

# 2007年新潟県中越沖地震時の柏崎市における建物の特性と被害の空間分析

## Spatial Analysis of Building Characteristics and Damage in Kashiwazaki City due to The 2007 Niigata-Ken Chuetsu-Oki Earthquake

11TM0343 長尾 拓真  
Takuma NAGAO

指導教員 山崎 文雄

### SYNOPSIS

This study investigates the building characteristics and damage in Kashiwazaki city due to the 2007 Niigata-Ken Chuetsu-Oki earthquake. Most building fragility functions, used for damage estimation in scenario earthquakes, were developed based on the data from the 1995 Kobe earthquake. However, already 18 years have passed after this event, and hence it is better to employ recent earthquake data. In this study, the damage ratios of buildings are investigated from the view points of the structural material and construction period. Then the characteristics and distribution of buildings are investigated from the various building properties. The results from these analyze, for example the obtained damage ratios, were compared with the fragility functions obtained from the Kobe earthquake or some damage estimation methods by local governments in Japan.

### 1. はじめに

近年、首都直下地震などの今後我が国で起こりうる地震に対して、国や都道府県などによって多くの被害想定が行われている。2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では、津波による建物被害が大半を占めたが、揺れや地盤災害に関連した被害も発生する可能性が高い。また、その他の最近我が国で発生した2004年新潟県中越地震、2005年福岡県西方沖地震、2007年新潟県中越沖地震などでは、建物被害が被害の大部分を占めている。

現在の建物被害予測の多くは、1995年兵庫県南部地震の被害分析結果をもとに行われている。例えば、東京都都市整備局は村尾・山崎(2002)が兵庫県南部地震における神戸市灘区のデータに基づいて構築した建物被害関数を使用している。また、岩手県などは中央防災会議(2003)が同地震における西宮市を含むいくつかの建物被害データをもとに構築した被害関数をもとに、被害想定を行っている(損害保険料率算出機構, 2006)。しかし、兵庫県南部地震からすでに18年が経過しており、これらの経験的被害予測モデルがそのまま使えるかどうか疑問が残る。例えば、現在では既に6割程度の建物が1980年代以降に建てられたものになっているため、大半がいわゆる「新耐震基準」に従っていることになる。しかし、被害想定に用いられる被害関数では新耐震基準に従うものは同じ年代グループに属している。そのため、耐震性能の経年劣化が著しい木造住宅の被害を正確に予想できるかどうか疑わしい。しかし、兵庫県南部地震のように豊富な被害データのある地震は他に存在しないため、これまでこの地震による経験則が使われてきた。このような背景より、本研究では、豊富で詳細なデータが得られた2007年新潟県中越沖地震における柏崎市の建物被害に注目し、その被害分析を行う。また、柏崎市に当時存在していた建物特性を詳しく検証し、他の自治体における統計や被害想定手法と比較することで、今後の被害想定に向けた基礎データの収集を行う。さらに、GISを用いて属

性ごとの建物分布傾向の把握や被害率の空間分布を求め、既往の推定地震動分布との相関を検証するなど、被害の大きかった都市の建物について、様々な角度から検証する。

### 2. 使用するデータ

本研究で使用するデータは、柏崎市役所税務課内の「中越沖地震関連デジタルデータ利活用協議会」より提供された建物被害データである。これは、被害区分に加えて詳しい建物属性情報を有している。したがって、被害想定手法の見直しに向けて、有効に利用できると考えた。

表-1 柏崎市の建物被害データの内訳  
(太線で囲まれたものは被災建物データ)

データ名	調査データ	罹災データ	
		罹災データ	課税台帳データ
データ数	62047	34712	13288
調査番号	-	○	○
被害点数	-	○	○
罹災判定結果	-	○	○
建物所在地	○	○	○
建物用途種別	○	○	○
建物構造種別	○	-	○
建築年代	○	-	○
屋根構造種別	○	-	○
延べ床面積	○	-	○
階層	○	-	○

本研究で使用するデータの内訳を表-1に示す。柏崎市全域を対象とした調査結果より作成された「調査データ」が約60,000件、罹災証明をもとに作られた「罹災証明データ」が約34,000件、そのうち家屋課税台帳とリンクした「課税台帳データ」が約13,000件ある。調査データおよび課税台帳データには、詳細な建物属性が掲載されている。一方、罹災データにはshpファイルとしてGISでの空間分析が可能な建物の位置情報が収録されている。また、課税台帳データはエクセルデータであるため、GISにおけるテーブル結合機能を利用し、建物調査番号をもとに罹災データと統合した。本研究では、罹災証明データに属する建物(表-1の太線で囲まれたデータ)を、建物に被害(全壊・大規模半壊・半壊・一部損壊)があったことを示すものと解釈し、被災建物として分析を行う。

### 3. 建物特性の分析

#### (1) 構造種別・建築年代別の建物棟数

本研究における構造種別の分析は、今後の被害想定との比較にむけて、検討対象を「木造」「RC造+SRC造」「鉄骨造」に限定する。さらに、木造は住宅のみを対象とし、他の構造種別では、簡易建築物である可能性が高い納屋などの附属家を除くために、用途種別で分類するだけでなく合計延べ床面積のフィルターをかけた。これにより、揺れによる被害が大きくなりがちな簡易建築物を排除でき、正確な被害の分析につながると考えられる。

建築年代については、これまでの日本の建築基準法の改正などを考慮して、「～1971」「1972～1981」「1982～1991」「1992～2000」「2001～2007」の5区分に分類した。既往の被害関数では、1982年以降の建物は「新築年」として一括りになっているものが多かったが、本研究では新築年の建物は上記の3区分に細区分した。また、建築年代不明の建物は検討対象から外した。

図-1は、上記の区分で建物を分類した結果である。構造種別毎に全棟数に大きな差があるものの、それぞれの年代グループ毎の比率に大きな偏りは見られない。木造住宅は旧耐震基準(1981年以前)の割合が全体の5割以上となっている。過去の事例(例えば村尾・山崎, 2000)を見ても、年代が古いと被害が大きくなる傾向があると指摘されており、木造住宅の被害が大きくなることが予想される。一方、RC造や鉄骨造の建物は、新耐震基準の建物がどちらも5割以上を占めていることがわかる。図-2は、木造住宅について本研究のデータと新潟県、東京都、全国の統計とを比較したものである。なお、これらの統計における住宅数は、本研究で扱っている棟数ではなく戸数であることに留意する必要があるが、木造住宅ではその差が小さいと考えられる。また柏崎市と同様に、建築年代不明のデータは除外した。どの地域と比較しても柏崎市の旧耐震の割合が最も高いことがわかる。また、最も古い木造住宅が少ない東京都においても、旧耐震の割合が40%弱となっている。このことから、まだ依然として全国的に古い木造住宅が多く存在しており、今後大規模な地震災害が起こった時に大きな影響を与えることが予想できる。

#### (2) GISを用いた柏崎市における建物分布の把握

ここからは、建物分布の定量的な分析を行うために、全283町丁目を単位としてGISを用いた分析を行う。図-3はその一例で、各町丁目における木造住宅の建築年代の平均

を示したものである。なお、市の北部の空洞部は刈羽村である。この図の中央部は中心市街地ということもあり、比較的新しい木造住宅が占めているということがわかる。一方、市の北部や南部では1971年以前に建てられた古い木造住宅が集中しているように考えられる。しかしながら、現段階では町丁目毎の全木造住宅棟数を考慮に入れてい

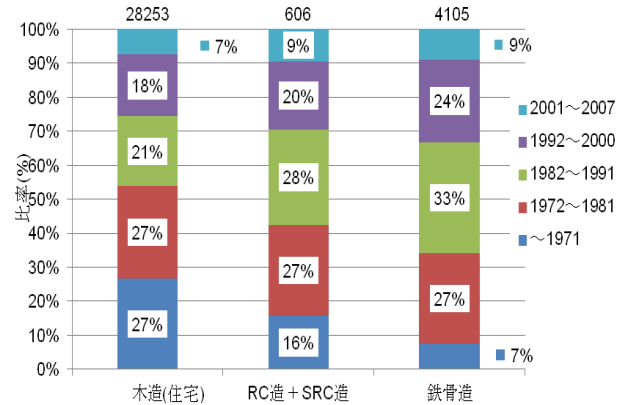


図-1 柏崎市の構造種別・建築年代別の比率

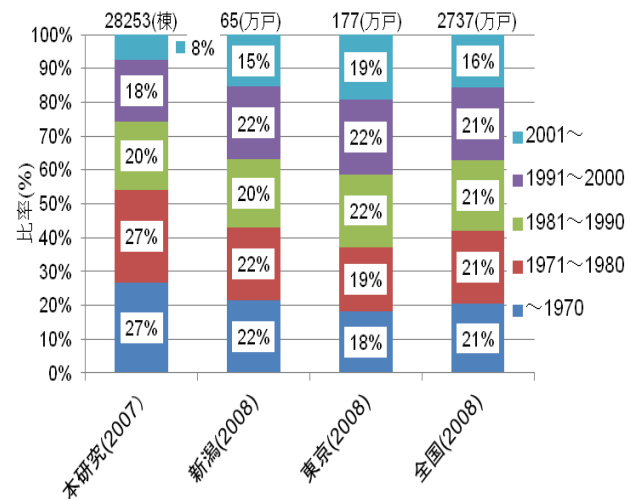


図-2 各地域における建築年代別比率(木造住宅)

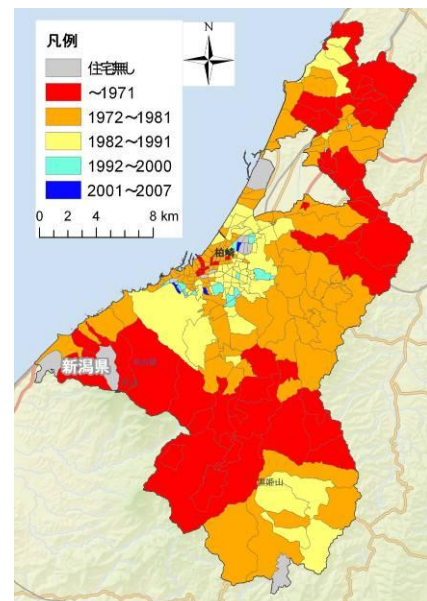


図-3 各町丁目における木造住宅の建築年代の平均値

いため、住宅数が少ない町丁目において結果に偏りが生じることがあるが、おおまかな分布傾向はみてとれる。

#### 4. 建物被害分析

ここからは、罹災証明データや課税台帳データを用いて被災した住宅の特性も考慮して分析する。事前の検証から、罹災証明データおよび課税台帳データに収録されている被災建物は、半壊以上の建物である可能性が高いことがわかった。そこで、一部損壊及び無被害の建物を「一部損壊以下」と纏め、半壊以上の建物について分析する。

##### (1) 建物属性別の被害率算出

本研究では、まず構造種別に被害率を算出した。なお、検討対象となる構造種別は2節と同様に木造(住宅)、RC造+SRC造と鉄骨造である。その結果を図-4に示す。これを見ると、木造住宅の半壊以上の割合が18%と3種の構造種別中一番高い。さらにどの被害区分においてもその傾向がみられる。これは、兵庫県南部地震における神戸市灘区の被害データなど、過去の大きな地震被害においても見られる傾向で、妥当な結果であると言える。

次に構造種別及び建築年代別の被害率を算出した。中でも図-5は、建築年代別の木造住宅被害率を示すが、1971年以前の半壊以上率が最も高く、以降年次が新しくなるに

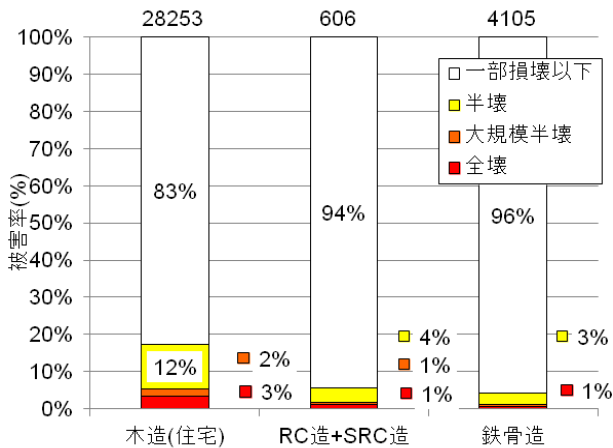


図-4 柏崎市の構造別の建物被害率

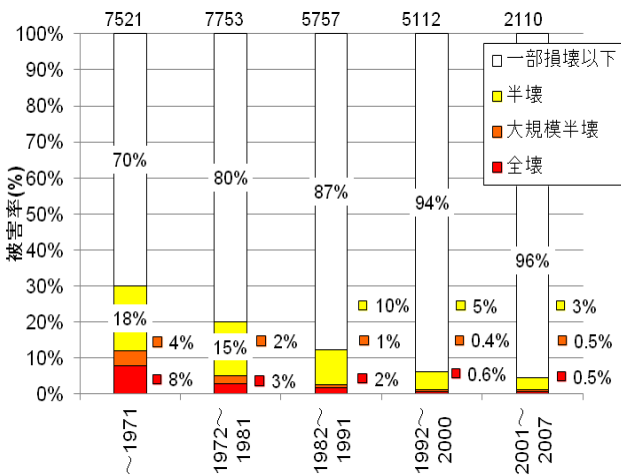


図-5 柏崎市の建築年代別の木造住宅被害率

つれて被害率は低くなっていく傾向が見られる。その他の構造種別における被害率を見ても同様の結果がみられたが、これは、他の地震の建物被害でも多く見られる傾向である。また、既に問題点として取り上げたように、現在の多くの地震被害想定においては、建物の年代区分は1981年以降のものを「新耐震」として一括りしている。しかし、ここで示したように、同じ新耐震区分においても、明らかにその年代細区分で被害率に大きな差が出ている。もちろん、この被害率の差は、単に老朽化だけが理由ではなく、新耐震基準の細かな変化による影響もありうるということに留意する必要がある。いずれにせよ、建物、とくに木造住宅における被害関数の区分として、建築年代を細分化する必要があると考えられる。

##### (2) GISを用いた建物被害の空間分析

ここからは、市内の住宅被害の空間分布を調べるために、2節と同様に町丁目単位でGISを用いた検討を行う。一例として、木造住宅の半壊以上率の分布をGIS上に表示した(図-6)。市の北部や西部に被害率が高い町丁目が多く分

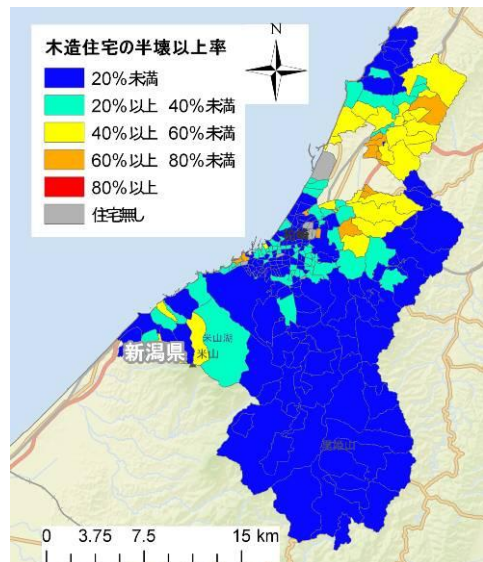


図-6 町丁目毎の住宅被害率の分布(木造、半壊以上)

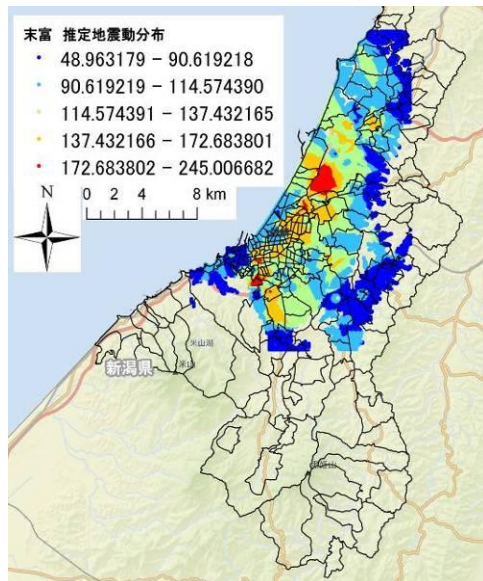


図-7 末富ら(2008)が推定した地震動分布(PGV)

布しているなど、この図から被害のおおまかな分布が把握できる。また、ここには表示していないが、全壊率、大規模半壊率およびその他の属性における被害率についても同様の分布傾向が見られた

次に、算出した被害率と地震動強さとの比較を行う。地震動強さとして末富ら(2008)が推定した最大速度分布(図-7)を用いた。町丁目毎の最大速度(PGV)の値は、GISの空間結合ツールを使い、各町丁目ポリゴンと重複するポイント値を平均して定めた。しかし、地震動分布との共有部分が少ない、もしくは共有部分に存在する建物数が少ない町丁目は計算対象から外した。しかし、抽出した町丁目のうち木造住宅数が少ない場合、その比較結果に偏りが出る可能性がある。そのため、まずPGVの小さい順から町丁目を並べ、全15区分になるように区分棟数を設定し再区分した。そして、町丁目毎の被害率を再度算出し、また、区分毎のPGVを各町丁目の全木造住宅棟数による重み付平均で算出した。

以上のような過程で、被害の大きさと揺れの大きさとの比較を行った。そのうち、1971年以前に建てられた木造住宅について、最大速度と全壊率を比較したものが図-8である。一般的には最大速度が大きくなるほど被害率が高くなるはずであるが、本研究ではその傾向が薄い。この傾向は、どの建築年代グループにおいても同様に見うけられた。この原因の一つとして、地域ごとに耐震化率の差があることがあげられる。図-3、図-6、図-7を比較すると、市の北部は大きな揺れはなかったと推定されているが、古い木造住宅が密集していた可能性が高く被害率も高くなっている。一方、同じく古い木造住宅が集まっていると推測された町丁目でも、中心市街地に近い方では被害率はそれほど高くない。しかし本研究では、詳細な建物特性や耐震補強率については検証できないため、今後の検討課題とする。

また、図-8には1995年兵庫県南部地震における神戸市灘区の被害データをもとにした、1982年以降の木造住宅についての被害率曲線(村尾・山崎,2000)も表示した。同じPGVであっても、本研究の結果の方が全体的には低い被害率を示している。このように、兵庫県南部地震における被害関数よりも低い被害率を示す傾向は、最近発生した地震の被害分析でもよくみられる(翠川ら,2011)。これは、新潟県中越沖地震では、大規模半壊という被害区分が加わっ

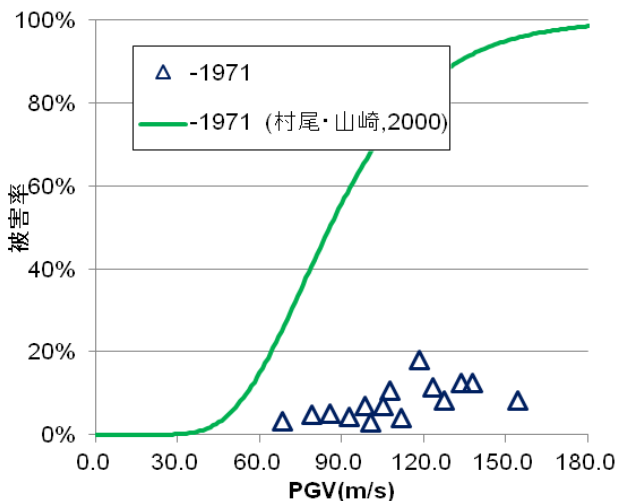


図-8 木造住宅全壊率とPGVおよび既往の被害関数との比較(1971年以前)

たことや、兵庫県南部地震以降の被災度判定基準の変化も理由として考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、2007年新潟県中越沖地震における柏崎市の建物特性及び被害について分析を行った。まず構造種別などのいくつかの建物要素を考慮した建物特性を考察した。柏崎市は全国と比較しても旧築年に建てられた木造住宅の割合が高いことなどがわかった。同様に構造種別ごとに被害率を算出した。中でも、木造住宅の半壊以上率は、建築年代区分ごとに大きく差が出る結果となった。とくに新耐震に区分される1981年以降の木造住宅でも、細年代区分によって大きく異なる被害率となり、今後の被害想定における建物年代区分の設定を再考する必要があると指摘される。

次に、柏崎市における住宅被害の空間分布を算出した。町丁目毎に被害率を算出し、GISを用いて数値地図上に表示することで、その分布の特徴を把握することが出来た。また、推定地震動分布における最大速度と各町丁目の被害率を空間結合して、その値を比較した。その結果、過去の地震から得られた被害率曲線よりも大きく下回る結果となり、最大速度が大きくなると被害も大きくなるという傾向も、はっきりとは見てとれなかった。

今後は、建物特性や耐震補強率などさらに細かい要素を取り入れること。さらには町丁目毎の分析において、結果に偏りが出ないように、データの統合などを工夫する必要がある。これらの結果をもとに、より信頼性の高い被害関数の構築など、今後の被害想定手法の更新につなげていきたいと考えている。

#### 謝辞

本研究で使用した建物データは、柏崎市役所税務課及び中越沖地震関連デジタルデータ利活用協議会より提供して頂きました。記して謝意を申し上げます。

#### 参考文献

- 末富岩雄, 福島康宏, 塚本博之, 石田栄介, 山崎文雄(2008): 2007年新潟県中越沖地震における柏崎平野内の地震動分布推定, 土木学会年次学術講演会概要集, 63, pp. 337-338
- 損害保険料率算出機構(2006): 地震保険研 8, 自治体の地震被害想定における被害予測手法の調査, 被害予測手法の整理, pp. 69-262
- 中央防災会議(2003): 東南海, 南海地震等に関する専門調査会(第10回)参考資料.  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/10/sankou\\_siryuu.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/10/sankou_siryuu.pdf)
- 翠川三郎, 伊東佑記, 三浦弘之(2011): 兵庫県南部地震以降の被害地震データに基づく建物被害関数の検討, 日本地震工学会論文集, Vol. 11, No.4, pp. 34-47
- 村尾修, 山崎文雄(2000): 自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数, 日本建築学会構造系論文集, No. 527, pp. 189-196