# 平成 28 年(2016)年熊本地震における
# ガラス等の被害調査報告書

平成２９年４月

板硝子協会

# 熊本地震の調査報告書に寄せて

平成 28 年(2016 年)4 月に発生した熊本地震は、一連の地震としてはじめて震度 7 が 2 回観測された。また余震活動も活発で、その被害も甚大であった。建築物の被害としては、構造の被害が大きく、木造住宅や鉄筋コンクリート造の全壊が目立った。一方非構造部材であるガラスの被害も、広範囲で発生した。

本報告書は板硝子協会が、建築物のガラスの被害についてとりまとめたものである。ガラスの被害は広範囲で、様々なタイプの事象が発生したことを記録している。一方で、多くのガラスが割れずに残っているにもかかわらず、被害率などを算出するには至っていない。調査に同行した立場から言えば、震度 7 の地域では面的に被害が広がっていたが、熊本市内などでは被害が点在していた。主要幹線道路沿いを中心に調査したが、被害が集中して発生しているところと、ほとんど無被害のところが交互にあった。地盤の影響などで揺れ方に違いがあったと思われるが、こうした全体像を把握するには、被害が広範囲だったので難しかった。また建築の設計上震度 7 を 2 回受けても無被害という設計は行っていない。そう考えると、被害は想定通りか、むしろ少なかったといえるのかもしれない。したがって、ここでは多くの無被害の建物があったことだけ申し添えておく。

今回のガラスの被害を見ると、1978 年の宮城県沖地震で非構造部材の被害が着目されて以降、これまでにたびたび確認されている被害がほとんどであった。したがって、今後の対策としては、これまで言われてきたように、構造体の挙動も考慮しながらきちんと耐震設計を行うことと、被害を軽減したい場所には合わせガラスを使うなどの破損時の被害を軽減する措置をとることの 2 点につきる。

被害の中で 1 件だけ問題だと思うのは、比較的新しい構法である DPG 構法の被害である。DPG 構法は、カーテンウォールと同様にきちんと耐震設計を行っている。阪神・淡路大震災で躯体の状況が悪く割れたものがあったが、それ以外にこれまでの地震で被害は確認されていない。今回は耐震設計がなされていたにもかかわらず破損、脱落していた DPG 構法があった。その原因は、躯体もガラスも耐震設計がなされていたが、それを取り付ける中間の部材の耐震設計がなされていなかったと考えられている。今後よりいっそうの注意喚起が必要な事例といえる。

このような被害の実態が本報告書によってあきらかになり、また後世に残すことができたことは大変重要である。是非今後の安全なガラスの設計と対策の普及につなげてほしい。

東京大学大学院 新領域創成科学研究科 社会文化環境学専攻

准教授・博士　清家剛

# 平成 28 年(2016)年熊本地震におけるガラス等の被害調査報告書

## 目次


１．　地震の概況と調査の内容

１－１地震の概況

（１） 地震諸元

（２） 震度分布

（３） 地震波の特徴（兵庫県南部地震との比較）

１－２調査の概要

（１） 調査の目的

（２） 調査場所

２．　調査結果

２－１　ガラス被害状況の概要

２－２　特殊構法のガラスの被害状況について

２－３　ガラスの破損による二次被害について

３．　まとめ

３－１　窓ガラスの破損原因と対応策

３－２　ガラス破損による 2 次被害とその対策

３－３　総括

1．　地震の概況と調査の内容（気象庁：平成 28 年 5 月 13 日　地震調査研究推進本部地震調査委員会）

1－1　地震の概況

4 月 14 日 21 時 26 分に熊本県熊本地方の深さ約 10km でマグニチュード(M) 6.5 の地震（前震）が発生し、4 月 16 日 01 時 25 分に同地方の深さ約 10km で M 7.3 の地震（本震）が発生した。これらの地震により熊本県で最大震度 7 を 2 回観測し、大きな被害を生じた。

＊：「平成 28 年（2016 年）熊本地震」（気象庁による命名）は、4 月 14 日 21 時 26 分以降に発生した熊本県を中心とする一連の地震活動を指す。

（1）　地震諸元

4 月 14 日の M6.5 の地震に伴い、熊本県内の KiK-net 益城観測点で 1580gal(三成分合成)、また、4 月 16 日の M7.3 の地震に伴い、熊本県大津町の自治体震度観測点で 1791gal(三成分合成)など、大きな加速度を観測した。

一連の地震活動は熊本県熊本地方から大分県中部にわたり、熊本県熊本地方では、北東－南西方向に延びる長さ約 50km の領域で地震活動が活発で、熊本県阿蘇地方では 4 月 16 日の M5.8 の地震により熊本県で最大震度 6 強を観測したほか、大分県中部では 4 月 16 日の M7.3 の地震発生直後に別の地震が発生し、最大震度 6 弱を観測するなど、M7.3 の地震発生直後から地震活動が見られている。

一連の地震活動は、全体として減衰傾向が見られるが、熊本県熊本地方及び阿蘇地方の活動は、減衰しつつも依然として活発である。大分県中部の活動は減衰している。平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震（M6.8）や 2011 年の福島県浜通りの地震（M7.0）では、本震から 1～2 ヶ月後にも M 5 程度の余震が発生した。こうしたことから、今後も最低 1 ヶ月程度は、熊本県熊本地方及び阿蘇地方では M 5～6（最大震度 6 弱程度）、大分県中部では、M 5 程度（最大震度 5 強程度）の余震が発生する恐れがある。

九州地方では、1975 年の熊本県阿蘇地方（M6.1）から大分県西部（M6.4）の地震活動や、1997 年の鹿児島県薩摩地方の地震活動（M6.6、M6.4）のように、当初の活動域に近接する地域で 2～3 ヶ月の間をおいて、同程度の地震が発生したことがある。こうしたことから、熊本県から大分県にかけて、今後も最低 2 ヶ月程度は、震度 6 弱以上の揺れにみまわれることも否定できない。

前震諸元

発生：4 月 14 日 21 時 26 分

震源：熊本県熊本地方(北緯 32 度 44.5 分、東経 130 度 48.5 分)

震源深さ：11km

マグニチュード：6.5Mj

メカニズム：北北西-南南東方向に張力軸を持つ、この地方で一般的な「右横ずれ断層」型
日奈久断層帯の北端部の活動。

本震諸元

発生：4 月 16 日 1 時 25 分

震源：熊本県熊本地方（北緯 32 度 45.2 分、東経 130 度 45.7 分）

震源深さ：12km

マグニチュード：7.3Mj

メカニズム：南北方向に張力軸を持つ、右横ずれ断層型（正断層成分を含む）の内陸地殻内地震
布田川断層帯（約 64km 以上）の北東端に当たる布田川区間

（2）震度分布

最大加速度と最大速度分布を図 1.1、図 1.2 に各地震の震度分布を図 1.3 に示す。

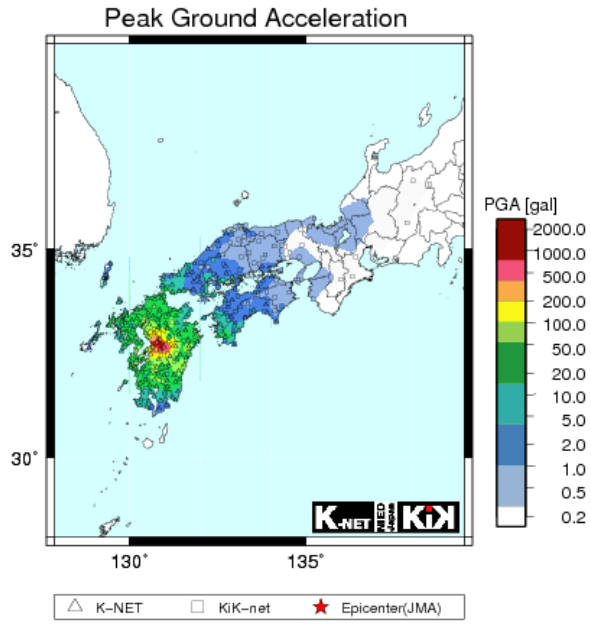


図 1.1　最大加速度分布

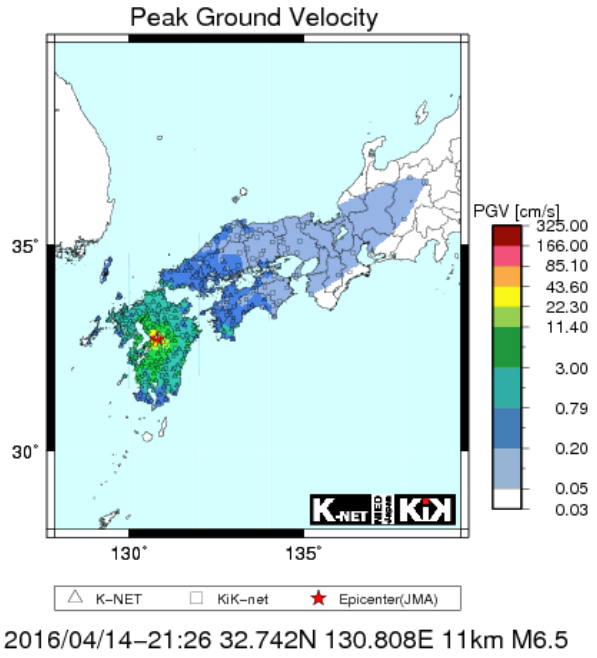


図 1.2　最大速度分布

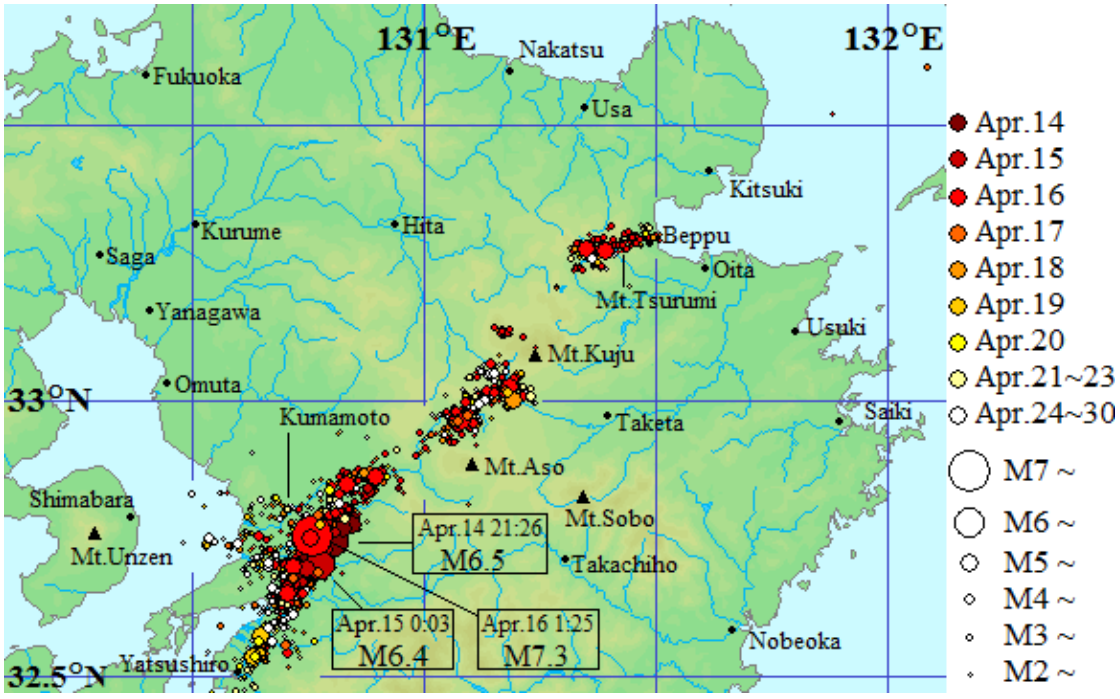


図 1.3　　各地震の震度分布

（3）地震波の特徴

表 1.1、表 1.2 に 2016 年 4 月 14 日と 16 日の最大加速度を図 1.4、1.5 に応答スペクトルを示す。

表 1.1　2016 年 4 月 14 日　前震：観測点最大加速度

| No | 観測点名 | 最大加速度 | 画像リンク |
|---|---|---|---|
| 1 | KiK-net益城(KMMH16) | 1580gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 2 | K-NET矢部(KMM009) | 669gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 3 | K-NET熊本(KMM006) | 604gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 4 | K-NET砥用(KMM011) | 491gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 5 | KiK-net豊野(KMMH14) | 357gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 6 | K-NET宇土(KMM008) | 339gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 7 | K-NET大津(KMM005) | 236gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 8 | K-NET高森(KMM007) | 215gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 9 | KiK-net三角(KMMH07) | 173gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 10 | KiK-net菊池(KMMH03) | 172gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |

表 1.2　2016 年 6 月 16 日　本震：観測点最大加速度

| No | 観測点名 | 最大加速度 | 画像リンク |
|---|---|---|---|
| 1 | KiK-net益城(KMMH16) | 1362gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 2 | K-NET宇土(KMM008) | 882gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 3 | K-NET熊本(KMM006) | 843gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 4 | K-NET矢部(KMM009) | 831gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 5 | KiK-net菊池(KMMH03) | 800gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 6 | K-NET砥用(KMM011) | 778gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 7 | K-NET湯布院(OIT009) | 723gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 8 | KiK-net小国(KMMH02) | 687gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 9 | K-NET大津(KMM005) | 669gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |
| 10 | KiK-net豊野(KMMH14) | 612gal | 強震動波形　速度・加速度応答スペクトル |

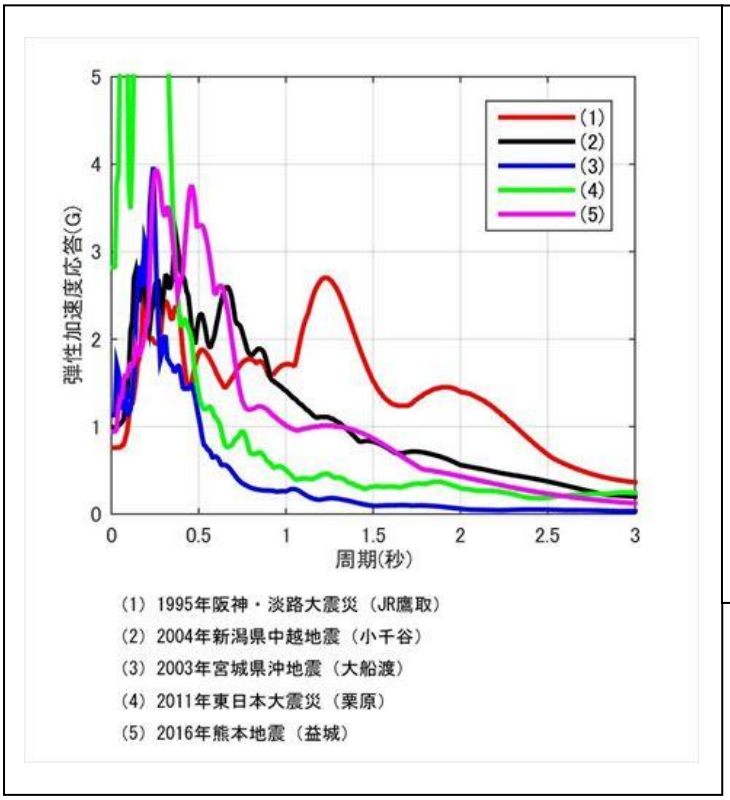


図 1.4　過去の主要な地震と熊本地震を比較(4 月 14 日)

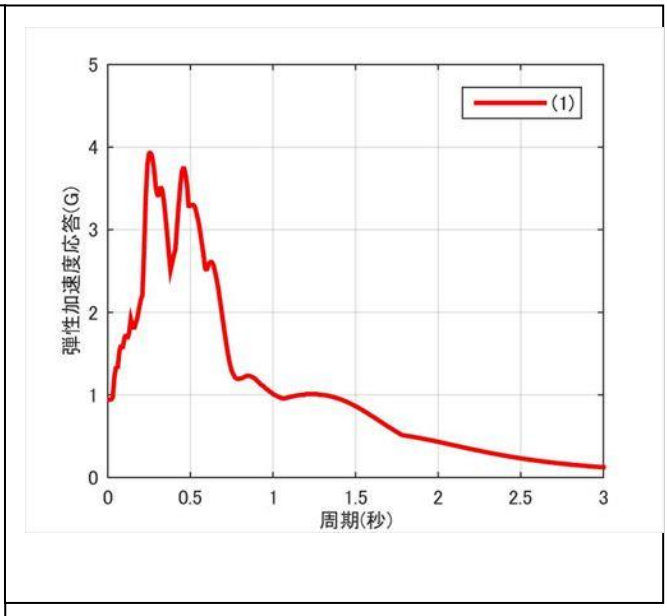


図 1.5　4 月 14 日熊本地震の益城町で観測された弾性加速度応答スペクトル。

図 1.4（4 月 14 日）より、熊本地震は木造住宅へもっとも影響を及ぼす周期 1 秒~2 秒の弾性加速度応答スペクトルが、東日本大震災の 3 倍、阪神・淡路大震災の半分程度の強さであった。

また、熊本市内の観測点での応答加速度は、4 月 14 日で 604gal、4 月 16 日で 843gal とかなり大きな値であったことがわかる。

## １－２　調査の概要

### （1）　調査の目的

4 月 14 日 21 時 26 分ならびに 4 月 16 日 1 時 25 分に熊本県熊本地方を震央とする、気象庁マグニチュード((Mj)6.5 の地震（前震）とマグニチュード（Mj）7.3 の地震（本震）が発生し、熊本県益城町、西原村で震度 7 を観測した。1885 年（明治 18 年）以降に開始された日本の地震観測において、一連の地震活動で震度 7 が 2 回観測されるのも初めてのことである。

広範囲な断層の活動による地震により、5 月 24 日 8 時 00 分時点で、住宅の全壊が 7,996 棟、半壊が 17,866 棟、一部破損が 73,035 棟が確認されており、公共建物の被害は 248 棟確認されている。

建築基準法の耐震基準は、震度 6 強から 7 の揺れでも倒壊しない水準を求めているが、強い揺れに 2 度襲われることは想定されていない。

このような被害状況の中、板硝子協会を中心に自動車ショールーム、店舗関係のガラス等並びに災害時の防災拠点となる行政庁や被災者の救済にあたる病院、避難者を収容する公共建築物等や体育館の被害調査を実施し、その内容を本報告書に取り纏めた。

（2）　調査場所

今回の調査は、震災 1 週間後の 4 月 23 日（土）、24 日（日）の 2 日間で実施したが、九州縦貫道路で植木 IC~熊本 IC 間が不通、一般道も渋滞が激しかったこと、23 日早朝に福岡空港からレンタカーにより熊本市内へ移動して調査実施後、佐賀県佐賀市の宿泊所へ戻り、翌日も熊本市内へ移動して調査を行ったため、大半の時間を移動に費やしたため、調査場所や範囲は熊本市内並びに上益城町のグランメッセ熊本と極限られた地域の調査に留まった。

調査実施した地点を図 1.6、表 1.3 に示す。

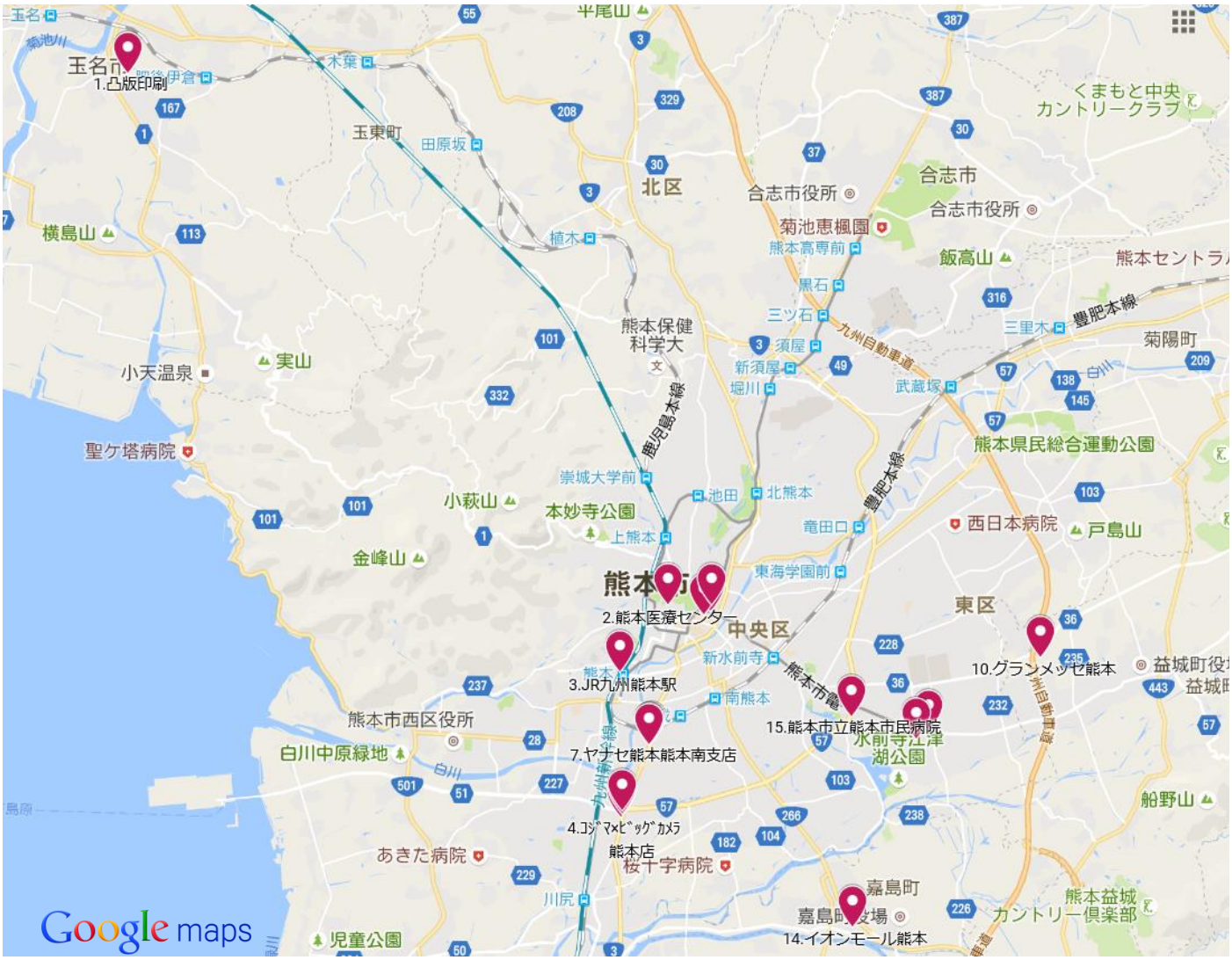


図 1.6　調査場所（地点）

表 1.3　調査場所

| NO | 調査場所 |
|---|---|
| 1 | 某工場<br>熊本県玉名市 |
| 2 | 某医療機関<br>熊本県熊本市 |
| 3 | 鉄道駅舎<br>熊本県熊本市 |
| 4 | 某家電量販店<br>熊本県熊本市 |
| 5 | 某スクール<br>熊本県熊本市 |
| 6 | 某自動車販売店<br>熊本県熊本市 |
| 7 | 某自動車販売店<br>熊本県熊本市 |
| 8 | 某自動車販売店<br>熊本県熊本市 |
| 9 | 某自動車販売店<br>熊本県熊本市 |
| 10 | 某複合体育施設<br>熊本県上益城町 |
| 11 | 某百貨店<br>熊本県熊本市 |
| 12 | 某アーケード<br>熊本市 |
| 13 | 某アーケード<br>熊本市 |
| 14 | 某商業施設<br>熊本県上益城郡 |
| 15 | 某医療施設<br>熊本県熊本市 |
| 16 | 某娯楽施設<br>熊本県熊本市 |
| 17 | 某商店街<br>熊本県熊本市 |

## ２．調査結果

### ２－１　ガラス被害状況の概要

今回の調査で現認調査を行った範囲では、近年に発生している大地震（1995 年の兵庫県南部地震や、2011 年の東北地方太平洋沖地震など）によるガラスの被害状況と大きな差異は無く、今回の地震特有の顕著な傾向は見られなかった。

以下、ガラスの構法ごとに被害状況の概要を記す。

#### （１）カーテンウォール、サッシ構法

築年数の浅いビル・店舗で使用されたアルミカーテンウォールやアルミサッシの一般窓では、一部に室内からの衝突物によるものと思われる破損が見られた以外には、ガラスの破損被害は殆ど生じていない。

体育館や大規模展示施設などの無柱大空間の建物では、建物全体が大きく揺さぶられ、サッシ全体が大きく変形してガラスが破損した事例や、屋根の上下動による座屈と思われる高窓の破損が生じていた事例があった。

築年数の経過した建物や小規模店舗では、１Ｆ廻りに多く見られるスチールやステンレス枠のＦＩＸ窓の破損が見受けられた。これらは、適正な面クリアランスやエッジクリアランスが確保されていなかったことで、地震時の変位でサッシとガラスが接触したことが破損原因と思われ、加えて、ガラス周りの弾性シーリング材が経年変化で硬くなり、変位に追従できなかったこともガラス破損の一因と推定される。

その他の破損例としては、建物コーナーの開口部等に使用された曲げガラスの破損が挙げられる。曲げガラスは、地震時にガラスをねじるような面内・面外の同時変形が生じるため、平面ガラスよりも破損しやすい。これは、カーテンウォール、サッシ構法のみならず、全てのガラス構法に云えることである。

写真 2.1　室内からの衝突と思われる破損事例
（ベニヤ板で覆っている）

写真 2.2　室内からの衝突と思われる破損事例
（ブルーシートで覆っている）

写真 2.3　築年数の経過した建物のガラス破損
（ベニヤ板で覆っている）

写真 2.4　横長開口部のガラス破損
（コーナー突合せと思われる）

写真 2.5　アーケード内店舗のガラス破損
（ブルーシートで覆っている）

写真 2.6　店舗コーナー部の曲げガラス破損

なお、地震発生以前に破損していたと思われる合わせガラスが、ひびの入った状態でサッシ枠に残っている事例が確認できた。地震による変位を経ても脱落せずに、開口を生じていないことからは、合わせガラスが地震等の防災に有効であることを示す好事例と考えている。

写真 2.7　地震発生以前から破損していたが、ひびの入った状態のままでサッシ枠から脱落していない合わせガラス（中央のガラス）

写真 2.8　地震発生以前から破損していたが、ひびの入った状態のままでサッシ枠から脱落していない合わせガラス（内観）

（2）方立ガラスを用いたガラススクリーン構法

ショールーム併設型の自動車販売店によく見られる、方立ガラスを用いたガラススクリーン構法では、ガラス破損が多く見られた。

本構法の典型的な地震時のガラス破損例として挙げられる、方立ガラスのＳ字変形による破損のほか、適正なエッジクリアランスが確保されていなかったことが原因と思われる面ガラスの破損や、ガラス同士のコーナー突合せ部の破損が見受けられた。

現認調査の範囲では、比較的、築年数の経過した建物の方が被害は大きく感じられた。これもサッシ構法と同様、面ガラスと方立ガラスの接合部や、サッシとのクリアランス部に使用されているシーリング材が経年変化で硬くなり、変位を吸収しきれなかった可能性も考えられる。

また、曲げガラスを面ガラスとしたガラススクリーン構法の建物の被害は甚大であった。地震発生時の時間帯によっては、ガラス破損による屋内外への破片の飛散による二次被害の可能性もあったと考えられる。

写真 2.9　方立ガラスを用いたガラススクリーンの破損（ガラスは撤去済）

写真 2.10　方立ガラスを用いたガラススクリーンの破損（ブルーシートで覆っている）

写真 2.11　コーナー突合せ部の破損

写真 2.12　方立ガラスのＳ字変形による破損

写真 2.13　曲げガラスのガラススクリーン破損

写真 2.14　破片飛散状況（ガラス厚は 19 ミリ）

（３）ＤＰＧ構法などの特殊構法

ＤＰＧ構法などの特殊構法は、比較的新しい構法であり、建物ごとに支持構造や外力に対する設計を行うため、全般的にガラス破損の被害は少なかったが、ＪＲ熊本駅新幹線口に採用されたＤＰＧ構法では、一部のガラスに破損・脱落が発生した。これについては、２－２で詳述する。

写真 2.15　ＪＲ熊本駅新幹線口（外観）

写真 2.16　ＪＲ熊本駅新幹線口（内観）

（4）ガラス防煙垂れ壁

過去の大型地震と同様、今回の地震でもガラス防煙垂れ壁の破損が確認された。主な破損部位は、壁や柱との取り合い部のガラスである。

破損原因としては、壁・柱の変位によって面内方向に力が加わり、座屈するように破壊したか、端部が壁や柱に固定されていたため、面外に揺さぶられて曲げ破壊したかのいずれかと思われる。破損していたガラス防煙垂れ壁の多くは、耐震性が考慮されていないタイプであった。

写真 2.17　電気量販店のガラス防煙垂れ壁の破損
（非耐震タイプと思われる）

写真 2.18　柱との取り合い部のガラスが破損

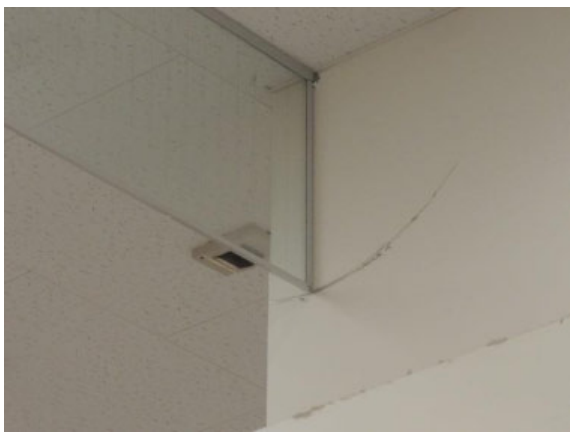

写真 2.19　耐震タイプのガラス防煙垂れ壁
（破損無し、面外の振れ幅は 90° 程度）

写真 2.20　耐震タイプのガラス防煙垂れ壁の破損
（柱仕上げに突き刺さるようにして破損したと考えられる）

２－２　特殊構法のガラスの被害状況について

（１）DPG 構法：JR 熊本駅新幹線口

JR 九州の新幹線熊本駅ホームの外装に施工された DPG 構法で地震でのガラスの破損落下並びに落下せずともガラスの破損が見られた。写真 2.21～2.23 に示す。

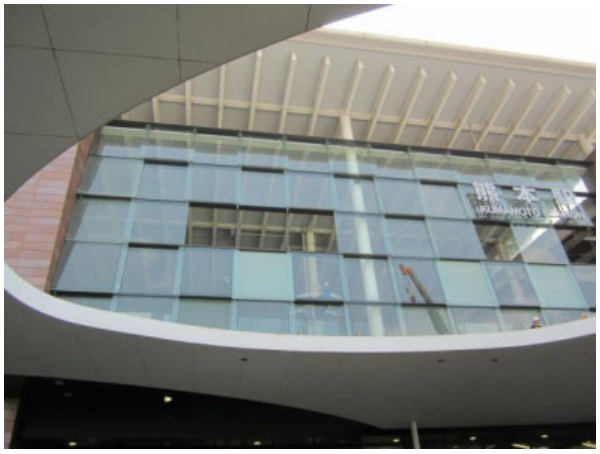

写真 2.21　JR 熊本駅新幹線口 西面ガラスファサード

写真 2.22　JR 熊本駅新幹線口 西面ガラスファサード

写真 2.23　JR 熊本駅新幹線口破損ガラス撤去後

①被害状況

・4 月 14 日前震時に 3 枚落下、その後 4 月 16 日本震で 4 枚落下とのこと。

・落下を含む破損していたガラス合計 18 枚。ガラスの破損要因を写真 2.24～2.26 に示す。

・ガラス種類と寸法：強化ガラス 15 ミリ+強化ガラス 8 ミリの合わせガラス

GH2012mm×GW2140mm（柱脇のガラスのみ GW2118mm）

②設計条件

・設計条件　1/100 層間変形時にガラスの破損脱落無。層間変形追従は、上両端支持でスウェー

・ガラス端部と柱型のクリアランス 30mm。

③ガラス支持方法

・ガラスは、交互に前面、背面と少し縦辺を重ねるように、横方向 12 列、縦方向 5 段で配置されており、1 段目と 2 段目の背面ガラス（ホーム側）は防音性を確保するため、四周スチール製のフラットバー（以後 FB と略す）で囲まれシーリングが打設されていた。

④ガラス破損の要因推定

写真 2.24 に柱脇の脱落せずに破損したガラスを示す。設計条件・層間変位 1/100 変形で 20mm であるが、ガラスと柱間のクリアランスは 30mm あり、ガラスが柱に衝突して破損していることがわかる。

即ち、層間変位が 30mm/GH2012mm≒1/67 以上の層間変形が起きたことがわかる。

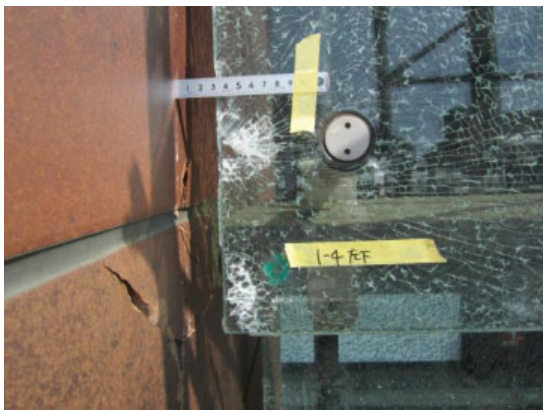

写真 2.24　柱とガラスのクリアランス

写真 2.25　防音工事用 FB

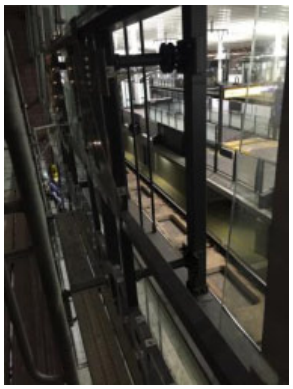

写真 2.26　看板ガラス貫通束

・写真 2.25 に示す防音工事用 FB があり、1 段目と 2 段目の背面側のガラスが FB に衝突して規則的に破損。

・写真 2.26 に示す熊本駅の看板設置の為、束を貫通させた 3 枚のガラスで束がガラスに衝突して 1 枚が破損。

・ファサード支持構造は 4 段の水平 FB。この水平 FB に捻じれ変形と上下動が生じた。さらに、防音工事用 FB を設置した下部 2 段水平 FB と設置していない上部 2 段水平 FB との間で動きが異なり、下から 3 段目ガラスに軸力が入り破損したと推測できる。

（2）ガラス十字目地部辺支持構法：鶴屋デパート

昭和 48 年の大幅改築工事により、ルックインエスカレーター部の外装にガラスの十字目地部を十字の金物で押さえた特殊構法である。

施工後、約 42 年経過しており、昭和 56 年の新耐震基準以前に施工されたガラススクリーンであるが、外観からの観察では、ガラスの破損等確認できず、今回の地震での被害は受けていないようであった。

写真 2.27~2.28

写真 2.27　鶴屋デパート（地震前に撮影された写真）

写真 2.28　ルックインエスカレータ部

①被害状況

・ガラスは、強化ガラス 12 ミリで GW2184mm×GH2184mm。外観からは、ガラスの破損は確認できなかった。

②ガラスの支持方法

L40×40 のステンレス製 L アングルを加工し、ガラス十字目地部を挟み込むようにガラス 4 枚のコーナー部分を挟み込む構法。十字部の長さは、900mm×900mm である。

③ガラスの支持方法

構造は、鋼製パイプを用いたトラス構造。

２－３　ガラスの破損による二次被害について

地震により、家屋の損壊等や、電気・ガス・水道といったインフラの被害が発生したため、多くの方が公共施設に避難されていた。「グランメッセ熊本」にも、多数の方が避難されていたが、その後の本震や余震で、建物のガラスが破壊され、避難所としての機能を失った。避難された方は、室内に入ることができなくなり、屋外駐車場での避難生活を余儀なくされた。また、建物の高所に設置されたガラスが破損し、外部道路に飛散していた。飛散範囲に関しては、使用高さの半分程度の距離で飛散すると言われており、万一破損時に人が通行していた場合、今回のように生板であれば死傷事故につながる可能性があり、ガラスの破損による２次災害を防ぐためにも、防災ガラスである合わせガラスの採用が望まれる。

写真 2.29　破片が地上に落下しているため立ち入り禁止となっている

写真 2.30　破片が枠内にぶら下がったままの状態

写真 2.31　建物の中に入ることができず、軒下で避難者対応していた

写真 2.32　出入り口のガラスが破損していて、破片もそのままになっていた

熊本市内の予備校として使用している建物では、道路に面するガラススクリーンの厚板ガラスが多数枚破損していた。歩道のガラス破片は既に片づけられていて確認できなかったが、２階のガラスも破損していたことから歩道までガラス破片は飛散したと推定できる。また、破片は敷地内には飛散したままとなっており、破損ガラスの一部は枠内にぶら下がった状態のままとなっていた。再度の地震や強風などにより落下の危険があるため、2 次災害を防ぐためにも、立ち入り禁止の表示やガードは適切な処置だった思われるが、枠内にぶら下がったガラス破片の早期の落下防止処置もしくは撤去を余震の有る中でどのように実行するかが今後の課題といえる。

また、落下したガラス破片も本来であれば速やかに片づけるべきではあるが、このような厚板ガラスの場合、破片といえども相当な重量がある。ボランティア等でガラスの取り扱いに慣れていない人が片付け作業を行った場合、手を切ったり、下で作業している人に落下するなどの傷害事故につながる恐れがあるため、片付け時の 2 次災害防止については今後の検討課題のひとつであるといえる。

写真 2.33　フロート厚板 15、19、22 ミリが鋭利な破断面で散乱している

写真 2.34　ガラスの破損散乱状況（この写真撮影の後、保護具を着用していないボランティアによる撤去が行われた）

## 3．まとめ

### 3－1　施工法別ガラスの破損

（1）カーテンウォール、サッシ構法

避難所となるべき体育館や大規店舗など構造躯体が変形しやすい建築物は、全体が大きく揺れたり、屋根の上下動でサッシ全体が大きく変形してガラスが破損したことが確認できた。

また、築年数が経過した小規模な店舗等でガラスの破損や曲げガラスの破損が散見された。

（2）方立ガラスを用いたガラススクリーン構法

ショールーム併設型の自動車販売店によく見られる、方立ガラスを用いたガラススクリーン構法では、すべての店舗ではないが、ガラス破損が多く見られた。

本構法の典型的な地震時のガラス破損例として挙げられる、方立ガラスのＳ字変形による破損のほか、適正なエッジクリアランスが確保されていなかったことが原因と思われる面ガラスの破損や、ガラス同士のコーナー突合せ部の破損が見受けられた。

また、曲げガラスを面ガラスとしたガラススクリーン構法の建物の被害は甚大であった。地震発生時の時間帯によっては、ガラス破損による屋内外への破片の飛散による二次被害の可能性もあったと考えられる。

（3）特殊構法

施工後の JR 熊本駅新幹線口の外装 DPG 構法でガラスが破損並びに数枚が落下した。一方、築年 42 年経過した鶴屋デパートのルックインエスカレーター部の外装ガラスには被害が確認できなかった。

断層地震のため、地区毎に地震力が異なると思われ、双方を単純に比較する事はできないが、熊本駅の DPG 構法では、1/100 を超える大きな変形が有ったことが確認できた。

鶴屋デパートのルックインエスカレーター部外装ガラスの支持構造はトラス構造でしっかりとした骨組みであるのに対し、JR 熊本駅新幹線口外装 DPG 構法の支持構造は水平フラットバー（以後 FB と略す）＋吊ロッド構造で支持構造として柔軟な構造と思われる。今回、水平 FB が上下に捻じれるように大きく動いたとの話も当該建設会社の方より報告が有った。

大規模なガラスファサードで柔軟な支持構造の場合、想定された変形量以上に躯体自身が動き、ガラスに被害を与える可能性が有る。

（4）ガラス防煙垂れ壁

過去の大型地震と同様、今回の地震でもガラス防煙垂れ壁の破損が確認された。主な破損部位は、壁や柱との取り合い部のガラスで壁・柱の変位に追従できず、面内座屈、曲げ割れが確認できた。

また、破損していたガラス防煙垂れ壁の多くは、耐震性が考慮されていないタイプと思われる。

### 3－2　ガラス破損による 2 次被害とその対策

本来、避難所となる公共の体育館や比較的大きなガラスを用いる自動車ショールーム等でフロート単板ガラスの破損と散乱が目立った。

大面積のガラスの場合、耐風圧上 15 ミリ以上の厚みの厚板ガラスが使用されることが多く、今回も鋭利な破断面を露出したガラス破片が店舗前の歩道脇や体育館周辺で散見された。万一、当該地震発生直後に破損した厚板ガラスが人に衝突した場合の 2 次被害を防ぐと言う観点でも、地震時に大きく変形する構造性に使用されるガラスは、エッジや面のクリアランスやシーリング材の選定・設計を十分に行い、かつ、合わせガラスを採用するなどの対策を取っていれば、ガラス破片が落下して 2 次被害防止に繋がると考えられる。

## ３－３　総括

今回、短期間で限られた時間内に熊本市内を中心にガラスの破損被害状況の調査を行ったが、地震時に構造躯体の大きな変形により、ガラスの被害の多くみられる自動車ショールームや大規模店舗や体育館等に被害が散見された。

また、直接調査できてはいないが、築年数の経過した市役所や駅舎等の被害もニュース等の情報より、確認できている。

特に避難所としても使用される公共の体育館、複合施設や防災拠点となる市役所等の公共施設は、ガラス片の落下等危険性で使用できないケースもあった。

防災上行政機能の低下や多くの避難者を収容する予定であった体育館等の避難所が利用できず、避難者が過酷な環境下で生活を余儀なくされている状況を解決するためにも、採光と十分な耐候性が有し、破損しても破片の落下が極めて軽微な合わせガラスの普及に努めたい。

以上