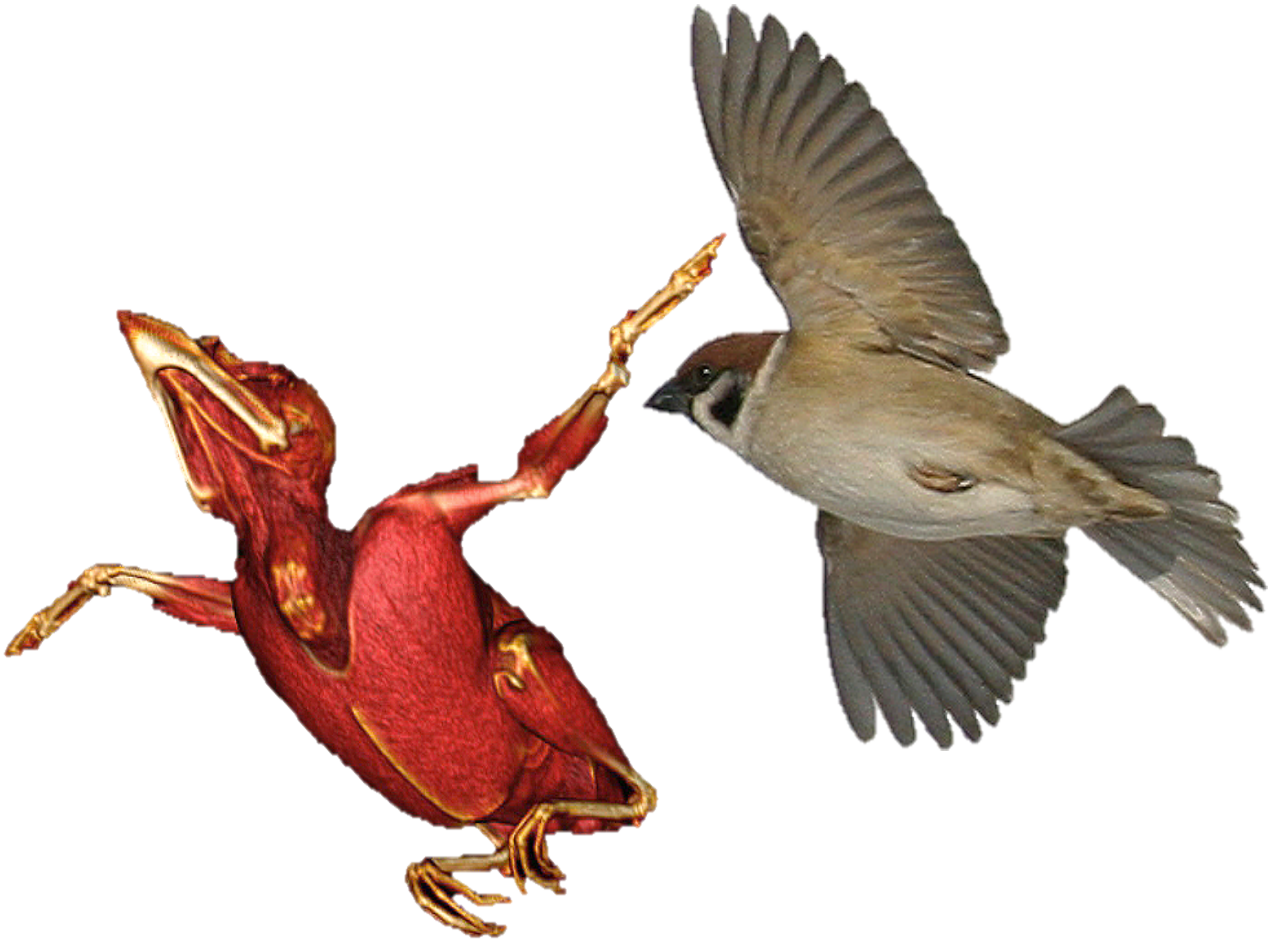
鳥の博物館企画展ガイド（展示パネル集）

第66回企画展

鳥の骨展ー空飛ぶ鳥の骨組みー

2013. 7. 13▸12. 1



・主催：我孫子市鳥の博物館、公益財団法人山階鳥類研究所
・後援：文部科学省科学研究費補助金生物規範工学
・協力：千葉大学大学院工学研究科劉浩研究室、鳥の博物館友の会

※企画展開催にあたっては、科学研究費補助金特定奨励費、科学研究費補助金新学術領域研究生物規範工学の支援の一部を受けています。

はじめに

　鳥は、空を飛ぶことに最も適応した動物の一つです。矢のようにまっしぐらに飛んだかと思えば急旋回し、時にはヘリコプターのようにホバリングする、こんな鳥たちの自在な飛行を見れば、鳥が最高の飛行動物の一つであることに誰しも異論はないでしょう。

　空飛ぶ鳥の骨は、羽のような軽さとハガネのような丈夫さを合わせ持つ高性能素材です。翼を力強く羽ばたき空を飛び、くちばしを使って器用に餌を捕らえ、あしを素早く繰り出し走り・泳ぎ・つかむことができるのも、骨組みが高性能素材でできた鳥の駆動システムの特徴です。

　今回の企画展では、空飛ぶ鳥の運動性能に注目し、日本の鳥の骨格標本を中心に展示し、骨組みと鳥の生活との関係を探りました。

　今回初の試みとして、山階鳥類研究所の協力を得て撮影した骨組みのCTスキャン（コンピューター断層撮影）映像を公開しました。また、生物工学の分野から、千葉大学工学部の劉先生に、ハチドリロボットの研究を紹介してもらいました。

　鳥の骨組みの躍動をお楽しみください。

展示項目

Ⅰ　鳥の骨の基本

〇鳥の骨組みはシンプル
〇鳥の骨は軽い（含空化と癒合）
〇鳥の骨は丈夫でしなやか
〇鳥の骨組み（腰帯）
〇鳥の骨組み（肩帯）
〇鳥と人の骨組み比べ

Ⅱ　くちばし、つばさ、あしの骨組み

①飛ぶために発達したくちばし
〇前肢のはたらきを補うくちばし
〇歯のはたらきは胃にまかせる！
〇くちばし開閉のメカニズム
②飛ぶために設計されたつばさ
〇小さくたたんで大きく使う
〇空中に体を支えるつばさ
〇つばさを動かすメカニズム
③　あやつり人形のような「あし」
〇重い筋肉は体の重心へ
〇歩く、走る、つかむ
〇あしを動かすメカニズム

Ⅲ　骨が語る鳥のくらし

〇サギの首はなぜ長い･･･アオサギ
〇カワウとアオサギのくちばしが示す漁方のちがい
〇肉を食べるくちばし･･･フクロウとツミ
〇網のように広がるくちばし･･･モモイロペリカン、ヨタカ
〇餌を探るくちばし･･･タシギ、マガモ
〇衝撃に耐えるくちばし･･･アカゲラ（cf. ツグミ）
〇丸呑み派、つまみとり派、皮剥ぎ派のくちばし比べ･･･ツバメ、ウグイス、スズメ
〇どちらがツグミでどちらがムクドリ？･･･微妙にちがうくちばしの形
〇ソアリング派vs. ホバリング派･･･オオミズナギドリvs. ハチドリ
〇飛べる鳥vs. 飛べない鳥･･･オオバンとヤンバルクイナ
〇ウグイスとツバメの手足の長さ比べ
〇走るために、歩くために･･･ダチョウ、エミュー、タンチョウ、コウノトリ
〇潜水仕様のあし･･･カイツブリ、オオハム
〇歩く鳥、泳ぐ鳥、潜る鳥のあし･･･キジ、ヒドリガモ、カワアイサ、ハシブトウミガラス

〇くらしに合わせたあしの長さ･･･ヨシゴイ、アオバズク、ツツドリ
〇ウオーキング派とダイビング派の腰つき･･コジュケイとカイツブリ
〇羽毛にかくれた長いあし･･･フクロウ
〇目の上にあるくぼみの謎･･･アビ、オオミズナギドリ、ウミネコ
〇コブハクチョウとオオハクチョウの胸骨
〇スリムじゃなければ生きていけないヨシ原の鳥･･･バン（cf. オオバン）
〇潜水仕様の骨組み･･･ハシブトウミガラス

Ⅳ　ボーン・ツリー

Ⅴ　骨格駆動系のシンプルモデル（嘴開閉の骨組み、翼開閉、跗蹠の上げ下げ）

Ⅵ　骨トピックス（骨端が語る幼鳥・成鳥、頭骨が語る幼鳥・成鳥、骨が語る過去の事故歴、骨は最後の語り部･･･）

鳥の骨のきほん

空を飛ぶための骨組みに求められる「軽さ」と「丈夫さ」。鳥は、どのように、二つの性質を手に入れたのでしょう。

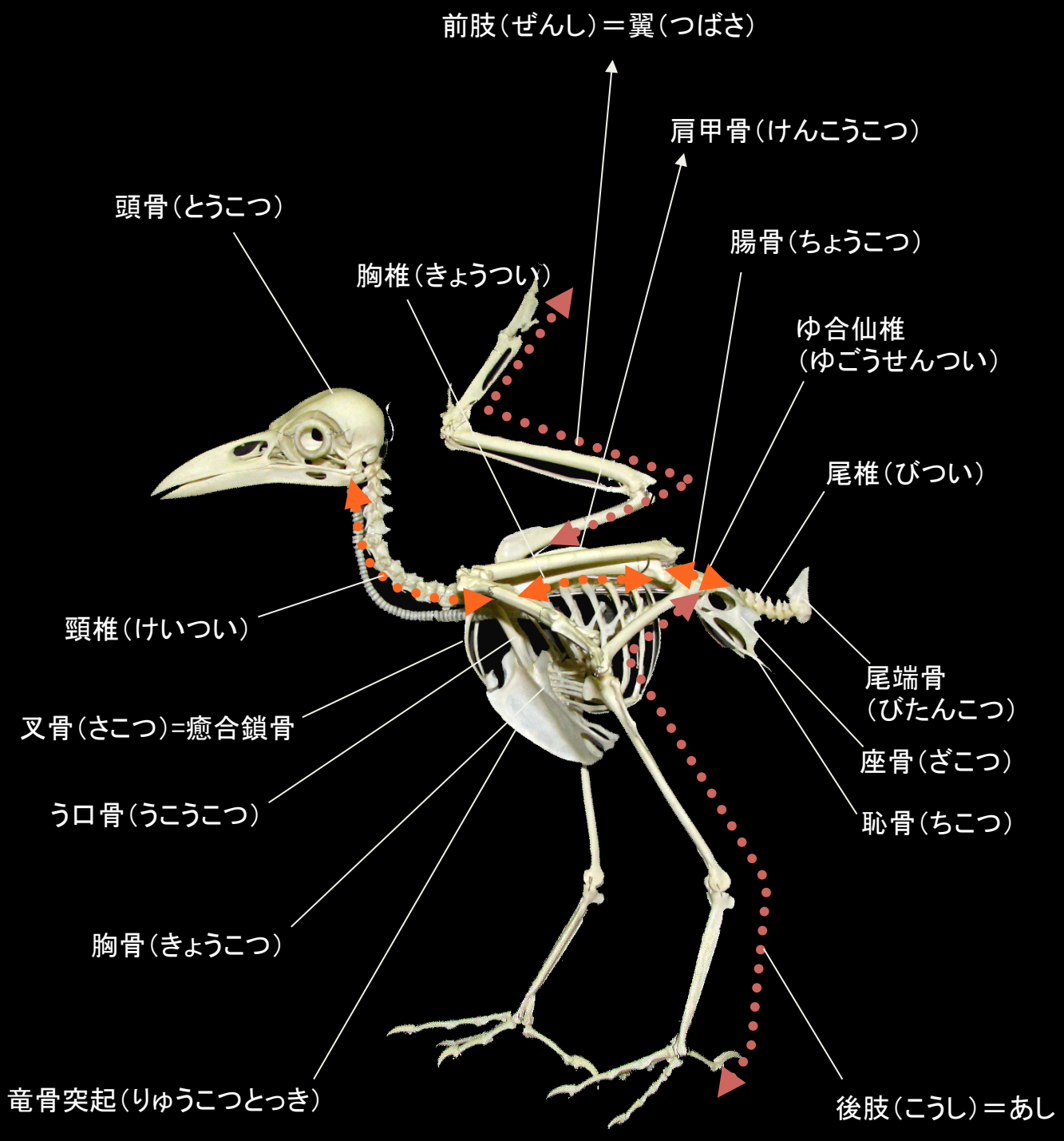
Ⅰ　鳥の骨のきほん

〇鳥の骨は軽い（含空化と癒合）

〇鳥の骨は丈夫でしなやか

〇鳥の骨組み

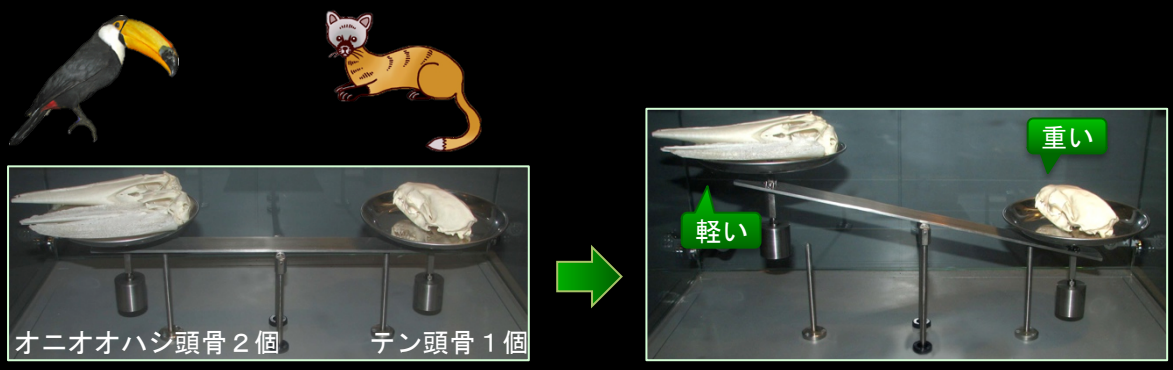
鳥の骨組みはシンプル



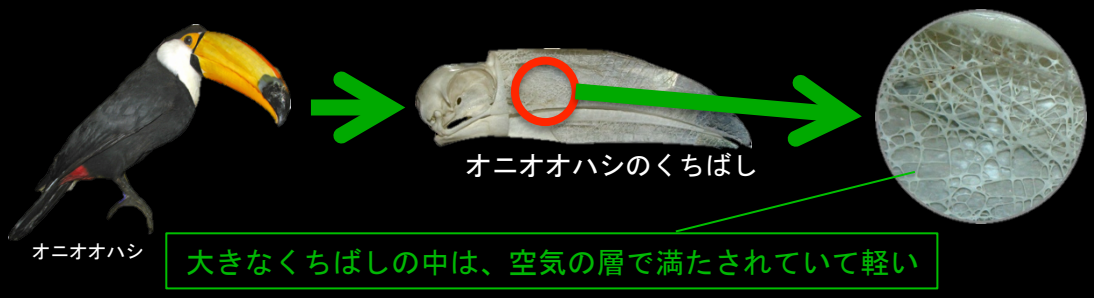
飛ぶために適した鳥の骨組みは、シンプルです。手首の骨は２個、尾椎（びつい）の一部は癒合（ゆごう）し、尾端骨（びたんこつ）としてコンパクトに収まっています。

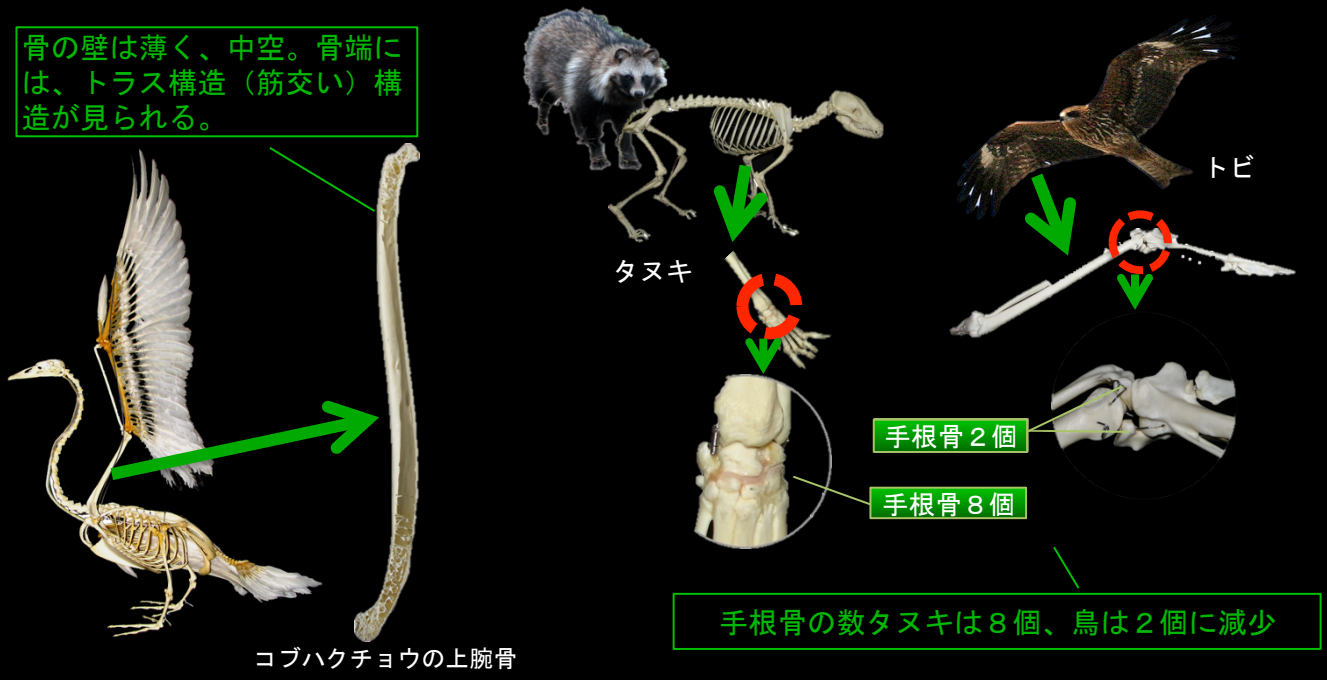
鳥の骨は軽い

オオハシとテンの頭骨を秤（はかり）にかけると‥３階の展示より



軽い理由は、含気化（がんきか）と癒合（ゆごう）

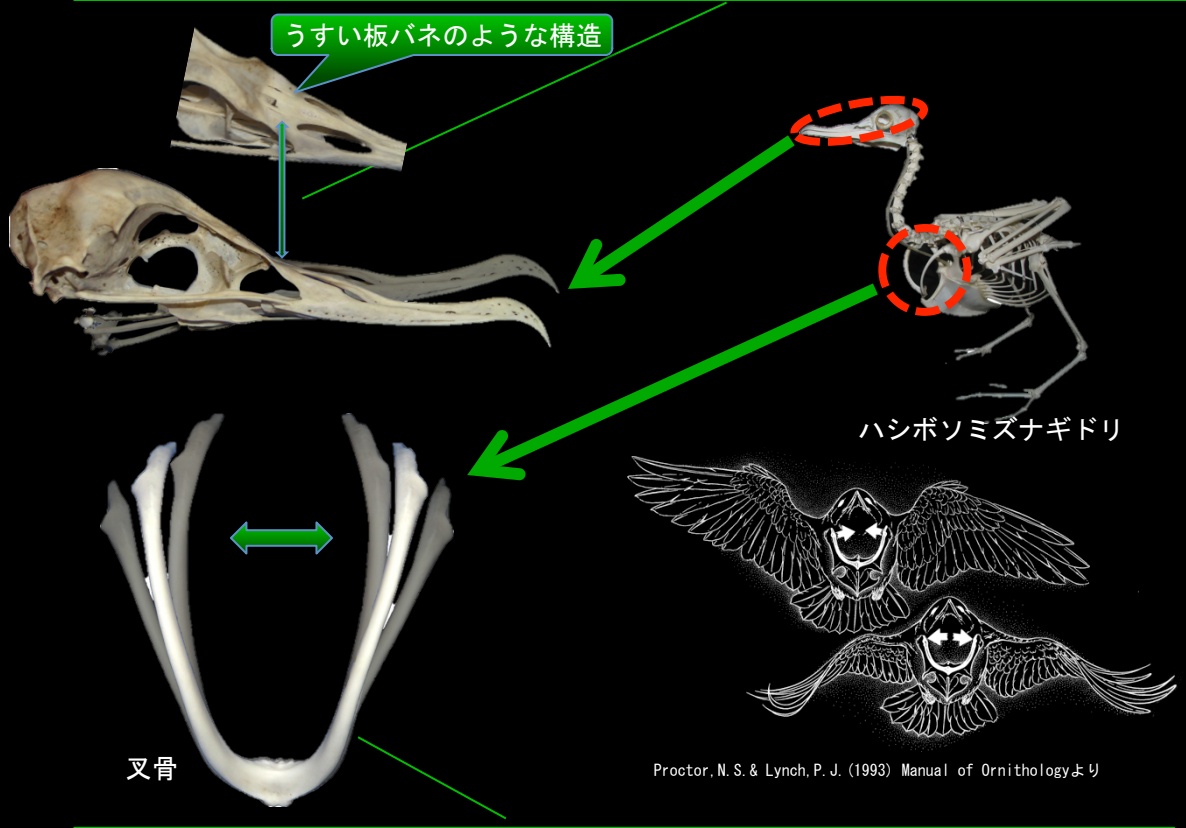




鳥の骨は丈夫でしなやか

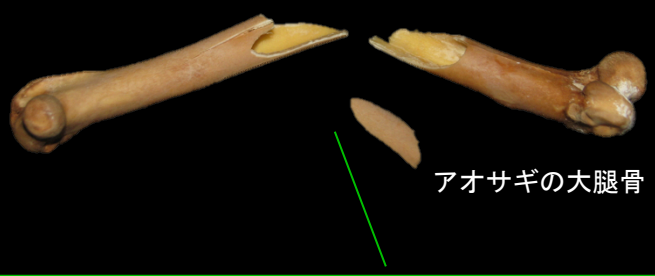
バネのように柔軟な鳥の骨

鳥の上くちばしの付け根は、板バネのように柔軟です。鳥がくちばしを開く時、下くちばしだけではなく、上くちばしも持ち上がり、大きく口を開けることができます。



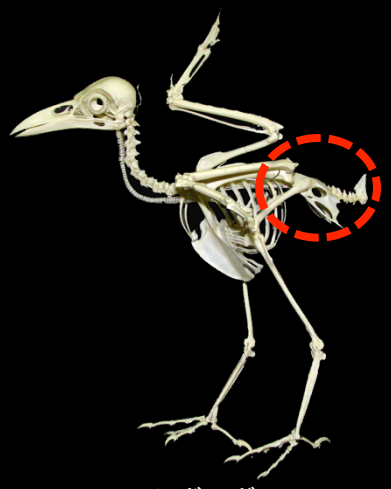
癒合した鎖骨（叉骨）がバネのようにしなります。
はばたきに対応して開閉するため、気嚢（きのう）の空気を循環させ、呼吸を助けるはたらきがあると考えられています。

繊維質で丈夫なハガネのような骨



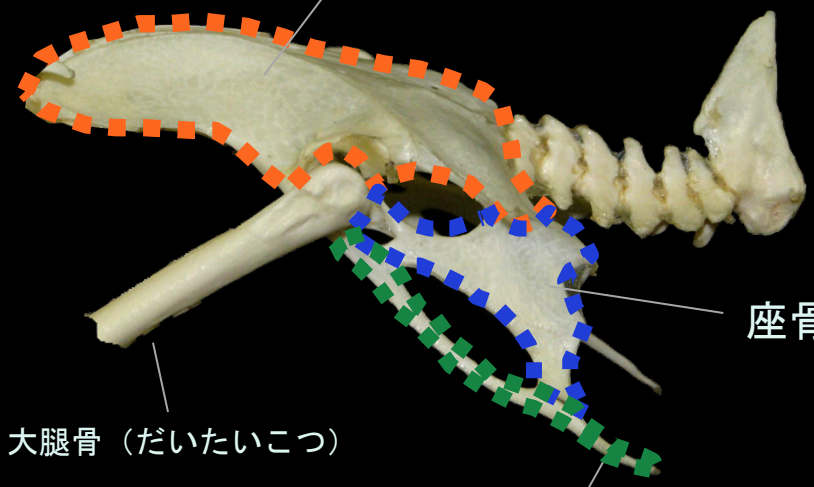
鳥の骨は繊維質で、外からの力に対してハガネのようにしなりながら、粘り強く耐える性質があります。もし、折れた場合、断面はささくれ立ちます。

腰帯（ようたい）＝腰



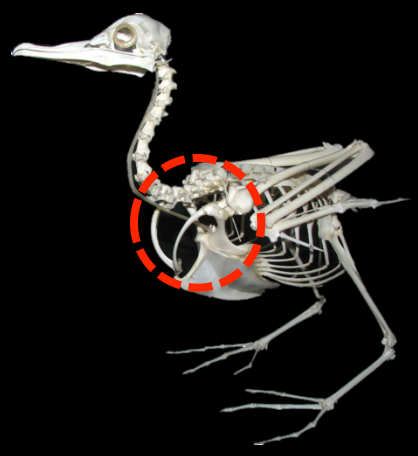
ハシボソガラス

腰は、①腸骨、②座骨、③恥骨が癒合し一体化した腰帯から成り、地上や水中での推進力をうむ、あしの基点となっています。

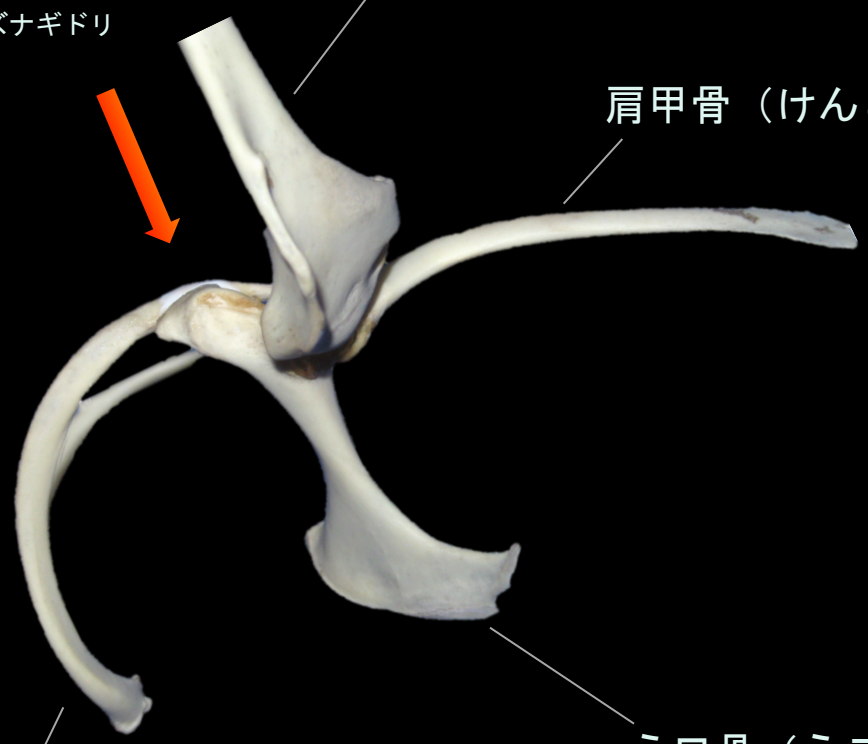


肩帯（けんたい）＝肩

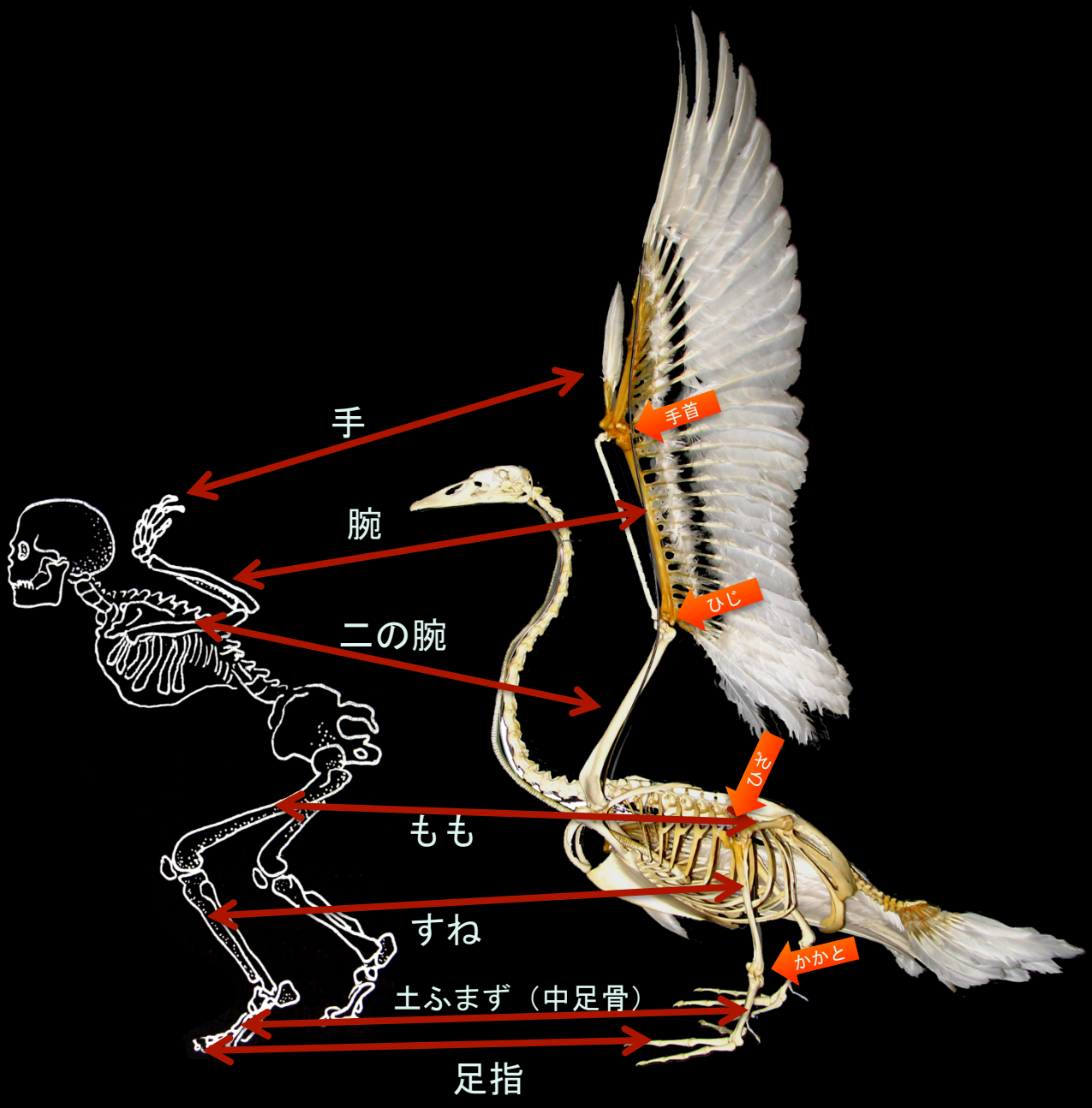
肩は、①うロ骨、②叉骨、③肩甲骨から成り、強力な筋肉ではげしくはばたく翼を支えています。



ハシボソミズナギドリ



鳥と人の骨組み比べ



鳥と人の骨組みの基本は同じです。どの部分が同じなのか、比べてみましょう。

くちばし、つばさ、あしの骨組み

器用なくちばし、つばさとあしによる２つの駆動系、鳥の骨組みの動きとしくみを探ってみましょう。

Ⅱ　くちばし、つばさ、あしの骨組み

①手の働きをする「くちばし」

〇頭骨とくちばしの構造

〇くちばし開閉のメカニズム

〇歯の無い鳥は胃が丈夫！

②つばさは飛ぶために適応した前あし

〇前肢＝つばさの骨組み

〇飛べない鳥の骨組み

〇つばさを開くメカニズム

③もう一つの移動手段「あし」

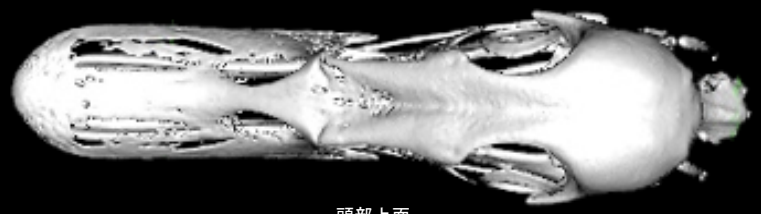
〇後肢＝あしの骨組み

〇あしの動きのメカニズム

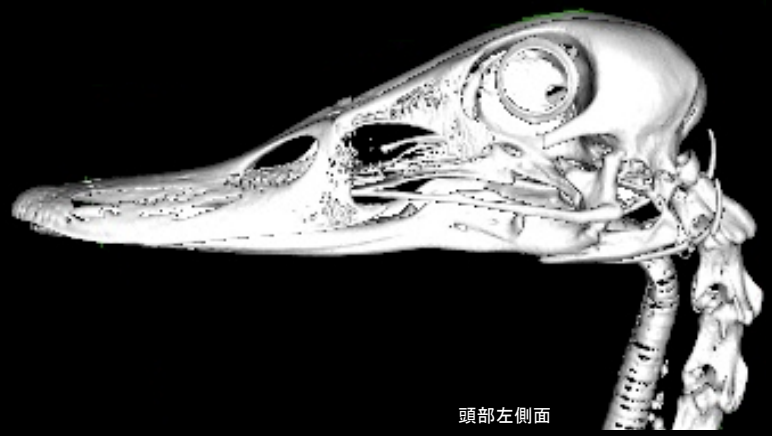
〇鳥の体はあやつり人形

手の働きをする「くちばし」

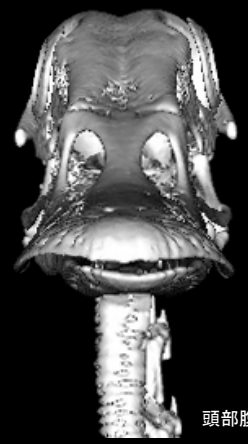
くちばしのメカニカルな
動きを見てみよう



頭部上面



頭部左側面



頭部腹面（正面）

カルガモ骨格

カルガモ頭骨のCTス
キャン画像

鳥は空を飛ぶために、前肢を翼として使います。そのため、ものをつかんだり、運んだり、編み込んだり、人間ならば手で行うことを、全てくちばしで行うようになりました。首は長く、柔軟なので、くちばしを器用に使うことができます。

くちばしは、こんな時に使うよ

アブラゼミを食べるハシブトガラス（撮影：小笠原征紀氏）

巣材を運ぶダイサギ

羽づくろいするオナガガモ

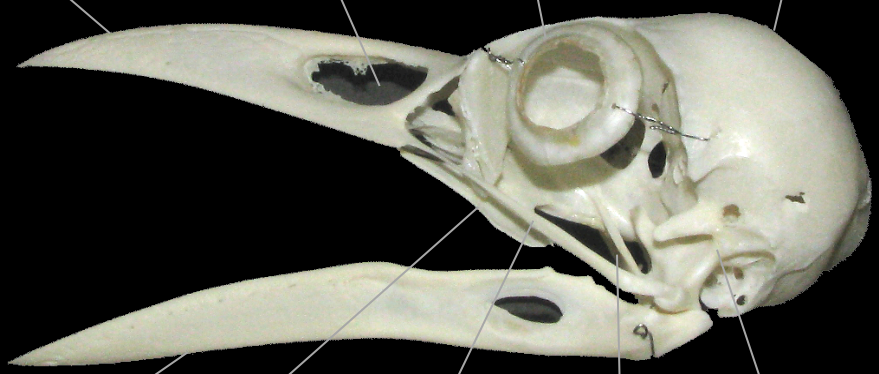
クチバシを使って体を支えるベニコンゴウインコ

クチバシで攻撃するオナガガモ（撮影：小笠原征紀氏）

ハシビロコウはくちばしを打ち鳴らす

頭骨とくちばしの構造

上あごと下あごの間の方形骨に注目！
人間の耳の中にある、キヌタ骨とルーツが同じだよ



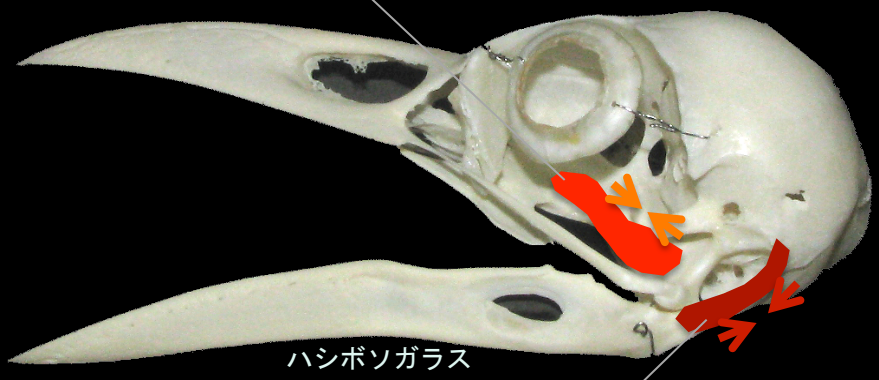
ハシボソガラス

くちばし開閉のメカニズム

鳥は、上くちばしも開くのが特徴！

翼状骨前引筋（よくじょうこつぜんいんきん）が収縮

開

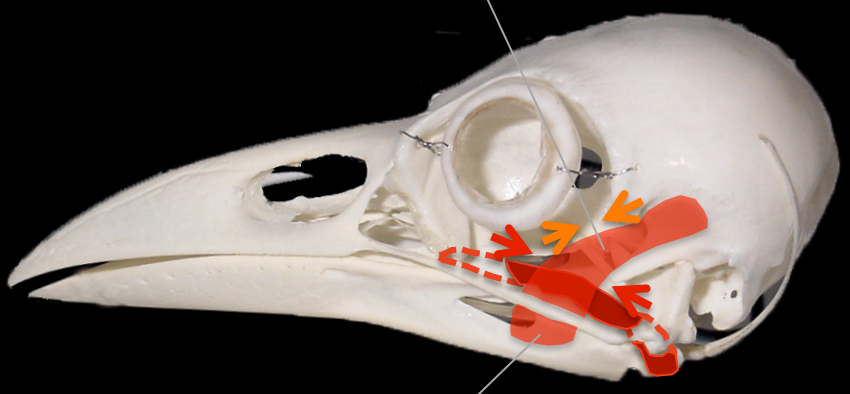


ハシボソガラス

下顎骨下制筋（かがくこつかせいきん）が収縮

翼突筋（よくとつきん）が収縮

閉



咬筋（こうきん）が収縮

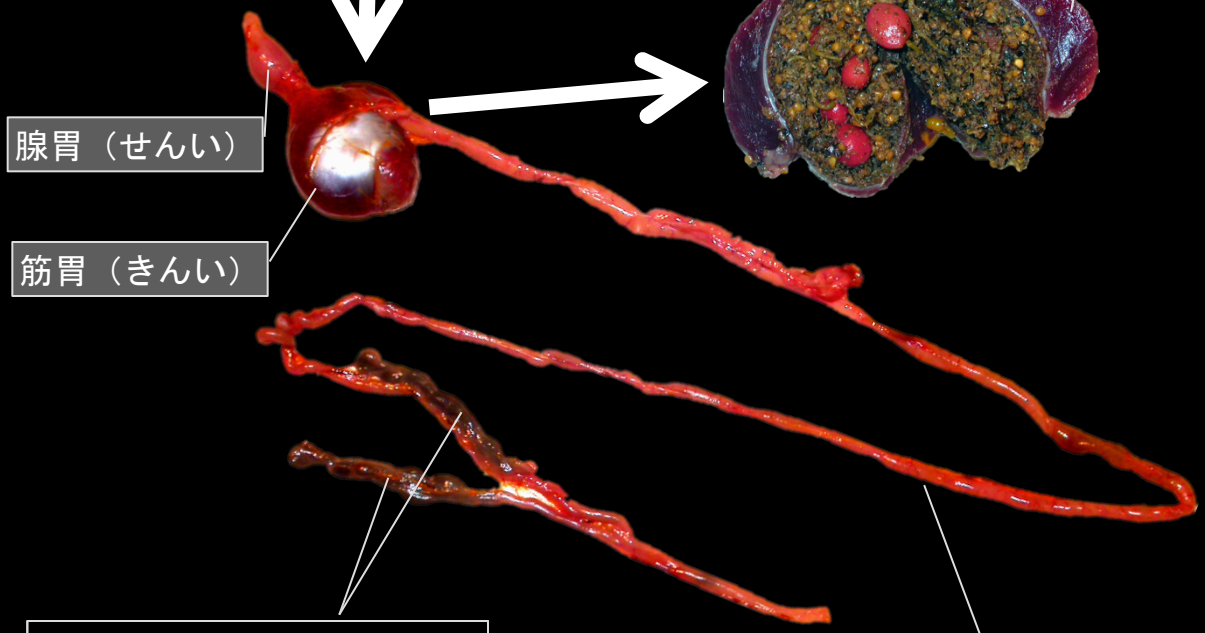
歯の無い鳥は胃が丈夫！

すり鉢のような働きをする胃袋（筋胃）には石が入っていることもあるよ！

筋胃は、“砂肝（すなぎも）”と言った方がなじみ深いかも！

コジュケイの消化管を見てみると

胃には、消化液を分泌する腺胃（せんい）と食物を砕く筋胃（きんい）があります。
コジュケイのように、穀類を食べる鳥では筋胃が特に発達し、筋肉の力で穀類を砕きます。筋胃は、いわば歯のはたらきを受け持っています。



草食性のコジュケイは、腸内バクテリアでセルロースを分解するため盲腸が発達しています。

草食性の鳥は、比較的長い腸を持っています。

「翼（つばさ）」は飛ぶために適応した前あし

鳥は翼をひろげると、
とても大きく見えるよ

右前肢上面

右前肢腹面

右前肢背面

右翼右側面

右前肢背面

ハシボソミズナギドリの右
翼のCTスキャン画像

ハシボソミズナギドリ骨格

翼は、空を飛ぶことに適応した前肢の適応形態です。普段コンパクトに折りたたまれている翼は、飛び上がる瞬間、大きく開きます。

つばさは、こんな時に使うよ

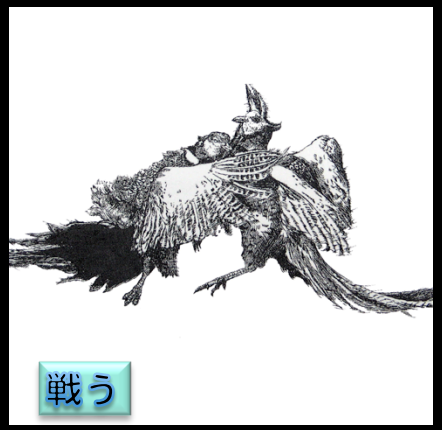
キジのメスの飛翔（撮影：小笠原征紀氏）

はばたいて潜水するニシツノメドリ

南米にすむツメバケイのヒナは翼の爪で枝を登る

翼で体を支えて獲物をさばくオオタカ

翼で日陰をつくり小魚を集めるクロコサギ



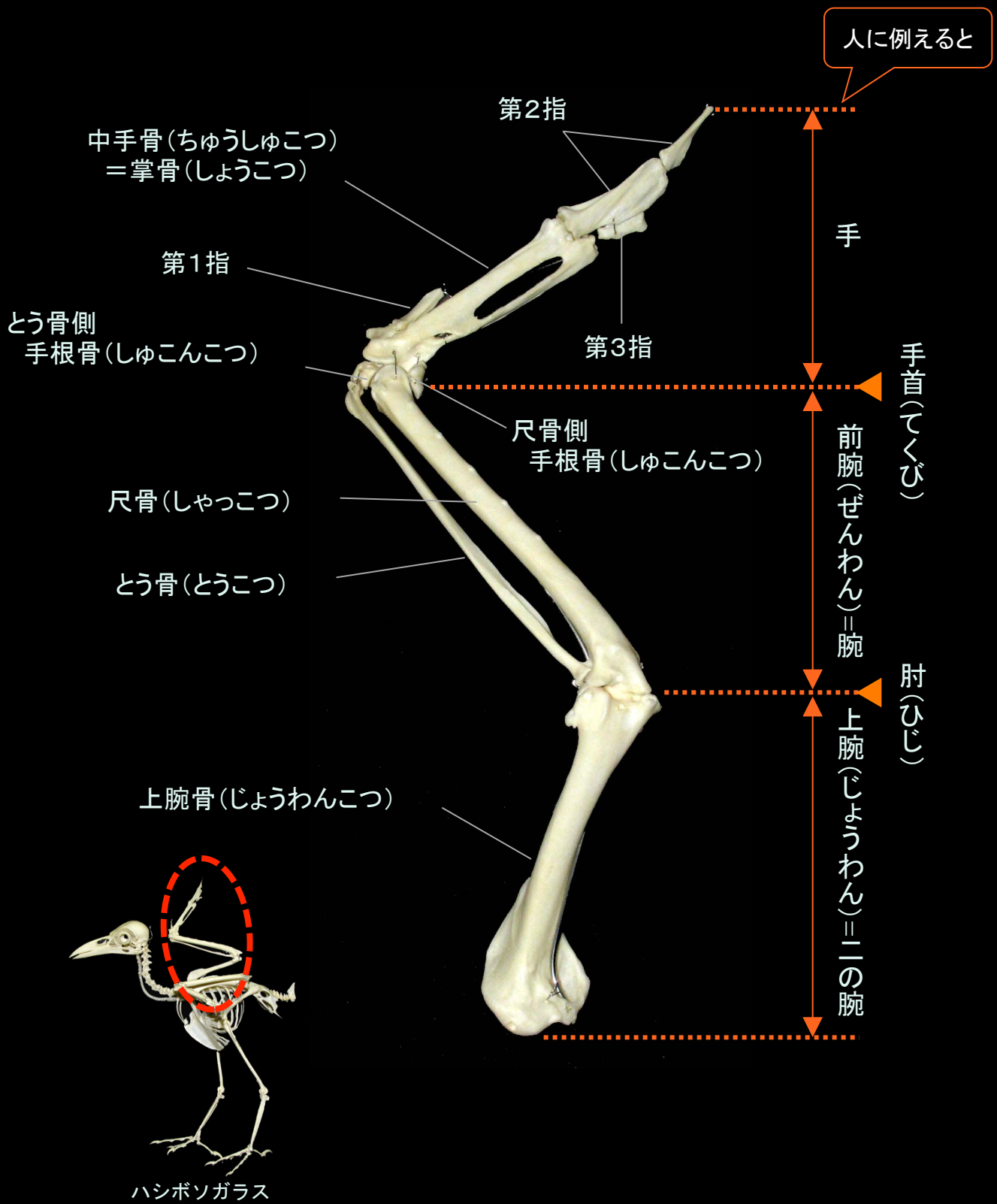
翼を使って打ち合うコウライキジ

飾り羽を広げるチュウサギ

はばたいて音を出すキジ

前肢（ぜんし）＝翼（つばさ）の骨組み

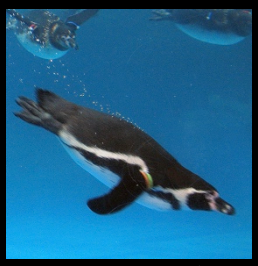
自分の腕や手のどの部分か比べてみよう！



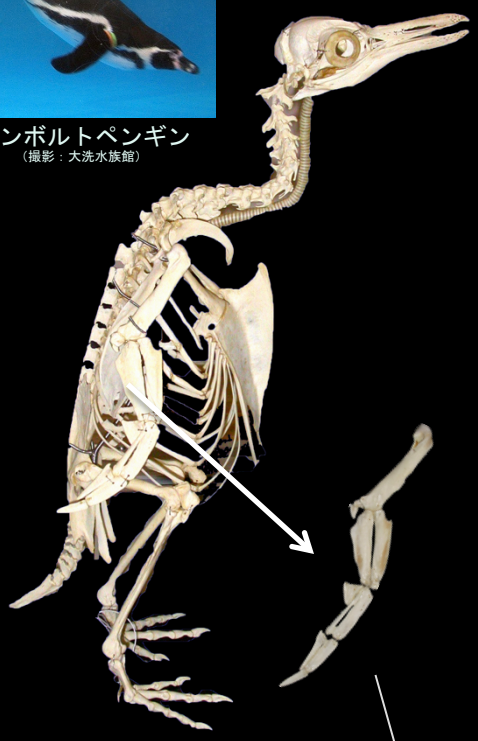
飛べない鳥の骨組み

飛べない鳥のつばさにも、特徴があるよ

エミュー
（撮影：かみね動物園）



フンボルトペンギン
（撮影：大洗水族館）



フンボルトペンギン骨格

エミュー骨格

体に比べて小さなつばさの骨

強力な筋肉を支える腰帯

飛翔筋を支える竜骨突起が無い＝平胸類

水をかくためのペンギンのつばさの骨は、水の抵抗を減らすため扁平（へんぺい）で、また、水中での浮力をおさえるために重くがっしりしたつくりになっている。

翼（つばさ）を開くメカニズム

ハシボソミズナギドリの前肢

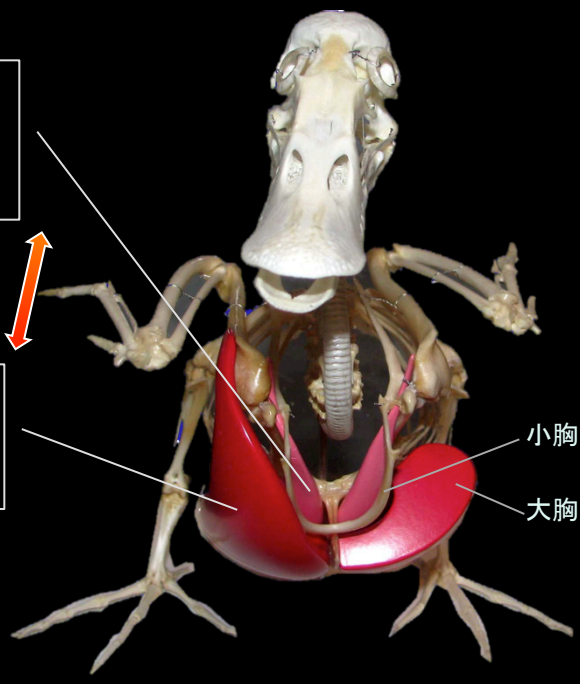
鳥の翼は小さくたたんで、
大きく開くことができるよ

三頭はく筋（さんとうはくきん）が収縮すると腕が開き、同時に手のひらと上腕骨を結ぶ翼膜腱（よくまくけん）がピンと張り、翼が大きく開きます。

はばたきのメカニズム

小胸筋が収縮すると翼が打ち上げられます。

大胸筋が収縮すると翼が打ち下ろされます。

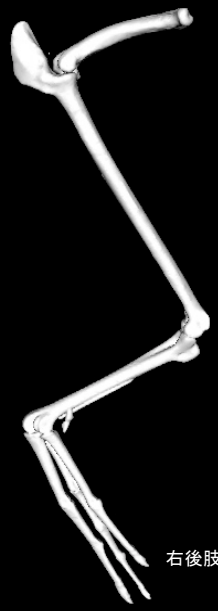


スズガモの骨格と大胸筋と小胸筋模型

もう一つの移動手段「あし」

鳥のあしは、普段は羽毛に隠れて見えないけど、基本的な構造は、人と同じだよ

右後肢上面



右後肢左側面

右後肢腹面

右後肢左側面

右後肢背面

ハシボソミズナギドリ骨格

ハシボソミズナギドリの右
あしのCTスキャン画像

鳥には、翼を使った移動に加え、陸上や水中を進むもう一つの移動手段があります。歩いたり、走ったり、泳いだり、潜ったり、「あし」がこの働きを受け持ちます。

あしは、こんな時に使うよ

歩くコサギ

泳ぐカイツブリ

餌の小鳥をあしで押さえるツミの幼鳥

あしで蹴り合うオオバン（撮影：小笠原征紀氏）

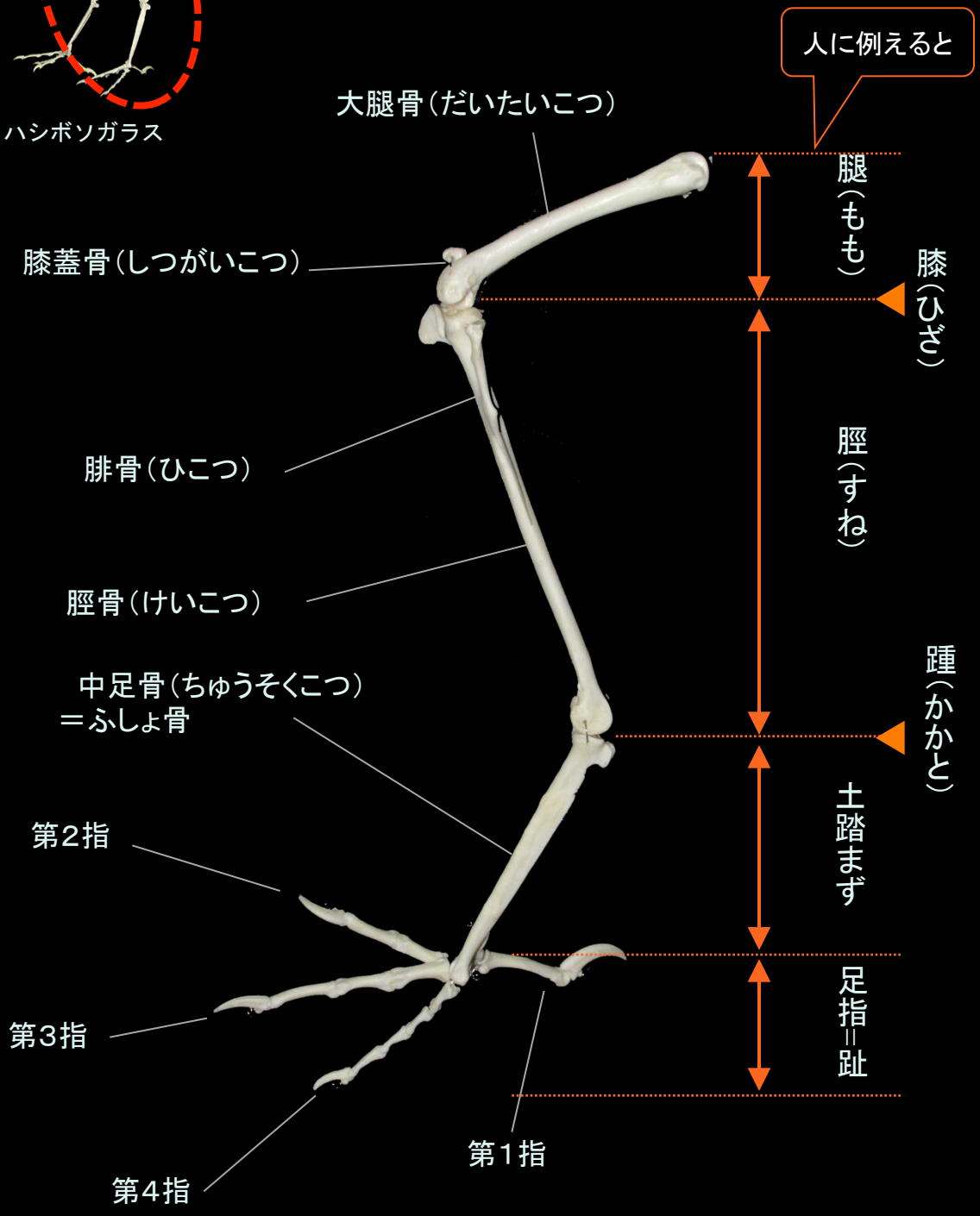
あしを使って獲物を追い出す（パドリングする）コサギ

あしを使って頭を掻くオオハシシギ

後肢（こうし）＝あしの骨組み

ハシボソガラス

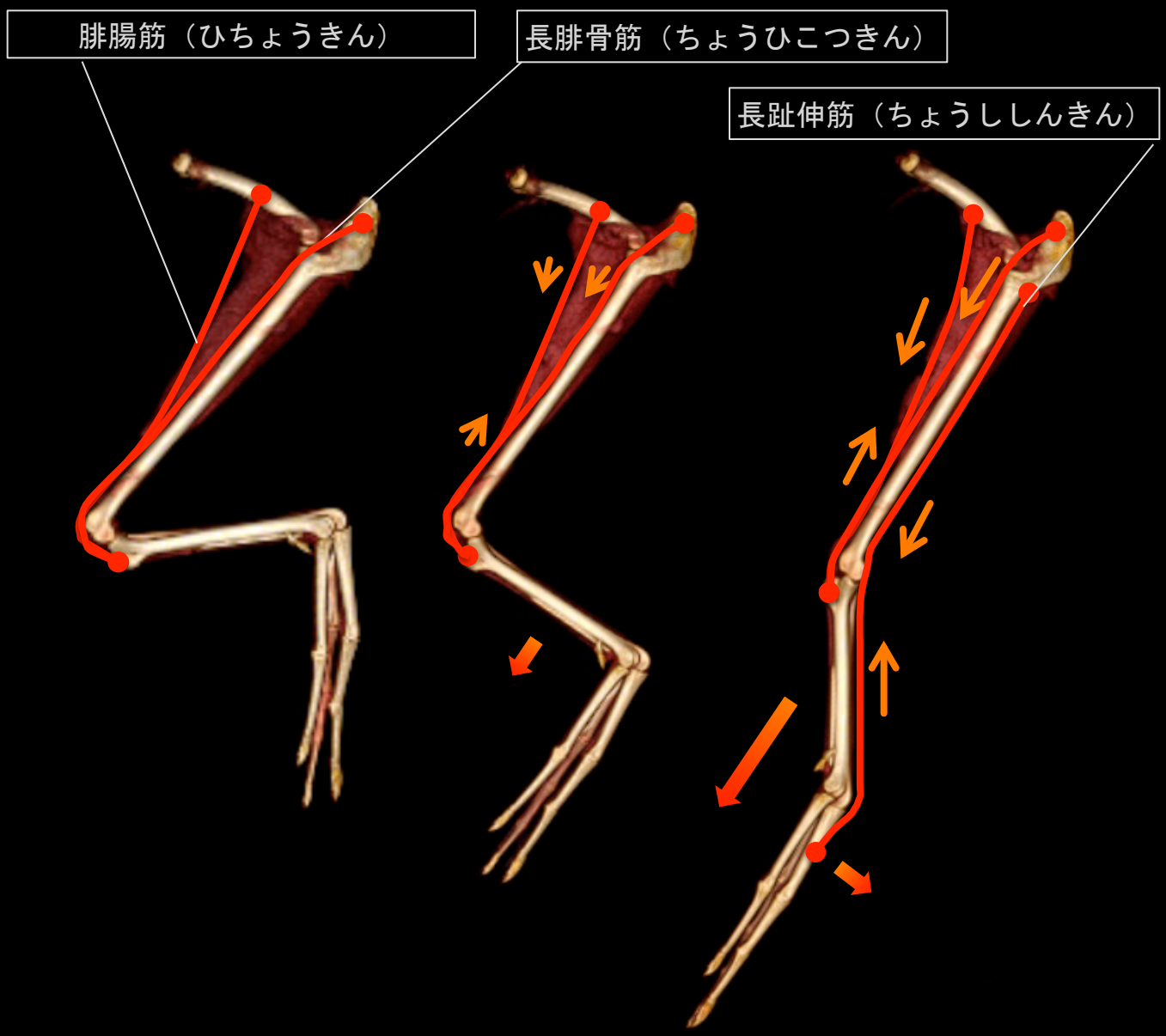
鳥のひざは、体の中に位置するため、
外からは見えないよ



あしの動きのメカニズム

中足骨を蹴りだす動き

水を蹴って進むハシボソミズナギドリの
あしの動きを見てみよう



鳥のあしの動きの要素は、ももの上げ下げ、ひざの曲げ伸ばし、中足骨の蹴り出し、あしゆびの曲げ伸ばし、その他各骨の回転運動などです。これらの動きが、約50本の筋肉で、操られています。

ここでは、ハシボソミズナギドリが泳ぐ時、水をかく動きとなる、中足骨の蹴り出しの動きのメカニズムを紹介しました。筋肉の収縮による力が、長い腱を介して骨に伝わり、ダイナミックな動きになっていることを確かめてみてください。

鳥の体はあやつり人形

これもスズメの本当の姿！

スズメのＣＴスキャン画像

空を飛ぶためには、重力に逆らって体を空中に浮かせなければいけません。それには、さまざまな物理的な制約がかかります。少しバランスがくずれると墜落してしまいます。

鳥はこの問題を解決するため、重量の集中化を図りました。体の重心に重い筋肉を集中させたのです。ＣＴスキャン（コンピューター断層撮影）画像で、羽毛を除去した鳥の姿を見てみましょう。

翼やあしの先には、ほとんど筋肉がありません。飛んだり、歩いたりするために、体の重心にある筋肉の力を、長い腱で翼やあしに伝えています。

骨が語る鳥のくらし

陸、海、空、多様な
環境に進出した鳥類。
くらしのちがいが、
鳥の骨格にどのよう
に現れているので
しょうか。

Ⅲ　骨が語る鳥のくらし

〇サギの首はなぜ長い･･･アオサギ

〇カワウとアオサギのくちばしが示す漁方のちがい

〇肉を食べるくちばし･･･フクロウとツミ

〇網のように広がるくちばし･･･モモイロペリカン、ヨタカ

〇餌を探るくちばし･･･タシギ、マガモ

〇衝撃に耐えるくちばし･･･アカゲラ（cf. ツグミ）

〇丸呑み派、つまみとり派、皮剥ぎ派のくちばし比べ･･･ツバメ、ウグイス、スズメ

〇どちらがツグミでどちらがムクドリ？･･･微妙にちがうくちばしの形

〇ソアリング派vs. ホバリング派･･･オオミズナギドリvs. ハチドリ

〇飛べる鳥vs. 飛べない鳥･･･オオバンとヤンバルクイナ

〇ウグイスとツバメの手足の長さ比べ

〇走るために、歩くために･･･ダチョウ、エミュー、タンチョウ、コウノトリ

〇潜水仕様のあし･･･カイツブリ、オオハム

〇歩く鳥、泳ぐ鳥、潜る鳥のあし･･･キジ、ヒドリガモ、カワアイサ、ハシブトウミガラス

〇くらしに合わせたあしの長さ･･･ヨシゴイ、アオバズク、ツツドリ

〇ウオーキング派とダイビング派の腰つき･･コジュケイとカイツブリ

〇羽毛にかくれた長いあし･･･フクロウ

〇目の上にあるくぼみの謎･･･アビ、オオミズナギドリ、ウミネコ

〇コブハクチョウとオオハクチョウの胸骨

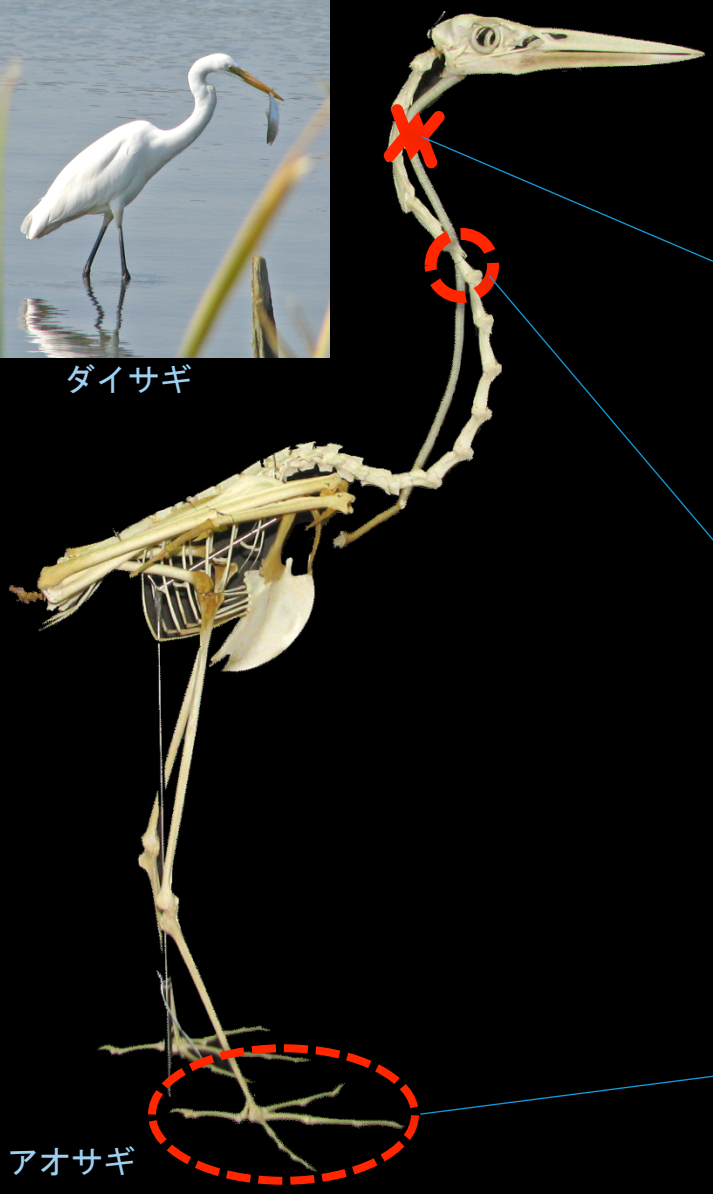
〇スリムじゃなければ生きていけないヨシ原の鳥･･･バン（cf. オオバン）

〇潜水仕様の骨組み･･･ハシブトウミガラス

サギの首はなぜ長い？

ひと突きでしとめる早わざ

ダイサギ



アオサギ

一個一個の頸椎（けいつい）が長い
↓
嘴を前方に素早く
繰り出しやすい構造

第６頸椎が短い
↓
首をＳ字に曲げ、タメを
つくり、素早く嘴を繰り
出すことが出きる

長い足指
↓
体重が分散し、
湿地を歩いても
もぐらない

サギの仲間は、水辺で魚などの小動物を捕らえて食べます。

頸椎（けいつい=首の骨）の一個一個が長いので、首を前方へのばす筋力が効果的に骨に伝わり、その結果、すばやく獲物を捕らえることができます。

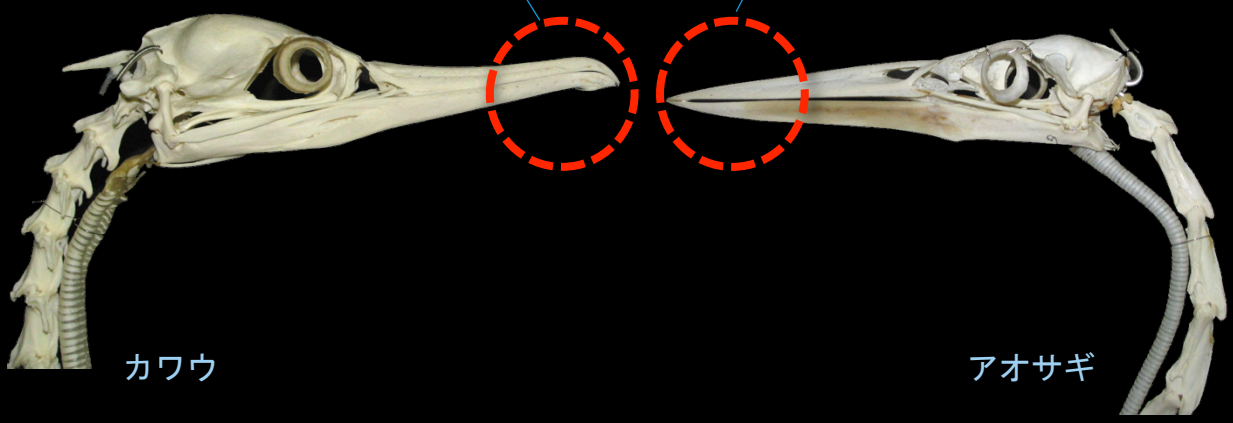
また、６番目の頸椎が短いことで、嘴を獲物めがけて繰り出す時にタメができ、より素早く動かすことがきます。

カワウとアオサギの漁法

魚を押さえる鉤（かぎ）と槍（やり）

くちばしの先の鉤で
魚を押さえます

槍の用に尖ったくちばしで魚を
突き刺したりつまんだりします



カワウ

ダイサギ

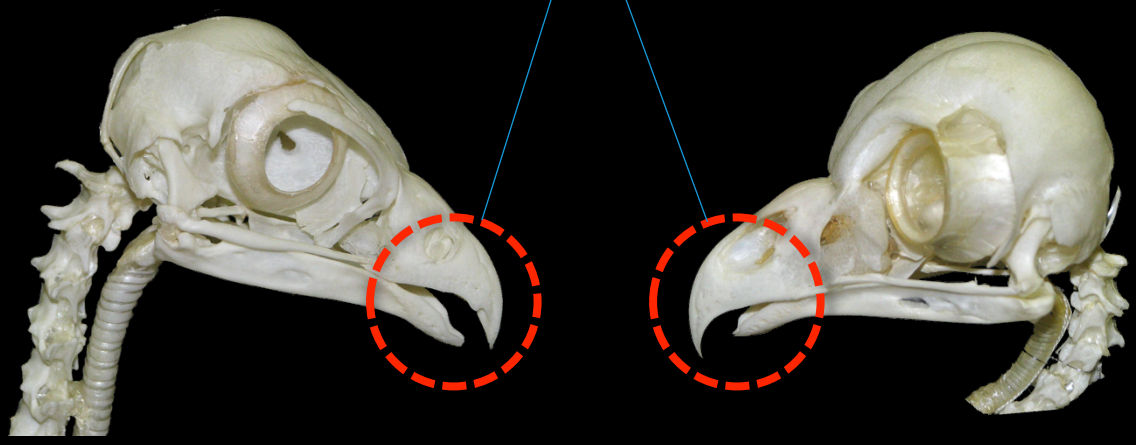
　魚を捕らえて食べる鳥のくちばしの先端は、鉤状にするどく曲がっているものもあれば、槍状にするどく尖っているものもいます。

　すべりやすい魚を確実に捕らえるために、それぞれ行き着いた独自の構造です。

肉を食べるくちばし

フクロウとツミ

先端が鉤状（かぎじょう）に曲がったくちばし



タカの仲間やフクロウの仲間など小動物を捕らえて食べる猛禽類は、くちばしの先が鉤状に曲がっています。

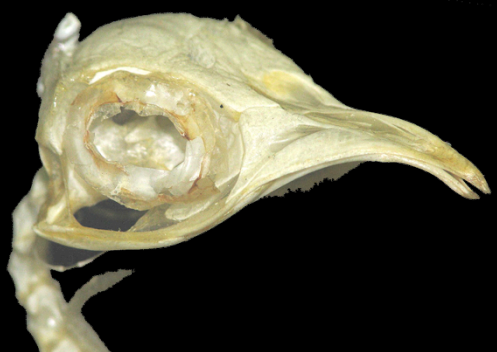
獲物の毛をむしり、皮を剥ぎ、肉をむしりとるために発達した共通のしくみです。

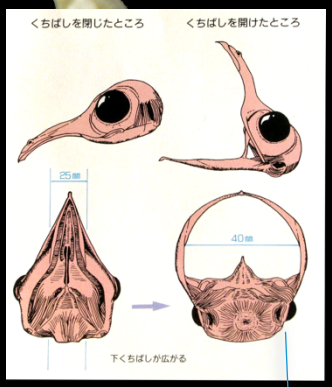
広がる下くちばし

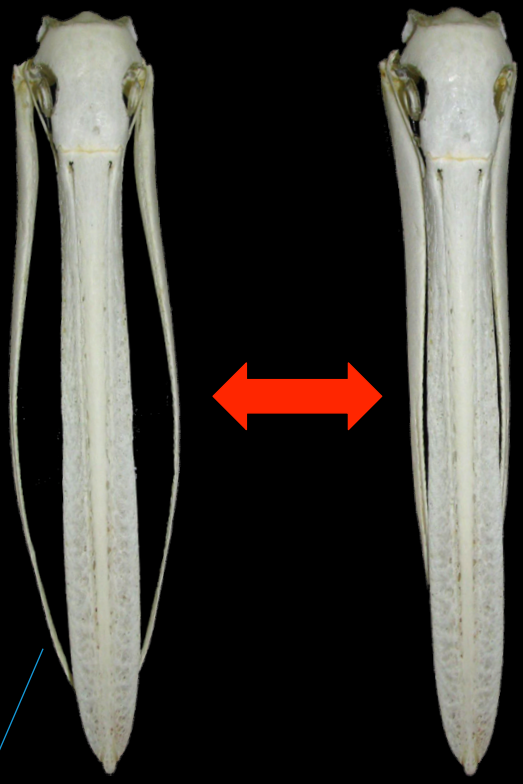
たも網や虫取り網のようなくちばし

ヨタカ

モモイロペリカン







下くちばしのフレームは柔軟で
大きく広がる

ヨタカは空中で飛翔性の昆虫を、モモイロペリカンは水中で魚をすくいとって食べます。下くちばしのフレームは柔軟で、まるで虫取り網やたも網のように大きく広がり、餌をすくい取ることができます。

探るくちばし

触覚の発達したくちばし

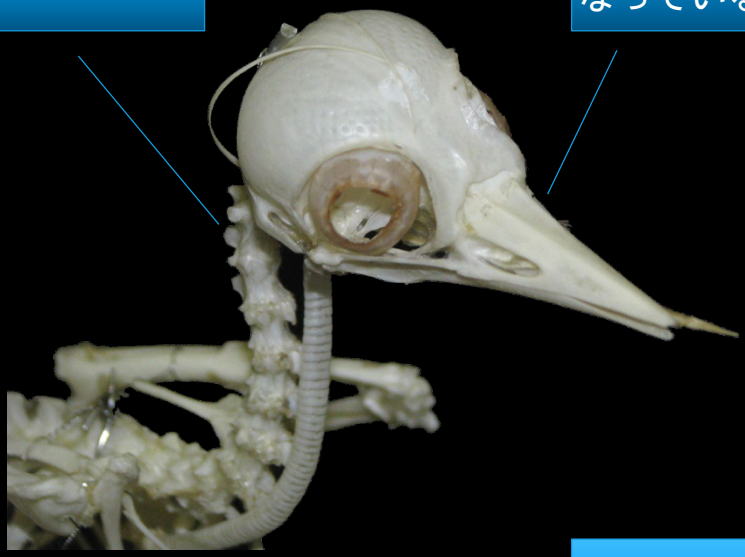
　泥の中や水中から餌をとるカモやシギの仲間は、くちばしの触覚をたよりに餌を探ります。くちばしの骨には、触覚の感覚神経が通う神経孔が多数見られ、能率よく餌を探り当てることができます。

つつく vs. つまむ

アカゲラとツグミのくちばし

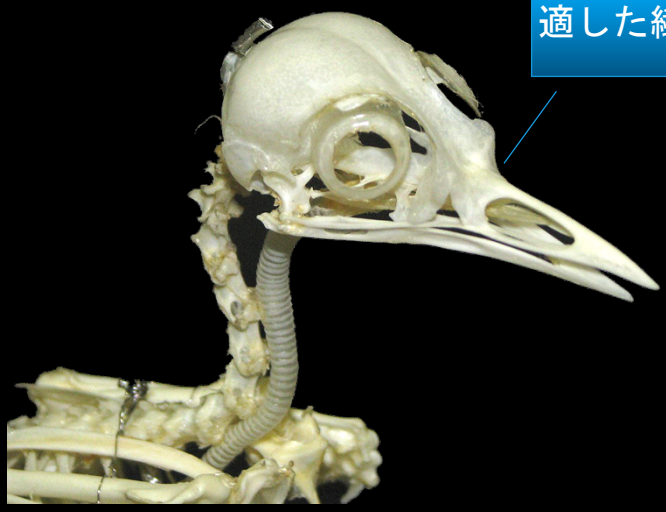
やや太めの丈夫な頸椎

くちばしは、直線的で丈夫で、基部は衝撃を吸収できる構造になっている



アカゲラ

餌をつまみとることに適した繊細なくちばし



ツグミ

　アカゲラは、くちばしを使ってはげしく樹をつつき巣を掘ったり、樹木内に潜む昆虫を食べたりします。木の実や昆虫をつまみとって食べるツグミのくちばしと比べてみると、キツツキのくちばしは、衝撃に耐えられるよう直線的で、また、基部は衝撃を吸収できるような構造です。また、頸椎の骨も幅が広く丈夫です。

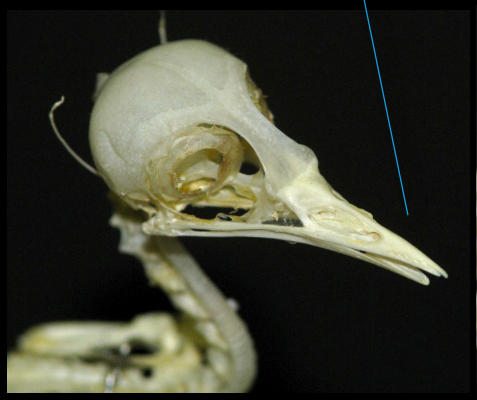
丸のみ派、つまみとり派、皮むき派？

ツバメ、ウグイス、スズメのくちばし

たねの皮をはぐくちばし

虫をつまみとるくちばし

のみ込むくちばし



ツバメ

ウグイス

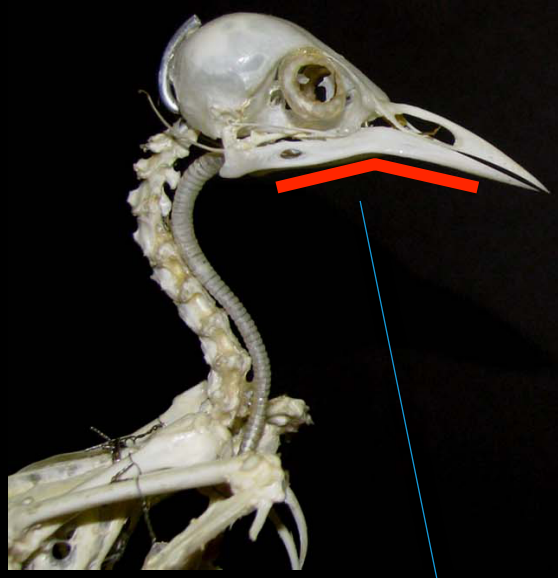
スズメ

　ツバメは空を飛びながら、飛んでいる昆虫を呑み込みます。ウグイスは葉陰の昆虫やクモをつまみとって食べます。スズメは、草のたねの皮を剥いて食べます。

　三者三様、くちばしの形は食べ方を反映しています。

こじ開けて探るムクドリのくちばし

ムクドリとツグミのくちばし比べ



下くちばしの半ばから、急に下向きにカーブしている

一般的な小鳥のくちばし。くちばしの湾曲（わんきょく）がゆるやか。

ムクドリ

ツグミ

地上で餌をとるツグミとムクドリを比べてみると、ツグミは餌を見つけてから駆け寄りつまみとるのに対して、ムクドリは歩き回りながらくちばしを地面に突き立てて開きこじ開け、中から餌をつまみ出します。

このため、ムクドリのくちばしを開く筋肉は、よく発達しています。また、下くちばしの中程から急角度で下向きに折れ曲がり、草をかき分けることに都合のよい形です。

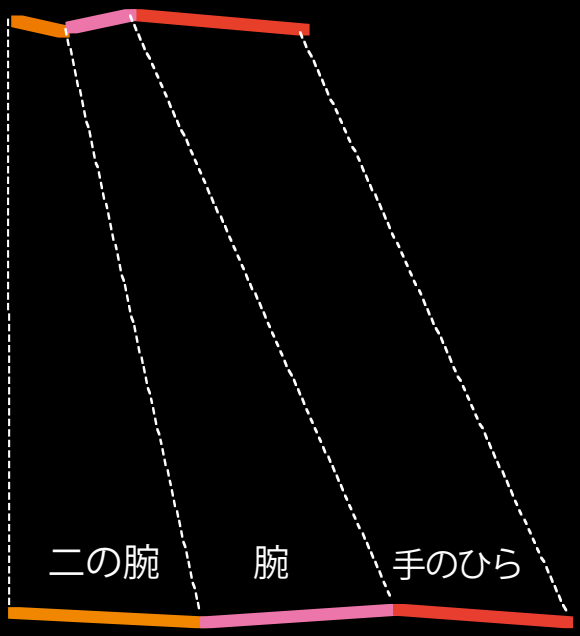
ソアリング派 vs. ホバリング派

ミズナギドリとハチドリの腕と手の長さの比率

ミドリフタオハチドリ

ブロンズインカハチドリ

オオミズナギドリ



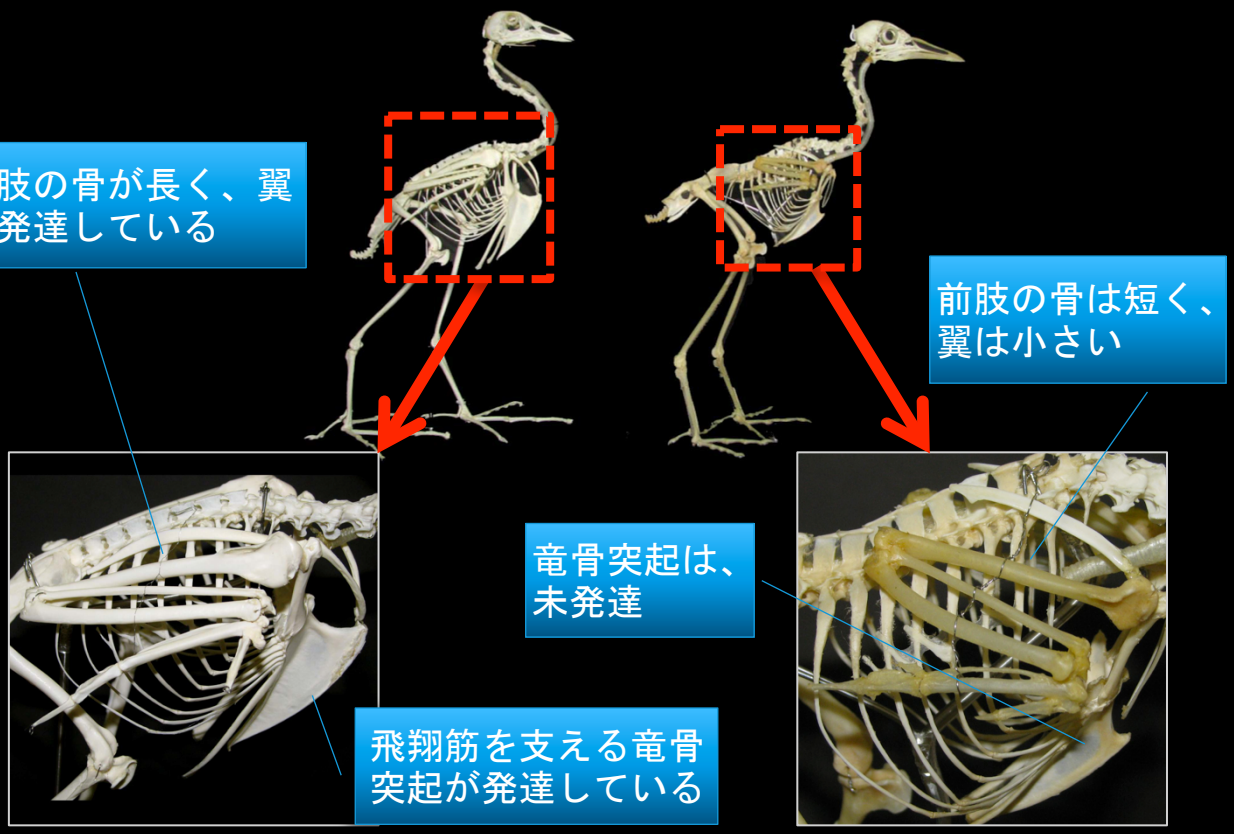
ミドリフタオハチドリとオオミズナギドリの手のひら（中手骨）の長さを同じだとすると、腕と二の腕の長さの比率がどう違うか比べてみました。

ヘリコプターのようにホバリング（停空飛翔）するハチドリでは、手のひらが長く、グライダーのようにソアリング（帆翔）するミズナギドリでは、腕と二の腕が長いことが分かります。

飛行機に例えると、手のひらがプロペラ、腕が翼の働きをしていることを考えると納得できます。

飛べる鳥と飛べない鳥のちがい

オオバンとヤンバルクイナ



オオバン

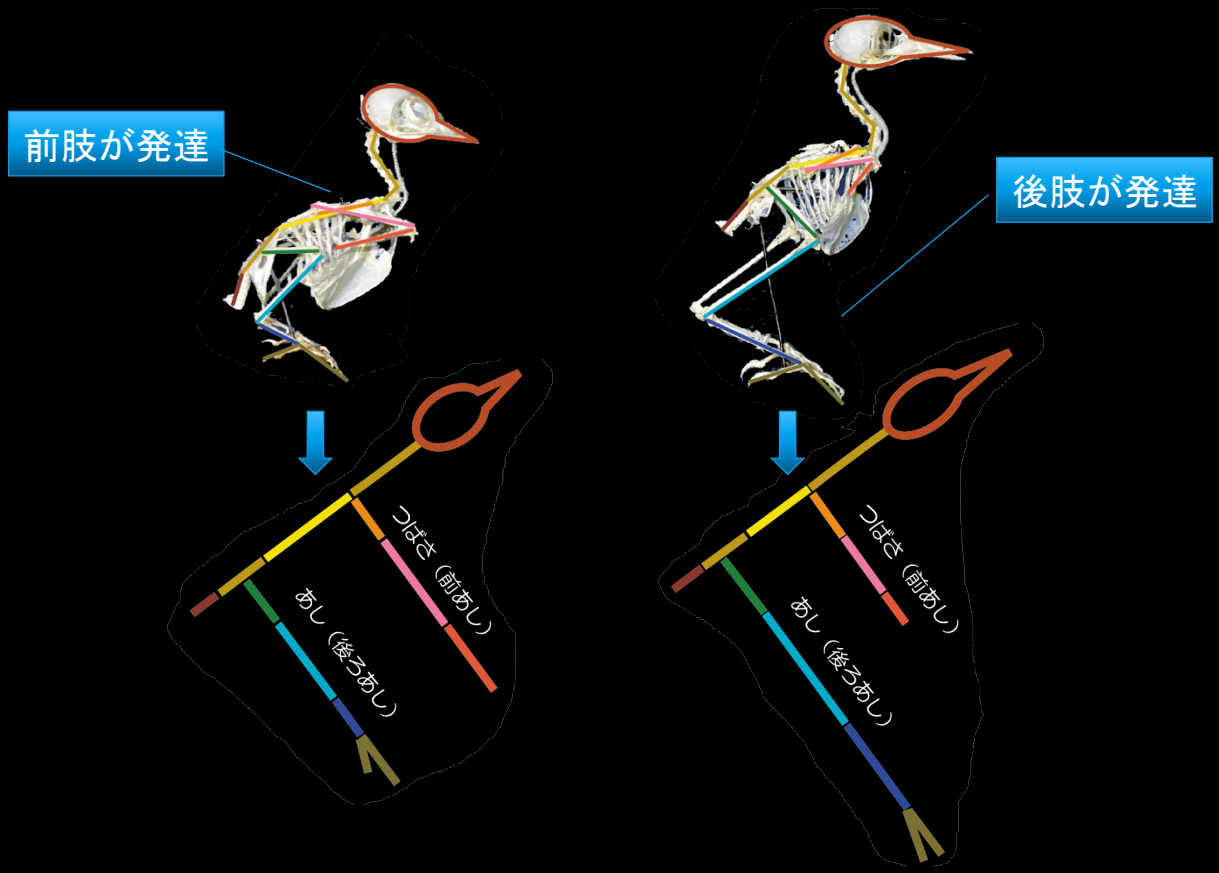
ヤンバルクイナ（提供：山階鳥類研究所）

オオバンとヤンバルクイナは同じツル目クイナ科の鳥で、体の大きさもほぼ同じです。オオバンは飛べますが、沖縄本島山原の樹林内に生息するヤンバルクイナは飛べません。

飛ぶための筋肉の支えとなる竜骨突起は、ヤンバルクイナではあまり発達していません

飛ぶ鳥 vs. 藪（やぶ）に潜む鳥

ツバメとウグイスのプロポーションを比べてみると



ツバメ

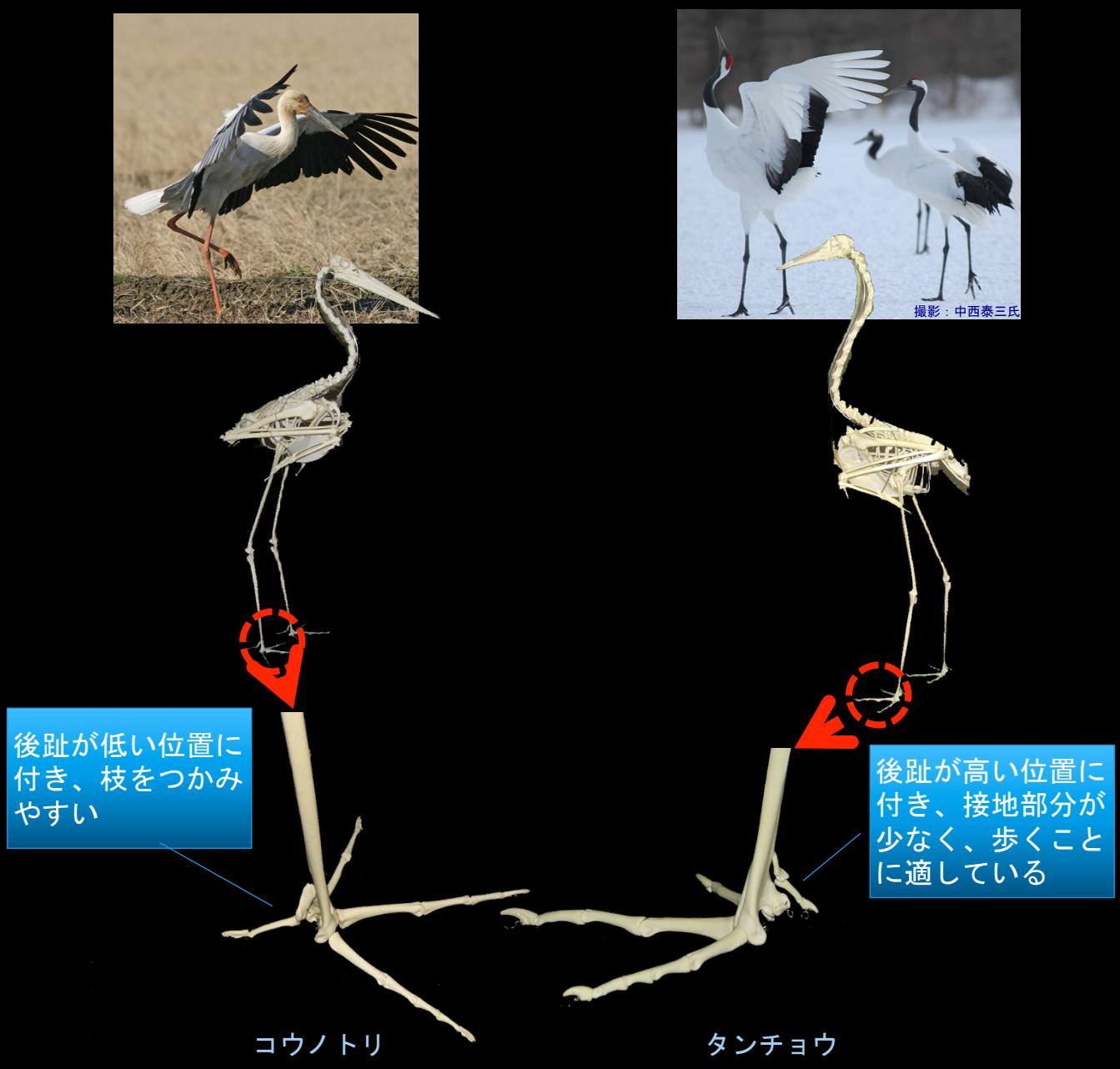
ウグイス

日中の多くの時間を空中で過ごすツバメとやぶの中で過ごすウグイスでは、大きさはほぼ同じですが、プロポーションにちがいが見られます。

ツバメは、前肢（つばさ）がよく発達していますが、後肢（あし）は短かめです。これに対して、ウグイスは、前肢はあまり長くありませんが、後肢はよく発達しています。

つかむ足、歩く足

樹上営巣のコウノトリと地上営巣のタンチョウ

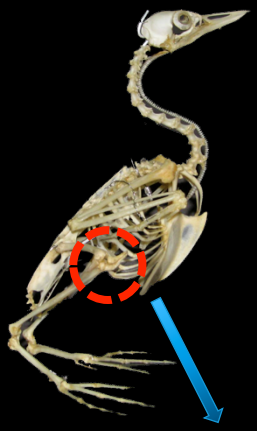


コウノトリもタンチョウもおもに水辺でくらす地上の鳥ですが、コウノトリは樹上に巣をつくります。一方タンチョウは、地上に巣を造り、樹上に止まることはありません。

このちがいが、枝をつかむための後趾の形に現れています。

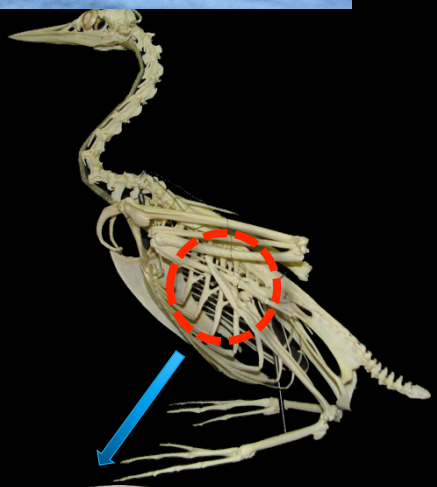
潜水仕様のあし

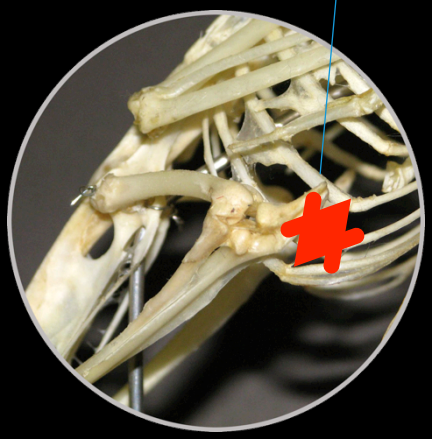
カイツブリやアビの膝の突起



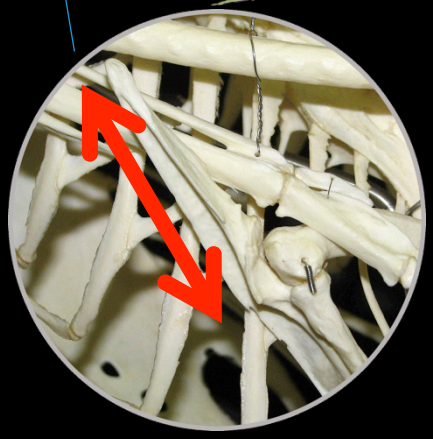
オオハムの場合は、
すねの骨が突起する
（脛骨突起）

カイツブリの場合は、
ひざの骨が突起する
（膝蓋骨突起）





カイツブリ



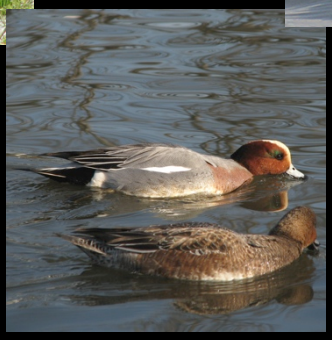
オオハム

カイツブリの仲間やアビの仲間は、足で水をかき潜水します。

水中で獲物を追いかけるためには、強力な推進力が必要です。アビやカイツブリの仲間の膝頭に見られる骨の突起は、推進力を生み出す強大な筋肉を支えるしくみです。

歩く鳥、泳ぐ鳥、潜る鳥のプロポーション

キジ、ヒドリガモ、カイツブリ、ウミガラス

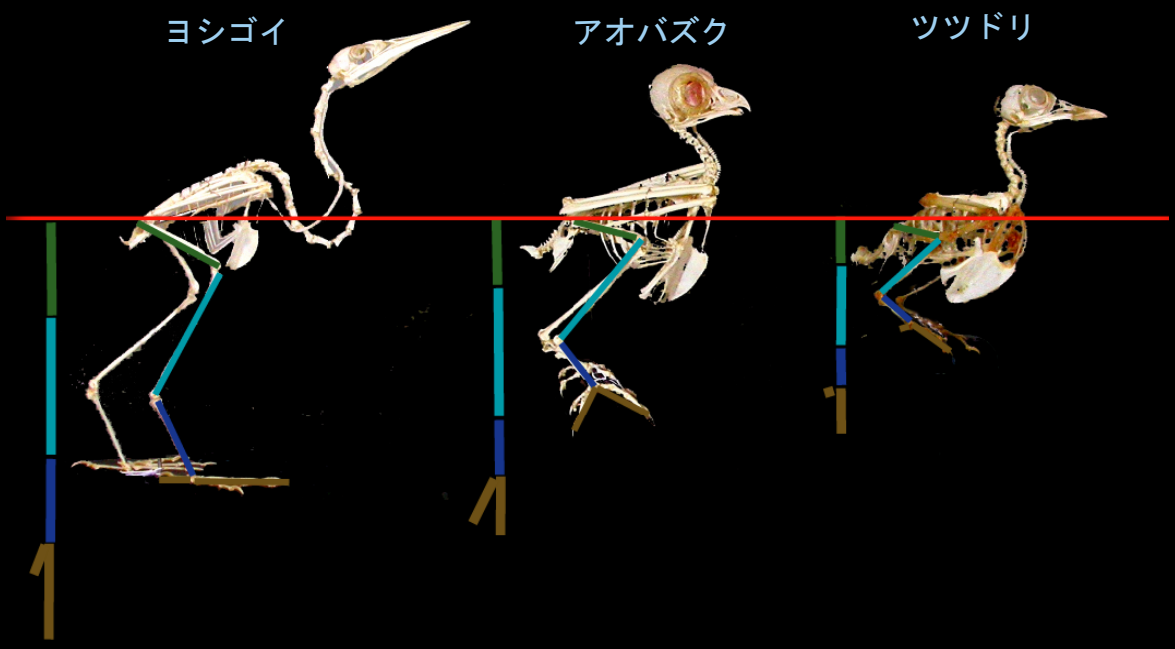


歩くのが得意なキジ、泳ぐのが得意なヒドリガモ、潜るのが得意なカイツブリ、ウミガラス、それぞれのあしの位置と立ち姿を比べてみましょう。

歩くのが得意な鳥ほど、体の重心の真下からあしがのびています。一方、潜るのが得意な鳥ほどあしの位置が後退し、加えて中足骨が短くなるため、体を起こしたペンギン型の立ち姿になります

くらしに適したあしの長さ

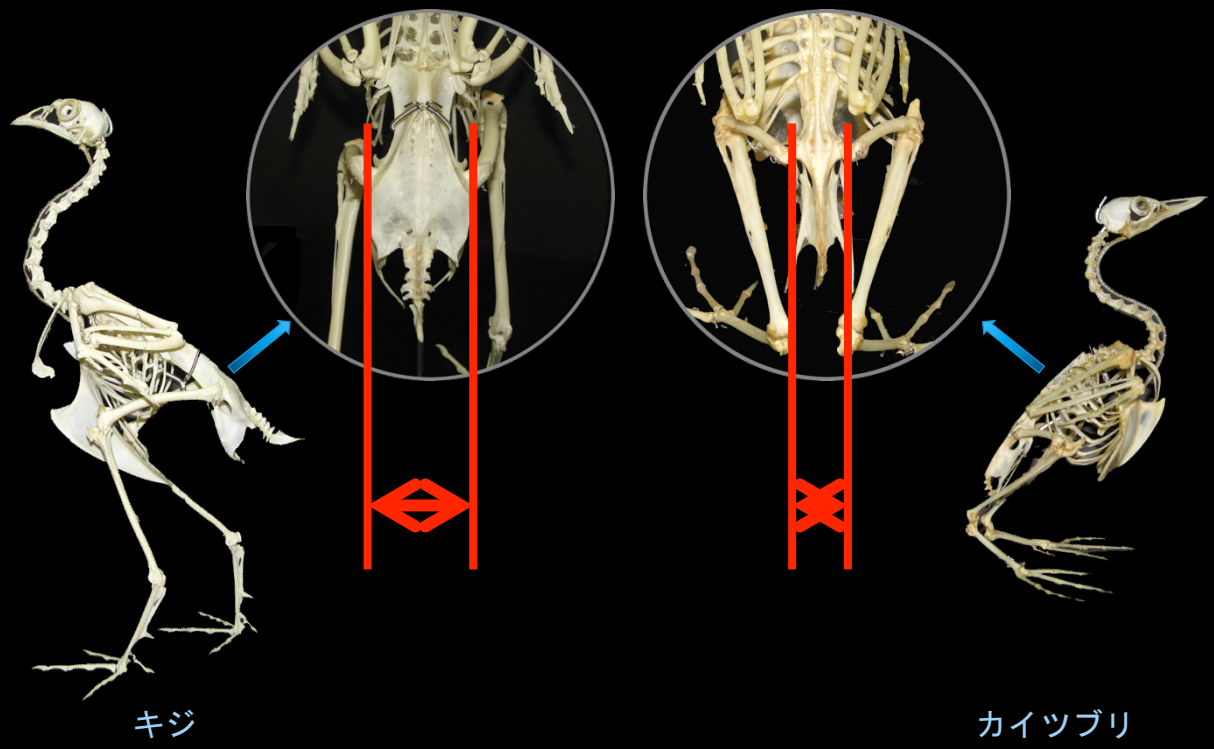
ヨシゴイ、アオバズク、ツツドリ



浅瀬やヨシ原を歩くヨシゴイ、あしを使って昆虫を捕らえるアオバズク、おもに樹上で生活するツツドリ、体の大きさは同じくらいですが、くらしのちがいが、あし長さのちがいに表れています。

ウオーキング派 vs. ダイビング派

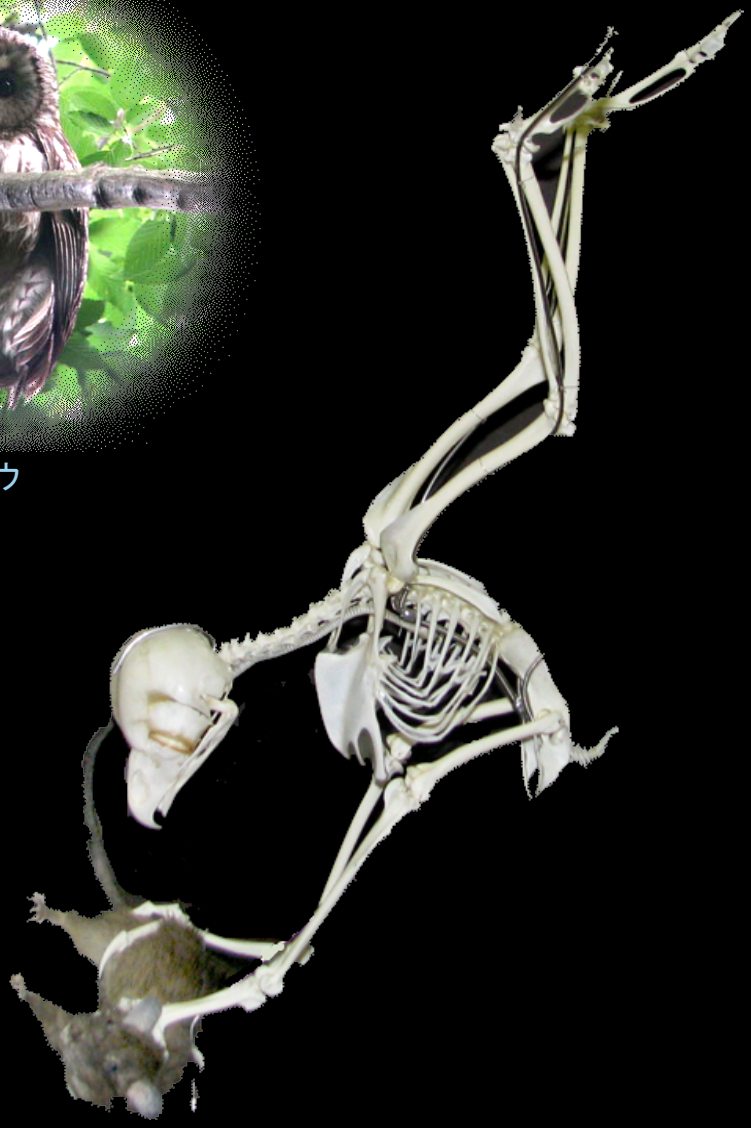
キジ、カイツブリ



キジの後ろあしは発達し、これを支える腰の幅は広く、地上を歩き回る生活に適応しています。一方、潜水して小魚を捕らえるカイツブリは、腰帯の幅はせまく、あしを柔軟に大きく開くことができる構造です。

羽毛に隠れた長いあし

フクロウ



　フクロウは、夜間活動し、おもにネズミを捕らえて食べます。

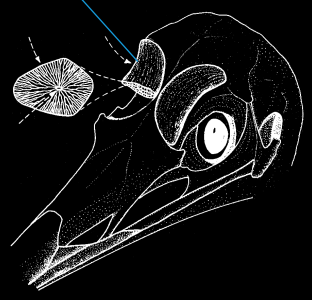
　樹上で獲物の動きや物音を探り、気配を感知すると飛びかかり、するどい爪をたてて押さえます。

　この時、羽毛の中に隠れていたあしが前方に繰り出され、確実に獲物を捕らえることができます。

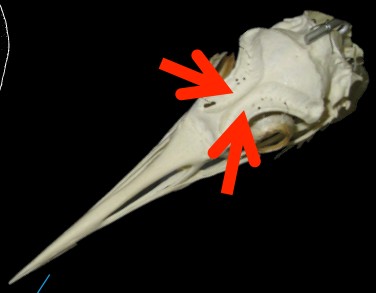
目の上のくぼみの謎

塩分を濾過するしくみ

ここに塩腺が
収まっている

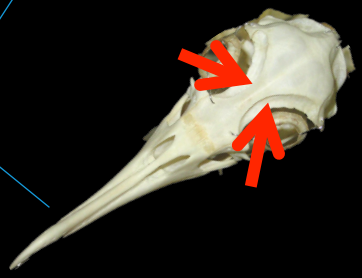


Shumidt-Nielsen 1955より



シロエリオオハム

塩腺を持つ海鳥



オオミズナギドリ

塩腺を持たない
淡水ガモ

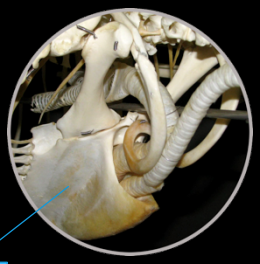
ヒドリガモ

　海上をおもな生活場所とする鳥たちは、海水（塩水）を真水に変える濾過装置（塩腺）を持っています。

　この装置は、眼球の収まる眼窩（がんか）の上部に沿った骨のくぼみに、収まっています。

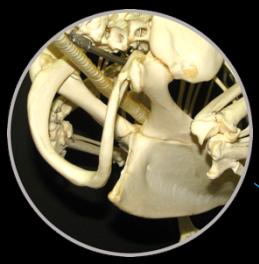
声の大きな鳥と小さな鳥の胸骨

オオハクチョウとコブハクチョウの胸骨を比べる



オオハクチョウ

気管が胸骨の中に
入り込んでいる



コブハクチョウ

気管が胸骨の中に
入り込んでいない

　オオハクチョウやコハクチョウは、遠くからでも聞こえる大きな声で鳴き交わします。トランペットやホルンのように、長く巻いた気管が声を共鳴させるからです。気管は、胸骨の中にコンパクトに収められています。一方、英名でMute Swan（沈黙のハクチョウ）と呼ばれ、ほとんど鳴くことのないコブハクチョウの胸骨にはこのしくみはありません。

スリムでなくちゃ生きて行けない

ヨシ原の中にすむバンと水際にすむオオバン

バンの体は左右に扁平なので、茎の込み入ったヨシ群落の中を、スムーズに歩くことができます。

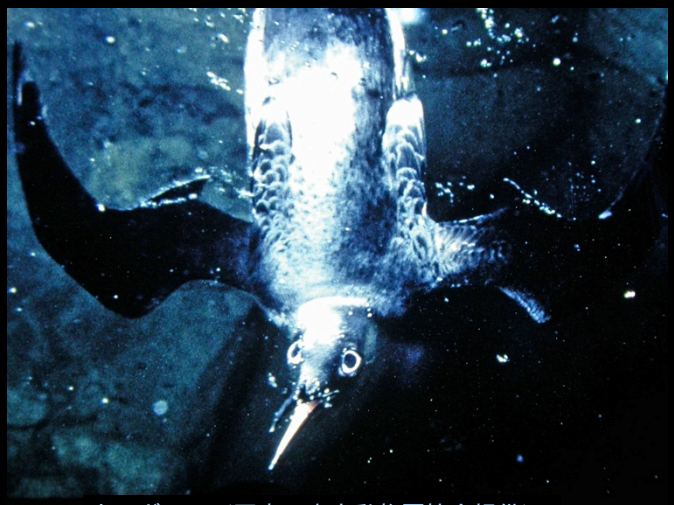
バンに比べるとやや幅広の体形です。

　バンとオオバンは、同じクイナ科に属し、どちらも手賀沼で見ることができます。

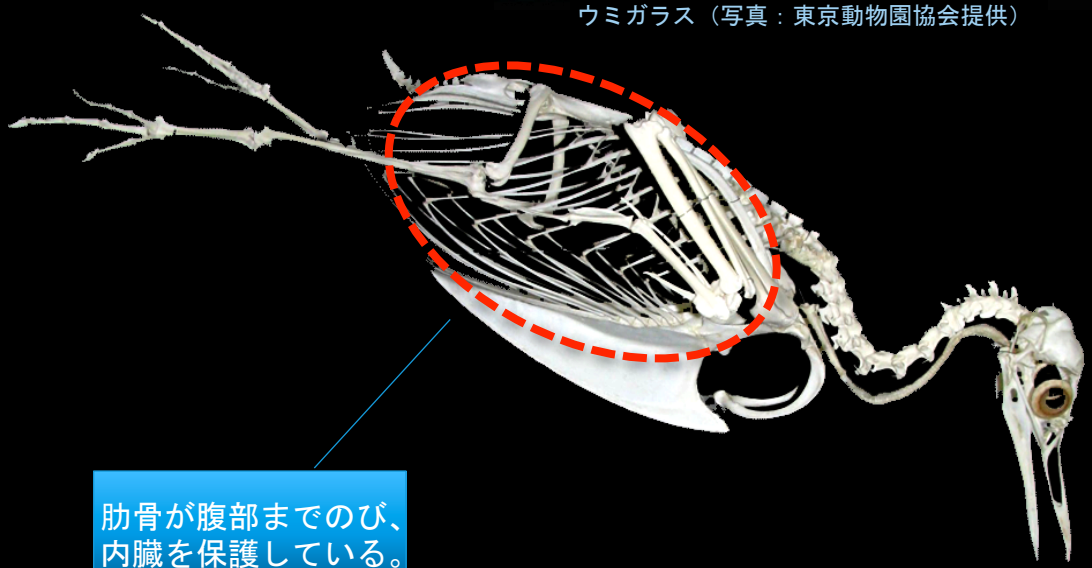
　バンはおもにヨシ原の中で生活するため、込み入ったヨシの間をすり抜けるのに適したスリムな体型です。一方、オオバンは、泳ぎが得意で、広い水面に姿をあらわします。安定して水面に浮くことができるようにカモのような幅広の体型です。

潜水仕様の骨組み

水圧に耐えるウミガラスの骨組み



ウミガラス（写真：東京動物園協会提供）



　ウミガラスは、翼を使って水中に潜り、魚を捕らえて食べます。潜水深度は時に100mを越えることが知られています。1㎠あたり、10kg重の水圧に耐えることができる体の構造が必要です。

　このため、肋骨が体の後方まで伸び覆っている上、肋骨の鉤状突起（かぎじょうとっき）も発達し、丈夫なカゴ型の構造をつくり、水圧から内蔵を守っています。

とりはく人気骨格展示

静から動へ、一瞬のモード切り替えーハシビロコウー

獲物の魚をがっちりと押さえる強大なくちばし。学名の*Balaeniceps rex*は、クジラ頭の王様を意味します。英名のShoebillは、くちばしをオランダの木靴をイメージした名前です。

長い指が体重を分散するので、湿地の草の上を歩いても、体が沈み込みません。

大きな魚を一瞬で丸呑み
（撮影：千葉市動物公園）

ハシビロコウは、南アフリカのパピルスの生える湿地に生息し、水中にすむ肺魚が呼吸のために水面に顔を出す一瞬を待ち、大きなくちばしで捕らえて食べます。

肺魚が現れるまで、気配を消して、何時間もじっと待ち続けます。静から動へ、一瞬でモードを切り替えることのできる骨組みです。

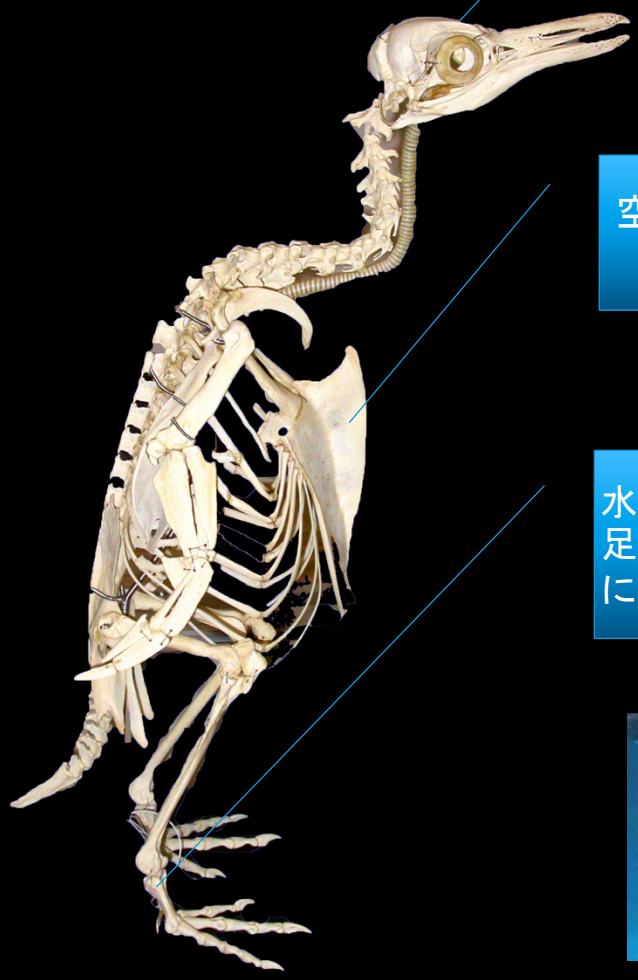
とりはく人気骨格標本

ペンギンは水中を飛ぶ鳥

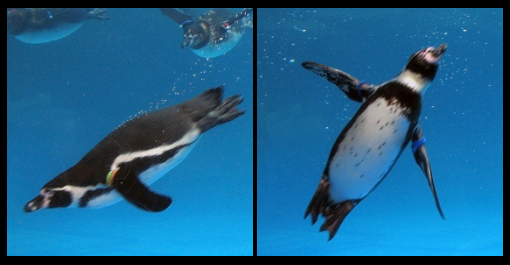
海水から塩分をこしとることのできる塩線が発達

空飛ぶ鳥と同じように、はばたく筋肉を支える竜骨突起が発達

水中での抵抗を少なくするため中足骨は短い。バランスをとるために、体を起こした姿勢で立つ。



イワトビペンギン



フンボルトペンギン（写真：大洗水族館）

ペンギンは「飛べない鳥」というよりは、「水中を飛ぶ鳥」と言った方が正確です。空を飛ぶ鳥と同じように、水中でつばさをはばたき前進します。

水中では、浮力と水の抵抗に対応するため、つばさの骨は、重く、また魚のヒレのように扁平です。

とりはく人気骨格標本

エミュー（撮影：かみね動物園）

　エミューは、オーストラリアにすむ走鳥類です。走鳥類というのは、ダチョウのように、空を飛べず、地上を歩き回ることに適応した鳥たちです。飛ぶ必要が無いため、重量から開放され、体は重く大きくなりました。

　胸には、飛行のための筋肉を支える竜骨突起が無く、平胸類（へいきょうるい）とも呼ばれています。

　腰の骨には、あしを動かす強力な筋肉を収める大きなくぼみがあります。

Ⅳ　ボーン・ツリー

Ⅴ　骨格駆動系のシンプルモデル
（嘴開閉の骨組み、翼開閉、跗蹠の上げ下げ）

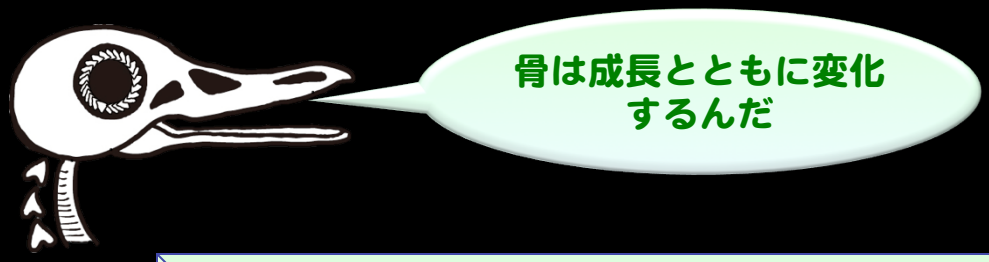
Ⅵ　骨からのプロファイリング

〇骨端が語る幼鳥・成鳥

〇頭骨が語る幼鳥・成鳥

〇骨が語る過去の事故歴

〇骨は最後の語り部･･･



骨端が語る「幼鳥」と「成鳥」

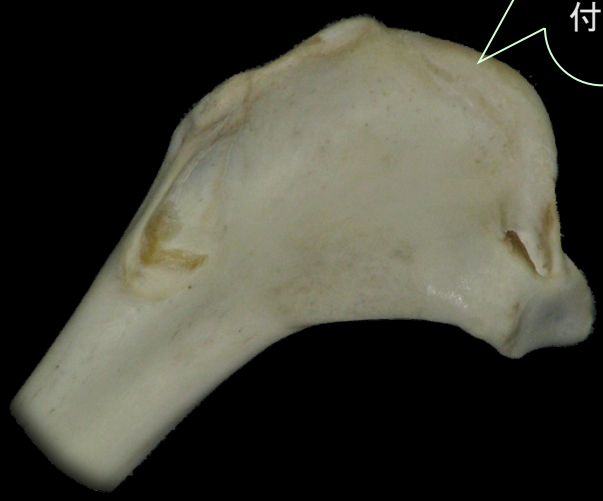
ニワトリ幼鳥右上腕骨近位端腹面

骨の端まで骨化が進んでいないため、骨格標本にすると、骨端表面が、朽ちた木片のようにざらざらとしています。

骨端の形も、凹凸が不明瞭で、未分化な状態のままです。

骨の端まで骨化がみ、スムーズな表面となっています。

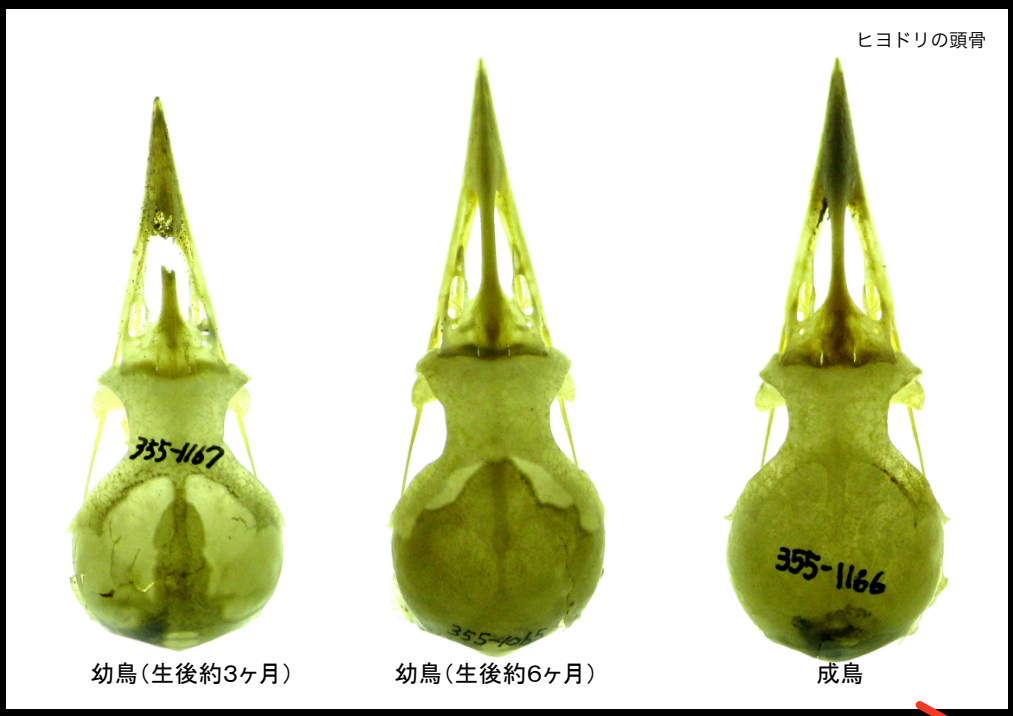
また、形態の形成も進み、関節や筋肉の付着部位の凹凸が明瞭です。



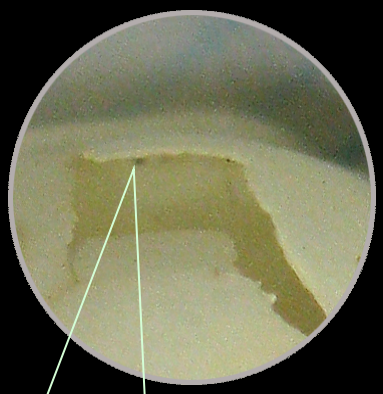
ハイイロミズナギドリ成鳥右上腕骨近位端腹面

頭骨の含気化で鳥の
年齢が分かるんだ

頭骨が語る「幼鳥」と「成鳥」



成長に伴い頭骨の含気化が進みます

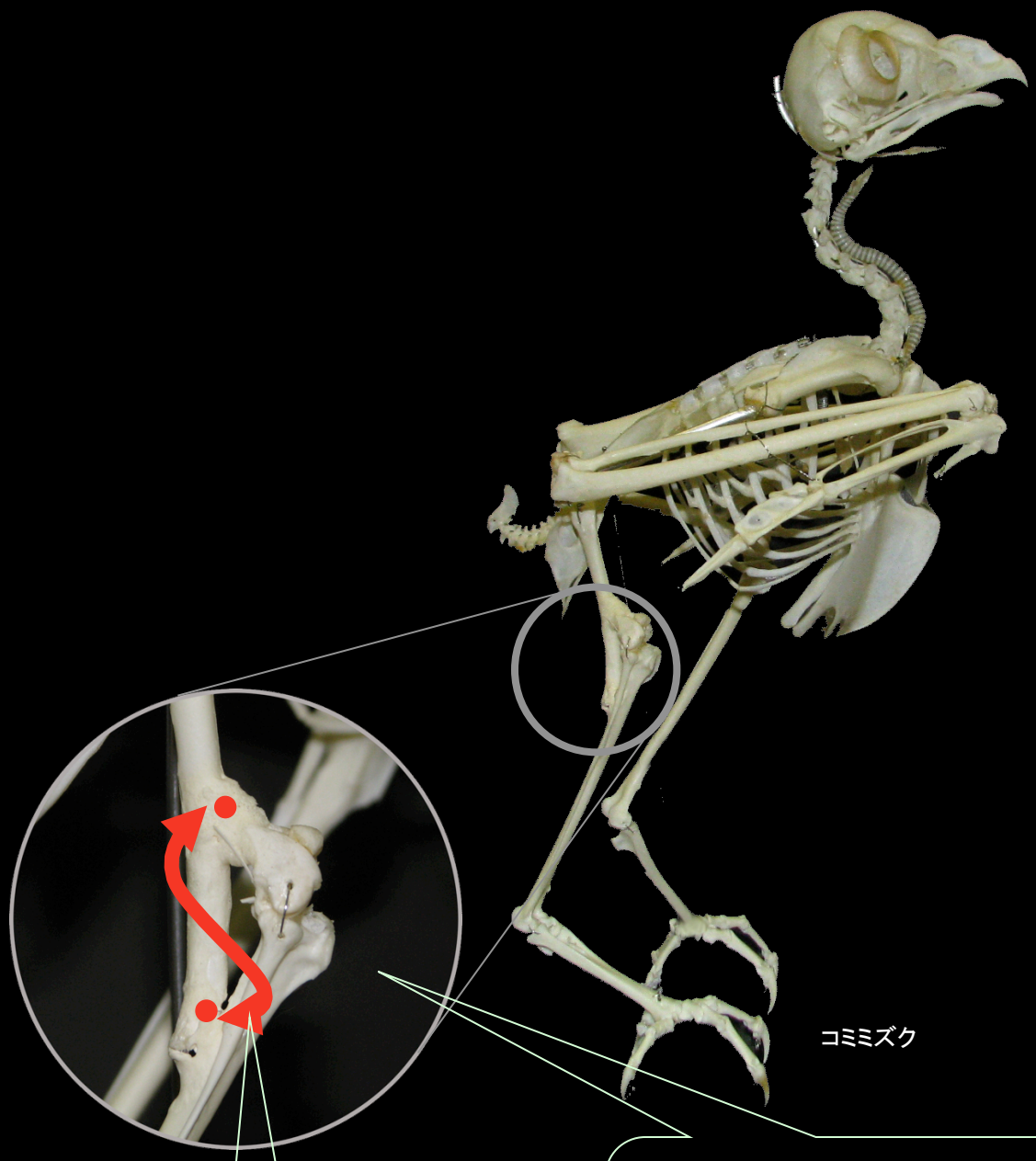


幼鳥の時には、頭蓋の含気化が未発達で、一層構造。外見上、透明で内部が透けて見えます。

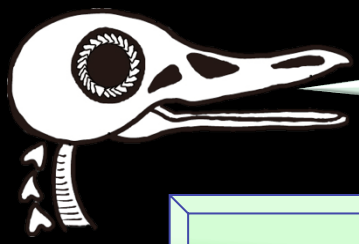
成長するにつれ、頭蓋が二層に分かれ、間に空気の層が発達します（含気化）。外見上、白濁します。

**鳥の骨の修復力は
すごい！**

骨が語る過去の事故歴



過去に、左の大腿骨が骨折し、破損した骨端が脛骨に癒合して治癒した状態が見られます。



化石として残るのも
多くは、骨だよね

骨は最後の語り部

一羽のハシボソミズナギドリが、渡りの途中、息絶えて、海岸に打ち上げられました。

やがて肉は腐り、波に洗われ、最後に骨が残ります。

「どんな鳥がそこで死に絶えたのか？」最後に語ることができるのは、残された骨だけです。

ハイイロミズナギドリ（左）とハシボソミズナギドリ（右）の胸骨

【共催】

我孫子市鳥の博物館

公益財団法人山階鳥類研究所

【後援】

文部科学省科学研究費補助金生物規範工学

【協力】

千葉大学大学院工学研究科劉浩研究室

鳥の博物館友の会

東京動物園協会

（以上、団体）

小笠原征紀

川上　貢

中澤成二

中野久夫

中西榮子

中西泰三

西巻　実

吉田　隆行

（以上、個人。敬称略、五十音順）

＊企画展開催にあたっては、科学研究費補助金特定奨励費、科学研究費補助金新学術領域研究生物規範工学（バイオミメティクス）の一部支援を受けています。

ハチドリ型ロボットの研究紹介
ーハチドリから着想を得た小型飛行ロボットー

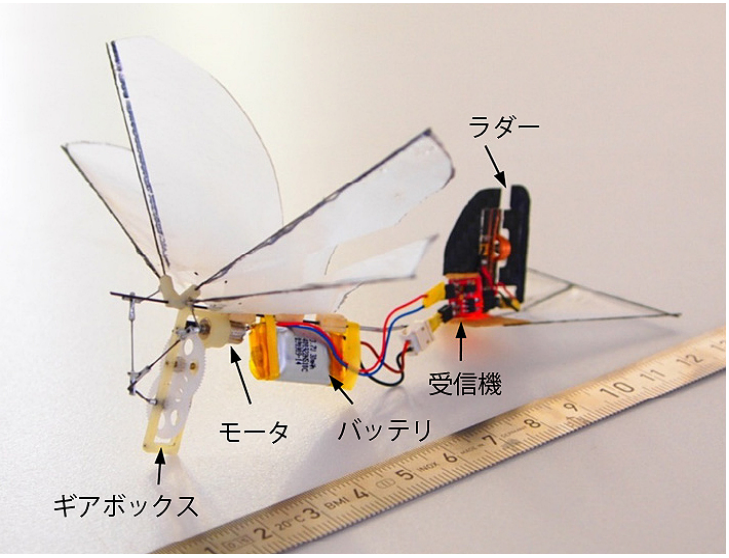
生物の形や機能を模倣することをバイオミメティクスといいますが、こうした研究から、近年、夢のような素材や機械が開発されています。

その一つ、千葉大学大学院工学研究科劉浩研究室のチームが作製した、ハチドリ型飛行ロボットを紹介します。

このハチドリ型飛行ロボットは、昆虫やハチドリの飛行に着想を得て作られたもので、翼長6cm、4枚羽、重量3g、1秒間に20回羽ばたき、上下左右自在に飛び回ります。

動力は、超小型モーターと充電池、翼は、カーボン骨組みにポロエチレン・フィルムが張られたものです。

この飛行ロボットの飛行特性を、スーパーコンピューターや風洞を使って実験した結果から、柔軟な構造の翼の羽ばたきにより、翼の前縁に生ずる渦流が飛行のための大きな力を生み出していることが分かってきました。



羽ばたき機
千葉大学劉研究室で製作されたはばだき機の写真