

Web サイトに投稿された津波動画の映像分析*

竹田周平^{*1}, 近藤 晶^{*2}, 三浦英夫^{*2}, 芦田浩之^{*2}

Tsunami Propagation Analysis Based on Recorded Videos on the Web Site

Shuhei TAKEDA^{*1}, Sho KONDO^{*2}, Hideo MIURA^{*2} and Hiroyuki ASHIDA^{*2}

^{*1} Department of Architecture and Environmental Engineering ^{*2} Department of Design

At 14:46 local time on March 11, 2011, a magnitude 9.0 earthquake occurred off the coast of northeast Japan. It was one of the most powerful earthquakes to have hit Japan. This earthquake caused a Tsunami which attacked Japan as well as a wide range of localities around the Pacific Ocean. According to the report of Japan Meteorological Agency, inundation heights were observed between about 7m and about 12m from the northern part of Fukushima Prefecture to the southern part of Iwate Prefecture. The authors focus on the characteristics of Tsunami in the propagation process. Study is based on the videos shot when Tsunami came. From the analysis of Tsunami propagation, it is known that Tsunami will inundate fast the some area.

Key Words : Recorded Videos, Tsunami Velocity, Web Site

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災（M9・最大震度7）は観測史上最大の地震となり、死者および行方不明者は約2万人となる惨事となった。この地震により東北地方の沿岸部には大津波が発生し、沿岸地域に甚大な被害をもたらした。津波の被害を軽減させる対策を行うには「津波波力」の大きさを把握することが重要であるが、この大きさを推定するためには津波の深さ（浸水深さ）と流速を明らかにする必要がある。このために第一段階⁽¹⁾では、公開されている津波動画から104ケース（有効動画は28）の津波流速の簡易調査を実施した。しかしながら、津波の流速と浸水深さは刻々と変化し、一様に評価することは困難であり、また津波の波力を推定するためには、より多くの津波流速及び浸水深さの分析が必要である。以上より、本研究では第一段階に実地した津波分析に加えて、①新しい動画を検索し分析を追加、②津波の振る舞いの時刻歴変化を分析することを目的に研究を行うこととした。

2. これまでの研究成果と課題

2.1 これまでの研究の概要

これまでの研究では、YouTube⁽²⁾で公開されている動画データを Web 上で検索し、これらより津波の流速に着目して映像分析を試みた。この映像での分析は固定物など津波に影響しない距離間を移動する漂流物の移動を計測する方法とした。対象とした測定地は、市街地、河川、港湾など様々な条件であり、また測定した時期も来襲した瞬間や水深が増してからの観測、また海岸線からの距離もそれぞれ異なっている。

* 原稿受付 2014年2月28日

^{*1} 建築生活環境学科

^{*2} デザイン学科

E-mail: s-takeda@fukui-ut.ac.jp



Fig.1 Location of survey area (H23)

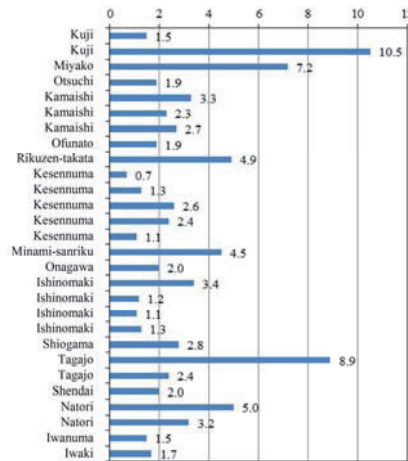


Fig.2 Result of Tsunami velocity (H23)

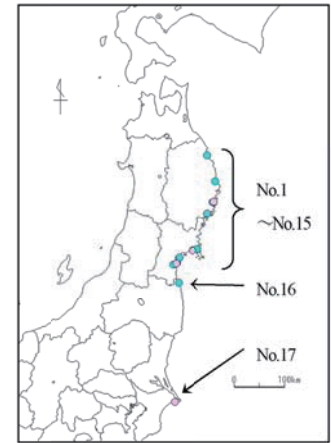


Fig.3 Location of survey area (H24)

2.2 津波動画分析と対象動画

流速の測定は、ある 2 点間 (L) を定めその点を通過する漂流物などの通過時間 (t) を計測することで計算を行う方法とした。ここで重要となる 2 点間の距離の測定方法は電子平面などを利用し求めた。また時間の測定はビデオカウンタの計測ではなくストップウォッチを利用した。式 (1) に津波流速の評価式を示す。ここに、 V は波の流速(m/s) を、 L は 2 点間の距離を、 t は 2 点間の漂流時間を示す。また Fig. 1 に動画位置図を示す。対象となる動画は主に岩手県から福島県の三県であり、調査対象数は 104 ケースであった。なお、津波の振る舞いが明らかな動画でも実際の流速が困難なケースもあり、このようなデータは分析の対象外とした。この結果、有効となった動画数は 28 ケースであった。

$$V = \frac{L}{t} \quad (1)$$

2.3 結果と課題

Fig. 2 に津波流速の分析結果を示す。この図より、算出された津波の流速は、最小が 0.7m/s、最大が 10.5m/s と非常に幅広い流速であることが判る。このように大きな違いが認められたのは、海岸線沿いと市街地との違い、また津波の遡上する時間による影響と考えられる。なおこの結果は限られた時刻のデータであり、その地区を代表するような値ではない。このために、津波の振る舞いをより分析するためには、津波の遡上時間に伴う流速の変化、まだ分析されていない津波の浸水深さの時間変化の関係を把握することが重要である。

3. 津波動画の詳細分析と結果

3.1 対象動画と評価方法

本研究で対象とする動画は、これまでと同様に YouTube²⁾の動画サイトで再検索した全 19 ケースの動画により分析を行った。Fig. 3 に動画の記録位置を示す。なお本研究では、1 つの動画で可能な限り多くの分析を行っている。流速の測定については、これまでと同様に式 (1) より、また浸水速度については式 (2) より求めた。ここに、 V_h は津波の浸水速度を、 h_i は津波の相対浸水深さ、 t は着目する 2 点間の浸水時間 (ストップウォッチ計測) を示す。

$$V_h = \frac{h_i}{t} \quad (2)$$

3.2 代表的な動画の津波浸水深の分析

この動画 (No.2) は、岩手県宮古市新川町 2-1 で記録された動画である。この動画では、全部で 5 段階 (ステップ) の浸水変化を分析した。Fig. 4 はこのステップ 2 (動画時刻 ; 7 分 18 秒) の様子を示す。図中の AB 間は

浸水深さを計測する長さを意味し、この動画上の長さで浸水前の基準長の差により算定した結果、絶対水深は 1.7m となった。Fig. 5 はステップ 3 の段階を示しているが、同様な方法により相対水深を求めると 0.5m となった。このステップ間の時間は 126 秒であることから、浸水速度は 0.2m/min と求められる。Fig. 6 にこれらの 5 段階におけるすべての結果を示す。この図より、浸水開始から約 1.2min で浸水速度 1.4m/min と最大を記録し、これ以降は 0.2~0.4m/min とほぼ一定になっていることが判る。



Fig.4 Step2 of No.2



Fig.5 Step3 of No.2

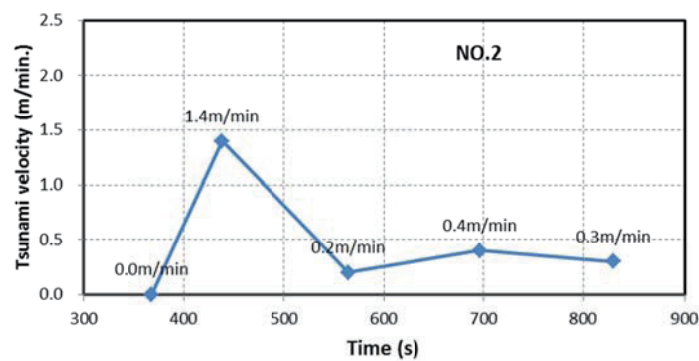


Fig.6 Relationship between time and Tsunami velocity (No.2: Tsunami height)

3.3 代表的な動画の津波流速の分析

この動画 (No.5) は、岩手県大船渡市大船渡町台 26 付近で記録された動画である。この動画は全部で 7 段階 (ステップ) の流速を計測した。図中の AB 間は漂流物が移動する距離である。Fig. 7 はこのステップ 1 (動画時刻 ; 4 分 33 秒) の様子を示す。このステップでの AB 間 (11m) を漂流物が流れる時間は 3.5 秒であることから、流速を 3.1m/s と求めた。Fig. 8 はステップ 2 の様子を指示したものであり、同様な方法で流速を 7.9m/s と求めた。Fig. 9 にこれら 7 段階における結果を示すが、流速は 3.1m/s から最大を迎える 10.3m/s に達するまでに速度が変動しており、市街地の津波の振る舞いが複雑であることが理解できる。

3.4 結果と考察

動画記録位置のうち有効動画は全部で 13 箇所あり、そのうち浸水速度を計測できたのは 5 箇所、流速を計測できたのは 10 箇所であった。また本研究では、着目する漂流物が通過する 2 点間距離、また浸水した高さの計測精度の問題はあるが、津波が襲来した港湾部をはじめ、住宅街を襲来する津波や河川を遡上する津波の流速と浸水速度を示した。算出した浸水速度は、多賀城市は計測箇所が幅の広い道路に面していたため、0.2m/min と小さい値になった。また釜石市は海岸線に位置していたため最大の 13.3m/min と大きい値になった。

津波の流速について、名取市では計測箇所が住宅地とは違い、海岸線からやや遠い農耕地であったために 1.3m/s と小さい値となったが、大船渡市や仙台市の一部では海岸線付近の都市部であり、津波の勢いが衰えることなく、



Fig.7 Step1 of No.5



Fig.8 Step2 of No.5

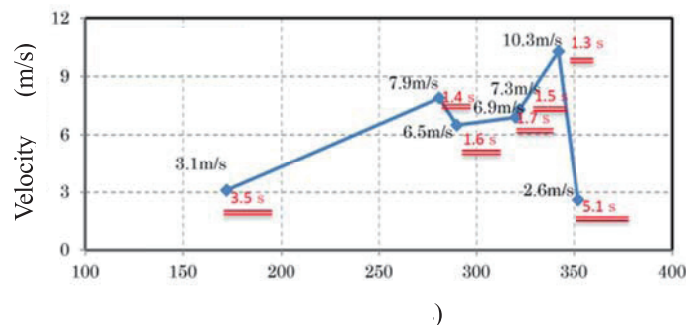


Fig.9 Relationship between time and Tsunami velocity (No.5)

また大通りに面した地区で比較的津波が流れやすい条件が相まって早い流速（10.3～10.7m/s）になったものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、これまでの映像分析で実施した研究をより発展させるために、Web 上に新規投稿された動画データを動画サイトから再度検索し、この動画データより津波遡上の流速や浸水深さの時刻歴変化を分析した。さらには津波流速に基づく波力の簡易分析を試みた。この結果、津波の振る舞いは、一様に示すことが困難であることが明らかとなり、各地区の特性（地形条件、建物の配置）が与える影響が大きいことが判った。

謝 辞

本研究は動画投稿サイトである YouTube のデータを利用した。またデータの集計や分析において、中川永一氏と西村容司氏にご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表する。

文 献

- (1) 雨塚直人，“東北地方太平洋沖地震で記録された動画に基づく津波力の推定”，H23 年度福井工業大学工学部建設工学科土木環境工学専攻・卒業研究発表概要集，2012 年 1 月。
- (2) YouTube^{JP}，<https://www.youtube.com/>。
- (3) 道路橋示方書・同解説，社団法人日本道協会，p.44，2002 年 3 月。

（平成 26 年 3 月 31 日受理）