

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：82109

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H02064

研究課題名（和文）揺れの数値予報：広帯域時刻歴波形のリアルタイム予測

研究課題名（英文）Numerical shake prediction: Real-time forecast of broad band seismic waveforms

研究代表者

干場 充之（Hoshiya, Mitsuyuki）

気象庁気象研究所・研究総務官・研究総務官

研究者番号：60510196

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、地震動即時予測において、リアルタイムで広帯域の地震動波形（時刻歴波形）の予測を目指すものである。地盤増幅の振幅特性と位相特性を実時間で補正し波形レベルでの予測を行う手法を開発することで、広帯域の地震動波形を予測することを行った。この研究によりスペクトル上での振幅の予測のみならず、時刻歴上での最大振幅の予測や、さらには継続時間の予測の精度を上げられることを示した。

また、震源要素推定法では、迅速性においても精度においても限界があることを示した。今回開発した手法は、これらの震源要素推定法の弱点を克服することが出来るものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

緊急地震速報などの地震動即時警報は、揺れる前に住民に知らせることで被害軽減を狙うものである。最近、高層ビルが増えるなどしており、短周期ばかりでなく長周期における揺れの被害も懸念されている。従来の方法では、地震動即時予測をする際に、周波数別の振幅特性を考慮することはできていたが、位相特性までは考慮されていなかった。このため、被害を考慮する際に重要となる最大振幅の予測は必ずしも十分に精度あるものではなかった。本研究では、位相特性も考慮することで最大振幅の予測の精度向上を示した。これは、地震動即時警報のさらなる精度向上に結び付く可能性を示している。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aim at the real-time prediction of broadband seismic waveforms for earthquake early warning. By introducing real-time correction of site amplification factor for both amplitude and phase-delay, real-time prediction of broadband seismic waveforms is realized. This study indicates that not only spectrum but also peak amplitude of waveforms are precisely predicted, as well as the duration of waveforms.

This study shows the limitation of source-based method for earthquake early warning. The developed methods address the problems of the source-based method.

研究分野：地震学

キーワード：揺れのリアルタイム予測 地震動即時予測 緊急地震速報 広帯域時刻歴波形

1. 研究開始当初の背景

地震動即時予測は、地震減災に大きく寄与されることが期待されている。その基本的な概念は、緊急地震速報などのように既に実用化されている。しかし、2011年東北地方太平洋沖地震(以下、東北地震)の余震活動で見られたように、複数の地震がほぼ同時に発生した場合、揺れの予測の精度が低下するという問題が発生している。また、「S波の到着が大きな揺れの始まり」との前提に基づき猶予時間を算出しているが、東北地震での関東地方の様に、この前提は必ずしも成り立たない(関東では1分以上後)。従前の即時予測の考え方では、これらを根本的に解決するのは難しかった。そこで、「揺れの大きさ」と「大きく揺れ始める時間」を高精度で予測する新たな考え方が求められていた。

一方、東北地震では、震源から700km以上も離れた大阪の高層ビル(55階)では、周期7秒の波で、強くそして長く揺れたことが知られている。震度は比較的短周期(おおよそ1~2秒あたり)の揺れの強さを表すのに適しているが、それ以上の長周期の揺れの強さを表すには適していない。そこで、気象庁では平成25年から長周期地震動階級を発表するようになった。さらに、次の段階として長周期地震動の即時予測(つまり、緊急地震速報の長周期地震動版)が期待されていた。この様に短周期から長周期までの広い帯域での地震動即時予測が求められていた。

2. 研究の目的

上記で述べた課題に対応するため、震源とマグニチュードの早期決定という考え方ではなく、観測されている揺れの実況値を用いて、揺れから揺れを直接予測する考え方を進めてきている。予測点の周りの観測点の情報から予測する方法や、データ同化により波動場の実況値をリアルタイムで推定し、そこから未来の波動場を波動伝播の法則を用いて予測する方法(“揺れの数値予報”法)を開発してきた。地震波にこれらの方法を適用する場合には、地盤の増幅特性を補正することが求められる。また、地盤の増幅特性には高周波が増幅される場合もあれば低周波が増幅される場合がある。このため、地震動即時予測への応用においては、周波数依存性をもつ増幅特性をいかに補正するかがカギとなる。これまで、震度の予測をターゲットにしていたため、波形の山谷は無視され、包絡線形状の予測に留まっている。また、用いた波動伝播の法則も、高周波近似を用いた波線理論であり、地盤増幅特性のフィルターも位相の時間遅れを無視している。よって、必ずしも、そのまま広帯域に適用できるとは言えない。この研究課題では、広帯域の時刻歴波形を予測するため、揺れから揺れを予測する考え方に、波形の山谷の概念や、フィルターの時間遅れなどを導入することで、短周期から長周期までの地震動波形を精度よく即時予測する技術を開発することを目指す。

3. 研究の方法

広帯域での地震動波形の即時予測の精度を上げるためには、揺れから揺れを予測する波動伝播の法則として、広帯域地震動に適用可能な手法を導入すること、さらに、地盤の増幅特性のフィルターに位相の時間遅れを導入すること、が必要である。地震動即時予測では、未来のデータを用いるといった時間をさかのぼる解析はかなり困難を伴うため、時間発展的に処理を行うこと、また、伝達関数は時間をさかのぼらない因果律を満たすものでなくてはならない。

そこで、本研究では、地盤増幅特性フィルターへの時間遅れの導入することを試みた。すなわち、地震動をリアルタイムでモニターすることに用いる観測点、および地震動を予測する地点での周波数ごとの地盤増幅特性を推定する。この際に、周波数ごとの時間遅れを考慮する。これにより、例えば、盆地構造により顕著となる盆地生成表面波への対応が可能となる。このフィルターは、時間をさかのぼらない因果律を満たすものでなくてはならない。具体的には、豊富な観測記録から周波数依存性をもつ地盤増幅特性の振幅特性、および、群遅延時間を経験的に推定し、それらを再現するように(因果律を満たす)フィルターを制作する。

一方、地震動即時予測の研究分野では、震源とマグニチュードの早期決定という考え方が依然強い。特に、マグニチュードに関しては、地震波のうちかなり長周期の成分から求められるモーメントマグニチュードを即時推定する方法を検討している研究者が多い。このため、我々が進めている揺れから揺れを直接予測する考え方と、モーメントマグニチュードを即時推定する手法では、どちらが、より早く、また、精度良くできる可能性があるかを論じることで、“揺れの数値予報”法の優位性を示すことを行う。

4. 研究成果

(1) 地盤増幅特性フィルターへの時間遅れの導入

手法

振幅特性のリアルタイム補正として

$$F_A(s) = G_0 \prod_{n=1}^N \frac{(\omega_{2n})}{\omega_{1n}} \cdot \frac{s + \omega_{1n}}{s + \omega_{2n}} \cdot \prod_{m=1}^M \left(\frac{\omega_{2m}}{\omega_{1m}} \right)^2 \cdot \frac{s^2 + 2h_{1m}\omega_{1m}s + \omega_{1m}^2}{s^2 + 2h_{2m}\omega_{2m}s + \omega_{2m}^2} \quad (1)$$

を用いることを提案している (Hoshiya, 2013)。(ここで、 $1n_s, 2n_s, 1m_s, 2m_s, h_{1m_s}, h_{2m_s}$ はパラメータ。 $s=i \cdot 2 \cdot f$; f は周波数。双一次変換を用いることで IIR フィルターを作成できる) これは最小位相特性をもつフィルターで振幅特性については十分に考慮できるものの、位相特性については必ずしも十分に考慮できるわけではない。このため、震動継続時間が必ずしも十分に再現できない場合がある。

一方、振幅特性に影響を与えることなく、位相特性だけを変化させるものとして、オールパスフィルターが知られている。例えば、

$$F_P(s) = \prod_{j=1}^J \frac{s^2 - 2k_{1j}\omega_{1j}s + \omega_{1j}^2}{s^2 + 2k_{1j}\omega_{1j}s + \omega_{1j}^2} = \prod_{j=1}^J \frac{(\omega_{1j}^2 - \omega^2) - i \cdot 2k_{1j}\omega_{1j}\omega}{(\omega_{1j}^2 - \omega^2) + i \cdot 2k_{1j}\omega_{1j}\omega} \quad (2)$$

(ここで $1j, 2j, k_{1j}, k_{2j}$ はパラメータ) で与えられる。この形では、分母と分子が複素共役なので、周波数にかかわらず $|F_P(s)|=1$ であり、振幅特性は周波数で変化しないが、位相を変化させることができる。そこで、

$$F_M(s) = F_A(s) \cdot F_P(s) \quad (3)$$

を用いて、振幅特性と位相特性の両方をリアルタイム補正することを考える。

例

防災科研の KiK-net の IBRH07 観測点は、1,200m のボアホールがあり、そこで記録された波形と地表の波形を比べることにより、振幅、位相ともに強い周波数依存性をもつ増幅特性があることが分かる (図 1ab)。解析に用いた地震の分布を図 1c に示す。なお、ここでは、位相特性として位相そのものに代わり、 $\frac{d}{dt}$ で微分した群遅延時間で考察する。図 1ab の振幅特性に合うように $F_A(s)$ を、群遅延時間特性に合うように $F_P(s)$ をモデル化する。

図 2d には、2010/1/4 の M3.6、2008/5/8 の M7.0、2008/7/19 の M6.9 の地震の例を示す。3つの地震の場所は、図 1c で示す。2010/1/4 の M3.6 では、ボアホール中での波形の最大加速度 (PBA) が 6.9 cm/s^2 なのに対して、地表での最大加速度 (PGA) は、 1.9 cm/s^2 であり、振幅は 1/3 以下に減少している。一方、2008/5/8 の M7.0 ではボアホール中で 6.4 m/s^2 に対して地表では

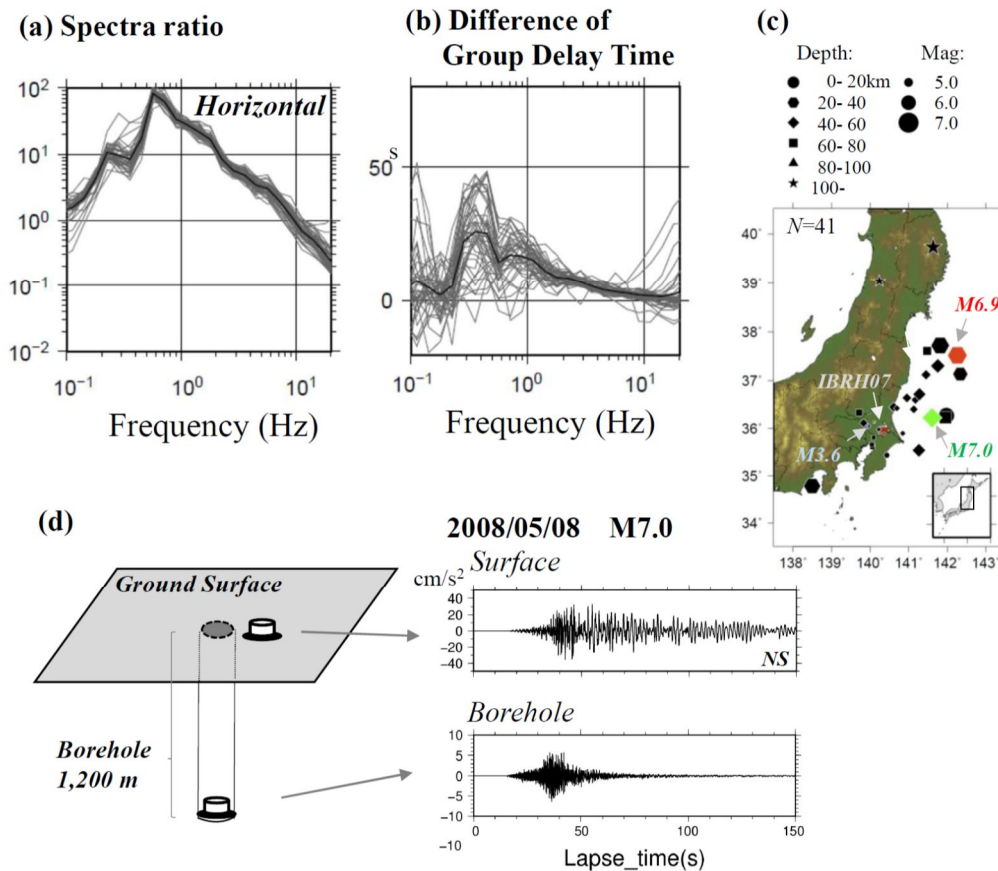


図 1 . a: ボアホールと地表の波形のスペクトル比。b: 群遅延時間。c: 解析に用いた地震。d: ボアホールと地表の地震波形の例。

35.5cm/s²と5倍以上、2008/7/19のM6.9では、0.91cm/s²に対して地表では22.8cm/s²と20倍以上と大きな増幅を示している。これは、ポアホール内の最大加速度の情報だけでは地表の最大加速度の正確な予測は難しいことを示している。図1aによると、この観測点では、0.6Hz付近では約100倍の増幅特性があるものの10Hz以上では1倍以下となる。よって、2010/1/4のM3.6地震では、10Hz以上が卓越していたため減少したが、2008/5/8のM7.0や2008/7/19のM6.9では、より1Hz以下の低周波側が卓越していることが反映していると推測される。

図1aに合う様に、 ${}_{1n}$ 、 ${}_{2n}$ 、 ${}_{1m}$ 、 ${}_{2m}$ 、 h_{1m} 、 h_{2m} を、また、図1bに合う様に、 ${}_{1j}$ 、 ${}_{2j}$ 、 k_{1j} 、 k_{2j} を最小二乗法を用いて推定し、さらに、双一次変換とプレワーピングを用いてIIRフィルターを作成する。ポアホールでの波形(f)に、振幅特性だけを考慮した $F_A(s)$ のフィルターを施した波形(d)、位相特性も考慮した $F_M(s)$ のフィルターを施した波形(c)、実際に地表で観測された波形(a)を示す。

図2dを見ると、振幅特性、 $F_A(s)$ 、のみを考慮しただけで、2010/1/4のM3.6地震では減少、2008/5/8のM7.0や2008/7/19のM6.9では増幅する特徴が再現できる。しかし、さらに詳しく見ると、実際の観測の(a)の波形に比べて、(d)の波形では波が前方に集まっている。これは、位相が十分に再現出来ていないためと思われる。また、これにより、(d)に比べて最大振幅が過大評価になっている。一方、さらに位相特性も考慮したフィルター、 $F_M(s)=F_A(s) \cdot F_P(s)$ を用いた場合(図2c)では、前方に集まることが緩和され、(a)に近い最大振幅が再現されている。つまり、ポアホールの観測から、地表の地震波を予測する場合に、より精度が高まることを示唆している。また、このことは、適切なフィルターの設計にあたって地盤の速度構造の影響が無視できないことを意味しており、あわせてフィルター設計に資する位相特性に優れた簡易な地震観測装置と速度構造の推定法を開発した。

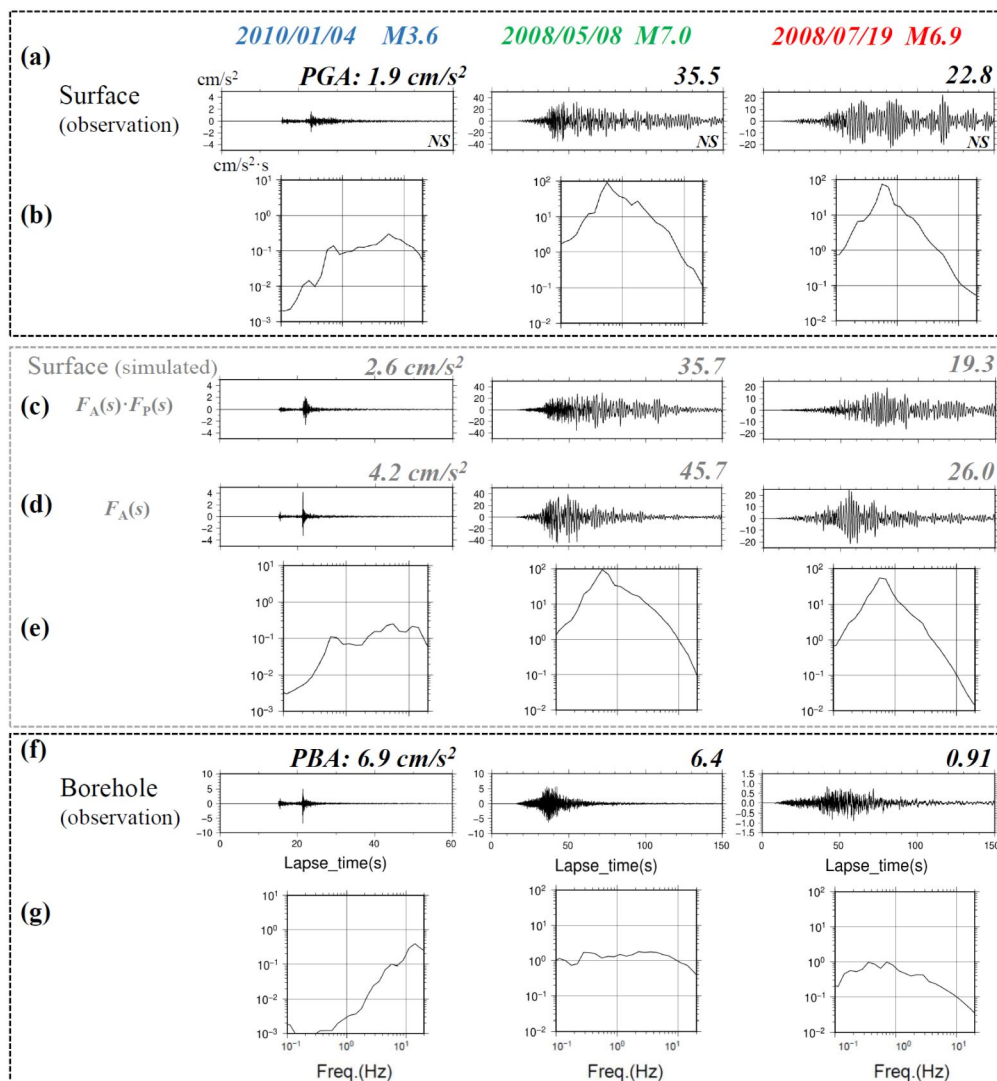


図2：a：地表での観測波形。b：そのフーリエスペクトル。c： $F_A(s)$ のみでの予測波形。d： $F_M(s)=(F_A(s) \cdot F_P(s))$ を用いた予測波形。e：cとdのスペクトル。f：ポアアホールでの観測波形。g：そのフーリエスペクトル。

(2) 「揺れの数値予報」対 モーメントマグニチュードを即時推定する手法

地震動即時予測の分野で、我々は、上記のように“揺れから揺れを直接予測する”という考え方に則り、現時点の波動場を推定し、そこから未来の波動場を予測する手法(波動場推定法)の構築を進めている。一方で、モーメントマグニチュード(M_w)さらにはスリップ量分布を迅速に推定し、地震動予測式(GMPE)により揺れの大きさを予測する考え方(震源情報推定法)を進めている研究も多くある。後者の考えでは、 M_w やスリップ量分布をいかに正確に、また、迅速に推定するかがカギとなるので、それらを追求する研究が多いものの、揺れの予測の正確性や迅速性の観点まで進めて議論しているものは多くない。そこで、地震動の即時予測の観点から、地震動即時予測での M_w やスリップ量分布の有効性について考察する。

(超高層ビルなどの特殊な建築物を除けば)被害に係る地震動の周波数は、数秒から数Hz、つまり、おおよそ1Hz付近であることが知られており、地震動即時予測でも、この帯域の地震動の即時予測が求められる。一方、 M_w は永久変位、あるいは、かなりの低周波から求められることが多い。 M_w が同じ地震であれば、震源からの放射量は、低周波側では同じと思われるものの、1Hz付近の高周波側では、ストレスドロップの違いなどにより異なることも多い。よって、 M_w を正確に求めたとしても、必ずしも、1Hzの波の放射量を正確に推定したことはない。

2011年の東北地方太平洋沖地震(M_w 9.0)では、多くの研究者が日本海溝付近に大きなスリップ量が分布する震源像を求めている。これらは、低周波側の解析により求められたものであり、高周波の解析による震源像はかなり異なっている(Kurahashi and Irikura, 2011; Asano and Iwata, 2012, など)。彼らは、4~5個の強震動生成域(SMGA)から高周波が放射したと推定している。これらのSMGAは、大きなスリップの場所とは異なり陸域にかなり近い(図3)。同様に、低周波と高周波の生成域の違いは、2004年Sumatra地震(M_w 9.2)や2010年Maule地震(M_w 8.8)でも報告されている(Lay et al. 2012)。このことは、正確にスリップ量分布を求めても、かならずしも、1Hzの波の放射の分布を推定したことはないことを示唆している。また、 M_w が最大になるのは破壊が終了する時点であるのに対して、強震動が生成するのは破壊が終了するよりも前の時点である。つまり、 M_w を推定しては、強震動に間に合わないことになる。

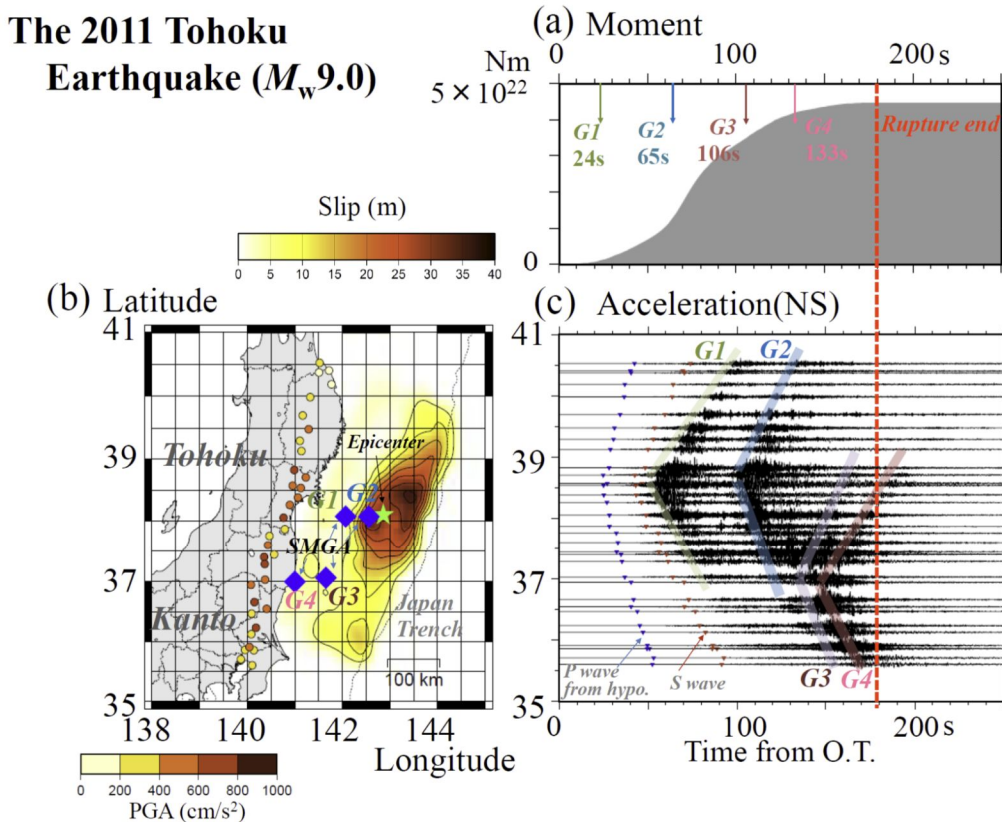


図3. a:2011年東北地方太平洋沖地震の地震モーメントの時間発展(JMA, 2012)と強震動が生成した時間(Asano and Iwata, 2012). b:スリップ量分布(JMA, 2012)と4つのSMGA(青ダイヤモンド、Asano and Iwata, 2012)。小さな丸は、図3cで用いる観測点を示す。d: 図3bの地点で観測された加速度(NS)成分(After Asano and Iwata, 2012; JMA, 2012)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hoshiba Mitsuyuki	4. 巻 110
2. 論文標題 Too-late warnings by estimating Mw: Earthquake early warning in the near-fault region	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Seismological Society of America	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0120190306	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 Meier Men Andrin, Kodera Yuki, Bose Maren, Chung Angela, Hoshiba Mitsuyuki, Cochran Elizabeth, Minson Sarah, Hauksson Egill, Heaton Thomas	4. 巻 125
2. 論文標題 How Often Can Earthquake Early Warning Systems Alert Sites With High Intensity Ground Motion?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JB017718	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 該当する
1. 著者名 Cochran Elizabeth S., Bunn Julian, Minson Sarah E., Baltay Annemarie S., Kilb Deborah L., Kodera Yuki, Hoshiba Mitsuyuki	4. 巻 109
2. 論文標題 Event Detection Performance of the PLUM Earthquake Early Warning Algorithm in Southern California	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of the Seismological Society of America	6. 最初と最後の頁 1524 ~ 1541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0120180326	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 該当する
1. 著者名 松田滋夫, 道和之, 盛川仁, 飯山かほり, 坂井公俊	4. 巻 39
2. 論文標題 水晶振動子による加速度センサの微動観測への適用性に関する検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第39 回地震工学研究発表会講演論文集	6. 最初と最後の頁 B11-1428_1 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Ogiso, M., M. Hoshiba, A. Shito, and S. Matsumoto	4. 巻 108
2. 論文標題 Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning Incorporating Heterogeneous Attenuation Structure: The Case of the 2016 Kumamoto Earthquake	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bulletin of the Seismological Society of America	6. 最初と最後の頁 3457-3468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0120180063	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 Ogiso, M.	4. 巻 216
2. 論文標題 A method for mapping intrinsic attenuation factors and scattering coefficients of S waves in 3-D space and its application in southwestern Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 948-957
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggy468	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 干場充之	4. 巻 116
2. 論文標題 揺れの数値予報：揺れから揺れを予測する次世代の地震動即時警報	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 なみふる (日本地震学会広報誌)	6. 最初と最後の頁 6-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 干場充之	4. 巻 71
2. 論文標題 シリーズ「新・強震動地震学基礎講座」(第21回)地震動即時予測	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地震2 ニュースレター部	6. 最初と最後の頁 NL-3-19-NL-3-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 石橋利倫, 荒木豪, 飯山かほり, 盛川仁, 坂井公俊	4. 巻 15
2. 論文標題 不整形を有する基盤形状の推定における常時微動記録の適用性に関する一考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第15回 日本地震工学シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 2133-2140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 干場充之	4. 巻 98
2. 論文標題 海底地震計を用いたモデル計算：地震動即時予測 - "揺れの数値予報" の適用例 -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地震予知連絡会報	6. 最初と最後の頁 516-517
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計35件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 26件)

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Too-late warnings by estimating Mw: Earthquake early warning in the near-fault region
3. 学会等名 2019 Seismological Society of America Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Too-late warning by estimating Mw: From viewpoint of real-time prediction of strong motion in earthquake early warning
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Numerical shake prediction: Data assimilation and wave propagation simulation
3. 学会等名 4th International Conference on Earthquake Early Warning (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Too-late Warnings by Estimating Mw: Earthquake Early Warning in the Near-fault Region
3. 学会等名 27th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 干場充之
2. 発表標題 Mwは地震動即時警報に有効か? : 地震動予測の観点から
3. 学会等名 日本地震学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 干場充之
2. 発表標題 揺れの数値予報: Green関数を用いた震度予測の検討
3. 学会等名 JpGU meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田滋夫, 中仙道和之, 盛川仁, 飯山かほり
2. 発表標題 水晶振動子を用いた加速度計の特性に関する基礎的検討(その2)
3. 学会等名 日本地震学会2019 年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hatayama, K.
2. 発表標題 Simplified prediction of short-distance difference in long-period strong ground motion amplitudes within sedimentary basins - Preliminary numerical experiments
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畑山健
2. 発表標題 長周期地震動振幅の短距離間空間較差の発生要因の理解と簡易的予測に向けた数値実験による予備的検討 (その3)
3. 学会等名 日本地震学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kodera, Y.
2. 発表標題 Improvement of the PLUM earthquake early warning algorithm by introducing P-waves and distance attenuation relations
3. 学会等名 4th International Conference on Earthquake Early Warning (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ogiso, M.
2. 発表標題 Full seismogram envelope prediction in the earthquake early warning: implementation of a forward scattering model in the Numerical Shake Prediction scheme
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ogiso, M.
2. 発表標題 Introduction of a forward scattering model into the Numerical Shake Prediction Scheme: the 2016 Kumamoto earthquake
3. 学会等名 4th International Conference on Earthquake Early Warning (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ogiso, M.
2. 発表標題 Simultaneous Estimation of 3D Intrinsic and Scattering Attenuation Parameters: Method and Application in Southwestern Japan
3. 学会等名 27th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小木曾仁
2. 発表標題 前方散乱モデルを導入した「揺れの数値予報」：2016年熊本地震の例
3. 学会等名 日本地震学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小木曾仁
2. 発表標題 「揺れの数値予報」への前方散乱モデルの導入
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小木曾仁
2. 発表標題 地震波エンベロープを用いた西南日本の内部減衰と散乱減衰の3次元構造推定
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Noguchi, K.
2. 発表標題 Implementation status of EEW operated by Japan Meteorological Agency
3. 学会等名 4th International Conference on Earthquake Early Warning (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tamaribuchi K., Kodera Y.
2. 発表標題 Integration of different observation networks to the IPF hypocenter determination algorithm
3. 学会等名 4th International Conference on Earthquake Early Warning (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nagata K.
2. 発表標題 Temporal variation in the size distribution of the earthquakes around large earthquakes in the continental crust of Japan
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Shake-map movie by using data assimilation and correction of site amplification in time domain
3. 学会等名 The 2018 joint conference of the Seismological Society of America and the Latin American and Caribbean Seismological Commission (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Real-time correction of frequency-dependent site amplification factors in time domain: Introduction of phase delay for real-time prediction of duration of ground motion
3. 学会等名 The 2018 joint conference of the Seismological Society of America and the Latin American and Caribbean Seismological Commission (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Real-time prediction of ground shaking without source parameters: Toward next generation of Earthquake Early Warning
3. 学会等名 The European Seismological Commission 36th Assembly (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Ten years' experience of nationwide Earthquake Early Warning in Japan
3. 学会等名 The European Seismological Commission 36th Assembly (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 畑山健
2. 発表標題 長周期地震動振幅の短距離間空間較差の発生要因の理解と簡易的予測に向けた数値実験による予備的検討(その2)
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 干場充之
2. 発表標題 地盤増幅特性のリアルタイム補正: 周波数依存性をもつ位相と震動継続時間の再現・予測
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Earthquake early warning using Numerical Shake Prediction based on wavefield estimation approach: Inland earthquakes and subduction earthquakes
3. 学会等名 12th joint meeting of UJNR on earthquake research (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tamaribuchi, K.
2. 発表標題 Real-time monitoring of the 2016 Kumamoto Earthquake sequence by new automatic hypocenter determination method
3. 学会等名 12th joint meeting of UJNR on earthquake research (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ogiso, M.
2. 発表標題 Estimating 3D heterogeneous distribution of intrinsic attenuation and strength of random velocity fluctuation: method and application to the southwestern part of Japan
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Real-time correction of frequency-dependent site amplification factor in time domain for earthquake early warning: Amplitude and Phase delay
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tamaribuchi, K.
2. 発表標題 Automatic hypocenter determination method in JMA catalog and its application
3. 学会等名 2017 AGU fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Data assimilation for real-time prediction of earthquake ground shaking: “Numerical shake prediction” for Earthquake Early Warning
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Real-time prediction of ground shaking without source information: Toward next generation of Earthquake Early Warning
3. 学会等名 Seminar at USGS Pasadena (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hoshiba, M.
2. 発表標題 Real-time prediction of ground shaking without source information: Toward next generation of Earthquake Early Warning
3. 学会等名 The Sep. 12 Earthquake: One Year Later Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hatayama, K.
2. 発表標題 Short-Distance Variation of Long-Period Strong Ground Motion Amplitudes - Preliminary Numerical Experiments toward Understanding of Cause and Simplified Prediction
3. 学会等名 2017 AGU fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中浩平, 坂井公俊, 盛川仁, 飯山かほり
2. 発表標題 不整形地盤上における鉛直フーリエスペクトル比の変動に関する検討
3. 学会等名 土木学会 第72回 年次学術講演会 (国際学会)
4. 発表年 2017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	畑山 健 (Hatayama Ken) (00358798)	総務省消防庁消防大学校 (消防研究センター) ・その他部局等・その他 (82665)	
研究分担者	盛川 仁 (Morikawa Hitoshi) (60273463)	東京工業大学・環境・社会理工学院・教授 (12608)	
研究分担者	小木曾 仁 (Ogiso Masashi) (40739140)	気象庁気象研究所・地震津波研究部・主任研究官 (82109)	
研究分担者	小寺 祐貴 (Kodera Yuki) (80780741)	気象庁気象研究所・地震津波研究部・研究官 (82109)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	永田 広平 (Nagata Kohei)		
研究協力者	野口 恵司 (Noguchi Keiji)		
連携研究者	溜淵 功史 (Tamaribuchi Koji) (50782439)	地震津波研究部・地震津波研究部・研究官 (82109)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関