

大阪堆積盆地における 深部地盤構造のモデル化 (その3)

宮腰 研¹・香川敬生¹・趙 伯明¹・徳林宗孝²・澤田純男³

1 (財) 大阪土質試験所 (〒550-0012 大阪市西区立売堀 4-3-2)

2 阪神高速道路公団 (〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3)

3 京都大学防災研究所 (〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

1995 年兵庫県南部地震以降に神戸・大阪市域で得られた物理探査データを編集し、地下構造モデルの構築を行った。地下構造のモデル化の際、スプライン関数を用いて基盤岩およびその上の堆積層の各境界面を滑らかに表現している。このため、神戸の六甲断層や大阪の上町断層のように地下構造が急変している地域では実際の地下構造とモデル構造に食い違いが生じていた。そこで、今回は六甲断層や上町断層付近のような地下構造が急変していると考えられる地域においてスプライン係数を求める際のメッシュ分割を細かくし、より詳細な地下構造モデルの再構築を行った。新しく得られた大阪堆積盆地構造モデルは、特に上町台地周辺において重力による基盤深度分布と調和的な結果が得られた。

Key word : Osaka Plain, bi-cubic B-splines, 3D-velocity model

1. はじめに

宮腰ら¹⁾は大阪湾を含む大阪堆積盆地内で得られている基盤岩深度データを編集し、図1に示す東経134.91°～135.70°、北緯34.26°～34.91° (72km×72km)の範囲で大阪堆積盆地のモデル化を行った。モデル化を行う際、図の72km×72kmの範囲を9km×9kmの小領域に分割し、Koketsu and Higashi²⁾を参考に2次元3次Bスプライン関数を用いて基盤岩($V_s=3.2\text{km/s}$)およびその上の堆積層を3層に分けた(香川ら³⁾)。図中のコンターは200m毎の基盤岩深度を示しているが、得られた大阪堆積盆地モデルの境界面はスプライン関数を用いるために滑らかな変化をしている。図1の白丸および黒三角は物理探査等によって基盤岩深度データが得られている地点であるが、白丸は基盤岩深度データと堆積盆地構造モデルの差が200m以下、黒三角は両者の差が200m以上の地点を示す。この場合、基盤岩深度データと堆積盆地構造モデルの差の標準偏差は0.223であった。図1から神戸の六甲断層や大阪の上町断層のように地下構造が急変している地域で、基盤岩

深度データと堆積盆地構造モデルに200m以上の差が生じている地点が多いことが分かる。そこで、六甲断層や上町断層付近を中心に基盤岩深度データと調和的な地下構造のモデル化を試みた。

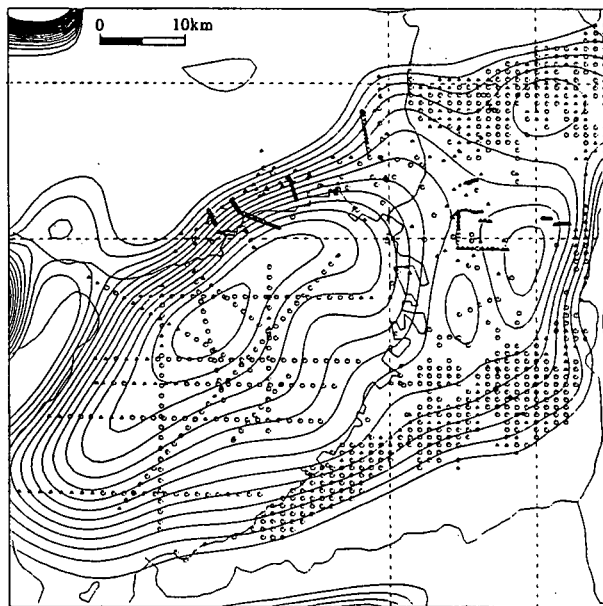


図1 大阪堆積盆地構造モデルにおける基盤岩深度分布
(白丸：深度データとモデル構造の差が200m以下の地点、黒三角：深度データとモデル構造の差が200m以上の地点)

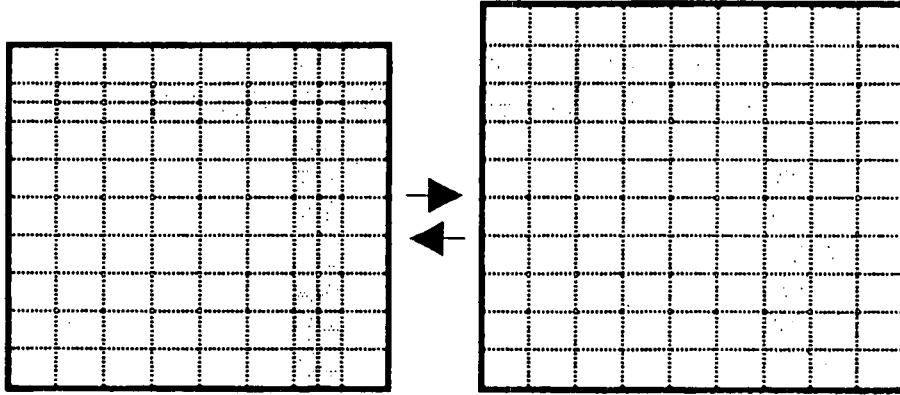


図2 マッピング手法の概念図

表1 マッピング手法で得られた大阪堆積盆地構造モデルにおけるスプライン係数

J		I												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
J	1	-1.071	1.429	3.452	-0.053	5.155	5.828	-0.989	-0.047	-7.732	-6.733	1.949	-8.555	44.967
	2	-0.133	-0.824	-1.048	-0.129	-1.474	-0.61	0.561	0.702	0.913	1.435	-0.391	0.002	-7.258
	3	-0.715	0.123	1.248	-0.127	0.732	-0.492	-1.078	-1.237	-0.807	-1.433	-0.371	-0.128	4.192
	4	-0.527	1.433	2.695	1.954	0.903	1.908	0.677	0.741	-0.326	0.243	0.084	-2.202	1.033
	5	-2.01	-2.52	2.302	2.526	2.426	1.269	1.202	0.854	1.515	0.881	0.205	2.104	-16.03
	6	27.986	-2.775	-1.021	3.482	2.883	2.447	1.747	1.651	0.52	1.335	2.581	-4.563	22.485
	7	274.79	6.3	0.56	-2.131	3.082	1.021	2.433	1.564	1.263	0.542	3.011	-0.489	-10.49
	8	-178	-8.037	1.387	-0.894	-0.228	3.441	0.088	2.056	2.17	-1.199	4.257	-4.803	13.141
	9	6.633	4.462	-1.042	0.543	-1.305	-1.554	2.799	0.396	1.438	0.322	1.134	1.045	-5.788
	10	-0.835	-2.182	0.548	-1.158	0.442	-0.828	0.859	1.633	-0.407	0.802	1.134	-0.192	11.499
	11	0.345	1.302	-0.323	0.812	-1.166	-0.273	0.034	0.121	1.396	0.258	1.78	0.489	-5.464
	12	-0.805	-2.926	-0.328	-0.8	2.508	-0.281	-1.009	-0.825	-3.31	0.052	-2.72	1.096	5.088
	13	-57.28	103.61	102.1	-525.8	-30.04	0.415	3.817	5.853	10.753	-3.108	8.273	-8.447	-15.68

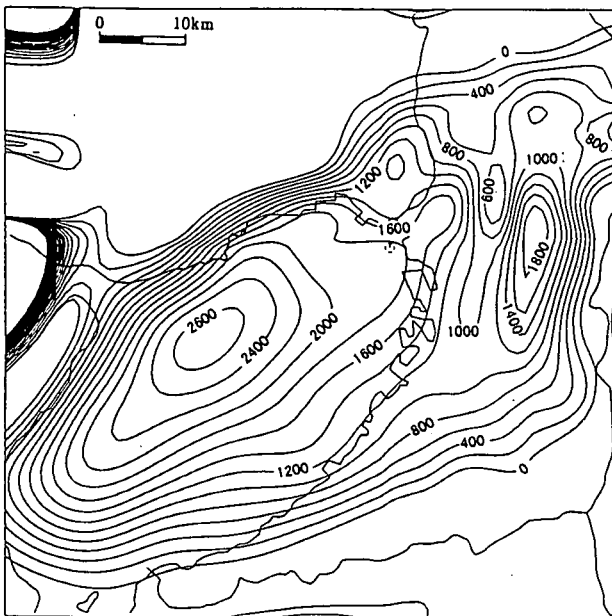


図3 マッピング手法を用いて新しく得られた大阪堆積盆地構造モデルにおける基盤岩深度分布

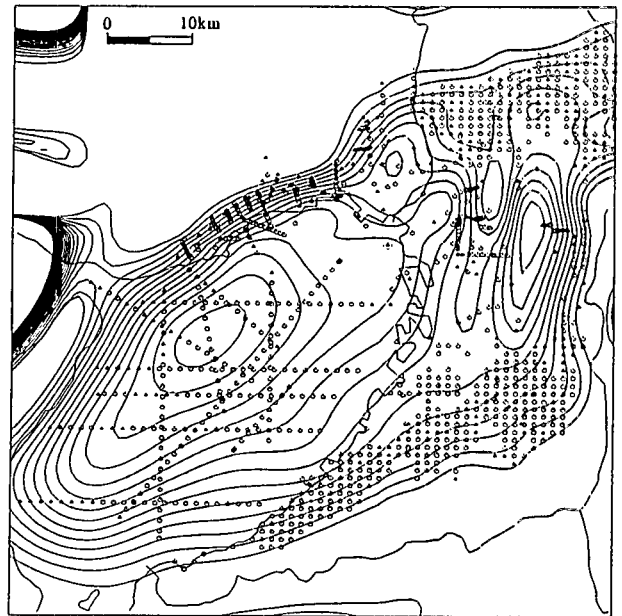


図4 マッピング手法で得られた大阪堆積盆地構造モデルにおける基盤岩深度分布（白丸：深度データとモデル構造の差が200m以下の地点、黒三角：深度データとモデル構造の差が200m以上の地点）

2. 基盤岩構造のモデル化

地下構造をモデル化する場合、スプライン係数を求める際に用いる小領域の大きさを小さくするほど細かな構造変化の再現が可能である。そこで、(1)地下構造が急変していると考えられる地域の小領域を細分化し(図2左)、(2)その小領域を拡大して同じ大きさの小領域で分割したと仮定してスプライン係数を求め、そのスプライン係数からモデル化を行った後(図2右)、(3)拡大した小領域の大きさを元に戻す工夫をした(図2左)。以下、この方法をマッピング手法という。今回は図1の破線で示すように六甲断層を対象に北緯 $34.67^{\circ} \sim 34.83^{\circ}$ および上町断層を対象に東経 $135.40^{\circ} \sim 135.60^{\circ}$ の範囲を4.5kmの小領域に再分割した。なお、神戸地域については120地点の基盤岩深度データを追加している。図3にマッピング手法を用いて新しく得られた大阪堆積盆地の基盤岩深度分布を示す。表1は基盤岩深度を示すスプライン係数である。新しく得られた基盤岩モデルは、図1と比較して上町台地が北から南に延びるように現れている。これは、重力異常によって得られた基盤岩深度分布(井上ら⁴⁾)と調和的である。また、六甲断層でのコンターラインは図1の旧モデルに比べて比較的密に得られている。図4の黒三角は図1と同様に基盤岩深度データと堆積盆地構造モデルの差が200m以上の地点を示す。この場合、基盤岩深度データと堆積盆地構造モデルの差の標準偏差は0.206であり、旧モデルに比べて新しいモデルは基盤岩深度データとの差が小さくなっていることが分かる。旧モデル(図1参照)では上町台地周辺で基盤岩深度データと地下構造モデルとの差が200m以上ある地点が多かったが、図4から新しいモデルは基盤岩深度データと調和的に得られていることが認められる。ただし、六甲断層付近では基盤岩深度データと新しいモデルの差が200m以上ある地点がまだ目立つ。六甲断層では山側から海側にかけて数kmの間に基盤岩深度が急激に1~2kmも変化していることから、もっとコンターラインは密に得られるべきである。より適切な地下構造のモデル化について検討が必要であろう。

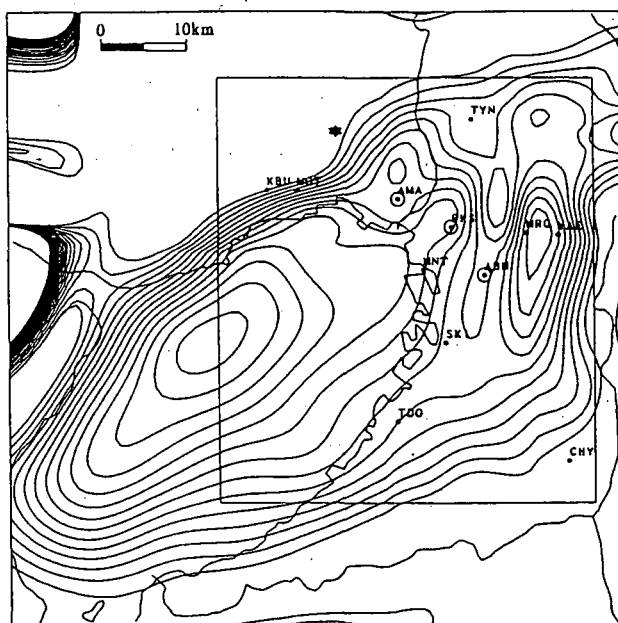


図5 3次元差分法による計算領域
(星印：震央、丸：観測点)

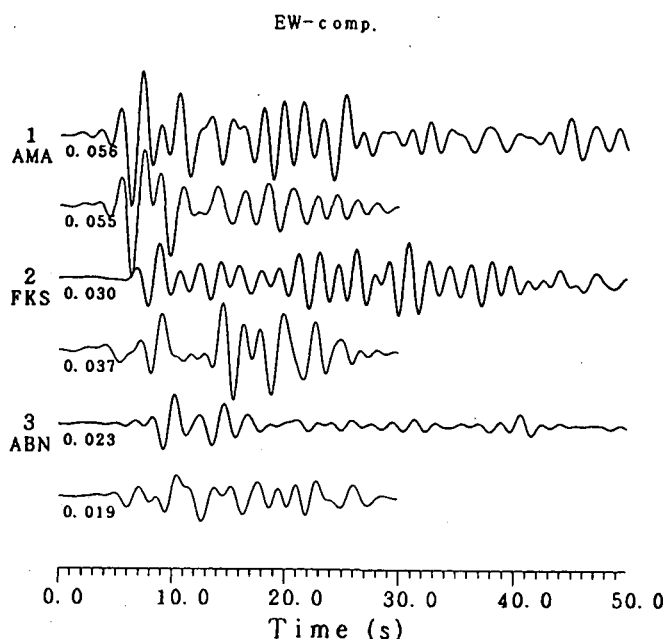


図6 兵庫県南部地震の余震記録(上)と3次元差分法で得られた理論地震動(下)

3. 実記録地震動のシミュレーション

関西地震観測研究協議会の強震観測点で観測された兵庫県南部地震の余震記録と図3の大阪堆積盆地構造モデルを用いて3次元差分計算(Pitarka et al.⁵⁾)による理論地震動波形の比較を行った。なお、余震の震源パラメータはKatao et al.⁶⁾を参考にした。

今回は計算機の使用メモリの制限から、図5の枠で示す44km×50kmの領域を0.2kmメッシュに分割して計算を行った。図中の星印が余震の震央であり、黒丸が観測点である。地下構造モデルは基盤岩の上に $V_s=1\text{km/s}$ の堆積層を仮定した2層構造であり、使用したメモリは約400Mバイトである。

図6は3次元の大阪堆積盆地構造モデルで得られた理論波形（下）と観測波形（上）である。なお、波形は東西成分を示しており、周波数0.1Hz～0.5Hzまでのバンド・パス・フィルターをかけている。観測波形は堆積層が厚いAMA（尼崎）やFKS（福島）で震動継続時間が長く、振幅も大きい。3次元構造モデルによる理論波形の震動継続時間も約30秒と長く、観測波形の特徴と調和的である。また、震央と観測点の間に上町台地を挟んでいるMRG（森河内）では、観測地震動の震動継続時間は長い、振幅は比較的小さい。理論地震波形でもそのような特徴が現れている。定性的には今回得られた地下構造モデルによる理論地震動は兵庫県南部地震の余震記録の特徴と調和的である。しかし、位相特性などについてはまだ一致が得られていないことから、今後、位相特性を満足するような地下構造モデルの構築を行う必要があるだろう。

4. まとめ

大阪湾を含む大阪堆積盆地内で得られている基盤岩深度データを編集し、地下構造のモデル化を行った。ただし、地下構造をモデル化する際、六甲断層や上町断層付近のような地下構造が急変していると考えられる地域においてスプライン係数を求める際のメッシュ分割を細かくするマッピング手法を用いた。その結果、新しく得られた大阪堆積盆地構造モデル、特に上町台地周辺の構造モデルは重力による

基盤深度分布と調和的な結果が得られた。また、得られた地下構造モデルを用いて1995年兵庫県南部地震の余震をシミュレーションした結果、堆積層上の観測点の観測波形において震動継続時間が長いなどの定性的には両者調和的な結果が得られた。

謝辞：関西地震観測研究協議会の地震観測データを使用しました。記して感謝します。

参考文献

- 1)宮腰研・香川敬生・越後智雄・堀江佳平・澤田純男：
大阪堆積盆地における深部地盤構造のモデル化（その2）、第24回地震工学研究発表会講演概要、pp.33-36、1997.
- 2)Koketsu, K. and S. Higashi : Three-dimensional topography of the sediment/basement interface in the Tokyo metropolitan area, Central Japan, B.S.S.A., 82, pp.2328-2349, 1992.
- 3)香川敬生・澤田純男・岩崎好規・南荘淳：常時微動アレー観測による大阪堆積盆地深部S波速度構造のモデル化、地震、51、pp.31-40、1998.
- 4)井上直人・中川康一・領木邦浩：大阪平野の重力異常と基盤構造、物理探査、51、pp1-16、1998.
- 5)Pitarka, A. and K. Irikura : Modeling 3-D surface topography by finite-difference method: the Kobe JMA station site case study, Geophys. Res. Lett. 23, pp.2723-2732, 1996.
- 6)Katao, H., N. Maeda, Y. Hiramatsu, Y. Iio and S. Nakao : Detailed mapping of focal mechanisms im/around the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake rupture zone, J.Phys.Earth., 45, pp.105-119, 1997.