

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23501237

研究課題名(和文) 東アジアの山地におけるV字谷の地形学的特徴と形成要因の研究

研究課題名(英文) Geomorphological characteristics and formation factors of V-shaped valleys in East Asian mountains

研究代表者

小口 高(Oguchi, Takashi)

東京大学・空間情報科学研究センター・教授

研究者番号：80221852

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：日本の急峻な山地の典型的な地形はV字谷であるが、あまりに普遍的な地形であるためか、地形の特徴の詳しい検討はほとんど行われていなかった。本研究ではデジタル標高モデルや地理情報システムを活用し、V字谷を含む谷の断面を定量的・統計的に分析し、谷の地形的特徴と規定要因を検討した。また、谷の形成に寄与する斜面崩壊などのプロセスや、谷からの土砂流出について、統計モデルなどを用いて検討した。主な対象地域は日本、台湾、中国南東部、アラビア半島西部である。

研究成果の概要(英文)：The most typical landform type in steep Japanese mountains is V-shaped valleys. However, their detailed geomorphological characteristics have rarely been investigated, probably because they occur very commonly. This study utilized digital elevation models and geographical information systems to quantitatively and statistically analyze cross sections of valleys including V-shaped ones. Based on the results, geomorphological characteristics of valleys and their controlling factors were discussed. In addition, valley-forming processes such as slope failure and sediment yields from valleys were investigated. The study areas included Japan, Taiwan, southeastern China, and the western Arabian Peninsula.

研究分野：地形学、地理情報科学

キーワード：谷 地形 デジタル標高モデル 地理情報システム 斜面崩壊 土砂流出

### 1. 研究開始当初の背景

(1) V 字谷は、日本のような湿潤変動帯の山地で普遍的にみられる地形である。しかし、あまりに普遍的なためか、V 字谷の形状に関する詳しい検討が不足している。たとえば、谷壁の傾斜 (V の字が開く角度) について、多量のデータに基づく統計的な検討を行った事例は少ない。このような検討には、GIS (地理情報システム)、DEM (デジタル標高モデル) およびリモートセンシングの活用が有効と考えられるが、その方法論は確立されていない。

(2) V 字谷は谷底における河川の下方への侵食 (下刻) と、谷の側壁における侵食 (斜面崩壊などのマスムーブメントおよび地表流による) が組み合わさって形成されたと考えられる。しかし、このような地形形成プロセスの特徴および速度と、V 字谷の形状との関係も、まだ十分に検討されていない。

(3) 山地の V 字谷とそれ以外の谷との特徴の違いも、必ずしも明瞭でない。日本では降雨が多いこともあり、岩石海岸や台地などにも流水の作用で形成された多数の谷が分布している。しかし上記のように、谷がごく一般的な地形のためか、詳しい検討が行われていない。これらの低所の谷の特徴を明らかにし、山地でみられる V 字谷と比較することも必要である。

(4) 上記のような検討は、特定の地域や特定の国内だけでなく、広域的な検討を行って結果を比較することにより、認識が深まる面がある。しかし、このような視点に立ち、多数の地域を積極的に取り上げた検討も不足している。

### 2. 研究の目的

(1) 東アジアを中心とする複数の地域において、谷の地形の形状を詳しく調べ、特徴の一般性と地域性を明らかにする。対象とする谷は山地でみられる V 字谷を主体とするが、低所の谷も適宜取り上げて、多様な検討と比較を行う。地域的には日本や台湾といった急峻な山地を持つ湿潤地域を重視するが、やや穏やかな山地を持つ中国南東部や、アラビア半島の乾燥地域も取り上げて比較を行う。また、各地域内では基盤地質の違いなどが谷の形状に及ぼす影響も検討する。

(2) 谷の形成と関連する侵食プロセスをて検討する。とくに日本を含む湿潤地域の山地の V 字谷の谷壁における重要なプロセスである斜面崩壊を重視する。また、谷底に沿う地形である河床縦断面についても、侵食を通じて形成された地形の特徴を検討し、侵食の不均質性を表す遷急点などの分布とその形成要因を検討する。

(3) V 字谷を多く含む山地流域の侵食の速度と、それを反映する土砂流出に関する検討を中部日本などについて行い、侵食の広域的な評価を試みる。

(4) 谷を主体とする侵食地形の研究に、GIS、DEM、リモートセンシングを用いた定量的な手法をどのように導入するべきかについて、過去の研究を広くにレビューしつつ検討する。

### 3. 研究の方法

(1) GIS、DEM、リモートセンシングを用いた地形学の研究に関する既存研究を収集し、内容をレビューして過去の動向をとりまとめ、現時点での問題点を明らかにし、今後の展望を得る。

(2) V 字谷が典型的に発達している日本と台湾の山地に、DEM から谷の横断面や縦断面の取得を半自動で行うアルゴリズムを適用し、谷の形状の特徴を定量的に評価する。同時に流域面積や流域形状といった基本的な地形指標も取得し、地形の特徴を統計的に論じる。同様の検討を中国南部の亜熱帯地域やアラビア半島の乾燥した山地についても行う。

(3) 低所の谷の例として、三陸地域のリアス海岸に沿って発達する谷や東京の台地を開析する谷などを取り上げて、多数の谷の横断面などの取得を行い、地形の特徴と形成過程との関係を検討する。

(4) 谷の中で生じる斜面崩壊などの地形形成プロセスについて、その分布、規模、および発生の規定要因を、地形計測によるデータ取得や既存の地質図の活用などを通じて統計的に検討する。対象地域は日本と台湾を主体とし、降雨で生じる斜面崩壊と地震で生じる崩壊をともに検討する。崩壊の規定要因の検討の際には、機械学習法 (人工知能) を含む複数のモデルを適用し、得られた結果の妥当性を比較検討する。

### 4. 研究成果

#### (1) 既存研究のレビュー

地形学における GIS、DEM、リモートセンシングに関する既存研究を国際的な視点で評価し、研究の歴史、動向、および将来展望に関する複数の英文レビュー論文を執筆した。GIS に関しては Sage 社の書籍の 1 つの章、リモートセンシングと DEM に関しては Academic Press 社の書籍の 2 つの章を、欧米人と共著で執筆した。また、地形研究に用いられる DEM やリモートセンシング画像を含む各種のデータに関するレビューを、Elsevier 社の書籍の章として執筆し、最新の地形学全般における DEM や GIS の意義についても、Academic Press 社の書籍の章として

まとめた。これらのレビューを通じて、データの誤差、空間スケール、および定量的な地形学と古典的で定性的な地形学との関連などを考慮することが必要なことを指摘した。

また、レビューの成果を踏まえた二つの招待講演を国際学会で行った。一つは 2012 年にイタリアで開催された地形のマッピングに関する会議であり、もう一つは 2014 年に台湾で開催された地球観測に関する会議である。

## (2) V 字谷の横断形状の分析

DEM を活用して日本と台湾の典型的な V 字谷の形状を詳しく分析した。両国の急峻な山地では、傾斜が  $35^\circ$  前後の斜面が卓越することが面的な傾斜の計測から明らかにされていたが、これが V 字谷の開く角度と対応していることが DEM から抽出した多数の谷の横断面から明らかにされた (図 1)。

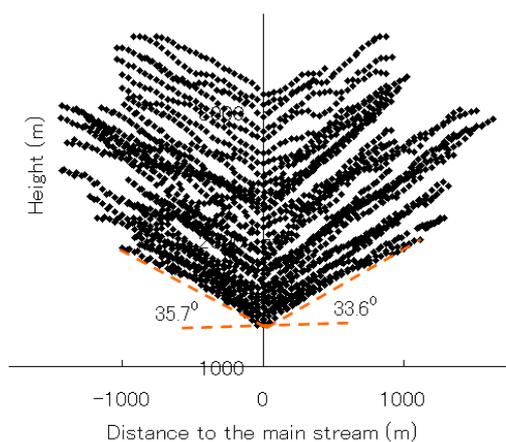
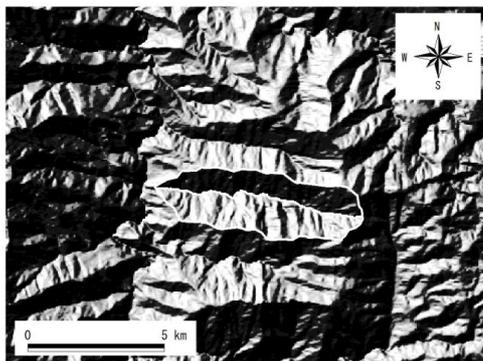


図 1 台湾中央山脈の山間部の流域でみられる典型的な V 字谷の地形断面図

上記の結果は、基盤岩の地質が異なっても普遍的という傾向が認められた。このような特定の谷の形状が広く卓越する理由として、1) 斜面崩壊などの侵食作用が斜面上部において砂礫の安息角に強く規定される、2) 斜面の下部では水の作用により一時的に急な斜面が形成されたとしても、時間とともに

に解消されるため、斜面が全体として並行後退する、というメカニズムを提案した。この結果は、2011 年に米国で開催された地形計測に関する国際学会 (*Geomorphometry 2011*) で基調講演を担当した際に発表し、同会議の論文集に内容が掲載された。

## (3) V 字谷以外の谷の横断形状の分析

一方、典型的な V 字谷ではないが、比較的深い谷が発達している中国南東部の丹霞山周辺において、DEM を用いた同様の検討を行った。その結果、典型的な V 字谷が発達している場所とは異なり、谷の形状に対する基盤岩の地質の影響が強く認められた。これは、岩石の強度や断層等の地質構造の影響が、侵食の初期では重要なことを示している。この研究は上記の 2011 年の国際学会で発表し、学術誌 *Open Geology Journal* にも公表した。

また、氷河が形成した U 字谷についても、DEM から多数の地形横断面を取得し、その形状を統計的に解析した。対象地域は典型的な氷河地形が発達すると指摘されているスイスアルプス、ヒマラヤ、ヨセミテ、ニュージーランドアルプス、パタゴニアで、過去の氷河の影響および氷河後退後の斜面崩壊の影響の強弱に応じて、谷の U 字と V 字の程度が異なることを明らかにした。この研究は、2013 年に中国で開催された地形計測に関する国際学会 (*Geomorphometry 2013*) で発表し、同会議の論文集に掲載された。

さらに、2011 年 3 月に発生した東日本大震災を踏まえて、三陸のリアス式海岸における谷の地形断面についても詳細な検討を行った。地上型のレーザスキャナを用いて、谷の地形を高精度で測量し、解像度 10 cm の DEM を作成した。この DEM から谷の地形断面図を作成したところ、通常の V 字谷や箱形の谷とは異なり、谷壁の途中に多数の小崖が認められた (図 2)。これらの小崖のうち相対的に高所にあるものは、2011 年 3 月に大津波が侵入した高度と位置がよく対応している。三陸では、明治や昭和にも大津波があり、たとえば今回特に詳しい調査を行った宮古市・姉吉地区の谷では、過去の大津波もほぼ同じ高さまで達したと指摘されている。このことは、海面がほぼ現在の高さに達した完新世中期以降に、反復して谷に侵入した津波によって侵食が生じ、明瞭な小崖が形成されたことを示唆する。換言すれば、地形の精密測量により小崖の位置を認定することにより、その地域の典型的な大津波の規模を推定できる。この研究は、複数の国際学会で発表し、国際誌 *Geomorphology*、国内誌「地学雑誌」、および Springer 社の書籍の一章として公表した。

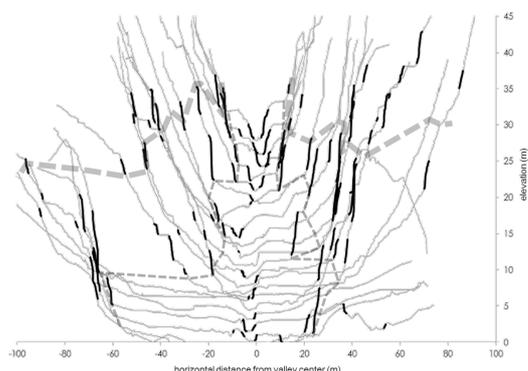


図2 宮古市・姉吉地区の谷の地形断面図。黒い太線は小崖、太い灰色の線は2011年3月11日に生じた大津波の到達高度を示す。

低所の谷に関するもう一つの検討事例として、東京の台地を開析する谷の非対称性を、やはりDEMから取得した横断面に基づいて分析した。この研究は2013年にフランスで開かれた国際地形学会議で発表した。同様の手法を、揚子江河口部の海底谷の地形に関する複数の時期のデータにも適用し、成果を国際誌 *Continental Shelf Research* に発表した。

#### (4) 縦断面形を含む流域の地形解析

谷の形状との関連で、谷底での河川の侵食や流域全体の形状について検討した。対象地域は日本の山岳地域、前述の中国丹霞山周辺、およびアラビア半島西部である。この際には河床でみられる相対的な急傾斜部で、河川侵食の前線と考えられる遷急区間の分布に注目した。その結果、日本のように侵食が活発で、V字谷の横断面形の均整がとれている地域においても、流域内で普遍的に生じている河川の合流により小規模な遷急区間が多数形成されていることが明らかになった。また、中国やアラビア半島では地質の影響が明瞭で、降水量が少ない後者では、流域の規模がある程度大きくないと大規模な河川侵食が生じない傾向が判明した。これらの研究の成果は、複数の学会で口頭発表するとともに、学術誌 *Geografiska Annaler*, *International Journal of Geosciences* などに公表した。さらに、火星の谷と流域についても検討を行い、欧州地球科学連合の大会で結果を発表した。

#### (5) 斜面プロセスに関する検討

谷壁で発生する斜面崩壊に関する検討を、日本と台湾の山地を中心に行った。まず、地形、地質といった土地の要因と、既存の斜面崩壊の分布を対応させ、土地条件から崩壊の発生しやすさを推定する統計モデルを構築した。この検討は、降雨と地震に起因する崩壊に関して個別に行った。その結果、人工知能のような最新のモデルを使うことが有効なことが判明した。検討の成果は国際学会での発表やSpringer社の書籍の章として発表した。同様の統計モデルを、深い崩壊と浅い崩壊を区別する目的で用いることにも成功し

た。この研究の成果は国際誌 *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences* に投稿し、受理された。

また、日本全域および台湾全域を対象に、降雨条件が崩壊の発生と規模に与える影響を検討し、いくつかの新知見を得た。たとえば日本では、種々の降雨に関するパラメータの中で、総降雨量が崩壊による地形変化と最も良く対応することを明らかにした。これらの成果は、米国地球物理学連合の国際会議および国際誌 *Geology* などで発表した。

#### (6) 日本の地形変化と土砂流出に関する総合的検討

日本の山地流域の侵食速度を、最新のデータと総合的な解析に基づいて検討し、従来の検討では一部の地域の侵食速度を過大評価しているといった問題点を明らかにした。この研究は国際誌 *Earth Science Reviews* に出版された。また、土砂流出に関連する災害と気候変動との関係について、台湾で開催された国際会議で招待講演を行った。

#### 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 12 件)

Dou, J., Paudel, U., Oguchi, T., Uchiyama, S., Hayakawa, Y.S., 2015. Differentiation of shallow and deep-seated landslides using support vector machines: a case study of the Chuetsu area, Japan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, in press. DOI: 10.3319/TAO.2014.12.02.07(EOSI)

[ 査読あり ]

Hayakawa, Y.S., Oguchi, T., Saito, H., Kobayashi, A., Baker, V.R., Pelletier, J.D., McGuire, L.A., Komatsu, G., Goto, K., 2015. Geomorphic imprints of repeated tsunami waves in a coastal valley in northeastern Japan. *Geomorphology*, 242, 3–10. DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.02.034 [ 査読あり ]

早川裕式・小口高・齋藤仁・小林明才・小松吾郎・後藤和久, 2015. 三陸海岸における津波による侵食地形の特徴：地上レーザ測量による解析. *地学雑誌*, 124-2, 241-258.

DOI:10.5026/jgeography.124.241 [ 査読あり ]

Saito, H., Korup, O., Uchida, T., Hayashi, S., Oguchi, T., 2014. Rainfall conditions, typhoon frequency, and contemporary landslide erosion in Japan. *Geology*, 42, 999-1002. DOI: 10.1130/G35680.1 [ 査読あり ]

Korup, O., Hayakawa, Y.S., Codilean, A.T., Matsushi, Y., Saito, H., Oguchi, T., Matsuzaki, H., 2014. Japan's sediment flux

to the Pacific Ocean revisited. *Earth-Science Reviews*, 135, 1-16.

DOI: doi:10.1016/j.earscirev.2014.03.004  
[ 査読あり ]

Yunus, A.P., Oguchi, T., Hayakawa, Y.S., 2014. Morphometric analysis of drainage basins in the western Arabian Peninsula using multivariate statistics. *International Journal of Geosciences*, 5, 527-539. DOI: 10.4236/ijg.2014.55049 [ 査読あり ]

Hayakawa, Y.S., Oguchi, T., 2014. Spatial correspondence of knickzones and stream confluences along bedrock rivers in Japan: Implications for hydraulic formation of knickzones. *Geografiska Annaler, Series A, Physical Geography*, 96, 9-19. DOI: 10.1111/geoa.12024 [ 査読あり ]

Naruse, K., Oguchi, T., 2013. Classification and formation environment of glacial valleys based on morphometric analyses. *Geomorphometry 2013 Conference Paper*, 1-4. URL: <http://geomorphometry.org/system/files/NaruseOguchi2013geomorphometry.pdf> [ 査読あり ]

Wang, Y.-H., Dong, P., Oguchi, T., Chen, S., Shen, H., 2013. Long-term (1842–2006) morphological change and equilibrium state of the Changjiang (Yangtze) Estuary, China. *Continental Shelf Research*, 56, 71-81. DOI: 10.1016/j.csr.2013.02.006 [ 査読あり ]

Zhang, W., Oguchi, T., Hayakawa, Y.S., Peng, H., 2013. Morphometric analyses of Danxia landforms in relation to bedrock geology: A case of Mt. Danxia, Guangdong Province, China. *Open Geology Journal*, 7, 54-62. DOI: 10.2174/1874262901307010054 [ 査読あり ]

Oguchi, T., Katsube, K., Lin, Z., Chen, Y.-G., 2011. Characteristic slope angle of V-shaped valleys in humid steep mountains with frequent slope failure. *Geomorphometry 2011 Conference Paper*, 93-96. URL: <http://geomorphometry.org/system/files/oguchi2011geomorphometry.pdf> [ 査読あり ]

Hayakawa, Y.S., Oguchi, T., 2011. Scale dependency of stream gradient calculation and its use to quantify bedrock river morphology. *Geomorphometry 2011 Conference Paper*, 71-74. URL: <http://geomorphometry.org/system/files/HayakawaOguchi2011geomorphometry.pdf> [ 査読あり ]

[ 学会発表 ] ( 計 20 件 )

Oguchi, T., 2014. Global change and geomorphological hazards. *Global Change Forum – Local Reflections*, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, Dec. 21.

Oguchi, T., 2014. Geomorphological

applications of digital elevation models: a historical review and future perspectives. *4th International Conference on Earth Observations and Societal Impacts (ICEO&SI)*, Maoli, Taiwan, Jun 22-24.

Oguchi, T., Hayakawa, Y.S., 2014. Terrestrial laser scanning to analyze coastal landforms created by large tsunamis. *4th Australia–China Ocean Science & Technology Symposium (ACOST4)*, Qingdao, China, Sep 27.

Chen, C.-W., Saito, H., Oguchi, T., 2014. Analyzing shallow landslides and rainfall conditions in Taiwan: An application of the soil water index. *American Geophysical Union, Fall Meeting*, San Francisco, USA, Dec. 18.

Dou, J., Oguchi, T., Hayakawa, Y.S., Uchiyama, S., 2014. Integrated use of certainty factors and frequency ratios for GIS-based evaluation of earthquake-induced landslides in Central Japan. *Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting*, Royton Sapporo Hotel, Hokkaido, Sapporo, Jul 28.

Paudel, U., Oguchi, T., 2014. Comparative analysis of the implementation of Random Forest for studying landslide susceptibility in Japan. *Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting*, Royton Sapporo Hotel, Hokkaido, Sapporo, Jul 28.

Saito, H., Korup, O., Uchida, T., Hayashi, S., Oguchi, T., 2014. Rainfall conditions, typhoon frequency, and contemporary landslide erosion in Japan. *Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting*, Royton Sapporo Hotel, Hokkaido, Sapporo, Jul 28.

Zahra, T., Paudel, U., Hayakawa, Y.S., Oguchi, T., 2014. Comparative analysis of knickpoint extraction using semi-automatic and automatic methods. *JpGU International Symposium 2014*, Pacifico Yokohama, Kanagawa, Yokohama, Apr 29.

Dou, J., Oguchi, T., Hayakawa, Y.S., Uchiyama, S., Saito, H., 2013. Application of support vector machines to predict landslides based on Lidar DEM: a case study from Chuetsu earthquake, in Japan. *2013 International Conference on Earth Observations and Societal Impacts*, Tainan, Taiwan, Jun 23-25.

Hayakawa, Y.S., Oguchi, T., Saito, H., Kobayashi, A., Komatsu, G., Goto, K., Baker, V.R., Pelletier, J.D. and McGuire, L., 2013. Impact of tsunami erosion on coastal valley formation in northeastern Japan: an airborne and terrestrial laser scanning approach. *8th International Conference on Geomorphology*, Paris, France, Aug 27-31.

Korup, O., Hayakawa, Y.S., Codilean, A., Oguchi, T., 2013. Threshold bedrock channels in tectonically active mountains with frequent mass wasting. *American Geophysical Union Fall Meeting*, San Francisco, USA, Dec 9-13.

Morioka, T., Oguchi, T., Lin, Z., Yoshida, H., 2013. GIS analysis of asymmetric valleys dissecting Pleistocene uplands in and around Tokyo, Japan. *8th International Conference on Geomorphology*, Paris, France, Aug 27-31.

Okano, M., Oguchi, T., 2014. Comparison of mega-flood features of the Channeled Scabland and Martian outflow channels using DEMs. *European Geosciences Union General Assembly*, Vienna, Austria, May 1.

Saito, H., Murakami, W., Daimaru, H. and Oguchi, T., 2013. Effect of clear-cutting on landslide occurrences: Rainfall thresholds and topographic analysis at Mt. Ichifusa, Japan. *8th International Conference on Geomorphology*, Paris, France, Aug 27-31.

Vanwallegem, T., Saito, H., Hayakawa, Y.S., Oguchi, T., 2013. Interaction between soil formation and landslide occurrence. *European Geosciences Union General Assembly 2013*, Vienna, Austria, Apr 7-12.

Oguchi, T., 2012. Bridging classic and modern geomorphological mapping: a historical review and future perspectives. *IAG/AIG International Workshop on Objective Geomorphological Representation Models*, Salerno, Italy, October 15-19.

Oguchi, T., Hayakawa, Y.S., Saito, H., Kobayashi, A., 2012. Terrestrial laser scanning for detailed topographic analysis of slopes affected by large tsunamis. *32nd International Geographical Congress*, Köln, Germany, Aug 26-30.

Saito, H., Murakami, W., Daimaru, H., Oguchi, T., 2012. Relation between deforestation and rainfall intensity – duration thresholds for landslide occurrences: A case study of Mt. Ichifusa, Japan. *American Geophysical Union Fall Meeting*, San Francisco, USA, Dec 3-7.

Lin, Z., Oguchi, T., 2011. Analyses of watershed longitudinal/transverse profiles and stream-net structure using high-resolution DEMs. *Geomorphometry 2011*, Redlands, USA, Sep 7.

Zhang, W., Oguchi, T., Hayakawa, Y.S., 2011. DEM and GIS based morphometric and topographic profile analyses of Danxia landforms. *Geomorphometry 2011*, Redlands, USA, Sep 9.

[図書] (計7件)

Dou, J., Oguchi, T., Hayakawa, Y.S.,

Uchiyama, S., Saito, H., Paudel, U., 2014. GIS-based landslide susceptibility mapping using a certainty factor model and its validation in the Chuetsu Area, Central Japan. Sassa, K., Canuti, P., Yin, Y. (eds.) *Landslide Science for a Safer Geoenvironment*. Springer, pp. 419-424.

Komatsu, G., Goto, K., Baker, V.R., Oguchi, T., Hayakawa, Y.S., Saito, H., Pelletier, J.D., Mcguire, L., Iijima, Y., 2013. Effects of tsunami wave erosion on natural landscapes: Examples from the 2011 Tohoku-oki Tsunami. In: Y. Kontar, V. Santiago-Fandiño, T. Takahashi (eds.), *Tsunami Events and Lessons Learned; Environmental and Societal Significance*. Advances in Natural and Technological Hazards Research, Volume 35, Springer, pp. 243-253.

Oguchi, T., Wasklewicz, T., Hayakawa, Y.S., 2013. Remote data in fluvial geomorphology: Characteristics and applications. In: Shroder, J.F. (ed.) *Treatise on Geomorphology*, Volume 9, Academic Press, pp. 711-729.

Plater, A.J., Daniels, M.D., Oguchi, T., 2013. Present Research Frontiers in Geomorphology. In: Shroder, J.F. (ed.) *Treatise on Geomorphology*, Volume 1, Academic Press, pp. 349-376.

Wasklewicz, T., Staley, D.M., Reavis, K., Oguchi, T., 2013. Digital terrain modeling. In: Shroder, J.F. (ed.) *Treatise on Geomorphology*, Volume 3, Academic Press, pp. 130-161.

Oguchi, T., Wasklewicz, T., 2011. Geographical Information Systems in geomorphology. In: Gregory, K.J., Goudie, A. (eds.) *The SAGE Handbook of Geomorphology*. Sage Publications, 227-245.

Oguchi, T., Hayakawa, Y.S., Wasklewicz, T., 2011. Data sources. In: Smith, M., Paron, P., Griffiths, J. (eds.) *Geomorphological Mapping: Methods and Applications*. Developments in Earth Surface Processes, Vol. 15. Elsevier, 189-224.

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

小口 高 (OGUCHI, Takashi)

東京大学・空間情報科学研究センター・教授

研究者番号：80221852

### (3)連携研究者

早川裕式 (HAYAKAWA, Yuichi)

東京大学・空間情報科学研究センター・准教授

研究者番号：70549443