# 2016年熊本地震における地殻ひずみの日変動特性と地震発生過程

東北工業大学	フェロー会員	○神山 眞
々	フェロー会員	小出英夫
々		沢田康次
々	正会員	秋田 宏
々	正会員	千葉則行

# 1. はじめに

2016 年熊本地震では M6.5, M7.3 という内陸地殻内地震としては最大級規模の前震,本震が約 28 時間をお いて立て続けに発生して各種構造物に甚大な被害を与えた.この連続地震は K-NET, KiK-net などの強震観測 システムはもとより地殻変動観測システム GEONET によっても明瞭に観測されている.GEONET データを利用し た地殻変動による各種ひずみ成分と構造物被害との関係は既に報告している<sup>1)</sup>.GEONET データは地殻変動の 時空間変化の情報を与えることから,構造物被害の空間変化解析とともに.地震発生予測に関わる時間変化に ついても貴重な知見取得が期待できる.とりわけ,2016 年熊本地震では 2016 年 4 月 14 日 21 時 26 分 JST 頃 の M6.5 の地震の発生に続く更に大規模な地震発生の予測可能性についての検証は重要である.事後検証 (retrospective analysis)であるが,本稿では地震発生予測における地殻ひずみ時間変動の有効性を検討する ため,2016 年熊本地震を対象に各種ひずみ成分の日変動と地震発生過程の関係について考察する.

# 2. GEONET 地殻変動データからの地殻ひずみ成分の算定

GEONET は地表面に約20数kmの離散間隔で展開される観測点において南北(NS),東西(EW),上下(UD)の3成 分変位データを与えることから、一般化平面ひずみ条件により空間微分を施すことで各種ひずみ成分を求める ことができる. ひずみは変位の空間微分であるので, 変位そのものよりも時空間変動に敏感なパラメータであ り、各種解析に有効に資すると考えられる.ここでは、GEONET 観測点にデローニ三角分割(Delaunay Triangulation)のアルゴリズムを適用して三角形網を作成した上で三角形要素を有する有限要素法(FEM)によ り各種地殻ひずみ成分を算定した.ここに,各観測点における3成分変位はGEONET 解析プロダクトのF3 解に よった.本稿では算定される各種ひずみ成分を代表して水平面内の工学的最大せん断ひずみ,体積ひずみ (dilatation) によりひずみ日変動特性を考察する.図1は熊本地震の本震(2016年4月16日01時25分, M7.3) の震央とともに近傍のデローニ三角分割の要素番号を示したものである.以下ではこれらの三角形要素の代表 要素における 2016 年熊本地震の発生に至る先行過程として 2011 年 3 月 12 日 (3.11 巨大地震の翌日)を起点 とした各種ひずみ成分の累積ひずみの時間変化について考える.図2は代表的要素の工学的最大せん断ひずみ の 2011 年 3 月 12 日から 2016 年 4 月 30 日までの約 5 年間の長期的な日変動歴をプロットしたものである.要 素毎にバラツキがあるものの,ひずみの漸増を経て本震に至ったこと,本震により大きなひずみ増加があった こと、本震以降のひずみ変化は定常であること、などが明らかである.一方、図3は同様なプロットを体積ひ ずみについて施したものである。体積ひずみは要素毎にプラス(膨張)、マイナス(収縮)の変動があり、本 震前の微小な膨張,収縮の繰り返し変動を経て本震による大きな値に至っている.

#### 3. 前震から本震に至る地殻変動ひずみの時間変化

図4は図2で示した工学的最大せん断ひずみの時間変化のうち4月7日~4月19日の最大前震(4月14日, M6.5),本震(4月16日, M7.3)を挟む期間を拡大してプロットしたものである.4月14日の最大前震,4月 16日の本震の期間における工学的最大せん断ひずみの大きさと変化の動静は4月16日の本震以降の変動にお ける定常傾向と顕著な対比を成していることが明瞭である.いわば,図4は本震か前震かの判断材料がひずみ

キーワード 2016 年熊本地震,地殻変動, GEONET,地殻変動ひずみ,本震,前震,余震
連絡先 〒981-3203 仙台市泉区高森 3-8-186 E-Mail: mk\_kamiyama@jcom.home.ne.jp

の時間変化に明確に現れることを示したものと捉えることができる.図4のようなひずみ変動がリアルタイム で与えられていたならば,4月14日のM6.5地震は一連の地震の終末でなく,更なる大規模な地震を警戒すべ きことの情報提供が可能であったと考えられる.図5は同様な処理を体積ひずみについて施したものである. 体積ひずみにおいても4月14日の最大前震,4月16日の本震の期間での変動は4月16日以降の定常な安定 変化と大きな違いがあることは図4の工学的最大せん断ひずみと同様であるが,さらに三角要素毎に膨張,収 縮の変化が明瞭に異なった空間的な分布をもって現れており,本震となった継続地震の主たる破壊位置が事前 暗示されているかのような変化特性が観察される.

# 4. むすび

retrospective な考察であるが,各種ひずみ成分の空間変化ならび に時間変化が地震発生の事前予測に重要な判断材料を提供する可能性 について 2016 年熊本地震の最大前震から本震の発生過程で検証した. ここでは,F3 解による事後検証を示したが,実務での応用のためには Rinex 観測データを利用したリアルタイム手法の確立が今後の課題で ある.なお,本稿では紙面の関係から最大前震から本震の過程につい てのみ記述したが,さらに本震の約2週間前の事前期間におけるひず み時間変動にも地震発生の予兆現象が観察される.これについては講 演時に譲る.



図1 三角形要素番号と震央(星印)

# 参考文献

 神山ら:GEONET の地殻変動データを利用した 2016 年熊本地震の被 害解析、土木学会論文集、2017(投稿中).









図3 体積ひずみの約5年間の日変動歴 (EL209などは要素番号)



図5 体積ひずみの日変動 (本震を挟む12日間を拡大, EL209などは要素番号)