

I-455 やや長周期地震動予測のための経験的グリーン関数について

信州大学工学部 正員 泉谷 恭男

1. はじめに 「小地震の記録をグリーン関数として用いる」という半経験的手法は大地震に伴う強震動予測の実用的な手法として注目を集め、大地震の記録を合成するために小地震の記録を如何に重ね合わせれば良いかについての多くの研究が為されてきている。この手法に関して井上¹⁾は、今後検討を進めなくてはならない重要な問題の一つとして「適切な小地震の記録をどういった基準で選択したらよいか」ということをあげている。小地震の震源深さが変われば記録波形は変化する。また、目的とする大地震の断層は有限な大きさを持ち、異なる深さの小地震記録を適切に重ねてやらなくてはならないことは明らかである。更に、小地震がそれぞれ異なった震源過程を有していることも当然考慮されなければならない。本研究では、やや長周期(周期約 2~20秒)地震動の予測を目的とした場合に経験的グリーン関数として利用できそうな中規模の地震の震源深さと震源過程について調べた。

2. データと解析手法 Global Digital Seismograph Network (GDSN) は広い周波数帯域の良質なデジタル記録を供給しており、その中周期地震計記録(周期 1~20秒において地動の速度にほぼ比例)は本研究目的のために非常に都合が良い。1983年日本海中部地震の2つの余震(A: 6月9日M=6.1, B: 6月9日M=6.0)について解析を行った。

点震源モデルに基づいて計算されるP波上下動成分の合成記録 $w(t)$ と観測記録 $x(t)$ との一致程度を

$$\varepsilon = \int_0^T \{x(t) - w(t)\}^2 dt / \int_0^T \{x(t)\}^2 dt$$

と表現し、 ε を最小とするような震源時間関数(moment rate function)と点震源の深さとを Kikuchi and Kanamori²⁾のインバージョン手法を応用して求めた。地震の大きさを考慮して、 $m(t)$ の長さは10秒以内、 ε を計算するための記録長さ T を20秒とした。合成記録 $w(t)$ は

$$w(t) = (R_{0z} / 4\pi \rho \alpha^3) \cdot (1/r_0) \cdot m(t) * G(t) * Q(t) * I(t)$$

によって計算される。星印はコンボリューションを意味する。 R_{0z} は観測点における入射P波から地動への変換係数、 ρ と α は震源域での媒質の密度とP波速度である。伝播経路における地震波の幾何学的な拡がり効果は $1/r_0$ の項に含める。震源時間関数 $m(t)$ は傾斜関数を10個組み合わせたものとして表現できると仮定した。 $G(t)$ は直達P波および震源付近における種々の反射波の放射パターン、反射係数、位相遅れについての関数であり、簡単のために水平な層構造とし、平面波近似によって計算した。また、直達P波の他には主要な反射波(海水面、海底面、堆積層下面での1回反射波)のみを考慮した。 $Q(t)$ は伝播経路における減衰に関する項である。 $I(t)$ は地震計のインパルス応答である。

3. 解析結果と考察 解析結果を図1に示した。震源深さに関しては、地震A、地震Bとも殆ど同じという結果が得られた。P波初動から10秒程度後の振幅の大きな部分が海水面での反射波であるpwP波に相当する。このことは、海底下で発生した地震の震源深さの決定するためにはpwP波と直達P波の到着時間差を用いることが非常に有効であることを意味している。図1では、 $m(t)$ の主要部分に斜線を施した。2つの地震の震央は非常に近く、震源の深さも規模も殆ど等しいが $m(t)$ の形状は異なっている。地震Aの $m(t)$ は比較的単純な断層破壊過程を暗示する。一方、地震Bの $m(t)$ を見ると、約4秒間の破壊伝播の間に、強度が周辺より大きい2つの部分(アスペリティ)が破壊したことが想像される。地震Aの場合にはアスペリティひとつが単独で破壊したと考えることも出来るだろう。

図2に地震Aと地震Bの $m(t)$ の主要部分のフーリエスペクトル強度を示した。地震Aのスペクトルは0.5Hz付近にコーナーを有し、いわゆる ω^{-2} モデル³⁾に従う形状を示している。これに対し、地震Bの場合には2つのコーナー(0.1Hz付近と0.7Hz付近)を有する震源スペクトル^{4), 5)}を思わせる。地震Bは地震Aに比

べて、0.2～0.6Hzの周波数帯における地震波の発生能力がかなり劣っている。

図3は秋田で観測された加速度記録から求めた地震Aと地震Bのスペクトル比である。加速度記録は伝播経路での散乱や観測点直下での軟弱な地表層内における多重反射などの影響をかなり受けているであろうがスペクトル比をとることによってその影響を相殺した。GDSN記録解析によって見いだされた0.2～0.6Hzにおける地震波の発生能力の違いは、近地で観測された強震加速度記録にも顕著に見られる。

4. まとめ ある地域を対象としてやや長周期地震動の予測を行うことを目的とする場合、その地域で発生する大地震の性質（多重震源性、アスペリティの分布など）の解明と共に、経験的グリーン関数として利用できそうな中・小規模の地震の震源深さと震源過程を調べることは重要である。また、それらの地震の記録を経験的グリーン関数として用いる場合には震源過程のことや震源深さのことを十分考慮する必要がある。半経験的地震動予測手法の実用化に向けて、「経験的グリーン関数のデータベース」的なものが必要となるであろう。解析した加速度記録は港湾技術研究所よりお借りしたことを記して感謝します。

引用文献 1) 井上 (1986) 土木学会論文集, 第374号, 1-23. 2) Kikuchi and Kanamori (1982) Bull. Seism. Soc. Am., 72, 491-506. 3) Aki (1967) J. Geophys. Res., 72, 1217-1231. 4) Izutani (1981) J. Phys. Earth, 29, 537-557. 5) Izutani (1984) J. Phys. Earth, 32, 511-529.

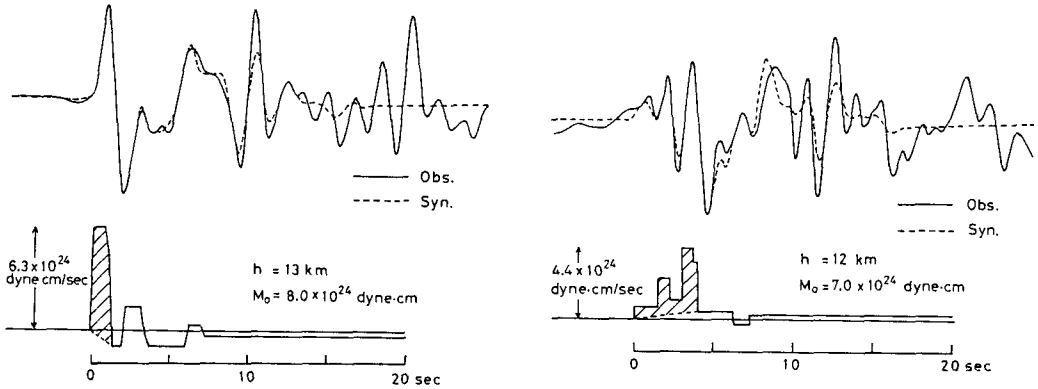


図1 観測記録と最もよく合致する合成記録および震源時間関数。左図：地震A，右図：地震B。

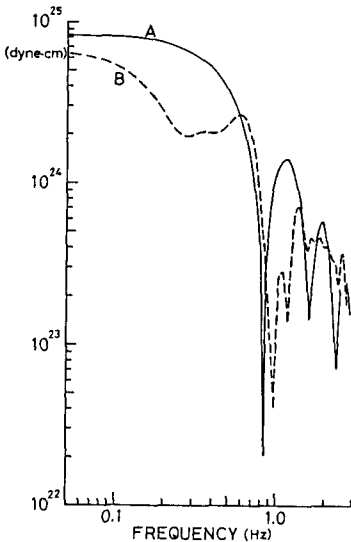


図2 震源スペクトル。

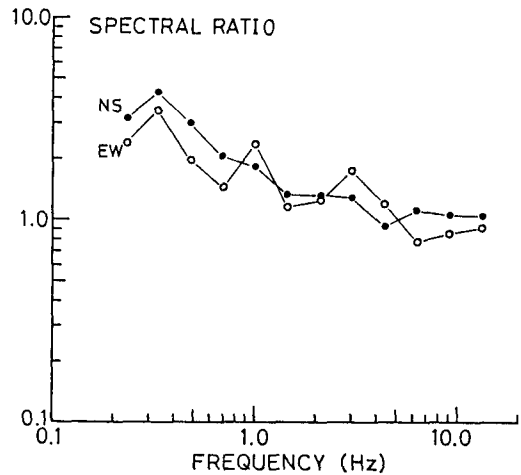


図3 秋田における地動加速度のスペクトル比。
(地震A/地震B)