

ウェブカメラとモバイルWi-Fiルータを用いたインターネットによるコウノトリの繁殖モニタリングシステムの構築

*内藤和明^{1,2}・船越 稔^{2,3}・柴折史昭⁴

Remote monitoring system of breeding behaviors in the Oriental White Stork (*Ciconia boyciana*) by the Internet using a web camera and a mobile Wi-Fi router

*Kazuaki Naito^{1,2}, Minoru Funakoshi^{2,3}, Fumiaki Shiabaoiri⁴

¹ Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo

128, Shounji, Toyooka, Hyogo Pref. 668-0814, Japan

² Hyogo Park of the Oriental White Stork

128, Shounji, Toyooka, Hyogo Pref. 668-0814, Japan

³ Inter-institutional Panel on Population Management of the Oriental White Stork (IPPM-OWS)

128, Shounji, Toyooka, Hyogo Pref. 668-0814, Japan

⁴ Group for Research of Rare Bird Tokushima

1-288, Kishinoue, Nakamura, Kitajima-cho, Itano-gun, Tokushima Pref. 771-0203, Japan

*E-mail: kaznait@stork.u-hyogo.ac.jp

Abstract Remote monitoring system of breeding behaviors in the Oriental White Stork by the Internet using a web camera and a mobile Wi-Fi router was developed and tested for reducing time and labor cost in field observation. Various behaviors, including role switching in incubation and feeding could be distinguished and recognized in the recorded video image. This system enabled effective monitoring of breeding pairs of the Oriental White Stork in low cost and no field work.

Key words Breeding, *Ciconia boyciana*, Nesting, Remote monitoring

はじめに

2005年の野外への再導入以降にコウノトリ *Ciconia boyciana* の野外個体が繁殖した地域は、2016年までは兵庫県豊岡市および京都府京丹後市に限られていたが、2017年以降に拡大し、2019年には兵庫県（豊岡市および養父市）、京都府（京丹後市）、徳島県（鳴門市）、鳥根県（雲南市）、鳥取県（鳥取市）および福井県（坂井市）の6府県で繁殖が確認された。コウノトリの保全事業に取り組む関係機関では、個体群管理に必要な情報を得るため、野外で孵化した個体に関しても個体識別のための足環を装着している。足環の装着作業は、ヒナがまだ巢内にいる42日齢前後に捕獲して行っており、孵化日の情報から日齢を計算して足環装着の実施日を決定している。これまでは、観察者が現地に赴き目視により孵化を確認してきた。しかし目視による確認では複数箇所繁殖した場合に大きな人的負担が生じ、繁殖ペアの数が増加し繁殖地が拡大するとともにそれが増している。また、徳島県（鳴門市）および鳥根県（雲南市）ではビデオカメラによるモニタリングが取り入れられているが（例えば、星野 2018；内藤ほか 2020）、解像度が高い固定カメラを使用しているため初期費用や維持管理費用が課題である。

ビデオカメラを活用した鳥類の繁殖モニタリングは従来から行われ、ビデオ映像を基に抱卵、給餌率、親鳥の繁殖パターンなども明らかにされており有効性が高い（MacGee et al. 2018；Fernández-Bellon et al. 2017；Monti et al. 2019）。一方、コウノトリの野生復帰事業が現在進行中で繁殖状況を速やかに把握することが求められるため、カメラの映像（動画）を参照してコウノトリの繁殖モニタリングを行う場合は、即時に近い条件で速やかに映像を確認できる仕組みが望ましい。本研究では、目視による観察の負担を軽減しつつ遠隔地でも繁殖状況を把握できる手法の開発を目的に、ウェブカメラとモバイルWi-Fiルータおよびインターネットを用いたコウノトリの繁殖ペアの簡易なモニタリングシステムを構築しその有効性を確認した。

¹ 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科
668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺128

² 兵庫県立コウノトリの郷公園
668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺128

³ コウノトリの個体群管理の関する機関・施設間パネル
668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺128

⁴ 徳島希少鳥類研究会
771-0203 徳島県板野郡北島町中村字岸ノ上1-288

*E-mail: kaznait@stork.u-hyogo.ac.jp

表1. コウノトリの繁殖モニタリングシステムの構築で使用した機材一覧.

機材	製造販売元	型番	税別参考 価格
¹ Wi-Fiルータレンタル	FUJI Wi-Fi	快適!クラウドプラン (使用量無制限月額プラン)	3,980
ワイヤレス防犯カメラ	安達商事	AV-IPCAM08ptz	42,800
ポータブル電源	SmartTap	PowerArQ 626Wh	66,700
ソーラーパネル充電器	SmartTap	STSL120M	24,500
モバイルバッテリー	Anker	PowerCore26800	6,200
タブレット端末	NEC	TE510/JAW	34,400
防犯カメラアプリ	Qui Zhao	CamHi (Android版あるいはiOS版)	0
データ保存用HDD	バッファロー	HD-NRLD3.0U3-BA	8,600
² 距離計測器	Huepar	B07H9NM451	13,500
microSDカード	トランセンド	128GB Class10	2,500
単眼鏡 (12倍)	Gosky	タイタン 12倍 (12倍×50mm)	12,400
単眼鏡 (10倍)	ハットリ光学	10倍 (10倍×50mm)	3,680
単眼鏡 (8倍)	SVBONY	SV11 8倍 (8倍×32mm)	3,480
³ 南京錠	AGE	50mm	—
⁴ プラスチック製ツールケース	—	—	—

¹契約事務手数料 (3,000) およびレンタル初期費用 (4,500) が別途必要, ²ウェブカメラから巣までの測距に使用, ³機材一式を収めたツールケースおよび木箱の施錠に使用, ⁴雨によるウェブカメラと単眼鏡の損傷を避けるために使用.

方 法

材料とシステムの構築

比較的安価で入手が容易な機材のみでモニタリングシステムを構築できるよう, インターネット上の通信販売やホームセンター等で容易に入手できる汎用性の高い機材を使用することとした (表1). 機材の配置および接続方法は模式図および写真の通りとした (図1, 図2). ウェブカメラ (ワイヤレス防犯カメラ, 安達商事, AV-IPCAM08ptz) は, 1/3インチカラーCMOSセンサーを備えたFull HD解像度 (200万画素) の機種を使用, 動画の圧縮方式はH.264でフレームレートは25fpsに設定した. このウェブカメラはパンおよびチルトが可能であるが, 今回はカメラを動かさない状態で使用し, 単眼鏡12倍 (Gosky, タイタン12倍×50mm), 同10倍 (ハットリ光学, 10倍×50mm), あるいは同8倍 (SVBONY, SV11 8倍×32mm) を, 光軸が一致するように木板とビスを用いて固定した. ウェブカメラの倍率は最大に設定し, ウェブカメラから巣までの距離に応じて適切な画角となる倍率の単眼鏡と組み合わせた. なお, 単眼鏡を固定するにはスポッティングスコープ用のバランスプレート (Kowa, TSN-BP) を用いて単眼鏡が前後に可動するようにした. 設置場所の制約がなく商用電源およびインターネットの固定回線が得られない場所も使用できるように, バッテリーとWi-Fi環境を整えた. すなわち, ウェブカメラの電源 (電圧12V) としてポータブル電源 (SmartTap, PowerArQ, 容量626Wh, 出力12V-10A) を用い, できるだけ長時間稼働させるためにソーラーパネ

ル充電器 (SmartTap, STSL120M, パネル出力18V-6.7A) を接続して電力を補充する仕組みとした. また, モバイルWi-Fiルータ (FUJI Wi-Fi, 快適!クラウドプラン) の利用契約を締結し, 現地に設置してウェブカメラを接続した. モバイルWi-Fiルータにはバッテリーが内蔵されているが稼働時間が短いため外付けのモバイルバッテリー (Anker, PowerCore26800, 容量99.2Wh, 出力5V-2A) を併用した. 雨による損傷を避けるため, ウェブカメラと単眼鏡は撮影方向に穴を開けたプラスチック製のツールケース (奥行65cm × 幅41cm × 高さ27cm) に収め, その他の機材は角材と板を用いて作成した木箱 (奥行57cm × 幅40cm × 高さ102cm) に収めた. ソーラーパネルは太陽光をできるだけ有効に受けるような角度で設置した. 以上により, ウェブカメラで撮影された映像をモバイルWi-Fiルータを通じてインターネットを介して遠隔地で閲覧できるようにした. 映像の閲覧にはAndroid版あるいはiOS版の汎用防犯カメラアプリ (Qui Zhao, CamHi, 無料) を用いた.

調査地と対象個体

調査地は徳島県鳴門市大麻町板東地区と兵庫県豊岡市祥雲寺地区とした. 前者では電柱の上で後者では人工巣塔の上で営巣するコウノトリの繁殖ペアがあり, これらのペアを対象個体とした. 板東地区の繁殖ペアは, 2011年に豊岡市内の野外で孵化したオス (兵庫県立コウノトリの郷公園による個体識別番号J0044, 以下同様) と2013年に兵庫県立コウノトリの郷公園で孵化し兵庫県朝来市で野外にリリースされたメス (J0480) で, 2016年

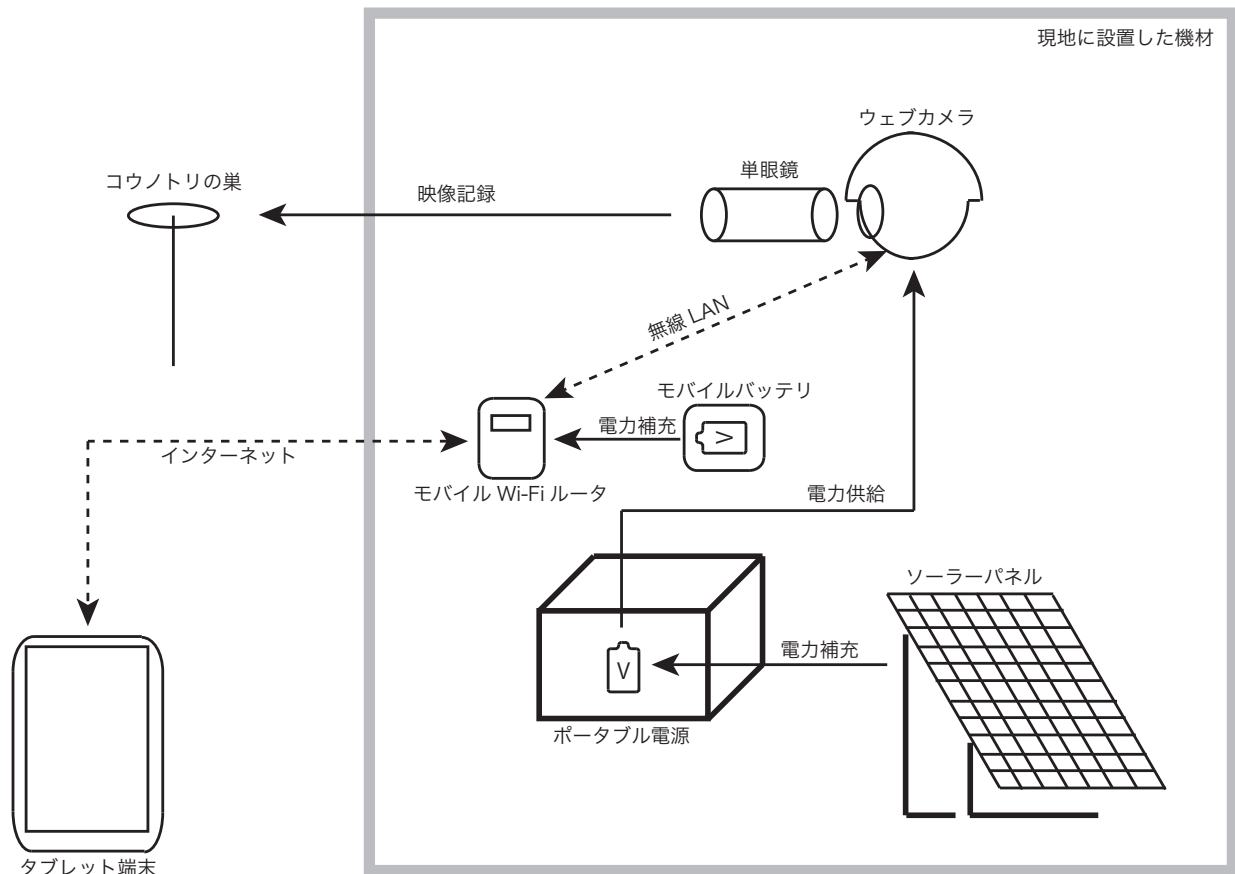


図1. 使用した主な機材の配置と接続の模式図。現地に設置した機材一式を灰色の線で囲って示した。ウェブカメラと単眼鏡を格納したケース、およびソーラーパネル以外のその他の機材を格納した木箱は図に含まれていない。



図2. 兵庫県豊岡市祥雲寺地区の人工巣塔を撮影するために現地に設置された機材。左側の木箱の上部にあるケースにウェブカメラと単眼鏡を格納し、木箱の中にモバイルWi-Fiルータ、モバイルバッテリー（電圧5V）、ポータブル電源（電圧12V）を格納した。右側にあるのはソーラーパネルを固定した木製架台である。ケースや木箱は南京錠で施錠し、強風等による損傷を避けるため木箱と架台を金属製の杭と針金で地面に固定した。

に板東地区で繁殖行動を開始し、同年は巣立ち個体が多かったが、翌年以降は2019年まで毎年ヒナが巣立ちした。祥雲寺地区の繁殖ペアは2010年に豊岡市内の野外で孵化したオス（J0021）と2009年に同じく豊岡市内の野外で孵化したメス（J0012）で、2013年から2015年にかけて豊岡市内の別の人工巣塔で繁殖した後、2016年からは祥雲寺地区の人工巣塔で繁殖し、2018年を除いて2019年まで毎年ヒナが巣立ちした。

構築したシステムの有効性を確認するために、2020年3月2日から8日にかけて板東地区の電柱巣の繁殖ペアを、また2020年3月11日から17日にかけて祥雲寺地区の人工巣塔の繁殖ペアを巣から80m離れた場所から撮影し、ウ

ェブカメラに内蔵したMicroSDカード（容量128GB）に映像（動画）を記録した。インターネットを介して録画された映像（動画）をダウンロードして閲覧することにより個体の行動を確認した。

結果と考察

録画された映像からは、帰巣、離巣、抱卵交代、抱卵、転卵、造巣、ヒナへの餌の吐き出し、食べ戻し、クラタリング、巣材運び、同種他個体への威嚇、排泄等、個体を直接観察した場合と同等の行動を区別することができた（図3）。特に、抱卵交代およびヒナへの餌の吐き出し

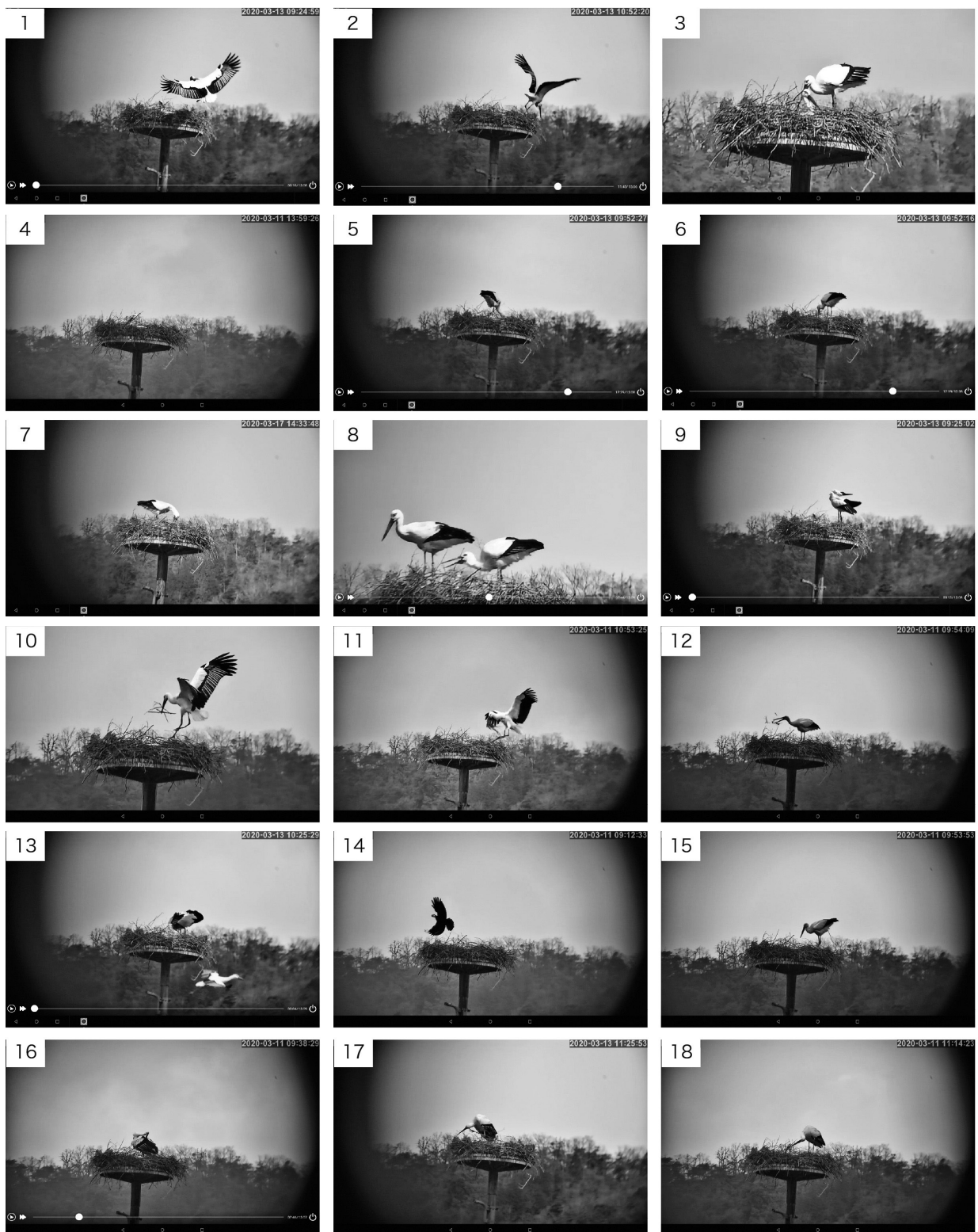


図3. 録画映像で識別されたコウノトリの行動の例。1) 帰巢, 2) 離巢, 3) 抱卵交代, 4) 抱卵, 5) 転卵, 6) 造巢, 7) 餌の吐き出し, 8) 食べ戻し, 9) クラタリング, 10) 巢材運び (小枝), 11) 巢材運び (草), 12) 巢材の放り出し, 13) 警戒あるいは威嚇 (他個体の侵入), 14) 空巢の際にカラスにより卵を持ち去られる, 15), 排泄, 16) 羽繕い (自身で), 17) 羽繕い (他個体を), 18) 頭掻き。

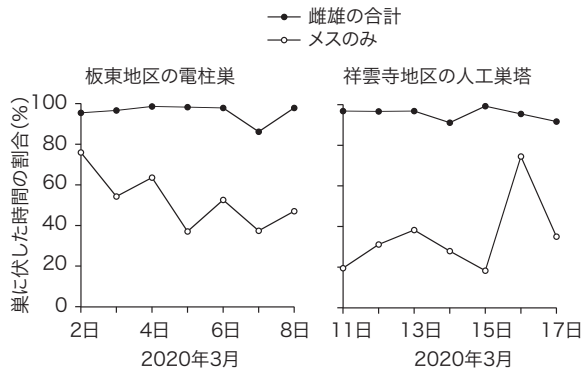


図4. 録画映像の分析により集計された雌雄それぞれの巣に伏した時間（抱卵時間）の割合。

に関する情報が得られたことで、ヒナの日齢を高い精度で推定し足環を装着するタイミングを決める上で本システムが有効であることを示された。また、今回撮影対象としたコウノトリの繁殖ペアは足環あるいは個体の形態的な特徴による雌雄の識別が可能であった。具体的には、板東地区の電柱巣の雌雄は体格差が明瞭でくちばしの形態が異なり、メスにのみ装着されている発信器のアンテナが見えることがあるためこれらの特徴により識別可能であった。しかし、ウェブカメラの設置場所の制約により逆光条件となることが多いため足環の色の識別は困難であった。祥雲寺地区人工巣塔の雌雄は足環の色の識別は困難であったが、順光条件では足環の装着位置の違いにより個体を識別できた。また、足環による識別が困難な場合でもメスの左足が湾曲している個体の特徴および雌雄の体格差による識別が概ね可能であった。雌雄を識別できたため、巣に伏した時間（抱卵時間）を雌雄それぞれについて日毎に集計し、抱卵の役割分担を確認できた（図4）。

観察者が現地に赴きモニタリングを行う方法は労力と費用がかかる。そのため繁殖地の数が増加すると実行が困難になる可能性があるが、本システムを活用することでモニタリングを省力化し、分布が全国に拡大しつつあるコウノトリの個体群管理に資することができる。使用した機材は入手が容易であり、固定費はモバイルWi-Fiルータの利用契約程度であるため比較的安価に運用でき汎用性が高いと考えられる。今回使用した機材の購入費用は約21.9万円であった。モバイルWi-Fiルータの利用契約の初期費用7,500円と営巣初期から巣立ちまでを4か月とみなした場合の通信費約1.6万円を合わせると、導入初年に必要な費用は営巣場所当たり約24.3万円となる。通信費のみとした場合、2年目以降の維持費用は約2.4万円となる。また、ウェブカメラやモバイルルータの駆動電

源にリチウムイオン電池を使用しているため、電柱からの電気の引き込み等が不要で簡単に移設可能である。また、設置に必要な面積も広くないことから機動性が高い。ただし、ウェブカメラの稼働にポータブル電源のみを使用した場合、電源供給可能な日数は2.5日程度であった。ソーラーパネル充電器を併用した場合でも、電力の補充量は天候に左右されるためバッテリー残量の定期的な確認は必要である。

コウノトリの営巣をビデオカメラによりモニタリングする方法として、商用電源を利用して高解像度の固定カメラを屋内等に設置する方法が既に用いられている（星野 2018；内藤ほか 2020）。この方法は、機材や経費は高額となるが安定して稼働し詳細な情報が得やすい。それとは逆の簡易な方法として、電源を内蔵した小型のトレイルカメラの本体のみを設置する方法もある（松本ほか 2020）。この方法は画角や画質に課題があり撮影データを定期的に回収する必要があるが最も安価で機動性が高い。本研究で試みた方法は機材や経費の点で両者の中間に当たる。コウノトリは営巣場所が定まるまでは複数の場所を移動して造巣行動を行うことがあり、初年度は産卵や孵化に至らないで繁殖期が終わることもあるので、当初はトレイルカメラを用いるような簡便なモニタリング方法が適すると思われる。営巣場所が定まって産卵の可能性がある場合は、機材や経費と得られる情報のバランスが均衡している本研究で試みた方法が適すると思われる。さらに、2繁殖期以上同じ場所で営巣が継続するようであれば、安定して稼働し画質が優れ、カメラの設置場所によっては高い角度から巣を確認可能な固定カメラを屋内等に設置する方法を検討することが望ましい。それぞれの特徴を踏まえた最適な方法を選択してコウノトリの繁殖における今後の活用機会を拡大することが期待される。

摘 要

目視による観察の負担を軽減する手法の開発を目的に、ウェブカメラとモバイルWi-Fiルータおよびインターネットを用いたコウノトリの繁殖ペアの簡易なモニタリングシステムを構築しその有効性を確認した。インターネットを介して録画された映像を再生し、抱卵交代およびヒナへの餌の吐き出しを含む、個体を直接観察した場合と同等の行動を区別することができた。このシステムにより、比較的入手が容易な機材を用いて安価な費用で、観察者が毎日現地に赴く必要なくコウノトリの繁殖ペアの簡易なモニタリングが可能となることが示された。

キーワード 繁殖, コウノトリ, 営巣, 遠隔モニタリング

謝 辞

機材の購入にあたっては、環境省「生物多様性保全推進支援事業」の助成を得た。徳島希少鳥類研究会の前田勝重氏には機材の設置作業などに協力いただいた。兵庫県立コウノトリの郷公園の天津晋作氏には、機材の設置、電源等の管理およびデータ収集に協力いただいた。ここに記して謝意を表する。

引用文献

Fernández-Bellon D, Wilson MW, Irwin SK, Kelly TC, O'Mahony

B, O'Halloran J (2017) Activity patterns of breeding Hen Harriers *Circus cyaneus* assessed using nest cameras. *Bird Study*, 64:557-561. doi:10.1080/00063657.2017.1383969

星野由美子 (2018) 島根県雲南市におけるコウノトリ *Ciconia boyciana* の繁殖に関する観察記録. 島根県立三瓶自然館研究報告, 16:69-73.

松本令以・堀江真優・大迫義人 (2020) インターバル写真撮影による再導入コウノトリの産卵開始日の推定. 野生復帰, 8:17-24.

McGee MR, Edwards, DA, Kirkpatrick WH, Greeney HF, Sheldon KS (2018) Breeding behavior of the Gray-breasted Flycatcher (*Lathrotriccus griseipectus*) in Southwestern Ecuador. *Ornitología Neotropical*, 29:367-370.

Monti F, Cascio PL, Sforzi A (2019) Nocturnal activity of insect fauna in Osprey nests: insights from video-cameras. *Journal of Raptor Research*, 53:212-214. doi:10.3356/JRR-18-51

内藤和明・星野由美子・高橋誠二 (2020) 野外でのビデオ録画によるコウノトリの繁殖の行動解析. 野生復帰, 8:1-9.