

氏名(本籍)	加瀬 ちひろ (神奈川県)
学位の種類	博士(学術)
学位記番号	甲第51号
学位授与年月日	平成24年3月15日
学位授与の要件	学位規則第3条第2項該当
学位論文題名	ハクビシンにおける侵入行動の解明および家屋侵入防止技術への応用に関する行動学的研究
論文審査委員	(主査) 田 中 智 夫 (副査) 高 槻 成 紀 植 竹 勝 治 江 口 祐 輔 (独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 上席研究員)

## 論文内容の要旨

日本においてハクビシンは全国的に分布しており、里山や農地周辺だけでなく市街地にも生息している。人家周辺では、民家や神社仏閣などの天井裏を休息や出産、子育ての場として利用することがあり、家屋侵入被害として問題となっている。このようなハクビシンによる家屋の利用は、騒音や排泄物による悪臭などの直接的な被害だけでなく、休息や出産、子育ての場を提供することにより個体数増加を助長し、周辺地域での農作物被害を深刻化させるなどの間接的な被害要因ともなり得る。ハクビシンに関する研究は、野外における生態研究がほとんどであり、種特有の運動能力や行動特性を実験的に研究した例は極めて少ない。しかし近年、野生動物に係る問題を考える上で、行動学的手法により得られた知見は現場での汎用性が高く、具体的な解決方法の提案に役立つことから、生態学的研究だけでなく行動学的研究の重要性も認識されてきた。そこで本研究では、ハクビシンの侵入行動について、水平方向および垂直方向での移動能力をはじめとする行動特性を明らかにし、侵入防止技術への応用を検討した。

第1章では、ハクビシンが侵入可能な入口の大きさおよび形状を検討するため、著者による先行研究(修士論文)の追加実験として、侵入可能な最小の長方形入口の検討を行った。先行研究では、ハクビシンはH6×W20 cmの横長の長方形、H20×W6 cmの縦長の長方形、一辺8 cmの正方形、直径9 cmの円形入口から侵入することを明らかにした。長方形の入口は長辺を20 cmに固定して提示したため、さらに詳細な研究として、本実験では横長および縦長の長方形入口の短辺と長辺を1 cm間隔で段階的に短くしていき、ハクビシンの侵入可能な最小の長方形入口を決定した。実験の結果、侵入した最小の長方形入口はH6×W12 cmの横長の長方形、H11×W7 cmの縦長の長方形であった。縦長の長

方形入口では、横幅が顔幅よりも小さい入口に対して頭部を90度ひねり侵入を試みたことから、ハクビシンは入口の形状に合わせて体の向きを変え、侵入方法を変化させていることが示唆された。

先行研究においてハクビシンが入口に対して行った探査のうち、視覚的探査が占める割合が高く、視覚情報が侵入の可否を判断する一つの要因になっていることが示唆された。野生動物による被害対策の一つとして、視覚を利用して加害動物の行動を制御できる可能性があり、ハクビシンにおいても、視覚的要因により侵入行動に影響が現れる可能性がある。

そこで第2章では、ヒトにおける錯視効果を応用して、物理的には同じ大きさであるが大きさが異なって見える入口（デルブーフの大きさ錯視条件）や、侵入部の入口直径は同じであるが入口の形状が異なることで、実際よりも大きく見える入口（スパイクの本数・長さ変化条件）を提示し、視覚的要因が入口への訪問や侵入の可否に及ぼす影響について検討した。実験の結果、錯視条件では錯視の有無にかかわらず、侵入できる直径の入口では全て侵入し、スパイクの本数および長さ変化条件では、入口面積の広がったスパイクのある入口から侵入した。また、各入口に対する総探査持続時間は条件間で差は認められなかった。これらの結果から、視覚的要因がハクビシンの侵入行動に及ぼす影響はわずかであり、視覚的要因のみで侵入行動を制御できないことが示唆された。通常ハクビシンは巣作りを行わず、既存の空間を休息や繁殖の場として利用する。より小さな隙間から侵入することは、利用可能な空間を多様にし、捕食者や異種動物の侵入を制限することが可能である。また、ハクビシンは空間内に外部から巣材を持ち込まないため、視覚的要因のみで侵入の可否を判断するのではなく、隙間に接触し、体が入る大きさであれば侵入すると考えられる。

ハクビシンは移動経路や休息場所として樹上も頻繁に利用することが報告されており、空間を立体的に利用することが可能である。形態学的にも幅広い運動が可能な四肢や肩関節を有しており、さらに四肢はパッド状の滑り止め構造をしていることから、樹の幹を前肢で左右から抱え込んで登ることや、形状が多彩な樹上でも歩行ができる。これらのことから、ハクビシンは家屋侵入被害現場においても、様々な構造物を移動経路として利用し、家屋内では天井裏への移動経路として中空構造をした壁体内を利用している可能性がある。

そこで第3章では、二枚の板で形成した垂直な隙間をもつ実験装置を用い、地上から高さ170 cmの位置に設置した報酬飼料をハクビシンに摂取させることで、侵入可能な垂直隙間幅を調査した。実験の結果、ハクビシンは背中と四肢で板を押しながら、幅6 cmから25 cmの垂直な隙間を登った。登るまでの潜時および報酬までの到達時間は、隙間幅の増減に伴い変動が一致し、ハクビシンは隙間幅9 cmから17 cmにおいて比較的容易に侵入できることが示唆された。隙間幅12 cm以上では、隙間内で体重を支えることが困難になるため、跳躍するなど、各個体で登り始めの行動を様々に変化させた。家屋の壁は、同じ家屋内でも外壁や間仕切り壁などにより壁体内の厚みや幅が異なることが予想され、これらの特徴はハクビシンの侵入行動に影響を及ぼす可能性がある。しかし本実験の結果より、ハクビシンは家屋の壁体内の垂直な隙間を移動経路として利用できるだけの身体能力を有していることが明らかになった。また、幅6 cmの隙間に侵入したことから、ハクビシンの垂直方向での移動能力は、

水平方向での移動能力と同等であることが示唆された。

著者による先行研究および第1章より、ハクビシンが侵入可能な最小の入口はH6×W12 cmの横長の長方形、H11×W7 cmの縦長の長方形、一辺8 cmの正方形、直径9 cmの円形であることを明らかにし、これらよりも小さい目合の障害物であれば、隙間へのハクビシンの侵入を防ぐことが可能であると考えられる。しかし障害物の目合の大きさや形状、線径により、侵入への執着度や障害物に対する行動が異なることが予想される。

そこで第4章では、侵入口に障害物として金網を設置し、目合や形状、線径の違いがハクビシンの侵入行動に及ぼす影響について検討した。提示した障害物は、一般的に入手可能な鉄製亀甲金網（目合：8 mm、20 mm、40 mm、線径：0.8 mm）、鉄製溶接金網（目合：30 mm、50 mm、75 mm、線径：3.2 mm）の2種類とした。目合は規格品のうち最大、最小のものを含む3段階とし、線径は最も細いものとした。障害物の設置位置は地上0 cmに設置した地際条件と、前肢をパネルにかけ、後肢のみで立ち上がり探査することを想定した高所条件に分けて実験を行った。1つの条件は1日30分間提示し、障害物に対し接触をした場合には、最長5日間提示した。今回の実験では、どの条件からもハクビシンは侵入しなかった。障害物を噛むなどの破壊的な行動の発現頻度は相対的に低かったが、目合40 mmの亀甲金網に対しては発現したことから、障害物の目合の大きさと線径によっては破壊される可能性も示唆された。また、目合75 mmの溶接金網では鼻先を入れるなどの接触の持続時間が長い傾向（ $P < 0.1$ ）にあったことから、家屋の隙間を塞ぐ場合には、探査持続時間が短かった目合の小さい金網の使用が推奨される。障害物の設置位置で総探査持続時間に有意差はなく、ハクビシンは高所に設置された障害物に対しても、地際と同等に探査した。一方で高所条件では、障害物に対して前肢かけや登る行動が観察されたことから、高所の侵入口を塞ぐ場合は、地際と同じ材質のものでは耐用年数が短くなる可能性が示唆された。また、高所に設置した金網は、他の移動経路へのハクビシンの足場として利用される可能性も示唆された。

ハクビシンが属するジャコウネコ科の動物は、捕食者による危険の回避と採食場所からの距離を、休息地選択の要因とすることが報告されている。家屋の天井裏は、生息環境が重複している異種動物の侵入を制限し、近隣には庭の果樹や生ゴミなどの餌資源が存在している。さらに、家屋内は外界から遮断されているため、温度環境も一定に保たれており、ハクビシンの休息や繁殖の場所として適していると考えられる。ハクビシンは隙間の形状に合わせて侵入方法を変化させ、視覚的要因のみで隙間への侵入の可否を判断するのではなく、物理的に隙間の大きさが十分であれば、侵入する可能性が高い。家屋内に侵入後も、壁体内を移動経路として使用し、家屋内を垂直方向にも自在に移動している可能性がある。ハクビシンの家屋侵入を防除するためには、家屋の通風口や増築・改築部などを確認し、侵入可能な隙間を発見した場合には、ハクビシンが破壊的行動や接触を示しにくい目合の小さな金網で覆い、外壁や屋根の破損などを定期的に点検する必要がある。

ハクビシンはヒトの生活環境周辺にも生息し、身近な野生動物であるにも係らず、これまでの研究は野外における生態研究がほとんどであり、運動能力や行動特性に関しては明らかにされていなかっ

た。本研究では、ハクビシンによる家屋侵入被害を防止するための基礎的研究として、水平方向および垂直方向での移動能力や侵入行動を解明し、さらに障害物に対する行動特性を明らかにした。これらの知見は、科学的基礎知見に留まらず、ハクビシンの家屋侵入経路や家屋内での移動の予測を可能にし、各種侵入防止資材の効果や耐久性をハクビシンの反応から評価したことで、侵入防止技術の基礎を形成することができた。また、本研究の成果はハクビシンによる家屋侵入被害だけでなく、農作物被害など、ヒトとの間に生じる様々な軋轢問題の解決に貢献することが期待される。

## 論文審査の結果の要旨

日本においてハクビシンは全国的に分布しており、里山や農地周辺だけでなく市街地にも生息している。人家周辺では、民家や神社仏閣などの天井裏を休息や出産、子育ての場として利用することがあり、家屋侵入被害として問題となっている。このようなハクビシンによる家屋の利用は、騒音や排泄物による悪臭などの直接的な被害だけでなく、休息や出産、子育ての場を提供することにより個体数増加を助長し、周辺地域での農作物被害を深刻化させるなどの間接的な被害要因ともなり得る。ハクビシンに関する研究は、野外における生態研究がほとんどであり、種特有の運動能力や行動特性を実験的に研究した例は極めて少ない。しかし近年、野生動物に係る問題を考える上で、行動学的手法により得られた知見は現場での汎用性が高く、具体的な解決方法の提案に役立つことから、生態学的研究だけでなく行動学的研究の重要性も認識されてきた。そこで著者は、ハクビシンの侵入行動について、水平方向および垂直方向での移動能力をはじめとする行動特性を明らかにし、侵入防止技術への応用を検討した。

第1章では、ハクビシンが侵入可能な入口の大きさおよび形状を検討するため、著者による先行研究（修士論文）の追加実験として、侵入可能な最小の長方形入口の検討を行った。先行研究では、ハクビシンはH6×W20 cmの横長の長方形、H20×W6 cmの縦長の長方形、一辺8 cmの正方形、直径9 cmの円形入口から侵入することを明らかにした。長方形の入口は長辺を20 cmに固定して提示したため、さらに詳細な研究として、本実験では横長および縦長の長方形入口の短辺と長辺を1 cm間隔で段階的に短くしていき、ハクビシンの侵入可能な最小の長方形入口を決定した。実験の結果、侵入した最小の長方形入口はH6×W12 cmの横長の長方形、H11×W7 cmの縦長の長方形であった。縦長の長方形入口では、横幅が顔幅よりも小さい入口に対して頭部を90度ひねり侵入を試みたことから、ハクビシンは入口の形状に合わせて体の向きを変え、侵入方法を変化させていることを示唆した。

先行研究において、ハクビシンが入口に対して行った探査のうち、視覚的探査が占める割合が高く、視覚情報が侵入の可否を判断する一つの要因になっていることが示唆されている。野生動物による被害対策の一つとして、視覚を利用して加害動物の行動を制御できる可能性があり、ハクビシンにおいても、視覚的要因により侵入行動に影響が現れる可能性がある。

そこで第2章では、ヒトにおける錯視効果を応用して、物理的には同じ大きさであるが大きさが異なって見える入口（デルプーフの大きさ錯視条件）や、侵入部の入口直径は同じであるが入口の形状

が異なることで、実際よりも大きく見える入口（スパイクの本数・長さ変化条件）を提示し、視覚的要因が入口への訪問や侵入の可否に及ぼす影響について検討した。実験の結果、錯視条件では錯視の有無にかかわらず、通常条件で侵入できた直径の入口では全て侵入し、スパイクの本数および長さ変化条件では、入口面積の広がったスパイクのある入口から侵入した。また、各入口に対する総探査持続時間は条件間で差は認められなかった。これらの結果から、視覚的要因がハクビシンの侵入行動に及ぼす影響はわずかであり、視覚的要因のみで侵入行動を制御できないことを示唆した。通常ハクビシンは巣作りを行わず、既存の空間を休息や繁殖の場として利用する。より小さな隙間から侵入することは、利用可能な空間を多様にし、捕食者や異種動物の侵入を制限することが可能である。また、ハクビシンは空間内に外部から巣材を持ち込まないため、視覚的要因のみで侵入の可否を判断するのではなく、隙間に接触し、体が入る大きさであれば侵入する可能性を示した。

ハクビシンは移動経路や休息場所として樹上も頻繁に利用することが報告されており、空間を立体的に利用することが可能である。形態学的にも幅広い運動が可能な四肢や肩関節を有しており、さらに四肢はパッド状の滑り止め構造をしていることから、樹の幹を前肢で左右から抱え込んで登ることや、形状が多彩な樹上でも歩行ができる。これらのことから、ハクビシンは家屋侵入被害現場においても、様々な構造物を移動経路として利用し、家屋内では天井裏への移動経路として中空構造をした壁体内を利用している可能性がある。

そこで第3章では、二枚の板で形成した垂直な隙間をもつ実験装置を用い、地上から高さ170 cmの位置に設置した報酬飼料をハクビシンに摂取させることで、侵入可能な垂直隙間幅を調査した。実験の結果、ハクビシンは背中と四肢で板を押しながら、幅6 cmから25 cmの垂直な隙間を登った。登るまでの潜時および報酬までの到達時間は、隙間幅の増減に伴い変動が一致し、ハクビシンは隙間幅9 cmから17 cmにおいて比較的容易に侵入できることが示唆された。隙間幅12 cm以上では、隙間内で体重を支えることが困難になるため、跳躍するなど、各個体で登り始めの行動を様々に変化させた。家屋の壁は、同じ家屋内でも外壁や間仕切り壁などにより壁体内の厚みや幅が異なることが予想され、これらの特徴はハクビシンの侵入行動に影響を及ぼす可能性がある。しかし本実験の結果より、ハクビシンは家屋の壁体内の垂直な隙間を移動経路として利用できるだけの身体能力を有していることが明らかになった。また、幅6 cmの隙間に侵入したことから、ハクビシンの垂直方向での移動能力は、水平方向での移動能力と同等であることを明らかにした。

著者による先行研究および第1章より、ハクビシンが侵入可能な最小の入口はH6 × W12 cmの横長の長方形、H11 × W7 cmの縦長の長方形、一辺8 cmの正方形、直径9 cmの円形であることを明らかにし、これらよりも小さい目合の障害物であれば、隙間へのハクビシンの侵入を防ぐことが可能であると考えられる。しかし障害物の目合の大きさや形状、線径により、侵入への執着度や障害物に対する行動が異なることが予想される。

そこで第4章では、侵入口に障害物として金網を設置し、目合や形状、線径の違いがハクビシンの侵入行動に及ぼす影響について検討した。提示した障害物は、一般的に入手可能な鉄製亀甲金網（目

合：8 mm、20 mm、40 mm、線径：0.8 mm)、鉄製溶接金網(目合：30 mm、50 mm、75 mm、線径：3.2 mm)の2種類とした。目合は規格品のうち最大、最小のものを含む3段階とし、線径は最も細かいものとした。障害物の設置位置は地上0 cmに設置した地際条件と、前肢をパネルにかけ、後肢のみで立ち上がり探査することを想定した高所条件に分けて実験を行った。1つの条件は1日30分間提示し、障害物に対し接触をした場合には、最長5日間提示した。今回の実験では、どの条件からもハクビシンは侵入しなかった。障害物を噛むなどの破壊的な行動の発現頻度は相対的に低かったが、目合40 mmの亀甲金網に対しては発現したことから、障害物の目合の大きさと線径によっては破壊される可能性も示唆された。また、目合75 mmの溶接金網では鼻先を入れるなどの接触の持続時間が長い傾向( $P < 0.1$ )にあったことから、家屋の隙間を塞ぐ場合には、探査持続時間が短かった目合の小さい金網の使用が推奨される。障害物の設置位置で総探査持続時間に有意差はなく、ハクビシンは高所に設置された障害物に対しても、地際と同等に探査した。高所条件では障害物に対して前肢かけや登る行動が観察されたことから、地際より高所に設置した障害物の方が、障害物への負担が大きく耐久年数が短くなる可能性が示唆された。また、高所に設置した金網は、他の移動経路へのハクビシンの足場として利用される可能性も示唆された。

ハクビシンが属するジャコウネコ科の動物は、捕食者による危険性の回避と採食場所に近いことを、休息地選択の要因とすることが報告されている。家屋の天井裏は、生息環境が重複している異種動物からの侵入を制限し、近隣には庭木の果樹や生ゴミなどの餌資源が存在している。さらに、家屋内は外界から遮断されているため、温度環境も一定に保たれており、ハクビシンの休息や繁殖の場所として適していると考えられる。ハクビシンは隙間の形状に合わせて侵入方法を変化させ、視覚的要因のみで隙間への侵入の可否を判断するのではなく、物理的に隙間の大きさが十分であれば、侵入する可能性が高い。家屋内に侵入後も、壁体内を移動経路として使用し、家屋内を垂直方向にも自在に移動している可能性がある。ハクビシンの家屋侵入を防除するためには、家屋の通風口や増築・改築部などを確認し、侵入可能な隙間を発見した場合には、ハクビシンが破壊的行動や接触を示しにくい目合の小さな金網で覆い、外壁や屋根の破損などを定期的に点検する必要がある。

ハクビシンはヒトの生活環境周辺にも生息し、身近な野生動物であるにも係らず、これまでの研究は野外における生態研究がほとんどであり、運動能力や行動特性に関しては明らかにされていなかった。本研究では、ハクビシンによる家屋侵入被害を防止するための基礎的研究として、水平方向および垂直方向での移動能力や侵入行動を解明し、さらに障害物に対する行動特性を明らかにした。これらの知見は、科学的基礎知見に留まらず、ハクビシンの家屋侵入経路や家屋内での移動の予測を可能にし、各種侵入防止資材の効果や耐久性をハクビシンの反応から評価したことで、侵入防止技術の基礎を形成することができた。また、本研究の成果はハクビシンによる家屋侵入被害だけでなく、農作物被害など、ヒトとの間に生じる様々な軋轢問題の解決に貢献することが期待され、博士(学術)の学位に相応しい業績と評価できる。