

安房地域の3市町における個別柵やグループ柵と比較した 集落柵のイノシシ被害軽減効果

松村広貴・大谷 徹・河名利幸

キーワード：イノシシ被害，防護柵，集落柵，GIS，GLMM

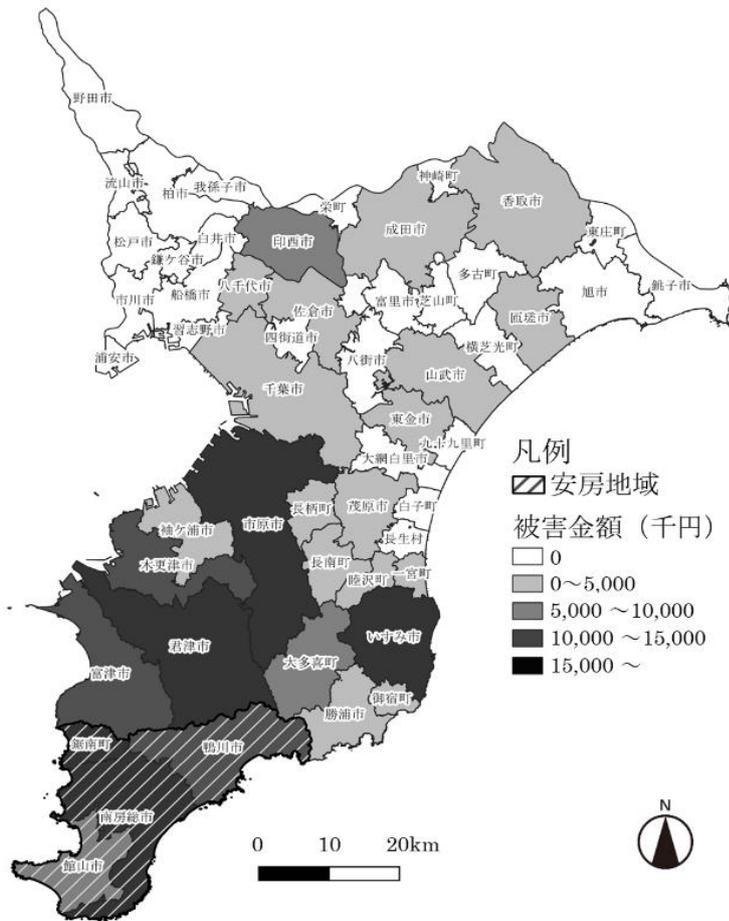
I 緒 言

千葉県の農業現場におけるイノシシ*Sus scrofa*の被害は、1980年代後半以降、特に2000年代に入ってから著しく増加しており（北澤・浅田，2010），2015年度には農作物被害金額が約2億1,000万円と過去最高となった（千葉県，2017）。被害の発生は中南部が中心であり、2015年度の北部の被害金額1,000万円に対して中南部の被害金額は2億

円と甚大な被害になっている（千葉県，2017）（第1図）。こうした中でイノシシ被害対策として防護柵の設置が進んでおり、2015年度末時点の総延長は2,469kmに達している（千葉県，2017）。しかし、防護柵の設置が進んだことで被害が減少した市町村がある一方で、被害金額が高止まりや増加傾向にある市町村も多く（千葉県，2017），防護柵による農業被害軽減効果の検証が急務である。

防護柵は防護する範囲に応じて、個々の農地を囲う個別柵、近接する複数の農地を1つの柵で囲うグループ柵、集落全体を囲う集落柵に分かれる（農林水産省，2014）。鳥獣被害防止総合対策事業において防護柵の資材補助が行われているが、受益戸数が3戸以上という交付条件があり、グループ柵や集落柵が対象となり得るが、資材当たりの防護面積が広い集落柵は補助金の対象になりやすい（関西広域連合，2016）。千葉県でも、地域単位で防護柵を設置し、適切に維持管理されるよう推進している（千葉県，2017）。

防護柵の効果については、山川（2008）が飼育イノシシとの対面調査を行い、異なる資材の防護柵の侵入防止効果を認めた。また、野外で実装された防護柵において、本田（2005）及びSaito et al.（2011）が現地圃場を調査し被害軽減効果の高さを認めたが、個別柵、グループ柵、集落柵の区別はされていない。一方集落柵を対象にした例は少なく、竹下・金森（2010）が島根県におけるアンケート調査により被害軽減効果を認めた。しかし、これらの研究は個別柵やグループ柵と集落柵の効果を比較したものではない。集落柵は山林や斜面に近い場所に設置され、野生鳥獣との一定のすみわけを目指すものである以上、農地を完全に囲ってしまうような構造の柵と同等の事業効果が期待できない可能性があるとの危惧もあり（木佐貫，2005），両者の



第1図 市町村別の農作物被害金額（2015年）

2019年8月6日受領 (Received August 6, 2019)
2019年1月10日登載決定 (Accepted January 10, 2020)

効果を比較した検証が必要となる。

イノシシ被害は環境条件や管理条件等の複数の要因が相互に絡み合い発生していると考えられる(江口, 2008)。被害発生に影響のある要因は地理情報システム(Geographic Information System, 以下GISとする)を用いて得られるデータから明らかにされており, 道路, 河川, 森林, 耕作放棄地までの距離等の農地周辺の環境的要因(Honda and Sugita, 2007; 野元ら, 2010; Saito et al., 2011; 清水ら, 2013), 標高, 地上開度等の農地の地形的要因(Honda and Sugita, 2007; Saito et al., 2011), 防護柵の有無や圃場周囲の草刈り実施有無等のイノシシ被害対策の実施状況(Saito et al., 2011)が報告されている。また, イノシシと同じ陸生大型哺乳類であるニホンジカ *Cervus nippon* では, 水田周辺の森林率の増加に伴い被害レベルが高くなることが示されている(高田ら, 2010)が, イノシシにおいて検討された例はない。被害発生への影響を解析する際に要因を欠いていると結果に偏りが生じる可能性が指摘されている(Honda and Sugita, 2007; Saito et al., 2011)。よって集落柵の効果を検証するには, 集落柵の有無に加えて, 上記要因をできるだけ網羅して解析に含める必要がある。

これらの先行研究では一般化線形モデル(Generalized Linear Model, 以下GLMとする)やベイズ推定を用いた解析が行われている。GLMは応答変数が正規分布以外の様々な指数型分布族(例えばポアソン分布や二項分布)の確率分布に従うデータに対しても各説明変数の回帰係数ならびに信頼区間の計算が可能である(下野, 2010)。また, 回帰係数の推定値から予測式を作ることで, 説明変数がある値を取るときに応答変数はどのような平均値を取るのか, という予測もできる。しかし個体差・場所差などの観測されない要因の影響により応答変数の過分散が発生し, GLMによる解析ができないことがある。個体差・場所差の効果が入る実験操作の場合には, GLMを改良したモデルである一般化線形混合モデル(Generalized Linear Mixed Model, 以下GLMMとする)を使うことが推奨されている(久保, 2012)。GLMMでは, 観測されない複雑な要因がもたらす影響をランダム効果として記述することで, GLMで想定される分散を変化させることができ, 過分散に対応できる。このようなモデルを用いて被害発生に影響する要因を明らかにし, 被害発生を予測する式を作成することで, それぞれの要因間の配置を考慮した獣害に強い農地や集落デザインの形成(仲谷, 2005)や被害対策に活用するための被害発生リスクマップの作成(百瀬ら, 2011)が可能となる。

以上より, 本研究では安房地域の3市町において集落柵設置地区と非設置地区の水田圃場における現地踏査を行い, イノシシ被害の有無や個別又はグループ柵の設置有無を確認し, それぞれの防護柵の被害効果を比較検証することとした。現地踏査により得られたデータとGISデータを用いてGLMMによる解析を行い, 諸々の要因が被害発生に及ぼす影響を明らかにした。また, 得られた回帰係数から予測式を作成し, 調査地域全域の水田圃場の各要因データを当てはめ, 集落柵設置の有無双方を想定した被害量から, 設置による減少量を推定した。加えて結果を地図化し, 水稲被害発生リスクマップを作成した。

II 方法

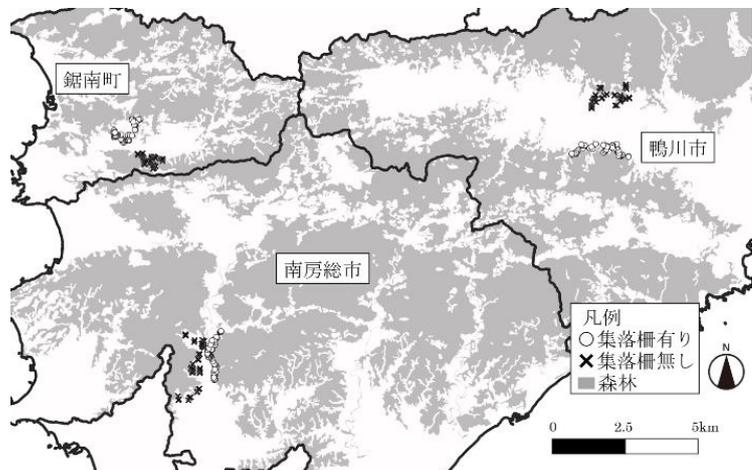
1. 現地調査圃場の設定

調査地域は中南部で特に被害の多い安房地域(第1図斜線部)とし, その中でも被害が多く対策が進んでいる鴨川市, 鋸南町, 南房総市の3市町を対象とした。集落柵を設置している地区を各市町で1地区ずつ, その近辺で個別柵又はグループ柵で対策を行い集落柵は設置していない地区を1地区ずつ設定した(第1表, 第2図)。2017年5月22日~6月6日に現地を踏査し, 森林や耕作放棄地等, イノシシの棲み家となる環境と隣接する水田圃場を調査圃場とした。

第1表 調査対象圃場の概要

市町	地区	集落柵の有無	水田圃場数	個別・グループ柵設置圃場数	林縁までの平均距離(m)
鴨川市	A	有り	50	14	3.9
	B	無し	50	7	21.1
鋸南町	C	有り	37	12	12.1
	D	無し	25	24	14.0
南房総市	E	有り	23	14	38.7
	F	無し	21	11	34.2

注) 個別・グループ柵設置圃場数は水田圃場数の内数。



第2図 調査対象圃場地点

2. 圃場踏査

対象圃場を踏査し、イノシシ被害の有無、個別・グループ柵の有無、畦畔草刈の有無を調査した。調査対象とした変数を第2表に示した。

イノシシ被害はイネ *Oryza sativa* の乳熟期から発生するため (江口, 2003), 調査は2017年8月15~23日, 8月28~29日の2回行い, 最終的な被害を確認した。穂の食害及び稲株の踏み倒しを被害として記録し, 圃場内への侵入が認められても実害がなかった場合には被害と扱わなかった。

個別又はグループ柵は侵入防止効果の高いとされる電気柵, ワイヤメッシュ柵及びトタン柵 (山川, 2008) のみを対象とし, 防止効果の低いナイロンネットや漁網等は除外した。

圃場を囲む畦畔の雑草の草丈が約 50cm 未満の場合を畦畔草刈り“有り”とし, それ以外を“無し”とした。イノシシの体高より高い丈の草叢はイノシシ被害を誘発すると想定し, 安部 (1986) によるイノシシの外部計測値を参考に水準を設定した。

3. 集落柵の被害軽減効果に関する解析

(1)GIS データの取得と加工

解析には先行研究 (Honda and Sugita, 2007; 野元ら, 2010; Saito et al., 2011; 清水ら, 2013) で明らかにされている被害発生へ影響のある要因も含めた。これらのデータは QGIS (QGIS Development Team, 2019) を使用して GIS データを加工することで得た。各対象圃場の GIS データは 1)林縁までの最短距離 (m), 2)河川までの最短距離 (m), 3)道路までの最短距離 (m), 4)建築物までの最短距離 (m), 5)バッファ内 (圃場から一定距離の円内) の森林占有率 (%), 6)地上開度とした。林縁までの

最短距離は, 環境省自然環境局生物多様性センターが提供する第 6 回・第 7 回自然環境保全基礎調査植生調査による縮尺 1/25,000 植生図 (環境省, 2008) を, 河川までの最短距離は, 国土交通省国土政策局発行の国土数値情報 (国土交通省, 2008) を, 道路までの最短距離と建築物までの最短距離は, 国土地理院発行の基盤地図情報 (基本項目) データ (国土交通省, 2014) を用いて, 対象圃場外縁からの最短距離を算出した。バッファ内の森林占有率は高田ら (2010) を参考に森林である地物を 10m メッシュのラスターデータに変換し, QGIS の「r.neighbors」機能を用いて圃場の中心から半径 100~1,000m の間で 100m 刻みに 10 段階の森林占有率を示すデータに加工した。地上開度 (横山ら, 1999) は国土地理院発行の基盤地図情報 (数値標高モデル) 10m メッシュ (標高) データ (国土交通省, 2016) から地形特性図作成アプリ TopoChar (白澤, 2018) を用いて算出した。以上のデータとその定義の一覧を第 2 表に示した。

(2)統計的解析によるモデルの構築

GLMM による解析を行った。本研究ではイノシシ被害が発生する確率 p に, 次のロジスティック分布を仮定する。

$$p = \frac{1}{1 + \exp^{-y}}$$

このとき, GLMM では y を次のようにモデル化する。

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + r_i$$

ここに, b_0 は切片, $b_1 \sim b_n$ は偏回帰係数, $x_1 \sim x_n$ は説明変数, r_i はランダム効果, n は説明変数の数である。ランダム効果は平均 0, 標準偏差 s の正規分布に従うと仮定する。

各圃場における被害の有無 (有り=1, 無し=0) を応答

第 2 表 解析に供した変数とその定義

変数名	尺度	定義
圃場調査データ		
地域 (ランダム効果)	名義	鴨川市, 鋸南町, 南房総市の3地域間の不特定の差が平均0標準偏差sの正規分布に従うと仮定した。
被害の有無 (応答変数)	名義	圃場面積に対する被害を受けた面積の割合が0%の場合“無し”, それ以外を“有り”
個別・グループ柵の有無	名義	個別柵又はグループ柵が設置されている場合を“有り”, されていない場合を“無し”
集落柵の有無	名義	集落柵が設置されている場合を“有り”, されていない場合を“無し”
畦畔草刈りの有無	名義	圃場を囲む畦畔の雑草の草丈が50cm未満を“有り”, 50cm以上を“無し”
GISデータ		
林縁までの最短距離	連続	圃場に最も近い森林との最短距離 (m)。大区分がタケ・ササ群落, 川辺林, 海岸風衝低木群落, 常緑広葉樹二次林, 常緑広葉樹林, 植林地, 竹林, 二次草原, 落葉広葉樹二次林であるものを森林とした。
河川までの最短距離	連続	圃場に最も近い二級河川水系との最短距離 (m)
道路までの最短距離	連続	圃場に最も近い幅員2m以上の道路との最短距離 (m)
建築物までの最短距離	連続	圃場に最も近い建築物との最短距離 (m)
バッファ内の森林占有率	連続	圃場から一定距離のバッファ (円) 内における森林の占有率。距離は100~1,000mの間で100m刻みに10段階とした。森林の定義は上と同じ。解析の際はアークサインルート変換をした。
地上開度	連続	ある地点から見える空の広がりを示したものの。値が大きいと凸型の地形を表す。着目標本地点からの距離1,000mで計算した。

変数、林縁までの最短距離、バッファ内の森林占有率、河川までの最短距離、道路までの最短距離、建築物までの最短距離、地上開度、集落柵の有無、個別又はグループ柵の有無、畦畔草刈りの有無を説明変数とした。本調査では同じ市町から複数のデータを集めており、地域差が応答変数に影響を及ぼすと考え、市町をランダム効果とした。

説明変数の多重共線性を除くため、分散拡大要因 (Variance Inflation Factor, 以下VIFとする) を計算し、VIFが10以上の説明変数は解析から除外した。解析は全ての変数を含めたモデルから変数減少法により、赤池情報量基準 (Akaike's Information Criterion, 以下AICとする) が小さいモデル3つを求め、その中から被害発生をよく説明するベストモデルを選択した。

バッファ内の森林占有率は100~1,000mの間で100m刻みに10段階に変えてそれぞれAICが最小となるモデルを求め、10段階のバッファ半径の間でAICを比較し、最適なバッファ半径を求めた。

説明変数は標準化してモデルに入れ、標準化偏回帰係数を求めた。標準化偏回帰係数は各説明変数の被害発生に及ぼす影響の大きさを表し、絶対値が大きいほど被害発生への影響が大きい。また、標準化偏回帰係数が正の数の場合、説明変数と被害発生が正の相関を示す。

すべての解析は R (R Development Core Team, 2018) を使用し、lme4 パッケージ (Douglas et al., 2015) の glmer 関数を用いた。

4. 各防護柵の設置による被害減少量の試算と被害発生確率の地図化

GLMMの解析から得られた回帰係数から被害発生確率の予測式を作成し、鴨川市、鋸南町、南房総市の全域において個別又はグループ柵、及び集落柵の設置を仮定した場合の被害発生圃場数を試算した。圃場のGISデータは農林水産省の筆ポリゴン (農林水産省, 2019) とし、耕地の種類が“田”であるものを用いて、次の条件のもと試算した。

(1)森林から40m以内に位置する水田圃場はイノシシ被害を受けやすいため (野元ら, 2010), これを満たす全ての圃場を試算の対象圃場とする。なお、小寺ら (2010) を参考に面積が44haより小さい1塊の森林はイノシシが生息する可能性が低いと考え除外する。

(2)GLMMによる解析結果を用いた予測で被害発生確率が0.5より大きい値となった圃場は被害が発生するものとする。

地図化は試算と同じ水田圃場の GIS データを用い、森林から 40m 以内に位置する水田に限定せず、全ての圃場を対象とした。予測式から算出した被害発生確率を圃場単位で色分けして表示した。防護柵無し、個別又はグループ柵、及び集落柵の設置を仮定した場合の3種類のマップを作成した。

III 結果

1. 集落柵の被害軽減効果

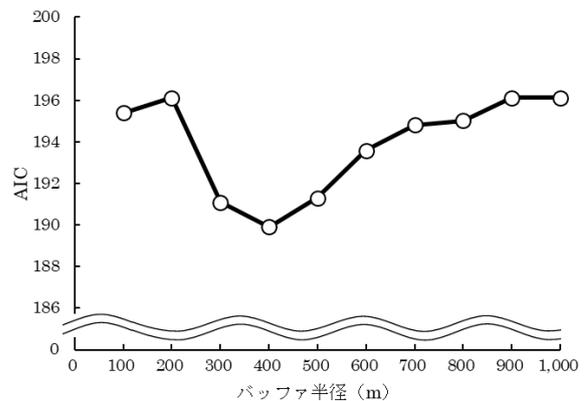
集落柵は鴨川市で電気網及び電気柵、鋸南町でワイヤーメッシュ柵、南房総市で金網フェンスであった。

集落柵設置地区と非設置地区の被害圃場割合を比較したところ、個別・グループ柵の有無に関わらず集落柵設置地区の方が被害圃場割合は小さかった (第3表)。鋸南町の防護柵無しの圃場を十分量確保できなかったが、分析結果を大きく変えるほどではないと判断し、分析から除外しなかった。

第3表 調査対象水田における被害発生圃場割合

市町	地区	集落柵の有無	被害発生圃場割合 (%)		合計
			個別・グループ柵有り	個別・グループ柵無し	
鴨川市	A	有り	7.1 (1/14)	11.1 (4/36)	10.0 (5/50)
	B	無し	42.9 (3/7)	55.8 (24/43)	54.0 (27/50)
鋸南町	C	有り	16.7 (2/12)	12.0 (3/25)	13.5 (5/37)
	D	無し	20.8 (5/24)	0.0 (0/1)	20.0 (5/25)
南房総市	E	有り	7.1 (1/14)	11.1 (1/9)	8.7 (2/23)
	F	無し	18.2 (2/11)	20.0 (2/10)	19.0 (4/21)

注) () 内の数値は実数を表す。



第3図 各森林占有率のバッファ半径におけるベストモデルの AIC

GLMM による解析結果を第3図及び第4表に示した。VIFが10以上になる説明変数はなかった。AICが最小となる森林占有率のバッファ半径は400mであった。また、ベストモデルとして選択された要因は、集落柵の有無、個別・グループ柵の有無、圃場から半径400m内の森林占有率であった。次点モデルのAICはベストモデルと近いが、次点、次々点モデルで追加されている要因はモデル精度には寄与しているものの被害発生への有意な影響が認められないためベストモデルとして採択しなかった。各変数と被害との関係を見ると、集落柵及び個別・グループ柵があると、また、圃場から半径400m内の森林占有率は低いほど被害が発生する確率が低くなることが示された。また、

個別・グループ柵の有無と比べ集落柵の有無で標準化偏回帰係数の絶対値が大きく、集落柵の方が被害軽減効果が高いことが示された。

第4表 イノシシ水稻被害発生を説明する上位3つのモデルにおける各変数の標準化偏回帰係数とAIC

	ベスト モデル	次点 モデル	次々点 モデル
切片	-1.557*** (0.217)	-1.616*** (0.298)	-1.554*** (0.217)
集落柵の有無	-1.134*** (0.221)	-1.106*** (0.224)	-1.158*** (0.223)
個別柵やグループ柵の有無	-0.768*** (0.227)	-0.731** (0.263)	-0.708** (0.233)
圃場から半径400m内の森林占有有率	0.823*** (0.211)	0.911*** (0.227)	0.846*** (0.212)
林縁までの最短距離		0.297 (0.236)	
河川までの最短距離			-0.234 (0.205)
AIC	189.9	190.0	190.6

注1)変数の横の数値は各モデルにおける標準化偏回帰係数を示す。

2) () 内の数値は実数を表す。

3) ***は P<0.001, **は P<0.01 を表す。

2. ベストモデルによる対象市町・各種防護柵別の被害発生圃場数の予測と被害発生確率の地図化

圃場被害の有無についてGLMMによる解析結果より次の式を得た。

$$y = \frac{1}{1 + \exp(3.675 + 1.565x_1 + 2.267x_2 - 5.597x_3 - r_i)}$$

※y: 被害発生確率, x₁: 個別・グループ柵の有無, x₂: 集落柵の有無, x₃: 圃場から半径400m内の森林占有有率, r_i: 地域(ランダム効果)

第5表 個別・グループ柵又は集落柵の設置を仮定した場合のGLMMの解析結果から予測された被害発生圃場数

市町	森林から40m以内に位置する水田圃場数	被害発生圃場数(発生圃場割合(%))		
		防護柵無し	個別・グループ柵	集落柵
鴨川市	7,493	6,277(83.8)	2,017(26.9)	750(10)
鋸南町	1,848	1,666(90.2)	823(44.5)	284(15.4)
南房総市	8,280	6,471(78.2)	1,827(22.1)	428 (5.2)
合計	17,621	14,414(81.8)	4,667(26.5)	1462 (8.3)

注1)森林から40m以内に位置する全域の水田圃場を対象とした。

2)被害発生圃場数は同じ圃場に対する防護柵の設置に係る条件を変えた場合の予測値。

3) () の数値は森林から40m以内に位置する水田圃場数に対する割合(%)を示す。

この式から鴨川市、鋸南町、南房総市の試算対象水田圃場において防護柵無しの場合、個別・グループ柵有りの場合、集落柵有りの場合の被害発生を予測した結果を第5表に示した。3市町合計の被害発生圃場割合が防護柵無しで81.8%、個別・グループ柵設置で26.5%、集落柵設置で8.3%となり、集落柵を設置すると仮定したところ被害が大きく減少した。また、予測式を用いた3市町の全水田圃場における被害発生リスクマップを作成できた(第4図)。防護柵無し、個別・グループ柵設置、集落柵設置をそれぞれ仮定したマップであり、どの防護柵を選択するか比較検討することができる。

IV 考 察

GLMMによる解析結果より、個別・グループ柵か集落柵かに関わらず、防護柵を設置した圃場でイノシシ被害発生確率が低下することが確認された。また、集落柵が個別・グループ柵よりも効果が高いことも明らかになった。イノシシ被害対策においては、防護柵の設置の他に、捕獲や、林縁部や耕作放棄地の刈払い、放棄果樹の撤去等の生息環境整備があるが、それらに比べ防護柵の被害軽減効果の高さを認める研究は蓄積があり(本田, 2005; 竹下・金森, 2010; Saito et al., 2011)、イノシシ被害対策において適切な防護柵を設置することは極めて有効であると考えられる。集落柵の効果が高い要因について竹下・金森(2010)は効果の高いワイヤーメッシュ柵や電気柵が多かったためとしているが、本調査で効果の比較対象とした個別・グループ柵は、侵入防止効果の高い資材(電気柵もしくはワイヤーメッシュ柵。トタン柵も該当するが設置はなかった。)に限定したため、柵資材の違いが効果の高さに大きく寄与していることはないと考えられる。集落柵の効果の高さの要因として集落全体の侵入リスクを減らせること(農林水産省, 2014)が関連すると推測するが、本調査からは明らかにできなかった。

また、解析の結果から、被害発生を最もよく説明した空間スケールは、半径400mのバッファであった。これは、水田を中心とした約50haの範囲に相当する。イノシシの行動圏について県内で調査した事例はないが、小寺ら(2010)が島根県において給餌条件下のイノシシの行動圏が51.6haであったことを示している。高田ら(2010)はシカの被害レベルへ影響を及ぼす空間スケールがシカの生態的・行動的特性のスケールと一致することを実証したが、イノシシにおいても被害へ影響する空間スケールと生態的・行動的特性のスケールが一致することが示唆された。イノシシ被害を説明するモデルを構築する際には、森林の景観構造に係る要因を含める必要があるだろう。なお、本研究は調査圃場を森林や耕作放棄地に近い場所に限定し

凡例

被害発生確率 □ 0-20% ■ 20-40% ■ 40-60% ■ 60-80% ■ 80-100%



第4図 防護柵無し、個別・グループ柵、集落柵設置を仮定し作成したイノシシ水稻被害発生リスクマップ（一部）

注1) 凡例，縮尺，方角は同じ。

2) 背景は「地理院タイル（電子国土基本図（オルソ画像）」）を使用。

たため、偏った結果になっている可能性がある。森林面積率以外の要因がベストモデルに採択されなかったのも、その影響があると考えられるため、今後のより詳細な研究が必要となる。

ベストモデルを用いて被害発生圃場数を予測したところ、集落柵の設置で被害圃場数が大きく減少した。被害軽減効果の観点では集落柵の設置を推進すべきであると考えられる。ただし、集落柵を適切に運用する上で注意を要する点があるため整理する。まず、集落柵は山林内や傾斜地などへの設置が避けにくい。そのような場所では倒木や土砂崩れ等の破損リスクにさらされやすく、個別・グループ柵でよく使用される安価な電気柵に対し、ワイヤーメッシュや金網柵等の強度の高い高価な物理柵が適するため、資材費は集落柵で高くなる可能性がある。また、山林内や傾斜地は作業性が悪く設置しにくいいため、設置労力が集落柵で高くなる可能性もある。防護柵の効果を持続させるには維持管理が重要となる（本田，2007，大岩ら，2014）が、山林内や傾斜地では同様に管理労力が増加する懸念もある。また、個別柵やグループ柵は比較的狭い範囲を囲うため一度の点検・管理に必要な労力が少ない一方で、集落全体を囲う集落柵は一度の点検・管理作業に時間と労力を要するため（関西広域連合，2016），受益者で作業を分担することが望ましい。集落柵は集落全体に利益を及ぼすことから管理作業は集落ぐるみで行われることが理想であるが、集落ぐるみの対策に不満や疑問を持っている農家がいることを示す報告があり（加藤・土屋，2014），地域の実状に応じた集落柵設置の判断や設置への合意形成の支援が重要となるだろう。また、設置に際して専門技術を有する者からの助言（本田，2007）や管理コストへの直接的

支援の在り方の検討（桑原・加藤，2012）が行われるとよい。これらの支援を併せて集落柵の設置を推進すれば、イノシシによる被害を大幅に減少させることができると思われる。なお、集落柵の費用対効果が個別柵やグループ柵より優れるかどうかは明らかにできなかった。今後は各種防護柵ごとの設置・維持費用や水稻減収による被害金額を精査し、費用対効果を検証することが課題である。

3つのパターンに分類した上で圃場ごとに色分けし表示した水稻被害発生リスクマップは、生産者が確認することで、どの防護柵を設置するかを各自で判断する重要な材料になると思われる。集落柵は道路や河川・水路と交差する部分を閉鎖できない（農林水産省，2014）ため、土地利用上、集落柵の設置が困難な場合もあり得る。リスクマップを見ると、個別・グループ柵の設置でも十分な被害軽減効果が期待できる圃場がわかるため、現場の土地利用と圃場の被害リスクからどの防護柵にするかを考えることが望まれる。また、集落柵を設置しても被害発生が予測される圃場もある。そのような圃場で被害を防止するには、イノシシの捕獲や潜み場となる藪の刈払い、複合柵の設置等の対策を実施する必要がある。被害発生リスクの情報に基づいて追加の対策の必要性を把握できるため、防護柵による対策を行う生産者にはこのリスクマップの活用を望みたい。

V 謝 辞

本研究は千葉県野生鳥獣対策本部における野生鳥獣害研究チームの課題として実施した。また、病理昆虫研究室の清水 健氏には試験設計や統計解析について多大な

るご助言をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表す。

VI 摘 要

千葉県におけるイノシシ被害対策は個別柵やグループ柵の利用が主であったが、近年集落全体を囲う集落柵の設置が進んでいる。しかし、集落柵は農地を囲うものではないため、個別又はグループ柵と同等の効果が期待できない可能性がある。そこで、集落柵のイノシシに対する有効性を明らかにするために、被害軽減効果を個別・グループ柵と比較した。

調査対象地域は鴨川市、鋸南町、南房総市とした。集落柵設置地区と非設置地区を3地区ずつ設定し、水田圃場の現地踏査により得られたデータとGISデータから集落柵の設置が被害発生に及ぼす影響を一般化線形混合モデル（以下GLMMとする）により解析した。また、3市町の林縁から40m以内の全水田圃場17,464筆を対象に、防護柵の設置を仮定した場合の被害発生圃場数の予測値をGLMMの解析結果から得られたモデルを用いて試算した。

GLMMの解析では集落柵有りの標準化偏回帰係数は-1.134となり、個別・グループ柵の有りの-0.768より絶対値が大きく、集落柵の被害軽減効果は個別・グループ柵より大きかった。また、被害発生圃場数の試算では、3市町合計の被害発生圃場割合が防護柵無しで81.8%、個別・グループ柵設置で26.5%、集落柵設置で8.3%となり大きく減少し、集落柵の設置は本県において有効な対策となり得ることが示唆された。

VII 引用文献

- 安部みき子 (1986) ニホンイノシシの外部位測値一体重ならびに頭胴長の回帰と相対成長。哺乳学誌 11: 147-154.
- 千葉県 (2017) 第2次千葉県第二種特定鳥獣管理計画(イノシシ)。https://www.pref.chiba.lg.jp/shizen/chouJuu/jigyoukeikaku/documents/2_inosisi_hennkou.pdf 最終アクセス 2018年7月27日。
- Douglas, B, M. Maechler, B. Bolker and S. Walker (2015) Fitting Linear Mixed-Effects Models using lme4. *J. Stat. Softw.* 67: 1-48.
- 江口祐輔 (2003) イノシシから田畑を守る：おもしろ生態とかしい防ぎ方。149pp. 農山漁村文化協会、東京。
- 江口祐輔 (2008) 農作物被害対策：イノシシの被害管理。日本の哺乳類学2 中大型哺乳類・霊長類（高槻成紀・山極寿一 編）。pp. 400-420. 東京大学出版会、東京。
- 本田 剛 (2005) イノシシ(*Sus scrofa*)用簡易型被害防止柵による農業被害の防止効果：設置及び管理要因からの検証。野生生物保護 9: 93-102.
- 本田 剛 (2007) 被害防止柵の効果を制限する要因ーパス解析による因果推論ー。日本森林学会誌 89: 126-130.
- Honda, T. and M. Sugita (2007) Environmental factors affecting damage by wild boars(*Sus scrofa*) to rice fields in Yamanashi Prefecture, central Japan. *Mamm. Stud.* 32: 173-176.
- 環境省 (2008) 植生調査(1/2.5万)都道府県別一覧。http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc025.html?kind=g67 最終アクセス 2018年7月3日。
- 関西広域連合 (2016) 行政担当者向け イノシシ防除マニュアル。https://www.kouiki-kansai.jp/material/files/group/10/1496294904.pdf 最終アクセス 2019年9月23日。
- 加藤恵里・土屋俊幸 (2014) 野生動物による農作物被害への集落ぐるみの対策の課題：階層区分別にみた農家の認識から。林業経済研究 60(3): 59-68.
- 木佐貫健二 (2005) 広域獣害防止策によるシカ、サル被害の防止対策。共生を目指した鳥獣害対策（農林水産技術情報協会 編）。pp. 91-94. 全国農業会議所、東京。
- 北澤哲弥・浅田正彦 (2010) 千葉県の里山における野生鳥獣の保護管理と生態系サービス。千葉県生物多様性センター研究報告 2: 85-101.
- 小寺祐二・長妻武宏・澤田誠吾・藤原 悟・金森弘樹 (2010) 森林内での給餌はイノシシ(*Sus scrofa*)の活動にどのような影響を及ぼすのか。哺乳類科学 50: 137-144.
- 国土交通省 (2008) 国土数値情報ダウンロードサービスー河川データ。http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-W05.html 最終アクセス 2018年7月3日。
- 国土交通省 (2014) 基盤地図情報ダウンロードサービスー基本項目。https://fgd.gsi.go.jp/download/mapGis.php?tab=dem 最終アクセス 2018年9月14日。
- 国土交通省 (2016) 基盤地図情報ダウンロードサービスー数値標高モデル。https://fgd.gsi.go.jp/download/mapGis.php?tab=dem 最終アクセス 2018年7月3日。
- 久保拓弥 (2012) データ解析のための統計モデリング入門：一般化線形モデル・階層ベイズモデル・MCMC。267pp. 岩波書店、東京。
- 桑原考史・加藤恵里 (2012) 獣害対策コスト分析に基づく支援制度の考察。農業経営研究 50(2): 49-54.
- 百瀬 浩・斎藤昌幸・植松清次・三平東作・赤山喜一郎・大谷 徹 (2011) 農業共済の被害資料等の既存情報を用いたイノシシ農業被害発生リスクマップ。http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nar

- c/2011/420d0_01_57.html 最終アクセス2019年11月29日.
- 仲谷 淳 (2005) イノシシの生態解明と農作物被害防止技術の開発. 共生を目指した鳥獣害対策 (農林水産技術情報協会 編), pp. 31-39. 全国農業会議所, 東京.
- 野元加奈・高橋俊守・小金澤正昭・福村一成 (2010) 栃木県茂木町の水田と畑地におけるイノシシ被害地点と周辺環境特性. 哺乳類科学 50: 129-135.
- 農林水産省 (2014) [改訂版]野生鳥獣被害防止マニュアルーイノシシ,シカ,サル 実践編. http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/manyuaru/manual_inosisi_sika_saru_jissen/inosisi_sika_saru_jissen.html 最終アクセス 2019年7月29日.
- 農林水産省 (2019) 農地の区画情報(筆ポリゴン)の提供. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/porigon/> 最終アクセス 2019年7月10日.
- 大岩幸太・藤田和宏・鉄谷龍之・小川 博・安藤元一 (2014) 広域獣害防止柵の開口部がニホンジカ侵入防止に及ぼす影響. 東京農大集報 59: 21-28.
- QGIS Development Team (2019) QGIS Geographic Information System. Version 3.6.2. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org> 最終アクセス 2019年5月1日.
- R Development Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. version 3.5.2. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org/> 最終アクセス 2019年5月1日.
- Saito, M., H. Momose and T. Mihira (2011) Both environmental factors and countermeasures affect wild boars damage to rice paddies in Boso Peninsula, Japan. *Crop Prot.* 30: 1048-1054.
- 清水晶平・望月翔太・山本麻希 (2013) イノシシ(*Sus scrofa*)の分布拡大時における水稲被害の地理的発生要因. 景観生態学 18: 173-182.
- 下野嘉子 (2010) Rを用いた一般化線形モデル (回帰係数編) :カウントデータを例に. 雑草研究 55: 287-294.
- 白澤紘明 (2018) TopoChar: 地形特性図作成アプリ. Version 1.1. G空間情報センター. <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/demapp> 最終アクセス 2019年7月27日.
- 高田まゆら・鈴木 牧・落合啓二・浅田正彦・宮下 直 (2010) 景観構造を考慮したニホンジカによる水稲被害発生機構の解明とリスクマップの作成. 保全生態学研究 15: 203-210.
- 竹下幸広・金森弘樹 (2010) 島根県におけるイノシシ用広域防護柵の設置状況とその効果. 島根中山間セ研報 6: 13-20.
- 山川 渉 (2008) イノシシ用侵入防止柵の評価ー飼育イノシシによる試験ー. 島根中山間セ研報 4: 49-55.
- 横山隆三・白沢道生・菊池 祐 (1999) 開度による地形特徴の表示. 写真測量とリモートセンシング 38(4): 26-34.

Reduction of Damage by Wild Boars by Individual or Group Fences versus Village Fences in Three Municipalities in Awa Region

Hiroki MATSUMURA*, Toru OHTANI and Toshiyuki KAWANA

Key words: wild boar damage, village fence, GIS, GLMM

Summary

In Chiba Prefecture, mainly individual or group fences are used to prevent crop damage by wild boars. In recent years, some villages have installed a fence surrounding the entire village. However, as village fences surround not just farmland, they may not be as effective as individual or group fences. To evaluate their effectiveness, we assessed damage reduction by each type of fence in Kamogawa city, Kyonan town, and Minamiboso city. We analyzed the effect of damage reduction by GLMM (Generalized Linear Mixed Model) using data obtained from a paddy field survey within each of two areas in each town, one with a village fence and one without. Using the GLMM, we predicted the damage in 17 464 paddy fields within 40 m of forest edges. The standardized partial regression coefficient for village fences was -1.134 . As this is larger in absolute terms than that of individual or group fences, at -0.768 , village fences reduce damage more than individual or group fences. The estimated proportion of damaged paddy fields in all three municipalities was 81.8% without protective fences, 26.5% with individual or group fences, and 8.3% with village fences. These results suggest that village fences offer the best protection in this prefecture.

*Warm Region Horticulture Institute, Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center; 1762 Yamamoto, Tateyama, Chiba 294-0014, Japan