

濃尾平野の地盤構造と地震動特性

南雲秀樹¹・澤田義博²

¹正会員 理修 名古屋大学助手 工学研究科土木工学専攻 (〒465-0094 名古屋市千種区不老町)

²正会員 理博 名古屋大学教授 工学部社会環境工学科 (〒465-0094 名古屋市千種区不老町)

本研究では、1998年4月22日の養老断層付近で起こった地震による記録を用いて濃尾平野の地盤深度について検討した。濃尾平野上の記録ではP波到達に続き明瞭なPS変換波が見られる。これらの波の到達時間差は、観測点によって変化しており、直下の基盤深度の違いを反映しているものと考えられる。そこで、観測点直下の一次元構造を考慮するReflectivity methodにより、これらの観測事実を満たす基盤深度を観測点ごとに求めた。これらの検討によって得られた基盤深度は他の物理探査によって得られている濃尾平野上の特徴と調和的であった。

Key Words: Nobi Plain, Yoro Fault, Basement structure, PS converted wave, Reflectivity method

1. はじめに

近年のコンピューター技術の発達により、平野構造全体を考慮に入れた地震動計算が可能になった。名古屋地域では、設計用入力地震動を作成する目的で、来るべき大地震に対する強震動予測が行われている(例えば¹⁾。これらの予測の精度は、想定する震源モデルや地盤構造モデルによって大きく影響をうけることは言うまでもないが、これらのうちで地盤構造モデルは物理探査や地震動記録の蓄積・検討により、更新可能な要素である。

濃尾平野では近年大規模な地盤構造探査が行われ、部分的ではあるが詳細な地盤構造が明らかになりつつある。本研究では、1998年4月22日に養老断層付近で起こった地震(M5.4)による記録を用いて、各地盤直下の地盤構造を求め、濃尾平野全体における基盤深度の変動を検討する。

2. 濃尾平野の地盤構造

濃尾平野周辺地域の地質的構造は詳細に調べられており、濃尾平野は東西圧縮力を受け150kmに及ぶ範囲の地塊の西部が沈降、東部が隆起する傾動運動によって形成されたと考えられている(例えば²⁾。Iida and Aoki³⁾は、重力探査によって濃尾平野全体の基盤構造の輪郭を明らかにした。この結果も全体的に地質的検討の結果ときわめて調和的であった。その後、数々の地球物理的検討が行われ平野中の詳細な地下構造が明らかになっている。建設省中部支部水資源開発公団⁴⁾や、愛知県⁵⁾による反射法探査は、養老～桑名断層系をまたぐような測線で行われた。これらの探査結果では、いずれも養老断層によって基盤深度が2000m前後の段差を持つことが確認さ

れている。近年、濃尾平野で微動アレイ探査(例えば⁶⁾)も行われるようになったが、微動探査点はまだ少ない。図-1に上記の探査位置をまとめたものを示すが、実施地点近傍の部分的な地盤構造を明らかにするには、濃尾平野全体を考えると詳細な基盤深度については、まだ不明な点が多い。

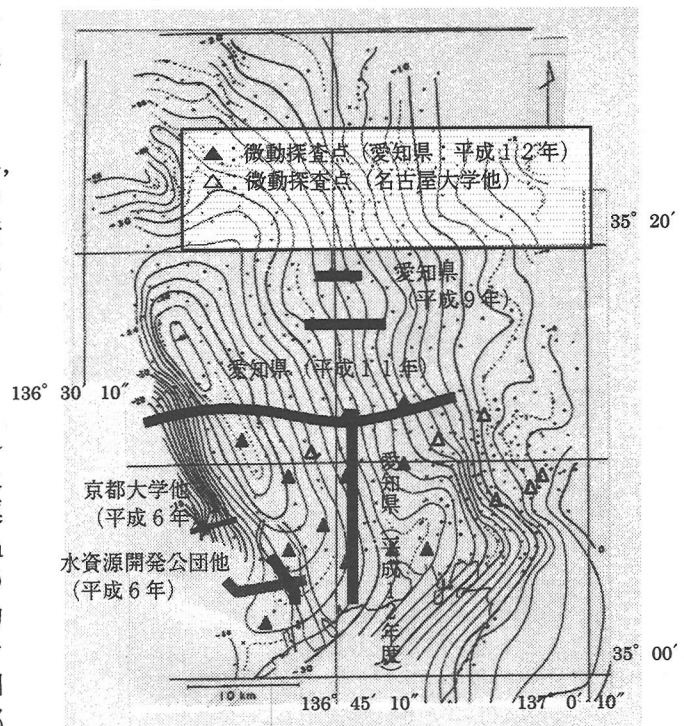


図-1 濃尾平野内で近年行われた物理探査 (Iida and Aoki[1958]の重力探査結果に加筆)

3. 地震観測点

濃尾平野周辺には K-net・気象庁 (○), 愛知県・三重県 (▲), 名古屋市 (■), 名古屋大学 (●) による地震計設置点が設けられている (図-2). 観測点間隔は濃尾平野内では数 km 間隔である. これらの観測点に設置されている地震計はすべて加速時計で, 1998 年 4 月 22 日の地震記録は大部分の観測点で得られている.

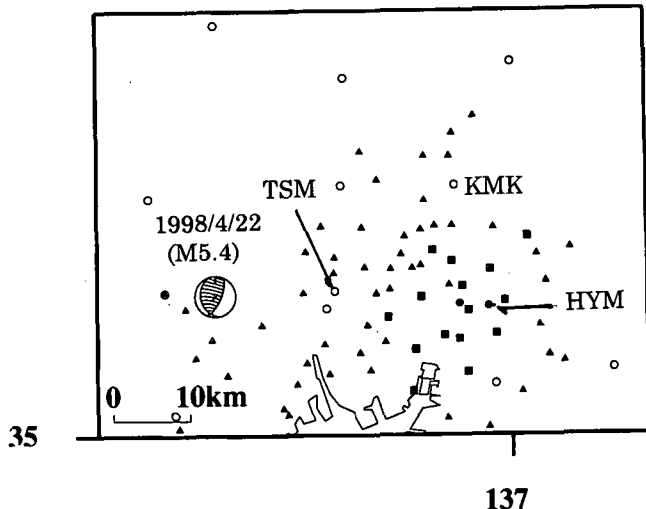


図-2 濃尾平野内における地震観測点

図-3 に濃尾平野上の TSM, HYM, KMK, における速度波形を示す. 濃尾平野西部に位置する TSM では, 他と比べて振幅が大きだけでなく S 波に続く後続波動の卓越周期が他のそれより長い. 一方, KMK では, S 波波群の継続時間が短く, 単純である. ところで, P 波初動付近に注目すると TSM, HYM では, Radial 成分の P 波到達の後に PS 変換波 (▽) が明瞭に見られる. この波の P 波に対する時間差は, TSM では約 1.5 秒なのに対して HYM では 0.5 秒と短くなっている. KMK では PS 変換波は明瞭でない. 反射法探査⁹⁾の結果を参照すると基盤と堆積層の境界がもっとも速度コントラストが強いことから, これらの PS 変換波は基盤と堆積層との境界で生じている可能性が高い. 従って, この PS-P 時間差の変動は, 各観測点直下の基盤深度を直接反映していると考えられる. この地震の記録が得られている全点について調べた結果, この PS-P 時間差は濃尾平野西部の観測点では長く, 東に向かって徐々に短くなる傾向が見られた.

4. 解析および結果

次に, この PS-P 時間差を使って, 各観測点直下の基盤深度の推定を行う. 気象庁⁷⁾によると, この地震の震源深さは 10km であったが, それでは, 三重県内の震源近傍の観測点における P 波, S 波の走時が満たされないことから, 本研究では 5km した. 震源が浅い場合, 平野基盤への入射角が浅いだけでなく, 震源よりも深い構造によって, ある距離から Head wave が初動となる可能性がある. 本研究で

は, まず予備解析として震源よりも深い部分の構造を決定した.

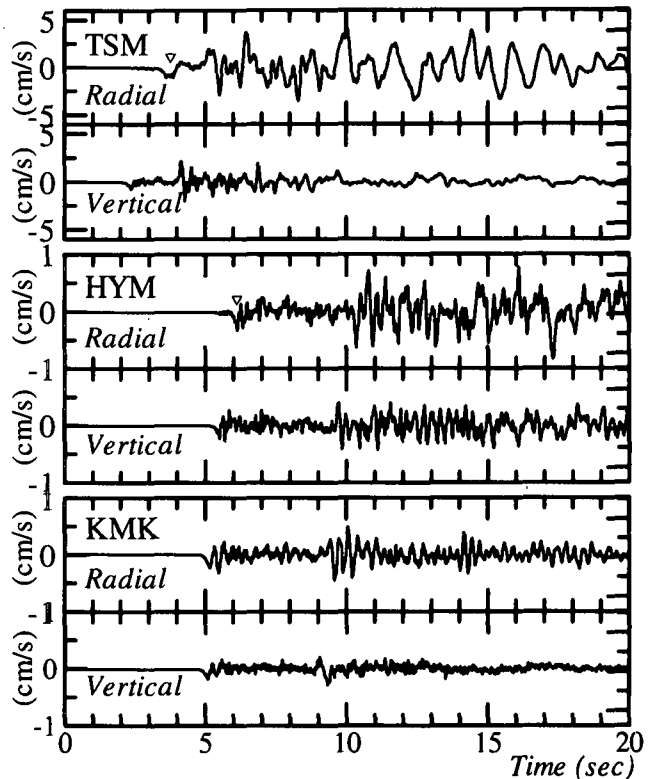


図-3 濃尾平野内で観測された速度波形例

Aoki et al.⁸⁾の屈折法探査の結果では, 太平洋側では P 波速度が 5.5km/s から 6.0km/s に変わる境界が 5km 付近に求められている. 濃尾平野東部の岩盤観測点の記録を用いて走時解析を行った結果, 濃尾平野付近では, この境界を 4km に設定した方が, よりよく観測走時を満たすことがわかった. また 4km よりも深い部分は, Aoki et al.の結果をそのまま用いて, 25km, 30km にも境界を設けた. これらの層の S 波速度は P 波速度から推定した値である. 次に, 濃尾平野内の基盤深度の推定を行う. 推定は以下の手順で行う. まず, 愛知県の調査結果を参考に堆積層内の層数を 3 層として, 各層の物性値を固定した. 次に Reflectivity method⁹⁾を用いて各観測点における理論波形計算し, PS-P, S-P 時間差が観測結果を満たすような各層の厚さをフォワードモデリングにより求めた. 各層の地盤パラメータを表-1 に示す. 地震波の減衰を表す Q 値は適当な値を仮定している. また, 震源としてはポイントソースを仮定し, 表-2 に示すようなメカニズムを与えた.

表-1 濃尾平野における地盤パラメーター

No.	Vp*	Vs*	ρ **	Qp	Qs	Dep.***
1	1.7	0.4	1.8	60	30	可変
2	2.3	0.8	2.2	100	50	可変
3	3.2	1.5	2.3	500	250	可変

4	5.5	3.2	2.8	600	300	可変
5	6.0	3.6	2.9	600	300	4
6	6.6	3.8	3.0	600	300	25
7	7.8	4.4	3.2	1000	500	30

(*km/s, **g/cm³, ***km)

表-2 震源パラメータ

Strike	dip	rake	Mo(dyne*cm)	Tp(sec)
24	67	108	5*10 ²³	0.7

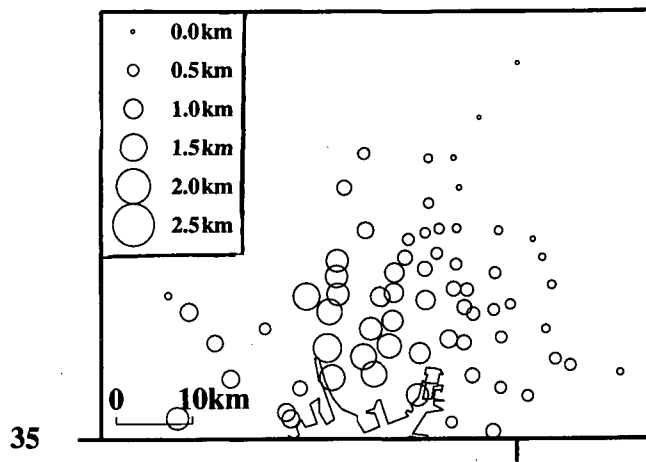
これらの考察は、まず過去の地盤調査によって、構造が決定されている地点に隣接する観測点から始めたが、それらの観測点では、ほとんど地盤モデルの修正はほとんど必要なかった。図-4 に適切な構造を与えて得られた理論波形と観測波形の比較の一例を示す。P 波、PS 変換波、S 波部分に注目するとそれぞれの時間差だけでなく、到達時刻も観測記録とよく一致している。一方、波形に注目すると振幅や初動以外の各波の後続波部分はよく再現されていないが、これは地盤を平面多層構造と仮定しているためであると考えられる。

図-5 にこのようにして求めた濃尾平野上の全観測点における基盤深度を示す。図中の丸の大きさが基盤深度を示す。全体的に濃尾平野内では北東・東に向かって基盤深度が徐々に浅くなる傾向がみられる。一方、濃尾平野南部の臨海地域では、1.2~1.4km 程度の付近ではほぼ一定である。これらの結果は、図-1 に示す重力探査結果とおおむね同じ傾向である。

5. まとめ

1998 年 4 月 22 日に養老断層付近で起こった地震記録の PS-P、S-P 時間差を用いて濃尾平野内の地震観測点直下の地盤構造を決定した。その結果は濃尾平野内の基盤深度は養老断層付近から北東・東に向かうに従って徐々に浅くなってゆき、他の物理探査と調和的であった。

今後は本研究で得られた基盤深度を補完的に既存の物理探査結果に組み込むことによって濃尾平野の基盤モデルを作成するとともに地震動シミュレーションを行い、モデルの妥当性や濃尾平野での地震動伝播特性などを考察する予定である。



137

図-5 濃尾平野内の地震観測点直下の基盤深度

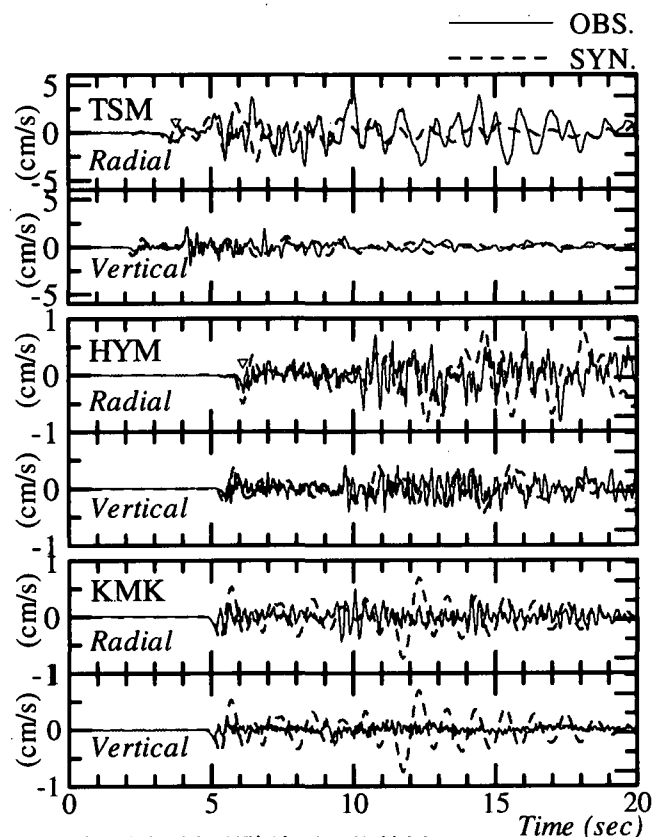


図-4 観測波形と理論波形の比較例

謝辞:本研究を行うにあたり、K-net, 愛知県, 三重県, 名古屋市による地震観測記録を使わせていただきました。また、これらの地震記録収集には名古屋地域強震観測研究会の協力を得ました。

震源情報は防災科学技術研究所 Freesia Project による広域地震動波形を用いたメカニズム解析結果を利用させていただきました。

関係者各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 福和伸夫, 山岡耕春, 鈴木康弘, 釜江克宏, 香川敬生, 佐藤俊明: 名古屋地域の強震動予測の試み: 協議会方式による設計用地震動策定の現状, 地球惑星科学関連学会 2001 年合同大会, S5-012, 2001.
- 2) 桑原 徹: 濃尾盆地と傾動地塊運動, 第四紀研究, 7, pp. 235-247, 1968.
- 3) Iida, K. and H. Aoki, Gravity anomalies and the corresponding subterranean mass distribution, with special reference to the Nobi plain and its vicinity, Japan. Jour., Earth., Science, Nagoya Univ., 6, pp.113-142, 1958.
- 4) 建設省中部地方建設局, 水資源開発公団中部支社: 長良川河口堰調査報告書 第1巻, 平成7年

月.

- 5) 愛知県：平成12年度濃尾平野地下構造調査，平成13年3月.
- 6) 南雲秀樹，澤田義博，飛田潤，大西徹夫，谷直彦，凌甦群，今義豪：名古屋市における基盤構造について－微動探査結果と地震動特性－，物理探査学会第101回学術講演会講演論文集，pp.46-49.1999.
- 7) 気象庁：地震・火山月報（カタログ編），平成10年4月.
- 8) Aoki, H., T. Tada, Y. Sasaki, T. Ooida, I. Muramatsu, H. Shimamura and I. Fukuya: Crustal structure in the profile across Central Japan as derived from explosion seismic observations, *J. Phys. Earth*, 20, pp.197-223, 1972.
- 9) 武尾実：非弾性減衰を考慮した震源近傍での地震波合成－堆積層での非弾性減衰の効果について－，気象研究所報告，36，P245-257, 1985.