

京都・奈良盆地系の重力基盤構造について

赤松純平・駒澤正夫*・中村佳重郎・西村敬一**

*産業技術総合研究所

**岡山理科大学総合情報学部

要 旨

重力解析により、京都盆地と奈良盆地を含む地域を一元化して基盤構造を求め、地形や活構造との関係を議論した。得られた主な結果は以下のようである。

- (1) 京都盆地と奈良盆地の基盤の相互関係および断層構造との関係などの全体像が明らかになった。
- (2) 盆地境界が地形と基盤とで異なる。すなわち、京都盆地と奈良盆地の境界は、地形では木津川断層西端よりも南であるが、基盤では北である。この食い違いは12kmに達する。
- (3) 奈良盆地の基盤は南に全体として浅くなるが、盆地の東西縁辺部では、それぞれ深い基盤の沈降が南に延びている。

また、今後の課題として次の諸点が挙げられた。

- (1) 広域重力解析においては、地域的な密度変化に対応して、トレンドの要因分析および最適な仮定密度の設定方法の確立が必要である。
- (2) 広域の3D構造解析を行う場合 必要なコントロールは三角点などの標高を利用せざるを得ないが、山頂付近は風化の影響が大きい。密度構造における風化の影響について調査する必要がある。

キーワード：構造盆地の重力基盤、ブーゲー異常、重力異常の広域トレンド、岩盤風化層

1. はじめに

近畿圏の大都市は構造盆地に立地している。大阪平野や京都盆地などでは、近年地震防災を目的にそれぞれの自治体により構造調査が進められている。しかしながら、調査対象範囲が行政区画に制約されることから、地震防災に適合した情報が得られているとは言い難い。広域の活構造に対応した地下構造探査が必要である。この観点から、赤松・駒澤(2003)は、河内盆地(東大阪盆地)と京都盆地の繋がりと、有馬 - 高槻構造線および生駒断層系の京都盆地への延長構造について議論した。本論では、京都盆地 - 奈良盆地系に着目する。京都盆地から奈良盆地にかけて、京都盆地 - 奈良盆地断層帯があり、有馬 - 高槻構造線や生駒断層系と共役の形で斜交する。奈良盆地では、木津川断層、大和川断層が、また葛城山東麓断層群が中央構造線に合流している。これらと盆地基盤構造との関係を明らかにする。

2. 重力解析

2-1 ブーゲー異常図

解析対象範囲は、京都盆地と奈良盆地を含む東経 135 度 30 分 ~ 136 度 北緯 34 度 15 分 ~ 35 度 15 分の東西約 45km、南北約 110km の細長い範囲である。両盆地を含む広い範囲を対象領域としたのは、領域周辺部は誤差が大きくなるのでこれを避けるためである。解析には、日本重力 CD-ROM(地質調査所, 2000) と Gravity Database of Southwest Japan(CD-ROM) (Gravity Research Group in Southwest Japan, 2001)、および 2002 年に新たに測定した 183 点のデータ(赤松・駒澤, 2003)を用いた。2002 年の測定においては位置測量はデファレンシャル GPS により標高も含めて数 10cm の精度で求められている。なお、ブーゲー異常図を作成する課程でデータの整備(バグの除去)を目視で実施した。

ブーゲー補正と地形補正の補正密度は、京都盆地の解析で用いた値 $2.3\text{g}/\text{cm}^3$ (赤松・駒澤, 2003)を用いた。地形補

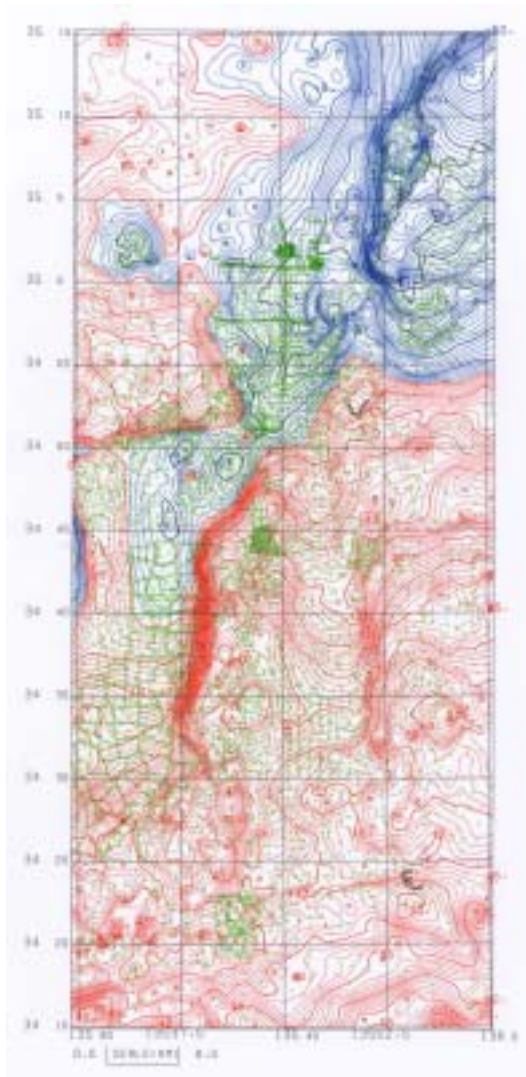


Fig.1 Bouguer anomaly for Kyoto and Nara basins. Assumed density = 2.3g/cm^3 . Counter interval = 0.5mGal .

正は、測点近傍は国土地理院の数値地図 50m メッシュ、遠方は 250m メッシュのデータを用いて 60km の範囲で行った。得られたブーゲー異常図を Fig.1 に示す。

近畿地方のブーゲー異常は深い構造を反映して、紀伊半島から若狭湾にかけて北に負の強い広域異常を示す。Fig.1 に示されたブーゲー異常も、全体として南西から北東方向に傾斜している。この広域トレンドを上方接続フィルターにより除去し、フィルターされたブーゲー異常(上方接続残差)から、直下の基盤深度を反復修正する最小二乗逐次近似により重力基盤モデルを作成する(駒澤, 1984)。フィルターは、約 2km 以浅の構造を対象とするよう、上方接続高度を 5km とした(Komazawa, 1995)。また、地表付近の微細構造や測定時の擾乱など短波長成分を除去するために、接続高度 50m の上方接続フィルターを併用した。なお、メッシュデータのグリッド間隔は 250m である。



Fig.2 Residual Bouguer anomaly filtered with upward continuation (50m - 5,000m). Contour interval = 1mGal .

Fig.2 にこのようにして得られた当該地域の残差ブーゲー異常図を示す。南北に伸びる生駒山系の西側には生駒断層に沿って -8mGal に達する大きな負異常がある。この負異常はこの図幅の中で最も顕著であり、生駒断層に沿う基盤の沈降が近畿圏域で最大であることを示している。西側の正異常は上町上昇帯である。生駒断層に沿う負異常域は北西に伸びて京都盆地南部の巨椋池を中心とする -6mGal の負異常域に達し、さらに北東の山科盆地に伸びている。京都盆地南部から南へは、北緯 34 度 48 分辺りでやや高異常になった後、東から流入する木津川が北へ向きを変える辺りから低異常になる。木津川が幅の広い負異常であることも注目される。奈良盆地においては、奈良市から天理市にかけて、盆地東縁に -7mGal に達する負異常が顕著である。この南では、大和三山付近で負異常が東西に分かれ、西側の負異常は、葛城山東麓で $-3 \sim -4\text{mGal}$ の負異常帯を形成し

て中央構造線に繋がっている。

2-2 3次元基盤構造

Fig.2 の重力異常を説明する基盤構造を2層構造(半無限+1層)に単純化してモデル化する。モデル計算には基盤の起伏の重力異常を観測値に収束させる駒澤(1984)による逐次近似法を用いた。構造計算には基盤深度の拘束条件と層の密度差とを与える必要がある。拘束条件は、周辺基盤岩露頭の標高と盆地内のボーリングの着岩深度(京都市, 2002; 京都大学防災研究所, 2001; 市原他, 1991)および奈良盆地における地震探査による反射深度(地質調査所, 1997a, 1997b)を用いた。周辺基盤岩露頭として、地質図を参照しながら三角点を選んだ。Fig.3 は、これらのコントロールポイントに与えた標高値から描いたコンター図である。図中、三角印が山地の三角点であり、丸印がボーリングまたは反射点である。三角点における拘束値は、岩の風化を考慮する必要がある。ここでは、一様に20mと50mとを減じて計算し、物理探査で構造の判っている地域の結果を比較して、50mを減じる場合を採用した。

盆地の堆積層と基盤岩との密度差として 0.35g/cm^3 を用いている。これも京都盆地の重力解析(赤松・駒澤, 2003)で用いられた値であり、この値による重力基盤モデルと地震探査の反射断面との整合性に依拠している。Fig.4 に得られた基盤図(標高表示)を示す。ただし、解析領域より狭い範囲が表示されている。

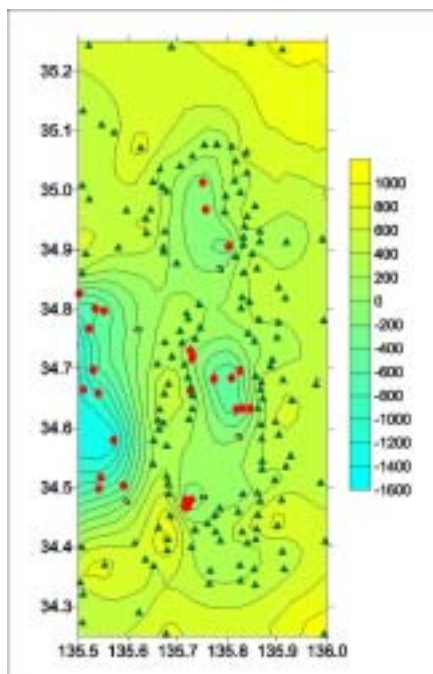


Fig.3 Control points for structural analysis.

▲: triangulation station, ●: borehole.

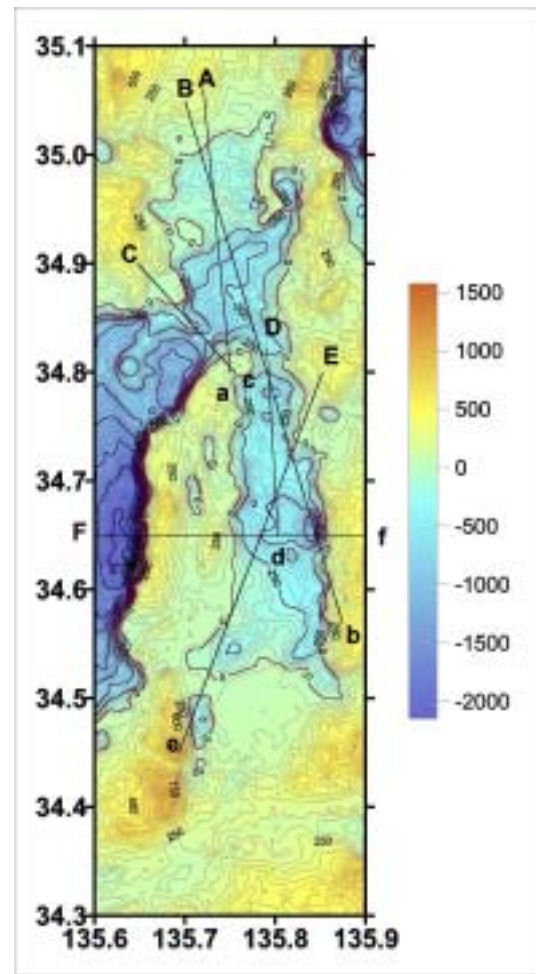


Fig.4 Gravity basement. Contour interval = 10m.

3. 解析結果と考察

重力基盤図(Fig.4)を地形と比較して議論するために、50m メッシュの標高数値地図(国土地理院, 2001)を図化してFig.5に示す。この図には、岡田・東郷(2000)による活断層(確実度と)が示してある。また、Fig.4とFig.5に示した測線に沿う断面をFig.6に示した。また、奈良盆地の重力基盤の解析は、今回初めて行われたので、Fig.7に拡大して示す。

これらの図から以下の特徴が指摘できる。

- (1) 京都盆地は、北中部の比較的浅い部分と南部の深い凹地(巨椋池干拓地周辺)とから成る。この凹地の北壁に沿って宇治川断層が見つかった(京都市, 2002)。この凹地は北東方向に伸びて山科盆地に繋がる。山科盆地は幅は狭いが京都盆地北中部よりも基盤は深い。
- (2) 有馬 - 高槻構造線の東延長は、京都盆地に入って北にシフトし宇治川断層に繋がるように見える。生駒断層の延長である交野断層は京都盆地に延びて、盆地南部の凹地の南斜面を形成し、さらに山科盆地の東縁に延びている。

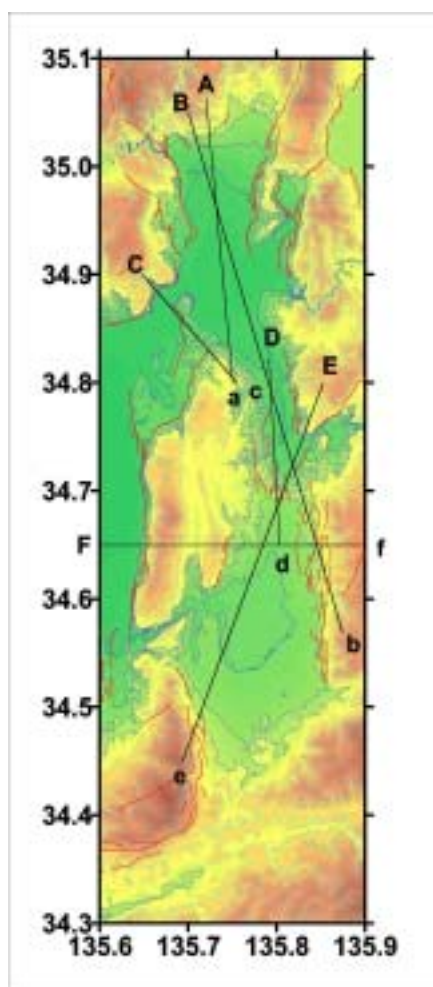


Fig.5 Topography and active faults. Faults are taken from Okada and Togo(2000).

東大阪盆地の南北境界断層が山科盆地の東西境界に収斂しているように見える。

- (3) 京都盆地と奈良盆地の境は地形的には京奈丘陵であり(北緯 34.7 度付近)、佐保撓曲群が発達している。しかし、基盤の境界はむしろそれより北の 34.8 度付近である。基盤が隆起している位置の木津川流域には飯岡という小丘が形成されている。すなわち、地形から見た京都盆地南部の山城町および木津町を中心とした地域に基盤の凹みが存在しており、この凹地は奈良盆地に繋がっているようである。
- (4) 従って、木津川は西進して、地形的には京都盆地南部に流入して北に流れを変えるが、基盤で見ると奈良盆地北部に流入し京都盆地に流出していることになる。
- (5) 奈良市から天理市に至る奈良盆地東縁地域の基盤は 1000m に達するほど深い。地表では奈良盆地東縁断層帯が複雑に発達している。
- (6) 奈良盆地の基盤は、生駒山系を含め、東側で急峻に沈降し西になだらかに隆起している。東西圧縮の影響と考え

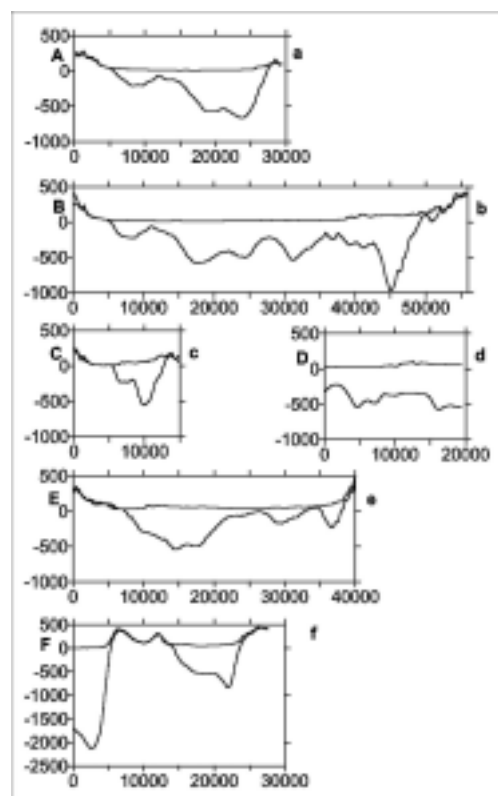


Fig.6 Vertical section of ground surface and basement.

られる。

- (7) 奈良盆地の基盤は南の大和三山付近で浅くなるが、東縁に沿っては急峻な凹地が続く。西側は、葛城山東麓に向かってやや深い凹地が延びている。
- (8) 奈良盆地の排出河川である大和川の基盤標高は高い。

奈良盆地北部の平城宮跡では、脈動のアレー観測により基盤構造が推定されている(盛川ほか, 1997)。また、鉛直アレー地震観測による構造の議論も行われている(赤松・盛川, 2000)。波動から推定されたこの地域の基盤岩の深さは約 600m であり、重力基盤の深さはこれに近い。ただし、これらの観測場所に隣接して 2 本深層ボーリングがあり、その着岩深度をコントロールに用いているので、当然近い値が得られる。

奈良盆地中央部においては、脈動の H/V スペクトル比のピーク周期の分布により、基盤岩の形状が議論されている(盛川ほか, 1998)。Fig.8 に H/V のピーク周期の分布図を引用した。黒丸印が脈動観測点であり、最も北側の東西に密に並んだ観測点は、反射測線に沿っている。この測線でのピーク周期と反射基盤深度との対応関係は概ね良いことから、Fig.8 のピーク周期の分布は基盤岩の深さを表しているとみなせる。Fig.8 から類推される基盤岩の形状は、Fig.7 の重力基盤によく対応するようである。

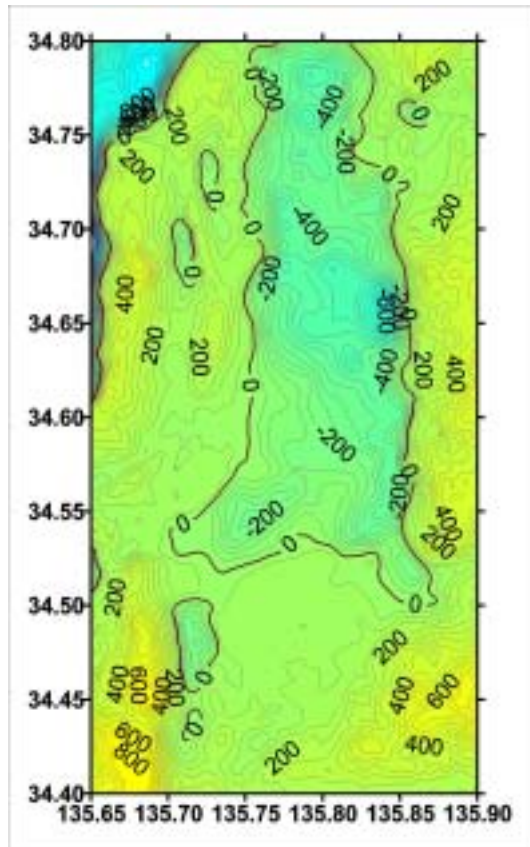


Fig. 7 Basement of Nara basin. Contour interval = 50m.

ところで、Fig.1 に示されたブーゲー異常図において見られる広域トレンドは、2km 程度より深い密度構造に起因するとして、上方接続フィルターにより除去している。しかし、西南日本の外帯と内帯とでは浅い部分の岩盤の密度が異なっていることが考えられるので、浅い部分の水平方向の密度変化が、基盤岩の深さとして解析される。広域重力解析においては、トレンドの要因分析および最適な仮定密度の設定方法の確立が必要であることが改めて指摘できる。

2-2 節で述べたように、構造解析に必要な周辺山岳地域のコントロールポイントとして三角点の標高値を利用している。山頂付近は風化の影響が大きいので、通常、標高値より数十メートル小さい値を与えており、ここでは、一様に 50m を減じている。広域の重力解析においては、三角点を利用せざるを得ない場合が多いので、密度構造における風化の影響について調査する必要がある。

6. まとめ

広域の重力解析により、京都盆地・奈良盆地系の 3D 基盤構造モデルを構築し、地表地形や活構造との関係を調べた。解析結果は以下のようにまとめられる。



Fig. 8 Peak period of H/V spectral ratio of microseisms. Contour interval = 0.25s. After Morikawa et al.(1998).

- (1) 京都盆地と奈良盆地の基盤の相互関係およびこれらを規制する断層構造との関係が明瞭になった、
- (2) 盆地境界が地形と基盤とで異なる。すなわち、京都盆地と奈良盆地の境界は、地形では木津川断層西端よりも南であるが、基盤では北である。この食い違いは、12km に達する。
- (3) 奈良盆地の基盤は南に全体として浅くなるが、盆地の東西縁辺部では、それぞれ深い基盤の沈降が南に延びている。

さらに、広域重力解析を行う上で、広域トレンドに関連して地殻上部の最適仮定密度の検証、山地におけるコントロールポイントに関連して岩盤風化層の影響に関する検討が早急に解決すべき課題であることが示された。

謝 辞

本研究の一部は、大都市圏地殻構造調査研究の一環として行われた。

参考文献

赤松純平・駒澤正夫(2003)：京都盆地の地盤震動特性と重

- 力基盤, 京都大学防災研究所年報, 46B, 929-936.
- 赤松純平・盛川 仁(2000): 鉛直アレー地震観測記録から推定された奈良盆地北部・平城宮跡地の地盤のS波の速度とQ値, 京都大学防災研究所年報, 43B-1, 55-65.
- 市原実・吉川周作・三田村宗樹・林隆夫(1991): 12万5千分の1「大阪とその周辺の第四紀地質図」, アーバンクボタ, 30.
- 岡田篤正・東郷雅美(編)(2000): 近畿の活断層, 東京大学出版会.
- 京都市(2002): 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書.
- 京都大学防災研究所(2001): 京都大学防災研究所3次元広帯域地震観測用観測井におけるP波S波VSP探査報告書.
- 国土地理院(2001): 数値地図50mメッシュ(標高)CD-ROM版.
- 駒澤正夫(1984): 北鹿地方の定量的重力解析について, 物理探鉱, 37, 123-134.
- 駒澤正夫(1998): 重力探査 - データ処理技術, データ解釈技術 -, 物理探査ハンドブック, 物理探査学会.
- 地質調査所(1997a): 近畿三角地帯の主要活断層の先行調査報告 No.22--奈良盆地東縁断層系反射法地震探査--.
- 地質調査所(1997b): 近畿三角地帯の主要活断層の先行調査報告 No.25--金剛断層反射法地震探査--.
- 地質調査所(編)(2000): 日本重力CD-ROM.
- 盛川 仁・澤田純男・土岐憲三・赤松純平・谷本雅敬(1997): 脈動のアレー観測記録を用いた奈良盆地北部の基盤構造の推定について, 第16回日本自然災害学会学術講演会講演概要集, 1997, 10, 吹田, 45-46.
- 盛川 仁・土岐憲三・尾上謙介・赤松純平・竹内 徹(1998): 脈動のH/VVスペクトル比を用いた奈良盆地中央部の基盤岩構造の推定, 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, 第1分冊, 1269-1272.
- Gravity Research Group in Southwest Japan(2001): Gravity Database of Southwest Japan(CD-ROM)
- Komazawa, M.(1995): Gravimetric analysis of Aso Volcano and its interpretation, J. Geol. Soc. Ja., 41, 17-45.

Gravity basement of Kyoto and Nara basin area

Junpei AKAMATSU, Masao KOMAZAWA*, Kajuro NAKAMURA and Keiichi NISHIMURA**

* Geological Survey of Japan, AIST

** Okayama University of Science

Synopsis

3D bedrock structure of large area including Kyoto and Nara basins was modeled using Bouguer gravity anomaly. The results are as follows: (1) the general feature of the basement of Kyoto basin and Nara basin was revealed, and their relation to topography and fault is discussed. (2) The location of topographic boundary between Kyoto basin and Nara basin is different from that of basement by about 12km. (3) The basement in Nara basin becomes shallower from north to south, although there are deep narrow depressions along the eastern and western margin of the basin.

It is pointed out for gravity analysis of large area that, we should study the effect of spatial change in density of shallow rocks on regional trend of gravity anomaly, and the effect of weathering on density in the mountain area.

Keywords: Gravity basement of structural basin, Bouguer anomaly, Regional trend of gravity anomaly, Weathering layer of rock.