

# 2019年山形県沖の地震（Mj6.7）における 震源近傍域の被害調査

小島 由記子<sup>1</sup>・池田 隆明<sup>2</sup>・松本 拓未<sup>3</sup>・皆川 敦也<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 長岡工業高等専門学校助教（〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町888番地）  
E-mail: y\_kojima@nagaoka-ct.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 長岡技術科学大学 教授（〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1）  
E-mail: ikeda@vos.nagaokaut.ac.jp

<sup>3</sup>非会員 長岡技術科学大学 大学院生（〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1）  
E-mail: s163310@stn.nagaokaut.ac.jp

<sup>4</sup>非会員 長岡技術科学大学 大学院生（〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1）  
E-mail: s173277@stn.nagaokaut.ac.jp

2019年6月18日、山形県沖の深さ14kmで、気象庁マグニチュードM<sub>J</sub>6.7の地震が発生した。著者らは、地震発生2日後に家屋被害を中心とした緊急被害調査を実施した。新潟県村上市府屋では震度6強が観測されたにも関わらず、周辺の被害は軽微であった。その他の地域においても被害は軽微であり、瓦屋根の損傷等が主な被害であった。空中写真から各地域の瓦屋根の被害率を算出した結果、震源に近い山形県鶴岡市小岩川の被害率が最も高かったが、近接する早田と大岩川の被害率は低く、小岩川の地盤特性が異なることが推測された。3地点の微動測定を行い、微動のH/Vスペクトルから地盤の卓越振動数を評価した結果、小岩川の卓越振動数は木造家屋の平均的な固有振動数の範囲に入っていることがわかった。

**Key Words:** *the Off the Yamagata prefecture earthquake, Earthquake damage investigation, tile roof, Aerial photograph, Site amplification*

## 1. はじめに

2019年6月18日22:22（JST）に山形県沖の深さ14kmで、気象庁マグニチュードM<sub>J</sub>6.7の地震が発生した。震源の位置は、38.6N, 139.5Eであり、新潟県村上市で震度6強、山形県鶴岡市で震度6弱が観測された（図-1, 図-2）<sup>1)</sup>。震源メカニズムは、西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型<sup>2)</sup>と推定され、この地震により、負傷者が43名、住家半壊36棟、住家一部破損1,245棟の被害が生じ、住家被害は山形県鶴岡市と新潟県村上市に集中していることが報告された。

著者らは、地震発生から2日後の6月20日に家屋被害を中心とした緊急被害調査を実施した。この調査の目的は、今回の地震による被害状況の確認と、1964年新潟地震による被害との比較を行うことであった。当時被害が大きかったと報告されている地域についても調査を行ったが、被害を確認することはできなかった。今回の地震は、最大震度6強でありながらも、被害は比較的軽微であった。しかし、軽微な被害であっても、場所によって被害

に差がみられるという特徴があった。

本論文では、緊急被害調査の結果および、軽微な建物被害に着目し、地震による被害の規模や分布について報告する。また、被害が多くみられた地域と被害が軽微であった地域で微動観測を行い、地盤条件と被害他の関係について考察を行った。

## 2. 地震と被害の概要

### (1) 強震動

震源からの距離が近く、計測震度の大きかったK-NET 温海（以下YMT003）、K-NET鶴岡（以下YMT004）、K-NET 寒川（以下NIG006）の位置を図-3に示す。震源から最も距離が近い観測点は、YMT004であり、震源からの距離は約10kmであった。図-4、図-5、図-6に、各観測点で計測された加速度波形と応答スペクトル（減衰定数5%）を示す。震源近くのYMT004では、500cm/s<sup>2</sup>を超える水平方向加速度が計測されており、主要動部分の継続時間は約8秒であ

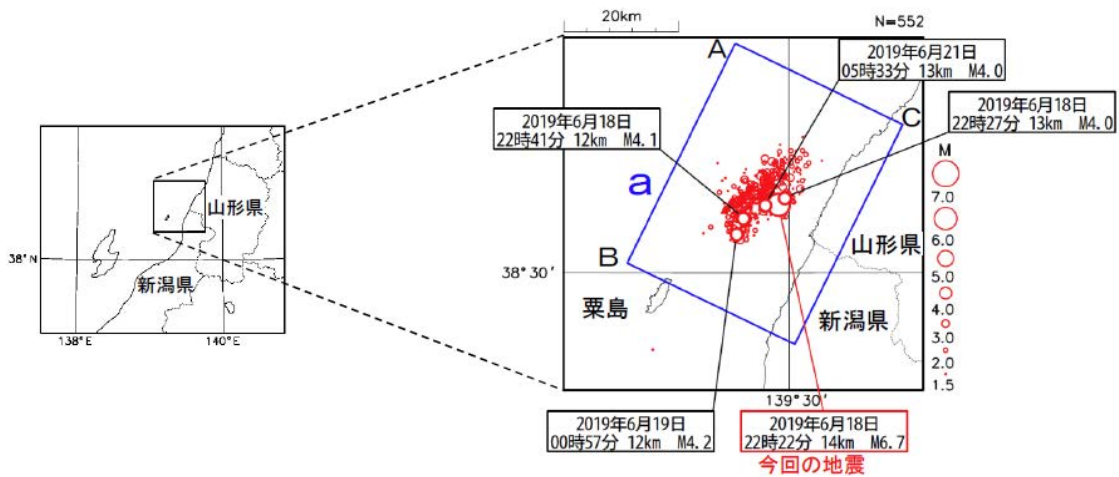


図-1 震央分布図 (2019年6月18日～2019年6月30日, 深さ 0-30 km,  $M_j \geq 1.5$ )<sup>1)</sup>.

推計震度分布

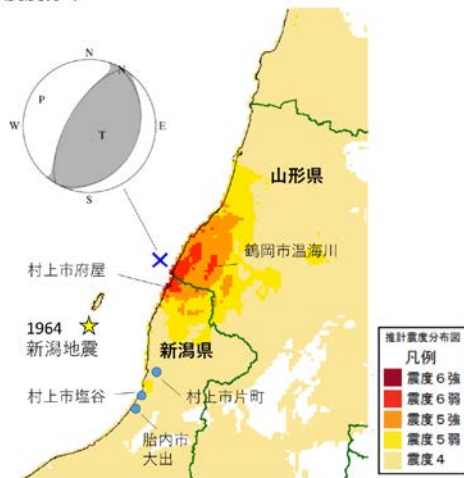


図-2 推計震度分布および震源メカニズム<sup>1),2)</sup>



図-3 被害調査地域とK-NETの地震観測点 (国土地理院の電子地形図・電子国土webを修正)

った。震源距離がYMT004よりも長い、NIG006、YMT003では最大加速度が1/3程度であった。しかし、この2観測点の地震動は長周期成分が増え、0.3-1.5秒の周期帯では、加速度応答スペクトルは、YMT004を上回っていた。K-NETの地盤調査結果<sup>3)</sup>によると、YMT004の地盤が極めて硬質であるのに対して、YMT003の地盤が比較的軟弱であったため、その影響が表れたと考えられる。

## (2) 被害の概要

負傷者が43名、住家半壊36棟、住家一部破損1,245棟の被害が生じたが、全壊・倒壊などの重篤な被害を受けた住家はなかった。住家被害は山形県鶴岡市と新潟県村上市に集中していたことが報告されている<sup>4)</sup>。

地盤災害は比較的少なかったが、国道345号線沿いの弘法トンネル付近で落石があり、国道が通行止めになったことや、村上市府屋での盛土斜面が崩壊、山形県の鶴岡市、庄内市で液状化などが報告されている<sup>5)</sup>。

その他の被害として、9100軒の停電や21軒の断水が報告されているが、いずれも翌日までは復旧された。

## 3. 被害調査

地震発生から2日後に、緊急被害調査を実施した。本調査の目的は、今回の地震による被害状況の把握とともに、1964年に発生した新潟地震時の被害との比較を行うことであった。しかし、新潟地震時に多数の被害が報告されている新潟県胎内市大出地区、新潟県村上市塩谷地区、片町地区で調査を実施した結果、今回の地震による被害は確認されなかった。そのため、被害が確認された村上市寒川地区より以北の調査結果について報告する。詳細な調査を行った地域は、図-3に示す。村上市寒川地区から、震源に向かい、日本海沿いを北上し、山形県鶴岡市湯温海から、鶴岡駅周辺まで調査を実施した。

### (1) 新潟県村上市寒川

村上市寒川は、調査地域の南端に位置する。震度5弱を観測した観測点NIG006は、寒川浄化センターの敷地内にある(写真1)。震源からの距離は約17 kmであった。図-6に、観測された加速度波形と、加速度応答スペクトル(減衰定数5%)を示す。水平成分

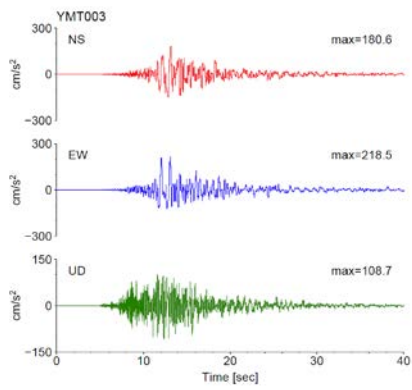


図-4 YMT003で観測された加速度波形および加速度応答スペクトル (h=0.05)

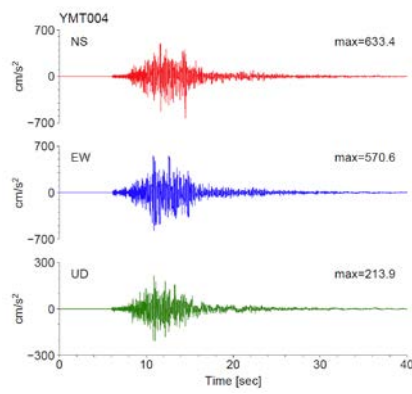


図-5 YMT004で観測された加速度波形および加速度応答スペクトル (h=0.05)

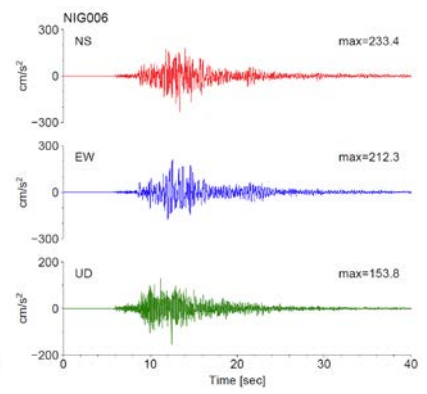


図-6 NIG006で観測された加速度波形および加速度応答スペクトル (h=0.05)

の最大加速度（以降，PGA）は， $200\text{cm/s}^2$ を超えており，計測震度は5弱であった．加速度応答スペクトルは，約0.1-0.5秒の範囲で， $800\text{cm/s}^2$ に達していた．震度計周辺には，住家被害はみられず，液状化や地割れ等の被害も確認されなかったが，震度計から少し離れたところに，屋根の瓦がずれている家屋があった（写真-2）．調査した限りでは，NIG006周辺には地震による大きな被害は確認されなかった．

## (2) 新潟県村上市府屋

村上市府屋は，府屋大川河口に位置している．気象庁の震度計（以降，府屋観測点）は，村上市山北支所第二分庁舎に設置されている．写真-3は，府屋観測点の様子で，府屋観測点の奥に見える平屋の建物は，山北支所第一庁舎（以降，山北支所）である．震度計の記録によると，計測震度が6.1，PGAが $1191.3\text{cm/s}^2$ が観測された（写真-4）．



写真-1 震度5弱が観測されたNIG006 (N38.45075, E139.496175)



写真-2 木造家屋の瓦屋根の軽微な損傷 (N38.451535, E139.496093)



写真-3 震度6強が観測された府屋観測点  
(N38.514105, E139.534208)

19/06/18 22:23:15 地震	
校正時刻	19/06/18 22:00:00
地域番号	65
地点番号	101
発信局名	ふかしま
地震観測時刻	19/06/18 22:22:23.2
計測震度	[6.1]
震度階級	[6強]
最大加速度	[1.91.3]gal
S1値	[064.30]cm/sec
最大水平加速度	[1190.6]gal
最大加速度応答値1	[1827.2]gal
応答種類	水平加速度
固有周期	0.5 ~ 1.0
最大加速度応答値2	[1360.2]gal
応答種類	水平加速度
固有周期	1.0 ~ 1.5
品質管理	正常
トリガ種別	通常トリガ

写真-4 府屋観測点の震度計の計測結果



写真-6 府屋地域における木造家屋の瓦屋根の損傷  
(N38.516572, E139.533605)



写真-7 府屋地域における古い木造家屋の外壁の剥落  
(N38.516733, E139.534405)



写真-5 府屋観測点付近の盛土の小規模な斜面崩壊  
(N38.513557, E139.534312)



写真-8 府屋地域における補強されていないブロック塀の傾斜  
(N38.514325, E139.53343)

これらの記録は、この地震の最大値であった。府屋観測点付近で、盛土の小規模な斜面崩壊が発生した(写真-5)。府屋観測点周辺の構造物や家屋は、軽微な損傷のみで、ほとんど被害は確認されなかった。震度計周辺の信号機や電灯にも損傷はなかった。写真-9は、2019年6月21日にUAVによって撮影された府屋観測点周辺の空撮画像である。赤い円は、府屋観測点を示しており、周辺に大規模な損傷はみられな

い。府屋地区で確認された軽微な損傷を写真-6、写真-7、写真-8に示す。写真-6は、木造家屋の瓦屋根の損傷、写真7は、古い木造家屋の外壁の剥落、写真-8は、補強されていないブロック塀の傾斜の様子である。山北支所周辺を調査した結果、写真-6、写真-7、写真-8のような軽微な被害のみで、全壊や倒壊している家屋は確認されなかった。直接調査を行っていない範囲についても被害状況を確認するため、2019



写真-9 震度6強が観測された府屋観測点周辺の空中写真（赤い円：府屋観測点）。

年6月21日にUAVによって撮影された空撮画像を使用し、家屋の被害率の推定を試みた。

対象地域は、府屋地区の平野部とした。本検討では、目視で確認できる屋根瓦の損傷と、ブルーシートがかけられている家屋を、地震により損傷した家屋としてカウントした。対象家屋799軒のうち、目視で被害が確認できた家屋が21軒、ブルーシートがかけられている家屋が53軒であった。そのことから、対象家屋の9.3%が被害を受けたと考えられる。地震発生から3日が経過していたが、屋根が損傷した家屋でも、28.4%がブルーシートを使用していなかったことになる。

### (3) 山形県鶴岡市小岩川

鶴岡市小岩川は、震源から最も近い場所に位置している。この地域の主な被害は、木造家屋の瓦屋根の損傷であった。多くの瓦屋根が損傷を受け、ブルーシートがかけられていた（写真-10）。標高30mにある墓地では、多くの墓石の棹石が落下していた（写真-11）。平場と比べ、地形効果により、強い揺れが生じた可能性がある。瓦屋根の損傷については、次

章で詳細に説明する。

### (4) 山形県鶴岡市湯温海

温海川沿いに位置する温海温泉周辺で調査した。600cm/s<sup>2</sup>以上のPGAを観測したYMT004（図-4）は、調査地域から1.6km西にある。いくつかの瓦屋根の損傷（写真-12）が確認されたが、観測記録から想定されるよりも湯温海地区の被害は少なかった。

### (5) 山形県鶴岡市中心部

鶴岡市は、山形県で2番目に大きい都市で、ライフラインシステムを含む、多くの土木構造物や、住宅などがある。鶴岡地区の被害は小さく、限定的であり、代表的な被害は、地盤の液状化と、小学校の相撲場の屋根の落下であった。

鶴岡駅近くの駐車場で発生した液状化の様子を写真-13に示す。駐車場内では、多くの噴砂が確認されたが、液状化は駐車場内の一部でしか発生していなかった。駐車場周辺の家屋も被害を受けていなかった（写真-13）。本調査では、鶴岡地域以外で、液状化を確認できなかった。



写真-10 小岩川の瓦屋根被害  
(N38.589305, E139.56581)



写真-13 鶴岡駅付近の駐車場で発生した液状化  
(N38.738543, E139.836162)



写真-11 小岩川の墓地での墓石の落下  
(N38.589553, E139.565355)



写真-14 大泉小学校（鶴岡市白山）の相撲場の屋根の落下  
(N38.615, E139.604167)



写真-12 湯温海の瓦屋根被害  
(N38.615022, E139.60404)



図-7 航空写真により被害率を検討した3地域の位置関係  
(国土地理院の電子地形図・電子国土webを修正)

鶴岡地区の約 15km 北に位置する酒田市では、6 か所の公園で液状化が確認されている<sup>7)</sup>。鶴岡市白山の大泉小学校では、相撲場の屋根が落下した(写真-14)。しかし、隣接する校舎などには損傷はなく、学校周辺の住宅棟の建物には被害は確認されなかった。

YMT003 は、大泉小学校から西に約 2km に位置し、震度 5 強、および  $180\text{cm/s}^2$  以上の PGA が観測されている。しかし、観測点付近の被害は報告されていない。

#### 4. 航空写真による被害率の検討



写真-15 小岩川の空中写真（国土地理院撮影）<sup>8)</sup>

表-1 3地域の家屋の瓦屋根の損傷割合

地域	早田	小岩川	大岩川
対象家屋（棟）	193	203	101
損傷家屋（棟）	5	58	1
損傷割合（%）	2.59	28.57	0.99

今回の地震では、震度6強をはじめ大きな震度が観測されたが被害は軽微であった。しかし、軽微な被害も詳細に検討すると地域によって差が出ていた。ここでは、鶴岡市小岩川周辺の被害について検討する。小岩川の周辺のエリアを図-7に示す。対象とする地域は南から早田、小岩川、大岩川である。3地点は隣接している。この3地域を対象に、国土地理院によって6月20日、同月26日に撮影された空中写真<sup>8)</sup>を使用して、家屋の被害率を計算した。基本的な評価方法は、前章の村上市府屋と同様であるが、空中写真の解像度が村上市府屋よりも低く屋根の損傷を目視で判読することができなかつたため、ブルーシートのみで家屋の損傷を判断した。表-1に判定結果を示す。小岩川では、対象家屋の約3割を占める58棟が被害を受けた。現地調査を行った時点で瓦屋根の修理を行っている家屋もあったため、実際の被害数は判定結果よりも多かつたと考えられる。

一方、早田と大岩川の被害率は、それぞれ2.59%と0.99%と、小岩川と比較し、明らかに低いものであった。図-7からわかるように早田、小岩川、大岩川の震源からの距離はほぼ同じであるため、基盤への地震動の入力はほぼ同じであると考えられる。しかし、小岩川は周囲の地域に比べ、大きな被害を受けていることから、小岩川の地盤特性が他と異なることが推定された。更に、小岩川の空中写真を詳細に検討すると、被害を受けた家屋のほとんどが地域の中心に位置していた。このことから、小岩川の地域内でも、場所によって地盤特性が異なる可能性がある。

#### 5. 微動による地盤特性の推定

早田、小岩川、大岩川の3地域で単点微動観測を行い、H/Vスペクトル<sup>9)</sup>から地盤特性を評価した。図-8に微動の測定地点を示す。微動計測には東京測振社製の小型サーボ型速度計（VSE-14C）3基を内蔵したCV374AV、および小型サーボ型速度計（VSE-15D6）3基とSPC52を組み合わせ使用した。測定範囲は±2cm/s、振動数特性は0.1～100Hzである。



(a)早田地区



(b)小岩川地区



(c)大岩川地区

図-8 早田地区、小岩川地区、大岩川地区での微動測定地点（国土地理院の電子地形図・電子国土webを修正）

図-9にW1, K1, O1におけるH/Vスペクトルを重ねて示す。3地点は隣接しているがH/Vスペクトルの形状や卓越振動数には差異がみられる。

屋根瓦の損傷率が最も高かった小岩川 (K1) では5~7Hzの振動数領域において卓越が見られる。一方、損傷率が低かった早田 (W1) と大岩川 (O1) では小岩川よりも高い振動数領域において卓越が見られる。木造家屋の固有周期が0.1秒~0.5秒<sup>10)</sup>程度とすると小岩川の地盤の卓越周期は木造家屋の固有周期と一致することとなり、3地点の中で最も損傷率が高かった事実と整合する。

小岩川地域では中央部分から南北方向に離れるに従い損傷率が低下する様子が見られた。そこで損傷率が低かったK2でのH/VスペクトルをK1でのH/Vスペクトルと比較する。図-10に同じ小岩川地区で計測されたK1とK2におけるH/Vスペクトル比を示す。図からわかるようにK1とK2でのH/Vスペクトルには差異が見られ、K2のH/Vスペクトルの卓越振動数は10Hz以上である。そのため、K1周辺に比べK2周辺では損傷率が低下したと考えられる。

このように地盤特性 (卓越振動数) と屋根瓦の損傷率には関係がみられることから、屋根瓦の被害には地盤特性が影響していたと推測される。

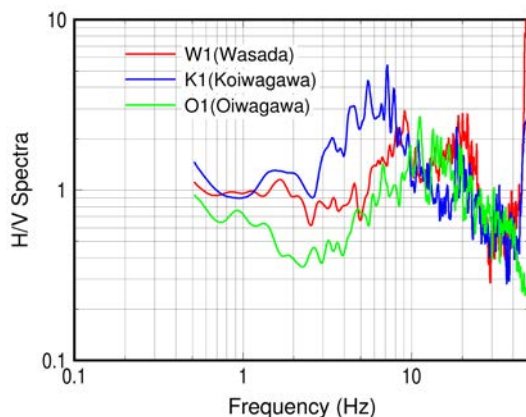


図-9 早田地区, 小岩川地区, 大岩川地区での微動の H/V スペクトル

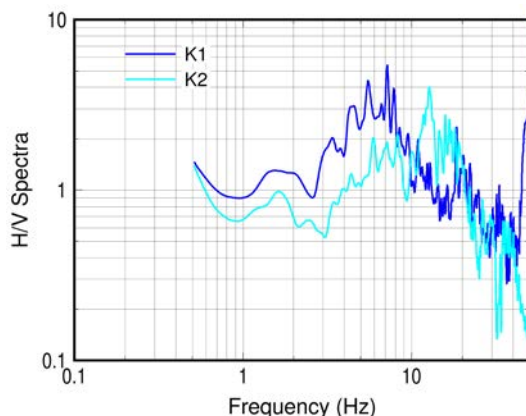


図-10 小岩川地区での微動の H/V スペクトル

## 6. まとめ

2019年6月18日に発生した山形県沖地震の被害調査を実施し被害状況を把握した。その結果、村上市府屋では震度6強が観測されたにも関わらず、周辺の被害は軽微であった。その他の地域においても全体的に被害は軽微であり、主な被害は瓦屋根の損傷であった。空中写真から各地域の瓦屋根の被害率を算出した結果、震源に近い小岩川の損傷率は高かったが、隣接する早田と大岩川の損傷率は低く、小岩川とその他の地点では地盤特性が異なると推測された。そこで、早田、小岩川、大岩川で微動測定を行い、微動のH/Vスペクトルから地盤の卓越振動数を評価したところ、小岩川の卓越振動数は木造家屋の平均的な固有振動数の範囲に入っていることがわかった。

今後、追加の微動計測に加え表面波探査などを行い、屋根瓦の損傷分布と地盤特性との関係を明らかにする予定である。

**謝辞:** 本研究では防災科学技術研究所のF-netのメカニズム解、気象庁の震源データを含む地震情報、国土地理院の航空写真を使用させていただきました。村上市には山北支所で計測された震度データを提供いただきました。損保ジャパン日本興亜株式会社から地震被害に関する貴重な情報を提供いただきました。作図においては国土地理院の電子地形図・電子国土webを使用させていただきました。本研究は科研費基盤研究(B)18H01519 (研究代表者: 池田隆明)の一部として実施いたしました。被害調査ならびに微動観測では長岡技術科学大学大学院地震工学研究室の富所滉大朗君、鈴木陽貴君、横江佳人君をはじめ大勢の方の協力を得ました。最後に記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 気象庁: 令和元年 6月の地震活動及び火山活動について  
<https://www.jma.go.jp/jma/press/1907/08a/1906jishin.html> (2019.9.2 閲覧)
- 2) F-net: F-net 地震のメカニズム情報【詳細】
- 3) 防災科研 K-NET, KiK-net (NIED K-NET, KiK-net)  
<https://www.doi.org/10.17598/NIED.0004> (2019.9.2 閲覧)
- 4) 総務省消防庁: 山形県沖を震源とする地震による被害及び消防機関等の対応状況 (第16報) (令和元年7月31日 (水) 12時00分)
- 5) 国土交通省: 山形県沖を震源とする地震について (第7報) (令和元年6月21日 6:30 作成)
- 6) Hiroshi Kawasumi, (1968) "General report on the Niigata earthquake of 1964" Electrical Engineering College Press.
- 7) 株式会社エイト日本技術開発: 山形県沖地震被害調査 報告書 (2019年7月8日版)
- 8) 国土地理院: 令和元年 (2019年) 山形県沖の地震に



関する情報

[https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1\\_yamagatakenoki\\_earthquake](https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1_yamagatakenoki_earthquake) (2019.9.2 閲覧)

- 9) 中村豊：常時微動計測に基づく表層地盤の地震動特性の推定, 鉄道総研報告, Vol.2, No.4, pp.18-27, 1988.
- 10) 大堀 道広：第 3 回：強震動予測で対象となる周期範

困, 強震動地震学基礎講座, 日本地震学会,  
[https://www.zisin.jp/publications/document02\\_03.html](https://www.zisin.jp/publications/document02_03.html)  
(2019.9.2 閲覧)

?  
?

## DAMAGE INVESTIGATION OF 2019 OFF THE YAMAGATA PREFECTURE EARTHQUAKE

Yukiko Kojima, Takaaki IKEDA, Takumi MATSUMOTO and Atsuya MINAGAWA

At 22:22 on June 18, 2019 an  $M_J$  6.7, earthquake occurred in the offshore of the Yamagata prefecture, Japan. The hypocenter of the earthquake was located at 38.6N, 139.5E with its depth of 14km. The authors conducted a quick survey in the affected area on June 20, two days after the earthquake. The earthquake was Maximum seismic intensity 6+, but fortunately the damage was minor. However, even minor damage, there was a difference in damage depending on the location.

The main damage was tiled roof damage, so we calculated the building damage rate from an aerial photograph. The damage rate of Koiwagawa area near the epicenter was the highest. Oiwasawa area and Wasada area were close to Koiwagawa area, but the damage rate in the Oiwasawa area and the Wasada area were low. The site effect in the Koiwagawa area was considered to be different from other sites.