

浅層ボーリングデータを用いた大阪盆地地盤構造モデルの修正

Improvement of the Subsurface Structure Model of the Osaka Basin Using Shallow Borehole Data

関口春子・浅野公之・吉見雅行⁽¹⁾

Haruko SEKIGUCHI, Kimiyuki ASANO and Masayuki YOSHIMI⁽¹⁾

(1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所

(1) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Synopsis

In order to improve the shallow part of the subsurface structure model of the Osaka Basin, the depth distribution model of the marine clay Ma10 layer, which is the key layer of the subsurface structure model, was improved by directly and indirectly using shallow borehole data. In areas where the shallow borings did not include the Ma10 layer, the depth of the Ma10 layer was estimated using depth data of the Ma12 layer, which is shallower than the Ma10 layer. The addition of the shallow borehole data resulted in a correction of up to 55 m to the Ma10 depth distribution model.

キーワード: 地盤構造モデル, 浅層ボーリング, 大阪盆地

Keywords: subsurface structure model, shallow borehole, Osaka Basin

1. はじめに

平成22～24年度に文部科学省委託研究「上町断層帯における重点的な調査観測(以降, 上町重点調査)」(文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学防災研究所, 2013)が実施され, その中で, 地震動予測の精度向上の一環として大阪盆地堆積層の3次元地震波速度構造モデルが作成された.

このモデルの作成においては, 複数の鍵層を設定し, 各種観測・探査によるそれらの深度データから3次元の地質構造モデルを作り, それを物性値に変換することで3次元の速度構造モデルを構築している. 採用された鍵層は, 海成粘土層Ma10層, Ma3層, Ma-1層, 福田火山灰層, 松山/ガウス境界, および, 中新統上面である. 鍵層の標高データは, 主として深層ボーリング, および, 反射法地震探査で得られたものである. 特に反射法地震探査のデータは, 数～数十kmの長さの線に沿った鍵層標高の変化を示す強力な情報であるが, 必ずしも, 本速度構造モデル作

成に必要な鍵層が全ての地点で判読されているとは限らない.

一方, 大阪平野では建築土木構造物の建造時に実施されてきた多数の浅層ボーリングにより深度50 m程度までの地質が高密度で得られている. 地域によってMa10層が直接見出される場合や, Ma10層は確認されずそれより浅部に存在するMa12層が見出されていることもある. 一般に浅部ほど地震波速度が小さく地震動応答への影響が大きいため, 最も浅い鍵層であるMa10層の標高モデルの精度を高めることは重要である. そこで, これまでのモデル化で用いられてこなかった浅層ボーリングデータを追加し, Ma10層標高分布モデルの高精度化を試みた.

2. 用いたデータ

本研究で新たに用いたボーリングデータは, 関西圏地盤情報データベースによるMa10層上面標高, およびMa12層上面標高である (Fig. 1(c), (d)). Ma10

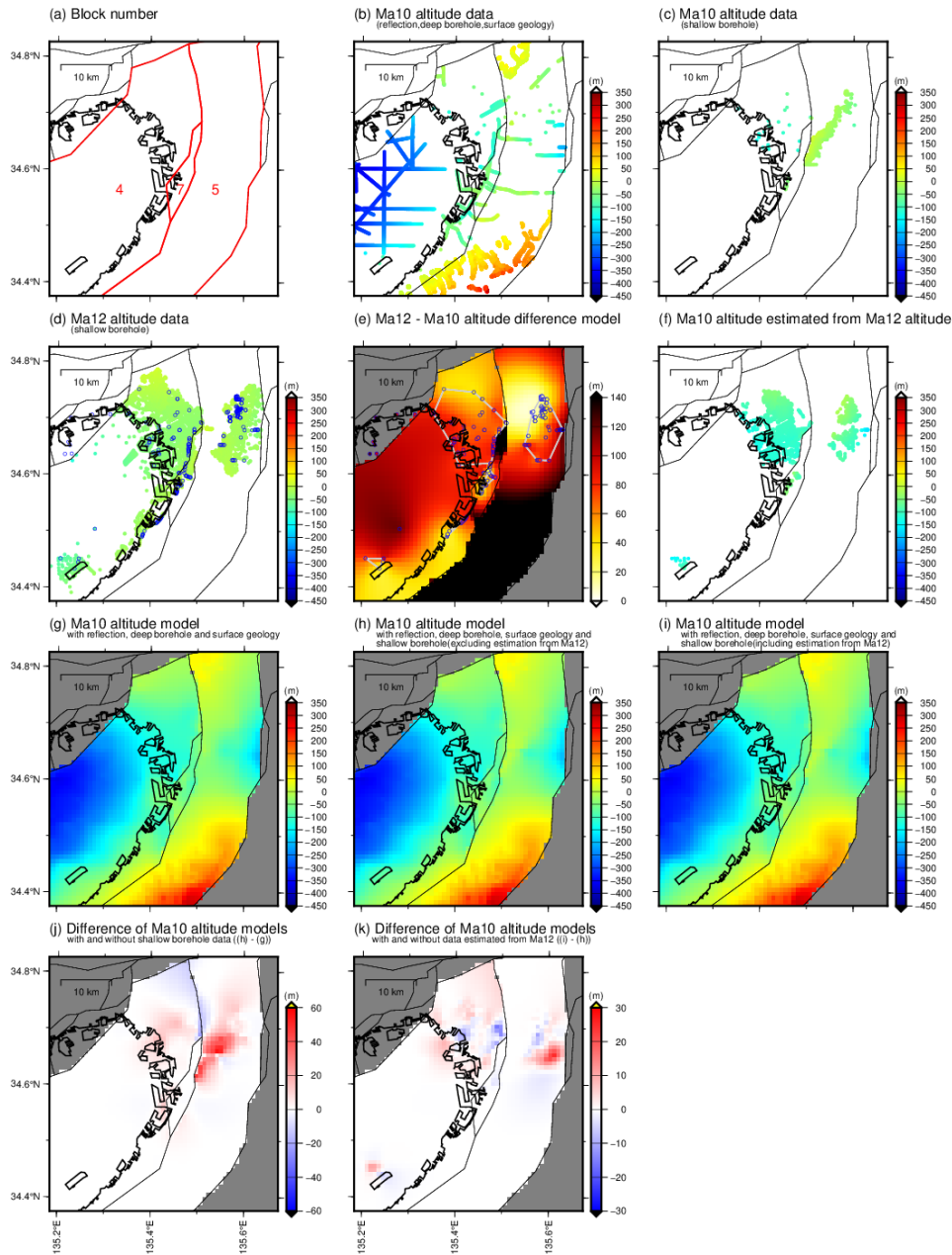


Fig. 1 Depth data and estimated depth distributions

(a) Block partitioning. (b) Ma10 altitude data from reflection surveys, deep boreholes and surface geology. (c) Ma10 altitude data from shallow boreholes. (d) Ma12 altitude data from shallow boreholes. The data points surrounded by blue lines indicated the points where Ma10 altitude data coexist. (e) Ma12~Ma10 altitude difference distribution model created by interpolating the difference between the Ma12 and Ma10 altitudes at the points where both exist (open blue circles). (f) Estimated Ma10 altitude data estimated using Ma12 altitude data and the Ma12~Ma10 altitude difference distribution model. (g) Ma10 altitude distribution model created using the Ma10 altitude data from deep boreholes, reflection surveys and surface geology. (h) Ma10 altitude distribution model created using the Ma10 altitude data from deep boreholes, reflection surveys, surface geology and shallow borehole excluding those estimated using Ma12 altitude data. (i) Ma10 altitude distribution model created using the Ma10 altitude data from deep boreholes, reflection surveys, surface geology, shallow borehole data including those estimated using Ma12 altitude data. (j) Difference between Ma10 altitude distribution models (g) and (h) models ((h)-(g)). The maximum difference is +55 m. (k) Difference between Ma10 altitude distribution models (h) and (i) ((i)-(h)). The maximum difference is +25 m.

層上面標高は、上町重点調査で上町断層帯の変形ゾーンを明らかにする解析で用いられた（文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学防災研究所，2013）。Ma12層上面標高は、本研究のために提供を依頼したものである。提供されたデータには掘進長数百mの深層ボーリングデータも含まれるが、これまでに用いられていないデータに関しては、多くは掘進長が数十m程度の浅層ボーリングのものである。浅層ボーリングは掘削長が短く、Ma10層とMa12層の両方を含むデータは少ない。地盤の変形状況を反映し、Ma10層が記載されている地域とMa12層が記載されている地域が相補的に分布する。Ma10層の標高データはそのままMa10層の標高分布モデル構築に用いる。Ma10層の標高データの少ない地域に多く分布しているMa12層の標高データからは、次章に示す方法でMa10層標高を推定することを考えた。

3. Ma12層の標高データを利用したMa10層標高の推定方法

大阪盆地の堆積層の層構造は、多数の反射法地震探査で明らかにされているように、積み重なる同時代面が大局的に相似的な変形形状を示している。Ma12層は非常に浅いため、反射法地震探査の深度断面でMa12層とMa10層の反射面の関係が直接的に明らかにされた例は無いが、やはり、大局的には相似的な変形形状を持つと考えられる（Fig. 2）。そこで、Ma12層の標高データを利用し、Ma10層標高を推定するには、次のステップを取る。

- 1) Ma12層とMa10層の両方の標高データが存在する地点（Fig. 1(d), (e)で、青線で囲まれた○）のMa12層とMa10層の標高差（Ma12～Ma10標高差）を内挿してMa12～Ma10標高差分布モデルを作る（Fig. 1(e)）
- 2) Ma12層標高データのみが存在する地点で、Ma12層標高と1)によるMa12～Ma10標高差推定値を組み合わせることでMa10層標高推定データを作る

なお、別々のボーリングまたは反射法測線沿いの地点であっても水平距離で50 m以内にMa10とMa12のデータが存在すれば、同一地点に両方のデータが存在するとして扱った。Ma10層堆積以降ほぼ同様の地殻変動が続いているとすれば、Ma10層の標高の空間変化は、Ma12～Ma10標高差の空間変化と同等、もしくはより穏やかであると考えられるため、Ma10層標高データを内挿した分布モデルとMa12～Ma10標高差データを内挿した分布モデルの誤差は、データ密度が同等であれば同等と考えられる。また、Ma12層標高データを通して実際の地殻変動による

（Ma10標高分布推定のイメージ）

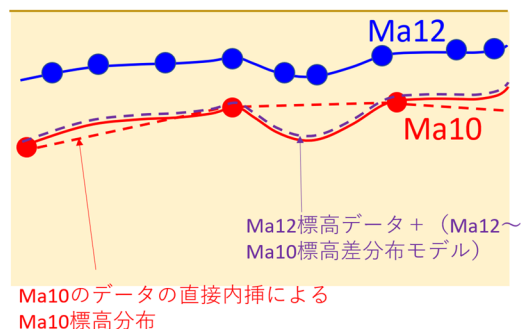


Fig. 2 Illustration of how to constrain Ma10 depth distribution model using Ma12 depth data. The red and blue circles indicate the altitudes of Ma10 and Ma12 as identified by surveys including borings. Solid red and blue lines indicate the true altitudes of Ma10 and Ma12. The red dashed line shows the Ma10 altitude model created by interpolating the Ma10 altitude data except for the altitude estimated using the Ma12 altitude data. The purple dashed line indicates the Ma10 altitude model created by interpolating the Ma10 altitude data, including those estimated using the Ma12 altitude data.

変形を反映することができるため、Ma12層標高データとMa12～Ma10標高差推定データを組み合わせることで得られるMa10層標高推定データは、Ma10層標高データ地点間を補強する有効なデータになると期待できる。ただし、注意すべき点もある。Ma10層標高データのみ地点の近傍にMa12層標高データのみ地点があった場合、その地点のMa12層標高データから推定したMa10層標高推定データが持つ誤差が、Ma10層標高モデルに悪影響を与える可能性がある。また、Ma12層標高とMa10層標高の両方が存在する地点は限られるため、場所により必ずしも妥当な内挿にはならない。特に外挿になる部分は大きな誤差を含むと考えられる。そこで、Ma12層標高値とMa12～Ma10標高差分布モデルを使ってMa10層標高推定を行うMa12層標高データの地点を次の2つの条件をともに満たした地点に限定する。

- ・ Ma12層標高とMa10層標高の両方が存在する地点に囲まれ、標高差の内挿が妥当であると考えられる範囲（Fig. 1 (e)中の灰色枠内）
- ・ 最も近いMa10層標高値のみ地点からの距離が、最も近いMa12層標高とMa10層標高の両方が存在する地点からの距離より大きい

これらの条件を満たすMa10層標高推定データをFig. 1 (f)に示す。

4. Ma10層標高分布モデルの作成

Ma10層標高分布モデルは、Ma10層標高データを内外挿して作成する。この時、活断層とその延長線で区切ったブロック毎に内外挿を行う (Fig. 1(a))。対象とするのはブロック4, 5, 及び7である。標高データの内外挿には、上町重点調査で3次元地震波速度構造モデル作成時に用いたのと同じ、RBF (Radial Basis Function) 法 (Carr et al., 2001 ; 金井・高橋, 2004) を用いた。標高差データの内外挿にも同じ手法を用いた。

浅層ボーリングのデータの、Ma10層標高分布モデルへの影響を見るため、次の3つのデータセットでそれぞれMa10層標高分布モデルを構築し比較した。

- ・深層ボーリングデータ, 反射法探査データ, 表層地質データからのMa10層標高相当データ
- ・深層ボーリングデータ, 反射法探査データ, 表層地質データからのMa10層標高相当データ, 浅層ボーリングのMa10層標高データ
- ・深層ボーリングデータ, 反射法探査データ, 表層地質データからのMa10層標高相当データ, 浅層ボーリングのMa10層標高データ, 浅層ボーリングのMa12層標高データとMa12~Ma10層標高差分布モデルを使って推定したMa10層推定標高データ

深層ボーリングデータ, 反射法探査データについては、上町重点報告書 (文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学防災研究所, 2013) を参照されたい。表層地質データからのMa10層データは、「20万分の1日本シームレス地質図」 (産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2012) から、Ma10層の堆積年代より古い地層と新しい地層が接する境界線を抽出して用いた。

Fig. 1(g), (h), (i)に、3つのデータセットそれぞれによるMa10層標高分布モデル、Fig. 1 (j), (k)その差異の分布を示した。浅層ボーリングのMa10層及びMa12層の標高データが存在する地域を中心に、Ma10層標高モデルが数十m程度修正され、小さい空間スケールのMa10層の形状の変化がモデル化されたことがわかる。最大の修正量は55 mであったが、これは、上町台地の東側の、反射法地震探査によるMa10層標高データが存在する地域で、浅層ボーリングのMa10層標高データにより修正されたものであった。

つまり、反射法地震探査での標高推定の誤差を修正した形となった。

5. おわりに

本研究では、大阪盆地地盤構造モデルの特に浅部を改良するため、浅層ボーリングデータを直接および間接的に用いてモデルの鍵層であるMa10層深度分布モデルの高精度化を図った。最大の修正量は55 mに及んだ。

謝 辞

本稿では、関西圏地盤情報データベース (関西圏地盤情報協議会) のボーリング情報、及び、「20万分の1日本シームレス地質図」 (産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2012) を利用した。記して感謝する。

参考文献

- 金井崇・高橋成雄 (2004) : 最新コンピュータグラフィックス -基礎から応用まで-, 画像電子学会誌, 第33巻, 4B号, pp. 612-619.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2012) : 20万分の1日本シームレス地質図データベース2012年7月3日版, 産業技術総合研究所研究情報公開データベース DB084 , <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db084/index.html?p=download>, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学防災研究所 (2013) : 上町断層帯における重点的な調査観測 平成22~24年度成果報告書, 449pp.
- Carr, J. C., Beaton, R. K., Cherrie, J. B., Mitchell, T. J., Fright, W. R., McCallumand, B.C., Evans, T. R. (2001): Reconstruction and Representation of 3D Objects with Radial Basis Functions, Proc. 28th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (ACM SIGGRAPH 2001), pp. 67-76.

(論文受理日 : 2023年8月31日)