

鳥の飛行（その2 滑空と翼の形）

松浦 俊博

その1で、^{つばさ}翼と^{はね}羽について書いた、いよいよ「飛び」の話に移る。

翼の下面の圧力は上面より高いので、翼先端部では下面から上面に向かう渦が生じ後流に広がる。このため翼の揚力が減り抗力が増える。渦の悪影響を抑制するため、鳥の翼先端形状には、尖ったもの（^{せんよく}尖翼）と分かれているもの（^{れつよく}裂翼）がある。

尖翼はアマツバメなどの翼で、翼先端を後退させ渦の生じる部分を小さく絞る。これにより渦を弱める効果があり、高速飛行に適している。最新のB787旅客機の翼もこの形状をまねており、旅客機全体の形状も飛行の先輩であるアマツバメに近づいたように感じる。

裂翼はワシなどのずんぐりした翼で、先端部分の5-6枚の風切り羽が、隣接する羽間の大きな隙間により分かれた形状になっている。先端に生じる渦を分割して揚力や推力を発生する。この形状をまねた構造が旅客機の翼先端のWingletに適用されている。

次に、飛行中の翼の形と作用する力を調べてみた。WEBに登録されたふんだんな写真や動画を観察した。これらの画像は、撮影された方々の執念を感じる素晴らしいものだ。貴重なデータを見せていただけることに感謝しながら、画像に見入った。

まず、翼をあまり動かさない^{かっくう}滑空の写真から翼形状を観察する。体に近い部分の^{ないよく}内翼は旅客機の翼のように上に凸に反った^{よくがた}翼型形状である。飛行方向に対し翼型のなす角度を迎え角と呼び、頭上げをプラス、頭下げをマイナスとする。迎え角の増加とともに空気力は増え、その鉛直方向成分である揚力も増える。滑空時の内翼はプラスの迎え角を保ち揚力を発生している。体から遠い部分の^{がいよく}外翼は振じれており、迎え角は少しマイナスである。翼の先端ほど振じれが大きい。この状態では発生する空気力は減るが、力の方向が飛行方向に傾くので推力が発生することになる。

どれくらいの速さで飛ぶのか。身近な鳥の代表的な平均巡行速度は、アマツバメ、スズメ、ハシボソカラス：10 m/s、カモメ：9~13 m/s、アホウドリ：15~19 m/s。概略、重い鳥ほど速い。ただし、アマツバメの最大速度は28 m/sで時速100 kmに達し、“Swift”の名に恥じない速度である。

鳥は飛行中に翼の振じれを状況に応じて自在に変化させ、外翼の迎え角をプラス側にすることもある。特に低速飛行の際にはそのようにして、推力を減らして揚力を増加させる。人間が手を自在に動かすように、鳥は翼を自在に動かす。

その3では、羽ばたきや離着陸・旋回について書いてみる。

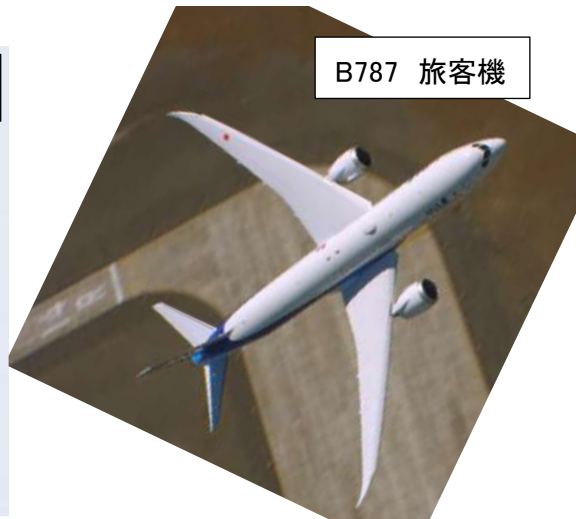
4. 翼の先端形状-尖翼と裂翼

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

(1) 尖翼(先端が尖っている形状、高速飛行に適している)



アマツバメ



B787 旅客機

翼の先端渦を低減し翼の揚力を増やし抗力を減らす
旅客機の翼形状が徐々に鳥に近づいてきた

(2) 裂翼(先端が分かれている形状)



裂翼
オオワシ

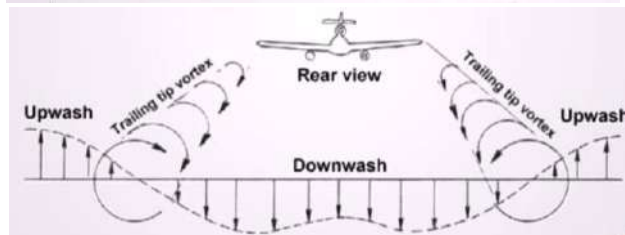
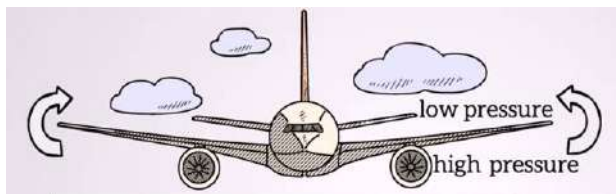


旅客機の winglet

翼先端部に生じる、下面から上面に向かう渦を揚力や推力に変換する機構
鳥の裂翼をまねて旅客機に winglet が適用されている

翼先端部に生じる、下面から上面に向かう渦: 旅客機の事例(誘導抵抗)

出典: Wingtip vortices <https://www.youtube.com/watch?v=uPp87sa1D-Q>



翼の下面は上面より圧力が高い⇒翼先端部では、下面から上面に向かう渦が生じ、後流に広がる⇒翼の揚力が減り抗力が増える



翼先端の渦の効果は、低速飛行時に影響が大きい。写真は旅客機の着陸時に翼先端から渦が生じて(白く見える渦糸)、後流で大きな渦に成長する様子が見える。

渡鳥のV字編隊飛翔では、この渦を、後ろを飛ぶ鳥が揚力追加に利用する。

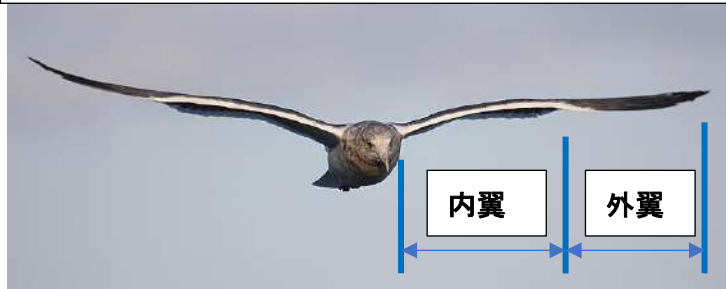
5. 滑空時の翼の形状と内翼と外翼に働く空気力

(1) 滑空時の翼の形状

写真出典 <http://spilonotus.blog92.fc2.com/blog-date-202107.html> YUの探鳥日記

オオセグロカモメ

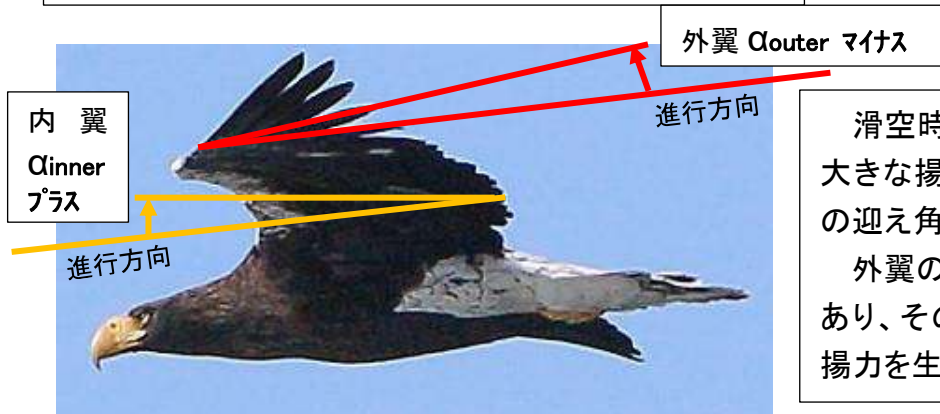
<http://spilonotus.blog92.fc2.com/blog-category-27-3.html>



滑空時、内翼は迎え角 α_{inner} がプラス、外翼は迎え角 α_{outer} がマイナスになるように翼を振っている。状況により迎え角を変えて、揚力と推力の割合を変える。

オオワシ

<http://spilonotus.blog92.fc2.com/blog-category-128-1.html>

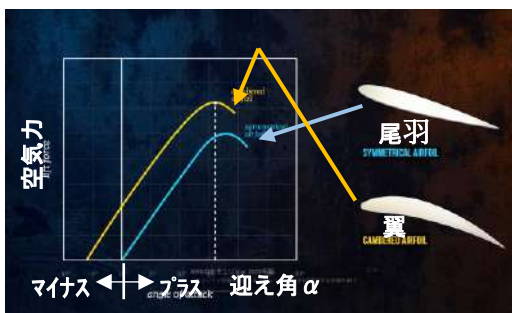
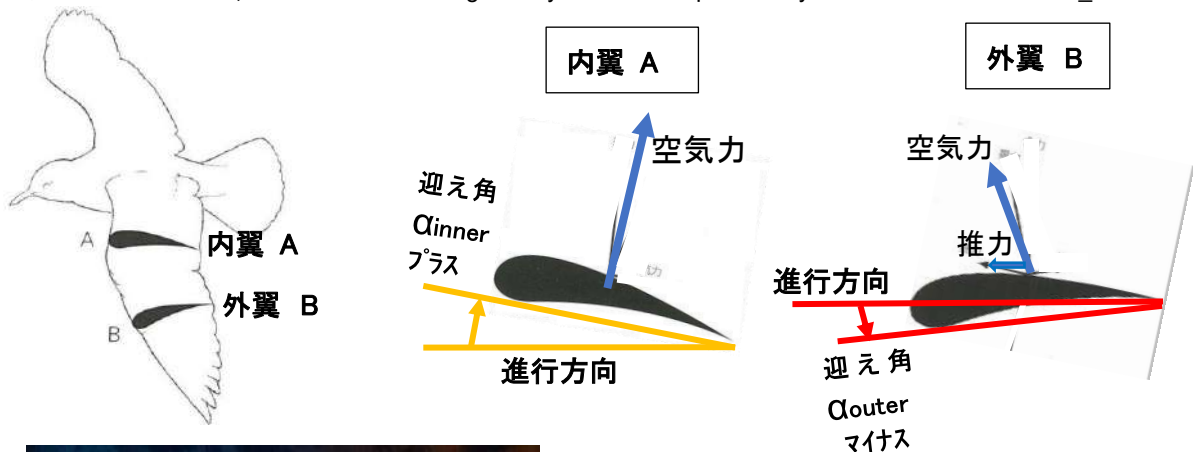


滑空時、内翼のプラスの迎え角は大きな揚力を生じ、外翼のマイナスの迎え角は揚力と推進力を生じる。

外翼の迎え角をプラスにすることもあり、その場合は減速するが大きな揚力を生じる。

(2) 滑空時の翼の形状と内翼と外翼に働く空気力

出典：鳥類学 Gill, F.B.、"Understanding aerodynamic lift" https://www.youtube.com/watch?v=E3i_XHIVCeU



迎え角と空気力の関係は概略左図の通り
 迎え角 α を大きくすると空気力も増加する
 翼は α が多少マイナスでも上向きの空気力が得られる
 着地減速時には外翼を振っての迎え角をプラスにして推力を殺し揚力を増加させる