

愛媛大学防災情報研究センター

平成28年(2016年)熊本地震被害調査報告会, 2016年4月22日

Reporting Seminar of Reconnaissance on the 2016 Kumamoto Earthquakes,
organized by CDMIR, Ehime University on April 22, 2016

2016年熊本地震の概要と特徴的な被害

Overview of the 2016 Kumamoto Earthquakes
and typical damage by them

愛媛大学防災情報研究センター

森 伸一郎

Shinichiro Mori, CDMIR of Ehime University

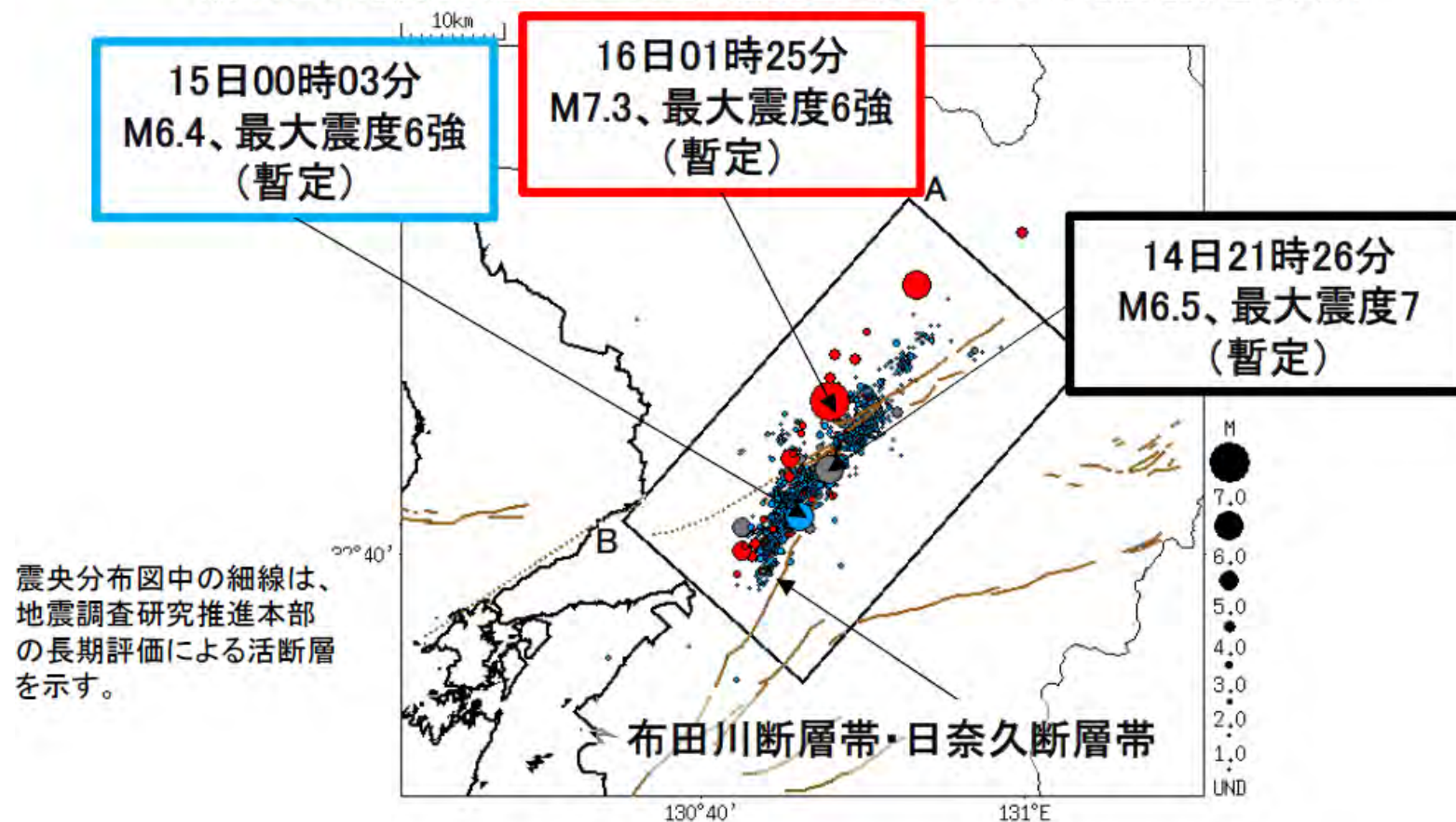
熊本県から大分県にかけての地震活動の状況

(4月21日08時30分現在)

震央分布図

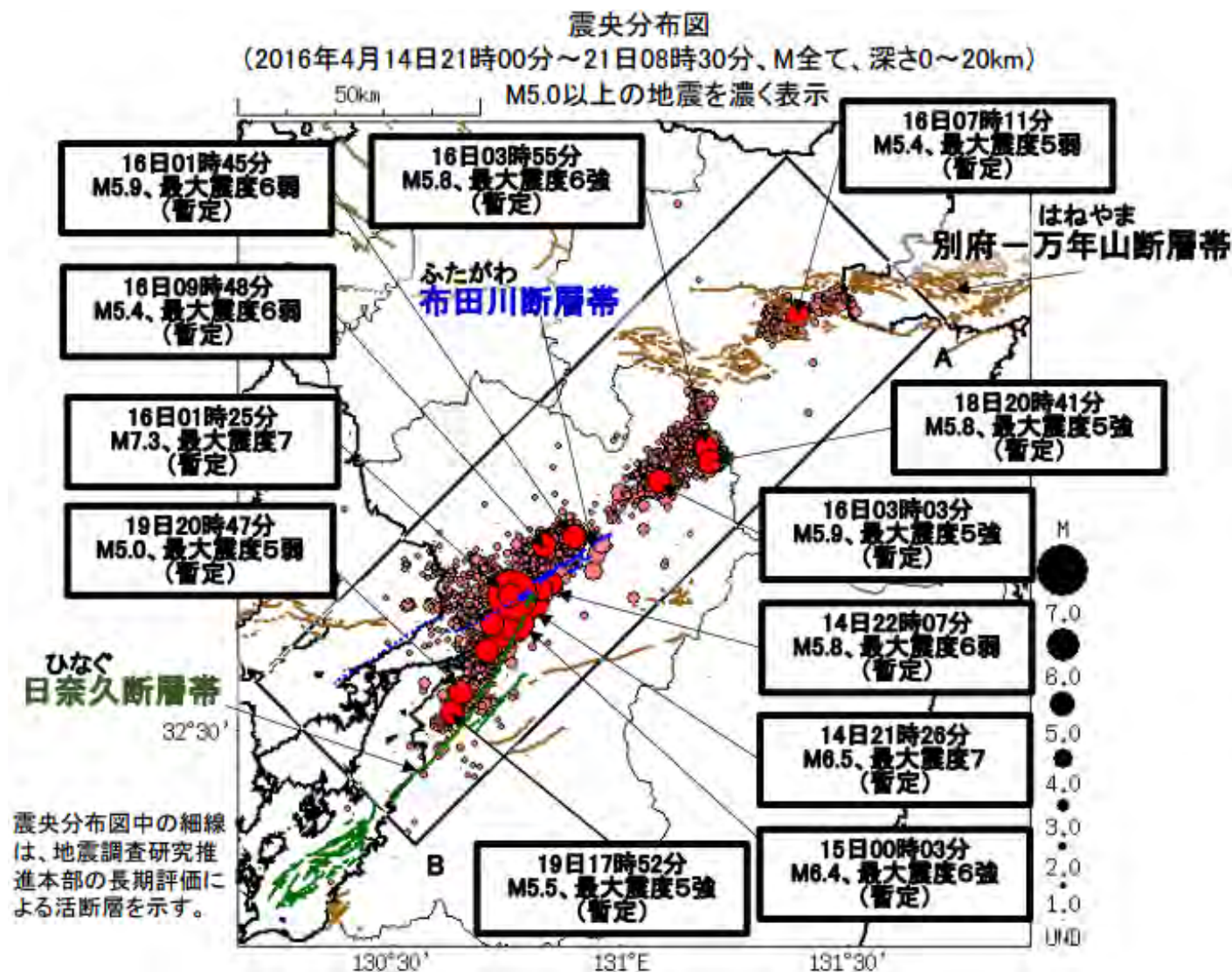
(2016年4月14日21時00分～16日02時00分、M全て、深さ0～20km)

4月14日の地震を灰色、15日の地震を水色で表示、16日の地震を赤色で表示



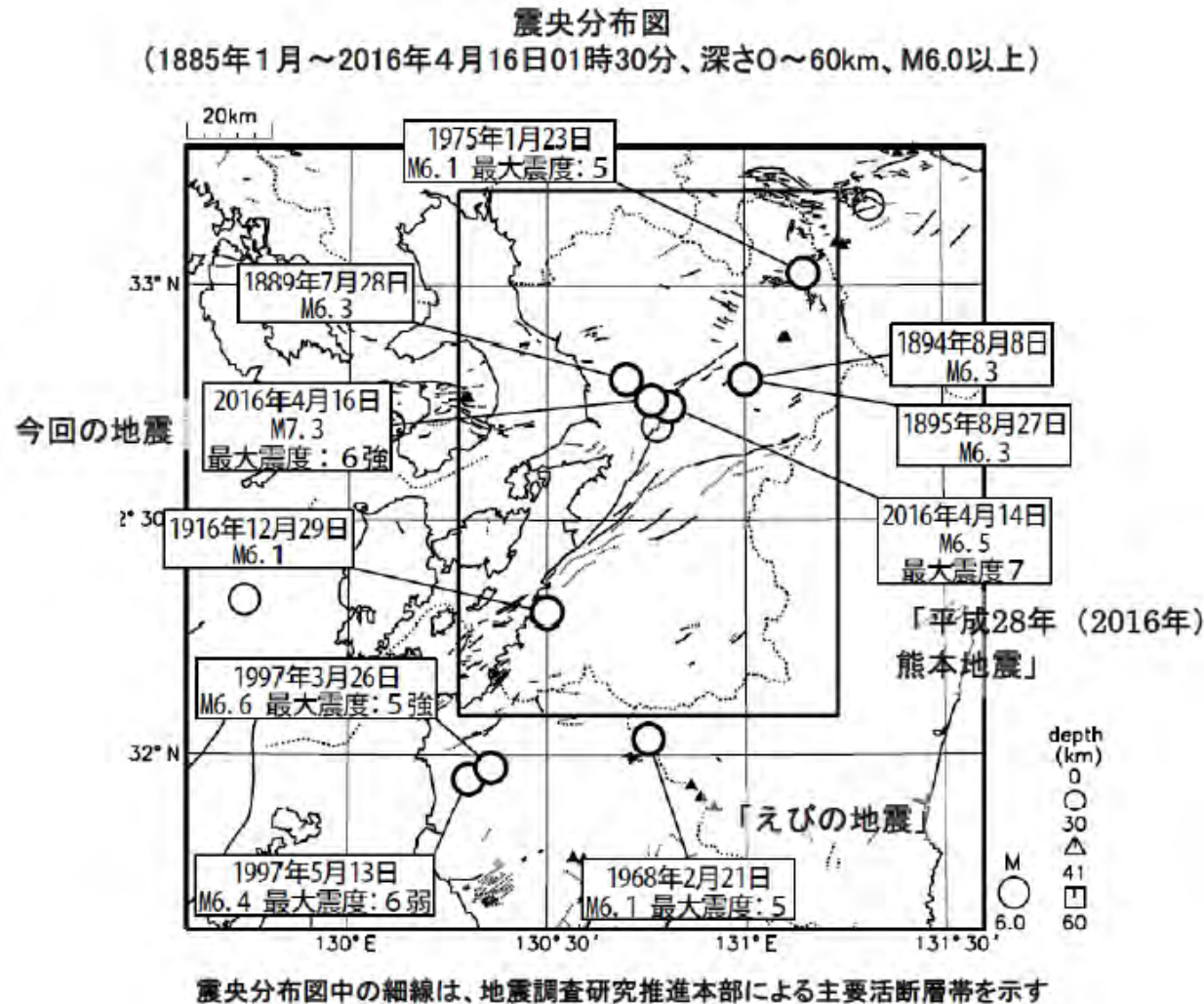
熊本県から大分県にかけての地震活動の状況

(4月21日08時30分現在)



周辺の過去の地震活動

平成28年4月16日 熊本地方の地震
(周辺の過去の地震活動)



1889-0728 M6.3

1894-0808 M6.3

1895-0827 M6.3

1916-1229 M6.1

1968-0221 M6.1

1975-0123 M6.1

1997-0326 M6.6

1997-0513 M6.4

2016-0414 M6.5

2016-0416 M7.3

過去130年間で10回。

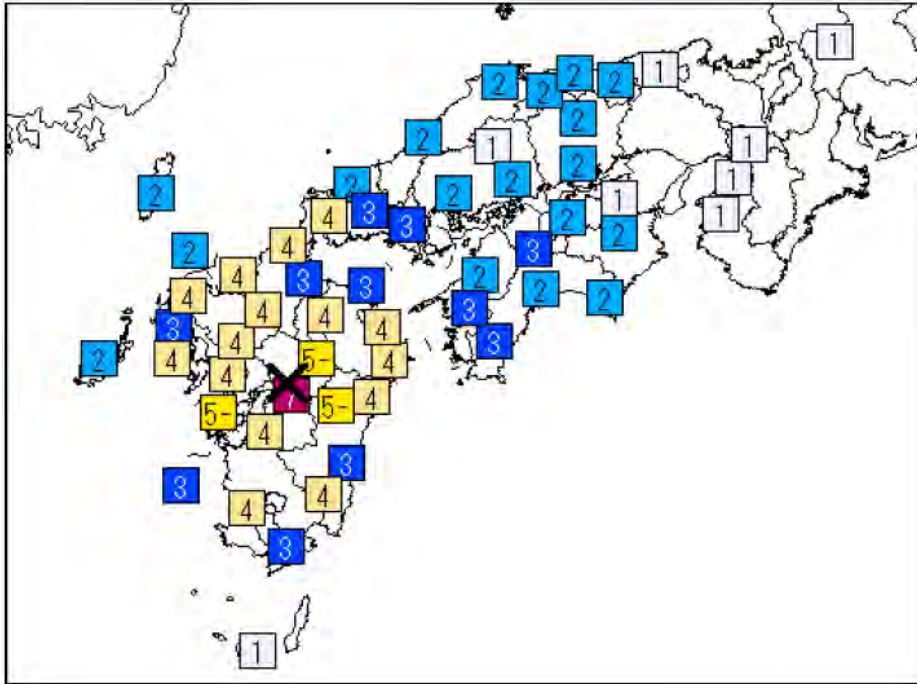
9回はM6.1-6.6

4月14日21時26分以降に発生した震度6弱以上を 観測した地震（4月21日10時現在）

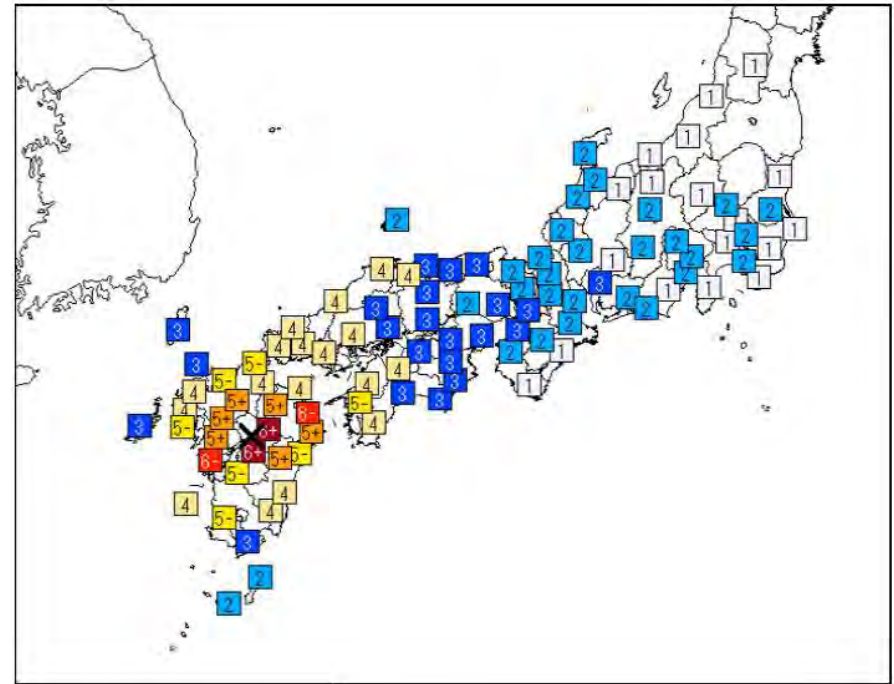
発生時刻 Occurrence	震央地名 Epicentral region	マグニ チュード Magnitude	最大震度 Maximum seismic intensity
4月14日 21時26分	熊本県熊本地方	6.5	7
4月14日 22時07分	熊本県熊本地方	5.8	6弱 (6-)
4月15日 00時03分	熊本県熊本地方	6.4	6強 (6+)
4月16日 01時25分	熊本県熊本地方	7.3	7
4月16日 01時45分	熊本県熊本地方	5.9	6弱 (6-)
4月16日 03時55分	熊本県阿蘇地方	5.8	6強 (6+)
4月16日 09時48分	熊本県熊本地方	5.4	6弱 (6-)

特徴 震度6弱（被害が出る震度）以上のゆれが多数（7回）、
震度7が2回→被害進展、被害拡大、直後対応方針が課題

震度分布



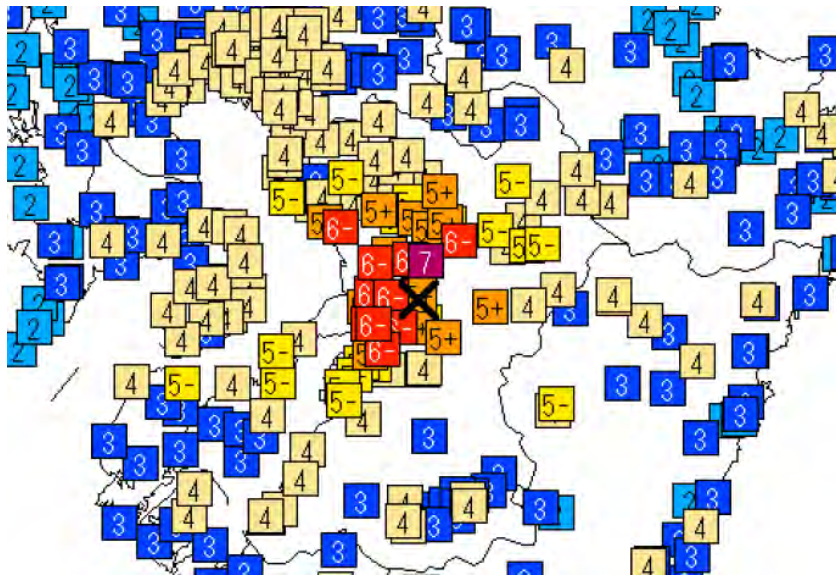
2016年4月14日21時26分 M6.5の地震



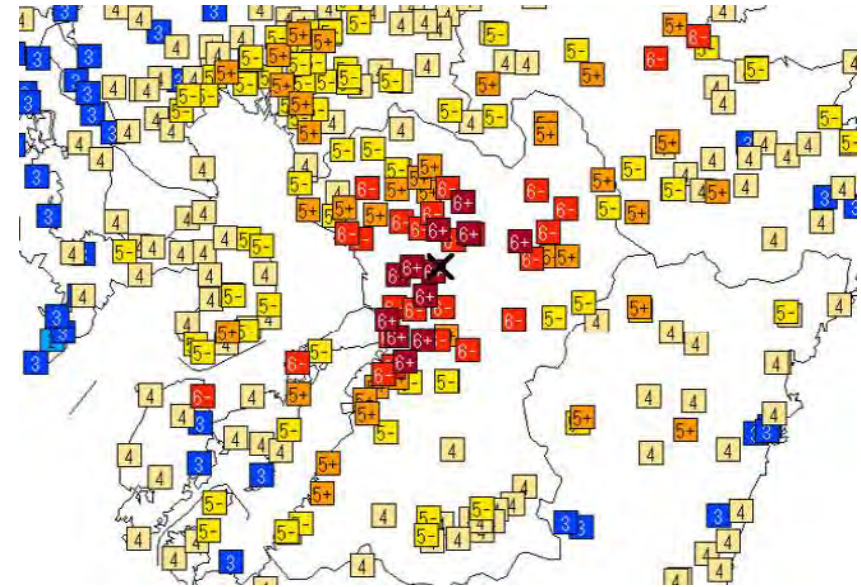
2016年4月16日1時25分 M7.3の地震

有感領域、強震領域が大きく異なる。

2つの地震(4/14のM6.5と4/16のM7.3)の震度分布



2016年4月14日21時26分 M6.5の地震



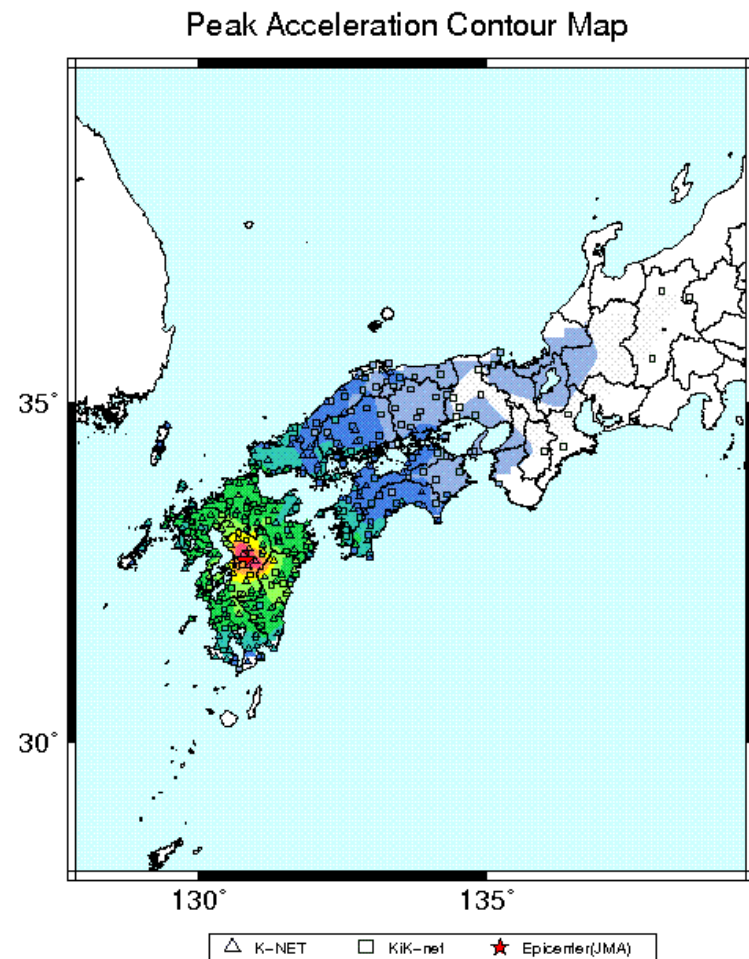
2016年4月16日1時25分 M7.3の地震

「平成28年(2016年)熊本地震」について(第7報)

4/14 益城町の震度7の周辺は震度6弱→被害は益城町にほぼ限定

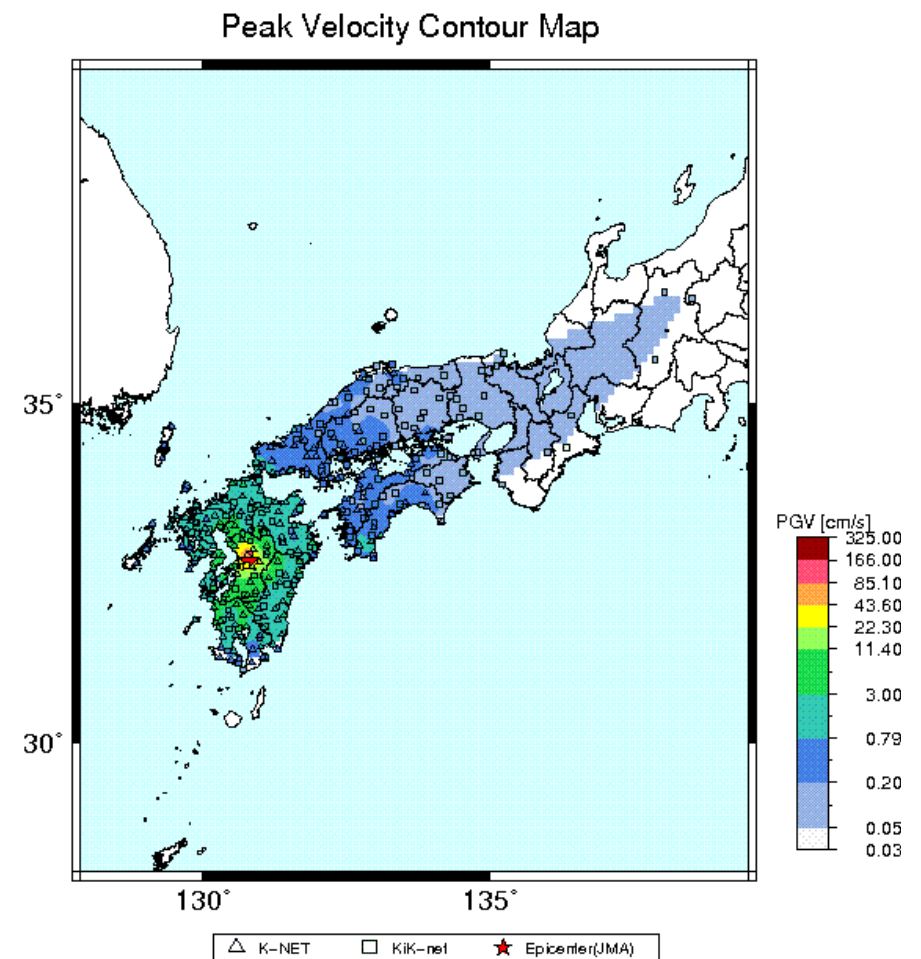
4/16 益城町の震度はなく、周辺の12地点で震度6強→被害拡大

NIED K-net&Kik-net 最大加速度と最大速度



2016/04/14-21:26 32.7N 130.8E 10km M6.4

K-NET NIED



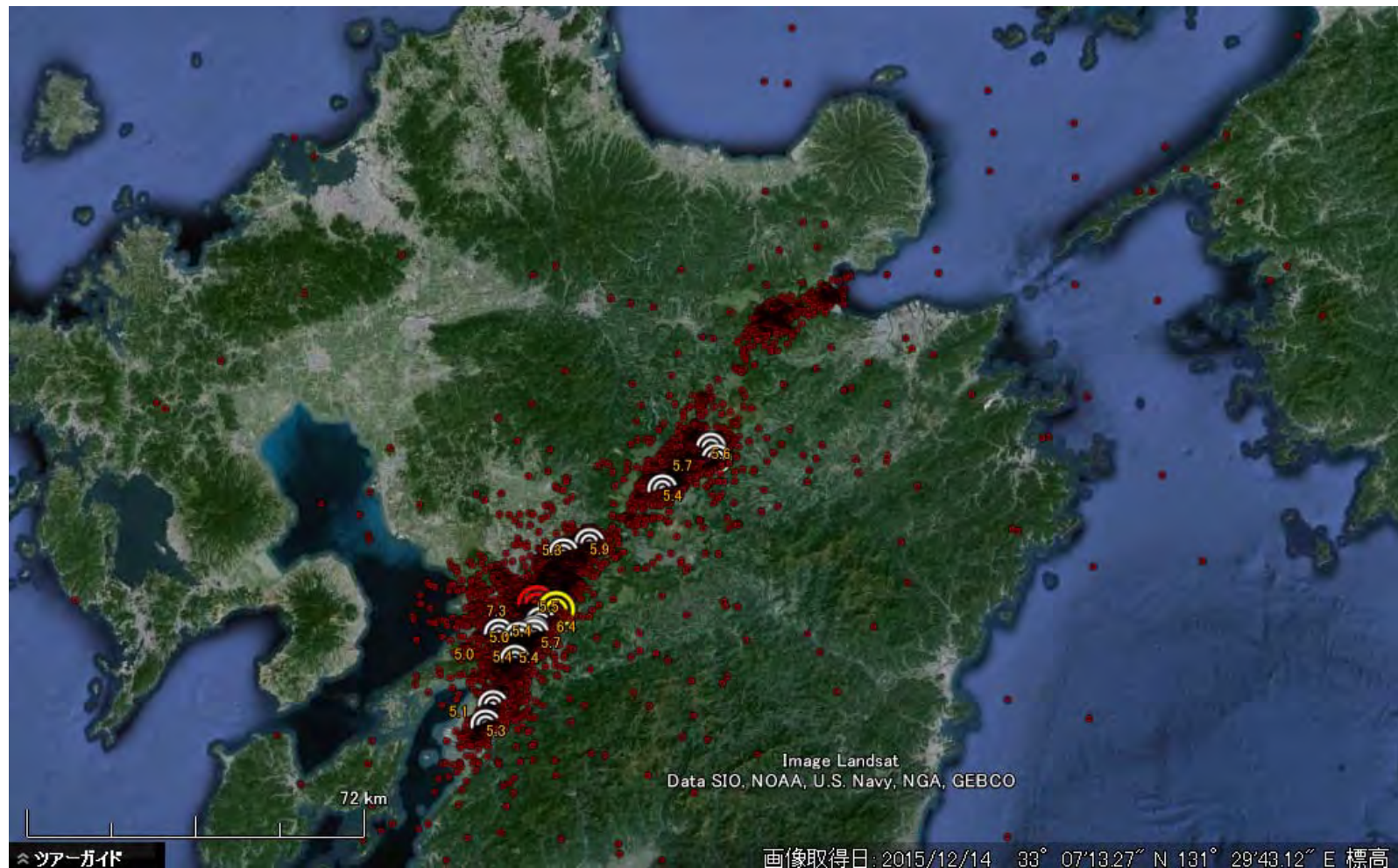
2016/04/14-21:26 32.7N 130.8E 10km M6.4

K-NET NIED

K-NET NIED

最大加速度は

震央分布



防災科研のHiNet自動震源データを大里様がkmlファイルに変換したもの

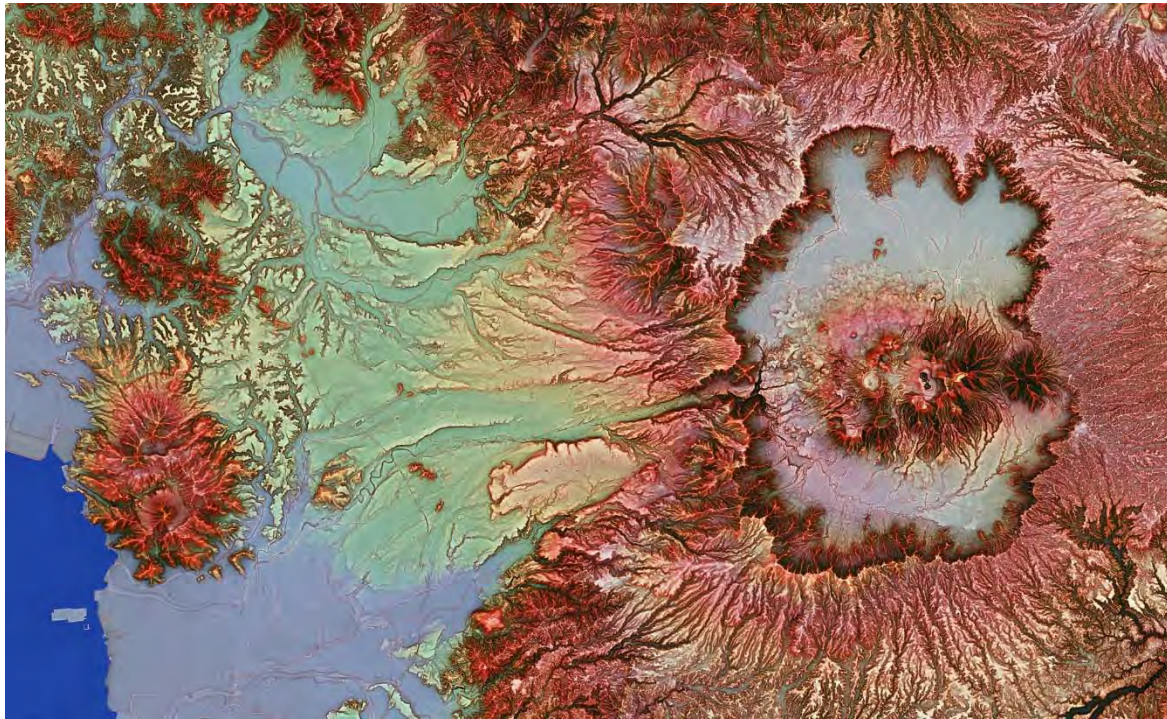
主な調査ルート



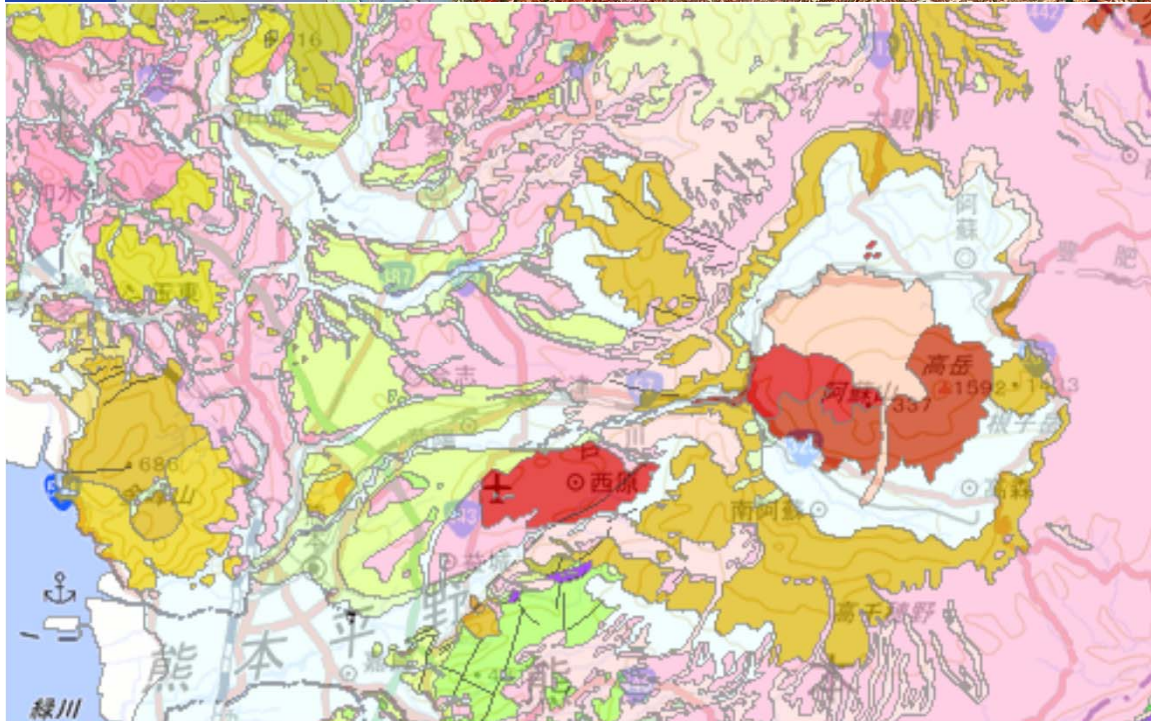
4月16日 6:30松山発～三崎-フェリー-佐賀関～豊後竹田～産山村～小国町～南小国町～大津町～益城町～熊本市

4月17日 益城町(終日、地震計設置、微動観測)～久留米市

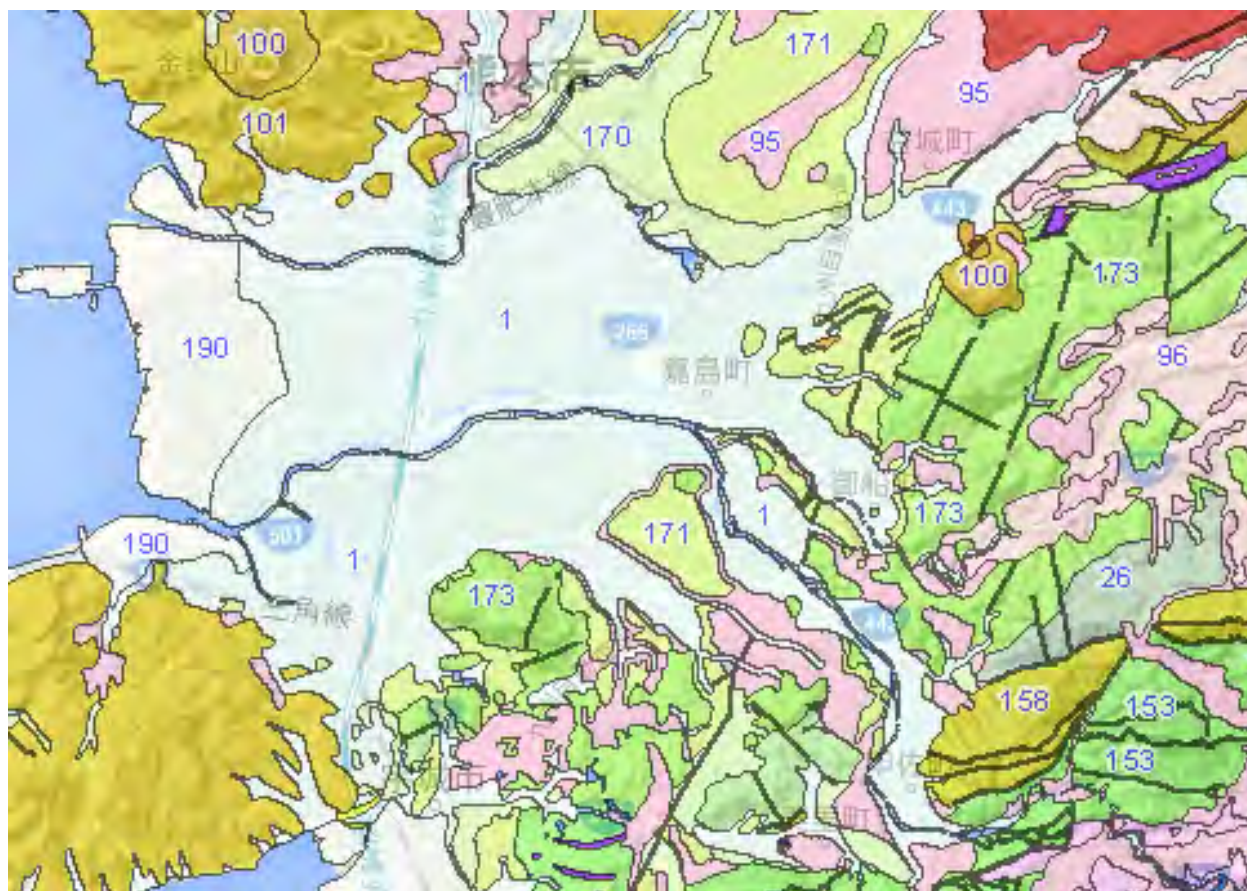
4月18日 久留米市～由布市湯布院町～日出町～別府市～佐賀関～三崎～松山



布田川断層周辺の赤色立体
地図(アジア航測の千葉達朗
氏の作成したものを引用)
DEMは、国土地理院の基盤
地図、5mメッシュと10mメッ
シュを合成したもの



日本シームレス地質図より
<https://gbank.gsj.jp/seamless/seamless2015/2d/>



95 後期更新世-完新世(Q3-H)の火山岩類(非アルカリ火砕流)

約15万年前～現在に爆発的噴火により高速で流れ下った軽石や火山灰(火砕流)

83 後期更新世-完新世(Q3-H)の非アルカリ珪長質火山岩類

約15万年前～現在に噴火した火山の岩石(デイサイト・流紋岩類)

国道443号線

全地連のボーリングデータ公開



<http://geonews.zenchiren.or.jp/api/2016KumamotoEQ/index.html>

平成28年(2016年)熊本地震復興支援 ボーリング柱状図 緊急公開サイト

震度階について

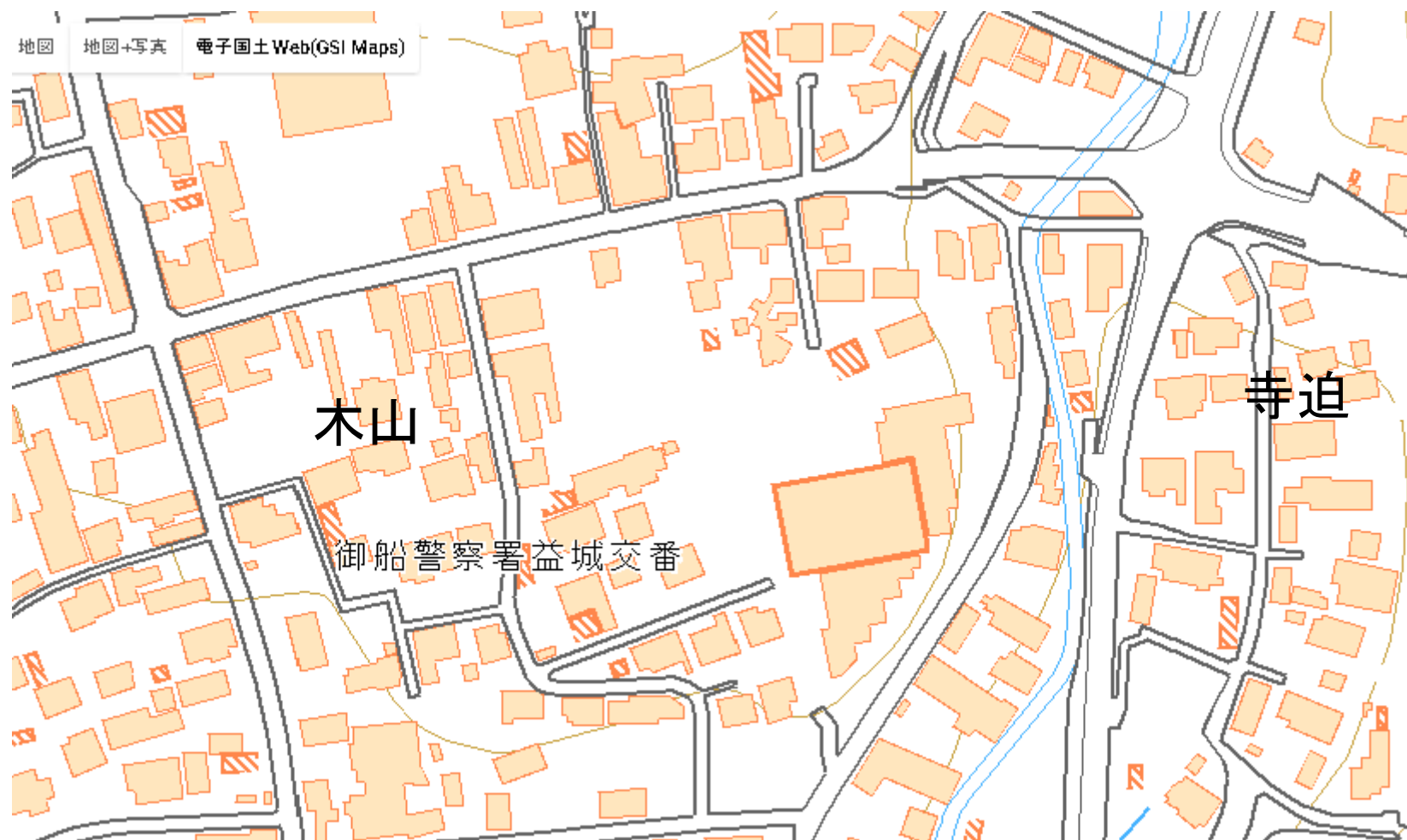
気象庁が発表している震度

原則として地表や低層建物の一階に設置した震度計による観測値。

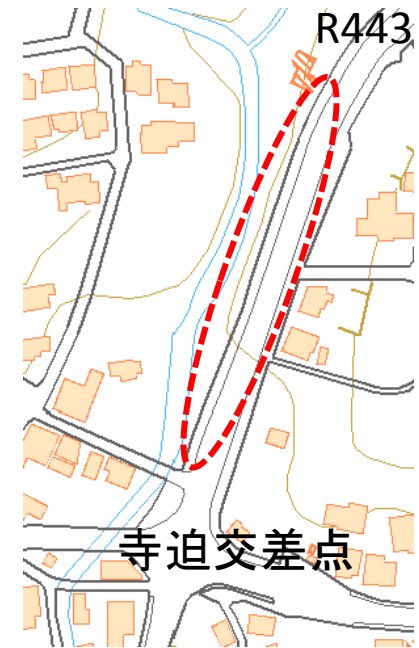
震度階は、もともと、人の体感、屋内や屋外のゆれに対する状況、を基に決められてきた。震度7は、全壊率30%。

ある震度が観測された場合、その周辺で実際にどのような現象や被害が発生するかを示すものとして、「気象庁震度階級関連解説表」を作成し、運用している。
(平成21年3月31日より改定で運用)

益城町 寺迫・木山



道路盛土の滑り破壊（益城町寺迫）



国道443号の寺迫交差点北側の道路盛土のすべり破壊。平行に流れる小川の方に向かってすべりで、移動量は水平5m、垂直2m。120m程度の延長で、南側は縦亀裂のみ。原因として液状化は考えにくい→ゆれ・慣性力が原因か。震度6強以上

道路舗装の大亀裂と家屋（益城町寺迫）



120m程度の延長で、南部は縦亀裂のみ。震度6強。道路沿いには2階建家屋、耐震性高いせいか無傷。鉄骨プレハブ工法か。

益城町 寺迫・木山



国道443号の寺迫交差点南側の道路盛土のすべり破壊による道路の縦亀裂と段差、それに伴う信号機傾斜。停電による消灯。右側の家屋は大破～中破。

道路橋取り付け部の段差（益城町寺迫）



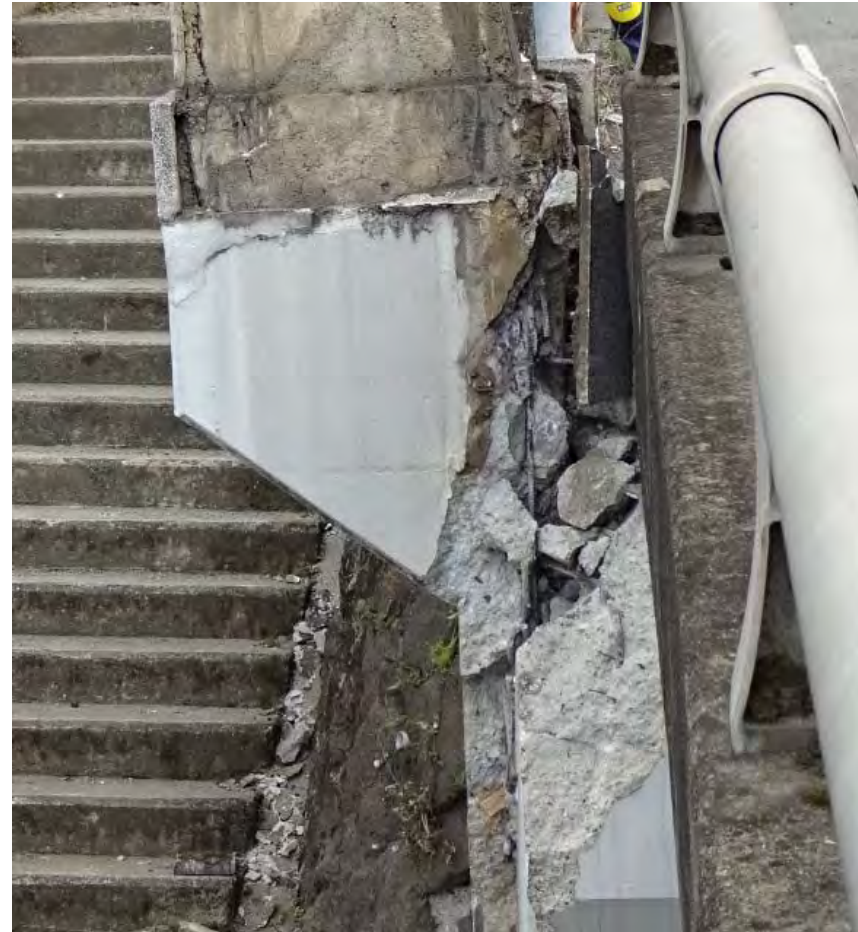
国道443号と直交する県道28号線の西側に架かる道路橋。橋台背後地盤の沈下に伴う段差、16cm。高欄端部の橋柱基部が破損→振動の大きさがわかる。

益城町 寺迫・木山



国道443号の寺迫交差点南西部の低地に立つ家屋はことごとく倒壊。軽微な一棟は耐震構造か？局所的な全壊率は $5/8=0.63=63\%$

益城町 寺迫・木山



国道443号の寺迫交差点西側の県道に架かる道路橋の移動制限装置のせん断破壊。橋軸直角に繰り返し慣性力の作用の証左。**震度7**。

益城町 寺迫・木山



国道443号の寺迫交差点南側の道路盛土のすべり破壊による道路の縦亀裂と段差、それに伴う信号機傾斜。停電による消灯。右側の家屋は大破～中破。

ブロック積み擁壁の崩壊（熊本市戸島町）



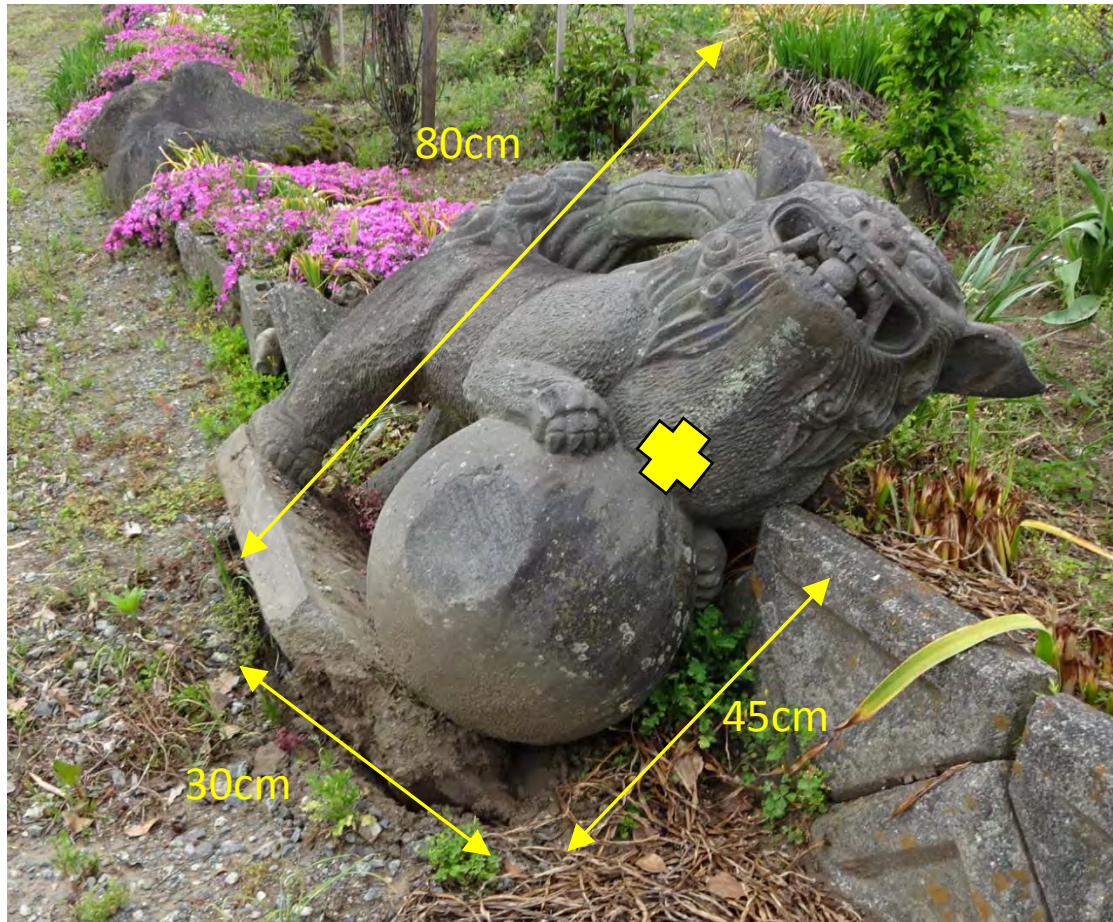
住宅造成地のブロック積み擁壁の倒壊。

家屋の崩壊（熊本市戸島町、益城町との境界）



住宅造成地のブロック積み擁壁の倒壊。敷地に建つ家屋は中破、はなれの家屋は大破。壁量が小さく、柱と梁などの接合部の耐震性が低く、大きく変形。

狛犬の転倒（熊本市戸島町）



底面が平坦で左右対称の剛体の転倒から、転倒必要震度が計算できる。

$$30/45=2/3 \rightarrow 0.66G \rightarrow \text{震度7}$$

阿蘇外輪山北側の斜面崩壊（産山村）



2箇所の表層すべり

阿蘇外輪山北側の斜面崩壊（産山村）



2箇所を表層すべり

液状化側方流動（益城町馬水）



地盤の側方流動により敷地内地盤に亀裂が生じ、縁側が家から離れた。家全体が傾斜。地盤の亀裂から見えた地下水位はGL-40cm。

液状化側方流動（益城町馬水）



地盤の液状化に起因する側方流動は小川より50mほど奥まで影響を及ぼし、道路舗装の亀裂、マンホールの浮き上がり、電柱の沈下・傾斜など全形態が見られた。

2階建て木造住宅の瓦被害（九重町玖珠）



(由布市由布院)



地盤の液状化に起因する側方流動は小川より50mほど奥まで影響を及ぼし、道路舗装の亀裂、マンホールの浮き上がり、電柱の沈下・傾斜など全形態が見られた。

道路亀裂段差（由布市県道216別府由布院線）



道路に段差を伴う亀裂が延々と続く。「普段は観光客の車で一杯」(大分県土木部技術者)

機能した落石ネット（由布市県道11号）



道路に段差を伴う亀裂が延々と続く。「普段は観光客の車で一杯」(大分県土木部技術者)

観光客の居ない観光の街（由布院）



道路インフラの強靱性は、観光に直結。隣国のお客様は少し元気のように。

高速道路の橋梁の被害



継手部分が衝突したために継手金物が損傷している。

高速道路の橋梁の被害



管理者・工事車両の走行するたびに、「バタン、バタン」と音が聞こえる。コンクリート橋梁躯体は、無損傷。

海岸埋立地の液状化（別府市中央浄化センター）



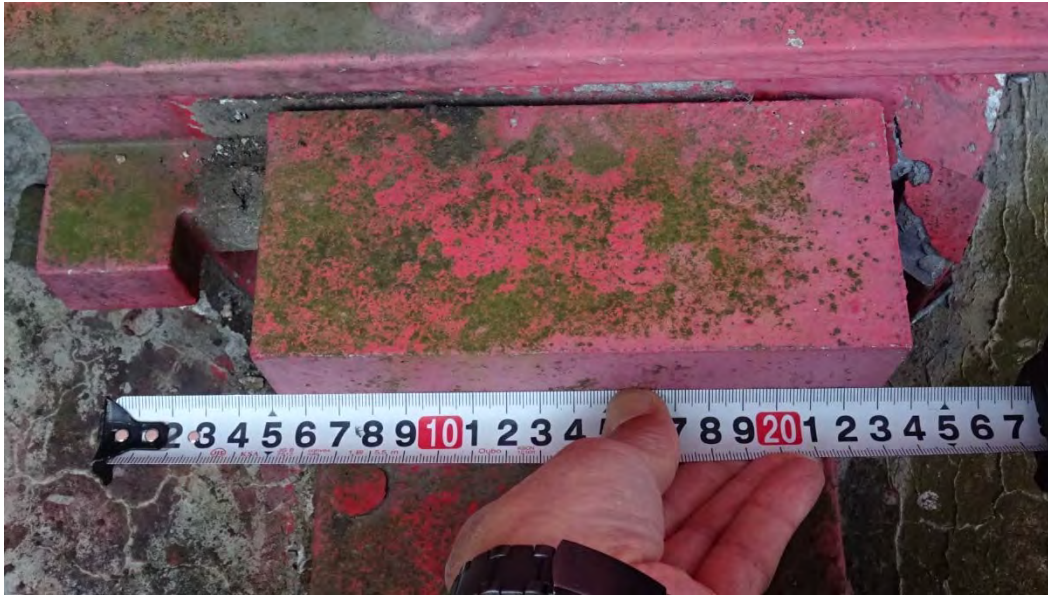
埋設管路に沿うように亀裂が生じていた。

海岸埋立地の道路橋（別府市中央浄化センター）



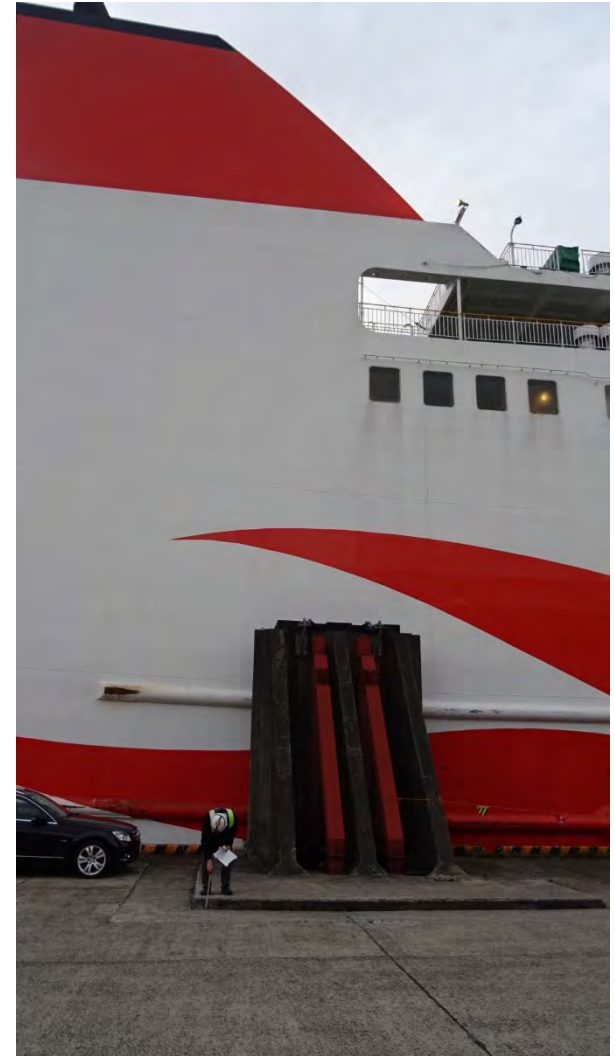
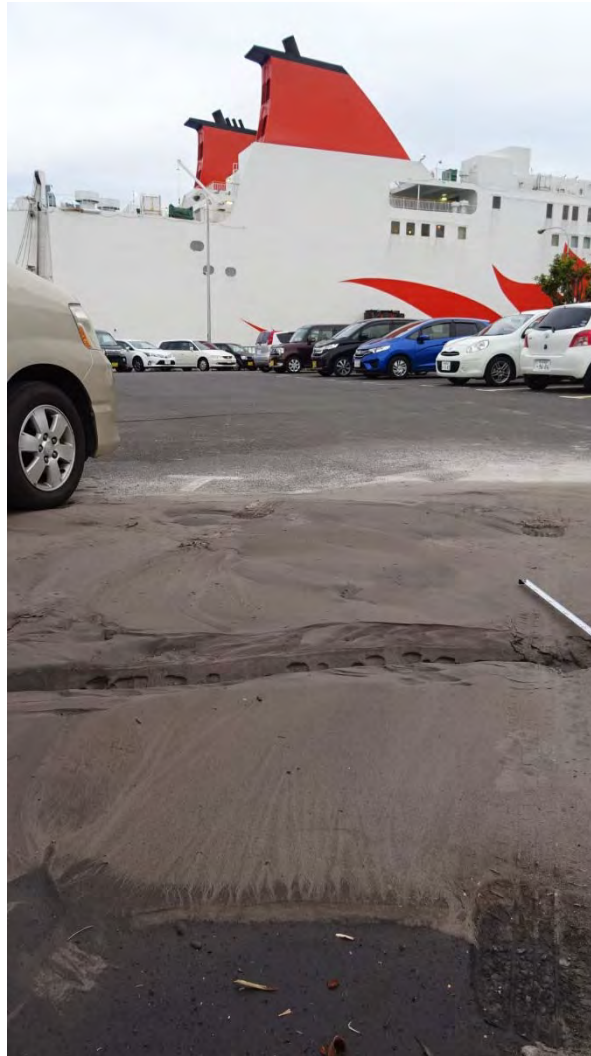
埋設管路に沿うように亀裂が生じていた。

海岸埋立地の道路橋（別府市中央浄化センター）



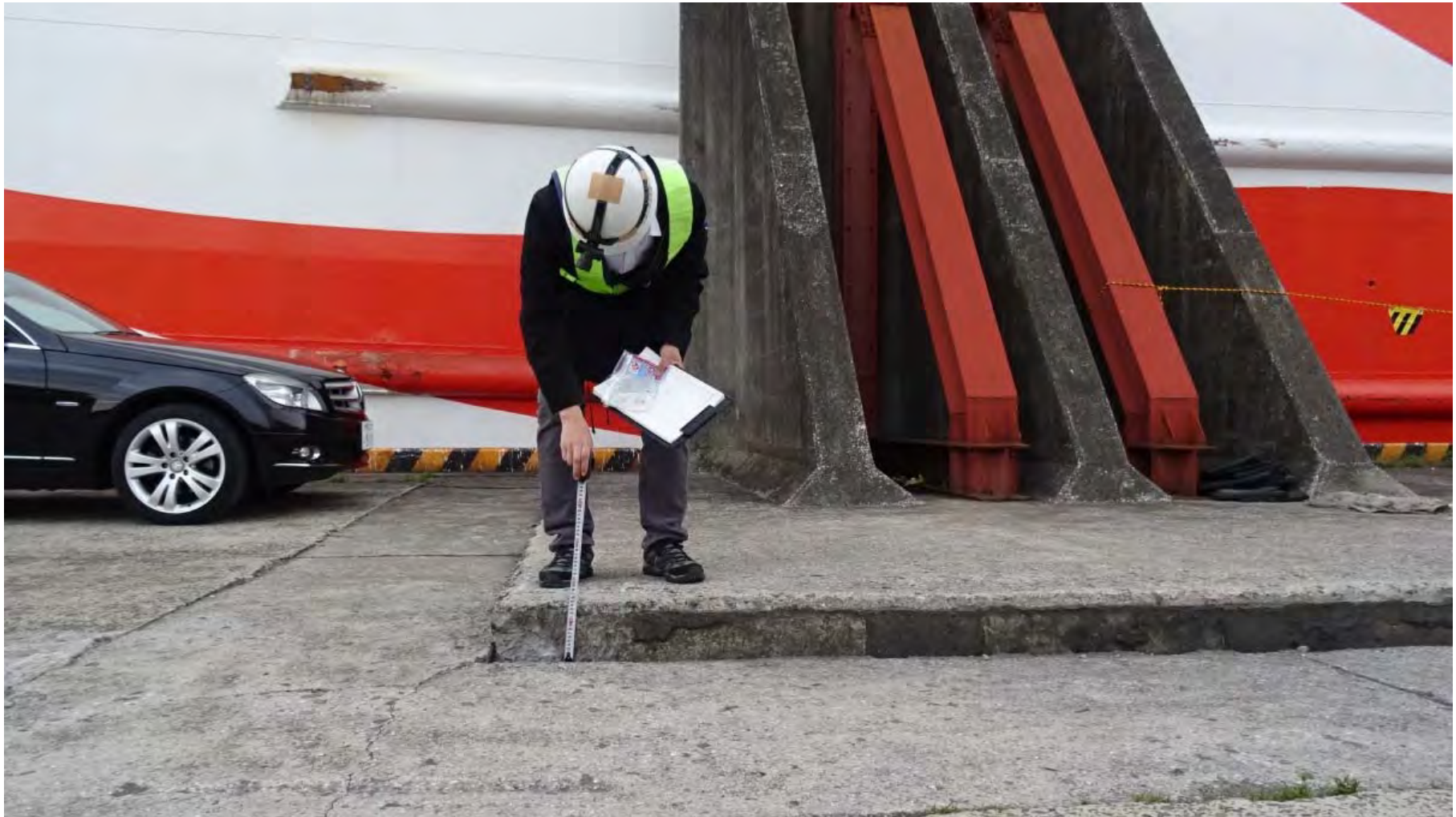
埋設管路に沿うように亀裂が生じていた。

フェリーターミナル（別府港）



埋設管路に沿うように亀裂が生じていた。

フェリーターミナル（別府港）



埋設管路に沿うように亀裂が生じていた。

気象庁震度階級関連解説表（体感・状況）

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/kaisetsu.html>

震度階級	人の体感・行動	屋内の状況	屋外の状況
0	人は揺れを感じないが、地震計には記録される。	—	—
1	屋内で静かにしている人の中には、揺れをわずかに感じる人がある。	—	—
2	屋内で静かにしている人の大半が、揺れを感じる。眠っている人の中には、目を覚ます人もある。	電灯などのつり下げ物が、わずかに揺れる。	—
3	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。歩いている人の中には、揺れを感じる人もある。眠っている人の大半が、目を覚ます。	棚にある食器類が音を立てることがある。	電線が少し揺れる。
4	ほとんどの人が驚く。歩いている人のほとんどが、揺れを感じる。眠っている人のほとんどが、目を覚ます。	電灯などのつり下げ物は大きく揺れ、棚にある食器類は音を立てる。座りの悪い置物が、倒れることがある。	電線が大きく揺れる。自動車を運転していて、揺れに気付く人がある。
5弱	大半の人が、恐怖を覚え、物につかまりたいと感じる。	電灯などのつり下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い置物の大半が倒れる。固定していない家具が移動することがあり、不安定なものも倒れることがある。	まれに窓ガラスが割れて落ちることがある。電柱が揺れるのがわかる。道路に被害が生じることがある。
5強	大半の人が、物につかまらないうえに歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。	棚にある食器類や書棚の本で、落ちるものが増える。テレビが台から落ちることがある。固定していない家具が倒れることがある。	窓ガラスが割れて落ちることがある。補強されていないブロック塀が崩れることがある。据付けが不十分な自動販売機が倒れることがある。自動車の運転が困難となり、停止する車もある。
6弱	立っていることが困難になる。	固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。ドアが開かなくなることがある。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下することがある。
6強	立っていることができず、はわないと動くことができない。揺れにほんろうされ、動くこともできず、飛ばされることもある。	固定していない家具のほとんどが移動し、倒れるものが増える。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する建物が増える。補強されていないブロック塀のほとんどが崩れる。
7		固定していない家具のほとんどが移動したり倒れたりし、飛ぶこともある。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する建物がさらに増える。補強されているブロック塀も破損するものがある。

青字は
森独自

6弱 人：立っているのが困難。壁のタイルや窓ガラスが破損。瓦被害が散見。

6強 人：立てない、翻弄される。無補強ブロック塀ほとんど倒れる。

瓦被害が多くなる。障子紙が連続して破れる。

7 人：飛ばされることもある。補強ブロック塀の破損もある。歩道縁石が傾く。

気象庁震度階級関連解説表（木造建物（住宅））

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/kaisetsu.html>

震度階級	木造建物(住宅)	
	耐震性が高い	耐震性が低い
5弱	—	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。
5強	—	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。
6弱	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。 壁などに大きなひび割れ・亀裂が入ることがある。 瓦が落下したり、建物が傾いたりすることがある。倒れるものもある。
6強	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などに大きなひび割れ・亀裂が入るものが多くなる。 傾くものや、倒れるものが多くなる。
7	壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。 まれに傾くことがある。	傾くものや、倒れるものがさらに多くなる。

* 木造の壁のひび割れ、亀裂、損壊は、土壁（割り竹下地）、モルタル仕上壁（ラス、金網下地を含む）を想定

耐震性が高い

6弱 壁に軽微なひびわれ・亀裂

6強 壁にひびわれ・亀裂

7 壁のひびわれ・亀裂多い。傾斜も。

耐震性が低い

壁にひびわれ・亀裂多い。

壁に大きなひびわれ亀裂が入るものが多い。傾斜・倒壊もある。

傾斜・倒壊がさらに多くなる。

気象庁震度階級関連解説表 (鉄筋コンクリート造建物)

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/kaisetsu.html>

震度階級	鉄筋コンクリート造建物	
	耐震性が高い	耐震性が低い
5強	—	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。
6弱	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。
6強	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、斜めやX状のひび割れ・亀裂がみられることがある。1階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものがある。
7	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂がさらに多くなる。1階あるいは中間階が変形し、まれに傾くものがある。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、斜めやX状のひび割れ・亀裂が多くなる。1階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものが多くなる。

(注1) 鉄筋コンクリート造建物では、建築年代の新しいものほど耐震性が高い傾向があり、概ね昭和56年(1981年)以前は耐震性が低く、昭和57年(1982年)以降は耐震性が高い傾向がある。しかし、構造形式や平面的、立面的な耐震壁の配置により耐震性に幅があるため、必ずしも建築年代が古いというだけで耐震性の高低が決まるものではない。既存建築物の耐震性は、耐震診断により把握することができる。

(注2) 鉄筋コンクリート造建物は、建物の主体構造に影響を受けていない場合でも、軽微なひび割れがみられることがある。

* 木造の壁のひび割れ、亀裂、損壊は、土壁(割り竹下地)、モルタル仕上壁(ラス、金網下地を含む)を想定

耐震性が高い

耐震性が低い

6弱	壁・梁・柱にひびわれ・亀裂あり。	壁・梁・柱にひびわれ・亀裂多い。
6強	壁・梁・柱にひびわれ・亀裂多い。	壁・梁・柱にX状ひびわれ・亀裂あり。 柱が崩れ、倒れるものがある。
7	壁のひびわれ・亀裂多い。傾斜も。	壁・梁・柱にX状ひびわれ・亀裂多い。 柱が崩れ、倒れるものが多くなる。

気象庁震度階級関連解説表（地盤・斜面等）

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/kaisetsu.html>

震度階級	地盤の状況	斜面等の状況
5弱	亀裂※ ¹ や液状化※ ² が生じることがある。	落石やがけ崩れが発生することがある。
5強		
6弱	地割れが生じることがある。	がけ崩れや地すべりが発生することがある。
6強	大きな地割れが生じることがある。	がけ崩れが多発し、大規模な地すべりや山体の崩壊が発生することがある※ ³ 。
7		

地盤の状況

- 6弱 地割れを生じることがある
- 6強 **大きな地割れを生じることがある**
- 7 大きな地割れを生じることがある

斜面等の状況

- 落石やがけ崩れが発生することがある。
- がけ崩れや地すべりが発生することがある。
- がけ崩れが多発し、大規模地すべりや山体崩壊が発生することがある。**



高速道路の横断ボックスカルバートの前後の盛土が変形沈下してできた段差

住宅の耐震改修の手順

1. 相談

市町村の耐震改修相談窓口へ

2. 耐震診断

予備調査、現地調査、耐震性能評価 10-20万円程度*

3. 補強設計

性能決定、耐震改修計画、補強設計 30万円程度*

4. 耐震改修工事

見積り、工事 150-200万円程度*

各種の助成や税金の優遇処置あり

*費用参考: 東京都都市整備局: 安価で信頼できる木造住宅の「耐震改修工法・装置」の事例紹介

http://www.taishin.metro.tokyo.jp/pdf/dl_005.pdf

住宅・建物の様々な調査判定

Inspection and assessment of damage to houses and buildings

(発災直後)

- ・応急危険度判定(1次) 1-2日後* 市町村 - 1st Quick damage inspection for safety for aftershocks
余震等に対する安全性の調査 ■■■
- ・応急危険度判定(2次) 1週間以内* 市町村 - 2nd Quick damage inspection for safety for aftershocks
1次で■■ →再調査、■ →不服→再調査
- ・住宅の被害認定調査(り災証明書発行) 市町村 - House damage assessment
「全壊」、「大規模半壊」、「半壊」及び「半壊に至らない」の4区分で認定→罹災証明書→各種公的支援を受けるのに必要 for damage certification
- ・地震保険の損害調査 保険会社 - Damage assessment for insurance

(やや混乱の落ち着いた時期)

- ・被災度区分判定 建築士事務所
被災度の調査および復旧の要否の判定 - Investigation of damage for repair

*参考 内閣府 http://www.bousai.go.jp/kaigirep/houkokusho/hukkousesaku/saigaitaiou/output_html_1/2-1-1-2.html

建築防災協会 <http://www.kenchiku-bosai.or.jp/jimukyoku/kubunn/index.html>

日本損害保険協会 <http://soudanguide.sonpo.or.jp/home/q063.html>