

## 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

\*内藤和明<sup>1, 2</sup>・星野由美子<sup>3</sup>・高橋誠二<sup>4</sup>

### Behavioral analysis of breeding of the Oriental White Stork (*Ciconia boyciana*) using video recording in the wild

\* Kazuaki Naito<sup>1, 2</sup>, Yumiko Hoshino<sup>3</sup>, Seiji Takahashi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo

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

<sup>2</sup> Hyogo Park of the Oriental White Stork

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

<sup>3</sup> The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe (Sahimel)

1121-8 Tane, Sanbe-cho, Ohda, Shimane Pref. 694-0003, Japan

<sup>4</sup> Unnan City Borad of Education

952-5 Satogata, Kisuki-cho, Unnan, Shimane Pref. 699-1311, Japan

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

**Abstract** The breeding behaviors of one pair of the Oriental White Stork, nesting in Unnan City, Shimane Pref. in 2018 and 2019, were video-recorded for behavioral analysis. The video image was scanned to identify behaviors of the parents, such as presence/absence, standing/sitting (incubating or brooding) to clarify timing of egg-laying, hatching and fledging, and sex allocation in breeding effort. It showed that egg-laying was started on the day when the total time ratio of sitting on the nest by the parents exceeded 50%, and hatching was started on the day when the parents regurgitated food items on the nest. There was no difference between male and female parents in nest attending and incubating duration, and in feeding frequency, suggesting that they equally shared breeding

effort. It also showed that fledglings left their nest more four times per hour during 4-8 days after fledgling and the time ratio being away from nest increased up to 80%, thereafter fluctuating widely. The video-recording method enabled the analysis of breeding behaviors, especially for determining the banding timing based on the first hatching day, so this is useful to study the breeding process, role allocation by parents and growth of chicks of the Oriental White Stork in the wild.

**Key words** Breeding, *Ciconia boyciana*, Cloud recording, Video image analysis

### はじめに

日本の野外コウノトリ *Ciconia boyciana* 繁殖個体群は1971年に絶滅したが、保護増殖の努力がその後も飼育下で継続されてきた。2005年にはコウノトリの再導入が開始され、その後野外繁殖により増加したものを含めて2019年12月末時点で178個体が日本の野外に生息している。再導入されたコウノトリの野外での繁殖成功は2007年が最初で、その後徐々にペア数が増加したが、当初の繁殖地域は豊岡盆地とその周辺に限られていた。しかし、2012年には京都府京丹後市で、2017年には徳島県鳴門市と鳥根県雲南市で、さらに2019年には福井県坂井市、鳥取県鳥取市でも繁殖が確認され、繁殖地が拡大してきている。再導入の開始からこれまでにリリース個体や野外巣立ち個体のモニタリング (内藤・大迫 2011) が随時行われ、野外繁殖に関するパラメータ (Ezaki and Ohsako 2012)、餌動物のメニュー (田和ほか 2016) などが明らかにされている。これらの多くは個体の直接観察により実施された。

一方で、鳥類の繁殖行動に関する研究では、カメラを設置して写真やビデオ映像を収集して解析する手法が従来から用いられており、営巣の経過や結果を検証するために巣の近くにカメラを設置して行われたものが多い。それらの研究には、巣にいるヒナの捕食者を特定したもの (齊藤ほか 2019; 塩崎ほか 2014; Vasseur and Leberg 2016; Taylor et al. 2018; Bolton et al. 2007; Williams and Wood 2002)、餌動物の種類を特定したもの (Robinson

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> 鳥根県立三瓶自然館 (サヒメル)

694-0003 鳥根県大田市三瓶町多根1121-8

<sup>4</sup> 雲南市教育委員会

699-1311 鳥根県雲南市木次町里方952-5

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

et al. 2015 ; Busbridge and Stewart 2018 ; Harrison and Kochert 2019), 繁殖パラメータや繁殖中のイベントを明らかにしたもの (Busbridge and Stewart 2018 ; Aguiar-Silva et al. 2017 ; Harrison and Kochert 2019), 繁殖の季節性を明らかにしたもの (Ribic et al. 2018 ; Väli 2018) などがある。また、抱卵や給餌率など親鳥の繁殖パターンも明らかにされている (MacGee et al. 2018 ; Fernández-Bellon et al. 2017 ; Monti et al. 2019)。上述したように、2012年以降に豊岡盆地とその周辺以外の地域でコウノトリが繁殖するようになったが、それらの場所でのコウノトリの繁殖の経過を目視による直接観察で正確に記録するには多くの人的労力が必要となる。しかし、ビデオカメラにより映像を記録すれば観察者が不在でも連続して記録を収集できるので、コウノトリの繁殖行動を即時的に把握しヒナの死亡など繁殖の失敗につながる重要なイベントを検出する際にも有効であり、特に人的な制約により目視による頻繁な観察が困難な場合に効果を発揮すると考えられる。

また、日本の野外コウノトリ個体群の維持管理において、繁殖ペアを高頻度にモニタリングする目的の一つはヒナに足環を装着するタイミングを見極めることである。コウノトリの再導入を開始して以降、野外で孵化して巣立ちしたコウノトリにはそのほとんどに足環が装着されており、個体を識別できることが野生復帰を順応的に進める上で不可欠となっている。再導入初期には巣立ち後の幼鳥を捕獲して足環を装着していたが (船越ほか 2011)、捕獲できず足環が装着できない個体が一部に生じた。その後は巣立ち前のヒナに足環を装着する方針に転換されたが、足環の直径は予め決まっており、日齢が早すぎる段階で装着すると踵の関節がまだ細いためふしよ骨に装着した足環が落ちたり踵を圧迫したりする危険性がある一方で、日齢が遅すぎる段階では翼が伸長するため捕獲時にヒナが飛翔して落下するなどの事故を誘発する危険性がある。そのため、コウノトリの再導入を最初に実施した兵庫県立コウノトリの郷公園や、コウノトリを飼育する施設や野生復帰を進める機関およびコウノトリが野外で繁殖した自治体等で構成されるコウノトリの個体群管理に関する機関・施設間パネル (IPPM-OWS) では孵化日から43日後を基準としてその前後1ないし2日以内に足環を装着する方針を採ってきた。日齢を知るには孵化日を確定しなくてはならないが、コウノトリは野外では樹上や電柱あるいは人工巣塔などの高所に営巣するため多くの場合ヒナの孵化を直接観察できない。飼育下では、親鳥によるヒナへの給餌すなわち餌動物を吐き

出す行動がヒナの孵化当日か稀に翌日に始まることがわかっている (船越稔 私信)、野外においても餌を吐き出す行動を確認することで孵化日を推定している。この行動を目視で確認するためには、親鳥による餌の吐き出しが予想される日の前後に営巣場所の近くに調査者を派遣する必要性が生じる。しかし、ビデオカメラにより映像を記録すれば、調査者が常駐することなしに孵化日を推定でき、足環を装着するタイミングを決める上で重要な情報が得られる可能性がある。

本研究では、営巣するコウノトリの巣を連続的に撮影した映像を解析し、産卵、ヒナの孵化および巣立ちに至るまでの親鳥とヒナの行動を解析し繁殖のステージと雌雄の役割分担を明らかにし、コウノトリの新たな定着地での繁殖行動を記録、解析する手順を確立することを目的とした。

## 材料と方法

### 対象個体および調査地

対象個体は2014年に福井県越前市の飼育施設で孵化し、兵庫県立コウノトリの郷公園で6か月間の順化訓練を経た後、2015年に越前市で野外にリリースされたオス (兵庫県立コウノトリの郷公園による個体識別番号J0118, 以下同様) と豊岡市内の野外で2012年に巣立ったメス (J0051) である。この2個体は繁殖ペアを形成して2018年には鳥根県雲南市大東町大東下分地内 (35.3303N, 132.9544E) の電柱で、また2019年には同市大東町仁和寺地内にある雲南市立西小学校の敷地内 (35.3373N, 132.9488E) の人工巣塔で営巣した。2018年の営巣地点と2019年の営巣地点は1km程度離れており、両地点を含む周辺地域は水田と農村集落と二次林が混在する里山景観を構成している。なお、それに先立つ2017年にオス (J0118) は別の個体 (J0047) と繁殖ペアを形成し、2018年の繁殖場所と同じ電柱の上に営巣して4個体のヒナを育てていた。この年の繁殖については、営巣場所の地元自治体である雲南市と兵庫県立コウノトリの郷公園および鳥根県立三瓶自然館が連携し繁殖行動を記録した。その際、産卵日および孵化日を推定しヒナに足環を装着するのに適切な日齢を見極めること、および繁殖状況を随時確認し異常がある場合に必要に応じて対応することを目的として、ビデオカメラで映像を記録して繁殖ステージの進行が記録された (星野 2018)。しかし、5月19日にこの繁殖ペアのメスがサギ類と混同された誤射により死亡し、残ったオス単独での育雛が困難である

と予想されたため、雲南市の要請により5月21日にヒナ4個体が保護され兵庫県立コウノトリの郷公園に移送された。この4個体は同公園で育雛した後に雲南市で解放された。そのため2017年には巣立ちに至るまでの完全な繁殖経過は記録されなかった。なお、2019年に繁殖場所として使用された人工巣塔は、2017年に設置されたもので雲南市により管理されている。

#### ビデオ映像の撮影と記録

2018年および2019年の繁殖についても2017年と同様の目的でビデオカメラあるいはウェブカメラの映像が記録された。2018年には巣の南西160mに位置する公共施設である春殖交流センターの2階のガラス窓を隔てた室内に、ビデオカメラを含む撮影機材を設置した。使用したビデオカメラ（JVC GZ-HM670）は光学40倍ズーム機能を有しており、巣にいる個体を十分確認できるように画角を設定した。毎日8時から17時までを基本的な撮影時間とし、撮影の開始および終了の操作を手動で行い、カメラに内蔵するスロット内のSDカードに映像を記録した。記録されたSDカードを持ち帰り、編集ソフトウェア（EDIUS Pro9, グラスバレー）を用いて早送り再生し、個体に動きがあった場面は等速再生して、時刻、個体、行動の内容を記録した。個体識別は基本的に繁殖ペアのそれぞれの個体に装着されている足環により行ったが、オス（J0118）には個体の移動を追跡するためのGPS発信器が装着されていたので、それを識別の目印として併用した。巣立ち前の段階でヒナにも個体識別用の足環が装着されていたので可能な場合はヒナも個体を識別した。

営巣場所が変わった2019年も、4月9日までの撮影は2018年と同じ機材を使用し同様の方法で映像を記録した。巣の南東110mに位置する小学校の校舎3階のガラス窓を隔てた室内に機材を設置し、同じ方法により映像を解析した。4月10日以降は、撮影の開始終了と映像データの回収に伴う労力を軽減するため、カメラをFull HD画質で撮影可能なネットワークカメラ（HIKVISION DS-2DF8223I-AEL）に変更し、同じ建物の3階室外ベランダに機材を設置した。記録された映像はカメラに内蔵するスロット内のSDカードに保存され、LTE回線を使用した映像監視サービス（TRASCOPE, 丸紅ネットワークソリューションズ）を活用して必要な部分をクラウド上のサーバにコピーした（クラウド録画）。この映像監視サービス上の閲覧機能を使用して、20–30秒間隔で映像をコマ送り再生し、前年度のデータ解析と同様に、個体に動

きがあったところで等速再生して、行動の時刻、個体、内容を記録した。

また、親鳥が1日の中で巣への滞在時間の割合が高くなった時点でカメラの設置と映像の記録を開始し、ヒナが巣立ちして記録時間の間に全ての個体が巣に不在となる日まで継続した。なお、2019年は繁殖ペアが営巣場所を変えたためカメラの設置と映像の記録の準備に時間を要し、記録を開始した時点で巣での滞在時間の割合が100%に達していた。

#### ビデオ映像の解析

産卵、孵化、巣立ちといったコウノトリの繁殖における重要なイベントを、記録したビデオ映像の解析により推定または確認し、またそれらのイベントを含んだコウノトリの繁殖の時間的経過を把握するために次の項目を映像から抽出して記録した。

まず、親鳥の行動に関しては雌雄それぞれについて、巣への飛来および飛去、在巢中に「立つ」、「伏す」行動を抽出した。なお、コウノトリは両足立ちの状態だけでなく片足立ちや踵立ちの姿勢をとることがあるが、本稿では抱卵や抱雛と対応させることを念頭に置くため、それらの状態は「立つ」に含めた。これにより、観察時間中の親鳥の持続的行動は、巣に「在」、「不在」のいずれかに、在巢中についてはさらに「立つ」、「伏す」のいずれかに区分された。次に、非持続的行動として、餌の吐き出しが確認された際に時刻とともに記録した。ヒナの行動に関しては、巣立ち後初期の在巢状況を明らかにするため、巣からの飛去および飛来（帰還）を個体毎に抽出した。それぞれの繁殖年において餌の吐き出し行動が初めて見られた日を最初のヒナの孵化日と推定した（推定初孵化日）。

以上のデータを基に、親鳥の1日当たりの在巢時間および巣に伏した時間の割合、帰巣頻度、餌の吐き出し頻度を1日毎に集計した。また、ヒナの行動に関して、離巣頻度および離巣時間の割合を1日毎に集計した。ただし、機材の不具合や停電により映像が記録できなかった日や、あるいは気象条件により窓が曇ったため巣を視認できなかった等により、得られた有効な映像が1日当たり8時間に満たなかった場合は解析から除外した。営巣行動の雌雄の役割分担を明らかにするために、巣に伏した時間の割合および在巢時間の割合を雌雄間で比較した。対象とした期間は、親鳥の1日当たりの巣に伏した時間の割合が50%を超えた日から推定初孵化日までの間とし、2018年および2019年について個別に比較した。同様

に、巣における餌の吐き出し頻度を雌雄間で比較した。対象とした期間は、推定初孵化日から最初のヒナが巣立ちした日までの間とし、2018年および2019年について個別に比較した。結果をWilcoxonの順位和を用いて検定した。

## 結果

ビデオカメラおよびウェブカメラのどちらも巣にいる親鳥の行動を捉えることができ、成長してからはヒナの行動も捉えることができた(図1)。親鳥の餌の吐き出し行動を映像により確認した結果、2018年の繁殖では初孵化日は4月13日と推定された。その後巣内には4個体のヒナが確認され、映像により飛び立ちを確認した結果、ヒナは6月18日から21日(初孵化日から66-69日後)にかけて巣立ったと推定された。2019年の繁殖では初孵化日は4月8日と推定された。その後巣内には4個体のヒナが確認され、映像により飛び立ちを確認した結果、ヒナは6月13日から17日(初孵化日から66-70日後)にかけて巣立ったと推定された。

雌雄の親鳥それぞれの帰巣頻度と空巣時間および在巣時間の割合の推移を示した(図2)。抱卵開始から初孵化日まで、さらに続いて初孵化後10日程度までの期間は空巣時間が全くなく、少なくとも雌雄どちらかの親鳥が常在巣していた。親鳥の1日当たりの巣に伏した時間の割合が50%を超えた日から初孵化日までの間の在巣時間の割合は、2018年はオスが $46.0 \pm 1.8\%$ (平均 $\pm$ S.E., 以下同じ)、メスが $50.8 \pm 1.8\%$ で有意な差はなかった(N = 37)。2019年はオスが $53.8 \pm 2.1\%$ (平均 $\pm$ S.E., 以下同じ)、メスが $47.0 \pm 1.9\%$ で、雌雄の割合が前年とは逆転していたが有意な差はなかった(N = 31)。また、空巣時間が全くない期間の親鳥の帰巣頻度は1時間当たり0.5回未満

ではほぼ推移し、その値は前後の期間よりも低かった。特に、初孵化日から10日程度の期間は抱卵期間よりもさらに低い値で推移し、また値は比較的安定していた。初孵化日から10日程度経過して以降には、空巣時間は日によって大きく変動しながらも徐々に増加し、70日程度経過した時点で空巣時間の割合が90%程度にまで達する日が見られるようになった。また、初孵化日から10日程度経過して以降は、その前の期間よりも親鳥の帰巣頻度が増加したが、日数が経過してもその値は1時間当たりほぼ0.5から1.5回程度の範囲内で推移し、空巣時間の割合が90%程度に達してからは逆に低下した。また、2018年の結果では空巣時間が0になるより前の時点でオス親の帰巣頻度は1時間当たり3回に達した日があり、メス親よりも頻繁に巣を出入りしたことが明らかになった。

親鳥が巣に伏した時間の割合は、2018年には初孵化日の34日前(3月10日)に初めて50%を超え62.8%に達した(図3)。初孵化日の28日前には90%を超え、以降は初孵化日までほぼ90%以上を維持していた。2019年には調査開始日が初孵化日の35日前に相当しており、巣に伏した時間の割合はその時点で61.1%であった。割合は初孵化日の31日前に90%を超え、以降は同じく初孵化日までほぼ90%以上を維持していた。親鳥の1日当たりの巣に伏した時間の割合が50%を超えた日から初孵化日までの間の巣に伏した時間の割合は、2018年はオスが $44.7 \pm 1.9\%$ (平均 $\pm$ S.E., 以下同じ)、メスが $48.1 \pm 1.8\%$ で有意な差はなかった(N = 37)。2019年は、オスが $50.0 \pm 2.3\%$ 、メスが $44.7 \pm 1.9\%$ で、在巣時間と同様に雌雄の割合が前年とは逆転していたが有意な差はなかった(N = 31)。ただし、雌雄の分担割合は日によって異なり、数日の周期、10%ないし20%程度の幅で変動した。また、巣に伏した時間の割合は初孵化日以降に徐々に減少し、2018年には7日後、2019年には9日後に10%未満にまで低下した。



図1. ビデオカメラおよびネットワークカメラで撮影された映像の一例。いずれも親鳥による餌の吐き出し(給餌行動)を捉えており、左はビデオカメラ(JVC GZ-HM670)で撮影されたJ0051による給餌(2018年5月12日)、右はネットワークカメラ(HIKVISION DS-2DF8223I-AEL)で撮影されたJ0118による給餌(2019年5月3日)を示す。

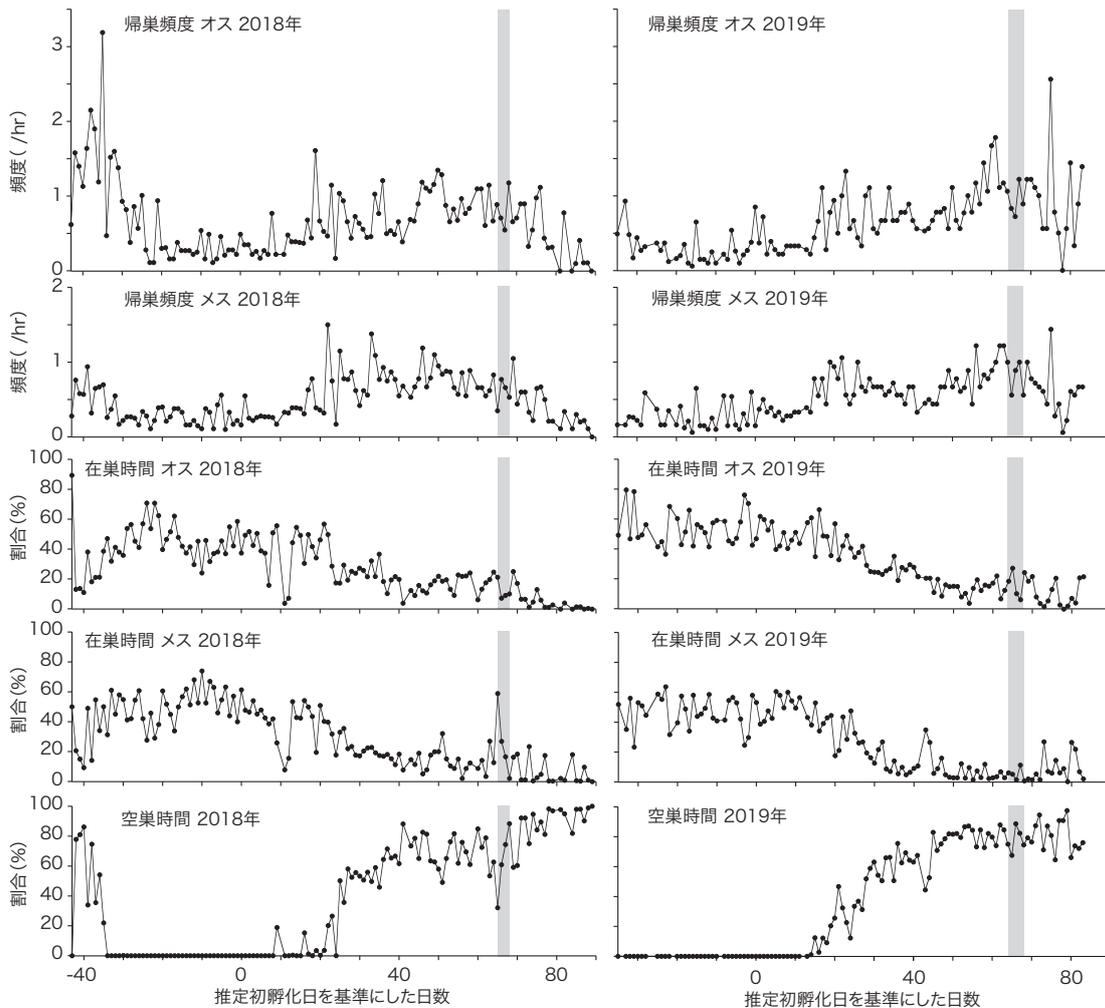


図2. 繁殖ペアの雌雄それぞれの帰巢頻度、在巢時間および空巢時間の割合の推移。横軸には親鳥の餌の吐き出し行動により推定された初孵化日から起算した日数を示し、最初のヒナが巣立ちした日から最後のヒナが巣立ちした日までの期間を灰色の網掛けで示した。帰巢頻度、在巢時間および空巢時間の割合は1日毎の集計値を示し、帰巢頻度は巣への飛来と飛去の回数を足して2で割った値を基準に計算した。

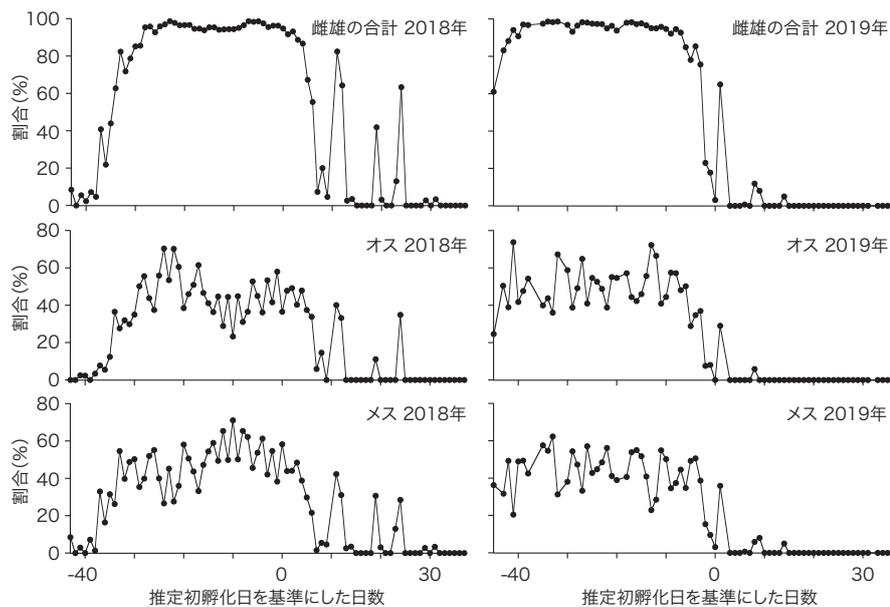


図3. 親鳥が巣に伏した時間の割合の推移。雌雄の合計、オス (J0118) のみおよびメス (J0051) のみの値をそれぞれ示す。

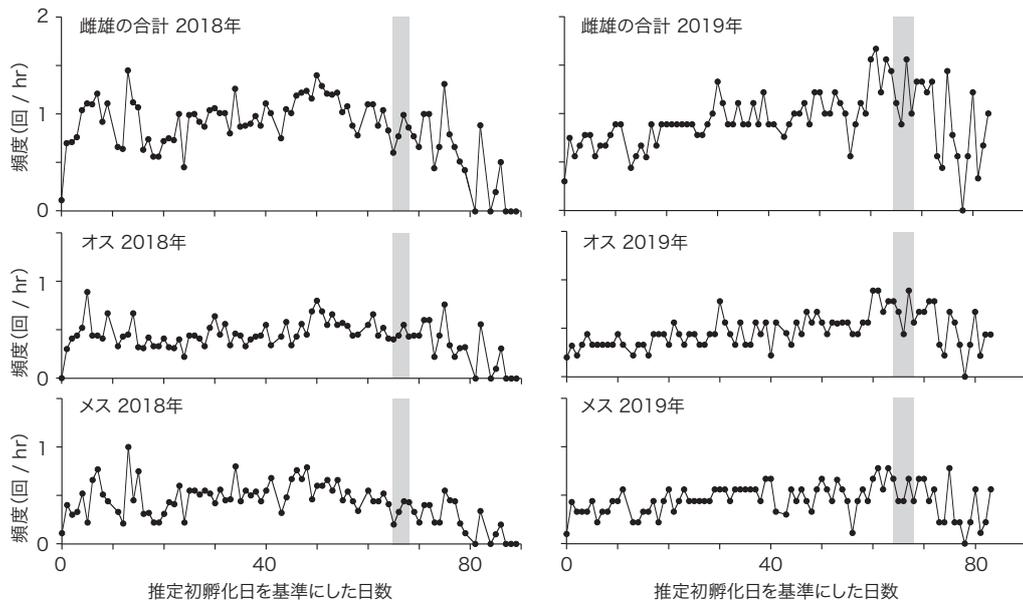


図4. 巣における親鳥の餌の吐き出し頻度の推移. 雌雄の合計, オスのみおよびメスのみの値をそれぞれ示す. 最初のヒナが巣立ちした日から最後のヒナが巣立ちした日までの期間を灰色の網掛けで示した.

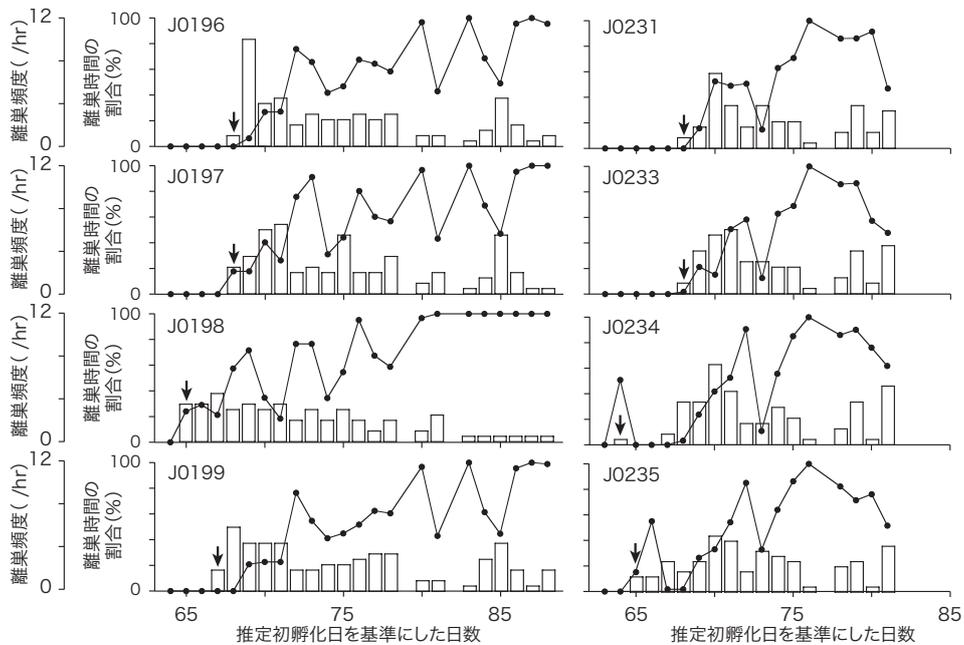


図5. ヒナの離巢頻度 (棒グラフ) および離巢時間の割合 (折れ線グラフ) の推移. グラフ中にヒナの個体識別番号を付した. 離巢頻度および空巣時間は1日毎の集計値を示し, 離巢頻度は巣からの飛去と帰還の回数を足して2で割った値を基準に計算した. 矢印は各個体が巣立った日を示す.

以降はほぼ10%未満で推移したが, 割合が高い日が例外的に見られた.

初孵化日以降の巣における親鳥の餌の吐き出し頻度の推移を親鳥の雌雄毎に示した (図4). 餌の吐き出し頻度は初孵化日から10日程度の間徐々に増加し, その後雌雄合計で1時間当たり0.8から1.3回程度の頻度で推移した. 初孵化日から最初のヒナが巣立ちした日までの間の親鳥の1時間当たりの餌の吐き出し頻度は, 2018年はオスが $0.46 \pm 0.01$ 回 (平均 $\pm$ S.E., 以下同じ), メスが $0.49 \pm$

$0.04$ 回で有意な差はなかった ( $N = 62$ ). 2019年はオスが $0.45 \pm 0.02$ 回, メスも $0.45 \pm 0.02$ 回で有意な差はなかった ( $N = 61$ ). なお, ヒナが巣立って以降は巣における餌の吐き出し頻度が日によって大きく変動した.

各年に最初のヒナが巣立ちした日の前日以降におけるヒナの離巢頻度と離巢時間の割合の推移を個体毎に示した (図5). 全てのヒナは巣立ち日以降も離巢と帰巣を繰り返した. 巣立ちから4日ないし8日程度の期間のヒナの離巢頻度はその後の期間よりも高い傾向を示し, 1時間

当たり4回以上の値を示す個体が見られた。離巢時間の割合はこの間に徐々に増加し、80%程度に達してから後は日によって大きく変化した。

## 考 察

本研究では、ビデオカメラあるいはウェブカメラの映像により、コウノトリの繁殖ペアの雌雄の識別および巣に伏す行動、また餌を吐き出す行動を確認することができた。今回得られたのは1つがいの繁殖ペアの2年分のデータであり、複数の事例をまとめて今後検証する必要があるが、本研究におけるビデオ映像の解析から明らかになったコウノトリの営巣行動を時系列でまとめると次のようになる。2018年の観察結果では、産卵開始前と思われる時期には空巣時間の割合が高く、メスよりもオスのほうが頻繁に巣に出入りしていた。初孵化日の34日前に巣に伏す時間の割合が初めて50%を超えたが、これらは、巣に伏す時間の割合が初産卵日に50%程度に達し（岩崎ほか 2019）、初産卵日から初孵化日までが概ね33–35日（Ezaki and Ohsako 2012）という従来の知見と一致する。すなわち、本研究では産卵と孵化のどちらも直接観察できていないが、それぞれを示す兆候である、巣に伏す時間の割合が初産卵日に50%程度に達した日から餌を吐き出す行動を確認した日までの日数はコウノトリの標準的な抱卵日数に一致していたので、映像の解析により初産卵日と初孵化日を検出できたものと考えられる。巣に伏す時間の割合が90%程度に達してからは初孵化日まで同等の値で推移したことも同様に従来の知見と一致する。第2クラッチの産卵で日最高気温が25℃を超えるような日には巣に伏す時間の割合が低下することが報告されているが（岩崎ほか 2019）、本研究では、第1クラッチの産卵で抱卵期間が3月から4月にかけてであったため、巣に伏す時間の割合は気温に影響されなかったと思われる。ヒナが孵化してからは7日から9日にかけて巣に伏せる時間の割合が10%未満にまで徐々に低下した。ただし、その後も例外的に巣に伏す時間の割合が40%から80%程度となる日があった。これらは雨天の日に見られた現象で、最も遅い時期では初孵化日から23日後（2018年5月7日）で巣に伏す時間の割合は63.4%であった。気温が低い雨天の日に親鳥がヒナを保護するために取った行動と考えられる。親鳥の1日当たりの巣に伏した時間の割合が50%を超えた日すなわち初産卵日から初孵化日までの間の、在巣時間と巣に伏した時間には雌雄間で差が認められず、雌雄がほぼ同じ割合の負担で抱卵行動をしてい

た。

初孵化日から最初のヒナが巣立ちした日までの間の親鳥の餌の吐き出し頻度も雌雄間で差が認められず、雌雄がほぼ同じ割合の負担でヒナへの給餌をしていた。餌の吐き出し頻度は初孵化日の数日後からヒナの最初の巣立ち日まで比較的安定して推移し、その後は日によって大きく変動した。このような変動がみられた理由は、全体の給餌頻度自体が低下したためではなく、野外で給餌される巣外のヒナの個体数によって巣内のヒナへの給餌頻度が変動するようになるためと考えられる。

また、ヒナは巣立ちから数日の間は頻繁に離巣と帰巣を繰り返す傾向が見られ、1日の観察時間中全く不在の日が見られた後で、再び巣に戻る日もあった。巣での捕食リスクが高い種では、捕食者を回避するために早く巣立ち、巣を離れることが望ましいと考えられる（Bosque and Bosque 1995；Martin et al. 2011）。しかし、コウノトリのように巣での捕食リスクが低い種では逆に十分に成長するまで巣にとどまることが適応的と考えられるので（Remeš and Martin 2002；Bowers et al. 2013）、安全な休息場所やねぐらとして巣立ち後も巣を使い続けるのかもしれない。

既に述べたように、但馬地域およびその周辺以外でのコウノトリの繁殖が徐々に増加している。コウノトリは特別天然記念物に指定され種の保存法の対象種でもあるため、新たな地域でコウノトリが繁殖を始めたときにその地域の自治体の行政機関等による状況把握が必要な場合がある。兵庫県立コウノトリの郷公園やIPPM-OWSを通じて、これまでに蓄積した知見を提供する仕組みが整っているものの、コウノトリが繁殖を始めてから調査者を常に確保できるとは限らない困難がある。一方、配偶、産卵、孵化、巣立ちなどの繁殖に関する情報は、コウノトリ野外個体群の保護管理を進める上で重要であるため、省力的かつ予測性の高い観察方法の確立が求められる。以上の観点からビデオカメラを設置して映像を用いる方法は有用性が高い。なお、個体が静止しているか頻繁に行動しているかにより異なるが、ビデオ映像を再生して行動を記録する際には1時間分の映像当たり10分から20分程度を要した。長時間の映像をまとめて解析する場合は、ビデオ動体検知機能を備えたアプリケーションソフトウェアを活用することが有効と思われる（例えば、植田・田中 2006；星野 2018）。

1台のカメラを設置して巣のみを撮影した場合は、カメラの画角の外に個体が飛去したときに巣の近傍に移動しただけなのか遠くに移動したのかを区別できない。特

に、ヒナが離巢したときに巣の上空や周囲を飛行しただけで巣に戻ったのか、地面や電柱など巣以外の場所に降り立ったのかを区別できない。これまでの野外繁殖のモニタリングでは、観察者による目視により野外個体の巣立ちを確認する際に、ヒナが巣から飛び立って地上に降りたことを確認していたが、巣を撮影した映像だけではその確認ができないので、画角を広く設定した2台目のカメラを必要に応じて併用してもよい。

最後に、本研究では巣を見通せる場所にある建物の内部やベランダに撮影機材を設置した。この設置方法は、機材を稼働させる商用電源が確保できることと機材の防犯面での利点がある。さらに、建物の2階あるいは3階と地面から高い位置にカメラを設置できたので、巣を相対的に高い位置から撮影できた。しかし、撮影について建物の所有者あるいは管理者の協力が必要で、準備も比較的大掛かりなものとなる。造巣途中で巣の位置が定まっていない産卵前の段階で機動的に撮影を行える方法として、トレイルカメラによるインターバル撮影（松本ほか2020）や簡易なウェブカメラとモバイルWi-Fiを併用した撮影方法（内藤ほか2020）も初産卵日や初孵化日を推定するための有力な選択肢となる。営巣の初期段階ではこのような機動的な撮影方法を採用し、繁殖が確実になった段階で、本研究で行ったような比較的高性能なカメラによる動画撮影に移行することも検討に値する。

## 謝辞

春殖交流センターおよび雲南市立西小学校には撮影機材の設置場所を提供いただいた。機材の設置と映像記録の回収および映像の確認作業は雲南市教育委員会が費用を負担し株式会社大隆設計に委託された。また、調査対象個体のモニタリングにあたり地域住民の協力を得た。兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科の大迫義人教授からは本稿の執筆にあたり有益な助言をいただいた。これらの関係者の皆様に謝意を表す。

## 摘要

2018年および2019年に鳥根県雲南市で営巣するコウノトリの1ペアを固定式のビデオカメラで連続的に撮影、記録し映像を解析した。親鳥の個体識別、巣への在、不在、立つ、伏す（抱卵または抱雛）か等の行動の確認と解析により、産卵、ヒナの孵化、巣立ちおよび親鳥の雌雄の役割分担の経過を明らかにした。伏した時間の雌雄合計の割合が50%を超えると産卵が始まっており、親鳥による餌の吐き出しがあると孵化していたことがわかっ

た。また、親鳥の在巣時間、巣に伏した時間およびヒナへの給餌頻度には雌雄間で差は認められず、雌雄がほぼ同じ分担割合で抱卵および給餌を行っていた。また、ヒナの巣立ちから4日ないし8日程度の期間のヒナの離巢頻度は高く1時間当たり4回以上の値を示す個体があった。その後の離巢時間の割合は徐々に増加し、80%程度に達してから後は日によって大きく変化した。コウノトリの繁殖行動とその経過を記録、解析することができたこと、特にヒナに足環を装着するタイミングを決めるために必要な初孵化日の推定が可能であったことから、野外でのコウノトリの繁殖プロセス、親鳥の役割分担、ヒナの成長を記録・解析する上で、ビデオカメラによる撮影・録画は有用である。

キーワード 繁殖, コウノトリ, クラウドレコーディング, ビデオ映像解析

## 引用文献

- Aguiar-Silva FH, Jaudoin O, Sanaiotti TM, Seixas GHF, Duleba S (2017) Camera trapping at Happy Eagle nests: interspecies interactions under predation risk. *Journal of Raptor Research*, 51:72–78. doi:10.3356/JRR-15-58.1
- Bolton M, Butcher N, Sharpe F, Stevens D, Fisher G (2007) Remote monitoring of nests using digital camera technology. *Journal of Field Ornithology*, 78: 213–220. doi:10.1111/j.1557-9263.2007.00104.x
- Bosque C, Bosque MT (1995) Nest predation as a selective factor in the evolution of developmental rates in altricial birds. *The American Naturalist*, 145:234–260. doi:10.1086/285738
- Bowers EK, Sakaluk SK, Thompson CF (2013) Sibling cooperation influences the age of nest leaving in an altricial bird. *The American Naturalist*, 181:775–786. doi:10.1086/670244
- Busbridge SA, Stewart JR (2018) A video camera assessment of Morepork (*Ninox novaeseelandiae*) diet and breeding success on Tiritiri Matangi Island. *Notornis*, 65:187–195.
- Chiavacci SJ, Ward MP, Benson T (2015) Why fledge early in the day? Examining the role of predation risk in explaining fledging behavior. *Behavioral Ecology*, 26:593–600. doi:10.1093/beheco/aru236
- Ezaki Y, Ohsako Y (2012) Breeding biology of the Oriental White Stork reintroduced in Central Japan —Effects of artificial feeding and nest-tower arrangement upon breeding season and nesting success— *Reintroduction*, 2:43–50.
- Fernández-Bellón 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
- Harrison JT, Kochert MN (2019) Using motion-activated trail cameras to study diet and productivity of cliff-nesting Golden Eagles. *Journal of Raptor Research*, 53:26–37. doi:10.3356/JRR-18-26
- 星野由美子 (2018) 鳥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. 鳥根県立三瓶自然館研究

- 報告, 16:69–73.
- 岩崎 敬・吉沢拓祥・内藤和明 (2019) コウノトリの抱卵パターンと温度が及ぼす影響 (予報). 野生復帰, 7:39–45.
- Martin TE, Lloyd P, Bosque C, Barton DC, Biancucci AL, Cheng YR, Ton R (2011) Growth rate variation among passerine species in tropical and temperate sites: an antagonistic interaction between parental food provisioning and nest predation risk. *Evolution*, 65:1607–1622. doi:10.1111/j.1558-5646.2011.01227.x
- 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・船越 稔・柴折史昭 (2020) 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. 野生復帰, 8:25–30.
- 内藤和明・大迫義人 (2011) 放鳥個体の追跡記録の記述に基づくコウノトリの行動の類型化とモニタリングへのフィードバック. 野生復帰, 1:37–43.
- Remeš V, Martin TE (2002) Environmental influences on the evolution of growth and developmental rates in passerines. *Evolution*, 56:2505–2518. doi:10.1111/j.0014-3820.2002.tb00175.x
- Ribic CA, Ng CS, Koper N, Ellison K, Pietz PJ, Rugg DJ (2018) Diel fledging patterns among grassland passerines: relative impacts of energetics and predation risk. *The Auk*, 135:1100–1112. doi:10.1642/AUK-17-213.1
- Robinson BG, Franke A, Derocher AE (2015) Estimating nestling diet with cameras: quantifying uncertainty from unidentified food items. *Wildlife Biology*, 21:277–282. doi:10.2981/wlb.00114
- 佐藤 稔・吉沢拓祥・三橋陽子・大迫義人・内藤和明 (2011) 野生復帰計画におけるコウノトリの捕獲方法3種類の比較と有効性. 野生復帰, 1:71–76.
- 斉藤 裕・道越祐一・紺野竹夫・岡田啓治・浅川裕之・吉田正人 (2019) アオダイショウによるオオタカのヒナの捕食事例. *Bird Research*, 15:S1–S5. doi:10.11211/birdresearch.15.S1
- 塩崎達也・白井正樹・大杉雅人・山本麻希・依田 憲 (2014) 新潟県粟島におけるイエネコ等によるオオミズナギドリ雛の捕食. *日本鳥学会誌*, 63:75–78. doi:10.3838/jjo.63.75
- Taylor G, Ewen JG, Clarke RH, Blackburn TM, Johnson G, Ingwersen D (2018) Video monitoring reveals novel threat to critically endangered captive-bred and released Regent Honeyeaters. *Emu - Austral Ornithology*, 118:304–310. doi:10.1080/01584197.2018.1442227
- 田和康太・佐川志朗・内藤和明 (2016) 9年間のモニタリングデータに基づく野外コウノトリ *Ciconia boyciana* の食性. 野生復帰, 4:75–86.
- 植田陸之・田中啓太 (2006) 鳥の巣のビデオ録画の動体監視ソフトウェアによる自動解析. *Bird Research*, 2:T1–T7.
- Väli Ü (2018) Timing of breeding events of the Lesser Spotted Eagle *Clanga pomarina* as revealed by remote cameras and GPS-tracking. *Ardea*, 106:1–10. doi:10.5253/arde.v106i1.a1
- Vasseur PL, Leberg PL (2016) Video surveillance of painted bunting nests to determine the effect of parental behavior on nest success. *Southeastern Naturalist*, 15:1–11. doi:10.1656/058.015.0101
- Williams GE, Wood PB (2002) Are traditional methods of determining nest predators and nest fates reliable? An experiment with Wood Thrushes (*Hylocichla mustelina*) using miniature video cameras. *The Auk*, 119:1126–1132. doi:10.1093/auk/119.4.1126

