

文部科学省委託事業
学校施設の防災力強化プロジェクト
(平成 28 年度)

成果報告書

平成 29 年 3 月
常葉大学大学院環境防災研究科
田中 聰

— 目 次 —

1. 概要 ······	1
(1) 委託事業のテーマ ······	1
(2) 委託事業の趣旨・目標 ······	1
(3) 事業の方法及び内容 ······	1
(4) 事業の実施の体制 ······	4
(5) 実施日程 ······	4
2. 事業内容 ······	5
(1) 学校施設被害調査検討協議会 ······	5
(2) 学校防災計画および施設の現状調査 ······	5
2-1 栃木県小山市の小中学校調査 ······	5
2-2 熊本地震における学校施設の被災状況および対応状況の調査 ······	10
2-2-1 熊本市教育委員会に対するヒアリング調査 ······	10
2-2-2 被災した学校に対するヒアリング調査 ······	11
(3) 被害調査システムの開発 ······	27
3-1 小中学校教員の適性調査 ······	27
3-2 建築構造専門家への調査 ······	28
3-3 建物被害調査システムの開発 ······	28
3-4 調査マニュアルの製作 ······	33
3-5 最終確認テスト ······	33
(4) 小中学校における施設の被害調査実証実験 ······	35
(5) 建築構造の専門家による技術検討会 ······	41
(6) まとめ ······	42
参考文献 ······	43

1. 概要

(1) 委託事業のテーマ 地震・津波・竜巻・土砂・火山災害等に対応したソフト・ハード一体となった学校防災の検討

(2) 委託事業の趣旨・目標

本事業では、災害時における学校教職員による学校施設の被害調査・判定システムの開発とその実装を目標とする。

災害時における学校施設の安全性の早期点検は大きな課題である。防災計画上は、教職員による施設点検の後、応急危険度判定士による判定が実施されることになっているが、大規模災害時には専門家の数が不足し、安全性の確認ができないまま、生徒の避難場所としてあるいは被災者の避難所として使用されるという現実がある。この問題を解決するために建物の即時使用性判定には、建物にセンサーを設置して構造体としての安全性を評価する方法も提案されているが、実用化されている施設は少ない。さらに2016年熊本地震に見られたように、余震等による天井などの非構造部材による二次災害が発生する危険性も高く、目視による施設の調査は必要不可欠である。そこで建築の専門家でない学校の教職員でも、目視調査によって施設の損壊状況を調査し安全性を判定できるしくみを構築すれば、学校施設の防災力の向上にきわめて有効であると考えられる。

本事業ではこの課題の解決を目指して、学校施設管理者として学校の教職員が被害状況を調査し、調査結果を専門家に送信し、安全性の判断を求めることができるようなシステムの開発と教職員による実践を通じた社会実装を目指す。

常葉大学附属社会災害研究センターでは、これまで建築の専門家でなくとも実施できる建物被害調査システムを開発してきた。このシステムは行政が災害時に実施する罹災証明書発行のための建物被害認定調査システムであり、住家を主たる対象としている。そこで本事業ではこのシステムを学校施設に拡張し、小中学校の教職員でも建物の安全性判定の調査ができる仕組みを構築する。さらに、開発したシステムを現職教員ならびに教職大学院生によって使用実験をおこない、システムの検証をおこなうとともに、教職員の能力に適したマニュアルやトレーニングプログラムを作成し、学校現場への社会実装を目指す。

常葉大学附属社会災害研究センターでは、栃木県小山市教育委員会と防災教育に関するさまざまな研究交流を実施している。本事業もこの研究交流の一環で協議会を設置し、同市の学校防災活動への実装を目標とする。

(3) 事業の方法及び内容

① 学校施設被害調査検討協議会

・本事業の実施方針や調査、さらに実証実験の進め方検討のため、学校施設被害調査検討協議会を開催した。当初計画では、浜松市教育委員会との連携を検討したが、学校側との調整に時間がかかったため浜松市との連携を断念した。その後、栃木県小山市教育委員会との話し合いをすすめ、同市教育委員会と連携することで合意した。

- 6月28日 浜松市との連携打ち合わせ（浜松市教育委員会）
出席者：6名
- 7月25日 第一回協議会（小山市教育委員会）
出席者：5名
- 8月1日 文部科学省との打ち合わせ（文部科学省）
出張者：田中聰
- 9月6日 第二回協議会（小山市教育委員会）
出席者：5名

② 学校防災計画および施設の現状調査

・小山市の小中学校における防災計画、および校舎の現状や耐震対策について調査した。特に避難所としての使用が予定されている施設の設備や非構造部材の耐震対策について調査した。

- 10月28日 訪問先：大谷中学校、市美田中学校、豊田中学校
出張者：田中聰、鰐沢曜、小山市教育委員会職員
- 11月17日 訪問先：小山第一小学校、若木小学校、間々田小学校
出張者：田中聰、鰐沢曜、小山市教育委員会職員

・2016年熊本地震における学校施設の被災状況に関する情報収集、および各学校ならびに教育委員会の対応について調査を実施した。

- 8月23日—24日 建築学会大会（福岡大学）
出張者：田中聰
- 11月13日—14日 訪問先：熊本市教育委員会
出張者：田中聰、鰐沢曜、重川希志依
- 12月25日—28日 訪問先：熊本市立若葉小学校、熊本市立西原中学校、
熊本市立必由館高校、熊本県立熊本工業高校
出張者：田中聰、鰐沢曜、重川希志依、小山市教育委員会職員

③ 小学校教員の適性調査

・現役の小学校教員ならびに教職大学院生に対してヒアリング調査をおこない、小学校教員が施設の状況を調査するにあたって問題となる点を検討した。さらに、平常時の施設の認識状況や携帯端末などの機器の利用状況などについて調査をおこない、開発するシステムのインターフェース設計に反映した。

- 9月14日 訪問先：常葉大学教職大学院（対象：現役小学校教員の大学院生）
出張者：田中聰
- 12月20日 訪問先：常葉大学教職大学院（対象：教職大学院生）
出張者：田中聰

- ・常葉大学附属橘小学校に協力を依頼し、同校の校舎を利用し、教職大学院生を対象にシステムの動作確認をおこなった。

1月27日 訪問先：常葉大学附属橘小学校

出張者：田中聰

2月6日 訪問先：常葉大学附属橘小学校（対象：教職大学院生）

出張者：田中聰、鰐沢曜、重川希志依

④ 建物被害調査システムの開発

- ・これまで開発してきた住宅向けの携帯端末を用いた建物被害調査システムを学校施設向けに改修するために、システムの開発に関する打ち合わせをおこなった。

7月8日 訪問先：アールツーメディアソリューション

出張者：田中聰

9月8日 訪問先：工学院大学新宿キャンパス

出張者：田中聰

10月19日 訪問先：工学院大学新宿キャンパス

出張者：田中聰

12月5日 訪問先：工学院大学新宿キャンパス

出張者：田中聰

12月19日 訪問先：工学院大学新宿キャンパス

出張者：田中聰

⑤ 小中学校における施設の被害調査実証実験

- ・小山市内の小中学校3校において、開発したシステムを用いて、小中学校教員による建物被害調査の実証実験を実施した。

2月14日 訪問先：小山市立若木小学校（対象：小学校教員 5名）

訪問者：田中聰、鰐沢曜

2月20日—21日 訪問先：小山市立小山第一小学校

（対象：小学校教員4名、教育委員会職員1名）

小山市立美田中学校

（対象：小学校教員4名、教育委員会職員1名）

訪問者：田中聰、鰐沢曜

- ・建築構造の専門家から調査や判定に関して、調査システムに必要とされる点について意見を伺った。

11月15日 訪問先：東京大学地震研究所 楠准教授

訪問者：田中聰

1月30日 訪問先：（株）イー・アル・エス

訪問者：田中聰

- ・実証実験の結果を用いて施設の安全性を評価する技術検討会を開催した。

2月23日 技術検討会（株）イー・アール・エス
出席者：6名

(4) 事業の実施の体制

氏名	所属等	備考
<学校施設被害調査検討協議会>		
小山市教育委員会	教育総務課 4名	
小山市立小中学校職員	教頭 3名	
防災専門家（学識経験者・実務者等）	常葉大学 4名 鰐沢工学研究所 1名	
<事務局>		
常葉大学	常葉大学 3名	
小山市教育委員会	教育総務課 1名	

(5) 実施日程

実施時期	計画事項	備考
委託決定 7月	資料収集 建物被害調査システムの開発開始（～2月まで） 第一回協議会開催	
9月	小学校教員の適性調査（現職教員） 第二回協議会開催	
10月	学校防災計画および施設の現状調査（小山市）	
11月	学校防災計画および施設の現状調査（小山市） 2016年熊本地震対応調査（熊本市教育委員会） 建築構造専門家との打ち合わせ（東京大学）	
12月	2016年熊本地震対応調査（熊本市小中学校ほか） 小学校教員の適性調査（教職大学院生）	
1月	建築構造専門家との打ち合わせ（イー・アール・エス） 小学校教員の適性調査（附属橘小学校）	
2月	小学校教員の適性調査（システム最終確認） 小中学校における施設の被害調査実証実験 安全性評価の技術検討会	
3月	報告書提出	

2. 事業内容について

(1) 学校施設被害調査検討協議会

本事業の実施方針や調査、さらに実証実験の進め方検討のため、小山市教育委員会と学校施設被害調査検討協議会を開催した。

第1回協議会	
日 時	2016年7月25日
場 所	小山市教育委員会
出席者	小山市教育委員会 3名 常葉大学大学院環境防災研究科 教授：重川希志依 常葉大学大学院環境防災研究科 教授：田中聰
議 事	今後的小山市小中学校における学校施設防災力強化プロジェクト事業の進め方について議論した。まず、学校施設の情報を元に小中学校数校を選定し、現地調査をおこなう。さらに現地調査に基づいて、実証実験に協力を依頼する学校を選定する。実証実験は12月-1月に実施予定である。以上のプロセスが確認された。

第2回協議会	
日 時	2016年9月6日
場 所	小山市教育委員会
出席者	小山市教育委員会 3名 鰐沢工学研究所 代表：鰐沢曜 常葉大学大学院環境防災研究科 教授：田中聰
議 事	現地調査を実施する学校の選定について議論した。学校支援係より提供いただいた学校施設の総括表ならびに図面をもとに、現地調査する学校6校を選定した。さらに、これらのうちから3校程度に絞り、実証実験の協力を依頼することが確認された。

(2) 学校防災計画および施設の現状調査

2-1 栃木県小山市の小中学校調査

小山市では学校防災計画は特段定められていない。地域防災計画の中に、例えば、児童・生徒及び教職員に対する防災教育、震災に強い公共施設の整備、防災上重要な公共建築物の災害予防、避難場所の指定および整備、などが各部の活動として定められている。また、教育委員会の災害対応業務として、児童・生徒の避難誘導、施設の被害状況の調査、避難所開設・運営の協力、児童・生徒の安全確保などが定められているが、それぞれの報告様式など、その詳細は規定されていない。

一方、教職員の日常業務として安全点検業務がある。この安全点検は毎月実施され、手順書や報告の様式もチェックリストとして定められている。これは点検場所があらかじめ決められており、図面などの添付書類はない（図1）。

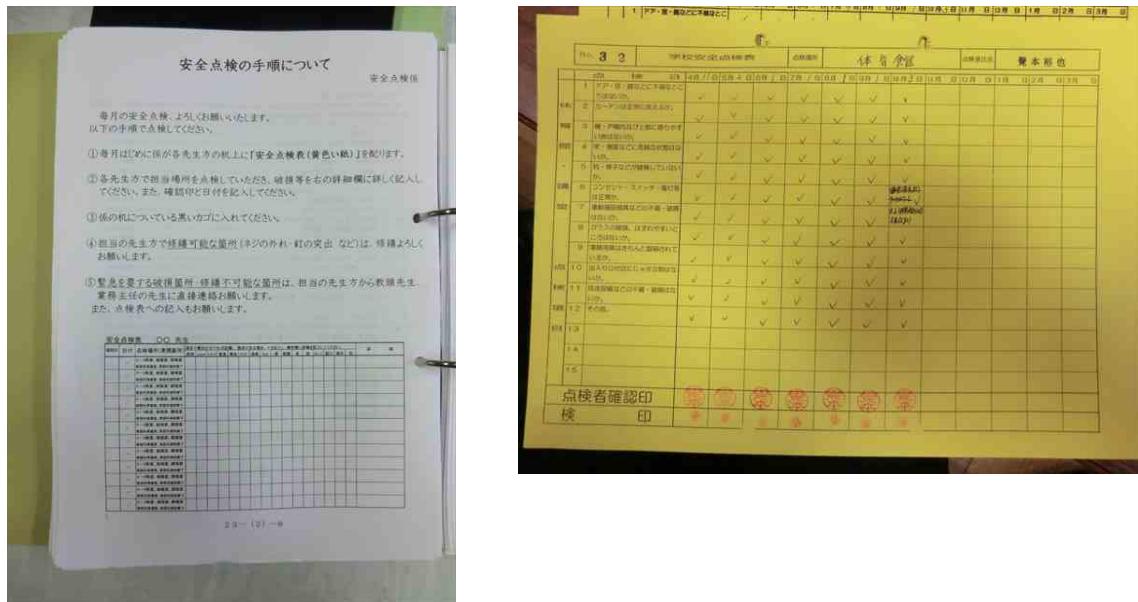


図1 安全点検のチェックリスト

次に小山市の市立小中学校の現状は、市立小学校が27校、中学校が11校ある。このうち建築年が最も古い建物は、校舎では小山第一小学校（1968年）、体育館では若木小学校（1962年）である。旧耐震基準で設計された建物は、いずれも耐震診断が実施され、耐震補強が必要と判断された建物の耐震補強工事はすべて完了している。構造では、校舎はすべて鉄筋コンクリート造、体育館は鉄筋コンクリート造あるいは鉄骨造である。そこでこれら小中学校から築年、構造、建物規模などを勘査して、小学校3校、中学校3校を選択し、校舎、体育館、武道場など、避難所として使用される可能性がある学校施設の現地調査を実施した。

実施日：2016年10月28日（金） 10:00-11:30

訪問先：大谷中学校

出張者：田中聰、鰐沢曜、小山市教育委員会職員

校舎：1985年 鉄筋コンクリート造 4階建

体育館：1980年 鉄骨造 2階建 （耐震改修済）



図2 大谷中学校における調査の様子

実施日：2016年10月28日（金） 13:30-15:00

訪問先：美田中学校

出張者：田中聰、鰐沢曜、小山市教育委員会職員

校舎：2005年 鉄筋コンクリート造 4階建

体育館：2007年 鉄筋コンクリート造 2階建

武道場：2007年 鉄骨造 1階建



図3 美田中学校における調査の様子

実施日：2016年10月28日（金） 15:30-17:00
訪問先：豊田中学校
出張者：田中聰、鰐沢曜、小山市教育委員会職員
校舎：1979年 鉄筋コンクリート造 3階建（耐震改修済）
体育館：1979年 鉄骨造 2階建（耐震改修済）
武道場：1964年 木造 1階建

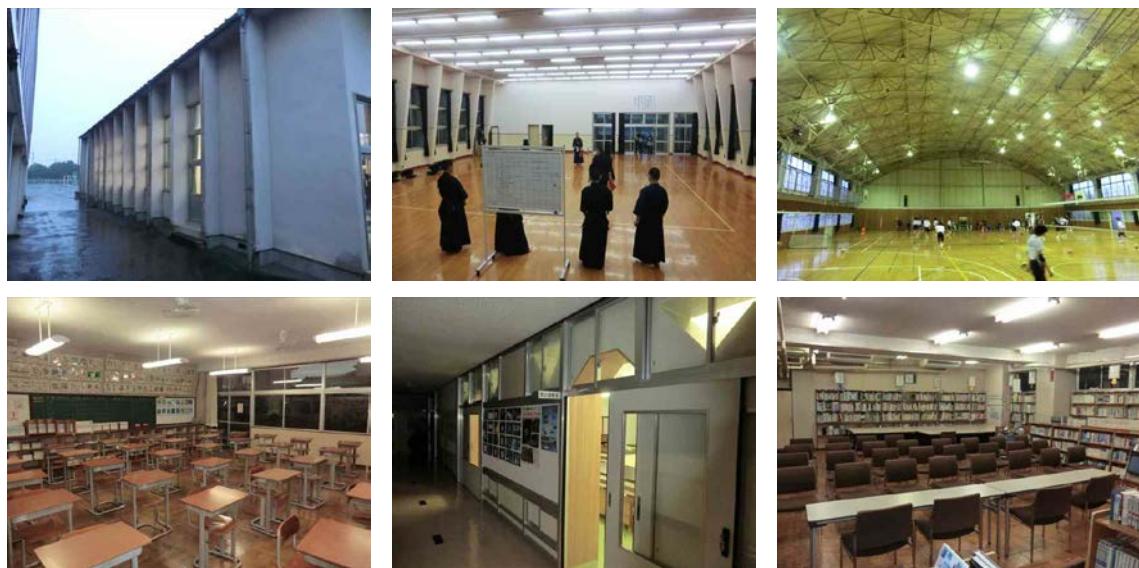


図4 豊田中学校における調査の様子

実施日：2016年11月17日（木） 9:45-11:15
訪問先：若木小学校
出張者：田中聰、鰐沢曜、小山市教育委員会職員
校舎：1984年 鉄筋コンクリート造 3階建
体育館：1962年 鉄骨造 2階建（耐震改修済）

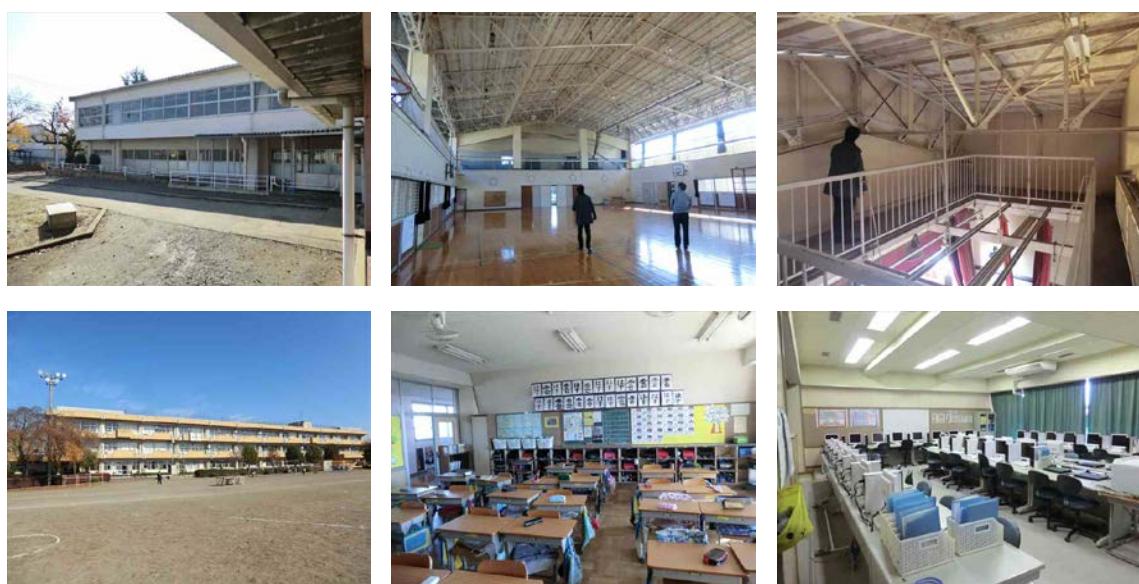


図5 若木小学校における調査の様子

実施日：2016年11月17日（木） 13:00-14:30

訪問先：間々田小学校

出張者：田中聰、鱈沢曜、小山市教育委員会職員

校舎：1994年 鉄筋コンクリート造 3階建

体育館：1982年 鉄筋コンクリート造 3階建



図6 間々田小学校における調査の様子

実施日：2016年11月17日（木） 15:00-16:30

訪問先：小山第一小学校

出張者：田中聰、鱈沢曜、小山市教育委員会職員

校舎：1969年 鉄筋コンクリート造 4階建（耐震改修済）

体育館：1976年 鉄筋コンクリート造 3階建（耐震改修済）



図7 小山第一小学校における調査の様子

- ・すべての学校で、体育館では天井が撤去されており、また照明などの附属設備もケーブルなどで固定されているなど、非構造部材についても耐震対策が施されていた。ただし什器の固定については、未対策のものも見受けられた。
- ・体育館を避難所として利用する場合、トイレの場所や数に問題があり、学校側もその問題については認識しており、校舎内のトイレの利用も検討している。
- ・すべての学校で避難所としては体育館を想定しており、また過去の水害などにおいて実際に避難所を開設した経験のある学校もある。校舎の使用に関しては、体育館に避難者が入りきらない場合や、特別な対応が必要な避難者がいた場合に解放することを考えている。
- ・本事業で提案する建物被害調査システムの概要を説明したところ、被害のみならず、日常の安全点検への活用を提案された。

これらの学校の中から、校舎の規模、築年、校舎と体育館の組み合わせの一般性などを考慮した検討の結果、美田中学校、若木小学校、小山第一小学校を実証実験の対象校として選定した。

2-2 熊本地震における学校施設の被災状況および対応状況の調査

2016年4月14日と16日に発生した平成28年熊本地震により被災した熊本市内の学校を対象に被災状況および対応状況を把握するためにヒアリング調査を実施した。

まず熊本市教育委員会において、熊本地震発生後の対応状況、特にどのように学校の被災状況を把握したのか、という点についてヒアリング調査を実施した。さらに、被災した市内の小学校、中学校、高等学校を訪問し、地震発生からの対応状況等についてヒアリング調査を実施した。

2-2-1 熊本市教育委員会に対するヒアリング調査

実施日：2017年11月14日 14:00-16:00

場 所：熊本市教育委員会

出張者：田中聰、鯉沢曜、重川希志依

対応者：熊本県教育委員会事務局 5名

- ・前震（4月14日）発生後は、夜であったため、すぐに学校から連絡はなかった。
- ・本震（4月16日）発生後は、避難所となる小中学校の体育館の調査が必要と判断された。
- ・初期報告として、学校から被害状況報告があった後、4月19日より応急危険度判定調査を実施した。4月19日は施設課の職員のみで担当し、4月20日より、福岡市・北九州市からの応援職員も加わった。24日までには、ブレースの破断などで24棟を危険と判断した。
- ・最終的には、校舎では調査した1045棟のうち、危険91棟、要注意275棟、調査済679棟であった。一方、体育館では調査した222棟のうち、危険43棟、要注意79棟、調査済100棟であった。
- ・危険と判断された校舎の状況は、天井等の落下物の危険性の他に、壁のひび割れ、柱脚破損、基礎の著しい破壊、上部構造との著しいずれ、などであった。

- ・危険と判断された体育館の状況は、プレースの破断、水平プレースのはずれ、ボルトの緩み、プレースが伸びきっている、内壁落下、などプレースに関する損傷が目立つ。
- ・各学校から教育委員会への被害状況の報告には、専用 LAN を活用した。教育委員会のサーバーの共有掲示板に、各学校のホルダーを設定した。各学校はこのホルダーに撮影した被害写真や配置図を入れることにより、教育委員会（施設課）と情報共有した。施設課の担当者は、各学校の平面図や平時の状況がおおむねあたまに入っているため、写真をみれば損傷が発生した場所やその状態が理解できた。またこの写真を見ながら、学校教職員と被害状況について打ち合わせが可能であった。この方式は、2015 年台風 15 号の際に実施した経験があり、熊本地震の対応においてもうまく動かすことができた。
- ・5 月に入り、建築事務所協会と協定を結び、本格的な調査に入った。
- ・文部科学省の査定・復旧の補助を受けるためには、被災度区分判定調査が必要であるため、日本建築学会に委託した。
- ・建物の倒壊や大きな天井落下は、事前に対策を施してあったためゼロであった。
- ・文教施設の査定のための調査については、6 月頃から応援の手がほとんどなかつた。10 月頃から応援が入るようになった。

2-2-2 被災した学校に対するヒアリング調査

調査対象

調査対象の学校は、表 1 に示す熊本市立小学校 1 校、中学校 1 校、高等学校 1 校および熊本県立工業高等学校 1 校の計 4 校である。ヒアリング調査は、実際に地震災害対応に関与した学校教職員を対象に実施した。

表 1 調査対象学校および調査年月日

学校名称	所在地	調査年月日
熊本市立若葉小学校	熊本市東区若葉 4-23-1	2016 年 12 月 26 日(月)
熊本市立西原中学校	熊本市東区保田窪 4-9-1	2016 年 12 月 26 日(月)
熊本市立必由館高等学校	熊本市中央区坪井 4-15-1	2016 年 12 月 26 日(月)
熊本県立熊本工業高等学校	熊本市中央区上京塚町 5-1	2016 年 12 月 27 日(火)

ヒアリング調査結果

熊本市立若葉小学校

熊本市立若葉小学校におけるヒアリング調査の概要を表2に示す。

表2 調査概要

学校名称	熊本市立若葉小学校	
日 時	2016年12月26日(月) 10:00~11:30	
対象者	校長(赴任3年目)	熊本市立若葉小学校
	事務職員(赴任3年目)	熊本私立若葉小学校
実施者	田中 聰 重川 希志依 鰐沢 曜 小山市教育委員会職員	常葉大学大学院環境防災研究科 教授 常葉大学大学院環境防災研究科 教授 鰐沢工学研究所 代表 小山市教育委員会 教育総務課
立会者	熊本市教育委員会職員	熊本市教育委員会事務局施設課



図8 熊本市立若葉小学校

調査結果

熊本市立若葉小学校におけるヒアリング調査の結果を表3に示す。

表3 調査結果

学校名称	熊本市立若葉中学校	
14日の地震発生当時の状況	14日は学校から15キロ程の自宅にいたが、地震が大きかったので娘に学校まで送らせた。学校に着くと既に体育館の明かりが点いていて運動場には車があり、それから徒歩で避難された方も来た。体育館は夜間開放の管理をしている近隣住民が開けたという。校舎の中は物が散乱し防災ブザーが鳴りっぱなしの状態、ブレーカーは全部落ちていたのでまずその復旧から始めた。4月といつてもまだ寒かったので防災倉庫・備蓄倉庫にあった毛布10枚程度を配った。体育館屋根の梁や筋交いが地震で揺れるたびにものすごく大きな音を出すので、体育館の中にそれほど人はおらず、避難者はほとんど運動場にいた。停電していなかつたので校舎の電源を回復し、少しでも運動場が明るくなるよう教室の電気を全部点けて回った。明かりがついていると安心された。その後は校舎の内外を見て回った。11時かその頃に教頭に連絡を取りに来てもらった。	校長
14日の地震による施設被害	事務職員と一緒に施設を見て回った。農具倉庫の横にある屋外の配管に穴が開いて水が噴き出していた。校舎内は物が散乱し、校長室の金庫がずれて隙間ができた。額も落ちた。	校長 事務職員
15日の状況	運動場は人でごった返していたが、翌朝になるとほとんど家に帰って行かれた。備蓄倉庫からアルファ米50人分を出して調理し、東区役所から来た職員2名に配ってもらった。50パック弱で避難者に行き渡った。避難者は運動場におり、体育館は壁際に数名といった状況。金曜日は職員も出てきて皆で片付け等をした。	校長
16日の地震発生当時の状況	15日の夜は1人で学校に残り12時頃まで校長室の片付けをしていた。そのソファーに横になっていたら1時何分かにまたドーンと来た。それから車がどんどん入ってきた。体育館も開けたが、14日とは比較にならないほど車も人もいっぱいいて、体育館に土足のまま上がっていただくような状態になり、体育館には入り切れないで教室も最終的には7部屋解放した。運動場に入り切れない車は、消防団と近隣の自治会の方に近くの公園等へ回していただいたりした。そのとき体育館では、壁と天井の間の石膏ボードが結構中に落ち、コンクリート片も落ちていた。運動場にいる方も多いが、体育館にも周りの方からだんだんと中の方に入ってこられた。教頭もすぐに来て手分けして対応した。	校長

16日の地震による施設被害	<p>ブレーカーは落ちたが電気は大丈夫だった。ガスと水が止まつた。警報音が鳴りっぱなしで、配管からの水漏れは続いていた。校長室は全部棚が倒れてしまったが、幸い怪我はなかった。メガネとスマホと懐中電灯を探して、何とか部屋から出た。隣の部屋には入れなかつた。棚が落ち、事務用品も散らばつてゐた。廊下や職員室も。貯水タンクのジョイント部分が破損し水漏れした。1回目の地震では大丈夫だった。2回目の地震直後もポタポタ程度だったが、2回目の地震の2、3日後に大量の漏水となり、施設課に応急対応してもらつた。</p> <p>本部は体育館のステージ前に置かれていたが、壁の石膏ボードの落下があり、市役所に調査してもらった結果、壁際は使わない様にということだったので、本部を壁際に移動して避難者を内側に移動させた。そのタイミングで体育館の区画整理を行つた。体育館には壁からコンクリートの大きな欠片が落ちていた。</p> <p>エキスパンションジョイントが落下し、1階の繋がつてゐた床が裂けた。サッシの1枚が枠ごと落ちた。鍵（クレセント）が開いて動いたサッシが多かつた。はめ殺しの窓が割れた。天井は音楽室で隙間ができる下がつたが、落下はなかつた。土中の配管のずれなど、目に見えないところの被害を後で発見した。プールの扉（引き戸）が開かない状況になつた。車が運動場一杯に入つてしまつたため、水はけが悪くなつた。</p> <p>ガラスはひびだらけで、修理代の見積は68万だつた。ガラスはテープで止めて、頭の上に落ちそうなものは職員で取り除いた。</p> <p>図書室の棚は対策してゐたが倒れた。</p>	校長事務職員
避難所の状況	<p>校区内の団地の方がまとまってコミュニティができてゐた。地元の消防団が片づけをしてゐた。市職員が来たのは印象に残っていない。PTAも來ていない。避難所の運営は学校主体で行つてゐることになった。その後、自治会にお願いし1か月ほど避難所運営をしてもらつた。避難者にボランティアを募り、リーダー役の人に2日間ほどお願いした。水が出なかつたので、地下水を汲みに行って配つた。生徒に汲みに行ってもらつた。生水の配布を止めるよう市役所の指導があり、ボランティアリーダーと揉めた。避難者の名簿を作つたが、出入りが多すぎてすぐに使い物にならなくなつた。入る人、出る人が必ず本部を通るわけではなかつたので。体育館の区分けをする前に避難者が入つてしまつたため、ごちゃごちゃになつてゐた。通路だけは空けてもらつたが、初めに来た人が広いスペースを使つてゐる状況。水や物が無い状況がSNSで広まり、大量の物資が届いたが、捌ききれない状況になつた。カップラーメン、おむつ、生理用品等々が多かつたが、ミスマッチが生じてゐた。カップ</p>	校長

	<p>ラーメンは水がないので困った。車に避難する人が多かった。掃除用水等の水はプールに汲みに行ってもらった。（避難所の管理、応援について）区役所からも人が来たが半日替わりで、必ずしも人を相手にする仕事をしているとは限らないので、学校職員がすることが多かった。熊本市に政令指定都市から応援に来た職員は、何日間か同じ方だったので結構頼りになった。</p> <p>現地の災害対策本部の調べでは、4月17日時点で1000人を超えた、とある。</p>	熊本市教育委員会職員
施設被害の発見、報告	<p>市の施設課から調査の依頼があり、被害写真をデジカメで撮つて送った。1回目の地震と2回目の地震の両方で1時間程度をかけて行った。土曜日の昼に市から10人ほど見に来たが、写真はその時に撮った。</p> <p>施設課のほうから「まずそこを見てください」という指示があった。地震による隙間やひび等はだいたい見てわかる。図面については、毎年の予算要求で文科省の施設台帳を老朽箇所の補修の要望等に使っているので、被害調査もやり方としては同じ。</p>	事務職員
職員、生徒宅の被害	職員の住居は、全壊が一人で大規模半壊・一部損壊が3人。生徒で地震により住めなくなったのは一人で、借家だったため転校した。	校長
避難所運営から授業再開	<p>一人暮らしの年寄りの介助を職員が行い、夜は他県から来た職員が行っていた状況だったが、NHKが取材に来て全国放送があってからは待遇が良くなり、市民病院の看護師や他県から災害派遣ナースが来るようになった。</p> <p>授業は5月10日の連休明けに再開した。自治会は5月の連休明けから1か月程度避難所を運営した。ボランティア団体にも仕事を引き継ぎ、職員は学校再開に向けての動きができるようになった。</p> <p>体育館は8月15日まで避難所だったため、避難所を存続しながら学校を再開した。</p> <p>隣の東野校区の小学校3校と東野中学校と4校会というのを作り、校長が集まり情報交換を行った。毎日の様に携帯で連絡を取り合った。手探り状態の中、どういう形で学校を再開したら良いかわからなかったが、途中で教育委員会から学校再開のためのチェックリストが提示された。施設の安全性のクリアは早かった。</p>	校長

避難所の縮小	公民館や体育館等へ避難所を集約するため、5月の連休に避難者の聞き取り調査を市が行った。家が近いしコミュニティもできているため、残ることを希望された方がほとんどだった。体育館に移っていただくだけでも大変だった。	校長
教訓や改善点	<p>毎年防災訓練でやっていたことがほとんど機能しなかった。</p> <p>体育館の入り口に受付を設けて必ずそこを通るようにするなど、受付をすべきだったという教訓から、名簿の紙と鉛筆を用意することにした。</p> <p>施設の記録をすぐにとるようにしたのが良かった。写真だけは撮ったが、内容の記録も撮れば良かった。</p> <p>物は捨てずにとつておけば良かった。分別も含め捨てる場所の確保が必要。</p> <p>送られてくる物資の管理が必要。職員が賞味期限別に分け、配布まで行った。管理職も含め、夜は5月10日まで何名か交代で泊まった。</p>	校長

熊本市立西原中学校

熊本市立西原中学校におけるヒアリング調査の概要を表4に示す。

表4 調査概要

学校名称	熊本市立西原中学校		
日 時	2016年12月26日(月) 13:20~15:00		
対象者	校長(赴任2年目)	熊本市立西原中学校	
	教頭(赴任1年目)	熊本市立西原中学校	
実施者	田中 聰	常葉大学大学院環境防災研究科 教授	
	重川 希志依	常葉大学大学院環境防災研究科 教授	
	鰐沢 曜	鰐沢工学研究所 代表	
	小山市教育委員会職員	小山市教育委員会 教育総務課	
立会者	熊本市教育委員会職員	熊本市教育委員会事務局施設課	



図9 熊本市立西原中学校

調査結果

熊本市立西原中学校におけるヒアリング調査の結果を表 5 に示す。

表 5 調査結果

学校名称	熊本市立西原中学校	
14 日の地震発生からの対応	<p>14 日の地震発生時は教頭が居り、私は夜中に駆け付けた。</p> <p>14 日は 10 数名の職員が未だ残っていた。強い揺れだった。地震の 45 分か 50 分後ぐらいに 3 人が避難してきたため、校長に電話をして避難所を開設した。初めはすぐに帰ると思っていたが、次々と避難者が来たため体育館を開けた。毛布の代わりに体育マットを出して使ってもらった。体の弱っていた方は保健室に通し、ご子息に付き添っていただいた。</p> <p>14 日の夜 12 時半頃に学校へ到着した。道が狭いため職員 4 名で交通誘導し、一方向から入ってもらった。避難が長期化する恐れがあったため、金曜日に 17 時以降の教員の配置を 4 人ずつ分けてローテーションを作った。そして土日は管理職、主幹、教頭、校長で 6 時間おきの交代表を作った。生徒の安全把握については、担任に被害の連絡があった場合は、学年主任に教頭か校長に連絡するように指示した。安心メールを必ず登録するように指示した。</p>	校長 教頭
14 日の地震による施設被害	非常扉が作動し、事務室から警報音が鳴った。壁掛けのガラスが落下した。転倒物は多かったが、職員数名で見回ったところ大きな施設被害はない判断した。	教頭
16 日の地震発生当時の状況	<p>16 日の本震発生時、教頭は学校に、校長は自宅にいた。</p> <p>ローテーションで何名かが学校に残っていた。棚は落ち、電灯が揺れの途中で消えた。1 回目の地震の後で用意していた懐中電灯を使い対応した。体育館に避難していた方たちは、心配になり運動場に出ていた。推定 700 名が運動場にいたと思われる。軽いけが人がいたため避難者の中にいた看護師が手当てをした。一人のおばあさんがトイレで倒れて頭を打ったため、救急車を呼んだが、意識がある人は直接病院へといわれ、避難者が協力して日赤へ運んだ。</p> <p>人は増え続けたが、他からの応援はなく、ローテーションを組んだ 10 名程度の職員だけで誘導しなければならなかった。車は入りきれなくなり止めた。</p> <p>水は最初出ていたがやがて出なくなり、トイレが詰まった。避難者がプールの水を使い少しづつ流したが、復旧に時間がかかった。</p> <p>防災倉庫に毛布が 20 枚と発電機があった。発電機の使い方がわからず避難者の中でわかる方が見てくれた。燃料はあったがオイルがなく、校舎内を探した。</p>	校長 教頭

	災害用トイレがあったが覆うテントがなく、後で届けられた。水で流すタイプだったので使いづらかった。	
避難者、ボランティアへの対応	<p>かなりの数の避難者がいたため、18日から体育館対応と校門での誘導整理を行った。食料を皆で持ち寄り、4交代で対応した。暫くすると福岡市の職員4名が車で応援に来た。その後札幌市からも常駐でしばらく来られ、体育館対応をお願いした。政令市からの応援がこれほど有り難いことはなかった。</p> <p>一方、市の職員による応援は割り振りで、毎回代わったので大変だった。長期化する中、同じ職員がいないと困るということで市のシステムが少し変更になった。</p> <p>学校では、18日以降、女性職員を昼、男性職員を夜に割り振り夏休み勤務にシフトした。</p> <p>18日の時点で体育館は土足のため泥だらけになっていた。</p> <p>校舎に避難している人たちは体育館へ誘導しないと授業が再開できないが、体育館は無政府状態の様になっていて自分のことだけを考えている避難者にご理解いただくのが大きな山場だった。</p> <p>20日に体育館の大掃除をすることを前日から伝え、全員を2時間外へ出して職員50名で大掃除を行った。コミュニティが壊される等の反対があり3時間交渉した。</p> <p>体育館を通路で4ブロックに分けマットを均等に敷いて希望を聞きながら収容した。その際に校舎に避難していた人たちも収容した。</p> <p>各ブロックで班長を決めてもらい、朝夕2回の班長会議をすることにした。体育館の中ではブロックごとに名簿を作り、出入りの管理をしてもらった。車中泊の人たちは管轄外とした。</p> <p>不審者かどうかがわからない問題があった。</p> <p>電気は2日目から通った。米はあるが水がない状況だった。家庭科室を使い少ない水でご飯を炊いた。</p> <p>避難所は8月15日まで続いたが避難者とのやり取りに苦労した。</p> <p>4/20、連休を前に1週間分の情報を金曜日に生徒の全家庭にメール配信することにした。</p> <p>4/21、ボランティアの対応に苦慮した。学校内で火を使えることにした。子供に暴力を振るい出入り禁止になるボランティアも出た。</p> <p>4/28、学校再開を5/9にすることで決定、周知した。再開からは学校に泊まらなくても良いことになった。市では12時間対応ということだったが、教員がもたないので6時間対応でシフトさせた。</p>	校長 教頭 校長

生徒の安否・被害確認	18日の午前は職員と事務員で散らかった玄関の整理を始めた。午後は担任が生徒の安否確認を行った。 19日は安否確認ができていない生徒の家庭訪問を行った。 20日は前日の残り業務と安否確認を行った。 21日の時点で確認できた生徒は696名、全壊4軒、半壊24軒、住めない状況が86軒であり、早期学校再開は無理な状況だと感じた。	校長
16日の地震による施設被害	エキスパンションジョイント回り、外壁のひび割れ、渡り廊下の接続部損傷による下がり、落下物、ロッカーの転倒（作り付けは大丈夫だった）、体育館のステージ天井と窓、特別教室の転倒物（教室は大丈夫だった） 図書室などで固定していない棚が転倒した。 廊下の天井落下および漏水が発生した。 翌日に市施設課が見に来て躯体は大丈夫との見解をもらった。市の指導により、職員で分担し、研れるところを研り落とした。学校を再開してからプールの水が溜まらないことが発覚した。応急危険度判定調査は行われなかった。	教頭
施設被害への対応	19日の段階で学校内の壊れているところ、ひどいところを見回り、できる範囲で片付け、落ちそうなものは落とし、ロープを張る等の作業を行った。通路が封鎖された部屋は使えないため、授業に使うものを外に出すなど、授業再開に向けての学校の修復を職員で始めた。渡り廊下は危険な状態。学校には給食を2000食近く作れる調理場があるが、壊れて使えない状況だった。	校長
授業再開後の状況	トイレを避難者と共有した。運動場には車がいる中で体育大会を行った。お祭りは苦しい時だからこそすべきと感じた。体育館を半分使ったかったが、避難所として使っているので、部活のバレー、ボーリングは他の施設を使わざるを得なかった。	校長
教訓や改善点	学校は緊急の避難所なので、1か月を目途に閉鎖し、他の場所へ集約すべきである。 当たり的対応をしなくて済むように。 非常事態には最初の1週間を学校職員が対応し、その後市職員の同じ人に引き継ぎたい。 学校に赴任してすぐだったため、鍵が見つからず苦労した。	校長 教頭

参考資料：西原中学校 地震被害対応資料

熊本市立必由館高等学校

熊本市立必由館高等学校におけるヒアリング調査の概要を表6に示す。

表6 調査概要

学校名称	熊本市立必由館高等学校		
日 時	2016年12月26日(月) 15:50~17:00		
対象者	事務長(赴任1年目) 熊本市立必由館高等学校 事務職員(赴任3年目) 熊本市立必由館高等学校		
実施者	田中 聰	常葉大学大学院環境防災研究科 教授	
	重川 希志依	常葉大学大学院環境防災研究科 教授	
	鰐沢 曜	鰐沢工学研究所 代表	
	小山市教育委員会職員	小山市教育委員会 教育総務課	
立会者	熊本市教育委員会職員	熊本市教育委員会事務局施設課	



図10 熊本市立必由館高等学校

調査結果

熊本市立必由館高等学校におけるヒアリング調査の結果を表7に示す。

表7 調査結果

学校名称	熊本市立必由館高等学校	
14日の地震発生からの対応	4月の初めて教育委員会から避難所担当職員の割り当てがまだ決まっていなかったため、昨年担当した村田が対応した。 通常の流れでは、地震が発生して、避難所開設指示が教育委員会からきたら、それを受け校長等が避難所の鍵を開け、避難所担当職員は教育委員会から連絡が来てから行くというものだったが、今回は連絡もつかない状況だったので、14日の地震が起きた直後に、自宅から1時間から1時間半かけて学校に来た。その時は避難者がいなかったので、校内を全て6階から順次降りてきて確認した。防火扉の警報が作動していた。途中で機械警備の社員が駆け付け、一緒に点検して見回った。その後一人の避難者が来たため、教育委員会に連絡したところ、「避難所を開いてください」ということだったので体育館を開放した。14日は4,5人の避難者が来たが、全員帰られた。	事務長 事務職員
14日の地震による施設被害	何か倒れていきそうなものがないかというぐらいのチェックで、建物の内部だけを確認した。防火扉が作動し、エレベータが止まっていた。物は落ちたが、気になる大きな被害はなかった。体育館も大丈夫だった。	事務職員
16日の地震発生からの対応	16日の地震の時は、先に来た職員が開けた体育館に多数の避難者を受け入れていた。マットを出して使ってもらった。 最初は体育館だけだったが、教育委員会から体育館は古く補強予定だったため、危険なので使わない様にとの連絡を受け、避難者は校舎の廊下と武道場に移動してもらった。 電気はすぐに回復した。雨水ろ過システムがあり、トイレの水は断水中も使えた。 プールが屋上にあったため、プールの水は使えなかった。プールの水は掃除のため3分の1程度の水位になっていた。 被害確認において、先ずは避難経路の確保を心掛けた。 教職員が危険個所にスズランテープで区分けを行った。	事務職員

16日の地震による施設被害	<p>16日の地震はかなりひどかった。</p> <p>コンクリート外壁の化粧板に結構ひびが入った。下地は大丈夫だったので損傷した化粧板は職員が壊して剥がした。</p> <p>その後教育委員会から、危ないと思われるものはだいぶ剥がされた。教育委員会が連れてきた業者に剥がしていただいたところも結構ある。</p> <p>2階と4階で窓枠がゆがみ大型のサッシが落下した。職員室の窓が閉まらなくなつたので、養生テープで仮復旧した。</p> <p>物が当たってガラスが割れた。</p> <p>階段室等の壁の化粧板が損傷した。</p> <p>トイレの鏡が割れた。</p> <p>未固定の棚が倒れた。</p> <p>普通教室の同じところにひびが入った。</p> <p>特別教室は棚の転倒が生じた。染色の授業で使う湯沸かし器が壁固定部からもげて転倒した。</p> <p>6階で石膏像の割れが多かった。</p> <p>理科教材のミシンが転倒した。</p> <p>可動書架が動かなくなった。</p> <p>後で給水配管の被害に気付いた。</p>	事務職員
施設被害の報告	教員で安否確認の後、手分けして建物の被害写真を撮って教育委員会のフォルダに場所ごとに入れて報告した。	事務職員
避難者への対応	<p>体育館に避難者がいたときはピークで200～300人ぐらいは来ていました。そのあとは100人ぐらいが廊下に避難していた。ピロティで炊き出し等を行った。</p> <p>市の避難所対応職員が来たが、学校を知らないので、学校職員と一緒に対応した。</p> <p>事務職員では回せなくなり、教員にもお願いして避難所運営を行った。</p> <p>避難者は管理上1階のみで受け入れた。</p> <p>5月9日より学校を再開した。避難者には再開予定日を事前に周知し、近隣の集約避難所の2施設を案内した。</p>	事務長 事務職員
教訓や改善点	避難者を巻き込んで避難所を運営したらよかったです。 月一で安全確認をしているので施設の被害確認がスムーズにできた。	事務職員

熊本県立熊本工業高等学校

熊本県立熊本工業高等学校におけるヒアリング調査の概要を表 8 に示す。

表 8 調査概要

学校名称	熊本県立熊本工業高等学校	
日 時	2016 年 12 月 27 日 (火) 10:00~12:00	
対象者	校長 (赴任 2 年目)	熊本県立熊本工業高等学校
	副校長 (赴任 2 年目)	熊本県立熊本工業高等学校
	教頭 (赴任 15 年目)	熊本県立熊本工業高等学校
	主幹教諭 (赴任 2 年目)	熊本県立熊本工業高等学校
実施者	田中 聰	常葉大学大学院環境防災研究科 教授
	重川 希志依	常葉大学大学院環境防災研究科 教授
	鰐沢 曜	鰐沢工学研究所 代表
立会者	熊本県教育委員会職員	熊本県教育庁教育指導局高校教育課 指導主事



図 11 熊本県立熊本工業高等学校

調査結果

熊本県立熊本工業高等学校におけるヒアリング調査の結果を表9に示す。

表9 調査結果

学校名称	熊本県立熊本工業高等学校	
14日の地震からの対応	<p>在校生は1200名。</p> <p>4月11日が入学式で新年度が始まってすぐに地震が起きたので、新入生との連絡に苦労した。</p> <p>10科長と科職員で科ごとに対応した。</p> <p>担任は安否確認を行った。</p>	校長 他
14日の地震による施設被害	<p>1回目の地震後は、第二体育館（平成3年築）等の限られた範囲のみを点検し、問題なかった。</p> <p>翌日、第一体育館（平成9年築、1999年国体に合わせ建設）のステージの壁、エキスパンションジョイント、ガラス等の被害があった。</p>	校長 他
16日の地震からの対応	<p>16日の地震は校長室で経験した。</p> <p>職員を半分に分け、被害確認・安否確認と避難者対応に分担した。</p> <p>参考した近くの職員、舍監、校長の12～13人で対応した。</p> <p>避難者を屋外に受け入れ、第二体育館の被害を確認し、被害がなかったため深夜4時ごろ第二体育館に収容した。</p> <p>7教室に分けて安全なところに受け入れた。</p> <p>天井等が落ちてきているところや、コンクリートに亀裂が入っているところにテープを張って立入禁止にするなどした。</p> <p>市職員は2日で交代するので連携が取れなくて困った。</p> <p>他県の政令市からの応援は1週間単位なので助かった。</p>	校長 他
避難所運営から授業再開	<p>4/21、北九州の応援によるアドバイスがあり、避難者による自治会運営が始まり、合同ミーティングを開始した。</p> <p>生徒宅の全壊、半壊は100名を超えた。</p> <p>先ず3年生を登校させて状況を把握し、9割が登校できた時点で順次2年生、1年生と登校させた。</p> <p>5/2、3年生400名のうち、330名程度が登校した。</p> <p>5/6、2年生398名のうち、368名が登校した。</p> <p>5/8、避難所を閉鎖した。</p> <p>最後に59名の避難者が残ったが、環境の良い部屋に移っていた。</p> <p>5/10、授業を再開した。</p>	校長 他
16日の地震による施設被害	<p>電気は繋がっていたが、水道、ガスは止まった。</p> <p>未固定のものはほとんど転倒した。パソコンは1クラス分の40台全部がだめになった。</p> <p>大きな音がして、第一体育館の屋根の鋼材が落下した。14日の地震の時に第一体育館に人を入れなくて良かった。時間帯も深</p>	校長 他

	<p>夜だったからよかったです。</p> <p>実習棟の筋交いが破壊し、壁が潰れた。</p> <p>未固定の旋盤機械が 10 数センチ横に動いた。</p> <p>寮に亀裂が入り、保護者から入れたくないといわれたが、構造体は大丈夫だった。</p> <p>校長先生の官舎は半壊で使えない状況。</p> <p>教室棟は全て耐震補強済み。実習棟は改築予定のため未補強。</p> <p>寮や木造の官舎は未補強だった。</p> <p>壊れたガラスは全て入れ替えたが、その他の被害は現在も手つかずの状況である。</p>	
施設被害の報告	<p>デジカメで写真を撮り、被害情報の収集は科ごとに行つた。収集、調査方法は決めずに任せた。</p> <p>専門家の調査は 1 週間ぐらいしてから行われた。</p>	校長他
教訓や改善点	<p>3 日程度の水や食料の備蓄は必要と感じた。</p> <p>行政的な校区対応と現実のギャップを感じた。</p> <p>学校にはなかったので、収集ルールを決める必要がある。</p> <p>携帯がつながらない場合の安否確認のルールが必要。</p> <p>施設の安全確認について、市の営繕にすぐに連絡して対応してもらう体制が必要。</p> <p>土木科で建築士を持っている教員に応急危険度判定士の講習を受けさせて、そういうものを活用できれば良い。</p>	校長他

参考資料：熊本工業高等学校 熊本地震に係る学校対応の検証

(3) 被害調査システムの開発

本事業で開発するシステムは、実施メンバーである常葉大学の田中が中心となって住宅向けに開発してきた、建築の専門家でなくとも建物被害調査が実施可能なシステムを、学校施設に拡張するものである（図12）。

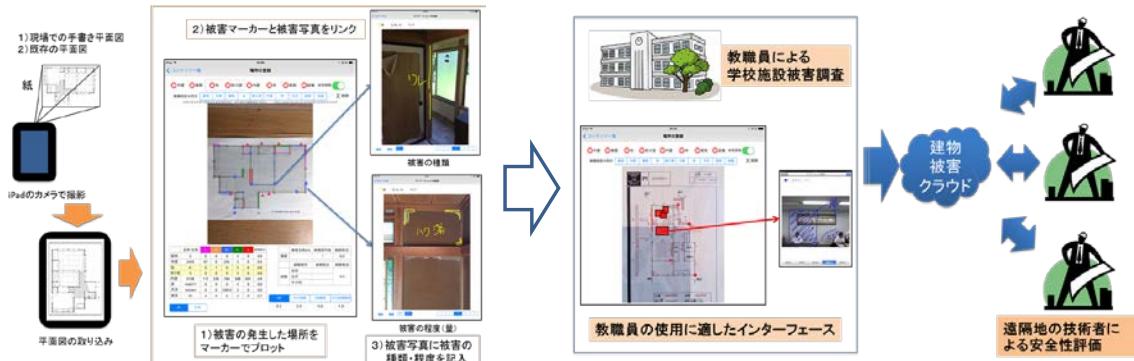


図12 既存の調査システム（左）と開発する学校施設向け被害調査システム（右）

3-1 小中学校教員の適性調査

まず、システム改修の方針決定のため、既存の建物被害調査システムを現役教員が使用した場合、どのような課題が発生するかを把握した。

常葉大学教職大学院生（現役小学校教員）8名に既存の建物被害調査システム（iPad版およびiPhone版）を使用してもらい、その後使用にあたっての課題などについて検討した。このテストは、常葉大学教職大学院校舎を事例に実施した（2016年9月14日）。

システムの使用性としては、操作になれるまでに少し時間が必要であるが、細かな使い勝手の問題（例えば、被害入力の線が、図面を拡大すると操作しにくい。戻るボタンが被害入力画面に欲しい。削除ボタンがわかりにくい。など）はいくつか指摘されたが、おおむね操作可能であることが確認された。また、実際に小学校での使用を考えた場合、

- ・学校で所有するタブレット端末やスマートフォンがない。一方、私物ではほとんどがスマートフォンを使用し、タブレット端末は所有していない
- ・損傷発生の事実の確認（場所や損傷状況の記述）はできるが、損傷程度の評価については判断の基準が人によってばらつく可能性がある
- ・損傷程度の判断は、一教員では責任がともなうため難しい。判断は、教頭や校長など責任者がやって欲しい。
- ・タブレットが良いかスマートフォン良いかについては、使用者の慣れの問題が大きい
- ・類似調査として、毎月実施される安全点検があり、この点検と関係があると、定期的に使用することになり、災害発生時にも問題なく使用できる。

などの意見が出た。

これらの検討の結果、使用する端末をスマートフォンとし、基本的なユーザーインターフェースは保持したまま、指摘された細かな使い勝手について検討した。

これらの指摘を反映したシステムを、別の教職大学院生に使用してもらい、おおむね良好な反応が得られた（2016年12月20日）。

3-2 建築構造専門家への調査（2016年11月15日、2017年1月30日）

次に建築構造の専門家に既存の調査システムを提示し、安全性を評価するために必要な機能について検討をおこなった。

その結果、

- ・建物内のどの範囲を調査し、どの範囲が未調査なのかわかるような表示が必要
- ・建物の外観は、全景写真が必要
- ・調査した動線上のビデオ映像が同時に撮影されているとより状況が理解できる
- ・被災した学校の震度情報があれば欲しい
- ・建物の概要を知るための建物諸元の情報が欲しい
- ・外階段のアンカー、高架水槽の状態なども重要な情報である
- ・調査不能（被害が確認できない）場合も報告が必要（例えば体育館の屋根など）
- ・調査実施日の項目は必ず必要
- ・災害発生前の無被害の状態であった建物写真も参照できるとよい。図面だけでは老朽化の程度と被害の関係がわかりにくい。

などの意見が出た。

特にシステムへの反映として、各調査員の調査範囲の入力、建物外観写真を立面図に使用、写真のみならずビデオ撮影機能の追加、損傷レベルに「判断不能」を追加、などを実施した。また調査データベース作成の際に、建物諸元を入力する欄を設置した。

3-3 建物被害調査システムの開発

本システムの特徴は、従来の専門家による建物被害調査では一体となっていた「被害の調査」と「被害の評価」の作業を分離し、この役割分担をシステムに反映した点にある。ここで「被害の調査」とは、建物内外に発生した損傷の位置と状況を記録する作業である。すなわち、建物平面図や立面図への損傷位置の記録と損傷箇所の写真撮影、さらに撮影した箇所の損傷状況の記述といった、事実の確認作業である。住宅の被害調査では、調査手順を明確化することにより、初心者にも調査可能であることがわかっている。そこで学校教職員に対しても同様に調査が可能であると考えている。

一方、「被害の評価」とは、記録された損傷状況から建物の被害の程度を推定する作業である。そのため、個々の損傷状況のみならず、建物の構造的な特徴などを把握し判断するなど、建築構造に専門的な知識が必要となる。従来の被害調査は、これら被害の調査と評価が一体化されていたため、調査には専門家が必要であった。

そこで、建物被害調査の全プロセスをデジタル化することにより、被害の調査から評価へのデータの受け渡しが可能となり、作業の役割分担が可能となった。この役割分担として、被害の調査は学校教職員が担当し、被害の評価を建築専門家の担当とし、それぞれに適したインターフェースを設計した。

開発したシステムは、スマートフォンを用いた被害調査システムと、調査結果を管理するサーバーシステムである。これらを利用した建物被害調査の作業手順は3つのステップからなる（図13）。

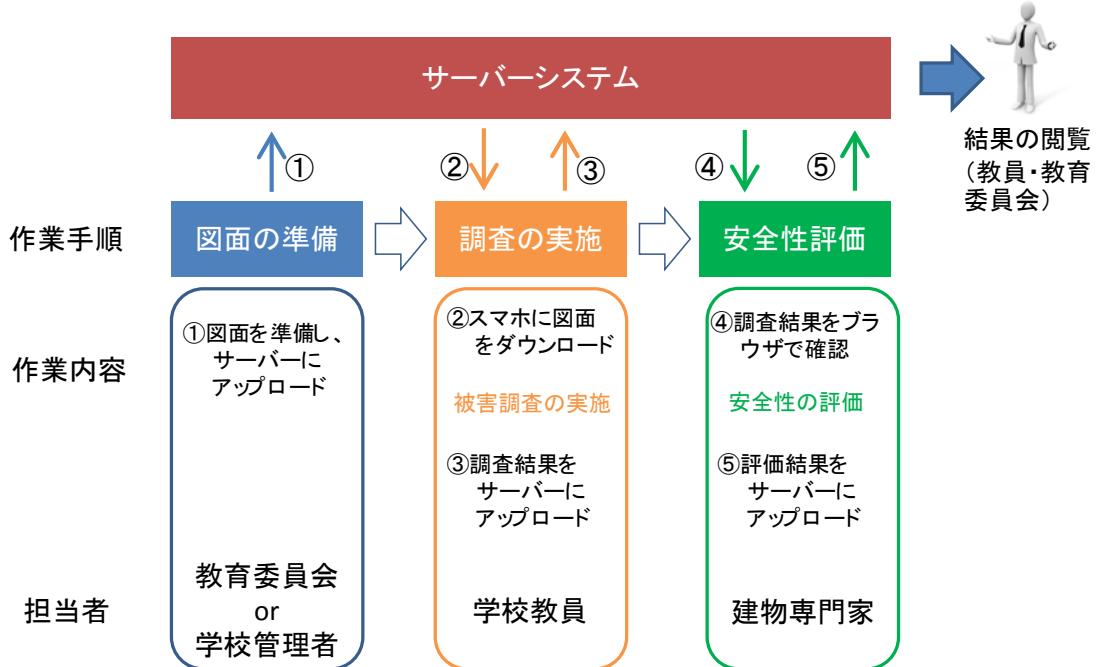


図 13 建物被害調査システムの手順

まず、損傷の発生した場所を記録する図面を用意し、サーバーへアップロードする。使用する図面は、平面図や立面図である。図面は建物内に発生した損傷の位置を特定することが目的であるため、CADなどで作成された図面以外に、例えば学校案内や火災報知器の警報板の平面図を撮影したものでもよい。また立面図は、対象建物の立面写真を現場で撮影して使用することも可能である。一つの建物で、各階の平面図と東西南北4面の立面図が必要となる。これらの図面をJPGなどのファイルで準備し、サーバーへアップロードする（図14）。



図 14 図面の準備とサーバーへのアップロード

被害の調査は、スマートフォンを活用し、学校施設内の損傷の発生場所とその状況を記録する。まず、それぞれの建物のIDを入力すると、アプリはサーバーにアクセスし、該当する建物図面が呼び出される。次に、この平面図や立面図を背景に柱や壁などの損壊場所にマーカーをプロットする。さらに損壊箇所の写真を撮影し、該当箇所のマーカーにリンクするとともに、写真中にクラック幅など写真だけでは把握できない損傷の状況を記入する。最後に損傷の状態を程度I—Vまでのランクから選択する。各調査員の担当範囲の調査が終了したら、サーバーに調査結果をアップロードする(図15)。

さらにこのシステムでは、学校施設のような大規模な建物の調査を前提に、複数のスマートフォン(教員)が建物内の別々の場所を調査し、サーバー上でデータが集約するしくみとなっている。これにより、建物平面図上で、どこにどのような被害が発生したのかという情報をデジタルデータとして一元的に管理できる(図16)。

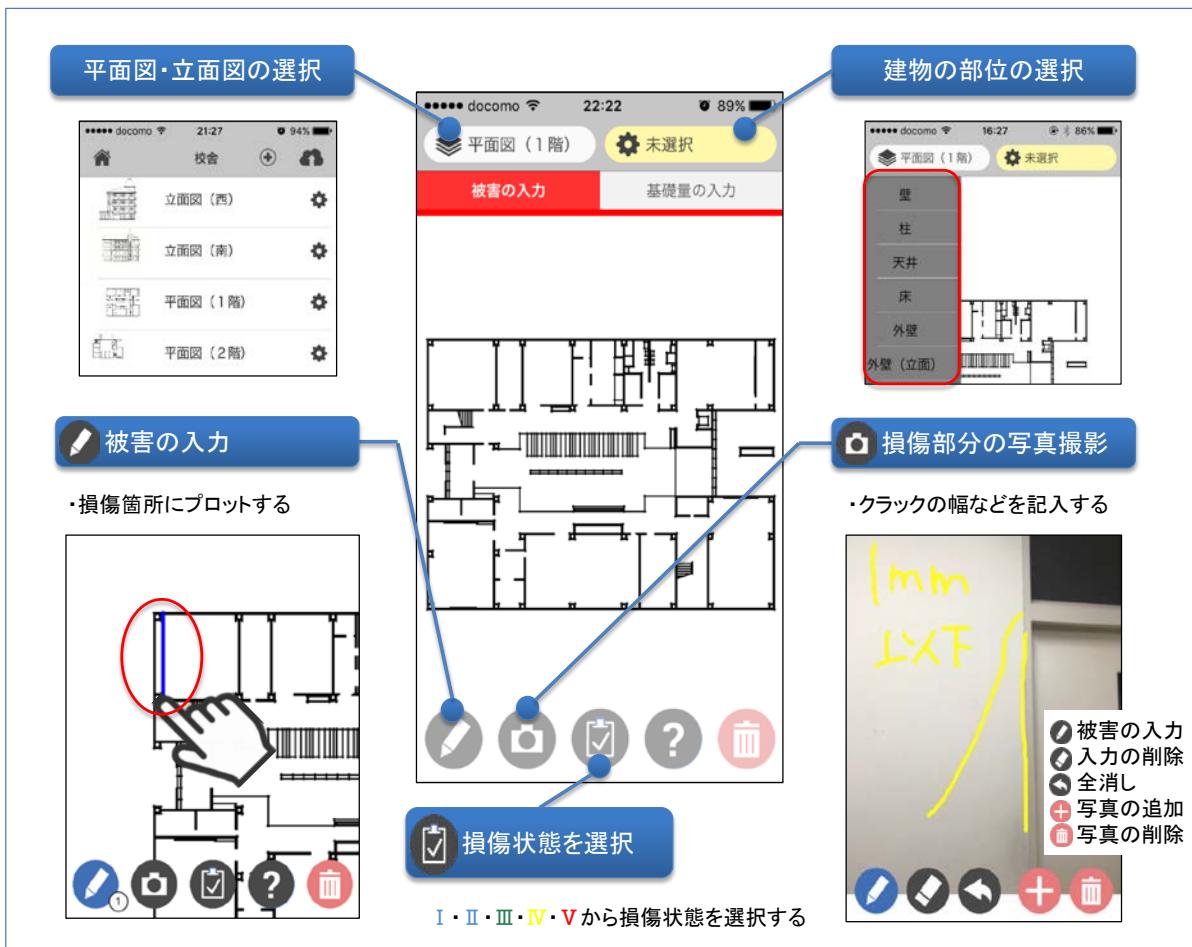


図 15 開発した被害調査システム

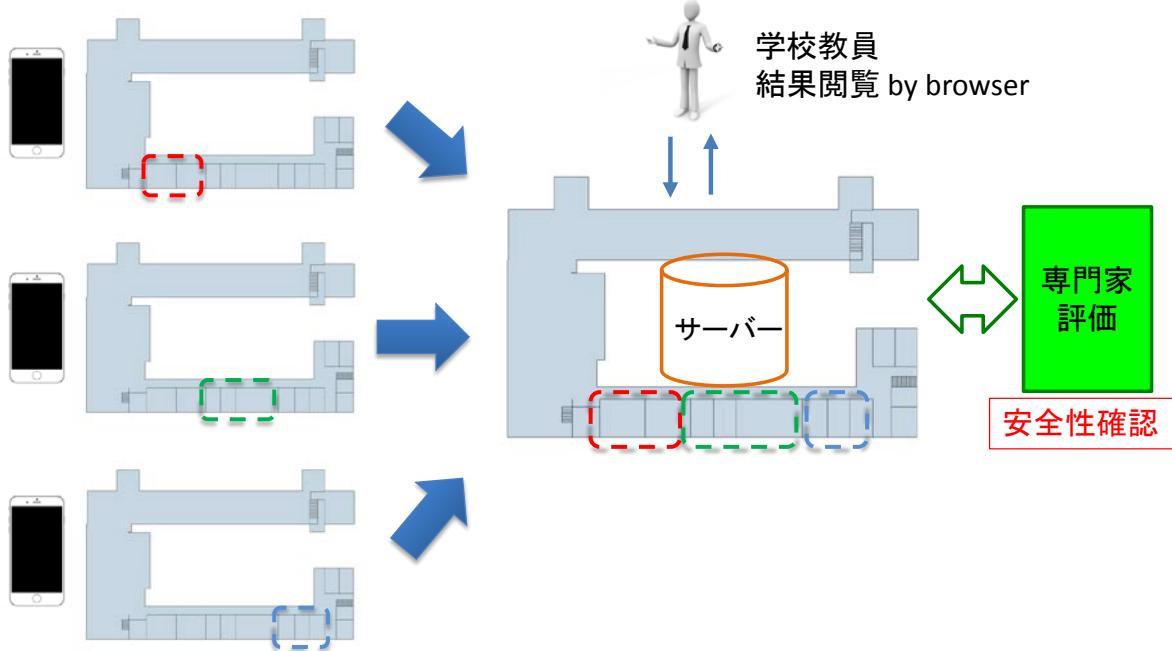


図 16 複数のスマートフォンのから調査データの集約

被害の評価は、建築の専門家がサーバーにアクセスし、建物の被害状況を確認する。そのため、被災現場に赴かなくとも、インターネットに接続できれば建物の安全性に関する判断・助言を行うことが可能となる。サーバーにアクセスすると、図17のように平面図・立面図上に調査結果（プロットされた損傷箇所やその写真）が表示され、さらに建物内観や外観を撮影したビデオも閲覧可能である。

平面図への被害のプロット・写真の統合

調査範囲

ビデオ軌跡

複数の端末

立面写真へ被害のプロット・写真の統合

図17 報告された被害の状況（サーバー画面）

この仕組みによって遠隔地の専門家も応援可能となり、被害調査の迅速化につながるものと考えている。

3-4 調査マニュアルの製作

被害の調査の手順を解説する調査マニュアルを作成した。現在のスマートフォンなどの機器やアプリでは、通常操作マニュアルは添付されていない。添付されているのは、見ひらき 1 ページ程度のセットアップ方法だけである。したがって最近は、操作マニュアルを参照しながら機器の操作をすることはほとんどない。言い換えると、マニュアルレスでも操作可能なようにユーザーインターフェースが設計されている。そこで本システムでも、調査の手順と画面操作法などに情報を集約し、A4 見開き 1 枚ラミネート加工のマニュアルを制作した（図 18）。マニュアル表紙には、クラックスケールを載せ、調査時に活用できるように工夫した。



図 18 調査マニュアル

3-5 最終確認テスト

開発したシステム動作確認および調査手順の最終チェックとして、常葉大学附属橋小学校において、常葉大学教職大学院の大学院生を対象に実施した。橋小学校の校舎内外に地震による被害を模擬したマスキングテープを貼り、これを被害と見立ててシステムを用いて被害調査を実施した。調査終了後、システムの使い勝手や課題について検討会を実施した。

実施日：2017年2月6日（月）13:00-16:00

参加者：常葉大学教職大学院 修士2年生 3名、文部科学省職員 1名：計4名

まず、橋小学校の1階外壁、1階内部、2階内部に地震による損傷を想定し、図19にある損傷程度の色別のマスキングテープを貼り付けた（図19）。



図19 橋小学校における損傷の想定

調査者に対しては、本研究の目的や調査の手順について説明した後、これらの損傷の調査を実施した。所要時間は1時間程度であった（図20）。



図20 橋小学校における最終テストと検討会

調査終了後、検討会を開催した。検討会で出された主な意見は以下の通りである。

- ・一度プロットした図形を拡大したり移動できるようにすると操作性が向上する。
- ・スマートフォンを用いた調査システムは問題なく使用できる。
- ・調査結果のサーバーへのアップロードに時間がかかる。
- ・外壁の調査には立面図よりも立面写真の方がわかりやすい。
- ・平面図に方位が必要。できればカーナビのように調査者が動くと図面が回転するとなおよい。
- ・調査を実施するためには研修会が必要。
- ・写真にコメントを入力する作業に時間がかかる。必要な情報は何か？
- ・スマートフォンを使い慣れていない教員には難しい。学校現場では若手教員に負担が偏る可能性が高い。
- ・バッテリーの消耗がおおきいように感じる。

以上の検討により、システムとしてはおおむね動作することが確認された。サーバーへのアップロードの問題を解決するとともに、実証実験においては、外壁調査のための立面図は建物の立面写真を使うこととした。また被害写真に書き込む情報は、クラックの幅などとし、調査マニュアルにクラックスケールを印刷することとした。

(4) 小中学校における施設の被害調査実証実験

開発したシステムは、小山市小中学校において各学校の校舎を用いた小中学校教員による建物被害調査を実施し、システムの実用性を検証した。

建物被害は、常葉大学附属橘小学校で実施した最終テストと同様に、校舎および体育館（中学校の場合は武道場も含む）の内外に被害を模擬したマスキングテープを貼り、これらを被害と想定してシステムを用いて調査を実施した。

実証実験のスケジュールは以下の通りである。

- 0) 実験準備（校舎内の被害テープ貼り）90分
- 1) 実証実験の趣旨説明：5分
- 2) 調査システムの使用方法の説明：10分
- 3) 建物被害調査：30分
- 4) 参加者との意見交換：15分

各学校の実験スケジュールは表10の通りである。

表10 実証実験スケジュール

実施日	実施時間	学校名	参加者	その他
2017.1.13	15:40-16:40	若木小学校	5	20代-30代後半の教員
2017.2.20	15:30-16:30	小山第一小学校	4	教頭、教務主任、情報主任、事務長
2017.2.21	15:40-16:40	美田中学校	4	教頭、教員（4年目、10年目、30年目）

実証実験の結果

若木小学校

若木小学校は、校舎は 1984 年竣工、鉄筋コンクリート造 3 階建、床面積 3702 m²。また体育館は 1962 年竣工の鉄骨造 2 階建で、床面積 835 m²、2012 年に耐震化工事が完了している。



図 21 若木小学校実証実験の様子



南立面



1階内壁

2階床

図 22 若木小学校被害調査結果（サーバー画面）

- ・ほとんどの教員が iPhone の使用者であったため、システムの使用に関してはほとんど問題なく、すべての教員が 20 分以内で調査が終了した。
- ・サーバー画面で確認すると、内壁などの線要素もきれいに入力されていた。
- ・マニュアルは損傷の程度（マスキングテープの色）を確認する程度で、ほとんど使用する必要がなかった。

小山第一小学校

小山第一小学校は、ロの字型（1 階のみコの字）をした校舎であり、1968 年および 1969 年に竣工、鉄筋コンクリート造 4 階建、床面積 6453 m²、2001 年および 2002 年に耐震化済み。体育館は 1976 年竣工、鉄筋コンクリート造 3 階建、床面積 1377 m²。1 階はピロティ形式で駐車場として利用されている。2012 年に耐震化工事済。

小山第一小学校の校舎のコンクリートの壁には、多くの収縮のクラックが発生していた。そこでこれらクラックを地震による損傷として調査対象とした。具体的には、クラックはマスキングテープで模擬せず、クラックの幅をスケールで測定し、損傷程度を判断することにした（図 23 右上写真）。



図 23 小山第一小学校実証実験の様子

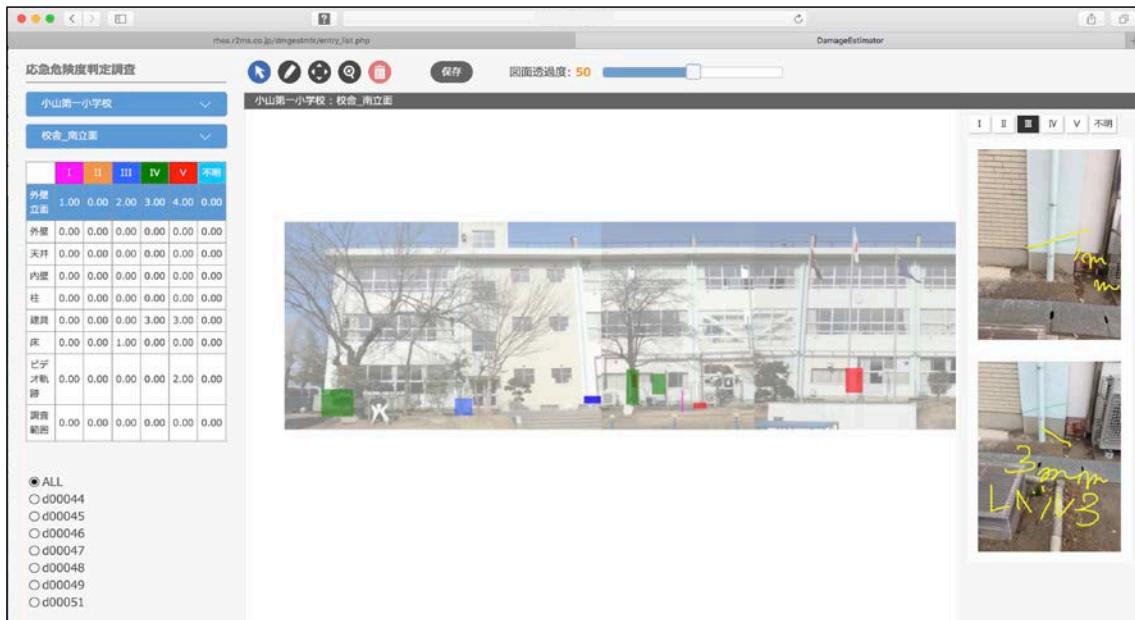


図 24 外壁の調査結果（サーバー画面）

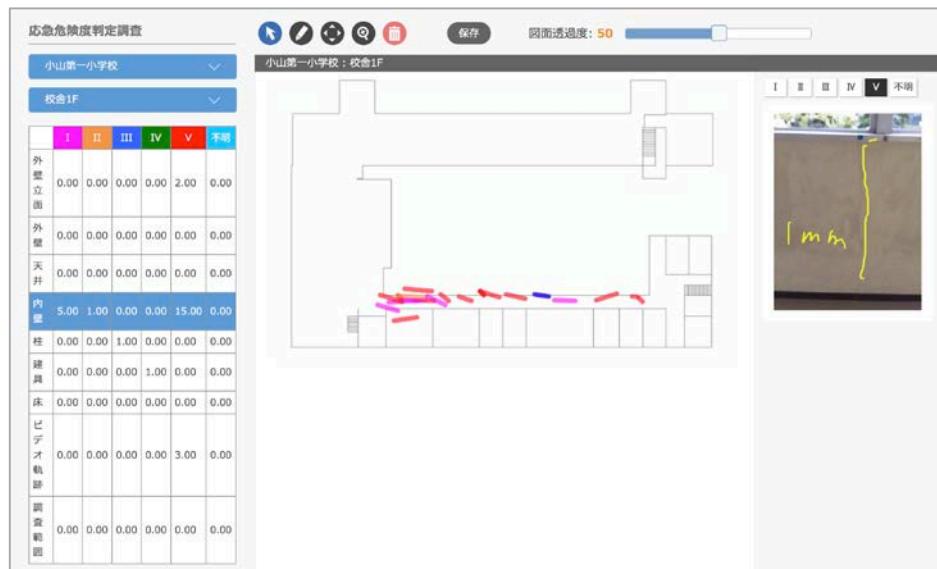


図 25 1階内壁の調査結果（サーバー画面）

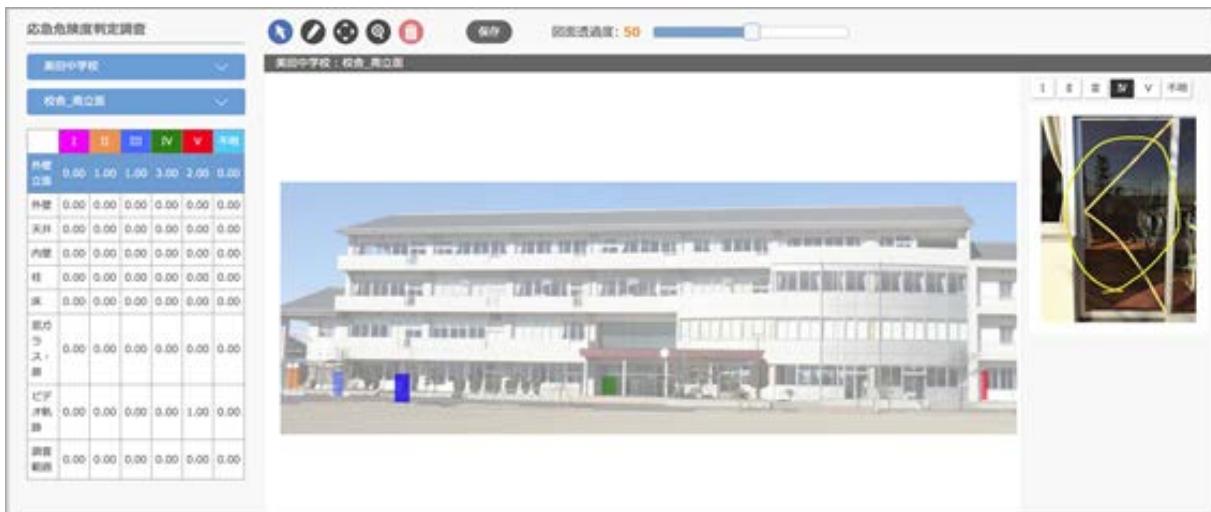
- スマートフォンで内壁などの被害の線を入力する際に、指ではまっすぐに入力することが難しい。タッチペンを使えばもっときれいに入力できる。
- 同様に写真への書き込みについても、指での入力に手間がかかる。
- クラックスケールでヒビの幅を計測する際に、1本のヒビでも幅が異なる場所があり、最大幅で選んで良いのか難しい。
- 送信する前にリストで入力した被害の箇所などを一覧で確認できるページがあるとよい
- 手順を促すもの、例えば①場所→②鉛筆→③写真 のように入力を促されるといい。

美田中学校

美田中学校は、校舎は 2005 年竣工、鉄筋コンクリート造 4 階建、床面積 4574 m²。体育館は 2007 年竣工、鉄筋コンクリート造 2 階建、床面積 1406 m²。



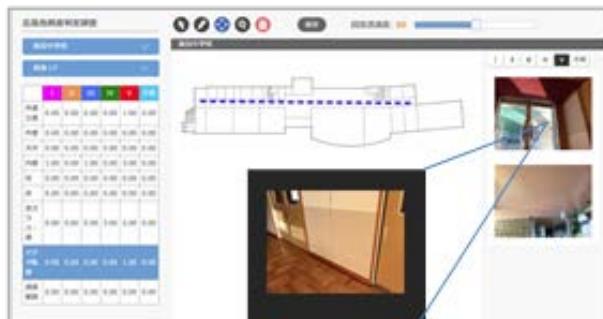
図 26 美田中学校実証実験の様子



南立面



体育館天井



内観ビデオ(点線に沿って撮影)

図 27 美田中学校建物被害調査結果（サーバー画面）

- ・ビデオで被害を撮影すると音声も同時に記録されるため、損傷状況がわかりやすい。
ただしビデオを一つ一つ再生する必要があり、一覧性には欠ける。
- ・ビデオで記録する方が、入力するより被害の状況を説明しやすい。
- ・柱なのか内壁なのか判断に迷う場所があった。
- ・今回の試行では、損傷程度は色分けされていたため入力に際して問題はなかったが、
実際の災害では、損傷程度のレベル分けは難しいと思う。
- ・平面図にはおなじ形の教室が並んでいるため、調査している場所が平面図上でわからにくく。教室名など場所を特定する表記が必要。

システムの使用性については、普段使用しているスマートフォンとの違いによる操作性の問題が発生したが、アプリそのものはおおむね問題なく使用できることが明らかになった。さらに調査の正確性については、多くの損傷が狭い範囲に集中している場合、どの損傷を記録するのか判断に迷うとの意見があった。

(5) 建築構造の専門家による技術検討会

これらサーバーに格納された調査結果から施設の安全性を評価するための技術検討会を開催した。

日 時：2017年2月23日 15:00-17:00

場 所：(株) イー・アール・エス (東京都港区赤坂)

参加者：中嶋洋介、水越薰、近藤一平、佐竹直紀、鰐沢曜、田中聰



図 28 技術検討会の様子

検討会における議論は、以下の点に集約される。

- ・きれいに入力されている調査結果と、ぐちゃぐちゃな入力になってしまった調査結果がある。きれいに入力されていないと被害状況がわかりにくい。
- ・写真と図面だけでは被害の全体像のイメージを構築することが難しい。これに建物の全体像を撮影したビデオ（例えば廊下の端から端まで）が加わると全体像が理解できる。
- ・損傷箇所の写真も、ビデオがあると被害の状況がイメージできる。
- ・調査範囲が明示されていることは、部分的な情報なのか建物全体がカバーされているかがわかる。建物全体の安全性を判断する上で重要。
- ・建物内の被害分布がわかる。
- ・調査者は専門家ではないため、この建物の安全性を判断するのに必要なポイントをおさえてあるかどうか不安である。建物ごとに、事前に最低限のチェックポイントを決めておくことが重要。

議論の結果、これらのデータから、建物の安全性評価に必要な損傷状況の様子はおおむね把握でき、応急危険度判定調査に則れば、危険（赤）か要注意（黄）・調査済（緑）かの判断は十分可能であるとの結論に至った。ただし、要注意（黄）か調査済（緑）かの判断は、より詳細な調査が必要であること、さらに、判断する際には建物諸元データ（構造、築年、耐震改修の有無、階数、床面積など）や設計図が参照できれば、より詳細な判断が可能であると評価された。

(6) まとめ

本事業では、災害時における学校教職員による学校施設の被害調査・判定システムの開発とその実装を目指して、スマートフォンを活用したシステムの開発と小中学校における実証実験をおこなった。本システムは、調査の迅速性を確保するために、建築の専門家でない学校の教職員が被害状況を調査し、調査結果を専門家に送信し、安全性の判断を求めることができるようなシステムである。このシステムを栃木県小山市の中学校において、実証実験をおこない、使用性、調査の正確性、安全性判断の可否などの項目において、おおむね良好な結果が得られた。

学校教職員による被害調査では、特に短時間（10分程度）のシステムの操作説明でも、十分に調査が可能であることが実証されたことは、大きな成果であると考えられる。また、入力された被害のプロットを見ると、スマートフォンへの入力に慣れている人となれていないとの差が大きいことが明らかになった。これは教職員からの意見にもあった通り、“指による入力の慣れ”の問題であり、タッチペンを使うなどすることにより、解決できると考えている。

一方、専門家による安全性の判断には、調査結果が建物全体を網羅しているか、安全性判断に寄与する重要な箇所が調査されているか、という点がポイントとなる。そのため、各担当教員の調査範囲の入力が重要であり、本システムにこの機能を追加したことはきわめて有効であると考えている。また、もし専門家によって追加の調査が必要であると判断された場合には、専門家から学校教職員へ追加調査の場所や内容を伝達するツールとしても本システムの活用を検討する必要がある。さらに事前の準備として、建物諸元や被災前の写真など、建物の概要がわかる資料の収集・データベース化、および必須点検ポイントの指定などをすれば、より総合的な安全性の判断が可能となる。

最後に本システム導入のための留意点について述べる。

本システムの構築に必要な機材は以下の通りである。

- a) スマートフォン： iPhone (iPhone 6 以上)
- b) サーバー用 PC： CentOS 6.5
- c) サーバー構築に必要なアプリケーション： php、および MySQL

本事業で開発したスマートフォン・アプリは近々「建物被害調査 for iPhone」のアプリ名で AppStore にて公開予定である。スマートフォン・アプリ単体でも被害調査は体験することができる。サーバーアプリについては、サンプルサーバーを近日公開予定。詳細は常葉大学附属社会災害研究センターの HP(<http://sdrc.fj.tokoha-u.ac.jp/>) で公表予定である。これらを使用すれば、本システムを体験・試用することができる。なお、スマートフォンのアプリは現在(2017年3月)のところ iOS 専用であり、Android 版については今後開発の予定である。

また、本システムの導入には、サーバーの設定が必要となる。サーバー構築に必要なアプリケーションは上記の通りであるが、各サーバーの環境にあわせて設定する必要があり、詳細は下記までご相談ください。

常葉大学附属社会災害研究センター 田中聰
tanaka_s@fj.tokoha-u.ac.jp

参考文献

- 1) 2016年熊本地震 災害調査報告会、日本建築学会 災害委員会、2016年8月
- 2) 被災建築物応急危険度判定マニュアル、建築防災協会、H10.1
- 3) 2015年改訂版 再使用の可能性を判定し、復旧するための震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針、国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所監修、H28.3