

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 24 年 6 月 8 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21404008

研究課題名（和文）豪雨と地震によるヒマラヤ水系の総合防災研究と戦略的防災教育展開

研究課題名（英文）An integrated study of rainfall- and earthquake-induced disasters in the Himalayan watershed for a strategic development of disaster education system in the region

研究代表者

矢田部 龍一（YATABE RYUICHI）

愛媛大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：70127918

研究成果の概要（和文）：本研究より得られた主な成果として、1）ネパール国カトマンズ盆地における微動観測による地震時地盤の応答解析と 2）中央ネパール低ヒマラヤ地域における地すべりマッピングとハザード解析が挙げられる。また、研究期間中に 3 回のセミナーを通してヒマラヤン地域を代表するネパール国の小中学校における防災教育の展開について様々な議論を行い、昨年 5 月にネパール政府文部省と教育局との会談を実施し、今後ネパールの小中学校における防災教育のカリキュラム化と学校を中心とした地域社会における防災教育の展開について十分に認識されてきました。防災教育と地域協力に関しても、ヒマラヤ地域を代表する南アジア地域協力連合(SAARC)を通して活動展開する目的で、各国の防災研究者や関係機関、特に SAARC 防災センター(SDMC)との連携も進めており、近い将来豪雨や地震等による自然災害に対する共同研究活動や防災教育の実施が期待できる。

研究成果の概要（英文）：Two major research achievements through this project are: 1) a detailed study of ground response analysis in Kathmandu Valley of Nepal using microtremor survey and 2) landslide mapping and hazard assessment in Lesser Himalayan mountains of central Nepal. Additionally, in the three years of research period, initiatives have been taken towards adopting school disaster education in Primary and Secondary schools of Nepal along with organization of regular professional meetings to discuss various aspects of disaster management through school disaster education. Moreover, a network of disaster professionals and policy makers not only in Nepal but also in the South Asian nations through the SAARC (South Asian Association for Regional Cooperation) Disaster Management Center (SDMC) is in building process, which can be expected to integrate the disaster management issues, particularly in the field of rainfall- and earthquake-induced disasters in the whole Himalayan Region.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
2010 年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2011 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
年度			
年度			
総計	13,500,000	4,050,000	17,550,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学、環境影響評価・環境政策

キーワード：ヒマラヤ水系、土砂災害、地震災害、防災教育

1. 研究開始当初の背景

ヒマラヤ水系は世界で最も激しい造山帯に位置しており、そのため急峻な地形からなっている。また、近年の人口増加による過放牧と過伐採、それとゲリラ活動の激化などにより森林が荒廃したこともあり、大規模な水・土砂災害に見舞われている。さらに、インドプレートの潜り込みに起因する大規模地震災害も後を絶たない。このように気象災害、地震災害と世界でも第1級の自然災害多発地である。しかし、ヒマラヤ水系をフィールドとした組織的な自然災害研究は遅れているのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、ヒマラヤ水系の代表としてネパール国と周辺国のインドやバングラデシュを対象に、ヒマラヤからインド洋に至る流域一帯の大規模な水・土砂災害や数年内にも発生が予想されている大規模地震災害などを対象に総合防災研究に取り組むとともに、ネパール国の小中学生を対象に組織的な防災教育の展開を検討した。

総合防災研究では、ヒマラヤ水系をフィールドにした世界最先端の自然災害研究を行うと共に、ヒマラヤ水系の自然災害研究を中心軸に据えた世界的な研究者ネットワークを構築する。特に、ヒマラヤ山系での森林伐採と地すべり・土石流の激化に伴う生産土砂量の増加、さらに下流域での河床上昇に伴う洪水水害の激化に関して上下流一帯の一連の水土砂災害研究を行った。また、財政力の乏しい発展途上国にあって小中校における防災教育の実施は防災の切り札になる。防災教育を組織的かつ持続的、自立的に実行する方策の確立は急務の課題であり、本研究では、この課題に戦略的に取り組んだ。

3. 研究の方法

ネパールと周辺国の現地調査並びにそのデータを用いての各種の内業により下記の研究を実施した。

- ・ネパールヒマラヤ地域の土砂災害関係の現地調査、資料収集、資料解析

- ・ヒマラヤ流域河川の水循環解析のための必要データ収集(森林状況、降雨状況、河川流量など)

- ・カトマンズ盆地の電子地盤図作成(常時微動観測、土の動的性質把握)(地盤情報活用協議会を通して300本を超えるボーリング柱状図により作成、カトマンズ盆地の水資源賦存量解析にも水理地盤図を使用)

- ・カトマンズ盆地での地震加速度波形観測開始(市内数カ所での地震加速度波形の観測を通して、地震動解析の妥当性検討の基礎資料)

- ・ネパールの防災教育の実情調査(政府機

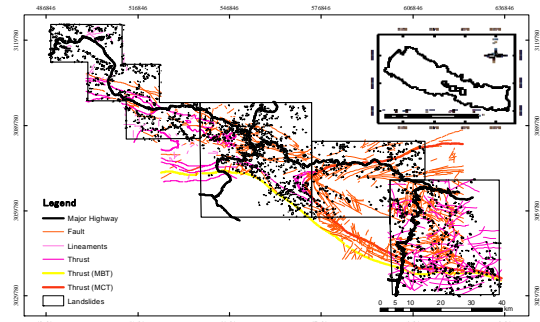
関と大学からの情報収集、アンケート調査による実態把握)

- ・ネパールの国家防災計画の内容検討

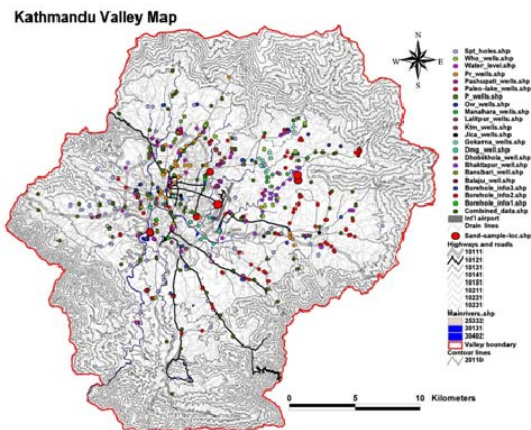
4. 研究成果

本研究より得られた成果および研究期間中に実施した主な活動を以下にまとめる。

- ・ネパールヒマラヤ中央部における地すべりハザード：中央ネパールの主要国道ネットワーク地域の約15,000km²における大規模地すべりハザード解析を行い(下図)、ネパールのインフラ整備への影響について分析した。この解析より得られた成果を国内外に発表し、数本の論文にまとめている。

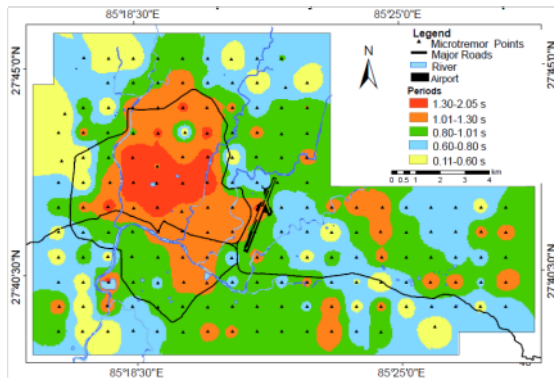


- ・ネパールカトマンズ盆地における地盤情報データベースの構築：直下型地震の恐れが高く、それによる人的・資産的被害が圧倒的に多くとされているカトマンズ盆地の地盤に対して、今までの各種地盤調査事業よりまとめられていた柱状図などを収集し、カトマンズ盆地地盤情報データベースの構築を行った(下図)。特に、地層の把握や地盤の状況、または土質パラメータを把握するに適している。このデータベースを用いて将来カトマンズ盆地における地震動解析が期待される。また、構築した地盤情報データベースに基づく研究発表を国内外で数回行った。



- ・ネパールカトマンズ盆地における微動観測による地震時地盤の応答解析：カトマンズ盆地の密集地に対して約1kmメッシュで計176

地点(約 155km²)における微動観測を実施し、簡易的地震時地盤の応答解析を行い、カトマンズ盆地における地盤の固有周期による地震ハザードマップを作成した(下図)。これは、この地域における初めての試みであり、今後の地震防災に大いに役立つことが期待される。また、本内容に関する3本の論文を評価の高い雑誌に記載されている。



・カトマンズ盆地における地震加速度計の設置：近い将来大型地震に襲われる可能性が高いネパール・カトマンズ盆地において、正確に被害想定を行うためにカトマンズ盆地の各地に地震加速度計を設置し、地盤の揺れや振幅の増大パターンを把握する目的で、計3箇所に地震加速度計を設置した(ネパール工科大学内(下図)、NSET敷地内、トリブバン大学工学校内)。今後、これらの加速度計による記録データを監視・解析し、カトマンズ盆地の地震防災活動に役立たせることが重要である。



ネパール工科大学における地震加速度計の設置

・ネパールの小中学校における防災教育の展開検討：過去4~5年間ネパールの小中学校における防災教育の展開について様々な活動・会合を行ってきましたが、昨年5月にネパール国文部省と教育局との会談を実施し、ネパール国防災教育計画や小中学校における防災教育のカリキュラム化などについて議論し、今後ネパールにおいて政府を中心とした防災教育の展開の重要性について具体的に進めてきた。



ネパール文部大臣との会合後、議事録における覚書

・ヒマラヤ地域における防災教育戦略・ネットワーク形成：防災教育の組織的導入や防災研究の推進にはネットワーク形成が重要であり、ネパール国内だけではなく、ヒマラヤ地域を代表する地域協力連合の SAARC (南アジア地域協力連合) を通して関係者のネットワークを形成する目的で、昨年11月にインド・ニューデリーにある SAARC 防災センター (SDMC) を訪れ(下図)、共同研究や共同防災活動について会合した。その結果、今後愛媛大学と SDMC 間組織的連携を始めるとともに、南アジア地域における防災研究と防災教育の実施する計画を立てることになっている。これより、ヒマラヤ地域の各国における活動が活発的に動くことが期待できる。



SAARC 防災センターとの会合(インド、N. Delhi)

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 26 件)

- 1) Paudyal YR, Yatabe R, Bhandary NP, and Dahal RK, 2012. A study of local amplification effect of soil layers on ground motion in the Kathmandu Valley using microtremor analysis, *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*. (in press: final acceptance 2012.3.27)
- 2) Paudyal YR, Bhandary NP, and Yatabe R,

2012. Seismic Microzonation of densely populated area of Kathmandu Valley of Nepal using microtremor observations, *Journal of Earthquake Engineering* (in press)
- 3) Dhakal S, Bhandary NP, Yatabe R, and Kinoshita N, 2012. Numerical and analytical investigation towards performance enhancement of a newly developed rockfall protective cable-net structure, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, pp.1135–1149 (2012), www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/1135/2012/, doi:10.5194/nhess-12-1135-2012
 - 4) 森脇 亮・亀井祐紀・藤森祥文, 瀬切れによる河川表面水の消失が河川近傍の温熱環境に及ぼす影響, 土木学会水工学論文集, 有, 2012.3, I_1747-I_1752
 - 5) Paudyal YR, Yatabe R, Bhandary NP, and Dahal RK, 2012. Basement topography of the Kathmandu Basin using microtremor observation, *Journal of Asian Earth Sciences* (under review: first stage)
 - 6) Bhandary NP, Yatabe R, Dahal RK, Hasegawa S, Inagaki H, 2012. Areal distribution of large-scale landslides along highway corridors in central Nepal, *GeoRisk* (under review: second stage)
 - 7) Dhakal S, Bhandary NP, Yatabe R, and Kinoshita N, 2012. Towards characterization of rockfall impact loading onto a protective cable-net barrier, *Rock Mechanics and Rock Engineering* (Final acceptance in process)
 - 8) Okamura M, 2011. In-Situ Air Injection as a Liquefaction Countermeasure, *Proceedings of the International Geotechnical Symposium*, 有, 2011, pp.21-28
 - 9) Okamoto T and Okamura M, 2011. Centrifuge Tests on Effects of Soil Desaturation as a Liquefaction Countermeasure on Embankment Settlement, *Proceedings of the International Geotechnical Symposium*, 有, 2011, pp.153-156
 - 10) Takimoto H, Sato A, Barlow JF, Moriwaki R., Inagaki A, Onomura S, and Kanda M, 2011. Particle image velocimetry measurements of turbulent flow within outdoor and indoor urban scale models and flushing motions in urban canopy layers, *Vol.140* (2011), pp.295-314
 - 11) 藤本雅人・渡部桂子・森脇 亮, 松山平野における降水量日変化の時空間特性, 土木学会水工学論文集, 有, 55, 2011, pp.451-456
 - 12) Bhandary NP, Yatabe R, Hasegawa S, and Dahal RK, 2011. Characteristic Features of Deep-Seated Landslides in Mid-Nepal Himalayas: Spatial Distribution and Mineralogical Evaluation, *Geo Frontiers 2011: Advances in Geotechnical Engineering*, 有, 2011, pp.1693-1702
 - 13) Dahal RK, Yamanaka M, Hasegawa S, Bhandary NP, and Yatabe R, 2010. Statistical and deterministic landslide hazard assessment in the Himalayas of Nepal, *Geologically Active*, 有, 2010, pp.1054-1060
 - 14) Dahal RK, Hasegawa S, Bhandary NP, and Yatabe R, 2010. Low-cost road for the development of Nepal and its engineering geological consequences, *Geologically Active*, 有, pp.4085-4094
 - 15) Yasuda S, Verdugo R, Konagai K, Sugano T, Villaobos F, Okamura M, Tobita Y, Torres A, and Towhata I, 2010. Geotechnical damage caused by the 2010 Chile Maule, Chile earthquake, *ISSMGE Bulletin*, 有, 4 巻, 2010, pp.15-26
 - 16) 安田進・小長井一男・菅野高弘・岡村未対・飛田哲男, 2010 年チリ Maule 地震による被害に対する災害緊急調査団報告, 地盤工学会誌, 有, 58 巻, 2010, pp.42-43
 - 17) 安田進・小長井一男・菅野高弘・岡村未対・飛田哲男, 2010 年チリ Maule 地震による地盤関連の被害, 第 13 回日本地震工学シンポジウム論文集, 有, 1 巻, pp.1095-1102
 - 18) 岡村未対, 豊田浩史, 清田隆, Misko Cubrinovski, 2010 年ニュージーランド Darfield 地震被害に対する災害緊急調査団報告, 地盤工学会誌, 58 巻, pp.199-201
 - 19) Hasegawa S., Yamanaka M., Dahal, RK, Bhandary NP, and Yatabe R, 2010. Rainfall-induced landslide in different climatic environments – a comparison of the Nepal Himalaya and Shikoku Japan, *Geologically Active*, 有, 2010, pp.241-249
 - 20) 岩堂哲也・森脇 亮・Siegfried RAASCH・Marcus Oliver LETZEL, 土木学会水工学論文集, 有, 55, 2010, pp.331-336
 - 21) 鳥居謙一・木下誠也, 地域と産官学が連携した地域防災力の向上を目指して, 21 世紀の南海地震と防災, 5, 2010, pp.11-16
 - 22) 鳥居謙一・中野晋・大年邦雄・白木渡・小池剛・岡崎健二, 四国における建設業 BCP 普及に向けた取り組み, 第 13 回日本地震工学シンポジウム論文集, 有, 2010, pp.2794-2801
 - 23) Pantha BR, Yatabe R, and Bhandary NP, 2009. Optimal Preliminary Highway Alignment, with Slope Disaster Risk Management, in Himalayan Regions, *Transportation Research Record*, pp.93-99 (有)
 - 24) Hasegawa S, Dahal RK, Yamanaka M, Bhandary NP, Yatabe R, Hideki Inagaki, 2009. Cause of large-scale landslides in Lesser Himalaya of central Nepal, *Environmental Geology*, 2009, pp.1423-1434 (有)
 - 25) Okamura M and Noguchi K, 2009.

Liquefaction Resistance of Unsaturated Non-plastic Silt, Soils and Foundations, 有, 49-2, 2009, pp.221-229

- 26) Bhandary NP, Yatabe R, 2009. Comparative Analysis of Landslide Trends in Central Nepal and Shikoku Region of Japan for an Appropriate Transfer of Hazard Management Technique, Proc. International Seminnar on Hazard Management for Sustainable Development, 2009, pp.58-71

[学会発表] (計 8 件)

- 1) S. Hasegawa, Shall We expect Tsunami in the Nepal Himalaya?, Interaction on Environment, Disasters, and Development in Nepal and the Himalaya (招待講演), 2012.11.24, Everest Hotel, Kathmandu, Nepal
- 2) Hasegawa S, Risk of earthquake-induced mega-landslides in the Himalayas and preparing for them, A Half-day Seminar on Earthquake Disaster Risk Mitigation (招待講演), 2012.10.11, 愛媛大学
- 3) Bhat D. R., Bhandary N. P., Yatabe R., Tiwari R. C. 2012. A new concept of residual-state creep test to understand the creeping behavior of clayey soils, Proc. ASCE Geo-Institute Annual Congress 2012, Oakland, California, USA, March 25-29, 2012 (CD-ROM)
- 4) Dhakal S., Bhandary N. P., Yatabe R., Kinoshita N. 2012. Finite element modelling and parametric analyses of the 'long span pocket type' rockfall interception cable-net structure, Proc. the Second World Landslide Forum WLF2, 2011.10.3-9, Italy, Springer (In press, expected in May 2012)
- 5) Paudyal YR, Yatabe R, Bhandary NP, 2011. Study of Ground Response of Three Cities of Kathmandu Valley of Nepal using Microtremor Observations, Conference Proc. 8th International Conference on Urban Earthquake Engineering (8CUEE), 有, 2011, pp.567,-575
- 6) Bhandary N. P., Yatabe, R., Hasegawa, S., and Dahal, R. K, Characteristic Features of Deep-Seated Landslides in Mid-Nepal Himalayas: Spatial Distribution and Mineralogical Evaluation, *Geo Frontiers 2011: Advances in Geotechnical Engineering*, 13-16 March 2011, Dallas, USA
- 7) Paudyal Y. R., Yatabe R., Bhandary N. P., Subedi, J., Shrestha, R., Rapid Visual Seismic Vulnerability Assessment Tool and its Application for Local Level Disaster Risk Management, Proc. Joint Conference: 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CUEE) & 5th International Conference on Earthquake Engineering

(5ICEE), 2010.3.3, Tokyo

- 8) Dahal, R. K., Yamanaka, M., Hasegawa, S., Bhandary, N. P., and Yatabe, R., Statistical and deterministic landslide hazard assessment in the Himalayas of Nepal, *Geologically Active – William et al. (eds)*, Taylor & Francis Group, 2010.9.5, London

[図書] (計 1 件)

- 1) Yatabe R., Bhandary NP, and Subedi, JK (eds.), 2010. *Disasters and Development – Investing in Sustainable Development of Nepal*, Vajra Publications, Kathmandu, Nepal, September, 2010, p.280

6. 研究組織

(1) 研究代表者

矢田部 龍一 (YATABE RYUICHI)
愛媛大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：70127918

(2) 研究分担者

岡村 未対 (OKAMURA MITSU)
愛媛大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：50251624

ネトラ バンダリー (NETRA BHANDARY)
愛媛大学・大学院理工学研究科・助教
研究者番号：10363251

長谷川 修一 (HASEGAWA SHUICHI)
香川大学・工学部・教授
研究者番号：00325317

森脇 亮 (MORIWAKI RYO)
愛媛大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号：10302952