短　報

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

*松本令以[1,3]・堀江真優[1]・大迫義人[1,2]

Estimating the day of the first egg-laying in the reintroduced Oriental White Storks (*Ciconia boyciana*) by using interval photographing

* Rei Matsumoto[1,3], Mayu Horie[1] and Yoshito Ohsako[1,2]

[1] Hyogo Park of the Oriental White Stork, 128 Nigatani, Shounji, Toyooka, Hyogo 668-0814, Japan

[2] Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 128 Nigatani, Shounji, Toyooka, Hyogo 668-0814, Japan

[3] Inter-institutional Panel on Population Management of the Oriental White Stork（IPPM-OWS）, 128 Nigatani, Shounji, Toyooka, Hyogo 668-0814, Japan

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

Abstract We examined the utility of the interval photographing for estimating the day of the first egg-laying in the reintroduced Oriental White Storks（*Ciconia boyciana*）by comparison with direct observation or video recording. Around the five nest towers in Toyooka and Yabu Cities in Hyogo Prefecture, we set five trail cameras at a distance of 87 to 146 m from the nest towers to record nesting of the storks by interval photographing of the nests every one minute from 7:30 to 17:30. Out of the photographs by which presence-absence and standing-sitting of the storks were identified on the nest, we calculated the duration rates of nest attendance, sitting on the nests and continuous nest-leaving. We compared the results using the interval cameras with the results by direct observation or video recording. On three cases of the five ones, the estimated first egg-laying day was corresponded to direct observation or video recording, and on two incoincident cases the difference was only one day. The interval photographing is convenient in survey effort and data processing as compared with direct observation or video recording, and has small error in estimating the first egg-laying day, so this method is useful for surveying the first egg-laying day of the Oriental White Stork.

Key words Egg-laying, Interval photographing, Oriental White Stork, Reintroduction, Trail camera

[1] 兵庫県立コウノトリの郷公園
668-0814　兵庫県豊岡市祥雲寺二ヶ谷128

[2] 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二ヶ谷128

[3] 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）
668-0814　兵庫県豊岡市祥雲寺二ヶ谷128

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

はじめに

日本におけるコウノトリ（*Ciconia boyciana*）の再導入は，2005年に兵庫県豊岡市で始まり，以降，2019年末までに，兵庫県（養父市，朝来市）のみならず，千葉県（野田市）および福井県（越前市）で放鳥が行われてきた．それらのうち兵庫県内では2007年から野外での繁殖が始まり（Ohsako et al. 2008），2018年には9ペアが繁殖している（江崎・大迫 2019）．一方，兵庫県外では，2012年に初めて京都府京丹後市で繁殖して以降（江崎 2012），2019年までに，京都府京丹後市，徳島県鳴門市（三宅 2017），島根県雲南市（星野 2018；内藤ほか 2020b），鳥取県鳥取市，及び福井県坂井市において，雛の巣立ちが確認されている（救護され人工育雛後に野外解放された場合を含む）．また，兵庫県外の複数の自治体において，巣立ちには至らなかったものの，野外での造巣や産卵，孵化が確認されている．これらの巣は人工巣塔のほか，電柱上や携帯電話電波塔上に造られたものである（大迫未発表）．

コウノトリ国内再導入個体群においては，すべての放鳥コウノトリ，およびほぼすべての野外巣立ちコウノトリに装着された色足環による個体識別で得られた情報をもとに，行動調査，各地での目撃情報の収集，繁殖ペアの血縁状況の把握，死因の究明等が行われている（江崎・大迫 2019；Matsumoto et al. 2019）．また，色足環による個体識別はコウノトリの個体群管理のためにも重要であり，新たに放鳥が行われる際には，色足環による個体識別に基づいて得られた国内再導入個体群の遺伝的多様性の状況を考慮した上で放鳥すべき個体が選定されている．

表1．トレイルカメラの設置場所．

巣塔名	所在地	設置場所	*設置場所から巣塔までの距離（m）
伊佐巣塔	兵庫県養父市	獣害対策用フェンス	89
野上巣塔	兵庫県豊岡市	獣害対策用フェンス	87
水上巣塔	兵庫県豊岡市	街灯の支柱	110
戸島巣塔	兵庫県豊岡市	用水路の水門の支柱	102
袴狭巣塔	兵庫県豊岡市	ポンプ場の外周フェンス	146

*設置場所から巣塔までの距離は，地図上での直線距離

図1．野上巣塔近くの獣害対策用フェンスに設置したトレイルカメラ．

国内の野外巣における雛への足環の装着は，コウノトリの雛の安全確保のため，雛の足根間関節の太さが成鳥とほぼ同じになり，かつ風切羽が十分には伸長していない孵化後43日目ごろに，高所作業車を用いて巣内で捕獲して行われるが，これを行うためには孵化日が特定されている必要がある．電柱上や人工巣塔上にある巣内を直接観察することはできないため，これまでは親鳥による餌の吐き出し行動や食べ戻し行動が巣内で確認されたことをもって，雛が孵化したことが推定されている（内藤・大迫 2011；大迫未発表）．コウノトリの繁殖生態として，1腹卵数は2～5個であること，産卵間隔は1日おきであること，2卵目を産んだ後に本格的な抱卵が開始されること，ほとんどの卵は親鳥による抱卵開始後30～35日目に孵化することが知られているため（Hancock et al. 1992；Ezaki and Ohsako 2012；大迫未発表），造巣が確認された後にまず産卵開始日を推定しておけば，その日から起算して孵化予定日の前後数日の期間に巣の観察を行うことで，効率的に孵化日を推定することが可能になる．

コウノトリの産卵開始日の推定は，これまで，各野外巣近くに配置された観察員の長時間及び連日にわたる直接観察により「1日7時間以上の観察時間のうち親鳥が巣に伏抱している合計時間が50％を超えた日を産卵開始日と推定する」（内藤・大迫 2011；大迫未発表）という基準をもとに，前後の期間の親鳥が巣に伏している時間の割合の推移や転卵行動等の親鳥の行動も含めて総合的に判断して行われてきた．またコウノトリでは，「産卵開始後はなわばりへの侵入者がない限り，原則として親鳥が10分以上連続して巣を不在にすることはない」ということがわかっており（大迫未発表）．このことも産卵開始日を推定する根拠の一つとされてきた．しかし近年，兵庫県内においては，コウノトリの繁殖ペア数が増加し，限られた人数の観察員だけでは各野外巣での十分な観察時間を確保することができず，産卵開始日の推定に苦慮するケースも生じている．また，兵庫県外でも繁殖地の数が増加しており，それらの繁殖地の自治体においては，より簡便な産卵開始日推定方法が求められている．

そこで本研究では，より簡便に野外コウノトリの産卵開始日を推定する方法としてトレイルカメラによるインターバル写真撮影を行い，直接観察またはビデオ撮影による産卵開始日の推定結果と比較し，その有用性について考察した．

材料と方法

調査地

兵庫県豊岡市及び養父市にあるコウノトリの人工巣塔5か所（伊佐（いざ）巣塔，野上（のじょう）巣塔，水上（むながい）巣塔，戸島（としま）巣塔，袴狭（はかざ）巣塔）において，人工巣塔から直線距離で87～146mの位置にトレイルカメラを各1台ずつ設置した（表1，図1）．人工巣塔は，高さ13mのコンクリート製支柱の頂部に直径1.6mの円形の金属枠が取り付けられたもので，その立地場所は，農業用ため池付近（伊佐巣塔），田んぼの農道（野上巣塔，水上巣塔，袴狭巣塔），湿地の管理用道路（戸島巣塔）であった．各人工巣塔においてトレイルカメラを設置した場所は，獣害対策用フェンス（伊佐巣塔，野上巣塔），街灯の支柱（水上巣塔），用水路の水門の支柱（戸島巣塔），ポンプ場の外周フェンス（袴狭巣塔）である．必要に応じて，トレイルカメラの上部に簡易的な雨よけを設置した．トレイルカメラの設置にあたっては，設置場所または設置する構造物の管理者からあらかじめ許可を得た．

調査期間

撮影期間は2019年の2月から5月とし，人工巣塔でのコウノトリの造巣が確認された後にトレイルカメラを順次，各人工巣塔付近に設置して撮影を開始し，観察員による直接観察で各巣塔において雛の孵化が推定された日の約1週間後にトレイルカメラを撤去して撮影を終了し

表2. 使用したトレイルカメラ

メーカー	型番	価格（円）	画素数（MP）	センサーのサイズと種類
Apeman	Hunting Camera H45	8,420	12	*不明
VEAMA	不明	7,360	4	1/4 CMOSセンサー
Weetop	GEOD032AB	6,280	10	1/2.5 CMOSセンサー
SHINMEI	H885	5,971	16	*不明
Victure	HC200	6,980	10	1/4 CMOSセンサー

*取扱説明書等に記載されていない

図2. トレイルカメラにより撮影された人工巣塔（戸島巣塔，兵庫県豊岡市）．左：コウノトリ2羽が巣で起立している．中央：コウノトリ2羽が巣におり，うち1羽が巣で伏抱している．右：コウノトリ1羽が巣で伏抱している．

た．本研究での解析には，同期間に撮影された写真のうち，5カ所の巣塔で産卵が推定された3月に撮影されたものを用いた．

使用機材

インターバル写真撮影機能のある防滴型トレイルカメラ5台（Apeman製1台，VEAMA製1台，Weetop製1台，SHINMEI製1台，Victure製1台．いずれも標準レンズタイプ）を使用した（表2）．撮影された写真はSDカード（16MB）またはマイクロSDカード（16MB）に記録した．1週間ごとにSDカードを交換し，撮影された写真のデータをハードディスクドライブに移して保存した．SDカード交換の際に，バッテリーチェッカーを用いてトレイルカメラの乾電池（アルカリ乾電池，単3型8本）の残量を測定し，概ね1.2V未満だった場合は乾電池を新しいものに交換した．

調査時間

午前7時30分から午後5時30分までの600分間に1分間隔で計600枚の写真をインターバル撮影した．

データ解析

ここでは，巣にコウノトリが滞在している状態を「在巣」，巣にコウノトリが不在の状態を「空巣」，巣内に卵がなくコウノトリが巣に伏している状態を「伏座」，巣内に卵がありコウノトリがそれを抱いている状態を「抱卵」とし，卵の有無は不明だがコウノトリが巣内で伏座または抱卵している状態を「伏抱」と定義する．

ハードディスクドライブに保存した写真をパソコン画面上で1枚ずつ確認し，コウノトリの在巣と立座の判別が可能な写真（判別可能写真）のみを用いて，在巣している個体の有無と立座（図2）を専用の記録用紙に入力・集計を行った．これらのデータをもとにして，判別可能写真のうち，コウノトリが巣にいる写真の枚数の割合を「在巣率」，コウノトリが巣に伏抱している写真の枚数の割合を「伏抱率」として，それぞれ1日ごとに算出した．また，コウノトリが巣に不在の写真が連続していた場合，それらの連続した写真の枚数の1日ごとの最大値を「最長連続空巣時間」とした．データ入力には市販の表計算ソフト（マイクロソフト・エクセル）を用い，在巣率，伏抱率及び最長連続空巣時間は関数によって自動計算して算出した．

産卵開始日の推定

「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が50％を超えた日」を産卵開始日の根拠とする推定方法（内藤・大迫 2011；大迫未発表）に準じて，「判別可能写真のうち，コウノトリが巣に伏抱している写真の枚数の割合が50％を超えた日」とその前後の伏抱率及び最長連続空巣時間の推移をもとに産卵開始日を推定した．

直接観察との比較

伊佐巣塔及び袴狭巣塔については，調査期間中に観察員による直接観察が各人工巣塔を巡回しながら行われたので，従来の「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が50％を超えた日」を根拠に産卵開始日が推定された．

野上巣塔については，巣塔近くに設置されているビデオカメラで録画された動画を適宜早送り再生しながら巣での親鳥の行動を観察し，産卵が予想された場合には人工巣塔の近くの丘陵斜面から巣内を直接観察し，卵の有無と個数を確認することにより産卵開始日の推定が行なわれた（岩崎ほか 2019）．

水上巣塔については，ビデオカメラで録画された動画を適宜早送り再生しながら観察して得られた「親鳥が巣に伏抱している時間の割合の推移」をもとに産卵開始日の推定が行なわれた．

戸島巣塔については，観察員の直接観察によって記録された親鳥が巣に伏抱している時間の割合及び人工巣塔管理者が付近の山から巣内の卵の有無を直接観察した結果によって産卵開始日の推定が行なわれた．

これらの方法によって推定された産卵開始日と，トレイルカメラを用いたインターバル写真撮影で得た在巣率，伏抱率，最長連続空巣時間の推移をもとに推定された産卵開始日について比較検討した．

結　果

本観察における全撮影枚数および有効撮影割合（分析可能な写真枚数/全撮影枚数）は，それぞれ83,554枚および96.1％であった．各人工巣塔における撮影結果のうち2019年3月の在巣率，伏抱率，最長連続空巣時間の推移を図3に示す．3月の1か月間に5か所の人工巣塔で撮影された写真のうち，判別可能写真は人工巣塔あたり，平均560.7枚/日であった．コウノトリの在巣と立座が判別できなかった無効撮影の原因は，悪天候（霧，降雨によるレンズへの水滴付着，レンズへの結露）や光線状態の不良（逆光）によるものであった．

伊佐巣塔の3月11日から3月21日の間，及び袴狭巣塔の3月12日から3月14日の間の調査においては，写真がSDカードに記録されていなかった．また，水上巣塔の3月14日，戸島巣塔の3月7日，3月14日，3月15日については，撮影された写真のデータファイルの一部が破損しており，パソコン画面上で写真を確認することができなかったため，判別可能写真の枚数が極端に少なかった．

ハードディスクドライブに保存した写真をパソコン画面上で1枚ずつ確認し，コウノトリの在巣の有無及び巣で伏抱している個体の有無を専用の記録シートにデータ入力する作業には，人工巣塔1か所分の1日分のデータ（平均560.7枚）あたり約30分を要した．

伊佐巣塔では，3月5日に伏抱率が初めて50％を超え，翌3月6日からは在巣率がほぼ100％になった．また，3月6日以降は最長連続空巣時間がほぼ0分となった（図3A）．このため，3月5日を産卵開始日と推定した．

野上巣塔では，3月15日に伏抱率がいったん50％を超えたが，3月16日及び3月17日は伏抱率が50％以下に低下し，3月18日に伏抱率が再び50％を超えるという経過をとった．しかしながら在巣率は3月15日以降ほぼ100％であり，最長連続空巣時間も3月15日以降はほぼ0分となった（図3B）．このため3月15日を産卵開始日と推定した．

水上巣塔では，3月21日に伏抱率が50％を超え，3月22日からは在巣率はほぼ100％，最長連続空巣時間もほぼ0分となった（図3C）．このため，3月21日を産卵開始日と推定した．

戸島巣塔では，3月15日に伏抱率がいったん50％を超え在巣率も100％を示したが，3月16日以降は伏抱率50％以下の日が続き，在巣率も80％を下回ることが多かった．また最長連続空巣時間も8～123分の間で推移した．その後，3月24日に再び伏抱率が50％を超え，この日以降は在巣率が100％を示すとともに最長連続空巣時間もほぼ0分となった（図3D）．このため，3月24日を産卵開始日と推定した．

袴狭巣塔では，3月27日に伏抱率が初めて50％を超え，同日以降の在巣率は100％，最長連続空巣時間は0分となった（図3E）．このため，3月27日を産卵開始日と推定した．

観察員による直接観察及びビデオカメラで録画された動画の直接観察では，伊佐巣塔の産卵開始日が3月5日，野上巣塔の産卵開始日が3月15日，水上巣塔の産卵開始日が3月21日，戸島巣塔の産卵開始日が3月25日，袴狭巣塔の産卵開始日が3月26日と推定された．これらの結果を，トレイルカメラを用いたインターバル写真撮影で得た在巣率，伏抱率，最長連続空巣時間の推移によって推定された産卵開始日と比較すると，5か所のうち3か所（伊佐巣塔，野上巣塔，水上巣塔）で推定産卵開始日が一致し，2か所（戸島巣塔，袴狭巣塔）で一致しなかった．一致しなかった2か所について，推定産卵開始日のずれはいずれも1日であった．

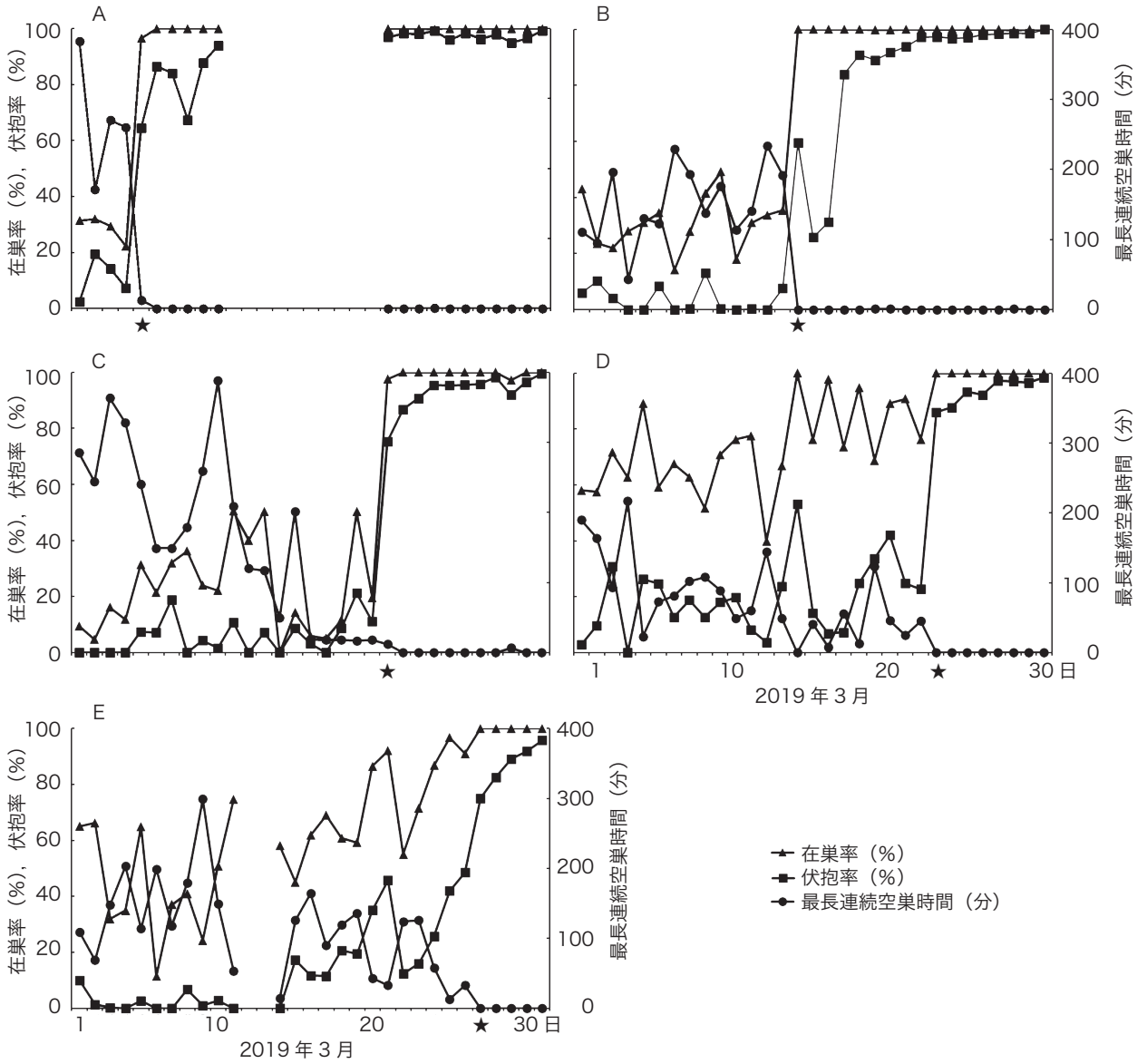

図3. 各巣塔における在巣率，伏抱率，最長連続空巣時間の推移. A:伊佐巣塔，B:野上巣塔，C:水上巣塔，D:戸島巣塔，E:袴狭巣塔. ★印が産卵開始日.

考　察

今回調査に用いたトレイルカメラには望遠機能は備わっていなかったが，人工巣塔から直線距離で87～146mの場所に設置したトレイルカメラで撮影された写真のほとんどについて，コウノトリの在巣の有無，巣で伏抱している個体の有無の判別は可能であった．巣の背景の景色によって巣の状態の判別性が異なる場合があったが，コウノトリの白色及び黒色の羽衣が目立つよう，巣の背後に山地や森林が写り込むような位置にトレイルカメラを設置したほうが判別しやすいと考えた．

早朝や夕方の時間帯の光線状態の不良や降雨などの天候の影響により，コウノトリの在巣の有無及び巣で伏抱している個体の有無の判別が困難な写真があった．またトレイルカメラの不具合と考えられる理由により写真が撮影されていない，または撮影されたデータが破損しているためデータファイルを開くことができないものがあった．これらのことから，人工巣塔1か所につき異なる2か所にトレイルカメラを1台ずつ設置することで，より確実にデータを得ることができると考えられた．降雨によるレンズへの雨滴の付着を防ぐために必要に応じて簡易的な雨よけを設置したが，それでもレンズへの雨滴の付着が認められたため雨よけの構造には検討が必要である．

ハードディスクドライブに保存した写真をパソコン画面上で1枚ずつ確認する作業には，人工巣塔1か所分の1

日分のデータあたり約30分を必要としたが，観察員が直接観察する方法や動画を適宜早送り再生しながら伏抱時間を記録する方法と比べ，1日の調査時間を大幅に短縮することができると考えられた．

調査した5か所のうち3か所において，トレイルカメラを用いたインターバル写真撮影で得られた在巣率，伏抱率，最長連続空巣時間の推移によって推定された産卵開始日と，観察員の直接観察によって確認した親鳥が巣に伏抱している時間の割合をもとに推定された産卵開始日，またはビデオカメラによって推定された産卵開始日とが一致した．一致しなかった2か所では，いずれもビデオカメラではなく観察員による直接観察によって産卵開始日が推定されたが，トレイルカメラを用いたインターバル写真撮影との推定産卵開始日の誤差は1日であった．これらのことから，トレイルカメラを用いたインターバル写真撮影によって観察員による直接観察やビデオカメラによる観察と同等の精度で産卵開始日を推定することができると考えられる．

袴狭巣塔については，観察員による直接観察では，3月25日に115分間の観察で親鳥が巣に伏抱している時間の割合が56.5％，親鳥が巣を空けた時間が13分間であった．また，3月26日の53分間の観察では，この間巣を空けなかったこと及び53分間のうち50分間（94.3％）伏抱していたこと，3月27日には360分の観察時間中に伏抱していた時間の割合が77.8％であったことから，3月26日が産卵開始日と推定された．しかし，トレイルカメラを用いたインターバル写真撮影による調査では，3月25日は伏抱率42.0％，最長連続空巣時間13分間，3月26日は伏抱率48.5％，最長連続空巣時間33分間であり，産卵開始日と推定する基準は満たしていなかった．だが，3月27日には，伏抱率75.1％，在巣率100％，最長連続空巣時間0分間となり，この日が産卵開始日と推定された．3月25日及び3月26日の観察員による直接観察は，他の巣塔も含めて巡回しながら行われたため，袴狭巣塔の観察時間は115分間及び53分間しかなかった．このため，この観察時間中には親鳥が巣に伏抱している時間の割合は高かったものの，他の時間帯に伏抱していない時間や巣にいない時間があったことを記録できなかったと考えられる．観察員による直接観察の結果とトレイルカメラを用いたインターバル写真撮影とで得られた結果を総合すると，3月27日を産卵開始日と推定することが妥当であると思考した．

戸島巣塔については，観察員による直接観察では，3月24日の180分間の観察によって，この観察時間中に親鳥が巣を空けることはなく，親鳥が巣に伏抱している時間の割合は93.3％であったが，3月23日に観察が行われていないこと，3月25日に巣塔管理者が付近の山から巣内を直接観察し卵の存在を確認したことから，これらの結果を総合的に判断して3月25日が産卵開始日と推定された．一方，トレイルカメラを用いたインターバル写真撮影では，3月23日に22.7％だった伏抱率は，3月24日に86.0％となり，以降はそれ以上の高い伏抱率が維持されていた．また，3月24日以降は，在巣率は100％であり，最長連続空巣時間も0分であった．直接観察では，親鳥が巣に伏抱している時間の割合が3月24日に93.3％を示したものの，この日の観察時間が短かったことから卵の存在が確認された3月25日が産卵開始日と推定されたが，トレイルカメラを用いたインターバル写真撮影の結果もあわせて考えると，3月24日を産卵開始日と推定することが妥当であると考えられる．

2019年の繁殖期には，兵庫県豊岡市及び養父市において12か所の人工巣塔で繁殖行動が確認されており，繁殖期間中は1日あたり1～3名の観察員が各人工巣塔及びその周辺地域を巡回しながらコウノトリの繁殖状況の観察が行なわれた．巣におけるコウノトリの行動から判断して産卵の可能性がある巣塔について重点的に観察を行っていたが，各人工巣塔において十分な観察時間が確保できない場合もあった．一方，観察員による巡回観察では，人工巣塔だけではなく，巣塔周辺でのコウノトリの行動の観察や足環による個体確認を伴った観察も行っていた．トレイルカメラを用いたインターバル写真撮影は，人工巣塔において長時間にわたって撮影できる利点がある一方で，人工巣塔周辺でのコウノトリの行動や足環による個体確認を伴った記録を行うことはできない．このため，両者を併用することにより，より詳細な繁殖期の観察を行うことが可能となろう．

デジタルカメラによる赤外線センサー自動撮影やインターバル写真撮影は，近年，野生動物の観察や調査によく利用されており，鳥類においても，アシナガワシ（*Clanga pomarina*）の越冬地から営巣地への帰還時期の調査（Väli 2018），ハシブトウミガラス（*Uria lomvia*）の繁殖状況の調査（Merkel et al. 2016），ゴイサギ（*Nycticorax nycticorax*）の繁殖調査（Stein 2018），イヌワシ（*Aquila chrysaetos*）の食性解析（Harrison et al. 2019），サシバ（*Butastur indicus*）の行動追跡（三上 2017），アリスイ（*Jynx torquilla*）の雛への給餌活動の観察（三上・三上 2013），無人島における鳥類相の調査（川上ほか 2018）などの報告などがある．コウノトリ目

の鳥類においても，ナベコウ（*C. nigra*）の産卵日の特定に用いられ有用性が確かめられているが（Kaminski et al. 2018），これは，樹上に造られたナベコウの巣において，巣から1.5～3m離れた位置にデジタルカメラを設置し，巣内を撮影することによって卵の存在を直接確認することによるものである．絶滅前の日本のコウノトリは，低山の松の木の頂部などに巣をつくり繁殖していたが，2005年の放鳥以降は，人工巣塔や電柱上に巣を作ることがほとんどである．ほとんどの人工巣塔や電柱巣においては，巣内を直接観察することや巣内を撮影できる位置にデジタルカメラやビデオカメラを設置することは困難である．本研究では人工巣塔から87～146m離れた地上にトレイルカメラを設置してインターバル写真撮影を行ったが，この方法によって，コウノトリの在巣の有無及び巣で伏抱している個体の有無を判別することは可能であり，在巣率，伏抱率，最長連続空巣時間の推移によって産卵開始日を推定できることが明らかとなった．近年，コウノトリの野外繁殖地の数は増加傾向にあり，コウノトリ国内再導入個体群における個体群管理の基盤となる足環装着を確実に行っていくためには，産卵開始日を簡便に推定することが不可欠であるが，本研究による方法を用いれば，突発的に造巣が始まり観察員をすぐに確保できない繁殖地においても産卵開始日を推定するためのデータを簡便に得ることができる．本法にビデオカメラによる観察（内藤ほか 2020a, b）を組み合わせることで，より効率的にコウノトリの繁殖状況をモニタリングすることが可能となるであろう．

謝　辞

本研究を実施するにあたり，トレイルカメラの設置に協力を頂いた豊岡市コウノトリ共生課，ハチゴロウの戸島湿地，伊佐環境保全隊及び各人工巣塔が設置されている地区の住民の皆様，人工巣塔の直接観察やビデオカメラによる観察に協力を頂いた兵庫県立コウノトリの郷公園附属飼育施設保護増殖センターの職員の皆様，兵庫県立コウノトリの郷公園の観察員の皆様及び兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科伊崎実那氏に深謝する．

なお本研究は，JSPS科研費JP18K11729の助成により行われたものである．

摘　要

再導入されたコウノトリの産卵開始日を推定するために，直接観察及びビデオ撮影による方法と比較し，インターバル写真撮影による方法の有用性を調査した．兵庫県豊岡市及び養父市の5か所の人工巣塔（伊佐巣塔，野上巣塔，水上巣塔，戸島巣塔，袴狭巣塔）において，それぞれの巣塔から直線距離で87～146mの地点にトレイルカメラを設置し，午前7時30分から午後5時30分の600分間に1分ごとの巣の写真をインターバル撮影した．巣におけるコウノトリの存在と立座の判別が可能な写真を用いて在巣率，伏抱率及び最長連続空巣時間を算出した．インターバル写真撮影で得られた結果を，直接観察またはビデオ撮影によって得られた結果と比較したところ，5か所のうち3か所で推定された産卵開始日が一致し，一致しなかった2か所での誤差はわずか1日であった．インターバル写真撮影は，直接観察やビデオ撮影と比べ，労力や集計時間の点で有用であり，得られた結果の誤差も小さいことから，コウノトリの産卵開始日を推定するうえで有用な方法であることが示唆された．

キーワード　産卵開始日，インターバル写真撮影，コウノトリ，野生復帰，トレイルカメラ

引用文献

江崎保男（2012）コウノトリの野生復帰とメタ個体群構築．野生復帰, 2:3–10.

Ezaki Y, Ohsako Y（2012）Breeding biology of the Oriental White Stork reintroduced in Central Japan. Reintroduction, 2:43–50.

江崎保男・大迫義人（2019）野生復帰事業によるコウノトリ *Ciconia boyciana* 繁殖個体群の再生．日本鳥学会誌, 68:183–192.

Hancock JA, Kushlan JA, Kahl MP（1992）Storks, Ibises and Spoonbills of the world, Academic press,London, 382 p.

Harrison JT, Kochert MN, Pauli BP, Heath JA（2019）Using motion-activated trail cameras to study diet and productivity of cliff-nesting Golden Eagles. Journal of Raptor Research, 53:26–37.

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.

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.

Kaminski M, Janic B, Marszal L, Banbura J, Zielinski P（2018）Age estimation of black stork（*Ciconia nigra*）nestlings from wing, bill, head, and tarsus lengths at the time of ringing. Turkish Journal of Zoology, 42:132–136.

川上和人・鈴木　創・堀越和夫・川口大朗（2018）2017年における南硫黄島の鳥類相. 小笠原研究, 44:217–250.

Matsumoto R, Funakoshi M, Ohsako Y, Sagawa S, Ezaki Y（2019）The first report on the death of an oriental white stork from the Japanese reintroduced population caused by the accidental ingestion of an artificial material. Japanese

Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 24:169–173.
Merkel FR, Johansen KL, Kristensen AJ（2016）Use of time-lapse photography and digital image analysis to estimate breeding success of a cliff-nesting seabird. Journal of Field Ornithology, 87:84–95.
三上　修（2017）繁殖後のサシバの行動を追跡するためのインターバルレコーダーとトレイルカメラの有用性の検証．Strix, 33:231–239.
三上　修・三上かつら（2013）インターバル撮影によるアリスイの給餌活動記録．Bird Research, 9:S1–S6.
三宅　武（2017）鳴門市のコウノトリ（鳴門市 総合学術調査報告）. 阿波学会紀要, 61: 189–191.
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.
Ohsako Y, Ikeda H, Naito K, Kikuchi N（2008）Reintroduction Project of the Oriental White Stork in Coexistence with Humans in Japan. In: A long life for clean Amur（Proceedings of International Environmental Conference: *"A Healthy Amur for a Better Life"*）. Ryabinin NA（eds）WWF Amur branch and the Khabarovsk Krai Ministry of Nature Resources, Khabarovsk, pp. 189–199.
Stein KA（2018）Filling gaps in the full annual cycle of the Black-crowned Night-Heron（*Nycticorax nycticorax*）. PhD Thesis, The Ohio State University, Columbus.
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.