

西ジャワ農村地域における地形条件と土地利用

Topographic condition and land use in the rural landscape of West Java, Indonesia

原科幸爾 武内和彦

Koji HARASHINA Kazuhiko TAKEUCHI

(東京大学大学院農学生命科学研究科)

(Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo)

I はじめに

東南アジアの湿潤熱帯地域では、著しい農地拡大により、土壌侵食などを伴う土地荒廃が進行している。インドネシアの西ジャワ農村地域においても、急激な人口増加や商品経済の浸透などの影響によって、農業的土地利用の拡大・集約化が進展している。とくに土地無し農家による傾斜地の違法耕作の進行に伴って土壌侵食の問題が顕在化している。

こうした地域において、土地利用の持続性を考えるとき、まずその土地のもつ自然条件に対応した土地利用が営まれているかを考慮することが重要である。

そこで、本研究では西ジャワ農村地域における農業的土地利用の現況を、土地条件との対応から明らかにすることを目的とした。土地条件としては地形条件をとりあげ、景観生態学的手法を用いて、土地利用の空間分布と地形条件との対応関係を把握した。

II 研究対象地域

チアンジュール川ーチソカン川流域を対象地域とした(図1)。対象地域は、ジャワ島最大の流域面積(約6,000km²)をもつチタルム川の中流域に位置し、活火山であるグデ山(2,958m)の東側山腹から山麓にかけての地域である。対象地域は、

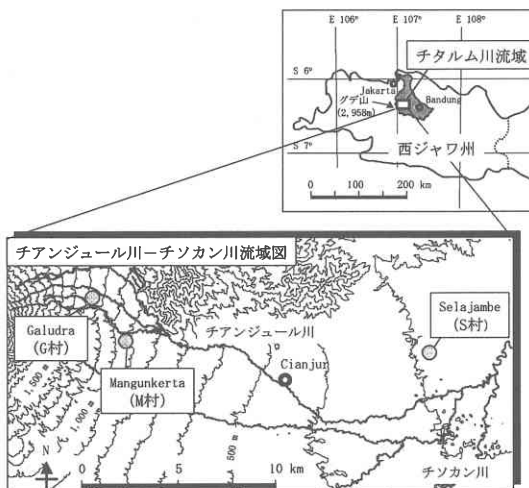


図1 研究対象地域および対象集落

火山泥流(ラハール)起源の地形を持ち、標高約2,500mから200mにかけての地域である。北部には、第三紀系丘陵地も一部分布しているが、今回の解析対象から除外した。

本地域は、ジャワ島に多く存在する火山山麓の典型的な農村景観を持つ。インドネシアの農業は、輸出産品を生産するエステート農業と、主として食糧を生産する農民農業という2部門から構成される(加納, 1988)が、本地域ではその両者がみられる。エステート農業としては、火山山腹に大規模な茶畑が見られ、農民農業としては、斜面上部に畑作地帯が、斜面下部に稲作地帯が広がっている。また本地域は、ジャカルタをおもな市場と

する高原野菜など多様な商品作物の産地となっている。

図1に含まれる8郡(Kecamatan)の人口は、1992年から2000年の8年間で約1.2倍に増加している。さらに本地域は、ジャカルタやバンドンなどの大都市近郊にあり、幹線道路も開通しているため、別荘地開発などの圧力を受けている地域でもある。

III 資料および研究の方法

1. 地域スケールにおけるデータ

地形条件をあらわすものとして用いたのは、地形区分、標高、および傾斜度である。地形分類図と土地利用図は、ベクタ型データとして作成したが、以降の解析では、統計処理を容易にするために、50m×50mのグリッドサイズでラスタ変換してから使用した。それぞれのデータの作成方法と概要については、以下に示したとおりである。

(1) 地形分類図

Tamura and Kitamura (2001)は、対象地域の地形構造を明らかにし、地形分類図を作成している。本研究では、それをもとに National Coordination Agency for Surveys and Mapping が1993年に撮影した1:50,000の空中写真の実体視判読を行い、一部追加および修正を加えたものを使用した。対象地には、火山体、侵食谷、上部ラハール台地、下部ラハール台地、ラハール性氾濫源、自然堤防、流れ山、対象外

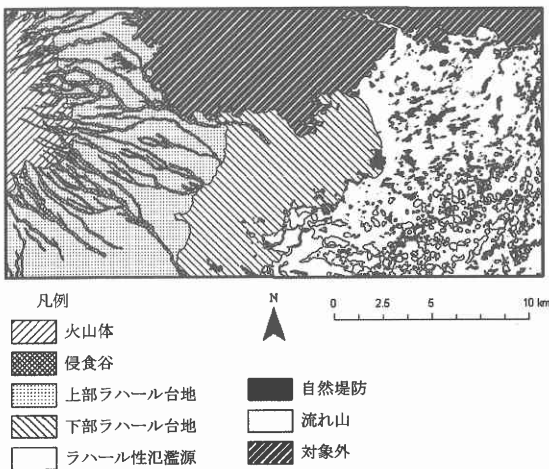


図2 対象地の地形分類図

部ラハール台地、ラハール性氾濫源、自然堤防、流れ山の7つの地形単位が確認されている(図2)。

(2) 標高および傾斜度

National Coordination Agency for Surveys and Mapping が2001年に発行した1:25,000のデジタル版地形図(DXFファイル)から、等高線および標高点を抽出し、内挿処理を行うことによって格子間隔50mのDEM(数値標高モデル)を作成した。DEMの格子点は、地形分類および土地利用のラスタデータの格子点と一致するようにした。ほかのデータとの重ね合わせの際には、グリッドを囲む4点の標高の単純平均を当該グリッドの標高の代表値とした。傾斜度としては、この4点のうち、3点からなる平面から計算される傾斜度の中で最大のものをグリッドの代表値とした。

(3) 土地利用図

地形分類図作成に用いた空中写真を判読し、現地踏査の結果を踏まえて作成した。その結果、森林、アグロフォレストリー、茶畑、畑、水田、集落・市街地、開放水域、その他(草地、採掘場、裸地など)の8つの土地利用タイプが抽出された(図3)。アグロフォレストリーには、後述するクブンチャンプランのほか、上層にクローブを中心とした多年生植物やバナナ、下層には茶を植栽した土地利用形態のものも含まれる。

これらのデータをもとに、土地利用と標高、傾斜および地形単位との対応関係を分析した。

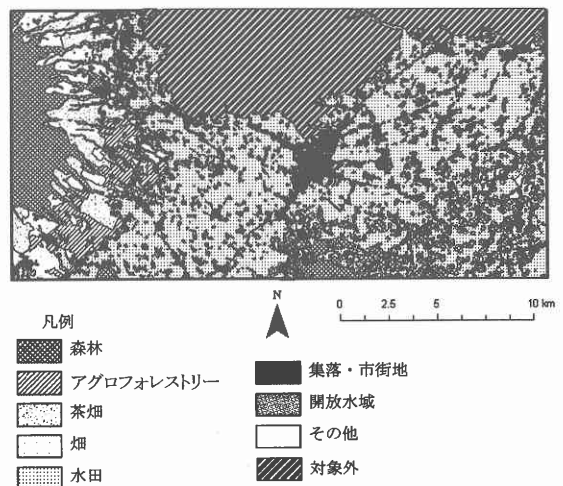


図3 対象地の土地利用図

表1 調査対象集落の概要

	G村集落	M村集落	S村集落
標高	約1,200m	約950m	約300m
優占する土地利用	畑	畑、水田	水田
人口密度1 ^a (ha ⁻¹)	6.9	28.0	16.1
人口密度2 ^b (ha ⁻¹)	15.1	78.1	21.6
主要な収入源	農業(自作農)	農業賃労働 農外活動	農業賃労働 農外活動

^a 統計データによる村全体の人口を、村の面積で除したものの。

^b Harashina *et al.* (2001)においてアンケート調査を行った対象60世帯の人口を対象世帯によって直接利用されている面積(借地も含む)で除したものの。村の共有林などはふくまれないため、人口密度1よりも値は高くなる。

2. 集落スケールにおけるデータと解析手法

(1) 対象集落とトランセクト調査の方法

畑が優占する農村景観の代表的例としてGaludra村内の集落(以下、G村集落)、畑と水田の混在地域としてMangunkerta村内の集落(以下、M村集落)、水田優占地域としてSelajambe村内の集落(以下、S村集落)を対象集落とした(図1)。なお、本研究では地域住民による土地利用に主眼においたため、エステート農業である大規模茶園や、火山体における森林は対象外とし、集落に付随して農民農業が営まれている箇所を対象とした。

G村集落、M村集落およびS村集落の概要を表1に示す。G村集落の農業は、ニンジン、ネギ、トウガラシなどの商品作物の栽培に特化し、おもな収入源は農業(自作農)である(Harashina *et al.*, 2001)。M村集落およびS村集落では、農外活動によって生計を立てている世帯が半数を占め、農業活動としては、農業賃労働が多く、自作農はわずかである。とくにM村集落では人口密度が高い(表1)。G村およびM村は、上部ラハール台地上に立地し(侵食谷も一部含む)、S村は、ラハール性氾濫源および自然堤防上に立地する。

3集落における土地利用としては、水田、畑、ゴム林、竹林などのほか、この地域特有の伝統的な土地利用形態も見られる。G村やM村のラハール台地に隣接する侵食谷の斜面林には、「タルン」と呼ばれるタケを主要構成種とする二次林がみられ、燃料木や材木に利用されている。また、M村やS村では、果樹などの下層に野菜や澱粉作物などの一年生作物を植栽した「クブンチャンプラン」と呼ばれる土地利用形態がみられる。

3つの村において、流域横断面上(河川と垂直方向)、および縦断面上(河川と平行方向)、に計

7本のトランセクトを設定し、幅50m内で優占する土地利用を記録しながら地形断面調査を行った。トランセクトはG村集落、M村集落およびS村集落で、流域横断面上にそれぞれ、G1、M1、M2、S1(以下、横トランセクト)を、縦断面上にそれぞれ、G2、M3、S2(以下、縦トランセクト)を設定した。M村集落では、上流部と下流部で優占する土地利用が大きく異なっているため、典型的な景観構造を捉えるために、横トランセクトを上流部と下流部に1本ずつ設定した。ただし、トランセクトの水平距離の合計が、他の村よりも著しく大きくならないように留意した。

横トランセクトは、G村集落とM村集落では、原則として河川から隣接する河川までの間を設定した。その他のトランセクトでは、主要道路や集落の境界を端点としてトランセクトを設定した。地形断面調査では、連続的な地形面においては原則として5mごとに傾斜を測定したが、テラス状の耕地では、一筆を単位として距離と傾斜およびテラスの高さを0.1mの精度で測定した。トランセクトの設定においては、典型的と判断される土地利用配列を通過するように考慮して行い、アクセシビリティの違いによるバイアスが加からないように留意しながら行った。

(2) 地形データの解析方法

トランセクトを水平距離1mのセグメントに分割し、土地利用、比高(m)、傾斜度のデータを持つ解析単位とした。分割の際に生じる端数は、四捨五入した。なお、比高とは、集落内の全トランセクトにおける最低標高地点を0としたときの、セグメント中央点の相対標高として定義した。また、農地がテラス状になっている部分に関しては、人為的改変以前の傾斜度として、平均傾斜度を算出した。

IV 結果と考察

1. 地域スケールにおける地形条件と土地利用

(1) 地形分類と土地利用

地形分類と土地利用の間には有意な連関が認められた(χ^2 検定, $p < 0.01$)。両者のカテゴリ間の結びつきを標準化残差(実測度数から期待度数を

表2 地形および土地利用のカテゴリ間の結びつき (表中の値は標準化残差^{注)})

	森林	アグロフォレストリー	茶畑	畑	水田	集落・市街地	開放水域	その他
火山体	121.1	-18.7	15.2	15.9	-65.0	-27.5	-5.0	-4.1
侵食谷	54.9	20.8	25.5	4.0	-36.7	-25.7	-5.3	-1.9
上部ラハール台地	-44.1	81.6	72.9	62.9	-41.0	-5.0	-10.3	-4.5
下部ラハール台地	-53.9	-30.6	-34.3	-38.5	31.1	37.1	-8.2	-2.5
ラハール性氾濫源	-64.8	-39.3	-44.2	-40.6	99.7	-43.1	25.9	1.5
自然堤防	25.6	-18.4	-20.4	-7.0	-39.4	90.5	-4.5	-2.0
流れ山		-19.0	-21.4	6.7	-58.8	6.5	-5.1	17.8

注) 標準化残差

$$= \frac{\text{実測度数} - \text{期待度数}}{(\text{期待度数})^{1/2}}$$

この値が大きいほどカテゴリ間の結びつきが強い(上浦木(1998)より)

■ 標準化残差 > 50

▨ 標準化残差 > 15

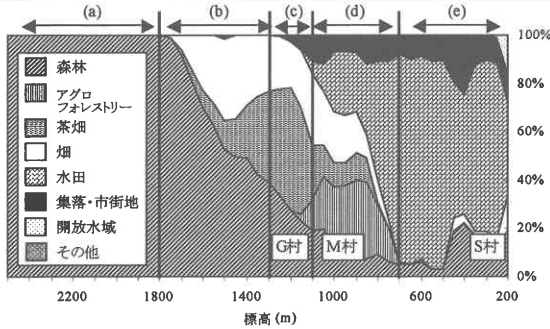


図4 標高別にみた土地利用構成

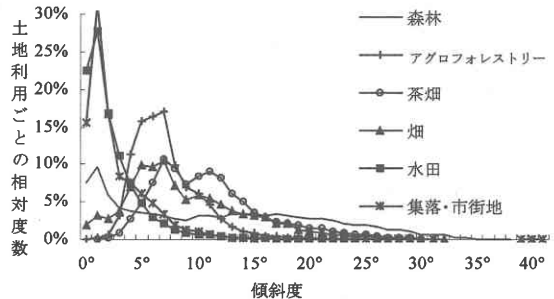


図5 傾斜度別にみた土地利用相対度数

差し引いたものを、期待度数の平方根で除したのものにより定量化した(表2)。この結果から、火山体、侵食谷および流れ山は森林と結びつきが強く、上部ラハール台地はアグロフォレストリー、茶畑および畑と、下部ラハール台地とラハール性氾濫源は水田と、自然堤防は集落・市街地と結びつきが強いことがわかる(すべて値が50以上)。この他、値はやや低いが、自然堤防と森林、下部ラハール台地と集落・市街地の結びつきも認められる。

一方、侵食谷にアグロフォレストリーと茶畑がみられ、また、火山体に茶畑および畑が分布している。実際に、2000年8月の現地踏査では、G村上流域の火山体において、森林伐採と耕地化がみられ、急傾斜に位置する森林の農地化が拡大しつつあることが確認された。

(2) 標高と土地利用

標高ごとの土地利用割合を図4に示した。標高に沿って、土地利用割合が連続的に変化しているが、本対象地は、標高が(a)1,800m以上、(b)1,800~1,300m、(c)1,300~1,100m、(d)1,100~700m、(e)700~200mの5つに区分して考えることができる。

(a)では、森林が100%を占める。(b)では、森林、畑、茶畑が卓越し、標高が低くなるにつれて森林の割合が減少する。集落・市街地は殆どなく、エステート農業の施設があるのみである。(c)では、

森林、畑、茶畑が卓越するが、農村集落も分布しており、農民農業が営まれていると考えられる。(d)では、これらにアグロフォレストリーと水田が混在する。とくにアグロフォレストリーは、この標高帯にしか分布しない特徴的な土地利用である。(e)では、水田が卓越している。標高400m付近では、森林の面積率が20%ほどで極大となっていたが、これはこの標高帯に分布する流れ山の森林を反映したものであり、地形分類と土地利用の解析結果と一致する。

(3) 傾斜度と土地利用

傾斜度別にみた、それぞれの土地利用の相対度数(%)を図5に示した。水田と集落・市街地は、平坦地に偏在し、90%が傾斜度0~5°に分布している。また、森林は、傾斜度の大きい場所でも分布している。アグロフォレストリーは、5~10°に多く分布している。畑および茶畑は、それより傾斜度が大きいところまで分布し、最大で30°付近まで分布がみられる。

2. 集落スケールにおける景観構造

地域スケールにおける3集落の位置付けを図4に、トランセクトの概要を表3に示した。また、セグメントを単位として比高、傾斜度および土地利用の関係を図6に示した。図6の比高および傾斜度のカテゴリ化においては、サンプル数に極端

な偏りが出ない範囲内において、なるべくそれらによる土地利用の違いを反映するように設定した。ここでの傾斜度は、トランセクト上での傾斜度のことである。縦トランセクト上および横トランセクトの段丘崖上では、最大傾斜度と一致するが、台地面上の平坦部では、一致しないことを注意したうえで、3集落の景観構造について、以下のように考察した。

G村集落では、傾斜度15°以上、比高0~100m、すなわち段丘崖上ではタ alun が分布するが、30°以下の傾斜では、一部畑も分布する。台地面の緩斜面上に畑と集落が、比高130m以上では果樹園が分布している。

M村集落では比高130m以上および40~70mに分布が多いが、これは台地面上を示しており、横トランセクトを2本とったことを反映している。また、傾斜度6~10°、比高40m以上は、縦トランセクトを反映したものである。これにより、M村集落では、台地面上の比高100mまでは水田が、それ以上では畑が優占することがわかる。また傾斜度10°以上、比高40m以下に分布する水田は、段丘崖の麓部斜面に位置する棚田を示している。M村集落では、傾斜15°以上の斜面でも、水田、茶畑、クブンチャンプランなど多様な利用がなされていることが明らかになった。また、比高130m以上の台地面上でも水田が分布しているが、ここでは上流部より灌漑が行われていることが現地調査の際に確認された。

S村集落では、比高10m以下、傾斜度3°以下では水田と集落が優占的に分布し、傾斜度3°以上では、クブンチャンプランやゴム林といった土地利用もみられる。

傾斜と比高の点からは、G村集落とM村集落は

表3 3集落におけるトランセクトの概要

	G村集落	M村集落	S村集落
立地する地形分類	上部ラハール台地 侵食谷	上部ラハール台地 侵食谷	自然堤防 氾濫原
セグメント数	1,450	1,548	1,803
水平距離	514.2 m	751.2 m	1,100.0 m
縦トランセクト	917.7 m	384.4 m (下部)	700.0 m
横トランセクト		410.5 m (上部)	
比高	中央値 レンジ	105.9 m 66.2 - 142.9 m	6.9 m 4.6 - 10.0 m
傾斜度	中央値 レンジ	7° 4 - 12°	1° 0 - 2°

aここでは、(第1四分位点-第2四分位点)のレンジを示す。

類似しているが、土地利用も含めると、M村集落は多様な景観構造を持っているといえる。G村集落では、傾斜と比高によって、土地利用がほぼ一

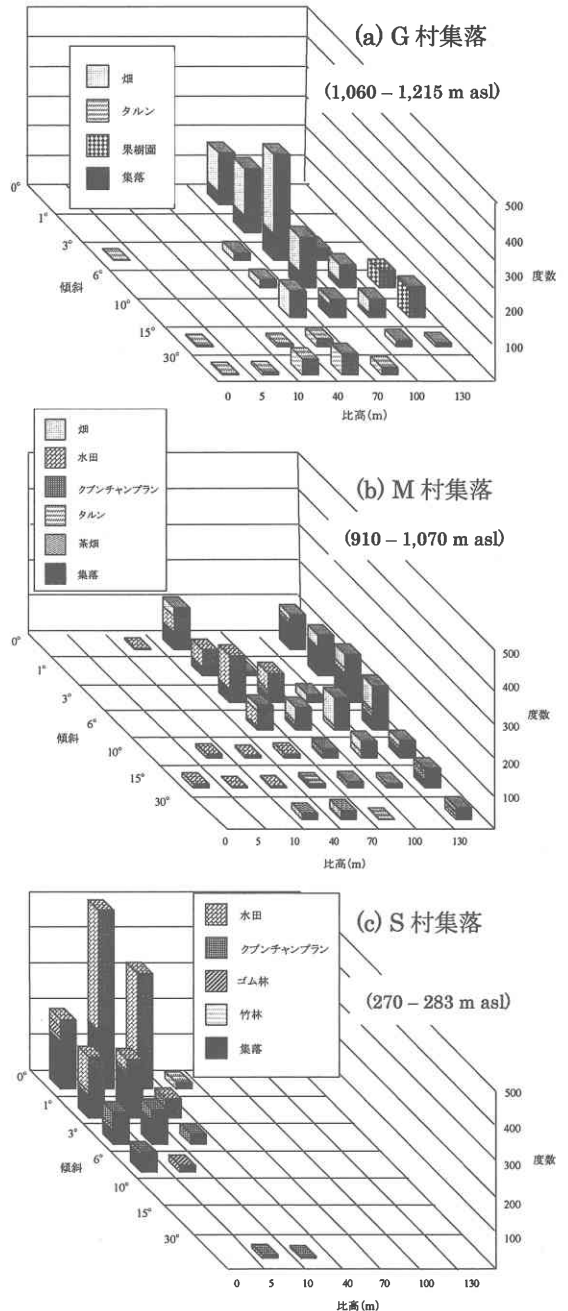


図6 3集落における比高-傾斜と土地利用構成

意的に規定されているが、M村集落では土地利用の混在度が高い。例えば、段丘崖であっても、テラス状に土地を改変するなどによって、多様な用途に利用されている。その自然立地的要因としては、G村集落と比較して水利条件に恵まれていること、侵食谷の傾斜がやや緩やかであることが考えられる。例えば、15°以上の傾斜をもつセグメントのうち、30°以上のものがG村集落では77%、M村集落では54%であった。さらに、G村集落では、侵食谷がV字谷となっているのに対して、M村集落の方が下流側にあるため、侵食谷の麓部斜面の幅が広く、比較的なだらかに広がっているため、水田利用がしやすいと考えられる。社会的要因としては、M村集落の人口密度が他と比べて高いこと、農業賃労働者が多く、土地無し農家が多い(表1)ため、小規模であっても、土地をくまなく利用する努力をしていることなどが考えられる。一方、G村集落は、商品作物の生産に特化して、営農形態も極めて集約的である(Harashina *et al.*, 2001)ため、労力をかけて急斜面を耕作するよりもラハール台地面における作物生産に力を入れているものと考えられた。

一方、S村集落では、傾斜および比高のレンジが狭く、地形条件としては単純であるが、優占的に分布する水田や集落のほか、小面積ではあるがクブンチャンラン、ゴム林、竹林など多様な土地利用がなされていることがわかった。

V おわりに

本研究では、2つの空間スケールから対象地における地形条件と土地利用の対応関係を把握した。

地域スケールでは、およそ地形条件と対応した土地利用がなされていることが明らかになったが、急傾斜地における茶畑や畑の耕作なども見られた。また、集落スケールの分析では、とくにM村集落において、積極的な人為改変によって多様な土地利用がなされていることが示され、自然立地条件だけでなく、社会・経済的背景も重要な土地利用規定要因であることが示唆された。

参考文献

- 1) 加納啓良 (1988): インドネシア農村経済論, 勁草書房, 316pp.
- 2) Tamura, T. and Kitamura, S. (2001): Geomorphic, pedologic and hydrologic factors for sustainable bioresources management system at volcanic footslopes in West Java – A case study in the Cianjur and Cihidung watersheds -, Proceedings of the 1st Seminar: Toward Harmonization between Development and Environmental Conservation in Biological Production, The University of Tokyo, 304.
- 3) Harashina, K., Takeuchi, T., Tsunekawa, A., and Arifin, H. S. (2001): Estimation of material flow due to human activities in three rural hamlets in the Cianjur-Cisokan watershed, West Java, Indonesia, Proceedings of the 1st Seminar: Toward Harmonization between Development and Environmental Conservation in Biological Production, The University of Tokyo, 109-118.
- 4) 上甫木照春 (1998): 居住環境形成に資する戸建て住宅地の庭空間の公的役割に関する研究, ランドスケープ研究 61, 793-796.

Relationships between land use and topographic conditions of rural landscape in West Java, Indonesia were analyzed at regional-scale. Land use was significantly correlated with landform units. The land use pattern changed along elevation primarily, and was also affected by slope. In addition, hamlet-scale analysis of landscape structure was also conducted in 3 typical rural hamlets based on field survey data. The most diverse land use type was observed in the middle-elevation hamlets despite its topographic condition being similar to the highest-elevation hamlet that had a low variety of land use. In spite of simple topographic conditions, diverse land use type was also observed in the lowest-elevation hamlet.