

タイムスタンプデータによる津波到達直前の陸前高田市内の状況の推定

牛山 素行*・横幕 早季*

Estimation of situation in Rikuzentakata city
just before tsunami attack based on time stamp data

Motoyuki USHIYAMA* and Saki YOKOMAKU*

Abstract

The behavior of people at the time of a tsunami attack was estimated using the time stamp data of a digital camera graphics file. The target place is Rikuzentakata city, Iwate prefecture where 1,939 persons were killed or missing by tsunami on March 11, 2011 in the city. The city, almost all the buildings located in city areas including a city office were destroyed by the tsunami, and no public record remains. We collected seven animations and about 500 pictures that the citizens took. The timetable from the occurrence of the earthquake to tsunami arrival was created based on the obtained data. The arrival time of the tsunami near the Rikuzentakata city office was estimated around 15:28 about 42 minutes after the earthquake occurrence. The time when tsunami overflowed at the bank was estimated around 15:24. When tsunami overflowed at the bank, few people and cars were located near the seashore. The city office noticed that tsunami overflowed from the bank, and was broadcasting it to citizens by disaster prevention radio communications around 15:25. There were few people who heard the broadcast and took refuge act to still higher places. Although very many people passed away, positive evacuation behavior was performed in the city.

キーワード：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震，陸前高田市，津波，避難行動，デジタルカメラ画像

Key words : the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Rikuzentakata city, tsunami, evacuation behavior, digital camera graphics file

* 静岡大学防災総合センター
Center for Integrated Research and Education of Natural
hazards, Shizuoka University.

本論文に対する討論は平成24年11月末日まで受け付ける。

1. はじめに

災害発生時の被災地の状況や各機関の対応に関する時系列的情報は、災害研究や災害対策の場において重要な基礎的資料である。中小規模の災害においては、行政機関などによる記録を軸にしたタイムテーブルとしてとりまとめられることがよくある（たとえば、人と防災未来センター，2003）。また、2000年東海豪雨時の片田らによる調査（群馬大学片田研究室編，2001）のように、被災地での徹底した悉皆調査票調査から、浸水開始時刻や、避難行動実施率の時間的な変化など、時空間的な情報が得られる可能性も示されている。しかし、東日本大震災においては、行政機関自身が機能を喪失し、災害時の記録が残らないという状況が発生した。また、多数の集落が消滅し、調査票調査による状況の解明も困難になった。このような大規模災害時に被災地の状況を間接的な方法で客観的に把握する手法はいくつか試みられてきた。たとえば、秦ら（2003）は電力供給量を間接的な指標として、水害浸水区域の時間的な変化を推定している。また、小玉ら（2008）は、自動車の走行軌跡を収集できる機器を搭載したプローブカー情報を用いて、災害時の道路閉塞状況をリアルタイムに推測できることを示している。筆者自身も、2009年兵庫県佐用町水害において、メディア報道、ブログ記事、複数の行政機関の記録、現地住民の証言などをもとに、多数の遭難者が発生した際の時系列的な状況の推測を試みている（牛山・片田，2010）。

東日本大震災における一つの特徴は、デジタルカメラやカメラ付き携帯等が市民の手に完全に行き渡り、またツイッターなどのリアルタイムに情報発信可能なツールの利用が本格化した中で生じた災害であったことから、多数のタイムスタンプ付きの画像、文字データが残されたことである。

そこで本報告では、デジタルカメラ画像などの時刻記録を含むデータを基礎資料とし、聞き取り調査による証言情報を加味して、津波到達直前の人々の行動や、地域の様子を推定することを試みた。本報では、災害発生9ヶ月後の2011年12月までに得られた情報にもとづく速報的な解析結果を

報告する。また、今後各種資料の蓄積によって、より詳細な推定結果が得られる可能性が示唆され、また、他地域で同様の調査を行う上でも有意義な調査方法であると考えられるので、方法論の整理も目的とする。

2. 研究手法

2.1 調査対象

調査対象地は、岩手県陸前高田市中心部にあたる、同市高田町および気仙町付近とした。主な地名、施設名を略図として図1に示す。本地域は、東日本大震災における市町村別死者・行方不明者数（1,939人）全国2位、浸水域の人口に対する死者・行方不明者数の比（11.65%）全国2位など（総務省消防庁，2011；牛山・横幕，2011）、甚大な被害を受けた本災害の代表的な地域である。また、筆者が従来から同市気仙町を中心に災害意識などの調査をしており、さまざまな情報を得やすかったことから、調査対象地域とした。

調査対象の時間帯は、津波からの避難行動を主な関心事項とするため、地震発生から津波が到達して市街地に破壊的な被害が生じるまでの間とした。

2.2 利用資料

検討に用いた資料は、時刻が自動的に記録されるデジタルカメラ画像および動画、twitterでの発言を中心とした。地震発生から津波到達までの間に、陸前高田市内で撮影された動画としてインターネット上で確認できたのは2点あったが、画像については数点しか確認できなかった。そこで、筆者の知人や、現地での聞き取り調査などを通じて、画像等を提供してもらえる人を探索した。なお、個人的な画像も多く含まれることから、これらの画像、動画については提供者を匿名とし、二次利用はしないという条件で収集を行った。利用資料の撮影者、撮影場所等を表1に示す。

2.3 時刻補正

デジタルカメラの時計は一般に利用者が手動で



図1 陸前高田市中心部略図。背景図は電子国土による、以下同じ。

表1 利用した画像等の情報源

記号	種類	撮影場所	備考	時刻誤差
A	動画・画像	高田町	動画1件は USTREAM で公開。写真19件、動画4件	ほぼ正時
B	動画	米崎町	米崎消防団。Youtube で公開。	記録無し
C	画像	気仙町	撮影者は行方不明者。写真2件。	ほぼ正時
D	画像	気仙町	写真139件。	約3分進
E	画像	気仙町	写真80件。	約3分進
F	画像	高田町	写真226件。	約1分遅
G	画像	高田町	写真17件。	ほぼ正時
H	画像	高田町	刊行物「未来へ伝えたい陸前高田」(タクミ印刷)	ほぼ正時
I	動画	全域	岩手県警撮影動画。読売新聞サイトで公開されたもの	記録無し
J	画像	気仙町	写真9件。	約1分進
K	動画	広田町	動画1件。	記録無し

設定するものであり、それぞれ誤差があると予想される。そこで、各提供者別に以下のような方法で時刻補正を行った。なお、地震の発生時刻は14:46としている。

(1) 情報源 A の USTREAM 公開動画

USTREAM (<http://www.ustream.tv/>) は動画共有サービスの一つで、発信者が簡単な方法で同時中継を行ったり、中継した動画を保存・公開したり

することができる機能を持つ。撮影者の A 氏は津波到達直前に陸前高田市役所前付近にあり、ここで USTREAM を利用した中継を開始した。USTREAM では中継開始時刻は直接記録されないが、中継開始については twitter 上で告知されており、この時刻が15:24であることから、動画の開始時刻は15:24頃、動画の継続時間が約2分であることから終了は15:26頃と推定した。

(2) 情報源 A のデジタルカメラ画像及び動画

A氏はUSTREAMとは別に、デジタルカメラによる写真及び動画も撮影している。このカメラの時刻のずれについてA氏は特に確認していない。A氏が撮影した画像の中に、陸前高田市のショッピングセンター「マイヤ陸前高田店」の駐車場を撮影したものがあり、この中に同店の屋外型時計が写っている(写真1)。この時計の示す時刻が14:52であり、画像の記録時刻も14:52であった。この時計は、形状から判断したところ、松下電工株式会社の両面ボール型太陽電池時計TC715であり、時刻合わせが自動で行われる仕様のものではなかった。太陽電池駆動のため地震による停電で停止している可能性は低いが、時刻の正確性については何とも言えない。しかし、この時計は非常に人目に付きやすい場所にあり、かつ管理者がマイヤであることは一目瞭然であることから、大きくずれていれば管理者に連絡がなされた可能性が高いと思われる。また、異なる複数の時計がたまたま同程度の時刻のずれを生じている可能性は低いと思われることから、A氏のデジタルカメラの時計は概ね正確な時刻に設定されていたものと判断した。



写真1 14:52頃マイヤ高田店前、A氏撮影。

(3) 情報源 B の動画

この動画は動画共有サイトYouTubeで公開されているものである。撮影開始時刻についての記録はないが、A氏のUSTREAM動画と一部が時間的に重複している。二つの動画ともに、陸前高田市役所からの防災無線による放送音声を取り取るこ

とができるので、放送内容の重複する時刻とA氏の動画の開始時刻を元に、B氏の動画の開始時刻を推定した。

(4) 情報源 C のデジタルカメラ画像

C氏は津波により行方不明となっており、カメラのみが発見されたものである。時刻のズレについては明確な資料がないが、D氏、E氏の画像の近くで撮影されたものであり、両氏の画像と比較した結果、記録されている時刻に大きなずれは生じていないと判断した。

(5) 情報源 D のデジタルカメラ画像

D氏本人から、「記録されている時刻は正しい時刻に対して約3分進んでいる」と申告されており、その証言に従って時刻を補正した。

(6) 情報源 E のデジタルカメラ画像

D氏画像と類似した範囲を撮影した画像があり、D氏画像時刻を元に、約3分進んでいると判断した。

(7) 情報源 F のデジタルカメラ画像

D氏画像と類似した範囲を撮影した画像があり、約1分遅れていると判断した。

(8) 情報源 G のデジタルカメラ画像

A氏、D氏の画像と類似した範囲を撮影した画像があり、ほぼ時刻のずれはないと判断した。

(9) 情報源 H

F氏の画像と類似した範囲を撮影した画像があり、ほぼ時刻のずれはないと判断した。

(10) 情報源 I の動画

時刻に関する記録が無く、また、一般に参照できる動画は所々省略された形になっていたため、開始時刻、終了時刻は特定できなかった。他の情報源からの画像等と類似する位置が撮影された前後についてのみ時刻を特定した。

(11) 情報源 J のデジタルカメラ画像

D 氏画像と類似した範囲を撮影した画像があり、約 1 分進んでいると判断した。

(12) 情報源 K の動画

開始45秒後に撮影者が「15時11分」と読み上げていることと、開始3分30秒後に明確な地震の揺れが読み取れ、これは15:15に発生したM7.4の余震（大船渡で震度3）と思われるので、動画の開始時刻は15:11頃と判断した。

これらの補正の結果、おおむね ± 1 分程度の精度は確保できたと考える。

3. 結果

3.1 津波到達時刻の推定

画像・動画から読み取れる最も明瞭な情報としては、津波の到達範囲が挙げられる。収集した画像のタイムスタンプを補正できたので、撮影者の異なる画像を元に一つの図のなかに津波到達範囲の概略を示すことが可能になった。

結果を図2に示す。また、参考のため国土地理院（2011）が公開している津波浸水区域図を図3に示す。ここで「津波到達」とは、画像上で津波の先端部があきらかにその地点に到達していることを読み取ることができた状態を示し、図中の数字は津波到達が確認できた位置に表記してある。したがって、陸上部においてはその地点に津波が遡上した事を読み取っているが、河川や海面部では、潮位記録に現れる本来の意味での津波の第一波の到達を読み取ることができていない。河川（気仙川）内にも到達時刻を示しているが、これは水面に明確な段差が読み取れる状態になった時刻を示している。なお、等値線は、これらの位置をもとに津波到達範囲を概略で示したものであり、厳密なものではない。

入手した写真の中では15:09に気仙川河口付近で潮が引いている様子を読み取れるが、これ以外には陸上部に津波が遡上する以前の時点での「引き波」に関する画像は得られていない。図2に示した津波の到達は、いずれも明瞭な「押し波」である。



図2 推定した津波到達範囲概略図と時刻（15時**分）

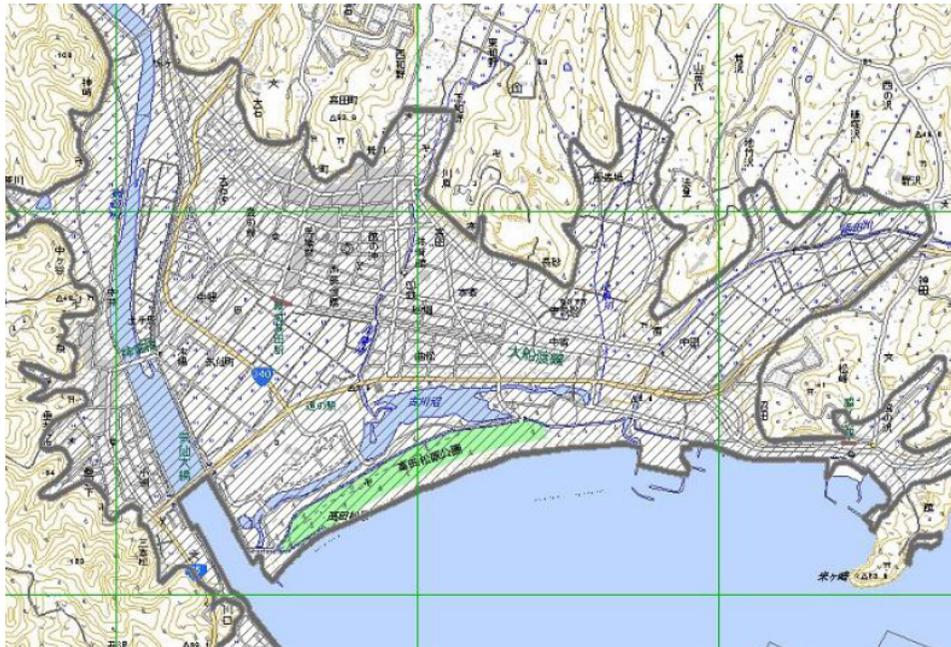


図3 国土地理院による津波浸水区域図

陸前高田市の海岸付近に津波が到達したのは15:23~15:24頃のようなのである。図中で明瞭に海岸付近への津波到達が確認できるのは、15:23頃の米崎港岸壁付近への到達である。気仙川河口部を撮影した画像は海岸線付近が不明瞭でよく見えない。図2では高田松原西端部への津波到達を15:24としているが、これはこの付近の防潮堤を津波が明らかに越えていることが読み取れる時刻であり、激しい押し波が到達した時刻はもう少し早かったと思われる。到達した津波はまず気仙川河道内を北上する。気仙川からは15:25頃に気仙大橋付近の右岸で越流が始まり、愛宕下~今泉方面に浸水が広がっていく。同時刻に気仙中学校校庭東側の堤防は早くも損壊したように見える。気仙川左岸では15:26頃に姉齒橋付近で越流するが、気仙川東側の平野部には、海岸側からの津波の方が少し早めに広がっていったようである。市街地方面への津波はおおむね高田松原海岸の海岸線に平行する形で遡上するが、古川沼付近を中心に、市役所方面にやや先行して進入したようである。市役所付近への津波到達は15:28頃、

多くの犠牲者を出した市民体育館への到達もほぼ同時刻と思われる。市街地北西部の大石沖付近への津波到達は市街地付近では最後まで15:30以降と思われるが、詳しい時刻は判断できなかった。

気仙川には図中の範囲では、下流側から気仙大橋、姉齒橋、詠石橋と3つの橋があったが、すべて津波により流失している。まず姉齒橋が15:26~15:27にかけて流失、気仙大橋は15:28に流失した。詠石橋については不明である。高田松原海岸の砂丘上には数万本の松林が存在したが、これらは15:28~15:29頃にはほぼ流失した。

3.2 津波到達後の低地部に確認された人や車

海岸部に津波が到達し、防潮堤を越流しはじめた15:24頃以降に、歩行者や移動する車両が確認された位置を図4に示す。津波が陸上部を遡上開始した時点以降でも、低地部（この図で人や車が確認された地点はすべて津波浸水想定区域内）にある程度の人が所在していたと読み取れる。ただし、確認できた人や車の数は市役所付近を除いてほぼ1~2人あるいは1~2台であり、国道45号

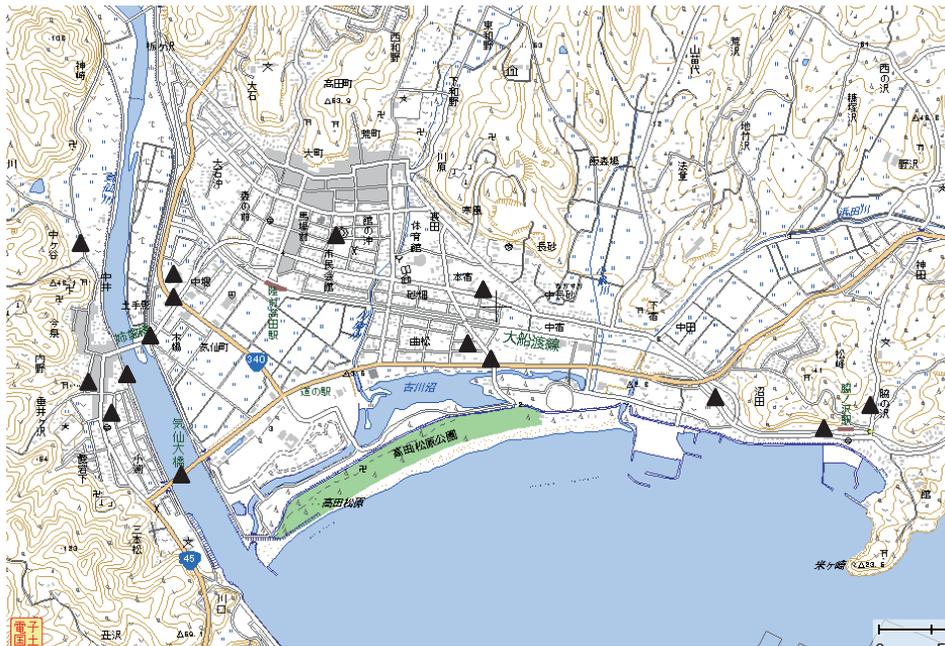


図4 海岸付近への津波到達（15：24頃）以降に人や車の移動が確認された場所

線、国道340号線などの幹線道路にはほとんど車も人もいない状態であった。岩手県（2005）によれば、国道45号線の陸前高田市高田町曲松では平日昼間12時間の自動車交通量が10937台で、仮に1分当たりの平均とすると15台となる。国道340号線陸前高田市高田町奈々切では同5270台、7台となる。今回得られた画像では、これら国道を1分当たり数枚撮影している画像もあるが、その中では通行車両がほとんど確認できないケースが多く、これは交通量調査の結果から考えると日常的な状況とは思えない。少なくとも海岸近くの低地部では、早期に積極的な避難行動がとられていたことが伺える。

なお、現地での聞き取りや、報道記事によれば、第一中学校、高田小学校などの高台方面への登り口となる道路付近で渋滞が発生していたとの証言が少なくない。津波到達時の高台近くの様子を記録した画像、動画としては、情報源Bの動画で米崎中学校付近の様子を見ることができるのみである。これを見ると、米崎港から米崎中学校付近に向かう道路を数十人規模の人と数台の車が移

動しているが、渋滞と言えるような状況にはなっていない。ただし、米崎地区は比較的人口の少ない地区であり、人口の多い中心部付近では、高台に向かう道路付近の画像等が得られていないので、避難に伴う渋滞がどの程度であったかについては、この調査結果からは言及できない。

3.3 防災無線の内容

陸前高田市の防災無線は、同市防災対策室によって市役所2階から放送されていた。市役所が完全に津波に飲みまれ、防災対策室職員全員が殉職しているため、津波当日の防災無線についての公式な記録は残っていない。情報源A、情報源B、情報源Kの動画からは、津波到達直前の15：11～15：27の防災無線の放送内容が聞き取れる。これを書き起こしたのが表2である。

15：17までの放送は定型文で同内容を2回繰り返し放送しており、特別に異常な状況は感じられない。なお、15：14に気象庁から津波情報（予想される津波の高さに関する情報）として「岩手県6 m」が発表されているが、これについてはその後の放

表2 津波到達直前の陸前高田市防災無線の放送内容

時刻	放送内容
15:11	ただいま、大津波警報が発表されています。3mを、超える、大津波が予想されます。沿岸住民、海岸付近にいる人は直ちに高台に避難してください。市内海岸においても、津波が観測されています。沿岸住民、海岸付近にいる人は直ちに高台に避難してください。
15:13	ただいま、大津波警報が発表されています。3mを、超える、大津波が予想されます。浸水区域にいる人は、直ちに高台に避難してください。
15:15	<15:13と同文>
15:17	<15:13と同文> <※15:18頃～15:22頃の間はデータ無し>
15:22	ただいま大津波警報が発表されています。市内各地で津波が押し寄せています。沿岸住民、海岸付近にいる人は、直ちに高台に避難してください。ただいま大津波警報が発表されています。市内各地で津波が押し寄せています。
15:25	松原地内において、水門を越えておりますので直ちに避難してください。(15秒中断)ただいま、大津波警報が発表されています。松原水門においては、津波が越えておりますので、すぐに避難してください。
15:26	^(A) 津波が水門を越えております。住民は直ちに避難してください。 ^(B) 津波による、津波により、堤防から、津波が越えています。住民は直ちに避難してください。ただいま、気仙川において、津波が越えております。ただいま、気仙川において、津波が越えています。浸水地域にいる人は、直ちに高台に避難してください。ただいま、大津波警報が発表されております。松原水門及び気仙川において津波が越えておりますので、ただちに高台へ避難をしてください。浸水地域にいる人は直ちに避難をお願いします。
15:27	ただいま、津波が押し寄せております・・・

送でも反映されていない。15:22の時点では、津波の来襲を伝えているが、陸上への遡上については明確には伝えていない。放送の口調には緊張感はあるものの、内容的にはまだ定型文を読み上げているような口調である。しかし、15:25～15:26頃の放送では、それまで言葉を区切って放送していたものが、やや早口で叫ぶような口調（下線A）が混じっている。また、津波が陸上を遡上しつつあることを伝えており、言葉使いがやや乱れている（下線B）。放送が聞き取れる最後は15:27頃であり、15:29頃に市役所屋上（この時点で3階まで津波到達）から撮影された動画では、すでに放送は確認できない。

なお、情報源Kの動画では15:20頃以降の放送が聞き取れない。場所によっては、市役所に津波が来襲するより前の時点ですでに防災無線が途絶していた可能性がある。

3.4 津波到達直前の避難行動

(1) 陸前高田市役所・市民会館付近

情報源Aの動画、画像、情報源Gの画像からは、津波到達数分前の市役所付近の状況を確認で

きる。陸前高田市役所の南側には市民会館があり（図5）、一次避難所に指定されていた。なお、市役所は避難所には指定されていなかった。15:25頃には、市役所前の駐車場、道路、市民会館の駐車場に、数十人規模の人が所在しているのが確認できる。この時点では人々は立ち止まる、あちこ

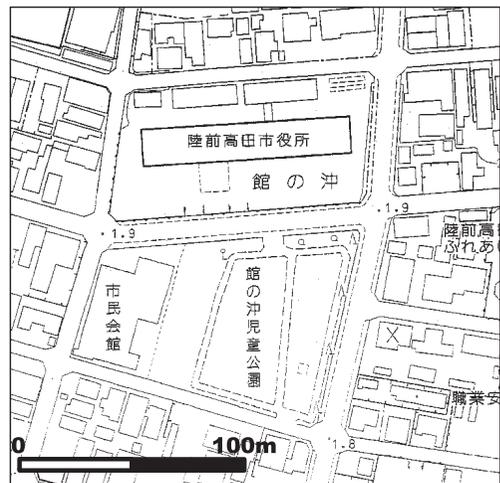


図5 陸前高田市役所付近略図。陸前高田市都市計画図に加筆。

ちへ行き来するなどしており、一定の行動は示していない。市役所敷地内、市民会館東側の駐車場はほぼ満車だが、市役所・市民会館間の道路を走る車は、動画で確認できる約1分間に3台だった。15:25の時点ですでに防災無線は津波が遡上しつつあることを伝えているが、それに呼応した動きは見られない。しかし、15:26頃に、市役所屋上方面から「津波が来ている」と地上にいる人々に呼びかける声が聞こえ始めた。この時点ですでに屋上に上がっていた人々が津波を見て声を上げたようである。また、同時期に防災無線も少し口調が変わり、これらに呼応するかのように人々が市民会館内、あるいは市役所内に向けて動き始める(写真2)。動画が不明瞭で数のカウントはできないが、市民会館の方に向かった人の方が多いように見える。情報源Aの撮影者も、市役所屋上からの声を聞いて撮影を中断し市役所屋上に向かったとのことである。

15:28頃に市役所前の館の沖児童公園に津波が侵入する瞬間の画像が複数あるが(写真3)、この画像で見る限り、数分前の動画で多数の人がいた市役所前の道路にはすでに人も車も全く見られない。津波到達直前1~2分の間に、人々は積極的な避難行動を示したものと思われる。ただし、市民会館は最上階3階まで、市役所(一部4階)は3階まで津波が到達し、いずれの建物内でも多数の犠牲者を生じた。



写真2 15:26頃市民会館前。A氏撮影の動画から。

(2) 気仙小学校付近

陸前高田市気仙町今泉の気仙小学校(図6、写真4)は、今泉地区に11カ所ある津波対応の一次



図6 気仙小学校付近略図。陸前高田市都市計画図に加筆。



写真3 15:28頃市役所2階より、館の沖児童公園に進入する津波。A氏撮影。



写真4 災害前の気仙小学校校庭と裏山。2008年8月22日牛山撮影。

避難所のうち最大の面積を持つ避難所であり、少なくとも80人以上の住民や、隣接地にある今泉保育所の園児・職員らが校庭に避難していた（9月10日付朝日新聞）。また、揺れが激しかったことから、気仙小学校の児童（92人）・教職員も建物内に待機せず、校庭に集まっていた。その後、津波到達直前に一部住民および児童らは、危険を察知して校庭西側の裏山に移動し、小学校、保育所の児童・園児・教職員は全員が助かったが、避難していた住民には数十人規模の犠牲者が出た。今泉地区自主防災協議会会長、同副会長もこの場所で避難誘導中に亡くなっている。校庭から裏山への移動のきっかけについては明確なことはわからないが、4月9日付岩手日報によれば、防災無線で津波が堤防を越えたことを聞いた教師らが誘導を始めたとのことである。また、筆者の聞き取りでは、津波が迫るのを見た住民が声を上げて児童らを移動させ始めたとの証言もある。なお、気仙小学校校庭からは、気仙川や海岸付近を見通しにくかったので(写真5)、津波が迫るのを見たとなれば、かなり接近してからだと思われる。

津波到達時の気仙小学校付近を直接撮影した動画、画像は発見できていないが、遠方からの画像をもとに判断すると同小学校付近に津波が到達したのは15:28頃と思われる。防災無線で津波が水門を超えたことが伝えられたのが15:25頃なので、これをきっかけにしたと仮定しても、校庭から裏



写真5 災害前の気仙小学校校庭から東方を見る。気仙川の堤防や海は見えない。2008年7月18日牛山撮影。

山への移動は津波到達直前の2～3分間に行われたと考えられる。津波到達後の写真を見ると、気仙小学校は3階窓付近まで浸水の痕跡があり、児童らが建物内に避難していれば遭難者が出た可能性が高いと思われる。

4. おわりに

本報告で得られた2011年3月11日の津波到達直前の陸前高田市内の主な状況をタイムテーブルに整理すると表3となる。陸前高田市の海岸部に潮位計は設置されておらず、気仙川の水位観測所は河口から4 km上流にあったものの、当日は1時間ごとの計測で観測機器も流失したことから、津波に関する定量的な観測値は存在しない。また、市街地がほぼ完全に流失したため、監視カメラ等の映像も残っておらず、市役所が壊滅したため公的な記録もほとんど残っていない。しかし、複数の撮影者によるタイムスタンプ付画像データを組み合わせることにより、津波の到達位置や現場の状況を、相対時刻にとどまらず、絶対時刻にもとづくタイムテーブルで再現することができた。

タイムスタンプ付画像データを利用する上で最も難しいのは、デジタルカメラ等の時計が必ずしも正確に設定されていない可能性がある点である。また、特にネット公開された動画は撮影時刻そのものが記録されていないことも多い。この課題への対策としては、本稿で試みたように以下のような方法が挙げられる。

- ・なるべく多数の撮影者によるデータを収集する。
- ・画像中に映り込んでいる時計など時刻を示す情報と照合する。
- ・複数撮影者がほぼ同時刻と思われる現象を撮影している画像を探し照合する。
- ・地震の揺れなど、他の客観的なデータソースから時刻を特定できる現象が映り込んでいないか探索する。
- ・撮影者以外の人も含んだ聞き取り調査も実施し、補足情報として活用する。

以上の調査結果からは、今回の津波に対する陸前高田市内での状況として、以下のことが読み取

表3 画像・動画から確認された陸前高田市内の主な状況

時刻	状況
14:46	地震発生。三陸沖。大船渡市大船渡町：震度6弱。
14:49	大津波警報：岩手、宮城、福島
14:50	津波情報（予想される津波の高さに関する情報）：岩手県3m、宮城県6m、福島県3m
15:09	気仙大橋から海側。潮が引き、気仙川河口付近で河床が見える状態。
15:14	津波情報（予想される津波の高さに関する情報）：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m。
15:23	米崎漁港内に津波到達。
15:24	高田松原第二球場陸開付付近で堤防越流開始。 姉齒橋東詰に消防ポンプ車1台停車中、付近に4名程度の人。 気仙大橋橋桁付近まで津波到達、橋上を走行する車2～3台。
15:25	防災無線「松原水門においては、津波が越えております」 気仙中学東側堤防は完全に越流し校庭は浸水。 姉齒橋橋桁付近まで津波到達、橋付近に人影無し。
15:26	市役所屋上方面から「津波が来てる」との叫び声。数十人規模の人が市民会館、市役所内に駆け足で移動。
15:27	気仙町今泉地区で家屋が流失し始めたように見える。 姉齒橋の全橋桁流失。
15:28	陸前高田市役所付近に津波到達。ほぼ即時に市役所、市民会館とも3階まで浸水。 気仙小学校付近に津波到達。 気仙大橋が変形開始、30秒程度で流失。今泉地区の家屋ほとんど流失。 高田松原の松林の本数が少なくなっているように見える。
15:29	マイヤ高田店の3階まで津波到達、高田町全域浸水し押し波。 高田松原の松林、キャピタル1000～気仙川河口の間ほぼ無くなる。 東浜街道の大船渡線跨線橋（図1の「奈々切」付近）の上を津波が越えつつある。
15:31	津波情報（予想される津波の高さに関する情報）：岩手県10m以上、宮城県10m以上、福島県10m以上
15:33	陸前高田市役所屋上に冠水痕跡、市役所周辺は押し波。

れる。

- ・陸前高田市役所付近では、地震発生から津波到達まで42分（±1分）程度で、高田町、気仙町の津波浸水範囲内は遅くともこの数分後までに津波が到達した。
- ・海岸近くの低地部では、津波到達時には車両、人ともにほとんど動きが見られず、早期に積極的な避難行動が取られていた可能性が高い。
- ・画像では確認できないが、証言からは、高台近くの道路付近では渋滞が発生していた可能性がある。
- ・陸前高田市役所は市街地への津波到達の2～3分前に陸上への津波遡上を覚知し、防災無線でこれを伝えようとしていた。
- ・市役所付近や気仙小学校では、公園・校庭などに数十人規模の人が避難した後、津波到達2～3分前に、津波遡上の放送あるいは注意喚起す

る人の声を聞いて、さらに高所への避難行動が取られた。

すなわち、陸前高田市においては、津波に対する避難行動自体はかなり積極的に行われていたものと思われる。同市の死者・行方不明者は10月11日現在で1,939人とさきわめて甚大だが、浸水域の人口に対する比は11.65%で、浸水域人口の8割以上は何らかの形で難を逃れたと見る事もでき、これは積極的な避難行動の成果とも読み取れる。特に、海岸近くに人や車がほとんど確認できなかったことは、津波に対して特に危険性の高い場所については、長年の防災啓発や訓練などを通じてその危険性や避難の必要性が十分周知され、多くの人々が迅速な避難行動を取っていたことを示唆しているようにも思える。従来のハード、ソフト両面の津波防災対策に至らなかった点があったことが今回の被害につながっていることは否めな

いが、様々な対策が効果を発揮したことも確かである。本報で試みたような、客観的解析にもとづく検証がさらに必要である。

謝 辞

本研究の実施に当たっては、陸前高田市在住の佐々木高志氏、村上孝嘉氏、同市出身の村上智仁氏から多大なご協力をいただいた。また、画像や証言のご提供をいただいた匿名のみなさまに心より感謝を申し上げたい。日本気象協会の本間基寛氏からは、陸前高田市の津波シミュレーション結果についての貴重な情報をいただいた。松下電工電路株式会社からは、屋外時計の仕様に関して貴重なご教示をいただいた。本研究の一部は、環境省環境研究総合推進費（S-8）、平成22年度科学技術振興調整費「災害科学的基礎を持った防災実務者の養成」、および平成21年度科学研究費補助金「接続可能な地域防災教育システムの構築に関する理論的検証と実践的レシピの提案」（研究代表者 矢守克也）の研究助成によるものである。

牛山素行・片田敏孝：2009年8月佐用豪雨災害の教訓と課題，自然災害科学，Vol. 29, No. 2, pp. 205-218, 2010.

牛山素行・横幕早季：東日本大震災に伴う死者・行方不明者の特徴，第30回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp. 107-108, 2011.

(投稿受理：平成24年1月10日)

訂正稿受理：平成24年3月26日)

参考文献

- 群馬大学片田研究室編：平成12年9月東海豪雨災害に関する実態調査調査報告書，2001.
- 秦 康範・目黒公郎・高橋健文：電力供給量の変動を利用した浸水被害の推定に関する基礎的検討，生産研究，Vol. 55, No. 2, pp. 202-205, 2003.
- 人と防災未来センター：2003年7月 水俣市土砂災害に関する調査報告書，人と防災未来センター調査研究レポート，Vol. 1, 2003.
- 岩手県：平成17年度 交通量調査報告書，<http://www3.pref.iwate.jp/webdb/view/outside/s14Tokei/top.html>, 2005 (2011年6月21日参照).
- 小玉乃理子・秦 康範・鈴木猛康：プローブカー情報の共有による災害時の道路情報収集と旅行時間短縮の数値シミュレーション，災害情報，No. 6, pp. 89-94, 2008.
- 国土地理院：2万5千分1浸水範囲概況図，<http://www.gsi.go.jp/kikaku/kikaku40014.html>, 2011 (2011年12月31日参照).
- 総務省消防庁：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について（第140報），<http://www.fdma.go.jp/bn/higaihou/pdf/jishin/140.pdf>, 2011 (2011年11月15日参照).