

糸魚川—静岡構造線の重力調査 (III)

—松本盆地東縁断層北側延長部の追跡—

地震研究所 { 大久保 修 平
長 沢 工
村 田 一 郎
許 華 杞^{D)}

(平成2年6月23日受理)

要 旨

松本盆地東縁断層の北側延長部の周辺で約190点の重力測定を実施した。爆破地震学から求められている松本盆地東縁断層付近の構造をとりいれて、重力異常の解析をすすめた。その結果、逆断層運動にともなう周囲に生じる系統的な密度変化によって、実際のブーゲー異常のパターンおよび振幅がきわめてよく説明できることがわかった。

1. はじめに

糸魚川—静岡構造線の重力調査の第1報(萩原ほか, 1986)において、松本盆地東縁断層が逆断層である可能性が示された。この可能性は爆破地震観測(IKAMI *et al.*, 1986)からも指摘されている。また横倉ほか(1987)の反射地震探査によっても、同断層北部で東下がりの反射面が見いだされており、逆断層の存在を示唆している。もしこれらの指摘が正しいならば、萩原(1990)が述べているように、糸魚川—静岡構造線をプレートの収束境界とする仮説を支持するものとなる。

本研究では、萩原ほか(1986)で未調査の松本盆地東縁断層の北側延長部について重力測定をおこなった。目的は萩原ほかが逆断層を想定するに至ったブーゲー異常の特徴的なパターンが断層北部でも見いだされるか否かを検証することである。

ところで、上述の松本盆地東縁断層=逆断層説は、いずれも幾何学的な2つの事実に全面的に依拠している。すなわち

1. 推定された地下構造が、松本盆地東縁断層付近で東下がりのスラブの形態を示すこと
2. 表面地形が東側隆起の様相を示していること(比高400mの急崖のリニアメント)の2点である。

ところがこのような幾何学的な情報のみでは、断層“運動”そのものに関してはなにもしえないことに注意すべきである。いかえれば物性(密度、弾性定数)が急変する境界の存在を指摘することはできても、断層すべりがそこで実際におこったか否かを判定する

^{D)}現在 台湾大漢工商専科学校

ことはできない。「崖は必ずしも断層ならず」ということである。

最近、重力異常データを過去の断層活動の“化石記録”としてとらえ直すことができることが示されてきた(大久保, 1990)。この方法では断層運動にともなって生じる, 系統的な密度変化の空間分布から期待されるブーゲー異常を計算する。この手法によれば, 断層の幾何学的なパラメータの他に, 断層運動の動的パラメータ(累積滑り量, スリップの向き)が推定できる。本稿でもこの手法を積極的につかって, 松本盆地東縁断層に沿う逆断層運動の仮定に基づいて, この地域の重力異常が解釈できるか否かを検討する。

2. 重力調査の概要

ブーゲー異常の解析範囲は $36^{\circ}10' \sim 36^{\circ}35'N$, $137^{\circ}45' \sim 138^{\circ}00'E$ とした。この範囲内に名古屋大学理学部(YAMAMOTO *et al.*, 1982)によって96点, 萩原ほか(1986)によって178点の重力測定点がある。今回の調査では測定点が少ない $36^{\circ}17' \sim 36^{\circ}28'N$, $137^{\circ}50' \sim 138^{\circ}00'E$ の範囲内で実際に重力測定をおこない, 約190点の重力測定点をつけ加えた。測定領域は国土地理院2万5千分の1地形図「豊科」, 「明科」, 「信濃池田」, 「大町南部」, 「有明」および「信濃小倉」に相当する。重力測定点には主として2万5千分の1地形図及び1万分の1の市町村図に記入されている独標点を採用した。その他, 国土地理院の水準点および三角点においても測定した。

測定は2班に分かれて, 1989年10月に同時に実施した。第一班は南部を担当し(測定点SF000~SF096), 第二班は北部を担当した(測定点NF001~NF094)。測定の都合上, 重力基準点として第一班は穂高町にある国土地理院一等水準点BM2882(標高534.37 m, 重力値979659.81 mgal)を選んだ。第二班は松川村細野神社にあるBM2885(標高573.90 m, 重力値979659.62 mgal)を選んだ。この2つの基準点間の重力結合をおこなった結果, BM2882に対するBM2885の相対重力値として -0.14 mgalを得た。この値は国土地理院によって与えられた2点の絶対重力値の差 -0.19 mgalとよく一致している。また二つの班が共通に測定した1点(NF082, SF085)の重力値も0.01 mgalの精度で一致し

Table 1. Comparison between gravity values observed by Nagoya University (NG) and the Earthquake Research Institute (ERI).

Benchmark		Gravity		Difference
ERI	NG	g(ERI) (mgal)	g(NG)(mgal)	g(ERI)-g(NG) (mgal)
SF000	1997	979653.15	979653.23	-0.08
SF017	2017	979663.21	979663.24	-0.03
SF028	2033	979661.96	979662.02	-0.06
NF048	2067	979677.26	979677.26	0.00
NF039	2087	979654.84	979654.88	-0.04
NF005	2094	979654.41	979654.50	-0.09
NF014	2114	979610.71	979610.81	-0.10
NF013	2128	979647.07	979647.19	-0.12
NF033	2106	979658.79	979658.92	-0.13
NF055	2070	979660.04	979660.12	-0.08
NF080	2074	979655.79	979655.99	-0.20

ている。したがって異なる重力基準点に準拠していても、二つの班の測定結果には 0.1 mgal をこえるような不整合は生じない。

使用重力計は第一班はラコステ G875, 第二班はラコステ G581 である。毎日の測定は各班の基準点から出発し、その基準点に戻るよう実施された。一日のドリフト量は 0.04 mgal をこえることはなかった。

名古屋大学の重力データと本測定データとを比較する意味で、再測定を実施した11点について重力値を Table 1 に列挙する。両測定値の差は最大でも 0.2 mgal であり、きわめて良く一致している。

Table 2 に重力点番号、重力点の緯度、経度、標高、重力値、地形補正值およびブーゲー異常値を与える。名古屋大学の96点の重力測定のうち、今回再測定を実施しなかった85点については、地形補正のみ再計算した。しかし Table 2 には収録していない。なお Table 2 について、SF021, SF024 および NF015 は欠測となっている。

Fig. 1 に今回測定した重力点の分布(図中の丸印)を示す。図中には名古屋大学による測定点および萩原ほか(1986)の測定点も含まれている。また Fig. 1 には活断層研究会(1980)による確実度(I)および(II)の断層が記入されている。名称はすべて活断層研究会による。またこの地域でおこなわれた地震探査の測線も示してある。

3. ブーゲー異常

測定された重力値に地形補正をほどこして、ブーゲー異常を求めた。地形データとしては国土地理院作成の国土数値情報 KS110-1 を使用し、球面地形補正のアルゴリズムを使った。大略、HAGIWARA (1967) および野崎(1981)に準じている。地形補正の範囲は観測点の近傍、東西 80 km, 南北 80 km 以内の矩形領域である。仮定密度は 2.64 g/cc とした。

重力点の分布は等間隔ではない。不等間隔に分布するブーゲー異常値を緯度と経度による格子点上の値に計算し直すために、BRIGGS (1974) の方法を採用する。格子点の間隔は緯度方向、経度方向にそれぞれ 0.2' とし、ブーゲー異常図 Fig. 2 を得た。

Fig. 2 には以下の特徴が明瞭にみとれる。

1. 松本盆地東縁断層の東側と西側のコンターのパターンの顕著な差異。

断層線を境にして、東側では断層に平行なブーゲー異常コンターの間隔が著しく密である。この事実は萩原ほか(1986)が 36°17'N 以南で見いだしていたものであり、同じ重力異常パターンがさらに北側の 36°35'N くらいまで追跡できることが本研究から判明した。

2. 36°20'N, 137°54'E 付近を中心とする舟状の低重力帯の存在。

約 20 mgal の低重力帯が松本盆地東縁断層の西側にあらわれている。

これらの特徴を説明するモデルを以下で議論する。

3.1. 断層線を境にみられるパターンの急変

調査対象地域では屈折地震探査が山田ほか(1976)および IKAMI *et al.* (1986) によ

Table 2. Gravity data.

Point No.	Lat (deg min)	Long (deg min)	H (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)	Note
SF000	36 17.35	137 54.59	558.0	979653.15	2.79	-76.82	BM-2879
SF001	36 20.71	137 53.20	534.4	979659.81	3.52	-78.93	BM-2882
SF002	36 16.91	137 54.67	567.1	979652.05	2.70	-75.58	
SF003	36 16.85	137 55.73	562.0	979654.94	2.56	-73.75	
SF004	36 16.99	137 55.73	558.3	979655.67	2.59	-73.92	
SF005	36 17.23	137 55.60	556.0	979656.09	2.61	-74.29	
SF006	36 17.42	137 55.42	553.7	979655.92	2.63	-75.16	
SF007	36 17.86	137 56.61	554.0	979664.04	4.00	-66.25	
SF008	36 18.10	137 56.38	545.2	979664.71	3.32	-68.34	
SF009	36 18.42	137 56.95	578.3	979662.99	6.46	-60.83	
SF010	36 18.17	137 57.48	600.3	979661.27	5.88	-58.41	
SF011	36 17.60	137 57.86	660.0	979651.36	4.46	-57.10	
SF012	36 18.24	137 58.01	645.3	979656.38	4.01	-56.37	
SF013	36 18.36	137 58.45	684.0	979651.03	3.31	-54.93	BM-3697
SF014	36 18.20	137 56.83	722.3	979632.15	6.71	-62.59	
SF015	36 17.75	137 57.05	841.4	979605.45	10.12	-61.65	TP
SF016	36 18.32	137 56.39	556.2	979663.92	3.43	-67.16	
SF017	36 18.55	137 56.24	557.6	979663.21	3.59	-67.76	
SF018	36 18.83	137 56.11	562.0	979661.88	3.65	-68.57	
SF019	36 20.77	137 55.63	525.6	979672.83	3.24	-68.02	
SF020	36 20.82	137 56.74	555.2	979675.21	4.66	-58.43	
SF022	36 19.96	137 56.63	933.5	979589.20	12.87	-60.10	TP
SF023	36 19.47	137 56.82	883.0	979601.75	7.86	-61.85	
SF025	36 21.20	137 55.91	533.5	979674.69	3.21	-65.25	TP
SF026	36 21.70	137 56.18	521.6	979681.23	4.49	-60.50	TP
SF027	36 20.58	137 55.66	541.8	979668.77	3.41	-68.43	
SF028	36 20.72	137 54.48	528.0	979661.96	2.97	-78.62	
SF029	36 21.26	137 54.09	535.0	979661.15	3.10	-78.69	
SF030	36 21.11	137 54.77	525.1	979667.05	3.56	-74.07	
SF031	36 21.38	137 54.47	551.0	979660.95	3.26	-75.73	
SF032	36 21.63	137 54.11	536.3	979662.52	3.40	-77.30	
SF033	36 21.58	137 54.85	695.0	979635.16	4.77	-71.79	
SF034	36 21.58	137 55.46	548.0	979671.01	3.17	-66.64	
SF035	36 21.23	137 55.33	533.9	979670.91	3.37	-68.83	
SF036	36 19.27	137 56.01	565.1	979661.63	3.58	-68.91	
SF037	36 19.35	137 55.63	531.0	979664.78	3.18	-73.02	
SF038	36 18.03	137 55.46	544.0	979658.71	2.72	-75.08	
SF039	36 18.23	137 55.34	531.7	979658.84	2.90	-77.49	
SF040	36 18.33	137 55.85	544.0	979662.54	2.85	-71.55	
SF041	36 19.03	137 55.35	533.6	979661.80	2.88	-75.32	
SF042	36 19.11	137 54.74	531.0	979659.98	2.90	-77.76	
SF043	36 19.63	137 54.51	526.6	979660.92	2.98	-78.36	
SF044	36 19.25	137 53.79	540.0	979658.09	3.20	-77.77	
SF045	36 19.23	137 53.31	548.6	979657.10	3.44	-76.78	
SF046	36 18.80	137 53.42	553.2	979655.63	3.36	-76.81	
SF047	36 18.25	137 53.49	554.7	979653.96	3.34	-77.41	
SF048	36 18.48	137 53.04	570.0	979652.52	3.55	-75.94	
SF049	36 18.55	137 52.52	585.0	979651.57	3.93	-73.64	
SF050	36 18.70	137 52.02	599.8	979649.39	4.40	-72.64	TP
SF051	36 19.06	137 51.59	609.2	979648.85	4.92	-71.31	

(to be continued)

Table 2. (continued)

Point No.	Lat (deg min)	Long (deg min)	H (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)	Note
SF052	36 19.43	137 51.87	591.2	979652.19	4.55	-72.43	
SF053	36 19.74	137 51.71	589.4	979652.91	4.77	-72.30	
SF054	36 20.30	137 51.72	570.6	979656.26	4.87	-73.38	
SF055	36 20.65	137 51.89	556.1	979658.66	4.69	-74.54	
SF056	36 20.33	137 52.70	552.4	979658.05	3.81	-76.29	
SF057	36 20.43	137 53.17	540.0	979658.78	3.52	-78.46	
SF058	36 21.58	137 52.85	542.1	979660.04	3.67	-78.28	
SF059	36 21.94	137 53.13	546.3	979659.64	3.44	-78.59	
SF060	36 21.33	137 53.43	537.9	979659.76	3.33	-79.38	
SF061	36 21.06	137 53.65	533.1	979660.13	3.24	-79.65	
SF062	36 20.88	137 54.08	529.1	979661.10	3.09	-79.37	
SF063	36 20.90	137 55.19	519.5	979671.29	3.04	-71.16	
SF064	36 20.12	137 55.15	526.3	979664.61	2.95	-75.46	
SF065	36 19.88	137 55.96	572.9	979661.18	4.48	-67.78	TP
SF066	36 20.51	137 53.81	530.3	979659.70	3.20	-79.89	
SF067	36 20.42	137 54.45	528.5	979661.42	2.98	-78.61	
SF068	36 20.19	137 53.92	529.0	979659.84	3.17	-79.58	
SF069	36 20.14	137 54.67	521.0	979662.66	2.99	-78.45	
SF070	36 19.88	137 54.22	528.0	979659.92	3.06	-79.36	
SF071	36 19.78	137 53.56	541.6	979658.22	3.28	-78.00	BM-2881
SF072	36 19.68	137 53.02	554.0	979657.00	3.58	-76.32	
SF073	36 19.60	137 52.64	565.8	979655.73	3.83	-74.89	
SF074	36 19.54	137 52.17	580.5	979653.90	4.23	-73.32	
SF075	36 19.05	137 52.43	578.2	979653.48	4.02	-73.71	
SF076	36 18.83	137 51.52	620.2	979646.31	5.00	-71.26	
SF077	36 19.25	137 51.28	620.0	979647.73	5.33	-70.15	
SF078	36 19.93	137 51.29	601.4	979651.32	5.41	-71.14	
SF079	36 20.19	137 52.08	570.5	979655.92	4.35	-74.10	
SF080	36 20.37	137 52.26	561.0	979657.13	4.20	-75.18	
SF081	36 20.72	137 52.71	549.0	979658.06	3.81	-77.52	
SF082	36 21.09	137 52.39	542.4	979660.03	4.13	-77.06	
SF083	36 21.69	137 52.17	551.6	979660.44	4.22	-75.60	
SF084	36 21.47	137 51.79	558.0	979660.07	4.68	-73.93	
SF085	36 22.28	137 50.00	653.2	979646.70	7.77	-66.53	
SF086	36 21.73	137 50.18	640.8	979647.21	7.98	-67.48	
SF087	36 20.79	137 50.57	601.9	979651.11	7.49	-70.42	
SF088	36 19.99	137 50.68	635.9	979644.20	6.67	-70.26	
SF089	36 17.14	137 55.24	559.0	979654.55	2.61	-75.10	
SF090	36 16.84	137 56.22	561.5	979656.82	2.68	-71.83	
SF091	36 17.34	137 56.38	553.0	979661.18	2.98	-69.57	
SF092	36 17.76	137 56.17	549.3	979661.95	2.87	-70.25	
SF093	36 18.38	137 54.89	540.7	979657.23	2.80	-77.63	
SF094	36 18.88	137 54.34	532.4	979658.38	3.01	-78.63	
SF095	36 17.88	137 54.41	551.0	979653.97	2.88	-78.06	
SF096	36 17.68	137 54.94	550.0	979655.11	2.73	-76.98	
NF001	36 20.71	137 53.20	534.4	979659.81	3.52	-78.93	BM-2882
NF002	36 23.49	137 52.00	573.9	979659.67	4.05	-74.73	BM-2885
NF003	36 25.71	137 51.58	622.6	979657.80	3.94	-70.25	BM-2887
NF004	36 25.18	137 53.93	685.9	979642.69	3.24	-72.77	
NF005	36 25.15	137 53.65	620.5	979654.41	3.25	-73.95	

(to be continued)

Table 2. (continued)

Point No.	Lat (deg min)	Long (deg min)	H (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)	Note
NF006	36 25.36	137 53.96	689.7	979642.54	3.17	-72.50	
NF007	36 25.59	137 54.04	627.7	979655.45	5.00	-70.37	
NF008	36 25.81	137 54.75	520.1	979683.18	8.35	-60.91	
NF009	36 25.98	137 55.62	605.9	979675.68	3.58	-56.43	TP
NF010	36 26.53	137 56.00	713.4	979656.45	5.13	-53.62	TP
NF011	36 26.56	137 55.44	729.6	979649.71	5.31	-57.02	TP
NF012	36 26.60	137 54.39	817.0	979624.70	4.09	-66.00	
NF013	36 27.84	137 54.48	728.0	979647.07	3.13	-63.99	
NF014	36 26.82	137 54.08	865.0	979610.71	3.78	-71.11	
NF016	36 25.65	137 53.14	626.7	979652.55	3.32	-75.23	
NF017	36 24.98	137 52.70	602.4	979657.40	3.23	-74.31	
NF018	36 25.35	137 52.79	611.4	979656.85	3.23	-73.62	
NF019	36 25.87	137 52.62	629.0	979653.78	3.26	-73.92	
NF020	36 26.07	137 53.25	674.1	979645.98	4.25	-72.09	
NF021	36 26.32	137 52.54	639.8	979653.06	3.32	-73.09	
NF022	36 26.78	137 52.50	649.7	979653.14	3.50	-71.54	
NF023	36 26.74	137 52.88	700.0	979642.23	3.56	-72.36	
NF024	36 27.38	137 52.36	669.4	979652.15	3.48	-69.51	
NF025	36 26.59	137 52.08	644.0	979655.77	3.43	-69.83	
NF026	36 26.52	137 51.71	640.7	979657.47	3.66	-68.45	TP
NF027	36 26.72	137 51.37	647.9	979658.11	3.90	-66.43	
NF028	36 27.52	137 51.50	670.0	979655.83	3.58	-65.81	
NF029	36 27.90	137 51.77	677.0	979654.00	3.42	-66.96	TP
NF030	36 27.79	137 51.13	679.0	979655.58	3.80	-64.44	BM
NF031	36 27.80	137 50.27	686.0	979655.76	4.89	-61.80	
NF032	36 26.98	137 50.44	676.0	979656.32	4.91	-62.03	
NF033	36 26.58	137 50.73	660.0	979658.79	4.71	-62.34	
NF034	36 26.20	137 50.82	645.0	979658.88	4.74	-64.65	
NF035	36 25.67	137 50.75	630.0	979659.07	5.10	-66.31	
NF036	36 25.11	137 50.65	617.0	979659.57	5.57	-67.10	
NF037	36 24.94	137 50.91	609.1	979659.22	5.12	-69.22	
NF038	36 24.84	137 53.31	596.5	979658.62	3.05	-74.24	
NF039	36 24.48	137 53.84	619.0	979654.84	3.26	-72.84	
NF040	36 24.33	137 54.77	606.0	979663.84	4.11	-65.35	
NF041	36 23.77	137 55.71	525.7	979684.53	3.54	-60.32	
NF042	36 22.95	137 55.79	518.2	979683.76	3.49	-61.44	TP
NF043	36 22.90	137 55.31	565.1	979670.40	3.25	-65.69	
NF044	36 22.47	137 55.48	514.0	979680.34	3.51	-64.99	
NF045	36 21.92	137 56.81	541.0	979681.16	5.32	-56.22	
NF046	36 22.25	137 57.39	565.4	979680.82	4.92	-52.60	
NF047	36 22.38	137 58.11	604.2	979676.70	4.91	-49.24	
NF048	36 22.84	137 57.93	605.0	979677.26	5.41	-48.68	
NF049	36 22.64	137 55.96	520.0	979682.70	4.82	-60.38	
NF050	36 22.04	137 55.81	520.0	979680.52	3.39	-63.12	
NF051	36 23.20	137 54.85	610.1	979658.66	4.01	-68.19	
NF052	36 21.94	137 54.07	568.0	979657.67	3.34	-76.37	
NF053	36 21.98	137 53.51	549.7	979660.25	3.27	-77.54	
NF054	36 22.23	137 53.63	547.8	979660.54	3.33	-77.93	
NF055	36 22.85	137 53.55	558.0	979660.04	3.42	-77.21	
NF056	36 22.89	137 53.95	624.7	979649.44	3.64	-74.45	

(to be continued)

Table 2. (continued)

Point No.	Lat (deg min)	Long (deg min)	H (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)	Note
NF057	36 23.60	137 53.31	572.0	979659.38	3.29	-76.31	
NF058	36 23.79	137 53.52	573.4	979659.77	3.45	-75.75	
NF059	36 23.60	137 54.38	834.0	979611.07	6.34	-69.70	
NF060	36 24.05	137 53.57	578.9	979660.15	3.45	-74.66	
NF061	36 24.39	137 53.05	587.0	979658.23	3.17	-75.75	
NF062	36 23.98	137 52.78	580.5	979658.34	3.35	-76.15	
NF063	36 23.55	137 52.68	572.7	979658.51	3.48	-76.77	
NF064	36 22.87	137 52.78	555.9	979659.33	3.59	-78.19	
NF065	36 22.82	137 53.10	559.6	979659.38	3.38	-77.55	
NF066	36 22.59	137 53.15	555.0	979659.61	3.38	-77.90	
NF067	36 23.35	137 53.64	569.7	979659.69	3.86	-75.52	
NF068	36 24.12	137 51.86	586.4	979658.86	4.04	-73.97	
NF069	36 24.56	137 52.15	595.0	979657.98	3.67	-74.16	
NF070	36 24.98	137 52.15	604.5	979657.50	3.59	-73.44	
NF071	36 24.96	137 51.67	604.8	979658.19	4.04	-72.21	
NF072	36 24.61	137 51.71	597.4	979658.41	4.08	-72.91	
NF073	36 24.62	137 51.12	602.0	979659.61	4.86	-70.04	
NF074	36 24.82	137 50.54	622.2	979657.08	5.90	-67.81	TP
NF075	36 23.97	137 51.10	595.5	979658.93	5.09	-70.84	
NF076	36 23.59	137 51.66	578.4	979660.02	4.40	-73.28	
NF077	36 23.32	137 50.97	593.2	979659.43	5.43	-69.52	
NF078	36 23.65	137 50.82	605.0	979657.95	5.60	-68.96	
NF079	36 23.63	137 50.38	638.2	979653.95	6.58	-65.39	
NF080	36 23.20	137 50.33	620.0	979655.79	7.23	-65.88	
NF081	36 22.63	137 49.60	700.0	979639.63	8.68	-63.93	
NF082	36 22.28	137 50.00	653.2	979646.70	7.77	-66.53	
NF083	36 22.92	137 50.90	604.0	979657.44	5.50	-68.72	
NF084	36 22.94	137 51.43	582.0	979660.20	4.77	-71.08	
NF085	36 22.36	137 51.21	587.7	979658.32	5.18	-70.58	TP
NF086	36 22.20	137 51.60	570.0	979660.21	4.73	-72.42	
NF087	36 22.05	137 52.09	555.7	979660.86	4.24	-74.87	
NF088	36 22.52	137 52.02	561.7	979660.89	4.22	-74.35	TP
NF089	36 25.43	137 51.06	629.8	979658.55	4.63	-66.99	
NF090	36 25.30	137 52.01	613.0	979657.25	3.63	-72.43	
NF091	36 25.86	137 52.01	628.0	979656.24	3.52	-71.38	
NF092	36 27.60	137 53.56	1021.0	979575.56	9.54	-70.74	
NF094	36 25.49	137 53.38	638.5	979649.81	3.36	-75.36	

Lat: latitude Long: longitude

H: height above sealevel G: gravity

TC: terrain correction DG: Bouguer anomaly

BM: bench mark TP: triangulation point

って実施され、2次元構造が発表されている。山田ほかの測線はほぼ東西にのび、他方 IKAMI *et al.* の測線は N34°E に展開しており、両者は斜交している (Fig. 1)。それにもかかわらず、両者の導いた構造は酷似している。これはこの地域の地下構造が概ね2次元であることを示している。ここでは2次元構造の軸は断層線に直交する N78°E にとることとした (Fig. 1)。これはこの地域の2次元的地質構造の軸でもある (HIROKAWA *et al.*, 1978)。この軸の向きに IKAMI *et al.* の地震波速度構造を投影して2次元構造モデルを作成した。その際に地震波速度構造の逆断層スラブ上面の位置を修正して、その延長が松本盆地東縁断層に一致するようにした。

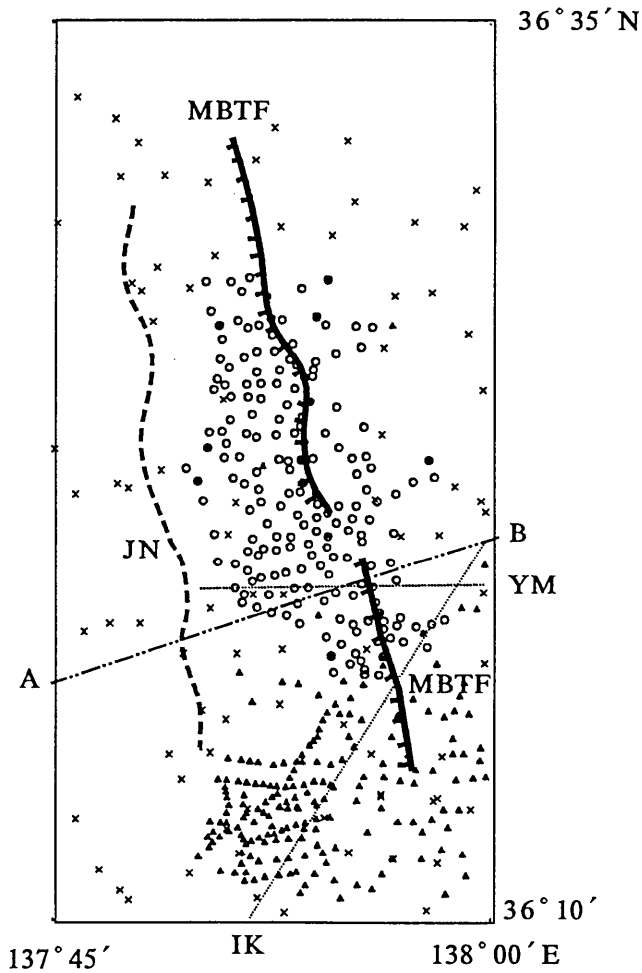


Fig. 1. Location of gravity points with active faults and explosion seismic profiles. Open circles denote observations by this study, triangles by HAGIWARA (1986) and crosses by YAMAMOTO *et al.* (1982). MBTF and JN stand for Matsumoto Bonchi Toen Fault and Jonen Fault, respectively. Dotted lines IK and YM are the explosion seismic profiles by IKAMI *et al.* (1986) and YAMADA *et al.* (1976), respectively. The line through A and B indicates the axis of the assumed 2-dimensional density structure (see Fig. 3).

こうして導いた地震波速度構造は、地震波速度との密度の平均的な対応関係を利用して密度構造に変換することができる (LUDWIG *et al.*, 1970).

この構造から期待される重力異常を、2次元のタルワニの方法 (TALWANI *et al.*, 1959) を用いて計算した。Fig. 3 に密度構造を、Fig. 4 に重力異常の計算値を示す。モデル計

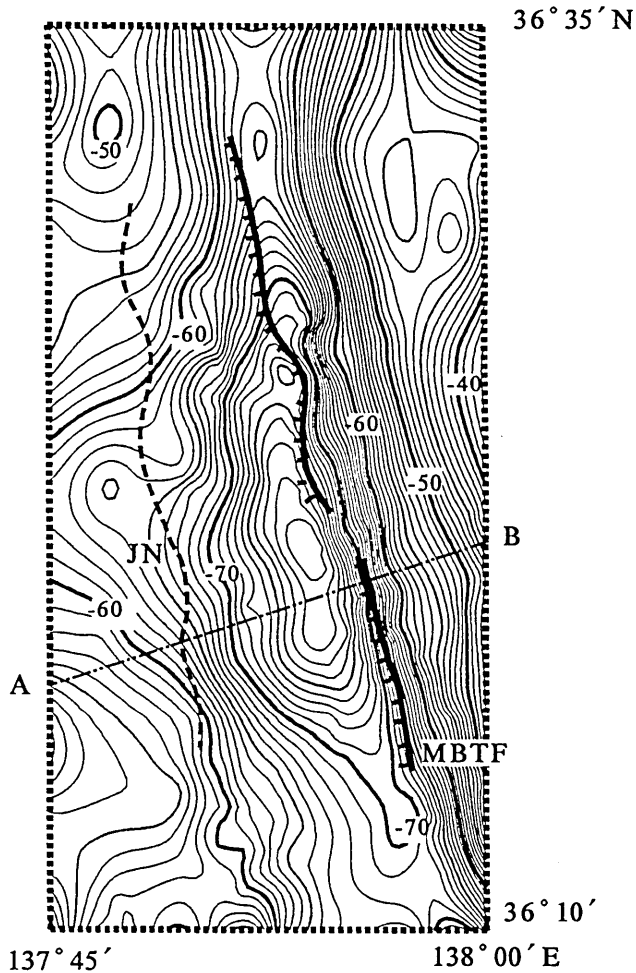


Fig. 2. Bouguer anomaly in mgal, with faults discovered by geological surveys.

算は Fig. 2 に見られる松本盆地東縁断層を境とする重力異常パターンの急変を再現している。したがって、萩原ほか (1986) や萩原 (1990) に述べられているように、重力異常パターンの急変を東向きに下がるスラブ“構造”によって生じたとみることは基本的に正しいと考えられる。

3.2. 舟状の低重力帯

断層上ですべりがおこると周囲の媒質のある部分は圧縮され、また別の部分は膨張するはずである。その結果、媒質内には系統的な密度変化の空間分布が生じる。この密度変化は断層のすべりが繰り返すたびに累積し、重力異常として姿を現すと考えられる。松本盆

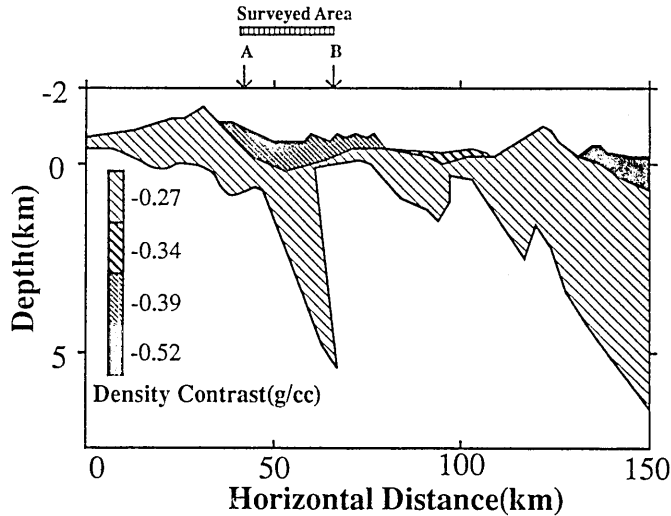


Fig. 3. Two-dimensional density structure model along profile A-B (Fig. 1).

地東縁断層についても、このようなメカニズムを考えることによって重力異常を説明することができる。ここでは8枚の連続した矩形断層で松本盆地東縁断層をモデル化し、期待される重力異常を計算してみた。数学的な定式化はOKUBO (1990) によってなされているので、その結果を用いる。

仮定した断層モデルの諸パラメータを Table 3 に示す。断層の延長面と地表面の交線(断層線)は活断層研究会 (1980) によるものとはほぼ一致させてある。活断層研究会によれば断層の累積上下変位量の下限は200 mである。一方地震波速度構造にみられる逆断層スラブの長さが約7 kmであるから、これが累積上下変位の上限となる。ここでは3 km(東側隆起)を最大累積上下変位量(断層中央部の2枚のセグメント上での累積変位)とした。水平変位量については地質学的な見積がないので、ここでは1 km右横ずれとしたが、水平変位の寄与はあまりない。8枚の矩形小断層群は両端に近づくほど累積変位量を小さくし、現実の断層運動をシミュレートした (Fig. 5)。

モデル計算の結果を Fig. 6 に示す。最大で10 mgal程度の負の重力異常の存在が認められている。この結果と Fig. 4 の結果を加えたものを Fig. 7 に示す。幾何学的な2次元スラブ“構造”の寄与と動的な逆断層“運動”からの寄与の和 (Fig. 7) で、現実の重力異常 (Fig. 2) が驚くほど正確に再現できていることがわかる(広域重力場の効果として-28 mgalを Fig. 7 に加えると概ね実測データ Fig. 2 と一致する)。とくに中央部の舟状のパターンや北東部のコンターの曲がり、断層端付近での鞍点なども非常によく再現されている。また単にパターン的一致のみならず、重力異常の変動振幅も実測値にはほぼ一致していることも注目すべきである。このような一致はとても偶然ではありえず、地質学的情報から演繹的に重力異常を導く理論の正当性を示すものである。

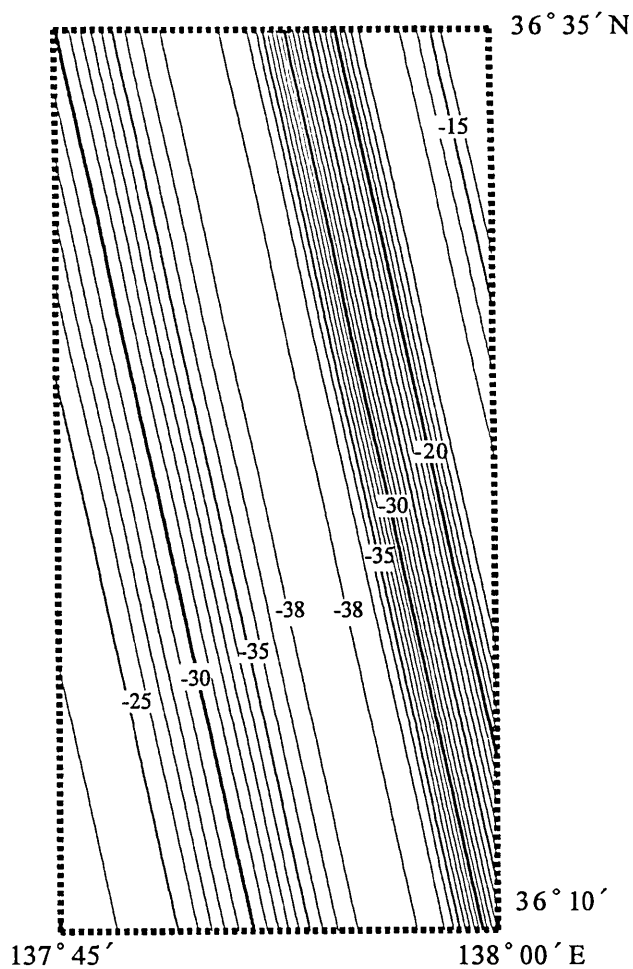


Fig. 4. Computed gravity anomaly for the model in Fig. 3 in units of mgal.

Table 3. Geometric and kinematic parameters for the Matsumoto Bonchi Toen Fault.

Parameters	Values
Location of the southern corner	36° 14.0'N 139° 57.5'E
Total Length	35km
Width	5km
Dip angle	43°
Depth to the top	0.5km
Strike	N12°W
Number of Segments	8
Dislocation	see Fig.5

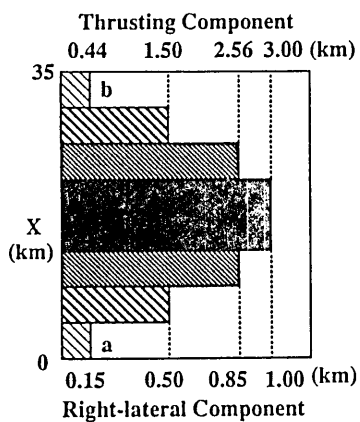


Fig. 5. Assumed dislocations on the eight segments of the fault. Symbols "a" and "b" correspond to the southern and northern corners of the Matsumoto Bonchi Toen Fault (MBTF) shown in Fig. 6. X in the ordinate means distance along the fault from the southern corner.

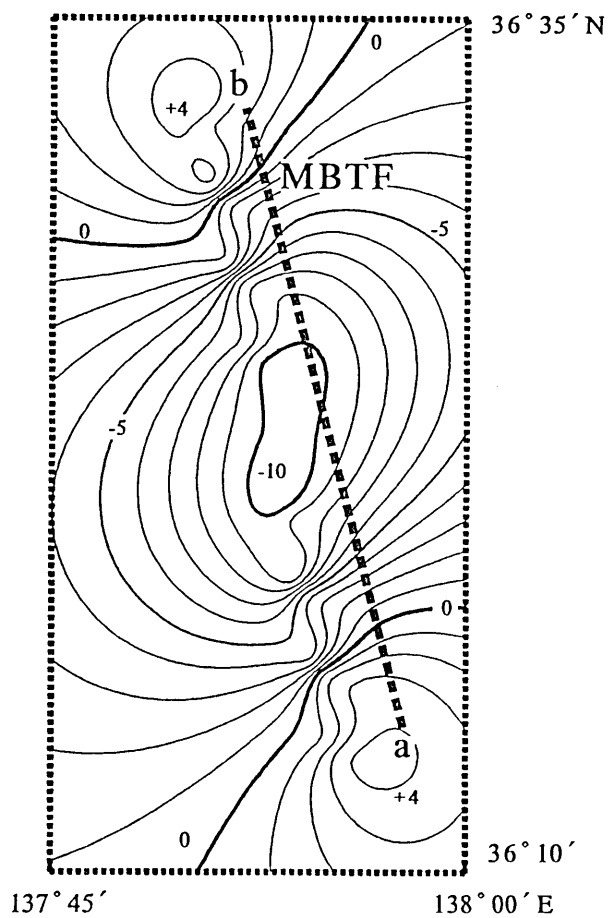


Fig. 6. Gravity anomaly caused by the fault motion in Table 3 in units of mgal.

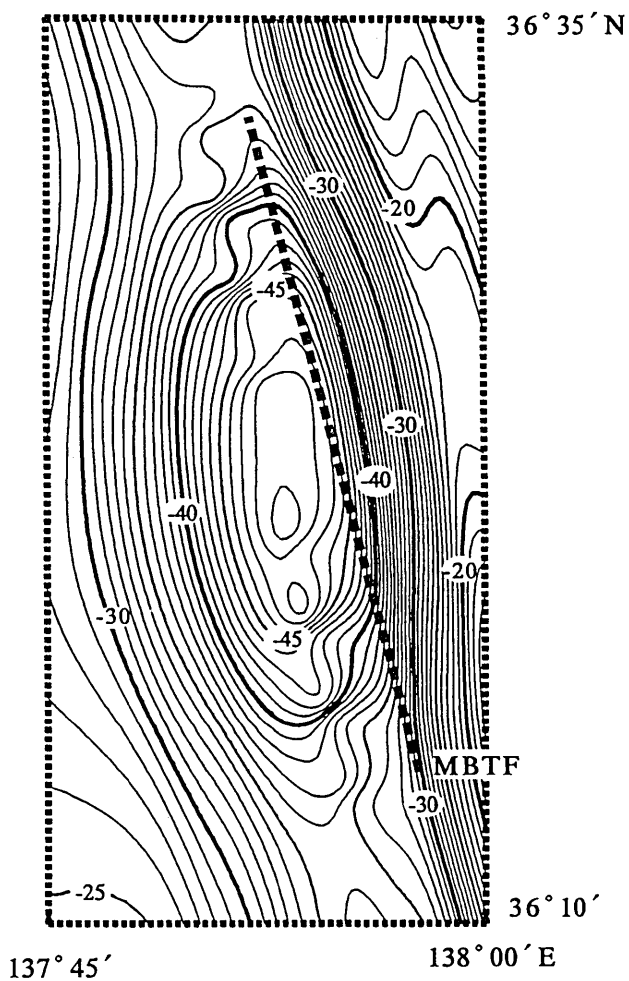


Fig. 7. Gravity anomaly caused by dipping slab and fault motion (addition of Fig. 4 and Fig. 6) in units of mgal.

4. おわりに

松本盆地東縁断層の活動様式を解析することを目的として、同断層北側延長部周辺で約190点の重力測定を実施した。重力データの解析の結果、判明したことは次の2点である。

1. 東向きに傾き下がるスラブ構造によって、断層線を境にみられる重力異常パターンの急変が説明できる。
2. (1)で述べたスラブにそって起こる逆断層運動を仮定すると、断層沿いにみられる舟状の負の重力異常帯が非常によく説明できる。

このように幾何学構造および断層運動の両者の寄与を加えることにより、実測の重力異常がきわめてよく再現できた。

松本盆地東縁断層の最北端では1918年に大町地震 (M6.5) が発生している。この地震によって生じた上下運動を解析した多田・橋本 (1988) は、この地震を高角逆断層上のスリップとして説明している。これは松本盆地東縁断層にそって実際に逆断層運動がおこっていることを示す重要な観測事実であり、われわれが推定した断層運動と調和している。

このように松本盆地東縁断層の逆断層運動を示すデータが蓄積してきたことから、糸魚川-静岡構造線がプレートの衝突境界である可能性が強まったと考える。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、1万分の1市町村図を提供していただいた次の地方自治体関係者各位に感謝の意を表す。長野県明科町企画開発課、池田町総務課、大町市都市下水道課、豊科町建設課、穂高町総務課 (五十音順)。名古屋大学理学部、伊神輝氏には、数値化された地震波速度構造を提供していただいた。建設省国土地理院重力係の方には重力基準値および水準点の記を提供していただいた。科学技術庁防災科学技術研究所、萩原幸男氏には有益なコメントをいただいた。以上の方々にあわせて厚くお礼申し上げる。本研究は文部省科学研究費補助金 (一般C, 課題番号01540328) によって実施された。

参 考 文 献

- BRIGGS, I. C., 1974, Machine contouring using minimum curvature, *Geophysics*, **39**, 39-48.
- HAGIWARA, Y., 1967, Analyses of gravity values in Japan, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **45**, 1091-1228.
- 萩原幸男・山下 昇・小坂共栄・矢野賢治・安井敏夫, 1986, 糸魚川-静岡構造線の重力調査 (I) - 松本盆地中央部のブーゲー異常と構造解析 -, 地震研究所彙報, **61**, 537-550.
- 萩原幸男, 1990, 重力からみたフォッサマグナの構造とテクトニクス, 地学雑誌, **99**, 72-80.
- IKAMI, A., YOSHII, T., KUBOTA, S., SASAKI, Y., HASEMI, A., MORIYA, T., MIYAMACHI, H., MATSU'URA, R. S. and WADA, K., 1986, A seismic-refraction profile in and around Nagano Prefecture, Central Japan, *J. Phys. Earth.*, **34**, 457-474.
- HIROKAWA, O., YOSHIDA, T., IMAI, I., YAMADA, N., HATA, M., IGI, S., ISHIDA, M., ISOMI, H., NOZAWA, T., ONO, K., OZAWA, A., SAKAMOTO, T., TANAKA, K., TERAOKA, Y., TSUSHIMA, K., YAMAGUCHI, S., ONO, C. and ENDA, T., 1978, *Geological Map of Japan, 1: 1,000,000* (2nd Ed.), Geological Survey of Japan.
- 活断層研究会, 1980, 日本の活断層一分布図と資料, 東京大学出版会, 363 p.
- LUDWIG, W. J., NAFE, J. E. and DRAKE, C. L., 1970, Seismic refraction, in "The Sea", ed. MAXWELL, A. E., **4**, Part 1, 53-84, Wiley-Interscience, New York.
- 野崎京三, 1981, 球面地形補正の計算プログラム, 測地学会誌, **27**, 23-32.
- OKUBO, S., 1990, Gravity and potential changes due to shear and tensile faults in a half-space, (in preparation).
- 大久保修平, 1990, 断層活動の“化石”としての重力異常 (1) - 丹那断層系についてのモデル計算, 地球惑星科学関連学会1990年合同大会講演予稿集.
- 多田 堯・橋本 学, 1988, 1918年 (大正7年) 大町地震の断層モデルとその地学的意義, 地震, 第2輯, **41**, 259-262.
- TALWANI, M., WORZEL, J. L. and LANDISMAN, M., 1959, Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with applications to the Mendocino fracture zone, *J. Geophys. Res.*, **64**, 49-59.
- 山田哲夫・藤田至則・武内俊昭, 1976, 松本市北方安曇平における地震探査, 地質学論集, **13**, 51-60.
- YAMAMOTO, A., NOZAKI, K., FUKAO, Y., FURUMOTO, M., SHICHI, R. and EZAKA, T., 1982,

Gravity survey in the central ranges, Honshu, Japan, *J. Phys. Earth.*, 30, 201-243.
横倉隆伸・山口和雄・加野直巳・渡辺史郎, 1987, 松本盆地北部における反射法地震探査結果, 地震,
第2輯, 40, 89-97.

*Gravity Observations along the Itoigawa-Shizuoka
Geotectonic Line (III)
—Bouguer Anomaly around the Northern Part of
Matsumoto Bonchi Toen Fault—*

Shuhei OKUBO, Ko NAGASAWA, Ichiro MURATA
and Hwa-Chu SHEU¹⁾

Earthquake Research Institute

The Matsumoto Bonchi Toen Fault (MBTF) is located in the middle part of the Itoigawa-Shizuoka geotectonic line. We carried out gravity surveying around the MBTF at about 190 points.

The steep horizontal gravity gradient there clearly indicates the existence of a dipping slab along the MBTF. The density perturbation due to repeated faulting there successfully explains the observed gravity low. We conclude that the gravity data reflect the thrusting fault motion along the MBTF.

¹⁾ Present Address: Ta Han Junior College of Engineering and Business, Taiwan.