



Title	北海道日高衝突帯南部の重力異常と地殻構造
Author(s)	山本, 明彦; YAMAMOTO, Akihiko; 齋藤, 松彦 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 64, 21-49
Issue Date	2001-03-27
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.64.21
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14289
Type	departmental bulletin paper
File Information	64_p21-49.pdf



北海道日高衝突帯南部の重力異常と地殻構造

山本 明彦・齋藤 松彦*・山田 一夫†・石川 春義

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

(2000年12月25日受理)

Gravity Anomaly and Crustal Structure around the Southern Part of the Hidaka Collision Zone in Hokkaido, Japan

Akihiko YAMAMOTO, Matsuhiko SAITO,

Kazuo YAMADA and Haruyoshi ISHIKAWA

Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

(Received December 25, 2000)

Major tectonic belts in the central part of Hokkaido (the Hidaka Collision Zone), Japan, are interpreted as forming by the westward movement of the Outer Kurile Arc and associated secondary movements caused by the subduction of the Pacific plate under the Okhotsk plate along the Kurile arc trench. Although Bouguer anomalies of the Hidaka Mountains are known to be characterized by remarkable highs and closely correlated with topography, there was no data to obtain profiles of gravity anomaly across the the Hidaka Mountains. Accordingly, we performed gravity surveys around the southern part of the Hidaka Mountains in the period between 1994 and 1996 together with vibroseismic observations. The gravity stations measured in 1994 number more than 400, including 54 data measured within several tunnels on the national road (No.236). Finally, a new Bouguer anomaly map around the Hidaka Mountains was produced based on these data and pre-existed data. An enlarged migrated depth section obtained from vibroseismic studies shows two listric-shaped reflectors, corresponding to the Hidaka Main Thrust (HMT) and the Hidaka Western Thrust (HWT), and a duplex structure between them. We forwarded crustal models using these results and geologic information until their gravity attractions would make a best fit to the observed Bouguer anomalies. Finally, we obtained the crustal model which well explains the observed gravity around HMT and HWT.

*現在, 株式会社 LAC

†現在, 株式会社 パスコ

I. はじめに

千島弧と東北日本弧の衝突によって形成された北海道・日高山脈は、島弧と島弧の衝突という世界的に見てもまれな地域にあるため日高衝突帯と呼ばれ、その地質構造や地殻形成過程は広く地球科学の研究対象となっている。この日高衝突帯は変成作用をうけたオフィオライトからなる海洋性地殻断面を示す西帯と、東へ傾斜する島弧的な地殻および上部マントルの断面を示す主帯からなり、後期中新世から始まる千島弧と東北日本弧の衝突によって形成されたと考えられている。それらは日高主衝上断層 (HMT : Hidaka Main Thrust) によって接合していると考えられている。この日高衝突帯は島弧-島弧衝突帯のひとつとして、(1) 進行しつつある衝突過程の詳細な地球物理観測が直接可能なこと、(2) 衝突にともなって地下深部から地表に豊富かつ新鮮な物質が供給され地質学的解析が直接可能なこと、の2点により地球科学的に見て非常に興味深い地域である。

この島弧-島弧衝突帯の最も興味深い研究対象のひとつとも言える日高衝突帯周辺は高い地震活動と複雑な地殻構造を持つことで知られており、1980年代までにいくつかの爆破実験による地震動解析の例 (たとえば、森谷, 1986, 山本・森谷, 1989) があるが、日高山脈を横断する測線としては1980年代までは藤井・森谷(1983)によるものが唯一の解析例であった。藤井・森谷(1983)によれば日高山脈直下で6.1 km/s層が非常に浅いところまでせりあがってきており、高密度物質の存在を示唆するブーゲ異常の結果とよい相関を持つことが示された。Takanami (1982) は日高山脈西部の深さ30 km付近から北東部へ向かって低速度物質が次第に深く斜めに存在し、その上に高速度物質が乗り上げるような形をしていること示した。地震学的にはTakanami (1982)、および、Miyamachi and Moriya (1984) により、日高山脈は大規模な衝上断層構造を形成していることが明らかとなった。しかし HMT のような衝突帯の現場を明確に解釈できるほどの空間分解能がなかったため、衝突の様子や地殻構造の詳細は未解明のままであった。その後、1990年代になってOzel (1994)、Ozel et al. (1996) は日高山脈北部を横断する津別~門別測線において爆破地震動解析を行ない、観測されたブーゲ異常値をうまく説明する地殻構造モデルを構築した。しかしこの測線は日高衝突帯のうち、日高山脈北部に限定された構造解析であり、HMTの詳細を把握することは困難であった。最近になって森谷他(1997)は北海道で行なわれた地下構造と地震テクトニクスに関する研究を概括し、特に日高山脈中央部付近を横断するプロファイルにおける地殻~上部マントルの構造を議論した。

このような状況の中で、上部地殻構造の精査のみならず、衝突過程がリソスフェア規模の地質構造としてどのように残されているかを探るため、1994年~1998年にかけて、日高地域周辺において起震車によるパイロサイス人工地震(反射法)探査が行なわれた。もともと石油探査技術のひとつであった反射法地震探査は1970年代後半のCOCORPプロジェクトにおいて地殻構造の解析手法として用いられ、それ以降、地球物理学における地下構造探査の有力な研究手段として広く用いられている。日本でも兵庫県南部地震以降、活断層調査を中心として重要な研究手段

となっているのは周知の通りである。今回の探査では、

- (1) 日高山脈南部を横断する野塚トンネルルート (フェーズ I, 1994 年),
- (2) 日高衝突帯前縁部 (西舎～日高山脈西縁地域) を中心とするルート (フェーズ II, 1995 年),
- (3) 日高衝突帯東方延長部 (大樹町～豊似地域) を中心とするルート (フェーズ III, 1996 年),
- (4) 日高山脈北部 (振内町～幌尻岳～帯広市) を横断するルート (フェーズ IV, 1998 年)

の 4 ルートで、それぞれ人工起震車による反射法地震探査と重力探査が行なわれた (伊藤他, 1998)。これらの反射法地震探査では、人工起震車 4 台が投入され、受振点の数も 240 チャンネルと多く、微弱な地震シグナルをキャッチするための最大限の努力が払われた。

本稿では、これらの調査のうち、日高衝突帯南部の国道 236 号線沿いの全長約 20 km におよぶ野塚トンネルルートを中心としたフェーズ I において行なわれた重力探査の概要、および、地震探査をあわせた地殻構造解析について報告する。

II. 日高地域周辺のテクトニクス

日高変成帯は変成した海洋性地殻と考えられるオフィオライト帯 (西帯) と島弧地殻・上部マントルと考えられる主帯というふたつの構造体からなり、主帯がオフィオライト帯に衝上して HMT を形成していると考えられている (在田他, 1986; 小松他, 1986)。日高変成帯の北半分では、西帯の西側は日高西縁衝上断層 (HWT: Hidaka Western Thrust) によって日高帯の白亜系と、東側は HMT によって主帯とそれぞれ接している (Fig. 1 参照)。このうち主帯は厚い変成岩層の中に中性-酸性の深成岩が貫入しており、変成岩の源岩を考えると西側の主帯下部層は塩基性岩が主体、東側の主帯上部層は砂泥質堆積岩が主体である (Fig. 1 参照)。さらに下部層はマイロナイト化したグラニュライト相岩石で上部層はホルンフェルスにいたる。変成度は HMT に向かって次第に高くなり、オフィオライト帯においても同様に HMT に向かって高くなるが、両者における温度、圧力条件は異なる (小山内他, 1986)。オフィオライト帯は HWT でさらに西側のインドナップメランジ帯に衝上すると考えられている。

主帯の北・南部では火成岩 (閃緑岩, 花崗岩, カンラン岩, ハンレイ岩) が広く分布している。これら大量の火成岩は単にふたつの島弧の衝突によってできたものとは考えにくい。これらの火成活動を引き起こしたテクトニクスについては例えば、ユーラシアプレートの沈み込みを考慮したもの (小松, 1986)、クラ・太平洋海嶺の沈み込みを関連づけたもの (前田, 1989)、東北日本弧の東向き沈み込みに意味をもたせたもの (Miyamachi and Moriya, 1984)、三重会合点モデル (木村・宮下, 1986)、など様々な考えがある。この火成活動の後、日高変成帯はオフィオライト帯と右横ずれの運動を伴って衝突したと考えられている。これは太平洋プレートの斜め沈み込みによって千島前弧が西進し、東北日本弧に衝突したためであると考えられ (木村・宮下, 1986)、この衝突によって主帯の地殻上部がオフィオライト帯に衝上したとされている。

一方、地球物理的な側面から見ても日高帯は特異な場所であることが知られている。Fig. 2 に示したように、この地域での起震歪力の圧縮力は、火山フロントよりも南側の石狩低地帯から日高

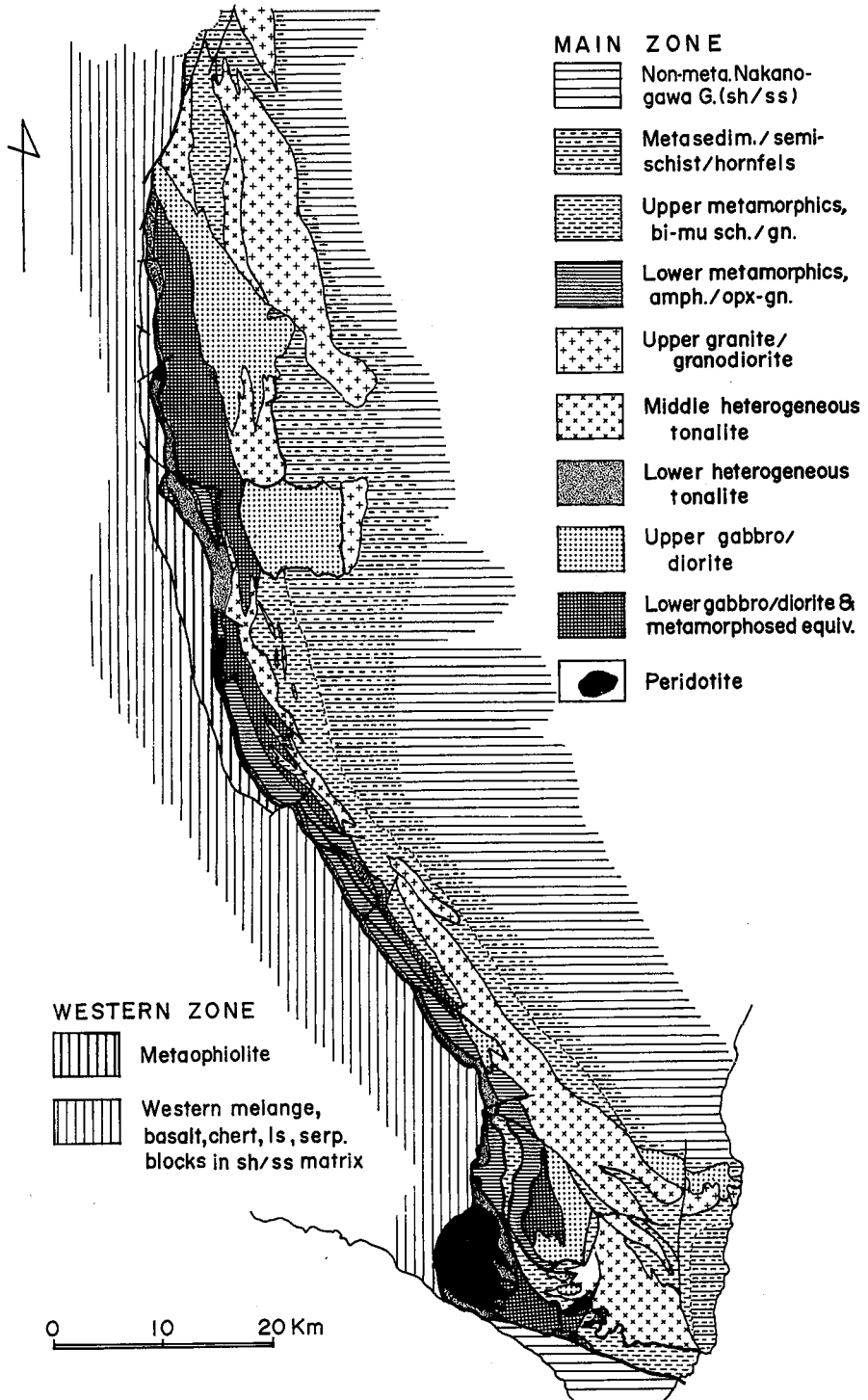


Fig. 1. Map showing simplified geology and tectonics of the Hidaka Metamorphic Belt and its surrounding area. (After Komatsu et al., 1986)

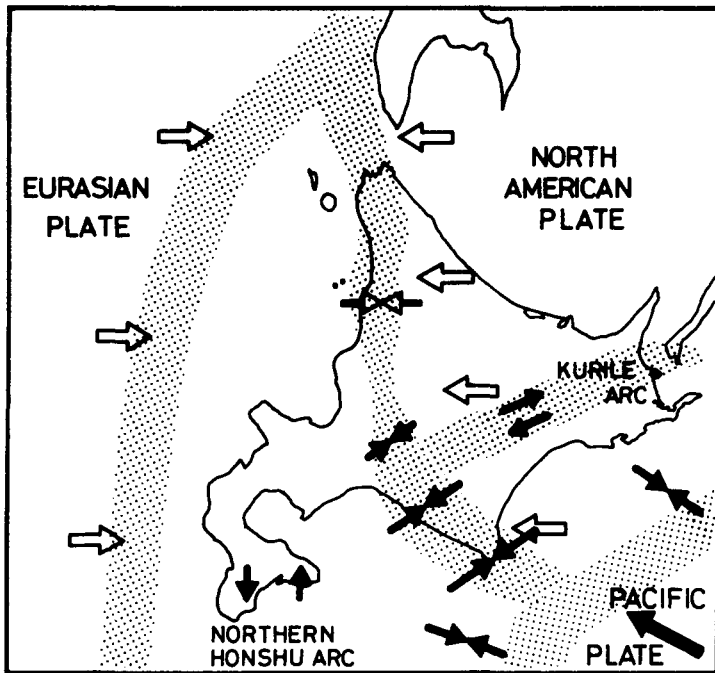


Fig. 2. Schema of relative stress distribution inferred from local mechanism studies. Solid arrows denote stresses originated from descending Pacific plate beneath Hokkaido, open arrows, from collision of Eurasian plate with North American plate. (After Moriya, 1986)

山脈では概ね北東-南西方向に卓越しており(森谷, 1986), 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で決定された地震の震源分布から見ても日高南部が最も活動的な場所であることを示している。しかし, これは必ずしも日高山脈それ自身がプレート境界であることを示しているとは考えにくい。日高山脈は千島弧と東北日本弧の接合部に位置し, さらに両者の下に太平洋プレートが沈み込むことによって, そこでのテクトニクス, 速度構造, 応力場などが非常に複雑になっており, むしろ, 千島弧と東北日本弧のそれぞれの外弧が衝突していると考えのほうが自然かもしれない(森谷, 1986)。

III. 重力測定の方法および測定値の補正

日高山脈及びその周辺における重力解析は大亀(1972), 大川・笠原(1976), 山本・森谷(1989), 山本・松島(1990), Maruyama et al. (1991) 等をはじめとして多くの機関によって行なわれており, 河野・古瀬(1989)は日本列島の重力異常図を公開している(データは未公開)。最近, 地質調査所(2000)はCD-ROMにより日本全国の重力測定データを公開したが, 残念ながら本研究地域においては北部と西部にわずかに存在するにとどまっている。また本研究地域には物理探

査目的で行なわれた膨大な重力測定データが存在するが、残念ながら公開されていない。今回、既存の 1818 点の観測点に加え、フェーズ I では新たに 410 点の測定を実施した。Fig. 3a に示したブーゲ異常図中に重力測定点の位置をプロットした。図中、丸印は今回新たに得られた観測点であり、三角印は山本・森谷 (1989)、山本・松島 (1990)、秋田大学 (Maruyama et al., 1991) 等による既存のデータ分布を示す。今回得られた 410 点のデータの緯度、経度、標高、重力値等については本論文の末尾に収録した。

1. 測定方法

フェーズ I のバイプロサイス反射法探査ルートでは、人工起震車による反射法探査にあわせて 25 m 間隔の測量がなされており、合計で 825 点の地点で測量が行なわれた。この反射法地震探査と並行して行なわれた重力探査では、測量日程およびその直後にあわせ、測量標を利用して約 100 m 間隔で重力測量を実施するとともに、測量の結果得られた緯度、経度、標高を利用した。またバイプロサイス探査ルートの周辺的林道や主要道でも可能な限りの測定を行なった。これらの観測点の位置決定については、主に国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 の地形図を利用し、三角点、水準点、独立標高点、等高線による標高値を使用した。これらの点の緯度、経度については角距離 0.01 分 (～約 15 m) の精度で読みとった値を使用した。フェーズ I の重力観測には LaCoste & Romberg 重力計 (G 791) および、Scintrex CG-3M 重力計 (#227) を使用し、特に野塚トンネル内での測定には、誤差評価のために両者による同時観測を実施した。各点の絶対重力値は最終的に北海道大学理学部の 1 等重力点と結合することにより決定した。なお、フェーズ I で行なわれた重力探査・人工地震探査は、国道 236 号線の一部として当時着工中であった野塚トンネルを中心とするものであり、日高山脈を横断する地震観測、重力観測としては、今回の観測が本邦初のものである。使用した上記 2 台の重力計のうち、最終的な重力値の決定には読みとり値の誤差が少なく、観測期間中のドリフトが線形な Scintrex 重力計の観測値のみを用いた。使用した LaCoste & Romberg 重力計と Scintrex 重力計の 2 台の重力計の観測期間における諸特性や誤差評価については山本他 (2001) を参照されたい。

2. 各種補正とブーゲ異常計算

観測で得られた相対重力値に地球潮汐補正、ドリフト補正、計器高補正を施して絶対重力値を求め、次式により、ブーゲ異常値 (BA) を決定した。

$$BA = g - \gamma + \beta h - BC(\rho) + TC(\rho) + AC$$

ここで、 g : 絶対重力値、 γ : 正規重力値、 β : フリーエア勾配、 h : 標高、 BC : ブーゲ補正值、 TC : 地形補正值、 AC : 大気補正值、 ρ : 補正密度、である。絶対重力値については、日本重力基準網 JGSN 96 (Nakai et al., 1997; Yamaguchi et al., 1997) に準拠した。正規重力値については、Geodetic Reference System 1980 (International Association of Geodesy, 1980) に基づい

て計算を行なった。フリーエア勾配としては 0.3086 mgal/m を使用した。ブーゲ補正では、過剰な補正を防ぐため (山本, 1984), 半径約 100 km の範囲で有限の球帽による補正式を用いた (萩原, 1978)。また地形補正はブーゲ補正と同じ範囲で, Yamamoto et al. (1982) による球面地形補正法により計算した。大気補正 (AC) は下記の計算式を用いた。

$$AC = 0.87 - 0.0965 h$$

ここで, h (標高) の単位は km であり, AC は mgal で与えられる。ブーゲ補正值 (BC), および, 地形補正值 (TC) は密度 (ρ) の関数であり, その計算で必要とされる重力補正密度としては ABIC 法 (村田, 1990; Murata, 1993; Yamamoto, 1999) によって求めた値 (2.6615 g/cm^3) を使用した。

測定値のうち, トンネルの内部で測定を行ったものが 54 点含まれており, 地形補正計算においてはこれらを考慮して実施した。さらにトンネル部分の空間の質量欠損の影響を見積もってみた。3つのトンネル (野塚, 早が瀬, 豊似トンネル) のうちで最も長い野塚トンネル (全長約 4 km) では, トンネル部分を長さ 4 km , 断面 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ の角柱近似して見積もった場合, 質量欠損による重力の影響はトンネルの入り口で約 0.36 mgal , 中央部で約 0.70 mgal 程度であることがわかった。実際の地形補正計算およびブーゲ異常値の算出においてはこれらの影響を無視して行なった。

IV. ブーゲ異常

前述したように日高地方においては過去に多くの重力測定がなされており, 既存の 1818 点も含めてブーゲ異常図を作成した。今回作成したブーゲ異常図を Fig. 3 に示す。ここで, Fig. 3a は地形と重ねあわせたブーゲ異常図を, また, Fig. 3b は地質と重ねあわせたブーゲ異常図を示す。補正密度は 2.6615 g/cm^3 , コンタ間隔は 2 mgal である。青の実線は既知の断層分布 (活断層研究会, 1991) である。また A-B 測線は地下構造解析を行なったプロファイルの位置を示す。野塚岳 (Fig. 3a 中の NOZ) 付近に見られる観測点の集合は野塚トンネルルート (フェーズ I) を示す。

Fig. 3a からほぼ日高山脈の走行に沿って正の重力異常の尾根が続いている様子がよくわかる。この重力異常の尾根は約 30 km の幅をもって東西方向に急激に低くなっているが, 変化のしかたは東西で非対称である。この正の重力異常の尾根の西側にはペテガリ岳 (PET) の 5 km ほど西に顕著な重力異常の急変帯が見られるが, この北方延長は日高断層にはほぼ一致しており, 日高山脈の稜線沿いに走向を持つオフィオライト帯と日高累層群との境界付近の西帯 (Fig. 1 の Western Zone) に相当する構造境界によるものかもしれない (Fig. 3b)。またさらに西側では, この急変帯と並行な走向を持つようにしてもうひとつの急変帯が見られる。これは浦河の北部では西舎北方断層系によく一致しており, そのまま北西に向かって美河付近まで追跡できるが, 地質との一致は見られず, 西帯を区切る地層境界のひとつとは考えにくい (Fig. 3b)。

一方, 尾根の東側では広尾断層系を境にして等高線の走向が顕著に変化している様子がよくわ

Fig. 3a. Bouguer anomaly map around the Hidaka Collision Zone. Background colored image demonstrates digital topography. Contour interval is 2 mgal. Assumed density is 2.6615 g/cm^3 . Thick blue lines show known faults. Locations of gravity stations are also shown. Open circles and open triangles show newly obtained gravity data in this study and pre-existed data, respectively. The coordinates, altitude, and gravity values of these newly obtained gravity data (open circles) are listed in the Appendix. Large closed triangles and squares, followed by three capital letters, show locations of major named summits and cities (towns), respectively. Line A-B indicates the location of the profile of vibroseismic reflection and gravity study. See Fig. 6 for the results of crustal modelling. CHU: Churui, ERC: Erimo Cape, ERI: Erimo Observatory of Hokkaido University, HID: Hidaka, HIR: Hiroo, KMT: Kamitomamu, MIT: Mitsuishi, NSN: Nakatsunai, OBI: Obihiro, SAM: Samani, SHI: Shizunai, SIM: Shimukappu, SKO: Shikaoui, STK: Shintoku, TKS: Tokachi-Shimizu, URA: Urakawa, APO: Mt. Apoi, CHR: Mt. Chiroro, HRO: Mt. Hiroo, IDO: Mt. Idonnappu, KAM: Mt. Kamui, KAN: Mt. Kankebetsu, KME: Mt. Kamuiekuuchikaushi, KUM: Mt. Kumami, NAM: Mt. Namewakka, NOZ: Mt. Notsuka, PEK: Mt. Pekerebetsu, PET: Mt. Petegari, PIH: Mt. Pihairo, POR: Mt. Poroshiri, PRG: Mt. Pirigai, PRK: Mt. Pirikanupri, RAK: Mt. Rakko, TKH: Mt. Tokachihoroshiri, TOY: Mt. Toyoni, YAO: Mt. Yaoromappu, YUB: Mt. Yubari.

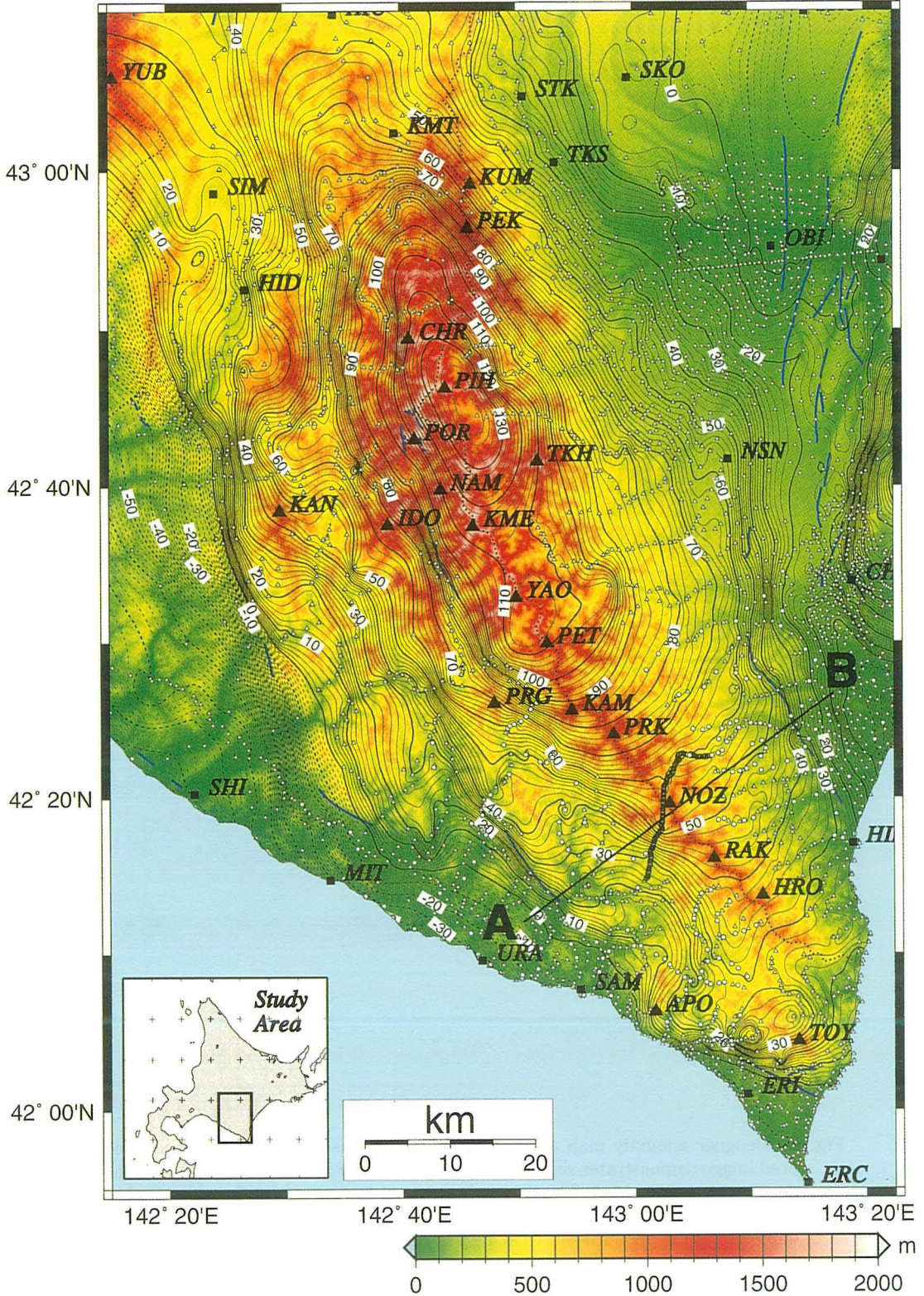
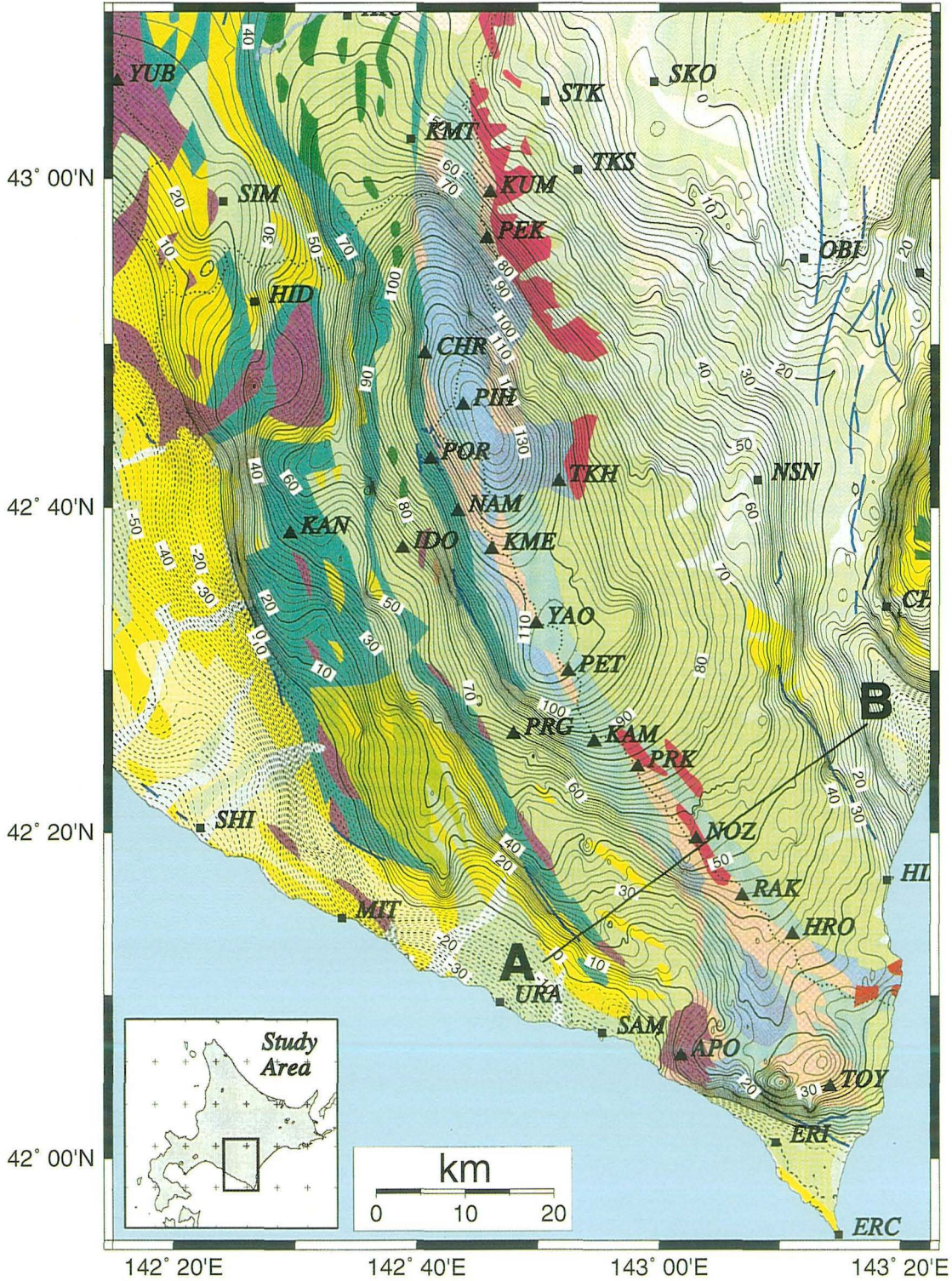


Fig. 3b. Bouguer anomaly map around the Hidaka Collision Zone. Background colored image demonstrates simplified geology. Contour interval is 2 mgal. Assumed density is 2.6615 g/cm^3 . Thick blue lines show known faults. Large closed triangles and squares, followed by three capital letters, show locations of major named summits and cities (towns), respectively. See the figure caption of Fig. 3a for each abbreviation. Line A-B indicates the location of the profile of vibroseismic reflection and gravity study. See Fig. 6 for the results of crustal modelling.



かる。日高山脈の尾根付近の正の重力異常の尾根は東に向かってゆるやかに減少し、20 km ほど減少が続いたところで広尾断層により重力異常の等高線が鋭く変化し、ほぼ西から東に向かって急激にブーゲ異常値が減少するようになる。日高山脈の稜線沿いにピークを持つ正の重力異常を稜線沿いに追跡すると、ペテガリ岳 (PET) から野塚岳 (NOZ) 直下の野塚トンネルのあたりまでは一定の勾配をもってブーゲ異常が低くなり、野塚トンネル付近にかけてほとんど平坦になり、ラッコ岳 (RAK) 付近で不明瞭になる。Fig. 3a で見る限り、正の異常の最も高いところは日高山脈の稜線より若干東側にずれているように見える。様似町幌満とえりも町庶野を結ぶ幌泉剪断帯に沿った顕著な重力異常変化は、幌泉剪断帯の南側に存在する段丘地形を特徴づけるものであり、幌満～えりも地域の重力異常に関しては山本他 (2001) が構造解析を行なっている。

藤井・森谷 (1984) によれば、日高山脈下の地殻構造は 6.1 km/s 層がかなり浅いところまで上がってきており、日高山脈南部に見られる大規模な正の異常はこれらによるものかもしれない (山本・森谷, 1989)。これを地殻同士の衝突のためであるとすると、ブーゲ異常の変化が東側がなだらかであるのに対して西側が急であることからみて、東側が西側に衝突したものであると考えられる。

V. Talwani 法による地下密度構造の推定

具体的な衝突構造の様子をとらえるために、バイプロサイス反射法探査によって得られた結果 (Arita et al., 1998) をもとにして地殻構造解析を行なった。反射法探査から得られた反射面および地質情報を参考にしてモデル化を行ない、モデルによる重力値を Talwani 法 (Talwani et al., 1959) によって計算し、それを観測値と比較してみた。Fig. 4 はマイグレーション処理を施したフェーズ I における重合断面図で、横軸は水準測量実施済みのレーバ番号、縦軸は深さである。この断面は国道 236 号線沿いの扇橋から木屋の沢橋までの約 10 km であり、先に述べたバイプロサイス反射法が行われた測線 (Fig. 3 中の A-B 測線) の中央部にほぼ一致する。図中、反射面らしきものがいくつか検出されているが、とりわけ、図中の矢印で結ばれるふたつの線分は顕著な反射面のように見える。これらの反射面は、それぞれ上面は日高主衝突断層 (HMT)、下面は日高西縁衝突断層 (HWT) に一致すると考えられる。反射法探査と同時に実施された重力測定ではこの間約 100 m ごとに、全部で 206 点の観測を行なった。

ここでは主に反射法による解析結果から読みとれる範囲内で大局的な構造を推測し、観測された重力異常に合うように地殻構造解析を行なった。具体的な地層の密度などは地質図を参考にして以下のようにして決定した。

1. 反射法による構造と表層地質

反射法の結果では、まず東に傾く反斜面が確認され、それが深さおよそ 12 km (地震波速度 6 km/s を仮定して 12 km とした) 程度までは続いているらしいことが確認された。地質図によりこれを HMT であると判断し、この断層より東側を主帯、西側をオフィオライト帯ではなく、イド

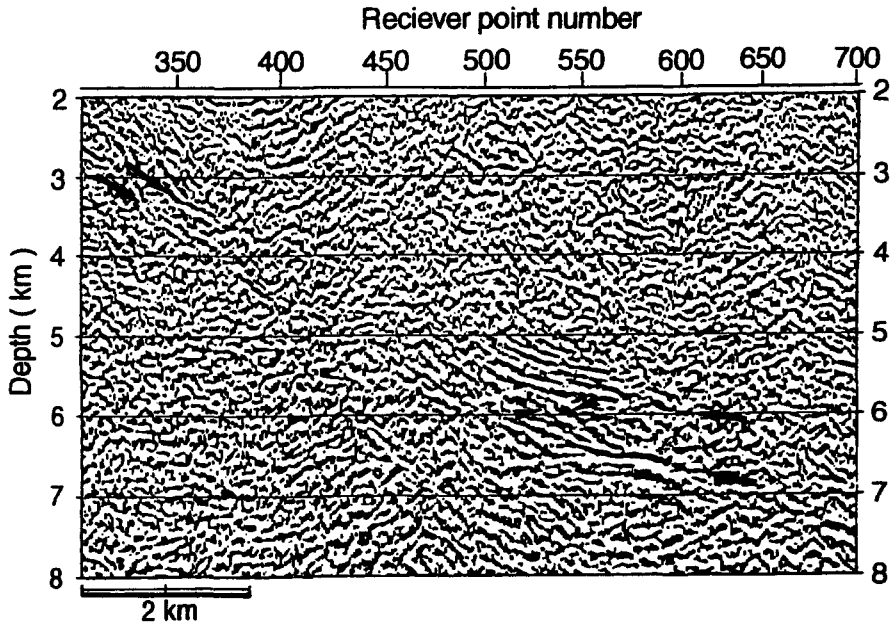


Fig. 4. Enlarged migrated depth section showing two listric-shaped reflectors corresponding to the Hidaka Main Thrust (top) and Hidaka Western Thrust (bottom), and a duplex structure between them. (After Arita et al., 1998)

ンナップ・メランジ帯（日高累層群）であると考えた。地質図から判断する限り、この地域にはわずかに幅 0.5 km 程のオフィオライト帯が存在するが、今回の反射法の結果からは同定不可能と思われる。HMT のすぐ西側にこれとほぼ平行な反射面らしきものが確認できるが、おそらくこれは日高西縁衝上断層（HWT）であると考えられる。Talwani 法を実際に適用するには HMT のすぐ西から HWT までの幅 1.7 km にわたるオフィオライト帯の有無を考慮した。この理由は、この地域のオフィオライト帯は地表では北部に比べてわずかしき観察できないが、日高変成帯の他地域においては変成帯主帯に沿ってしばしばみられることと、オフィオライト帯を構成している岩石（カンラン岩、ハンレイ角閃岩など）の密度が比較的大きいため重力効果を見積もる際に無視できないと考えられるためである。

次にこの断層の東側と西側でそれぞれ反射時間で約 6 秒と 8 秒の長さ（ほぼ深さ 14 km と 19 km とした）にはほぼ水平に反射面が確認された。ただし西側の反射面は東側に比べて明瞭ではないため重力効果の計算では考慮にいれなかった。この反射面が物質境界なのかどうかは不明であるが、重力効果の計算ではその深さまで地表に露出している岩体が続いていると考えた。

これらを考慮した上で、主帯の地表から 14 km までを地質図をもとにいくつかに分けた。これらは互いに明瞭な断層によって区別されているわけではないが、表層の様子を見る限りでは西から閃緑岩、ハンレイ岩、花崗岩、ホルンフェルス（中の川層群）というように、異なる深成岩や変成岩に分かれているためいくつかのブロックとして区別した。各々の岩体の傾斜角度は HMT を参考に決定した。パイロサリス反射法探査の結果を見る限りでは HMT については西側に衝

上しているように思われるが、他の物質境界についてははっきりしたことは不明である。ここでは他の物質境界も HMT と同じような傾きで深さ 14 km まで地表の岩体が続いていると仮定した。これらの解釈を念頭にいれて日高衝突帯南部のプロファイルを簡略化して描いたのが Fig. 5 である。

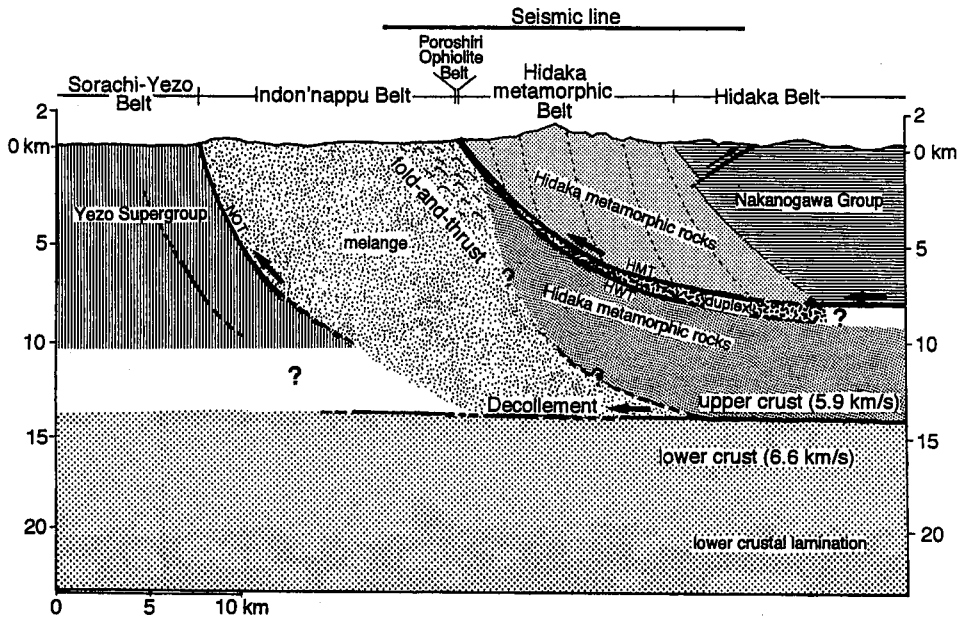


Fig. 5. Cartoon of a schematic crustal model across the southern part of the Hidaka Collision Zone. HMT : Hidaka Main Thrust, HWT : Hidaka Western Thrust. (After Arita et al., 1998)

2. 密度

各層の密度は地表に現れている岩石の密度を参考にして決定した。本研究地域である日高変成帯における岩石の密度を示したのものとしては、大川・笠原 (1976)、丸山他 (1991) 等をはじめとしていくつかの研究があるが、各変成帯やそれを構成する各種岩石にわたって統一的に密度値が解釈が行なわれたものが少なく、また当該地域ではボーリングなどのデータも少ないため、本研究では各変成帯 (各種岩石) については一般的な密度値を用いることにした。したがって各変成帯を代表する密度値としては必ずしも最適な値ではなく、結果的に $0.05 \sim 0.10 \text{ g/cm}^3$ の幅をもたせることにより解析を行なった。各変成帯や岩石について考慮した密度値は下記の通りである。

(a) イドンナップ・メランジ帯

様々な岩石の複合体であり主なものだけでも、砂岩、泥岩 (密度: $2.60 \sim 2.65 \text{ g/cm}^3$)、石灰岩 (密度: $2.70 \sim 2.75 \text{ g/cm}^3$)、一部に蛇紋岩、チャートなどが存在する (日本の地質『北海道地方』編集委員会, 1990)。ここでは全体の密度として 2.66 g/cm^3 を用いた。

(b) オフィオライト帯

比較的重い物質の集まる層である。その中では蛇紋岩化したカンラン岩が多く、全体の密度として $2.85\sim 2.95\text{ g/cm}^3$ を用いた。

(c) 閃緑岩

一般的な密度としての $2.75\sim 2.80\text{ g/cm}^3$ を用いた。

(d) ハンレイ岩

丸山他 (1991) を参考にして密度 $2.80\sim 2.90\text{ g/cm}^3$ を使用した。

(e) ミグマタイト帯

一部に大きな花崗岩帯があるが、深部はミグマタイトではないかと考えられる。ここでは大川・笠原 (1976) がラッコ岳付近でサンプリングした花崗岩質ミグマタイトの密度を参考にして $2.65\sim 2.70\text{ g/cm}^3$ を用いた。

(f) ホルンフェルス

丸山他 (1991) を参考にして密度 $2.75\sim 2.80\text{ g/cm}^3$ とした。これより東側には堆積層 (中の川層群) があるが、これが変成してホルンフェルスとなっているので密度は変わらないものとした。これ以外のところでは藤井・森谷 (1984) による 6.1 km/s 層を参考にして 2.8 g/cm^3 とした。

ここでは、上記の密度値を参考にして、地下構造モデルを空知・蝦夷帯、イドンナップ・メランジ帯、オフィオライト帯、日高変成帯主帯上部、日高変成帯主帯下部、日高帯 (中の川層群)、深さ 14 km 以深の基盤層、の7個のブロックに分けて構造解析を行なった。そして、適宜、密度を変えながら、試行錯誤により最も観測値とよく合うモデルを決定した。得られた地下構造モデル (構造断面) の密度値は、空知・蝦夷帯 (2.65 g/cm^3)、イドンナップ・メランジ帯 (2.66 g/cm^3)、オフィオライト帯 (2.90 g/cm^3)、日高変成帯主帯上部 (2.76 g/cm^3)、日高変成帯主帯下部 (2.80 g/cm^3)、日高帯 (中の川層群) (2.68 g/cm^3)、深さ 14 km 以深の基盤層 (2.90 g/cm^3) となった。この地下構造モデルとそれによる重力計算値、そして観測されたブーゲ異常値を Fig. 6 に示す。ここではオフィオライト帯 (図中、地表からのびる 2.90 の部分) を考慮した場合の解析結果を示す。ここで示したブーゲ異常の観測値はコンターから読みとったものではなく、実際にその点で観測された重力値を用いて求めたブーゲ異常値である。日高地方の下には太平洋プレートが沈み込んでいるために、例えば北西-南東の断面を考える場合、本地域付近では 25 km で $60\sim 70\text{ mgal}$ も変化する (河野・古瀬, 1989)。しかしここで考えている断面は太平洋プレートの沈み込み方向にほぼ直交しているため、プレートの沈み込みによる重力効果は全体的にほぼ等しいとみなしてその効果を無視した。

全体として観測値は $0\sim 7\text{ km}$ の間で 30 mgal 程高くなり 7 km を過ぎてからはほぼ一定値をとっている。計算値もほぼ同じ様な変化をしているが、一部においては観測値と異なっている。また 5 km 前後を境として計算値と観測値の大小が逆転しているが、これはオフィオライトに与えた密度に問題があるのかもしれないが、このあたりで 30 mgal 程高くなっている原因がオフィ

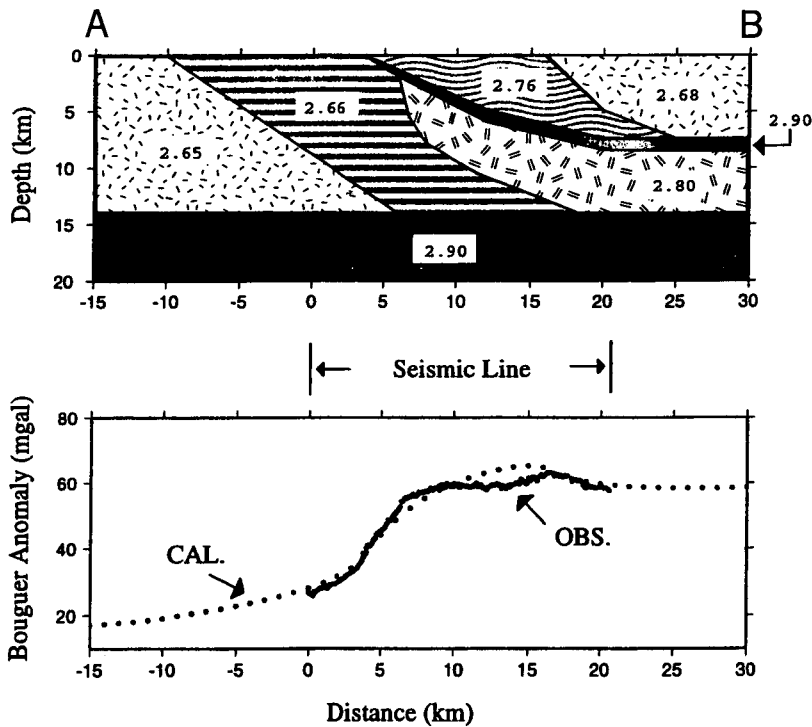


Fig. 6. A crustal model for the profile A-B across the Hidaka Collision Zone determined by assuming different sets of density contrast (top), and observed and computed Bouguer gravity using these density sets (bottom). See Fig. 3 for the location of the profile A-B.

オライト帯の存在とは無関係であるということも考えられる。次に 10~15 km の間で観測値がほぼ一定であるのに対し、計算値が高く変化している。これは測線が花崗岩体の直上を通過する場所であり、観測値が周囲より低くなっているためであろうと予想される。17 km 過ぎでは観測値が徐々に低くなって計算値との若干のずれが見られる。前述のように本研究ではプレートの沈み込みを考慮していないが、このあたりで北北東に走る測線が東へと向きを変えていることから、計算値とのずれはプレートの沈み込みによる影響である可能性も考えられる。しかし、このずれは量が小さく局所的なものと考えられるので、プレートの沈み込みによるものとは考えにくい。結果的に地表の岩体の境界が深さ 14 km まで続いているとした今回の構造モデルでは、細かい点を除いて全体的に観測値をよく説明していると考えられる。

VI. 考 察

今回の研究の主目的である日高変成帯の衝突断層の解釈、および、オフィオライト帯の有無については、以下のような考察が必要であると思われる。

(a) 衝上断層について

地質図はあくまで地表での様子を表しているにすぎず、必ずしも断層や岩体が地下深部まで続いているわけではない。地質図を見ると日高変成帯の深成岩や変成岩の分布は大部分において変成帯と平行であり、これら物質境界が高傾斜を保ったままある程度の深さまで続いているであろうという印象を受ける。しかし実際はそれほど深くないところで（たとえば深さ 14 km 程度）水平に収斂しているのではないかと推測される。これは中央構造線において得られた反射法探査の結果（伊藤, 1994）とは矛盾しない考えである。伊藤（1994）では領家帯が三波川帯に衝上しているが、両者の境界（中央構造線）は領家帯の下、少なくとも 7~8 km の深さではほぼ水平になっている。日高衝突帯の場合、中央構造線とは衝上の方向は異なるが横ずれ断層であることなど共通点も多い。しかしこの様な構造の違いを Talwani 法を用いた地下構造の推定という点から論ずるためには、まだまだ空間分解能が不足しており、今後人工地震観測やボーリング探査などの総合的な調査が望まれる。

(b) オフィオライト帯について

日高変成帯全体を眺めるとほぼ南北方向に列をなしているが、よく見るとペテガリ岳付近から北の部分が西に押され平行にずれたような格好になっている。本研究の対象地域は南部と北部の接合部にあり、ここでは主衝上断層は北西-南東の走向となっている。地質図を見ると主衝上断層が南北方向よりずれているところでは、オフィオライト帯はほとんど見あたらない。こういった地域にも地表で観察されないだけで、ある程度の深さではオフィオライト帯が存在する可能性があると考えられる。しかし、今回各ブロックに与えた密度の精度があまり高くないことを考慮すると、現段階で地震・重力データからオフィオライト帯の存在について議論することは難しいと考えられる。

VII. お わ り に

島弧-島弧衝突帯のひとつである北海道・日高衝突帯南部においてバイプロサイズ反射法探査および稠密な重力観測を行ない、両者をあわせて比較・検討し、日高衝突帯における新しいモデルによる地下構造解析を試みた。日高山脈南部を横断する初めての重力観測により、ほぼ日高山脈稜線の走向に沿って続く正の重力異常の尾根が明瞭に確認できただけでなく、尾根の東西では重力異常が急激に低くなっていることが明らかとなった。また、その変化のしかたは東西で非対称であり、特に西側で観測された重力異常の急変帯は尾根付近のオフィオライト帯と日高累層群との境界にはほぼ相当する顕著な構造境界である可能性が示唆された。日高山脈横断ルートではデラミネーションを示す新しい地下構造の概念を支持する結果が得られた。これらの情報と、地表の地質情報からオフィオライト帯や HMT 東部の反射面の存在を仮定して地殻構造解析を行なった結果、重力の観測値をうまく説明する地殻構造モデルが得られた。今後は、著しい進歩がもたらされた GPS 技術などの新たな手法を駆使した観測データを追加するとともに、ABIC 法等を用いた新しい表層密度の推定値を構造解析と組み合わせるといった解析手法の開発が課題であ

ろう。

謝辞 在田一則助教授（北海道大学）には重力観測における便宜をはじめとして多大なご協力をいただいた。伊藤谷生教授（千葉大学）には測量のデータを提供していただいた。北海道開発局の関係者の方々には工事期間中であつたにもかかわらず、国道 236 号の野塚トンネル付近での重力観測を快諾していただいた。村田泰章博士（地質調査所）には ABIC 法の計算の元になるプログラムを提供していただいた。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のスタッフには終始励ましの言葉をいただいた。本論文の図の一部の作成には GMT ソフトウェア（Wessel and Smith, 1995）を利用した。ここに記して以上の方々に深く感謝致します。本研究の一部は平成 6 年度文部省科学研究費補助金（一般研究 A, 研究代表者：在田一則）によって行なわれた。

文 献

- 在田一則, 豊島剛志, 大和田正明, 宮下純夫, Laurent Jolivet, 1986. 日高変成帯の構造運動, 地団研専報, **31**, 247-263.
- Arita, K., T. Ikawa, T. Ito, A. Yamamoto, M. Saito, Y. Nishida, H. Satoh, G. Kimura, T. Watanabe, T. Ikawa and T. Kuroda, 1998. Crustal structure and tectonics of the Hidaka collision zone, Hokkaido (Japan), revealed by vibroseis seismic reflection, magnetotelluric and gravity surveys, *Tectonophysics*, **290**, 197-210.
- 地質調査所(編), 2000. 日本重力 CD-ROM, 数値地質図 P-2, 地質調査所.
- 藤井智史, 森谷武男, 1983. 採石爆破による日高地方の浅部地殻構造, 北海道大学地球物理学研究報告, **42**, 169-190.
- 萩原幸男, 1978. 地球重力論, 共立出版.
- International Association of Geodesy, 1980. Resolutions adopted by the International Association of Geodesy, XVII General Assembly, Camberra, *Bull. Geod.*, **54**, 377-393.
- 伊藤谷生, 1994. 中央構造線は動くか, 地震ジャーナル, **17**, 27-32.
- 伊藤谷生, 在田一則, 井川崇, 1998. 日高山脈に島弧の衝突を見る, 科学, **68**, 72-78.
- 活断層研究会編, 1991. 新編日本の活断層, 東京大学出版会.
- 木村学, 宮下純夫, 1986. 海溝-海溝-斜め衝突帯の三重会合点と日高変成帯, 地団研専報, **31**, 451-458.
- 小松正幸, 1986. 日高変成帯のテクトニクス, 地団研専報, **31**, 441-450.
- 小松正幸, 宮下純夫, 在田一則, 1986. 日高変成帯の構成, 地団研専報, **31**, 189-204.
- 河野芳輝, 古瀬慶博, 1989. 100 万分の 1 日本列島重力異常図, 東京大学出版会.
- 前田仁一郎, 1989. 日高火成活動帯の形成, 月刊地球, **120**, 265-270.
- 丸山孝彦, 長崎康彦, 狐崎長琅, 1991. 日高山脈及びその周辺の重力異常と地質構造, 秋田大学鉱山学部資源地学 研究施設報告別冊, 第 56 号, 95-113.
- Maruyama, T., Y. Nagasaki, and C. Kitsunozaki, 1991. Gravity survey in and around the Hidaka Mountains, Hokkaido, Northern Japan, *J. Min. Coll. Akita Univ.*, Ser. A, vol. VII, No.4, 219-281.
- Miyamachi, H. and T. Moriya, 1984. Velocity structure beneath the Hidaka Mountains in Hokkaido, Japan, *J. Phys. Earth*, **32**, 13-42.
- 森谷武男, 1986. 浅い地震活動と起震歪力から見た北海道のテクトニクス, 地団研専報, **31**, 475-485.
- 森谷武男, 宮町宏樹, オウズオゼル, ヌルジャンオゼル, 岩崎貴哉, 笠原稔, 1997. 日高山脈の地下構造と地震テ

- クトニクス, 構造地質, **42**, 15-30.
- 村田泰章, 1990. ABIC 最小化法によるプーゲー密度の推定, 地震 **2**, 43, 327-339.
- Murata, Y., 1993. Estimation of optimum average surficial density from gravity data : An objective Bayesian approach, *J. Geophys. Res.*, **98**, 12097-12109.
- 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, in [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, (pp.746), ISBN:3-540-63352-9.
- 日本の地質『北海道地方』編集委員会編, 1990. 『日本の地質 1・北海道地方』, 共立出版株式会社.
- 大亀学, 1972. 日高・大雪地域の重力異常, 北海道大学修士論文.
- 大川史郎, 笠原稔, 1976. 北海道日高南部幌泉剪断帯付近の重力異常, 測地学会第 45 回講演会.
- 小山内康人, 宮下純夫, 在田一則, 番場光隆, 1986. 大陸地殻-海洋地殻接合衝上体における変成作用と温度・圧力構造-日高変成帯主帯・西帯の例-, 地団研専報, **31**, 205-222.
- Ozel, O., 1994. Crustal structure in the Hokkaido region by refraction and reflection study, 北海道大学修士論文.
- Ozel, O., T. Moriya, T. Iwasaki, T. Iidaka, S. Sakai, G. Aoki and S. Suzuki, 1996. Crustal structure in the central Hokkaido, Japan, from a seismic refraction experiment, *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, **Vol.10**, No.1, 31-52.
- Takanami, T., 1982. Three dimensional seismic structure of the crust and upper mantle beneath the orogenic belts in southern Hokkaido, Japan, *J. Phys. Earth*, **30**, 87-104.
- Talwani, M., J. L. Worzel and M. Landisman, 1959. Rapid gravity computation for two-dimensional bodies with application to the Mendocino Submarine Fracture Zone, *J. Geophys. Res.*, **64**, 49-59.
- Wessel, P. and W. H. F. Smith, 1995. New version of the generic mapping tools released, *EOS, Trans. Am. Geophys. Un.*, Suppl., Aug. 15.
- 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, in [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, (pp.746), ISBN:3-540-63352-9.
- 山本明彦, 1984. 山岳地域の重力データ処理, 月刊地球, **60**, 373-380.
- Yamamoto, A., 1999. Estimating the optimum reduction density for gravity anomaly: A theoretical overview, *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, **Vol.11**, No.3, 577-599.
- 山本明彦, 森谷武男, 1989. 北海道の重力異常と地下構造, 月刊地球, **120**, 377-385.
- 山本明彦, 松島健, 1990. 十勝平野の重力異常と地下構造, 月刊地球, **9**, 特集“地殻流動と学術ボーリング”, 566-570.
- Yamamoto, A., K. Nozaki, Y. Fukao, M. Furumoto, R. Shichi and T. Ezaka, 1982. Gravity survey in the Central Ranges, Honshu, Japan, *J. Phys. Earth*, **30**, 201-243.
- 山本明彦, 山田一夫, 齋藤松彦, 石川春義, 2001. 北海道幌満地域とその周辺における重力異常, 北海道大学地球物理学研究報告, **64**, 51-80.

Appendix: List of Gravity Data and Bouguer Anomaly.

Station No.	Latitude		Longitude		Height m	Gravity mgal	T.C. mgal	B.A. mgal
	°	'	°	'				
HKU94001	43	4.25	141	20.66	15	980,477.549	0.49	36.38
HKU94002	42	31.02	142	1.86	10.7	980,337.935	0.13	- 54.48
HKU94003	42	22.60	142	16.91	4.2	980,285.647	0.49	- 95.03
HKU94004	42	9.30	142	47.51	8.0	980,329.255	0.35	- 30.85
HKU94005	42	0.89	143	9.42	47	980,329.216	0.97	- 10.02
HKU94006	42	9.95	142	46.47	4.7	980,331.496	0.65	- 29.94
HKU94007	42	14.767	143	0.961	219.0	980,347.615	5.70	26.02
HKU94008	42	14.811	143	1.004	220.6	980,347.441	4.10	25.38
HKU94009	42	14.845	143	1.061	222.7	980,347.322	4.79	25.42
HKU94010	42	14.877	143	1.119	225.4	980,346.284	4.73	24.80
HKU94011	42	14.920	143	1.158	227.5	980,347.408	4.42	25.96
HKU94012	42	14.972	143	1.158	230.5	980,347.053	4.30	26.00
HKU94013	42	15.025	143	1.144	233.2	980,346.836	4.47	26.41
HKU94014	42	15.079	143	1.137	236.0	980,346.539	4.67	26.77
HKU94015	42	15.132	143	1.153	238.4	980,346.435	4.67	27.06
HKU94016	42	15.184	143	1.176	241.0	980,346.302	4.18	26.87
HKU94017	42	15.235	143	1.199	243.6	980,346.134	4.04	26.99
HKU94018	42	15.286	143	1.219	246.0	980,345.789	4.02	27.02
HKU94019	42	15.340	143	1.221	248.8	980,345.682	3.98	27.34
HKU94020	42	15.393	143	1.215	251.7	980,344.552	3.93	26.65
HKU94021	42	15.448	143	1.222	254.8	980,345.176	3.84	27.71
HKU94022	42	15.498	143	1.250	257.8	980,344.816	3.71	27.74
HKU94023	42	15.547	143	1.279	261.0	980,344.568	3.69	28.02
HKU94024	42	15.597	143	1.308	264.3	980,344.203	3.58	28.12
HKU94025	42	15.647	143	1.336	267.5	980,343.770	3.48	28.15
HKU94026	42	15.699	143	1.351	270.8	980,343.330	3.36	28.15
HKU94027	42	15.752	143	1.348	274.2	980,343.082	3.35	28.48
HKU94028	42	15.805	143	1.334	277.6	980,342.786	3.35	28.77
HKU94029	42	15.859	143	1.328	281.1	980,342.419	3.36	29.02
HKU94030	42	15.913	143	1.339	284.3	980,342.081	3.40	29.27
HKU94031	42	15.965	143	1.357	287.6	980,341.699	3.47	29.53
HKU94032	42	8.39	142	50.25	7	980,335.275	0.36	- 23.65
HKU94033	42	16.018	143	1.375	290.9	980,341.315	3.54	29.78
HKU94034	42	16.070	143	1.392	294.6	980,340.994	3.60	30.17
HKU94035	42	16.122	143	1.410	298.0	980,340.720	3.68	30.57
HKU94036	42	16.175	143	1.427	301.4	980,340.322	3.73	30.81
HKU94037	42	16.228	143	1.430	305.5	980,339.736	3.79	31.00
HKU94038	42	16.279	143	1.410	310.1	980,339.323	3.82	31.44
HKU94039	42	16.330	143	1.385	315.0	980,338.553	3.87	31.61
HKU94040	42	16.380	143	1.360	320.5	980,337.748	4.02	31.96
HKU94041	42	16.433	143	1.341	325.9	980,336.947	4.17	32.29
HKU94042	42	16.487	143	1.344	331.2	980,336.125	4.38	32.64
HKU94043	42	16.541	143	1.353	336.6	980,335.350	4.72	33.18
HKU94044	42	16.595	143	1.364	337.3	980,335.447	5.37	33.99
HKU94045	42	16.644	143	1.396	332.8	980,336.361	5.96	34.53
HKU94046	42	16.682	143	1.450	329.2	980,337.309	6.54	35.29
HKU94047	42	16.74	143	1.47	329	980,337.436	7.80	36.55
HKU94048	42	16.716	143	1.506	328.9	980,337.087	7.39	35.82
HKU94049	42	16.758	143	1.550	330.0	980,338.372	8.23	38.10
HKU94050	42	16.812	143	1.547	333.9	980,337.876	9.05	39.10

Appendix. (continued)

Station No.	Latitude		Longitude		Height	Gravity	T.C.	B.A.
	°	'	°	'	m	mgal	mgal	mgal
HKU94051	42	16.865	143	1.552	339.0	980,336.743	9.28	39.12
HKU94052	42	16.912	143	1.585	344.4	980,335.319	9.61	39.01
HKU94053	42	16.964	143	1.609	349.5	980,334.721	9.93	39.67
HKU94054	42	17.016	143	1.624	354.4	980,334.524	10.02	40.44
HKU94055	42	17.068	143	1.644	359.4	980,333.892	10.18	40.87
HKU94056	42	17.119	143	1.668	364.4	980,333.591	10.73	42.03
HKU94057	42	17.169	143	1.695	369.4	980,333.582	10.30	42.50
HKU94058	42	17.221	143	1.718	375.2	980,333.506	9.74	42.92
HKU94059	42	17.275	143	1.716	381.3	980,332.780	9.45	43.02
HKU94060	42	17.328	143	1.722	387.5	980,332.032	9.62	43.58
HKU94061	42	17.375	143	1.755	394.2	980,331.491	9.44	44.10
HKU94062	42	17.414	143	1.805	400.8	980,330.968	9.25	44.63
HKU94063	42	17.456	143	1.850	407.0	980,330.150	9.81	45.53
HKU94064	42	17.483	143	1.910	413.4	980,330.067	9.90	46.75
HKU94065	42	17.516	143	1.967	419.6	980,329.170	9.51	46.63
HKU94066	42	17.564	143	1.996	425.3	980,328.859	9.28	47.14
HKU94067	42	17.615	143	2.019	431.4	980,328.636	9.49	48.25
HKU94068	42	17.663	143	2.055	437.5	980,328.332	9.32	48.90
HKU94069	42	17.699	143	2.110	443.4	980,328.215	8.79	49.35
HKU94070	42	17.732	143	2.144	447.2	980,328.290	8.56	49.90
HKU94071	42	17.777	143	2.155	442.7	980,329.281	9.00	50.38
HKU94072	42	17.817	143	2.204	441.1	980,329.934	9.51	51.17
HKU94073	42	17.852	143	2.257	435.7	980,330.821	11.52	52.95
HKU94074	42	17.873	143	2.323	432.8	980,330.870	12.10	52.98
HKU94075	42	17.904	143	2.383	437.1	980,330.372	12.39	53.57
HKU94076	42	17.959	143	2.390	442.3	980,329.360	12.86	53.97
HKU94077	42	18.011	143	2.377	448.6	980,327.849	12.67	53.43
HKU94078	42	18.065	143	2.368	456.3	980,326.598	12.94	53.88
HKU94079	42	18.116	143	2.357	463.0	980,325.255	13.25	54.08
HKU94080	42	18.157	143	2.312	470.5	980,323.790	13.26	54.04
HKU94081	42	18.203	143	2.290	476.7	980,322.406	14.19	54.74
HKU94082	42	18.253	143	2.310	485.0	980,320.968	13.51	54.17
HKU94083	42	18.302	143	2.336	492.6	980,319.496	13.52	54.13
HKU94084	42	18.343	143	2.382	501.5	980,318.034	13.70	54.53
HKU94085	42	18.388	143	2.416	514.2	980,315.863	14.32	55.41
HKU94086*	42	18.441	143	2.417	532.0	980,311.669	16.69	57.01
HKU94087*	42	18.495	143	2.420	533.8	980,307.452	19.15	55.53
HKU94088*	42	18.549	143	2.424	535.5	980,303.510	21.64	54.32
HKU94089*	42	18.603	143	2.427	537.2	980,300.151	25.09	54.67
HKU94090*	42	18.656	143	2.431	539.0	980,297.154	27.55	54.41
HKU94091*	42	18.710	143	2.434	540.7	980,294.591	29.92	54.47
HKU94092*	42	18.764	143	2.438	542.5	980,292.381	31.98	54.60
HKU94093*	42	18.818	143	2.441	544.2	980,290.459	33.79	54.74
HKU94094*	42	18.872	143	2.445	546.0	980,288.651	35.43	54.84
HKU94095*	42	18.926	143	2.448	547.7	980,286.810	37.05	54.87
HKU94096*	42	18.980	143	2.452	549.5	980,284.840	38.65	54.78
HKU94097*	42	19.033	143	2.455	551.2	980,282.823	40.22	54.58
HKU94098*	42	19.087	143	2.459	553.0	980,280.902	41.77	54.48
HKU94099*	42	19.141	143	2.462	554.7	980,279.128	43.30	54.49
HKU94100*	42	19.195	143	2.466	556.5	980,277.359	44.73	54.43

Appendix. (continued)

Station No.	Latitude		Longitude		Height	Gravity	T.C.	B.A.
	°	'	°	'	m	mgal	mgal	mgal
HKU94101*	42	19.249	143	2.469	558.2	980,275.863	46.06	54.52
HKU94102*	42	19.303	143	2.473	560.0	980,274.598	47.22	54.69
HKU94103*	42	19.356	143	2.476	561.7	980,273.577	48.21	54.91
HKU94104*	42	19.410	143	2.479	563.5	980,272.642	49.04	55.08
HKU94105*	42	19.464	143	2.483	565.2	980,271.997	49.73	55.38
HKU94106*	42	19.518	143	2.486	567.0	980,271.386	50.25	55.56
HKU94107*	42	19.572	143	2.490	568.7	980,270.920	50.61	55.71
HKU94108*	42	19.626	143	2.493	570.2	980,270.593	50.80	55.78
HKU94109*	42	19.679	143	2.497	571.3	980,270.496	50.82	55.84
HKU94110*	42	19.733	143	2.500	572.2	980,270.762	50.63	56.01
HKU94111*	42	19.787	143	2.504	572.9	980,271.181	50.25	56.10
HKU94112*	42	19.841	143	2.507	573.7	980,271.913	49.62	56.28
HKU94113*	42	19.895	143	2.511	574.4	980,272.749	48.77	56.33
HKU94114*	42	19.949	143	2.514	575.2	980,273.926	47.68	56.49
HKU94115*	42	20.003	143	2.518	575.9	980,275.197	46.38	56.51
HKU94116*	42	20.056	143	2.521	576.7	980,276.601	44.86	56.48
HKU94117*	42	20.110	143	2.525	577.4	980,278.227	43.06	56.37
HKU94118*	42	20.164	143	2.528	578.2	980,280.248	41.01	56.41
HKU94119*	42	20.218	143	2.532	579.0	980,282.630	38.65	56.51
HKU94120*	42	20.272	143	2.535	579.7	980,285.379	36.08	56.74
HKU94121*	42	20.326	143	2.539	580.5	980,288.507	33.20	57.07
HKU94122*	42	20.380	143	2.543	581.2	980,291.792	30.09	57.30
HKU94123*	42	20.433	143	2.546	581.9	980,295.271	26.27	57.01
HKU94124*	42	20.487	143	2.549	582.7	980,299.010	22.40	56.96
HKU94125*	42	20.541	143	2.553	583.5	980,303.094	20.20	58.92
HKU94126*	42	20.595	143	2.556	584.0	980,305.818	19.15	60.61
HKU94127*	42	20.649	143	2.560	584.7	980,308.399	17.68	61.78
HKU94128*	42	20.703	143	2.563	585.2	980,310.829	12.61	59.16
HKU94129	42	20.751	143	2.590	583.8	980,311.959	10.37	57.70
HKU94130	42	20.790	143	2.640	580.1	980,312.734	9.89	57.21
HKU94131	42	20.829	143	2.690	575.2	980,313.500	9.52	56.58
HKU94132	42	20.875	143	2.729	569.9	980,315.104	9.74	57.30
HKU94133	42	20.924	143	2.761	565.2	980,315.512	10.49	57.46
HKU94134*	42	20.975	143	2.786	562.1	980,313.787	16.07	60.63
HKU94135*	42	21.028	143	2.799	559.0	980,312.902	16.47	59.45
HKU94136*	42	21.082	143	2.809	555.9	980,312.849	16.94	59.18
HKU94137*	42	21.135	143	2.818	552.9	980,314.821	16.96	60.50
HKU94138*	42	21.189	143	2.828	550.2	980,319.465	16.02	63.60
HKU94139	42	21.240	143	2.848	545.3	980,320.244	10.64	57.95
HKU94140	42	21.285	143	2.887	539.3	980,321.800	10.50	58.12
HKU94141	42	21.318	143	2.943	533.3	980,322.349	10.14	57.08
HKU94142	42	21.338	143	3.009	527.1	980,324.506	10.07	57.92
HKU94143	42	21.355	143	3.079	521.7	980,324.751	10.39	57.39
HKU94144	42	21.387	143	3.138	515.3	980,325.120	10.62	56.69
HKU94145	42	21.430	143	3.182	509.0	980,327.074	10.57	57.29
HKU94146	42	21.474	143	3.225	503.0	980,329.086	10.41	57.90
HKU94147	42	21.514	143	3.274	497.0	980,329.925	10.29	57.37
HKU94148	42	21.555	143	3.322	492.4	980,331.715	9.82	57.72
HKU94149*	42	21.604	143	3.353	489.3	980,330.082	15.36	60.95
HKU94150*	42	21.658	143	3.366	486.2	980,328.461	16.85	60.13

Appendix. (continued)

Station No.	Latitude		Longitude		Height	Gravity	T.C.	B.A.
	°	'	°	'	m	mgal	mgal	mgal
HKU94151*	42	21.711	143	3.376	483.1	980,327.255	18.87	60.26
HKU94152*	42	21.764	143	3.386	479.9	980,327.937	19.40	60.76
HKU94153*	42	21.818	143	3.397	476.8	980,330.866	15.78	59.37
HKU94154*	42	21.869	143	3.417	473.7	980,335.057	12.91	60.02
HKU94155	42	21.915	143	3.453	469.5	980,336.527	11.50	59.18
HKU94156	42	21.965	143	3.482	463.6	980,337.665	11.05	58.63
HKU94157	42	22.017	143	3.502	457.5	980,338.411	11.11	58.16
HKU94158	42	22.071	143	3.504	451.5	980,339.711	10.90	57.99
HKU94159	42	22.119	143	3.530	445.4	980,341.706	11.76	59.58
HKU94160	42	22.161	143	3.577	440.1	980,341.773	11.88	58.66
HKU94161	42	22.201	143	3.625	434.1	980,343.422	11.57	58.76
HKU94162	42	22.243	143	3.672	427.7	980,345.492	11.83	59.77
HKU94163	42	22.283	143	3.720	421.5	980,346.978	11.68	59.82
HKU94164	42	22.314	143	3.778	416.0	980,348.195	10.97	59.20
HKU94165	42	22.331	143	3.847	411.9	980,348.525	10.78	58.52
HKU94166	42	22.365	143	3.899	407.5	980,349.359	11.76	59.41
HKU94167	42	22.415	143	3.917	403.5	980,350.327	12.05	59.81
HKU94168	42	22.464	143	3.896	399.7	980,351.939	11.78	60.33
HKU94169	42	22.510	143	3.857	395.6	980,353.269	10.86	59.87
HKU94170	42	22.555	143	3.818	391.5	980,354.290	10.94	60.10
HKU94171	42	22.605	143	3.788	387.7	980,355.210	11.68	60.93
HKU94172	42	22.660	143	3.785	383.6	980,356.423	11.78	61.36
HKU94173	42	22.711	143	3.811	380.7	980,357.433	11.42	61.36
HKU94174	42	22.750	143	3.862	375.5	980,358.077	11.95	61.46
HKU94175	42	22.772	143	3.929	371.3	980,358.322	12.27	61.17
HKU94176	42	22.775	143	4.002	368.6	980,358.811	12.09	60.94
HKU94177	42	22.792	143	4.069	366.3	980,358.992	11.55	60.10
HKU94178	42	22.818	143	4.134	364.3	980,360.285	11.21	60.62
HKU94179	42	22.824	143	4.207	361.7	980,360.505	11.22	60.34
HKU94180	42	22.805	143	4.276	358.9	980,360.841	11.46	60.39
HKU94181	42	22.780	143	4.341	356.2	980,361.107	11.79	60.50
HKU94182	42	22.759	143	4.408	354.3	980,360.969	11.89	60.11
HKU94183	42	22.756	143	4.481	351.4	980,361.242	12.21	60.14
HKU94184	42	22.740	143	4.549	348.4	980,362.338	12.20	60.67
HKU94185	42	22.716	143	4.615	346.1	980,362.914	11.70	60.32
HKU94186	42	22.716	143	4.689	342.1	980,363.463	11.95	60.34
HKU94187	42	22.668	143	4.884	331.2	980,364.068	11.84	58.77
HKU94188	42	22.664	143	4.958	328.5	980,364.959	11.96	59.25
HKU94189	42	22.662	143	5.030	327.0	980,365.588	11.91	59.54
HKU94190	42	22.660	143	5.103	325.3	980,366.097	11.71	59.52
HKU94191	42	22.658	143	5.176	323.0	980,366.542	11.52	59.32
HKU94192	42	22.650	143	5.247	320.5	980,366.849	11.64	59.27
HKU94193	42	22.628	143	5.312	318.0	980,367.342	11.60	59.27
HKU94194	42	22.601	143	5.375	315.4	980,367.833	11.41	59.10
HKU94195	42	22.575	143	5.439	312.8	980,368.204	10.76	58.34
HKU94196	42	22.559	143	5.509	310.5	980,368.496	10.47	57.92
HKU94197	42	22.575	143	5.580	308.6	980,369.314	10.09	57.96
HKU94198	42	22.589	143	5.649	306.0	980,370.424	10.25	58.70
HKU94199	42	22.596	143	5.721	303.9	980,371.106	9.89	58.60
HKU94200	42	22.602	143	5.794	303.3	980,371.874	9.64	58.99

Appendix. (continued)

Station No.	Latitude ° ' ''		Longitude ° ' ''		Height m	Gravity mgal	T.C. mgal	B.A. mgal
HKU94201	42	22.607	143	5.866	303.4	980,372.312	8.97	58.77
HKU94202	42	22.613	143	5.939	303.4	980,372.871	8.30	58.65
HKU94203	42	22.618	143	6.011	303.5	980,373.171	7.68	58.34
HKU94204	42	22.624	143	6.084	301.1	980,373.863	7.98	58.85
HKU94205	42	22.629	143	6.156	297.9	980,374.514	8.03	58.92
HKU94206	42	22.635	143	6.229	294.7	980,375.113	8.27	59.12
HKU94207	42	22.640	143	6.301	291.4	980,375.674	8.45	59.21
HKU94208	42	22.646	143	6.374	289.1	980,376.231	8.56	59.41
HKU94209	42	22.651	143	6.446	286.8	980,376.530	8.32	59.02
HKU94210	42	22.657	143	6.519	284.6	980,377.144	7.79	58.66
HKU94211	42	22.662	143	6.591	282.4	980,377.719	7.32	58.33
HKU94212	42	22.668	143	6.664	280.7	980,378.090	7.03	58.06
HKU94213	42	22.679	143	6.736	280.2	980,378.125	6.54	57.49
HKU94214	42	23.55	143	8.05	239	980,389.690	4.09	57.21
HKU94215	42	24.87	143	8.89	195	980,402.854	2.46	58.13
HKU94216	42	24.74	143	8.30	220	980,397.837	3.40	59.16
HKU94217	42	24.42	143	7.62	240	980,392.633	5.09	60.05
HKU94218	42	24.50	143	6.48	263	980,388.197	7.65	62.56
HKU94219	42	24.33	143	5.94	281	980,384.287	7.73	62.52
HKU94220	42	24.38	143	5.12	311	980,378.826	9.39	64.53
HKU94221	42	22.696	143	4.821	334.0	980,363.654	11.73	58.75
HKU94222	42	10.61	142	54.46	46	980,352.211	1.46	- 1.31
HKU94223	42	9.74	142	54.94	26	980,352.682	1.53	- 3.39
HKU94224	42	7.89	142	54.62	3.7	980,347.534	0.53	- 11.12
HKU94225	42	7.96	142	53.43	4.2	980,344.208	0.78	- 14.20
HKU94226	42	7.34	142	55.52	4.1	980,346.530	0.56	- 11.20
HKU94227	42	7.28	142	57.90	10	980,346.013	1.40	- 9.62
HKU94228	42	8.62	142	59.25	212	980,319.378	1.63	1.56
HKU94229	42	8.82	142	56.88	12	980,348.913	0.95	- 9.09
HKU94230	42	9.68	142	57.19	22	980,355.606	1.22	- 1.46
HKU94231	42	10.73	142	56.67	90	980,347.193	1.82	2.48
HKU94232	42	10.12	142	57.74	28	980,356.484	2.07	0.78
HKU94233	42	10.47	142	59.90	155	980,339.312	1.94	7.84
HKU94234	42	10.47	143	0.50	115	980,346.598	3.47	8.82
HKU94235	42	8.68	143	0.18	299	980,304.463	2.37	4.36
HKU94236	42	9.90	143	1.82	193	980,330.282	3.76	8.94
HKU94237	42	9.64	143	2.57	272	980,313.992	4.36	9.15
HKU94238	42	9.27	143	2.98	437	980,283.953	4.72	12.42
HKU94239	42	8.79	143	3.68	245	980,324.228	7.59	18.59
HKU94240	42	8.44	143	4.29	186	980,338.448	5.68	19.85
HKU94241	42	8.21	143	4.74	149	980,348.414	3.40	20.62
HKU94242	42	11.50	142	59.35	70	980,359.324	5.43	13.14
HKU94243	42	11.68	143	0.54	112	980,355.089	3.28	14.72
HKU94244	42	12.56	143	0.69	151	980,348.621	2.47	13.76
HKU94245	42	13.28	142	57.59	115	980,362.277	2.91	19.72
HKU94246	42	23.93	143	12.32	137	980,403.359	1.22	47.44
HKU94247	42	23.62	143	11.06	188	980,395.180	2.16	50.67
HKU94248	42	23.39	143	10.24	232	980,386.028	3.76	52.09
HKU94249	42	21.73	143	17.09	85	980,386.925	0.52	23.41
HKU94250	42	21.70	143	15.57	110	980,393.526	0.79	35.23

Appendix. (continued)

Station No.	Latitude		Longitude		Height m	Gravity mgal	T.C. mgal	B.A. mgal
	°	'	°	'				
HKU94251	42	4.44	143	2.39	4.0	980,356.250	3.24	5.54
HKU94252	42	22.83	143	7.29	264	980,380.867	6.41	56.70
HKU94253	42	23.00	143	7.63	259	980,382.908	6.00	57.10
HKU94254	42	23.71	143	7.33	256	980,384.649	8.16	59.34
HKU94255	42	24.46	143	9.06	201	980,399.096	2.28	55.99
HKU94256	42	24.75	143	10.10	180	980,402.314	1.46	53.83
HKU94257	42	24.73	143	10.95	167.3	980,402.474	1.16	51.23
HKU94258	42	24.57	143	11.76	151	980,403.752	1.09	49.49
HKU94259	42	23.13	143	11.41	173	980,396.577	1.91	49.61
HKU94260	42	22.62	143	10.97	189	980,391.895	2.30	49.22
HKU94261	42	22.09	143	10.45	213	980,385.860	2.60	48.99
HKU94262	42	21.83	143	9.74	231	980,381.331	3.81	49.59
HKU94263	42	21.68	143	9.15	249	980,376.973	6.19	51.37
HKU94264	42	21.60	143	8.51	271	980,371.206	8.01	51.86
HKU94265	42	21.67	143	7.78	296	980,368.279	7.68	53.40
HKU94266	42	24.32	143	15.74	96	980,388.878	0.48	23.60
HKU94267	42	23.73	143	15.12	103	980,392.213	0.66	29.37
HKU94268	42	23.20	143	14.81	108	980,396.283	1.35	35.91
HKU94269	42	22.62	143	14.21	128	980,395.935	1.96	40.96
HKU94270	42	22.29	143	13.28	145	980,393.562	3.38	43.83
HKU94271	42	21.88	143	12.03	182	980,388.543	4.58	47.89
HKU94272	42	21.72	143	11.01	223	980,382.217	3.46	48.72
HKU94273	42	25.24	143	16.87	79	980,386.833	0.37	16.72
HKU94274	42	25.98	143	15.88	88	980,390.333	0.47	20.98
HKU94275	42	25.82	143	14.52	105	980,394.671	0.59	29.01
HKU94276	42	25.17	143	13.60	127	980,399.181	0.70	38.92
HKU94277	42	28.77	143	15.73	89	980,389.423	0.41	16.02
HKU94278	42	27.70	143	10.87	338	980,371.807	1.84	50.28
HKU94279	42	27.60	143	9.75	365	980,371.706	1.46	55.26
HKU94280	42	27.95	143	8.83	392	980,370.959	1.35	59.17
HKU94281	42	28.75	143	10.52	350	980,364.976	1.69	44.07
HKU94282	42	30.21	143	9.11	176	980,417.912	2.11	61.10
HKU94283	42	28.03	143	7.15	229	980,407.449	2.61	64.81
HKU94284	42	27.07	143	6.10	274.6	980,397.344	3.69	66.17
HKU94285	42	26.58	143	3.91	310	980,392.647	7.35	72.82
HKU94286	42	31.92	143	12.91	132	980,390.719	0.43	21.03
HKU94287	42	32.89	143	11.31	157	980,406.495	0.46	40.28
HKU94288	42	33.77	143	8.26	203	980,424.489	0.71	66.22
HKU94289	42	34.46	143	12.94	214	980,379.066	0.42	21.63
HKU94290	42	18.94	143	19.54	28	980,386.687	0.42	16.10
HKU94291	42	18.93	143	17.50	50	980,394.539	1.06	28.91
HKU94292	42	20.28	143	17.19	58	980,394.928	0.59	28.37
HKU94293	42	20.13	143	15.76	77	980,396.716	0.91	34.43
HKU94294	42	19.67	143	13.82	109.5	980,392.970	1.43	38.27
HKU94295	42	19.37	143	12.41	141	980,389.296	2.87	42.65
HKU94296	42	19.26	143	11.29	160	980,385.437	4.16	43.98
HKU94297	42	18.65	143	10.30	190	980,377.741	6.78	45.71
HKU94298	42	18.48	143	9.50	211	980,370.118	11.45	47.13
HKU94299	42	18.25	143	8.61	244	980,363.881	10.77	47.02
HKU94300	42	18.54	143	7.27	306	980,352.565	12.67	49.34

Appendix. (continued)

Station No.	Latitude		Longitude		Height m	Gravity mgal	T.C. mgal	B.A. mgal
	°	'	°	'				
HKU94301	42	18.61	143	7.78	275	980,357.694	13.16	48.77
HKU94302	42	21.29	143	18.58	60	980,381.955	0.39	14.07
HKU94303	42	22.14	143	21.31	42	980,367.858	0.29	- 4.92
HKU94304	42	22.91	143	18.55	60	980,379.163	0.35	8.81
HKU94305	42	23.68	143	20.81	37	980,366.811	0.23	- 9.32
HKU94306	42	24.73	143	21.57	29	980,359.141	0.21	- 20.16
HKU94307	42	27.45	143	20.76	39	980,364.802	0.19	- 16.64
HKU94308	42	28.20	143	19.00	52	980,373.087	0.24	- 6.88
HKU94309	42	28.46	143	17.35	70	980,381.145	0.30	4.37
HKU94310	42	8.65	142	50.27	6	980,338.056	0.43	- 21.39
HKU94311	42	9.01	142	51.64	12	980,344.815	0.72	- 13.71
HKU94312	42	10.32	142	51.90	12	980,353.171	0.82	- 7.22
HKU94313	42	10.13	142	48.31	23	980,336.266	0.86	- 21.64
HKU94314	42	9.75	142	46.59	5	980,332.339	0.44	- 28.94
HKU94315	42	11.33	142	45.89	19	980,336.953	0.64	- 23.75
HKU94316	42	13.90	142	43.22	20	980,352.654	0.46	- 11.90
HKU94317	42	14.84	142	45.31	29	980,359.982	0.73	- 3.95
HKU94318	42	15.90	142	46.17	46	980,364.307	0.98	2.37
HKU94319	42	17.63	142	47.22	62	980,372.307	2.98	12.90
HKU94320	42	18.88	142	46.91	96	980,379.366	5.05	26.82
HKU94321	42	20.20	142	47.60	94	980,402.988	4.32	47.34
HKU94322	42	21.50	142	49.25	160	980,383.129	9.50	43.65
HKU94323	42	23.39	142	48.79	220	980,383.138	7.80	50.88
HKU94324	42	24.46	142	49.15	250	980,386.288	11.53	62.05
HKU94325	42	24.61	142	49.32	250	980,383.735	13.52	61.26
HKU94326	42	24.71	142	49.67	280	980,378.550	10.91	59.20
HKU94327	42	24.90	142	50.26	290	980,382.485	10.89	64.79
HKU94328	42	25.19	142	50.70	310	980,384.755	10.08	69.74
HKU94329	42	26.15	142	51.80	380	980,389.211	13.39	89.81
HKU94330	42	26.10	142	51.62	380	980,388.833	10.84	86.96
HKU94331	42	25.68	142	51.10	340	980,388.061	9.77	77.89
HKU94332	42	22.75	142	50.69	290	980,367.902	9.76	52.30
HKU94333	42	22.30	142	51.92	270	980,370.620	7.81	49.82
HKU94334	42	22.24	142	52.47	250	980,373.717	9.88	51.15
HKU94335	42	22.57	142	52.94	280	980,373.258	8.36	54.57
HKU94336	42	18.36	142	45.99	167	980,355.843	2.05	14.10
HKU94337	42	21.96	142	42.75	232	980,359.967	3.43	27.85
HKU94338	42	23.56	142	42.64	180	980,373.741	3.32	28.91
HKU94339	42	15.86	142	41.04	22	980,371.314	0.52	4.28
HKU94340	42	16.76	142	36.19	35	980,356.464	0.59	- 9.31
HKU94341	42	17.84	142	35.56	44	980,357.361	1.02	- 7.85
HKU94342	42	18.39	142	33.73	42	980,342.991	0.99	- 23.46
HKU94343	42	19.66	142	31.43	45	980,337.391	0.99	- 30.38
HKU94344	42	9.75	142	46.59	5	980,332.352	0.44	- 28.93
HKU94345	42	6.40	143	3.37	72	980,357.729	8.69	22.85
HKU94346	42	6.99	143	3.67	91	980,354.066	9.04	22.37
HKU94347	42	8.39	143	5.60	140	980,350.504	3.82	21.10
HKU94348	42	8.81	143	5.74	150	980,349.954	4.36	22.41
HKU94349	42	9.46	143	6.29	170	980,351.722	4.48	27.25
HKU94350	42	11.25	143	5.29	230	980,336.015	6.80	22.95

Appendix. (continued)

Station No.	Latitude		Longitude		Height	Gravity	T.C.	B.A.
	°	'	°	'	m	mgal	mgal	mgal
HKU94351	42	12.22	143	5.11	270	980,330.771	8.13	25.43
HKU94352	42	12.72	143	5.29	300	980,328.370	8.54	28.57
HKU94353	42	13.82	143	5.77	370	980,323.416	6.81	33.98
HKU94354	42	14.03	143	6.59	420	980,311.848	11.51	36.62
HKU94355	42	10.21	143	6.25	194	980,348.124	4.96	27.72
HKU94356	42	9.67	143	7.23	224	980,344.225	4.16	29.71
HKU94357	42	9.28	143	8.34	258	980,338.574	4.37	31.53
HKU94358	42	9.02	143	8.92	280	980,332.248	5.22	30.76
HKU94359	42	8.48	143	9.71	308	980,325.381	5.58	30.55
HKU94360	42	7.66	143	4.40	142	980,348.406	5.41	22.07
HKU94361	42	8.15	143	6.19	173	980,344.632	6.08	24.32
HKU94362	42	7.99	143	6.50	201	980,340.447	5.15	24.93
HKU94363	42	8.07	143	7.26	286	980,325.784	3.93	25.61
HKU94364	42	8.12	143	7.70	322	980,320.696	4.17	27.75
HKU94365	42	7.93	143	8.89	402	980,305.274	4.05	28.20
HKU94366	42	11.00	143	7.64	253	980,343.620	4.76	33.40
HKU94367	42	11.23	143	8.69	300	980,333.833	7.50	35.23
HKU94368	42	11.40	143	9.40	342	980,324.572	7.62	34.08
HKU94369	42	11.76	143	10.47	420	980,306.296	10.14	33.10
HKU94370	42	12.05	143	7.11	306	980,333.740	5.92	33.51
HKU94371	42	12.49	143	7.13	336	980,329.319	6.20	34.59
HKU94372	42	13.31	143	8.22	440	980,306.070	11.27	35.61
HKU94373	42	5.61	143	2.71	64	980,351.389	8.15	15.59
HKU94374	42	5.42	143	5.63	87	980,356.747	6.49	24.07
HKU94375	42	6.48	143	5.39	173	980,345.656	5.76	27.53
HKU94376	42	6.13	143	6.90	200	980,337.336	8.10	27.37
HKU94377	42	4.42	143	6.78	62	980,354.153	3.06	14.65
HKU94378	42	5.39	143	8.43	177	980,341.884	9.11	29.53
HKU94379	42	6.00	143	9.03	260	980,325.659	9.14	28.69
HKU94380	42	4.35	143	8.28	108	980,355.197	4.20	25.96
HKU94381	42	17.61	143	19.05	35.9	980,389.555	0.56	22.65
HKU94382	42	17.36	143	18.04	59	980,388.900	0.72	27.06
HKU94383	42	17.51	143	17.33	80	980,387.934	1.04	30.30
HKU94384	42	27.41	143	15.20	86.6	980,392.859	0.56	21.17
HKU94385	42	29.46	143	14.85	97	980,395.144	0.63	22.49
HKU94386	42	30.96	143	12.75	126	980,394.436	0.64	25.22
HKU94387	42	32.10	143	9.83	164.1	980,417.737	0.67	54.31
HKU94388	42	31.28	143	8.89	158	980,423.527	1.11	60.58
HKU94389	42	30.64	143	5.89	211	980,422.630	2.63	72.55
HKU94390	42	29.21	143	2.15	260	980,410.877	11.93	81.86
HKU94391	42	28.19	143	1.10	280	980,406.267	11.76	82.54
HKU94392	42	16.38	143	0.97	311	980,338.185	4.51	31.02
HKU94393	42	16.04	142	59.90	215	980,353.684	5.48	29.17
HKU94394	42	14.19	143	0.26	199	980,347.855	3.02	20.52
HKU94395	42	15.11	142	54.66	82	980,377.524	3.05	25.90
HKU94396	42	16.63	142	54.27	124	980,372.716	6.82	30.81
HKU94397	42	18.39	142	55.70	140	980,374.610	7.66	34.04
HKU94398	42	19.40	142	57.45	250	980,362.673	9.82	44.32
HKU94399	42	17.15	142	53.74	110	980,375.929	8.86	32.53
HKU94400	42	17.71	142	53.51	130	980,375.347	9.19	35.36

Appendix. (continued)

Station No.	Latitude ° / '		Longitude ° / '		Height m	Gravity mgal	T.C. mgal	B.A. mgal
HKU94401	42	18.43	142	53.51	150	980,372.512	9.56	35.74
HKU94402	42	19.21	142	54.02	230	980,371.424	5.67	45.28
HKU94403	42	20.90	142	54.99	290	980,363.685	7.05	48.15
HKU94404	42	19.65	142	53.80	200	980,370.842	7.12	39.61
HKU94405	42	9.60	142	50.70	9	980,345.282	0.66	- 14.77
HKU94406	42	10.99	142	43.44	12	980,328.478	0.30	- 33.44
HKU94407	42	11.62	142	41.01	6	980,324.651	0.24	- 39.44
HKU94408	42	13.07	142	38.42	7	980,334.159	0.25	- 31.91
HKU94409	42	13.73	142	36.86	10	980,334.340	0.39	- 31.98
HKU94410	42	14.85	142	35.00	7	980,337.984	0.37	- 30.62

A density of 2.67 g/cm^3 is assumed. Gravity stations are listed in the order of measuring date and time. Gravity stations followed by an asterisk mark (“*”) show that gravity measurements were performed on the road inside a tunnel. Gravity values are referred to the Japan Gravity Standardization Net 1996 (JGSN96; Yamaguchi et al., 1997). Gravity stations with arc minute of geographical latitude and longitude down to three decimal places indicate that their altitudes and coordinates are determined by levelling. T.C.:Terrain Correction, B.A.:Bouguer Anomaly.