

鳥取県西部地震（2000、M7.3）時に認められた 境港市の異常震域に関する一考察

岡本拓夫¹・西田良平²・野口達也³

¹福井工業高等専門学校（〒916-0064 福井県鯖江市下司町）

E-mail okamoto@fukui-nct.ac.jp

²鳥取大学工学部土木工学科教授（〒685-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101）

E-mail nishida@icv.tottori-u.ac.jp

³京都大学防災研究所地震予知研究センターCOE研究員（〒611-0011 京都府宇治市五ヶ所）

E-mail:noguchi@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp

鳥取県西部地震（2000、M7.3）において、境港市でゆれ具合に異常があることが指摘され、アンケート調査の結果震度分布に異常が認められた。指摘された震度異常が帯状に分布すること、また、弓ヶ浜半島の表層地質より基盤構造の影響が予想され、解析を行った。既存の結果を、基盤の構造を仮定し、余震波形が再現されるかどうかで、基盤の構造を吟味し、本震時の震度を説明する方法を用いた。余震の観測波形を説明できるモデルが、構造探査の結果より修正した結果得られ、本震時の震度が推定できることを示せた。結果、異常震度の帯が地下構造の影響である可能性が指摘できた。

Key Words: Abnormal Intensity, 3DFDM, Shallow Structure, Main Shock, After Shock

1. はじめに

直下型地震において、震央付近での強震動の発生が指摘されるようになった¹⁾²⁾。付近では石の跳びが認められたりすることにより、 g を超える加速度が働いたと推定される。兵庫県南部地震（1995、M7.3）では震災の帯が認められ、直下の構造による成因が指摘されている³⁾。最近では、鳥取県西部地震（2000、M7.3）で、境港市において震度が大きく感じられた地域が指摘され、その帯状分布が確認されている⁵⁾。本小論は、境港市で認められた震度異常の帯の成因について、過去の似た現象を参考にしてその成因の考察をしたものである。境港市は、鳥取県西部地震の震央より少し離れており、震度異常を説明するのに震源特性や射出特性による方法では難しいと考えられる。2002年に鳥取県により弓ヶ浜半島付近における構造探査が行われ、その詳細が報告された⁶⁾。その特徴は、半島から境港市に向けて徐々に基盤が深くなる構造と境港市直下の散乱体構造である。小論ではこの構造に着目し、この構造により励起された波形について考察した。以下、詳細に議論する。

2. 長野西部地震における跳び石

長野県西部地震（1984、M6.8）では、跳び石の存在が指摘され、それらの詳細な報告がなされている⁷⁾。西上他⁸⁾は、跳び石の分布を考慮して、震源域直上で高密度、高周波観測を行った。Okamoto⁹⁾は、そのデータを用いて地震波の減衰構造を求め、跳び石の認められた領域の直下が減衰の大きい領域であることを指摘した。また、観測波形に変換波が認められ、変換面と減衰構造から直下の構造を推定し、3DFDM⁴⁾により余震波形を計算した。結果、観測波形が説明でき、跳び石が直下の構造で説明できる可能性を指摘できた。

3. 兵庫県南部地震の震災の帯

兵庫県南部地震（1995、M7.3）では、地震断層、石の跳びや震災の帯が認められた。特に震災の帯はその成因については特徴的な現象で、活断層のずれ、構造による励起等指摘されているが、現在有力であるのが、直下の構造による励起である³⁾。

4. 弓ヶ浜半島の震度異常

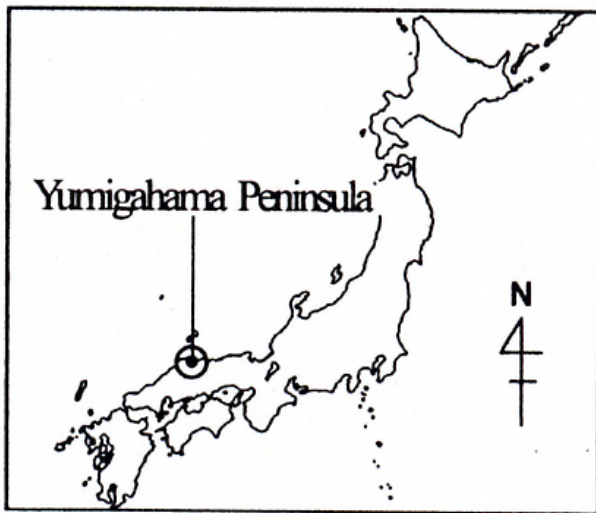


図-1 弓ヶ浜半島の位置¹¹⁾.

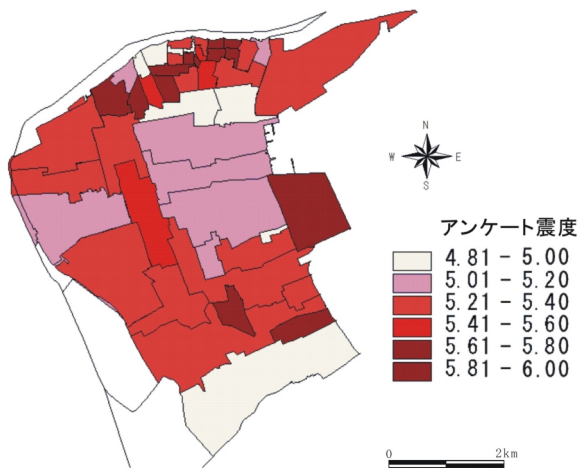


図-2 アンケート調査による町別震度分布⁵⁾.

図-1 に弓ヶ浜半島の位置及び、図-2に西田他⁵⁾によるアンケート調査の町別分布図を示す。特徴としては、市の中心部に境水道と平行する震度の大きい地域の帯状分布である。幅も狭く、特殊な条件での発生が予測される。また、少し半島の付け根に入った地域でも震度の大きいところが見うけられる。半島は砂嘴状をしており、表層は砂地だと考えられ地盤そのものの影響とは考えにくい。また、隣接域で震度に大きな差があるので、地震波動に優位な差が存在することを示唆している。詳細は、西田他¹⁰⁾で報告されている。その様なことにより、兵庫県南部地震の震災の帯と似たケースであると考えた。

5. 構造探査

鳥取県による詳細な構造探査⁶⁾が弓ヶ浜半島付近でも行われた。図-3に弓ヶ浜半島付近の結果を示す。

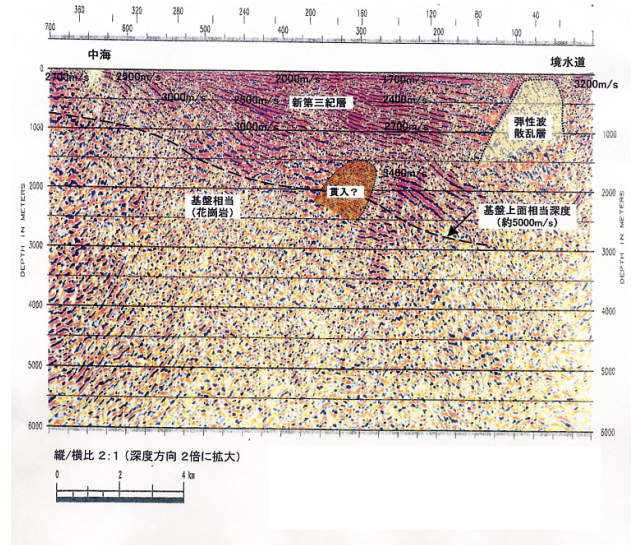


図-3 鳥取県による弓ヶ浜半島の基盤構造⁶⁾.

構造の特徴は、基盤が境水道に向かい徐々に深くなっていくこと、堆積層内に貫入や散乱層が認められることである。P波速度構造は、堆積層で約2km/s～3km/s程度に変化し、基盤で5km/sになる。兵庫県南部地震における震災の帯直下の構造との違いは、貫入や散乱層の存在である。この点に着目して解析を進めた。

6. 方法

弓ヶ浜半島では、鳥取大学のグループにより余震観測がなされていた¹¹⁾。これらの波形を利用し、推定された構造を修正しながら観測波形を説明し、各観測点の波形の特徴を示す波形が得られるかで、異常震域の成因を明らかにする方法を用いた。波形の合成には3DFDM⁴⁾を使用した。使用した震源情報は、定常観測網による再検測値¹²⁾である。用いた余震はM3.6なので(京都大学)、波形の合成の際は点震源と仮定した。余震のメカニズムは近似的に本震と同じに扱った。図-4に観測点と用いた余震の位置を示す。尚観測の詳細は、参考論文¹¹⁾で報告されているので、ここでは省略する。

7. 計算した構造と余震

投稿時に用いた構造のデータを示す。基盤の形状は、ほぼ図-3に準じている。堆積層(一層)のP、S波の速度はそれぞれ3km/s、1.73km/sで、密度は1.9g/cm³、Q値は300を用いた。遷移層(散乱層:二層)のP、Sの速度はそれぞれ3km/s、1.73km/sで、密度は1.73g/cm³、Q値は100を用いた。基盤(三層)のP、S波の速度は、それぞれ5km/s、2.89m/sで、密度は

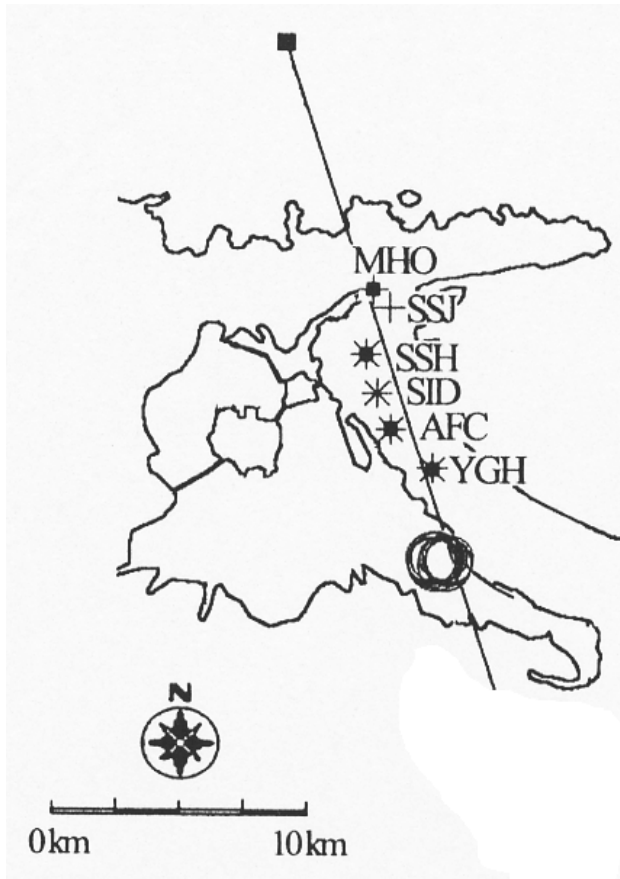


図-4 使用した観測点（MYO, SSH, AFC, YGH）と余震（中の1つを使用）の位置¹¹⁾。

2.5g/cm³，Q値は1000を用いた。計算範囲は南北に20km，東西に6km，深さ方向に11kmで，グリッドは1kmごと（南北に21，東西に7ポイント）である。

波形計算に用いた余震は，N35.4535°E133.2552°M3.6，深さ10.158km，M3.6である。

8. 結果と考察

観測された余震波形を図-5に，計算された余震波形を図-6に示す。特にS波のフェーズに注目すると，再現性が認められる。震幅については，観測波形，計算波形それぞれで，相対的な比較しかできない。理由は，計算波形の絶対震幅とメカニズム（余震データ入力評価）が充分議論できていないからである。すなわち，水平動の東西と南北の振幅比等が合わない場合がある。しかし，相対的な傾向が両者一致すれば，波形の特徴は確からしいことになる。これらの視点により計算波形を見てみると，SSHは震度異常の帯上ではないが，やや震度の大きい領域に位置し，S波の震幅が大きくなっているため，観測波形の特徴と一致している。また，継続的な（パルス的でない）波形になっていることがわかる。震度が継続時間も要因となることから，矛盾はないと考えられる。

さらに確実的に波形の特徴を指摘するためには，

震度が大きく観測された地域での地震波形の比較が必要だと考えられる。現在，帯を含む近接3点の地震観測を今年度の8月より予定しており，改めてモデル計算を行い（図-7に最新の検討中モデルを示す），帯の波形特性を明らかにする予定である。

9. 結論

- ・弓ヶ浜半島先端，境港市で震度異常の帯が認められた。表層が砂地なので，異質の地盤の影響ではない。
- ・余震の波形計算を行った結果，異常震域は基盤構造と堆積層内の不均質で説明できる可能性を指摘できた。

謝辞：Arben Pitarka博士には，プログラムの使用とご教授を頂きました。境港市の皆様には観測，調査でいろいろとお世話になりました。鳥取大学学生小野悠樹さん，福井高専の学生諸氏には論文作成に協力頂きました。記して感謝致します。

参考文献

- 1) Y. UMEDA, A. KUROIISO, K. ITO and I. MURAMATU: High accelerations produced by the Western Nagano Prefecture, Japan, earthquake of 1984, Tectonophysics, 141, 335-343, 1987.
- 2) 京都大学防災研究所: 防災研究への取り組み, 1996.
- 3) Arben Pitarka, Kojiro Irikura, Tomotaka Iwata and Takao Kagawa: Basin structure effects in the Kobe area inferred from the modeling of ground motions from two aftershocks of the January 17, 1995, Hyogo-ken Nanbu earthquake, J. Phys. Earth. Vol.44, no.5, 563-576, 1993.
- 4) Arben Pitarka: 3D Elastic Finite-Difference Modeling of Seismic Motion Using Staggered Grids with Nonuniform Spacing, Bull. Seis. Soc. America, Vol. 89, No. 1, pp.54-68, 1999.
- 5) 西田良平，寺田一樹，吉川大智，野口竜也，金本宏司，岡本拓夫: 2000年鳥取県西部地震と弓ヶ浜半島の地下構造，物理探査，第55巻第6号，473-484，2002。
- 6) 鳥取県防災危機管理課：鳥取県地下構造調査，2003。
- 7) 1986年長野県西部合同地震観測班：1986年長野県西部合同地震観測，月刊地球，1988。
- 8) 西上欽也，飯尾能久，渋谷拓郎，平原和朗，平野憲雄，岡本拓夫：震源域直上における極浅発地震の観測，月刊地球，1988。
- 9) Okamoto Takuo: Attenuation Structure around the Focal Fault, Research Reports of FNCT, 113-128, 2000.
- 10) 西田良平，金本宏司，野口竜也，小山真紀，太田裕：2000年鳥取県西部地震と境港市のアンケート調査，東濃地震科学研究所報告，9，73-84，2002。
- 11) 吉川大智，盛川仁，赤松純平，野口竜也，西田良平：余震，微動，重力を用いた弓ヶ浜半島における2次元基盤構造の推定，地震，2，第55巻，61-73，2002

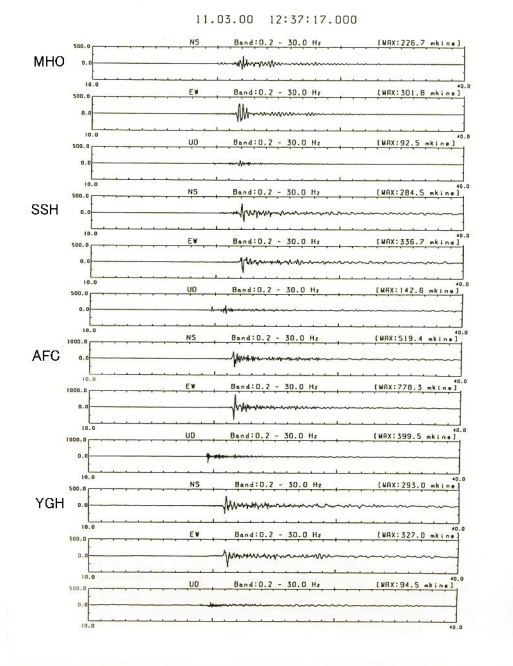
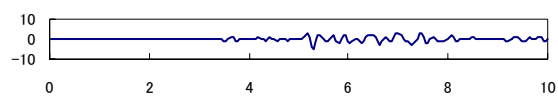


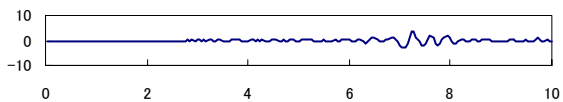
図-5 観測された余震波形.

MHO NS (mkine)

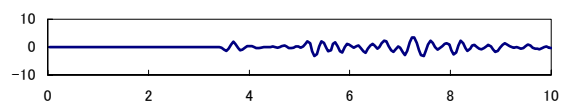


S

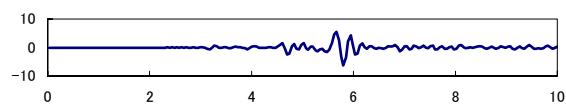
MHO EW (mkine)



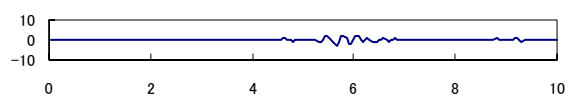
MHO UD (mkine)



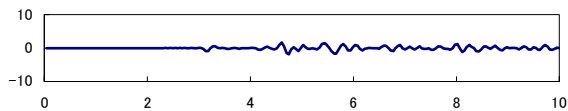
SSH NS (mkine)



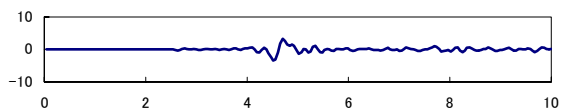
SSH EW (mkine)



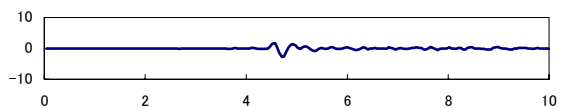
SSH UD (mkine)



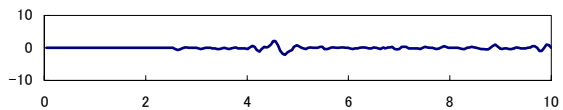
AFC NS (mkine)



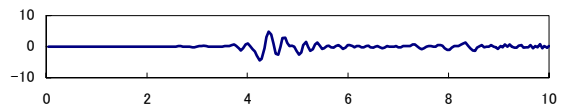
AFC EW (mkine)



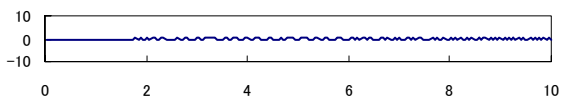
AFC UD (mkine)



YGH NS (mkine)



YGH EW (mkine)



YGH UD (mkine)

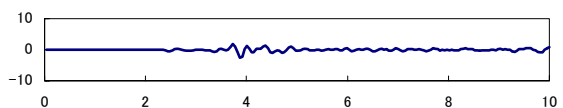


図-6 計算された余震波形

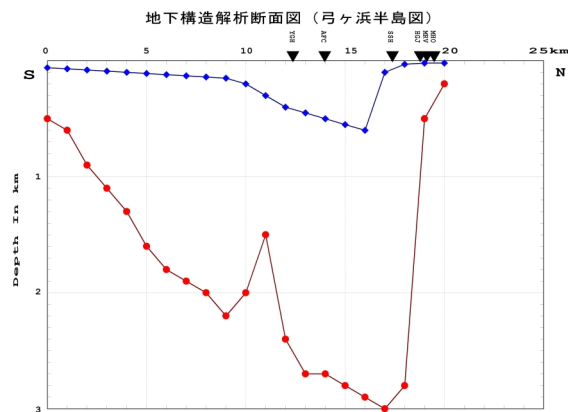


図-6 検討中のモデル. 1層 $V_p=1.5\text{km/s}$, $V_s=0.75\text{km/s}$, $\rho=1.73\text{g/cm}^3$, $Q=100$. 2層 $V_p=3\text{km/s}$, $V_s=1.73\text{km/s}$, $\rho=1.9\text{g/cm}^3$, $Q=300$. 3層 $V_p=5\text{km/s}$, $V_s=2.89\text{km/s}$, $\rho=2.5\text{g/cm}^3$, $Q=1000$. ▼は観測点. EW方向には同じ構造で6 km.

(2003. 6. 30 受付)

ON THE STUDY FOR ABNORMAL INTENSITIES AT THE SAKAMINATO CITY RECOGNIZED ON THE TOTTORI-KEN SEIBU EARTHQUAKE (2000, M7.3)

Takuo OKAMOTO, Ryohei NISHIDA and Tatsuya NOGUCHI

The abnormal intensity zone (like a belt) was recognized at the Sakaminato City on the 2002 Tottori-ken Seibu Earthquake (2002, M7.3). This zone was very thin and like a belt shape. These mean that abnormal intensities were not caused by the local geology and surface effect. This zone was made of sand at shallow part. No clear surface difference exists at this zone. This zone was far from the epicenter of that earthquake. From such a phenomenon, we estimated that the difference of intensities was caused by under ground structure. To examine this hypothesis, we compared the waveforms between the observed and calculated by 3DFDM. As the result, we concluded that the abnormal intensity zone caused by under ground structure. This hypothesis was same as the case of the damaged zone of the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake (1995, M7.3).