

## 台風Haiyanによるフィリピンヴィサヤ諸島の高潮災害

### Storm Surge Disasters in Visayas Islands, the Philippines by Typhoon Haiyan

安田誠宏

Tomohiro YASUDA

#### Synopsis

Typhoon Haiyan, which struck the Philippines in November 2013, was an extremely intense typhoon, and coastal areas were devastated by severe storm surges caused by Haiyan. This manuscript reports about severe storm surge disasters in Visayas in the Philippines. JSCE and PICE collaborated to carry out the field survey of inundation and runup measurements along the coast of Leyte, Samar and Panay Islands. Storm surge simulation was conducted and the simulated storm surge at the closed-off section of Leyte bay was over 5 m, which agrees with field survey results. Not a few people remained in their houses since they didn't have an image of storm surge although warning and evacuation advisory was issued.

**キーワード:** 台風Haiyan, フィリピン, ヴィサヤ諸島, 高潮, 浸水, 避難

**Keywords:** typhoon Haiyan, Philippines, Visayas, storm surge, inundation, evacuation

#### 1. はじめに

2013年11月に発生した台風Haiyanは、フィリピン、ベトナムおよび周辺地域を襲った非常に強い熱帯低気圧であった。Haiyanは、最発達時に最低中心気圧895hPa、最大瞬間風速90m/sと、北西太平洋における過去30年間で上陸した台風の中で、最も強い台風であった。Fig.1にその経路と中心気圧の変化を示す(デジタル台風, 2013)。2013年11月8日の4:40にSamar島のGuiuan付近に上陸し、Leyte湾を横断した後、勢力を落とすことなく、7:00にLeyte島のDulag付近に2度目の上陸をした。その後、Cebu島、Panay島などのVisayas諸島を横断し、南シナ海へと抜けた。National Disaster Risk Reduction and Management Council (NDRRMC, 2014a) によると、2014年4月3日時点での被害は、死者6,293名、行方不明者1,061名、負傷者28,689名、全壊家屋550,928棟、半壊家屋589,404棟、被害総額約400億フィリピンペソ(約920億円:1ペソ2.3円で換算)であった。特に被害が深刻であったTaclobanでは、沿岸部の家屋はほとんど破壊され(Photo 1, 2)、Anibongでは大型船舶が陸上に乗り上

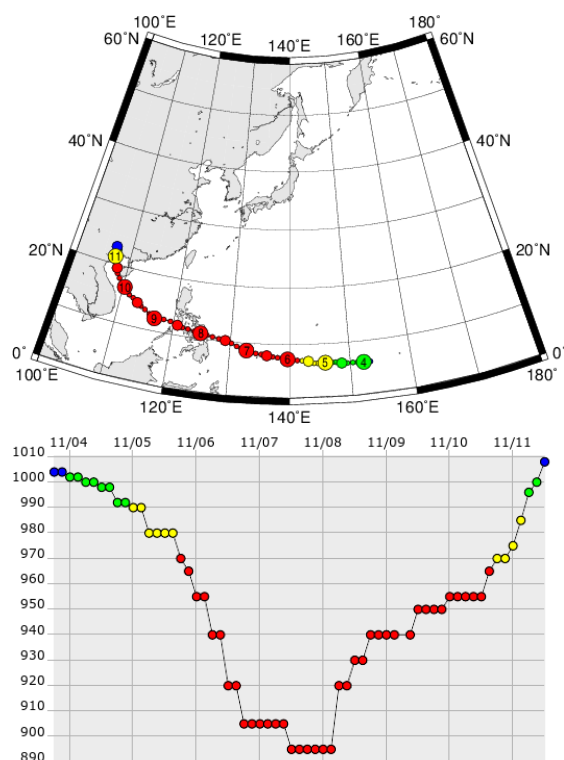


Fig. 1 Track of typhoon Haiyan and its variation of central pressure (hPa) (Digital Typhoon, 2013)



Photo 1 Damage situation in coastal area of Tacloban



Photo 2 Aerial photo of coastal area of Tacloban



Photo 3 Washed up ships in Anibong, Tacloban

げるなどの被害も確認された (Photo 3) .

## 2. 現地調査の概要

日本土木学会JSCEとフィリピン土木学会PICEは、Haiyanによる高潮災害の全貌を把握するために、合同調査を実施した。第1次調査 (Tajimaら, 2014) は12月12日～16日の期間に、最も被害を受けたLeyte島の東部とSamar島南東部で実施した。その後、第2次調査を2014年1月24日～29日の期間で、Leyte島、Samar

島、Panay島で実施した。延べ16名の日本人研究者が調査に参加した。

現地調査では、既に清掃されて痕跡が無くなっている家屋や建て替えられた家屋も多く、高潮の痕跡を発見することは困難であった。そのため、住民に対するインタビューに基づいて、浸水の最高水位を判定した。インタビューでは、1) 強風が吹き始めた時間、2) 浸水が始まった時間、3) 浸水がピークになった時間、4) 高い水位が継続した時間、5) 水位が下がり始めた時間、6) 高潮と高波の高さ、7) どこからどうやって高潮を目撃したか、8) いつ、どうやって避難したか等を聞いた。インタビューに基づいて決定された浸水痕跡は2つのタイプに分類できる。1つ目は、住民が災害後に帰宅して発見した痕跡である。台風来襲時は避難していたため、浸水を直接は見えないが、痕跡を掃除した際の記憶による情報がこれに当たる。2つ目は、浸水時に家の2階や天井裏に避難していて直接見た浸水高さである。

沿岸部では多くの住民が浸水を目撃した。だが、住民には高潮と高波、洪水を区別する知識がない。"Strom Surge"は耳慣れない用語であるため、警報で知らされたにもかかわらず、それがどういうものかはっきりわからなかった可能性が高い。インド洋大津波や東北津波の影響かもしれないが、"Tsunami"のイメージがあるので、"Tsunami"もしくは"Tsunami like wave"と言ってもらった方が危機感を持たせようという意見が聞かれた。また、Eastern Samarでは、氾濫水の上下動の周期が1分以下と答えるケースもあり、その場合は高波による越波・越流の可能性が高い。調査では高潮と高波、洪水を区別することに注意を払い、波の影響で振動する水面と、ある程度の時間留まる水位 (高潮による) について、詳しくインタビューした。さらに、浸水エリアを調べるため、内陸における浸水限界についてもインタビューした。浸水限界では波の影響は小さいが、雨水による内水氾濫と区別するに注意を要した。

## 3. 痕跡高の調査結果

### 3.1 痕跡高の潮位補正

痕跡高は、調査時の海面からの高さを測るが、高潮発生時の海面からの高さに補正する必要がある。高潮発生時には測定井戸が水没してしまったため、観測値は欠測している。そのため、調和定数による天文潮の予測値を用いる必要があるが、それが妥当かどうかを確認するために、Tacloban港において調査期間の潮位を観測した。Fig.2は、潮位計設置位置と観測結果 (黒線) および予測結果 (赤線) である。この図から明らかなように、調和定数による潮位

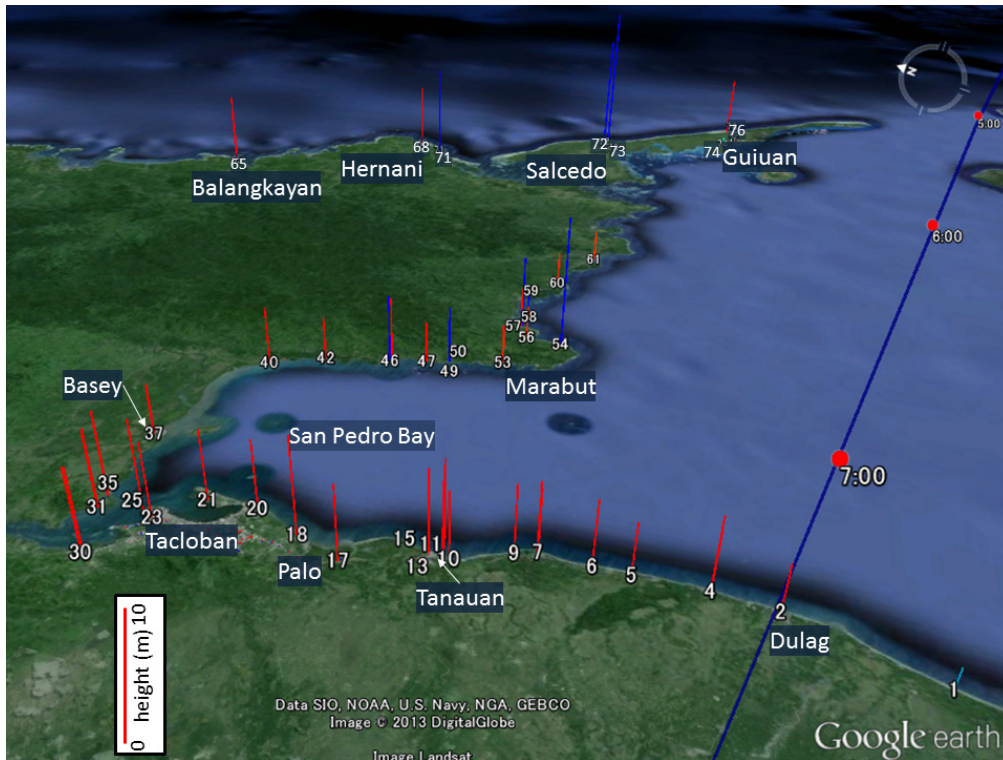


Fig. 3 Locations of all the survey sites with measured inundation heights (red bar) or run up heights (blue bar). Numbers on the figure correspond to the identification numbers of each survey site. Navy line with red marker and time indicates the track of Haiyan.

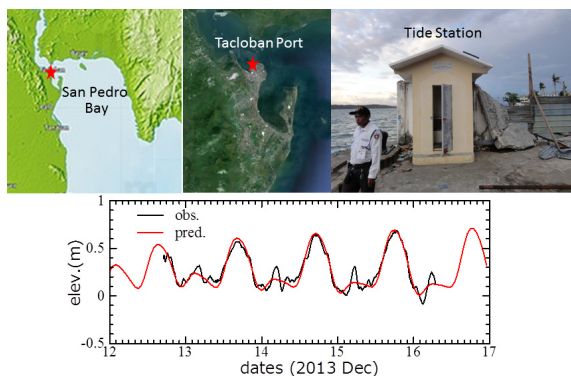


Fig. 2 Location of the tide station at Tacloban Port (N11.252°, E125.003°) and comparisons of measured (black solid line) and predicted (red solid line) tide level.

(Service hydrographique et océanographique de la marine, Paris, 1982) の信頼度は高く，調査結果の潮位補正に用いても問題ないことがわかる。

### 3.2 Leyte湾における被害調査

Fig. 3は，Leyte湾における痕跡高の調査結果とHaiyanの経路である．赤いバーは浸水高，青いバーは遡上高で，高潮発生時の海面（天文潮位）からの高さである．Leyte湾奥のSan Pedro湾で大きな高潮が起こっていたことは，この図からも明らかである．

特に，被害が大きかったTaclobanでは，6 mを超える高潮が発生していた．San Pedro湾の外側のEastern Samarの南海岸やReite島のDulagの南では，高潮は比較的低い．一方で，Eastern Samar東海岸のGuiuanやHernaniにおいて，10mという非常に高い浸水痕跡高が測定された．Eastern Samarの東海岸は，太平洋に面しリーフが発達しており，フィリピン海溝がすぐそばに迫っているため水深が急に深くなっている．水深が浅いSan Pedro湾奥における典型的な高潮発生メカニズムに比べて，風の吹き寄せによる高潮だけでは，Eastern Samar東海岸におけるこの大きな浸水や遡上を説明できない．高波がリーフ地形や砂浜・堤防で前傾化して段波状となって，陸上の家屋を押し流し，高い標高まで遡上したものと考えられる．

Fig. 4にインタビューにおいて明らかになった最大水位が発生した時間と台風通過時間を示す．Easter Samar東海岸では，台風通過前の5:00から通過時の6:00に最大浸水が起こっており，台風の移動と強風による高波の発生とが時間的にも対応している．また，San Pedro湾では台風通過後の7:30～8:00で最大浸水が起こっており，高潮がやや遅れて押し寄せてピークに達したことがわかる．だが，Leyte島における台風上陸地点のDulag付近では，最大浸水の発生時刻が5:30～6:00と，台風襲来よりもやや早い．このことから，このエリアでは，高潮というよりも高波の越



Photo 3 Situation of Batang barangay in Hernani about one month after the disaster (13 Dec. 2013). This picture was taken from Batang elementary school with ground elevation of over 8 m from the sea water level. The line of coconuts trees corresponds to the coastal line.

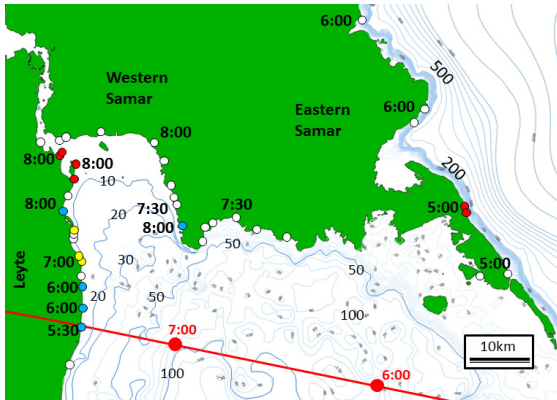


Fig. 4 Estimated time of peak inundation according to interview. Red line and its time indicate the typhoon track and time of passage.

流の方が卓越していたと考えられる。

### 3.3 Hernani, Eastern Samarにおける被害調査

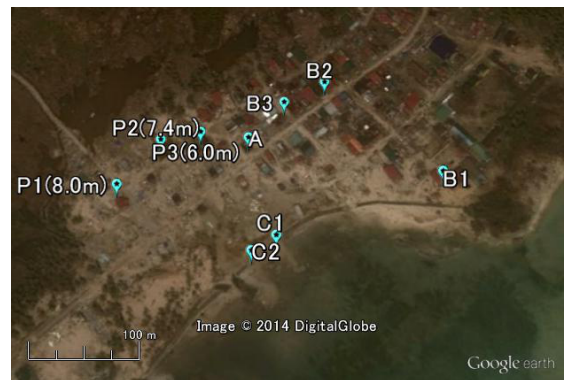
台風 Haiyan に伴う Hernani, Eastern Samar 全体の被害は 2014 年 4 月 17 日時点で、犠牲者 72 名、行方不明者 4 名で負傷者 197 名と記録されている (NDRRMC, 2014b)。現地ではこの数に含まれていない犠牲者がまだいると語る人が複数いた。Barangay Batang では約 200 軒の家のほぼすべてが流されていた (Photo 3)。

Hernani の中心の一つ Barangay 2 および 4 の調査結果 (信岡ら, 2014) を Fig. 5 に示す。災害以前の衛星画像である Fig. 5(a) と比較すると、災害後の Fig. 5(b) では集落の南西部 (図の左下) でほとんどの家屋が流出していることがわかる。P1~P3 は痕跡高を測定した場所であり、P1 の 8.0m は証言と建物の状況から波の成分を含んでおり、P3 の 6.0 m は建物の内陸側の値であり、数十分程度は高さが継続したとの証言からも波の成分は小さいと考えられる。

Hernani の中で壊滅的な被害を受けた Barangay Batang の調査地点を Fig. 6 に示す。P4 の痕跡高 10.7 m は、2F の軒先の下側に付着していた小さな草を対象に測量したものであり、波の成分が含まれていると考えられる。P5 は漂流物が小学校 (B4) の敷地につ



(a) 24 Aug 2008



(b) 11 Nov 2013

Fig. 5 Aerial view of Barangay 2 and 4, Hernani in Eastern Samar before and after the disaster. Light blue markers indicate measurement location and values are inundation heights.



Fig. 6 Aerial view of Barangay Batang in Eastern Samar after the disaster. Light blue markers indicate measurement locations and values are inundation heights.

づく斜面で止まっていた6.6 m, P6は漂流物の最上端であり小学校の敷地と同じ高さの8.9 mである。この小学校には多数の住民が前の晩から避難していたが、水が迫ってきて危険と感じたので、さらに高台へ避難したとの証言もあった。

Hernaniから南西にMatarinao湾奥沿いに入ると浸水被害は急激に減り、浸水高が低くなっていった。台風の経路はここよりもはるか南寄りであるので、風向きの違いによる高潮の差とは考えられないことから、通常の高潮とは異なる分布と考えられる。反対に、Hernaniから北に移動していくと、しばらくは海沿いの集落でも被害は見られず、次に大きな被害を受けた集落は、湾の奥を通り過ぎたBalangkayanのPoblationで、Hernaniと同じような湾の入口近くで海岸線が太平洋に面し、台風経路の方を向いていた。警察官による前日の夜から浸水に至るまでの約半日間の警戒中の証言内容は次のとおりであった。11月8日の真夜中2:30頃から波が大きくなり始め、未明の4:30頃から越波が始まり、5:00過ぎると海岸線近くは危険な状態になり避難を開始した。強い波は6:00～7:30くらいまで続いた。浸水は、陸にあがった海水が引く前に次の波が来ることが繰り返されることで発生した。周辺で被害にあった集落が台風進路方向に開けた海岸のみであったことを合わせると次のことが推定される。外洋から入射してきた高波浪が陸上奥深くまで遡上して、排水される前に次の高波がやってくることで、海岸から数百m離れたところでも断続的に2時間程浸水することになった。高波はリーフ地形や砂浜・堤防で前傾化して段波形状となっ

て家屋を押し流したものと推定される。

### 3.4 Panay島における被害調査

Panay島の調査は、Fig. 7に示す東海岸のBanate～北海岸のRoxasの間で実施した。台風は、Cebu島の北部をかすめた後、Panay島北東部沿岸のConcepcionとSan Dionisioの間を13時頃通過している。

Banate, CulasiおよびAjuyでは約2mの痕跡高が測定された。Concepcion, San DionisioおよびEstanciaでは4～5.5mと高い高潮の痕跡高が確認された。Estanciaは特に高潮が大きく、波浪によって漂流物が打ち上げられた高さまで考慮すると、遡上高は7mを超えていた。北東の半島の先にあるCarlesで3.5mとやや低くなった。北部のCapiz州では、2～2.5mとやや低い痕跡高であった。これらの測定値の分布をFig.8に示す。

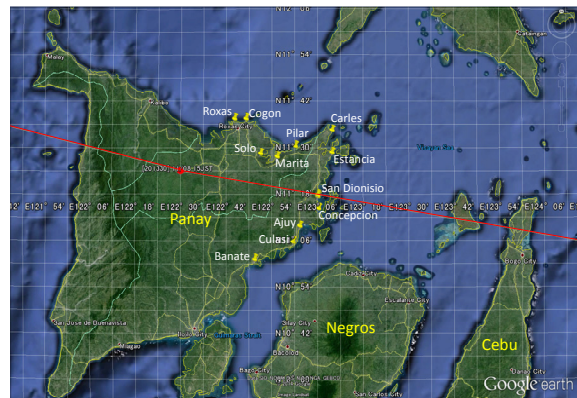


Fig. 7 Town names and locations of survey sites in Panay Island. Red line indicates the typhoon track.

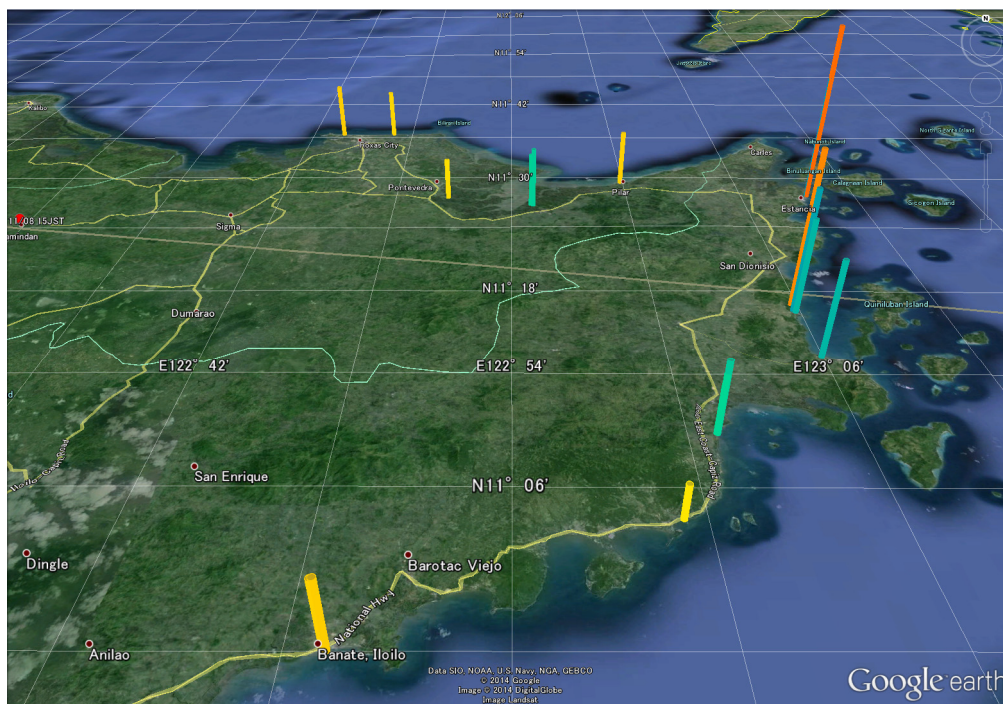


Fig. 8 Measured inundation heights (warm color bars) or run up heights (cold color bars). in Panay Island.



Photo 4 Damaged building and scoured cliff at Pa-on beach resort in Estancia. Clear water mark was observed inside the room of second floor. Stone walls of the first floor are collapsed by wave force.



Photo 5 Collapsed walls and roofs of Mabuhay elementary school in Estancia.

Photo 4～6は、特に被害が大きかったEstanciaでの被害の様子を示したものである。Photo 4はPa-on beach resortの被災状況であり、2階の部屋の中に長時間湛水していたことがわかる痕跡が認められ、その高さは5.6mであった。1階の石の壁は、波力で完全に破壊されていた。さらに、建物周辺の崖は浸食されており、崖の上部に打ち上げられた漂流物が残っていた。それらの高さは約7.5mであった。Photo 5はMabuhay小学校の被災状況である。教室の屋根と壁が、高潮と高波によって完全に破壊されている様子がわかる。Photo 6はEstancia港付近の海岸の様子である。石油を積んだタンカーが強風によってあおられて横転し、石油が流出したため、砂浜が黒く染まっており、油の臭いがしていた。

Panay島は、Leyte島に比べてあまり報道されていないが、台風が通過したEstancia, San Dionisio, Concepcionでの被害はかなり大きかったことがわかった。これらの町以外では、バラック造りの家の再



Photo 6 Sandy beaches that are stained black with oil spills caused by oil tanker sinking in Estancia.

建が既になされていたりして、一見被害があったかどうかははっきりしない町も多かった。主要都市であるIloiloが被害を受けていなかったこともあり、また道路の被害もLeyte島に比べて少なかったため、仮設住宅に必要な物資の運搬、供給が早かったのではないかと考えられる。

#### 4. 浸水範囲の調査結果

Leyte島北東部のTaclobanとPalo間において、浸水範囲の調査を行った。Photo 7に調査時のインタビューの様子を示す。どの方向から氾濫水が来たか、どの高さまで浸水したかを答えてもらい、その座標をGPSで記録した。インタビューを通じて浸水した家と浸水していない家を特定し、その間を遡上限界点とした。それらの位置をマッピングして、標高を考慮しながら浸水範囲を推定した。得られた浸水範囲の調査結果をFig.9に示す。水色のハッチングのエリアが高潮による浸水域である。台風に伴う降雨により低平地では浸水が始まった時間を聞くことで高潮による浸水かどうかを判別した。また、5:00頃から内水氾濫も起きていたため、氾濫水の流速や流向、海水の臭いを感じたかどうかを判断材料とした。調査結果から、TaclobanバスターミナルとPaloの間において、Pan Philippines Highwayが二線堤として機能して背後地への浸水を防いでいたことがわかった。これは、JICAプロジェクトによる日比友好道路で、盛り土されて周辺地盤よりも高くなっていたためである。Tacloban北部には丘があるため、そこを境に浸水が止まった。高台の大学や高校があるエリアまで遡上した。中部には低地が多く、もともと大雨で浸水する地域であり、特に紫のハッチングのエリアにおいては高潮のみによる浸水かどうかを特定するの



Photo 7 Interview to define maximum runup locations and inundation area in Tacloban and Palo.



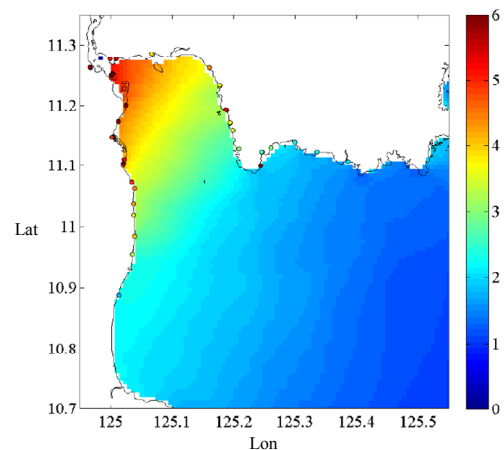
Fig.9 Storm surge inundation map in Tacloban and Palo based on interview. Light green solid circles indicate the locations of inland limit of inundation. Colors of the bars indicate inundation depth: red is above 1.5 m; orange is within 0.5 to 1.5 m; and yellow is below 0.5 m. Light blue overlay indicates estimated inundated area caused by storm surge whereas purple overlay area had inundation from multiple sources: heavy precipitation; overflow from creek; and storm surge.

が困難であった。氾濫シミュレーションをする際に内水氾濫の影響を考慮する必要があるといえる。また、フィリピンにおける最小行政区であるBarangayがTaclobanには138あり、番号91以下のBarangayは高潮により浸水したことがわかった。得られた浸水マップは、高潮氾濫シミュレーションのベンチマークとなるだけでなく、今後の復興や土地利用計画に貢献する資料となることが期待される。

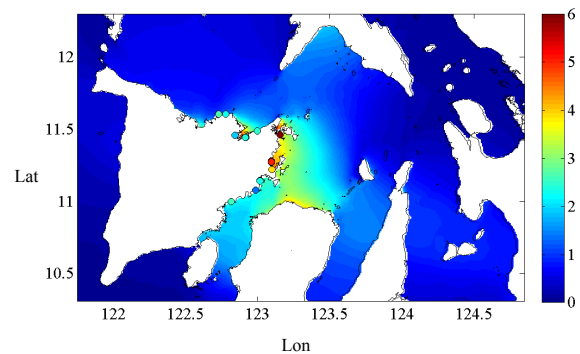
## 5. 高潮・高波の追算結果

台風Haiyanのような特別な事例を詳細に解析することは、災害素因の評価に加えて、台風や高潮予測・再解析モデルのパフォーマンスを定量的に評価するために必要である。Haiyanを対象に、気象・高潮モデルを用いた台風および高潮の再解析を行った(森ら, 2014; 金ら, 2014; Moriら, 2014)。気象場を気象モデルWRFで計算し、得られた海面更正気圧と高度10m風速を、非線形長波方程式とスペクトル型波浪モデルを双方向結合した数値モデル(Kimら, 2008)に入力して、高潮と波浪の計算を実施した。計算の簡略化のため、潮汐については考慮していない。WRFの計算条件は、計算対象領域サイズを4000km×2000km、鉛直56層、水平空間解像度を第1領域(D1)Δ=3km、第2領域(D2)Δ=1km、海面水温として気象庁全球日別海面水温解析(MGDSST)を用い、側方境界にNCEP再解析値(FNL)を与えて実施した。WRFにより計算された台風の経路は、南北方向に±50kmの範囲でばらつく傾向があった。気圧および風速について定点観測データと比較したところ、ピーク値の欠測により定量的な評価は難しいが、WRF-0550のケースでほぼ妥当な精度が得られた。

高潮の計算精度について、現地調査による浸水高と比較を行った。Leyte島およびSamar島の最大高潮の計算結果をFig.10(a)に、Panay島の結果をFig.10(b)にそれぞれ示す。図中の●は現地調査による痕跡高である。高潮計算では、Leyte湾奥で約5m、Panay島東部沿岸で約4mの最大高潮が推算されている。局所的には差異が見られるものの、空間的な痕跡高を包含する妥当な高潮推算結果が得られたといえる。計算結果の空間分布で特徴的なのは、Fig.11に示すように、San Pedro湾奥のTacloban付近での急激な水位上昇の再現性が良い(WRF-0550)ことである。これらの結果は、適切な外力と地形が与えられれば、高潮偏差の推定精度が確保できることを示している。フィリピン国土地理・資源情報庁(NAMRIA)による潮位観測は、観測地点数が少ない上に台風通過前から欠測していたが、Taclobanにおける台風接近前の水位低下をよく再現できていた。



(a) Leyte and Samar, East Visayas



(b) Panay, Negros and Cebu, West Visayas

Fig.10 Simulated storm surge of the simulation case WRF-0550. Dots represent measured inundation heights.

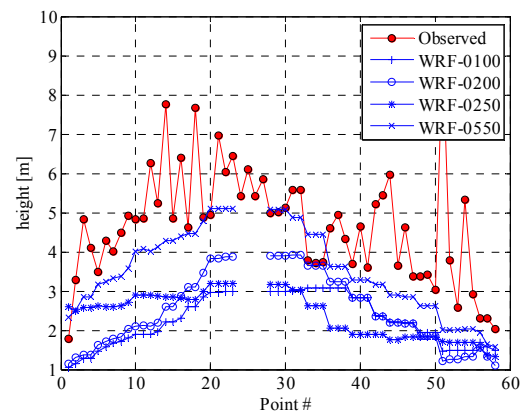


Fig.11 Comparison of measured (red) and simulated (blue) maximum storm surge height in Leyte Bay. Numbers after “WRF“ indicate simulation cases.

Fig.12に波浪(最大有義波高)の計算結果を示す。Eastern Samarの東海岸に15m以上の高波浪が来襲していたことがわかる。観測データがないため、精度に関する考察はできないが、陸地に遡上する大きな段波がHernani沿岸に来襲していたという調査結果に対応する推算結果といえ、定性的には評価できる。



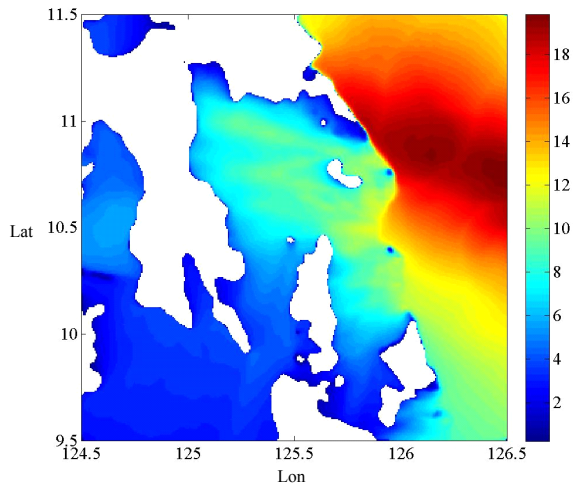


Fig.12 Simulated significant wave height in Leyte and Samar

## 6. フィリピンにおける災害警戒情報の伝達

フィリピンではPAGASA (Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration) から発表される警戒情報はインターネットやテレビ、ラジオなどで公開され、それにアクセスできる一部の住民は直接警戒情報を得ることができる。その一方で、警戒情報はPAGASAからNDRRMCを経由したルートでも住民に伝えられる。Fig.13は、フィリピンにおける災害警戒情報の伝達フローである (宮本ら, 2014)。NDRRMCは他機関からも得られる各種災害警戒情報を整理し、各地域の自治体に伝えられる。その後、最終的には市長の判断により住民に対して避難命令が発令される。テレビやインターネットにアクセスできない住民は、この情報経路によって警戒情報および避難命令を知ることができる。

現地におけるインタビューによるとTaclobanでは、11月7日午前10時に138の全コミュニティ(Barangay)リーダーが一堂に集められ、被害が予想される地域の住民に避難を促すように伝えられた。この避難命令は、各コミュニティにおいてコミュニティリーダーから家伝いに伝えられた。しかしながら、すべての住民が避難したわけではなく、先述したが、高潮のイメージがなかったことや、家屋や財産を守る目的で、一部の住民は避難せずに自宅にとどまったことも確認されており、その結果、高潮の被害に遭ったことも報告されている。Photo 8はTaclobanでのコミュニティリーダーに対するインタビューの様子である。

## 7. おわりに

台風Haiyanの高潮災害に関して、JSCEとPICEによ

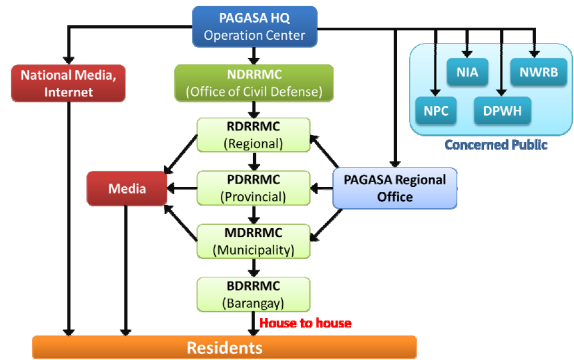


Fig. 13 Flow of distributing information of disaster alert in Philippines



Photo 8 Interview to community (barangay) leader in Tacloban

る合同現地調査と再現シミュレーション結果について報告した。

- 1) Eastern Visayasにおける調査結果では、Leyte湾沿岸と太平洋に面したSamar東海岸で、浸水の要因にははっきりとした違いが認められた。
- 2) TaclobanのあるLeyte湾奥のSan Pedro湾では、典型的な高潮発生メカニズムにより、6 mを超える大きな高潮が起こっていた。
- 3) Samar東海岸のGuiuanやHernaniにおいては、高波による段波遡上と考えられる10mという非常に高い浸水痕跡高が測定された。
- 4) Western VisayasのPanay島における調査結果では、台風が通過した北東部のEstancia, San Dionisio, Concepcionで4~5.5 mの高潮が発生しており、被害は大きかった。
- 5) Leyte島北東部のTaclobanとPalo間において、浸水範囲の調査を行い、浸水実績マップを得た。盛土された道路が二線堤として機能していた。
- 6) 気象・高潮モデルを用いた台風および高潮の再解析を行い、Leyte湾奥で約5m, Panay島東部沿岸で約4mの最大高潮を推算した。
- 7) Haiyan来襲時には警戒情報が発せられ、各自治体

やメディアを通じて住民にまで届いていたが、高潮の知識不足と家屋や財産を守る目的で、自宅に留まった人は少なくなかった。

最後に、台風Haiyanによる被害者に哀悼の意を表すと共に、今回の二国間合同調査の結果および高潮・高波シミュレーション結果が、フィリピンにおける復興と減災対策の一助となることを願う。

## 謝 辞

現地調査結果は、日本土木学会 (JSCE) とフィリピン土木学会 (PICE) の合同調査の成果の一部である。B. M. Pacheco PICE前会長、フィリピン大学Diliman校のEric C. Cruz准教授をはじめ、フィリピン土木学会の方々から多大なる支援をいただいた。JSCEからは、田島芳満、川崎浩司、信岡尚道、宮本守、浅野雄司、森 信人、西嶋一欽、辻尾大樹、佐々木淳、下園武範 (敬称略) と共に現地調査を実施した。また、第1次調査に際しては、(公財) 河川財団から河川整備基金の助成をいただいた。気象・高潮・高波の再解析は、文部科学省気候変動リスク情報創生プログラムの助成を受けて実施した。ここに謝意を表する。

## 参考文献

金 洙列・森 信人・澁谷容子・安田誠宏・間瀬 肇 (2014) : 高潮・波浪結合モデルを用いた2013 年台風30 号 (Haiyan) の高潮・波浪推算, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.70, No.2.

信岡尚道・安田誠宏・田島芳満・森 信人・下園武範・佐々木淳・辻尾大樹・Andrew Kennedy・宮本 守 (2014) : 強大台風ハイヤンに伴うヘルナニ町沿岸の浸水被害の調査, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.70, No.2.

デジタル台風(2013): 台風201330号 (HAIYAN), <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/summary/wnp/s/2013>

30.html.

宮本 守・田島芳満・安田誠宏・信岡尚道・川崎浩司・浅野雄司(2014) : 台風30号によるフィリピン国における高潮災害と予警報活動, 土木技術資料, 平成26年6月号, pp.26-29.

森 信人・渋谷容子・竹見哲也・金 洙列・安田誠宏・丹羽竜也・辻尾大樹・間瀬 肇(2014) : 2013 年台風30号Haiyanによる高潮の予測可能性と再解析精度, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.70, No.2.

Kim, S.Y., Yasuda T. and Mase H. (2008): Numerical analysis of effects of tidal variations on storm surges and waves, *Applied Ocean Research*, Vol. 30, No. 4, pp.311-322, DOI: 10.1016/j.apor.2009.02.003.

Mori, N., Kato, M., Kim, S., Mase, H., Shibutani, Y., Takemi, T., Tsuboki, K., Yasuda, T. (2014): Local amplification of storm surge by Super Typhoon Haiyan in Leyte Gulf, *Geophysical Research Letters*, 41, 14, pp.5106-5113, DOI: 10.1002/2014GL060689.

NDRRMC, National Disaster Risk Reduction and Management Council (2014a): NDRRMC Updates re Effects of TY YOLANDA (HAIYAN) [17 April].

NDRRMC, National Disaster Risk Reduction and Management Council (2014b): Situation Report No.108 re Effects of Yolanda, 62P., <http://www.ndrrmc.gov.ph/>

Service hydrographique et océanographique de la marine (1982): *Table des marées des grands ports du monde*, Le Service, 186p.

Tajima, Y., Yasuda, T. Pacheco, B. M., Cruz, E. C., Kawasaki, K., Nobuoka, H., Miyamoto, M., Asano, Y., Arikawa, T., Ortigas, N. M., Aquino, R., Mata, W., Valdez, J., Briones, F. (2014): Initial Report of JSCE-PICE Joint Survey on the Storm Surge Disaster Caused by Typhoon Haiyan, *Coastal Engineering Journal*, Vol.56, No.1, pp.1450006-1-12, DOI:10.1142/S0578563414500065.

(論文受理日 : 2014年8月21日)