

令和6年度富士箱根伊豆国立公園箱根地域
駒ヶ岳モデル地区内における REST 法を用いた
シカの生息密度推定調査業務報告書

令和7年3月



株式会社 野生動物保護管理事務所

目次

第1章 業務概要	1
1. 本業務の実施に係る基本指針	1
2. 業務名	1
3. 履行期間	1
4. 発注者	1
5. 請負者	1
6. 業務実施区域	1
7. 業務の構成	2
(1) 業務実施計画書の作成	2
(2) モデル地区におけるセンサーカメラの設置	2
(3) モデル地区内におけるデータの集計・解析	3
(4) 打合せ	3
(5) とりまとめ	3
第2章 モデル地区におけるセンサーカメラの設置	4
1. 使用するセンサーカメラ	4
2. センサーカメラの設置	6
第3章 モデル地区内におけるデータの集計・解析	12
1. センサーカメラのメンテナンス（電池交換・データの回収）及び撤収	12
2. データの集計	12
(1) 撮影本数	12
3. データの解析	13
(1) 解析方法	13
(2) 解析結果	13
第4章 結果の整理・集計	15
1. 生息密度の推定	15
(1) REST モデルの概要	15
(2) 推定に使用したモデル	15
(3) 生息密度の推定	16
(4) 生息密度の再推定	19
2. 考察	21
(1) 設置期間ごとの密度指標値の変動に関する考察	21
(2) 必要な捕獲努力量及び捕獲頭数に関する考察及び次年度に向けた提案	24
(3) 箱根地域に合わせた REST 法による調査手法の改良	25
巻末資料1 業務実施計画書	31
巻末資料2 参考データ	39
1. 再定義した設置期間のデータ	39
2. データの追加解析	40
3. 再定義した設置期間の推定生息密度	42

(1) モデル①	42
(2) モデル② (滞在時間にカメラ設置地点ごとのランダム効果を入れたモデル)	42
4. REST モデルの詳細	43
(1) モデル①の詳細	43
(2) モデル①の課題とモデル③の着想	44
(3) モデル③の詳細	44
参考文献	46

第1章 業務概要

1. 本業務の実施に係る基本指針

本業務は、箱根地域内でのシカの生息密度の上昇や植生被害の顕在化という直近数年の状況を踏まえ、駒ヶ岳モデル地区内（以下「モデル地区」とする）においてシカの生息密度推定調査を実施し、シカの生息密度を算出することで、モデル地区内において必要な捕獲努力量及び捕獲頭数を設定する基準となる情報を得ることを目的とし、以下を基本方針として実施する。

- 箱根地域において REST 法を用いた生息密度推定が有用であるか検証を行う。
- REST 法を用いた生息密度推定を捕獲期間の前後に実施することによって適切に捕獲の効果を検出できるか検証を行う。
- モデル地区内において得られた基準となる情報（捕獲頭数、捕獲努力量、生息密度等）から箱根地域全体のシカ管理に必要な捕獲努力量や捕獲頭数の算出が可能か検討を行う。

2. 業務名

令和6年度富士箱根伊豆国立公園箱根地域駒ヶ岳モデル地区内における REST 法を用いたシカの生息密度推定調査業務

3. 履行期間

契約の日から令和7年3月7日まで

4. 発注者

環境省関東地方環境事務所
埼玉県さいたま市中央区新都心 1-1
さいたま新都心合同庁舎 1 号館 6 階

5. 請負者

株式会社野生動物保護管理事務所
東京都八王子市小宮町 922-7

6. 業務実施区域

本業務の対象となる区域は神奈川県箱根町のモデル地区内である（図1-6-1 青点線内）。



図1-6-1 業務対象地域（青点線内）

※仕様書より抜粋（電子地形図 25000（国土地理院）を加工して作成）

7. 業務の構成

本業務の主な作業項目を以下に記す。

（1）業務実施計画書の作成

契約締結後 10 日以内に本業務の実施に係る基本方針、実施内容、実施スケジュール、実施体制（本業務全体の進捗等の管理を行う体制などを含めた）等から構成される本業務実施計画書（参考資料 1）を作成し、2024 年 7 月 30 日に富士箱根伊豆国立公園管理事務所担当官（以下「環境省担当官」という。）の了承を得た。

（2）モデル地区におけるセンサーカメラの設置

モデル地区では昨年度から環境省においてシカの試行的捕獲を実施しており（今年度は別途発注の「令和 6 年度富士箱根伊豆国立公園箱根地域シカ管理検討調査業務」において実施）、その捕獲の効果を経年的に評価するためセンサーカメラ 25 台を用いた REST 法による調査を実施し、ニホンジカの生息密度推定を行った。

（３）モデル地区内におけるデータの集計・解析

モデル地区におけるセンサーカメラを用いた調査の結果を整理・集計し、モデル地区内において捕獲を行うに当たり有効な基準となる生息密度の推定、必要な捕獲努力量及び捕獲頭数についての考察をまとめ、令和7年2月14日に環境省担当官の了承を得た。

（４）打合せ

本業務の実施について環境省担当官と調整するため、適時打合せを行った（表1-7-1）。打合せ後は速やかに環境省担当官からの指示事項が明確に分かるような打合せ記録を作成し、環境省担当官の了承を得たのち、電子データとして提出した。

表1-7-1 打合せ日程

打合せ	日程
第1回	令和6年7月30日
第2回	令和6年11月6日
第3回	令和7年2月14日
第4回	令和7年2月26日

（５）とりまとめ

本業務の実施結果について、報告書を取りまとめた。報告書はくるみ製本とし、その表紙及び奥付には、事業名、報告書作成年月、及び受注者名を記載するとともに、環境省請負業務であることを明記した。また、背表紙にも事業名を記載した。

報告書の案は、令和7年2月21日（金）までに環境省担当官に提出した。

第2章 モデル地区におけるセンサーカメラの設置

1. 使用するセンサーカメラ

本業務において主に使用するセンサーカメラは、Browning 社製 Strike Force Pro X 1080（写真2-1-1）20台と、Browning 社製 Patriot（写真2-1-2）5台の計25台とした。しかし、調査期間中に設置したセンサーカメラ25台のうち2台が雨等による水没により故障したため、環境省担当官と協議を行い当該の2台の代替機種として製品の性能が同程度である Browning 社製 Strike Dark Pro X 1080（写真2-1-3）を設置した。製品仕様は以下のとおりである。

- フロントモニターが付いている
- トリガースピードが0.25秒以下である
- リカバリータイムが0.35秒である
- センサーカメラの画角が55度である
- センサーの反応距離が30mである
- 夜間照射距離が33mである（Browning 社製 Strike Dark Pro X 1080 は夜間照射距離が24m）
- Strike Force Pro X 1080 には画角の角度調整ができるマウントが付属している。一方、Patriot にはマウントが付属していないが、設置方法を工夫することによって調査に支障をきたすことはなかった
- REST 法を用いるために必要な最低限の面積の中において、全ての動物が撮影できるようなものである

※仕様書には「トリガースピードが0.25秒から0.35秒の間である」とあったが、環境省担当官と協議を行い、REST 法ではトリガースピードが速いほど対象動物の通過回数及び滞在時間が正しく測定でき、推定の精度が向上することから、仕様書記載よりもトリガースピードが速い機種を使用することとした。



写真2-1-1 Browning 社製 Strike Pro X 1080 (正面・側面)

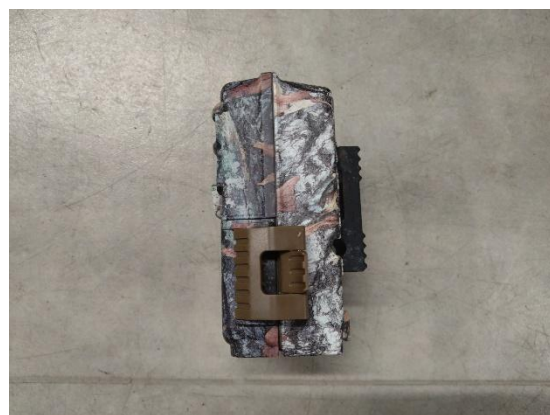
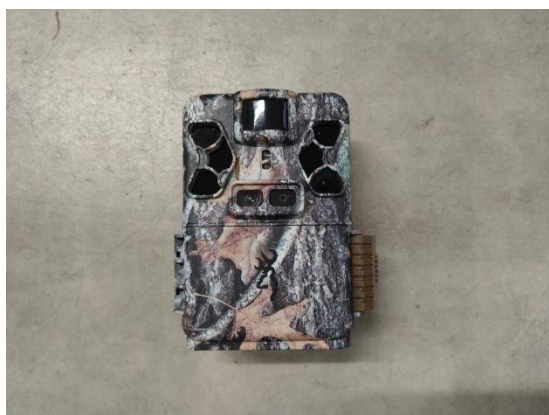


写真2-1-2 Browning 社製 Patoriot (正面・側面)



写真2-1-3 Browning 社製 Dark Pro X 1080 (正面・側面)

2. センサーカメラの設置

① 設置デザイン

本業務におけるセンサーカメラの設置に関しては、兵庫県立大学(2020)を参考に行った。

モデル地区内に設置するセンサーカメラの配置位置は、動物の分布や生息地利用に対して偏りが無いように以下の工程で選定した。

1. 500m のメッシュから駒ヶ岳モデル地区に重なる範囲をポリゴンとして抽出する
2. 道路のラインから両側 50m のバッファを発生させる
3. モデル地区のポリゴンからバッファ範囲を除去する
4. モデル地区のポリゴン内で 500m メッシュごとにランダムにポイントを1つ発生させる
5. ポイントからセンサーカメラ設置可能場所を選別する
6. 設置可能場所から再度 25 台分のポイントをランダムに抽出する

選定されたセンサーカメラの配置位置から実際にセンサーカメラを設置した位置を図2-2-1に示す。

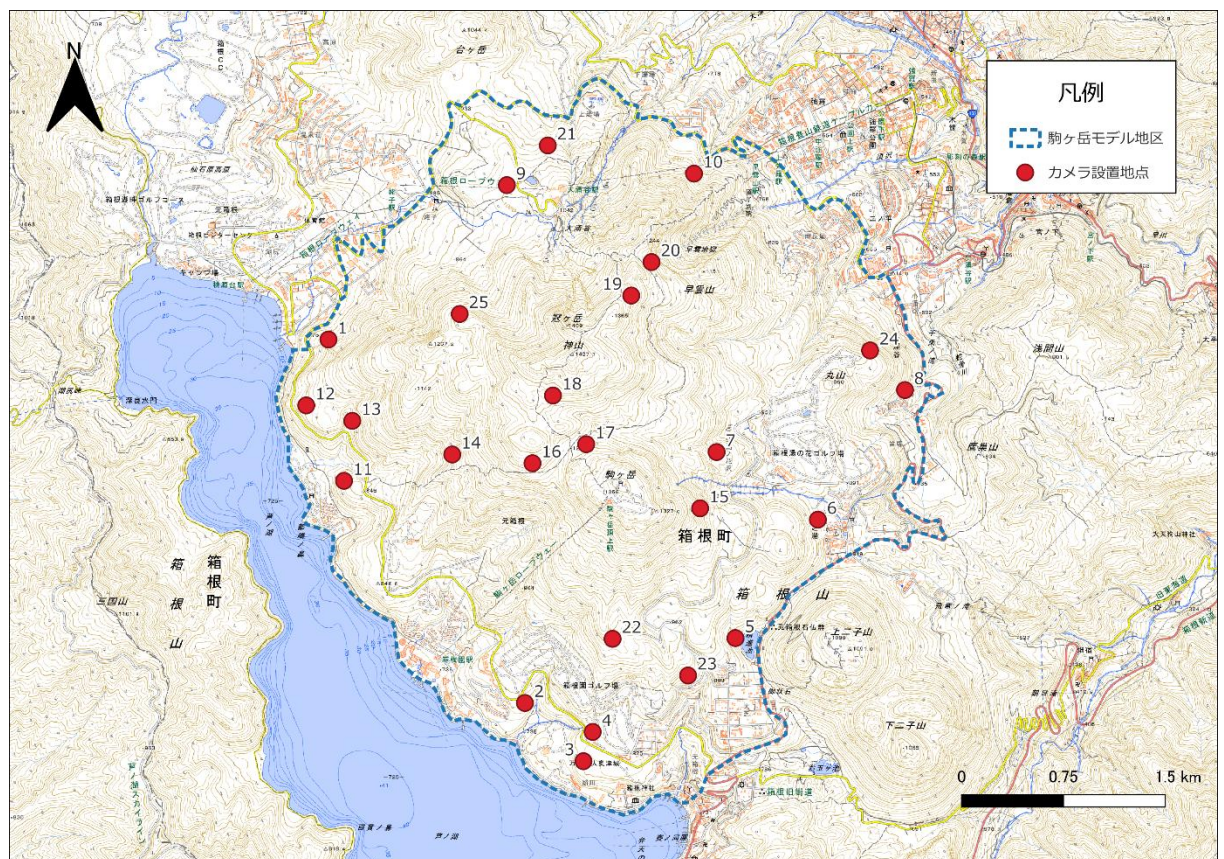


図2-2-1 駒ヶ岳モデル地区におけるカメラ設置地点

※電子地形図 25000（国土地理院）を加工して作成

② センサーカメラの設定

センサーカメラは機種ごとに表2-2-1及び表2-2-2のとおり設定した。

表2-2-1 Browning社製 Strike Pro X 1080 及び Browning社製 Dark Pro X 1080
の設定

Mode	Video
Capture Delay	1s
Cap Start	12:00 PM
Cap End	12:00 PM
Video Quality	High
Video Length	20s
Smart IR	Off
Night Exp	Pwr Save
Temp Unit	C
Infor Strip	On
SD management	Off
Motion Detect	Long
Battery Time	Lithium

表 2-2-2 Browning 社製 Patriot の設定

Mode	Video
Capture Delay	1s
Cap Start	12:00 PM
Cap End	12:00 PM
Video Quality	High
Video Length	20s
Smart IR	Off
Night Exp	Pwr Save
Temp Unit	C
Infor Strip	On
SD management	Off
Motion Detect	Long

③ 設置方法

センサーカメラの設置については、兵庫県立大学(2020)及び Nakashima et al. (2018)を参考に、使用するセンサーカメラの機種に合わせて有効撮影範囲を設定し、シカの出入りが全て確認できるように設置を行った(図2-2-2)。また、設置の際には意図的に撮影頻度を高めることや動物の行動に影響を与えること、すなわち動物が頻繁に利用する環境や獣道に画角をあわせることや、動物を誘引する物を用いることなどは行わないこととした。

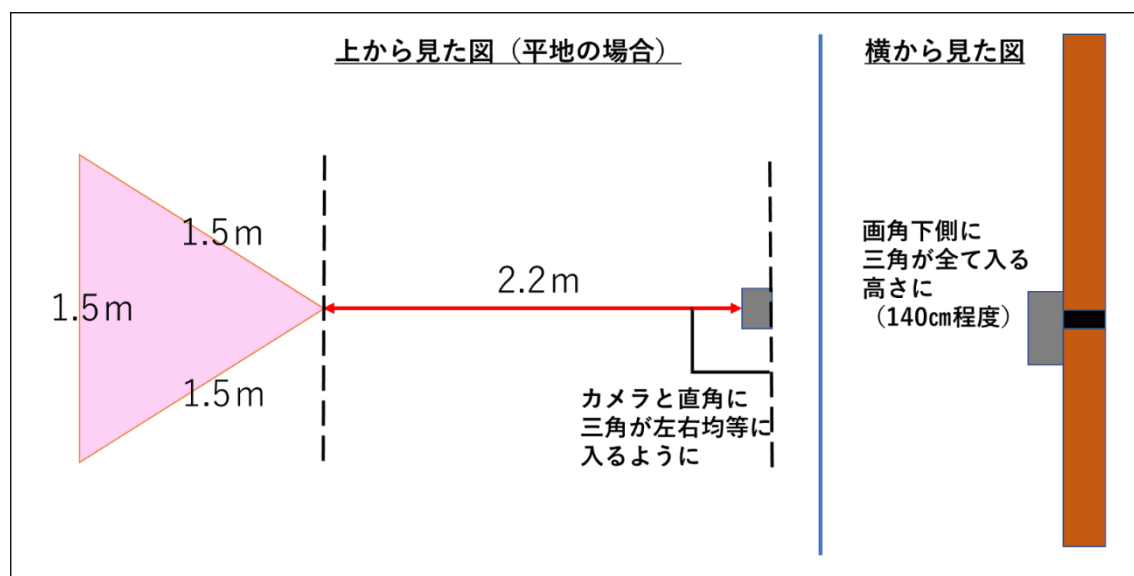


図2-2-2：センサーカメラの設置条件

④ 設置期間

センサーカメラの設置時期は、8月から9月のうち1か月間（設置期間1）、及び12月から2月までのうち1か月間（設置期間2）の計2か月間を基本としたが、推定精度の向上や考察を深める等の試行的な取り組みを行うため、9月から12月までの期間中もカメラを稼働させ、データを取得した(表2-2-3)。

設置期間2として、仕様書において設置期間を1月から2月までの1ヶ月間となっていたが、業務実施範囲で行われる捕獲の実施期間である9月から11月の直後に調査を行うことで、より詳細に捕獲の効果を検知するため、環境省担当官と協議を行い、12月から2月までのうち1ヶ月間とした。

表2-2-3 センサーカメラの設置期間

	設置期間
設置期間1	2024年8月6日～2024年9月16日
設置期間2	2024年12月4日から2025年1月8日

※第1回目と第2回目の間の期間中もセンサーカメラは稼働状態とした。

⑤ センサーカメラの設置許可申請

本業務を行う上で必要となる法令等に基づく許認可等、土地使用承諾等の諸手続きは、関係官庁、土地所有者等に必要性を確認した上で実施した（表2-2-4）。

表2-2-4 実施した許認可申請

土地区分	必要な許可	申請先	備考
国有林	カメラの設置許可	東京神川森林管理署	2週間程度前に申請が必要 借地申請は必要なし
民地	カメラの設置許可	西武リアルティソリューションズ	1ヶ月程度前に申請が必要 設置地点の地番を把握する必要がある
民地	カメラの設置許可	藤田観光	環境省より連絡
登山道	登山道の通行許可	箱根町防災課	駒ヶ岳登山道の通行許可 1週間程度前に申請が必要
林道	林道ゲートの通行許可	西武リアルティソリューションズ	カメラ番号22番へ続く林道ゲートの通行許可
作業道	作業道の通行許可	勝俣組	早雲山作業道の通行許可 電話にて口頭許可を得る
民地	駐車許可	箱根園ゴルフ場	事前に電話連絡を行う
民地	ゴルフ場内の通行許可	湯の花ゴルフ場	通行不可

⑥ センサーカメラの設置

必要な許認可を取得した後、センサーカメラの設置を表2-2-5の日程で実施した（写真2-2-1、写真2-2-2）。

表2-2-5 カメラの設置日程と設置作業に要した作業人数

作業内容	作業人数	作業日程
カメラ設置	3名（内環境省担当官1名同行）	2024年8月5日、8月6日、8月13日、8月15日



写真2-2-1 カメラ設置地点までの移動の様子



写真2-2-2 カメラ設置地点において有効撮影範囲を設定する様子

第3章 モデル地区内におけるデータの集計・解析

1. センサーカメラのメンテナンス（電池交換・データの回収）及び撤収

設置期間ごとのセンサーカメラのメンテナンス、撤収に要した期間は以下のとおりである（表3-1-1）。

第1回目のメンテナンスの際に既設の2台のセンサーカメラにおいて雨による水没による故障がみられた。故障があった箇所は同じカメラ機種を交換することを検討したが、Browning 社製 Strike Force Pro X 1080 は国内での入手が難しい状況になっていたため、環境省担当官と協議を行い、Browning 社製 Dark Pro X を代替品とすることとした。

表3-1-1 センサーカメラの設置及び回収に要した作業人数と期間

設置期間	作業内容	作業人数	作業期間
設置期間1	設置	3名 (内環境省担当官 1名同行)	2024年8月5日、8月6日、8月13日、8月15日
	メンテナンス	2名	2024年9月30日～10月1日
設置期間2	メンテナンス	2名	2024年12月3日～12月5日
	撤収	2名	2025年1月7日～1月9日

※設置期間1と設置期間2の間の期間中もセンサーカメラは稼働状態とした。

2. データの集計

(1) 撮影本数

設置期間ごとの全体の動画撮影本数、シカの動画撮影本数及び全体の動画撮影本数に対するシカの動画撮影本数の割合を表3-2-1に示した。動画の再生ソフトにはTimelapseを使用した。

表3-2-1 設置期間ごとの撮影本数

	全体の撮影本数(A)	シカの撮影本数(B)	B/A
設置期間1	2378	1433	0.60
設置期間2	2223	1099	0.49

3. データの解析

(1) 解析方法

シカが撮影された動画に描画ソフトを使用して撮影画面のなかに三角形を描画し、その中を有効撮影範囲とした。有効撮影範囲内をシカが通過する回数と滞在時間(有効撮影範囲を通過する時に要した時間)を計測した。描画ソフトにはEpic penを用いた。

(2) 解析結果

① 滞在時間

測定したシカの滞在時間の分布は図3-3-1のようになった。打ち切り(右側打ち切り)は有効撮影範囲内の出入りがリカバリータイムの間に起こることで出入りが撮影できていなかったことを意味する。打ち切りがあったデータも下限の滞在時間がわかるため、モデルに組み込み推定を行った。

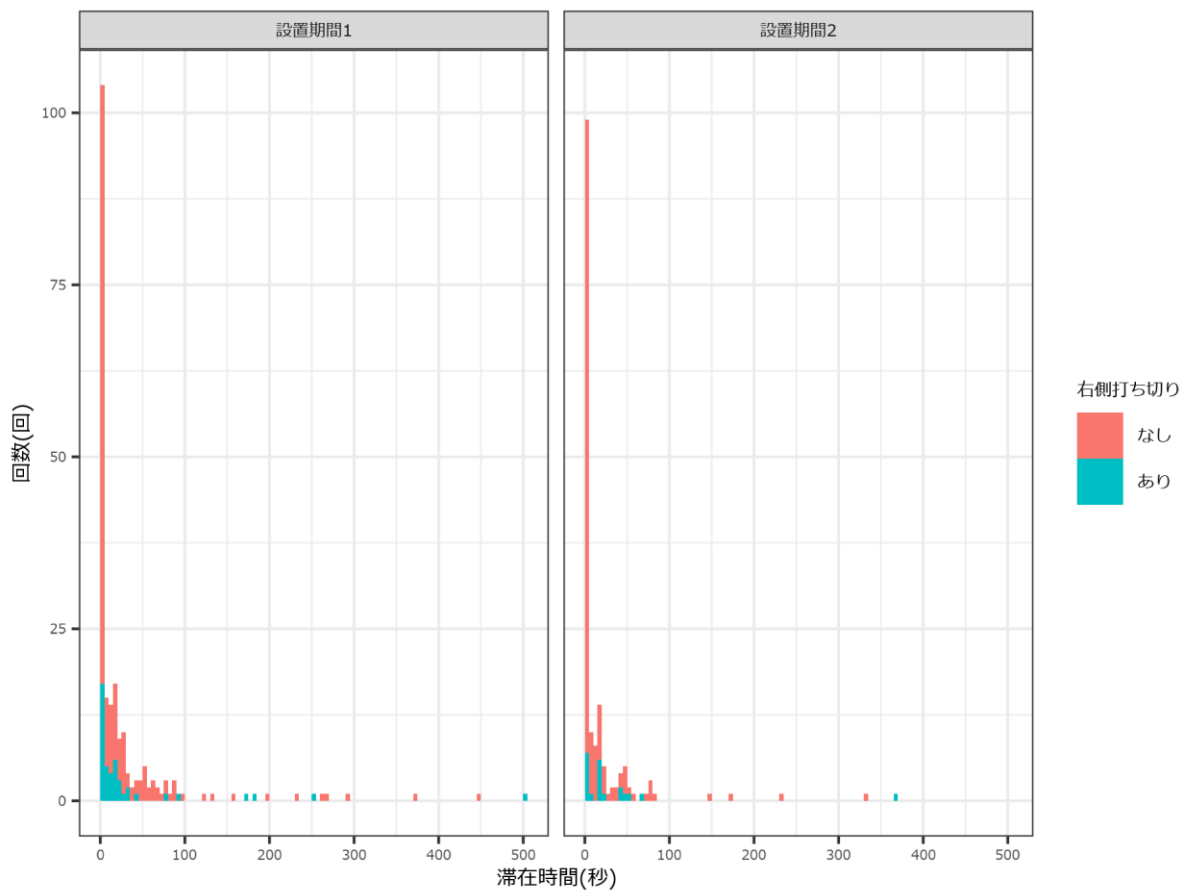


図3-3-1 設置期間ごとの滞在時間の分布

② 通過回数

それぞれの設置期間におけるシカの有効撮影範囲の通過回数の総計（総通過回数）と1地点あたりの通過回数の平均値、総通過回数を総設置日数で除算した値（通過頻度）を表3-3-1に示した。また、カメラ設置地点ごとの通過回数を図3-3-2に示した。

表3-3-1 設置期間ごとの通過回数

	総通過回数	1地点あたりの通過回数の平均値	通過頻度 (回/日)
設置期間1	235	9.40	0.28
設置期間2	117	4.68	0.13

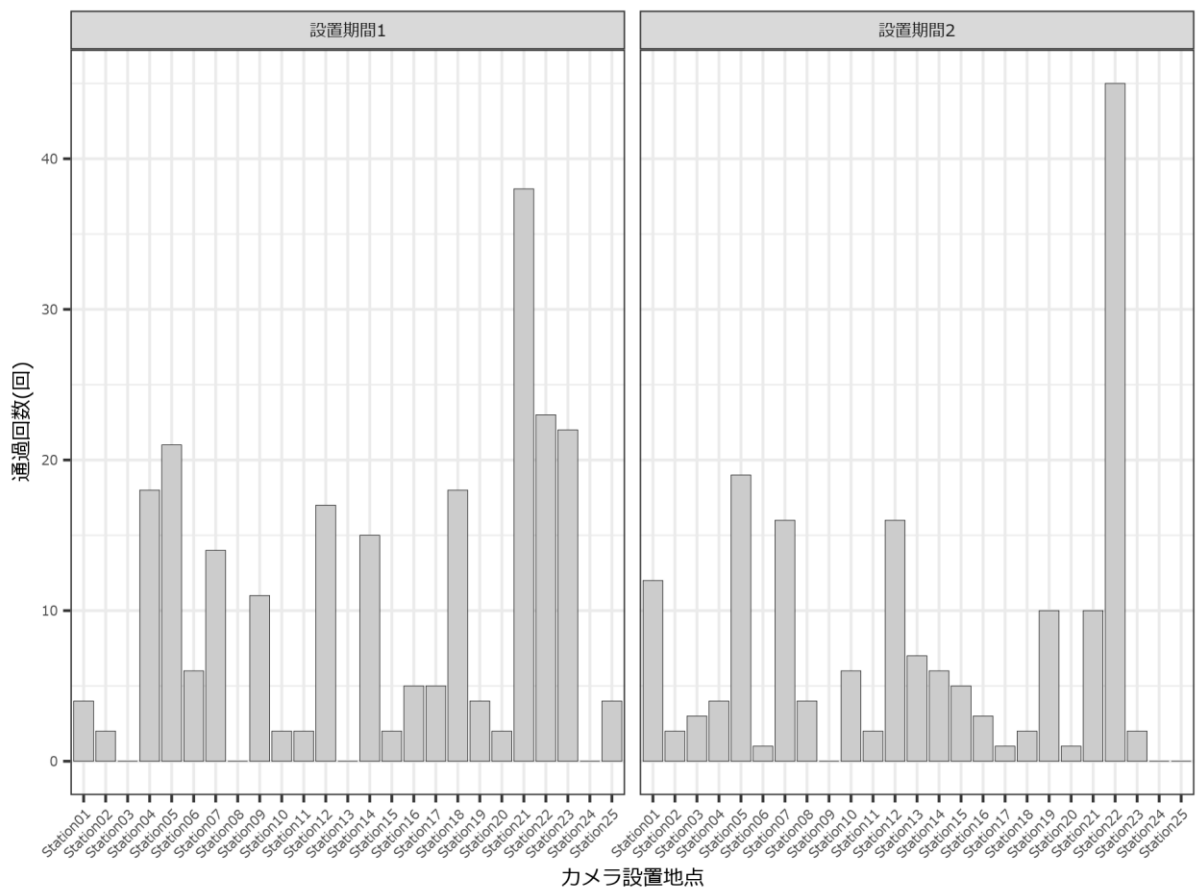


図3-3-2 カメラ設置地点ごとの通過回数

第4章 結果の整理・集計

1. 生息密度の推定

(1) REST モデルの概要

REST モデルは調査期間を H (秒) の間の有効撮影範囲の面積を s (km²) として、 s 内の通過回数の期待値を $E(Y)$ 、滞在時間の期待値を $E(T)$ (秒) とすると、以下の式で表される (Nakashima et al. 2018)。

$$D = \frac{E(Y)E(T)}{sHa}$$

ただし、 a は活動時間割合を表す。活動時間割合とは対象とする個体群において、ある瞬間に活動していた個体の割合を調査期間で平均化したものである。滞在時間を測定できるのは活動時間のみであるため、これを考慮し、活動時間割合は Rowcliffe et al. (2014) に倣い通過回数とそれが撮影された時刻から算出した。本業務の仕様書には生息密度を算出するための式として、活動時間割合の含まれていない式が記載されていたが、滞在時間には非活動時間を含めないため、式に活動時間割合を加えて生息密度の算出を行った。

(2) 推定に使用したモデル

初回の生息密度の推定作業では、Nakashima et al. (2018) で提案されているモデル (モデル①) を用いて生息密度を推定したが、推定値は過大であると推察された (詳細は 4 章 (3) ② 1) に記載)。これは環境要因 (主にササの繁茂) により長時間の滞在データの割合が高いことが大きな要因であると考えられたため、こうした状況を適切に推定値に反映すべく、追加として 2 つのモデルを試行した。

モデル②：ササなどの環境要因によりそれぞれの地点で滞在時間が異なることを仮定し、地点ごとのランダム効果を滞在時間の確率分布に入れることで階層化した。以下、階層 REST モデルと呼ぶ。

モデル③：活動時間である短時間の滞在と非活動時間である長時間の滞在 (例：単なる通過と採食を伴う通過) の 2 つの行動があることを仮定し、2 つの確率分布の混合分布で滞在時間を記述するモデルを組んだ。以下、混合分布 REST モデルと呼ぶ。

使用した滞在時間および通過回数の確率分布を表 4-1-1 に示した。モデル③では対数正規分布の他に正規分布も検討したが、モデル選択 WAIC によって対数正規分布が選択された。

表4-1-1 各モデルに使用した確率分布

	通過回数	滞在時間
モデル①	負の二項分布	指数分布
モデル②	負の二項分布	指数分布+ランダム効果
モデル③	負の二項分布	指数分布(短時間の滞在)と 対数正規分布(長時間の滞在)

(3) 生息密度の推定

① 各モデルに用いたデータ

各モデルに用いたデータを表4-1-2に示す。このデータと通過回数、滞在時間(図3-3-1、図3-3-2のデータ)を用いてベイズ推測を行った。ソフトはRおよびStanを用いた。

表4-1-2 モデルに使用したデータ

有効撮影範囲面積 (km ²)	9.74 × 10 ⁻⁷		
設置期間 (秒)	カメラ設置地点	設置期間1	設置期間2
	1	3628800	3024000
	2	2851200	3110400
	3	2937600	3110400
	4	777600	3110400
	5	3628800	2937600
	6	3628800	3024000
	7	2678400	1555200
	8	3628800	3024000
	9	2678400	3024000
	10	3628800	3024000
	11	2678400	2937600
	12	3542400	2937600
	13	1382400	3110400
	14	3542400	3024000
	15	2678400	2937600
	16	3542400	3024000
	17	2937600	3024000
	18	2937600	3024000
	19	2937600	3024000
	20	2937600	3024000
	21	2678400	3024000
	22	2678400	3024000
	23	2678400	3024000
	24	2678400	86400
	25	2937600	3024000
活動時間割合	—	0. 62	0. 44

② 推定結果

最適なモデルを選定するためにモデル①から③を用いて、設置期間1と2における生息密度を推定した。

最適モデルは正確性の高さ、精度の高さから判断した。正確性の高さは、得られた生息密度が調査範囲内での捕獲頭数等を考えたときに妥当であるかで判断した。精度の高さは推定幅の広さで判断した。

1) モデル①の結果

設置期間ごとにモデル①を適用した結果を表4-1-3及び図4-1-1に示す。推定された生息密度は非常に大きく、信用区間の幅も設置期間1で67.70～196.12頭/km²、設置期間2で34.88～89.26頭/km²と広いことから、正確度、精度ともに低い結果であると判断した。なお、モデルを適用する上で長時間の滞在データは非活動時間と見なして元の滞在時間データから除いた。これを恣意的に行うことを避けるために Nakashima et al. (2018)およびNakashima et al. (2021)に倣い、確率分布（指数分布）を当てはめることで長時間の滞在データを取り除いた。

表4-1-3 設置期間ごとにモデル①を適用した生息密度推定結果（単位は頭/km²）

	平均値	中央値	95%信用区間
設置期間1	116.50	107.52	67.70～196.12
設置期間2	56.51	54.62	34.88～89.26

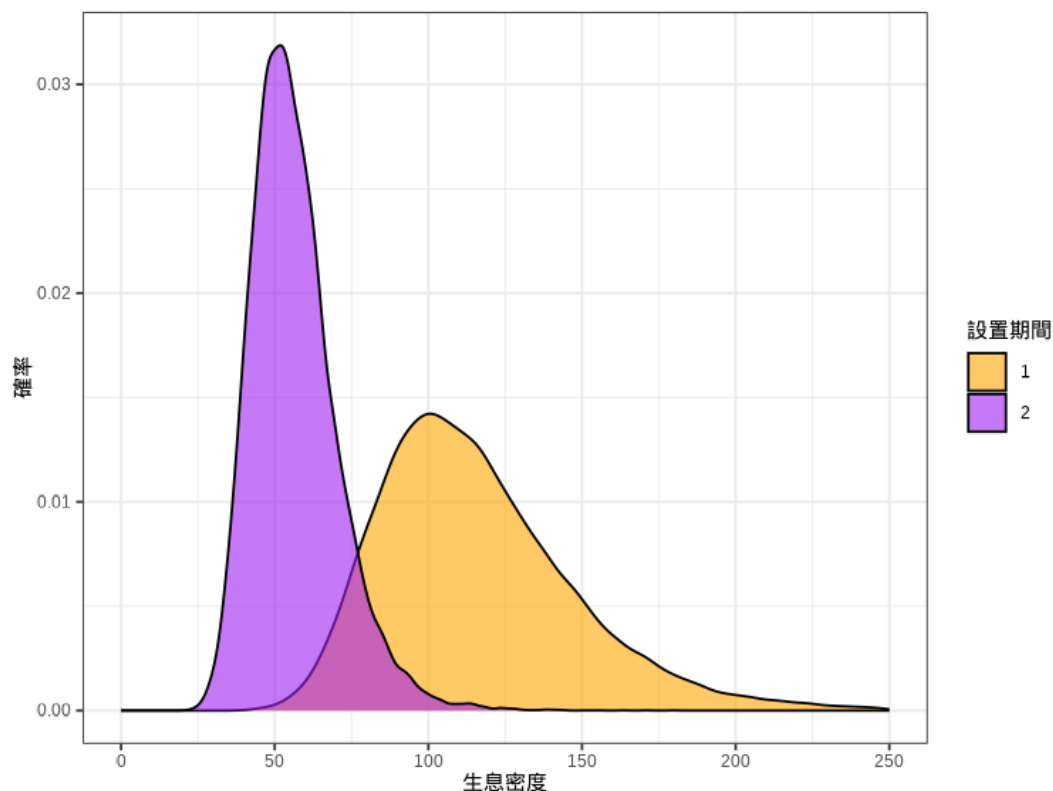


図4-1-1 設置期間ごとの生息密度推定の結果（単位は頭/km²）

2) モデル②（階層 REST モデル）の結果

推定された生息密度はモデル①同様大きく、信用区間の幅も広いことから、正確度、精度ともに低い結果であると判断した（※モデル①と近い結果となったため詳細は割愛）。

モデル②はササなどの環境要因によりそれぞれの地点で滞在時間が異なること、すなわち、特定の地点の滞在時間が長期化しているという仮定であったが、いずれの地点でも長時間の滞在データがあったためにランダム効果の影響によって、長時間の滞在データの影響を緩和できなかった。

なお、モデル①と同様に長時間の滞在データについて、確率分布（指数分布）を当てはめることで機械的に除外した。

3) モデル③（混合分布 REST モデル）の結果

設置期間ごとにモデル③を適用した結果を表4-1-4に示す。推定された生息密度は小さく、信用区間の幅もモデル①、②に比較して狭くなったため、精度は上がったが、今年度に調査範囲内において50頭程度の捕獲があったことや捕獲効率の高さ（くくりわな捕獲効率0.026頭/基）などを考慮すると正確度の低い（生息密度がやや低い）結果であると判断した。

表4-1-4 設置期間ごとにモデル③を適用した生息密度推定結果（単位は頭/km²）

	平均値	中央値	95%信用区間
設置期間1	3.93	3.64	1.83～7.69
設置期間2	3.19	2.99	1.64～5.78

③ 最適なモデル

生息密度推定の結果、モデル①から③のうち、モデル③を最適なモデルであると判断した。しかし、モデル③においても正確度の低い結果となった。

(4) 生息密度の再推定

モデル③を用いて推定された生息密度は、データ数が少ないことが1つの原因となり正確度の低い結果となったと考えられた。このため、設置期間1と2の間の期間のデータを含め、すべての設置期間のデータを用いて生息密度の再推定を実施した。

① 設置期間の再定義

今後必要な捕獲努力量や捕獲頭数に関する検討を行うため、設置期間は調査範囲内で銃器捕獲を実施している期間（設置期間2'）を考慮して表4-1-5のように再定義した。

表4-1-5 再定義した設置期間

	設置期間
設置期間1	2024年8月6日～2024年9月16日
設置期間2'	2024年9月17日から2024年10月10日
設置期間3	2024年10月11日から2025年1月8日

※期間2'は銃器捕獲の実施期間と同じ

② 生息密度の再推定

モデル③を用いて推定した生息密度の結果を表4-1-6と図4-1-2に示す。

推定された生息密度は再推定前よりやや大きく、信用区間も狭くなったため、精度、正確度ともに向上したと判断した。

※再定義した設置期間ごとのデータの集計結果やモデル①及びモデル②を用いて推定した生息密度は巻末資料2に示す。

表 4-1-6 再定義した設置期間ごとにモデル③を適用した生息密度推定結果
(単位は頭/km²)

	平均値	中央値	95%信用区間
設置期間1	9.20	8.68	5.11～16.35
設置期間2'	5.72	5.48	3.43～9.36
設置期間3	7.79	7.53	4.86～12.20

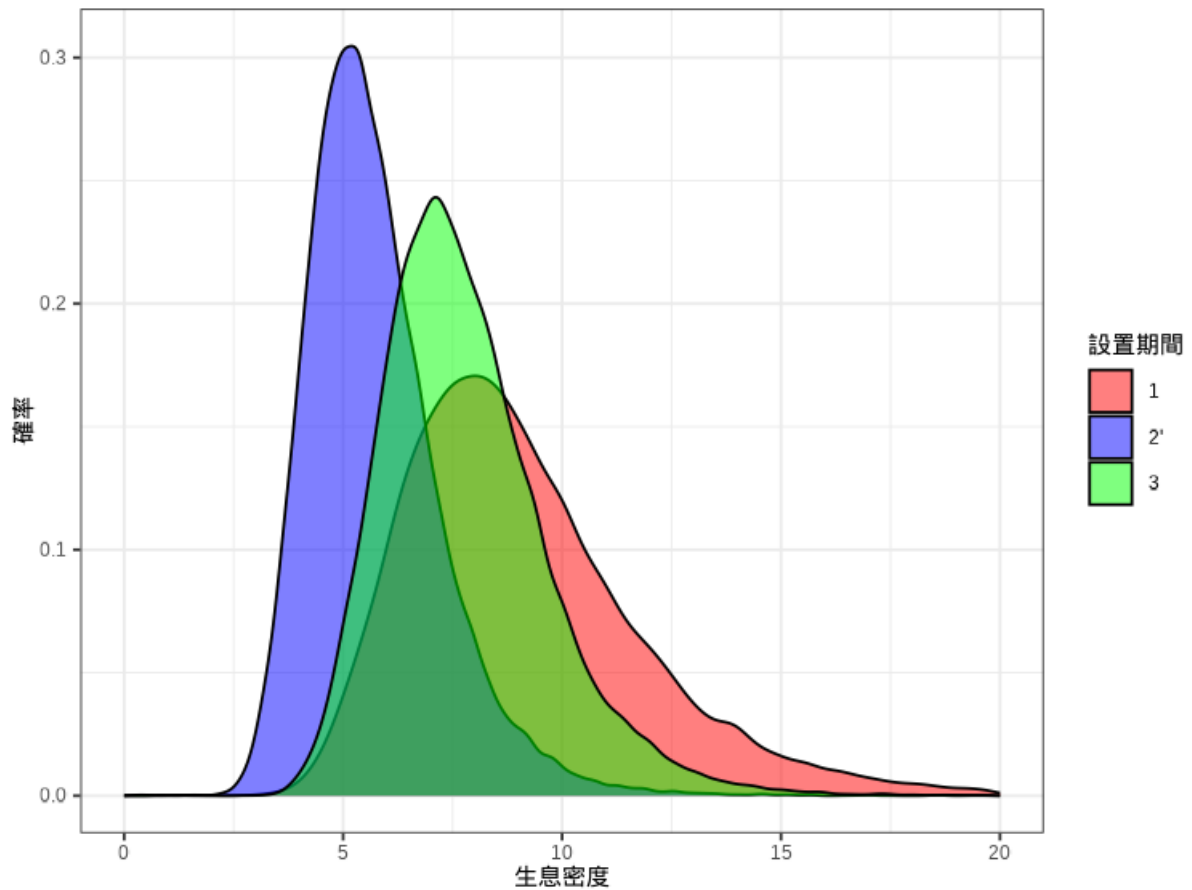


図 4-1-2 設置期間ごとの生息密度推定の結果 (単位は頭/km²)

2. 考察

再定義した設置期間におけるモデル③を用いた推定結果である設置期間1の生息密度（中央値 8.68 頭/km²）は、令和5年度に神奈川県足柄下郡箱根町宮城野で行われたモニタリング調査（区画法）の結果（9.2 頭/km²）とおおむね一致する。実際には区画法は見落としを含み、これより大きい値となることが予想されるが、推定信用区間内には収まるものと思われる。しかし、今年度に調査範囲内で50頭程度の捕獲があったことなどを考慮すると実際の生息密度はもっと高いことが推定され、そうであれば推定値の正確度はやや低いことが考えられた。このことから、当該の生息密度推定の結果である中央値を密度指標値として扱い考察を行った。

（1）設置期間ごとの密度指標値の変動に関する考察

① 設置期間ごとの滞在時間分布

設置期間ごとの滞在時間の分布を図4-2-1に示す。

設置期間2'は他の設置期間に比べて長時間の滞在データが比較的少なかったため、設置期間2'の期間はシカの行動が変化した可能性が示唆される。設置期間2'はシカの繁殖期（おおよそ9月から11月）を含むものであった。繁殖期間において特にオスジカはメスと交尾すべく他の季節よりも行動的になる。そのため、カメラの前でとどまる頻度が減り、滞在時間が短期化したと考えられた。設置期間3も一部シカの繁殖期に被る期間が含まれるが、それよりも繁殖期後の期間が多く含まれるため、繁殖における活発な活動の影響は強くなかったことが考えられた。

また、その他の要因として、設置期間2'は銃器捕獲期間であるため、シカの行動が銃器を用いた捕獲によって変化した可能性も考えられる。しかし、銃器捕獲の実施範囲はモデル地区の中央部（駒ヶ岳山頂部）のみであるため、銃器捕獲範囲のみならずモデル地区全体のシカの行動に影響を与えたとは考えにくい。

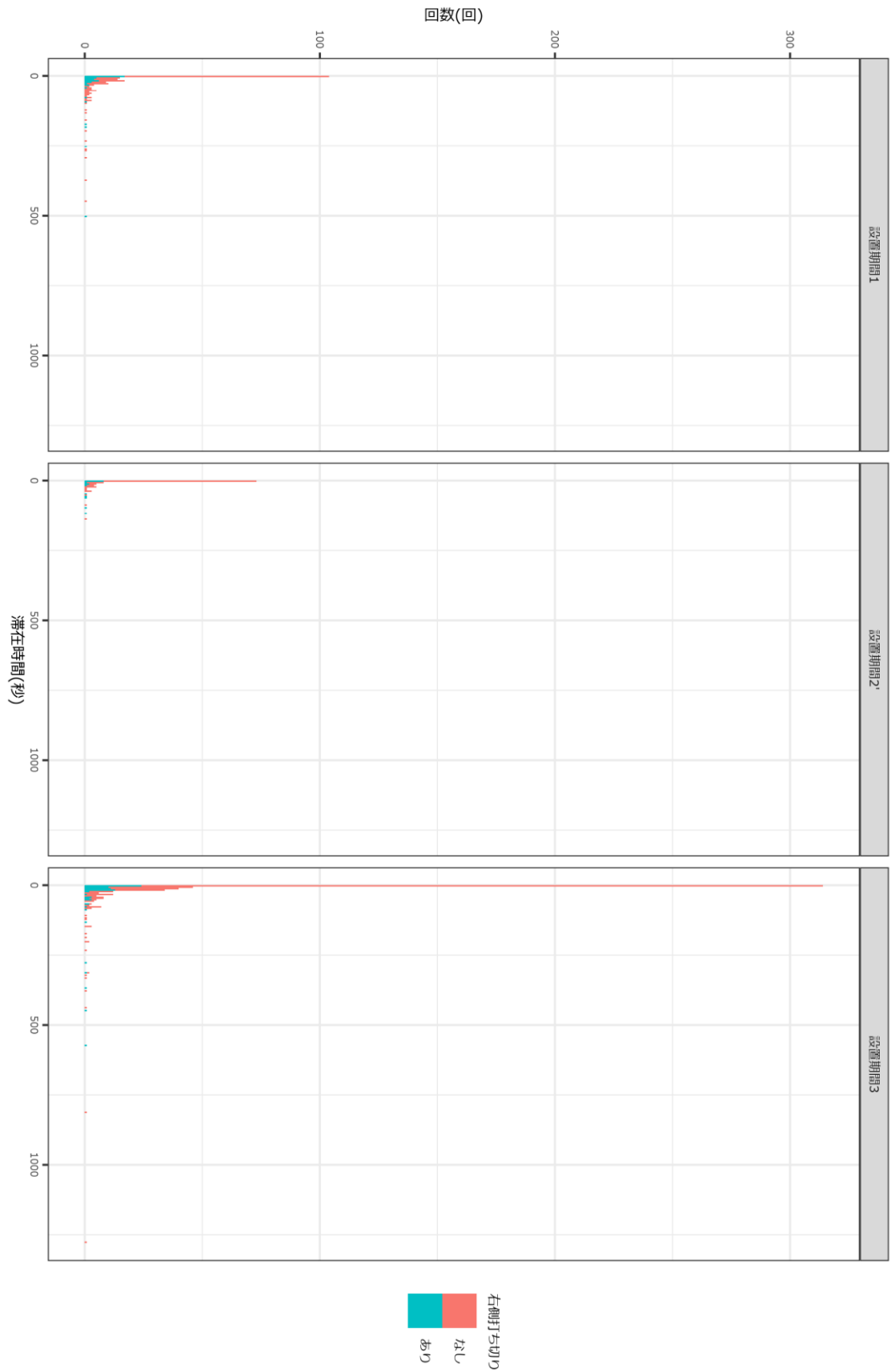


図 4-2-1 設置期間ごとの滞在時間の分布

② 減少率

前項の考察から、以降の考察は設置期間1および設置期間3の変化のみに焦点を当てて考察を続ける。

設置期間ごとの推定値は、それぞれの信用区間が大きく重なるため両者に差があるとは言いきれないが、捕獲の前後で中央値および平均値は異なった。このため、銃器捕獲の前後である設置期間1と設置期間3の推定値の比較を行った（図4-2-2）。

設置期間3の生息密度を設置期間1の生息密度で除算した値である両者の比は、1以下の時に密度指標値が減少したことを表す。これが1以下の確率（減少確率）は0.67であったため、設置期間1から設置期間3にかけて密度指標値が減少したと仮定して考察を進める。

なお、信用区間に重なりがあり、明確な大きい変動がないことから、少なくとも調査範囲から大量にシカが移出あるいは移入するような季節移動や捕獲圧による忌避はないことが考えられる。

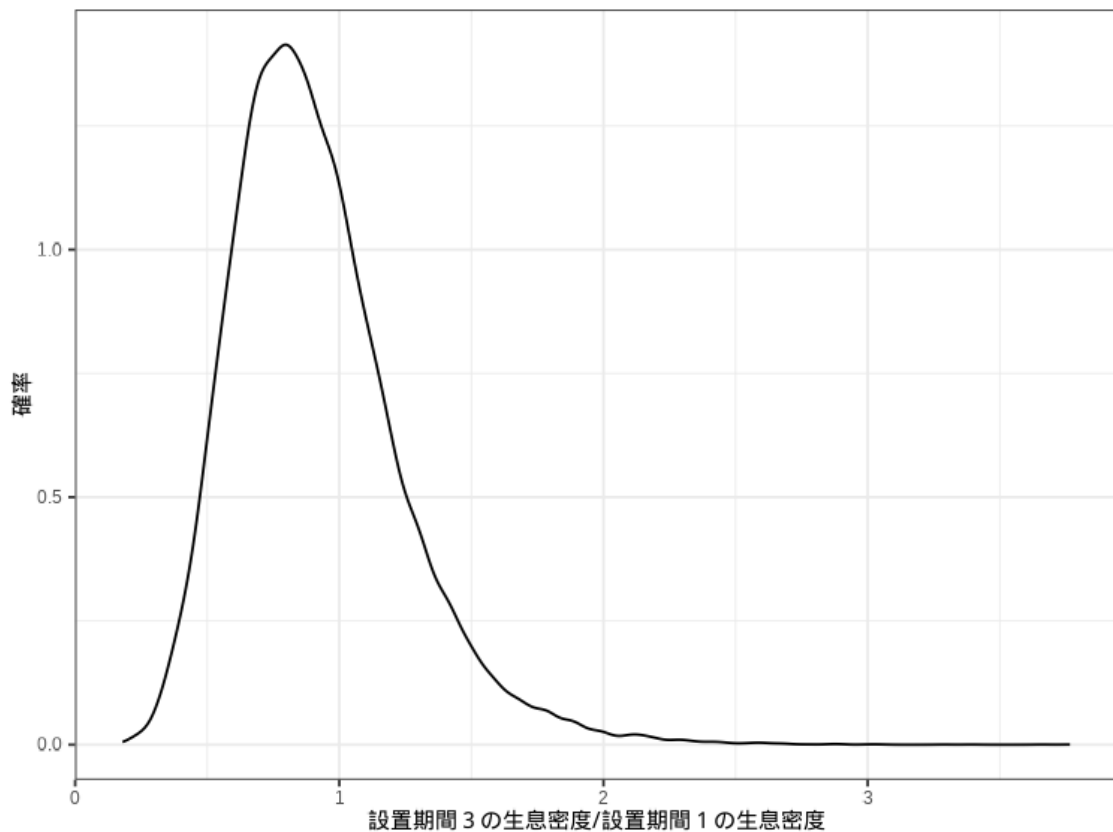


図4-2-2 設置期間3の生息密度を設置期間1の生息密度で除算した値の確率分布

(2) 必要な捕獲努力量及び捕獲頭数に関する考察及び次年度に向けた提案

① 必要な捕獲頭数及び捕獲努力量

本調査で推定された生息密度は正確度のやや低い結果となったため、今後の対策において必要な具体的な捕獲頭数や捕獲努力量の算出は不可能であったが、今年度の捕獲の効果や必要な捕獲努力量及び捕獲頭数についての考察を行った。

(i) 捕獲の効果

本調査によって推定された生息密度は、わな捕獲実施中である期間1から捕獲実施後の期間3の間で密度指標値が約15%低下していた（期間1：中央値8.68頭/㎢→期間3：中央値7.53頭/㎢）。これは、捕獲の実施によって得られた現象であると考えられる。

加えて、実際には期間1の以前である6月に17頭の捕獲があったことを考慮すると、今年度実施された捕獲の前後で密度指標値が20%程度減少した可能性も考えられる。

しかし、この可能性を考慮しても、シカの自然増加率を20%程度とした場合には、密度指標値も毎年20%増加することが考えられるため、今年度の捕獲は個体数を大きく減少させるほどの効果はなく、今年度の増加割合と同程度の割合のシカを捕獲し、密度指標値も横ばい程度で推移する結果となったと考察する。

(ii) 次年度実施する捕獲に必要な捕獲努力量及び捕獲頭数の提案

前項を捕獲の効果と仮定すると、逆説的には今年度以上の捕獲頭数を確保することにより密度指標を減少させることができる可能性があることが考えられる。

このため、次年度は今年度の捕獲頭数である46頭以上の捕獲を実施するために必要な捕獲努力量として、今年度のくくりわな捕獲効率である0.026頭/基を考慮し、1757基以上を確保することを提案する。

② 捕獲の評価方法

本調査で実施した生息密度の推定によって、過年度に実施されていたモニタリング以上にシカの動態が把握され、仮定をもとにした捕獲に関するある程度の考察を行ったところであるが、こうした詳細な捕獲の効果検証はコストや得られる成果を考慮すると数年に1度の実施が適当であると考ええる。

このため、次年度以降の捕獲については、捕獲効率やモニタリングデータの変動から捕獲の効果を判断することで評価を行う手法を主とし、REST法による生息密度の推定は5年に1度程度の頻度での実施とすることを提案する。

(3) 箱根地域に合わせた REST 法による調査手法の改良

① 推定値が過大となった要因

モデル①を用いて推定した生息密度は、現実から乖離した結果（中央値 100 頭/km²程度）となった。REST 法で主として生息密度に影響を与える因子は通過回数と滞在時間である。

ほぼ同時期に行われた関東山地での REST 法を用いた調査では、滞在時間が本業務より短い傾向にあった（図 4-2-3、環境省情報提供）。関東山地での調査は、本業務と比較して有効撮影範囲が広く（有効撮影範囲は一辺 2m の正三角形）、調査期間が本業務の各設置期間より長いことからその傾向は確かなものだと考えられる。一方で、通過頻度は 0.18（回/日）と本業務（表 3-3-1）と比較して高くはない。したがって、本業務では滞在時間の長期化が推定値に影響を及ぼしていることが考えられた。

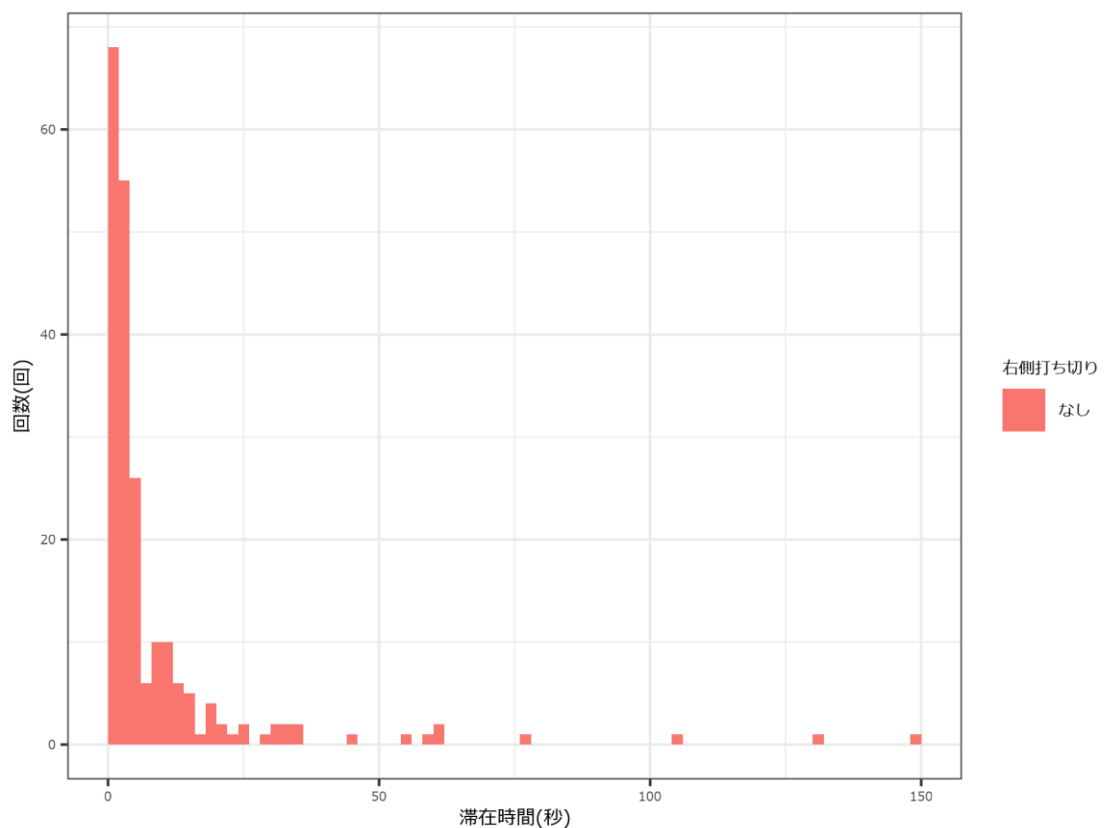


図 4-2-3 関東山地における滞在時間の分布

② 滞在時間の長期化の要因

滞在時間の長期化の要因を調べるため、箱根地域の特徴的な環境要因であるササの繁茂の有無による滞在時間の比較を行った（図4-2-4、4-2-5、4-2-6）。また、代表的な地点の様子を写真4-2-1及び4-2-2に示す。ササの繁茂の有無はカメラ設置時の記憶とカメラ前の繁茂の様子から判断した。

比較の結果、ササの有無による滞在時間の分布や平均値に差が見受けられたため、滞在時間の長期化の要因をササが繁茂している地点でササを切り拓いてカメラ設置を行ったことと仮定した。

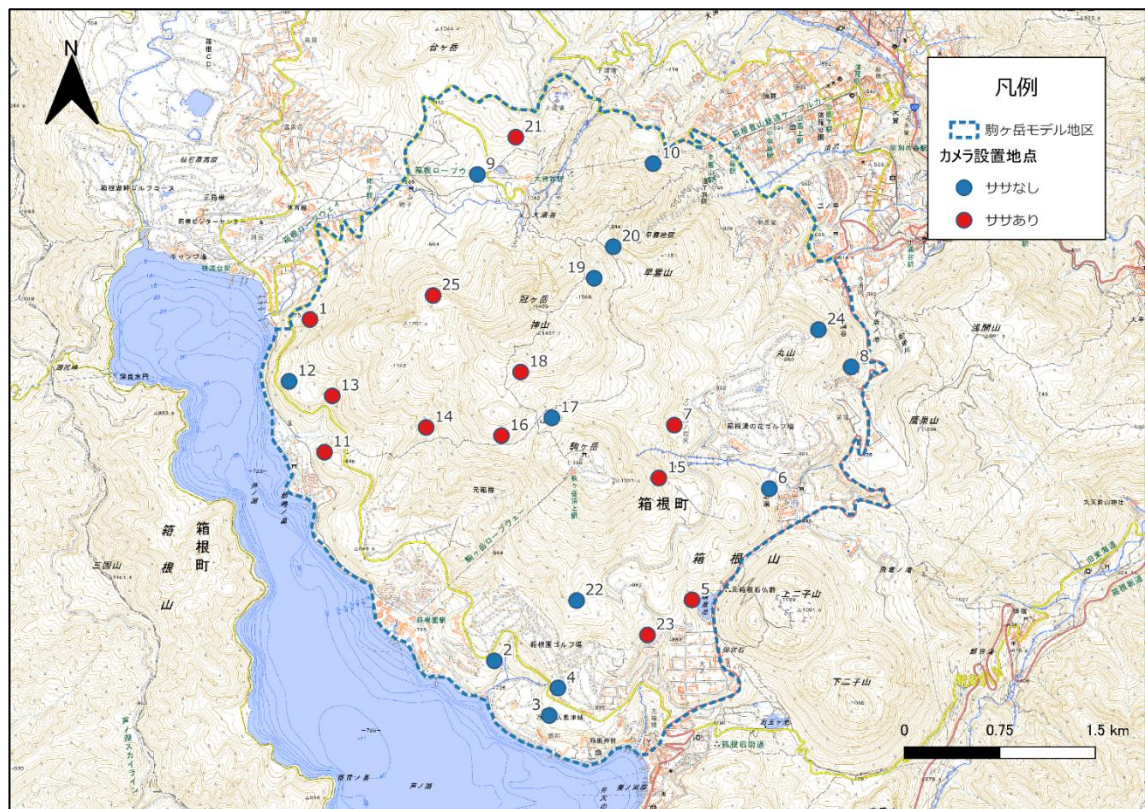


図4-2-4 カメラ設置地点ごとのササの有無

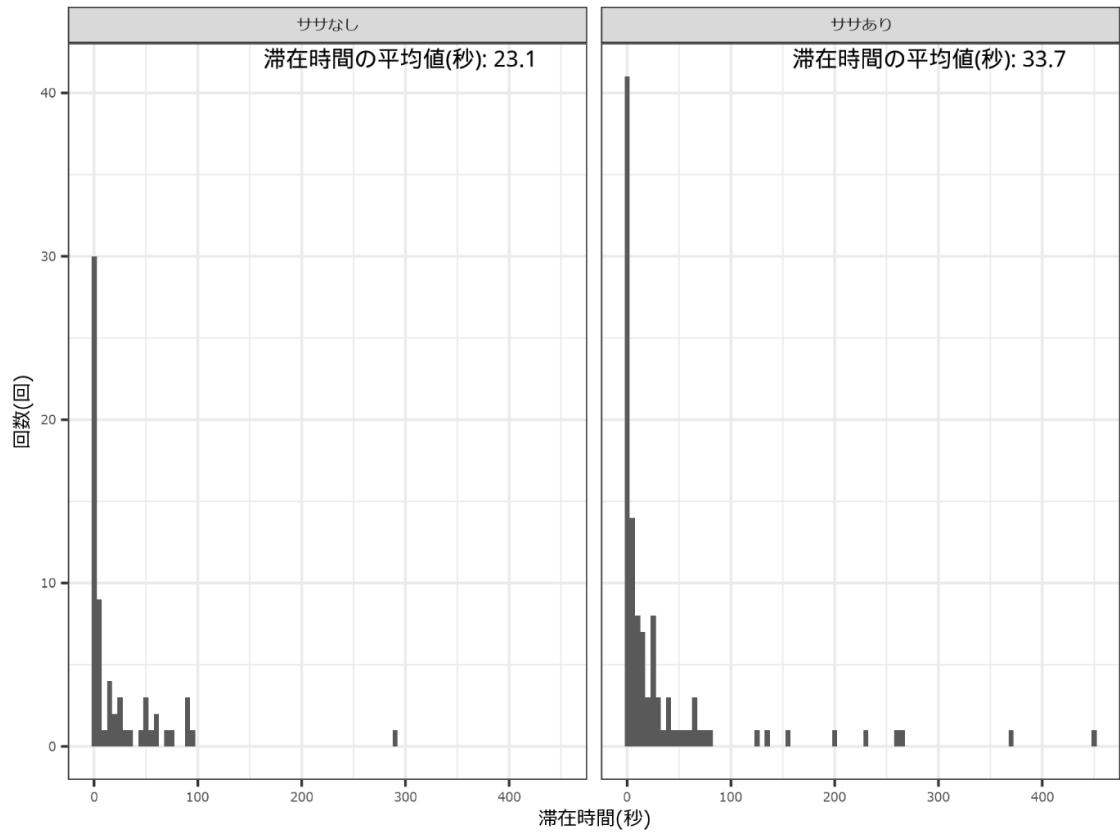


図 4-2-5 設置期間 1 におけるササの有無で分けた滞在時間の分布と平均値

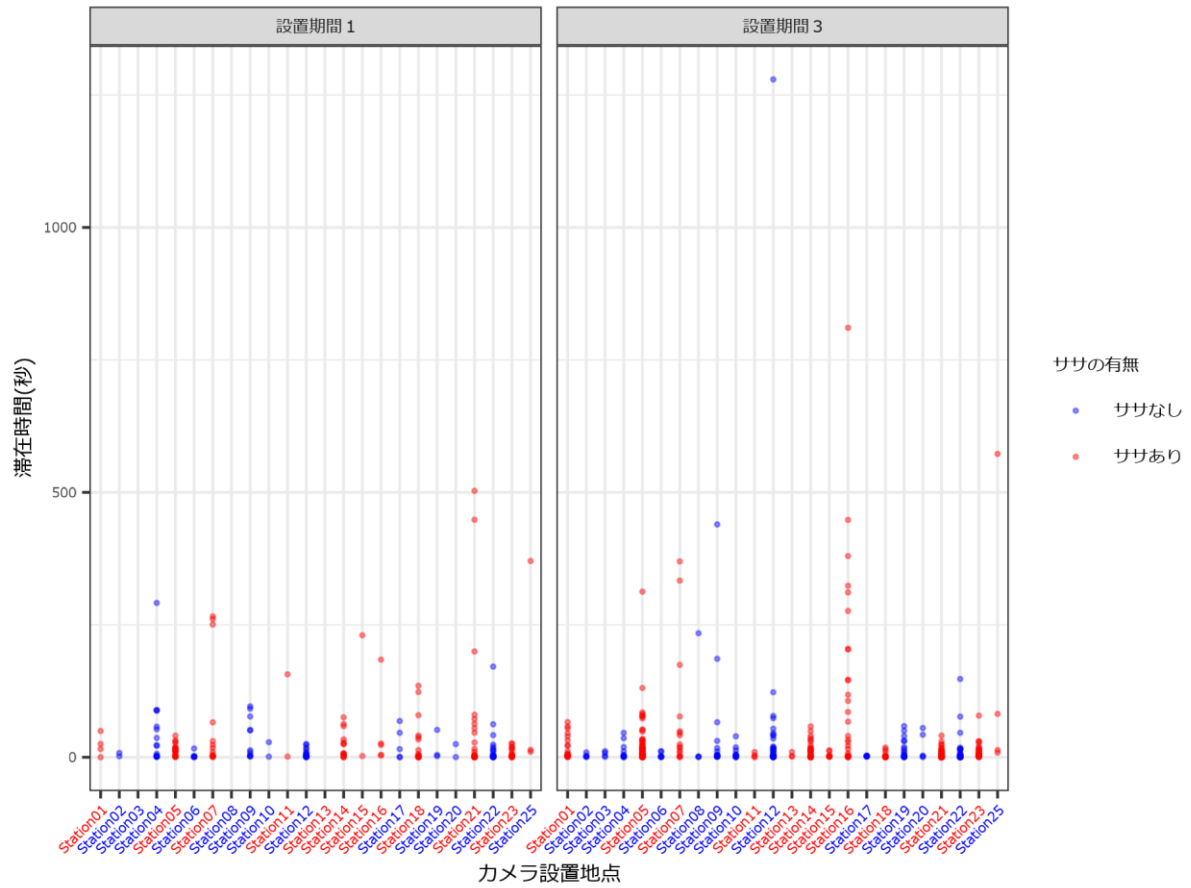


図 4-2-6 カメラ設置地点ごとの滞在時間の分布



写真4-2-1 ササなしの代表的な地点の写真



写真4-2-2 ササありの代表的な地点の写真

③ ササの無い地点のデータのみを用いた推定

仮定を検証するため、ササの繁茂していない地点である 13 地点を抽出し、モデル①を適用して推定を試行した。

推定された値は、すべての設置地点のデータを用いてモデル①を適用した推定値より低くなったが、過大であった（表 4-2-1）。

このため、滞在時間の長期化に関してササの繁茂は大きい要因であることは確かであるものの、その他の要因も関係していることが考えられた。

表 4-2-1 ササのない地点でモデル①を適用した結果（単位は頭/km²）

	平均値	中央値
設置期間1	28.56	27.85
設置期間3	24.84	23.50

④ 箱根地域に合わせた REST 法による調査手法の改良に関する提案

前項の結果から、今後箱根地域で REST 法による調査手法を実施する場合の 3 つの改善策を提案する。

1. 支柱などを用いてカメラを高い位置に設置し、垂直に近い角度で撮影を行うことでササの伐採を最低限に留め、長期滞在を緩和する。
2. ササの繁茂していない地域を抽出し、そこからカメラ設置点選定することでササの繁茂していない部分のみ生息密度を算出する（ササのある地域の生息密度は推し量るに留める）。

※ササの繁茂していない範囲の抽出が課題

3. REST 法を適用するのではなく、シカに GPS 首輪を装着し、移動速度を測定することで REM (Random Encounter Model) (Rowcliffe et al. 2008)を適用する。

巻末資料 1 業務実施計画書

令和 6 年度富士箱根伊豆国立公園箱根地域
駒ヶ岳モデル地区内における REST 法を用いた
シカの生息密度推定調査業務
業務実施計画書



令和 6 年 7 月
株式会社 野生動物保護管理事務所

第 1 章 本業務の実施に係る基本方針

本業務は、箱根地域内でのシカの生息密度の上昇や植生被害の顕在化という直近数年の状況を踏まえ、駒ヶ岳モデル地区内（以下「モデル地区」とする）においてシカの生息密度推定調査を実施し、シカ生息密度を算出することで、モデル地区内において必要な捕獲努力量及び捕獲頭数を設定する基準となる情報を得ることを目的とし、以下を基本方針として実施する。

- 箱根地域において REST 法を用いた生息密度推定が有用であるか検証を行う。
- REST 法を用いた生息密度推定を捕獲期間の前後に実施することによって適切に捕獲の効果を検出できるか検証を行う。
- モデル地区内において得られた基準となる情報（捕獲頭数、捕獲努力量、生息密度等）から箱根地域全体のシカ管理に必要な捕獲努力量や捕獲頭数の算出が可能か検討を行う。

第 2 章 実施内容

1. 業務実施計画書の作成

契約締結後 10 日以内に本業務の実施に係る基本方針、実施内容、実施スケジュール、実施体制（本業務全体の進捗等の管理を行う体制などを含めた）等から構成される本業務実施計画書案を作成し、富士箱根伊豆国立公園管理事務所担当官（以下「環境省担当官」という。）の了承を得る。

2. モデル地区におけるセンサーカメラの設置

モデル地区では昨年度から環境省においてシカの試行的捕獲を実施しており（今年度は別途発注の「令和 6 年度富士箱根伊豆国立公園箱根地域シカ管理検討調査業務」において実施）、その捕獲の効果を経年的に評価するためセンサーカメラ 25 台を用いた REST 法による調査を実施し、ニホンジカの生息密度推定を行う。

（1）使用するセンサーカメラ

本業務において主に使用するセンサーカメラは、Browning 社製 Strike Force Pro X 1080（写真 1）20 台と、Browning 社製 Patriot（写真 2）5 台の計 25 台である。製品仕様は以下のとおりである。

- フロントモニターが着いている
- トリガースピードが 0.25 秒以下である
- リカバリータイムが 0.35 秒である
- カメラの画角が 55 度である
- センサーの反応距離が 30m である
- 夜間照射距離が 33m である
- Strike Force Pro X 1080 には画角の角度調整ができるマウントが付属している。一方、Patriot にはマウントが付属していないが、設置方法を工夫することによって調査に支障をきたすことはない。
- REST 法を用いるために必要な最低限の面積の中において、全ての動物が撮影できるようなものである



写真 1 Browning 社製 Strike Pro X 1080 (正面・側面)



写真 2 Browning 社製 Patoriot (正面・背面)

(2) センサーカメラの設置

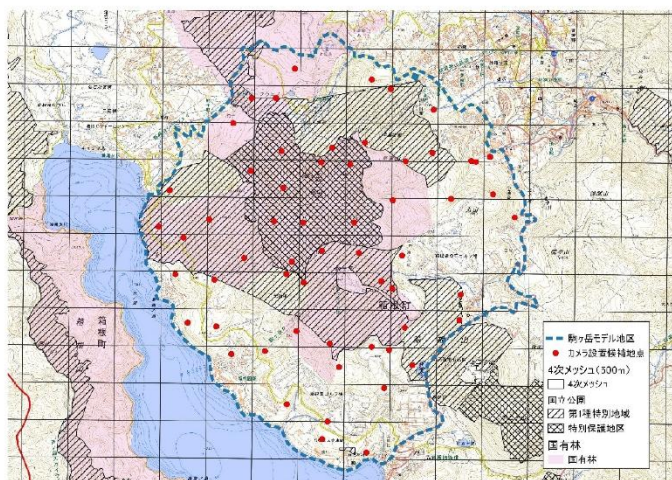
① 設置デザイン

本業務におけるセンサーカメラの設置に関して、兵庫県立大学が発行する「異質環境下におけるシカ・イノシシの個体数推定モデルと持続可能な管理システムの開発 成果報告集」を参考に行う。

モデル地区内でのセンサーカメラの配置は、以下の工程で実施する。

1. 500mのメッシュから駒ヶ岳モデル地区に重なる範囲のポリゴンを抽出
2. 道路のラインから両側 50m のバッファを発生させる
3. モデル地区のポリゴンからバッファ範囲を除去
4. モデル地区のポリゴン内で 500m メッシュごとにランダムにポイントを 1 つ発生
5. ポイントからセンサーカメラ設置可能場所を選別
6. 設置可能場所から再度 25 台分のポイントをランダムに抽出

このようにランダムポイントを発生させて配置するのは、動物の分布や生息地利用に対して偏りが無いようにするためである。意図的に撮影頻度を高めることや動物の行動に影響を与えること、すなわち動物が頻繁に利用する環境や獣道に画角をあわせることや、動物を誘引する物を用いることなどは行わない。モデル地区内には大涌谷など、人間の侵入ができない場所もあることから、カメラの設置に関して、ランダム配置が不可能な場合、上記の条件を満たしている状態であれば、体系的（等間隔で配置する等）な配置で設置を行うこととする。



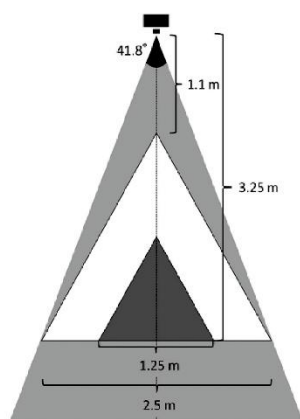
参考：駒ヶ岳モデル地区におけるカメラ設置候補地点

※この中からセンサーカメラの設置が可能なポイントを抽出する。

② 設置方法

センサーカメラの設置については、Nakashima et al. (2018) を参考に、使用するカメラの機種に合わせて有効撮影範囲を設定し、シカの出入りが全て確認できるように設置を行う。

別紙 2 有効撮影範囲



センサーカメラの設置条件

引用： <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13059>

参考：センサーカメラの設置条件（仕様書より抜粋）

③ 設置期間

センサーカメラの設置時期は、8月から9月のうち1か月間、及び12月から2月までのうち1か月間の計2か月間とする（これらの時期は、前記別業務による銃器捕獲が行われず、シカの生息密度が大きく変化しないことが予想される）。

④ センサーカメラの設置許可申請

本業務を行う上で必要となる法令等に基づく許認可等、土地使用承諾等の諸手続きは、関係官庁、土地所有者等に必要性を確認した上で実施する。

想定される許認可申請

土地区分	申請先	備考
国有林	東京神川森林管理署	借地申請は必要なし
町有地	箱根町	
民地	プリンスホテル	

⑤ センサーカメラの設置及び回収

センサーカメラは設置期間ごとに回収（9月及び1月を想定）し、点検及びメンテナンスを行う。

⑥ モデル地区内におけるデータの集計・解析

REST モデルでは、有効撮影範囲を s とし、 s 内で調査期間中において、観察される生息密度を D とする。 s 内における D のシカの累積滞在時間を DsH とし、カメラの撮影頻度の期待値 $E(Y)$ と、カメラ前の滞在時間の期待値 $E(T)$ の積で DsH が表されるため、下記のような式になる。

$$DsH = E(Y) \cdot E(T)$$

つまり、 D は

$$D = E(Y) \cdot E(T) / (sH)$$

と表され、撮影頻度とカメラ前の移動速度から推定することができるため、本業務においても用いることとする。

また、箱根地域ではシカの生息状況の指標としてセンサーカメラの撮影頻度を用いているため、撮影頻度に関しても集計を行う。

3. 結果の整理・集計

モデル地区におけるセンサーカメラを用いた調査の結果を整理・集計し、モデル地区内において捕獲を行うに当たり有効な基準となる生息密度の推定、必要な捕獲努力量及び捕獲頭数の結果をまとめ、令和7年2月14日までに環境省担当官の了承を得る。

4. 打合せ

本業務の実施について環境省担当官と調整するため、適時打合せを行う（原則オンラインで合計4回程度）。打合せ後は速やかに環境省担当官からの指示事項が明確に分かるような打合せ記録を作成し、環境省担当官の了承を得る。

5. とりまとめ

本業務の実施結果について、報告書を取りまとめる。報告書はくすみ製本とし、その表紙及び奥付には、事業名、報告書作成年月、及び受注者名を記載するとともに、環境省請負業務であることを明記する。また、背表紙にも事業名を記載する。

報告書の案は、令和7年2月21日（金）までに環境省担当官に提出する。

においても用いることとする。

また、箱根地域ではシカの生息状況の指標としてセンサーカメラの撮影頻度を用いているため、撮影頻度に関しても集計を行う。

3. 結果の整理・集計

モデル地区におけるセンサーカメラを用いた調査の結果を整理・集計し、モデル地区内において捕獲を行うに当たり有効な基準となる生息密度の推定、必要な捕獲努力量及び捕獲頭数の結果をまとめ、令和7年2月14日までに環境省担当官の了承を得る。

4. 打合せ

本業務の実施について環境省担当官と調整するため、適時打合せを行う（原則オンラインで合計4回程度）。打合せ後は速やかに環境省担当官からの指示事項が明確に分かるような打合せ記録を作成し、環境省担当官の了承を得る。

5. とりまとめ

本業務の実施結果について、報告書を取りまとめる。報告書はくすみ製本とし、その表紙及び奥付には、事業名、報告書作成年月、及び受注者名を記載するとともに、環境省請負業務であることを明記する。また、背表紙にも事業名を記載する。

報告書の案は、令和7年2月21日（金）までに環境省担当官に提出する。

第 3 章
 実施スケジュール及び実施体制

内容	作業項目	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	実行 責任者	備考
(1)	業務実施計画書の作成	●									西村 小川	契約締結後10日以内に作成し、環境省担当官の了承を得る
(2)	設置デザイナーの選定	●									内田 小川 平川	
	モデル地区におけるセンサーカメラの設置	●	●									
	許可申請	●	●									
(3)	センサーカメラの設置		●				●				小川 平川	設置期間ごとに設置
	センサーカメラの回収			●				●				設置期間ごとに回収
	撮影動画の選別			●	●			●			小川 平川	
(4)	モデル地区内におけるデータの集計・解析			●	●			●				
	生息密度の推定							●	●		内田 平川	
	結果の整理・集計								●		小川	令和7年2月14日までに環境省担当官の了承を得る
(5)	打合せ	●			●				●	●	小川	原則オンラインで4回程度
(6)	とりまとめ								●	●	西村 森 小川	・報告書の案を令和7年2月21日までに提出 ・業務履行期限：令和7年3月7日
※	捕獲		●	●							他事業者	参考
	わな 銃			●	●							

令和 6 年度
富士箱根伊豆国立公園箱根地域
駒ヶ岳モデル地区内における REST 法を用いた
シカ生息密度推定調査業務
業務実施計画書

令和 6 年（2024 年）7 月

業務発注者 環境省関東地方環境事務所
〒330-9720 埼玉県さいたま市中央区新都心 1-1
さいたま新都心合同庁舎 1 号館 6 階
電話 048-600-0516

業務請負 株式会社 野生動物保護管理事務所
〒192-0031 東京都八王子市小宮町 922-7
電話 042-649-1385

巻末資料 2 参考データ

1. 再定義した設置期間のデータ

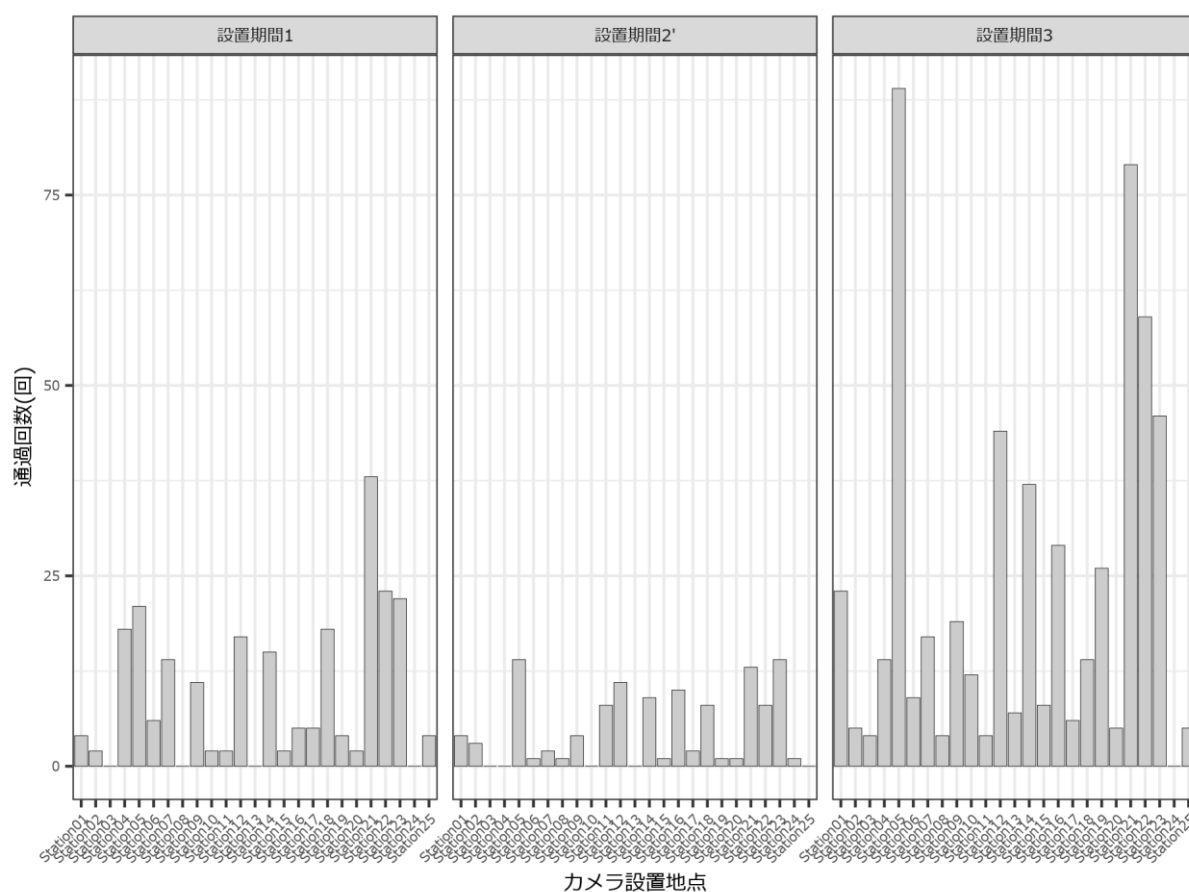
再定義した設置期間ごとのデータを以下に示す。

参考表 1 設置期間ごとの撮影本数

	全体の撮影本数(A)	シカの撮影本数(B)	B/A
設置期間1	2378	1433	0.60
設置期間2'	2109	943	0.45
設置期間3	8735	3087	0.35

参考表 2 設置期間ごとの通過回数

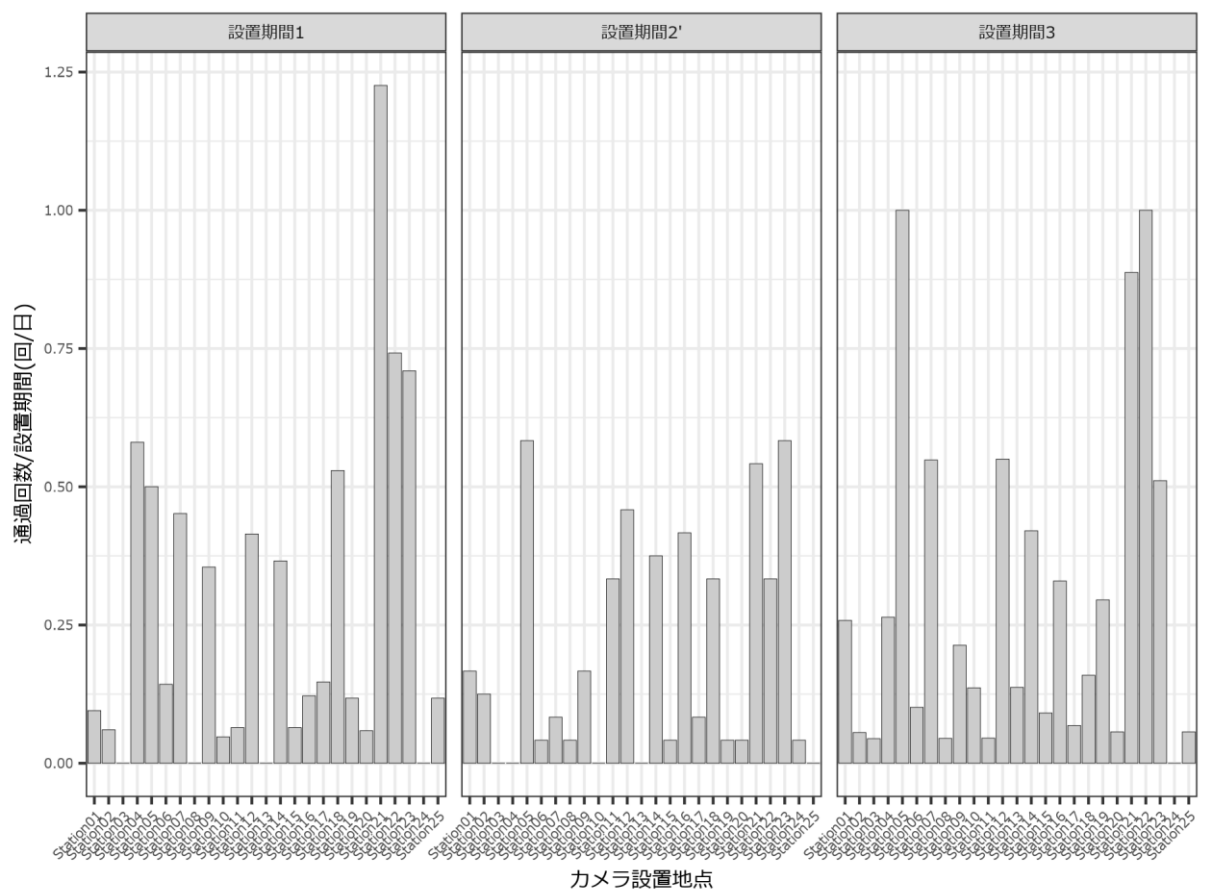
	総通過回数	1地点あたりの通過回数の平均値	通過頻度(回/日)
設置期間1	235	9.4	0.28
設置期間2'	116	5.0	0.21
設置期間3	565	22.6	0.28



参考図 1 各設置期間のカメラ設置地点ごとの通過回数

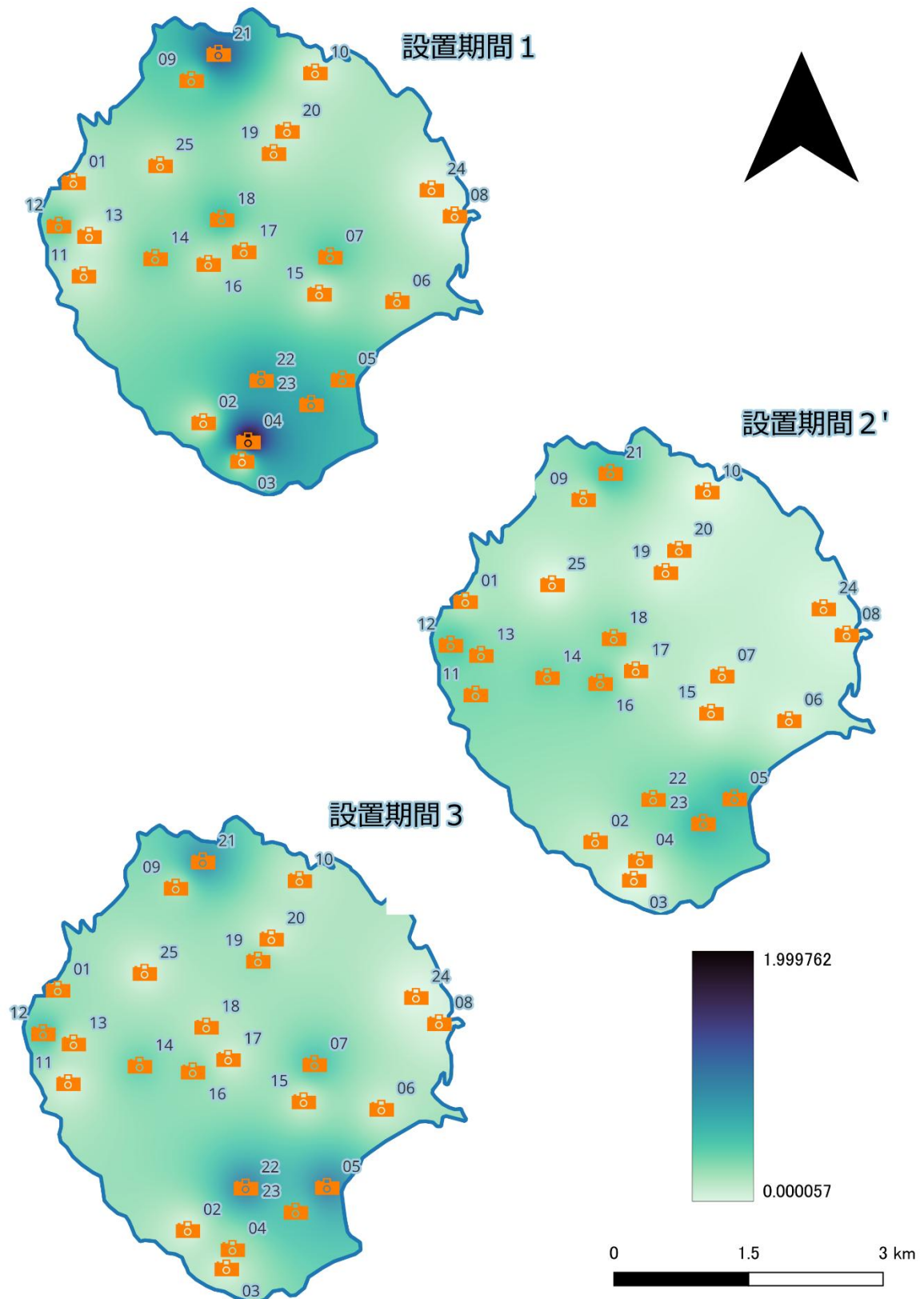
2. データの追加解析

再定義した設置期間のデータをより詳しく解釈するため追加で解析を実施した（参考図2）。縦軸は単位努力量である1日あたりの通過回数を表し、密度指標のRAI（Relative Abundance Induce）と似た値である。本来、RAIは撮影枚数あるいは撮影頭数を撮影努力量（日）で割ったものを指す。RAIはセンサーカメラ眼前の面積が異なることが1つ問題となり、空間的な比較には注意を要するが、有効撮影範囲の通過回数とすることでこれを補正したものと考えることができる。本業務ではこれを補正RAIと呼ぶこととした。



参考図2 各設置期間のカメラ設置地点ごとの補正RAI

各設置期間のカメラ設置地点ごとの補正RAIをIDW(逆距離荷重)法で調査地全体を空間補間したものを参考図3に示す。駒ヶ岳の北部及び南部にシカの密度が高いと思われる場所があることがわかったものの、設置期間ごとの変化の原因まではわからなかった。



参考図3 各設置期間のカメラ設置地点ごとの補正 RAI を IDW(逆距離荷重)法で調査地全体を空間補間したもの

※ただし、IDW 法は完全なランダム設置であることを仮定していることに注意が必要である。

3. 再定義した設置期間の推定生息密度

(1) モデル①

生息密度推定の結果を参考表3に示した。本文中モデル①と同様に長時間の滞在データについて、確率分布（指数分布）を当てはめることで機械的に除外した。また、滞在時間は設置期間の間で不変とした。従って、設置期間1の値は前回報告時と若干値が異なる。

参考表3 設置期間ごとの生息密度推定結果（単位は頭/km²）

	平均値	95%信用区間
設置期間1	90.6	52.8～158.2
設置期間2'	70.4	44.3～112.3
設置期間3	99.7	65.8～151.2

(2) モデル②（滞在時間にカメラ設置地点ごとのランダム効果を入れたモデル）

生息密度の結果を参考表4に示した。本文中モデル①と同様に長時間の滞在データについて、確率分布（指数分布）を当てはめることで機械的に除外した。また、滞在時間は設置期間で不変とした。

参考表4 設置期間ごとの生息密度推定結果（単位は頭/km²）

	平均値	95%信用区間
設置期間1	106	54.5～203.7
設置期間2'	82.1	45.6～148.7
設置期間3	116.5	67.2～205.7

