

対馬南部地域の重力探査

高橋 満弥*

1. 調査の概要

調査地域は長崎県下県郡厳原町の全域および美津島町の約60%にわたる図-1に示す範囲である。

本調査地域には、主として第三紀漸新世～中新世の砂岩、泥岩および流紋岩からなる対州層群が広く分布し、南部にはこれを貫く花崗岩類の分布がみられる。

重力探査は対州層群の厚さ、花崗岩類の分布状況、断層の有無あるいはその位置などを推定し、今後の調査に指針を与えるために実施されたものである。

調査数量、使用機器などは下記のとおりである。

調査面積：約260 km²

測定点数：600点

密度測定用岩石採取：56個

使用機器：La Coste & Romberg 社製 G-20b 型重力計

測定期間：1983年12月12日～1984年1月28日

2. 調査原理と方法

2.1 調査原理

地球上の物体は万有引力の法則に従って、地球

の中心に向かう引力を受けるが、地球の自転による遠心力も働いている。この引力と遠心力の合力が物体に働く重力である。物体の質量を M とすれば、その合力の大きさは Mg であり、 g のことを重力の加速度あるいは単に重力と呼ぶ。 g は物体の真空中の自由落下速度に等しく、単位は $\text{cm}/\text{sec}^2 = \text{gal}$ である。地表での重力の大きさは約980 gal である。

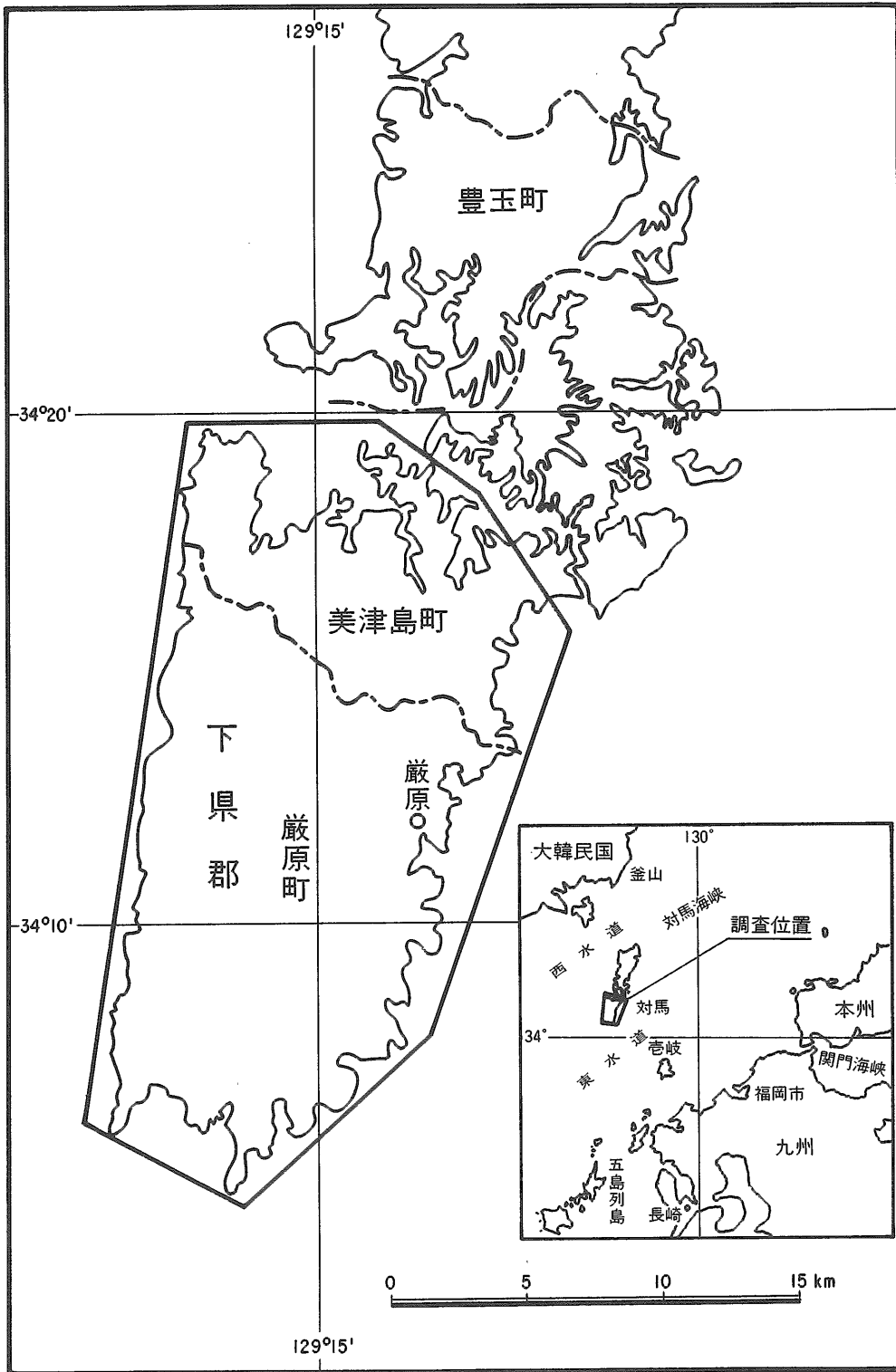
実際に地球上で重力を測定すると、その大きさは場所によって異なるが、これは次のような理由による。

- ①. 地球が完全な球でないため地表における地球の引力が異なる。
- ②. 緯度によって地球の遠心力の影響が異なる。
- ③. 観測点の標高が異なる。
- ④. 観測点の周囲の地形の起伏の影響が異なる。
- ⑤. 地下の密度分布が一様でない。

これらのうち①～④の影響については種々の補正を施し、それらの影響をとり除くことができる。この補正済みの重力値と観測点の緯度のみに依存する標準重力値との差は地下の密度分布の違いによって生じる重力異常であり、この異常から地下の密度分布、すなわち地下構造を推定する方法が重力探査である。

重力異常の値は小さいので、単位はミリガル ($\text{mgal} = 10^{-3} \text{gal}$) が用いられる。局所的な地下構造による重力異常は数分の1 mgal から数 mgal 程度で、時として数10 mgal に達すること

*住鉦コンサルタント(株)物理探査部副部長



図一 調査地域位置図

もある。

2.2 調査方法

重力探査で使用される重力計によって測定される値は相対重力値であるが、絶対重力値が既知の地点と比較することによって、各々の測定点の重力の絶対値を求めることができる。

日本国内には国土地理院、気象台、大学、測候所、学校などの公的施設に合計 122 箇所の重力の基準点が設けられているほか、国土地理院が設置した一等水準点は標高のほかにも重力値も測定されている。

本調査地域内には国道 382 号線に 2 箇所の一等水準点があり、1976 年に国土地理院によって、これらの点の重力値が定められている。本調査の各々の測定点の重力値と標高は、これらの一等水準点との比較測定によってもとめられた。

2.3 重力値の補正

測定した重力値には次のような補正を施さなければならない。

- (1). 月と太陽による引力を補正する潮汐補正。
- (2). 重力計のスプリングのドリフトによって生じる誤差を補正するドリフト補正。
- (3). 測定点の標高は全て異なるが、これを同一標高点（通常は海水面を基準にとる）で測定した重力値に変換するフリーエア補正。
- (4). 測定点と海水面との間に存在する物質による引力を補正するブーゲー補正。
- (5). 測定点の周囲は平坦とは限らないので測定点を通る水平面からの地形の起伏による引力を補正する地形補正。
- (6). 測定点の緯度の違いによって生じる重力値の違いを補正する緯度補正。

以上の補正を施した重力異常はブーゲー異常と呼ばれ、次の式によって表わされる。

$$\Delta g = g - r_0 + T + (0.3086 - 0.04192\rho)h \quad (\text{mgal})$$

ここで、 Δg : ブーゲー異常

g : 潮汐およびドリフト補正済み重力値

r_0 : 標準重力値

T : 地形補正量

ρ : 補正密度 (gr/cm^3)

h : 測定点の標高 (m)

r_0 は 1971 年に国際的に採択された任意の緯度の標準重力を表わす次の式によって求められる。

ϕ は緯度 (度) を表わす。

$$r_0 = 978031.85(1 + 0.0053024 \sin^2 \phi - 0.0000059 \sin^2 2\phi)$$

Δg の式の右辺のカッコのついた項は(3)、(4)のフリーエア補正とブーゲー補正をひとつにまとめた項で、これを高度補正と呼ぶこともある。また、この項と地形補正量 T は密度 ρ を含むので、何らかの方法で密度を決めなければならない。その方法として

- ①. 調査地域内の岩石を採取してその密度を測定する。
- ②. 数種類の密度を仮定して Δg を求め、それぞれのブーゲー異常図を作成して、それらを比較検討する。
- ③. 数種類の密度を仮定し Δg を求める。 Δg と h は一次式の関係にあり、 h が増大すれば Δg は減少するので、縦軸に Δg 、横軸に h をとったグラフ上に (h , Δg) の値をプロットする (これを $G-H$ 関係図と呼ぶ) と、それらの点は右下りの直線上、あるいはこれに沿って分布する。この直線の勾配を最小自乗法によって求め、仮定した密度に対して誤差が最も小さいものの密度を最も適正な密度とする。

などの方法があり、通常これらの 3 つの方法により求められた密度を検討して補正密度を決定する。

2.4 解析方法

以上のようにして最適補正密度を求め、種々の補正を施してブーゲー異常図を作成し、これをシミュレーション法によって解析し、地下構造や断層の有無とその位置などを推定する。

シミュレーション法は、はじめに地下構造モデルとその密度を与え、そのモデル構造による重力値と測定値を比較し、両者の値ができるだけ近くように、モデル構造を変化させ、それらが良い一致を示したときのモデルを実際の地下構造とする方法である。

構造モデルには 2 次元モデル、3 次元モデルがあるが、両者を併用した方が良い結果を得ること

ができる。

さらに、ブーゲー異常図には調査地域内外の大きな構造による重力傾向面が認められることがあり、これが解析の妨げになることもある。この場合には傾向面解析により、重力傾向面をとり除いた重力残差図を作り、これについて解析しなければならぬ。

また、定性的な解析法としては、ブーゲー異常

図にフィルターをかけて浅部構造あるいは深部構造のみを反映させるような方法がある。

3. 調査結果

調査地域の地質分布は重力分布と岩石密度に密接な関係を持つので、重力探査の結果を述べる前に、「日韓トンネル陸上部第1次地質調査対馬地

表-1 対馬南部地域の地質層序

地 質 代	地 層 名	岩 の 構 成	柱 状	記 号			
第 四 紀	沖 積 層 段 丘 礫 層	泥, 砂, 礫		a1			
新 生 代 第 三 紀	中 新 世 漸 新 世	火 成 岩		Gr			
				D ₀ , P ₀			
			対 州 層 群	上 部 層	賀 谷 層	砂 岩 層	R ₄ Tu ₄
					天 道 山 層	砂岩優勢泥岩互層	Tu ₃
					芦 浦 層	泥岩優勢砂岩互層	Tu ₂
					小 船 越 層	砂岩・泥岩互層	Tu ₁
				中 部 層	洲 藻 層	泥 岩 層	T _m
				下 部 層	若 田 層	流 紋 岩	R ₃
						お よ び 泥 岩 層	T _{l3} R ₂ R ₁
						上 槻 層	泥岩・砂岩互層
今 里 層	泥岩優勢砂岩互層	T _{l1}					

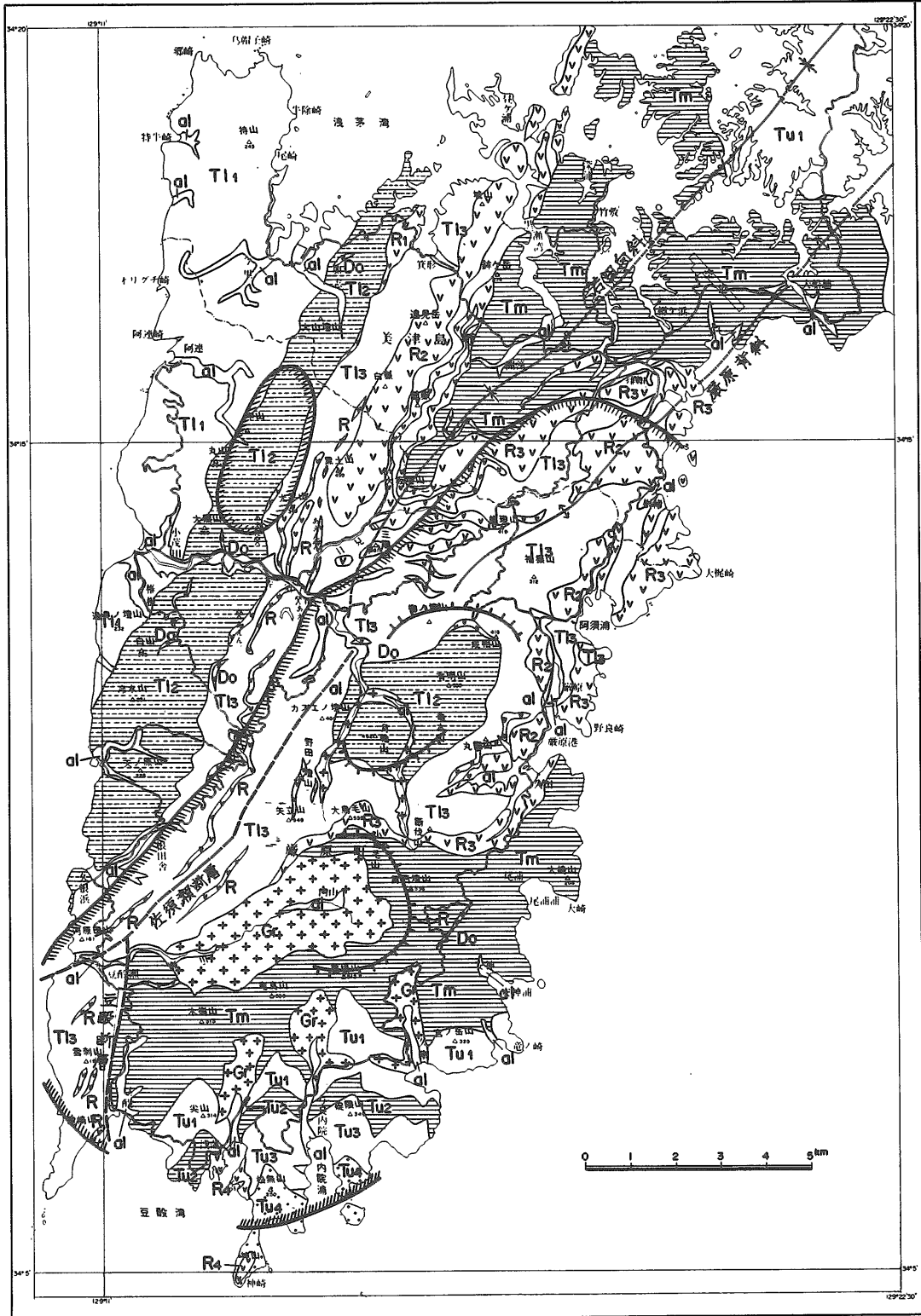
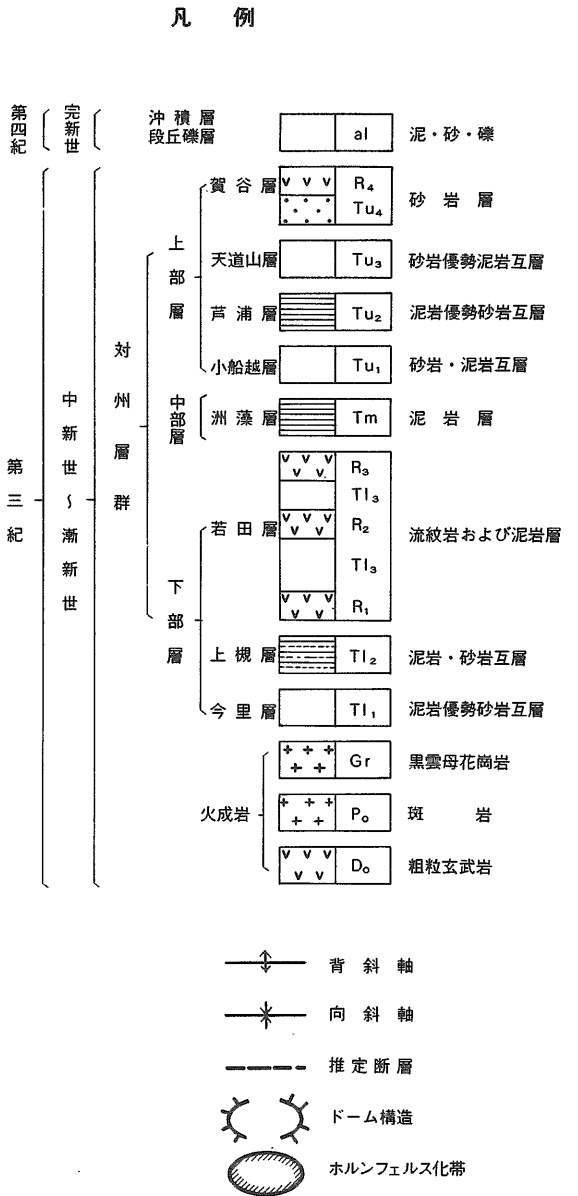


図-2 地質概要図



区」(昭和57年度 国際ハイウェイ建設事業団)に基づいて本調査地域の地質概要を述べる。

3.1 調査地域の地質概要

調査地域には、主として第三紀漸新世～中新世の砂岩、泥岩および流紋岩等からなる対州層群が広く分布するが、南部にはこれを貫く花崗岩類の分布がみられる。谷部、海岸部には第四紀の段丘礫層と沖積層が分布するが、その規模は極めて小さい。

地質層序を表-1に、地質分布を図-2に示す。対州層群はその岩質等から下部、中部、上部の3部層に大別される。

下部層は泥岩・砂岩互層(泥岩優勢)を主とする今里層(Tl₁)、砂岩・泥岩互層からなる上槻層(Tl₂)、泥岩の中に流紋岩を挟在する若田層(Tl₃)からなる。

今里層は美津島町今里と厳原町小茂田を結ぶ線の北西側に分布し、褶曲が発達している。

上槻層は美津島町吹崎～厳原町上槻まで帯状に分布するほか、厳原町月掛～月輪山～有明山に窓状に分布し、ここではホルンフェルス化を受けている。

若田層は調査地域中央部に広く分布し、その南東部分はホルンフェルス化を受けている。流紋岩は溶岩ないし岩床状の産状を呈し、城山～白嶽、雞知～久田付近にみられるようにNE～SWの方向性をもって帯状に分布する。

中部層は洲藻層(Tm)のみからなり、泥岩を主とし、砂岩層を挟在する。美津島町洲藻川上流域から浅茅湾にかけてと、南部の厳原町安神から豆殿にかけて分布し、南部ではホルンフェルス化を受けている。

上部層は砂質層で、砂岩・泥岩互層の小船越層(Tu₁)、泥岩優勢砂岩互層を主とする芦浦層(Tu₂)、砂岩優勢泥岩互層を主とする天道山層(Tu₃)、砂岩層を主とする賀谷層(Tu₄)からなり、調査地域南部の久和浦から豆殿浦にかけて分布し、流紋岩を含む。

花崗岩類は調査地域南部の内山盆地、その北方の日掛部落南方の谷部、南方の久和、内院、浅藻の谷部にそれぞれ分布しているが、一体の岩体と考えられており対州層群にホルンフェルス化を与えている。その他の火成岩類としては、対州鉦山

付近の粗粒玄武岩と斜長斑岩があるが、いずれも小規模な岩脈状である。

また、地質構造としては以下のようである。

調査地域の対州層群は島の伸長方向と斜交するNE-SW方向に軸を有する褶曲構造により大きな背斜および向斜構造を形成している。

向斜構造は美津島町若田から浅茅湾を通り北東へ延びる若田向斜があり、北東へ開いた半盆状構造を呈する。

背斜構造は敵原町矢立山から美津島町久須保に至る敵原背斜がある。この背斜の南部では背斜軸に沿って花崗岩が貫入しドーム状構造を形成している。

断層はN-S系、NE-SW系、NW-SE系があるが連続性に乏しく、大断層は認められない。主要な断層は南西部にN-S系、NE-SW系のものが推定されている。

また、かつて敵原町日見～悪水川にかけての地域では南北性の断層に沿った鉱脈から、鉛・亜鉛を産出した対州鉱山があるが、現在は廃鉱となっている。

3.2 補正密度の決定

3.2.1 岩石密度の測定

調査地域内で採取した岩石試料56個の自然状態と湿潤状態の密度を測定した。

岩石別の個数は花崗岩7、流紋岩12、砂岩14、泥岩17、斑岩5、粗粒玄武岩1個である。また、地層別の個数は賀谷層1、天道山層3、芦浦層2、小船越層2、洲藻層6、若田層21、上槻層4、今里層4個である。

密度は次式によって計算した。

$$\rho_N = W_1 / (W_2 - W_3)$$

$$\rho_w = W_2 / (W_2 - W_3)$$

ここで、 ρ_N ：自然状態の密度 (gr/cm³)

ρ_w ：湿潤状態の密度 (gr/cm³)

W_1 ：空中重量 (gr)

W_2 ：48時間浸水後空中重量 (gr)

W_3 ：48時間浸水後水中重量 (gr)

岩石は地表で採取したものであるが、補正密度を決めるためには、地表から深部までの岩体全体としての密度を考慮しなければならない。したがって、地表で採取した状況での自然状態の密度よりも湿潤状態の密度について考慮した方がよい

と考えられる。そこで、湿潤状態の密度の岩石別平均値を表-2に、地層別、部層別平均値を表-3に、個々の岩石の自然および湿潤状態の測定結果を表-4に示す。

表-2から、個数が1個しかない粗粒玄武岩を除くと、流紋岩がやや小さい値を示すが、その他の岩石はほぼ同程度の値である。また、表-3から、個数が1個の賀谷層を除いて地層別で2.58~2.71、部層別でも2.60~2.71といずれも明瞭な差は認められない。また、堆積岩類(対州層群)と火成岩類では、いずれも2.63の同じ値をもつ。56個の全平均値も2.63であり、本調査地域に分布する岩石の密度は2.63前後と推定される。

3.2.2 G-H関係図から推定される密度

2.3 ③で述べた方法により作成したG-H関係図を図-3に示す。

最小自乗法によって直線の傾きから求めた密度の値は2.68で、これは測定密度の全平均値2.63よりもやや大きな値である。

測点の標高と重力値は1次式で結ばれる関係にあるので、地表から深部まで一様な密度分布の場合、あるいは密度が異なる層が水平な境界面を以って分布する場合には、この方法によって求められた密度はほぼ正しい岩石密度を示すが、地下

表-2 岩石別密度

岩石名	個数	平均値
花崗岩	7	2.66
斑岩	5	2.64
粗粒玄武岩	1	2.43
流紋岩	12	2.50
砂岩	14	2.66
泥岩	17	2.68
砂岩及び泥岩	31	2.67
ホルンフェルス化岩	13	2.70

表-3 地層別・部層別密度

部層	地層	個数	平均値	平均値	平均値
上部	賀谷	1	2.44	2.66 (8個)	2.63 (43個・対州層群)
	天道山	3	2.67		
	芦浦	2	2.69		
	小船越	2	2.71		
中部	洲藻	6	2.71	2.71	2.60 (29個)
下部	若田	21	2.58		
	上槻	4	2.70		
	今里	4	2.62		
	火成岩類	13	2.63		
	全体	56	2.63		

表-4 密度測定結果一覧表

試料 番号	採取位置		近接 測点	時代	地層名	岩石名	密度 (g/cm ³)		備考		
	緯度	経度					自然	湿潤			
43	34°06.29'	129°12.75'	530	新 世 漸 新 紀 世	對 州 群	鶯谷層	流紋岩	2.35	2.44	良質陶石	
1	06.74'	13.25'	130			上 部	天道山層	砂岩	2.63	2.64	ホルンフェルス化, 硬
2	06.46'	13.63'	132				砂岩	2.70	2.71	ホルンフェルス化顯著, 硬	
3	"	"	132				砂岩	2.63	2.65	ホルンフェルス化顯著, 硬	
4	06.96'	13.82'	135				若 田 層	砂岩	2.65	2.66	ホルンフェルス化顯著, 硬
5	06.24'	12.36'	124					泥岩	2.71	2.72	珪質, 硬
6	06.59'	12.11'	121					砂岩	2.66	2.68	泥岩状, 硬
7	07.55'	14.85'	139					船層	2.73	2.74	ホルンフェルス化顯著, 珪質, 硬
8	08.37'	11.43'	111				中 部	泥岩	2.72	2.72	珪質顯著, ホルンフェルス化, 硬
9	07.57'	11.31'	115					砂岩	2.76	2.76	珪質顯著, ホルンフェルス化, 硬
10	15.54'	16.77'	244					砂岩	2.64	2.66	硬
11	16.36'	19.41'	427					砂岩	2.67	2.69	硬
12	08.60'	15.94'	152					砂岩	2.71	2.72	ホルンフェルス化顯著, 硬
13	17.14'	18.14'	447					砂岩	2.68	2.69	硬
14	09.17'	10.91'	105			下 部		泥岩	2.72	2.73	珪質顯著, ホルンフェルス化, 硬
15	14.42'	15.15'	223					砂岩	2.53	2.58	硬
16	11.69'	15.47'	331					砂岩	2.63	2.64	珪質顯著, ホルンフェルス化, 硬
17	12.63'	16.42'	405					砂岩	2.72	2.72	珪質顯著, ホルンフェルス化, 硬
18	16.74'	15.31'	581					砂岩	2.66	2.69	珪質顯著, ホルンフェルス化, 硬
19	10.18'	13.71'	588					砂岩	2.63	2.66	硬
20	17.25'	15.83'	38					砂岩	2.63	2.66	硬
21	13.22'	16.63'	182				砂岩	2.56	2.62	中~粗粒, 硬	
22	13.38'	13.70'	210				砂岩	2.67	2.68	粗粒, 硬	
23	12.56'	14.83'	327				流紋岩	2.70	2.70	ホルンフェルス化顯著, 珪質, 硬	
24	12.02'	17.99'	5				流紋岩	2.43	2.49	硬	
25	12.96'	17.95'	11				砂岩	2.40	2.46	陶石質, 硬~中硬	
26	14.60'	19.14'	19				砂岩	2.37	2.45	陶石質, 硬~中硬	
27	16.96'	16.31'	36				砂岩	2.52	2.54	硬	
28	10.61'	17.16'	166				砂岩	2.52	2.55	硬, 斑状	
29	11.33'	17.30'	169				砂岩	2.40	2.48	陶石質, 硬~中硬	
30	14.64'	15.14'	224				砂岩	2.47	2.51	硬, 斑状	
31	15.32'	17.79'	247				砂岩	2.46	2.51	硫化鉄細脈, 凝灰質	
32	15.30'	17.35'	249				砂岩	2.48	2.53	凝灰質	
33	11.01'	17.37'	378				砂岩	2.44	2.50	陶石質	
34	15.30'	19.45'	420			砂岩	2.34	2.44	斑質		
35	17.53'	14.86'	44			上 視 層	泥岩	2.73	2.74	硬	
36	10.90'	11.45'	94				砂岩	2.71	2.72	硬	
37	13.65'	12.62'	215				砂岩	2.68	2.70	硬	
38	16.76'	14.52'	278				砂岩	2.61	2.65	硬	
39	17.46'	14.35'	46			今 里 層	砂岩	2.47	2.52	細粒, 中硬, 泥岩細挟み	
40	12.57'	11.21'	599				砂岩	2.61	2.63	中~粗粒, 中硬	
41	16.71'	12.79'	53				泥岩	2.70	2.72	硬	
42	14.97'	12.19'	63				砂岩	2.59	2.62	硬	
44	12.73'	12.12'	78				貫 入 岩	粗粒玄武岩	2.36	2.43	風化, 斑状, 中硬~硬
45	17.42'	15.58'	40					斑岩	2.62	2.64	安山岩質, 硬
46	08.98'	15.94'	154					砂岩	2.61	2.63	安山岩質, 硬
47	"	"	154					砂岩	2.61	2.63	安山岩質, 硬
48	09.31'	16.20'	560			砂岩		2.65	2.66	安山岩質, 硬	
49	"	"	560			砂岩		2.59	2.62	安山岩質, 硬	
50	07.92'	15.74'	143			花崗岩		2.56	2.58	細~中粒	
51	11.21'	15.41'	333			砂岩		2.62	2.63	粗粒	
52	11.62'	14.54'	338			砂岩		2.66	2.68	中~細粒部	
53	11.42'	14.46'	339			砂岩		2.59	2.61	粗粒	
54	08.87'	12.54'	352			砂岩		2.61	2.63	中粒部	
55	09.29'	14.74'	365			砂岩		2.72	2.74	細粒部	
56	34°08.33'	129°14.24'	548			砂岩		2.73	2.75	中粒部	

鑑定者 佐藤 明

構造解析前の時点では、地下構造が水平かいなかについて判断することはできない。また、本調査地域のような山岳地域の場合には、平野部の場合に比べて地下構造は複雑で、一様な密度分布になっていない場合が多いので、G-H 関係図にプロットされる重力値そのものに密度分布の異常分が含まれている。したがって、この方法によって求められた密度の値をとりあつかう場合には、この点を十分に考慮する必要がある。

上のような理由から、ここで求められた 2.68 という値は、補正密度を決める参考データのひとつと考えられる。

3.2.3 等重力線図の比較

岩石密度測定結果と G-H 関係図から求めら

れた密度を考慮して、補正密度を 2.50、2.60、2.70 とした 3 種類の等重力線図を作成した。

これらの図面を比較すると、補正密度が 2.50、2.70 のものは補正密度が小さすぎる、あるいは大きすぎることに起因する等重力線の不自然な歪みが認められるほか、一部分ではあるが地形との相関も認められる。

補正密度が 2.60 の等重力線図にはこれらがほとんど認められない。また、岩石密度の平均値を考慮して、2.60 が最も妥当な補正密度と判断される。補正密度が 2.60 の等重力線図を図-4 に示す。

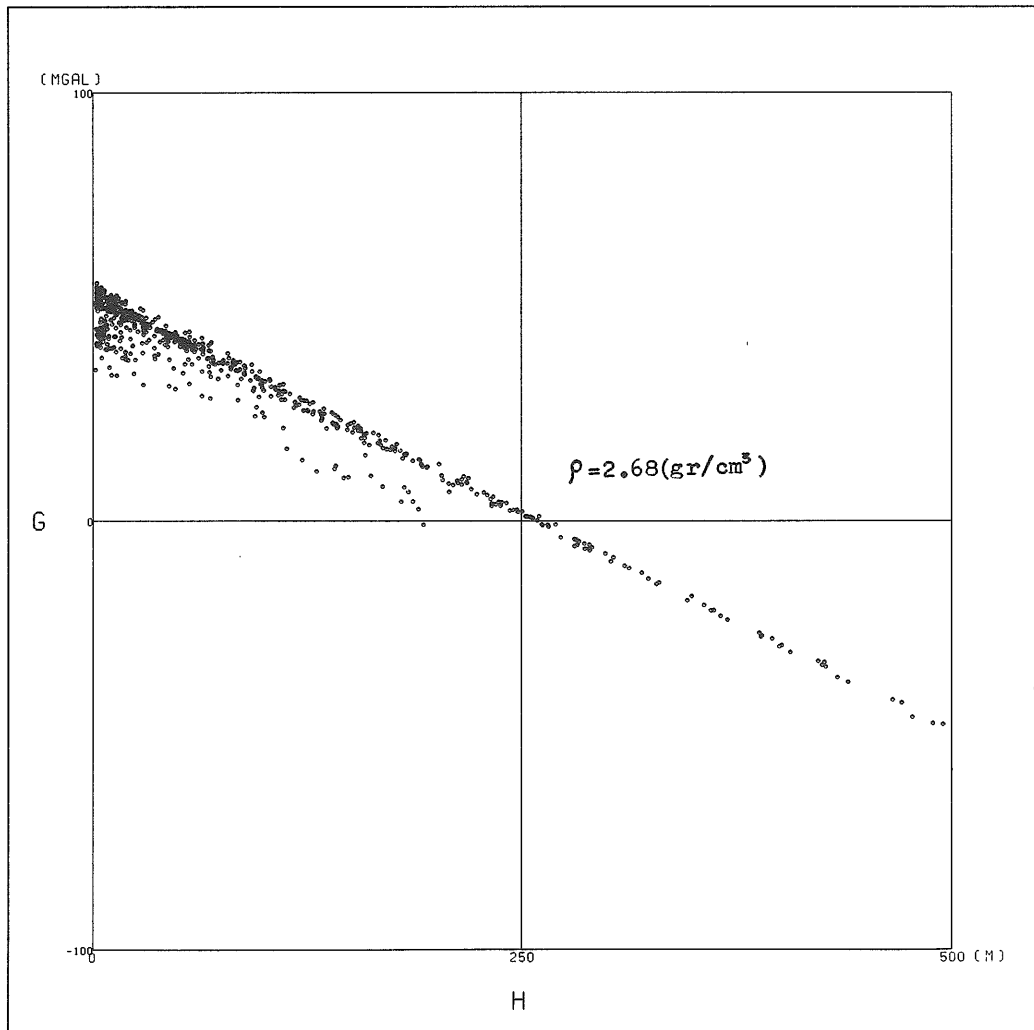


図-3 G-H 関係図

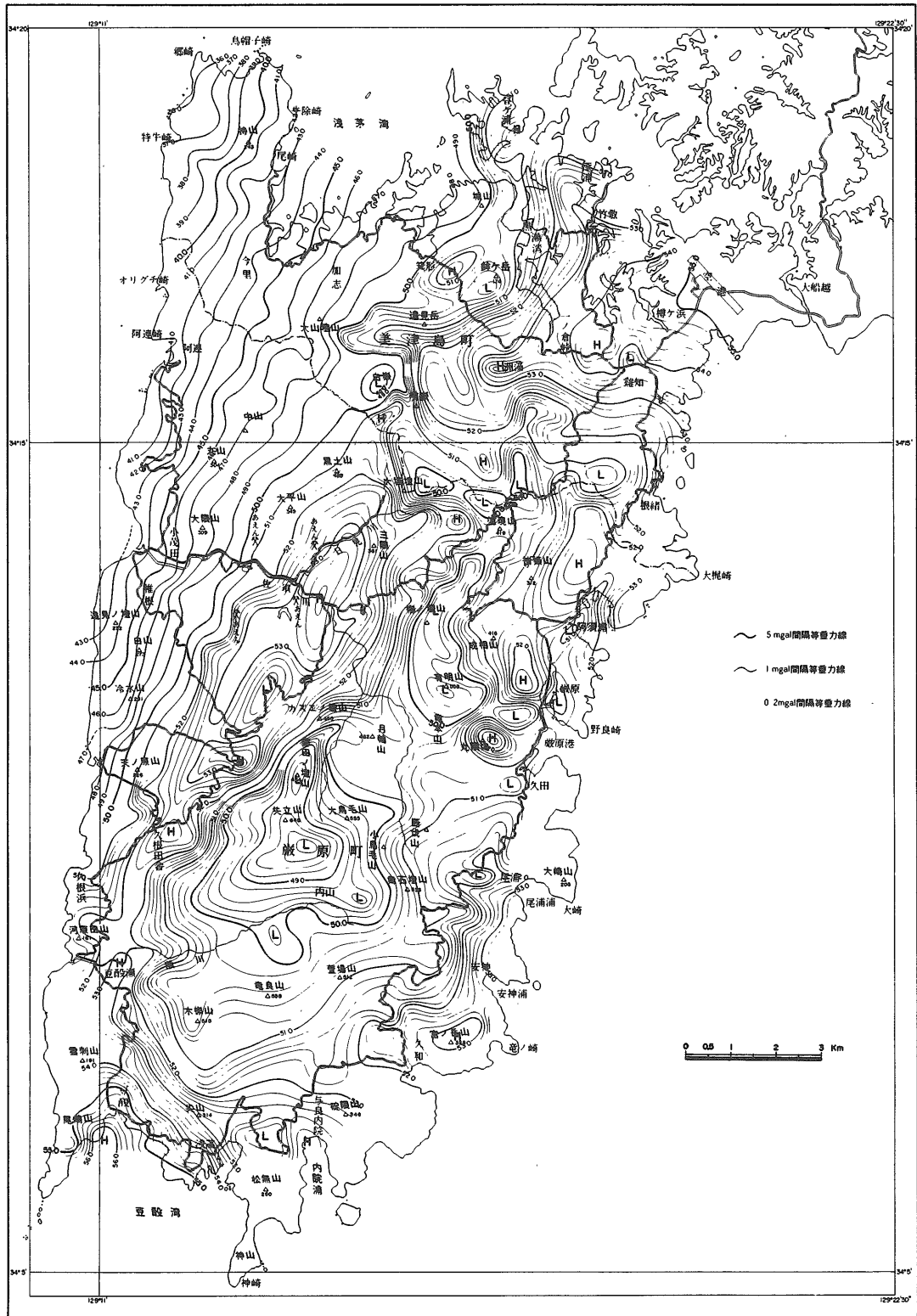


図-4 等重力線図 (補正密度 2.6 gr/cm³)

3.3 調査地域の重力分布

調査地域の重力分布は北西部で低く、北東から南部にかけて高い傾向にある。最小値は調査地域北西部の郷崎付近の 36.0 mgal、最大値は南西端の豆敷付近の 55.9 mgal である。

等重力線の流れの方向は調査地域の地質構造の方向と良く調和し、NNE-SSW 方向が卓越している。

地域北部の城山付近から中央西部の樫根をとおり南西部の久根浜を結ぶ線より北西側では重力傾度は非常に大きい、この線より東側では重力値は大きい、重力傾度はあまり大きくなく、重力値はいわば高原状をなしてゆるやかに変化している。樫根-久田を結ぶ線より南側では比較的長い波長の重力異常が卓越しているが、北側では短い波長の異常が多い。

主な異常は

- ①. 洲藻・樽ヶ浜を軸として北東方向へ開く高異常
 - ②. ①の南西方向の日見川上流から南南東方向の豆敷へ連なる細長い高異常
 - ③. 南部の内山、矢立山を中心として、②の東側に分布する低異常
- などである。東海岸から南海岸にかけては、全体として高異常域となっている。

3.4 重力分布と地質分布

調査地域北西部にみられる重力傾度の大きい部分に上槻層と今里層が等重力線の流れの方向に帯状に分布している。この重力傾度の大きいところには等重力線の流れの方向に平行する西落ちの断層の存在が推定される。

洲藻・樽ヶ浜の高異常域①は洲藻層の分布域によく対応する。

②の細長い高異常域はホルンフェルス化帯の西縁部に対応しているとともに、若田向斜の南西部の延長線上に位置している。

③の低異常域は内山付近に露出する花崗岩の分布域によく対応しており、北部と南部への低異常域の伸びも花崗岩の分布に対応している。

②と③の中間付近の日掛～佐須瀬間には重力傾度が極めて大きい部分があり、佐須瀬断層の位置と走向によく一致している。

4. 重力異常の解析

4.1 重力残差図

等重力線図（図-4）をみると、調査地域北西部では等重力線がほぼ北から南へ平行し、重力値は西海岸で 36.0 mgal と最も小さいが、東へ向かって 10 数 mgal も大きくなり最大 50 数 mgal にも達する。平行する等重力線のさらに東側では、等重力線が閉じて複雑な異常の分布パターンを形成しているが、この部分での重力異常の振幅は最大 5 mgal 程度である。

これらのことから、本調査地域には西の海域から東の海域にわたる非常に波長が長く、かつ大振幅の異常をひきおこすような大きな構造が相当深いところにあると推定される。等重力線図にはこの大構造に起因する重力傾向面が認められ、本調査で目的とする比較的浅い構造による重力異常の解析の妨げとなっている。したがって、この重力傾向面を除去する必要があるが、本調査によって得られた陸域部だけのデータから重力傾向面を求めることは危険である。

対馬周辺の海域部では、海上保安庁水路部によって重力測定がなされ、等重力線図が公刊されているので、これと本調査で得られた等重力線図をコンパイルして図-5（対馬下島周辺の等重力線図）を作成した。

図-5によれば、下島を中心として波長 40～50 km の高異常が存在し、等重力線の流れの方向は島の伸長方向にはほぼ一致している。この異常は島の上で 50～60 mgal の大きな値をもつが、島の東側と西側の海域に向かって徐々に減少して、ついには 0 mgal となっている。

図-5に格子点を設け、格子点上の重力値を読みとって、2次、3次…、と次数を上げて曲面による重力傾向面を求めたところ、5次と6次の曲面はほぼ同様の図となったので、6次曲面を本調査地域の重力傾向面とした。これを図-6に示す。

図-5と図-6に示した直線は図-7の重力断面の位置で、大文字の部分は後述する解析断面の範囲である。

図-7をみると、東西方向の重力断面の形は非対称で、西側の重力傾度は大きい、東側ではゆるやかである。この異常は地下深部の大きな構造

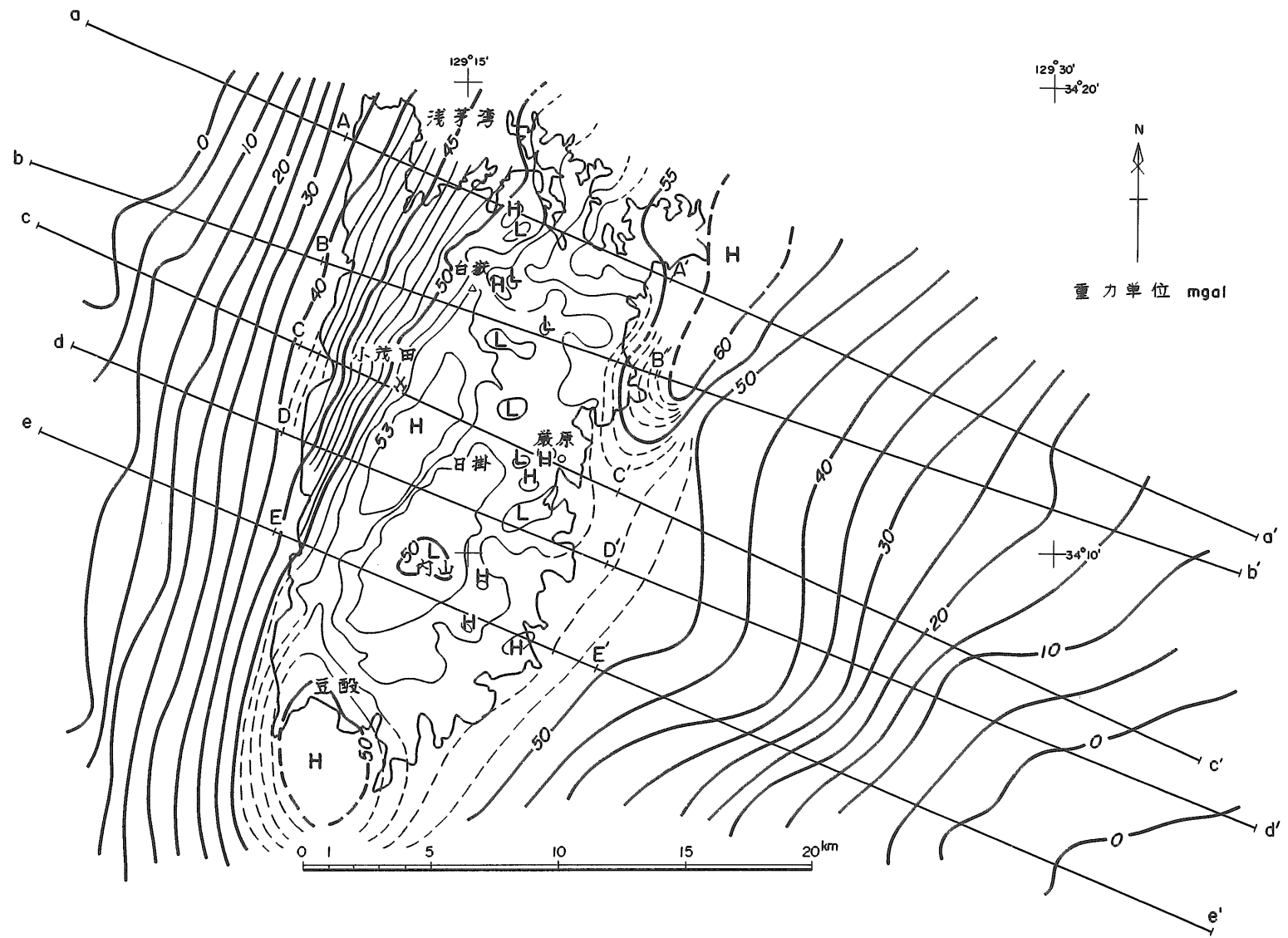


図-5 対馬下島周辺の等重力線図

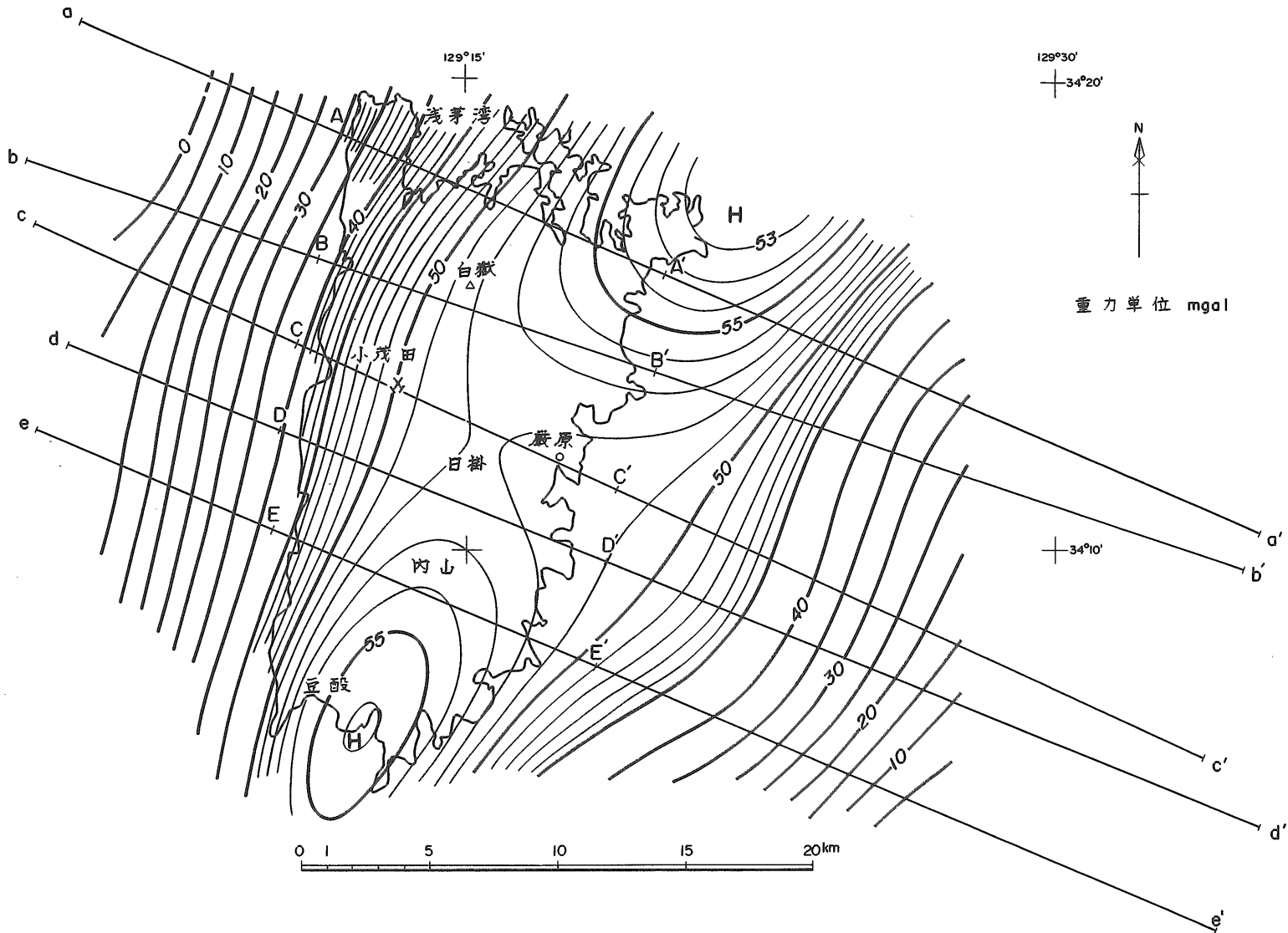


図-6 対馬下島周辺の重力傾向面図

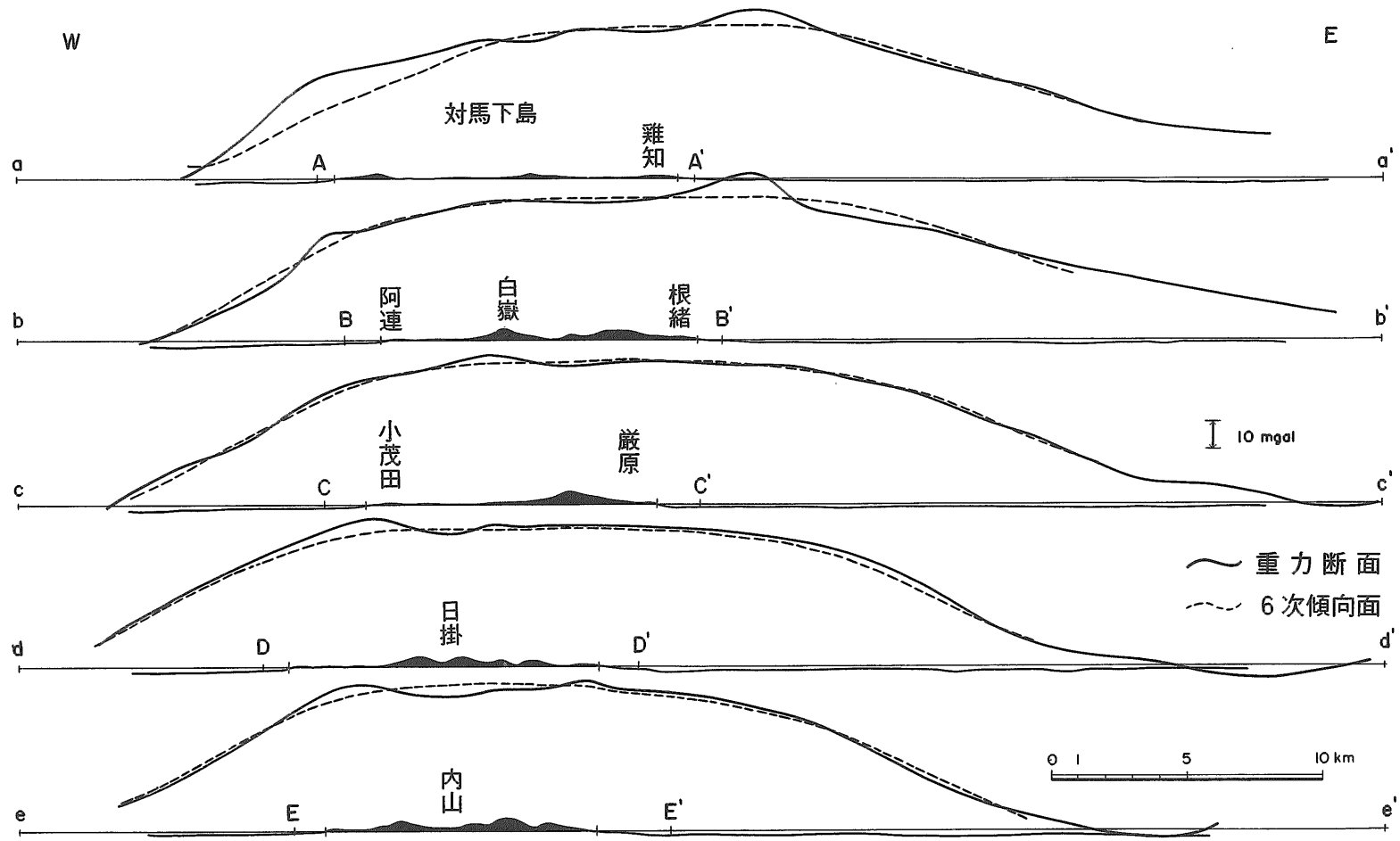


図-7 対馬下島周辺の重力断面図

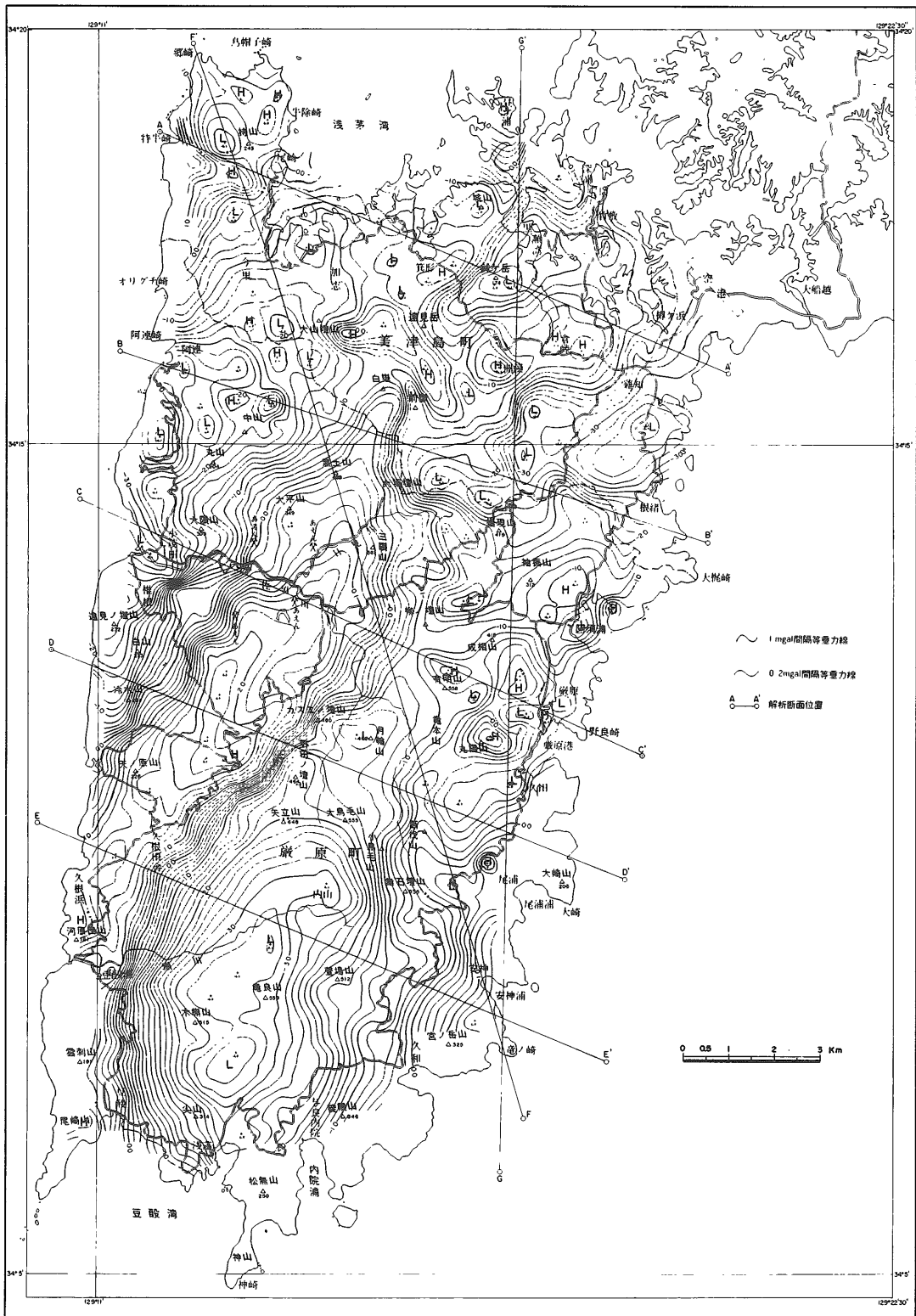


図-8 重力残差図

を反映しているものと考えられるが、本調査の目的は浅部の構造を明らかにすることにあるので、この大きな異常についてはこれ以上言及しないことにする。

測定重力値から重力傾向面の値を差しひいて作成した図が重力残差図で、これを図-8に示す。

この図にみられる異常の振幅は最大で約6 mgalである。

重力残差図と地質図を対比すると、基本的には3.4で述べたことと変わりがないが、花崗岩の分布域と低重力異常の分布域が図-4(等重力線図)のそれよりもさらによく一致していることがわかる。

4.2 密度差の検討

重力の低異常域が花崗岩の分布域に一致していることから、花崗岩の密度が堆積岩類のそれよりもいくぶん小さいものと判断される。

岩石密度の測定結果では、堆積岩類(対州層群)の密度が2.63(サンプル数43個)、花崗岩(本調査地域の基盤岩)の密度が2.66(サンプル数7個)と花崗岩の密度がやや大きくなっているが、これは花崗岩のサンプル数が少なすぎるためにこのような結果になったが、重力分布からみて、実際には花崗岩の密度が堆積岩類のそれよりも小さいものと推定される。

そこでこれを検討するために、花崗岩の密度が堆積岩類の密度より小さいものとし、その差 $\Delta\rho$ を種々変えて、図-8に示した位置の重力断面をとり、2次元シミュレーションによる解析を試みた。

その結果、花崗岩の露出域を横切る断面は、 $\Delta\rho = 0.15$ の場合に実際の地質構造とよく合致し、他の断面も花崗岩の露出域を通らないが、地下構造を無理なく解釈できるので、堆積岩類と花崗岩には0.15の密度差があるものとして、調査地域全体の構造を3次元シミュレーションによって解析した。

4.3 解析結果

解析結果を図-9(解析平面図)、図-10~図-13(解析断面図)に表わした。以下に解析結果を述べる。

4.3.1 解析平面図

(1) 本調査地域の基盤岩である花崗岩は地域の南半部のみに露出しているが、花崗岩の等深度線が0.2 km以浅の範囲は北から月輪山、大鳥毛山、竜良山を経て南端部の松無山を結ぶ線を軸として、幅2~5 km、長さ10 km程度の西洋なしの形をなしている。花崗岩はこの範囲内に離散的に分布しているが、地下では連続した一体の岩体であろう。

この浅い部分は権現山、雞知を経て樽ヶ浜付近まで続いている。地質図に記載のある敵原背斜は柳ノ壇山付近で終わっているが、重力の解析結果から、この背斜は島の南端部まで連続しているものと考えられる。

(2) この背斜構造の西側と東側にはこれと平行する向斜構造が推定され、西側のものを白嶽向斜構造、東側のそれを根緒向斜構造と仮称する。

白嶽向斜構造は北海岸の昼ヶ浦から白嶽、黒土山、久根田舎を経て豆酸瀬まで連続するものと考えられる。この向斜軸に沿って白嶽から久根田舎に至る部分では、花崗岩は地溝状に深く落込んでおり、垂鉛鉦山から久根田舎間では地表下1.4~1.6 km程度の深度となっている。

(3) 根緒向斜構造は東海岸の根緒から丸隅山を経て尾浦付近まで続き、極めて幅の狭い地溝状構造を呈し、最深部で1.0 km程度と推定される。

(4) 若田向斜は白嶽向斜が三隅山付近で枝分かれして北東へ伸びているような形をなしている。この向斜軸に沿う花崗岩の最深部は一ノ倉峠および洲藻付近で0.6 km程度であろう。

(5) 島の北西部には上島の仁位背斜および佐賀向斜へ続くとみられる背斜・向斜構造が推定される。

(6) 長く連続する断層は佐須瀬断層と豆酸断層で、敵原背斜構造から白嶽向斜構造へ向かって花崗岩の深度が急激に増大するところに位置している。その他の主な断層として白嶽から三隅山へ伸びる断層①、洲藻の南側のNW-SE方向の断層②、遠見岳からNNE方向へ伸びる断層③、断伐山から安神浦へかけてのNNW-SSE方向の断層④、垂鉛鉦山付近からSSW方向へ伸びる断層⑤などが推定される。

(7) ホルンフェルス化帯は花崗岩の深度が全体的に小さい敵原背斜構造上に極めてよく一致して

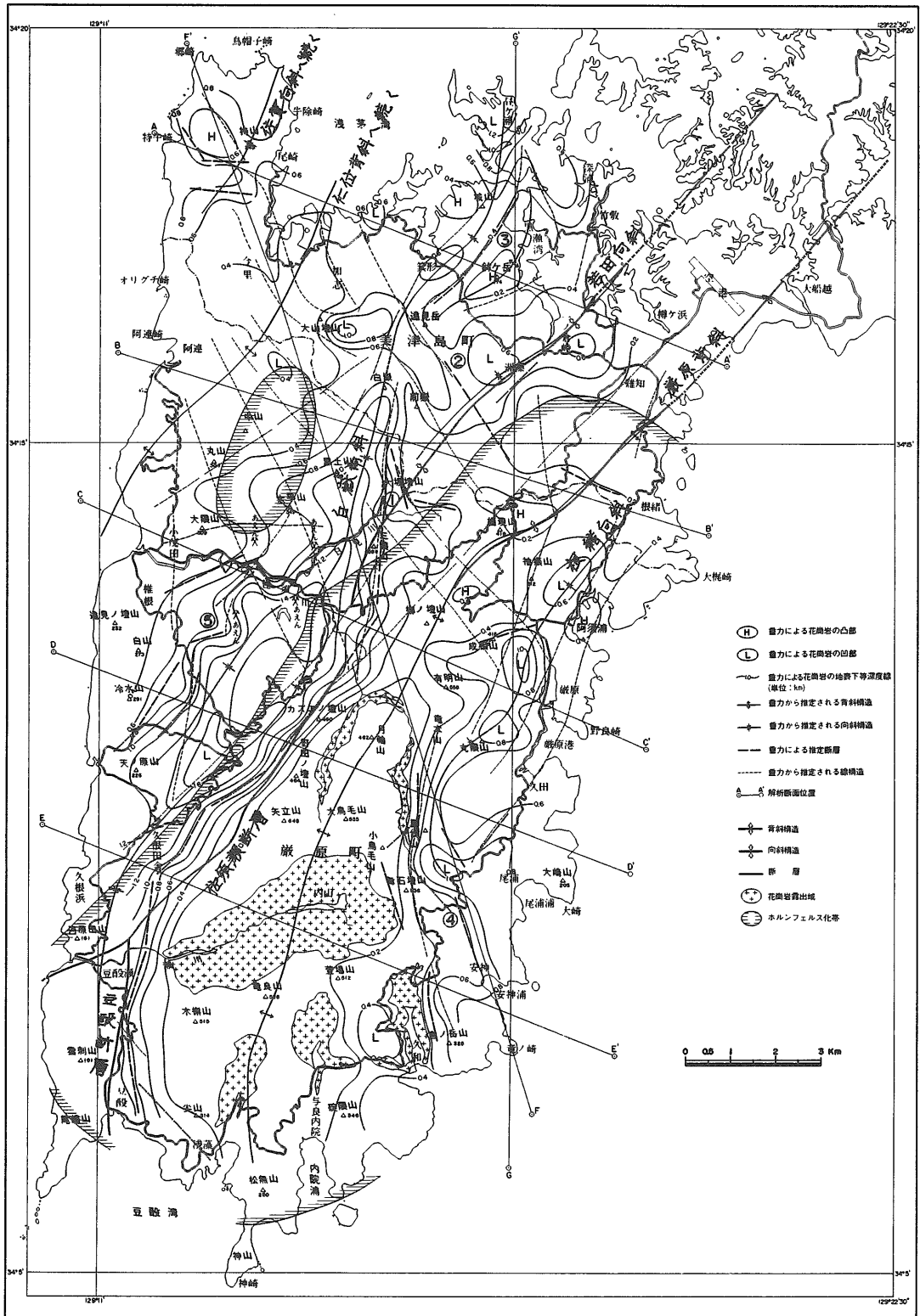


図-9 解析平面図

分布している。

(8). 以上の他に重力図から主として小さな断層を表わすと考えられる線構造が推定されるが、この構造の分布は花崗岩の露出域とその周辺には少なく、島の北半部に多く認められる。その方向はNNW-SSEないしNW-SEのものが多い。

4.3.2 解析断面図

(1). A-A' 断面

基盤面 (=花崗岩) は比較的なだらかな起伏を示し、断面の西端 (=左端) から箕形浦では

-500~-600 m (地表下 500~700 m) であるが、箕形~洲藻浦では-150 m (地表下 250 m) 付近まで上昇し、久須ノ浦付近では再び対州層群が厚くなり (約 500 m) 若田向斜を形成していると考えられる。

(2). B-B' 断面

基盤面は阿連から西側のホルンフェルス化帯中央部まで-100~-200 m (地表下 200~300 m) と浅く、仁位背斜構造を形成していると考えられる。

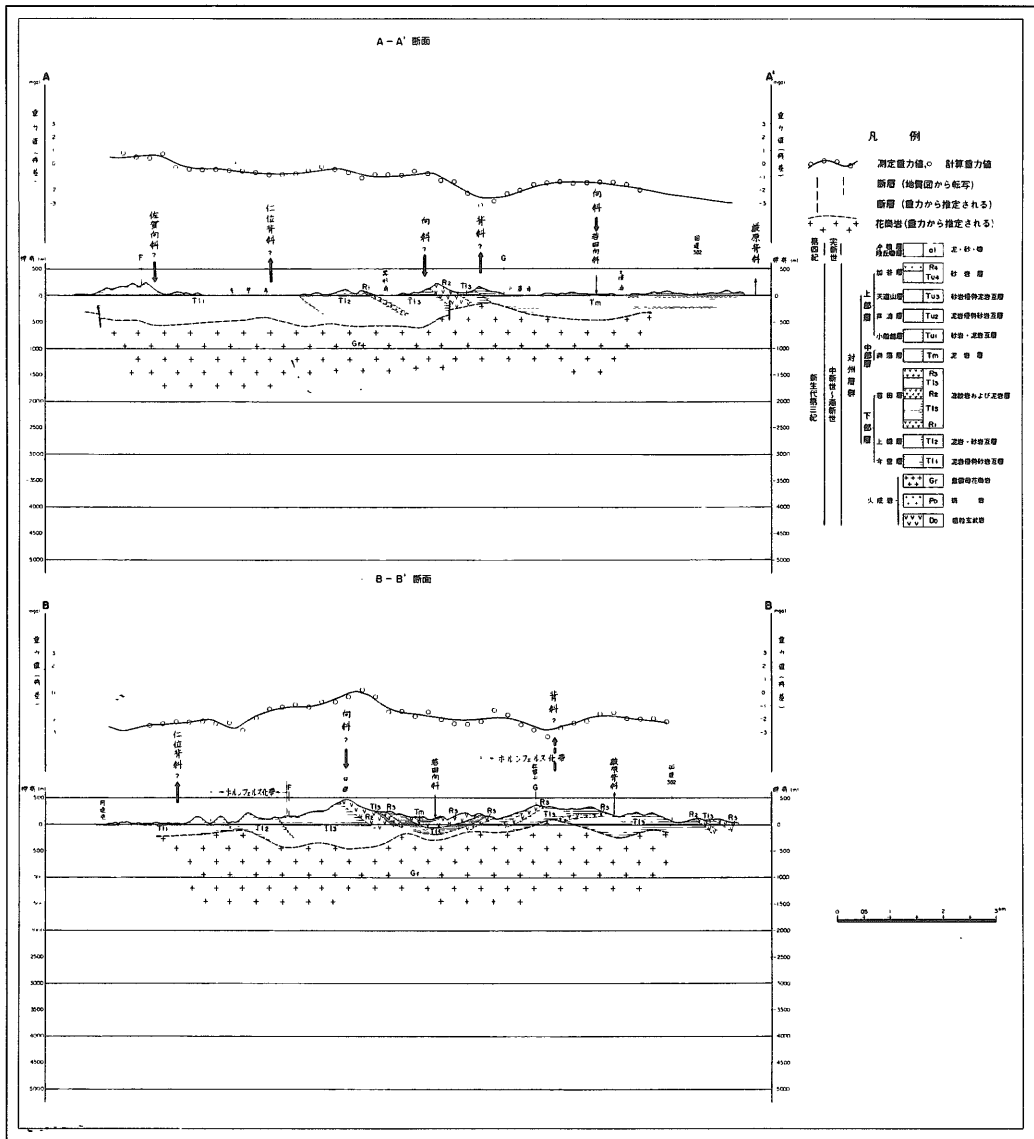


図-10 解析断面図 (A,B 断面)

白嶽付近では基盤は深く、最深部で-450 m (地表下 950 m) 程度となっており、向斜構造が推定される。

白嶽東方からさらに東側では、基盤は東へ向かって徐々に浅くなるが、若田向斜の下ではやや深く-300 m (地表下 450 m) 程度となっている。

紅葉山下部では基盤は 100 m (地表下 250 m) 付近まで盛り、ドーム状構造を形成しているものと推定される。この部分はホルンフェルス化帯の中にあり、基盤が浅いことと調和的である。

(3). C-C' 断面

基盤は小茂田付近と有明山付近で浅く、小茂田付近で-100~-200 m (地表下 200~300 m)、有明山付近では-100~0 m (地表下 300~500 m) である。有明山の基盤の盛上りは厳原背斜構造に対応する。

樫根から F-F' 断面との交点の間では基盤は深く-1,400 m (地表下約 1,500 m) まで達する。すなわち対州層群の厚さが約 1,500 m であると考えられる。G-G' 断面の交点付近でも基盤は深

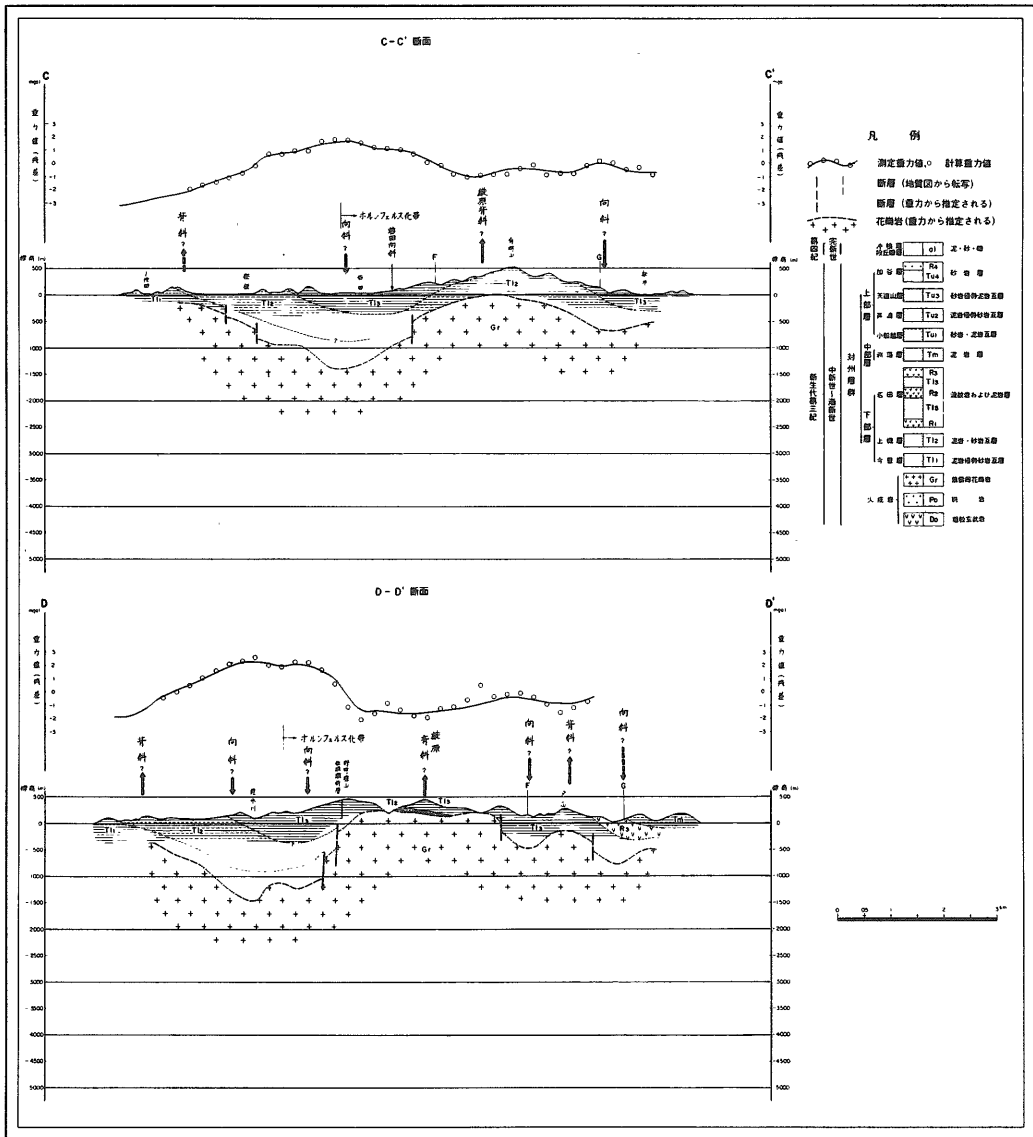


図-11 解析断面図 (C.D 断面)

く、-700 m (地表下約 800 m) に達し、ここには向斜構造が推定される。

樫根付近および若田向斜の東側に断層が推定される。

(4). D-D' 断面

基盤は断面中央部分で極めて浅く、100~200 m (地表下 0~300 m) であり、敵原背斜構造を形成している。この背斜の西側の野田の壇山付近には2本の断層が推定され、これが地表地質から認められる佐須瀬断層に対応する。

この断層の西側の悪水川下部では、複向斜となっており、基盤は-1,100~-1,500 m (地表下 1,400~1,600 m) と非常に深い。断面西端に向かって急激に浅くなっている。

敵原背斜構造の東側にも断層が推定され、これより東側に、向斜、背斜、向斜が交互に並んでいる。

(5). E-E' 断面

基盤は断面中央部の広い範囲に渡って露出し、ドーム状構造を形成すると考えられる。断面の西

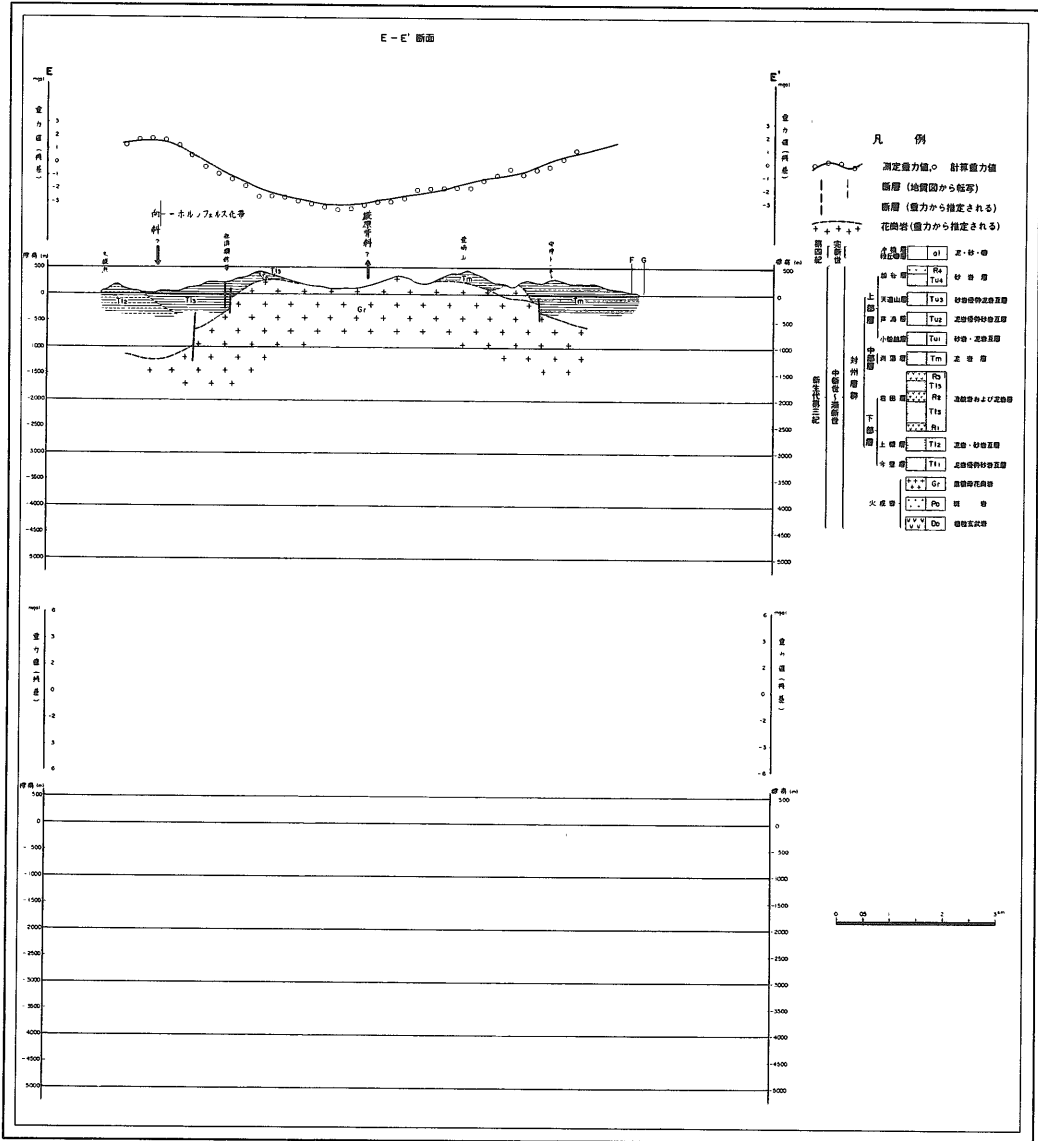


図-12 解析断面図 (E 断面)

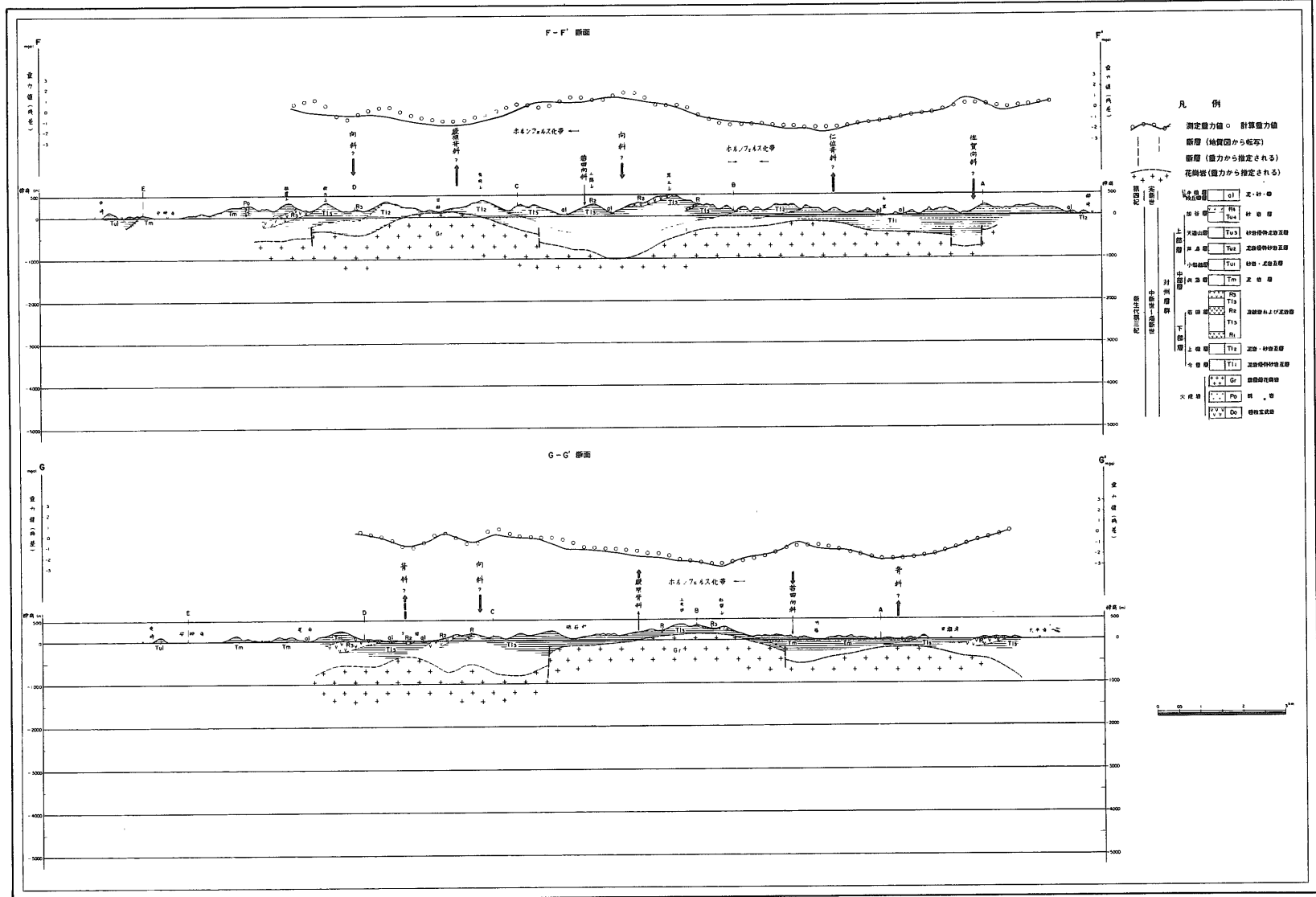


図-13 解析断面図 (F.G 断面)

側には2本の断層が推定され、東側のものは佐須瀬断層に一致すると考えられる。断面西端部分には向斜構造が、断面東側の安神トンネル付近には断層が推定される。

(6). F-F' 断面

基盤は日掛付近で地表近くまで上昇し、蔽原背斜構造を形成しているが、三隅山から黒土山の間では-1,000 m (地表下1,000~2,000 m) まで深くなり向斜構造を形成するものと推定される。

B-B' との交点より北側では基盤は比較的なだらかで、かつ浅く-100~-300 m (地表下300~500 m) 程度となっている。

全体として、基盤の浅い部分はホルンフェルス化帯と一致している。

(7). G-G' 断面

砥石淵と若田向斜の間で基盤は極めて浅く、-200~150 m (地表下200~300 m) 程度で、蔽原背斜構造を形成する。

砥石淵のすぐ南側には断層が推定され、これより南側では基盤の起伏がやや激しく、浅いところで-400 m (地表下400 m)、深いところで-800 m (地表下1000 m) 程度となっている。

若田向斜付近にも断層が推定される。A-A' 断面との交点付近にはゆるやかな背斜構造が推定され、基盤深度は-200 m (地表下200 m) 程度となっている。

5. まとめ

重力探査の結果と地質情報を対比して判明したことがらは次のとおりである。

(1). 岩石の密度測定結果では、主として砂岩、泥岩からなる対州層群の平均密度は2.63 gr/cm³ であり、基盤岩である花崗岩の平均密度は2.66 gr/cm³ で、両者の密度にはほとんど差がない。

(2). 上記のような密度にもかかわらず、花崗岩の露出する地域は低重力異常域に一致している。

(3). 対州層群のうち若田層、洲藻層などは高異常域に分布する。

(4). 等重力線の顕著な流れの方向はNE-SW ないしはNNE-SSW 方向の本地域の地質構造の方向性と背斜・向斜・断層等の方向に極めてよく一致する。

(5). 本地域の重力異常は地下深部の大構造に起

因する、島の西の海域から東の海域まで広がる波長が長く、振幅が50~60 mgal に達する大きな異常-重力傾向面-に重なり合った異常であるが、この重力傾向面除去後の異常の振幅は0~6 mgal 程度で、これが本地域の基盤の起伏または対州層群の厚さの変化に対応する値である。

(6). (1)と(2)は矛盾するが、これは花崗岩のサンプル数が少なすぎることに原因があるように考えられる。そこで対州層群と花崗岩の密度差を種々変えて、構造のシミュレーションによって両者の密度差を検討したところ、花崗岩の密度が対州層群のそれよりも0.15 小さい場合に地質構造を無理なく解釈できる地下構造が得られた。そこでこのような密度差のもとに重力図を解析して以下のような結果を得た。

- ①. 調査地域南部に離散的に分布する花崗岩はその北北東側でも、200~400 m 程度の比較的浅い潜頭深度で連続的に分布し、これが蔽原背斜構造を形成しているものと考えられる。
- ②. 蔽原背斜構造の西側と東側には細長い地溝状の向斜構造があり、西側のものを白嶽向斜構造、東側のものを根緒向斜構造と仮称する。白嶽向斜構造の花崗岩の最深部は1.4~1.6 km 程度で、根緒向斜構造では0.8~1.0 km 程度と推定される。
- ③. 蔽原背斜構造から白嶽向斜構造への移行部分では花崗岩の傾斜が大きく、佐須瀬断層・豆敷断層の位置に一致している。
- ④. 若田向斜軸は白嶽向斜軸の一部が枝分かれしたような形をなしている。
- ⑤. 地域北西部には対馬上島の仁位背斜構造と佐賀向斜構造に連続すると考えられる構造が推定されるが、この部分での花崗岩の起伏は小さく、深度もさほど大きくない。
- ⑥. 佐須瀬・豆敷の両断層の他にも10数本の断層が推定されるが、両断層に比べて連続性に乏しい。
- ⑦. ホルンフェルス化帯は蔽原背斜構造上の花崗岩の深度の浅い部分に極めてよく一致している。
- ⑧. 2~4 km 間隔で交互に背斜・向斜軸が推定されることから、対州層群はそれらの方向に直交する力により褶習したものと考えられ、

重力図から推定される線構造の多くはこの力の方向を示す可能性が強い。

④、上記のうち、本調査地域の構造の特徴を簡潔に表わす項は①、②と⑤である。

以上のように重力探査の結果、新しい多くの知見を得たが、さらにボーリング調査や弾性波探査によって花崗岩の深度や断層の有無の確認をすることが望まれる。

参 考 文 献

- 1). 国際ハイウェイ建設事業団 (1982) : 日韓トンネル陸上部第1次地質調査対馬地区報告書
- 2). 寺島進世意・土屋徹 (1976 a) : 重力データから推定された対馬の撓曲構造について、鉱山地質、26、191-206
- 3). 寺島進世意・土屋徹 (1976 b) : 対馬の撓曲構造についての補足説明、鉱山地質、26、345-349
- 4). 花崗尚之 (1976) : 重力データから推定された対馬の撓曲構造についての検討、鉱山地質、26、341-344
- 5). 寺島進世意・吉沢正夫 (1976) : 対馬の磁気構造の解析について、鉱山地質、26、361-370
- 6). 松橋秀郎 (1968) : 対州鉱山の層面系鉱床における構造規制の解明とその探鉱成果について、鉱山地質、18、1-11
- 7). 井上英二 (1981) : 対馬海峡をめぐる白亜系・第三系の地質学的問題—その1—陸域部の地質比較、地質ニュース、328、23-36
- 8). 井上英二 (1982) : 対馬海峡をめぐる白亜系・第三系の地質学的問題—その2—海域の地質と総括、地質ニュース、340、46-61

- 9). 松本達郎・野田光雄・宮久三千年 (1961) : 日本地方地質誌九州地方、朝倉書店
- 10). 海上保安庁水路部 (1976) : 沿岸の海の基本図 (20万分の1)「対馬付近」海底地形図海図第 6345 重力異常図 海図第 6345 G および海底地質構造図 海図第 6345 S
- 11). 海上保安庁水路部 (1978 a) : 沿岸の海の基本図 (5万分の1)「老岐北部」 海図第 6345-4
- 12). 海上保安庁水路部 (1978 b) : 沿岸の海の基本図 (5万分の1)「豆殿」 海図第 6345-8
- 13). 海上保安庁水路部 (1981) : 沿岸の海の基本図 (5万分の1)「対馬東岸南部」海図第 6345
- 14). 萩原幸男 (1976) : 地球重力をさぐる、講談社
- 15). 萩原幸男 (1978) : 地球重力論、共立出版
- 16). 坪井忠二 (1979) : 重力、第2版、岩波書店
- 17). 広島俊男、須田芳朗、丹治耕吉 (1978) : グラフィックディスプレイ装置を用いた重力周辺地形補正について、物理探鉱、第31巻、5号
- 18). 広島俊男、須田芳朗 (1980) : 重力地形補正用地形高度ファイルの編集、物理探鉱、第33巻、4号
- 19). Grant & West (1965) : Interpretation Theory In Applied Geophysics, Mc Graw Hill Book.
- 20). Cordell & Henderson (1968) : Iterative Three-dimensional Solution of Gravity Anomaly Data Using a Digital Computer, Geophysics, Vol. 33, No4, p596-601.
- 21). M. Talwani & J.L. Worze (1959) : Computations for Two-dimensional Bodies with Application to the Mendocino Submarine Fracture Zone, Journal of Geophysical Research, Vol.64, p49-59.

東西文化文流の必要 (その2)



東洋の文明は孤立して其の眞の生命を見出すことは出来ない。西洋の文明亦東洋の文明を度外視して其の發達を完成せしむるを至難とする。東西兩文明即物神兩文明は常に互に相刺戟し合ひ、又互に之れを吸収し合流することに依つてのみ初めて偉大を完成し得るのである。

然るに東西兩文明の接近融合を圖る陸上唯一の交通機關とし、永年歐亞兩國民に依つて利用せられて來た例のシベリア鐵道は、最近ソヴィエツト・ロシアの横車によって著るしく其の運用を阻害せられ、旅客輸送の如きは最近全く杜絶の状態に陥り、又秘密を要する信書の托送の如き安心して之れを行ふことの出来ない状態にあり、貨物の輸送の如き亦常に圓滑を缺き、ロシアを挟む歐亞兩大陸諸國民の不利不便之れより甚しきはなく、爲めに世界交通文化は一擧にして百年の後退を餘儀無くせられたかの感がある。

勿論海路による東西の交通路存すと雖も、斯様な迂回路

のみを以てしては決して世界文化の交流に充分であるとは云ひ得ない。陸の大動脈である鐵道の交通が絶対に必要なのである。

二千有餘年東海の孤島に立て籠つて居た日本も、今や象牙の塔を出でて大陸に向つて敢然と乗り出した。自ら東洋の盟主を以て任じ又自ら東洋文化の最高峰に居ることを誇る日本の其の大陸經營は、單なる支那大陸資源の開發、支那市場の開發又日支のみの共存共榮を圖るを以て足れりとなすべきであらうか。百尺竿頭更に一步を進めて、世界文化の發達に協力し人類の幸福を齎らすことを考へなければなるまい。而して今日世界文化發展の見地よりして最も急を要する所のものこそ東西文化交流路たるシベリア鐵道代行線の建設である。

湯本昇著 『中央アジア横斷鐵道建設論』

昭和14年10月東亞交通社發行より