

### 震源近傍における永久変位を含む強震記録の積分補正手法の検証

東京工業大学 学生会員 ○古川 陽  
東京工業大学 正会員 井上 修作  
東京工業大学 正会員 大町 達夫

#### 1. はじめに

地震動に伴う地盤の変位を知ることは防災上重要な課題であるが、加速度記録を時間域で積分することで得られる変位は、多くの場合発散し、有効な変位記録を得られないことはよく知られた問題である。Emmanuel ら<sup>1)</sup>は、この問題に対しドリフトの原因となる加速度記録のステップ関数を、周波数領域から求める手法を提案し、いくつかの地震に適用している。しかしながら、未だ十分なデータの蓄積による実証に乏しく、また、理論的な根拠も不十分である。そこで、本研究では、実証データの蓄積を目的とし、2008年岩手・宮城内陸地震時に得られたK-NET, KiK-netの加速度記録に本手法を適用し、さらにGPSによって得られている地盤の永久変位と比較することで、本手法の有効性を検討した。

#### 2. 強震記録から変位を算出する方法

まず、Emmanuel らが開発した積分補正手法の概要を述べる。Emmanuel らの手法では、加速度記録中の基線のズレが図1(左)のように時刻  $t_s$  で立ち上がる、振幅  $A$ 、継続時間  $T$  のステップ関数で表されると仮定している。そのステップ関数のフーリエ振幅スペクトルは、図1(右)のようになり、周波数が0でのフーリエ振幅  $F(0)$  から  $AT$  を、フーリエ振幅  $F(f)=0$  となる周波数から  $1/T$  及びその整数倍の値、包絡線の傾きから  $1/f$ 、という3つの数値が求まる。従って、図2のように、強震記録からフーリエスペクトルを求めたとき、そのスペクトルの低周波数域に上述のステップ関数の特徴が見られた場合は、このスペクトルからステップ関数の振幅と継続時間から成る  $AT$  と  $1/T$  を読み取り、ステップ関数を抽出する。

こうして抽出されたステップ関数を、時間領域において強震記録から加減算することで、積分値が発

散することなく変位を求めることができる。

#### 3. 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動記録と積分結果の比較

図3に、K-NET 樺台 (AKT023) のEW成分のフーリエ振幅スペクトルを青色で示す。この図から、図1右側に示すステップ関数の特徴が表れていることがわかる。このときの  $AT=115.050$ ,  $1/T=0.00362$  と読

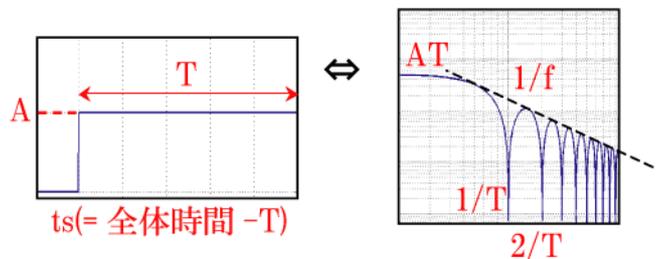


図1 Step 関数とそのスペクトル

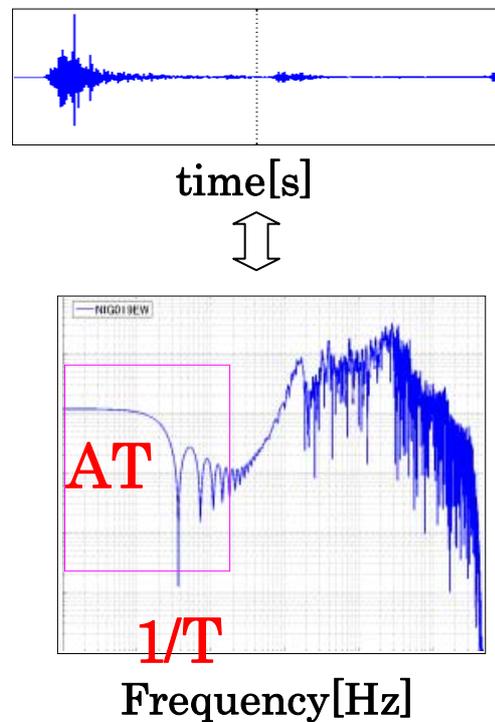


図2 実記録に見られる Step 関数のスペクトル

み取れ、これから、 $A=0.4167$  となる。これを基に、ステップ関数のフーリエスペクトルを重ね書きしたものが、図3中の赤色である。

上記のスペクトルから読み取った結果を用い、観測記録からステップ関数を差し引き、積分した結果を図4に示す。図4では、基線補正ありの波形を実線で、補正なしの波形を破線で示している。同図から、基線補正なしの場合では値が発散してしまうが、本手法を用いて補正することによって、永久変位を含む時刻歴波形が得られていることがわかる。同様に、各観測点において本手法を適用し、その永久変位と国土地理院のGPS連続観測システム網(GEONET)によって得られた記録<sup>2)</sup>を図5に示す。同図から、強震記録とGPS記録の両方で、震源からの距離が近いほど変位の値が大きく、震源断層に向かって変位が発生していることがわかる。この結果から、震源近傍における強震記録の算出において、本手法の有効性が確認できた。一方で、K-NET 樺台(AKT023)とGEONET 東成瀬の両観測記録を比較すると、観測点間の距離が約160mと近いにもかかわらず、変位の大きさで約5cm、方向についても差異がみられ、この点に関しては、原因の解明が必要であると考えられる。

4. まとめ

2008年岩手・宮城内陸地震で観測された強震記録にEmmanuelらが提案する積分方法を適用した。これにより、値が発散することなく、永久変位を含む変位の時刻歴波形を得ることができた。計算結果は、GPS記録による永久変位と似た傾向を示し、本手法の有効性が確認された。その一方で、加速度記録の中には、変位の算出時に値が発散するものの、本手法によってステップ関数を抽出できないものも存在した。これは、基線が複数回数ずれる影響と考えられる。このような記録の変位の算出と本手法の理論的な根拠に関する考察は、今後の課題である。

参考文献

1) E. H. Javelaud, G. Kubo, T. Ohmachi, S. Inoue (2005). Coseismic ground displacement due to the 2004 Niigata-ken Chuetsu Earthquake, Japan, 日本地震工学会大会-2005 概要集, 312-313

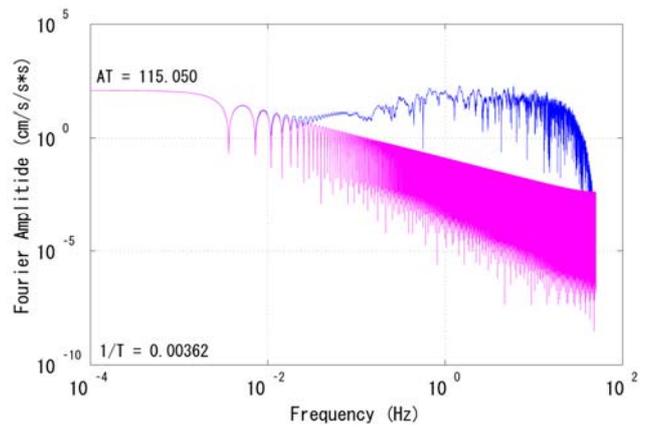


図3 フーリエ振幅スペクトル(K-NET 樺台 EW 成分)

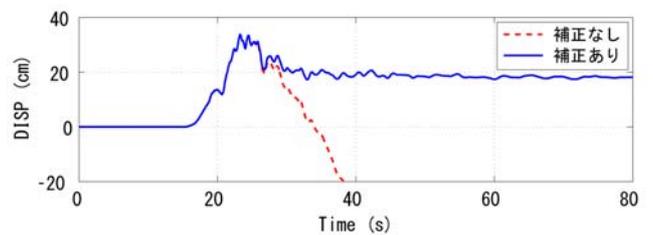


図4 本手法によって得られた変位波形(K-NET 樺台 EW 成分)

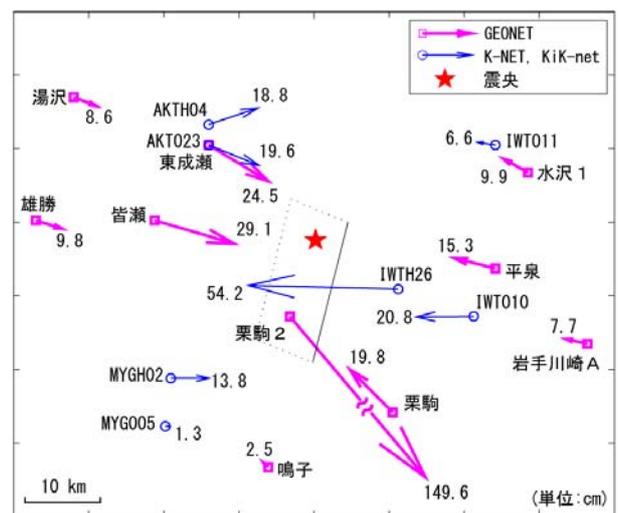


図5 強震記録とGPS観測記録から得られた永久変位ベクトルの比較

2) 国土地理院 (2008). <http://www.gsi.go.jp/johosystem/johosystem60036.html>