

# GAP 解析による亀山市におけるニホンザルの生息適地モデリング

## 土居理雅・サンガ ンゴイ カザディ

### Habitat suitability modeling for Japanese monkeys in Kameyama City Using GAP Analysis

#### Rika DOI and SANGA-NGOIE Kazadi

**Abstract:** The harm by monkeys has been a social problem for a long time. Habitat suitability analysis is required to clearly identify the indispensable environmental factors for monkeys. This paper adopts elevation and availability of feeding and warmth index as the environmental factors. GAP analysis makes possible to perceive the biodiversity hot spot which be managed selectively. This results is useful to decide the place where should be conserved.

**Keywords:** ギャップ解析(GAP analysis), 温量指数(warmth index),  
ニホンザル(Japanese Monkeys), 生息適地(habitat suitability)

#### 1. はじめに

1948 年にサルは狩猟獣から外され, 1950 年代後半から始まった森林伐採や造林によってサルの生息環境は変化し (室山, 2003), 並行して起こった過疎化や第一次産業の高齢化がサルと人との関係性をも変えた (室山, 2005). 人を恐れなくなったサルが農作物を餌とすることで出産率は向上し乳幼児の死亡率は低下した (半谷ほか, 1997). 人間と野生動物の活動領域が重複することの多い三重県において, 近年猿害が社会問題となっている. その原因が解明されないまま取られている対策の主なものは駆除である (渡邊, 2007). 三重県での 2009 年の駆除頭数は 1,064 頭 (環境省, 2009) であり被害金額は 14,014 万円 (農林水産省, 2009) にのぼる. 被害は農作物全般に及ぶが人身被害や家屋破損, 地域住民の心理的被害も含まれる (大井・増井, 2002). しかし適切な調査無しに行う駆除対策は、根本的な解決に繋がらないだけでなく、ニホンザルの地域的な絶滅を招く危険性がある.

#### 2. 目的

本解析ではアメリカで盛んな GAP 解析を用いてサルの生息環境をモデリングしサルのもつ生息環境要求を探る. GAP 解析とは GIS を用いて種の多様性の高い地域を抽出し, 生息環境を壊すことなく先行型の保護・保全を可能とする手法である (Scott et al., 1993).

#### 3. 使用データと解析方法

##### 3.1 標高データ

中日本航空 (株) より水平解像度は 5m, 垂直解像度は 1/1000m のものを購入. 緯度経度と標高値が対応した形の文字列を GIS 解析ソフト idrisi にて取り込み, 格子格状の vector を raster 変換した.

##### 3.2 サルの位置データ

群れごとに数頭の雌サルの首に予め発信機を装着し, 巡視員がラジオテレメトリ法によって位置を確定したのち紙地図への記録を行った. 2009 年 4 月 -2010 年 3 月の 12 カ月分を用いた. Google Earth をベースとした HP から緯度経度を取得し数値化し, 得られた観測点を中心に半径 50m の buffer をもつ円をサルの生息地域として扱っていく.

##### 3.3 衛星データ

(財) 資源・環境観測解析センターより ASTER 画像を購入した. 解析に用いた可視近赤外放射計は空間解像度 15m である. サルの位置データ取得時期及び画像内の雲の有無等を考慮して 2007 年観測のものを選択した. 解析地の現況を把握するために環境庁による『第 6 回・第 7 回自然環境保全基礎調査』を参考にしつつ教師付き分類を行った.

##### 3.4 アメダスデータ

気象庁観測アメダスデータより 2009 年 4 月 -2010 年 3 月までの 12 カ月分月平均気温を用いた. 亀山市には観測点が 1 点しかないとため東海三県 33 箇所の観測点を採用した. 標高を独立変数, 気温を従属変数により回帰分析を行い, 点で得られた気温データを面で扱っていく.

### 3.4.1 溫量指數

溫量指數とは植物の生息限界である  $5^{\circ}\text{C}$  を基準とし、気温と植生の関係を示した指標である(吉良, 1971)。3.4 で得られた月平均のうち  $5^{\circ}\text{C}$  を超えるピクセルを累計することで温量指數画像とした。日本野生生物センター(1989)では温量指數とサルの分布域との重なりが検証されたが、本解析では生息環境の指標として用いる。

### 3.5 HSI Map

標高・餌の availability・温量指數の 3 つの環境要因を用いて、サルの生息し易さを表す HSI (Habitat Suitability Index) を算出するが計算方法には Dempster-Shafer 理論を採用した。仮説は Suitable, Non-Suitable, Suitable・Non-suitable の 3 つが理論上存在しそれぞれの仮説を支持する画像の割り当てを図 1 に示す。なお Suitable・Non-suitable は画像を割り当てなくとも自動的に計算される。

| 仮説           | 画像                             |
|--------------|--------------------------------|
| Suitable     | 標高のFuzzy index                 |
| Suitable     | 餌のAvailability Fuzzy index     |
| Non-Suitable | 餌のNon-Availability Fuzzy index |
| Suitable     | 温量指數のFuzzy index               |

図 1 Dempster-Shafer 理論の仮説割り当て

$Y \subseteq X$  の時  $\text{BEL}(X) = \sum m(Y)$

$X^{\perp} = \text{not } X$  の時  $\text{PL}(X) = 1 - \text{BEL}(X^{\perp})$  したがって

$Y \cap X \neq \emptyset$  の時  $\text{PL}(X) = \sum m(Y)$

Interval ( $X$ ) =  $\text{PL}(X) - \text{BEL}(X)$  の関係が成り立つ

なお  $m$  は基本確率割当 (basic probability assignment) とする。得られた BEL 関数から計算された画像を HSI Map とする。流れを以下のフローチャートにまとめると。

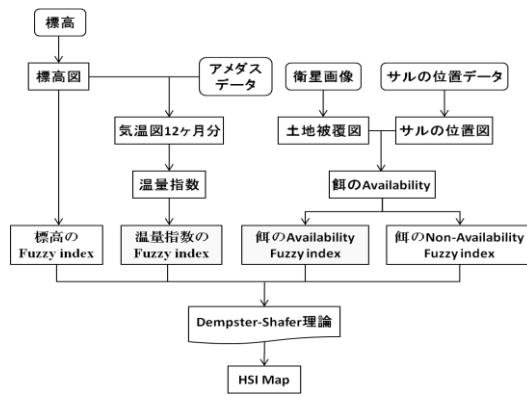


図 2 フローチャート

## 4. 結果

### 4.1 画像解析

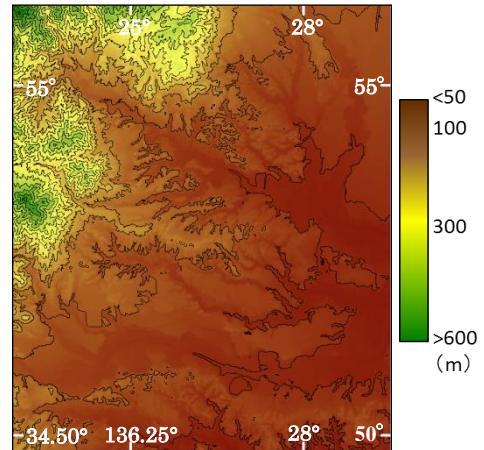


図 3 標高図

重ねた等高線は 50m 間隔

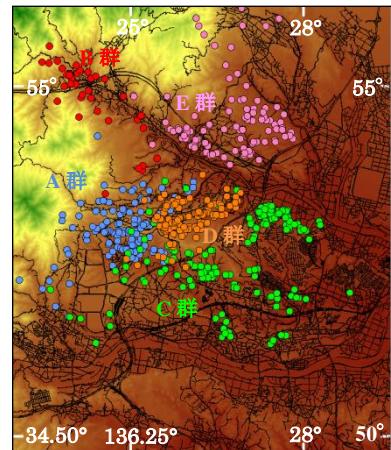


図 4 サルの位置図

太い線は高速道路、細い線は一般道

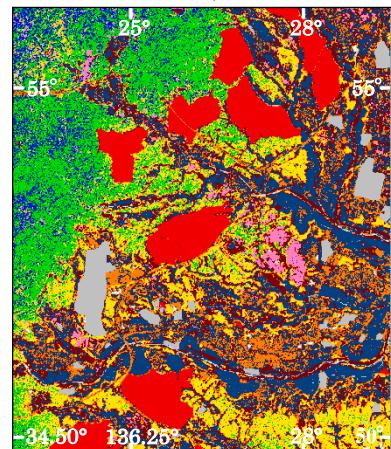


図 5 土地被覆図

|                        |              |                  |
|------------------------|--------------|------------------|
| Evergreen broad-leaved | Golf courts  | Conifer forests  |
| Mixed forests          | Fields       | Industrial areas |
| Water bodies           | Paddy fields | Grass            |
| Residential areas      |              |                  |

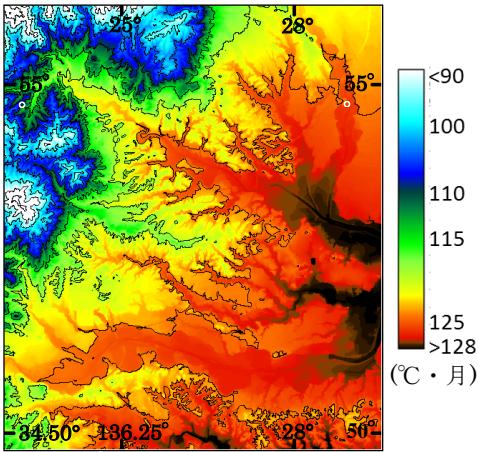


図 6 溫量指數図

図 3 より北西から南東に向かうにつれてなだらかに傾斜する解析地には、勾配の少ない 50m 前後の平野部と高低差のある山脈の両方が存在する。図 4 よりサルの群れは A, B, C, D, E 群が確認された。群れ同士はその遊動域が重ならないように生息している。図 5 より解析地の植生は標高の高い方から Evergreen broad-leaved forests, Conifer forests, Mixed Forests, Grass の順に遷移している。標高と月平均気温で行った回帰分析はすべての月で相関係数 -0.8 以上、決定係数 0.7 以上となり強い負の相関を見せた。図 6 より鈴鹿山脈の山頂辺りが白く示され温量指數が 90 以下と低い。南東に向けて斜めに進むにつれ温量指數は上昇する。

#### 4.2 Fuzzy 解析による環境要因の割り当て

図 7 は図 3 と図 4 を重ねた結果であり、全体の傾向を捉えるため移動平均を加えた。標高の最小値 34m より徐々に増加した生息面積は 93m あたりでピークを取り、60-126m に全体の 70% の面積が含まれる。

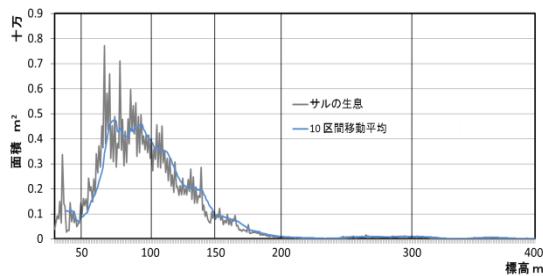


図 7 標高とサル

HSI を求める前処理として、Fuzzy 解析を行い標高画像に 0-1 の値を割り当てた。まず図 7 よりサルの生息面積は標高 93m でピークを取るので値は 1 を与えた。サルの生息面積は徐々に減少し 144m ではその半分になる値は 0.5 を与える。標高 408m を超えると生息情報は存在しないが、サルの生息が完全に不可能であるわけではないので最高峰

612m には 0.01 をあてはめる

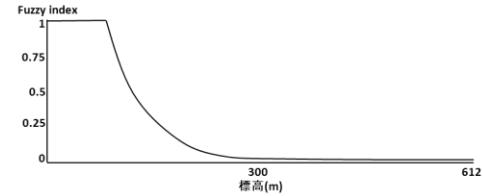


図 8 標高と Fuzzy index

図 9 は図 4 と図 5 を重ねた結果である。2 つ目の環境要因となる餌の availability は餌の手に入れやすさを表している。図 9 より割り出した面積を基に、サルの全体の生息面積に対するカテゴリー毎の割合を表 1 にまとめた。Mixed forests と同様に Golf courts も高い値(25.54%)を示したが Fuzzy index は 0 を与えている。0 は ignorance (不確かさ) であるため餌を得られないことを示すには availability とは別に non- availability を作成した。つまり non-availability は餌を得られない程度を表し、猿害対策の一環としてこの研究は行われているので Golf courts だけでなく Paddy fields や Grass と言った人為的なカテゴリーにも 1(餌を得ることが出来ない)を与えた。

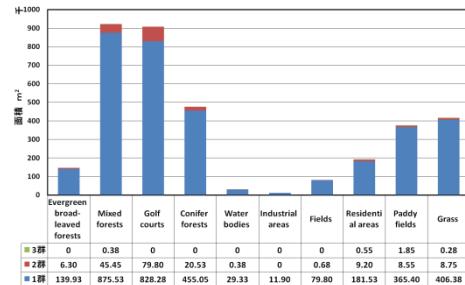


図 9 土地被覆とサル

表 1 餌の availability と Fuzzy index 対応表

| カテゴリー            | Evergreen broad-leaved forests | Mixed forests | Golf courts | Conifer forests | Water bodies | Industrial areas | Fields | Residential areas | Paddy fields | Grass |
|------------------|--------------------------------|---------------|-------------|-----------------|--------------|------------------|--------|-------------------|--------------|-------|
| 面積の%             | 4.11                           | 25.91         | 25.54       | 13.37           | 0.84         | 0.33             | 2.26   | 5.38              | 10.57        | 11.68 |
| availability     | 0.16                           | 1             | 0           | 0.53            | 0            | 0                | 0      | 0                 | 0            | 0     |
| non-availability | 0                              | 0             | 1           | 0               | 1            | 1                | 1      | 1                 | 1            | 1     |

図 10 は図 4 と図 6 を重ねた結果である。124°C・月にピークを持ち、121-126°C・月に面積の約 70% が含まれる。115°C・月未満にはサルがほとんど生息しておらず、対応する標高は 180m 辺りである。115-120°C・月の地域ではサルの生息面積がやや増加し始め、121-126°C・月に面積の約 70% が含まれる。127-129°C・月ではサルの生息面積はピークを過ぎて減少している。130°C・月以上になるとサルの生息面積は 0 である。

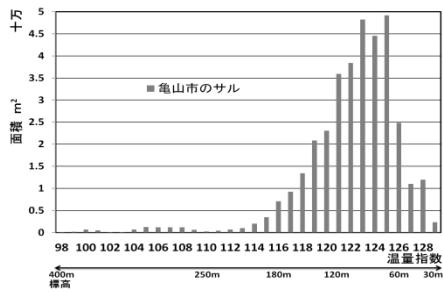


図 10 溫量指数とサル

最後に温良指数に Fuzzy 解析を行った. 図 10 を見ると 124°C・月でピークを迎えた後、温量指数が増加するにつれてサルの生息面積は減少している. これは指数の高い地域で活発な人間活動の影響であり、本来の適性値とは違うため、図 11 のように値を与えた. 温良指数 98 を過ぎると生息情報はないが可能性として生息できる確率が 0 ではないと考えて値は 0.01 を与えた.

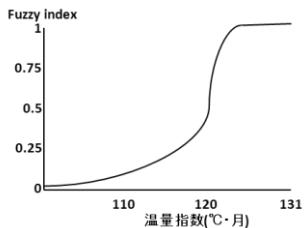


図 11 溫量指数と Fuzzy Index

#### 4.3 Dempster-Shafer 理論による HSI の算出

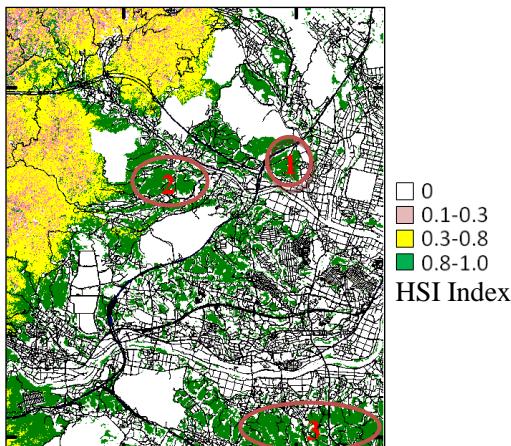


図 12 HSI Map

平野部に HSI 値 0.8 以上の地域が多く見られるが、塊として存在しているのは図に示した①、②、③の地域である. ①は両脇を川に挟まれたいわば三角州のような地帯である. ②は標高 100m 前後の起伏の乏しい地域である. 小さな集落がみられ、畑が所々に存在し mixed forests を分断している. ③は比較的 mixed forests の分断は少なく集落も僅かにみられる程度で

あるが、畑がやや多く存在する.

#### 5. 考察

HSI 値 0.8 以上の大部分が平野部となったのはサルの生息に適する条件がほとんど人間のものと重なり、サルの占めていた habitat を現在は人間が占有しているからである（渡邊、1994）. 図 12 に示した①は東名阪自動車道によって分断されており、すぐ脇を新名神高速道路が通っている. ゴルフ場にも隣接していることから保護区への設定は考えにくい. ②は生物多様性の高い地域であることから、今後の開発を避けることが可能である. ③は面積がおよそ 2.4km<sup>2</sup>あり、縦断する細かい道路や畑はあるものの比較的人間活動とも距離があることから保護区への設定が期待できる.

#### 謝辞

本解析は立命館アジア太平洋大学・サンガ教授にご指導頂いた. ここに記して感謝の意を表す.

#### 参考文献

- 大井徹・増井憲一（2002）『ニホンザルの自然史その生態的多様性と保全』、東海大学出版会.
- 環境省（2009）鳥獣関係統計資料.  
<http://www.sizenken.biodic.go.jp/wildbird/flash/toukei/07toukei.html>.
- 日本野生生物センター（1989）第 3 回自然環境保全基礎調査総合解析報告書（解析編）.  
<http://www.biodic.go.jp/reports/3-4/c000.html>.
- 農林水産省（2009）野生鳥獣による都道府県別農作物被害状.  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h\\_zyokyo/h21/pdf/101224-d.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_zyokyo/h21/pdf/101224-d.pdf).
- 半谷吾郎・山田浩之・荒金辰浩（1997）観光客による餌付けと農作物への依存が比叡の野生ニホンザルの個体群動態に与える影響. 靈長類研究, 13, 187-202.
- 室山泰之（2003）『里のサルとつき合うには』、京都大学学術出版会.
- 室山泰之（2005）野生動物はいま-人との軌跡の中で-遺伝, 59(3), 90-94.
- 渡邊邦夫（1994）野生ニホンザルの近年における人里への接近と行動の変容にかかわる調査研究. 平成 5 年度科学研究費（一般研究 C）研究成果報告書、研究課題番号 04640607.
- 渡邊邦夫（2007）ニホンザル：山積する課題と個体群コントロール. 哺乳類科学, 47 (1), 147-151.
- Scott et al., (1993) Gap analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monograph*, 123, 1-41.