

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 8日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010年～2012年

課題番号：22510195

研究課題名（和文） 地理情報を用いた住宅地震危険度評価に関する研究

研究課題名（英文） Seismic risk assessment of housing by using geographical information

研究代表者

大塚 悟 (OHTSUKA SATORU)

長岡技術科学大学・工学部・教授

研究者番号：40194203

研究成果の概要（和文）：

本研究は地震による住宅被害のメカニズムの解明と被災予測モデルの構築を目的に、中越及び中越沖地震の被災住宅の罹災証明データを収集し、住宅被害と計測震度との相関について分析した。内陸部の地震である中越地震と海岸部の地震である中越沖地震の二つの地震被害を取り扱うことによって、地震被害のローカル性を排除して一般的な被害モデルを構築した。調査では被害住宅にのみに着目するのではなくて、被災率に着目した整理を実施した。

研究成果の概要（英文）：

For the purpose of elucidation of damage mechanism and development of disaster prediction method for housing by the earthquake, this study collected the afflicted proof of the affected houses in Chuetsu earthquake and Chuetsu-oki earthquake and analyzed for correlation with seismic intensity and house damage. By handling two earthquake damages caused by inland and coastal earthquakes, a housing damage model was investigated by excluding the locality of earthquake damage as much as possible. The housing damage ratio was introduced and employed in the correlation analysis since the number of damaged houses is not appropriate to quantitative estimation of housing damage. Finally, the relationship between housing damage ratio and seismic intensity was proposed by arranging the ground classifications into four groups.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：自然災害科学

科研費の分科・細目：地盤災害

キーワード：地震災害、住宅被害、ハザード評価、地理情報システム、土地条件、電子地盤図

### 1. 研究開始当初の背景

阪神大地震では多くの家屋被害が発生し、多くの人命が失われた。我が国の地震防災対策の重要項目として家屋の耐震化が注力され、家屋の耐震性は随分と向上した。中越および中越地震では家屋被害による人命の喪失を防ぐことは出来たが、次の項目として家屋被害が着目された。特に、家屋の倒壊ではなく、地盤の変状によって家屋が損傷する事例が多く、地盤特性による家屋被害の発生が着目された。

その一方で、中越および中越沖地震は阪神大震災以降の震度7を経験する大地震であり、多くの地震データが電子化された初めての地震である。標高や地盤情報などの社会基盤情報も電子化されつつあり、地理情報システムを用いると容易に検索や分析が可能になっている。

近年は東日本大震災が発生し、大規模災害が生じるとともに、他地域での災害の発生が懸念されている。地震防災にはハード対策とともにソフト対策があり、住民の自助による減災が期待される。本研究では中越および中越沖地震における家屋の被害データの分析を行い、地震時の家屋被害を予測するモデル構築に資することを目的とする。

### 2. 研究の目的

本研究は中越および中越沖地震の被災住の罹災証明データに基づいて、小千谷市、長岡市、柏崎市、刈羽村の住宅被害と地形・地質・地形分類などの地理情報との相関について分析するものであり、その成果に基づいて最終的に住宅の地震危険度評価モデルを構築する計画である。住宅の実被害データを用いて被害要因を分析し、危険度評価モデルを構築する上での基礎データの信頼度を向上させると共に、他地域に適用可能な一般性のあるモデルの構築を目的とする。

### 3. 研究の方法

研究は地理情報システムを用いて、中越および中越沖地震における家屋被害に及ぼす要因の分析を行う。以下に研究の方法を箇条書きにする。

#### (1) 家屋被害データの収集

中越地震および中越沖地震における家屋被害の罹災証明データを関係市町村より収集し、電子化して地理情報システムに格納する。家屋については建物建築年代に着目した整理を実施する。

#### (2) 地震家屋被害の要因分析

家屋被害に及ぼす地盤条件に着目して、震源からの距離、計測震度、地形、土地条件、振動特性、ボーリングのN値などの諸要因との相関関係について調査する。

#### (3) 家屋被災率による統計分析

家屋被害はこれまで、被害件数ユニによる分析が行われてきた。しかし、市街地と山間地では家屋数が異なることから家屋被害件数での議論には意味がない。本研究では被災率を算出して客観的な分析を実施する。

#### (4) 地震家屋被災モデルの構築

地震被害は発生場所の地形や地質に応じた地域性を有する。したがって、得られた家屋被害データは地域性を有しており、他地域への適用が困難な問題がある。家屋被害に及ぼす要因を明確にすることにより、他地域に適用可能な家屋被害メカニズムを明らかにする。本研究では中越地震および中越沖地震の被害を考慮することにより、他地域に適用可能な一般モデルの構築を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) 中越沖地震の微地形による分析

図1に微地形毎の被害件数、図2に微地形による家屋の被害割合を示す。被害件数が最も多い地形区分は砂丘地であるが、被害割合で整理すると埋立地、後背湿地、谷底低地で半壊以上の家屋被害の割合が高く、被害件数の最も多い砂丘地は逆に低い結果となった。微地形区分による家屋被害の発生は家屋被災率で判定する必要がある。

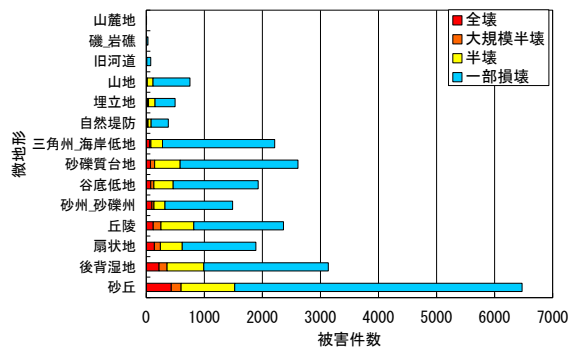


図1 微地形による被害件数

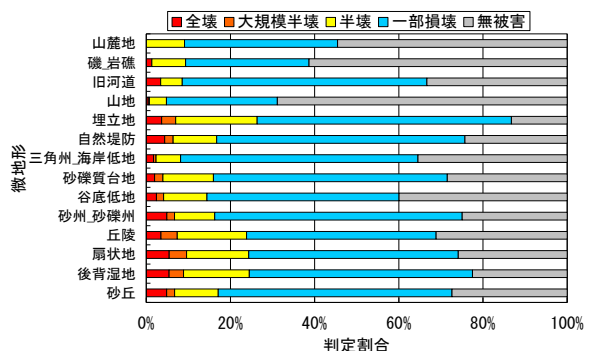


図2 微地形による被害の内訳割合

(2) 中越沖地震の地形による分析

図3に震央からの距離と家屋被害件数の相関、図4に距離区分で被災率（被害の割合）を算出した結果を示す。被害件数では家屋数の影響を受けるが、被災率で整理すると距離減衰効果が明確に得られる。しかし、図4では震源からの近距離で若干異なる傾向が見られたが、これは海岸部や山岳地で家屋数のデータが少ない影響を受けたと考えられる。

震央からの距離と微地形の二つの要因の影響を考慮した分析結果を図5に示す。微地形の面積は異なるが、震源からの距離により被災率が低下する。図では山地と砂丘にて築地の被災率を示すのに対して、後背湿地や扇状地の被災率はやや高めの結果となった。

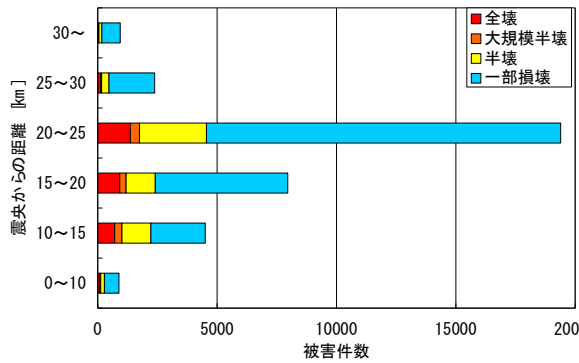


図3 震央からの距離と被害件数

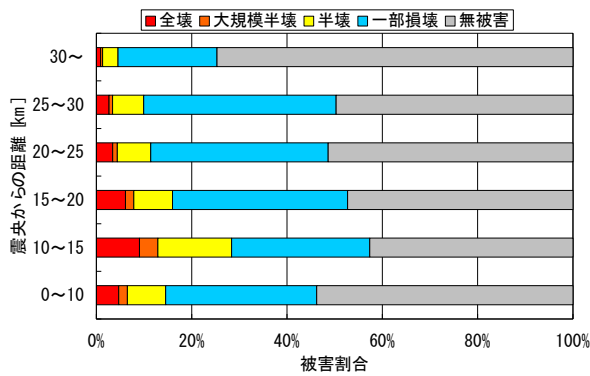


図4 震央からの距離と被害の割合

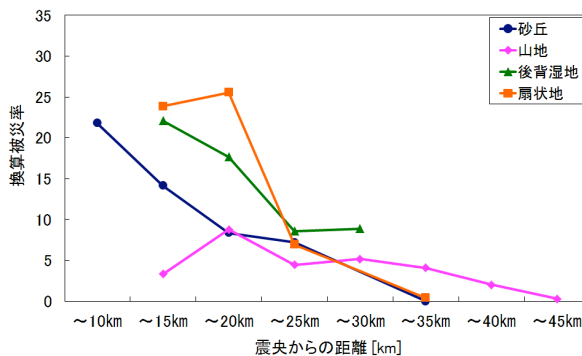


図5 微地形による換算被災率の距離減衰

(3) 中越地震と中越沖地震の比較分析

地震の家屋被害は被災地の地形、地質、建物構造などの影響を受けることから、被害の分析結果は地域固有の特性が顕著になり、一般性に欠ける問題がある。図6、7に中越地震および中越沖地震における微地形と家屋被害件数、換算被災率の関係を示す。被災件数と被災率では傾向に大きな差異があり、被災率で分析する優位性が確認される。また、2つの地震では微地形による家屋の被災率に顕著な差異が確認される。これは地震被害に地域性が大きく関与する事を示している。

図8に中越地震・中越沖地震の各微地形区分に対して震央からの距離に対する被災率を示す。全体的に中越沖地震は被災率が高いが、距離による低下傾向は中越地震とほぼ同様の結果が得られた。被災率の低下傾向にばらつきがみられるが、地形区分の面積や建物件数の差異による影響と考えられる。山地では両地震の被災率がほぼ一致する結果となったが、後背湿地や扇状地では中越沖地震が高い被災率を示した。

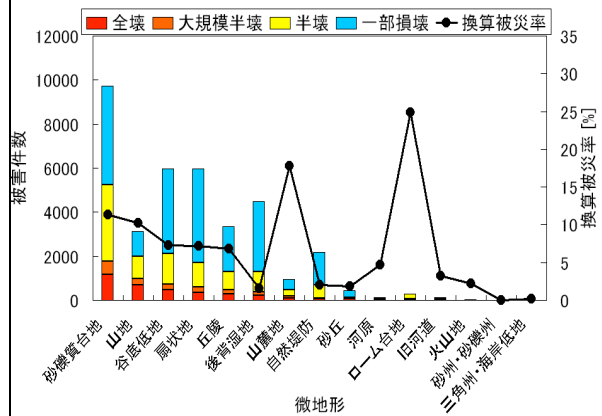


図6 中越地震の微地形・被害件数・被災率

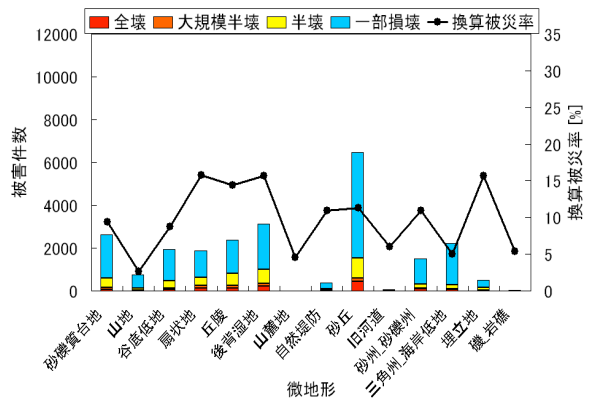


図7 中越沖地震の微地形・被害件数・被災率

(4) 計測震度と建物年代による家屋被害

計測震度を用いた家屋被害の分析を実施する。建築年代に着目した整理を実施する。

データが整備されている中越地震の旧長岡市地域の被害について、図9に計測震度と建築年代別全件数、図10に計測震度と建築年代別被災率を示す。同様に中越沖地震における柏崎地域の被害を図11、12に示す。計測震度に対する建築年代による被災率の差が明確に示された。

地震の家屋被害は震源地の差違により地域性の表れることから、両地震の被害を組み合わせると内陸直下型地震と海岸直下型地震の特徴が組み合わせられ、データの不足を補完できる。図13に複合地域における建築年代別被災率による統計分析結果を示すが、被災率のばらつきが小さい結果が得られた。

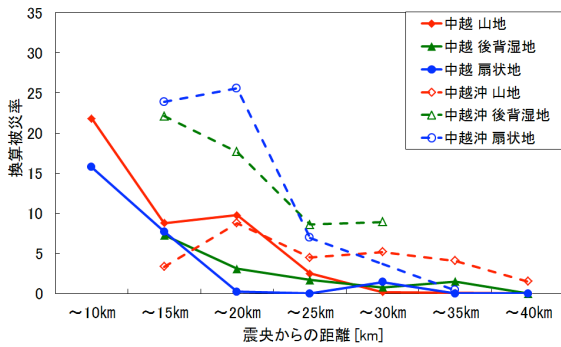


図8 中越および中越地震の比較

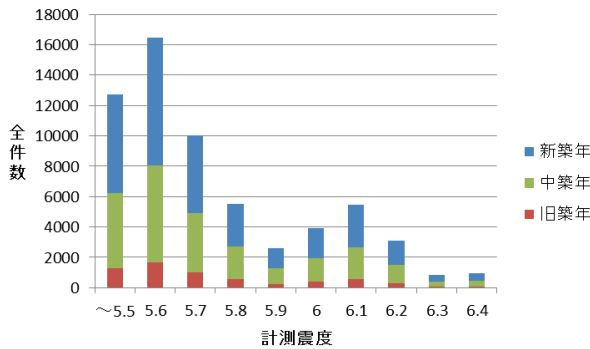


図9 中越地震の計測震度と被害件数

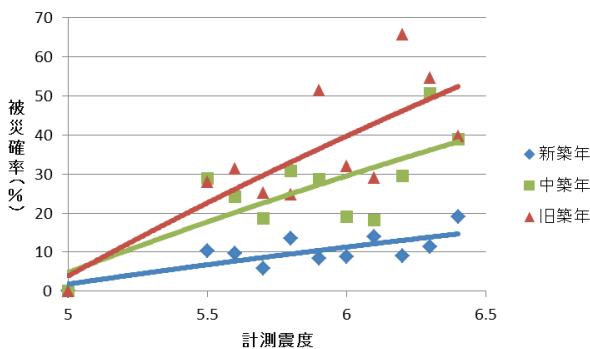


図10 中越地震の計測震度と被災率

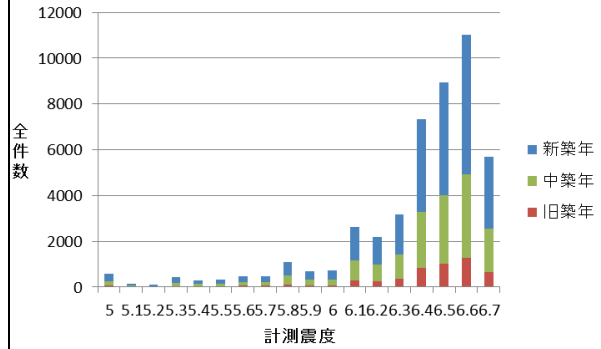


図11 中越沖地震の計測震度と被害件数

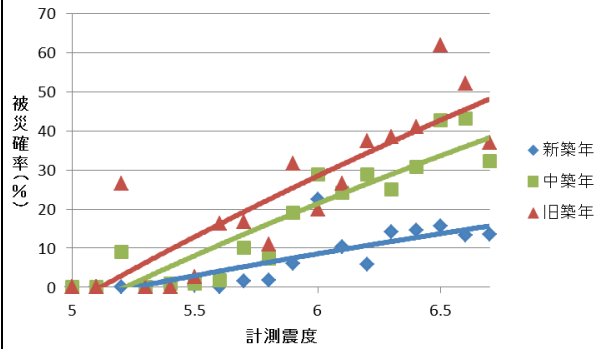


図12 中越沖地震の計測震度と被災率

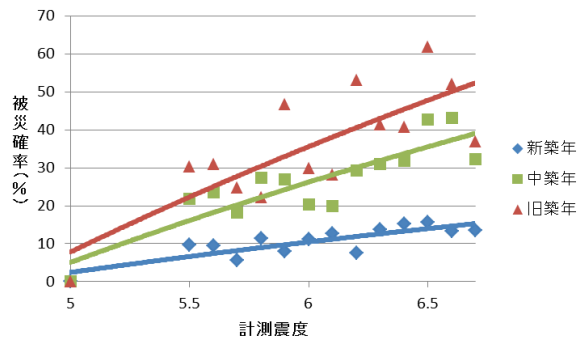


図13 中越・中越沖地震の計測震度と被災率

(5) 微地形の分類化による被害特性の検討  
 家屋被害データの分析にて条件を細分化すると各カテゴリの家屋データ数が少なくなることから、データの信頼性が損なわれる問題がある。微地形について、形成過程や地盤特性および家屋の被災率を勘案して表2に示すような4つのグループに分類した。図14に複合地域における土地条件別全件数及び被災率(被害割合)を示す。対象件数では過半数を人工地形が占めており、残りを水部地形、平坦地形、傾斜地形の順で占めている。被災率では人工地形が13%弱に留まるのに対して、傾斜地形では約55%と非常に高い結果を示した。

表2 土地分類のグループ化

人工地形	水部地形	平坦地形	傾斜地形
人工改変	水部	低地	山地
盛土地	旧河道	谷底平野	丘陵
平坦化地	水敷	氾濫平野	斜面
改修工事中	自然堤防	変形地	山麓堆積地形
埋土地		凹地	扇状地
		台地・段丘	砂丘
		後背低地	砂丘縁辺部

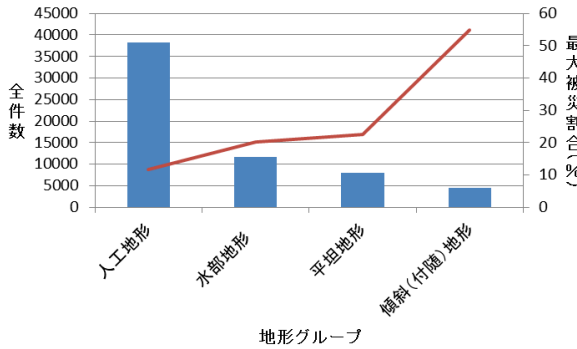


図 14 土地グループ別全件数及び被災率

(6) 土地分類による被害モデル

地形グループ毎に計測震度に対する建築年代別被災率を算出し、地震動による影響の差異を評価する。図 15~18 に人工地形、水部地形、平坦地形、傾斜地形における建築年代別被災率を示す。建築年代による差異は旧年代ほど被災率が高い結果を示す。図では平坦地形および傾斜地形で旧築年と中築年の被災率がほぼ同様になった。地形グループで建築年代による被災率の傾向が異なる点については今後の検討課題である。傾斜地形では建築年代によらず被災率が高い結果となった。

土地条件が同じでも様々な地盤条件がある。ボーリングデータから得られるN値は地盤の堅さを表す指標として広く用いられている。データ数は少ないが、旧長岡市と柏崎市地域において表層10mまでの平均N値を用いてN値別被災率を算出した。図19に分析結果を示す。被災率はN値の上昇に伴って低下する傾向が見られるが、水部地形及び平坦地形では類似の傾向が得られた。また人工地形は同様の低下傾向を示すが、全般的に低い被災率を示す。一方、傾斜地形ではN値によらず高い被災率を示す結果となった。これは地盤の堅さによらずに被災率が決まることを示しており、傾斜地形では地形に起因した地盤変動の影響を受けると考えられる。

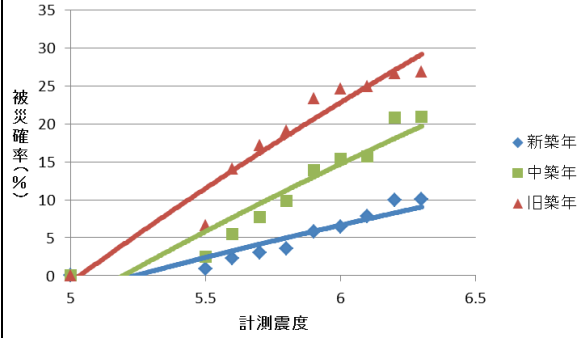


図 15 人工地形における建築年代別被災確率

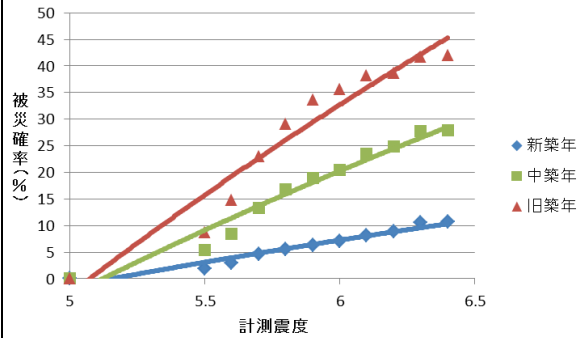


図 16 水部地形における建築年代別被災確率

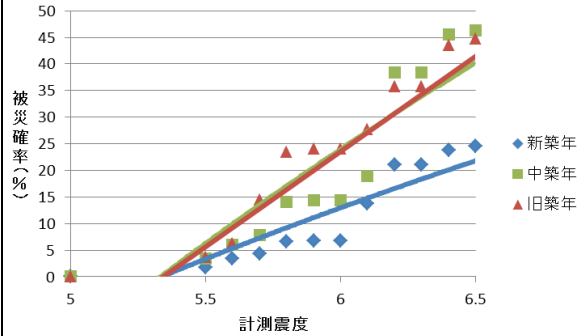


図 17 平坦地形における建築年代別被災確率

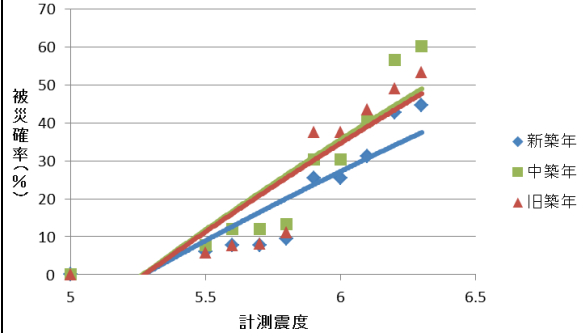


図 18 傾斜地形における建築年代別被災確率

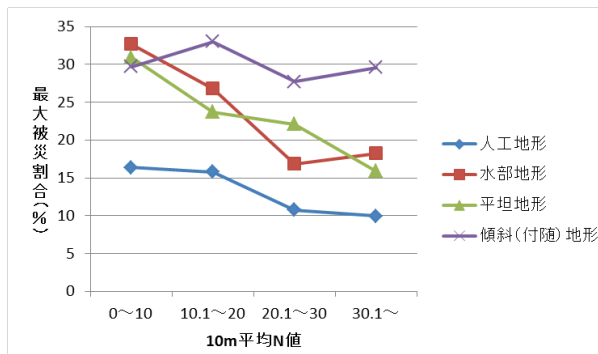


図 19 地形分類による建築年代別被災率

#### (7) まとめ

本研究で得られた結論を箇条書きにする。  
 (A)中越地震および中越沖地震において建築年代データを用いることにより、250m メッシュ区分における計測震度の推移に伴う建築年代別平均被災率を明らかにした。

(B)中越地震および中越沖地震における被災確率と兵庫県南部地震の被災確率を比較すると、建築年代に対して概ね一致する結果を示した。年代別では建築年代が古いほど被災確率は上昇する結果となった。

(C)中越地震および中越沖地震を対象に微地形に対する家屋被災率を算出した。また、微地形を4つのグループに大別して、建築年代別被災率を算出した。分析より地形グループによって建築年代別の被災率が異なることを明らかにした。

(D)地形グループに加えて、表層10mまでの平均N値を考慮した分析を実施した。被災率はN値の上昇に伴って低下するが、水部地形及び平坦地形では同様の被災率であるのに対して、人工地形は低い被災率を示す。一方、傾斜地形はN値によらずに高い被災率を示した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① 落合弘和、山田健人、大塚悟、磯部公一、土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)、査読あり、Vol. 68、No.4、2012、1052-1061
- ② Yoshinori Hosaka, Satoru Ohtsuka, Yukihiko Kamoi and Koji Ichimura, Proc. of 14th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 査読なし, DVD-ROM, 2011
- ③ 山田健人、落合弘和、大塚悟、磯部公一、第31回地震工学研究発表会、査読なし、DVD-ROM、2011
- ④ 大塚悟、藤澤誠二、落合弘和、磯部公一、

高原利幸、土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)、査読あり、Vol.66、No.1、2010、414-424

[学会発表] (計10件)

- ① 市村浩二、中村溪太、大塚悟、第48回地盤工学会研究発表会講演集、2013、受理
- ② 関孝文、山田健人、大塚悟、磯部公一、第48回地盤工学会研究発表会講演集、2013、受理
- ③ 山田健人、藤澤誠二、大塚悟、磯部公一、第47回地盤工学会研究発表会講演集、2012、DVD-ROM
- ④ 落合弘和、佐々木美和、大塚悟、磯部公一、第66回土木学会年次学術講演会講演概要集、第1部門、2011、841-842
- ⑤ 落合弘和、磯部公一、大塚悟、第9回日本地震工学会年次大会2011年梗概集、2011、258-259
- ⑥ 落合弘和、大塚悟、磯部公一、第29回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集、2011、256-257
- ⑦ 山田健人、大塚悟、磯部公一、落合弘和、第29回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集、2011、252-255
- ⑧ 大館隼一、大塚悟、磯部公一、齊藤美咲、佐々木美和、第45回地盤工学会研究発表会講演集、2010、1583-1584
- ⑨ 藤澤誠二、大塚悟、磯部公一、落合弘和、第28回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集、2010、214-215
- ⑩ 落合弘和、大塚悟、磯部公一、大館隼一、第28回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集、2010、200-201

[その他]

ホームページ等

<http://cds.nagaokaut.ac.jp/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

大塚 悟 (OHTSUKA SATORU)

長岡秘書科学大学・工学部・教授

研究者番号：40194203