

出雲平野および松江平野の深部地盤構造

足立 正夫¹・野口 竜也²・小村 紘平³・西田 良平⁴

¹鳥取県立米子工業高等学校（〒683-0052 鳥取県米子市博労町4-220）

E-mail:adachi_ms1@mailk.torikyo.ed.jp

²鳥取大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻（〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101）

E-mail:noguchit@cv.tottori-u.ac.jp

³鳥取市水道局（〒680-1132 鳥取県鳥取市国安210-3）

⁴放送大学鳥取学習センター（〒680-0845 鳥取市富安2-138-4）

E-mail:tottori-head@u-air.ac.jp

本研究の対象とする島根県東部の平野部では、過去の被害地震において震源から離れているにもかかわらず、被害が生じた地域であることが報告されている。その原因として地盤震動特性、地盤速度構造が少なからず影響したものと考えられる。そこで出雲平野および松江平野において微動アレイ観測および重力異常データに基づき地盤構造について検討を行った。微動アレイ観測データから、S波速度3000m/s以上の最下層までの深度は約1300m～2300mであることがわかった。重力異常から2次元および3次元の密度構造を把握することができた。

Key Words : Izumo Plain, Matsue Plain, underground structure, microtremor, gravity anomaly

1. はじめに

島根県の東部に位置する本対象地域では、1707年宝永地震、1854年安政南海地震、1872年浜田地震、1946年南海地震などの被害地震において、震源から離れているにもかかわらず被害が生じたことが

報告されている¹⁾。その原因として地盤構造が少なからず影響したものと考えられる。そこで出雲平野および松江平野において図-1に示す位置で実施された微動アレイ観測データ^{2) 3)} および重力異常データ³⁾を用いて深部地盤構造を推定した。

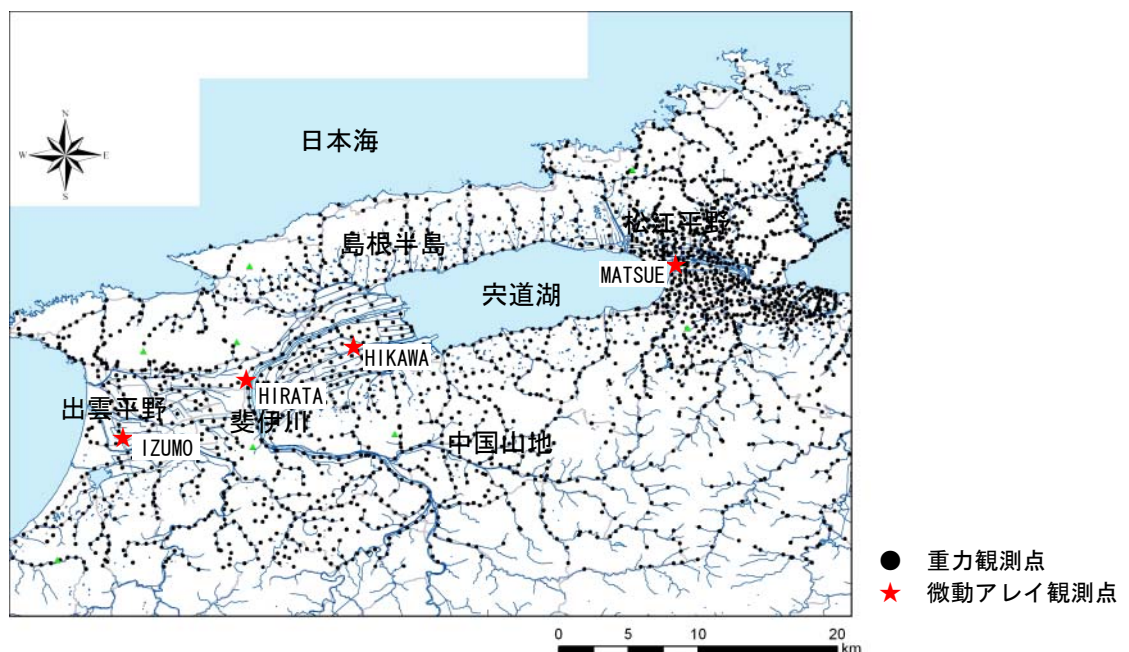


図-1 微動アレイおよび重力観測点位置

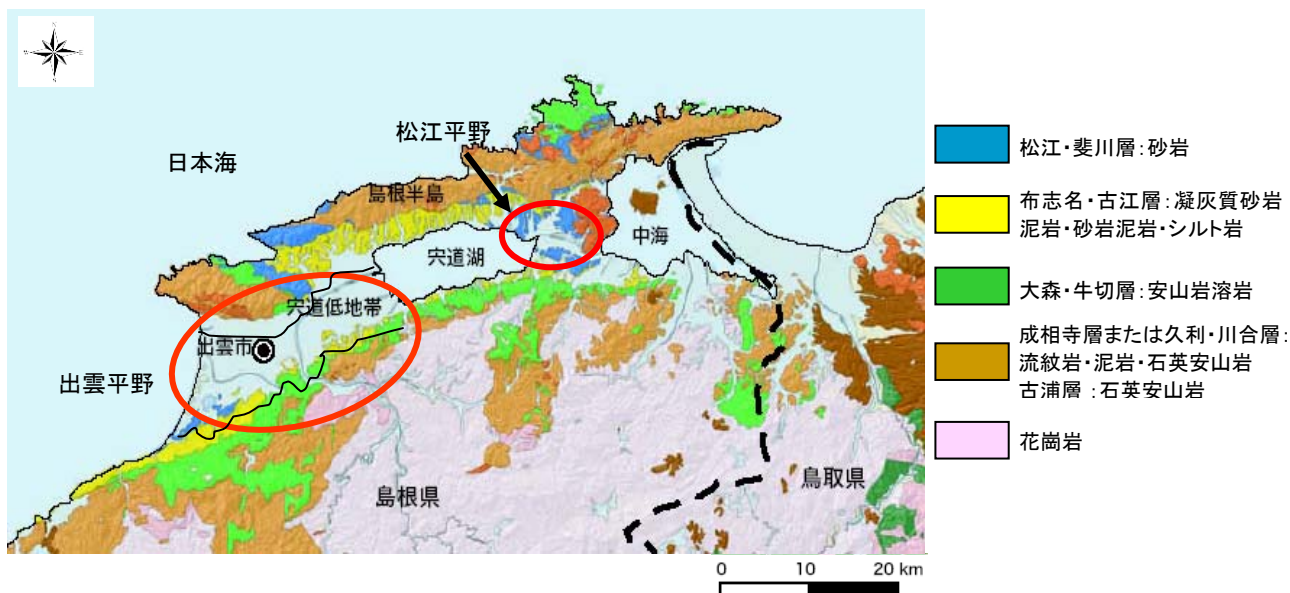


図-2 表層地質図；文献⁵⁾に加筆

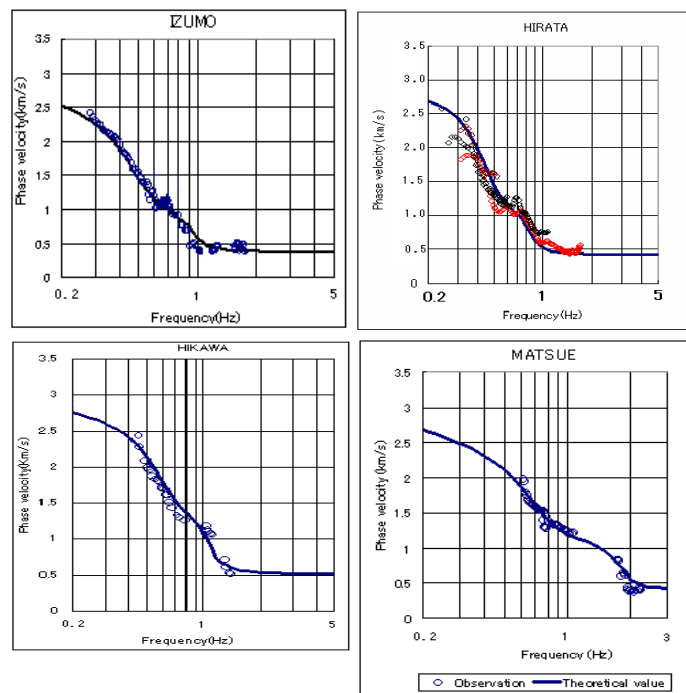


図-3 位相速度分散曲線；○：観測値，—：理論値

表-1 地盤構造モデル

IZUMO				HIRATA			
層厚 (m)	密度 (t/m ³)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
200	2.0	400	1730	250	2.0	450	1790
900	2.3	1500	2800	300	2.3	1500	2900
1200	2.5	2500	3800	1100	2.5	2500	3800
∞	2.6	3400	5100	∞	2.6	3400	5100

HIKAWA				MATSUE			
層厚 (m)	密度 (t/m ³)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
240	2.0	560	1910	110	2.0	1742	430
90	2.3	1500	2900	560	2.3	2733	1300
1100	2.5	2500	3800	630	2.5	3510	2000
∞	2.6	3400	5100	∞	2.6	5125	3482

2. 地形および地質

出雲平野は島根県中東部に位置し、島根半島と中国山地北端の間の宍道湖西岸に発達した東西約20km、南北約8kmの沖積平野である。中心部を南北方向に斐伊川が横断する。第四紀層の下部の基盤岩類は主に上位から、新第三紀の布志名層・古江層(凝灰質砂岩泥岩・泥岩砂岩・シルト岩)、大森層・牛切層(安山岩溶岩)、久利・川合層(流紋岩・泥岩・石英安山岩)・古浦層(石英安山岩)、古第三紀の基盤岩類(花崗岩)に区分される。

図-2に表層地質図⁵⁾を示す。

松江平野は島根県東部に位置し、宍道湖東岸に発達した東西約4km、南北約2.5kmの沖積平野で、中心部を西から東の方向に大橋川(斐伊川)が流れ、宍道湖と中海に挟まれた形である。第四紀層の下部の基盤岩類は主に上位から、新第三紀の松江層または布志名層・古江層(凝灰質砂岩泥岩・泥岩砂岩・シルト岩)、大森層・牛切層(安山岩溶岩)、成相寺層あるいは久利・川合層(流紋岩・泥岩・石英安山岩)・古浦層(石英安山岩)、古第三紀の基盤岩類(花崗岩)に区分される。

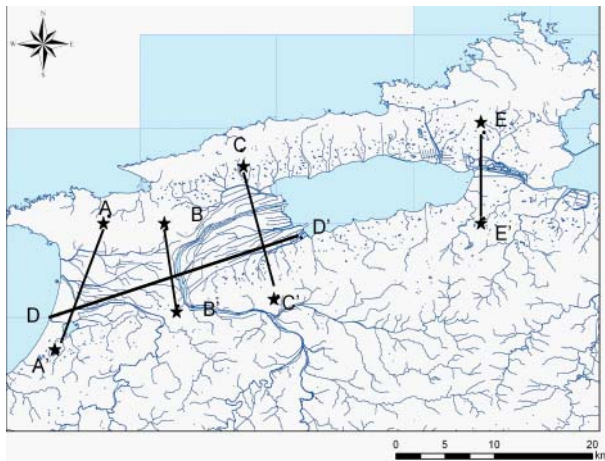


図-4 2次元定量解析の断面位置

3. 解析

(1) 微動データによる解析

微動アレイ観測のデータとしては、出雲平野では³⁾ IZUMO, HIRATA, HIKAWA, 松江平野では²⁾ MATSUEにおいてアレイ半径125m~2kmの観測データを用いて地盤構造モデルを推定した。、IZUMO, HIKAWA, MATSUEではf-k法⁶⁾, HIRATAではSPAC法⁷⁾により位相速度の分散曲線を求め、地質構造、K-netおよびKik-netのPS検層等を参考にフォワードモデリングにより構造モデルを決定した。図-3に位相速度分散曲線、表-1に得られた地盤構造モデルを示す。

(2) 重力異常データによる解析

重力異常データは、既存データベース⁸⁾⁹⁾ 792点と既往の研究³⁾によるデータ21点をあわせた813点のデータを用いて解析を行った。本対象地域では島根半島の山地および平野南域の中国山地の第三紀の地層が平野部の基盤であると考えられる。そこで基盤の密度をG-H相関法¹⁰⁾を用いて推定した結果 2.5t/m^3 であった。この値を仮定密度として重力異常を求め、2次元もしくは3次元解析¹¹⁾により2層モデルの密度構造を推定した。図-4に2次元定量解析の断面位置、図-5に2次元密度構造とS波速度構造モデルを重ねたもの、図-6に3次元解析結果を示す。

4. 地盤構造モデル

(1) S波速度構造

最上部のS波速度については既往の研究による浅部地盤構造の推定結果から第四紀層の平均程度としている。

IZUMOについては、表層の $V_s=400\text{m/s}$ の層厚はおよそ200m, $V_s=1500\text{m/s}$ の層厚はおよそ900m, $V_s=2500\text{m/s}$ の層厚はおよそ1200mとなり、最下層は地表からおよそ2300mと推定された。

HIRATAについては、表層の $V_s=450\text{m/s}$ の層厚は

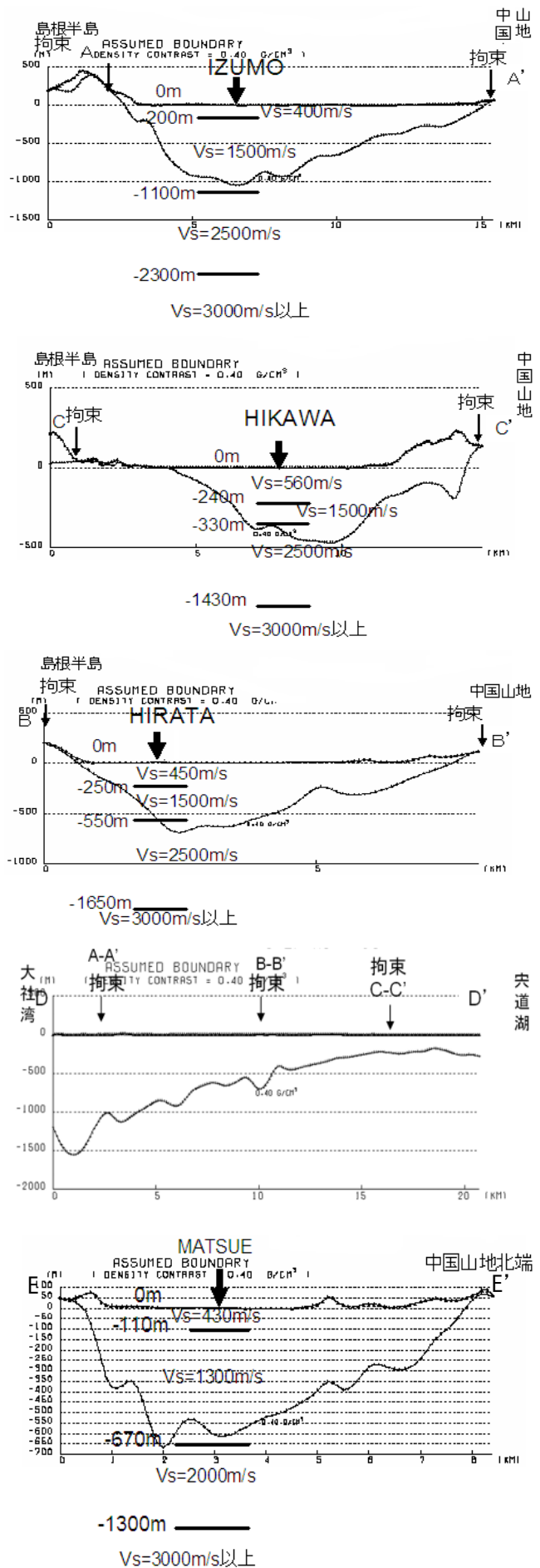


図-5 2次元密度構造とS波速度構造

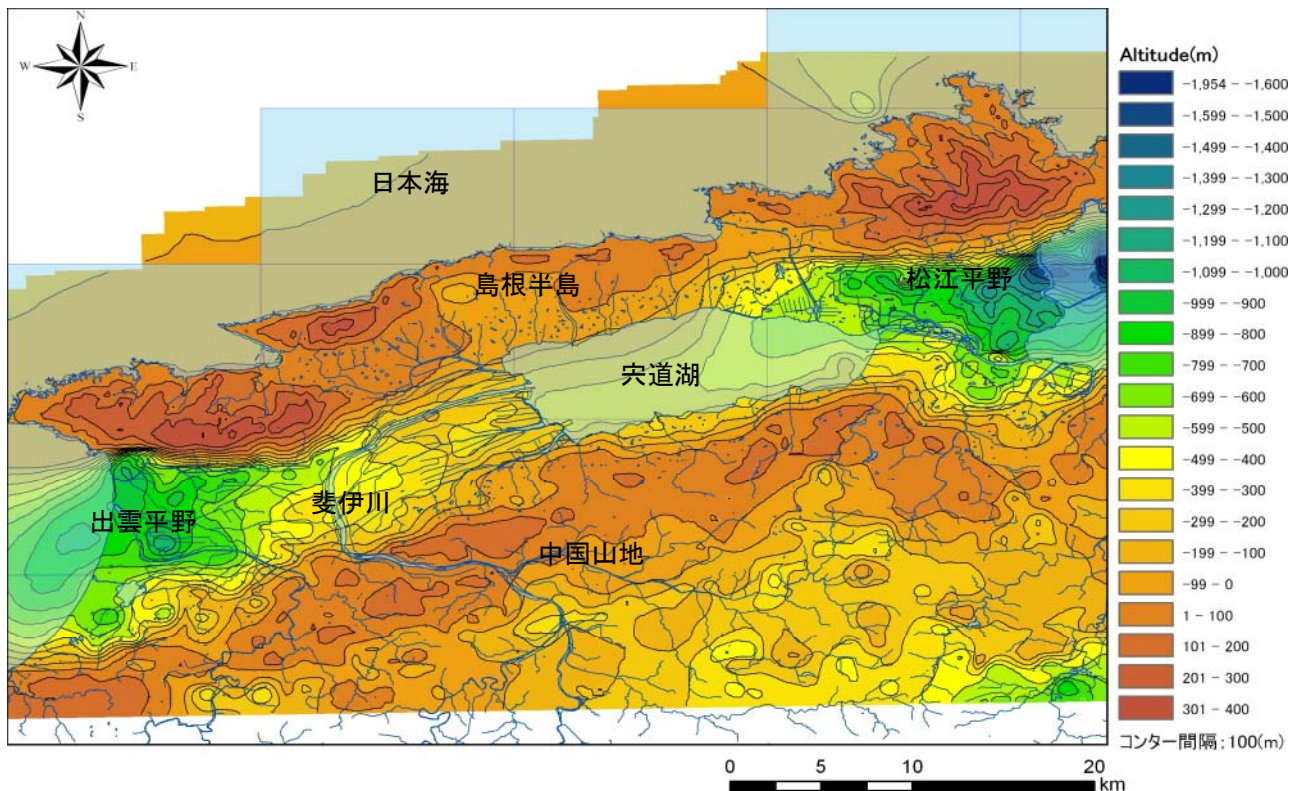


図-6 3次元基盤構造

およそ250m, $V_s=1500\text{m/s}$ の層厚はおよそ300m, $V_s=2500\text{m/s}$ の層厚はおよそ1100m, 最下層の深さはおよそ1650mと推定された。

HIKAWAについては、表層の $V_s=560\text{m/s}$ の層厚はおよそ240m $V_s=1500\text{m/s}$ の層厚はおよそ90m, $V_s=2500\text{m/s}$ の層厚はおよそ1100m, 最下層の深さはおよそ1400mと推定された。

MATSUEについては、最上部の堆積層の層厚は110m, その下の $V_s=1300\text{m/s}$ の層厚はおよそ560m, $V_s=2000\text{m/s}$ の層厚はおよそ630m, 最下層（地震基盤相当層）は地表からおよそ1300mと推定された。

(2) 2次元基盤構造

出雲平野および松江平野の基盤構造を推定するにあたり、密度差を与えた表層と基層よりなる均質な2層構造を仮定して、2次元定量解析により境界面を求めた。推定断面として、松江平野は南北方向に切る E-E'断面、出雲平野は南北方向に切る A-A'断面、B-B'断面、C-C'断面、東西方向に切る D-D'断面を選んだ。コントロールポイントとして松江の E-E'断面および出雲の A-A'断面、B-B'断面、C-C'断面には新第三系の岩盤が露出していると考えられる地点に置き、基盤深度を0に、D-D'断面には A-A'断面、B-B'断面、C-C'断面との交点に置き、表層密度を 2.1t/m^3 , 基層密度を 2.5t/m^3 。（表層と基層の密度差を 0.4t/m^3 ）とした。

出雲平野について、A-A'断面について、2層モデルの基盤深さは、最深部で1050m程度であった。

これに対し S 波速度構造では、2500m/s 層までの深さは1100mである。B-B'断面について、2層モデルにおける基盤の深さは、最深部で約600m~700mとなった。これに対し S 波速度構造では、2500m/s 層までの深さ550mである。C-C'断面について、2層モデルにおける基盤の深さは、最深部で約450mとなった。これに対し S 波速度構造では、2500m/s 層までの深さ330mである。D-D'断面について、西側が深く1100m程度となり、平野中央付近で500m程度となり、東側の宍道湖に向かって浅くなっている。

松江平野の E-E'断面について、2層モデルにおける基盤の深さは、最深部で約670mであった。これに対し S 波速度構造では、 $V_s=1300\text{m/s}$ と $V_s=2000\text{m/s}$ の境界までの深さは630mである。

また、重力異常を用いた2次元解析による基盤面に関して、出雲平野では S 波速度構造の $V_s=1500\text{m/s}$ と 2500m/s の境界、松江平野では $V_s=1300\text{m/s}$ と $V_s=2000\text{m/s}$ の境界に対応していると思われる。地質層序から見れば新第三紀の大森層と久利・河合層の境界を示していると推測される。

5. 3次元基盤構造

(1) コントロールポイント

S 波速度構造モデルの基盤深度情報と残差重力異常値を利用して3次元の基盤構造の定量化を試み

る．基本的な手順としては，2次元構造の推定と同様であるが，5000m の上方接続による残差重力値を用いている．コントロールポイントとしては新第三紀もしくは花崗岩類の岩盤が露出していると考えられる地点 8 点を基盤深度 0m，微動アレイ観測点 4 点については $V_s=2000\text{m/s}$ 層もしくは 2500m/s 層までの深さを拘束させる条件とした．

(2) 3次元基盤面

出雲平野における基盤形状は，斐伊川を挟んで平野東部地域と平野西部地域では違いが見られる．東部地域の基盤は浅く，島根半島から平野の中央付近まで基盤がせり出している．西部地域の基盤形状は，島根半島側の急変や，西方に向け深くなる傾向が見られる．西部地域を南北方向で見ると，島根半島側で急激に深くなり平野部下部は深く中国山地北端側で浅くなっており，西部地域は深い谷形状をなしている．

松江平野における基盤形状は，島根半島側で急変していること，そして西方に向け浅くなる傾向が見られる．南北方向で見ると，平野の北側の島根半島側で基盤が急激に深くなり平野の真下が一番深くそこから南に向かって緩やかな傾斜で浅くなっていくことがわかる．

全域を見ると，南北方向は島根半島と中国山地北端に挟まれた谷形状をなしている．東西方向においては，出雲平野東部地域と松江平野の間の宍道湖付近で基盤が浅く，そこを境に西と東に基盤が下がる傾向がある．

6. まとめ

出雲平野および松江平野において実施された微動アレイ観測および重力異常データにより，深部地盤構造の推定を行い，次のような結果を得た．

- (1) アレイ観測記録の解析を実施した 4 箇所では $V_s=400\sim 3400\text{m/s}$ の S 波速度構造を得ることができた． $V_s=3000\text{m/s}$ 以上の最下層までの深度は約 $1300\text{m}\sim 2300\text{m}$ であることがわかった．
- (2) 重力異常データによる 2 次元定量解析から，平野を南北に横切る断面の密度構造を推定することができた．基盤の最深部は松江平野で 670m ，出雲平野で約 1100m となり，出雲平野西部は盆地形状を呈することがわかった．
- (3) S 波速度構造と 2 層モデルの密度構造との比較により，S 波速度 $2000\text{m/s}\sim 2500\text{m/s}$ 層までの深

度と密度構造の基盤深度がほぼ一致することがわかった．

- (4) S 波速度構造の $V_s=2000\text{m/s}\sim 2500\text{m/s}$ 層までの基盤深度をコントロールポイントに設定し，5000m の残差重力異常値を用いることにより，3次元の基盤深度分布を推定した．

謝辞：解析にあたり，防災科学技術研究所のK-net およびKik-netの地盤データを利用した．ここに，記して感謝する．

参考文献

- 1) 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧，1987．
- 2) 足立正夫，元木健太郎，瀬尾和大，野口竜也，西田良平：松江平野の地盤構造，日本地震学会2006年度秋季大会講演予稿集，P152，2006．
- 3) 足立正夫，野口竜也，西田良平，元木健太郎，瀬尾和大：島根県出雲平野の常時微動から推定される地盤構造，第29回土木学会地震工学論文集，CD-ROM 220，2007．
- 4) 足立正夫，野口竜也，西田良平，大畑至，山下毅，小村紘平：出雲平野における微動アレイ観測および重力から推定される地盤構造，第5回日本地震学会大会梗概集，2007．
- 5) 井川敏恵，中島礼，利光誠一：地質標本館の活動と研究－出雲科学館「化石展」（2005年）展示協力資料－．地質調査総合センター研究資料集，no. 427，出雲地方周辺の地質，2005．
- 6) Capon, J. : High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis, Proc. IEEE, Vol.57, pp.1408-1418, 1969.
- 7) Aki, K. : Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, Bull. Earthq. Res. Inst., 35, pp.415-456, 1957.
- 8) 産業技術総合研究所地質調査総合センター：日本重力CD-ROM 第2版，地質調査所編集，2004．
- 9) Gravity Research Group in Southwest Japan : Gravity Database of Southwest Japan, 2001.
- 10) Rikitake, T., Tajima, H., Izutuya, S., Hagiwara, Y., Kawada, K. and Sasai, Y. : Gravimetric and Geomagnetic Studies of Onikobe area, Bull. Earthq. Res. Inst., 43, 241-267, 1965.
- 11) Komazawa, M. : Gravimetric Analysis of Volcano and its Interpretation, J. Geod. Soc. Japan, Vol.41-1, 17-45, 1995.

DETERMINATION OF UNDERGROUND STRUCTURE OF IZUMO PLAIN AND MATSUE PLAIN, SHIMANE PREFECTURE

Masao ADACHI, Tatsuya NOGUCHI, Kouhei OMURA and Ryohei NISHIDA

Microtremor observations and gravity surveys data were analyzed in Izumo Plain and Matsue Plain to determine the underground structures. The result is as follows. S wave velocity structure models were obtained on 4 points from the data of microtremor array observations. 2D-density structures were determined from the gravity data by using a 2D gravity analysis. From the comparison of the seismic refraction and the gravity analysis results, the bedrock depth and the configuration were found to be almost same. The 3D bedrock model was obtained by a 3D gravity analysis using the results of seismic refraction for the bedrock depth as control points. The bedrock depth was found to be approx.1100m at most.