

火の国と白馬村の直下型地震を考える

－2016年熊本地震と2014年長野県神城断層地震－

一般社団法人 住まいと耐震工法研究会
代表理事 梶原 健一

はじめに

一見何の関係もなさそうな二つの地震。たまたま現地を調査する機会を得て、5月に熊本地震の被災地（被災一ヶ月後）を歩き、6月に白馬村堀之内地区を再訪した。両者には共通点が多い。歩きながら考えた問題、現在の建築界で浮き彫りになった課題について現地調査のルポを書き綴る。ただし本報は厳密な検証を行う学术论文でなく、また依頼により詳しく内部調査を行ったわけでもない。自身の見聞した範囲における建築技術者としての印象記であり、過去の地震災害調査を踏まえての推定である。論旨は拙著「震災復考-私家版東日本大震災レポート」（2015年新建新聞社発行）の延長上にある。

2016年熊本地震の調査

1) 益城町

熊本空港から国道443号で南下し、熊本市へ向かう県道28号付近で異様な光景が目飛び込んだ。国道に平行する河川敷に木造住宅が密集し、多くが今は小さくなった河川（秋津川支流）へ向かって倒れ込んでいた（写真1）。国道脇の擁壁も対面の階段状擁壁（河岸段丘か？）も崩れている。しかし全部の住宅が倒壊していたわけではなく、大破しながらも倒壊せずに立っていた伝統的な民家や、基礎を支える石垣が崩れても無事だった住宅もあるのが印象的だ（写真2・3）。地震発生後の初期に「古い木造住宅が倒壊した」という報道が相次いだが、そんな単純な話ではないと感じた。



写真1 河川に向かって倒れ込んだ住宅
(寺迫交差点付近の河川敷)



写真2 大破しながら倒壊しない伝統的工法の民家



写真3 擁壁崩壊でもベタ基礎の住宅は無事

河川敷の寺迫交差点から西方の木山交差点までの上町地区を歩いた。このあたりは益城町でもっとも住宅被害が目立ったエリアだ。益城町文化会館は平成2年築の大きな会館だ



写真4 1階が倒壊したRC造3階建て住宅



写真5 液状化噴砂跡と倒壊住宅



写真6 擁壁の崩壊した小河川



写真7 小河川近くの道路変状

が、周辺の地盤で段差やひび割れが目立ち、そばの擁壁も危険な状態で、建物には入れなかった。付近の住宅は比較的新しいものが多く、年代の新旧や構造種別に関わらず、外観上何らかの被害が認められた。新しいRC造(写真4)や鉄骨造住宅の倒壊もあったが、いずれも地盤の大きな変状(液状化噴砂跡)や、小河川沿いの擁壁が崩れその近くの住宅が倒



写真8 鳥居・階段・拝殿の倒壊した木山神宮

れ込む傾向が見られた。しかしそばで無事に建っていた住宅が多かった事実も見逃せない(写真5-7)。なにが被害の明暗を分けたのか? 1200年前に創建されたという木山神宮は、参道の鳥居や石段ばかりでなく、拝殿も倒壊した。銅板葺きの立派な屋根は、幸いにしてそのまま残っていたのがせめてもの救いではあると、境内で赤ん坊を背負いながら清掃していたご婦人と話をした(写真8)。



写真9 秋津川沿いの住宅と堤防



写真10 秋津川沿いの土手（道路段差）



写真11 木山中学校（渡り廊下の柱破壊）



写真12 避難所となった益城町総合体育館

上町エリアの南側、秋津川沿いを東西にタクシーで移動した。倒壊した住宅も散見されたが、多くは屋根瓦が落下したらしい。しかし、なにより気になったのは川沿いの道路が大きく変形し、段差が目立ったことだ。アスファルトの路面は大部分が除去され、通行止めとなっている部分がある。秋津川と木山川が合流するところに木山中学校と益城中央小学校がある。両者は道路を挟んで並立しており、運動場は共有だ。小学校の方は新しく無事だったが、幾分か古い中学校の方は大きな被害を受けたらしく閉鎖されていた。体育館の天井板が落下し、外から見る出入り口のドアも大きくゆがんでいた。中学校の庭に入り南側木山川方向を見れば雄大な景色が開けてとてもいい環境だが、渡り廊下の1階柱頭と柱脚で曲げ降伏しているようだ。相当大きく揺れたのだろう。この分だとRC造3階建て校舎内部も破壊されているのかもしれない。しかし、外観上はそれほど傾いているように見えないし、柱や壁にせん断ひび割れも認められなかった。翌日に訪れた八代市役所も内部で深刻なひび割れが出たという理由で地震発生直後に閉鎖されていたが、外観上は端正なファサードが印象的だった（写真13）。外観上問題なくても、倒壊のおそれがある内部の被害とは、いったいどういう現象なのだろうか？あるいはこれが直下型地震被害の特徴なのか？20年来（阪神大震災以降）の疑問がまだ未解決だ。



写真13 八代市役所

2) 宇土市

熊本駅からJR鹿児島本線で15分ほど行くと宇土に着く。宇土駅から宇土市役所まで周辺の被害状況を見ながら歩いた。あらかじめ詳細地図で確認していたのだが、宇土市は天草への玄関口に当たる城下町で、至る所に水路が張り巡らされた水の都だ。駅の周辺では屋根瓦の落下した家屋がいくつか見られたが、住宅の倒壊はわからなかった。宇土駅から歩いて約30分、途中で水の涸れた水路を通りながら、ひときわ高い（5階建て）市役所が見えた。遠目にはわからないが、近づくと4階部分がへしゃげている。しかし周りを見回しても市役所以外の古い建物には被害が認められなかった。1995年に神戸で多数見られた中間層破壊そのものであった。断定はできないが、筆者はこの中間層破壊の原因を、熊本で観測された地震（速度）波形から、やや長周期のパルスの波動であるとにらんでいる。東京大学地震研究所によるレポートにも速度波形の大きな特徴がパルス波動であると書かれていた。ユサユサと何度も揺れるプレート境界型地震の波動ではなく、一発勝負でグイッと押しつぶすだけのパワーを持つパルス波（キラパルスとも呼ばれる）。

市役所と宇土駅の間江戸時代からの商業地区である船場というエリアでは、石橋の高欄が崩壊していたが、木造の大きな善行寺では墓石がすべて倒れていたにも関わらず、本堂はしっかり建っていた。



写真14 宇土駅近くの木造住宅（屋根瓦落下）



写真15 4階が層崩壊した宇土市役所（外周のPCa柱は落下）



写真16 水涸れした水路（宇土市役所近く）



写真17 宇土市・船場橋（江戸時代の遺構）



写真18 宇土市・善行寺（船場町）

3) 熊本市内

調査に出かけた5月連休直後はまだ予約のとれるホテルが少なかったが、白川沿いにあるメルパーク熊本になんとか泊まることができた。食事は連休後からホテル内でとれるようになり、市内で最大のデパート、鶴屋百貨店が営業を再開したばかりだった。たまたま熊本市には以前に勤めていた会社の同僚が構造設計事務所をやっていて、彼自身は建築士事務所協会の幹部として、種々の対応で忙しくしていたが、連絡をとりつつ市内各所を単独で見回った。

一級河川の白川をわたる路面電車の走る橋が大甲橋である。この橋から熊本城にかけてのエリアが繁華街の中心といえ、中高層のビルやマンションが建ち並んでいる。橋のそばに立って真っ先に目についたのが倒壊したビルだ(写真19)。典型的なピロティ破壊の事例だが、筆者が目にした倒壊ビルはこれだけだった。付近をひび割れの多い歩道に気をつけながら歩き回ると、10階建て前後の中高層ビルやマンションの中間層で衝突跡のような部分破壊や柱・壁のせん断ひび割れがある。阪神大震災の被害様相とはまた異なることに気づかされた(写真20-22)。



写真19 倒壊した3階建てRC造ビル



写真20 衝突跡のような部分破壊のある中高層ビル



写真21 カーテンウォールのせん断破壊

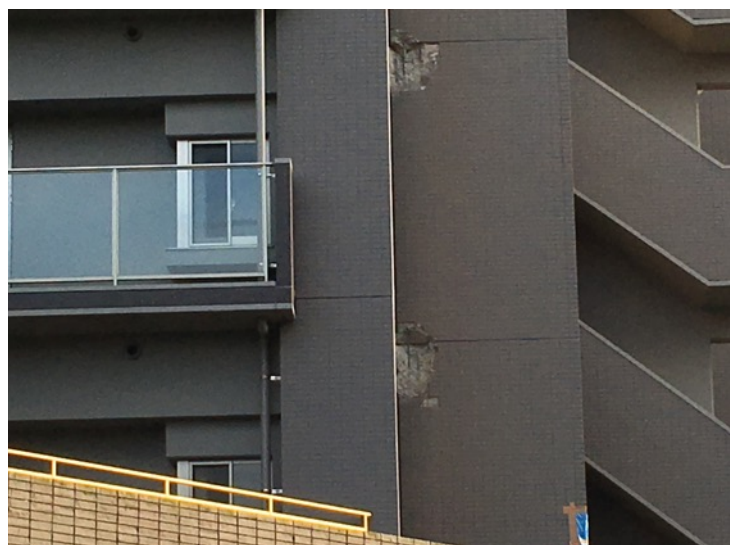


写真22 衝突跡のような部分破壊のある高層マンション



写真23 上通りから並木坂へ向かう



写真24 RCビルの1階柱がせん断破壊（並木坂）

熊本市には過去に何度か仕事で来たことがあるが、お気に入りのエリアがある。並木坂とよばれる界隈は神戸の北野坂に似て小粋なブティックや飲食店がならぶ人気のスポットだ。かつて夏目漱石が第五高等学校の教師だった頃に通ったという河島書店は明治10年開業の古書店だが、建物が1995年に改築されて、訪れた5月中旬も店内一杯に積み上げられた古書は無事だった。ほとんどの店は開いており、ただRCビルの1階にあるコンビニだけ閉まっていた（写真24）。ゆっくり店主と話すことができたのは明治39年開業の近藤文房具店だった。当時からの木造2階建ての店舗は地震で構造無被害だった。中のショーケースは今ではめずらしいフロートガラスだが、1枚も割れていない、妻面の壁で一部漆喰がはがれただけの被害だったらしい（写真25）。伝統的な木造建築の店舗はこの文具店に限らず、いくつか古い木造建物が無事に営業していた。内部にほとんど壁のない、伝統的な木造建築がほぼ無被害だったという状況には考えさせられる。

並木坂の近くにある専光寺という寺院では墓石は倒れ、本堂正面の土壁がはがれていた。粘性土でなく砂質土は木舞とはつきが悪くて、地震時に振動するとはがれやすいのだろう。しかし本堂の建物自体は無被害だったようだ（写真26）。

九州南部は火山灰が堆積した土層に大量の水が供給される地質から成っている「火の国」だ。さらに熊本市は人口50万人以上の大都市で、上水道を地下水でまかなうことのできる、世界屈指の「水の都」でもあることは被害を考える上で念頭に置く必要がある。



写真25 明治39年築木造の文房具店内（並木坂）



写真26 土壁のはがれた専光寺（並木坂近く）



写真27 大甲橋東端・白川沿いのビル

帰阪する前に白川沿いの道を歩き、周辺建物を見て回った。大甲橋の東端を起点に熊本大学医学部附属病院を最南端とする白川の東岸一帯だ。車の通行止めがあったが、人の通行は可能。事務所ビルやマンションが林立する一帯だが、何らかの外観上の被害が認められた。白川周辺の一帯はインターネットで公開されたボーリング柱状図を見る限り、はっきりした支持層がかなり深く、表層は水位が高く緩い砂層で構成されている。したがって、地震動の増幅度合いが大きい、もしくは液状化しやすい地盤だといえる。柱や壁のせん断ひび割れ（一部を除いておもに中間層）や地盤の変状が目立つエリアだった。免震構造だと明記している病院では、救急車の搬入路にあたる免震金物が大きく変形していた。相当の変位があったと推察されるのだが・・・。



写真28 白川沿いのマンション



写真29 2階柱がせん断破壊したRC造ビル

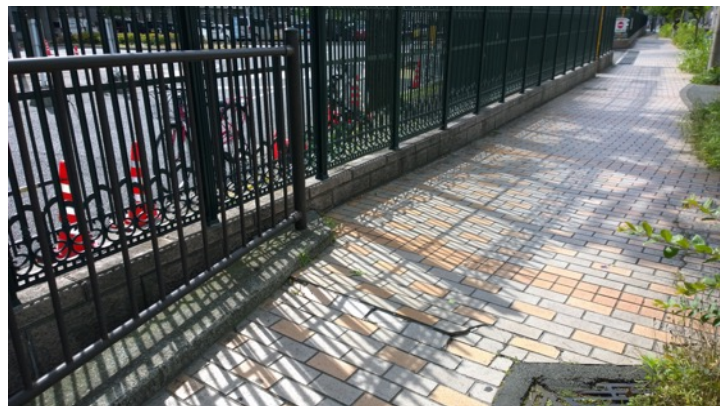


写真30 凹凸とひび割れの目立つ歩道

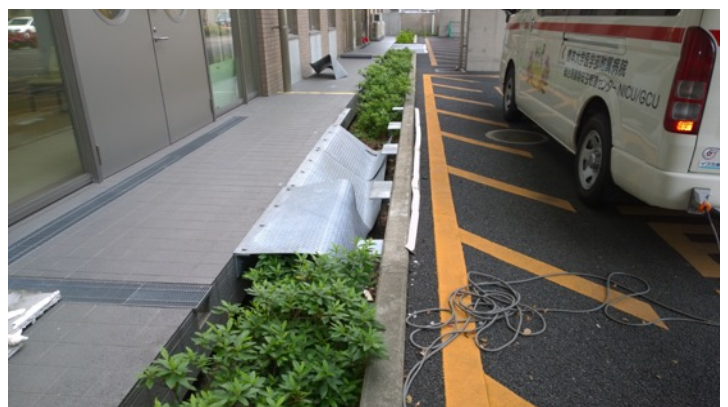


写真31 病院の救急車搬入路（EXP金物が破壊）

2014年長野県神城断層地震の調査

1) 地震発生1週間目

2014年11月22日に発生した「長野県神城断層地震」で住宅が全壊する被害が集中した堀之内地区は、ゆるやかな傾斜地の中腹に住宅が密集して並ぶ。全体的には、いわゆる木造軸組構法で、柱脚は土台敷工法、葦で小舞をかいた土壁の家が多い。なかには築100年を超える伝統的な民家も複数あり（柱脚は延石上の土台敷）、それらにも大きな変形がみられた。

「日清戦争の前に建てられた」と家主がいう民家は、大きな小屋組みを持つ土壁の家で、1/10以上傾き、礎石建ちの柱は大きくずれていた。目視した限り、ケヤキの大黒柱をはじめ目立った柱の折損は見られない。

「昔の家だから、材料もよくて、貫構造なんだ。この辺はすごく強い揺れだったんじゃないか。地盤が悪いつて聞いたことはなかったけれど、状況をみれば、そうだったんだろうな。けれどペシャンコにはならなかった」と、家主自身が話してくれた。

下には完全に倒壊した建物が道路をふさいでいたが、倉庫で、人は住んでいなかったという（写真33）。

松本から片付けに来ていた女性の家は、同じく大きな小屋組みを持ち、築200年だという。屋根は茅から瓦に葺き替えられていた。「いつもは母が一人で住んでいるけれど、地震があった日はたまたまいっ

しよに松本にいた。戻ってみたらこの状況で、大黒柱に小さなひびが入っていたんです」

最初は小さかったひびが、余震で揺すられるたびに大きくなり、現在は家が道路側に開いて傾きが大きくなっている状態だという。「『もったいない。家を小さくして、何とか直して住めるのでは』とってくれる人もいるけど解体撤去しかないと思う」（写真34）

その近くの家も、大きな小屋組みと礎石建ち、土壁で築60年。柱が基礎・土台からずれ、建物は大きく傾いていた。「うちの家は土台の上に柱がのっているだけ。だからこう



写真32 グラウンドにできた大きなひび割れ



写真33 昔の家と倒壊した倉庫



写真34 築200年の民家

なるよ」と、これも家主自身がそう話した。倒壊している建物が近くに2棟あったが、いずれも、この家主の車庫と作業小屋だという。

この地震では全壊33棟・半壊62棟（長野県発表）の被害を出しながらも、死者・行方不明者が一人も出なかったことが注目されている。

中山間過疎地域の特性として、敷地が広く、倒壊した建物には倉庫・車庫など普段人が住んでいないものも含まれていたことはふまえる必要があるが、そのうえで、住民のコミュニティー意識が高く「共助」の機能が働いたことは確かだ。

倒壊した家から助け出された老夫婦の友人だという女性が、神奈川から駆け付け、片付けを手伝っていた。「よく生きていた。よかった。あんな目に遭っても、今日はまだ動いているんだから」と話す。

聞くと「寝ていたベッドの手すりがかつかえ棒になって、まったく身動きできなかったけれど、翌朝助け出されたようだ」という。手すりのわずかな幅が、生存空間になったわけだ。

急激な耐力低下を抑えて建物に粘りを持たせるには、衝撃で柱が折れないこと、接合部が外れないことが必要だ。が、大きく傾いた住宅のなかには、そうした被害も複数みられた。また土壁は、剥がれ落ちているものも多くあった。

鉄骨造と見られる新しい住宅で、柱に巻き付けた根巻きコンクリートが破断している被害もあった。近くのグラウンドには大きな地割れが走っている（写真32）。柱にどの程度のダメージが及んでいるかはわからず、一見すると、家自体は普通に建っている。しかし、主要構造部に関わる損傷のため、見かけ以上に深刻な被害だ。応急危険度判定は「危険」となっていた。

住宅の倒壊で死者の出なかったことは幸いだが、この地震にはとても重要なことがあるように思った。一つは山間部をおそった直下型地震であり、震度6弱という公式発表より地盤や住宅の被害が大きかったことだ。墓地の墓石はすべて倒壊していたし、石垣や擁壁の崩壊、液状化による噴砂現象跡、道路面にできた段差や大きなひび割れが目立った。また多雪区域（最大積雪量が3mを超える）でもあり、木造住宅の作りがこの地方独特のものであることを考慮すると、仕様規定で想定していない構造要素（たとえば積雪対策で用いられる筋かいなど）もあり、そのことが架構の変形を拘束して地震被害を逆に助長したのではないかという懸念が生じる。また傾いた家が迫る冬期の積雪にどう反応するかなど、未知の技術課題が多く頭の中をよぎる調査だった。



写真35 大きく崩れた擁壁



写真36 伝統的工法の民家と在来工法の住宅

2) その後の被災地（堀之内地区）

白馬村は日本国内でも有数の多雪地域で、設計用の最大積雪量は3m以上

（3.85m未満）と指定されている。つまり多いときは屋根に1トン/㎡以上の重み加わるとのことだ。2014年の冬はそれほど多くはなかったが、12月に入ると降雪が始まり、中旬には1mほどの積雪となった（写真37）。11月22日の地震で傾いた家屋が、雪の重みで倒壊するかどうかにつき注視しつつ、翌年春（4月中旬）雪解けを待って現地を訪れた。1軒の倒壊しかかった民家が、雪の重みによってほぼ完全に倒壊していたが（写真38）、その他は被災後1週間目に調査したときとほぼ同じ状態だった。

なかでも10軒ほど残っていた伝統的工法の古い住宅群は、柱が太いせいか傾きながらも踏ん張っていた（写真39）。築200年という現地で最古の民家は、大黒柱が折損して余震で傾きが徐々に大きくなっていったというが、この冬の積雪で特に進行したようには見受けられなかった。この積雪に対する被災家屋の踏ん張りは特筆に値するものだ。改修の労をいとわなければ、十分に耐久性・耐震性を向上してさらに寿命を延ばすことも可能であると判断できる。

しかし、今年の6月に再訪したとき、傾いた家屋はすでに撤去され、住宅戸数は極端に減少していた。住居を失った人は応急仮設住宅に暮らし、震災復興住宅への入居（復興住宅は着工したばかりだ）を待つ状況だった（写真40）。



写真37 積雪の始まった堀之内地区（2014年12月）



写真38 積雪により倒壊した住宅（2015年4月）



写真39 積雪に耐えた住宅群（2015年4月）



写真40 住宅の減った堀之内地区東部（2016年6月）

二つの地震と今後の課題

2016年熊本地震と2014年長野県神城断層地震とはおもに二つの共通点がある。

第一に直下型地震であり、観測波形でパルスの波動が認められることだ。熊本地震については先に触れた東京大学地震研究所や東北大学災害リスク研究部門でも指摘されている。また2016年長野県神城断層地震のパルスの波動については、京都大学防災研究所地震災害研究部門でレポートされている。パルスの波動（速度波）はRC造やS造の中高層構造物では中間層破壊の原因になりうる。筆者は阪神大震災でいくつか見られたビルの中間層破壊について、略算的な波動パルス応答解析でその傾向と可能性を指摘したことがある（2000年世界地震工学会議）ので、直感的に熊本地震における宇土市役所の層崩壊や堀之内地区東部の3階建てS造住宅の柱脚破壊がそれに該当するのではないかと推察した。手元にデータ類がないので断定はできないものの、可能性を否定できない。

また免震構造物についても、アメリカのHeaton教授ら（カリフォルニア工科大学）は1995年の論文でパルスの波動が、免震層に過大な変位を与えることを示唆している。熊本市内で見られた免震病院の救急車搬入路EXP金物の被害は免震層に過大な変位が生じた結果なのかもしれない。いずれにせよ被害分析と今後の対策を立案する研究機関には、直下型地震対策として慎重な調査と検証を期待する。

第二の共通点は、地盤の性質と木造住宅の倒壊との関連性および対策である。現地で見られた擁壁や道路面の変状は、いずれも多く水分を含んだ砂層の液状化に伴う側方流動と考えられ、倒壊住宅は地盤の流動に引きずられたように見える。これは阪神大震災で海岸べりの港湾施設が大きく動いたこと、擁壁（護岸）が崩れたこととも共通する。液状化対策はいくつかの有効な工法が実施されているが、個々の住宅で対策するには費用がかかるし、あまり現実的でないのが現状である。建築基準法告示では液状化する可能性のある地盤に住宅を建てる場合は基礎をベタ基礎（マットスラブ）とするように規定しているが、益城町でも基礎直下の擁壁が崩壊してもベタ基礎の住宅が倒れなかった事実は希望を持たせる結果だった。一般に建築基準法の仕様規定で在来木造住宅の基礎はRC布基礎とされているが、液状化する地盤では布基礎で住宅倒壊を防ぐことは不可能であるばかりか、布基礎自体が破断しているケースもあった。益城町や白馬村に限らず、国内では多くの地域で地震が起こると地盤の液状化や土石流が生じる可能性が高い。1847年に起きた善光寺地震の際、佐久間象山は地震によって誘発された土石流への対策を進言したが、かなわず大惨事を引き起こした歴史がある（写真41）。

筆者はここで、視点を変えて液状化対策を長野県で歴史的に進化してきた砂防工事の工法を導入できるのではないかと考えている。たとえば、明治から昭和初期に行われた長野県の砂防工事、牛伏川



写真41 佐久間象山の行跡（善光寺地震の際）を伝える文

のフランス式階段工のような芸術的な砂防工事は、宅地の造成や建築基礎とうまく融合させることができないものかと。勾配ある地盤が液状化しても、段差を構成する擁壁がしっかりしていれば側方流動は止められるわけで、それはまさに砂防工事そのものだ。現代の単純な擁壁工事ではなく、水をたっぷり含んだ土の落下エネルギーを大きな岩石の組み合わせで巧みに消費させる様は、見ていて胸のすく思いである（写真42）。



写真42 長野の砂防施設（牛伏川フランス式階段工）

おわりに

被災地を初期段階で調査することの醍醐味は、被災の事実を直視しつつ、その背後にある歴史的・風土的条件に思いをはせることにある。そのため、地元の人のお話を聞くことが特に重要だ。壊れた建物、地盤の変状を見つければ、必ず付近で日常的な生活が継続している無被害の建物、場所がある。以後の復興はいかにあるべきか、来たるべき災害で同じ被害を繰り返さないためにどうすべきか、そしてまた、なにをすべきでないか、を考えるためのヒントはすべて現場周辺にある。調査レポートはその要点を外さないように書かれ、平易な言葉で伝達されなければならない。筆者の私見では、災害復興の鍵を握るのは被災地の的確な災害報道であり、復興過程の定点観測だ。部外者による安易な現地否定あるいは無責任な専門的見解で構成された報道は二次災害といえる。自戒をこめて筆者の見解がそうならないことを願うばかりだ。

災害はいつも専門分化した技術の狭間で起きる。行政も教育も業界も分化しているのが建築基礎や耐震工学の分野であり、2016年の熊本地震や2014年長野県神城断層地震での大きな被害はその間隙を突いているように思えるのである。

(2016年7月15日)