

令和 6 年度厚生労働科学研究費補助金  
 (新興・再興感染症及び予防接種政策推進研究事業)  
 (分担) 研究報告書

狂犬病のリスク評価とそれを用いた提言

研究分担者 西浦 博 (京都大学)  
 研究協力者 雨宮 優理 (京都大学)

研究要旨

狂犬病予防法が昭和 25 年に施行され、我が国では 60 年以上国内におけるヒトでの感染事例はない。狂犬病の予防手段として、犬の狂犬病予防接種割合を 70%以上に保つことが推奨されている。日本では飼い犬の狂犬病の予防接種は毎年の義務とされるが、2022 年度での達成接種割合は 70.9%であった。犬の接種割合は近年減少傾向にあり、この接種割合の算出において未登録犬の情報は含まれていない。未登録犬は飼い犬の中での未登録犬だけでなく、ヒトの住居や食べ物に依存せずに生きているノイヌや人に依存しながら生存しているノライヌが含まれる。ノイヌやノライヌの存在は公衆衛生上、重要な課題である。また、もしも狂犬病が飼い犬で発症した場合、自力で脱走できる環境かどうかはその後のアウトブレイクサイズに大きく影響する。したがって、飼い犬集団内での脱走頻度や脱走しやすい犬の特徴を明らかにすることは今後の健康危機管理上、重要である。

本研究は狂犬病のリスクが高いノイヌとノライヌの個体群動態を殺処分数、譲渡数、返還数の時系列データを用いて推定することを目標とする。また、飼い犬の脱走に関連する因子を明らかにすることを目標とする。ノイヌやノライヌ、脱走犬など狂犬病の感染拡大において高いリスクを持つ集団の特徴や個体群数を明らかにすべく研究作業に取り組んだ。

3年目となる令和6年度には、ノイヌとノライヌのそれぞれの集団における繁殖可能な個体と不可能な個体ごとの個体群動態の推定を可能とした。また、ノイヌ・ノライヌの捕獲努力や去勢・不妊手術実施割合が変化した場合の個体群数の変化を予測することを可能とした。また、脱走頻度や脱走しやすい犬やその飼い主、飼育環境を明らかにした。分析そのものの妥当性について疫学を専門にする立場から分析し、その結果を研究班会議で提供した。定期的に開催した研究班会議では分析結果について他の研究班員と共有し、これまでに積み重ねられてきた研究で不足している点や諸外国での研究結果について検討を要する

A. 研究目的

本研究の目的はノイヌとノライヌの捕獲データから各年の個体群動態を推定し、捕獲や去勢・不妊手術の実施割合の変化に伴う個体群動態の変化を定量化することである。また、現在飼育されている犬における脱走頻度に関する実態と犬の飼い主の特徴や飼育環境との関連を評価することである。

B. 研究方法

ノイヌとノライヌの個体群動態推定において、環境省が公表している動物愛護管理行政事務提要用いた。2010 年から 2022 年の徳島県における各年の幼齢犬、成熟犬それぞれの捕獲数、殺処分数、返還数のデータを用いて、図 1 のような Hidden Markov モデルを用いて、個体群動態を再構築した。本研究ではノイヌ幼齢集団、ノイヌ成熟集団、ノライヌ幼齢集団、ノライヌ成熟集団の 4 集団の個体群動態を再構築した。生後一年以内の繁殖不可能な犬を幼齢

犬と定義し、ノイヌ幼齢犬生存率を 30%、ノライヌ幼齢犬の生存率を 85%、ノイヌ成熟犬生存率を 55%、ノライヌ成熟犬の生存率を 60%とし、各集団の捕獲確率  $\beta$ 、繁殖力  $f$ 、各年の譲渡割合  $p$ 、殺処分割合  $q$ 、ノライヌのみ考慮する返還割合  $r$  を推定パラメーターとした。次に、4つの集団の個体群はそれぞれ一定の割合で捕獲され、譲渡・殺処分・返還されるというプロセスをたどるとし、以下の式でモデル化した。

$$\begin{pmatrix} N_{t+1,1} \\ N_{t+1,2} \\ M_{t+1,1} \\ M_{t+1,2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (1-\beta_{N,1})s_1 & (1-\beta_{N,2})f_N & 0 & 0 \\ (1-\beta_{N,1})g_1 & (1-\beta_{N,2})s_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (1-\beta_{M,1})s_3 & (1-\beta_{M,2})f_M \\ 0 & 0 & (1-\beta_{M,1})g_2 & (1-\beta_{M,2})s_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{t,1} \\ N_{t,2} \\ M_{t,1} \\ M_{t,2} \end{pmatrix}$$

各パラメーターの詳細は表 1 に示した。時刻  $t$  における各集団の個体群数は以下の式に従う。

$$N_{t+1,1} = s_{N1}(1-\beta_{N,1})N_{t,1} + (1-\beta_{N,2})f_{N,t}N_{t,2}$$

$$N_{t+1,2} = g_N(1-\beta_{N,1})N_{t,1} + s_{N2}(1-\beta_{N,2})N_{t,2}$$

$$M_{t+1,1} = s_{M1}(1-\beta_{M,1})M_{t,1} + (1-\beta_{M,2})f_{M,t}M_{t,2}$$

$$M_{t+1,2} = g_M(1-\beta_{M,1})M_{t,1} + s_{M2}(1-\beta_{M,2})M_{t,2}$$

また、各年の譲渡数、殺処分数、返還数は以下の式で記述した。

$$A_{t,N,1,2} = p_{t,N,1,2}\beta_{N,1,2}N_{t,1,2}$$

$$E_{t,N,1,2} = (1-p_{t,N,1,2})\beta_{N,1,2}N_{t,1,2}$$

$$A_{t,M,1,2} = q_{t,M,1,2}\beta_{M,1,2}M_{t,1,2}$$

$$E_{t,M,1,2} = (1-q_{t,M,1,2}-r_{t,M,1,2})\beta_{M,1,2}M_{t,1,2}$$

$$L_{t,M,1,2} = r_{t,M,1,2}\beta_{M,1,2}M_{t,1,2}$$

次に、観測可能な捕獲、殺処分、返還割合に最尤推定によって適合させることでパラメーターを推定した。捕獲確率は全期間で一定と、繁殖率、譲渡割合、殺処分割合、返還割合は各年で推定した。また、徳島県の捕獲データからノイヌとノライヌの比を 7:3 と仮定した。捕獲率や繁殖力、譲渡や殺処分、返還割合が対策によって変化した場合の個体群動態の変化を算出した。また、ノイヌとノライヌの個体群の reproduction number も以下の式で算出した。

$$R_{0,t}^{(N)} = \frac{(1-\beta_{N,1})g_1(1-\beta_{N,2})s_2f_{N,t}}{1-\{(1-\beta_{N,2})s_2\}}$$

$$R_{0,t}^{(M)} = \frac{(1-\beta_{M,1})g_2(1-\beta_{M,2})s_4f_{M,t}}{1-\{(1-\beta_{M,2})s_4\}}$$

分析には R ソフトウェア 4.3.2 を用いた。

次に、飼い犬の脱走頻度と関連要因を定量化するために、2025 年 1 月 11 日から 27 日にかけてインターネット上で社会横断調査を実施した。研究参加者は現在犬を少なくとも一頭飼育している人として、年齢と居住地が日本全体の比率と同程度になるように便宜的なサンプリング (convenient sample) を行った。質問項目は飼い主と犬の人口統計学的特徴、脱走頻度、脱走対策の有無と具体策に関する項目で構成した。また、脱走時のヒトや犬への咬傷回数や散歩時に平均的にすれ違う犬の頭数や放し飼いの頭数も調査した。各アウトカムと調査項目との統計的関連は、単変量のフィッシャーの正確検定または  $\chi^2$  検定を用いて分析し、アウトカムのオッズ比 (OR) を算出した。有意水準は  $\alpha=0.05$  とした。統計ソフトウェアは JMP17.0 を用いた。

(倫理面への配慮)

本研究の中で実施した社会調査は京都大学医の倫理委員会の承認を得た (R4849)。アンケート調査に参加する前に、研究参加者は同意文書を読むことを求められ、ウェブページ上で同意を得た人のみがアンケートの回答に進んだ。アンケート調査完了に伴い、メルリンクス社がデータをまとめ、個人を特定できない形に匿名化した。

## C. 研究結果

ノイヌとノライヌの個体群動態の推定結果を図 2 に示した。幼齢ノイヌの個体数は 2022 年時点で 1186 頭 (95%信用区間 (CrI): 1037-1371)、成熟ノイヌの個体数は 315 頭 (95% CrI: 279-382)、幼齢ノライヌの個体数は 453 頭 (95% CrI: 370-556)、成熟ノライヌの個体数は 429 頭 (95% CrI: 367-570) であった。全ての集団で個体群は減少傾向であった。ノイヌ幼齢個体の捕獲確率は 22.9% (95% CrI: 21.2-24.0)、ノイヌ成熟個体の捕獲確率は 66.2% (95% CrI: 54.8-

71.3)、ノライヌ幼齢個体の捕獲確率は26.3%(95% CrI: 23.1-27.9)、ノライヌ成熟個体の捕獲確率は46.1%(95% CrI: 34.7-50.0)であり、幼齢個体よりも成熟個体の捕獲確率が低かった。

繁殖率の推定結果を図3に示した。ノイヌの繁殖力の方がノライヌよりも高く、ノライヌは1を下回っていた。

図4には譲渡、殺処分、返還割合の推定を示した。用いた観察データと概ね一致していた。図5には推定した各集団の捕獲確率が相対的に30%, 50%, 70%減少した場合と、変化しない場合の個体群動態を示した。捕獲確率が変化しない場合、4つの個体群は全て減少していくが、30%減少するとノイヌ・ノライヌともに2022年の個体数を維持し続け、50%や70%減少すると2022年と比較して増加するという結果になった。とりわけ、ノライヌ集団の増加が顕著であった。

次にノイヌとノライヌの個体群におけるreproduction numberを図6に示した。ノイヌとノライヌともにreproduction numberは1を下回っており、ノライヌと比較してノイヌのreproduction numberが大きい結果となった。

次に、飼い犬の脱走頻度調査の結果を示す。合計550人の飼い主が調査に参加した。過去一年以内に1回脱走した犬は550頭の中で112頭(20.4%)、2回以上脱走した犬は41頭(7.5%)、脱走していない犬は397頭(72.2%)であった。脱走した犬の中で、飼育場所に帰ってきた割合は94.1%であった。脱走時にヒトまたは犬に対する咬傷の有無については、犬のみの咬傷が24頭(15.7%)、ヒトのみの咬傷が28頭(18.3%)、犬とヒトの両方の咬傷が21頭(13.7%)、咬傷経験なしが80頭(52.2%)であった。図7に咬傷回数の分布を示した。犬とヒトそれぞれで0回が最も多いが、10回以上咬傷している犬は犬に対する咬傷で2頭、ヒトに対する咬傷で1頭であった。図8には散歩時にすれ違う頭数分布と散歩時の屋外飼育犬頭数の分布を示した。散歩時にすれ違う頭数は3頭が最も多く、平均頭数は2.1頭

であった。散歩時に見る屋外飼育犬は0頭が多く、平均1.1頭であった。

次に、脱走の有無と住居環境や飼い主特性の関連結果を表2に示した。チェーンの有無にかかわらず屋外飼育は屋内飼育に比べ脱走と関連していた。次に脱走時の状況を表3に示した。脱走した犬の49.7%が家の敷地内から犬が自力で脱走できない対策を取っているが、玄関の扉が開いた際などに脱走していた。また、家の敷地内から犬が自力で脱走できる環境にある犬が21頭確認された。表4には、飼い主が行っている脱走防止策をまとめた。自力で脱走できる環境の家が8.5%である一方で、室内のフェンスや扉があくときはケージに入れる、家庭内でも首輪やリードをつけている等の対策も取られていた。

#### D. 考察

本研究では、徳島県におけるノイヌおよびノライヌの個体群動態を、2010年から2022年の捕獲・譲渡・殺処分・返還データを用いて推定し、捕獲率や譲渡率、殺処分率の変化が個体群に与える影響を定量化した。個体群のトレンドを可視化し、捕獲率が減少した場合の個体群動態を理論的に記述し、予測することを可能とした。ノイヌ集団では捕獲率が50%減少しても個体群数はほぼ変わらない傾向であったのに対し、ノライヌ集団は捕獲率が50%減少すると個体群数が増加し始めるという予測は自治体がノイヌ・ノライヌの捕獲努力に関する政策を立案・決定する上で重要であると考えられる。捕獲率と繁殖力から算出したreproduction numberはいずれも1未満であったが、ノライヌよりノイヌの方が大きいという傾向を算出できるため、各自治体におけるノイヌ・ノライヌ対策の優先順位付けに寄与できると考えられる。

本研究には3つの技術的限界点がある。1点目は生存率を文献値に基づき仮定した点である。ノイヌやノライヌの1年毎の生存確率を調査した研究はほとんど発見できず、インドで行われたノイヌの生命表のみで参照できた。ノライヌについては、日本の飼育犬の生命表を用いたが、どちらも適

切に日本の現状を表していない可能性がある。2点目に、捕獲データのノイズ・ノライヌ比を一律7:3と仮定した点である。仮想データとして分析したが、実際には毛並みなどからノイズかノライヌかを判別できる可能性は高いと考えられる。3点目は捕獲の努力量を定量化できていないことである。捕獲に関わる人数やわなの設置数、通報回数を組み込むことでより時変パラメーターとして捕獲率をモデル化できると考えられる。今後は、カメラトラップやGPS追跡、ドローンによる個体識別など多様なデータソースの統合により、より詳細な個体群評価が期待される

2つ目の研究として、本研究では2025年1月に行った飼い犬の脱走頻度調査により、飼い主特性や飼育環境と脱走リスクとの関連を検討した。社会調査では、飼い犬の20%以上が過去一年に少なくとも1回脱走し、複数回脱走する個体も一定割合存在した。脱走時の咬傷リスクは全体の約半数で認められ、脱走犬の32.0%がヒトへの咬傷経験があった。脱走頻度は屋外飼育の有無と関連し、特に屋外放し飼いが脱走リスクを高めることが示された。これらの結果は、飼い犬管理の改善策として、教育的アプローチやフェンス・扉の物理的対策、散歩時のリード着用の徹底が効果的である可能性を示唆する。

対応策として、第一に飼い主への教育が不可欠である。脱走リスクの高い敷地構造や飼育方法を可視化したポスター配布、地域説明会の開催、オンライン講習の提供により、飼い主自身の管理能力向上を促す。特に、本調査で関連を示した屋外飼育をしている世帯に合わせた啓発を行うことで、脱走頻度の低下に繋がると考えられる。

第二に、二重ゲートやフェンスといった受動的対策に加え、本研究で明らかとなった脱走時の状況や各世帯が行っている脱走防止対策を周知させることで脱走頻度の減少に寄与できると考えられる。

本研究では、2つの技術的限界がある。第一に自記式調査であることに起因するリコールバイアスである。第二、本調査は便宜的なサンプリングであるため、日本の犬

の飼い主の全人口を代表しているわけではない。

## E. 結論

ノイズとノライヌの個体群動態を推定する手法を確立し、捕獲や去勢・不妊手術実施割合などの個体群動態を変動させ得る要素が変化したときの個体群動態の変化を定量化した。本モデルの活用による自治体でのノイズ・ノライヌ対策に資する情報を提供できると考えられる。また、飼い犬の脱走頻度と飼い主の特性や飼育環境との関連を明らかにした。屋外飼育世帯への普及啓発や世帯内での脱走対策強化が犬の脱走を防止でき、教育・研究・行政が一体となったワンヘルスアプローチで持続可能な安全管理プログラムを構築することが重要である。これにより、脱走・咬傷事故による人獣共通感染症リスクや社会的コストの低減が期待される。

## F. 健康危険情報

該当なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

該当なし

### 2. 学会発表

- 1) Yuri Amemiya, Hiroshi Nishiura, Estimation of the population dynamics of feral dogs and stray dogs in Japan, The Joint Meeting of the 40th Annual Meeting of the Society of Population Ecology and the 7th the Taiwan-Japan Ecology Workshop, Okinawa, Japan, 2024. 11. 15, Domestic.

### 3. 講演会

該当なし

## H. 知的財産権の出願・登録状況

### 1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録  
該当なし

3. その他  
該当なし

図表

図 1

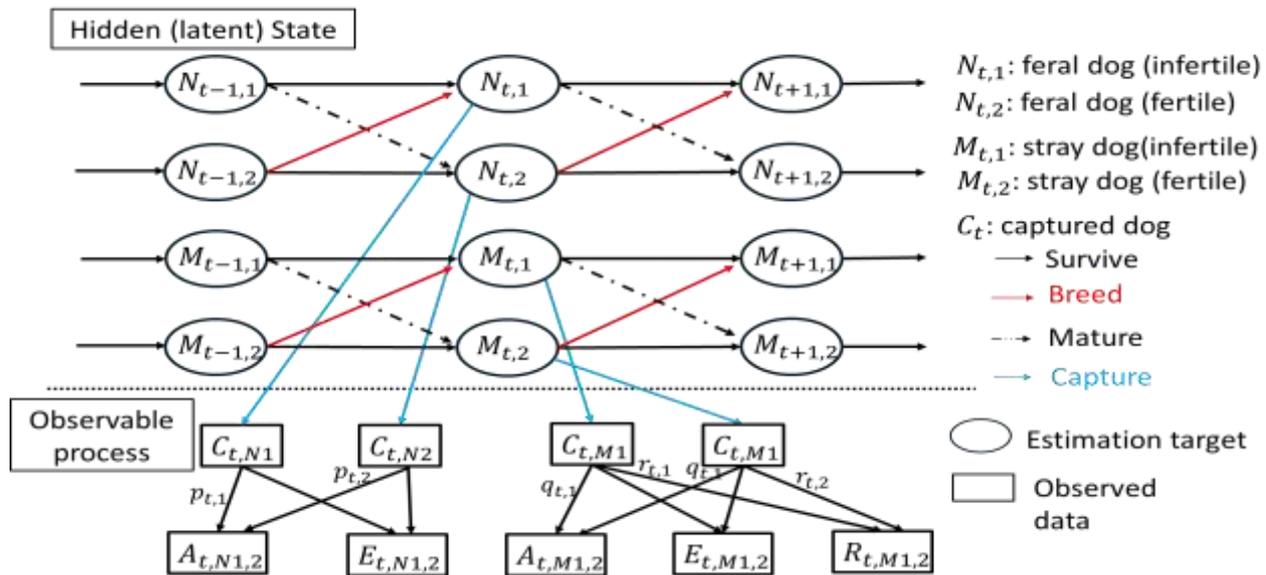
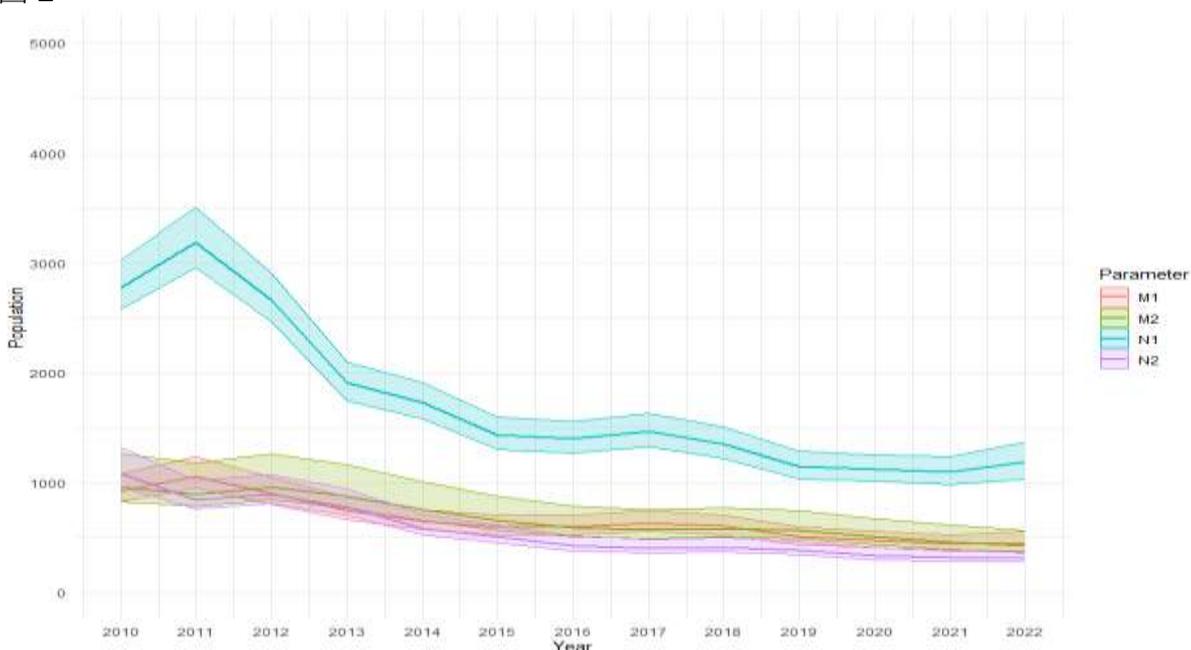


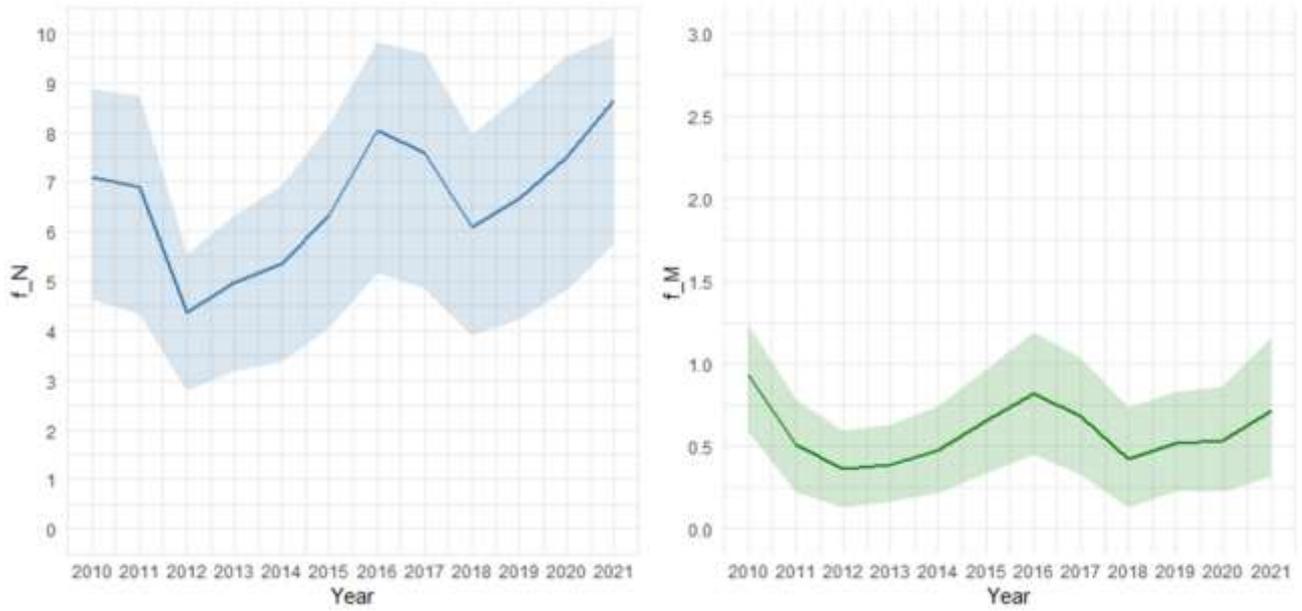
表 1

パラメーター	詳細
$N_t$	時刻 $t$ のノイヌ個体(1:幼齢、2:成熟)
$M_t$	時刻 $t$ のノライヌ個体(1:幼齢、2:成熟)
$C_t$	時刻 $t$ の捕獲頭数
$A_t$	時刻 $t$ の譲渡数
$E_t$	時刻 $t$ の殺処分数
$L_t$	時刻 $t$ の返還頭数 (ノライヌのみ)
$s_{1-4}$	各集団の生存率
$f$	各集団が繁殖しかつ 1 年生き残る確率
$g_{1,2}$	繁殖可能集団への遷移確率
$\beta_{N,M}$	捕獲確率

図 2



☒ 3



☒ 4

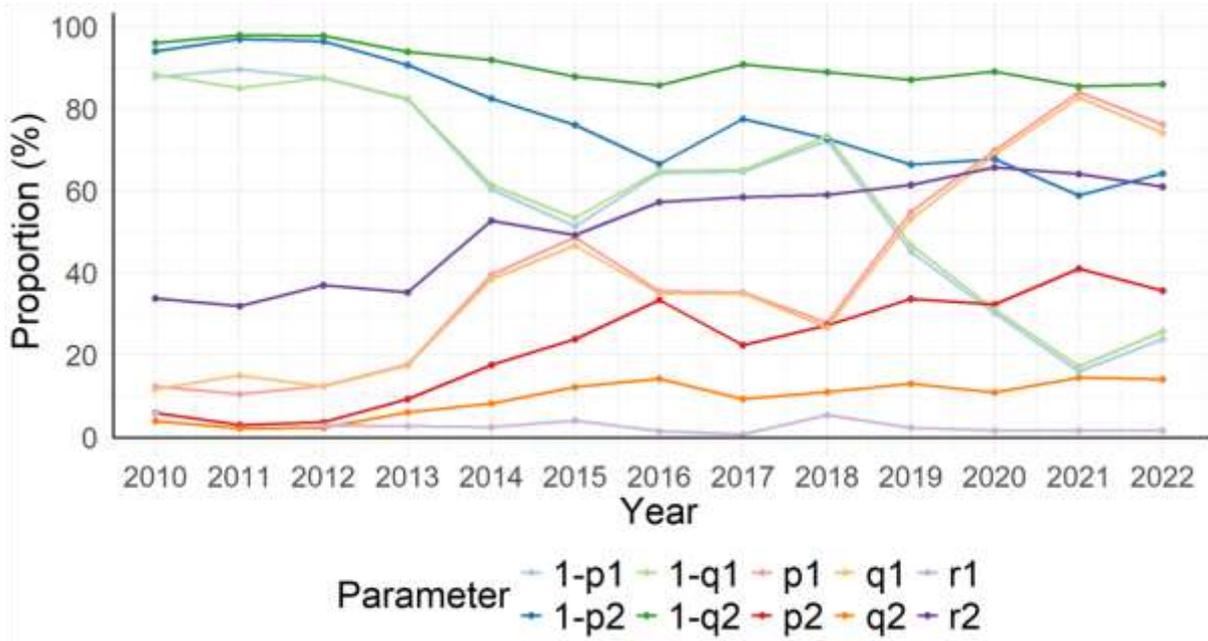


図 5

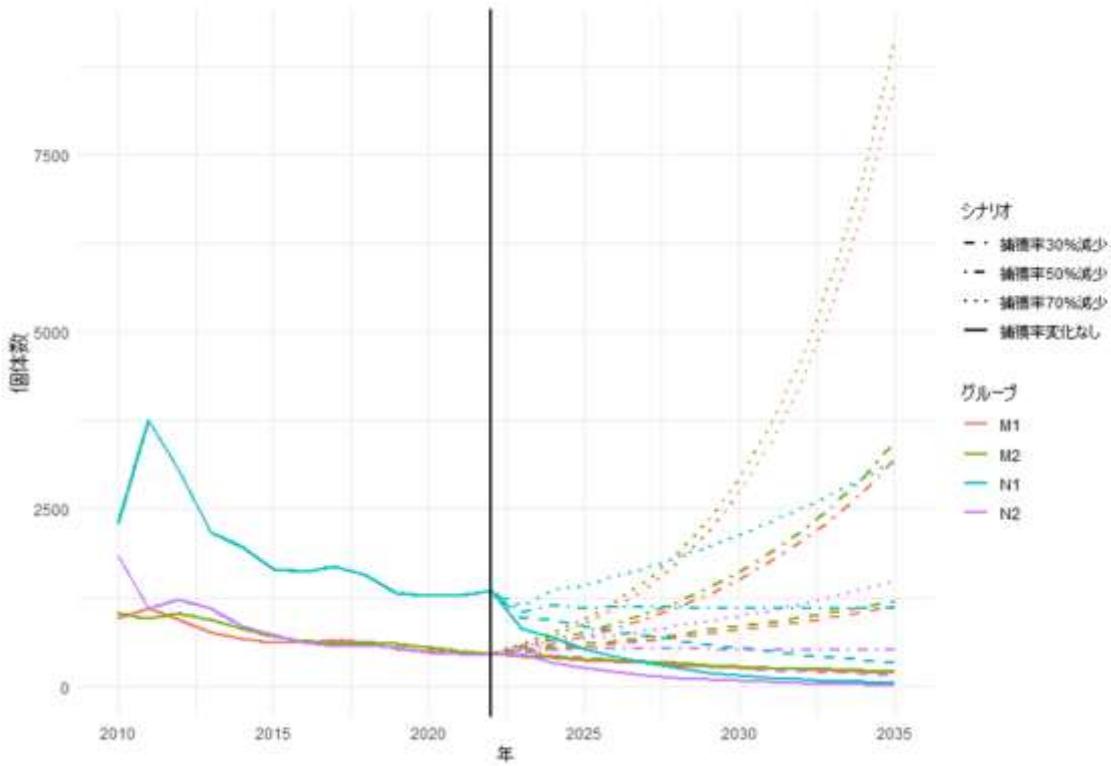


図 6

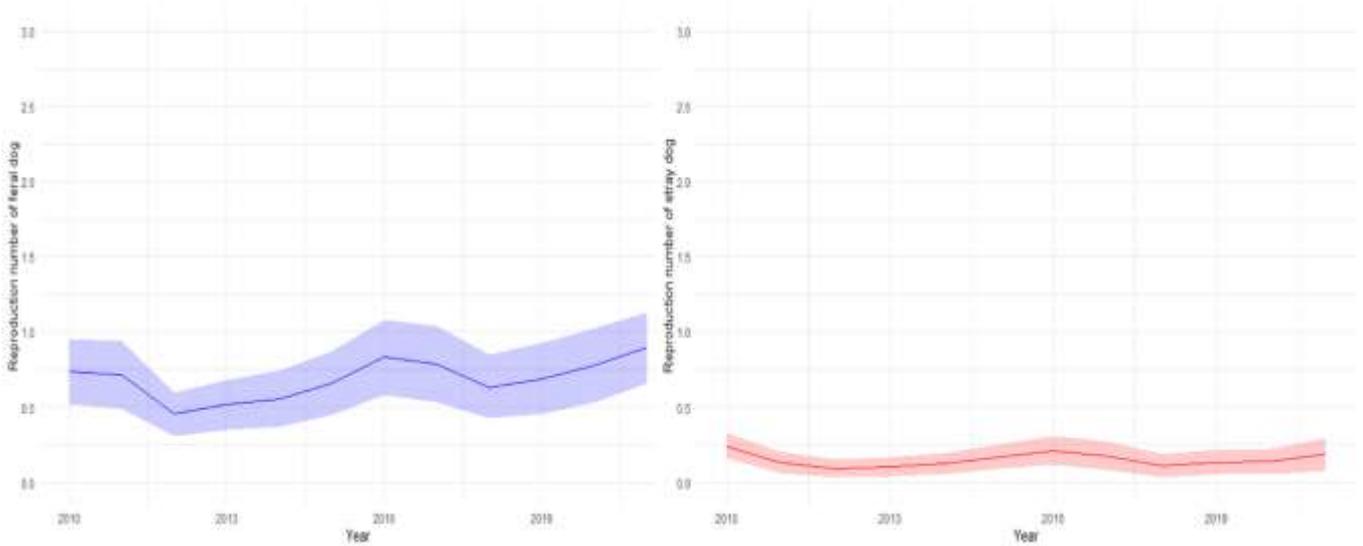


図 7

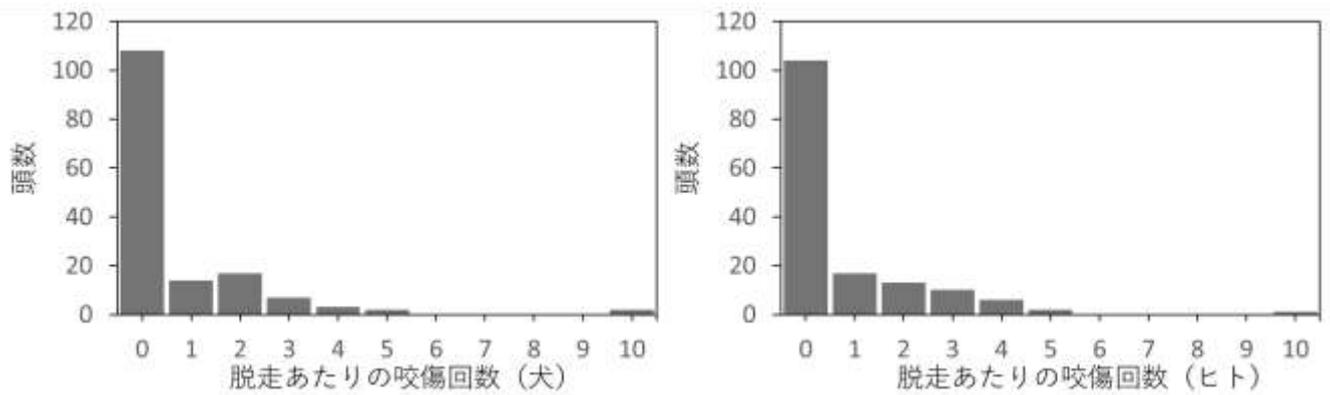


図 8

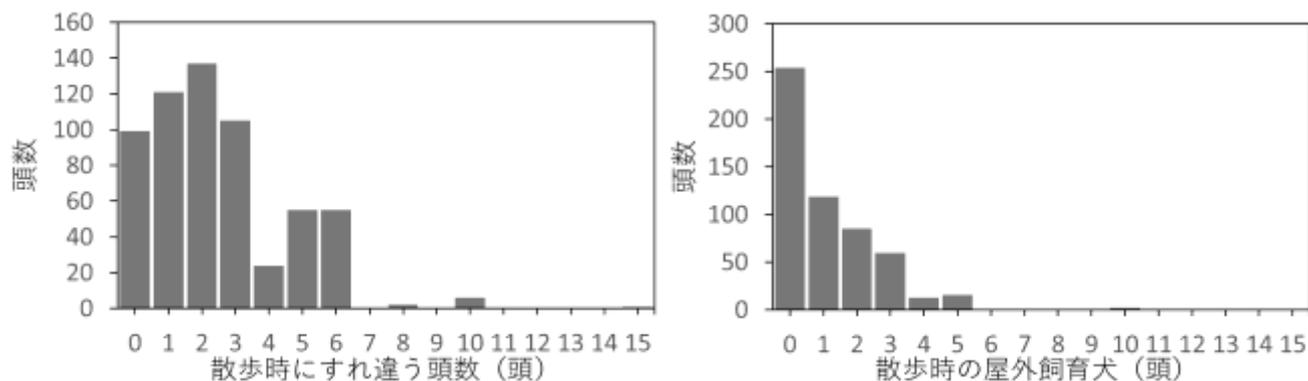


表 2

Section	Category (category/compared group)	Numbers in the corresponding category	P-value	Odds ratio (95% CI)
世帯収入	200-500 万/200 万円以下	150	0.690	0.9 (0.5-1.6)
	500-900 万/200 万円以下	184	0.403	0.8 (0.4-1.4)
	900 万以上/200 万円以下	134	0.829	0.9 (0.5-1.7)
職業	医療従事者以外/医療従事者	535	0.574	1.3 (0.4-3.9)
最終学歴	高校以上/中学校	330	<.001	0.5 (0.3-0.7)
飼育環境	屋外チェーンあり/屋内飼育	75	<.001	11.2 (6.4-19.7)
	屋外チェーンなし/屋内飼育	28	0.047	2.3 (1.0-5.1)
居住地	郊外/都心部	256	0.110	0.7 (0.5-1.1)
	遠隔地や農村部/都心部	69	0.164	0.6 (0.3-1.2)
居住タイプ	一戸建て/マンション	413	0.077	1.5 (0.9-2.4)

表 3

項目	N (=153)
家の敷地内から犬が自力で脱走できる環境であり、常習的に脱走している	21 (13.7%)
家の敷地内から犬が自力で脱走できない対策を取っているが、玄関の扉が開いた際などに脱走した	76 (49.7%)
庭にいるときに脱走した (フェンスを飛び越える、隙間等から脱走)	23 (15.0%)
散歩中に首輪やハーネスが外れて脱走した	26 (17.0%)
ドッグランにて敷地の隙間などから脱走した	8 (5.2%)

表 4

項目	N (=550)
脱走防止策はとっておらず、飼い犬が自力で脱走できる環境である（犬が自力で外に出られる通路等がある）	73 (8.5%)
室内に脱走防止用のフェンスを設置し、飼い犬が自力で脱走できない環境である	169 (19.6%)
庭にフェンスの設置や隙間を埋めており、飼い犬が自力で脱走できない環境である	117 (13.6%)
来客時など玄関の扉が開く際にはケージに入れているもしくは玄関に繋がる扉を閉めている	155 (18.0%)
家庭内でもリードや首輪をつけており、飼い犬が自力で脱走できない環境である	53 (6.1%)
リードやハーネスの緩みがないかどうかを定期的に点検している	106 (12.3%)
脱走防止策はとっていないが飼い犬が自力で脱走できない環境である	188 (21.8%)
怖がって玄関から出ない	1 (0.0%)
犬がもう老犬なので段差を超えられない	1 (0.0%)