



2015年8月3日

報道機関 各位

東北大学災害科学国際研究所

沿岸にサンゴ礁がある地域で、 波浪災害のリスクを再評価する必要性

東北大学災害科学国際研究所（IRIDeS）のローバー・フォルカ助教及びブリッカー・ジェレミー准教授が、超大型台風下で津波のような破壊力を持つ波が、なぜ、どのように発生するかを分析し、その結果、この現象は「サーフビート」で明快に説明できることを解明しました。主なポイントは以下の4点です。

- 1) 台風下で発生する高波が、サンゴ礁など沖側の勾配が急な斜面で砕けると、津波のような破壊力を持つ波「津波状サーフビート」を発生させることがあります。
- 2) 沿岸にサンゴ礁がある地域では、通常の台風襲来時においては、サンゴ礁が波浪のエネルギーを軽減し、被害を防ぐ働きをすることが知られています。しかし、超大型台風の場合は、サンゴ礁の存在により、波浪被害がむしろ悪化する可能性があります。
- 3) 現在、ハザードマップ作成等のために世界で汎用されている「波浪位相平均シミュレーション」は、平均的な波浪にのみ基づいており、本研究が着目した「津波状サーフビート」が考慮されていません。
- 4) 今後、サンゴ礁など沖側の勾配が急な海岸を持つ地域（沖縄・ハワイなど）で、波浪災害のリスクを正しく推定するためには、本研究で使用した高度な数値計算手法「波浪位相再現可シミュレーション」を用いる必要があります。

本研究は2015年8月6日に英国の科学雑誌「Nature Communications」電子版に掲載されます。

【問い合わせ先】

東北大学災害科学国際研究所
助教 ローバー・フォルカ（英語対応）
メール：roeber@irides.tohoku.ac.jp

准教授 ブリッカー・ジェレミー（日本語・英語）
メール：bricker@irides.tohoku.ac.jp
電話：022-752-2088

広報室 中鉢（日本語・英語）
メール：koho-office@irides.tohoku.ac.jp
電話：022-752-2049

【詳細】

東北大学災害科学国際研究所 (IRIDeS) のローバー・フォルカ助教及びブリッカー・ジェレミー准教授が、超大型台風下で津波のような破壊力を持つ波が、なぜ、どのように発生するかを分析し、その結果、この現象は「サーフビート」で明快に説明できることを解明しました。

ヘルナニ村は、フィリピン東サマル島にある漁村です (図 1)。ここでは、従来村沿岸部に存在するサンゴ礁が、太平洋で発生する高波から村を守る働きをしてきました。

しかし、2013年11月、フィリピンの観測史上最大級の台風であった「台風ハイエン」の襲来時は、津波のような破壊力を持つ予想もしなかった波が発生し、村が浸水しました (図 2 ; Gensis, 2013)。この波の周期は数分におよび通常の高波 (数秒~20 数秒) より極めて長かったことがわかりました。この時、地震や地滑りが起きた観測記録はなかったことから、実際に津波が発生したとは考えられません。ヘルナニ村沖は、水深が急に深くなる地形であることから、この津波のような波が、気象津波 (Monserat et al., 2006; Hibiya and Kajiura, 1982) や高潮が原因で起きた可能性も否定されます (注 1)。

(注 1) 湾が遠浅であれば、気圧・風により高潮が発生しやすいことが知られています (例えば、図 1 のレイテ島・タクロバン市や、伊勢湾台風、ハリケーン・カトリーナにおける高潮被害など)。

本研究が用いた理論

以下の4つの理論に基づいて研究を行いました。

1. 入射する高波群の周期に伴って、海面が上下に振動する。この長周期重力波は、サーフビートと呼ばれる (Longuet-Higgins & Stewart 1962)。
2. サンゴ礁上の共鳴周期がサーフビートの周期に近い場合、サーフビートが拡大する可能性がある (仲座・日野1991、Nwogu & Demirbilek 2010)。
3. サーフビートが陸に遡上すると、津波状の流れになる場合がある (仲座・日野1991、van Dongeren et al. 2007)。
4. サーフビートの上に、高波も重なって遡上する (本研究で立てた仮説)。

手法

2014年5月、地形・水深データを収集するために、ヘルナニ村で現地調査を行い、高精度GPS測量機器を用いて、陸上とサンゴ礁上の地形を測量し、超音波水深計およびGPSを用いてサンゴ礁斜面の水深を測量しました。また、気象庁の台風トラックデータをHolland (1980) モデルに基づいて計算し、台風の気圧・風速分布を再現しました。流体シミュレーション・DELFT3D (注2) および位相平均波浪シミュレーション・SWAN (注3) を組み合わせ、台風の気圧・風速分布データおよび潮位を入力しただけでは、ヘルナニ村に発生した津波状の激しい水流 (図2) は再現できませんでした (図3a)。

しかし、SWANにより出力された沖側での波浪スペクトルを、ブシネスク位相再現波浪シミュレーション・BOSZ（注4）（Roeber and Cheung, 2012）の境界条件として用いて計算を行ったところ、図2に近い水流を再現できました（図3b）。なお図4は、図2の家屋に津波状サーフビートが衝突した時のスナップショットです。

（注2） DELFT3D：オランダのデルフト工科大学で開発された数値モデル。強風・低気圧によって引き起こされる高潮をシミュレーションします。

（注3） SWAN（Simulating Waves Nearshore）：これもデルフト工科大学で開発された数値モデルで、台風等の際の、波浪の統計的特徴をシミュレーションします。陸付近の波浪につき、高さ・持続時間・伝播方向等を、平均的波浪として算出しますが、個別の波浪については考慮しません。

（注4） BOSZ（Boussinesq Ocean & Surf Zone）：ローバー・フォルカによって開発された数値モデル。陸に打ち上げられる個別の波浪をシミュレーションします。計算に時間はかかりますが、個別の波浪が作用しあった結果として起こる、本研究で注目した津波のような破壊力を持つ波も算出できます。

実際のサンゴ礁地形と、礁の幅などを変化させた仮想サンゴ礁地形を用い、BOSZシミュレーションで解析したところ、ヘルナニ村のサーフビートとサンゴ礁地形は、共鳴しなかったことがわかりました。これは従来の研究（仲座・日野1991；Nwogu and Demirbilek, 2010）と異なる結果です。ヘルナニ村の場合、サーフビートは入射する高波群の周期によって上下に振動しましたが、この周期はサンゴ礁地形の共鳴周期と異なることが判明しました。ヘルナニ村のケースでは、サンゴ礁斜面の海底地形が急勾配のため、サーフビートが拡大したと考えられます。この理由は、波浪が減衰することなくサンゴ礁に接近して急に砕波すると、強いサーフビートが発生する（Schaeffer, 1993）からであると考えられます。地形条件を変化させて様々な条件をシミュレーションしたところ、ヘルナニ村のサンゴ礁幅が実際の半分という条件下では強い共鳴が起こり、より破壊的なサーフビートが発生しうることもわかりました。つまり、条件によっては、もっと破壊的な被害が出る可能性もあることが判明しました。

シミュレーション上で台風ハイヤンの規模を変化させてみたところ、予想外の結果が得られました。台風ハイエンの最大風速および基準気圧と最低気圧の差がどちらも半分以下であった場合、サンゴ礁は村の被害を軽減する働きをしました。しかし、これらが台風ハイヤンの半分以上であった場合、サンゴ礁の存在により村の被害はむしろ悪化することがわかりました。これは、サンゴ礁斜面の急勾配の海底地形がサーフビートのエネルギーを増大させるためです。

本研究の意義・今後の展開

本研究は、台風襲来時、近海にサンゴ礁がある地域では、波浪被害がむしろ悪化するケースもあることを明らかにしました。現在、ハザードマップ等作成のために世界で汎用されている「波浪位相平均シミュレーション」は、平均的な波浪のみに基づいており、

本研究が取り上げた「津波状サーフビート」は考慮されていません。例えば沖縄やハワイなどの、サンゴ礁が存在する海岸、またはサンゴ礁がなくても沖側の勾配が急な海岸に関し、波浪災害のリスクを正しく予想するためには、本研究で使用した高度な数値計算手法「波浪位相再現可シミュレーション」を用いる必要があります。

【研究助成資金等】

- 東北大学災害科学国際研究所 特定プロジェクト
- 日本学術振興会・米国NSFの災害からの回復力強化等に関する領域横断的研究協力事業「歴史的に繰り返す災害に対する都市の脆弱性と強靱化の日米比較研究」プロジェクト

【掲載論文名】

著者：Volker Roeber, Jeremy D. Bricker

著者所属：東北大学災害科学国際研究所

論文題目：Destructive tsunami-like wave generated by surf beat over a coral reef during Typhoon Haiyan

掲載雑誌：Nature Communications

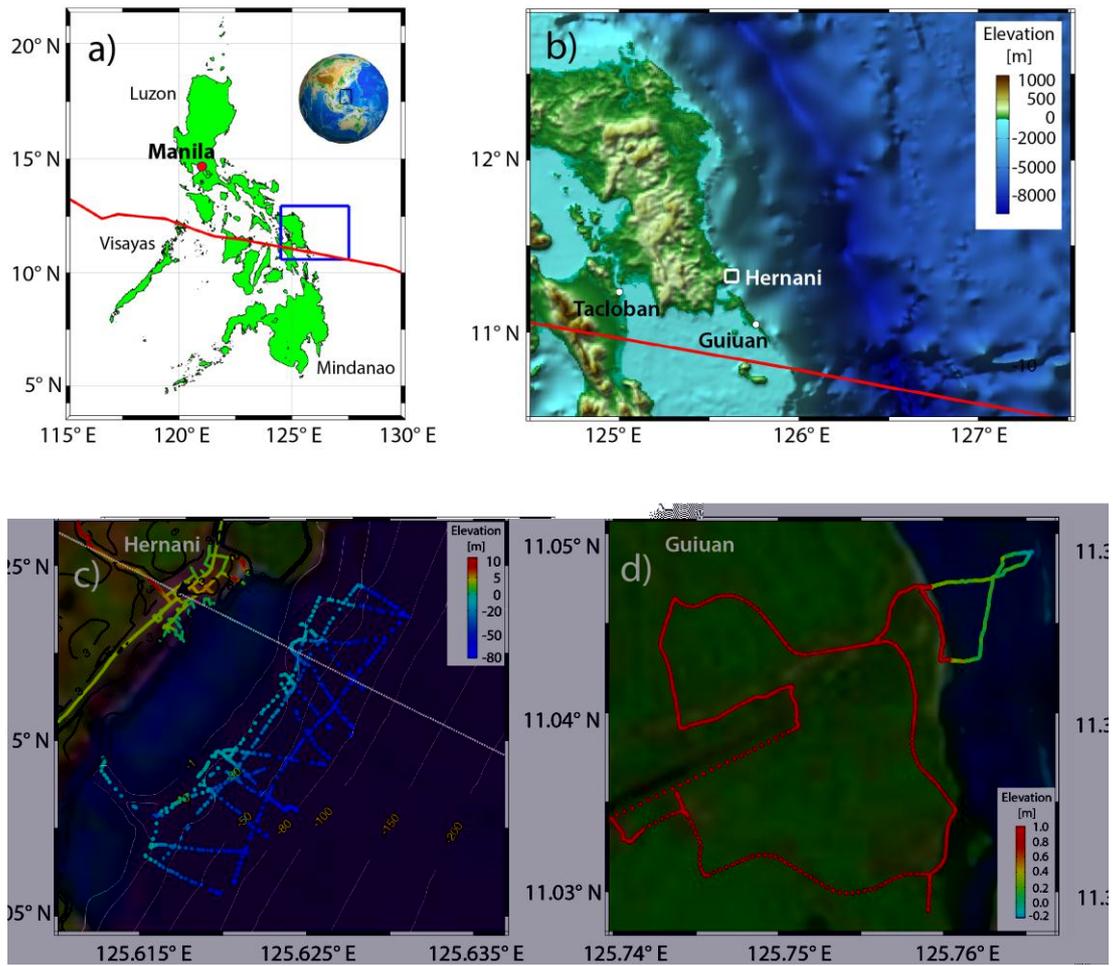


図1. a) サマル島の位置。b) ヘルナニ村の位置及び周囲の水深。c) ヘルナニ村の地形・水深測量点。d) ギアン市東部の沿岸のサンゴ礁地形測量点。Roerber & Bricker (2015)。



図2. Gensis (2013) からの動画。ヘルナニ村に遡上する津波状サーフビート (Plan Internationalの許可を得て再掲)。Roerber & Bricker (2015)。

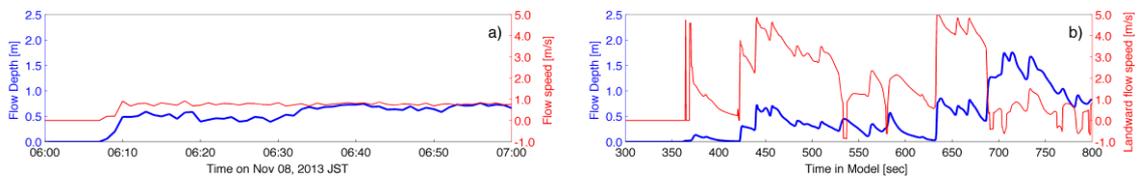


図3. a) 図2に写っている家屋の位置における位相平均波浪シミュレーション結果。青が浸水深で赤が流速を表す。b) 図2に写っている家屋の位置における位相再現波浪シミュレーション結果。Roerber & Bricker (2015)。

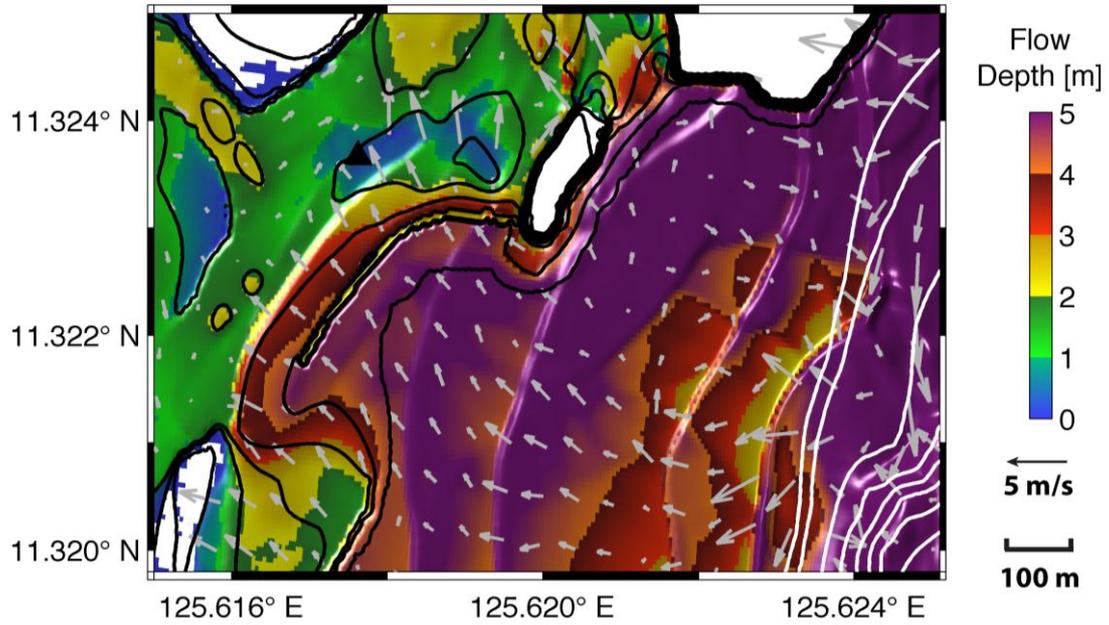


図4. BOSZ位相再現波浪シミュレーションの結果。ヘルナニ村に入射する津波状サーフビートの浸水深の平面図。▲は図2の家屋の位置を示す。Roeber & Bricker (2015)。