

データ同化に Green 関数を併用した長周期地震動の即時予測実験

大峽充己・古村孝志(東大地震研)・前田拓人(弘前大)

周期 3-10 秒の長周期地震動は平野で増幅され、高層ビルなどと共振を起こすことによって大きな被害をもたらす恐れがある。災害の軽減に向け、想定される大地震の長周期地震動の事前予測が国により行われ、ハザードマップや波形が公開されている。一方で、長周期地震動を作り出す表面波が、実体波より伝播速度が遅い性質を利用して、地震観測記録のデータ同化と地震波伝播シミュレーションに基づいて長周期地震動の即時予測を進めることも期待できる。これは、日本列島に展開された KiK-net 強震観測データ同化による各地の震度の即時予測(Hoshiya & Aoki 2015) の考えに基づくものである。

古村・前田・大峽(2018、本集会)は、K-NET と KiK-net 強震観測記録を用いて長周期地震動の波動場にデータ同化を適用し、高速スパコンを用いた 3 次元差分法計算による地震波伝播シミュレーションにより、遠地の平野における長周期地震動の即時予測実験を行なった。表面波の伝播は、地下の不均質構造の影響を強く受けるため、3 次元差分法計算は必須である。近年の計算機の性能向上により、実用的な範囲の地震波伝播計算を地震波の 8 倍以上の速度で行うことは可能である(Furumura, Maeda & Oba 2019)。だが、十分な猶予時間のもとで長周期地震動を予測して災害の軽減に生かすためには、より高速な予測が必要不可欠である。

そこで、本研究では従来のデータ同化に Green 関数を併用することで、より高速に予測を進める Green Function Tsunami Data Assimilation (GFTDA; Wang et al. 2017)を用いた、長周期地震動の超高速の実現可能性を検討した。GFTDA 法は、従来の津波データ同化手法(Maeda et al., 2016)に基づく予測と同化において、各観測点と予測地点との間の津波伝播の Green 関数を予め計算し、波源域近傍の予測波形と計算波形の残差にこれをコンボリューションすることで、遠地の予測地点の津波波形を瞬時に求めるものである。これが、通常のデータ同化・予測と数学的に等価であることが Wang et al. (2017)により示されている。

本研究では、まず GFTDA の長周期地震動への適用の可否を確かめるために、2004 年紀伊半島南東沖地震を対象に数値実験を行った。地震動(表面波)は地中を 3 次元に広がるが、GFTDA で用いるグリーン関数は、地表にある震源

に対応したものになるため、長周期地震動の伝播に近似的に十分適用可能であるか確認が必要となるためである。

そこで、地下構造モデル(J-SHIS)を用いた3次元差分法計算により、DONET, K-NET, KiK-net 観測点における理論波形データセットを用意し、それを観測データとみなしてデータ同化実験を行い、大阪平野の此花地点(KiK-net OSKH02)における長周期地震動を予測した。GFTDA で用いる各観測点と評価地点間の表面波の Green 関数は、相反定理を用いて観測点を震源とする計算により効率良く求めた (図(1))。これを波動場の同化の過程で震源近傍での観測波形 (ここでは実観測データではなく、理論波形データを使用) と計算波形との波形の残差にコンボリューションした (図(2))。そして、 これらを必要な観測点分足し合わせることで此花地点における波形を予測した(図(3))。結果、従来の同化計算と同程度の精度でより高速に予測が可能であること、データ同化時間とともに予測の精度が大きく向上することを確認した。

続いて、実観測データを用いた GFTDA に基づくデータ同化と長周期地震動予測実験も試みた。2004 年紀伊半島南東沖地震に加え、2007 年の新潟県中越沖地震で記録された強震観測データ(K-NET, KiK-net)を用いて、新宿地点(K-NET TKY007)における長周期地震動の評価を行った。そして、震源域ごく近傍でのデータ同化と Green 関数を併用することで、地震発生直後に遠地の平野での長周期地震動の予測の猶予時間を確保できることを確認した。

文献：Hoshiba & Aoki (2015), BSSA, 105, 1324-1338; Maeda et al. (2015), GRL, 42, 7929-7934; Wang et al., (2017), GRL, 44, 10282-10289. Furumura, Maeda & Oba (2019), GRL, in press.

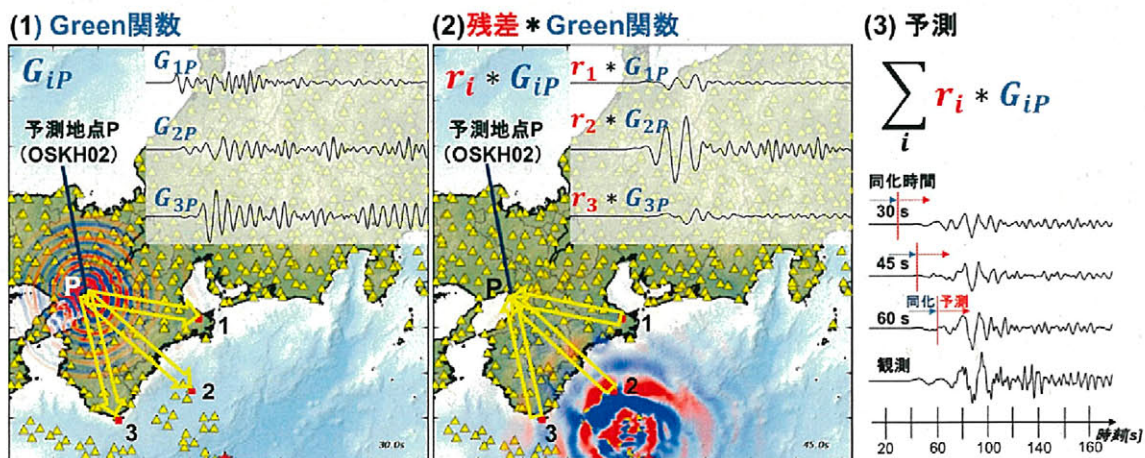


図 2004 年紀伊半島南東沖地震を用いた GFTDA の数値実験