

# 画像解析を用いたコウノトリに係る衝突防止柵の効果検証

日本工営(株) ○青柳 一翼

## 論文要旨

特別天然記念物であるコウノトリ (*Ciconia boyciana*) の個体数が増加している但馬地域において、自動車専用道路の建設に伴いロードキルによる個体数の減少や飛行阻害が懸念されている。そこで、保全措置として設置された衝突防止柵周辺に飛翔するコウノトリに対し、供用前後の飛翔状況を定点カメラにより撮影することで効果を検証した。撮影期間は生活史に伴い活動が活発になる時期を網羅して設定し、飛翔経路の確認のため1秒間隔の撮影とした。計7ヶ月に及ぶ撮影データを効率に解析するため、背景差分法を主軸とした Image J (Fiji) による半自動解析モデルを構築し、コウノトリの撮影画像を抽出した。解析結果より、衝突防止柵の上方を飛翔する個体が確認されたことや飛行高度が上昇したことから、ロードキルの可能性が低減されたことを確認した。また、道路を横断する個体が継続的に確認されたことから、衝突防止柵が飛翔阻害となっていないことが明らかとなり、環境保全措置としての有効性を確認することができた。

キーワード：環境影響評価、保全措置、コウノトリ、画像解析、衝突防止柵

## まえがき

我が国の特別天然記念物であるコウノトリ (*Ciconia boyciana*) は、明治時代の乱獲により生息域を大幅に縮小し、高度経済成長期における環境汚染等が原因で 1971 年に野生絶滅した種である。水田農業を中心とした環境に生息するコウノトリの野生復帰は、自然環境の改善だけではなく、地域社会との持続可能な社会の実現に寄与することから<sup>1)</sup>、但馬地域を中心とした熱心な保護活動が進められ、現在は西日本中心に生息範囲を拡大している。<sup>2)</sup>

ここで、但馬地域においては、地域活性化、防災面や利便性の向上を目的とした自動車専用道路(以下、本道路)の建設が進められている。本道路の建設にあたり、環境影響評価及び配慮事項の検討が実施されており、その中でコウノトリのロードキルや飛行阻害による影響が懸念されている。環境保全措置として橋梁部に衝突防止柵が設置されたが、その効果については未検証であった。そこで、保全措置として設置された衝突防止柵の有効性を検証した。

## 1. コウノトリについて

### (1) 一般生態及び分布

コウノトリは、極東のみに生息することから IUCN(国際自然保護連合)においても絶滅危惧種に指定されている世界的に希少な種である。<sup>3)</sup> 国内では兵庫県を中心に繁殖しており、徳島県や鳥取県等でも繁殖が確認されている。また、韓国・中国へ往来する個体も確認されてお

り、その分布域は拡大傾向にある。主な生息環境は河川、湿原や水田等の浅い水域であり、魚類や両生類等の水生生物や陸上生物である昆虫類、小哺乳類等を捕食することから、豊かな自然環境が適地とされている。<sup>2)</sup>

成鳥は全長 1.3m 程度で、羽を広げると横幅は 2m である。体重は 5kg と同程度の大きさの鳥類と比較すると軽く、助走なく飛翔することができる。飛翔速度は約 40~60 km/h で飛翔し、最大 1.3km 程度まで上昇する。

### (2) 但馬地域における野生復帰と現状

コウノトリの野生繁殖個体群が 1971 年に絶滅して以降、兵庫県・豊岡市や地域協力団体により飼育下で保護増殖の取り組みが進められてきた。長期間にわたる試行の末、2005 年に放鳥されたコウノトリは 2007 年にペアを形成し、絶滅後 46 年ぶりとなる野外繁殖に成功した。その後も継続的な保護活動により、但馬地域から全国に分布を拡大している。<sup>2)</sup> 同時に、野外個体数の増加による事故発生率も上昇しており、2020 年 11 月までに 147 羽のコウノトリが救護・死体収集された。交通事故と思われる事例は 2005 年から 2018 年までに 4 件発生しており、対策として、警戒標識の設置や官民の協力によるステッカーの配布、貼付け等によるソフト面での対策が行われた。<sup>4)</sup> 一方、ハード面での対策については事例がなく、衝突防止柵の有効性の検証は今後の保全事例としての重要な検証事例として位置づけられる。

## 2. 調査概要

### (1) 調査目的

本道路の建設にあたり、コウノトリの保全措置として設置した衝突防止柵の効果検証を目的として、コウノトリの飛翔状況についてモニタリング調査を実施した。

### (2) 調査方針

コウノトリは構造物の上部を飛行することが確認されているため、低空飛行が想定される橋げた設置前と飛行状況の変化が確認できる衝突防止柵設置後に撮影を行い、飛翔高度や経路について確認した。なお、橋げた設置前における調査内容は過年度成果より引用した。

### (3) 調査地点

調査は但馬地域の衝突防止柵が設置されている道路付近で実施した。調査地点付近の谷筋は、過去の調査記録等よりコウノトリの確認頻度が高いことや、周辺がコウノトリの餌場となる水田雑草群落または湿性草本群落であることから、コウノトリの飛翔状況についての変化を確認できる地点として設定した。

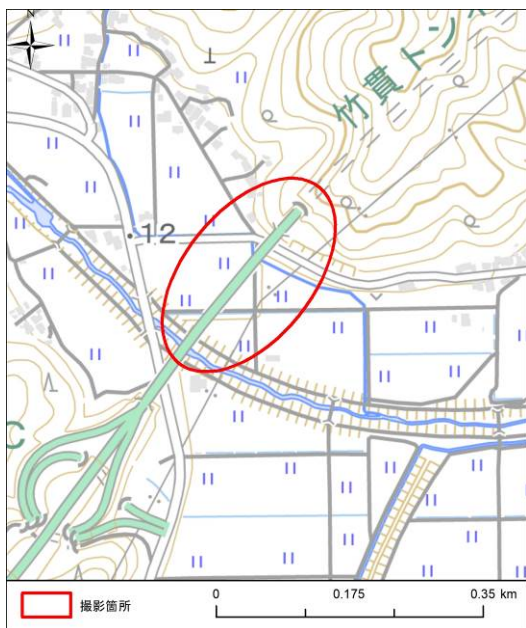


図-1 調査地点図

### (4) 調査期間

調査は、表-1に示すとおり、橋げた設置前及び衝突防止柵設置後に実施した。調査時期は、コウノトリの各繁殖段階である造巣期、巢内育雛期、巢外育雛期において、約1ヶ月間の連続撮影を行った。なお、衝突防止柵設置後の調査期間については、有識者からの指摘を踏まえ変更した。

表-1 調査期間の設定



工事進捗	調査期間
橋げた設置前	平成30年2月(造巣期)、6月(巢内育雛期)、9月(巢外育雛期)
衝突防止柵設置後	令和3年5月(造巣期)、9~10月(巢内育雛期) 令和4年3月(巢外育雛期)

### (5) 調査手法

コウノトリの飛翔状況を把握するため、表-2に示す間欠撮影カメラを設置した。撮影時間は夜間を除いた5:30~19:30とし、飛翔状況を把握するために1秒間隔で動画撮影をした。

撮影画角は、兵庫県立コウノトリの郷公園より提供されたGPSデータからコウノトリの飛行経路を確認したうえで設定した。また、種の同定精度を向上させるために、各カメラの撮影範囲を一部重複させた。

表-2 使用機器及び設置状況

仕様	モデル名: PlotWatcherPro 解像度: 1280×760 サイズ: 150×300×100mm(幅×高さ×奥行) 撮影間隔: 1秒間隔の撮影が可能 記録方式: AVIもしくはTLV形式(動画撮影)
設置状況	橋げた設置前 
	衝突防止柵設置後 

## 3. 動画解析

撮影動画からコウノトリを抽出するにあたり、解析の効率化を目的として画像処理ソフトウェアである「Image J (Fiji)」を使用した半自動解析モデルを構築した。なお、本モデルは衝突防止柵設置後の動画のみに適用している。

解析手順は以下に示すとおりである。撮影動画を画像に分割した後に、背景差分法によって画像内に出現した鳥類等を抽出した。

- ① 撮影した動画を1秒ごとの画像に分割
- ② 分割した全画像を8bitに変換し、重ね合わせて二値化処理
- ③ ②の画像から目視した鳥類の飛翔位置、画素値を確認し、コウノトリが抽出できる閾値を設定

- ④ 解析対象以外の移動物質（自動車や草木の揺れ）を解析対象外とするマスク画像を作成
- ⑤ ④のマスク画像を使用し、全画像に対して画像演算（減算処理）による画像抽出
- ⑥ 鳥類が確認された画像を出力し保存
- ⑦ 解析対象画像の枚数に対する抽出画像の枚数や目視確認による精度検証 ※精度が低い場合は、手順③にて閾値を調整
- ⑧ 抽出した鳥類を目視で同定し、コウノトリの飛翔高度を推算

なお、⑦において、抽出した画像に樹木や電線の揺れ、鳥類以外の移動物質等の誤検出が多い場合は、マスク画像の再設定や検出閾値の変更により、解析の精度を高めた。⑧のコウノトリの識別にあたっては、主に飛翔方法、大きさ、色合い、首や足の特徴から同定した。飛翔高度は、目標物（電線等）からの比較により推算した。

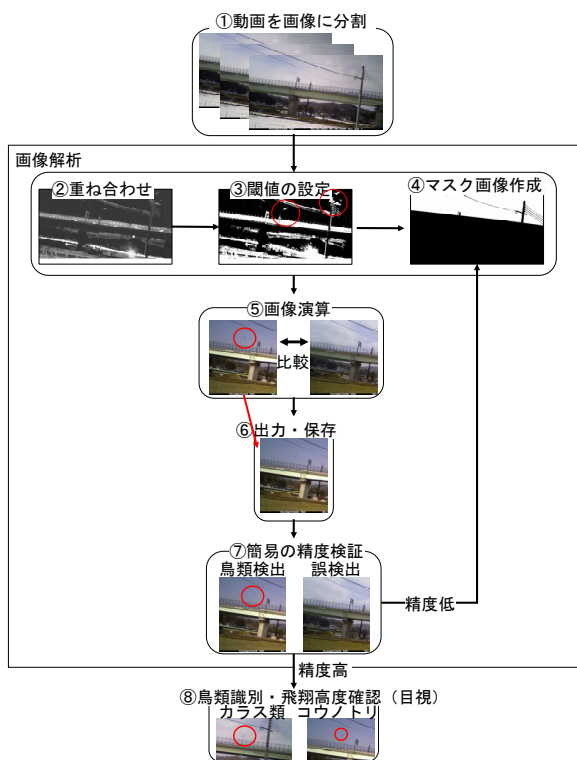


図-2 解析フロー

#### 4. 調査結果

##### (1) 飛翔高度と撮影画像

飛翔高度及び飛翔状況の抜粋をそれぞれ図-3 と図-4 に示す。

コウノトリの飛翔は 45 件確認され、このうち本道路上を横断する飛翔が 34 件確認された。最大高度は 50m であり、30m 以上の飛翔高度が最頻であった。飛翔高度の平均は約 27m であり、本道路上を横断したコウノト

リの平均飛翔高度は約 28m であった。なお、両調査地点において、橋梁の下を通過する個体は確認されなかった。

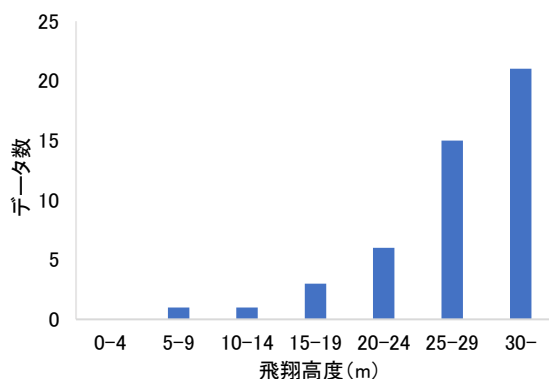


図-3 飛翔高度分布

確認日時	調査地点	撮影画像
2021/5/23	調査地点 1	
2021/9/11	調査地点 2	

図-4 飛翔状況

##### (2) 衝突防止柵設置後の変化

調査地点周辺において、コウノトリの飛翔は合計で 45 件確認された。そのうち、34 件（約 76%）は本道路上を飛翔していたことから、コウノトリは橋脚設置後も橋脚上の飛翔ルートを通ることが確認できた。

衝突防止柵の効果検証にあたっては、橋げた設置前と衝突防止柵設置後でコウノトリの検出数が異なることから、検出数に対する飛翔高度の割合を算出し、比較した。橋げた供用時には、飛翔高度 15～19m が約 5%、20～24m が約 19%、25～29m が約 43%、30m 以上が約 33% であるのに対し、衝突防止柵設置後では 飛翔高度 15～19m が 0%、20～24m が約 6%、25～29m が約 62%、30m 以上が約 32% となり、衝突防止柵設置後に飛翔高度の上昇が確認された。

以上の結果より、衝突防止柵が設置されたことで橋梁付近におけるコウノトリの飛翔高度が上昇したことが確認され、ロードキルの可能性が低減されたことが明らかとなった。また、図-4 に示す調査地点 2 の写真では、衝突防止柵直上をコウノトリが飛翔しており、車両と衝

突することなく、橋梁を通過していることが確認できた。

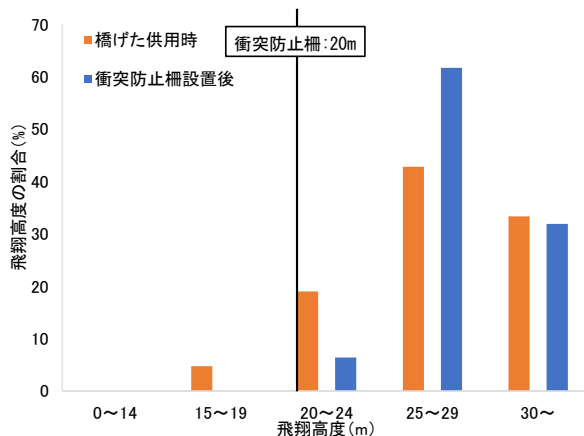


図-5 衝突防止柵設置前後での飛翔高度の変化

## 5. 今後の課題

本検証において、コウノトリを対象とした動画解析手法により効率的に衝突防止柵の保全効果を確認した。今後の課題は、解析モデルの精度向上や評価機能の追加及び衝突防止柵に対するさらなる検討が挙げられる。

解析モデルの精度向上にあたっては、目視確認と抽出結果の比較による精度の検証を踏まえたキャリブレーションを行うことが望ましい。また、画像内の対象物の高度を設定することで、対象物からの相対的な高度を検出する機能を追加することで、より効率的な解析が実現できると考える。

衝突防止柵のさらなる検討にあたっては、ロードキルが懸念される他地域において、設置前後での飛翔状況モニタリングを実施し、知見を蓄積していくことでより正確な効果検証が見込めるものとする。また、本検証で一定効果が確認されたことから、普及を目的とした費用対効果の大きい対策の形状（他地域の鳥類のロードキル対策として設置されたポールとワイヤーの組合せによる対策等）検討や、植樹等の対策についても検討することが望ましい。

## あとがき

今後の展望として、本検証事例がコウノトリの保全活動や効率的な解析手法の実現に貢献するよう、事例共有をした上でさらなる知見の蓄積や精度向上に関する検討を実施したいと考えます。

本内容は国土交通省近畿地方整備局豊岡河川国道事務所より受託した令和3年度業務成果に基づくものです。ここに深く謝意を表します。また、兵庫県立コウノトリの郷公園の教職員の方々より、貴重なご意見・ご指導をいただきました。この場をお借りして、心よりお礼を申し上げます。

## 参考文献（または引用文献）

- 1) 兵庫県教育委員会 兵庫県立コウノトリの郷公園「コウノトリ野生復帰ランドデザイン」2011.8, pp.3~7
- 2) 兵庫県立コウノトリの郷公園（最終閲覧 2023.8.8）<https://satokouen.jp/>
- 3) 国土交通省関東地方整備局「コウノトリはどんな鳥？」（最終閲覧 2023.8.8）[https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000743648.pdf](https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000743648.pdf)
- 4) 武田広子, 堀江真優, 箸中彩夏, 船越 稔, 松本令以: 兵庫県朝来市におけるコウノトリの交通事故及び事故後の状況, 野生復帰 (2023) 11 : 33-42