

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2014

課題番号：23650582

研究課題名(和文) 高解像度DEMステレオ計測システムの開発と活断層・変動地形研究への応用

研究課題名(英文) Development of high-resolution-DEM stereo-measurement systems and their application to active-fault and tectonic-landform research

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：高解像度のデジタル標高データ(DEM)が急速に整備され、変動地形学研究への応用に期待が集まる。本研究はこうしたDEMを実体視画像に加工して判読を行い、判読結果の地図化や、変位量計測の機能を有するシステム開発を行った。これを断層地形調査や地すべり調査に適用する中で、システムの有効性を確認するとともに、システム自体の改良も繰り返した。詳細な現地測量が困難な三重県熊野市の海岸隆起地形調査や、糸静線活断層の新たなトレース発見など新知見が得られたことで、システムの有効性が実証された。

研究成果の概要(英文)：High-resolution digital elevation model (DEM) has been rapidly developed, and thus expected to be applied to tectonic geomorphological study. We created various types of stereo-pair images based on the DEM. In addition, we developed a GIS-based mapping system that enabled us to 1) make interpretation-result map, and 2) measure amounts of tectonic movements. We improved the system many times, by applying the system to geomorphic studies on fault-related landforms and landslide features. We finally confirmed the usefulness of our developed mapping system. This is, for example, supported by success of 1) analysis of Holocene marine terraces in Kumano City, and 2) examination of surface-trace distribution of the ISTL active fault system.

研究分野：地理学

キーワード：活断層 リモートセンシング 変動地形学 写真測量 計測システム

1. 研究開始当初の背景

近年急速に整備されつつある高密度・高解像度のデジタル標高データ (DEM) は、地形学の進歩に大きく貢献すると期待されている。しかし、研究開始当初には、こうした高密度・高解像度 DEM を用いて地形を 3D で観察することは一般に容易ではなく、変動地形学の主要な方法論である地形判読法が適用しにくい状況にあったため、DEM の有効活用は進まず、「宝の山」として眠ったままであった。

2. 研究の目的

本研究では、高密度・高解像度 DEM を用いたステレオ計測システムを開発し、活断層マッピング・地形変位形状データを取得できるようにして、活断層・変動地形研究への応用を図る。さらに、システム開発と応用研究を互いにフィードバックさせることによって、両者をより高度化する。

3. 研究の方法

計測システムを新規開発することによって、高密度・高解像度 DEM から、地形をイメージしやすい画像を作成し、コンピュータ画面上で容易に 3D 観察できるようにする。さらに、画像上でデジタル化や断面測量等の計測を可能にし、画期的に誤差の少ない活断層マッピング・地形変位形状データの取得を行えるようにする。また、こうしたシステム開発の成果に立脚しながら、活断層・変動地形研究を並行して進め、相互にフィードバックを図る。

4. 研究成果

計測システムについては、データインポート、地形特性に応じた主題図の作成と解析、マッピング・計測、データ出力、の流れを確立した。詳細は以下の(1)・(2)に示す。

活断層・変動地形研究についても、(3)に述べる成果が得られており、種々の地形場に関して本計測システムが有効であることが確認された。

DEM に関しては、ここ数年の SfM ソフトウェアの発達によって、LiDAR 計測データが不足する状況が改善される、あるいは古い航空写真を使用して過去地形の DEM を容易に作成できるなどの進歩がみられる (図 1)。こうしたデータについても、本計測システムを利用

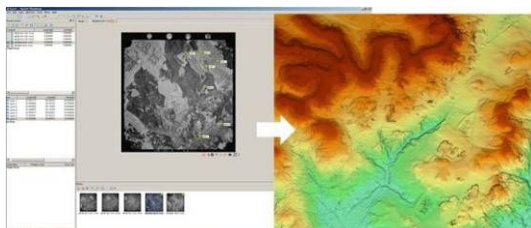


図 1 SfM ソフトウェアによる DEM

して有効に解析できることが確認され、地形調査手法の高度化に大きく貢献すると考えられる。

(1) 地形をイメージしやすい画像の作成とコンピュータ画面上での 3D 観察

標高と起伏を考慮した画像の作成、複数の起伏からの合成画像の作成、および水部の水部らしい色づけ、傾斜角、方位などを与えることが可能となった (図 2)。その際には、断層変位地形や地すべり地形、離水海岸地形など、対象とする地形種に応じて彩色等を工夫した。また、高さ強調や領域マスクなど、作業に応じた補助機能も装備した。

また、DEM、および LiDAR 計測のオリジナルデータから鳥瞰画像やステレオペア画像を作成し、かつ動きをつけて 2D ディスプレイ・3D ディスプレイ両者にて容易に閲覧できるようにした (図 3)。機器選定も進め、ムービーやオリジナルの閲覧システムによって、専門外であっても地形を容易に 3 次元的に閲覧できる態勢を整えた。

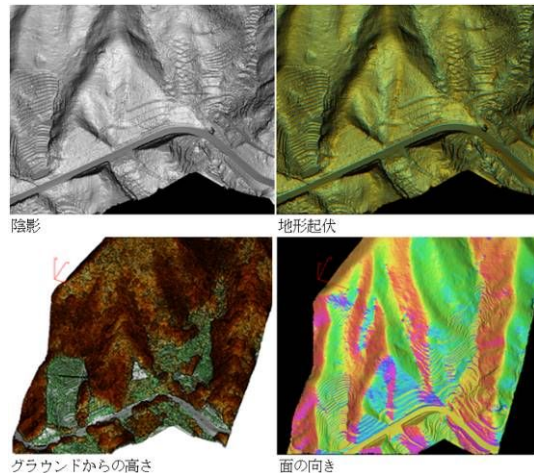


図 2 様々な色付け事例 (鳥瞰表示)

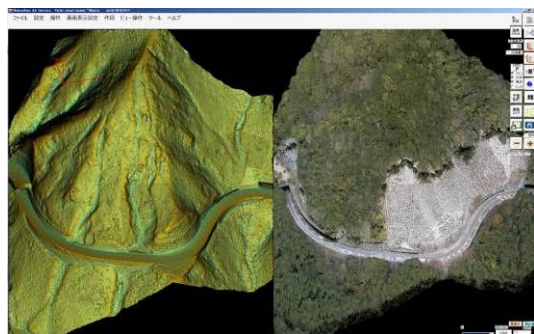


図 3 LiDAR 計測のオリジナルデータ利用例

(2) 画像上でのマッピング・地形変位形状データの取得

立体化アルゴリズムに関し、中心投影画像方式から比高変位方式 (高さに応じた視差を画像に与える方式) へ変更することで、観察作業プロジェクト式のステレオ画像ペアの画素数が飛躍的に増加し、判読者が 1 枚の

画像（または映像）で観察できる領域（または空間解像度）が大幅に改善された（図4）。また、データのリアルタイム処理が可能となったため、解析時に直接DEMデータの値を参照することができ、利便性が格段に向上した。

データインポート機能についても、対応するDEMのデータファイル形式を充実させただけでなく、所定の形式のベクトルデータや注記などを読み込んでプログラム上で表示させることが可能となった。すなわち、DEMだけでなく航空写真や地質図などのラスターデータにも拡張したため、例えば写真を実体視できるようにするなど、判読の際に利用可能な情報が飛躍的に向上した。データエクスポート機能についてもGISデータとしての出力を可能としている。64 bit OSへも対応した（図5）。

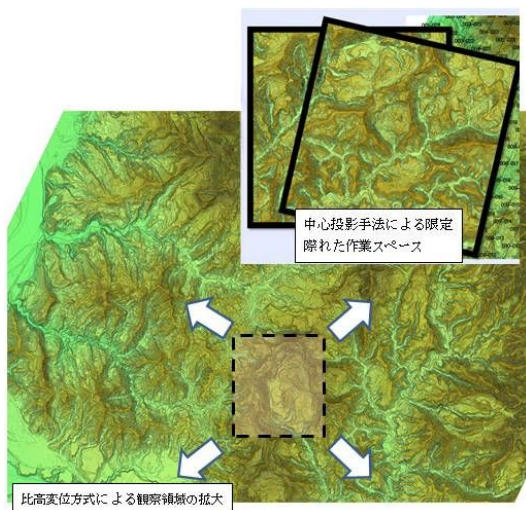


図4 作業エリアの拡大

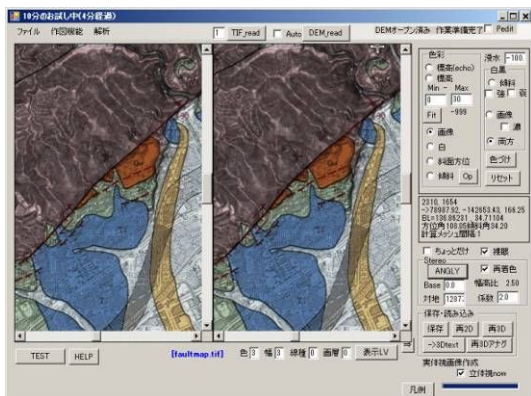


図5 計測システムの操作画面例

### (3) 活断層・変動地形研究

#### 熊野市鬼ヶ城の離水海岸地形

太平洋岸に位置する鬼ヶ城には離水海岸地形が発達しており、南海トラフ地震による地殻変動との関係が指摘され、その詳しい検討が課題となっていた。

本研究では、斜め方向のLiDAR計測データに基づいて精査を行った。鬼ヶ城の地形には

オーバーハングする部分もあり、斜め方向のLiDAR計測データが必須であった。

精査の結果、海成段丘面や海蝕洞が数段にわたって発達することや、こうした海成段丘面や海蝕洞に加え、風蝕の影響で小規模な平坦面が様々な高さに形成された可能性が示された（図6）。したがって、鬼ヶ城の離水海岸地形の形成には、地震性地殻変動が深く関与する可能性が高いと考えられる。



図6 鬼ヶ城の鳥瞰表示

#### 糸魚川 - 静岡構造線活断層系中部、岡谷市西山における活断層分布

岡谷市西山には、従来、航空写真判読によって、山地内を通過する複数の活断層線が認定されていた。

本研究では、LiDAR計測データに基づいて、山地内における活断層分布を再検討した。その結果、岡谷市西山に微細な断層変位地形が発達する様子を確認することができた（図7）。この断層変位地形はその後、掘削調査によって、断層変位に起因することが裏付けられた。

本研究ではさらに、西山を含む塩尻峠周辺について、活断層地図の再検討を行い、詳細な地形変位形状データを得ることができている。

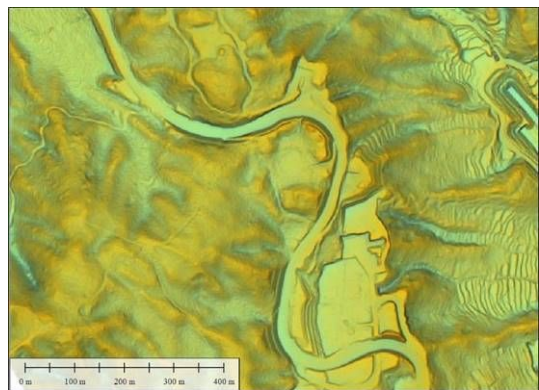


図7 塩尻峠付近の地形表示

#### その他

2011年福島県浜通りの地震に伴って出現した地表地震断層（図8）や、南海トラフ周辺の海底活断層（図9）、糸魚川 - 静岡構造線活断層系中部の茅野市坂室および富士見町御射山神戸に発達する断層変位地形、2014年長野県神城断層地震に伴って出現した地表地震断層などについて、計測システムの有効性が確認された。

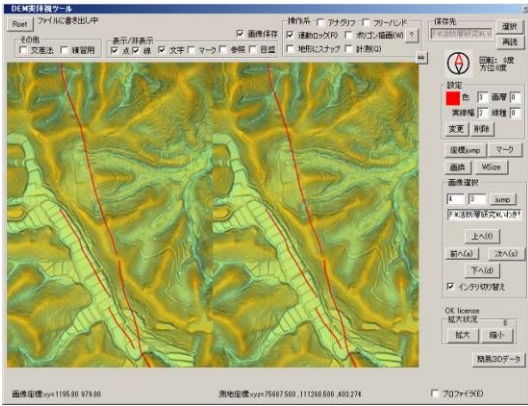


図 8 福島県浜通り地震断層の実体視表示

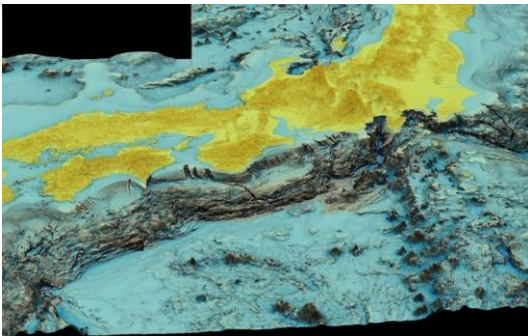


図 9 南海トラフの鳥瞰表示

## 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)

谷口 薫・杉戸信彦・廣内大助・澤 祥・渡辺満久・鈴木康弘, 2012, 糸魚川 - 静岡構造線活断層系中部, 茅野断層(茅野市坂室)の変動地形の再検討, 活断層研究, 37, 17-28, 査読有.

Suzuki, Y., 2013, Tectonic geomorphological active fault studies in Japan after 1980, Geographical Review of Japan Series B, 86, 6-21, 査読有.

鈴木康弘, 2015, 活断層の定義および位置精度に関する留意点, 活断層研究, 41, 11-18, 査読有.

鈴木康弘・渡辺満久・廣内大助, 2015, 長野県神城断層地震が提起する活断層評価の問題, 科学, 84, 175-181, 査読無.

[学会発表](計7件)

石黒聡士・千田良道, 2011, LiDAR データを導入した3D ハザードマップの提案, 日本活断層学会 2011 年度秋季学術大会, 千葉, 2011 年 11 月 26 日.

千田良道・鈴木康弘・杉戸信彦, 2011, 航空レーザ測量データによる地形俯瞰方法の検討, 日本活断層学会 2011 年度秋季学術大会, 千葉, 2011 年 11 月 26 日.

鈴木康弘, 2012, 阪神淡路大震災と神戸

の活断層を再考する, 2012 年日本地理学会秋季学術大会, 兵庫, 2012 年 10 月 6 日.

杉戸信彦・後藤秀昭, 2012, 名古屋市街地を縦断する活断層の変動地形学的検討, 日本活断層学会 2012 年度秋季学術大会, 京都, 2012 年 11 月 17 日.

鈴木康弘・渡辺満久, 2012, 5 m メッシュ DEM による神戸市街地の活断層の再検討, 日本活断層学会 2012 年度秋季学術大会, 京都, 2012 年 11 月 17 日.

谷口 薫・杉戸信彦・松多信尚・丸山陽央, 2013, 糸魚川 - 静岡構造線活断層系中部におけるトレンチ調査(速報) - 岡谷市西山地点の調査結果 -, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉, 2013 年 5 月 22 日.

鈴木康弘・廣内大助・渡辺満久・2014 年神城断層地震地形調査グループ, 2015, 2014 年長野県神城断層地震が提起した問題, 2015 年日本地理学会春季学術大会, 東京, 2015 年 3 月 28 日.

[図書](計1件)

鈴木康弘編, 2015, 「防災・減災につなげるハザードマップの活かし方」, 岩波書店, 240p.

[産業財産権](計0件)

[その他](計0件)

## 6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

杉戸 信彦 (SUGITO, Nobuhiko)  
名古屋大学・環境学研究科・研究員  
法政大学・人間環境学部・専任講師

研究者番号: 50437076

石黒 聡士 (ISHIGURO, Satoshi)

名古屋大学・災害対策室・研究員  
国立環境研究所・特別研究員

研究者番号: 90547499

(H23 H24: 連携研究者)

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

千田 良道 (SENDA, Yoshimichi)

中日本航空株式会社

近藤 雅信 (KONDO, Masanobu)

中日本航空株式会社

村手 直明 (MURATE, Naoaki)

中日本航空株式会社

宮坂 聡 (MIYASAKA, Satoshi)  
中日本航空株式会社