HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Co-seismic and co-diking crustal deformation along subaerial rift zones detected by satellite synthetic aperture radar : East Africa, Iceland, and Southwestern Japan [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	姫松, 裕志
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13574号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74369
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yuji_Himematsu_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（理　学）　氏　名　　姫 松　裕 志

学 位 論 文 題 名

Co-seismic and co-diking crustal deformation along subaerial rift zones
detected by satellite synthetic aperture radar: East Africa, Iceland, and Southwestern Japan
（衛星 SAR によるリフト帯における地震時・ダイク貫入時の地殻変動観測:
東アフリカ，アイスランド，西南日本）

プレート境界ではひずみが集中しやすいため，地震活動や火山噴火が活発であり，プレート境界における地殻変動は地震や火山噴火の発生メカニズムを解明するために重要な研究対象である．なかでもプレート拡大境界はリフト帯と呼ばれ，新たな地殻の形成や大陸分断の過程を観測できる地域として注目を集めている．しかし中央海嶺に代表されるようにリフト帯の多くは海底に位置しており，陸上では全体の 2%以下しか観測できない．新たな地殻の形成や大陸分断の過程を観測できるリフト帯における地殻変動データの蓄積は，リフト帯における地球物理学的現象の解明にとって重要である．本論文では合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar: SAR) が観測した画像データに干渉 SAR (InSAR) と pixel tracking 法を適用することにより，リフト帯における地殻変動を観測した．全地球測位システム (Global Navigation Satellite System: GNSS) を用いた地殻変動観測とは異なり，衛星搭載型 SAR による画像撮像は観測機器を設置する必要はなく，一定間隔で陸域を全球的に撮像できる．また地殻変動のみならず氷河の流動や都市域の地盤沈下といったあらゆる地表変動を数 m の高い空間分解能で，面的に地表変動の描像を明らかにできる点も大きな特徴である．本論文ではリフト帯で発生した 4 件のイベントに対して適切な解析手法を適用し，これまで報告されていた観測データを質・量ともに凌駕する地殻変動データを用いて，観測結果を再現するモデルを提案し，それらの物理的解釈を提案する．本論文ではリフト帯で発生した 3 件のダイク貫入イベントと 1 件の地震イベントに注目した: 1) 2007 年 Natron 湖ダイク貫入イベント (タンザニア)，2) 2005-2010 年 Afar 盆地ダイク貫入イベント (エチオピア)，3) 2014-2015Bárðarbunga 火山ダイク貫入イベント (アイスランド)，4) 2016 年熊本地震 (西南日本).

東アフリカ地溝帯で発生した 2 件のダイク貫入イベント (2007 年 Natron 湖ダイク貫入イベント，2005-2010 年 Afar 盆地ダイク貫入イベント) では PALSAR-1 データに InSAR とピクセルオフセット法を適用することにより，ダイク貫入に伴う地殻変動の描像を明らかにした．これらの観測結果はグラーベンの沈降領域において拡大軸と平行する方位に水平変位が生じていたことを明らかにした．両イベント時におけるメカニズム解はいずれも横ずれ成分をほぼ含まない正断層型を示しており，これらの走向は拡大軸の方位とおおむね一致していた．このグラーベンの沈降領域における水平変位の再現には正断層ずれに加えて横ずれ成分も必要であることを数値計算によるモデルが示した．したがってグラーベンの沈降領域における水平変位は非地震的に生じたことが示唆された．地質構造の発達やマントル対流と地殻との相互作用によって生じた可能性が考えられる．

アイスランド中東部に位置する Bárðarbunga 火山で発生したダイク貫入イベントは 2014 年 8 月に始まり，ダイク貫入に伴って発生した割れ目噴火は 2015 年 2 月まで続いた．先行研究による InSAR 解析データは氷帽上で非干渉領域となっており，イベントに伴う氷帽下地殻変動の描像を明らかにできていなかった．震源分布から推定された本イベントのダイクの貫入経路の約 80%は氷帽下に位置しており，地殻変動データが十分に取得されたとは言い難い．また GNSS による観測も氷帽上では定常的な観測を行っていなかったため，ダイク貫入に伴う地殻変動の全容を把握するこ

とは困難であった．本論文では氷河の流動速度検出に採用される Pixel-tracking 法を COSMO-SkyMed と RADARSAT-2 データに適用することにより，ダイク貫入に伴う氷帽表面における変動の検出を試み，これらのデータを用いて氷帽下の地殻変動を推定した．Pixel tracking 法を適用した結果は非雪氷域のみならず，氷帽上においてダイク貫入のおよそ北半分の経路上で顕著な変動を示すシグナルを示した．また適切に重みをかけたイベント前のシグナルをイベント時のシグナルから差し引くことで氷帽下地殻変動の描像を推定した．補正したデータを使用して鉛直開口・断層運動を再現するモデルを推定したところ，非雪氷域のみの地殻変動データを用いてモデルを推定した場合と比較して疑似的な開口・すべり分布を示すことなく，より小さい不確定性をもったモデルを推定することができた．

2016 年熊本地震は南北の引張応力場にある九州地方の別府島原地溝帯で発生した．九州地方は中部九州の直下には地震波低速度領域が卓越しており continental rift であるとする説がある一方，別府島原地溝帯が南西から延びる沖縄トラフの東端と東から延びる中央構造線の西端に位置しており，南海トラフの前弧スリバーが南西進していることから pull apart basin であるという説もある．熊本地震に関して気象庁が示した本震のメカニズム解は南北方向に引張軸を持つ右横ずれ型地震であると同時に，顕著な非ダブルカップル成分も示した．国土地理院による InSAR 解析の速報は地表断層付近において非干渉領域となっており，地殻変動の描像を明らかにできていなかった．本章では PALSAR-2 データに pixel tracking 法を適用することにより，強健な地殻変動シグナルを検出して詳細な地殻変動の描像を明らかにした．それらのデータに基づいて断層モデルを提案して，非ダブルカップル成分との関連性を議論した．本震のメカニズム解は横ずれ成分が卓越していたものの，PALSAR-2 データによる pixel tracking の結果は右横ずれの水平変位に加えて 2m 以上の沈降を明らかにした．この地殻変動の複雑性はメカニズム解に含まれる非ダブルカップル成分に反映されている可能性が高く，観測された地殻変動の描像と推定した断層モデルのすべり分布は地震時における slip partitioning の形成を示唆している．また PALSAR-2 データによる干渉画像の重ね合わせにより明らかになった地震後地殻変動についても報告する．