

平成 22 年 5 月 20 日現在

研究種目： 基盤研究（B）  
 研究期間： 2007 ～ 2009  
 課題番号： 19310124  
 研究課題名（和文） ローカリティを考慮した新しい土砂災害リスク評価手法の開発と実用化  
 研究課題名（英文） Development and practical application of a new approach landslide risk assessment by considering the geotechnical localities

研究代表者  
 陳 光齊 (CHEN GUANGQI)  
 九州大学・大学院工学研究院・准教授  
 研究者番号： 50293882

**研究成果の概要（和文）：** 大地震や豪雨に伴う土砂災害による被害を低減するために、新しい斜面災害リスクマネジメント実用技術を開発した。地理情報システム GIS および先端な数値シミュレーション技術 DDA を駆使して、斜面崩壊の可能性を示すハザードマップおよび潜在的な斜面崩壊による損失を示す斜面災害リスクマップの新しい作成技術を開発し、全国における土砂災害ハザードマップおよびリスクマップを作成した。

**研究成果の概要（英文）：** In order to mitigate the natural disaster from landslides induced by both earthquakes and heavy rains, a new practical method of risk management on landslides has been developed. A new approach to making landslide hazard map and risk map has also been developed by using GIS and DDA and the hazard map and risk map of landslides in Japan have been mapped.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
2008 年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2009 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
総計	15,200,000	4,560,000	19,760,000

研究分野：自然災害科学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：斜面災害、リスク、ハザード、マップ、GIS、DDA、数量化、シミュレーション

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 国土の約 7 割が山地・丘陵地であり、地質的にも脆弱な日本列島は、地震や豪雨に伴う斜面災害が毎年のように全国各地で発生しており、多くの尊い人命や財産が奪われ、国民の暮らしに大きな影響を与えている。

(2) 新たな宅地開発が進み、市街地の拡大から豪雨による斜面災害発生危険地域が都市周辺に迫り、それに伴う斜面災害の発生するおそれのある危険な箇所も年々増加し続けている。平成 14 年の全国危険斜面調査によると、急傾斜地崩壊危険箇所は 330,156 箇所

にのぼり、その整備率は約 2 割と低い水準である。

(3) 全ての斜面災害危険箇所を対策工事するのは、膨大な時間と費用が必要となるため、防災計画にリスク指標を導入し、リスクの高い斜面を優先対策する必要がある。また、ハード対策と併せて、土砂災害が発生するおそれのある区域を明らかにし、危険な区域において一定の開発行為の制限・建築物の移転勧告や警戒避難体制の整備などを行うソフト対策を講じるのは非常に重要である。そのために、新しい土砂災害リスクの評価手法の開発は急務となっている。



ニュアル」を参照して、表1に示す資産項目において全国における斜面災害損失の対象資産を計算した。得られた都道府県の資産額が図3に示されている。

表1 土砂災害の損失対象とした資産項目

資産項目	評価方法
一般資産	
家屋： $g^{(1)}$	(家屋の延べ面積)×(評価単価)
家庭用品： $g^{(2)}$	(世帯数)×(家庭用品評価単価)
農漁家債却資産： $g^{(3)}$	(農漁家世帯数)×(債却評価単価)
農漁家在庫資産： $g^{(4)}$	(農漁家世帯数)×(在庫評価単価)
事業所債却資産： $g^{(5)}$	(労働者数)×(産業分類別債却資産評価額)
事業所在庫資産： $g^{(6)}$	(労働者数)×(産業分類別債却資産)
農作物： $g^{(7)}$	(耕地面積)×(年平均収量)×(農作物価格)
公共土木資産	
道路： $g^{(8)}$	(道路延長)×(1m当たりの標準単価)
鉄道： $g^{(9)}$	(鉄道延長)×(1m当たりの標準単価)
橋梁： $g^{(10)}$	(橋梁長)×(幅員)×(復旧単価)
公共事業施設： $g^{(11)}$	(施設数)×(床面積)×(単位面積当たりの標準単価)

(3) ハザードマップとリスクマップの作成ツールの開発、必要なデータの入手方法やパラメータの同定方法などの確立、マップの精度検証による高精度なマップを作成する効率的なアプローチの確立 具体的には、① 本研究で開発した斜面崩壊確率の評価手法と斜面災害による経済損失の評価手法をGISプラットフォームに適用し、斜面災害に関するハザードマップ、経済損失分布図とリスクマップを効率的に作成するツールを開発した。② 崩壊確率の推定に必要な地盤の強度定数においては既存の地盤情報データベースや現場測定したデータを活用し、一部地域において表面波探査法・簡易貫入法で地盤強度の実測を行い、各種地盤の強度定数の確率分布を同定した。精度の高いハザードマップの作成は可能となった。③ 北九州市をモデル地域として1kmメッシュと100mメッシュでハザードマップとリスクマップを作成し、メッシュサイズの影響を検討し、計算効率とマップの精度を両立させるメッシュサイズの組み合わせ方法を確立した。④ 斜面崩壊の年超過確率を推定するために、斜面地盤の強度を考慮した「力学的手法」と崩壊履歴データを活用する「ロジスティック手法」を組み合わせる新たな斜面崩壊年超過確率の推定手法を開発した。

(4) 日本全国におけるハザードマップとリスクマップの作成と分析 ①国土院刊行の「数値地図50mメッシュ」の標高データを利用して、日本全域の斜面勾配を1kmメッシュサイズで作成した。勾配が30°以上のメッシュは日本全域の74.2%を占め(図4)、山地が多く分布している特徴は明らかになった。②各地の地盤情報データベースと国土交通省ホームページの国土数値情報ダウンロードサービスを活用し、各地方における表層地質分類図を作成した。③本研究で提案した斜面崩壊確率分析モデルを用いて、日本全域の斜面崩壊ハザードマップを作成した(図5)。④資産の地形分布を解析し(図6)、土砂災害リスクマップを作成した。これらの情報は行

政の斜面防災に関する意思決定に寄与することが期待される。

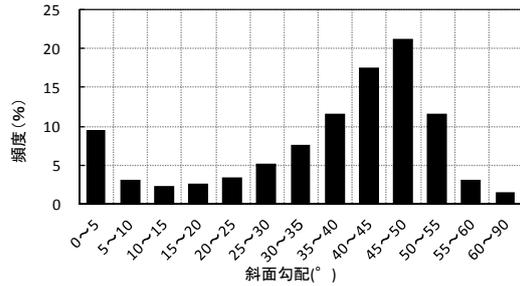


図4 日本全域斜面勾配の頻度分布

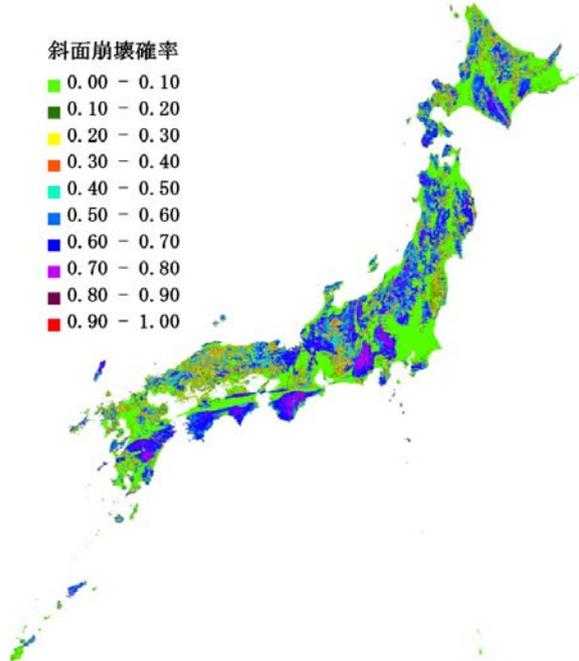


図5 日本における土砂災害ハザードマップ

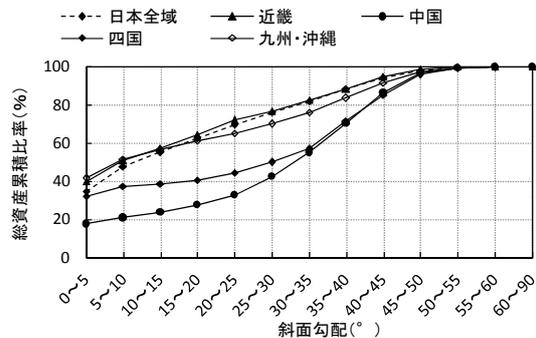
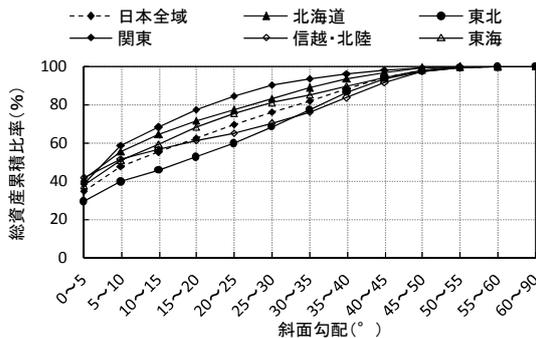


図6 地域別斜面勾配ごとに総資産累積比率分布

(5) 温暖化に伴う異常天候による土砂災害リスクの増大に関する評価 1975年から2008年まで33年間の気象庁の51観測点における日降水量100mm以上となる豪雨の年間日数を解析し、気象研究所による開発された水平解像度20kmの日本域地域気候モデルを参考して、30年、50年および100年後の豪雨回数を予測し、30年、50年および100年後に土砂災害リスクはそれぞれ37.5%、61.1%、115.4%増大する結果が得られた。

(6) リアルタイムのハザードマップの作成手法の開発 北九州市をモデル地域としてリアルタイムのハザードマップを作成し、時間雨量の増加とともに斜面崩壊危険域は拡大したことが確認された。特に、普段の崩壊確率がそれほど大きくない地域においては、降雨に伴い崩壊確率が急激に大きくなり、増加比が上位5%の危険区域に入ると、崩壊がよく発生することが分かった。図7に2003年7月18日18:00から19日2:00にかけてリアルタイムハザードマップの一部が示されている。19日1時のハザードマップにおいて、危険区域該当メッシュを抽出した結果、斜面崩壊が発生した八幡東区大谷は危険区域に該当した。

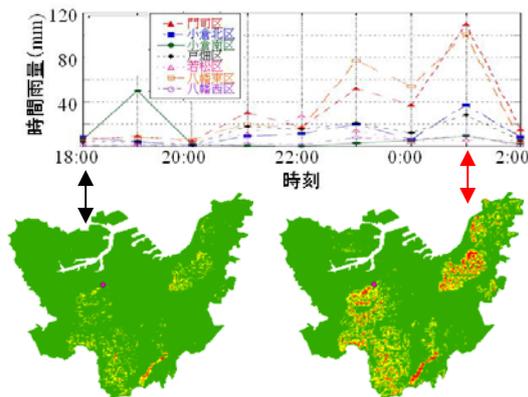


図7 北九州市のリアルタイムハザードマップ

(7) 土砂災害危険箇所における効率的な避難体制整備のための危険度評価 北九州市においては、「砂防法」に基づき、1133の「土砂災害危険箇所」が指定され、有効な対応が求められている。実効性のある警戒避難体制を整備するために、本研究で開発された手法を用い、各「土砂災害危険箇所」における危険度を評価し、危険度ランキングをした。危険度の高い箇所を対象に、高度な数値シミュレーションやモニタリングなどを行い、重点対策を講じることにより効率的な避難体制の整備を目指している。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 29 件)

① 王功輝・末峯章・陳光齊、徳島県白石地

すべり地における蛇紋岩の残留強度特性および移動土塊の変動メカニズムについて、地すべり学会誌、査読有、(印刷中)

- ② K. Yasuhara, H. Komine, S. Murakami, G. Chen & Y. Mitani, Effects of climate change on geo-disasters in coastal zones, Journal of Global Environment Engineering, 査読有, Vol.15, 2010, 15-23
- ③ G. Wang, A. Suemine, W. H. Schulz, Shear-rate-dependent control on the dynamics of rainfall-triggered landslides, Tokushima Prefecture, Japan, Earth Surface Processes and Landforms, 査読有, Vol.35(4), 2010, 407-416
- ④ W. H. Schulz, J. W. Kean, G. Wang, Landslide movement in southwest Colorado triggered by atmospheric tides, Nature Geoscience, 査読有, Vol.2, 2009, 863-866
- ⑤ 陳光齊、善功企、鄭路、地震による斜面崩壊土石の高速・遠距離運動のメカニズムに関する研究、土木工学会地震工学論文集、査読有, Vol.9, 2009, CDROM 4-0037
- ⑥ 安原一哉、小峯秀雄、村上 哲、陳光齊、三谷泰浩、田村 誠、温暖化による気候変動が地盤災害に及ぼす影響、地球環境、査読有, Vol.14, No.2, 2009, 247-256
- ⑦ K. KASAMA, K. ZEN and G. CHEN, Shaking Table Test on the Dynamic Earth Pressure against Retaining Structure in Application of Cement-Mixing Method, Proceedings of International Symposium on Ground Improvement Technologies and Case Histories (ISGI09), 査読有, 2009, 579-586
- ⑧ Y.L. HOU, G.Q. CHEN and C.H. ZHANG, Extension of Distinct Element Method and Its Application in Fracture Analysis of Quasi-brittle Materials, Proceedings of the 9th International Conference on Analysis of Discontinuous Deformation, 査読有, 2009, 227-236
- ⑨ G. CHEN, J. SUN, GIS-BASED PROBABILISTIC ANALYSIS OF THE SLOPE SAFETY FACTOR FOR LANDSLIDE HAZARD MAPPING INDUCED BY EARTHQUAKE, Proceedings of International Joint Symposium on Geo-disaster prevention and Geoenvironment in Asia, 査読有, 2009, 76-83
- ⑩ T. NIAN, S. WAN and G. CHEN, 2D AND 3D SLOPE STABILITY ANALYSIS USING SHEAR STRENGTH REDUCTION FINITE ELEMENT METHOD, Proceedings of International Joint Symposium on Geodisaster prevention

- and Geoenvironment in Asia、査読有、2009、71-75
- ⑪ G. CHEN, K. ZEN, Z. Jiang and Y. Jiang、Study on Mechanism of Long-distance Movement of Debris from Landslide Induced by Earthquake、Proceedings of International Conference on Earthquake Engineering、査読有、2009、648-651
- ⑫ 三角真貴子, 善 功企, 陳 光斉, 笠間清伸、GISを導入した降雨による斜面崩壊ハザードマップおよびリスクマップの評価に関する研究、降雨と地震に対する斜面崩壊機構と安定性評価に関するシンポジウム論文集、査読有、2009、385-388
- ⑬ 大久保佳美, 善 功企, 陳 光斉, 笠間清伸、北九州市を対象とした土壌雨量指数と実効雨量の土砂災害危険度、降雨と地震に対する斜面崩壊機構と安定性評価に関するシンポジウム論文集、査読有、2009、287-290
- ⑭ S. Hori and T. Fujita、Incentive mechanisms for the development of a low-carbon society in Asia、Journal of Novel Carbon Resource Sciences、2010、24—28
- ⑮ CHEN G., ZEN K., KASUYA Y.、PRACTICAL RISK ASSESSMENT OF SLOPE DISASTER INDUCED BY EARTHQUAKE、Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering、査読有、2008、Vol.27, No.12,2488-2493
- ⑯ CHEN G.、PRACTICAL TECHNIQUES FOR RISK ANALYSIS OF EARTHQUAKE-INDUCED LANDSLIDE、Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering、査読有、2008、Vol.27, No.12,2395-2402
- ⑰ G. Zhou & G. CHEN、LANDSLIDE RISK PREDICTION BASED ON COUPLING GIS AND SECOND THEORY OF QUANTIFICATION (in Chinese)、Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering、査読有、2008、Vol.27, No.12, 2 4 94-2500
- ⑱ T.K. Nian, G.Q. Chen, M.T. Luan, Q. Yang, and D.F. Zheng、Limit analysis of the stability of slopes reinforced with piles against landslide in nonhomogeneous and anisotropic soils、Canadian Geotechnical Journal、査読有、2008、Vol.45, No.8, 1092-1103
- ⑲ 周国云, 陳光斉, 北園芳人、GISを活用した数量化理論による斜面崩壊ハザードマップ作成手法の開発と適用、応用地質、査読有、2008、Vol.49, 2-12
- ⑳ 笠間清伸, 善功企, 陳光斉、強度の不均質性を考慮した固化処理地盤の支持力に関する信頼性解析、第8回地盤改良シンポジウム論文集、査読有、219-224、2008
- 21 陳光斉、斜面防災に有効なリスクマネジメント、公明、査読無、2008、No.35, 58-63
- 22 北園芳人, 井上敦裕、斜面崩壊の素因に注目した斜面の危険度評価、第4回土砂災害に関するシンポジウム論文集、査読有、2008、92-102
- 23 粕谷悠紀, 善功企, 陳光斉、地震による斜面災害復旧へのリスクマネジメントの適用、土木学会地震工学論文集、査読有、Vol.29, 2007, 40-45
- 24 笠間清伸, 善功企, 陳光斉、高圧脱水固化処理による汚染粘土の強度増加と有害物質の溶出低減効果、土木学会論文集、査読有、Vol.63(No.2), 2007, 544-552
- 25 G. CHEN, K. ZEN & N. Kasuya、RISK MANAGEMENT OF SLOPE DISASTER INDUCED BY EARTHQUAKE、Proceedings of the 13th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering、査読有、Vol. 2, 2007, pp927-930
- 26 陳光斉, 善功企、不連続変形法 DDA による斜面崩壊の数値シミュレーション、斜面災害における予知と対策技術の最前線に関するシンポジウム論文集、査読有、2007, pp. 191-196
- 27 粕谷悠紀, 陳光斉, 善功企, 笠間清伸、地震および降雨による斜面災害復旧へのリスクマネジメント技術に関する研究、斜面災害における予知と対策技術の最前線に関するシンポジウム論文集、査読有、2007, pp. 225-228
- 28 T.K. Nian, G. Chen, M.T. Luan & Q. Yang、Numerical analysis of stability of slope reinforced with piles subjected to combined load, New Horizons in Earth Reinforcement, Edited by Otani, Miyata & Mukunoki, 査読有、2007, pp. 401-405
- 29 D. Irikado, K. Zen and G. Chen、A STUDY ON EVALUATION OF LANDSLIDE RISK INDUCED BY RAINFALL WITH GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, NEW FRONTIERS IN CHINESE AND JAPANESE GEOTECHNIQUES、査読有、2007, pp. 207-212

【学会発表】(計18件)

- ① 藤田敏之、非対称な国家間の環境マッチング協定、第49回数理社会学会大会、2010/3/7、立命館大学
- ② T. Fujita、International cooperation for mitigating climate change、International Symposium on Earth Science and Technology 2009、2009/12/8、Fukuoka, Japan

- ③ T. Fujita, A game theoretic analysis of international cooperation for transboundary pollution problems, The 3rd International Symposium on the East Asian Environmental Problems, 2009/12/4, Fukuoka, Japan
- ④ T. Fujita, Environmental matching agreements among asymmetric countries, Korea Economics and Business Association 2009 International Conference, 2009/10/30, Yeosu, Korea
- ⑤ 大久保佳美, 善 功企, 陳 光斉, 笠間清伸, 土壌雨量指数を用いた土砂災害危険度評価, 地盤工学会, 2009/8/19, 第44回地盤工学研究発表会 (横浜)
- ⑥ 三角真貴子, 善 功企, 陳 光斉, 笠間清伸, GIS を用いた斜面崩壊ハザードマップにおけるメッシュサイズの影響, 地盤工学会, 2009/8/19, 第44回地盤工学研究発表会 (横浜)
- ⑦ 津末佳朋, 善 功企, 陳 光斉, 笠間清伸, 地震時崩壊土石の移動メカニズムに関する DDA の適用, 地盤工学会, 2009/8/19, 第44回地盤工学研究発表会 (横浜)
- ⑧ 北園芳人, 他4名, 児童向け防災教育の副教材の作成を通じた地域防災力向上プロジェクト, 日本工学教育協会, 2009/8/7, 平成21年度工学・工業教育研究講演会(名古屋)
- ⑨ 小森基祐・北園芳人, 斜面の危険度評価とハザードマップの作成, 土木学会西部支部, 2010/3/6, 平成21年度土木学会西部支部研究発表会(熊本)
- ⑩ 堀口竜哉, 北園芳人, ガントチャートによる土砂災害対応マニュアルの作成, 土木学会西部支部, 2010/3/6, 平成21年度土木学会西部支部研究発表会(熊本)
- ⑪ 王 功輝 等, Investigation on some catastrophic landslides and landslide dams triggered by the 2008 Wenchuan earthquake, 日本地すべり学会, 2009/8/26, 第48回日本地すべり学会研究発表会 (新潟)
- ⑫ 釜井俊孝・王功輝・佐藤信宏, 地すべりにおける地震応答—これまでの観測事例から—, 日本地すべり学会, 2009/8/26, 第48回日本地すべり学会研究発表会(新潟)
- ⑬ 福岡 浩・宮城豊彦・王功輝, 平成20年岩手・宮城内陸地震による荒砥沢地すべりとすべり面液状化, 日本地すべり学会, 2009/8/26, 第48回日本地すべり学会研究発表会 (新潟)
- ⑭ 陳 光斉, 自然斜面の崩壊機構と危険度評価手法に関する研究, 地盤工学会, 2008/7/9, 第43回地盤工学研究発表会 (広島)
- ⑮ M. MISUMI, K. ZEN, G. CHEN, ACCURACY EVALUATION OF SLOPE DISASTER RISK MAP AT KITA-KYUSHU CITY USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, 2nd International Symposium on Climate Change and the Sustainability, 2008/11/29, Hanoi, Vietnam
- ⑯ G. CHEN and K. ZEN, Application of Risk Management to Slope Disaster Prevention(招待講演), 2nd International Symposium on Climate Change and the Sustainability, 2008/11/28, Hanoi, Vietnam
- ⑰ G. CHEN, Application of risk theory to natural disaster mitigation (Panel lecture), 13th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2007/12/11, India
- ⑱ G. CHEN, A View on Manifold Method Comparing with Finite Element Method, International Symposium on Computational Mechanics, 2007/7/31

【図書】(計 1 件)

- ① 山田正雄・蔡飛・王功輝, 理工図書, 四川大地震と山地災害, 2010, 198

6. 研究組織

(1)研究代表者

陳 光斉 (CHEN GUANGQI)  
九州大学・大学院工学研究院・准教授  
研究者番号：50293882

(2)研究分担者

善 功企 (ZEN KOUKI)  
九州大学・大学院工学研究院・教授  
研究者番号：50304754  
北園 芳人 (KITAZONO YOSHITO)  
熊本大学・工学部・教授  
研究者番号：40094007  
安福 規之 (YASUFUKU NORIYUKI)  
九州大学・大学院工学研究院・教授  
研究者番号：20166523  
周 国雲 (ZHOU GUOYUN)  
西日本大学・工学部・教授  
研究者番号：50322293  
藤田 敏之 (FUJITA TOSHIYUKI)  
九州大学・大学院経済研究院・准教授  
研究者番号：30297618  
王 功輝 (WANG GONGHUI)  
京都大学・防災研究所・助教  
研究者番号：60289353  
笠間 清伸 (KASAMA SHIONOBU)  
九州大学・大学院工学研究院・助教  
研究者番号：10315111