

招待論文

国土地理院における測量先端技術

ADVANCED SURVEY TECHNOLOGY IN THE GEOGRAPHICAL SURVEY INSTITUTE

稲葉和雄¹・竹本典道²・矢口 彰³・斎藤 隆⁴Kazuo INABA, Norimichi TAKEMOTO,
Akira YAGUCHI and Takashi SAITO¹工学修士 国土地理院研究企画官
(〒305 つくば市北郷1)²正会員 工学修士 国土地理院企画調整課補佐³理学修士 国土地理院測地観測センター長⁴理学士 国土地理院衛星測地課長

Key Words : VLBI, GPS, remote sensing, GIS

1. はじめに

近年の情報技術や宇宙技術の急速な革新を受け、測量技術はそれまでにない進展を遂げている。その影響は、精度の向上、作業の迅速化・効率化、成果の多方面への応用など多岐にわたっている。カーナビゲーションでのGPS測位やデジタル地図、地図を利用した情報システム等、一般利用者との接点も、これまでの基準点成果表や地形図のようなペーパーベースのものから、デジタルベースのものへ移りつつある。

本稿では、国土地理院で研究開発されている測量に関する先端技術のいくつかについて、応用の面を中心に紹介する。

2. VLBI 測量

VLBI (Very Long Baseline Interferometry : 超長基線電波干渉法) とは、宇宙で電波を放出している電波源 (クエーサー等) からの電波を、2カ所以上で同期して受信し、その到達時間の差を精密に計測する技術である (図-1)。この差を多くの電波源を用いて測定し、それを解析することによって受信点相互の位置関係を求めようとするのが測地 VLBI であり、国土地理院はこの技術を用いて高精度な測量を行っている。

VLBI は、数千キロメートルもの長距離を数ミリメートルの精度で測定することが可能で、現在のところ最も精度の高い測量技術の一つである。ただし、このシステムは、宇宙から届く微弱な電波を受信するための大型のパラボラアンテナ、数億年に1秒の誤差に相当する高性能の原子周波数標準装置、大容量高速記録が可能なデジタルデータレコーダ、そのデータを高速で処理する相関

器等大規模な装置から構成される複雑なものである。また、現在のところ、データの記録には磁気テープを用いざるを得ず、オンラインでの自動観測・実時間処理は研究途上である。

しかしながら、VLBI は宇宙の電波源を基準として観測を行うため、GPS 等には比べ長期的な安定性に優れており、また長距離の測定では現在最高精度の技術である。

これらの特性から、国土地理院では、長期間にわたる長距離の高精度な観測を VLBI で行い、その間を埋める高密度、高時間分解能の観測を GPS で行うこととして、VLBI, GPS を中心とする測地観測網を構築している。

(1) 国際超長基線測量

国土地理院では、VLBI による測量として超長基線測量を実施している。この内、国際的な VLBI 観測網と協力して実施しているのが国際超長基線測量であり、現在、鹿島にある VLBI 観測局の 26 m アンテナ (写真-1) を用いて観測を行っている。

国際超長基線測量は、NASA (アメリカ航空宇宙局) との間で共同観測の書簡を交わし、NASA の地球観測プロジェクトである DOSE (Dynamics of Solid Earth : 固体地球力学計画) の一環として実施している。

国際超長基線測量の主な目的は、グローバルなプレート運動や海面変動等地球環境変動の長期的な観測・監視、国際地球基準座標系の構築・維持等である。

プレート運動の観測は、我が国にとって大きな課題である地震や火山活動等地球科学的な現象の理解になくてはならないデータを得るものであり、海面変動の観測も長期的な海面の変化を一定の基準でモニターすることにより、適切な対応を行うためになくてはならないものである。これらは、ともに我々が安全な生活を送っていく

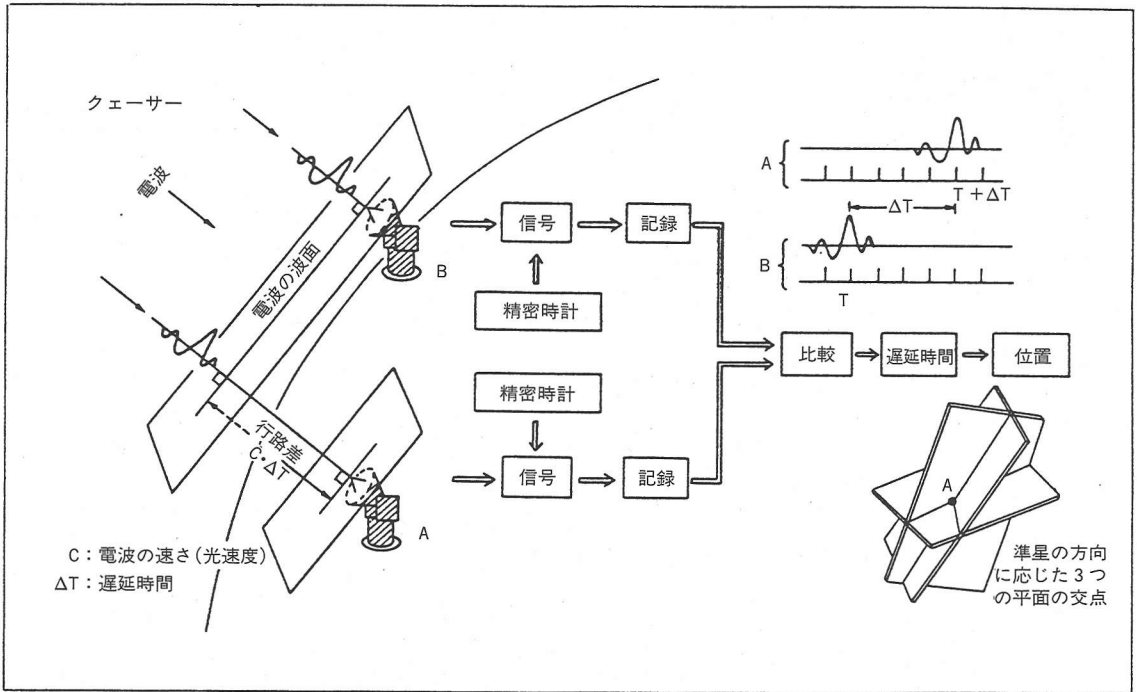


図-1 VLBIの原理



写真-1 VLBIアンテナ

ための基盤的なデータとなるものである。

国際地球基準座標系は、国土地理院が提唱して現在進行中の地球地図等国際的な地球観測関連事業の基礎となる基準座標系として無くてはならないものであり、21世紀の国際社会の基盤として重要な役割を果たすものとなる。

国際超長基線測量では、観測データを記録した磁気

テープは、観測終了後直ちにNASAに送付され、相關局において相關処理が行われ、NASAの解析者により定常的な解析が実施され、データベースに格納される。共同観測に参加している研究者は、このデータベースにアクセスして、必要なデータを取りだし、それぞれの目的に応じて、さらに詳細な解析を行っている。NASAによる解析結果は年次報告として発表されている。

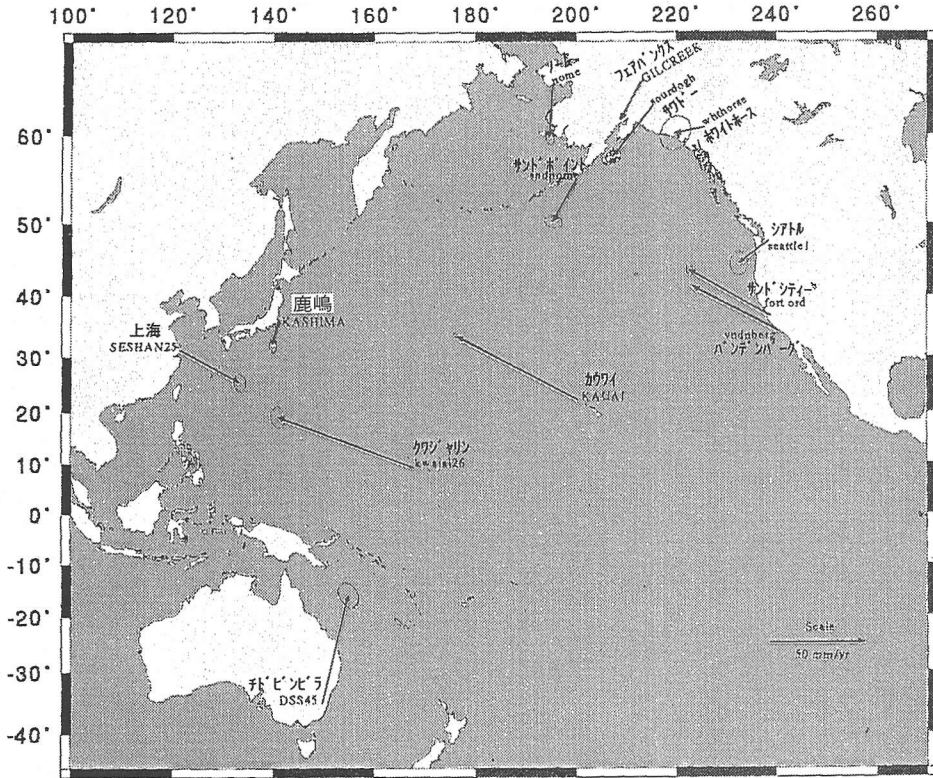
また、このデータは、IERS (International Earth Rotation Service: 国際地球回転観測事業) の重要なデータとして、地球回転の詳細な決定 (地球基準系 (ITRF)) の維持に不可欠のものとなっている。

このような国際観測によるデータの解析から得られた成果の一部を紹介する。図-2は、NASA/GSFCによる解析によって得られた観測点の速度ベクトルを示したものである。

この図から、カウアイ局 (ハワイ) やクウェジュリンが大きな速度で運動していることがわかる。また、アメリカ大陸西岸のカリフォルニアの観測局もハワイとほぼ同じ運動をしていることがわかる。これらの観測点はすべて同じ太平洋プレートに位置している。カリフォルニアの北のシアトルの動きは北アメリカプレートの動きを反映している。

この二つのプレートの動きの違いによって、それらの境界に歪みが発生し、大きな地震を繰り返し起こすことになるのである。これらは既に常識となっているもので

環太平洋地域のプレート運動速度



図一 観測点の速度ベクトル

はあるが、これらの動きが世界的に直接測定されたのは VLBI による観測が本格的に開始された 1980 年代半ばとなってからである。

この図を得るために用いられた VLBI の観測データは 10 年以上の蓄積があり、ほとんどの観測点の位置精度は 1 cm 以下、速度精度は 5 mm/年以下となっている。

これらのデータの内、鹿島を中心としていくつかの観測局との間の距離の変化を図一 3 に示す。

ウェストフォードはアメリカ合衆国の北東部に位置し、北アメリカプレートに乗っている。鹿島との距離の変化はほとんど無いことがわかる。これに対して、ユーラシアプレート上にある上海と鹿島との距離は年間 3 cm 弱の速度で縮んでいる。これから、鹿島はユーラシアプレートでなく北米プレートと一体的に動いているのではないかと考えられる。

(2) 国内超長基線測量

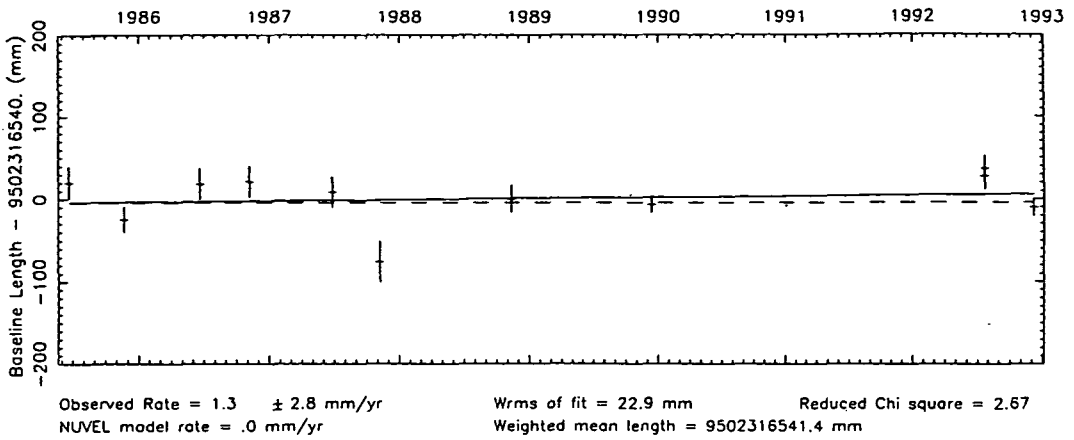
国内超長基線測量は、VLBI の長距離高精度距離測定能力を生かして日本に数 100 km から 1000 km 程度の大規模な基準点網を構築するために開始された。当初は

ちょうど観測がスタートしていた DELP の一環として日本とその周辺のプレート運動の観測を行い、その後、全国の移動観測を開始した。さらに、海面変動観測の精度向上のための験潮場近傍への高精度基準点の設置も加え、現在に至っている。

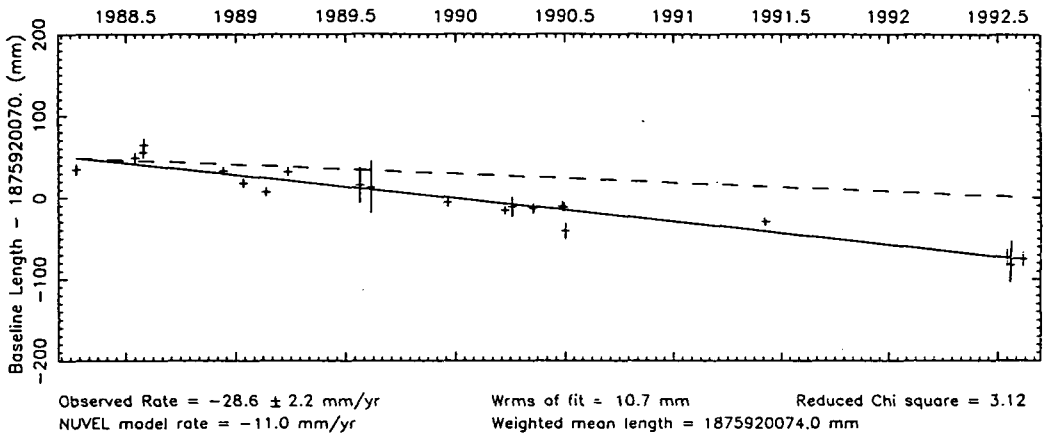
移動用 VLBI は世界的にも数少なく、貴重なシステムといえよう。国土地理院での開発は郵政省電波研究所(現在の通信総合研究所)の協力により昭和 56 年度から開発を開始し、59 年度に完成、60 年度の試験観測の後、全国で移動観測を行った。現在までに観測を行った点は以下の通りである。年間 1~3 回の観測のため、現在までに 2 回以上観測を行っているのは、システムが常置されているつくば以外では宮崎県新富、小笠原村父島のみである。この内、父島の二回の観測の結果フィリピン海プレートの動きが実測された。これによると、フィリピン海プレートの鹿島に対する動きは、約 37 mm/年である(図一 4)。

(3) 今後の超長基線測量

昭和 59 年度から実験観測を開始した国土地理院の



(a) 鹿島—ウェストフォード基線の距離の時間変化



(b) 鹿島—上海基線の距離の時間変化

図—3 鹿島からの距離の変化

VLBIは、10年間にわたって移動観測を続けてきたが、その間VLBI周辺の状況は一変した。最も大きな変化は、後述するGPSの発展といえよう。日本全国に設置されつつある数百点のGPS連続観測点とVLBI観測とを相補的に組み合わせることによって、よりよい日本測地網を整備することが可能となった。このため、日本全国の高密度高頻度の観測はGPS連続観測網によることとし、VLBIは国際基準系の維持・高精度化、プレート運動の観測とGPS観測網等国内観測網の規正をその主な目的とすることになる。このため、VLBI観測網は従来の移動観測から国内数力所の固定観測へと大きく変化することになった。国土地理院は現在、父島、鹿児島県始良町にアンテナ直径10m級の固定VLBI観測局を、またつくばにも大型アンテナを持つ観測局をそれぞれ整備中である。これらの局は既設の鹿島、新十津川局とともに、

国内VLBI観測網を構成し、日本とその周辺のプレート運動の観測、国内測地網の規正等の重要な役割を果たすことが期待される(図—5)。

3. GPS連続観測システム

国土地理院では、現在、全国でGPS観測を連続的に行うシステムの整備を行っている。これまでに約600箇所の観測局を設置し、平成8年度に約300箇所の増設を計画している。これらの観測施設から観測データを茨城県つくば市の国土地理院にある中央局へ送信してデータ処理を行っている。

このGPS連続観測システムは、システム稼働開始後まもなく発生した平成6年10月の北海道東方沖地震による地殻変動を直ちに捉えることに成功し、その後、頭

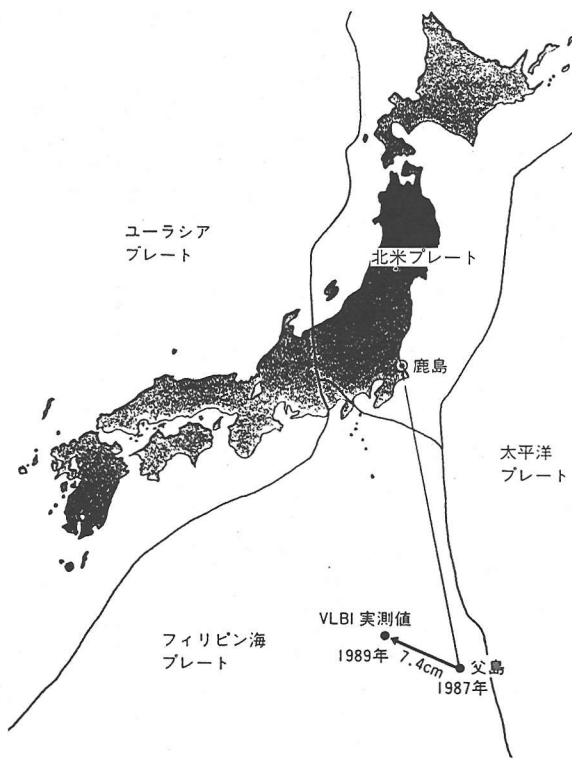


図-4 父島の変動ベクトル

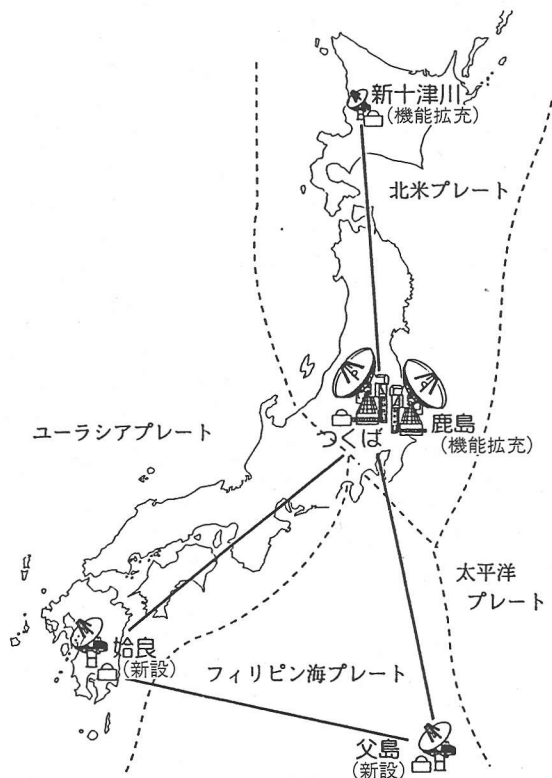


図-5 固定 VLBI 観測局

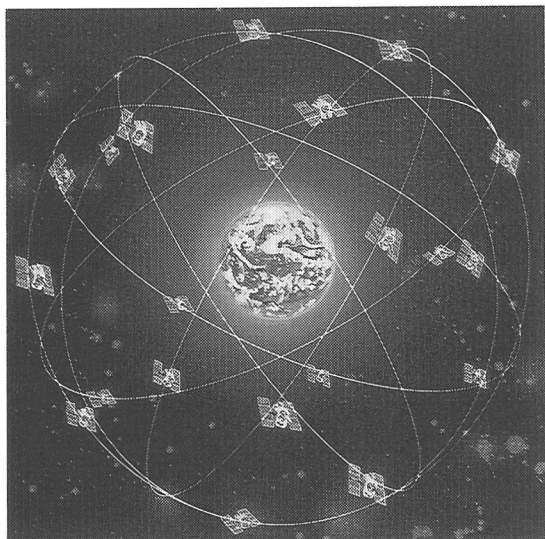


図-6 GPS 衛星の配置図

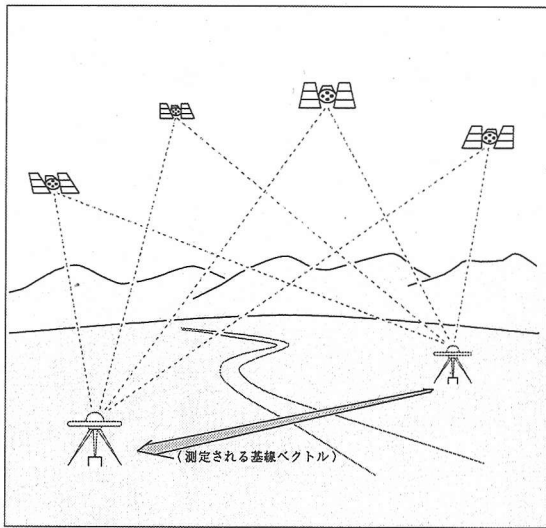
著な地震をとまなわない地殻変動をも捉えるなど既にその威力を発揮している。また、この GPS 連続観測システムは、測量を迅速かつ効率的に行うための新しい国家基準点システムとしても大きな役割を果たすであろうと期待されている。

(1) GPS (汎地球測位システム) について

GPS は、米国国防総省が打ち上げた 24 個の衛星 (図-6) から発信された電波を受信し、発信から受信までに要する時間から求められる衛星までの距離から、受信機 (アンテナ) の位置を決定するシステムである。衛星はそれぞれ地上約 2 万 km の上空を 1 日ほぼ 2 回周回しており、地球上のどこからでも、いつでも概ね 5 個以上の衛星が観測できるように配置されている。

GPS は、そもそも船舶等の移動体の測位を目的としたシステムで、最近ではカーナビゲーション等にまで使われるようになってきている。

測量では、直接位置を求めるのではなく、4 個以上の衛星の電波を 2 地点に置いた 2 台の受信機で同時に受信し、2 点間の距離及び方位を求める相対測位方式を用いるのが普通である (図-7)。特に、GPS 連続観測局の場合は、長期間の観測データを平均すること及び電離層や



▲ 相対測位

図-7 GPS 測量の原理

水蒸気の影響を補正することにより更に精度を向上できるため、100 km で数 mm の測位精度が実現できている。

(2) GPS 連続観測システムの概要

システムの基本は、全国に配置された多数の観測局とつくば市の国土地理院内に設置されている中央局で構成されている。観測局では常時無人でGPS衛星からの電波を受信する。観測されたデータは電話回線を利用して中央局に送られる。中央局では観測データを解析し各観測局の位置を計算する。

基線解析はその精度により2種類行っている。一つは、GPS衛星から受信した予報軌道情報(放送暦)を用いた即日解計算で毎日前日分の観測データを処理する。その結果は日々の観測データの良否の判定及び地殻変動の迅速把握に用いられる。もう一つは、IGS(国際GPS地球力学事業)から提供される精密軌道情報(精密暦)を用いた精密解計算で、精密暦が得られ次第計算を行うが、通常観測日の20日程度後になる。さらに、地球回転パラメータ、世界各地の観測データを用いて解析し、100 kmの長距離基線でも、水平成分で数 mm、鉛直成分で数 cm の高精度が実現できる。

(3) システムが捉えた地殻変動

本システムが稼働してまもなく、北海道東方沖地震(平成6年10月4日、M8.1)前後の地殻変動を捉えることに成功した(図-8)。従来であれば数カ月を要する結果が数日で得られるという本システムの有効性を如実に示した。その後立て続けに発生した三陸はるか沖地震(平成6年12月28日、M7.5)及び兵庫県南部地震(平成7

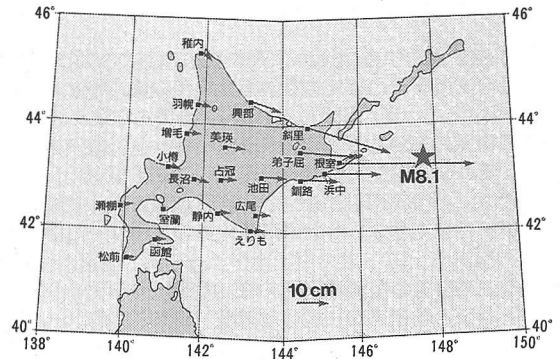


図-8 北海道東方沖地震による地殻水平変動 1994年10月4日(M8.1)

年1月17日、M7.2)についても地震にともなう地殻変動を的確に捉えている(図-9、図-10)。三陸はるか沖地震では、地震の際の変動だけではなく、その後の余効運動が1年にわたって続く様子も捉えることができた。

さらに、平成8年5月に房総半島東部で大きな地震をともなわず数日掛けて1 cm程度移動するというゆっくりした地殻変動が起きていることを捉えることにも成功した。5月19日から20日にかけて九十九里浜付近及び勝浦付近でM3.9程度の地震が起きてはいるが、観測で捉えられた1 cm程度の地殻変動を説明する規模ではないため、いわゆる「ぬるぬる地震」を捉えたのではないかと注目されている。

(4) システムの測量事業への利用

GPSを用いて測量を行うには、新たに位置を求めたい点にGPS受信機を設置するとともに、予め位置の求められている基準点にもGPS受信機を設置して同時に同じGPS衛星の電波を受信する必要がある。この際、基準点でのGPS観測が省略できれば、作業効率が大幅に増すことになる。

GPS連続観測局が国家基準点体系の中に位置づけられてその位置が予め求められていれば、利用することができる訳である。このように国家基準点体系に位置づけて基準点として利用するGPS連続観測局を「電子基準点」と呼んでいる(写真-2、図-11)。

昨年度、阪神大震災後の復興作業の円滑化の為に、国土地理院は測量関係団体及び測量機器メーカーの協力を得て、神戸市及び周辺並びに淡路島に緊急的に8個の電子基準点を設置し臨時の成果サービスを試験的に実施した。現在、国土地理院は、電子基準点の運用に必要な制度・体制の整備等の準備作業を行っているところである。

(5) システムの課題

本システムは、これだけの規模のものは世界的にも例

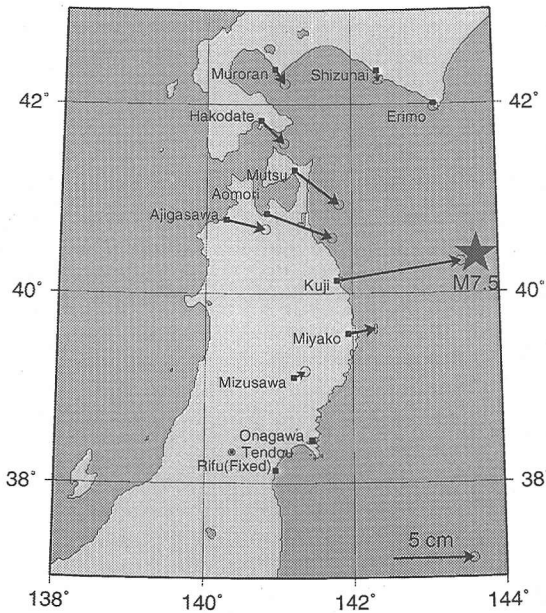


図-9 三陸はるか沖地震による地殻水平変動 1994年12月28日 (M7.5)

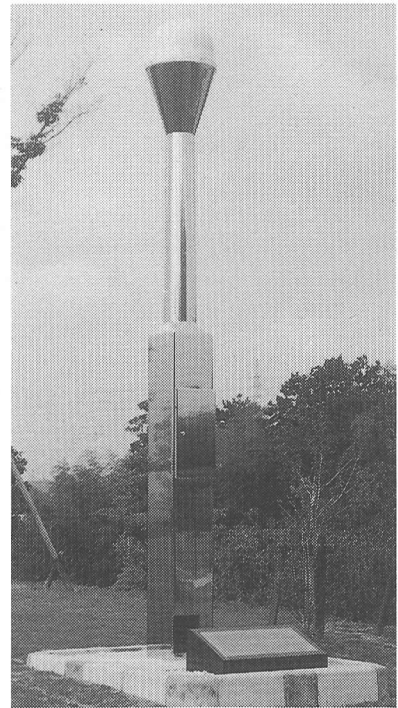


写真-2 電子基準点

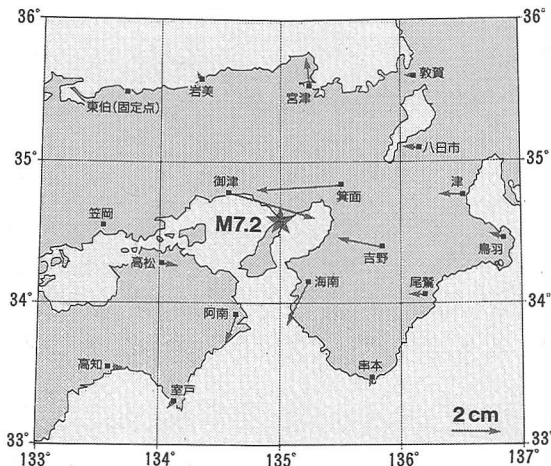


図-10 兵庫県南部地震による地殻水平変動 1995年1月17日 (M7.2)

が無く、まだまだ発展途上の面が多いため、試行錯誤を重ねながら完成をめざしていかねばならない。

まず、システムの信頼性を高めることが重要である。本システムの有効性が認識されるに従って、観測データをより確実に提供する責任が生じている。特に、地震前後の観測データを迅速に提供して地震メカニズムの解明、余震等の地震活動の推移の予測などに役立てることが必要である。このため、データ通信手段の多重化、リモートメンテナンス技術の開発等が課題である。

観測局の密度を高めることは、システムの信頼性、精度いずれの向上にも有効である。今年度設置を計画している300弱の観測局の増設が行われるとシステムの強化が図られるが、現在は山間離島等電力確保や通信が困難な地点の設置が十分で無いため、そのような条件に耐える観測局の開発も行いたいと考えている。

4. EODAS (Earth Observation Data Analysis System : 地球観測データ解析システム)

1994年3月に国土地理院では、リモートセンシングデータを用いて国土の災害監視と把握を行うため、地球観測データ解析システム(愛称EODAS: Earth Observation Data Analysis System)を導入した。

このシステムは、NOAA衛星の受信処理施設を中心に、各種の地球観測衛星データ、空中写真データ及び地図データの処理施設を組み合わせたものである。リモートセンシング技術は、様々な機能を持つセンサーの開発に伴い、現在では海象・土地被覆・植生・地質など、多種多様な研究に用いられている。また、近年では、ステレオ画像を取得できる衛星が出現し、写真測量の原理により地形計測も可能となった。国土地理院では、このシステムを用いて、地表の自然災害の状況や環境実態等の

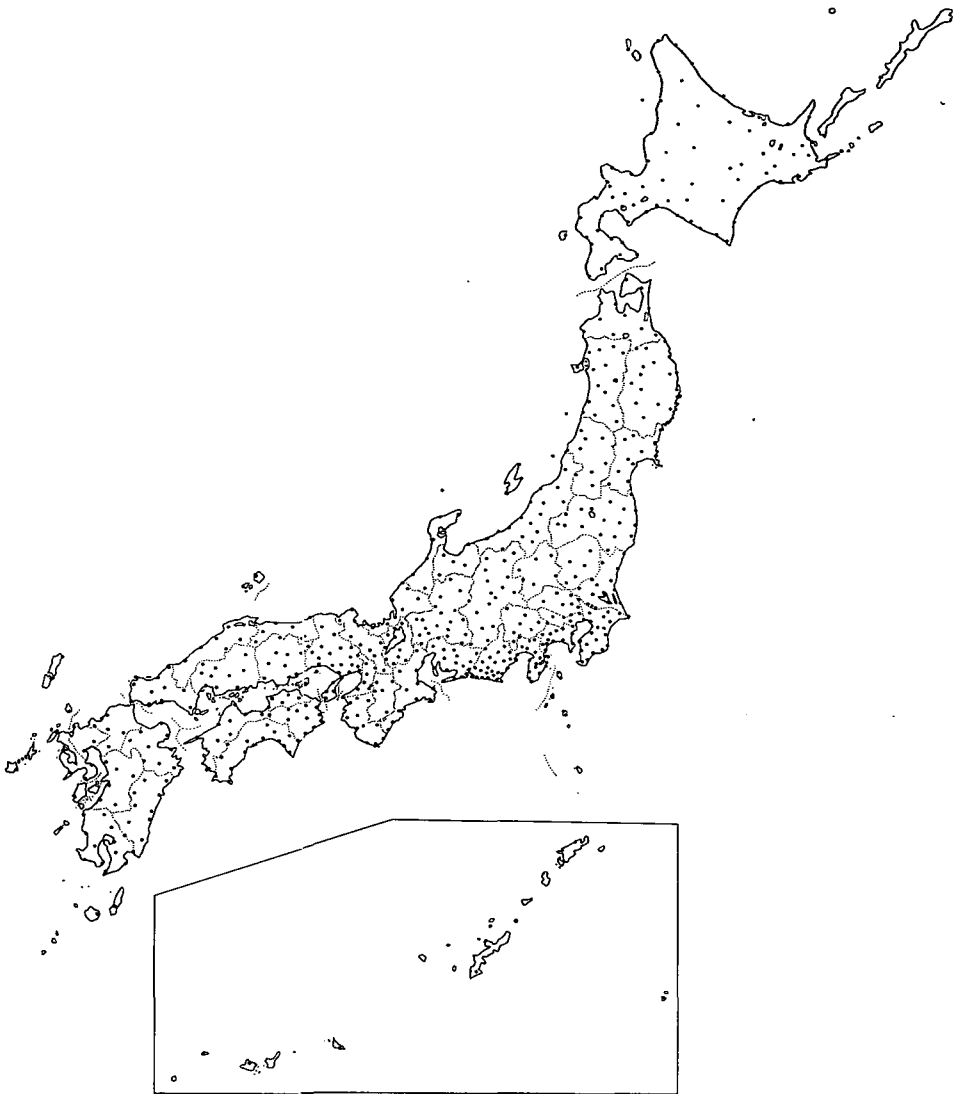


図-11 電子基準点位置図 (平成8年4月現在)

各種解析を行っている。これらの結果は、デジタルデータとして、また高品位のプリンターによる出力図として取得・保存される。

(1) EODAS の概要

図-12 に、EODAS の概要を示す。EODAS の主要な機能は次の4つである。

a) 汎用リモートセンシングデータ処理

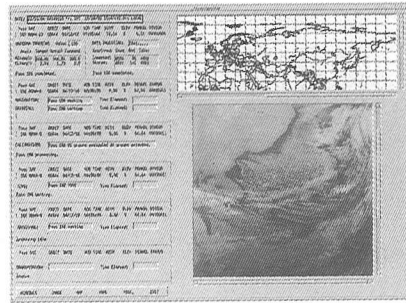
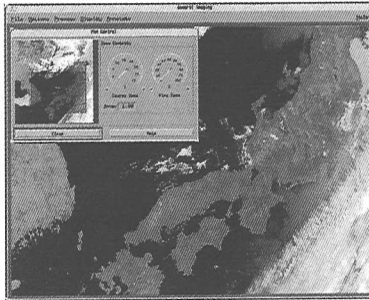
国土地理院は、平成6年度末に、地図データとリモートセンシングデータの相互提供および関連する共同研究を中心とする覚書を宇宙開発事業団と取り交わした。LANDSAT や SPOT などの地球観測衛星データを用

いて、主に防災や国土保全に役立つ利用を図っている。解析ソフトには、米国 I²S 社の衛星データ用画像処理ソフト VISTA を用いている。図-13 は、LANDSAT でとらえられた 1986 年の小貝川 (茨城県) の氾濫の様子である。

b) 数値標高モデル (DEM) ・正射投影図・鳥瞰図作成

前述のとおり、近年、ステレオデータを取得できる衛星が運用されている。EODAS では、SPOT, JERS-1 等の衛星データや通常の中空写真のデータから数値標高モデル (DEM) を自動作成するシステムを導入した。解析ソフトには、米国 I²S 社の PRISM を用いている。このシステムはまだ試験運用中であるが、将来的には作成され

汎用リモート
センシング
データ処理
General-Purpose
Remote Sensing
Data Processing.



NOAAデータ受信
NOAA AVHRR
Data Receiving.



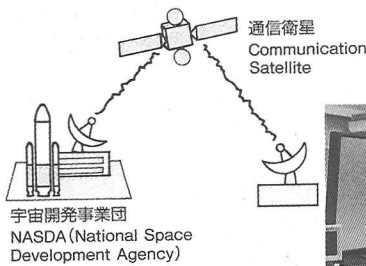
MITI/NASDA retains ownership of JERS-1 data.

数値標高モデル(DEM)、正射投影図、鳥瞰図作成
DEM, Ortho View and Bird's eye
View Generation.



データ提供 (財)リモート・センシング技術センター

GIS(地理情報
システム)
GIS to Combine
Remote Sensing
Data and Carto-
graphic Data.



さまざまな画像出力機器、
入出力装置、外部記憶装置
Various Kinds of Image
Output Equipment, I/O
Devices and External
Storage Facilities.

EODASの概観
Appearance of the EODAS
Laboratory.

図-12 EODASの概要

たDEMを利用して衛星データの正射投影図・鳥瞰図等
を作成する予定である。

c) GISシステム

このシステムは、地理情報処理ソフトGenaMap(米国
GENASYS社: 沖電気提供)を用いて、地図データの空
間解析、統計処理、衛星データの取り込み等を目的に導
入された。衛星データや空中写真データ等のラスター
データと地図等のベクタ型データを統合管理、解析処理
するものである。

d) NOAAデータ受信

これは、米国海洋大気庁(NOAA)によって運用され
ているNOAA衛星の観測データ(図-14)を国土地理院

に設置したアンテナで受信し、各種の処理解析を行うも
のであり、EODASの中心的なシステムである。ハード
ウェアやソフトウェアは米国IPS社のものである。平成9年1月現在、NOAA-12号および14号を受信している。

NOAA衛星は、極軌道衛星で、地上の同一地域を1日
に平均昼夜各1回観測することができる。NOAA-12
号は早朝7時頃、NOAA-14号は昼の1時頃につくば
市上空を通過する。軌道には若干のぶれがあるため、日
中の日本全土を観測できるのは、平均してそれぞれ2日
に1パス程度である。NOAAデータは、衛星直下の地上
解像度が1.1km、観測幅が2800kmで、可視光から遠赤

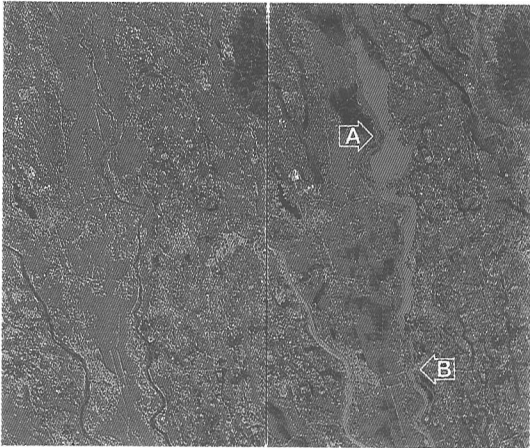


図-13 小貝川の氾濫

1986年8月4～5日、台風10号崩れの温帯低気圧が関東地方を通過しました。この影響で、5日及び6日にそれぞれ小貝川の堤防が決壊し、大洪水となりました。左の画像(右側)は、この時撮影されたものです。A点で決壊していることがわかります。このすぐ後に、B点でも決壊しました。左側は、同じ場所の同じ季節の洪水のない時のデータです。

外までを5つの波長帯に区分し、データを取得している。千島列島上空を通過した時は北海道からカムチャッカ半島まで、沖縄上空を通過した時は沖縄からバイカル湖やゴビ砂漠・黄河など中国中部までのデータが取得できる。これ以上日本からはずれた軌道では、データを受信できない。NOAAデータを用いて、植生の経年変化の観察が期待されている。これについては、次節で詳しく説明する。

(2) NOAAデータを用いた植生変化の観察

平成7年3月より、国土地理院ではNOAA-14号の可視・近赤外バンドを用いた植生指標データの作成を本格的に開始した。植生指標(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)とは植物の活性度を示す数字であり、次の式で計算される。

$$NDVI = (CH2 - CH1) / (CH2 + CH1)$$

CH1: NOAAのAVHRRセンサーが観測した可視光の反射率

CH2: NOAAのAVHRRセンサーが観測した近赤外の反射率

NDVIが大きいほど植物の活性度が高いことになる。また、NDVIの季節変動のパターンは、熱帯雨林・落葉樹林・砂漠などの植生カテゴリー毎に異なっている。

NDVIは、雲や積雪の下では値が極端に小さくなる。雲の部分のデータを補間するためには、複数のパスから作成したNDVIデータを幾何補正でマッチングしてから合成する事が必要である。国土地理院では、そのよう

な手法で月毎のNDVIデータを作成している。図-15は、平成7年度の、日本主要部のNDVIの段彩図である(NDVIは赤い程小さく、緑になるほど大きい)。図の中で、黒い部分は積雪域である。3月と4月を比較すると、特に西日本で明らかに緑が濃くなり、北日本では積雪域が減少していることがわかる。

今後、月毎のNDVIデータを長期にわたって作成・保存し、植生図の作成や日本周辺の植生の経年変化の観察に役立てる予定である。

(3) 今後の計画

本システムは、リモートセンシングや地理情報処理技術の分野で幅広い活用が期待されるもので、今後、大規模な自然災害発生時の概況把握や自然環境の現況および変動の把握に役立たせていきたいと考えている。今後外部の意見も参考にしながら、有効な利用を図っていきたいと考えている。

5. 地理情報システム

デジタル化した地図情報をベースとし、その上に施設管理情報や計画情報を乗せて、位置座標に基づいた解析、シミュレーション、施設管理等を行う地理情報システム(Geographic Information System: GIS)は、この2～3年各方面の注目を集めている。

GISの有効性は種々言われているが、その普及を阻害している大きな原因の一つにシステム構築コストがある。とくに、GISの基盤情報であるデジタル化された地図(空間)情報の整備費用が大きく、そのためにGIS導入に二の足を踏んでいる団体も多い。

データの流通を図るためには、大別して二つの方法が考えられる。ひとつは、仕様の標準化を行い、データの互換性の確保と共有化を図るものである。これにより、データ整備費用を皆でシェアできる。もうひとつは、公的機関がデータ整備を行い安価に提供するものである。

国土地理院ではこのようなことから、GISの標準化および空間データ基盤の整備について以下の活動を行っている。

(1) 国際標準化

ISOは国際的な標準を審議する機関であるが、1994年に地理情報分野における標準化に関する専門委員会ISO/TC 211(地理情報/Geomatics)を発足させた。日本は当初から正式メンバーとして参加している。国土地理院は、ISO/TC 211に対応するために設置された国内委員会の活動を全面的に支援している。

a) 経緯

1994年4月 ISO/TC 211 専門委員会設立決定

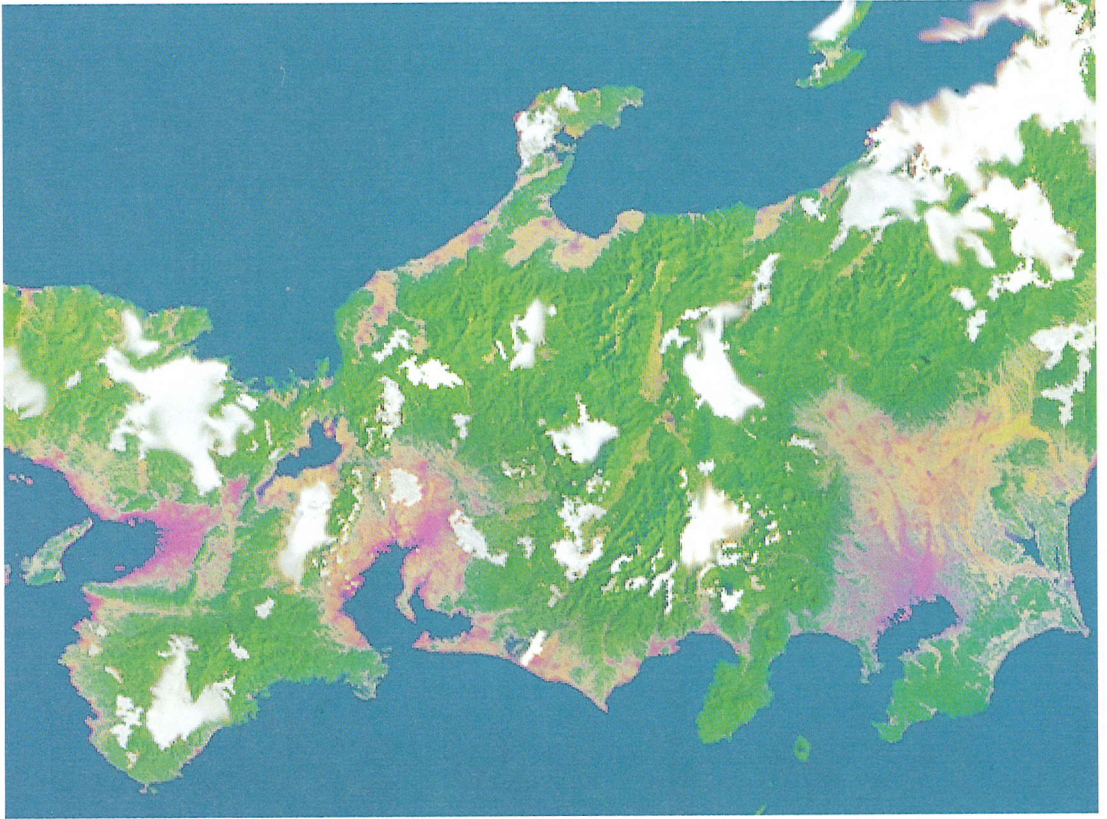


図-14 ノアデータ

- 1994年11月 第1回総会（オスロ）
- 1995年2月 第1回国内委員会（東京）
- 1995年8月 第2回総会（ワシントン）
- 1995年12月 WG 合同作業部会（ドラランメン）
- 1996年5月 第3回総会（ソウル）
- 1996年9月 公開セミナー（東京）
- 1996年12月 第6回国内委員会（東京）
- 1997年1月 第4回総会（シドニー）

b) 参加国（1997年1月9日現在）

正式メンバ：アメリカ、ドイツ、イギリス、カナダ、オーストラリア等25ヶ国

オブザーバ：スイス、香港、インド等13ヶ国

c) 作業スケジュール（予定）

1995年—1998年

(2) 国内標準（官民連帯共同研究）

「GISの標準化に関する調査」という課題名で、建設省の官民連帯共同研究の枠組みで国内標準の検討を行っている。官民連帯共同研究とは、建設省の研究所等と民間企業等が連帯して共同研究を行う制度で、昭和61年から

実施されている。

共同研究は、民間企業32社と国土地理院とで平成8年9月に開始され、平成10年度末まで継続する予定である。

研究は、大きく空間データの交換標準と空間データの作成標準に分けて検討している。また標準の検討に際しては、標準に基づいたテストデータを作成し、利用実験を行う予定である。調査は、ISOで検討している標準化の枠組みに基づいて検討しており、日本で適用する標準案を具体的に決めることになろう。

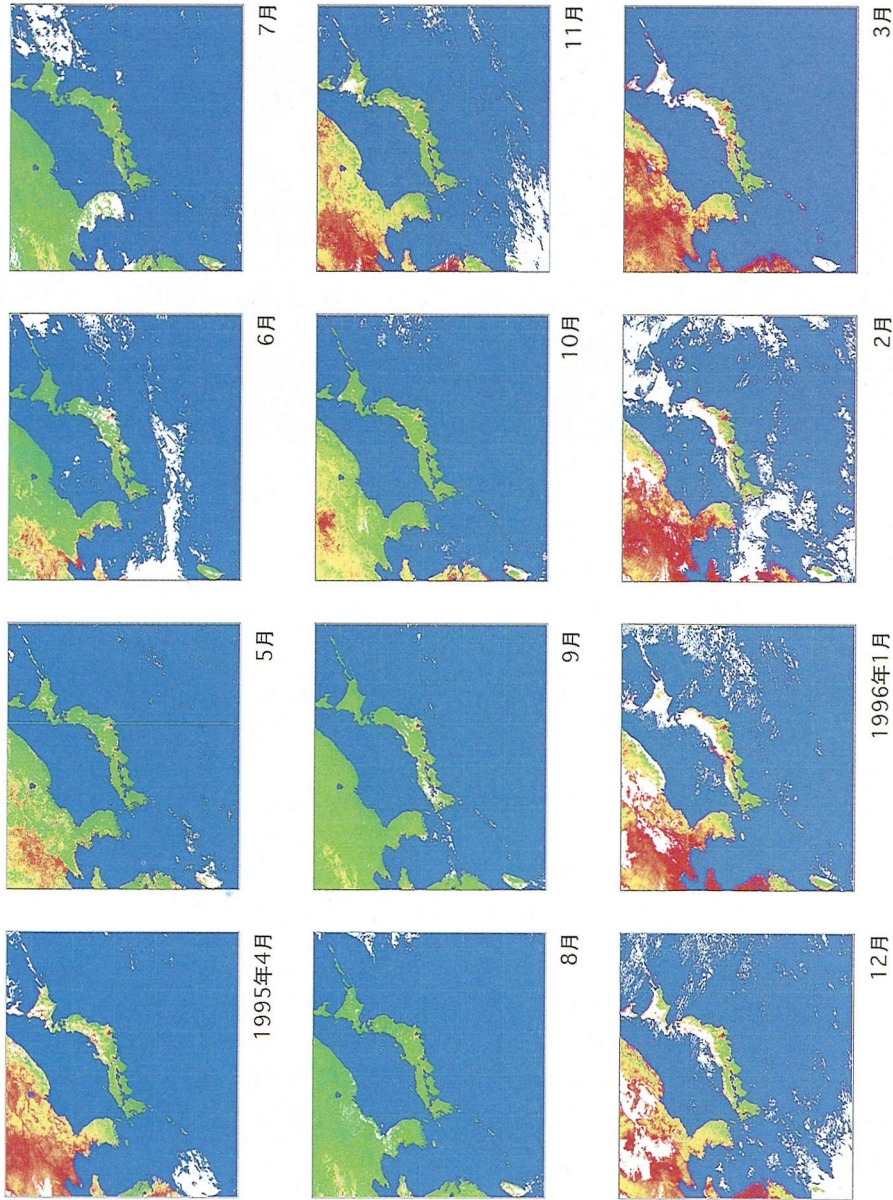
a) 空間データ交換標準

空間データの相互利用を促進するために、データ交換に必要な以下の項目についての標準を開発する。

- ・オブジェクトの定義、カタログ化
- ・空間データの構造
- ・空間参照方法（直接参照系、間接参照系）
- ・空間データの品質
- ・記録仕様
- ・メタデータ
- ・用語法

植生指標図

1:15,000,000



平成8年3月作成
国土地理院地理調査部地理第三課

水部 ■ 雲・雪 □ NDVI 0 1

図-15 月別 NDVI 段彩図

1. 使用データ
 気象衛星画像 NOAA14号
 AVHRR/2チャンネル
2. AVHRR/2の観測波長帯
- | チャンネル | 波長帯 |
|-------|---------------------|
| 1 | 0.58 ~ 0.68 μm(可視) |
| 2 | 0.86 ~ 1.24 μm(近赤外) |
| 3 | 3.55 ~ 3.93 μm(中赤外) |
| 4 | 10.3 ~ 11.3 μm(熱赤外) |
| 5 | 11.5 ~ 12.5 μm(熱赤外) |
3. AVHRR/2の地上分解能は、1.1km
4. 衛星画像の歪みは、衛星の姿勢、位置データとWDB IIの海岸線データをを用いて補正した。
5. 投影は、正距円筒図法

II. 解説

人工衛星NOAAのAVHRRセンサは、可視光～熱赤外線までの5つのチャンネルのデータを取得している。衛星画像に利用されるのは、植物の生長に強い感応力があるチャンネルである。この衛星画像から近赤外線と可視光線の比を算出する。この比を正規化したものをNDVI (Normalized Difference Vegetation Index) と呼ばれる情報が計算される。これは、植物の緑の量は、どの植物の緑の量が多いことになり、NDVIは、次式で計算される。

$$NDVI = \frac{ch.2 - ch.1}{ch.2 + ch.1}$$

NDVI値は、雲や雪で覆われた部分では通常は小さく、本家の値を示さない。ただし、同じ緯度の森林帯のNDVI値が異なるのは、雲や雪の量や季節によるものである。また、雲や雪で本家のNDVI値が得られない部分が少ない。このように月別のNDVI画像を作成している。この画像は、毎日平均的に日本上空を通過する衛星の観測データから、1ヶ月のデータを抽出して作成している。1995年4月～1996年3月までの月別のNDVI値を赤から緑の順に色を置き換えて表示した。このようにして作成したNDVI画像は、植物の緑の量が多い状態を対応している。なお、白い部分は、雲や雪が1ヶ月間継続して存在した部分を示している。



表-1 国土地理院で整備した空間データ基盤の項目

項 目	構 造	属 性
行政区域・海岸線 (町丁目/大字まで区分)	ポリゴン情報・線情報 ・点情報	行政コード、名称
街 区	ポリゴン情報・点情報	街区符号(住居表示の「番」)
道路線(ネットワーク)	ベクタ線情報 ネットワーク	主要なものの名称
道路中心線、車道/歩道 境界、道路界	ベクタ線情報	路線名
河川中心線、河川の境界 (直轄河川)	ベクタ線情報 ポリゴン情報	河川名
鉄道、駅	ベクタ線情報、点情報	名称(路線名)
内水面、公園等の場地 (都市公園、飛行場等)	ポリゴン情報	名称
建物 (主要部のみ)	ラスタ画像 公共建物はベクタ情報	公共建物は種別・名称

b) 空間データ作成標準

空間データ交換標準に適合した空間データの標準的な取得手法を開発する。検討する取得手法は以下の通りである。

- ・デジタルマッピングによる空間データ取得手法
- ・マップディジタル化による空間データ取得手法
- ・現地測量による迅速な空間データ取得手法
- ・リモートセンシングによる空間データ取得手法

(3) 空間データ基盤の整備

GISで共通に利用される基本的な空間データを空間データ基盤と呼んでいる。国土地理院では、平成7年度の補正予算で空間データ基盤整備が認められ、データ整備を行った。また、平成8年度予算および平成8年度補正予算でも、空間データ基盤整備を行っている。

a) 空間データ基盤の基本条件

空間データ基盤は種々の空間データをGISに結びつけるための枠組みとなるデータである。具体的には、次のような条件を満たすことが必要と考えられる。

- 1) ユーザーが空間データを作成・入力する際に空間上の位置を座標値として与えたり、逆に位置の座標値が与えられている空間データを実空間に展開したりするための基準となる骨格的項目を、一定の空間解像度で表現している情報であること。
- 2) 座標値以外の方法で地理的位置が記述されている空間データについても、座標値を持つ空間情報と同様に扱える情報であること。座標値以外の位置記述方法として

広く使われているものに「住所」があるので、住所と座標値とが関係づける仕組み(アドレスマッチング)が必要である。

- 3) 社会・経済・統計情報や台帳情報との関係付けや、統計的な集計が可能なこと。すなわち、市区町村、街区など、統計の記述単位となる空間オブジェクトが面として認識されており、点・線・面として記述される空間オブジェクトに属性を付与できる構造を持っていること。
- 4) 個々のオブジェクトが記述されているだけでなく、空間分割関係や、ネットワークとしてのつながりなど、オブジェクト間の位相関係が分かる構造を持っていること。

b) 空間データ基盤の情報項目と特徴

空間データ基盤は、地理的なデータ(空間データ)を対応付け、GISを構築するための骨格となるデータで、表-1に示す項目からなる。

作成されるデータは、行政区域、街区、道路、鉄道、河川、目標となる建物・区域など、位置参照や共通の利用にとって重要な骨格的項目から構成される。これらは、その名称などを属性として持っている。

アドレスマッチングを可能とするためには、行政区域、街区(住居表示の「番」に対応)などが面構造を持つ情報(ポリゴン情報)となっていて、かつ各区域の名称・番号が属性として収録されているのが有効な方法である。行政区や街区は統計の単位としてもよく使われる区域であり、各種統計との関係付けや統計的な集計にとっても、このような情報は不可欠である。このため、空間

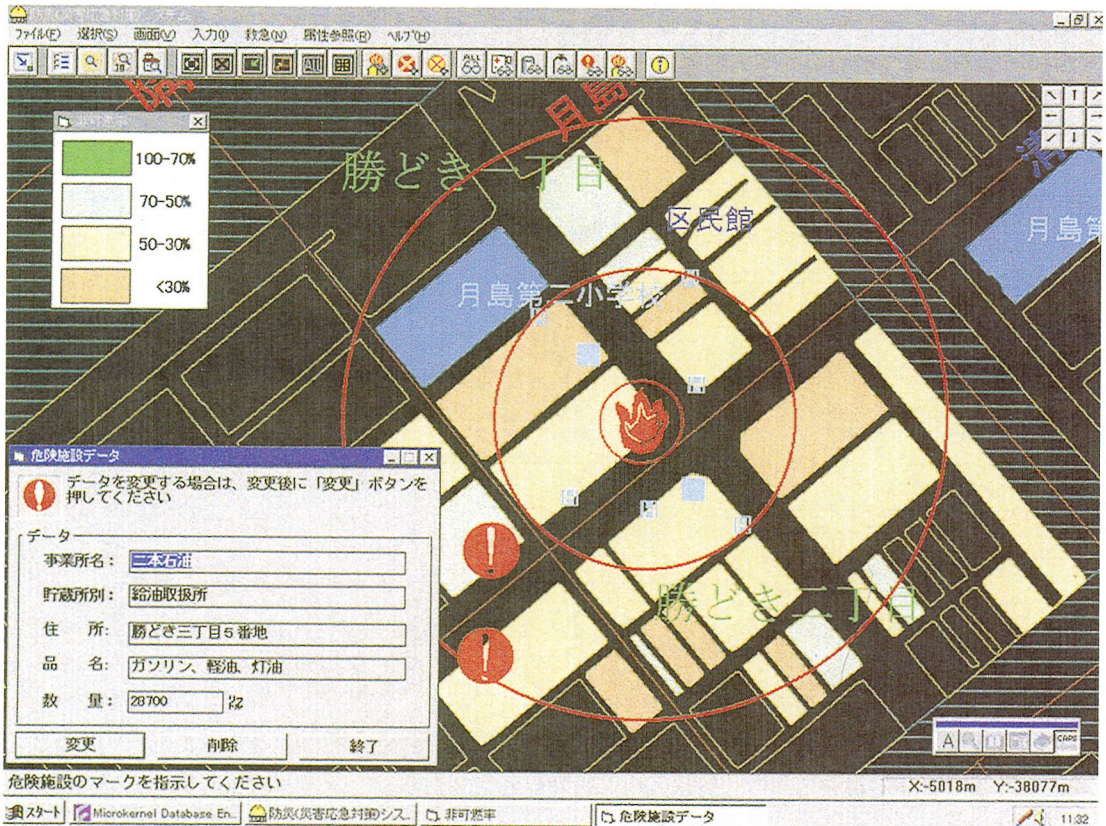


図-16 空間データ基盤利用例

データ基盤では市区町村，町丁目・大字，街区について，名称・番号を属性として持ち，かつそれぞれの包含関係を認識できるようなポリゴン情報として作成している。

また，道路はネットワーク解析ができるよう，アークの接続情報を有している。

c) 空間データ基盤の整備地域

平成7年度は，首都圏（首都圏整備法に基づく既成市街地及び近郊整備地帯）と近畿圏（近畿圏整備法に基づく既成都市区域，近郊整備区域及びこれらに囲まれる保全区域）を対象として，空間データ基盤を作成した。また，平成8年度予算および同補正予算で，中部圏と東海地域のデータ整備を行っている。

d) 空間データ基盤の利用例

図-16に空間データ基盤の利用例を示す。図の中心にある炎で示される場所がどのような建物であるかが，左下のウィンドウ内に表示されている。この建物で火災が発生したときに，周囲への影響を示したのがこの図である。半径150mと300mの円内の建物について，非可燃率を評価してランキングし，色別に表示している。このような情報が整備されていれば，火災が起こった時にいち早く延焼の予測が付き，即時に必要な対応をとることが期待できる。

6. 終わりに

国土地理院で研究開発されている，先端技術について述べた。読者は理解いただけたと思うが，測量・地図作成というものが，従来のイメージとずいぶん変わってきている。

宇宙技術，情報技術の進歩を取り入れ，一方ではより高い精度を求め，他方ではより効率的な作業法を求めている。しかしながら，それだけに留まらず，成果の紙ベースによる提供からデジタルベースの提供へと，質的な変化が起こっている。これにより，今後通信技術と結びついてリアルタイムに自己の位置を特定したり，バーチャルリアリティの技術と結びついて居ながらにして遠隔地の地理が体験できたりすることなども，近い将来の実現が期待される。

国土地理院では，測量・地図という身近なものを通して，生活の利便性向上に資すべく，国民のニーズに応えた成果の提供に向け，技術開発に努めていきたいと考えている。

(1997.1.14 受付)