

# ダム事業における希少猛禽類の保全技術に関する調査

(研究期間 平成 12～16 年度)

環境研究部 緑化生態研究室

室長  
研究官  
研究官

藤原宣夫  
百瀬 浩  
飯塚 康雄

## 1. はじめに

アセス法施行に伴い、道路事業の各現場においても自然環境に配慮した計画や施工が課題となっている。しかしながら、オオタカ等の希少猛禽類に関しては、基礎的な情報が不足しており、保全と両立した事業実施のための技術的な指針もほとんどない状況である。

建設事業が希少猛禽類に及ぼす影響としては、個体への直接の影響の他、生息環境の改変による影響、供用後の構造物や通行車両等の影響等に大別される(表-1)が、このうち工事などの騒音、振動が猛禽類の生息、特に営巣に与える影響については、現在定量的な評価手法がないため、対策の検討や実施を困難にしている。

本研究は、建設事業による騒音、振動が希少猛禽類に与える影響を解明し、事業現場における影響の予測、評価や対策の検討を支援することを目的に、必要な研究や技術の開発、支援システムの構築を目的として実施しているものである。

## 2. 研究内容

### 2.1 研究の構成

本研究は3つの要素から構成される。まず、希少猛禽類の特性を明らかにするために、猛禽類の感覚、特に聴覚の特性を明らかにするための研究と、騒音、振動が個体に与える心理的影響(ストレス)を定量的評価するための手法を検討した。

次に、事業現場における騒音・振動発生の実体把握を目的とした野外計測と、その伝搬状況を予測するための数理モデルを構築した。

最後に、これらの知見を合わせて、事業現場における騒音・振動の影響を予測・評価し、対策を検討するためのシミュレーションシステムを構築した。

### 2.2 研究方法および結果

#### 2.2.1 希少猛禽の聴覚特性とストレスの定量化

千葉大学文学部認知情報科学講座と連携して、猛

表-1 建設事業が希少猛禽類に及ぼす影響のまとめ

種別	要因	影響
工事・共用による個体への悪影響	騒音	繁殖(営巣)の放棄
	振動	抱卵、抱雛中断による雛の捕食や成長の悪化
工事による生息環境の改変	視覚	採餌効率の低下
	植生等の生息環境破壊	営巣場所の消失
構造物、共用による影響	構造物の建設	採餌、休息場所の減少または環境劣化
	共用	構造物(電線等)、通行車両との衝突死 個体の移動の阻害 移入種の侵入

禽類の飼育個体(オオタカ、クマタカなど)を用いた聴覚特性とストレスホルモンの計測を実施した。聴覚特性についてはまず、各地の動物園等で飼育されている猛禽類(クマタカ、オオタカ、ノスリ、サシバ)を用いて、異なる周波数の音を聞かせた場合の個体の反応(音刺激に対する無条件反応)を映像で記録し、その映像を複数の人間の評定者が見て、音を聞かせていない場合の映像と区別できた確率(正答率)を調べた。図-1はこの方法で有意な結果が得られたクマタカについて、周波数毎の正答率の変化を示したものである。

更に、聴覚の周波数特性を精密に計測するため、オオタカ一個体を実験室内で飼育し、オペラント条件付けによる聴覚の計測を行った。この方法は音が聞こえた時に特定の止まり木に飛び移る行動を学習



写真-1 オペラント条件付けによる聴覚計測に用いたオオタカ雄(上野動物園の御協力により借用)

させた後、異なる周波数、音圧の音を聞かせて、それらが聞こえているかを調べるものである。図-2は、オペラント条件付けにより計測したオオタカの聴覚曲線を示したものである。縦軸が音圧、横軸が周波数を表す。0.25、0.5 kHzとも可聴音圧は25dB、8 kHzでは38 dBと感度が低く、1 kHzから5.7 kHzまで可聴音圧が10 dB以下と感度が高いことを示した。図-1、図-2の結果はほぼ似通っており、更に先行研究で得られている近縁種の結果ともほぼ同じであることから、これらの猛禽類の聴覚特性がほぼ把握できたものと評価できる。ただし図-2の0.25kHzの結果は、試験用機器の性能上0.5 kHz等の倍音が生じていた可能性があり、聴感度を過大評価しているかもしれない。

次に、前項の実験に用いたオオタカの糞を集めて、その中に含まれるストレス関連ホルモン（副腎皮質ホルモンの一種である糖質コルチコイド）の計測を行った。このホルモンは、血液を採取して定量することは比較的容易だが、希少猛禽類から血液を採取することは容易ではないと考えられるため、糞を採取して定量する手法を開発するとともに、前項のオペラント実験を実施中と通常時のサンプルでホルモンレベルを比較した（図-3）。得られた計測値の範囲は、先行研究や手法の開発時に用いた他の動物種（コシジロキンバラ、ハダカデバネズミ）とほぼ同じであり、計測手法の有効性は示唆されたが、オペラント実験中と通常時で有意な差は見られなかった。このことは、前項のオペラント実験が個体に大きなストレスを与えていなかったとも解釈できるが、同一時のサンプル間に値のばらつきもみられ、今後の検討、計測の継続が必要である。

### 2.2.2 建設事業現場における騒音振動の発生と伝搬予測手法

独立行政法人土木研究所、技術推進本部先端技術チームとの連携により、ダムが行われている事業現場において、工事により実際に発生する騒音・振動の計測を行い、併せてそれらの環境中での伝搬状況を調査するとともに、山間部における騒音伝搬予測モデルをつかって実測値との比較検討を行った。発生源特性調査については、ダム建設工事において、一般的に行われている工事を対象として8種選定した（表-2参照）。また、伝搬特性については、発生する騒音・振動レベル、工事区域周辺の地形、植生、地表面等の状況を考慮して、測線及び測点を設定した。

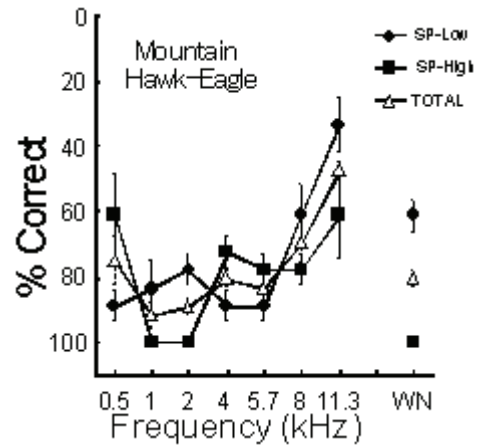


図-1 クマタカの音刺激呈示試験の結果。横軸は呈示音の周波数と、白色雑音 (WN) に対する結果。縦軸は正答率で、でたために答えた場合には当然50%以下となる。カーブが下に振れている部分は、猛禽がこれらの音に一貫して反応し、それを被験者が認識したことを示す。結果は低音圧 (●)、高音圧 (■)、両方をプールしたもの (△) の3通りに分けて示した。縦軸の値は、先行研究で得られた聴覚曲線と比べやすくするために逆に表示してあることに注意。

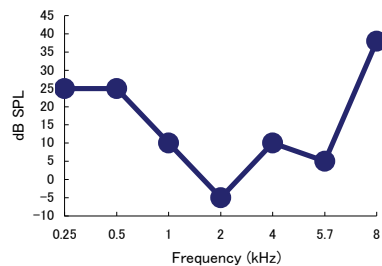


図-2 オオタカの正当率60%での聴感度曲線

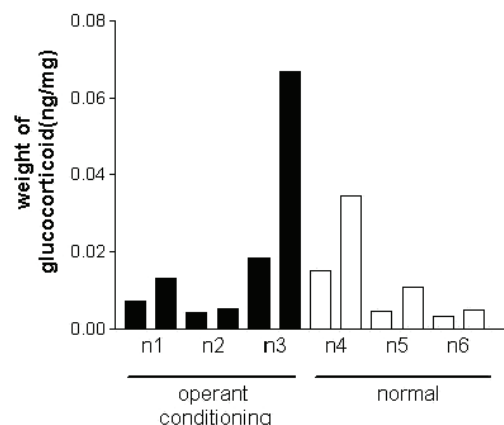


図-3 オオタカ糞中のストレスホルモンの計測結果。n1-n3はオペラント条件付け後の、n4-n6は通常時のサンプルを示す。縦軸は糞1mgあたりに含まれるホルモン（糖質コルチコイド）の濃度を示す。

現場で実施した騒音の計測結果を踏まえ、山間部における騒音の伝搬を予測するためのモデルを構築した。その際、既存知見（文献1～6）から伝搬特性に影響を与えると考えられる要因を基本とし、現地調査結果で明らかになった周波数別の伝搬特性を合理的に表現できるように配慮した。本調査で検討した山間部の騒音伝搬予測式は以下のとおりである。

$$L_{peq} = L_W + D - A$$

- $L_{peq}$  : 受音点における等価音圧レベル[dB]  
 $L_W$  : 音源の音響パワーレベル[dB]  
 $D$  : 音源の指向性補正值[dB]  
 $A$  : 音源から受音点までの伝搬中の減衰量[dB]  
 $A = A_{div} + A_{atm} + A_{screen} + A_{veg} + A_{ground}$

ここで、 $A_{div}$  : 幾何拡散による減衰 [dB]  
 $= 20 \cdot \log(r) + 11$   
 $r$  : 点音源からの距離 (m)  
 $A_{atm}$  : 空気吸収による減衰 [dB]  
 文献4に基づき周波数毎に設定  
 $A_{screen}$  : 塀による減衰 [dB] (文献6)

$$\begin{cases}
 10 \log_{10} N + 13 & N \geq 1 \\
 5 + 8|N|^{0.438} & 0 \leq N < 1 \\
 5 - 8|N|^{0.438} & -0.341 \leq N < 0 \\
 0 & N < -0.341
 \end{cases}$$

フレネル数  $N = \frac{2}{\lambda} \delta = \frac{\delta \cdot f}{170}$

- $\lambda$  : 音の波長 [m]  
 $\delta$  : 伝搬経路差 [m]  
 $f$  : 音の周波数 [Hz]

- $A_{veg}$  : 樹木に起因する減衰 [dB]  
 $A_{ground}$  : 地表面に起因する減衰 [dB]

予測式の中で、幾何拡散による減衰、空気吸収による減衰、塀による減衰については既存文献を引用し、樹木に起因する減衰及び地表面に起因する減衰については実測値から設定した。構築した予測式による予測結果と実測値の比較結果の一例を図-5に示す。これは、予測結果と実測値を比較し、伝搬特性を検証するために、測点①の実測値から同時に測定した測点②～④の位置における音圧レベルを予測することで、発生源特性に起因する差を排除して比較したものである。

### 2.2.3 建設事業現場における騒音振動の伝搬予測システムの構築

希少猛禽類の聴覚特性と、前項で構築した事業現

表-2 騒音振動調査の対象とした工事工種と、騒音振動の計測結果（オールパス）。単位はdBで平均値とレンジを示す。B、Cは間欠騒音であり、ピーク値のみ示した。振動は3方向について計測したが、ほぼ同様の傾向を示したため、鉛直方向の値のみ示した。

調査区分	地点	工事工種	主な建設機械	騒音レベル LAeq	振動レベル L10 (Z方向)
伝搬特性調査	1	運搬	ダンプトラック(30t)1台		
	2	掘削岩の仮置き(積み・積下し)	バックホウ(0.8m <sup>3</sup> )1台、ダンプトラック(30t)1台、ダンプトラック(10t)1台	69 (67-70)	50 (48-52)
	A	掘削岩の仮置き(積み・積下し)			
発生源特性調査	B	運搬	ダンプトラック(30t)1台	84	62
	C	運搬	ダンプトラック(10t)1台	88	57
	D	掘削	ブローカー(0.7m <sup>3</sup> )2台、バックホウ(0.7m <sup>3</sup> )3台、ダンプトラック(10t)1台	89 (88-90)	55 (52-60)
	E	盛土造成	ブルドーザー(20t)1台、ダンプトラック(10t)1台	73 (62-81)	59 (56-64)
	F	コンクリート打設	コンクリートポンプ車(100m <sup>3</sup> /h)1台、コンクリートミキサー車(10t)1台	68 (63-75)	32 (28-37)

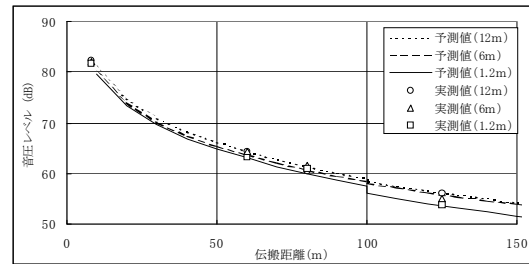


図-4 騒音の伝搬予測モデルによる予測値と実測値の例。調査地点1の30tダンプトラックのデータを集約（8回測定結果の平均）したもの。

場における騒音・振動の予測モデルを合わせて、事業現場における騒音・振動の発生と周囲への伝搬の状況を計算して図示するシミュレーションシステムを構築した。システムは2つの部分から構成される。まず、GIS（地理情報システム）上で動作する入出力モジュールにより、計算の条件となる各種のデータ（地盤高、地表面の状況、植生などや工事の範囲、工種・工法と数量、遮音壁の位置等を入力する

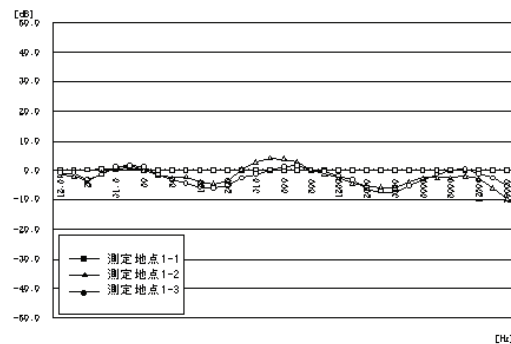


図-5 騒音伝搬予測システムの精度検証結果例。横軸は周波数。縦軸はバックホウ (Leq) の騒音を測線に沿って計測し、予測計算の結果との差をとったもの。ただし、実測値が周波数や測定地点によっては暗騒音よりも低くなるため、予測結果に暗騒音のレベルを足したものを予測結果としている。測定地点1-1、1-2、1-3は発生源からそれぞれ13、60、120m離れている。

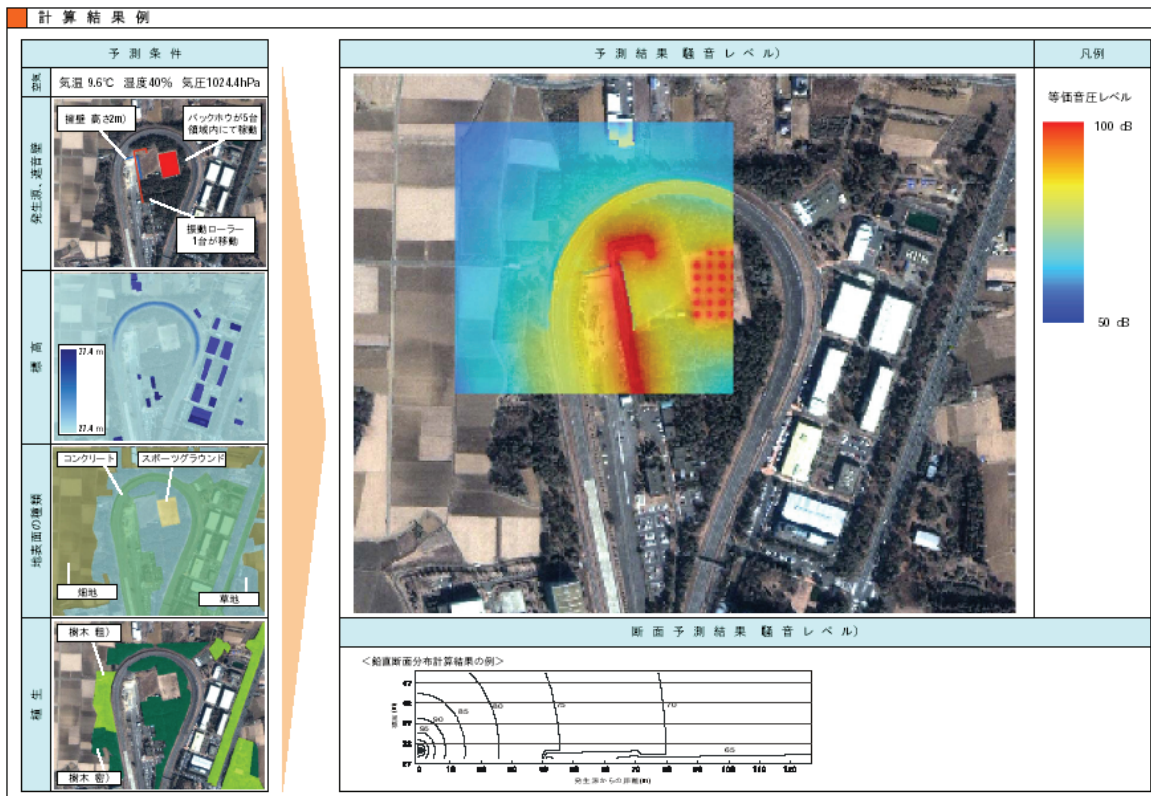


図-6 構築した騒音・振動予測システムの入力データ（左側）と、結果の出力例。結果は平面的なレベルの分布（図右上）や断面の分布（図右下）の他、特定の地点における経時的な変化も表示させることができる。

と共に、計算結果を地図上に表示する。また、伝搬予測モデルの計算モジュールは独立したソフトウェアとし、入出力モジュールとは簡単な形式のテキストファイルを介してデータのやりとりを行う仕様になっており、計算と簡単な結果の表示だけなら、GISソフトを必要とせず、現場で使用することが可能である。また、工法・工種別の騒音・振動発生源データや、予測モデルなどはすべてモジュール化されており、将来的にプログラムの変更をせずに追加が可能となっているほか、騒音の評価に用いられる人の聴感特性（A特性）を猛禽類の特性と入れ替えることで、例えばオオタカに対する影響を予測することができる。ただし、猛禽類については環境基準値となるべき閾値が明らかになっていないため、絶対的な評価は難しい。しかし、例えば営巣箇所において工事騒音がオオタカには聞こえない、あるいは暗騒音と同レベルにまで下がっているかどうか、といった検討や、複数の工事計画案にもとづく騒音・振動の発生、伝搬状況の相対評価などを行うことは可能である。

### 3. 引用文献

- 1) ISO9613-2 Acoustics-Attenuation of sound during propagation outdoors- Part2:General method of calculation.
- 2) (社)日本騒音制御工学会（編） 2001. 騒音制御工学ハンドブック.技報堂出版, 東京.
- 3) 山本貢平・高木興一 1991. 前川チャートの数式表示について. 騒音制御 15(4): 202-205.
- 4) JIS-Z-8738 1999. 屋外の伝搬における空気吸収の計算.日本規格協会, 東京.
- 5) 井清武弘 1990. 騒音伝搬に対する地表面の影響. 騒音制御 14(1): 4-8.
- 6) 前川純一 1962. 障壁(塀)の遮音設計に関する実験的研究. 日本音響学会誌 18(4): 187-196.

### 4. 発表済の論文等

山崎由美子, 山田裕子, 室伏三喜男, 百瀬浩, 岡ノ谷一夫 2001. 無条件反応を指標としたタカの可聴範囲の測定. 日本音響学会聴覚研究会資料, 31(9), 617-623.