

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 17日現在

機関番号：12605

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2012

課題番号：22651086

研究課題名（和文） 動物顔面パターン認識装置を用いた里山の食肉目群集の保全

研究課題名（英文） SATOYAMA carnivore community conservation by developing remote species identification system using face color pattern

研究代表者

金子 弥生 (KANEKO YAYOI)

東京農工大学・大学院農学研究院・准教授

研究者番号：60413134

研究成果の概要（和文）：現在、里山生態系保全にとっての大きな課題は、在来種の選好生息地の確保と外来種対策である。本研究では在来中型食肉目保全を目的として、種判別を自動、低労力、低コストで行うことのできる動物自動識別装置を開発した。この装置により、食肉目群集共通の Key Habitat を調べ、種間相互作用の将来の変化を視野に入れた在来種の個体群構造を把握、生息地保全策について考察した。さらに、システムを応用して外来種（アライグマ、ハクビシン）選択捕獲装置「ラクーンターミネーター」を製作した。

研究成果の概要（英文）：In SATOYAMA ecosystem, habitat conservation for endemic species as well as introduced species management are major topics. In this study, we developed remote species identification/record system to monitor distribution, habitat preference, and interspecies relationship. Moreover, we applied this system to design unique box trap named “raccoon terminator” to do focal trapping for introduced species such as raccoons and palm civets.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,100,000	0	2,100,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	360,000	3,660,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：資源保全学・在来種保全

キーワード：外来種対策・在来種保全・資源保全学・アライグマ・画像認識

1. 研究開始当初の背景

近年、生物多様性の保全の必要性が論じられている。里山などの丘陵地では、タヌキ、キツネ、アナグマなどのイヌ科、イタチ科の中型野生哺乳類は「身近な環境」に生息し、地域生態系の維持・保全のための環境教育や普及啓蒙のためのフラッグシップ・スピーシ

ーズとしての役割が期待される。しかし人間の間には生じる問題点として、開発による生息地や移動経路の消失、人獣共通感染症、農作物被害に伴う錯誤駆除、外来種による個体群の劣化が挙げられ、共存のためには、コアとなる生息地を保護し、これらの動物と人間の間には生じる軋轢の解決策が望まれる。

研究代表者の金子は、1990年より現在までラジオテレメトリー法によるアナグマの行動追跡を行い、生息適地モデルを作成した。しかし今後の里山生態系のあるべき姿と野生動物との共存について考える上では、1種のみの生態でなく、地域の食肉目を生物群集としてとらえ種間相互作用のメカニズムを明らかにした上で具体的な保護策に結びつけること、また起こりうる諸問題（感染症や移入生物の拡大による影響）にも対応するシステム構築が必要となる。しかし日本では中型食肉目複数種の生態を同所的に扱った研究は、分担者の小池（科研費補助金08-09年度代表者、冷温帯広葉樹林における食肉目の液果の種子散布特性解明に関する研究）の他はほとんどない。

2. 研究の目的

里山生態系保全にとっての現在の大きな課題は、在来種の選好生息地の確保と外来種対策である。本研究では在来中型食肉目保全を目的として、種判別を自動、低労力、低コストで行うことのできる動物自動識別装置を開発する。

3. 研究の方法

(1) 里地性の在来中型食肉目（タヌキ、キツネ、アナグマ）と移入生物（アライグマ）に注目し、主として種間関係に着目し巣穴と餌場における共存のメカニズムを調べ、在来種共有のkey habitatについて検討を行う。

(2) 複数種の行動を把握可能な行動追跡装置として新規にビデオ記録式の自動モニタリング装置を開発する。

(3) このシステムを応用し種特有の顔面模様認識による種判別可能な新型罠を開発、外来種選択捕獲試験を行う。

4. 研究成果

(1) 開発による森林の孤立が顕著な都市近郊において、森林の分断化が生物種の生息に及ぼす影響を明らかにすることが課題となっている。生息地の分断・孤立化は、パッチを利用する種、特に大きな行動圏を持つ種の分散の障害をもたらし、残存するパッチにおける局所的な種の絶滅を引き起こすと考えられる。そこで本研究では、行動圏の大きな中型食肉目を対象に、ランドスケープレベルで都市近郊林の面積や配置といった要因が中型食肉目の種組成に与える影響を明らかにすることを目的とした。調査地は東京都多摩地域（10×15km）に存在する25の森林を対象とした。調査は赤外線センサーカメラを用い、各種の活動期間にあたる2011年5～8月に行った。50ha未満の森

林には各3台のカメラを、50ha以上の森林には各5台のカメラをそれぞれ20日間設置した。また、各森林の環境要因として面積と孤立度（Hanski, 1994）を設定した。解析では、O'Brien et al. (2003)に倣い、各哺乳類種の撮影時間帯が30分以上のものを「独立撮影イベント」とし、種ごとに撮影された写真数を集計した。調査の結果、4種が撮影され、タヌキが最も多く、ハクビシン、アナグマ、アライグマと続いた。各種の生息に影響を与える要因では、タヌキはすべての森林で確認されたが、残りの3種は一部の森林のみで生息が確認された。

(2) 日本の本州、四国、九州に分布する食肉目イタチ科のニホンアナグマ（*Meles anakuma* 以下、アナグマ）は、主に丘陵地から山地帯に生息しているが、都市部での生息状況は明らかになっていない。都市部での生息については、近縁種のヨーロッパアナグマ（*Meles meles*）でイギリスにおける研究があるのみで、その他の報告はなされていない。今回、東京都の都市部に生息するアナグマの個体群を対象に、2009年から、直接観察、カメラトラップ法、ビデオ撮影により生態と行動を記録・解析した。

調査地は、東京都心から約20kmの、面積約60haに少数の建造物が散在するエリアで、隣接する約40haの都市公園と合わせて約100haの連続した緑地帯を形成し、周囲を住宅街に囲まれている。アナグマの生息は、2008年に初めて確認し、その後、調査地の約30haの人間が殆ど出入りしない地域を中心に、建物の床下を含む6カ所の巣穴を確認した。2009年以来、4年連続して繁殖が行われ、繁殖には2カ所の巣穴が使われた。



図1. 調布市で撮影されたアナグマ

行動の季節変化については、冬期に数ヶ月の活動停止が見られた長野県入笠山の個体群（山本 1995）とは異なり、4階建の建物の床下で越冬する3頭の個体は、厳冬期も継続して活発な活動が見られた。冬期の活動は気温と積雪、餌資源などによって左右されるが、

調査地の積雪は殆ど見られず、10～3月の平均気温は長野県山間部よりも7～12度高い。餌資源については、ミミズなどの自然資源の他に、周囲が都市公園や住宅街のため、ネコへの給餌や生ゴミの利用も予想され、冬期に継続して活動する要因は、今後の検討課題である。日周活動については、カメラトラップ法による撮影時刻を解析したところ、日没後、2時間以上経ってから活動を開始する傾向が見られた。山間部では、日没前後に活動を開始することが知られているが (Tanaka 2005)、人間活動の影響で、日周リズムに変化が出ていることが予想された。

(3) 移入種の在来生態系へ与える影響評価には、移入種生息前の在来種の生態情報が必要であるが、哺乳類において移入前、移入後のデータセットの両方を得ることは容易ではない。特定外来生物のアライグマ (*Procyon lotor*) は、近年日本全都道府県に分布を拡大し、類似したニッチを占める在来種のタヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) への影響が危惧されている。東京都日の出町は、奥山とつながる東京都市近郊の里山であり、1987年より中型食肉目各種の捕獲調査やラジオテレメトリーによる行動生態調査が行われてきたが、2004年にアライグマの生息が初めて確認された。そこで本研究では、アライグマ移入前の1990～1991年にホンダタヌキ (*N. p. viverrinus*) の行動追跡が行われた地域と同じ地域において、2006～2010年に同所的に生息するアライグマとタヌキの行動追跡を行い、タヌキの行動変化を調べることが目的とした。追跡個体は、タヌキ8頭 (1990～1991年、オス2頭、メス2頭: 2008～2010年、オス2頭、メス2頭)、アライグマ6頭 (2006年～2010年、オス4頭、メス2頭) であった。アライグマ移入前のタヌキの行動圏サイズは平均49.6ha (n=4, MCP) であったが、移入後は平均28.4ha (n=4) と縮小した。一方で、アライグマの行動圏サイズは平均360ha (n=6) を示し、オスはメスの5倍近い行動圏サイズを示した。空間配置の特徴として、白山-大久野ふじ地域において子育て中の移入アライグマメスは、移入前のタヌキの行動圏とほぼ同様の空間配置を示し、その中でタヌキは捕獲されなかった。その年タヌキのペアは、隣接する孤立緑地内に面積19-24haの行動圏をつくり繁殖したが、夏期にトウモロコシ食害を起し最終的に駆除された。アライグマ移入前のタヌキと移入後のタヌキ、アライグマの間で環境選択の特徴には変化が見られなかったが、空間配置の特徴により、タヌキはアライグマの生息域を忌避する傾向があり、その結果餌資源が不足していることが考えられた。

移入前タヌキ	スギ・ヒノキ林	農地・民家混在地	広葉樹林	住宅密集地	河川・河川敷
スギ・ヒノキ林				+	++
農地・民家混在地				++	++
広葉樹林					
住宅密集地	--	--			
河川・河川敷	--	--			

移入後タヌキ	スギ・ヒノキ林	農地・民家混在地	住宅密集地	広葉樹林	河川・河川敷
スギ・ヒノキ林					
農地・民家混在地					++
広葉樹林					
住宅密集地					
河川・河川敷		--	--		

アライグマ	スギ・ヒノキ林	住宅密集地	農地・民家混在地	広葉樹林	河川・河川敷
スギ・ヒノキ林					
農地・民家混在地					
広葉樹林					
住宅密集地					
河川・河川敷					

(4) ラクーンターミネーターは、野生動物捕獲用箱ワナ・制御ボックス・扉開閉機構の3つのパーツからなり、箱ワナの横幅に合わせた防滴・防塵ケースでできた制御ボックスは既存の複数タイプの箱ワナに装着金具とボルト・ナットを用いて取り付けられるようになっている。装着は市販の工具のみで行える。

制御ボックス内には大きく分けて4つのパーツ (ワイヤー巻き上げ装置・CPU・通信装置・ネットワークカメラ) が収められており、インターネットを介することで、ネットワークカメラで撮影したワナの中の画像を見ることができ遠隔モニタリング機能、ワイヤー巻き上げ装置を使用して遠隔操作によってワナの扉を開ける遠隔開扉機能を、使用することができる。ラクーンターミネーターの動作フローを図3に示した。通常時、電力消費を抑えるためにCPUは待機状態となっている。踏み板が踏まれ、トリガーが外れて扉が閉まったことを感知するとCPUが起動、ワナの管理者にメール等で通知するようになっている。管理者はPCやスマートフォンなど、インターネットに接続された情報端末のインターネットブラウザからワナに割り当てられたIPアドレスにアクセスし、操作画面から画像撮影やワナの開扉を指示できる。操作画面はコマンドボタンが少なくシンプルな作りになっており、簡単に操作できるようになっている。開扉の動作は、トリガーが再セットされ止まる。

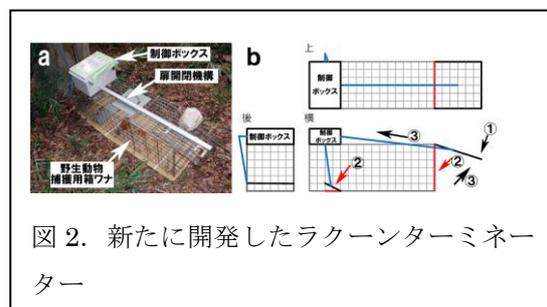
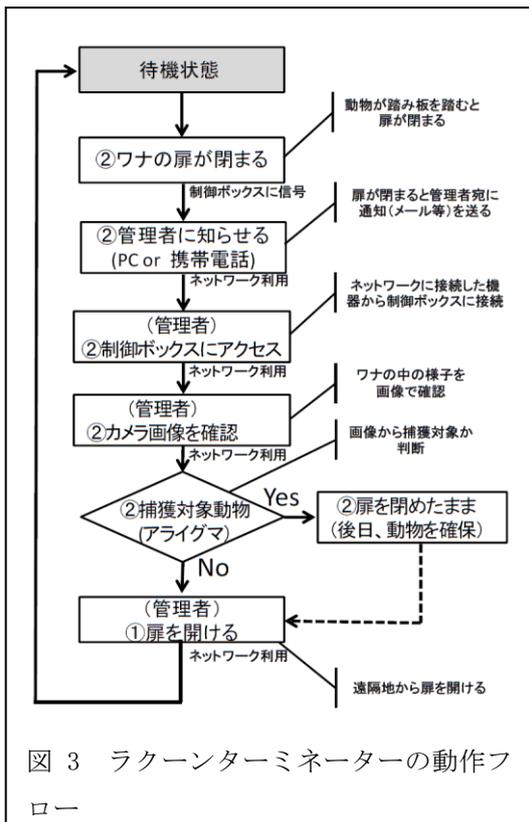


図2. 新たに開発したラクーンターミネーター

動物が踏み板の上にいるためにトリガーが再セットされない場合を想定して、ブラウザからの開扉指示から45秒以内にトリガー



が外れた場合は開扉動作が続くようになっている。この場合は、トリガーが再セットされなくても、開扉指示から 45 秒後に動作が止まるようになっていて、トリガーが再セットされるまで連続して開扉動作を行うことができる。

本研究では静止画のみ撮影可能なシステムを用い、電源とインターネットを有線接続するものを、野生動物捕獲用箱ワナ (サイズ 101cm×30cm×30cm, Tomahawk Live Traps 社製 model207.5, Tomahawk, Wisconsin, 54487, USA; US\$131.10, 国内販売価格¥25,000 前後) に装着して使用した。画像はビットマップ形式(.bmp, サイズ 320pixel×240pixel, 解像度 96dpi)で撮影される。撮影された画像は、制御ボックス内の基板上に挿入された microSD カードに保存された上で、CPU がデジタルデータからアナログデータに変換して転送、転送されたアナログデータはサーバーで受信されてからデジタルデータに再変換され、ブラウザ上に表示される。プログラムがフリーズした時のため、基板上にはリセットボタンが配置されている。

ラクーンターミネーターの価格を安くするために、比較的性能が低く、安い CPU を搭載した基板 (Arduino Ethernet Shield, Arduino Software 社, Italy, €31.00, 国内販売価格¥5,380) を採用した。そのために、一度に処理する情報量の少ない上記のような画像送信方式を採用した。消費電力は、待

機状態 0.2Ah(5V)・撮影通信時 0.5Ah(5V)・開扉操作 3Ah(9V)程度である。

端末からラクーンターミネーターへは次の 3 方式で接続可能である。

接続方式 (A) : PC から公共 LAN (今回は農工大学内ネットワークを使用) を介して接続

接続方式 (B) : スマートフォンから VPN 接続した公共 LAN を介して接続

接続方式 (C) : ラクーンターミネーターを無線 LAN ハブに接続し、そこにスマートフォンから直接 Wi-Fi 接続

それぞれの方式で以下の 3 つの試行を行い、不具合が出るかどうかを確認した。

試行 (1) : ワナを閉める⇒ワナを開けるを 10 回繰り返す

開扉操作のみの場合はどの操作も不具合なく行うことができた。

試行 (2) : ワナを閉めた状態で画像撮影を 10 回繰り返す

接続方式 (A) で 10 回中 5 回、画像転送エラーが起きた。強制読み込みのコマンドである Shift+F5 や Ctrl+F5 で読み込み直すと撮影された画像を表示した通常画面に戻ったが、複数回再読み込みを繰り返さないと通常画面に戻らないことがあった。画像転送エラーが出て、通常画面に戻すことができれば撮影を続けることはできた。接続方式 (B) においては、撮影された画像は制御ボックス内の基板上の microSD カードに保存されていたが、転送、読み込みの途中でフリーズしてしまい、画像を表示することはできなかった。接続方式 (C) は不具合なく画像の連続撮影、連続読み込みを行えた。

試行 (3) : ワナを閉める⇒写真撮影⇒ワナを開ける を 10 回繰り返す

接続方式 (A) は 10 回中 3 回画像転送エラーを起こしたが、再読み込みによって作業を続けることができた。接続方式 (B) は画像の読み込みができないため、試行を行えなかった。接続方式 (C) は不具合なく開扉動作、画像撮影を行うことができた。

PC の web ブラウザは Google Chrome (Google 社, ver15.0.874.121) を使用。スマートフォンは KDDI 株式会社 au の IS03 (SHARP 社, 製造型番 SHI 03, AndroidOS. 2.2.1) を使用し、web ブラウザは Opera Mobile (Opera Software ASA 社, ver. 11.5.3) を使用した。

(5) ラクーンターミネーターの稼働状況

2011 年 10 月 5 日～11 月 11 日の期間、10 月 21, 22 日の 2 日間以外は常にラクーンターミネーターを屋外に設置してあったが、最後まで正常に作動し続けた。ケーブル接続の都合上、蓋を締めきらずにビニールテープで封をしていたため、微量の雨水、埃が内部に侵入したが、それによる誤作動や不具合は起き

なかった。ラクーンターミネーターを用いた捕獲動物のリリース 捕獲されたタヌキ・ネコをそれぞれ1個体おいて、遠隔開扉機能を用いて動物のリリースを試みた。公共LANに接続したラクーンターミネーターに、PCを介して接続する接続方式(A)で操作を行ったところ、正常に動作し、扉を開けることができた。ネコ・タヌキともに踏み板の上にしたため、一度の開扉操作では扉が開ききらず、ネコは4回の開扉動作で開いた15cmほどの隙間から、タヌキは2回の開扉操作で開いた22cmほどの隙間からワナを脱出した。ワナが開いてから脱出するまでは、タヌキで28分かかった。

捕獲されたタヌキとネコそれぞれ1個体についてラクーンターミネーターを用いて画像の撮影を行った。ワナの中での位置と撮影された画像をタヌキについては図5に示した。画像は毛色がはっきり分かるほど鮮明に写っていた。判別ポイントである頭部を撮影することができれば、容易に種判別をすることができると考えられるが、尾の模様や手足の形態はどちらも体に隠れたため撮影することはできず、毛色が鮮明に写っていても、種判別をするには不十分であると考えられる。図5 A-2の位置に動物がいる時は顔が写真に写らないことが分かった。また、暗くなる夜間に動物を撮影するためには光源が必要となることがわかった。



図4. 遠隔操作により開扉したラクーンターミネーターから出るタヌキ(左)とネコ(右)

捕獲の結果では箱ワナはのべ6基合計77TNの設置でネコの捕獲がのべ14頭、タヌキの捕獲が1頭あった。ラクーンターミネーター1基合計17TNの設置では捕獲がなかった。箱ワナでは、動物が入っていないがワナの扉は閉じている状態である空うちが2回あったが、エサが減っていないなどの理由からどちらもワナの誤作動だと考えられる。トラップカメラを用いた動物の訪問数調査では、ラクーンターミネーターにタヌキの訪問が2、箱ワナ7番(果樹園)にタヌキの訪問が1、ネコの訪問が3、箱ワナ9番(リハビリケージ裏)にタヌキの訪問が6、ネコの訪問が10あった。カメラの稼働夜数(CN: Camera Night)は、ラクーンターミネーターと9番でそれぞれ17CN、7番で10CNであった。箱ワナ全体でのタヌキの捕獲効率が0.01だったのに対

し、ネコの捕獲効率は0.18と高かった。ワナ設置場所ごとの錯誤捕獲効率をみると、五号館周辺(ラクーンターミネーター含む)が0.03、苗圃が0.46、果樹園0.10、リハビリケージ裏0.22と、五号館周辺が最も低かった。

訪問数に対する捕獲数(捕獲数/訪問数)を見ると、ラクーンターミネーターでタヌキが0/2、通常ワナ7番でタヌキが0/1、ネコが0/3、通常ワナ9番でタヌキが0/6、ネコが3/10であった。捕獲にかかる費用の試算結果を、箱ワナを用いた場合とラクーンターミネーター(RTと略した)を用いておこなった。



図5 タヌキのワナ内での位置(A)とラクーンターミネーターで撮影した画像(B)

費用についての検討では、初期投資であるワナ購入費用は、ラクーンターミネーター(¥1,350,000)が箱ワナ(¥250,000)より約100万円高かった。一方で日常管理であるワナの見回りにかかる旅費と人件費などは、遠隔モニタリング機能、遠隔開扉機能を用いることで、箱ワナを用いた場合の約半額に抑えることができた。

90日までは、箱ワナを用いて¥4,109,500、ラクーンターミネーターを用いて¥4,263,600と、箱ワナを用いた方が¥154,100安かったが、120日の捕獲では、箱ワナを用いて¥5,036,500、ラクーンターミネーターを

用いて¥4,875,300 と、ラクンターミネーターを用いた方が全体の費用が¥161,200 安くなることが分かった。次に、箱ワナ・ラクンターミネーター・バッテリーを所持していた場合を想定して、ワナ購入費用を除外して計算すると、30 日間の捕獲で箱ワナを用いて¥2,005,500、ラクンターミネーターを用いて¥1,690,200 と、ラクンターミネーターを用いたほうが全体の費用が¥315,300 安くなることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

- ①Soga M., Koike S (2013) Large forest patches promote breeding success of a terrestrial mammal in urban landscapes. PLoS ONE 8: e51802 査読有
- ②蔵本洋介・金子弥生. (2012) 東京農工大学フィールドミュージアム多摩丘陵で捕獲されたホンダヌキとニホンアナグマの体サイズ. フィールドサイエンス 10: 23-26. 査読有
- ③角田裕志・梶 光一・金子弥生. (2012) 東京農工大学フィールドミュージアム多摩丘陵における中型哺乳類相. フィールドサイエンス 9: 47-52. 査読有

〔学会発表〕(計 8 件)

- ①石井宏章・古谷雅理・金子弥生. (2012) アライグマを選択的に捕獲する罠 ラクンターミネーターの機能的評価 日本哺乳類学会 2012 年度大会. 麻布大学. ポスター発表 2012 年 9 月 20~23 日.
- ②金子弥生・神田栄次・上野康史・淀川茂・宮本豪. (2012) 東京都日の出町におけるアライグマ移入後のタヌキの行動圏の変化 日本哺乳類学会 2012 年度大会. 麻布大学. 口頭発表. 2012 年 9 月 21 日.
- ③上遠岳彦・小林翔平・小林咲耶・大原尚之・森夕貴・坂本浩子・菅原鮎実・金子弥生. (2012) 東京の都市部に生息するニホンアナグマ (*Meles anakuma*) の行動生態 日本哺乳類学会 2012 年度大会. ポスター発表. 麻布大学. 2012 年 9 月 20~23 日.
- ④Koike, S.・Soga, M (2012) Effects of patch area and connectivity on distribution of raccoon dog in urban remnant forests. The 5th EAFES International Congress. 龍谷大学. ポスター発表. 2012 年 3 月 17~21 日.
- ⑤福江佑子・金子弥生. (2011) 食性分析から個体群構造まで一食肉目の糞分析の新たな展開. 日本哺乳類学会 2011 年度大会. 宮崎大学. 自由集会開催. 2011 年 9 月 8 日.
- ⑥曾我昌史・小池伸介 (2011) 孤立した都市近郊林における中型食肉目の生息に影響を

与える要因の検討. 日本哺乳類学会 2011 年度大会. 宮崎大学. 2011 年 9 月 8~11 日.

- ⑦金子弥生. (2010) 日本でハクビシンの生態研究をすることは意味がないのか? 日本哺乳類学会 2010 年度大会. 岐阜大学. 口頭発表. 2010 年 9 月 20 日.
- ⑧清田雅史・高橋紀夫・金子弥生. (2010) サンプルデザインとデータ解析~具体的研究事例に基づくオープンディスカッション. 日本哺乳類学会 2010 年度大会. 岐阜大学. 自由集会開催. 2010 年 9 月 20 日.

〔図書〕(計 1 件)

- ①Koike S, Morimoto H, Kasai S, Goto Y, Kozakai C, Arimoto I, Yamazaki K (2012) Relationships between the fruiting phenology of *Prunus jamasakura* and timing of visits by mammals - estimation of the feeding period using camera traps. In: Phenology and Climate Change, Xiaoyang Zhang ed., pp53-68, InTech publisher, 320p, Rijeka, Croatia

〔その他〕

- ①金子弥生・古谷雅理・石井宏章. 特定外来生物アライグマの選択的捕獲罠の開発. アグリビジネス創出フェア. 口頭発表 2011.
- ②金子弥生・石井宏章・古谷雅理. 特定外来生物アライグマを、低労力で選択的に捕獲する新型罠「ラクンターミネーター」の開発 第 22 回府中市工業技術展 ふちゅうテクノフェア ポスター発表 2011.
- ③古谷雅理・石井宏章・金子弥生. 新型罠「ラクンターミネーター」のメカニズム (第 22 回府中市工業技術展 ふちゅうテクノフェア ポスター発表 2011.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金子 弥生 (KANEKO YAYOI)
東京農工大学・大学院農学研究院・准教授
研究者番号: 60413134

(2) 研究分担者

小池 伸介 (KOIKE SHINSUKE)
東京農工大学・大学院農学研究院・講師
研究者番号: 40514865
古谷 雅理 (FURUYA TADASUKE)
東京海洋大学・海洋科学技術研究科・助教
研究者番号: 20466923

(3) 連携研究者 なし