

## 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 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21300335

研究課題名（和文）

活断層の地表変位予測に関する変動地形学的研究

研究課題名（英文）

Tectonic geomorphological studies on prediction of surface rupture patterns associated with active faulting

研究代表者

鈴木 康弘 (SUZUKI YASUHIRO)

名古屋大学・減災連携研究センター・教授

研究者番号：70222065

研究成果の概要（和文）：活断層運動に伴う地表地震断層は、震源断層の活動の本質を理解する上で重要であり、とくにこれを事前に予測できるか否かは変動地形学に課せられた重要な研究テーマである。本研究では20世紀末以降の国内の事例に加え、台湾・モンゴル・中国などにおける大地震も調査対象として、活断層の事前認定を見直した上で、地表地震断層と活断層の関係を精査した。事前認定が不十分なために混乱を招くこともあり、地震によっては事前予測に限界のあるものもあるが、台湾中部地震においては明瞭な関係が見いだされ、事前予測が可能であったことを初めて明らかにしたことは重要な成果として特筆される。

研究成果の概要（英文）：Surface rupture patterns associated with active faulting reflect coseismic behavior of subsurface source faults, and thus tectonic geomorphology is a key to predict coseismic fault behavior. We examined relationships between coseismic surface ruptures and fault-related landforms related to the 1995 Neftegorsk, 1999 Chi-Chi, 1905 Bulnay, and 2008 Wenchuan earthquakes, in addition to the 1896 Rikuu, 1995 Hyogo-ken Nanbu, 2004 Chuetsu, 2007 Chuetsu-oki, and 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquakes. In the case of Chi-Chi, spatial variation of coseismic displacement coincides with that of cumulative displacement, which would lead to long-term earthquake prediction, including earthquake magnitude and rupture directivity.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	7,900,000	2,370,000	10,270,000
2010年度	5,700,000	1,710,000	7,410,000
2011年度	1,700,000	510,000	2,210,000
総計	15,300,000	4,590,000	19,890,000

研究分野：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、地震、変動地形学、リモートセンシング

## 1. 研究開始当初の背景

本研究は、近年発生した大地震に伴う地震断層と、その発生源となった活断層との関係を詳細に比較することによって、将来発生する活断層による地震（以下活断層地震と呼ぶ）の際の地表変位を正確に予測する新たな

手法を創出することを目的とする。現状の活断層研究は、断層の長さや断層線の形状に注目して、地震断層の長さを想定する概略的な経験則を有しているが、その揺らぎや地表変位分布までを予測する高度な手法は確立されていない。

## 2. 研究の目的

本研究では、2008年四川地震をはじめとする最近(概ね20世紀以降)に起きた活断層地震を事例に、従来の予測手法の適用限界を検討するとともに、累積変形から分かる断層沿いの平均変位速度分布を詳細に求め、これと地震時変位量の分布がどのような相関を持っているかに注目することによって、予測手法の高度化を目指す。高度化を目指す予測項目は、(1)地表変位が生じる範囲(地表地震断層の長さ)、(2)地点ごとのずれの量、(3)深部地震発生層におけるいわゆる震源断層の規模、の3点である。

## 3. 研究の方法

地震前に撮影された実体視可能な高解像度衛星写真および航空写真を精査し、詳細な活断層マッピングを行い、写真計測手法によって変位量分布を解明する。地形発達史を考慮した地形面分類図を作成し、地形面を変位基準にして平均変位速度を検討する。現地調査は地形面の年代観を得るため、および写真計測用のGCP(計測基準点)を測量するために補足的に実施する。

## 4. 研究成果

### (1) 成果の概要

本研究では20世紀末以降に発生した、1995年兵庫県南部地震、1995年サハリン北部地震、1999年台湾中部地震、2004年中越地震、2007年中越沖地震、2008年岩手・宮城内陸地震、2008年中国四川地震に加え、1905年モンゴル・ブルナイ地震および1896年陸羽地震を調査対象として、既存の活断層と地震断層の関係を調べ、相応の地震規模およびずれを予測できたか否かを検討するとともに、そこに内在する問題について考察した。

鈴木(2012)はこれまでの自らの研究成果を取り纏める形で前7者を検討し、1990年代の地震では活断層と地震断層の対応が明瞭で、地震規模の相当するずれも確認されたのに対し、2000年代の地震では地震断層の明瞭度が高くなく、地震規模に相当するずれも確認できなかったという特徴を纏めた。このことは活断層認定による地震発生予測レベルに差異があることを示しているが、一方で活断層の事前認定が困難というわけではないことも重要とした。さらに本研究において、活断層の事前認定と地震断層認定に問題が残る2008年岩手・宮城内陸地震について国土地理院と共同で詳細な活断層情報を取り纏めた。1896年陸羽地震については、累積変位量分布と地震断層変位量の相関を確認するとともに、この地震の際には断層活動が生じなかった盆地南部について、未確認の活断層の存在を確認すべく掘削調査等も実施して、盆地全域における地震発生予測の見直し

を検討した。以上の成果により活断層からの地震発生予測の複雑さを提示し、これらを纏める端緒をつかんだ。

一方、震源断層が100kmを超える、2008年中国四川、1905年モンゴル・ブルナイ、1999年台湾中部地震における活断層と地震断層の関係については海外調査も行って、詳細な調査を開始した。最も特筆される成果として、台湾中部地震を起こした車龍岬断層に関して、我々がこれまで実施してきた調査結果も総括しつつ、新たに累積変位量分布を明らかにした(松多ほか、2012)。その分布形状は地震時変位量のそれと明瞭に一致することが判明し、このことから台湾中部地震の地震断層は事前予測可能であり、活断層線の長さも考慮すれば相応の地震規模も予測し得た可能性が高いことが示された。

また、四川地震では地震断層の調査結果は多いものの、活断層の事前認定に未解決な問題が多く、活動センスが合致しないこと、モンゴル・ブルナイでは、300kmを超える活断層のほぼ全域で1905年に断層活動が生じ、10m近い最大変位が確認された地点等において、1905年を含む過去2回の地震時にほぼ同様の変位が繰り返されたことを明らかにした。以下に、これら海外の調査結果について具体的内容を記す。

(2) 1999年集集地震に伴う地表地震断層の変位量分布と車龍岬断層における後期更新世以降の累積変位量分布

1999年に台湾中部で発生した集集地震に伴っては、総延長90km以上にわたって地表地震断層が出現した。この地震断層は、変位量等が世界で最も詳細に報告されている例のひとつである。また台湾は1970年代より縮尺約2万分の1の空中写真が全域で整備され、変動地形学的な調査を可能としている。そのため、段丘面形成以降の累積変位量と1999年の地震時変位量とを比較検討するフィールドとして注目される。

今回、全長90km以上の範囲を対象として空中写真測量を実施し、断層を横切る72測線の地形断面を作成した。ただし1970年代撮影の空中写真は当然、1999年の地震による地表変形を受ける前の地形を写しており、空中写真の標定に必要なGCP(地表基準点)を現在実測で得ることはできない。そこで、縮尺5000分の1の写真地図上の独標点をGCPとして用いて空中写真の標定・測量を行った。地形面の年代については、年代試料が得にくいために不明であるが、地形の連続性や開析度から段丘を5面に分けて、それぞれの段丘面ごとに変位量分布を作成した。段丘面の区分は太田ほか(2003)とほぼ同じである。

その結果、H1・H2面は地形が残っていないため、断層沿いの変位量分布の傾向を求めるには不適と現段階では判断した。また、最低

位面である L2 面は、変位を受けた地震を経験した回数が少ないため、その回数によって変位量にばらつきが生じ、断層沿いの変位量分布の傾向を求めるには適さないものと今回考えた。したがって、我々は中位面である M 面とやや古い低位面である L1 面の変位量を、地震時変位量を比較した。

その結果、地震時変位量と M 面・L1 面の変位量の空間分布がよく一致することがわかった。このことは、累積変位量から地震時の滑り量分布を推定できることを示している。

地震時の地表変位量分布から計算されるモーメントマグニチュードは、地震学的に求められるモーメントマグニチュードとほぼ一致する (Wesnousky, 2008)。したがって、累積変位量に関する変動地形学的調査によって、その断層から発生する地震の規模を予測できることになる。また、将来起こりうる地震の際の断層面上のアスペリティ (地震時にもっとも大きく滑る場所) を予測できる点も重要である。こうした観点から以下、集集地震をどの程度予測できたかを検証する。

累積変位量が相対的に大きな区間は 3 ないし 4 確認することができる。その中でも特に大きな変位量を示すのは北部豊原周辺と南部南投の南である。したがって、推定されるアスペリティは豊原または南投南部となる。次に断層の長さであるが、活断層の連続性から南投南部の竹山から霧峰までと霧峰の北から后里または石岡までと推定され、いずれも長さ約 100 km である。また L1 面の年代を宍倉ほか (2002) のトレンチ掘削調査結果から約 4500~4800 年前とすると、垂直成分の平均変位速度の最大値は約 6.5 mm/yr となる。トレンチ掘削調査から求められた平均活動間隔は 200~700 年であるので (Chen et al., 2012)、1 回の地震に伴う上下変位量は最大 4.5 m になる。以上をまとめると、変動地形学的に予測される集集地震はアスペリティが南投または豊原で断層長さが約 100 km、地震時のすべり量が最大で 4.5 m (上下成分) となる。この予測結果は、震源が南投、断層長が約 100 km、地震時のすべりが断層北部において最大で 6.5 m (今回調査した範囲の外で 10 m を記録しているが、今回の該当範囲に限れば 6.5 m) であった集集地震と比べて、地震時すべり量が 1.5 倍ほどで大きいものの、よく一致しているといえよう。地震時のすべり量が大きかったことの原因として、トレンチ掘削調査の結果では断層の北部は南部と比較して平均活動間隔が長い傾向があり、今回の地震によって北部の地域はより長い期間の歪が解放されたことが考えられる。これは詳細な古地震学的調査によって今後解明すべき課題である。以上から、集集地震は変動地形からかなり高い精度で予測できたといえよう。

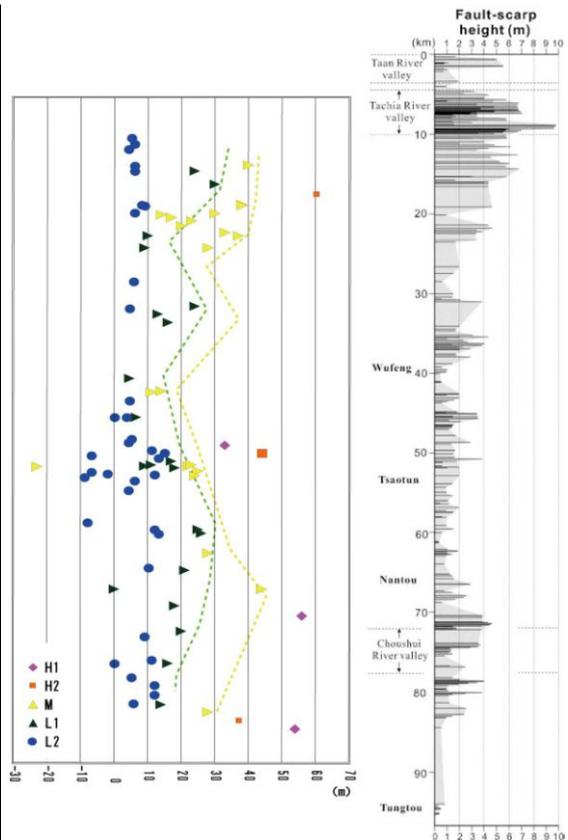


図 1 右: 1999 年の地震時上下変位量分布 (Yuan-Hsi Lee et al., 2003)、左: 段丘面の累積変位量分布 (東側隆起が正)。

### (3) ブルナイ断層における地震時変位量繰り返しパターンに関する研究: CORONA 画像判読と現地調査による検討

#### ①はじめに

ブルナイ断層は、ユーラシア大陸の中央に位置し、バイカルからヒマラヤにかけてのテクトニクスに大きく貢献する、ほぼ東西走向の長大な左横ずれ断層である。その最新活動は 1905 年ブルナイ地震 (Mw8.4) であり、地震に伴っては長さ 300 km 以上にわたって、最大 10 m 以上の左横ずれ変位を示す地表地震断層が出現した (例えば, Baljinyam et al., 1993)。後述するように、ブルナイ地震の地表地震断層は現在でも明瞭に残されており、また累積的な変位を示す段丘崖等も多くの地点に認められる。したがって、活断層の大地震発生繰り返しパターンを解き明かす絶好の調査対象のひとつといえる。

今回、CORONA 偵察衛星画像や航空写真の判読作業を実施してブルナイ断層沿いの変位地形をマッピングし、現地調査も実施した。ここでは地点 03 (図 2) を例として、後期完新世に形成されたと考えられる地形面と断層変位地形、変位基準の概略を記載し、地震時変位量や断層変位の回数を地形学的に検討する。その後、地点 01~09 で得られた結

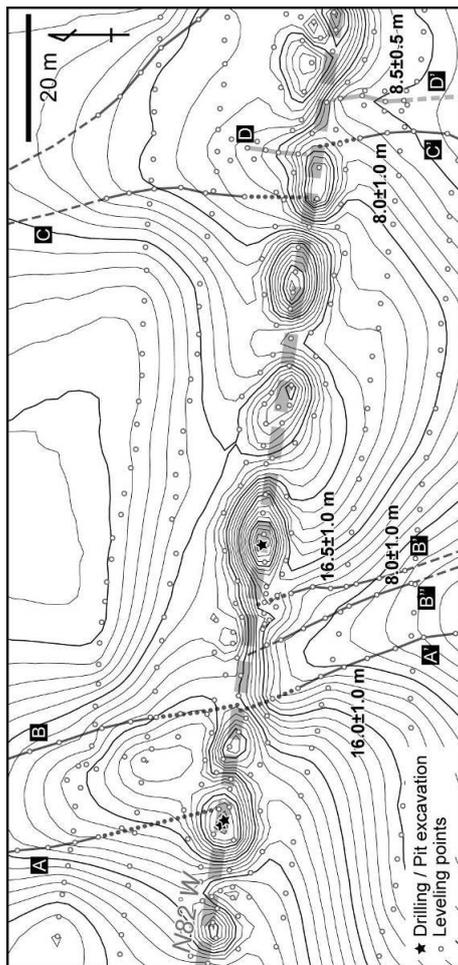


図2 地点03の等高線図。測量はトータルステーションによる。Surferで作成。等高線間隔は0.1 m。

果をまとめ、活動時期も含めた総合的な検討を行う。なお本研究では平均変位速度についても検討を行っている。

#### ②地点03における調査結果

地点03 (49° 14.5' N / 96° 27.5' E 付近) には、北側の山地から南方へと流下する河川によって沖積段丘が形成され、現河床が2列発達する。これらの地形はブルナイ断層によって切断され、断層に沿ってはバルジ・サグポンド列が形成されている。

西側の現河床の右岸 A-A' は 16.0 ± 1.0 m の左横ずれを示す。左岸においては、断層より下流側に小規模な沖積段丘面が形成されており (B' と B'' の間)、B-B' 間には 16.5 ± 1.0 m、B-B'' 間には 8.0 ± 1.0 m の左横ずれがそれぞれ認められる。一方、東側の現河床の右岸 C-C' は 8.0 ± 1.0 m、現河床中央のガリー DD' は 8.5 ± 0.5 m の左横ずれをそれぞれ示している。

地点03 付近におけるブルナイ地震時の変位量は 8 ± 2 m とされており (例えば、Baljinyam et al., 1993)、B-B''・C-C'・D-D' の変位量はこれとほぼ一致する。一方、

A-A'・B-B' は、地形学的にみてこれら3者よりも形成時期が古いと考えられ、変位量も2倍程度の値を示す。したがって、A-A'・B-B' はブルナイ地震に先立つ断層変位も受けていると考えられ、これらの変位量の中間的な値を示す変位基準が見出されなかったことから、最近2回の変位量がほぼ同じであったと考えられる。

#### ③地震時変位量の繰り返しパターン

地点 01・02・04~09 においても、トータルステーションを用いた平面測量やピット掘削等を実施し、地形学的検討を行った。9地点の結果をまとめると、1905年の地震時変位量は5~14 m程度と地点によってかなり異なるが (例えば、Baljinyam et al., 1993)、地点ごとにみると最近2回の変位量がほぼ同じであったものと考えられる。

#### (4) 衛星画像判読と現地調査に基づく2008年四川大地震の震源域の活断層の特徴と地表地震断層との関連

##### ①はじめに

2008年5月12日に四川盆地西縁において、Mw7.9のブン川(Wenchuan)地震が発生した。この地震による破壊は長さ270km以上に及び、チベット高原と四川盆地を画する龍門山逆断層帯(Longmen Shan Thrust Belt、以下LSTB)とほぼ平行にのびる(NEIC、2008; Burchfiel et al., 2008) (図3)。LSTBに沿っては、地震前から活断層が認定されており(Kirby et al., 2000; Densmore et al., 2007)、地表地震断層がこの活断層に沿って認められた(Lin et al., 2009など)。しかし、これまでの研究では、活断層の認定が変動地形学的な根拠に乏しいという点に課題が残っていた。こうした背景のもと、今回、下記の2点を目的として研究を行った。

- ・ブン川地震の震源域を対象にCORONA偵察衛星画像を用いた地形判読を行い、変動地形学的な根拠により活断層を認定、特徴を解明。
- ・判読結果をもとに、活断層沿いに現地調査を行い、認定した活断層に沿って地表地震断層が生じているかどうかを確認。

##### ②衛星画像判読に基づく活断層の特徴

LSTBの断層ごとに判読結果を記載する。

- ・ブン川-茂ブン断層 最も北西の構造線に沿っており、チベット高原と四川盆地を画する地形境界とほぼ並走する明瞭な谷地形が認められる。しかし、この谷に沿っては明瞭な断層変位地形は認められないことから、この構造線が活断層かどうかは疑わしい。
- ・北川-映秀断層 本断層は直線的なトレースで、河谷や尾根の屈曲から右横ずれ変位が卓越することが推定される。垂直変位の向きは場所により逆転するが、北西落ち(山地側)が多い。断層トレースが雁行するところでは、局部的に逆断層が認められる。断層の南西端では雁行配列が卓越する。

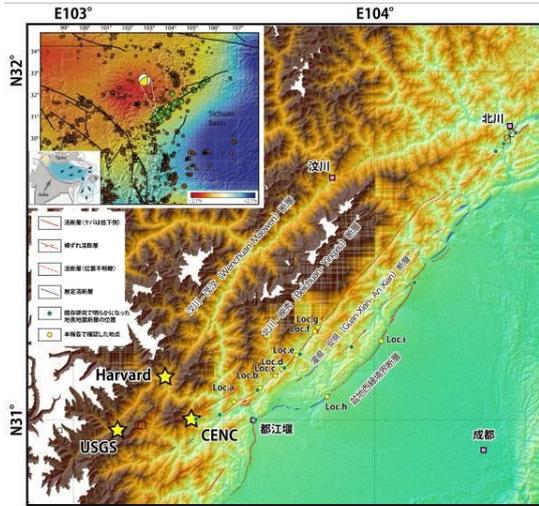


図 3 ブン川地震の震源域の活断層、地表地震断層の確認地点、今回の調査地点。

- ・ 灌渠-安県断層 本断層も、直線的なトレースであるが、河谷や尾根の屈曲は不明瞭である。ただし、垂直変位の向きは場所により逆転するため横ずれ断層の可能性が高い。
  - ・ 盆地西縁境界断層 山地の山麓に沿って発達する逆断層で、段丘面の連続が断層によって断たれている地点が認められる。
- ③活断層のトレースと従来の報告に基づく地表地震断層の出現との関係

これまでの現地調査の結果 (Lin et al., 2009 など) では、ブン川地震に伴う地表地震断層は北西隆起の逆断層センスを主体で、一部に右横ずれ断層が認められるとし、これらの結果は、本震のメカニズム解と調和的であることを指摘している (図 1)。しかしながら②で述べたように、地表地震断層のセンスは、活断層の変位様式とは必ずしも一致していない。この齟齬の原因として、地表地震断層の確認地点がアクセスの問題から限られていることから横ずれ断層センスを見逃している可能性、横ずれの活断層沿いで長期的な断層変位のセンスとは異なる逆断層センスの地表地震断層が生じた可能性のふたつが考えられる。

そこで、北川-映秀断層沿いを中心に 2009 年 7 月、現地調査を 7 日間実施した (表 1)。その結果、いくつかの地点で右横ずれセンスのものや北西側隆起ではない地表地震断層の変位が確認された。ただし、限られた地点での観察であることや、変位量そのものも大きな量とはいえ、以上の観察結果からは、活断層の変位様式と地表地震断層の変位様式の齟齬の問題を検討するだけの十分なデータとは現段階では言い難い。また、右横ずれが卓越する地表地震断層を見いだせなかったのも事実である。一方で、明瞭な右横ずれセンスの断層変位地形がある地点で、地表地震断層がきちんと確認できなかったこと

表 1 現地調査結果概要

地点	記載
Loc.a	31°2.797' N・103°31.787' E. 地表地震断層をあらたに発見. 変位基準は道路とその側溝. EW 走向, 南側隆起約 4cm, 右横ずれ約 5cm.
Loc.b	31°5.470' N・103°37.170' E. N35°E・30°NW の断層露頭. 樹木や道路の傾きから今回変位と判断. 崖高 4.8m (すべて今回の変位かは不明).
Loc.c	31°7.773' N・103°40.639' E. 果樹園中に N40°E 走向の膨らみ.
Loc.d	31°8.697' N・103°41.509' E. 新鮮な断層露頭 (N40°E・50°NW). 地表地震断層のセンスは不明.
Loc.e	31°10.692' N・103°43.852' E. 断層の走向に平行な細長い谷 (N50°E 走向) の中に南東側隆起の低崖 (1.2m). 樹木の傾きから地表地震断層と判断. 北西側隆起ではない. 横ずれは不明.
Loc.f	31°10.692' N・103°43.852' E. 地表地震断層. N20°E 走向. 約 20cm 西側低下・約 50cm 左横ずれ. 一般走向は N50°E ゆえ共役的なトレースの可能性.
Loc.g	31°17.125' N・103°50.006' E. 地表地震断層. N45°E 走向. 道路の縁から右横ずれが想定される (変位量不明). 50-60cm 西側低下.
Loc.h	31°4.194' N・103°50.812' E. 盆地西縁活断層の通過位置. 段丘面の分布が断たれている. 地表地震断層が出現した痕跡は認められず.
Loc.i	31°12.282' N・104°0.419' E. 前線西縁活断層の通過位置. 地表地震断層出現の証拠なし.

も今後の課題である。

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)

- ① Nakata, T. et al., 2012, Active faults along Japan Trench and source faults of large earthquakes, Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, Tokyo Japan, Mar. 4th, 査読有.
- ② 後藤秀昭・中田 高, 2011, デジタル化ステレオペア画像を用いたディスプレイでの地形判読, 活断層研究, 34, 31-36, 査読有.
- ③ 渡辺満久, 2011, 2011 年東北地方太平洋沖地震の地殻変動と変動地形, 季刊東北学, 28, 140-150, 査読無.
- ④ Lin, A. et al., 2010, Structural analysis of the coseismic shear zone of the 2008 Mw7.9 Wenchuan earthquake, China, Journal of Structural Geology, 32, 781-791.
- ⑤ Sugito, N. et al., 2010, Geologic evidence for surface rupture associated with the 1847 M 7.4 Zenkoji earthquake at Dannohara, Nagano City, Japan, Bulletin of the Seismological Society of America, 1678-1694. doi: 10.1785/0120090171, 査読有.
- ⑥ 鈴木康弘, 2010, 2008 年岩手・宮城内陸

地震と活断層－想定外地震の衝撃－，  
E-journal GEO, 4, 109-116, 査読有.

- ⑦ 鈴木康弘ほか，2010，平均変位速度分布に基づく糸魚川－静岡構造線断層帯北部の地震発生予測，活断層研究, 33, 1-14, 査読有.
- ⑧ 鈴木康弘ほか，2009，糸魚川－静岡構造線活断層情報ステーション－web-GIS ベースのシステム構築とその意義，E-journal GEO, 4, 37-46, 査読有.

〔学会発表〕(計28件)

- ① 松多信尚ほか，2012，地震前後の空中写真測量による地表地震断層の変位量計測と更新世後期の変位地形計測の手法開発：台湾車籠埔断層を例にして，地球惑星科学関連学会 2012 年連合大会予稿集，SSS35-P34, 千葉，2012 年 5 月.
- ② Matta, N., et al., 2011, Creeping deformation by the precise leveling survey at the central part of the Longitudinal Valley fault, southeast Taiwan, AGU Fall Meeting, T43D-2382, California USA, Dec. 8th.
- ③ 渡辺満久ほか，2011，横手盆地の変動地形と活構造，地球惑星科学関連学会 2011 年連合大会予稿集，HDS029-03, 千葉，2011 年 5 月.
- ④ 後藤秀昭ほか，2011，DEM のステレオ画像から判読される平野の微小な変位地形，日本地理学会 2011 年春季学術大会発表要旨集，79, 東京，3 月.
- ⑤ 杉戸信彦ほか，2010，地形学的手法に基づくモンゴル，ブルナイ断層の最近 2 回の地震時変位量と活動時期，日本活断層学会 2010 年度秋季学術大会講演予稿集，0-11, 愛知，11 月.
- ⑥ 中田 高，2010，変動地形学の研究は地震をどこまで解き明かせるのか？，日本地震学会 2010 年秋季大会講演予稿集，C32-01, 広島，10 月.
- ⑦ Goto, H. et al., 2010, Slip rate in the central part of the causative fault of the 1905 Bulnay earthquake fault, Mongolia, Hokudan 2010 International Symposium on Active Faulting, Abstract P08, Hyogo JAPAN, January 18-20th.
- ⑧ 石黒聡士ほか，2009，CORONA 画像の実体視判読に基づく 1957 年 Gobi-Altay 地震の地表地震断層の認定，日本活断層学会 2009 年度秋季学術大会予稿集，P-14, 東京，11 月.
- ⑨ 熊原康博ほか，2009，CORONA 偵察衛星写真の判読に基づく 2008 年四川大地震の震源域の活断層の特徴，日本地球惑星科学連合 2009 年大会予稿集，J232-P001, 千葉，2009 年 5 月.

〔図書〕(計3件)

- ① 鈴木康弘，2012，「地震災害と変動地形学」，杉浦芳夫編著，「地域環境の地理学」，朝倉書店，第 2 章，12-25.
- ② 糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ，2010，「糸魚川－静岡構造線断層帯変動地形資料集 No.4 南部(白州－鯉沢間)」，28p.
- ③ 鈴木康弘ほか，2009，平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震 1:25,000 詳細活断層図(活断層・地形分類及び地形の変状)，国土地理院技術資料，D・1-No.541.

〔産業財産権〕

- 出願状況(計0件)
- 取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鈴木 康弘 (SUZUKI YASUHIRO)  
名古屋大学・環境学研究科・教授  
名古屋大学・減災連携研究センター・教授  
研究者番号：70222065

### (2) 研究分担者

渡辺 満久 (WATANABE MITSUHISA)  
東洋大学・社会学部・教授  
研究者番号：30222409  
中田 高 (NAKATA TAKASHI)  
広島工業大学・環境学部・教授  
広島大学・文学部・名誉教授  
研究者番号：60089779  
後藤 秀昭 (GOTO HIDEAKI)  
広島大学・文学研究科・准教授  
研究者番号：40323183

### (3) 連携研究者

杉戸 信彦 (SUGITO NOBUHIKO)  
名古屋大学・環境学研究科・研究員  
研究者番号：50437076  
(H21→H22：研究分担者)  
熊原 康博 (KUMAHARA YASUHIRO)  
群馬大学・教育学部・講師  
群馬大学・教育学部・准教授  
研究者番号：60379857  
松多 信尚 (MATSUTA NOBUHISA)  
國立台灣大學・博士後研究員  
名古屋大学・環境学研究科・研究員  
研究者番号：40578697  
石黒 聡士 (ISHIGURO SATOSHI)  
名古屋大学・災害対策室・助教  
名古屋大学・災害対策室・研究員  
国立環境研究所・研究員  
研究者番号：90547499