

里山二次林における林内視認性と林分構造との関係

長谷川 幹夫・中島 春樹・大宮 徹・小林 裕之

Relation of the visibility in stands to stand structure in rural secondary forest

Mikio HASEGAWA, Haruki NAKAJIMA, Tohru OHMIYA, Hiroyuki KOBAYASHI

里山二次林における林内視認性と林分構造との関係を検討した。対象物までの距離・その高さ・林床植生の最大植生高を説明変数としてロジスティック回帰分析を行った。ツキノワグマの体高に相当する地上高0.5mにおいて可視確率0.5以上を確保するためには、最大植生高を、距離10mでは1.82m以下、15mでは0.90m以下で管理するとよい。
キーワード：視認性・里山二次林・林床植生

1. はじめに

里山は日常生活および自給的な農業や伝統的な産業のため、資源として利用し、攪乱されることで維持されてきた地域である（大住・深町2001）。そして里山二次林とは、集落や農地の背後に成立し利用されてきた、広葉樹を主とする二次林をいう。

里山は恒常的に利用されていた時代には、人が頻繁に入りこむ身近な存在であり、人の居住地、すなわち山ではなく人里の側に位置していたといえよう。しかし、1950年代以降の生活様式の変化によって、里山の利用価値が低下し、現代では放置状態にあるところが多い。温暖多雨の我が国では、人為作用が低下すれば森林構成種は急激に成長し、現存量が増加する。落葉広葉樹林では林床植生も繁茂し、暗く見通しの悪い林となる。こうして里山二次林は人里ではなく山の側に移った。これが「里山の荒廃」といわれるゆえんであろう。

2004年のツキノワグマ（以下、クマという）の人里への大量出没や人身事故の発生が一つの契機となり、水と緑の森づくり税を活用した里山再生整備事業が全県的な規模で実施されている（富山県2006）。事業の内容は、①野生動物との棲み分け、②森林環境・地域景観保全、③ライフラインの保全、④地域やボランティアによる里山活用など多岐にわたるが、地域から出された要望の大半が、「野生動物との棲み分け」である。これは、クマと距離をおき、出会い頭的な遭遇を避けるために、林内での見通しをよくすることを主目的としている。その目的を達成するために、繁茂した林床植生を刈り払う作

業が主体となっている。刈払いは見通し（以下、視認性という）の確保に有効と思われるが、里山は高齢化・過疎化等の課題に直面しており、刈払いを広範囲・長期間にわたって行うことは困難な状況にある。視認性と林分構造との関係を把握し管理手法を提示することは、課題解決の一助となると考えられる。

視認性については、森林風致の観点から快適性との関わりで研究が行われており（國崎・今田1996）、森林の公園の利用の観点から林床植生の管理手法の研究は多い（高橋・亀山1987）が、視認性と林分構造との関係を定量的に論じた研究はない。

以上のことから、林床植生の現存量など林分構造が大きく異なる里山二次林において、視認性に関わる要因を解析し、視認性の高い林分構造とその管理手法について検討を行った。

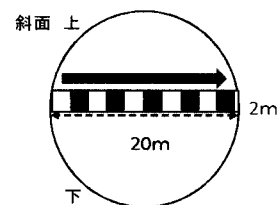


図1 プロットの形状と調査対象
○: dbh > 5.0cmの木本を毎木調査
□: dbh ≤ 5.0cmの毎木調査
■: 林床植生の調査コドラート
→: 視認調査方向

2. 調査地と方法

2.1 現地調査

調査は、2011年夏期に富山県内で標高50mから450mに成立する二次林内で直径20m（面積314㎡）の円形プロットを27区設定して行った（図1、表1）。林冠層には高さ10~15m、胸高直径（以下、dbhという）10~50cmの落葉広葉樹（主にコナラ）が優占していた。下層はチマキザサやヒサカキ等の常緑種が繁茂する最近手入れの入っていないもの（表1の放置）から、刈払い直後で広く見通せるものまで様々であった。

このプロット内ではdbh5.0cmを越える木本を対象にdbhを鋼製巻き尺またはノギスで測定した。円の中心を通る長さ20m×幅2m（面積40㎡）の帯状区を等高線に平行に設置し、胸高（1.3m）を超えdbh5.0cm以下の木本（ササ類やキイチゴ類を除く）のdbhを測定した。ここでは、便宜的にdbh>5.0cmを上層木、dbh≤5.0cmを下層木とする。

さらに高さ3m未満の群落を「林床植生」とし、帯状区内で2m×2mのコドラートを2m間隔で5

区設置し、維管束植物の自然高（葉の最高点）と植被率（20cm×20cmを1%単位とする目測）を種ごとに測定した。

視認性の調査は、下層木と林床植生を調査した帯状区内で行った（図1）。斜面下から見て帯状区の右端に高さ3mの測量用ポールを斜面上下方向に3本を1m間隔で立て、ポールからの距離を2.5m間隔で2.5m~20mまで帯状区の下辺上を移動して、ポールにある上下幅0.2mの赤い帯部分〔0.2m 間隔で7個配置（帯の中心高0.3~2.7m）、以下、赤帯という〕をそれぞれ視認できるかどうか調べた（図2）。また、クマを想定した黒いプラスチックボード（高さ0.9m・幅0.45m：以下、黒板という）を帯状区の端に立て、可視、不可視の2段階で調査を行った（図2）。

2.2 調査資料の解析

林分構造の変数として、上層木の胸高断面積合計〔BAH (㎡/ha)〕、下層木の胸高断面積合計〔BAL (㎡/ha)〕、林床植生の現存量の指数として、積算植被率〔CA (%)〕：5コード

表1 調査林分の構造と視認性

所在地	プロット名	標高	方位	最近の*1 作業年	BAH*2 (㎡/ha)	BAL*3 (㎡/ha)	CA*4 (%)	CH*5 (m)	黒板*6 可視	可視 確率*7	
1	黒部市若葉	krb04	80	N	2011	31.81	0.00	187	0.50	1	0.77
2		kam01	50	S	(放置)	28.86	1.75	410	2.00	1	0.46
3	上市町黒川	kam02	57	S	(放置)	58.65	0.58	479	2.00	1	0.46
4		kam03	64	S	2008	35.96	0.00	258	1.08	1	0.66
5		kam04	75	S	2008	12.27	0.41	650	2.20	1	0.42
6		tty04	250	NE	(放置)	22.63	0.07	445	1.80	1	0.51
7	立山町天林	tty05	250	NE	(放置)	51.28	0.32	393	1.80	1	0.51
8		tty06	284	NW	2011	28.13	0.00	350	1.10	1	0.66
9	富山市井田	tymid01	154	E	2008	15.81	0.32	522	2.94	0	0.27
10		tymid02	150	E	(放置)	31.66	6.42	378	3.00	1	0.26
11		tymkk01	190	NW	2008	38.46	0.00	464	1.62	1	0.55
12		tymkk02	190	E	2008	31.65	0.07	525	2.52	1	0.35
13	富山市角間	tymkk03	189	N	2008	31.04	0.04	553	2.63	1	0.33
14		tymkk08	194	W	2008	29.70	0.15	736	2.55	0	0.34
15		tymkk09	187	SE	2008	27.55	0.00	553	2.00	0	0.46
16		tymkk10	194	NW	2008	22.13	0.00	646	2.00	1	0.46
17	富山市	tymosd02	159	SW	2008	31.45	0.45	520	2.02	1	0.46
18	大瀬谷	tymosd03	124	W	2008	32.03	0.66	724	2.84	0	0.28
19		tymosd04	159	NW	(放置)	56.12	0.39	115	1.07	1	0.66
20	射水市野手	imznd01	80	W	2008	31.13	1.82	86	0.60	1	0.75
21		imznd02	68	W	2008	25.15	1.39	254	0.88	1	0.70
22		tko03	434	NW	(放置)	29.85	0.79	481	1.85	0	0.49
23	高岡市沢川	tko04	410	NE	2011	16.61	0.00	267	0.87	1	0.70
24		tko05	316	SE	(放置)	22.60	4.87	689	2.20	0	0.42
25		tnm01	99	NW	(放置)	25.78	0.71	305	2.00	1	0.46
26	砺波市頼成	tnm02	119	SW	(放置)	44.93	2.02	239	1.60	0	0.55
27		tnm03	98	N	(放置)	31.15	1.53	403	2.00	0	0.46

*1：刈払い作業の履歴がわかっている場合の最新年、(放置)は刈払い等の作業の履歴がないもの

*2：上層木 (dbh>5.0cm) の胸高断面積合計 *3：下層木 (dbh≤5.0cm) の胸高断面積合計

*4：林床植生の積算植被率 *5：林床植生の最大植生高

*6：10m地点からの黒板の視認の可否 (1：可視, 0：不可視)

*7：モデル2から導かれた10m地点での0.5m高の可視確率 (本文参照)

ラートでの全種の植被率の積算値] , プロット内5コドラートのなかでの植生高の最大値 [CH (m) : 以下, 最大植生高という] を算出した。

林分構造の変数や赤帯の中心高 [PH (m) , 以下, 地上高という] , 赤帯までの距離 [L (m) , 以下, 距離] を説明変数として, 赤帯の視認の可否 (可視を1, 不可視を0) を目的変数とするロジスティック回帰分析を行い, 赤帯が見える確率 (以下, 可視確率) を推定するモデルを作成した。

3. 結果と考察

3.1 林分構造

BAHは12~59m²/ha, BALは0~6.42m²/ha, CAは86~736%, CHは0.5~3.0mとプロット間で大きな差があった (表1) 。各変数間の相関をみると, CAとCH間には強い相関があった (r=0.77, p<0.001) 。つまり, 植生高の高い群落は植被率すなわち林床植生の現存量も大きいことを示していた。一方, それ以外の変数間には有意な相関は認められなかった (p>0.05) 。これは, 最近刈払い等がなされており, 林床植生は上層木の量とは無関係に制御されているこ



図2 視認度の調査対象

とが一因と考えられる。

3.2 視認性に関わる要因

CAとCHは相関が高く, 両方を含めて回帰分析を行うことは適切でないため, 現場でより判定しやすいCHを説明変数として用いることとした。L・PH・CH・BAL・BAHを説明変数としてロジスティック回帰分析を行ったところ, BAHを除く係数は有意だった (モデル1とする, 表2, r²=0.33) 。標準化した偏回帰係数から, L・PH・CHの3要因は可視確率に大きな影響を及ぼし, BAL・BAHは相対的に影響が小さいと判断できた。すなわち, 林内の視認性は, 対象物からの距離が遠いほど, 高さが低いほど, 林

表2 ロジスティック回帰分析結果

説明変数*1	単位		回帰係数	p値	sEst*2
モデル1 Sr=1/(1+exp(-(a+bL+cPH+dCH+eBAL+fBAH)))					
切片		a	2.6462	<0.001	
L	m	b	-0.1711	<0.001	-0.958
PH	m	c	1.3935	<0.001	1.115
CH	m	d	-0.8086	<0.001	-0.552
BAL	m ² /ha	e	-0.1743	<0.001	-0.251
BAH	m ² /ha	f	-0.0004	0.924	-0.004
モデル2 Sr=1/(1+exp(-(a+bL+cPH+dCH)))					
切片		a	2.6322	<0.001	
L	m	b	-0.1668	<0.001	-0.934
PH	m	c	1.3759	<0.001	1.101
CH	m	d	-0.9056	<0.001	-0.618

*1 Sr: 可視確率, L: 赤帯までの水平距離, PH: 赤帯の中心点の高さ, CH: 最大植生高, BAL: 下層木の胸高断面積合計, BAH: 上層木の胸高断面積合計

*2 *2 sEst: 標準化した偏回帰係数 (説明変数を正規化 (平均0, 分散1) して回帰したときの係数)

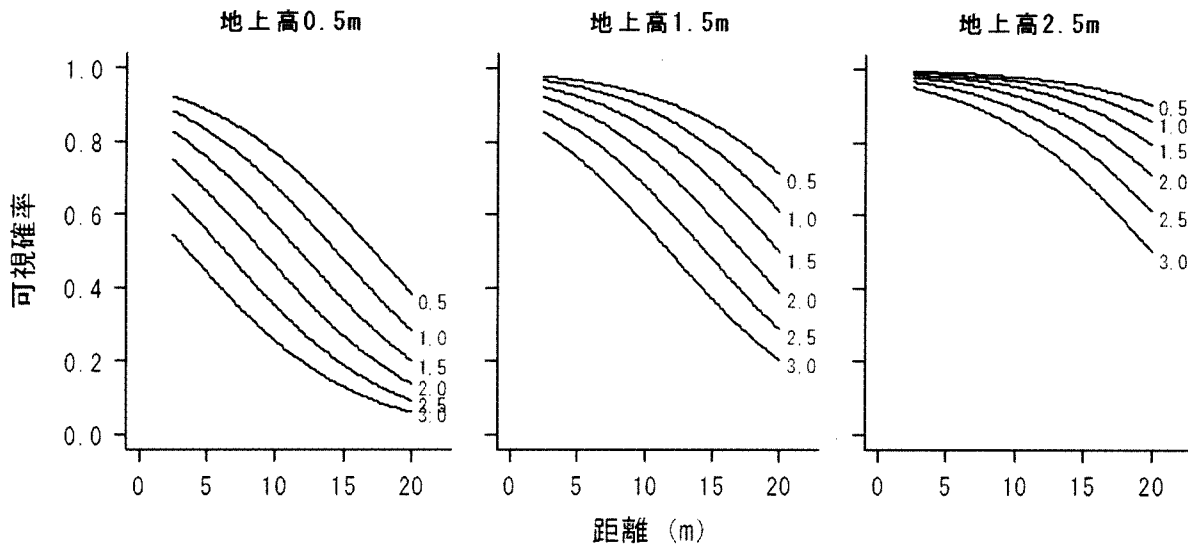


図3 モデル2による地上高別の可視確率と対象物からの距離・最大植生高との関係
図中の0.5~3.0の値は最大植生高 (m) を示す

床植生が繁茂しているほど劣るが、上層木や下層木の量の影響は受けにくいと考えられる。

そこで、L・PH・CHの3要因を説明変数として、ロジスティック回帰分析を行ったところ、いずれの係数も有意だった（モデル2とする、表2、 $r^2=0.32$ ）。ステップワイズによる変数選択を行っても、3変数とも選択された。モデル2に基づく、可視確率と地上高PH・距離L・最大植生高CHの関係を図3に示す。モデル2は現場でも測定しやすい変数を使った実用的なモデルであると考えられる。

3.3 視認性と林床植生管理

実際の現場でクマを見落とさないための可視確率の基準を設けるため、モデル2から推定される地上高0.9m（黑板の高さ）の可視確率と黑板視認の可否との関係を見ると（図4）、黑板が見えない場合の可視確率は 0.37 ± 0.17 （平均値±標準偏差、以下同じ）だが、見える場合では 0.66 ± 0.20 と差があった（U検定、 $p < 0.001$ ）。これによって可視確率が黑板、すなわちクマの視認の可否とも関連することが支持された。

可視確率の閾値を変化させて、それ以上を可視、未満を不可視として黑板視認の可否との対応を調べたところ、両者が一致しない割合（誤判別率）は、可視確率0.38を閾値とした時に20%と最小となった。可視確率の閾値を0.50としても誤判別率は24%と低かった。そこで、クマが視認できる可視確率の閾値は、安全性を考慮

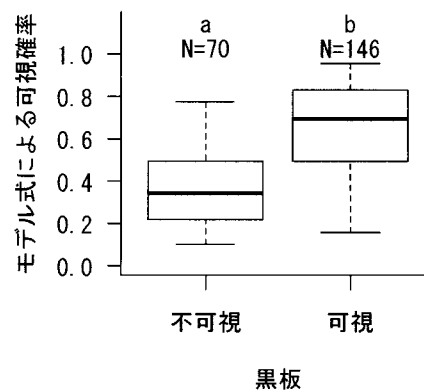


図4 モデル2による黑板の高さ0.9mの可視確率と黑板視認の可否との関係

して0.50を採用することとした。

視認性に関わる林分構造の要因は林床の最大植生高で代表できたため、これを目安に植生を管理するとよい。例えば、ツキノワグマの体高に相当する地上高0.5m（小宮 2010）において可視確率0.5以上を確保するためには、最大植生高を距離10mでは1.82m以下、15mでは0.90m以下とすればよい（図3）。

この研究を行うにあたって、富山県森林政策課ならびに富山県農林水産総合技術センター森林研究所の職員各位には、資料の提供等に多大なご協力をいただくとともに貴重な助言を賜った。記して深く感謝の意を表す。

引用文献

小宮輝之 (2010) 日本のほ乳類, 264pp, 学研
國崎貴嗣・今田盛生 (1996) 間伐による人工林
の林内見通しの変化. 森林計画学会誌26: 51-
58
大住克博・深町加津枝 (2001) 里山を考えるため
のメモ. 林業技術 707: 12-15

高橋理喜男・亀山章 (1987) 緑の景観と植生管
理. 242pp, ソフトサイエンス社
富山県 (2006) 富山県森づくりプラン. 26pp,
富山県

Summary

We investigated the relation of the visibility in stands and stand structure in rural secondary forest. Logistic regression was analyzed by the distance, height to a subject and max height of understories as the explanatory variables. In order to secure visible probability 0.5 or more at height 0.5m which is equivalent to the withers of a bear, the maximum height of understories was estimated at 1.82m or less at a distance of 10m, and at 0.90m or less at that of 15m.