

鳥の飛行（その1 体のつくりと翼と羽）

松浦 俊博

「この大空に翼^{つばさ}を広げ飛んで行きたいよ」。学校唱歌にもなった『翼をください』の一節である。誰もが本能的に「鳥のように飛びたい」と何度も思ったことだろう。飛行機は、人間が鳥の飛行をまねることにより獲得した技術だが、鳥の多彩な空気力利用のほんの一部しかまね出来ず、高速飛行の要素以外は置き去りにしたようにみえる。もう一度、鳥を観察してみたいと思った。

人間が手足を操るのと同様に、鳥は翼を自在に操って飛ぶ。代表的な飛行スタイルは3つほどあり、それらを組み合わせて状況にあった飛び方をしている。つまり（1）羽ばたきにより上昇や前進を行う、（2）翼を広げて滑空し高度や速度が落ちないように時折羽ばたく、（3）上昇気流を捉えて高所に上昇する。太陽熱による上昇気流のほかに山や海上の波や船にぶつかり上昇する風も利用する。一方、離陸や着地での羽ばたきや尾羽の使いかたは通常の飛行とは異なるし、旋回のように翼の非対称な動かし方も独特である。

「飛び」に話を進める前に、飛行のために徹底的に軽量化された体の構造に注目する。身近な鳥の標準体重は、スズメ 15g、ドバト 250g、ハシボソカラス 550g、ユリカモメ 260g、マガン 1.7kg、タンチョウ 7.5kg など、大きく見えても軽い。骨は中空で内側はスポンジ状になっている。筋肉は体の中央部に集中し特に羽ばたきに使う胸の筋肉が大きい。中央から離れた部分は筋肉ではなく筋で動かすので軽い。これは飛行中に翼を動かしても重心位置があまり変わらないことを意味する。正に、飛ぶための体のつくりである。

消化器は短く消化は素早いし水分は少量しか採らない。膀胱はなく、タンパク質置換で発生する窒素廃棄物は尿酸の白い結晶として排泄する。呼吸器は吸った空気を後部気囊^{きのう}から肺に送り酸素を取り込み、二酸化炭素を前部気囊から排気する交換効率の良いコンパクトなシステムである。そのため、空気の薄いヒマラヤを越えて飛ぶこともできる。また、軽くちばして飲食だけでなく人間が手を使う作業を行う。

鳥の目は頭部の側面にあるため前方より横方向がよく見える。視野は水平方向に 360°あり後方も見えている。猛禽類などの鳥は両眼視ができて対象までの距離を把握できる。両眼視ができない鳥は、補正するため頭を素早く動かして、片目で2つの角度から対象を見ることにより距離を把握する。網膜にある光受容体の密度は人間の 10 倍近くあり、高

い解像能力を有する。さらに色覚として近紫外光も識別でき、人間より色彩豊かな世界で暮らしている。

「飛び」にかかわる翼の構造は人間の腕と類似しており、人間の上腕、^{ぜんわん}前腕、手に相当する部分にそれぞれ上腕骨、^{しゃつこつ}尺骨、^{しょうこつ}掌骨がある。これらは関節で連結しており、3段式折り畳み傘のように、翼を広げたり畳んだりできる。前腕と手の骨に、飛行に必要な風切り羽の根元が結合している。手の部分は^{がいよく}外翼と呼び、11枚前後の初列風切り羽が結合する。この部分で揚力と共に前進するための推力を発生する。前腕の部分は^{ないよく}内翼と呼び、次列風切り羽が結合する。羽の枚数は6～37枚と鳥により異なるが、この部分で揚力を発生する。

さらに、手の前部に第1指があり^{しょうよくう}小翼羽が結合している。この部分は低速飛行時の揚力確保のため、翼の迎え角を大きくしても失速しないように、翼入口の流れをガイドする。旅客機の^{しゅよく}主翼入口に取り付けられたスラットに対応する。

このほかに、風切り羽の付け根付近の隙間を埋めて、空気が流れる表面を滑らかな形状にする^{あまおおい}雨覆と呼ばれる羽がある。12枚ある^{おばね}尾羽は尾骨に結合しており、全開するとほぼ三角形になる。尾部の筋肉と腱により開閉と上下の動きができる。旅客機の^{びよく}尾翼の働きをすべてカバーし、始終微妙に動いて姿勢制御する。

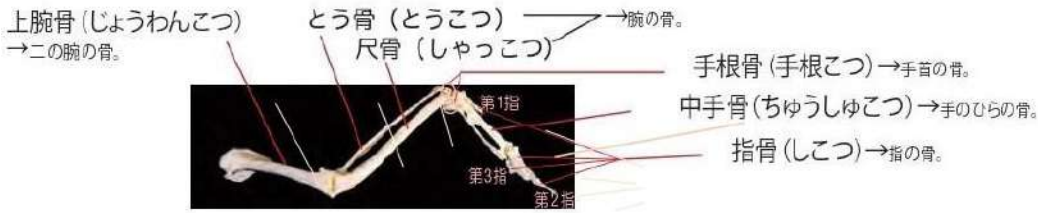
「飛び」に使う羽は^{うじく}羽軸のある「^{せいう}正羽 (feather)」である。羽軸のないふわふわした^{めんう}「綿羽 (down)」は保温や皮膚の保護や防水の役割があり軽量化に寄与する。「赤い羽募金」で身近な羽は鶏の正羽で、羽軸の片側に^{がいべん}外弁が、反対側に^{ないべん}内弁がある。風切り羽はもっと固く、根元から先端に向かって反っているため、羽を折りたたむと輪郭がまとまる。初列風切り羽の重要な特徴は、羽ばたきを可能にする非対称形状である。外弁の幅が著しく狭く、内弁の幅が広いので、外翼を打ち上げる時に内弁が開いて隣の羽との間に大きな隙間ができ、風が素通りして抵抗を受けない。

鳥の翼の形は生活様式に合わせていくつかのタイプがある。アホウドリの細長い先端が尖った形状は強風時の高速飛行に適している。ライチョウの短くて丸い翼は素早く飛び立てて小回りが利く。ハヤブサの細くて先端が尖った翼は開けた場所での高速飛行向きである。ノスリの先端が分かれた^{れつよく}裂翼は揚力と滑空性能を高める。

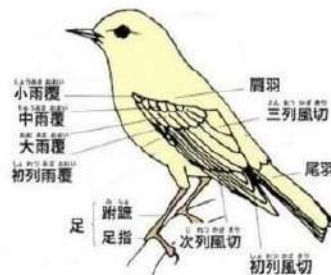
「その2」からは、いよいよ「飛び」の話になる。

1. 翼の構造 (ハシブトガラス)

出典: 我孫子市鳥の博物館、展示解説集、平成27年



翼を折りたたんだ姿



出典
 写真: <http://spilonotus.blog92.fc2.com/blog-date-202107.html> YUの探鳥日記
 図: <https://global.canon/ja/environment/bird-branch/bird-column/kids2/index.html>

2. 風切り羽の形状の特徴

出典:SKG 羽のバックヤード、野鳥の羽専門 Web サイト

<https://skgfeather.com/1ststep-2/>

(1) 初列風切りと次列風切りの下面写真(左翼の裏面、左側が外弁側)



1. 羽軸は羽の裏面側にでっぱり表面側はスムーズな形状
外弁側に凸に反る形状
2. 羽弁は表面側に凸、裏面側に凹形状
3. 初列風切り羽では外弁側の幅が狭く内弁側が広い。次列風切り羽では幅はほぼ同じ

(2) 初列風切りと次列風切りの側面写真(左翼、外弁側から見る)



左図は左翼

表面(上面)

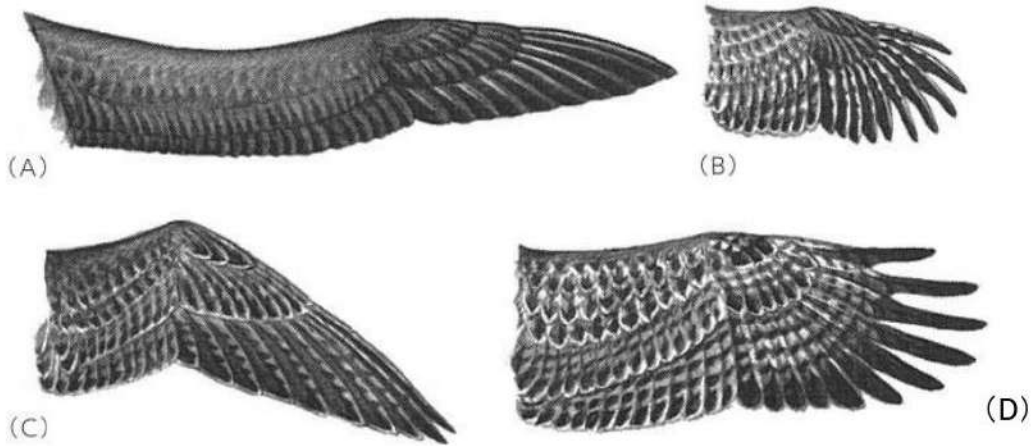


裏面(下面)

1. 振れは左翼では羽の根元から先端に向かって反時計周りに、右翼では逆方向に振れる
2. 反りは左右翼ともに根元から先端に向けて上に凸形状

3. 翼の形

出典: 鳥類学 Gill, F.B



- (A) アホウドリの細長い先端が尖った形状は強風時の高速飛行に適している
- (B) ライチョウの短くて丸い翼は素早く飛び立て、小回りが利く
- (C) ハヤブサの細くて先端が尖った形状は開けた場所での高速飛行に適している
- (D) ノスリの先端が分かれた裂翼は揚力と滑空性能を高めている



(A)アホウドリ

(C)ハヤブサ



(D)ノスリ



(B)ライチョウ



鳥の写真出典

<http://silonotus.blog92.fc2.com/blog-date-202107.html> YUの探鳥日記

<http://www.yamashina.or.jp/hp/yomimono/albatross/01donnatori.html>

<https://satow719.exblog.jp/11183824/>