコードのオーダーとは，10億から19億レコードという意味である。

５．３　ＤＢＭＳ

実際にデータベースに登録されたデータを管理するためには専用のソフトウェア（ＤＢＭＳ：データベース管理システム）が必要である。ＮＴＩＳデータベースでは，全国データベース，地測データベースとも，Oracle 8.1.7iをＤＢＭＳとして採用した。

５．４　データ処理の高速化

ＮＴＩＳデータベースでは，最大十数億のレコードを管理することを想定している。この十数億のレコードは，すべて緯度経度という位置情報を持っている。原則として位置情報のみをインデックスとしてあらかじめソートしておくことによって，レコードの検索，読み出しを高速に行うことができる。ＮＴＩＳでは，１万レコードあたり１秒以下というデータベースの処理性能の目標を設定しているが，検索・読み出しに関しては，この目標をクリアしている。

問題となるのは，レコードの追加時である。検索のためのインデックスを付けるため，データを登録する時にソート処理が行われる。この処理には，対象となる既に登録されたデータ数が影響を与えるため，数十億レコードに対し，レコードの追加を行うと，非常に多くの処理時間を要することが予想された。そこで，Oracleのレンジパーティションという機能を適用した。この場合レンジパーティションとは，データ範囲を予めレンジ分けしてディスク上の記録場所を決めておき，インデックス付け等の処理をレンジ分けされたデータ毎に行うことによって，ソート対象となるレコード数を減らし，処理速度を向上させる手法である。本稿執筆時点では，レンジパーティションを採用したテストに至っていないため，どの程度処理速度が向上するかは確認できていないが，うまくパーティションを設定すれば，理論的にはレンジパーティションを導入しない場合と比較して劇的に速度が向上するとされている。

５．５　地測データベースと全国データベースの連携

ＮＴＩＳでは，データベースのマスターは，情報更新が最初に行われる地測データベースで管理されているデータと位置付けている。地測データベースで更新された内容は，原則としてその日の夜間を利用して，本院の全国データベースに反映する。その際，新規に登録されたレコードはデータそのものを全国データベース側に送付して反映させるが，データ転送量を削減するため，削除処理によって消滅日がセットされたものを含む属性が変更されたレコードの処理に関しては，データそのものを全国データベースに送付するのではなく，変更内容のみを送付することとしている。この処理は，Oracleの機能を利用する。

地測データベースから全国データベースへの反映は，地測単位で順次行う。仮に，ある地測で大量のデータ更新が発生し，全国データベースへの反映時間中にすべての地測のデータ反映が終了しない場合は，中断した地測のデータ反映分は放棄し，翌日夜間に中断した地測分からデータ反映を再開する。これは，テーブル単位で更新データ反映を行うと，その他のテーブルとの間でデータに整合性が取れなくなる可能性があるためであり，更新データ反映は，テーブル単位ではなく領域単位ですべてのテーブルを一括して行う。

また，地測データベースは，他地測管轄範囲との接合を取るために，地測管轄範囲に接する領域の情報を持つこととしている。接合部の地測データベースが更新された場合，一度全国データベースを介して，当該領域の変更内容を接合先の地測データベースに反映させる処理も

必要となる。この処理も夜間を利用して行う。

5．6　アクセス権限の設定

データベースで管理されているデータの更新には細心の注意を払わなければならない。不特定多数のクライアントが勝手にデータの内容を変更することがあってはならない。したがって，適切な更新権限を持ったクライアントでなければ更新を行うことができないよう，アクセス権限に段階を設け，データベースのアクセスするクライアントが持つ権限段階に応じた「ふるまい」をさせることとした。

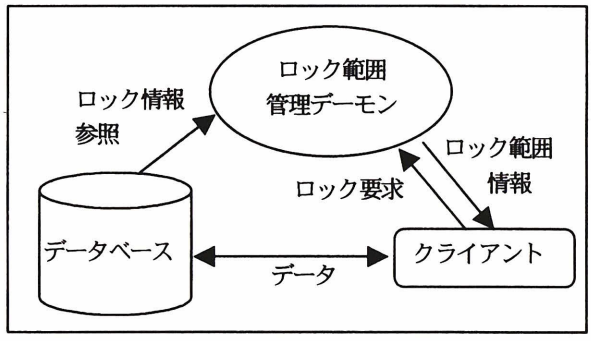
なお，ここでいうアクセス権限は，ＤＢＭＳであるOracleのユーザ権限のことであり，データベースサーバへのログイン権限や，クライアントＰＣにおける管理者権限とは異なることを明記しておく。

5．7　ロック情報の管理

ひとつのデータベースで管理されている情報に対し，複数のクライアントが更新を行うＮＴＩＳのようなシステム形態の場合，あるデータに対して複数の権限者が同時に更新を行う可能性があるため，データの整合性を保てなくなる場合がある。それを回避するには，誰かが既に更新作業を行っているデータについて，第二の権限者が更新を行うことができない仕組みを用意しなければならない。データベースでは，通常考慮すべき処理である。

そこで，「ロック」という処理を行わなければならない。情報の更新権限を持ったユーザの一人が，すでに更新目的で読み出しているレコードについてはロックをかけ，二人目のユーザが更新目的で同じレコード読み出そうとしても，読み出しできなくする仕組みである。ロックの方法には，各レコードにロックフラグを持たせる方法が一般的だが，ＮＴＩＳでは，地形図修正のために更新目的で読み出した範囲に対するロック期間が数ヶ月に及ぶことがある。一般的なデータベースのロック機構は，短時間に複数の更新要求がある場合を想定していることから，そのままＮＴＩＳに適用すると問題が生じる恐れがある。そこで，ロックについては，データベースと切り離して管理する手法を考案した。更新者がデータ更新権限を持つ範囲を「ロック範囲」という閉曲線で持たせ，クライアントの編集動作の中で，データを追加，更新しようとしている位置がロック範囲内かどうかを逐次チェックしながらデータの追加，更新を行う方式である。クライアント側での動作については後述する。

レコード毎にロック状態にあるかどうかをチェックする機能をクライアントに任せてしまうことによって，データベースで，ロック範囲を管理する必要がなくなる。実際のロック範囲の管理は，図－６のように，ロック範囲管理デーモンという独立したプログラムを本院の全国データベースサーバ上に常駐させ，このデーモンによってロック権限を管理する。これにより，データベースでの更新目的のデータ送出時にロック情報を付与する処理を省略できる。さらに，データベース側でも，ロック範囲と更新情報のあるデータの内外関係をチェックすることで，更新がロック範囲内のみで行われているかを二重にチェックすることができる。



図－６　ロック管理の流れ

ロックには，二重更新を防ぐためのものと，ある範囲を読み出している最中にデータが改変されるのを防ぐ参照用のロックの二種類を用意している。参照用ロックは短時間であるため，データベースが処理を行う。

なお，実際のロック判断は，点レコードの場合，自らの座標で，線レコードの場合，補間点がなければ始点で，補間点があれば補間点数をｎとして（ｎ／２）番目の補間点座標でロック判断を行う。

実際に地形図修正を行う場合，クライアントからの処理要求の流れは以下のようになる。

①編集要求範囲決定（クライアント側で行う）
②ロック要求（クライアント→ロック管理Ｄ）
③ロック許可範囲を返す（ロック管理Ｄ→クライアント）
④データベースへのデータ送出要求（クライアント→データベース）
⑤データ送出（データベース→クライアント）
⑥データ修正・点検（クライアント）
⑦更新要求（クライアント→データベース）
⑧ロック範囲チェック（データベース）
⑨データ更新（データベース）
⑩更新完了通知（データベース→クライアント）
⑪ロック解放要求（データベース→ロック管理Ｄ）
⑫ロック解放（ロック管理Ｄ）
⑬処理終了

この流れでは，クライアントが一度データ更新を行うとロックが解放され，続けてデータ更新を行うには再度①から処理を始めなければならない。これは，データの点検および更新に対する責任を明確にし，データの安全性を保持するために採用したものである。

5．8　文字コード

文字コードは，設計開始当初は，SJISを用いることにしていた。しかし，ベクトル型の情報に外字が存在するのは避けるべきであり，可能な限り外字を減らすことを目的に，文字コードはJIS Ｘ 0221（unicode）を使用することにした。ＮＴＩＳの注記レコードは，数値地図

25000（地名・公共施設）の注記テーブルを取り込んだものである。注記テーブルには，235文字の外字が使われていた。この中には，図式で「助字」として規定された22文字も含まれていた。

まず，助字については，印刷図のみの問題であり，外字で扱わなければならない理由はない。そこで，印刷図を作成するクライアント側でフォントサイズを小さくして対応することとし，外字から除外した。続いて，JIS X 0208，0212，0213，0221にコードの記載のあるものを全て除外し，0213の中で，0221には含まれないが括弧書きでコードが示されている文字についても，そのコードを有効とみなすことにし，結局，ＮＴＩＳでは，69文字を立ち上げ時の外字とした。

「立ち上げ時の」というのは，注記テーブルを作成する際に外字でない文字に字体を変更したものについては，変更内容を自治体に照会していないことから，今後外字として扱わざるを得ない文字が増加することが予想されるためである。ＮＴＩＳでは，交換用のＮＴＩＳテキストフォーマット，データベースとクライアント間の通信ともutf－8を使用する。

ただし，ここで外字を使用することにした場合，印刷図では正しく表示されるが，ディジタルデータとして地名を表示した場合，フォントがない等の理由で正常に表示されない可能性が極めて高いことを，自治体に照会する際に説明すべきであることを付記しておく。

５．９　線レコードの制限

ロック状態を決定する際，長い線レコードでは問題が発生する。例えば，高さ値10mの等高線レコードの場合，交差や途切れることはないため，最長のものは，本州全体を取り巻く数千kmの長さの１つのレコードになることが考えられる。すると，青森県の編集をしようとしてロックを設定しようとしても，ロック判断点は静岡県付近にあってロックできない場合や，静岡県付近でロックを設定した場合に，本州全域で10mの等高線を修正できない場合が生じる可能性がある。

そこで，線レコードの最長距離を予め設定して，データを作成する段階で切断することにした。本稿執筆時点では，切断する長さは１分の距離（約1.8km）としているが，データベースのパフォーマンス状況によっては変更する場合がある。ＮＴＩＳ稼働後，新規に入力するレコードの切断は，クライアント側で行う。また，補間点数についても，あまりばらつきが大きいとパフォーマンス低下の原因となるため，１レコードあたり30点という補間点数の制限を設け，長さ及び補間点数という二重の制限を設定している。

５．10　線レコードの編集単位毎の切断

ＮＴＩＳの基本的な編集単位は，市町村である。ただし，市町村単位では面積が広すぎる，又は地物が多すぎる等の理由で，１市町村を複数の編集単位に分けて編集を行う場合がある。

ここで，ロック管理とも関連してくるが，編集単位毎にロックをかけた場合，線レコードの制限と同じ理由で，編集単位をまたぐ線レコードが存在するのは，ロック管理機構上好ましくない。そこで，原則として線データは編集単位と交差する地点で切断して，編集単位ごとのロック時に問題が生じる可能性を排除した。ただし，編集単位境界線と完全に一致する線データや，編集単位境界線上に乗っている点データは，どちらのロック領域に所属するかを一意に決められない。そこで，これらのデータについては，北側，東側の優先順位で所属を決定することで，一意性を保つこととした。

しかし，なお一点だけ問題が残る。編集単位は，行政界位置が修正により移動した場合や，政令指定都市内の区の発生等の場合に，不整合が発生する可能性が残っている。これに関して，クライアント側で線の切断を行うのは，切断すべきデータが完全にクライアント側に渡されているかどうかが保証できないため，データベース側で切断作業を行う必要が生じる。しかし，運用しながら切断を行うのは現実的ではない。そこで，同一地区について行政界を修正する作業が年に２回以上発生することはないことから，年に１回設けるメンテナンス期間を利用し，過去１年間に行政界レコードが更新された部分について，データの切断を行うこととした。

５．11　想定する使用形態

ＮＴＩＳのデータベースは，情報を適切に更新，管理するための手段として構築するものである。構築当初から，１時間に最大でも数十件のアクセスまでを考慮して設計しているが，インターネットからのデータ閲覧にそのまま流用することは不可能である。データ閲覧自体の機能は実装するが，不特定多数に対するデータ閲覧を想定していない。

６．データ設計

次に，データベースで扱うデータの設計を行った。データ設計に際しては，可能な限り単純にし，同じ情報を二カ所に持つことなく，かつ可能な限り論理チェックを必要としないものを目指した。

ＮＴＩＳでは，データ形式にトポロジー算出型を採用している。したがって，トポロジーを算出できるような幾何条件を満たすことをデータ仕様上明記することによって，トポロジー定義を代替できるため，トポロジーに関するデータ設計は必要ない。

さらにＮＴＩＳでは，管理するデータは必ずしも２万５千分１地形図の作成のみに使用するわけではない。多用途への使用を意図しており，将来のデータの利用者が広範にわたることを前提としている。そこで，個別の利用目的に応じた情報は，各利用者が必要に応じて得ることができるようにしておき，それらの情報をあらかじめデータレコード内に明示的に持たせることは可能な限り避けることにした。面形式の利用を想定しているデータ

セットは，その仕様内に面を定義するための情報を持たせるのが一般的だが，面の情報を必要としない利用者に対しては，面の情報を利用しないにもかかわらず，データ処理上それを無視するような処理コードを余計に書く手間を求めることになる。もっともＮＴＩＳの主目的が，２万５千分１地形図の維持管理であることから，これに必要な属性は持たせる必要がある。そこで，汎用に使用する固定長部分と２万５千分１地形図用に使用する可変長部分にデータ仕様を分けて定義することにした。

以下に，ＮＴＩＳで扱うデータ形式について，記述する。ここでは，ＮＴＩＳフォーマット，内部フォーマットという２つの名称を使い分ける。ＮＴＩＳフォーマットは，ＮＴＩＳで扱うデータを外部と交換する際のテキストフォーマットを示したものであるとともに，対外的にＮＴＩＳで扱うデータの概念モデルを示したものである。内部フォーマットは，ＮＴＩＳフォーマットに，データベース内でデータレコードを管理するために必要な情報を付加したもので，内部フォーマットは，データベース内部のみで使用されるものである。

６．１　データのレコード種別

ＮＴＩＳが扱うデータのレコード種別は，「点」「線」の２種類のみである。線は，幾何的属性として補間点列を持つ。「面」に関するレコードは，必要がないため，ＮＴＩＳでは定義していない。

６．２　「点」データレコードの構成

データレコードは，「点」「線」とも，固定長部分と可変長部分で構成している。固定長部分は，各レコード種別のすべてのレコードが共通して持つデータフィールドであり，時系列関係，精度関係，初期ＩＤ，種別番号等である。ＮＴＩＳフォーマットにおける点レコードの固定長部分の構成を表－１に示す。

表－１　点レコードの固定長部分(ＮＴＩＳフォーマット)

フィールド名	内　　容
区分コード	点か代表点を示す
行政コード	5桁の行政コード
発生日	地形図上に記載された日付
発生日フラグ	発生日の正確性を示す
消滅日	地形図上から消去された日付
消滅日フラグ	消滅日の正確性を示す
確認日	当該レコードの存在を確認した日
初期ＩＤ（X）	固有ＩＤの一部
初期ＩＤ（Y）	固有ＩＤの一部
初期ＩＤ(sub)	固有ＩＤの一部
精度レベル	当該レコードの精度レベル
情報番号	予約
図式コード	データ種別を示す
位置（X）	データ位置
位置（Y）	データ位置
サブＩＤ	重複番号

・区分コード

点として意味を持つレコードか，面の代表点としての意味を持つレコードかを示す。

・行政コード

行政界データ，海岸線データ，行政界代表点等を基にデータベースからのデータ送出時に算出して付与する。したがって，内部フォーマットには含まない。

・発生日，消滅日

当該レコードが有効になった時点と無効になった時点を示す。運用上，地形図に記載された時点と地形図から消去された時点とみなす。これは測量日と同じ意味であり，刊行日を指すものではない。

・発生日，消滅日のフラグ

発生日，消滅日の正確性を示す。高速道路の開通日等，それらが明確に分かるものと，通常の道路や建物等の，いつ発生，消滅したかが明確に分からないものの区分を示す。発生日，消滅日が明確なものは，その日付を発生日又は消滅日に記録することができ，それらの日付の正確性をこのフラグによって見分けることができる。

・確認日

地形図の情報として当該レコードが示す地物が，現実世界に存在することを確認した日付を表す。測量日と同義である。

・初期ＩＤ（X，Y，sub）

個別レコードを見分けるために用意するもので，位相を定義するためのＩＤではない。位置座標から自動的に生成し，同一座標に重なったデータが存在する場合に備えて，重複データを見分けるためにユニークに設定されるサブＩＤと組み合わせる。サブＩＤは，ＮＴＩＳフォーマットでは２桁，内部フォーマットでは４桁で定義している。データベースでひとたびレコードに付与された初期ＩＤは，決して変更されない。

クライアント側で新しく追加されたレコードには，9000番台の仮番号を持つ初期ＩＤがふられている。これは，クライアント側に，時系列上過去に消滅したことになっているデータが送付されない場合に新規レコードが登録されると，サブＩＤがユニークとなることが保証できないためで，レコード更新時にデータベースで改めて２桁の正規のサブＩＤを算出して付与し直すことによって，初期ＩＤが確定する。

・精度レベル

当該レコードが取得された基図がある場合は，基図の縮尺の分母を記録する。ＤＧＰＳ等で直接取得した場合は，その取得精度に応じた精度レベルを設定する。

・情報番号

基本情報調査で付与される情報番号を記録することを想定しているが，現時点では予約として扱っている。

・図式コード

可変長部分のフォーマットを示す番号。

・位置（X，Y，サブＩＤ）

当該レコードの位置を示す。

以上がＮＴＩＳフォーマットにおける点レコードの固定長部分であるが，このほかに内部フォーマットでは，以下の情報を持つ。

・登録日，削除日

当該データレコードがデータベースに登録された時間及びレコード自体が無効であると判断された時間である。データベース上でのレコードの存在期間を示す。

固定長部分以下には可変長部分が連続する。可変長部分のフィールド構成は，図式コードによって異なる。地形図図式での分類を基本に，性質が似た種類の地図記号をまとめて図式コードを決定した。各図式コードの中にはさらに「種別」フィールドがあり，例えば図式コード11「基準点」の場合「水準点」「標石のある標高点」「標石のない標高点」「水面標高」等12種類に分類されている。ここで，図式コード内の種別は単なる属性であるから，同種の地図記号の追加は容易である。なお，地形図の地図記号以外の種別にも対応することができる。一例として，図式コード11「基準点」には，「グリッド標高」「多角点」「山岳標高（1003山）」の３種類が，地形図には表示されないデータとして定義済みである。今後，社会情勢の変化に応じて増加するものと思われる。

６．３　「線」データレコードの構成

「線」データの固定長部分は，「点」データのものとほぼ同じである。表－２に線レコードの固定長部分を示す。

表－２　線レコードの固定長部分(ＮＴＩＳフォーマット)

フィールド名	内　　容
区分コード	線か，面を構成する線かを示す
行政コード	5桁の行政コード
発生日	地形図上に記載された日付
発生日フラグ	発生日の正確性を示す
消滅日	地形図上から消去された日付
消滅日フラグ	消滅日の正確性を示す
確認日	当該レコードの存在を確認した日
初期ＩＤ（X）	固有ＩＤの一部
初期ＩＤ（Y）	固有ＩＤの一部
初期ＩＤ(sub)	固有ＩＤの一部
精度レベル	当該レコードの精度レベル
情報番号	予約
図式コード	データ種別を示す
始点（X）	始点位置
始点（Y）	始点位置
サブＩＤ	重複番号
接続フラグ	始点の接続状態を示す
終点（X）	終点位置
終点（Y）	終点位置
接続フラグ	終点の接続状態を示す

線は，必ず両方の端点を持つため，１つしか座標を持たなかった点レコードにもう１つ座標フィールドを追加し，片方を始点，他方を終点とした。線の代表点は始点とする。点レコードと決定的に異なるのは「接続フラグ」である。接続フラグは，当該線の端点と同じ座標上に他の線の端点が存在する場合，それらと接続しているとみなすかどうかを示すフラグである。「接続フラグが有効の場合，同一端点に存在し，接続フラグが有効な線と互いに接続し合っているとみなし，たとえ同一端点上に存在しても，接続フラグが無効な線とは接続しているとはみなさない。」ことを大原則としている。また，接続関係は，接続フラグを持つ位置でのみ判断することとし，座標が同じ中間点相互では接続関係があるとみなさない。位相算出の条件定義次第だが，補間点に接続フラグを付加するという選択肢や，座標一致はすべて接続とみなし，接続フラグを省略する選択肢があることも付記しておく。

６．４　ＮＴＩＳフォーマットのレコード種別

ＮＴＩＳフォーマットは，「新地形図情報システム」用の概念モデルであるが，将来の適用範囲拡大を想定し，いくつかの地形図以外の情報も事前に定義している。既に１～401番までレコード種別が定義済みであり，その大まかな区分は以下のようになっている。

1～ 99	地形図用データ
100～199	地形図整飾用データ
200～299	主題図用データ
300～399	情報サービス用データ
400～499	基本情報調査用データ

ここで，名称がデータの用途を限定するものと短絡的に考えてはならない。1～99は，地形図用のデータであるが，印刷図のみを意図したデータではない。地形図の作成に必要な地物という意味であり，その取得基準はＮＴＩＳフォーマットと切り離して定義されている。

ＮＴＩＳが稼働を始める平成14年度初頭のデータは，理想的な地理情報ベクトルデータにはほど遠いものであることを否定しない。なぜなら，データの作成，取得には多大なコストを要するため，コスト面の制約から，理想的なデータ仕様を実現できず，妥協せざるを得なかった部分が存在するためである。そのような部分については，今後，個別に仕様の改良を図ることができるように配慮している。

ＮＴＩＳは，地物レコードとは異なる特別な意味を持ったレコードを持っている。データ包括線レコードと図面描画用レコードである。これらの意味について述べる。

６．５　データ包括線レコード

データ包括線は，ベクトル形式のデータベースから，いわゆるフリースタイル形式の地図データセットを抽出する際に不可欠のデータレコードである。

単一のベクトル型地図データベースから任意の場所を任意の形状で切り出す場合，行政界や水涯線等のような，最終的に面として認識させる必要があるデータを送出す

る場合，クライアントが面を構成するのに必要な幾何条件を満たすようなデータを渡す必要がある。

そのようなデータが存在しなければ，面を構成する閉曲線を形成できない。あるいは，ＮＴＩＳのような位相算出型データベースではなく，位相明示型データベースであっても，任意の形状でデータを切り出す場合，同様の作業が必要である。このため，従来は，あらかじめポリゴンを細かく切り分けたデータや，面を構成するためのデータを用意する手法が採られていた。しかし，ＮＴＩＳでは，これらの余分なデータを用意することなく，ベクトル型の地図データベースから，どこを，どのような形状で切り出しても，面を算出することができる幾何条件を満足する地図データセットを生成するという手法を考案し，実装した。

具体的には，地形図描画をするにあたって，水面や樹木に囲まれた居住地といった領域は，藍マスクあるいは墨マスクによって塗りつぶして表現しなければならない。

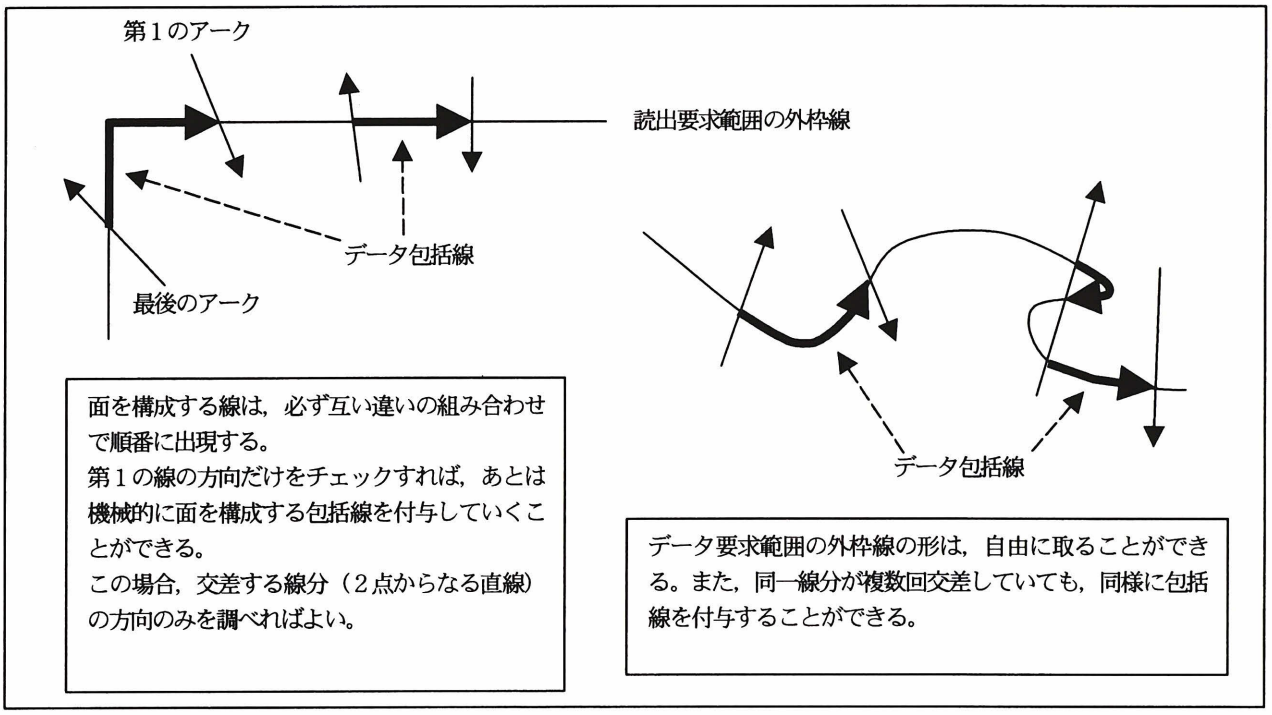
一方，ＮＴＩＳのデータはシームレスであるため，特に広範囲に及ぶ水面については，そのどこでデータを区切って読み出されるかは予想ができない。また，データの区切りによって読み出し範囲になんらかの制限が加わるようでは，「いつでも，どこでも」というＮＴＩＳのコンセプトが崩れてしまう。そこで，シームレスなデータのうちで，どこをどういう範囲で切り出したとしても面を構成できるような幾何的条件を満たすために，データ範囲を包括する部分に面を構成することができるような線データを適宜付与しなければならない。

従来のベクトルデータで描かれる地図は，何らかの形であらかじめ領域を分割して，描画に必要なデータをあらかじめ用意しておく必要があった。その多くは，２次メッシュ区画を利用して，面情報もこの区画線で必ず閉じており，２つの２次メッシュ区画を隣接させて表示することで連続する面を表現するという手法がとられてきた。あるいは，もう少し自由度が高いデータでは，一定間隔で面を切断し，細かい面を構成して読み出し範囲に含まれる面データを利用することもあった。しかし，この方法では，将来のデータメンテナンスの際に，面情報をその都度再構成しなければならなかったり，柔軟な領域指定が困難（余計な領域を取り込む必要が生じる）等の問題点があった。

ＮＴＩＳでは，あらかじめ面を分割するデータを用意することなく，要求された読み出し範囲によって自由に面を構成できなければならなかった。ここで要求された範囲とは，矩形のみでなく任意多角形も含まれる。

そこで，面は，それを構成する境界アークが分岐することがない点に着目した。図－７のように，読み出し要求範囲の外枠線（ここでは外枠線は必ず右回りとする）を順にたどっていき，その線と交差する面的アークを順に抽出する。ここでは，交差する面的アークのみを抽出すればよく，どういう面が構成されるかをチェックする必要はないが，必ず順番を記録しておくことが重要である。また。接する場合は除外し，外枠線と一致する線分を通る場合は，外から内またはその逆の場合は交差するとみなし，外から外または内から内の場合は接するとみなす。ここで，交差線リストは，代表点なし面的アークと代表点有り面的アークのそれぞれについて作成する。

代表点なし面的アークについては，右側が領域であると決まっていることから，要求範囲の外枠線が最初に交



図－７　データ包括線の付与方法

差する面的アークの向きを調べる。この第１のアークの向きを調べることで，外枠線の始点が何らかの面内にあるかどうかを知ることができる。第１のアークが外枠線の方向に対し，右から左へ交差している場合，始点は面内にはない。左から右へ交差している場合は，始点は面内にあると判断できる。始点が面内にあると判断されれば，外枠線交差線リストの最後のアークが外枠線の始点が含まれる面の構成線と断定できるため，外枠線交差線リストの最後のアークと外枠線との交点から外枠線と第１のアーク交点までを順方向で結ぶ線が最初の包括線アークとなる。第１のアークがつながれば，後は第２から第３，第４から第５と順次交点から交点へ外枠線をトレースしながらデータ包括線を付与していく。かならず交差線リストの交差線数は偶数となるため，これですべての面を自動的に構成できる。

代表点あり面的アークの場合はもっと単純で，すべての交点を順次結ぶ包括線をつけるだけでよい。代表点へのリンクをあらかじめ必要に応じて算出し，代表点あり面的アーク側に用意しておくことで，代表点がない場合に最終的に代表点を生成することもできる。

この包括線の付与によって，初めてベクトルベースでの地図表現のシームレス化及び任意範囲の抽出が実現可能になる。このデータ包括線の付与方法は，今後ＮＴＩＳで任意範囲の地図データを作成するために利用される基本的な技術になり得ると思われる。

６．６　図面描画用ベクトルレコード

図面描画用ベクトルレコードは，厳密な意味の地図データではない。本質的な意味を全く持たない単なるデータにすぎず，線画を描くためのデータである。

このデータは，図式どおりに表現することが不可能な部分について，印刷図として表現するためにあらかじめ補助的に付加された情報である。

したがって，新たなこのレコードの入力は可能な限り回避すべきであり，運用時に原則として使用しない旨周知しなければ，結果的にＮＴＩＳのデータベースがこのレコードだらけになってしまうかもしれない。そうなると，地形図情報データベースではなく，単なる地形図線画データベースになってしまうので，運用上，十分に注意すべきである。

７．編集ソフト

編集ソフトは，ＮＴＩＳデータベースで管理される全てのデータレコードを適切に更新するサブシステムである。ＮＴＩＳデータベースのデータを更新することができるサブシステムは，メンテナンス用のユーティリティを除けば，この編集ソフトのみである。

編集ソフトは，当初，３つの要求を具現化するものでなければならなかった。ベクトルによる地形図修正，Windowsアプリケーションとしての構築及びＶＲＣからの円滑な移行である。もっとも，ＶＲＣからの円滑な移行については，設計開始当初と現在で方針が同じとはいえない状況にある。当初は，ＶＲＣからの円滑な移行は必須課題であり，ユーザインタフェースや修正方法などは，可能な限りＶＲＣのものを継承し，データがベクトル化されていることをできるだけ編集者に意識させないこと，とされていた。ところが，これについて本稿執筆時点で，ＶＲＣからの移行よりもデータの保全を重視する考え方が台頭しはじめている。恐らく，ＶＲＣからの円滑な移行よりもデータの保全を優先することになると予想されることから，実装段階にあったユーザインタフェースを急遽変更する等の作業を行いつつある。したがって，実際に稼働する編集ソフトの特にインターフェース部分と，本稿が異なる可能性がある。

７．１　編集ソフトの適用範囲

編集ソフトは，これまで地形図修正システム（ＶＲＣ），注記編集システム（ＮＲＳ），基本情報調査用のシステム（Ｒ３），点検図出力システム（ＶＲＣPlot）等の複数のサブシステムが行っていた機能をすべて統合する。これにより，シェルスクリプト等から起動するソフトウェアを選ぶ動作を排するとともに，機能をモジュール化してソフトウェアを構築することによって，特定の機能を外した簡易ソフトウェアの作成や新たな機能を実現するモジュールの追加等を容易に行うことができる。

７．２　Windowsアプリケーションとして構築

ＮＴＩＳのクライアントは，TCP/IPのネットワーク上のノードとして存在していれば，ＵＮＩＸアプリケーションでもWindowsアプリケーションでも構わない。しかし，編集ソフトについては，「Windows上で動作する情報修正用クライアントの構築」という要求があったため，自動的にWindowsアプリケーションとしてＰＣ上で動作するソフトウェアを構築することとなった。ネットワーク上のＮＴＩＳクライアントとしては，10Mbps以上のＬＡＮで地測データベースと接続していることを前提とした。

また，本ソフトウェア単体の機能として，ＮＴＩＳのクライアントとしてだけではなく，スタンドアロンのＮＴＩＳデータ編集用のソフトウェアとして稼働する必要もあった。修正作業の外注時に貸与する場合は，ＮＴＩＳデータベースとネットワークで接続して動作することはないためである。このため，データベースアクセス機能をメニュー上に表示するかどうかを設定できるようにした。

Windows上で動作するアプリケーションとすることで，従来はプロッタの制御に専用のドライバを必要としたが，Windows用のドライバを持つプロッタやプリンタであれば機種を選ばなくなるため，特別なドライバソフトを構築する必要がなくなる。また，ＰＤＦやＳＶＧといったデータ交換用のディジタルファイルへの出力も，プロッタやプリンタへの出力と全く同じ手順で行えるようになる。さらに，ＵＮＩＸ上のアプリケーションでは，

ユーザ管理やファイル管理に必要以上に手間がかかるが，Windowsアプリケーションでは，それらを必要最小限で済ませることができ運用コストの低減も見込める等，様々なメリットが生じる。

７．３　ＣＡＤとして構築

編集ソフトに要求する機能範囲と，動作するプラットフォームが決定したところで，ソフトウェアの性質を明確にしておく必要があった。ＣＡＤソフトウェアとするのか，ＧＩＳソフトウェアとするのかである。

編集ソフトに要求されている機能は，基本的に地形図で必要とする情報の幾何的修正，属性修正及びトポロジー情報の修正である。ネットワーク解析や，オーバーレイ機能を利用したデータ解析機能は要求されていない。そのため，編集ソフトはＣＡＤソフトウェアとして構築することとし，ＧＩＳ用の応用機能やインターフェース等は構築対象からあらかじめ除外することを明確に打ち出した。実のところ，ＧＩＳソフトを構築するということになると，ネットワーク解析等の地形図情報の修正に必ずしも必要でない機能を追加しなければならなくなることを恐れて先手を打ってＧＩＳソフトでないことを明確にしたというのが正直なところであった。

ただし，面内を塗り潰したり，内外判定を行うためにはトポロジー情報が必要であるため，ＧＩＳとして使用するために必要な基本機能は実装している。これらを発展させてＮＴＩＳ－ＧＩＳのようなソフトウェアを構築するのもそれほど困難ではないと思われる。

７．４　開発工数の低減手法

短期間で構築するため，実装をソフトウェアの機能毎に分離して構築する手法を採用した。

地形図修正機能の実装に特化するといっても，エンジン部を含めて，なんらかのソフトウェアを基とすることなく，ゼロから構築をしなければならない。構築期間は330日あまりしかなかった。そこで，実装時の機能を，エンジン部，アプリケーション部，ユーザインタフェース部の３層に分け，それぞれ並行して実装を進める手法を取った。ここで，エンジン部はメモリ管理や位相算出，イベント処理等のソフトウェアの核となる部分を受け持ち，Ｃ＋＋言語によるWindowsダイナミックリンクライブラリファイル（DLLファイル）とした。アプリケーション部は，データインポート時の初期データ展開，エンジン部とユーザインタフェース部間のデータ入出力等，編集ソフトの機能を実現する部分を受け持ち，Tcl（ティクル）言語によるスクリプトファイルで構築。ユーザインタフェース部は，Visual　Basicによるモジュールとし，それぞれを可能な限り独立して実装するようにし，設計変更時の影響が他の部分に及ぶ可能性を低減し，実装後のテストの際の動作異常を発見しやすく，ひいてはデバッグ時間の短縮に寄与する構築方式を採用した。

７．５　座標系

ＮＴＩＳのデータは，緯度経度で示す座標系を採用している。そこで，編集ソフトでは，経度のプラス方向をＸ軸，北半球緯度のプラス方向をＹ軸とする直行座標系を使用した。ここで，緯度方向は，緯度帯による長さの変化が少ないが，経度方向は，緯度帯による長さの変化が大きい。編集ソフトでの座標系の表示比率を固定すると，南部では横長に表示され，北部では縦長に表示されることになる。これを回避するため，画面中心の緯度経度をもとに，ＵＴＭ座標による辺長比率を画面表示が切り替わる度に計算し，縦横比を調整して表示するようにした。これによってどの緯度帯でもほぼ同じように画面上に投影することができる。

７．６　編集領域の選択

編集ソフトは，編集単位の全域に対して行う全域修正と，編集単位に関係なく一部の狭い範囲に対して行う常時修正のいずれにも対応しなければならない。いずれの場合も，データベースとの間でロック許可等の編集権限に関する情報のやりとりを行わなければならない。そこで，編集ソフトの起動時，あるいは修正作業開始時（ここでいう作業とは，一日の業務のことではなく，「○○地区修正作業」「○○常時修正作業」等の一連の作業のこと）に，データベースに対して編集権限を要求する範囲を決定する機能が必要となった。

ここで，全域修正は，原則として編集単位毎に行われ，常時修正は編集単位と関係なく行われることに着目し，編集単位ごとの範囲選択モードと自由領域選択モードの２種類を用意した。両者は，排他的に動作するのではなく，重複して領域を指定した場合，両方を含む領域を最終的な編集領域として決定する。

７．７　編集権限の要求

編集領域を決定したら，データベースのロック管理デーモンにその範囲についての編集権限を要求する。重複して修正が行われないよう，ロック管理デーモンが全国のロック状態を常に監視しており，要求した範囲で誰もロックをかけていない場合は，要求した領域すべてについて編集許可が下りるが，他人がすでにロックをかけている領域がある場合は，そのロック範囲に関する情報（作業名，ロック日時等）が示されて，その領域を除く範囲にロックをかけるかどうかの判断が求められる。

ロック管理デーモンが編集権限を与えた領域に関する情報は，図式コード53のレコードによる閉曲線として要求した編集ソフトに返される。データベース側では，編集ソフトからその図式コード53のレコードと共にロック解放要求があるまでその領域のロック状態を保持する。

７．８　ロック範囲の解放

ロック管理デーモンから編集権限が与えられた編集範囲について，適切な修正を加え，検査をパスしたデータは，データベースに更新情報として反映されるべき要件を満たしている。データベースで管理するデータの整合性保持のため，一つの編集領域について，データの更新は１回のみに限定しており，更新が正常に終了した直後，

その範囲に関する編集権限は無効となり，当該ロック範囲が解放される。

ロック範囲の解放という行為は，当該範囲の修正作業が終了したことを示し，あるいは当該範囲の修正作業を放棄したことを示す行為であり，不用意にロック範囲の解放を行ってはならない。データの整合性保持の観点から，例え間違ってロック範囲を解放したとしても，同一範囲をロックし，編集権限を再取得するためには，編集範囲決定からの手順を踏み直す必要がある。

本院の全国データベースに接続された編集ソフトを利用して，システム管理者がログインした場合に限り，ロック状態を強制的に解放できる。通常運用時にロック関連の問題が生じる場合は，図式コード53の中にロック用ＩＤがコメントとして埋め込まれているので，それを利用して問題解決に当たることを推奨する。

７．９　接合部分の編集方式

修正中に接合部分でデータを入力したくなるのはよくあるケースである。編集権限を与えられている領域を超えて，接合部の作業を行う場合，以下のいずれかの方法を採ることができる。

１）あらかじめ接合領域を含めた範囲の編集権限を取得しておく。作業計画上問題ない場合は，最も安全な方法である。

２）接合部の編集時に，必要な範囲の編集権限をロック管理デーモンに対して追加要求する。ロック管理デーモンとの間で通信できる状態でネットワークに接続されていなければならない。接合部分がすでに他者によりロックされている場合は，編集権限は与えられない。

３）接合部を編集している者との間で，ローカルデータのやりとりにより接合作業を行う。作業者ＡとＢの間で接合を取る場合，Ａ側が正とすると，まずＡ側でＢの編集権限内に強制書き込みを行う。この時点で，Ｂの編集領域内に追加したデータのデータベースの更新はできない。Ａ側が自らが持つ編集領域外のデータを接合部ローカルデータとして出力し，Ｂに送付する。Ｂ側で，Ａから受領した接合部ローカルデータを読込み，自らの編集領域に取り込むかどうかを決定する。この方法を採ることで，スタンドアロンで動作している場合でも接合作業を行うことができる。ただし，二重にデータを取得することがないよう，どちらが正となるかを事前に取り決めておく必要がある。

７．10　印刷図の確認方式

編集ソフトにより修正された情報の最終的な検査では，最終出力結果となる印刷図と同じ状態で行う。したがって，印刷図としての出力結果を画面上で確認及びプリントアウトする機能を持たせた。特に画面表示で，印刷図としてのインセット部を含む図郭配置を再現表示を切り替えられるようにしている。

ところで，データベースにおける地形図情報はシームレスであるから，印刷図ではインセット表示される領域であっても，編集ソフト上ではインセット図郭に注記や建物記号がかからないよう留意しなければならない。その他は，原則としてインセット表示を意識する必要がない。また，印刷図としてのインセット表示部の裏側に隠れてしまうデータがある場合は警告する機能も持たせた。

８．まとめ

ＮＴＩＳは，従来の地図データでは一般的とされてきた考え方を大きく変えるシステムである。その変革は，データそのものから修正方法，利用方法まで広範に及んでいる。地形図情報がすべてベクトル管理となることで，これまでは不可能であったことが容易に実現できるようになる。

原データがベクトルで管理されているということは，従来は紙地図やラスタデータからベクトル化という作業を行っていた部分が不要になるということである。

特に図郭を持たない地図データベースへの移行というのは，地図管理における大変革と言え，新しい世紀の幕開けと共に将来の地図作成・管理に対し，新たな一歩を踏み出したものと思っている。もっとも，データの仕様の中には，本文でも述べたとおり，妥協せざるを得なかった点が多く残っている。今後は，これらを改良しより理想に近いデータを作り上げていくことが必要である。

ＮＴＩＳは，現時点で完成したものでなく，これからもどんどん改良されていくことであろう。また，ＮＴＩＳは，まだまだ様々な技術的課題に対応できるポテンシャルを持っている。一方で，短期間で構築せざるを得なかったことで，コンセプトが十分に実装できなかった部分もある。今後，ＮＴＩＳに関わる人たちがそれらのポテンシャルを引き出し，よりよい地図データの管理や新しい利用方法の開発を行ってくれることを期待するとともに，閣議決定でも謳われているように，これからの地図データはできるだけ早期に広く無償で提供できるようになってくれることを願いながら筆を置くことにする。

文末ながら，ＮＴＩＳの開発にあたって，位相算出型データに関する様々な助言をいただいた埼玉大学の大沢裕先生に対し，ここに感謝の意を表す。

引用文献

野中・大沢（2001）：トポロジー暗示型データモデルをベースとするＧＩＳにおける処理時間に関する実験的考察，GIS－理論と応用Vol. 9，No. 2，pp17－24

門脇・中南・小荒井（2001）：GIS基盤情報（数値地図2500）の時系列管理手法に関する研究，GIS－理論と応用　Vol. 9，No. 2，pp. 61－66