

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K05529

研究課題名(和文) 新しいハイブリッドバックプロジェクション法の開発と巨大地震の高周波励起現象の解明

研究課題名(英文) New Hybrid Back-Projection Method and High-Frequency Radiation Events in Great Earthquake

研究代表者

八木 勇治 (YAGI, Yuji)

筑波大学・生命環境系・教授

研究者番号：50370713

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、断層パラメータの変化と高周波励起源の時空間分布を同時に求める新しいHybrid Back-projection (HBP) 法を開発し、開発した手法を実地震に適用して高周波励起現象について議論した。開発の段階で、断層形状を推定パラメータにする場合の問題点が明らかになったので、推定する断層パラメータをすべり角度に限定することにした。新しい手法を2008年四川地震に適用した結果、高周波励起現象が断層形状の不連続な変化やすべりベクトルの不連続な変化に関係していることが明らかになった。また、HBP法で求まる値について、理論的な考察を行い、断層すべり速度に関する結果を得る手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

建造物にダメージを与える高周波地震動の発生の原因を理解することは、将来の地震被害を予測する上で重要であるだけでなく、地震の不規則な破壊伝播過程を理解する上でも重要である。本研究は、断層形状の変化が破壊伝播に及ぼす影響を地震波形から求める手法を開発して、実地震に適用した。本研究によって、断層形状や断層すべりが急変する領域で、高周波が励起されていることが実データの解析から明らかになった。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a new Hybrid Back-projection (HBP) method that simultaneously estimates the focal mechanism and the high frequency radiation source, and then applied this method to great earthquakes to understand the nature of the high frequency radiation source. To obtain appropriate results with reasonable computational cost, we decided to limit the estimated fault parameters to the slip angle. Applying the new method to the 2008 Sichuan earthquake, we found that the high frequency radiation sources are associated with discontinuous changes of the fault geometry and the slip vectors. We also discussed the theoretical background of HBP method and proposed a new formulation for estimating the HBP results related to the slip-rate function.

研究分野：地震学

キーワード：震源過程

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地震の破壊伝播速度や断層面上のすべり速度の急変現象を明らかにすることは、巨大地震の複雑な破壊伝播を理解し、その成長過程や停止機構を解明する上で欠かせない。地震動の高周波成分は、理論的な解析や数値シミュレーションを基に、破壊伝播速度や断層面上のすべり速度の急激な変化によって励起されると考えられている [例えば、Spudich and Frazer, 1984]。つまり、巨大地震の複雑な震源過程を解明する上で、破壊の急加速・急減速と関係している高周波の波の解析が重要となる。また、今後発生する巨大地震の強震動を予測する上でも、高周波励起現象の理解は重要である。

これまでの震源過程の研究は、インバージョン理論を用いて観測された地震波形の特徴を再現する断層すべりの時空間分布を推定するアプローチが主に採用されてきた。近地地震計を用いた解析では 0.5 Hz 以下の低周波地震動に対しては観測波形と比較しうる理論波形が計算できるため、波形インバージョン法を用いて断層面のすべりの時空間分布を求める手法が確立されつつある。グリーン関数の形状がシンプルな遠地実体波解析では、0.5 Hz 以上の波も用いられてインバージョン解析が行われている例もあるが、地球内部を通過する際の高周波減衰によって、実質 1 Hz 以上の高周波の波は減衰して振幅が小さくなっており、得られる震源過程モデルは高周波の情報を十分に取り込むことができていないと考えられている。つまり、インバージョン解析を用いるアプローチでは、破壊伝播過程を理解する上で鍵となる高周波地震動から得られる情報を十分に評価できていない。

近年になって、震源過程解析に Back-projection (BP) 法を適用するアプローチが提案された。BP 法は、アレー等で観測された地震波形を重合することにより、類似している波の放出源を求める方法である。BP 法は、グローバルな観測網で観測された遠地 P 波の 1 Hz 周辺の高周波地震動に適用できる点、観測波形を再現する必要がないためグリーン関数を用いずに大域的な破壊伝播のイメージが求められる点が優れており、実際に多くの地震に適用されている。しかし、BP 法ではグリーン関数をデルタ関数で暗に近似しており [Fukahata *et al.*, 2014]、グリーン関数を単純化しすぎた故に、遠地 P 波の中に含まれている震源付近の反射波 (pP 波、sP 波) の影響を強く受け、得られるイメージの中にゴーストが強く出るといった問題があり、波形インバージョンから得られる断層すべりの時空間分布と結果を比較することが難しい。この問題を部分的に解決したのが、Hybrid BP (HBP) 法 [Yagi *et al.*, 2012] である。

HBP 法では、観測データとグリーン関数の相互相関関数を取り、それを震源領域に逆投影している。震源近傍の反射波の情報が用いられているため、ゴーストは大きく軽減され、深さ方向に対してより高分解能なイメージを得ることができる [Fukahata *et al.*, 2014]。また、HBP 法は反射波によって検出される波の励起時刻が実際の時刻より遅れて求まるという BP 法の問題を解決しているため、インバージョンで得られた断層すべりの時空間分布と HBP 法で得られた波の放出源の時空間分布を直接的に比較できるというメリットも存在する。

HBP 法では、グリーン関数を用いてはいるが、観測波形を再現する必要はないために、高精度なグリーン関数は必要としない。重要なのは P 波、pP 波、sP 波の走時差と振幅である。その一方で、グリーン関数を計算するために断層面の形状とすべり方向を仮定する必要がある。そのため、断層面の向きやすべり角が仮定したものと違っていると、逆投影したときに波がうまく重なり合わずイメージが大きくぼやけているのではないかと疑いがあった。また、HBP の解析結果と断層すべりがどのような関係にあるのか必ずしも明らかではないという問題もあった。

2. 研究の目的

断層すべりの時空間分布との比較を行うことで、巨大地震の成長に係る破壊の急加速・急減速イベント等を同定し、それらのイベントと断層形状の複雑性や変化との関連、断層すべりとの比較などを通じて、巨大地震の破壊伝播過程について詳細なイメージを得るために、HBP 法で得られる高周波波源の強度の値が仮定した断層面の走向・傾斜とすべり角が最適な時に大きくなる性質を利用して、断層面形状やすべり角を推定することが可能な HBP 法の拡張を行い、次に、近年発生した巨大地震に適用することにした。また、HBP 法と震源過程インバージョン法との結果を比較する際に問題となるのは、HBP 法で得られる結果の物理的な意味である。この点を明らかにするために、HBP 法で得られる値の意味についても理論的な考察で明らかにすることを試みた。

想定される問題として、グリーン関数が新たに求めるべきパラメータとした断層面の走向・傾斜・すべり角に対して想定しているより敏感に変化して、解が不安定になることがある。この場合は、断層面の形状がわかっている場合は、すべり角のみを未知パラメータにするなどの工夫をすることで回避する方針を採用した。

3. 研究の方法

本研究では、既存の HBP 法を拡張し、断層パラメータも含めて推定できる手法に拡張することと、HBP 法で得られる値の意味を理論的な考察で明らかにし、HBP 法と震源過程インバージョン法とを統合することにより、巨大地震の破壊伝播過程について詳細なイメージを得ることを試みた。

HBP 法では、断層面の形状とすべり角を仮定してグリーン関数を求め、それと観測波形の相

互相関関数をとって震源領域に逆投影することで、波の放出源の時空間分布を推定している。 j 観測点の観測波形を $u_j(t)$ 、ソースの位置 ξ 、断層パラメータ（走向 ϕ 、傾斜 δ 、すべり角 λ ）に対応するグリーン関数を $g_j(\tau, \xi, \phi, \delta, \lambda)$ とすると、HBP で求める関数は、

$$S(t, \xi, \phi, \delta, \lambda) = \sum_j A_j \int u_j(\tau + t) g_j(\tau, \xi, \phi, \delta, \lambda) d\tau$$

と書ける。 A_j は規格化項である。一般に用いられる BP 法は、上式のグリーン関数をデルタ関数で近似していることに対応する [Fukahata *et al.*, 2014]。この式から明らかなように、本来 HBP で求まる値は、断層パラメータに強く依存する。しかし、既存の HBP 法では断層パラメータを予め仮定して解析を行なっている。本研究課題では、まず、新しい HBP 法として、空間 3 次元と時間 1 次元に加えて、断層面の走向・傾斜とすべり角を含めた計 7 次元のパラメータ空間で高周波励起分布を求める方法を開発し、実際の地震に適用してそのパフォーマンスを評価する。一方で、HBP 法で求まる値の物理的な意味については、BP 法で求まる値と同様に明瞭ではないという問題がある。そこで、本研究課題では、規格化項 A_j について考察することによって、この問題についても解決をはかる。

4. 研究成果

(1) 断層パラメータを同時推定する HBP 法

本研究ではまず、異なる断層形状を持つ複数の断層が連動したと考えられている 2014 年 4 月 11 日に発生したスマトラ沖地震 ($M_w 8.6$) に適用した。この地震は、海溝から 100 km ほど沖を震源とする海洋プレート内部で発生した地震で、様々な研究によって、複数の異なる断層パラメータを持つ断層が動いたことがわかっている。本震の破壊伝播過程が複雑であり、余震活動も複雑であったため、断層モデルを構築することが難しい地震である。このような地震に断層の位置と断層パラメータという情報を必要とする従来の HBP 法を適用することは困難であるが、新しい HBP 法であればこのような地震も解析可能となる。そこで、スマトラ沖地震を用いて、本研究で提案した解析手法のパフォーマンスについて評価することを試みた。

新しい HBP 法の評価を行った結果、想定していたよりも計算コストが高く、かつ、ゴーストが出やすいことが判明したため、研究結果は学会発表のみなので、ここで詳しく述べる。解析には、IRIS-DMC から入手した遠地実体波 P 波の上下変動 52 成分を用いた。観測波形に 0.5-2.0 Hz のバンドパスフィルターを適用し、波形の重合には、N-th root stacking を使用し、N の値は 4 に設定した。P 波初動をマニュアルで読み取り、地球の速度構造モデルは AK135 を使用した。モデルの空間震源域は立方体で表現し、 $0.4 - 4.0^\circ N$ (長さ 400 km)、 $90.0 - 89.5^\circ E$ (長さ 500 km) の範囲とし、垂直方向は深さ 10 - 30 km に設定した。使用する周波数帯で適切な解が得られるようにノット間隔は、水平、垂直共に 2 km と設定した。したがって、総ノット数は 200 (南北方向) \times 250 (東西方向) \times 11 (垂直方向) となる。本来であれば、多くの断層パラメータを用いて解析をするべきであるが、計算コストの問題から 20 個の断層パラメータで解析を行った。すべり角は 7° に固定し、走向は $179^\circ - 219^\circ$ の範囲を 10° 刻み、傾斜は $72^\circ - 90^\circ$ の範囲を 6° 刻みで動かし、それぞれの断層パラメータで解析結果を得た。図 1 に、規格化した HBP の値のスナップショットを示す。ここで、水平面に投影するために、各水平グリットの最大値のみ図示している。断層パラメータの変化を見るために、値が大きなイベントの震源メカニズムを表示している。図 1 から、地震開始から、40 秒までの間に、破壊が北西-南東方向に走向を持つ断層に沿って両方向に破壊が伝播していく様子が見える。震源メカニズムの違いから、断層が南に凸に湾曲しているように考えられるが、HBP の値の時空間分布からそのような断層形

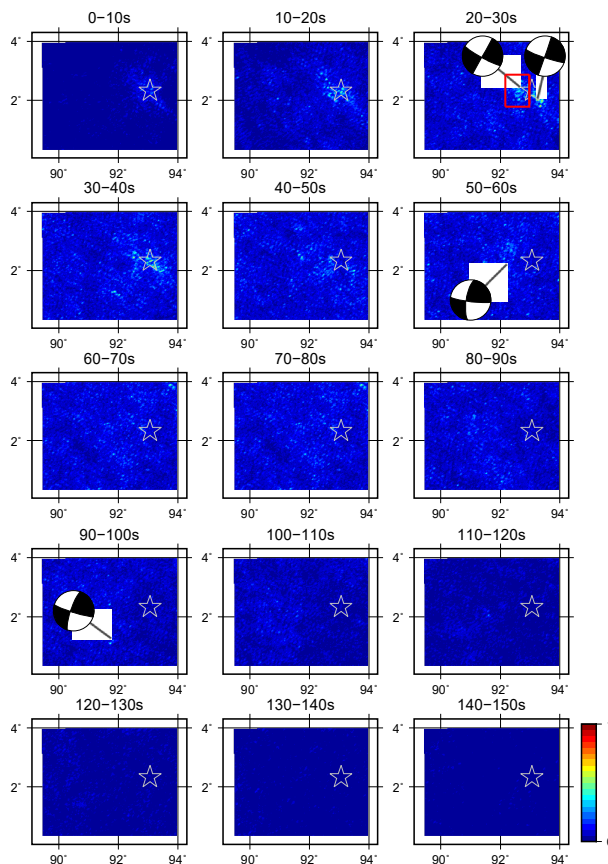


図 1 各時間での HBP の値の最大値を水平面に投影した図。特に大きなイベントで最大値となった震源メカニズム解を図示している。

状を確認することは難しい。50 秒から 100 秒にかけて、南西方向に破壊伝播している解釈できるが、明瞭な破壊伝播の様子を捉えることができていない。0~40 秒の破壊伝播は比較的明であったが、その後の破壊伝播は明瞭にイメージングできず、本手法を断層面の推定に用いることは難しいと言える。また、60 秒から 70 秒にかけて、破壊が発生していないと思われる震源域北東部で大きなシグナルが得られており、これはゴーストであると考えられる。解析には、多大な計算コストが必要であったが、得られた解析結果は、先行研究の BP 法を用いられて得られているものより明瞭ではないという問題が浮き彫りになった。

この結果を受け、本研究の問題意識を保ちつつ効果的な解析を行うために、断層モデルが先行研究によって明らかになっている一方で、地震時に大きくすべり角度が変化していることが指摘されている 2008 年 5 月 12 日四川大地震の解析を行った。この地震は、余震分布や現地調査から、複数の異なる断層が同定されており、各断層の破壊伝播時にすべり角度が変化していることが知られている。解析には IRIS-DMC から入手した遠地実体波 P 波の上下動 44 成分を用いた。データを、高周波帯域 (0.5~2.0 Hz) と低周波帯域 (0.1~0.5 Hz) の 2 つのフィルターを適用して、それぞれの帯域で解析を行った。断層モデルは他の研究を参考にして、6 面の断層を設定し、すべり角度のみを推定するパラメータとした。解析の結果、高周波帯域の波は、断層の形状が不連続に変化する領域から強く放出されていること、低周波帯域の波は、各小断層の中心付近から放出されていることが明らかになった。また、高周波帯域で推定されたすべりベクトルは、不連続に変化しているのに対して、低周波帯域で推定されたすべりベクトルは滑らかに変化していることがわかった。この結果は、すべりベクトルの不連続な変化が高周波の励起に関係していることを示唆している。この研究成果は、学術論文 [Okuwaki & Yagi, 2018] で発表している。

(2) HBP 法で得られる値の意味について

HBP 法の登場によって、BP 法の理論的な背景について明らかになってきた [Fukahata *et al.*, 2014]。その一方で、HBP 法や BP 法で求まる値がどのような物理量を反映しているのかについて、必ずしも明瞭ではなかった。この問題は、HBP 法を開発する際に、既存の BP 法に対応するように規格化項 A_j を設定していたからである。この項は、観測点の空間的な偏りの補正 c_j と、観測波形とグリーン関数の振幅の補正を行うもので、Yagi *et al.* (2012) では下記のように設定している。

$$A_j = \frac{c_j}{\sqrt{\int u_j^2 dt} \sqrt{\int g_j^2 dt}}$$

この補正方法は、放出された波の強さを推定するには適しているが、HBP 法で得られた値は断層すべり速度に直接的に関係しないものとなる。断層すべり速度に対応させるためには、観測波形がグリーン関数とすべり速度の畳み込み積分であることに注意すると、下記のようにすれば良い。

$$A_j = \frac{c_j}{\int g_j^2 dt}$$

従来のは、放出された波の強さに対応するために、深部で大きな値になる傾向にあり、解析結果の議論を歪めていたことになる。この研究成果は、学術論文 [Okuwaki *et al.* 2019] で発表している。

[参考文献]

- Fukahata, Y., Yagi, Y. & Rivera, L., 2014, Theoretical relationship between back-projection imaging and classical linear inverse solutions, *Geophys. J. Int.*, **196**, 552–559.
- Spudich, P. & L. Frazer, 1984, Use of ray theory to calculate high-frequency radiation from earthquake sources having spatially variable rupture velocity and stress drop, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **74**, 2061–2082.
- Yagi, Y., Nakao, A., & Kasahara, A., 2012, Smooth and rapid slip near the Japan Trench during the 2011 Tohoku-oki earthquake revealed by a hybrid back-projection method, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **355**, 94–101.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Aranguiz Rafae, Urra Luisa, Okuwaki Ryo, Yagi Yuji	4. 巻 18
2. 論文標題 Development and application of a tsunami fragility curve of the 2015?tsunami in Coquimbo, Chile	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Natural Hazards and Earth System Sciences	6. 最初と最後の頁 2143～2160
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/nhess-18-2143-2018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Okuwaki Ryo, Kasahara Amato, Yagi Yuji, Hirano Shiro, Fukahata Yukitoshi	4. 巻 216
2. 論文標題 Backprojection to image slip	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 1529～1537
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/gji/ggy505	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tamaribuchi Koji, Yagi Yuji, Enescu Bogdan, Hirano Shiro	4. 巻 70
2. 論文標題 Characteristics of foreshock activity inferred from the JMA earthquake catalog	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 90
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40623-018-0866-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Ryo Okuwaki, Yuji Yagi	4. 巻 44
2. 論文標題 Rupture Process During the Mw 8.1 2017 Chiapas Mexico Earthquake: Shallow Intraplate Normal Faulting by Slab Bending	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 11,816～11,823
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/2017GL075956	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okuwaki R, Yagi Y	4. 巻 212
2. 論文標題 Role of geometric barriers in irregular-rupture evolution during the 2008 Wenchuan earthquake	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 1657 ~ 1664
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggx502	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Opris Anca, Enescu Bogdan, Yagi Yuji, Zhuang Jiancang	4. 巻 212
2. 論文標題 Triggering and decay characteristics of dynamically activated seismicity in Southwest Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 1010 ~ 1021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggx456	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hirano Shiro, Yagi Yuji	4. 巻 209
2. 論文標題 Dependence of seismic and radiated energy on shorter wavelength components	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 1585 ~ 1592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggx108	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuji Yagi, Ryo Okuwaki, Bogdan Enescu, Amato Kasahara, Ayumu Miyakawa, Makoto Otsubo	4. 巻 68
2. 論文標題 Rupture process of the 2016 Kumamoto earthquake in relation to the thermal structure around Aso volcano	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-016-0492-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Bogdan Enescu, Kengo Shimojo, Anca Opris, Yuji Yagi	4. 巻 68
2. 論文標題 Remote triggering of seismicity at Japanese volcanoes following the 2016 M7. 3 Kumamoto earthquake	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-016-0539-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Amato Kasahara, Yuji Yagi, Bogdan Enescu	4. 巻 87
2. 論文標題 etas_solve: A Robust Program to Estimate the ETAS Model Parameters	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Seismological Research Letters	6. 最初と最後の頁 1143-1149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/Q220150240	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Yaping Hu, Yuji Yagi, Kousuke Shimizu, Ryo Okuwaki
2. 発表標題 New insight into rupture process and generating mechanism of the 2017 Mw 6.5 Jiuzhaigou earthquake
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kousuke Shimizu, Yuji Yagi, Ryo Okuwaki and Yukitoshi Fukahata
2. 発表標題 Development of an inversion method to extract information on fault geometry from teleseismic data
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukitoshi Fukahata, Yuji Yagi
2. 発表標題 A convenient method for a joint use of direct and indirect prior information in inversion analyses
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Okuwaki, Yuji Yagi
2. 発表標題 How Does Frequency-band-limited Backprojection Image Relate to Actual Slip Behavior?
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥脇 亮、八木 勇治
2. 発表標題 Shallow intraslab normal faulting: Rupture process of the Mw 8.1 2017 Chiapas Mexico earthquake
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥脇 亮、八木 勇治
2. 発表標題 破壊進展の加速・減速イメージング手法の提案とその解像限界の検証
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kousuke Shimizu, Yuji Yagi, Ryo Okuwaki and Amato Kasahara
2. 発表標題 Flexible kinematic earthquake rupture inversion of tele-seismic waveforms: Application to the 2013 Balochistan, Pakistan earthquake
3. 学会等名 AGU Fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuji Yagi and Ryo Okuwaki
2. 発表標題 Demonstration of improved seismic source inversion method of tele-seismic body wave
3. 学会等名 AGU Fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryo Okuwaki, Amato Kasahara and Yuji Yagi
2. 発表標題 Potency backprojection
3. 学会等名 AGU Fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuji Yagi and Ryo Okuwaki
2. 発表標題 Demonstration of improved seismic source inversion method of tele-seismic body wave
3. 学会等名 IAG-IASPEI 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 八木勇治・小松陽子・深畑幸俊
2. 発表標題 Hybrid back projection 法を用いた破壊伝播と断層パラメタの同時推定
3. 学会等名 日本地震学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuji Yagi, Ryo Okuwaki, Bogdan Enescu, Amato Kasahara, Ayumu Miyakawa, Makoto Otsubo
2. 発表標題 Rupture process of the 2016 Kumamoto earthquake in relation with the thermal structure around Aso volcano
3. 学会等名 アメリカ地球物理学会（国際学会）
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	深畑 幸俊 (FUKAHATA Yukitoshi) (10313206)	京都大学・防災研究所・准教授 (14301)	