



Title	2004 年留萌支庁南部地震震源域の重力測定
Author(s)	本多, 亮; HONDA, Ryo; 神山, 裕幸 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 70, 27-41
Issue Date	2007-03-15
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.70.27
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20433
Type	departmental bulletin paper
File Information	70-4.pdf



2004年留萌支庁南部地震震源域の重力測定

本多 亮・神山 裕幸・山口 照寛・市原 寛・茂木 透

北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター

(2006年12月19日受理)

Gravity survey in and around the focal area of 2004 Rumoi-nanbu earthquake, Northern Hokkaido, Northern Japan

Ryo HONDA, Hiroyuki KAMIYAMA, Teruhiro YAMAGUCHI,
Hiroshi ICHIHARA and Toru MOGI

Institute of Seismology and Volcanology, Graduate School of Science, Hokkaido University

(Received December 19, 2006)

An earthquake (M_{JMA} 6.1), occurred in December 14, 2004, at southern area of Rumoi sub-prefecture, northern Hokkaido, Japan. The earthquake intensity was assumed to 6 in Obira town. In Hokkaido, this is the first inland earthquake larger than M_6 since Teshikaga earthquake (M_{JMA} 6.5, 1967). Detailed aftershock distribution shows that the aftershocks occur on an eastward dipping plane of 10 km square, depth of which 5 km. The mainshock assumed to have occurred near the southern end of this plane. Despite the sparseness of existing gravity stations over the focal region, it was found that the aftershocks occur just above the gravitational rise of about 20 mGals. So the gravity survey was operated in Nov. 2005 to Aug. 2006, to make a detailed Bouguer anomaly map and to explicate the subsurface structure of the focal region. The measurement was done with CG-3 type gravimeter. Measurement positions were carefully decided by operating differential GPS observation. The accuracy of altitude decision is within 1 meter in all of the measurement points. Besides, data provided by Japan Petroleum Exploration Co. Ltd. was very helpful. The appropriate assumed density was detected to 2300 kg/m³, using density log of deep borehole near the focal region, and the correlations of gravity correction terms. The Bouguer anomaly map by current dataset also shows good coincidence with aftershock distribution.

I. はじめに

2004年12月14日、北海道北部留萌支庁南部において $M_{JMA}6.1$ の地震が発生した (Fig.1). 北海道の内陸部において M_6 を超える地震が発生したのは、弟子屈地震 ($M_6.5$, 1967年) 以来 37年ぶりであった. 一柳・他 (印刷中) によって臨時地震観測の結果求められた余震分布は、水

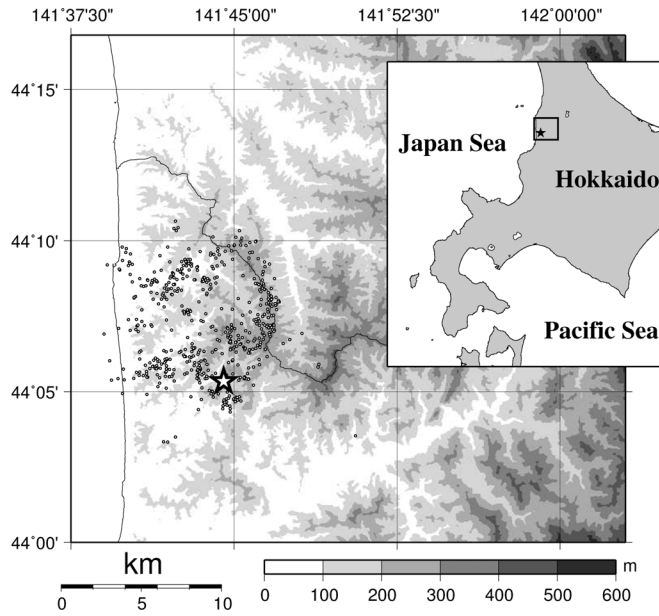


Fig. 1. Topography of the observation area. Both open and solid stars in topography map and index map, respectively, indicates epicenter of the mainshock. Open circles overlaid in topography map indicate aftershock distribution.

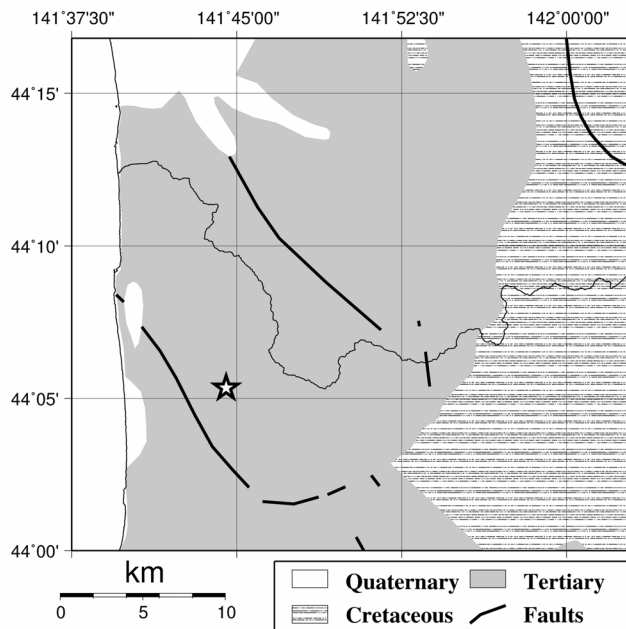


Fig. 2. Simplified geologic map of the observation area. Open star indicates mainshock. Faults in the map includes geologically assumed faults.

平方向に10 km四方ほどの広がりを見せ、東落ちの断層を示唆している。また、気象庁から発表されたメカニズム解も北北東-南南西走向の東落ちの逆断層を示している。余震分布と既存データによる高ブーゲー異常の分布とがよく一致したことから、重力異常による震源域の調査を行い、より詳細なブーゲー異常分布を明らかにしたので報告する。

II. 地質概略

震源域とその周辺の地質について述べる。北海道を大きく区分する構造帯で言えば、この地域は樺戸-礼文帯と空知-蝦夷帯の境界に位置する。この地域全体の基盤は前期白亜紀の火山岩類である隈根尻層群からなっている(石油公団, 1986)。しかしながら基盤は厚い堆積層に覆われて地表には露出していない(Fig.2)。基盤は白亜系の蝦夷類層群に覆われる。蝦夷類層群のほとんどを単調な泥岩からなる中部蝦夷層群が占める。蝦夷類層群は震源域の20 kmほど東側で広域に地表に現れているほか、北部の羽幌ドーム(松野・木野, 1960)で露出している。蝦夷類層群のさらに上位は古第三紀の羽幌層、三毛別層、築別層、新第三紀の古丹別層、チェボツナイ層が覆い、これらの堆積層が褶曲構造を形成している。震源域周辺の地表に現れているのは古丹別層である。保柳(1989b)によれば古丹別層は礫岩、砂岩、泥岩の互層からなり、下位では花崗岩類、チャートを礫種とする礫岩が卓越する。また、築別層を不整合に覆っているとされる。

地質図(松野・木野, 1960)に明記されている主な構造としては、本震震源直上の大楸子背斜、その北西部の丸山向斜、さらにその西側の力昼背斜が挙げられる。また、震源域周辺では北西-南東方向の断層(推定断層、伏在断層を含む)が確認されている。

III. 既存重力データ

1. 既存重力データの分布

調査地域における既存重力データを Fig.3 に示す。この地域において公開されている既存重力データとしては、旧地質調査所発行の重力データ CD-ROM(地質調査所, 2000)に収録されているものの他に、国土地理院(<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/gravity/main.html>)による測定点があるのみで、測定点密度はかなり疎らである。その他のデータセットとして、旧地質調査所による重力データ CD-ROM(地質調査所, 2004)に測定点位置のみが掲載されている、石油資源開発株式会社による重力データ(Fig.3)がある。本研究では石油資源開発株式会社よりそれらのデータを参照させていただき、調査地域の詳細なブーゲー異常図の作成に利用した。

2. 石油資源開発による重力データのコンパイル作業

石油資源開発より提供を受けたデータセットは出力された数表で、測定点番号、観測重力値、標高、高度補正值、緯度補正值、地形補正值、重力異常値の全7項目からなる。緯度、経度値については、地形図上に測定点番号を付した測定点位置が示してあるだけで数値データは無い。そ

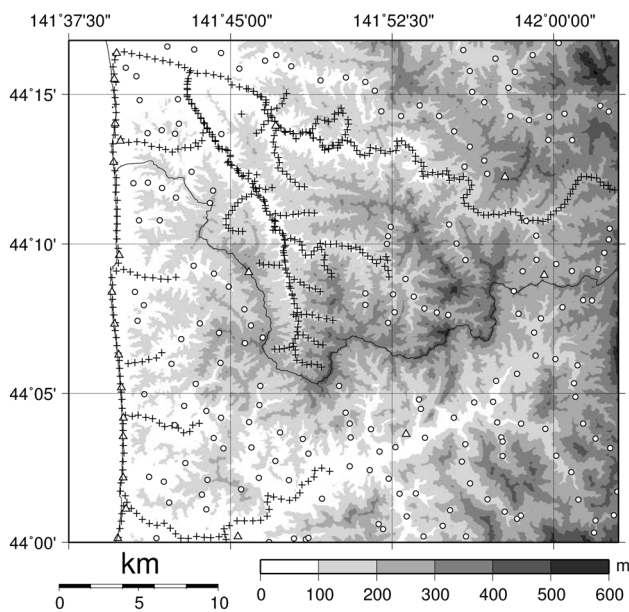


Fig. 3. The distribution of the existing gravity stations are shown on topography map. Open circles indicate gravity station by Geological Survey of Japan. Open triangles indicate gravity station by Geographical Survey Institute. Crosses indicate gravity station by Japan Petroleum Exploration Co., Ltd.

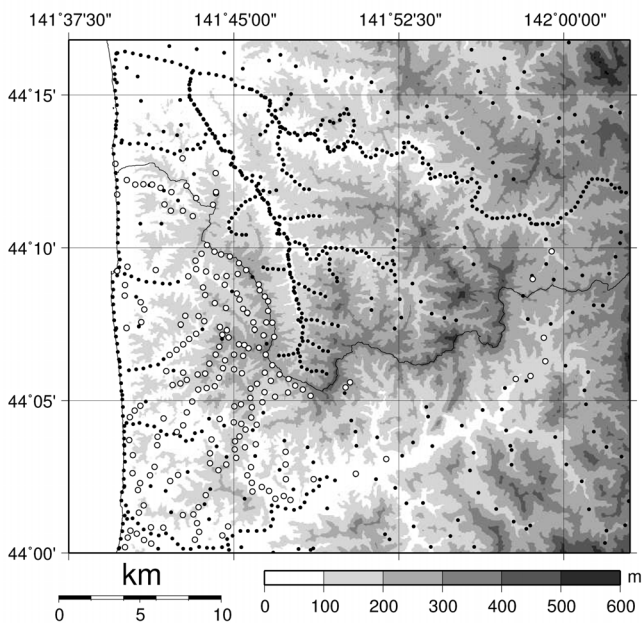


Fig. 4. The distribution of the existing and newly observed gravity station. Smaller solid circles indicate existing data. Larger open circles indicate newly obtained data.

ここで旧地質調査所の CD-ROM から取り込んだ座標値と地形図上の点をひとつひとつ対応させ、それぞれの測定点における緯度、経度値として採用した。記載されている観測重力値は 100～300mGal 程度の値で、明らかに既存のいかなる重力基準網にも準拠していなかった。そこで、現在まで移設等による改変のない水準点における測定点数点において国土地理院のデータを参照、または測定を行いキャリブレーションした。これにより少なくとも 1 mGal 以内の精度で日本重力基準網 JGSN96 (Nakai et al., 1997; Yamaguchi et al., 1997) と統合的な重力異常分布を得ることが出来た。

IV. 重力測定詳細

2005 年から 2006 年にかけて合計 5 回に渡り、合計 251 点の重力測定を行った。Fig.4 に測定点の分布を示す。また、本報告書の最後に今回の測定で得られた重力データのなかから重複点を除いた 198 点の数表を収録した。基準点は北海道大学理学部 3 号館内の一等重力点とし、現地の宿の前に設けた仮基準点では毎日朝晩の測定を行った。用いた重力計は 2005 年の 2 回の測定では S227, 2006 年の 3 回の測定では S315 で、どちらも Scintrex 社製の CG-3 型スプリング式相対重力計である。仮基準点における合計 30 回ほどの測定値を比較する限りでは、重力計の違いによる差異は認められなかった。徒歩によるものを含むほぼ全ての測定点座標の決定には TOPCON 社製の 2 周波レシーバ (LEGACY-H GNSS RECEIVER) 2 台、若しくは国土地理院の展開する電子基準点データを用いた GPS 相対測位によって行われた。位置決定精度は水平方向で 10 cm 以内、標高決定精度はジオイドモデルの精度を考慮に入れても全ての測定点において 1 m 以内である。GPS データが取得できなかった測定点一点については、2 種類の気圧高度計が示す標高値と地形図の等高線を総合的に考慮して、妥当と考えられる測定点高度を決定した。全ての測定において現場写真を記録するとともに、舗装道路における測定ではコンクリート釘によるマーカー打ち込みを行い、再測定の際の再現性確保に可能な限り努めた。

V. 重力補正処理と仮定密度の決定

1. 重力データ処理

観測で得た相対重力値は地球潮汐補正、ドリフト補正を施した後、北海道大学理学部三号館内にある札幌一等重力点を基準点とし、JGSN96 に準ずる絶対重力値に変換された。ドリフトレートは一日あたり 0.2 mGal 以内であった。ブーゲー異常値 g は次式のとおり、一般的な補正手順で求められた。

$$g = g_{obs} - \gamma + \beta h - 2\pi G \rho h + \rho T_r + C_a \quad (1)$$

ここで、 g_{obs} は観測重力値、 γ は正規重力値、 β はフリーエア勾配、 G は万有引力定数、 T_r は単位密度あたりの地形補正值、 C_a は大気補正值、 h は標高値、 ρ は仮定密度である。フリーエア

勾配 β は通常用いられる 0.3086 mGal/m とし、地形補正は本多・河野 (2005) により 50 m DEM を用いて計算された。大気補正 C_a は次式のとおり求めた。

$$C_a = 0.87 - 0.0000965h \quad (2)$$

ここで大気補正 C_a (mGal) は測定点の標高値 h (m) を与えることで求められる。これらの補正計算はすべて日本測地系に準拠する座標値で行われた。

2. 最適仮定密度の決定

最適と考えられる仮定密度は G-H, F-H 相関法 (萩原, 1978; Parasnis, 1979) により決定された。G-H 相関法は $g_{obs} - \gamma + T_r$ (または $g_{obs} - \gamma$) と h の相関をとる方法、F-H 相関法は (1) 式において、

$$F = g_{obs} - \gamma + \beta h + C_a \quad (3)$$

$$H = 2\pi G h - T_r \quad (4)$$

として、

$$F = \rho H + g \quad (5)$$

と変形し、ブーゲー異常値 g と N 個のブーゲー異常値の平均値との残差を最小にするように仮定密度を求める方法である。Fig.5a, Fig.5b にわれわれが新たに測定して得たデータのみによる G-H, F-H それぞれの相関図を示す。それぞれの図における近似直線は最小二乗フィッティングにより求められた。F-H 相関法からは測定地域の平均的な密度値として 2349 kg/m^3 が得られた。また G-H 相関法における近似直線の傾きが $-(\beta - 2\pi G\rho)$ と等しいとすると、同様に 2318 kg/m^3 が得られた。陸上基礎試錐『留萌』(石油公団, 1986) の密度検層データによれば、地表を覆う古丹別層の平均的な密度値は凡そ $2200 \sim 2400 \text{ kg/m}^3$ であるから、算出されたこれらの密度値は妥当なものであろう。これらの情報から総合的に判断し、仮定密度として 2300 kg/m^3 を採用した。

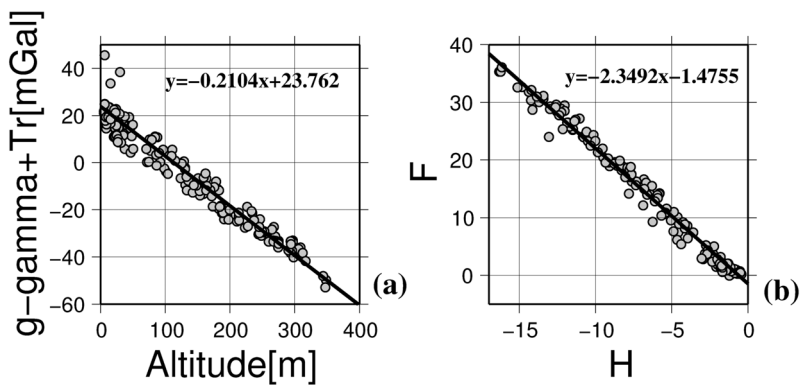


Fig. 5. (a) G-H correlation diagram using only newly observed gravity data. (b) F-H correlation diagram using only newly observed gravity data.

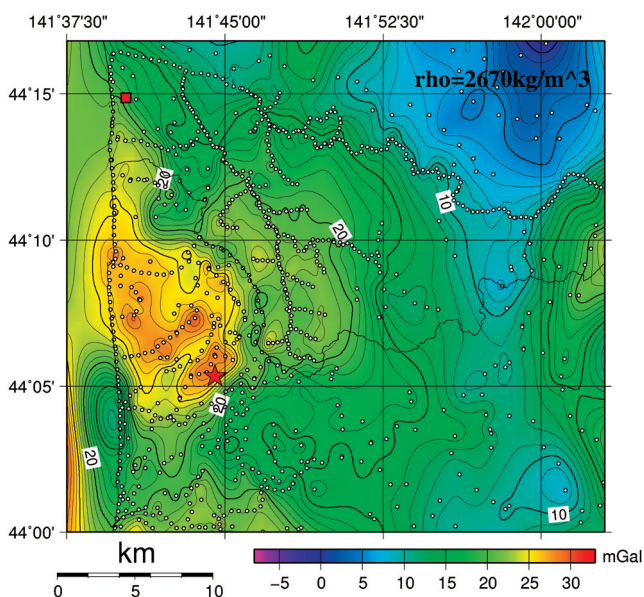


Fig. 6. Bouguer Anomaly map of the observation area. Density assumption is 2670 kg/m³. Open circles indicate the current gravity stations. Large red star indicates mainshock. Red square with black rim indicates the location of the deep borehole drilling by Japan Oil, Gas and Metals National Corporation. Contour interval is 1 mGal.

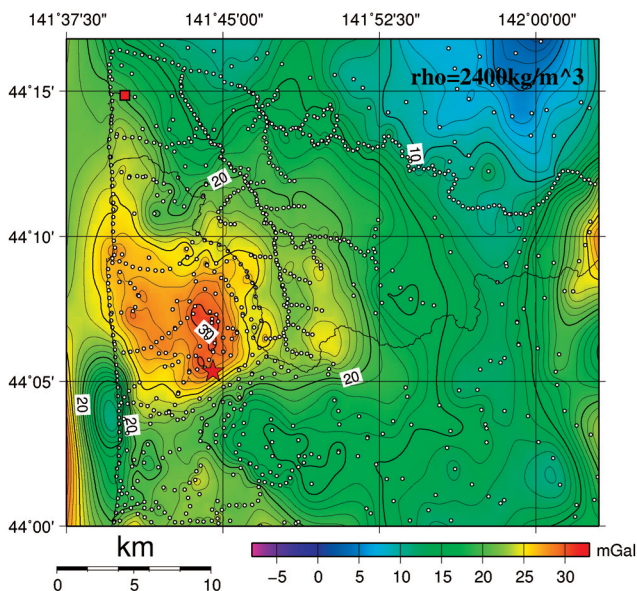


Fig. 7. Bouguer Anomaly map of the observation area. Density assumption is 2300 kg/m³. Open circles indicate the current gravity stations. Large red star indicates mainshock. Red square with black rim indicates the location of the deep borehole drilling by Japan Oil, Gas and Metals National Corporation. Contour interval is 1 mGal.

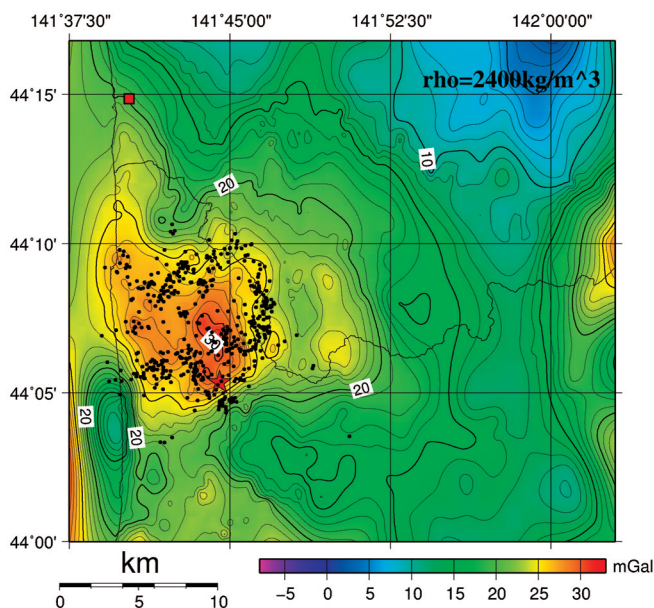


Fig. 8. Bouguer Anomaly map of the observation area. Density assumption is 2300 kg/m^3 . Black dots indicate the aftershock distribution. Large red star indicates mainshock. Red square with black rim indicates the location of the deep borehole drilling by Japan Oil, Gas and Metals National Corporation. Contour interval is 1 mGal .

VI. まとめ～震源域の重力異常

Fig.6 に仮定密度 2670 kg/m^3 によるブーゲー異常図を, Fig.7 には上述のとおり採用された仮定密度 2300 kg/m^3 によるブーゲー異常図を示す. Fig.3, Fig.4 で示した測定点分布と地形を参照すれば, 適正な仮定密度 2300 kg/m^3 を用いたことにより, 仮定密度 2670 kg/m^3 によるブーゲー異常分布に現れていた地形との相関が無くなっていることがよく分かる. この結果, 大榎子背斜に対応する局所的な高重力異常が明らかになった. また, いずれの仮定密度を用いた場合においても, 白亜紀の堆積層が露出, 若しくは地表近くに存在する地域では重力異常は低くなる傾向にあり, 白亜紀の堆積岩の密度が第三紀のそれに比べて低いことを示している. このことは基礎試錐の密度検層値とも調和的である. この結果, 広域的な重力異常分布の特徴は, 通常観測されるのとは逆に, 背斜構造において低異常を, 向斜構造において高異常を示す.

既存データのみによる重力異常分布からも示唆されていたように, 今回の地震の余震分布 (一柳・他, 印刷中) と第三紀堆積物のなかの高重力異常域との対応は非常に良いと言える (Fig.8). 今後は基礎試錐データ等を参照し, 低密度層の存在に留意した密度構造の推定を進め, 震源域の特徴を明らかにしていく.

謝辞 石油資源開発株式会社には留萌地域の重力データを，石油公団には基礎試錐「留萌」の資料をそれぞれ参照させていただいた。2005年の2度の重力測定では，北海道大学地震火山センターのScintrex CG-3重力計(S315)が故障していたことから，愛媛大学の山本明彦教授より同型の重力計(S227)を貸していただいた。留萌森づくりセンターには観測に協力いただいた。記して感謝いたします。図の作成にはGeneric Mapping Tools 4.0 (Wessel and Smith, 1998)を用いた。

文 献

- 地質調査所(編)，2004。日本重力CD-ROM(第2版)，数値地質図P-2，地質調査所。
- 松野久也・木野義人，1960。5万分の1地質図幅「築別炭鉱」および同説明書，北海道開発庁，pp. 43。
- Nakai, S., K. Yamaguchi, K. Nitta, H. Yamamoto, K. Matsuo, M. Machida, M. Murakami, M. Ishihara, R. Shichi and A. Yamamoto, 1997. Data processing for the Japan Gravity Standardization Net 1996, *Gravity, Geoid, and Marine Geodesy (GraGeoMar 96), Proceedings of the International Symposium*, No. 117, Tokyo, Japan, September 30 – October 5, 1996, convened and edited by J. Segawa, H. Fujimoto and S. Okubo, 228-233, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN: 3-540-63352-9, pp. 746.
- 萩原幸男，1978，地球重力論，共立出版，pp. 242。
- 本多亮・河野芳輝，2005。日本列島周辺の海陸統合50Mメッシュ地形データの作成とそれを用いた海陸重力地形補正，測地学会誌，**51**，33-44。
- 保柳康一・大上拓男，1989。海底チャンネルによるタービダイトと関連粗粒岩の形成—中央北海道・中部中新統古丹別層—，地質学雑誌，**92**，855-870。
- 一柳昌義・前田宜浩・山口照寛・高橋浩晃・笠原稔・笹谷努・山本明彦，印刷中。2004年12月14日に発生した留萌支庁南部の地震(M_{JMA}6.1)の余震活動，地震Ⅱ。
- Parasnis, D. S., 1979. Principles of applied geophysics, Third edition, Chapman and Hall, London, pp. 275.
- 石油公団，1986。基礎試錐「留萌」調査報告書，pp 86。
- Wessel, P., and W. H. F. Smith, New, improved version of Generic Mapping Tools released, EOS Trans. Amer. Geophys. U., **79** (47), 579, 1998.
- Yamaguchi, K., K. Nitta, H. Yamamoto, K. Matsuo, M. Machida, M. Murakami, M. Ishihara, S. Nakai, R. Shichi and A. Yamamoto, 1997. The establishment of the Japan Gravity Standardization Net 1996, *Gravity, Geoid, and Marine Geodesy (GraGeoMar 96), Proceedings of the International Symposium*, No. 117, Tokyo, Japan, September 30 – October 5, 1996, convened and edited by J. Segawa, H. Fujimoto and S. Okubo, 241-248, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN: 3-540-63352-9, pp. 746.

Station Name	Latitude (° N)	Longitude (° E)	Altitude (m)	Gravity (mGal)	B.A. (mGal)	T.C. (mGal)	Method
HK05AA0002	44.15104	141.71552	42.01	980556.282	25.59	1.45	DG
HK05AA0003	44.15369	141.72902	45.96	980555.547	26.19	1.55	DG
HK05AA0004	44.12289	141.66887	13.49	980561.298	27.84	1.94	DG
HK05AA0005	44.11107	141.70659	27.77	980558.179	28.76	1.47	DG
HK05AA0006	44.10821	141.70142	23.95	980558.992	29.58	2.16	DG
HK05AA0007	44.09013	141.72957	83.95	980544.968	30.42	2.83	DG
HK05AA0008	44.09125	141.73576	87.63	980544.355	31.02	3.22	DG
HK05AA0009	44.09584	141.73875	84.37	980545.101	31.54	2.98	DG
HK05AA0010	43.93708	141.68777	30.00	980559.266	45.66	2.01	SH
HK05AA0012	44.14629	141.66777	48.08	980557.298	26.70	0.53	DG
HK05AA0013	44.18687	141.71159	130.88	980535.210	17.56	0.82	DG
HK05AA0014	44.18681	141.70230	158.85	980529.676	20.35	2.56	DG
HK05AA0015	44.19028	141.69753	135.19	980535.911	20.59	2.17	DG
HK05AA0016	44.18381	141.71890	153.41	980530.210	17.63	1.08	DG
HK05AA0017	44.19632	141.73666	195.67	980520.444	18.30	3.44	DG
HK05AA0018	44.20730	141.73633	133.14	980533.262	16.04	2.29	DG
HK05AA0019	44.14629	141.66777	48.08	980557.298	26.70	0.53	DG
HK05BA0022	44.14051	141.66745	11.64	980564.254	27.22	0.72	DG
HK05BA0023	44.06985	141.71178	23.31	980552.246	24.45	0.87	DG
HK05BA0024	44.08273	141.71864	30.39	980554.038	28.89	2.13	DG
HK05BA0025	44.06205	141.73323	36.09	980544.489	21.29	1.86	DG
HK05BA0026	44.15396	141.66165	6.00	980566.803	27.23	0.65	*1
HK05BA0028	44.14490	141.72681	130.23	980538.643	24.86	0.96	DG
HK05BA0029	44.13369	141.74414	246.10	980513.508	27.62	3.20	DG
HK05BA0030	44.13636	141.73561	234.04	980516.793	27.62	2.71	DG
HK05BA0031	44.14084	141.72830	180.87	980527.463	26.51	2.66	DG
HK05BA0032	44.03449	141.67744	13.58	980546.446	19.82	0.97	DG
HK05BA0033	44.04256	141.68663	23.69	980545.308	20.13	1.06	DG
HK05BA0036	44.06174	141.67090	71.73	980532.289	15.75	2.06	DG
HK05BA0037	44.07791	141.67503	11.46	980552.092	22.13	1.57	DG
HK05BA0038	44.07355	141.69684	16.79	980553.901	25.30	1.15	DG
HK05BA0039	44.05894	141.69197	28.32	980547.624	22.37	1.19	DG
HK05BA0040	44.05349	141.67365	100.88	980527.019	17.75	2.64	DG
HK05BA0041	44.04265	141.70775	27.43	980545.053	22.35	2.24	DG

Station Name	Latitude (° N)	Longitude (° E)	Altitude (m)	Gravity (mGal)	B.A. (mGal)	T.C. (mGal)	Method
HK05BA0042	44.03927	141.70186	22.24	980545.684	21.93	2.01	DG
HK05BA0043	44.01149	141.72374	13.37	980546.938	23.71	1.88	DG
HK06AB0003	44.21247	141.66035	5.19	980567.663	23.23	1.15	BM
HK06AB0004	44.19568	141.66176	4.94	980567.501	24.00	0.60	BM
HK06BB0009	44.09932	141.69899	33.00	980556.025	28.08	1.35	*2
HK06BB0010	44.09855	141.71179	125.92	980535.376	26.02	2.00	DG
HK06BB0011	44.09753	141.72264	182.93	980523.430	25.95	2.28	DG
HK06BB0012	44.09805	141.72833	226.26	980515.277	28.05	3.47	DG
HK06BB0013	44.09258	141.70966	155.54	980527.502	25.28	2.13	DG
HK06BB0014	44.09186	141.70378	130.61	980532.978	24.59	1.22	DG
HK06BB0015	44.09468	141.71445	150.46	980529.615	24.67	0.98	DG
HK06BB0016	44.11780	141.74606	308.85	980499.406	28.28	3.80	DG
HK06BB0017	44.12176	141.74471	267.80	980508.880	27.89	3.48	DG
HK06BB0021	44.11276	141.73904	296.95	980501.537	28.94	4.23	DG
HK06BB0022	44.10848	141.73642	296.65	980500.306	28.81	4.40	DG
HK06BB0023	44.10350	141.73167	293.58	980499.657	29.33	4.91	DG
HK06BB0024	44.12337	141.73944	233.11	980516.981	27.34	2.19	DG
HK06BB0026	44.11410	141.75386	305.81	980498.557	26.43	3.71	DG
HK06BB0027	44.11366	141.75807	311.94	980495.793	26.11	4.74	DG
HK06BB0028	44.09824	141.75618	128.73	980534.018	28.93	3.93	DG
HK06BB0029	44.10033	141.75029	110.46	980538.824	31.20	4.34	DG
HK06BB0032	44.12659	141.72777	178.18	980527.681	28.86	4.32	DG
HK06BB0033	44.12936	141.72343	163.36	980531.181	26.91	2.25	DG
HK06BB0034	44.12952	141.71339	159.11	980531.146	26.66	2.86	DG
HK06BB0035	44.12470	141.70985	175.36	980527.048	26.42	2.50	DG
HK06BB0036	44.11975	141.72151	43.98	980555.780	30.93	2.91	DG
HK06BB0037	44.11692	141.71626	37.03	980556.611	29.50	2.09	DG
HK06BB0038	44.03828	141.67917	14.73	980546.177	21.55	3.06	DG
HK06BB0039	44.15624	141.66946	49.81	980556.988	27.08	1.79	DG
HK06BB0042	44.13289	141.68231	29.49	980559.439	28.16	1.92	DG
HK06BB0043	44.13694	141.67953	20.92	980561.702	28.15	1.68	DG
HK06BB0044	44.05446	141.73209	123.71	980524.978	19.09	1.97	DG
HK06BB0045	44.04908	141.73206	182.57	980511.763	18.65	1.80	DG
HK06BB0046	44.04533	141.73840	210.43	980505.882	18.92	1.91	DG

Station Name	Latitude (° N)	Longitude (° E)	Altitude (m)	Gravity (mGal)	B.A. (mGal)	T.C. (mGal)	Method
HK06BB0047	44.04845	141.74438	173.50	980512.631	17.08	1.71	DG
HK06BB0048	44.05207	141.75180	190.50	980507.342	16.07	1.99	DG
HK06BB0049	44.05666	141.75061	187.34	980508.910	17.84	3.50	DG
HK06BB0050	44.06114	141.75102	197.75	980507.621	17.51	2.36	DG
HK06BB0051	44.06367	141.75438	189.32	980509.368	18.51	3.78	DG
HK06BB0052	44.07056	141.75566	141.96	980521.313	16.47	0.94	DG
HK06BB0053	44.07332	141.73924	48.08	980544.353	23.24	2.16	DG
HK06BB0054	44.07140	141.75003	98.33	980531.317	18.70	1.31	DG
HK06BB0055	44.06741	141.75902	103.97	980528.575	17.25	1.36	DG
HK06BB0056	44.05937	141.76669	47.84	980537.926	16.99	1.69	DG
HK06BB0057	44.05782	141.75839	74.30	980532.916	16.73	1.24	DG
HK06BB0060	44.07431	141.67130	8.30	980548.855	17.64	0.90	DG
HK06BB0061	44.08046	141.67935	14.86	980554.066	24.83	1.30	DG
HK06BB0062	44.06349	141.69240	21.29	980550.486	24.50	2.38	DG
HK06BB0063	44.04703	141.69003	34.87	980543.439	20.00	0.91	DG
HK06BB0064	44.02599	141.68176	152.81	980515.126	21.78	3.73	DG
HK06BB0065	44.02203	141.67807	22.10	980543.643	20.37	1.36	DG
HK06BB0066	44.01376	141.69670	9.87	980546.256	22.59	2.17	DG
HK06BB0067	44.01398	141.68723	22.71	980543.495	20.38	0.87	DG
HK06BB0068	44.00321	141.66757	24.40	980542.510	21.86	2.15	DG
HK06BB0069	44.00843	141.66972	15.00	980544.504	20.77	1.43	DG
HK06BB0070	44.01216	141.67181	8.99	980545.534	19.20	0.40	DG
HK06BB0071	44.01049	141.67648	7.57	980546.680	20.60	0.64	DG
HK06BB0072	44.00702	141.68213	10.81	980546.039	23.43	3.08	DG
HK06BB0073	44.00511	141.68758	8.34	980546.980	22.35	1.37	DG
HK06BB0076	44.15125	141.74457	169.50	980528.949	23.25	1.78	DG
HK06BB0077	44.15232	141.75305	236.95	980513.747	24.16	4.14	DG
HK06BB0078	44.15447	141.75931	316.58	980495.929	24.31	4.95	DG
HK06BB0079	44.14662	141.76892	274.64	980504.854	23.22	3.88	DG
HK06BB0080	44.14339	141.76970	269.79	980505.821	24.07	4.50	DG
HK06BB0081	44.13993	141.77345	295.60	980499.001	24.46	4.96	DG
HK06BB0082	44.13742	141.77615	293.74	980498.921	23.11	3.74	DG
HK06BB0083	44.13206	141.77597	297.94	980497.777	21.94	2.53	DG
HK06BB0084	44.12591	141.77458	266.48	980504.443	21.36	2.56	DG

Station Name	Latitude (° N)	Longitude (° E)	Altitude (m)	Gravity (mGal)	B.A. (mGal)	T.C. (mGal)	Method
HK06BB0085	44.12563	141.77922	248.44	980508.942	21.05	1.69	DG
HK06BB0086	44.11821	141.78053	289.97	980498.722	22.03	3.37	DG
HK06BB0087	44.11900	141.77261	270.27	980504.229	21.58	1.89	DG
HK06BB0088	44.12594	141.76483	164.01	980528.043	24.08	2.04	DG
HK06BB0089	44.13319	141.75708	125.46	980537.871	26.29	2.30	DG
HK06BB0090	44.13843	141.75443	115.37	980540.607	25.74	1.33	DG
HK06BB0091	44.14167	141.75224	109.46	980542.050	26.62	2.17	DG
HK06BB0092	44.14643	141.74316	75.53	980549.595	27.60	2.08	DG
HK06BB0093	44.12609	141.68002	79.10	980547.905	26.38	1.78	DG
HK06BB0096	44.00718	141.72052	12.02	980547.014	23.24	1.56	DG
HK06BB0097	44.00957	141.74130	15.20	980545.997	23.08	1.88	DG
HK06BB0098	44.01457	141.74570	76.99	980532.408	21.44	2.44	DG
HK06BB0099	44.02956	141.78146	22.00	980541.888	17.62	0.86	SH
HK06BB0100	44.03107	141.78796	20.16	980541.517	16.59	0.79	DG
HK06BB0101	44.04039	141.78947	27.83	980539.424	16.24	1.46	DG
HK06BB0102	44.04833	141.78926	37.32	980537.531	15.38	1.21	DG
HK06BB0103	44.05524	141.78917	46.10	980535.777	15.57	1.98	DG
HK06BB0104	44.03357	141.76425	91.93	980528.634	19.92	3.18	DG
HK06BB0105	44.02900	141.79292	24.71	980540.231	16.28	0.80	DG
HK06BB0108	44.01635	141.72218	85.67	980531.616	21.44	1.82	DG
HK06BB0109	44.02116	141.71942	132.55	980521.711	21.83	2.84	DG
HK06BB0110	44.02508	141.72334	148.08	980518.099	21.26	3.08	DG
HK06BB0111	44.03156	141.72882	185.53	980510.559	20.55	2.67	DG
HK06BB0112	44.02082	141.71147	144.15	980518.833	20.74	2.04	DG
HK06BB0113	44.03391	141.77667	21.03	980541.543	17.47	1.19	DG
HK06BB0114	44.03600	141.77132	22.45	980541.632	18.09	1.30	DG
HK06BB0115	44.03836	141.76366	24.71	980541.883	19.44	1.71	DG
HK06BB0116	44.04240	141.76036	27.37	980540.980	17.91	1.37	DG
HK06BB0117	44.04693	141.76306	31.47	980539.812	16.92	1.42	DG
HK06BB0118	44.07014	141.76738	50.32	980538.227	19.26	2.47	DG
HK06BB0119	44.08241	141.77174	70.50	980538.001	22.98	3.82	DG
HK06BB0120	44.09417	141.77812	162.88	980523.198	21.94	2.19	DG
HK06BB0121	44.09758	141.78477	274.22	980499.385	20.67	2.09	DG
HK06BB0122	44.10777	141.75713	294.16	980499.775	26.12	4.05	DG

Station Name	Latitude (° N)	Longitude (° E)	Altitude (m)	Gravity (mGal)	B.A. (mGal)	T.C. (mGal)	Method
HK06BB0123	44.10839	141.75021	265.00	980507.613	25.84	2.48	DG
HK06BB0124	44.10536	141.74345	162.21	980530.173	29.27	3.32	DG
HK06BB0127	44.07399	141.76320	243.62	980497.336	21.70	7.59	DG
HK06BB0128	44.07968	141.76376	222.70	980506.098	18.60	2.12	DG
HK06BB0129	44.08481	141.76254	227.33	980507.722	19.79	1.62	DG
HK06BB0130	44.08126	141.75543	248.54	980501.581	20.82	3.40	DG
HK06BB0131	44.08010	141.75044	199.04	980511.837	20.99	4.05	DG
HK06BB0132	44.08988	141.76288	251.80	980503.724	22.43	3.32	DG
HK06BB0133	44.09249	141.76765	252.93	980504.383	23.27	3.39	DG
HK06BB0134	44.09861	141.77354	249.45	980506.131	21.77	2.30	DG
HK06BB0135	44.10275	141.77919	274.74	980501.197	22.19	2.84	DG
HK06BB0136	44.10837	141.77412	348.17	980483.939	23.16	4.62	DG
HK06BB0137	44.11224	141.76930	343.80	980485.791	23.56	4.88	DG
HK06BB0138	44.09512	141.79156	245.59	980504.427	20.01	2.89	DG
HK06BB0139	44.09151	141.79663	213.50	980510.074	20.83	4.13	DG
HK06BB0140	44.08943	141.80223	259.83	980499.556	19.33	3.65	DG
HK06BB0141	44.08587	141.80817	347.00	980479.172	18.96	4.31	DG
HK06BB0142	44.08779	141.79106	213.98	980509.293	19.18	2.80	DG
HK06BB0143	44.08549	141.78131	183.96	980515.818	19.10	1.84	DG
HK06BB0144	44.04029	141.81047	26.60	980539.563	16.02	1.36	DG
HK06BB0147	44.15956	141.72105	96.38	980544.164	25.77	4.35	DG
HK06BB0148	44.16328	141.72566	90.13	980545.451	23.89	2.01	DG
HK06BB0149	44.16814	141.72969	171.40	980528.288	20.79	1.33	DG
HK06BB0150	44.16448	141.73552	213.37	980518.510	22.94	3.67	DG
HK06BB0151	44.16298	141.74046	244.94	980510.984	23.84	5.06	DG
HK06BB0152	44.16179	141.74710	266.76	980506.598	22.02	3.22	DG
HK06BB0153	44.15829	141.75398	274.68	980505.490	22.04	2.98	DG
HK06BB0154	44.04366	141.67334	86.40	980529.942	17.46	1.38	DG
HK06BB0155	44.15446	141.69096	23.16	980561.750	27.58	2.00	DG
HK06CB0160	44.09339	141.83820	328.62	980484.923	20.99	5.25	DG
HK06CB0161	44.09053	141.83475	238.83	980504.052	18.96	2.31	DG
HK06CB0164	44.20353	141.66908	9.48	980567.007	24.80	1.43	DG
HK06CB0165	44.20116	141.67549	13.54	980565.429	24.79	1.63	DG
HK06CB0166	44.20125	141.68170	20.43	980563.265	24.23	1.70	DG

Station Name	Latitude (° N)	Longitude (° E)	Altitude (m)	Gravity (mGal)	B.A. (mGal)	T.C. (mGal)	Method
HK06CB0167	44.20104	141.68826	25.07	980561.944	24.47	2.16	DG
HK06CB0168	44.19936	141.69449	30.05	980559.879	23.94	2.56	DG
HK06CB0169	44.19706	141.70288	40.88	980555.693	20.46	1.24	DG
HK06CB0170	44.08795	141.77324	82.23	980537.632	24.07	3.25	DG
HK06CB0171	44.06615	141.70692	18.00	980552.034	23.24	0.63	SH
HK06CB0174	44.05129	141.86539	37.00	980539.304	16.67	1.21	SH
HK06CB0175	44.04332	141.84238	30.00	980539.010	14.95	0.84	SH
HK06CB0176	44.10099	141.74188	91.00	980543.665	32.94	4.49	SH
HK06CB0177	44.08939	141.72311	48.79	980551.168	30.37	2.63	DG
HK06CB0178	44.07688	141.71455	24.98	980553.287	25.98	1.29	DG
HK06CB0179	44.11411	141.71173	34.53	980557.197	28.76	1.29	DG
HK06CB0182	44.12202	141.76582	212.09	980517.678	22.72	1.63	DG
HK06CB0183	44.13106	141.76041	118.42	980537.663	26.03	2.82	DG
HK06CB0184	44.15062	141.73694	55.57	980553.642	29.22	3.80	DG
HK06CB0187	44.11922	141.74138	339.86	980491.085	31.95	6.98	DG
HK06CB0188	44.11196	141.76126	312.88	980495.115	23.72	2.79	DG
HK06CB0189	44.09510	141.96361	98.49	980525.831	13.26	2.39	DG
HK06CB0190	44.09672	141.97476	108.16	980524.591	12.54	1.54	DG
HK06CB0191	44.10476	141.98599	121.32	980523.707	14.37	2.00	DG
HK06CB0192	44.11768	141.98483	139.17	980520.881	13.62	1.84	DG
HK06CB0193	44.14960	141.97633	219.20	980505.680	10.12	1.40	DG
HK06CB0194	44.16462	141.99080	182.04	980515.573	11.93	1.73	DG
HK06CB0199	44.15503	141.72150	38.00	980557.310	26.36	1.75	SH
HK06CB0200	44.19701	141.73668	195.37	980520.514	18.65	3.77	DG
HK06CB0201	44.19016	141.73433	213.35	980517.140	20.54	4.80	DG
HK06CB0202	44.19376	141.72150	147.49	980529.979	17.55	3.12	DG
HK06CB0203	44.20045	141.71429	125.49	980535.811	17.29	2.08	DG
HK06CB0204	44.21530	141.71114	109.82	980539.780	16.62	1.95	DG

Observed gravity data. Assumed density is 2670 kg/m³. Gravity values are referred to JGSN96. B.A.: Bouguer Anomaly. T.C.: Terrain Correction. "Method" indicates how we decided the "Altitude" (DG: Differential GPS, BM: Benchmark, SH: Spot Height, *1: By barometer and map contour, *2: By local leveling bar installed near the seashore). Gravity stations are listed on the order of measurement.