

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23401036

研究課題名(和文) タンザニア北東部の農村生計に関するスケール・ギャップを考慮した地域システム分析

研究課題名(英文) An analysis of regional system and scale gap issues regarding rural livelihood in North-eastern Tanzania

研究代表者

上田 元 (UEDA, Gen)

東北大学・環境科学研究科・准教授

研究者番号：10241514

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,700,000円、(間接経費) 2,610,000円

研究成果の概要(和文)：アフリカ農村の研究・ガバナンスにありがちな観察スケール間での結果のずれや観察スケールと説明・管理スケールの不一致を回避しつつ、ミクロな世帯生計とマクロ経済要因を媒介する地域システムの景観構造を分析した。メル山地域の高解像度衛星画像に対して局所空隙性解析を行い、1)ミクロ・スケールで抽出した景観情報を上位集計して地域スケールで景観構造を把握し、2)ミクロ領域でのスケールリング情報を分析しながら景観要素の諸特徴を明らかにし、3)また景観要素の図形的特徴を検討した。地域スケールでの景観構造は、相続にともなう土地細分化をはじめとするミクロな世帯生計のプロセスを広域的に検討するための基本情報である。

研究成果の概要(英文)：This study analysed the landscape structure of the regional system, which mediates livelihood at the household level and economic factors at the national level, avoiding the problem, often found in the study and governance of rural Africa, of the scale gap among observations at different scales, and of the mismatch between the scales of observation on the one hand, and explanation and management on the other. It applied local lacunarity analysis to high-resolution satellite images of Mount Meru, and illuminated 1) the landscape structure by up-scaling landscape information derived at the micro scale, 2) characteristics of landscape elements through the analysis of scaling information, and 3) geometrical properties of the extracted landscape elements. The landscape structure at the meso and regional scale is expected to serve as fundamental information that is useful for wider and regional investigation of micro household processes including land inheritance and subdivision.

研究分野：人文地理学，東アフリカ地域研究

科研費の分科・細目：人文地理学，人文地理学

キーワード：地域システム 農村生計 農村景観 空間スケール 土地利用 空隙性 タンザニア

1. 研究開始当初の背景

発展途上国政府や開発援助機関は、広域にわたって満遍なくローカル・データを収集する能力を欠き、さらに地方自治体も信頼できるデータを継続的に収集・蓄積できないことが多い。このため、外部機関が推定のうえ提供している全国データに依存して、地域の実情や地域差を十分に考慮しない分析が行われがちである。地域レベル不在のこのような“スケール・ギャップ”状態は、たとえばマクロ統計でみたアフリカ農業の低生産性という悲劇的な姿が、柔軟で活動的な農民のミクロな姿とあまりに乖離していることに現れているように、アフリカ農村の研究・ガバナンスにおいて対立する解釈・結論・処方箋をもたらす結果となることも少なくない。

研究代表者は、『山の民の地域システム—タンザニア農村における場所・世帯・共同性』（上田 元，東北大学出版会，2011年）において、ミクロな世帯・集落研究とマクロ経済要因についての研究の中間で、メル山周辺の地域システム・ネットワークの実証分析を行い、スケール・ギャップを克服して、農村生計の実態をより適切に把握しようとした。本研究「タンザニア北東部の農村生計に関するスケール・ギャップを考慮した地域システム分析」は、同じ対象地域に北パレ山塊地域を加え、世帯・集落スケールでのミクロで縦断的な調査によって農村生計の実態や社会経済的変化の方向性を明らかにしてきた研究者代表者・分担者の立場から、アフリカ農村の研究・ガバナンスが抱える空間スケール問題を緩和する試みとして計画した。

2. 研究の目的

(1) ミクロな世帯生計とマクロ経済的変化を媒介する地域システムの基底にありながら、『山の民の地域システム』では十分に検討することができなかったテーマである農村景観の構造を、ミクロな景観情報をアップスケール（上位集計）することによって把握する方法を検討する。ミクロな世帯・農村のネットワークからなり、それを規定する地域システムはいかなる景観をもった場所の集合体なのか、そしてミクロな世帯生計に対するマクロ経済的インパクトは、地域の景観をいかに変化させるのか。こうした問題を検討するために、本研究では、地域スケールの高解像度衛星画像（地上解像度 2.5×2.5m）を対象とする局地空隙性解析を行い、これがスケール・ギャップを回避する可能性を探る。とくに、ミクロなスケール領域での情報を用いて景観構成要素を抽出し、そのスケール情報を含め、構成要素をメソな地域へとアップスケールしながら広域的な景観構造のもつ特徴を明らかにする。

(2) 以上のような景観構造の分析を踏まえ、『山の民の地域システム』での議論を発展させ、地域システムをより体系的にと

らえる方法を模索する。地域システムを構成する場所の間にみられる世帯生計の差異を体系的に説明し、農民の生計安全保障・貧困問題を検討するために、生計が立地・環境・近接性などの地理的要因によってどれだけ規定されているのかを明らかにするモデルについて検討する。

3. 研究の方法

(1) まず、空間スケール問題に関する文献、空隙性解析の方法論と解析事例に関する文献を収集し、検討を行った。

(2) 空間スケールを考慮しながら農村景観を分析するために、フラクタル幾何学に由来する空隙性を用いた。これは画像内の空隙サイズの分布状況（空間的異質性）を数値化したもので、分布が不均等なほど値は1を大きく上回る。本研究では、タンザニア・メル山南斜面の農村景観を撮影した2008年1月5日のSPOT衛星画像から約11×10kmの区域を抽出して主な対象とし（図1）、そのなかの一定の計算範囲について局所的に空隙性を算出した。そして、その値をその範囲の中心画素に与えたのち、範囲を移動して計算を繰り返すことによって、画像の各画素の空隙性を算

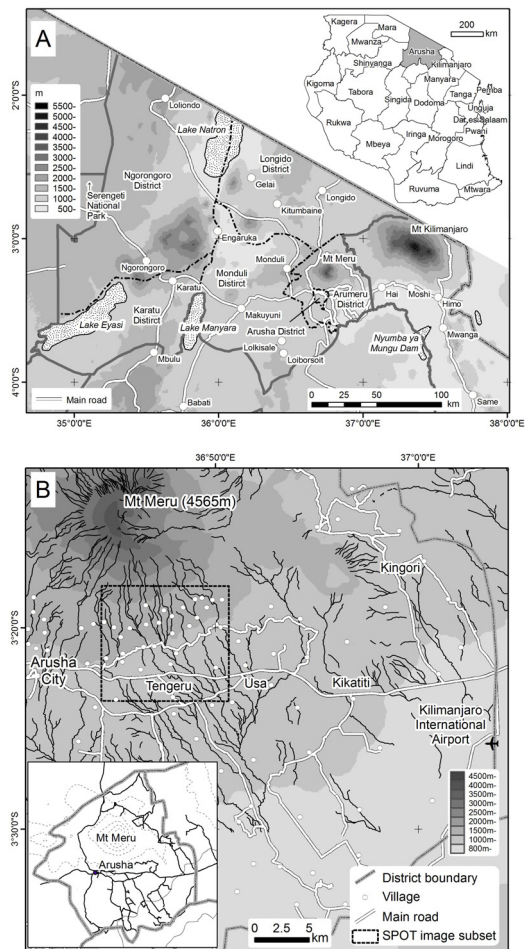


図1 対象地域

出し、局所空隙性画像をえた。局所空隙性は、空間スケール（計算範囲の広さと空間解像度）に応じて値が変化するというスケール依存性をもつ。ここでは、ミクロなスケール領域において、計算範囲を5×5画素（12.5m四方）から39×39画素（97.5m四方）まで、そして空間解像度を2×2画素（5m四方）から15×15画素（37.5m四方）まで体系的に変化させながら、対象区域について137の局所空隙性画像をえた。次に、それらを一括してクラスタ分析し、えられた5つのクラスタに属する画素の集塊を、農村景観を構成する5つの基本要素とした。そして、これらミクロ・スケールで抽出された構成要素の組み合わせにより、アップスケールされたより上位の水準で、景観構造がいかに現れるのかを検討した。合わせて、ミクロ・スケールでのクラスタリング結果に含まれる空間スケールリング情報を分析した。こうした手法をアフリカ農村景観分析に応用した例はほとんどみられないため、算出アルゴリズムの特徴が景観構成要素の図形的特徴にどのように反映されるのかを含め、探索的に検討した。

(3) タンザニア・北パレ山塊地域において、広域にわたる地表検証作業を行ったのち、農村景観の基本的な構成要素の一つであるバナナ・コーヒー混作地の変化、とくに経済自由化というマクロな変化に起因するコーヒー生産の粗放化・終了という近年のミクロ・スケールでの変化を、地域スケールの衛星画像によって識別することができるかどうかを検討した。混作地の一事例について方形区を設定し、これらの作物の植栽位置と密度を計測し、コーヒー減産とバナナ栽培の実態について把握するとともに、土地利用変化と世帯生計の間の中長期的な関係の動態と、その背景にある社会経済的メカニズムに関する聞き取り調査を行った。

4. 研究成果

(1) まず、関連文献を検討し、空間スケール問題を3つに大別した。最初の2つは実在論的なスケール論であり、3つ目は社会的構築論に基づく問題認定である。

① “スケール・ギャップ”問題は、現象が観察スケールに応じて（階層的に）異なって見える多スケール性をもつことによる、スケール間での観察結果の齟齬、あるいは特定スケールでの観察情報の欠落をさす。現象のスケール依存性が高く、スケール別に異なる観察分析法を必要とする場合に、著しい問題となる。全球的気候モデルの予測結果の地域水準へのダウンスケールリングや、ミクロで部分的な地表検証データを用いた衛星画像全体の分類などにより、ギャップ解消が試みられている。

② “スケール・ミスマッチ”問題は、複数の

プロセスが異なるスケールで進行し、それらが一致しないために起こる。たとえば、地方行政が権限を超える広域生態系の問題に直面する場合のように、現象のスケールと、それを管理する社会制度・組織のスケール（代表性や権限の階層性）のずれをさす。また、土地利用プロセスの観察スケールとしてあるサイズの画素を用い、その説明スケールとして世帯プロセスを設定する場合の不一致も、問題の一例となりうる。こうしたミスマッチを“ギャップ”と表現する文献が散見される。

③ “知識として社会的に構築されたスケール”問題は、社会を構成する多様な主体がある現象を記述・説明するスケールをさまざまに設定し、それら異なるスケールによって生み出された知識の間で対立が起こることをさす。たとえば、諸主体が生態系について構築したスケール（空間的・時間的範囲）が一致せず、それが政策対象とする自然資源の定義の違いにも反映する場合、資源管理上の対立が生じる。このような対立を、“スケール問題”と表現する文献がある。

(2) 本研究が当初設定したスケール問題（「1. 研究開始当初の背景」を参照）は、以上の文献の検討から明らかとなった3つの問題のすべてを含んでいる。このうち、本研究は、第一のギャップ問題を解消するための地理情報解析手法を探究した。観察・分析スケールを変化させて説明・管理スケールに合わせることによって第二のミスマッチ問題を緩和するためにも、ギャップ問題への対策が重要だからである。その手法として、分析結果がスケールに依存しない定常性をもつかどうかを考慮した地理的加重回帰分析や、地域スケールでの地理的文脈変数とミクロな世帯特性変数とが農村世帯の生計にどのような影響を与えるのかを解析するマルチレベル分析、そして衛星画像等の分析結果の空間スケール依存性を考慮した局地空隙性解析、これらの応用可能性を検討した。前二者は研究目的に適するものの、データ制約のため、農村生計の実態を示す目的変数を回帰すると想定される説明変数を用意することが困難であったため不採用とし、最後の空隙性を用いた農村景観分析に絞り、事例研究を進めた。なお、第三の“知識として社会的に構築されたスケール”のミスマッチが対象地域で引き起こす現実問題も重要だが、本研究では中心的な検討事項とするには至らなかった。

(3) メル山地域の主要食糧作物は、トウモロコシとバナナであり、後者はコーヒーほかの多年生作物や樹木と混作される場合もある。この地域において、SPOT パンクロ衛星画像にみられる主な空隙は、低輝度画素（バナナほかの多年生作物、森林など）に囲まれた高輝度画素（屋敷地、小径、季節作物耕地など）

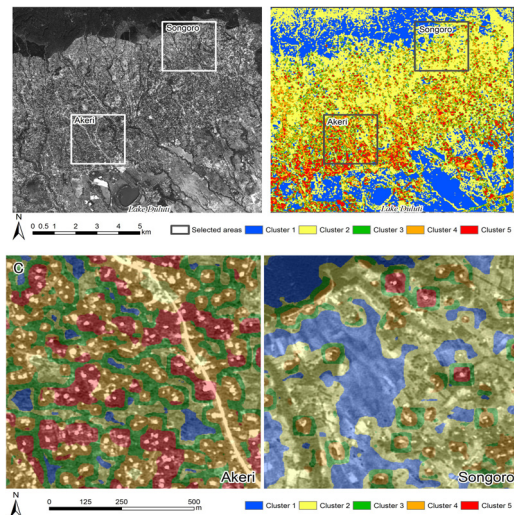


図2 局地空隙性画像の分類結果

である。局所空隙性解析によるこうした農村景観の分析結果は、以下のとおりである。

①137の局所空隙性画像のクラスタ分析によってえた5つのクラスタについて、元画像の目視判読と地表検証により、対応する農村景観要素の認定を行った。その結果、この解析が、「高輝度を示す家屋・敷地」と「それを囲む低輝度のバナナ・コーヒー混作地」のセットを始めとして、数種類のマイクロな景観構成要素を抽出できることがわかった(図2)。

②本研究では、空間スケールを体系的に変化させてえた局所空隙性画像を一括してクラスタ分析することによって、スケーリング情報をもった景観構成要素を抽出した。この情報を分析するために、各景観要素の局所空隙性値の平均値を求め、それに対してスケーリングが与える効果を吟味した。たとえば、低輝度の多年生作物混作地と高輝度の屋敷地がセットになった景観要素として、複数の近接した屋敷地を含む場合(図3, Cluster 4)と、単一の孤立した屋敷地を含む場合(図3, Cluster 5)の2種類を識別できた。これら2つの景観要素は、空隙性の計算範囲が 5×5 画素(12.5m四方)~ 13×13 画素(32.5m四方)と狭い場合、どの空間解像度でもその平均値がほとんど等しいため、区別することができない。区別が可能となるのは計算範囲をより広くしたときであり、こうしたスケーリング情報から、複数の近接する屋敷地を含む景観要素について、その屋敷地間の距離は、12.5~32.5m程度であることがわかった。このように、景観要素にもたせたスケーリング情報は、景観要素の諸特徴について手がかりを与えることが明らかとなった。

③コーヒー生産の中心区域として発展してきた山腹下部(図2, Akeri)と、入植年代のより新しい山腹上部(図2, Songoro)を代表

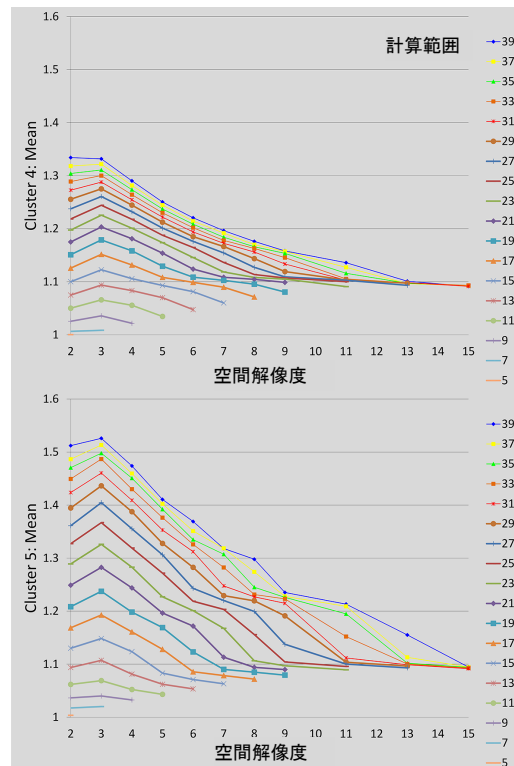


図3 空間スケールと局地空隙性の景観要素(クラスタ)別平均値: 屋敷地が複数の場合(上)と単一の場合(下)

例として選び、5つの景観要素の構成比率を比較したところ、その差は明瞭であり、対象地域が異なる景観構造をもつ区域からなることを確認した。すなわち、計算範囲 39×39 画素(97.5m四方)、空間解像度 15×15 (37.5m四方)を上限とするマイクロなスケール領域で把握された景観要素の構成により、約 11×10 kmの範囲のメソ・スケールでの景観分化を把握でき、スケール・ギャップを回避できることがわかった。このアップスケーリング(上位集計)の結果、たとえば山腹下部では、森林や季節作物耕地のように空隙性が低くより均質な景観要素の占める面積が3割を下回り、逆に空隙性が高く不均質な景観要素(高輝度の屋敷地等と多年生作物混作地のセット)の占める面積は5割を超えた。これに対して山腹上部では、各々の比率は7割、2割弱であり、下部とは反転していた。さらに、屋敷地をともなった景観要素で比較すると、上部は複数の近接した屋敷地をもつ場合が多いのに対して、下部では多年生作物地と単一の孤立した屋敷地がセットになった景観要素も多く分布しているという差異がみられた。こうした景観構造の地域分化は、相続にともなう土地細分化や、それに付随して起こる土地利用変化・景観変化についての広域的研究に手がかりを与える基本情報である。

④農村景観への先行する適用例がほとんどないため、本研究では、局所空隙性画像の空

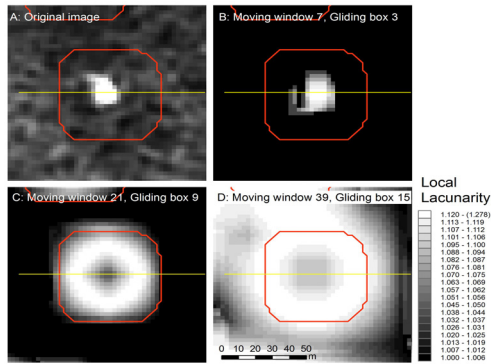


図4 局地空隙性の平面構造
(高輝度の屋敷地)

間パターンが示す図形的特徴の吟味も行った。とくに、その算出アルゴリズムが高輝度核（屋敷地など）とその周囲の低輝度混作地をセットとする景観要素（図4、Aの赤枠内）を正方形に近いドーナツ形状として抽出するのは（図4、B、C、D）、また対象地域の場合、計算範囲を広くし解像度を粗くするほど空隙性の値が1.1に近づくのは（図3）、アルゴリズムが計算範囲の中心部をより大きな比重でサンプリングするためであることを指摘した。また、空間スケールを体系的に変化させてえた一景観要素の他の景観要素との境界について吟味し、その境界（図5のCluster 3の領域）が空間スケールに依存する方法論的な構築物として景観遷移区域をなし、それが景観要素の実際の境界に対応するとは限らないことを指摘した。さらに、たとえ輝度が大きく異なる画素同士であっても、それぞれの周囲の画素を考慮して計算した空隙性の値が類似していれば、それらは同じクラスターに分類される点が、リモートセンシングにおいて行われる通常の画像分類と大きく異なる点であることを指摘した。

(4) もう一つの研究対象地域・北パレ山塊においては、経済自由化のマクロなインパクトの結果として顕著となっているコーヒー減産の実態を、衛星画像上の景観変化として把握することができるかどうかを、連携研究者の助言を受け、研究分担者の協力をえながら測量・検証した。事例としたバナナ・コーヒーの混作地においても、コーヒーの植栽本数・密度はかつてよりも少なくなっていることが推測された（図6）。しかし、バナナの植栽密度が高く、それが数少ないコーヒーの木の上空を覆うような生育実態を示すことから、混作地でのコーヒーの木の減少を衛星画像によって認定するのは困難であるとの結論に達した。すなわち、混作地に立てば観察することのできる景観変化を衛星画像がとらえることは難しく、ミクロな変化が鳥瞰的な変化へとストレートに結びつかないという意味で、地域スケールでの衛星画像分析と地表での観察結果の間には、スケール・ギャップがある。もう一つの研究対象地域である

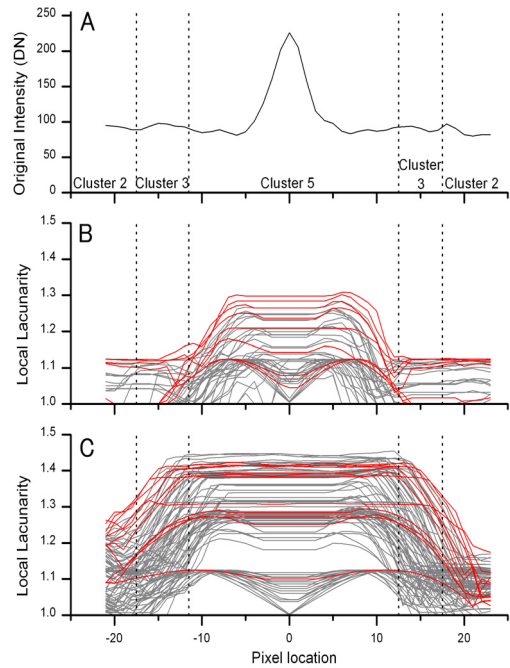


図5 局地空隙性の断面構造
(高輝度の屋敷地。Aは元画像の輝度値。
B・Cの一つ一つの曲線は空間スケールの異なる137の局地空隙性値)

メル山地域においても、地方行政はコーヒー減産の背景にある植栽本数の減少を適切にモニタリングするだけの人員をもたず、減産後も減産前の植栽本数を統計情報として報告し続ける傾向がある。以上は、1) 地域スケールの衛星情報ではミクロな変化の把握が困難であるというスケール・ギャップ問題であり、2) 現実の変化プロセスと行政能力の間のスケール・ミスマッチの問題であり、3) そのミスマッチの行政面は社会的に構築された問題であるという意味で、三重の空間スケール問題である。

(5) 総括

①本研究では、スケーリング情報をもった景観構成要素を抽出し、その情報が各要素の特徴を理解するのに役立つことを明らかにした。その作業は計算範囲およそ100m四方のミクロな領域内で完結するため、えられたスケーリング情報そのものは、メソな地域スケールでの考察に直結するものではない。もっとも、この領域の上限に向かって、スケールアップとともに空隙性の値が下げ止まり安定することから（移動不変性、図3）、さらなる計算範囲の拡大によって新たに得られる知見は少ない。また、ミクロなスケール領域に限っても、通常のパソコンで約11×10kmの対象地域を分析するには長時間を要し、さらに広い地域を扱うには、空間解像度の最小値をより大きくして演算速度の低下を防ぐ必要がある。しかしこれは反面で、高輝度屋敷地のような小画素群を見えなくし、ミクロな景観構成要素の識別を不可能にする。本手

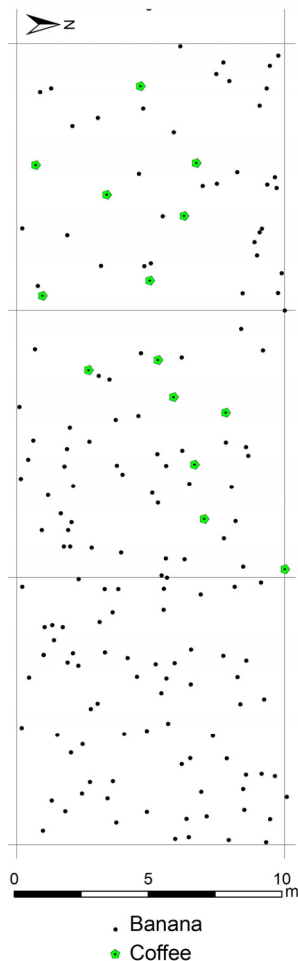


図6 混作地の多年生作物分布

法の重要性は、元画像の高解像度情報を利用し、それを保持したまま、マイクロ領域のスケール情報をもつ景観構成要素を組み合わせ、地域水準へとアップスケール（上位集計）し、メソなスケールで景観構造の特徴を把握できることを示すことによって、スケール・ギャップを回避した点にある。

②もともと、マイクロな世帯生計に対するマクロ経済的インパクト、とくに混作地におけるコーヒー減産を、衛星情報によりつつ、地域スケールの景観変化として把握するのは難しい。現場では明らかなものとして観察できるこの景観変化については、三重の空間スケール問題が生じており、そのうちスケール・ギャップ問題は衛星画像を用いた局所空隙性解析によっても解消しえない。行政の不適切な情報管理がコーヒー農士の生計に直ちに影響を与える状況にはないものの、マイクロな調査研究でえた知見を行政へと適切に伝えることが重要である。他方、屋敷地と混作地の景観要素は、地域レベルにアップスケールしたとき、相続にともなう土地細分化や、付随する土地利用変化についての広域的研究に手がかりを与える基本情報となり、人々の生計安全保障について議論する出発点ともなる。景観生態学で用いられている標準的

な景観指標を局所的に算出して求めた景観指標画像との併用も検討しながら、応用を進めるべきであろう。

③並行して、地域システムを構成する場所の間にみられる世帯生計の差異を体系的に説明するモデル構築の方法論について検討を進めたが、局所空隙性を用いた景観構造分析の結果と合わせて分析すべき変数情報を、データの制約から十分に地理情報システムに入力するに至らず、実際のモデル構築・分析は行わなかった。

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 Gen Ueda, Local Lacunarity Analysis of Agricultural Landscape Image in Northeastern Tanzania, Proceedings of Global Geospatial Conference 2013, 2013, 査読無（要旨のみ査読有）, 1-18.

〔学会発表〕（計3件）

- ① Gen Ueda, Local lacunarity Analysis of Agricultural Landscape Image in Northeastern Tanzania, Global Geospatial Conference 2013 (AfricaGIS 2013 and GSDI 14), 2013年11月4-8日, アディスアベバ, エチオピア（口頭）。
- ② Gen Ueda, Bridging the scale gap: macro economic impacts of liberalisation on the regional system of local livelihood in rural Tanzania, Conference of Irish Geographers, 2012年5月25-27日, ダブリン, アイルランド（口頭）。
- ③ 上田 元, タンザニア北東部における農地被覆画像の空隙性解析, 日本地球惑星科学連合2012年大会, 2012年5月23日, 千葉市（ポスター）。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上田 元 (UEDA, Gen)
東北大学・大学院環境科学研究科・准教授
研究者番号：10241514

(2) 研究分担者

池野 旬 (IKENO, Jun)
京都大学・大学院アジア・アフリカ地域研究研究科・教授
研究者番号：40293930

(3) 連携研究者

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