石狩低地東縁断層帯における重力探査

Gravity Survey across the Eastern Boundary Fault Zone of Ishikari Lowland, Hokkaido.

岡田真介^{1*}・住田達哉¹・牧野雅彦¹・山口和雄¹・横倉隆伸¹ Shinsuke Okada^{1*}, Tatsuya Sumita¹, Masahiko Makino¹, Kazuo Yamaguchi¹ and Takanobu Yokokura¹

Abstract: There are several collision tectonics associated with plate subduction around the Japan arc. The Eastern Boundary Fault Zone of Ishikari Lowland and Umaoi Hills, which are located in the forefront of the Hidaka Collision Zone, show Quaternary active faulting and folding, respectively. To reveal subsurface structure and its tectonic evolution of the Eastern Boundary Fault Zone of Ishikari Lowland and Umaoi Hills, we carried out seismic reflection survey and gravity survey across the fault zone in November 2010. In this report, we describe gravity survey in detail. Bouguer gravity anomalies of this survey show good correlation with the surrounding geology and seismic profiling images. At the middle of the survey line 1, high-bouguer anomaly corresponds with anticlinal structure of Umaoi Hills. In the survey line 2, two high-bouguer anomalies are found, one of which corresponds with Umaoiyama anticline, while another one corresponds with subsurface anticlinal structure that is shown by seismic profiling image. This gravity survey was carried out as a part of Coastal Geology and Active Fault Survey Project in Advanced Industrial Science and Technology.

Keywords: gravity survey, Bouguer gravity anomaly, Eastern Boundary Fault Zone of Ishikari Lowland, Umaoi hills

1. はじめに

日本列島およびその周辺には、プレートの沈み込み に伴って生じている衝突のテクトニクスがいくつか存 在する. その中でも, 本調査の研究対象である石狩低 地東縁断層帯は,太平洋プレートの斜め沈み込みに伴 った千島弧の前弧スリバーが東北日本弧にぶつかって いる日高衝突帯(例えば, Kimura, 1996; 伊藤ほか, 1999;伊藤・岩崎, 2002など)の最前面に位置し ており、そこでは短縮変形を伴った最新の断層運動を 見ることができる.石狩低地東縁断層帯は、地震調査 推進本部地震調査委員会(2010)によると、活断層 の分布形態から,石狩低地東縁断層帯主部と石狩低地 東縁断層帯南部に区分している(第1図).石狩低地 東縁断層帯主部は、美唄市から勇払郡安平町に至る約 66kmの断層帯であり、その平均的な上下変位速度は、 0.4m/kyr 以上とされている. 石狩低地東縁断層帯南 部は、千歳市から南東方向に発達する活褶曲とその海 域延長部の 54km 以上であり,平均的な上下変位速 度は 0.2m/kyr 程度とされている.また,石狩低地東 縁断層帯主部における反射法地震探査の結果から,馬 追丘陵は地下深部の低角な逆断層運動に伴った背斜で あると解釈されている(地震調査推進本部地震調査委 員会,2010; Kato *et al.*,2004).また,同断層帯南 部の 2 条の活褶曲は,平川・越後(2002)および池 田ほか(2002)によって報告されており,約4万年 前の支笏火砕流によって形成された地形面が変形を受 けていることを根拠として,馬追丘陵よりも西方に, 伏在した断層の存在が推定されている.

石狩低地東縁断層帯における最新の活断層運動の全 貌を明らかにするためには,地下に存在する低角な逆 断層運動に伴った短縮変形をイメージングし,その変 形量を見積もる必要がある.本研究では同断層帯にお ける地下構造を明らかにするために,2010年11月 に同断層帯主部および南部を横切る2測線の反射法 地震探査・重力探査を行った.また,同断層帯南部周 辺の既存反射法地震探査データの再処理を実施した. これらのうち本研究報告では重力探査について詳しく

^{*} 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)



第1図 石狩低地東縁断層帯に沿った地形陰影図.地形の陰影 には国土地理院の10m DEMを用いた.活断層の位置は, 池田ほか(2002)による.

Fig.1 Shaded relief map along the Eastern Boundary Fault Zone of Ishikari lowland, based on 10 m digital elevation model. Red lines, active faults (after Ikeda *et al.*, 2002).

報告する. 2010年に実施した反射法地震探査につい ては、本研究報告の横倉ほか(2011)に、既存反射 法地震探査データの再処理については、同じく山口ほ か(2011)に報告されている. また本探査は「沿岸 域の地質・活断層調査」の一環として行われた.

2. 重力探查概要

本重力探査は,勇払地域において取得した2測線 の反射法地震探査(2010年11月1日~24日実施; 横倉ほか,2011)に沿って,およそ250m間隔で通 常の相対重力測定を行った.測線1は,2010年11 月11日から15日にかけての5日間で測定を終了し, 79点において測定を行った.測線2は,2010年11 月16日から19日にかけての4日間で測定を終了し, 61点の測定を行った.測定点の分布は第2図に示す.

重力基点は、宿泊施設である千歳エアポートホテル アネックスの玄関前を選択した.重力基点の位置お よびその重力値の決定については、後に詳しく述べ る.毎日の測定は、宿泊施設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 うに環測定を実施した.使用した重力計は、LaCoste & Romberg 社製の D 型重力計(D-205)である.実 際の測定風景を写真1に示す.重力測定点の名称は、 反射法地震探査の受振点番号と同じものを用いた.し かし、道路交通および路面凍結などの条件により、 重力測定点を反射法地震探査受振点位置より数m~ 10m 程度移動したものもある.このような測定点の 名称には末尾に a を付加している.また測定点の移動 はできるだけ反射法地震探査測線に対して直交する方 向に移動した.

重力測定点の位置座標および楕円体高は,Trimble 社製 R8 GPS (写真 1 参照)を用いて,干渉測位(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 つの電子基準点と測線上に 置いた臨時基準点 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 2000 ver.5 (国土地理院,2010)を用いて計算した.

3. 重力基点について

本調査では、千歳エアポートホテルアネックス前



- 第2図 本重力探査における測定点の分布. 青丸は重力測定位置,緑線は,反射法地震探査測線. 赤線は,活断層の分布(池田ほか, 2002)を示す.背景には,陰影に国土地理院の10mDEMに用い,さらにその上に5万分の1地形図を用いた.
- Fig.2 Distribution of gravity station in this survey. Small blue circle, gravity station; green line, seismic line; red lines, active faults (Ikeda *et al.*, 2002). 10mDEM of GSI was used for shaded relief and 1:50,000 topographic maps were used in the background.



写真1 本調査における重力測定風景(測線2, csd0375a).

Photo.1 Photograph of gravity data acquisition in this survey at the station of csd0375a on Line 2.

に重力基点を作成した.重力基点の重力値測定は, 2010年11月19日に実施し,重力基点の測定から 出発し,千歳市役所庁舎横6等重力基準点および千 歳空港内1等重力基準点を測定した後,再び重力基 点を測定するように行った.測定を行った2つの重 力値を用いて,千歳エアポートホテルアネックス前重 力基点の重力値を,980431.990mgalと決定した.

4. データ処理

重力計の測定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)に基づいて 行った.具体的には、測定読取値を重力単位に換算 し、その後、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.さらに求めた重力値に対 して、緯度補正・大気補正・高度補正・地形補正を計 算し、フリーエア重力異常値およびブーゲー重力異常 値を求めた.地形補正には、国土地理院作成の50m メッシュおよび250m メッシュを用いている(村田



第3図 断面 A-A' に沿った地形断面,反射法地震探査時間断面,およびブーゲー重力異常.(a)地形断面.黒線は投影線 A-A' に沿った 地形であり,10mDEM を用いた.灰色線は,投影線に平行に南北 250m 離れた地形である.黒丸は重力測定点の標高を示し, 緑線は,反射法地震探査測線(横倉ほか,2011)の標高を示す.赤三角は活断層(池田ほか,2002)の位置を示す.(b)測 線1の予備的重合断面(横倉ほか,2011).(c)ブーゲー重力異常.青丸は,本調査で得られたブーゲー異常値を A-A' に投影 したものである.仮定密度には 1.80g/cm³を用いた.

^{Fig.3 Gravity and topographic profile along project line A-A'. (a) Topographic profile. Black solid line, topography along project line A-A' using 10mDEM. Gray solid line, topography along 250 m north and south of project line A-A'; black open circle, altitude of gravity stations; green line, atlitude of seismic line (Yokokura} *et al.*, 2011); red triangle, active faults (Ikeda *et al.*, 2002). Note that vertical exaggeration of topography is 20. (b) Preliminary stacked time section of Line 1 (after Yokokura *et al.*, 2011). (c) Bouguer gravity anomaly. Blue small circle, bouguer gravity anomaly of this survey projected to project line A-A'. Reduction density of 1.80 g/cm³ was applied.

ほか,1995). 測線1および2に沿った地表地質は, 馬追丘陵よりも東側では,主に中新統後期から鮮新統 の地層が分布しており,一方,西側(石狩低地側)で は低密度の支笏火砕流が広く分布している.各種の 補正に用いる仮定密度は,これらの地質分布も考慮 し,地形との相関がもっとも少ない1.8g/cm³を採用 した.またブーゲー補正には,無限平板ではなく測点 から 60km 以内の範囲で地球の曲率を考慮した方法 を用いている.測線1の各種補正値,フリーエア重 力異常値およびブーゲー重力異常値を第1表に示し, 測線2については第2表に示す.それぞれの測線に おけるブーゲー重力異常値を A-A'および B-B'の断面 線に投影したものを第3図,第4図に示す(断面線 の位置と重力測定点の分布は,第2図を参照).読取 値の誤差は,およそ0.01mgal 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、それに伴う重力値の誤差は0.03mgal以下と見積もれる。2010年11月11日の測定のみ悪天候に起因して、重力計のドリフトは0.2mgal程度と大きいが、 それ以外の測定日は、0.05mgal以下であった。また、 GPS測量から得られた標高と50mDEMの標高の差は、 3点を除いては5m以内であるため、50mDEMを用いた地形補正計算は十分な精度を持っていると判断した。これらのことから、得られたブーゲー重力異常値は0.1mgal以上の精度をほぼ達成できている。

5. 結果

本調査で得られた2測線のブーゲー重力異常は, 両測線ともに,東下がりの傾向を示している.これは 東に緩く傾いた先新第三系基盤の形状を示している



第4図 断面 B-B' に沿ったブーゲー重力異常と地形断面.(a)地形断面.黒線は投影線 B-B' に沿った地形であり,10mDEM を用いた. 灰色線は,投影線に平行に南北 250m 離れた地形である.黒丸は重力測定点の標高を示し,緑線は,反射法地震探査測線(横 倉ほか,2011)の標高である.赤三角は活断層(池田ほか,2002)の位置を示す.(b)測線1の予備的重合断面(横倉ほ か,2011).(c)ブーゲー重力異常.青丸は,本調査で得られたブーゲー異常値を B-B' に投影したものである.仮定密度には 1.80g/cm³を用いた.

^{Fig.4 Gravity and topographic profile along project line B-B'. (a) Topographic profile. Black solid line, topography along project line B-B' using 10mDEM. Gray solid line, topography along 250 m north and south of project line B-B'; green line, atlitude of seismic line (Yokokura} *et al.*, 2011). black open circle, altitude of gravity stations; red triangle, active faults (Ikeda *et al.*, 2002). Note that vertical exaggeration of topography is 20. (b) Preliminary stacked time section of Line 2 (after Yokokura *et al.*, 2011). (c) Bouguer gravity anomaly. Blue small circle, bouguer gravity anomaly of this survey projected to project line B-B'. Reduction density of 1.80 g/cm³ was applied.

第1表 本重力探査における重力測定結果(測線1,苫小牧-安平測線).

Table 1 Result of gravity survey of Line 1, Tomakomai-Abira line.

| Station | | Latitude | Longitude | height | obs gravitv | normal | atm | Free-air | Free-air | Bouguer | Торо | Bouguer |
|---------|------|--------------------------|-------------|-----------------|-------------|--------------------------|-------|----------------|------------------|-----------------|---------------|------------------|
| name | No | (WGS84) | (WGS84) | | | gravity | | corr. | gravity | corr. *1 | corr. *1 | gravity *1 |
| +=0001 | 2001 | ddmmss.sss | 1415215 511 | 65 700 | mgal | mgai | mgai | 20 204 | mgal _1 420 | mgal | mgal 0.146 | mgal |
| ta0001 | 2001 | 424832.903 | 1415206 377 | 55 629 | 980399.518 | 980422.114 | 0.804 | 17 166 | -2 261 | -4.900 | 0.140 | -6.322 |
| ta0050 | 2003 | 424843.777 | 1415158.344 | 56.090 | 980401.181 | 980421.884 | 0.865 | 17.308 | -2.530 | -4.251 | 0.137 | -6.644 |
| ta0075 | 2004 | 424838.064 | 1415150.945 | 48.344 | 980402.737 | 980421.741 | 0.865 | 14.918 | -3.221 | -3.664 | 0.140 | -6.745 |
| ta0100 | 2005 | 424830.853 | 1415151.005 | 58.160 | 980399.899 | 980421.560 | 0.864 | 17.947 | -2.850 | -4.408 | 0.126 | -7.132 |
| ta0125 | 2006 | 424824.109 | 1415150.039 | 60.555 | 980398.944 | 980421.391 | 0.864 | 18.686 | -2.897 | -4.589 | 0.118 | -7.368 |
| ta0150 | 2007 | 424818.454 | 1415142.520 | 58.099 | 980399.494 | 980421.249 | 0.864 | 17.928 | -2.963 | -4.403 | 0.115 | -7.251 |
| ta0175 | 2008 | 424812.780 | 1415134.963 | 55.222 | 980400.065 | 980421.107 | 0.865 | 17.040 | -3.137 | -4.185 | 0.107 | -7.216 |
| ta0200 | 2009 | 424807.758 | 1415128.282 | 52.628 | 980400.547 | 980420.981 | 0.865 | 15.240 | -3.330 | -3.989 | 0.101 | -7.21/ |
| ta0225 | 2010 | 424801.998 | 1415120.017 | 49.403 | 980401.144 | 980420.837 | 0.805 | 14 473 | -3.818 | -3 555 | 0.093 | -7.220 |
| ta0275 | 2012 | 424750.543 | 1415105.458 | 45.097 | 980401.889 | 980420.550 | 0.866 | 13.916 | -3.879 | -3.418 | 0.094 | -7.203 |
| ta0300 | 2013 | 424744.758 | 1415057.768 | 36.030 | 980404.202 | 980420.405 | 0.867 | 11.118 | -4.218 | -2.731 | 0.101 | -6.848 |
| ta0325 | 2014 | 424739.178 | 1415050.402 | 33.785 | 980405.051 | 980420.265 | 0.867 | 10.425 | -3.922 | -2.561 | 0.094 | -6.389 |
| ta0350 | 2015 | 424731.333 | 1415050.561 | 37.833 | 980403.752 | 980420.069 | 0.866 | 11.675 | -3.776 | -2.868 | 0.091 | -6.552 |
| ta0375 | 2016 | 424724.220 | 1415050.978 | 38.549 | 980403.409 | 980419.890 | 0.866 | 11.895 | -3.720 | -2.922 | 0.108 | -6.534 |
| ta0400 | 2017 | 424/22.642 | 1415040.324 | 44.860 | 980402.273 | 980419.851 | 0.866 | 13.843 | -2.869 | -3.400 | 0.079 | -6.190 |
| ta0425 | 2018 | 424/21.11/ | 1415029.534 | 40.000 | 980404.048 | 980419.813 | 0.800 | 12.544 | -2.355 | -3.081 | 0.077 | -5.359 |
| ta0450 | 2019 | 424715.340 | 1415025.477 | 28 783 | 980400.442 | 980419.008 | 0.807 | 9.913 | -1 986 | -2.435 | 0.111 | -4.770 |
| ta0500 | 2020 | 424705.995 | 1415010.258 | 26.762 | 980409.215 | 980419.434 | 0.867 | 8.258 | -1.093 | -2.029 | 0.120 | -3.015 |
| ta0525 | 2022 | 424703.807 | 1415000.440 | 26.909 | 980409.954 | 980419.379 | 0.867 | 8.304 | -0.254 | -2.040 | 0.101 | -2.192 |
| ta0550 | 2023 | 424656.759 | 1414957.232 | 27.182 | 980410.097 | 980419.202 | 0.867 | 8.388 | 0.150 | -2.061 | 0.099 | -1.812 |
| ta0575 | 2024 | 424648.842 | 1414955.053 | 27.307 | 980410.090 | 980419.004 | 0.867 | 8.426 | 0.380 | -2.070 | 0.098 | -1.592 |
| ta0600 | 2025 | 424641.320 | 1414952.535 | 27.895 | 980409.983 | 980418.815 | 0.867 | 8.608 | 0.643 | -2.115 | 0.095 | -1.377 |
| ta0625 | 2026 | 424635.056 | 1414947.474 | 28.562 | 980409.755 | 980418.658 | 0.867 | 8.814 | 0.778 | -2.165 | 0.096 | -1.292 |
| ta0650 | 2027 | 424629.31/ | 1414939.828 | 27.435 | 980410.462 | 980418.514 | 0.867 | 8.466 | 1.281 | -2.080 | 0.106 | -0.693 |
| ta00/0 | 2028 | 424622.076 | 1414934.584 | 23.187 | 980411.814 | 980418.333 | 0.868 | 6 900 | 1.504 | -1.758 | 0.107 | -0.14/ |
| ta0703 | 2029 | 424014.514 | 1414920.993 | 22.004 | 980411.991 | 980418.144 | 0.000 | 6 5 2 8 | 1.524 | -1.604 | 0.096 | -0.030 |
| ta0720 | 2030 | 424608 325 | 1414911 391 | 19 620 | 980413 239 | 980417 988 | 0.868 | 6 054 | 2 173 | -1 487 | 0.107 | 0.233 |
| ta0775 | 2032 | 424602.808 | 1414903.843 | 17.898 | 980413.408 | 980417.850 | 0.868 | 5.523 | 1.949 | -1.357 | 0.117 | 0.710 |
| ta0800 | 2033 | 424557.365 | 1414857.259 | 17.571 | 980413.108 | 980417.714 | 0.868 | 5.422 | 1.685 | -1.332 | 0.122 | 0.475 |
| ta0825 | 2034 | 424551.860 | 1414850.487 | 17.005 | 980412.791 | 980417.576 | 0.868 | 5.247 | 1.331 | -1.289 | 0.129 | 0.171 |
| ta0850 | 2035 | 424546.187 | 1414843.066 | 15.341 | 980412.721 | 980417.434 | 0.869 | 4.734 | 0.890 | -1.163 | 0.141 | -0.133 |
| ta0875 | 2036 | 424540.518 | 1414835.212 | 15.493 | 980412.499 | 980417.292 | 0.869 | 4.781 | 0.857 | -1.175 | 0.135 | -0.183 |
| ta0900 | 2037 | 424535.455 | 1414828.783 | 16.9/6 | 980412.083 | 980417.165 | 0.868 | 5.239 | 1.025 | -1.28/ | 0.124 | -0.137 |
| ta0925 | 2038 | 424529.695 | 1414821.270 | 17.802 | 980411.414 | 980417.020 | 0.868 | 5.493 | 0./55 | -1.350 | 0.126 | -0.468 |
| ta0950 | 2039 | 424323.833 | 1414813.707 | 17.820 | 980409.570 | 980410.874 | 0.808 | 5.001 | -0.935 | -1.301 | 0.151 | -4.060 |
| ta1000 | 2040 | 424512172 | 1414759 287 | 17.048 | 980406 736 | 980416 581 | 0.808 | 5 261 | -3 716 | -1 292 | 0.093 | -4.000 |
| ta1025 | 2042 | 424505.906 | 1414752.473 | 15.506 | 980407.992 | 980416.424 | 0.869 | 4.785 | -2.779 | -1.176 | 0.085 | -3.870 |
| ta1050 | 2043 | 424500.361 | 1414744.484 | 15.539 | 980409.056 | 980416.285 | 0.869 | 4.795 | -1.566 | -1.178 | 0.079 | -2.665 |
| ta1075 | 2044 | 424454.395 | 1414737.054 | 14.373 | 980409.575 | 980416.136 | 0.869 | 4.435 | -1.257 | -1.090 | 0.074 | -2.273 |
| ta1100 | 2045 | 424448.436 | 1414729.612 | 13.768 | 980409.470 | 980415.987 | 0.869 | 4.249 | -1.399 | -1.044 | 0.068 | -2.376 |
| ta1125 | 2046 | 424442.468 | 1414722.179 | 13.027 | 980409.007 | 980415.837 | 0.869 | 4.020 | -1.941 | -0.988 | 0.060 | -2.870 |
| ta1150 | 2047 | 424436.669 | 1414714.984 | 15.156 | 980408.055 | 980415.692 | 0.869 | 4.677 | -2.091 | -1.149 | 0.054 | -3.186 |
| tall/5 | 2048 | 424430.706 | 1414/0/.51/ | 14 620 | 980407.585 | 980415.542 | 0.869 | 4.931 | -2.15/ | -1.212 | 0.055 | -3.310 |
| ta1200 | 2049 | 424424.004 | 1414700.223 | 12 759 | 980407.720 | 980415.390 | 0.809 | 3 937 | -2 573 | -0.967 | 0.055 | -3 484 |
| ta1250 | 2051 | 424412.596 | 1414645.991 | 12.500 | 980407.665 | 980415.089 | 0.869 | 3.857 | -2.697 | -0.948 | 0.050 | -3.595 |
| ta1275 | 2052 | 424406.298 | 1414639.076 | 11.667 | 980407.625 | 980414.931 | 0.869 | 3.600 | -2.837 | -0.885 | 0.048 | -3.674 |
| ta1300 | 2053 | 424359.457 | 1414633.308 | 10.364 | 980407.733 | 980414.759 | 0.869 | 3.198 | -2.959 | -0.786 | 0.047 | -3.698 |
| ta1325 | 2054 | 424352.904 | 1414627.735 | 15.201 | 980406.255 | 980414.595 | 0.869 | 4.691 | -2.781 | -1.152 | 0.050 | -3.883 |
| ta1350 | 2055 | 424347.482 | 1414621.093 | 16.672 | 980405.866 | 980414.459 | 0.868 | 5.145 | -2.580 | -1.264 | 0.049 | -3.795 |
| ta1375 | 2056 | 424341.899 | 1414614.010 | 16.630 | 980405.809 | 980414.319 | 0.868 | 5.132 | -2.510 | -1.261 | 0.047 | -3.724 |
| ta1400 | 2057 | 424335.980 | 1414606.582 | 14.309 | 980406.263 | 980414.171 | 0.869 | 4.431 | -2.609 | -1.089 | 0.048 | -3.000 |
| ta1420 | 2058 | 424331.746 | 1414557.249 | 7 645 | 980407.171 | 980414.005 | 0.809 | 2 359 | -2.500 | -0.800 | 0.047 | -3.319 |
| ta1482 | 2000 | 424317 690 | 1414540 680 | 8 101 | 980407 991 | 980413 713 | 0.869 | 2.500 | -2 353 | -0.614 | 0.049 | -2.918 |
| ta1495 | 2061 | 424314.403 | 1414537.189 | 8.721 | 980407.956 | 980413.631 | 0.869 | 2.691 | -2.114 | -0.661 | 0.048 | -2.727 |
| ta1525 | 2062 | 424307.113 | 1414528.522 | 13.689 | 980406.676 | 980413.448 | 0.869 | 4.224 | -1.679 | -1.038 | 0.047 | -2.669 |
| ta1550a | 2063 | 424301.143 | 1414521.052 | 17.760 | 980405.786 | 980413.298 | 0.868 | 5.480 | -1.164 | -1.346 | 0.051 | -2.459 |
| ta1575 | 2064 | 424254.934 | 1414514.373 | 18.091 | 980405.767 | 980413.143 | 0.868 | 5.583 | -0.925 | -1.372 | 0.053 | -2.244 |
| ta1604a | 2065 | 424248.516 | 1414505.187 | 18.194 | 980405.867 | 980412.982 | 0.868 | 5.614 | -0.632 | -1.379 | 0.050 | -1.962 |
| ta1625a | 2066 | 424243.676 | 1414458.948 | 1/.422 | 980406.186 | 980412.861 | 0.868 | 5.376 | -0.430 | -1.321 | 0.048 | -1.703 |
| ta1674- | 2007 | 424237.900 | 1414432.823 | 14.080 | 900400.929 | 300412./18 000112.502 | 0.009 | 4.032 | -0.388 _0.170 | -0.005 | 0.04/ | -1.404 |
| ta10/48 | 2000 | 727232.372 191991 700 | 1/1///0 10/ | 11.00/ 0 670 | 990407.922 | 000412.003 | 0.009 | 0.043 0.676 | 0.148 | -0.650 | 0.001 | _0.99Z |
| ta17200 | 2009 | 424224.700 | 141443/ 027 | 10 020 | 980408.740 | 980412.303 | 0.009 | 2.070 | 0.094 | -0.008 | 0.003 | -0.099 -0.099 |
| ta1770 | 2071 | 424203 174 | 1414431 993 | 11 483 | 980407 891 | 980411 846 | 0.869 | 3 543 | 0.221 | -0.871 | 0.052 | -0.362 |
| ta1800 | 2072 | 424154.558 | 1414426.409 | 12.785 | 980407.636 | 980411.630 | 0.869 | 3.945 | 0.820 | -0.969 | 0.051 | -0.099 |
| ta1825 | 2073 | 424149.106 | 1414418.879 | 13.479 | 980407.677 | 980411.494 | 0.869 | 4.159 | 1.212 | -1.022 | 0.050 | 0.240 |
| ta1850 | 2074 | 424143.451 | 1414411.050 | 13.460 | 980407.998 | 980411.352 | 0.869 | 4.154 | 1.668 | -1.020 | 0.054 | 0.702 |
| ta1877 | 2075 | 424137.268 | 1414402.816 | 8.804 | 980409.494 | 980411.197 | 0.869 | 2.717 | 1.883 | -0.668 | 0.053 | 1.269 |
| ta1900a | 2076 | 424132.108 | 1414355.439 | 5.296 | 980410.754 | 980411.068 | 0.870 | 1.634 | 2.190 | -0.402 | 0.071 | 1.860 |
| ta1922a | 2077 | 424127.226 | 1414348.691 | 4.876 | 980411.192 | 980410.945 | 0.870 | 1.505 | 2.621 | -0.370 | 0.068 | 2.319 |
| taopUI | 2078 | 424110.612 | 1415251 300 | 4.946 74 710 | 980398 810 | 980410.529 | 0.870 | 1.526 | 4.051 -0 101 | -0.375 -5661 | 0.059 | 3./34 -5.610 |
| -uopor | _0/0 | | | | | | 2.000 | -0.00- | 0.101 | 0.001 | 0.200 | 0.010 |

*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(測線2,千歳駐屯地測線).

Table 2 Result of gravity survey of Line 2, Higashi-chitose Self Defense Force line.

| Station | | Latitude | Longitude | la a i alat | aha masihi | normal | | Free-air | Free-air | Bouguer | Торо | Bouguer |
|----------|------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------|----------------|----------|----------|----------|------------|
| name | No | (WGS84) | (WGS84) | neight | obs gravity | gravity | atm | corr. | gravity | corr. *1 | corr. *1 | gravity *1 |
| name | | ddmmss.sss | dddmmss.sss | mm.mmm | mgal | mgal | mgal | mgal | mgal | mgal | mgal | mgal |
| csd0001 | 1001 | 424850.891 | 1414132.866 | 18.211 | 980428.058 | 980422.063 | 0.868 | 5.620 | 12.483 | -1.381 | 0.0617 | 11.164 |
| csd0025a | 1002 | 424854.524 | 1414142.215 | 19.015 | 980427.943 | 980422.154 | 0.868 | 5.868 | 12.525 | -1.442 | 0.0590 | 11.142 |
| csd0050a | 1003 | 424858.213 | 1414151.999 | 18.5/2 | 980428.130 | 980422.246 | 0.868 | 5./31 | 12.483 | -1.408 | 0.0617 | 11.13/ |
| csd00/5a | 1004 | 424901.881 | 1414201.811 | 17.887 | 980428.376 | 980422.338 | 0.868 | 5.520 | 12.426 | -1.356 | 0.0617 | 11.131 |
| csd0100a | 1005 | 424905.513 | 1414211.2/1 | 19.512 | 980427.954 | 980422.429 | 0.868 | 6.021 | 12.414 | -1.4/9 | 0.0591 | 10.994 |
| csdU125a | 1006 | 424909.148 | 1414221.129 | 19.817 | 980427.806 | 980422.520 | 0.868 | 0.115 | 12.269 | -1.502 | 0.0600 | 10.826 |
| csd0150a | 1007 | 424912./24 | 1414230.002 | 21.392 | 980427.257 | 980422.610 | 0.868 | 0.001 | 12.110 | -1.022 | 0.0600 | 10.554 |
| csd01/5a | 1008 | 424910.227 | 1414240.200 | 23.031 | 980420.804 | 980422.098 | 0.808 | 7.107 | 11.060 | -1./40 | 0.0582 | 10.393 |
| csduzuua | 1009 | 424919.913 | 1414249.929 | 21.480 | 980427.232 | 980422.790 | 0.808 | 0.030 | 12.041 | -1.029 | 0.0600 | 10.391 |
| csd0225a | 1010 | 424923.400 | 1414200.420 | 22.970 | 960420.901 | 900422.070 | 0.000 | 7.090 | 12.041 | -1.001 | 0.0564 | 10.337 |
| csd0250a | 1011 | 424927.221 | 1414307.900 | 20.077 | 980420.400 | 900422.973 | 0.000 | 7.730 | 11 075 | -1.901 | 0.0504 | 10.100 |
| csd0275a | 1012 | 424931.204 | 1414317.024 | 24.740 | 000420.440 | 980423.073 | 0.000 | 7.034 9.007 | 11.075 | -1.075 | 0.0502 | 0.011 |
| csd0325a | 1013 | 424930.000 | 1414334 779 | 26.093 | 980425 987 | 980423.200 | 0.000 | 8 052 | 11.627 | -1 978 | 0.0070 | 9 709 |
| csd0350a | 1015 | 424903.418 | 1414345 515 | 27 591 | 980425 557 | 980423 323 | 0.867 | 8 5 1 4 | 11.615 | -2.092 | 0.0000 | 9 584 |
| csd0375a | 1016 | 424942 913 | 1414356 259 | 29.640 | 980425.048 | 980423 367 | 0.867 | 9 1 4 6 | 11 695 | -2 247 | 0.0609 | 9 509 |
| csd0400a | 1017 | 424944 619 | 1414407 025 | 32 178 | 980424 573 | 980423 409 | 0.867 | 9 930 | 11.000 | -2 439 | 0.0636 | 9 585 |
| csd0425a | 1018 | 424946 347 | 1414417 750 | 35 512 | 980424 036 | 980423 453 | 0.867 | 10 958 | 12 408 | -2 692 | 0.0645 | 9 781 |
| csd0450a | 1019 | 424948 050 | 1414428 524 | 38 569 | 980423 815 | 980423 495 | 0.866 | 11 902 | 13 088 | -2 923 | 0.0672 | 10 231 |
| csd0475a | 1020 | 424950.396 | 1414439.008 | 40.063 | 980423.999 | 980423.554 | 0.866 | 12.363 | 13.674 | -3.037 | 0.0690 | 10.706 |
| csd0500a | 1021 | 424952.302 | 1414449.461 | 41.070 | 980423.728 | 980423.602 | 0.866 | 12.673 | 13.665 | -3.113 | 0.0771 | 10.630 |
| csd0526a | 1022 | 424950.913 | 1414500.064 | 43.824 | 980422.801 | 980423.567 | 0.866 | 13.523 | 13.623 | -3.322 | 0.0816 | 10.383 |
| csd0550a | 1023 | 424953.564 | 1414505.935 | 45.060 | 980422.441 | 980423.634 | 0.866 | 13.905 | 13.578 | -3.415 | 0.0879 | 10.250 |
| csd0575a | 1024 | 424950.290 | 1414513.902 | 45.897 | 980421.860 | 980423.551 | 0.866 | 14.163 | 13.337 | -3.479 | 0.0915 | 9.950 |
| csd0600a | 1025 | 424953.839 | 1414523.094 | 49.916 | 980420.458 | 980423.640 | 0.865 | 15.403 | 13.086 | -3.783 | 0.1023 | 9.405 |
| csd0625a | 1026 | 424954.790 | 1414533.967 | 50.505 | 980419.815 | 980423.664 | 0.865 | 15.585 | 12.601 | -3.828 | 0.1356 | 8.908 |
| csd0650a | 1027 | 424956.948 | 1414543.907 | 63.465 | 980415.534 | 980423.718 | 0.864 | 19.584 | 12.263 | -4.809 | 0.1725 | 7.627 |
| csd0675a | 1028 | 425000.105 | 1414553.927 | 58.281 | 980416.181 | 980423.797 | 0.864 | 17.984 | 11.232 | -4.417 | 0.1914 | 7.007 |
| csd0700a | 1029 | 425003.348 | 1414604.003 | 54.085 | 980416.766 | 980423.879 | 0.865 | 16.689 | 10.442 | -4.099 | 0.2337 | 6.576 |
| csd0725a | 1030 | 425006.961 | 1414613.763 | 52.526 | 980416.398 | 980423.969 | 0.865 | 16.208 | 9.502 | -3.981 | 0.3121 | 5.833 |
| csd0750a | 1031 | 425009.434 | 1414624.159 | 57.582 | 980415.214 | 980424.031 | 0.864 | 17.769 | 9.816 | -4.364 | 0.3444 | 5.796 |
| csd0775a | 1032 | 425008.836 | 1414635.121 | 55.424 | 980416.315 | 980424.016 | 0.865 | 17.103 | 10.266 | -4.200 | 0.4434 | 6.509 |
| csd0800a | 1033 | 425009.589 | 1414645.778 | 58.928 | 980416.014 | 980424.035 | 0.864 | 18.184 | 11.027 | -4.466 | 0.3804 | 6.942 |
| csd0820a | 1034 | 425012.739 | 1414653.428 | 60.169 | 980416.379 | 980424.114 | 0.864 | 18.567 | 11.696 | -4.560 | 0.3751 | 7.511 |
| csdop01 | 1035 | 425009.037 | 1414712.213 | 78.754 | 980413.199 | 980424.021 | 0.862 | 24.302 | 14.342 | -5.967 | 0.2499 | 8.625 |
| csdop02 | 1036 | 425026.670 | 1414718.641 | 65.698 | 980416.780 | 980424.463 | 0.864 | 20.273 | 13.453 | -4.979 | 0.1519 | 8.627 |
| csdop03 | 1037 | 425020.323 | 1414817.163 | 78.876 | 980410.558 | 980424.304 | 0.862 | 24.339 | 11.456 | -5.976 | 0.2635 | 5.743 |
| csdop04 | 1038 | 425016.656 | 1414/35./29 | 65.91/ | 980416.146 | 980424.212 | 0.864 | 20.340 | 13.138 | -4.995 | 0.1591 | 8.302 |
| csd0880a | 1039 | 425008.386 | 1414/18.441 | 87.920 | 980411.213 | 980424.005 | 0.862 | 27.130 | 15.199 | -6.661 | 0.1//0 | 8./15 |
| csd0860a | 1040 | 425008.993 | 1414/09./11 | /5.855 | 980413.641 | 980424.020 | 0.863 | 23.407 | 13.891 | -5./48 | 0.3237 | 8.467 |
| csd0840a | 1041 | 425009.915 | 1414/01.100 | 67.889 | 980414.815 | 980424.043 | 0.803 | 20.949 | 12.584 | -5.144 | 0.4057 | 7.845 |
| CSQ0/88 | 1042 | 425008.527 | 1414040.737 | 57.957 | 980415.962 | 980424.008 | 0.804 | 17.884 | 10.702 | -4.392 | 0.3319 | 0.042 |
| csd0703a | 1043 | 425009.093 | 1414029.830 | 54 425 | 980415.002 | 980424.023 | 0.800 | 17.070 | 10.174 | -4.340 | 0.4042 | 0.289 |
| csd0736a | 1044 | 425006.436 | 1414019.110 | 52 200 | 960415.267 | 960424.000 | 0.005 | 16.797 | 0.943 | -4.123 | 0.2000 | 5.103 |
| csd0688a | 1045 | 425005.012 | 1414009.247 | 56 865 | 980410.021 | 980423.920 | 0.805 | 17547 | 10.013 | -/ 309 | 0.2913 | 6 772 |
| csd0663a | 1040 | 423001.734 | 1414549 201 | 63 360 | 980415 200 | 980423.040 | 0.005 | 19 55/ | 11 863 | -1 802 | 0.1300 | 7 268 |
| csd0638a | 1047 | 424956.451 | 1414539 368 | 59 578 | 980413.200 | 980423.733 | 0.804 | 18 384 | 12 594 | -4.502 | 0.2070 | 8 2 2 0 |
| csd0613a | 1040 | 424950.012 | 1414528 711 | 47 867 | 980420.812 | 980423.662 | 0.865 | 14 771 | 12.004 | -3 628 | 0.1212 | 9 280 |
| csd0588a | 1050 | 424952 255 | 1414518 270 | 47.350 | 980421 438 | 980423 601 | 0.865 | 14.611 | 13 314 | -3 589 | 0.0987 | 9 8 2 4 |
| csd0563a | 1051 | 424950 618 | 1414509 925 | 44 780 | 980422 282 | 980423 560 | 0.866 | 13.818 | 13 406 | -3 394 | 0.0861 | 10.098 |
| csd0538a | 1052 | 424952 640 | 1414503 050 | 43 493 | 980422 922 | 980423 610 | 0.866 | 13 421 | 13 599 | -3 296 | 0.0834 | 10 386 |
| csd0513a | 1053 | 424950 872 | 1414454 434 | 43 105 | 980423 002 | 980423 566 | 0.866 | 13 301 | 13 603 | -3 267 | 0.0825 | 10,000 |
| csd0488a | 1054 | 424951.807 | 1414444.390 | 40,102 | 980424.174 | 980423.590 | 0.866 | 12.375 | 13.825 | -3.040 | 0.0708 | 10.856 |
| csdop05 | 1055 | 425025.573 | 1414852.613 | 42.628 | 980416.883 | 980424.436 | 0.866 | 13.154 | 6.467 | -3.231 | 0.1177 | 3.354 |
| csdop06 | 1056 | 425029.166 | 1414921.916 | 38.167 | 980416.712 | 980424.526 | 0.866 | 11.778 | 4.830 | -2.893 | 0.0988 | 2.036 |
| csdop07 | 1057 | 425038.062 | 1414951.137 | 55.477 | 980412.608 | 980424.749 | 0.865 | 17.119 | 5.843 | -4.204 | 0.0880 | 1.727 |
| csdop08 | 1058 | 425038.253 | 1415011.066 | 42.429 | 980415.514 | 980424.753 | 0.866 | 13.093 | 4.719 | -3.216 | 0.0898 | 1.593 |
| csdop09 | 1059 | 425044.256 | 1415047.174 | 46.789 | 980413.426 | 980424.904 | 0.866 | 14.438 | 3.826 | -3.546 | 0.1087 | 0.388 |
| csdop10 | 1060 | 424840.409 | 1414104.640 | 16.640 | 980428.062 | 980421.800 | 0.868 | 5.135 | 12.265 | -1.262 | 0.0689 | 11.072 |
| csdop11 | 1061 | 424834.390 | 1414049.091 | 17.587 | 980427.669 | 980421.649 | 0.868 | 5.427 | 12.315 | -1.333 | 0.0680 | 11.050 |

*1 仮定密度には、1.80 g/cm³を用いた.

*1 1.80 g/cm³ reduction density was applied.

と考えられる(第3c 図および第4c 図). その長波長 の変化の上に,測線1では,距離3.5~13kmに波長 約10kmの上に凸の高ブーゲー重力異常が重なって いる. この高ブーゲー異常は,反射法地震探査時間 断面(第4b図)でCMP500~2200に見られる馬追 丘陵を中心とした背斜構造と一致する.測線1では, さらに距離6~7.5kmに波長約1.5kmの低ブーゲ異 常が見られるが、この低重力異常は、安平川沿いに堆 積する低密度な河川堆積物による影響や恵庭岳・樽前 山・支笏火山を起源とする火山灰層による影響などが 考えられるが、今後詳細な検討が必要である.測線2 では、東下がりの重力変化に、距離1~3kmと距離4 ~8km付近に2つの上に凸の高ブーゲー重力異常が 認められる.そのうち、東側の距離4~8kmに位置 する高重力異常は,馬追山背斜と一致している.一方, 西側の距離 1~3km に位置する高重力異常に対応す る構造は,地表では認められていないが,反射法地震 探査の結果からは CMP1000 を中心とした背斜構造 が認められ,これとよく一致する.

ブーゲー重力解析は唯一の構造解を持たないが,反 射法地震探査,地表地質および坑井データから得られ る地質構造を拘束条件として用いることにより,ほぼ 唯一の解を得ることができる.また重力データは,反 射法地震探査では得られにくい深部構造に起因する情 報も含んでおり,反射法地震探査から得られる地下構 造のイメージングを強力に支持するデータである.反 射法地震探査データ,重力データ,地表地質データ, および地表の変動地形のすべてを矛盾無く説明できる 地下構造およびその発達史を説明する構造解釈をする 必要がある.

謝辞

本調査は、陸上自衛隊東千歳駐屯地、安平町役場, 苫小牧市役所,北海道開発局苫小牧道路事務所の方々 に多くのご協力をいただき実施することができまし た.関係機関の方々に謝意を表します.

文献

- 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, 254p,東京大学出版会,東京.
- 伊藤谷生・井川秀雄・在田一則・篠原雅尚・木村 学・ 清水信之・森谷武男・井川 崇・津村紀子・宮 内崇裕・奥池司郎・井川 猛(1999),日高 衝突帯におけるデラミネーション - ウェッジ構 造,月刊地球,**21**,130-136.
- 伊藤谷生・岩崎貴哉(2002), 島弧衝突研究の新展開, 77, 87-96.
- Kato, N., H. Sato, M. Orito, K. Hirakawa. Y. Ikeda, T. Ito (2004), Has the plate boundary shifted from central Hokkaido to the eastern part of the Sea of Japan?, *Tectonophysics*, 388, 75-84.
- Kimura, G. (1996), Collision orogeny at arc-arc junctions in the Japanese Islands, *Island Arc*, 5, 262-275.
- 国土地理院 (2010),日本のジオイド 2000 GSIGEO2000 ver.5,2010年12月12日.
- 地震調查研究推進本部地震調查委員会(2010)「石狩

低地東縁断層帯の評価 (一部改訂)」

- 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 SPECG1988 について,地質調 査所月報,**40**,601-611.
- 地質調査総合センター(2004),日本重力 CD-ROM 第2版,数値地質図P-2,地質調査総合センター.
- 平川一臣・越後智雄(2002),石狩低地南部・馬追丘 陵西縁の伏在活構造に関わる地形の変形,活断 層研究,22,63-66.
- 村田泰章・牧野雅彦・遠藤秀典・渡辺和明・渡辺史郎・ ト部厚志(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.
- 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,平成22年度 沿岸域の地質活断層調査研究報告,地質調査総 合センター速報(本研究報告).
- 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,平成22年 度沿岸域の地質活断層調査研究報告,地質調査 総合センター速報(本研究報告).