

(8) 震源近傍の地震動に対する震源メカニズムの影響について

(財)大阪土質試験所 ○澤田純男 香川敬生 岩崎好規
 関西電力(株) 永野徹 北野剛人 大上実
 (財)防災研究協会 吉川宗治

1. はじめに

重要構造物の設計地震動を策定する場合には、土研式等の距離減衰式が用いられる場合が多い。これらの距離減衰式は過去の貴重な強震記録を統計解析して求められたものであるが、非常に大きなばらつきを持っていることは、よく知られている。したがって、これらのばらつきの原因を解明していくことは、的確な設計地震動の策定するためには重要であると考えられる。これらのばらつきの原因としては大きく分類して、震源特性によるもの、伝播経路における減衰のばらつき、観測点近傍の地盤の影響によるものなどが考えられる。このうち近傍の地盤の影響については多くの研究者が積極的に取り組んでおり、緻密な検討がなされている。そこで本研究では特に震源特性によるばらつきに関する基礎的な考察を行なう。

著者らは既に、グリーン関数に点震源の傾斜関数モデルの理論波形を用い、これを断層の破壊過程を考慮して重ね合わせることにより、断層近傍の地動変位分布の概略を簡単に評価できることを示した¹⁾。この手法を1989年Loma Prieta地震および1987年千葉県東方沖地震に適用し、これらの地震の地震動分布が震源特性に大きく影響されていることを示す。

2. 解析手法

無限均質弾性媒質中の点震源の傾斜関数モデルから発生する地震動は、遠方場変位で $P \cdot SH \cdot SV$ 波ともboxcarとなる²⁾。振幅はRadiation Patternと距離減衰から決められ、これをグリーン関数として断層の破壊過程を考慮して重ね合わせることにより、図1のように遠方場での理論変位波形を得ることができる。本研究の計算例では、断層面上の破壊は同心円状にスムーズに伝播するとした。したがって本研究の計算例では、特にRadiation Patternと破壊開始点の位置による影響が考慮される。また、伝播経路の減衰は距離減衰（基本的に $1/r$ ）のみを考慮しており、表層地盤の影響は全く考慮されない。

なお本手法で求められるのは基本的に変位であることに注意が必要である。次節では本手法の結果と最大加速度分布やアンケートによる震度分布と比較するが、これらの比較は、それぞれの地点の波形のスペクトル形状が大体等しい、短周期の波の成分が非常に小さいという大胆な仮定に基づいている。また本研究では、変位分布の相対的な違いを議論し、絶対最大変位については扱っていない。

3. 1989年Loma Prieta地震の地震動分布

Loma Prieta地震の被害分布³⁾の特徴は、震央から80kmも離れたサンフランシスコにおいて大きな被害が発生した一方、震央より南東側においては被害があまり発生していない点にある。この地震の震源は完全なストライクスリップではなく、ディップ成分を含んでいることが知られているが、これがこのような地震被害分布になった主因であることを示す。図2に本手法で求められた地震動分布を示す。図中の円の大きさは上下変位の最大値を、円内の直線は水平変位の最大値とその方向を示している。また図中のコンターは等最大水平変位 (0.1 : 0.2 : 0.5 : 1.0) を表す。破壊開始点を×で示している。

この震源が完全なストライクスリップでなく斜めに滑ったために、サンフランシスコ方向に大きな放射特性を持

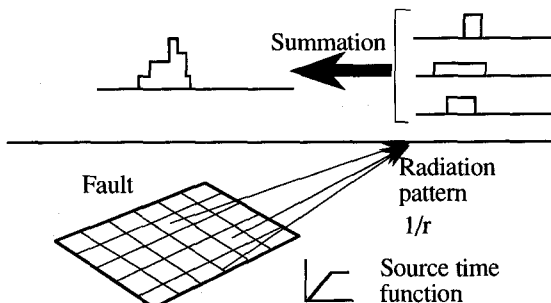


図1 本手法の概念図

表1 解析に用いたパラメータ

	Loma Prieta地震	千葉県東方沖地震
Azimuth	N132E	N11W
Dip angle	70deg.	69deg.
Rake angle	145deg.	163deg.
Length	30km	20km
Width	12km	20km
Rupture velocity	3.0km/sec	2.5km/sec
Vs	3.0km	3.0km
Vp	5.0km	5.0km
Rise time	1.0sec	1.0sec
Element size	3km x 3km	4km x 4km

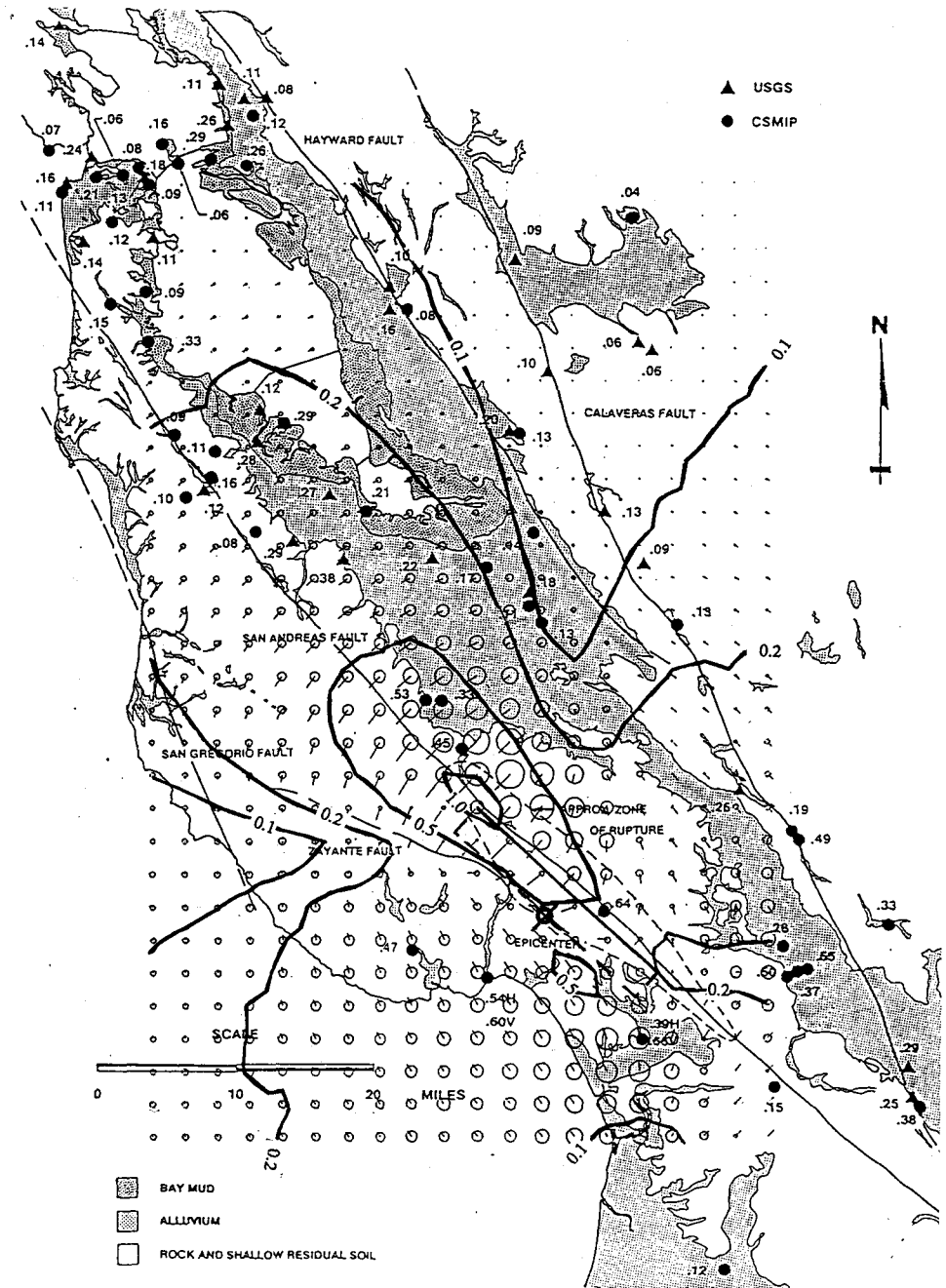


図2 Loma Prieta 地震の地震動分布

ち、反対側の放射特性は小さくなっていることがわかる。図中にUSGSとCDMGの地震観測記録の最大水平加速度値が示されているが、サンフランシスコ湾岸の地盤の軟弱な地域を除くと、本手法による最大水平変位のコンターと良く対応することがわかる。梅田⁴⁾らは断層の北西端部においてのみ跳び石が数多く見られたと報告しているが、本手法においてもこの部分での地震動が最も大きい。またWatsonvilleにおいて大きな上下動が観測されているが(0.39H, 0.55V)，図2においてもこの地点は上下動が大きな部分であることが示されている。

Somerville and Yoshimura⁵⁾はサンフランシスコ付近でちょうどモホ面反射波が最も大きく、直達波より大きな振幅となることを示した。しかしRadiation Patternを考慮すると、モホ面反射波方向のRadiation係数は小さくなく、直達波方向のRadiation係数が非常に大きいいため、モホ面反射波の振幅は直達波の振幅を越えないことがわかった。また、震央に対してサンフランシスコと反対側の地域で被害が小さかったことについてはモホ面反射波だけでは説明できない。

なお、前述のように、本手法で求められるのは基本的に変位分布であり、加速度記録とは直接比較するには無理がある。しかしこの地震の記録を見ると、ほとんどの記録で周期1~2秒程度の比較的長周期の波が卓越しており、加速度値が大きくなる短周期成分が小さい。このため、本手法から求められる変位分布と観測最大加速度の分布が良く対応しているのだと思われる。

4. 1987年千葉県東方沖地震の地震動分布

この地震の被害分布の特徴は、震央から50kmほど離れた東京湾沿岸で多数の液化化被害が発生したことにあつた。図3に本手法で求められた地震動分布を示す。図の見方は図2と同じであるが、コンターは最大水平変位に対し、1:2:3で引いてある。また、図中の数字はアンケート調査による震度(河角による震度階)分布⁶⁾で、震度の大きかった地域に影を付けている。

濃く影を付けている3つの地域が特に震度の高かった地域であるが、本手法の結果はこれらの地域の地震動が特に大きい結果にはなっていない。しかし、北から2つの高震度地域の間に、非常に震度の小さかった地域があるが、本手法の結果にも、この地域のすぐ北に地震動が小さい目玉があり、これが対応するものと思われる。さらに、特に千葉県北西部に大きな水平動と上下動が計算されていることがわかる。すなわち東京湾沿岸および千葉県北西部は特に地震動の大きな地域であったことが推察される。

しかしながら、千葉県北西部(河角震度4~6)と震源に近い九十九里地域(河角震度7程度)で地震動がほぼ等しい本手法の結果は、アンケートによる震度分布と整合しない。これは距離減衰の評価に問題があると思われる。そこで距離減衰を $1/r^2$ にした結果を図4に示す。図3に比べ震度分布との対応が良くなっている。

一般に人間の感じる震度は速度値と対応の良いことが報告されている⁷⁾。一方、この程度のマグニチュードの地震では震源時間は比較的短く、5~10秒程度の長周期成分はあまり大きくないと考えられるので、速度分布と変位分布の対応はあまり悪くない筈である。しかし、図4に示した震度分布と本手法による変位分布は、必ずしもすべての地域で良く対応しているとは言いがたい。これは、アンケートによる震度分布が表層地盤の影響を強く受けているためであると思われる。図3および図4で、薄く影を付けた地域の分布は、この地域の地形地質を良く反映している。すなわち前述のLoma Prieta地震の場合に比べ、日本の場合は地盤が複雑で、表層地盤の影響をより強く受けていると思われる。

5. おわりに

グリーン関数に点震源の傾斜関数モデルの理論遠方場波形を用い、これを断層の破壊過程を考慮して重ね合わせる手法により、1989年Loma Prieta地震および1987年千葉県東方沖地震の地震動分布を試算した。求められた地震動分布は加速度記録やアンケートによる震度分布調査結果とよく整合した。このことは、これらの地震の被害分布が震源特性に大きく影響されていること示していると考えられる。しかしながら今回の検討は一次的なものであり、今後観測記録等を詳しく検討していく必要がある。

謝辞：本研究を進めるにあたり、議論していただいた京大防災研究所の入倉孝次郎教授に謝意を表します。

参考文献：

- 1) 澤田他：断層近傍の最大地動変位分布を評価する簡易手法、第8回日本地震工学シンポジウム、1990。
- 2) 宇津他編：地震の辞典、朝倉書店、1987。
- 3) Seed, R.B. et al. : UCB/EERC-90/05, April 1990.
- 4) 梅田他：ロマ・プリータ地震で飛び上がった石の調査、地震学会1990年春季、E31-05。
- 5) Somerville, P and J. Yoshimura : The Influence of Critical Moho Reflections on Strong Motions Recorded in San Francisco and Oakland during the 1989 Loma Prieta Earthquake, Geophysical Research Letters, Vol.17, No.8, pp.1203-1206, July 1990.
- 6) Nirei, H et al. : The 1987 East Off Ciba Prefecture Earthquake and Its Hazard, The Memoirs of the Geological Society of Japan, No.35, pp31-46, Dec.1990.
- 7) 村松：既存震度階の適用限界吟味と改善への試み、地震災害事象の通信・面接・現地調査法にもとづく組織的研究、自然災害特別研究計画研究成果。
- 8) 岡田・笠原：1987年12月千葉県東方沖地震、地震学会1988年春季、A63。

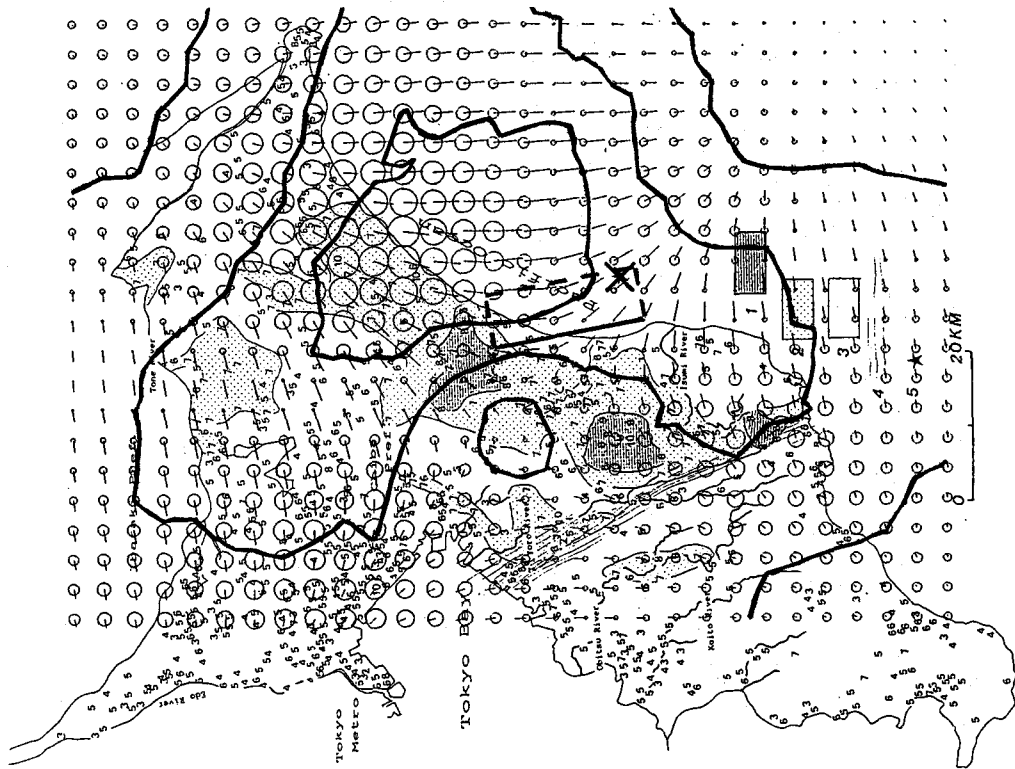


図4 千葉県東方沖地震の地震動分布 ($1/r^2$)

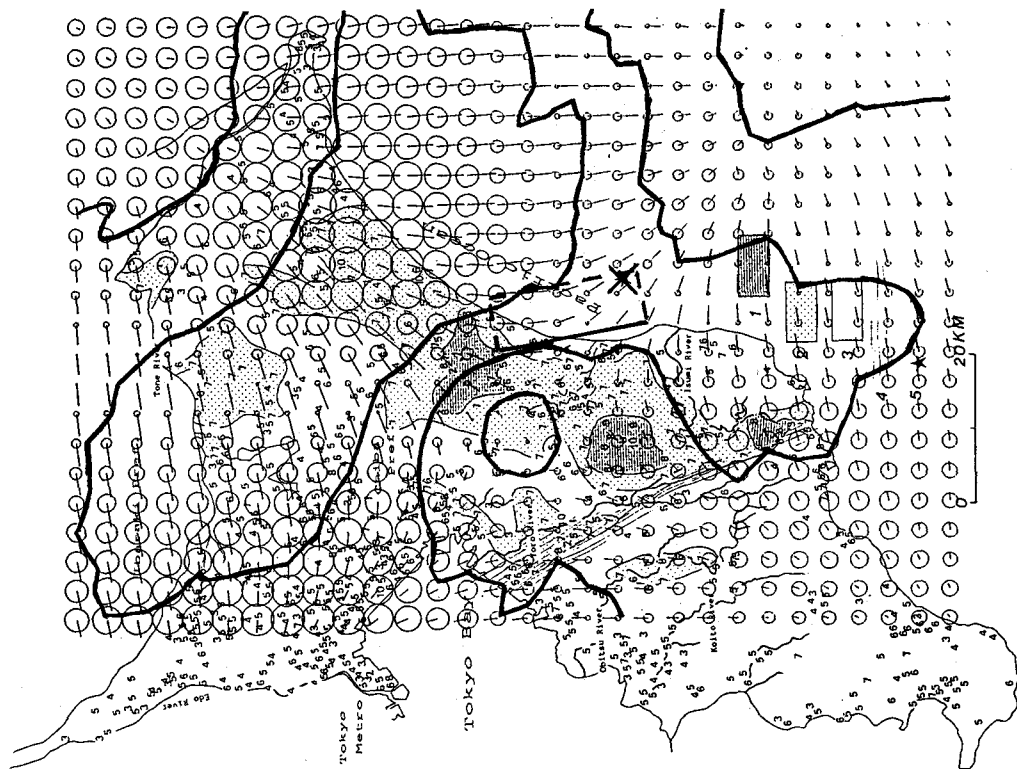


図3 千葉県東方沖地震の地震動分布 ($1/r$)