

シミュレーションによる翼型設計2

飯島清高



沖縄電力ホームページより引用

前回の復習



- 前回、以下の提案を行った
 - シミュレーターを使った翼型の直交実験の実施
 - エンジニアとして楽しめるテーマの追求
- これを踏まえて今回の発表ではシミュレーターを使ったあたり実験を行う
- 目的は以下のとおり
 - 流体力学の味見
 - シミュレーターの味見

発表の流れ



- そもそもなんで飛行機は飛ぶの？
- 翼に働く力
- 揚力
- 簡単な実験
- 次回予告

そもそも、なんで飛行機は飛ぶの？

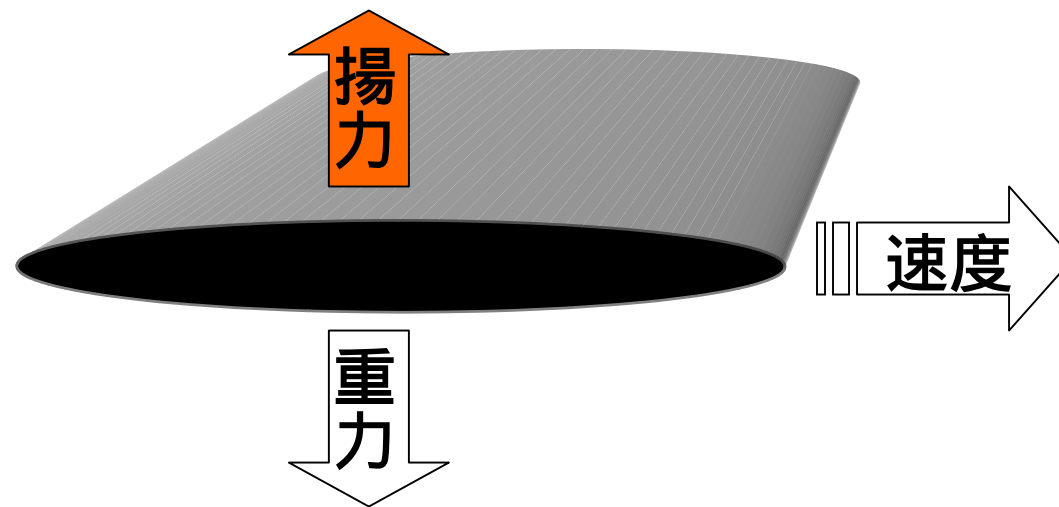
- 地球上には重力が働いています
- 飛行機にも重力が働いています
- そうなると当然飛行機は飛ばないでしょう!!!
- でも飛行機は飛んでます
 - YS-11はカッコいいねえ～
- なんで飛行機は飛ぶの？



FLIGHT INFOホームページより引用

翼に働く力

- 飛行機にはいろいろなものがくっついている
- そうは言っても胴体でもなく客室でもなく、やっぱり翼で飛ぶんだらうねえ…。
- 飛行機が飛んでいるときの翼の状態ってこんな感じでしょうか？



- 揚力がキーだね!!!

揚力 ~ ベルヌーイの定理

- 揚力について段階を経て学んでいきましょう!
- まずベルヌーイの定理とは
 - $p + \frac{1}{2} \rho q^2 + \rho g z = \text{一定}$

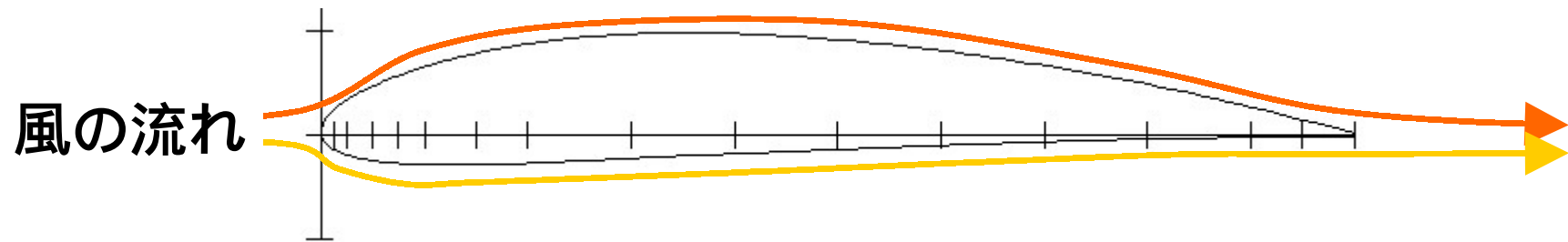
p : 流体の圧力 ρ : 流体の密度 q : 流体の流れる速さ ($q = |\vec{u}|$)
 g : 重力加速度 z : ある基準面からの鉛直距離

 - 第一項: 流体が持つ単位体積あたりの圧力エネルギー
 - 第二項: 流体が持つ単位体積あたりの運動エネルギー
 - 第三項: 無視していいらしい...(位置エネルギーかな?)
 - 流体のエネルギー保存則らしい
- つまり「流れの速いところでは圧力が低く、遅いところでは圧力が高くなる」ということ

揚力 ~ 翼の周りの空気の流れ

- では翼において流れの速さについて見てみましょう
- 使うデータは翼型データNACA4412です

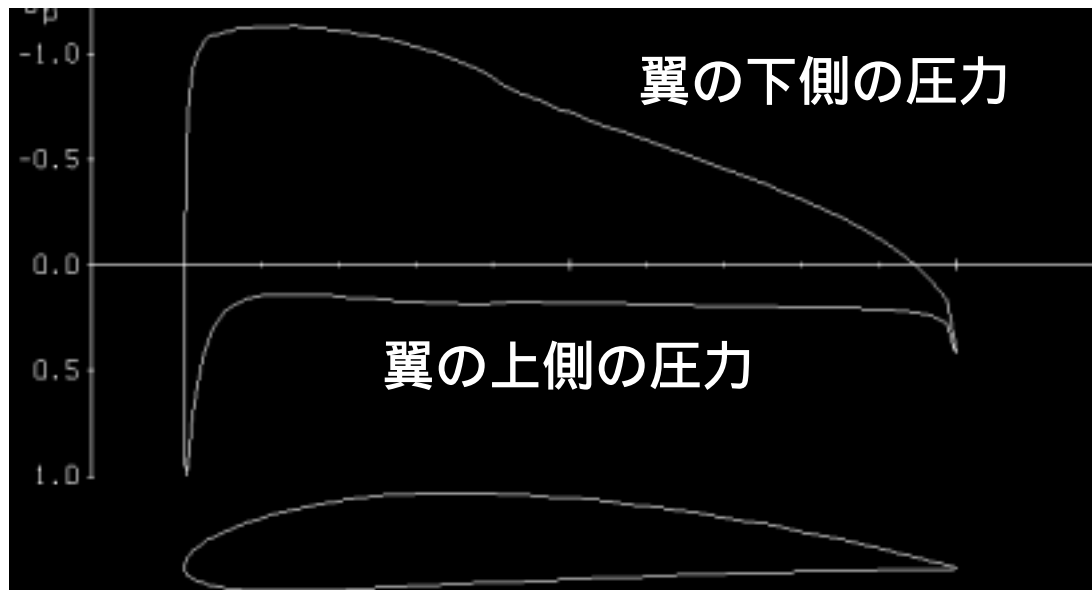
■  National Advisory Committee for Aeronautics



- 2つの空気の流れ(翼の上・下)があります
 - どっちが流れが速いでしょうか?
 - どっちが翼に与える圧力が高いでしょうか?

揚力 ~ 翼面上の圧力分布

- NACA4412の圧力分布をXfoilで計算してみましょう!
 - とある条件下でのNACA4412の圧力分布です



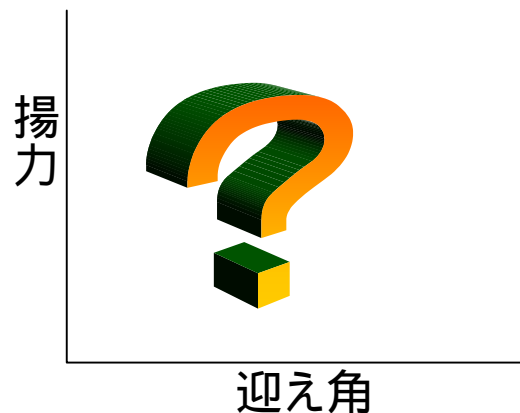
- 翼の上側より下側の圧力が高いですね
- つまり持ち上げる力(揚力)が働いているのです

簡単な実験 ~ 迎え角と揚力の関係

- 簡単な実験として迎え角と揚力を見ます
 - 迎え角: 風の向きと翼の角度
 - 揚力: 翼を持ち上げる力
- 迎え角と揚力はどんな関係になるのでしょうか?



FLIGHT INFOホームページより引用



簡単な実験 ~ 実験の準備

- Xfoilをインストールする
 - <http://raphael.mit.edu/xfoil/>からxfoilP3.zipをダウンロードする
 - xfoilP3.zipを解凍する
- データ(NACA4412)をダウンロードする
 - <http://www.ds-cats.com/~kurisawa/aeronautics/Airfoils/01-0027.html>からOP1034_A00.txtをxfoilP3.exeと同じディレクトリにセーブする
 - Xfoilで不要なOP1034_A00.txtの先頭から15行目までを削除する

簡単な実験 ~ 実験の手順

- ではXfoilを使って実験してみよう!
 - Xfoilの起動 `xfoilP3.exe`をダブルクリック
 - 翼型データのロード `load OP1034_A00.txt`
 - 翼形に名前をつける `naca4412`
 - パネルの構成 `panel`
 - 解析モードへ `oper`
 - 迎え角0度の計算 `alfa 0`
 - 迎え角5度の計算 `alfa 5`
 - ...
 - 解析モードから脱出 `リターン`
 - Xfoilおわり `quit`

簡単な実験 ~ Xfoilの出力

■ 出力されたデータを見てみましょう

■ C_p : 圧力係数

■ α : 迎え角

■ C_L : 揚力係数

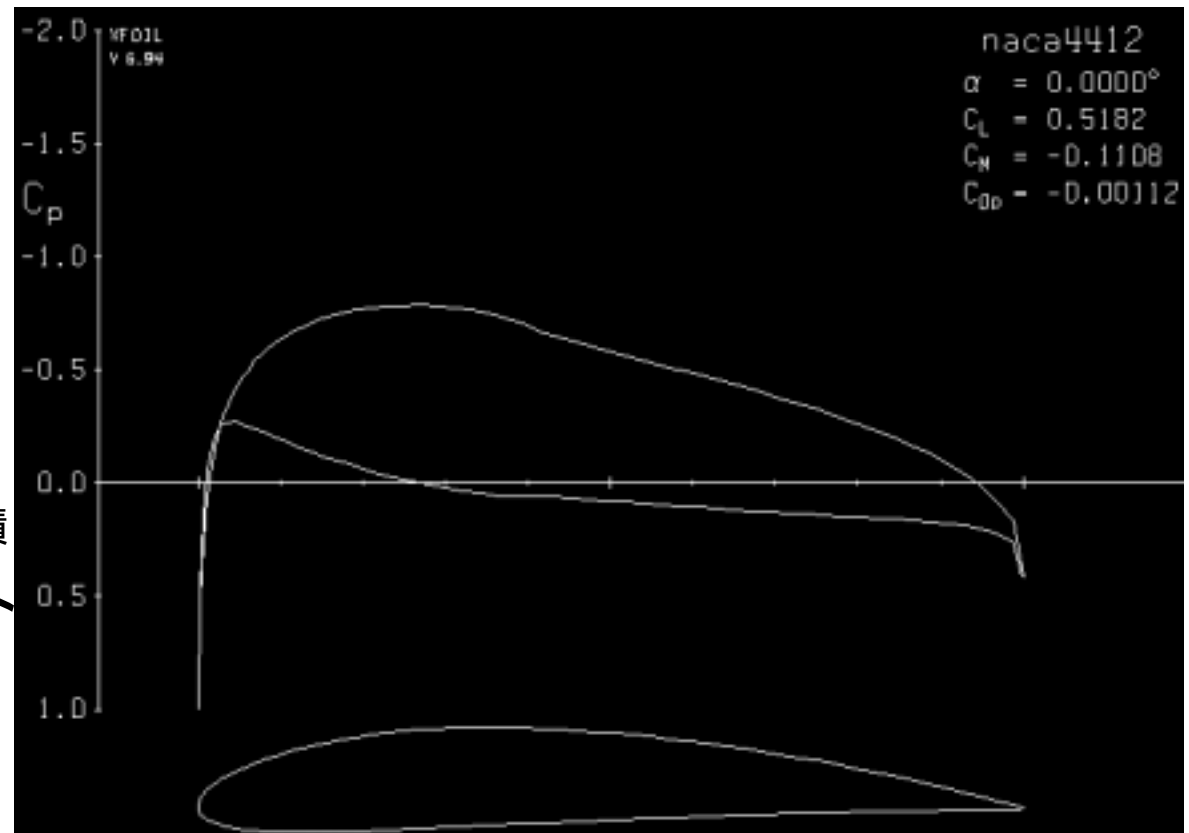
$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \rho U_0^2 S}$$

F_L : 揚力 ρ : 空気の密度

U_0 : 空気の速度 S : 翼の表面積

■ C_M : 空力モーメント係数

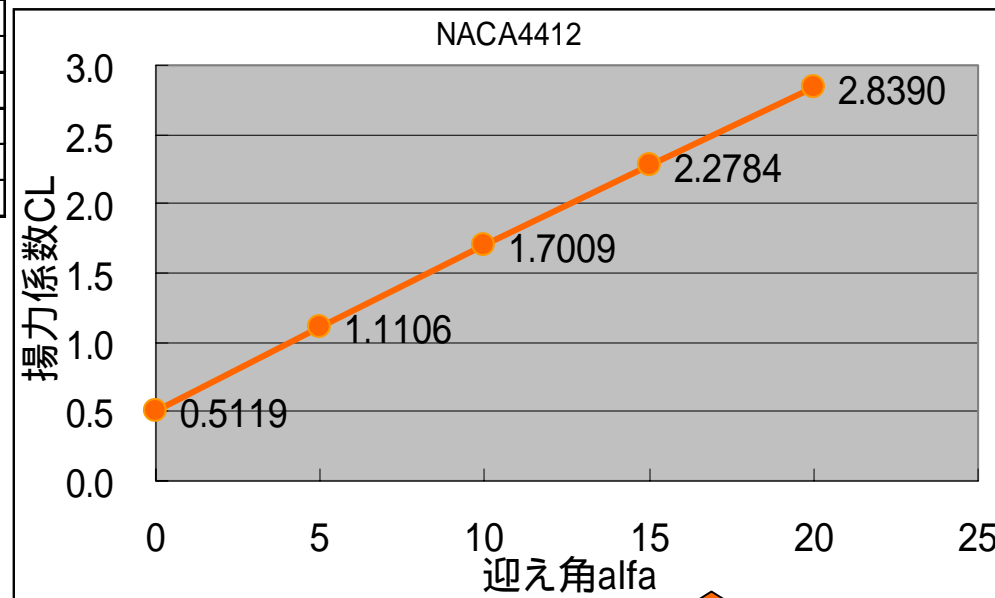
■ C_{0P} : ?



簡単な実験 ~ 結果のまとめ

- 迎え角と揚力係数の関係をグラフにしてみよう!

迎え角 α	揚力係数CL
0	0.5119
5	1.1106
10	1.7009
15	2.2784
20	2.8390



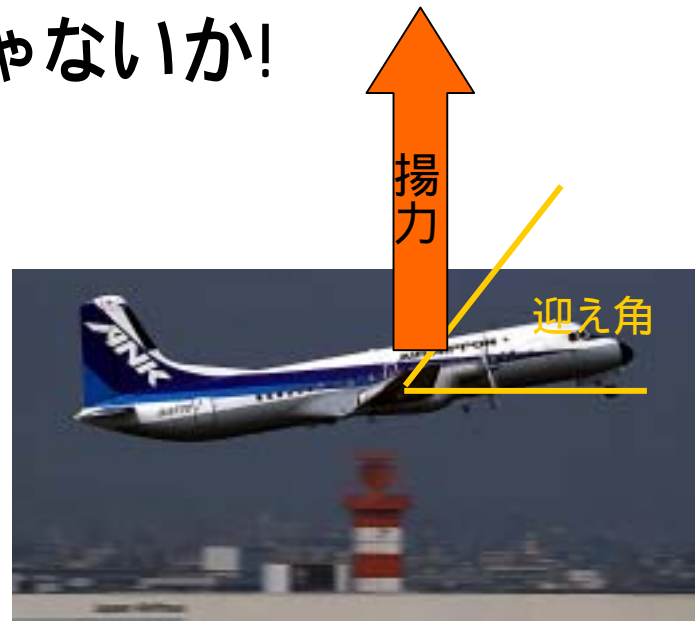
- 迎え角が大きくなると揚力係数が増す

- だからYS-11は離陸するとき機首を上げるんだ!



簡単な実験 ~ ダランベールのパラドックス

- 迎え角が大きくなると揚力係数が増す
- だったらYS-11は迎え角をもっと大きくして離陸すればいいじゃないか!



FLIGHT INFOホームページより引用


- もしこんなに迎え角を大きくしたら...
 - これをダランベールのパラドックスというらしい

次回予告～パラドックスに挑戦!



- 次回はこんな感じでいく予定です
 - パラドックスの謎を解き明かす
 - パラドックスを突き破ったシミュレーション実験
 - というわけでXfoilはスゴかった

謝辞

- この発表のためにたくさんの資料・ソフトウェアを使いました。ありがとうございます。
 - パソコンで見る流れの科学 矢川元基 講談社
 - ┆ 簡単な実験のネタ本です。
 -  (http://raphael.mit.edu/xfoil/)
 - ┆ 実験で使用したシミュレーターです。
 - Mac OS XでXfoilを使おう！
(http://homepage.mac.com/koichi_takasaki/lib/Xfoil/Xfoil.html)
 - ┆ 日本語で書かれたXfoilの解説です。
 - 翼型座標データ集 (http://www.ds-cats.com/~kurisawa/aeronautics/Airfoils/index.html)
 - ┆ 実験で使用した翼型のデータを入手しました。

おわり



- ナベさんのログハウスです
- 詳しくは<http://plaza.rakuten.co.jp/nabechan/>