

# 新潟県中越地震による魚沼市(旧堀之内町)新道島, 竜光地区の建物被害

卜部厚志\*・片岡香子\*・本郷美佐緒\*・鈴木幸治\*・安井 賢\*\*

## Distribution of seriously damaged wooden structures in the Shindoujima and Ryuko areas of Unonuma City, by the Niigata-ken Chuetsu Earthquake in October 23, 2004

by

Atsushi URABE\*, Kyoko KATAOKA\*, Misao HONGO\*, Kouji SUZUKI\* and Satoshi YASUI\*\*

### Abstract

Niigata-ken Chuetsu earthquake (M6.8) was occurred in the Chuetsu district in Niigata Prefecture at 17:56 23rd October, 2004. Damage becomes the large disaster of fatalities 46 persons, serious or slight injury person 4,791 persons, complete collapsed house 2,827, half collapsed house 12,746, partly failure house 100,453 at 18th March. Serious damages such as Kawaguchi Town and Ojiya City, which recorded seismic intensity of 7, are unevenly distributed. The localization of this damage seemed to appear by many factors such as strong motion, surface geology, structure and actual age of the houses etc.

In this study, distribution of building damage and subsurface deformation were mapped out in the western part of the Unonuma City (ex-Horinouchi Town) at the eastern part of the hypocenter. From the distribution of the completely collapsed house, the concentration of the damage of the western part of the Shin-Doujima were caused by the strong motion from the hypocenter. In the future, ground and geological structure will be examined from field investigations, seismic prospecting, etc.

**Keywords :** Earthquake hazard, damaged wooden structures, strong motion, Shindoujima, Unonuma City

**キーワード :** 地震災害, 木造建造物の被害, 強震動, 新道島, 魚沼市

### はじめに

2004年10月23日17時56分に新潟県中越地方においてM6.8の地震が発生した。本震直後から震度6強の余震を複数回観測するなど、活発な余震活動が継続した。余震域は東山丘陵南部の北東から南西方向に伸びる約30kmの範囲に分布している。震源地近くのK-NET小千谷観測点では、最大1500ガル、130カインを超える強震動を観測した。

この地震による2005年3月18日現在の被害(集計:新潟県中越大震災対策本部)は、死者46名、重軽傷者4,791名、住家の全壊2,827棟、大規模半壊と半壊12,746棟、一部損壊104,998棟という大きな災害となっている。震度7を記録した川口町や小千谷市などの建物被害はこれまでも多く報告されているが、震源地に近い川口町や小千谷市内でも大きな被害は偏在していた。また、大きな被害は北部の長岡市などでも偏在してみられる。特に、木質建造物の建物被害は必ずしも震度の分布とは一致していない。これら木質建造物を含む建物・構造物被害の偏在は、入力された地震動の特性、強震動の集中、地盤の共振、地盤の液状化、傾斜地や宅地盛上の移動あるいは古い建物の密集など強震動、地盤の問題、建物の構造と分布など、多くの要因によって現れたものと考えられる。

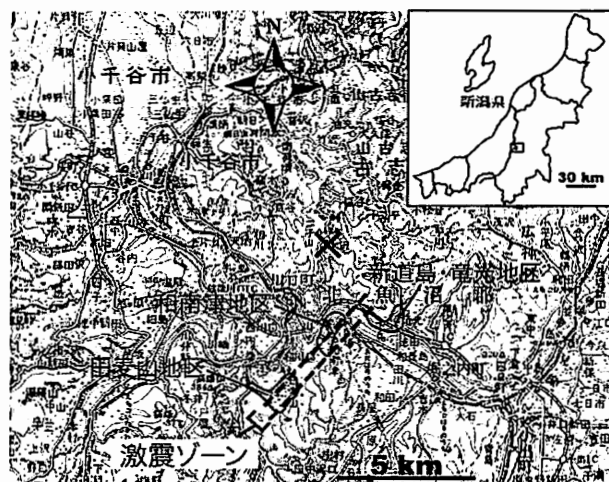


図-1 調査地点位置図。国土地理院発行20万分の1地勢図「長岡」。「高田」を使用。図中の×は本震の震央。

新潟大学積雪地域災害研究センターでは、2004年10月24日より小千谷市から川口町、魚沼市(旧堀之内町)の被害状況の把握と住宅地図を用いた個別ごとの建物被害調査、地盤変状の把握を行った。これらの被害調査によって震源地に近い川口町田安山、和南津、武道窪や魚沼市(旧堀之内町)新道島地区などにおいて

被害が顕著であることが明らかになっている。このうち、川口町田麦山、和南津と魚沼市(旧堀之内町)新道島地区は、強震動により被害が顕著であることが指摘されている(激震ゾーン:卜部ほか、2004)。ここでは、この“激震ゾーン”のうち、新道島地区を含む魚沼市(旧堀之内町)西部地域の被害の実態を報告する(図-1)。上述のような個々の地区、地域の被害の要因については、今後、詳細な地形・地質調査等を行った上であらためて報告する。

### 地形・地質概説

魚沼市(旧堀之内町)西部地域は、魚野川が丘陵部を横断するように西に流れ、竜光において北方より芋川が合流する(図-2)。この地域の地形は魚野川沿いの沖積面(氾濫原面)と魚野川右岸の河成段丘、芋川両岸の複数段の河成段丘で特徴付けられる。また、魚野川に沿う方向で道路交通網の基幹である関越自動車道と国道17号線とJR上越線が位置する地域である。後述するように、今回の地震において、関越自動車道は盛土路盤の崩壊、国道17号線は川口町境界部の和南津トンネルの内部崩落、JR上越線は北堀之内駅西方における土砂崩壊と液状化による路盤の変形が発生しており、東京方面への道路交通網の基幹が寸断された地域でもある。

この地域の地形区分は、建物被害調査時の地形概査と空中写真(縮尺1:40,000;1947年米軍撮影、建設省国土地理院発行、および縮尺1:10,000、2004年10月29日株式会社パスコ撮影)や旧堀之内町発行の地形図(縮尺1:10,000)の判読によって行った。詳細な現地地形調査と表層地盤(段丘堆積物)の確認は今後の課題である。現時点での解析では、この地域の地形は、現河川沿いの沖積面と下位よりA～Fまでの河成段丘面および扇状地性、地すべり(崩壊)性の緩斜面(a、b)に区分される(図-2)。

#### 沖積面(氾濫原面)

魚野川の両岸や芋川の両岸に分布する。これらの面は現在の河川より若干高い面あるいは現河川の氾濫原面であり、魚野川両岸では標高約73～75m程度、芋川両岸では標高約75～82m程度の地形面を構成している。沖積面(氾濫原面)に含めているが、魚野川左岸の下新田地区や下島1丁目は自然堤防あるいは中洲的な要素を示す若干の備考地に立地している。魚野川両岸の集落が立地していない面は田んぼに利用されている。芋川両岸では集落部として利用され、斜面縁辺では若干の崩壊性あるいは扇状地性堆積物がみられる。

#### A面

魚野川右岸の新道島地区や芋川両岸の竜光3丁目付近に分布する。これらの面の標高は約83～90m程度である。地形面は若干の解析を受けているがほぼ水平であり、基盤(白岩層や魚沼層など)の上に層厚1m程度の砂礫層と薄い表土(黒土)が認められることから、河成段丘面であると考えられる。

#### B面

魚野川右岸の新道島地区の関越自動車道沿いや芋川右岸の竜光3丁目付近に分布する。これらの面の標高は、新道島地区で約90～95m程度、竜光地区では約98～100m程度である。新道島地区での本面は、魚野川方向に向かって緩く傾斜して地形面を有しており、斜面縁辺からの崩壊性あるいは小規模な扇状地性の堆積物から構成される面であると推定される。しかし、この地区の関

越自動車道建設時に200～250m間隔で6箇所施工されたボーリング資料では、薄い表土、層厚0～2m程度の礫混じり砂層と層厚約1～5m以上の大礫を含む砂礫層から構成されている(建設省北陸地方建設局北陸技術事務所、1981)。このことから地形面は崩壊性あるいは扇状地性の堆積物から構成されるにみえるが、上述のボーリング資料では特に厚い扇状地性の堆積物を有しておらず、むしろ段丘堆積物の層相を示している。このことから、現時点では本面を基本的には段丘面であるとして記載しておく。

#### C面

芋川の両岸と芋川と魚野川の合流部付近に分布する。これらの面の標高は約100～110m程度である。堆積物の確認をしていないが、地形的な特徴から河成段丘面であると推定できる。

#### D面・E面

芋川と魚野川の合流部の右岸に分布する。D面の標高は約140m程度で、E面の標高は約150m程度で、地形面の特徴からは河成段丘面であると推定できる。

#### 緩斜面a、b

緩斜面aは新道島東部に分布する。地形的には地すべりの緩斜面であると推定できる。また、隣接する緩斜面bはC面にのる扇状地性の地形を有している。

本地域の丘陵地は、新第三系～第四系の白岩層(砂質シルト岩および砂岩シルト岩細互層)や魚沼層(礫、火山礫および砂)から構成される(柳沢ほか、1986)。地質構造の詳細については、今後の調査課題として残される。

### 被害の分布

#### 建物被害の区分

一般に、住宅などの木造構造物の被害から被害の集中帯を推定することは、設計様式、建築工法、建築年数による差異や都市の開発履歴による同一建築年数の集中(造成地や区画整理の年数)などさまざまな要素が混在しており、また施工の不具合も加味した場合には困難である場合が多い。

今回の地震による被害の中心地域は、本調査地域を含めて、豪雪地域の農村であることもあり、集落を構成する木造構造物群が、後述するように①木造2階建車庫、②木造2階建一般住家、③高床式木造2階建一般住宅に分類でき、低層のRC構造物やいわゆる2×4工法の構造物をまれにしか含まない特徴がある。また、木造2階建一般住家は、豪雪地域の農家であることから、室内の間取りや建物の構造が類似しており、都市部に見られるような様式や間取りの多様性はない。さらに、15年程度前より、補助金交付の対象となる高床式木造住宅(克雪住宅)が普及することから、ほとんどの木造2階建一般住家の建築年数は15年前以前であり、住家のおよその建築年数とこれらの構造物の様式区分が一致する特徴がある。このため、これらの住家の区分と被害の記載から地盤による被害を考慮して集落ごとの被害率を算定することにより、各集落の被害の程度を比較することができるものと考えられる。

本地域での住宅地図を用いた個別の建物被害調査は、魚野川右岸の新道島地区、北方より魚野川に合流する芋川右岸の竜光2丁目・竜光3丁目地区と芋川左岸の竜光1丁目地区および魚野川左岸の下新田地区で行った。

この地域の建物の構造は、木造、RC構造などに区分できる。木



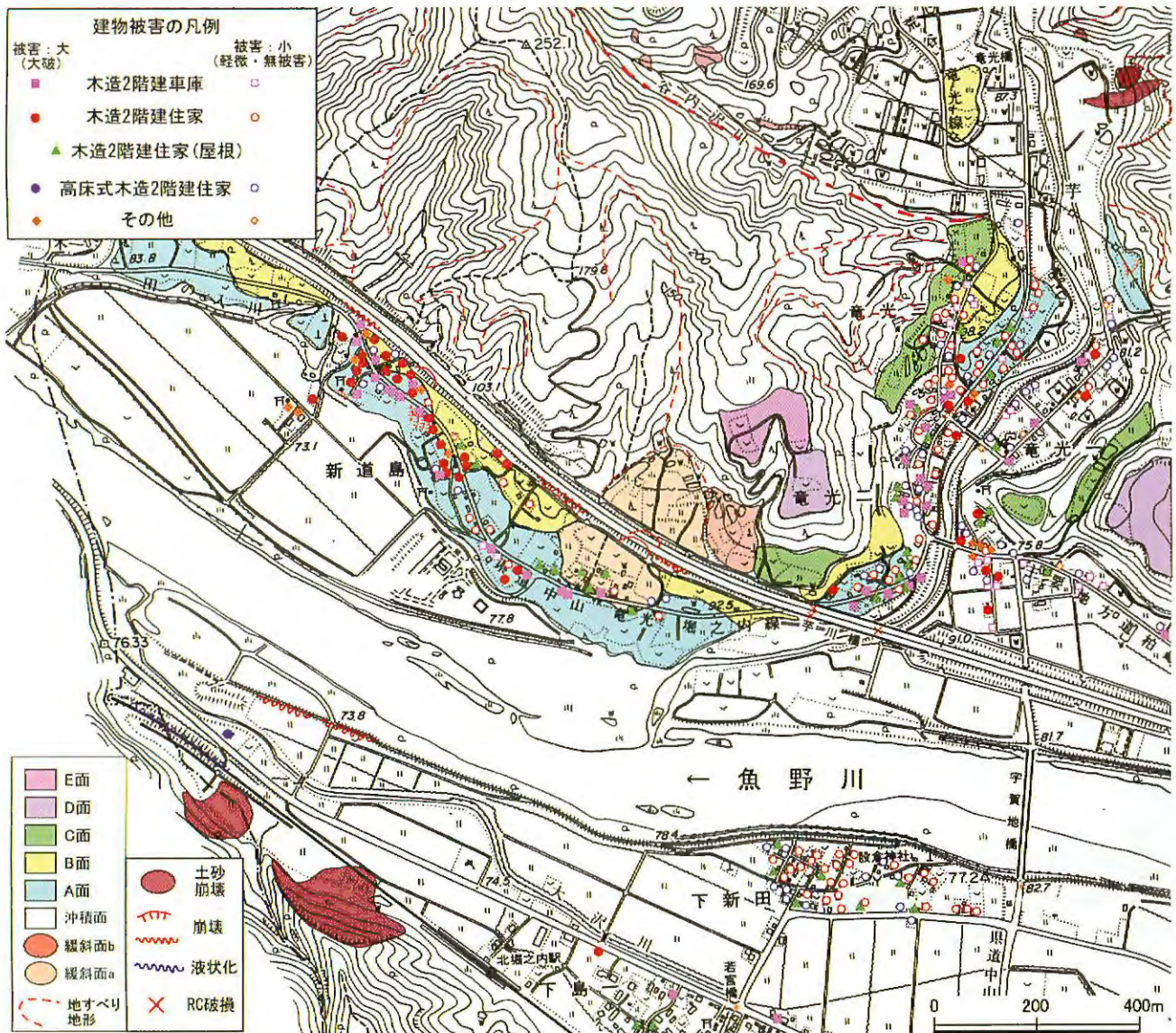


図-2 調査地点周辺の地形と被害の分布。基図は旧堀之内町発行の1万分の1地形図を使用。



写真-1 JR上越線、北堀之内駅西方の斜面表層崩壊。JR上越線の路盤を覆う。



写真-2 JR上越線、北堀之内駅西方の路盤の変状。和南津トンネル坑口まで200~300mの区間で地盤の液状化により、線路路盤が変形している。



質構造物は、以下の3つに区分した。

#### 「木造2階建車庫」

2階建で1階部分が車庫や倉庫からなるピロティ状の形式、2階部分は窓の少ない壁構造で倉庫(納屋)となっている。基礎はコンクリート製の布基礎(布基礎風の鉄筋なし)からなる。

#### 「木造2階建一般住家」

2階建の一般住家であるが、都市部のようにデザインの多様性はなく、雪を考慮した1階部分と2階部分の床面積が同じ直方体状の建物である。

#### 「高床式木造2階建住家」

基礎部分がRC構造の高床式で、ピロティ状の大空間ではなく車庫部分や小さな間仕切りを多用したものの小空間から構成される。上部建屋は一般の木造住宅であるが、雪を自然に落下させるために屋根の棟を高くして、屋根勾配が急である特徴をもつ。高床式基礎は、豪雪対応のための“克雪住宅”で1F部分は雪に埋もれる基礎として床面積に算定されないため普及している。

RC構造は、本地域では一般用の住家ではなく、低層のRC構造の堀之内浄化センターなどが相当する。その他の構造物は、土蔵、アーチ状の鉄骨構造の車庫・倉庫や1階建の車庫などである。

木造構造物の被害程度の区分は、本地域では完全に倒壊したものが少ないため、基礎の破断や基礎と建屋の分離、建物全体のゆがみになど外見上の被害に着目して行った。特に建物のゆがみは基礎からの全体の傾き・ゆがみ、1階と2階の境界部での屈曲・ゆがみ・通し柱の破断を観察した。本研究では、これらの判断基準から、倒壊したものに加えて、基礎部分あるいは1階と2階の境界部での屈曲・ゆがみの程度が大きいものを“大破”として区分した。一般に大破の定義は、「倒壊および現状のままでは住めない状況の建築物」でa)建物が大きく傾き、修復不能な状態あるいは倒壊したもの、b)取り壊しまたは大規模な全面的補強工事を必要とするもの、c)接合部が抜け出し、建築物の一部が鉛直荷重に対する耐力を失っているもの、e)柱、梁、筋交等の骨組みに重大な損傷をきたしたものとされている。大破の区分は、市町村の罹災証明用の全壊判定とはことなり、大破数は罹災証明上の全壊数の7割程度とされる。本研究では、構造物内部の状況を検討したうえで判断ではなく外見上の観察であるが、概ね大破の基準に相当した判断で“大破”という用語を用いた。また、木造2階建一般住家の場合は、大破の区分のみではなく被害のうち外見上の識別が容易な屋根瓦の棟部分の損傷の有無も区分した。被害の程度としては概ね、木造2階建一般住家の屋根瓦被害→木造2階建車庫の大破→木造2階建一般住家の大破→高床式木造2階建住家の大破の順で被害ランクが大きいものと考えられる。

#### 建物被害の分布

調査地域の建物被害の分布を図-2に示す。地区ごとの被害の概要は以下の通りである。

##### 新道島

堀之内浄化センター付近を境として西部と東部で被害の程度が非常に大きく異なる。西部の木造構造物は、主に木造2階建一般住家と木造2階建車庫と6棟の高床式木造2階建住家から構成されるが、木造2階建一般住家と木造2階建車庫をあわせた大破率は97%(大破38棟/全体39棟)で、高床式木造2階建

住家をあわせても84%(大破38棟/全体45棟)の大破率と壊滅的である(写真-7, 8, 9, 10, 11)。これらのうち数棟は段丘面を横断する小渓流の溪岸のすべりによりコンクリート基礎から破断や宅地盛土の崩壊を伴っているが(写真-12, 13)、ほとんど大多数は地震動による大破であると考えられる。

東部の被害は、数棟の木造2階建一般住家と5棟の木造2階建車庫の大破で木造2階建一般住家の被害は屋根被害が目立っている。木造2階建一般住家と木造2階建車庫をあわせた大破率は31%(大破7棟/全体22棟)で、高床式木造2階建住家をあわせた大破率は29%(大破7棟/全体24棟)である。

##### 芋川右岸(竜光2, 3)

住宅の密集した地区であるが、木造構造物の被害は木造2階建車庫の大破と木造2階建一般住家の屋根被害が目立っており(写真-15)、木造2階建一般住家の大破は少ない(写真-16)。木造2階建一般住家と木造2階建車庫をあわせた大破率は27%(大破21棟/全体78棟)で、高床式木造2階建住家をあわせた大破率は21%(大破21棟/全体99棟)である。

##### 芋川左岸(竜光1)

住宅のやや散在した地区であり、木造構造物の被害は木造2階建車庫のと木造2階建一般住家の大破がみられる(写真-18)。木造2階建一般住家と木造2階建車庫をあわせた大破率は40%(大破11棟/全体27棟)で、高床式木造2階建住家をあわせた大破率は24%(大破11棟/全体45棟)である。

##### 下新田

魚野川右岸の宇賀地橋南方に位置しており、木造2階建一般住家と高床式木造2階建住家から構成される集落である。ここでの被害は、木造2階建一般住家の屋根被害が7棟程度と他の地区と比較すると軽微であり、大破に相当する被害は認められなかった。なお、木造2階建車庫も大きな被害が認められなかったため、被害が軽微あるいは無被害の木造2階建車庫の分布を記載していない。

#### その他の被害

##### 盛土

関越自動車道は魚野川右岸に、盛土と切土を繰り返して施工させている。新道島付近では、大規模には2箇所の下り車線(上り車線の一部)の盛土の崩壊が発生した。また、新道島集落西端では谷埋め盛土のすべりによりボックスカルバートの沈下と破断(写真-6)、道路路盤の陥没、盛土法面の崩壊が発生した。宇賀地橋北方の沖積面上に施工された盛土は、大規模ではないが長さ400以上にわたって最下部がはらんでいる。これらの変形量は、側道との境界の金属性フェンスを押し付ける程度で、フェンスが倒壊するほどではない。

##### 土砂崩壊

大規模な土砂崩壊は、JR北堀之内駅西方の2箇所の急崖において発生した。このうちJR北堀之内駅よりの土砂崩壊は、約70mの急崖の表層が崩落したもので、JR上越線の路盤を覆っている(写真-1)。この西よりの崩壊も急崖の表層が崩壊したもので、崩積土塊はJR上越線の路盤盛土とどまっている(写真-2)。竜光北部の芋川左岸にも急崖(地すべりと思われる斜面)の一部が表層崩壊して、沖積面の耕作地を覆っている。

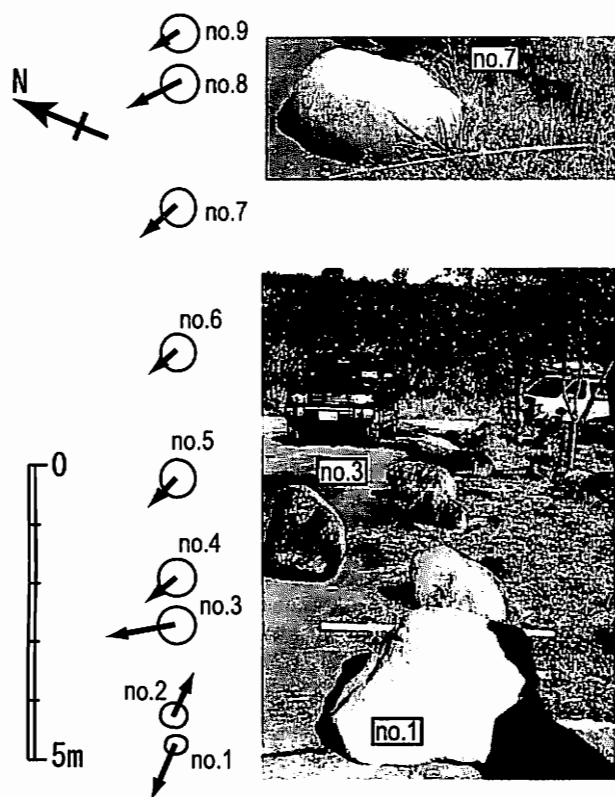


図-3 新道島地区の置石の跳躍現象。

#### 液状化

小規模な液状化は、多くの地点で認められる。比較的液状化した範囲(分布)が広いものは、魚野川左岸のJR上越線の和南津トンネル坑口付近で認められる。この地点では線路路盤直下の地盤の液状化により、約200m以上にわたり線路路盤が波状に変形している(写真-3)。和南津トンネル坑口の覆工(坑口のコンクリート製の覆い部分)も直下の地盤の液状化に伴うすべりによって移動している。この路盤の変形区間の北側の魚野川左岸の堤防も約200~300mにわたって、はらみや亀裂を生じて損傷している。堤防の損傷箇所付近の田圃での顕著な液状化は認められていないが堤防地盤の液状化に関連したものである可能性もある。なお、この線路路盤の変形区間に近接する高床式木造2階建住家(基礎部分はS構造で、上部建屋1F部分は店舗のため大空間あり)は、基礎部分と上部建屋に大きな損傷を受けている。川口町を含めた高床式木造2階建住家の被害は、基礎部分がRC構造に比べてS構造の方が大きな損傷を受けている場合が多いが、新道島・竜光地区で高床式木造2階建住家の被害が軽微であるなかで、特筆できる被害である。

#### 墓石の転倒と置石の跳躍

新道島集落の西端の共同墓地では、約64基ある墓石は、落下防止の施工がされている4基を除いて、すべて転倒しており非常に大きな損傷を受けている(写真-5)。損傷の状況は、竿石の転倒のみではなく、2段目の礎石も突き上げにより跳躍したような状況である。

この墓地入口の道路脇には、比較的扁平な巨石の移動や跳躍がみられる。これらの巨石群は軸長が30~70cm程度で、重量は密度を2.6g/cm<sup>3</sup>と仮定した場合100~300kg程度のものであり、5~

表-1 新道島地区の置石の跳躍(実測値)。石の密度を2.6g/cm<sup>3</sup>として計算した。

No	主軸長(cm)			重量(kg)	移動距離(cm)	移動方向
	a	b	c			
1	75	60	50	306	80	N85E
2	50	50	35	119	50	E
3	70	60	40	229	100	N30W
4	60	50	40	163	40	N65W
5	70	50	40	191	50	N70W
6	70	60	30	172	40	N60W
7	70	40	40	152	70	N60W
8	60	40	30	98	60	N48W
9	55	40	35	105	30	N55W

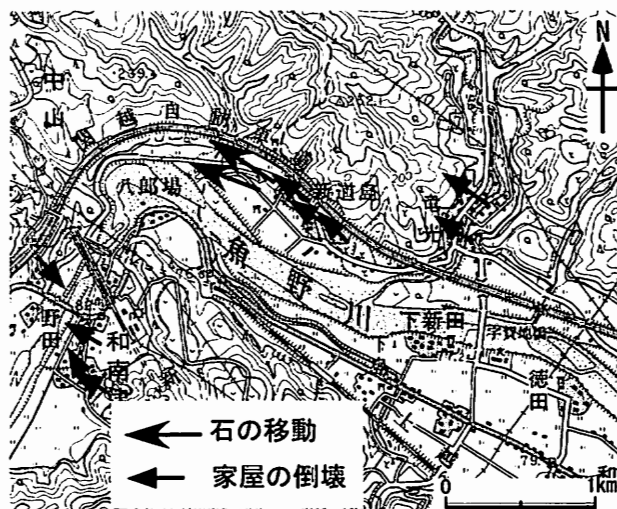


図-4 震源域東部における置石の跳躍および建物の倒壊・座屈方向。国土地理院発行5万分の1地形図「小千谷」を使用。

10cm程度地中に埋められる形で配置されていたものと推定できる(表-1)。これらの巨石群は、およそ北西方向に30~100cm程度移動している(表-1)。特に、No7の石は比較的扁平であるが、地中に埋まっていた部分が完全に上向きになっており、跳躍して底面が上面になるように移動したものと推定できる。これ以外の巨石も、埋積地点(もとの場所)から移動地点までの路面に擦痕がまったく認められないことから、単に移動ではなく跳躍するような形で定置したものと考えられる(図-3)。このような置石の跳躍は、実験から最大加速度で1.5G程度以上、最大速度で150cm/s程度以上の水平方向の力が加わったとき起こることが知られており(翠川ほか、1998)、本地点においても1.5G以上の重力加速度が働いたものと考えられる。また、この跳躍現象の生じる地震動の強さは概ね震度7に相当することから(童ほか、1996)、新道島地区の西部は震度7に相当する地震動を受けたものと考えられる。なお、これらの置石の移動、跳躍方向と新道島、竜光地区でみられる建物の倒壊・座屈方向はほぼ同一で北西方向が卓越している(図-4)。

#### 被害の分布と地形

建物の被害は、新道島地区の西部に特に集中している。この地点では、木造2階建一般住家や木造2階建車庫のすべてが大破しており、本調査地域内の他の地区や震源地に近い川口町、小千谷市地域においても特筆できる被害の集中である。この被害の

集中は、河成段丘であるA面や若干の崩壊性あるいは扇状地性堆積物を含む可能性があるB面に分布している。しかし、新道島地区の東部ではほぼ同様な地形と表層地盤環境であるが、被害は西部と比較すると格段に少ない。よって、この被害の集中は、地形や表層地盤の影響よりも新道島地区西部が強震動を受けたものと考えられる。新道島の被害集中区間の南東方向には魚野川左岸の堤防の損傷や液状化によるJR上越線の路盤の変形区間が位置している。ほぼ同様と考えられる地盤で堤防や線路路盤がこの区間のみが損傷を受けていることは、周囲より強い強震動を受けた可能性が考えられる。この強震動域の要因については、震源断層の断層面からの破壊の伝播やNFRD効果(大野・武村, 2000)の影響を含めて、詳細な地盤や地質調査によって、この建物被害の集中の要因を早急に明らかにしていく必要がある。

## 文 献

- 建設省北陸地方建設局北陸技術事務所(1981):新潟平野部の地盤図集(新潟平野編5の4)。北陸建設弘済会, 641p.
- 翠川三郎・竹田尚史・年繩 巧・大町達夫(1998):1984年長野県西部地震の石の跳躍現象から推定した震源域の地震動強さ。地震, 41, 3, 381-388.
- 大野 晋・武村雅之(2000):地震動の評価—地震動強さの経験則—。日本建築学会編「地震荷重—内陸直下地震による強震動と建築物の応答」, pp45-52, 日本建築学会, 東京.
- 童 華南・山崎文雄・清水善久・佐々木裕明(1996):計測震度と従来の地震動強さ指標の対応関係。土木学会第51回年次学術講演会, 458-459.
- 卜部厚志・鈴木幸治・本郷美佐緒・片岡香子・安井 賢(2004):2004年新潟県中越地震における震源付近の建物被害。地学団体研究会機関紙「そくほう」, 595, 2-4.
- 柳沢幸夫・小林巖雄・竹内圭史・立石雅昭・茅原一也・加藤碩一(1986):5万分の1地質図幅「小千谷」。地質調査所, 177p.