

新しい測量技術の国土調査事業への利用

Oshima, Taichi / 大嶋, 太市

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学工学部研究集報 / 法政大学工学部研究集報

(巻 / Volume)

29

(開始ページ / Start Page)

175

(終了ページ / End Page)

185

(発行年 / Year)

1993-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003852>

新しい測量技術の国土調査事業への利用

大嶋 太市*

Modern Technology in Surveying and its Use for Land Development

Taichi Oshima

Abstract:

Modern technology in surveying has advanced remarkably in recent years. But the land surveying works in our country are rather slow, eventhough the land management law was formulated forty years ago. Thirty six percent of the total area in Japan has been completed and it'll take another 50 years to complete. This is causing considerable problems to further development of our country.

Here in this paper, the author proposes effective ways to solve these problems using modern technology in surveying, for example data of earth observation satellite, technique of GPS and computer mapping system combined with GIS data, and so on. These are necessary to develop the data base system and programming for effective uses. But the more we need these technology, the more we have to get the support of the public and to let them know how these are important in modern technology.

1 まえがき

昭和26年6月、国土調査法が制定公布されたが、この法律によって行われる国土調査事業は国土調査法、国土調査促進特別措置法等に基づいて「国土の開発及び保全並びにその利用の高度化に資すると共にあわせて地籍の明確化を図るために国土の実態を科学的かつ総合的に調査する」ものである。この国土調査は、地籍調査の他に、各種調査の基礎とするための土地及び水面の測量を行う基本調査、土地をその利用の可能性により分類する土地分類調査と治水及び利水に資する水調査に分れる。

*工学部土木工学科

基本調査と地籍調査は共に測量がその主体をなしているが、土地分類調査と水調査は基本調査と地籍調査によって得られた成果を利用して行われるもので、直接測量に関係することは少ない。基本調査の主な事業内容は三角測量(四等三角点)及び水準測量(二等水準点)である。地籍調査を実施する場合にも四等三角点の設置が前提条件になっている。地籍調査は毎筆の土地について、その所有者、地番、地目の調査並びに境界及び地籍に関する測量を行い、その結果を地籍図(図-1)及び簿冊として作りあげる事業であって、その実施主体は地方公共団体である。このような地籍図等を作成することにより、土地の所有と利用の関係を明らかにする基礎資料として各種公共事業、不動産登記、課税関係の分野あるいは各行政の計画資料として利活用されてきており、現在「第四次国土調査事業十箇年計画」により推進されている。しかし国土調査事業の開

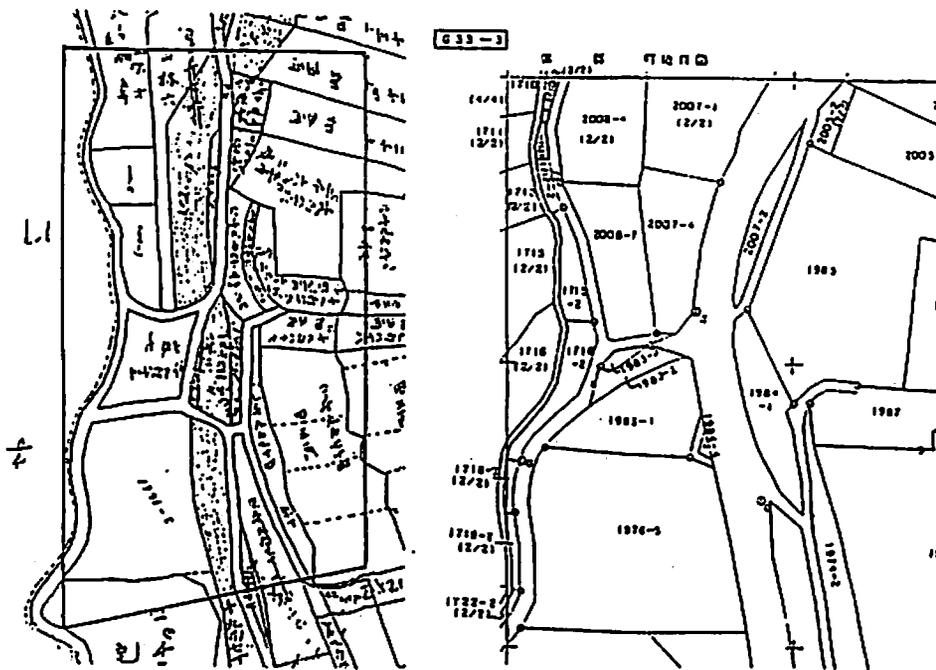


図-1 公図と呼ばれる現在使われている古い地籍図(左)と新しい地籍図(右)

始以来40年以上を経て、わが国の社会経済情勢、測量技術、情報処理技術など国土をとりまく環境は大きく変化してきている。特に電算機や電子光学等のすばらしい発展により、国土調査の在り方、内容についても再検討すべき時ではないかと考えられる。国土庁国土調査課では早くからこの点に着目し国土調査問題懇談会を通して討議を重ねてきており、短期、長期展望に立って、今後の在り方その進め方について提案がなされている。国土庁の発表によると国土調査事業が開始されて約40年経過した今日、地籍調査については平成3年度末で要調査面積286,000km²に対して103,000km²の僅か36%が実施されたにすぎず、このペースでいけば完成までなお50年以上の歳月を要することになるという。更に国土調査に対するニーズが高い今日の情勢を考えると、近代国家としての日本はこの国土調査、特に地籍測量作業を最優先して取り組むべきと考える。こうした観点から、ここでは主として国土調査の新しい技術とその利活用の可能性についててのべてみたいと思う。

2 人工衛星及び航空機による調査

2.1 地球観測衛星

現在は宇宙と情報の時代といわれている。1957年10月4日にスプートニク1号が人類最初の人工衛星として地球をまわり、これがその後の宇宙開発の輝かしい出発点となった。1961年4月12日に最初の有人宇宙船ボストーク1号が打ち上げられ、宇宙飛行士ガガーリンがこの1号から地球を眺めて“地球は青かった”といったのは有名である。1969年7月20日にアポロ11号が初めて人間を月に送りこむという偉業をなしとげて、宇宙開発は一つの頂点をむかえたと言ってよい。この様な宇宙開発に伴う巨大科学の進歩は、その結果気象衛星、通信衛星、地球観測衛星が作り出され、人工衛星による地球観測の技術を大きく発展させる原動力となった。

飛行機より見た地上の景色は、山の上から見た光景と違ったものである。方向や視野によって同じ対象物でも異なって見えることがある。普段見るうっそうとした森は樹冠に覆われた緑のカーテンに見える。川は帯状の細い道に見え、谷は深いナイフの切りあとに見える。山は高さの差より形の違いが見え、その現実の地上の広い姿を一望して見ることができる。普通飛行機にカメラを搭載して撮影した一対の写真を立体視すると、地上の内容のこまかい点までも確認でき、この原理が空中写真からの地図作りの基本になっている。これは極めて客観的な画像情報の判読の世界である。

地球観測衛星の最初のもは、アメリカのアーツ1号で後にランドサット1号として知られているものである。それは1972年7月23日に打ち上げられ1979年まで働き続けた。ランドサット2号と3号は1975年1月と1978年3月に打ち上げられ、それぞれ運用は中止している。現在1982年7月に4号、1984年に5号が打ち上げられ地球を観測し続けている。

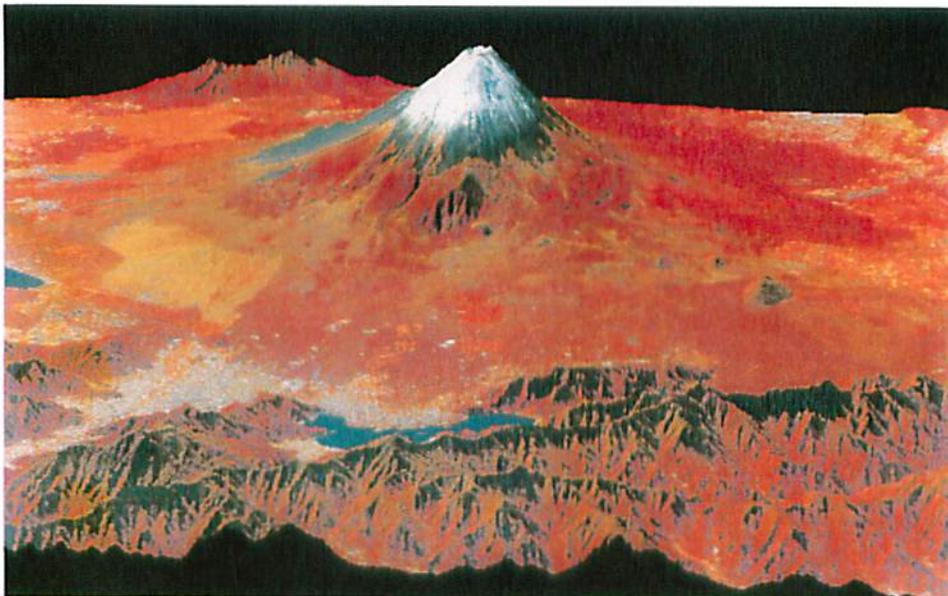
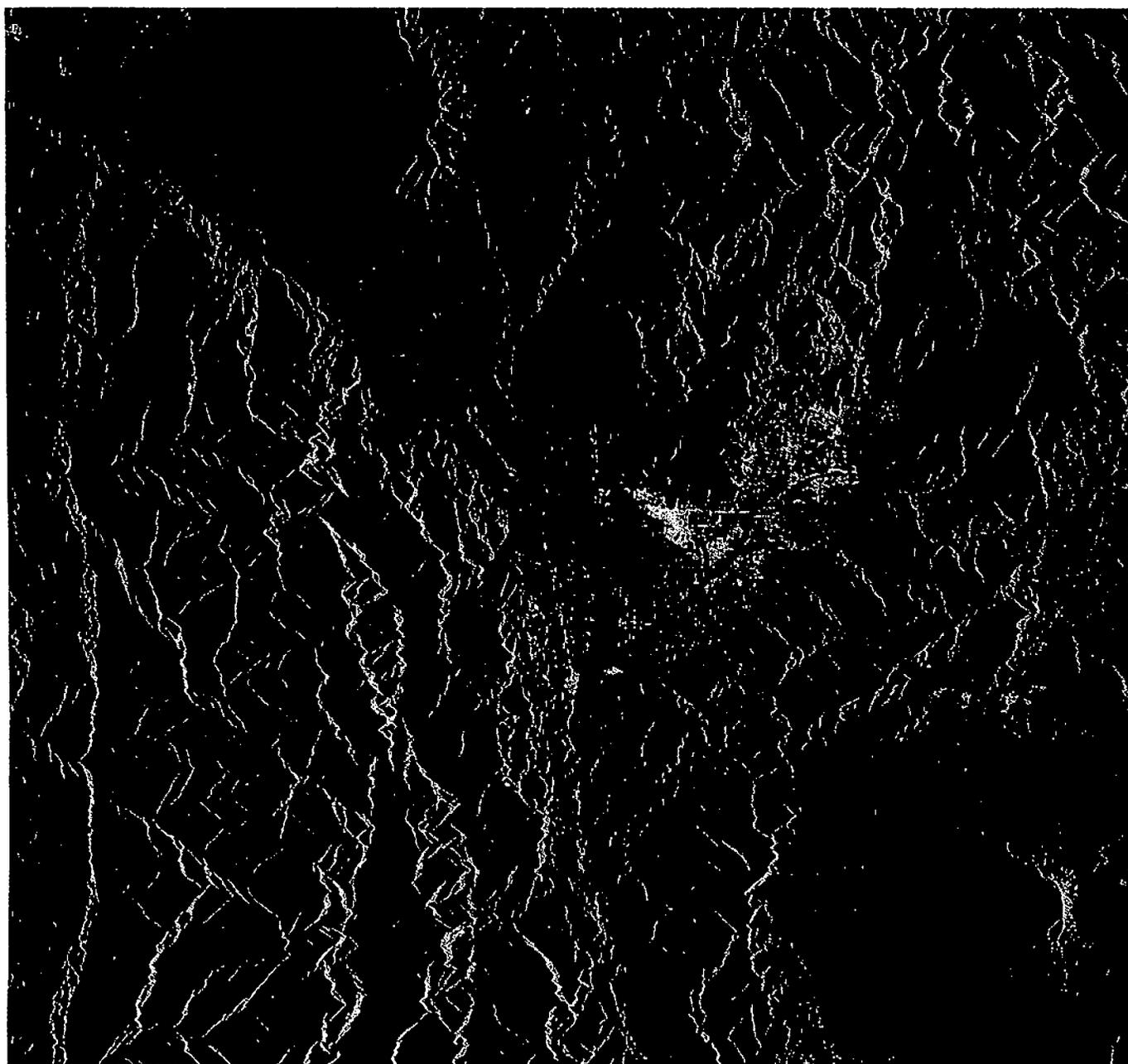


写真-1 ランドサットMSSより作った富士山周辺の鳥観図（土地被覆分類、標高データ、斜面傾斜度のデータを重ね合せ計算機で出力したもの）（日大 西川教授の提供による）

この他にフランスのスポット衛星、日本のモス1号更に1号b、今年になりJ-E R S またヨーロッパ共同体のE-E R S とそれぞれのセンサーで地球を10m~60mの解像力で観測し地球の資源、環境調査の解明に役立っている(表-1)。特にE-E R S とJ-E R S は合成開口レーダが積込まれているので全天候型で然も地球表面の地形をくわしく調査できる特徴をもっている。
(写真-2(a), 2(b))



写真・2(a) 甲府市と富士山周辺の約80キロ四方の領域の ERS-1 SAR画像(1991年9月8日観測)
(宇宙開発事業団より提供された資料) 森林航測 No.166(向井氏論文)より



写真・2(b) 甲府市と富士山周辺の約80km四方の領域のランドサットTMバンド4画像(1984年10月26日観測)
(宇宙開発事業団より提供された資料) 森林航測 No.166(向井氏論文)より

スポット衛星は10mの解像力を持ち、立体画像を得られるので地球の位置測定精度はすばらしくよい。こうした人工衛星の画像を土地利用の調査に有効に利用できるのも、この後に述べるGPS測量データを併用すれば国土の調査計画に有効な情報を提供できる。

中高緯地球観測衛星										
衛星名	海洋観測衛星1号/1号b(MOS-1/MOS-1b)		LANDSAT 5号		SPOT 2号		地球資源衛星1号(JERS-1)		欧州リモートセンシング衛星(ERS)	
衛星高度	約 909 Km	約 705 Km	約 705 Km	約 822 Km	約 822 Km	約 822 Km	約 822 Km	568 Km	785 Km	
周期	約 103 分	約 99 分	約 99 分	約 102 分	約 102 分	約 102 分	約 102 分	96 分	100 分 (3 日周期)	
回帰日数	17 日	16 日	16 日	26 日	26 日	26 日	26 日	44 日	3/35/176 日	
軌道傾斜角	約 98 度	約 98 度	約 98 度	約 99 度	約 99 度	約 99 度	約 99 度	98 度	約 98.5 度	
交差点通過地方時	午前10時 6分	午前 9 時 40 分	午前 9 時 40 分	午前10時 30 分	午前10時 30 分	午前10時 30 分	午前10時 30 分	午前 10 時 30 分 ~ 午前 11 時	午前 10 時 30 分	
打上げ日	' 87.2.19 / ' 90.2.7	' 84.3.1	' 84.3.1	' 90.1.22	' 90.1.22	' 90.1.22	' 90.1.22	' 92.2.11	' 91.7.17	
衛星重量	約 740 Kg	約 1,644 Kg	約 1,644 Kg	約 1,750 Kg	約 1,750 Kg	約 1,750 Kg	約 1,750 Kg	約 1,340 Kg	約 2,380 Kg	
観測センサー	MESSR	VTIR	MSR	T M	MSS	H R V	O P S	S A R	S A R	
観測波長帯 (μm)	0.51~0.59 0.61~0.69 0.72~0.80 0.80~1.10 (可視近赤外)	0.50~0.70 6.0~7.0 10.5~11.5 11.5~12.5 (可視熱赤外)	23 GHz帯 31 (マイクロ波)	0.45~0.52 0.52~0.60 0.63~0.69 0.76~0.90 1.55~1.75 2.08~2.35 10.4~12.5	0.5~0.6 0.6~0.7 0.7~0.8 0.8~1.1	0.50~0.59 0.61~0.68 0.79~0.89	0.51~0.73 0.63~0.69 0.76~0.86 0.76~0.86 (前方視)	0.52~0.60 0.63~0.69 0.76~0.86 0.76~0.86 (前方視)	0.52~0.60 0.63~0.69 0.76~0.86 0.76~0.86 (前方視)	5.3 GHz (Cバンド) V-V 直線 20° σ° : -24 dB 量子化ビット数 : 5 ビット 出力ビットレート : 105 Mbps (IMAGE MODE)
地表分解能	50 m	900 m 2700m(熱赤外)	32 Km(23GHz) 23 Km(31GHz)	30 m 120m(熱赤外)	80 m	20 m 10 m	18x24 m 18 m(70°方向、3μm)	18x24 m 18 m(70°方向、3μm)	30x30 m (6 μm)	
観測幅	100 Km	1,500 Km	320 Km	185 Km	60 Km	75 Km	75 Km	75 Km	100 Km	

表 2.11

2.2 GPSによる測量

GPSとは汎地球的又は全地球的測位システムと呼ばれ、人工衛星を利用して地球上の諸点間の位置を求める方法で1980年代に登場した最新のシステムである。人工衛星より送られてくる電波の時間を精密に測定し、適当な補正をすることにより、人工衛星と地上受信機との距離を求め3点ないし4点の人工衛星よりの距離より地上の位置を求める方法である(図-2)。このシステムは1960年代に開発されたNNS S計画の不利な点を改良して、より精度よく観測時間の短縮をはかったものである。このNNS S計画はアメリカが軍事用の目的で開発したもので、全世界

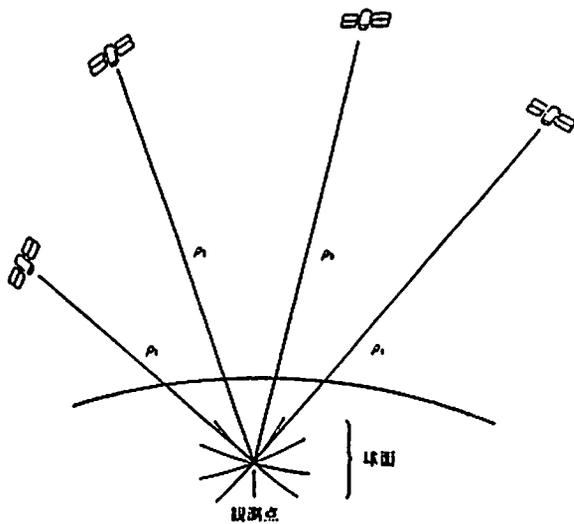


図-2 GPSによる単独測位の原理

に配備した原子力潜水艦の位置を知るためであるが測位に時間がかかる上に、測位不能の時間帯があることと、高速移動体での利用が困難な点などの難点がある。また測位の精度が50m~100mであるので一般測量には使われなかった。これに対してGPS測定ではコードによって測定の精度は違うが、測位干渉計の方法を使えば、現在の光波測距儀と同等またはそれ以上の精度で、より長い距離を簡単に測定できる。また、測点間の視通を必要としないことや全天候性も大きな利点である。その代りGPS衛星がアメリカの国防と密着しているので、その測定のシステムのコード変更がなされる心配がある。GPSは人工衛星、管制制御系及び利用者の受信機からなる全体のシステムをさす言葉である。GPSにより地球上のある場所の経緯度を知ろうとする時、すなわち観測点が1点測位では4個の人工衛星からの電波を受けて、その到達時間を正確に測定して距離を測定するが、GPS衛星には正確な原子時計がつまこまれており、正確なタイミングで発信されている。GPS衛星の電波が観測点に到達する時刻を受信機内の時計で測って求めるが、受信機には原子時計程よくない水晶時計が使われているので、第4番

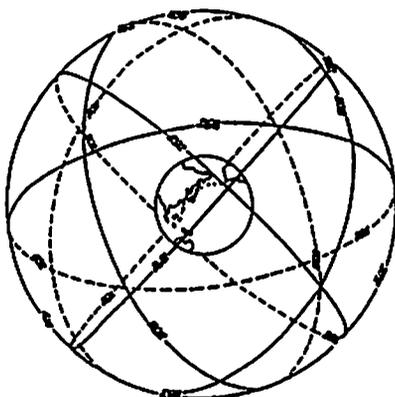


図-3 GPS衛星の軌道
軌道高度約20,000km, 周期0.5恒星日
(約11時間58分), 6つの軌道面に4個ずつ,
合計24個の衛星を配置する。

目の人工衛星が必要となる。人工衛星の位置を計算するために必要な軌道情報をはじめとする各種のデータは、航法メッセージと呼ばれて衛星からの電波に乗せて送られてくる。現在GPSの衛星は18個上っており、一軌道上4個で6軌道で合計24個が最終の状態では1994年頃には打上げを完成する(図-3)。高度は20,000kmで一日に二回地球を回転する0.5恒星日となっている。現在一周波を使用した受信機でGPS衛星から送られてくる軌道データをそのまま使用して計測した精度は2ppmくらいである。即ち二点間の距離に対する誤差範囲の割合は約100万分の2くらい(10kmに対してcmの誤差範囲)である。また電離層の伝搬遅延を補正する機能をもった二周波受信機で100万分の1くらいの精度が標準である。

最新の技術として実施されているキネマテック測量方式は、固定点を出発点として一測定点わずか45秒から2~3分くらい衛星の観測を行うだけで、これまでのように2点の固定点測量での観測で出していたのと同様の結果が得られるようになった。これを利用して土木の分野の建設会社が、大宅地造成のシステムを開発して実際に利用している。また、地籍測量の現場でその境界の位置情報をTV画面上の電子地図上に電送して、広く利用される時代が間もなく来るものと考えられる。既にこのGPSのシステムを積込んだ自動車が開発されて、自動車の屋根にセットさ

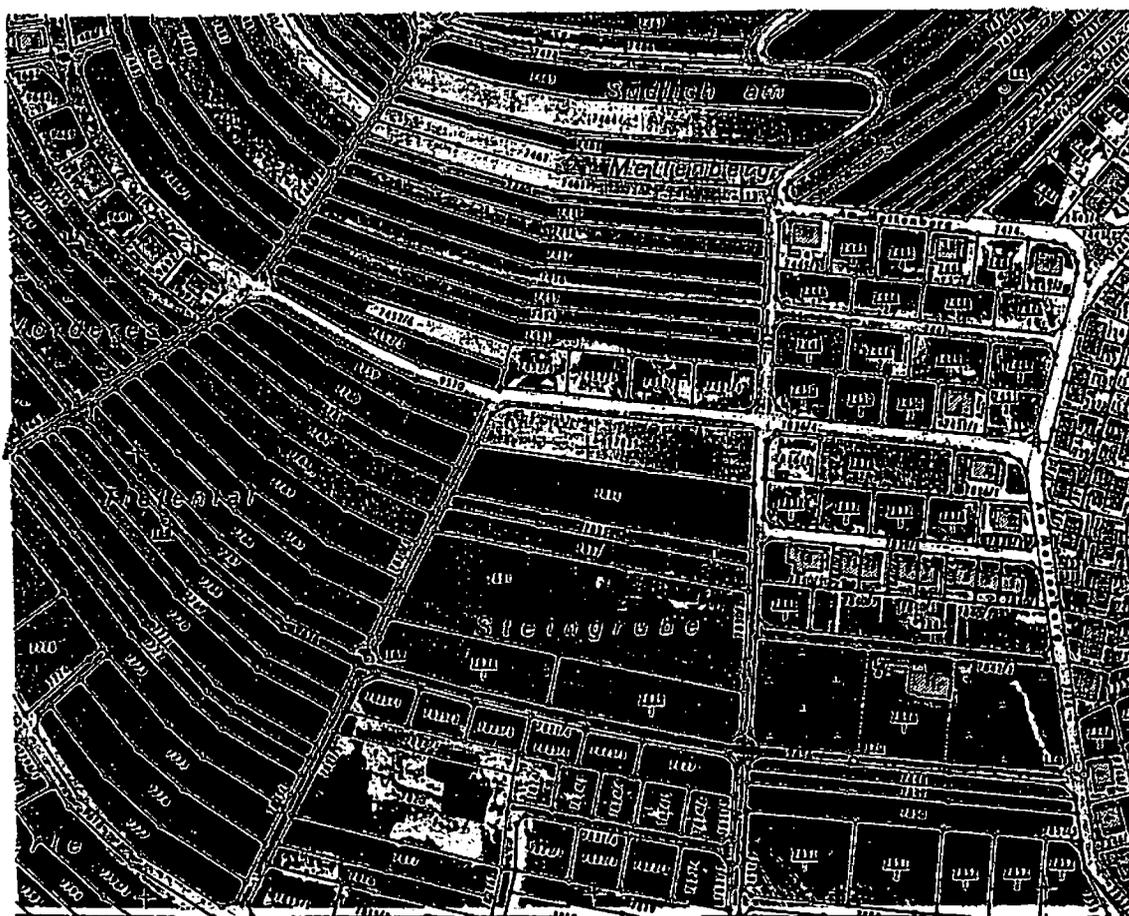


図-4 航空写真より作成した圃場整備・区画確定測量・地籍図

この地図は西独の地籍図1:2,500を文献より複製したもの

れた受診アンテナにより、自動車の位置を運転台のテレビ画面上に写し出し道案内に使ったり、最短距離のルートを選んだり、また、混雑道路を事前にキャッチして避けたりする等カーのナビゲーションシステムに利用されようとしている。昨年の幕張メッセの自動車ショーに、ある自動車メーカーが出品して話題を集めた。現在日本にはこの種の機械は100台余あるが、地震予知のための常時観測に使われている。今後も本四架橋のような長大橋の架橋地点やトンネルの両端点の位置の精密測定等その利用範囲は益々拡大されていくであろう。

2.3 空中写真による測量

航空機から写真を60%ずつ重ねて連続的に撮影した立体写真を利用して、地籍調査に有効に利用することができる。既にヨーロッパ先進国では早くからこの点に着目して、西ドイツ、オーストリー、オランダ、デンマーク、スイス等では大縮尺の地籍図を大規模に作成している。また撮影した航空写真を自動的に偏歪修正して地図と全く変らない正射写真を作り、それに等高線を入れた正射写真地図(オルソホトマップ)(図-4)を作成して実際の地籍図として利用している。一筆地の境界に標識が入っているので容易に識別でき土地状況も一目で分かる利点がある。日本でも既にこの研究を行い、実際に利用する段階にまで来て、その実際例がいくつか作成された。空中写真を利用したもう一つ地籍への新しい利用として、簡易のアマチュアカメラにより、少し高い所より任意の斜方向に撮影した空中写真上での数値地図データを使って地籍の一筆地の境界の修正作業に使おうという試みである。この考え方の基本は、空中写真の写真情報と既存の数値地図情報をコンピュータのディスプレイ上で会話的に重ね合せて、地表情報を容易に逆抽出し図化を行う方式で、地籍の筆界修正には簡便に然も対話的に実施できるので比較的正確に行う事ができる。特に、地面が殆ど同じ高さにある地籍の場合には単写真で標定でき、容易にその境界線面を抽出することができる。この技術を遺跡調査に気球より撮影した空中写真に適用して詳細な遺構の境界図を作る事に成功している。データの入手方法については今後ケース・バイ・ケースでそのシステムを考える必要があろう。

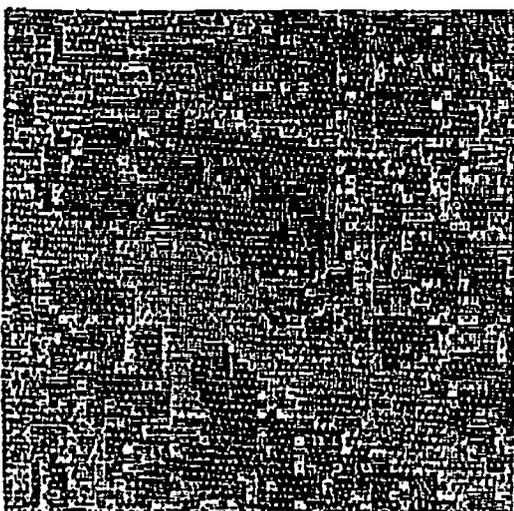


図-5 GISによる宅地造成適地評価図

最近CCDカメラが精密測量の分野で使われている。CCDカメラとは、あまり聞きなれない言葉であるが、普通のカメラのフィルム面に当る所に半導体をならべておき、被写体の反射の強弱を半導体の各チップ上にデジタルの電気信号として記録し、そのデータを計算機又はフロッピーにストアして、計算変換して種々の目的に使おうというものである。その一つのチップの大きさ、即ち解像力はメーカーによって異なるが15~30マイクロ

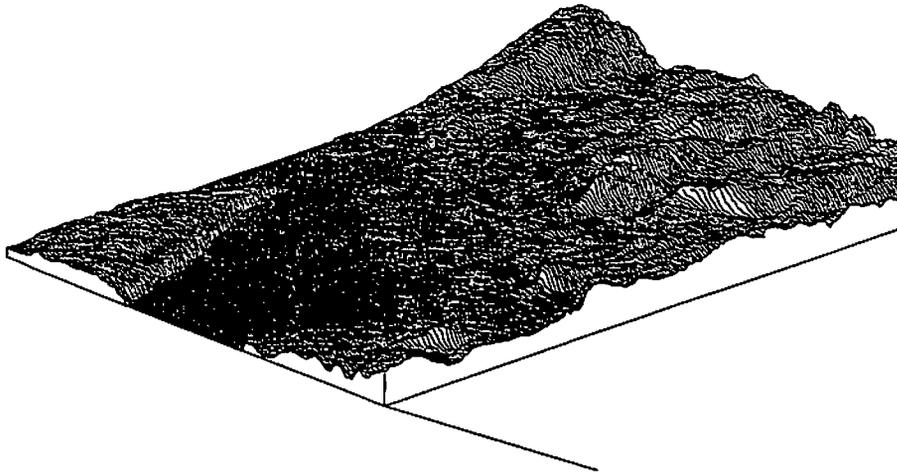


図-6 地形三次元ディスプレイ

ン程度で測量の目的に充分使う事ができる。このカメラを使い、富士山の雪の分布を調査するのに使用したが十分な精度が得られた。ある橋梁会社ではこのカメラを橋梁の架設前の仮組立の部材寸法チェックに使って、橋梁の製造工程の工期短縮に成功している。

3 地理情報及び数値地図情報の利用

1960年代中頃よりアメリカ、カナダ、オーストリア等の各国においては、それぞれ大学や研究機関を中心として、都市計画や地域開発計画作成のために土地に関する情報たとえば土地利用、地形、地質、土壌、水系、人口分布等々をコンピュータを使って分析し、ある特定の意志決定のための情報入手に使われている。コンピュータを用いた地理情報分析の特徴は土地の持つ種々の属性をパラメータとして、そのパラメータを重みをつけて重ね合わせることによって土地の特性を分析することである。コンピュータにより属性がいくつであっても重ね合わせることができ、またデータの加工処理が容易にできる特徴をもっている。また分析結果はコンピュータマップとして地図の形・あるいは表・リストとして迅速にアウトプットでき、地域分析を容易に行うことができる。GISすなわち地理情報システムを使っての解析は欧米各国でも最近さかんに行われており、グリッド毎や行政単位毎等々その解析目的等によりその分析方法や適用範囲のきめ方も異なっている。一般にはグリッドによる情報収集とその解析、図化システムが行われており道路・鉄道等の路線の適地評価、森林立地計画、土地利用計画、開発保全適地評価、砂防計画、都市防災計画、海洋汚染評価等の地域計画立案に必要とされる情報処理や環境アセスメントに幅広く適用されている。新しいGISの使い方としてここ2～3年来GISを利用した地価動向分析が実施されている。これは地価に関連のある地理情報をインプットして、従来の事例より得られた地価をもとにして重回帰分析を行う方法で比較的妥当な結果が得られている。

数値地図情報システムは(図-5、図-6)、従来アナログの形で扱ってきた地図をコンピュータのデジタルデータとして蓄積して利用しようとするもので、データの作成から管理・運用まで

の一連の作業システムをさしており、前述したGISデータと併用して使用することによりその利用価値をより高めることができる。しかも一度構築されたデータは計算機の中に一連のデータベースの形として存在し、自由に検索、複写、訂正等、使用者のニーズに合わせてその内容を提供できる特徴をもっている。

インプットするデータは、既製の地図や航空写真又現地での実測データが使われる。地籍図もデジタル化が研究されて地籍情報管理システムの構築が行われており、その標準化が行われ、全国的又は各自治体毎のネットで総合的に実施されるようになるであろう。

国土庁が国土地理院との協力のもとで、長い間かかって研究し作成した国土数値情報は、日本全国をメッシュの形で区切り、その格子点のデータを提供している。また必要な場合は線としてのデータを提供し広く国土の実態解析の資料として利活用されてきている。

4 おわりに

最近、社会情勢の複雑化、多様化に伴い各自治体では業務の能率化及び科学的施策の早急の実施が求められている。しかし近代的測量技術による地籍調査が終了していない地域が多いこともあり、総合的地籍情報の管理システム化は進んでいない現状である。

この度、国土庁でデータベースの標準的なデータ構造が示され、またフロッピーデスク等に記録された数値データが、地籍測量の成果として認められるようになったのを契機として、ここに述べたGPS、GIS及び数値地図それぞれのデータベースを十分に生かして多くのシステムの開発が行われることを期待する。

ここに述べてきた新しい技術は将来とも改良を加えて各自治体間で自由に使えるシステムのマニュアルを作り上げるべきで、そのためには互換性をもったソフト開発とAIエキスパートシステムの導入が必要となる。

各自治体ではそれぞれにこうした技術を活用され、本当に豊かな将来のために生かされる事を切に望むものである。

(参考文献)

- | | | |
|-----------------------------|-----|--------------------------|
| 1. 地球観測ハンドブック | 友田他 | 東京大学出版会 |
| 2. 国土調査 No.70(P3-P7) | 大嶋 | 全国国土調査協会 |
| 3. " No.71(P6-P9) | 大嶋 | " |
| 4. " No.72(P3-P8) | 大嶋 | " |
| 5. 地籍調査のしおり | | 全国国土調査協会 |
| 6. 地籍調査システム化の手引 | | 国土庁土地局国土調査課 |
| 7. 地球観測データ利用ハンドブック | | リモートセンシング技術センター |
| 8. GISデータブック 1992 | | 日本建設情報総合センター |
| 9. Guide to GPS Positioning | | Ccanadian GPS Associates |