

Wed. Sep 18, 2019

ROOM A

joint session | Special session | S21. Long-Period Ground Motion -  
Generation Mechanism and Structural & Social Response-

[S21]AM-1

chairperson: Shin Aoi(NIED), Kuninori Okamoto(Japan  
Meteorological Agency)

9:15 AM - 10:30 AM ROOM A (Clock Tower Centennial Hall)

[S21-01] [INVITED] Long-period ground motion and  
earthquake engineering

\*福和 伸夫<sup>1</sup> (1. 名古屋大学減災連携研究センター)

9:15 AM - 9:30 AM

[S21-02] Hazard and risk assessment for the long-period  
ground motion of megathrust earthquakes

\*Takahiro Maeda<sup>1</sup>, Asako Iwaki<sup>1</sup>, Nobuyuki Morikawa<sup>1</sup>,  
Shin Aoi<sup>1</sup>, Hiroyuki Fujiwara<sup>1</sup> (1. NIED)

9:30 AM - 9:45 AM

[S21-03] How to Estimate Long-Period Ground Motions  
near Surface Ruptures during Crustal  
Earthquakes

\*Kojiro Irikura<sup>1</sup>, Susumu Kurahashi<sup>1</sup>, Yasuhiro  
Matsumoto<sup>2</sup> (1. Aichi Institute of Technology, 2.  
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.)

9:45 AM - 10:00 AM

[S21-04] Early forecast of long-period ground motions for  
Nankai trough earthquake: effects of site-  
amplification factors at offshore stations

\*Atsuki Oba<sup>1</sup>, Takashi Furumura<sup>1</sup>, Takuto Maeda<sup>2</sup> (1.  
Earthquake Research Institute, The University of Tokyo,  
2. Graduate School of Science and Technology,  
Hirosaki University)

10:00 AM - 10:15 AM

[S21-05] [INVITED] Information on long-period ground  
motion by JMA

\*Masaki Nakamura<sup>1</sup> (1. JMA)

10:15 AM - 10:30 AM

joint session | Special session | S21. Long-Period Ground Motion -  
Generation Mechanism and Structural & Social Response-

[S21]AM-2

chairperson: Yoshiaki Hisada(Kogakuin University), Takeshi  
Kimura(NIED)

10:45 AM - 12:00 PM ROOM A (Clock Tower Centennial Hall)

[S21-06] Toward Practical Use of Realtime Long-Period  
Ground-Motion Prediction Information

\*Shin Aoi<sup>1</sup>, Takeshi Kimura<sup>1</sup>, Takashi Kunugi<sup>1</sup>, Wataru  
Suzuki<sup>1</sup>, Yadab P. Dhakal<sup>1</sup>, Naoto Koja<sup>2</sup> (1. National

Research Institute for Earth Science and Disaster  
Resilience, 2. Seismology and Volcanology  
Department, Japan Meteorological Agency)

10:45 AM - 11:00 AM

[S21-07] リアルタイムスロッシング評価システムが捉えた  
長周期地震動

\*大保 直人<sup>1</sup>、高田 史俊<sup>2</sup> (1. 地震予知総合研究振興  
会、2. エイシンシステム株式会社)

11:00 AM - 11:15 AM

[S21-08] Software for Predicting Damage and Supporting  
Emergency Response of High-Rise Building  
Considering Long-Period Ground Motion

\*Yoshiaki Hisada<sup>1</sup>, Masahiro Murakami<sup>1</sup>, Akira  
Kuriyama<sup>2</sup>, Yui Matsumoto<sup>2</sup>, Yuya Miyauchi<sup>2</sup> (1.  
Kogakuin University, 2. RC Solution Co.)

11:15 AM - 11:30 AM

[S21-09] 近年発生した大地震時の強震記録に基づく国内の  
超高層集合住宅を対象とした広域的な非線形地震  
応答推定

\*村田 将一<sup>1</sup>、王 欣<sup>2</sup>、永野 正行<sup>3</sup> (1. 東京理科大学大学  
院 理工学研究科建築学専攻、修士課程、2. 東京理科大  
学 理工学部建築学科、助教 博士(工学)、3. 東京理  
科大学 理工学部建築学科、教授 博士(工学))

11:30 AM - 11:45 AM

[S21-10] [INVITED] Problems to broadcast long-period  
earthquake motion information on TV

\*Kazunori Tanihara<sup>1</sup> (1. Nippon Television Network)

11:45 AM - 12:00 PM

---

joint session | Special session | S21. Long-Period Ground Motion -Generation Mechanism and Structural & Social Response-

## [S21]AM-1

chairperson:Shin Aoi(NIED), Kuninori Okamoto(Japan Meteorological Agency)

Wed. Sep 18, 2019 9:15 AM - 10:30 AM ROOM A (Clock Tower Centennial Hall)

For some of the lectures, we will update the lecture information at a later date.

---

### [S21-01] [INVITED] Long-period ground motion and earthquake engineering

\*福和 伸夫<sup>1</sup> (1. 名古屋大学減災連携研究センター)

9:15 AM - 9:30 AM

### [S21-02] Hazard and risk assessment for the long-period ground motion of megathrust earthquakes

\*Takahiro Maeda<sup>1</sup>, Asako Iwaki<sup>1</sup>, Nobuyuki Morikawa<sup>1</sup>, Shin Aoi<sup>1</sup>, Hiroyuki Fujiwara<sup>1</sup> (1. NIED)

9:30 AM - 9:45 AM

### [S21-03] How to Estimate Long-Period Ground Motions near Surface Ruptures during Crustal Earthquakes

\*Kojiro Irikura<sup>1</sup>, Susumu Kurahashi<sup>1</sup>, Yasuhiro Matsumoto<sup>2</sup> (1. Aichi Institute of Technology, 2. KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.)

9:45 AM - 10:00 AM

### [S21-04] Early forecast of long-period ground motions for Nankai trough earthquake: effects of site-amplification factors at offshore stations

\*Atsuki Oba<sup>1</sup>, Takashi Furumura<sup>1</sup>, Takuto Maeda<sup>2</sup> (1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University)

10:00 AM - 10:15 AM

### [S21-05] [INVITED]Information on long-period ground motion by JMA

\*Masaki Nakamura<sup>1</sup> (1. JMA)

10:15 AM - 10:30 AM

## Long-period ground motion and earthquake engineering

\*\_ \_1

1.-

T2019-027

# Hazard and risk assessment for the long-period ground motion of megathrust earthquakes

\*Takahiro Maeda<sup>1</sup>, Asako Iwaki<sup>1</sup>, Nobuyuki Morikawa<sup>1</sup>, Shin Aoi<sup>1</sup>, Hiroyuki Fujiwara<sup>1</sup>

## 1. NIED

千島海溝南部で発生した2003年十勝沖地震、日本海溝沿いで発生した2011年東北地方太平洋沖地震によるタンク火災や超高層建物の被害により長周期地震動の重要性が再認識された。今後、南海トラフや相模トラフ沿いで発生する海溝型巨大地震による長周期地震動やその影響を事前に検討しておくことは重要である。気象庁による「長周期地震動に関する観測情報」の発表や、気象庁と防災科研による「長周期地震動の予測情報に関する実証実験」など、地震発生時の長周期地震動情報に関する検討が進められている。一方で、防災科研では、事前の準備に資する情報として長周期地震動のハザードやリスクに関する検討を行っている。本発表では、防災科研における長周期地震動のハザードリスク評価に関する研究について概観する。

平野や盆地などでは震源から遠く離れていても長周期地震動が長時間継続することが知られている。震源からの距離に依存せず、3次元地下構造に強く影響を受ける長周期地震動の評価に対しては地震波伝播シミュレーションが有効である。地震動シミュレーションに用いる震源モデルに関しては、強震動予測と同様に特性化震源モデルを用いており、過去の地震の知見を参考に、断層面の拡がりやアスペリティの配置、破壊開始点の位置などの多様性を考慮するとともに、アスペリティサイズよりも小スケールの断層破壊のランダム不均質を導入し、周期1秒程度まで適用可能な多数の震源モデルを構築している。シミュレーションに使用可能な全国規模の地下構造モデルとして、J-SHISで公開されている深部地盤モデルや、地震本部による長周期地震動予測地図（試作版）のために構築された全国1次地下構造モデルがある。一方、防災科研では関東地域や東海地域などを対象に浅部・深部統合地盤モデルを構築している。膨大なボーリングデータや稠密な微動探査に基づいており、地点毎の3次元地下構造による地盤特性が反映された地震動シミュレーションが可能となっている。防災科研では差分法による地震動シミュレータ（GMS）を公開し、継続的に更新を続けている。GMSでは計算格子数を低減する工夫として不連続格子が採用されており、長時間の地震動計算を効率的に行う工夫がなされている。これに加え、高並列化やGPGPUへ対応することで更なる効率化を図っている。さらに、タイムステップの増大に伴い生じる計算の不安定性（発散）への対応の検討も進めている。これらは主に差分法計算についての改良であるが、プレ処理や可視化を含めたポスト処理についても改良を続けており、有効性が確認された機能については、公開版のプログラムに反映している。

これまでに南海トラフ、相模トラフ沿いで発生するプレート間地震を対象とした大量の地震動シミュレーションデータが蓄積されている。大量のデータから重要な情報を抽出する手法についての検討も進めており、機械学習のひとつであるクラスタリングの手法を用いることで、多数のシナリオによる面的な地震動分布を10ケース程度のシナリオで代表させることが可能となっている。

これまでは主としてハザードに関する検討を行ってきたが、ハザード情報をリスク評価へ繋げる一例として、シミュレーションによる時刻歴波形を用いた超高層建物への影響評価について検討を行っている。多様な震源モデルによる地震動シミュレーション結果を入力とした建物応答と、長期評価を参考に設定した地震の発生確率を対応付けることで、超高層建物の確率論的なリスク評価を試行している。

今後は、千島海溝や日本海溝など、日本周辺の海溝型地震や内陸の長大な断層を対象とした長周期地震動の検討を進めるとともに、リスク評価のためのデータ整備や手法開発を進める必要がある。

## How to Estimate Long-Period Ground Motions near Surface Ruptures during Crustal Earthquakes

\*Kojiro Irikura<sup>1</sup>, Susumu Kurahashi<sup>1</sup>, Yasuhiro Matsumoto<sup>2</sup>

1. Aichi Institute of Technology, 2. KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

**はじめに：**2016年熊本地震（Mj 7.3, Mw 7.0）では、活断層として知られていた布田川断層沿いに約28 km、日奈久断層沿いに約6 kmの地表断層が現れた（Shirahama et al., 2016）。地表断層に極めて近い最短距離約0.5 kmに位置していた西原村役場観測点での加速度記録から、積分で得られた速度震動は大きなパルス状の震動（最大速度約260 cm/s）を示し、2回積分による変位震動は、水平成分は東に約2 m、上下動成分は下方に約2 mの永久変位を示した。地表断層から約1 kmの益城町役場でも、顕著な速度パルス（最大速度約175 cm/s）と永久変位（東に約120 cm、北に50 cm、下に70 cm）が得られている（岩田, 2016）。2010年Darfield地震（Mw 7.1）のときも、地表地震断層の極近傍域で観測点の記録から、大きな速度パルス（最大速度159 cm/s）や永久変位（水平110 cm, 下方48 cm）が得られている。同様の現象は、2014年長野県北部地震（Mw 6.3）、1999年台湾集集地震（Mw 7.6）など地表地震断層地震のとき、地震断層近傍の観測点において観測されている。2016年熊本地震や2010年Darfield地震で得られた長周期速度パルスや永久変位を有する強震動は従来の特性化震源モデルでは再現できない。地表断層近傍の長周期地震動の推定のため、特性化震源モデルの拡張が必要とされている。

**強震動生成域と長周期地震動生成域：**2016年熊本地震について、従来の特性化震源モデル（入倉・三宅, 2001）を用いて強震動の再現が試みられ、震源断層面に強震動生成域（SMGA）を設定することで、地表断層の極近傍域を除いて広域の強震動の再現が可能であることが示された（Irikura et al., 2017）。しかしながら、地表断層に近い（最短距離2 km 以下）西原村役場や益城町役場で観測された長周期の速度震動や永久変位はこれまでの震源モデルでは再現できず、地表と地震発生層の間に長周期地震動生成域（LMGA）の存在を考慮する必要があることがわかってきた（例えば, Irikura et al., 2019）。

ここで指摘されるLMGAからの地震動は、Hisada and Bielak (2003)により開発された地表ずれを含む断層すべり(Fault Displacement)による平行層構造中の極近傍地震動の計算のための波数積分法を用いて、精度良い評価が可能である。2016年熊本地震の時に顕著な速度パルスや永久変位が得られたのは、西原村役場、益城町役場、KiK-net益城に加えて、南阿蘇村河陽やJR立野、さらにやや離れたK-NE大津などで、地表断層から約5 km離れた地域一体と考えられる。これらの観測点はすべて布田川断層沿いの観測点で、日奈久断層に近い観測点では顕著な長周期パルスや永久変位は得られていない。

ここでは、SMGAと背景領域からなる特性化震源モデルに加え、上記のLMGAを設定した拡張特性化震源モデルを用いて、長周期地震動および永久変位のシミュレーションがなされる。この地震の長周期地震動の生成モデルを構築するには、これらの観測点で得られた速度や変位震動に加えて、InSARで観測された地表変位分布を満足する必要がある。試行錯誤で得られた最適モデルのLMGAは、長さ約20 km、幅については地表から地震発生層の上端まで約3 kmである。LMGAのパラメータは、最大すべり量は4 m、すべり速度関数はsmoothed ramp、ライズタイムは2.5 sである。

シミュレーション波形は、SMGA sからの寄与、LMGAからの寄与、背景領域からの寄与の重ね合わせで表現される。長周期速度パルス波は、震源極近傍（1 km 以下）の観測点ではほぼLMGAの寄与で決まるが、やや離れると、SMGAの寄与が少しずつ大きくなり、5 km離れると、ほぼ同じオーダーとなる。背景領域は距離によらずほとんど寄与しない。永久変位も同様に、震源極近傍（1 km 以下）の観測点ではほぼLMGAの寄与で決まるが、距離が離れると背景領域からの寄与も少しずつ大きくなる。5 kmの観測点での永久変位は、LMGAと背景領域がほぼ同程度の寄与になる（Fig. 1参照）。

2010年Darfield地震についても、観測された速度波形および永久変位を再現する最適なモデルが構築された。LMGAのパラメータは、最大すべり量は2～3 m、すべり速度関数はsmoothed ramp、ライズタイムは4.0 sである。

**特性化震源モデルの拡張：**巨視的パラメーターの断層面積に基づく地震モーメントや平均応力降下量などの設定は従来のレシピが適用可能。微視的パラメータに関しても、強震動生成域およびそれに付随するパラメータは従来のレシピを用いる。長周期地震動生成域（LMGA）に関するパラメータについては、新たな経験的な関係式の構築が必要である。LMGAの面積（長さ $L_s$ と幅 $L_w$ ）と位置に加えて、LMGAでの最大すべり量（ $D_b$ ）、すべり速度時間関数、すべりのライズタイム（ $T_b$ ）が必要とされる。 $D_b$ や $T_b$ は経験的な関係式（Murotani et al., 2015; Tanaka et al., 2018）から与えられる。

参考文献：Irikura, K., S. Kurahashi, and Y. Matsumoto (2019): Extension of Characterized Source Model for Long-Period Ground Motions in Near-Fault Area, Pure Appl. Geophys., DOI: 10.1007/s00024-019-02283-4

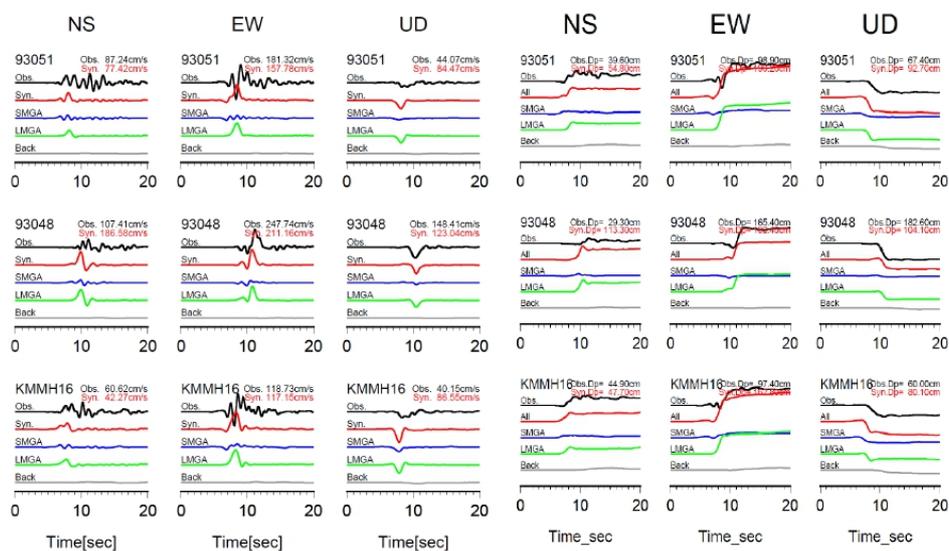


Fig. 1. Comparison of observed ground motions and synthetic ones of three components for Model K3 at near-fault stations (93051, 93048, and KMMH16). Observed (black), synthetic (red, total sum of contributions from a long-LMGA, two SMGAs and a background), contribution from the SMGAs, contribution from the LMGA, and contribution from the background are denoted from top to bottom in each trace.

# Early forecast of long-period ground motions for Nankai trough earthquake: effects of site-amplification factors at offshore stations

\*Atsuki Oba<sup>1</sup>, Takashi Furumura<sup>1</sup>, Takuto Maeda<sup>2</sup>

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science and Technology, Hirotsuki University

## 1. データ同化に基づく長周期地震動の即時予測とその課題

南海トラフ沿いの大地震により、震源域近傍の大阪、濃尾平野に限らず、数百キロメートル離れた関東平野でも長周期地震動の発生が心配される。Furumura, Maeda & Oba (2019, GRL)は、強震観測データと3次元差分法シミュレーション結果の同化による長周期地震動の即時予測手法を開発した。しかし、同化波動場に基づいて、数十秒～数分先の長周期地震動の予測を即座に進めるには高速パソコンが必須である。そこで、大峽・古村・前田 (2019, JpGU) は、同化波動場(観測と計算の残差)に対し、事前に計算したグリーン関数をコンボリューションすることで、評価地点の長周期地震動を瞬時に予測する改良を行った。本研究では、これらのデータ同化・長周期地震動予測手法を、南海トラフ沿いの大地震に適用するとともに、DONET等の海底ケーブル強震観測網の利用で課題となる、海域観測点の強いサイト増幅特性の影響を検討する。

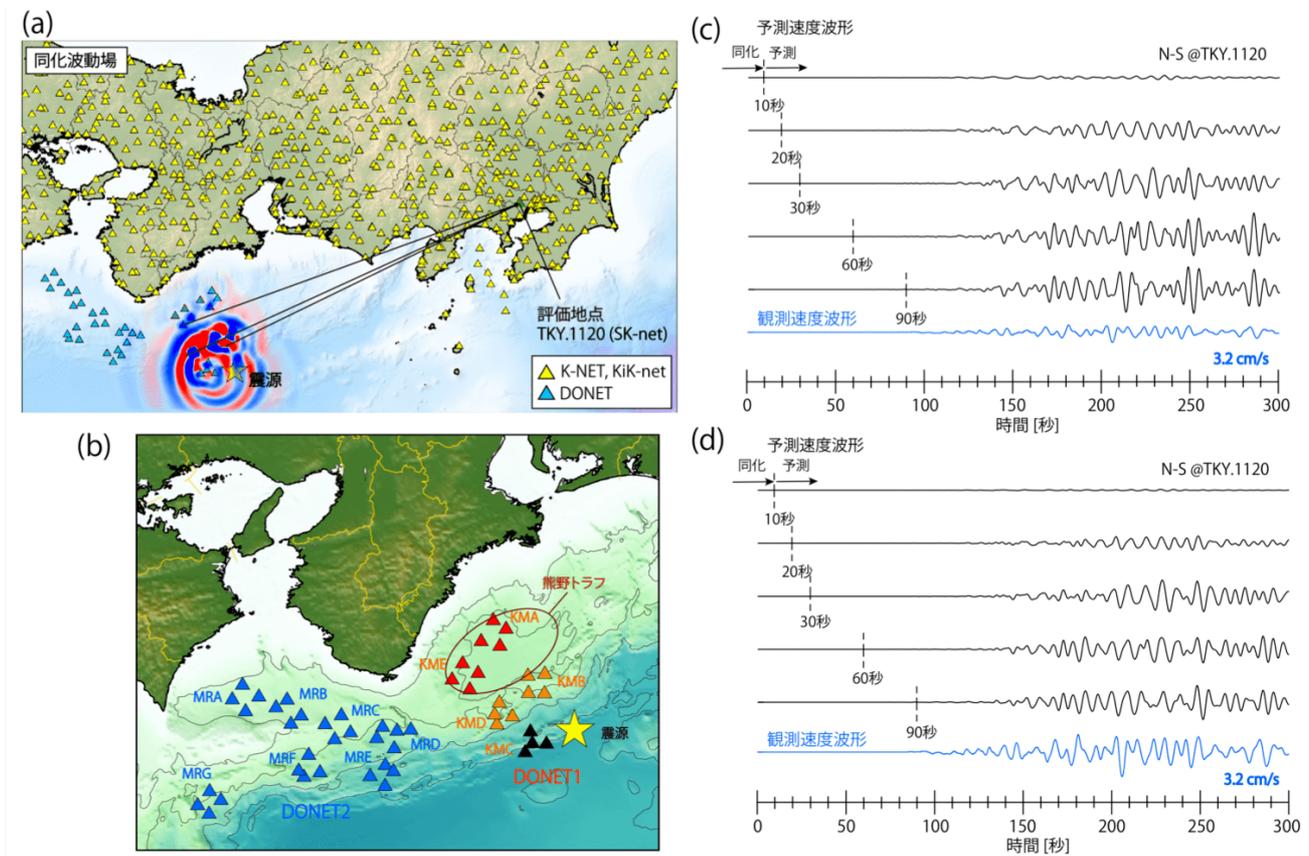
## 2. 海域観測点における強いサイト増幅の影響

波動場のデータ同化は、J-SHIS地下構造モデルを用いた3次元差分法計算の結果と、強震観測データとの差を最適内挿法により空間補間して、計算結果を補正することで進められる。時間経過とともに同化が進展し、計算波動場が実際の波動場に十分近づいた後に、高速計算またはグリーン関数の利用により、遠地の評価地点における長周期地震動の予測を行う。南海トラフ沿いの地震のデータ同化には、三重県～徳島県沖のDONET1&2、そして高知県沖～日向灘に設置が計画されているN-net等の海底ケーブル強震観測網の活用が期待できる。しかしながら、震源域近傍での強震観測では、海底の厚い堆積物による強いサイト増幅や(例えば、Guo et al., 2016, BSSA)、今日神事の地盤の非線形応答による負のサイト増幅の影響(例えば、Ikeda and Tsuji, 2018, PEPS)がデータ同化と予測計算に与える影響が心配される。

## 3. 海域観測データを用いたデータ同化と予測実験

2004年紀伊半島南東沖地震(Mw7.4)のK-NET, KiK-net強震観測データを用いて、関東平野の長周期地震動の即時予測の数値実験を行った。DONET観測点の強震データは存在しないため、F-netによる震源モデルとJ-SHISモデルを用いた3次元差分法計算により合成した。海域観測点の強いサイト増幅の影響を評価するために、熊野トラフ上の2観測点(図b赤三角)の加速度波形の振幅を4倍、その縁の2観測点(オレンジ三角)の振幅を2倍にした。震源ごく近傍の1観測点(黒三角)では、強震動による地盤の非線形応答を考慮して振幅を1/2倍にした。これらのK-NET, KiK-net実波形データと、DONET地点の合成波形データを用いたデータ同化により、関東平野(都心のSK-net; TKY.1120地点)の長周期地震動の予測を行なった。結果、海域観測点の強いサイト増幅により震源域周辺の広範囲にわたって同化波動場が過大評価され、関東平野の長周期地震動予測結果も2倍以上に過大評価となった(図c)。時間経過とともに、陸域での強震観測結果がデータ同化に反映されても、過大な同化波動場の修正は進まないことがわかった。この問題は、データ同化の最適内挿法で観測と計算の誤差を空間補間する際に用いる、観測誤差とシミュレーション誤差の標準偏差の比を表すパラメータ $\rho$ を考慮し、陸域観測点では観測誤差を小さく( $\rho=0.4$ )、海域観測点では逆に大きく( $\rho=10$ )設定することで、改善が

確認できた(図d)。本来は、サイト増幅を適切に評価できる、詳細な地下構造モデルの利用が必要だが、不確定性の高いモデルであっても、想定される計算と観測の誤差の差異を評価することで、実用的なデータ同化と予測の実現可能性が示された。



(a) 2004年紀伊半島南東沖地震に対する長周期地震動の予測実験における同化波動場。K-NET, KiK-net(黄色三角)およびDONET(青三角)のデータを同化し、関東平野内の評価地点TKY.1120(SK-net)における長周期地震動を予測した。(b) DONETの観測点分布。本研究ではDONET1におけるサイト増幅が同化に与える影響を評価した。(c) TKY.1120における予測速度波形(黒)と観測速度波形(青)の比較。(d) DONETと陸域観測点(K-NET, KiK-net)で同化パラメータ $\rho$  (観測と計算の誤差の比)を変えた時のTKY.1120における予測速度波形(黒)と観測速度波形(青)の比較。

## Information on long-period ground motion by JMA

\*Masaki Nakamura<sup>1</sup>

### 1. JMA

長周期地震動は、規模の大きな地震が発生したときに生じる周期が長い揺れで、高層ビル等の長大構造物を長時間にわたって大きく揺らすとともに、あまり減衰せず遠くまで伝わりやすいという性質があり、特に大都市圏での被害の発生が懸念されている。

地震による揺れの大きさや被害の程度を表す指標としては震度が幅広く利用されているが、震度は長周期地震動を測る指標としては不十分であることが以前より課題とされてきた。このため、気象庁は、地震工学、地震防災、建築や放送・情報の各分野の有識者、関係団体、行政機関からなる「長周期地震動に関する情報のあり方検討会」(\*1、平成23年11月～平成24年3月、座長：翠川三郎東京工業大学名誉教授)及び「長周期地震動に関する情報検討会」(\*2、平成24年10月～平成31年3月、座長：福和伸夫名古屋大学減災連携研究センター長)を開催し、長周期地震動に関する情報の基本的なあり方、長周期地震動階級の作成、観測情報や予測情報の実用化のための技術的検討等を進めてきた。

これらの検討会の議論等を踏まえ、平成25年3月には、長周期地震動による高層ビルの室内の様相や体感の程度を示すため、絶対速度応答に基づく「長周期地震動階級」(\*3)を策定するとともに「長周期地震動階級関連解説表」(\*3)を作成した。また、「長周期地震動に関する観測情報」(\*4)について、気象庁のウェブサイトでの公表を開始し、地域ごと、観測点ごとの長周期地震動階級や、観測波形等を掲載した。加えて、アプリ事業者、消防機関等から、より早いタイミングで確実にデータを受領できるオンラインでのデータ提供を求められていることから、電文形式での情報発表についても予定している。

一方、緊急地震速報のように長周期地震動に対しても事前に予測情報を提供できれば、高層ビル等における災害の防止・軽減に効果を発揮することが期待できる。このため、気象庁では、平成25年度以降、長周期地震動の予測技術についての検討を行ってきた。平成29年3月に取りまとめられた長周期地震動に関する情報検討会の報告書においては、長周期地震動について「広く国民に警戒・注意を呼びかける予測情報」は気象庁が担うべきとされ、現行の緊急地震速報（警報）を発表する基準に長周期地震動階級の予測値（階級3以上）を追加することが適切とされた(図参照)。気象庁では、緊急地震速報で推定された震源要素を用いて、距離減衰式から即時的に予測地点の長周期地震動階級を予測する手法(\*5)を用いる予定である。今後は、この方針に従って、気象庁による予測情報の発表に向けて準備を進めていく。

加えて、個別ビル等への固有周期や地盤を考慮した多様なニーズに対応する予測情報の提供については、緊急地震速報（予報）と同様、民間の役割が重要である。平成29年11月より、気象庁と防災科学技術研究所が共同で予測情報の実証実験(\*6)を行っており、本年度以降は、民間事業者からも予測情報を提供する予定である。気象庁では、民間事業者による長周期地震動の予測情報を国民が安心して使っていただけるための制度作りを併せて行っていく。

### 文献

\*1) [https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/tyoshuki\\_kentokai/index.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/tyoshuki_kentokai/index.html)

\*2) [https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/tyoshuki\\_joho\\_kentokai/index.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/tyoshuki_joho_kentokai/index.html)

\*3) [https://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/ltpgm\\_explain/about\\_level.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/ltpgm_explain/about_level.html)

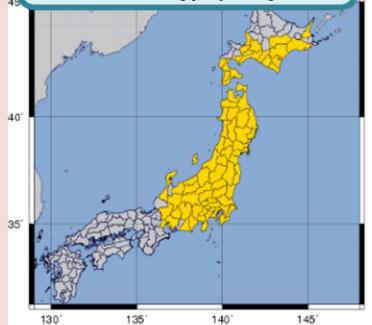
\*4) <https://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/ltpgm/index.html>

\*5) Dhakal et al.(2015), 日本地震工学会論文集, 15, 91-111.

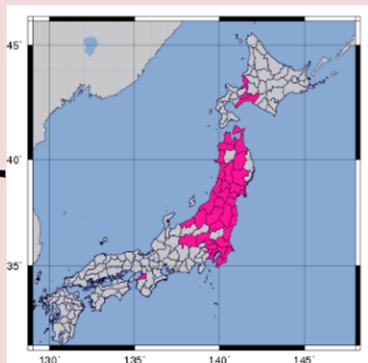
\*6) [https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/tyoshuki\\_joho\\_kentokai/ex/index.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/tyoshuki_joho_kentokai/ex/index.html)

## 【イメージ】平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の例

既存の緊急地震速報（警報）

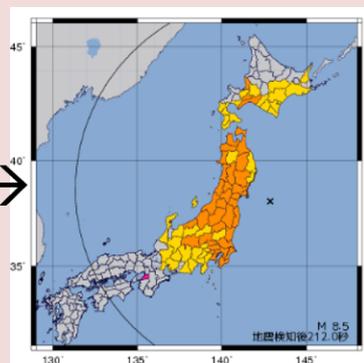


or



長周期地震動階級3  
以上が予想される領域

→



いずれかを満たす領域  
に警報を発表

最大震度が5弱以上と予想された場合に震度4以上が予想される領域※

・長周期地震動階級3以上が予測される場合にも  
緊急地震速報（警報）を発表

※既存の緊急地震速報（警報）の発表範囲はPLUM法導入後のシミュレーション結果であり、当日発表された範囲とは異なります。

---

joint session | Special session | S21. Long-Period Ground Motion -Generation Mechanism and Structural & Social Response-

## [S21]AM-2

chairperson:Yoshiaki Hisada(Kogakuin University), Takeshi Kimura(NIED)

Wed. Sep 18, 2019 10:45 AM - 12:00 PM ROOM A (Clock Tower Centennial Hall)

For some of the lectures, we will update the lecture information at a later date.

---

### [S21-06] Toward Practical Use of Realtime Long-Period Ground-Motion Prediction Information

\*Shin Aoi<sup>1</sup>, Takeshi Kimura<sup>1</sup>, Takashi Kunugi<sup>1</sup>, Wataru Suzuki<sup>1</sup>, Yadab P. Dhakal<sup>1</sup>, Naoto Koja<sup>2</sup> (1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Seismology and Volcanology Department, Japan Meteorological Agency)

10:45 AM - 11:00 AM

### [S21-07] リアルタイムスロッシング評価システムが捉えた長周期地震動

\*大保 直人<sup>1</sup>、高田 史俊<sup>2</sup> (1. 地震予知総合研究振興会、2. エイシンシステム株式会社)

11:00 AM - 11:15 AM

### [S21-08] Software for Predicting Damage and Supporting Emergency Response of High-Rise Building Considering Long-Period Ground Motion

\*Yoshiaki Hisada<sup>1</sup>, Masahiro Murakami<sup>1</sup>, Akira Kuriyama<sup>2</sup>, Yui Matsumoto<sup>2</sup>, Yuya Miyauchi<sup>2</sup> (1. Kogakuin University, 2. RC Solution Co.)

11:15 AM - 11:30 AM

### [S21-09] 近年発生した大地震時の強震記録に基づく国内の超高層集合住宅を対象とした広域的な非線形地震応答推定

\*村田 将一<sup>1</sup>、王 欣<sup>2</sup>、永野 正行<sup>3</sup> (1. 東京理科大学大学院 理工学研究科建築学専攻、修士課程、2. 東京理科大学 理工学部建築学科、助教 博士(工学)、3. 東京理科大学 理工学部建築学科、教授 博士(工学))

11:30 AM - 11:45 AM

### [S21-10] [INVITED]Problems to broadcast long-period earthquake motion information on TV

\*Kazunori Tanihara<sup>1</sup> (1. Nippon Television Network)

11:45 AM - 12:00 PM

## Toward Practical Use of Realtime Long-Period Ground-Motion Prediction Information

\*Shin Aoi<sup>1</sup>, Takeshi Kimura<sup>1</sup>, Takashi Kunugi<sup>1</sup>, Wataru Suzuki<sup>1</sup>, Yadab P. Dhakal<sup>1</sup>, Naoto Koja<sup>2</sup>

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Seismology and Volcanology Department, Japan Meteorological Agency

規模の大きな地震に伴い発生する周期数秒程度の長周期地震動は、周期1秒前後の揺れに比べて減衰しにくく、震源から離れた地点であっても大きな揺れをもたらすことがある。特に、大都市が位置する関東平野や大阪平野などの軟弱な地盤からなる大規模な堆積平野により大きく増幅され、高層ビルなどの長大構造物に被害をもたらすこともあことから、社会的影響が大きい。長周期地震動による被害の軽減には即時予測情報が重要であるが、現在の緊急地震速報の発表指標は震度のみであり、長周期地震動への対応はなされていない。気象庁では近い将来に、緊急地震速報と同様な予報・警報を長周期地震動に関しても出すことを計画しており、長周期地震動に関する情報検討会に多様なニーズに対応する予測情報検討ワーキンググループを設置するなどして検討を行ってきた。この中で長周期地震動に関する予測情報の将来の在り方として、国民にあまねく警戒・注意を呼びかけるために気象庁が直接提供する予測情報に加え、気象庁以外の事業者による利用者のニーズに応じた地点や高層ビル各階に対する予測情報やリアルタイムの観測データを利用した予測情報が必要であるとされた。我々は、気象庁以外の事業者による予測情報の提供について、予測情報の効果及び利活用方法の検証や課題の抽出・整理などを行うことに加え、長周期地震動の理解促進や長周期地震動階級の周知などを旨とした実証実験を実施した。気象業務法における予報業務を行う場合には気象庁の許可が必要なため、防災科研は気象庁と連携し、将来の予報業務許可事業者としての役割を防災科研が担うことで長周期地震動に関する予測情報を試験的に配信した。実証実験は大きく2種類から成っており、1つは「機械処理可能な予測結果を利用した実験」（以下、実験A）で、もう1つは「予測結果の分布図を利用した実験」（以下、実験B）である。

実験Aでは、Dhakal et al. [2015]による予測手法を実装した即時予測システムを開発し、緊急地震速報発報時に周期1.6~7.8秒の絶対速度応答スペクトルや長周期地震動階級の予測値をAPIにより配信した。また、リアルタイムの観測情報としてK-NET及びKiK-netによる地震波形データから1秒毎に逐次的に計算した絶対速度応答スペクトルと長周期地震動階級も同様に配信した。このシステムにより、利用者は時刻と位置や観測点名を指定し各値を取得できる。実験には11組12機関が参加し、配信した情報をもとに高層ビルの在館者や防災センターで勤務する人が地震時に配信情報を活用するためのシステム開発や、エレベーター制御システムでの活用の検討などが行われた。

実験Bでは、実験Aと同様の長周期地震動の予測値と観測値を1枚の地図上に合わせて可視化して長周期地震動による今の日本列島の揺れを把握できるWebサービスである長周期地震動モニタを開発し、このモニタを実際に利用するユーザーの募集を行った。募集は2017年11月~2018年3月と2018年10月~2019年3月の2期に渡って行い、それぞれ1,440名、1,924名の参加があった。また、利用状況や改善意見などを確認するためにユーザーに対するアンケート調査を行った。

実証実験では、予測情報を活用した高層ビルなどの施設管理関係者の情報収集やエレベーターの管理・制御を目的としたシステム開発が参加機関により実施され、長周期地震動の即時予測情報の必要性が改めて確認できた。さらに2011年東北地方太平洋沖地震を再現した予測情報と実測値の比較や検証も行われ、現地における観測で長周期地震動が検知されるよりも早い段階で対応判断に利用できる情報が入手できるなど、有効性も確認できた。また、実験Bのアンケート結果より、長周期地震動やその予測情報に対する参加者の理解促進に効果があったことも分かった。一方で、高層ビルなどが多く立地する首都圏をはじめとする大都市では大きな長周期地震動は実証実験期間中には観測されておらず、実地震によるリアルタイムでの効果の検証は行なわれて

いない。長周期地震動をリアルタイムで観測し即時予測する技術はほぼ確立しており、また、それらを有効に活かして防災につなげる官民での取り組みも進みつつある。今後も継続して情報の有効な利活用法を模索すると共に、早い段階で実用化につながることが望まれる。

--

\*--<sup>1</sup>, --<sup>2</sup>

1.-, 2.--

T2019-098

# Software for Predicting Damage and Supporting Emergency Response of High-Rise Building Considering Long-Period Ground Motion

\*Yoshiaki Hisada<sup>1</sup>, Masahiro Murakami<sup>1</sup>, Akira Kuriyama<sup>2</sup>, Yui Matsumoto<sup>2</sup>, Yuya Miyauchi<sup>2</sup>

1. Kogakuin University, 2. RC Solution Co.

## 1. はじめに

近年、南海トラフ巨大地震等の長周期地震動による超高層建築への被害が懸念されており、防災・減災のための事前のハード対策だけでなく、地震後に速やかに揺れや被害状況を把握し、適切な対応行動を可能とする事後のソフト的な対応策の推進が求められている。著者らは2018年度より工学院大学新宿校舎（28階建てS造）を対象として、防災科学技術研究所から得られた長周期地震動の予測・観測情報をもとに、各階の長周期地震動階級・層間変形角等の推定結果をタブレット端末に通知する等により、適切な初動対応を支援するシステム開発を行っている。ここでは開発した超高層建築の応答・損傷予測アプリ「びるゆれコール」のプロトタイプの報告を行う。

## 2. 超高層建築の応答・損傷予測アプリ「びるゆれコール」

図1に2018年度版の「びるゆれコール」の概念図を示す。まずアプリ側サーバには事前に対象建物の構造種別や階数、固有周期・刺激関数・減衰定数、さらに被害程度の判断基準値（構造的被害の基準となる層間変形角、および、室内被害の基準値となる震度・長周期地震動階級など）の情報を登録しておく。次にアプリ側サーバは常に防災科研の長周期地震動指標APIにより予測・観測情報をモニタリングしており、地震時には対象サイトの応答スペクトル等の情報を速やかに入手する。ここで予測情報とは、気象庁による緊急地震速報（震源データ）と長周期地震動の強震動予測式（Dhakalほか、2015）を用いて、250mメッシュごとに長周期地震動階級や絶対速度応答スペクトル等の情報である。一方、観測情報とはK-Net等による最寄りの観測データによる同様な情報である。

一方、対象となる超高層建築の応答・損傷予測として、地震時に更新される最新の予測・観測情報を用いて、建物各階の最大応答値や長周期地震動階級・震度（相当値）、層間変形角等の推定値をサーバにて計算し、その結果をタブレット端末に通知する。建物各階の応答値は、予測・観測情報による絶対速度応答スペクトルから応答スペクトル法よりサーバ側で計算する。今回対象としている工学院大学新宿校舎の1～3次の固有周期が約3, 1, 0.5秒であり、提供される長周期地震動の最小周期が1.6秒であるため、ここでは1次モードのみで計算を行う。刺激関数等は経験式（例えば、2014大宮ほか、）を用いて、ここでは減衰定数は3%とした。

計算された建物の応答推定値は、タブレット端末でのクライアント側アプリに自動的に表示・更新される。例として図2は予測情報受信時の画面であり、受信者がいる階（低～高層階）に対応した長周期地震動階級・震度（相当値）、揺れの到達予測時間、想定される層間変形角と震度等による構造・室内被害程度と、事前に計画した望まれる対応行動を促すメッセージが表示される（現在、震度は防災科研提供の地表震度のみ表示）。さらに観測情報受信時にも同様な情報が自動的に表示される。一方、管理者用アプリの画面では、サーバにアクセスすることで過去3日分の全ての予測・観測情報による応答推定値を確認し、初動対応に活用することができる。

## 3. おわりに

今後、開発アプリは工学院大学新宿校舎で試験運用され、その後、一般ユーザーへの適用を検討する予定である。発表当日は適用と検証事例等も紹介する予定である

謝辞：本研究は、官民連携研究開発投資拡大プログラム（PRISM）に基づき、防災科学技術研究所が主催して

いる公募研究「長周期地震動に関する観測・予測情報の利活用技術開発に関する研究」として実施しています。

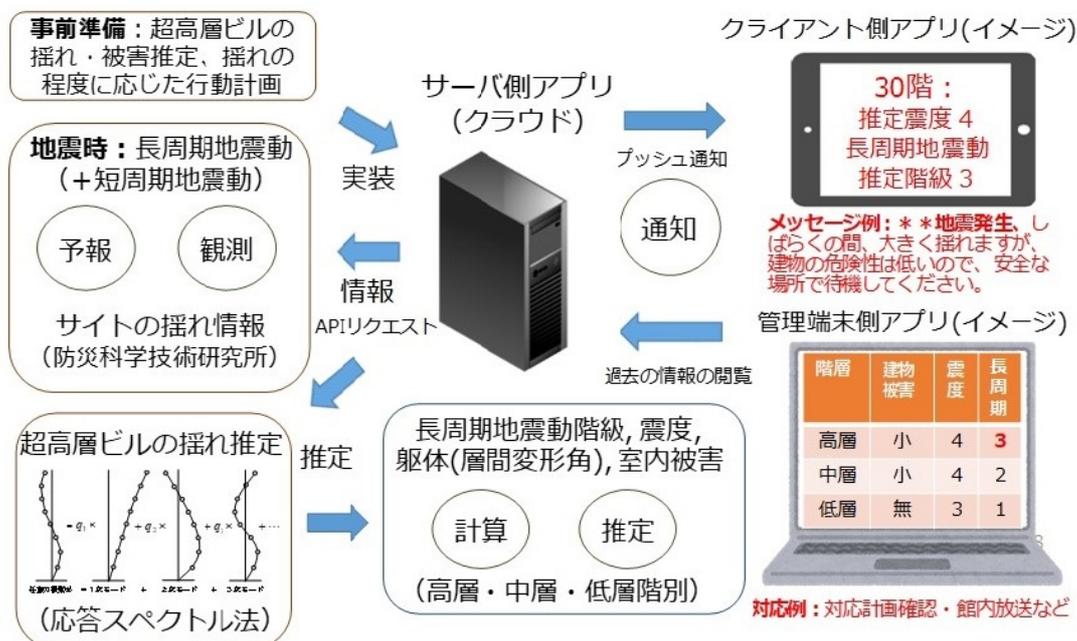


図1 長周期地震動による超高層建築の応答・損傷予測アプリ「びるゆれコール」の概念図



図2 「びるゆれコール」プロトタイプクライアントアプリ画面 (タブレット端末: 予測値受信時)

-

\* --1, --2, --3

1. -, 2. --, 3. ---

T2019-096

# Problems to broadcast long-period earthquake motion information on TV

\*Kazunori Tanihara<sup>1</sup>

## 1. Nippon Television Network

テレビは「即座に」「不特定多数に対して」「映像と音声でわかりやすく」伝えることが得意なメディアである。それゆえ災害時の情報伝達としては「被災地の生命を守る」役割を担ってきた。一番わかりやすい例は、一定震度以上の地震が起きると、どんなテレビ番組の放送中でも画面の上位置に「震度〇 □□県△部」などの文字情報が表示される速報スーパーだ。震度の速報スーパーは、既に地震が発生して地上が揺れた「後（あと）」に発表される情報だが、緊急地震速報や津波警報などは、揺れ発生や津波到達の「前」に発表される可能性があり「被災地の生命を守る」という点では、より迅速性が求められるため、民放ではCM中でも速報スーパーが放送される。

近い将来、ここに長周期地震動情報が加わることになった。これまでの震度情報をテレビで伝える場合は「場所による揺れの違い」という“二次元”でなんとか処理出来た。しかし長周期地震動情報は、それに加えて「高さによる揺れの違い」をどう伝えるか？ という新たな課題をクリアすることが、テレビに求められる。

### 長周期「予測情報」をどう伝えるか？

強い揺れの予測情報、つまり緊急地震速報（警報）について、テレビ局は気象庁から電文が届くと、人間の手を介さず「そのままコンピューターで解析、画面を作成し放送する」自動放送を行っている。これは秒単位の猶予時間しかない場合でも、可能な限り「被災地の生命を守る」放送を行うためである。

長周期地震動の予測情報も「揺れに備える」という性格は緊急地震速報と同じだ。気象庁は階級3以上のものについては、緊急地震速報（警報）に含めることにした。情報を受け取った際の防災行動についても、気象庁は「安全な場所で揺れに備えるという行動は、長周期地震動でも（従来からの）緊急地震速報と同じ」としている。

では伝え方はどうだろうか？ 緊急地震速報は図のように、文字情報と地図情報の組み合わせで伝えられている。情報の受け手である視聴者が取るべき防災行動が同じなことから、従来からの緊急地震速報も長周期も「ひとまとめ」で伝えても支障がない、という考え方も成り立つ。一方、通常の揺れでは対象外でも長周期では対象となるエリアの場合、防災行動を取る必要があるのはビルやマンションの高層階にいる人だが、「ひとまとめ」で伝えると、普通の民家に住む人も慌てるかもしれない。丁寧に説明すれば良いと言われればその通りだが、「秒単位の猶予」が前提の緊急地震速報の放送に時間的な余裕はない… 従来からの緊急地震速報は「情報に名前が挙がったエリアでは、全ての人が行動指示の対象者」だったが、「高さによる揺れの違い」がある長周期地震動の予測情報では「地名だけでは過不足なく伝えられない」という課題が生まれる。

### 長周期「観測情報」では、さらに…

長周期地震動では、もうひとつ、長周期で「揺れた結果」である観測情報も発表される。気象庁によると、地震発生から約10分後という「震度に続く」早いタイミングで出るそうで、地震直後の高層階の被害確認や救助

対応のためには、広く知ってもらうことが必要な情報だ。

だが情報文の構成を見ると、揺れの発表単位は「ブロック別（□□県△部）」で、揺れの程度は「階級4～1」と数字であらわす。「震度に続く」タイミングに「極めて震度と似た」形で発表される。テレビやラジオの音声で、両方とも大きい方から順に読んだ場合、震度情報と長周期地震動観測情報、どこがどう違うのか？ 識別するのは困難だ。そして、震度情報はこれまで“慣れ親しんできた積み重ね”のアドバンテージがあるため、“新参者”の長周期の観測情報が埋没してしまうおそれがある。その対策として今回、長周期観測情報のなかに“特出し”の段落が作られた。「震度4以下だけど、長周期階級3以上」というグルーピングだ。

さらに「極めて震度と似た」という悩みは、地図を使った表示でも同じだ。長周期地震動を「わかりやすく」伝えるための試行錯誤は尽きない。

