

伊勢湾沿岸域における海底重力調査 Ocean bottom gravity survey in the coastal zone of the Ise Bay area, central Japan

大熊茂雄^{1*}・宮川歩夢¹・駒澤正夫¹・杉野由樹²・押田 淳³
OKUMA Shigeo^{1*}, MIYAKAWA Ayumu¹, KOMAZAWA Masao¹, SUGINO Yoshiki²
and OSHIDA Atsushi³

Abstract: To better understand the shallow subsurface structure of the coastal area of the Ise Bay, an ocean bottom gravity survey was conducted in July - August 2019. Seventy two measurement points were arranged offshore between Yokkaichi and Suzuka, Mie Pref., at an interval of 0.25 km from north to south. These newly measured ocean bottom gravity data were processed with a terrain correction, assuming a density of 2.3 g/cm³ and the first-order residual bouguer gravity profile was created in addition to a bouguer gravity one. According to the profiles, the bouguer gravity increases steadily to the south, and the north-south difference amounted to around 35 mGal. Three highs were recognized on the first-order residual bouguer gravity profile. The southern part of the central one corresponds to the Shiroko-Noma Fault and the southern-most one may indicate a shallow basement there. The northern-most one shows the smallest amplitude and the southern part of the high may correspond to the Suzuka-oki Fault. However, further examination will be needed as there might have been some problems in the measurement. Comparing the gravity between new and past data, the latter which were measured a half century ago and both stations were closely located within 200 m with each other, no obvious differences were recognized. Therefore the newly observed data were merged with the existing ones to compile a complete bouguer gravity map.

Keywords: ocean bottom gravity survey, Bouguer anomalies, Ise Bay, Suzuka-oki Spur, Shiroko-oki Spur, active fault, Suzuka-oki Fault, Shiroko-Noma Fault, Ise Bay Fault

要 旨

伊勢湾沿岸域で浅部地下構造を広域的に把握するため2019年7月～8月に海底重力調査を実施した。三重県四日市市沖から鈴鹿市沖にかけての海域において250 mの測定間隔で測線上に測点を設け海底重力計を用いた重力調査を実施した。総測点数は72点である。新規に測定した重力データを処理し、地形補正も行って仮定密度2.3 g/cm³のブーゲー異常を求めた。また、一次傾向面残差も計算しプロファイル図を作成した。プロファイルデータを参照すると、ブーゲー異常は北部から南部に向かってほぼ一様に増大し、南北差は約35 mGalに及ぶ。ただし、一次傾向面残差のブーゲー異常を見ると3箇所で局所的な高まりがあり、中央の高まりの南側が白子-野間断層の位置に相当する。また、南部の高まりは3つのなかで最も顕著であるが、対応する表層の地質情報は認められず伏在する基盤構造に対応すると思われる。北部の高まりは3つのなかで最も振幅が小さく、その南側が鈴鹿沖断層の位置に対応するが、重力測定に付随する原因の可能性もあるため、

今後詳細に検討する必要がある。一方、今回新たに測定された海底重力データと約50年前に測定された既往の海底重力データについて200 m以下の近接した測点と比較すると大きな相違は認められないことが分かった。この後、新規測点データに既往の測点データを加えてブーゲー異常図を編集した。

1. はじめに

調査地の伊勢湾周辺は、渥美半島から紀伊半島は伊勢へ伸びる中央構造線の北部に位置し鈴鹿山脈、布引山地や美濃三河高原などの周囲を取り囲む山地に西南日本内帯の代表的な地質であるジュラ紀付加コンプレックス（美濃帯および丹波帯；水野ほか，2009）や領家帯を構成する領家変成岩類および領家深成岩類（牧本ほか，2004）が露出する。一方、伊勢湾は、上述を基盤として東海湖の構造的発展に伴い鮮新世-更新統の東海層群が堆積した後、更新世の間氷期の海面上昇に伴い古伊勢湾が形成された（桑原，1975）。

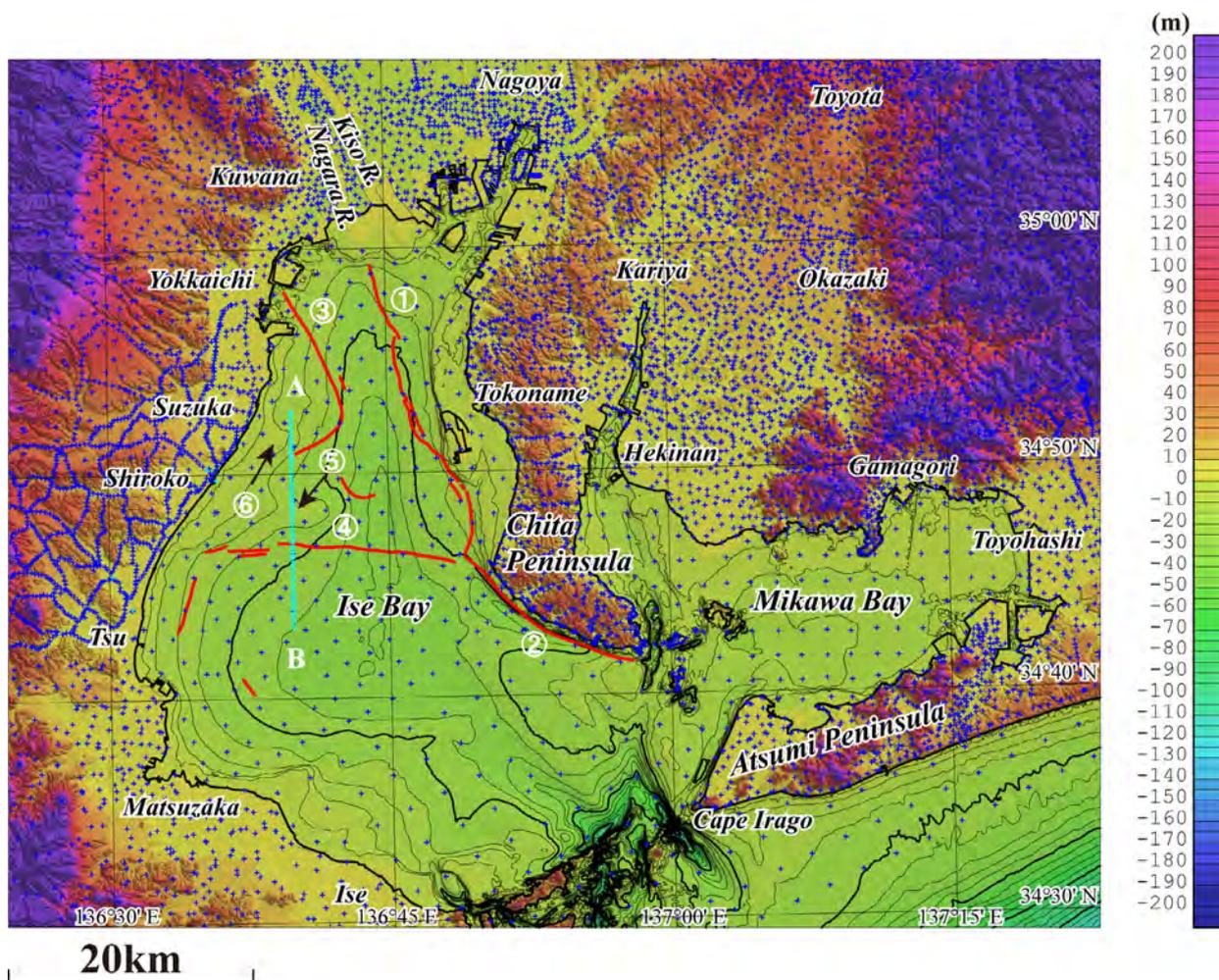
重力異常は、地下の密度構造を反映し、その分布形

*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, Research Institute of Geology and Geoinformation)

2 元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 (previously AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

3 川崎地質株式会社 (Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd.)



第1図 重力測定点分布図。背景の陰影図は地形。50 m メッシュ DEM (国土地理院, 1997) との海底地形デジタルデータ (日本海洋データセンター, 2012) を使用。水深のコンター間隔は 5 m。青の十字: 既存の重力測点。水色の十字: 海底重力測点および新規の陸上測点。A-B: 海底重力探査測線。赤の実線: 伊勢湾の活断層分布 (水野ほか, 2009)。①: 伊勢湾断層, ②: 内海断層, ③: 鈴鹿沖断層, ④: 白子-野間断層, ⑤: 白子沖海脚, ⑥: 鈴鹿沖海脚。

Fig. 1 Distribution of gravity stations. Shaded terrain relief is superimposed. The 50 m mesh DEM (GSI, 1997) and Bathymetry Digital Data (JODC, 2012) were used. Bathymetric contour interval is 5 m. Blue crosses: Pre-existing gravity stations. Light blue crosses: Ocean bottom gravity stations and newly land gravity stations. A-B: Ocean bottom gravity survey line. Red solid lines show offshore active faults after the Mizuno *et al.* (2009). Circled numbers show active faults (Mizuno *et al.*, 2009) and marine topography. 1: Ise Bay Fault, 2: Utsumi Fault, 3: Suzuka-oki Fault, 4: Shiroko-Noma Fault, 5: Shiroko-oki Spur, 6: Suzuka-oki Spur.

状や急変部の位置が断層分布と関連を持つ場合が多いことから、地下の断層構造を推定する有力な調査手法となっている。また、重力データの編集により、浅部地下構造も広域的かつ面的に把握することができる。伊勢湾東部には伊勢湾断層帯、西部には鈴鹿沖断層、湾中央部には東西方向に白子-野間断層等の存在が知られている。そこで、令和元年度には、伊勢湾沿岸域の三重県四日市市沖から鈴鹿市沖にかけての海域において、海底重力調査を実施した。当該海域では、半世紀前に海底重力調査が実施されており (中条・須田, 1971)、重力異常分布の概略が分かっている。しかしながら、測点間隔は 2 km ~ 3 km のため、詳細な重力異

常の変化を捉えられていない可能性もある。また、半世紀を経て重力計や位置測量装置も更新され、既往の測定データの信頼性を確認する必要もある。そこで、今回、上記の目的のため、加えて海陸に渡る断層の連続性や構造を明らかにするため、当該地域において測線上に測点を海底重力調査としては高密度に配置し海底重力測定を実施した。

2. 調査地域と編集データ

2019年7月下旬~8月上旬に伊勢湾沿岸域の四日市市沖から鈴鹿市沖の水深 50 m 以浅の海域で、250 m の

伊勢湾沿岸域における海底重力調査

第 1 表 伊勢湾沿岸域海底重力調査の仕様 .

Table 1 Outline of the ocean bottom gravity survey in the Ise Bay area, central Japan.

Survey period	July 27 – August 9, 2019
Survey area	Refer to Fig.1
Survey vessel	Umikaze (No.295-46435), 19 tons, 17 m (Yamaguchi Marine Co., Ltd.)
Station number	72 points
Navigation / Station location recovery	DGPS
Base ports	Shiroko Port, Suzuka, Mie Pref.
Reference absolute gravity station	Tsu GS (TSU, 34°44'04"N, 136°31'12"E, -1.26 m, 979714.99 mGal (JGSN2016)) (https://sokuseikagis1.gsi.go.jp/top.html)
Survey instruments	<p><u>At sea</u></p> <p>Ocean bottom gravimeter: OBG-2 (Sensor: Scintrex CG-5 with custom software/hardware (No. 081240453), Canada)</p> <p>DGPS: Crescent R100, Hemisphere Inc., USA</p> <p>Navigation System: Navigation Software, Marimex Japan,</p> <p>Gyro: GyroTrac, KVH Industries, Inc., USA</p> <p>Echo sounder: PDR-1300, Senbon Denki, CVS-1410, Kodan Electronics Co., Ltd.</p> <p>Pressure sensor: miniIPS, Valeport Ltd., UK</p> <p>CTD (Conductivity Temperature Depth profiler): MIDAS CTD, Valeport Ltd., UK</p> <p><u>On ground</u></p> <p>Land gravimeter: Scintrex CG-5 (No. 300900050), Canada</p>
Contractor	Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd.

測定間隔で測線上に測点を設けて海底重力計を用いた重力調査を実施した。当該地域では 1970 年代前半に当時の地質調査所により LaCoste& Romberg 社 H 型海底重力計を用いた重力調査が行われており (中条, 1971 ; 中条・須田, 1971, 1972), 伊勢湾では 326 点, 伊勢湾湾口部で 54 点, 三河湾で 143 点, 計 523 点の測定がなされている (中条・須田, 1972)。また, 併せて陸上でも重力調査が行われ, 383 点の測定がなされた (中条・須田, 1972)。また, 海底重力の測点間隔は 2 km ~ 3 km の格子状に近い配置がなされている。なお, 重力探査に用いられた探査機材の詳細については中条 (1971) に詳しい。これによると, 測位はオーディスターと呼ばれる電波測量機 (精度 10 cm) を用いて実施している。半世紀前とはいえ測点配置などの調査仕様は今日でも十分通用するものだが, 測位については現行の GNSS 測位に比べ実用精度に関しては劣る事が予想される。したがって, 当該地域で同程度の測点密度で海底重力測定が新たに実施できれば, 半世紀前のデータの精度を検証し, かつより詳細な重力異常分布が得られることが期待できる。しかしながら, 限られた予算のなかで上述の調査の実施は困難なため, 今回は伊勢湾で実施された音波探査測線に関連した測線を設定し, 測線状に重力調査を実施した。当初は, 複数の測線を想定したが, 沿岸域プロジェクトで新たに実施された音波探査結果を参考に, 効率の観点から単一の測線で調査を実施している。従来の海底重力調査では二次元分布

の測点配置をとっており, 今回が初めての測線配置での調査となった。

伊勢湾沿岸域では, 水深が浅く, かつ 250 m の測点間隔の測線上での測定であったため, 調査船の移動時間も少なく通常の海底重力調査と比べ効率的に調査が行えたのが特徴である。ちなみに, 測定点の水深の最深値は測点番号 72 の 31.98 m であった。

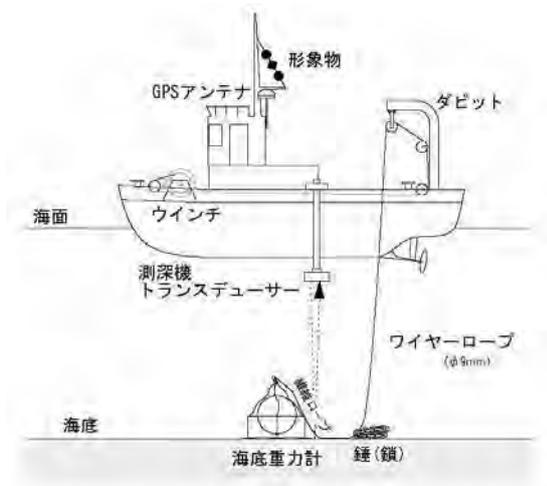
測定点分布図を陸域データ, 船上重力データとともに第 1 図に示す。海底重力の測定点数は 72 点となった。

3. 海底地形データ

海底重力データの補正で留意せねばならないのは, 測点周辺で精密な地形データによる地形補正が必要であることである。今回, 日本海洋データセンターによる海底地形デジタルデータ M7000 シリーズのうち当該地域である遠州灘 M7002 を基礎データとして用いて地形補正に使用する DEM のメッシュ構成に合わせてメッシュ化した。地形補正の精度を確保するため沖合域も含め極近傍・近傍地形補正用の 200 m メッシュの DEM を作成した。なお, 重力の測定は, 伊勢湾の水深が浅いため, 水深値は 13.32 m ~ 31.98 m となった。

4. 調査の方法

今回の調査の仕様を第 1 表に示す。基本的に使用機



第2図 海底重力調査の模式図。
Fig. 2 Schematic diagram of the ocean bottom gravity measurement.



写真1 海底重力調査船。
Photo 1 Survey vessel, Umikaze, 19 tons, 17 m (Yamaguchi Marine Co., Ltd.).

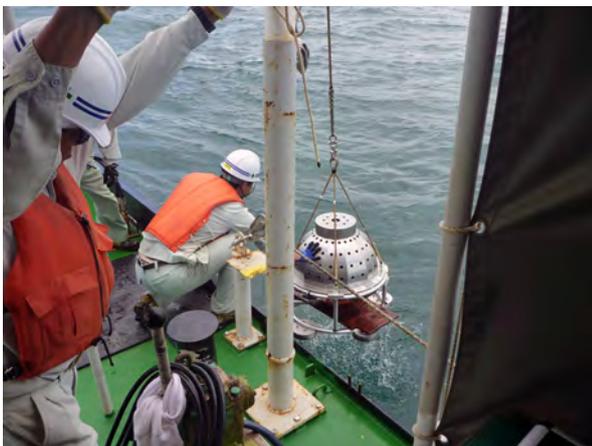


写真2 海底重力調査風景。
Photo 2 Ocean bottom gravity measurements.

材などは相模湾での調査（大熊ほか，2016）と同様である。

海域での重力測定は，産業技術総合研究所で所有する海底重力計を使用した（平成21年度製作；大熊ほか，2010）。使用した海底重力計は，センサー部に Scintrex 社製の CG-5 にハードウェアとソフトウェアの一部にカスタマイズを施したものを利用し，更に，システム制御部やデータ収録部を加えて耐圧容器に収納されたものである。測定システムの概要を第2図に，測定に使用した調査船を写真1に，また調査の様子を写真2に示す。本システムは，海中に投入後は全てオフラインでデータを収録できるので船上から制御しながら測定せねばならない LaCoste & Romberg 社製の海底重力計（HG-22）システムに比べ簡便で，ウインチやケーブルも小型で済む特徴がある。なお，日本国内で使用可能な海底重力計としては東京大学地震研究所所有（藤本ほか，1998）のものがあり，平成20年度に本研究の一環として実施された能登半島北部沖の海底重力調査に使用された。また，最近では民間の応用地質（株）・総合地質調査（株）が Scintrex 社の INO 海底重力計を導入している。こちらはアーマード・ケーブルを介して船上の制御装置で重力観測値をリアルタイムで表示することが可能だが，ケーブルの太さから大きめのウインチが必要となるなど産総研の海底重力計に比べやや大がかりとなる。さらに，最近，川崎地質（株）は産総研所有の海底重力計と同様なセンサー部に Scintrex 社製の CG-5 にハードウェアを持つ海底重力計を開発し，海底熱水鉱床の調査等に適用している（押田ほか，2020）。

測定作業は令和元年7月27日～8月8日（移動日も含む）に実施した。このうち，移動，陸上重力測定，艀装および艀装解除を除いた実質的な海底重力調査の期間は7月30日～8月7日の9日間である。内訳は調査実施日（出航日）が9日で待機日は0日であった。台風の影響で波高がやや高い日もあったが，調査地が内湾であったことに加えて，前回の相模湾東部と同様に使用した調査船（写真1）が今までよりもやや大型で安定性が高かったことで稼働率の高さにつながった。

実際の測定は，海底重力システム（写真2）を19トンの調査船（うみかぜ；写真1）に搭載し，測定点においてウインチ操作で重力計を海底に着底させ，約10分程度海底に静止状態で設置し自動収録する方法である（第2図）。調査地点までの誘導は，GPS装置と音響測深器を併用した。測定の精度は，陸上重力計と同様に重力計が如何に水平に保持されるかにかかっているが，本システムでは耐圧容器内にある自動姿勢制御機構により水平が保持され，更に，重力値はレベル補正が施される。精度は，陸上用重力計と同じで，約0.01 mGal



写真3 白子港重力基点。
Photo 3 Gravity base station at the Shiroko Port.



写真4 津第二地方合同庁舎地下室内に設置されている一等重力点（津GS）。

Photo 4 First-order gravity station, Tsu GS (the second common building for government offices in Tsu, Tsu, Mie Pref.).

である。なお、海底重力計の器械定数チェックのための測定は、2019年7月18日に海底重力調査に先だって東京都港区の川崎地質（株）本社ビルと筑波山重力検定点との間で行った。今回の検定ルートは最大で189 mGalの重力差がある。

海底重力測定は、鈴鹿市の白子港に設置した重力基準点（写真3）での閉塞測定により行った。基点での重力測定は出港前と帰港後にそれぞれ実施し、閉塞時間は1日以内とした。

白子港に設置した重力基準点の絶対重力値（日本重力基準網1996に準拠）は、7月29日に実施した津第二地方合同庁舎地下室内に設置されている一等重力点（津GS）（写真4）を基点とした2往復の閉塞測定により求めた。

なお、基点の重力値を得るには、Scintrex CG-5 (No.300900050) 陸上重力計を用い、検証測定としてLaCoste & Romberg社製G型陸上重力計G-911を用いた。

結果として、両者は数10 μ galで概ね整合したが、G-911は重力基準点での測定がなされていないので今回の絶対重力値の接続には反映させていない。

海底重力の測定地点の位置測量は、DGPS航法システムで行った。DGPS航法システムは、位置精度を高めることのほか、海底重力計を海底に設置している間、調査船が定点に留まらず重力計を牽引してしまう事態を避けるためにも利用した。位置精度は約0.002'（実長約4 m）以内である。

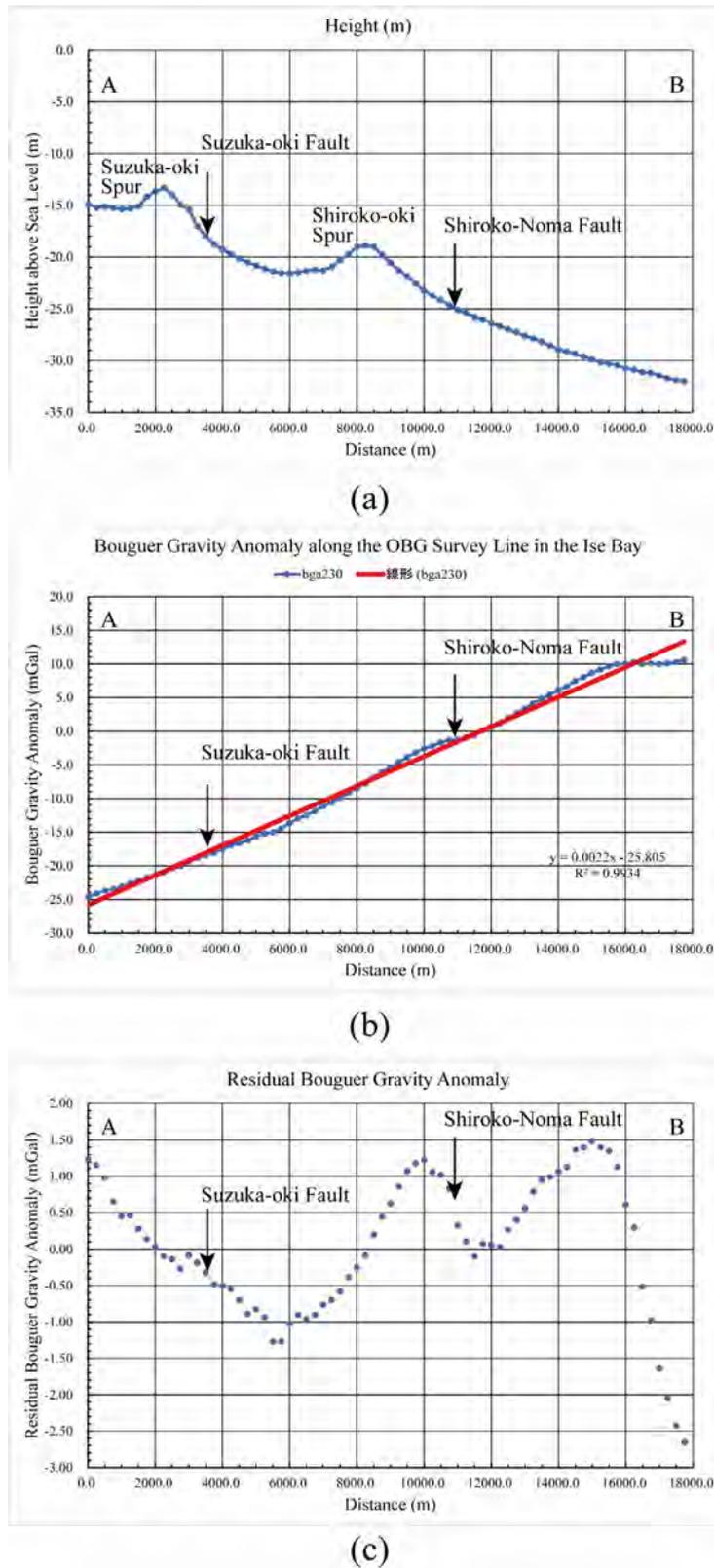
今回の調査海域は水深が浅く平坦な場所が多いことから、基本的に高精度の圧力計（Valeport社製miniIPS）により水深値を決定したが、念のため音響測深データも測定している。本調査で使用した音響測深機はPDR-1300（千本電気（株）製、発振周波数200 kHz、指向角6°）である。さらに補助として調査船装備の魚群探知機（（株）光電製作所製CVS-1410、発振周波数50 kHz（指向角58°×20°）/200 kHz（指向角17°×6°））も使用した。PDR-1300とCVS-1410は測深値をデジタル収録した。なお、CTD（Conductivity Temperature Depth Profiler）による測定を1日に1回実施し、圧力計による測定値からの水深値への圧力補正を行った。また、同様にCTDの測定から音響測深機による水深データの音波補正を行っている。

測点の音響測深機による深度は調査船が測点の直上にいる海底重力計着底時の値とし、圧力計による深度は計測値が落ち着く離底直前の値を採用した。これに潮位補正を施して0.05 m以内の精度で決定した。潮位補正用のデータは国土地理院鳥羽験潮所の毎時の実測潮位データを国土地理院HPから入手し、必要な時刻の値をスプライン補間により求めた。

5. 重力データの処理手法および編集

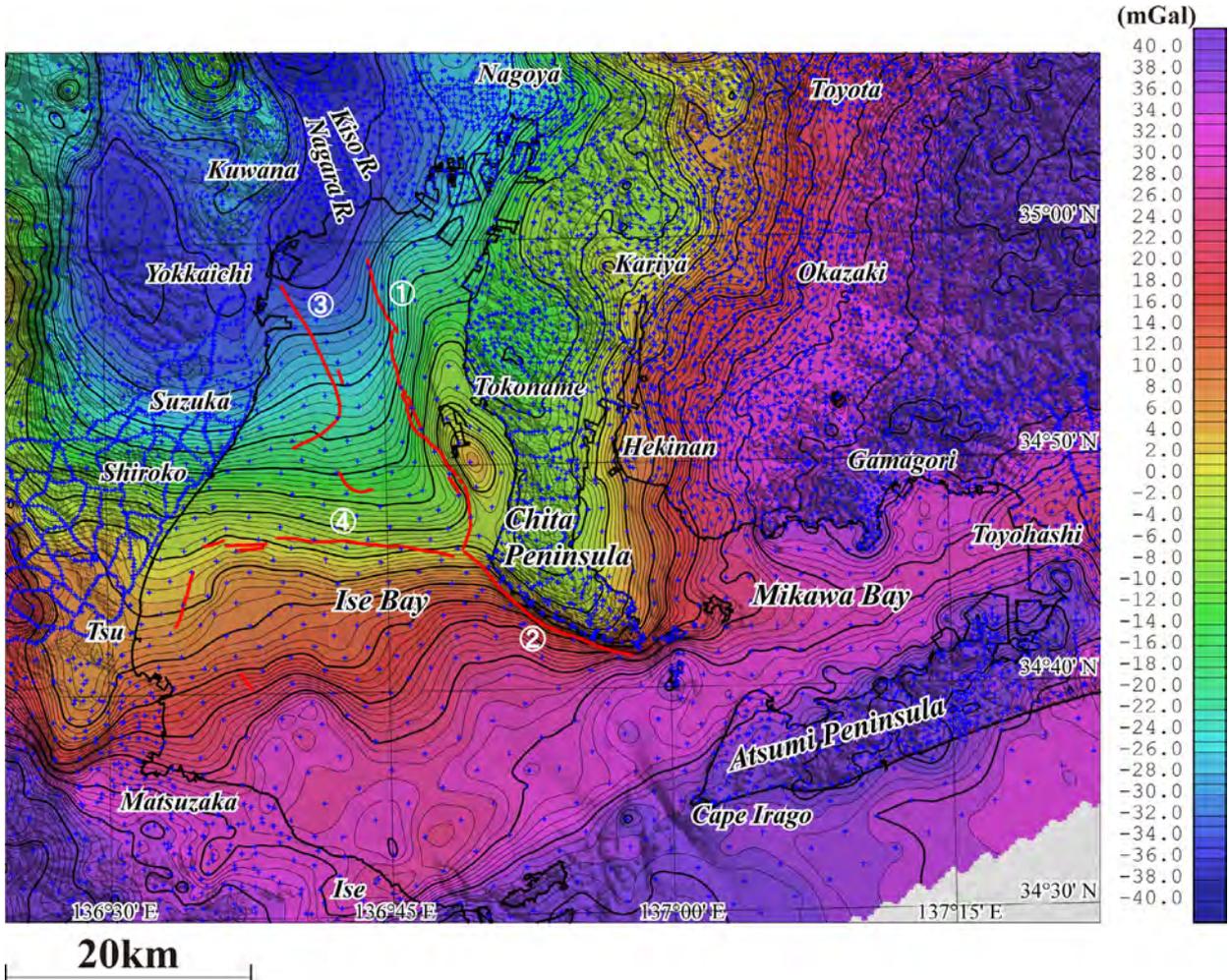
ブーゲー異常図を作成するに当たり、陸域も含めて統一した手法によって各種補正を行い、重力データを編集した。地形補正に関しては、陸域・海域とも地球の曲率による地形の球面効果を考慮した仮想扇形の集合体で近似する方法で実施した（駒澤、1988）。地形補正に用いた標高（水深）データについては、陸域は国土地理院作成の50 mメッシュを用い、海域については、日本海洋データセンターによる海底地形デジタルデータM7000シリーズのうち当該地域である遠州灘M7002を基礎データとして用いて地形補正に使用するDEMのメッシュ構成に合わせてメッシュ化した。

本調査域では、地形補正の精度を確保するため極近傍・近傍地形補正用の200 mメッシュのDEMを作成した。また、ブーゲー補正については、陸域と同じように海水準に一致する均質地球モデルからの残差密度



第 3 図 新規海底重力測点による伊勢湾沿岸域のブーゲー異常プロファイル。仮定密度は $2.3\text{g}/\text{cm}^3$ 。プロファイル位置は第 1 図参照。(a) 標高断面, (b) ブーゲー異常プロファイル (青点と青線) とその一次トレンド (赤線), (c) 残差ブーゲー異常プロファイル。

Fig. 3 Bouguer anomaly profile in the coastal zone of the Ise Bay area compiled from the newly observed data. Assumed density is $2.3\text{g}/\text{cm}^3$. See the location of the profile in Fig. 1. (a) Topographic cross-section, (b) Bouguer gravity anomaly (blue dot and line) and its linear trend (red line), (c) Residual Bouguer gravity anomaly by a subtraction of the linear trend from the Bouguer gravity anomaly.



第4図 既存測点による伊勢湾沿岸域のブーゲー異常。仮定密度は 2.3 g/cm^3 。コンター間隔は 1 mGal 。①～④は第1図参照。
 Fig. 4 Bouguer anomalies of the coastal zone of the Ise Bay area compiled from pre-existing data. Assumed density is 2.3 g/cm^3 . Contour interval is 1 mGal . See also Fig.1 for the circled numbers.

がブーゲー異常に反映するよう海水を仮定密度の物質で置き換える操作を行った。補正式については、無限平板ではなく地形補正と同じ範囲の有限の球殻（球帽）による方法によった。測定重力値は、日本重力基準網1996 (JGSN96) に準拠させ、地球規模の広域トレンド除去（緯度補正）には正規重力式による値（測地基準系1980）を用いた。なお、これらの処理にはフリーエア補正も含まれているが、それは厳密にはポテンシャル論的なりダクションでないためブーゲー異常値を海水準での値と考えるのは誤りで、あくまで海底（陸域については地表面）の測定点での値と考えるべきものである。

以上をまとめるとブーゲー異常 $\Delta g_0''$ は、

$$\Delta g_0'' = g + \rho B_s + T(\rho) + C_A - (\gamma - \beta h + 4\pi G \rho h H(h)) \quad (1)$$

[g-term] [γ -term]

となる。ただし、 g は測定重力値、 ρ は地殻の密度（仮定密度）、 B_s は球面ブーゲー補正值、 C_A は大気補正值、

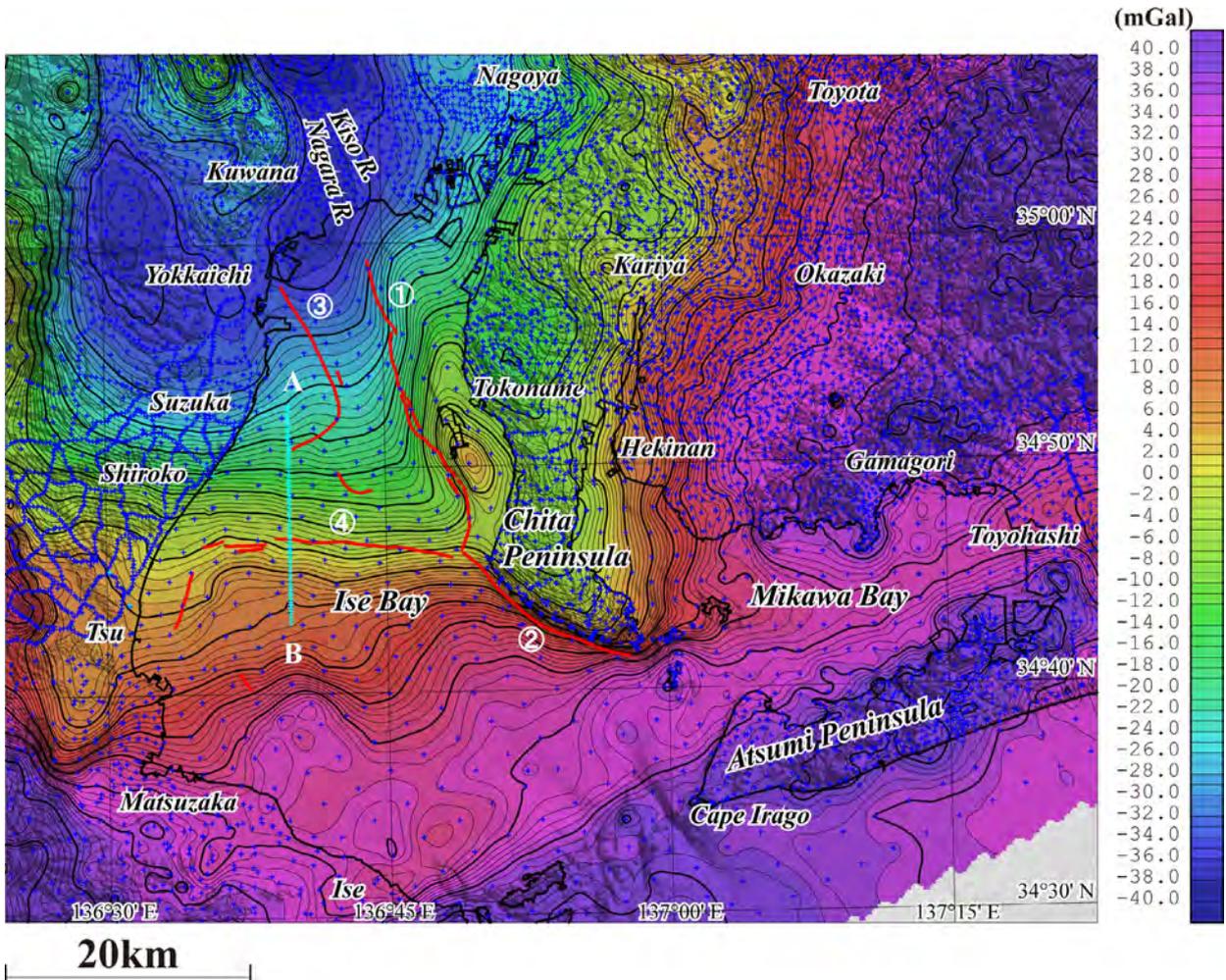
γ は正規重力値、 β は鉛直勾配、 h は標高（深度の場合には負値）で、 $H(h)$ は、以下とする。

$$H(h) = \begin{cases} 1 & (h < 0) \\ 0 & (h \geq 0) \end{cases} \quad (2)$$

水の密度を ρ_w とした陸域と海域の地形を合わせた全地形補正值 $T(\rho)$ は、

$$T(\rho) = \rho \cdot T_L + (\rho - \rho_w) \cdot T_W = \rho \cdot T_C - \rho_w \cdot T_W \quad (3)$$

となる。但し、 T_C （単位密度換算）は、測定面と地殻上面に挟まれた地形補正值、 T_L （単位密度換算）は、測定面と地殻上面もしくは水面で挟まれた部分の地形補正值、 T_W （単位密度換算）は、水域部分による地形補正值となる（駒澤，1989）。また、球面ブーゲー補正を実施したことにより球殻項を導入したことが従来と違う点となっている。



第 5 図 既存および新規測点による伊勢湾沿岸域のブーゲー異常。仮定密度は 2.3 g/cm^3 。コンター間隔は 1 mGal 。測線 A-B および①～④は第 1 図参照。

Fig. 5 Bouguer anomalies of the coastal zone of the Ise Bay area compiled from the pre-existing and newly observed data. Assumed density is 2.3 g/cm^3 . Contour interval is 1 mGal . See also Fig.1 for the line A-B and circled numbers.

6. ブーゲー異常

仮定密度を変えて検討を行ったところ、 2.3 g/cm^3 の場合に陸域の基盤岩の露出地域で重力異常のコンターパターンが滑らかになることから、陸域の表層の平均的な密度として 2.3 g/cm^3 を採用した。この仮定密度に基づきデータを編集して、海底重力測線に沿ったプロファイル図（水深（標高値）、ブーゲー異常、一次傾向面残差重力異常）を作成し第 3 図に示す。また、既存の陸域および海底の測点データから作成したブーゲー異常図（第 4 図）と、既存の測点に今回新たに実施した海底重力調査の測点を加えて作成したブーゲー異常図（第 5 図）とを作成した。

重力データは以下の要領で編集を行った。編集面積は約 $6,400 \text{ km}^2$ で編集に用いた重力データの総数は 7,715 点である。今回の編集では、日本重力 DVD-ROM（地質調査総合センター、2013）による地質調査所と新エ

ネルギー・産業技術総合開発機構のデータ、国際石油開発帝石（株）、（株）中日スタジアム、米国国家地理空間情報局（National Geospatial-Intelligence Agency）、名古屋大学の測定資料（Gravity Research Group in Southwest Japan, 2001）、および国土交通省国土地理院の閲覧資料を用いた。また、伊勢湾については海底重力計によるため通常の陸域測定と統一した精度で編集されている。

2019 年に実施した海底重力調査結果について、第 3 図を参照して簡単に述べる。水深プロファイル（第 3 図 (a)）をみると、水深は北部の湾奥から南部の湾口に向けて水深を増し、その途中の 2 箇所（各々鈴鹿沖海脚と白子沖海脚（岡村ほか、2013）に相当する。また、それら海脚の南方脚部においては、各々鈴鹿沖断層と白子-野間断層（岩淵、2000；水野ほか、2009）が分布する。ブーゲー異常プロファイル（第 3 図 (b)）においては、ブーゲー異常

第2表 既存および新規取得海底重力データの比較.

Table 2 Comparison between the gravity values of the previously and newly observed data.

Previously observed data (Chujo and Suda, 1971)					Newly observed data (this study)					Differences		
NST	x1 (m)	y1 (m)	Ht1 (m)	BGA1 (mGal)	NST	x2 (m)	y2 (m)	Ht2 (m)	BGA2 (mGal)	Dist. (m)	Ht (m)	BGA (mGal)
94	652368.23	3853653.98	-21.40	-10.596	30	652168.37	3853668.79	-20.93	-10.554	200.41	0.47	0.042
97	652287.94	3849308.08	-25.90	-0.067	48	652244.34	3849167.94	-26.07	0.126	146.77	-0.17	0.193
145	652274.59	3844593.52	-30.90	10.170	66	652317.45	3844669.30	-30.87	10.241	87.06	0.03	0.071

NST: gravity station number, (x, y): x and y coordinate values in UTM 53 N, Ht: Height, BGA: Bouguer gravity anomaly, Dist.: distance.

は北部から南部に向かってほぼ一様に増大し、南北差は約 35 mGal に及ぶ。ただし、一次傾向面残差の重力プロファイル（第3図(c)）を見ると3箇所局所的な高まりがあり、中央の高まりの南脚部が白子-野間断層の位置に相当する。また、南部の高まりは3つのなかで最も顕著であるが、対応する表層の地質情報は認められない。北部の高まりは3つのなかで最も振幅が小さく、その南脚部が鈴鹿沖断層の位置に対応するが、丁度調査日の境界(7/31と8/1)でもあることから、重力測定に付随する原因の可能性もある。いずれにしても、密度コントラストを考慮すると、重力異常は表層の堆積層分布と言うよりは、佐藤・古山(2018)にあるような音波探査による反射断面図での音響基盤の分布を反映していると考えられる。このため、今後、音波探査結果との比較検討を実施する予定である。

また、第4図と第5図とを比較すると、少なくともこのスケール(原寸50万分の1)での1 mGalコンターの重力図において大きな相違は認められず、伊勢湾における既往の海底重力測点が従来どおり使用可能であることを示している。事実、距離が大凡200 m以内の近接した測点間における重力値(ブーゲー異常値)の差は、数10 μ Gal程度であるが、場合によっては100 μ Galを超える点もある(第2表)。

次に、第5図を参照してブーゲー異常分布の概略の特徴を述べる。

重力異常は、フィリピン海プレートの沈み込みによる南から北に向かって重力異常が小さくなる広域傾向面を除けば、概ね地形と相関を示している(駒澤, 2009)。知多半島以東の領家変成岩類および領家花崗岩類の分布域では高重力異常が分布する。また、渥美半島から志摩半島方向に中央構造線南方に高重力異常が分布し、三波川変成岩類の分布と対応する。知多半島とその北方は低重力域となるが、常滑市の西方海域の伊勢湾では、局所的な高重力域が海岸線と平行に北北西-南南東方向に分布する。付近に建設された中部国際空港の事前調査で、当該海域には常滑層群(知多半

島の東海層群)が音波探査の基盤として認められ、またボーリングによってもその存在が確認されており、高重力域は常滑層群の分布域に対応する可能性がある。

一方、濃尾平野や伊勢平野では低重力異常域となり、ボーリング調査により濃尾平野の地下には中新統を覆って最大層厚1,500 m以上の未~半固結堆積物(東海層群および中部更新統以上の地層)が分布する(小松原, 2009)ことから、これらの分布に対応すると考えられる。図面北西端および西端付近は、養老山地、鈴鹿山脈(共に図画外)の縁辺部に位置し、高重力異常が分布し、各々美濃帯付加コンプレックスおよび領家変成・深成岩類の分布に対応する。

伊勢湾およびその周辺においては、湾口から湾奥の濃尾平野および伊勢平野北部に向かってブーゲー異常値が小さくなり、その範囲は大凡-37.8 mGal ~ 38.4 mGalでその差は約76 mGalに及ぶ。前述のように湾奥から知多半島の西方海域に約5 mGalの高重力異常が分布し、その西端付近に北北西-南南東方向の伊勢湾断層が分布する。一方、知多半島南端部の伊勢湾断層延長部には、内海断層が方向を北西-南東に変え海岸線付近に分布するが、そこは重力異常の急変帯となり重力値は大凡15 mGal陸側が低くなる。伊勢湾のほぼ中央、白子と津の中間地点の東方海域には東西方向に白子-野間断層が分布し、詳細に見るとこの南北で重力異常分布の特徴が異なる。断層の北側では大凡北方への単調減少となるが、南側では水深が30 mを超える部分の東西に各々局所的な高重力異常帯が認められることから、当該海域では基盤深度が浅くなることが推察される。

7. まとめ

伊勢湾沿岸域で浅部地下構造を把握するため海底重力調査を測線上の72点で実施した。新規に測定した重力データを処理し、地形補正も行って仮定密度2.3 g/cm³のブーゲー異常を求めた。処理結果のプロファイル

データを参照すると、ブーゲー異常は北部から南部に向かってほぼ一様に増大し、南北差は約 35 mGal に及ぶ。ただし、一次傾向面残差の重力異常を見ると 3 箇所局所的な高まりがあり、中央の高まりの南側が白子-野間断層の位置に相当する。また、南部の高まりは 3 つのなかで最も顕著であるが、対応する表層の地質情報は認められず伏在する基盤構造に対応すると思われる。北部の高まりは 3 つのなかで最も振幅が小さく、その南側が鈴鹿沖断層の位置に対応するが、重力測定に付随する原因の可能性もあるため、今後詳細に検討する必要がある。一方、今回新たに測定された海底重力データと約 50 年前に測定された既往の海底重力データとを比較すると大きな相違は認められず、親和性が高いことが分かった。

謝辞：本調査に関連して地元漁業協同組合（三重県四日市市，同鈴鹿市，同白塚，以上 3 漁協）にご協力いただいた。ここに記して感謝申し上げます。

文 献

- 地質調査総合センター（2013）日本重力データベース DVD 版。数値地質図 P-2，産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- 中条純輔（1971）伊勢湾北部の重力探査と海底重力計。地質ニュース，no. 201，5，1-13。
- 中条純輔・須田芳朗（1971）伊勢湾北部の重力分布とその考察。地調月報，22，8，415-435。
- 中条純輔・須田芳朗（1972）伊勢湾南部と三河湾の重力分布とその考察。地調月報，23，10，573-594。
- 藤本博巳・押田淳・古田俊夫・金沢敏彦（1998）海底重力計の開発。海洋調査技術，10，1，25-38。
- Gravity Research Group in Southwest Japan (Representatives: Ryuichi Shichi and Akihiko Yamamoto) (2001) Gravity Measurements and Database of Nagoya University and Kyoto University, Gravity Database of Southwest Japan (CD-ROM). *Bull Nagoya University Museum, Special Rept.*, no. 9.
- 岩淵 洋・西川 公・野田直樹・川尻智敏・中川正則・青砥澄夫・加藤 勲・安間 恵・長田 智・角谷昌洋（2000）伊勢湾における活断層調査。水路部研究報告，36，73-96。
- 国土地理院（1997）数値地図 50 m メッシュ（標高），日本 II。
- 小松原琢（2009）3.8 地下地質。20 万部の 1 地質図「名古屋」（第 3 版），産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- 駒澤正夫（1988）仮想扇形地形による重力地形補正法。測地学会誌，34，11-23。
- 駒澤正夫（1989）海水準下測定のブーゲー異常の考え方。測地学会誌，35，349-351。
- 駒澤正夫（2009）6. 重力異常。20 万部の 1 地質図「名古屋」（第 3 版），産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- 桑原 徹（1975）濃尾形動盆地と濃尾平野。アーバンクボタ，no. 11，18-20。
- 牧本 博・山田直利・水野清秀・高田 亮・駒澤正夫・須藤定久（2004）20 万部の 1 地質図「豊橋及び伊良湖岬」。産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- 水野清秀・小松原 琢・脇田浩二・竹内圭史・西岡芳晴・渡辺 寧・駒澤正夫（2009）20 万部の 1 地質図「名古屋」（第 3 版）。産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- 日本海洋データセンター（2012）海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ（アスキーファイル）。M7002 Ver. 2.0 遠州灘。
- 岡村行信・坂本 泉・滝野義幸・横山由香・西田尚久・池原 研（2013）伊勢湾に分布する布引山地東縁断層帯東部海域部の位置・形状と過去の活動。活断層・古地震研究報告，no. 13，187-232。
- 大熊茂雄・駒澤正夫・押田 淳（2010）海底重力計の製作と実海域試験。平成 21 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告，産業技術総合研究所地質調査総合センター速報，no. 54，95-103。
- 大熊茂雄・駒澤正夫・伊藤 忍・押田 淳（2016）相模湾東部沿岸域における海底重力調査。平成 27 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告，産業技術総合研究所地質調査総合センター速報，no. 71，129-137。
- 押田 淳・立花冬威・角 知則・久保田隆二（2020）海底重力計の開発と海底熱水鉱床探査への適用。物理探査，73，23-32。
- 佐藤智之・古山精史朗（2018）伊勢湾沿岸域における反射法地震探査の概要。平成 29 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告，産業技術総合研究所地質調査総合センター速報，no. 76，1-9。