

## 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 5月14日現在

機関番号：12301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21700853

研究課題名（和文） 詳細な変位量分布に基づくヒマラヤ前縁の長大逆断層系の運動様式に関する研究

研究課題名（英文） A study on the mega thrust activity along the Himalayan front

## 研究代表者

熊原 康博（KUMAHARA YASUHIRO）

群馬大学・教育学部・准教授

研究者番号：60379857

## 研究成果の概要（和文）：

## 1) ヒマラヤ前縁の断層トレースの位置とその幾何学的パターンの把握

ネパールの活断層地形判読を行い、前縁帯逆断層の背後に長さ50kmにわたる右横ずれ断層を発見した。ブータン全域の活断層判読を行い、その幾何学的パターンをはじめて明らかにした。

## 2) 断層変位地形の特徴の把握

ブータン南部ゲレフ周辺は、ブータンで最も明瞭な逆断層の変位地形が認められる地域であり、断層変位地形の特徴を明らかにするため現地調査を実施した。

## 3) ヒマラヤ前縁北西部の前縁帯逆断層の地震発生様式の解明

ヒマラヤ前縁北西部（長さ430km）の区間の前縁帯逆断層が、最新活動では二つに分割されて活動し、16世紀前後に巨大地震をもたらした可能性が高いことを明らかにした。

## 研究成果の概要（英文）：

## 1) Recognition of detailed fault trace and its geometrical pattern in the Himalayan front

Based on photo interpretation focused on the Nepal Himalaya, I recognized the 50-km-long fault system with right lateral strike slip behind the Himalayan front newly. The founding leads that not mega thrust along the Himalayan front, but strike slip fault system across the range played an important role to release to the strain of the plate collision.

I interpreted the distribution of active fault in Bhutan and show its geometrical pattern.

## 2) Clarification of characteristics of tectonic landform

I surveyed tectonic landform in Gelephu, southern Bhutan to clarify its characteristics where most prominent landform developed.

## 3) Reconstruction of seismic history accompanied with surface rupture, NW Himalayan front

It is highly possible that the mega thrust along the NW Himalayan front for 430 km length generated two earthquakes in 16 century with dividing into two extents for 200 km in the east and 230 km in the west.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	300,000	90,000	390,000
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：自然地理学

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：活断層 ヒマラヤ 断層地形

### 1. 研究開始当初の背景

長大な逆断層系は、日本周辺では、プレート境界断層として南海トラフや日本海溝に発達し、数百年に一度の間隔で巨大地震を繰り返し発生させ、人間社会に甚大な被害をもたらしてきた。一方、これらは海底に発達するため、活断層そのものを地形・地質学的に調査することは難しく、地震被害の分布や津波堆積物から震源断層の位置を推定する間接的な手法に頼らざるをえない。

ヒマラヤ前縁帯活断層系（以下 HFF）は、インドプレートとユーラシアプレートが正面衝突して形成され、長さ約 1,500km に及ぶ長大な逆断層系が陸上に生じている。そのため、長大な逆断層系が過去にどのように分割して大地震を発生させたのかを地形・地質学的に検討する上で、適切な研究対象地域といえる。

HFF に関する研究は、ネパールの活断層分布を明らかにした Nakata (1980) を嚆矢として、多くの研究が蓄積されてきた。しかし、ネパールを除くパキスタン・インド・ブータンでは、空中写真の利用が難しく、写真判読による活断層分布は十分に明らかとなっていなかった。さらに、この地域がジャングルに覆われていたこと、これまで前縁帯で発生した巨大地震が地表地震断層を伴っていなかったため、HFF は地表に変位を生じないブラインドスラストとみなされていた。

しかし、1998 年に公開された CORONA 偵察衛星写真は、ステレオ実体視ができ、約 5 m の空間解像度をもつことから、空中写真の利用が難しい国においても断層地形を判読することが可能となり、申請者は、HFF の地表トレースを明らかにした。その結果、多くの地域において活断層が地表に生じており、明瞭な断層変位地形が形成されているということ、連続的に活断層が分布する地域と全く認められない地域に区分できることなどが明らかになった。

近年の研究は、前縁帯における大地震発生の長期的な予測を行うため、図で示すようにトレンチ掘削調査を中心とした活動履歴の復元を中心になされている。申請者の調査でも、ネパール中部プトワル市において、昨年トレンチ掘削調査をおこない、この地域における活断層の活動時期を推定することができた。このように、徐々に各地域における活断層の履歴が明らかになりつつあるが、長大な断層系の中で限られたある地点でのデー

タ、すなわち「点のデータ」が蓄積されているだけでもいえる。

### 2. 研究の目的

長大な逆断層系がどのように分割して大地震を発生させるのかということを考えるためには、「点のデータ」ではなく、どの範囲まで一括で動くかという空間的に広がりをもった「線のデータ」を収集することが不可欠であるが、それに関するデータは、申請者が明らかにした活断層の分布以外にこれまで考えられていなかった。

本研究では、申請者が持つ活断層分布のデータを活用して、HFF の最新活動における時期と 1 回の断層運動で生じた変位量（単位変位量）を広い範囲に取得することにより、1 回の断層運動で割れる範囲を推定し、長大な逆断層系がどのように分割して大地震を発生させるのかという課題に応える手がかりを得ることを目的とする。さらに、高位の地形面で認められる累積的な垂直変位の地域的变化を調べ、これと単位変位量の変化を比較することで、同じような断層変位パターンが繰り返し発生しているのかどうかを検証することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### 1) 研究対象地域の選定

- CORONA 偵察衛星写真データの購入
- 衛星写真と空中写真の加工と出力
- 写真の判読
- 現地調査地点の選定

#### 2) 野外調査の実施

- 地表踏査
- トレンチ掘削調査

#### 3) 野外調査の整理および年代測定の依頼

#### 4) 成果発表（学会発表と学会誌への投稿）

### 4. 研究成果

#### 1) ヒマラヤ前縁の断層トレースの位置とその幾何学的パターンの把握

ネパールの活断層地形判読を行い、前縁帯スラストの背後に長さ 50km にわたる右横ずれ断層を発見した。この断層の発見により大陸プレートの衝突の歪み解放において、前縁のスラストだけでなく、プレート内部の巨大な右横ずれ断層系も影響していることを示した。

ブータン全域の活断層判読を行い、その幾何学的パターンをはじめて明らかにした(図1)。その結果、断層が周密に分布するブータ

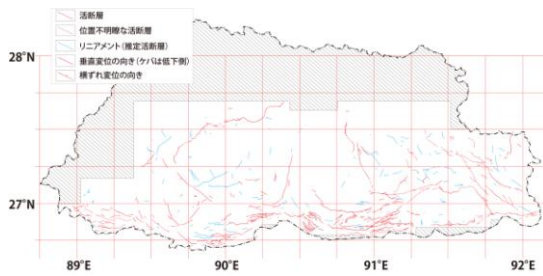


図1 ブータンの活断層図

ン南部の活断層は、MCTとMBTの間、いわゆる低ヒマラヤ内に発達する。この特徴は、ネパールの活断層分布が、MBTやMCTなどの主要地質構造線に集約的に発達し、低ヒマラヤ内では分布密度が低いことと対照的である。ただし、91°Eより東部では、MBTに沿って断層が認められることからネパールヒマラヤと類似した断層発達とみられる。このような断層発達の違いは、長期にわたるプレート衝突の形式が、ブータンで他地域と異なっているため、低ヒマラヤ内に数多くのスラスト構造が発達した結果、その構造を利用して現在活断層が再活動していると予想される。ブータン中部や北部は、MCT背後の高ヒマラヤにあたるが、必ずしも地質図で示される地質境界沿いには発達していない。

### 2) 断層変位地形の特徴の把握

ブータン南部ゲレフ周辺は、ブータンでも明瞭な断層変位地形が認められる地域であり、断層変位地形の特徴を明らかにするため現地調査を実施した。

北方の平野と低ヒマラヤ山地との境界からゲレフの東部にかけて連続的に発達する。ただし、ゲレフ北西部では断層線は一本であるのに対し、ゲレフ北東部から東部では断層が5条以上に平行に発達するなどの違いが見られる。

ゲレフの東のマオ川の両岸では、山地から平野へ出る地点で、少なくとも高さの異なる3段の段丘面が累積的に、北側隆起の変位を受けている。またDanabariから東では、5面以上の段丘面が逆に累積的に北落ちの断層変位を受けていることが明らかになった。

### 3) ヒマラヤ前縁北西部の前縁帯スラストの地震発生様式の解明

ヒマラヤ前縁のパンジャブ州で、HFTのトレンチ掘削調査を実施した。トレンチ壁面に現れた地層のずれの量と年代から、1400〜

1460年に一度に9.3m以上ずれるような断層変位があったことが明らかとなった。他のトレンチ掘削調査の結果をあわせると、北西インドでは、カングラ地震の規模を超えるマグニチュード8.7以上の大地震が発生してきたと考えられる(図2)。

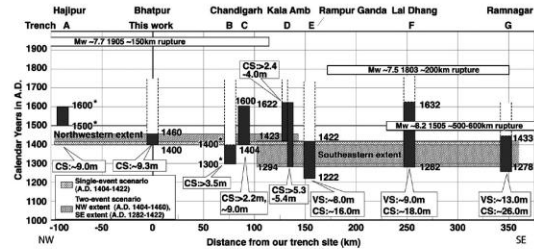


Fig. 7. Space-time diagram showing dating constraints on timing of surface displacements at trenching sites, studied by previous workers, together with the present trench site. The horizontal scale is the distance from location of this study. The vertical bars above each site reflect the time range of surface displacements allowed by dating in calendar years. Age with asterisk implies result by CS dating, without asterisk implies <sup>14</sup>C AMS dating. The height of each gray bar is bounded by 2-sigma standard deviation of the <sup>14</sup>C calendar ages. The dotted bars above the gray bars show the possible time range of surface displacement due to uncertainty in the upper age limits of displacements. The consistent slip (CS) of the corresponding earthquake is shown in meters. The CS for trench C is more than 2.2 m (Kumar et al., 2006), but we recalculated it as 0.9 m. The rupture extent of known large to great earthquakes within the study area is provided by the long lines, which show the event age and inferred rupture length (Kumar et al., 2009). Trench A: Malik et al. (2010); Trench B: Malik et al. (2009); Trenches C, E, and G: Kumar et al. (2006); Trench D: Kumar et al. (2005), who identified two faulting events on trench site 'D' during the last 1000 years.

図2 ヒマラヤ北西部前縁帯逆断層の最新活動時期とその破壊域

### 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 Kumahara Y. and Jayangondaperumal, R., 2013, Paleoseismic evidence of a surface rupture along the northwestern Himalayan Frontal Thrust (HFT), *Geomorphology*, Vol. 180-181, pp. 47-56, doi:10.1016/j.geomorph.2012.09.004, 査読有
- ② Kumahara Y. and C. Jamyang, 2012, Preliminary mapping for active fault in the southern Bhutan Himalaya, *Bhutan Geology*, Vol. 9, pp. 19-23. 査読無
- ③ S. Kumar, S. G. Wesnousky, R. Jayangondaperumal, T. Nakata, Y. Kumahara, V. Singh, 2010, Paleoseismological evidence of surface faulting along the northeastern Himalayan front, India: Timing, size, and spatial extent of great earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, vol. 115, doi: 10.1029/2009JB006789, 査読有
- ④ A. Lin, Z. Ren and Y. Kumahara, 2010,

Structural analysis of the coseismic shear zone of the 2008 Mw 7.9 Wenchuan earthquake, China. Journal of Structural Geology Vol. 32, pp. 781-791, doi:10.1016/j.jsg.2010.05.004, 査読有

〔学会発表〕（計 8 件）

- ① 熊原康博, ブータンヒマラヤの活断層の分布と変位様式, 日本地理学会春季学術大会, 2013年3月29日, 立正大学
- ② 熊原康博・橋爪 誠, ブータン南部ゲレフ地域の断層変位地形, 日本地理学会春季学術大会, 2012年3月29日, 首都大学東京
- ③ Yasuhiro Kumahara, Characteristics of active faults in the southern Bhutan Himalaya, Open Symposium on DGM-SATREPS Project "Study on glacial lake outburst floods (GLOFs) in the Bhutan Himalayas", 2012年2月14日, 名古屋大学
- ④ Jamyang Chopel and Y. Kumahara, Active faulting in southern Bhutan Himalaya and its application for active tectonics, 2011年度地球惑星連合大会, 2011年5月24日, 幕張メッセ
- ⑤ 熊原康博・橋爪 誠, ブータン南部の活断層の分布と変位様式, 日本地理学会春季学術大会, 2011年3月31日, 明治大学
- ⑥ 八木浩司・佐藤 浩・熊原康博, 低ヒマラヤ帯における活断層直近斜面の地すべり地形分布図の作成と地震地すべりへの適用, 日本地球惑星科学連合 2010 年度連合大会, 2010年5月24日, 幕張メッセ
- ⑦ 熊原康博, インド・パンジャール州におけるヒマラヤ前縁の活断層地形, 日本地球惑星科学連合 2010 年度連合大会, 2010年5月27日, 幕張メッセ
- ⑧ B. N. Upreti and Y. Kumahara, Paleoseismological study in the Nepal Himalaya-Present status, Chapman

Conference on complexity and extreme events in geosciences, National Geophysical Research, 2010年2月16日, National Geophysical Research, Institute, Hyderabad, India

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等  
ブータンでもっと購読者が多い新聞である **Kuensel** 新聞（朝刊）に、本成果の一部を紹介（平成 24 年 3 月 24 日（土）掲載）  
<http://www.kuenselonline.com/2011/?p=29034>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

熊原 康博 (KUMAHARA YASUHIRO)  
群馬大学・教育学部・准教授  
研究者番号：60379857

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし