

経験的グリーン関数を用いた福井地震の震源のモデル化と 強震動シミュレーション

福井大学工学部

○ 福野 美樹

福井大学大学院 正 会 員

福井 卓雄

1 はじめに

この研究は、経験的グリーン関数法を用いて、1948 年福井地震の震源モデルを作成し、その震災地における地震動を再現することを目的とするものである。

1948 年に発生した福井地震は、福井市近郊を走る活断層に起因する内陸型地震で、都市直下型地震の一つとして福井市およびその周辺地域に甚大な被害をもたらした。しかしながら、震源域近傍における地震動記録が存在しないため、被害を引き起こした強震動がどのようなものであったかに関する研究は殆どなされていない。

福井地震が発生してから約 60 年が経過している現在、いつ再び同じ規模の地震が発生し、構造物に大きな被害を与えてもおかしくない。このような大地震において震源近傍を含む広い範囲での地震動を、広い周波数帯にわたり適切に予測することができれば、防災対策および災害軽減に大きな効果があると考えられる。また、日本の多くの都市が福井市同様に活断層に囲まれていることを考えると、福井地震の強震動の検討は重要である。

この研究では、まず、当時の強振動記録が残されている地点の微小地震観測記録を福井地震の観測記録と比較して、経験的グリーン関数法を用いて、福井地震における震源モデルを構築する。つぎに、現在観測されている、福井県内の地点における微小地震の波形データの記録を用いて、再度経験的グリーン関数法を用いて、福井地震における福井地域の地震動を推定する。これを用いて、福井地震の加速度スペクトル・速度スペクトルを求めて、その地震動の特性を推定する。

2 経験的グリーン関数

地震の研究において用いられる経験的グリーン関数法 [1, 2] は、大地震の地震動を、それと同じ観測点における同じ震源から発生した微小地震観測記録から再現しようとするものである。考え方の基本は、同じ伝播経路を持つ地震波は本質的に同じであって、大地震の地震動は原因となる断層の特性 (大きさ、方向、すべりなど) に依存するものであるという解釈である。すなわち、微小地震観測記録を一種のグリーン関数として利用しようという考え方である。

図-1 左のような断層面を考え、その上において、変位の食違いが速度 v_γ で進行すると考える。変位の食違いの時間変化は図-1 右に示すようであると仮定する。このときの S 波による遠方場の変位のフーリエ変換 $\tilde{U}(\omega)$ は

$$\tilde{U}(\omega) = \int_0^L \int_0^W \frac{\mu R_{\theta\phi}}{4\pi\rho c_T^3 r} (i\omega) D(\omega) e^{-i\omega(\eta/v_\gamma + r/c_T)} dx dy \quad (1)$$

と表すことができる。ここに、 D は $d(t)$ のフーリエ変換、 μ はせん断弾性係数、 ρ は媒質の密度、 c_T は S 波速度、 $R_{\theta\phi}$ は Σ 上の点 (x, y) におけるラディエーションパターン係数、 η は 0 から (x, y) までの破壊伝播距離、 r は (x, y) から観測点までの波動伝播距離である。断層面および食違い変化の時間軸を離散化して、断層面上の (i, j) 要素からの変位を考えると、

$$\Delta\tilde{U}_{ij}(\omega) = \int_{x_i}^{x_i+\Delta L} \int_{y_j}^{y_j+\Delta W} \frac{\mu R_{\theta\phi}}{4\pi\rho c_T^3 r} (i\omega) \Delta D(\omega) e^{-i\omega(\Delta\eta/v_\gamma + r/c_T)} dx dy \quad (2)$$

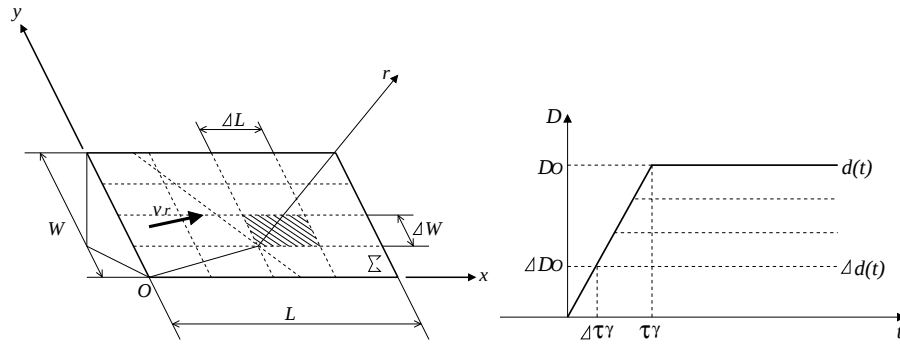


図-1 断層面 (左) とその上の食違いの時間変化 (右)

となる。ここに、 $\Delta\eta = \eta - \eta_{ij}$ である。この式において、 ΔD を含む項を微小地震の観測変位 $\tilde{u}(\omega)$ で置きかえてやると、

$$\Delta\tilde{U}_{ij}(\omega) = \frac{R_{\theta\phi,ij}r_e}{R_{\theta\phi}^e r_{ij}} \tilde{u}(\omega) e^{-i\omega(r_{ij}-r_e)/c_T} \quad (3)$$

という近似表現が得られる。ここに、添字 e の付いた量は微小地震波に関する量を表す。この式を重ね合わせれば、 $\tilde{U}(\omega)$ が再現できて、

$$\tilde{U}(\omega) = \sum_{i=1}^{n_L} \sum_{j=1}^{n_W} \sum_{k=1}^{n_D} \frac{R_{\theta\phi,ij}r_e}{R_{\theta\phi}^e r_{ij}} \tilde{u}(\omega) e^{-i\omega[\eta_{ij}/v_\gamma + (r_{ij}-r_e)/c_T + (k-1)\Delta\tau_\gamma]} \quad (4)$$

が得られる。ここに、 $\Delta\tau_\gamma = \tau_\gamma/n_D$ である。これをフーリエ逆変換すれば、推定地震動変位の時間関数

$$U(t) = \sum_{i=1}^{n_L} \sum_{j=1}^{n_W} \sum_{k=1}^{n_D} \frac{r_e}{r_{ij}} u\left(t - t_{ij} - (k-1)\frac{\tau_\gamma}{n}\right) \quad (5)$$

が得られる。ここに、 $t_{ij} = \eta_{ij}/v_\gamma + r_{ij}/c_T$ は、破壊伝播の遅れ時間と波動伝播の遅れ時間との和である。また、比 $R_{\theta\phi,ij}/R_{\theta\phi}^e$ は 1 としている。

以上は、経験的グリーン関数法における地震動変位の表現のおおざっぱな導出であるが、波形表現 (5) は震源断層の特性を反映したものとなっていることは明らかである。すなわち、強振動観測波形が与えられ、それを (5) の $U(t)$ と等しいと考えることとし、同じ伝播経路をとる微小地震観測波形が与えられれば、逆解析により、震源断層の挙動のモデルを構築することが可能であると考えられる [1, 2]。

本研究では、以上の考察をもとに、次の手順で 1948 年福井地震の地震動の推定を行う。

1. 福井地震の強震計観測記録は福井には存在しない。したがって、当時観測を行っていた入手可能な観測記録を準備する。
2. 得られた観測記録とおなじ伝播経路を持つ微小地震記録をできるだけ多く入手する。
3. 上の 2 種類の波形記録を使って、波形表現式 (5) を逆解析して福井地震の震源モデルを作成する。
4. 震源モデルおよび同じ位置を震源とする微小地震の福井地域における記録波形から、(5) を使って福井地震の地震動を推定する。

数値的な結果については当日発表する。

参考文献

- [1] 入倉孝次郎：震源のモデル化と強震動予測、地震、46、pp. 495–512、(1994)
- [2] 池田隆明、釜江克宏、三輪滋、入倉孝次郎：経験的グリーン関数法を用いた 2000 年鳥取県西部地震の震源モデル化と強震動シミュレーション、日本建築学会構造系論文集、561、pp. 37–45、(2000)