

# 河川のカメ類調査における UAV (ドローン) の活用

## The usability of unmanned aerial vehicle (UAV) for surveying river turtles

山本大輔<sup>1)</sup>・浜崎健児<sup>1)</sup>・田村ユカ<sup>2)</sup>・矢部 隆<sup>3)</sup>

Daisuke YAMAMOTO<sup>1)</sup>, Kenji HAMASAKI<sup>1)</sup>, Yuka TAMURA<sup>2)</sup> and Takashi YABE<sup>3)</sup>

### 要 約

河川におけるカメ類調査での UAV (ドローン) の有効性を検討するため、2016 年 10 月に愛知県豊田市の逢妻女川および逢妻男川の合計約 13 km の範囲で UAV による空撮を行い、撮影した動画から確認されたカメ類の種類、位置、機体の接近に伴う逃避行動の有無を記録した。これにより、

- (1) 532 個体のカメ類を確認し、このうち 300 個体はミシシippiaアカミミガメ (以下、アカミミガメと表記)、2 個体はニホンイシガメ、2 個体はニホンスッポンと判別された。一方、228 個体は背甲の汚れや光の反射、撮影カメラの解像度などの影響により種類を判別できなかった。
- (2) UAV の接近によりアカミミガメがその場から逃避することで、より正確に計数できる利点が示された。
- (3) アカミミガメの確認位置を地図上に記録して 100 m 間隔での個体数を比較したところ、区間によって確認数が大きく変化した。2017 年に実施した広域一斉防除のカメわな当たり捕獲数との関係から、逢妻男川では緩やかであるものの有意な関連性が認められた。
- (4) 大型個体 (背甲長 20 cm 以上) は陸上、中型 (背甲長 10 cm 以上 ~ 20 cm 未満) と小型 (背甲長 10 cm 未満) の個体は水面を含む水中に多くいる傾向があった。

これらの結果から、UAV によるカメ類調査は、種判別に課題を残したものの、調査範囲における相対的なカメ類の分布状況を把握することができ、アカミミガメ防除でのカメわなの設置場所の選定など、具体的な実施計画の作成に活用できることが示唆された。

キーワード : UAV (ドローン), ミシシippiaアカミミガメ, 外来種防除

### はじめに

近年、北米原産のミシシippiaアカミミガメ *Trachemys scripta elegans* (以下、アカミミガメ) が国内各地で増加しており、摂食による水生植物種数の減少やレンコンおよびイネなどの農産物の食害 (沢田・阿部, 2017 ; 加藤, 2016), 日本固有種であるニホンイシガメ *Mauremys japonica* との生息場所をめぐる競合など、在来生態系への悪影響が懸念されている (矢部, 2007 ; 田村ら, 2015)。このような状況から、環境省はアカミミガメ対策推進プロジェクトを 2016 ~ 2018 年度にかけて実施した (環境省, 2015)。そこで、豊田市では環境省のプロジェクトと連携し、地域住民・企業・大学・行政の共働による外来種防除モデル構築のために豊田市アカミミガメ防除プロジェクトを立ち上げ、啓発イベントや河川での広域一斉防除を行うこととした (豊田市, 2017 ; 浜崎ほか, 2019)。広域一斉防除の計画策定にあたっては、防除対象種の生息分布や生息量の把握が必要であるが、淡水生カメ類の生息調査は誘引餌を入れたトラップで直

接的にカメを捕獲する手法が一般的に用いられており (例えば岡田ほか, 2005 ; 山田ほか, 2008), 捕獲以外の手法に関する事例は多くない。アカミミガメは甲羅干し (日光浴) を行う習性を持つ (矢部・加藤, 2017) ため、目視調査が行われることもある (山田ほか, 2008) が、人が近づくとして驚くと勢いよく水中にすべりこむ (矢部・加藤, 2017) ように逃げることから、カメの種類や数の把握には専門的な知識や調査技術が必要になると考えられる。

近年、ドローンとして知られる UAV (Unmanned aerial vehicle : 無人航空機) が手軽に利用できるようになり、植生や地形の変化等の調査に使用されるほか、動物に対しても鳥類や哺乳類の調査等にも活用され始めている (鈴木・長倉, 2017 ; 丹羽ほか, 2016)。淡水生カメ類の調査においても河川上空から撮影することで、人がカメに近づかずに、その生息状況を把握できる可能性がある。そこで、UAV を用いて河川のカメ類の生息調査を行い、その有効性について若干の知見を得たので報告する。

## 調査地と方法

愛知県豊田市を流下する逢妻女川および逢妻男川の合計約 13 km の範囲を対象として、2016 年 10 月に調査を行った (図 1)。動画撮影は UAV (PHANTOM4, DJI 社) を 1～2 m/sec の速度で飛行させて行った。その際、画面に水面幅全体が入るよう、高度を河川上空 3～8 m の範囲内で調整した (図 2)。飛行禁止空域に含まれる区間については、無人航空機の飛行に係る許可と承認 (国空航第 5065 号, 国空機第 5139 号) 等を受けて実施した。撮影した動画を研究室で再生しながらカメ類の位置や種, 大きさ, 機体の接近に伴う逃避行動の有無を確認し, フリーの GIS ソフトウェア QGIS ver 2.18.14 (<http://www.qgis.org/ja/site/>) を用いて個体ごとに地図上に記録した。



図 1 調査位置図。矢印は UAV で動画撮影を行った範囲を示す。

カメ類の種は、今回の調査地周辺における過去の調査結果 (岡田ほか, 2005 ; 山田ほか, 2008) を参考に、ニホンイシガメ, ニホンスッポン *Pelodiscus sinensis*, クサガメ *Mauremys reevesii*, ミシシippiaカミミガメの 4 種のみが生息しているものと仮定して、それぞれの形態的な特徴 (日本自然保護協会, 2013) に基づき判別した。すなわち、ニホンイシガメは、①背甲が黄土色である, ②背甲後部の形状がギザギザである。ニホンスッポンは鼻先が突出している。クサガメは①側頭部に黄緑色のミミズ状模様がある, または②背甲に隆起線が 3 本ある。ミシシippiaカミミガメは①側頭部に赤色の模様がある, または②腹甲や甲羅の内側が鮮やかな黄色である, または③背甲に黒色, 緑色, 黄色の模様がある。いずれの種とも判別できなかった場合は判別不能とした。

また、各個体の位置は、動画内でその個体が最初に確認できた位置を陸上または水中の 2 種類に分類した。各個体の大きさは、背甲長を周囲の護岸や石などと比較して、10 cm 未満, 10 cm 以上～20 cm 未満, 20 cm 以上の 3 段階 (以後、便宜的に小型, 中型, 大型と表記する。) に分類した。また、動画再生中に最初に確認できた位置から大きく移動する行動 (例えば、陸上から水中へ移動する, 水面から水中に泳いでいく) をとったものを逃避行動とし、大きく移動しなかったものと区別して記録した。

QGIS を用いて地図上に記録したカメ類の分布データは、逢妻女川と逢妻男川の合流部を基準として上流に向かってそれぞれ 100 m 間隔で集計し、調査範囲内における 100 m 区間毎のアカミミガメの確認数を求めた。



図 2 UAV で撮影した動画のスナップショット。

また、UAV で確認されたアカミミガメ確認数がカメわなによる捕獲数とどの程度関連するのか検討するため、2017 年に実施した広域一斉防除でのカメわなによる捕獲数 (浜崎ほか, 2019) を 100 m 区間毎に集計してカメわな当たり捕獲数に換算し、UAV による確認数との関係を II 型回帰により解析した。

さらに、体サイズ (3 段階) と確認位置 (水中, 陸上) との関係を検討するため、体サイズ間での水中と陸上で確認個体数の違いを Fisher の正確確率検定により解析した。その際、検定の多重性を考慮し、ボンフェローニの方法により有意水準を補正した (永田・吉田, 1999)。

すべての解析は R version 3.4.4 (R Core Team, 2018) を用いて行い、II 型回帰には R package “smatr” (Warton et al., 2014) の sma 関数を使用した。

## 結果と考察

### カメ類調査での UAV の有効性

UAV で撮影した動画から、2 河川で合計 532 個体のカメ類を確認した。そのうち 300 個体はアカミミガメ、2 個体はニホンイシガメ、2 個体はニホンスッポンと判別された。クサガメと判別された個体はなかった。また、228 個体は形態的な特徴から種を判別することができなかった (表 1)。

今回の調査ではアカミミガメが最も多く確認された。これは、本調査河川でのカメわなによる捕獲数が多いこと (浜崎ほか, 2019) や、首や甲羅の色彩と模様等が他の種に比べて特徴的であり、画像から判別し易かったことが要因として考えられる。また、確認されたアカミミガメのうち 34% の個体が UAV の接近により逃避し、このうち、陸上にいた個体は全て水中に向かって逃げたことが確認された。これは人間による目視では調査精度の低下につながるものの、UAV による動画では何度も再生できるため、複数個体が重なり合って甲羅干ししていたり、草陰に隠れていたりする場合には、逃避すること

でむしろ調査精度が高まる利点があると考えられる。このような現象は追い出し効果と呼ばれ、仲真ら (1980) がニホンカモシカの直接観察が容易になったことを報告している。これらの結果から、UAV は河川でのアカミミガメの生息状況調査に適していると考えられる。

また、アカミミガメに比べると確認数は少なかったものの、ニホンイシガメやニホンスッポンも動画から種を判別できたことから、在来のカメ類についても UAV を用いて河川内における生息状況を調査できる可能性が示された。クサガメと判別された個体がいなかったのは、本調査河川でのカメわなによる捕獲数が少ないこと (浜崎ほか, 2019) に加え、甲羅の隆起線や側頭部の模様など判別の特徴が他の種に比べて画像では判断しにくかったことによると考えられる。

一方、確認したカメ類の 43% は種を判別することができなかった。これは背甲が泥で汚れている、あるいは背甲や水面に光が反射している、または、撮影時の条件により解像度が低下している等により、種判別の基準となる形態的な特徴を確認できなかったことが要因として挙げられる。調査を行った範囲には、水面幅が変化する場所や河畔にヤナギやエノキなどの樹木が生えた場所があり、時には突風にあおられることもあった。これらに対応するための高度や速度の変化が解像度の低下に繋がったと考えられる。突風や光の反射などの影響は避けることが難しいものの、撮影時の天候や時間帯を考慮することで軽減できる可能性がある。今後、種判別の精度を上げていくためには、動画撮影時の天候や時間帯、さらには高度や速度と解像度の関係について検討する必要があるだろう。

### アカミミガメの流程分布

100 m 区間毎のアカミミガメ確認数は逢妻女川で 0 ~ 19 個体、逢妻男川で 0 ~ 17 個体であった (図 3)。逢妻女川と逢妻男川に広く分布することが明らかになったが、確認数の多い場所と少ない場所がみられ、隣り合う区間でも大きく変化することがあった。このことから、

表 1 UAV で確認されたカメ類の個体数。

種名	学名	個体数
ミシシippアカミミガメ	<i>Trachemys scripta elegans</i>	300
ニホンイシガメ	<i>Mauremys japonica</i>	2
ニホンスッポン	<i>Pelodiscus sinensis</i>	2
クサガメ	<i>Mauremys reevesii</i>	0
判別不能	unidentified species	228
合計		532

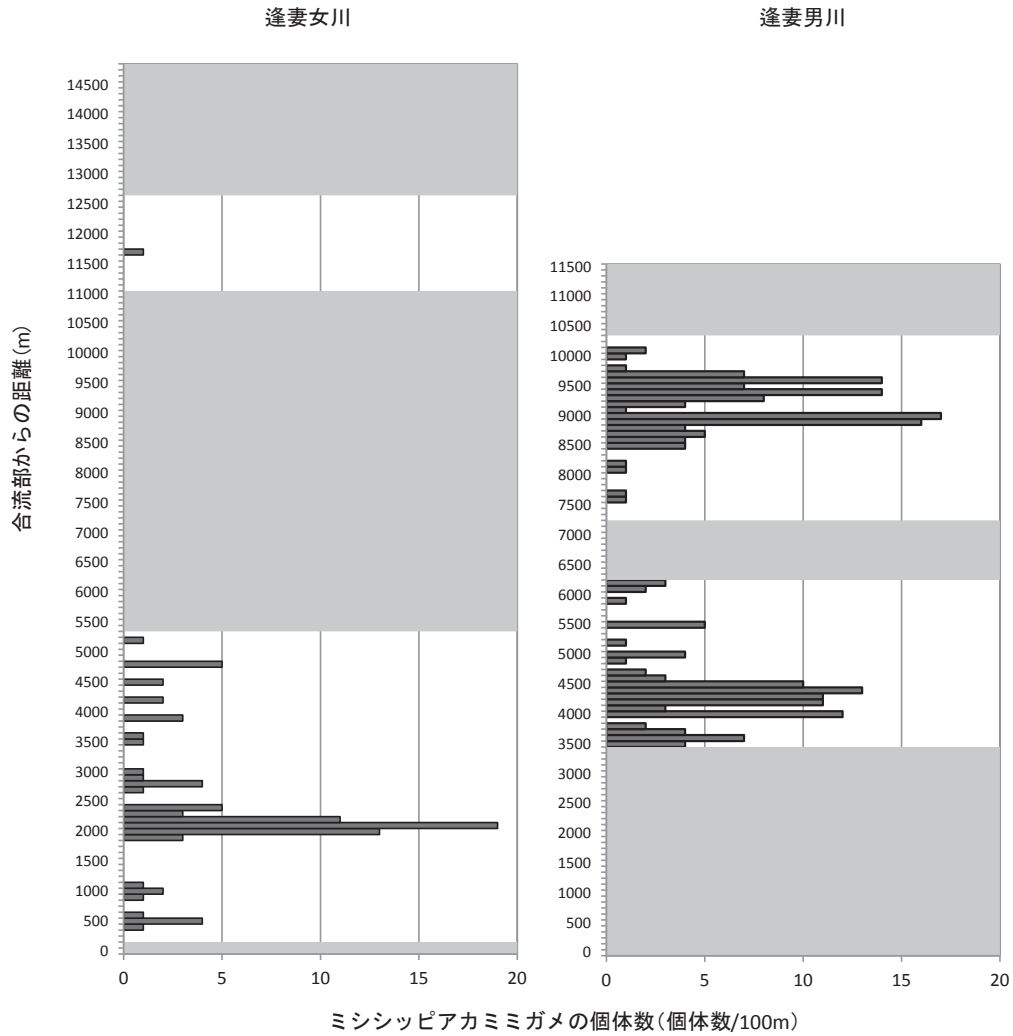


図3 UAVで確認されたミシシippアカミミガメの流程分布。  
灰色の塗りつぶしは調査範囲外であることを示す。

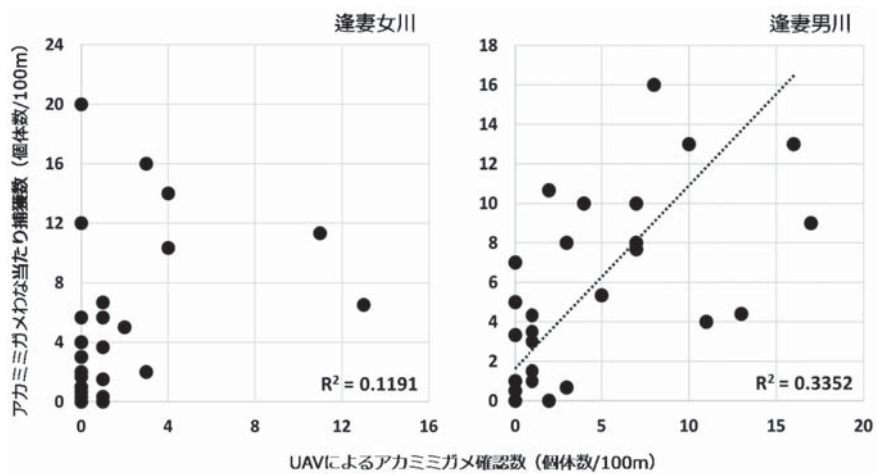


図4 逢妻女川と逢妻男川の調査区間におけるミシシippアカミミガメの UAV による確認数とカメラわな当たり捕獲数との関係。  
カメラわな当たり捕獲数は2017年に実施した一斉防除のデータを用いて算出した。解析にはカメラわなを設置した区間のデータを用いた。



UAVによって河川内でのアカミミガメの相対的な分布状況を把握することができると考えられる。

UAVによるアカミミガメ確認数と一斉防除におけるカメわな当たりのアカミミガメ捕獲数は、逢妻女川では関連性が認められなかったものの ( $R^2=0.119$ ,  $p=0.0618$ ), 逢妻男川では緩やかではあるものの有意な関連性が認められた ( $R^2=0.335$ ,  $p=0.0019$ ) (図4). 逢妻男川では, 2016年に実施した捕獲数との解析でも同様の結果 ( $R^2=0.472$ ,  $p=0.041$ ) が得られている (浜崎, 2018). また, Kakuda et al. (2019) は, 姫路市内の100箇所のため池を対象にアカミミガメの目視調査と環境DNAによる定量調査を行い, 両者には有意な関連性 ( $R^2=0.48$ ,  $p < 0.001$ ) が認められたことを報告している. 逢妻女川で相関が認められなかった要因は定かではないが, UAVで多くアカミミガメが確認された場所であればカメわなで捕獲しやすい傾向にあり, アカミミガメを防除する際の計画策定に活用できると考えられる。

#### アカミミガメの確認位置と体サイズとの関係

アカミミガメが確認された位置は, 陸上130個体, 水中(水面に浮いていた個体を含む)170個体であった. 陸上にいた個体の多くはコンクリート護岸そのものや洗堀防止用の護床ブロックの上で確認され, コンクリート護岸の隙間に生えたわずかな植生の上にいるものもいた. 確認個体数は陸上よりも水中で多く, そのうち遊泳や浮遊などで体が完全に水面に浮いているものが153個体とほとんどを占めており, 護岸などにつかまっているあるいは護岸上に立っているなどして体の一部または全部が水中にあったものが17個体だった. アカミミガメは一般的に甲羅干しする習性があるが (矢部・加藤, 2017), 水中での確認個体が多かったのは, 本調査地では水際が急傾斜の人工的な護岸になっている場所が多かったり他の個体が甲羅干しできる場所を利用していたりして, 体全体を水面上に出せる場所が少なかった可能性が考えられる。

体サイズによる確認位置の違いを見ると, 大型と中型, 大型と小型の間に有意な関連性が認められ ( $P=0.005$ ,  $P=0.0002$ , いずれも Fisher の正確確率検定), 大型は中型および小型に比べて陸上にいる個体が多い傾向にあることが明らかとなった (図5). 一般的に体サイズが大きいことは他個体との競争において有利に働くため, アカミミガメの甲羅干し場所の競争においても大型個体が優位に立っていると考えられる. また, 大型の個体は小型の個体と比べて甲羅干しによる体温の上昇が遅いこ

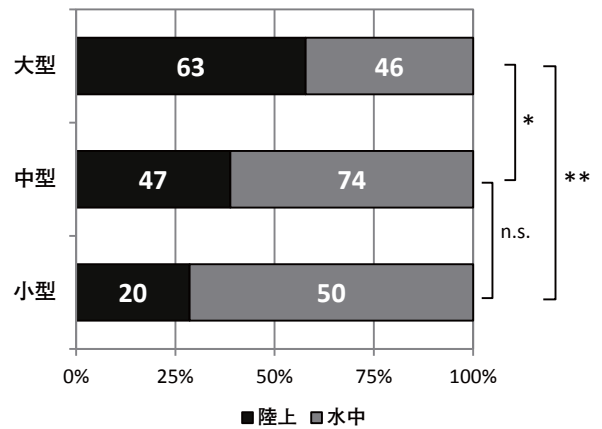


図5 UAVで確認されたミシシッピアカミミガメの陸上と水中での割合.  
 図中の数字は陸上と水中のそれぞれで確認された個体数を示す. \*は大型・中型・小型の群間で陸上と水中での確認個体数に有意な関連があることを示す. (\*: 5%水準, \*\*: 1%水準; Fisherの正確確率検定, 有意水準は多重性を考慮してボンフェローニの方法により補正)

とが予想される, つまり甲羅干しの時間が長くなる可能性も考えられる. これらのことは, 平均的な体サイズが, アカミミガメよりも小さいニホンイシガメの生息にも影響すると考えられ, この2種間の競合, つまりアカミミガメによる在来種への悪影響を示唆する結果であると言える。

#### まとめ

本調査の結果から, UAVを用いた生息調査により河川においてアカミミガメが多い場所の把握や日本固有種であるニホンイシガメの生息状況の確認等に活用できることが明らかになった. 外来種の防除はそれ単独で行うのではなく, 広義に生態系を保全する目的の一手段として行われるべきであり (リバーフロント整備センター, 2008), アカミミガメ防除やニホンイシガメの保全など, 目的に応じた防除場所の選定に UAVを活用できることが示唆された。

なお, 今回の調査は10月に実施したが, カメ類は種ごとに生態が異なるため, 調査の方法や時期, 時間帯によって結果が異なると推測される. 実際に, 2017年6月に逢妻男川で実施した一斉防除では, ニホンスッポンの割合が全捕獲数の約20%を占めていたことや (浜崎ほか, 2018), アカミミガメの目視数が季節によって変化すること (浜崎・山本, 2019; 小林, 2019) などが明らかにされている. カメ類の生息実態を的確に把握する

ためには、一つの手法に寄らず、複数の手法を用いて時期を考慮した調査を行う必要があると考えられた。

## 謝 辞

調査は環境省アカミミガメ対策推進プロジェクトの協力を受け、豊田市アカミミガメ防除プロジェクト実行委員会事業の一部として実施した。調査に用いた UAV は豊田市ドローン飛行隊が所有する機体を使用した。一般財団法人自然環境研究センターには UAV 用のバッテリーおよび充電器を貸与していただいたほか、戸田光彦博士、高橋洋生博士、村山恒也氏には現地調査の実施、GIS ソフトウェアの使用等にあたり有益な助言を頂いた。本調査は関係自治区長をはじめとする地域住民の皆様のご理解ご協力が無くては実施できなかった。ここに記して感謝申し上げる。

## 引用文献

- 浜崎健児・山本大輔・山本敏哉・田村ユカ・村山恒也・井上隆・高橋洋生・戸田光彦・矢部 隆・早川 匡 (2018) 豊田市の逢妻女川と逢妻男川におけるミシシippアカミミガメの市民との協働による防除の試み。矢作川研究, 22 : 35-44.
- 浜崎健児・山本大輔 (2019) 豊田市アカミミガメ防除プロジェクト成果報告。平成 30 年度豊田市矢作川研究所シンポジウム「みんなで育む地域の自然：豊田市アカミミガメ防除プロジェクト報告会」講演要旨。
- 浜崎健児・山本大輔・田村ユカ・高橋洋生・矢部 隆 (2019) 逢妻女川と逢妻男川におけるミシシippアカミミガメの民・産・学・官の共働による広域一斉防除。矢作川研究, 23 : 63-67.
- Kakuda A, Doi H, Souma R, Nagano M, Minamoto T, Katano I. (2019) Environmental DNA detection and quantification of invasive red-eared sliders, *Trachemys scripta elegans*, in ponds and the influence of water quality. PeerJ 7: e8155.
- 環境省 (2015) 「アカミミガメ対策推進プロジェクト」の公表について。環境省報道発表資料。http://www.env.go.jp/press/101292.html
- 加藤英明 (2016) 国内で初めて確認された外来生物アカミミガメによるイネの食害。静岡大学環境報告書 2016, p. 97.
- 小林浩司 (2019) 人工堰周辺におけるミシシippアカミミガメの行動の季節変化。平成 30 年度ホシザキグリーン財団環境修復プロジェクト報告書, p. 91-94.
- 日本自然保護協会 (2013) 自然しらべ 2013 : 日本のカメラさがし! しらべ方と参加マニュアル。https://www.nacsj.or.jp/official/wp-content/uploads/2013/05/ss2013\_manual.pdf
- 仲 真悟・丸山直樹・花輪伸一・森 治 (1980) 青森県脇野沢村におけるニホンカモシカの直接観察にもとづく個体数推定。哺乳類学雑誌, Vol 8, No. 2,3 : 59-69.
- 永田 靖・吉田道弘 (1999) 統計的多重比較法の基礎。サイエンティスト社, 東京。
- 丹羽英之・林 直弥・森本幸裕 (2016) UAV を用いた河川の水辺構造調査。景観生態学, 21(1) : 75-80.
- 岡田夕季・矢部 隆・山田智子・小林浩之・前澤勝典・織田鉄一 (2005) 三河地方西部における淡水産カメラ類の分布。矢作川研究, 9 : 5-17.
- リバーフロント整備センター (2008) 河川における外来種対策の考え方とその事例【改訂版】—主な侵略的外来種の影響と対策—, II . 対策編, 1. 外来種対策の考え方, 30-31.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/
- 沢田英司・阿部成人 (2017) 徳島県のレンコン栽培における病害虫の発生状況と対策。植物防疫, 71 : 755-759.
- 鈴木 透・長倉有理 (2017) 水鳥のモニタリングにおける UAV の利用可能性の検討。J.Rakuno gakuen univ. 42(1) : 31-35.
- 田村ユカ・矢部 隆・夏原由博 (2015) 岐阜県海津市山除川水系における淡水棲カメラ類の分布様式と生息状況の変化。日本環境動物昆虫学会第 27 回年次大会講演要旨。
- 豊田市 (2017) アカミミガメ防除プロジェクトが本格始動: 民・産・学・官の共同体制で一斉防除を実施。豊田市報道発表資料。https://www.city.toyota.aichi.jp/pressrelease/201704/1018776.html
- Warton, D., R. Duursma, D. Falster and S. Taskinen (2014) smatr: (Standardised) Major Axis Estimation and Testing Routines. R package version 3.4-3. https://cran.r-project.org/web/packages/smatr/index.html
- 矢部 隆 (2007) 名古屋市川原神社境内の池における外来カメラ類の増加とその対策に地域コミュニティが果たした役割。コミュニティ政策研究, 第 9 号 : 21-39.
- 矢部 隆・加藤英明 (2017) カメ目 ヌマガメのなかま, 講談社の動く図鑑 MOVE は虫類・両生類 堅牢版, p. 40. 講談社。
- 山田雄哉・上木原慶彦・芹沢俊介 (2008) 愛知県中部における在来および外来淡水産カメラ類の分布。豊橋市自然史博物館研報, No. 18 : 35-45.

- 1) 豊田市矢作川研究所  
〒471-0025 愛知県豊田市西町 2-19
- 2) 名古屋大学大学院 環境学研究所  
〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町
- 3) 愛知学泉大学 現代マネジメント学部  
〒471-8532 愛知県豊田市大池町汐取 1