Seasonal variations in crustal seismicity and surface load estimated from GNSS displacement

*Taku Ueda[1], Aitaro Kato[1], Christopher W Johnson[2], Toshiko Terakawa[3]

1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Los Alamos National Laboratory, 3. Earthquake and Volcano Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

地震活動度は、降水量や灌漑などの地表や地下浅部に応力変化や強度変化をもたらす現象と相関があることが既往研究で指摘されている(e.g., Heki, 2003; Amos et al., 2014)。例えば、カリフォルニアでは地下水荷重の年変動に対応して、地震活動が季節変動を示す(e.g., Amos et al., 2014; Johnson et al., 2017)。Johnson et al. (2017)ではGPSの鉛直変位から地下水荷重が断層面に与える応力変化を計算し、カリフォルニアでの地震活動が剪断応力が増加するときに発生しやすいことを示した。日本でも地震活動の季節変動性が指摘されており、積雪荷重や降水との関係が議論されているが(e.g., Heki, 2003; Ueda and Kato, 2019)、原因として考えられる表層荷重による応力変化と直接比較した研究はほとんど行われていない。
本研究では東北地方内陸部において、地表の上下動変位データから荷重の空間分布を推定し、表層荷重による地下での応力変化と地震の発生時期との比較・検討を行った。まず、GEONETのF5解(2003/08/14-2010/12/31)の上下動成分をBedford and Bevis (2018)の手法を用いてトレンド成分、地震等による過渡的な変化、季節変動成分、残差に分離した。その後，各観測点における季節変動成分と残差を足し合わせた時系列データから，それらの中央値をcommon mode errorとして抽出した。上下動変位のデータからcommon mode errorを除いたデータに対して、再度Bedford and Bevis (2018)の手法を適用し、季節変動成分の推定を行った。推定した季節変動成分を基に、Johnson et al. (2017)の手法を用いて、月ごとの表層荷重の空間分布を推定した。その結果，積雪量の大きな日本海側の地域において冬に増加し、春に減少する荷重分布が得られた。
地殻内地震発生域の応力場(Terakawa and Matsu'ura, 2008; 2010)における最大せん断応力面をレシーバー断層として表層荷重が生み出すクーロン応力の地震発生時の変化を計算し、地震発生のタイミングと比較した。気象庁一元化処理震源カタログの1980-2010年のM3以上の地震を使用した。HIST-ETASモデル(Ogata, 2004)を用いて、各地震が背景地震活動度として発生した確率で重み付けすることで、余震活動を取り除いた背景地震活動と表層荷重による応力変化との関係を評価した。その結果、東北地方内陸部における背景地震活動はクーロン応力が高い時に発生しやすいことがわかった。

謝辞：GNSSの上下動変位のデータは国土地理院のGEONETのF5解を使用しました。上下動変位の季節変動成分の抽出にGRATSID (Bedford and Bevis, 2018)を使用しました。気象庁の一元化処理震源カタログを使用しました。HIST-ETASモデルのパラメータ推定にOgata et al. (2021)のコードを使用しました。記して感謝いたします。

© The Seismological Society of Japan