



第73回企画展

# 飛んでる鳥展

～飛翔型標本コレクション～

平成27年9月12日(土)～12月6日(日)



## はじめに

洋上を1年間で8万キロ以上飛行するアホウドリ、アラスカから1万キロ離れたニューカレドニアまで1週間ノンストップで飛び続けるオソリハシシギ、鳥の飛行能力は人の想像力をはるかに越えています。

こうした飛行を可能にしているのが、軽くて強靱、そしてしなやかな翼です。

そんな翼のつくりをじっくり見ていただこうと、当館で収蔵する約150点の飛翔型の剥製標本を一堂に展示しました。また、合わせて、翼の構造や飛ぶしくみについても紹介しました。

海洋を高速で飛ぶ鳥、樹林の中を巧みに飛ぶ鳥、それぞれのくらしに合わせて飛び方も異なり、翼の形もさまざまです。

長い翼、短い翼、先の尖った翼、先の分かれた翼など、翼の形の多様さをご覧になりながら、それぞれに適した飛び方やくらしについて、イメージしてみてください。

飛んでる鳥のしくみ

ーじばせのしくみそのしくみー

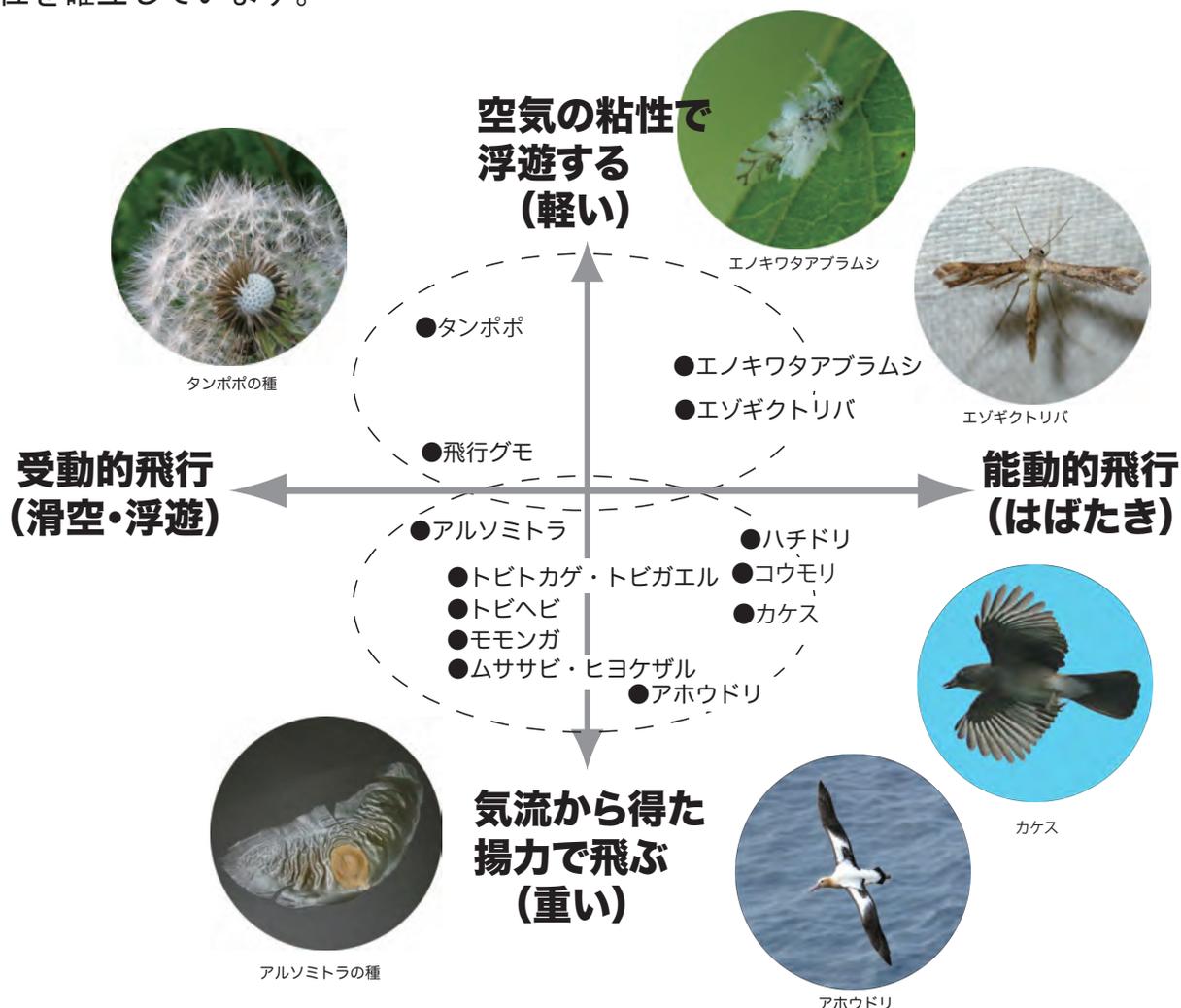
# 鳥は翼（つばさ）で空を飛ぶ

生物は、いろいろな方法で空を飛んでいます。風にまかせて浮遊するタンポポの種から、自力で羽ばたき長距離を移動する渡り鳥までさまざまです。

体重の軽い生物にとって、空気は抵抗が大きく、まるで水のように粘性を持つ物質に感じられることでしょう。どんな形であれ、空気と接する面積を大きくすることができれば浮き上がることができますが行き先は風まかせです（受動的飛行）。

一方、体重が一定の重さを超えると、空気の粘性が落下速度をおさえきれなくなるため、翼を使って揚力を得なければいけません。また、飛び続けるためには、空中で推進力を出し続けなければいけません。工夫次第でどんな場所にも飛んで行けます（能動的飛行）。

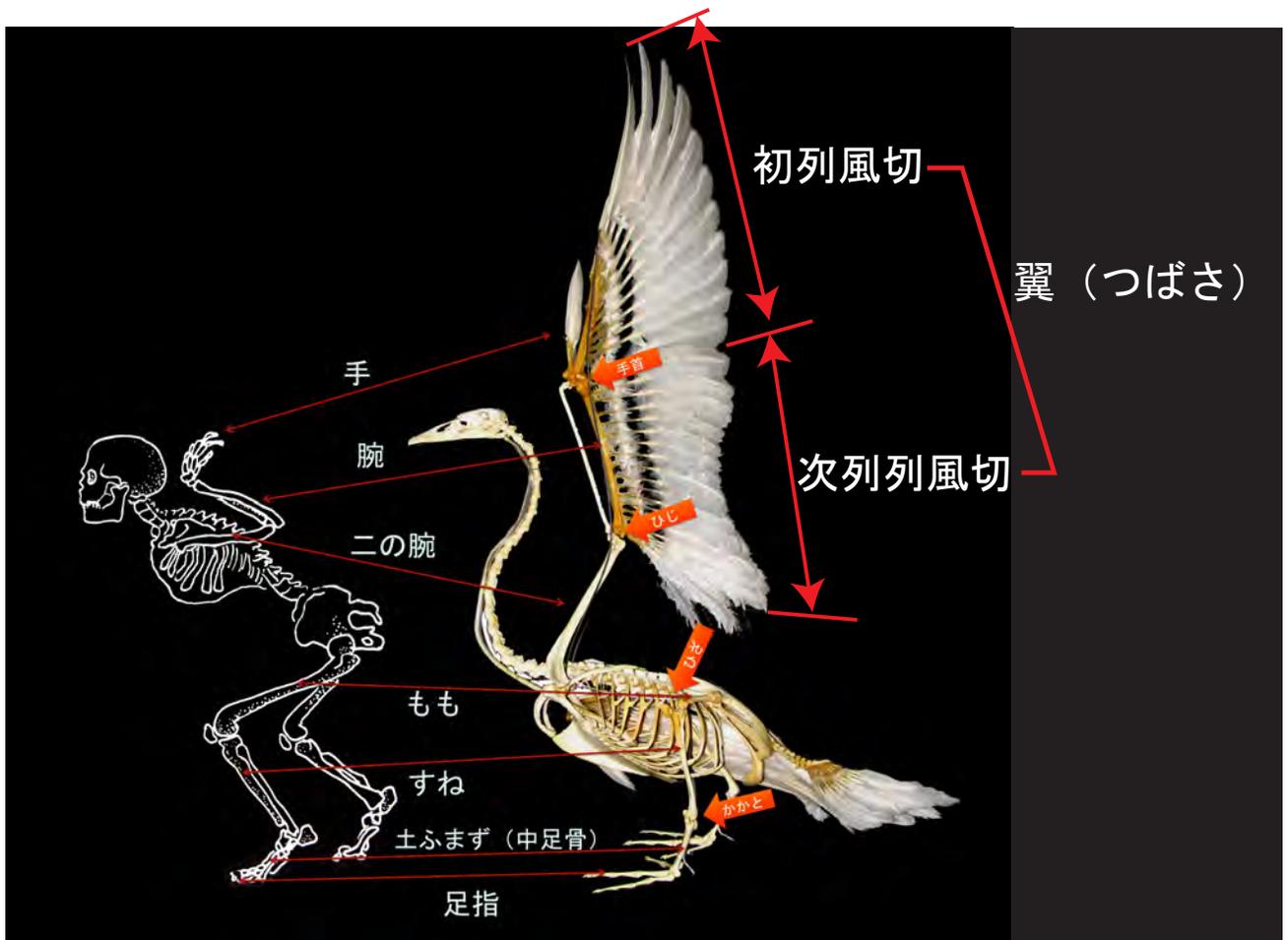
鳥は、翼を使って空を飛びます。そして、現在、最も飛行に適応した生物の地位を確立しています。



# 鳥の翼のつくり

鳥の翼は、すぐれた飛行道具です。翼の基本的な骨組みは、人の前肢と同じ骨組みです。これに羽毛という軽く丈夫な素材を配置して出来上がっています。羽毛は、軽くて丈夫なだけでなく、よごれにくい上にしなやかで破壊にも強く、しかも定期的な換羽によって更新されます。

飛ぶために重要な翼の羽毛は、手首から先の手の骨につく初列風切（しよれつかざきり）、ひじから手首までの腕の骨につく次列風切（じれつかざきり）で構成されています。



# 翼で飛ぶしくみ

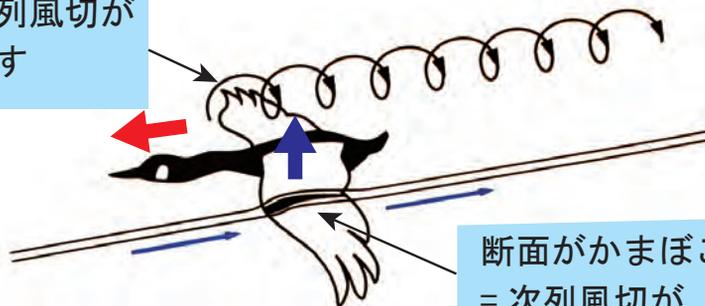
飛ぶためには、重力に逆らって、体を持ち上げる力＝揚力が必要です。鳥は、翼を使って揚力を生みだします。

この原理は、鳥も飛行機も同じです。

翼の断面は上方に凸型に弧を描き、かまぼこ型に湾曲しています。この翼に前方から風を当てると、上面の圧力が下面より低くなるため、浮き上がります。これが揚力です。そして、翼に風を当てるために必要なのが、推進力です。

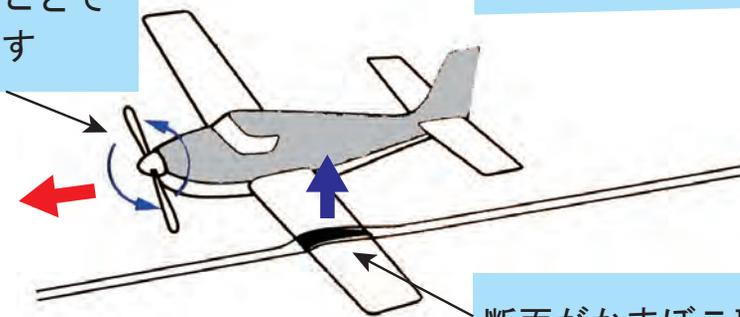
推進力を得るしくみは、飛行機では、プロペラやジェットエンジンです。鳥は揚力を得る翼の一部が推進力を生む装置を兼用しています。鳥の翼の手に当たる部分＝初列風切が、羽ばたくことによって推進力を生みだします。

羽ばたくことで、初列風切が  
**推進力**を生みだします



断面がかまぼこ形の翼の部分  
＝次列風切が、風を受けること  
で揚力を生みだします

プロペラが回転することで  
**推進力**を生みだします



断面がかまぼこ形の翼が風を受  
けることで揚力を生みだします

# 鳥の飛び方いろいろ

鳥はいろいろな飛び方をします。翼を上下させる羽ばたき飛行、翼を広げたまま気流に乗る滑空、状況に応じてこれらを組み合わせ、たくみに飛行します。

大海原を高速で飛び回るアホウドリ、上昇気流をとらえて最高点に達しては滑空飛行することを繰り返して目的地に向かうサシバ、力強いはばたきで長距離を一気に渡るマガン、ある時はヘリコプターのようにホバリングしてツバキの花の蜜を吸い、ある時にはダイナミックな放物線を描いて跳躍飛行をするヒヨドリなど、鳥の飛行はそれぞれのくらしに合わせてさまざまです。同時に翼の形も、飛行に合わせてさまざまです。



アホウドリ  
撮影：佐藤文男



トビ  
撮影：小笠原健紀



マガン



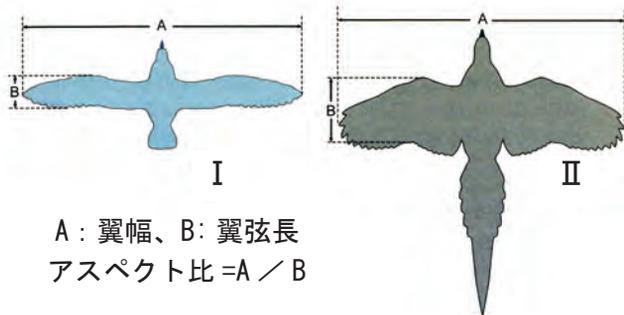
ヒヨドリ  
撮影：小笠原健紀

# 飛行性能を決めるつばさの形

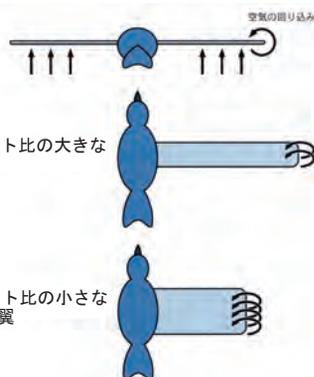
翼の形には、鳥の飛行性能を決める二つの大きな要素が含まれています。一つ目はアスペクト比、二つ目は翼の先端の形です。

アスペクト比というのは、翼幅を翼弦長で割った値で、大きいほどグライダーのような細長い翼です。アスペクト比が大きいと、一定の高さから滑空させた場合、より遠くまで飛ぶ高性能の翼になります。

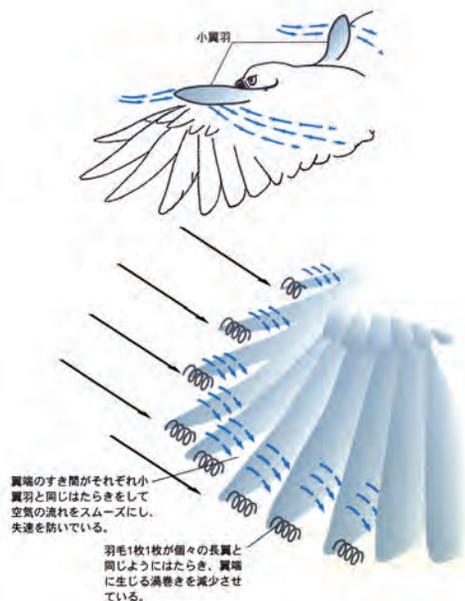
また、翼の先端の形には、大きく分けて二種類あり、尖ったもの（尖翼）と先端が分かれているもの（裂翼）です。先端が尖った翼は、翼端の乱流が少なく、高速飛行することができます。一方先端が分かれている翼は、低速飛行の時に翼の上面に生ずる揚力を低下させる乱流を、分かれた翼のすき間を通る風が吹き消すため、失速を防ぐことができます。



アスペクト比 : I > II ... Iの方が滑空性能のよい翼



翼端に生ずる乱流は、Aのアスペクト比の大きな細長い翼の方が小さく、滑空性能がよい。

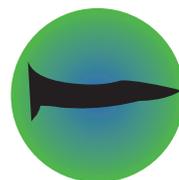


先端が分かれた翼（裂翼）は、小翼羽と同じように、羽毛のすき間を流れる気流で、翼端の乱流を吹き飛ばして、失速を防ぐ効果があります。

# 翼の性能におけるトレードオフ -どの翼で飛ぼうか？-

腕が長い(長い翼)

(○滑空性能がよい、×羽ばたくのが大変)



翼の先が丸いか分かれている  
(○ゆっくり飛んでも失速しない、×スピードが出せない)

翼の先がとがっている  
(○スピードが出る、×失速しやすい)



サシバ



オオミズナギドリ



ノスリ



キジバト



ハマシギ



トラフズク



ヒヨドリ



マガモ



チョウゲンボウ



カケス



オオヨシキリ



ウグイス



オオバン



コジュケイ



カワセミ



アマツバメ

チャムネエメラルドハチドリ

腕が短い(短い翼)

(○羽ばたきやすい、×滑空性能が劣る)



# 翼の構造 (ハシブトガラス)

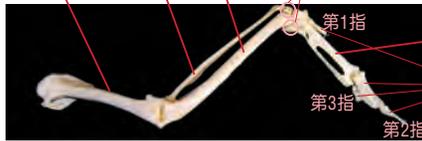
上腕骨 (じょうわんこつ)  
→二の腕の骨。

とう骨 (とうこつ) →腕の骨。  
尺骨 (しゃっこつ)

手根骨 (手根こつ) →手首の骨。

中手骨 (ちゅうしゅこつ) →手のひらの骨。

指骨 (しこつ) →指の骨。



翼膜 (よくまく)  
→つばさの形を整えるための膜で、のびちぢみする。

小翼羽 (しょうよくう)  
→飛び立ちや着地の時やゆっくり飛ぶ時に使う。



次列風切 (じれつかざきり)  
→飛行機の翼のように、風を受けて浮き上がるはたらき。



# 飛んでる鳥の標本

―鳥の博物館の飛翔型標本コレクション―

# 翼の形を分類する

鳥の翼の形はさまざまですが、その性能を決める要素（腕の長さや先端の形状）に着目して、黒田（1984）は翼を10個のカテゴリーに分類しました。

腕の長さは、長腕、中腕、短腕に区分し、先端の形状は、尖っているか（尖翼）あるいは分かれているか（裂翼）またはその他（円翼と扇翼）に区分します。

これによる翼型分類は、次のとおりです。

	長腕	中腕	短腕
尖翼 	①尖翼長腕 ・アホウドリの仲間など	②尖翼中腕 ・カモの仲間など	③尖翼短腕 ・チョウゲンボウなど
裂翼 	④裂翼長腕 ・トビ、コウノトリなど	⑤裂翼中腕 ・オオタカなど	⑥裂翼短腕 ・キジなど
円翼 	⑦円翼長腕 ・コムシズクなど	⑧円翼中腕 ・オオバンなど	⑨円翼短腕 ・カケスなど
扇翼 			⑩扇翼 ・ヒヨドリなどスズメ目の 多くの種類

黒田長久（1984）鳥類飛翔学-翼型-。森岡弘之ほか編。現代の鳥類学：22-61。朝倉書店、東京より改変。

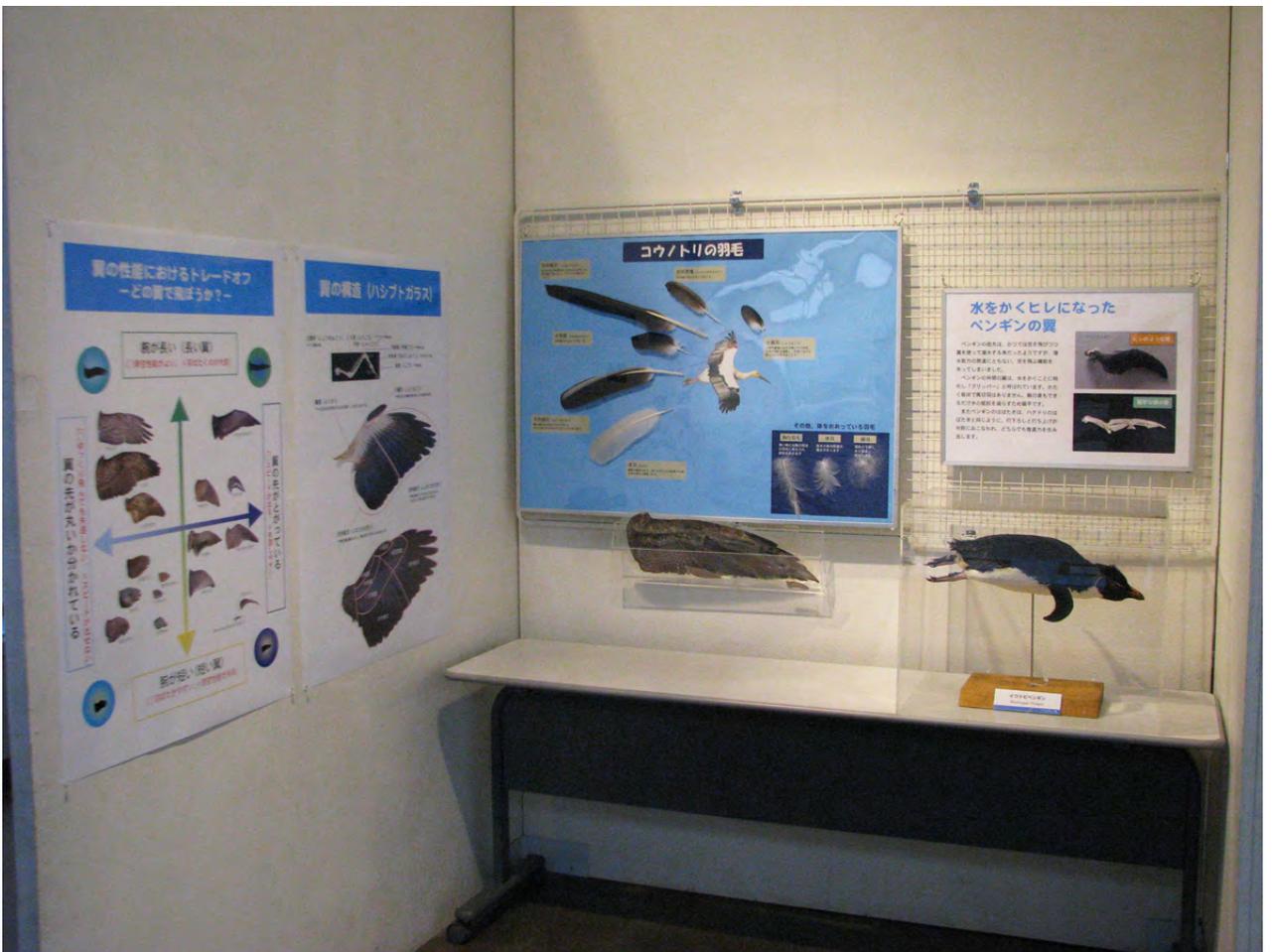
腕の部分が長い翼は、大きな揚力を得ることのできる性能のよい翼ですが、翼を支える肩に大きな負担がかかります。反対に、腕の部分が短い翼は、大きな揚力を得ることは出来ませんが、力強く素早く羽ばたくことができます。

先端が尖っている翼（尖翼）は、空気抵抗が少なく、高速飛行に適しています。一方、先が分かれている翼（裂翼）は、翼短のスリットが低速飛行時に翼の表面に生じる乱流を消し、失速を防ぐことができます。丸い翼（円翼）は、折りたたんだ時に邪魔にならず、枝が混み合った林の中でも動きやすい形です。扇形の翼（扇翼）は、ホバリングや滑空、はばたき飛行など自由度の高い飛び方ができます。











# アホウドリの翼



アホウドリ

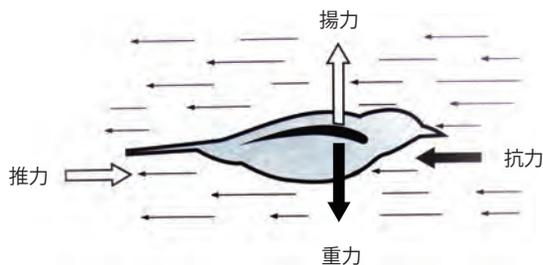
写真：佐藤文男

アホウドリの翼は、細長く、翼端は尖っています。この形は、翼端で生ずる乱流を最小限におさえることができるため、空気抵抗（抗力※）が少ない上、大きな揚力を得ることができる高性能の翼です。

その結果、洋上を、よい餌場を求めて年間のべ8万km以上飛ぶことができます。

一方、長い翼は、それを支える肩へ負担が大きいという短所もあります。翼の先端を尖らせることによって、揚力や抗力など翼端にかかる力を最小限に抑えることで、回転モーメントを減らし、肩にかかる負担を押さえています。

※抗力：飛行方向に平行な成分を抗力（または抵抗）



# 長距離の渡りをするカモ

カモの仲間の多くは、北半球の高緯度地方の繁殖地と南の越冬地を往復する長距離の渡り鳥です。渡りをするためには多くの脂肪をたくわえなければならず、体重が重くなります。

翼の面積あたりの重量（翼面荷重※1）の大きいカモは、揚力を得るために飛行速度が速くなります※2。翼面荷重の少ないツバメやアジサシが軽々と飛ぶのに対し、カモはスピードによって直線的に飛びます。

カモの仲間の腕はやや長めで、翼端は尖っているため、高速羽ばたき飛行に適した翼形です。



ハシビロガモ

写真：中西榮子

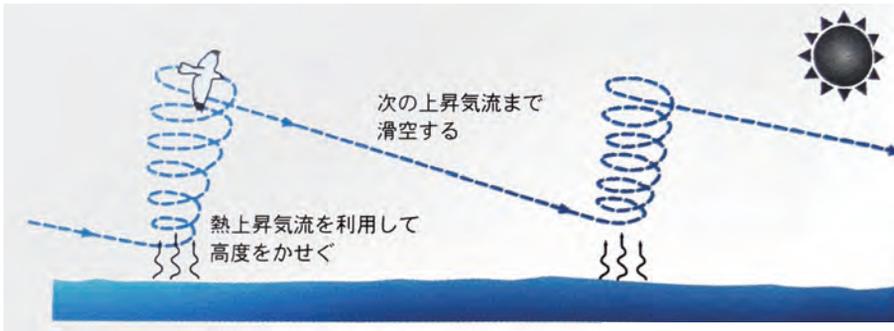
※1 翼面荷重：翼 1 m<sup>2</sup>あたり、どれだけの重量 (kg) を支えているかを示し、kg/m<sup>2</sup> で表します。

※2 揚力は、速度に二乗に比例します。

# 長距離の渡りをするコウノトリ

コウノトリは長距離の渡りをする鳥です。コウノトリは幅が広く大きな翼を持っています。この大きな翼は、熱上昇気流をとらえるのが得意です。熱上昇気流の柱の中を旋回しながら、帆翔※し高度を上げていきます。そして次の熱上昇気流の柱まで滑空します。帆翔と滑空を繰り返して、できるだけはばたかずにエネルギーを節約して目的地を目指す飛び方をします。

※帆翔：翼をひろげたままはばたかずに風を利用して高度を下げずに飛び続ける飛び方。



# 円翼・扇翼のスズメの仲間たち

スズメの仲間は、短腕で肩への負担が少ない翼を持つため、素早く羽ばたくことができます。

また、幅のある円翼や扇翼は、細長い翼に比べて滑空性能は劣りますが、空気をつかみやすく、瞬発力のある翼の性能を活かして飛行進路を一瞬で変えることができます。

体重が軽く、翼面荷重（翼の面積あたりにかかる重量）が小さいことも、機敏な動きを可能にしています。

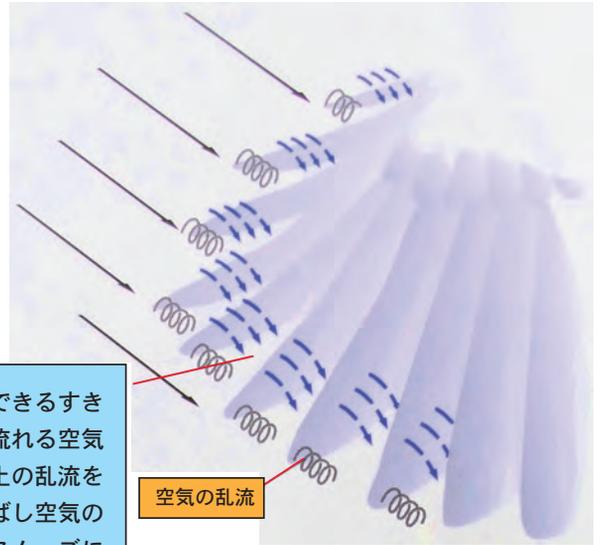
頻繁に離着陸することの多いスズメの仲間のくらしに適した翼の形です。



# 裂翼の鳥たちが 低速でも失速しにくいわけ

飛行速度が落ちてくると、つばさの表面を流れる空気が乱れてうずを巻き始め、揚力が失われ、落下してしまいます。鳥たちは、第1指に付く小翼羽を持ち上げたすき間に空気を流し、翼上に発生した乱流を吹き飛ばし、失速を防いでいます。さらに裂翼を持つ鳥たちは、小翼羽の他に風切羽のすき間から空気を流して乱流を吹き飛ばし、揚力を維持しています。

このようなしくみを持つ裂翼の鳥たちは、低速飛行を続けても失速しないで飛ぶことができるのです。



翼端にできるすき間から流れる空気が、翼上の乱流を吹き飛ばし空気の流れをスムーズにして、失速を防いでいます。

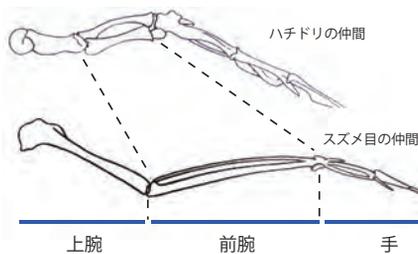
# ハチドリのホバリング

鳥の中で最も効率のいいホバリング※をするのはハチドリです。ハチドリは体を立てた状態で、翼だけを前後に動かしてホバリングします。翼を前方に動かす時も、後方に動かす時にも空気を下に押し出します。このようなホバリングを「対称ホバリング」といいます。

ハチドリが対称ホバリングができるのは①体重が軽く、②花の蜜のようにエネルギー価の高いエサを食べ、③腕（上腕骨と前腕骨）が短く、はばたく時の肩の筋肉への負担が少ないからです。

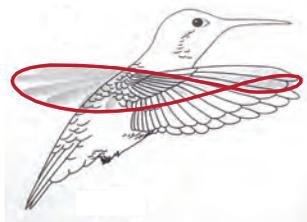
※ホバリング＝停空飛行（はばたきながら空中の一点にとどまる飛び方）

ハチドリとスズメ目の前肢の骨格の比較



ハチドリは、スズメ目に比べると腕（上腕・前腕）が短く、手の割合が大きいです。腕が短いことで素早いはばたきを可能にしています。

ハチドリの停空飛行



はばたき1往復させると翼端は8の字を描き、打ち上げでも打ち下ろしでも揚力を生むことがわかります。

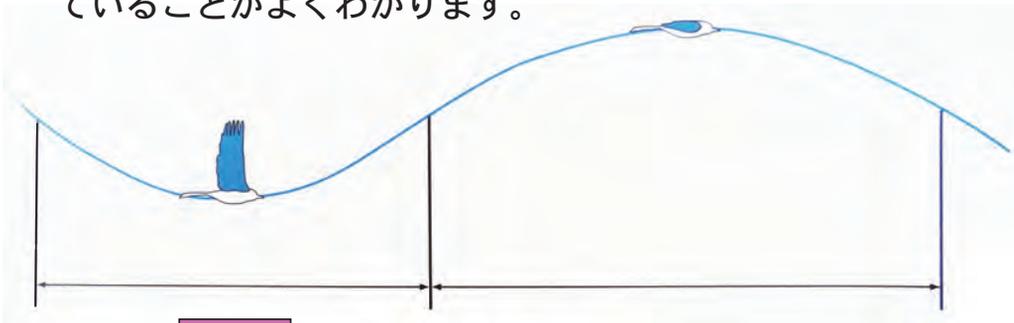
図：Handbook of the world of the birds より引用

# ちょうやく ヒヨドリの跳躍飛行

スズメ目の仲間の腕は短く、つばさは丸く瞬発力にすぐれ、はばたき飛行に適しています。しかしはばたき続けて飛ぶには、たくさんのエネルギーが必要です。

スズメ目の多くの種類は、はばたいて前方に上昇しては翼を折りたたんで放物線を描くように体を投げ出すという動作を交互におこなう跳躍飛行をしています。体を投げ出す部分で休むことができるので、跳躍飛行はエネルギーの節約になります。

私たちの身近にいる鳥「ヒヨドリ」が飛んでいる姿を見ると、跳躍飛行をしていることがよくわかります。

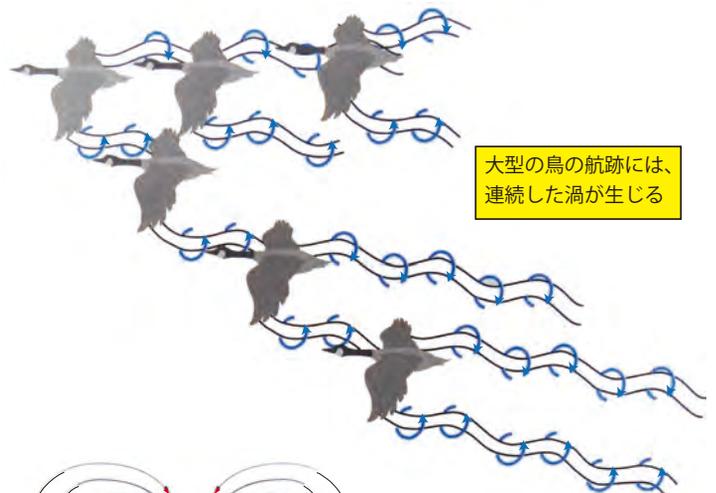


跳躍飛行：はばたいて上昇しては体を投げ出し下降する。

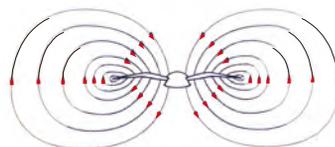


## 編隊飛行によって エネルギーを節約する

ハクチョウやガンの仲間など、長距離をはばたき飛行する大型の鳥は、群で飛ぶ時にV字型に編隊を組みます。これは大型の鳥がはばたいた翼の後に生じる気流の渦を利用して揚力※を得ることができるからです。前を飛ぶ鳥が残した気流の渦をうまくとらえた鳥は、10~20%ほどエネルギーを節約できるのです。



大型の鳥の航跡には、連続した渦が生じる



はばたき飛行中の1羽の鳥のまわりに生ずる空気の流れ

※揚力：流れの中で上向きに働く力

# 水をかくヒレになった ペンギンの翼

ペンギンの祖先は、かつては空を飛びつつ翼を使って潜水する鳥だったようですが、潜水能力の発達にともない、空を飛ぶ機能を失ってしまいました。

ペンギンの仲間の翼は、水をかくことに特化し「フリッパー」と呼ばれています。かたく板状で風切羽はありません。腕の骨もできるだけ水の抵抗を減らすため扁平です。

またペンギンのはばたきは、ハチドリのはばたきと同じように、打下ろしと打ち上げが対称におこなわれ、どちらでも推進力を生み出します。

フンボルトペンギン

ヒレのような翼



扁平な腕の骨



企画展開催にあたり、次の方たちに  
ご協力いただきました

稲村 喜信

小笠原 征紀

佐藤 文男

津村 拝

中西 栄子

野口 隆也

松田 幸保

(敬称略、五十音順)

