

マレーシア・セランゴール州の森林分布

佐野真琴・宮本麻子・古家直行 (森林総研)・松本陽介 (森林総研九州)
・Ismail Adnan Abdul Malek (マレーシア・プトラ大学)

Abstract : The forest area decreased greatly by the felling and the agricultural development in Malaysia. We analyzed the different type of forest areas by the landscape metrics in Selangor State to understand the forest distribution of peninsula Malaysia. The digital map (scale 1/25,000) made by JUPEM (Malaysian survey and mapping department) was used for the analysis. The digital map of three plots was converted into the GIS data, and the landscape metrics were calculated by FRAGSTATS2.0 that was spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. According to the metrics of the landscape level that show the feature at landscape as a whole, the following was understood. In the plot A, a large patch was dominant, and the landscape structure was comparatively simple. In the plot B and C, the size of one dominant patch was different. However, other areas were similar and the two plots had comparatively complex landscape structures. From the metrics of the class level that show the feature at each land cover, the following was understood. In the plot A, Swamp forests were dominant. In the plot B, Forests were dominant and an agriculture land-use by the Rubber plantations was also dominant. In the plot C, Forests and Rubber plantations were dominant and the influence of human activity by Rubber plantations, other lands such as the residential lot and Tin mines were also large.

Keywords : Malaysia, forest vegetation, land use, land cover, landscape metrics

要旨 : マレーシアでは、森林の伐採や農業開発により森林が大きく減少している。本報では、このような状況にある半島マレーシアの森林分布を把握するため、セランゴール州の森林タイプが異なる地域について、ランドスケープ指標による解析を行った。解析には、JUPEM (マレーシア測量地図局) により作成された電子地図 (縮尺 2 万 5 千分の 1) を利用した。3 プロットの電子地図を GIS データに変換し、ランドスケープ構造を定量化する空間パターン分析プログラム FRAGSTATS2.0 によりランドスケープ指標を計算した。与えられたエリア全体を示すランドスケープレベルの指標から、プロット A は大きなパッチが優占する比較的単純なランドスケープ構造で、プロット B, C は優占する 1 パッチの大きさが異なるが他のエリアは類似し、比較的複雑なランドスケープ構造であると考えられた。土地被覆区分ごとの特徴を示すクラスレベルの指標から、プロット A は湿地林が優占し、プロット B は森林が優占するがゴムのプランテーションという農業的土地利用が進んでいること、プロット C はゴムと森林が優占するが、ゴム、住宅地等のその他、スズ鉱山など人為による影響が強いプロットであると考えられた。

キーワード : マレーシア, 森林植生, 土地利用, 土地被覆, ランドスケープ指標

I はじめに

マレーシアは、フタバガキ科の樹木が優占する熱帯降雨林が広く分布している。しかし、今日まで多くの森林が伐採され、また、土地利用の面では森林から農地への転換が盛んで、ゴム、アブラヤシ等への大規模な農業開発が広く行われてきた。このため、マレーシアでは森林面積の減少が著しく、半島マレーシアでみると 1947 年に 1000 万 ha であったものが 2002 年には 589 万 ha へと推移している。また、2002 年の半島マレーシアの森林面積を森林タイプ別にみると、天然林では乾燥内陸林 542 万 ha、湿地林 30 万 ha、マングローブ林 11 万 ha、人工林は 7 万 ha

となっており、土地面積に対する林地面積の割合は 44.8% である (5)。本報告では、このような状況にある半島マレーシアの森林分布の現況を把握するため、セランゴール州の土地被覆が異なる地域において、ランドスケープ指標によりランドスケープ構造を把握し、その違いを定量的に明らかにするとともに、人為による土地改変の進行状況についても検討した。

II 資料と方法

解析には、JUPEM (マレーシア測量地図局) により作成された 2003 年版の電子地図 (縮尺 2 万 5 千分の 1)

Makoto SANO, Asako MIYAMOTO, Naoyuki FURUYA (For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687), Yosuke MATSUMOTO (Kyusyu Res. Center, For. and Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862) and Ismail Adnan Abdul Malek (Universiti Putra Malaysia, UPM Serdang, Selangor, Malaysia) Forest distribution in Selangor, Malaysia

を利用することにした。電子地図は、CADの2次元や3次元のベクトルデータを格納する事実上の業界標準であるDXF形式のファイルで作成され、1ファイルには15km四方の大きさのエリア(22,500ha)が記録されている。解析対象は、1ファイルに含まれるエリア全域を1プロットとし、現地踏査の結果、湿地林を主体とし土地改変がほとんど行われていないプロットA、乾燥内陸林を主体とし、やや市街地から離れ人為改変が中庸なプロットB、市街地に近く最も人為改変が進んだプロットC、の合計3プロットとした(図-1)。

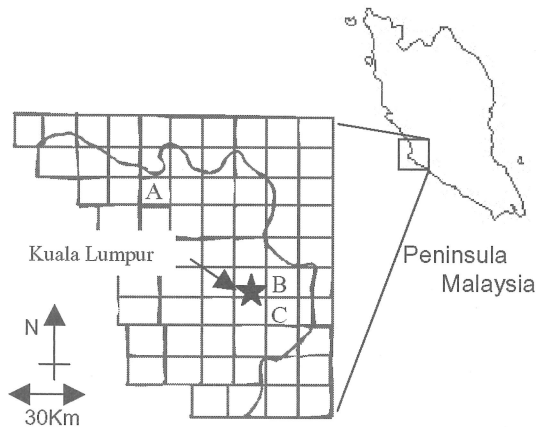


図-1 プロット位置図
Fig 1 Locations of 3 plots

各プロットのDXFファイルは、Annotation, Multi-Patch, Point, Polygon, Polylineというデータセットで構成されているが、これらは直接土地被覆区分図として利用できるものではなかった。このため、土地被覆区分図作成に必要な土地被覆の情報が最も多いPolylineデータをGIS(Arc/Info)へ入力し、等高線等のラインデータ・基準点等の記号データなど不必要なデータの削除、道路を示すラインデータから片側5mのバッファポリゴンを発生させ10m幅の道路ポリゴンを作成、土地被覆の区切り線であるラインデータを利用し各土地被覆のポリゴンを発生、各ポリゴンへの土地被覆コードの付与という手順により土地被覆区分図を作成した。使用した土地被覆区分は、森林、湿地林、ゴム、アブラヤシ、マツ林、灌木、草地、開放地、スズ鉱山(露天掘り)、その他(住宅地等)、水系(河川、沼、湖)、道路、の12区分である。作成した各プロットの土地被覆区分図から、ランドスケープ構造を定量化する空間パターン分析プログラムFRAGSTATS2.0(4)のベクターバージョンによりランドスケープ指標を計算した。

III 結果

FRAGSTATSは3つのレベルでランドスケープ指標を算出する。すなわち、与えられたエリア全体について

のランドスケープレベル、土地被覆区分ごとのクラスレベル、一つ一つのパッチに関するパッチレベルである。ここでは、ランドスケープレベルとクラスレベルの指標を用い各プロットの特徴を分析する。

1. ランドスケープレベル 各プロットのランドスケープレベルの指標を示した(表-1)。

表-1 ランドスケールレベルの指標
Table 1 Metrics of landscape level

Plot	LPI	NP	MPS	ED	MSI
A	76.8	33	681.8	6.7	4.0
B	48.6	325	69.2	22.0	10.4
C	25.6	446	50.5	26.2	12.2

Plot	NCA	MCA2	SHDI	PR	IJI
A	61	357.8	0.3	7	54.7
B	343	60.4	1.1	10	73.0
C	514	39.9	1.4	10	78.7

LPI:最大パッチ指数(%)(Largest Patch Index), NP:パッチ数 Number of Patches, MPS:平均パッチサイズ(ha) Mean Patch Size, ED:エッジ密度(m/ha) Edge Density, MSI:平均形状指数 Mean Shape Index, NCA:コアエリア数 Number of Core Areas, MCA2:平均コアエリア(ha) Mean Area Per Disjunct Core, SHDI:シャノンの多様性指数 Shannon's Diversity Index, PR:パッチの豊かさ Patch Richness, IJI:散在並置指数 Interspersion and Juxtaposition Index

プロットAは最大パッチ指数が76.8%と一つの大きなパッチが優占し、パッチ数が他のプロットより極端に少ない。このため、平均パッチサイズは他のプロットと比較して大きく、エッジ密度が低く、シャノンの多様性指数が小さく、平均形状指数が小さく形状は単純である。形状の単純さからコアエリアに関する指数も、パッチ数、平均パッチサイズと同様の傾向を示している。また、散在並置指数は3プロット中で最も小さく、やや偏った配置であることを示している。プロットCは、最大パッチ指数が25.6%とプロットの4分の1を占めるパッチが存在するが、パッチ数は446とプロットAの約13.5倍である。このため、平均パッチサイズは小さく、エッジ密度は高い。形状もプロット中一番複雑で、シャノンの多様性指数も大きい。コアエリアに関する指数はプロットAと同様の傾向で、パッチ数、平均パッチサイズに従属しているようである。また、散在並置指数はプロット中一番大きく、偏りの少ない配置であるといえる。プロットBは、最大パッチ指数が48.6%で3プロットの中で中庸を示すが、パッチ数は325とプロットCに近い。このため、他の指数も相対的にプロットCと同様な傾向を示している。

これらのことから、プロットAは大きなパッチが優占する比較的単純なランドスケープ構造であり、プロットB, Cは優占する1パッチの大きさが異なるが他のエリ

アは類似し、比較的複雑なランドスケープ構造であると
考えられる。

2. クラスレベル 各プロットのクラスレベルの指標を
示した(表-2)。

プロットAは、湿地林の土地被覆割合が92.8%と大部
分を占め、次に森林4.4%、灌木2.2%となっている。湿
地林は土地被覆割合からみるとパッチ数が少なく、この
ため平均パッチサイズ、平均コアエリアが大きく、また、
エッジ密度が高く、散在並置指数が大きいことからプロ
ット全体に分布していると考えられる。水系、道路は、
面積重み付け形状指数が大きく複雑な形状をしているこ
とを示し、水系は河川が中心のため細長い形状であり、
道路も細長い形状であるためと考えられた。これらのこ
とから、プロットAは、湿地林が優占しパッチサイズも
大きく、プロット全体を覆っているという特徴を持つと
考えられた。

プロットBは、森林の土地被覆割合が66.6%と多くの
部分を占め、次にゴムが19.8%となっている。森林は土
地被覆割合からみるとパッチ数が少なく、このため平均

パッチサイズ、平均コアエリアが大きく、また、散在並
置指数も大きい。ゴムは、森林と同傾向で平均パッチサ
イズ、平均コアエリアが大きく、エッジ密度は高い。住
宅地等その他はパッチ数が多くエッジ密度も高い。道路
は、面積重み付け形状指数が大きい。これらのことから、
プロットBは、ゴムのプランテーションという農業的土
地利用が進んでいるがその割合はまだ低く、森林が優占
し、かつ、断片化の程度が低くコアエリアが広く保たれ
ているプロットであると考えられた。

プロットCは、ゴムの土地被覆割合が39.9%、森林は
39.1%と2つの土地被覆が多くの部分を占め、次に住宅
地等のその他10.1%となっている。ゴムは森林よりパ
ッチ数が多いため平均パッチサイズ、平均コアエリアが小
さいが、エッジ密度が高く、散在並置指数は大きい
ため偏りの少ない分布をしていると考えられる。森林は、
パッチ数が少ないため、平均パッチサイズ、平均コアエ
リアともに大きい。水系は小さな沼が多いためパッチ数
が多い。道路はその形状のため面積重み付け平均形状指
数が大きい。また、他のプロットは異なり、スズ鉱山(露

表-2 クラスレベルの指標

Table 2 Metrics of class level

Plot	Land cover	%LAND	LPI	NP	MPS	ED	AWMSI	C%LAND	NCA	MCA2	IJI
A	Fo	4.4	4.3	3	329.0	1.0	2.4	4.1	3	309.4	13.1
	SF	92.8	76.8	8	2609.1	6.2	2.3	91.1	10	2048.9	81.3
	Bu	2.2	1.2	10	48.4	2.3	3.6	1.7	10	38.0	4.2
	Gr	0.2	0.1	7	6.7	0.8	3.1	0.1	10	1.5	40.4
	OL	0.0	0.0	1	5.5	0.0	1.1	0.0	1	3.8	44.8
	Wa	0.4	0.4	3	32.2	2.4	14.3	0.1	27	0.4	36.4
	Ro	0.0	0.0	1	7.6	0.7	15.6	0.0	0	0.0	0.0
B	Fo	66.6	48.6	14	1070.6	7.6	2.5	64.7	16	910.4	80.7
	Ru	19.8	5.1	37	120.3	9.5	3.3	17.9	40	100.6	68.6
	OP	0.0	0.0	2	4.7	0.1	1.3	0.0	2	3.0	37.6
	PT	0.7	0.5	2	74.9	0.3	1.4	0.6	2	66.7	49.0
	Bu	2.6	0.8	26	22.2	3.0	2.2	2.0	34	13.2	66.6
	Gr	1.8	0.4	38	10.6	4.2	3.3	1.0	55	4.2	75.2
	OL	0.5	0.4	4	25.7	0.6	2.7	0.4	5	16.0	67.4
	Ot	6.6	0.6	119	12.4	10.3	2.3	4.6	166	6.3	70.8
	Wa	1.3	0.9	75	3.9	4.3	4.0	0.8	23	7.9	68.6
Ro	0.2	0.1	8	5.9	4.2	22.7	0.0	0	0.0	53.4	
C	Fo	39.1	24.4	12	732.9	6.3	2.8	37.6	14	604.8	77.3
	Ru	39.9	25.6	49	183.0	12.5	4.1	37.3	51	164.4	87.1
	OP	1.9	0.4	19	22.1	1.6	1.5	1.5	21	16.4	41.0
	Bu	1.7	0.2	33	11.2	2.5	1.7	1.2	49	5.3	79.4
	Gr	2.0	0.4	38	11.8	3.0	1.8	1.4	54	5.9	82.6
	OL	0.9	0.6	12	17.6	0.7	1.3	0.8	13	13.8	51.8
	TM	1.9	0.6	12	35.8	3.5	4.2	1.3	42	6.7	68.4
	Ot	10.1	2.2	95	24.0	10.9	2.4	7.4	124	13.4	66.9
	Wa	2.4	1.2	170	3.2	7.2	3.7	1.3	135	2.2	74.3
	Ro	0.2	0.6	6	8.1	4.3	20.4	1.3	11	26.8	0.0

指標 Metrics;

%LAND: 土地被覆割合(%) Percentage of Landscape, AWMSI: 面積重み付け平均形状指標 Area-Weighted Mean Shape Index, C%LAND: コアエリア割合(%) Core Area Percentage of Landscape, NCA: コアエリア数

Number of Core Areas

土地被覆 Land cover;

Fo: 森林 Forest, SF: 湿地林 Swamp Forest, Ru: ゴム Rubber, OP: アブラヤシ Oil Palm, PT: マツ林 Pine Tree, Bu: 灌木 Bush, Gr: 草地 Grass, OL: 開放地 Open Land, TM: スズ鉱山(露天掘り) Tin Mine, Ot: その他(住宅地等) Other Land, Wa: 水系(河川、沼、湖) Water, Ro: 道路 Road

天掘り)が存在し、平均パッチサイズが35.8haと比較的大きい。これらのことから、プロットCは、ゴムと森林が優占し、森林の断片化はあまり進んでいなく大きなまとまりとして存在するが、ゴム、住宅地等のその他、スズ鉱山など人為による影響が他のプロットより強いと考えられる。

IV 考察

ランドスケープ指標を用いた土地利用に関する研究は、異なる地域間の差異に関する研究(6,7)、同一対象地における時系列変化に関する研究(1,2,3)、など今日まで多数なされてきた。地域間の差異に関する研究のうちジョージア州の海岸から山岳地までの9カ所の地域でランドスケープ指標により分析された結果では、農業的利用の平均パッチサイズは海岸平地で増加し、山岳地、高原で減少、多様性と優占度の指数は地域間では変わらないが、全体としてランドスケープパターンは高原で最も大きな変化を示すと報告されている(6)。また、Phoenix近郊地域において都市中心部から東西方向に設けたトランセクトによるランドスケープ指標による分析結果では、ランドスケープレベルの指標は都市化によりパッチ密度、エッジ密度、形状の複雑さが増加し、クラスレベルの指標は各土地利用がより詳細にトランセクトに沿った空間的特徴を示し、都市-郊外-自然の環境傾度に沿ってランドスケープパターンの変化が認められると報告している(7)。

ランドスケープレベル、クラスレベルの結果をまとめ各プロットの特徴をみると、プロットAは湿地林が優占しパッチサイズが大きく単純なランドスケープ構造であり、プロットCはゴムと森林が優占しその他も約10%あり複雑なランドスケープ構造で、プロットBは森林が優占するがプロットAよりはプロットCに近いランドスケープの複雑さを示すと考えられる。このことは、対象とする地域の構成要素は異なるが、人為による土地改変の程度に応じて地域特有の土地被覆の割合が増減し、それにより平均パッチサイズやエッジ長などが変化するという、ジョージア州やPhoenix近郊地域での結果と一致する。

以上のように、3つのプロットの森林分布の違いはランドスケープ指標により把握され、それは人為による土地改変の程度と関連していると考えられた。

V おわりに

本報では、マレーシア・セランゴール州に3つのプロットを設定し、そのランドスケープ構造の差異についてランドスケープ指標により把握した。今後は、地域による違いとともに時系列の変化についてもランドスケープ指標による検討を行っていきたい。これにより人間活

動による森林の面的変化の過程が定量的に明らかになり、今後の森林保全・管理に役立つ資料を作成可能となるものと考えられる。

引用文献

- (1) FERRAZ, S. F. B., VETTORAZZI C. A., THEOBALD D. M., BALLESTER M. V. R. (2005) Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondonia, Brazil: assessment and future scenarios. *For. Ecol. Manage.* 204: 67-83
- (2) HIETEL, E., WALDHARDT, R., OTTE, A. (2004) Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse, Germany. *Landscape Ecol.* 19: 473-489.
- (3) LI, Z., LI, X., WANG, Y., MA, A., WANG, J. (2004) Land-use change analysis in Yulin prefecture, northwestern China using remote sensing and GIS. *Int. J. Remote Sens.* 25: 5691-5703
- (4) MCGARIGAL, K., MARKS, B. J. (1995) FRAGSTATS: a spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. 122pp., USDA Forest Service. GTR PNW-351.
- (5) 篠原武夫 (2005) 最近のマレーシアの林業生産と木材輸出. *林経協月報* 524: 2~40.
- (6) TURNER, M. G., RUSCHER, C. L. (1988) Changes in landscape pattern in Georgia, USA. *Landscape Ecol.* 1: 241-251.
- (7) LUCK, M., WU J. (2002) A gradient analysis of urban landscape patterns: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona. USA. *Landscape Ecol.* 17: 327-339.