

表 4-10 8月の測位間隔別の GPS 首輪個体の移動速度

測位間隔	移動速度 (m/当該時間)	標準偏差 (m/当該時間)	移動速度 (km/日)
5分	25.1	31.9	7.2
10分	31.5	36.7	4.4
20分	41.6	51.6	2.8
30分	49.7	52.0	2.3
60分	67.3	60.3	1.5
120分	98.5	86.8	1.2
240分	108.9	76.8	0.7

表 4-11 10月の測位間隔別の GPS 首輪個体の移動速度

測位間隔	移動速度 (m/当該時間)	標準偏差 (m/当該時間)	移動速度 (km/日)
5分	23.1	28.0	6.7
10分	31.2	38.1	4.5
20分	45.4	53.4	3.3
30分	58.5	67.9	2.8
60分	93.8	101.4	2.3
120分	140.5	116.5	1.7
240分	213.2	152.6	1.3

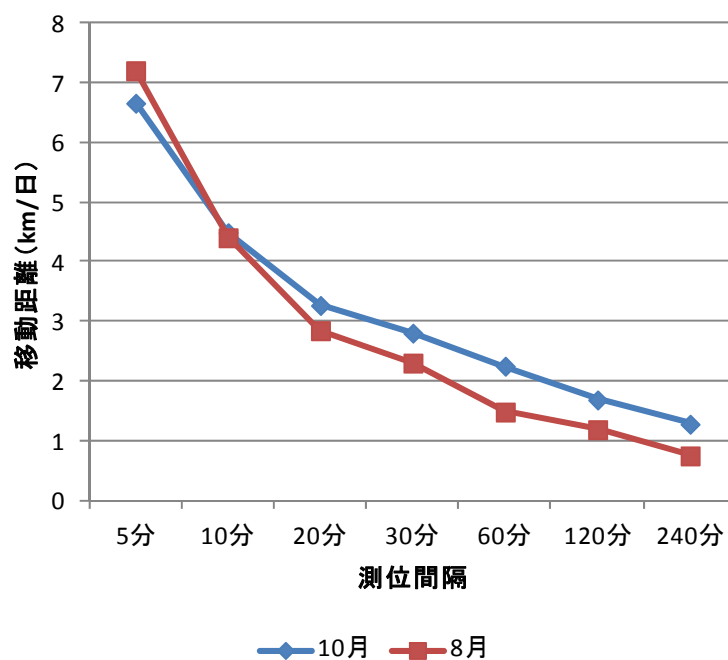


図 4-32 抽出時間間隔別の GPS 首輪個体の移動速度 (km/日)

ii) 測位誤差による移動速度への影響の考慮

定点下で観察された測位誤差距離は、平均 11.03m (標準偏差 11.13m) の測位誤差が確認された。

個体に装着して得られた移動速度について、11.03m の測位誤差距離以下の移動距離だったデータを除いた値を表 4-12、表 4-13 に示した。11.03m の測位誤差距離以下の移動距離だったデータを除いた場合と除かなかった場合について比較したところ、8 月測位データについては、測位間隔が 5~60 分の場合の移動距離に有意差が認められ、120 分以上の場合は有意差が認められなかった (図 4-33、Mann-Whitney U 検定、 $p < 0.05$ で有意)。10 月測位データについては、測位間隔が 5~30 分の場合有意差が認められ、60 分以上の場合は有意差が認められなかった (図 4-34、Mann-Whitney U 検定、 $p < 0.05$ で有意)。

表 4-12 8 月の測位間隔別の GPS 首輪個体の移動距離・速度 (11.03m 以下のデータを除いた場合)

測位間隔	移動距離 (m/当該時間)	標準偏差 (m/当該時間)	移動速度 (km/日)
5分	35.0	35.8	10.1
10分	41.5	39.2	6.0
20分	51.8	54.8	3.7
30分	57.0	52.9	2.7
60分	75.4	59.7	1.8
120分	103.4	86.5	1.2
240分	110.4	76.5	0.7

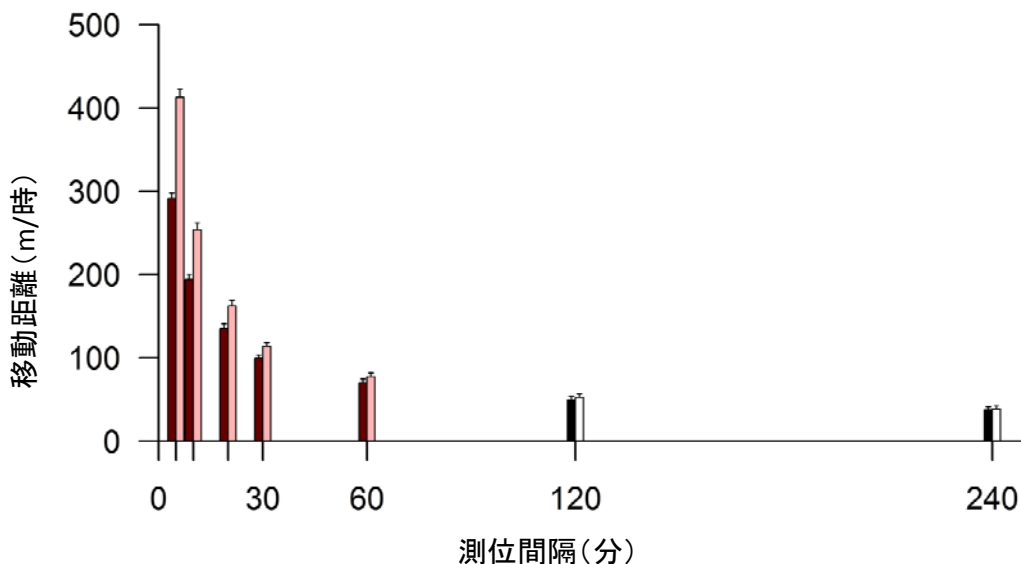


図 4-33 8 月の測位間隔別の GPS 首輪個体の移動距離 (速度) 11.03m 以下のデータを除いた場合と除かなかった場合の比較

暗色棒：すべての測位点から算出した平均移動距離 (速度)
 明色棒：誤差測位点を除して算出した平均移動距離 (速度)
 赤色：移動距離 (速度) に有意な差がある
 エラーバー：標準誤差

表 4-13 10月の測位間隔別の GPS 首輪個体の移動距離・速度 (11.03m 以下を除いた場合)

測位間隔	移動距離 (m/当該時間)	標準偏差 (m/当該時間)	移動速度 (km/日)
5分	32.4	31.2	9.3
10分	40.9	41.2	5.9
20分	55.2	55.7	4.0
30分	68.1	69.8	3.3
60分	99.1	102.2	2.4
120分	145.4	115.7	1.7
240分	213.2	152.6	1.3

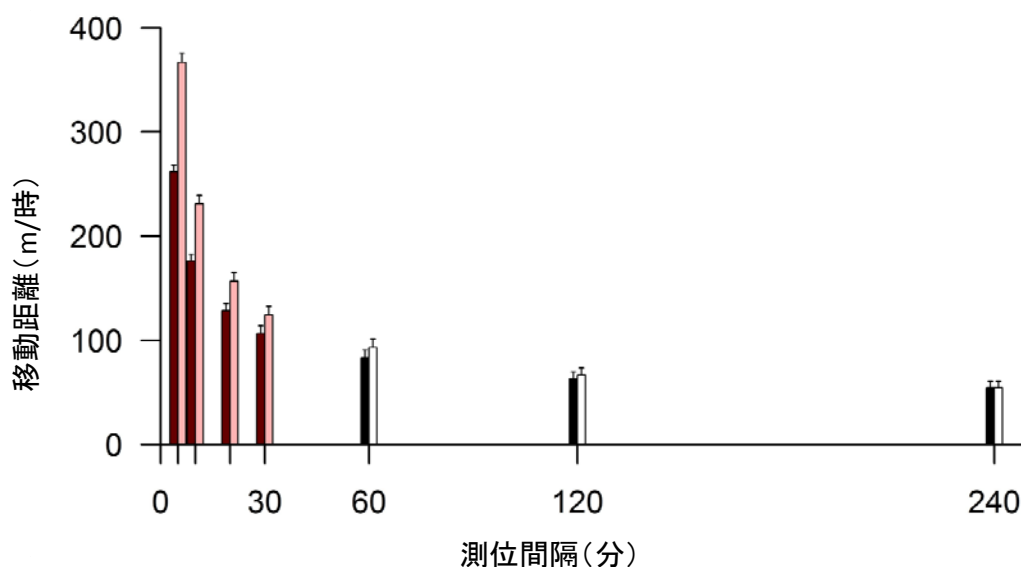


図 4-34 10月の測位間隔別の GPS 首輪個体の移動距離 (速度) 11.03m 以下のデータを除いた場合と除かなかった場合の比較

暗色棒：すべての測位点から算出した平均移動速度
 明色棒：誤差測位点を除して算出した平均移動速度
 赤色：移動速度に有意な差がある
 エラーバー：標準誤差

iii) 生息密度算出に用いる移動速度の検討

ニホンジカの移動は直線的ではなく曲線的であるため、移動速度を把握する場合の測位間隔は長いほど過小評価となる (図 4-35)。一方、固定して測定した測位情報を移動速度として変換すると、移動していないものが移動していることになる。すなわち、測位誤差がある場合、測位間隔が短いほど移動速度は過大評価となる。測位誤差による影響が少なく、かつ、測位間隔の短い 30~60 分間隔で測位された結果から算出した移動速度を使用することが望ましいと考えられる。

国内で REM 法を用いた先行事例である Ikeda (2015) では、3 パターンの測位間隔 (1 時間・2 時間・4 時間) による位置データを用いて閉鎖系の生息密度を推定したところ、1 時間間隔の位置データを用いた場合に、追い出し法により推定した生息密度と同程度の結

果が得られている。先行事例では1時間以下の測位間隔の移動速度の検討は行っていないものの、本調査で得られた結果と同程度の測位間隔であったことについては、本調査の30～120分間隔で測位された結果から算出した移動速度の使用を支持する情報といえるだろう。

過去に大台ヶ原では4時間間隔でGPS首輪による行動調査を行っており、これらから得られる月別、個体別の移動速度(km/日)には個体差、季節的な差が確認されているため(図4-36、図4-37、環境省, 2015)、今回得られた値は個体や季節によって変動するものである事に留意が必要である。

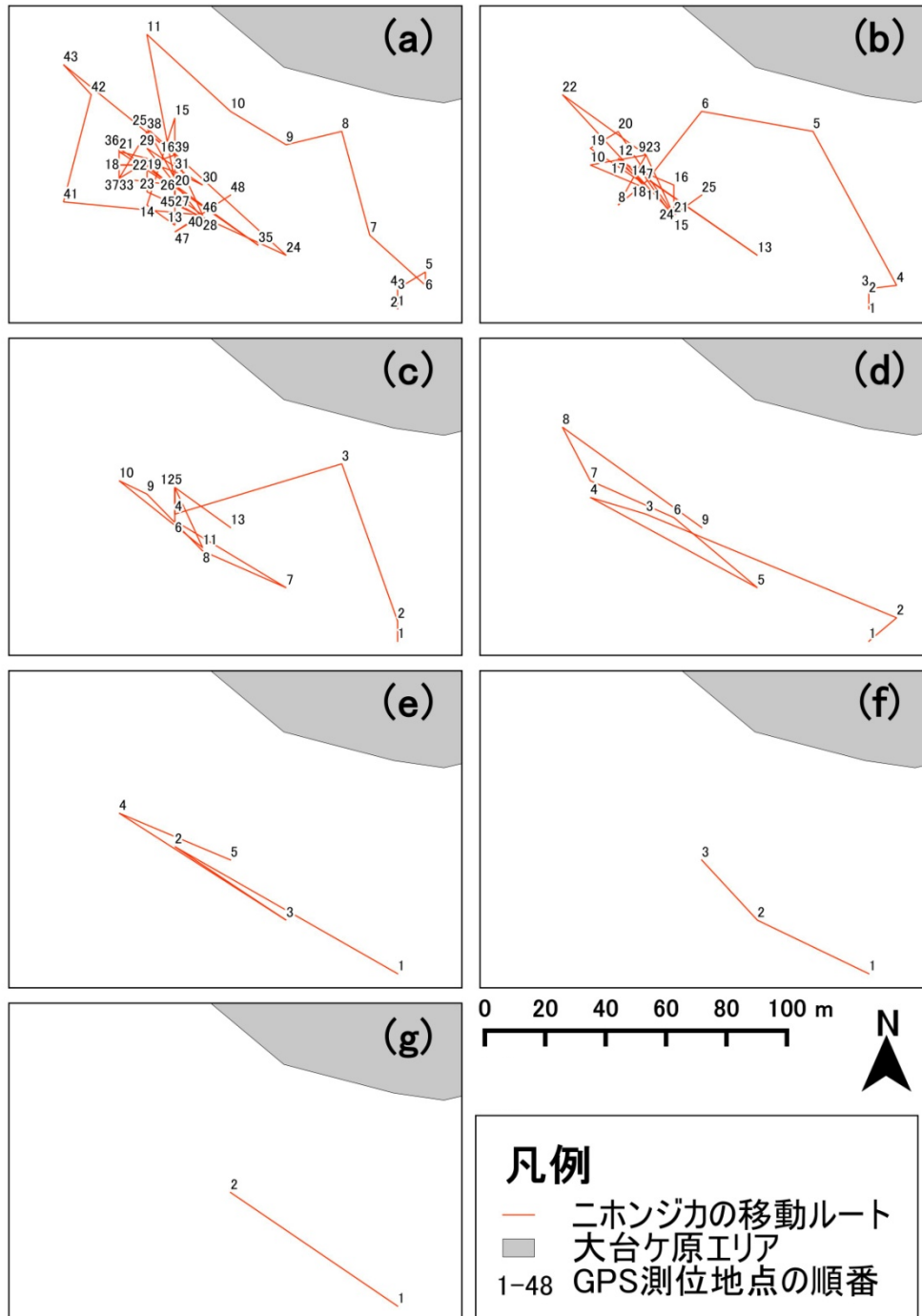


図 4-35 測位間隔ごとの移動軌跡の比較 (a-g : 5、10、20、30、60、120、240 分間隔)
GPS 首輪測位結果の一部を抜粋して作成

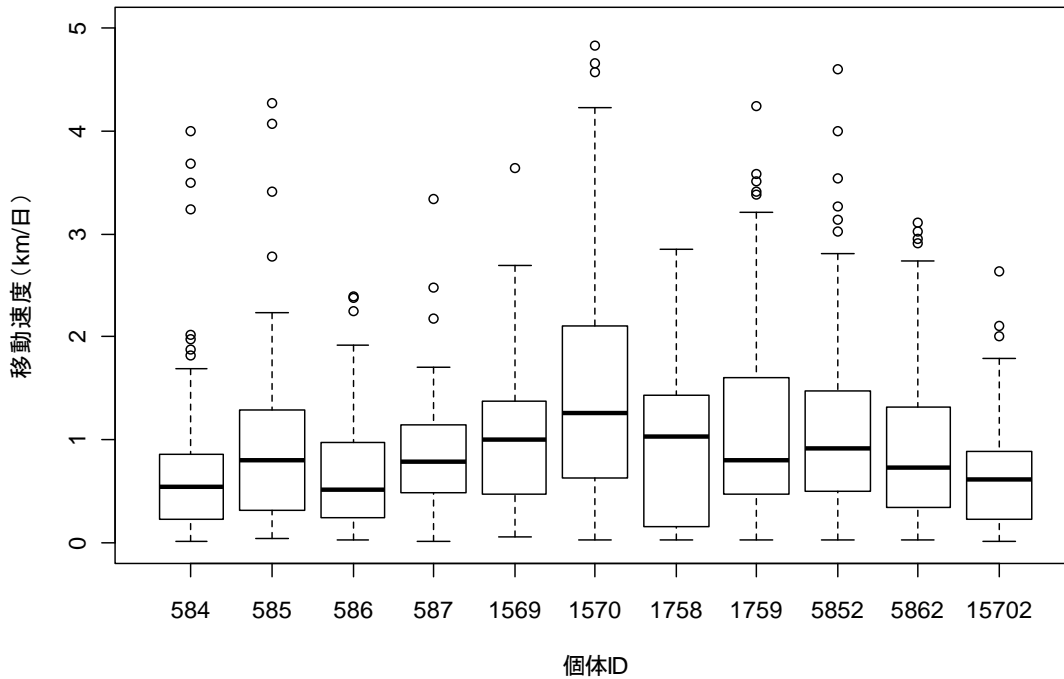


図 4-36 過去に GPS 首輪を装着した個体ごとの移動速度 (km/日) の比較

※4-11月の4時間測位データより算出

※測位間隔は4時間

※箱内の直線は中央値を、箱は25~75%の範囲を表している。また、箱から上下に延びる直線はそれぞれ最大値、最小値を表している。なお、図中の○は外れ値である。

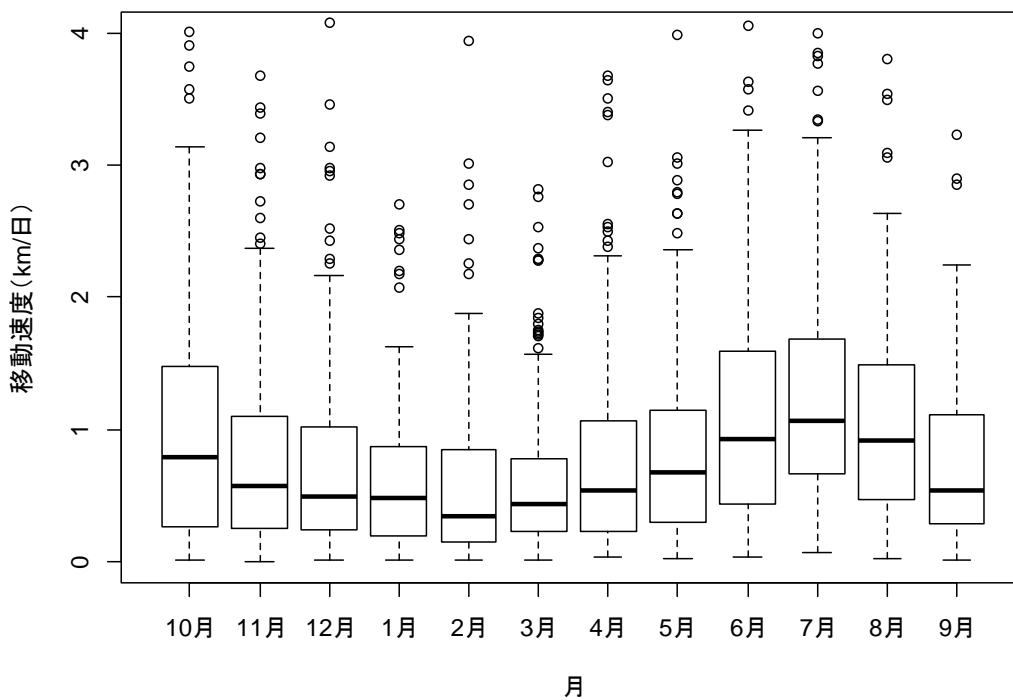


図 4-37 過去に GPS 首輪を装着した季節毎の移動速度 (km/日) の比較

※測位間隔は4時間

※箱内の直線は中央値を、箱は25~75%の範囲を表している。また、箱から上下に延びる直線はそれぞれ最大値、最小値を表している。なお、図中の○は外れ値である。

③生息密度の算出

カメラトラップ法による密度推定に用いたパラメータのうち、カメラトラップ調査から得られたものについて表 4-14 に示した。これらの結果を用いて、誤差の有無によって有意差が確認されない最小の測位間隔（1 時間）で得られた移動速度を代入して得られた結果を表 4-15、図 4-38 に示した。

REM 法による生息密度の月変化では、夏期にピークを迎え、その後再び低下する傾向を示した。この傾向は平成 26（2014）年、平成 27（2015）年とも共通して見られた（図 4-39）。大台ヶ原に生息するニホンジカの多くの個体が 6 月に出産することがこれまでのモニタリングにより明らかになっており、出産期直後と生息密度のピークの時期が一致する。一方で、秋期から冬期の季節移動は早くても 10 月から始まるため、7 月以降の生息密度の低下に冬期の季節移動が関係しているとは考えにくく、発情期に關係する行動の変化や捕獲による生息密度の低下が影響している可能性がある。

今回算出した 9 月、10 月の REM 法による平均生息密度はそれぞれ 5.7 頭/km²（標準偏差 7.3）、6.8 頭/km²（標準偏差 8.4）であり、本年度別業務で実施された糞粒法による緊急対策地区の平均生息密度 6.7 頭/km²（標準偏差 6.3）に近い値を示した。ただし、調査手法ごとにそれぞれの値が示す特性が異なるため、一致することを追求する必要性は低い。REM 法の生息密度はその時期（月）の生息密度を反映するのに対し、糞粒法の生息密度は通年排出された糞粒が分解されつつ堆積したものがカウントされて生息密度に換算される。この結果、REM 法の生息密度は、夏期に糞粒法の生息密度よりも高い値を示し、冬期近くには糞粒法の生息密度よりも低い値を示す。REM 法から得られる生息密度値は、カメラトラップ法の特性を踏まえて評価する必要がある。また、これまで把握できなかった植生への影響が高まる夏期の生息密度指標として活用できるものと期待される。

表 4-14 密度推定に用いたカメラトラップ調査から得られたパラメータ

パラメータ	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
g（頭）	1.34	1.22	1.29	1.23	1.10	1.10	1.25	1.14
y（枚）	2.1	10.8	13.2	16.5	17.2	12.0	13.2	7.0
t（日）	30	31	30	31	31	30	31	30

表 4-15 平成 27（2015）年度に調査した個体の移動速度を用いた月別の REM 法によるニホンジカの生息密度（頭/km²）

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
中央値	0.8	3.0	4.7	4.7	7.5	4.3	4.1	2.0
平均値	1.6	7.2	9.6	11.1	10.4	5.7	6.8	3.4
標準偏差	2.1	10.1	15.7	21.2	10.4	7.3	8.4	3.8

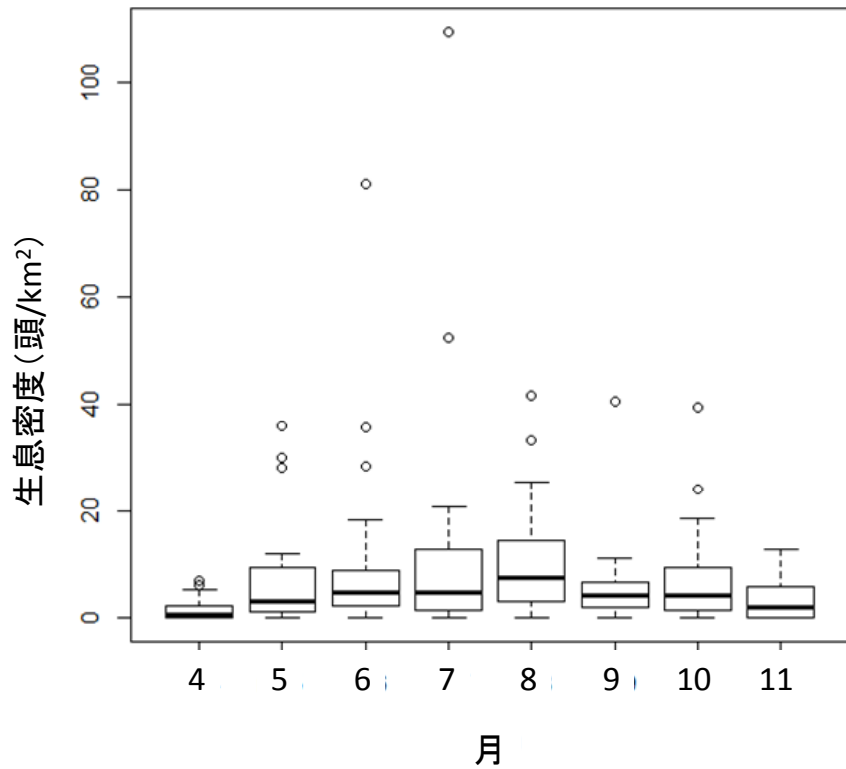


図 4-38 平成 27 (2015) 年度に調査した個体の移動速度を用いた月別の REM 法によるニホンジカの生息密度 (頭/km²)

GPS 首輪により 1 時間おきに測位した位置データから得た移動速度をパラメータとして使用
箱内の直線は中央値を、箱は 25~75%の範囲を表している。また、箱から上下に延びる
直線はそれぞれ最大値、最小値を表している。なお、図中の○は外れ値である。

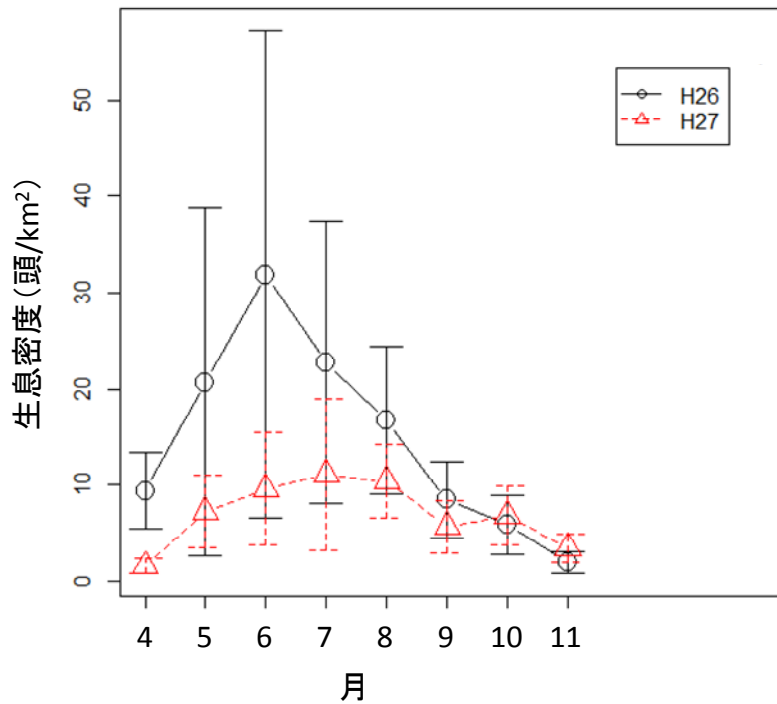


図 4-39 REM 法によるニホンジカの生息密度 (頭/km²、平成 26(2014)年、平成 27(2015)年)

GPS 首輪により 1 時間おきに測位した位置データから得た移動速度をパラメータとして使用
エラーバーは 95%信頼区間を示す

(7) 年間捕獲目標頭数の設定

第3期保護管理計画では、緊急対策地区内の目標生息密度を暫定的に5頭/km²とするため、毎年度別業務で実施される糞粒法調査結果を基に推移行列によるシミュレーションを行い、翌年度の捕獲目標頭数を決定することとしている。このため、平成28(2016)年度の捕獲目標頭数についても、第3期保護管理計画に基づき検討を行った。

1) 目標生息数

緊急対策地区内の目標生息密度は、植生の状況とシカの生息密度を基準に決定すべきであるが、その基準は今後の植生状況モニタリングとシカ生息状況モニタリングにより明らかになるものであるため、暫定的に5頭/km²(糞粒法による推定生息密度)として維持することを目標としている。その場合、緊急対策地区、及び有効捕獲面積を考慮した地域(図4-40)における目標生息数は以下のとおりとなる。

●緊急対策地区における目標生息数(糞粒法調査結果に基づく)

緊急対策地区面積：7.03km²

目標生息密度：5頭/km²

目標生息数：7.03km²×5頭/km²=35頭

●有効捕獲面積を考慮した地域(緊急対策地区を含む)における目標生息数(糞粒法調査結果に基づく)

有効捕獲面積を考慮した地域(緊急対策地区を含む)面積：23.24 km²

目標生息密度：5頭/km²

目標生息数：23.24 km²×5頭/km²=116頭

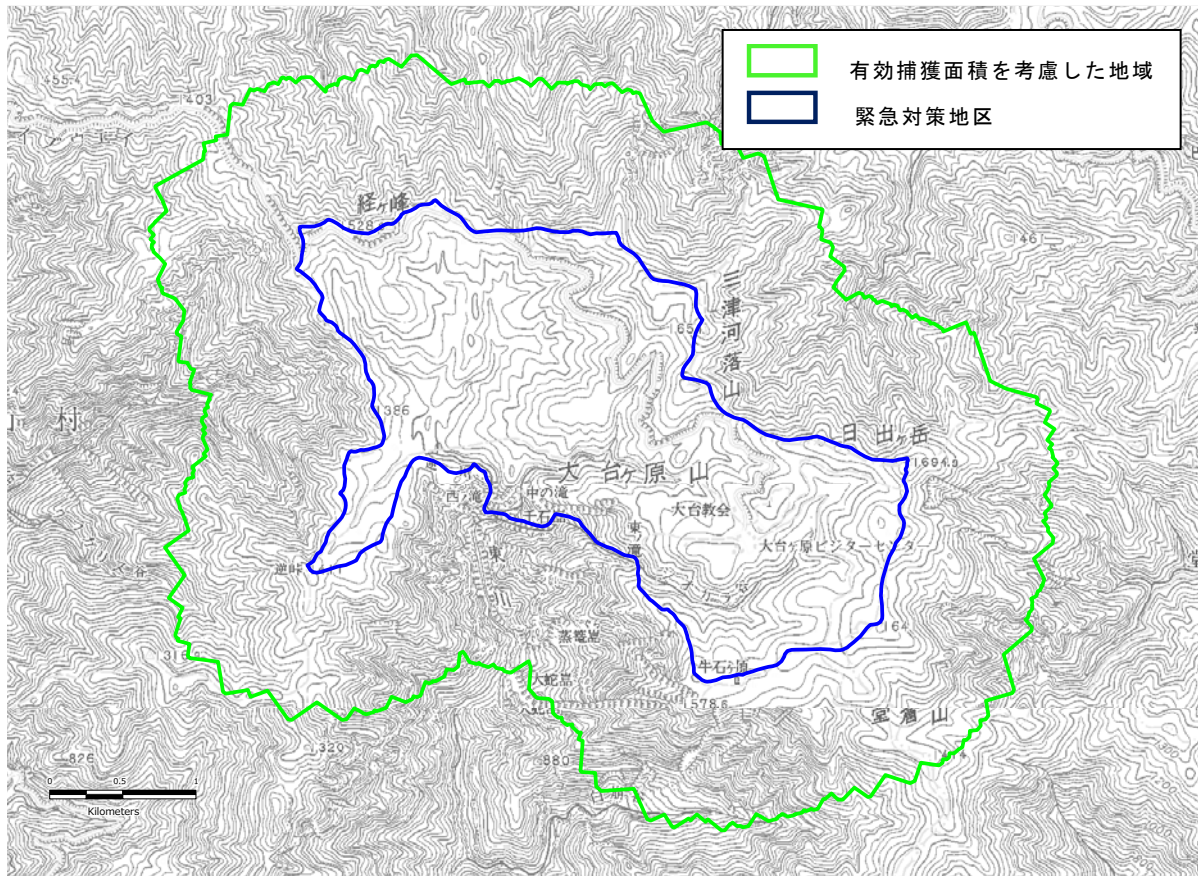


図 4-40 緊急対策地区及び有効捕獲面積を考慮した地域

2) 平成 27 (2015) 年度の推定生息数

平成 27 (2015) 年 10 月に実施された糞粒法による生息密度の結果は、有効捕獲面積を考慮した地域の全地点の平均生息密度が 7.9 頭/km² (標準偏差 8.5 頭/km²) であり、平成 26 (2014) 年度の 7.4 頭/km² と比べて若干増加した結果となった。

緊急対策地区の平均値では平成 26 (2014) 年度が 8.9 頭/km² だったのに対し、平成 27 (2015) 年度は 6.7 頭/km² と減少した。

これらの糞粒法による調査結果から、密度面積法 (山田・北田, 1997) により緊急対策地区及び有効捕獲面積を考慮した地域の生息数を推定した (表 4-16)。緊急対策地区及び有効捕獲面積を考慮した地域のいずれも、推定生息数の中央値が目標生息数を上回る結果となった。

表 4-16 平成 27 (2015) 年度糞粒法調査結果に基づく推定生息数

地域	面積	推定生息数 (最小値～最大値[中央値])	目標生息数 (5 頭/km ²)
緊急対策地区	7.03km ²	21～73[47]頭	約 35 頭
有効捕獲面積を 考慮した地域	23.24km ²	101～265 [183]頭	約 116 頭

※推定生息数の信頼限界は 95%

3) 捕獲目標頭数の検討

以下の4パターンにしたがって、翌年度の生息数が目標生息数である116頭以下となる捕獲数を、推移行列を用いたシミュレーションにより求めた。

- ① 現在の推定生息数が中央値 → 翌年度の中央値が目標生息数以下
- ② 現在の推定生息数が中央値 → 翌年度の最大値が目標生息数以下
- ③ 現在の推定生息数が最大値 → 翌年度の中央値が目標生息数以下
- ④ 現在の推定生息数が最大値 → 翌年度の最大値が目標生息数以下

※最大値は95%信頼限界における95%点の数値のこと。

計算の流れと各パラメータの設定状況を図4-41に示した。平成27(2015)年度の捕獲個体の妊娠率は80%を下回ったが、暫定的に従来と同じパラメータ値を使用した。シミュレーションを行う上で、性・齢区分ごとの捕獲数は、今年度の捕獲数に占める各区分の割合を基に設定した。また、出産前後の捕獲数の配分も今年度の捕獲実績にならい設定した(表4-17)。

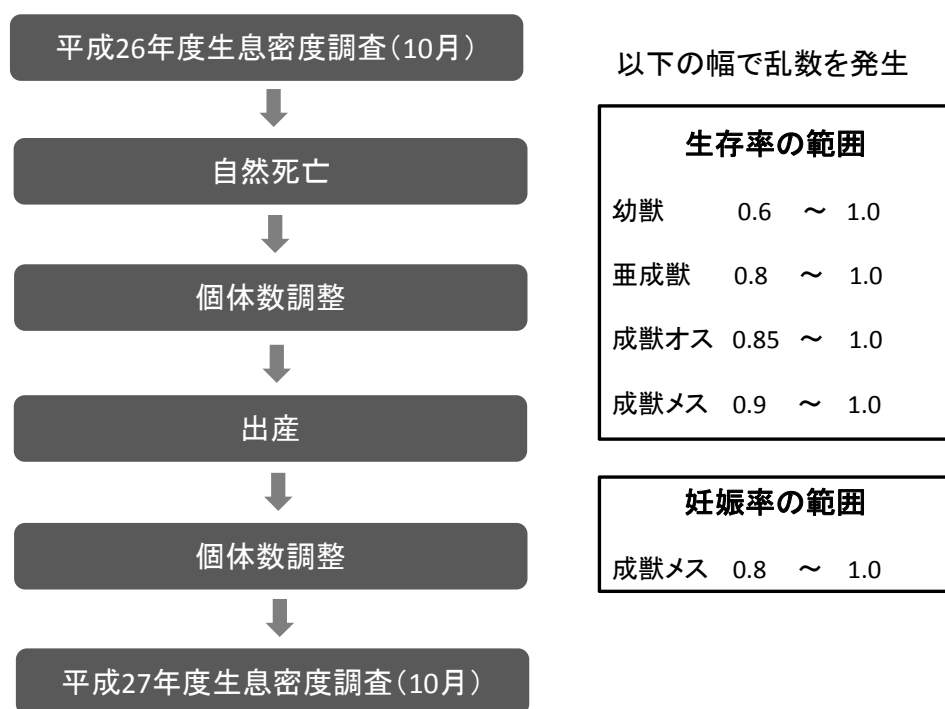


図4-41 シミュレーションのイベントイメージと各パラメータの設定

表 4-17 平成 28(2016)年度捕獲数構成比に使用した平成 27(2015)年度の捕獲個体の構成比

齢区分	5月までの構成比		6月から10月までの構成比	
	オス	メス	オス	メス
亜成獣	0.030	0.020	0.149	0.079
成獣	0.050	0.020	0.307	0.257
幼獣	0.000	0.000	0.040	0.050

計算結果を表 4-18 に示した。目標達成のために必要な捕獲頭数はパターン①が 90 頭、パターン②が 119 頭、パターン③が 186 頭、パターン④が 225 頭であった。

平成 27 (2015) 年度の捕獲目標頭数を検討する際には、パターン①～④についてシミュレーションを実施し、捕獲目標頭数をパターン①の 84 頭に設定し、努力目標としてパターン③の 134 頭を設定した(表 4-19)。平成 27 (2015) 年度の捕獲頭数は 104 頭であり捕獲目標を達成したが努力目標である 134 頭には達せず、推定生息数のうち最小値は目標生息数である 116 頭を下回ったものの、推定生息数の中央値及び最大値は目標生息数まで低減しなかった。成獣メスの捕獲数実績が 27 頭と捕獲目標、努力目標に達したものの、やはり全体の捕獲数が不足したこと、捕獲の効果が緊急対策地区外まで及ばなかったことが理由と考えられる。これらの点を考慮し、平成 28 (2016) 年度の捕獲目標頭数は、パターン②の 119 頭からパターン③の 186 頭の間で設定することが妥当であると考えられた。また、捕獲する地域についても生息密度が高い地域に集中するなどの工夫も必要と考えられた。

表 4-18 平成 28 (2016) 年度のシミュレーション結果

パターン	捕獲数	うち成メス数
①	90 頭	25 頭
②	119 頭	33 頭
③	186 頭	52 頭
④	225 頭	62 頭

表 4-19 平成 27 (2015) 年度のシミュレーション結果

パターン	捕獲数	うち成メス数
①	84 頭	17 頭
②	95 頭	19 頭
③	134 頭	27 頭
④	149 頭	30 頭

※平成 26 (2014) 年度の有効捕獲面積を考慮した地域の推定生息数：127～218[中央値 172]頭

(8) 大台ヶ原自然再生推進委員会等への報告

本業務の実施状況および結果について、『大台ヶ原自然再生推進委員会』及び『森林生態系・ニホンジカ保護管理合同ワーキンググループ』に出席して以下の事項を報告し、必要な助言を受けた。

①平成 27 年度大台ヶ原自然再生推進委員会森林生態系・ニホンジカ保護管理合同ワーキンググループ（第 1 回）

日時：平成 27（2015）年 8 月 12 日

報告事項：

- これまでの牛石ヶ原におけるニホンジカ搬出処理方法等について

②平成 27 年度大台ヶ原自然再生推進委員会森林生態系・ニホンジカ保護管理ワーキンググループ（第 2 回）

日時：平成 27（2015）年 10 月 19 日

報告事項

- 大台ヶ原ニホンジカ個体数調整の結果等について
- カメラトラップ法によるニホンジカの生息状況調査の結果等について
- 大台ヶ原ニホンジカ搬出処理方法等検討業務について（中間報告）
- ニホンジカによる植生への影響調査について
- 次年度以降のニホンジカ個体数調整の計画等について

③平成 27 年度大台ヶ原自然再生推進委員会森林生態系・ニホンジカ保護管理ワーキンググループ（第 3 回）

日時：平成 27（2015）年 12 月 21 日

報告事項

- 平成 27 年度ニホンジカ生息状況調査及び捕獲個体モニタリング調査結果について
- カメラトラップ法によるニホンジカの密度推定について
- 平成 28 年度ニホンジカ個体数調整について
- 搬出処理方法等の検討について
- ニホンジカによる植生への影響調査について

④平成 27 年度 大台ヶ原自然再生推進委員会

日時：平成 28（2016）年 2 月 23 日

報告事項：

- 大台ヶ原自然再生事業における平成 27 年度業務実施結果（ニホンジカ部分）
- 大台ヶ原自然再生事業における平成 28 年度業務実施計画（案）（ニホンジカ部分）

5. 今後の課題

(1) ニホンジカの個体数調整について

糞粒法による調査結果では、緊急対策地区内で生息密度の減少傾向が認められた（平成 26（2014）年度：8.9/km²、平成 27（2015）年度：6.7/km²）。しかし、緊急対策地区内の地区別には、東大台地区で生息密度が増加しており（平成 26（2014）年度：11.0/km²、平成 27（2015）年度：13.1/km²）、また、緊急対策地区を除く有効捕獲面積を考慮した地域内でも生息密度が増加していた（平成 26（2014）年度：5.6/km²、平成 27（2015）年度：9.4/km²）。目標生息密度（5 頭/km²）の実現に向けて、一層の生息密度低減に向けて地区別の捕獲の強化が必要である。

捕獲目標頭数を検討するためのシミュレーションでは、捕獲の実施対象地域である緊急対策地区内の推定生息数以上の捕獲が求められており、カメラトラップ調査結果と搬出困難度を考慮して、生息密度の高い地域や時期における効率性の高い捕獲を実施する必要がある。

カメラトラップ調査結果を用いた REM 法による推定生息密度は季節変化があり、夏期に生息密度が高いことが示唆された。夏期に重点的に捕獲を実施することが効率性の高い捕獲となることが改めて確認され、夏期の生息密度を基準に捕獲目標頭数を定めることで、より確実な生息密度の低減と植生への影響軽減につながると考えられた。ただし、カメラトラップ調査による利用頻度結果を平成 26（2014）年度と平成 27（2015）年度で比較すると年変動が大きく、夏期の生息密度に基づく目標捕獲頭数の設定については、捕獲頭数の実現可能性の点が課題となる。夏期の生息密度の経年変動の要因の解明、もしくは経年変動を考慮した捕獲目標頭数の設定について、今後のモニタリング結果を踏まえながら検討していく必要がある。

また、カメラトラップ調査により、雌雄の分布に空間的な偏りがあることが明らかになった。現在主に用いている捕獲手法は捕獲対象を選択できないくくりわなであるが、4月から8月までの性的棲み分けが起こる時期に成獣メスのみが多く確認される地域において捕獲を実施することにより、生息密度低減効果の高い成獣メスの捕獲を促進することが可能となることが期待される。

以上、低密度下での地区別の捕獲強化、夏期の生息密度を基準とした捕獲目標頭数の設定、性的棲み分けを利用した成獣メス捕獲強化といったこれまでの知見に基づく捕獲方針の運用がどこまで実現可能で、どのような課題があるか、平成 28（2016）年度以降の捕獲実施状況と生息状況のモニタリングにより明らかにしていく必要がある。

(2) カメラトラップ法について

平成 26（2014）年度から新たに実施したカメラトラップ法による推定生息密度の算出の課題であった移動速度について、平成 27（2015）年度に実施した移動速度把握のための GPS テレメトリー調査により時間間隔の短い測位データを基に改善が図られた。

結果的に 10 月に実施した糞粒法による生息密度とカメラトラップ調査結果を用いた REM 法による生息密度は近い値を示したが、各手法から算出される生息密度はそれぞれの手法の特性が反映されるため、値の示す意味を踏まえて用いる必要がある。すなわち、糞粒法の生息密度は通年排出された糞粒が分解されつつ堆積したものがカウントされて生

息密度に換算されるのに対し、カメラトラップ調査結果を用いた **REM** 法による生息密度は 1 ヶ月間の生息状況を反映した生息密度が算出される。これらの特性を踏まえて、大台ヶ原ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画（第 4 期）（仮称）の目標設定について検討を行うとともに、継続してカメラトラップ法の妥当性について検証していく必要がある。

6. 引用文献

- Clutton-brock, T. H. G. R. Iason' and F. E. Guinness. 1987. Sexual segregation and density-related changes in habitat use in male and female Red deer (*Cervus elaphus*). *J. Zool., Lond.* 211, 275-289.
- 池田敬・松浦友紀子・高橋裕史・吉田剛司・村井拓成・梶光一. 2013. カメラトラップ法を用いた密度推定手法のニホンジカ個体群への実用性. 日本哺乳類学会 2013 年大会講演要旨集.
- Ikeda, T., Takahashi, H., Yoshida, T., Igota, H. and Kaji, K.. 2013. Evaluation of camera trap surveys for estimation of sika deer head composition. *Mammal Study* 38(1): 29-33.
- Ikeda, K. 2015. Evaluation of the utility in camera of the utility in camera-trap survey for wildlife population management ~Examination for sika deer (*Cervus nippon*). Ph.D. thesis.,Tokyo University of Agriculture and Technology. 81p.
- Jacobson, H. A., J. C. Kroll, R. W. Browning, B. H. Koerth, and M. H Conway. 1997. Infrared-triggered cameras for censusing white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 25:547-556.
- 姜兆文・山根正伸・今野建志郎・山田雄作. 2011. 個体識別の必要ないカメラトラップによるシカ生息密度評価法. 日本生態学会第 58 回全国大会講演要旨集.
- 環境省近畿地方環境事務所. 2014. 平成 25 年度大台ヶ原自然再生事業動物モニタリング業務報告書. 829p.
- 環境省近畿地方環境事務所. 2015. 平成 26 年度大台ヶ原ニホンジカ個体数調整業務報告書. 56p.
- 小泉透・柴田叡弐・田畑勝洋. 1994. 第 5 章大台ヶ原におけるニホンジカの生息状況について 第 1 節 ニホンジカの生息実態調査. 大台ヶ原地区トウヒ林保全対策事業実績報告書 -平成元年～5 年度事業-. p35-42. 環境庁自然保護局、吉野熊野国立公園管理事務所.
- Kruuk, LE., Clutton-Brock, TH., Albon, SD., Pemberton, JM., Guinness, FE. 1999. Population density affects sex ratio variation red deer. *Nature*, 399:459-461.
- 前地育代. 1998. 大台ヶ原におけるニホンジカ (*Cervus nippon*) の季節的生息分布と森林利用様式. 名古屋大学大学院修士論文.
- Riney, T. 1955. Evaluating condition of free-ranging red deer (*Cervus elaphus*) with special reference to New Zealand. *J.Sci.&Tech.,Sect B*, 36:429-463.
- Rovero, F. and Marshall, A. R. 2009. Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology*. 46:1011-1017.
- Rowcliffe, J. M., Juliet F., Turvey, S. T. and Carbone C. 2008. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology*. 45:1228-1236.
- Watts, D.E., Parker, I. D., Lopez, R. R., Silvy, N.J. and Davis, D. S. 2008. Distribution and abundance of endangered Florida Key deer on outer islands. *Journal of Wildlife Management* 72: 360-366.

山田作太郎・北田修一. 1997. 生物資源統計学. 263p.