

2017年ハリケーンIrmaおよびMariaによるアメリカ領ヴァージン諸島災害調査結果

Post Disaster Survey of Hurricane Irma and Maria in 2017 in US Virgin Islands

森 信人・下園武範⁽¹⁾・有川太郎⁽²⁾・稲津大祐⁽³⁾・志村智也
Daniel COX⁽⁴⁾・Andrew KENNEDY⁽⁵⁾・Greg GUANNEL⁽⁶⁾・Andre BARBOSA⁽⁴⁾
Ritchie SLOCUM⁽⁴⁾・Chase SIMPSON⁽⁴⁾・Dave PREVATT⁽⁷⁾
Yue LI⁽⁸⁾・David ROUECHE⁽⁹⁾・Kwasi PERRY⁽¹⁰⁾

Nobuhito MORI, Takenori SHIMOZONO⁽¹⁾, Taro ARIKAWA⁽²⁾, Daisuke INAZU⁽³⁾, Tomoya SHIMURA,
Daniel COX⁽⁴⁾, Andrew KENNEDY⁽⁵⁾, Greg GUANNEL⁽⁶⁾, Andre BARBOSA⁽⁴⁾, Ritchie SLOCUM⁽⁴⁾,
Chase SIMPSON⁽⁴⁾, Dave PREVATT⁽⁷⁾, Yue LI⁽⁸⁾, David ROUECHE⁽⁹⁾ and Kwasi PERRY⁽¹⁰⁾

(1) 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻

(2) 中央大学理工学部都市環境学科

(3) 東京海洋大学海洋資源エネルギー学部門

(4) 米国オレゴン州立大学

(5) 米国ノートルダム大学

(6) 米国ヴァージン諸島大学

(7) 米国フロリダ大学

(8) 米国ケースウエスタンリザーブ大学

(9) 米国オーバーン大学

(10) 米国UAV Survey Inc.

(1) The University of Tokyo, Department of Civil Engineering

(2) Chuo University, Faculty of Science and Engineering

(3) Tokyo University of Marine Science and Technology

(4) Oregon State University, Civil and Construction Engineering

(5) The University of Notre Dame, College of Engineering

(6) University of Virgin Islands, Caribbean Green Technology Center

(7) University of Florida, Department of Civil and Coastal Engineering

(8) Case Western Reserve University

(9) Auburn University, Department of Civil Engineering

(10) UAV Survey Inc.

Synopsis

Two category 5 hurricanes were passed near US Virgin Islands in the summer of 2017. The post-disaster survey of Hurricane Irma and Maria in 2017 was conducted by Japan-US joint survey team in US Virgin Islands (USVI). The severe coastal damage including inland inundation, wave run-up and wind induced damage was observed in three islands of St. Thomas, St. John and St. Croix in USVI.

キーワード:ハリケーン, Irma, Maria, 災害調査, 沿岸災害, 風災害

Keywords: hurricane, Irma, Maria, disaster survey, coastal disaster, wind disaster

1. はじめに

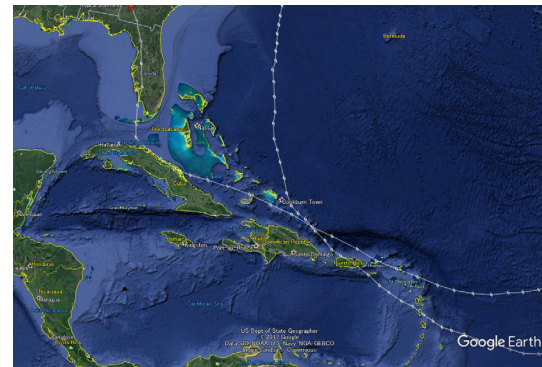
2017年8月末に大西洋で発生したハリケーンIrmaは、9月5日にはカテゴリー5となり中心気圧931hPa、最盛期には914hPaまで発達した。7日にはFig.1に示すようにヴァージン諸島に進行し、アメリカ領ヴァージン諸島St. Thomas島の北方約20km沖合を通過した。続いて、9月16日にハリケーンとなったハリケーンMariaは、908hPaまで発達し、大西洋において過去に10番目に強いハリケーンとなった。カテゴリー5まで発達したハリケーンMariaは、Fig.1に示すようにヴァージン諸島St. Croix島の南側を通過した。この2つのカテゴリー5のハリケーンは、アメリカ領ヴァージン諸島に甚大な被害を与えたとともに、強い12つの熱帯低気圧が1週間という短期間でほぼ同じ場所を通過するという特異な事例となった。

そこで、土木学会海岸工学委員会・防災研究所突発災害調査ではアメリカNational Science Foundation Rapidによる調査チームと合同で、アメリカ領ヴァージン諸島における沿岸災害について、現地調査を行った。本調査では、沿岸部の被災状況の記録、沿岸部の浸水範囲の計測、砂浜の地形変化、建築物の強風被害、避難に関する情報収集等を行った。これらの調査活動を通じて、今回のハリケーン被害の特徴を記録するとともに、アメリカ領ヴァージン諸島（USVI）に特徴的な情報を収集し、将来の台風被害軽減に資する知見を得た。

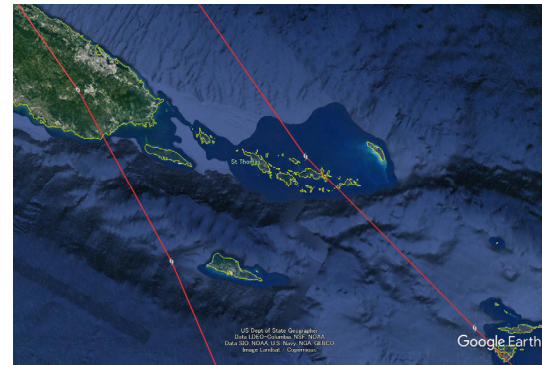
2. 調査内容

調査対象は、沿岸部の構造物、砂浜および浸水域、風による陸上の構造物の損壊状態、および現地での避難についての聞き取り調査である。調査項目は以下の通りであり、事前に航空写真や観測データを入力し、現地では災害状況の目視による確認、位置、や高さ情報の計測等を行った。

- 現地観測データの入手
 - 気象データ（NOAA）
 - 海象データ（NOAA National Buoy Data Center）
 - 地形および地図データおよび航空写真（NOAA）
- 沿岸災害
 - 沿岸部の被災状況の目視
 - カメラ・リモートコントロールヘリによる撮影
 - 測量機器による浸水範囲および浸水高の計測
 - ソナーによる海底地形の計測



(a) Overview of Caribbean



(b) Detail of survey area

Fig.1: US Virgin Islands and tracks of Hurricane Irma and Maria

- 強風災害
 - 建物の被災状況の目視
 - カメラ・リモートコントロールヘリによる撮影
 - 構造、材料、施工方法の調査

3. 主な調査結果

3.1 沿岸災害

衛星観測されたアメリカ領ヴァージン諸島再接近時の中心気圧はIrmaで918hPa、Mariaで913hPaであり、気圧低下分による吸い上げによる海面上昇は約1mとなる。アメリカ領ヴァージン諸島東側沖における有義波高は12～20mと推察される。アメリカ領ヴァージン諸島の地形はSt. ThomasおよびJohnは急峻、St. Croixは比較的平坦である。このため、今回のハリケーンによる高潮・高波による沿岸災害は、3島で異なる形態が観測された。また、ハリケーンIrmaとMariaのコースが異なるため、同じ島においても、南北海岸で2つのハリケーンによる被害の差が見られた。調査の範囲で顕著な被害が見られたのは、St. Thomas島の南側中央部に位置するシャーロット・アマリー（Charlotte Amalie）市街地の浸水、St. Croix

島における海岸侵食および越波であった。

Photo 1に示すのは，St. Thomas島南海岸のPacquereau Bayに位置するホテルの被災の様子であり，大規模な砂浜の後退と，サンゴ等の礫の打ち上げによる建物被害，強風による屋根の損壊が見られた．Photo 2に示すのは，St. Croix島南西端のFrederiksted南部における海岸侵食とこれに伴う道路の陥没の様子である．付近の砂浜海岸では，数キロに及ぶ砂浜の消失が見られ，観光業に大きなダメージを与えていた．



Photo 1: Damage of hotel at the southeast coast in St. Thomas (run-up height is 6 m)



Photo 2: Coastal erosion at Frederiksted in St. Croix (red line corresponds original shoreline)

サンゴ等による岩礁を持つ沿岸部では，吸い上げと波浪およびこれに起因するセットアップ（海面上昇）により，St. Thomas島およびSt. John島で2m以上，St. Croix島で6m以上の遡上高を計測した（Fig.3）．今回の調査で計測した最大の遡上高はSt. Croix島北西海岸における6.4mであり，強風による被災と合わせて，2つの連続したハリケーンにより，3島全体において複雑な被災形態が見られた．



(a) St. Thomas



(b) St. John



(c) St. Croix

Fig.2: Routes of survey

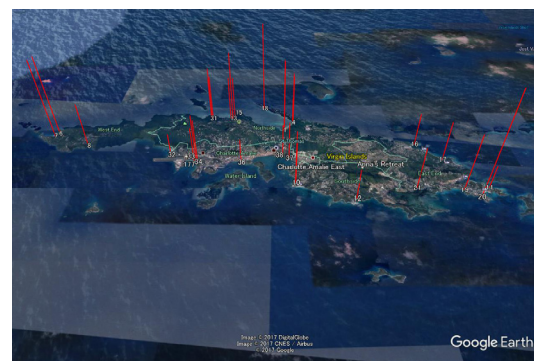


Fig.3: Measured inundation and run-up heights around St. Thomas (maximum height is 6.4 mF)

3.2 強風災害、インフラ

ヴァージン諸島では、1995年のハリケーンMarilyn（カテゴリ-3）により大きなダメージを受けており、その後に建築基準が変更されている。基本的な建築物はアメリカ本土の基準に則って建造されており、アメリカ本土よりも大きな設計外力が設定されている。このため、1995年建築以降の多くの建物については、壊滅的な被害が見られなかった。屋根の一部損壊や全壊は見られたが、壁そのものが被害を受けた建物はそれほど多く見られなかった。

一方で、電線・電柱の被害は広い範囲で見られ、調査を行った11月初旬においても、St. Thomas島の広い範囲、St. Croix島の南東部では停電が続いていた。水道については、各家庭に汲み置き施設があるものの電気が復旧していない地域において組み上げられないため、不住な生活を送っていた。携帯電話、インターネットも同様であり、地形の起伏の激しいSt. Thomas島では、不通の地域が多く見られた。

3.3 避難

アメリカ領ヴァージン諸島における緊急時の対応は、Virgin Islands Territorial Emergency Management Agency (VITEMA)が行っている。ハリケーン Irmaに対しては、9月5日にアメリカ大統領から非常事態宣言 (Emergency Declaration the territory) が発令され、FEMA (Federal Emergency Management Agency) と一体となってハリケーンの対応にあたることとなった。これは、事後の対応（がれきの撤去等）を意識したものであり、事前対応については、VITEMAの責任として対応した。VITEMAは、ハリケーン Irmaならびに Mariaにおいて、避難所をオープンさせ、また、外出禁止令(Curfew)が発令された。避難所は、ハリケーン Irmaに対しては9月6日、Mariaに対しては、9月17日にそれぞれオープンされている。ハリケーン Irmaによる被害の復旧作業中にMariaは来襲したが、VITEMAは、FacebookやTV、ラジオを通して、ハリケーンの危険性およびそれに対する準備を常に訴えていた。

避難状況であるが、観光客のほとんどは、ハリケーン Irmaの襲来の前に、島外に逃げた。避難所の収容人数は、1つの場所に対して、数百人程度であり、St. Thomas島の人口48,000人、St. Croix島の人口52,000人の全員を収容可能とするものではなかった。さらに、VITEMAとしても、カテゴリ-3以上の台風

に対し、建物が耐えられるかどうかについては不明瞭であるという見解を述べていた。しかし、島民は、ほとんどの人が自宅もしくは親類の家に待機して過ごした。その結果、St. Thomas島では1,200名、St. Croix島では225名の方が、避難所に避難したことがわかった。

4. 今後の展開

今回の調査対象である2017年のハリケーン IrmaおよびMariaによる被害調査から、巨大台風による災害形態の特徴の把握、台風、波浪の数値モデルの改良、被害軽減のための工学的・社会科学的アプローチ、避難のための方策について研究を進める予定である。

USヴァージン諸島では、アメリカの建築基準に従った建築物が殆どであり、強風で全壊した建物は殆ど見られなかった。事前に水・食料の備蓄および自家発電を用意した一般家庭も多く、事前情報も含めて発展途上国に比べて準備は格段に良い環境であった。

沿岸災害については、砂浜の大規模な侵食、沿岸沿部に立地するホテル、レストランの高潮・高波による浸水および破壊が数多く見られた。被災したホテルについては、操業再開まで1~2年を要するものも多く、全産業の半分を占める観光業に対する大きなインパクトが感じられた。砂浜の侵食についてそのリカバリーについての長期観測が必要であると思われる。

謝 辞

本調査は、防災研究所突発災害調査費、土木学会海岸工学委員会、National Science Foundation RAPIDの援助のもと行われた。ここに感謝の意を評す。

参考文献

2017年ハリケーン Irma およびMariaによるアメリカ領ヴァージン諸島災害調査団 (2018): アメリカ領ヴァージン諸島ハリケーン Irma・Maria被害調査団報告書(速報版)、土木学会海岸工学委員会

(論文受理日: 2018年6月13日)