

超高層大気は巨大地震の発生を知っていたか？

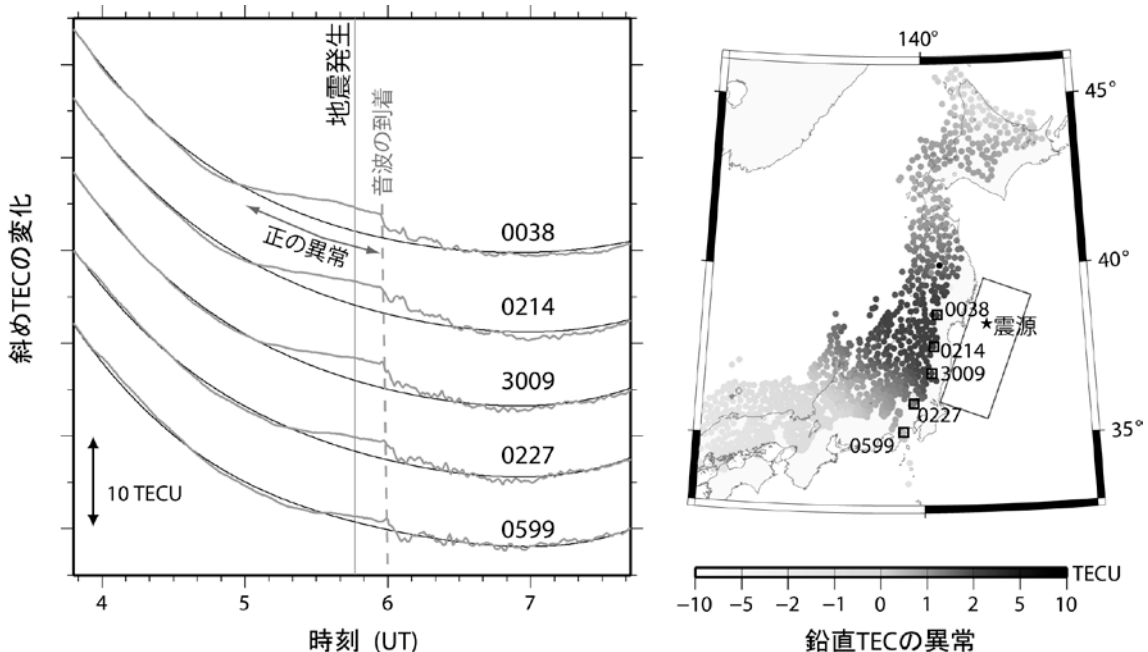
Do ionospheric anomalies precede huge earthquakes?

日置 幸介 Kosuke Heki

北海道大学理学研究院 (専門: 宇宙測地学)

Email: heki@mail.sci.hokudai.ac.jp URL: <http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~heki>

地震にしばしば電磁気的な前兆が伴うことは昔から知られている。古くは安政江戸地震の直前に磁石が効かなくなった話などが有名だが¹、昨今は大気中の正帯電エアロゾルでこの現象が説明できるという主張もある²。今日の電磁気的な地震前兆の探求は地電流や電波伝搬異常が中心である³が、ここでは2011年東北地方太平洋沖地震の直前に全地球測位システム(GPS)によって見出された超高層大気(電離圏)の異常⁴について紹介する。



図一地震前後の電離圏全電子数

左は地震前後に15番のGPS衛星を観測して得られた電離圏全電子数の時系列。地震約の一時間程前から正の異常(黒い滑らかな曲線で示すモデルからのずれ)が見える。これら異常の05:45 UT(地震1分前)の値を濃淡で右の地図に示す。

電離圏には太陽からの放射によって大気分子から飛び出した多くの電子が漂っており、高度300km付近で最も電子が濃い。高度2万kmのGPS衛星から送信されたマイクロ波は電離圏通過時に電子によるわずかな遅延を受ける。遅延の量を測れば衛星と受信機を結ぶ視線にある電子の総数(Total Electron Content, TEC)がわかる。公開されている全国約千二百点の国土地理院GPS連続観測網のデータを用いて、地震前後のTEC変化を調べてみた。図左は東北と関東の五つのGPS局から15番衛星を通して見た東北地方上空のTECの時間変化である。下に凸のゆっくりとした変化は、衛星の動きに由来する見かけの変化である。衛星が地平線に近いと電波が電離圏を斜めに貫くため、遅延が大きくなるのだ。

地震による地面や海面の上下運動によって生じた音波は、地震の約十分後に電離圏に達して電子の粗密をつくる。それをGPSで見るとTECが乱れて見える。これは地震時電離圏変動と呼ばれる既知の現象⁵で、図でも顕著である。それとは別に、地震の約60-40分前にTECの正の異常が始まったのがわかる。異常は東北の局で大きく（元々のTECの一割弱程度）、震源域から離れるに従って小さくなる。TEC異常は、地震時電離圏変動（電離圏の揺れ）が治まった頃には消えている。

図左に示した時間範囲から地震に伴う異常部分(UT5.2-6.0)を除き、天頂方向のTECを時間の三次の多項式で近似したモデルが、図中のなめらかな曲線である。モデルからの差を「異常」とし、色の濃淡で図右に示す。地震の直前にTECが正の異常を示す地域は震源域と重なる。なおこれらのデータは視線が高度300 kmの層を貫く点にプロットしている。この時刻には衛星が真上ではなく西北の空に見えているため、GPS局の位置よりやや西北にずれた場所の電離圏を見ていることになる。

TECが上昇することは珍しくない。たとえば太陽フレアに伴って紫外線が増えれば電子が増える。でもその影響は昼半球全体に及び、震源上空のTECだけが上がることはない。またオーロラ帯から巨大な波が南下してくることもある（大規模移動性電離圏擾乱）。後者は紛らわしいが、秒速数百メートルで伝搬してゆく波なので注意深く見れば識別できる。試しに今年一月から四月まで120日間の同じ衛星のデータを解析してみたが、ある程度大きなTEC上昇は、図に示した地震直前のものを除きみな移動性のものだった。

図のような地震前TEC異常が東北沖地震の前兆なら、他の巨大地震の前にも同じ事が起こっていても良い。そこで、2010年二月に発生したチリ地震(M_w 8.8)前後のTEC変化を、公開されている南米のGPSデータを使って同様に解析してみた。その結果、東北地方太平洋沖地震の半分程度の大きさの正のTEC異常が地震の約50分前に始まり、電離圏が揺れ始めるまで継続していたことがわかった。同様のTEC異常は2004年12月のスマトラ・アンダマン地震(M_w 9.2)と1994年北海道東方沖地震(M_w 8.3)でも見つかった。一方2006年千島地震(M_w 8.2)や2003年十勝沖地震(M_w 8.0)では、地震十分後の電子数の振動は綺麗に見えるものの地震前のTEC異常は確認できなかった。本現象はM9に近い巨大地震でようやく見える「前兆」ではないかというのが筆者の主張だ⁴。

地震直前になぜ上空でTECの正異常が生じるかはわからない。しかし地表近傍に正帯電エアロゾルが溜まることで説明できる可能性はあると思う。正電荷を供給するメカニズムには、圧縮された火成岩から出てきた正孔⁶や、地殻から放出されたラドンのアルファ崩壊等⁷いくつかの候補がある。

これまでの前兆報告は特定の観測点における特殊な観測によるものが多く、普遍性に乏しく追試も容易でなかった。しかしGPSデータの入手は簡単で、それを用いたTECの解析もそれ程難しくない⁸。直ちに直前予知の実用化につながるものではないが、兵庫県南部地震以来久しく沈滞していた地震予知研究⁹がこれを機会に活性化することを期待したい。

文献

- 1-榎本祐嗣: 表面科学, **23**, 56 (2002)
- 2-H. トリブッチ(渡辺正訳): 動物は地震を予知する, 朝日選書 277, 朝日新聞社 1985.
- 3-S. Uyeda, M. & Kamogawa: EOS. Trans. Am. Geophys. Union, **89**, 363 (2008); Moriya et al.: Geophys. J. Int., **180**, 858 (2010)
- 4-K. Heki: Geophys. Res. Lett., **38**, L17312 (2011)
- 5-K. Heki, & J.-S. Ping: Earth Planet. Sci. Lett., **236**, 845 (2005)
- 6-A. Takeuchi et al.: Phys. Chem. Earth, **31**, 240 (2006)
- 7-S. Pulinets, & D. Ouzounov: J. Asian Earth Sci., **41**, 371 (2011)
- 8-日置幸介・他: GPS-TEC 法による地球物理学, 測地学会誌, **56**, 125 (2011)
- 9-上田誠也: どうする! 日本の地震予知, 中央公論四月号, 196 (2011).

1957年高知県四万十市生まれ。1984年東京大学大学院博士課程修了(理学系研究科地球物理学専攻)。郵政省電波研究所, ダラム大学, 国立天文台地球回転研究系等を経て2004年より北海道大学理学研究院教授。理学博士。専門は測地学, 地球惑星物理学。本来の仕事は地殻変動や重力の時間変化だが, 趣味で気候変動や電離層擾乱, さらには月や火星のつまみ食いの研究も行う。休日はスキー(リフト上で地震を体験), ピアノ(雨の日は一日中), 森歩き(最近熊が怖い)等を楽しむ。