

石狩低地東縁断層帯南部における重力探査

Gravity Survey across the Southern Part of the Eastern Boundary Fault Zone of the Ishikari Lowland, Hokkaido, Japan

岡田真介^{1,2*}・住田達哉¹・山口和雄¹・横倉隆伸¹

Shinsuke Okada^{1,2*}, Tatsuya Sumita¹, Kazuo Yamaguchi¹ and Takanobu Yokokura¹

Abstract: Since FY2010, we have carried out several lines of geophysical survey across the main and southern strand of the Eastern Boundary Fault Zone of the Ishikari Lowland, Hokkaido. In the FY2010, we carried out two lines of seismic reflection survey and gravity survey across the main strand of the Eastern Boundary Fault Zone of the Ishikari Lowland. In the FY2011, to reveal the subsurface structure of the southern strand and its seaward extension, we executed shallow seismic reflection survey along the coast and recalculated offshore seismic reflection data. Although concealed main thrust and several concealed anticlines were revealed from analysis of these seismic and gravity surveys, we need more consideration for the relation ship between main strand, southern part, and seaward extension of this fault zone. To reveal these considerations, we carried out two lines of new seismic reflection and gravity survey across the southern strand of the fault zone in FY2012; GSJ-2012-Line4 (Atsuma seismic line) and GSJ-2012-Line5 (Mukawa seismic line). In this report, we mention the gravity survey along these two seismic lines.

Keywords: Gravity survey, Eastern Boundary Fault Zone of the Ishikari Lowland, Subsurface structure, Concealed thrust, Concealed anticline

1 はじめに

産業技術総合研究所では、沿岸域の地質・活断層調査の一環として、石狩低地東縁断層帯主部および南部において、平成 22 年より調査を行ってきた。平成 22 年度は、石狩低地東縁断層帯の主部を横断するように GSJ 勇払測線 1, GSJ 勇払測線 2 を設定し、反射法地震探査および重力探査を実施した（横倉ほか, 2011; 岡田ほか, 2011）。平成 23 年度には同断層帯南部およびその海域延長を明らかにするために、GSJ 勇払測線 3 を沿岸部に沿って実施し（横倉ほか, 2012; 横倉ほか, 2013）、陸域および海域の既存反射法地震探査の再解析も同時に行ってきた（山口ほか, 2011; 横倉ほか, 2012; 山口ほか, 2012; 2013）。これらの調査・解析により、対象地域に複数の伏在背斜構造が明らかになってきたが、なお、石狩低地東縁断層帯主部と同断層帯南部との関係、同断層帯南部の海域延長部への連続性に関して検討の余地が残された。

そこで本研究では、石狩低地東縁断層帯主部・南部の連続性を明らかにするために、勇払平野南東部において 2 つの測線を設定し、反射法地震探査を実施した。これについては、本研究報告の岡田ほか（2013）においてその詳細を述べた。本報告では、同反射法地震探査測線に沿って実施した重力探査の詳細について報告する。

2 重力探査概要

本重力調査は、勇払地域において 2012 年度に取得した 2 測線の反射法地震探査、GSJ 勇払測線 4 および GSJ 勇払測線 5（2012 年 5 月 16～22 日実施；岡田ほか, 2013）に沿って、200m 間隔を標準として、通常の相対重力測定を行った。本調査は、2012 年 9 月 19～24 日の計 6 日間において測定を行った。測定には LaCoste & Romberg 社製の D 型重力計 (D-205) と G 型重力計 (G-911) の 2 台を用いた。それぞれ

* Correspondence

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

² 現所属：東北大学災害科学国際研究所 (IRIDeS, Tohoku University)

の重力計は、GSJ 勇払測線 4 と GSJ 勇払測線 5 とに沿って北東側を開始点として、それぞれ南西方向に向かって同時に測定を開始した。D 型重力計は、GSJ 勇払測線 4 とその北東延長部において 2012 年 9 月 19 ～ 22 日と 24 日の計 4 日間で測定を終了し、67 点の測定を行った。また、24 日には、Tomakomai86 測線（浅野ほか、1989）に沿って、西側から 6 点の測定を行った。G 型重力計は、GSJ 勇払測線 5 とその北東延長部では 2012 年 9 月 19 ～ 21 日の計 3 日間で測定を終了し、43 点の測定を行った。21 および 22 日は、GSJ 勇払測線 3 の東端から西に向かって 200m 間隔で 14 点の測定を行った。22 ～ 24 日に掛けては、Tomakomai86 測線を東側から 17 点を測定した。Tomakomai86 測線の西部は、日高道に沿って国道 235 号線上を通っている。国道 235 号線は車両の交通量が多く、安全を確保するために、測定点間隔を延ばさざるを得なかった。最大で 1.6km 程度の測定点間隔が生じている。Tomakomai86 測線に沿っては、D 型重力計と G 型重力計とで合計 23 点の測定を実施した。すべての測定点の分布は、第 1 図に示す。

本調査では、2 つの重力基点を利用し測定を行った。1 つの重力基点は、苫小牧市錦町のドーミーイン苫小牧前に作成し、もう 1 つは GSJ 勇払測線 5 近傍の四等三角点・田浦（基準点コード、TR46341771401）に作成した。2012 年 9 月 16 ～ 22 日における D 型重力計の測定では、ドーミーイン苫小牧前の重力基点の測定より出発し、また同日の最終測定として同基点に戻るような環測定を実施した。G 型重力計の測定は、2012 年 9 月 16 ～ 22 日では、まずドーミーイン苫小牧前の重力基点の測定を行った後、次に四等三角点・田浦を測定し、反射法地震探査測線沿いの測定点において測定をした。同日の測定の終了時には、四等三角点・田浦での測定の後、ドーミーイン苫小牧前の重力基点での測定を行うような環測定とした。24 日の測定のみは、調査効率を考慮し、G 型および D 型重力計共に、四等三角点・田浦の測定から出発し、同三角点での測定で終了する環測定とした。重力基点の重力値に関しては、後に詳しく述べる。

重力測定点の位置座標および楕円体高は、Trimble 社製 R8 GPS を用いて、干渉即位（高速静止測量）を行った（1 秒サンプリング、10 分間測定を標準）。解析には Trimble 社製のソフトウェア Trimble total control を用い、電子基準点厚真を基準として、その他周囲 6 つの電子基準点と GSJ 勇払測線 5 の近傍に

ある四等三角点・田浦に設置した臨時基準点 1 つを利用することにより、網平均で位置座標および楕円体高を求めた。楕円体高から標高値へ変換するために必要なジオイド高は、国土地理院のソフトウェアパッケージ、日本のジオイド 2000ver. 5 を用いて計算した。

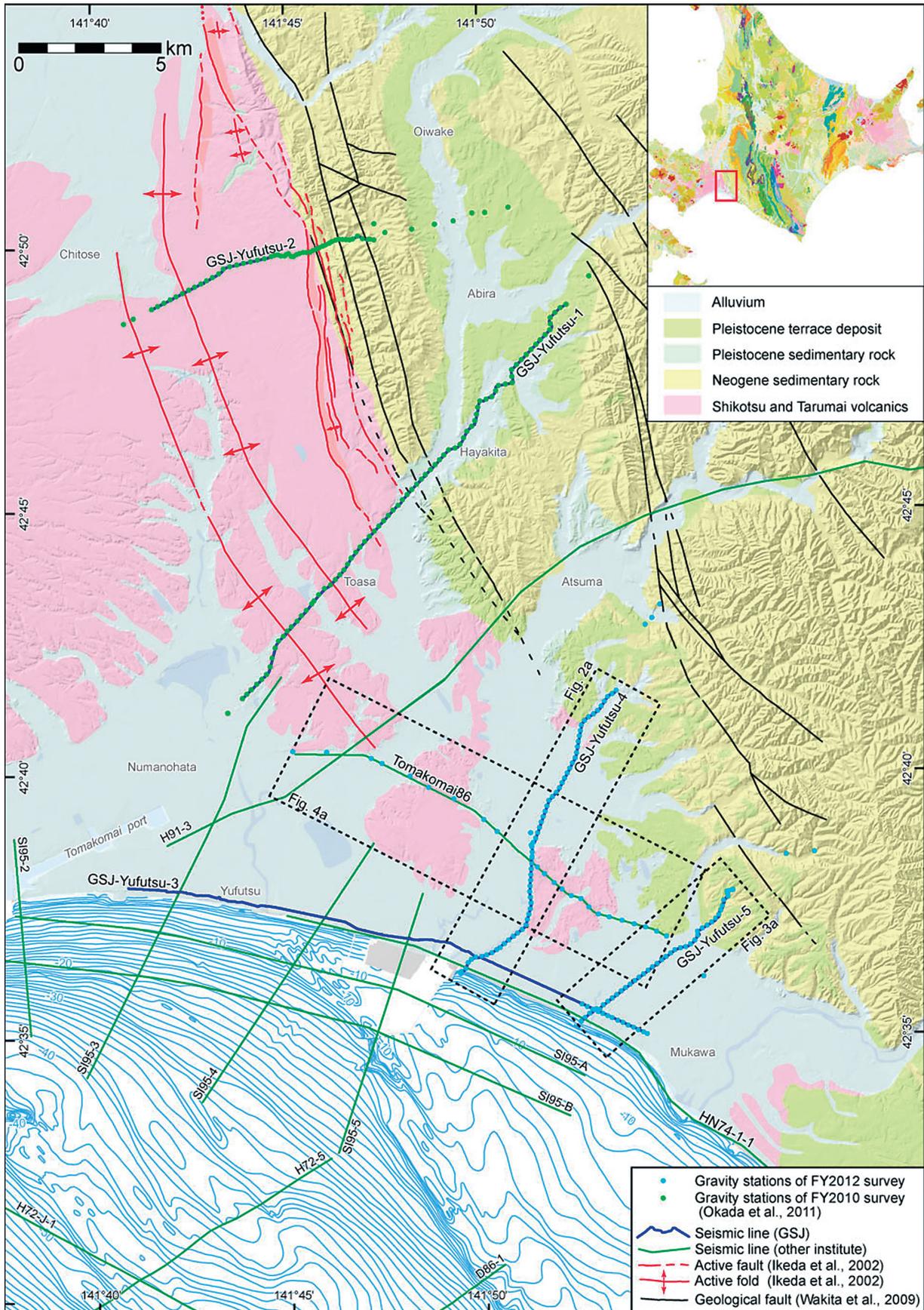
3 重力基点について

本調査では、2 つの重力基点を作成し、環測定に用いた。1 つはドーミーイン苫小牧前であり、もう 1 つは、四等三角点・田浦である。重力基点ドーミーイン苫小牧前の重力値測定は、2012 年 9 月 23 日に実施した。重力基点の測定から出発し、まず新中野町 2 丁目公園横の一等水準点（点コード：L010000007305）、次に、苫小牧市民会館大ホール横の一等水準点（点コード：L050000000285）において測定した後、一度重力基点に戻って測定を行った。その後さらに、千歳空港内 1 等重力点を測定した後、再び同重力基点に戻って測定を行った。同重力基点の測定には、D 型および G 型重力計の両方を用い測定を行った。双方の重力計での測定値に大きな違いが無いことを確認し、重力値の決定には測定分解能が高い D 型重力計での測定値を用いた。上記 3 点での測定値を用いて、重力基点ドーミーイン苫小牧前の重力値は 980417.753 mgal と決定した。

四等三角点・田浦の重力値は、G 型重力計による 9 月 16 ～ 22 日の環測定によって、相対重力測定が行われている。重力基点ドーミーイン苫小牧前の重力値が決定されると、四等三角点・田浦の重力値も決定することができる。四等三角点・田浦における重力値は、G 型重力計の測定値から、980362.274mgal と決定した。

4 データ処理

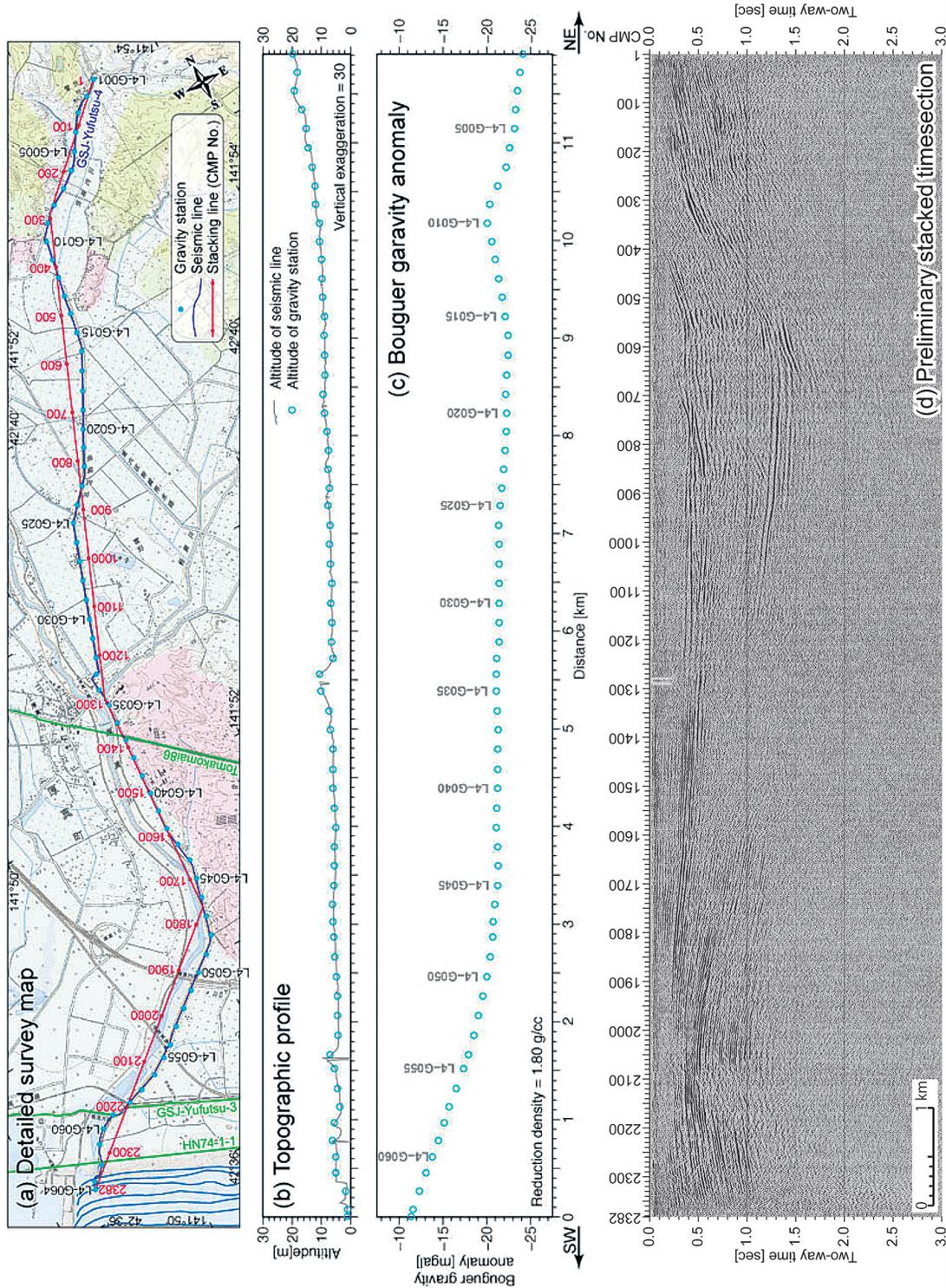
それぞれの重力計の読取値からブーゲー異常値の算出までの処理は、地質調査所重力補正標準手順 SPECG1988（地質調査所重力探査グループ、1989）に従った。重力計の読取値を重力単位に換算し、潮汐補正、ドリフト補正を行い、測定点における重力値を決定した。これに対して緯度補正、大気補正、高度補正を計算し、フリーエア補正を求めた。さらに、国土地理院の 50m メッシュおよび 250m メッシュの標高データを用いて求めた地形補正（村田ほか、1995）



第1図 勇払平野周辺の重力測定点および反射法地震探査測線。

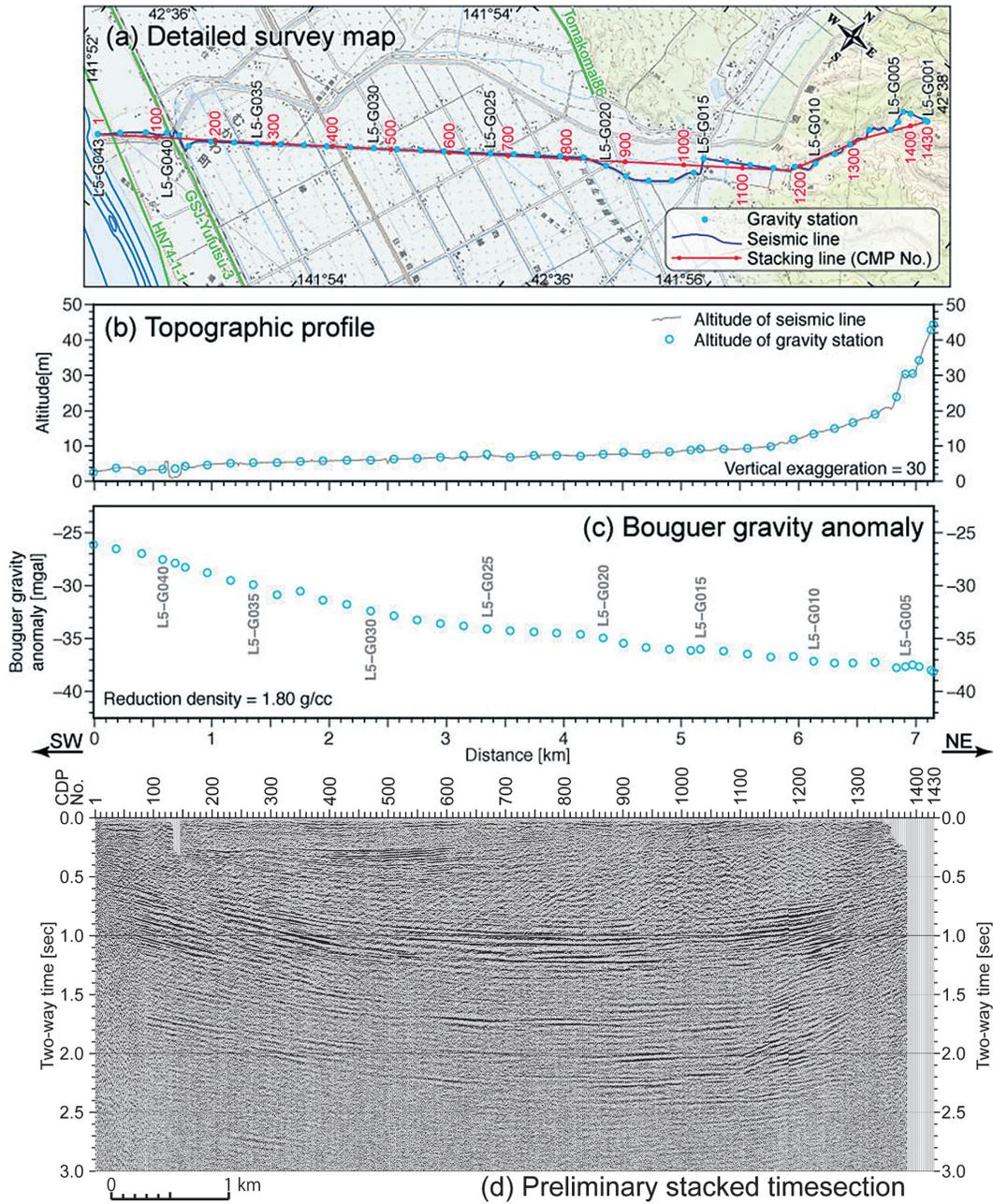
背景には20万分の1日本シームレス地質図(脇田ほか, 2009)を使用した。海底地形図には、日本水路協会発行の海底地形デジタルデータM7006「津軽海峡東部」を用いた。測線位置は、横倉ほか(2012)による。

Fig.1 Gravity stations and seismic reflection survey lines around Yufutsu Plain. Seamless geological map of Japan at a scale of 1:200,000 (Wakita et al., 2009) was used in background. Bathymetry, M7006 "East part of Tsugaru strait", M7000 Digital Bathymetric Chart, Japan Hydrographic Association. Seismic lines are after Yokokura et al. (2012).



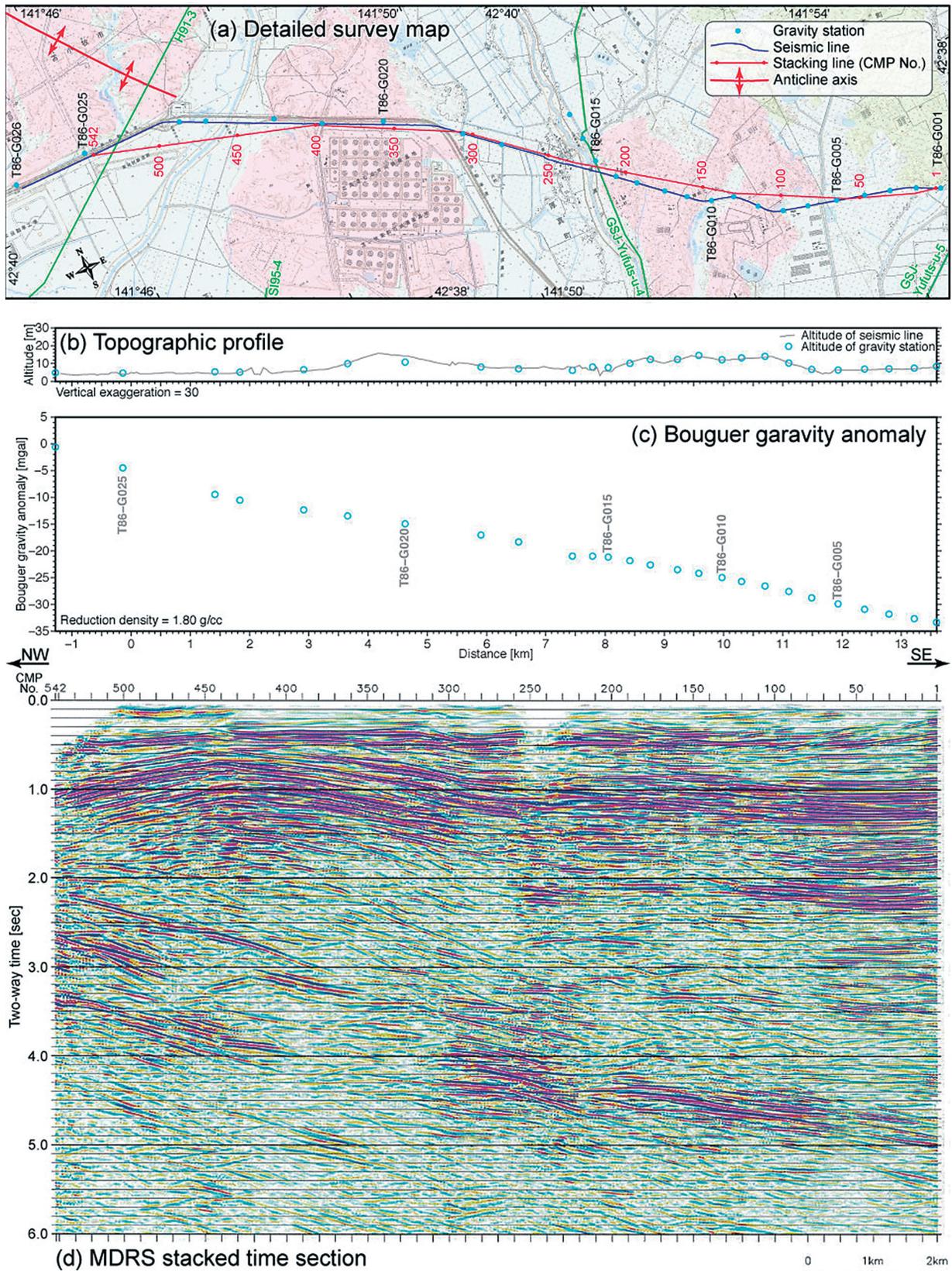
第 2 図 GSI 勇払測線 4 に沿ったブーゲー重力異常と反射法地震探査の予備的重合断面。
 (a) 重力測定点位置および反射法地震探査測線図。測線位置の背景には 20 万分の 1 日本シームレス地質図 (脇田ほか, 2009) のほか, 国土地理院発行の数値地図 (画像) 「上厚真」・「軽舞」・「遠浅」・「厚真」を用いた。海底地形図には, 日本水路協会発行の海底地形デジタルデータ M7006 「津軽海峡東部」を用いた。GSI 勇払 3 測線の位置は, 横倉ほか (2012) による。
 (b) 重力測定点標高および反射法地震探査測線の標高。それぞれの標高は, GSI 勇払測線 4 の CMP 測線に投影されたものである。
 (c) ブーゲー重力異常。ブーゲー重力異常値は CMP 測線に投影されたものである。
 (d) 予備的重合断面 (岡田ほか, 2013)。

Fig. 2 Bouguer gravity anomaly of this survey and preliminary stacked time section of GSI-Yufutsu-4.
 (a) Detailed map of gravity and seismic survey. Geological map, Seamless geological map of Japan at a scale of 1:200,000 (Wakita et al., 2009); Topographic map, Kami-atsuma, Karumai, Toasa, and Atsuma, 1:25,000 Digital map (Map Image) of Geospatial Information Authority of Japan; Bathymetry, M7006 “East part of Tsugaru strait”, M7000 Digital Bathymetric Chart, Japan Hydrographic Association. Seismic lines are after Yokokura (2012).
 (b) Topographic profile. Solid line, altitude of seismic receiver points that is projected to CMP line; blue open circle, altitude of gravity station.
 (c) Bouguer gravity anomaly. Blue open circle, bouguer gravity anomaly of this survey projected to CMP line. Reduction density of 1.80 g/cm³ was applied.
 (d) Preliminary stacked time section of GSI-Yufutsu-4 (after Okada et al., 2013).



第3図 GSJ 勇払測線 5 に沿ったブーゲー重力異常と反射法地震探査の予備的重合断面。
 (a) 重力測定点位置および反射法地震探査測線図。測線位置の背景には 20 万分の 1 日本シームレス地質図 (脇田ほか, 2009) のほか, 国土地理院発行の数値地図 (画像) 「鶴川」・「上厚真」・「軽舞」を用いた。海底地形図には, 日本水路協会発行の海底地形デジタルデータ M7006 「津軽海峡東部」を用いた。GSJ 勇払 3 測線の位置は, 横倉ほか (2012) による。
 (b) 重力測定点標高および反射法地震探査測線の標高。それぞれの標高は, GSJ 勇払測線 5 の CMP 測線に投影されたものである。
 (c) ブーゲー重力異常。ブーゲー重力異常値は CMP 測線に投影されたものである。
 (d) 予備的重合断面 (岡田ほか, 2013)。

Fig.3 Bouguer gravity anomaly of this survey and preliminary stacked time section of GSJ-Yufutsu-5.
 (a) Detailed map of gravity and seismic survey. Geological map, Seamless geological map of Japan at a scale of 1:200,000 (Wakita et al., 2009); Topographic map, Mukawa, Kami-atsuma, and Karumai, 1:25,000 Digital map (Map Image) of Geospatial Information Authority of Japan; Bathymetry, M7006 "East part of Tsugaru strait", M7000 Digital Bathymetric Chart, Japan Hydrographic Association. Seismic lines are after Yokokura (2012).
 (b) Topographic profile. Solid line, altitude of seismic receiver points that is projected to CMP line; blue open circle, altitude of gravity station.
 (c) Bouguer gravity anomaly. Blue open circle, bouguer gravity anomaly of this survey projected to CMP line. Reduction density of 1.80 g/cm³ was applied.
 (d) Preliminary stacked time section of GSJ-Yufutsu-5 (after Okada et al., 2013).



第 4 図 Tomakomai86 に沿ったブーゲー重力異常と反射法地震探査の MDRS 重合断面。

- (a) 重力測定点位置および反射法地震探査測線図。測線位置の背景には 20 万分の 1 日本シームレス地質図(脇田ほか, 2009)のほか、国土地理院発行の数値地図(画像)「勇払」・「上厚真」・「軽舞」・「遠浅」を用いた。活褶曲は池田ほか(2002)による。
 (b) 重力測定点標高および反射法地震探査測線の標高。それぞれの標高は、Tomakomai86 の MDRS 重合測線に投影されたものである。
 (c) ブーゲー重力異常。ブーゲー重力異常値は MDRS 重合測線に投影されたものである。(d) MDRS 重合断面(山口ほか, 2012)。

Fig.4 Bouguer gravity anomaly of this survey and MDRS stacked time section of Tomakomai86.

- (a) Detailed map of gravity and seismic survey. Geological map, Seamless geological map of Japan at a scale of 1:200,000 (Wakita et al., 2009); Topographic map, Yufutsu, Kami-atsuma, Karumai, and Toasa, 1:25,000 Digital map (Map Image) of Geospatial Information Authority of Japan. Active fold axis is after Ikeda et al. (2002)
 (b) Topographic profile. Solid line, altitude of seismic receiver points that is projected to MDRS stack line; blue open circle, altitude of gravity station.
 (c) Bouguer gravity anomaly. Blue open circle, bouguer gravity anomaly of this survey projected to CMP line. Reduction density of 1.80 g/cm³ was applied.
 (d) MDRS stacked time section of Tomakomai86 (Yamaguchi et al., 2012).

石狩低地東縁断層帯南部における重力探査

第1表 本重力探査における重力測定結果(勇払測線4. 厚真測線)
Table 1 Result of gravity surver of Line 4, Atsuma Line.

Station name	Latitude (WGS84) ddmmss.sss	Longitude (WGS84) dddmmss.sss	Height mm.mmm	Obs gravity mgal	Normal gravity mgal	Atm mgal	Free-air corr. mgal	Free-air gravity mgal	Bouguer corr. ** mgal	Topo corr. ** mgal	Bouguer gravity ** mgal	Instrument
L4-G001	424132.886	1415327.331	19.752	980381.345	980411.088	0.868	6.095	-22.780	-1.497	0.118	-24.159	D-205
L4-G002	424129.088	1415320.907	18.237	980381.967	980410.992	0.868	5.628	-22.529	-1.383	0.103	-23.809	D-205
L4-G003	424125.775	1415313.802	19.316	980381.956	980410.909	0.868	5.961	-22.124	-1.464	0.087	-23.502	D-205
L4-G004	424120.579	1415308.616	16.591	980382.664	980410.780	0.868	5.120	-22.128	-1.258	0.088	-23.298	D-205
L4-G005	424115.154	1415303.820	15.201	980382.967	980410.643	0.869	4.691	-22.117	-1.152	0.094	-23.175	D-205
L4-G006	424110.207	1415258.371	14.462	980383.547	980410.520	0.869	4.463	-21.641	-1.096	0.098	-22.640	D-205
L4-G007	424106.254	1415251.382	13.099	980384.217	980410.421	0.869	4.042	-21.293	-0.993	0.097	-22.189	D-205
L4-G008	424102.999	1415243.947	12.183	980385.275	980410.339	0.869	3.759	-20.436	-0.924	0.098	-21.261	D-205
L4-G009	424058.814	1415237.551	11.981	980386.130	980410.234	0.869	3.697	-19.538	-0.908	0.094	-20.353	D-205
L4-G010	424053.668	1415232.793	10.727	980386.568	980410.105	0.869	3.310	-19.358	-0.813	0.073	-20.098	D-205
L4-G011	424047.443	1415231.231	10.615	980385.965	980409.949	0.869	3.276	-19.839	-0.805	0.062	-20.582	D-205
L4-G012	424041.389	1415229.617	9.892	980385.587	980409.797	0.869	3.053	-20.288	-0.750	0.060	-20.978	D-205
L4-G013	424035.057	1415227.748	9.740	980385.096	980409.639	0.869	3.006	-20.668	-0.738	0.059	-21.348	D-205
L4-G014	424028.953	1415226.328	9.563	980384.604	980409.486	0.869	2.951	-21.062	-0.725	0.057	-21.730	D-205
L4-G015	424022.485	1415224.636	8.942	980384.217	980409.323	0.869	2.759	-21.478	-0.678	0.056	-22.100	D-205
L4-G016	424016.348	1415222.455	9.110	980383.723	980409.170	0.869	2.811	-21.767	-0.691	0.054	-22.404	D-205
L4-G017	424010.556	1415218.254	8.929	980383.616	980409.024	0.869	2.755	-21.784	-0.677	0.053	-22.408	D-205
L4-G018	424004.719	1415214.035	8.777	980383.644	980408.878	0.869	2.708	-21.657	-0.665	0.049	-22.273	D-205
L4-G019	423959.098	1415209.971	9.383	980383.454	980408.737	0.869	2.895	-21.519	-0.711	0.049	-22.182	D-205
L4-G020	423953.512	1415205.679	8.939	980383.301	980408.597	0.869	2.758	-21.669	-0.678	0.048	-22.299	D-205
L4-G021	423948.156	1415201.906	8.187	980383.453	980408.464	0.869	2.526	-21.615	-0.621	0.048	-22.188	D-205
L4-G022	423942.524	1415157.962	7.562	980383.510	980408.322	0.869	2.334	-21.610	-0.573	0.047	-22.136	D-205
L4-G023	423937.302	1415152.797	7.800	980383.507	980408.192	0.869	2.407	-21.408	-0.591	0.046	-21.954	D-205
L4-G024	423932.576	1415146.745	7.276	980383.746	980408.073	0.869	2.245	-21.212	-0.552	0.047	-21.717	D-205
L4-G025	423928.013	1415141.174	7.787	980383.721	980407.959	0.869	2.403	-20.966	-0.590	0.045	-21.511	D-205
L4-G026	423921.868	1415138.021	7.159	980383.879	980407.805	0.869	2.209	-20.848	-0.543	0.047	-21.344	D-205
L4-G027	423915.857	1415135.159	7.189	980383.683	980407.655	0.869	2.218	-20.884	-0.545	0.045	-21.385	D-205
L4-G028	423909.788	1415132.098	6.816	980383.584	980407.503	0.869	2.103	-20.947	-0.517	0.044	-21.420	D-205
L4-G029	423903.686	1415129.120	6.343	980383.518	980407.350	0.869	1.957	-21.005	-0.481	0.045	-21.442	D-205
L4-G030	423857.580	1415126.155	6.742	980383.268	980407.197	0.869	2.081	-20.979	-0.511	0.045	-21.446	D-205
L4-G031	423851.464	1415123.192	6.360	980383.247	980407.043	0.869	1.963	-20.964	-0.482	0.044	-21.402	D-205
L4-G032	423845.359	1415120.224	6.605	980383.023	980406.890	0.869	2.038	-20.960	-0.501	0.044	-21.417	D-205
L4-G033	423840.556	1415116.541	6.045	980383.308	980406.770	0.869	1.865	-20.727	-0.458	0.045	-21.140	D-205
L4-G034	423835.636	1415114.076	10.526	980382.229	980406.647	0.869	3.248	-20.301	-0.798	0.050	-21.049	D-205
L4-G035	423829.531	1415114.869	10.160	980382.136	980406.495	0.869	3.135	-20.355	-0.770	0.048	-21.077	D-205
L4-G036	423823.066	1415114.200	7.423	980382.497	980406.333	0.869	2.291	-20.676	-0.563	0.049	-21.190	D-205
L4-G037	423816.729	1415113.723	6.829	980382.344	980406.173	0.869	2.107	-20.853	-0.518	0.045	-21.325	D-205
L4-G038	423810.270	1415112.952	6.085	980382.389	980406.012	0.869	1.878	-20.876	-0.461	0.050	-21.288	D-205
L4-G039	423803.709	1415112.242	6.137	980382.241	980405.847	0.869	1.894	-20.843	-0.465	0.047	-21.261	D-205
L4-G040	423757.361	1415111.570	5.960	980382.151	980405.688	0.869	1.839	-20.828	-0.452	0.046	-21.234	D-205
L4-G041	423750.877	1415110.868	5.637	980382.150	980405.526	0.870	1.740	-20.767	-0.427	0.048	-21.146	D-205
L4-G042	423744.429	1415110.204	5.083	980382.165	980405.365	0.870	1.569	-20.762	-0.385	0.044	-21.103	D-205
L4-G043	423738.031	1415111.119	5.576	980381.760	980405.204	0.870	1.721	-20.854	-0.423	0.045	-21.232	D-205
L4-G044	423731.585	1415112.246	5.582	980381.499	980405.043	0.870	1.723	-20.952	-0.423	0.045	-21.331	D-205
L4-G045	423725.134	1415110.927	5.686	980381.370	980404.881	0.870	1.755	-20.887	-0.431	0.046	-21.272	D-205
L4-G046	423718.888	1415108.622	6.189	980381.466	980404.725	0.869	1.910	-20.479	-0.469	0.051	-20.898	D-205
L4-G047	423712.606	1415106.320	5.954	980381.501	980404.567	0.869	1.837	-20.359	-0.451	0.055	-20.756	D-205
L4-G048	423706.403	1415104.047	5.774	980381.449	980404.412	0.869	1.782	-20.312	-0.438	0.061	-20.689	D-205
L4-G049	423701.589	1415057.901	5.314	980381.753	980404.292	0.870	1.640	-20.030	-0.403	0.045	-20.387	D-205
L4-G050	423657.595	1415050.949	4.808	980382.140	980404.191	0.870	1.484	-19.698	-0.365	0.043	-20.020	D-205
L4-G051	423653.626	1415043.999	4.503	980382.543	980404.092	0.870	1.390	-19.290	-0.341	0.042	-19.590	D-205
L4-G052	423649.643	1415037.090	4.427	980383.002	980403.993	0.870	1.366	-18.755	-0.336	0.042	-19.049	D-205
L4-G053	423645.658	1415030.147	4.351	980383.411	980403.892	0.870	1.343	-18.269	-0.330	0.042	-18.557	D-205
L4-G054	423641.298	1415023.692	6.946	980383.319	980403.784	0.869	2.143	-17.452	-0.527	0.048	-17.931	D-205
L4-G055	423638.730	1415018.423	5.542	980384.196	980403.719	0.870	1.710	-16.944	-0.420	0.044	-17.320	D-205
L4-G056	423635.281	1415010.952	4.530	980385.182	980403.632	0.870	1.398	-16.183	-0.344	0.042	-16.484	D-205
L4-G057	423632.986	1415002.690	3.687	980386.076	980403.575	0.870	1.138	-15.492	-0.280	0.042	-15.730	D-205
L4-G058	423631.205	1414955.174	5.496	980386.171	980403.530	0.870	1.696	-14.794	-0.417	0.049	-15.162	D-205
L4-G059	423630.394	1414945.752	6.220	980386.665	980403.510	0.869	1.919	-14.057	-0.472	0.056	-14.472	D-205
L4-G060	423628.027	1414938.988	4.973	980387.560	980403.450	0.870	1.535	-13.486	-0.377	0.050	-13.814	D-205
L4-G061	423624.159	1414934.000	5.071	980388.181	980403.354	0.870	1.565	-12.739	-0.385	0.050	-13.073	D-205
L4-G062	423617.829	1414930.266	1.634	980389.576	980403.195	0.870	0.504	-12.245	-0.124	0.040	-12.328	D-205
L4-G063	423614.256	1414923.779	1.048	980390.367	980403.106	0.870	0.323	-11.546	-0.080	0.039	-11.586	D-205
L4-G064	423611.727	1414922.419	1.168	980390.493	980403.043	0.870	0.360	-11.320	-0.089	0.036	-11.372	D-205
L4-G101	424247.603	1415413.053	25.984	980381.816	980412.959	0.868	8.018	-22.258	-1.970	0.178	-24.049	D-205
L4-G102	424255.281	1415423.370	29.786	980382.312	980413.152	0.867	9.191	-20.781	-2.258	0.129	-22.910	D-205
L4-G103	424310.548	1415435.940	36.331	980379.390	980413.535	0.867	11.211	-22.067	-2.754	0.231	-24.590	D-205

*1 仮定密度には、1.80 g/cm³を用いた。

*1 1.80 g/cm³ reduction density was applied.

第 2 表 本重力探査における重力測定結果 (勇払測線 5. むかわ測線)
Table 2 Result of gravity surver of Line 5, Mukawa Line.

Station name	Latitude (WGS84) ddmmss.sss	Longitude (WGS84) dddmmss.sss	Height mm.mmm	Obs gravity mgal	Normal gravity mgal	Atm mgal	Free-air corr. mgal	Free-air gravity mgal	Bouguer corr. *1 mgal	Topo corr. *1 mgal	Bouguer gravity *1 mgal	Instrument
L5-G001	423744.650	1415624.693	44.442	980355.837	980405.369	0.866	13.714	-34.953	-3.368	0.201	-38.120	G-911
L5-G002	423744.395	1415623.588	42.924	980356.268	980405.363	0.866	13.246	-34.984	-3.253	0.205	-38.032	G-911
L5-G003	423743.297	1415618.040	34.208	980358.682	980405.336	0.867	10.556	-35.232	-2.593	0.193	-37.632	G-911
L5-G004	423742.495	1415615.405	30.480	980359.648	980405.315	0.867	9.406	-35.395	-2.310	0.193	-37.513	G-911
L5-G005	423739.410	1415616.299	30.371	980359.427	980405.239	0.867	9.372	-35.573	-2.302	0.193	-37.681	G-911
L5-G006	423736.554	1415616.180	23.856	980360.752	980405.166	0.868	7.362	-36.185	-1.808	0.222	-37.771	G-911
L5-G007	423732.688	1415609.899	18.992	980362.285	980405.070	0.868	5.861	-36.056	-1.440	0.243	-37.253	G-911
L5-G008	423726.218	1415607.817	16.625	980362.628	980404.908	0.868	5.130	-36.281	-1.260	0.186	-37.356	G-911
L5-G009	423721.460	1415605.492	14.906	980362.944	980404.789	0.869	4.600	-36.377	-1.130	0.165	-37.342	G-911
L5-G010	423716.097	1415602.188	13.430	980363.400	980404.654	0.869	4.144	-36.241	-1.018	0.153	-37.106	G-911
L5-G011	423711.788	1415557.110	11.904	980364.082	980404.547	0.869	3.673	-35.923	-0.903	0.130	-36.695	G-911
L5-G012	423707.739	1415551.162	9.912	980364.441	980404.445	0.869	3.059	-36.076	-0.752	0.102	-36.726	G-911
L5-G013	423704.309	1415543.799	9.284	980364.798	980404.359	0.869	2.865	-35.827	-0.704	0.090	-36.442	G-911
L5-G014	423700.932	1415536.268	9.146	980364.986	980404.275	0.869	2.822	-35.598	-0.693	0.081	-36.211	G-911
L5-G015	423657.555	1415528.785	9.126	980365.094	980404.190	0.869	2.816	-35.410	-0.692	0.074	-36.028	G-911
L5-G016	423652.801	1415529.232	8.773	980364.994	980404.071	0.869	2.707	-35.501	-0.665	0.073	-36.092	G-911
L5-G017	423647.335	1415524.738	8.209	980365.045	980403.934	0.869	2.533	-35.487	-0.622	0.071	-36.038	G-911
L5-G018	423643.190	1415518.047	7.828	980365.220	980403.830	0.869	2.416	-35.326	-0.594	0.068	-35.851	G-911
L5-G019	423640.159	1415510.496	8.094	980365.450	980403.754	0.869	2.498	-34.937	-0.614	0.064	-35.486	G-911
L5-G020	423638.907	1415502.105	7.625	980366.109	980403.724	0.869	2.353	-34.393	-0.578	0.062	-34.909	G-911
L5-G021	423636.751	1415453.815	7.053	980366.531	980403.670	0.869	2.176	-34.093	-0.535	0.060	-34.568	G-911
L5-G022	423632.886	1415446.758	7.346	980366.450	980403.572	0.869	2.267	-33.986	-0.557	0.056	-34.487	G-911
L5-G023	423629.076	1415439.907	7.386	980366.450	980403.477	0.869	2.279	-33.879	-0.560	0.055	-34.384	G-911
L5-G024	423625.177	1415432.869	6.749	980366.613	980403.380	0.869	2.083	-33.815	-0.512	0.054	-34.272	G-911
L5-G025	423621.313	1415425.922	7.640	980366.516	980403.282	0.869	2.358	-33.539	-0.579	0.052	-34.066	G-911
L5-G026	423617.417	1415418.931	7.208	980366.784	980403.184	0.869	2.224	-33.307	-0.547	0.052	-33.802	G-911
L5-G027	423613.579	1415412.006	6.874	980366.980	980403.088	0.869	2.121	-33.118	-0.521	0.051	-33.588	G-911
L5-G028	423609.688	1415404.974	6.501	980367.337	980402.992	0.869	2.006	-32.780	-0.493	0.050	-33.223	G-911
L5-G029	423605.790	1415357.939	6.231	980367.689	980402.894	0.869	1.923	-32.413	-0.472	0.049	-32.837	G-911
L5-G030	423601.903	1415350.947	5.976	980368.096	980402.797	0.869	1.844	-31.987	-0.453	0.049	-32.392	G-911
L5-G031	423558.003	1415343.920	5.996	980368.574	980402.699	0.869	1.850	-31.405	-0.455	0.050	-31.810	G-911
L5-G032	423554.104	1415336.901	5.764	980368.984	980402.601	0.869	1.779	-30.969	-0.437	0.050	-31.357	G-911
L5-G033	423550.313	1415330.057	5.591	980369.785	980402.507	0.870	1.725	-30.127	-0.424	0.049	-30.502	G-911
L5-G034	423546.403	1415323.046	5.360	980369.368	980402.407	0.870	1.654	-30.516	-0.406	0.049	-30.873	G-911
L5-G035	423542.468	1415316.075	5.145	980370.263	980402.310	0.870	1.588	-29.590	-0.390	0.048	-29.931	G-911
L5-G036	423538.661	1415309.279	5.076	980370.626	980402.214	0.870	1.566	-29.152	-0.385	0.048	-29.489	G-911
L5-G037	423534.752	1415302.276	4.632	980371.331	980402.116	0.870	1.429	-28.486	-0.351	0.048	-28.789	G-911
L5-G038	423529.886	1415256.920	4.232	980371.818	980401.994	0.870	1.306	-28.001	-0.321	0.048	-28.273	G-911
L5-G039	423530.470	1415251.568	3.609	980372.354	980402.009	0.870	1.114	-27.672	-0.274	0.047	-27.898	G-911
L5-G040	423528.908	1415247.426	3.405	980372.702	980401.970	0.870	1.051	-27.348	-0.258	0.047	-27.559	G-911
L5-G041	423525.307	1415241.255	3.048	980373.263	980401.880	0.870	0.941	-26.807	-0.231	0.047	-26.991	G-911
L5-G042	423520.679	1415233.966	3.828	980373.411	980401.764	0.870	1.181	-26.302	-0.290	0.049	-26.544	G-911
L5-G043	423516.538	1415227.778	2.561	980374.022	980401.661	0.870	0.790	-25.979	-0.194	0.045	-26.128	G-911
L5-G101	423824.775	1415747.357	56.690	980355.516	980406.375	0.865	17.493	-32.501	-4.296	0.757	-36.040	G-911
L5-G102	423827.393	1415830.872	74.812	980349.510	980406.441	0.863	23.085	-32.983	-5.669	0.624	-38.028	G-911

*1 仮定密度には、1.80 g/cm³を用いた。*1 1.80 g/cm³ reduction density was applied.

石狩低地東縁断層帯南部における重力探査

第3表 本重力探査における重力測定結果（勇払測線3およびTomakomai86測線）
Table 3 Result of gravity survey of Line 3 and Tomakomai86.

Station name	Latitude (WGS84) ddmmss.sss	Longitude (WGS84) dddmmss.sss	Height mm.mmm	Obs gravity mgal	Normal gravity mgal	Atm mgal	Free-air corr. mgal	Free-air gravity mgal	Bouguer corr. *1 mgal	Topo corr. *1 mgal	Bouguer gravity *1 mgal	Instrument
L3-G001	423501.382	1415409.549	6.765	980365.673	980401.281	0.869	2.088	-32.651	-0.513	0.051	-33.113	G-911
L3-G002	423503.307	1415403.991	6.745	980366.040	980401.329	0.869	2.081	-32.338	-0.511	0.051	-32.799	G-911
L3-G003	423506.055	1415356.014	6.849	980366.597	980401.398	0.869	2.114	-31.818	-0.519	0.050	-32.287	G-911
L3-G004	423508.674	1415348.410	6.815	980367.098	980401.462	0.869	2.103	-31.392	-0.517	0.050	-31.859	G-911
L3-G005	423511.409	1415340.479	6.864	980367.673	980401.531	0.869	2.118	-30.871	-0.520	0.052	-31.340	G-911
L3-G006	423514.298	1415332.064	6.546	980368.399	980401.604	0.869	2.020	-30.315	-0.496	0.051	-30.761	G-911
L3-G007	423516.962	1415324.339	6.162	980369.085	980401.671	0.869	1.902	-29.815	-0.467	0.050	-30.233	G-911
L3-G008	423519.946	1415315.690	5.661	980369.844	980401.745	0.870	1.747	-29.284	-0.429	0.048	-29.666	G-911
L3-G009	423522.322	1415308.808	5.390	980370.511	980401.805	0.870	1.663	-28.761	-0.409	0.048	-29.122	G-911
L3-G010	423524.799	1415301.644	5.117	980371.231	980401.867	0.870	1.579	-28.187	-0.388	0.048	-28.527	G-911
L3-G011	423527.021	1415253.916	4.802	980371.909	980401.922	0.870	1.482	-27.662	-0.364	0.047	-27.979	G-911
L3-G012	423529.809	1415245.655	5.541	980372.277	980401.993	0.870	1.710	-27.136	-0.420	0.048	-27.508	G-911
L3-G013	423533.039	1415237.614	4.901	980373.038	980402.074	0.870	1.512	-26.654	-0.372	0.048	-26.977	G-911
L3-G014	423536.091	1415229.226	4.879	980373.622	980402.151	0.870	1.506	-26.153	-0.370	0.046	-26.478	G-911
T86-G001	423652.393	1415440.770	8.398	980367.822	980404.060	0.869	2.592	-32.778	-0.637	0.067	-33.347	G-911
T86-G002	423658.115	1415425.731	7.374	980368.888	980404.205	0.869	2.276	-32.172	-0.559	0.064	-32.667	G-911
T86-G003	423702.934	1415408.488	7.053	980369.912	980404.325	0.869	2.176	-31.367	-0.535	0.055	-31.846	G-911
T86-G004	423706.631	1415351.333	6.801	980371.014	980404.418	0.869	2.099	-30.436	-0.516	0.053	-30.899	G-911
T86-G005	423710.891	1415332.262	6.404	980372.249	980404.525	0.869	1.976	-29.430	-0.486	0.051	-29.865	G-911
T86-G006	423714.817	1415312.632	6.730	980373.408	980404.622	0.869	2.077	-28.268	-0.510	0.054	-28.725	G-911
T86-G007	423718.364	1415255.865	10.295	980373.827	980404.711	0.869	3.177	-26.838	-0.781	0.055	-27.564	G-911
T86-G008	423726.217	1415241.597	13.934	980374.190	980404.908	0.869	4.300	-25.550	-1.056	0.056	-26.550	G-911
T86-G009	423736.129	1415229.292	13.238	980375.412	980405.156	0.869	4.085	-24.790	-1.004	0.052	-25.742	G-911
T86-G010	423739.501	1415214.191	12.208	980376.505	980405.242	0.869	3.767	-24.101	-0.926	0.049	-24.977	G-911
T86-G011	423746.824	1415200.205	14.438	980376.958	980405.425	0.869	4.455	-23.143	-1.095	0.049	-24.188	G-911
T86-G012	423754.554	1415148.209	12.302	980378.357	980405.619	0.869	3.796	-22.597	-0.933	0.051	-23.478	G-911
T86-G013	423804.696	1415133.266	12.266	980379.510	980405.873	0.869	3.785	-21.709	-0.930	0.059	-22.579	G-911
T86-G014	423812.540	1415122.337	10.001	980381.008	980406.068	0.869	3.086	-21.105	-0.758	0.051	-21.813	G-911
T86-G015	423824.298	1415114.326	7.704	980382.497	980406.363	0.869	2.377	-20.619	-0.584	0.049	-21.154	G-911
T86-G016	423837.497	1415113.437	8.046	980382.967	980406.693	0.869	2.483	-20.374	-0.610	0.043	-20.941	G-911
T86-G017	423851.598	1415112.610	6.284	980383.737	980407.046	0.869	1.939	-20.501	-0.476	0.043	-20.935	G-911
T86-G018	423853.388	1415020.989	6.986	980386.255	980407.092	0.869	2.156	-17.811	-0.530	0.041	-18.300	G-911
T86-G019	423907.283	1415000.333	8.111	980387.650	980407.440	0.869	2.503	-16.418	-0.615	0.045	-16.989	G-911
T86-G020	423931.186	1414914.289	10.760	980389.705	980408.038	0.869	3.320	-14.144	-0.816	0.046	-14.913	G-911
T86-G021	423944.294	1414835.545	9.890	980391.677	980408.367	0.869	3.052	-12.770	-0.750	0.049	-13.470	D-205
T86-G022	423957.401	1414807.004	6.651	980393.888	980408.695	0.869	2.052	-11.885	-0.504	0.049	-12.340	D-205
T86-G023	424012.097	1414723.761	5.165	980396.427	980409.063	0.870	1.594	-10.173	-0.392	0.043	-10.522	D-205
T86-G024	424017.862	1414706.961	5.305	980397.636	980409.208	0.870	1.637	-9.065	-0.402	0.042	-9.425	D-205
T86-G025	424025.182	1414558.247	4.708	980402.890	980409.391	0.870	1.453	-4.179	-0.357	0.049	-4.486	D-205
T86-G026	424026.329	1414505.970	4.837	980406.785	980409.421	0.870	1.493	-0.274	-0.367	0.048	-0.593	D-205

*1 仮定密度には、1.80 g/cm³を用いた。

*1 1.80 g/cm³ reduction density was applied.

を計算することにより、ブーゲー重力異常を求めた。これらの補正值に用いる仮定密度には、地形との相関が最も少なかった 1.8g/cm^3 を採用した。この値は、岡田ほか (2011) とも整合的である。GSJ 勇払測線 4 に沿った重力測定値、各種補正值、フリーエア異常値およびブーゲー重力異常値を第 1 表に、GSJ 勇払測線 5 については、第 2 表に、それ以外の GSJ 勇払測線 3 および Tomakomai86 測線に関するものは第 3 表に示す。また、GSJ 勇払測線 4 および GSJ 勇払測線 5 におけるブーゲー重力異常値をそれぞれの CMP 重合測線に投影したものを第 2 図、第 3 図に示し、Tomakomai86 測線の MDRS 重合測線に投影したものを第 4 図に示す。重力計の読取値の誤差は、D 型で $\pm 0.005\text{mgal}$ 程度、G 型で $\pm 0.05\text{mgal}$ 程度である。GPS 測量に伴う標高の測定誤差は、 10cm 以内であるので、それに伴う高度補正などの補正值の誤差は、 0.03mgal 以下と見積もることができる。重力計のドリフト値は、9 月 29 日の D 型重力計が 0.069mgal を示したが、それ以外はすべて 0.02mgal 以下であった。GPS 測量から得られた標高値と、 50mDEM の標高の差は、4 点を除いては 5m 以下に収まっている。また、 50mDEM と GPS 測量から得られた標高値との差の絶対値を計算し、その標準偏差を求めると 1.28 である。これらより 50mDEM を用いた地形補正項の計算は、十分な精度で得られていると判断できる。上記のことから、本調査で得られたブーゲー重力異常値は、 0.1mgal 以上の精度を持つと考えられる。

本重力測定は、反射法地震探査と同時期の実施ではないため、正確な反射法地震探査の受振点位置を見つけれない可能性があり、反射法地震探査で用いた受振点番号を重力測定点名として用いることができなかった。そこで、重力探査の測定点名は、勇払測線 4、勇払測線 5 は、L4-G、L5-G をそれぞれ冠字として付し、南西側に向かって機械的に番号を与えた。反射法地震探査の測線を越えて北東側の測定点名については、測定点番号を 100 番台とした。GSJ 勇払測線 3 と Tomakomai86 測線の測定点名は、それぞれ L3-G と T86-G を付して、南東側から北西側に向かってそれぞれ番号を与えた。GSJ 勇払測線 4、GSJ 勇払測線 5 の測定結果を、それぞれ第 1 表、第 2 表に示し、Tomakomai86 測線と勇払測線 3 の結果を第 3 表に示す。

5 結果およびまとめ

取得した重力データに各種処理を施しブーゲー重力異常を計算した。それらを GSJ 勇払測線 4、GSJ 勇払測線 5 の CMP 重合測線、及び Tomakomai86 測線の MDRS 重合測線に投影したものをそれぞれ第 2、3、4 図に示す。

まず GSJ 勇払測線 4、5 は、共に東下がりブーゲー重力異常を示している。これは、東に緩く傾いた先新第三系の基盤の形状を示している。GSJ 勇払測線 4 が GSJ 勇払測線 5 よりも傾きが緩やかであるのは、GSJ 勇払測線 4 の測線方向が、北側に寄っているためである。

GSJ 勇払測線 4 は、東に傾くブーゲー重力異常に、距離 $9 \sim 11\text{km}$ において上に凸の高ブーゲー重力異常が重なっている。この高ブーゲー重力異常を示す位置は、地表付近では支笏火砕流堆積物に覆われているが、北東南西方向に地質の連続を追うと萌別層の上位層が直下に位置すると考えられる。この高ブーゲー重力異常は、岡田ほか (2011) の GSJ 勇払測線 2 で実施した重力探査と整合的であり (第 4 図 c の距離 $1 \sim 3\text{km}$ 付近の高重力異常)、萌別層の上位に相対的に高密度の層準が存在することで説明が付く。GSJ 勇払測線 5 は、 5 万分の 1 地質図 (山口、1960; 松野・秦、1960) との対応では CMP1200 以降に萌別層が分布しており、高ブーゲー重力異常となるはずであるが、本観測ではほとんど変化は見られない。GSJ 勇払測線 4 および 5 では、onlap 構造が見られ (岡田ほか、2013)、この特徴的な反射面群と地表における萌別層の露出との詳しい対比を行うことによって解決することができるだろう。現段階では、予備的な解析であるため、反射法地震探査データのイメージングの向上が期待される。

また、Tomakomai86 測線のブーゲー重力異常も南東下がり傾向である。この重力異常は、反射法地震探査の MDRS 重合断面 (第 4 図 c; 山口ほか、2012) において、明瞭である先新第三系の基盤の傾き (CMP542 の往復走時 $2 \sim 3$ 秒あたりから CMP1 の往復走時 5 秒付近に連続する強反射面群) でほぼ説明できる。これ以外に目立った重力異常は確認されない。

これまでに実施した GSJ 勇払測線 1、2、4、5 における重力異常は (GSJ 勇払測線 1、2 は、岡田ほか (2011) を参照)、背斜構造に伴った高ブーゲー重力異常およ

び萌別層中の密度差と考えられる高ブーゲー重力異常によって説明することができる。全体的な傾向として東に向かって緩く傾き下がるブーゲー重力異常は、先新第三系の基盤によるものと考えられ、先新第三系基盤が地下深部で高角な断層によって断ち切られている様子は、ブーゲー重力異常からは確認できない。この結果は、本研究地域の地下地質構造および活断層運動を考える上で重要であり、東に緩く傾くスラストとそこから立ち上がる断層によって、背斜・向斜構造が作られていることを強く示唆するデータである。

勇払地域においては、平成 22 年度から多くの反射法地震探査データの取得および再解析を行い、さらに重力データの取得も行った。今後これらのデータを 3 次元的に理解することによって、地下地質構造の発達のみならず、沿岸域における活断層の連続性についても考察を進めたい。

謝辞

本調査は、厚真町役場、むかわ町役場、北海道経済産業局、北海道胆振総合振興局の方々に御協力をいただき実施することができました。ここに記し感謝いたします。

文献

浅野周三・嶋 悦三・松田時彦・吉井敏尅・齊藤正徳・岡田 広・小林啓美・瀬尾和夫・入倉孝次郎・鳥羽武史・朝倉夏夫・田村八州夫・井川 猛・高橋明久・森谷武男・笹谷 努・松島 健・梅戸在明・岩田知孝 (1989), 地震動予測精密化のための地下深部構造の研究, 文部省科学研究費自然災害特別研究成果, No.A-63-3, 163.
地質調査所重力探査グループ (1989), 地質調査所重力補正標準手順 SPEC1988 について, 地質調査所月報, 40, 601-611.
池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志 (2002), 第四紀逆断層アトラス, 東京大学出版会, 254pp.
松野久也・秦 光男 (1960), 早来, 5 万分の 1 地質図幅, 北海道開発庁.
村田泰章・牧野雅彦・遠藤秀典・渡辺和明・渡辺史郎・卜部厚志 (1995), 重力探査法による神戸市及び芦屋市の活断層調査, 物理探査学会第 93 回

学術講演会論文集, 135-139.

岡田真介・住田達哉・牧野雅彦・山口和雄・横倉隆伸 (2011), 石狩低地東縁断層帯における重力探査, 地質調査総合センター速報, 56, 85-92.
岡田真介・山口和雄・横倉隆伸 (2013), 石狩低地東縁断層帯における反射法地震探査 —厚真測線およびむかわ測線—, 地質調査総合センター報告 (本報告).
脇田浩二・井川敏恵・宝田晋治 (2009), 20 万分の 1 日本シームレス地質図 DVD 版, 数値地質図 G-16, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
山口和雄・阿部 進・横倉隆伸・岡田真介 (2012), MDRS 法による苫小牧 86 測線反射法地震探査データの再解析, 地質調査総合センター速報, 59, 75-87.
山口和雄・阿部 進・横倉隆伸・岡田真介 (2013), 馬追丘陵周辺の反射法データ解析, 地質調査総合センター速報 (本報告).
山口和雄・横倉隆伸・岡田真介 (2011), 苫小牧周辺の反射法地震探査データ再処理, 地質調査総合センター速報, 56, 93-111.
山口昇一 (1960), 鶴川地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所.
横倉隆伸・山口和雄・岡田真介 (2011), 石狩低地東縁断層帯における反射法地震探査, 地質調査総合センター速報, 56, 71-84.
横倉隆伸・山口和雄・岡田真介 (2012), 石狩低地東縁断層帯南部における反射法地震探査, 地質調査総合センター速報, 59, 59-74.
横倉隆伸・山口和雄・岡田真介 (2013), 石狩低地東縁断層帯南部における反射法地震探査—苫小牧-むかわ測線西部における稠密発震データの解析—, 地質調査総合センター速報 (本報告).