

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K01146

研究課題名（和文）アイトラッキングを用いた熟練研究者の地形判読プロセスの可視化と地形判読教材開発

研究課題名（英文）Visualization of Experts' Geomorphic Interpretation Process using Eye Tracking System and Development of Education Materials for Beginner Geomorphologists

研究代表者

佐藤 剛 (SATO, GO)

東京都市大学・環境学部・教授

研究者番号：00468406

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：地すべり地形分布図や活断層図は防災を考えるうえで必須の学術資料である。しかしながら、これらの図を作成してきた熟練研究者の高齢化が進むとともに、地形判読を得意とする若手研究者の減少も進んでいる。高度な判読技術を効率的に後進に伝える教材の作成が求められている。本研究は地形学で扱われることのなかった生体計測技術であるアイトラッキング（視線計測）とアスキングにより、熟練研究者が地形判読を行う過程で地形の“なに”をみて“どのように考えているのか”解析し言語化することを試みた。そして、蓄積された知見をもとに熟練研究者の判読プロセスを追跡する地形判読教材を開発することに挑んだ。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では単に地形判読プロセスをアイトラッキングで記録するだけでなく、土砂災害ハザードマップの作成プロセスを専門家がどう評価するかといった取り組みや、2024年1月1日に発生した能登半島地震の地震動で引き起こされた地すべり地で、専門家が現地の地形・地質のどこを見て、なにを考えたか記録するといったことにも取り組んだ。土砂災害ハザードマップは開発途上国における防災を進めていくうえで重要なツールであり、そのアイトラッキングを活用した精度向上が期待される。また、災害直後の地形・地質情報をアイトラッキングで動画を含めアーカイブとして残すことは、今後の防災研究を進めていくうえで重要な基礎資料となる。

研究成果の概要（英文）：Landslide distribution maps and active fault maps are indispensable academic materials for considering disaster prevention. However, as the expert researchers who created these maps age, the number of young researchers with high-level geomorphological interpretation is decreasing. Making teaching materials efficiently and transmitting advanced interpretation skills to the next generation are required. This study tried to analyze and verbalize "what" and "how it thinks" when expert researchers interpret landforms using eye tracking and asking, which have never been used in geomorphology. Then, it was challenged to develop geomorphological interpretation teaching material that tracked the interpretation process of expert researchers based on accumulated knowledge.

研究分野：地形学

キーワード：アイトラッキング 地形判読 地すべり地形 変動地形 テキストマイニング 技術の伝承

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

局所的な集中豪雨や地震を誘因とした地すべり災害は、日本の各地で毎年発生している。発生頻度は少ないが、数年に一度は活断層型の地震によって引き起こされる大規模災害も生じている。変動帯に位置するわが国の防災計画を立案していくには、地すべりと活断層に関わる地形学的研究を深化させていくことが必要不可欠である。しかしながら、地形判読技術の伝承が困難な状況にある。防災科学技術研究所の地すべり地形分布図を作成してきた地形判読の専門家のほとんどが60歳代以上になるとともに、地すべり地形判読を得意とする中堅・若手の養成は進まず、大学院生の数も極めて限定される。空中写真判読を用いた活断層の抽出を日本に導入・発展させてきた専門家の多くも70歳代となった。熟練研究者がもつ高度な判読技術を効率的に後進に伝える教材開発が求められている。

### 2. 研究の目的

本研究の重要な点は、熟練地形判読者の判読結果を地図として残すだけでなく、判読過程を動画として記録し、かつその判読過程で地形の“なに”をみて“どのように”そして“どう考え”判読しているのか解析することにある。そこで本研究ではこれまで地形学で使われることのなかったアイトラッキング(視線計測)を活用した。アイトラッキング(視線計測)とアスキングにより、熟練研究者が地形判読を行う過程で地形の“なに”をみて“どのように考えているのか”解析し言語化することを試みた。そして、蓄積された知見をもとに熟練研究者の判読プロセスを追跡する地形判読教材を開発することに挑んだ。

### 3. 研究の方法

本研究の実施項目は、(1)地形表現図の作成、(2)アイトラッキングを用いた地形判読プロセスの記録、(3)取得データの解析、(4)熟練地形判読者の経験を初学者が追試する教材開発からなる。

- (1)地形表現図の作成：地すべり地形や変動地形が存在するエリアを対象に数値標高モデル(DEM)から地形表現図を作成した。
- (2)アイトラッキングを用いた地形判読プロセスの記録：熟練地形判読者がウェアラブルアイトラッカー(視線追跡装置)を装着し地形表現図を判読するとともに判読結果を記入する作業を行うことで、地形をどうみているか(視線追跡)、どこをどのくらい見ているのか(地形毎の可視頻度)を収集し解析した。ここではアイトラッキングによる計測に加えアスキングを行うことで、熟練地形判読者の判読プロセスの振り返りのコメントを収集した。これにより熟練地形判読者がなぜその地形に注目したのか、なにを感じ、なにを考えていたのか把握した。アイトラッキング実施にあたってはTobii Pro Glasses 3、データの解析にはTobii Pro Lab(トビー・テクノロジー社製)を用いた。
- (3)取得データの解析：アイトラッキングによる視線追跡と可視頻度解析の結果はヒートマップ(熟練判読者が視点を置いた箇所が示される図)とゲイズプロット(どこからどの位置を見たか、どの順番で見たか、どの程度見たかを線と数字と円の大きさとで表現される図)で表現した。こうした解析データを収集しアーカイブ化した。
- (4)熟練地形判読者の経験を初学者が追試する教材開発：(3)の結果をもとに動画を作成した。これにより熟練判読者の判読プロセスとTipsを動画で視聴でき、それをもとに初学者が追跡学習する取り組みを行った。

### 4. 研究成果

上述の作業方法を用いて本研究では多数の地形判読プロセスをアイトラッキングで記録し、その解析を行った。例えば1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震により淡路島北西岸沿いに約10キロメートルにわたって生じた野島断層周辺の地形表現図を作成し、変動地形学の専門家がそれを用いて地形判読を行った。その地形判読プロセスをヒートマップとゲイズプロットとして示したのが図1である。ヒートマップ(図1-A)からは野島断層沿いに幅をもって判読を進めてることが分かり、なおかつ地形表現図の南西部で注視している場所があることが読み取れる。また、ゲイズプロット(図1-B)からは北東方向から南西方向に向かって判読をするとともに、時折、判読済の箇所を振り返っていることなどが読み取れた。こうした成果は今後論文

等で公表していく．なお，本稿ではその一事例を紹介するとともに，今後の研究の展開についても記載する．

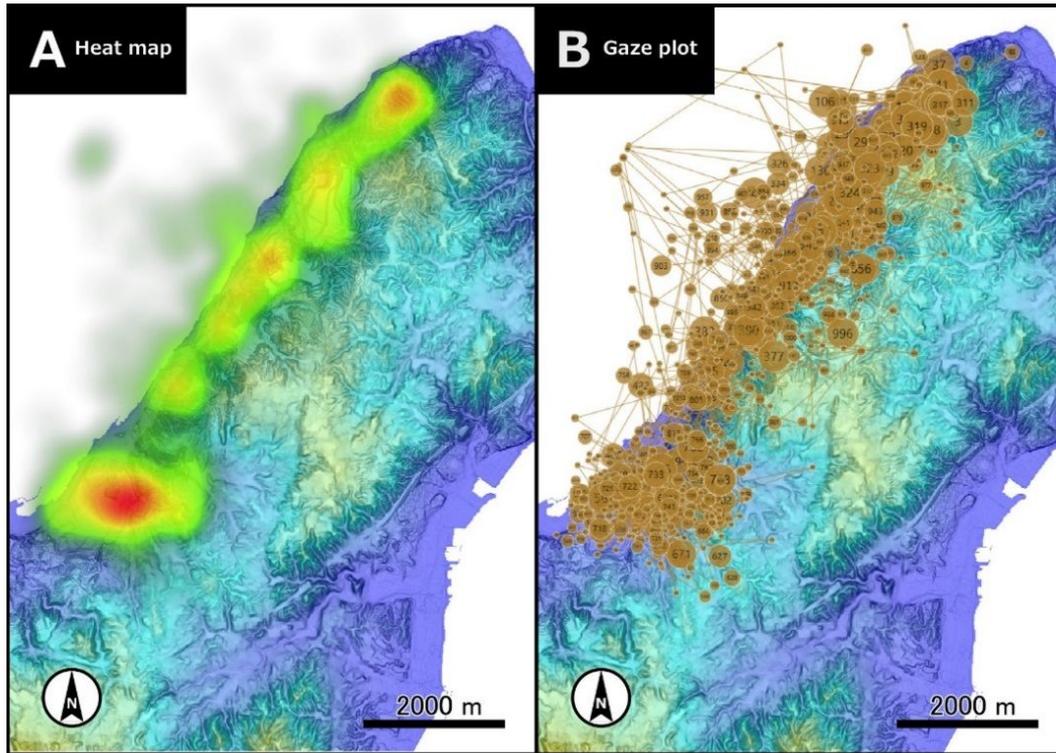


図1 変動地形学の専門家による淡路島北部の地形判読プロセス．Aはヒートマップ，Bはゲイズプロット

#### 事例報告 - 変動地形判読プロセスの記録 -

調査地は天山山脈西部に位置するチュー川盆地（Chu River Basin）で，盆地底を西流するチュー川の北側はカザフスタン，南側はキルギスになる（図2）．チュー川の盆地底は扇状地，河成段丘面および氾濫原などで構成されている．6世紀以降はこの盆地底がシルクロードの交易の要衝として利用され，ここにはAk-Beshim遺跡，Burana遺跡，Krasnaya-Rechka遺跡など世界文化遺産ともなる都市遺跡が分布する．筆者らの調査ではこうした遺跡に地震動に伴う痕跡も認められている．図2の地点AからCを結ぶチュー川盆地南麓の山麓沿いには，山地から盆地側に緩く下ってくる尾根の末端が途切れるように発達した三角末端面が連続している．さらに谷の出口付近の山麓線と河川が交差する位置（図2，地点BおよびC付近）で，扇状地面を切るように河川の流下方向に直交する比高10～20mの低断層崖が発達している．この活断層周辺の判読を変動地形の専門家に実施してもらい，アイトラッキングを用いて判読プロセスの記録を試みた．判読にあたっては広域と狭域の2種類の地形表現図を準備し，専門家はまず広域の地形判読，次に狭域の判読を行った．

図3は広域の地形表現図の判読プロセスを示したゲイズプロットで，専門家が盆地南縁および北縁それぞれの山側で東西方向に視点を動かしていることが読み取れる．図4は同じ判読プロセスのヒートマップである．とくに盆地南縁の活断層沿いのみではなく，断層の南側の山地においても帯状に（橙色の矢印に挟まれる範囲）注視していることが分かる．図5は狭域の地形判読プロセスをゲイズプロットで表現したものである．ここでも盆地南縁だけではなく，その南側にも谷沿いに（橙色の枠内）判読を進めていることが分かる．発話記録では，この活断層がスラストフロントマイグレーションする前の主断層の位置が南側（山地内）に存在していることを説明している．図4の矢印で示した帯状の注視範囲が存在しているのは，広域の地形判読をするなかで，そのような考察に至るまでの情報を得ていると考えられる．そして，狭域の地形判読を行うなかで，北流する河川の段丘面の傾斜が現河床のそれよりも緩く，場所によっては水平になっていることに気づき（発話し），自身の説を支持している．このようにアイトラッキングを用いることで専門家が活断層の位置を把握するだけでなく，スラストフロントマイグレーション

の着想に至るプロセスを記録できた。こうした情報は地形判読技術を伝承するうえで重要である。なお、本プロセスは変動判読の動画教材としても授業で活用されている。

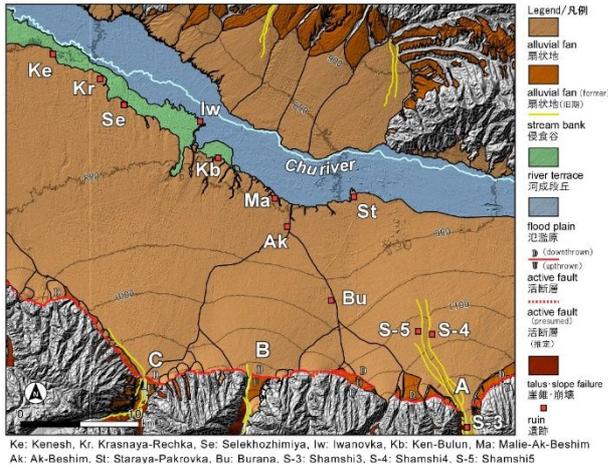


図2 チュー川流域の地形分類図。盆地の南縁に活断層が存在している。佐藤ほか（2018）を基に作成

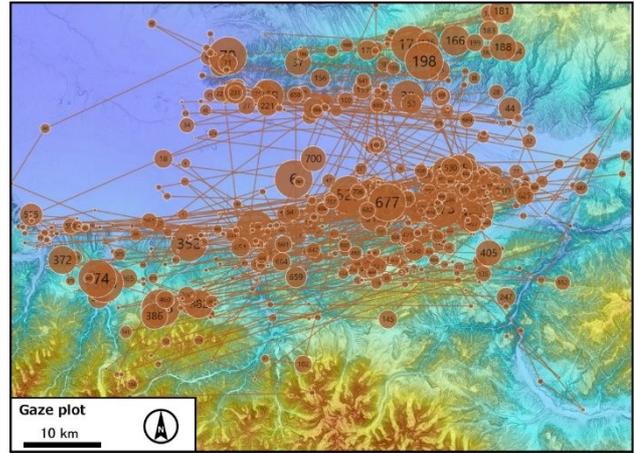


図3 変動地形学の専門家によるチュー川盆地周辺の変動地形判読プロセス（ゲイズプロット）

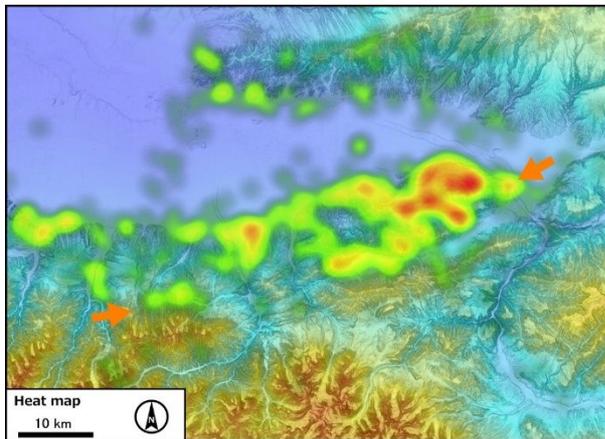


図4 変動地形学の専門家によるチュー川盆地周辺の変動地形判読プロセス（ヒートマップ）

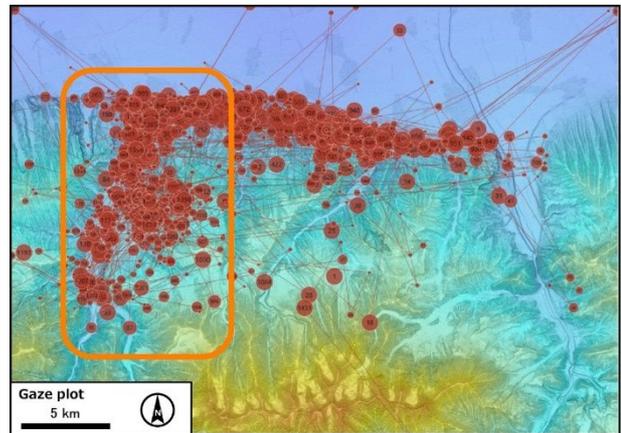


図5 変動地形学の専門家によるチュー川盆地南方の変動地形判読プロセス（ゲイズプロット）

### 今後の展開

本研究では単に地形判読プロセスをアイトラッキングで記録するだけでなく、土砂災害ハザードマップの作成プロセスをどのように専門家が評価するかといった取り組みや(図6)、2024年1月1日に発生した能登半島地震の地震動で引き起こされた地すべり地で、専門家が現地の地形・地質のどこを見て、なにを考えたか記録するといったことにも取り組んだ(図7)。土砂災害ハザードマップは開発途上国における防災を進めていくうえで重要なツールであり、被災の可能性のある村落の住民がハザードマップのどこを見てどう考えるのか、そこに専門家が期待する答えとのミスマッチがないかといった研究をアイトラッキングを活用し進めていくことも期待される。また、災害直後の地形・地質情報をアイトラッキングで動画を含めアーカイブとして残すことは、今後の防災研究を進めていくうえで重要な基礎資料となる。専門家による地形判読プロセスの記録を継続するとともに、こうした応用研究が今後実施されることが求められる。

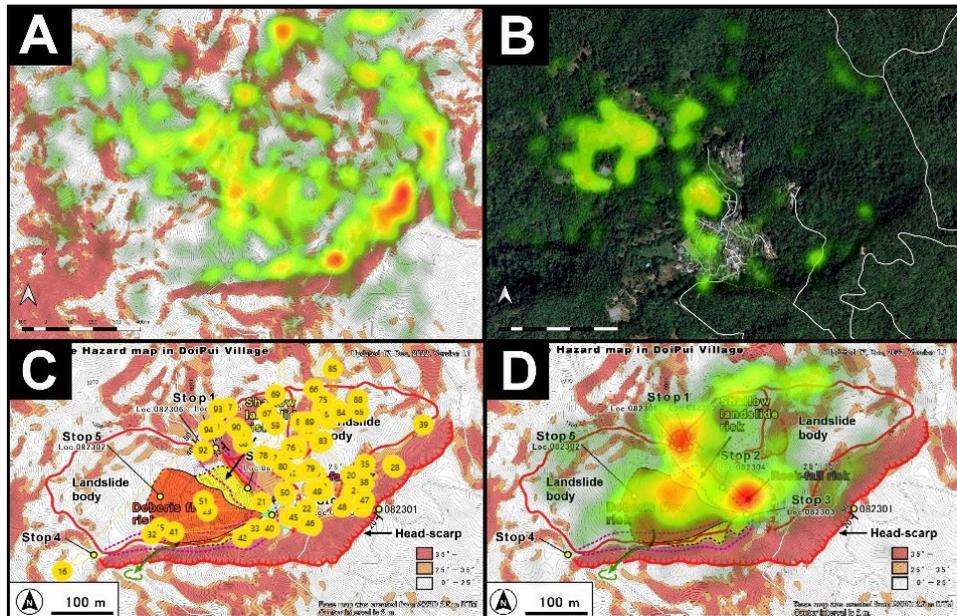


図6 タイ北部山岳部の村落 (Hamong Village) 周辺を対象とした地形表現図 (A), 衛星画像 (B), ハザードマップ (C・D) の専門家による注視状況。A・B・Dはヒートマップ, Cはゲイズプロット

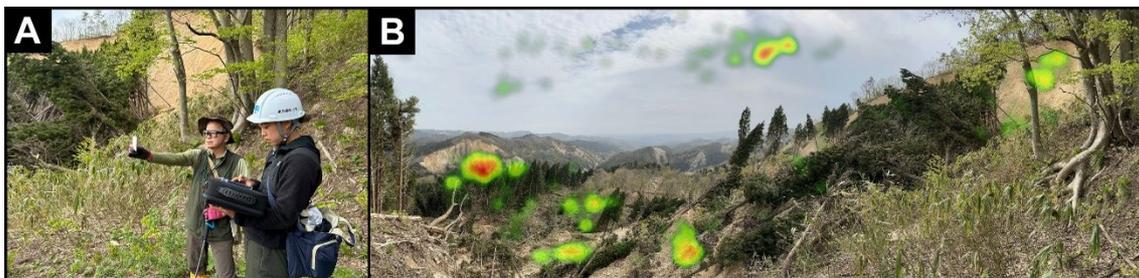


図7 2024年能登半島地震で発生した大久保地すべりにおけるアイトラッカーを着用した地形・地質観察 (A) とヒートマップで表現した注視状況 (B)

【引用文献】佐藤剛ほか (2018) 中央アジア・チュー川盆地の地形分類図を基に検討した中世都市遺跡の立地特性, 地図, 56(2), 4-12.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sato, G., Ozaki, T., Yokoyama, O., Wakai, A., Hayashi, K., Yamasaki, T., Tosa, S., Mayumi, T., Kimura, T.	4. 巻 16
2. 論文標題 New Approach for the Extraction Method of Landslide-Prone Slopes Using Geomorphological Analysis: Feasibility Study in the Shikoku Mountains, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 618 ~ 625
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jdr.2021.p0618	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 佐藤剛・尾崎昂嗣・横山修・山崎孝成・若井明彦・北村七葉・木村諤
2. 発表標題 タイ・チェンマイ県Homong村落を対象とした地形分類に基づく土砂災害ハザードマップの作成
3. 学会等名 日本地すべり学会第61回研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤剛, 八木浩司
2. 発表標題 姫川水系大海川上流域に分布する岩石なだれタイプの地すべり発生プロセス
3. 学会等名 日本地すべり学会2021年研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 SATO, G.
2. 発表標題 Creating an archive of landslide interpretation using the human eye via an eye-tracking system
3. 学会等名 5th World Landslide Forum (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 地すべり地形判読プロセスをアイトラッキングで記録する
2. 発表標題 佐藤剛, 土志田正二, 八木浩司, 木村誇
3. 学会等名 日本地すべり学会2020年研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤剛, 土志田正二, 八木浩司, 磯部大
2. 発表標題 テキストマイニングを用いた専門家による地すべり地形判読プロセスの評価
3. 学会等名 2020年度日本地理学会秋季学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sato, G., Wakai, A., Jesada, K, Peerapong, J., Yokoyama, O., Ozaki, T. Kitamura, N
2. 発表標題 Landslide Hazard mapping in Dui Pui Village, Chiang Mai, Thailand
3. 学会等名 6 th World Landslide Forum (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	木村 誇  (Kimura Takashi)  (90758559)	愛媛大学・農学研究科・助教    (16301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------