

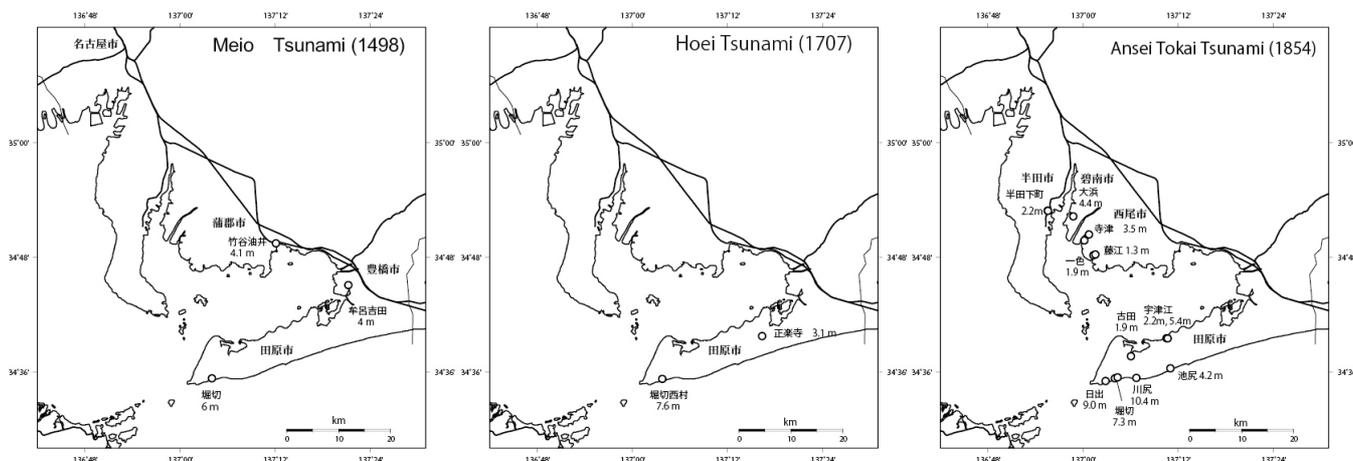
## 明応(1498), 宝永(1707), および安政東海(1854)地震による愛知県海岸での津波高 Tsunami heights distributions of the 1498 Meio, the 1707 Hoen, and the 1854 Ansei-Tokai earthquakes in Aichi prefecture

都司 嘉宣<sup>1\*</sup>, 矢沼 隆<sup>2</sup>, 平畑 武則<sup>2</sup>, 今村 文彦<sup>3</sup>Yoshinobu Tsuji<sup>1\*</sup>, Takashi Yanuma<sup>2</sup>, Takenori Hirahata<sup>2</sup>, Fumihiko Imamura<sup>3</sup><sup>1</sup> 深田地質研究所, <sup>2</sup> パスコ, <sup>3</sup> 東北大学災害科学国際研究所<sup>1</sup>Fukada Geolog. Inst., <sup>2</sup>PASCO, <sup>3</sup>IRIDeS

愛知県は、東海地方の中部にあり、歴代の東海地震の地震、津波の被害を受けていたと考えられるが、静岡県や三重県のように詳細な津波浸水高さの調査研究が行われてこなかった。本研究では、新収日本地震史料(第1巻, 第3巻別巻, 第5巻別巻 5-1, 東大地震研, 1981, 1983, および 1987)に紹介された古文書文献の中から、愛知県での津波の記述を抜き出し、それらの各地点での浸水高さを測定した。古文書に津波記事の書かれた地点に対しては、明治中期発行の5万分の一地形図と、平凡社刊の大地名辞典である「愛知県の地名」によって、江戸期の総戸数、支配関係などを予備調査し、現地を訪れることとした。VRS-GPSを用いて地盤高さ、および位置の測定を行った。本研究では、被害状況のみから津波浸水高さを机上作業のみによっておよそ推定するという方法はいっさい採用しなかった。到達水位が「床上」あるいは「縁の上」などの記録がある場合、床や縁の高さは、その家の敷地上0.7 m上方にあると推定した。また、1つの集落街区の過半数の木造家屋の津波による倒壊、流失があったときには、津波による冠水は2.0 mであったと仮定した。この仮定は近代に我が国で起きた津波事例からの経験に基づくが、この値が冠水の最低値であることから、実際の浸水高はこれを大きく上回っていた可能性がある。以上の手続きによって得られた、愛知県の海岸線を襲った明応地震(1498)、宝永地震(1707)、および安政東海地震(1854)の3度の歴史津波の浸水高さ分布を図に示す。明応津波(1498)の水位判明点は、渥美半島先端付近の田原市堀切での6 m、豊橋市牟呂吉田での4 m、蒲郡市竹谷町油井での4.1 mの3点である。宝永津波(1707)は、田原城下の正楽寺(田原市東赤石2丁目74)の境内に浸水したという記録による3.1 m、および民家30軒流失、死者2人を出した堀切村(現在田原市堀切)の西部での7.6 mという2点での浸水高さが判明した。安政東海地震(1854)に対しては渥美半島、および三河湾沿岸の12点で津波浸水高さが判明した。渥美半島の太平洋側の海岸線にある田原市和地町川尻で10.4 mの津波浸水高さがあった。本研究は(独)原子力安全基盤機構(JNES)からの委託業務「平成24年度 津波痕跡データベースの高度化-確率論的津波ハザード評価に係る痕跡データの収集と調査-」(代表 今村文彦)の成果の一部を取りまとめたものである。

キーワード: 明応地震, 宝永地震, 安政東海地震, 津波, 歴史地震

Keywords: the 1498 Meio Earthquake, the 1707 Hoen Earthquake, the 1854 Ansei Tokai Earthquake, Tsunami, Historical earthquakes



## 高知平野の浅層地盤構造推定のための常時微動H/Vスペクトル比解析で得られた高密度卓越周期分布

### H/V spectral analysis based on high density micro-tremor observations in Kochi Plain

大石 佑輔<sup>1\*</sup>, 高橋 宏和<sup>1</sup>, 山品 匡史<sup>2</sup>, 久保 篤規<sup>2</sup>

Yusuke Oishi<sup>1\*</sup>, Hirokazu Takahashi<sup>1</sup>, Tadashi Yamashina<sup>2</sup>, Atsuki Kubo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 高知大学理学部, <sup>2</sup> 高知大学理学部附属高知地震観測所

<sup>1</sup> Faculty of Science, Kochi Univ, <sup>2</sup> Kochi Earthq. Obs., Fac. of Sci., Kochi Univ

高知平野は南海地震の震源域近傍に位置し、軟弱地盤が厚く堆積している為、南海地震の際に強震動による災害が危惧されている。本研究では、ボーリングに比べて設備が安価で、測定が容易なことから、高密度で観測が可能な単点での常時微動H/Vスペクトル比の解析を多数実施することで、得られた高知平野の卓越周期分布と、既存のボーリング資料による高知平野の地盤モデルとの比較を行った。

用いた常時微動波形データは、昨年の本大会での報告(大石・他, SSS26-P12)に用いた380点に、320点を追加した、合計700点分である(2013年2月現在)。図1は、常時微動H/Vスペクトル比の解析から得られた高知平野における卓越周期分布である。本結果では、浦戸湾周辺で卓越周期が1.3秒前後と長くなる傾向が見られる。この特徴は既存のボーリング資料を用いた地盤モデル(例えば、大堀・他, 2013, 日本地震学会論文集, 13, 52-70)で示されている。また、高知平野西部は他の地域と比べて0.4秒前後と卓越周期は短い、密度の高い測定を行った結果、その中でも局所的に大きな変化が認められた。

単点での常時微動H/Vスペクトルを高密度に測定することで、ボーリング資料のみでは把握できていない高知平野における地下構造の詳細なパターンを検知できつつある。現在のハザードマップや震度予測に用いられている構造モデルは、こうした詳細な構造は反映されていない。本研究で得られる結果を用いることで、高知平野の地盤構造モデルが詳細化し、ハザードマップ等の改善に役立つことが期待される。

今後は200mメッシュ程度まで観測点数を増やし、アレイ観測も併用しつつ地盤構造モデルを改善し、サイト増幅特性の評価向上を目指す計画である。

#### 謝辞

高知大学農学部の原忠准教授、北村暢章さん、ならびに株式会社ニュージェックの方々にご提供頂きました南国市における常時微動観測のデータを、本研究の解析に使用させていただきました。ここに感謝の意を表します。

キーワード: 地盤構造, H/V スペクトル, 強震動, 高知平野, 卓越周期

Keywords: Soil/Basement Structure, H/V spectra, Strong Motion, Kochi Plain, Dominant period

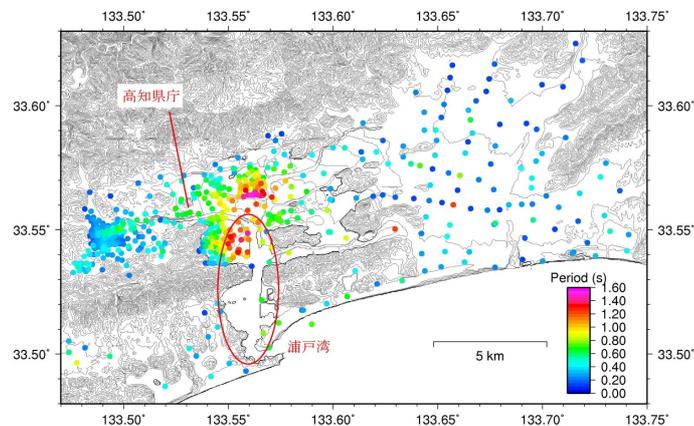


図1 高知平野における常時微動H/Vスペクトルの卓越周期分布

## ピークモーメントレート分布にもとづく2011年東北地方太平洋沖地震の特性化震源モデル

### Characterized source model for the 2011 Tohoku earthquake based on peak moment rate distribution

吉田 邦一<sup>1\*</sup>, 宮腰 研<sup>1</sup>

Kunikazu Yoshida<sup>1\*</sup>, Ken Miyakoshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (一財) 地域 地盤 環境 研究所

<sup>1</sup> Geo-Research Institute

#### 1. はじめに

強震動予測に用いられる震源モデルの設定は、主に内陸地殻内地震を対象に、強震動生成領域（以下 SMGA）とアスペリティ（ここでは Somerville et al. (1999, SRL) の定義によるすべり量の大きな領域）がほぼ対応していることに基づいている。ところが、2011年東北地方太平洋沖地震では、周期数秒以下の短周期成分を対象として求めた震源モデル（例えば Kurahashi and Irikura, 2011, EPS）では島弧寄りの比較的深部に SMGA が推定されているのに対し、周期 20 秒以上の長周期成分を対象に求めた震源モデル（例えば Yoshida et al., 2011, EPS）ではすべり量の大きな領域は海溝沿いの浅い領域に求められている。この地震では、SMGA との対応を考え、吉田・他 (2011, 地震学会) が観測記録から求めた震源モデルから、モーメントレート関数のピーク値に基づいた領域の抽出を提案している。この続きとして、本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震を対象に、Yoshida et al. (2011, EPS) の強震観測記録からインバージョンで求めた震源モデル（以下、逆解析震源モデル）をもとに、震源のパラメータを含め特性化震源モデルを構築し、この地震の周期 10 秒以上での観測記録の再現に必要な特性化震源モデルの構築手法について検討する。

#### 2. すべり分布に基づいた特性化

まず、逆解析震源モデルのすべり分布から、Somerville et al. (1999) に従い、アスペリティを取り出した。すべり時間関数にスムーズランプ関数を用い、パルス幅を、 $2M_0/M$  として与えた。ここで、 $M_0$  はアスペリティ内部の小断層ごとのモーメントの平均、 $M$  はアスペリティ内の小断層ごとのモーメントレート関数の最大値の平均である。この方法で、震源時間関数のパルス幅にアスペリティ内で 57.2 秒、背景領域で 39.8 秒を設定した。破壊伝播速度は 2.5 km/s とし、断層面全体で同心円状に伝播させて計算した。計算された速度波形では、周期 50 秒以上のトレンドは再現しているものの、周期 20 秒程度の（相対的に）短周期の成分が再現されない。

#### 3. ピークモーメントレートに基づいた特性化

すべり分布の代わりに、ピークモーメントレート分布を用いて、Somerville et al. (1999) と同様の手順で領域を切り出した震源モデルで検討する。ここでは、このピークモーメントレート分布から切り出した領域を HRA (High moment/slip Rate Area) と呼ぶことにする。切り出された HRA は 4 つあり、断層面全体に対し約 30% の領域を占める。4 つの HRA のうち最大の HRA1 は、すべり量分布から求めたアスペリティとほぼ同一である。一方、HRA2~4 は断層面の深部側に位置し、領域の面積は小さいものの、モーメントレートの最大値は HRA1 とそれほど大きな違いがない。

特性化震源モデルでは各 HRA および背景領域のモーメントには切り出した HRA での逆解析震源モデルによるものを与えた。すべり時間関数には、前節と同様にしてパルス幅を定義したスムーズランプ関数を用いた。HRA ごとに設定したすべり時間関数と逆解析震源モデルのそれとはおおむね対応する。

破壊伝播は前節と同様に 2.5 km/s で同心円状破壊を仮定して波形を合成したところ、最大振幅を示す時刻を全く説明できなかった。逆解析震源モデルの破壊過程は複雑であり、波形の再現のためにはある程度これを模擬する必要がある。

そこで HRA 毎および背景領域でそれぞれ破壊伝播を設定して波形合成を行った。破壊伝播速度は、背景領域で 2.5 km/s、HRA 内部では 0.8Vs とし、位相を観測記録に合わせるために時間オフセットを設定した。このモデルによる計算の結果は、多くの観測点で最大速度のパルスの到達時刻を説明できている。また、特に破壊開始点に近い宮城県観測点において、周期 20 秒程度の短周期成分についても波形の特徴をある程度再現できている。これは、深部の HRA (HRA2~4) のパルス幅が比較的短いのに対しモーメントレート（すべり速度）が比較的大きいため、宮城県付近の観測点で大振幅の波として表れているためである。ただし、パルスの振幅は観測値に比べやや小さく、また、HRA に比べて地震動への背景領域の寄与が大きいので、今後、震源モデルを含めて検討・改良する必要がある。

このような問題はあるものの、HRA をもとに特性化震源モデルを構築し、破壊伝播について検討することで、すべり分布をもとにした特性化震源モデルと比べ、観測記録の再現性を向上させられた。

謝辞: 防災科研および北大のデータを利用した。この研究は原子力安全基盤機構からの委託研究による成果の一部である。

キーワード: 特性化震源モデル, ピークモーメントレート, 強震動, 巨大地震

Keywords: characterized source model, peak moment rate, strong ground motion, megathrust earthquake

## 震度分布を用いた震源断層の広がりへの拘束

## Constraining the extent of an earthquake source fault with seismic intensity distribution

中原 恒<sup>1\*</sup>, 神田 克久<sup>2</sup>Hisashi Nakahara<sup>1\*</sup>, Katsuhisa KANDA<sup>2</sup><sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 小堀鐸二研究所<sup>1</sup> Graduate School of Science, Tohoku Univ., <sup>2</sup> Kabori Research Complex

大・中地震が発生すると、地震・地殻変動・津波などのデータの逆解析により、有限断層のすべりモデルが求められる。このように推定された有限断層モデルは、強震動や津波予測にあたっての重要なデータベースとなっている。しかし、2011年東北地方太平洋沖地震から学んだ教訓の一つは、地震現象をより長い時間尺度でとらえ、近代観測以前の歴史地震からでもできるだけ多くの知見を引き出す必要があるということであった。その様な観点に立つと、歴史地震について断層面の広がりや断層の深さを評価することは、将来発生する可能性のある地震の強震動や津波の評価に貢献するものと期待される。このような取り組みについて、すでにいくつかの研究が行われている。たとえば、神田・他(2003)は、等価震源距離を用いた震度の距離減衰式に基づき、仮定した断層面上におけるエネルギー放出分布を震度分布から推定する手法を構築し、1944年東南海地震、1946年南海地震へ適用した。彼らは、この手法の適用により、多くの歴史地震のエネルギー放出分布を明らかにしている。また、徳光・他(2006)は、断層最短距離を用いた震度の距離減衰式に基づき、1828年三条地震の震度分布を最もよく説明する断層モデルを推定している。菅原・植竹(2009)はこの手法を1751年越後・越中の地震に適用している。本研究の考え方は、徳光・他(2006)の考え方に近いが、断層面であるプレート境界の幾何形状が比較的良好に分かっている海溝型地震への適用を考えること、断層面の広がりや断層の深さを求める際に逆投影的な手法を用いている点に異なる。本研究では、歴史地震への適用の前に、まずは近代観測のデータにより有限断層モデルが求められている地震について、この手法の適用可能性について検証することを目的とする。

まず翠川・他(1999)による地動最大速度PGVと計測震度の関係式を用いて、司・翠川(1999)のPGVの距離減衰式を計測震度の距離減衰式に変換する。その際、断層最短距離を用いる。これは地震調査委員会により「全国を概観した地震動予測地図」で用いられている手法と同じである。考慮している地震のマグニチュード、深さ、地震タイプを与えると、距離減衰式を利用して、ある場所の計測震度から断層最短距離が求められることになる。プレート境界型地震を対象とするので、プレート境界面上に節点を配置し、一つの節点が一つの観測点からの断層最短距離の条件を満たす場合にはその節点のスコアを1つ上げる。その際、±5kmの誤差は許容する。この計算をすべての観測点と節点に対して繰り返し、結果として多くのスコアを持つ節点が高い確率で断層の端であると考えられる。これは逆投影の考え方に近い。またこれを図式的に理解すると、すべての観測点から断層最短距離と同じ半径をもつ球を描き、それらがプレート境界面と重なる点が断層の輪郭を描くものと考えられる。もちろん、計測震度にはローカルな地盤の影響が含まれており、その影響を補正する必要がある。例えば、神田・他(2003)のように相対震度(震度増分)を用いることや、徳光・他(2006)のように地形分類に基づく補正などが考えられる。なお断層最短距離を用いるため、PGVに寄与するのはその観測点に最も近い断層の端であるという考え方に基づいている。また特に海溝型地震の場合には、観測点が陸側に集中するため、主に断層の深部端が求められるものと予想される。

本研究では、測地・地震・津波・観測データがある1944年東南海地震(M7.9)、1946年南海地震(M8.0)を解析した。これらの地震の断層モデルとして、主に地殻変動データにより断層の深部端が拘束されていると考えられるAndo(1975)のモデルを参照した。この形状に沿って、しかし領域はかなり広めにとり、面上に1km間隔で節点を配置した。震度データは、神田・他(2003)によるものを用いた。距離減衰式で用いる深さは、2つの地震とも20kmとした。また $V_{s30}$ は600m/sの値のままで、現時点ではローカルな地盤の影響を補正していない。結果として、震度6のデータは数が少なく、断層面の広がりや断層の深さを拘束することができなかった。震度4のデータでもうまく拘束できなかった。震度5のデータを用いた場合は、断層面の水平方向と浅部の端を捉えることができなかったが、深部の端をイメージすることができた。ただしAndo(1975)のモデルと比べると、10km程度深めに推定している。そのため、地盤特性の補正やより精緻なプレート形状を考慮する必要があるのかもしれない。

本研究では、1944年東南海地震、1946年南海地震を対象として、震度分布から震源断層の広がりや断層の深さを拘束する試みを行った。その結果、震度5の領域の広がりや断層の深部端についての情報を抽出できることがわかった。今後、この手法を歴史地震へ適用したいと考えている。

キーワード: 震度分布, 有限断層, 歴史地震

Keywords: Seismic intensity distribution, finite fault, historical earthquakes

## 津波波源モデルの違いによる津波挙動の差異の評価 Evaluation of difference in tsunami response , among tsunami source models

藤原 了<sup>1\*</sup>, 田宮貴洋<sup>1</sup>, 是永真理子<sup>1</sup>, 秋山伸一<sup>1</sup>, 國司晴生<sup>1</sup>  
Satoru Fujihara<sup>1\*</sup>, Takahiro Tamiya<sup>1</sup>, Mariko Korenaga<sup>1</sup>, Shinichi Akiyama<sup>1</sup>, Haruo Kunishi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 伊藤藤忠テクノソリューションズ(株)  
<sup>1</sup> ITOCHU Techno-Solutions Corp

2011年東北地方太平洋沖地震(以後,3.11地震と呼ぶ)以降、巨大津波に対する防災対策(安全なインフラ施設候補地選定、津波災害避難経路策定、インフラ施設設計における部材強度評価など様々な用途)を進める上で、津波シミュレーション技術の重要性は増している。津波シミュレーションから得られる知見に基づいて津波防災対策を検討する際には、海底および陸上の地形データに加えて、どのような波源モデルを用いて津波シミュレーションが行われているか、注意深く検討する必要がある。現状では、津波シミュレーションの波源を設定する際には、断層全体に平均滑りを仮定するモデルや不均質滑り分布を考慮した静的モデル、さらには破壊伝播を考慮した不均質滑りモデルを用いるなど幾つかの方法が存在する。これらの方法によって設定される津波波源は各々異なる特徴を有するため、津波の挙動にも差異が生じると考えられる。

そこで、本報告では、幾つかの既往津波波源モデルを用いて津波シミュレーション解析を行い、津波波源モデル間において、津波挙動についてどの程度の差異が生じるのかについての検討を行う。本シミュレーションでは、福島県相馬港を対象に3.11地震の幾つかの既往津波波源モデル([1],[2]など)を用いて津波解析を行い水位分布や波圧分布などを算出し、津波波源モデル間での差異について評価を行う。波圧算定には、相馬港を対象とした既往の津波解析[3]で用いられた谷本ら(1984)の評価方法[4]をここでは仮定した。解析の結果、陸上周辺の最大津波水位・浸水深や波圧について、津波波源モデル間で有意な差異が確認された。

陸上付近の津波挙動は非常に複雑な現象であり、今回の解析では浅水理論による津波解析と実験経験則に基づき津波挙動についての相対差を評価したが、より詳細な評価については、3次元的な津波挙動を評価する手法を用いて解析が行われる必要がある。

キーワード: 津波シミュレーション, 2011年東北地方太平洋沖地震, 津波波力  
Keywords: Tsunami simulation, The 2011 Tohoku-Oki earthquake, Tsunami wave force

## 確率論的津波ハザード評価における不確実さの取り扱いについて The uncertainties in the probabilistic tsunami hazard evaluation

是永 真理子<sup>1\*</sup>, 阿部 雄太<sup>1</sup>, 橋本 紀彦<sup>1</sup>, 秋山 伸一<sup>1</sup>, 藤原 広行<sup>2</sup>

Mariko Korenaga<sup>1\*</sup>, Yuta Abe<sup>1</sup>, Norihiko Hashimoto<sup>1</sup>, Shinichi Akiyama<sup>1</sup>, Hiroyuki Fujiwara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社, <sup>2</sup> 防災科学技術研究所

<sup>1</sup> ITOCHU Techno-Solutions Corporation, <sup>2</sup> NIED

本研究では、津波波高に関する日本全国を対象とした確率論的津波ハザード評価において必要となる不確実さの取り扱いについて検討した。

確率論的津波ハザード評価では、沿岸での津波波高をシミュレーションにより推定し、これに各種の不確実さを加味した確率モデルよりハザードカーブを作成する。津波シミュレーションでは、設定した波源モデルを元に計算される地殻変動を初期波源として、ハザード評価の対象とする沿岸（最も陸地よりの海域格子）での津波高を算出する。得られた計算値には波源モデルの設定方法、海底地形データ、地形モデルの離散化、2次元伝播計算手法による不確実さが内在する。これらの不確実さをハザードカーブで考慮することを目的として、ばらつきの大きさの定量的評価を実施する。

確率論的津波ハザード評価に用いるのは、特定の津波波源による特定の観測点での津波高さについての不確実さのばらつきである。これを検証するには同じ位置・同じ規模で繰り返し発生する津波の観測記録が必要である。しかし、実際には、検証のための津波観測記録が不足している。このため、本検討では、時間的なばらつきと空間的なばらつきが等しいとするエルゴード性を仮定することにより、既往津波による観測記録と計算結果の残差の空間的なばらつきを求めることで定量的評価を行う。ここでは、観測記録の豊富さと精度の高さから2011年東北地方太平洋沖地震津波を採用し、既往研究の再現モデルから得られる計算波高と観測記録の比較をばらつきの指標として利用する。

謝辞

本件は、防災科研において進められている「全国を対象とした津波ハザード評価」の一環として実施された。

キーワード: 津波, 確率, 不確実さ

Keywords: Tsunami, Probability, Uncertainty