

強震観測網による地震観測記録に基づく愛知県を対象とした地盤震動特性に関する研究

名古屋大学工学部社会環境工学科建築学コース
護研究室 都築和敏

1. 背景と目的

近年南海トラフでの M8-9 クラスの巨大地震の発生が懸念されている。我が国での構造物の動的設計では設計用入力地震動のひとつとして告示波を用いて耐震性能の確認を行っているが、告示波では各建設サイトの深い地盤構造に起因する地域固有の周期特性が考慮されていない。地震動を予測する際、影響を与える要因としては、震源特性、伝播特性、サイト特性が考えられ、各要因を正確に評価することがより精度の高い地震動予測につながる。強震観測記録はこれらの要因すべてを含んでいる記録であり、そこから各サイトにおける地盤震動特性を推定することは非常に有効な手段である。それには、各要因を強震観測記録から分離する必要がある。一方サイトごとの地震動を予測する手法のひとつとして、比較的少ないパラメータで安定した結果の得られる距離減衰式がある。そこで本研究では、強震観測記録に基づいた愛知県の地盤震動特性を推定することを目的として、強震観測網の実態把握、記録の収集・整理を行い、強震観測記録を既存の距離減衰式を指標として全国の平均的性状と比較することで愛知県の地盤震動特性を分析する。

2. 大都市圏強震動総合観測ネットワークシステム

大都市圏強震動総合観測ネットワークシステムは、都市圏の各種機関による既設強震観測網を有機的に結合し、波形データ等を一元管理できる総合的な強震動観測ネットワークを構築する事を目的として大都市圏の拠点国立大学に設置された。中京圏においては、図 1 に示す強震観測点約 680 点を擁している。各機関の計測震度計、強震計から各機関のサーバまでの波形データの送信はほとんどの観測機関において自動で行われており、そこから名古屋大学がデータ収集を行っている。現在、システム内には図 2 に示す 1996 年 10 月から 2013 年 9 月までの計 713 の地震を収録している。現在、各機関の強震観測記録に関して、愛知県のデータは強震観測システム移行に伴い 2008 年 1 月 27 日から 2011 年 2 月 6 日までの期間で観測記録は未収録であり、三重県も同様に 2008 年 6 月 4 日から 2012 年 12 月 3 日までの期間は未収録である。

大都市圏強震動総合観測ネットワークシステムの整備により波形記録の迅速な収集と記録の共通フォーマットによる一元管理で迅速で幅広い分析が可能となっている。

3. 分析方法

本研究の検討には愛知県内の 4 種類の観測網（愛知県、名古屋市、K-NET、KiK-net）の各観測点からの震源距離が 100 km 以下であり、気象庁マグニチュードが 5.0 以上である地震の強震観測記録を用いる。各観測記録のマグニチュード、震源距離などを補正するため応答スペクトルを Zhao et al. (2006)¹⁾による応答スペクトルの距離減衰式(式 1) と比をとる。式中 $a \sim C_k$ は周期ごとの回帰係数であり、以下本論では応答スペクトル比とする。本論ではサイト特性を相対的に分析していくため、Zhao et al.による距離減衰式の地盤種別の影響を表す項 C_k はすべての強震観測記録に対し

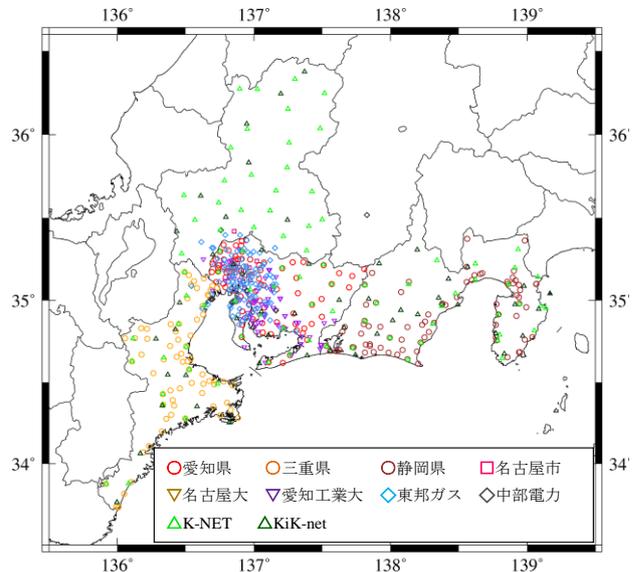


図 1 中京圏における観測点

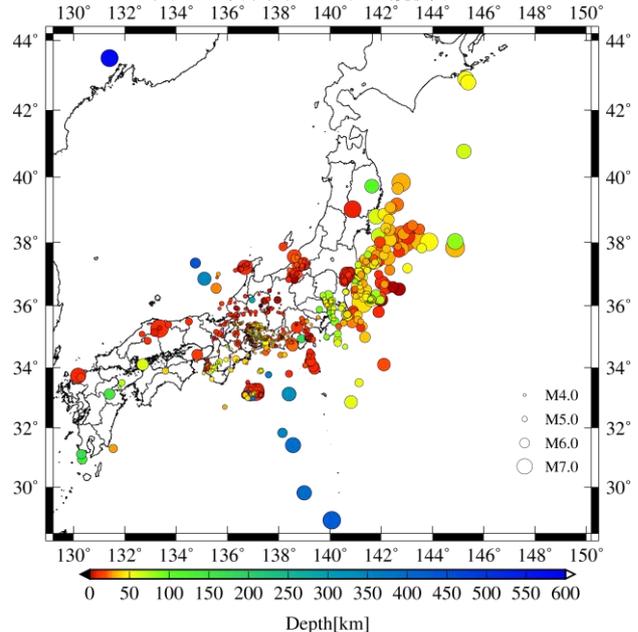


図 2 中京圏における収録地震の震源の分布

表 1 分析する地震の情報

No.	発生日	発生日時刻	Mj	Mw	震源深さ (km)	震央北緯(°)	震央東経(°)	地震タイプ
1	2000/10/31	01:43	5.5	5.5	43	34.2983	136.3200	スラブ内
2	2001/01/06	11:48	5.3	4.8	48	35.3866	137.1166	スラブ内
3	2001/02/23	07:23	5.0	4.9	32	34.7933	137.5483	スラブ内
4	2001/04/03	23:57	5.3	5.2	30	35.0233	138.0933	スラブ内
5	2001/08/25	22:21	5.3	4.9	10	35.1516	135.6600	地殻内
6	2003/01/19	04:50	5.1	5.4	8	33.8750	137.2400	プレート境界
7	2004/01/06	14:50	5.2	5.2	40	34.2150	136.7133	スラブ内
8	2007/04/15	12:19	5.4	5.0	16	34.7900	136.4067	地殻内
9	2009/02/18	06:47	5.2	4.8	9	35.6616	136.3133	地殻内
10	2009/08/11	05:07	6.5	6.2	23	34.7850	138.4983	スラブ内
11	2011/02/27	05:38	5.5	5.1	4	36.1550	137.4533	地殻内
12	2011/02/27	02:19	5.0	4.8	4	36.1566	137.4566	地殻内
13	2011/03/15	22:31	6.4	5.9	14	35.3083	138.7133	地殻内
14	2011/08/01	23:58	6.2	5.8	23	34.7066	138.5483	スラブ内
15	2011/08/12	04:37	5.2	5.0	27	34.4083	138.0816	スラブ内
16	2011/12/14	13:01	5.1	5.1	49	35.3550	137.2433	スラブ内

て最も硬い地盤での値を用いた。

$$\ln SH = aM_w + bX - \ln(X + c \cdot \exp(d \cdot M_w)) + e(h - h_c)\delta_h + F_R + S_I + S_S + S_{SL} \ln(X) + C_k \quad (1)$$

表 1 に対象とする地震を、図 3 に観測点の分布を示す。マグニチュードなどは気象庁や防災科学技術研究所 F-net の値を参考にした。図 4, 5 に例として K-NET 尾西における No.1 地震の観測記録及び Zhao et al.による加速度応答スペクトル、応答スペクトル比を示す。応答スペクトル比は全国の平均的性状と観測記録の間の誤差とサイト特性を表している。この他どの記録も EW, NS 成分の間に大きな差異はみられないので本研究では観測記録の水平 2 成分の幾何平均の値を用いて分析を行った。

4.1 地震内に注目した各観測点のサイト特性の検討

各周期での相対的なサイト特性を評価するため、各周期における観測記録の応答スペクトル比を全観測点の平均値で除した。短周期(0.5~1.0 s)、やや短周期(1.0~2.0 s)、やや長周期(2.0~5.0 s)の 3 つの周期帯に注目してスペクトル比を計算したところ、どの地震も概ねではあるが等しい特性を示した。図 6 に例として No.11 地震における各周期帯の応答スペクトル比の分布を示す。やや長周期の周期帯においては濃尾平野の南・西部で応答は相対的に大きく、また短周期、やや短周期の周期帯では濃尾平野に加え、岡崎平野、豊橋平野で応答が大きいことがわかる。また、得られたサイト特性は地震調査研究推進本部による長周期地震動地図²⁾などの既往の研究結果ともよい整合性を示した。

4.2 地震間比較による地盤震動特性の検討

地震間で応答スペクトル比は大きく異なっているが、その要因を検討した。図 7 に例として固有周期 1.5 s におけるスラブ内地震のスペクトル比の分布を示す。図より、同じ地震タイプ内ではマグニチュードが大きいと応答スペクトル比の値も大きいことが確認された。また、このほか同じマグニチュードであっても地震タイプ、地震波の到来方向によって値は異なる傾向があることを確認した。また図 8 に図 3 に示す濃尾平野、岩盤サイトそれぞれ 1 地点の各地震タイプの応答スペクトル比を示す。いくつかの観測点を抽出して検討した結果、得られた傾向として濃尾平野ではマグニチュードが大きいと応答スペクトル比の値も大きい関係がみられたが、岩盤サイトではその関係は確認できなかった。

5. まとめ

愛知県内のサイト特性を相対的に評価した結果、愛知県内では濃尾平野、岡崎平野、豊橋平野で大きな応答を示し、特にやや長周期の周期帯においては濃尾平野の南部、西部で愛知県の他の地域に比べ大きな応答を示すことが確認できた。また地震間の応答スペクトル比の違いについては、全国の平均的な応答スペクトル比に比べ、愛知県では地震動の応答スペクトルに与えるマグニチュードの影響が大きいことがわかった。また地震タイプ、地震波の到来方向も関係すると考えられる。

今後、地震間でみられた観測結果の違いを生じるメカニズムについて、さらなる追究が必要である。

参考文献

- 1) Zhao et al.: Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.96, No.3, pp.898-913, 2006
- 2) 地震調査研究推進本部 http://www.jishin.go.jp/main/chousa/12_choshuki/

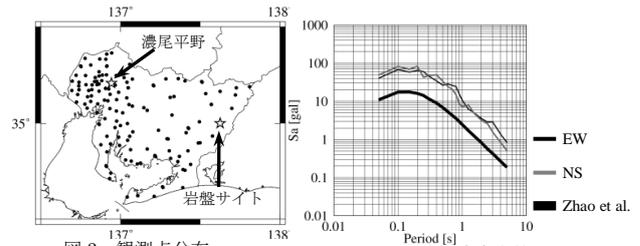


図 3 観測点分布 図 4 K-NET 尾西の加速度応答スペクトル

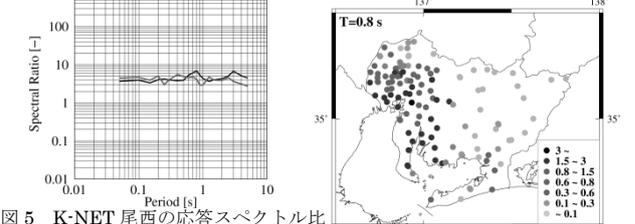


図 5 K-NET 尾西の応答スペクトル比

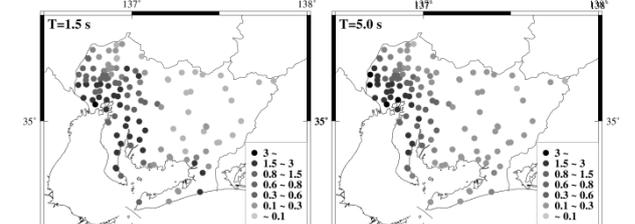


図 6 No.11 の標準化した応答スペクトル比の各周期帯の分布図

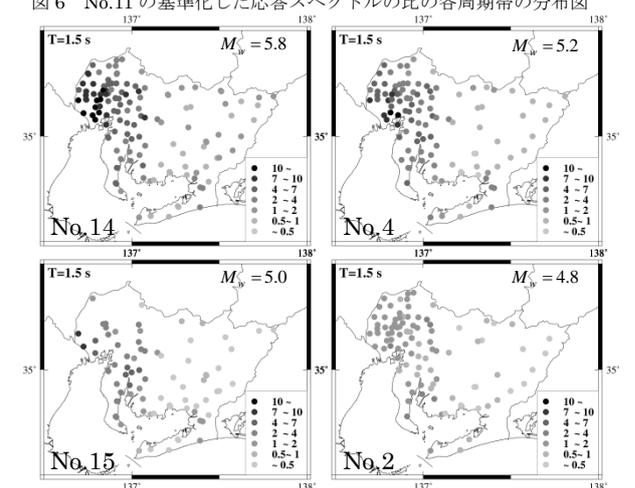


図 7 固有周期 1.5 s におけるスラブ内地震の応答スペクトル比の分布図

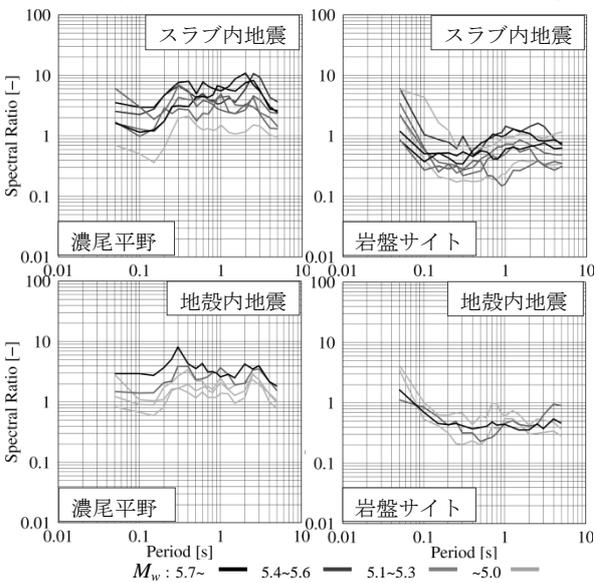


図 8 濃尾平野、岩盤サイトの各地震の応答スペクトル比