

## 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<sup>1\*</sup>・住田達哉<sup>1</sup>・牧野雅彦<sup>1</sup>・山口和雄<sup>1</sup>・横倉隆伸<sup>1</sup>  
Shinsuke Okada<sup>1\*</sup>, Tatsuya Sumita<sup>1</sup>, Masahiko Makino<sup>1</sup>,  
Kazuo Yamaguchi<sup>1</sup> and Takanobu Yokokura<sup>1</sup>

**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

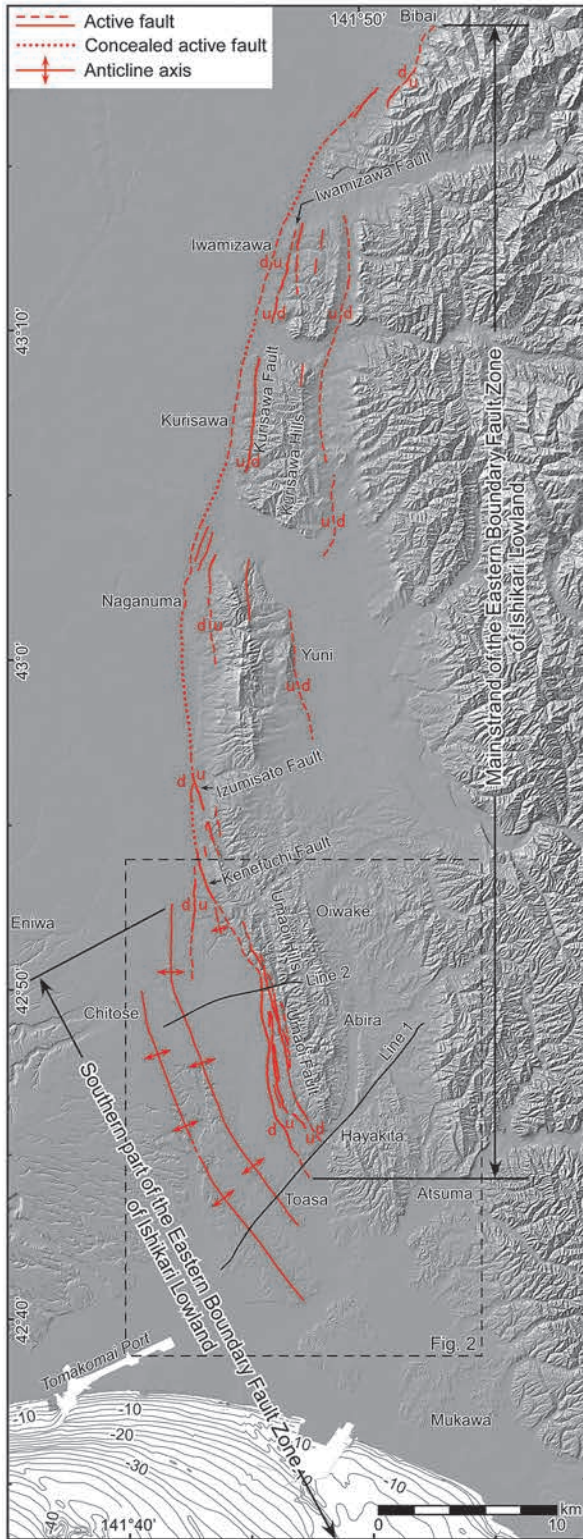
日本列島およびその周辺には、プレートの沈み込みに伴って生じている衝突のテクトニクスがいくつか存在する。その中でも、本調査の研究対象である石狩低地東縁断層帯は、太平洋プレートの斜め沈み込みに伴った千島弧の前弧スリバーが東北日本弧にぶつかっている日高衝突帯（例えば、Kimura, 1996; 伊藤ほか, 1999; 伊藤・岩崎, 2002 など）の最前面に位置しており、そこでは短縮変形を伴った最新の断層運動を見ることができる。石狩低地東縁断層帯は、地震調査推進本部地震調査委員会（2010）によると、活断層の分布形態から、石狩低地東縁断層帯主部と石狩低地東縁断層帯南部に区分している（第 1 図）。石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

<sup>1</sup>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. 重力探査概要

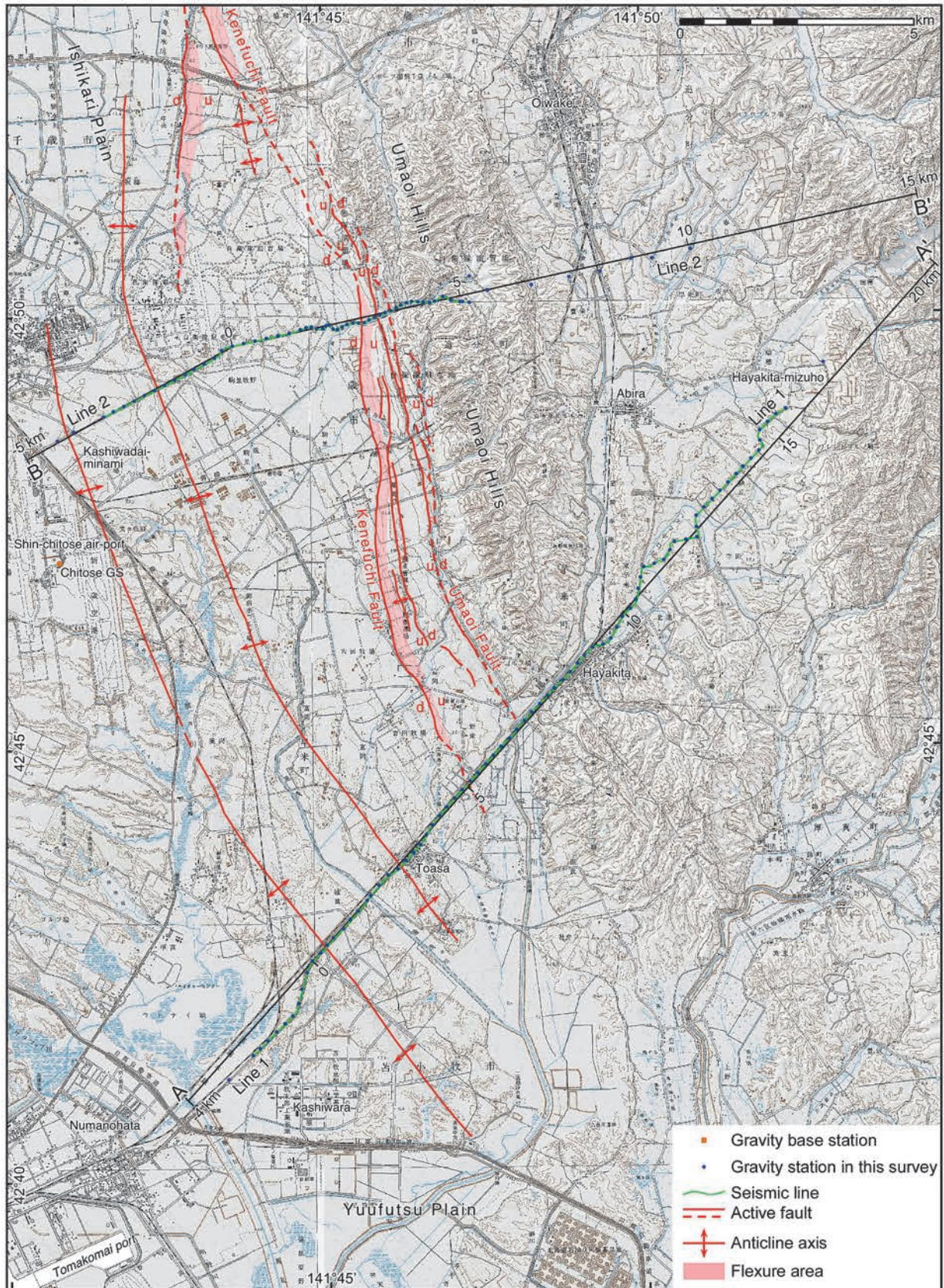
本重力探査は、勇払地域において取得した 2 測線の反射法地震探査 (2010 年 11 月 1 日～24 日実施；横倉ほか, 2011) に沿って、およそ 250m 間隔で通常の相対重力測定を行った。測線 1 は、2010 年 11 月 11 日から 15 日にかけての 5 日間で測定を終了し、79 点において測定を行った。測線 2 は、2010 年 11 月 16 日から 19 日にかけての 4 日間で測定を終了し、61 点の測定を行った。測定点の分布は第 2 図に示す。

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.



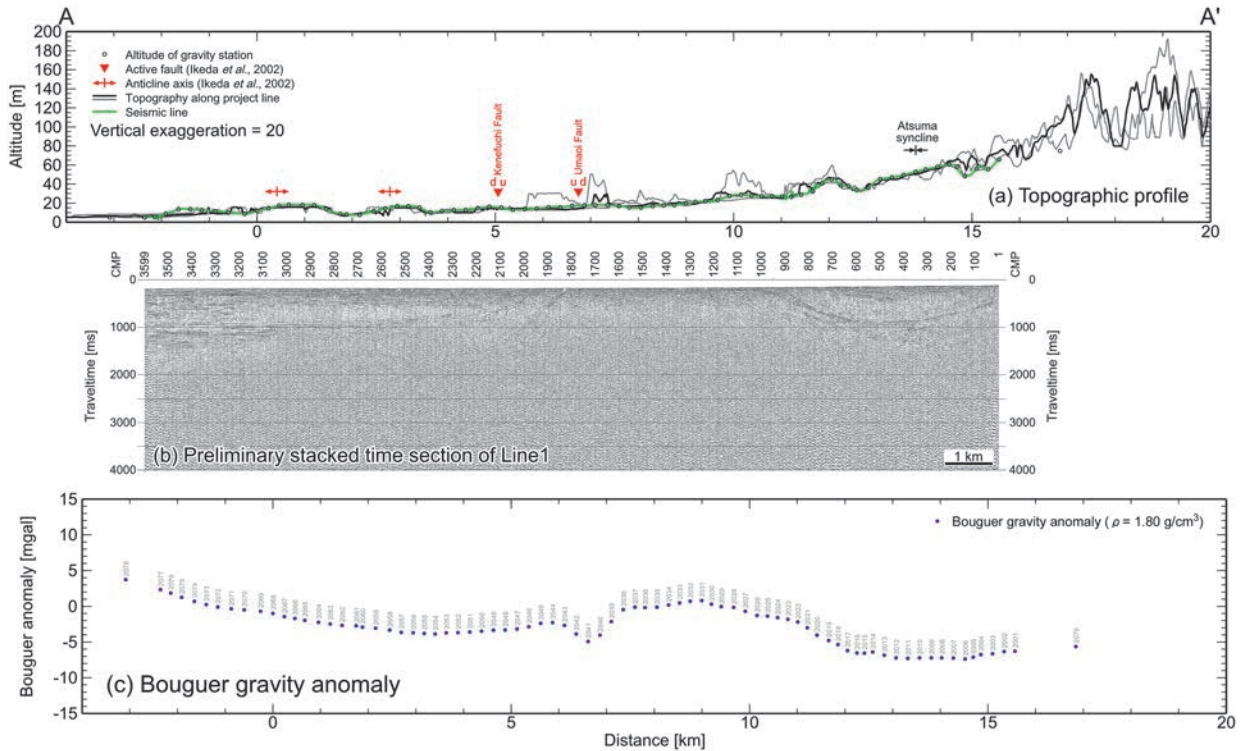
写真 1 本調査における重力測定風景（測線 2, csd0375a）。

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なった。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

重力計の測定読取值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、測定読取值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/cm<sup>3</sup> を用いた。

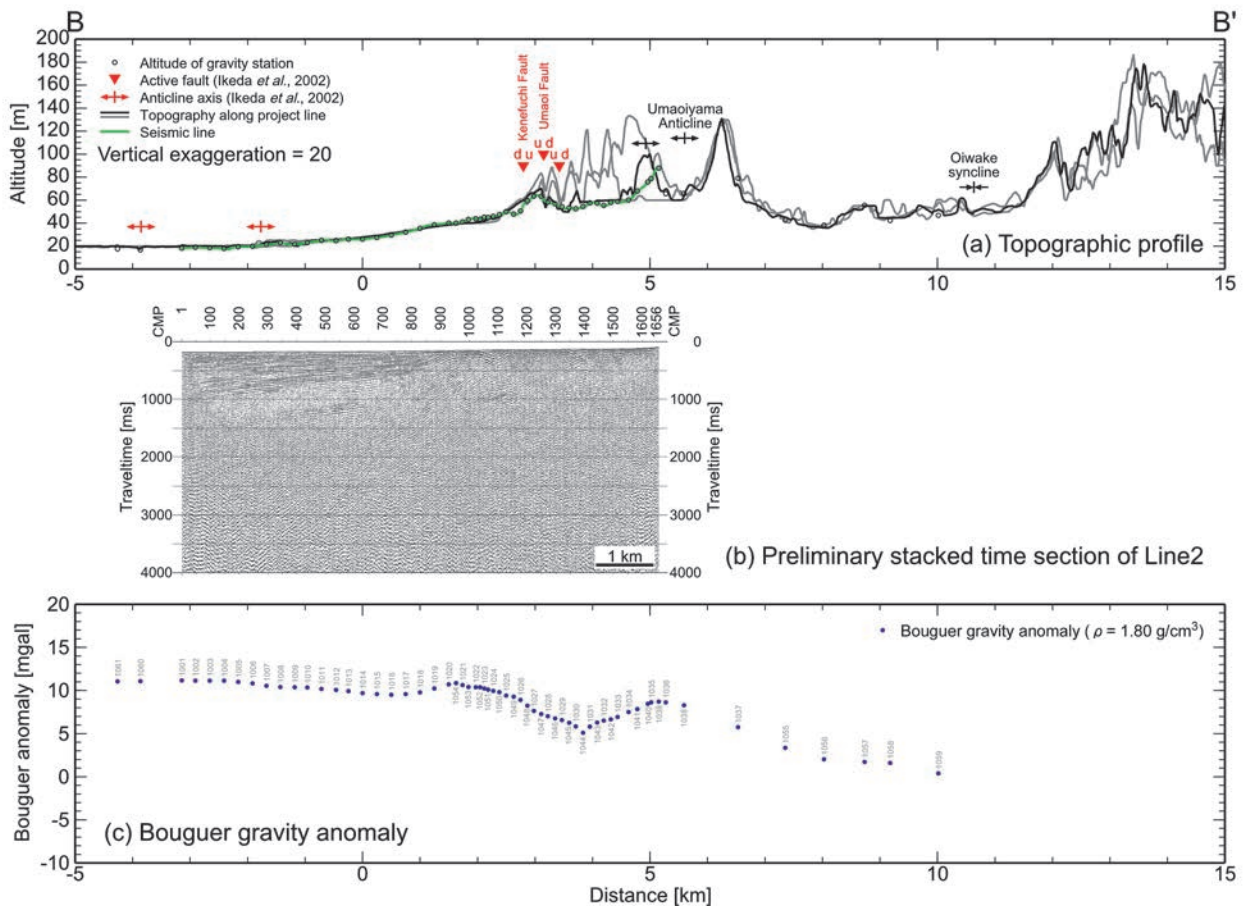
Fig.3 Gravity and topographic profile along project line A-A'. (a) Topographic profile. Black solid line, topography along project line A-A' using 10mDEM. Gray solid line, topography along 250 m north and south of project line A-A'; black open circle, altitude of gravity stations; green line, altitude 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/cm<sup>3</sup> 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  $1.8\text{g}/\text{cm}^3$  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 の各種補正值, 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  $0.01\text{mgal}$  程度である. GPS 測量

に伴う標高の測定誤差は,  $10\text{cm}$  以内であるので, それに伴う重力値の誤差は  $0.03\text{mgal}$  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  $0.2\text{mgal}$  程度と大きい, それ以外の測定日は,  $0.05\text{mgal}$  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  $5\text{m}$  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  $0.1\text{mgal}$  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  $1.80\text{g}/\text{cm}^3$  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, altitude 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  $1.80\text{g}/\text{cm}^3$  was applied.





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.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (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).