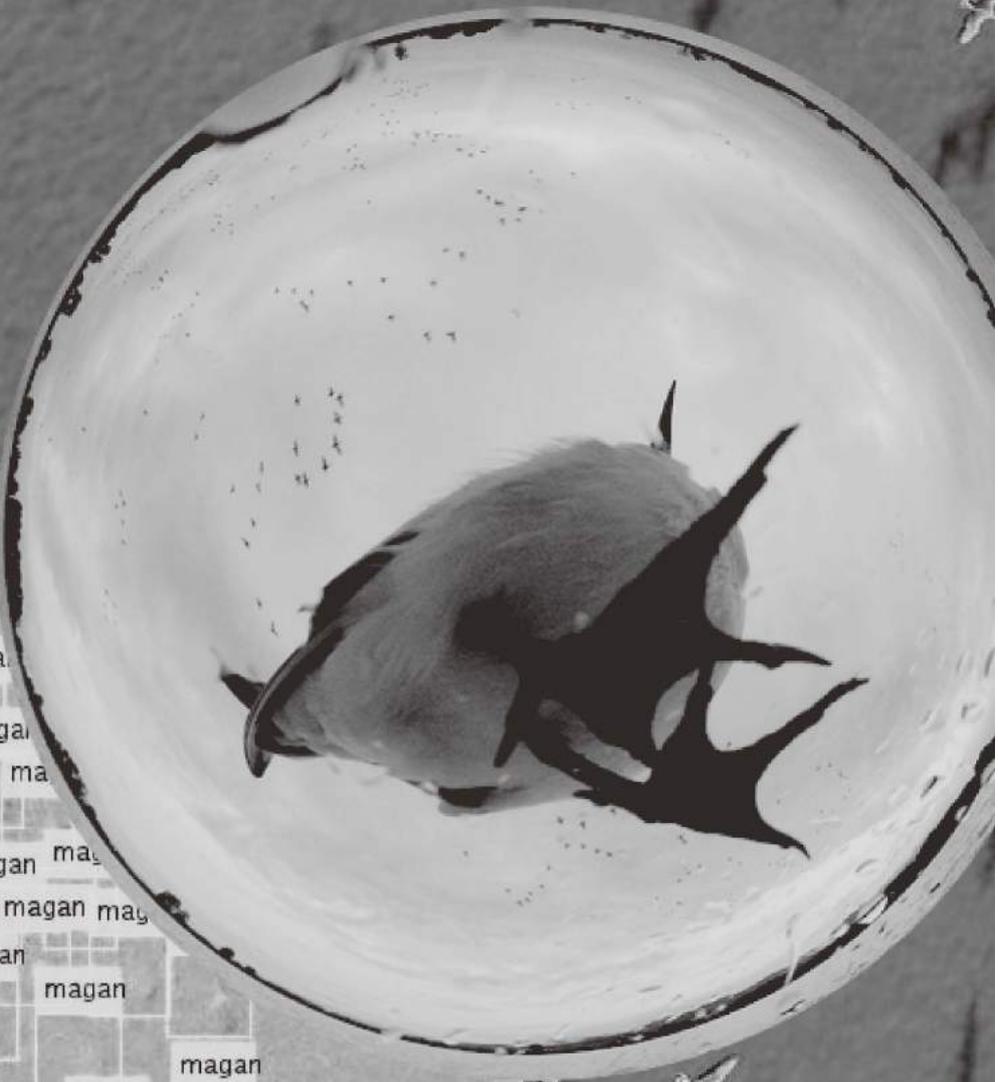


日本鳥学会津戸基金シンポジウム

新技術をもちいた鳥類モニタリングと生態系管理 講演要旨集



日時： 2019年10月26日(土) 13:00~16:30

会場： 北海道大学農学部多目的室（農学部総合研究棟1階 W109）



主催：嶋田哲郎（宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団），山田浩之（北海道大学），牛山克巳（宮島沼水鳥・湿地センター）
後援：北海道大学大学院農学研究院，ウェットランドセミナー，一般社団法人日本写真測量学会 北海道支部，
特定非営利活動法人 Digital 北海道研究会，北海道ドローン協会，東アジア・オーストラリア地域渡り性水鳥重
要生息地ネットワーク（ガンカモ類）支援・鳥類学研究者グループ（JOGA24）

日本鳥学会津戸基金シンポジウム

新技術をもちいた鳥類モニタリングと生態系管理

日時： 2019年10月26日（土）13:00～16:30

会場： 北海道大学農学部多目的室（農学部総合研究棟1階 W109）

プログラム

- 13:00～13:10 **開催趣旨説明**
嶋田哲郎（宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団）
- 13:10～13:50 **基調講演『北海道の鳥類とモニタリングの重要性』**
藤巻裕蔵（帯広畜産大学名誉教授）
- 13:50～14:10 **講演1『全天球型ネットワークカメラを用いた鳥類モニタリング』**
山田浩之（北海道大学）
- 14:10～14:30 **講演2『ドローン画像&機械学習による水鳥の自動カウント～北海道美唄市宮島沼にて』**
小川健太（酪農学園大学）・牛山克巳（宮島沼水鳥・湿地センター）
- 14:30～14:40 休 憩
- 14:40～15:00 **講演3『ドローンを用いたチュウサギの生息地利用に関するモニタリング手法の開発』**
鈴木 透（酪農学園大学）
- 15:00～15:20 **講演4『ドローンの接近に対するガンカモ類の反応』**
嶋田哲郎・高橋佑亮（宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団）・神山和夫（バードリサーチ）・
牛山克巳（宮島沼水鳥・湿地センター）
- 15:20～15:40 **講演5『ハス刈りロボットボートを用いた生態系管理』**
海津 裕（東京大学）
- 15:40～15:50 休 憩
- 15:50～16:30 **総合討論**

主催

嶋田哲郎（宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団）
山田浩之（北海道大学大学院農学研究院）
牛山克巳（宮島沼水鳥・湿地センター）

後援

北海道大学大学院農学研究院
ウェットランドセミナー
一般社団法人 日本写真測量学会 北海道支部
特定非営利活動法人 Digital 北海道研究会
北海道ドローン協会
東アジア・オーストラリア地域渡り性水鳥重要生息地ネットワーク（ガンカモ類）支援・鳥類学研究者
グループ（JOGA24）

本シンポジウムは、日本鳥学会津戸基金の助成を受けて実施しています。

開催趣旨

我が国には 50 ものラムサール条約湿地がある。それらの湿地や全国に点在する湖沼は、ガンカモ類等の渡り鳥の飛来地や貴重な生物の生息場として機能しており、生物多様性の重要なスポットである。また、水資源、防災、観光資源、環境教育などの生態系サービスを提供している貴重な自然資源でもある。一方で、干拓や護岸工事、水質汚濁、外来生物の移入に見られる人間活動の影響により、多くの湿地生態系は消滅するか、消滅を免れても劣化が進行しており、先の生物多様性や生態系サービスという機能が失われつつある。そうした湿地の保全・再生のためには、絶えず変化する生態系をより広い視野で精密に監視すること、その結果を順応的管理に迅速に反映させることが望ましい。しかし、生態系の監視・管理には、時間と労力という面で莫大なコストがかかることから、十分な情報が得られずに保全や再生の推進に支障をきたす場合が多い。

近年、ロボットおよび情報通信技術の進歩は目覚ましく、それらの生態系監視・管理技術への活用が注目を集めている。このシンポジウムでは低コストかつ効率的に、そして継続的な生態系の監視・管理を可能にする新技術（ロボット・センサ・通信技術）を用いた鳥類モニタリングと生態系管理を議論するものである。

講演者紹介・講演要旨



藤巻 裕蔵（ふじまき ゆうぞう）

農学博士。帯広畜産大学名誉教授・山階鳥類研究所特任研究員。動物生態学・野生動物管理学専攻。おもな研究テーマは、北海道の鳥類の分布・鳥類群集、エゾライチョウの生物学、ロシア極東の鳥類相。極東鳥類研究会を主宰し、ロシアの鳥類に関する研究を「極東の鳥類」として紹介しており、これまでに36号を発行している。

基調講演 『北海道の鳥類とモニタリングの重要性』

モニタリングにより生息数の変化とそれに伴って起こる分布域の変化が明らかになる。1976年以来北海道各地で鳥類の生息状況の調査を行ってきたが、目的は分布を明らかにすることで、同じ調査地で繰り返し調査をしていないので、モニタリングとしては適切な調査結果であるとは言えない。しかし、長期にわたる調査なので、この調査結果から生息数と分布域の変化を明らかにできないか検討してみた。調査期間中にシマアオジのように急激に姿を消した種以外にも、生息数や分布域が変化しているのではないかと感じられる種が少なからずいる。これらの変化をデータに基づいて確認するには、同じ場所で時間をおいて調査したデータが必要であるが、このような調査例は非常に少ない(オオジシギ、シマアオジ、鳥類群集)。そこで、試みに同じような環境(環境区分：ハイマツ林、常緑針葉樹林、針広混交林、落葉広葉樹林、カラマツ人工林、農耕地+林、農耕地、住宅地)における調査結果を年代別に比較してみた。2019年までに調査した区画(4.5×5km)は1,034か所(北海道全域の約3,600か所の28%)で、調査路は1,169か所である。生息数が少なくなっていると感じられる種(エゾライチョウ、コヨシキリ、ノゴマ、ビンズイ)では出現区画の割合(以下、「出現率」とする)は年代が進むにしたがって減少している。また出現率がどの年代でも100%近い種でも、生息数が減少している例がある(アオジ)。一方、鳥類群集内で優占しているような種では生息数が変化しているという感じはなく、出現率も年代別でそれほど顕著な変化は見られていない。また、増えているのではないかとと思われる種があり、最近になって出現率も増えている(アオバト)。年代別に調査した地域が異なっているので、分布域に地理的な偏りがある場合には出現率の変化が必ずしも生息数の変化を示しているとは言えないが、変化の傾向をある程度示していると考えている。生息数の変化に伴って起こる分布域の変化を明らかにするには、年代別に北海道全域にわたって調査する必要があるので、今までに得られた調査結果は分布域の変化を示すには不適切である。しかし、出現率が北海道の南から北、西から東になるにしたがって少なくなるような分布をする種(ヒヨドリ、メジロなど)では、分布が暖かさとの関係があるので、温暖化に伴う分布域の変化を予測できるのではと考える。長期にわたって鳥類の生息状況を調査していると生息数や分布の変化が感じられるが、これを科学的に裏付けたり、感覚的にはわからないような変化の兆候をとらえるには計画的なモニタリングが必要であろう。

講演者紹介・講演要旨



山田 浩之（やまだ ひろゆき）

博士（農学）。北海道大学大学院農学研究院生態環境物理学研究室・講師。湿地学会理事・副編集委員長。応用生態工学会幹事・編集委員。生態系情報学、生態水文学を軸に、湿地の生態系モニタリングや自然再生に関する研究を進めている。最近では、湿地に生息する野生生物のモニタリング技術や VR カメラを用いた湿原景観のアーカイブ技術開発に取り組んでいる。

講演 1 『全天候型ネットワークカメラを用いた鳥類モニタリング』

ラムサール条約湿地を含め全国に点在する湖沼は、貴重な野生生物の生息場として機能しており、生物多様性の重要なスポットでもある。一方で、さまざまな人間活動の影響により、多くの湿地の生態系は消滅するか、消滅を免れても劣化が進行している。そうした湿地の保全・再生のためには、広域的・長期的な視点で監視し、その結果を順応的管理に迅速に反映させることが望ましい。しかし、生態系の監視には時間と労力といった莫大なコストがかかることから、十分な情報が蓄積されないままに放置されている場合が多い。加えて、我が国は、人口減少時代に突入しており、労働力不足によってそれに拍車がかかることも懸念される。そうした問題を補うものとして、定点カメラの利活用に期待が寄せられており、最近では鳥獣被害対策や希少生物保護の分野での普及が進んでいる。しかし、人がアクセスし難く過湿な湿地の環境での運用や湿地に生息する生物に適した監視システムはない。これに対応するために、我々は、現地での給電が可能な耐久性の高いネットワークカメラの開発を行った。このシステムは、基地局と観測地点用カメラユニットからなり、基地局から見通し約 2 km 離れた地点のカメラユニットの撮影実行やレンズカバーの清掃、基地局への画像転送を、無線信号を介して自動実行するものである。さらに、画像処理による個体数計数スクリプトを組み合わせマガン (*Anser albifrons*) を対象とした自動監視計数システムを構築した。2017 年～2019 年に伊豆沼・内沼（宮城県）、宮島沼（北海道）で試験運用を行い、その過程で発生した問題を解決してシステムの完成度を高めた。その結果、冠水や氷点下の気温の環境下での約 5 カ月間の運用に成功し、これまでに 80 万枚以上の画像を取得できている。マガンの計数スクリプトは、EBImage (Pau et al. 2010) を導入した Microsoft R Open 3.5.1 (Microsoft) 環境で作成した。その際、動く雲の検出や同一のマガンを複数回計数してしまう誤検出を防ぐために、マガン検出範囲を制限したマスク処理、背景差分と二値化処理、カメラとマガンとの距離を計算してマガンのみを選択するオブジェクトサイズ分類を適用した。宮島沼および内沼で蓄積した画像群から、ポイントセンサス（従来法）の計数結果のある 30 日分の画像を対象として画像処理による計数を行った。宮島沼の日総計数は従来法で 5,300 から 64,000 羽、画像処理で 4,200 から 67,000 羽の範囲、内沼では従来法で 20,000 から 36,000 羽、画像処理で 20,000 から 45,000 羽の範囲で従来法に近い計数が得られたが、従来法を真値とした一致率のばらつきは大きかった。これは、動きの早い飛行機雲などを誤検知しているためであった。これらの影響が少ない観測日に着目すると、一致率は平均 105%の計数結果となり、従来法の日総計数に近い値が得られた。実用化に向けては、さらなるシステムの耐久性の向上と画像処理法の精度向上が課題となる。なお、本研究は、宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団、宮島沼水鳥・湿地センターとの共同研究であること、環境研究総合推進費（1-1602）の委託事業として実施したことを付記する。

講演者紹介・講演要旨



小川 健太（おがわ けんた）

博士（工学）。酪農学園大学 環境共生学類 環境空間情報学研究室 准教授。
一般社団法人日本写真測量学会理事、同学会北海道支部支部長、NPO 法人
Digital 北海道研究会理事、北海道ドローン協会会長。農業・環境・防災等各
種分野における衛星画像や UAV 画像など空間情報の利活用に関する研究に
従事。画像解析、スペクトル情報解析、熱赤外データ解析などの技術が世の
中の課題の解決につながることを目指し、実利用につながる研究を志す。

講演 2

『ドローン画像&機械学習による水鳥の自動カウント～北海道美唄市宮島沼にて』

本研究では渡り鳥であるマガン (white-fronted goose; *Anser albifrons*) を対象として、UAV による撮影と自動カウントによりその個体数の把握を試みた。マガンは昼間には採餌等のために近隣の田畑などに分散しており、その個体数把握のためには、夕方時入りした後、もしくは早朝の時立ち前の飛行・撮影が必要である。しかし、このような低照度下での撮影およびカウントについてはまだ研究事例がほとんどない。そこで著者らはこのような低照度の条件での撮影を可能とすべく、2016 年からマガンの国内有数の経由地である北海道美唄市の宮島沼を対象地とし、研究を実施してきた。その成果である UAV 撮影方法から画像の機械学習によるカウントまでの一連の手法について紹介する。UAV による低照度下での画像撮影は、本研究で使用したマイクロ・フォーサーズ程度以上の画像素子を持つカメラ、高性能なジンバルの組み合わせにより実現できた。なお露出時間については最大 1/2 秒程度と通常の UAV 撮影より大幅に長くすることが有効であることを見出した。撮影した画像のからの自動カウントについては、機械学習の一つであるカスケード分類手法を活用することにより、予め撮影した UAV 画像を事前に学習させ、後日撮影した UAV 画像によりマガンを自動でカウントすることができることを示した。本手法の総合的なカウント精度は概ね誤差±15%以内であることが示された。これらによりいくつかの課題はあるものの、UAV からの撮影によるマガンの自動カウントが生態モニタリングに活用される可能性が出てきたと言える。さらに Deep Learning を応用し、さらに精度の向上および適用範囲の拡大を狙っている。なお、本研究は、環境研究総合推進費（1-1602）の委託事業として実施した。また、本研究の詳細については、次の論文としてまとめたので出版後、ぜひ参照されたい「小川健太・牛山克巳・小練史弥、UAV 画像を用いた水鳥の自動カウント、日本リモートセンシング学会誌、第 39 巻、第 5 号、印刷中」。さらに、日本国内では、航空法により夜間（日没以降あるいは日出以前）の飛行を行う場合、あらかじめ、地方航空局長の承認を受ける必要がある。本研究では、東京航空局より承認（東空運第 3 1 1 号、東空運第 7 0 8 4 号）を受け、指定された条件のもとで飛行させたことを申し添える。

講演者紹介・講演要旨



鈴木 透 (すずき とおる)

博士（農学）。酪農学園大学環境共生学類保全生物学研究室・准教授。保全生物学、景観生態学を軸に、野生動物と環境の相互関係や種間相互作用、効果的な保全計画の立案に関する研究を進めている。最近では、野生動物の姿や声・超音波について、様々な機器を用いたモニタリング手法の開発・検討に取り組んでおり、野生動物に関する生息情報のアーカイブ化を進めている。

講演3

『ドローンを用いたチュウサギの生息地利用に関するモニタリング手法の開発』

チュウサギ (*Egretta intermedia*) は水田などの農耕地で主に魚類や両生類を採餌している中型のサギ類である。宮城県伊豆沼の湖沼生態系においても、7月下旬から9月にかけて、周辺の農耕地や湖沼内で魚類を採餌するチュウサギが多く観察される。一方、伊豆沼・内沼では近年ハス (*Nelumbo nucifera*) の増加や沼の水質・底質などの物理環境の悪化、オオクチバス (*Micropterus salmoides*) など外来生物の影響など複合的な要因が関連して、生物相の単純化や種の減少が顕著である。伊豆沼を利用するチュウサギについても、ハスの過剰な増加による採餌場所である湖沼内の開放水面の減少や魚類相の変化により採餌環境の悪化が危惧される。しかし、湖沼におけるチュウサギの利用場所などのモニタリングはハスの繁茂のため湖岸から人が目視で行うことは困難であり、正確な個体数を把握できない。そこで、伊豆沼の湖沼内を利用するチュウサギを対象として、ドローンを用いたモニタリングの実用可能性を検討した。ドローンによるチュウサギのモニタリングの実用可能性はまずドローンにより撮影した画像について目視によるチュウサギの判別の可否を行い、画像でチュウサギがモニタリングできるのかを検証した。また、モニタリングを効率化するために、撮影した画像からチュウサギの抽出を行う画像処理手法を検討した。さらに、チュウサギが確認された地点周辺の環境についてドローンにより得られた画像から把握する手法についても検討した。2018年9月に計4回、ドローンを用いて上空からラインセンサスを行い、計7,852枚の画像を取得した。取得した画像全てに関して、目視によりチュウサギの有無を判別した結果、7,852枚の内855枚の画像についてチュウサギを確認することができ、ドローンによりチュウサギの湖沼内における利用場所を把握することが可能であることが明らかになった。また、ドローンによるモニタリングを効率化するために、二値化処理による画像のスクリーニング手法を検討した。その結果、閾値に設定を除けば自動的にチュウサギを含む物体が撮影されている画像の抽出は非常に高い精度で行うことができることが明らかになり、画像のスクリーニングを行うことにより画像の判別作業を効率化することが可能であると考えられた。さらに、ドローンにより撮影した複数の画像からオルソ画像を作成し、環境の判別可能性を検討した。目視では、ハスやヒシなど種の区分だけでなく、ハスの生育状況（枯葉・浮葉・枯死）やその変化を捉えることが可能であるため、ドローンによりこれまで捉えられていなかった植生の生育状況やその動態に関する情報を得ることができると考えられた。しかし、通常ドローンに搭載されているカメラはRGBカメラであり、画像内・画像間での明度の違いもあるため、画像分類処理が一括では困難であることも明らかになった。なお、本研究は、宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団との共同研究であること、環境研究総合推進費（1-1602）の委託事業として実施したことを付記する。

講演者紹介・講演要旨



嶋田 哲郎（しまだ てつお）

博士（農学）。技術士（環境部門）。宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団・総括研究員。日本鳥学会評議員・企画委員会副委員長。鳥類学、保全生物学を軸に、ガンカモ類の渡りや越冬生態の研究、伊豆沼・内沼の自然再生事業、外来魚防除事業をすすめている。

講演4 『ドローンの接近に対するガンカモ類の反応』

湿地の保全・再生のためには、継続的・広域的な視点でモニタリングを行い、その結果を順応的管理に迅速に反映させる必要がある。しかし、少子高齢化にともない、専門的知識をもつ人材の不足に加え、広域な地域では目視による調査が困難な場合がある。これらの問題を解決する方法のひとつとしてドローンの活用が期待されている。ドローンの飛行に関する基本的なルールは既に国土交通省のガイドラインで定められているものの、個別分野の飛行方法については測量や映像制作等を除けば技術的な知見は乏しい。ここでは鳥類へのドローンの影響を評価するため、宮島沼、伊豆沼・内沼、福島潟、北浦において DJI 社 Phantom4 を用いた各種接近試験によるドローンに対するガンカモ類の忌避反応にもとづいて、離陸地から群れまでの距離や水平接近高度、垂直接近高度の目安を提示した。その結果、マガンの調査では、水面にいる群れでは理想的には 200m 以上の距離をとって離陸させる。陸上にいる群れでは理想的には 400m 以上の距離をとって離陸させる。水面・陸上ともに、最低でも 100m 以上の距離を確保すべきである。カモ類の調査では、100m 以上の距離をとって離陸させ、ハクチョウ類の調査では、150m 以上の距離をとって離陸させることが望ましいことがわかった。水平接近高度では、マガンの調査では、水面にいる群れでは、50m よりも高い高度で飛行させる。陸上にいる群れを対象とする場合は、理想的には 150m よりも高い高度で飛行させる。カモ類の調査では、100m よりも高い高度で飛行させ、最低でも 30m よりも高い高度で飛行させる。ハクチョウ類の調査では、100m よりも高い高度で飛行させ、最低でも 20m よりも高い高度で飛行させることが望ましいことがわかった。垂直接近実験では、マガンの調査では、水面にいる群れでは、逃避行動が認められた最高高度の 30m が下限高度の目安である。陸上にいる群れでは、下限高度は 90m が目安である。カモ類の調査では、逃避行動が認められた最高高度の 70m が下限高度、ハクチョウ類の下限高度の目安は、水面にいる群れでは 80m、陸上にいる群れでは 70m であることが明らかとなった。また、ガンカモ類がドローンを忌避する主な要因としては、機体の接近という視覚的な要素と、ローターが回転することで発生する風騒音（以下、ローター音）という聴覚的な要素の 2 つが考えられる。検証の結果、ドローンの接近に伴うガンカモ類の逃避行動は、機体そのもの、すなわち視覚的な刺激が主因となって生じるものと考えられた。これらの情報を含め、ドローンの“いろは”からその活用を総合的に解説したガイドラインを作成し、公開している (http://izunuma.org/pdf/drone_guideline.pdf)。なお、本研究は、宮島沼水鳥・湿地センター、バードリサーチとの共同研究であること、ガイドライン作成にあたっては酪農学園大学の小川健太氏、鈴木 透氏に分担執筆をいただいたこと、さらに環境研究総合推進費(1-1602)の委託事業として実施したことを付記する。

講演者紹介・講演要旨



海津 裕 (かいづ ゆたか)

博士（農学）。東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻生物機械工学研究室・准教授。株式会社ドローン・ジャパン CTO。専門は農業機械の自動化、ロボット化。GPS や AI, IoT などを活用したアグリテックに取り組んでいる。現在の主な研究テーマは、除草ロボット、水草刈り払いロボット、果実ハンドリングロボットなど。

講演5 『ハス刈りロボットボートを用いた生態系管理』

宅地や農地を集水域とする湖沼では、下水や農地から流出した窒素成分により富栄養化が進みハスやヒシ、スイレンなどの水生植物の異常繁茂が問題となっている。また、外来植物の繁茂も問題となっている。通常これら水草の除草は大型の機械を必要とし、また、コストがかかるため、除草が可能な場所には制限があった（例：お城のお堀や観光地、都市の公園、漁業が重視されている場所など）。ボランティアによる手作業で水草の除去を試みている例もあるが、現実的とはいえない。水鳥が多く飛来するラムサール条約湿地では、コストの問題から放置するしかない状況もある。この問題を解決するため、小型の水草の刈払いロボットボートを開発した。水草の除草では、通常、刈り払い



水草刈払いロボットボート

だけでなく回収を行うために機械が大型化し、多くのエネルギーが必要である。水草は、種類にもよるが、刈り払いを行うことで翌年以降の成長を抑えることができる。我々のロボットボートのコンセプトは、低コストかつ省力的に刈り払いを行い、水草の成長を抑制することで枯死体によるヘドロの沈殿を防ぎ、生物多様性を回復しようとするものである。図に水草刈払いロボットボートの外観を示す。動力は電気で、左右につけられたパドルにより推進する。パドルにした理由としては、通常ボートの推進に用いられるプロペラでは水草が絡みつきすぐに航行できなくなってしまうためである。刈幅は 1200 mm, 全長×全幅は 2700 mm×1800 mm, 重は約 120 kg である。バッテリーは、リチウムリン酸鉄バッテリーで、8 時間充電なしに使用できることを想定している。ボート進行方向前方の水中に縦方向と横方向にカッターが取り付けられており、航行をしながらハスやヒシの茎を刈払っていく。位置計測については、高精度（誤差数 cm）の低コスト 2 周波 RTK-GNSS 受信機（ublox-F9P）を使用している。また、ロボットボートの状態の監視や、自動、手動の切り替え等は携帯電話回線でタブレットを使って、自動航行ドローンと同様の使い勝手を実現している。これによりボートが岸から遠く離れても操作を行うことが可能である。設定経路との誤差を調査したところ、横方向偏差は 4.9cm となり、十分な精度が得られた。また、成長抑制効果を調査したところ、ハスに関しては、ハスの成長後期である 9 月に刈り払うことで、翌年の成長を抑制することができると明らかとなった。

なお、本研究は、宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団、宮島沼水鳥・湿地センターとの共同研究であること、環境研究総合推進費（1-1602）の委託事業として実施したことを付記する。