

磁気図2000.0年値の作成

河川・水路・港湾の基準面について

沖ノ鳥島の変位（1999年2月～2002年2月）

「1：5,000,000 日本とその周辺」の作成に関する調査研究

2万5千分1地形図ベクトルデータによるDEM作成方法について

IKONOS単画像を用いた2万5千分1地形図の作成及び修正

高分解能SARを利用した災害状況把握

高分解能衛星データの災害時利用に関する調査・研究2

金沢南方の段丘面編年と変動地形

数値等高線データを用いた斜面計測手法

旧版地図を利用した時空間データセットの試作

JICA集団研修におけるPCM手法の導入

## 国土地理院時報（2002，99集）目次

### 磁気図2000.0年値の作成

#### Magnetic Charts for the Epoch 2000.0

測地部 白井宏樹・錦 輝明・佐藤秀幸・宇津木充

鹿野山測地観測所 仲井博之・森田美好

水沢測地観測所 門脇俊弘・湯通堂亨…………… 1

### 河川・水路・港湾の基準面について

#### The Local Datum Line of River Leveling, Hydrographic Leveling and Port Construction Leveling

測地部 箱岩英一…………… 9

### 沖ノ鳥島の変位（1999年2月～2002年2月）

#### Displacement of the Okinotorishima Island From February, 1999 to February, 2002

測地部 愛場政広・濱崎英夫…………… 21

### 「1：5,000,000 日本とその周辺」の作成に関する調査研究

#### Survey and research for “1:5,000,000 Map of Japan and Her Surroundings”

測図部 金井正夫…………… 27

### 2万5千分1地形図ベクトルデータによるDEM作成方法について

#### The method to calculate DEM data with 1/25,000 scale vector geographic information

測図部 大野裕幸

内閣官房 田村栄一…………… 33

### IKONOS単画像を用いた2万5千分1地形図の作成及び修正

#### Mapping and Revising 1:25,000 Topographic Maps using an IKONOS Single Imagery

測図部 飯田 洋・矢来恵美・野口真弓

沖縄支所 松尾 馨…………… 39

### 高分解能SARを利用した災害状況把握

#### Disaster Monitoring using High Resolution SAR

測図部 飯田 洋・渡辺信之・佐藤 潤

中国地方測量部 小荒井衛…………… 49

### 高分解能衛星データの災害時利用に関する調査・研究2

#### Research on utilization of high resolution satellite data for disasters 2

地理調査部 坂部真一・石浜佐栄子…………… 57

### 金沢南方の段丘面編年と変動地形

#### The tephrocronological study of terraces and tectonic landforms in southern Kanazawa

地理調査部 木村佳織…………… 67

数値等高線データを用いた斜面計測手法

Geomorphometric measurement using digitized contour data

地理地殻活動研究センター 水越博子

筑波大学地球科学系 安仁屋政武 ..... 77

旧版地図を利用した時空間データセットの試作

An Experimental Development of Spatio-Temporal Dataset from Old Edition Maps

地理情報部 明野和彦・星野秀和・安藤暁史 ..... 89

JICA 集団研修における PCM 手法の導入

Introduction of Project Cycle Management Method to JICA Group Training at GSI

企画部 川本清美・坂部真一 ..... 103

# 磁気図2000.0年値の作成 Magnetic Charts for the Epoch 2000.0

測地部 白井宏樹・錦輝明・佐藤秀幸・宇津木充  
Geodetic Department Hiroki SHIRAI, Teruaki NISHIKI, Hideyuki SATOH and Mitsuru UTSUGI

鹿野山測地観測所 仲井博之・森田美好  
Kanozan Geodetic Observatory Hiroyuki NAKAI, Miyoshi MORITA

水沢測地観測所 門脇俊弘・湯通堂亨  
Mizusawa Geodetic Observatory Toshihiro KADOWAKI, Toru YUTSUDO

## 要 旨

国土地理院では、日本全国の地磁気の地理的分布と永年変化を把握するために、1948年から現在に至るまで、50年以上にわたり地磁気測量を実施している。前回の磁気図1990.0年値の作成から10年が経過し、今回新たに、これまでの地磁気測量から得られた観測結果を用いて、2000年1月1日0時（世界時）における日本全国の磁場分布を地磁気成分毎（偏角・伏角・全磁力・水平分力・鉛直分力）に表現した磁気図2000.0年値（国土地理院技術資料B・1 No.35）を作成した。本稿では、磁気図作成の過程について報告する。

## 1. はじめに

地球は、磁石としての性質をもち、地球のつくる磁場を地球磁場という。地球磁場は、主磁場と変化磁場に分けられる。主磁場は、地球内部に起因するものである。変化磁場は、地球外部の太陽活動などに起因するもので、日変化や磁気嵐等による不規則な変化をする。また、地球磁場は一定なものではなく、時間とともに常時変化をしており、変動の周期は、数秒の短いものから、数百年という長いものまでである。比較的周期が長いものを地磁気の永年変化と呼び地球内部に起因するものとされている（広石，1992）。

地球磁場は、方向と大きさを持つベクトル量である。単位は、方向が度（°）または分（′）大きさがナノテスラ（nT）で表示する。ある地点の地球磁場を表現するためには、図-1のような方法で表す。

水平面で磁場の方向と南北方向のなす角を偏角（D）、水平面と磁場の方向となす角を伏角（I）、地球磁場の大きさを全磁力（F）、水平面上の磁場の大きさを水平分力（H）、そして鉛直面上の磁場の大きさを鉛直分力（Z）と呼ぶ。

今回の磁気図では、これら5成分を各地域ごとに算出し、図化したものである。

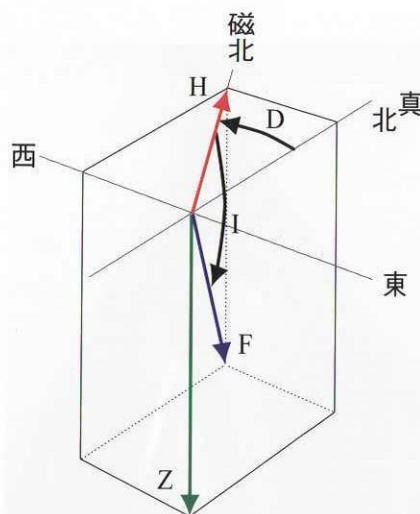


図-1 地球磁場の成分  
(D：偏角，I：伏角，F：全磁力，  
H：水平分力，Z：鉛直分力)

## 2. 観 測

詳細な磁気図を作成するためには、できるだけ多くの観測点において、多くの良質な観測データが必要である。そのため限られた予算の中ではあるが、計画的に連続または一定間隔で繰り返し観測を実施してきた。

国土地理院における地磁気測量には、一等磁気測量、二等磁気測量、地球電磁気連続観測装置における地磁気連続観測、測地観測所における地磁気連続観測の4種類がある。

一等磁気測量は、1948年から一等磁気点において本格的に開始され、磁気図作成に必要な地磁気各成分の永年変化を把握することを主目的としている。そのため全国に約100点の一等磁気点を設置し、定期的に改測を実施してきた。現在の一等磁気測量は、磁気儀による絶対観測とフラックスゲート三軸磁力計による変化観測及びプロトン磁力計を使用した観測を実施している。最終的に

地磁気5成分（偏角・伏角・全磁力・水平分力・鉛直分力）の観測日の日平均値を求めている（写真－1）。

地磁気は時間変化をするばかりでなく空間的にも変化しており、局所的に顕著な磁気異常を示す地域も少なくない。二等磁気測量は、そのような地磁気の地理的分布の詳細を捉えることを主目的として、1952年から1970年にかけて、全国約850点の二等磁気点で実施された。なお二等磁気点は、近年改測作業を実施していないために、磁気図の作成においては、近似的に地域的な地磁気異常分布についての情報に変化がないものとして扱っている。

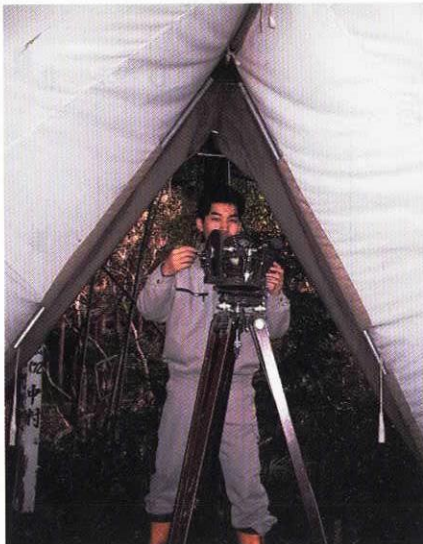
地球電磁気連続観測装置は、地磁気の連続データを得ることを目的として、1996年に全国11箇所で設置した。観測装置では、プロトン磁力計による全磁力観測、フラックスゲート磁力計による水平分力、偏角、鉛直分力の

変化量を毎分観測している（写真－2）。

観測データは、つくばから電話回線により常時収録できるシステムになっている。また、フラックスゲート磁力計では、基準となる値（基線値）からの変化量が得られるため、絶対値を求めるために、現地で磁気儀等を用いて周期的に基線値を決定するための絶対観測を実施している（田辺，1997）。

また、1956年千葉県君津市に鹿野山測地観測所、1969年岩手県水沢市に水沢測地観測所、1980年岩手県江刺市に江刺観測場が設置され、これらの観測所においても地磁気の連続観測を実施している。

以上が国土地理院における地磁気観測である。これらの観測データを使用して磁気図2000.0年値を作成した（表－1）。



写真－1 一等磁気点での磁気儀による絶対観測



写真－2 地球電磁気連続観測装置の全景  
（岐阜県益田郡萩原町）

表－1 磁気図作成に用いたデータ

種 類	点数	使用データ	
「変化量計算に用いかつ2000.0年値を算出する測点」			
一等磁気点	26	1980～2001年	（観測日平均値）
観測所（国土地理院）	2	1980～2000年	（年平均値）
観測所（気象庁地磁気観測所）	3	1980～2000年	（年平均値）
「計算式により2000.0年値を算出する測点」			
一等磁気点	75	1990.0年値	
二等磁気点	775	1990.0年値	
「2000.0年値を算出する測点」			
地球電磁気連続観測装置	11	1999～2000年	

### 3. 磁気図の作成

この項では、磁気図作成の手順に従い整理の手法を述べる(図-2)。

#### 3.1 C1補正

一等磁気測量により得られた観測値は、日変化や磁気嵐などの擾乱が含まれている。また、観測日は、任意の日時であり全国の磁気点で同時観測することができないので、各々の観測値から共通の永年変化を取り除き、ある特定の日に同時観測されたように観測値を統一(補正)する必要がある。

そこで、100年以上にわたり地磁気の連続観測をしている気象庁地磁気観測所(茨城県八郷町柿岡)(以下、「柿岡」という)を基準観測所とし、磁気点と柿岡の磁場変化量が一定と仮定して、同一時刻の値にする作業を行う。これをC1補正または年度化成と呼んでいる。

一等磁気点の観測結果は、今回の作業では基準年を1990.0年とし年度化成をした。結果は、地球磁気観測報告(国土地理院技術報告)においても公表している。

#### 3.2 基準観測所の基準年値変化量の算出

今回作成した「磁気図2000.0年値」は2000.0年を基準としている。2000.0年とは、2000年1月1日0時(世界時)であり、2000.0年値とは、1999年1月1日~2000年12月31日の観測値の平均値をいう。よって、基準観測所(柿岡)の基準年値(2000.0年値)は、1999年1月から2000年12月までの各月平均値24個を平均したものである。また、柿岡の10年間の経年変化量は、従来成果である1990.0年値と新成果である2000.0年値の差であり、これを基準年値変化量(ΔC1)という(表-2)。

#### 3.3 一等磁気点・観測所の10年間の変化量計算

次に、1980年から2001年までの期間において定期的に観測がなされた一等磁気点について、観測データの時間変化から2000.0年化成値を算出する。

もし、観測点の地磁気の変化が基準観測所と全く同じであれば、その点での異なる日の観測値を1990.0年に化成すると、それらは全て一致するはずである。

しかし、実際には地磁気変化は地域によって異なるため、観測日が異なれば化成値も異なる。そこで地磁気成分ごとに、異なる日の観測値の1990.0年化成値を観測日

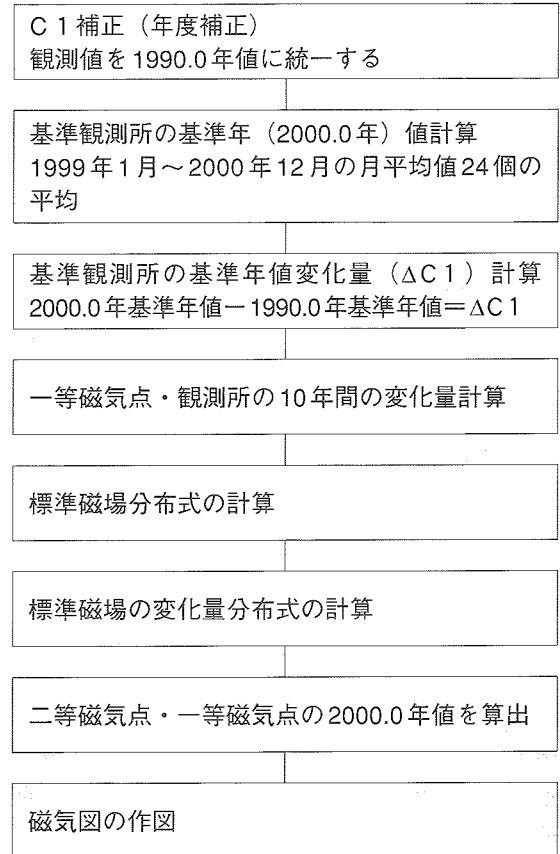


図-2 磁気図作成のフローチャート

$$\begin{aligned}
 F(X_1)_{1990.0} &= AX_1^2 + BX_1 + C \\
 F(X_2)_{1990.0} &= AX_2^2 + BX_2 + C \\
 F(X_3)_{1990.0} &= AX_3^2 + BX_3 + C \\
 &\dots \dots \dots \\
 F(X_m)_{1990.0} &= AX_m^2 + BX_m + C
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} F(X_1)_{1990.0} \\ F(X_2)_{1990.0} \\ F(X_3)_{1990.0} \\ \dots \\ F(X_m)_{1990.0} \end{aligned}} \right\} \text{式-1}$$

$F(X_m)_{1990.0}$ : 1990.0年化成値  
 $X_m$ : 観測年月日  
 A, B, C: 係数

の二次式で近似し(式-1)、最小二乗法により回帰曲線を求める。この式に1990.0年を代入して1990.0年値とする。また、この式に2000.0年を代入し3.2項で求めた

表-2 基準観測所(柿岡)の基準年値と変化量

ΔC1 = 2000.0年基準値 - 1990.0年基準値

Kakioka	D ( ' )	I ( ' )	H (nT)	Z (nT)	F (nT)
2000.0年基準値	423.4	2981.0	30016	35371	46390
1990.0年基準値	409.5	2953.0	30137	34934	46137
ΔC1	13.9	28.0	-121	437	253

基準年値変化量 $\Delta C1$ を加えて、2000.0年値を算出する。

以下に具体例を示す。表-3は、一等磁気点(4)川之江の1980年から2001年までに9回実施した一等磁気測量である。各成分の観測日平均値をC1補正により1990.0年化成値に年度化成をした。観測日と化成値(偏角)を図上にプロットすると図-3のようになる。しかし、柿岡と磁気点の経年変化量が異なるため、このようにプロットにばらつきが生じる。1990年化成値は、図-3で求めた二次式に $X=0$ (1990年)を代入して398.09となる。また $X=10$ (2000年)を代入すると395.19となり、これに柿岡の10年間の変化量( $\Delta C1=13.9$ )を加算した値409.09( $6^{\circ}49'$ )が2000.0年値となる。このようにして、各点・各成分について2000.0年値を算出した。

近年、一等磁気点での改測回数が低下し、係数を決定するのに十分な磁気点が減少した。1990.0年値の際は103点使用したが、今回は26点に大幅減少した。そのため、地磁気連続観測を実施している国土地理院水沢測地

観測所、鹿野山測地観測所、気象庁地磁気観測所(柿岡、女満別出張所、鹿屋出張所)の観測値もあわせて使用した。観測所では、連続観測していることから1980年から2000年までの期間の各年平均値を1990.0年値に化成して使用している。

### 3.4 標準磁場分布式の計算

ここで、日本周辺域の磁場分布を大局的に、緯度・経度の二次式で表されるものとして、3.3項で計算した磁気点観測成果(2000.0年値)と、その点の緯度・経度を用いて次の観測方程式をたて(式-2)、最小二乗法により標準磁場分布式を求めた(表-4)。

ここで、Mは日本のほぼ中心の $37^{\circ}N \cdot 138^{\circ}E$ の位置における地磁気各成分の2000.0年値を表す。 $\phi \cdot \lambda$ は緯度・経度を度単位で表示している。なお、この式は「磁気図2000.0年値」に記載されている。

表-3 一等磁気点(4)川之江観測結果

観測年月日	D	c1	化成値	I	c1	化成値	H	c1	化成値	Z	c1	化成値	F	c1	化成値
1981/11/07	385.8	11.7	397.5	2834.5	13.9	2848.4	31628	-16	31612	34205	257	34462	46586	189	46775
1983/11/02	389.1	9.5	398.6	2835.9	12.1	2848.0	31650	-33	31617	34256	205	34461	46639	137	46776
1985/12/07	392.2	6.3	398.5	2839.1	9.2	2848.3	31656	-39	31617	34327	141	34468	46695	81	46776
1987/10/22	394.8	3.6	398.4	2842.1	5.9	2848.0	31657	-33	31624	34388	81	34469	46741	40	46781
1989/12/03	398.2	-0.2	398.0	2849.5	-0.9	2848.6	31606	14	31620	34482	-2	34480	46775	8	46783
1991/12/04	401.2	-2.7	398.5	2854.0	-4.9	2849.1	31609	9	31618	34576	-91	34485	46847	-63	46784
1993/12/09	402.7	-5.9	396.8	2860.9	-11.6	2849.3	31586	35	31621	34690	-199	34491	46916	-128	46788
1995/12/02	405.2	-9.0	396.2	2867.9	-18.6	2849.3	31558	68	31626	34802	-306	34496	46980	-188	46792
2001/01/29	409.0	-14.0	395.0	2878.7	-28.8	2849.9	31483	130	31613	34938	-444	34494	47030	-253	46777

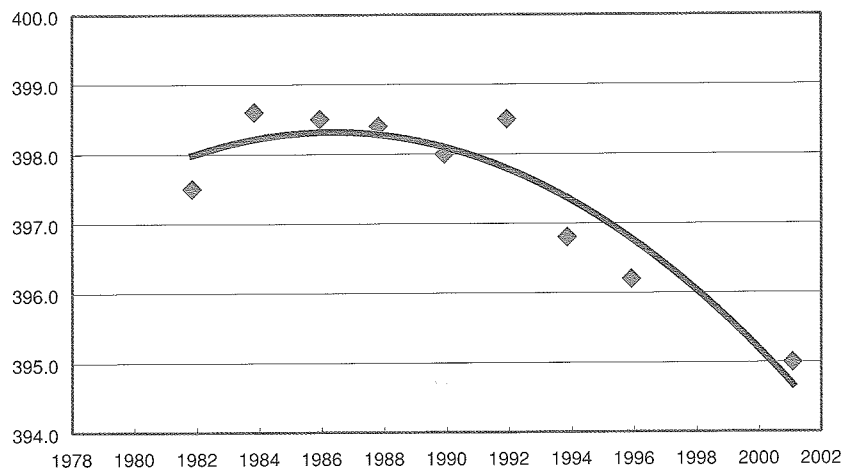


図-3 一等磁気点(4)川之江(偏角)の1990年化成値のグラフ

横軸：観測年

$$y = -0.0167X^2 - 0.1234X + 398.09$$

縦軸：偏角(°)

X：(観測年月日-1990年1月1日)年

$$\begin{aligned}
 D_1 &= M + A\Delta\phi_1 + B\Delta\lambda_1 + C\Delta\phi_1^2 + D\Delta\phi_1\Delta\lambda_1 + E\Delta\lambda_1^2 \\
 D_2 &= M + A\Delta\phi_2 + B\Delta\lambda_2 + C\Delta\phi_2^2 + D\Delta\phi_2\Delta\lambda_2 + E\Delta\lambda_2^2 \\
 D_3 &= M + A\Delta\phi_3 + B\Delta\lambda_3 + C\Delta\phi_3^2 + D\Delta\phi_3\Delta\lambda_3 + E\Delta\lambda_3^2 \\
 &\dots \quad \dots \quad \dots \\
 D_n &= M + A\Delta\phi_n + B\Delta\lambda_n + C\Delta\phi_n^2 + D\Delta\phi_n\Delta\lambda_n + E\Delta\lambda_n^2 \\
 \Delta\phi &= \phi - 37^\circ \quad \Delta\lambda = \lambda - 138^\circ
 \end{aligned}
 \tag{式-2}$$

3.5 標準磁場の変化量分布式の計算

地磁気各成分の1990年から2000年までの10年間の変化量の分布についても、緯度・経度の二次式で表されるものと仮定し、3.3項で求められた10年間の変化量から最小二乗法により、地磁気各成分の変化量を定式化した(式-3)。この式により、任意の点における地磁気各成分の変化量が計算できる(表-5)。

$$\begin{aligned}
 \Delta D_1 &= M + A\Delta\phi_1 + B\Delta\lambda_1 + C\Delta\phi_1^2 + D\Delta\phi_1\Delta\lambda_1 + E\Delta\lambda_1^2 \\
 \Delta D_2 &= M + A\Delta\phi_2 + B\Delta\lambda_2 + C\Delta\phi_2^2 + D\Delta\phi_2\Delta\lambda_2 + E\Delta\lambda_2^2 \\
 \Delta D_3 &= M + A\Delta\phi_3 + B\Delta\lambda_3 + C\Delta\phi_3^2 + D\Delta\phi_3\Delta\lambda_3 + E\Delta\lambda_3^2 \\
 &\dots \quad \dots \quad \dots \\
 \Delta D_n &= M + A\Delta\phi_n + B\Delta\lambda_n + C\Delta\phi_n^2 + D\Delta\phi_n\Delta\lambda_n + E\Delta\lambda_n^2 \\
 \Delta\phi &= \phi - 37^\circ \quad \Delta\lambda = \lambda - 138^\circ
 \end{aligned}
 \tag{式-3}$$

3.6 二等磁気点の2000.0年値の算出

詳細な磁気図を作成するためには、3.3項で2000.0年値を求めた一等磁気点だけでは、配点密度が不十分である。しかし、二等磁気測量は、過去30年間実施されていない。そこで、3.5項で決定した変化量係数に、二等磁気点の緯度・経度を与えて、その点の10年間の変化量を求め、1990.0年磁気図を作成した時に決定した1990.0年値に加算することにより、二等磁気点の2000.0年値を決定した。

また、一等磁気点で改測回数が少なく10年間の変化量計算に用いなかった観測点についても、二等磁気点と同様な手法で2000.0年値を決定した。

3.7 地球電磁気連続観測装置

全国11箇所の地球電磁気観測装置における連続観測は、1996年度に開始されたため最近のデータしかない。そのため、地球電磁気観測装置の2000.0年値は、基準観測所の基準年値の算出と同様に1999年1月~2000年12月の月平均値24個を平均することにより決定した。

3.8 磁気図の作図

磁気図は、こうして求められた一等磁気点、二等磁気

表-4 標準磁場分布式の係数

$$\begin{aligned}
 D_n &= M + A\Delta\phi_n + B\Delta\lambda_n + C\Delta\phi_n^2 + D\Delta\phi_n\Delta\lambda_n + E\Delta\lambda_n^2 \\
 \Delta\phi &= \phi - 37^\circ \quad \Delta\lambda = \lambda - 138^\circ \quad (\phi \cdot \lambda \text{ unit of degree})
 \end{aligned}$$

	M	A	B	C	D	E
D	7 37.142	21.622	-7.672	0.442	-0.320	-0.675
I	51 03.804	73.745	-9.472	-0.771	-0.459	0.359
	nT	nT	nT	nT	nT	nT
H	29859.182	-425.215	-87.838	-5.725	7.773	-3.051
Z	36978.848	1083.733	-313.745	-8.609	-4.011	-0.110
F	47505.388	567.453	-294.499	-0.255	-2.975	1.291

表-5 標準磁場の変化量分布式の係数

$$\begin{aligned}
 \Delta D_n &= M + A\Delta\phi_n + B\Delta\lambda_n + C\Delta\phi_n^2 + D\Delta\phi_n\Delta\lambda_n + E\Delta\lambda_n^2 \\
 \Delta\phi &= \phi - 37^\circ \quad \Delta\lambda = \lambda - 138^\circ \quad (\phi \cdot \lambda \text{ unit of degree})
 \end{aligned}$$

	M	A	B	C	D	E
$\Delta D$	0 13.042	-0.200	0.581	-0.024	0.136	-0.067
$\Delta I$	0 27.636	-0.377	-0.039	0.016	-0.056	0.039
	nT	nT	nT	nT	nT	nT
$\Delta H$	-134.115	-8.658	4.355	-0.423	0.981	-0.568
$\Delta Z$	440.833	-3.766	0.011	-0.672	0.547	0.007
$\Delta F$	258.101	-0.036	1.777	-0.938	1.064	-0.348

点、基準磁気点、観測所の2000.0年値を用いて、地磁気成分ごとに等値線を描き作成した。この時に、磁気点の周囲で孤立した目玉状の等値線が表れることがあった。そのような場所については、隣接する磁気点の値と照らし合わせて、明らかに不整合と思われる磁気点については、削除してから作図をした。

また、前回の磁気図まではスクライプ法により作成していたが、磁気図2000.0年値は、Genetic Mapping Tool (GMT)を使用し、初めてパソコン上で等値線を作成し画像化を行った。このことにより、作業が非常に効率化されたと同時に、データがデジタル化されているため、今後他の研究での利用が容易になると期待されている。

例として、図-4に「磁気図(偏角)2000.0年値」図-5に「磁気図(全磁力)2000.0年値」を示す。等値線は、偏角・伏角が10'毎に、全磁力・水平分力・鉛直分力が100nT毎の間隔で描いている。

#### 4. 磁気偏角一覧図の作成

磁気図2000.0年値(偏角)の作図結果をもとに、1:50000地形図毎の磁針方位値を記述したものが、2000.0年磁気偏角一覧図(国土地理院技術資料B・1-No.34)である。磁針方位値は、磁気図2000.0年値(偏角)を1:50000地形図毎に区切り、その図郭中心の数値を読んだものである。1図葉内に等値線が密にある場合には、さらに細かく分割して、その範囲の中心の値を読んで数値を決定した。

ただし、地磁気測量が行われていない南西諸島・北方領土等については、3.4項で決定した二次式で磁針方位値の算出を行った。

また、日本周辺域の磁針方位については、海上保安庁海洋情報部が、石垣島・硫黄島・南鳥島等において実施した地磁気測量の観測結果を考慮してモデル式の作成を行っている。国土地理院では、これらの地域で地磁気測量を行っていないため、今回磁針方位値を10'単位で表示したときに、両者の差が30'以上の場合には、海上保安庁海洋情報部のモデル式を採用することにした。また、小笠原諸島の父島で気象庁地磁気観測所が観測し

ているが、海上保安庁のモデル式の方が一致していることがわかった(表-6)。そのため国土地理院が刊行する地形図の磁針方位値は、この数値を使用するものとする。

表-6 父島における偏角値の比較

父 島	偏角	差( ' )
測定値(2000/01/01)	214.8	
国土地理院モデル式	255.6	-40.8
海上保安庁モデル式	205.8	9.0

#### 5. まとめ

1990年値磁気図の作成までは、一等磁気点における繰り返し観測が数多く行われていたが、1996年から地球電磁気連続観測装置の設置より、一等磁気点繰り返し観測の量が減少した。そのため、従来方法により10年間の変化量の推定が可能な一等磁気点がかかなり減少してしまった。そのために、今回は、観測所のデータと新設した地球電磁気連続観測装置のデータもあわせて、2000.0年値を算出した。また地磁気測量は、観測点の周辺に人為的な磁気擾乱源がない場所が望ましい。しかし近年、様々な開発事業等により、安定して永年変化を検出できる観測点が少なくなっている現状にある。この傾向は、今後も続くものと予想されることから、環境の良い磁気点を厳選して、それらの磁気点について集中して繰り返し観測を行うことが必要である。また、今後も他の観測機関と連携をとりデータの有効活用を計るとともに、新しい解析手法を用いて、日本の磁場モデルの作成を検討したい。

#### 謝 辞

磁気図の作成には、多くの観測データが必要であり、これまで地磁気測量に従事されてきたすべての方々に感謝いたします。特に今回は、気象庁地磁気観測所、海上保安庁海洋情報部より貴重なデータ提供をいただき使用しました。ここに記して関係者に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 国土地理院(2002):2000.0年値磁気偏角一覧図,国土地理院技術資料B1-No.34,2002.  
 国土地理院(2002):磁気図2000.0年値,国土地理院技術資料B1-No.35,2002.  
 田辺 正(1997):全国に設置した地球電磁気連続観測装置,国土地理院時報No.87,4-12.  
 広石一男(1992):地磁気測量の概説,国土地理院技術資料B5-No.17,48-58.1992

磁気図 (偏角) 2000.0年値

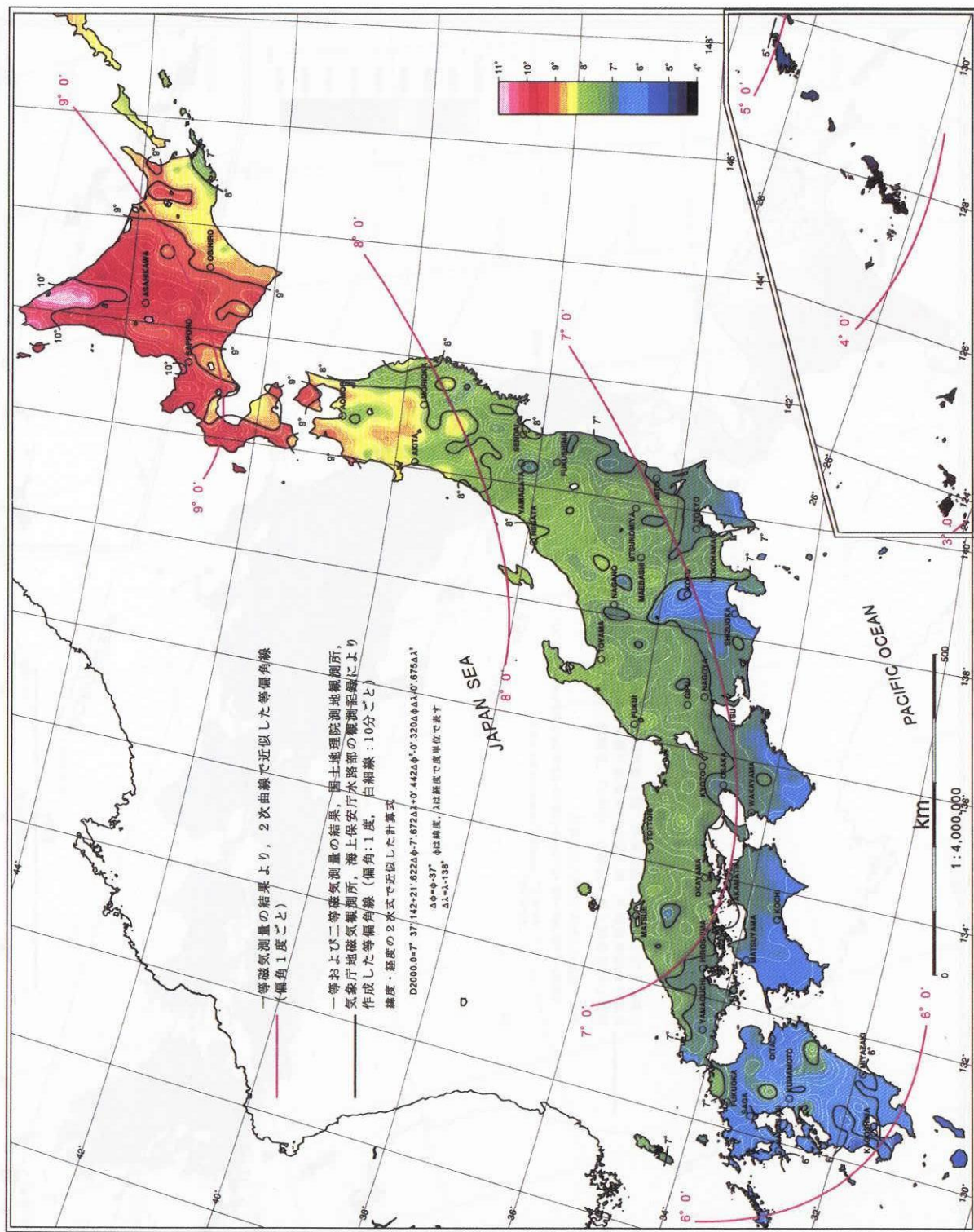
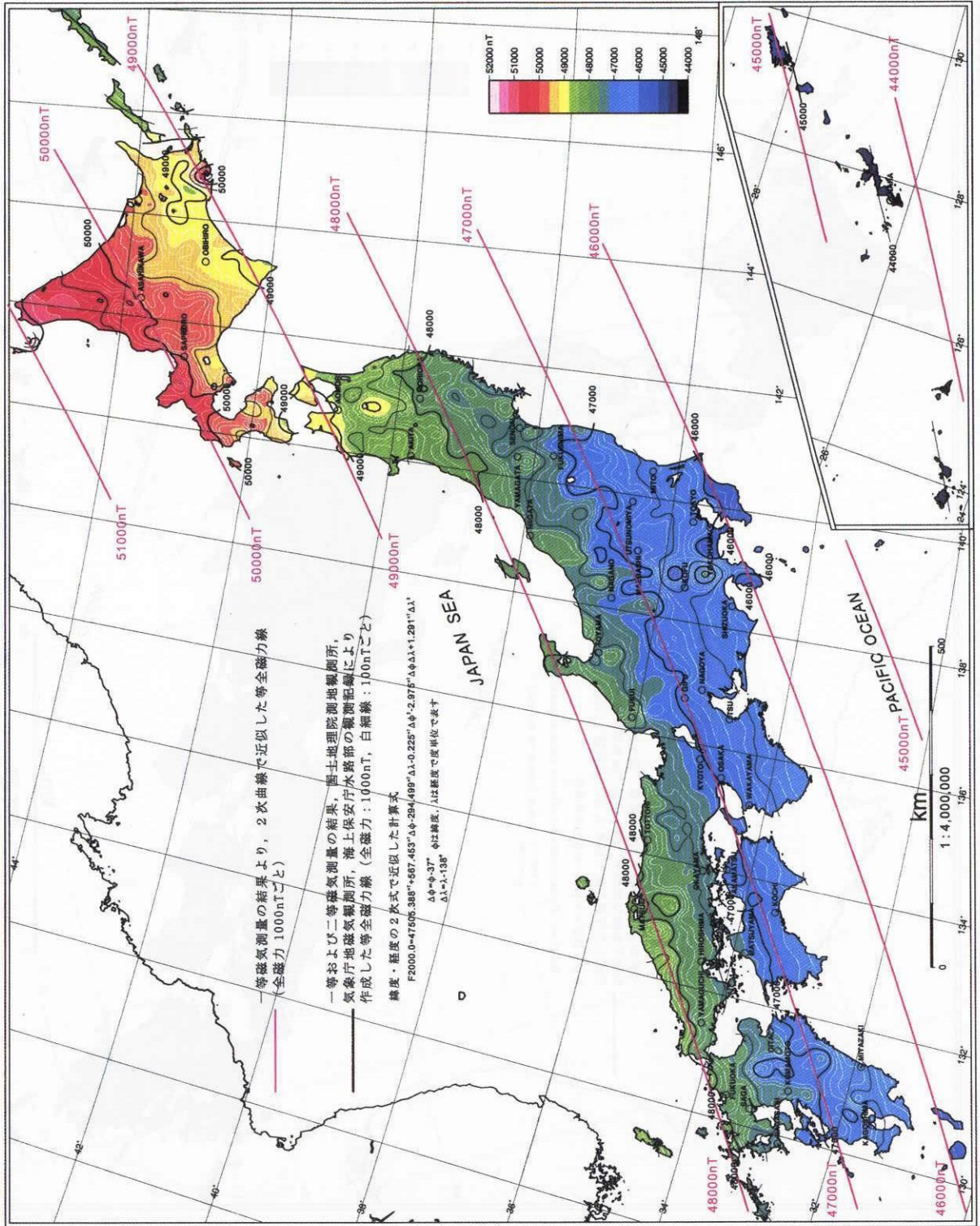


図-4 磁気図 (偏角) 2000.0年値 (縮尺約50%)

磁気図(全磁力) 2000.0年値



国土地理院

図-5 磁気図(全磁力) 2000.0年値 (縮尺約50%)

# 河川・水路・港湾の基準面について

## The Local Datum Line of River Leveling, Hydrographic Leveling and Port Construction Leveling

測地部 箱岩英一  
Geodetic Department Eiichi HAKOIWA

### 1. はじめに

河川・水路・港湾の管理及び工事施工に関わる高さの体系は、明治初期に端を発し現在に至っている。一方、我々が所掌している陸地における高さの体系もこれとは別に明治16年から開始され現在に至っている。

このたび基本測量により設置された水準点（基本水準点）成果が約30年ぶりに「2000年度平均成果」として平成14年4月に改定された。この改定に伴い河川・水路・港湾の体系と基本測量の体系とどのように関わり合うか、両体系の基準面をとおして考察した。

### 2. 河川管理等の背景とはじまり

#### 2.1 背景

明治元年（1868）に新政府が誕生して民政への拡張が図られたが、諸事整わぬことが多かった。ことに河川は、徳川末期以後ほとんど放置されていたため、その改修は緊急の課題となっていた。河川の下流部の平野や河口に

都市、港湾をもつことの多い我が国の近代化には、枢軸となる河川の改修と築港および既成港湾と河川との関連の整備が必要であった。

#### 2.2 オランダ技術者

明治初期の河川・港湾・灌漑の土木技術分野で、もっとも先駆的で、かつ傑出した貢献のあったのは、オランダ技術者（表-1）であった。

オランダ本国の主要地方の大半が、永い期間をかけて干拓された土地からなっていることは周知のとおりであるが、その血の滲むような努力の伝統を反映して、ヨーロッパでは河川や港湾、あるいは干拓、灌漑の土木技術分野で、オランダ人の力量が群を抜いていることは、古くから認められているところである。オランダ人は、鎖国以来、日本人にとっては最も親しいヨーロッパ人でもあった。

表-1 土木寮雇用オランダ人技師一覧

名前	資格	月給 (泉日当初)	雇 用 期 間						
			(1872)	(1877)	(1882)	(1887)	(1892)	(1897)	(1902)
ドールン C. J. Van Doorn (1837-1906)	長工師	500円	1872.3.24-1875.4.10	1876.4.2-1880.7.22					
エッセル G. A. Escher (1843-1939)	1等工師	450	1873.9.25-1878.6.30						
ムルデル A.T.L.R. Mulder (1848-1901)	1等工師	475		1879.3.25-1886.6.12	1887.5-1890.5.11				
リンドウ I. A. Lindo (1847-?)	2等工師	400	1872.3.17-1875.10						
テッセン A.H.T.K. Thissen (1839-?)	3等工師	350	1873.11.15-1876.11.14						
デ・レーケ J. de Rijke (1842-1913)	4等工師	300	1873.9.25-1903.6.18ころ						
ウェストルウィル J. N. Westerwiel (1839-?)	工 手	100	1873.11.15-1878.11.14						
カリス J. Kalis	工 手	100	1875.5.14-1877.5.13						
アルンスト D. Arnst	工 手	100	1873.9.25-1880.12.27						
マストレクト A. van Mastrikt	工 手	100 (推定)		1879.3.29-1881.2.4					

〔資料〕建設省淀川工事事務所：『“流れ”を変えた男たち—オランダ人土木技師団と日本の河川—』,1989

### 2.3 ファン・ドールンとイ・ア・リンド

明治5年(1872)2月、内務省土木寮は、お雇い外国人としてオランダからファン・ドールンを長工師(技師長)として、イ・ア・リンドを二等工師として両技師を招聘し、主に関東方面を担当させた。

### 2.4 デ・レーケ

明治6年(1873)デ・レーケ、エッセル、チッセンの3工師が日本の招聘によりオランダから来日し、淀川・大阪港をはじめとして関西方面を担当した。デ・レーケは低水工事(平常時の河川の流路を一つにまとめて、灌漑や舟運に川を利用する工事。なお、洪水対策の工事は高水工事という)とともに、特に日本における近代的砂防の構想を芽吹かせた中心的役割をはたす功績を残した。

### 2.5 河川管理等の体系整備

#### 2.5.1 量水標の設置

我が国には従来、水位観測の科学的方法と記録がなかったため、工事計画を立てるのに不便を感じ、まず下総(茨城県)の境町に明治5年量水標(水位標ともいわれ、河川の水位観測するための標尺の一種)を設置した。これが日本最初の量水標で、ついで同年7月淀川にも設けられた。これらの計画は、ともにドールンの指導によるものであった。これによって、我が国の治水事業にはじめて水理学的、量的な記録方式が導入されたのである。ドールンを長とするオランダ技師たちのもたらした高水準の学問的基礎と技術は、明治初年の河川工事、特に低水工事に大きな貢献を果たした。

水準測量の日本人への技術移転は、この時点から開始された。

#### 2.5.2 水準原標とファスト・ピュント

リンドは、明治5年に利根川河口である銚子の飯沼に水準原標(飯沼観音境内に現存す)を設置した。これを

基準にして水準測量を行い江戸川河口の堀江にも基準を設け、その堀江標をもって水位の高さを測定するようになった。

更に陸地測量部が日本水準原点の標高を得るために用いた荒川河口霊岸島量水標(写真-1)も明治6年6月10日設置したもののだが、これもリンドの創始したものといわれている。

リンドの報告書は次のように述べている。

「1872年(明治5年)の末に於ける吾が水平測量(水準測量のこと)を以て各所の高低の基点(ファスト・ピュント)を定む。而して之に江戸川にての其の位置景況を副記すること表の如し。此の高低は皆一所にて定むる所の基本水準面より割り出したるものにして、則ち飯沼水位尺の零点なり…」とあり、銚子の水準原標付近に設置された飯沼水位尺(量水標)の零点を通る面を基本基準面として設定し、利根川、江戸川の各地に設置された量水標(図-1)や測水標石(付属標石)そして各所に設置された基点の高さを1つの基準面で表すことにした。なお、記録には各所に設置された基点の高さが河川に沿って表形式で残されている。これは、現在の河川管理用測量標石である「水準基標」に相当する役割を持たせた基点としてすでに当時においても設置されていたことを表している。

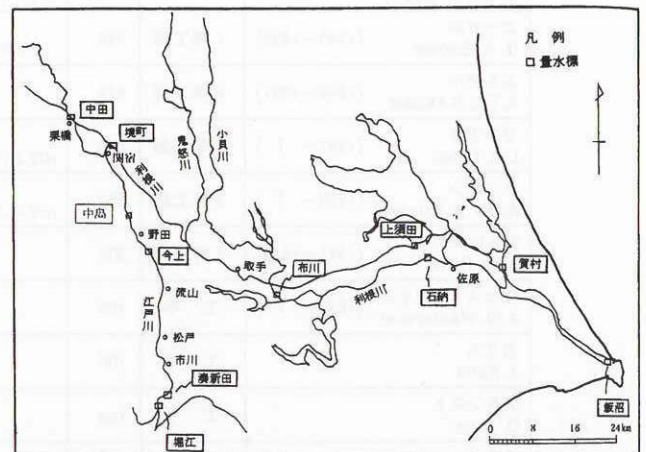
#### 2.5.3 基本水準面とJapan Peil

このように各水系の基点を1つの基準面で表したこの基本水準面は、日本水位Japan. Peil(オランダ語で水準面の意)略してJ.P.と名付けた。たとえば堀江の量水標零点は、 $1.11 + P$ と記されているが、飯沼の零点を通過する水平面(基本水準面)より1尺11(0.3364m)高いことを表わしている。

銚子~堀江間を水準測量で結んだ後は、もっぱら堀江標を基準として堀江の量水標零点の面をY.P.(Yedogawa



写真-1 霊岸島量水標の設置位置  
(現東京都中央区新川2-32, 隅田川右岸, 1995.2.23撮影)



〔資料〕利根川百年史編集委員会：『利根川百年史』、建設省関東地方建設局

図-1 利根川、江戸川の各地に設置された量水標



が砂防工事や河川計画に現在使用している「国土交通省河川砂防技術基準（資料-1）」や「〇〇川水系河川整備基本方針（資料-2）」に記載されたものと同じ数値であり、百数十年間、この関係数値は変更されず利用されてきたことが窺い知れる。

3.1.2 T.P.と河川・港湾の基準面との関係

以上の他、全国の主要な河川・港湾に使用されている基準面とT.P.の関係をまとめたものを表-2に示す（昭和3年調整）。これによると、河川については、淀川のもので-1.0455mが、-1.3000mと変更された他は、現在と全く同じ数値が使用されている。

表-2 T.P.と河川港湾の基準面（特殊基準面）との関係（港湾第6巻3号，昭和3年，中川吉造より）

河川・港湾	略名	東京湾平均海面との差(m)	備 考
利根川及び支流	Y.P	-0.8402	江戸川河口堰江量水標零位
荒川・多摩川	A.P	-1.1344	墨田川河口壘岸島量水標零位
中川及び東京都	A.P	-1.1344	"
淀川	O.P	-1.0455	"
吉野川	A.P	-0.8333	"
木曾川	O.P	-0.6573	下流改修当時採用
同	MSL	0.0	
太田, 天竜, 北川	MSL	0.0	
北上川	K.P	-0.8745	
高松港		不明	6年間毎月1回最干潮平均面上0.03m
今治港		不明	大正13年1月12日の最大干潮面
小松島港		-0.9788	明治44-45年1年間朔望平均干潮面
関門, 門司, 下関		準大低潮平均面	水路部準大低潮平均面
長崎港			5カ年平均朔望最干潮面に近似
鹿児島港			平均大干潮面下0.6m(県量水標零位)
新潟港	MSL	0.0	
伏木港		+0.1515	
敦賀港	MSL	0.0	
鳴瀬川	S.P	-0.0873	塩釜港と同じ
塩釜港		-1.1939	大正4年最干潮面
同	S.P	-0.0873	現行
雄物川	O.P	0.0	
高梨川	MSL	0.0	
横浜港		-1.3258	21カ年観測朔望平均干潮面下0.076m
清水港		-0.9091	
神戸港		-0.8934	数年間観測, 市量水標零位上0.455m
境港		-0.0560	大正4-10年, 7年間朔望平均干潮位
同	MSL	0.0	
銚子漁港		-0.7908	大正11年中の朔望平均干潮面
青森港		-0.2515	大潮平均干潮面
大阪港	O.P	-1.0455	明治7年実測最低干潮面
尼崎港	O.P	-1.0455	同
東京湾	A.P	-1.1344	壘岸島量水標零位

3.2 水路および港湾の基本水準面

また、海上保安庁水路部が水路測量を担当しており、水路協会が水路測量業務の内容とその解説をまとめ「水路測量」として編集刊行している。これによると、図-3のとおり、日本の海図の水深や干出岩の高さは「略最低々潮面（海面が大体それよりも低下する回数がほとんどまれな面）」としており、これを「基本水準面」と呼んでいる。各港の基本水準面は、毎年、海上保安庁水路

部から「（書誌第741号 平均水面及び基本水準面一覧表（資料-3, 4）」として各港にある「基本水準標」頂下から基本水準面までの関係をcm単位で表示し、利用者に提供されている。これには、T.P.との関係が掲載されている港もある。

港湾関係については港湾局が担当し、工事中基準面について技術基準を設けている。これによれば工事中基準面として基本水準面を採用するとし、水路部から毎年改版される「書誌第741号平均水面及び基本水準面一覧表」によることが明記されている。さらに、工事基準面は、「基本基準面と東京湾平均海面の関係を明らかにしておく必要がある」と謳っている。

4. 考察と提案

4.1 全国の特種基準面

4.1.1 河川測量と特殊基準面

河川についての特種基準面のはじまりは、その河川単独の河口から所要所の高さや勾配そして流速を得るための体系を確立することにあつた。さらに、河川同士の関係は、河川運河と内陸輸送の歴史的な構想が背景にあり、河川相互の水面を関連づけることが主たる目的であつたと推定される。

しかし、この低水工事が鉄道の発達によって、洪水防衛に重点をおく高水工事へと移って行った。このため、指導に当たってきたファン・ドールンもオランダへ帰国し、それ以降、河川毎の特種基準面が新たに設定されることはなかつたようで、現在では特定の河川以外は、国土交通省公共測量作業規程に準拠して、その殆どが基本水準点に基づく標高（T.P.）により測量が行われている。このため、特殊基準面が設定されている特定の河川は、T.P.からの標高を求めたのち、関係数値を加え特殊基準面に基づく高さを算出し使用している。また、T.P.との関係数値は、大きな地震により地殻変動を生じたとして変更している淀川を除き、その他の河川については明治以来現在まで変更していない。

4.1.2 淀川の特種基準面

淀川の特種基準面（O.P.）は、明治期にT.P.との関係

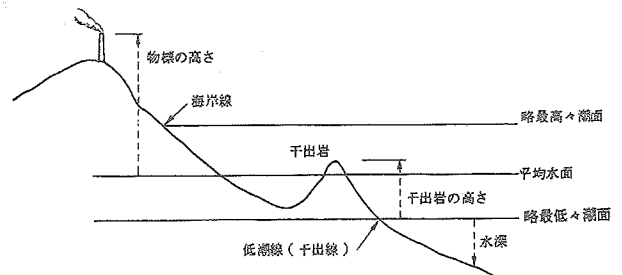


図-3 水路測量の高さおよび深さの基準面

を-1.0455mとしたが、東南海、南海震災による地殻変動があったとして国土地理院の測量結果（昭和28年）に基づき-1.20mとした。更に国土地理院の改測（昭和38年度暫定成果）により約9cmの沈下が認められ関係数値を-1.30mと再変更して現在に至っている。この変更にあたって、関係機関による「O.P.委員会」を開催するなどし、この関係数値について検討が図られた経緯がある。

#### 4.2 成果改定による影響と対応

##### 4.2.1 東京湾平均海面（T.P.）と特殊基準面との関係数値

第8回全国水準測量が完了したため全国同時網平均計算を行い、水準点成果が約30年ぶりに「2000年度平均成果」として改定された。

この成果に基づいて東京湾平均海面を基準とした日本各地の海面高が得られるが、これと1966年に国土地理院が土木学会誌で公表した約30年前の海面高を図-4に示す。この図によれば日本列島周辺の海面高は、40cm程度の範囲で凸凹しており、日本海側が太平洋側より総じて20~30cm程高い。しかしながら30年前と今回との比較では、どの地域においても大きい変化はしていない。このことから、T.P.と各地の特殊基準面との関係数値を直ちに変更するには及ばないと思量される。こ

れは、歴史的にも明治以来変更せず実用的に問題を生じていないことでも裏付けられる。

以上にに基づき、成果改定と特殊基準面からの各測点までの高さの概念について図-5に示す。

概念図を解説すると、

- 1) 特殊基準面は長期の河川水位あるいは海面の高さを観測し、この観測値から基準面を設定して、これを陸地の構造物と関係付けている。具体的には、水位の観測等は量水標によって行い、陸地に水準点（基準水準点、付属水準点などと呼んでいる）を設け、水準点から下〇〇mと定義しているのが一般的である。図の例（A点）では2.200mと定義しているが、今、この水準点のT.P.からの高さは基本水準点から取り付けてあり、1.200mである。
- 2) この水準点成果が今回の改定により1.200mから1.100mに改定された。
- 3) この-10cmの改定量には地殻変動や地盤沈下等原因はいろいろ考えられるが、兎に角最新のデータで測量した結果、T.P.からの高さが以前の成果に較べて10cm下がったことになる。これは、特殊基準面からの高さも10cm下がると見なせ、2.100mと定義を変更することが必要となる。
- 4) ここでは、前述のとおりT.P.と特殊基準面との関係は、変わらないという仮定に立って述べている。

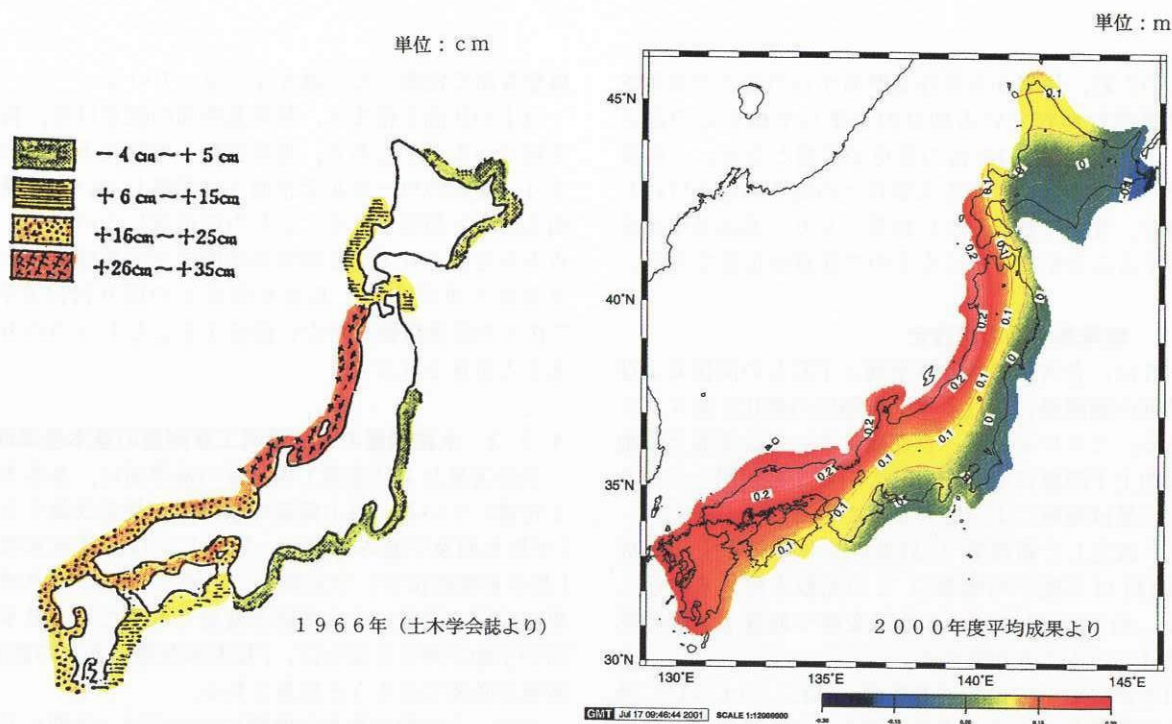


図-4 東京湾平均海面を基準とした日本列島各地の平均海面高

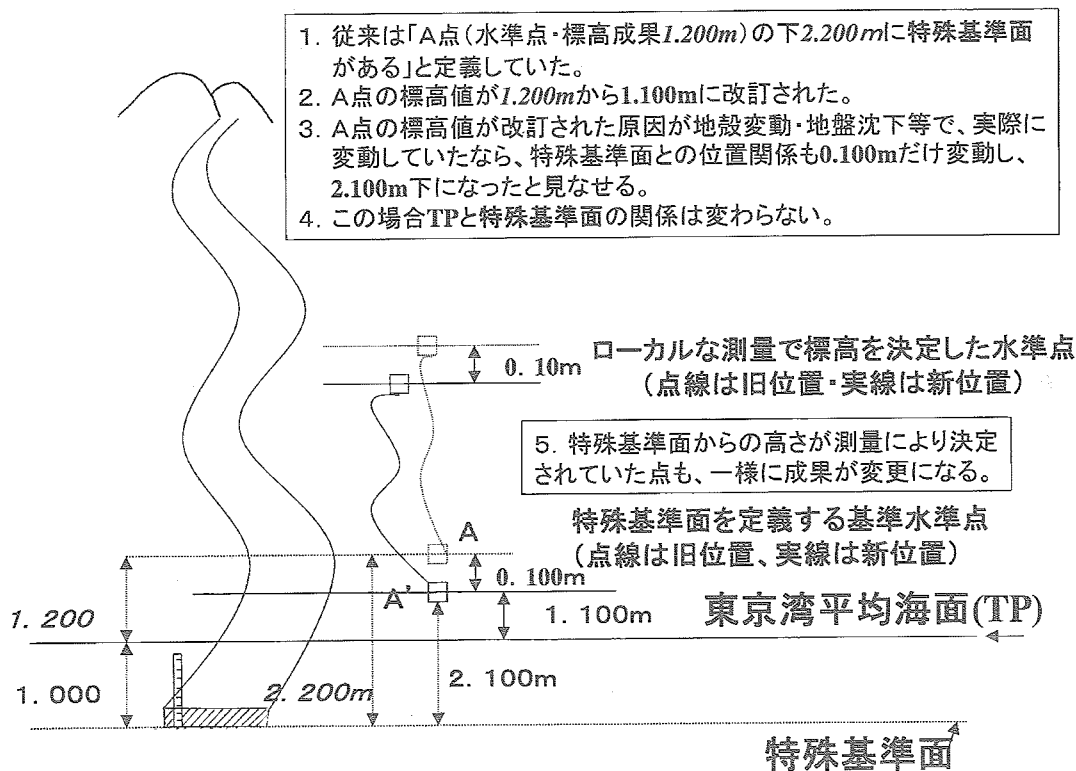


図-5 成果改定と特殊基準面からの高さの概念図

5) このため、従来から特殊基準面からの高さで表示され測量等行われている独自の水準点や杭などの高さは、上記と同様-10cmの変更が必要となる。この変更をしない場合は、基本水準点との高さの取り付けした場合、互いに整合しない結果となり、基本水準点を利用することができなくなるので注意が必要である。

4.2.2 特殊基準面の再設定

図-6は、各河川の特殊基準面とT.P.との関係および河川付近の験潮場における年平均潮位の変化を表すグラフである。これによると、長期間においては海面と陸地の相対的上下関係に変化を生じていることが明らかであり、その量は地域によって異なっている。

また、改定した新成果(「2000年度平均成果」と旧成果(「昭和44年度平均成果」と)の比較も図-6に示している。約30年間における地殻変動や地盤沈下等の影響を受けていることが分かる。

淀川水系においての特殊基準面(O.P.)のように、過去の数回実施した水準点成果改定をうけ、T.P.との関係数値を-1.30mと変更定義した地域もあるが、これは、当初のような最低干潮面という物理的な意味から離れ、

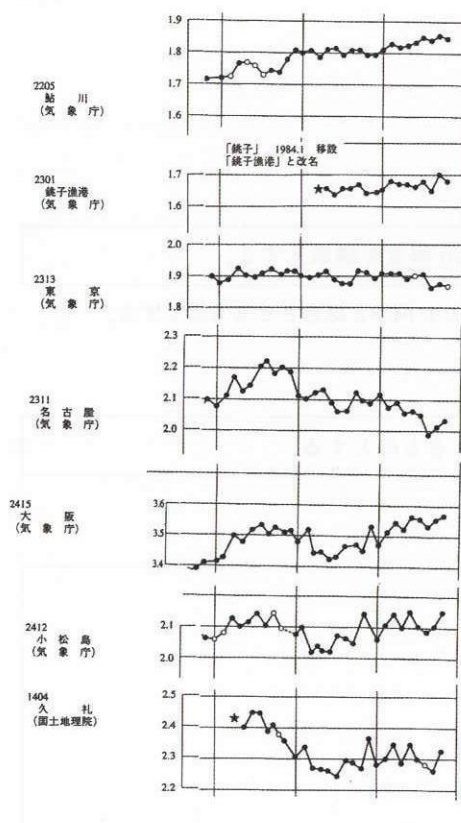
仮想な面で定義したに過ぎなくなっている。

以上の状況を踏まえ、特殊基準面の設定以来、長期間を経ていることもあり、地殻変動・地盤沈下等の影響により、実際のローカルな水面とは乖離している特殊基準面もあると想定される。これらの地域については、水準点から定義されている特殊基準面までの数値を潮位データ等から再設定し、基本水準点との取り付けを行い、T.P.との関係数値を新たに決定することも一つの方法であると思量される。

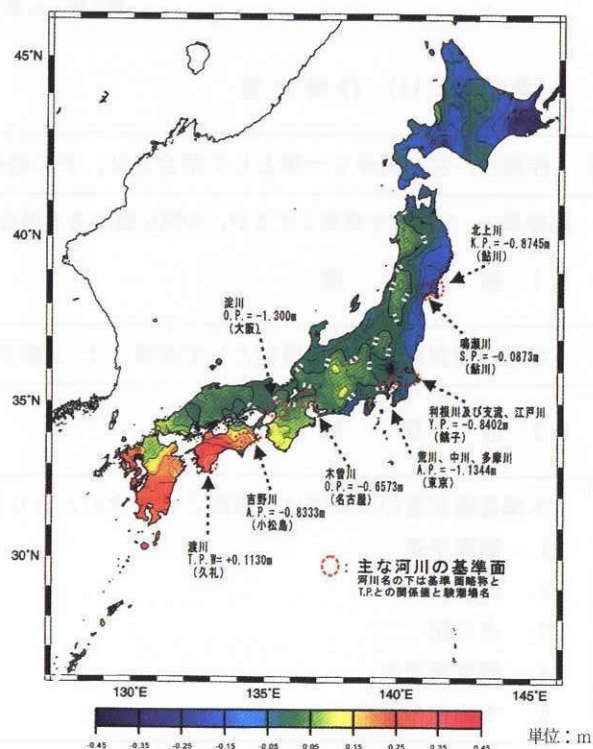
4.2.3 水路測量および港湾工事測量の基本基準面

水路測量および港湾工事測量の基準面は、基本水準面と定義している。海上保安庁水路部が毎年改版する前述「平均水面及び基本水準面一覧表」には、基本水準面を「基本水準標頂下」で定義している。この基本水準点成果が今回の改定により標高が変更されるため、基本基準面が不動と考えるならば、「基本水準標頂下」の数値は、変更が必要であろうと思量される。

また、その他の基本水準標については、早期に基本水準点との取り付けを行い、基本水準標と基本水準面までの数値変更を検討すべきと考える。



図中の色区分は 新成果(2000年度平均成果)から旧成果(昭和44年度平均成果)を差引いた標高差を表す。



図一 各河川の特種基準面とT.P.との関係および河川付近の験潮場における年平均潮位の変化グラフ

参考文献

- [1] お雇い外国人—建築・土木—, 松村貞次郎, 鹿島出版会
- [2] 利根川下流部水準標石調査業務委託報告書, 建設省関東地方建設局利根川下流工事事務所, (株)地域開発研究所
- [3] 利根川改修沿革考(明治年間), 中川吉造, 内務省東京土木出張所
- [4] 日本に於ける地図測量の発達に関する研究, 高木菊三郎, 風間書房
- [5] 応用測量の実際, 福永宗雄, (社団法人)日本測量協会
- [6] 平均水面及び基本水準面(書誌第741号), 海上保安庁
- [7] 公共測量教程水準測量, 大滝三夫・中根勝見, 東洋書店
- [8] 高さの基準, 太田 晃, 土木学会誌・51-10
- [9] 国土交通省河川砂防技術基準(案)同解説—調査編—, 国土交通省河川局監修, (財団法人)日本河川協会編
- [10] 多摩川水系河川整備基本方針, 建設省河川局(平成12年12月)
- [11] 国土交通省公共測量作業規程解説と運用, 大臣官房技術調査室監修, (社団法人)日本測量協会
- [12] 海図の知識, 杵名景義・坂戸直輝, 成山堂書店
- [13] 港湾の施設の技術上の基準・同解説, 運輸省港湾局監修, 港湾の施設の技術上の基準・同解説検討委員会編集, (社団法人)日本港湾協会
- [14] 水路測量, 杉浦邦朗他2名, (財団法人)日本水路協会

## 第8節 水準基標測量

## 〔参考 21.14〕 作業内容

作業は、左右両岸を一環として閉合させ、その路線長は50km程度を標準とする。

路線長は、50kmを標準とするが、中間に橋がある場合は、できるだけ両岸と結合させるものとする。

## 8.1 精 度

水準基標測定の精度は原則として本章3.1 2級水準測量によるものとする。

## 8.2 成 果 等

水準基標測定の成果等は、原則として次のとおりとする。

1. 観測手簿
2. 計算簿
3. 点の記
4. 精度管理表
5. その他の資料

## 8.3 検 査

水準基標測量では、原則として次の事項を点検するものとする。

1. 路線の選定は、左右両岸を含めて約50kmで閉合しているか。
2. 観測手簿に作為がないか、また観測の精粗について10%程度抽出検算を行う。
3. 計算簿は閉合差を10%程度抽出検算を行う。
4. 成果表の既知成果を全数照合検査を行う。
5. 水準点は一等水準点または一級水準点を使用しているか。  
検測は路線間を均等に5%（往復）または10%（片道）程度実施する。
6. 基準面は東京湾中等潮位（T.P.）を標準とするが、水系に固有の基準面がある場合には、その基準面で計算されているか。

## 解 説

必要に応じ測量作業検査基準（案）を参照のこと。

表 21-22 河川の基準面

河 川 名	基 準 面	東京湾中等潮位との関係	摘 要
北 上 川	K. P	-0.8745	
鳴 瀬 川	S. P	-0.0873	
利 根 川	Y. P	-0.8402	
荒川, 中川, 多摩川	A. P	-1.1344	
淀 川	O. P	-1.3000	
吉 野 川	A. P	-0.8333	
渡 川	T. P. W	+0.1130	

(3) 主要な地点における計画高水位及び計画横断形に係る川幅に関する事項

本水系の主要な地点における計画高水位及び計画横断形に係る概ねの川幅は、次の表のとおりとする。

主要な地点における計画高水位及び川幅一覧表

河川名	地点名	河口又は合流点 からの距離 (km)	計画高水位		川幅 (m)
			T.P. (m)	A.P. (m)	
多摩川	日野橋	河口から39.8	68.78	69.91	340
	石原	河口から27.7	32.21	33.34	360
	田園調布(下)	河口から13.2	9.08	10.21	400
浅川	高幡橋	合流点から 2.2	68.33	69.46	140

注) T.P. (Tokyo Peil) : 東京湾平均海面

A.P. (Arakawa Peil) : 零点高 = T.P. 零点高 - 1.13m

(4) 主要な地点における流水の正常な機能を維持するため必要な流量に関する事項

石原下流における既得水利としては、農業用水として $1.3\text{m}^3/\text{sec}$ 、工業用水として $4.24\text{m}^3/\text{sec}$  (うち $1.62\text{m}^3/\text{sec}$ は塩水を含む)、水道用水として $3.81\text{m}^3/\text{sec}$ 、雑用水として $0.32\text{m}^3/\text{sec}$ 、合計約 $9.7\text{m}^3/\text{sec}$ の許可水利がある。

これに対して、石原地点における近年10カ年(平成元年~平成10年)の平均濁水流量は約 $5.9\text{m}^3/\text{sec}$ 、平均低水流量は約 $12.1\text{m}^3/\text{sec}$ である。

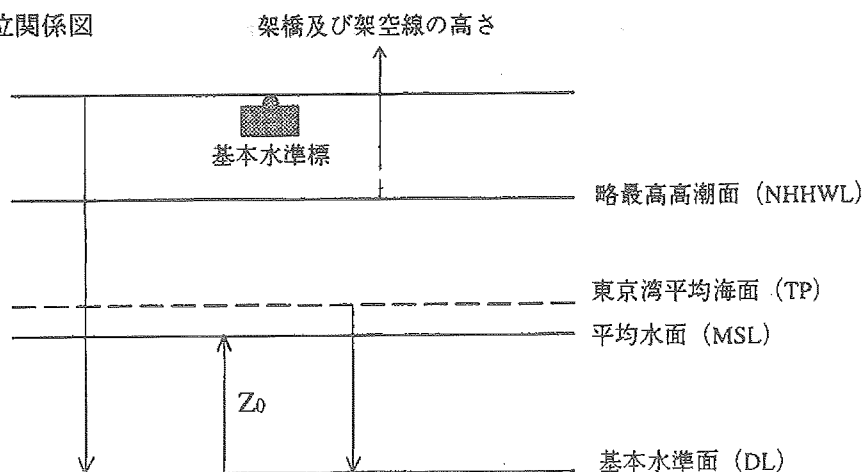
## 平均水面及び基本水準面一覽表

この表は、水路業務法施行規則（昭和25年運輸省令第55号）第5条の規定に基づく海上保安庁告示第71号（昭和55年4月17日）に従って刊行するもので、原則として毎年改版する。

### 〔解説〕

- 1 平均水面は、現地の長期間にわたる潮汐観測資料から毎時潮高を平均して得られる面である。  
ただし、観測期間が短い場合には、季節的な変動量を修正して決定される。
- 2 基本水準面として、潮汐観測資料から調和分解によって潮汐調和定数を求め、このうちの主要四分潮（M<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>, K<sub>1</sub>, O<sub>1</sub> 潮）の半潮差の和又は、ほぼそれに等しい高さだけ平均水面から下げた面を採用してある。基本水準面から平均水面までの高さは、国際水路会議の技術決議に基づき Z<sub>0</sub> で表わされる。
- 3 基本水準面の高さを表示するため、地盤の強固な地点を選んで基本水準標を設置し、その高さを基本水準面からの高さで表示している。また建設省国土地理院の水準点と関係付けられた基本水準標地点については、東京湾平均海面の高さを基本水準面からの高さで表示してあるが、「TP 下 m」の決定に使用した同院の水準点成果は最新のものとは限らない。
- 4 区分図によって Z<sub>0</sub> が区分されている海域については、これらの区分図を付図として掲載した。

### 5 潮位関係図



資料-4

地名	基本水準標				基本水準面			
	所在	緯度 N °	経度 E °	採用 年月	基本水準標 頂下、又は +符下 m	平均水面 下 (Z <sub>m</sub> ) m	T P 下 m	基本水準標 最近調査 年月
八戸 久慈 茂師	国土地理院BM(6959号)頂	40-21	141-46	平 7- 8	22.14	0.85	0.79	
	玉の脇外防波堤基部にある水路部BM頂			昭58- 8	6.16			
	漁港内にある水路部BM頂	39-50	141-59	昭59- 6	3.44	0.87		
宮古 山田 釜石	国土地理院BM(6900号)頂	39-38	141-59	昭59- 6	4.89		0.79	
	竜神崎の岩場にある水路部BM頂			昭58- 7	3.89	0.83	0.79	
	国土地理院BM(6872号)頂	39-28	141-57	平 7- 7	7.40	0.86	0.74	
大船 渡	港湾合同庁舎構内にある水路部BM頂	39-16	141-54	昭55- 5	2.36	0.86	0.88	平 6-10
	国土地理院BM(交3号)頂			昭55- 5	5.05			平 6-10
	漁港防波堤基部北側にある水路部BM頂	39-01	141-43	昭57- 8	3.36	0.88	昭62- 9	
気仙 沼	国土地理院BM(6786号)頂	38-53	141-37	昭57- 8	32.49	0.85	0.90	昭60-12
	梶ヶ浦西方にある水路部BM頂			昭52- 8	2.60			
	合同庁舎東南東方にある県BM頂			昭61- 6	3.29	平 3- 3		
御志 津川	崎浜にある県BM頂	38-52	141-41	昭59- 4	10.65	0.85		
	荒島北端の岩盤上にある水路部BM頂	38-40	141--27	昭57- 8	3.04	0.90		
	国土地理院BM(5696号)頂			昭57- 8	2.88			
船越 女川	北防波堤突端にあるコンクリート柱+符	38-32	141-31	昭28- 6	3.36	0.90		平 1- 5
	小乗北方の鳥居基部にある水路部BM頂	38-26	141-28	昭57- 8	2.94	0.89		
	東防波堤基部にあるBM(金属標)頂	38-24	141-31	昭58- 7	3.62			
鮎荻 川浜	国土地理院BM(付属1号)頂	38-18	141-31	昭56-11	3.41	0.88	0.86	昭57- 8
	漁業組合東方約200mにある水路部BM頂	38-22	141-27	昭57-08	3.97	0.94	0.90	
	国土地理院BM(5639号)頂			昭57- 8	9.35			
石野 蒜湾 石塩 釜	西部泊地内にある陶器標+符	38-25	141-19	平 1- 6	2.32	0.90		
		38-21	141-09			0.90		
		38-19	141-07			0.92		
	港橋にある験潮所北側の県BM(塩釜1号)頂	38-19	141-02	昭48- 5	3.15	0.92	平 7-10	
花淵 仙台	国土地理院BM(045-016号)頂	38-18	141-05	昭48- 5	3.42	0.96	1.00	平 1- 7
	験潮所付近にある県BM(仙台5号)頂	38-16	141-02	昭46- 5	3.00	0.93	平 4- 6	
関相 松川 原	国土地理院BM(045-013)頂	38-10	140-58	昭51- 6	3.09	0.75	0.84	平 4- 6
	港湾建設事務所西方にある国土地理院BM(付属27号)頂	37-50	140-58	昭51- 2	4.87	0.88	0.83	平 7- 6
川浦 町		37-49	140-59			0.88		
	東北電力原町火力発電所の石こうパース西側基部にある東北電力BM頂	37-40	141-02	平 7- 4	5.40	0.90		



# 沖ノ鳥島の変位 (1999年2月～2002年2月) Displacement of the Okinotorishima Island From February, 1999 to February, 2002

測地部 愛場政広・濱崎英夫  
Geodetic Department Masahiro AIBA, Hideo HAMAZAKI

## 要 旨

国土地理院では、沖ノ鳥島の正確な位置決定やフィリピン海プレート運動の検出のため、同島において1989年からGPS観測を実施している。

本報告では、1999年2月～2002年2月の間に得られた各年の観測データを処理し、周辺の国際GPS事業 (IGS) の観測局から一等三角点「沖ノ鳥島」の座標を求め、その変位量を算出した。1999年2月～2002年2月までの変位量を平均した結果、N70° W 5.0cm/年となり、同島が国際地球基準座標系 (ITRF) において西北西に移動していることが確認された。

## 1. はじめに

国土地理院では、「沖ノ鳥島における正確な位置の決定及びフィリピン海プレート運動の検出」を目的として、1989年から同島においてGPS観測を実施している。

現在、沖ノ鳥島には、一等三角点「沖ノ鳥島」及び三等三角点「北小島」が設置されており、海洋科学技術センターの観測船の便宜供与により渡航し、GPS観測を行っている。三角点の名称は、平成14年1月23日付けで一等三角点「東露岩」から「沖ノ鳥島」、三等三角点「北露岩」から「北小島」に変更された。この報告では、変更後の名称を使用する。

同島の三角点の測量成果については、1989年観測のデータを放送暦で解析した結果が公表されている。また、一等三角点「沖ノ鳥島」については、1998年2月観測のデータを、国内の電子基準点網を基準として解析した、より精度の高い測量成果が公表されている。

本報告では、1999年2月～2002年2月の間に得られた各年のGPS観測データを用いて、国際GPS事業 (IGS) の観測局から一等三角点「沖ノ鳥島」の座標を求め、その変位量を算出した。

## 2. 沖ノ鳥島の概要

沖ノ鳥島は、東京から南に約1,700km、小笠原諸島から南西に約900km離れた日本最南端に位置する無人島である (図-1)。同島は、周囲約11kmの長楕円形をした珊瑚礁 (リーフ) からなっており (写真-1)、一等三角点を設置されている「東小島」 (写真-2) 及び三等三角点を設置されている「北小島」 (写真-3) の2つの

小島が満潮時に海面上に残る。その他同島の保全工事や様々な実験のために作られた観測施設 (SEP) (写真-4) や人工島である観測所基盤 (写真-5) が存在する (国土交通省, 1999)。

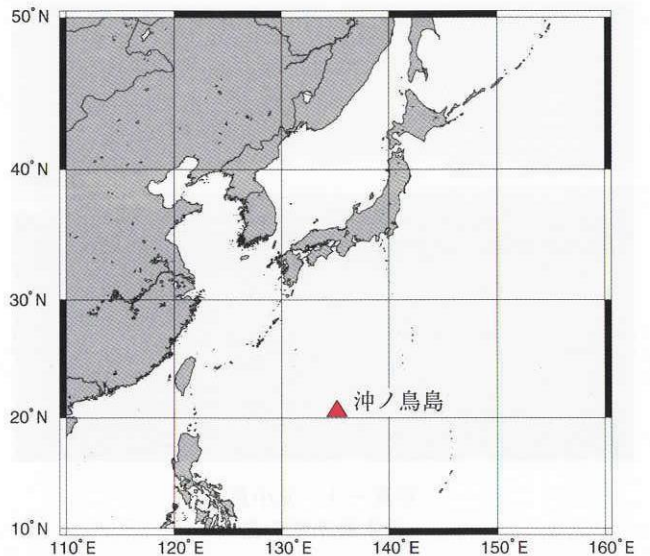


図-1 沖ノ鳥島位置図

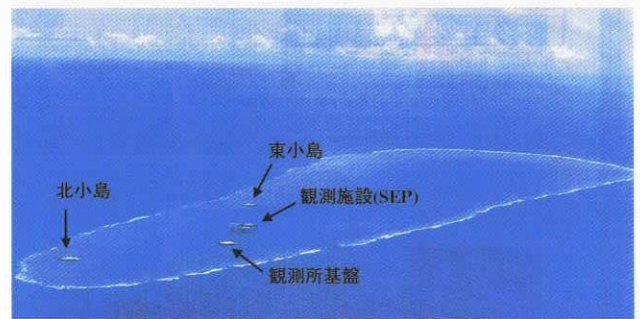


写真-1 沖ノ鳥島配置図  
(国土交通省リーフレット、「沖ノ鳥島の保全」より)



写真-2 東小島  
鉄製消波ブロックとコンクリートで保護されている。



写真-4 観測施設 (SEP)  
基礎的な調査・観測が実施されている。



写真-3 北小島  
日本最南端の島



写真-5 観測所基盤 (旧灯台跡)



写真-6 東小島の一等三角点「沖ノ鳥島」



写真-7 作業船にて北小島上陸  
水深が浅いため母船から作業船にて上陸

### 3. 解析方法

#### 3.1 データ

今回使用したGPS観測データを、表-1に示す。1999年～2001年については、それぞれ約2日分、2002年については約3日分のデータが得られている。観測月日が毎年異なるのは、観測船の運航日程が海洋科学技術センター、国土交通省本省及び京浜工事事務所との調整で決定されるためである。また、観測時刻に違いがあるのは、天候の障害で同島に上陸できなかったためである。

#### 3.2 初期座標値

解析に使用した初期座標値は表-2のとおりである。この値は、1998年2月に一等三角点「沖ノ鳥島」において観測されたデータをもとに、国内の電子基準点「硫黄島1」・「南大東」・「城辺」・「多良間」を固定点として基線解析を行った結果である(図-2)(丸山他, 1999)。

初期座標値は、以上のように国内の電子基準点を固定して計算した結果を用いたが、基線解析においては、図-3及び表-3に示したように「つくば」・「グアム」・「上海」の国内外のIGS観測局を基準とした。その理由は、次のとおりである。

- 1) 沖ノ鳥島は日本の最南端に位置しているため、国内の電子基準点だけを用いた解析では、網の形がいわゆる「突出し」になってしまい精度低下が懸念される。
- 2) 沖ノ鳥島及びその周辺の電子基準点の座標は、プレート運動によって、年間約1～5cm程度の変位が、予想される。しかし、電子基準点は、変位速度が公表されていないため、変位速度が公表されているIGS観測

表-1 一等三角点「沖ノ鳥島」における各年のGPS観測

観測開始時刻	観測終了時刻	観測時間	観測者
1999.02.22 6:00 UT ~ 02.23 24:00 UT		42時間	渡辺政幸・森 克浩
2000.02.18 6:00 UT ~ 02.19 24:00 UT		42時間	宮口誠司・村上克明
2001.03.01 1:00 UT ~ 03.02 24:00 UT		47時間	河和 宏・濱崎英夫
2002.02.03 1:00 UT ~ 02.06 06:00 UT		77時間	平井英明・愛場政広

表-2 一等三角点「沖ノ鳥島」の初期座標値

Tokyo97 (Bessel 楕円体)	ITRF94 座標系
緯度 = 20° 25' 15.0186" N	X = -4307245.5900m
経度 = 136° 5' 1.2451" E	Y = 4147685.1919m
楕円体高 112.952m	Z = 2211923.1500m

表-3 今回使用した、1997.0年における固定点のITRF2000座標値及び変位速度

IGS観測局名	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vx (m/y)	Vy (m/y)	Vz (m/y)
つくば TSKB	-3957199.240	3310199.668	3737711.708	-0.0012	0.0073	-0.0087
グアム GUAM	-5071312.800	3568363.492	1488904.316	0.0042	0.0105	0.0030
上海 SHAO	-2831733.268	4675666.039	3275369.521	-0.0307	-0.0112	-0.0134

局を固定点として使用する方が、より精度の高い解析が期待される。

#### 3.3 ソフトウェア

精密基線解析には、GAMIT Version 10.04, 網平均計算にはGLOBK Ver 5.05I Global solutionを使用した。また、入力値及び解析結果等の座標変換には trns99 Ver 1.1.5を使用した。

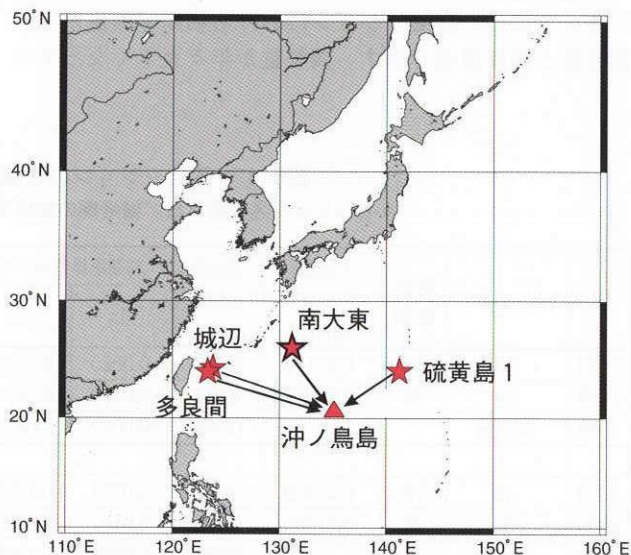


図-2 初期座標の計算方法

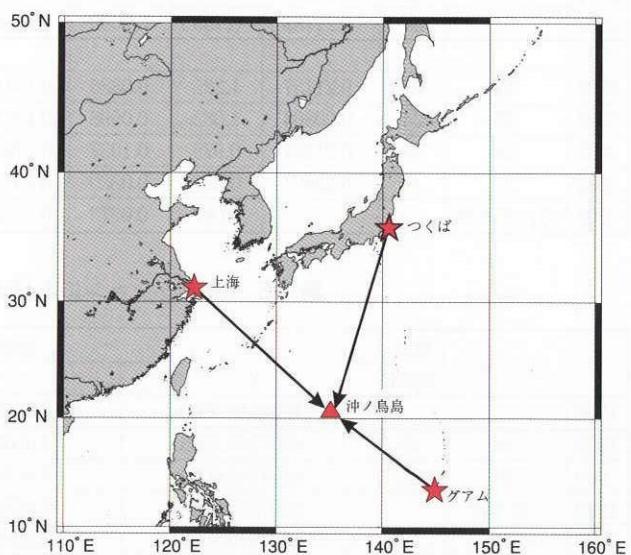


図-3 基線解析の固定点

解析には、測地データ解析室にあるLinuxワークステーションGaia 1を使用した。

4. 計算結果

解析は、まず一日ごとにGAMITによる基線解析を行った。暦は、IGSの精密暦を使用した。次に、GLOBKによる網平均計算を行った。なお、同じ年でデータが2日以上ある場合は、まとめて網平均計算をした。

解析結果を、表-4~6に示す。

表-4には、各セッションにおける初期座標値からの調整量と標準偏差を示す。調整量が年々大きくなって

ることがわかる。これは、沖ノ鳥島が初期座標値の位置から少しずつ移動していることを示している。

GAMITによる精密基線解析において、2001年の第60セッションと2002年の第37セッションにおいて、解析を正常に終了できなかった。第60セッションについてはグアムのデータが計算に使用できず、第37セッションについては、つくばのデータが計算に使用できなかった。従って、これらのセッションでは、固定点が2点となってしまった。他の解析結果と比較してみると、値が大きく違っているため、この2つのセッションの結果は最終結果には採用しなかった。なお、解析が正常に終了

表-4 各セッションの初期座標値からの調整量と標準偏差  
\*セッション名は通算日。備考欄の使用不可の結果は、最終結果には採用していない。

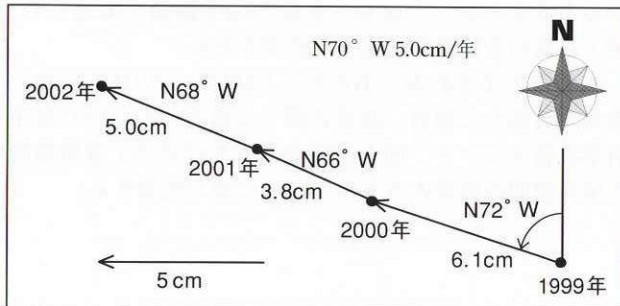
年	セッション	解析時間	Gamit Postfit nrms	Globk prefit chi**2	初期座標値からの調整量 (m)			標準偏差 (m)			備考
					dx	dy	dz	dx	dy	dz	
1999	53	18	0.22147	0.566	-0.0025	0.0920	0.0342	0.0059	0.0051	0.0030	
1999	54	24	0.21927	0.594	-0.0100	0.0875	0.0326	0.0060	0.0052	0.0031	
1999	53+54			0.585	-0.0062	0.0898	0.0335	0.0043	0.0037	0.0022	2日分の平均値採用
2000	49	18	0.22209	0.512	0.0334	0.1297	0.0521	0.0083	0.0077	0.0045	
2000	50	24	0.21366	0.598	0.0437	0.1223	0.0488	0.0071	0.0069	0.0039	
2000	49+50			0.555	0.0393	0.1256	0.0501	0.0055	0.0052	0.0030	2日分の平均値採用
2001	60	23	0.23207	3.701	-0.0701	0.3838	0.1322	0.0131	0.0147	0.0091	グアムデータ使用不可
2001	61	24	0.21785	0.765	0.0660	0.1486	0.0679	0.0045	0.0044	0.0026	採用
2002	34	23	0.21137	1.225	0.0886	0.1944	0.0933	0.0044	0.0042	0.0025	
2002	35	24	0.20864	1.082	-0.0998	0.1801	0.0856	0.0045	0.0044	0.0026	
2002	36	24	0.21397	0.975	0.1037	0.1792	0.0819	0.0041	0.0040	0.0024	
2002	37	6	0.22471	0.287	0.0820	0.1970	0.0871	0.0142	0.0115	0.0065	つくばデータ使用不可
2002	34+35+36			1.087	0.0973	0.1852	0.0877	0.0026	0.0025	0.0016	3日分の平均値採用

表-5 各セッションにおけるITRF座標系のX・Y・Z座標値

年	セッション	解析時間	座標値 (m)			備考
			X	Y	Z	
1998			-4307245.5900	4147685.1919	2211923.1500	初期値 (1998年2月)
1999	53	18	-4307245.5925	4147685.2839	2211923.1842	
1999	54	24	-4307245.6000	4147685.2794	2211923.1826	
1999	53+54		-4307245.5962	4147685.2817	2211923.1835	2日分の平均値採用
2000	49	18	-4307245.5566	4147685.3216	2211923.2021	
2000	50	24	-4307245.5463	4147685.3142	2211923.1988	
2000	49+50		-4307245.5507	4147685.3175	2211923.2001	2日分の平均値採用
2001	60	23	-4307245.6601	4147685.5757	2211923.2822	グアムデータ使用不可
2001	61	24	-4307245.5240	4147685.3405	2211923.2179	採用
2002	34	23	-4307245.5014	4147685.3863	2211923.2433	
2002	35	24	-4307245.4902	4147685.3720	2211923.2356	
2002	36	24	-4307245.4863	4147685.3711	2211923.1524	
2002	37	6	-4307245.5080	4147685.3889	2211923.2371	つくばデータ使用不可
2002	34+35+36		-4307245.4927	4147685.3771	2211923.2377	3日分の平均値採用

表一 6 各年の BESSEL 楕円体および GRS-80 楕円体上の緯度・経度・楕円体高

年	解析時間	Tokyo97 (BESSEL) 緯度	Tokyo97 (BESSEL) 経度	楕円体高 (BESSEL)	GRS-80 緯度	GRS-80 経度	GRS-80 楕円体高
		° ' "	° ' "	m	° ' "	° ' "	m
1998		20 25 15.01860	136 05 01.24510	112.9520	20 25 31.97751	136 04 52.14166	47.2627
1999	42	20 25 15.01886	136 05 01.24302	113.0262	20 25 31.97777	136 04 52.13957	47.3369
2000	42	20 25 15.01946	136 05 01.24104	113.0246	20 25 31.97837	136 04 52.13760	47.3353
2001	24	20 25 15.02004	136 05 01.23983	113.0277	20 25 31.97895	136 04 52.13638	47.3384
2002	71	20 25 15.02061	136 05 01.23817	113.0373	20 25 31.97952	136 04 52.13473	47.3480



図一 4 水平変位軌跡図  
北からの方位角と各年の変位量を示す

しなかった原因については、解明できなかった。

表一 5 には、各セッションにおける ITRF 座標系の X・Y・Z 座標値を示してある。表一 6 には、各年の BESSEL 楕円体および GRS-80 楕円体上の緯度・経度・楕円体高を示してある。緯度・経度の変化から、西北西方向に移動していることがわかる。

これらの計算結果を図一 4 に示してみた。1999年2月～2002年2月までの変位量を平均した結果、N70° W 5.0cm/年の値が得られた。

なお、初期値として使用した座標は、今回解析を行った1999年2月～2002年2月までの値とは、固定点や使用したソフトウェアのバージョンが違うことから、変位量の計算には含めなかった。単純に1998年2月から1999年2月の変位量を求めると N81° W 6.2cm となる。

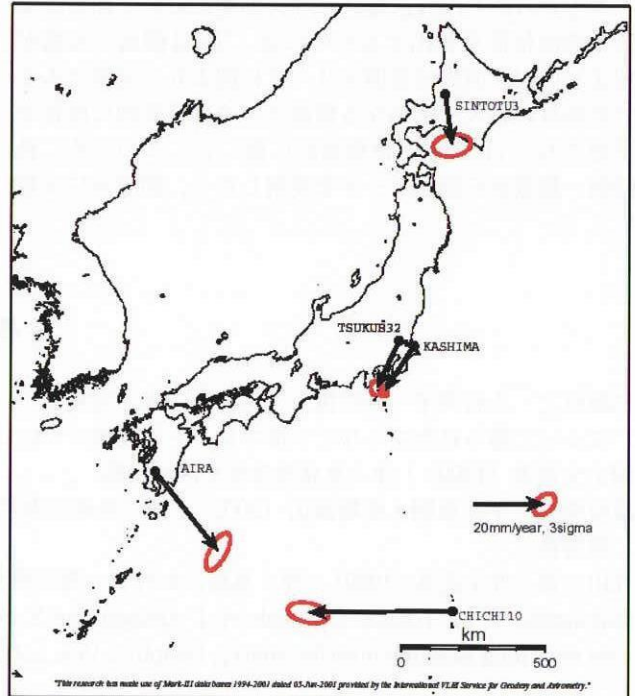
### 5. 結果の考察

計算の結果、1999年2月～2002年2月までの平均変位量として、N70° W 5.0cm/年という結果が得られた。

沖ノ鳥島もしくはフィリピン海プレートの変位量については、これまでもいくつか報告がある。

つくばの観測点に対する沖ノ鳥島の速度 (ITRF93) は N68.7 (±16.1)° W2.97 (±1.02) cm/yr, 安定なユーラシアプレート大陸に対する沖ノ鳥島の推定速度は N59.9° W 5.98cm/yr という結果が報告されている (加藤他, 1996)。

沖ノ鳥島と同じフィリピン海プレート上にある父島の変位量について、鹿島の VLBI 観測点を基準としたとき



図一 5 VLBIによる最新の解析結果

の父島 VLBI 観測点の移動量は、1987年～1989年の2年間で N67° W 7.4 ± 0.8cm/2年である (Matsuzaka et al., 1991)。

最近の VLBI による解析結果は、国土地理院のホームページにおいて公開されている (図一 5) (<http://vlbi.gsi.go.jp/sokuchi/vlbi/global/>)。解析方法の詳細については、こちらのホームページを見ていただきたい。単純に図から判断すると、父島が西方向へ約4.0cm/年で移動していることが読み取れる。ここでは、グローバルな解析が行われているため、つくばについても南西方向への移動が見られる。

これらは、基準座標系が微妙に異なるため単純に比較することはできないが、今回得られた結果は従来の結果と調和的であると考える。

### 6. 今後の課題

同島の三等三角点「北小島」については、2002年2月

を除き各年の観測時間が4～5時間と少ないため、比較検討をするまでに至らなかった。三等三角点の変位を算出すれば、一等三角点の変位検証ができるため、今後の観測の蓄積が期待される。

固定点の候補としてフィリピンのIGS観測局を予定したが、データの欠測が時々みられ、今回は使用しなかった。今後、網の形を考慮しフィリピンの観測局も使用した方が良いと思われる。

## 7. まとめ

本土から約1,700km離れた沖ノ鳥島において高精度な測地学的位置を算出するためには、VLBI観測の実施が望ましいが、同島は周囲をリーフに囲まれた岩礁であるため器材の搬入や劣悪なる環境下での維持管理に困難が予想され、VLBI観測は現実的に難しい。このため、長時間・複数日の観測データを使用したり、固定点には最

新の成果を持たせ変位速度を考慮するなどして、GPSの精密基線解析を行うのが現時点では最良の方法であると考える。

沖ノ鳥島は、フィリピン海プレートのほぼ中央に位置し、周りのプレート境界からも遠く離れている。従って、プレート境界付近のプレート同士の衝突による影響などを直接受けず、フィリピン海プレートの動きを代表していると考えられている(加藤他, 1996)。フィリピン海プレートの動きを知ることは、日本列島の東南海で起きるであろう地震のメカニズムを知るための重要な目安になると考えられ、今後も引き続きGPS観測を実施して、沖ノ鳥島の変位量を監視する必要がある。

本報告をまとめるにあたり、1999年～2002年に沖ノ鳥島へ渡航した職員、渡航に関しご協力いただいた海洋科学技術センター、国土交通省本省及び京浜工事事務所の関係機関の職員の方々に、ここに深く感謝する。

## 参考文献

- 加藤照之・小竹美子・茶珍俊一・飯村友三郎・宮崎真一・金沢輝雄・末広 潔 (1996) : 沖ノ鳥島におけるGPS観測によって得られたフィリピン海プレートの運動について, 測地学会誌, No. 42, 233-243.
- 国土交通省 (1999) : 沖ノ鳥島海岸保全区域台帳.
- 濱崎英夫・平井英明・愛場政広 (2002) : 沖ノ鳥島における近年の変動量 (平成10年度～13年度), 国土地理院技術報告書.
- 丸山一司・井上武久 (1999) : 沖ノ鳥島における一等三角点 (東露岩) の成果算出について, 国土地理院作業報告書.
- Matsuzaka, S, M. Tobita, Y. Nakahori, J. Amagai and Y. Sugimoto (1991) : Detection of Philippine Sea Plate motion by very long baseline interferometry, Geophys. Res. Lett., 18, 1417-1419.

# 「1:5,000,000 日本とその周辺」の作成に関する調査研究 Survey and research for “1:5,000,000 Map of Japan and Her Surroundings”

測 図 部 金井正夫  
Topographic Department Masao KANAI

## 要 旨

測図部では、平成13年度に新地図として「1:5,000,000 日本とその周辺」（以下「本図」とする。）の作成に関する調査研究を実施した。これまで1枚の地図で日本の国土全域をカバーしていた地図としては、300万分1「日本とその周辺」がある。この地図は、縮尺と紙サイズ（四六全判）の関係から日本の最東端（南鳥島）及びに最南端（沖ノ鳥島）は挿入図の形を取らざるを得ず、地理的な位置を保って大観するには不便であった。これを解消するため

- 1) 日本国土の全域を地理的位置に収め、さらには日本とその周辺地域との位置関係を一目で理解、認識できる新たな地図作成を行う。
  - 2) 小縮尺地図作成に利用可能な既存のデジタル地図データについて調査、収集を行う。
  - 3) 2)の地図データを有効利用して地図編集を行った後、改めて汎用性を持ったデジタル地図データを整備する。
- 以上が調査研究の目的である。

## 1. はじめに

300万分1「日本とその周辺」は、従来、作成されていた250万分1「日本とその周辺」（四六判2図1組昭和32年発行）の修正時期と昭和47年の沖縄の本土復帰に合わせ、弧状に広がる日本全土の沖縄から北方領土までを地理的な位置を保ち、1枚の地図に収めることを前提に図のレイアウト及び表現内容等について全面的に見直して作成を行い、昭和46年に発行した。しかし一部地域については、分図挿入の形がとられており、大陸棚や日本の排他的経済水域など、現在の国際情勢から改めて国土全域を1枚の地図で自然の地理的な位置で大観する点では不都合であった。また、ユーザーが自由に加工できる小縮尺のデジタル地図データの早期整備の要望が国土地理院の内外から寄せられている。本図の作成は、世界測地系による新座標を適用し、中縮尺地図を参考にしながら順に小縮尺地図の編集といった方法を採らず、既存のデジタル地図データなどを有効利用し、短期間で地図編集を行うことにした。

## 2. 仕様の検討

### 2.1 作成範囲

作成範囲の目安となる日本の国土の東西南北端は次の通りである。

東端	153° 59' 11" E	24° 16' 59" N	南鳥島
西端	122° 56' 01" E	24° 26' 58" N	与那国島
南端	136° 04' 11" E	20° 25' 31" N	沖ノ鳥島
北端	148° 45' 14" E	45° 33' 28" N	択捉島

しかし領土の北端については、現在までに次のような経緯を辿っている。

#### 1) 日露通好条約（1855年）

日本とロシアの国境は、択捉島と得撫（ウルップ）島の間として、それより南の島々は日本領土、北の島々はロシア領土と決め、樺太については境界を定めない。

#### 2) 樺太千島交換条約（1875年）

日露通好条約でロシア領と決めた得撫（ウルップ）島から占守（シュムシュ）島までのクルリ諸島を日本領土とし、樺太全島をロシア領と決めた。

#### 3) 日露講和条約（ポーツマス条約 1905年）

北緯50度以南の南樺太を日本領土とする。

#### 4) サンフランシスコ平和条約（1951年）

日本国は千島列島並びに1905年のポーツマス条約の結果として主権を獲得した樺太の一部及びこれに近接する諸島に対する全ての権利、権限及び請求権を放棄する。

（内閣府資料より）

以上の通り日本の北端に関しては、①択捉島と得撫（ウルップ）島の間、②占守（シュムシュ）島とカムチャツカ半島の間、③樺太の北緯50度、④宗谷海峡の4ヶ所の歴史上の境界線が存在する。

500万分1の図の範囲として、1枚の地図で国土を大観する目的のために東端の南鳥島、南端の沖ノ鳥島、西端の与那国島及び北端は前述の歴史上の境界まで含む範囲を四六全判を縦長にし、図郭内中央に日本列島を配置した結果、中華人民共和国北京市からフィリピンのルソン

島、台湾、中国大陸東部、朝鮮半島、モンゴル東部、バイカル湖、樺太、カムチャツカ半島南部、マリアナ諸島を含む範囲になった。作成の範囲は図-1の通りである。

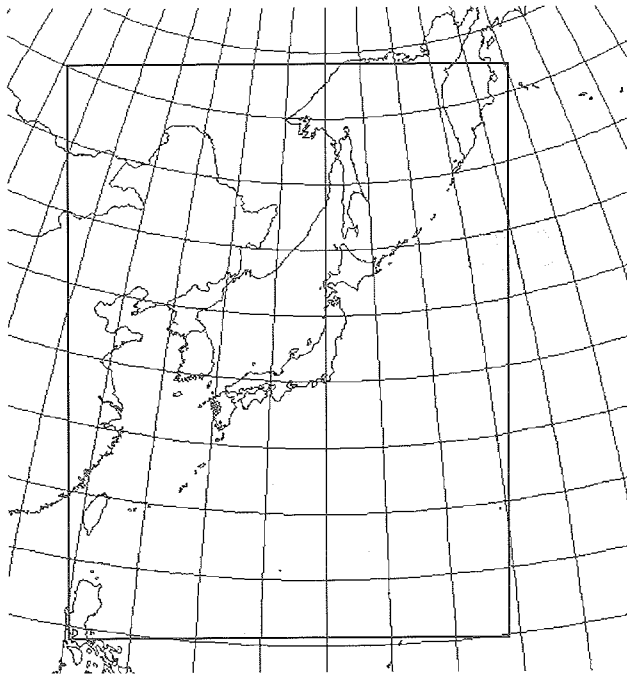


図-1 「1:5,000,000 日本とその周辺」作成範囲

### 2.2 投影法の検討

地図の投影法の検討は、国土全域を大観するという本図の作成目的を考慮し、正距方位図法と正角円錐図法の二種類を作成した。前者の特徴は、図の中心（投影原点）と任意の点を結ぶ2点間の距離が正しく投影され、図の中心から同心円を描くと等距離円となり、容易に距離計測が可能になる。また中央経線との角度は方位角を表している。刊行予定の本図は、正距方位図法を採用している。後者は地球上と地図上の任意の角度が正しく表され、2標準緯線を設けた場合には全体的に長さや面積のひずみが少なくなるなど、国土地理院の小縮尺地図50万分1「地方図」、100万分1「国際図」に使われている図法である。

今回作成を行ったそれぞれの投影法のパラメータは世界測地系に準拠し、次のようになっている。

#### 正距方位図法

中央経線 東経139°44'29"

標準緯線 北緯35°39'29"

測地系 ITRF94

#### ランベルト正角円錐図法

中央経線 東経135°0'0"

標準緯線 北緯23°0'0" および北緯50°0'0"

(2標準緯線を使用)

楕円体 GRS80

測地系 ITRF94

### 2.3 表現内容の検討

本図の表現項目と採用基準は、既存の300万分1「日本とその周辺」を参考にして、500万分1に対応させた図式設計等の検討を行った。地図上での採用は、外国に比べて国内は若干密になるように考慮してある。また陸部および海部についてはその起伏が容易に判読できるように等高線（等深線）に段彩を併用している。表現項目と採用基準は表-1のとおりである。

表-1 表現項目及び基準

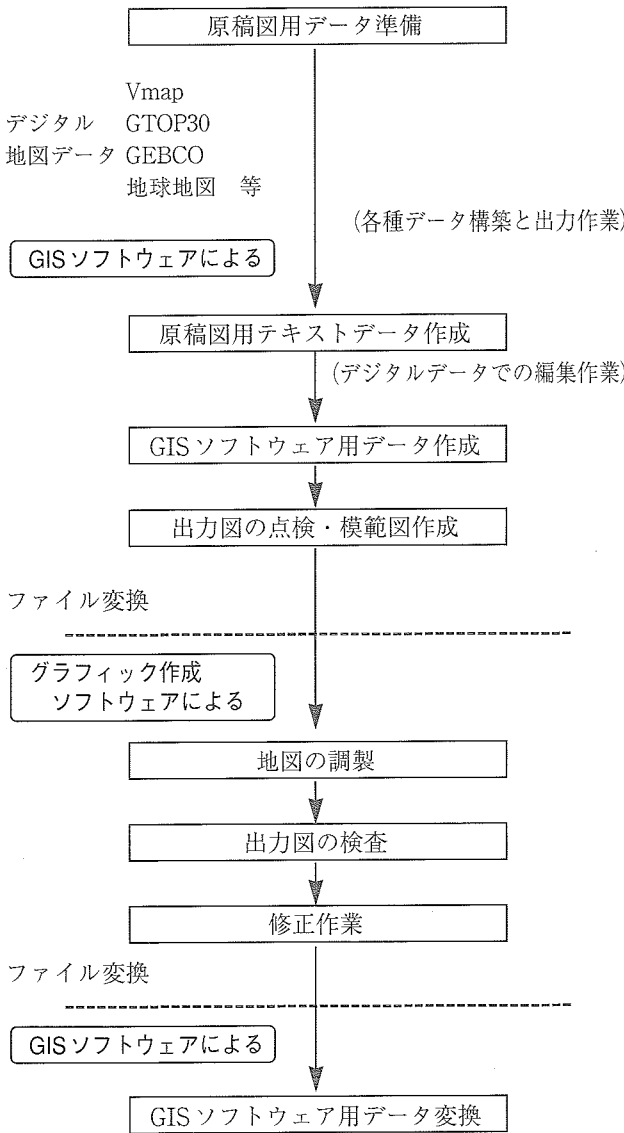
項 目		採用基準
標高点		主要な山
水深点		海底地形の起伏に応じて配置
水部の地形	湖沼	面積50km <sup>2</sup> 以上
	河川	図上2cm以上
交通	高速道路	すべて
	おもな道路	主要な国道
	新幹線鉄道	すべて
	おもな鉄道	J R線と主要な私鉄
	フェリー	外国定期航路及び国内長距離定期航路
都市		人口50万人以上及び主要な地方都市
境界	国界	外国界
	地方界	都道府県界
その他	おもな空港	国際線の就航している空港
	おもな港	特定重要港
段彩(陸域)		0 ~ 200 m
		200 ~ 500 m
		500 ~ 1000 m
		1000 ~ 2000 m
		2000 ~ 3000 m
		3000 ~
段彩(海域)		0 ~ 200 m
		200 ~ 500 m
		500 ~ 1000 m
		1000 ~ 3000 m
		3000 ~ 5000 m
		5000 ~ 7000 m
		7000 ~ 9000 m
	9000 ~	
等距離円		東京(日本経緯度原点)を中心に500km間隔

## 3. 編集作業

### 3.1 編集作業

編集作業は、前述したように既存のデジタル地図データを収集、有効利用して地図編集を行うため、①GISソ

ソフトウェアによる各種データの構築と出力作業, ②グラフィック作成ソフトウェアによる地図の調製作業, ③さらにそれによって調製された地図情報を, GISソフトウェアで再度利用可能な地図データに反映させるためのデジタル地図データ作成の3段階の作業を行った。



3.2 編集に用いたデジタルデータ

本図の作成に利用したデジタルデータは次の通りである。

1) Vector Map Level 0 (V map)

米国国立画像地図庁 (NIMA) が作成し, 1997年に第3版が刊行されたベクタデータ。データ主題には, 主要な道路, 鉄道網, 水系, 空港, 等高線, 海岸線, 国境などがある。

2) GTOP 30 (全地球30秒標高データ)

米国地質調査所 (USGS) が作成した水平方向30秒 (約1km) 間隔のメッシュ状に区切って各メッシュの標高値を記録したもの。

3) GEBCO (大洋水深総図)

各国の水路部が主体となって収集した資料図 (大洋水深図) から編集した総図である。1982年に刊行した第5版は1,000万分1を基本として, 18面で全世界をカバー。等深線をベクトル化したThe GEBCO Digital Atlasも1994年に刊行されている。

なお, V map及びGTOP 30は「地球地図 日本 Ver 1.0」の中心となっているデータであり, その使用はフリーになっている。しかしGEBCOの使用にあたっては, 海上保安庁海洋情報部に対して使用許可を受ける必要がある。

3.3 模範図作成のためのデータ取得

本図の模範図作成のためのデータの取得は, 次の方法などによって行ったが, 表現の一部は地域性を考慮し, 道路, 鉄道, 地方都市については基準以下でも採用をした反面, 例えば東京及び大阪の近郊では人口が50万人以上でも割愛したものがあ。外国の都市の場合には人口よりも著名度, 地方の中心, 交通の要衝になっている都市を採用した。

[基準点]

- ・標高点, 同数値, 山岳名称

既存の数値地図と外国についてはタイムズ世界地図帳 (以下「地図帳」とする。) から位置座標を取得した。

- ・水深点位置, 同数値

日本近海海底地形図 (海上保安庁) をスキャンしてGISソフトウェアで直接データ取得した。

[陸部の地形]

- ・等高線

GTOP 30を利用。プログラムで段彩データとして各段彩の境界線を抽出した。狭小のものは省略した。

- ・段彩 (陸域)

等高線データを変換して陸域の段彩データとした。

[水部の地形]

- ・等深線

GEBCOデータを変換して使用した。線が断絶している箇所は修正を行った。

- ・段彩 (海域)

等深線データを変換して海域の段彩データとした。

- ・水涯線

V mapの海岸線データを変換, 補間点の一部間引きを行った。

- ・水表面, 河川

国外の湖沼・河川はV mapを利用。河川の間引き (編集) は手作業で実施した。

[交通]

- ・鉄道, 道路

国外の道路はV mapを利用。変化部分は地図帳からデジタイザで取得。海岸線, 鉄道および道路の相

対位置を保つようにそれぞれの整合性を考慮しながら転位を実施した。

・フェリー

地図帳から手書き原稿を作成して、グラフィック作成データソフトウェアによる地図データを作成した。

[境界]

地図帳からデジタイザで取得した。

[都市・空港・港湾]

国内については数値地図 25000「地名・公共施設」を利用。国外はV mapを利用した。

### 3.4 地名の表記

平成3年6月28日、「外来語の表記」が内閣告示された。また同日付で文部省から「学校教育に関する外来語の取り扱いについて」が通知された。これは従来から使用されていた外来語の仮名書きを国際化に対応するために改めたものである。本図の外国の地名表記はこれ受け、既存の300万分1「日本とその周辺」で使用されている地名の表記及び学校教育用の地名表記に使用されている「新地名表記の手引き」(教科書研究センター編著 1994年)を参考にした。

前述の「手引き」に掲載がされていない地名については地図帳を手がかりにしたが、中華人民共和国及び台湾における漢字地名をカタカナ表記に変換する際には、「手引き」の変換例を参考に一文字づつ読み仮名(カタカナ表記)に変換した。過去にハルビン(齊齊哈爾)のように地名で括弧書きを併用していた地名でも現在使用していない地名については括弧書きを取りやめた。また南樺太および千島の地名については、日本語の慣用を原則として、現地読みを括弧書きとした。また国境にある河川や山の呼称に食い違いがある場合には両国の呼称を併記した。

### 4. 500万分1レベルの地図データ

本研究のなかで作成されたデジタル地図データは、

- ① V map, GTOPO 30, GEBCO等のデジタルデータをGISソフトウェアを利用して500万分1の地図作成の基礎となる中間データのなもの。
- ② ①の地図データを利用して、グラフィック作成ソフトウェアによる編集を行い、出力(印刷)図の作成を行うためのもので、印刷原版となるデータ。
- ③ 編集後のデータで500万分1地図を再現するための汎用性のある地図データ(Shape file)。

の3種類がある。③のデータについて少し詳しく記述すれば、他の画線との重なりを最小限にするなど地図編集後のデータであるため、lineやpointの位置は転位を行っている。地図データ(Shape file)の内容と属性は表-2の通りである。

表-2 shape fileの内容

データ名	ディレクトリ名	属性
------	---------	----

line データ (11 file)

道路	douro_ln	syubetu-1 一般道 2 高速道路 3 トンネル
緯経線	ikeisen_ln	syubetu-1 経度 2 緯度 suchi 緯度経度数値(度)
海岸線	kaigan_ln	属性なし
河川	kasen_ln	sengo-10 線号 0.1mm 15 線号 0.15 25 線号 0.25 35 線号 0.35
湖岸線	kogan_ln	属性なし
フェリー	kouro_ln	属性なし
境界線	kyokai_ln	syubetu-1 国境 2 都道府県界 3 海上国境 4 軍事境界線
等高線	tokou_ln	属性なし
等深線	tosin_ln	tosin 等深線数値(m)
鉄道	tetudo_ln	syubetu-1 鉄道 2 新幹線 3 トンネル
等距離線	tokyori_ln	kyori 等距離線数値(km)

point データ (5 file)

標高点	kijun_pt	hyoko 標高値(m) meisho 山岳名
空港位置	kuko_pt	meisho 空港名
港位置	minato_pt	meisho 港名
水深点	suisin_pt	suisin 水深値(m)
都市位置	tosu_pt	syubetu-1 人口100万人以上 2 人口50~100万人 3 人口50万人以下 kencho-0 県庁以外の都市 1 県庁所在都市 jinko 人口 meisho 都市名

text データ (2 file)

地名注記	chimei_tx	syubetu-1	山, 山地, 半島
		2	河川, 湖沼
		3	岬
		4	諸島, 列島
		5	島
		6	海洋, 湾
		7	海の地形
	jidai	字大 (mm)	
	meisho	地名	
国名注記	kuni_tx	syubetu-1	国
		2	都道府県名
		3	軍事境界線
		jidai	字大 (mm)
		meisyo	名称

region (2 file)

段彩 (陸域)	dansai_pl	symbol-1	0 ~ 200
		2	200 ~ 500
		3	500 ~ 1000
		4	1000 ~ 2000
		5	2000 ~ 3000
		6	3000 以上
段彩 (海域)	dansai_pl	symbol-11	0 ~ 200
		12	200 ~ 500
		13	500 ~ 1000
		14	1000 ~ 3000
		15	3000 ~ 5000
		16	5000 ~ 7000
		17	7000 ~ 9000
		18	9000 以上
水部	kosho_pl	flg	1 水部

### 5. まとめ

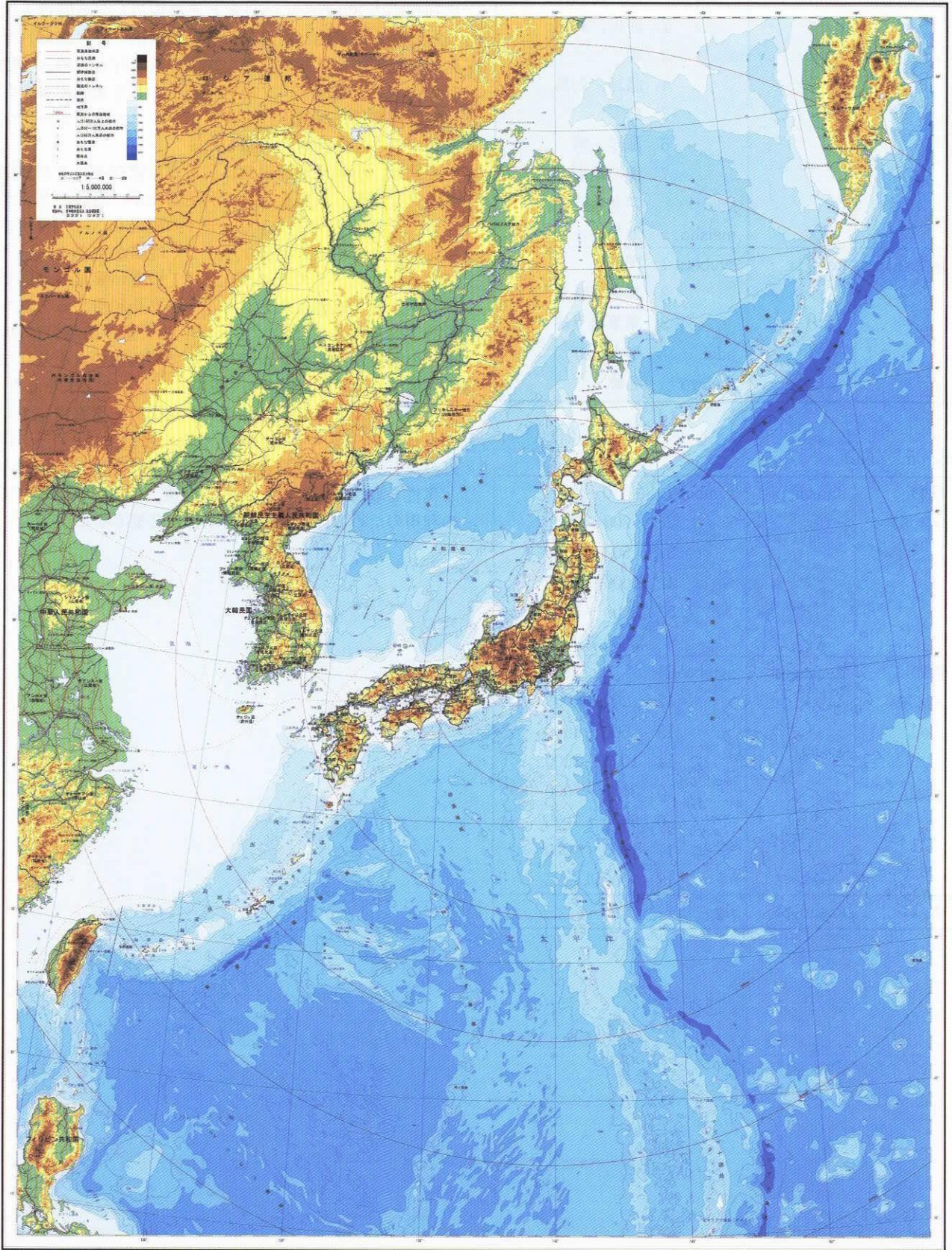
本調査研究は、日本の国土全域が大観できる地図として刊行中の300万分1「日本とその周辺」の分図挿入になっている最東端（南鳥島）及び最南端（沖ノ鳥島）を含めて地理的な位置に収めた地図作成を行うため、①既存のデジタル地図データを有効利用をして地図編集を行い、②編集後には汎用性を持ったデジタル地図データを整備することを目的に実施した。

今回は、小縮尺地図編集に利用が可能なデジタル地図データを調査、収集を行って利用したが、当該のデジタルデータは50万分1や100万分1の縮尺レベルの再現性は保証されているが、500万分1では細かすぎるという問題が生じた。そのため500万分1に近い縮尺の地図をデジタルで取得したデジタルデータを利用する方法も検討すべきであった。また、印刷図を作成する場合には、縮尺の関係からデジタルデータ上での画線の重なりについて地図の見栄えを考慮して転位を行うなど工夫をした。

一方の汎用性を持ったデジタル地図データ整備についても地図を再現する目的であったため、pointデータ以外のデータは、鉄道路線名及び国道番号をはじめほとんど属性を取得していないため、今後、GISデータとしての利用のためには、属性の再取得が必要となる。

1:5,000,000

# 日本とその周辺



編集・発行 国土院 2002年10月現在 1:5,000,000 国土院 2002年10月現在 1:5,000,000  
 印刷 国土院 2002年10月現在 1:5,000,000 国土院 2002年10月現在 1:5,000,000  
 発行 国土院 2002年10月現在 1:5,000,000 国土院 2002年10月現在 1:5,000,000

国土院 2002年10月現在 1:5,000,000 国土院 2002年10月現在 1:5,000,000  
 国土院 2002年10月現在 1:5,000,000 国土院 2002年10月現在 1:5,000,000

# 2万5千分1地形図ベクトルデータによるDEM作成方法について

## The method to calculate DEM data with 1/25,000 scale vector geographic information

測 図 部 大野裕幸  
Topographic Department Hiroyuki OHNO  
内閣官房 田村栄一  
Cabinet Secretariat Eiichi TAMURA

### 1. 要 旨

新地形図情報システム (NTIS) で管理する地形図の原データである2万5千分1地形図ベクトルデータ (以下「NTISデータ」という。)の整備が進み、平成14年7月1日からNTISによる地形図原データの修正を開始した。

NTISデータにはグリッド標高が含まれているが、現在のところは数値地図50mメッシュ (標高) を基にリサンプリングを行ったデータとなっている。また、地形が大規模に改変された場合でも、グリッド標高データの修正は行われていない。

そこで、地形図原データ修正作業により修正された等高線データや標高点のデータ等を利用し、内挿法等を用いてグリッド標高を算出処理するソフトウェアを構築したので、報告する。なお、算出するグリッドの間隔は任意に選択できるため、等高線の精度が高い地域はグリッド間隔を細かくすることも可能である。

### 2. NTISにおけるグリッド標高

ソフトウェアで算出するグリッド標高データは、NTISデータの中で「グリッド標高」として定義されている。NTISは、すべてのデータをデータベースで管理するが、NTISの運用開始時にデータベースに格納されるグリッド標高データは、数値地図50mメッシュ (標高) データを、世界測地系に変換し、2秒グリッドにリサンプリングしたデータとなっている。このデータは、1990年ごろに刊行されていた地形図の等高線から作成されたものを含んでいるほか、その後の測量で地形の変化に伴う等高線の再取得を行った場合でもデータの修正を行っておらず、最新の測量による等高線と合致していない箇所が発生している可能性がある。

グリッド標高以外のNTISデータは、原則として平成13年10月時点で刊行されていた地形図の情報を基に整備しているため、NTISデータの中でグリッド標高のみがいわば「古い」データのままで据え置かれた形となっている。

また、NTISによってNTISデータが逐次修正されたとしても、現在のシステムではこれに合わせてグリッド標高を更新する方法がなく、グリッド標高の更新がNTISの課題の一つとなっている。

そこで、将来、地形を表すNTISデータが更新された

場合に、NTISの中でグリッド標高を自動的に更新する機能を追加することを目指し、等高線データからグリッド標高データを作成するソフトウェアを作成することとした。

グリッド標高データは、NTISデータのうち、図式コード11 (基準点・標高) の種別10 (グリッド標高) として定義されている。このデータ例は、表-1のようになっている。共通部分は、NTISデータのすべてに共通する情報が記録されており、算出処理にあたっては、情報番号のフィールドを利用してデータの区別を行う。

表-1 グリッド標高データ例

	フィールド名	データ例	備 考
共通部分	区分コード	PT	点データを表す
	行政コード	8220	
	発生日	20011001	
	正確性フラグ	0	
	消滅日	0	
	正確性フラグ	0	
	確認日	20011001	
	ID (X)	50439354	
	ID (Y)	12988134	
	ID (サブ)	1	
	精度レベル	25000	
	情報番号	0	
	図式コード	11	11は基準点
	位置 (経度)	5043935440	0.0001秒単位の整数
位置 (緯度)	1298813490		
フラグ	0	予約	
属性部分	種別	10	10がグリッド標高
	標高	23.9	
	基準点番号	0	
	描画場所	0	
	現況コード	0	
	等級コード	0	
名称	0		

### 3. 算出方針

主としてNTISデータの等高線 (図式コード91) から

グリッド標高データを作成する。作成するグリッド標高データは、原則として経度緯度方向とも2秒間隔グリッドに発生させるものとし、グリッド中央の値を算出する。算出した標高値は、小数点第2位を四捨五入して小数点以下1位までの数値とする。

極端な平坦地等で、計算時のパラメータとなる等高線が少ないこと等により、標高値が算出できない範囲は、算出時点で有効なグリッド標高データの値（以下「旧標高値」という。）を使用する。この際、旧標高値を利用した場合には、当該グリッドのレコードの情報番号フィールドに「-100」を記録してデータの区別を行う。

#### 4. 準備作業

まず、NTISデータの等高線は、線データとして定義されている。これを、10秒×10秒の矩形タイルに分割する。このとき、図式コード42の種別2として定義されている海岸線データも標高値0mの等高線とみなして利用する。

次に、等高線以外のNTISデータを1分×1分の矩形タイルに分割する。このデータには、標高値をデータとして持つ基準点（図式コード11）、河川中心線データ（図式コード41）及び水涯線データ（図式コード42）等が含まれている。ここでも、同様に海岸線データを標高値0mの等高線とみなす。

以降の計算処理では、広範囲について行う場合は、複数の矩形タイルを読み込んで計算を行うものとし、矩形

タイルの境界部分での接合の不合理的を回避する。

等高線データの密度が高い場合は、周囲の等高線データから標高値を算出し、密度が低い場合は、内挿法により標高値を算出する。

#### 5. 内挿法による標高値算出

等高線の密度が低い場合、その地点の標高値が明確な水準点等の基準点、標高点も標高値の境界条件として使用する。また、水部については、標高値がゆるやかに変化するため、これも境界条件として使用する。

##### 5.1 初期データ作成

###### (1) 等高線グリッド作成

計算を行う範囲を2秒×2秒のグリッドに分割し、等高線データがかかるグリッドに等高線数値を入力する。水準点等の基準点、標高点等を含むグリッドには、これらの標高値を優先して入力する。

この際、等高線データの一部には、標高値不明を示す属性値である「9900」が標高値属性に記録されている場合がある。この場合は、グリッドに「-99」を入力する。

その他のデータが存在しないグリッドには、未定であることを示す「-99」を入力する。

###### (2) 水涯線グリッド作成

等高線以外の矩形タイルを使用し、水部と陸部を分ける2秒グリッドデータを図-3のように作成する。河川中心線のうち、一条河川の中心データ（種別1及び3）

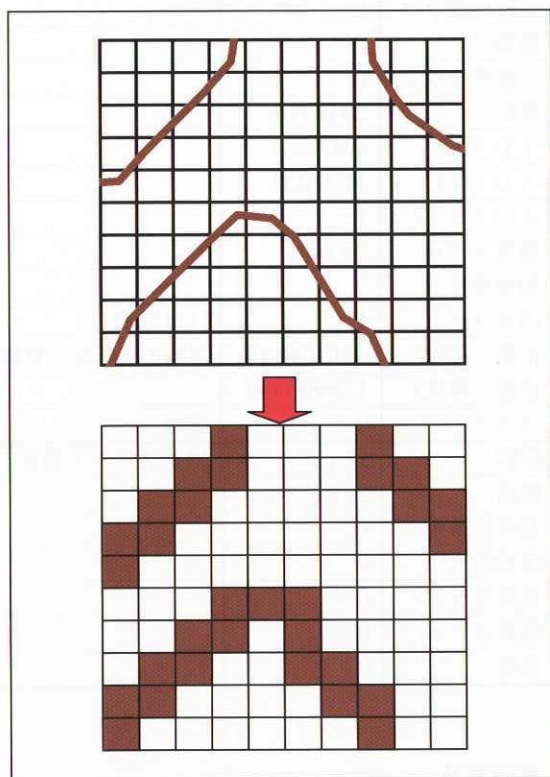


図-2 等高線グリッドの作成

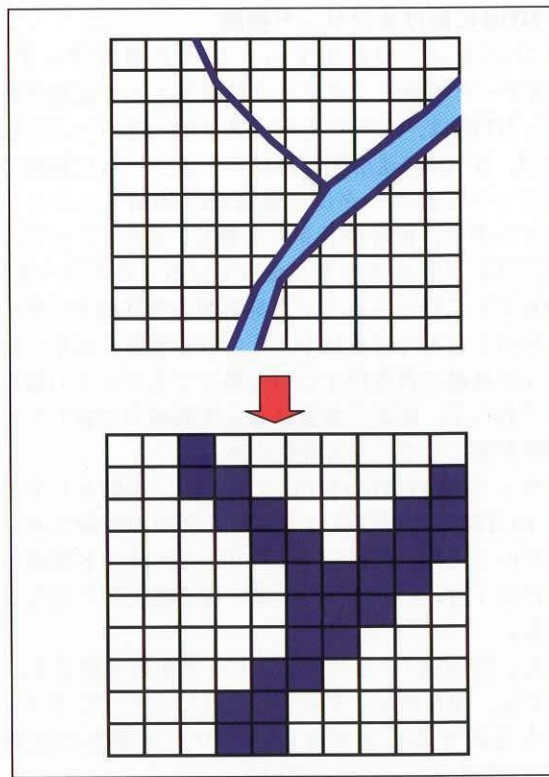


図-3 水涯線グリッドの作成

の場合は、データがかかるグリッドのフラグを立て、水涯線データは、閉領域を構成するため、領域にかかるすべてのグリッドにフラグを立てる。この場合のグリッドは、等高線グリッドと一致している必要がある。

5.2 水涯線グリッドへの等高線数値の付与

等高線グリッドと水涯線グリッドを重ね、フラグが立っている水涯線グリッドに等高線グリッド値が存在する場合、等高線数値をコピーする。湖（図式コード42の種別8湖沼境界線を含む閉領域）の場合、湖領域内に湖面標高データ（図式コード11の種別4）が存在する場合は、その湖面標高値を湖沼内全部のグリッドに入力する。等高線数値がないグリッドには「0」を入力する。

図-4に等高線数値グリッドの生成例を示す。

5.3 水涯線内での内挿

水涯線グリッドのフラグが立っているグリッドに限定して、数値を内挿していく。内挿は、以下の方法で行う。なお、境界部分の数値を求めるため、算出する範囲の外側に東西南北とも矩形タイルを1つずつ多めに配置する。

- (1) 等高線数値グリッドと同範囲の新たなグリッド（以下「新グリッド」という。）を用意する。
- (2) 等高線数値グリッドを順番に走査し、東西南北の4つのグリッドにゼロでないデータが1つだけの時はそのデータを新グリッドに入力し、2つ以上の時は平均値を新グリッドに入力する。平均計算にあたって

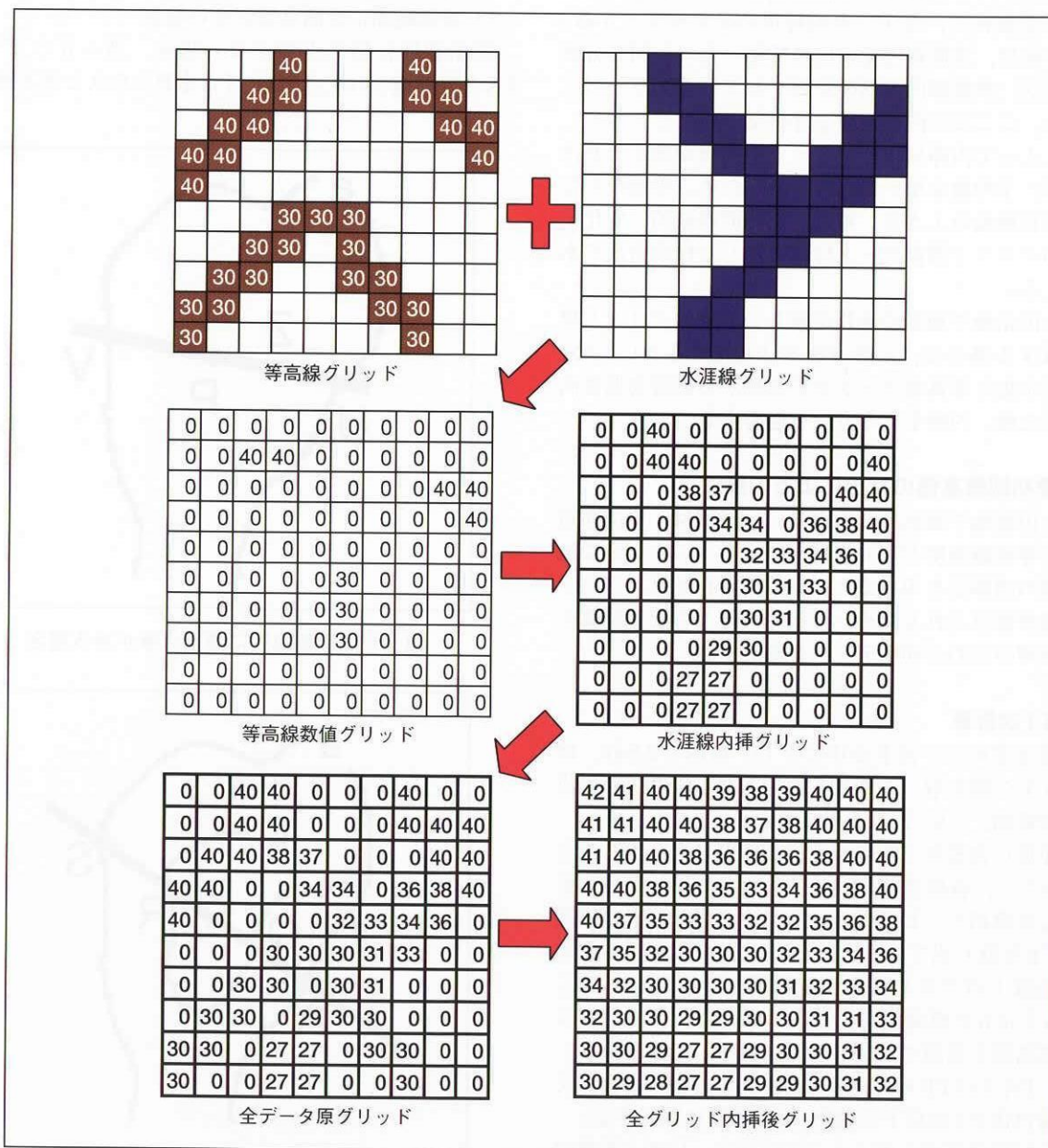


図-4 等高線数値グリッドの作成

は、東西方向と南北方向の長さの比率を考慮し、重み付けを行って値を求める。なお、等高線グリッドから入力した値が最初から入力されているグリッド及び水涯線グリッドでフラグが立っていないグリッド（水涯線外のグリッド）ではこの処理は行わない。

- (3) (1)～(2)を1ターンとし、新グリッドのデータを等高線数値グリッドの値とみなし、再度新グリッドを用意して反復計算を行う。反復計算は100回を標準としているが、境界条件として与えられる標高値の密度によって収束までの計算回数が異なるので、計算回数は状況に応じて変更する。

#### 5.4 全データの作成

水涯線内の内挿を行った等高線数値グリッドと等高線グリッドを統合し、全データ内挿用の原データとする。内挿の方法は、水涯線内での内挿で用いたのと同じ方法を用いるが、水涯線内の内挿が終了しているグリッドについては、ここでの内挿処理は行わない。

これによって内挿によるグリッド標高値が求まるわけであるが、平均値を用いた内挿であるため、平坦地やなだらかな丘陵地のような、地形が比較的連続的に変化する地域のグリッド標高データ作成に適した作成方法であるといえる。

急峻な山岳地や地形の変化が激しい地域のグリッド標高を作成する場合は、この方法では対処できないため、グリッド中央と等高線データとの関係から直接初期標高値を求めた後、内挿を行う方法を適用する。

#### 6. 直接初期標高値の算出による内挿法

急峻な山岳地や地形の変化が激しい地域は、単位面積あたりの等高線密度が高い地域といえる。このような地域で前項の内挿法を用いると、丸く円滑化されたグリッド標高値が算出されるため、直接等高線との交差計算を行い、内挿のための初期データを算出する。

##### 6.1 第1次計算

標高値を求めたい点Pを中心とし、東西に2.5秒、南北に2秒ずつ幅を取った東西5秒×南北4秒の矩形（以下「探索範囲」という。）を考える。

この矩形に含まれる等高線を標高値別に取り出し、点Pを中心とし、各等高線についてPからの距離が最も近い距離Lを算出し、Lが小さいものから順に2本の等高線a及びbを取り出す。Pとa及びPとbの最短距離を求めた等高線上の点をそれぞれA及びBとする。ここで、等高線a又はbが標高値不明である場合は、例外とみなし、旧標高値を当該グリッドの標高値として採用する。

次に、PA又はPBの距離が2.5秒より大きい場合、又は等高線自体が1本以下の場合、2次計算に移行する。

尾根又は谷の存在をチェックするため、「PAと等高線b」及び「PBと等高線a」の交点の有無をそれぞれ調べ

る。交点がない場合は、尾根又は谷でないので、式(6-1)により、当該グリッドの標高値が求まる。

$$P = (PA \times b + PB \times a) \div (PA + PB) \quad \dots\dots \text{式 (6-1)}$$

交点がある場合は、尾根又は谷であるため標高点等が探索範囲内に存在するか否かで異なる処理を行う。

##### (1) 探索範囲に標高点等がある場合

探索範囲に標高点等がある場合は、標高点Zと点Pを直線で結び、等高線aと交わる点をU及びVとする。このとき、図-5のように、UはZを挟んでPと反対側に位置し、VはPを挟んでZと反対側に位置するとする。

ここで、Zを変曲点とし、Vを通る2次曲線を求め、Pがこの2次曲線上にあるとみなし、Pの標高値を求める。この際、Uは使用しない。

##### (2) 探索範囲に標高点等がない場合

探索範囲に標高点等がない場合、図-6のように、PAと等高線bの交点をQ、PAをPからAと逆方向に延

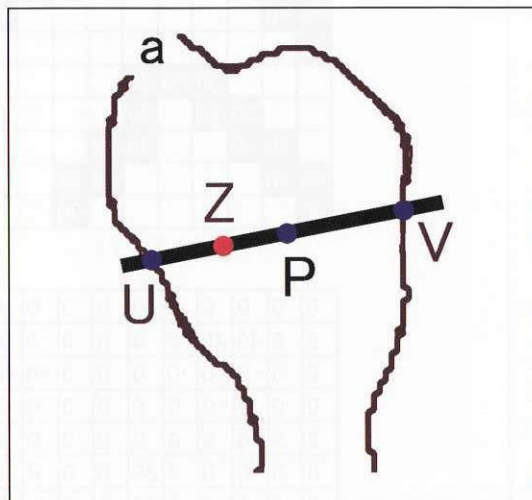


図-5 探索範囲に標高点等がある場合

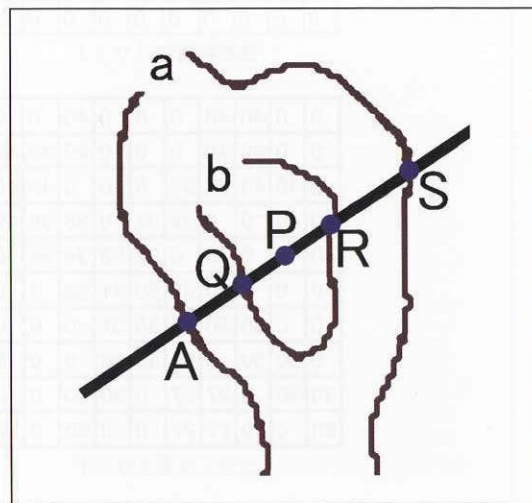


図-6 探索範囲に標高点等がない場合

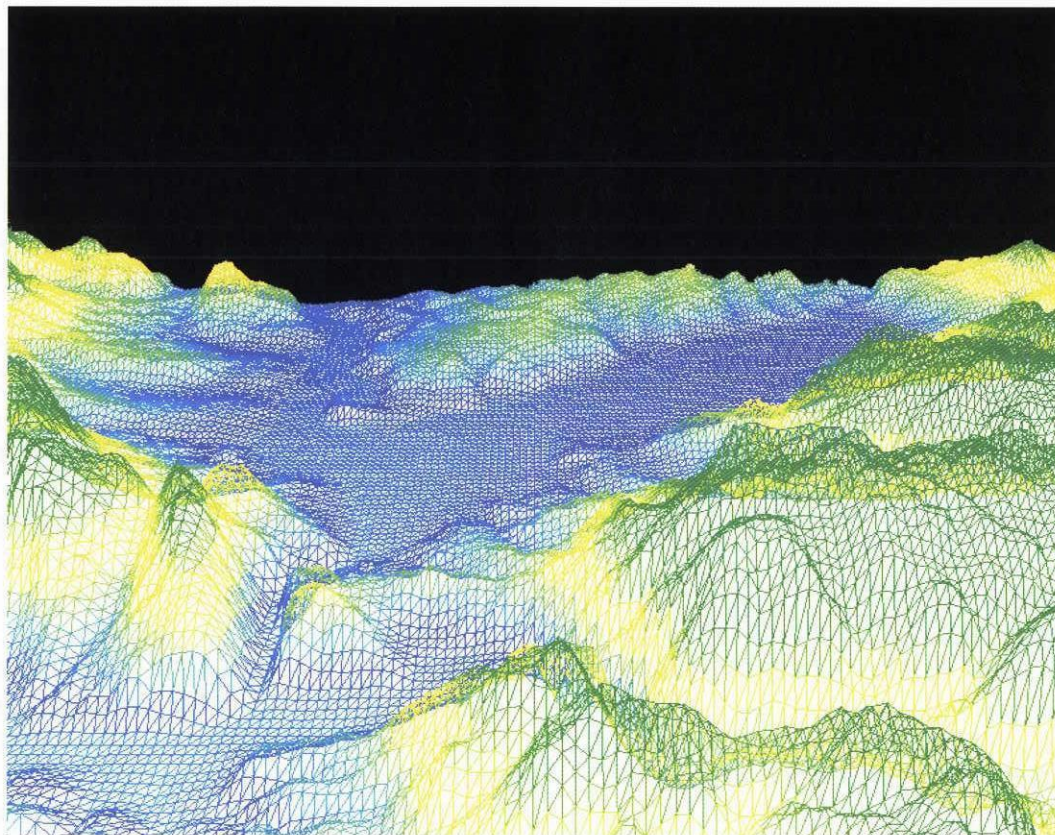


図-7 数値地図50mメッシュ標高からリサンプリングしたグリッド標高

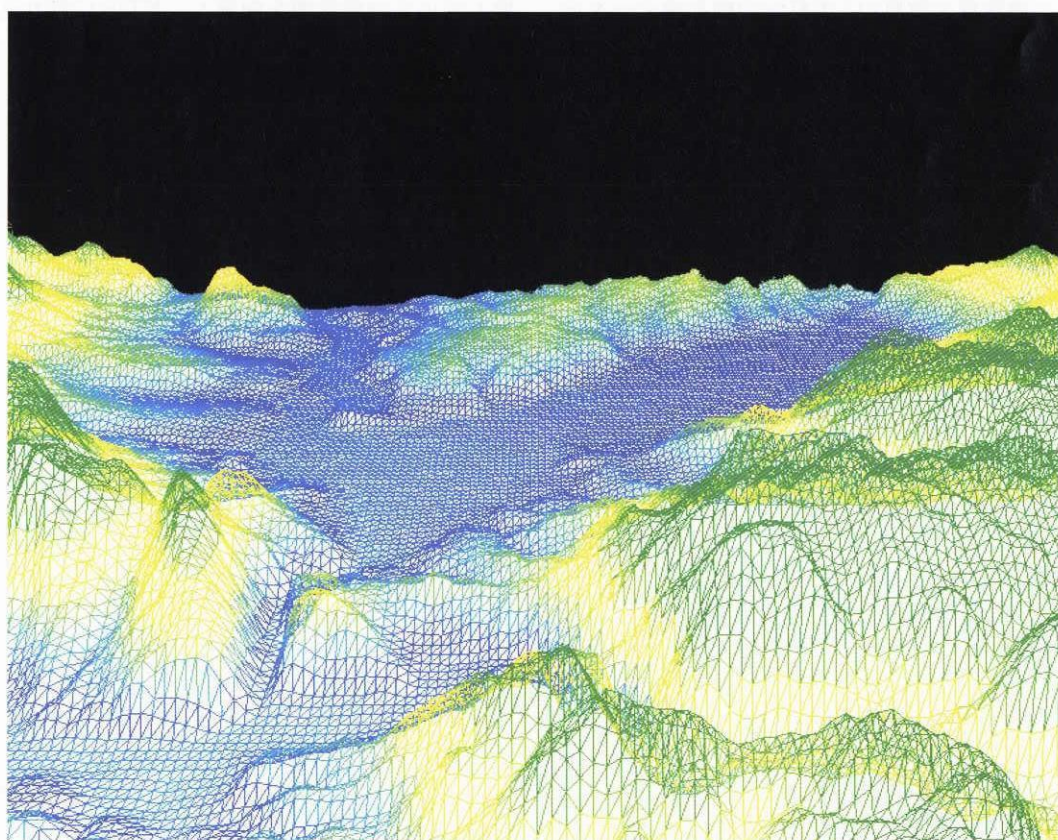


図-8 内挿法により作成したグリッド標高

長し、等高線 $b$ との交点を $R$ 、等高線 $a$ との交点を $S$ とする。 $AQPRS$ が順に直線上に並ぶので、 $P$ からの距離を $x$ 、標高値を $y$ とし、 $AQRS$ の4点を通る3次曲線を求める。これに $P$ を当てはめて標高値を算出する。この際、標高値が $(b+9)$ を超えるときは $(b+9)$ とし、 $(b-9)$ を下回る場合は $(b-9)$ とする。なお、 $R$ 又は $S$ が求まらない場合には、第2次計算に移行する。

交点が線分 $PB$ と等高線 $a$ にある場合も同様である。

## 6.2 第2次計算

第1次計算で標高値が求まらなかった場合に実施する計算である。計算方法は、第1次計算と同様であるが、探索幅を2倍（東西10秒×南北8秒）に拡大して行う。

第2次計算で求まらない標高値は、第3次計算として内挿法により求める。

## 6.3 第3次計算

内挿法により標高値が求まっていないグリッドの標高値を求める。内挿の方法は、5.3節で用いたのと同様とする。

以上により、平坦地、急峻地等の地形の状況に応じたグリッド標高データが計算により求められる。

## 7. 計算結果

内挿法によって計算した滋賀県大津市、守山市、草津市、栗東市、滋賀郡志賀町の5市町分の標高値データを3次元モデルとしてGRS80楕円体上にマッピングし、大津市から琵琶湖方向を見たモデルを描画して比較したの

が図-7及び図-8である。

このソフトウェアは、三次元空間にGRS80楕円体モデルを作成し、グリッド標高の経度緯度情報を楕円体上の角座標に置き換え、標高値を楕円体中心からの法線方向に取って完全な三次元モデルとして描画している。ジオイドを考慮して標高値を補正する機能も有しているが、ジオイド高データが適当な形に変換できなかったためこの画像は、ジオイドによる補正を行っていない点に注意が必要である。

内挿法により求めた標高値と現在のグリッド標高データの標高値の差の絶対値の平均は3m以下で、2万5千分1地形図原データが元々持つ等高線の誤差10mを下回っており、計算により簡易に求める本方式により作成するDEMの精度は問題ないといえる。描画結果にも大きな差異は見られず、2万5千分1スケールという縮尺では内挿法を用いても精度上の問題はないと思われる。

## 8. まとめ

今回行った内挿法によるDEM作成は、従来はコンピュータによってグリッド標高値を求めた後、地形との不具合を手により補正していたものをいかに簡便に、自動的に行えるかどうかを試行したものである。この機能をNTISの中に取り込むことで、将来は地形改変後の三次元モデルを高速に表示することが可能になると思われる。今後は、約100平方キロメートルあたり約1時間を要している計算時間を短縮し、NTISに取り込んでいかに使い易く実装するかという点に重点を置くことになる。

# IKONOS単画像を用いた2万5千分1地形図の作成及び修正 Mapping and Revising 1:25,000 Topographic Maps using an IKONOS Single Imagery

測 図 部 飯田 洋・矢来恵美・野口真弓

Topographic Department Yo IIDA, Emi YARAI, Mayumi NOGUCHI

沖縄支所 松尾 馨

Okinawa Regional Survey Department Kaoru MATUO

## 要 旨

衛星画像は空中写真と比べて広範囲かつ歪みの少ない画像であり、定期的にもどこでも撮像できる等の利点がある。1999年9月に打ち上げられたIKONOS衛星は地上分解能1m（直下視で約82cm）であり、従来空中写真で行っていた地形図作成及び修正の情報源として、その利用期待が高まっている。

本稿では地球の丸みによる歪みのみを取り除いたIKONOSデジタルジオ画像を利用した2万5千分1地形図の修正と、DEM及び地上基準点を用いてオルソ幾何補正されたIKONOSデジタルオルソ・ライト画像を利用した2万5千分1地形図の作成作業の結果を報告する。

IKONOSデジタルジオ画像を利用した2万5千分1地形図の修正は、IKONOS画像を地形図編集ソフトウェアVRCの背景画像として取り込み、新設道路などの変化部を単画像図化するという方法で行った。この成果とステレオ空中写真を用いて図化した成果とを比較した結果、精度的に2万5千分1地形図の修正にIKONOSデジタルジオ画像を用いることが可能であることを確認した。

一方、IKONOSデジタルオルソ・ライト画像を利用した2万5千分1地形図の作成は、上述の方法と同様にまずIKONOS画像をVRCの背景画像として取り込み、道路や建物等の判読できる地物を管面上で単画像図化するという方法で行った。2万5千分1地形図図式で規定される地物の内、どの地物が図化可能でどの地物が図化不可能であるかの判読性の検討を行うと同時に、現地実測値とIKONOS画像にあらかじめ付加されている座標値とを比較し、水平位置精度の検証も行った。その結果、等高線情報や一部地物を除き、IKONOSデジタルオルソ・ライト画像を用いることにより、新規に2万5千分1地形図の作成が可能であることを確認した。

## 1. はじめに

国民の安全・安心を確保するための国土管理を効率的・効果的に行うには、基礎となる空間データ基盤を迅速に整備する必要がある。

2万5千分1地形図の作成・修正には現在、空中写真

を用いているが、道路の新設など部分的な変化情報を迅速かつ低コストで地形図に反映することや、北方四島のように現地の空中写真撮影が困難な場合は、衛星画像等の他の情報源を利用することが有効かつ効率的であると考えられる。国土地理院ではこれまでに地上分解能10mのSPOT衛星画像を用いた10万分1地形図「島原半島」の試作（小白井・渡辺，1993）及び北方四島5万分1地形図の修正（荻野，1993）、地上分解能8mのADEOS衛星画像を用いた2万5千分1地形図の修正（齋藤・福島，1997）などを行っているが、分解能が粗いために図化可能な地物が限られる等、実用的に2万5千分1地形図の作成及び修正作業に用いるには至っていない。

一方、1999年9月に地上分解能82cm（直下）のIKONOS衛星が打ち上げられた後、2001年10月には地上分解能61cm（直下）を持つQuickBird2号衛星が打ち上げられ、いよいよ本格的な高分解能衛星の時代に入れたといえる。これらの衛星画像は従来の空中写真と比べて広範囲かつ歪みの少ない画像であり、定期的にもどこでも撮像でき、地表の詳細な情報を得るのに十分な分解能を有しているため、2万5千分1地形図の作成及び修正作業への情報源として、その利用が期待されている。

国土地理院はIKONOS画像の日本総代理店である日本スペースイメージング株式会社と共同研究を行い、同社から提供を受けた画像において、判読特性及び位置精度の検証について中間報告を行っている（小荒井ほか，2000）。それによると、道路上に白ペンキで書かれた90cm×40cm程度の標識の間隔が分解能の2倍以上ある時は判読できること、近赤外波長域の情報を使うことにより植生の判読が容易になること、IKONOSステレオペア画像より作成した27m間隔のDEMを用いて作成したオルソ画像の水平位置精度検証結果等が報告されている。しかしながら今まで通常の製造工程で作成・提供されているIKONOS画像の評価を行ったことはなかった。

本稿では、通常の製品として販売されているIKONOSデジタルジオ画像（地球の丸みによる歪みのみを取り除いた画像、以下「ジオ画像」という。）を利用した2万5千分1地形図の修正及びIKONOSデジタルオルソ・

ライト画像（デジタルジオ画像をDEM及び地上基準点を用いてオルソ幾何補正した画像、以下「ライト画像」という。）を利用して2万5千分1地形図を作成し、判読性及び水平位置精度の検証を行い、これらの画像が2万5千分1地形図の修正及び作成にどの程度適用可能であるかの判断を行ったので報告する。

## 2. 使用したデータ

### 2.1 IKONOS衛星仕様

IKONOS衛星及びセンサの主要な仕様を表-1に記す。

### 2.2 衛星画像

本研究で使用したIKONOS衛星画像については、以下の通りである。なお、2万5千分1地形図の作成作業は、山地部及び平野部を対象に計2地区について行った。ここで衛星位置とは、撮影された地上位置に対する衛星の位置を真北方向からの東回りの角度で示したものである。なおオルソ画像を作成したときのDEMや地上基準点、作成アルゴリズム等の情報はデータプロバイダから開示されていない。

#### 1) 2万5千分1地形図の修正作業に用いた画像

製品内容：IKONOSデジタルジオ画像  
対象場所：東京都新島地区  
データ取得日時：2000年12月15日  
種類：パンシャープン  
ポインティング角：13.1度  
衛星位置：134.4度  
地上撮影時の分解能：(Cross)0.85m, (Along)0.85m  
製品分解能：1m

#### 2) 2万5千分1地形図の作成作業に用いた画像

##### a) 山地部

製品内容：IKONOSデジタルオルソ・ライト画像  
対象場所：長崎県島原地区  
データ取得日時：2000年1月27日  
種類：パンシャープン  
ポインティング角：14.2度  
衛星位置：140.1度  
地上撮影時の分解能：(Cross)0.85m, (Along)0.86m  
製品分解能：1m

##### b) 平野部

製品内容：IKONOSデジタルオルソ・ライト画像  
対象場所：熊本県荒尾地区  
データ取得日時：2001年10月3日  
種類：パンシャープン  
オフナディア角：21.6度  
衛星位置：175.4度  
地上撮影時の分解能：(Cross)0.87m, (Along)0.94m  
製品分解能：1m

表-1 IKONOS衛星及びセンサ仕様

運用機関	SPACE IMAGING社 (米国)
打ち上げ	1999年9月25日
設計寿命	7年
回帰日数	11日 (直下より10度以内に戻る場合)
軌道傾斜角	98.12°
軌道種類	太陽同期準極軌道
衛星高度	680km
撮影時刻	午前10時～11時頃 (現地時間)
センサタイプ	リニアアレイ
素子数	パングロマトック (13,816) マルチスペクトル (3,454)
波長域	パングロマトック：0.45～0.90 μm 青：0.45～0.52 μm 緑：0.52～0.60 μm 赤：0.63～0.69 μm 近赤外：0.76～0.90 μm
走査方向	東西方向, 南北方向等直線の走査
地上分解能	パングロマトック： 0.82m (直下) 1.0m (オフナディア角26°) マルチスペクトル： 3.3m (直下) 4.0m (オフナディア角26°)
撮影幅	11.3km (直下) 13.8km (オフナディア角26°)
ポインティング角	45°まで
量子化ビット数	11ビット

(日本スペースイメージング株式会社ホームページよりまとめた)

## 3. 研究方法

### 3.1 ジオ画像を用いた2万5千分1地形図の修正

ジオ画像はライト画像と比べてオルソ幾何補正はされていないが、安価であること (約1/3)、納期が短いこと (約1/3) 等の利点がある (表-2)。本研究では部分的な修正に同画像が適用可能であるか検証した。

表-2 IKONOS画像の価格と納期

	価格 (1 km <sup>2</sup> あたり)	納期
ジオ画像	7,000円	10日以内
ライト画像	20,000円	30日以内

(日本スペースイメージング株式会社ホームページよりまとめた。ここで価格は1m解像度パンシャープン画像、ライセンス形態として一般ユーザーの場合である。また納期はライブ러리画像の場合である)

地形図修正作業方法を、下記に詳述する。

- 1) 国土地理院で使用している地形図編集ソフトウェア (VRC) にジオ画像を背景画像として取り込んだ。位置あわせには、標高値が比較的同じ地点を地上基準点と

して使用した(図-1)。本作業では7点使用している。またVRCに取り込むために8ビットモノクロ画像に変換した。

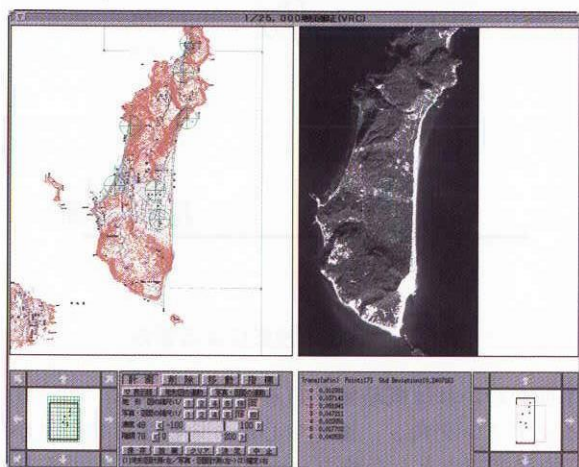


図-1 VRCへのIKONOS画像の取り込み

- 2) 取り込んだジオ画像の平行移動を行い、修正を行いたい地物のそばにある、2万5千分1地形図に既に図化されている道路など、位置が判っている地物と画像中で認識できる地物を重ねあわせる(図-2)。



図-2 IKONOS画像と既存地物との位置あわせ

- 3) ジオ画像を参照画像として、新設道路や新たに建築された構造物などの変化部を単画像図化する(図3)。
- 4) これと並行して空中写真を用いて、デジタルフォトグラメトリックワークステーション(DPW)で3)で単画像図化した同一地物について図化する(図-4)。
- 5) DPWで図化した変化部情報を正解データとして、VRC上で単画像図化した変化部情報とを比較し、水平位置精度の検証を行う。

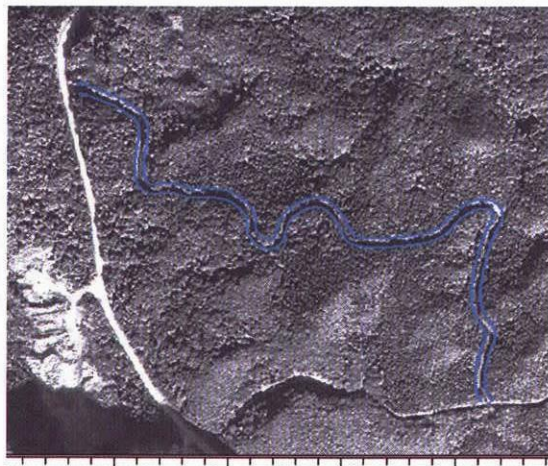


図-3 新設道路の単画像図化

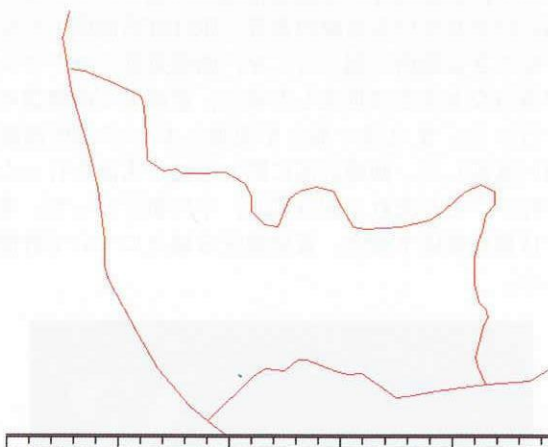


図-4 DPWで行った新設道路の図化

### 3.2 ライト画像を用いた2万5千分1地形図の作成

IKONOSデジタルオルソ画像には、公表精度±3.5mのIKONOSデジタルオルソ・ライト画像と、公表精度±1.75mのIKONOSデジタルオルソ・エキスパート画像の2種類があるが、2万5千分1地形図の精度及び費用の観点から、本研究ではIKONOSデジタルオルソ・ライト画像を使用した。対象地域は比高差のある山地部として長崎県島原地区を、比高差の小さい平野部として熊本県荒尾地区を選定した。上記2地区において、約1~1.5km<sup>2</sup>の地域についてライト画像を用いてVRC上で単画像図化を行い、地形図の作成を行った。この時、2万5千分1地形図図式における図化対象地物について、どのような地物が判読可能であり、どのような地物が判読不可能であるかの調査を行った。なおオルソ画像であるために等高線の情報は取得できない。併せて画像中で明瞭に識別できる白線の角等の位置について、画像計測値と実測値とを比較し、水平位置精度の検証を行った。研究方法の詳細を以下に記す。

### 1) 2万5千分1地形図の作成

IKONOS画像から図化対象地域を切り出し、VRCの背景画像に取り込んだ。本研究では島原地区約1km<sup>2</sup>、荒尾地区約1.5km<sup>2</sup>を研究対象地域とした。なおVRCに取り込むために8ビットモノクロ画像に変換した。管面上で必要に応じて拡大、縮小を行い、昭和61年2万5千分1地形図図式で規定されている地物について、判読できる物を単画像図化した。その際、カラー情報を利用するために普通紙に出力して参照画像として利用した。図化作業を行った後、刊行図との比較及び現地調査を行い、判読可能な地物及び不可能な地物についての整理を行った。

### 2) 水平位置精度検証

使用したIKONOS画像のフォーマットはGeoTIFF形式であり、画像自体に座標値情報が付加されている。駐車場にひかかれている白線の角等、IKONOS画像上で位置を特定できる場所(図-5)を、画像処理ソフトウェア上で適当な大きさに拡大した後に、管面上で座標値の計測を行った。また同一地点を現地においてGPS測量機を用い実測した。画像計測に際しては、実測を行った2名が行い、それぞれ2回計測し、平均値をとった。本研究では島原地区7地点、荒尾地区5地点について計測を行った。



図-5 画像計測を行った駐車場白線の一例

## 4. 結果及び考察

### 4.1 ジオ画像を用いた2万5千分1地形図の修正

ジオ画像は、地球の丸みによる歪みのみを取り除いているだけで、投影による歪みは取り除いていないので、水平位置の精度保証はされていない。しかしながら、航空機で取得する空中写真と比べて、人工衛星は軌道及び姿勢が安定しており、また高高度から撮像しているので、画像中の投影による歪み量はポインティング角及び投影

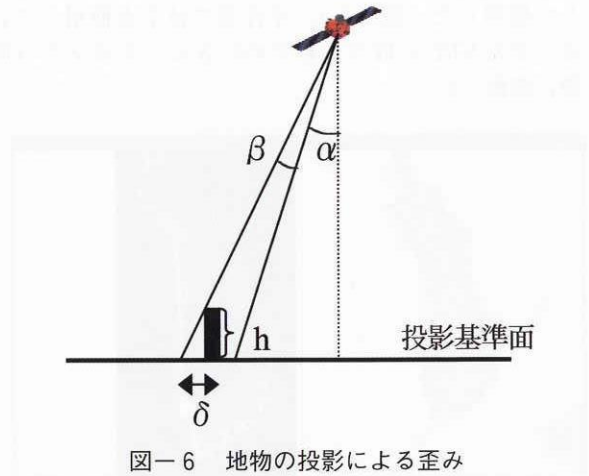


図-6 地物の投影による歪み

基準面がわかれば概略値を知ることができる。図-6にポインティング角 $\alpha$ 、画像中心から地物までを衛星から見込む角度を $\beta$ とした時の、地物(投影基準面に対し比高 $h$ )とこの地物の投影による歪み量( $\delta$ )との関係を示す。

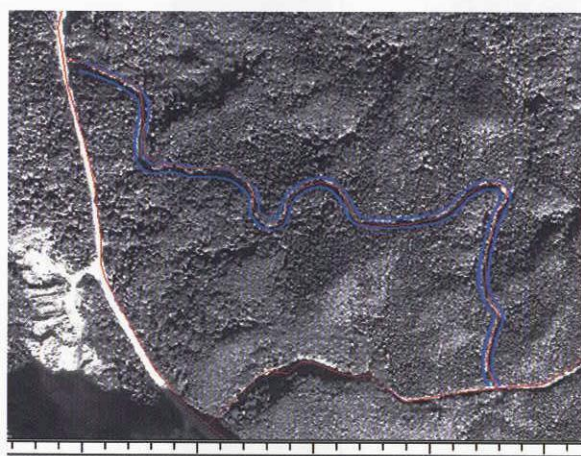
衛星画像において、投影基準面に対する比高 $h$ の地物の投影歪み量 $\delta$ は、センサによる歪みや大気の影響等を無視すると、 $\delta = h \cdot \tan(\alpha + \beta)$ で表すことができる。ここで $\delta$ の最大値は、地物の高さが等しいときは、起伏が特に大きくない地域においては衛星から見て一番遠方端の画像上に存在する地物の歪みと等しい。この時の見込み角 $\beta$ は走査角の半分なので、直下の観測幅が11.3km、衛星高度が680kmであることより、 $\tan \beta = (11.3/2)/680$ の関係が成り立ち、約 $0.5^\circ$ であることが解る。本研究で使用したジオ画像は $\alpha = 13.1^\circ$ の条件で撮像されており、これらを代入すると、歪み量の最大値は $\delta_{\text{MAX}} = 0.24 \times h$ となる。

一方、基本図測量作業規程においては平面位置精度として、図上0.7mm(標準偏差)と定めている。これは2万5千分1地形図において17.5mである。今回の研究で使用するIKONOS画像においてこの精度を保つためには、 $0.24 \times h \leq 17.5$ である必要がある。すなわち $h \leq$ 約73mとなる。これは比高差約70m以内の領域にある地物に関しては、相対的な投影歪み量が基本図測量作業規程に定められた範囲内にある事を示す。つまりこの領域内にある地物に関しては、既存の道路など、位置が判っている地物にIKONOS画像をあわせることにより精度が保証され、変化部の修正作業を行うことができる。図-7に本手法で図化した新設道路の一例を挙げる。

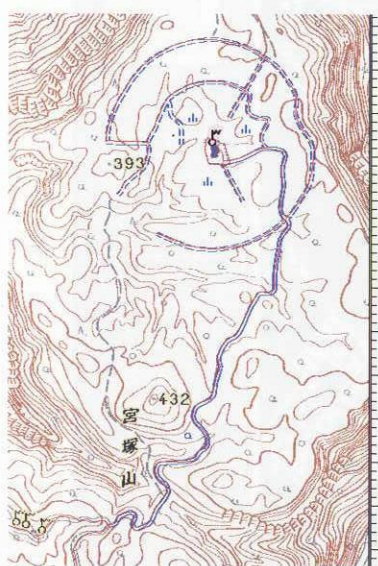
この新設道路は直線距離で約600mあり、標高約160mから約200mの比高約40m以内の領域に存在している道路である。すなわち上述した比高差約70mの制限内にあるので、比高による投影の相対的歪み量は基本図測量作業規程内におさまると考えられる。実際に管面上で確認した結果、DPWで図化した道路中心線はIKONOS画像を用いて図化した道路内に含まれていた。VRC上では1車線道路は線も含めて図上0.5mmの幅を持っている

ので、この道路内におさまっていることは、両手法で得られた道路中心線の最大の位置ずれが図上0.25mm以内におさまっていることを示している。これは許容位置誤差内に充分におさまっている。

また本手法を、上記道路と別の場所に新設された道路で行った例を図-8に示す。



— VRCでの単画像図化結果  
 — DPWでの図化結果(道路中心線)  
 目盛は図上1mm(2万5千分1地形図で25m)  
 図-7 両手法で図化した新設道路の比較(1)



(凡例は図-7と同じ)

図-8 両手法で図化した新設道路の比較(2)

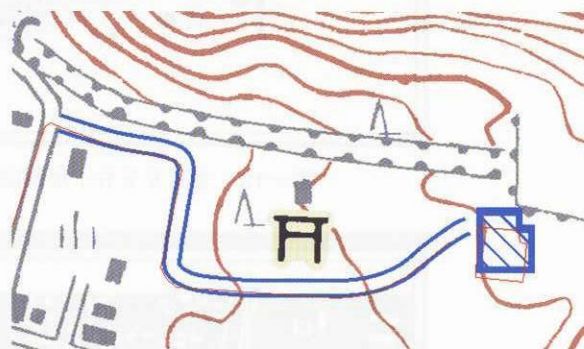
この新設道路は直線距離で約1.5kmあり、標高約370mから約400mの比高約30m以内の領域に存在している道路である。この道路も比高差約70mの制限内にあるので、比高による投影の相対的歪み量は基本図測量作業規程内におさまると考えられる。実際に管面上で確認した結果、前例と同様にDPWで図化した道路中心線は

IKONOS画像を用いて図化した道路に含まれていた。

これらの結果よりジオ画像を用いた2万5千分1地形図修正の可能性が示されたといえる。

しかしながら、IKONOS画像を平行移動して地形図中の地物にあわせる工程では、一方向に伸張している地物であわせるのではなく、できるだけ広い範囲をあわせる等の工夫を行わないと、図-9に示したように、平行にずれが生じてしまうという可能性もある。

図-9では、DPWで図化した道路中心線がVRC上で図化した道路の下線にほぼ重なっている。これはIKONOS画像の平行移動をする際に、縦方向の道路を参考に位置あわせを行った結果、DPWで図化した道路と、VRC上で図化した道路に上下方向の平行ずれが生じた為であると考えられる。精度的には問題はないが、このような誤差は防ぎ得るので、平行移動時には広い範囲で位置あわせをする等の注意が必要である。



(凡例は図-7と同じ)

図-9 平行なずれが生じた例

#### 4.2 オルソ画像を用いた2万5千分1地形図の作成

本研究で作成した2万5千分1地形図の内、長崎県島原地区を図-10に熊本県荒尾地区を図-11に示す。地物の判読性の整理及び画像の水平位置精度の検証結果について以下に示す。

##### 1) 2万5千分1地形図の作成

分解能が1mでなおかつカラー画像ということもあり、全体的にかなり判読性は良好である。表-3に本研究で図化した両地区において、昭和61年2万5千分1地形図図式で規定されている地物について、判読の可否をまとめた。

建物は一軒一軒判読でき、また形状も把握できるので、2万5千分1地形図より大縮尺の地形図にも適用可能であると思われる。

道路に関しても現地調査で小型車がやっと通れるような幅員2m程度の道路でも図化可能であった。ただし歩道を判読するのは困難であった。また影の関係で建物と道路の境界が一部不明瞭な所もあった。また1カ所荒地(雑草地)を道路と認識してしまった箇所もあった(図-12)。

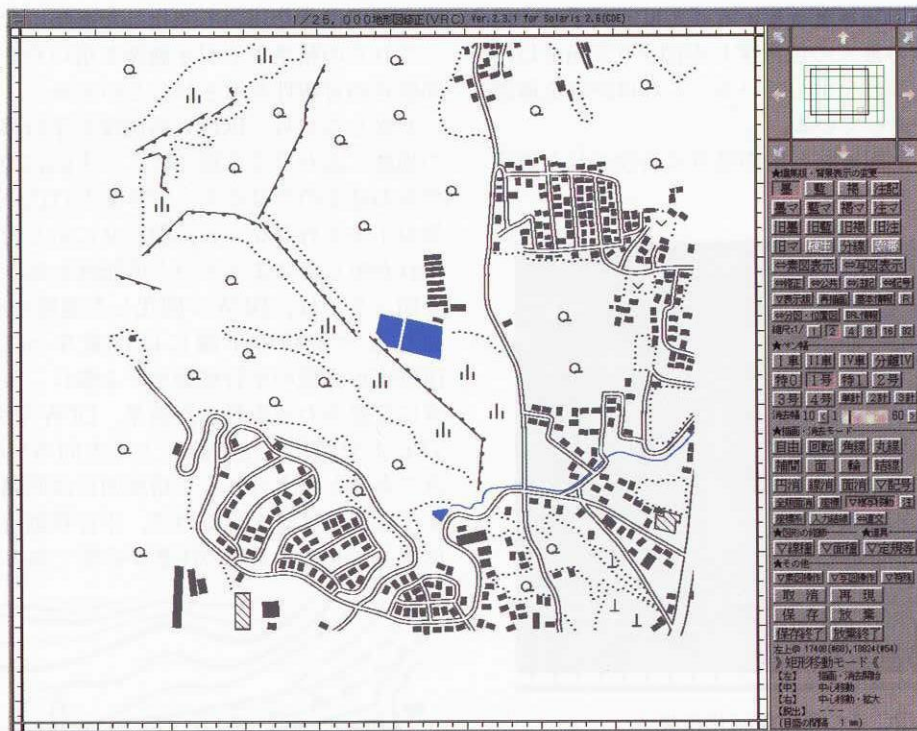


図-10 2万5千分1地形図—島原地区（1目盛が25mに相当）



図-11 2万5千分1地形図—荒尾地区（1目盛が25mに相当、背景にIKONOS画像を示した）

河川についても形状や色，護岸構造物により川幅がかなり狭くても図化可能であると判断した。

墓地は細かい地物が並んでいるという特徴的な形状より図化可能であった（図-13）。

一方，送電線や高塔（鉄塔）のように判読できない物も存在した（図-14）。特に高塔は実体視すれば確実に判読できると思われ，オルソ画像のみによる単画像図化では他の資料と併用するなどの工夫が必要である。植生



図-12 道路と誤認した荒地  
(現地写真とIKONOS画像一矢印)



図-13 IKONOS画像中で判読できた墓地(丸印)

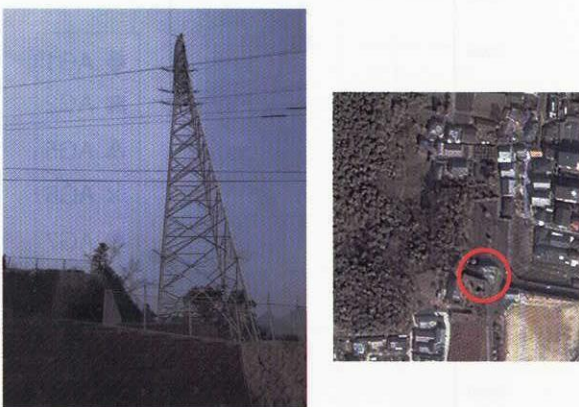


図-14 判読できなかった鉄塔  
(現地写真及びIKONOS画像一〇印内)

判読に関しては作業者の熟練度に左右されることが考えられる。本研究と同仕様の画像を用いて針葉樹林、広葉樹林を判読できるという報告もあるが(衛星リモートセンシ

ング推進委員会空間データワーキンググループ, 2002), 本研究では明確には区別できなかった。

山地部、平野部の相違による情報取得に関する難易度の差は特にはなかった。しかしながら平野部における住宅密集地においては、個々の建物が小さいことや建物間の隙間が狭いこと等より情報を取得するには注意が必要であると感じられた。

以上のように、実体視によらない単画像図化であってもかなりの情報量が取得できる事が確認された。

## 2) 水平位置精度検証

小荒井ほか(2000)によると、共同研究で提供された27m間隔DEMで作成したオルソ画像(公表精度: RMSE(1σ)で1.5m)において、空中写真による図化データを真値として111地点で位置精度の検証を行ったところ、東西方向の残差は最大5.1m, RMSE(1σ)=0.94m, 南北方向の残差は最大3.0m, RMSE(1σ)=0.73m, 方向ベクトルにするとRMSE(1σ)=1.19mという結果を得ており仕様を満たすことが確認されている。

今回の研究では、通常の製品として販売されているライト画像を用いて、同様に水平位置精度の検証を行った。島原地区7点及び荒尾地区5点について、IKONOS画像における地物の画像計測値と実測値とのずれを図-15及び表-4に示す。

図-15から、島原地区では実測値に対して画像計測値が東及び北方向へずれている一方で、荒尾地区では北方向のずれが顕著であることがわかる。

ライト画像を作成するときを使用したDEMや地上基準点、アルゴリズム等が開示されていないため、このずれの理由は不明であるが、地区毎のずれの方向は一様であり、オルソ画像作成過程において幾何学的歪みを充分に取り除き切れていない可能性が考えられる。

次に標高値とずれ量の関係について図-16に示す。荒尾地区において、標高が大きくなるとずれ量が減少するといった相関があるように思われる。しかしながらサンプル数も少ないこともありはっきりとした傾向は示していない。ポインティング角が大きいとオルソ画像を作成する基準となる画像自体の投影歪みは大きくなるが、本研究ではむしろポインティング角の大きい荒尾地区の画像の方がずれは小さかった。

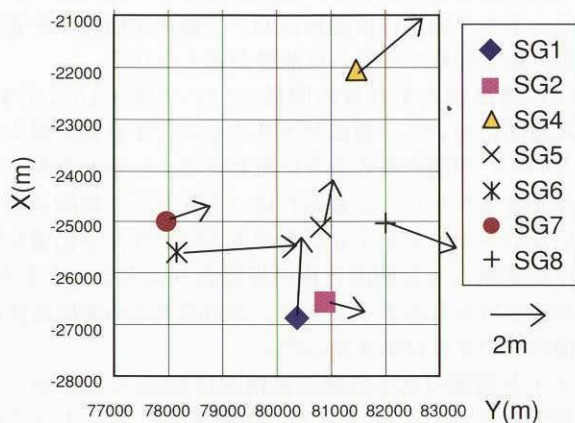
ライト画像の水平位置公表精度は3.5mであるが、本研究では1地点を除き全てこの精度内におさまっている。基本図測量作業規程においては平面位置の精度(標準偏差)として図上0.7mm以内(2万5千分1地形図の場合、17.5m)としている。描画誤差を勘案しても本研究で使用したライト画像は2万5千分1地形図を作成する情報源として十分な精度を有していると考えられる。

## 5. まとめ

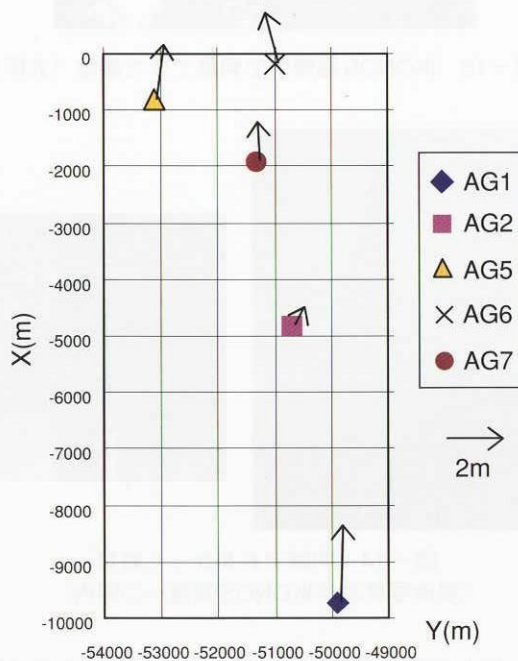
本研究では、市販されているジオ画像を用いた2万5

表-3 地物の判読結果

判読可能であった地物	コメント	判読不可能であった地物	コメント
水涯線・河川	周辺とのコントラストより判読可能	道路橋 (道路をまたぐもの)	道路と道路の交差なので色調差が乏しく判読が難しい
池	容易に判読可能	高塔	高塔かどうかの判読が難しい
道路(幅員1.5m以上)	歩道の判読は困難。影の関係で建物と道路の境界が一部不明瞭な所もあった	送電線	判読できなかった
庭園路	容易に判読可能	土がけ	高さの情報がないので空地と誤認しやすい
鉄道	線状地物であり容易に判読可能	針葉樹・広葉樹	判読者の経験が必要。今回は判読できなかった
駅	鉄道に隣接しているため容易に判読可能		
独立建物(大・小)	建物1軒1軒を判読できたが、密集地では不明瞭なところもある。		
建物類似の構造物 (側壁のない建物 -競馬場スタンド)	特徴的な形状をしているため容易に判読可能		
へい	周辺とのコントラストより判読可能		
植生界	植生間のコントラストより判読可能		
田	容易に判読可能		
畑	容易に判読可能		
空地	道路と誤認したところもあったが、判読可能		
墓地	細かい地物が並んでいる特徴的な形状より判読可能		



(a) 島原地区



(b) 荒尾地区

図-15 IKONOS画像における地物の画像計測値と実測値とのずれ(矢印根元がGPS測量実測値で、ずれを矢印の向き及び長さで表している)

表-4 画像計測値と実測値のずれ  
(実測値-画像計測値)

地区	地点名	X (m)	Y (m)	ずれ (m)
島原	SG1	-2.92	-0.17	2.93
	SG2	0.33	-1.25	1.30
	SG4	-2.03	-2.36	3.11
	SG5	-1.70	-0.32	1.73
	SG6	-0.29	-4.17	4.18
	SG7	-0.48	-1.45	1.53
	SG8	0.92	-2.49	2.66
	荒尾	AG1	-2.83	-0.05
AG2		-0.66	-0.33	0.74
AG5		-2.00	-0.21	2.01
AG6		-1.82	0.49	1.89
AG7		-1.39	0.11	1.40

千分1地形図の修正, ライト画像を用いた2万5千分1地形図の作成を行った。

ジオ画像を用いた2万5千分1地形図の修正では, オルソ幾何補正されていないジオ画像でも, 比高差が少ない一定の領域内においては相対的な投影歪みが小さいので, 十分な精度を持って修正が可能であることが判った。

ライト画像を用いた2万5千分1地形図の作成では, 高塔や送電線等, 一部地物については判読できない物もあったが, 全般的に判読性は良好であった。単画像であっても高分解能であること, カラー画像であることにより, かなりの情報を取得することができる。また水平精度も, 2万5千分1地形図を作成する際に基本図測量作業規程で示される精度(図上0.7mm)を満たすことができる位置精度を十分に有しており, これらを総合的に判

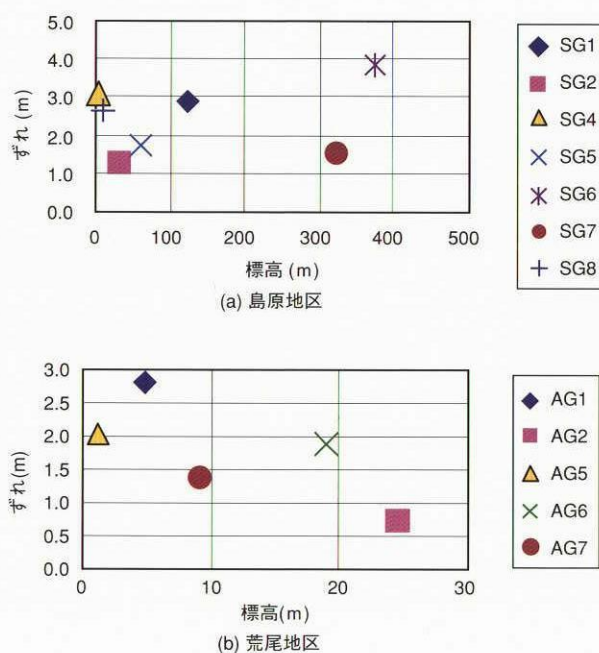


図-16 標高とずれ量との関係

断すると, 高さ情報を除けば同画像を用いて2万5千分1地形図を新規に作成する可能性が示された。

今後の課題としては, オルソ画像では高さ情報が得られないため, IKONOSのステレオペア画像を用い, 高さ情報の取得及びその精度検証を行う必要がある。併せて同画像を用いて地物を図化したときの水平位置の精度検証, 及び本研究では判読性に難があった高塔や送電線等の地物について, ステレオ視することにより取得できるかどうかを検証することも必要である。

参考文献

衛星リモートセンシング推進委員会 空間データワーキンググループ(2002), 「高解像度衛星画像による地物の判読可能性」

荻野喜助(1993), 「衛星画像による北方四島5万分1地形図の修正について」, 国土地理院時報, No.77, pp.61-66.

小荒井衛, 門脇利広, 渡辺信之, 松尾馨(2000), 「IKONOS画像の判読特性の整理と位置精度の検証(中間報告)」, 国土地理院時報, No.94, pp.38-47.

小白井亮一, 渡辺信之(1993), 「SPOT衛星画像を用いた縮尺1/100,000地形図作成の試み」, 日本写真測量学会平成5年度年次学術講演会論文集, pp.133-138.

齋藤秀勝, 福島芳和(1997), 「1:25,000地形図の衛星画像を用いた更新技術に関する考察」, 日本写真測量学会平成9年度秋季学術講演会論文集, pp.87-90.

日本スペースイメージング株式会社HP, <http://www.spaceimaging.co.jp/>



# 高分解能 SAR を利用した災害状況把握 Disaster Monitoring using High Resolution SAR

測 図 部 飯田 洋・渡辺信之・佐藤 潤  
Topographic Department Yo IIDA, Nobuyuki WATANABE, Jun SATO

中国地方測量部 小荒井衛  
Chugoku Regional Survey Department Mamoru KOARAI

## 要 旨

合成開口レーダ (SAR) はマイクロ波を利用するため、夜間や雲・噴煙に覆われた状況下などでも地表の情報を取得することができ、特に災害時における状況把握に有効であると期待されている。

本研究では、災害の中で、洪水状況把握、地震災害状況把握、火山噴火状況把握について、SAR技術の適用可能性について調査した。その結果、洪水状況把握においては、2時期 SAR 画像の輝度値差分法が有効であることが判り、地震災害状況把握については多時期 SAR 画像の輝度値を利用した相関法が有効であることが判った。また、火山噴火状況把握においては、噴煙等のため光学系センサで画像が取得できない状況において、SAR 画像の判読により火口付近の状況が把握できた。さらに、SAR データを用いて干渉処理により作成した噴火後の DEM を、噴火前の火山基本図と比較することにより、火口の陥没状況を捉えることができた。

## 1. はじめに

災害時に迅速に状況を把握することは、国民の人命・財産を守るために必要不可欠である。また被害の拡大を防ぎ早急に対策を立てるためにも、現場の状況を把握することは重要である。リモートセンシング技術は高高度から広範囲に渡って情報を取得することが出来るので、現場に近づくことが困難な場合や広く状況を把握するために有効な技術である。特に SAR はマイクロ波を地面に照射し、その後方散乱波の位相及び強度を受信することによりデータを取得するものなので、光学センサで情報を取得することが困難な夜間や雨天・曇天時、噴煙に覆われた状況下での情報収集に大変有効であると考えられる。

国土地理院では光学センサで災害の状況を把握する技術開発も実施しているが (坂部, 2002), 本研究では SAR を利用した災害状況の把握を試みた。これは後方散乱波の強度が主に照射マイクロ波の入射角, 地表の粗さ, 地表の物性に依存するので, 災害によって生じた地表の変化が後方散乱波の変化として表れることに依っている。

本研究では人工衛星搭載型の SAR システムによって取得されたデータを利用し, 洪水状況及び地震災害状況の把握を行った。また, 航空機搭載型の SAR システムによって取得されたデータを利用し, 火山噴火状況の把握を行っ

た。なお本研究は、国土交通省総合技術開発プロジェクト「災害等に対応した人工衛星利用技術に関する研究」(1999年～2001年度)の1課題として行ったものである。

## 2. 調査地域及び使用したデータ

本研究で調査した地域及び使用したデータを以下に示す。

### 2.1 洪水状況把握

- 対象地域 : 那珂川流域 (水戸市) (図-1)
- 調査対象範囲 : 約 13km × 2 km
- プラットフォーム : RADARSAT 衛星
- データ取得年月日 : (洪水前)  
1997年12月8日5時43分  
(洪水後)  
1998年8月29日5時43分
- データ範囲 : 約 75km × 約 75km
- 分解能 : 30m
- 周波数 : 5.3GHz (C-band)
- 入射角条件 : S4 (34度～40度)
- 基線長 : 1.174km
- 照合データ : 1998年8月集中豪雨に伴う水害状況 那珂川下流 (茨城県) (国土地理院, 1998)  
現地聞き取り調査資料

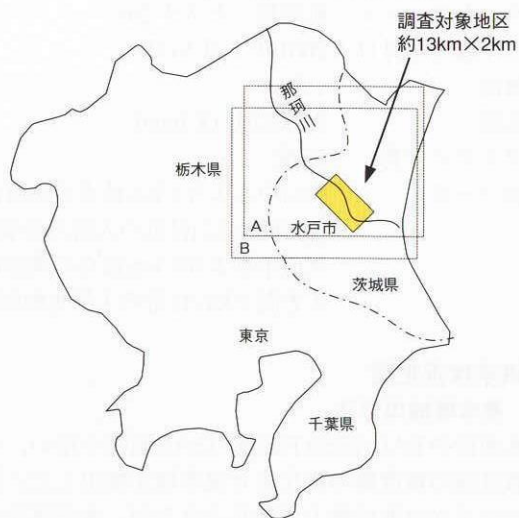


図-1 対象地域 (那珂川流域 (水戸市))

## 2.2 地震災害状況把握

対象地域	: 神戸市 (図-2)
調査対象範囲	: 5 km × 6 km
プラットフォーム	: JERS-1衛星
データ取得年月日	: (地震前)
	A: 1993年11月22日10時36分
	B: 1994年1月5日10時35分
	(地震後)
	C: 1995年2月5日10時38分
分解能	: レンジ18m × アジマス6 m
周波数	: 1.275GHz (L-band)
オフナディア角	: 約36度
基線長	: AB間0.89km BC間4.45km
照合データ	: 平成7年兵庫県南部地震災害現況図 (第II版) (国土地理院, 1995)

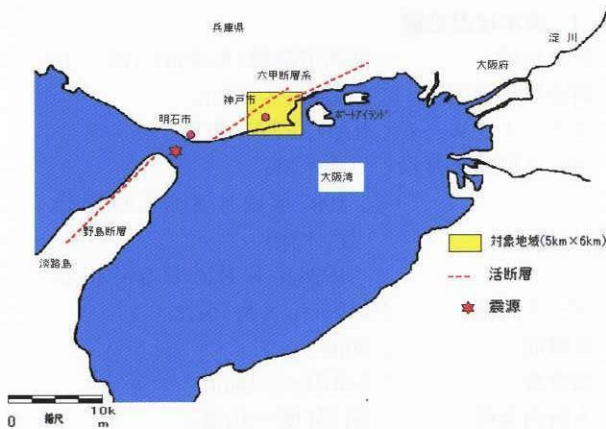


図-2 対象地域 (神戸市)

## 2.3 火山噴火状況把握

対象地域	: 三宅島
プラットフォーム	: 航空機 (セスナ208)
データ取得年月日	: 2001年1月16日
分解能	: 1.5m
周波数	: 9.555GHz (X-band)
オフナディア角	: 55度
観測コース	: 火口中心より4 km地点の東西南北 4方向 (火口付近の入射角約45度) 火口中心より8 km地点の東西南北 4方向 (火口付近の入射角約65度)

## 3. 洪水状況把握

### 3.1 浸水域抽出方法

洪水前後のRADARSAT衛星のSAR画像を用い、その後方散乱波の輝度値の変化より浸水域を抽出した。照射されたマイクロ波は地上で散乱されるが、水が存在すると鏡面反射をおこし、その後方散乱波の強度は極端に低

下する。本手法はこの現象を利用している。この手法は、小西ら(1999)などにより報告されており、その定性的有意性はすでに実証済みであるが、本研究では1998年8月28日に起きた那珂川の洪水を対象に、より定量的な精度を議論するため、幾何補正方法、輝度補正方法及び照合データの精度向上に努めた。以下に浸水域抽出法の詳細を示す。

#### 1) SAR画像の幾何補正

2時期のSAR画像における後方散乱輝度値の差分を利用するためには、両SAR画像は正確に位置あわせを行う必要がある。本研究では基準画像としてデジタルオルソフォトを作成し、このデジタルオルソフォト中に明確に識別できる地点を地上基準点(GCP)として、SAR画像の幾何補正を行った。今回はGCPとして8点取得し、SAR画像に対してアフィン変換による幾何補正を行った。その結果、基準画像との較差は、1997年12月8日のSAR画像で平均二乗誤差0.68ピクセル(1σ)、1998年8月29日のSAR画像で平均二乗誤差0.65ピクセル(1σ)となり、ずれは1画素以内となった。

#### 2) SAR画像の輝度補正

洪水域を抽出するためには、浸水現象以外の散乱影響を出来るだけ同一にする必要がある。入射角はほぼ同一であるので、本研究では2期間の植生の変化による輝度値変化の影響を取り除いた。すなわち浸水を間違いなく受けていない地域において、水田、畑、都市部の3種類のトレーニングエリアを設定し、洪水の前後の画像において両地域の後方散乱輝度値の分布特性を調べた。その結果、水田地域において2画像間に有意な変化が存在したので、水田域において洪水前後の輝度値の分布特性が同一になるように輝度補正をおこなった。なお、後方散乱輝度値はダイナミックレンジの幅を小さくするために下記の式を用いdB変換を行った。

$$X(i,j) = 20\log_{10}(I(i,j))$$

ここで、 $I(i,j)$ は後方散乱輝度値を、 $i,j$ は画像の座標値を示す。

#### 3) 照合データ作成

照合データは国土地理院(1998)の那珂川水害状況図を参考にした。しかしながら、SARデータを取得した時刻は最も浸水域が拡大した時刻と異なっており、この時刻における浸水域は水害状況図における浸水域と比較して小さいと考えられる。その為、現地聞き取り調査及び洪水時の現地写真を用い、浸水域の修正を行い、最終的な照合データとした(図-3)。

#### 4) 差分解析

洪水前後のSAR画像について差分を取ることで、浸水域の抽出を行った。ここでノイズ除去を図るため、

差分の閾値を 3 dB とした。すなわち両画像の差分をとった結果、3 dB 以上の領域を浸水域とみなした。なお、平水時の河川はマスキング処理を行って、処理領域から除いている。



図-3 浸水域の照合データ

5) 精度検証

差分解析によって抽出された浸水域を照合データを用いて検証した。

3.2 結果と考察

輝度値差分法で解析した結果を図-4 及び表-1 に示す。ここで赤の領域は、輝度値差分法で浸水域とみなした領域の内、照合データでも浸水域であった領域を示し、緑の領域は輝度値差分法で浸水域とみなした領域の内、照合データでは浸水域ではなかった領域を示している。また藍の領域は輝度値差分法では浸水域とは見なされなかったが、照合データでは浸水域であった領域を示す。

照合データの浸水域8846ピクセル中、約85.6%にあたる領域においては本手法で抽出に成功した。しかしながら、本手法で浸水域とみなした領域において約36.0%は照合データでは浸水域とはされていない。これは、スペクトルノイズが多い等の問題もあると思われるが、現地

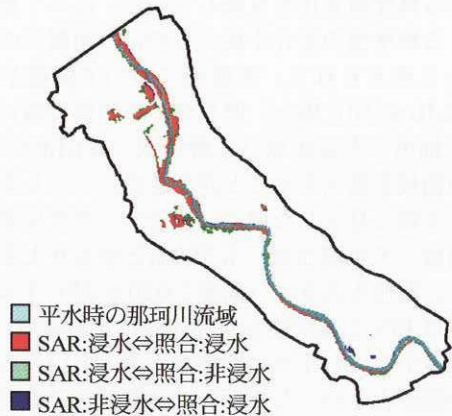


図-4 輝度値差分法による浸水域抽出

聞き取り調査等による照合データの修正が完全ではなく、照合データの浸水域がSARデータを取得したときの浸水域と正確に対応していなかったことに起因していると考えられ、より正確な照合データがあれば、正解率は向上するのではないかと期待される。

一般に洪水時には雲の影響で光学系のセンサでは画像を取得できないことが多い。本研究では衛星搭載型のSARを利用したが、航空機等に搭載したSARセンサで迅速に情報を取得し、洪水域の抽出を行えば、災害状況把握や復旧対策等に重要な役割を果たしうられる。

表-1 輝度値差分法による浸水域抽出

(単位：ピクセル)

		SAR解析結果		
		浸水	非浸水	合計
照合データ	浸水	7,576	1,270	8,846
	非浸水	4,267	197,054	201,321
	合計	11,843	198,324	210,167

4. 地震災害状況把握

4.1 震災域抽出方法

SARデータを利用した震災域抽出に関する過去の研究例としては、浸水域抽出で使った輝度値差分法を用いる方法(大倉・実測, 1995)や、地震前2時期及び地震前後のSAR画像の対応する小領域で相関を求め、その相関係数の差分から震災域を抽出する方法(米澤・竹内, 1998)などが提案されている。

輝度値差分法は建物倒壊による後方散乱輝度値の変化より、震災域の抽出がある程度は可能であるが、他の擾乱要素のために定量的な解析には至っていない。また相関法についても平成7年兵庫県南部地震災害現況図と比較を行い、定性的には良く一致しているとの報告がなされているが、定量的な議論はなされていない。

本研究では上記相関法を用い定量的な議論を試みた。以下に震災域抽出方法の詳細を記す。

1) SAR画像の幾何補正

3.1 浸水域抽出方法で示した方法と同様に基準画像としてデジタルオルソフォトを作成した。このデジタルオルソフォト中にGCPを17点取得し、幾何補正を行った。幾何補正の結果、基準画像との較差は、2.2で示したAの画像でRMSE = 11.93m (1σ), Bの画像でRMSE = 13.71m (1σ), Cの画像でRMSE = 12.89m (1σ)となった。この誤差はレンジ方向には1画素内に収まっているが、アジマス方向には2~3画素の誤差が生じてしまう。このため、相関係数を計算するときはこの誤差を補正する処理を行った。

2) 照合データ作成

照合データは国土地理院(1995)の災害現況図を用い

た。印刷図をカラーキャナで読みとった後、災害現況図で「火災地域」に分類された地域を「全焼地域」として、また「倒壊地域」もしくは「大きな破損地域」と分類された地域を「全壊地域」としてポリゴン分けした(図-5)。さらに「全焼地域」及び「全壊地域」を併せて震災域とした。このデータを1)で作成したデジタルオルソフォトを利用して幾何補正した。

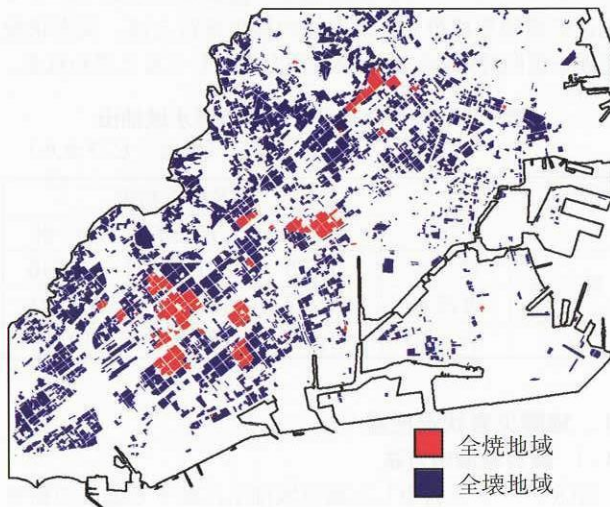


図-5 震災域の照合データ

### 3) 相関係数の計算

地震前2時期(A,B)及び地震前後2時期(B,C)の後方散乱輝度値の相関係数を求めた。

図-6に示すように、相関係数計算領域として、9ピクセル×27ピクセルの小領域を設定した。2時期画像の同一小領域において、式-1で相関係数を求めた。

$$\rho = |\Sigma(I_A I_B)| / [\Sigma(I_A^2) \Sigma(I_B^2)]^{1/2} \dots (式-1)$$

ここで $I_A$ 及び $I_B$ は2時期における同一ピクセルの画素値を示し、 $\Sigma()$ は画像の小領域内の和を示している。

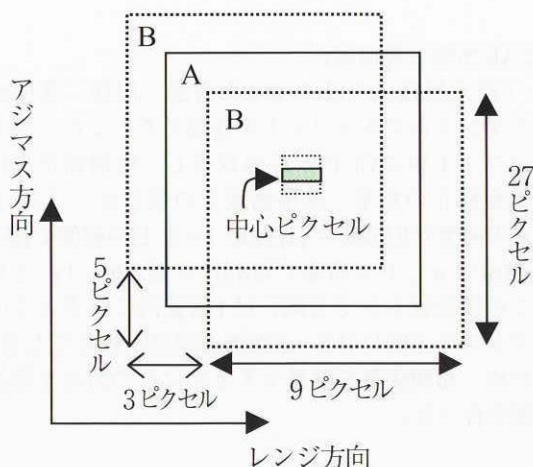


図-6 相関係数計算領域

1)で示したが、幾何補正時の誤差により画像間で位置ずれのおそれがあるので、1番目の画像に対し、2番目の画像をレンジ方向に±1ピクセル、アジマス方向に±2ピクセル相当分だけ相関係数を計算する小領域を移動して、それぞれで相関係数を計算することにより計15個の相関係数を得た。そしてこの15個の相関係数の中で一番大きい値を、1番目の画像の中心ピクセルにおける相関係数の値とした。

この計算を画像全域に適用して、最終的に画像全域の相関係数を得た。

### 4) 差分解析

上記手法で求めた、地震前2時期及び地震前後2時期の相関係数の差分を、式-2により求めた。

$$N = (\rho_{AB} - \rho_{BC}) / (\rho_{AB} + \rho_{BC}) \dots (式-2)$$

ここで $\rho_{AB}$ はAB間の相関係数を、 $\rho_{BC}$ はBC間の相関係数を表す。またNは $N \leq 1.0$ の値を取る。地震の影響で建物の崩壊や焼失により相関係数が変化するために、N値も変化する。ここでは閾値として、0.10, 0.15, 0.20を使用し、この閾値を超えた地域を震災域とみなした。

### 5) 精度検証

差分解析によって抽出された震災域を照合データを用いて検証した。この時、アジマス方向に3ルック合成し、18m×18mグリッドの照合データと解像度を揃えた。

## 4.2 結果と考察

閾値Nを0.10, 0.15, 0.20とした時の結果を、表-2, 3, 4及び図-7, 8, 9に示す。ここで赤の領域は、相関法で震災域とみなした領域の内、照合データでも震災域であった領域を示し、緑の領域は相関法で震災域とみなした領域の内、照合データでは震災域ではなかった領域を示している。また青の領域は相関法では震災域とは見なされなかったが、照合データでは震災域であった領域を示す。

相関法は単純な輝度値差分法と異なり、まとまった領域における輝度値変化を反映している。従って建物等の倒壊による輝度値の変化を捉えるのは、相関法の方が適していると考えられる。本研究において閾値が小さい(閾値:  $0.10 \leq |N|$ ) 場合、照合データの震災域において相関法で抽出できる領域(正解領域)は64.6%であり、一定量の領域を抽出することができた。しかしながら相関法で震災域と見なした中で、照合データでは非震災域である領域(不正解領域)も55.1%とかなり大きくなってしまふ。閾値を大きく(閾値:  $0.20 \leq |N|$ ) すると、不正解領域は49%と減少するが、同時に正解領域は38.6%と大幅に減少してしまふ。閾値が大きいということは相関係数の差が大きいことを示し、地震前後で地表状態に大規模な変化があったことを示す。建物等の破壊により地震前後では後方散乱輝度値に変化が生じるのは予想さ

れるが、元々建物があったところは後方散乱輝度値も大きく、建物等の破壊によって後方散乱輝度値が変化して

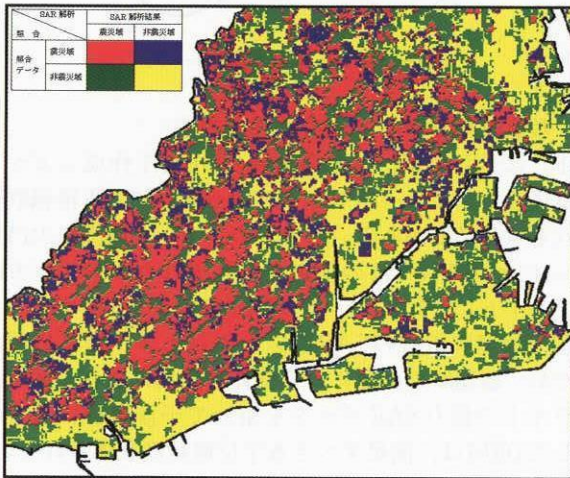
も大きな変化とはならず、閾値を上げてても正解率が上がらない理由と考えられる。

表一 二 相関法による震災域抽出 (閾値:  $0.10 \leq |N|$ ) (単位: ピクセル)

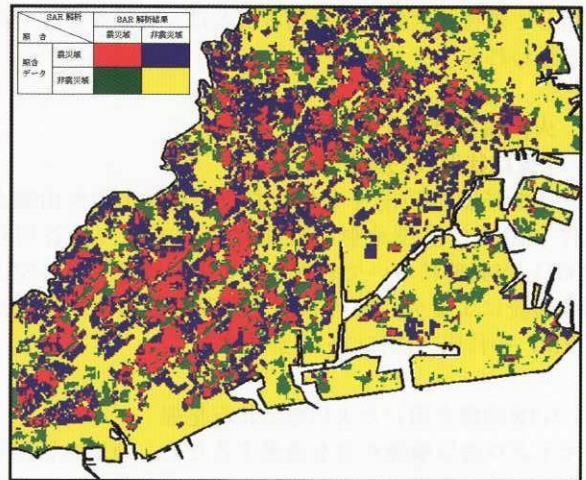
		SAR解析結果		
		震災	非震災	合計
照合データ	震災	14,074	7,721	21,795
	非震災	17,283	19,174	36,457
	合計	31,357	26,895	58,252

表一 四 相関法による震災域抽出 (閾値:  $0.20 \leq |N|$ ) (単位: ピクセル)

		SAR解析結果		
		震災	非震災	合計
照合データ	震災	8,405	13,390	21,795
	非震災	8,088	28,369	36,457
	合計	16,493	41,759	58,252



図一 七 相関法による震災域抽出 (閾値:  $0.10 \leq |N|$ )



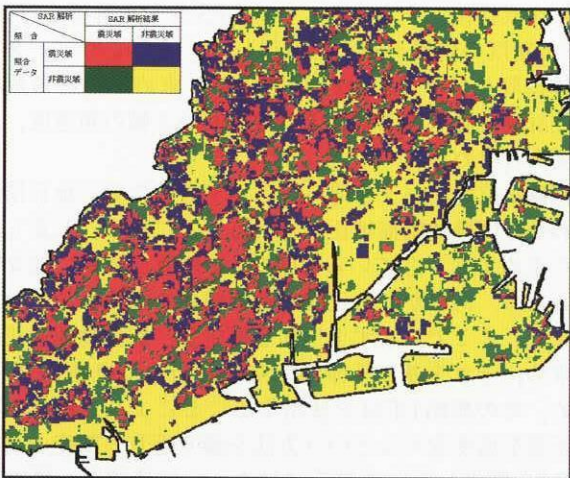
図一 九 相関法による震災域抽出 (閾値:  $0.20 \leq |N|$ )

表一 三 相関法による震災域抽出 (閾値:  $0.15 \leq |N|$ ) (単位: ピクセル)

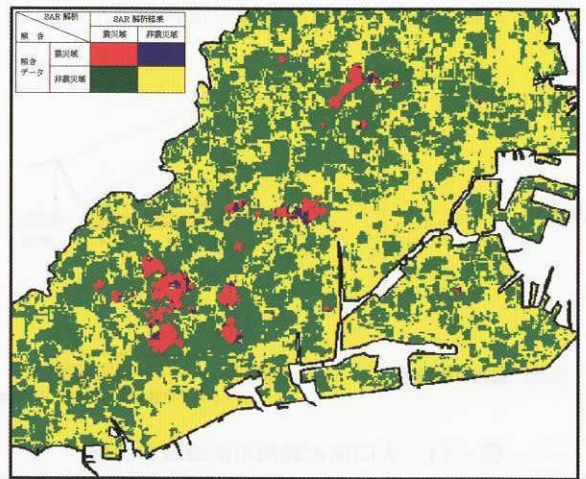
		SAR解析結果		
		震災	非震災	合計
照合データ	震災	10,971	10,824	21,795
	非震災	11,791	24,666	36,457
	合計	22,762	35,490	58,252

表一 五 震災域における全焼域抽出 (閾値:  $0.10 \leq |N|$ ) (単位: ピクセル)

		SAR解析結果		
		震災	非震災	合計
照合データ	震災	1,517	303	1,820
	非震災	29,840	26,592	56,432
	合計	31,357	26,895	58,252



図一 八 相関法による震災域抽出 (閾値:  $0.15 \leq |N|$ )



図一 十 震災域における全焼域抽出 (閾値:  $0.10 \leq |N|$ )

震災域の中で全焼地域に注目すると、表-5及び図-10が得られる。閾値： $0.10 \leq |N|$ の場合、照合データの全焼域において相関法で抽出できる領域は83.4%であり、全壊域に比べて多くの領域を抽出することができる。これは全焼域においては、建物等がほぼ焼失してしまうため、後方散乱輝度値が小さくなり、その結果、相関係数の差分が大きくなるためと考えられる。

大規模な地震災害被害が発生したときに、被害の概況を迅速に捉えることは災害対策活動に必要不可欠である。本手法のみで正確な災害状況の把握を行うには更なる研究が必要であるが、光学センサなど他の観測手段と併用して被害状態の概況を知ることは、有効な手段であると思われる。

## 5. 火山噴火状況把握

### 5.1 火口状況の把握方法

航空機搭載型SARを利用した三宅島雄山の火山噴火に伴う山頂の陥没地形の計測については、長谷川ら(2001)が概略について報告している。本稿では、SAR画像判読による火口部の状況把握及び数値標高モデル(DEM)の作成方法について詳述する。

#### 1) SAR画像を用いた火口部の状況把握

マイクロ波は噴煙や雲を透過するため、地表の状況が光学センサで取得できない時にも情報を収集することができ、大変有効な手段である。

しかしながら火口部のような急傾斜地においては図-11に示すように、レイオーバ(マイクロ波が底部よりも頂部に先に到達し、その結果頂部が底部よりセンサ方向近くに画像再生される現象)やレーダシャドウ(マイクロ波が照射されず再生画像が得られない影の部分)などのレーダに特有な幾何学的性質のため、1回のフライトで火口部全域の情報を得るのは困難である。

このため今回は火口部から4 km及び8 kmの地点をそれぞれ東西南北4方向にフライトし(図-12)、計8画像を得ることにより、火口部全域の情報を得た。

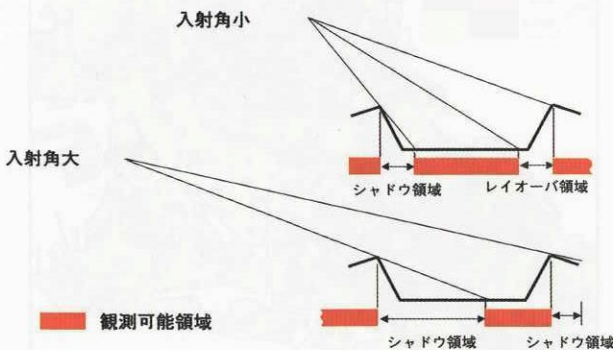


図-11 火口部と観測可能領域の関係

(入射角が小さいと火口底部が観測でき、大きいと火口壁が観測できる)

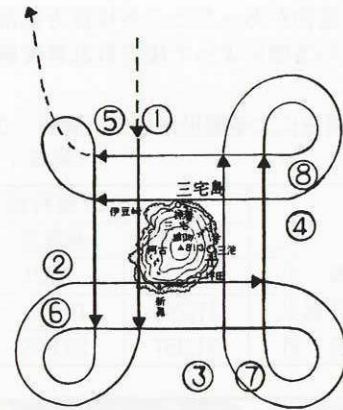


図-12 三宅島観測コース

#### 2) 数値標高モデル(DEM)の作成方法

1)に示したが、三宅島全域のDEMを作成しようとする場合、レイオーバやレーダシャドウによる情報取得漏れを除く必要がある。このため、1)と同様に火口部から4 km及び8 kmの地点をそれぞれ東西南北4方向にフライトし、計8フライトのSARデータを得た。

国土地理院所有のSARシステムはセスナ機に搭載するため、観測時の強風による機体の動揺により、個々のフライトで得たSARデータを用いて干渉処理により作成したDEMは、満足すべき水平位置精度を得られない。したがって、8フライトで得たDEMを単純に重ねあわせると合成されたDEMの精度が劣化することが予想されるため、機体動揺補正を行った。機体動揺補正は、解析処理時に仮定する直線軌道と実際の観測時における航空機の軌道のずれを、スラントレンジ方向(センサと目標との斜距離)に補正する処理であり、直線軌道上でデータを取得したように位置及び位相補正を行うものである。

このスラントレンジ方向成分を計算するためには航空機の正確な位置と地形情報が必要である。

まず航空機の位置を正確に求めるために、電子基準点及び航空機において1秒間隔でGPSデータを取得した。データ取得後、キネマティックGPSデータ解析を行い、数cm精度の位置データを取得した。また姿勢データは機体に取り付けた4つのGPSにより求めた姿勢角及び慣性計測装置(IMU)により取得した3軸の角速度、加速度より求めた。

正確な位置データを得ることができたので、地形情報がわかれば機体動揺補正が行えることになる。しかしながら求めようとしているDEMはこの地形情報に他ならないため、あらかじめ正確な地形情報を求めることはできない。そこで、まず平坦面を仮定し、機体動揺補正量を求め、それを基に干渉SAR処理を行って概略DEMを求め、その概略DEMを使用することにより、機体動揺補正量を再度求めるといった方法を繰り返し、精度の高いDEMを作成した。この手法により、位置誤差・標高誤差の少ない8方向からのDEMが作成され、これらを合

成することにより、データ欠損領域の少ない火口部のDEMを作成した。

### 5.2 結果と考察

#### 1) SAR画像判読による火口部の状況把握

取得されたデータの内、火口から北側4km(コース4)をフライトした際に得られたSAR画像(火口部を拡大したもの)を図-13に示す。

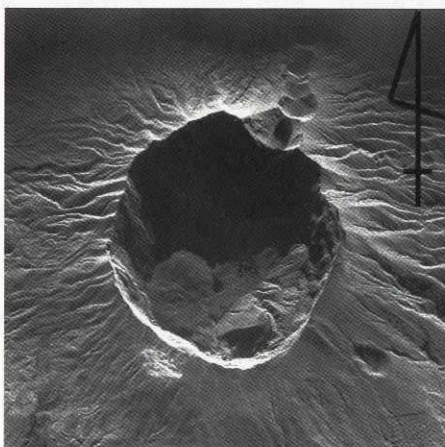


図-13 火口部を捉えたSAR再生画像(火口部水平距離は約1.6km)

図より、火口の南東部に急傾斜の崖堆積物があり、また表面にはガリー状の溝が多数存在することが把握できた。また、後方散乱輝度値が低い場所の内、レーダシャドウによるものとは異なる領域が認められ、水が溜まっている可能性が把握された。なお、4方向から観察された再生画像は、国土地理院のホームページに掲載され、火口部の状況が公開された。(http://www.gsi.go.jp/WNEW/LATEST/MIYAKE/SAR/indexsar.htm)

#### 2) 数値標高モデル (DEM)

5.1の2)で示した方法で作成した、三宅島の8方向からのDEM及び合成されたDEMを図-14, 15に示す。ここで火口部に存在するデータ欠損領域は火口底にたまった水の影響によるものと思われる。この領域は反射されるマイクロ波強度が小さいためDEMの作成がで

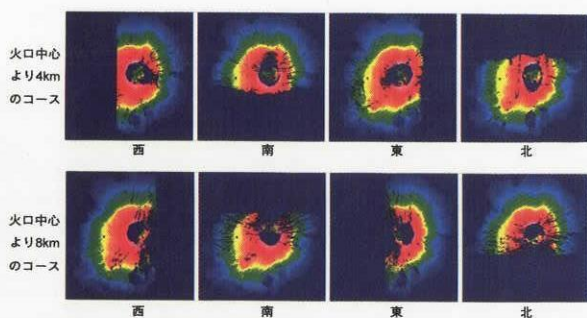


図-14 干渉SARで得られた三宅島DEM(8方向)

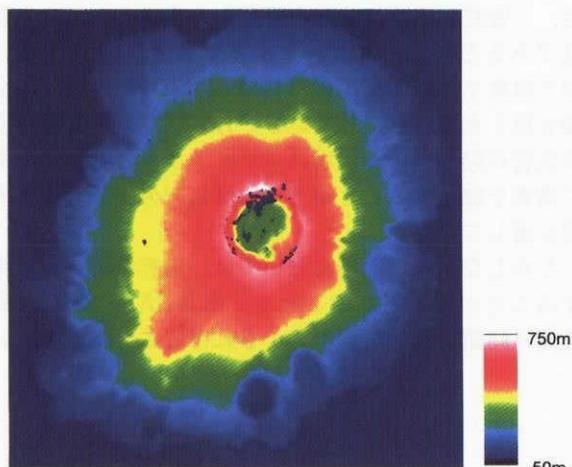


図-15 三宅島合成DEM

きない。

作成したDEMの精度を評価するために、国土地理院の火山基本図「三宅島」(1981年測量, 1983年修正)と比較を行った。その結果、陥没領域である火口周辺部3km四方を除いた島全体において、誤差の平均 = -0.37m, RMSE = 5.3mという結果を得た。

三宅島2000年噴火では、火口が大幅に陥没するという特異な形態を示した。今回、SARにより噴火時においても火口部の状況の把握及びDEMの作成が可能であることが示され、陥没量の計算や、陥没の継続性等、火山噴火状況を迅速に把握する手段として特に航空機搭載型のSARが有効であることが示された。

### 6. まとめ

本稿では合成開口レーダ(SAR)を利用して、洪水、地震、火山噴火時の災害状況を把握する方法について記した(表-6)。

表-6 高分解能SARを利用した災害状況把握

対象災害	プラットフォーム	バンド	手法
洪水	衛星 (RADARSAT)	C	輝度値差分法
地震	衛星 (JERS-1)	L	相関法
火山噴火	航空機 (セスナ208)	X	画像判読 DEM作成

災害前後の後方散乱輝度値の差分より浸水域の抽出に成功し、災害前及び災害前後における後方散乱輝度値の相関係数の変化により震災域を抽出することができた。また噴煙下における火口の状況をSAR画像の判読により把握し、またDEMを作成することにより陥没状況を知ることに成功した。

SARはマイクロ波を利用するため、夜間や雲・噴煙に覆われた状況下などでも地表の画像を取得することがで

き、災害時に迅速に状況を把握する手段として、大変有効であると考えられる。衛星搭載型のSARは広域に情報を収集することが出来るので、洪水や地震災害の全体像を捉えるのにも適している一方、航空機搭載型のSARは災害が起きている現場にフライトすることにより迅速に情報を取得することができ、洪水や火山噴火災害の把握に適している。

しかしながら現段階においては、災害域を正確に抽出することが困難であることや、衛星SARの場合、回帰周期の問題で情報を得たいときに得ることはできないと

いう問題も存在する。

全ての情報をSARで取得するというのではなく、情報を収集する一手段として活用していくことが必要であろう。

## 謝 辞

本稿を執筆するにあたり、以下の方々にご協力を頂いた。ここに記して感謝致します。

国際航業株式会社 徳田正幸氏、大石哲氏、夏淑輝氏  
日本電気航空宇宙システム株式会社 宮脇正典氏

## 参考文献

- 大倉 博, 実測哲也 (1995), SAR画像による兵庫県南部地震の地表面変化の観測, 阪神・淡路大震災関連調査・兵庫県南部地震災害調査報告, pp.75-90.
- 国土地理院 (1995), 平成7年兵庫県南部地震災害現況図 (第II版), 国土地理院技術資料, D-1-No.322.
- 国土地理院 (1998), 「1998年8月集中豪雨に伴う水害状況 那珂川下流 (茨城県) その1~その2」, 国土地理院技術資料, D-1-No.356.
- 小西智久, 竹内章司, 菅 雄三, 幾志新吉 (1999), 「SARデータと光学センサデータによる洪水域抽出の比較」, 日本リモートセンシング学会第26回学術講演会論文, pp.465-468.
- 坂部真一 (2002), 「災害対応時への衛星データ (可視光, 近赤外) 利活用について」, 第12回国土地理院技術報告会, 国土地理院技術資料A-1-No.252, pp.35-36.
- 長谷川裕之, 村上 亮, 政春尋志, 松尾 馨, 小荒井衛 (2001), 「三宅島山頂の陥没地形の計測」, 国土地理院時報, No.95, pp.121-128.
- 米澤千夏, 竹内章司 (1998), 「ERS-1/SAR強度画像を用いた兵庫県南部地震による建造物被害地域の抽出」, 写真測量とリモートセンシング, VOL.37, No.4, pp.57-61.

以下の文献は本稿を執筆するにあたって参考とした。

- 小荒井衛, 茂木公一, 渡辺信之, 徳田正幸, 大石 哲, 河合雅己 (2000), 「SARによる災害状況把握—那珂川水害の例—」, 日本リモートセンシング学会第28回学術講演会論文集, pp.55-56.
- 国土地理院 (2000), 「マイクロ波映像レーダの測量分野への利用に関する検討作業」, 国土地理院技術資料, C-1-No.278.
- 宮脇正典, 村田 稔, 佐藤 潤, 小荒井衛, 水野時夫, 渡辺信之, 飯田 洋, 山田陽子, 津田勇介 (2002), 「航空機SARによる三宅島火口のDEM作成」, SAR Workshop 2002報告書, pp.32-35.
- Masanori Miyawaki, Minoru Murata, Jun Sato, Mamoru Koarai, Tokio Mizuno, Nobuyuki Watanabe, Yo Iida, Yoko Yamada, Yusuke Tsuda (2002), 「The DEM Generation of a Volcano using Airborne SAR Interferometry」, Proceedings of IGARSS 2002, June 24-28, Toronto, Canada, 2002.

# 高分解能衛星データの災害時利用に関する調査・研究 2

## Research on utilization of high resolution satellite data for disasters 2

地理調査部 坂部真一・石浜佐栄子  
Geographic Department Shinichi SAKABE, Saeko ISHIHAMA

### 要 旨

本調査・研究は、平成11年度から平成13年度に行われた国土交通省総合技術開発プロジェクト「災害等に対応した人工衛星利用技術に関する研究」の一環として行われたものである。

ここでは、阪神・淡路大震災を事例に、高分解能衛星データを用いて、被害状況の把握を行うための調査・研究を行った。また、三宅島噴火を事例に、熱赤外域データを用いて熱分布等の把握を行うための調査・検証を行った。

得られた成果は、以下の通りである。地震によって引き起こされる6つの被災種類（建物倒壊、延焼、液状化、沈下、高架橋落下、山腹崩壊）について、地図画像等の地理情報を併用した場合の衛星データからの被災情報抽出可能性の検証、5種類の自動抽出手法を用いた抽出可能性の検証を行い、衛星データのみの場合との比較検討を行った。その結果、それぞれの被災種類に応じて被災情報抽出に必要とされる衛星データの仕様が明確になった。

次に、地震発生時に実際に衛星データを解析する職員のための「衛星データを用いた震災情報抽出マニュアル」を作成した。

そして、より効果的に被災状況を把握するために必要となる人工衛星のセンサ、観測・供給体制に関する提言をまとめた。

最後に、衛星データが将来、災害発生後24時間以内に入手できるようになった場合を想定して、その時間経過や活用手法について取りまとめた。

なお、本報告は根本他（2000）の続編となっている。

### 1. はじめに

我が国の建設行政は、戦後一貫して行ってきた「国土建設」から総合的な「国土マネジメント」への転換を進めているところである。そのためには、国土全体の状況を面的・広域的かつ定常的に観測・監視し、国土管理に関わる情報を包括的に収集・管理・分析・提供するための「国土管理技術」を早急に確立する必要がある。

このような状況を踏まえ、平成11年度より3年間にわたって国土交通省総合技術開発プロジェクト「災害等に対応した人工衛星利用技術に関する研究」が行われた。

本調査・研究はその一環として、今後打ち上げが予定されている高分解能衛星データを災害時に利用すること

を想定し、どのような基本仕様に基づく衛星データが災害時利用に最適なのかを明らかにすることを目的としている。

本調査・研究の全体計画は、ALOSデータ（ALOS衛星は2004年に打ち上げ予定）とSPOTデータを対象として、以下のように設定した。ただし、地震災害発生時の衛星データの利用に特化している。このうち(1)～(5)及び(7)の成果については根本他（2000）で既に報告済みであるので、今回は残りの課題について報告する。

- (1) 各手法による抽出結果の評価
- (2) 高分解能画像の必要性
- (3) 画像のステレオ化の必要性
- (4) 画像の繰り返し受信の必要性
- (5) 画像の多チャンネル化の必要性
- (6) 地理情報の併用の必要性
- (7) 画像前処理の効果
- (8) 被災情報の自動抽出の効果
- (9) 熱赤外域データの有効性
- (10) 災害時利用の為の技術マニュアル作成
- (11) 衛星データの災害時利用のための提言

### 2. 調査・研究の方法

#### 2.1 調査・研究の全体概要

本調査・研究は、地震災害時に発生する各種の被災状況を把握するために必要となる高分解能衛星データの仕様を明確にすることを目的としている。

被災状況を把握するための事例として、平成7年1月17日発生した阪神・淡路大震災において引き起こされた被害を取り上げた。具体的な対象範囲（9地域）と対象被災種類（6種類）を、図-1及び表-1に示す。また熱赤外域データの有効性検証については、阪神・淡路大震災時に観測された適当な衛星データがなかったため、三宅島噴火を事例とした。

衛星データは、中分解能衛星データであるSPOTデータと高分解能衛星データであるALOSデータを用意した。それぞれ、震災前後の衛星データと震災後のステレオペアの衛星データを用意し、単画像での判読の他、震災前後の比較判読と立体視判読ができるよう準備した。ただし、ALOS衛星はまだ打ち上げられていないため、空中写真から作成したALOS衛星シミュレーションデータを代わりに用いた。熱赤外域データについては、

LANDSAT ETM+とTerra ASTERデータを用意した。また、被害区域の抽出精度を検証する際のリファレンスデータとして、国土地理院作成「平成7年兵庫県南部地震災害現況図 [第II版]」を用いた。

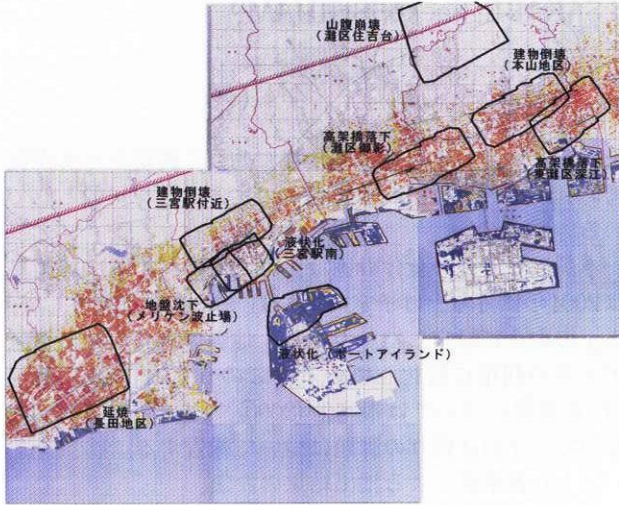


図-1 対象範囲

表-1 対象被災種類

被災種類	対象地域	面積 (km <sup>2</sup> )	被害状況
(1) 建物倒壊	JR三宮駅周辺	3.0	高層ビルの倒壊が顕著だった
(2)	JR摂津本山駅周辺	3.5	一般家屋の倒壊数が極めて多かった
(3) 延焼	JR新長田駅 鷹取駅周辺	6.7	地震後の火災により焼失が著しかった
(4) 液状化	ポートアイランド	3.4	埋め立て地で、大規模な液状化が発生した
(5)	JR三宮駅南	1.9	埋め立て地ではないが、道路上に小規模な液状化が発生した
(6) 沈下	メリケン波止場	1.9	沈下により岸壁が崩壊した
(7) 高架橋落下	東灘区 深江地区	2.7	阪神高速道路の高架橋が約500mにわたって落下した
(8)	灘区 御影地区	3.4	阪神電鉄の高架橋などが落下した
(9) 山腹崩壊	灘区住吉台地区	7.1	多数の山腹崩壊が発生した
火山噴火	三宅島		大規模な噴火と火砕流が発生した

2.2 今回の調査・研究の概要

本調査・研究では、根本他(2000)に引き続き、以下に挙げる課題に取り組んだ。

● 地理情報の併用の必要性

根本他(2000)では衛星データのみで災害状況がどの程度判読できるのかについて考察をしてきたが、本調査・研究では、土地利用データや標高データなどの地理情報を併用した場合、衛星データのみと比べてどの程度判読能力が向上するかについて検証を行った。

● 被災情報の自動抽出の効果

根本他(2000)では目視判読のみについて考察してきたが、本調査・研究では、レベルスライス、クラスター分類、テキスト解析、2種類の差分解析の手法を用いて、被災区域の自動抽出の精度検証を行った。

● 熱赤外域データの有効性

三宅島噴火を事例に、熱赤外域データによる高温域の把握と大気中の二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)の把握の可能性を検証した。

● 災害時利用の為の技術マニュアル作成

実際の地震発生時に対処するために、衛星データの選定方法、入手方法、データ処理手法、判読・解析手法等について、技術マニュアルをとりまとめた。

● 衛星データの災害時利用のための提言

以上の結果を踏まえて、地震災害発生時の被災状況を把握し、救助・復旧作業に生かすために必要となる人工衛星のセンサの条件、データ取得頻度、データの取得・供給体制について提言をまとめた。

3. 得られた成果

3.1 地理情報の併用の必要性

地理情報を併用した場合、衛星データのみと比べてどの程度判読精度能力が向上するかについて検証を行った。[ ]内は使用したデータ項目を示す。

衛星データとともに用いた地理情報は、数値地図25000(地図画像)、デジタルマップ2500[等高線・DEM]、細密数値情報(10mメッシュ土地利用)、数値地図2500(空間データ基盤)[街区・道路]、1/25,000都市圏活断層図[地形分類・活断層]、1/25,000都市計画図[用途地域・公園・防災地域]である。衛星データは、SPOT、ALOSシミュレーションデータとともにパンクロ画像のみを用いた。

衛星データの前処理は、根本他(2000)の検証の結果、判読画像の作成に最も有効と判断された以下の方法を使用し、幾何補正された判読用画像を作成した。

- 幾何補正時の内挿法…3次たみこみ内挿法
- 色調補正…統計量による方法(標準偏差2.0)
- フィルタリング…エッジ強調

3.1.1 地理情報を併用した単画像判読

地理情報を併用した場合についての被災箇所視認性検証の結果を、表-2に示す。

なお、視認性検証の方法は、以下のとおり。

視認性の検証は、衛星データ及び地理情報をモニタ

上に並べ、デジタルデータ化した災害現況図を参考としながら、衛星データ上で被災状況を確認する方法を用いた。

併用効果のあった地理情報は、被災種類別に以下のとおり。

- 液状化…数値地図25000（地図画像）
- 沈下…数値地図25000（地図画像）
- 高架橋落下…数値地図2500の道路データ
- 山腹崩壊…数値地図25000（地図画像）、デジタルマップ2500（等高線・DEM）

表-2 地理情報併用の視認性検証結果  
(影の部分は衛星データのみの時より評価が向上した項目)

被災種類	対象地域	衛星データ+地理情報					
		SPOT			ALOS		
		モノクロ 10m	カラー 20m	パン シャープ 10m	モノ クロ 2.5m	カラー 10m	パン シャープ 2.5m
建物 倒壊	JR三宮駅 周辺	△	△	△	○	△	○
	JR摂津本 山駅周 辺	△	△	△	○	△	○
延焼	JR新長 田駅、 鷹取 駅周 辺	○	○	○	◎	○	◎
液状 化	ポ ー ト ア イ ラ ン ド	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	JR三宮 駅南	△	△	△	△	△	△
沈下	メリ ケン 波 止 場	◎	○	◎	◎	○	◎
高架 橋 落 下	東灘 区 深 江 地 区	◎	△	◎	◎	◎	◎
	灘 区 御 影 地 区	△	△	△	○	△	○
山腹 崩 壊	灘 区 住 吉 台 地 区	◎	◎	◎	◎	◎	◎

凡例 ◎判別可能、○やや困難、△不可

この結果は、SPOTデータの利用において、半分の被災種類で地理情報の併用効果が見られることを示している。地理情報によって位置と被害発生範囲の候補域が明確になることから、より効率的に被災範囲が抽出できると言える。

### 3.1.2 地理情報を併用した立体視判読と震災前後の比較判読

ステレオペアの衛星データと震災前後の衛星データについて、地理情報を併用した場合の視認性検証結果を、それぞれ表-3及び表-4に示す。また、図-2に、地理情報併用効果のあった事例を示す。

表-3では、単画像判読では認識不可能であった高層建物の横転個所が、一部ではあるが、立体視判読で認識できたことが示されている。

表-4では、SPOTデータによる建物倒壊の判読のみ効果があったが、あえて震災前後の衛星データを用いる効果は見られなかったことが示されている。

表-3 立体視判読の視認性検証結果  
(パンクロ画像のみで検証、影の部分は単画像判読より視認性が向上した項目)

被災種類	対象地域	衛星データのみ		衛星データ+地理情報	
		SPOT	ALOS	SPOT	ALOS
		10m	2.5m	10m	2.5m
建物 倒壊	JR三宮駅 周辺	△	◎ <sup>*1</sup>	○	◎ <sup>*1</sup>
	JR摂津本 山駅周 辺	△	○	△	○
延焼	JR新長 田駅、 鷹取 駅周 辺	○	◎	○	◎
液状 化	ポ ー ト ア イ ラ ン ド	○	◎	○	◎
	JR三宮 駅南	△	△	△	△
沈下	メリ ケン 波 止 場	○	◎	○	◎
高架 橋 落 下	東灘 区 深 江 地 区	○	◎	○	◎
	灘 区 御 影 地 区	△	○	△	○
山腹 崩 壊	灘 区 住 吉 台 地 区	◎	◎	◎	◎

凡例 ◎判別可能、○やや困難、△不可  
\*1…横転した高層建物の一部が把握できた

表-4 震災前後の衛星データ判読の視認性検証結果  
(パンクロ画像のみで検証、影の部分は単画像判読より視認性が向上した項目)

被災種類	対象地域	衛星データのみ		衛星データ+地理情報	
		SPOT	ALOS	SPOT	ALOS
		10m	2.5m	10m	2.5m
建物 倒壊	JR三宮駅 周辺	◎	○	◎	○
	JR摂津本 山駅周 辺	△	○	△	○
延焼	JR新長 田駅、 鷹取 駅周 辺	○	◎	○	◎
液状 化	ポ ー ト ア イ ラ ン ド	○	◎	◎	◎
	JR三宮 駅南	△	△	△	△
沈下	メリ ケン 波 止 場	○	◎	◎	◎
高架 橋 落 下	東灘 区 深 江 地 区	○	◎	◎	◎
	灘 区 御 影 地 区	△	○	△	○
山腹 崩 壊	灘 区 住 吉 台 地 区	○	◎	◎	◎

凡例 ◎判別可能、○やや困難、△不可

図-2では、DEMを併用することにより地形及び傾斜の程度を読み取ることができ、山腹崩壊候補地を効率的に把握することが可能となることがわかる。



図-2 DEMを活用した山腹崩壊の判読例

以上の結果より、被災種類別に必要となる衛星データ及び地理情報を表-5にまとめる。

この結果より、地理情報併用の最も大きな効果は、

- (1) 数値地図25000（地図画像）等を利用した場所の特定効率化
  - (2) デジタルマップ2500を利用した地形把握による被災候補範囲の絞り込み
  - (3) 数値地図2500（空間データ基盤）等の街区、道路、公園等の情報による被災候補範囲の絞り込み
- であり、地理情報併用は、半数以上の被災種類において、衛星データの地上解像度のレベルを上げるのと同程度の大きな効果があることが明らかになった。

表-5 被災種類別の判読に必要な衛星データ等の条件

被災種類		最低限必要な衛星データと地理情報
建物 倒壊	高層建物	高分解能パナクロデータの立体視画像
	中・低層建物	—（判読困難のため）
延焼		高分解能パナクロデータの単画像
液状化	大規模	高分解能パナクロデータの単画像 又は 中分解能データ+地理情報
	小規模	—（判読困難のため）
沈下		高分解能パナクロデータの単画像 又は 中分解能データ+地理情報
高架橋 落下	大規模	高分解能パナクロデータの単画像 又は 中分解能データ+地理情報
	小規模	—（判読困難のため）
山腹崩壊		中分解能パナクロデータの単画像 又は 中分解能カラーデータ+地理情報

### 3.2 被災情報の自動抽出の効果

本調査・研究では、レベルスライス、クラスター分類、テクスチャ解析、2種類の差分解析の手法を用いて、被災範囲の自動抽出について精度検証を行った。

#### 3.2.1 レベルスライス

レベルスライスは、画像の輝度値に着目した自動抽出手法で、画像濃度（衛星データの場合CCT値）に任意のしきい値を設け、そのしきい値で区分することによって情報の抽出を行う手法である。ここでは、各対象地区の震災後のパナクロ画像を用いて被災地域の抽出を試みた。次に被災地の立地条件等を考慮し、地理情報の併用による精度の向上を図った。

液状化の事例を図-3に、延焼の事例を図-4に示す。

図-3で示すように、レベルスライス処理は、液状化（ポートアイランド）、沈下（メリケン波止場）、山腹崩壊（灘区住吉台）に対して有効であった。これらはいずれも被災状況が画像の色調に明瞭に現れるためであると考えられる。また図-4に示すように、延焼（長田）他は色調変化が比較的小さく、誤抽出が多くなる傾向があった。

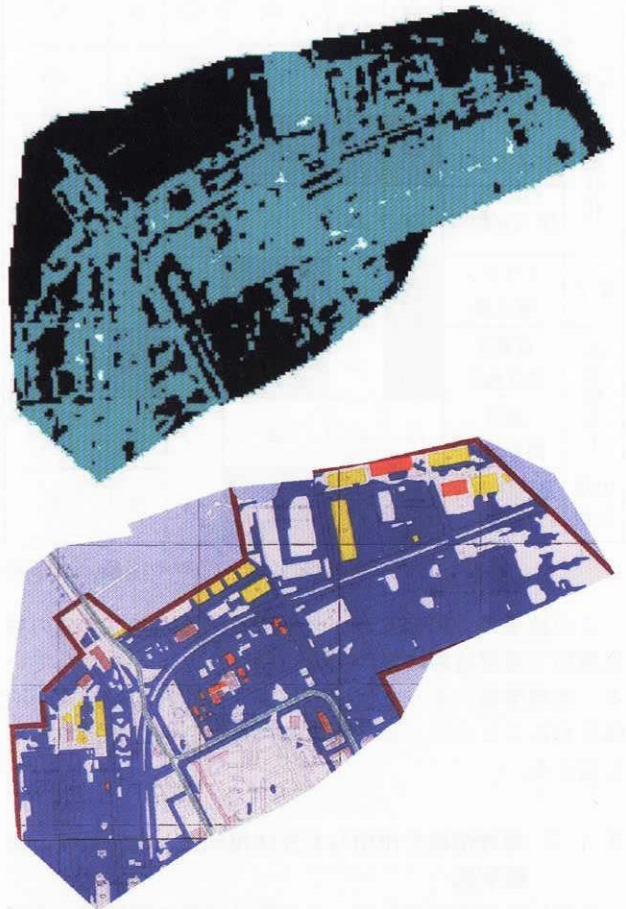


図-3 レベルスライスによる液状化域自動抽出（上段はSPOTパナクロ画像のレベルスライス、下段は災害現況図（青色部分が液状化域））



図-4 レベルスライスによる延焼域自動抽出  
(上段はALOS PRISM画像のレベルスライス, 下段は災害現況図(赤色部分が液状化域))

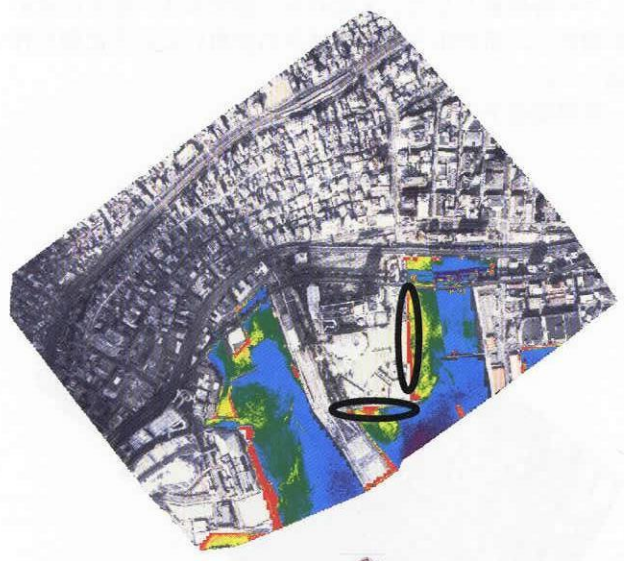


図-5 クラスター分類による沈下域自動抽出  
(上段は地理情報マスク後のALOSパンシャープン画像をクラスター分類したもの, 下段は災害現況図(茶色部分が沈下域))

### 3.2.2 クラスター分類

クラスター分類は、特徴の類似したデータを「似たものどうし」としてグループ化(クラスタ化)する手法であり、トレーニングデータを用いない「教師無し分類」の代表的な手法である。自動分類には、あらかじめ分類する項目を指定する「教師付き分類」手法もあるが、教師となるトレーニングデータを正確に取得するには時間がかかる。本調査・研究では迅速性を重視してクラスター分類を用いて検証した。

沈下の事例を図-5に示す。

クラスター分類は、液状化(ポートアイランド)、沈下(メリケン波止場)、山腹崩壊(灘区住吉台)に対して有効であった。これらの被災タイプは被災による色調

変化が明瞭であり、他の土地被覆とのクラス分けが容易であるためと考えられる。

### 3.2.3 テクスチャ解析

衛星データ上で認められる被災区域の特徴として、きめの変化が挙げられる。そこで、きめを数値的に表すことができるテクスチャ解析によって被災区域の自動抽出を試みた。加えて被災地の立地条件等を考慮し、地理情報の併用により精度の向上を図った。

ここでは、テクスチャ解析の代表的な手法の中から、統計的特徴を利用した解析手法を用いた。具体的には3×3の領域を対象に、頻度の総和が1になるように正規化された濃度ヒストグラムから分散を算出し、テクス

チャの特徴量とした。すなわち、値が大きい箇所はきめが細かく、値が小さい箇所はきめが粗いという画像を作成した。

高架橋落下の事例を図-6に示す。



図-6 テクスチャ解析による高架橋落下域自動抽出  
(上段は地理情報マスク後のALOS PRISM画像をテクスチャ解析したもの、下段は災害現況図(緑色部分が高架橋落下域))

テクスチャ解析は、延焼(長田)、沈下(メリケン波止場)、高架橋落下(東灘区深江)、山腹崩壊(灘区住吉台)に対して有効であった。これらの区域は被災箇所のきめが周辺と異なるため、その違いがテクスチャ画像に敏感に反映されたものと考えられる。ここまでの検証結果を、表-6にまとめて示す。

表-6 自動抽出の効果のあった被災種類

自動抽出手法	効果のあった被災種類
レベルスライス	液状化(ポートアイランド) 沈下(メリケン波止場) 山腹崩壊(灘区住吉台)
クラスター分類	液状化(ポートアイランド) 沈下(メリケン波止場) 山腹崩壊(灘区住吉台)
テクスチャ解析	延焼(JR新長田駅鷹取駅周辺) 沈下(メリケン波止場) 高架橋落下(東灘区深江) 山腹崩壊(灘区住吉台)

### 3.2.4 差分解析

次に単画像ではなく、震災前後の衛星データから2種類の差分解析を行い、その変化量による震災情報の自動抽出を試みた。1つは、パンクロ画像の差分解析で、もう一つは、パンクロ画像のテクスチャ差分解析である。表-7に検証結果を示す。

表-7 差分解析の効果があった被災種類

自動抽出手法	効果のあった被災種類
パンクロ画像の差分解析	液状化(ポートアイランド) 沈下(メリケン波止場) 山腹崩壊(灘区住吉台)
パンクロ画像のテクスチャ差分解析	延焼(JR新長田駅鷹取駅周辺) 沈下(メリケン波止場) 高架橋落下(東灘区深江) 山腹崩壊(灘区住吉台)

差分解析については、面積に広がりのある3つの被災種類(延焼、液状化、山腹崩壊)の抽出精度を検証した。表-8に目視判読によって抽出された被災区域を真値として、面積率で表した検証結果を示す。

表-8 差分解析の被災区域抽出精度(面積%)

被災種類	使用データ		衛星データ+地理情報			
	解析方法	衛星データ	差分解析		テクスチャ差分解析	
			SPOT	ALOS	SPOT	ALOS
延焼 (JR新長田駅鷹取駅周辺)					17.5 (+6.6)	23.0 (+9.1)
液状化(ポートアイランド)		73.6 (+3.9)	69.0 (+9.4)	69.4 (+6.5)	61.4 (+7.6)	
山腹崩壊(灘区住吉台)		7.2 (+4.9)	10.4 (+3.9)	14.9 (+9.6)	7.1 (+4.8)	

(( )内の数値は、衛星データの場合と比較した際の増減)

表-8は、液状化区域の抽出に差分解析が有効であることがわかるが、その他については全く効果が不十分であることを示している。

従って、差分解析は目視判読を行う前の被災区域候補地の絞込みに有用であることがいえる。

表-9 使用した熱赤外画像

	撮影日 (H12)	空間分解能	バンド数
LANDSAT	7月19日	60m	1
ASTER	7月19日 11月8日	90m	5

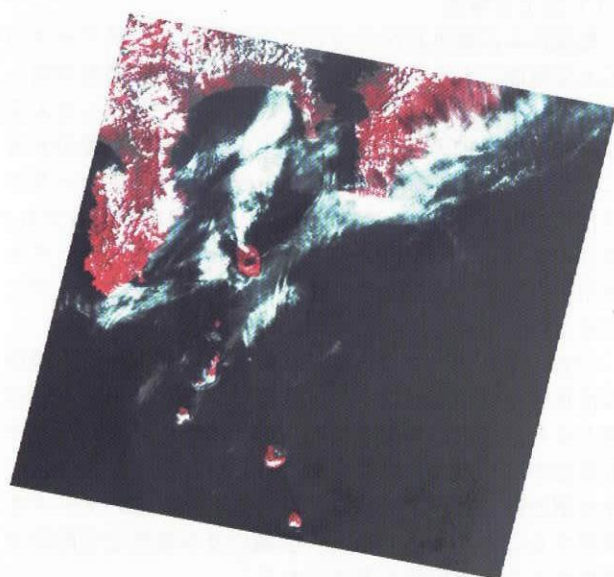


図-7 LANDSAT画像

### 3.3 熱赤外域データの有効性

三宅島を例に、熱赤外域データによる高温域の把握と大気中の二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) の把握の可能性を検討した。準備したLANDSAT及びASTER画像の撮影年月日等を表-9に示す。またLANDSAT画像を図-7に示す。

LANDSAT画像のバンド6をレベルスライス処理した結果、図-8に示すとおり、火口の東側から北東にかけて、また火口の南西にかけて高温域があることがわかった。

次に11月8日撮影のASTER画像のバンド10~14をシュードカラーで表示させたところ噴煙が赤く発色した(図-9に示す)。

浦井他(1999)によると、SO<sub>2</sub>を含む大気の透過率は8~9.5μmで低下する事が指摘されている(図-10を参照)。8~9.5μmに相当するバンド10及びバンド11の輝度が低いために赤く発色していると解釈する事ができ、SO<sub>2</sub>濃度の計測の可能性があることが示唆される。これは、複数の熱赤外バンドを保有するASTERの大き

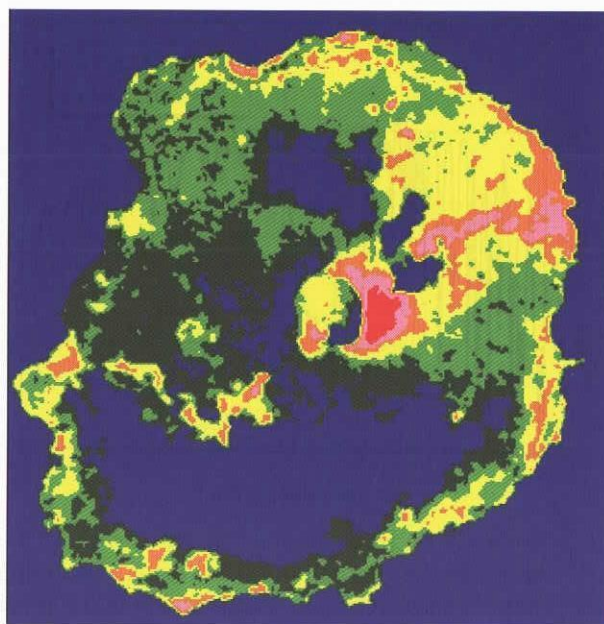


図-8 LANDSAT熱赤外域データから作成した温度分布図(赤色に近いほど高温を示す。外側の青色部分は海、陸中の青色部分は雲の存在により温度が低く示されている)



図-9 ASTER熱赤外画像  
(R:G:B=バンド14:11:10)

な利点であり、今後の研究が期待される。

今回は、図-8に示すような温度分布及び図-9に示すようなSO<sub>2</sub>濃度分布について検証を行うための観測データを入手することができなかったため、これ以上の考察は行っていない。

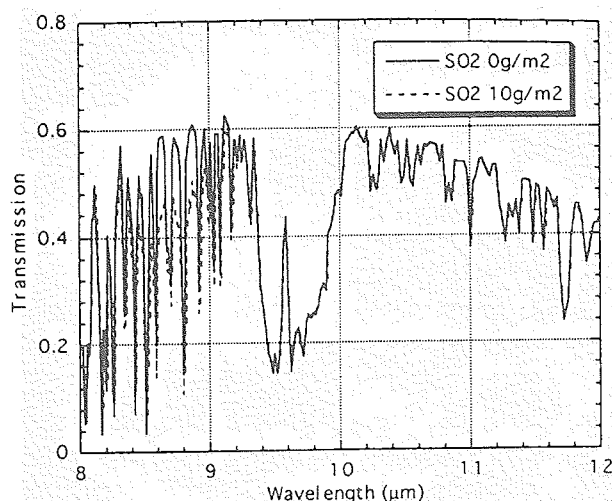


Fig. 2. Atmospheric transmission calculated with MODTRAN in the thermal infrared region. Solid line indicates atmospheric transmission of Tropical Model. Dashed line indicates atmospheric transmission of Tropical Model with  $10\text{g}/\text{m}^2$  of  $\text{SO}_2$ .

図一〇  $\text{SO}_2$ を含む大気の透過率と波長の関係

### 3.4 災害時利用の為の技術マニュアル作成

3年間の調査・研究で得た知見とリモートセンシングの現状を元に、地震発生時に実際に衛星データを解析する職員を想定して、「衛星データを用いた震災情報抽出マニュアル」を作成した。このマニュアルは国土地理院(2002)に収められている。

以下に目次を示す。

1. 総則
  - 1.1 本マニュアルの位置づけ
  - 1.2 本マニュアルの構成
2. 衛星データの入手
  - 2.1 衛星データの種類
  - 2.2 衛星データの選択
  - 2.3 衛星データの検索
3. 衛星データの前処理
  - 3.1 データのインポート
  - 3.2 表示バンドの選択と画像表示
  - 3.3 色調補正
  - 3.4 幾何補正
4. 処理・解析
  - 4.1 フィルタリング処理
  - 4.2 重ね合わせ及び比演算
  - 4.3 自動抽出
5. 判読画像の作成事例

本調査・研究の中で、被災種類によって必要となる最適な衛星データが明らかになったので、注目する被災タイプによって使用すべき最適な衛星データを「2.2 衛

星データの選択」で紹介している。また「5. 判読画像の作成事例」では、判読画像の作成事例を紹介すると共に、判読事例集として活用できるようになっている。

## 4. 提言

これまでにまとめられた現状と課題に基づいて、より効果的に被災情報を抽出するために必要となるセンサの条件、データ取得頻度、データの取得・供給体制等について提言を行い、また災害発生後24時間以内に衛星データを入手できた場合の活用シナリオを提案する。

### 4.1 災害時利用のための提言

#### 4.1.1 センサの条件

##### (1) 地上分解能

地震による被災状況についての情報は、衛星データの地上分解能に大きく依存することが、今回の調査で明らかとなった。とくに建物倒壊や高架橋落下といった人工建造物の被害抽出については、地上分解能の影響が非常に大きく、SPOT画像のような中分解能の衛星データでは抽出が困難である。また、延焼や山腹崩壊の場合でも、被害の面積によって高い地上分解能をもつ衛星データを利用した方が、より正確な被災状況を把握することができるといえる。

一方、衛星データの自動分類結果から見ると、大規模な液状化の抽出精度は中分解能衛星データの方が高い結果となり、被害の規模と種類、抽出の手法によって、中分解能が有利となる場合もあることがわかった。さらに、中分解能衛星データの利点は、より広い範囲のデータを取得することが可能であり、広域に及ぶ被害を短時間で把握することが可能と考えられる。

以上のことから、センサの地上分解能については1m以下の高分解能をもつセンサと、中分解能、広範囲観測のできるセンサの両方が必要であるといえる。

##### (2) その他(ステレオペア画像)

地上分解能の他、被災区域の抽出に重要な衛星データの性能に、立体視があげられる。立体視判読によって得られる高さの情報は、高さが重要な判読キーとなる震災情報においてメリットが大きい。

今回設定した震災情報の中では、建物倒壊、高架橋落下、山腹崩壊の3種類が、高さが判読キーとなるものである。建物倒壊は、立体視判読により高さを読み取り、被災前の高さと比較することによって、色や形だけでは把握できない倒壊状況(中階が押しつぶされるケースなど)を把握することができる。高架橋落下については、高さの情報により、落下した高架橋と落下しない高架橋を明瞭に区別することができる。山腹崩壊については、高さの情報によって崩壊の痕跡を把握することができ、崩壊土砂量の計測の可能性がある。

これらの情報の中で、SPOTデータレベルの地上分解能(10m~20m)で把握できる情報は、山腹崩壊のみで

ある。その山腹崩壊もかなり規模の大きい崩壊でない限り、崩壊の痕跡や崩壊土砂量の計測を行うことはできない。ALOSデータレベルの地上分解能(2.5m~10m)では、対象物の規模にもよるが建物倒壊、高架橋落下、山腹崩壊のすべての情報を抽出することができる。

以上のことより、立体視判読のメリットは、地上分解能が高くなるほど増大すると考えられる。ALOSに搭載される予定のPRISMは、一度に3方向(前方、直下、後方)の2.5m解像度の画像を観測することができ、災害時の被災箇所抽出には非常に有効と考えられる。

#### 4.1.2 データ取得頻度

現在運用されている衛星は、ポインティング機能を有するものが多く、単一の衛星で同一の場所を1~2日に1回観測することが可能なものもある。こうした衛星が複数運用されることによって、1日に数回の観測も可能となりつつある。

災害は1日24時間のうち、どの時刻にも起こり得る。しかしながら、現在の地球観測衛星は、午前10時30分前後に地上を観測するように設定されているものが圧倒的に多い。これは、衛星に地上をほぼ同じ条件で観測するために最も都合が良い軌道を周回させているためである。

従って災害発生直後にいち早く地表を観測するためには、通常の地球観測衛星とは異なる軌道又は時間帯を周回する衛星が必要であるといえる。

#### 4.1.3 データの取得・供給体制

災害発生時には、被災者の避難、損壊物の復旧、救援物資の搬送など、迅速な措置を即時にとらなければならない場合が多い。現時点で衛星データを利用する場合、被災地の衛星データを入手するまでに要する時間は、早くて2~3日、遅くて1~2週間である。被災地の抽出結果を得るまでには、さらに時日を要することとなる。

災害発生時には数時間以内に情報を得ることが望ましく、現状では被災初期における実利用は困難といわざるを得ない。しかしながら、カナダのRADARSATの例に見るように、あらかじめデータの供給体制を確立しておくことにより、数時間以内のデータ入手も可能となりうる。

将来的には、衛星データ入手期間の短縮を実現するシステムの構築、自動マッチング機能等を組み込んだ自動幾何補正アルゴリズムの開発などが必須である。さらに、衛星データと併用する高精度DEMや社会基盤データ等の地理情報の整備、円滑なモニタリングを実現させるための時系列衛星データアーカイブの整備など、データベースの整備も重要課題であるといえる。

### 4.2 高分解能衛星データ活用シナリオ

通常、衛星データの入手は撮影後早くても数日かかり、撮影側及びデータ提供側の体制整備等により入手までの必要日数が減ってきているとはいえ、現状では被害状況

を即座に把握するためのツールとして役に立つケースは少ないと考えられる。

そこで本調査・研究では、撮影依頼後24時間以内で衛星データを入手することができた場合を想定し、その際どのようなことが可能であるのかについて検討した。

#### 4.2.1 24時間以内に入手する為の時間経過

24時間以内に衛星データを入手するための時間経過例を、現状と実行可能性を含めて、表-10に示す。また、この時間経過を検討するにあたって設定した仮定を以下に示す。

表-10 衛星データ入手までの時間経過例

時刻	事象・行動	現状	可能性
5:40	地震発生		
6:30	観測要求提出	観測の72時間前(RADARSATの場合)	迅速な観測計画の変更に対応できるようなシステムを構築することにより即時対応が可能
10:30	衛星による観測		
11:00	地上局でデータ受信	10分程度(60Mbps)	ALOSでは最大240Mbpsが可能
14:00~17:00	データ処理	(RADARSATは数時間以内)	ALOSではデータ受信後180分以内を計画
17:00~	データ配信	1週間以内	超高速専用回線で600MBのデータであれば、4分程度で入手可能
翌日	データ入手		

- 地震発生は、午前10時半以前とする
- 天気は快晴
- 衛星による観測は午前10時半頃とする
- 解析に必要な地理情報は、デジタル形式で予め保有しているとする

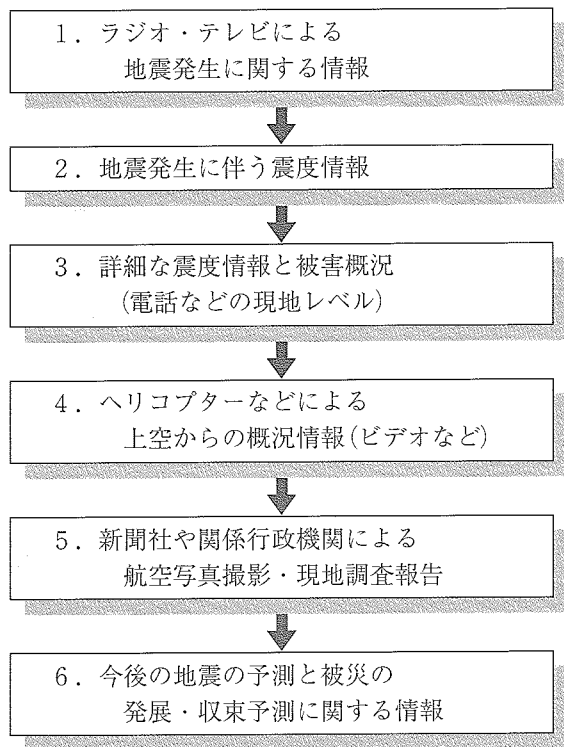
#### 4.2.2 衛星データ入手後の利用シナリオ

実際に地震が発生した場合の情報流通は、図-11の様に整理できる。

1, 2は地震発生後数分以内に行われる体制が整っている。3以降については、阪神・淡路大震災時の経過を参考にすると、24時間以内に以下の対応がとられていると考えられる。

- ヘリコプター・航空機による上空からの被害調査開始
- 専門家による崖崩れなどの現地調査
- 被災者の救援

- 救助・救急医療活動開始
- 救援物資調達開始
- 第1回被害状況発表
- 各機関に応援要請
- 消火活動開始
- ライフライン関係の緊急対応
- 災害対策本部の設置



図一11 地震が発生した場合の情報流通

また、地震発生から24時間後以降では、初動の対応が既に開始され、二次災害・被害拡大の防止対応や被災者の救援のための緊急輸送、都市基盤の復旧が開始されていると想定される。被災地についての情報収集は、航

空機やヘリコプターによって上空から行われているほか、被災地からの直接の被害報告もなされているが、面的な被害の把握はまだこれからの状態である。

このような状況下での衛星データからの情報収集の目的は、主として被災範囲の特定や、被害規模の面的な把握となる。時間経過と共に衛星データの活用事例を以下に記す。

- 衛星データ入手までの時間…関係機関からの情報を元に解析範囲を概定し、使用する地理情報や災害以前の衛星データを収集する
- 衛星データ入手後…簡易幾何補正がなされている状態と考えられるので、地図画像やDEMを用いて、オルソ画像を作成する。
- 画像解析・判読段階…(自動分類)大規模な液状化、延焼、山腹崩壊の範囲や位置を自動分類により解析し、地震発生翌日に速報として提供する。さらに、テクスチャ解析、差分解析等の地理情報及び地震発生前の衛星データと組み合わせて詳細な解析を行い、被災箇所や範囲のより正確な情報を抽出し、地震発生3日～4日目を目処に提供を行う。  
(目視判読)自動分類では抽出困難な建物倒壊、高架橋落下、沈下、また港湾施設被害、河川堤防被害等を判読するために、最適な判読用画像を1日以内に作成し、地震発生3日目を目処に判読作業を開始し、4日目には面的な被害把握や対策のための資料として判読結果を公表する。

## 5. おわりに

本調査・研究では、高分解能衛星データの可視光及び近赤外センサデータを中心に取り扱い、SARデータについては全く触れなかったが、SARデータは地殻変動や悪天候時での活用が大きく期待されるセンサであるので、今後とも双方とも一層の研究が必要となる。また今回は、地震のみを対象として取り扱ったが、日本で発生する可能性のある火山災害、風水害、雪氷災害等についても、順次研究を進めていく必要があると思われる。

## 参考文献

- 浦井 稔・福井敬一・山口 靖・David C. Pieri(1999)：「ASTERによる火山観測の可能性とグローバル火山観測計画」, 火山, Vol.44, No.3, 131-142.
- 国土地理院(2002)：「震災情報抽出のための衛星データ及びその他地理情報の活用に関する調査・検証報告書」.
- 根本正美・宇根 寛・佐藤 浩・安藤恵美(2000)：「高分解能衛星データの災害時利用に関する調査・研究」, 国土地理院時報 No.94, 48-60.

# 金沢南方の段丘面編年と変動地形

## The tephrocronological study of terraces and tectonic landforms in southern Kanazawa

地理調査部 木村佳織  
Geographic Department Kaori KIMURA

### 要 旨

地理調査部は、平成12年度に金沢地区の土地条件調査を行った。この地域には森本-富樫断層帯が知られている。しかし断層帯の活動度については信頼性が低いものしか得られていない。その理由は、この地域の地形面の形成年代が不明確であるためである。この度、土地条件調査において段丘構成層の露頭から広域テフラを検出することができた。そこで広域テフラから明らかになった段丘面編年をふまえて、この地域における変動地形について見直した。

この地域を流れる犀川・浅野川沿いの河成段丘を8面に分類した。その最高位面である野田山面では段丘礫層直下にSK(三瓶木次テフラ)を、礫層上にDKP(大山倉吉軽石)を確認した。したがって野田山面は南関東の武蔵野面に対比できる。従来の見解に比較すると、より新しい時代に形成されたことになる。その他の7面も従来の見解より新しい面である可能性が高い。したがってこれらの段丘面が森本-富樫断層帯による変動を受けている場合、従来考えられているより短期間に大きな変動を受けたと言い換えることもできる。

そこで、これらの段丘面を用いて活動度を試算した。野田山面は比高80m以上の撓曲崖をなした変動地形である。この撓曲の平均鉛直変位速度を求めたところ1m以上/1,000年となった。また、低位段丘面の分布と沖積地のボーリングデータから求めた平均鉛直変位速度も1m/1,000年となった。

### 1. はじめに

活断層がどこに存在するかを明らかにすることは、防災上重要である。加えて、存在することが明らかになった活断層がどのような活動をしてきたかという活動履歴を知ることも、将来の対策のために必要である。活断層の過去の活動を知るためのひとつの方法に、活断層による変動を受けた地形を詳細に調査する方法がある。地形が残している変動量と地形が形成された年代を明らかにすることによって、ある期間内にどれだけの変動があったのかを評価することができる。したがって、地形の形成年代を明らかにしそのデータを蓄積することは、地形発達史を編む上だけでなく活断層対策の上でも重要なテーマである。

平成12年度、地理調査部は金沢地区の土地条件調査を行った。この地域の段丘面の区分については、従来の見解と異なる結果が得られた。この地区の地形面の区分については、藤(1975)が犀川・浅野川沿いの河成段丘面の区分を行っているほか、経済企画庁(1969)などがある。また、三崎(1980)や東郷ほか(1998b)など活断層による変位を論ずる立場から地形面を区分した研究もある。しかしながら、いずれの研究も地形面の年代を示す確証は得られていないという点が問題であった。

ところが、この度の土地条件調査において、犀川・浅野川沿いの段丘面を構成する地層中に広域テフラを検出することができた。そこで、この地域の段丘面についてテフロクロノロジーを用いて編年を見直し、その結果にもとづいて断層の活動度を試算することを本稿の目的としたい。

### 2. 調査地域の概要

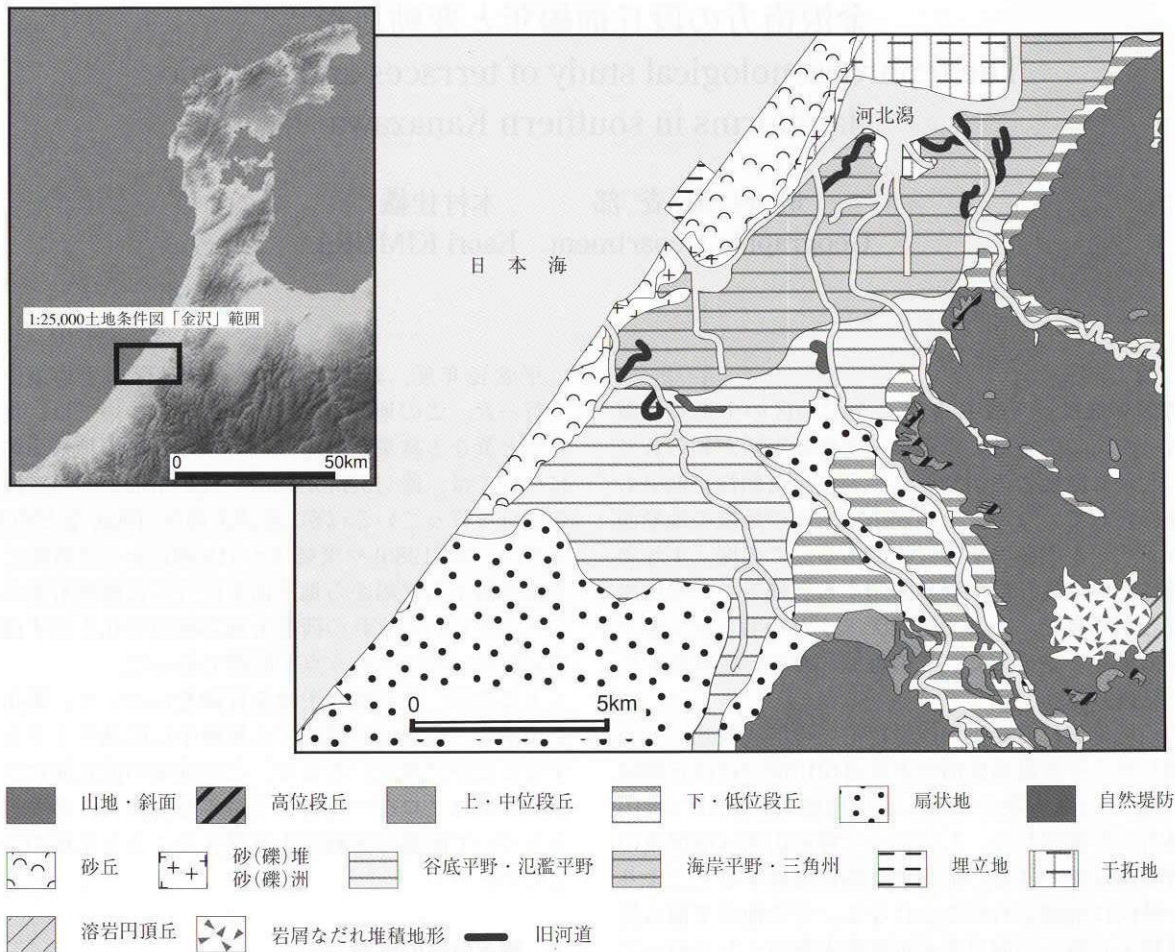
#### 2.1 調査地域周辺の地形概要

調査地域周辺の地形概要について、1:25,000土地条件図「金沢」にもとづいて述べる。1:25,000土地条件図「金沢」の範囲とその地形概念図を図-1に示す。

調査地域は北東-南西方向に海岸線が延び、海岸線とほぼ並行に山地・丘陵地と低地の境界も位置している。山地・丘陵地と低地の境界は直線状を呈するのが特徴的である。この付近には森本-富樫断層帯が存在する(活断層研究会, 1991・東郷ほか, 1998a・東郷ほか, 1998b)。海岸には内灘砂丘・安原砂丘が発達している。砂丘により外海と切り離されて河北潟が形成されている。犀川・浅野川は調査地域内を南東から北西へ流れている。調査範囲外であるが南側には手取川が流れており、大規模な扇状地を形成している。この扇状地の一部分が調査地域内に分布している。また、調査地域の東端には溶岩円頂丘である戸室山とその崩壊地形が見られる(日本の地質『中部地方II』編集委員会, 1988)。

#### 2.2 森本-富樫断層帯について

森本-富樫断層帯の位置・形状については、活断層研究会(1991)・東郷ほか(1998a)・東郷ほか(1998b)が示している。東郷ほか(1998b)にもとづく活断層の位置を図-2に示した。これによると、森本断層の北端は砺波



図一 金沢地区地形概念図

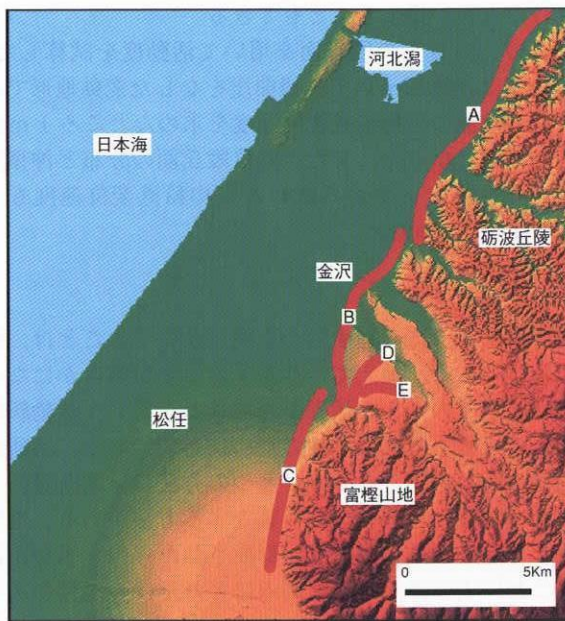
丘陵の西、津幡付近に位置する。また、富樫断層は富樫山地の西端沿いから手取川扇状地まで達している。

この断層帯の第四紀後半の活動については、三崎(1980)や東郷ほか(1998b)などの報告があり、それらの概要を図一3にまとめた。三崎(1980)は、20万年前に堆積したと推定できる高位砂礫層が100m以上、12万年前に形成されたと推定できる中位段丘面が100m以上、それぞれ鉛直に変位している点を指摘し、断層の活動度(松田, 1975による。以下、同)をB級としている。また、東郷ほか(1998b)は、2万年前に形成されたと推定できる低位段丘面が20m以上鉛直に変位している点を指摘し、活動度はA級に達する可能性を示唆した。

しかしながらこれらの研究においては、変位基準となる地層・地形面の形成年代が不明なため評価の信頼度が低くならざるを得ないという点が問題である。

### 2.3 段丘地形の概要

犀川・浅野川沿いの段丘面を写真判読と現地調査の結果から図一4のように区分した。段丘面は上位から順に野田山面・野田面・小立野面・泉野面・笠舞I面・田上面・笠舞II面・若松面とした。



図二 森本-富樫断層帯の位置(東郷ほか(1998b)による)

- A: 森本断層 B: 野町断層 C: 富樫断層
- D: 長坂撓曲 E: 野田山撓曲

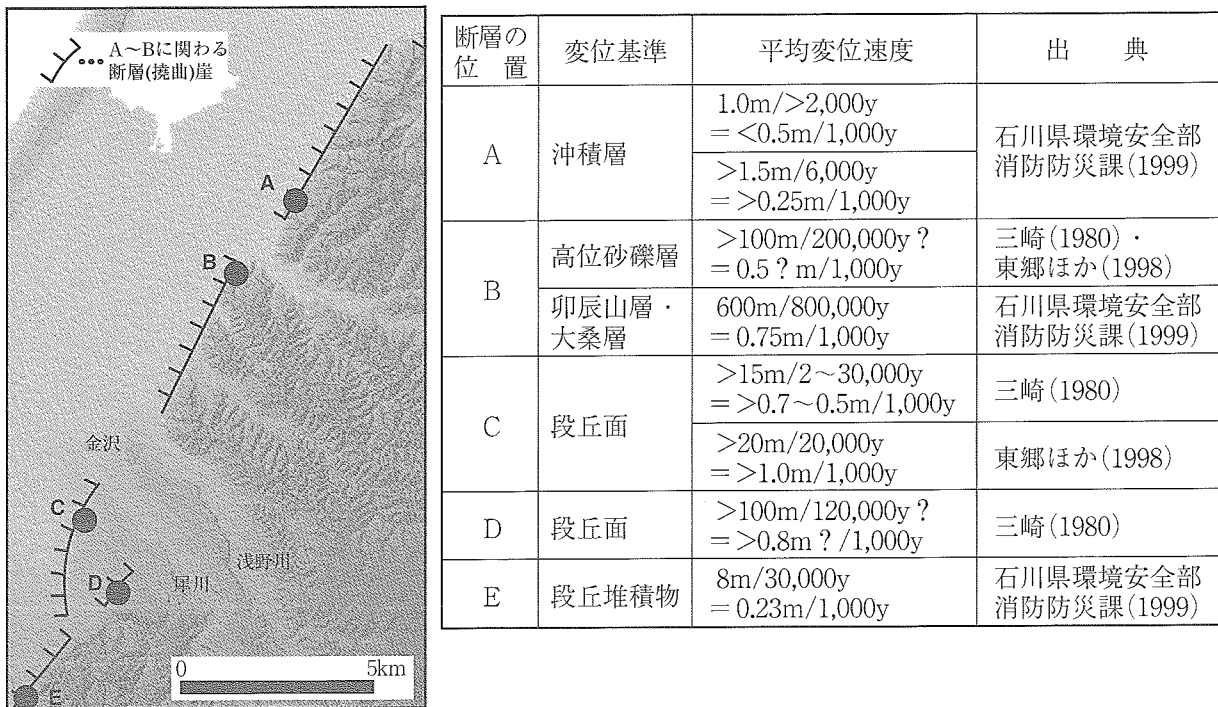


図-3 森本-富樫断層帯の活動性に関する従来の研究

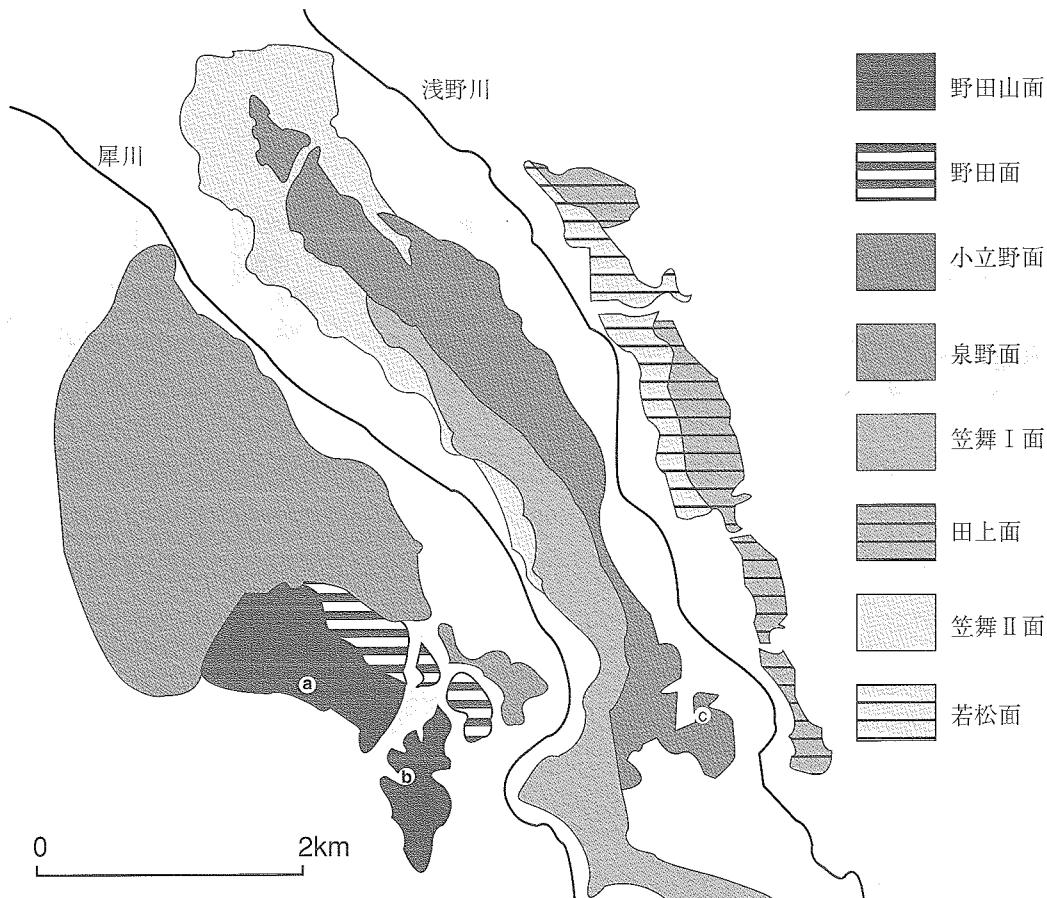


図-4 犀川・浅野川沿いの段丘面分布  
アルファベットはテフラを発見した露頭の位置を示す。 a:野田山地区 b:三小牛地区 c:館町地区

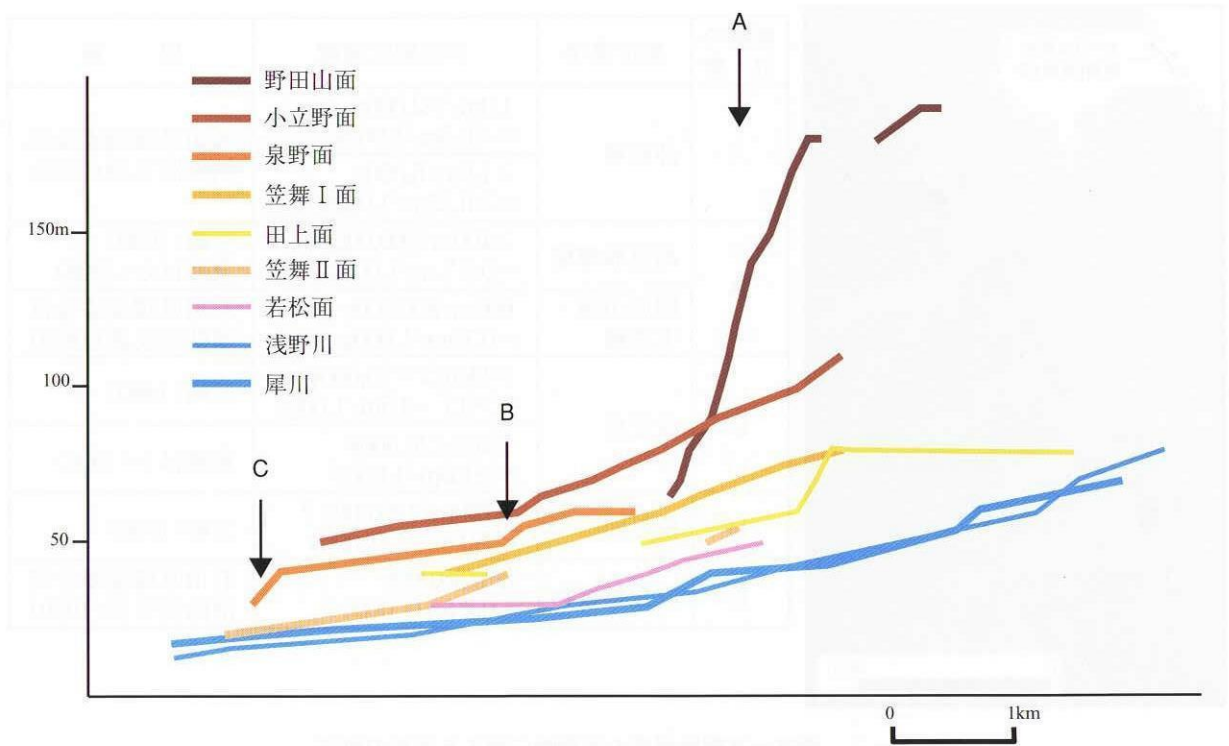


図-5 犀川・浅野川沿いの段丘面縦断投影図

これらの段丘面の縦断投影図を1:25,000地形図の等高線から作成し、図-5に表現した。野田山面は下流側で異常な急傾斜を示している(図-5、Aの箇所)。また泉野面も上流側(同、Bの箇所)・下流側(同、Cの箇所)に異常な急傾斜を持つ。これらの異常な急傾斜はそれぞれ、図-2で示した東郷ほか(1998b)の野田山撓曲(図-5では、A)・長坂撓曲(同、B)・野町断層(同、C)にあたる。

### 3. 段丘構成層とテフラの分布・同定

#### 3.1 段丘構成層とテフラの分布

##### 3.1.1 野田山地区

図-4中にテフラの分布が見られた露頭の位置を示している。それぞれ、野田山地区、三小牛地区、館町地区とした。

野田山地区の露頭は野田山面を構成する層が見られた。段丘礫層上を風成堆積物(ローム)が覆い、その上に黒ボクが見られた。段丘礫は礫径5~10cmの垂円礫を主体とし、主に砂岩・安山岩の礫からなる。砂岩礫は半腐礫の状態を呈していたが、安山岩礫はさほど風化は進行していない。段丘礫層を覆う風成堆積物は厚さ2mになるが、これを厚さ10cmずつ連続的に採取・洗出し、鏡下で観察した。その結果、段丘礫層との境界から20cm上の箇所から斜方輝石・角閃石を主体とするテフラが検出された。また、黒ボクとの境界から10cm下の箇所からバブル型火山ガラスが多く見られ、合計2種のテフラが検出できた。(図-6に各地区の露頭の状況を柱状図に示した。)

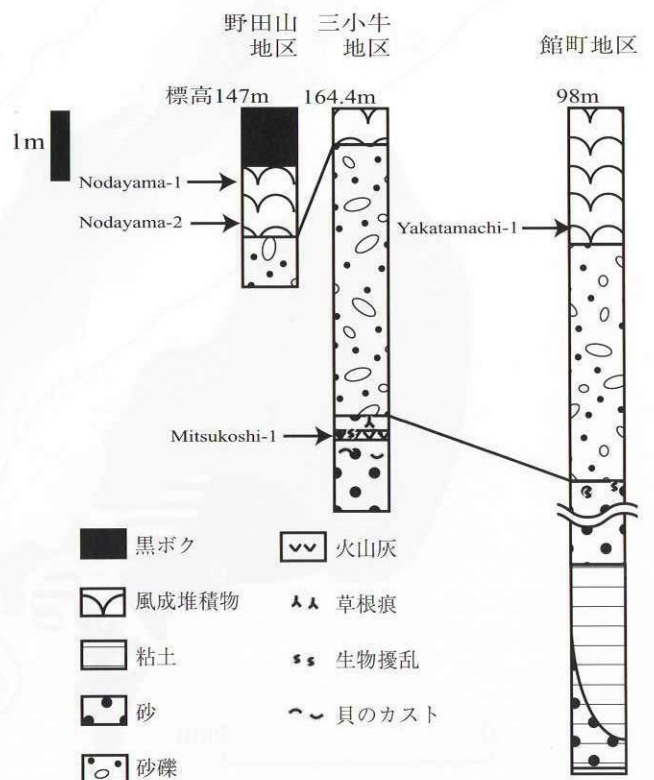


図-6 各地区の柱状図

3.1.2 三小牛地区

三小牛地区も野田山地区と同様、野田山面を構成する層が見られる露頭である。この地区においては段丘礫層が砂層を基盤としている状況が見られた。基盤の砂層は、均質な細砂からなり、下部ほど固結が進んでいる。また、砂層は上部に白色の火山灰層をはさんでいる。火山灰層より上部の砂層は、下部の砂層に比べてシルト分を含むようになっていて、草根痕も見られた。白色火山灰層のものは虫食い状の乱れが見られた。火山灰層直下の砂層にも生物擾乱やマテ貝のカストが見られた。以上のような産状から、この砂層は浅海の環境で堆積したと言える。

3.1.3 館町地区

館町地区の露頭は高さ26mにわたる採土場で、小立野面下の構成物を観察することができた。段丘礫層下には、三小牛地区と同様な砂層が厚く堆積しているが、埋没谷を埋める粘土層も見られた。谷埋め粘土層は上下2箇所存在し、2サイクルの谷埋めがあったと考えられる。段丘礫層は礫径2~15cmの垂円礫を中心に構成され、腐

り礫は見られない。段丘礫層上には風成堆積物が堆積している。野田山地区の風成堆積物と同様に、採取・洗出し、観察した。その結果、段丘礫層との境界から10cm上の箇所付近に角閃石を中心とする重鉱物が検出された。

3.2 テフラの対比

3.1に述べたとおり、3地区から合計4種の試料を採取した。それぞれの試料を、図-6に示すとおり、Nodayama-1, Nodayama-2, Mitsukoshi-1, Yakatamachi-1と名付けた。すべての試料について、鉱物組成や鉱物の屈折率を分析した。その結果を表-1に示す。

Nodayama-1は、バブル型火山ガラスを含み、その屈折率が一致することからAT(始良Tnテフラ)に対比できるとした。

Nodayama-2の鉱物組成は、斜方輝石と角閃石に富むことが特徴である。斜方輝石は特徴ある短冊形をしている。このような鉱物組成の特徴にあわせて、角閃石と斜方輝石の屈折率から、DKP(大山倉吉軽石)に対比できるとした。

表-1 火山灰分析

地点番号	鉱物組成	火山ガラスの屈折率	角閃石の屈折率	斜方輝石の屈折率	対比
*1Nodayama-1	+bw-gl,+qt ho, mt, opx	1.4988-1.5012 (1.499)	—	—	AT
*2Nodayama-2	+qt ho>opx, mt,	—	1.673-1.682 (1.679-1.680)	1.701-1.707 (1.704)	DKP
*1Mitsukoshi-1	++qt, +bi, +pm-gl ho	1.4952-1.4986 (1.497)	—	—	SK
*1Yakatamachi-1	++qt, +bi, (pm-gl) mt, (ho)	—	1.671-1.685 (1.673)	—	?

bw-gl : バブル型火山ガラス, pm-gl : 軽石型火山ガラス, ho : 角閃石, mt : 磁鉄鉱, opx : 斜方輝石  
bi : 黒雲母, qt : 石英  
屈折率測定

\*1 パリノ・サーヴェイ測定

\*2 農業工学研究所 中里裕臣氏測定

表-2 金沢周辺の段丘の対比

藤 (1975)	三崎 (1980)	東郷ほか (1998)	本研究 (2002)	南関東 町田ほか編 (2000)	鍵テフラ
沖積面					
笠舞下位面	河成段丘面IV	下位段丘面3	笠舞II面	立川III面(Tc3)	
笠舞上位面		下位段丘面2	笠舞I面	立川II面(Tc2)	AT(25-28ka)
小立野面	河成段丘面III	下位段丘面1	泉野面	立川I面(Tc1)	
		中位段丘面	小立野面		DKP(50-55ka)
野田下位面	河成段丘面II		野田面	武蔵野面(M)	
野田上位面	河成段丘面I	高位段丘面	野田山面	下末吉面(S)	SK(105-110ka)

Mitsukoshi-1は、火山ガラスの屈折率が特徴的に低いこと、鉱物組成が石英・黒雲母に富むこと、北陸地方へ供給可能であることを考えて、SK(三瓶木次テフラ)に對比できる。

Yakatamachi-1は、角閃石屈折率のレンジはひろく、種々のものが含まれると考えられるが、1.673付近にモードを示す。軽石型火山ガラスが少量含まれていたが、風化が進んでいたため屈折率の測定はできなかった。以上のような情報はあるものの、Yakatamachi-1については對比できるテフラを特定できない。

#### 4. 段丘編年と森本-富樫断層帯の活動度評価

##### 4.1 段丘編年

3.2で述べたテフラの對比結果をふまえて、段丘面の編年を考察した。

野田山面はSK降下後に礫層を堆積させDKP降下前に離水した。町田(2001)によると、SKの年代は105-110ka・DKPの年代は50-55kaである。従って、野田山面の形成年代はおよそ100ka~60kaで、南関東の武蔵野(M)面に相当する段丘面と考えられる。また、小立野面はDKP降下後に離水したと考えられるので、その形成年代は50ka~40kaで、南関東の立川I(Tc1)面に相当する段丘面と考えられる。小立野面より新しい段丘面については、高度分布から考えて、泉野面、笠舞I面、笠舞II面の順に形成されたと思われる。従って、これらの面を南関東に対比させると、泉野面が立川II面、笠舞I面・笠舞II面が立川III面に対比できるものと考えられる。

表-2にこの地域の段丘の対比をまとめた。従来の研究においては、三崎(1980)が、本稿で言う野田山面にあたる河成段丘面Iを下末吉面相当と推定するなど、野田山面は十数万年以前に形成されたと考えられていた。この度の結果から、野田山面は従来考えられているより新しい時代に形成されたことが明らかになった。野田山面より新しい面も、より最近の時代に形成されたことになる可能性が高い。

#### 4.2 段丘面鉛直変位量から求めた森本-富樫断層帯の活動度

##### 4.2.1 野田山面

野田山面は北側が異常な急傾斜をなして泉野面下に潜っている。図-7に野田山付近の模式断面図を示す。三崎(1980)はこの地形は野田山面が形成された後撓んだものであることを指摘して、野田山撓曲と呼んだ。野田山撓曲は図-2に示したとおり森本-富樫断層帯による変動のひとつである。

今回明らかになった段丘形成年代から野田山撓曲の平均鉛直変位速度を求めた。図-7のように初成的な傾斜を考慮に入れて地表の撓曲崖の比高を計測すると80mとなる。泉野面下の比高は計測できないため、鉛直変位量は80m以上とする。野田山面の離水時期は8万年前とし

て算定したところ、以下のようになる。

鉛直変位量：80m以上

離水時期：80×1,000year before

平均鉛直変位速度：1m以上/1000y

従って、野田山撓曲の活動度はA級となる。

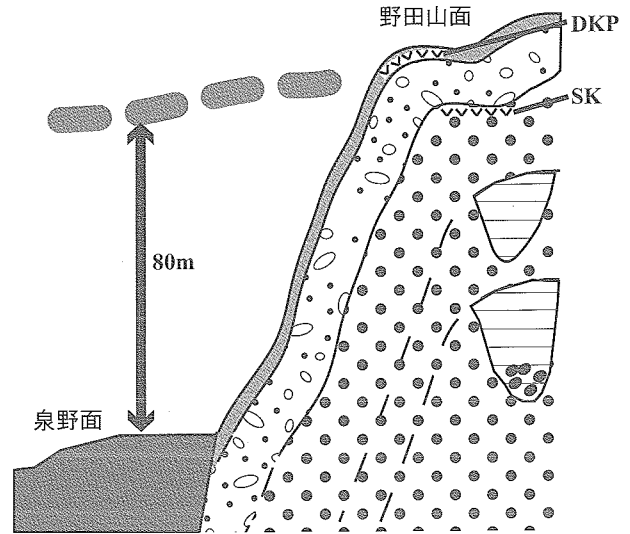


図-7 野田山撓曲付近の模式断面図  
(凡例は図-6と同じ)

##### 4.2.2 泉野面

続いて、泉野面を対象に、段丘面分布と沖積低地のボーリングデータを用いて鉛直変位量を求めることを試みた。泉野面は、その分布する北端で野町断層による変動を受け沖積面下に埋没している。図-8に泉野面付近を切り出した土地条件図の一部を紹介する。また、図-8中に位置するボーリングデータNo.19~21を図-9に示す。このボーリングデータを用いて野町断層による鉛直変位量を求めた。図-10には野町付近(図-8のA付近)の模式断面図を示す。使用したボーリングデータは図-9中のNo.19のボーリングデータである。地表に表れている撓曲崖の比高はおよそ20m、沖積面下の泉野面構成層までの深度はおよそ10mである。したがって鉛直変位量は30mと計測することができた。泉野面を構成する地層中からはテフラを検出していないので、泉野面の形成年代には不確実性が伴う。しかし表-2において考察したとおり、泉野面は立川II面に対比できると考えられる。したがって泉野面の離水時期を3万年前として平均変位速度を試算したところ、以下のようになった。

鉛直変位量：30m

離水時期：30×1,000year before

平均鉛直変位速度：1m/1000y

この結果も活動度がA級となることを示している。

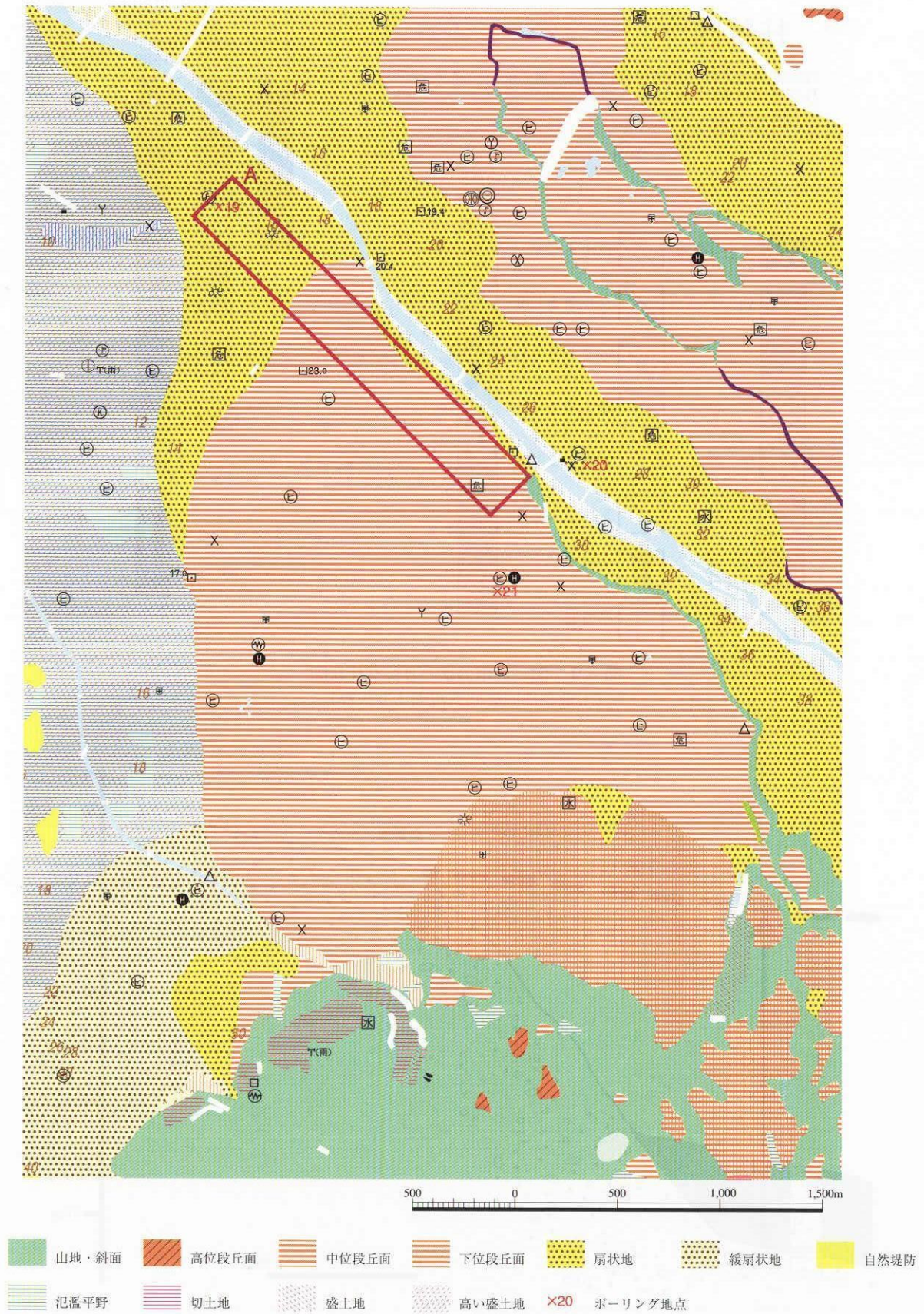


図-8 1:25,000土地条件図「金沢」の一部  
 (土地条件図より「地形分類」と「各種機関および施設」の一部を表示)

### 柱状図

柱状図は、下記の凡例により記載した。  
柱状図の位置は、土地条件図上に赤い  
対照番号を付して表示した。

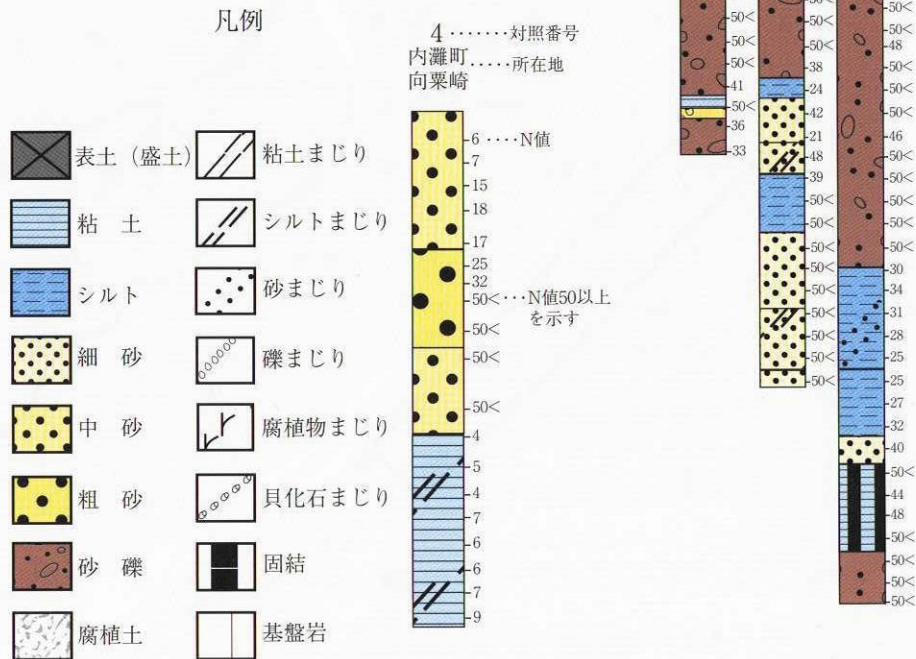


図-9 図-8中のボーリング柱状図  
(土地条件図裏図解説面より抜粋)

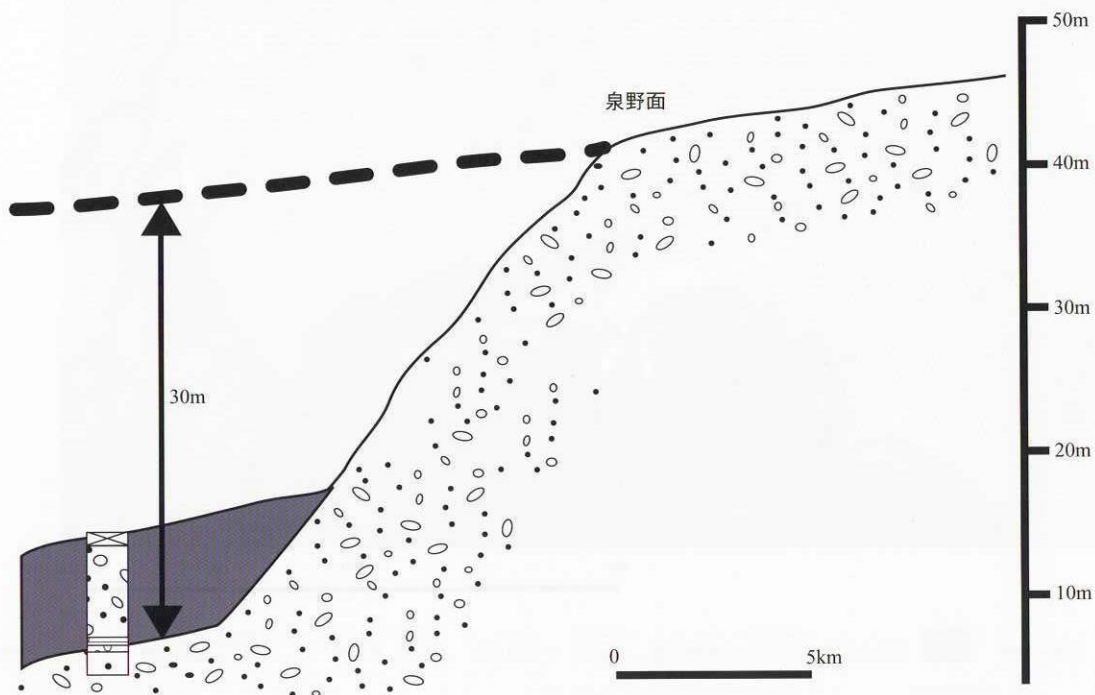


図-10 野町付近の模式断面図  
(凡例は図-9に同じ)

## 5. まとめ

金沢地条件調査とその現地調査における広域テフラの検出によって次のような点が明らかになった。

- ① 犀川・浅野川沿いの段丘面は野田山面・野田面・小立野面・泉野面・笠舞Ⅰ面・田上面・笠舞Ⅱ面・若松面の計8面に区分できた。
- ② 野田山面を構成する段丘礫層直下にSK(三瓶木次テフラ)を、礫層上にDKP(大山倉吉軽石)を確認できた。野田山面はSK降下後に礫層を堆積させDKP降下前に離水したので、南関東の武蔵野(M)面に相当する段丘面と考えられる。
- ③ 小立野面を構成する段丘礫層上にテフラを検出できた。小立野面はDKP降下後に離水した可能性が高く、南関

東の立川・(Tc1)面に相当する段丘面と考えられる。

- ④ 野田山撓曲の活動度を試算したところ、 $> 1 \text{ m}/1,000$ 年となった。活動度はA級と評価される。
- ⑤ 野町断層の活動度を試算したところ、 $1 \text{ m}/1,000$ 年となった。この結果も活動度がA級となることを示している。

## 謝 辞

本調査にあたって、金城大学守屋以智雄教授には、現地調査のご協力とご助言を頂きました。また、農業工学研究所中里裕臣氏には、火山灰の分析にご協力頂きました。ここに感謝の意を表します。

## 引用文献

- 石川県環境安全部消防防災課(1999):地震関係基礎調査交付金 森本・富樫断層帯に関する調査 成果報告書(概要版), 49p.
- 活断層研究会編(1991):新編日本の活断層:分布図と資料, 東京大学出版会, 437p.
- 経済企画庁(1969):5万分の1土地分類基本調査「金沢」.
- 東郷正美・池田安隆・今泉俊文・澤 祥(1998a):都市圏活断層図「金沢」.
- 東郷正美・池田安隆・今泉俊文・澤 祥・平野信一(1998b):森本-富樫断層帯の詳細位置と活動性について, 活断層研究, 17, p72-p83.
- 日本の地質『中部地方Ⅱ』編集委員会(1988):日本の地質5 中部地方Ⅱ, 共立出版, 310p.
- 藤則雄(1975):河岸段丘, 金沢周辺の第四系と遺跡, pp9-13.
- 町田洋(2001):日本の地形形成環境の編年法, 日本の地形1 総説, pp116-126.
- 町田洋・鈴木毅彦(2000):地形地質の編年, 日本の地形4 関東・伊豆小笠原, pp22-36.
- 松田時彦(1975):活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震, 28, pp269-283.
- 三崎徹雄(1980):石川県, 金沢-羽咋間の活構造, 地理学評論, 53, p280-p289.

1. 目的  
2. 概要  
3. 内容

4. 結論  
5. 参考文献  
6. 謝辞  
7. 発表者  
8. 発表機関

9. 発表日時  
10. 発表場所  
11. 発表趣意  
12. 発表要旨  
13. 発表内容  
14. 発表結果  
15. 発表感想

# 数値等高線データを用いた斜面計測手法 Geomorphometric measurement using digitized contour data

地理地殻活動研究センター 水越博子  
Geography and Crustal Dynamics Research Center Hiroko MIZUKOSHI

筑波大学地球科学系 安仁屋政武  
Institute of Geoscience, University of Tsukuba Masamu ANIYA

## 要 旨

国土地理院では、1999年までに、日本全国をカバーする50m間隔の標高グリッドデータ「数値地図50mメッシュ(標高)」を刊行した。勾配や方位の計算や地形変化量の見積もりを容易に行うことができる標高グリッドデータは、数値標高モデル(DEM: Digital Elevation Model)の中で最も一般的である。しかし、様々なDEMの活用を検討することも、重要な課題の一つである。ここでは、ベクター型の等高線データ(以下、数値等高線データと呼ぶ)を用いた数値地形計測の手法について紹介する。

## 1. はじめに

山地地域では、崩壊、地すべり、岩屑なだれのようなマス・ムーブメントにより引き起こされる斜面災害が一般的であり、また、冬には、雪崩なども深刻な被害をもたらすことがある。重力によって生じるマス・ムーブメントの経路は、地表面の形状によって左右される。このような災害の発生箇所や被害範囲の予測のためには地形分類が有効であり、その項目には、勾配、斜面方位、斜面型(図-1)、傾斜変換線、形成年代、標高などが挙げられる。また、地形分類図を、地質、土壌、植生、人間活動などの要素と組み合わせることにより、ハザードマップが作成される。

例えば、Aniya(1985)は、富士川支流の雨畑川周辺における崩壊危険度図作成のために、勾配、植生、斜面の水平断面形と垂直断面形などの10要素を用いて統計解析を行い、危険度を表すには斜面の水平断面形と勾配と斜面方位が重要であることを示した。また、Dikau(1990)は、ドイツ南西部で降雨による崩壊を調査した結果、斜面型に注目すると谷型斜面(水平断面形)と凹型斜面(垂直断面形)に崩壊が集中し、勾配に注目すると特定の範囲(Dikau(1990)の研究地域では9°~13°)の斜面に崩壊が集中することを示し、降雨による崩壊の発生が斜面型や勾配と深く関わっているという結論に達した。

近年、DEMを用いた数値地形解析が広く行われるようになった。Moore et al.(1991)は、グリッドデータとTIN(Triangulated Irregular Network)と数値等高線データという三種類のDEMについて議論を行い、地形

属性を見積もるために最も有効な構造のDEMは、一般的に、グリッドデータであると述べている。しかし、その後、Moore et al.(1993)は、水文学的解析にとって、数値等高線データは、グリッドデータよりも抜きんできていることを指摘した。Weibel and Brändli(1995)は、全ての要素において、最も優れているDEMのデータ構造は存在しないという見解を示している。Chou(1992)は、数値等高線データが無駄のない構造であることを強調し、三種類のDEM構造の比較研究を行った。数値等高線データを使う利点は、徐々に認められつつあるが、コンピュータでの計算が難しいことから、これまで、地形解析への応用に限られてきた。しかし、近年のコンピュータ技術の発展により、大量のデータを用いて複雑な計算を行うことが容易になり、数値等高線データを活用する道が開かれた。

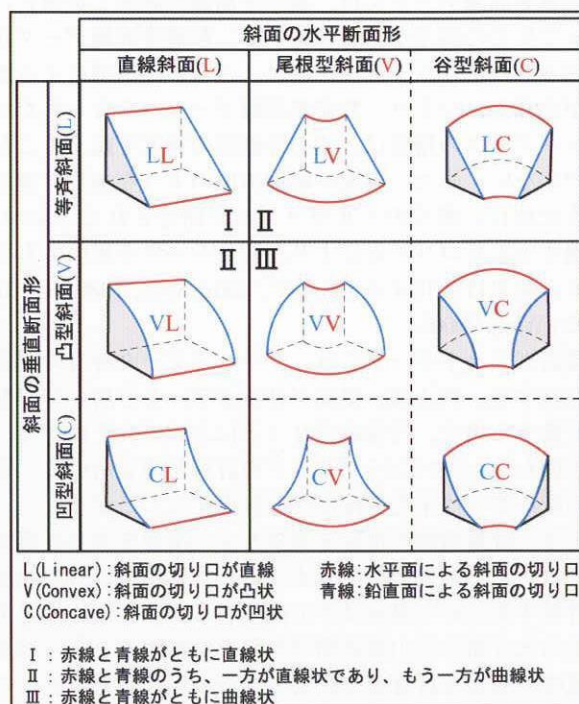


図-1 斜面型の分類(Dikau(1990)を一部改)

本稿では、数値等高線データを用いた地形計測のアルゴリズムC-BATM (Contour-Based Automatic Terrain Mapping) およびC言語で書かれたC-BATMを用いて、東北地方の白神山地において、数値地形計測を行った結果を紹介する (Mizukosi and Aniya, 2002)。C-BATMは、数値等高線データに沿って斜面の水平断面形を分類するアルゴリズム、数値等高線データから落水線を発生させるアルゴリズム、落水線に沿って勾配や斜面方位を計算するアルゴリズム、落水線に沿って斜面の垂直断面形を分類するアルゴリズムから成る。

## 2. 標高グリッドデータの特徴

地形の統計解析や量的解析に最もよく使われるグリッドデータは、空中写真などから直接作成する手法と数値等高線データから内挿して作成する手法のいずれかで作られることが多い。また、近年は、合成開口レーダ (SAR) の干渉を用いるリモートセンシング (Genz and Genderen, 1996) やレーザスキャナ (Ackermann, 1996) を用いてDEMを作成する方法も開発されている。しかし、等高線は今でも広く利用され、DEM作成の基データとして使われており (Wise, 2000)、数値等高線データから内挿処理により得られた標高グリッドデータの精度と、その精度が地形解析や水文解析の結果に及ぼす影響については、多くの研究が行われている (例えば、Weibel and Heller, 1991; Lee et al., 1992; Moore et al., 1993; Robinson, 1994; Weibel and Brändli, 1995; Wise, 1998; Wise, 2000)。

数値等高線データには、基の等高線の誤差と数値化によって生じた誤差が含まれている。数値等高線データから作られたグリッドデータには、さらに、内挿による誤差が生じる。つまり、数値等高線データから作られたグリッドデータの精度は、基の等高線の精度を超えることはできない。また、勾配や斜面方位のような地形計測を行うために、多くのアルゴリズムが開発されているが、使用するアルゴリズムにより、同じデータを用いても得られる結果は変化する (例えば、Skidmore, 1989; Guth, 1995; Wise, 2000)。

標高グリッドデータには、グリッドデータ特有の問題も存在する。例えば、標高グリッドデータを用いて勾配を計算する場合、任意のグリッドにおいて、そのグリッドを囲む $3 \times 3$ や $5 \times 5$ グリッドの計算領域を用いて、最大勾配あるいは平均勾配などを算出することが多い。このとき、計算領域の地形を考慮して、尾根を含む計算領域では、常に尾根の勾配、または、常に尾根以外の勾配を計算するという設定は不可能である。そのため、尾根や谷の入り組んだ山地斜面で勾配を計算するとき、地形的意味の異なる計算値を区別できない場合がある。この問題は、グリッド間隔を小さくすることにより、ある程度軽減できるが、完全に取り除くことはできない。

グリッドの処理では、グリッド間隔に加えて、グリッ

ドの高さの精度も考慮する必要がある。例えば、与えられた点の高さの精度が2 mであるとき、サンプリングされたグリッドの間隔が50mであるか25mであるかは、計算結果に大きな影響を与える。グリッド間隔が25mであるときは、50mであるときに比べて尾根や谷を含む計算領域の数は明らかに減少するが、計算される値は、50m間隔のグリッドデータを用いた計算値よりも大きな誤差を含むことになる。

数値等高線データの場合も、与えられた縮尺と標高間隔に関して似たような問題があり、基となる等高線もまた、

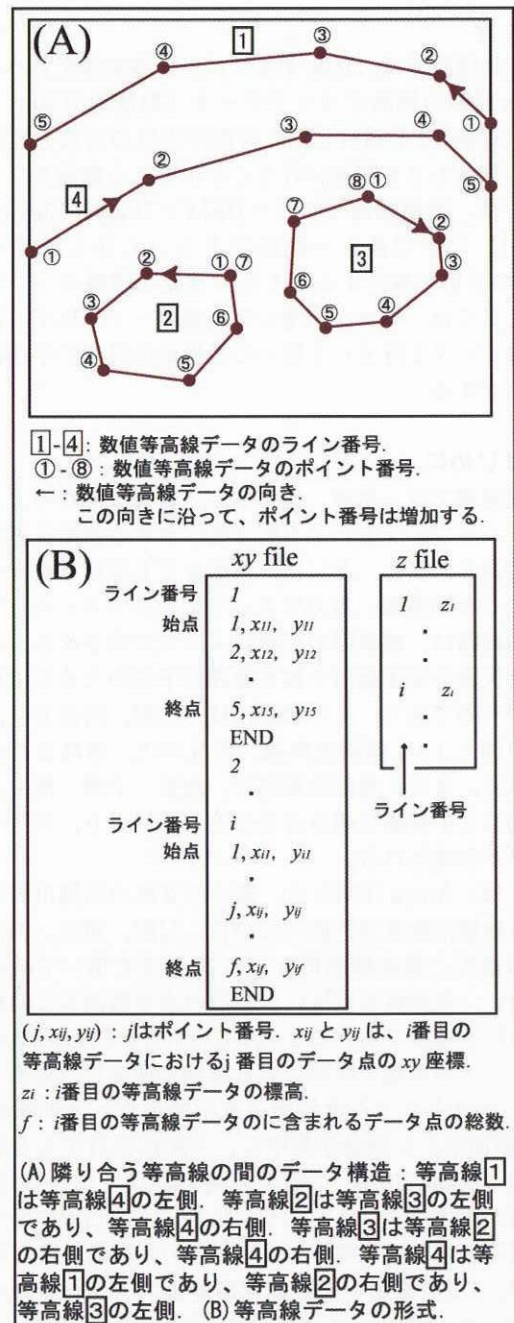


図-2 等高線のデータ構造と形式

谷や尾根を正確に描写していない可能性がある。水越・安仁屋(2000)は、標高グリッドデータと数値等高線データの違いを挙げている。しかし、等高線は、等高線の形状が地表面の形態を表現するという利点を持つ(Mark, 1986; Robinson, 1994; Wise, 2000)。

### 3. 数値等高線データ

数値地図50mメッシュ(標高)は1:25,000地形図の等高線を用いて作成された。等高線はスキャナで読み込まれ、ベクター化された後、内挿法によって、50m間隔の標高グリッドデータに変換された。本研究では、これらのベクター化された等高線を用いた。しかし、このデータは、最終成果である50m間隔の標高グリッドデータを作成するための中間データであり、多少のエラーを含むことから、手作業による修正を行う必要がある。

等高線のベクターデータは、標高や各等高線のデータ点の数という情報を持つが、隣り合う等高線との相対位置などの情報は持たない。これらのデータは、IGES形式に変換した後、ARC/INFOに読み込ませた(以下、本手法に用いる数値等高線データを等高線データと呼ぶ)。本手法では、各等高線データにライン番号を、等高線データの各データ点にポイント番号を与え、ポイント番号が大きくなる向きに沿って、等高線データの向きを定義した(図-2)。各データ点は、ライン番号とポイント番号によって特定され、XYZ座標も唯一に決まる。等高線データは、ライン番号と各データ点のxy座標値から成るテキストファイルと各等高線の標高値から成るテキストファイルの形に保存した(図-2B)。また、本手法では、隣り合う等高線データの相対位置の関係は、等高線データの向きを用いて表現した。

### 4. アルゴリズムC-BATM

#### 4.1 落水線の作成(Program FL)

落水線は等高線と直交しながら、最大傾斜方向へ下る線であり、尾根や谷とは決して交差しない。この落水線の作成は、C-BATMの基本となる処理であり、次の手順により、等高線データの全データ点からの落水線を得ることができる。

#### 手順1. 落水線データの作成開始

ライン番号が最も小さい等高線データの最初のデータ点から落水線データの作成を開始する。等高線データM(標高 $E_M$ )のデータ点mから、次の手順で、落水線を作成する。mを落水線の線分作成のための起点とする。

#### 手順2. 等高線とデータ点の選択

まず、等高線データMより標高が1ランク低い等高線データを全て選び、これらの等高線データのデータ点のうち、起点mの半径R以内に存在するデータ点を選択点とする。半径Rは研究地域に対して選ぶものであり、等高線密度を考慮して、試行錯誤で選ぶ。山地地域を対

象とする本研究では、 $R=150m$ (1:25,000地形図上では6mm)とした。Rの選択は、計算時間に影響する。半径R以内に選択点が存在しない場合は、起点mが落水線データの終点となる。この場合は手順1に戻り、mの次のデータ点(m+1)を起点mとして、手順2へ進む。

#### 手順3. 起点と各選択点との距離の計算

起点mと手順2で選ばれた各選択点との間の距離を計算し、起点mへの距離が最も短くなるような選択点を選ぶ。選ばれた選択点を $t_1$ とし、 $t_1$ を含む等高線データをTとする(図-3A)。

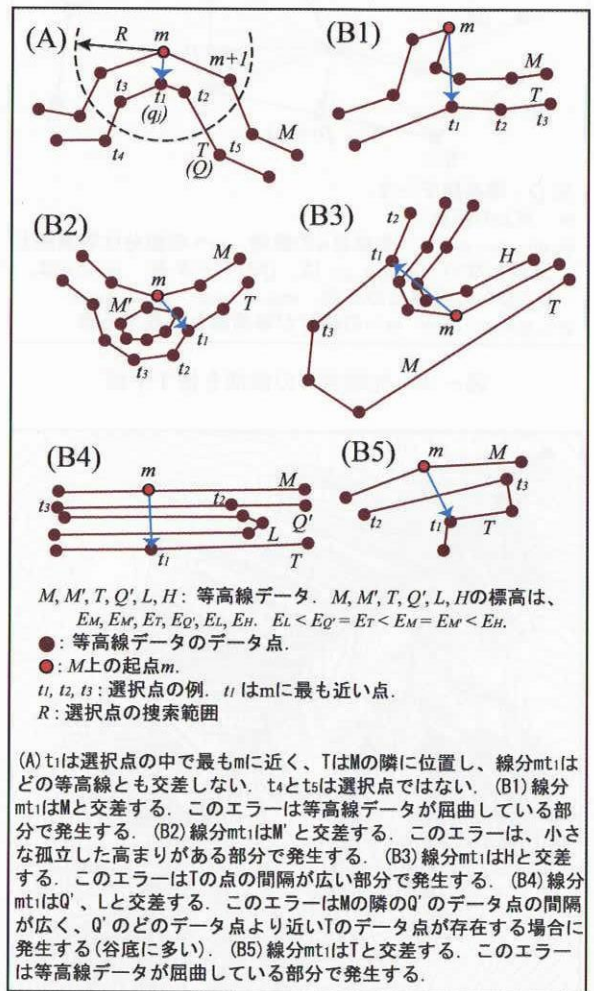


図-3 点 $q_i$ の搜索と決定

#### 手順4. 標高が低い、隣の等高線データの点の選択

まず、起点mの半径R以内に存在するデータ点それぞれについて、各点を含む等高線の線分を選ぶ(これらの線分を、以後、仮線分と呼ぶ)。これらの仮線分を用いて、等高線データTが等高線データMの隣に存在するかどうかを調べる。TがMの隣の等高線データであるならば、線分 $mt_1$ はどの仮線分とも交差することはない(図-3A)。このとき、TをQ、 $t_1$ を $q_i$ とし、手順5へ進む。

もし、線分 $mt_1$ が仮線分と交差するときは(図-3, B1-B5),  $t_1$ を放棄し、手順3に戻り、 $t_1$ の次に起点 $m$ に近い点 $t_2$ を選び、手順4に進む。もし、全ての選択点( $t_1$ から $t_n$ )を用いても $Q$ を決定できない場合は、起点 $m$ を落水線データの終点とする。このとき、手順1に戻り、 $m$ の次のデータ点( $m+1$ )を起点 $m$ として、手順2へ進む。

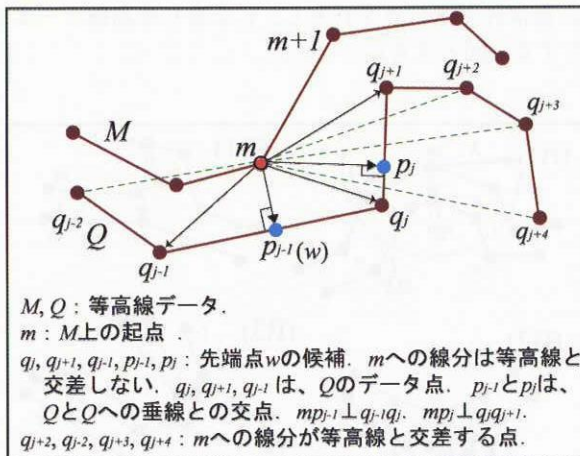


図-4 先端点 $w$ の候補を捜す手順

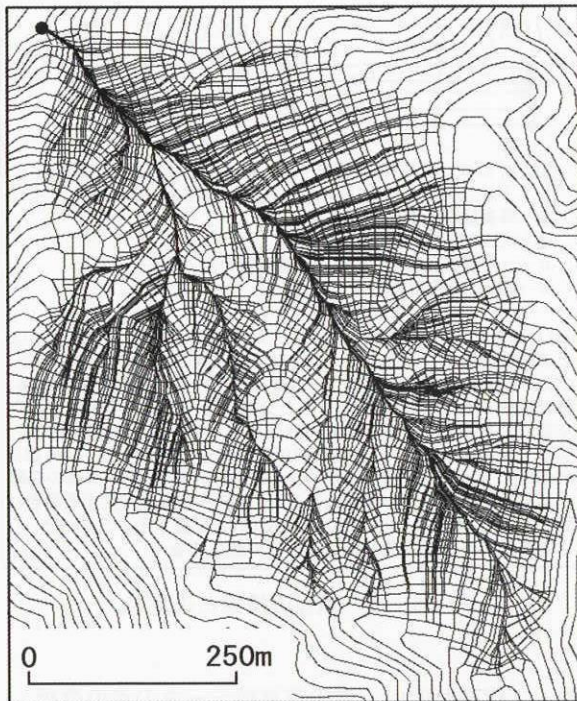


図-5 同じ終点(図中●印)を持つ落水線

手順5. 落水線の線分の決定

落水線の線分 $mw$ (点 $w$ は $Q$ 上の点であり、落水線の線分の前 endpoint)を決定する。この線分 $mw$ は勾配、斜面方位、斜面型を計算するために用いられる。

等高線データ $Q$ のデータ点 $q_{j-5}$ から $q_{j+5}$ までの中から、

先端点 $w$ の候補点を捜す。データ点の範囲は、等高線の複雑さに応じて変更する。線分 $mq_{j-5}$ が仮線分と交差しない場合は、 $q_{j-5}$ を先端点 $w$ の候補点とする。残りのデータ点( $q_{j-4}, q_{j-4}, \dots, q_{j+5}$ )に対しても、同じ処理を繰り返す。

次に、仮線分に対する垂線を調べる。データ点 $q_j$ と $q_{j+1}$ を通る線に対し、起点 $m$ から垂線を下ろし、その交点 $p_j$ が仮線分 $q_jq_{j+1}$ 上に存在するかどうかを調べる。交点 $p_j$ が仮線分 $q_jq_{j+1}$ 上の点であり、かつ、線分 $mp_j$ が仮線分と交差しない場合に、 $p_j$ を先端点 $w$ の候補点とする。 $q_{j-5}$ から $q_{j+5}$ までの各仮線分に対しても同じ処理を繰り返す。

先端点 $w$ の候補点全ての中から、起点 $m$ に最も近い点を先端点 $w$ として選ぶ(図-4では、 $mp_{j-1}$ が最短となる)。等高線データ $Q$ の点 $w$ を、等高線データ $M$ の点 $m$ に置き換え、手順2に戻り、落水線の終点に到達するまで、落水線を下方へ延長していく。

落水線のデータは基の等高線データとは別のファイルに保存される。図-5は、同じ終点を持つ落水線の例である。

4.2 隣り合う等高線の相対位置の把握 (Program TPGY)

斜面の水平断面形の分類を行うためには、等高線が、標高の高い側と低い側のどちらに向かって突き出ているのかを知る必要がある。つまり、等高線データ $M$ の隣に存在し、かつ、標高が異なる等高線との位置関係を知る必要がある。Program TPGYは、落水線の線分を利用して、等高線の位置関係の把握するためのプログラムである。

チェック1

等高線データ $M$ のデータ点 $m_j$ において、 $M$ の隣に位置し、かつ、 $M$ より標高が低い等高線データ $K$ を捜す。次に、等高線データ $K$ が $M$ の左右どちらの側に位置するかを調べる。

Program FLを用いて、データ点 $m_j$ を起点として等高線データ $K$ への最短距離の線を引き、この線と $K$ との交点を $k$ と呼ぶ。もし、点 $k$ が存在しない場合は、 $K$ の位置を判断できないため、 $m_j$ の次のデータ点 $m_{j+1}$ を用いて判定を行う。

データ点 $m_j$ から点 $m_{j+1}$ ,  $m_{j-1}$ ,  $k$ までのベクトルをそれぞれ $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$ とし(図-6),  $x$ と $y$ の値のみを用いて( $z=0$ とする), 外積 $\gamma \times \beta$ と $\beta \times \alpha$ を計算する。 $\gamma \times \beta > 0$ , かつ、 $\beta \times \alpha > 0$ である場合は、点 $k$ は等高線データ $M$ の右側に位置し、図-6のように、等高線データ $M$ の右側が低くなる。また、 $\gamma \times \beta < 0$ , かつ、 $\beta \times \alpha < 0$ である場合は、点 $k$ は等高線データ $M$ の左側に位置し、等高線データ $M$ の左側が低くなる。1)  $\gamma \times \beta > 0$ , かつ、 $\beta \times \alpha < 0$ , 2)  $\gamma \times \beta < 0$ , かつ、 $\beta \times \alpha > 0$ , 3)  $\gamma \times \beta = 0$ ,

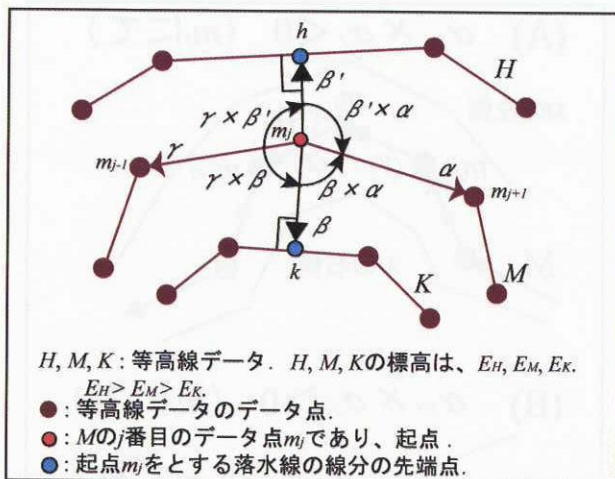


図-6 等高線データMとMの隣の等高線データの関係

4)  $\beta \times \alpha = 0$ のいずれかである場合は、点kを用いてKの位置を判断することはできない。

チェック2

Mの隣に位置し、かつ、Mより標高が高い等高線データHを用いて、チェック1と同様の処理を行い、等高線データHがMの左右どちらの側に位置するかを調べる。

Program FLを用いて、データ点 $m_j$ から等高線データHへの最短距離の線を引き、この線とHとの交点をhと呼ぶ。もし、点hが存在しない場合は、Hの位置を判断できないため、 $m_j$ の次のデータ点 $m_{j+1}$ を用いて判定を行う。

データ点 $m_j$ から点hまでのベクトルを $\beta'$ とし、xとyの値のみを用いて ( $z=0$ とする)、外積 $\gamma \times \beta'$ と $\beta' \times \alpha$ を計算する(図-6)。 $\gamma \times \beta' < 0$ 、かつ、 $\beta' \times \alpha < 0$ である場合は、点hは等高線データMの左側に位置し、図-6のように、等高線データMの左側が高くなる。また、 $\gamma \times \beta' > 0$ 、かつ、 $\beta' \times \alpha > 0$ である場合は、点hは等高線データMの右側に位置し、等高線データMの右側が高くなる。1)  $\gamma \times \beta' > 0$ 、かつ、 $\beta' \times \alpha < 0$ 、2)  $\gamma \times \beta' < 0$ 、かつ、 $\beta' \times \alpha > 0$ 、3)  $\gamma \times \beta' = 0$ 、4)  $\beta' \times \alpha = 0$ のいずれかである場合は、点hを用いてHの位置を判断することはできない。

等高線データMと隣の等高線データとの位置関係を確認するために、データ点 ( $m_j = m_{j+1}, m_{j+2}, \dots$ ) を変えながら、チェック1と2を繰り返す。Program TPGYは、各等高線データの二番目のデータ点(状況に応じて可変)から上述のチェックを開始し、データ点を変えながら、三回(状況に応じて可変)、同じ位置関係が認められたとき、その位置関係を正しいと判断した。

4.3 勾配と斜面方位

勾配と斜面方位を計算するための単位は、落水線の線分 $w_j w_{j+1}$ である(図-7)。勾配 $\epsilon_j$ は線分 $w_j w_{j+1}$ と水平

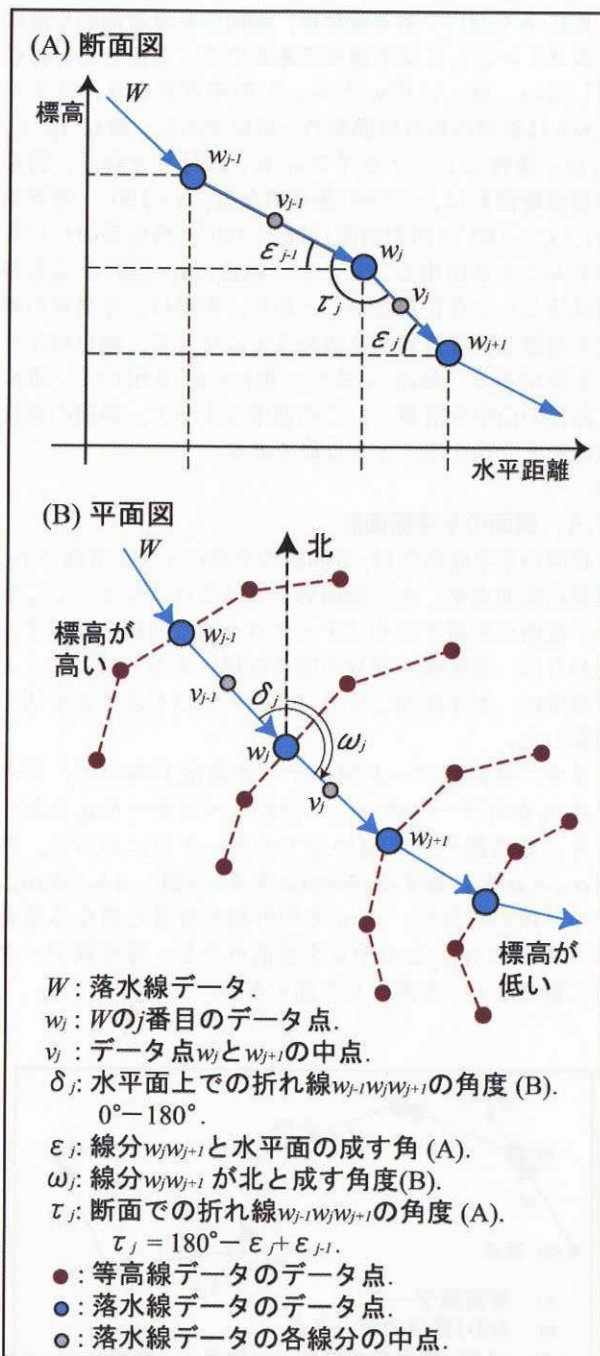


図-7 落水線データの線分による地形属性

面が成す角であり(図-7A)、斜面方位 $\omega_j$ は、北と線分 $w_j w_{j+1}$ が成す角である(図-7B)。角 $\epsilon_j$ と $\omega_j$ は、地形属性として、落水線の線分 $w_j w_{j+1}$ に付与される。

4.4 斜面の垂直断面形

斜面の垂直断面形は連続する二つの落水線の線分 $w_{j-1}w_j$ と $w_jw_{j+1}$ が成す角度 $\tau_j$ を用いて、分類することが出来る(図-7A)。角 $\delta_j$  ( $0^\circ < \delta_j \leq 180^\circ$ )は、落水線の線分 $w_{j-1}w_j$ と $w_jw_{j+1}$ が水平面上で成す角である(図-

7 B)。 $\delta_j < 90^\circ$ である場合は、斜面の垂直断面形を計測するラインとしては不適當であるので、このラインは使用しない。点 $v_j$ は点 $w_j$ と $w_{j+1}$ との中点であり、ライン $v_{j-1}w_jv_j$ は斜面の垂直断面形の一単位である。角 $\tau_j$ 、 $\delta_j$ 、 $\epsilon_j$ 、 $\epsilon_{j-1}$ は、属性として、ライン $v_{j-1}w_jv_j$ に付与される。斜面の垂直断面形は、三つの基本的な型、 $\tau_j=180^\circ$ （等斉斜面）、 $\tau_j > 180^\circ$ （凹型斜面）、 $\tau_j < 180^\circ$ （凸型斜面）に分類することが出来る。しかし、厳密に $\tau_j=180^\circ$ となる斜面はほとんど存在しないことから、実際は、等高線の精度も考慮し、等斉斜面を決める $\tau_j$ に対して、幅を持たせる必要がある（後述）。また、角 $\epsilon_j$ と $\epsilon_{j-1}$ を用いて、垂直断面形の曲率を計算し、この曲率によって、斜面の垂直断面形を分類することも可能である。

4.5 斜面の水平断面形

斜面の水平断面形は、等高線の形状によって分類され、曲線の変曲点が、水平断面形を分ける点になる。ここでは、変曲点を捜すためにデータ点を通る曲線を近似する代わりに、等高線の線分の向きを用いることにより、より簡単に、水平断面形を分けるための点を求める手法を開発した。

まず、等高線データMのデータ点 $m_j$ において、データ点 $m_j$ からデータ点 $m_{j+1}$ へ向かうベクターを $\alpha_j$ とおくとき、等高線データMの全てのデータ点において、外積 $\alpha_{j-1} \times \alpha_j$ を計算する（ $z=0$ とする）（図-8）。点 $m_{j+1}$ での外積の符号が、点 $m_j$ での外積の符号と異なる場合は、点 $m_j$ と $m_{j+1}$ との中点を変曲点とし、等高線データMに新たなデータ点として加える。

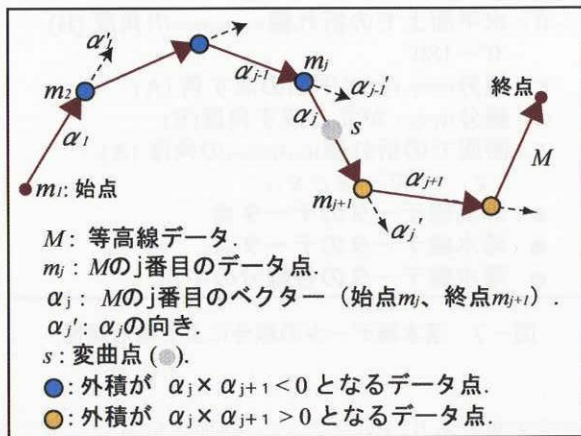


図-8 斜面の水平断面形を分けるための点

次に、等高線データMの全てのデータ点において、斜面の水平断面形を判定する。等高線データMの両側に、等高線データHとKが存在するとき、等高線データH、M、Kの標高をそれぞれ、 $E_H$ 、 $E_M$ 、 $E_K$ とする（ $E_H \geq E_M \geq E_K$ 、ただし、 $E_H = E_M = E_K$ である場合は除く）。

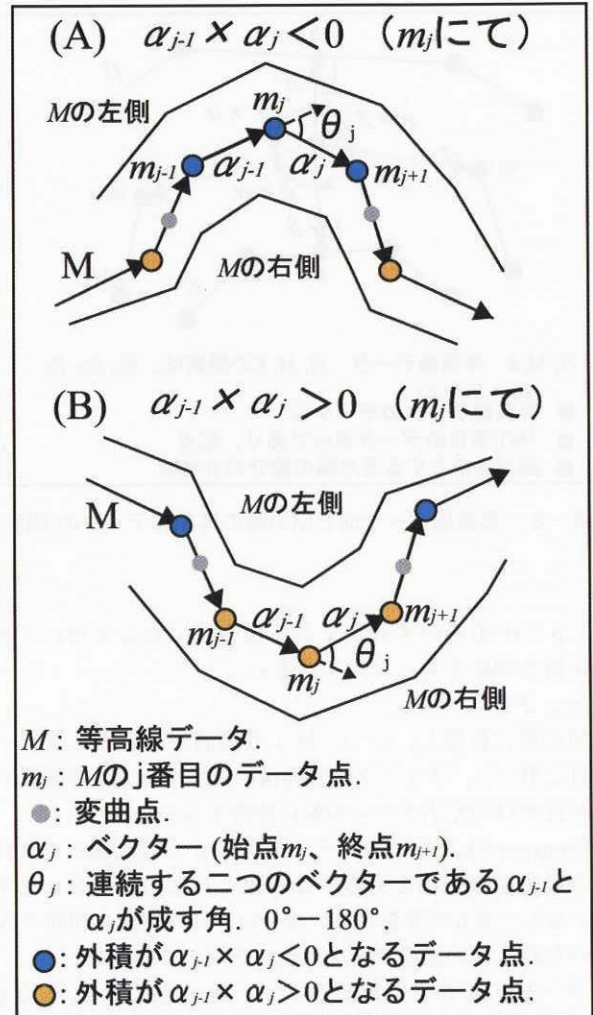


図-9 連続するベクターの外積によって得られる等高線の形状の情報

$\alpha_{j-1} \times \alpha_j < 0$ である場合は、ライン $m_{j-1}m_jm_{j+1}$ は等高線データMの左側に突き出る（図-9 A）。また、 $\alpha_{j-1} \times \alpha_j > 0$ である場合は、ライン $m_{j-1}m_jm_{j+1}$ は等高線データMの右側に突き出る（図-9 B）。外積 $\alpha_{j-1} \times \alpha_j = 0$ である場合は、 $m_{j-1}m_jm_{j+1}$ は直線であり、ベクター $\alpha_{j-1}$ と $\alpha_j$ の角 $\theta_j$ は $0^\circ$ に等しい（ $0^\circ \leq \theta_j < 180^\circ$ ）。点 $m_j$ における斜面の水平断面形は、Program TPGYと組み合わせることにより、下記のように分類される。

- ケース1.  $\alpha_{j-1} \times \alpha_j = 0$  ( $\theta_j = 0^\circ$ ) : 直線斜面
- ケース2.  $\alpha_{j-1} \times \alpha_j < 0$  かつ 等高線データH (K) が等高線データMの左 (右) 側に位置する : 集水 (谷型) 斜面 (図-9 A)
- ケース3.  $\alpha_{j-1} \times \alpha_j < 0$  かつ 等高線データH (K) が等高線データMの右 (左) 側に位置する : 発散 (尾根型) 斜面 (図-9 A)
- ケース4.  $\alpha_{j-1} \times \alpha_j > 0$  かつ 等高線データH (K) が等高線データMの左 (右) 側に位置する :

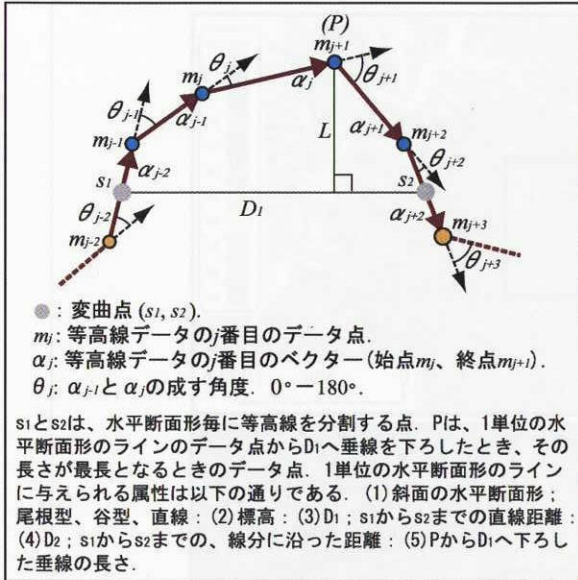


図-10 斜面の水平断面形の1単位  
(点s<sub>1</sub>からs<sub>2</sub>までのライン)

発散斜面 (図-9 B)

- ケース5.  $\alpha_{j-1} \times \alpha_j > 0$  かつ 等高線データH(K)が等高線データMの右(左)側に位置する:  
集水斜面 (図-9 B)

計算上、 $\theta_j = 0^\circ$  となることはまれであるため、直線斜面を定義する $\theta_j$ に対して、幅を持たせる必要がある(後述)。

図-10において、点s<sub>1</sub>とs<sub>2</sub>は、二つの連続する変曲点である。点s<sub>1</sub>とs<sub>2</sub>の間のデータ点における水平断面形は同じであり、点s<sub>1</sub>からs<sub>2</sub>までの一連の線分は、水平断面形の一単位となる。水平断面形に加えて、距離D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、Lが、各単位に対して定義される。距離D<sub>1</sub>は、点s<sub>1</sub>からs<sub>2</sub>までの直線距離であり、距離D<sub>2</sub>は、点s<sub>1</sub>からs<sub>2</sub>までの線分に沿った距離である。距離Lは、単位斜面毎に、データ点(図-10のP)からD<sub>1</sub>へ垂線を下ろしたときの長さが最長となる長さである。斜面の水平断面形は、D<sub>1</sub>:D<sub>2</sub>、あるいは、D<sub>1</sub>:Lという割合を用いて、分類することも可能である。また、 $\alpha_{j-1}$ と $\alpha_j$ の成す角 $\theta_j$ の和で、屈曲の度合いを表現することも可能である(図-10では、 $\theta_{j-1}$ から $\theta_{j+2}$ までの和)。

### 5. 結果

C-BATMを、白神山地の一部の地形で試行した。青森県から秋田県にかけて広がる白神山地は、標高1200mの起伏を持ち、地すべりが多い地形である。図-11 Aは、落水線に沿って計算した勾配の図である。比較のため、落水線作成に用いた等高線データを基にして、TINと25m標高グリッドデータを作成し、それぞれの勾配を計算した(図-11 B, C)。図-11 Cは、グリッド点の周囲の近傍点(12点)を用いて、IDW関数(ESRI,1999)

によって内挿された標高グリッドデータから作成されたものであり、図-11Aと11Cの違いは明白である。図-11Aと11Bはよく似ているが、これらの図の一部を拡大すると(図-11D, E, F)、違いが明白である。図-11Aでは、勾配とともに、等高線で表現される地形特徴を同時に確認できる。

図-12は、図-11と同じ範囲での斜面方位図であり、図-12Aは落水線、図-12BはTIN、図-12Cは25m標高グリッドデータを用いて計算した。図-12は、北西からの光による立体感を表現し、30°毎に分類した。立体感を考えると、図-12Bが最も良く見えるが、図-12Aは、立体感に加えて、等高線により地表の詳細な特徴を伝えている。

図-13は、斜面の垂直断面形の分類結果であり、写真判読により得られた地すべりデータ(大八木ほか, 1985)と重ね合わせた。図-13Aは、等斉斜面( $175^\circ \leq \tau \leq 185^\circ$ )を決める $\tau$ に対して $\pm 5^\circ$ の幅を持たせている。このとき、凹型斜面は $\tau > 185^\circ$ 、凸型斜面は $\tau < 175^\circ$ となる。図-13Aでは、凸型斜面と凹型斜面と等斉斜面が縞状に現れる斜面が確認される。実際、垂直断面形は尾根から谷底にかけて複雑であり、その複雑さは、等斉斜面を決める $\tau$ を変えることにより、変化する。等斉斜面の範囲を大きくした場合は、縞模様は消えるが(図-13Bでは、 $\pm 10^\circ$ )、小さくした場合は、垂直断面形のわずかな変化を描くことができる(図-13Aでは、 $\pm 5^\circ$ )。図-13では、地すべり地塊の縁と凹型斜面が一致しており、このことは、垂直断面形の分類が、地すべり判読の一助となりうることを示している。

斜面の水平断面形の分類も、同じ地域で行った(図-14)。直線斜面を決める $\theta$ には、5°の幅( $\theta < 5^\circ$ )を持たせた(図-9より、 $0^\circ \leq \theta < 180^\circ$ )。本手法は、等高線をそのまま用いて分類することから、地表面の形態も同時に把握することが可能である。

等斉斜面を決める $\tau$ の幅と直線斜面を決める $\theta$ の幅については、地形の特徴、地形解析の目的、縮尺、データの精度などを考慮に入れて、決定する必要がある。

### 6. まとめ

本稿では、Mizukoshi and Aniya (2002)を基に、数値等高線データを用いた斜面の水平断面形の分類図の作成、数値等高線データの全データ点から落水線を発生させ、それらの落水線を用いた勾配と斜面方位の計算、および、斜面の垂直断面形の分類図の作成を行う一連のアルゴリズムC-BATMを紹介した。

C-BATMによる結果を出力した図は等高線を基にしていることから、グリッドデータを用いて作成した図よりも、地形図をベースとして描いた他の情報一例えば崩壊分布図や地すべり分布図-との比較や空中写真との位置対応が容易である。本手法の計測や分類の精度は、基の等高線の精度と数値化された等高線のデータ点の位置

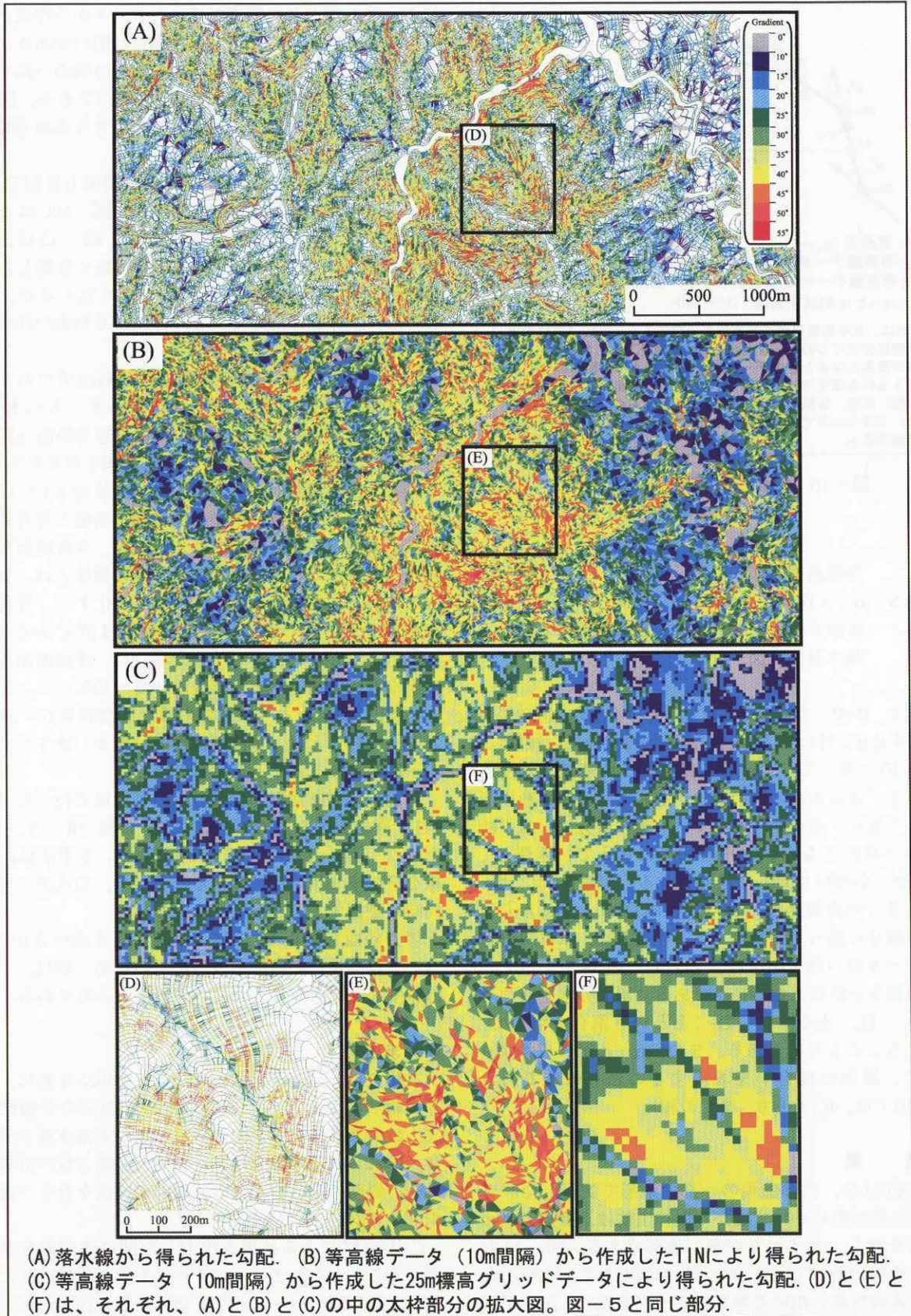


図-11 白神山地における勾配の分類 (1:25000地形図「ニツ森」の北東部分)

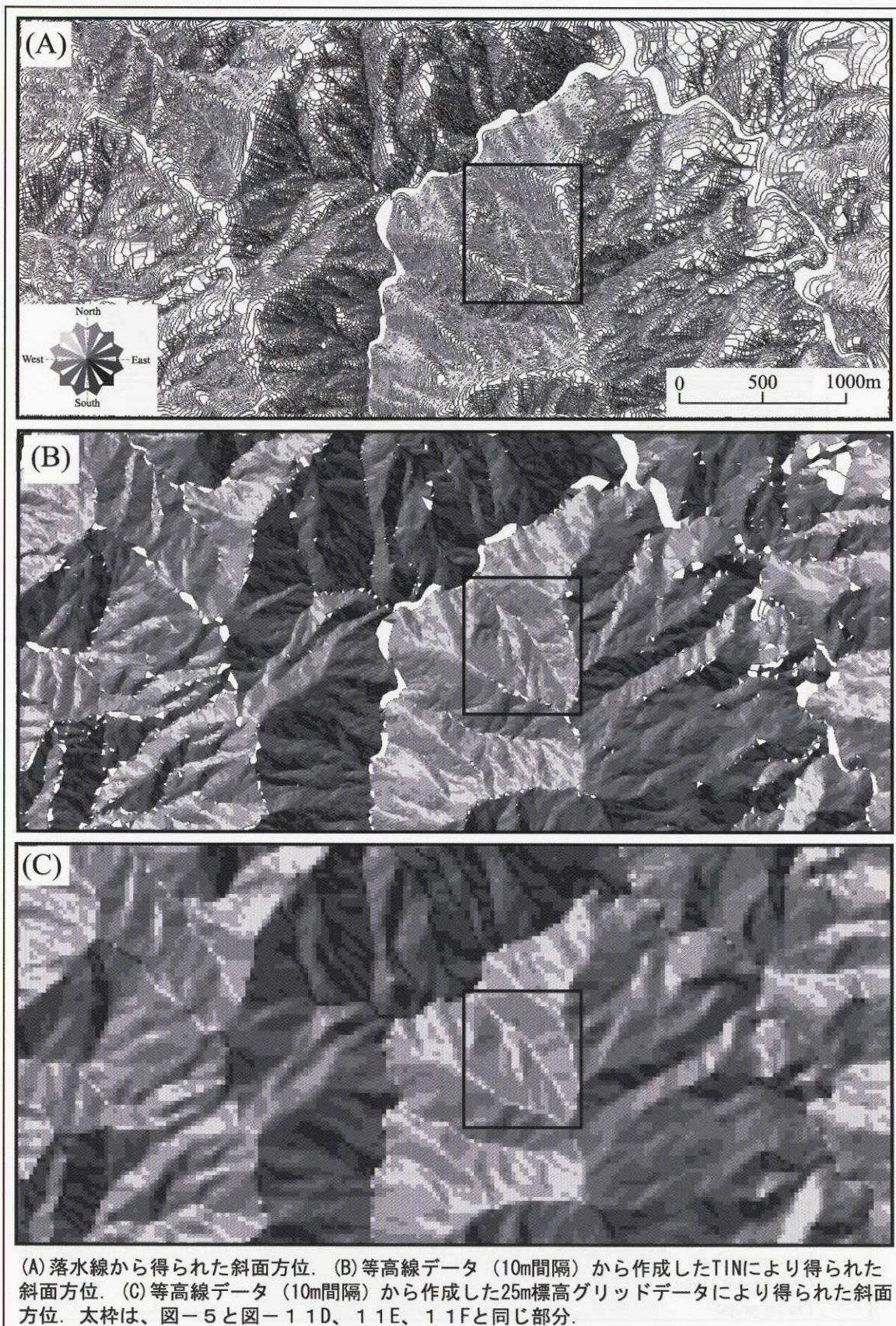


図-12 白神山地における斜面方位 (30°毎)

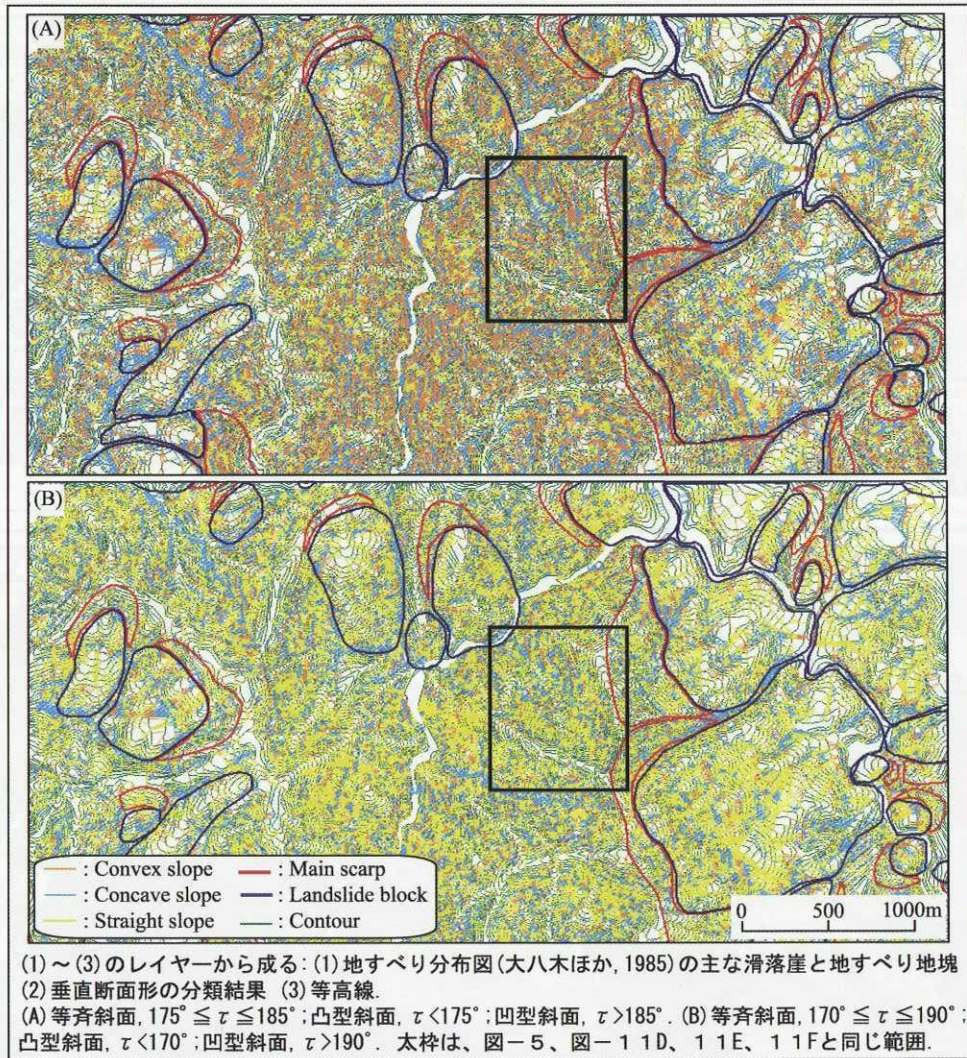


図-13 斜面の垂直断面形の分類

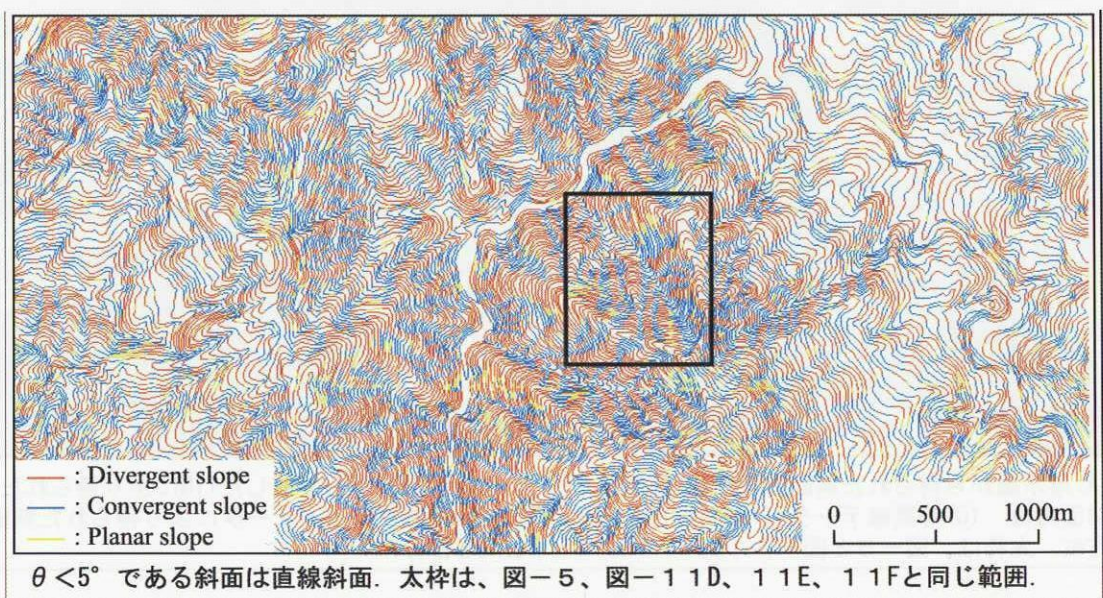


図-14 斜面の水平断面形の分類

と密度に依存する。C-BATMは山地地域のように等高線が密集する地域に最も適しており、等高線がまばらな丘陵地では、斜面分類において、本稿の結果のような良い結果を得ることはできなかった。

任意の地域において、必要な縮尺のDEMが常に存在するとは限らず、また、最適なDEMのデータ構造は、目的に応じて変化する。しかし、数値地形解析を行う場合は、最終成果までの処理が増えるほど、結果の精度が低下す

る。したがって、精度の高い数値地形解析を行うためには、最適なデータ形式の検討から始める必要がある。

## 謝 辞

当時筑波大学大学院環境科学研究科の泉田幸広氏には白神山地の地すべりの数値データを提供して頂いた。国土地理院地理調査部の政春尋志氏には、本研究を支援して頂いた。この場を借りて、深く感謝いたします。

## 引用文献

- Ackermann, F., 1996, Airborne laser scanning for elevation models, *GIM international*, 10 (10): 24-25.
- Aniya, M., 1985, Landslide-susceptibility mapping in the Amahata river basin, Japan, *Annals of the Association of American Geographers*, 75 (1): 102-114.
- Chou, Y. H., 1992, Slope-line detection in a vector-based GIS, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 58 (2): 227-233.
- Dikau, R., 1990, Derivatives from detailed geoscientific maps using computer methods, *Zeitschrift für Geomorphologie*, N. F., Supplemental Band, 80: 45-55.
- ESRI, 1999, ARC/INFO Online Documentation.
- Genz, R., and J. L. van Genderen, 1996, SAR interferometry - issues, techniques, applications, *International Journal of Remote Sensing*, 17 (10): 1803-1835.
- Guth, P. L., 1995, Slope and aspect calculations on gridded digital elevation models: examples from a geomorphometric toolbox for personal computers, *Zeitschrift für Geomorphologie*, N. F., Supplemental Band, 101: 31-52.
- Lee, J., P. K. Snyder, and P. F. Fisher, 1992, Modeling the effect of data errors on feature extraction from digital elevation models, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 58 (10): 1461-1467.
- Mark, D. M., 1986, Knowledge-based approaches for contour-to-grid interpolation on desert pediments and similar surfaces of low relief, *Proceedings of the 2nd International Symposium on Spatial Data Handling July 5-10, Seattle, LA*, pp. 225-234.
- 水越博子・安仁屋政武 (2000) 数値等高線データを用いた斜面型の自動分類, *地形*, 第21巻第3号, 307-328.
- Mizukoshi, H., and M. Aniya, 2002, Use of contour-Based DEMs for deriving and mapping topographic attributes, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 68 (1): 83-93.
- Moore, I. D., R. B. Grayson, and A. R. Ladson, 1991, Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications, *Hydrological Processes*, 5 (1): 3-30.
- Moore, I. D., A. K. Turner, J. P. Wilson, S. K. Jenson, and L. E. Band, 1993, GIS and land-surface-subsurface process modeling, *Environmental modeling with GIS* (M. F. Goodchild, B. O. Parks, and L. T. Steyaert, editors), Oxford University Press, Oxford, pp. 196-230.
- 大八木規夫・清水文健・井口 隆 (1985) 国立防災科学技術センター防災科学技術資料No.96. 地すべり地形分布図「中浜」.
- Robinson, G. J., 1994, The accuracy of digital elevation models derived from digitized contour data, *Photogrammetric Record*, 14 (83): 805-814.
- Skidmore, A. K., 1989, A comparison of techniques for calculating gradient and aspect from a gridded digital elevation model, *International Journal of Geographical Information Systems*, 3 (4): 323-334.
- Weibel, R., and M. Heller, 1991, Digital terrain modelling, *Geographical Information Systems: Principles and Applications I* (D. J. Maguire, M. F. Goodchild, and D. W. Rhind, editors), Longman, London, pp. 269-297.
- Weibel, R., and M. Brändli, 1995, Adaptive methods for the refinement of digital terrain models for geomorphometric applications, *Zeitschrift für Geomorphologie*, N. F., Supplemental Band, 101: 13-30.
- Wise, S. M., 1998, The effect of GIS interpolation errors on the use of digital elevation models in geomorphology, *Landform monitoring, modelling and analysis* (S. N. Lane, K. S. Richards, and J. H. Chandler, editors), John Wiley and Sons, New York, pp. 139-164.
- Wise, S., 2000, Assessing the quality for hydrological applications of digital elevation models derived from contours, *Hydrological Processes*, 14: 1909-1929.



# 旧版地図を利用した時空間データセットの試作 An Experimental Development of Spatio-Temporal Dataset from Old Edition Maps

地理情報部 明野和彦・星野秀和・安藤暁史

Geoinformation Department

Kazuhiko AKENO, Hidekazu HOSHINO and Akifumi ANDO

## 要 旨

陸地測量部及び国土地理院作成の旧版地図は、長期間にわたり近代的な測量により国土を正確に記録した貴重な情報資源である。本報告では、これらの旧版地図を利用した時空間データ作成の留意点を整理するとともに、約100年間に作成された20万分1の地図を利用して、東本州の道路ネットワーク時空間データセットを試作した。この試作データから時代ごとの時間距離図などを作成し、その有効性を示した。

### 1. はじめに

地理情報システム (GIS) の利用が、さまざまな分野で展開されている。GIS の応用では、利用できるデータ及びシステムの制約から現在 (実際には過去のある時点) の空間情報だけを利用したものが多い。一方、環境・防災などの分野では、時間的な変化の分析が重要である。また、国土の変貌・都市の成り立ちなどの地理的な検証、インフラ整備の経済効果の再検証など多くの分野で、時系列情報の分析は有効であると考えられる。

ここ数年、時空間情報を地物単位に発生・消滅の時間属性を持たせ、位相構造を動的に算出する方式による時空間情報システムが開発されており (畑山ほか, 1999; 大沢・長島, 2001; 大野ほか, 2002), このようなシステムが普及すれば、現在を起点にした変化情報が蓄積されていくものと考えられる。しかしながら、過去の長期スパンの時空間データは、利用可能な情報源が限られて

おり、また、データ作成手法も確立されていないため、利用可能なデータはほとんどない。

本報告では、国土地理院 (前身である陸地測量部を含む) 作成の旧版地図を利用した時空間データ作成の留意点についてまとめるとともに、道路ネットワークを対象に、試験的に時空間データを作成したので、その作成手法・データの仕様について報告する。

## 2. 蓄積されている時系列の空間情報

### 2.1 時空間情報のデータソース

時空間データとなりうるデータソースとしては、一定の期間にわたり、地物の存在、位置、形状、性質などについて、測量、観測、調査などが行われている情報でなければならない。広範囲かつ長期的なものとしては、人工衛星画像、空中写真、地図 (旧版地図を含む) がある。これらは、すべて、ある空間において、ある時点を記録した情報 (以下、タイムスライスデータという) である。この記録された情報を利用し、地物ごとに時間軸に沿って整理することで時空間データとして再構築できる。このデータを使用することで、何時、何処が、どのように変化したのかを定量的に把握することが可能となる。ただし、時間精度については、タイムスライスデータであるため、本当にいつ地物が変化したかという情報は、地物に変化する前後の情報取得間隔の精度しかない。

ここで、3種類のデータソースを、時空間データとして見た場合の特徴について整理すると表-1 のようになる。

表-1 時空間データソースとして見た場合の特徴の比較

データソース	データの存在期間	長 所	短 所
衛星画像	・1972年に資源探査衛星であるLandsat 1号が打ち上げられて以降、本格的な観測開始。	・広範囲な地域を含む。 ・情報取得周期が短い。 ・情報量が豊富。 ・デジタルデータとして整備。	・正確な位置情報を取得するためには幾何補正などの前処理が必要となる。 ・判読技術が必要となる。 ・解像度が地図、空中写真に比べて低い。
空中写真	・1946年頃からの空中写真の全国的な撮影が開始。	・数年間隔でのデータ取得。 ・情報量が豊富。 ・ステレオモデルの作成が可能。	・正確な位置情報を取得するためには幾何補正などの前処理が必要となる。 ・判読技術が必要となる。 ・一部を除き、アナログ情報のみしか存在しない。
地 図	・縮尺によって整備年次は変わるが明治時代からの情報が蓄積されている。	・数年間隔でのデータが整備。 ・図式により地物が整理されている。 ・空中写真等から得られない現地調査にもとづく情報も付加されている。	・一部のベクター情報を除き、紙地図として又は画像情報で存在。 ・情報の取捨選択が既に終わっており、情報量が限定されている。

地図では、既に情報の取捨選択・補正が終わっているため情報の取得は容易であるというメリットはあるが、逆に取得できる情報は限定されている。地図では、現地調査、資料収集による情報も含まれているため、空中写真・衛星画像だけではわかりにくい樹木で覆われた道路の存在、幅員（道路の幅）などの情報も取得し記述されている。また、国道番号・行政界・地名・公共施設など空中写真・衛星画像では得られない情報も記述されている。作業の容易さ、データの存在期間の長さから、地図に既にある情報については、可能な限り地図を利用するとよいことがわかる。

## 2.2 旧版地図

地図は、道路・鉄道・空港などの交通施設、海岸・湖沼・河川などの水涯線、植生・土地利用、地形、行政界・地名のほか多くの情報を含んでいる。一定の精度を持ち、現在も継続的に更新されている地図としては、国土地理院の地図がある。全国を対象とした地図の整備開始と全国整備の時期は次のとおりである（国土地理院、1970；国土地理院，2001）。

### (1) 2万5千分1

1891年（明治24年）に開始。1924年（大正13年）まで続けられたが、1949年（昭和24年）まで中止され、1950年（昭和25年）から再開。北方領土及び小さな離島部を除いて全国が整備されたのは1983年（昭和58年）。なお、全面的な写真測量方式への移行は、1960年（昭和35年）以降。

### (2) 5万分1

実質的な整備は、1895年（明治28年）に開始。1924年（大正13年）に全国の整備が完了。

### (3) 20万分1

伊能図を基礎として、1886年（明治19年）より作成された輯製（しゅうせい）20万分1が最初。その後、5万分1を基礎とした20万分1帝国図が1901年（明治34年）より整備開始。1928年（昭和3年）に全国整備。

### (4) 50万分1

戦前から不定期に作成はされていたが、内容的に十分ではなく、現在の「地方図」が計画的に作成され始めたのは、1947年（昭和22）年からである。

そのほか、全国整備ではないが、重要地域（都市部及び防衛上重要な地域）では、明治中期から昭和の初期にかけて、1万分1も整備している（例えば、東京では、1908年（明治41年）～1936年（昭和11年）にかけて整備）。また、近代的測量方法により広範囲な地域を測量した日本で最初の地形図としては、2万分1（迅速図）がある。1880年（明治13年）から1912年（大正元年）までに、62153km<sup>2</sup>、1228面を整備（ただし、グリニッジからの経緯度が標示されたのは、1885年（明治18年）以降）。

## 2.3 旧版地形図を使った研究のレビュー

旧版地図を利用すれば、森林・湿地の消失などの植生変化、海岸線の埋立・浸食、都市化などの土地利用変化、開発・噴火などの地形の変化を把握することができる。

旧版地図を使ったデータ作成・研究はこれまでも行われており、国土地理院の整備した旧版地図の計測による最近の研究には次のようなものがある。

### (1) 湿地

関口ほか（2001）及び山川（1998）は、全国の5万分1の地形図を対象に、明治・大正時代及び現在の2時期の地形図にある湿地（地図上の湿地記号のある地域）の面積を計測・集計し、湿地消失の変遷を調査している。地形図の湿地には境界線がなく、湿地記号から計測基図を作成することになるが、旧版地形図では、湿地記号に幅があるため境界線を書くことが難しいことが報告されている。また、湿地増減の分類には、土地利用の変化による増減、土砂の流入による減少、河川の低下による増加、ダム・河川改修による水位上昇による増加のほかに、増加として「山間地等で明治・大正時代には確認できなかったが、航空測量による地形図作成の方法の変更等で新たに確認されたもの」という分類もあり、地図作成工程の改良による「地物の変化」があることが報告されている。なお、湿地境界の座標値データについては、今後、公開を予定とされている。なお、報告では、旧版地図作成当時使用されていた測量機器の精度についての記述があるが、5万分1の旧版地形図そのものの精度の検証はしていない。

### (2) 海岸線

田中ほか（1993）は、全国5万分1の地形図を対象に、明治・大正時代、1978年（昭和53年）の時点で最新のもの、及び1992年（平成4年）の時点で最新のもの、の3時期の地形図にある海岸線を対象に計測・集計し、浸食・埋め立て、堆積、浚渫（しゅんせつ）及び河口部に分類して海岸線の変化を調査している。基準点又は不動点を基に位置あわせを行い、差分を計測している。河口部については、河川からの排出土砂による季節的・一時的変化が大きいことから計測対象からは除いている（浚渫も除外）。なお、論文には、計測の誤差については言及してあるが、地図そのものの精度についての言及はない。

### (3) 地形

水越・村上（1997）は、1889年に農商務省地質局によって作成された磐梯山・小磐梯崩壊前の5万分1の地形図（当時、当該地域の陸地測量部の地形図は未整備）と1926年の陸地測量部の5万分1地形図の等高線を数値化し、崩壊量を推定している。なお、農商務省地質局による地図は、かなりの歪みがあり、精度が不明であるため、1993年の5万分1の地形図との対応点を求めて水平位置を補正している。また、1926年の地形図も、1918年に行われた地図の座標修正（3.1(4)参照）の影響を検証するため、1993年の地形図の基準点を使って精度を検定し

ている。基準点については、いわゆる地形図の誤差（標準偏差で図上0.7mm）に収まることが報告されている。地形変化がないと考えられるところの標高を比較し、1926年と1993年の地形図の標高差の標準偏差は、12.40mと報告されている。この報告から、旧版地図では、現在、地形図で規定している誤差（等高線間隔20mの1/2のため5万分1では、10m）を越えている可能性が高いことが分かる。

#### (4) 都市化

小池・荒井（2001）は、2万分1の迅速図に記載されている集落描画の情報（面積）を主情報、注記の文字の大きさ、公共施設数などを補正情報として、当時の人口分布を推定する方法を提案している。一部、字単位で残っていた明治時代の人口統計の資料をもとに、人口と地図情報から計測したパラメータの回帰式を求め、17図葉について、一図葉を8×8にメッシュした人口の空間分布を実験的に求めている。地図の表現が図葉によって統一的でないことが問題点とされている。

### 3. 旧版地図を使ったデータの作成

#### 3.1 旧版地図の利用の留意点

2.3のレビュー、実験的にデータの作成を行った結果（星野ほか、2001）及び経験則から、時系列な分析に旧版地図を利用するという観点から留意点をまとめると、次のとおりである。

##### (1) 測量精度

現在の地図は、作業規程により、測量の精度などが規定されているが、旧版地図の測量精度に関する情報は不明である。特に空中写真測量以前のものは、現地測量によるものであるため、局所的には精度が高いことがあっても、広域の精度は現在のものよりは低い可能性が高い。例えば、水越・村上（1997）によると、古い地形図の標高精度が、現在の規程を満たしていないことが分かる。また、関口ほか（2001）によると、航空測量によって新たに確認されたと考えられる湿地が存在するなど、地上測量では完全にくまなく調査することは困難であったことが想像できる。

また、測量精度のわかっている戦後の地図でも、新しく地図を測量して作成（以下、改測という。）するときには、許容誤差内（標準偏差、図上0.7mm以下）で、位置には揺らぎを生じる（例えば、改測前後では、同じ道路も完全に同じラインにならない）。これは、ある縮尺の地図からより小縮尺の地図を新しく編集して作成（以下、編集という）するときの前後の図面でも同様である。ただし、編集して作成した地図は、厳密な位置に関する測量精度の規程はない。より大縮尺の地図を下地にした編集作業であることから、総描・転位がない場合には、測量図と同等程度の許容誤差であろうと想像できる。

##### (2) 地物の図式の一貫性

地図は、不定期に図式が変更になっている。このため、

例えば、植生、道路の幅員、表記する公共施設などの分類が一定していない。特に、戦前は軍事地図としての性格が強いため、これらに関連する施設・植生の分類などが詳しい。時空間データを作成するときには、当該地物の表記の有無、基準の変更などについて確認・考察する必要がある。

なお、地形図の図式の変遷については、地図センター（1994）に詳しくまとめられている。

##### (3) 総描・転位

地図では、例えば、市街地の建物をすべて個別に描画できないため面的にまとめて表現するなど、総描が行われる。小縮尺図においてその傾向は顕著である。総描の基準は、「恒久性のある道路はすべて表示の対象とするが、とくに道路の発達した地域において比較的要度の低いと認められるものは省略することができる」のように曖昧さをかなり含んでいるため、その地図を作成した技術者の主観にかなり依存することになる。特に、改測・編集の地図を基にした修正作業では、新たな取捨選択の対象は、変化部分に限定されるが、新たに地図を全面的に作り直す改測・編集作業では、技術者の地物の取捨選択の判断のゆらぎにより、実際の地物の変化が無くても、存在はしていたが描画されていなかった地物が新しく描画されたり、引き続き存在する地物が描画されなかったりすることがある。

転位とは、例えば、道路と河川が並行して存在し、そのままの正しい位置で紙の地図に特定の縮尺に表現すると記号が重なりあうため、わざと位置をずらして描画する行為をいう。地図から数値化する空間データの作成では、不要な精度の低下として問題点とされることがある。時系列情報という観点からは、地物属性の変化による転位の問題がある。例えば、1条線の道路記号の場合は転位が必要なかったが、拡幅されて2条線の道路記号になったために転位された場合、地図だけからは、実際に位置の変化が転位によるものか、位置の変更はなく単なる属性の変化によるものかは厳密には区別できない。

##### (4) 座標系・投影法の変更

2001年4月1日より、日本の測量の基準は、日本測地系から世界測地系になった。今後、これらの前後に作成された地図を時系列で数値化する場合は、これに注意しなければならない。同様に、1918年（大正7年）10月7日の東京天文台の経度改訂（+10秒4050）にともない、1919年4月以降の地形図の経度（図郭線の表記）も10秒4改訂になっているので、これ以前に発行された地図を利用するときには注意が必要である（1918年10月以降かつ1919年4月以前の極短い期間のものには、誤算により+10秒8となっているものもある）。

また、一部の離島については、個別の天文観測により測量の基準が定められていたものもあり、その後、測量技術の進歩で位置の基準が修正されているものがある。

そのほか、2万5千分1から20万分1の地図の図法は、

1955年以前は多面体図法だったが、昭和30年以降UTMに改められている。ただし、改測・編集があったものからUTMに変更になっているため、20万分1の一部には未だに多面体図法のものも残っている。

(5) 修正

修正でも、部分修正（変化部分の一部のみを修正すること）、要部修正（鉄道、道路、埋め立て地など、大きな変化ではあるが面積的には狭い範囲を修正すること）などの場合は、大きな改変があった地物についてのみ修正が行われたものであるため、時系列情報の取得には、限定的にしか利用できない。

(6) その他

1939年（昭和14年）以降から1945年（昭和20年）までに印刷された地図には、軍機保護のために地図上に虚偽の記載があるものがある（戦時改測という）。例えば、重要施設の注記が抹消されていたり、飛行場、工場、発電所、貯水池の存在自体が抹消されて荒地地などになっていたりすることがある。なお、戦時改測の有無は、地図の定価の金額が括弧書の有無で判断できるものもある（国土地理院, 2001）。

そのほか、地図作成時の誤りもある。前後の旧版地図との比較などから誤りであることが断定できない限り、時系列上の分析からは変化と見なされることになる。

3.2 時空間データの管理手法

旧版地図を使って、時空間データセットを整備する最も単純な方法は、図-1のように、図面ごと・測量年ごとのタイムスライスデータとして整備する方法である。ただし、この方法では、例えば、図-1の時刻（測量年） $t_i$ のAの地物のように、時刻 $t_{i+1}$ 、 $t_{i+2}$ 及び $t_{i+3}$ でも同じ

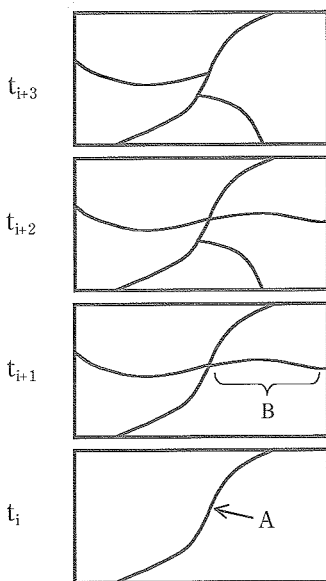


図-1 タイムスライスデータ

データをもつことになり、データ量が大きくなる。

データの重複を避けるには、基準とする測量年 $t_i$ の全データと、 $t_i$ と $t_{i+1}$ のデータの差分データ、 $t_{i+1}$ と $t_{i+2}$ の差分データなど、基準時刻の全データと変化データからなるデータセットを整備する方法がある。この場合、重複するデータはなくなるため、データ量は小さくなる。

ただし、基準となる地図を基に地図が修正されているときは、地物の変化箇所の抽出は比較的容易であるが、改測・編集など新しく地図を作り直すときは、測量精度、取捨選択基準の作成者による揺らぎなどにより、地物の変化箇所の抽出、つまり差分データの計測は容易ではない。例えば、図-2のような場合には、Cの地物だけを抽出して差分データとして計測しなければならない。

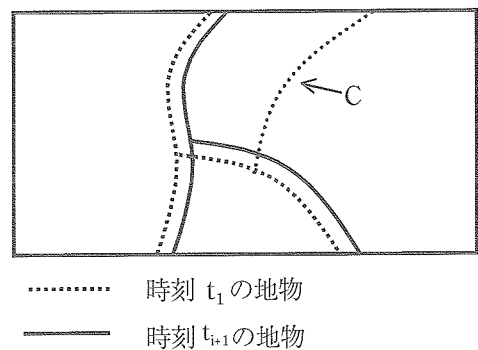
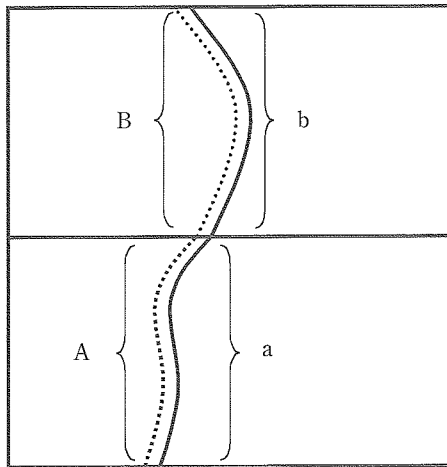


図-2 二つの時刻の地物の差分  
(二つの時刻（測量年）で変化のない地物でも、測量・計測誤差などで位置は完全に一致しない。実際の差分はCだけである。)

しかしながら、時空間データの分析では、複数の時刻間における地物の変化を抽出することが1つの重要な点であり、差分データとしてデータを整備するというのは、この抽出作業を事前しておくことと同じことになる。また、複数の図葉を扱う場合、図-3のように、改測・修正などを挟んだ地図の修正時に、実際の地物の変化が無くても、測量精度の影響で、同じラインにならないことがある。この場合、時刻 $t_i$ ・ $t_j$ 間及び時刻 $t_k$ ・ $t_l$ 間では、それぞれ点線及び実線で地物は接合するが、時刻 $t_j$ ・ $t_k$ 間では接合しない。差分データ方式にしておけば、図-3のような場合は、差分は計測されず変化無しとして扱うので、接合は常に取れることになる。したがって、図葉や時間を越えて分析をするような場合は、差分データ方式の方がよい。

差分データ方式で、時空間データセットを整備するときは、図-4のように、地物単位に発生・消滅の時間属性を付与する手法を採るとデータの作成・管理が容易になる。この方式は、畑山ほか（1999）及び大沢・長島（2001）らの時空間情報システムで採用されており、地物の生存期間を、発生開始：SS、発生確定：SE、消滅開始：ES、消滅確定：EEの4つの要素により時間管理



A:時刻  $t_i$  の地物 B:時刻  $t_j$  の地物  
 a:時刻  $t_k$  の地物 b:時刻  $t_l$  の地物  
 ただし、 $t_i < t_j < t_k < t_l$

図-3 二つの時刻の図葉間を跨ぐ地物  
 (Aとa, Bとbは、同じ地物でも測量・計測誤差などの影響で一致しない。したがって、単純なタイムスライスとして管理したデータは、地物に変化がなくても接合しないことがある。)

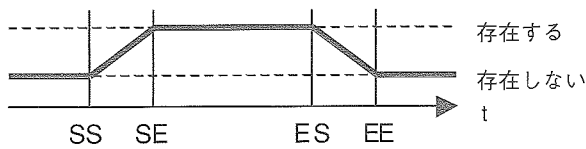


図-4 旧版地図の地物の時間管理

している。例えば、建築中の建物は、建築中にSS-SE、解体中にES-EEを使って表わすことができる。また、地物の発生・消滅に時間的曖昧さのあるものもこれによって表わすことができる。これを旧版地図からの地物の数値化に当てはめると、2時期の更新の間に実際の地物の変化が起きているので、次のようになる。ある図葉内のある地物について、1~N回目の更新(改測又は編集、修正)が行われたとする。着目している地物が、n回目の更新で初めて地図に存在し、m回目の更新で地図から存在しなくなったとする。k回目の更新のときの測量年を $f(k)$ とすると、発生消滅の属性は、それぞれ、 $SS=f(n-1)$ 、 $SE=f(n)$ 、 $ES=f(m-1)$ 、 $EE=f(m)$ となる。例えば、図-1のBのアーチは、 $f(i)=t_i$ とすると、 $SS=t_i$ 、 $SE=t_{i+1}$ 、 $ES=t_{i+2}$ 、 $EE=t_{i+3}$ となる。なお、地物の形状が変化した場合も、元の地物は消滅し、新たに形状が変化した地物が発生したものとして扱う。

データ作成は、作業量は多くなるが個別に図面を計測するタイムスライス方式の方が独立して作業できるため容易である。したがって、2.3(1)のように、ある時期

と別の時期で、集計された統計量の比較を行うような場合には、タイムスライス方式を採用した方がよい。一方、地物の変化を分析したり、任意の時間でネットワーク構造を復元するような場合は、データ作成は大変でも差分データ方式を採用した方がよいと考えられる。

### 3.3 旧版地図を利用した差分データ作成

ここでは、差分データの作成方法について考察する。差分データの作成には、次の二つの方法がある。

#### (1-1) 差分を直接計測する方法

発生・消滅が明瞭な人工の地物の場合には、重ね合わせた二時期の地図から、目視により差分箇所を抽出し、地物発生時には新たに計測し、消滅時には消滅の属性を付与する方法が効率的であると考えられる。

#### (1-2) タイムスライスデータを一旦作成してから差分を抽出する方法

海岸線のような自然地物の場合、地図更新前後の変化が埋め立てなどの人工改変のときは、発生・消滅が明瞭となり、(1-1)が適用できるが、海岸浸食のような自然の変化のときは、測量の誤差かどうか区別が付きにくく、(1-1)のように差分を直接計測するのは不向きである。このような場合は、タイムスライスデータとして一旦整備し、適当な基準を当てはめて差分を抽出する方法が効率的であると考えられる。

旧版地図を使って差分データを作成する場合、次の点に特に留意する必要がある。

#### (2-1) 絵描・転位

中・小縮尺図の場合、地図は記号で表される。このため、3.1(3)の道路の例で述べたように、地図以外の補足資料がない限り、最終的には人間の目視で判断するしか方法はない。また、作成者による取捨選択の揺らぎは、データの信頼性を低下させるが、これについては基本的に避ける方法がない。

#### (2-2) 地図の精度

(1-2)を適用する場合、現在の地図であれば、変化抽出手法として、地図の許容誤差(標準偏差図上0.7mm)を考慮して、特定の値以上の差が検出できれば、変化があるとみなし、それ未満であれば、変化なしとみなす方法が考えられるが、古い地図では誤差が不明であるため、現在の地図のような明確な閾値(しきいち)を使うことはできない。また、図-5のように、時間とともに漸次変化する地物の差分の定義などには、難しい問題を含んでいる。図-5(a)のように、測量精度に従属する範囲内で二時期の海岸線で変化があっても、本当に(a)のような変化があるのか、実は(b)のように補正して差分を求めるべきか判断が困難である。

このため、データの利用にあたっては、データソースの情報とともにデータの作成手法及び品質について情報を付けることが重要である。また、すべての地物について、測量精度の関係上、可能であれば、写真測量によって作

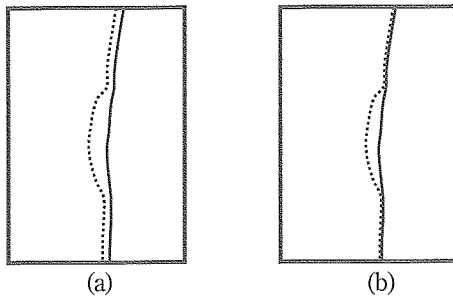


図-5 海岸線の差分データの抽出

((a) は2時期の地図から計測した新旧の海岸線。(b) は、2時期の海岸線を揃えるように平行移動。)

成された1960年以降の2万5千分1又はそれから編集された地図を、差分抽出の基準とすべきである。

以上を踏まえて、地物ごとの差分抽出方法を整理すると以下のとおりである。

### (3-1) 交通網

道路・鉄道のような人工の地物の場合、地物の発生・消滅は、明瞭である。また、一旦整備されたものが廃止されることは少ない。このため、道路では、現在の道路網を基準として、連続する二時期の地図を目視により参照し、道路の発生時期を調べることによって差分データを作成することができる(詳細は、4.を参照)。記号道路が意味する幅員は、同じ記号であっても時代によって変わることがある。これについては、おおむね同じ幅員の道路記号にマッピングして、変化を求めざるを得ない。鉄道は、近年は廃止されたものが多いため、国鉄がJRになる直前のものを基準にしたほうが効率的であろう。

### (3-2) 水涯線

水涯線の場合、上記(2-2)で述べた理由から、改測・編集時には、差分を求めることは難しい。また、単なる差分を求めることは可能であるが、自然による変化は漸次変わるものであることから、改測・編集時に図葉を越えた接合を確保することは極めて難しい。また、内陸の水涯線は、調査時の水位に依存する。これらのことから、人工改変のような変化が明瞭な場合以外、水涯線の差分を求めることは困難であり、その取り扱いについては、今後の研究課題である。参考までに、図-6を示す。

### (3-3) 土地利用

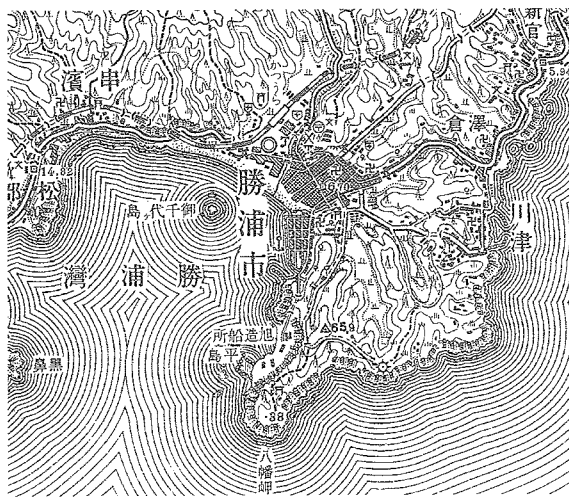
土地利用は、明瞭な境界線をもつ植生は比較的地物が小さく位置誤差の影響を受けやすいこと、明瞭な境界線をもたない植生も多いこと、近年の植生は厳密に更新されていない、都市部の表現は主観によるところが大きいことなどから、集計量の差を求めることはできても、地物単位の差分によるデータ取得にはなじみにくいと考えられる。

### (3-4) 資料調査によるもの

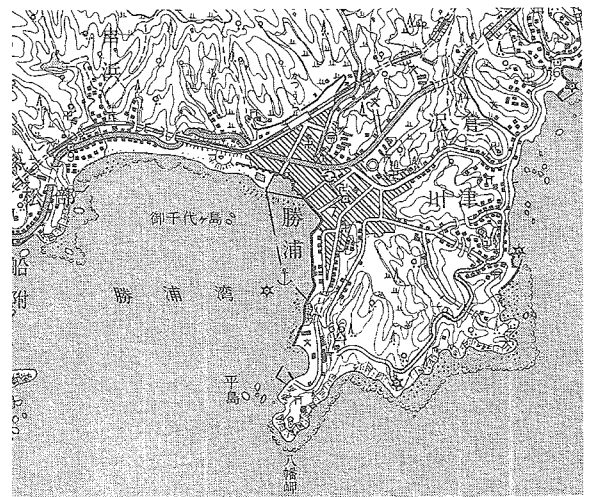
行政界などは、人為的な境界であるため、旧版地図同士の差分を取ることは無意味であることに気を付ける必要がある。行政界については、官報、市町村の資料などの補助資料を利用して、変化部分の当たりを付けて計測することが望ましい。

### (3-5) 地形

改測・編集を跨ぐ場合は、等高線の形状はかなり変わるので、そのまま扱うのは無理である。水越・村上(1997)のようにDEMにしてから差分を求めることは可能であるが、古い地図ほど誤差も大きいと考えられるため、かなり大きな地形の変化のみ意味のある変化として抽出することができる。



(a) 1952年(昭和27年)応急修正



(b) 1963年(昭和38年)測量

図-6 5万分1の地形図「勝浦」の一部  
(海岸線の形状がかなり異なる)

#### 4. 道路ネットワークを対象にした時空間データセットの試作

##### 4.1 道路の差分データの作成の考え方

道路データについて、3.3 (3-1)を適用し、旧版地図を用いて、具体的な時間属性付与の実装方法を含め、道路ネットワークデータを試作した。廃止される道路は少ないという特性を考慮し、20万分1の地図を利用して、

- ① 最新の道路ネットワークのデータを作成
- ② そのデータを変化の基準データとして、新しい旧版地図から時間的に遡って順次比較し、道路が存在しなくなった時点で、その道路データ（アーク）に消滅年次の属性を付与するという簡便法を用いてデータを作成した。ただし、
- ③ 現在は存在しないが、過去には存在した道路（以下、廃止道路という）もいくらかは存在しているため、道路ネットワーク構造を大きく変えるような廃止道路のデータは新たに計測して取得することとした。このような方法を採用することによって、差分情報の抽出は、現在の道路データのアーク単位に消滅の時間属性を付与するということが作業の大部分となり、旧版地形図上で位置を計測するという手間のかかる作業を最小限に留めることが可能となる。

なお、多くの道路は、実際には長期間に改修などで、形状・位置が同じものは少ないが、20万1の地図（仮に図上精度0.7mmとして、標準偏差140m）という縮尺の地図を使うことによって、道路ネットワークには影響しない、小さな位置・形状の変化のゆらぎを無視できる。一方で、小縮尺図は作成者による取捨選択のゆらぎの影響を受ける可能性は高くなる。

##### 4.2 道路ネットワークデータの概要

###### (1) データソース

最新の道路ネットワークは、20万分の1の地勢図から道路種別など属性を付与して数値化し、補助的な資料から2001年で更新したデータを利用した（山本・市木、2001）。

時間的な属性付与には、国土地理院の20万分1の地勢図及び陸地測量部作成の20万分1の帝国図（それより古いものもあるが、伊能図からの編集図であるため利用しない）を用いる。また、道路ネットワークが対象なので、鉄道だけが修正された図面は対象外としている。

対象とする道路は、自動車が通行可能な道路に限定している。これは、道路記号では2条線で表現されているものにあたる。このため、1条線の道路が存在しても、道路は存在しないこととして扱う。また、時間を遡って、地図記号で2条線の道路が、1条線の道路になったときには、道路は消滅したこととして扱っている。なお、2条線の道路記号の対象は、1987年に道路幅員が2.5m以上から3.0m以上に変更となっているが、ここでは同じ2条線の道路として扱い区別をしていない。

###### (2) 空間的範囲

作業量の関係から今回は、名古屋より東の本州（島嶼部を除く）に限定している。対象とした42図葉の20万分1の図葉名を表-2に示す。

表-2 データを作成した図葉名と旧版図面数

20万分1地勢図名	旧版地勢図面数	20万分1地勢図名	旧版地勢図面数
尻屋崎	8	日光	10
函館	9	高田	9
野辺地	8	富山	12
青森	11	七尾	11
八戸	11	水戸	11
弘前	9	宇都宮	13
深浦	7	長野	11
盛岡	9	高山	12
秋田	9	金沢	13
男鹿	7	千葉	14
一関	8	東京	13
新庄	8	甲府	11
酒田	9	飯田	11
石巻	10	岐阜	11
仙台	11	大多喜	12
村上	9	横須賀	12
福島	10	静岡	10
新潟	10	豊橋	10
長岡	9	名古屋	14
輪島	10	御前崎	9
白河	11	伊良湖岬	8
		計	430

###### (3) 時間的範囲

図葉によって異なるが、数値化の対象地域の図葉内で最も古いものは、1905年（明治38年）である。また、対象図葉内の最も古いもので、一番新しい（つまり、全図葉のデータが揃う）のは、1925年（大正14年）である。図の更新は、多少のバラツキはあるが、第2次世界大戦の前後の時期を除き概ね、10年程度で1回は更新されている（図葉ごとの更新回数は表-2のとおり）。変化抽出には、全部で430面を使用した。なお、前述のとおり、地図の最終修正が1990年代であっても、2001年にあわせてデータを更新したものを使用している。

###### (4) 属性

属性には、表-3のような国道、高速道路などの道路種別、4車線、2車線などの幅員、国道番号、道路名称、道路の発生・消滅の時間がある（発生・消滅の考え方は、4.3参照）。

なお、発生・消滅などの時間属性を除き、属性は、最新のデータでの属性である。廃止道路の場合は、時間属性以外の属性は原則として取得していないため不定となる。

表-3 属性内容一覧

属性種別	属性
道路種別	一般道, 国道, 有料道路, 高速道路, 有料国道, 廃止道路
幅員	4車線以上, 2車線, 1車線
国道番号	国道番号
道路名称	有料道路などの名称
発生開始	測量年(SS)
発生確定	測量年(SE)
消滅開始	測量年(ES): 廃止道路のみに付与
消滅確定	測量年(EE): 廃止道路のみに付与

#### 4.3 時間属性の付与の考え方

3.2で説明したように、道路アークごとに、発生開始：SS、発生確定：SE、消滅開始：ES、消滅確定：EEの時間属性を付与した。実際の作成作業では、最新のデータの道路データから消滅の有無を確認していくため、時間的には遡りながら旧版地図と比較して時間属性の付与を行う。また、旧版地図上で新たに見つかった廃止道路を除き、ES、EEは存在しない（つまり、ほとんどの道路は、消滅属性をもたない）。なお、当初から存在している道路は、 $SE=f(1)$ となり、SSは不定となるが、データでは仮の値として $SS=1800$ とした。

#### 4.4 データの形式

データの形式は、便宜的にESRI社製GISソフトウェアで使用されているもの同一の形式(shapeファイル形式)を使用した。地物単位に時間属性を付与していることから位相構造算出型の時空間情報システムに対応したフォーマットへの変換が容易になっている。このため、一般のGISでは、時間属性を固定してデータセットを抽出し、GISの機能を使ってトポロジーを生成することによりタイムスライスのデータとして利用することができる。位相構造算出型をサポートする時空間情報システムでは、データを専用のフォーマットに変換して取り込むことによりダイナミックに任意の時点のデータセットを生成し、分析に利用することができる。

#### 5. 道路ネットワークを対象にした時空間データの応用例

図-7に20万分1の「静岡」の道路網の変化を示す。これらの時空間データを利用すると、図葉単位の時間精度は地図の修正周期に依存はするが、年単位の任意の時刻を指定して複数の図葉から成る道路ネットワークを復元することができる。1925年、1950年、1975年及び2000年の道路ネットワークを復元して分析した例を示す。

#### (1) 道路延長に関する集計

道路の整備状況の変化を図-8に、道路総延長の変化を図-9に示す。ほぼ25年ごと3000kmずつ増加していることがわかる。ただし、20万分1に記載された道路であるため、必要に応じて道路が取捨選択されており、実際の道路延長はもっと長い。このデータを使ってより精緻な延長を求めるには、例えば、同時期の2万5千分1などの道路データと比較し、補正係数を求めることなどが考えられる。

なお、新たに計測した廃止道路は、2001年の道路ネットワークの総延長の8.2%に当たり、開発などで廃止された道路もかなり存在している。

#### (2) 時間距離の変化

道路ネットワークの最短時間解析をすることにより、図-10、11のような時間距離地図を作成することができる。これらの図は、日本橋付近及び新潟市中心部までの時間距離を、一般道・40km/h、有料道路・60km/h、高速道路80km/hで一律に計算して求めたものである。したがって、都市部の道路の渋滞・混雑などの情報、山岳部での走行スピードの低下、一般道の車線幅の違いなどは考慮されていない。より精緻な分析をするためには、外部条件の設定や標高などの諸情報を追加する必要がある。

#### 6. 考察

応用例で示したとおり、20万分1の旧版地図を用いた道路ネットワークの時空間データは、日本国土の長期的な変化を分析するには有効なことが分かる。しかし、このデータ作成・利用には、次のような種々の問題もある。

- ・道路ネットワーク構造を大きく変えるような廃止道路のデータは新たに計測して取得することとしたが、厳密な基準を作ることが困難であったため、人の目を見た定性的な判断となっており、必ずしも一貫性がない。

- ・また、廃止道路の計測は、旧版地図に存在する厳密な位置より道路ネットワークの連続性を優先して数値化することとしたが、実際のはめ込み方は作業者の判断にゆだねており、明確な基準を作成していない。

- ・基本的に、現在の道路ネットワークを基準として、道路アーク単位に時間を遡って、存在・廃止の属性を付与したため、古い年代のデータでは誤りが累積し、ネットワークが切れているところがある。

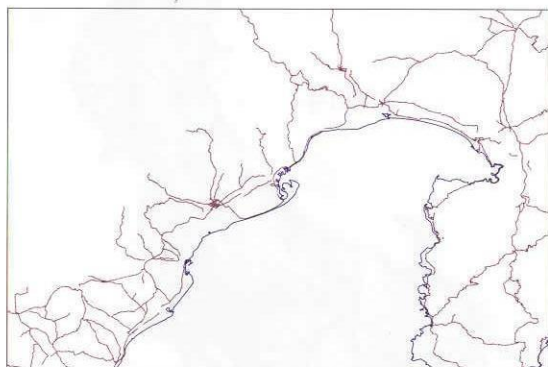
- ・取捨選択の基準が地図の作成者によって変わるため、特に新たに地図を編集する前後では、実際の道路の廃止・存在を反映しない「変化」が抽出されることがある。このため、廃止・存在の判断が正しくできないことがある。また、時間を遡ると一旦地図上に記載されなくなった同じ道路と思われる道路が再び記載されることもある。



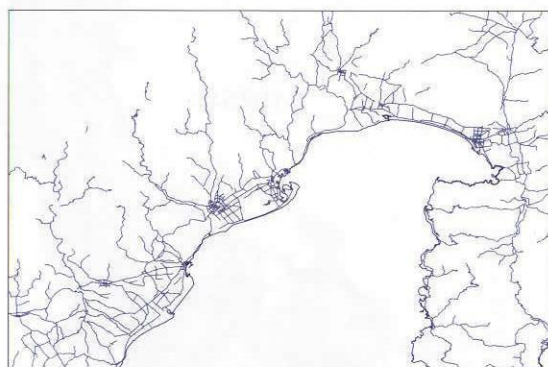
(a-1) 1918年(大正7年)修正20万分1帝国図の一部



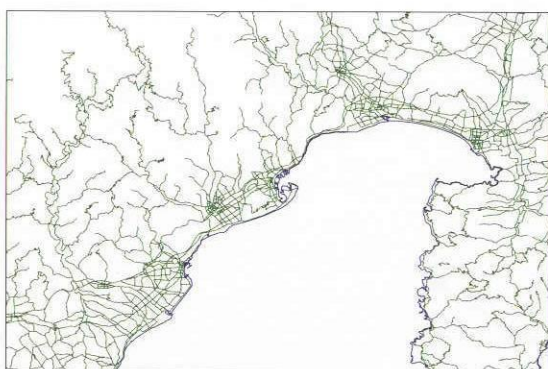
(a-2) 1997年(平成9年)要部修正20万分1地勢図の一部



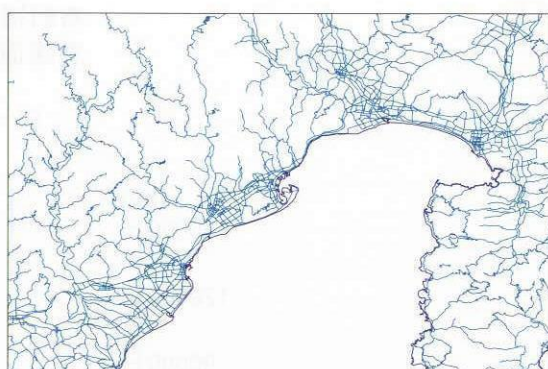
(b-1) 1918年



(b-2) 1953年



(b-3) 1980年



(b-4) 1997年

図-7 20万分の1「静岡」の道路網の変化

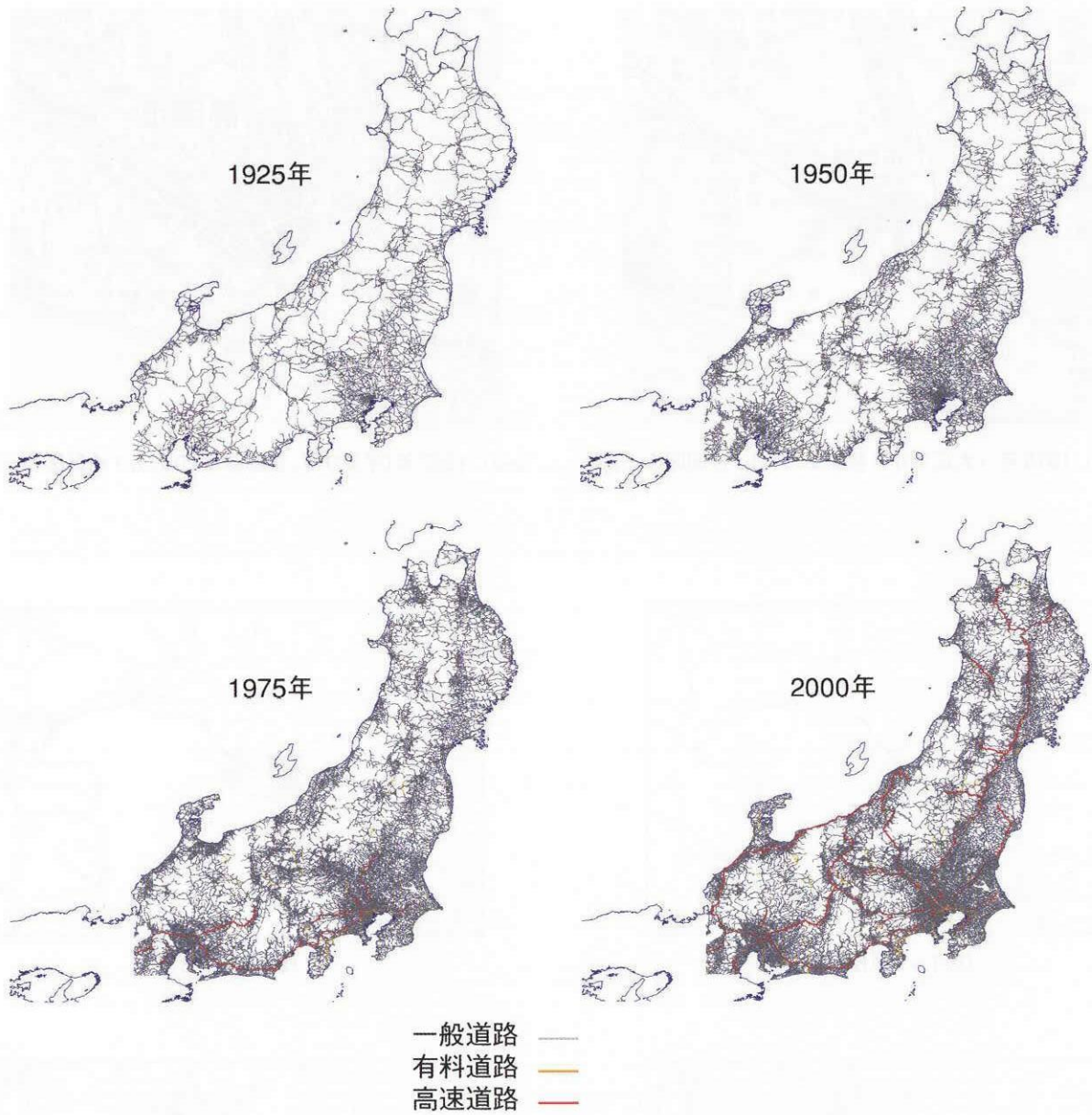


図-8 道路網の整備

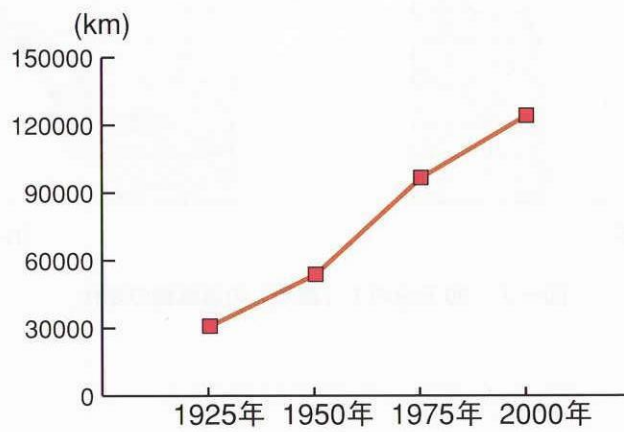
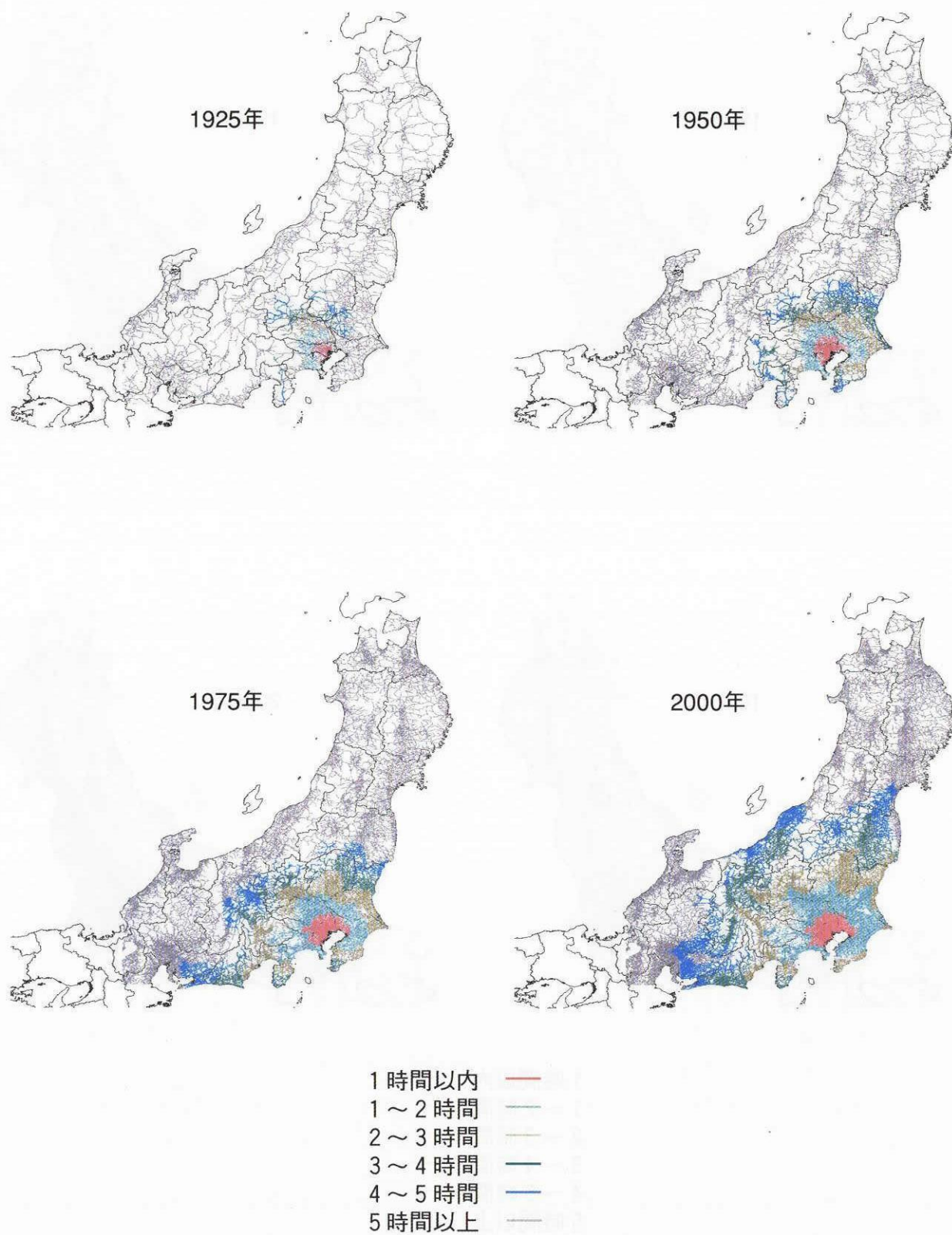
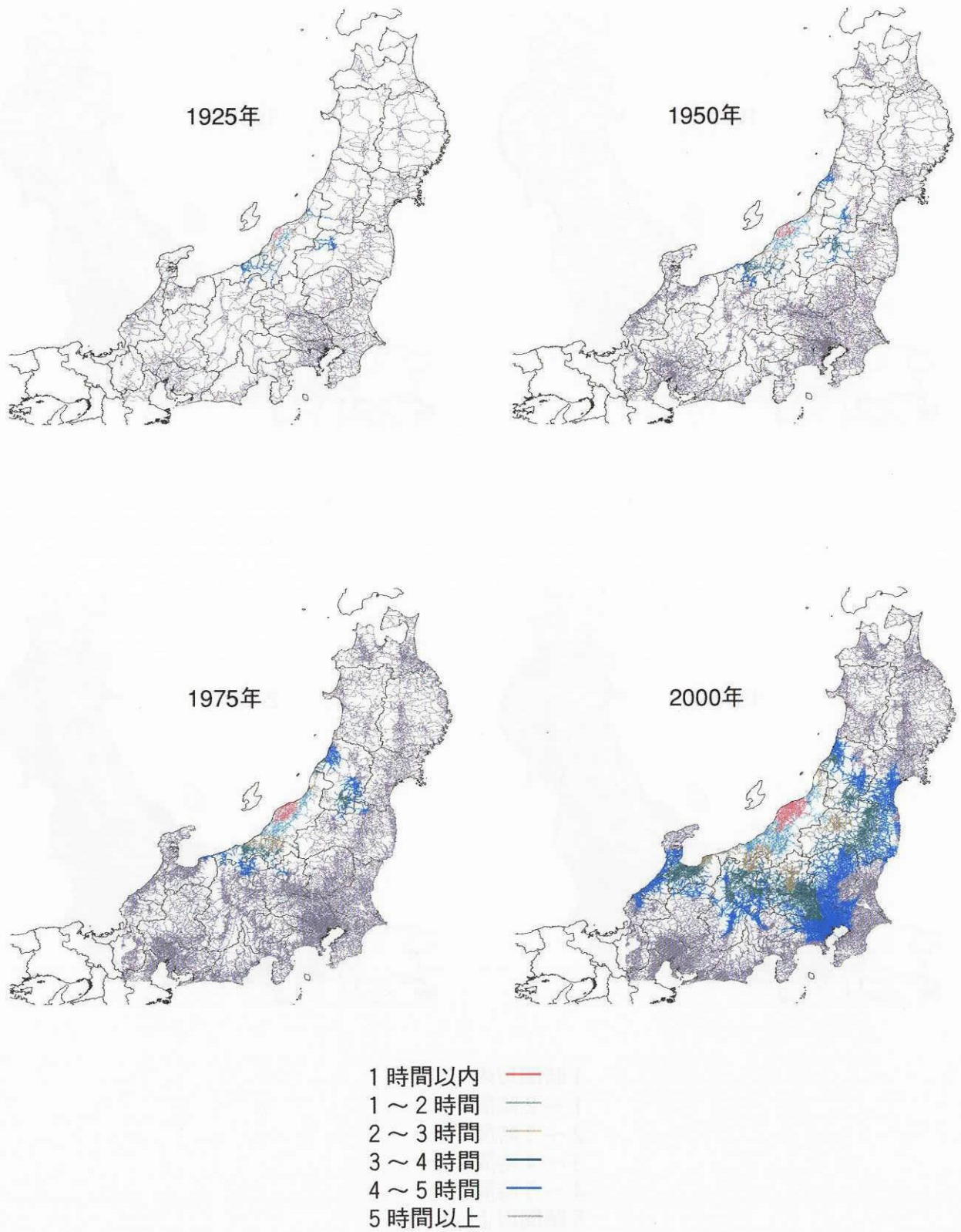


図-9 道路総延長距離の変化



図一10 東京都心からの所要時間の変化



図一11 新潟からの所要時間の変化

・図葉単位のデータであるため図-12のように、修正時期が異なる図葉では、復元する時間のタイミングによって道路ネットワークに不整合が生じることがある（ただし、これは時空間データだけではなく、一般に複数図葉の地図からデータを作成する場合には避けられない問題である）。

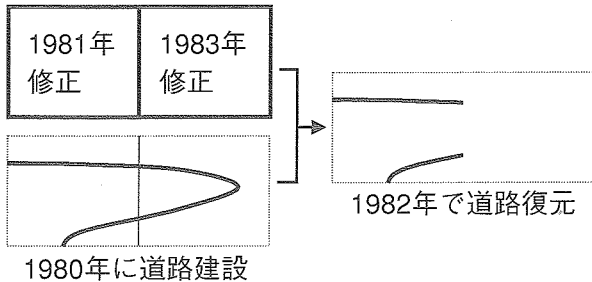


図-12 修正時期の違いによる図葉間の接合

（1980年に建設された道路は、実際には図葉ごとに修正されたときの発生時間属性を持つため、復元するタイミングによっては、道路ネットワークは接続しないことがある）

これらのデータの品質を向上させるためには、次のような対応が考えられる。

- ・道路ネットワークが変化したとする、より明確な作業方法の指定、判断基準の作成及び廃止道路の取得基準の作成（特にディスプレイ上にネットワークを表示して確認しながら道路を削除・追加していけば、ネットワークが不用意に切れることは少なくなると考えられる）。
- ・補助的な情報の利用（高速道路の開通、国道の供用開始、指定区間替え等の情報）による一部重要な道路についての時間精度の向上。
- ・道路幅員・種別の属性は、2001年の時点のものとし、属性の変化は扱っていない（したがって、高速道路のない1950年当時で復元しても高速道路の属性のものもある）。

る）。しかし、地図からは幅員・種別の変化情報はある程度取得することは可能であり、これらを利用する。

## 7. おわりに

旧版地図を使った時空間データ作成の留意点をまとめるとともに、実際に約100年間の20万分1の旧版地図を使って、道路ネットワークの時空間データセットを試作した。測量年の区間でしか時間精度をもたないこと、図葉ごとに修正年次が異なるため、図葉間不整合は避けられず、ネットワークの復元を完全に行うことはできないことなどから、完全な時空間データとはいえないが、大局的な分析には十分用いることができることを示した。古い地図の測量精度、図式の変化、取捨選択基準の曖昧さ・個人差などから、精緻に変化を求めることは困難であり、旧版地図を使ったデータ作成・分析ではある程度の割り切りは避けられないことを認識しておくことも大事である。

今回は、最も簡単な地物である道路ネットワークを対象としたが、今後、道路以外の他の地物についても、差分情報の取得手法などの研究が必要である。このためには、旧版地図の品質・精度についての検証も不可欠である。

国土地理院では、地形図の修正は、定期的な図葉単位の修正ではなく、地物を単位とした常時修正が導入されることとなっている。これにともないデータは、現在を起点とした時空間データとして整備・蓄積されることになる。一方、旧版地形図をうまく活用すれば、現在から過去の時空間データを作成することができる。さらに、例えば、インフラの整備計画などのデータを作成すれば、未来も含めた時空間分析が可能となる。

なお、旧版地図は、国土地理院から謄抄本交付として、複製を入手することができる。図歴（過去の測量・修正年次など）についても、国土地理院のホームページから調べることができる。旧版地図は、国土の変貌を正確に記録した貴重な資産であり、その有効な活用が望まれる。

## 参考文献

- 大沢 裕・長島 敦（2001）：トポロジー暗示型時空間情報システム：STIMS，第12回機能図形情報シンポジウム講演文集，27-36.
- 大野裕幸・水田良幸・中南清晃・石井 武（2002）：新地形図情報システム（NTIS）について，国土地理院時報，No.98，71-86.
- 小池司朗・荒井良雄（2001）：明治地形図からのメッシュ人口データ推定，GIS-理論と応用，Vol.9，No.1，1-8.
- 国土地理院（1970）：測量・地図百年史，測量・地図百年史編集委員会.
- 国土地理院（2001）：地図部のあゆみ，国土地理院技術資料E1-No.264.
- 関口辰夫・石井 武・関口民雄（2001）：全国の湿地面積の変遷，国土地理院技術資料D5-No.18（地理調査部技術ノート第18号），86-94. (<http://www1.gsi.go.jp/ch2www/marsh/index.html>に同様の報告あり)
- 田中茂信・小荒井衛・深沢 満（1993）：地形図の比較による全国の海岸線変化，海岸工学論文集，第40巻（1），

416-420.

日本地図センター (1994) : 地図記号のうつりかわり - 地形図図式・記号の変遷 -, 日本地図センター.

畑山満則・松野文俊・角本 繁・亀田弘行 (1999) : 時空間情報システム DiMSIS の開発, GIS-理論と応用, Vol.7, No.2, 25-33.

星野秀和・明野和彦・石山信郎・小清水寛 (2001) : 空間情報と時系列情報の統合化に関する研究開発, 国土地理院技術資料 E3-No.8 (地図部技術報告第8号), 26-29.

水越博子・村上広史 (1997) : 「磐梯山之図」を用いた小磐梯崩壊前後高度差分量の推定, 地形, 第18巻, 第1号, 21-36.

山川 修 (1998) : 北海道の湿地編成調査報告書, 国土地理院技術資料 D5-No.15 (地理調査部技術ノート第15号), 59-67.

山本洋一・市木文康 (2001) : 20万レベルベクトルデータ(道路・鉄道・水系)の整備について, 国土地理院技術資料 E3-No.8 (地図部技術報告第8号), 30-31.

# JICA 集団研修における PCM 手法の導入

## Introduction of Project Cycle Management Method to JICA Group Training at GSI

企画部 川本清美・坂部真一  
Planning Department Kiyomi KAWAMOTO, Shinichi SAKABE

### 要 旨

国土地理院で実施している JICA 集団研修「国家測量事業計画・管理コース」には、多くの被援助国から管理職級の測量技術者が参加している。現在、多くの JICA プロジェクトでは、プロジェクト目標決定、活動内容の決定、評価の際に PCM (Project Cycle Management) 手法が用いられることが多い。そこで、本研修に PCM 手法を修得するカリキュラムを導入し、研修員が直面している測量事業の問題点についてワークショップを行った。PCM ワークショップの概要と効果について述べる。

### 1. はじめに

近年、JICA の開発援助プロジェクトでは、計画・実施・評価の一連のサイクルに対して PCM (Project Cycle Management) 手法を用いることが多い。国土地理院は、1994 年から JICA プロジェクト方式技術協力で行われたケニア測量地図学院 (KISM) プロジェクトに支援を行ってきた。このプロジェクトのプロジェクト目標決定、活動計画にも PCM 手法が用いられ、評価もこれに沿ってなされている。

こういった状況をうけて、H12 年度より国土地理院で行われている、JICA 集団研修「国家測量事業計画・管理コース」カリキュラムにも PCM を組み入れてきた。H12 年度コースにおいては、3 日間外部講師を招いて PCM のしくみ、手法を学ぶ機会を設けたところ、研修員からは、帰国後活用できるとの感想が多くでた。ただし外部講師による講義は一般的な社会問題のテーマで行われたため、ワークショップでは一般的な意見しか出なかった。そこで本年は、2002.3.4～2002.3.6 に 3 日間の外部講師による PCM 手法の講義を行った後、研修コース目的「国家事業としての測量・地図作成全般について計画及び管理を行う資質・能力を備えた中核的人材を養成する。」に即したテーマで、より実践的に PCM 手法の理解を深めるカリキュラムを 5 日間設けた。カリキュラムの実施にあたっては、教材の作成、ワークショップの開催、評価まで企画部国際交流室主催で行った。

### 2. 目 的

このカリキュラム導入の目的は、研修員が「計画・立案の 1 つのツールとしての PCM 手法の理解を深め、自

国の測量・地図事業の改善、効率化に役立てる。」ことにある。

### 3. PCM とは

PCM 手法とは、開発援助プロジェクトの計画立案・実施・評価という一連のサイクルを「プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)」と呼ばれるプロジェクト概要表を用いて運営管理する手法である<sup>1)</sup>。PDM には、プロジェクトの構成要素である「目標」、「活動」、「投入」や、プロジェクトを取り巻く「外部条件」の論理的な相関関係が示されている<sup>2)</sup>。PCM 手法には、PDM を中心とした参加型計画手法とモニタリング・評価手法の 2 手法があるが、このカリキュラムでは、参加型計画手法を用いることとした。

参加型計画手法は、論理的なワークショップ形式であり、援助側、被援助側といった、関係者の意見が平等に取り上げられ、関係者が計画作成に参加できる特徴がある。ワークショップでは、参加者それぞれにアイデアを書くためのカードが配られ、参加者は無記名でそのカードにアイデアを書く。それらのカードは、ボードにはりつけられ、参加者のコンセンサスを得てグループ化され、とりまとめられていく。

また PCM には、ステップがあり、順を追って論理を組み立てられるようになっている。以下に簡単にステップを紹介する。

#### 3.1 関係者分析

援助の対象となる地域や周辺に住む人々、関連するグループ、係る組織・機関の分析を通して、その地域の課題、問題、現状を把握する<sup>1)</sup>。

#### 3.2 問題分析

対象地域・分野に現存する問題を「原因—結果」の関係で整理し、分かり易いように系図として視覚的に表示する分析作業<sup>1)</sup>。分析は中心問題の設定から始め、系図下方に中心問題の原因となる事項 (直接原因) を、上方に中心問題に伴って発生する結果 (直接結果) を発展させていく。

### 3.3 目的分析

問題が解決された望ましい状態とそれを導くための手段について「手段—目的」の関係を明かにし、問題分析と同じく系図の形で整理する作業<sup>1)</sup>。中心目的の下方に直接手段を、上方に直接目的を発展させていく。

### 3.4 プロジェクトの選択

目的分析で挙げられた目的と手段から、問題の解決が可能であり、また解決によるメリットが大きい事項を中心に、具体的なプロジェクトの戦略を選択する作業である。

### 3.5 PDMの作成

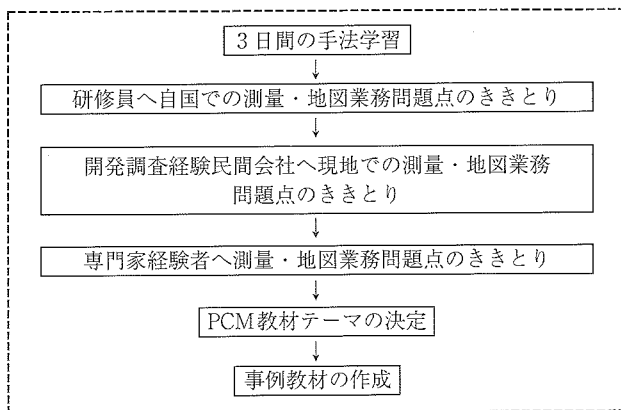
前作業で選択されたアプローチに基づいて、プロジェクトの主要な計画内容を詰める作業<sup>1)</sup>。上位目標や、プロジェクト目標が掲げられ、具体的な活動内容も示されるものである。この形式は、他国の援助機関等で使用されているログ・フレームと同じ形式で、国際的に通用するものである。

なおこの後、審査、活動計画表の作成といったステップもあるが、本取り組みではPDMの作成を最終成果とした。

## 4. 手 法

図-1の流れで、カリキュラムへのPCM手法の導入を行った。

### 教材作成



### ワークショップ

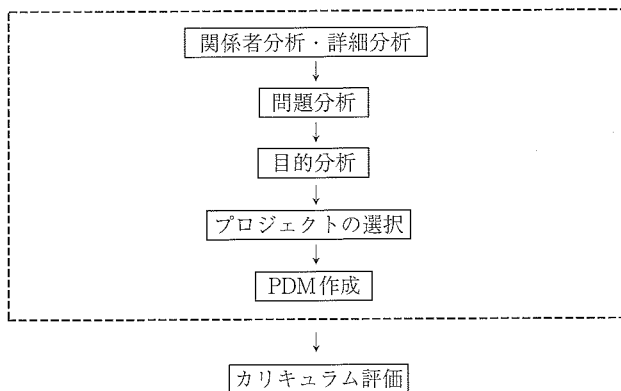


図-1 PCM導入フロー

### 4.1 教材作成について

教材作成にあたっては、開発調査を経験した民間会社担当者と国土地理院JICA専門家経験者から、測量・地図業務問題点のききとりを行い、PCM教材テーマ決定の参考とした。PCMテーマは、「Effective Use of Donated Equipment (機材提供後の効果的運用)」と「Development and Updating of the Basic Map (基本図の整備・更新)」の2テーマとした。参加者間に共通の認識情報をもってワークショップを始めるために、それぞれのテーマについて、10ページ程度の教材を作成し、参加者に配布した。

本報告書では、そのうち1テーマの「Effective Use of Donated Equipment (機材提供後の効果的運用)」について紹介する(表-1)。

このテーマは、バングラデシュ国の現状を参考にし、仮想国として教材作成を行った。この種の問題は、専門家、民間会社担当者から、現在直面している問題として指摘されたものであった。

### 4.2 ワークショップについて

作成した教材に基づき、ワークショップを行いPDMを作成し、具体的な問題点解決の手段を見出した。なおワークショップでは、教材に盛り込まれている情報以外にも、研修員の自国で実際に起こっている問題点を取り

表-1 「機材提供後の効果的運用」教材概要

国名	Brio国 (仮想国)
要旨	Brio国測量局には、日本を始め、海外からの技術援助、資金援助により国土の2/3にあたる基準点網の整備が行われた。その後、自国の力で残り1/3の基準点網整備、地図・測量業務改善ができるように海外からの機材供与、資金援助を受け、機材は充実してきた。しかし、その効果的運用は行われず、測量業務は推進されていない。
目次	1. 対象国の状況 (社会条件・気象条件) 2. 対象国の測量システムの体制, 測量事情 2-1 SOB組織 2-2 SOBの歴史 2-3 Brio国における測量成果整備状況 2-4 SOB既存測量機材 2-5 機材援助の概要 1) フランス政府の援助 2) 日本政府の援助
図表	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ SOB組織図</li> <li>・ Brioにおける基準点網</li> </ul>

注) SOBとはBrio国測量局 (Survey of Brio)

入れてもよい事とし、より現実的な解決策を探ることとした。

ワークショップへの参加者は、国家測量・地図作成機関の技術系管理職員である研修員9名と企画部国際交流室職員3名、JICAコーディネータであった。研修員の内訳は、バングラデシュ1名、ラオス1名、フィリピン1名、セネガル1名、スリランカ1名、タンザニア2名、ベトナム1名、ザンビア1名であった。PCMの司会(モデレータ)は、JICA職員に依頼した。なおワークショップは、すべて英語で5日間(2002.6.12~2002.6.18)行った。表-2にワークショップスケジュールを示す。

## 5. 結果

ワークショップで作成された図表は英語表記であったため、本報告書内図表でも参加者により作成された英文、英単語をそのまま使用した。

またワークショップを進めるにあたっては、無理に日本側の発想で誘導することはやめ、参加者間でのコンセンサスに重要性をおいた。

### 5.1 関係者分析

表-3に関係者分析の結果を示す。受益者、被害者、決定者、費用負担者、実施者、地域代表者、潜在的反対者、協力者について検討した。

測量・地図作成業務には、被害者や潜在的反対者がほとんどいないことが特徴であった。他の大型インフラ援助事業では多くの反対者が存在し、代償自然を作り出す必要などが生じるが、対称的な事業といえよう。唯一、規模の小さい測量会社は十分な測量機材を持っていないため、測量局が機材を効果的に使い成果を出し始めると、経営が圧迫されるのではないかと心配が出た程度であった。

また協力者には、近年援助された測量機材、コンピュータ関連機材運用のために、安定的電力供給が必要ということで、電力会社があげられた。これは、更なる情報

が必要ということで、INFOカード(要調査)がつけられた。

### 5.2 詳細分析

ここでは、関係者分析の中の“Employees of Survey of Brio”について、基本状況、問題、ニーズ、弱点、強み、可能性、対応策の項目で詳細分析を行った。結果は、表-4に示す。

問題点には、測量局の予算不足といった改善の難しい問題点から、海外で学んだ測量新技術の普及が不足している、測量機材の事務的な管理が不足しているといった、内部努力による改善の可能なものまで挙げられた。

また、被援助国特有の人材の多さといったマンパワーの充実、強みとされた。専門知識を持った職員は少ないが、一般職員などは多いため、人海戦術的な仕事のやり方はできるということであった。対応策については、次のステップの分析で行うこととして、省略した。

### 5.3 問題分析

問題分析の前に、参加者で問題点を羅列し、それらを体系化しつつ整理した。その過程において、上位にある問題として、“Poor Management System”を中心問題とすることが適当であるという結論が得られた。

問題分析の結果を図-2に示す。表中の中心問題から下方のカードは、直接原因を示す。直接原因は、政府に関する問題、組織内での技術の移転問題、組織構成の問題、機材管理台帳問題の4グループ挙げられた。研修員から時々聞く話であるが、知識を他の職員に広めると、職場内での現在の自分の地位が危ぶまれるようになる事があるそうである。第2番目グループの問題点である、「上級職員と一般職員の差が大きく、上級職員が海外研修で技術を持ち帰っても、実際の機材使用者である一般職員に技術が移転されない」については、こういった土壌から生じた原因と推測される。そもそも、自国には機材の登録台帳システムがない、政府5ヵ年計画に測量計画

表-2 PCMスケジュール

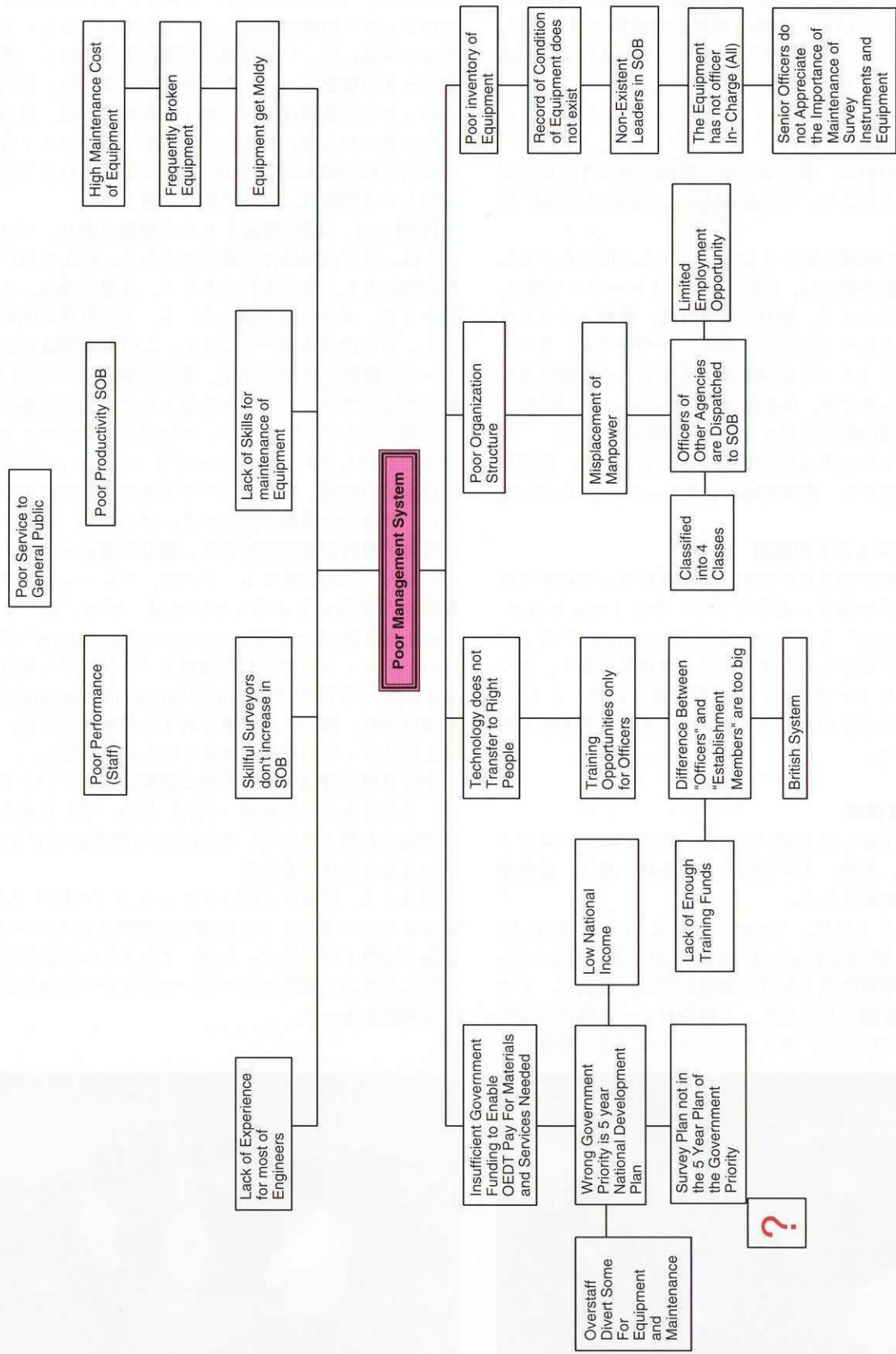
	June 12 (Wed.)	June 13 (Thu.)	June 14 (Fri.)	June 17 (Mon.)	June 18 (Tue.)
Time 9:15	Case Study (Donated Equipment)	Problems Analysis	Project Design Matrix (PDM)	Case Study (Basic Map)	Objectives Analysis
	Stakeholders Analysis			Stakeholders Analysis	Project Selection
11:45				Problems Analysis	
	Lunch Break	Lunch Break	Lunch Break	Lunch Break	Lunch Break
1:15	Problems Analysis	Objectives Analysis	Project Design Matrix (PDM)	Problems Analysis	Project Design Matrix (PDM)
		Project Selection	Summary		
15:45					

表一 3 関係者分析

Beneficiaries	Negatively Affected Groups	Decision - Makers	Funding Agencies	Implementing agencies	Supporting Groups
	Potential opponents				
Surveyors	Private Companies	Government of Brio	Japanese Government	Survey of Brio	4th Class Employees
Engineers		Ministry Responsible for Surveys Mapping	French Government	Officers	Foreign Experts
Establishment Members		Surveyor General	U.K. Government	GPS-Surveyor	Electricity Companies
Society			Foregin Donor Agencies	Supervisor and Staff	INFO
Employees of Survey of Brio			Government of Brio		
Government of Brio			Ministry of Budget		

表一 4 詳細分析

Basic Information	Problems	Needs	Weaknesses	Strengths	Potentials	Actions to Take
681 Employees	Lack of Budget	Provide Training on NewTechnology in Surveying	Only 1GPS Observation Team	Manpower	Available	
1st and 2nd class officers (33)	No Budget for Equipment Maintenance in SOB	New Aerial Photos	No Service Maintenance from Private Companies	New Equipment		
Establishment Members (439)	Delay of Introducing New Technology for Survey	New System of Equipment Management to be introduced	13 Engineers have GPS knowledge and 7 of whom relative GPS			
4th Class Staffs (209)	Lack of Training					
Budget \$ 1.1 Million	No information Network					
Bench marks 465 points, 2,386km	Lack of Dissemination of Knowledge Gained Abroad					
2/3 Geodetic Control Network was Completed	1/3 of Brio must be Surveyed by Themselves					
Horizontal Datum Restored	Lack of Clerical Management and Management System for Equipment					
Aerial Photo (1974-5) 1/30,000 Covered 100%						
	Promotion					
	No Maintenance Service Companies for Survey Equipment in Brio					



图一 2 问题分析

が盛り込まれていないといった直接原因も挙げられた。  
中心問題から上方に位置する直接結果には、技術者の経験が不足している、測量技術者が測量局に増えない、機材メンテナンスの技術不足、メンテナンスコストが高いといった、4グループが挙げられた。

#### 5.4 目的分析

目的分析の前に、参加者で中心問題に対応する中心目的を考察したところ、“Proper Management System”に決定された。

目的分析の結果を図-3に示す。中心目的から下方に位置する直接手段には、SOBの改善、トレーニング基金、職員のトレーニング、職員の待遇改善、機材メンテナンスの5つのグループが挙げられた。その中でも、ワークショップやセミナーで知識を共有するといった前向きな手段が挙げられたが、昇進機会の均等といった、援助国、被援助国共通の問題があったことも興味深かった。

中心目的から上方は直接目的を示しているが、機関が効率的に機能する、機材関係の2グループが挙げられた。

#### 5.5 プロジェクトの選択

図-3に青で示された枠が、参加者によって選択されたアプローチである。通常アプローチは1つになるが、“Staff Training”と“Equipment Maintenance”の2つのアプローチはどちらも達成される可能性が高く、かつ達成後のメリットが大きいと結論づけられた。よって、プロジェクトはこの2つのアプローチを足し合わせたものに決定した。

#### 5.6 PDM作成

表-5に作成したPDMを示す。表中では、プロジェクトの要約、指標、入手手段、外部条件、投入、前提条件について整理された。

プロジェクト名は、“Improvement Productivity by Systematic Maintenance of Equipment”と決定された。また、この事例で取り上げた測量局では、職員は、4つのクラスに分類されており、上級職員と一般職員の差が問題となっていたが、ターゲットグループは、機材の実

際の運用者である一般職員の“3rd Class Establishment Members”と決定された。プロジェクトがどのようにプロジェクト目標を達成しようとしているかという戦略を示す成果には、一般職員の技術が改善される、機材台帳データの整備といった内容が盛りこまれた。また、プロジェクトの期間は1年と設定されたことは、短過ぎるように思われるが、政変により国家プロジェクトも大きく左右される国々が多い中、確実に実行されるであろう1年という期間は、妥当であると感じた。

PDMには、「縦の理論」という特徴があり、プロジェクトは、まず前提条件が満たされた後、投入を用いて活動が開始され、外部条件のクリア、成果の達成、といったように、下から順に進んでいき、上位目標に向かっていく。この関係を表-6に表す。この縦の理論に沿った表-5の解釈を以下に示す。電気が継続的に供給され、幹部がこのプロジェクトを承認するという前提条件が整った後、セミナーテキスト、パソコン、トレーニング職員などが投入され、セミナーやワークショップの運営、機材台帳の整備、機材メンテナンスの定期的な実施といった、具体的な活動が行われる。その結果、職員の技術が改善、機材台帳が維持され、機材の適正メンテナンスといった、成果が生じる。その後、トレーニングされた職員が測量局にとどまっていれば、プロジェクト目標“Improved Staff and Effective use of Equipment”が実行され、トレーニングされた職員がプロジェクト実行に協力すれば、上位目標“Efficiently Performing Organization”が達成され、地図と測量業に対する報酬が続けば、更なる上位ステップの目標が達成されることになる。

上位目標の評価データを得る情報源としての入手手段は、ひと月あたりの地図(刊行)枚数、ひと月あたりの地図販売枚数とされた。単純明快な指標設定であるが、目に見える指標でもある。

写真-1、写真-2はワークショップの様子である。最初は写真-1のように参加者は整然と並んでいるが、議論が白熱してくると、写真-2のように参加者がボード前に出てきて意見を述べ合いながらカードの是非を考える場面もあった。



写真-1 ワークショップの様子(1)



写真-2 ワークショップの様子(2)

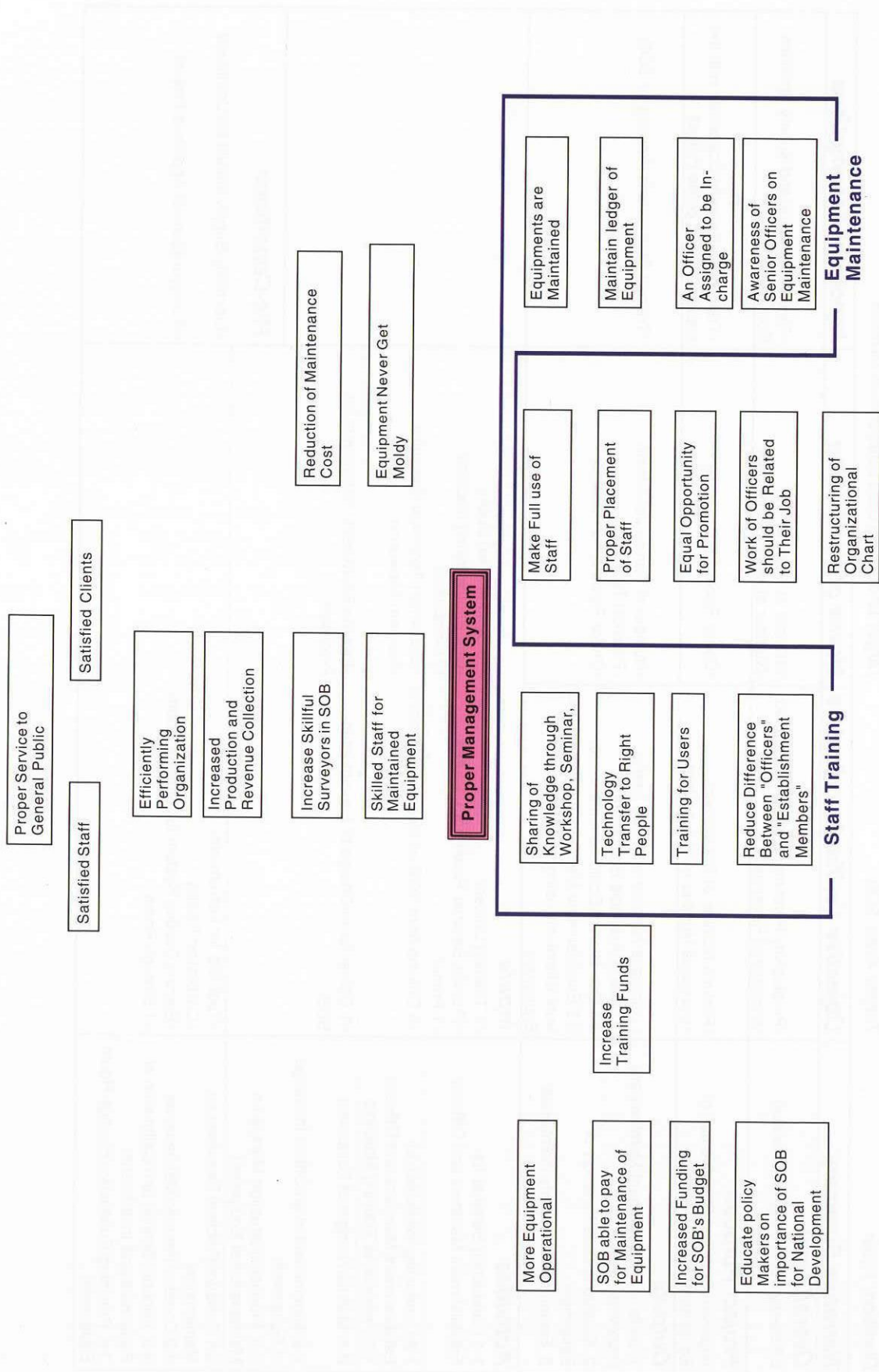


図-3 目的分析

表一 5 PDM

**Project Name:** Improvement Productivity by Systematic Maintenance of Equipment  
**Duration:** 1 year

**Target Area:** SOB  
**Target Group:** 3rd Class Establishment Members

<b>Narrative Summary</b>	<b>Objective Verifiable Indicators</b>	<b>Means of Verification</b>	<b>Important Assumptions</b>
<b>Overall Goal</b> Efficiently Performing Organization	*Productivity Percentage of SOB increased *Increase of Revenue	*Number of Maps/Month *Number of Maps Sold/Month	*Reward for Maps and Survey Activities Continues
<b>Project Purpose</b> Improved Staff and Effective use of Equipment	*Reduce Number of Breakdowns *Increased Number of Survey Jobs	*Check Record from Ledger	*Trained Staff should Cooperate with the Implementation of the Project
<b>Outputs</b> 1. Skills of Establishment Members are improved 2. Keepup to Date Inventory of Equipment 3. Equipment is Properly maintained	1. Increase Number of Skilled Staffs 2. Data of Available Equipment 3-1 Condition of Equipment Improved 3-2 Establishment Members are trained and work Effectively using well Maintained Equipment	*Number of Survey Job/Month *Practical Test *Check Reward from Ledger	*Trained Staff remain Working for SOB
<b>Activities</b> 1-1 Conducting Seminar for Establishment Members and Officers 1-2 Conducting Workshop for Establishment Members and Officers 1-3 Provision of Training Materials 2-1 Maintain Ledger of Equipment 2-2 Appointment of an Officer in-charge of Equipment 2-3 Produce Instruction Manual on Maintenance of Equipment 3-1 Conduct Practical Exercises on Maintenance 3-2 Conduct Periodic Maintenance 3-3 Periodic Service and Calibration of Equipment and Instruments 3-4 Providing Conductive Storage Room Equipment	<b>Inputs</b> *2 Training Officers *Provide Seminar Room For Lectures *1 Printer *3 Officers from SOB as Resource Persons *1 Officer for In-Charge of Equipment in SOB *Tool Kits for Instruments *Calibration Facility *Electric Cooling System for Storage Room *1 Storage Room	*10 Seminar Text Books *One Photocopying machine *2 Computers *Equipment Technical Specialist *Perdiem Allowance *Provide Equipment, Instruments for Practicals	<b>Pre-Conditions</b> *Electricity Supply should be Continued *Surveyor-General Approves Project

表一 6 PTM縦の理論

スーパーゴール	←		
上位目標	←		外部条件
プロジェクト目標	←		外部条件
成果	←		外部条件
活動	←		外部条件
	←	投入	前提条件

注) 文献1) より抜粋

6. 考 察

ワークショップ中は、ほとんどのレベルにおいて、参加者全員のカードが出されるまで待ち、時間的な余裕をもって進められた。参加者全員でワークショップの議題に取り組む事ができ、研修員のPCM手法への理解は深まったものと考えられる。ただ、研修員の性格、また英語を自由に使いこなすことの可否によって、発言回数にはばらつきが見られた。リーダー的存在の研修員は、ワークショップにおいてもまとめ役を果たしていた。議論が進むにつれ、意見を言わない研修員の書いたカードは、他のカードと同じグループとしてまとめられてしまうことも見うけられた。そのような時は、司会者(モデレータ)が参加者全員に再考を促した。意見を言わない人間は、軽んじられるという国際社会の縮図を垣間見た気がした。むろん積極的な発言の良し悪しについては、国民性の違いや個々の研修員の資質にもよるため、難しい問題である。

実際、研修員が帰国しPCMのワークショップを開催する際には、利害関係者も同席することになる。カードのアイデアを裏付けるには、積極性だけでなく、説得力のある説明が重要となるであろう。

また、時々議論が白熱して、参加者はカードを書くのを忘れ、貴重な意見がボード上に乗らないことがあった。またPCMは参加者のコンセンサスを得てカードを取り除くことができるため、実際に参加者が書いたカードはこの数倍に上った。

教材では、仮想国の設定であったが、研修員は自国の問題と照らし合わせ、真剣に考えていた。

また、カリキュラムの評価にあたって、ワークショップ終了後、研修員にアンケート調査をしたところ、成果のあったことを感じさせる意見が多く出された。以下に代表的なものを紹介する。

Q：このPCM練習から、学んだこと。

A：

- ・参加者で計画を作り上げていく手法を学んだ。
- ・間違いや取りこぼしを少なくさせる手法であることが分かった。

- ・様々な情報を集めることのできる手法であることが分かった。
- ・それぞれのステージでの目的や成果を明かにすることができる手法を学んだ。

PCMは、計画・立案の1つのツールとして、研修員の知識に加えられたようである。また、帰国後の活用法についても、以下のような期待の持てる意見が出された。

Q：このPCM練習で学んだことをどのように活用していくつもりか。

A：

- ・啓蒙するだけでなく、職場で問題解決に使ってみたい。
- ・測量や地図分野でのプロジェクト提案や準備の際に使う。
- ・同僚や上司にも伝え、この手法が仕事の改善を促進し、利益をもたらすことを期待している。
- ・援助国側との共同の開発プロジェクトの実行やモニタリングに使う。

7. おわりに

今回の取り組みは、教材の作成から始まり、英語でのワークショップと試行錯誤の繰り返しであったが、新しい取り組みをした価値は大きいものであった。

PCMは、関係者の特定⇒問題の体系化⇒解決方法の構築という流れがある。このような一連の流れは、日本においても、行政分野でしばしば適用されているものである。被援助国が効果的に支援を受けるための問題・解決手段の整理方法としても、自国での問題点解決においても合理的であると感じた。

今回は、初めてPCMを使った測量・地図分野の問題解決に取り組んだが、様々な国の研修員とともにワークショップをすることは、私達国土地理員職員にとっても、新鮮な経験であった。議論においては、測量・地図技術者同士であったため、問題解決の手法には共感できる意見があり、研修員の発言から学ぶことも多くあった。一方、発想の違いに驚かされたり、「援助ありき」の考え方について考えさせられる場面もあった。しかし、どの研修員にも自国の測量・地図事業をどうにかして改善したいという前向きな姿勢が感じられた。

今後も、このような取り組みがJICA集団研修カリキュラムにとり入れられ、事例を積み重ねることにより、教材やワークショップ進行に改善が加えられていくことを望む。

研修員の言葉が大変印象に残っている。「PCMはパワフルツールだ！」

謝 辞

本取り組みにあたっては、計画の段階より企画部国際交流室の皆様にお世話になった。また、教材英訳を助け

ていただいた、南日育子JICAコーディネータ、湯原敦 JICA筑波国際センター宮本義弘職員をはじめ、多くの  
JICAコーディネータ、司会を引き受けてくださった 方々にお世話になった。深く感謝したい。

### 引用文献

- 1) (財) 国際開発高等教育機構 (2001)：PCM開発援助のためのプロジェクト・サイクル・マネジメント参加型計画編，改訂第5版
- 2) (財) 国際開発高等教育機構 (2001)：PCM手法の理論と活用

## この間（1月～6月）のできごと

### 1月7日 経緯度変換を行う座標変換ソフトウェア「TKY2JGD」の提供開始

測量法の改正(平成13年法律第53号)および測量法施行令の改正(平成13年政令第432号)を受けて、国土地理院では既存の公共測量および一般に利用されている経緯度を円滑に世界測地系に変換するための体制を整備している。その対策として、改正測量法の施行日(平成14年4月1日)に先立ち、ホームページで経緯度変換を行う座標変換ソフトウェア「TKY2JGD」の提供を開始した。

### 1月11日～2月23日 第5回「全国児童生徒地図優秀作品展」を開催

地図と測量の科学館では、全国各地(札幌市、旭川市、仙台市、多摩市、岐阜市、鳥取市、広島市、高松市、徳島市)で行われた「児童生徒の地図に関する作品展」の優秀作品98点を一堂に集めた企画展、第5回「全国児童生徒地図優秀作品展」を開催した。

### 1月21日～25日 地すべり危険度軽減と文化自然遺産保全に関する国際シンポジウムに参加

地すべり危険度軽減と文化自然遺産保全に関する国際シンポジウムが、京都キャンパスプラザおよびパルププラザにおいて開催された。

国土地理院からは、市川地理第一課長ほか3名が参加し、「レーザースキャナによる地すべり地形計測」と題した研究発表や「マチュピチュの地すべり」をテーマに3次元パネルの展示等を行い各国からの関心を得た。

### 1月28日～2月8日 国連持続可能な開発に関する世界サミット第2回準備会合に出席

国連持続可能な開発に関する世界サミット(WSSD)第2回準備会合が、ニューヨークの国連本部において開催された。

日本からは、国土地理院から秋山地理調査部長ほか2名、本省国際建設課久保海外協力官、日本地図センター田中主任研究員を含む、関係各省の代表26名からなる代表団が派遣された。会期中の2月1日には、「持続可能な開発のための地球観測および地球地図」と題するサイドイベントが実施された。

### 1月30日 CALS/EC MESSE 2002に出展

東京有明TFTホールにおいて、「CALS/EC MESSE 2002」(主催:財団法人日本建設情報総合センターほか、後援:国土交通省)が開催された。

国土地理院からは、CALS/ECの一環として実施予定の「測量成果電子納品要領(案)」の紹介を行うとともに、「建設GIS」および「世界測地系」についても展示を行った。

### 2月1日 大縮尺地図データの整備・利用に関する検討委員会を開催

国土地理院は、関東地方測量部において、第2回大縮尺地図データの整備・利用に関する検討委員会(委員長:清水英範東京大学大学院教授)を開催した。

### 2月1日 平成13年全国都道府県市区町村別面積を公表

国土地理院は、平成13年10月1日現在の日本の国土の面積をとりまとめた「平成13年全国都道府県市区町村別面積」を公表した。

国土の面積は、埋立により1年間で7.19km<sup>2</sup>増加し、377,880.25km<sup>2</sup>となった。

### 2月1日 第91回火山噴火予知連絡会に出席

気象庁において、第91回火山噴火予知連絡会が開催され、国土地理院からは村土地殻変動研究室長ほか4名が出席した。

国土地理院は、火山活動に関する地殻変動データの解析結果を提出し、議論に参加した。なかでも、三宅島の活動について、現在もわずかながら収縮が継続しており、ガスの放出を反映していると考えられること、伊豆大島の地殻変動と地震活動に密接な関連性がみられることなどを報告し、火山活動について、総合的な判断を行うための重要な情報を提供した。

### 2月4日～7日 第2回国際VLBI事業(IVS)総会を開催

第2回国際VLBI事業(IVS)総会が、つくば国際会議場において、国土地理院と通信総合研究所の共催で開催された。

国土地理院からは、他機関との共同研究も含め5課題の発表を行った。

### 2月6日 シュルーター博士による講演会を開催

国土地理院において、「国土地理院の巨大アンテナの正体は? ~シュルーター先生に聞いてみよう~」と題して、ドイツ測地測量局ウェッツェル天文台長で、国際VLBI事業(IVS)議長のウォルフガング・シュルーター博士によるVLBIに関する講演会が開催された。

### 2月18日 第146回地震予知連絡会を開催

第146回地震予知連絡会が、関東地方測量部で開催された。会議では、東海地方西部・伊豆大島での地殻変動についての報告・検討が行われた。

### 2月19日 ベクトル型新基本図に関する検討委員会を開催

ベクトル型新基本図に関する第2回検討委員会が、(財)日本地図センターにおいて開催され、外部委員10名と国土地理院から7名が出席した。

この委員会は、わが国の基本図として全国をカバーする2万5千分の1地形図を時代の変化に対応した新基本図の体裁(デザイン)に切り替えることについて意見を聴くために設置された。

### 2月28日 総プロ等平成12年度研究課題発表会を開催

千代田区永田町の星陵会館において、総合技術開発プロジェクト(総プロ)・官民連帯共同研究・建設技術の先端研究に関する平成12年度研究課題発表会が、大臣官房技術調査課、国土技術政策総合研究所、国土地理院、土木研究所、建築研究所の共同で開催された。

国土地理院からは、4課題の発表を行った。

### 3月1日 「数値地図25000(空間データ基盤)」長崎、熊本を刊行

国土地理院は、日本全国をカバーする数値地図として地理情報システム(GIS)の基盤となる「数値地図25000(空間データ基盤)」の提供を進めており、長崎県、熊本県全域のデータの提供を開始した。

### 3月7日 日中共同研究推進委員会を開催

「環境・防災時空間情報システム基盤の日中共同研究」の研究推進委員会(委員長:伊理正夫・中央大学理工学研究所長)が、関東地方測量部において開催された。

本共同研究は、時間的な推移を含めた地理情報の管理、多言語処理、防災・環境分野への応用等、地理情報をアジア諸国で共用できる枠組みの構築を目的としており、最終的な成果として日本語および中国語版の時空間情報システム、約5000語から成る日中英語のGIS・防災用語集等が得られた。これらの成果等を日中共同研究推進委員会で報告し、委員からは概ね良好な研究結果であるとの評価をいただいた。

### 3月8日~4月13日 企画展「日本の立体地形の世界 Part 2」を開催

国土地理院は、地図と測量の科学館において、企画展「日本の立体地形の世界 Part 2」を開催した。

### 3月11日 地理情報標準推進委員会を開催

国土地理院は、ルポール麹町(東京)で、平成13年度第3回地理情報標準推進委員会を開催した。

会議では、国際標準化機構(ISO)の動向、関係省庁や国土地理院が行っている標準に関連する取り組みなどについての報告があった。また、共同研究のリーダーから、平成11年度から13年度までの3カ年の最終成果として、地理情報標準(第2版)や地理情報標準に基づく空間データ交換実験および空間データ品質評価実験の結果等について報告され、地理情報標準の内容を周知し、実運用するための運用指針等を取りまとめた。

### 3月12日 地名等の統一に関する連絡協議会を開催

国土地理院と海上保安庁水路部による第63回地名等の統一に関する連絡協議会が、水路部で開催された。

今回の会議では、20万分の1地勢図レベルでの佐渡島周辺について、国土地理院と水路部の双方で一致して使用している自然地名を決定地名とすること、また、平成14年度以降は、20万分の1地勢図レベルの自然地名の未了地域について、順次調査を進め協議を行っていくことが確認された。

### 3月12日 地方整備局・地方測量部GIS担当者会議を開催

国土地理院は、国土交通省大臣官房技術調査課と協力して、関東地方測量部で、平成13年度第2回地方整備局・地方測量部GIS担当者会議を開催した。

### 3月18日・19日 米国地質調査所と21世紀の地理情報整備について意見交換

国土地理院の村上研究企画官は、米国地質調査所(USGS)を訪問し、同所国土地図部等の担当者とこれからの国土の地理情報整備のあり方について意見交換を行った。

### 3月20日 GIS基盤データをインターネットで公開

国土地理院は、地理情報システム(GIS)の更なる普及とIT社会の発展を促進するため、閣議決定に基づき、数値地図2500(空間データ基盤)のインターネットでの無償公開を開始した。

**3月25日 佐藤副大臣が国土地理院を視察**

佐藤国土交通副大臣が、筑波研究学園都市にある国土交通省関係各機関を視察した。

国土地理院では、宇宙測地館でGPS連続観測システム、屋外でVLBIアンテナ・日本列島球体模型、地図と測量の科学館では新地形図情報システム(NTIS)、数値地図のインターネット提供、有珠山災害対策用GIS、伊能大図などを視察した。

**3月25日～4月5日 国連持続可能な開発に関する世界サミット第3回準備会合に出席**

国連持続可能な開発に関する世界サミット(WSSD)第3回準備会合が、ニューヨークで開催された。

日本からは、国土地理院より政春環境地理情報企画官ほか2名、国土交通省久保海外協力官を含む各省関係者約40名の代表団が出席した。

**3月26日 ISO/TC211 国内委員会に出席**

国際標準化機構の地理情報に関する専門委員会(ISO/TC211)の第24回国内委員会が、(財)日本測量調査技術協会において開催され、国土地理院から矢口企画部長ほか4名が出席した。

**4月1日 地理調査部の組織を再編**

国土地理院は、省庁再編と災害対策基本法に基づく指定行政機関への指定など外部環境の変化に対応して、より効率的に業務を遂行するため、平成14年度から従来の地理調査部地理第一課・地理第二課・地理第三課を、地理調査の目的別に地理調査部環境地理課・防災地理課・社会地理課に再編した。

**4月1日 国の水準点標高を33年ぶりに改定**

国土地理院は、高さの基準としている水準点の標高を33年ぶりに改定した。今回の成果の改定は、前回の改定から33年が経過し、この間の顕著な地殻変動や地盤沈下などによる水準点の高さの変化を解消するために行った。

**4月3日～5日 日本経緯度原点において「新世紀の経緯度」展を開催**

国土地理院は、日本経緯度原点と隣接する中央合同会議所において、「新世紀の経緯度」展を開催した。

このイベントは、世界測地系へ移行するための改正測量法が4月から施行されたのを機に、世界測地系の普及・啓発を目的として、新装となった日本経緯度原点の公開と世界測地系への移行に関する紹介を中心に行われた。

**4月15日～19日 アジア太平洋GIS基盤常置委員会に出席**

第8回アジア太平洋GIS基盤常置委員会(PCGIAP)が、ブルネイ国バンダスリブガバン市で開催され、国土地理院から星埜院長、秋山地理調査部長ほか2名が出席した。

**4月19日 科学技術週間に施設を一般公開**

科学技術週間(4月15～21日)中、筑波研究学園都市の官民の研究機関等は、施設の一般公開を行った。

国土地理院では、4月19日にVLBIアンテナ、GPS観測施設、数値地形図データ編集室等の施設を特別に公開した。また、職員による「地震・火山活動について」の講演も行った。

**4月22日～5月25日 企画展「地図屋さんの作品展」を開催**

国土地理院は、地図と測量の科学館において、企画展「地図屋さんの作品展」を開催した。

**4月24日 インターネットで空中写真の閲覧サービスを開始**

国土地理院は、インターネットで空中写真の閲覧サービスを開始した。

**5月1日 1万分1火山基本図「秋田焼山」を刊行**

国土地理院は、1万分1火山基本図「秋田焼山」を刊行した。

本図は、標高1,366mのほぼ円錐形の成層火山である焼山を含む8km×6kmの範囲の地形状況を表現した1万分1地形図と火山特性図からなっている。

**5月1日 2万5千分1土地条件図「金沢」を刊行**

国土地理院は、2万5千分1土地条件図「金沢」を刊行した。

本図は、土地の成因や地盤の良否などがわかる「地形分類」と、洪水時の氾濫域、浸水深の程度、水流の流下方向などが推定できる「地盤高」から構成されている。また裏面には、「地形の概要」、「災害履歴」などの解説や図表を記載している。

**5月1日 2万5千分1沿岸海域地形図・土地条件図「長島東部」を刊行**

国土地理院は、2万5千分1沿岸海域地形図・土地条件図「長島東部」を刊行した。

今回の刊行によって、八代海全域の沿岸海域地形図・土地条件図の整備が完了した。

**5月13日～20日 中国国家測繪局長が来日**

5月13日から20日にかけて、陳邦柱中国国家測繪局長ほか3名が来日し、14・15日に国土地理院本院を、20日に近畿地方測量部を訪問した。今回の訪問では、「日中測量・地図協力準備会議」に参加したほか、国土地理院の業務視察や記念植樹を行った。

**5月17日 UJNR地震調査専門部会第31回国内部会を開催**

UJNR(天然資源の開発利用に関する日米会議)地震調査専門部会(日本側部会長:国土地理院長)の第31回国内部会が、関東地方測量部において開催された。

**5月19日 平成14年測量士・測量士補試験を実施**

国土地理院は、平成14年測量士・測量士補の国家試験を実施した。

今回の受験者数は、測量士3,691名、測量士補18,568名であった。

**5月20日 第147回地震予知連絡会を開催**

国土地理院は、関東地方測量部において、第147回地震予知連絡会を開催した。会議では、全国の地震活動、地殻変動などに関する観測・研究成果が報告され、議論がなされた。今回のトピックスは、「東海地域のスロースリップとその意味について」で、あわせて5件の報告があった。

**5月23日 第92回火山噴火予知連絡会に出席**

第92回火山噴火予知連絡会が、気象庁において開催され、国土地理院から村上地理地殻活動総括研究官ほか4名が出席した。

今回の連絡会では、三宅島および伊豆半島東部の地殻活動について重点的に最新のデータに基づく詳細な検討がなされた。

**5月23・24日 ISO/TC211第14回総会に出席**

地理情報の国際標準を作成しているISO/TC211の第14回総会が、タイ・バンコクで開催され、国土地理院からは、情報普及課の明野課長および西城調査員が出席した。

**5月27日 電子基準点リアルタイムデータを民間に公開**

国土地理院は、電子基準点リアルタイムデータを民間に公開した。当面はシステムの整備の終了した関東・中京・京阪神地域を中心とする200点の電子基準点について、社団法人日本測量協会を配信機関として、データの提供を行う。

**5月27日～6月7日 持続可能な開発に関する世界サミット第4回準備会合に出席**

国連持続可能な開発に関する世界サミット(WSSD)第4回準備会合がバリ島で開催され、国土地理院から秋山地理調査部長ほか1名が出席した。

国土地理院は、6月7日、アジェンダ21(持続可能な開発分野における取り組みの行動計画)への地図分野からの貢献として「地球地図」をアピールするため、会議に付随する行事としてパネルディスカッションを開催した。

**6月1日 「数値地図25000(空間データ基盤)」青森、福井、山梨、三重、滋賀、岡山を刊行**

国土地理院は、「数値地図25000(空間データ基盤)」青森、福井、山梨、三重、滋賀、岡山を刊行した。

**6月2日 「測量と地図のフェスティバル2002」を開催**

国土地理院は、地図と測量の科学館をメイン会場に「測量と地図のフェスティバル2002」を開催した。

今回は、「楽しく遊ぼう“測量と地図の旅”」をテーマに、企画展「江戸時代から現代までの地図文化」、「薩摩・琉球国絵図」、「地図スケッチ法による風景画」等の展示のほか、地図探検家・山口裕一氏による地図スケッチ法に関する講演会などが行われた。

**6月2日～7月28日 企画展「江戸時代から現代までの地図文化」を開催**

国土地理院は、地図と測量の科学館において、企画展「江戸時代から現代までの地図文化～美しい・おもしろい・めずらしい地図～」を開催した。

**6月4日 第31回国土地理院技術研究発表会を開催**

国土地理院は、安田生命ホールにおいて、第31回国土地理院技術研究発表会を開催した。発表会には、505名の来場者があった。

今回は、測地測量に関する話題として「世界測地系への移行～その背景と実現～」など4課題、古地理を含めた地理情報全般に関する話題として「伊能図と近代日本の地図作成」など5課題の計9課題の発表を行った。

また、清水英範東京大学教授による「GISで現代に蘇る江戸絵地図の世界」と題した特別講演が行われた。

**6月10日 国土地理院研究評価委員会を開催**

国土地理院は、平成14年度第1回国土地理院研究評価委員会(委員長：高木幹雄東京理科大学教授)を関東地方測量部で開催した。

委員会では、平成11年度から15年度を計画期間とする「国土地理院研究開発五箇年計画」の中間評価を受けるとともに、「都市再生のための精密三次元空間データ利用技術の開発」、「地震火山活動に関連した地殻変動数値モデル最適化に関する研究」、「GPS時系列データに含まれる誤差に関する研究」および「レーザー光の反射強度を活用した地理情報取得の可能性に関する研究」の4つの新規提案研究課題についての事前評価を受けた。

**6月21日 地図展推進協議会を開催**

地図展推進協議会が(財)日本地図センターにおいて開催された。会議では、「地図展あさひかわ2002」について審議が行われ、10月25日から29日までの5日間、北海道旭川市内の「旭川地場産業振興センター」で開催などが了承された。

**6月21日 第120回南極地域観測統合推進本部総会に出席**

第120回南極地域観測統合推進本部総会(本部長：文部科学大臣)が開催され、国土地理院より測図部長および国際交流室長が出席した。

今回の会合で、第44次南極地域観測隊として越冬隊および夏隊あわせて約60名の派遣者が決定され、国土地理院からは、夏隊員として、測図部地形課の山本技術専門職が派遣されることになった。山本技術専門職は、航空写真測量をはじめ、GPS測量・重力測量・地磁気測量などの測量作業と観測機器のメンテナンスおよびデータ回収の業務を実施する予定である。

**6月24日 国土地理院技術協議会を開催**

国土地理院は、国土地理院技術協議会(会長：砂川参事官)を開催した。

会議では、平成16年度を開始年度とする国土地理院の行う基本測量の長期計画について、企画部長を会長に基本測量長期計画分科会を設置し、検討を進めることが決定された。

また、電子基準点、標石基準点からなる国家基準点のあり方および基準点GISのあり方等、新しい時代に対応した我が国の基準点体系の整備を図る必要があることから、測地部長を会長に基準点体系分科会(III)を設置し、検討を進めることが決定された。

**6月24日～28日 「地震豪雨時の高速長距離土砂流動現象の解明」に関する研究打ち合わせに出発**

「地震豪雨時の高速長距離土砂流動現象の解明」に関する研究打ち合わせが、チェコ共和国プラハ市のチェコ工科大学で行われ、国土地理院から木佐貫防災地理課長補佐が出席した。

**6月26日 「海面上昇の総合的影響評価と適応策に関する研究」の全体会議を開催**

国土地理院は、「海面上昇の総合的影響評価と適応策に関する研究」の全体会議を、関東地方測量部で開催した。会議には、本研究の代表機関である国土地理院から秋山地理調査部長と研究担当者のほか、国土技術政策総合研究所、産業技術総合研究所、国立環境研究所、東京大学、茨城大学の研究担当者が出席し、各研究機関で実施している海面上昇による各個別要素に対する適応策、脆弱性マップの仕様、脆弱性を評価する方策および今後の研究の方向性について議論を行った。

編集委員長	矢口	彰
副委員長	稲葉和雄	
〃	村上真幸	
委員	佐々木孝志	
〃	筋野晃司	
〃	杉田要	
〃	石井武	
〃	丹羽俊二	
〃	林聖人	
〃	根本盛行	
〃	柴原充	
事務局	蒲田真理子	

---

## 国土地理院時報 第99集

平成14年10月1日発行

編集兼発行者 国土地理院

郵便番号 305-0811  
茨城県つくば市北郷1番  
電話番号 0298-64-1111(代表)

---

許可なく複製を禁ずる

☆国土地理院発行地図等一覧☆ (消費税込み) 平成14年10月1日現在

1 万分1 地形図	293面 四六半裁判折 4面	5色刷 ¥ 450 10色刷 ¥ 550	20 万分1 土地利用図	123面 証判	6色刷 ¥ 320
2 万5 千分1 地形図	4,338面 証判 19面 A1判折	3色刷 ¥ 270 6色刷 ¥ 500	2 万5 千分1 沿岸海域地形図	41面 四六判 17面 菊判 2面 証判 6面 四六判折 2面 証判折 5面 菊判折	3色刷 ¥ 620 3色刷 ¥ 460 3色刷 ¥ 270 3色刷 ¥ 690 3色刷 ¥ 290 3色刷 ¥ 520
5 万分1 地形図	42面 証判 1,249面 4面	3色刷 ¥ 270 4色刷 ¥ 290 6色刷 ¥ 320	2 万5 千分1 沿岸海域土地条件図	41面 四六判 18面 菊判 1面 証判 6面 四六判折 2面 証判折 5面 菊判折	12色刷 ¥ 890 12色刷 ¥ 690 12色刷 ¥ 410 9色刷 ¥ 870 8色刷 ¥ 590 9色刷 ¥ 380 9色刷 ¥ 670
20 万分1 地勢図	130面 証判	6色刷 ¥ 320	5 千分1 火山基本図	有珠山I~VI、吾妻山、雲仙岳 三宅島I~VI、桜島I~V 阿蘇山、草津・白根山、樺前山 伊豆大島I・II、浅間山I・II 十勝岳I・II、御岳山I~IV 雲仙岳I~III	四六判 2色刷 ¥ 590 四六判 1色刷 ¥ 560
50 万分1 地方図	8面 四六判 4面 4面	4色刷 ¥ 650 7色刷 ¥ 740 9色刷 ¥ 800	1 万分1 火山基本図	雌阿蘇岳、北海道駒ヶ岳 霧島山I・II、蔵王山、焼岳 鶴見岳、安達太良山 霧梯山I・II、十勝岳I~III 那須岳、秋田駒ヶ岳、岩手山 岩木山、鳥海山、くじゅう連山 秋田焼山、富士山(御殿、白 塚・椋塚、富士山頂、宝永山)	四六判 2色刷 ¥ 590
100 万分1 日本	I・II・III 四六判	4色刷 ¥ 650	1 万5 千分1 火山土地条件図	三宅島、草津・白根山 桜島	2面 菊判折 14色刷 ¥ 800 1面 四六判折 11色刷 ¥ 930
100 万分1 国際図 (英文版) 北・中央・南日本	四六判	12色刷 ¥ 890	2 万5 千分1 火山土地条件図	雲仙岳 1面 四六判折 11色刷 ¥ 930 有珠山 1面 四六半裁 10色刷 ¥ 550 樺前山 1面 四六判折 9色刷 ¥ 870	
300 万分1 日本とその周辺	四六判	12色刷 ¥ 890	3 万分1 火山土地条件図	北海道駒ヶ岳 1面 四六判折 12色刷 ¥ 960 阿蘇山 1面 13色刷 ¥ 990 霧島山 1面 10色刷 ¥ 900	
2 万5 千分1 集成図	京都(和文版) 菊判折 〃(英文版) 〃	14色刷 ¥ 800 16色刷 ¥ 850	5 万分1 火山土地条件図	十勝岳 1面 菊判折 14色刷 ¥ 800	
5 万分1 集成図	大山・蒜山、ハヶ岳 菊判折 阿蘇・九重 〃	14色刷 ¥ 800 16色刷 ¥ 850	5 万分1 組図	札幌(昭和) 1面 証判 1色刷 各¥240 福岡(明治、大正、昭和) 3面 〃 1色刷 各¥240	
10 万分1 集成図	支笏・洞爺とその周辺 菊判 〃(英文加刷版) 〃 千葉、宇都宮、水戸 四六判 南関東 四六判折	4色刷 ¥ 490 5色刷 ¥ 510 5色刷 ¥ 680 16色刷 ¥ 1,080			
30 万分1 集成図	北方四島 四六判折	6色刷 ¥ 780			
2 万5 千分1 土地条件図	3面 菊判折 13色刷 ¥ 770 2面 菊判 12色刷 ¥ 690 45面 四六判 12色刷 ¥ 890 4面 〃 13色刷 ¥ 920 3面 〃 16色刷 ¥ 1,010 1面 証判折 13色刷 ¥ 440 17面 四六判折 13色刷 ¥ 990 2面 〃 6色刷 ¥ 780 1面 〃 9色刷 ¥ 870				
2 万5 千分1 土地利用図	1,189面 証判 4面 菊判折	6色刷 ¥ 320 10色刷 ¥ 700			
5 万分1 土地利用図	37面 証判 8面 菊判	8色刷 ¥ 350 8色刷 ¥ 590			

種 類	規 格	定 価	
		種 類	規 格
国土基本図	電子複写図	四六判	1,200円
	骨格図	四六判	16,100円
写真図	印	四六判	7,750円
	電子複写図	四六判	1,200円
湖沼図	電子複写図	菊判	1,200円
		四六半裁判	750円
		証判	500円
	ポリエステル複写図	四六判	16,100円
		菊判	16,100円
		四六半裁判	11,050円
証判	9,600円		

種 類	規 格 (縦)×(横)	定 価		
		モノクロ	カラー	沖縄地区 (旧琉球政府撮影)
密着焼印画	23cm×23cm	1,150円	3,650円	600円
二倍引伸印画	46cm×46cm	1,950円	7,500円	1,250円
三倍引伸印画	69cm×69cm	3,750円	19,950円	2,800円
四倍引伸印画	92cm×92cm	4,650円	25,050円	3,950円
部分引伸印画	23cm×23cm	2,500円		
	46cm×46cm	3,350円	14,650円	1,800円
	69cm×69cm	5,850円	22,700円	4,500円
密着陽画原版	92cm×92cm	6,650円	28,000円	5,200円
	23cm×23cm	3,400円	9,600円	2,250円
スライド	60mm		3,650円	
35mmマイクロフィルム引伸	23cm×23cm	1,200円		

数値地図 価格(CD 1枚: 7,500円)

種 類	刊行枚数 CD	データの種 類	備 考
数値地図 25000 (行政界・海岸線)	1枚	都道府県界、支庁界、都市界、町村界 海岸線、湖岸線、図郭線、行政名	全 国
数値地図 25000 (地名・公共施設)	1枚	地名等の表記、読み、経度、緯度 地図記号の対象公共施設の名称、所在地	全 国
数値地図 10mメッシュ (火山標高)	1枚	5千分1、1万分1火山基本図上で10m間隔 の方眼の中心の標高を等高線から計算したデータ	13火山
数値地図 50mメッシュ (標高)	3枚	2万5千分1地形図上で約2mm間隔 の方眼の中心の標高を等高線から計算したデータ	全 国
数値地図 250mメッシュ (標高)	1枚	2万5千分1地形図上で約1cm間隔 の方眼の中心の標高を等高線から計算したデータ	全 国 1kmメッシュ(標高)/(平均標高)含む
数値地図 2500 (空間データ基盤)	81枚	行政区域・海岸線、街区、道路線、鉄道・駅 直轄国道、直轄河川、内水面・場地、建物等	全国の都市計画区域
数値地図 25000 (空間データ基盤)	14枚	道路中心線、鉄道中心線、河川中心線、水涯線 海岸線、行政界、基準点、地名、公共施設、標高	全 国(整備中)
数値地図 25000 (地図画像)	75枚	注記版、注記マスク版、墨版、藍版、褐版 墨マスク版、藍マスク版、褐マスク版	全 国
数値地図 50000 (地図画像)	30枚	注記版、注記マスク版、墨版、藍版、褐版、緑版 墨マスク版、藍マスク版、褐マスク版	全 国
数値地図 200000 (地図画像)	3枚	注記版、墨版、赤版、藍版、褐版、緑版 藍マスク版、くんせん版	全 国

日本国勢地図 価格(CD 1枚: 7,500円)

種 類	刊行枚数 CD	データの種 類	備 考
日本国勢地図	1枚	新版日本国勢地図(1990年版)のうち、 14分野94主題について一部内容を更新して収録	全 国

数値データ 価格(FD 1枚: 6,000円)

種 類	刊行枚数 FD	データの種 類	備 考
数値データ 2kmメッシュ (ジオイド高)	1枚	北緯20度から50度、東経120度から150度の範囲について、緯度間隔 1分、経度間隔1.5分の格子位置におけるジオイド高(単位m)のデータ	全 国

国土地理院刊行の地図を取り扱っている全国の書店等でお買い求め下さい。  
 空中写真、国土基本図、数値地図、湖沼図及び地図等の通信販売利用の場合は、下記へお申し込み下さい。  
 (財)日本地図センター 〒153-8522 東京都目黒区青葉台4-9-6 電話 03(3485)5414  
 This document is provided by JAXA.

