

## オブジェクトベース領域分割を用いた瀬戸内海を含む西南日本の地形分類について Terrain classification of Southwest Japan including the Seto Inland Sea by object based area segmentation

岩橋 純子<sup>1\*</sup>; 松四 雄騎<sup>2</sup>; 福岡 浩<sup>3</sup>  
IWAHASHI, Junko<sup>1\*</sup>; MATSUSHI, Yuki<sup>2</sup>; FUKUOKA, Hiroshi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 国土地理院, <sup>2</sup> 京都大学, <sup>3</sup> 新潟大学  
<sup>1</sup>GSI of Japan, <sup>2</sup>Kyoto University, <sup>3</sup>Niigata University

標高データ (DEM) を用いた斜面の地形分類は、従来ピクセルベースで行われてきた。研究代表者は過去に、DEM から計算した傾斜・凸部の分布密度・尾根谷密度の3つの地形量を用いて、平野・段丘・丘陵・山地や火山地を分類した小縮尺の地形分類図を、ピクセルベースで自動的に作成する手法を開発した(岩橋,1994; Iwahashi and Pike, 2007)。しかし、ピクセルベースの分析では、DEMの高解像度化に伴うノイズの増大や、スケール依存性の解消へのアプローチが難しかった。また、データ容量の点でも、他の主題図とのオーバーレイや属性の結合についても、対応が難しかった。

近年、オルソフォトや衛星画像等のカラー画像を用いて、オブジェクトベースの領域分割によって土地被覆分類を行う手法が普及している。本発表では、汎用の領域分割ソフトを用いて、地形量の組み合わせ画像から斜面を分割し、ポリゴンデータとして地形分類図を作成する試みについて紹介する。さらに、西南日本の国土地理院・海上保安庁のデータを接合して150mメッシュのデータを作成し、瀬戸内海を含む地域について分類した結果を紹介する。分類結果は、地すべり分布や地質等、他の主題情報と統計的に比較した。

なお本研究は、京都大学防災研究所共同研究「海陸一体の地形分類に基づく大規模地すべり地形の抽出 ～南海トラフを含む西南日本外帯を対象として～」(平成26年度; 研究代表者: 岩橋純子)の成果の一部である。海底地形については、海上保安庁海洋情報部から、津波シミュレーション用海底地形メッシュデータ(西日本)のご提供を受けて研究を行った。

### 引用文献

- 岩橋純子(1994): 数値地形モデルを用いた地形分類手法の開発. 京都大学防災研究所年報,37(B-1),141-156.  
Iwahashi, J. and Pike, R. J. (2007): Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. *Geomorphology*,86,409-440.

キーワード: 基盤地図情報, 海底地形, オブジェクトベース領域分割, DEM, 地形分類, 瀬戸内海

Keywords: Fundamental Geospatial Data, seafloor topography, object based area segmentation, DEM, terrain classification, Seto Inland Sea

宇宙線照射生成核種に基づく木曾山脈の隆起・侵食史  
Relation between tectonic uplift rates and erosion rates in the Kiso Range from in situ cosmogenic nuclides

中村 淳路<sup>1\*</sup>; 横山 祐典<sup>1</sup>; 藤原 治<sup>2</sup>; 堀 和明<sup>3</sup>; 宮入 陽介<sup>1</sup>; 松崎 浩之<sup>4</sup>  
NAKAMURA, Atsunori<sup>1\*</sup>; YOKOYAMA, Yusuke<sup>1</sup>; FUJIWARA, Osamu<sup>2</sup>; HORI, Kazuaki<sup>3</sup>; MIYAIRI, Yosuke<sup>1</sup>; MATSUZAKI, Hiroyuki<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所, <sup>3</sup> 名古屋大学環境学研究科地理学講座, <sup>4</sup> 東京大学総合研究博物館  
<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup> Geological Survey of Japan, AIST, <sup>3</sup> Department of Geography, Nagoya University, <sup>4</sup> The University Museum, University of Tokyo

Tectonic uplift enhances the elevation and local relief of mountain ranges (Willett and Brandon, 2002). High relief leads to intensified erosion process through the slope dependent surface processes namely as relief becoming steeper larger erosion process is resulted (Ahnert, 1970). Therefore, documenting rates of uplift and erosion is critical for understating how topography of the mountains is maintained by such a negative feedback. In case of continuous rock uplift, numerical models of landscape evolution suggest that mountain ranges may reach steady states in which uplift rates and erosion rates are balanced, and hence elevation and topography may be maintained (Molnar and England, 1990). In this study, we present erosion rates reconstruction from the drainages of the Tenryu River using terrestrial cosmogenic nuclides (TCN) in order to document their relations to the topographic evolution of the Kiso Range (central Japanese Alps). Measurement of TCN allowed us to determine the erosion rates over the timescale of  $10^3$  year. We sampled river sediments from the tributaries and the main stream of the Tenryu River. Basin-averaged erosion rates of the tributaries near the main ridgeline of the Kiso Range are 1000-2000 mm/kyr, whereas the southern tributaries have lower erosion rates between 600 and 1000 mm/kyr. In addition to the samples from the modern riverbed, sediment samples were also collected from the drilling cores excavated near the mouth of the Tenryu River in order to reconstruct paleo-erosion rates. Erosion rates using TCN from the core samples show relatively constant erosion rates through the Holocene. Furthermore, previously reported erosion rates using sediment yields (Kawata and Uemoto, 1998) and apatite fission track ages (Sueoka et al., 2012) suggest constant erosion rates of the Kiso Range over 50 yr, 1 kyr, and 1 Myr time scales. These values are comparable with the uplift rate of the Kiso Range (Ikeda et al., 2002), and hence the topography of the range in the central Japan is maintained in a steady state.

## 高等学校地理Bにおける地形学学習の限界 The limit of the geomorphology learning in high school geographical B

青木 邦勲<sup>1\*</sup>  
AOKI, Kunihiro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 日本大学豊山高等学校・中学校

<sup>1</sup>Nihon Univ. BUZAN High school & junior high school

本校では昨年度から実施しているカリキュラムにおいて、地理Bを3年間で最大12単位履修できることになったため、今までよりも自然地理学の学習に重点を置いて授業を行っている。しかし、地理学で扱う地形学と地学で扱う地形学は視点が異なるせいか、地理の地形学や鉱工業の分野において説明に限界が生じている。

今回の発表では、本校における地形学の学習内容について紹介する。そして、先生方にアドバイスを頂きたい。

私個人が考えていることは、地形学の内容を増やすことで、地理全体の理解が深まると考えている。教科書に載っていることだけを扱うのではなく、事実を説明する理由を扱うことを重要視している。そのため、現状では、下記の問題が生じている。

1. 海嶺や海溝の分布を暗記しようとしている生徒がいるが、「地殻熱流量」の話をすれば理屈が把握できると考えている。
2. 地殻変動を「プレートテクトニクス」のみで説明するため、テクトニクス理論全体を触れないことから、熱対流など詳細な部分において説明に限界が生じる。
3. マグマの発生過程については触れられないため、火山の類型のみで終わってしまう。もちろん、火山活動における噴火様式や火山噴出物も触れないので、産出される鉱物の話ができない。よって、産出される資源の理由が説明できない。
4. 褶曲や断層は、存在していることだけしか触れず、リニアメントという言葉も教科書には存在しないため、褶曲や断層を学習する意義が不明確になる。
5. 各地質時代における自然環境を概観する学習が必要である。これが資源の産出や現在の自然環境を反映していることを学ぶ。

学習指導要領の制約がある都合上、自由に内容を編成して授業を行うことは難しいが、地形学を学ぶことは地理学を学ぶ入口であるため、地形学を重要視した教育方法や教育内容を伺いたい。

キーワード: 地形学, 地理学, 地理B  
Keywords: geomorphology, geography, geography B

## 静岡県安倍川上流部における大谷崩れの崩壊と赤水の滝の形成 Slope failure of the Oya-Kuzure and generation of the Akamizu Fall, upper reaches of the Abe River, Shizuoka Prefecture

白井 正明<sup>1\*</sup>; 渡辺 万葉<sup>1</sup>; 宇津川 喬子<sup>1</sup>; 林崎 涼<sup>1</sup>; 高橋 尚志<sup>1</sup>; 小尾 亮<sup>1</sup>; 加藤 裕真<sup>1</sup>  
SHIRAI, Masaaki<sup>1\*</sup>; WATANABE, Mayo<sup>1</sup>; UTSUGAWA, Takako<sup>1</sup>; HAYASHIZAKI, Ryo<sup>1</sup>; TAKAHASHI, Takayuki<sup>1</sup>;  
OBI, Ryo<sup>1</sup>; KATO, Yuma<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 首都大学東京 地理学教室

<sup>1</sup>Dept. of Geography, Tokyo Metropolitan Univ.

静岡平野から駿河湾に注ぐ安倍川の源流域には、大規模崩壊地である大谷崩れが存在する。大谷崩れ周辺は過去幾度も大規模な崩壊を繰り返し、18世紀初頭の宝永東海地震の際の大崩壊では、崩壊土砂が土石流となって大谷川と安倍川上流の谷を埋めたとされる(例えば、土屋, 2000)。町田(1959)は、大谷崩れ起源の崩壊堆積物量の見積もり値を $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ と推定すると共に、崩壊堆積物に関連する地形を河成段丘発達史の視点から解釈している。

安倍川本流において大きな落差をもつ赤水の滝については、安倍川が土石流堆積物を下刻しつつ形成した、崩壊による土砂で谷が埋まり尾根筋からの越流により滝が形成された、などの記述が見られるが、いずれも十分な根拠を示しているとは言い難い。赤水の滝周辺の「土石流」堆積物と基盤の古第三系頁岩の分布を調査すると、赤水の滝は実際には土石流堆積物上を流れ下っており、基盤岩上を流れ下っていること、土石流堆積物の分布は赤水の滝のすぐ上流から東側を通り、滝のすぐ下流で再び現在の安倍川に合流することは容易に見てとれる。さらに赤水の滝周辺の土石流堆積物露頭において、土石流堆積物の礫の配列から堆積物形成時の古流向を推定した。

赤水の滝の下流側(南側)では、土石流堆積物は安倍川左岸の赤水の滝展望台周辺に比較的良く露出する。礫のインプリケーションから古流向は概ね西への流れであったと解釈される。また長軸は古流向にほぼ平行であり、転動とは別のプロセスにより礫が運搬されていたことを示す。岩相としては礫支持であり、一般的な土石流堆積物(基質支持)と比べて礫の濃度が高いが、基質には泥分も多く含まれており、土石流の一種として差し支えないと思われる。一方赤水の滝上流側では植生が繁茂し、巨礫の直下にかろうじて露出している中礫のインプリケーションから推定される古流向は概ね東への流れを示した。

以上より、赤水の滝は大谷崩れの崩壊に端を発した土石流堆積物によって安倍川の谷が埋められた際に、水流が元々の尾根を越流し、蛇行した谷をショートカットして流れ落ちることにより形成され、現在も基盤の頁岩を下刻しつつある、と考えるのが妥当であると結論づけられる。

キーワード: 土石流堆積物, 流路の短絡, 安倍川, 赤水の滝, 大谷崩れ

Keywords: debris flow deposit, shortcut, Abe River, Akamizu Fall, Oya-Kuzure

## 北アルプス南部, 上高地岳沢谷底の地形, 土砂移動プロセスと梓川への土砂供給 Landform, debris transport processes and sediment budget in the Dakesawa valley, Northern Alps, central Japan

島津 弘<sup>1\*</sup>  
SHIMAZU, Hiroshi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 立正大学  
<sup>1</sup> Ritssho University

北アルプス南部, 梓川上流支谷の岳沢は標高 3190m の奥穂高岳を流域に持ち, 標高 1500m の上高地で梓川に流入する最大級の支流である. 旧建設省などではその流域起伏と流域面積から梓川への土砂供給源として大きな役割を果たしていると考えている. 梓川谷底から岳沢上流部が見渡せるが, 岳沢には周囲の斜面から供給された土砂がつくる崖錐と谷底の植生に覆われていない堆積物が確認でき, いかにも本流への土砂供給の影響が大きそうに見える. 一方, 現地観察では, 梓川谷底から見える堆積物と, 岳沢下流部で見られる堆積物は明らかに異なっており, 両者には不連続があると推定される. そこで, 標高 2180m 以下の範囲で岳沢谷底に見られる堆積物の粒径および形態, 谷底勾配を調査し, 土砂移動プロセスを検討した. また, その堆積物の下流側末端の様子を観察を行った.

結果は次の通り. 谷底はすべて堆積物で覆われており水流はない. 植生に覆われず堆積物が露出する範囲は標高 1700m 付近までである. この区間の平均勾配はおよそ 30 % である. 堆積物の最大粒径 (中径) は 3m (標高 2180m) から 0.5m (1850m~1730m) へと下流側へ向かって減少していく. 谷底には周囲の堆積物を侵食した跡が見られる. 堆積物は岳沢の標高 1700m 付近で幾筋かに分岐して林に流れ込んで停止している状態を観察できる. この一連の堆積物末端部付近の勾配は急勾配となっている. 標高 1700m より下流部では周囲の急勾配の小谷から続く崖錐状または土石流ロウブ状堆積物やマトリクスをもたない巨大な岩塊が見られ, 岩塊堆積物の下からは伏流していた大量の水が流れ出している. 荻谷・松四 (2014) も下流部で岳沢を塞ぐように見られる「巨大な舌状地形」を記載している.

以上のことから, 現在の岳沢では, 上流部に見られる土砂は崖錐および崖錐からつながる堆積地形の末端または谷底堆積物を侵食することによって生産されていること, 谷底では土石流による土砂の移動と堆積が繰り返されて下流方向へ運搬されており, ふるい分け作用が働いていること, その土砂堆積物の末端は岳沢下流部までは到達していないことが明らかになった. したがって, 現在の地形条件下では, 岳沢で生産されている土砂の大部分は岳沢流域内で貯留されており, 潜在土砂供給量を流域起伏と流域面積から推定した場合, オーバーエスティメイトとなる.

キーワード: 地形, 谷底, 土砂移動プロセス, 土砂収支, 岳沢, 上高地

Keywords: landform, valley floor, debris transport process, sediment budget, Dakesawa, central Japan

## 鳥取県三朝町小鹿川と三徳川における天然ダムの形成と決壊 Natural dam constructions and breaks at the Oshika and the Mitoku River, Misasa-town, Tottori southwest Japan

小玉 芳敬<sup>1\*</sup>; 岡崎 志保<sup>2</sup>  
KODAMA, Yoshinori<sup>1\*</sup>; OKAZAKI, Shiho<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 鳥取大学地域学部, <sup>2</sup> 鳥取大学地域学部・学

<sup>1</sup>Fac. Regional Sciences, Tottori Univ., <sup>2</sup>Undergraduate, Fac. Regional Sciences, Tottori Univ.

### はじめに

鳥取県東伯郡三朝町を流れる小鹿川流域には、河岸段丘がよく発達する。この中には現河床からの比高が50m以上ある段丘状地形が4箇所(神倉, 茂比平, 東小鹿, 西小鹿)知られており、これらはその構成物や地形的特性から、斜面の大規模崩壊に伴う崩落地形であると指摘された(坂越, 1999)。茂比平と西小鹿では、堆積物中に介在した材と段丘面を覆う古土壌の放射性炭素年代から、約3.4万年前の崩壊イベントであることが明らかにされた(渡邊, 2013)。本研究の目的は、斜面の大規模崩壊に伴う天然ダム形成の有無を明らかにし、天然ダムがどのような過程を経て決壊したかを探ることである。

### 調査方法

小鹿川下流域と三徳川中流域を対象として大縮尺地形図(1/2,500)の読図より段丘面の投影縦断面を作成し、面の連続性から対比を試みた。そして天然ダムの形成と、それに続くダム湖決壊の痕跡を探った。現地では段丘面の構成物を観察し、段丘面を覆う土壌試料をハンドボーリングで採取して、計14試料の放射性炭素年代を測定した。

### 結果および考察

小鹿川および三徳川の投影縦断面に基づき、段丘面を区分した結果、神倉の崩落地形の下流側1.4km区間に4段、西小鹿崩落地形の下流側1.2km区間に3段の特異な段丘面が認められた。神倉における最上位の面は傾斜1/8、西小鹿では1/13と急勾配を示し、下段になるにつれて勾配が緩やかになっていた。これらの段丘面群は天然ダムの決壊時の高土砂濃度で作られた地形面と考えられる。板状安山岩の巨大な角礫をこれらの段丘面露頭で確認した。三徳川の千軒原では、上流側に厚さ1.7mほどのシルト・粘土層が確認され、ダム湖(静水域)における堆積物と認定された。つまり神倉、西小鹿、千軒原の3箇所天然ダムが形成された。

年代測定のうち12試料において有意な年代値を取得した。その結果、神倉の崩壊は1,200年前以前、千軒原の崩壊は10,300年前以前のものとして判明した。天然ダムが保たれていた年月は神倉では最短でも400年間、西小鹿では最長で3万年間に及ぶ可能性がある。千軒原では、最短でも8,000年以上ダム湖が在り続けた。

この地域における大規模崩壊は約1万年に1度の周期である可能性が示唆された。これらの崩壊は岩坪断層(M7級のポテンシャルを持つ)が引き起こした地震を素因として、その後の集中豪雨により発生したと考えられる。本研究結果は、岩坪断層の活動履歴を推察するデータとなり得る。

### おわりに

小鹿川および三徳川流域に存在する大規模崩壊による崩落地形では、3箇所(神倉、西小鹿、千軒原)において天然ダムが形成された。神倉では400~800年間、西小鹿では3万年間、千軒原では8,000年間ダム湖が維持されていた可能性が示唆された。岩坪断層の活動に起因する大規模崩壊によるこの種の災害は、当面危険性が低いと思われる。

### 謝辞

本研究は、鳥取大学平成26年度地域貢献振興事業より研究費の支援を受けた。三朝町役場の方々には現地調査に際し、住民の方々との調整で便宜を計っていただいた。

### 文献

坂越正明(1999) 小鹿川流域における大規模崩壊に伴う段丘状地形. 平成10年度鳥取大学教育学部卒業論文, 38pp.  
渡邊彩子(2013) 鳥取県中部小鹿川下流域にある4つの大規模崩壊の地形的特徴とそれらの形成年代. 平成24年度鳥取大学地域学部卒業論文, 39pp.

キーワード: 天然ダム, 決壊洪水, 深層崩壊, 段丘地形, 放射性炭素同位体年代, 岩坪活断層

Keywords: natural dam, out-burst flooding, deep seated failure, fluvial terraces, radioactive carbon chronology, Iwatsubo active fault

## Bedrock river の平面形に着目した地形発達：モデル実験 Landform development of bedrock river focusing on the planform : Laboratory experiments

都築 祐貴<sup>1\*</sup>; 遠藤 徳孝<sup>1</sup>

TSUZUKI, Yuuki<sup>1\*</sup>; ENDO, Noritaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学理工学域

<sup>1</sup>Graduation School of Natural Science and Technology, KU

一般的に河川地形の発達は、表面傾斜、気候、テクトニクスに強く影響を受けることが知られている。これらの様々な要因と自然地形との関係について議論するとき、本来なら空間的变化と時間的变化を区別する必要があるが、個々の河川の発達段階を知る手段は確立されていない。本研究では、主に bedrock river に焦点を当てて、時間的(発達)変化に注目した水路実験を行った。水路は約 1m 四方で、不確定な堆積作用による実験中のベースレベルの変化を防ぐため、中心に切り込みが入った堰を下流端に取り付けた。本研究で議論したパラメータは、初期表面傾斜、降雨量、傾動速度である。結果は以下のとおりである。流域面積の時間的变化は、2つの段階を経て発生した。このことは、先行研究で報告された流路網の2段階発達と調和的である。流域面積の時間的变化(流域面積対時間)とは異なり、同じ流域では、それぞれ異なる時間のデータについての流域面積と本流長の間関係は、一つのべき関数で近似され、これらの関数のべき数の範囲は  $n=0.38\sim 0.83$  であった。降雨量の少ない条件で発達した流域は、ベキの値が 0.5 より大きく、支流を横方向に大きく発達させずに、より細長い流域形状になっていく。隣により大きな流域が発達している流域もまたベキの値が 0.5 より大きく、流域幅が隣の流域によって制限され、より細長い流域形状になっていった。

キーワード: モデル実験, 岩盤河川, 降雨量, 流域面積

Keywords: laboratory experiment, bedrock river, precipitation rate, drainage area

## 鈴鹿山脈最北部の石灰岩地域における地形と植生 Landforms and Vegetation of Limestone Area in the Northernmost Part of the Suzuka Mountains

山内 啓之<sup>1\*</sup>; 海津 正倫<sup>2</sup>

YAMAUCHI, Hiroyuki<sup>1\*</sup>; UMITSU, Masatomo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 奈良大学大学院文学研究科地理学専攻, <sup>2</sup> 奈良大学文学部地理学教室

<sup>1</sup>Graduate School of Geography, Nara University, <sup>2</sup>Department of geography, Nara University

本研究では石灰岩が広く分布する鈴鹿山脈北部の霊仙山山頂周辺地域を対象として、対象地域におけるカルスト地形の特徴と植生分布との関係を把握するとともに、さまざまな形態を持つドリーネの分布およびその形態的特徴を明らかにし、ドリーネに発達する植生がどのような特徴を持つかに着目して検討した。

対象地域における山頂周辺には、 $0^{\circ}$  ~  $25^{\circ}$  の傾斜をもつ小起伏面が発達しており、山頂の北にあたるお虎ヶ池周辺では、 $13^{\circ}$  以下の緩い斜面が広くみられる。この小起伏面では、代表的なカルスト地形であるカレンフェルトやドリーネがみられ、カレンフェルトは、尾根や急斜面によく発達している。ドリーネは  $0^{\circ}$  ~  $10^{\circ}$  の緩い斜面にみられる。ドリーネの分布は、谷線に沿って分布するものがほとんどである。しかし、面積の大きいものや平面形が円形になるものは、尾根線に囲まれた緩い斜面にみられる。また、対象地域に分布するドリーネの形状は一樣ではなく、本研究ではそれらを4つのタイプに分けるとともに、壁面および底部と植生との関係について検討した。

霊仙山山頂周辺の植生は、斜面の傾斜と関係して分布している。緩傾斜面では草本が分布し、急傾斜面では木本が分布する傾向がみられた。これは、冬季の積雪やその後の残雪による影響が考えられる。しかし、傾斜のみで山頂周辺の植生分布が決定されるわけではない。山頂南の小起伏面縁辺部では、急傾斜面でありながら草本が分布する。

一方、本地域に見られるドリーネは、その内壁斜面の特徴から A タイプ、B タイプ、C タイプ、D タイプの4つのタイプに分けることができた。これら、ドリーネ内壁の植生分布には、斜面方位の影響がみられた。北向き斜面のような日当たりの悪い斜面では、特徴的な植生分布がみられた。しかし、内壁斜面で全体的に、もしくは部分的に急な斜面がみられるドリーネでは斜面の傾斜に対応した植生分布がみられた。

底部にある程度のひろがりのある平坦面をもつドリーネではドリーネ底部が積雪、残雪、降雨などによって土壌水分量が高くなることが考えられる。そのため、山頂周辺で優占するような植物種の生育に適さない環境となり、土壌が露出することが考えられる。

キーワード: カルスト地形, 霊仙山, ドリーネ, 斜面, 植生

Keywords: karst landform, Mt. Ryouzen, doline, slope, vegetation

## 吾妻山噴火時における泥流の流入経路の検討 Geomorphological study of the volcanic mud flow in the Fukushima basin

瀬戸 真之<sup>1\*</sup>; 中村 洋介<sup>1</sup>  
SETO, Masayuki<sup>1\*</sup>; NAKAMURA, Yosuke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 福島大学  
<sup>1</sup>Fukushima University

This paper examined the damage of the volcanic mud flow by the Azuma-yama volcanic eruption. From Azuma-yama, the river are flowing eastward. It seems that a mud flows go down these rivers. For this study, we drew the topographic map based on DEM data. We clarified the range of a mud flow, and the position of the river from this map.

Next, we drew three longitudinal sections of the river which flows into the Fukushima basin from the Azuma-yama volcano. The distance to the Fukushima basin changes greatly with river channels. The arrival time to the Fukushima basin of a mud flow changes with channels. There are three patterns in channels. (1) After going to north, there are channel which changes direction to the east. (2) There is a channel which flows to the east directly. (3) After going to south, there are channel which changes direction to the east. Distance is greatly different by these three patterns. So, the location of a crater is very important because of disaster prevention.

Furthermore, we drew the cross section inside the Fukushima basin. The cross section shows concave form. The cross section has a 60 m depth. A mud flow may concentrate on this hollow. It is necessary to take this geomorphic feature into consideration for anticipation of damage. This study revealed that the channel passage and geomorphic features will influence the damage of volcanic mud flow strongly in Fukushima basin.

キーワード: 泥流, 流路, 吾妻山火山  
Keywords: mud flow, channels, Azumayama volcano

## 北アルプス・白馬大雪渓における地形災害について The geographical disasters in Shirouma Daisekkei valley , the Northern Japanese Alps.

佐藤 紫乃<sup>1\*</sup>; 奈良間 千之<sup>2</sup>  
SATO, Shino<sup>1\*</sup>; NARAMA, Chiyuki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 新潟大学自然環境科学科, <sup>2</sup> 新潟大学自然科学系

<sup>1</sup>Department of Environmental science , Niigata University, <sup>2</sup>Niigata University

北アルプスの北東部に位置する白馬大雪渓は日本三大雪渓の一つで、夏季には毎年1万人以上が通過する、全国でも人気の登山ルートである。本地域では、落石や崩落、土石流、雪崩といった地形変化により、毎年のように登山者が巻き込まれる事故が起こっているがその詳細は明らかでない。本研究では、災害軽減の観点から白馬大雪渓周辺で起こる落石や崩壊をはじめとする地形災害について、周辺地形、気象データ、周氷河環境、周辺地質との関係から、落石・崩壊の時期、場所、頻度、その発生機構について調査したので報告する。2014年度の調査では、滑落事故を除いて事故件数の多い落石現象と、一度雪渓に定着した礫のその後の再移動現象について着目し、大雪渓でのインターバル撮像やGPS測量、地温・気象観測等をおこなった。さらに夏季には、村営白馬岳頂上宿舎に滞在しながら機器のメンテナンスや登山客へのアンケート等もおこなった。

大雪渓の上部と下部に1台ずつ設置したインターバルカメラの撮像結果より、雪渓融解の激しい夏季7月～8月に雪渓上に無数に点在する礫の多くが、融解した雪渓内から融出したものであることがわかった。また、この時期、岩壁からの礫生産による雪渓への礫の侵入はわずかであった。地温・気温観測結果からも、同時期に岩壁から礫が生産される頻度は極めて低いと考えられる。7月末～8月末の1か月間での大雪渓上での礫の移動量は最大50mほどで、これらは毎日少しずつ転動するのみで、大雪渓本流上で長距離を転動する礫は確認されなかった。大雪渓左岸の支流の2号・3号雪渓を含む大雪渓全体の傾斜についてみると、本流部では概ね25°以下で、支流の2号・3号雪渓では26°～40°と、本流部に比べ支流の傾斜が比較的高いことがわかった。7～8月に2号・3号雪渓からの礫の転動や再転動は目撃されており、支流の急傾斜がこの時期の落石事故と大きく関係しているものと考えられる。今後は、現在設置している通年の地温・気象データの回収をおこない、今年の夏には現地滞りながら、さらに詳細な調査を実施する予定である。

キーワード: 白馬大雪渓, 落石, 雪渓, 地形災害

Keywords: Shirouma Daisekkei valley, rockfall, snowpatch, geographical disasters

## 能登半島沿岸の海食崖に分布する微地形の形状と成因 Shapes and origins of notches and caves on sea cliffs, the Noto Peninsula, central Japan

小林 航<sup>1\*</sup>; 浜田 昌明<sup>1</sup>; 山口 弘幸<sup>2</sup>; 高山 陶子<sup>3</sup>; 石神 慎太郎<sup>4</sup>; 平松 良浩<sup>5</sup>  
KOBAYASHI, Wataru<sup>1\*</sup>; HAMADA, Masaaki<sup>1</sup>; YAMAGUCHI, Hiroyuki<sup>2</sup>; TAKAYAMA, Toko<sup>3</sup>;  
ISHIGAMI, Shintaro<sup>4</sup>; HIRAMATSU, Yoshihiro<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 北陸電力株式会社, <sup>2</sup> ナチュラルコンサルタント株式会社, <sup>3</sup> アジア航測株式会社, <sup>4</sup> 北電技術コンサルタント株式会社, <sup>5</sup> 金沢大学

<sup>1</sup>Hokuriku Electric Power Co., Ltd., <sup>2</sup>Natural Consultant Co., Ltd., <sup>3</sup>Asia Air Survey Co., Ltd., <sup>4</sup>Hokuden Engineering Consultants Co., Ltd., <sup>5</sup>Kanazawa University

能登半島沿岸の海食崖には、径数 cm～数 m に及ぶさまざまな形状の窪みが分布する。これらの成因は大きく二つあると考えられる。一つが波食作用であり、もう一つが海水飛沫・地下水等に起因する塩類風化である。このうち前者は、海水面とほぼ同じ高度に形成されるため、その分布高度は、同地点の隆起量や隆起速度の推定に利用できる。つまり、能登半島沿岸におけるこの地形の分布標高を追跡すれば、半島全体の最近の地殻変動の解明に寄与できる可能性がある。しかしそのためには、波食作用に由来する地形を、塩類風化により形成された地形と混合せずに、正確に認識する必要がある。よって、海食崖に発達する窪みの形状と成因の把握を行うことが重要である。

そこで本研究では、まず能登半島沿岸の踏査により窪みの発達する地点を把握し、特に発達の著しい半島西岸の海食崖において、窪みの形状の把握を目的として 3D レーザースキャナー測量を行った。この測量手法の利点として、高さ 10 m 以上の急崖の詳細な形状のデータを、簡易かつ安全に得られることが挙げられる。そして得られた DSM (Digital Surface Model) データを基に立面の赤色立体図を作成し、窪みを抽出した。さらにそれらを形状に基づき分類し、現地で行った地質調査の結果と合わせて、それぞれの成因を推定した。

能登半島沿岸の踏査の結果、西岸～北岸において、特に中新世の火山岩類からなる海食崖で窪みの発達が見られた。西岸の安山岩質凝灰岩・凝灰角礫岩からなる海食崖の測量と地形解析の結果、窪みは線状のものと楕円形～多角形のものに大別された。線状の窪みは、鉛直方向、水平方向、斜め方向にそれぞれ連続し、幅は数 10 cm から 1 m である。このうち縦幅約 1 m で水平方向に連続するものが、複数地点に共通して標高 2 m 付近に見られ、窪みの基部に波食棚を伴うため、波食作用により形成されたと考えられる。なお、これらの形成年代は不明である。また後者は、径数 10 cm から数 m に及び、特定の標高に集中せず崖面全体に分布する。これらの内部では、しばしば白色結晶の析出が見られ、XRD 分析の結果、石膏 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) が検出された。よって、このタイプの窪みの主成因は、塩類風化であると考えられる。

今回見出した波食作用由来の窪みが、同じ時期に形成されたとすれば、能登半島西岸においては、これらの形成以降の傾動は起きていない。これらの形成年代の解明が今後の課題である。

キーワード: 能登半島, 海食崖, 3D レーザースキャナー測量, 地形解析, 波食作用, 塩類風化

Keywords: the Noto Peninsula, sea cliff, 3D laser scan survey, topography analysis, wave erosion, salt weathering

## 河成段丘構成層の礫径や円磨度から推定される、多摩川および相模川における MIS 5.1 と MIS 3~2 の河川運搬プロセス Transport processes during MIS 5.1 and MIS 3 to 2 estimated from fluvial terrace gravels in Tama and Sagami rivers

高橋 尚志<sup>1\*</sup>; 白井 正明<sup>1</sup>  
TAKAHASHI, Takayuki<sup>1\*</sup>; SHIRAI, Masaaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 首都大学東京大学院都市環境科学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

河成段丘構成層（段丘礫層）は過去の河川によって堆積した碎屑物からなり、当時の河川の営力を反映しているものと考えられる。そのため、河成段丘構成層の特徴から堆積当時の河川の運搬プロセスやそれに影響を与えたであろう古気候環境を推定できる可能性がある。多摩川と相模川の2河川の流域において、相対的な温暖期とされている海洋酸素同位体ステージ（MIS）5.1と、相対的な寒冷期とされている MIS 3~2 のそれぞれにおいて形成された河成段丘構成層の、礫径および円磨度の特徴や流下距離に伴う変化傾向から、河川運搬プロセスの違いの検出を試みた。

研究対象とする段丘構成層は、多摩川の武蔵野2面（M2面；MIS 5.1）と立川2面（Tc2面；MIS 3~2）、および相模川の相模原3面（Sg3面；MIS 5.1）と田名原面（Th面；MIS 3）の構成層とした。なお、多摩川については青梅以東の扇状地部の区間を、相模川については山間部の相模湖付近から扇状地の相模原市礫部までの区間で調査を行った。

各調査地点ごとに計測した礫径や円磨度から、平均最大礫径（長径が最も大きい10個の礫の長径の平均）および平均円磨度（約50個の礫の円磨度の平均）を算出し、評価に用いた。また、各地点の段丘面の平均勾配および扇頂からの流下距離は、国土地理院基盤地図情報5mメッシュDEMを基にして求めた。

既存研究における氷期・間氷期での礫径や円磨度の傾向変化とは必ずしも調和的ではない結果もみられたが、平均最大礫径と平均勾配の関係から、MIS 3~2と比較して MIS 5.1の河川では、掃流以外の運搬プロセスによる影響が大きかった可能性が示唆された。また、両河川の礫の平均円磨度の下流方向への変化傾向について統一的な考察を試みると、下流に向かって円磨度が急増し始める地点があり、MIS 5.1では MIS 3~2と比べて、その地点がより下流側に位置すると推測される。

強い水流などにより礫が破碎され、径の小さい礫の生産が活発な場合、礫径が小さいほど円磨度が低い傾向を示すが、新たな礫の生産が盛んではない場合、遠くへ運ばれうる小さな礫ほど円磨度が高い傾向を示すものと期待される。山間部から扇状地部にかけて分布する相模川の段丘で測定した全ての礫について、山間部と扇状地部に分けて礫径と円磨度の関係をまとめた。その結果、Sg3礫層は山間部では礫径が小さいほど円磨度が低くなる傾向が、扇状地部では礫径が小さいほど円磨度が高くなる傾向がみられた。一方で、Th礫層は山間部、扇状地部ともに礫径が小さいほど円磨度が高くなる傾向があり、礫径が小さく円磨度が高い礫が下流に向かって増加する。このことから、MIS 5.1の山間部では礫の破碎を伴う運搬作用が卓越していたこと、MIS 3は山間部・扇状地部ともに新たな礫の生産が不活発であったことが考えられる。破碎による礫の生産が活発な運搬プロセスが土石流のような強い流れによるものであると考えるならば、MIS 3~2と比較して MIS 5.1の河川では、上流の山間部において支流からの土石流の影響が大きく、新たに生産された礫の供給が盛んであった可能性がある。

キーワード: 河成段丘, 段丘礫層, 多摩川, 相模川, 土石流

Keywords: fluvial terrace, terrace gravels, Tama River, Sagami River, debris flow

## デジタル空中写真画像を用いた、植生の影響を考慮した3次元数値標高モデルの作成 3D DEM generation from digital aerial photographs considering the influence of vegetation

遠藤 涼<sup>1\*</sup>; 須貝 俊彦<sup>1</sup>  
ENDO, Ryo<sup>1\*</sup>; SUGAI, Toshihiko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学  
<sup>1</sup>The University of Tokyo

近年の測量技術の発達により、高精度な地形データが全国的に整備されつつある。特に、航空レーザー測量による高精度数値標高モデル (Digital Elevation Model, DEM) は、さまざまな分野で利用されている。しかし、平野部と比べて山間部の地形データの精度が低く、また山間部では航空レーザー測量が十分に整備されていない。そのため、山間部において滑落崖やクラックといった微地形やその位置が正確に表現された地形図がほとんどない (八木ほか (2003); 佐藤ほか (2004)) ので、広範囲にわたる3次元DEMの作成が必要である。

一方で、Structure from motion (Sfm) 技術と Multi-View Stereo (MVS) を統合した技術が応用され、デジタル空中写真画像から地形の数値表面モデルの作成が試みられている (たとえば、内山ほか (2014))。そこで、本研究では日本全国を網羅している国土地理院発行の空中写真から、Sfmの技術を用いて3次元DEMを作成する。空中写真を用いての3次元DEMの作成にあたって課題となるのは、DEMの精度に影響する植生の除去である。そこで、森林限界より標高が高く植生が少なく、植生高が低い山地地域が適当であると考え、木曾山脈を対象とした。

3次元モデルの作成手法は主に、①植生の抽出、②①で抽出された植生箇所を空中写真上でマスク、③Sfm-MVSソフトウェアを用いて3次元モデルを作成、の三段階からなる。植生の抽出には、赤外光と近赤外光の強度を利用したNDVI (Normalized Difference Vegetation Index, 正規化植生指標) が用いられる。しかし、国土地理院の空中写真は可視光を撮影したものでありNDVIを計算することができないので、本研究では、Richardson et al (2007) が提案した、緑色の濃さを表す2G\_RBiという指標を導入する。NDVIと2G\_RBiの相関関係を求めるため、Landsatの衛星画像からNDVIと2G\_RBiの指標をそれぞれ計算し、NDVIと2G\_RBiの植生・非植生の閾値を決定する。このようにして空中写真上で植生と判定された箇所にマスクをかけたのち、Sfm-MVSソフトウェアであるAgisoft社のPhotoScanを用いてオルソ画像を作成し、3次元地形モデルを作成する。

本発表では、作成されたDEMおよびDEMの精度について述べる。

キーワード: デジタル空中写真, DEM, オルソ画像, 植生, NDVI  
Keywords: digital aerial photograph, DEM, ortho image, vegetation, NDVI

セルビア国ボール鉱山周辺の地形解析  
Geomorphic analyses in Bor mining area, Serbia.

若狭 幸<sup>1\*</sup>  
WAKASA, Sachi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学国際資源学部  
<sup>1</sup>Faculty of International Resource Sciences

Geomorphology around Bor mining area, east of Serbia was analyzed. Using Geophysical information was 1:25000 and 1:100000 topological image maps, CAD maps, ASTER-GDEM and high definition satellite images. Channel system and underground-openness (Yokoyama et al., 1999) were analyzed and these maps were combined ASTER-GDEM to make ascent map. On the other hand, land-cover data were estimated from high definition satellite image analyses and spectrum analyses of waste rocks. Obtained data will be reported in this meeting and used to select environmental observation points. Using environmental observation data, geochemical map will be made.

## 宇宙線生成核種によるチベット高原北東縁共和盆地の発達過程の解明 Evolution of the Gonghe Basin, northeastern Tibet, constrained by in situ cosmogenic radionuclides

白濱 吉起<sup>1\*</sup>; 宮入 陽介<sup>2</sup>; 何 宏林<sup>3</sup>; 狩野 謙一<sup>4</sup>; 岡田 真介<sup>5</sup>; 横山 祐典<sup>2</sup>; 池田 安隆<sup>1</sup>  
SHIRAHAMA, Yoshiki<sup>1\*</sup>; MIYAIRI, Yosuke<sup>2</sup>; HE, Honglin<sup>3</sup>; KANO, Ken-ichi<sup>4</sup>; OKADA, Shinsuke<sup>5</sup>;  
YOKOYAMA, Yusuke<sup>2</sup>; IKEDA, Yasutaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>3</sup> 中国地震局地質研究所, <sup>4</sup> 静岡大学防災総合センター, <sup>5</sup> 東北大学災害科学国際研究所

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, <sup>3</sup>Institute of Geology, China Earthquake Administration, <sup>4</sup>Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University, <sup>5</sup>International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

チベット高原はインドプレートとユーラシアプレートの衝突によって周囲の地殻を变形させつつその領域を側方へと拡大している。しかし、そのメカニズムについては盛んに議論されているものの、よくわかっていない。チベット高原北東縁に位置する共和盆地はその拡大フロントに位置し、活動的に隆起する北側の Qinghai Nan Shan と南側の Heka Shan にはさまれた平均標高 3200 m の盆地である。共和盆地はかつて黄河が運搬した厚さ 500 m 以上の堆積物で埋積されたが、その後黄河は下刻に転じ、下刻に伴って多数の段丘が形成された。本盆地の埋積とそれに続く下刻の過程を明らかにすることは、チベット高原の側方拡大過程を明らかにする上で重要である。しかし、現在のところそれらの詳細は明らかになっていない。そこで、我々は本地域において詳細な地形分類を行うとともに、堆積物中の宇宙線生成放射性核種濃集量を分析することにより、盆地の埋積とそれに続く下刻の過程を明らかにすることを試みた。まず、衛星写真と地形データによる地形判読により、高位から順に T1 から T7 までの河成段丘と L1 から L4 までの湖成段丘が存在することを明らかにした。現地調査の結果、最上位の湖成段丘 L1 面は、少なくとも 3 層の古土壌を含む 2-3 m 以上の厚さのレスに覆われており、離水後少なくとも三度の間氷期を経験していることを示唆する。さらに、われわれは宇宙線生成核種濃集量の分析によって段丘面の離水年代を決定するため、最高位の湖成段丘面と T2 面、T3 面の河成段丘面上から深度別のサンプル採取を行った。また、盆地の埋積過程を復元するために、盆地堆積物の頂面から谷底まで、深度およそ 50m ごとに 9 点の試料を採取した。本発表ではこれらの分析結果の一部とそれによって明らかになった共和盆地の発達過程について紹介する。

キーワード: チベット高原, 柴達木盆地, 変動地形, 宇宙線生成核種

Keywords: Tibetan Plateau, Qaidam Basin, tectonic landform, in situ cosmogenic radionuclide

## 宇宙線生成核種を用いた和歌山県南部と高知県南西部の海岸段丘面の年代測定 Dating the marine terraces in Southern Wakayama and Southwestern Kochi using in-situ cosmogenic nuclides

長野 玄<sup>1\*</sup>; 横山 祐典<sup>1</sup>  
NAGANO, Gen<sup>1\*</sup>; YOKOYAMA, Yusuke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

海岸段丘とは、海岸沿いに発達する階段状の地形である。波の侵食によって、汀線高度に波食台が形成され、その後、相対的海水準 (Relative Sea Level : RSL) が急激に低下することで、波食台が陸上に露出して海岸段丘が形成される。相対的海水準は、全球的な海水準 (Eustatic Sea Level : ESL) 変動と地殻変動の合計で表わせられる。したがって海岸段丘の現在の標高は、段丘面が形成された時点からの海水準変動と地殻変動を記録している。地殻変動の小さい地域では海岸段丘面の正確な形成年代を求めることで、段丘面の標高から、海岸段丘形成時の ESL を見積もることができる。また、地殻変動の大きい地域においては、ESL を条件として与えることで、その地点における地殻変動量を見積もることができる。以上の理由から、海岸段丘はテクトニクスの研究に広く用いられており、海岸段丘の形成年代を正確に求める試みが行われてきた。

これまでの先行研究では段丘面の年代を求める手法として、放射性炭素年代測定法や火山灰編年法などが用いられている。放射性炭素年代測定法は段丘構成層中の放射性炭素 <sup>14</sup>C の存在量から年代を測定する手法であるが、半減期が短いために 5 万年を超える年代を測定することができない。火山灰編年法は、段丘構成層中に見られる、形成年代が明らかとなっている広域テフラを用いて年代を測定する方法である。日本では広くこの手法が用いられているが、広域テフラが発見されていない地域もあるため、年代が明らかとなっていない海岸段丘が多く存在する。このことは地形学的に重要な未解決問題である。

本研究では、この問題に対して、段丘表面に露出している岩石に着目し、岩石中の宇宙線生成核種を測定することで、直接的な年代測定を行うことを試みた。深度方向に連続的にサンプルを採取し、また複数核種について測定を行うことで侵食速度を含めた考察を行った。調査地域は和歌山県南部 (潮岬) と高知県南西部 (足摺岬) を対象とした。これらの地域はどちらも隆起速度が速く、海岸沿いに海岸段丘がよく保存されている。これらの地域で採取した試料に対して AMS 測定を行い、露出年代と侵食速度に関する制約条件から海岸段丘の地形進化について考察を行った。

キーワード: 宇宙線生成核種, 海岸段丘, 侵食速度

Keywords: in-situ cosmogenic nuclides, marine terrace, erosion rate

## パンゲアは惑星だった Pangea was a planet

間遠 伸一郎<sup>1\*</sup>  
MADO, Shinichiro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 間遠総合学術研究所  
<sup>1</sup>MAROSA

### 1. 問題の所在

アルフレッド・ウェゲナーは、地球上の全ての大陸が、かつて単一の超大陸パンゲアを構成していたが、ある時、超大陸パンゲアが四分五裂して地球の表面を滑るように移動し、現在の位置に落ち着いたと考えた。

しかし、(1)「何故超大陸パンゲアが突然四分五裂したのか」は謎であったし、(2)「大陸を移動させた力が何の力だったのか」も不明であった。その後有力になったプレートテクトニクスは、大陸を移動させた力は、地球内部の熱流体力学的な力であるという仮説を提示したが、この仮説にも様々な矛盾がある。

本論は、これらの二つの問題(1)、(2)に答えることができる惑星衝突説(Mado 2010)が、地球上の現存する地形によって裏付けられることを示す。

### 2. 大陸移動説、プレートテクトニクス、惑星衝突説

大陸移動説には上述の二つの大きな問題がある。

このうち第二の問題を、熱流体力学のアナロジーによって解決しようとしたのがプレートテクトニクスであるが、第一の問題には答えることができなかった。しかもプレートテクトニクスの重要な論拠の一つである海洋底の年代推定について、(i) 縞模様状の地磁気異常の形成メカニズムの誤り(Mado 2013)と、(ii) 海水増大を無視したため、海洋底の基底部の堆積物の年代と海洋底の岩盤の年代が一致しないことに気付かなかった誤り(Mado 2014)が、間遠伸一郎によって明らかになり、年代推定自体が誤りであることが分かったため、プレートテクトニクスは棄却しなければならない。残るのは惑星衝突説(Mado 2010)のみである。Mado 2010の惑星衝突説は第一の問題と第二の問題の両方に合理的で説得的な解答を与える。

### 3. 曲率適応によって形成された地形

惑星衝突の事実は、2つの型の曲率適応(Fig.1, Fig.2, Fig.3)によって形成された地形が現存することによって実証される。

#### 3-1. アラビア半島、インド半島、インドシナ半島

これらの3つの半島は、もともとひとつにつながっていたのが、重力による曲率適応によって3つに裂けたものと考えられる。これらの3つの半島の隣り合った縁を重ね合わせると、ドーム型に盛り上がった立体的な地形となる。つまり、球状の物体が割れて、裂けて広がった結果、現在のような形状になったと考えられる(Fig.4, Fig.5)。

#### 3-2. ヒマラヤの褶曲山脈

割れた球状の物体の表面の曲率は、地球の表面の曲率より大きいので、破片の内側の岩石が重力によって地中に沈むと、表面の岩石の曲率が小さくなるのでしわがよる(Fig.3)。そのしわがヒマラヤの褶曲山脈である(Fig.6, Fig.7)。

### 4. パンゲアは惑星だった

(1) 何故突然パンゲアが四分五裂したのかという問題は、パンゲアが惑星であって、他の惑星と衝突して現在の地球になったと考えれば説明がつく。

(2) 大陸を移動させた力は、実は重力である。(a) まず、惑星間の重力が衝突を引き起こした力であり、(b) また、一方

の惑星を破壊した力であり、(c) さらに、割れた惑星の破片を、比較的割れなかった方の惑星の表面を滑るように移動させた力だった、と考えれば説明がつく。

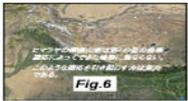
パンゲアが惑星だったという仮説によって、ウェゲナーの大陸移動説以来の二つの根本問題が解決し、また、現在の地球上に残された、曲率適応によって形成された地形によって、この惑星衝突説が実証されるのである。

5. 参考文献

- [1] (Mado 2010) Shinichiro Mado, On the Cause of the Continental Drift, SIT043-P01, ABSTRACTS, Japan Geoscience Union Meeting 2010.
- [2] (Mado 2013) Shinichiro Mado, It was not switching global geo-magnetic fields that created the alternating anomalies over oceanic ridges, SEM36-P01, ABSTRACTS, Japan Geoscience Union Meeting 2013.
- [3] (Mado 2014) Shinichiro Mado, The Ocean Floor was Expanded by Increasing Seawater, SCG67-P01, ABSTRACTS, Japan Geoscience Union Meeting 2014.

キーワード: 大陸移動説, プレートテクトニクス, 惑星衝突説, アラビア半島, インド半島, インドシナ半島, ヒマラヤの褶曲山脈, パンゲア

Keywords: continental drift, plate tectonics, planetary impact, Arabian Peninsula, Indian Peninsulas, Indochina, Himalayan fold mountains, Pangea

 <p>Fig.1</p>	<p>Fig.1 のミカンの皮は、表面の曲率がテーブルより大きい。このようなときに上から押さえると、ミカンの皮の表面の曲率が小さくなり、テーブルの曲率に近づく。この現象を私は曲率適応と呼んでいる。</p>	 <p>Fig.6</p>	<p>Fig.5 のミカンの皮は、裂け目ができる第 1 の型の曲率適応によって、インド半島を挟む、アラビア半島、インド半島、インドシナの 3 つの半島が形成されたことを説明するモデルです。</p>
 <p>Fig.2 Fig.3</p>	<p>Fig.2 と Fig.3 は、曲率適応の二つの型を示している。Fig.2 はミカンの皮に裂け目ができる場合であり、曲率適応の第 1 の型である。Fig.3 は、ミカンの皮にしわが寄る場合であり、曲率適応の第 2 の型である。</p>	 <p>Fig.6</p>	<p>Fig.6 は、ヒマラヤの褶曲山脈が、第 2 の型の曲率適応によって、重力の作用でできた地形であることを良く示しています。重力によって上から下に押し付けられることによって、このような曲率適応が起きたと考えられます。</p>
 <p>Fig.4</p>	<p>Fig.4 は、曲率適応によって実際にできた地形である。インド半島周辺の地形は、確かに、重力による二つの型の曲率適応でできた地形の良い例を提示してくれている。</p>	 <p>Fig.7</p>	<p>Fig.7 は、Fig.6 の曲率適応を説明するための、ミカンの皮モデルです。このミカンの皮にしわが寄ると同様の、重力による第 2 の型の曲率適応で、ヒマラヤの褶曲山脈が形成されたと考えられます。</p>