

(10) 地震発生時の地震動分布把握へのサイスミックマイクロゾーニングの適用について

応用地質株式会社 ○瀬川秀恭
 同上 山本明夫
 同上 金子史夫

1. はじめに

被害地震が発生した場合、緊急の対応活動方針を決定するうえで、地震動分布を把握しておくことは有用である。この目的のためには、必要な地域に充分な規模の地震観測網をオンラインで築くことが最善と考えられるが、経済的負担が大きく、また大災害の際には通信機能が損われる可能性もあって、なかなか実現がむずかしい。サイスミックマイクロゾーニングによる地震動予測は、将来に発生が想定される地震に対して事前に防災対策を講ずるための基礎資料として用いられてきているが、この手法は地震発生時の緊急対策用にも適用できる。つまり、あらかじめ準備さえしておけば、発震時にたちどころに地震動分布が計算できるものである。さらに、特別な設備を必要とせず、通信途絶の影響も受けにくい利点がある。ところで、予測計算には震源の位置などの情報も必要であるが、これらの情報は発震後時間の経過とともに順次増えていくものである。発震時に必要な情報の程度は、地震（被害）の大きさによって異なるものと考えられるが、ここでは一つの直下地震の実例として、1987年千葉県東方沖地震をとりあげ、地震発生後の時間経過を追って、得られた情報とこれを用いた計算結果の精度について検討した。

2. 地震発生後に得られた情報

地震発生後に得られる情報と、地震発生後の対応活動のために必要となる地震動分布の内容は、時間とともに変化していくものと考えられる。ここでは、1987年千葉県東方沖地震を一つの実例としてとりあげ、その状況を表-1の上半分に示した。得られた情報に関しては、午前11時頃の地震発生の数分後から10分後には、マグニチュードMと震源の位置および各地の震度が判明した。ついで、30分程度で被害の第一報が入りはじめて、全県にわたっての被害に関する情報の概要が全て揃ったのは約6時間後であった。すぐに応急活動が開始されて、約1日後には復旧活動が推進された。復旧活動の結果として、一部の斜面や本格的な復旧の必要な特殊なものを除いては、2週間～1ヶ月後には復旧が完了した。

表-1 1987年千葉県東方沖地震の際に得られた情報と計算可能な予測タイプの時系列

項目	時間 (事前)	1987.12.17 11:08 (発震)	5-10分	30分	3時間	6時間	12時間	24時間	1週間~10日	2週間	1ヶ月
地震後に得られた被害等の情報 (実績)			M各地の震源位置	被害の第一報	(死者の確認)	県内の第一次集約	緊急対応	県の発表 (被害の概要)	水道・ガス復旧	県の発表 (被害の全容)	強震通報
予測に必要な情報	M, 震源位置		○								
	余震分布							○			
	断層モデル							○			
	地盤条件										
	増幅特性 (-1) (-2)	○									
	増幅特性						○				
観測波形											
可能な予測計算タイプ			I - 1/2			II				III	

3. 予測に必要な情報と予測方法

地震動を予測するに際しては、震源要素と地震基盤までの伝播特性および表層地盤の増幅特性が考慮される。また、このうち震源要素と地震基盤までの伝播特性から地震基盤での地震動の大きさを算定し、これに表層地盤の増幅特性を乗じて地表地震動を求めることもよく行われる。ここでは、主として後者の方法に従って予測方法を検討した。

千葉県東方沖地震の発生後に、地震動予測に必要な情報が得られた時間を、表-1の下半分に示した。得られるデータは時間とともに増加し、地震の数分後にはマグニチュードと震源位置が発表され、併せて地震観測による観測地震動が使える。さらに、地震後1日間程度の余震分布から断層の位置・形状を推定し、断層モデルを設定できる。このようにして時間を追って増加する情報に伴って、予測計算が可能な方法を採用した。これを表-1の最下段と表-2に示した。

表-2 計算タイプ

計算タイプ	基盤地震動の評価	表層増幅特性の評価
I-1	1~4種の地盤分類(道路橋示方書)ごとの距離減衰式	
I-2	点震源からの距離減衰式	表層 V_s による増幅率評価
II	点震源からの距離減衰式	観測地震波による応答計算
III	断層モデルを考慮した計算	観測地震波による応答計算

まず、発震後数分では、点震源による基盤地震動の計算が可能である。表層地盤の増幅特性の評価についての方法はいろいろあるが、ここでは主として地質、地盤の特性に着目した方法として、精粗の2種類を設定し、これをタイプIとした。

つぎに、地震後約6時間後には、観測波形を用いた応答計算をすることによって、表層地盤の増幅特性を評価することができるようになる。この時点で、タイプIと同じく点震源による基盤地震動を評価したものと組み合わせた方法を、IIのタイプとした。

最後に、地震後約1日を経過すると、この間の余震分布が得られ、断層モデルを想定できるようになるものと考えられる。そこで、ここでは、断層モデルを用いた予測方法を採用した。とくに、震源に近い地域では、点震源を考慮した距離減衰式による評価には難があり、断層の広がりやを考慮した方法がより有効となるためである。表層地盤の増幅特性については、タイプIIと同様に観測波形を用いたものとした。これをタイプIIIとした。

ここで、点震源を用いた基盤地震動の予測方法については、数多くの方法¹⁾が提案されているが、これらについて試算を行ったうえで、最終的に今回の千葉県東方沖地震の観測加速度を最も良く説明していた田村ら(1979)²⁾の式を用いた。なお、タイプI-1は道路橋示方書³⁾による方法を用いている。また、断層モデルを考慮した基盤地震動の評価方法については、短時間に面的な評価が可能な Kobayashi & Midorikawa (1982)⁴⁾の半経験的手法を採用した。さらに、表層地盤の増幅特性については、発震後数分の時点では、道路橋示方書³⁾を参考にした4種類の分類(I-1)、翠川ら(1980)⁵⁾による表層のS波速度と増幅率の平均的関係を用いたより細かい分類(I-2)の2つを採用した。さらに地震発生後半日を経過した時点では、観測波形を用いた地盤の非線形性を考慮したSH波重複反射理論による応答計算を行って増幅特性を求める方法(II、III)の使用が可能となる。なお、計算する単位となる広さは、約1km四方のメッシュとした。

4. 計算結果

上記の4通りの計算方法による、千葉県東方沖地震における地表加速度分布を図-1に示した。計算範囲は千葉県を中心として周辺の都県も含めた。いずれの計算結果でも震源に近い千葉県東部では300galを超える加速度となり、東京区部では100~200gal程度の値が得られている。また、IおよびIIのタイプではIIIのタイプに比べ、加速度の大きな区域の中心がやや南にずれている。また表層地盤の評価の違いによる影響を見ると、4種類の分類(I-1)、 V_s による簡易法(I-2)および応答計算による評価(II、III)の順に、地形地質の違いをより細かく反映するようになっている。

5. 結果の検討

計算結果を、強震観測結果⁶⁾およびアンケート・墓石転倒調査結果⁷⁾と対比して図-2に示した。アンケート調査から得られた震度は翠川ら(1988)⁸⁾による震度と加速度の関係式を用いて加速度に換算して用いている。

この結果をさらにわかりやすくするために、図-2に示したデータのうち、震源に近く地震動の大きい千葉県内に限って計算加速度と実測加速度との差が実測加速度に対して50%以内となる割合を求めて、図-3に示した。

I-1タイプにおける割合は、他のタイプによる値に比べて明らかに低い値となり、地震動予測の精度に対しては、表層地盤の評価がかなり重要であることが示されている。また、以降の時間の経過とともに、この割合は暫時大きくなっていて、実際に観測された加速度分布をより良く説明するようになっている。

6. あとがき

今回の検討により、地震発生後の時間経過に従って、地表地震動分布の予測精度が変化すること、および結果として順次精度が向上することが分かった。しかも、地震発生後約1日を経過した時点では、実測の観測地震動にほぼ近い分布が得られている。

しかしながら、今回の計算は、千葉県東方沖地震という一つの例について試算したものであり、とくに大地震時には必要な情報も得られる情報も大きく異なってくる。したがって、震源の特性、基盤地震動および表層地盤の増幅特性などについての様々な条件での吟味がさらに必要と考えている。

さらに、地震発生時の応急対応活動という観点から見て、どのような情報が、どのような精度で、しかもどのような時点で必要となるのかを一方でおさえておき、それに見合ったものを検討していくことも課題として残されている。

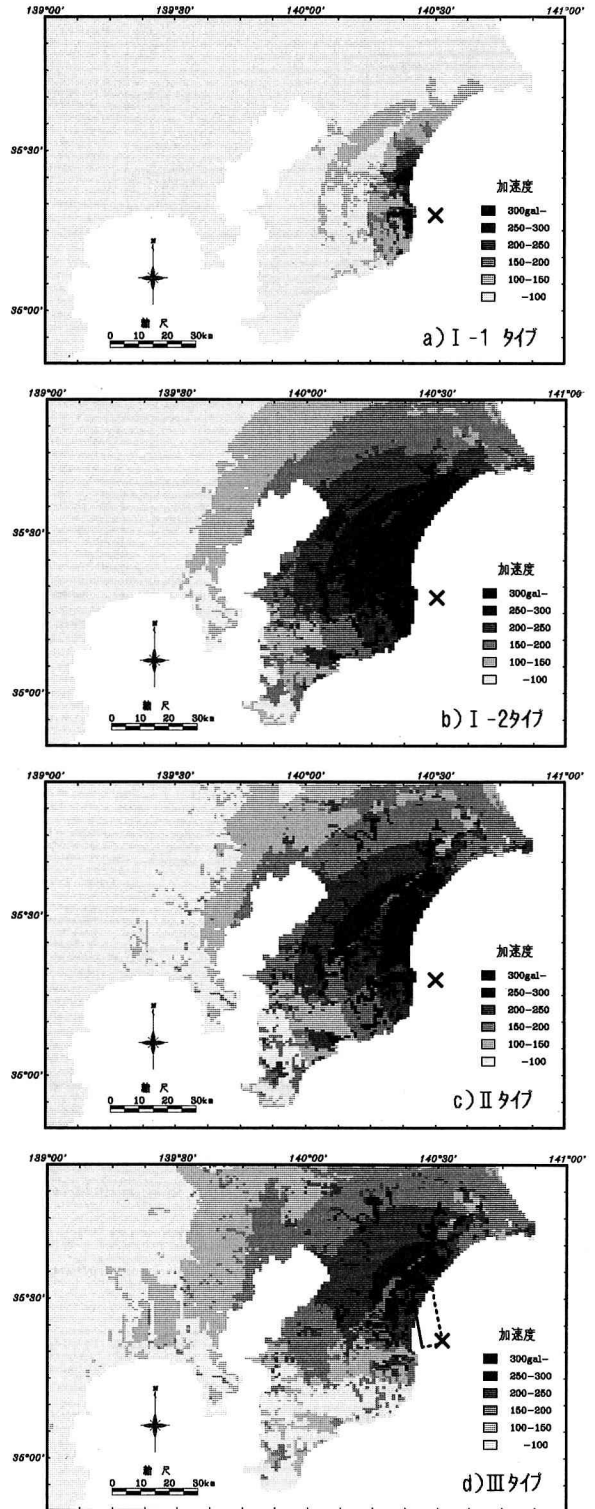


図-1 計算加速度分布

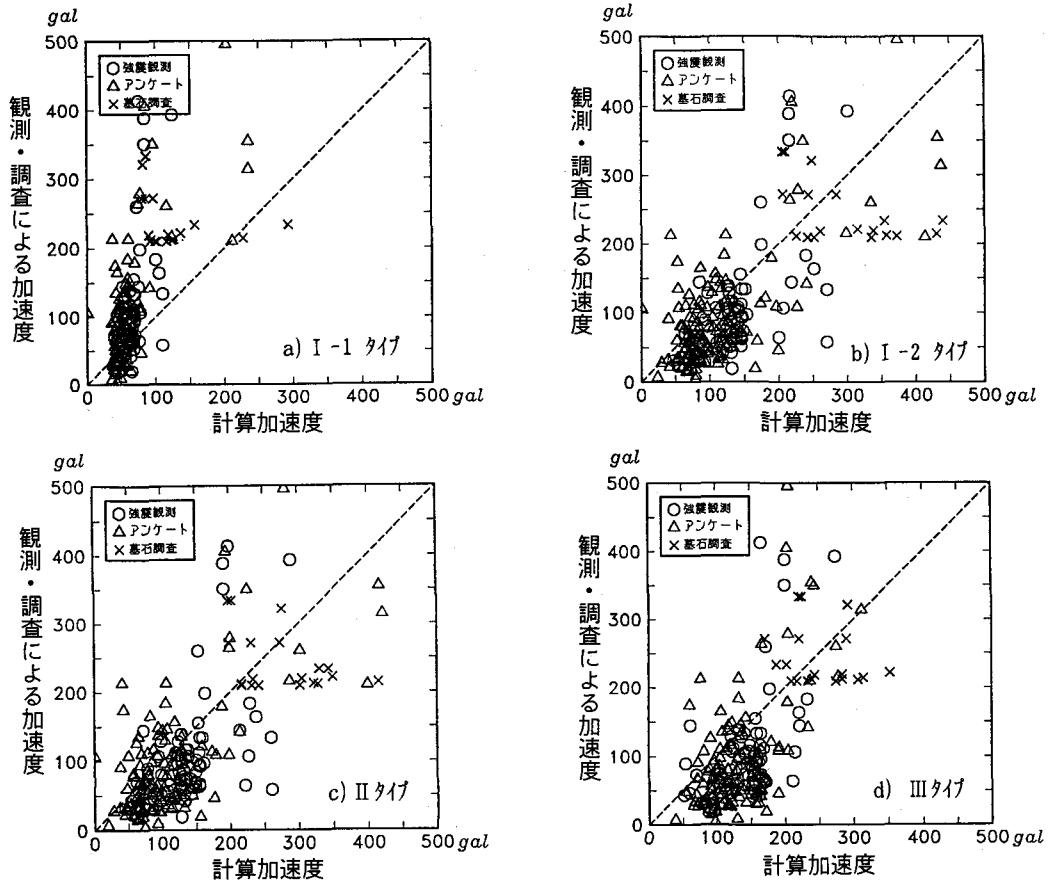


図-2 計算加速度と観測・調査による加速度の比較

<参考文献>

- 1) 殿内啓司, 金子史夫; 基盤地震動の評価方法について, 応用地質調査事務所年報, No. 6, 1984.
- 2) 田村重四郎, 岡本舜三, 加藤勝行, 小野公一郎; 岩盤地帯の地震動の最大加速度について, 第15回地震工学研究発表会, 1979.
- 3) 日本道路協会; 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 1980.
- 4) Kobayashi, H. and S. Midorikawa; A SEMI-EMPIRICAL METHOD FOR ESTIMATING RESPONSE SPECTRA OF NEAR-FIELD GROUND MOTIONS WITH REGARD TO FAULT RUPTURE, Proc. 7th European Conf. on Earthquake Eng., 2, 1982.
- 5) 翠川三郎, 小林啓美; 震源域及びその周辺での地表面最大加速度分布の推定, 日本建築学会論文報告集, 290, 1980.
- 6) 国立防災科学技術センター; 強震速報, 37, 1988.
- 7) 瀬川秀恭, 山本明夫, 金子史夫ほか; 1987年千葉県東方沖地震における地震動分布, 昭和63年度地震学会春季大会予稿集, 1988.
- 8) 翠川三郎, 福岡知久; 気象庁震度階と地震動強さの物理量との関係, 地震2, 41, 1988.

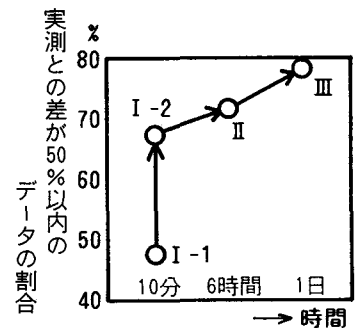


図-3 計算結果の実測加速度に対する精度の推移