

2015年ネパール地震の約20分前に発生した電離圏全電子数の上昇 Ionospheric electron enhancement ~20 minutes before the 2015 Nepal earthquake

日置 幸介^{1*}

HEKI, Kosuke^{1*}

¹ 北海道大学・院理・地球惑星科学

¹Dept. Earth Planet. Sci., Hokkaido Univ.

本研究では、2015年ネパール地震に約20分先立って、震源上空の電離圏に変化が起こったことを報告する。その意味するところをより深く理解するために、地震直前(一時間半以内)に発生する電離圏の変化に関する、過去四年間の討論の歴史を概観する。

全球衛星航法システム(GNSS)のL1, L2の二つの搬送波の位相差から、電離圏全電子数(Total Electron Content, TEC)を求めることができる。Heki [2011]は、日本全国に展開された国土地理院のGNSS網のデータから、2011年東北沖地震(Mw9.0)の約40分前に、震源上空の電離圏でTECが増加したことを見出した。しかし、TEC異常を定義するための基準曲線(Reference curve)の導出に曖昧性があること、電離圏が本来持っている自然な変化を大きく超えるものでないこと、の二点が繰り返し批判の対象となってきた[Kamogawa & Kakinami, 2013; Masci et al., 2015]。

これらに対しHeki & Enomoto [2013]は、周波数間バイアスを除去して、衛星の動きによる見かけの変化を除いた鉛直TEC(VTEC)で地震前後の時系列を見ることによって、地震前の電子数増加をより直観的に示した。またイオノゾンデによるE層臨界周波数と地磁気偏角が、2011年東北沖地震前にVTECと同じタイミングで変化したことを示した。この地磁気の変化に関しては、後にUtada & Shimizu [2014]とHeki & Enomoto [2014]の議論があった。その後我々は、過去に指摘された弱点を払拭する新しい解析手法を開発し、今年四月にHeki & Enomoto [2015]として投稿した。その中で我々は、地震に先行して発生するTEC増加に関して、その大きさを地震のMwおよび背景VTECと結びつける関係式を提唱するとともに、先行時間がMwと明瞭な相関を示すことを見出した。先月ネパールで発生したMw7.8地震の直前にみられたTEC増加の大きさと発生時刻が、それに先立ってHeki & Enomoto [2015]が示したものと調和的であったので、ここで詳細を報告する。

Heki & Enomoto [2015]では、基準曲線の代わりに赤池情報量基準(AIC)を用いて、地震前に発生するTECの正の折れ曲がり(変化率の急増, TEC breakと呼ぶ)を検出する方法を提案した。ここでは、2015年ネパール地震を加えた十個の大地震(Mw7.8-Mw9.2)の前のVTECについて、MwとTEC breakの大きさおよびそれらの先行時間の関係を調べた。その結果、TEC breakの大きさはMwと背景VTECの双方と線形関係を示す簡単な経験式で表すことができた。この経験式を用いて、地震前のTEC breakと背景VTECから、発生する地震のMwを、事前に約0.25の誤差で推定することが可能になる。またTEC breakが発生する時刻は、地震の約80分前(2004年スマトラ・アンダマン地震)から約20分前(2015年ネパール地震)まで様々であるが、(1) Mwの大きい地震ほど先行時間が長い、(2) プレート間地震よりプレート内地震の方が長い先行時間を示す、という規則性が見られた。

Heki & Enomoto [2015]では更に、AICを用いたTEC breakの検出アルゴリズムを長期間のデータに対して適用し、地震と関係なく発生するTEC breakについて平均的な発生確率を調べた。それらの原因は、オーロラ帯で発生して中緯度地域に内部重力波として伝搬してくる大規模移動性電離圏擾乱(LSTID)であるが、その発生確率は地磁気活動度に強く依存する。しかし2011年東北沖地震の40分前に生じた変化と同規模のTEC breakの平均発生確率は0.1回/hourをやや下回ることがわかった。この結果は、本研究で対象とした地震直前のTEC breakの原因をすべて宇宙天気に求めることが、確率の観点から非現実的であることを意味する。

Heki, K. (2011), GRL.

Heki, K. and Y. Enomoto (2013), JGR.

Heki, K. and Y. Enomoto (2014), JGR.

Heki, K. and Y. Enomoto, JGR, submitted on 21 April 2015.

Kamogawa, M. and Y. Kakinami (2013), JGR.

Masci, F. et al. (2015), JGR.

Utada, H., and H. Shimizu (2014), JGR.

キーワード: 2015年ネパール地震, 電離圏全電子数, GNSS, 地震前兆

Keywords: 2015 Nepal Earthquake, Ionospheric TEC, GNSS, Preseismic anomaly