ニホンリスの
Sciurus lis
HSIモデル ver.2.0

ハビタット
評価モデル
シリーズ1

(財)日本生態系協会
Ecosystem Conservation Society - Japan

ハビタット評価モデルシリーズ 1

ニホンリスの
HSIモデル ver.2.0

(財)日本生態系協会
Ecosystem Conservation Society - Japan

ハビタット評価モデルシリーズの刊行にあたって

自然と共存する美しい日本の再生が、今、求められています。20世紀は、我々と将来世代の重要な財産である自然環境が、国内外を問わず徹底的に損なわれ、失われた、「ネットロス」の時代でした。今世紀に入って、持続可能な社会の構築が世界共通の最重要課題となり、日本においても国土のグランドデザインを描き直し、残された自然環境の総量を確保すること（ノーネットロス）と、失われた自然を再生すること（ネットゲイン）が焦眉（しょうび）の課題となっています。これらの難題に対しては、我が国でも環境アセスメント制度や自然再生事業をはじめ、様々な施策が徐々に制度化されつつあります。しかし、どのような施策にせよ、その実効性を高める上で欠くことのできないツール、それが、適切な環境評価手法です。

現在、日本で最も注目されている環境評価手法に、アメリカ合衆国で約30年の実績をもつ、「ハビタット評価手続き（HEP, ヘップ）」があります。ヘップのコンセプトは、選定した評価種の生息環境（ハビタット）の価値を、ハビタットの質と、ハビタットの量、時間という３軸によって定量化するというものです。

ヘップは、定量スケールであること、シンプルで分かりやすいこと、標準化されていること、柔軟で適用範囲が広いことなど、合意形成ツールとして優れた特長を有し、環境アセスメントや自然再生事業、絶滅危惧種の保護管理といった幅広い分野で成果を上げています。日本においても、今後ヘップの活躍する場面が増えていくことは間違いありません。

本シリーズは、ヘップにおいて使用されるHSIモデルを、主要な日本産野生生物について作成し、冊子として逐次（ちくじ）公表することにより、我が国におけるヘップの普及ならびに適切な環境評価の実現に寄与することを目的として刊行されました。

本シリーズにおいて、各冊子は原則的に３部構成となっています。第１章では、既存文献を基に、対象種の生態やハビタット利用に関する情報が整理されています。第２章では、第１章の情報を踏まえた上で、野生生物とハビタットに関するデータを用いて、モデルの構築が行われます。そして、構築されたモデルは、第３章であらためて整理されます。すなわち、第３章がモデルそのものであり、第１章と第２章はモデルの根拠を述べた部分となります。

従来のHSIモデルでは、根拠が不明確なまま、主観的、感覚的にモデルが構築される場合も少なくありませんでした。本シリーズでは、対象種の生態に詳しい専門家の経験や感覚を尊重しつつも、極力、科学的、客観的なプロセスによりモデルの構築を行うよう努めています。このため、「どのようにモデルを構築したのか」という点を重視した構成となっています。

冊子のタイトルに付されたver.（バージョン）は、これらのモデルが常に改良の途上にあることを示しています。従って、今後もモデルの信頼度や使いやすさを高めるため、適宜、モデルのバージョンアップが検討されることになります。その際には、モデルを利用された皆様からのご意見が欠かせません。対象種の生態やモデルの構築方法、使い勝手等についてお気づきの点があれば、巻末の連絡先までコメントをお寄せください。また、本シリーズでは、今後もモデルの種類を追加していく予定です。新たなモデルに関するご提案も歓迎します。

より良いモデルの構築、科学に基づいた環境評価の実現、ひいては日本の生物多様性の保全と回復のために、今後とも、皆様のご理解とご協力をお願い申し上げる次第です。

最後となりましたが、本シリーズの刊行にあたっては、アメリカ合衆国内務省地質調査所、(財)日本生態系協会専門研究委員諸氏の方々をはじめ、多くの識者のご協力、ご指導をいただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

2004年６月

(財)日本生態系協会 会長　池谷 奉文

CONTENTS

1. ハビタット利用に関する既存文献情報

1 概要 ― 1
2 食物 ― 1
3 繁殖 ― 1
4 カバー ― 2
5 水 ― 2
6 行動圏 ― 2

2. ハビタット適性指数モデルの構築

1 方法 ― 2
2 結果 ― 4
a ハビタット変数候補 ― 4
b 八王子市における第１期の食物条件 ― 4
c 八王子市における第２期の食物条件 ― 5
d 山梨県における食物条件 ― 6
e 繁殖条件 ― 8
f 生存必須条件（繁殖SIおよび食物SI）の統合式 ― 9
g HSIの統合式 ― 10
3 考察および今後の課題 ― 10

3. ハビタット適性指数モデル

1 モデルの適用範囲 ― 11
a 地理的範囲 ― 11
b 季節 ― 11
c 最小ハビタット面積 ― 11
2 モデルの構造およびハビタット変数の定義 ― 11
3 適性指数グラフ（SIカーブ） ― 12
4 HSI算出のための統合式 ― 14
5 推奨されるハビタット変数の測定方法 ― 14

4. 謝辞 ― 14

5. 引用文献 ― 15

6. 利用規約および利用申請書 ― 15

Sciurus lis

ニホンリス のHSIモデル ver.2.0

1 ハビタット利用に関する既存文献情報

1 概要

ニホンリス（*Sciurus lis*）は、日本の固有種で本州、四国、九州に分布しているが、近年、九州での生息は確認されておらず、琵琶湖以西では個体数が減少している（日本哺乳類学会 1997）。このため、1991年に琵琶湖以西のニホンリスは保護すべき地域個体群として指定され（環境庁 1991）、1994年にはニホンリスは狩猟獣から除かれた。2007年に中国地方および九州地方のニホンリスは絶滅のおそれのある地域個体群（LP）とされた（環境省 2007）。以後、九州地方ではニホンリスの情報収集につとめているが、これまで生息記録は得られていない（安田 2007）。また、中国地方においても、西部では生息地が散発的であり、危機的な状況である（田村ほか 2007）。本種は、低地から亜高山帯（標高2,500m）までの多様な森林に生息する。以下のハビタット利用情報は、主に本州中部の低地林における調査結果を総説した矢竹・田村（2001）をもとにまとめた。

2 食物

年間を通じると、春先の新芽や花、初夏の果実、昆虫類、秋から冬には種子、キノコ類など多様な食物を利用している。利用する樹種も多様で、長野県で16種（Kato 1985）、千葉県（清水公園）では27種（矢竹ほか 1999）の木本類が利用された。

これらの樹種の中でも、アカマツ、オニグルミといった脂肪分の多い種子は、主要な食物（メインフード）として、特に高い頻度で利用される（矢竹・田村 2001）。メインフードとなる樹種は地域により異なるが、例えば、東京都八王子市ではオニグルミ、千葉県ではアカマツやクロマツの種子（矢竹ほか 1999）、長野県ではオニグルミとカラマツの種子（Kato 1985）であった。これらの種子は秋に貯食され、食物の少ない冬場に回収して利用される（矢竹・田村 2001）。

採食活動は中層、上層など樹上で頻繁に行われるが、落下種子の採食のために晩秋には地上での活動も見られる（矢竹・田村 2001）。また、貯食やその回収のために地上を利用することも多い（Kato 1985；田村 1997；矢竹ほか 1999）。なお、低木層が著しく繁茂した状態は、落下種子を探索する妨げになるうえ、捕食者が潜む危険をもつため、望ましくないだろう（矢竹・田村 2001）。

メインフードが不足する時期（関東地方の低地林では１月～６月）には、新芽や花、果実や昆虫類、キノコ類を利用する（田村 2004a）。これらの食物は、特に、離乳したばかりの子リスにとって重要と考えられる（田村 2004a）。従って、ニホンリスの食物適性を高めるためには、リスが採食に利用する中層、上層の樹種が豊富であることが好ましい。

3 繁殖

繁殖や休息・ねぐら用として、樹上に小枝を組んだ球状巣をつくる（矢竹・田村 2001）。樹洞を利用することもある（矢竹・田村 2001）。球状巣は巣の隠蔽に適した常緑樹に作られることが多い（矢竹・田村 2001）。千葉県清水公園ではアカマツ、クロマツ、スギ、スダジイなどが利用された（矢竹ほか 1999）。長野県（蓼科高原）では主にカラマツ、シラビソ、アカマツが利用された（西垣・川道 1995）。蓼科高原において、巣の地上高は平均10ｍ（４～18ｍ）、営巣木の樹高は平均16ｍ（６～28ｍ）であっ

【本モデルの引用例】
田村典子・(財)日本生態系協会ハビタット評価グループ（2009）ニホンリスのHSIモデルver.2.0. (財)日本生態系協会編. ハビタット評価モデルシリーズ１. (財)日本生態系協会,東京.

た（西垣・川道 1995）。

なお、リスにとって良好なカバー・繁殖条件を確保するためには、営巣木のみならず、その周辺にも隠れやすい常緑高木が連続し、枝伝いに安全に移動できる環境が必要である。

4 カバー

食物と繁殖の項で述べたように、それぞれの条件には、カバー条件も含まれると考えられる。すなわち、食物条件においては、低木層の繁茂の程度や常緑高木の存在などが、安全な採食のために必要なカバー条件となっている可能性があるし、繁殖条件として必要な、連続した常緑高木の存在は、ねぐら利用に際しても重要な条件である。

5 水

水場があれば、飲水のために利用することがある（矢竹・田村 2001）。しかし、通常の本種の生息地であれば水は十分に得られるので、水は制限要因となっていないと考えられる。

6 行動圏

メスは平均10ha（5～17ha）、オスは平均20ha（4～30ha）の大きさの行動圏をもっている（矢竹・田村 2001）。行動圏サイズは、特にメスではそこに現存する食物量が増えるほど、小さくなることが知られている。成熟したメス同士の行動圏は重複しないが、オス同士の行動圏、オスとメスの行動圏は重複する（田村 2000）。行動圏の長さはメスで200～350m、オスで400～500mである。また、一日の移動距離はメスで1km、オスで1.5kmであった（田村 2000）。

2 ハビタット適性指数モデルの構築

1 方法

前節の文献調査結果より、ニホンリスのハビタット適性は、食物条件と繁殖条件によって決定されるとした。なお、カバー条件は、食物条件と繁殖条件に含まれるものとし、水による制限はないとした。

パフォーマンスメジャー※1は、成獣メスの個体数密度とした。これは、成獣メスは資源量に敏感であるため、ハビタット要求がオスよりも強い（メスにとって好適なハビタットは、オスにとっても好適である）と予想されることと、なわばり性が強く、行動圏の重複が少ないため、個体数の取り扱いが比較的容易であることによる。

モデルは、1991～2001年に、モミやスダジイ等が優占する常緑広葉樹林やヒノキの人工林などから成る東京都八王子市（多摩森林科学園，標高170～265m）で収集したデータ（田村 1998 ；Tamura et al. 2006）を用いて構築したが、同調査地におけるリスのメインフードはオニグルミであり、アカマツなど、他のメインフードの利用は少ない。このためバージョン2.0では、モデルの適用範囲を広げるために、アカマツをメインフードとする地域において取得された、食物条件に関するデータについても補足的に検討を行うこととした。

アカマツ林におけるデータは、2003～2005年に山梨県富士河口湖町（標高1,050m）で収集したもの（田村ほか 2007）と、2006年に山梨県都留市（標高512～846m）で収集したデータ（田村 2008）を用いた。なお、これらの山梨県の調査地点および周辺では、八王子市におけるメインフードのオニグル

※1 パフォーマンスメジャー：HSIと対応する、個体群の具体的な指標値。

ミは少ない。

各地域における調査方法の概要は以下の通りである。八王子市では、調査地内に10m×10mの方形区を50箇所設定し、これらの方形区におけるハビタット条件とリス（成獣メス）の採食頻度および巣の利用頻度を調査した。ただし、１箇所、外来種のゴヨウマツから成る方形区については、当該地域では特殊な環境であったため、本解析では、この方形区を除外して、49箇所のデータのみを用いた。

リスの採食頻度については、調査地で捕獲した成獣メス９頭に発信機を装着後、放獣し、各個体５日間ずつ追跡した。日の出直後の２時間以内における30分以上の採食活動の回数をカウントし、上記方形区ごとに９個体分を合計した（Tamura et al. 2006）。巣の利用頻度についても同様に、上記個体の５日間ずつの終日追跡により、方形区ごとに巣を利用した日数をカウントし、９個体分を合計した。なお、採食利用頻度については、クルミの利用が比較的多い７月から12月を第１期、クルミ以外の植物や昆虫、菌類などに依存する１月から６月を第２期として解析した。

山梨県富士河口湖町と都留市では、調査地内に10m×10mの方形区をそれぞれ30箇所ずつ設定し、これらの方形区におけるハビタット条件と、リスが採食したアカマツ球果の食痕数を調査した（田村 2008, 田村ほか 2007）。なお、調査時期は、前年度に結実した球果を利用し尽くした６～７月に設定した。

モデルに取り込むハビタット変数の候補は、主に、回帰木（regression tree）を用いた抽出結果（Tamura et al. 2006, 田村 2008, 田村ほか 2007）（表１）に従って選定した。そして、八王子市のデータについて、各ハビタット変数候補を説明変数、リスの利用指数（リスの利用頻度の最大値で割り、0.0～1.0の値に変換したもの）を目的変数として分位点回帰を行い、回帰式の有意性を検討した。なお、第１期には、クルミの存在がリスの利用頻度に強く影響することが明らかであった（Tamura et al. 2006）ため、方形区を中心とする50m四方に、オニグルミが存在していた６箇所の方形区については、分析から除外した。

山梨県のデータについても、八王子市と同じハビタット変数候補を説明変数、リスの利用指数（アカマツ球果の食痕数をその最大値で割り、0.0～1.0の値に変換したもの）を目的変数として分位点回帰を行い、八王子市と同様な傾向がみられるか確認した。

以上の結果より、モデルに取り込む変数を選択した。分位点回帰を行う際には、0.95分位点から出発して0.05ずつ、有意な回帰式が得られるまで分位点を下げていった。適性指数（SI）カーブは、得られた分位点回帰直線を基に決定した。

ハビタット変数とSIカーブの決定後、生存必須条件（すなわち、食物条件と繁殖条件）ごとのSIの統合式を、八王子市のデータを用いて検討した。乗法関数や幾何平均、算術平均、最小関数といった統合式候補を用いて食物SIや繁殖SIを計算し、これらを説明変数、リスの利用指数を目的変数とする散布図を作成した上で、切片＝０、傾き＝１となるモデルからの95%分位点偏差が最も小さくなる統合式を採用した。

なお、食物の利用指数の統合に際しては、第１期と第２期の利用頻度を合計してからその最大値で割り、0.0～1.0の値に変換したものを用いた（つまり、「通年食物の利用指数」として用いた）。また、第１期の分位点回帰の解析時と同様、統合式の選定に際しても、オニグルミの存在しない43方形区のみを用いて解析を行った。

2 結果

(a) ハビタット変数候補

回帰木により抽出されたハビタット変数の候補を表１に示す。

表１．Tamura et al.（2006）,田村（2008）,田村ほか（2007）において抽出された、リスの利用頻度との関連性が高いハビタット変数

生存必須条件	季節	抽出されたハビタット変数		
		多摩森林科学園	山梨県都留市	山梨県富士河口湖町
食物	第１期	オニグルミ本数密度*a*	枯損木本数 *b*	
		中層常緑本数密度 *b*	マツ生木本数*b*	中層常緑本数密度 *b*
		上層木本数密度 *b*	樹種数 *c*	中層樹種数 *c*
	第２期	中層常緑本数密度 *b*	下層本数密度 *b*	
		常緑大木本数密度 *b*		
		常緑高木本数密度 *b*		
		下層木本数密度 *b*		
繁殖		上層木本数密度 *b*		
		中層木本数密度 *b*	－	－
		常緑大木本数密度 *b*		

a 本／0.25ha　*b* 本／100㎡　*c* 種／100㎡

山梨県での繁殖に関わるハビタット変数は不明であるが、食物条件に関しては、八王子市と山梨県で類似した変数が抽出された。そこで、まず、八王子市において、食物条件に関する変数を用いた回帰分析を行った。次いで、山梨県のデータについても、同様に分位点回帰を行い、八王子市の結果と比較した。

ただし、八王子市の第１期におけるハビタット変数候補の「オニグルミの本数密度」については、前述した発信機装着個体（n＝９）の100%最外郭行動圏内に存在するオニグルミの本数密度を説明変数、リス雌成獣の生息密度指数（個体ごとに行動圏面積の逆数を求め、それらを最大値で割って0.0～1.0の値に変換したもの）を目的変数として解析を行った。

また、山梨県においては、アカマツ林におけるメインフードであるアカマツ球果と相関が高いと考えられる「アカマツ生木の本数密度」および「アカマツ生木の胸高断面積合計」を説明変数、リスの生息密度指数（アカマツ球果の食痕数をその最大値で割り、0.0～1.0の値に変換したもの）を目的変数として回帰分析を行った。なお、ここでいうアカマツ生木は、球果付きの個体と定義した。

(b) 八王子市における第１期の食物条件

発信機装着個体（n＝９）の100%最外郭行動圏内に存在する、10haあたり※2のオニグルミの本数密度（以降、V1とする）を説明変数、リスの密度指数（以降、SIV1とする）を目的変数として対数回帰を行ったところ、有意な関係が得られた（SIV１＝0.1758Ln(V1)+0.3637,p＜0.001）（図１）。得られた回帰曲線を、SIカーブとした（図２）。

V1以外の、第１期のハビタット変数候補である中層常緑本数密度および上層木本数密度と、リスの利用指数との間で直線による分位点回帰を行ったところ、中層常緑本数密度（以降、V2とする）と、リスの利用指数（以降、SIV2とする）との間でのみ有意な回帰式が得られた（0.8分位点回帰,y＝0.050x＋0.100,p＝0.009）（図３）。得られた回帰直線をSIカーブとしたが、回帰直線は、V2＞18で、SIV2＞1.0となるため、SIカーブは、V2≧18の時、SIV2＝1.0とした（図４）。

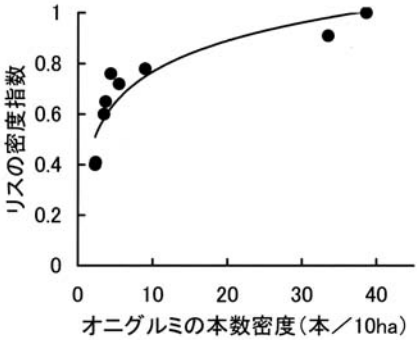


図１．オニグルミの本数密度に対するリスの密度指数の回帰曲線

※２メス成獣の行動圏面積の平均が約10haであるため。

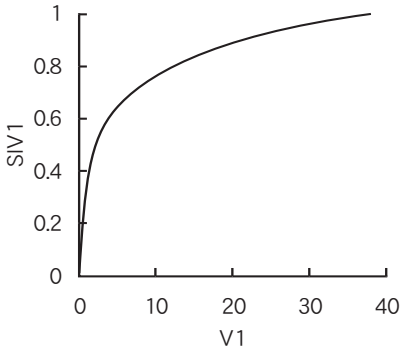


図２．オニグルミの本数密度（V1）のSIカーブ

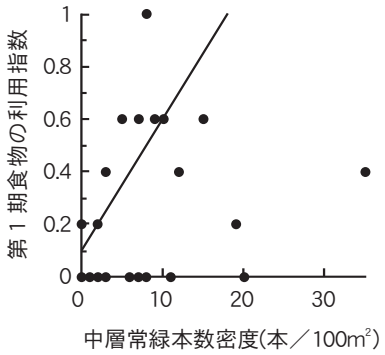


図３．中層常緑木本数密度に対する第１期食物の利用指数の分位点回帰直線

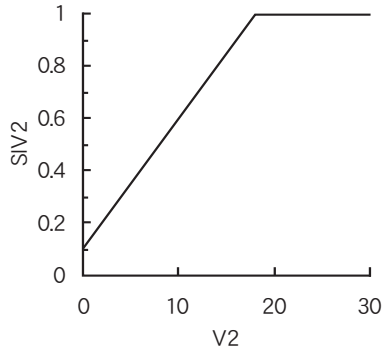


図４．第１期における中層常緑木本数密度（V2）のSIカーブ

(c) 八王子市における第２期の食物条件

第２期における５つのハビタット変数候補の内、直線による分位点回帰では、中層常緑本数密度のみ有意な回帰式が得られた（0.9分位点回帰, $y=0.028x+0.333$,$p=0.003$）（図５）。

Tamura et al.（2006）は、中層常緑本数密度と樹種数との間に有意な相関があることと、リスは、第２期には様々な食物資源を利用する（田村 2004a）ことから、第２期の回帰木に取り込まれた中層常緑本数密度は、樹種数の重要性を反映したものと解釈している。そこで、本分析においても、樹種数（以降、V3とする）とリスの利用指数（以降、SIV3とする）との間で分位点回帰を行ったところ、有意な回帰式が得られた（0.85分位点回帰, $y=0.083x-0.083$,$p=0.014$）（図６）。このため、第２期のハビタット変数としては、Tamura et al.（2006）の解釈に従い、樹種数を採用した。得られた回帰直線をSIカーブとしたが、回帰直線は、V3＞13で、SIV3＞1.0となるため、SIカーブは、V3≧13の時、SIV3＝1.0とした（図７）。

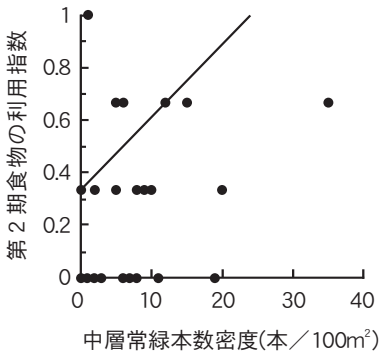


図５．中層常緑木本数密度に対する第２期食物利用指数の分位点回帰直線

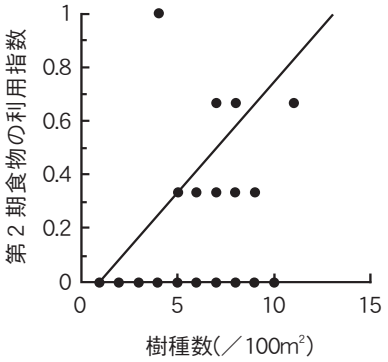


図６．樹種数に対する第２期食物の利用指数の分位点回帰直線

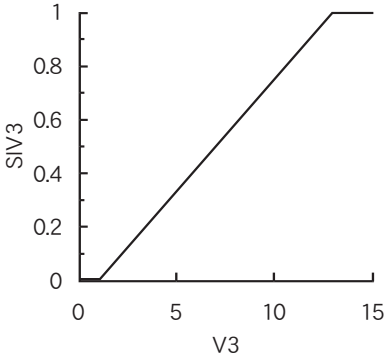


図７．第２期における樹種数（V3）のSIカーブ

下層木本数密度（以降、V4とする）については、直線による分位点回帰では有意な関係が得られなかったものの、25～50本／100m²付近にリスの利用指数のピークがある一山型の関係がうかがえた。このため、リスの利用指数（以降、SIV4とする）との間で二次多項式による分位点回帰を行ったところ、τ＝0.75において有意な回帰曲線、$\hat{y}$＝1.47・10⁻²x－1.4・10⁻⁴・x^2を得ることができた（p＝0.045）（図８）。

なお、得られた回帰直線は、回帰曲線のピークとなるV4＝52.5においても、SIV4<1.0であるため、SIカーブは、V4＝52.5の時、SIV4＝1.0となるように調整した（図９）。

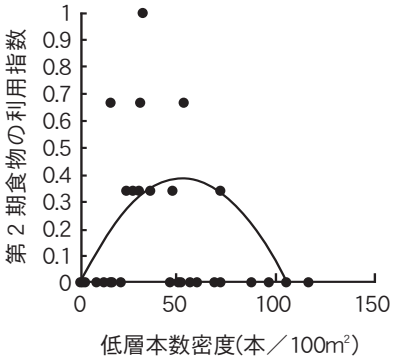


図８．下層木本数密度に対する第２期食物利用指数の分位点回帰曲線

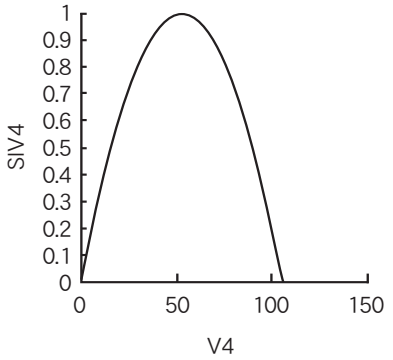


図９．第２期における下層木本数密度（V4）のSIカーブ

(d) 山梨県における食物条件

メインフードに関連する変数であるアカマツ生木の本数密度とアカマツ生木の胸高断面積合計のほか、八王子市において有意な関係が得られた中層常緑本数密度、樹種数、および下層木本数密度について、回帰分析を行った。なお、山梨県のデータにおいて、アカマツ球果の食痕数の最大値は145であるが、この値は全体の平均値に標準偏差の４倍を加えたもの

よりも大きい。このため、ここでは同データを除き、59サンプルを用いて解析した。

アカマツ生木本数密度（V1b）に対するリスの生息密度指数（SIV1b）の分位点回帰曲線を、対数回帰により求めたところ、τ＝0.75において有意な回帰曲線、y＝0.101 ln（x+1)−0.0266を得ることができた（p＝0.048）（図10）。SIカーブは、生息密度指数が最大値となるV1b＝12において適性値が１となり、それ以上はすべて１となるように、回帰曲線を調整して作成した（図11）。

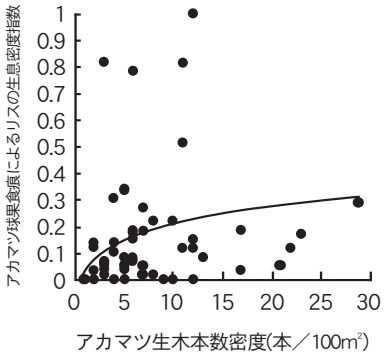


図10. アカマツ生木本数密度に対するリス生息密度指数の分位点回帰曲線（n＝59）

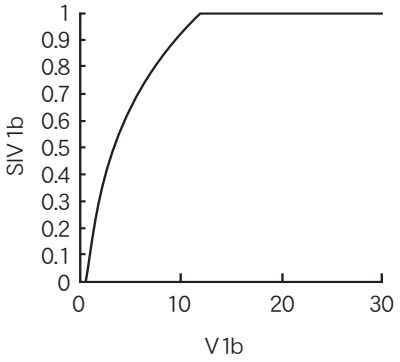


図11. アカマツ生木本数密度（V1b）のSIカーブ

アカマツ胸高断面積合計（V1c）に対するリスの生息密度指数（SIV1c）の分位点回帰曲線を、対数回帰により求めたところ、τ＝0.80において有意な回帰曲線、y＝0.0689 ln（x+1)−0.388を得ることができた（p＝0.043）（図12）。SIカーブは、生息密度指数が最大値となるV1c＝7800において適性値が１となり、それ以上はすべて１となるように、回帰曲線を調整して作成した（図13）。

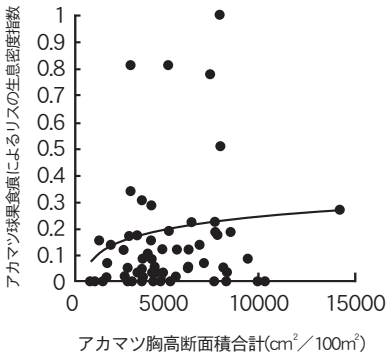


図12. アカマツ胸高断面積合計に対するリス生息密度指数の分位点回帰曲線（n＝59）

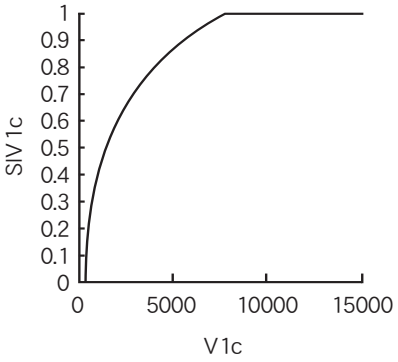


図13. アカマツ生木胸高断面積合計（V1c）のSIカーブ

中層常緑本数密度に関しては、τ＝0.99において有意な回帰直線、y＝0.00274 x+0.814を得た（p＝0.0005）（図14）が、Y切片が0.81と高く、図４におけるSIV2カーブに比べると、傾きがかなり緩いものとなった。

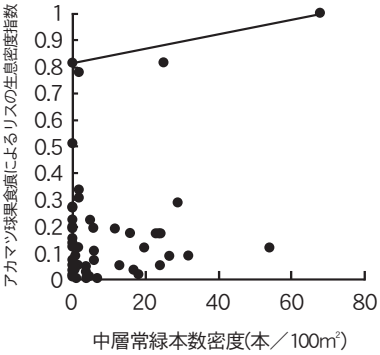


図14. 中層常緑本数密度に対するリス生息密度指数の分位点回帰曲線（n＝59）

中層本数密度についても同様に、リス生息密度指数の分位点回帰式を求めたところ、τ＝0.99において有意な回帰直線が得られた（p＝0.028）。

これら２つのモデルのAICc（小サンプル用の赤池情報量規準）は、中層常緑モデルで－581.0、中層本数モデルで－581.5となり、モデルとしてはどちらも同程度の適切さだった。

樹種数に関しては、τ＝0.9において有意な回帰直線、$y=0.0297x+0.0805$を得た（p＝0.003）（図15）。同回帰線は、八王子市の適性カーブと同様にほぼ原点を通り、樹種数と正比例した。図７におけるSIV3カーブよりは若干、傾きが緩くなるものの、八王子市における傾向とほぼ一致していた。

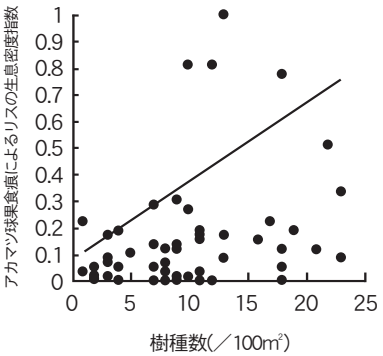


図15. 樹種数に対するリス生息密度指数の分位点回帰直線（n＝59）

下層木本数密度に関しては、τ＝0.9において有意な回帰曲線、$y=-0.000458^2x^2+0.0399x+0.0678$を得た（p＝0.026）（図16）。本回帰線は、八王子市の適性カーブと同様にほぼ原点を通り、下層木本数密度が43.6本／100m²のときにピークを取るものであり、図９におけるSIV4カーブとほぼ一致していた。

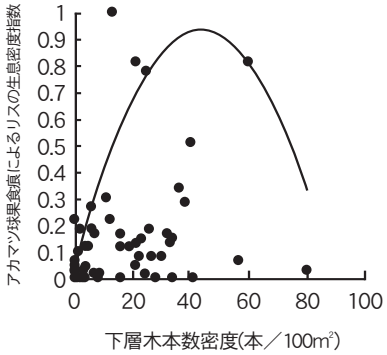


図16. 下層木本数密度に対するリス生息密度指数の分位点回帰曲線（n＝59）

以上の分析結果より、山梨県のアカマツ林と八王子市における食物条件は、メインフードが異なることを除けば、ほぼ同様な傾向が見られることが分かった。

(e) 繁殖条件

３つのハビタット変数候補の内、常緑大木本数密度（以降、V5とする）と、リスの利用指数（以降、SIV5とする）との間でのみ有意な回帰式が得られた（0.95分位点回帰, $y=0.173x+0.308$,p＝0.025）（図17）。得られた回帰直線をSIカーブとしたが、回帰直線は、V5＞4.0で、SIV5＞1.0となるため、SIカーブは、V5≧4.0の時、SIV5＝1.0とした（図18）。ところで、このSIカーブでは、常緑高木が１本も存在しない条件（V5＝０）であっても、ある程度の繁殖適性（SIV5＝0.31）が得られることになってしまうが、実際には、常緑高木が全く存在しない場所で

は、リスの繁殖適性は０になると考えられる。従って、上層常緑木本数密度（以降、V6とする）が０の場合は、繁殖SIも０とする。

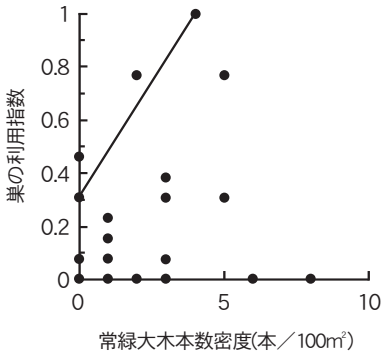


図17. 常緑大木本数密度に対する巣の利用指数の分位点回帰直線

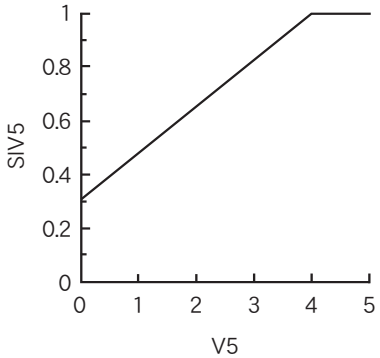


図18. 常緑大木本数密度（V5）のSIカーブ

(f) 生存必須条件（繁殖SIおよび食物SI）の統合式

繁殖SIについてはSIV5と等しいため、統合式は必要ない。ただし、V6＝０の場合は、繁殖SI＝０とする。食物SIについては、SIV1、SIV2、SIV3、SIV4の４つの適性指数を統合する必要がある。その際、メインフードに関する適性値であるSIV1はリスの生存上、欠かせない要素であるため、他の３つの適性指数に対して制限的に（すなわち、乗法、幾何平均、最小関数によって）統合することとし、表２に示した17種類の統合式候補とver.1.0モデルにおけるSIfood統合式（min(SIV1,(SIV2+SIV3))）の合計18種類について、八王子市のデータを用いて検討を行った。各統合式候補により算出されたSIfoodを説明変数、リスの利用指数を目的変数とする散布図を作成した上で、切片＝０、傾き＝１となるモデルからの95%分位点偏差を求め、AICcを比較したところ、18種類の統合式候補の中では式12と式14のAICcが最も小さくなった。メインフードであるV1とサブフードであるV2～V4によって規定される適性度を食物SIへ統合する際は、どちらか低い方の値を取ることが合理的と考えられることから、ここでは、食物SIへ統合する式として式14を採用した（図19）。

表２. 食物SIの統合式候補

食物SIの統合式		
SIV1～SIV4を同じ条件で統合する場合	式1	SIV1＊SIV2＊SIV3＊SIV4
	式2	(SIV1＊SIV2＊SIV3＊SIV4)^(1/4)
	式3	min(SIV1,SIV2,SIV3,SIV4)
SIV2,SIV3,SIV4で統合した後、SIV1と統合する場合	式4	((SIV2＊SIV3＊SIV4)＊SIV1)^(1/2)
	式5	min((SIV2＊SIV3＊SIV4),SIV1)
	式6	((SIV2＊SIV3＊SIV4)^(1/3))＊SIV1
	式7	(((SIV2＊SIV3＊SIV4)^(1/3))＊SIV1)^(1/2)
	式8	min((SIV2＊SIV3＊SIV4)^(1/3),SIV1)
	式9	((SIV2+SIV3+SIV4)/3)＊SIV1
	式10	((SIV2+SIV3+SIV4)/3)＊SIV1)^(1/2)
	式11	min((SIV2+SIV3+SIV4)/3),SIV1)
	式12	((SIV2+SIV3+SIV4)/2)＊SIV1
	式13	(((SIV2+SIV3+SIV4)/2)＊SIV1)^(1/2)
	式14	min((SIV2+SIV3+SIV4)/2,SIV1)
	式15	(SIV2+SIV3+SIV4)＊SIV1
	式16	((SIV2+SIV3+SIV4)＊SIV1)^(1/2)
	式17	min((SIV2+SIV3+SIV4),SIV1)

ただし、式12～14において、SIV2+SIV3+SIV4>2の場合は、SIV2+SIV3+SIV4=2
式15～17において、SIV2+SIV3+SIV4 >1の場合は、SIV2+SIV3+SIV4=1

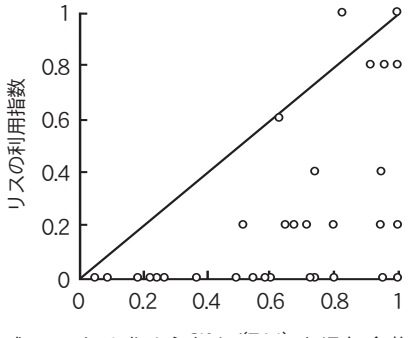


図19. 式14により求められたSIfoodと通年食物の利用指数との関係

(e) HSIの統合式

現時点では、HSIの統合式の選定が可能なデータは得られなかったため、ここでは、食物条件と繁殖条件は、HSIに対し制限的に作用するものと仮定し、最小関数を用いて統合することとした。すなわち、

HSI＝MIN(食物SI,繁殖SI)

とした。

3 考察および今後の課題

本モデルでは、ハビタット変数候補を、食物条件に関係する４変数と、繁殖条件に関係する２変数へ絞り込むことができた。食物条件に関する変数の内、V1（メインフードの本数密度）とV3（樹種数）については、食物資源そのものに関連し、V2（中層常緑本数密度）とV4（下層木本数密度）については、採食や移動時におけるカバー条件に関連する変数であったと考えられる。V5（常緑大木の本数密度）とV6（上層常緑木の本数密度）については、繁殖条件であると共に、カバー（ねぐらとしての利用や、巣への出入りの際の遮蔽など）としての役割も担っていると考えられる。

前回作成したモデル（田村 2004b「ニホンリスのHSIモデルVer.1.0」）の段階では検討事項として残されていた２つの課題が、今回のモデルで改良された。１つは、オニグルミ以外の樹種がメインフードとなるケースとして、アカマツ林の事例をモデルに加えた点である。アカマツはオニグルミと並び、ニホンリスが好んで利用する餌である。また、日本各地の低地林では比較的多く見られる環境でもある。今回、アカマツ林をモデルに加えた事によって、より多くの環境でモデルの利用が可能となったと考えられる。結果的には、オニグルミを含む混交林の環境とアカマツ林の環境とでは、メインフードは異なるものの、それ以外のハビタット変数の選択や、値の傾向に顕著な違いは見られなかった。したがって、メインフードの本数密度（V1）以外は同じモデルを使用する事ができた。

もう１つの改良点は、下層木本数密度をモデルに組み込んだ事である。リスは落下種子や貯食行動のために頻繁に地上部を利用することが知られている。特に、冬季に地上部での活動が増える。捕食される危険が高いこうした行動は、冬季の生残率に大きく関わっていることが予想される。解析の結果、オニグルミを含む混交林とアカマツ林とで、ほぼ同様の傾向が見られた。つまり、下層木が著しく繁茂している環境は好まれず、一方、ほとんど下層木がない状態も忌避された。こうした結果は、これまでの知見と一致していた。

一方、前回にひきつづき残っている課題もある。V2～V6は、10×10m方形区単位の変数であり、同方形区におけるリスの利用頻度を基にSIカーブを決

定したものである。今回のHSIモデルのパフォーマンスメジャーは、リスの個体数密度であるが、上記の利用頻度とパフォーマンスメジャーとの関係については、現時点ではデータが得られていない。今後の検証が待たれるところである。また、繁殖SIと食物SIをHSIに統合する方法を、データに基づいて検討することができなかった。今後、統合方法に関する検証が必要と思われる。さらに、繁殖条件と食物条件の適切な空間配置についても、別途、検討が必要かもしれない。

本モデルは、リスの観点から保全価値の高い樹林を抽出したり、開発による影響や代償措置を評価したりすることが可能である。また、ハビタットの再生を検討する際には、より効果的な再生計画を立案することができる。例えば、目標植生が広葉樹林であれば、まずはメインフードであるオニグルミと、繁殖や休息が可能な常緑の高木を十分に確保することが、アカマツ林であれば、100m^{2}あたりに胸高直径30cm以上の個体を４本以上含む合計12本以上のアカマツを生育させることが必要である。その上で、階層構造が発達し、多様な樹種が生育できるような樹林を目指すことになる。なお、再生した樹林において希少植物の保護などを目的とした林床管理を行う際には、下層植生を完全に除去するような強度な管理はリスのハビタットの観点からは望ましくないため、十分な検討が必要だろう。

今回構築したモデルは、東京都八王子市、山梨県富士河口湖町および都留市のデータを用いたものである。今後、モデルの適応性を検証するために、多くの地点での試行が必要である。試行と検証を繰り返す事によって、モデルの改良を重ね、より適切なモデルを作成する事が可能となる。本モデルを利用された方は、利用地域、利用状況等、ご報告頂きたい。

3 ハビタット適性指数モデル

1 モデルの適用範囲

(a) 地理的範囲

本モデルは、多摩森林科学園（標高170～265m, 東京都八王子市）および山梨県富士河口湖町（標高1,050m）と山梨県都留市（標高512～846m）における研究データに基づいて作成された。このため、本モデルの適用範囲としては、主に関東から中部地方にかけての丘陵から低山地域が推奨される。

(b) 季節

本モデルは、ニホンリスの周年を通じたハビタット要求を評価するものである。

(c) 最小ハビタット面積

メスの最小行動圏面積は4.3haであるため、少なくとも、リスが行動圏として移動可能な樹林の合計が5haに満たなければ、リスにとってのハビタット適性はない（HSI＝0）ものとする。ただし、より、長期的にみると、5ha程度ではリスの個体群が存続できる可能性が低いため、本モデルは、大規模森林（八王子市における高尾山塊のような）からリスが分散可能な位置にあるとみなせる樹林を対象として適用する。

2 モデルの構造およびハビタット変数の定義

ニホンリスのHSIは、食物条件と繁殖条件によって規定されるものとした。そして、カバー条件は食物条件と繁殖条件に含まれ、水による制限はないと仮定した。本モデルにおいては、クルミやアカマツを

はじめとしたメインフードとその他の多様な食物資源を植生条件より評価し、常緑高木の状態を繁殖要素として評価する。ハビタット変数、生存必須条件、およびニホンリスのHSIの関係については、図20に示した。

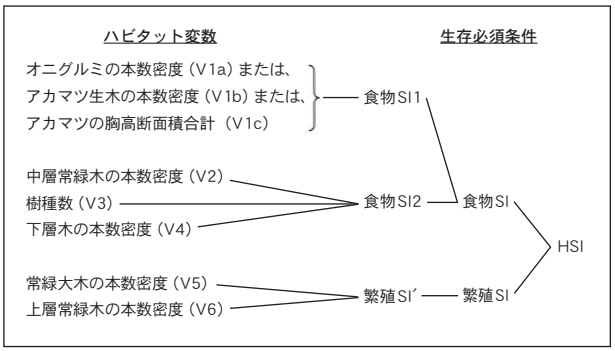


図20. ニホンリスのモデルにおける、ハビタット変数、生存必須条件、HSIの関係

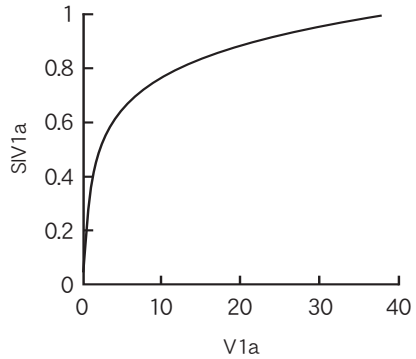
ハビタット変数の定義は以下の通りである。

オニグルミの本数密度（V1a）
　10haあたりのオニグルミ（結実木）の本数密度。
アカマツ生木の本数密度（V1b）
　100m²あたりのアカマツ生木の本数密度。
アカマツの胸高断面積合計（V1c）
　100m²あたりのアカマツの胸高断面積の合計値。
中層常緑木の本数密度（V2）
　100m²（10×10m）あたりの、樹高３m以上10m未満、または胸高直径（DBH）３cm以上23cm未満の常緑樹の本数。
樹種数（V3）
　100m²（10×10m）あたりの、樹高３m以上の樹木の種数。
下層木の本数密度（V4）
　100m²（10×10m）あたりの、樹高３m未満の樹木の本数。
常緑大木の本数密度（V5）
　100m²（10×10m）あたりの、DBH30cm以上の常緑樹の本数。
上層常緑木の本数密度（V6）
　100m²（10×10m）あたりの、樹高10m以上、またはDBH23cm以上の常緑樹の本数。

3 適性指数グラフ（SIカーブ）

V1a：オニグルミの本数密度

$$SIV1a = \begin{cases} 0.0 & V1a \leqq 0.13\text{の場合} \\ 0.1758LN(V1a) + 0.3637 & 0.13 < V1a < 37.3\text{の場合} \\ 1.0 & V1a \geqq 37.3\text{の場合} \end{cases}$$

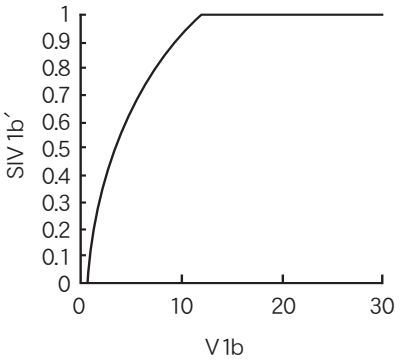


V1b：アカマツ生木の本数密度

$$SIV1b' = \begin{cases} 0.0 & V1b < 0.5\text{の場合} \\ -1.56 \cdot 10^{-1} + 4.51 \cdot 10^{-1} LN(V1b+1) & 0.5 \leqq V1b < 12\text{の場合} \\ 1.0 & V1b \geqq 12\text{の場合} \end{cases}$$

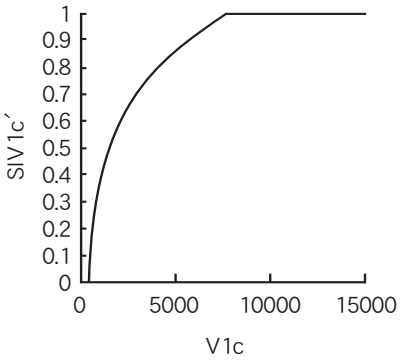
Sciurus lis

ニホンリス
のHSIモデル ver.2.0



V1c：アカマツの胸高断面積合計

$$SIV1c' = \begin{cases} 0.0 & V1c < 279\text{の場合} \\ -1.69 + 3.00 \cdot 10^{-1} LN(V1c+1) & 279 \leqq V1c < 7800\text{の場合} \\ 1.0 & V1c \geqq 7800\text{の場合} \end{cases}$$



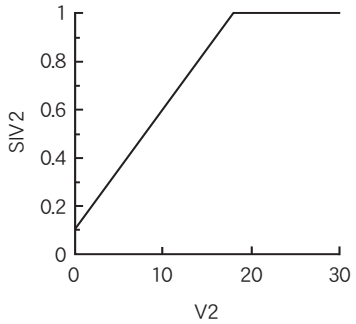
SIV1b＝10ha内のSIV1b′の平均

SIV1c＝10ha内のSIV1c′の平均

$$SIV1 = \begin{cases} MAX\ (SIV1a,\ SIV1b) \\ \quad \text{または} \\ MAX\ (SIV1a,\ SIV1c) \end{cases}$$

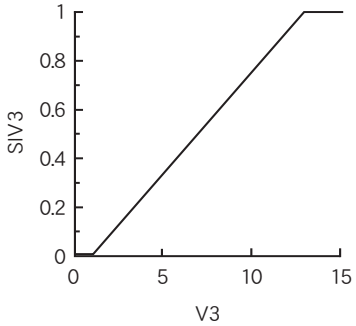
V2：中層常緑木の本数密度

$$SIV2 = \begin{cases} 5.00 \cdot 10^{-2} V2 + 1.00 \cdot 10^{-1} & V2 < 18\text{の場合} \\ 1.0 & V2 \geqq 18\text{の場合} \end{cases}$$



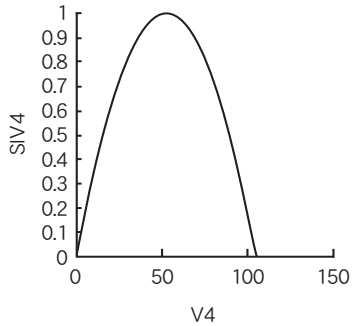
V3：樹種数

$$SIV3 = \begin{cases} 0.0 & V3 \leqq 1\text{の場合} \\ 8.3 \cdot 10^{-2} V3 - 8.3 \cdot 10^{-2} & 1 < V3 < 13\text{の場合} \\ 1.0 & V3 \geqq 13\text{の場合} \end{cases}$$



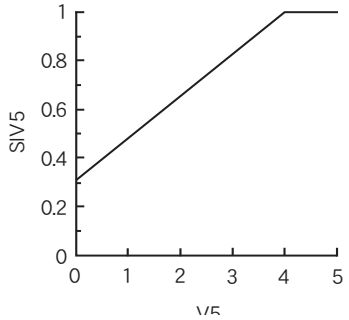
V4：下層木の本数密度

$$SIV4 = \begin{cases} 0.0 & V4 \geqq 105\text{の場合} \\ 3.81 \cdot 10^{-2} V4 - 3.63 \cdot 10^{-4} V4^2 & V4 < 105\text{の場合} \end{cases}$$



V5：常緑大木の本数密度

$$SIV5 = \begin{cases} 1.73 \cdot 10^{-1} V5 + 3.08 \cdot 10^{-1} & V5 < 4.0\text{の場合} \\ 1.0 & V5 \geqq 4.0\text{の場合} \end{cases}$$



4 HSI算出のための統合式

食物SI1＝SIV1

$$食物SI2' = \begin{cases} (SIV2+SIV3+SIV4)/2 & SIV2+SIV3+SIV4 \leqq 2\text{の場合} \\ 1.0 & SIV2+SIV3+SIV4 > 2\text{の場合} \end{cases}$$

ただし、食物SI2′> 1の場合は、食物SI2′＝1

食物SI2＝10ha内の食物SI2′の平均

食物SI＝MIN（食物SI1,食物SI2）

$$繁殖SI' = \begin{cases} 0.0 & V6 = 0\text{の場合} \\ SIV5 & V6 > 0\text{の場合} \end{cases}$$

繁殖SI＝10ha内の繁殖SI′の平均

HSI＝MIN(食物SI,繁殖SI)

5 推奨されるハビタット変数の測定方法

オニグルミの本数密度（V1a）

開花期から結実期の間に評価区域内を隈なく踏査し、開花または結実したオニグルミの位置を地図上に記録し、10haあたりの本数密度を算出する。評価区域が広大な場合は、例えば、夏緑広葉樹林やスギヒノキ林等のカバータイプごとに1km×40mのベルトトランセクトを複数設置するといった方法でサンプリング調査を行い、カバータイプごとに本数密度を推定する。または、オニグルミの分布予測モデルを作成して本数密度を推定する。

アカマツ生木の本数密度（V1b）、アカマツの胸高断面積合計（V1c）、中層常緑木の本数密度（V2）、樹種数（V3）、下層木の本数密度（V4）、常緑大木の本数密度（V5）、上層常緑木の本数密度（V6）

10×10mのコドラートを評価区域内のカバータイプごとに複数設置し、展葉期に①アカマツ生木の本数またはアカマツ生木全個体の胸高直径（DBH）、②樹高3m以上10m未満またはDBH3cm以上23cm未満の常緑樹の本数、③樹高3m以上の樹木の種数、④樹高3m未満の樹木の本数、⑤DBH30cm以上の常緑樹の本数、⑥樹高10m以上またはDBH23cm以上の常緑樹の本数を測定し、V1b～V6の値を推定する。

4 謝辞

本モデルの作成にあたっては、まずバージョン1の段階において、(財)日本生態系協会専門研究委員の金子弥生博士（ヤマザキ動物看護短期大学)、高橋

紀夫博士（独立行政法人遠洋水産研究所）、前田琢博士（岩手県環境保健研究センター）らと、多くの有意義な議論を行うことができた。これらの方々との議論なしでは、適切なモデルを構築することは不可能だった。アメリカ合衆国内務省地質調査所のエイドリアン・ファーマー博士とリック・シュローダー氏、東京農業大学農学部准教授の安藤元一博士（(財)日本生態系協会専門研究委員）には、ご多忙にも関わらず、モデルの草稿に快く目を通していただき、有益なコメントをいただいた。そして、本バージョンにおいても、安藤元一博士からはモデルの草稿に対して適切なご助言をいただくことができた。以上の方々のご協力とご指導に、深く感謝の意を表したい。

5 引用文献

環境庁（1991）日本の絶滅のおそれのある野生生物ーレッドデータブックー.

環境省（2007）哺乳類レッドリスト

Kato, J.（1985）Food and hoarding behavior of Japanese squirrels.Jap. J. Ecol. 35:13-20.

田村典子（1997）ニホンリスによるオニグルミ種子の貯食および分散.霊長類研究13:129-135.

田村典子（1998）ニホンリスの植生選択.日本生態学会誌48:123-127.

田村典子（2000）都市近郊における森林の断片化とリスの生息分布.森林防疫49:2-6.

田村典子（2004a）ニホンリスの行動圏とオニグルミの量.「ヒトとニホンリスの関係を考える」ニホンリスのワークショップとシンポジウム報告集:1-6.

田村典子（2004b）ニホンリスのHSIモデルver1.0.(財)日本生態系協会編. ハビタット評価モデルシリーズ1.（財)日本生態系協会, 東京.

田村典子(2008) 山梨県における材線虫病被害とニホンリスの生息状況. 森林野生動物研究会誌 33:20-24.

田村典子, 相京千香, 片岡友美（2007）ニホンリスの生息場所としてのアカマツ林の環境評価. 日本森林学会誌 89:71-75.

Tamura, N., N.Takahashi and N.Sato（2006）Habitat variables of Japanese Squirrel identified by regression tree model. Mammal Study31:1-8.

田村典子, 松尾龍平, 田中俊夫, 片岡友美, 広瀬南斗, 冨士本八央, 日置佳之（2007）中国地方におけるニホンリスの生息状況. 哺乳類科学 47:231-237.

日本哺乳類学会（1997）レッドデータ　日本の哺乳類ニホンリスP68-70. 文一総合出版.

西垣正男・川道武男（1995）ニホンリスの巣の特徴と営巣木の選択性.日本哺乳類学会1995年度大会プログラム・講演要旨集:26.

安田雅俊　(2007) 絶滅のおそれのある九州のニホンリス, ニホンモモンガ, およびムササビ　―過去の生息記録と現状および課題―. 哺乳類科学47:195-206.

矢竹一穂・秋田毅・阿部学（1999）人工放獣されたニホンリスの空間利用. 哺乳類科学39:9-22.

矢竹一穂・田村典子（2001）ニホンリスの保全ガイドラインつくりに向けてⅢニホンリスの保全に関わる生態. 哺乳類科学41:149-157.

6 利用規約および利用申請書

利用規約

1．本モデルの著作権は(財)日本生態系協会に帰属し、著作権法によって保護されています。当協会の

許可なく本モデルをウェブサイトや印刷媒体に転載することはできません。

２．非営利の学術研究または教育を目的として利用する場合は、出典を明記した上でご利用ください。営利目的などその他の目的で利用する場合は、事前に当協会の許可が必要となりますので、申請書に必要事項を記載の上、当協会まで郵送してください。

３．利用者が本モデルの利用や利用不能により被った直接的または間接的損害に対し、(財)日本生態系協会は一切の責任を負いません。

送付先
(財)日本生態系協会 ハビタット評価グループ
住所　〒171-0021
　　東京都豊島区西池袋2-30-20 音羽ビル
FAX　03-5951-2974

問い合わせ先
TEL　03-5951-0244

ハビタット評価モデル等利用申請書

平成　　年　　月　　日

(財)日本生態系協会会長殿

申請者
団体名
代表者　　㊞

担当者
住　所
ＴＥＬ
E-mail

利用規約および利用条件に同意の上、下記のとおり利用を申請します。

記

利用を希望するモデル	
利用目的 および 事業名・発注者名	
利用期間	

利用条件

1．上記の目的以外に利用しないこと。
2．利用結果を公表した場合は、速やかに当協会へそのコピーを提出するか、公表資料の入手方法を報告すること。

(財)日本生態系協会

(財)日本生態系協会は、国内や海外の情報を広く集め、自然と共存した持続する国づくり、まちづくりを進めるシンクタンクです。自然科学、社会科学の両側面から調査研究を行い、持続可能な発展を目指す国土計画や地域再生プロジェクトを提案しています。また、各種法制度に、自然との共存という視点を加えるための提言を行うとともに、環境教育活動、国際シンポジウムやセミナーの開催、ビオトープ管理士およびこども環境管理士の資格認証、書籍の企画、編集など、さまざまな普及啓発活動や技術指導も行っています。こうした活動は、会員をはじめとする多くのボランティアによって支えられています。

主な著書としては、『日本を救う「最後の選択」』(情報センター出版局)、『ビオトープネットワーク』(ぎょうせい)、『ビオトープネットワークII』(ぎょうせい)、『環境を守る最新知識』(信山社サイテック)、『環境の時代を迎える世界の農業』((財)日本生態系協会)、『学校ビオトープ』(講談社)、『環境アセスメントはヘップ(HEP)でいきる』(ぎょうせい)、『美しいくにをつくる新知識』(ぎょうせい)などがあります。

連絡先
〒171-0021 東京都豊島区西池袋2-30-20 音羽ビル
TEL 03-5951-0244 FAX 03-5951-2974
URL http://www.ecosys.or.jp/eco-japan/

コメントの送付について

本モデルに関するご意見等がございましたら、所属、氏名、連絡先をご記入の上、下記送付先までコメントをお寄せ下さい。貴重な情報として、モデル改訂時の参考とさせていただきますので、どうぞよろしくお願い申し上げます。

【コメント送付先】
(財)日本生態系協会 ハビタット評価グループ
住所 〒171-0021 東京都豊島区西池袋2-30-20 音羽ビル
FAX 03-5951-2974
E-mail habitat@ecosys.or.jp
※電子メールはテキスト形式にてご送付下さい(ファイルの添付、html形式のメールはご遠慮ください)。
※個別のご質問についてはお答え致しかねますので、予めご了承下さい。

モデル作成

田村典子（独立行政法人 森林総合研究所多摩森林科学園）・
(財)日本生態系協会ハビタット評価グループ

表紙写真

渡辺通人（河口湖フィールドセンター）

ニホンリスのHSIモデル ver.2.0

2009年７月 発行

編集　財団法人日本生態系協会
発行　財団法人日本生態系協会
〒171-0021
東京都豊島区西池袋2-30-20 音羽ビル

＊禁無断転載・複製
©（財）日本生態系協会 2009

定価 600円（税込）

(財)日本生態系協会