

# 熊本地震発生直前にも電離圏異常が起きていたことを発見

## 概要

梅野健 情報学研究科教授、岩田卓也 同博士前期課程学生は、複数の GPS 衛星観測局から地震発生前のデータのみを用いて電離圏電子数異常を捉えるデータ解析手法（相関解析法）を、内陸直下型地震である熊本地震に適応しました。更に、宇宙天気による電離圏電子数異常と区別する評価指標を新たに導入することにより、熊本地震に由来する電離圏電子数異常を、同地震発生1時間前から発生直前にかけて、明瞭に捉えることに成功しました。従来、マグニチュード9.0の2011年東北地方太平洋沖地震の本震や前震、余震といったマグニチュード7級以上の沖合地震において、地震発生直前の電離圏異常が観測されていましたが、宇宙天気による電離圏異常と地震発生特有の電離圏異常を明瞭に区別して、マグニチュード7級以上の内陸直下型地震発生直前の電離圏異常を検出したのは初めてです。

1995年兵庫県南部地震や2016年熊本地震といったマグニチュード7級の内陸直下型地震では、ラドン発生やヘリウム異常などの地圏の異常が、別のグループによりそれぞれ発見されており、今後は、今回発見された電離圏電子数異常を地圏異常と併せて同時観測することにより、地圏-大気圏-電離圏結合による大地震直前の電離圏異常発生メカニズムの解明が更に進むとともに、将来的にはマグニチュード7級以上の内陸直下型地震発生の1時間前から20分前といった直前の異常検知（地震の直前予測）とその警報発信によって、内陸直下型地震の被害及び犠牲者を著しく減らすことが期待できます。

本研究成果は、米国地球物理学連合の科学誌 *Journal of Geophysical Research: Space Physics* 速報版に掲載されました。

## 1. 背景

2011年3月11日14時46分(日本時間)に発生したマグニチュード9.0の2011年東北地方太平洋沖地震やその前震・余震といったマグニチュード7級以上の沖合地震においては、地震発生直前の電離圏電子数異常が発見されていましたが、熊本地震の様なマグニチュード7級以上の内陸直下型地震の直前に、内陸直下型地震特有の電離圏異常が発生していたかどうかは専門家によって意見が分かれていました。

熊本地震の発生の2日前の4月14日午前1時頃にも、宇宙天気由来のMSTID: 中規模伝搬性電離圏擾乱による電離圏異常が観測されており、熊本地震発生直前1時間前の2016年4月16日午前0時25分頃から観測される電離圏異常が、地震由来の異常なのか宇宙天気によるものか識別が困難でした。

加えて熊本地震の前後で深層地下水中のヘリウム同位体に変化していたという地圏異常が観測されており、内陸直下型地震と、沖合地震それぞれにおいて地圏-大気圏-電離圏結合による異常発生のモデルが複数提唱されている状況です。

## 2. 研究手法・成果

2011年東北地方太平洋沖地震の本震、前震、余震に適用し、大地震直前の電離圏異常を捉えることに成功した、GNSS(Global Navigation Satellite System: 全地球航法衛星システム)を基礎とする多点観測型解析手法-相関解析-を、熊本地震にも適用し、熊本地震発生の1時間前から発生直前にかけて電離圏異常が生じていることが解りました。

宇宙天気由来の電離圏異常であるMSTID(Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances: 中規模伝搬性電離圏擾乱)と地震由来の電離圏異常の区別するために、リアルタイムに計測可能な全GNSS観測局の内、異常が生じている割合を示す電離圏異常領域割合AAR: Anomalous Area Rateという評価指標を新しく導入しました。MSTIDの場合だとAARが0.3(30%)を超えるのに対して、平常時及び地震由来の電離圏異常の時には、0.1(10%)を超えないということが過去のデータから判明しました。この知見を用いて熊本地震発生前のこれら2種類の電離圏異常を区別することに成功しました。熊本地震直前1時間前から20分前の電離圏異常(2016年4月16日0時25分から同1時25分、日本時間)は、熊本地震由来の電離圏異常であることを示すデータです。マグニチュード7級の内陸地震の直前の電離圏異常を他の異常と識別して明瞭に抽出したのは今回の成果が初めてです。

AAR以外にも、電離圏異常の伝搬速度を評価指標としてMSTIDと地震由来の電離圏異常とを明瞭に区別することに成功し、電離圏異常のクラスターの伝搬速度の観点からも、熊本地震直前1時間前から20分前の電離圏異常(2016年4月16日0時25分から同1時25分、日本時間)は、熊本地震特有の電離圏異常であることを示す結果となりました。

## 3. 波及効果、今後の予定

内陸型直下地震発生直前の電離圏異常が生じるメカニズムの解明が更に進むことが期待されます。

また、防災・減災に資するマグニチュード7級以上の大地震直前の電離圏異常検知システムとしての有効性を確認するため、関係省庁・地方自治体・エネルギー系・交通系・ネットワーク系インフラ企業と協力しながらより大規模な実証実験を更に行っていく予定です。

本電離圏異常検出手法はアルゴリズムがシンプルであり、公開データのみを入力して電離圏異常を検出する手法です。誰もが検証可能な手法であるため、実験規模を容易に拡大できると考えています。

GPS衛星に限らず、我が国が打ち上げた準天頂衛星「みちびき」やGLONASS(ロシア)による電離圏総電子数(TEC: Total Electron Contents)データも利用可能であり、GPS-TECデータと併せてこれらのTECデータを同時に観測することで、より異常検知の精度が高まることが期待されます。また台湾、インドネシア、ニュージーランド、イタリア等、地震が多い国も本実験に参加することにより、データを国際的に共有化することができ、異常検知の精度向上だけでなく、地球規模の防災に資することが期待されます。

実証実験を進めることにより、スマートフォンだけでなく車の自動運転のネットワークインフラとして2020年以降に実用化が見込まれる5G(第5世代移動体通信システム)を用いた電離圏異常検出アプリケーション・システムを開発し、5GMF(第5世代モバイル推進フォーラム)やITU(国際電気通信連合)を通して標準化することにより、人だけでなく車などの交通インフラに対するGNSS(全地球航法システム)を用いた地球規模の5G防災インフラ・システムの構築も期待されます。

## 参考リンク

平成28年10月3日京都大学発表

「大地震発生直前の電離圏異常を検出-マグニチュード7以上の大地震の直前予測の可能性-」

[http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research\\_results/2016/160930\\_1.html](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2016/160930_1.html)

## <論文タイトルと著者>

タイトル : Preseismic ionospheric anomalies detected before the 2016 Kumamoto earthquake

著者 : 岩田 卓也(Takuya Iwata), 梅野 健(Ken Umeno)

掲載誌 : *Journal of Geophysical Research: Space Physics*

DOI: 10.1002/2017JA023921

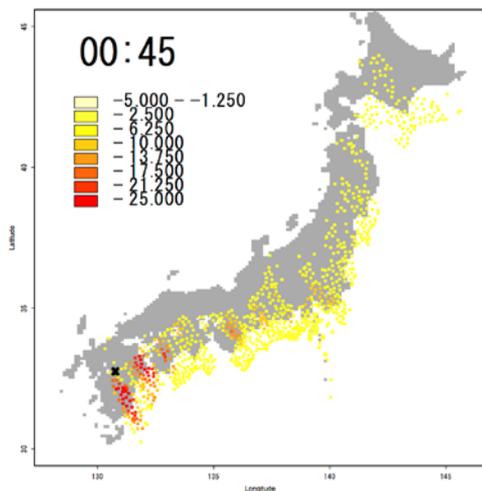


図1 : 熊本地震発生時刻の平成28年4月16日午前1時25分の40分前の午前0時45分に観測された電離圏電子数異常の全国規模の相関解析結果。黒の×が震源地を示し、赤色の点が異常と判定された位置を表す。

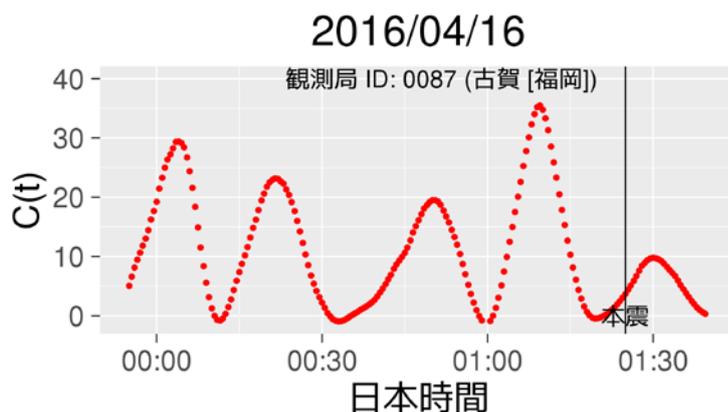


図2 : 発見された熊本地震発生直前1時間前から見られるGPS観測局ID:0087(古賀[福岡])とその周辺30局との相関値C(t)の異常な時間変動の様子。

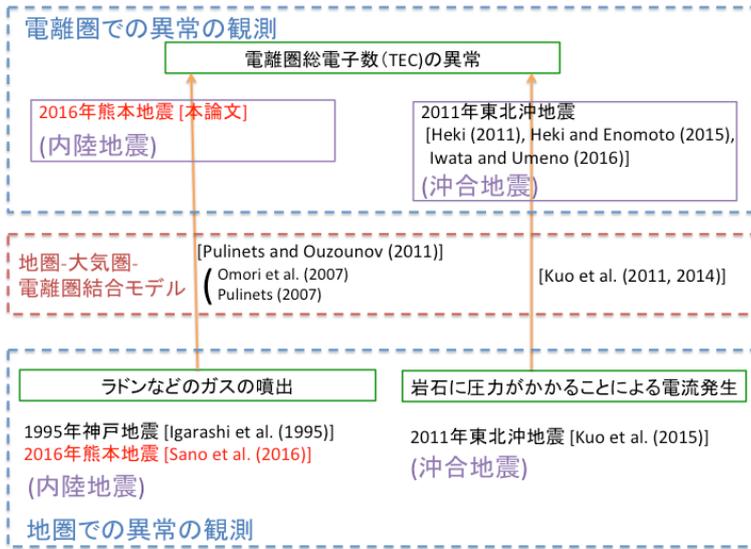


図3：大地震発生直前に観測された電離圏異常と地圏異常との関係。発生した大地震が内陸地震か沖合地震かによって、両者共通に観測される電離圏異常発生のメカニズムが異なることが示唆される。