



東昭：生物の動きの事典
朝倉出版 1997

「飛行について」

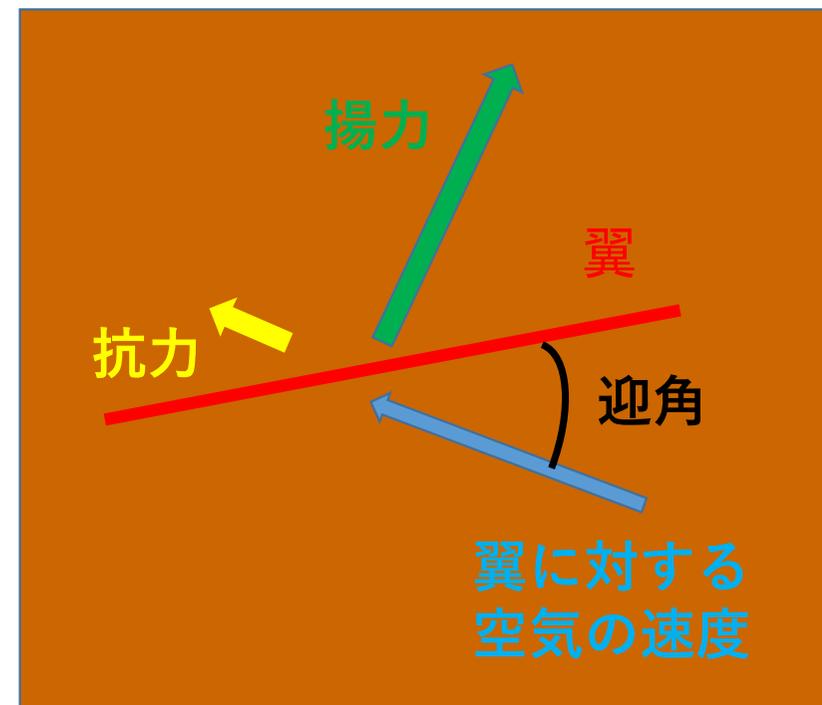
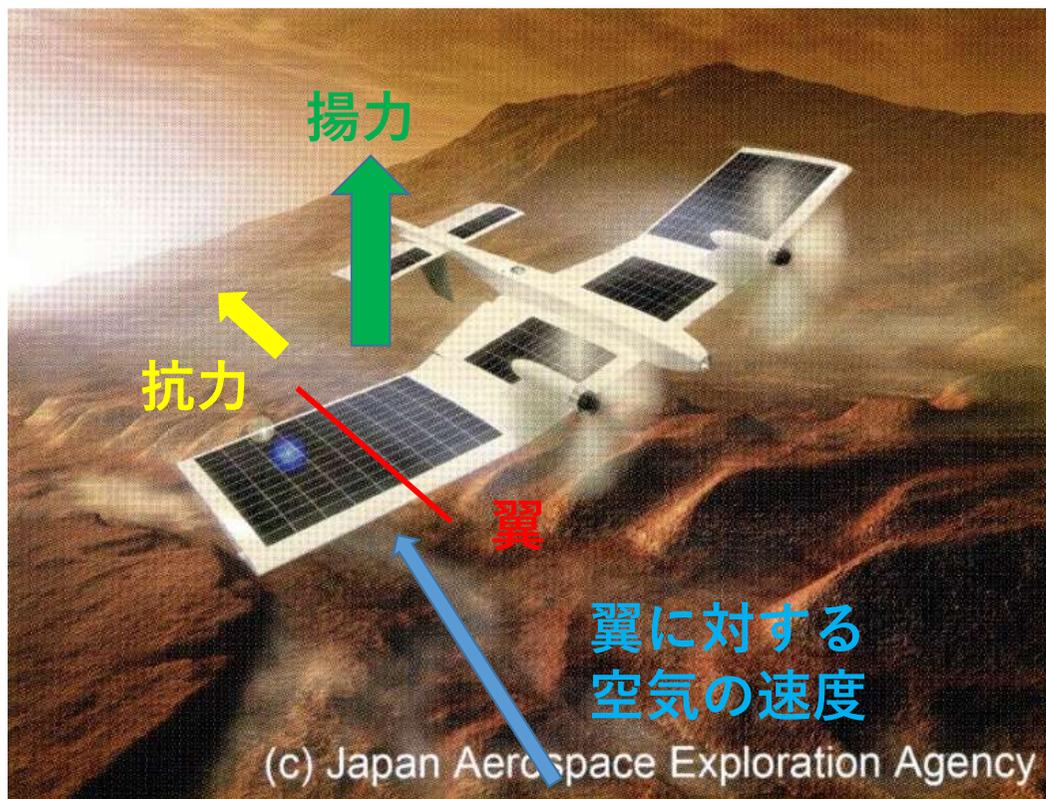
航空宇宙工学専攻
砂田 茂

5月6日 機械・航空宇宙工学序論



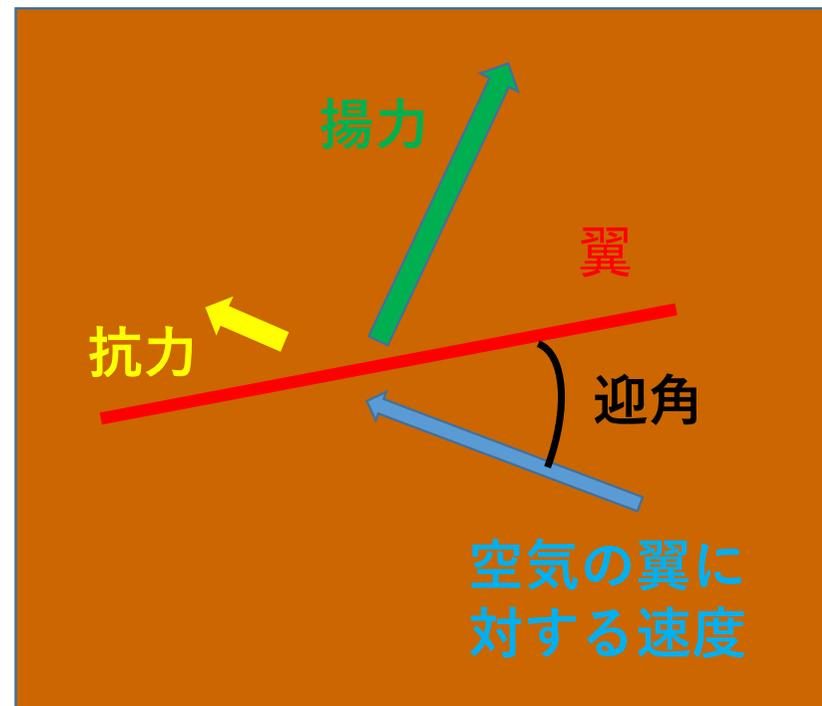
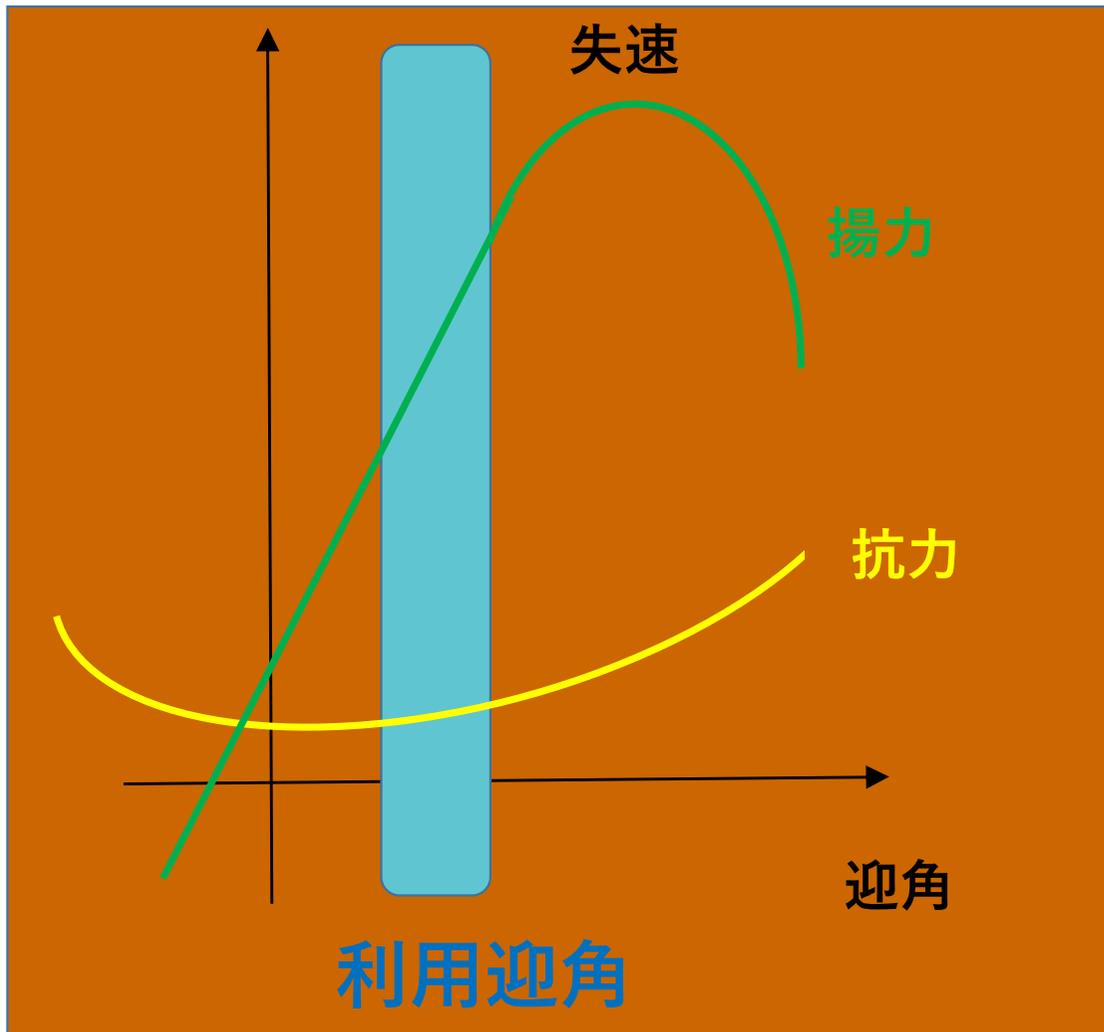
今日の話の内容

翼の形や運動の仕方には、
理由・意味があります。
今日は航空工学の視点から、
理由・意味をお話します。



揚力を大きく。抗力を小さく。

迎角が大きいと失速（揚力小、抗力大）



翼を上から見た形

①平面形

横に長い翼 抗力の小さい翼



タカ・ハヤブサ類飛翔ハンドブック
(山形則男著) 文一総合出版 2016



三菱航空機2018カレンダーより

横に短い翼 失速しにくい翼



<https://buna.info/article/922/>

2022.12.23



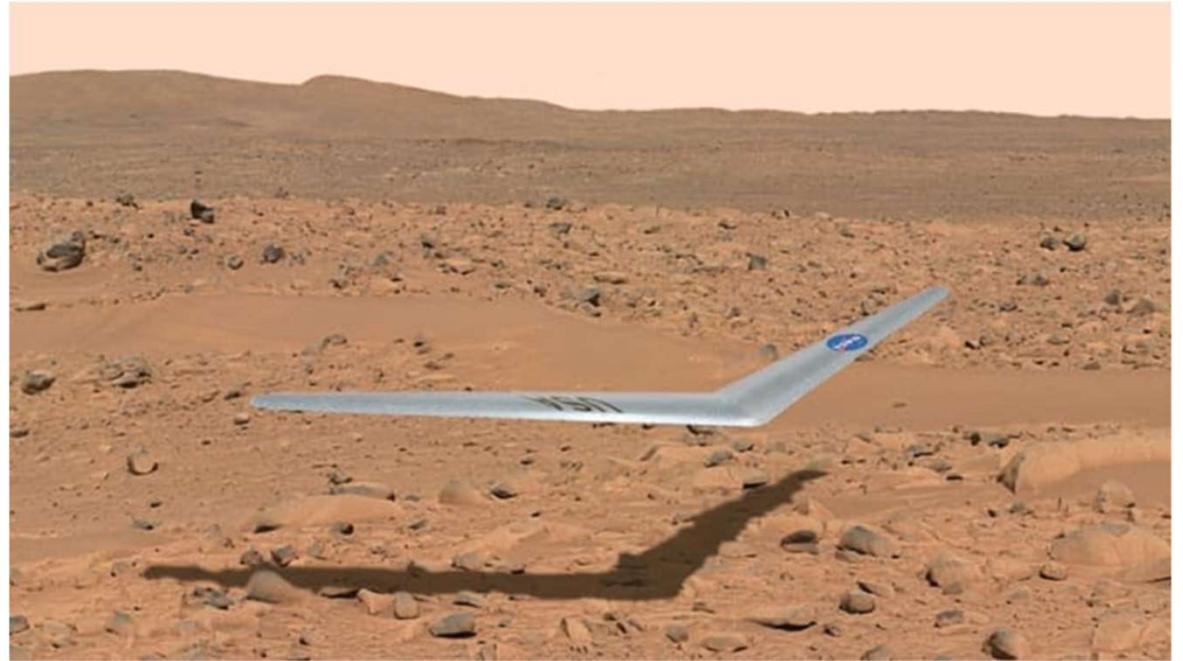
https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_Martin_F-35_Lightning_II

2022.12.23



アルソミトラマクロカルパ

Azuma, A., Biokinetics of flying and swimming,
Springer-Verlag 1992

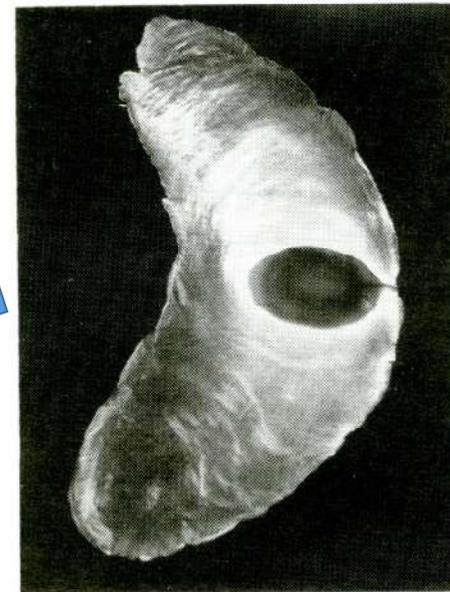


<http://tokyoexpress.info/2016/05/19/nasa> 2022.12.23
火星大気の中を飛ぶ無尾翼機の開発に取り組む



図 3.3-9 アルソミトラ・マクロカルパの実
 (a) 蔓を支える木, (b) ぶら下る実, (c) 実を下側から眺める.

Azuma, A., Biokinetics of flying and swimming, Springer-Verlag 1992



共振といえば

サイズが小さくなると、羽ばたきの回数が増える

(例)

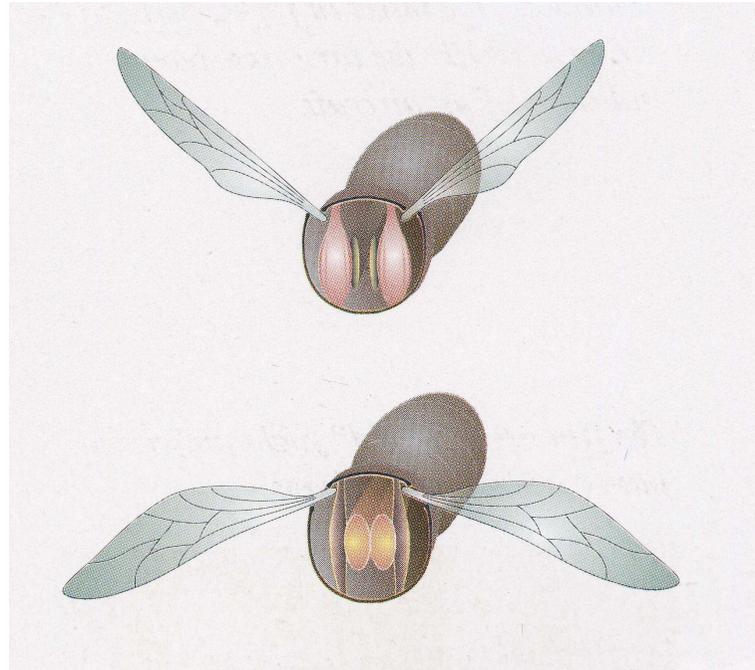
鳥	数回/秒
アゲハチョウ	10回/秒
ハエ	120回/秒
蚊	320回/秒

様々な工学的理由が知られています。
小さい虫での理由は、「共振」

共振といえば

羽ばたき周波数が高い昆虫

- ・ 羽ばたきの周波数：システムの固有振動数で決定



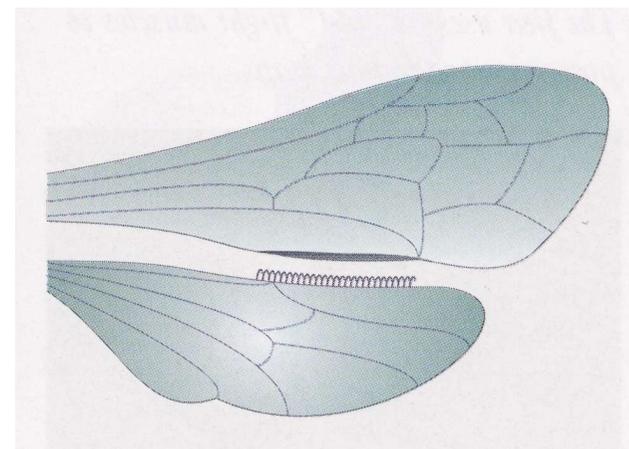
The miracle of flight, Stephen Dalton, A Firefly Book 2004

横に長い翼：空気力の変動が小さい



The miracle of flight, Stephen Dalton,
A Firefly Book 2004

横に短い翼：空気力の変動が大きい



ハチでは、前翼と後翼が連結している。結果として、横に短い翼に

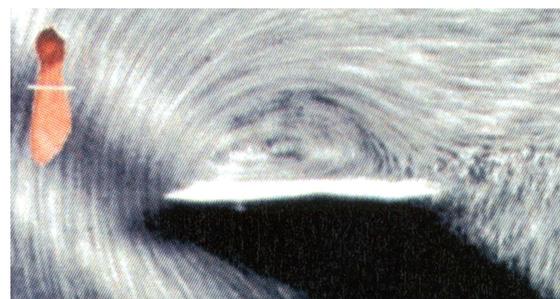


大空気力発生のメカニズム

横に長くない翼からの渦が理由



回転する種でも見られる



Lentink, D., Dickson, W.B., van Leeuwen, J.L. and Dickinson, M.H.,
Science Vo.324, 2009, pp.1438-1440

The miracle of flight, Stephen Dalton,
A Firefly Book 2004

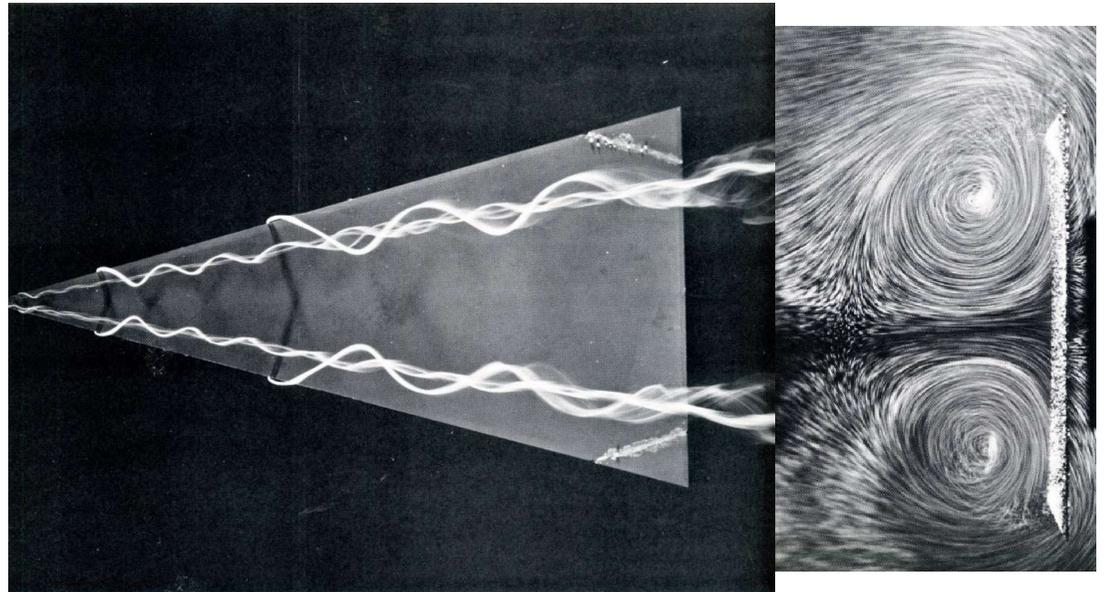
横に長いヘリコプタの翼では見られない渦



<https://ja.wikipedia.org/wiki/朝日航洋>

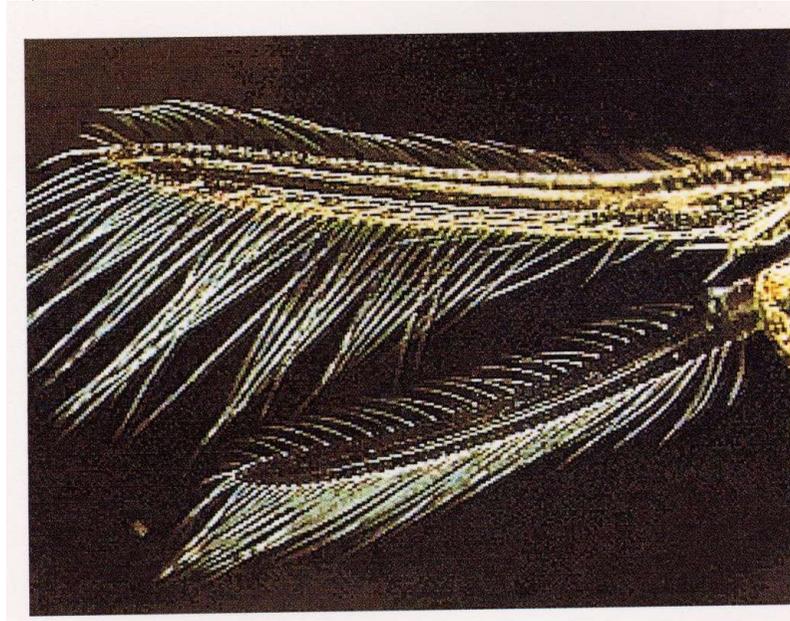
2022.12.23

横に長くない翼では見られる渦に似た渦



An Album of Fluid Motion, Milton Van Dyke
The Parabolic Press 1982

もっと小さい昆虫



0.5 mm

アザミウマの翼

Journal of experimental biology

Sunada, S., Takashima, H., Hattori, T., Yasuda, K. and Kawachi, K.

205(17), 2002, pp.2737-2744

特殊な翼（平均棍）

（ハエ、カ等において、後翅が退化）
姿勢角速度を測るレイトジャイロとして用いられている

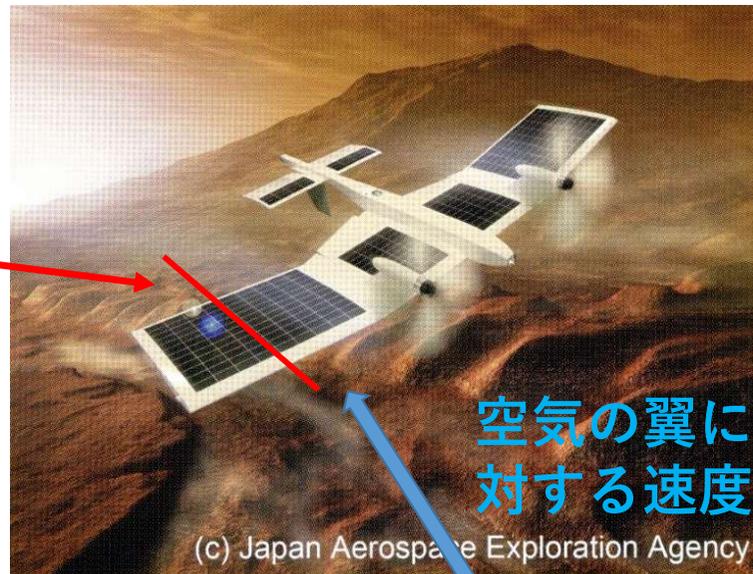


The miracle of flight, Stephen Dalton,
A Firefly Book 2004

平均棍付根でモーメントを測定。
左右の平均棍付根でモーメントの差、和より角速度3成分を検出する。

②翼断面形

空気の翼に対する速度
に平行に切った断面



空気の翼に
対する速度

薄い・
流線形で
ある必要
なし



昆虫



Re小

Bird



Early aircraft



飛行機



Re大

Re(レイノルズ数)に
よって、良い断面形
が異なる

The miracle of flight, Stephen Dalton,
A Firefly Book 2004

[Re:レイノルズ数]

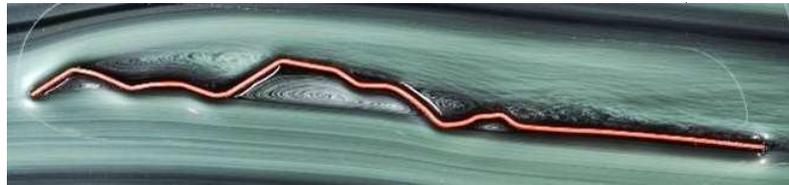
大きさ・速さに比例

周りの流体（気体、液体）の種類にもよる

昆虫の翅

薄く ($\text{thickness/chord}=0.1\sim 1\%$) ギザギザを持つ
—— 軽く、慣性力が小さい

トンボ



Obata,A. and Shinohara,S. (AIAA J. 47, 12, 2009, pp.3043-3046)

トンボの翼の断面は、うずく、ギザギザしている。



平面形



断面形
(薄くて、
流線形でない)



Journal of theoretical biology
Azuma,A. and Yasuda,K., 138, 1989, pp.23-53



砂田撮影

今後、求められるのは
どんな航空機？

より速い飛行機（超音速旅客機）



ボーイング2707

<https://www.smithsonianmag.com/air-space-magazine/the-titanium-gambit-3804526/> 2022/12/23

より大きく、多くの人に乗れる 飛行機



A380-800

写真：ウィキペディアより

飛行速度は小さく、より小さく、
人は乗らない飛行機

福島原発の空撮に用いられた航空機



米国 ノースロップ・グラマン社

グローバルホーク

7 t 程度、翼幅 35 m 程度



米国 ハニウェル社

Tホーク

8 kg 程度、直径 30 cm 程度

写真：ウィキペディアより

米国の進めたMAV(Micro Aerial Vehicle) プロジェクト

MAVの条件：150g以下で、
15cmの箱に入ること



MAVの条件を満たすには、やや大きめ、重いですが。私のグループで開発した飛行機とヘリコプタ。（現金沢大学得竹浩教授との共同研究）

小型航空機の頭脳

小型マイコンや小型センサ

(例)

(現 金沢大学得竹浩教授との共同研究)

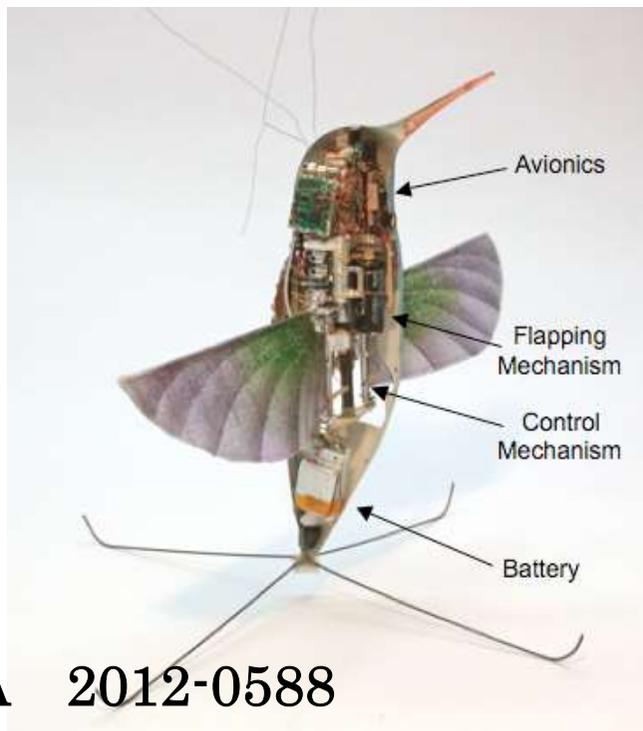


(株)ワイズ・ラブと大阪府立大学 (砂田前職) の共同開発

マイクロマシン技術の進歩

パソコン、携帯電話、胃カメラ・・・

MAV (Micro Air Vehicle) からNAV (Nano Air Vehicle) へ



Parameter	Value
Total Mass	19.0 g
Flap Rate	30 Hz
Wing Span	16.5 cm
Wing Length	7.4 cm
Speed	Hover - 6.7 m/s (~15mph)
Endurance	4.0 Minutes

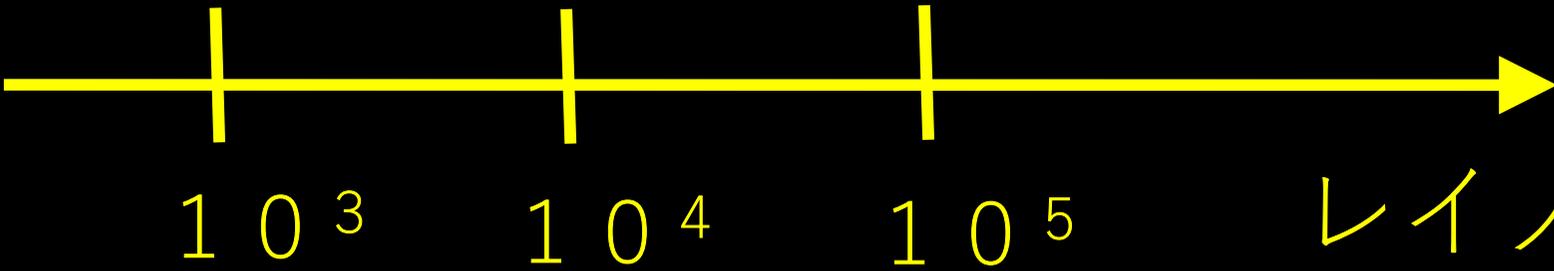
AeroVironment社

(AIAA 2012-0588

Keennon, M., Klingebiel, K., Won, H., Andriukov, A.
50th AIAA Aerospace Sciences Meeting)

地球
昆虫

火星飛行機の開発は、
昆虫の様な飛行機の開発



レイノルズ数

火星



大きさ・速さに比例
周りの流体（気体、液体）
の
種類にもよる



ありがとうございました

(現 金沢大学得竹浩教授との共同研究において撮影)