Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-01 会場:304 時間:5 月 25 日 14:15-14:30

季節的な荷重変化と地表変位からみるアイスランド地殻の剛性
Seasonal load variations, cGPS displacements, and crustal rigidity in Iceland

ドローアン ヴィンセント [1] ; 日置 幸介 [2*] ; ジークムンドソン フレイステイン [1] ;
ラインスドティル シグルン [1]
DROUIN, Vincent[1] ; HEKI, Kosuke[2*] ; SIGMUNDSSON, Freysteinn[1] ; HREINSDOTTIR, Sigrun[1]

[1] アイスランド大学, [2] 北海道大学 院理 自然史科学
[1]University of Iceland, [2]Dept. Nat. Hist. Sci., Hokkaido Univ.

GNSS の測位解にしばしば見られる季節変化成分（年周変化と半年周変化）は、地球表面荷重の季節変化が起源であることが多い。例えば東北日本の主に日本海側で顕著な冬季の沈降と東西短縮は、その多くの部分が積雪荷重の変化から来ていることが知られる (Heki, Science 2001)。また、日本列島全体に目を向けると、積雪荷重以外にも気圧変化、海洋荷重変化、土壌水分変化、ダムの水位等が季節的な地殻変動に寄与していることがわかっている (Heki, AGU Monograph 2014)。一方大西洋北部のプレート境界に位置するアイスランドでも、季節的な地殻変動と荷重の先駆的な研究が Grapenthin et al. (GRL 2006) によって成されている。本研究ではアイスランドにある百局を超える連続 GNSS 観測点の座標値の季節変化から荷重分布を最小自乗法で推定し、積雪荷重との整合性を調べた。また貯水量変化が既知のダム周辺の GNSS 点の変位から地殻の剛性の地域性の有無を議論する。詳細は英文要旨を参考のこと。

キーワード: GNSS, GPS, 年周地殻変動, 季節変化, 積雪荷重, 地殻剛性
Keywords: GNSS, GPS, annual crustal deformation, seasonal changes, snow load, crustal rigidity

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-02 会場:304 時間:5 月 25 日 14:30-14:45

Fault source modeling of the October 28, 2008 earthquake sequence in Baluchistan, Pakistan, using ALOS/PALSAR InSAR data

Fault source modeling of the October 28, 2008 earthquake sequence in Baluchistan, Pakistan, using ALOS/PALSAR InSAR data

USMAN, Muhammad[1*] ; FURUYA, Masato[1]
USMAN, Muhammad[1*] ; FURUYA, Masato[1]

[1]Hokkaido University
[1]Hokkaido University

The Quetta Syntaxis in the western Baluchistan, Pakistan, is formed as a result of oroclinal bend of the western mountain belt and serves as a junction for different faults. As this area also lies close to the left lateral strike slip Chaman fault, which is supposed to be marking the boundary between Indian and Eurasian plate, the resulting seismological behavior of this regime becomes even more complex. In the region of Quetta Syntaxis, close to the fold and thrust belt of Suleiman and Kirthar ranges and on 28 October 2008, there stroke an earthquake of magnitude 6.4 (Mw) which was followed by a doublet on the very next day. In association with these major events, there have been four more shocks, one foreshock and three aftershocks that have moment magnitude greater than 5.Here we use ALOS/PALSAR InSAR data sets from both ascending and descending orbits that allow us to more completely detect the deformation signals around the epicentral region. On the basis of these data sets, we propose a four-faults model that consists of two left lateral and two right lateral strike slips that also include some thrust slip. We have thus confirmed the complex surface deformation signals even from the moderate-sized earthquake. Intra-plate crustal bending and shortening seem to be often accommodated as conjugate faulting without any single preferred fault orientation. We also discuss two possible landslide areas along with the crustal deformation pattern.

キーワード: ALOS/PALSAR data, Earthquake, Crustal Deformation, Source Modeling, Conjugate Faulting
Keywords: ALOS/PALSAR data, Earthquake, Crustal Deformation, Source Modeling, Conjugate Faulting

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-03 会場:304 時間:5 月 25 日 14:45-15:00

Possible repeating slow slip events beneath the Bonin Islands
Possible repeating slow slip events beneath the Bonin Islands

ARISA, Deasy[1*] ; HEKI, Kosuke[1]
ARISA, Deasy[1*] ; HEKI, Kosuke[1]

[1]Department of Natural History Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University
[1]Department of Natural History Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University

Continuous global navigation satellite system (GNSS) data including the global positioning system (GPS) is one of the most powerful tools available for observation of Earth's surface deformation. In particular, coseismic, postseismic, slow transient, and interseismic deformation have all been observed globally by GPS over the past two decades, especially in subduction zones.

Here, we are using the deformation data from GPS observations to understand the deformation due to the earthquakes, afterslip and slow slip events in subduction zones around Japan, where geodetic data coverage is particularly dense. We are focusing on Bonin (Ogasawara) Islands Arc to understand its characteristic, especially the possibility of repeating Slow Slip Events (SSE). Global positioning system (GPS) time series in Bonin Islands Arc reveal the possible existence of slow slip events (SSEs) at the boundary between the Philippine Sea plate and Pacific plate.

Using data from this dense geodetic network operated by GSI, there are several possible events look like SSE that have one-year recurrence, detected by stations in Hahajima and Chichijima islands. These SSEs were identified from January 1996 to October 2014 by GNSS time series offset monitoring and rupture modeling with a rectangular fault located on the subducting Philippine Sea Plate. The detected SSEs were found to have a variety of characteristic recurrence intervals, magnitudes, durations, and coincide or relate with other seismic activities.

Time-decaying constant of these slow slips are first estimated to obtain the northward, eastward and vertical components of the ground deformation. Several methods are used to estimate the fault parameter including depth, dip, slip, strike, and width to understand its consistency with the fault boundary geometry. This process is followed by modeling the rupture area during the events and calculating the magnitude of these events based on geodetic approach.

These results lead us to further understanding about sequence of slow slip events in Bonin Islands Arc as a part of Philippine Sea plate.

キーワード: Slow Slip Event (SSE), Bonin Islands Arc, Ogasawara, GNSS, GPS
Keywords: Slow Slip Event (SSE), Bonin Islands Arc, Ogasawara, GNSS, GPS

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-04 会場:304 時間:5 月 25 日 15:00-15:15

フィリピン・ミンダナオ島におけるプレート収束過程と地殻ブロック運動
Plate Convergent Process and Block Motions in Mindanao, the Philippines

塩見 雅彦 [1*] ; 田部井 隆雄 [2] ; 大倉 敬宏 [3] ; 木股 文昭 [4] ; 伊藤 武男 [5]
SHIOMI, Masahiko[1*] ; TABEI, Takao[2] ; OHKURA, Takahiro[3] ; KIMATA, Fumiaki[4] ; ITO, Takeo[5]

[1] 高知大学大学院総合人間自然科学研究科, [2] 高知大学理学部, [3] 京都大学火山研究センター, [4] 東濃地震科学研究所, [5] 名古屋大学地震火山研究センター
[1]Grad. School Int. Arts Sciences, Kochi Univ., [2]Fac. Science, Kochi Univ., [3]Aso Volcanological Laboratory, Kyoto Univ., [4]Tono Research Institute of Earthquake Science, [5]Earthquake and Volcano Research Center, Nagoya Univ.

フィリピン諸島の下には東西両方向からそれぞれフィリピン海プレート (PHP)，スンダランドプレート (SUP) が沈み込み，内陸では，左横ずれの長大なフィリピン断層がフィリピン全土を南北に縦断している．アジア有数の人口密集域であるフィリピンにおいて地震災害リスクを予測することは非常に重要であるが，日本のような精密観測網による監視体制は整備されていない．Ohkura et al. (2015) は，ミンダナオ島における 2010-2014 年にまたがる GPS キャンペーン観測データから地殻水平速度場を求め，プレート収束域の変動様式を議論した．変動場では PHP の沈み込みに伴う西北西向きの変位が卓越し，さらに，海溝からの距離増加に伴う減衰が顕著ではない．これをプレート間固着のみでは説明できず，複数の地殻ブロックの剛体運動を導入する必要が生じた．フィリピン断層は，そうしたブロック間の主たる境界を成す．しかし，測地インバージョン解析を行うには，推定すべき未知量に対してデータ数，空間密度とも甚だ不十分である．

本研究では，プレート境界面の固着，内陸横ずれ断層のすべり，地殻ブロックの並進運動などの異なる変動源を同時推定する手法として，マルコフ連鎖モンテカルロ (MCMC) 法を導入する．MCMC 法は，確率論に基づいて変化させた乱数を与え膨大な量の順解析を行い，パラメータを推定する手法である．解を事後確率分布付きで推定することができ，解の信頼度を得ることができる．USGS が公表するスラブモデルを元に PHP 境界面の形状を深さ 80km まで 64 枚の矩形要素で近似し，フィリピン断層を 4 枚の鉛直断層で表現した．プレート境界面のすべり欠損の方向をグローバルプレートモデルに基づく PHP-SUP の相対運動方向に，フィリピン断層の変位方向を左横ずれに固定した．すべり欠損速度，断層変位速度の探索にあたり，PHP-SUP の相対運動速度の 110%，トレンチ調査で得られている断層平均変位速度の 120%を上限として探索した．

解析の結果，PHP 境界面の南部でプレート相対運動速度とほぼ同程度のすべり欠損速度値を得た．ただし，プレート境界面の固着がミンダナオの地殻変動場に及ぼす寄与は大きくなく，最大でも観測値の 22%を説明するに過ぎない．残りの大部分は地殻ブロックの並進運動として説明される．前弧と背弧のブロック境界を成すフィリピン断層の運動は一様ではなく，ミンダナオ島南部では浅部の固着が示されるのに対し，北部のセグメントでは年間 20 mm を超える速度のクリープが検出されている．このクリープ速度は，さらに北方のレイテ島で確認されたクリープ運動に近い値を示し，フィリピン断層のある部分はクリープにより定常的に歪を解放していることが示唆される．

キーワード: MCMC, フィリピン断層, フィリピン海溝, ミンダナオ島, GPS 観測
Keywords: MCMC, Philippine fault, Philippine Trrench, Mindanao, GPS observation

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-05 会場:304 時間:5 月 25 日 15:15-15:30

ダイク貫入時における非地震性横ずれ滑りの検出：2007 年タンザニア北部
Aseismic strike slip associated with the 2007 dike intrusion episode in Tanzania

姫松 裕志 [1*] ; 古屋 正人 [1]
HIMEMATSU, Yuji[1*] ; FURUYA, Masato[1]

[1] 北海道大学大学院理学院
[1]Graduate School of Science, Hokkaido University

2007 年 7 月にナトロン湖 (Lake Natron) 周辺で群発地震が発生し，およそ 2 か月にわたって続いた．震源域の近くに位置する Oldoinyo Lengai 山は，群発地震が起こる 1 か月前である 2007 年 6 月に穏やかな噴火を始めたが，終息しつつあった 9 月になってから爆発的な噴火が起こるようになった．この爆発的な噴火は，2008 年 4 月まで続いた．

Calais et al. (2008), Baer et al. (2008), Biggs et al. (2009,2013) では，この群発地震に伴う地殻変動を InSAR を用いて検出したことを報告している．彼らは主に ENVISAT/ASAR(C-band) の Descending のみのデータを用いていた．しかしながら波長が短い C-band では位相のアンラッピングが難しく，変位の勾配が大きな領域ではデータの欠落が生じる．また Descending のみのデータでは，1 つの衛星視線方向の変位量しか手に入れることができないため，詳細な変動量を求めることができない．そこで，より長波長の ALOS/PALSAR(L-band) の Ascending と Descending のデータを用いる上に，Azimuth offset のデータを加えることで異なる 3 方向の変位量が求められた．これらのデータを用いることで，群発地震に伴う 3 次元の地殻変動を求めることができた．

求められた 3 次元変位は，全体的にはグラーベン構造のような変位を示した．これは一般的なリフト帯における地震に伴う地殻変動の変動パターンである．しかし，明らかに他と異なる点は，中央の沈降した領域がおよそ 48cm も水平方向に変動したことである．これらの変動を詳細に説明する為に断層モデルの推定を試みた．断層モデルの結果からは，横ずれ成分が全体の解放されたモーメント量のおよそ 20%を占めていることが明らかになった．一連の群発地震の CMT 解は，いずれも正断層型を示していることから非地震性の滑りが生じたと推察した．ダイクの貫入によって生じた応力変化 (Δ CFF) もまた，地表付近で断層すべりを促進する値を示した．

キーワード: InSAR, ダイク貫入, 非地震性すべり, 東アフリカ地溝帯
Keywords: InSAR, dike intrusion, aseismic slip, East African Rift valley, relay ramp

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-06 会場:304 時間:5 月 25 日 15:30-15:45

気圧変化に伴う湧水量変化の周波数特性を用いて推定された透水性の変化
Permeability change estimated by using frequency property of the atmospheric effect on groundwater discharge

向井 厚志[1*] ; 大塚 成昭[2] ; 福田 洋一[3]
MUKAI, Atsushi[1*] ; OTSUKA, Shigeaki[2] ; FUKUDA, Yoichi[3]

[1] 奈良産業大学情報学部, [2] 神戸学院大学人文学部, [3] 京都大学大学院理学研究科
[1]Nara Sangyo University, [2]Kobe Gakuin University, [3]Graduate School of Science, Kyoto Univ.

兵庫県南部の六甲高雄観測室は万福寺断層の破砕帯を貫いており，常時，約 550ml/s の湧水が生じている。この湧水量は降水によって季節的に変化するとともに，地震に伴って短期的に変化している。例えば 2011 年東北地方太平洋沖地震直後には，約 50 %の湧水量の増大が観測された。向井・大塚 (2014) は，水源から観測室へと被圧地下水層を流れる一次元地下水流をモデル化し，観測された湧水量変化および間隙水圧変化の時系列データから 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う透水係数の変化を推定した。推定された地震直後の透水係数は，地震前と比べて約 20 %の上昇を示した。この地震に伴う透水係数の上昇は，地震動によって周辺岩盤の亀裂に蓄積された泥分が緩んだり流出したりしたことに起因すると推察された。

周辺岩盤の透水性の変化は，湧水量自体だけでなく，その気圧応答にも影響を及ぼすことが予想される。本研究では，被圧地下水層に周期的な大気荷重が作用する一次元地下水流モデルに基づいて，観測された湧水量の気圧応答から周辺岩盤の透水性の経年変化を推定した。このモデルから導出される湧水量の気圧応答係数の式は，振動数 f の気圧変化に対して $a\sqrt{f}$ と表される。式中の係数 a は，透水係数 k と貯留係数 S の平方根$\sqrt{(kS)}$ に比例する。そのため，解析区間を移動させながら気圧応答の周波数特性を求めることによって，周辺岩盤の透水性の経年変化を推定することができる。

2001 年以降に六甲高雄観測室で得られた湧水量観測値と神戸地方気象台の地上気圧観測値を FFT で周波数解析し，振幅の比から湧水量の気圧応答係数を計算した。このとき，2048 データ (85.3 日) を解析区間とし，それを 240 データ (10 日) ずつ移動させながら全 348 区間の気圧応答係数の周波数特性を求めた。その後，湧水量変化と気圧変化が高い相関を示す 0.5〜7 日の周期帯において気圧応答係数の周波数特性に$\sqrt{f}$ を当てはめ，各解析区間の係数 a の値を推定した。係数 a は 2011 年東北地方太平洋沖地震の際に約 2 倍の増大を示し，時系列データに基づく向井・大塚 (2014) の解析結果と同様に，地震に伴う透水性の上昇が確認された。また，2004 年紀伊半島南東沖地震等の大きな地震時にも係数 a の増大，すなわち透水性の上昇がみられる。

係数 a は地震だけでなく，降水の影響も受けている。その時間的変化は，2001 年以降のほとんどの期間において，積算降水量の季節的な変化と正の相関を示している。降水後に間隙水圧が上昇することによって，亀裂内の泥分が緩んだり流出したりして透水性が上昇している可能性が考えられる。

キーワード: 透水性, 湧水量, 気圧応答
Keywords: permeability, groundwater discharge, atmospheric effect

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-07 会場:304 時間:5 月 25 日 15:45-16:00

地震間の定常的なひずみは 2011 年東北地方太平洋沖地震でどれだけ解放されたのか？
How much was the interseismic strain released by the 2011 Tohoku-oki earthquake?

大園 真子 [1*] ; 長谷見 晶子 [1]
OHZONO, Mako[1*] ; HASEMI, Akiko[1]

[1] 山形大学理学部
[1]Faculty of Science, Yamagata University

東北地方において，国土地理院が展開する GEONET の日座標値 (F3 解) を使って，これまで観測されていた測地学的に定常的なひずみが 2011 年東北地方太平洋沖地震の地震時のひずみによってどれだけ解放されたかを推定した．太平洋プレートとオホーツクプレートの収束境界にある東北地方は，定常的に沈み込み帯の影響を受けており 0.1 ppm/yr オーダーの東西短縮が顕著なひずみ場であった．一方で，2011 年東北地方太平洋沖地震では東西方向への顕著な伸長場が，特に震源に近いところは数 10 ppm オーダーで発生した．1996 年から 2002 年の地殻変動が定常的な地震間のひずみ速度を記録していると仮定して，その最大主ひずみ軸が示す方向に対し，地震時に生じたひずみを成分分解し，蓄積されていたひずみが主軸に沿ってどれほど解放されたかを調べた．その結果，東北地方の太平洋沿岸部では，500 年から 1000 年程度分，背弧側では 50 年から 100 年程度分，さらに震源から離れた中部日本北部では数年から数 10 年程度分，これまで蓄積されたひずみが解放されたことが明らかになった．地域的なスケールで見てみると，地震時ひずみが定常的な最大主ひずみ軸方向に向かって短縮した地域も現れる．これは，定常的な最大主ひずみ軸が，必ずしも地震時の最大伸長ひずみの主軸の向きと一致しないために生じたと考えられ，この短縮がその地域での地震を誘発する要因になったかもしれない．実際に，2011 年東北地方太平洋沖地震後，内陸では地震活動が活発化した場所がある．例えば山形県米沢地域で群発地震が発生した場所は，定常的な最大主ひずみ軸方向に対し，地震時ひずみが短縮を示す場所となった．今後詳細な検討が必要ではあるが，これらの結果は，今後の各地域でのひずみ蓄積過程を考える上でも重要な値を示したことになり，また，地震学的手法を用いた応力変化の議論に，測地学的なひずみ場の変化として独立した情報を与えることができる可能性を示す．

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-08 会場:304 時間:5 月 25 日 16:15-16:30

2011 年東北地方太平洋沖地震の粘弾性緩和による変動の特徴
Characteristics of viscoelastic relaxation caused by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake

水藤 尚 [1*]
SUITO, Hisashi[1*]

[1] 国土交通省　国土地理院
[1]GSI of Japan

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震の発生に引き続いて、大規模な余効変動が広範囲に観測されている。GEONET によって観測されている陸域の水平変動は概ね東向きである。上下変動は岩手県北部を除く太平洋側では隆起、東北地方内陸から日本海側にかけては沈降が広がっている。そして、関東から甲信越地方と北海道南部では隆起が観測されている。一方、東北地方太平洋沖に設置されている海上保安庁による海底地殻変動観測点では、宮城県沖合では西向きの変位が観測され、福島県沖と千葉県東方沖では陸域と同じく東向きの変位が観測されている。海域の上下変動はいずれの場所も沈降の傾向が観測されている。余効変動の発生メカニズムには、余効すべりと粘弾性緩和の大きく２つのメカニズムがある。このうち、余効すべりで説明できる観測事実は、概ね陸域における東向きの変動、太平洋側の隆起と東北地方内陸の沈降であり、海域の水平・上下変動と関東から甲信越地方、北海道南部の隆起は説明することが困難である。本稿では粘弾性緩和による変動を数値計算により見積り、その変動の特徴を報告する。

粘弾性緩和による変動は、マントルウェッジと海洋マントルの粘性率の比率に大きく左右されることが分かった。海洋マントルの粘弾性緩和によって、西向きの変動と広域的な沈降が引き起こされる。一方、マントルウェッジの粘弾性緩和は、東向きの変動と隆起を引き起こし、概ね海洋マントルの粘弾性緩和とは逆向きの変動である。つまり、定性的には海底地殻変動観測点での西向き及び沈降の傾向は、海洋マントルによる粘弾性緩和によって引き起こされ、陸域の東向きの変動及び隆起は、マントルウェッジの粘弾性緩和によって引き起こされていると考えられる。マントルウェッジに比べて海洋マントルの粘性率が小さい場合には、西向きの変位と広域的な沈降が卓越する。逆に海洋マントルの粘性率が大きい場合には、マントルウェッジの粘弾性緩和が支配的となり、東向きの変位と太平洋側の陸域において隆起域が卓越することなる。観測されている変動を定量的に説明するには、マントルウェッジと海洋マントルの粘性率の比率が重要である。

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, 余効変動, 粘弾性緩和
Keywords: Tohoku-oki Earthquake, Postseismic deformation, Viscoelastic relaxation

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-09 会場:304 時間:5 月 25 日 16:30-16:45

Crustal tectonic stress and poroelastic relaxation of the Mw 9.1 tohoku earthquake

Crustal tectonic stress and poroelastic relaxation of the Mw 9.1 tohoku earthquake

PANUNTUN, Hidayat[1*] ; MIYAZAKI, Shinichi[1]
PANUNTUN, Hidayat[1*] ; MIYAZAKI, Shinichi[1]

[1]Graduate School of Science, Kyoto University
[1]Graduate School of Science, Kyoto University

The Mw 9.1, Tohoku-oki earthquake has been investigated by many scientists. This earthquake produces changes in the state of strain and stress in the surrounding rupture area. Postseismic deformation following large earthquake including afterslip, viscoelastic relaxation, and pore fluid flow, further modify strain and stress near a fault. The migration of fluid after earthquake from high-pressure area to low-pressure area modify stresses and pore pressure near fault and cause pore pressure changes in the surrounding rocks. This pore pressure changes are a part of coulomb stress calculation for fault interaction analysis.

By using various input of slip model, we calculate undrained coseismic pore pressure and coulomb stress change due to the earthquake (King, Stein, & Lin, 1994; Cocco & Rice, 2002) and its poroelastic relaxation by using green's function proposed by (Kalpna & Chander, 2000). The strain and stress due to slip on the fault are calculated by using analytical expression of (Okada, 1992) and consider stress-strain relation for an isotropic form of Hooke's law, respectively. We find that pore pressure changes following the tohoku-oki earthquake is increased through relaxation in the dilatation region which further modified coseismic coulomb stress in surrounding region. We estimates the pore pressure variation from the first 50 days following the tohoku earthquake has change from 7.08 MPa to 2.62 MPa in the dilatation region, and in the compression region, it change from -9.37 MPa to -3.46 MPa.

キーワード: pore pressure, poroelastic relaxation, coulomb stress
Keywords: pore pressure, poroelastic relaxation, coulomb stress

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-10 会場:304 時間:5 月 25 日 16:45-17:00

間隙水圧および超伝導重力計記録から得られた2011年東北地方太平洋沖地震による地下水挙動の変化
Change of groundwater behavior caused by 2011 Tohoku earthquake detected from pore pressure and gravity

木下 千裕[1*] ; 加納 靖之[2] ; 田村 良明[3] ; 今西 祐一[4] ; 池田 博[5] ; 伊藤 久男[1]
KINOSHITA, Chihiro[1*] ; KANO, Yasuyuki[2] ; TAMURA, Yoshiaki[3] ; IMANISHI, Yuichi[4] ; IKEDA, Hiroshi[5] ; ITO, Hisao[1]

[1] 京都大学大学院理学研究科, [2] 京都大学防災研究所附属地震予知研究センター, [3] 国立天文台水沢 VLBI 観測所, [4] 東京大学地震研究所, [5] 筑波大学研究基盤総合センター低温部門
[1]Graduate School of Science, Kyoto University, [2]Reserch Center for Earthquake Prediction,Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, [3]National Astronomical Observatory of Japan, Mizusawa VLBI Observatory, [4]Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, [5]Cryogenic Division Research Facility Center, University of Tsukuba

岐阜県神岡鉱山では地震計、歪計、傾斜計、レーザー伸縮計、地下水観測など固体地球科学の様々な観測が行われている。

京都大学防災研究所附属地震予知研究センターでは、2005 年から神岡鉱山において間隙水圧と気圧の連続観測を行い、地震による地下水変化を調べている。2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震の際には震央距離がおよそ 528 km であるにもかかわらず、顕著な間隙水圧の減少が観測された。この間隙水圧減少が数日間続いた事から、我々は地震によって新たに水みちが確保された、あるいは水が流れやすくなったという仮説をたて、その検証のために岩盤の透水性変化を調べた。

間隙水圧が地球潮汐によって周期的に変化する事から、地震前後における潮汐応答の変化に着目し、潮汐解析ソフト BAYTAP-G(Tamura et al, 1991) を用いて間隙水圧記録から潮汐応答の抽出を行った。その結果、M2 分潮 (周期:12.42 時間) の振幅が 22 Pa から 16 Pa と地震後顕著に減少している事がわかった。また O1 分潮 (周期:25.82 時間) についても、わずかながら変化があり、東北地方太平洋沖地震によって、岩盤の性質が変化した可能性を示唆する結果となった。この結果を用いて、線形間隙弾性理論および拡散方程式から、岩盤の水理拡散率を見積もったところ、地震後、拡散率が約 2 倍増加したという結果が得られた (Kinoshita et al., 2015)。

このような透水性変化が実際に生じているならば、他の観測データでも何らかの変化が見られるはずである。そこで、同鉱山内に設置されている超伝導重力計で得られた記録についても間隙水圧と同様の手法を用いて解析を行った。重力記録は地下の密度構造の変化を反映するため、例えば、地震によって地下水の移動が顕著に生じた場合、重力値に変化が現れるはずである。超伝導重力計は間隙水圧観測点から約 2.5 km のところに位置し、2004 年から観測が開始されている。重力記録は間隙水圧よりも地球潮汐が明瞭に現れるため、より多くの分潮 (Q1, M1, N2 分潮など) を地震前後で比較する事ができる。一方で神岡鉱山周辺は冬季における積雪量が多いため、その質量が重力値に大きく影響するという問題もある。

これまでの観測から東北地方太平洋沖地震後、重力値は約 10 μ gal/year で減少していると報告されている。この変化は、余効変動を含む地殻変動では説明できず、地下の密度変化による可能性が指摘されている (今西他，2014)。本発表では間隙水圧と超伝導重力計の潮汐応答の結果を示し、東北地方太平洋沖地震によって地下水挙動がどのように変化したか、特に岩盤の水理パラメータ変化について報告する。

キーワード: 間隙水圧, 超伝導重力計, 東北地方太平洋沖地震, 地球潮汐
Keywords: pore pressure, superconducting gravimeter, Tohoku earthquake, Earth tide

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-11 会場:304 時間:5 月 25 日 17:00-17:15

GPS 観測に基づく 2011 年 4 月 11 日 福島県浜通り地震 (Mw6.6) の余効地殻変動
Postseismic deformation of the 11 April 2011 Fukushima Hamadori (Mw=6.6) earthquake inferred from GPS observations

堀 草子 [1] ; 青木 陽介 [2] ; 加藤 照之 [2*] ; 宮下 芳 [1]
HORI, Kayako[1] ; AOKI, Yosuke[2] ; KATO, Teruyuki[2*] ; MIYASHITA, Kaoru[1]

[1] 茨城大学大学院理工学研究科, [2] 東京大学地震研究所
[1]Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, [2]Earthquake Research Institute, University of Tokyo

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）は活発な余震活動を伴った。その一ヶ月後 2011 年 4 月 11 日にいわき市付近の深さ 5km で発生した Mw6.6 の正断層型地震（福島県浜通り地震）は東北地方太平洋沖地震の余震の一つと考えられる。

福島県浜通り地震に伴う地殻変動は InSAR を用いた先行研究により、詳細な断層モデルが得られている (Kobayashi et al.,2012: Fukushima et al.,2013) が、ALOS 衛星が福島県浜通り地震直後に運用を停止したために、SAR データを用いて福島県浜通り地震の余効変動を計測することはできず、余効変動を観測しているのは GPS 観測点のみである。そこで、本研究では GPS 観測値を用いて福島県浜通り地震の余効変動の検出とそのメカニズムを解明することを目的とした。

本研究では GPS 観測値は国土地理院の F3 と呼ばれる最終解を使用した。この観測された変位場は、福島県浜通り地震に伴う余効変動だけではなく、東北地方太平洋沖地震の余効変動やプレート運動などのブロック運動も重畳されているため、福島県浜通り地震の余効変動を直接は見ることが出来ない。東北地方太平洋沖地震に伴う余効変動は本研究で取り扱っている福島県浜通り地震による地殻変動の空間的な広がりよりもはるかに広範囲に広がっているため、地表で観測される変位場を適当な関数で近似したほうが良いと考え、その関数に対応するパラメータと福島県浜通り地震の余効変動に伴う断層すべり量を同時に推定する方法を試みた。

本研究では福島県浜通り地震の後約半年間のデータを用いる。この期間の観測データには（1）プレート運動に起因する空間的に均一な運動、（2）東北地方太平洋沖地震の余効変動、（3）福島県浜通り地震の余効変動が含まれていると仮定する。よって観測値から福島県浜通り地震の余効変動とその他の変動を分離する必要がある。次に、福島県浜通り地震の余効変動のメカニズムを Kobayashi et al.(2012) による断層面を長さ・幅ともに約 2 倍に拡大した面上のクリープによるものだと仮定して、余効すべりの分布を推定した。本研究では、これらの推定量をインバージョン解析の手法を用いて一度に推定した。

まず東北地方太平洋沖地震にともなう余効変動を空間についての多項式で表して元のデータから差し引いたところ、福島県浜通り地震の震央域の観測点において顕著な残差が見られたことから福島県浜通り地震による余効変動が観測されていることが明瞭に見て取れた。

東北地方太平洋沖地震の余効変動については、一次から四次までの四種類の多項式を用いて近似したが、これらのモデルにおいて、福島県浜通り地震の断層を含む面上のすべりは共通する四カ所に集中することが分かった。しかしながら、上記 4 種のモデルにおいて東北地方太平洋沖地震の余効変動として与えた多項式が異なることから、福島県浜通り地震の余効変動の観測値もまた異なる結果となっている。そこで、求められた余効変動と計算値を F 検定にかけたところ、ひずみを三次関数まで定式化したモデルが最適であると求められた。また、仮定した断層面の大きさが余効すべりの広がりに及ぼす影響を調べるため、ひずみの三次関数のモデルにおいて断層面の幅と長さを Kobayashi et al.(2012) の 1.5 倍、3 倍と変えてみた。その結果、湯ノ岳断層の断層端のすべりが断層境界の場所に依存することが分かったが、一方、塩ノ平断層で見られている滑りは断層境界の位置には大きく依存しないことがわかった。湯ノ岳断層面上の推定が不安定であるのは観測点が少ないためデータから良く拘束できていなかったのではないかと推察される。一方、塩ノ平断層においては余効すべりは比較的よく求められているのではないかと推察される。いずれにせよ、余効すべりの領域は Kobayashi et al. (2012) による地震時のすべり領域とは相補的な領域にあると推定された。この結果は先行研究なども示すように、地震時にすべった領域がその領域の外周に応力の増加をもたらし、それによって、地震時すべりが次第に周囲に伝播していった、と考えることで説明が可能である。

このように、地震後約半年間の余効変動は余効すべりによって説明が可能であったが、地震後一年間のデータを用いて同様の解析を行ったところ、震源から遠地の観測点においては余効すべりによってよく説明できないことが分かった。そこで地表から 25km までを弾性層、それ以深を粘弾性層と仮定して、地震時の断層すべりを与え、粘弾性緩和においてどのような応答があるか調べた。剛性率は 30GPa、粘性率を 1×10^{18}Pa s という下部地殻にしては極めて低い弾性率を仮定すると、震央から遠い観測点の変位を定性的に説明できる。そのため、この地域の下部地殻の粘性率は極めて低いと考えられる。

キーワード: 地殻変動, GPS, 余効変動, 正断層地震

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-11 会場:304 時間:5 月 25 日 17:00-17:15

Keywords: Crustal deformation, GPS, Postseismic deformation, Normal faulting earthquake

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P01 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

圧力保持機能を備えた校正用水圧計による C0002 孔内観測点での正確な圧力変化の計測
Measurements of a precise pressure in the C0002 borehole observatory using a mobile pressure gauge

町田 祐弥 [1*] ; 荒木 英一郎 [1] ; 西田 周平 [1] ; 木村 俊則 [1] ; 松本 浩幸 [1]
MACHIDA, Yuya[1*] ; ARAKI, Eiichiro[1] ; NISHIDA, Shuhei[1] ; KIMURA, Toshinori[1] ; MATSUMOTO, Hiroyuki[1]

[1] 海洋研究開発機構
[1]JAMSTEC

In the Nankai Trough region, several large interplate earthquakes with magnitudes of 8 have occurred repeatedly due to a subduction of the Philippine Sea Plate beneath the Eurasian Plate at a rate of 4-6 cm/year. In this area, we deployed a long-term borehole monitoring system (LTBMS) with pressure gauges (Paro-scientific Inc.8b7000-2 and 8b7000-1) into the C0002 boreholes during the IODP expedition 332 in 2010 to understand a seismogenic process of large interplate earthquakes. In the C0002 boreholes, seafloor pressure measurements are continuously conducted since the deployment. The precise pressure measurement such as the detection of long-term crustal deformation is important in order to obtain geophysical knowledge associated with the occurrence of large earthquakes. However, pressure measurements contain instrumental drifts in the sensors in addition to the pressure changes associated with a crustal deformations. Therefore a correction of the instrumental drift is necessary to estimate precise measurements of the crustal deformation. We developed a mobile pressure gauges equipped with pressure holding system for the correction. The mobile pressure gauge has a crystal water pressure meter (Paroscientific Inc. 410K) as a pressure sensor and is equipped with a pressure holding function due to a temperature control using a heater. Also, an electric valve control was adopted. These systems decrease a pressure variation throughout an observation. To estimate an accuracy of the pressure gauge, we measured a repeatability and hysteresis of the sensor. The repeatability of the sensor equipped with a pressure holding system is 1.3 hPa, while a repeatability of the sensors without a pressure holding system is 8.93. This indicates that the pressure holding system improves the accuracy of the sensors. In this March, a calibration of the C0002 pressure gauges is peformed in the KY15-05 by R/V Kaiyo (2015.3.9˜3.29). In this presentation, we show preliminary results of the cruise.

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P02 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

GNSS データから推定された琉球弧南西部の地殻変動
Crustal Deformation in the Southwestern Ryukyu Arc Estimated from GNSS data

小池 俊貴[2*] ; 西村 卓也[1] ; 宮崎 真一[2]
KOIKE, Toshiki[2*] ; NISHIMURA, Takuya[1] ; MIYAZAKI, Shin'ichi[2]

[1] 京都大学防災研究所, [2] 京都大学大学院理学研究科
[1]Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, [2]Graduate School of Science, Kyoto University

1 . はじめに

琉球弧南西部（八重山地方・宮古島地方）は年間 12.5cm という世界最速のプレート沈み込み速度や背弧側に位置する沖縄トラフの背弧拡大など特殊なテクトニクスの下にある.

同地域ではプレート収束速度が速いわりに大地震の発生が少なく, よく知られている大地震は 1771 年の八重山地震（M_W 8.0 程度）のみである. その一方で, ゆっくりとした地震性・非地震性の変動現象が数多く報告されており,Heki and Kataoka (2008) では半年に一度のスロースリップイベント（SSE）が報告されている.SSE は数日から数年の長いタイムスケールで断層すべりが続く現象である.SSE を引き起こす断層は西表島直下のプレート境界面上に位置していると推定されている.

同地域での数年間以上の平均的な地殻変動は Nishimura et al. (2004) や Nakamura (2004) などの先行研究により剛体回転運動で表されることが提案されている. この２つの研究では琉球地方を３つのブロックで分割しており, それぞれが独立に運動しているとしているが, ブロックの分割領域は両研究で異なる.Nishimura et al. (2004) は八重山・宮古島地方で 1 つのブロックとして運動していると推定している. 一方,Nakamura (2004) では AIC を用いた評価を行い八重山地方と宮古島地方は異なるブロックとして運動していると結論付けている.

先述のような地殻変動は主に国土地理院の GNSS 連続観測網（GEONET）による観測結果を用いて研究されている. しかし同地域は島嶼部であり観測点が少ないため, 地震・SSE・固着など剛体回転以外の内部変形についての議論が十分にできていないという問題点がある.

２. 観測データについて

本研究では先述の琉球弧南西部を対象地域として, 従来の研究で用いられている GEONET の観測点に我々が 2010 年から設置した八重山地方の 4 点（西表島内の舟浮・大原と小浜島・黒島）と海上保安庁提供の宮古島の 1 点を加えて計 13 点の GNSS データを用いた.

まず GNSS 解析を行って取得したデータから日座標値の推定を行った.GNSS 解析には,GIPSY6.2 の精密単独測位法（PPP）を用いた. また, 観測結果には人為的なオフセットや気象条件などによる誤差が含まれているため, 地殻変動を見やすくするために移動平均などの誤差を軽減するための処理を行った.

今回我々が設置した観測点の 2010 年から 2013 年のデータを見ると, データが欠測している時期もあったが全点で 4 回の SSE と見られる変動パターンが観測された.

そこで今回は 4 点のデータのそろっている 2010.24 年から 2012.69 年の期間で,Nishimura et al. (2004) の剛体回転モデルから計算した結果と観測結果の水平変位ベクトルの比較を行った.

３. 結果と解釈

比較の結果,Nishimura et al.(2004) のモデルでは現在の地殻変動を説明できず, 観測値の変動方向が計算値と比較して反時計回りになっていることがわかった. これは先行研究の期間から現在までの間に剛体回転運動が時間変化したためと考えられる. 観測された水平変位ベクトルを見ると観測点の位置が西になるに従って変動方向は反時計回りに回転し, 変動量が増大する傾向が見て取れる. そのため, この地域の運動はある程度剛体回転で説明することができると考えて剛体回転運動のオイラー極と回転速度の推定を行った. その結果, 水平変位は剛体回転によって良く説明され, オイラー極は北緯 29.095 度・東経 128.089 度, 回転速度は 6.675rad/Myr に決定された. また, 剛体回転運動とは独立である観測点間の基線長変化についてもこの地域の内部変形を理解するために計算を行った. これらの結果及び考察の詳細については学会で詳しく発表する予定である.

４. まとめ

年間 12.5cm と非常に速いプレート収束速度が推定されており SSE などが観測されている琉球弧南西部において, 計 13 点の GNSS 観測結果を用いて解析を行った. 同地域は島嶼部であるため観測点の密度が低かったが, 八重山地方に新たに設置した 4 点と, 従来は解析に用いられていない海上保安庁の宮古島の 1 点のデータを加え, 地殻変動の詳細を明らかにした.

同地域の 2010.24 年から 2012.69 年の水平変位と先行研究の剛体回転運動モデルから推定される変位との比較を行っ

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

たところ, 明確な差異が見られた. そのため, 今後は剛体回転でどこまで観測値を説明することができるのか, また剛体回転とは独立である観測点間の基線長変化がどの程度なのかについて解析を進めていく予定である.

謝辞
今回の解析には国土地理院の GEONET と海上保安庁海洋情報部の観測データを使用させていただきました.

キーワード: 琉球弧, GNSS, 剛体回転
Keywords: Ryukyu trench, GNSS, Rigid block rotation

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P03 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

喜界島周辺の地殻変動
Crustal deformation around Kikaijima

伊藤 武男[1*] ; 古本 宗充[1] ; 鷺谷 威[1] ; 堀川 信一郎[1] ; 奥田 隆[1] ; 松廣 健二郎[1] ; 野村 晋一[1] ;
横井 大輝[1] ; 大間 俊樹[1] ; 伊藤 和也[1]
ITO, Takeo[1*] ; FURUMOTO, Muneyoshi[1] ; SAGIYA, Takeshi[1] ; HORIKAWA, Shinichiro[1] ; OKUDA, Takashi[1] ;
MATSUHIRO, Kenjiro[1] ; NOMURA, Shinichi[1] ; YOKOI, Daiki[1] ; OMA, Toshiki[1] ; ITO, Kazuya[1]

[1] 名古屋大学
[1]Nagoya Univ

１．はじめに

琉球弧は東側の琉球海溝からフィリピン海プレートがユーラシアプレート（沖縄プレート）の下に沈み込み，西側からは背弧海盆が拡大していると考えられている．従来，背弧海盆のような拡大領域が付随するプレート収束帯の地殻は比較的高温で柔らかいと考えられており，このような地域でのプレート間の固着は弱いと思われていた．しかしながら，同様のテクトニクスを持つ場所で発生した 2004 年スマトラ・アンダマン海地震や 2011 年東北地方太平洋沖地震の発生は，すべての沈み込み帯で M9 クラスの超巨大地震が発生する可能性を検討する必要があることを示している．そのため，測地学的・地形学・地質学的調査研究を含めた早急な琉球弧における巨大地震の発生の可能性の検討が必要である．

２．奄美海台の衝突と喜界島の高速隆起

奄美大島・喜界島の東側の琉球海溝では，世界最大級の規模の奄美海台の衝突・潜り込みが進行しており、地殻を高速隆起させる．海岸段丘面から推定される喜界島付近の隆起速度は，2mm/yr の隆起速度を持っており，強いプレート間の固着の存在を示唆している．さらに，海岸段丘面から，大規模隆起イベントが 1000 年オーダーの間隔で繰り返している事を示しており，（超）巨大地震の可能性を示唆している．これらを裏付けるように，奄美大島近海で 1911 年に M8.0 の地震が発生しており，それ以降 M8 クラスの地震は琉球弧では確認されていないが地震活動は活発である．

３．GNSS 観測と水準測量による喜界島の傾動と隆起速度

琉球海溝に直交して 100km を越える測線を設置する事ができる場所は喜界島奄美大島横当島の場所のみである．我々は横当島（無人島）にて GNSS 観測を 2013 年 10 月から実施しており 2014 年 6 月にデータの回収を行った．横当島と奄美大島間のひずみ速度は-3.8 × 10^{-8} /yr 程度であり，奄美大島と喜界島間の-2.5 × 10^{-8} /yr と比較すると，奄美大島と喜界島間とほぼ同じかあるいは，横当島と奄美大島間の方が短縮している可能性がある．しかしながら，観測期間がまだ短いため年周変化や横当島の火山活動の影響など考慮すべきことは多い．一方，喜界島内の傾動の方向と速度を測量する為に，喜界島内で水準測量を 2014 年の 3 月 ~4 月にかけて実施した．今回の水準測量の結果と 1997 年 9 月の水準測量結果と比較すると海溝軸側へ約 10^{-7}/yr の沈降が観測された．

しかしながら，喜界島は海溝軸側へ傾きながら，年間 2mm 程度隆起しており，この地域の隆起のピークは喜界島よりも西側にあることが明らかになった．このことはプレート境界の深い場所（喜界島付近）まで固着している可能性を示唆しているが，喜界島と奄美大島の水平短縮速度では深い場所までの固着を説明する事は難しい．よって，奄美海台の沈み込み潜り込みに伴うプレート境界の移動や海台の付加などを考慮する必要があると思われる．

キーワード: 水準測量, 喜界島, プレート間カップリング, GNSS 観測
Keywords: Leveling, Kikai Island, Interplate coupling, GNSS Observation

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P04 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

GPS 速度データより推定される九州地方のひずみ速度場
Strain rate field in Kyushu district estimated from GPS velocity data

渡部 豪[1*] ; 奥山 哲[1] ; 浅森 浩一[1]
WATANABE, Tsuyoshi[1*] ; OKUYAMA, Satoshi[1] ; ASAMORI, Koichi[1]

[1] 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター
[1]JAEA, Tono Geoscience Center

西南日本下には，フィリピン海プレートが沈み込み，四国地方沖合で M8 クラスの海溝型地震を約 100～150 年周期で発生させている（Ando, 1975）．一方，九州地方では，M7 クラスの海溝型地震が約 20～30 年周期で発生している（Yoshioka, 2007）．また，豊後水道では，スロースリップが約 6～7 年周期で発生している（Ozawa et al., 2013）．これらの違いは，同じ南海トラフ沿いの沈み込み帯である四国・九州地方での，プレート境界面の摩擦特性の違いを反映し（Hirose and Maeda, 2013），ひずみの蓄積・解放プロセスが異なることを示していると考えられる．さらに，沖縄トラフの拡大（Nishimura and Hashimoto, 2006）も，九州地方の地殻変動場を複雑化させる要因である．Takayama and Yoshida (2007) は，同領域の地殻変動場を複雑にする要因について，1998～2002 年に観測された GPS 速度データより検討を行った．その中で彼らは，北緯 32° 付近で GPS 速度場の東西成分に約 5 mm/yr 程度の速度差が存在し，M5～6 クラスの地震が発生していることを指摘するとともに，この速度差は，左横ずれセンスで，同領域で発生した地震のメカニズム解と調和的であることを示した．しかし，同領域にはこのような左横ずれセンスを有する明瞭な活断層は認められていない．このことは，この地殻変動が地質学的に最近の時代に開始したことを示唆している．また，九州地方には第四紀火山が多数存在し，プレート沈み込みに伴う弾性変形のみならず，高温による非弾性変形が生じている可能性（Noda and Matsu'ura, 2010）も十分に考えられる．したがって，ひずみ速度場の定量的把握は，サイスミックポテンシャル（断層の固着領域の広さや深さなどの情報）を評価する上でも重要であると考えられる．本研究では，九州地方で進行している現行地殻変動の要因を明らかにし，将来の変化を推定するための手法を構築するために，同領域での地殻変動の運動学的解釈を第一の目的，変動源の推定を第二の目的とし，GPS 速度データよりひずみ速度場の推定を行った．

本研究では，まず，国土地理院の GPS 連続観測網（GEONET）の F3 解（中川ほか，2009）を基に，アンテナ交換，地震時のオフセット，年周・半年周を除去した平均変位速度を求めた．続いて，Shen et al. (1996) の方法で，平均変位速度よりひずみ速度を推定した．ここでは，1 つの GPS 観測点に対して直径 50 km 以内に含まれる観測点の平均変位速度を用いて観測点近傍でのひずみ速度を求め，対象領域全体のひずみ速度と剛体運動を最小二乗法により推定した．さらに，観測点間隔を考慮し，得られたひずみ速度を 20 km ごとに補間し出力した．解析には，Takayama and Yoshida (2007) と同一の非定常イベントが比較的少ない期間のデータを用いた．この結果，推定した九州地方における面積ひずみ速度，せん断ひずみ速度及びひずみ速度の主軸分布において，以下の特徴が認められた．

(1) 鹿児島県西部から宮崎県東部（北緯 32° 付近）にかけて，幅約 50 km で，約 1.2×10^{-7}/yr のせん断ひずみ速度を示す，高ひずみ速度領域が認められる．

(2) 九州北部及び中部の短縮軸は，太平洋沿岸付近で東南東－西北西を示し，背弧側に向かうにつれて反時計回りに回転する．また，短縮ひずみ速度は，0.3～2.1×10^{-7}/yr 程度で，背弧に向かうにつれて減少する．

(3) 九州南部における短縮軸は，東北東－西南西方向を示し，背弧側で最大の短縮ひずみ速度（1.3×10^{-7}/yr）を示す．

結果 (1) で述べた観測値に対して，高ひずみ速度領域下に横ずれ断層を仮定し，5 mm/yr の相対運動速度を与えて固着域の深さを見積もると，地表から深さ約 5 km までが固着している結果が得られた．結果 (2) と (3) については，広域に及ぶ地殻変動であることが予想されるため，プレートの沈み込みや背弧拡大を考慮した解析が必要となる．これらの結果をふまえ，今後は，より高い空間分解能で高ひずみ速度領域の特性を把握するとともに，プレート境界で発生する地震など外的な要因が高ひずみ速度領域に及ぼす影響の評価を行う．

本研究は，平成 26 年度地層処分技術調査等事業「地質環境長期安定性評価確証技術開発」（経済産業省資源エネルギー庁）で得られた成果の一部を使用した．

キーワード: 地殻変動, ひずみ速度, 高ひずみ速度領域, 非弾性変形, 九州地方, フィリピン海プレート
Keywords: crustal deformation, strain rate, high strain rate region, inelastic deformation, Kyushu district, Philippine Sea plate

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P05 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

基本基準点測量および街区基本調査の成果を援用した都市域での野外調査　―基準点上での稠密重力測定例―
A Method of Field Research Incorporating the Results of the Surveying by GSI and MLIT - Gravity Profiles as an Example -

領木 邦浩 [1*]
RYOKI, Kunihiro[1*]

[1] 兵庫能開センター・電気電子系
[1]Faculty of Electric and Electronics, Hyogo Polytechnic Center

１．概要

地震や斜面崩壊などの自然災害を軽減するためには野外調査を伴う地球科学研究が不可欠である。その調査地点に関する地理位置情報の取得は必須のものであり、都市域での稠密な調査においてもこれを省略することはできない。一方、数値化された地理情報の Web 上での公開が近年進んできており、以下に述べる基準点の緯径度および標高値も入手することが可能となっている。これらは「測量記録の写しの一般の閲覧」として参照できる基準点成果等閲覧サービス (国土地理院情報サービス館，2015) より得られる基本基準点成果や、国土交通省都市再生街区基本調査の成果 (国土交通省，2010)、各市町村が管理する公共基準点の測量成果 (国土地理院情報サービス館，2015) である。これらは、例えば地理院タイル利用規約 (国土地理院，2013) に規定される学術研究においてこのサービスを活用できることとされており、調査研究におけるフィールドワークでの利用が可能である。

筆者は長年地震発生時の地盤挙動予測に資すべく都市部での基盤構造の解明にかかわってきた (例えば、領木・他 (2009), 領木 (2011))。このうち、重力調査では各種の補正を行う上で測定点の緯経度および標高値の地理情報が必要である。従来これらの情報取得は現地での測地測量や GNSS 測量 (GPS 測量や GLONASS 測量など) によって得られており、その補完として大縮尺の地形図も用いられてきた。ここでは、重力測定を行う上で上述した各種測量基準点を測定点として利用する過程について報告する。

２．対象地域

対象とする重力測定測線は大阪府堺市堺区三条通から同市北区遠野町に至る約 5.8Km で、上町断層に交差している。測線中央部には重力異常の高まりがあり、その成因について議論のある地域である。

３．地理情報の取得

重力の測定は基準点上で行い、その緯経度および標高値には上述の web サイト上で提供される数値情報を使用した。これらの取得は各サイト固有の利用制限 (例えば、アクセス毎の最大取得点数や標高値の別途アクセスの必要性など) があるものの、比較的容易に数値情報を入手できる。得られた数値位置情報は測定点の図示と重力値の補正に使用された。

４．結果

測定点の数値情報を取得する際に、地形図からデジタイザで緯度経度を入力し、かつ、標高値を読図する場合 (例えば、領木・西谷 (2013)、領木 ((2014) など) に比べ、基準点の情報を使用すれば当然緯径度および標高値の精度が良く、データ集約作業にかかる時間が大幅に短縮できた。特に、標高値を読み取る際の誤差の精度が不均一であったものが各基準点の等級によって定められた精度内に収まることとなり、データの均質性が確保できた。

５．まとめ

基準点のうち都市再生街区基本調査による基準点および市町村が管理する公共測量の基準点は、現地において比較的容易にその点を示す金属標等が確認でき、その点上で重力等の測定も可能であるため、野外での調査研究遂行上の利便性が高いことがわかった。今回の事例を通じ、基準点情報の活用は地球科学を始めとする各種野外調査における調査効率の改善および地理情報にかかる精度の均一性保障に有効であることが示された。

参考文献

国土地理院 (2013)：地理院タイル規約，地理院地図，http://portal.cyberjapan.jp/help/termsofuse.html.
国土地理院情報サービス館 (2015)：基準点成果等閲覧サービス，http://http://sokuseikagis1.gsi.go.jp/.
領木邦浩・他 (2009)：和泉いぶき野における自然電位測定, 日本応用地質学会関西支部平成 21 年度研究発表会論文集, p.20-23.
領木邦浩 (2011)：和泉市西北部－中央部での都市地盤構造解析のための重力測定，近畿職業能力開発大学校紀要, vol. 19, p. 18 - 19.
領木邦浩・西谷忠師 (2013)：大阪湾岸中南部での重力測定，日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集，SSS32 - P23.
領木邦浩 (2014)：地理院地図を活用した重力測定値の補正と上町断層南部測線データの再検討，日本地球惑星科学連合 2014 年大会予稿集，SSS26-P02.
国土交通省 (2010)：都市再生街区基本調査成果の提供サービス (β版) について，http://gaikuchosa.mlit.go.jp/gaiku/.

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

キーワード: 重力構造, 数値地理情報, 上町断層, 三国ヶ丘地下山体, 高密度貫入岩, 測定効率
Keywords: gravity structure, digital geographic information, Uemachi Fault, Mikunigaoka Subsuface Peak, high-density intrusive rock, efficiency of measurement

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P06 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

地殻変動を捉える電磁気パルスの観測
The observation of the electromagnetism pulse to capture crustal movement

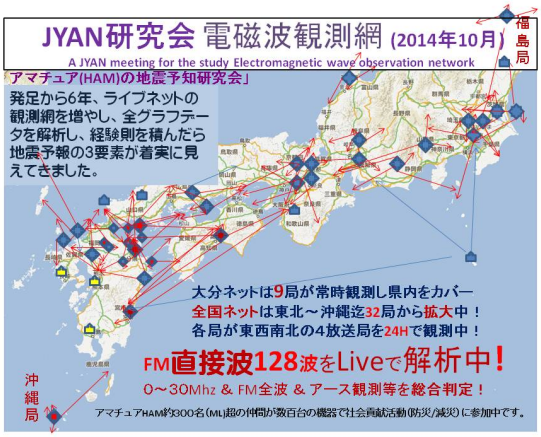
國廣 秀光 [1*]
KUNIHIRO, Hidemitsu[1*]

[1]JYAN 研究会
[1]JYAN meeting for the study

地震予知のため FM 放送の直接波を観測して、電波の異常現象から地殻変動を調べる研究を行っております。電波観測は長期に亘る継続的な観測とデータ解析を行っていますが、中には、電磁気のパルス的な異常がしばしば発生するため、データから原因追求をしていて、潮汐の干満とほぼ同期して異常パルスが発生していることを発見しました。しかし２割ほど潮汐に同期しない異常があるため、さらに分析してみると、地震前後に異常が多いことが判りました。そこで、潮汐に同期する８割と残りの非同期部分に、地震統計等を加えて比較検証した結果、潮汐の干満と異常パルスの正負方向は同期しており、非同期の異常はその多くが地震前後に発生していることが判りました。従って、電磁気パルスは潮汐や地震を関連づける状況証拠となりました。

この原因とメカニズムですが、観測データを利用した瀬戸内海は、潮汐が大きく、満潮と干潮の差は２～３メートルもあり、西瀬戸だけでも約５０億トンという巨大な重量変化が起きています。さらに、地震統計との突合調査では、大きい潮の干潮付近で約６割の地震が発生している事から、潮汐の干満は地殻変動や地震トリガーとして可能性が高いことを示しています。また、電磁気パルスの起源は、潮汐の重力変化が、地殻に圧迫や伸張等のインパクトを与え、地殻内が圧縮や伸張等で臨界付近になると、微少破壊や摩擦等で電磁気パルスが発生しているのです。この電磁気は地殻から電磁誘導等で地表まで達すると、電磁界を形成したり空中へ放射されるため、観測グラフには潮汐の同期変化のように明確な変化が現れてきます。従って、この電磁気パルスを観測網で長期的に行えば、地殻変動が判ったり、地震を予知する重要なデータを、提供する観測になると考えています。各観測や研究資料等を示します。

キーワード: 地震予知, 地殻変動, 地震トリガー, 電磁気, 異常, 地震
Keywords: Foretelling an earthquake, Crustal movement, Earthquake trigger, Electromagnetism, Abnormality, earthquake



Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P07 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

仙台平野愛島丘陵周辺における重力探査
Gravity survey around the Medeshima Hills in the Sendai Plain, northeast Japan

岡田 真介 [1*] ; 住田 達哉 [2] ; 今泉 俊文 [3] ; 牧野 雅彦 [2]
OKADA, Shinsuke[1*] ; SUMITA, Tatsuya[2] ; IMAIZUMI, Toshifumi[3] ; MAKINO, Masahiko[2]

[1] 東北大学災害科学国際研究所, [2] 産業技術総合研究所, [3] 東北大学大学院理学研究科地学専攻地圏環境科学
[1]International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University, [2]The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), [3]Department of GeoEnvironmental Science, Graduate School of Science, Tohoku University

仙台平野南部では 2013 年 1-２月において実施した反射法地震探査の結果および 2013 年 6-7 月に反射法地震探査測線を含むように実施した重力探査の結果から，伏在活断層が存在し，先第三系の基盤岩およびその上位に堆積する中新統から更新統の地質も変位させていることが明らかになった．また，1 m DEM, 2 m DEM を用いて地形解析を行った結果，平野の微地形発達にも活断層運動が影響していることが示唆された．この伏在断層は，2013 年の反射法地震探査の結果および既存の反射法地震探査やブーゲー重力異常から、仙台平野南部から愛島丘陵東縁に連続すると考えられる．しかし，この伏在活断層と，長町-利府断層の前縁に伏在する苦竹断層との関係，鈎取-奥武士構造線との関係については，検討の余地を残していた．仙台平野に伏在する活断層を評価する上で，その連続性（活断層の長さ）を明らかにすることは，都市防災に対しても重要な基礎的情報となる．

そこで，本研究では，仙台平野南部から愛島丘陵に連続する伏在活断層の北部への連続性について明らかにするために，愛島丘陵から名取川右岸（南部）にかけての地域において，2014 年 6 月に重力測定を実施した．対象地域 (岩沼市・名取市周辺) は住宅密集地を含むため，ノイズや道路状況に制約の多い反射法地震探査よりも重力探査が有利である．本探査では，東西に 6 本の測線（測線同士の間隔は約 1-1.5 km 程度）を設定し，測定点間隔は標準 200 m として，合計 232 点の相対重力測定を実施した．測定機器には，LaCoste & Romberg D 型重力計および G 型重力計の 2 台を用いた．測定点の位置座標および標高は，Trimble R8 GPS を用いて，サンプリング間隔 1 秒・標準 15 分の高速静止測量を重力測定と同時に行った．また干渉測位を行うために国土地理院の周辺の電子基準点データを用いるとともに，GPS 臨時基準点も独自に設置した．位置座標は，複数の基線解析結果を用いての網平均処理を施した．

本重力探査で得たデータには，ブーゲー重力異常値を算出した．本探査の対象地域は，2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動により，東南東方向に 3.5 m 程度, 最大 0.3 m 程度の沈降が生じている (国土地理院, 2014)．重力測定値は，標高値に大きく依存するため，この地殻変動による標高の変化を無視できない．さらに，地形補正に利用している DEM も，大地震発生前に出版されたもので差異がある．そこで,「大地震により測定対象地域直下での地質構造の変化・変形は生じていない」という仮定の下で，観測対象地域全体が単に平行移動したとして，上記の問題に対応した．既存の重力データとの整合性をとるため，本研究で測定した重力値は，2011 年東北地方太平洋沖地震以前の位置座標および標高での重力値に換算することとした．具体的には，地質調査所重力補正標準手順 SPECG1988（地質調査所重力探査グループ, 1989）に従って，正規重力値および潮汐補正，フリーエア補正等については観測位置座標を用いた．ブーゲー重力異常を求めるための地形補正値の計算には，測定地点近傍には 50 mDEM を，それ以外には 250 mDEM を用いたが（村田ほか, 1996），位置座標には大地震前に換算した座標を使用した．

本探査の結果によると，愛島丘陵よりも北側の測線では，伏在断層の断層運動に起因する高重力異常が見られないことから，仙台平野南部から連続する伏在断層は，愛島丘陵北部が終端となっている可能性が示唆された．

謝辞
重力探査における測定点の位置座標および標高の解析作業には，産総研の高橋美江氏にご協力いただきました．また，同研究所 村田泰章博士には，周辺の既存重力データをご提供いただきました．ここに記し感謝します．

[文献]
国土地理院, 2014, 特集・平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震から 3 年, http://mekira.gsi.go.jp/JAPANESE/h23touhoku_3years.htm (2014.03.11 掲載, 2015.02.01 アクセス).
地質調査所重力探査グループ, 1989, 地質調査所重力補正標準手順 SPECG1988 について. 地質調査所月報, 40, 11, 601-611.
村田泰章・牧野雅彦・遠藤秀典・渡辺和明・渡辺史郎・卜部厚志, 1996, 神戸市・芦屋市・西宮市における精密重力探査 (1)-重力異常と伏在断層-, 地質調査所月報, 47, 109-132.

キーワード: 重力探査, 伏在活断層, 地下構造, 活断層の連続性
Keywords: gravity survey, concealed active fault, subsurface structure, continuity of active fault

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P08 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

Block Modeling of The Sunda Block Using GPS Velocities in South East Asia
Block Modeling of The Sunda Block Using GPS Velocities in South East Asia

KUNCORO, Henri[1*] ; MIURA, Satoshi[1] ; MEILANO, Irwan[2]
KUNCORO, Henri[1*] ; MIURA, Satoshi[1] ; MEILANO, Irwan[2]

[1]Graduate School of Science, Tohoku University, Japan, [2]Faculty of Earth Sciences and Technology, Institut Teknologi Bandung, Indonesia
[1]Graduate School of Science, Tohoku University, Japan, [2]Faculty of Earth Sciences and Technology, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

The Sunda block in Southeast Asia has its own independent block rotation. It covers most of Southeast Asia including Indo-China Peninsular, Sumatra, Borneo, Java, and the shallow waters that lies in between. The GPS network data in Southeast Asia derived by campaign and continuous observations are used in this study to simultaneously estimate the Euler rotation parameters of the Sunda block, and the elastic deformation due to the slip deficit on the block boundaries. In order to see the precise block rotation of the Sunda block, all effects contained in the data such as elastic deformations due to the inter-plate coupling in the southern boundary of the block have to be removed. We used the method devised by Meade (2009) and elastic deformation rates are computed for each fault segment assumed in a homogeneously elastic half-space using triangular dislocation elements to accurately represent complex fault system geometry. The Zone between 110^{o}E to 116.5^{o}E in the southern plate boundary of the Sunda block indicates interpolate coupling, while that between 107^{o}E to 110^{o}E shows postseismic slip after the 2006 interplate earthquake with M7.7. The optimum Euler pole parameters of the Sunda block are estimated as follows: the latitude of 24.629 $\pm$ 1.962 ^{o}N, the longitude of 117.369 $\pm$ 0.788 ^{o}E, and the angular velocity of 0.692 $\pm$ 0.066 ^{o}/Myr. This study excludes the effect of elastic deformations due to the slip deficit on the block boundaries in estimating the Euler rotation parameters, while the previous studies estimated the parameters by assuming the block rotation only.

キーワード: Sunda block, Euler rotation, GPS velocities
Keywords: Sunda block, Euler rotation, GPS velocities

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P09 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

2003 年十勝沖地震における北海道地方の歪み異常分布の検出
Abnormal strain distribution in Hokkaido, Japan, inferred from the 2003 Tokachi-oki earthquake

石森 健太朗 [1*] ; 大園 真子 [2]
ISHIMORI, Kentaro[1*] ; OHZONO, Mako[2]

[1] 山形大学大学院理工学研究科, [2] 山形大学理学部
[1]Department of Earth and Environmental Sciences Graduate School, Yamagata University, [2]Faculty of Science, Yamagata University

GPS により観測される地震時地殻変動を、半無限均質弾性体を仮定した断層モデルによる地震時地殻変動の理論値と比較することで、実際の地下構造を反映した歪み異常分布を検出できる (Ohzono et al., 2012)。本研究では、2003 年十勝沖地震の地震時地殻変動から、北海道の地下構造を反映した歪み異常分布の検出を試みた。国土地理院の GEONET 観測点のうち北海道地方の 171 点について、F3 解を用いて 2003 年十勝沖地震の地震時変位とそれに基づく面積歪み (観測値) を計算した。得られた観測値を、国土地理院が報告している断層パラメータを Okada (1992) のディスロケーションモデルに代入する事で得た地震時変位から計算した面積歪み (理論値) と比較した。観測値と理論値は大局的には一致するものの、変化 (膨張や収縮) 不足あるいは変化過多の地域が混在し、北海道地方の歪み異常分布が検出された。この歪み異常分布を Kita et al. (2012) で示された北海道日高地方の地震波速度構造と比較すると、日高変成帯直下の高速度域と膨張不足域の分布が一致した。さらに神居古潭帯の堆積層分布と膨張過多域の分布が一致した。このことから北海道日高地方における歪み異常分布は、地殻の強度や堆積層の低弾性定数といった不均質な地下構造との関係があるものと考えられる。

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P10 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

山形県の 2011 年東北地方太平洋沖地震の余効変動時系列のモデル化
Modeling of the time series of the postseismic deformation in Yamagata, Japan, after the 2011 Tohoku earthquake.

三浦 俊介 [1*] ; 大園 真子 [2]
MIURA, Shunsuke[1*] ; OHZONO, Mako[2]

[1] 山形大学大学院理工学研究科, [2] 山形大学理学部
[1]Depertment of Earth and Environmental Sciences Graduate School, Yamagata University, [2]Faculty of Science, Yamagata University

山形県に設置されている GEONET 点の日座標時系列から、2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う余効変動時系列を抽出し、その要因について考察を行った．2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震以降、東北日本を中心に広域で余効変動が観測されており、その主な要因として余効すべりや粘弾性緩和等が挙げられる．この 2 つについては、それぞれ摩擦すべり構成則や岩石実験などから、対数関数、指数関数 (もしくはべき乗則) での時間発展が予想されている．実際の地殻変動は、定常的な運動に加え、複数の要因が混在した状態で観測されるため、各余効変動の要因の影響を明らかにするためは定量的な分離が必要である．

山形県の GEONET 観測点 20 点について、国土地理院が提供する日座標値 (F3 解) を使用した．2003 年 12 月から 2008 年 6 月までの時系列を定常変動と仮定して、直線、年周・半年周成分で近似し，2011 年東北地方太平洋沖地震以降 2014 年 4 月までの時系列からその成分を差し引いて余効変動時系列を抽出した．時間発展を対数関数でモデル化された余効すべりの理論式と指数関数でモデル化された粘弾性緩和の理論式でいくつかの期間に区切ってそれぞれ近似し、振幅と時定数を求めた．その結果、地震後約 100~150 日までは余効すべりによる変動が卓越し、その後は徐々に粘弾性緩和で説明可能な変動が捉えられることがわかった．以降、東北時定数と振幅はそれぞれ、余効すべりの場合は時定数 7~9 日、振幅 80~140 mm、粘弾性緩和の場合は時定数 800~1000 日、振幅 700~1000 mm であった．この結果は、太平洋側の時系列について調べた飛田・他（2014）が示す余効すべりの時定数が 8 日程度、粘弾性緩和の時定数が 1000 日程度という結果と調和的である．

粘弾性緩和による変動は地殻変動を観測する観測点周辺の地下の粘弾性構造の影響を大きく受けると考えられている．粘弾性緩和の時定数と振幅の空間分布を見ると、時定数は下部地殻の Vp/Vs が低い地域では大きくなり、逆に Vp/Vs が高い地域では小さくなる．このことから、下部地殻の固さが余効変動の変動速度に影響を与えている可能性がある．振幅は震源からの距離が近いほど大きくなり、Vp/Vs による地域差は見られない．このため、変動の大きさは下部地殻の固さよりも震源距離による影響が大きいと考えられる．

キーワード: 余効変動, 東北地方太平洋沖地震
Keywords: postseismic deformation, tohoku earthquake

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P11 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

測地測量データに基づく東北地方太平洋沖地震以前のプレート間カップリングの再評価
Revisiting Interplate Coupling Beneath the Tohoku District Based on Geodetic Observations

飯沼 卓史 [1*] ; 今野 美冴 [2]
IINUMA, Takeshi[1*] ; IMANO, Misae[2]

[1] 東北大学災害科学国際研究所, [2] 東北大学大学院理学研究科
[1]International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, [2]Graduate School of Science, Tohoku University

日本海溝から沈み込んでいる太平洋プレートと陸側のプレートとの境界におけるプレート間カップリングに関しては、GPS 観測データに基づいて求められた地表での地殻変動場を用いて、どこがどれくらいの強さで固着しているのかを推定する試みが数多くなされてきた。また、プレート間のカップリングの時間変化を把握するために、測地学的なデータに限らず、小繰り返し地震などの地震学的なデータも用いられてきた。陸上に設置された観測点で取得される地球物理学的データに基づいて、海底下に位置するプレート境界面上でのプレート間カップリングの分布を、海溝軸に直交する方向に解像することは必ずしも簡単ではないが、海溝軸と平行な方向に関してはある程度の拘束をもたらすことができる。

飯沼・他 (2010, 日本測地学会第 114 回講演会) は、時間変化のモニタリングのため、観測された地殻変動場から、海溝軸に直交する方向に設定した帯状の地域内に含まれる観測点での変位を切り出し、海溝軸からの距離に対して水平変位・上下変位がそれぞれどう変化しているのかを、変位の空間勾配として数値化した。そのうえで、水平変位の空間勾配が急であるほど沖合でのプレート間カップリングが強いことに、また、海岸線よりも深部に固着域が及んでいるか否かが、上下成分の変位空間勾配の符号と対応していることを利用して、プレート間カップリングの時間変化を、海溝軸に平行な方向にのみ区分してモニタリングするという手法を考案した。その結果見出されたプレート間カップリングの時間変化と、小繰り返し地震の解析から求められるすべりレートの時間変化とがおおむね対応する点も、内田・他 (2013, 日本地震学会 2013 年度秋季大会) によって報告されている。

GPS 出現以前に関しても、三角測量や水準測量などの測地測量のデータを用いて、海溝軸に直交する方向での変位の空間勾配を算出することで、その観測がなされた時期のプレート間カップリングの状態について知見を得ることができると思われる。そこで、本研究では、近代的測地学的観測手法の一つである、水準測量によって得られた観測データを用いて、上下変位場の空間勾配を算出し、これによって過去 100 年間のプレート間カップリングに関して再評価を行うことを目標として、データの整理・解析を行った。

石巻市の鮎川検潮所を発し、利府市を経て仙台市に至る国土地理院の水準観測路線に関して、データを整理したところ、1900 年以降 2010 年までに上下変位の空間勾配を計算可能なデータセットを 15 回分取得することができた。それぞれについて解析を行った結果、過去 1 年間の GPS 観測データから推定した平均的な変位速度場から計算される上下変位場の空間勾配と、2000 年以降の水準観測データから計算される上下変位の空間勾配それぞれの時間変化の位相がほぼ一致しており、観測手法の違いはあれど、同様の変位場の時空間変化を捉えられていることを確認することができた。GPS 出現以後の宮城県周辺の地殻活動と変位場との比較から、GPS 出現以前の水準データの解析結果から類推すると、1978 年並びに 1936 年の宮城県沖地震の直前にはプレート間の固着が深部にまで達しており、地震発生後にはそれが消失するというサイクルが繰り返されていることが推定できる。今後、釜石市～北上市～横手市を結ぶ路線およびいわき市～郡山市～会津若松市を結ぶ路線についても解析を行い、大会においてはその結果を含めて報告を行う。

キーワード: プレート間カップリング, 2011 年東北地方太平洋沖地震, 水準測量, GPS
Keywords: Iinterplate coupling, The 2011 Tohoku-oki Earthquake, Leveling Survey, GPS

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P12 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

2011 年東北沖地震によるクーロンの静的応力変化：丸い地球の場合
Coulomb's static stress changes induced by the 2011 Tohoku-Oki earthquake: a case of spherical earth

高木 悠[1*] ; 大久保 修平[1]
TAKAGI, Yu[1*] ; OKUBO, Shuhei[1]

[1] 東京大学地震研究所
[1]Earthquake Research Institute, University of Tokyo

本震によるクーロンの静的応力変化（ΔCFF）が正である地域で、その後の地震活動が活発化しているということがいくつかの研究で指摘されている（e.g. King *et al.,* 1994; Stein, 1999）。ΔCFF は、断層面上の剪断応力変化 $\Delta\tau$（すべり方向が正）と垂直応力変化 $\Delta\sigma$（外向きが正）、有効摩擦応力 μ を使って、$\Delta CFF=\Delta\tau+\mu\Delta\sigma$ と定義され、ΔCFF が正であると破壊が促進される。この ΔCFF の計算には、Okada (1992) の一様半無限媒質における地震時内部変形を表す理論が広く使われている。Toda *et al.* (2011) はこの理論を用いて、2011 年東北沖地震による ΔCFF を計算した。彼らによると、0.1bar 以上の応力変化が震央距離数百 km にわたって広がっている。しかしながら、これほど広範囲にわたる変形に対して、Okada (1992) の理論を直接適用して良いのかという点には疑問が残る。つまり、地球の曲率や成層構造の影響を考慮する必要があるのではないかということである。しかしながら、これらの効果を過不足なく考慮した球対称地球で、地震に伴う内部変形を計算する手法は確立していない。先行研究では、非圧縮という仮定をおいていたり（Piersanti *et al.,* 1995）、重力の項を単純化していたり（Pollitz, 1996）するからである。本研究では、このような不自然な仮定を置かずに、球対称地球における地震時内部変形を理論的に計算する手法を開発した。この方法を用いて予備的に計算した東北沖地震による体積歪と従来の一様半無限媒質で計算した体積歪との間には、震央距離 200km 程度で 30 パーセントを超える差があった。ΔCFF についても、同程度の差があることが期待される。

本発表では、球対称地球の地震時内部変形の理論計算手法を 2011 年東北沖地震による ΔCFF の計算に適用し、一様半無限媒質理論で計算されたものとの違いを論じる。

キーワード: クーロンの静的応力変化, 2011 年東北沖地震, 球対称地球, 内部変形
Keywords: Coulomb's static stress change, 2011 Tohoku-Oki earthquake, spherical earth, internal deformation

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P13 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

東濃地震科学研究所のボアホール観測網で検出された東北地方太平洋沖地震に伴う弾性波アクロス信号の走時変化
Travel time changes of the ACROSS signal detected by the TRIES borehole network associated with the Tohoku Earthquake

國友 孝洋[1] ; 浅井 康広[1*] ; 大久保 慎人[1]
KUNITOMO, Takahiro[1] ; ASAI, Yasuhiro[1*] ; OKUBO, Makoto[1]

[1]（財）地震予知総合研究振興会　東濃地震科学研究所
[1]Tono Research Institute of Earthquake Science, ADEP

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（M9.0、以下、東北地震）は、震央から約 600km 離れた東濃地震科学研究所における歪や応力などの地殻活動観測データに顕著な変化をもたらした［例えば、浅井・石井（2011）］。地下水位の変化は、最大で 14m におよび（TGR350）、観測点毎に様々な変動パターンを示している。また、Hi-net により観測された土岐送信所（日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター）の弾性波アクロス信号の走時にも顕著な変化があったことが報告されている［例えば、國友・他（2014a）］。本研究では、土岐送信所の周囲約 9km までの範囲に分布する東濃地震科学研究所のボアホール観測網のデータを解析し結果を報告し、主として東北地震前後の地震波速度変化を議論する。解析に用いた観測点（SBS110、JRJ、TRIES、TGR165、TGR350、TOS、BYB）は、土岐送信所（TOKI）から 1 から 9km の距離にある。解析期間は、2010 年 4 月から 2012 年 3 月までの 2 年間である。アクロスのデータ処理により 1 日間スタッキングした伝達関数からグリーン関数を求め［例えば、國友・他（2014b）］、クロススペクトル法により 1 日毎の S 波の走時変化を推定した。

S 波走時は、東北地方太平洋地震の際に全ての観測点でステップ状の遅延を示した。遅延時間は観測点によって異なり、SH 波で 1 から 7ms、SV 波で 1 から 3ms であった。走時遅延は、2〜3 週間程度で指数関数的に回復する短期遅延と 1 年後でも残る長期遅延とに区分できる。短期遅延は、観測点によって大きく異なっており、観測点近傍の変化を反映していると考えられる。瑞浪超深地層研究所付近の観測点（TRIES、TGR165、TGR350）では、特に SH 波の遅延時間が大きい。長期遅延は、瑞浪超深層研究所付近の観測点を除けば、概して遠くの観測点ほど大きくなっており、広域の変化を表していると考えられる。地殻活動観測データが観測点周辺の状態を示すのに対して、弾性波アクロス信号の変化はパスの積分値となるため補完的な情報が抽出できる可能性がある。今後、ボアホール観測網で得られた地殻活動観測データと弾性波アクロスの総合的な議論を進めていきたいと考えている。

浅井康広・石井紘, 2011, 岐阜県東濃地域で観測された 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地下水変化, 日本測地学会第 116 回講演会要旨集, 103-104.

國友孝洋・山岡耕春・渡辺俊樹, 2014a, 東北地方太平洋沖地震以降の土岐弾性波アクロス信号の変化, 日本地震学会秋季大会, S19-P05.

國友孝洋・山岡耕春・渡辺俊樹・吉田康宏・勝間田明男・生田領野・加藤愛太郎・飯高隆・津村紀子・大久保慎人, 2014b, 弾性波アクロスによる東海地域地殻の P 波および S 波構造の推定, 地震, 67(1), 1-24.

キーワード: 地震波速度変化, 地殻変動, 弾性波アクロス, 東北地方太平洋沖地震
Keywords: seismic velocity change, crustal movement, seismic ACROSS, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P14 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

High resolution seismic and magnetic mapping of Kucukcekmece Lagoon (Istanbul), Turkey

High resolution seismic and magnetic mapping of Kucukcekmece Lagoon (Istanbul), Turkey

ALP, Hakan[1*] ; BOYCE, Joe I.[2] ; SUTTAK, Phil[2] ; OKSUM, Erdinc[3] ; KARABULUT, Savas[1] ; ISCAN, Yeliz[1] ; OZCEP, Ferhat[1]
ALP, Hakan[1*] ; BOYCE, Joe I.[2] ; SUTTAK, Phil[2] ; OKSUM, Erdinc[3] ; KARABULUT, Savas[1] ; ISCAN, Yeliz[1] ; OZCEP, Ferhat[1]

[1]Istanbul University Engineering Faculty Department of Geophysical Engineering 34320 Avcilar/Istanbul, [2]Department of Geography and Earth Sciences, McMaster University, 1280 Main Street West., Hamilton L, [3]Suleyman Demirel University Engineering Faculty Department of Geophysical Engineering Isparta/Turkey
[1]Istanbul University Engineering Faculty Department of Geophysical Engineering 34320 Avcilar/Istanbul, [2]Department of Geography and Earth Sciences, McMaster University, 1280 Main Street West., Hamilton L, [3]Suleyman Demirel University Engineering Faculty Department of Geophysical Engineering Isparta/Turkey

To understand the submarine features of the Kucukcekmece Lagoon, a total of 42 km high resolution seismic reflection data and total field marine magnetic data were collected and processed. The results were interpreted together with bathymetric data in detail. Total magnetic intensity distribution identifies several north-northwest trending (340-350^0) magnetic lineaments (L1-L5) that are aligned with strike-slip faults mapped from offshore seismic data. Analytic signal depth estimates indicate magnetic source bodies at ˜100 m depth within the Thrace Basin Cenozoic sediments. Further analysis of the magnetic field data would provide information on faults kinematics and depth. Stratigraphically, parallel reflection pattern of the lagoon indicate initial deposition under low-energy conditions. From place to place, some whiteout areas are interpreted as gas charging area. Structurally, three main fault zones, FZ1, FZ2 and FZ3 are mapped with strike-slip character in NW-SE orientation. These faults delimit the lagoon from eastern and western coast where the bathymetry decreases from 10m to 5m and is characterised by two linear NW-SE directed feature on the seafloor morphology. The direction of active faults of the lagoon are also well matching with onland NE-SW oriented ridges and lineaments toward northern part of the lagoon and southern coast area. The right lateral displacement at the coast line of the lagoon in the northern Sea of Marmara and strike-slip character of FZ1, FZ2 and FZ3 are thought that these fault zones maybe related with the North Anatolian Fault Zone (NAFZ). In terms of reducing the high seismic risk posed with increased urbanization of the densely populated Istanbul, it becomes significant to monitoring or identification of the continuities of these faults in current sediments represented at the shallow parts of the seismic sections.

キーワード: High resolution seismic data, Marine Magnetic data, Istanbul, Tectonic, Faults
Keywords: High resolution seismic data, Marine Magnetic data, Istanbul, Tectonic, Faults

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P15 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

発震機構が示す紀伊半島とその下のスラブの右回転傾向の証拠～2004 年の地震前の応力分布の解析～
Focal mechanisms prove the right-turn of slab beneath Kii Peninsula

間瀬 博文 [1*]
MASE, Hirofumi[1*]

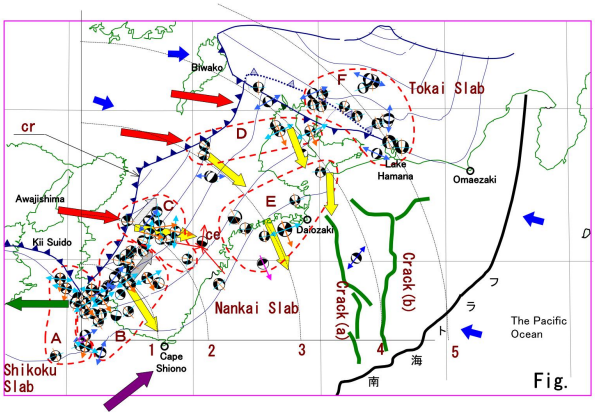
[1] 所属なし
[1]none

(図面を参照のこと　スラブ名・海底地形名等は便宜上命名した)
図中の曲線 cr は地震活動の先端部 (1) でスラブの実質的な縁と解釈している。南海スラブは北西に向いた斜面の縁が東進する中国地方のマントルに押される (赤色矢印) ので常時右回転力を受けており (2)、その上の地殻は下からの影響を避けられない。この縁 cr は北東方向へ２つの弧を描く一方、四国スラブとの境では和歌山北部から南方へ V 字を描く。こんな特徴を持つスラブの表面や内部で地震が発生している。その発震機構からスラブと地殻の右回転を証明し右回転力の詳細を明らかにしたい。発震機構は気象庁の月報を利用させて頂いた。(3)(期間'90/01/01-'04/01/31 深さ 25-80km) から読み取れる限り転記した。紀伊水道南の海底のものは (4)('23/05/01-'04/10/31、30-90km) からも転記した。
地震の断層型が典型的なら付近の力学を明確に理解できる。逆断層型や正断層型であればそれぞれ圧力と張力の方向が判明する。ただし、直下の物質少による沈下力や直下からの突上げ力はそれぞれ逆断層型と正断層型を装うから判断を要する。一方、横ずれ断層型は一次力は圧力なのか張力なのかを判断しなければならない。過半数の地震はこれらの典型でなく折衷型なので直感的な理解が難しく取り扱い難い。まず典型的な地震に注目して働いた本質の応力を探った後、折衷型に掛かる水平面における圧力や張力の向きを使って判断の補強とする。このような方針で分析した。
典型的な型の応力の向きについて、逆断層型の圧力軸はピンク色の片矢印で、正断層型の張力軸は青色の両矢印で、横ずれ断層型の圧力軸はオレンジ色の片矢印、張力軸はを空色の両矢印で表示した。折衷型の圧力軸はオレンジ色、張力軸は空色の細線で表示した。V 字の最下点を通る南北線と紀伊半島南端を通る東西線の交点を回転の中心と仮定し同心円弧 5 本 (内側から 1,2,3,4,5) を描いた。説明し辛い地震を除外し、残りを破線で囲んで A,B,C,D,E,F にグループ分けした。
A 内の緑色矢印は付近の平均的な張力軸である。東進傾向の南海スラブを繋ぎ止めているが故にこの領域は伸張状態と理解する。B,C 内の灰色矢印は付近の正断層型の平均的な張力軸である。正断層型は赤色矢印の回転半径方向の張力成分が原因であろう。B の南部は、てこの作用点が受ける反作用として紫色矢印 (南西から) の力を受けよう。B,C,D,E 内の黄色矢印はその付近の平均的な圧力軸である。C グループ内の黄色矢印は円弧 2 の外側に傾き赤色矢印の向きのまま E グループに衝突しているように見える。実際地震 ce は疎外された逆断層型だが二つの圧力の合力が原因とすれば理解される (図中作図)。D,E グループ内の円弧 4 上の黄色矢印は接線より内側に傾く。これらの黄色矢印が接線に乗らない訳は別稿で考察する。その他の黄色矢印は円弧に調和する。以上のように南海スラブの全体的な右回転を仕向ける力が各所に広く実在するから右回転の根拠になる。このスラブに起こる地震は張力軸で全体を見ても意味不明であるが圧力軸に注目 (正断層型は除く) すれば理解可能である。
東海スラブとの摺り合わせ部は円弧 5 に沿わなければスムースな回転ができないが亀裂 (b) が南海スラブの外周を反映していると考える。無理な回転による破壊は南北はトラフから浜名湖まで東西は円弧 5 から円弧 4 までの間で起きて滞った物質が山を形成しているであろう。F グループには正断層型気味のものが多いが張力軸の方向はまちまちである。このうちマントルが東海スラブを下から突き上げる (5) ため発生した地震が相当あると考える。

(1) 木村昌三 (2001)/1946 年南海地震に関係する四国における地震活動の特徴/(図 2)
(2) 間瀬博文 (2014)/JpGU2014/SSS29-P10
(3) 気象庁/地震・火山月報 (防災編)/平成 16 年 1 月/発震機構分布図 (P8)
(4) 気象庁/地震・火山月報 (防災編)/平成 16 年 10 月/発震機構分布図 (P16)
(5) 間瀬博文 (2012)/JpGU2012/SCG67-P06

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P15 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30



/About information on earthquake
referable to (3)(4)/
/About sea bottom
(shape line)
extracted from (6)/
/About "Nankai Slab"
(shape line, contour)
referable to (1)/
/About "Tokai Slab"
(shape line, contour)
referable to (7)/

Reference literature
(1)木村昌三(2001)/1946年南海地震に関係する四国における地震活動の特徴/(図2)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgeography1889/110/4/110_4_581/_article/-char/ja/
(3)JMA/Monthly Report on Earthquakes and Volcanoes in Japan/January 2004/発震機構分布図(P8)
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/index.html#monthly
(4)JMA/Monthly Report on Earthquakes and Volcanoes in Japan/October 2004/発震機構分布図(P16)
(6)JHOD,JCG/Seafloor Topography of the Plate Boundaries
http://www1.kaiho.mlit.go.jp/jishin/sokuryo_E/sokuryo_E.html
(7)Nagoya Univ./Structure of the Subducting Philippine Sea Slab
http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/SEIS/slab/slab-j.html

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P16 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

2014 年豊後水道のスロースリップ
The 2014 Bungo slow slip

小沢 慎三郎 [1*] ; 矢来 博司 [1]
OZAWA, Shinzaburo[1*] ; YARAI, Hiroshi[1]

[1] 国土地理院
[1]GSI of Japan

はじめに

四国沖合では、M 8 クラスの巨大地震が 150 年程の間隔で発生し、九州沖合では、M 7 クラスの地震が 20-30 年程の間隔で発生してきた。豊後水道域は四国と九州に挟まれた領域で、四国側と九州側の異なるテクトニックな状態の遷移領域といえる。この豊後水道地域では、1997, 2003, 2009 年に長期的なスロースリップが発生している。また短期的なスロースリップは半年程度の周期で頻繁に低周波微動の領域で発生している。このような中、この豊後水道域で 2014 年に入ってから、非定常変動が発生している。本研究では、2014 年以降の豊後水道地域の非定常地殻変動時系列データから、豊後水道付近のプレート境界滑りを時間依存のインバージョン解析によって推定した。

解析手法

プレート境界モデルとしては、弘瀬他 (2008) 等によってまとめられているフィリピン海プレート上面のモデルを使用した。データとしては、2014 年 1 月 1 日～2015 年 1 月 1 日までのデータを使用している。観測点としては 155 観測点を解析に使用した。また定常状態として、2007 年 1 月～2008 年 1 月までのデータを使用して、年周成分とトレンド成分を推定し、座標時系列データから除いている。固定局は三隅を使用した。このように前処理したデータと、採用したプレート境界モデルを用いて、時間依存のインバージョンの解析を行いプレート境界滑りに関して調べた。

結果と考察

その結果 2014 年初めころから、豊後水道付近の地殻変動に非定常な変動が含まれはじめ、2014 年 7 月頃から比較的大きな非定常変動が推定された。またこの非定常変動を説明するために、プレート間滑りが四国南西部～豊後水道を中心として発生していることが示された。モーメントマグニチュードにして 6.3 程度の滑りが推定されている。過去 3 回の長期的スロースリップは Mw7.2 程度のエネルギーを出しているので、今回のスロースリップは規模がかなり小さい。2006 年にもやはり小規模なスロースリップが発生しているが、これら小規模な豊後水道のスロースリップとM 7 クラスの豊後水道スロースリップの関係がどのようになっているのかは今のところ不明瞭である。

キーワード: 豊後水道, スロースリップ
Keywords: Bungo channel, Slow slip

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P17 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

観測点の上流部からの流入を考慮したひずみ計データの降水補正の試み（１）
Rainfall correction of strainmeter data in consideration of the flow from the upper reaches (1)

木村 一洋 [1*]
KIMURA, Kazuhiro[1*]

[1] 気象研究所
[1]Meteorological Research Institute

木村・他（2015）は、東海地域の体積ひずみ計 16 観測点の降水補正の結果から、観測点の上流部からの流入がない観測点では良好な降水補正が可能だが、観測点の上流部からの流入がある観測点では降水補正をしてもバラつきが大きいことを明らかにした。そこで気象研究所では、観測点の上流部からの流入の影響を取り入れた体積ひずみ計の降水補正手法について、複数の手法による調査を開始した。

まず 1 つ目の取り組みとして、山の上部で観測している雨量計のデータを用いることによって降水補正が改善するかを試みた。東伊豆奈良本の観測点は天城山の裾野に位置しており、山の上部に降った降水が地下水として流入する影響を受けていると考えられる。現在は、これまで稲取のアメダス（標高 130m）のデータのみを用いた降水補正を行ってきたが、これに天城山のアメダス（標高 1070m）のデータも組み合わせた降水補正を行ったところ、若干ではあるが改善効果が得られた。

また、２つ目の取り組みとして、河川水位の観測による降水補正の改善に取り組み始めた。島田川根の観測点は大井川と身成川に挟まれた高台に位置しており、山の上部に降った降水が身成川として流入する影響を受けていると考えられる。そこで、この身成川に衛星通信型で太陽電池パネルを用いた水位計を設置した。

本発表では、それらの概要について紹介する。

キーワード: ひずみ計, 降水補正, 上流部からの流入
Keywords: strainmeter, rainfall correction, the flow from the upper reaches

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SSS31-P18 会場:コンベンションホール 時間:5 月 25 日 18:15-19:30

ALOS-2 干渉解析による長野県北部の地震に伴う地殻変動
Crustal Deformation caused by the Earthquake of Northern Nagano Prefecture using In-SAR analysis of ALOS-2/PALSAR-2 data

安藤 忍[1*] ; 迫田 浩司[2] ; 吉田 康宏[2]
ANDO, Shinobu[1*] ; SAKODA, Kouji[2] ; YOSHIDA, Yasuhiro[2]

[1] 気象研究所, [2] 気象庁
[1]MRI, [2]JMA

2014 年 5 月 24 日に，陸域観測技術衛星「だいち 2 号（ALOS-2）」が打ち上げられた．衛星に搭載された合成開口レーダ（PALSAR-2）は，先代の「だいち 1 号（ALOS）」同様，地表面の状態把握に優れた L バンド波長帯を利用しており，干渉性が高く面的な地殻変動観測に有効である．

平成 26 年 11 月 22 日に長野県北部で M6.7 の地震が発生し，最大震度 6 弱を記録した。気象研究所では，地震発生前後の ALOS-2/PALSAR-2 のデータを用いて干渉解析を行い，この地震に伴う地殻変動の検出を試みた．使用したデータは，2014 年 9 月 19 日と 11 月 28 日の北行軌道（パス 126，フレーム 720，右観測）及び 2014 年 10 月 2 日と 11 月 27 日の南行軌道（パス 25，フレーム 2840，左観測）で，どちらも良い干渉結果が得られた．各々のマイクロ波は西南西及び西北西上空から照射されており，震央付近の入射角は，約 39°と約 37°である．解析の結果，震央の東側では，最大 8 サイクル以上の衛星に近づく方向の位相変化が検出された．さらに，震央付近には神城断層が北北東?南南西に縦断しており，それに沿って，位相不連続線が認められた．

本解析で用いた PALSAR-2 データの一部は，国土地理院が中心となって進めている防災利用実証実験（地震 SAR 解析 WG）に基づいて観測・提供されたものである．また，一部は PIXEL で共有しているものであり，宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と東京大学地震研究所との共同研究契約により JAXA から提供されたものである．PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある．なお解析には，防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された RINC(Ver0.25) を使用した．なお，干渉画像の処理過程においては，国土地理院発行の数値地図 10m メッシュ（標高）を元にした DEHM を使用し，地図の描画には GMT を用いた．ここに記してお礼申し上げます．

キーワード: SAR 干渉解析, 地殻変動, ALOS-2/PALSAR-2, 長野県北部の地震
Keywords: InSAR, Crustal deformation, ALOS-2/PALSAR-2, earthquake in northern Nagano prefecture