

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 27 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2013～2015

課題番号：25300008

研究課題名(和文) ケニア農業地域における地形学的土地条件評価と民族土壌学的農地利用形態との相関

研究課題名(英文) Geomorphological evaluation of land environmental condition and ethnopedological land use in agricultural areas in Kenya

研究代表者

大月 義徳 (OTSUKI, Yoshinori)

東北大学・理学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：00272013

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,800,000円

研究成果の概要(和文)：中央ケニアの熱帯高地と半乾燥-亜湿潤地域においては、地形変化速度とその時間スケール、斜面プロセスなどを述べるとともに、地形変化指標の人為による消失のし易さを明らかにした。ヴィクトリア湖岸の農林漁村地域においては、日常的な地下水利用を維持する水文地形条件を検討した。半乾燥Laikipia 平原牧畜地域では、大規模ガリーの発達に伴う地形変化と住民の自然資源利用の実情を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In the tropical highlands and semi-arid to subhumid areas, central Kenya, we clarified landform change rates, their time scale, and types of slope processes, and pointed out disappearance of geomorphological index showing landform changes by farming. The hydrological and geomorphological conditions in the coastal area of the Victoria Lake are revealed, which support high frequency of groundwater use. Moreover in the semi-arid pastoral area, Laikipia Plateau, we also made clear short/long term landform changes due to large-scale gully formation and people's natural resource use.

研究分野：地形学、自然地理学、環境地理学

キーワード：ケニア 地形変化 土地条件 農業 環境認識

## 1. 研究開始当初の背景

ケニアを含む東アフリカ地域における熱帯高地とこれに隣接する半乾燥・乾燥地域では、間欠的な一方で降雨強度の大きい降雨イベントに伴い、比較的短期間に土壌浸食や種々の地形変化が生じ、これらは定着農耕に対して深刻な問題を与える場合がある。このように地形変化が著しい地域において適切な農地保全を行うには、現在の地形変化プロセスの強度・要因等についての理解が不可欠であり、また現成自然環境に呼応する本来的な地形変化の実態を把握してこそ、人為インパクト等による土地環境条件変化を適切に評価しうることは論を待たない。

本研究グループは、これまでにケニア中央高地、同一河川上流域内にあり互いに近接しながら気候環境の異なる2つの農業地域において、それぞれに卓越する主要地形変化プロセスの実態を検討し (Otsuki et al., 2006)、熱帯高地地域においては表層斜面崩壊が数百年単位の周期性で発生し、また半乾燥・亜湿潤地域では相対的に緩慢な強度であるシートウォッシュが約2,000年前以降に発現し、これらが各々の地域における斜面地形の形成や修飾の主因となっていることを明らかにした (大月ほか, 2010)。

従来、農耕地等の土地環境評価における地形因子として、標高、斜面傾斜、斜面方位等の地形属性、あるいは当該地の土壌特性などが考慮対象とされることはあったが、そのような検討に対する所与の初期条件、いわば「静的」地形条件としてのみ取り扱われることがほとんどであった。しかし本来、地形単位ごとに異なる時間スケールの地形変化が存在し、主として短い時間スケールでの地形変化、すなわち「動的」な地形変化は土地条件の検討に重要であるが、その具体例は極めて少ない現状にある。農耕地の地形的位置による地形変化プロセスやその差異がどのように土地条件に影響を与えているのか、さらに営農主体である農耕民等に経験的にどのように認識されているのか、またそれらの認識は営農活動に反映されているのか否か等、民族土壌学的視点も援用し明らかにすることが、土地利用の実態評価の上で不可欠と考えられ、地域・行政区単位にて持続的な環境利用計画を、きめ細かく策定する上でも重要である。

Otsuki, Y., Sasaki, A., and Matsubayashi, T., 2006. Slope processes predominating in two agricultural areas in the tropical highland and semi-arid region, central Kenya. Highland Symposium on environmental change, land degradation and rehabilitation in tropical highlands. 76.

大月義徳・上田 元・佐々木明彦・Kauti, M.K., 2010. 中央ケニア農業地域の斜面プロセスと農耕民の土地条件認識. 季刊地理学, 62. 152-153.

## 2. 研究の目的

本課題では、2012年度までにインテンシ

ブな調査を行ってきた熱帯高地旧セントラル州ニエリ郡における表層崩壊斜面、半乾燥・亜湿潤地域旧リフトバレー州ライキピア郡におけるシートウォッシュ斜面の調査に加え、両地域に広く分布するガリーの浸食速度に関する調査観測に着手する。

その後の調査の進展上、熱帯地域ヴィクトリア湖岸ホマ・ベイ郡における土地荒廃地周辺地域を調査対象に加えることとした。また、農耕地の土地環境利用、環境認識と対照することを目的とし、ライキピア郡北部の半乾燥牧畜地域における土地を含む自然資源利用と地形変化を解明することを課題として付加した。

これらの地域において、i) ガリー浸食・斜面変動による地形変化速度、それらと地形条件・斜面構成物質特性との関係、ii) 地形変化と気象・土壌水分量条件との関連性、iii) 年代測定を含む土壌試料分析から広域的長期的な自然環境変動、のそれぞれを明らかにする。また当該地域における農耕・牧畜民へのインタビューにより iv) 地形変化プロセスに連動する地表変状の住居地・耕作地等への発現の有無、v) 地形変化・土壌条件など認識と営農・牧畜形態との関係等を民族土壌学的視点から解明し、土地環境利用の実情やあり方に関する地域間比較を行う。

## 3. 研究の方法

本課題の遂行にあたり、地形変化、気象、地温、水文特性に関する現地調査観測は必要であり、引き続き実施した。とくに基礎となる地形変化データを正確に取得することを意図し、本課題では、高精度 GNSS 装置を活用し、キネマティック測位とそれらの後処理解析により、微地形データを取得した。そのほか、現地においては共同研究者 (研究協力者) とともに、地形地質調査、土壌観察、社会/文化地理学的・民族土壌学的調査を中心に行った。

## 4. 研究成果

(1) 熱帯高地および半乾燥・亜湿潤地の両農業地域における地形変化

ケニア中央高地における半乾燥・亜湿潤地域 Laikipia 平原と、これに隣接する熱帯高地地域 Aberdare (Nyandarua) 山地の地形変化とその時間スケールは、<sup>14</sup>C 年代測定結果等にも基づき、表1のようにまとめられる。

Laikipia 平原は標高1,850~2,000 m、年降水量が700 mm 前後であり、調査地域においては熱帯高地から流下する(唯一の)恒常河川沿岸の河成段丘面 (1.4~1.6 ka, <sup>13</sup>C 補正)、および隣接する基盤岩緩斜面が農地利用されている。基盤岩緩斜面では2.0~2.5 ka以降、シートウォッシュが卓越したとみられるが、多くの場合、ウォッシュ収束に伴い発生するチャネルにおいても斜面削剥量が小さいため、農家は畑の縁辺・境界にチャネルを沿わせるように耕地を配置してい

る。ただし、ところによりチャネルまたはガリーによる線の浸食が比較的顕著に発現している箇所もあり、そこでの浸食総量は1~2 mである。

隣接する Aberdare 山地農業地域（標高 2,300~2,800 m、年降水量 1,000 mm 以上）では相対的に地形変化速度が大きく、むしろ日本などの湿潤温帯と近い頻度での斜面更新がみられる。谷壁斜面上の浅層斜面崩壊については、発生後の農地利用などにより崩壊地形が不明瞭化する場合が少なくない。多重スランプ・ブロックスライド（～表層崩壊）などの先駆的斜面変位を示す階段状斜面等においても、比高 1.5 m 程度以下の滑落崖・小崖は、農地拡大等で極めて容易に消滅する。よって、やや広域にわたり崩壊跡地、崩壊初期変位地形が人為等により消失している際の農地の土地条件評価は、合わせて表層地質、土壌層位に関わる情報もより注意深く収集する必要があり、また今後の課題となろう。

表 1 中央ケニアにおける斜面プロセスとその強度

	斜面プロセス (面的・線的)	タイム スケール	・斜面削剥深度 ・主な地形単位
熱帯高地域 (Aberdare)	表層崩壊 (崩壊性土すべり含む)	10 <sup>2</sup> 年	・1~数m(各回) ・頂部斜面直下の 谷壁斜面I・II
	(大規模)ガリー	10 <sup>1</sup> ~ 10 <sup>2</sup> 年	・数m~10m内外(総量) ・頂部斜面、谷壁斜面
半乾燥- 亜湿潤地域 (Laikipia)	シートウォッシュ	10 <sup>3</sup> 年	・数~数十cm(総量)、 ごく薄い堆積もみられる ・基盤岩緩斜面(頂部斜面、 段丘面)
	ウォッシュ収束・ ガリー	10 <sup>2</sup> 年	・(ところにより最大で) 1m内外~2m程度(総量) ・基盤岩緩斜面

## (2) ヴィクトリア湖岸の農林漁村における土地環境条件

本調査地域は、中新世カーボナタイト等のアルカリ火山岩および同質火砕岩を伴う Rangwa 複合カルデラに位置し、主たる集落は Rangwa カルデラから、その外縁の Gwasi Hill にかけての低地～基盤岩緩斜面に立地している。低地（標高 1,135~1,300 m）は、主として河川性～崩積性の粗粒堆積物に埋積され、低地内を構成する主要な地形面は河成段丘面といえる。河川現河床は比高 10~15 m 程度の開析谷底内にあり、全般に小規模であり、後述するように河床に恒常的な地表流は存在しないと考えられる。開析谷は、谷底が極めて狭く側壁が急傾斜しガリー状の形態をなす場合が少なくないが、一部谷底～基盤岩緩斜面にかけて荒廃裸地が広がる箇所が数箇所認められる。

低地内の 2 箇所で開始した気温・降水量観測によると、2013 年 3 月～2014 年 2 月の 1 年間において、1000~1100 mm の降水がみられ、一方で同時期の年蒸発散量は 750~1100 mm 程度と推算される。後述する表面流出量の見積もりから、これらの差分の多く

は地下水涵養量に相当すると考えられる。気温・降水量観測点に近接した 2 箇所の掘り抜き井戸（標高 1,172 m および 1,273 m、河成段丘面上）における地下水位観測（2013 年 2 月末時点で地表下 25.2、25.6 m の地下水位）によれば、上記の期間、水位はほぼ一方的にほぼ 1~3 m 上昇し、年単位の周期性が認められなかった（2014 年度中盤以降、井戸内部でのトラブルにより、地下水位データ取得が困難な状況に陥っている）。しかし現河床のある開析谷底と比較して 11~14 m ほど水位が低く、降雨後の一時的な状況を含めても、ほぼ表面（中間）流出量は 0 と考えられる。

このように、恒常的地表流が存在し難いことから、とくに乾季においては、湖岸から 1 km 以上離れた集落においては、段丘面上を掘削した掘り抜き井戸からの揚水により、生活用水を得ている。井戸揚水に伴う日常的な水位低下量は、0.5 m から最大で 2 m 程度であるが、多くの場合、夕刻等の揚水停止後 10 分程度でほぼ平衡水位（揚水開始前の水位）に復すため、全般的に帯水層の透水性は高く（観測データから算定された透水係数は 10<sup>-5</sup>~10<sup>-6</sup> m/sec 程度）地下水流動量も大きいと推定される。

当地域内には恒常的地表流は見出しがたいものの、付近にはガリー浸食やバッドランド状の大規模土壌浸食地などが存在し、そこでの地形測量データも取得した。今後、間欠的地表流にてどの程度の土壌浸食速度がみられるのか、またヴィクトリア湖の湖岸線前進への寄与等、近年の地形変化に関する資料を入手することが課題といえる。

## (3) 半乾燥 Laikipia 平原牧畜地域のガリー浸食と自然資源利用の実態

ケニア山北方に位置する半乾燥牧畜地域における地形変化と、タイムスケールの短いガリー浸食、布状浸食等の地形変化をもたらす自然環境条件下での、住民による自然資源の利用実態について検討した。調査地域の II Polei Sub-Location (N 0° 21' 56", E 37° 04' 32") は Laikipia North Sub-County に位置し、1,800 m 内外 (1,750-1,850 m) の標高を示す。調査地域付近、Mukogodo Station における年降水量は、既往資料によれば 362 mm、あるいは 371 mm 程度を示し、植生はアカシア属を主体とする疎林・灌木が占め、樹間の被度は極めて低い。地質は、原生代モザンビーク帯に属する片麻岩、ミグマタイト、珪岩、結晶片岩等を主体とし、地形としてインゼルベルグ・ペディメントが広域的に卓越し、概ね pediplain 化した地域といえる。

ペディメント上には、piedmont angle 付近より全般的にガリーが認められ、付近の主要河川 Twala (Sinyai の支流) に合流するまで、区間長 1.5~2 km 程度連続する。ガリー全体を概観すると、ガリー壁比高/上端幅比が小さい（値として 1.0 を下回る）区間の占める割

合が高く、この点はガリー横断形状についての一般的傾向と一致するが、ペディメント上部、最上流部に比高/上端幅比が相対的に大きい区間が出現する(最大比高 10 m、上端幅 1.5 m 程度)。このような区間には、流路上に明瞭な遷急点・遷緩点の組み合わせが複数視認され、また分岐ガリー頭の上部を中心にリルウォッシュの発生を示すチャンネル、砂質堆積物が頻繁にみられ、この区間内およびその周辺で活発な浸食が卓越していると推察される。

ペディメント上には最上部も含め一般的に、シートウォッシュ堆積物(層厚 5 m 程度)が直下の基盤岩とともにガリー壁に露出する。同堆積物は、(一部斜交)成層した小～中礫混じり不淘汰細粒砂層で、最大 4～5 層におよぶ埋没腐植質層を挟むことがある。同堆積物下部～最下部付近からは 1,440 ± 20 BP (602-641 cal AD, IAAA-143886)、1,690 ± 20 BP (338-393 cal AD, IAAA-143887) の <sup>14</sup>C 年代値が得られている。ガリー浸食状況を把握する上で、ペディメント上部にて 5 区間の測量を実施している。その結果、2015 年 3 月～2016 年 3 月の 1 年間、0.5 m 以上の後退量の認められるガリー頭は 8 箇所認められ、うち 5 箇所が 1 m 超であった(うち 1 箇所は 3.2 m に達しているが人為による可能性が排除しきれないことから、後退量上限は 1.7 m 程度とみている)。

Il Polei Sub-Location 内は 275 の戸数、2,850 人(2005 年)が居住しており、若干の Kikuyu 族が中心部の商店経営等に従事しているものの、Maasai 族を主体とする牧畜集落である。ガリーを含む浸食の活発な地形景観に対して、住民はヤギ、ヒツジ等、家畜の生存を脅かすものと緩やかに意識しているが、主として強雨時に限られているようである。このことは、2005 年豪雨時、ガリーからの著しい出水により、人的犠牲がみられたことにも因ると思われる。当集落は 1980 年代半ば以降の移住により成立したとされるが、当時、集落付近にガリーは未発達であり、多雨年の 1997 年など、1990 年代以降に急速に拡大したという。

当集落における生活用水について、集落中心より約 1.5km 離れた掘り抜き井戸からの配管による水供給システムが 1994 年に完成したが、その費用は 10 Ksh/20L と負担が大きい。また、故障頻度や揚水量の季節性、さらに旱魃の存在を考慮すると、この配水システムは相対的に脆弱な状態にあると考えられる。他方、当地域を含む Mukogodo Division 内では、建設用材としての採砂が近年顕著である。採砂対象は、ガリー底堆積物を含む現河床堆積物およびシートウォッシュ堆積物を主としている。当地域では現段階にて、採砂がガリー浸食を大きく助長させるまでに未だ至っていないとみられるが、2007 年に National sand harvesting guidelines が定められるなど、半乾燥～乾燥地域を中心

にケニア国内の広い範囲にて採砂は環境問題と化しつつある。今後当地域においても、採砂が土地荒廃に連動する可能性、および土地荒廃をもたらす場合、そのプロセスを明らかにしたい。また上述のように、当地域における生活用水確保は、自然環境の側面、コスト面、いずれも厳しい条件にあるが、そうした点が、土地環境条件の維持(荒廃防止)あるいは採砂の経済性と地域社会への関わりなどに、今後影響をもたらすか否か着目すべきと考えている。

#### (4) まとめと課題

上記の成果について、(1)の熱帯高地、半乾燥・亜湿潤地農業地域における成果は、後述する図書(大月, 2016)に基づき述べたが、その基礎的な成果は、本課題に先行し当研究グループが実施した調査研究に重なっており、本課題期間での調査ではこれらを追認・補強する部分も少なくなかった。また本課題実施初期に、土壌水分量データの取得と継続が困難な状況に至ったが、雨量・気温データは現在まで順調に取得されている。また当地域の大規模ガリー地形の測量データを取得しているが、浸食速度が相対的に大きくないことから、今後の継続的な観測が必要である。土地認識に関わるキクユ語インベントリ作成の端緒を開いてはいるが、今後、これらを民族土壌学的なデータにより深化させる必要がある。 (2)のヴィクトリア湖岸の農林漁村における成果については、雨量・気温データの蓄積は図られつつあるが、地下水位データの一部について欠測状況が続き、また本課題期間末期の入手データも含めて、今後の諸解析が必要とされる。土地荒廃地での測量データは入手しているが、当地域においても浸食速度が相対的に大きいものではなく、観測体系や手法も含め地形変化データをより充実させることは今後の課題といえる。当地域の自然資源利用の実状については、後述図書(上田, 2016)にまとめられている。(3)の半乾燥牧畜地域での調査は、農業地域との対比も念頭に入れ、本課題最終年度直前に着手したものであるが、長期的短期的な地形変化のトレンドが明らかになりつつある。当地域における Maasai 族の土地に関連する語彙、group ranch システムについての知見等を収集し始めたところであり、水利用や採砂を含む牧畜民の生計戦略や、土地に関わる在来知など、引き続き明らかにすべきと考えられる。また雨量等のデータ取得についても今後考慮すべき課題といえよう。

#### 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 1 件)

1. Vanmaercke M., Poesen J., Van Mele B.,

Demuzere M., Bruynseels A., Golosov V., Bezerra J. F. R., Bolysov S., Dvinskih A., Frankl A., Fuseina Y., Guerra A. J. T., Haregeweyn N., Ionita I., Makanzu Imwangana F., Moeyersons J., Moshe I., Nazari Samani A., Niacsu L., Nyssen J., Otsuki Y., Radoane M., Rysin I., Ryzhov Y. V., Yermolaev O.、How fast do gully headcuts retreat?, Earth-Science Reviews、査読有、154 巻、2016 年、336-355  
DOI: 10.1016/j.earscirev.2016.01.009

〔学会発表〕(計 18 件)

1. 大月義徳・佐々木明彦・上田 元・KAUTI Matheaus K.・湯澤 樹・柳瀬咲子・今野明咲香、中央ケニア半乾燥牧畜地域の地形変化と自然資源利用、日本アフリカ学会第 53 回学術大会、2016 年 6 月 5 日、日本大学生物資源科学部(神奈川)
2. 大月義徳・佐々木明彦・上田 元・KAUTI Matheaus K.・湯澤 樹・柳瀬咲子・今野明咲香、中央ケニア半乾燥土壌浸食地域の自然資源利用、2016 年日本地球惑星科学連合大会、2016 年 5 月 25 日、幕張メッセ(千葉)
3. 大月義徳・佐々木明彦・KAUTI Matheaus K.・上田 元・湯澤 樹・柳瀬咲子、中央ケニア、半乾燥 Laikipia 平原牧畜地域のガリー浸食と環境資源利用、東北地理学会 2015 年秋季学術大会、2015 年 10 月 17 日、上越教育大学(新潟)
4. 大月義徳・上田 元・KAUTI Matheaus K.・柳瀬咲子・佐々木明彦、中央ケニア、半乾燥 Laikipia 平原牧畜地域の自然地理学的土地条件、2015 年日本地球惑星科学連合大会、2015 年 5 月 27 日、幕張メッセ(千葉)
5. 上田 元・大月義徳、ケニア西部農村における生活用水管理 - 井戸待ち行列分析、2015 年日本地球惑星科学連合大会、2015 年 5 月 27 日、幕張メッセ(千葉)
6. 上田 元・大月義徳、ケニア西部農村における井戸水利用の待ち行列分析、日本アフリカ学会第 52 回学術大会、2015 年 5 月 24 日、犬山国際観光センター(愛知)
7. 大月義徳・上田 元、ケニア・ヴィクトリア湖岸の農林漁村における自然地理学的土地条件、日本アフリカ学会第 51 回学術大会、2014 年 5 月 24 日、京都大学(京都)
8. 上田 元・大月義徳、ケニア・ヴィクトリア湖岸の農林漁村における井戸利用の実態と規則、日本アフリカ学会第 51 回学術大会、2014 年 5 月 24 日、京都大学(京都)
9. 大月義徳・上田 元、西ケニア、ヴィクトリア湖岸 Rangwa カルデラ内集落の水文環境、2014 年日本地球惑星科学連合大会、2014 年 4 月 29 日、パシフィコ横浜(神奈川)
10. 上田 元・大月義徳、ケニア・ヴィクトリア湖岸の農林漁村における掘り抜き井戸の利用と管理、2014 年日本地球惑星科学連合大会、2014 年 4 月 29 日、パシフィコ横浜(神奈川)
11. 大月義徳、乾燥 - 半乾燥地域の地形変化

と農業的土地利用、2014 年日本地理学会春季学術大会、2014 年 3 月 28 日、国土館大学(東京)

12. UEDA G.・KAUTI M. K.、Spatial Approach to (Zonal Differentiation) of Livelihood Change and Resource Use in Agro-silvo-fishery Settlements around Lake Victoria, Western Kenya、Global Geospatial Conference 2013 (Africa GIS 2013 and GSDI 14)、2013 年 11 月 4 日、UNECA Conference Center, Addis Ababa (Ethiopia)

13. UEDA G.・TADA T.、Smallholders' fuelwood collection and forest management in Central Kenya 1: a household case study、Regional Conference of the International Geographical Union、2013 年 8 月 4 日、国立京都国際会館(京都)

14. UEDA G.・TADA T.、Smallholders' fuelwood collection and forest management in Central Kenya 2: Stratified households and Contribution to the Livelihood、Regional Conference of the International Geographical Union、2013 年 8 月 4 日、国立京都国際会館(京都)

15. 上田 元・KAUTI Matheaus K.、ケニア・ヴィクトリア湖岸の半乾燥地域における井戸水の利用と管理 環境安全保障論の批判的検討に向けて、日本アフリカ学会第 50 回学術大会、2013 年 5 月 25 日、東京大学(東京)

16. 上田 元・大月義徳、環境安全保障論の批判的検討 西ケニア農村における水資源利用の検討に向けて、2013 年日本地球惑星科学連合大会、2013 年 5 月 22 日、幕張メッセ(千葉)

17. OTSUKI Y.・Sudesiqin、Gully erosion and its relating rainfall events in the middle parts of the Inner Mongolia, China、6th International Symposium on Gully Erosion in a Changing World、2013 年 5 月 7 日、"Alexandru Ioan Cuza" University of Iasi (Romania)

18. SASAKI A.・OTSUKI Y.、Gully Formation and Geomorphic Processes in the Kenyan Central Highlands、6th International Symposium on Gully Erosion in a Changing World、2013 年 5 月 9 日、"Alexandru Ioan Cuza" University of Iasi (Romania)

〔図書〕(計 2 件)

1. 大月義徳、乾燥 - 半乾燥地域の地形変化と農業的土地利用、古今書院、藤本潔ほか編著「微地形学 人と自然をつなぐ鍵」、2016、300-310 ページおよび口絵(総 358 ページ)
2. 上田 元、井戸待ち行列にみる村落自助集団の秩序 ケニアにおける水セクター改革と受益者負担の持続性、京都大学学術出版会、高橋基樹・大山修一編「開発と共生のはざままで 国家と市場の変動を生きる」、2016、125-161 ページ(総 428 ページ)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大月 義徳 (OTSUKI YOSHINORI)  
東北大学・大学院理学研究科・助教  
研究者番号：00272013

### (2) 研究分担者

上田 元 (UEDA GEN)  
一橋大学・大学院社会学研究科・教授  
研究者番号：10241514

佐々木 明彦 (SASAKI AKIHIKO)  
信州大学・理学部・研究員  
研究者番号：20608848