

行動観察による再導入コウノトリの初産卵日および初孵化日の推定

* 内藤和明^{1,2}・大迫義人^{1,2}

Estimation of the first egg-laying and first chick-hatching date in reintroduced Oriental white storks based on behavior observation

* Kazuaki Naito^{1,2} and Yoshito Ohsako^{1,2}

¹ Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 128 Shounji, Toyooka, Hyogo 668-0814, Japan

² Hyogo Park of the Oriental White Stork, 128 Shounji, Toyooka, Hyogo 668-0814, Japan

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

Abstract Individual identification facilitates reintroducing and managing Oriental white stork population. In order to ring wild-born chicks at a safe and appropriate time on the nest, it is necessary to identify dates of the first egg-laying and the first chick-hatching for estimating day of age the chicks. Therefore, we clarified the relations between the changes in crouching down rate as well as nest absence rate of parents and the first egg-laying date. We also clarified the relations between the beginning of regurgitation and the first chick-hatching date. The first egg-laying took place on the same day as the nest absence time was close to zero and the crouching down rate exceeded 50%. The date of the first chick-hatching took place on the same day when either parent started regurgitating or the day before.

Key words breeding monitoring, individual identification, bird ringing, trail camera, video camera

はじめに

2005年から再導入されたコウノトリ *Ciconia boyciana* は2023年に野外で370個体を越え、繁殖地点は10府県46か所にまで増加した。2011年に策定された「コウノトリ野

生復帰グランドデザイン」(兵庫県教育委員会・兵庫県立コウノトリの郷公園 2011) では、国内のメタ個体群構造の構築を目標の一つに掲げており、繁殖ペアの増加と繁殖地の拡大および遺伝的多様性の向上を図るための保護・管理を求めている。そのためには放鳥個体と野外巣立ち個体ともに個体識別できることが必要である。さらに、個体が識別できることで個体間行動による社会構造も明らかとなる。

当初、野外巣立ち個体への足環装着は巣立ち後に捕獲して行なっていたが(佐藤ほか 2011)、巣立ち前のヒナに装着する方法を2012年に試験的に導入し、翌年からは全面的に採用している。ヒナへの足環の装着は孵化日から43日齢を基準とする40~44日齢に行なっている。これは、装着時期が早過ぎると足環が抜け落ちたり、足環がふしょ骨の関節を圧迫してヒナの成長に影響を及ぼすことが懸念され、逆に遅過ぎると捕獲の際にヒナが動いて巣から落下する事故などが懸念されるため、両方を勘案した上で飼育個体に試験的に足環を装着して問題がないことを確認して決めた基準である。日齢に基づく適切な足環装着日を決定するには、その巣における最初のヒナの孵化日(初孵化日)を特定することが重要である。

野外コウノトリの繁殖行動のモニタリングでは個体追跡法による対象個体の直接観察が初期から行なわれ(内藤・大迫 2011)、さらに近年はモニタリングにトレイルカメラ(松本ほか 2020)やウェブカメラ(内藤ほか 2020a, 2020b; 星野ほか 2023)を活用している。鳥類の繁殖モニタリングにビデオカメラなどを活用した例は多くあり、巣箱を利用するフクロウ *Strix uralensis* (杉山 2005; 村濱ほか 2007) やシジュウカラ *Parus minor* (畠山 2019) では巣箱の中にカメラやデータロガーを設置した調査が行なわれている。また、猛禽類ではビデオカメラなどを活用した営巣のモニタリングが行なわれており、ハチクマ *Pernis ptilorhynchus* の巣から20~40m離れた地上だけでなく(坂本ほか 2012)、ハチクマあるいはサシバ *Butastur indicus* の巣の直上(井上ほか 2014; 徳江・今村 2014)、オオタカ *Accipiter gentilis* の巣の近傍(林ほか 2023) にビデオカメラを設置した例や、火力発電所の煙突に設置された人工巣の近傍にセンサーカメラを設置し

¹ 兵庫県立大学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

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

表1. 解析に用いたペア、営巣場所、繁殖年等の繁殖履歴に関わる情報および行動観察と巣内確認の方法。

ペア名	オス	メス	緯度	経度	繁殖年	*産卵前後の観察時間 (hr) 平均 (最小-最大)	初産卵日	産卵数	*孵化前後の観察時間 (hr) 平均 (最小-最大)	初孵化日	孵化までの日数	行動観察の方法	巣内確認の方法
IZ	J0381	J0296	35.502	134.843	2009	9.31 (9.00-9.67)	4月8日	4	9.13 (7.57-9.67)	5月11日	33	直接観察	高所作業車
同上	同上	同上	同上	同上	2010	9.42 (9.17-9.83)	3月23日	2+	— (—)	— [†]	—	同上	—
T5	J0391	J0294	35.617	134.817	2009	8.98 (8.12-9.33)	2月28日	4	9.12 (9.00-9.33)	4月2日	33	同上	丘陵から観察
同上	同上	同上	同上	同上	2010	9.17 (9.00-9.33)	2月22日	4	9.15 (9.00-9.42)	3月28日	34	同上	同上
SJ1	J0405	野生個体	35.543	134.861	2010	12.65 (11.88-13.08)	3月15日	4	13.65 (13.50-13.93)	4月17日	33	ビデオ映像	ビデオ映像
同上	同上	同上	同上	同上	2011	13.83 (13.43-14.00)	4月14日	4	14.27 (14.25-14.50)	5月17日	33	同上	同上
NJ	J0001	J0362	35.569	134.822	2014	11.39 (11.00-11.75)	2月23日	4	12.36 (10.92-12.50)	3月28日	33	同上	丘陵から観察
同上	同上	同上	同上	同上	2015	12.09 (11.92-12.30)	2月25日	4	13.13 (13.07-13.33)	3月31日	34	同上	同上
SJ2	J0021	J0012	35.552	134.857	2020	9.11 (7.33-10.00)	2月10日	4	9.76 (8.33-10.00)	3月15日	34	同上	ビデオ映像
同上	同上	同上	同上	同上	2021	9.73 (9.00-10.00)	4月20日	3	9.71 (8.33-10.00)	5月22日	32	同上	同上

*行動観察あるいはビデオ映像の確認を行なった日の1日当たりの観察時間の平均値および最小値、最大値、行動観察は基本的午前8時までに開始し17時に終了した。ビデオ映像の確認は原則として午前7時以前から17時以降まで行なったが、SJ2ペアの2020年の繁殖では濃霧のために早朝の映像が確認できない日があった。そのうちビデオ映像の確認を最も遅く開始した日の開示時刻は9時40分である。

[†] 巣内を孵化直後に確認していないためIZペア2010年の初孵化日は特定できなかつた。

上に支柱を取り付けるなどの方法で巣の近傍にカメラを設置できず、巣の内部を観察することが困難である。近くに丘陵があり上方から巣内を観察できる例外的な繁殖場所を除けば、地上からの目視による観察か、営巣場所である人工巣塔や電柱の近傍の地上に設置したビデオカメラの映像から得られる繁殖ペアの行動をもとに、産卵やヒナの孵化を推定してきた。これまで、1日7時間以上の直接観察のうち親鳥が巣に伏抱している合計時間（伏抱率）が50%を超えた日を初卵の産卵日（初産卵日）とし（内藤・大迫 2011, また、巣においてヒナへの親鳥の餌吐き出し行動を観察してヒナの孵化日（初孵化日）を推定してきた。この推定方法により、これまで足環装着に問題は生じていないが、推定の根拠となる定量的なデータが十分に示されていない。

松本ほか (2020) は、トレイルカメラによりインターバル撮影した結果から算出した親鳥の在巣率および伏抱率と、親鳥の行動の直接観察あるいはビデオ撮影の記録から推定した初産卵日を比較したが、巣内にある卵を直接観察した検証は1繁殖ペアで行なわれたのみである。内藤ほか (2020a, 2020b) は、ビデオカメラの録画映像により産卵やヒナの孵化などのイベントを検出できることを明らかにしたが、これらも巣内を直接観察したものではない。一方、岩崎ほか (2019) は、親鳥の伏抱率の推移と初産卵日との関係を5例示したが、同一の繁殖ペアによる5か年の記録であるため他の繁殖ペアに適用できるか不明であり、いずれの先行研究も十分な検討がなされたとはいえない。

そこで本研究では、これまで行なわれてきた親鳥の伏抱率や空巣率の推移から初産卵日を推定する方法、および親鳥の餌の吐き出し行動から初孵化日を推定する方法の妥当性を検討することを目的として、これまでの繁殖記録の中で検証可能な事例を用いて解析を行なった。

方法

2009年から2021年にかけて野外コウノトリが繁殖した記録の中から、ペアの行動記録があり、初産卵日および初孵化日が直接観察あるいはビデオカメラの映像で特定されている事例を解析の対象とした。具体的には、5ペアについてそれぞれ連続する2つの繁殖シーズン、延べ10繁殖事例である（表1）。そのうち2ペア延べ4繁殖事例では親鳥の行動を直接観察により行ない、残りの3ペア延べ6繁殖事例ではビデオ映像により行なった。また、初産卵日および初孵化日を特定するための巣内観察は、

た例（海原ほか 2022）がある。

一方、野外コウノトリは人工巣塔あるいは電柱上で営巣することが多く、安全性や攪乱の懸念から人工巣塔の

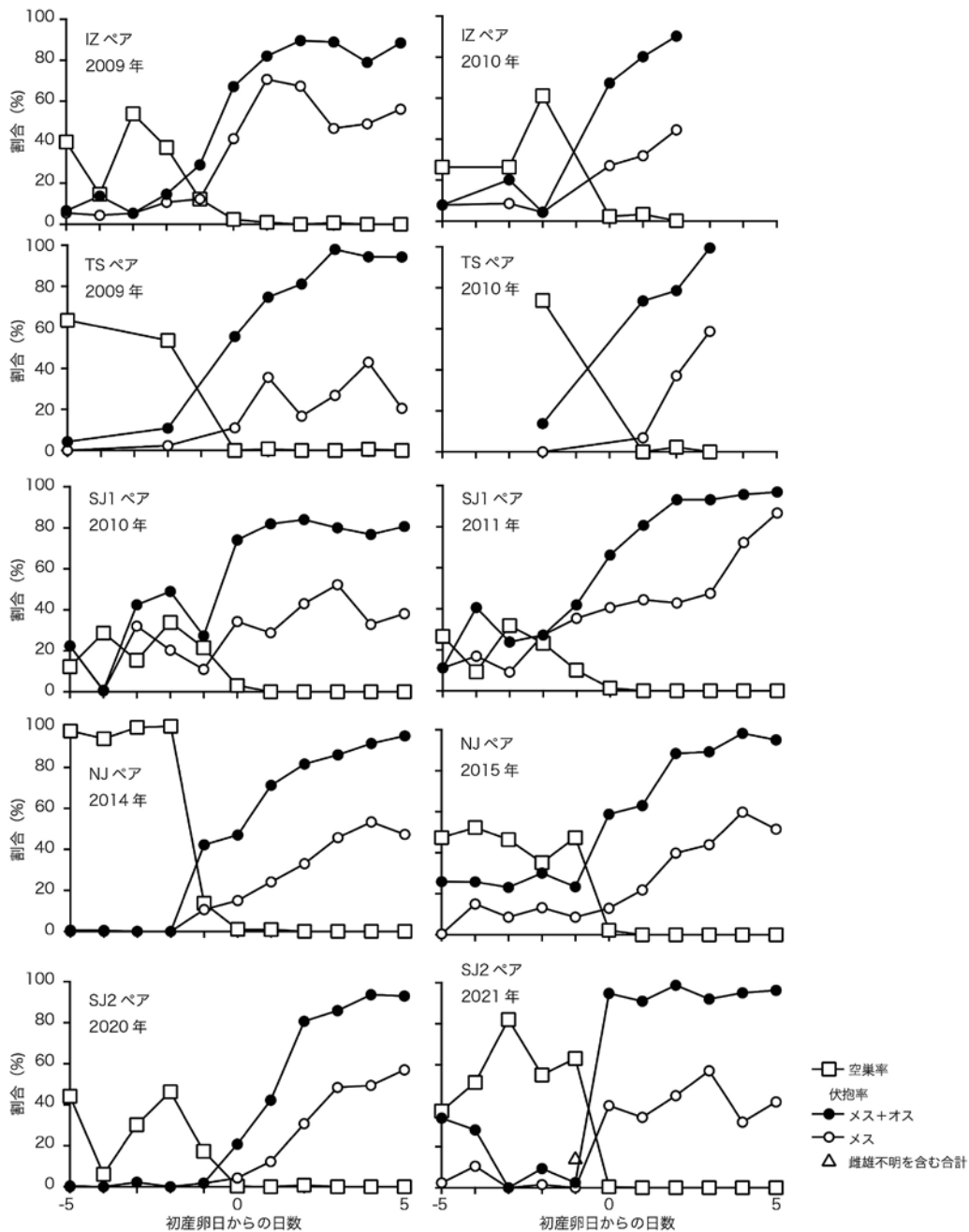


図1. 初産卵日の5日前から5日後までの11日間の空巣率および伏抱率の推移。横軸の値が0の日が初産卵日である。直接観察を行なった繁殖事例では、原則として1日に7時間以上の観察が行われた日のデータのみを使用した。TSペアの2010年の初産卵日前後については親鳥の行動観察が行われた日が少ないため例外的に7時間未満の観察記録がある日を含めた。

1ペア1繁殖事例は高所作業車での直接目視により、3ペア延べ6繁殖事例は丘陵からの観察により、1ペア延べ2繁殖事例は丘陵からのビデオ映像により行なった。丘陵からの観察やビデオ映像の記録は、この方法により巣内の卵や孵化したヒナの存在が確認できる高さや距離から行われた。なお、1ペア1繁殖事例（IZペア2010年）は巣内を孵化直後に観察していないため初孵化日を特定できなかった。

この10例について、初産卵日を中心にした前後5日間の計11日間を対象に、各日について空巣率およびペアの

雌雄それぞれの伏抱率を算出した。ここでいう空巣率とは1日当たり7時間以上の観察を行なった場合の、観察時間のうちペアの雌雄のどちらも巣にいない時間の割合を指す。また、伏抱とは卵が存在しない時期に巣に伏せた状態を示す擬似抱卵と卵が巣に存在することが明らかな時期に巣に伏せた状態を示す抱卵（内藤・大迫 2011）の両方を含み、1日の観察時間を分母とした伏抱時間の割合を伏抱率とした。以上により得られた空巣率および繁殖ペアの雌雄それぞれの伏抱率の推移を明らかにし、初産卵日との関係を確認した。

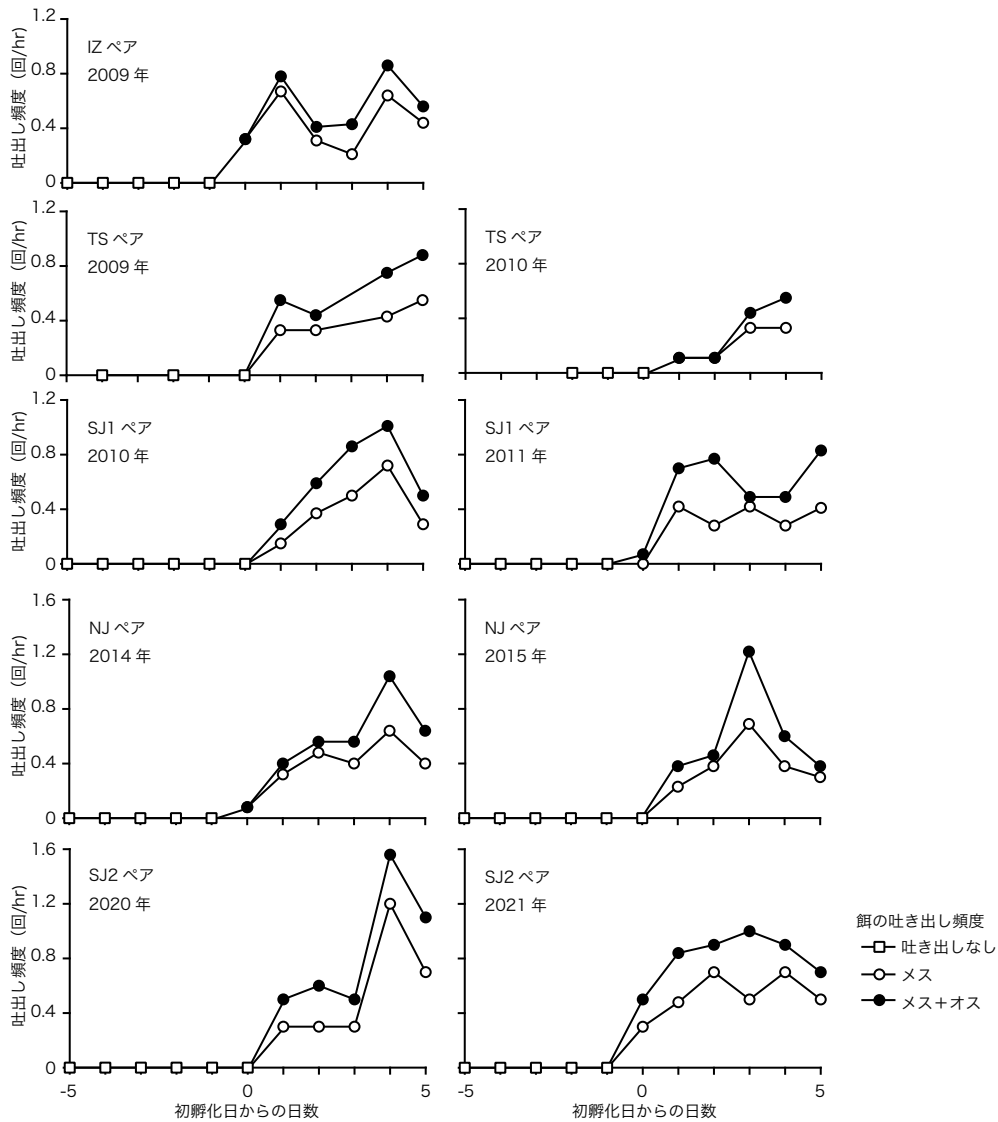


図2. 初孵化日の5日前から5日後までの11日間の親鳥による餌の吐き出し頻度の推移。横軸の値が0の日が初孵化日である。直接観察を行なった繁殖事例では、1日に7時間以上の観察が行われた日のデータのみを使用し、観察時間中に吐き出しが確認されなかった場合を吐き出しなしとした。IZペアの2010年の繁殖事例では初孵化日を特定することができなかったため除外した。

同様に初孵化日を中心にした前後5日間の計11日間を対象に、各日について繁殖ペアの雌雄それぞれの餌の吐き出しを記録し1時間当たりの吐き出し回数を算出し、その推移と初孵化日との関係を確認した。初孵化日が特定されなかった1ペア1繁殖事例 (IZペア2010年) は解析から除外した。

ペアの行動記録を直接観察により行なった繁殖事例 (表1) では1日当たり7時間以上の観察記録がある日を解析の対象とした。TSペアの2010年の初産卵日前後については親鳥の行動観察が行なわれた日が少ないため例外的に7時間未満の観察記録がある日を含めたが、この繁殖事例では初産卵日当日の行動記録が収集されていないため参考として使用するにとどめた。ペアの行動記録をビデオカメラの映像により行なった繁殖事例では対象期

間の全ての日を解析の対象とし1日当たり7時間以上の観察記録を得た。

結果

初産卵日の前日までの空巣率は繁殖事例毎に大きく異なり、最大100%から最小6.1%まで幅があったが、初産卵日の翌日以降の空巣率は最大で3.4%で、多くの日は常に雌雄のどちらかが巣に留まっていた (図1, 付表1)。初産卵日およびその前日の伏抱率および空巣率が算出された7つの繁殖事例について両日の値を比較すると、初産卵日の前日の空巣率が平均26.5% (最大63.0%, 最小10.1%) に対して、初産卵日の空巣率は平均1.5% (最大3.1%, 最小0.3%) であった。すなわち、初産卵日の前日

までは存在した空巣時間が初産卵に伴いほぼ消失することが示された。雌雄を合わせた伏抱率が初産卵日に算出されている9つの繁殖事例のうち8例では、伏抱率が初めて50%を超えた日が初産卵日と一致していた。短期間で伏抱率が上昇したSJ2ペアの2021年の繁殖事例を除き、伏抱率は5日程度かけて徐々に増加し90%以上に達していた。

初孵化日が特定された9つの繁殖事例のうちSJ2ペアの2021年の繁殖事例のみ初産卵日から孵化までの日数が32日で、その他の事例では33日ないし34日であった。親鳥による餌の吐き出しが初孵化日の前日までに観察された繁殖事例はなく、全ての繁殖事例で初孵化日当日あるいは翌日に初めての餌の吐き出しが観察された（図2、付表2）。多くの繁殖事例では初孵化日から数日かけて吐き出し頻度が増加したが、その後減少に転じる事例も見られた。吐き出しが確認された日の全個体の吐き出し頻度を雌雄別にまとめて比較すると、メスの吐き出し頻度は平均で0.40回/時間（ ± 0.04 , S.E.）、オスの吐き出し頻度は平均で0.20回/時間（ ± 0.02 , S.E.）で、オスよりもメスのほうが吐き出し頻度が高い傾向があった（ $n = 52$ ）。

考 察

9つの繁殖事例のうち7例において、伏抱率が初めて50%を超える事象と空巣率が最大でも3.1%にまで急減する事象が初産卵日に同時に起きていた。したがってこの2つの事象は初産卵を推定する上でよい指標になると判断された。このうち前者は、2016年当時、兵庫県立コウノトリの郷公園園長であった山岸 哲氏によって「大迫インデックス」と命名されている（山岸 2016）。なお、繁殖行動をモニタリングする観点からは、空巣率だけでなく、産卵数の増加にともない初産卵日以降も数日かけて増加する傾向がある伏抱率を算出しておくことが望ましいと考えられる。初産卵日が推定されれば、卵が順調に発生した場合の32日から34日後に最初のヒナが孵化することが予測できる。ただし、最初に産まれた卵が無精卵または中止卵で孵化せず次の卵が最初に孵化する場合は、初孵化日が初産卵日から35日後以降になることもあり得る。

初産卵日を特定した全ての繁殖事例で初産卵日当日に確認された卵は、最終的な産卵数に関係なく1個であった。また初孵化日に確認されたヒナは1個体であった。これは、各ヒナの孵化が時間的にずれる非同時孵化をコウノトリが行っていることを示している。非同時孵

化は食物供給量が予測し難い種で起き、餌が不足している場合に後で孵化したヒナを排除できることで巣内のヒナの数を縮小できるとされ（Lack 1947; Węgrzyn et al. 2023）。離巢性以外の種において、卵を一時に産まず、抱卵行動が徐々に高まる場合には程度の違いはあるが一般的に起きる現象とされる（井上 1980）。留巢性で営巣場所周辺の餌動物の存在量がヒナの成長に影響を及ぼすコウノトリにもこれは当てはまると考えられ、親鳥が巣内のヒナを食べたり巣外に落とすなど、一部のヒナを排除する行動がこれまでに確認されている（兵庫県立コウノトリの郷公園 2018）。

親鳥による最初の餌の吐き出しは初孵化日当日の場合とその翌日の場合が確認された。これらのうちSJ1ペアの2010年の繁殖事例ではビデオ映像で孵化が確認された時刻が18時45分と日没直前であった。そのため、日中は吐き出しが観察されず、翌日の吐き出しが最初の記録となったと思われる。飼育下では初孵化日の翌日に最初の餌の吐き出しが観察されることは稀ではないが、逆に、孵化日前日に餌の吐き出しが観察されたこともある（船越 私信）。しかし、孵化前の吐出しは本研究では見られなかった。以上のことから、親鳥による最初の餌の吐き出しを観察することで初孵化日を前後1日の誤差で推定できる。吐き出しは繁殖ペアの雌雄が抱雛・抱卵を交代するタイミングなどで起きることが多いので経時的な観察が必要である。そのためビデオカメラを活用したモニタリング方法等を採用することが効果的であろう。

コウノトリの繁殖の兆候が見られてから巣立ち前のヒナに足環を装着するまでの手順は概ね次のようにまとめられる。コウノトリがある場所で繁殖する場合、巣材運びと造巣行動から始まる。最初は木の枝などを運び、続いて草などを運ぶと巣が完成に近づく。この間にトレイルカメラなどのモニタリング用の機材を準備する。巣の完成と同時期に交尾（マウンティングを含む）や巣に伏抱する行動が見られるようになる。この時期までに、トレイルカメラ等でその場所を経時的に撮影する。動画で撮影を行うと消耗したバッテリーや記録メディアを交換する頻度が増す可能性があるが、静止画のインターバル撮影で行なっても実用的な精度で伏抱率を算出でき（松本ほか 2020）、初産卵日を推定することが可能である。松本ほか（2020）では、1日当たりの静止画が600枚となるように7時30分から17時30分までの10時間に1分間隔でインターバル撮影を行なった。また、トレイルカメラは比較的安価なため繁殖する可能性があるが確定には至らない複数の場所に同時に設置しやすいという利点があ

る。初産卵日が推定されたらその33日後である初孵化予定日より前にビデオカメラを設置して映像を記録することが望ましい。ビデオカメラの記録映像で親鳥の餌の吐き出しを確認すれば初孵化日が特定できるので、足環の装着日を決定できる。

謝 辞

繁殖行動の直接観察ではコウノトリモニタリングスタッフの協力を得た。ビデオ映像による解析、初産卵日と初孵化日の特定では、船越 稔氏、吉沢拓祥氏ほか兵庫県立コウノトリの郷公園の飼育員の協力を得た。ここに記して感謝申し上げる。

摘 要

コウノトリの再導入を推進するためには個体を識別することが有用である。巢内での安全で適正な時期に個体識別用の足環を装着するためには、親鳥の産卵開始とヒナの孵化開始を特定しヒナの日齢を推定する必要がある。そこで、野外での観察による親鳥の伏抱率および空巣率の推移と初産卵日との関係、および親鳥の餌の吐き出しと初孵化日との関係を明らかにした。初産卵日は空巣時間がほぼ消失し伏抱率が50%を超えた日と一致し、初孵化日は親鳥の餌の吐き出しが観察された日かその前日と一致していた。

キーワード 繁殖モニタリング, 足環装着, トレイルカメラ, ビデオカメラ

引用文献

- 島山義彦 (2019) 巣箱におけるシジュウカラの繁殖行動の観察. *BINOS*, 26:41-51.
- 林 佑亮・三上 卓・増原碩之 (2023) 猛禽類調査における挙動検知システム構築への取り組み. *AI・データサイエンス論文集*, 4:128-134.
- 星野由美子・森脇昭子・高橋誠二 (2023) 島根県雲南市大東町におけるコウノトリ繁殖行動のビデオ録画による観察結果. *野生復帰*, 11:15-19.
- 兵庫県教育委員会・兵庫県立コウノトリの郷公園 (2011) コウノトリ野生復帰ランドデザイン. 兵庫県教育委員会・兵庫県立コウノトリの郷公園, 豊岡, 36 p.
- 井上 学・坂本泰隆・竹内美江・永井敏和・西村泰典・柳澤紀夫 (2014) 愛知県西三河地域で繁殖したハチクマが巣に搬入した餌動物-CCDカメラによる季節変化の記録- *日本鳥学会誌*, 63:323-328.

- 井上良和 (1980) コサギにおける非同時孵化asynchronous hatchingに至る過程. *山階鳥類研究所研究報告*, 12:129-137.
- 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.
- Lack D (1947) The significance of clutch-size. *Ibis*, 89:302-352.
- 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.
- 村濱史郎・那須義次・松室裕之 (2007) 自動温度記録計を用いたフクロウの繁殖状況の推定. *Bird Research*, 3:T13-T19.
- 内藤和明・船越 稔・柴折史昭 (2020a) 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・星野由美子・高橋誠二 (2020b) 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.
- 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.
- 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.
- 海原 要・野口泰司・清水信一・由井正敏 (2022) 宮城県仙台市におけるハヤブサの人工巣利用事例: センサーカメラによる有効性の検証. *応用生態工学*, 24:347-354.
- 坂本泰隆・井上 学・藤田一作・吉田賢吾・柳澤紀夫 (2012) 愛知県西三河地域におけるハチクマの巣への搬入動物. *環境動物昆虫学会誌*, 23:157-161.
- 杉山時雄 (2005) フクロウの巣箱内におけるビデオ解析の報告. *西三河野鳥研究年報*, 8:8-14.
- 徳江義宏・今村史子 (2014) ビデオカメラを用いた千葉県におけるサシバ (*Butastur indicus*) の巣内搬入動物の把握事例. *日本緑化工学会誌*, 40:289-292.
- Węgrzyn E, Węgrzyn W, Leniowski K (2023) Hatching asynchrony as a parental reproductive strategy in birds: a review of causes and consequences. *Journal of Ornithology*, 164:477-497.

付 記

兵庫県立コウノトリの郷公園（2018）野外コウノトリ
（祥雲寺ペア）の親がヒナを飲み込んだことについ
て. [https://satokouen.jp/posts_in_situ/6739.html]

山岸 哲（2016）兵庫県立コウノトリの郷公園 園長
日記（060）大迫インデックス. [[https://satokouen.jp/
prsd_diary/060](https://satokouen.jp/prsd_diary/060)]

付表1. 初産卵日の5日前から5日後までの11日間の空巢率 (%) および伏抱率 (%) の推移。直接観察を行なった繁殖事例では、原則として1日に7時間以上の観察が行われた日のデータのみを使用した。ただし、TSペアの2010年の起算日数が2日および0日については1日当たりの観察時間が4時間程度であるが、親鳥の行動観察が行われた日が少ないため例外的にデータに含めた。

*起算日数	IZペア						TSペア						SJ1ペア						SJ2ペア						平均									
	2009年		2010年		2010年		2009年		2010年		2010年		2011年		2014年		2015年		2020年		2021年		空巢率		伏抱率									
	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス								
-5	40.1	55.1	11.1	26.4	7.9	0.0	63.5	0.0	4.2	—	—	—	—	12.3	22.4	0.0	26.6	11.2	0.0	97.7	0.0	0.6	47.4	0.4	25.5	44.1	0.0	0.4	37.4	2.4	31.5	44.0	5.5	7.0
-4	14.6	4.4	9.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28.7	0.5	0.1	9.3	16.9	23.6	93.9	0.0	0.5	52.3	15.0	10.8	6.1	0.0	0.0	51.3	10.5	17.7	36.6	6.8	8.8
-3	53.9	5.4	0.0	26.4	8.6	11.6	—	—	—	—	—	—	—	15.4	32.1	10.3	31.8	9.2	14.6	99.5	0.0	0.0	46.4	8.6	14.4	30.3	2.2	0.0	82.0	0.0	0.0	48.2	8.3	6.4
-2	37.4	10.7	3.9	61.2	4.4	0.0	53.6	2.3	8.5	73.8	0.0	13.8	—	33.9	20.3	28.6	23.2	27.2	0.0	100.0	0.0	0.0	35.2	13.2	16.9	46.3	0.0	0.0	55.0	1.5	7.8	49.5	8.9	7.3
-1	12.3	12.3	16.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21.5	11.0	16.3	10.1	35.4	6.5	13.7	10.0	6.5	47.4	8.6	14.8	17.3	1.7	0.2	63.0	0.0	2.5	26.5	11.4	12.6
0	2.4	41.7	25.3	2.3	27.1	40.2	0.0	11.0	44.5	0.0	6.8	66.8	—	3.1	34.3	39.7	1.3	40.6	25.6	1.0	15.0	31.9	2.2	12.9	45.9	0.3	4.3	16.3	0.4	40.0	54.7	1.4	25.2	36.0
1	0.9	70.6	11.4	3.4	31.9	48.3	0.7	35.6	39.1	2.3	37.1	41.4	—	0.0	28.8	53.1	0.0	44.4	36.3	0.9	24.1	47.1	0.0	21.8	41.2	0.0	12.3	29.8	0.0	34.3	56.7	0.8	34.1	40.4
2	0.0	67.3	22.2	0.2	44.5	45.7	0.0	16.7	64.4	0.0	58.7	40.7	—	0.0	43.0	41.1	0.0	42.8	50.4	0.0	33.0	48.5	0.0	39.8	48.6	0.8	30.8	49.8	0.0	44.8	53.8	0.1	42.1	46.5
3	0.7	46.7	42.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	52.2	27.8	0.0	47.5	45.7	0.0	45.7	40.4	0.0	43.9	45.3	0.0	48.4	37.6	0.0	57.0	35.0	0.1	46.0	43.1
4	0.0	48.9	30.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	32.9	43.8	0.0	72.3	23.4	0.0	53.4	38.1	0.0	59.8	38.5	0.0	49.4	44.2	0.0	32.0	63.0	0.1	49.0	41.6
5	0.0	56.1	32.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	38.1	42.6	0.0	86.7	10.2	0.0	47.3	48.0	0.0	51.5	43.5	0.0	57.0	35.9	0.0	41.8	54.3	0.0	49.9	42.6

*初産卵日を0日として起算した日数。

付表2. 初産卵日の5日前から5日後までの11日間の親鳥による餌の吐き出し頻度 (回/1時間) の推移。直接観察を行なった繁殖事例では、1日に7時間以上の観察が行われた日のデータのみを使用し、観察時間中に吐き出しが確認されなかった場合を吐き出しなしとした。IZペアの2010年の繁殖事例では初産卵日を特定することができなかったためデータから除外した。

*起算日数	IZペア						TSペア						SJ1ペア						SJ2ペア						平均										
	2009年		2010年		2010年		2009年		2010年		2010年		2011年		2014年		2015年		2020年		2021年		空巢率		伏抱率										
	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス									
-5	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-4	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-3	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-2	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-1	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.32	0.00	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.67	0.11	—	—	—	—	—	—	—	0.33	0.22	0.11	0.00	0.15	0.15	0.42	0.28	0.32	0.08	0.23	0.15	0.30	0.20	0.48	0.36	0.33	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	
2	0.31	0.10	—	—	—	—	—	—	—	0.33	0.11	0.11	0.00	0.37	0.22	0.28	0.49	0.48	0.08	0.38	0.08	0.30	0.30	0.70	0.20	0.36	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	
3	0.21	0.21	—	—	—	—	—	—	—	—	0.33	0.11	0.50	0.36	0.42	0.07	0.40	0.16	0.69	0.54	0.30	0.20	0.50	0.50	0.34	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	
4	0.64	0.21	—	—	—	—	—	—	—	0.43	0.32	0.33	0.22	0.72	0.29	0.28	0.21	0.64	0.40	0.38	0.23	1.20	0.36	0.70	0.20	0.53	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	
5	0.44	0.11	—	—	—	—	—	—	—	0.55	0.33	—	—	0.29	0.22	0.41	0.41	0.40	0.24	0.30	0.08	0.70	0.40	0.50	0.20	0.45	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	

*初産卵日を0日として起算した日数。