

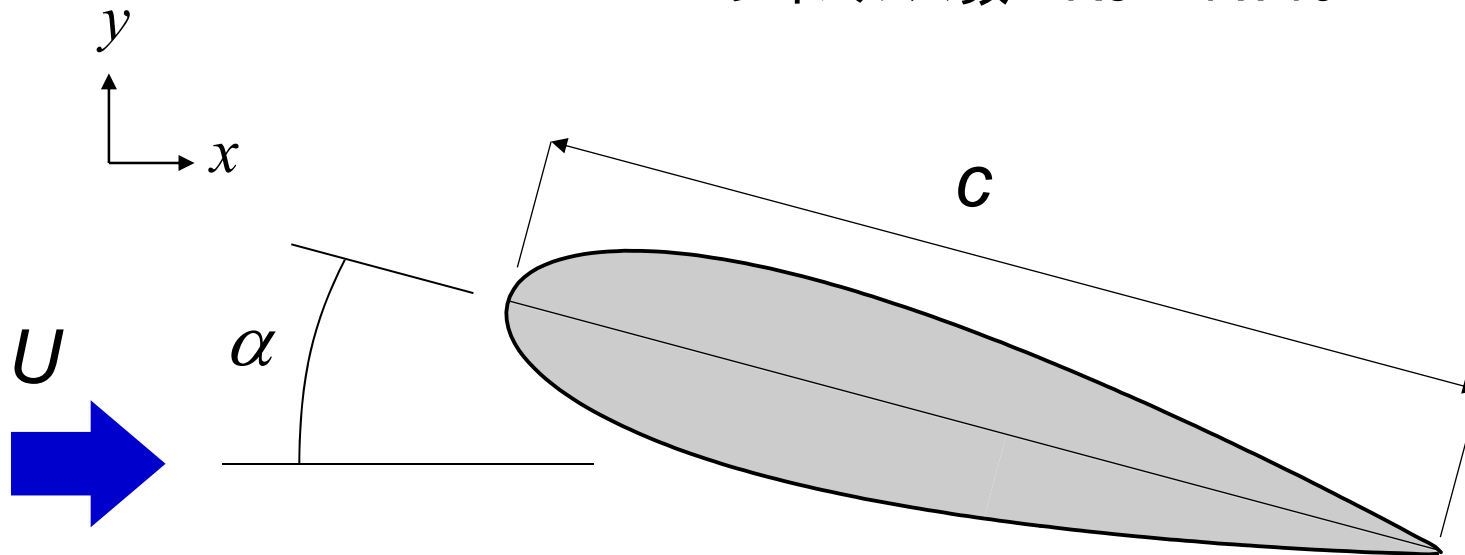
機械工学総合演習第二  
「物体周りの流れ」  
説明資料(数値計算編)

担当：杵淵郁也, 吉本勇太, 市川保正  
2019年度S1S2

# 計算条件

翼型 NACA0021  
翼弦長  $c = 0.1 \text{ m}$   
迎角  $\alpha$

流体 水  
密度  $\rho = 998.2 \text{ kg/m}^3$   
粘度  $\mu = 1 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$   
流速  $U = 1 \text{ m/s}$   
レイノルズ数  $\text{Re} = 1 \times 10^5$

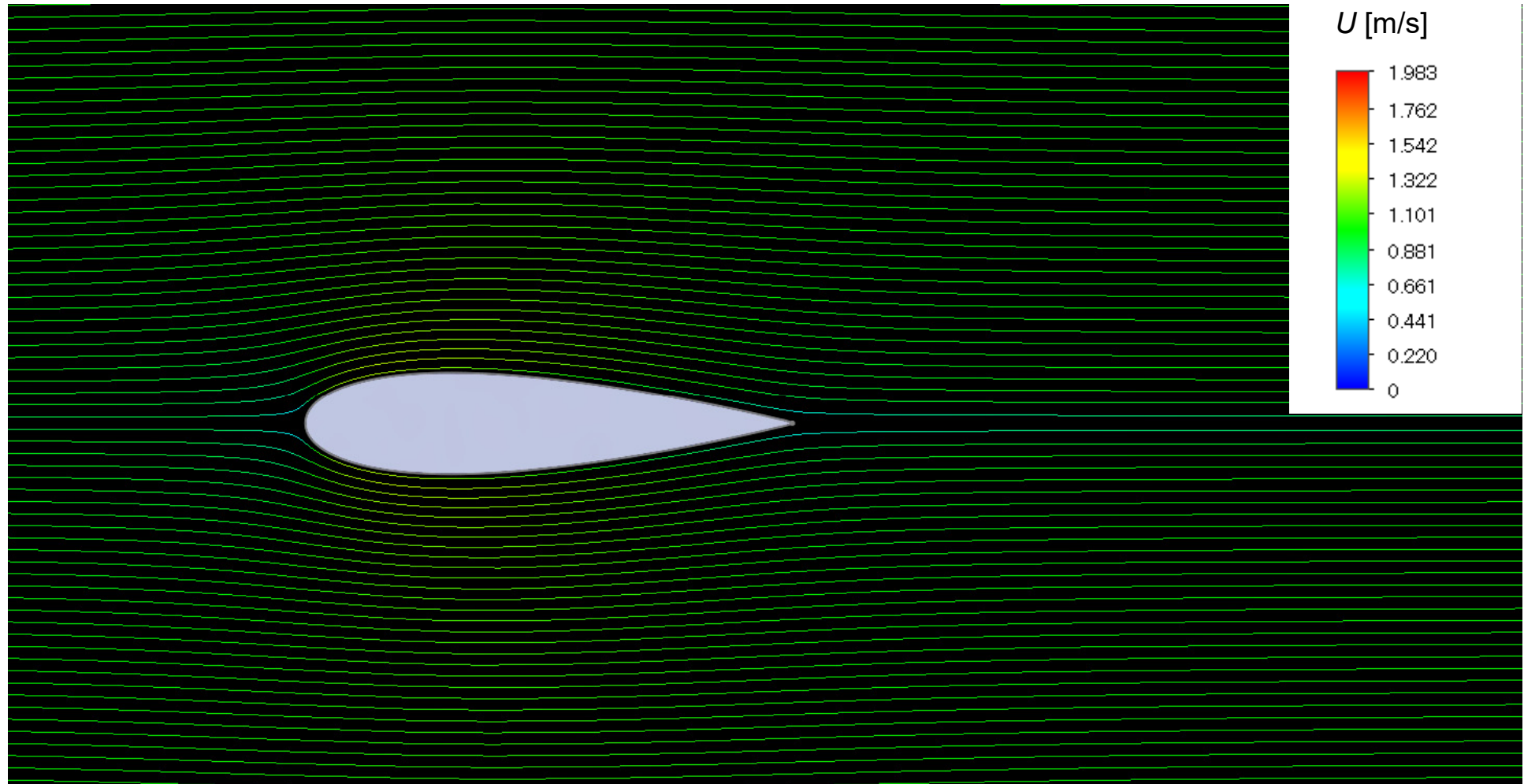


使用ソフトウェア: [SolidWorks Flow Simulation](#)

計算結果は以下のページからダウンロードできます  
<http://www.fel.t.u-tokyo.ac.jp/lecture/experiment>

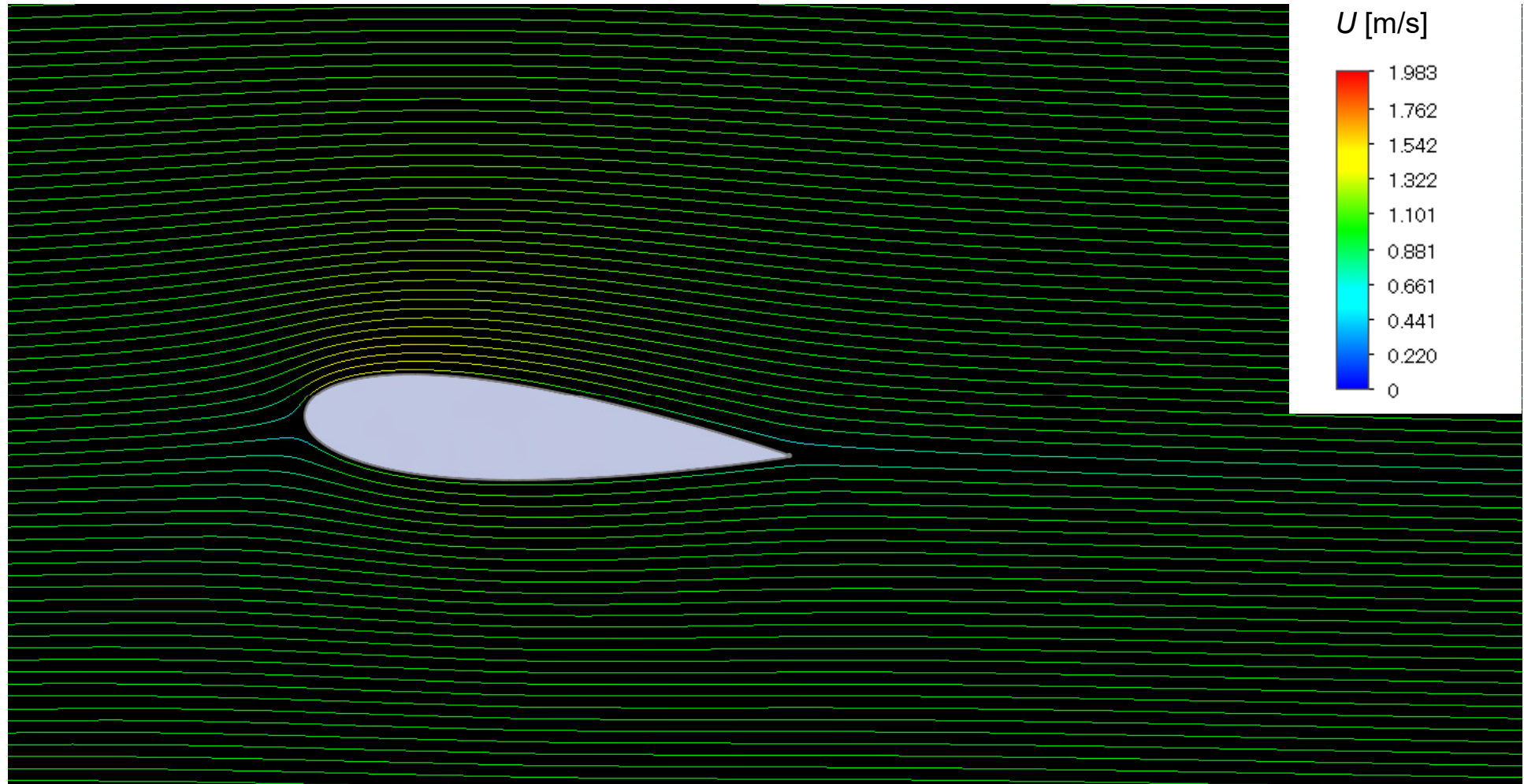
# 流線

迎角  $\alpha = 0$  deg.



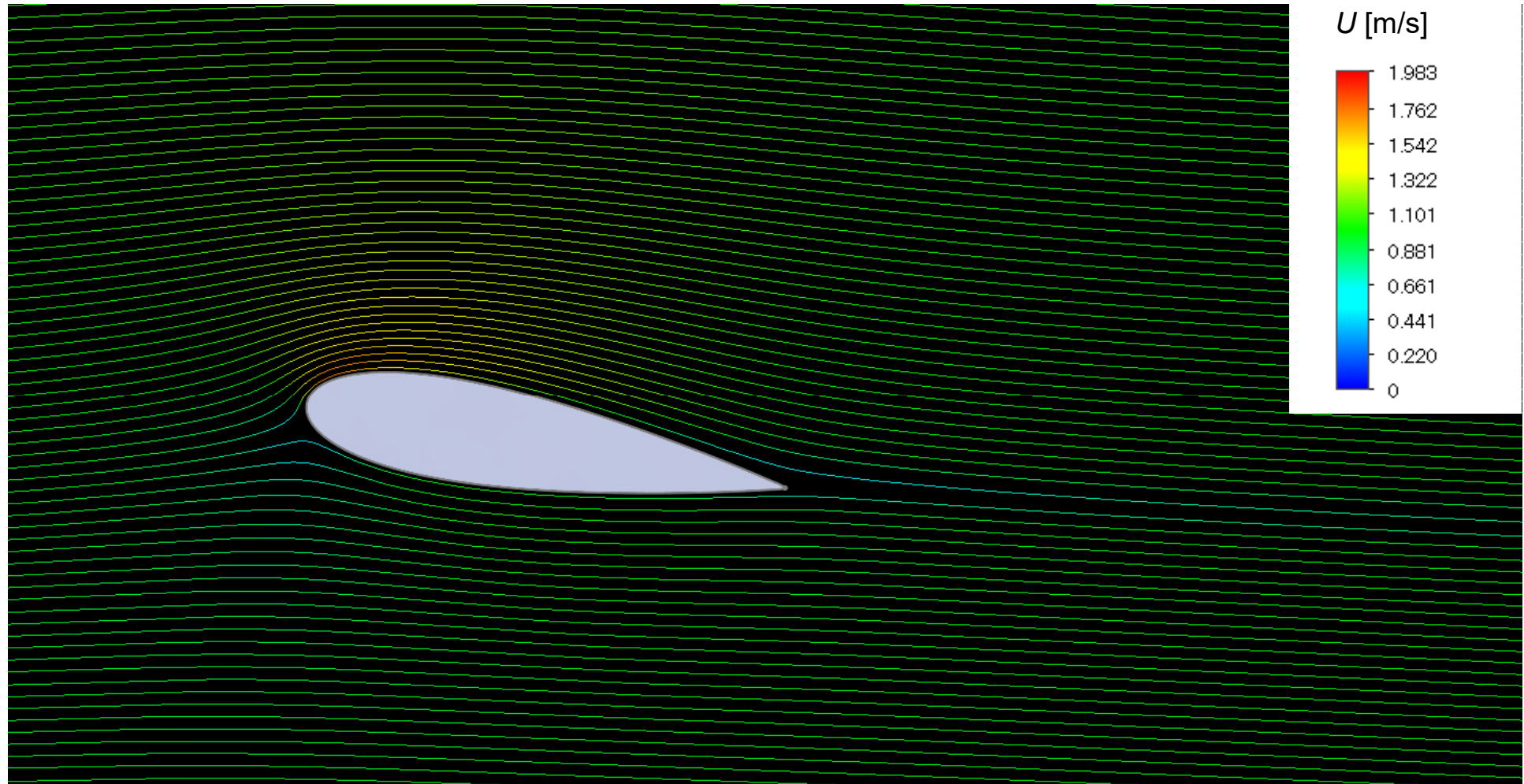
# 流線

迎角  $\alpha = 5 \text{ deg.}$



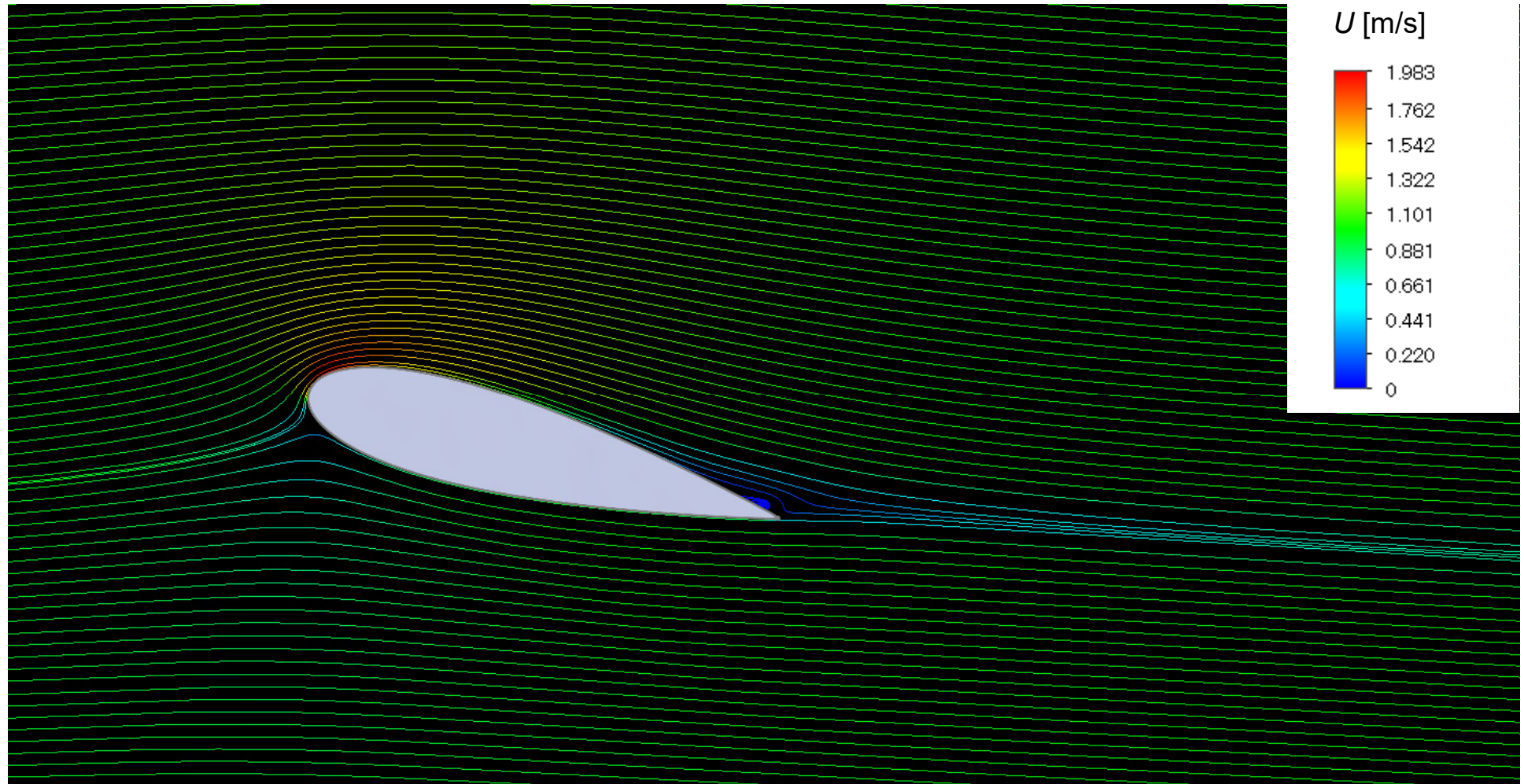
# 流線

迎角  $\alpha = 10 \text{ deg.}$



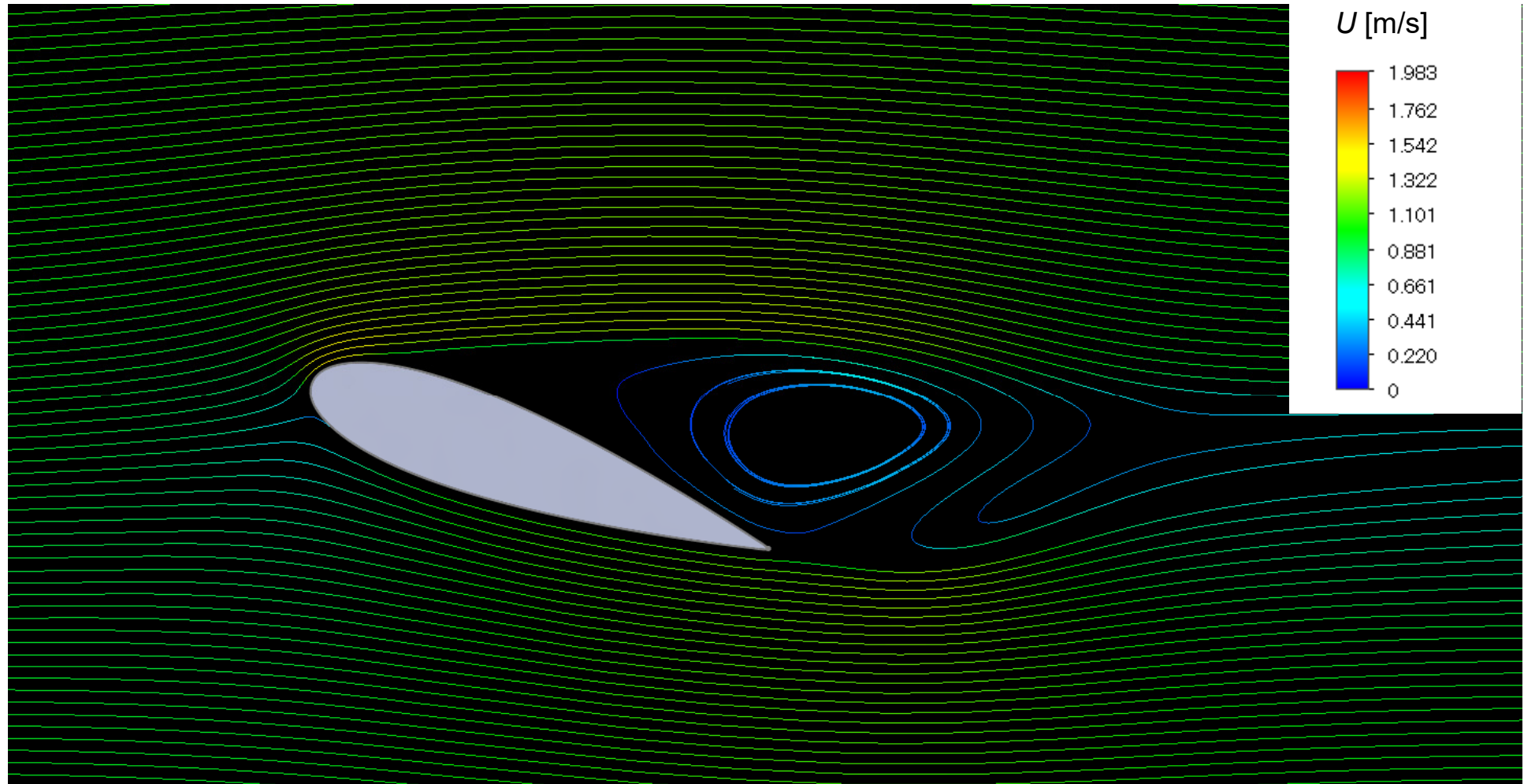
# 流線

迎角  $\alpha = 15 \text{ deg.}$



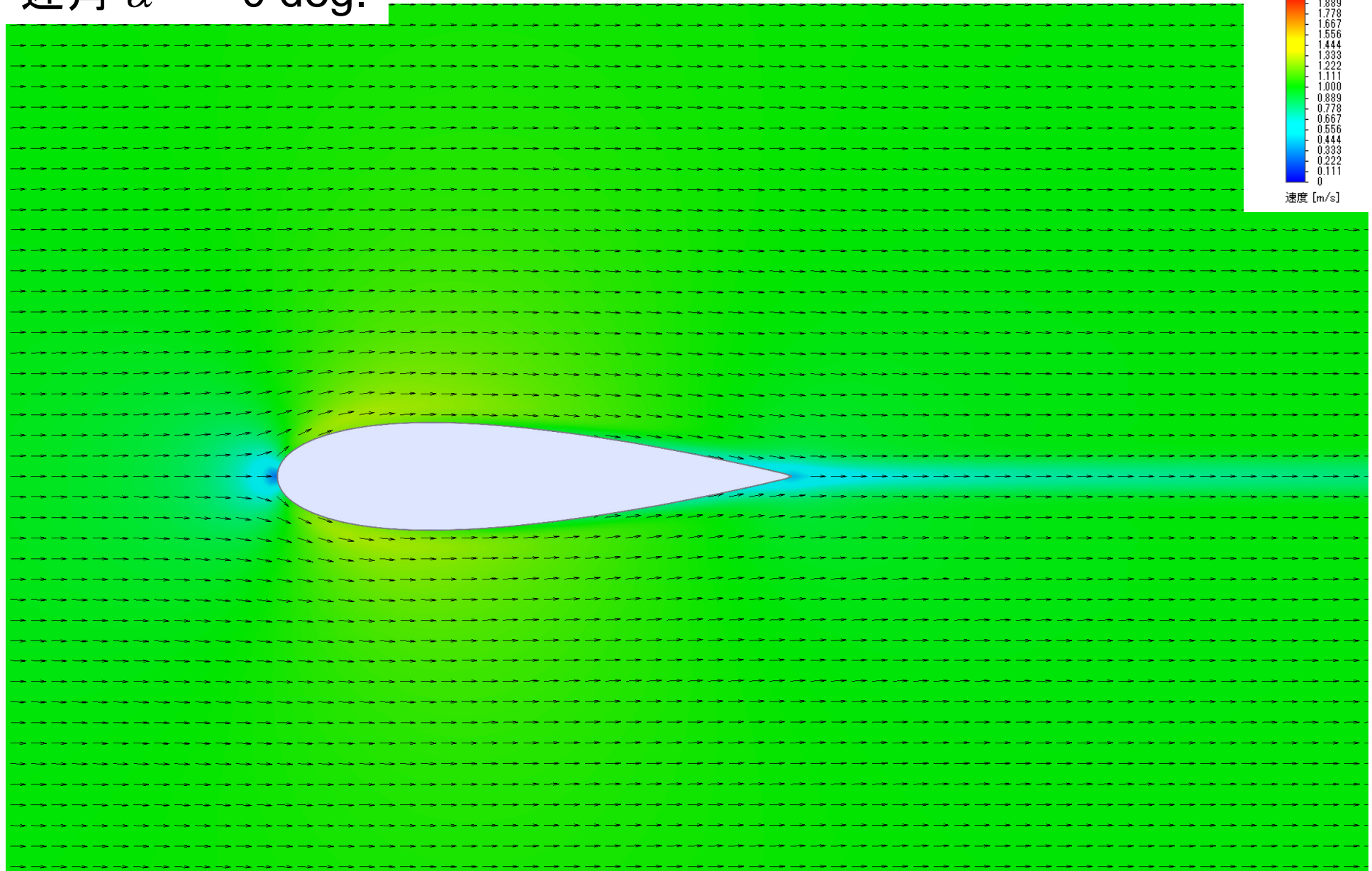
# 流線

迎角  $\alpha = 20$  deg.



# 速度分布

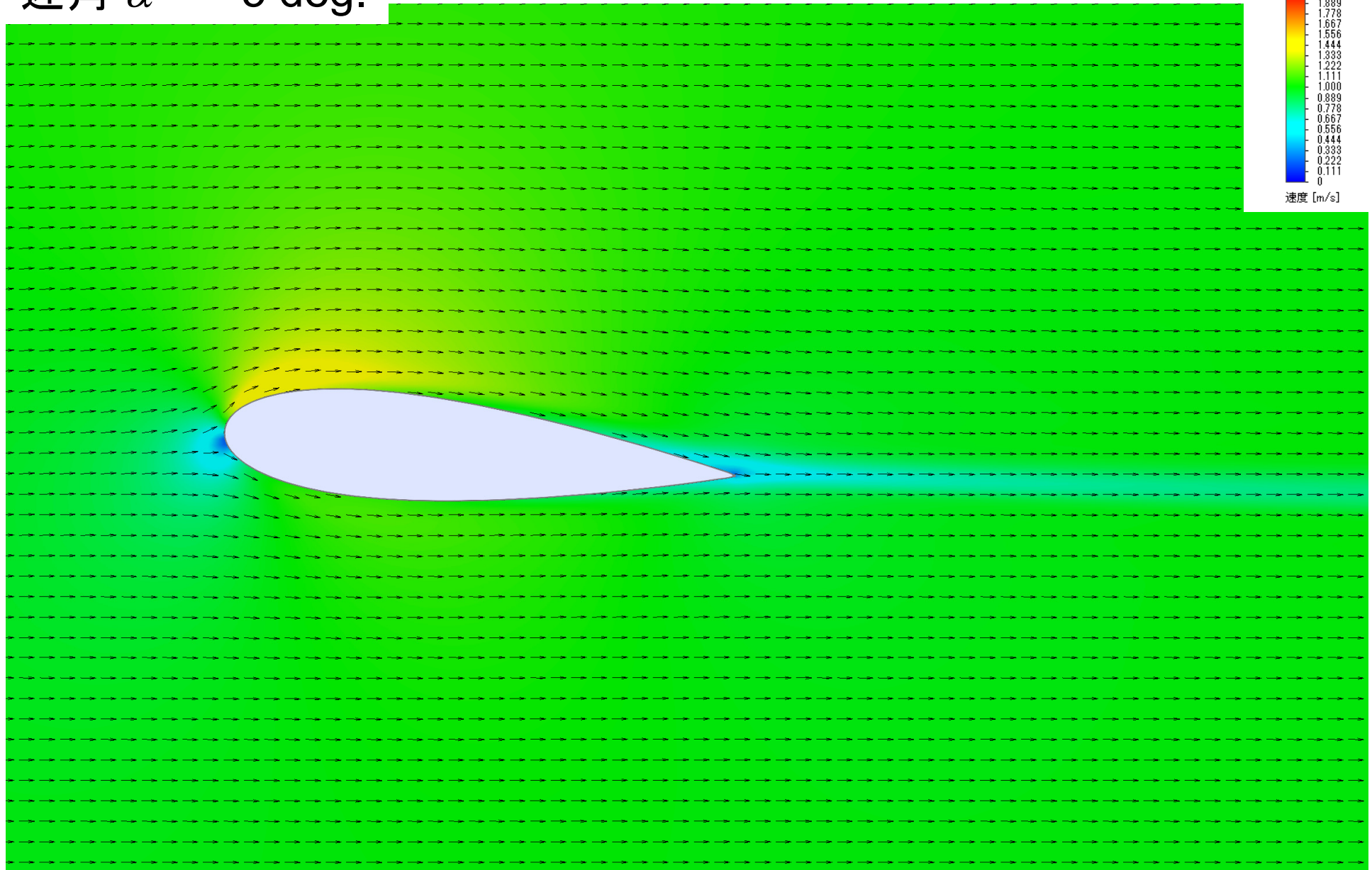
迎角  $\alpha = 0$  deg.





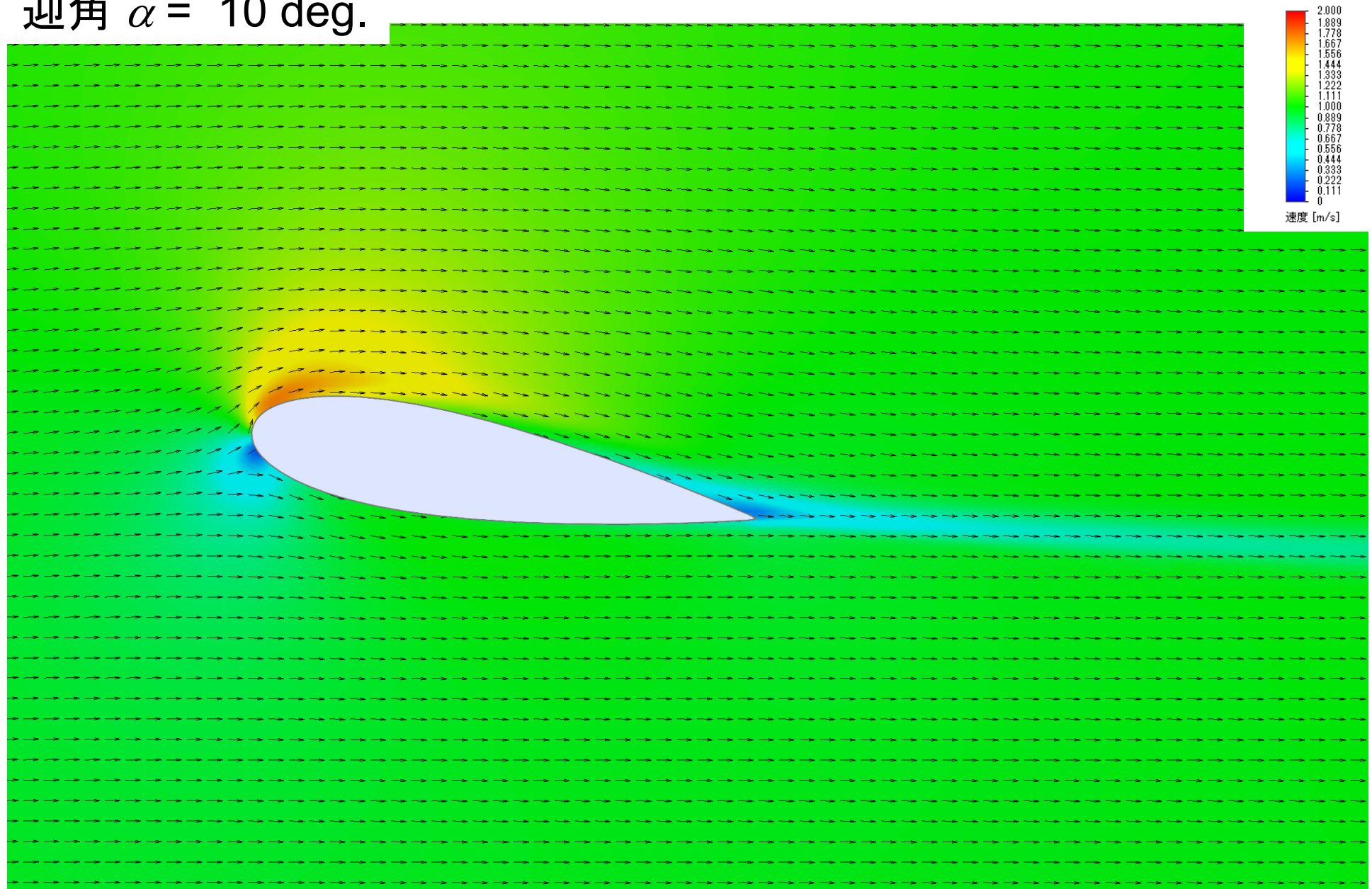
# 速度分布

迎角  $\alpha = 5 \text{ deg.}$



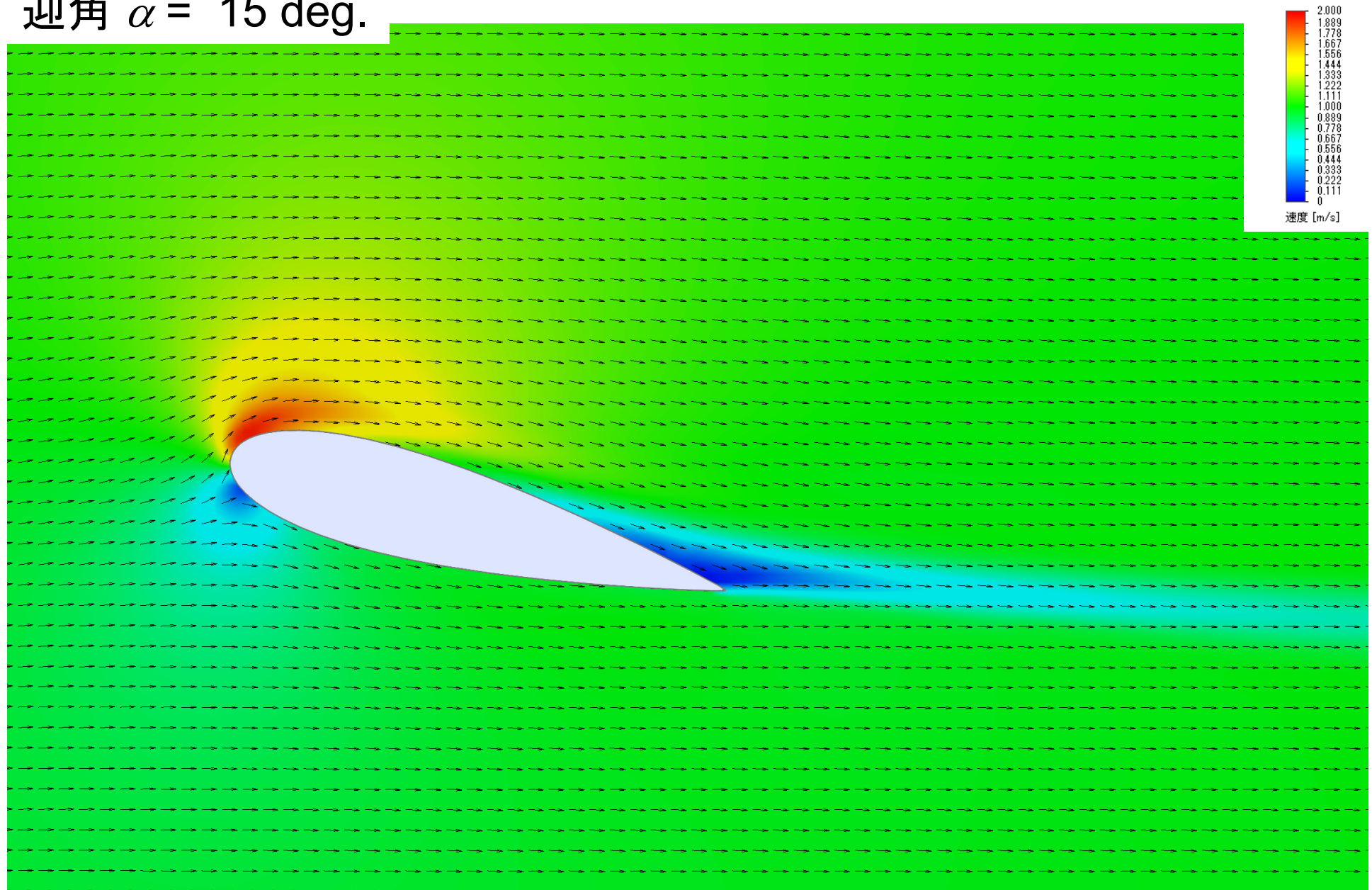
# 速度分布

迎角  $\alpha = 10 \text{ deg.}$



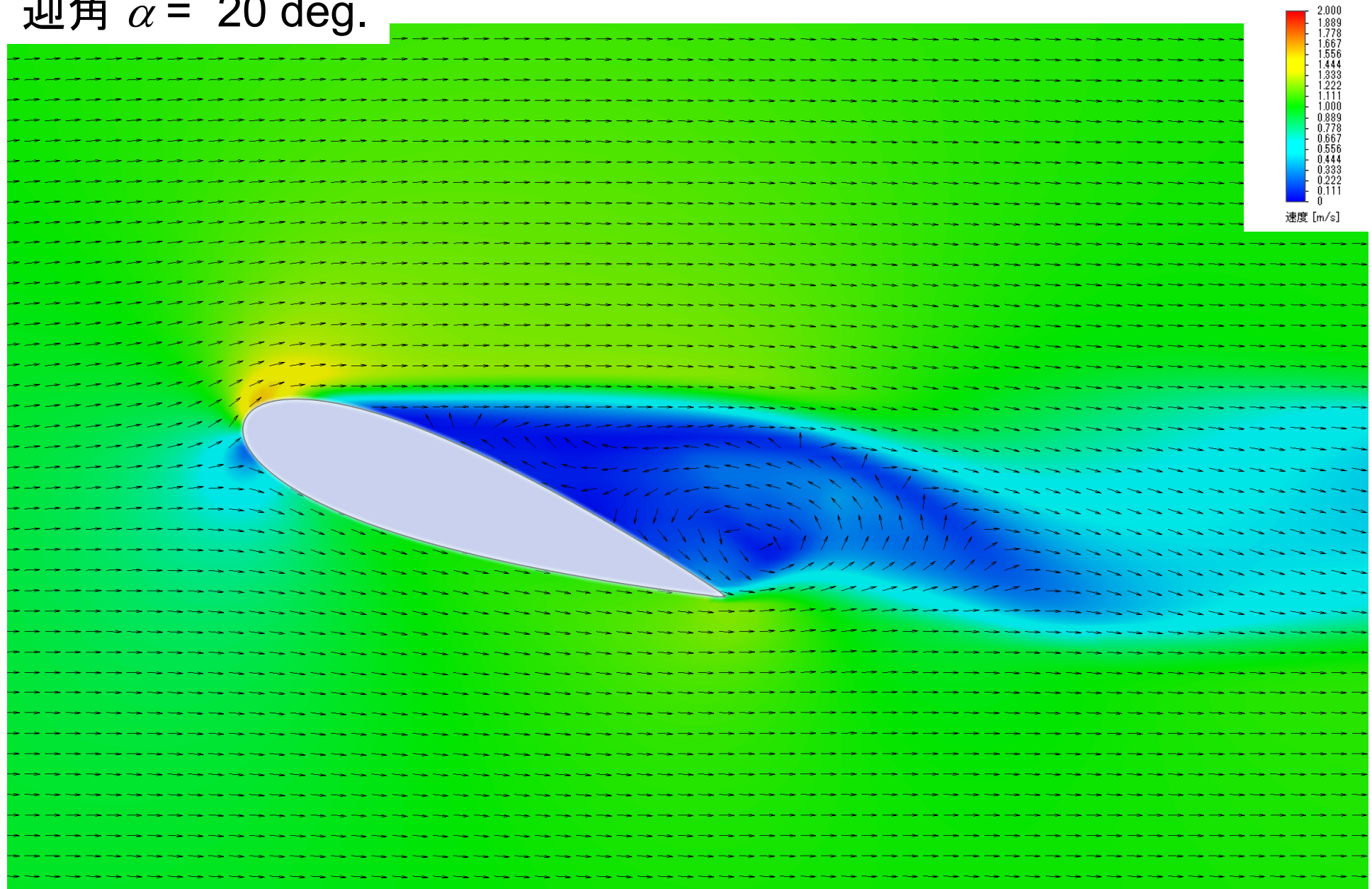
# 速度分布

迎角  $\alpha = 15 \text{ deg.}$



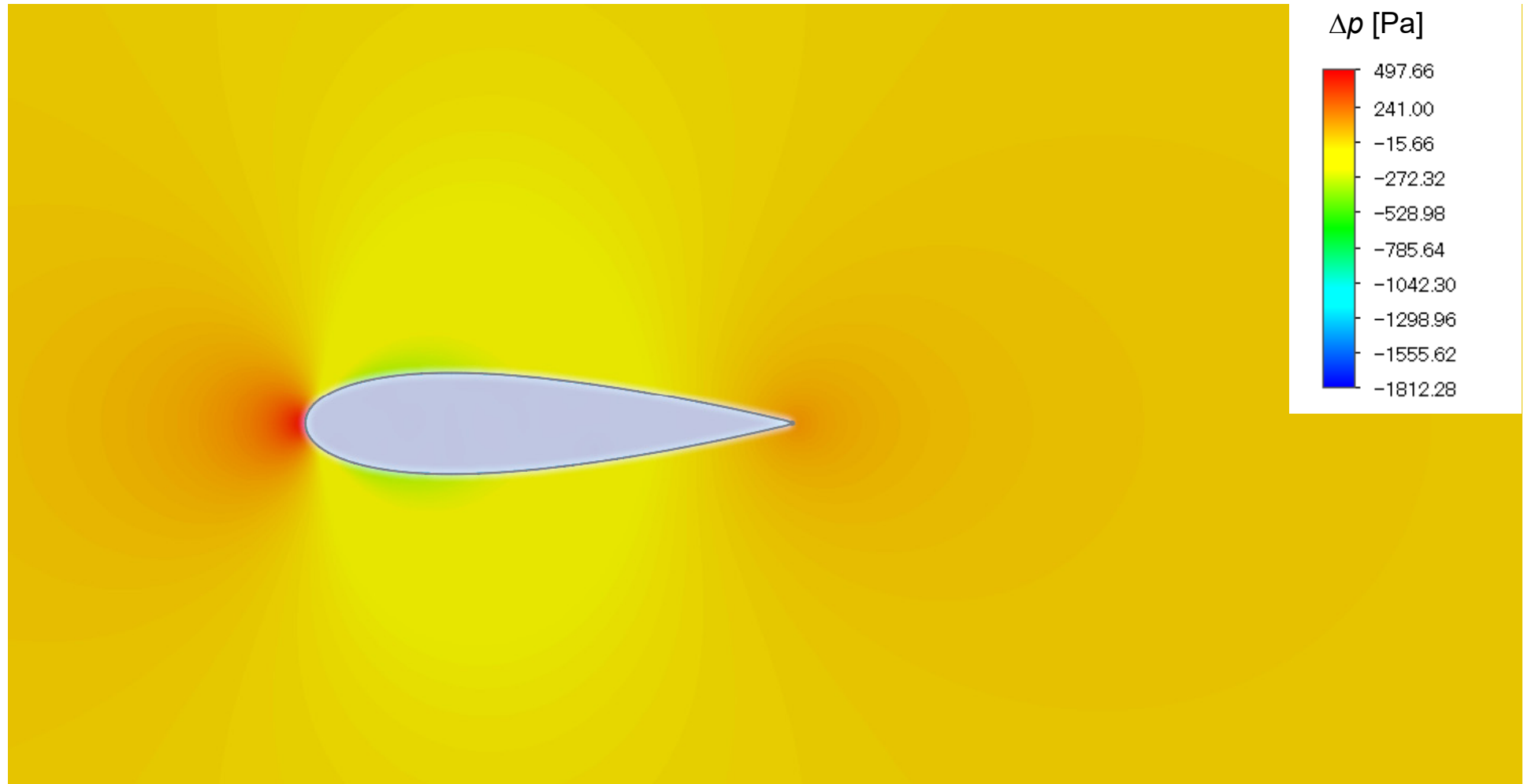
# 速度分布

迎角  $\alpha = 20 \text{ deg.}$



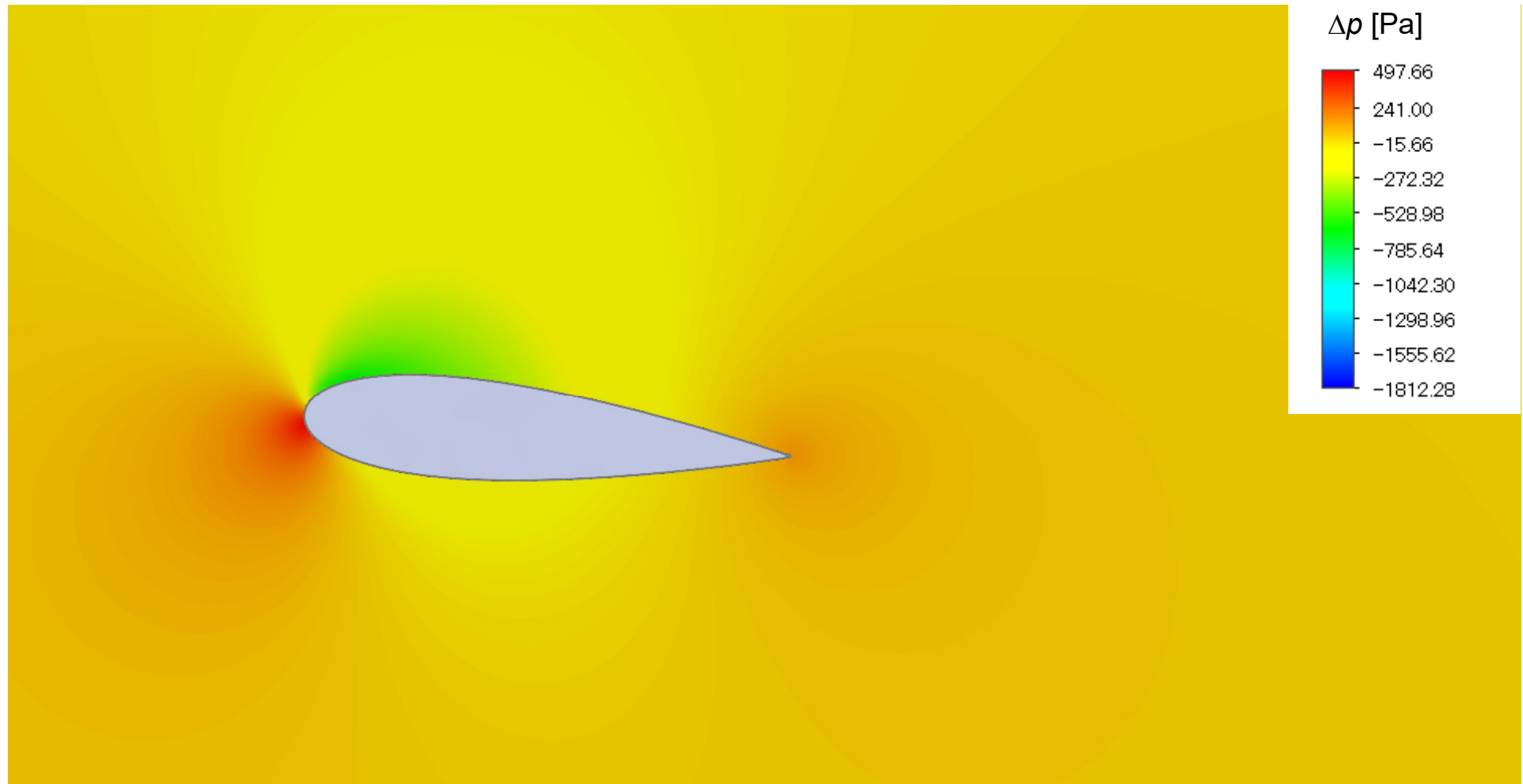
# 压力分布

迎角  $\alpha = 0$  deg.



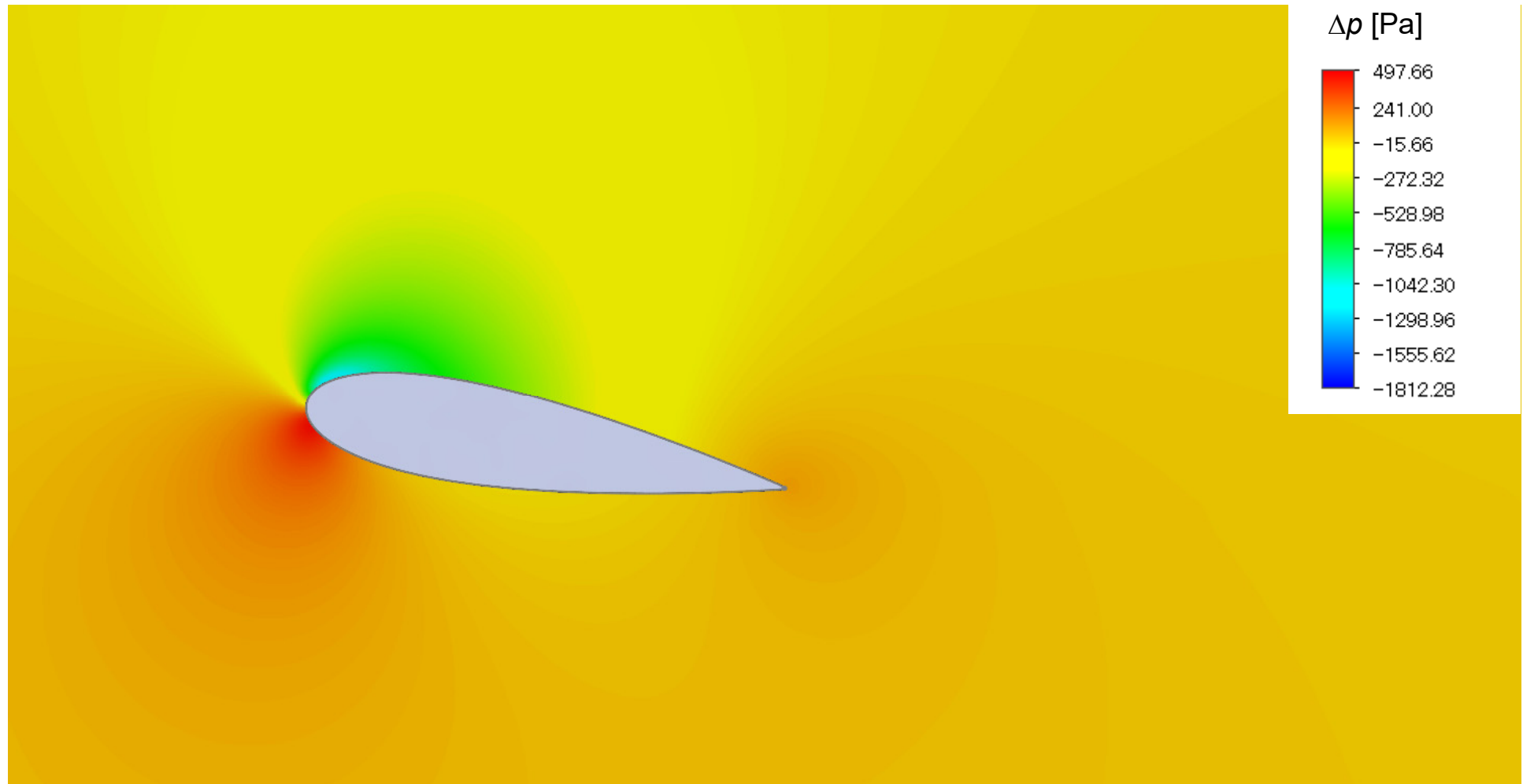
# 压力分布

迎角  $\alpha = 5 \text{ deg.}$



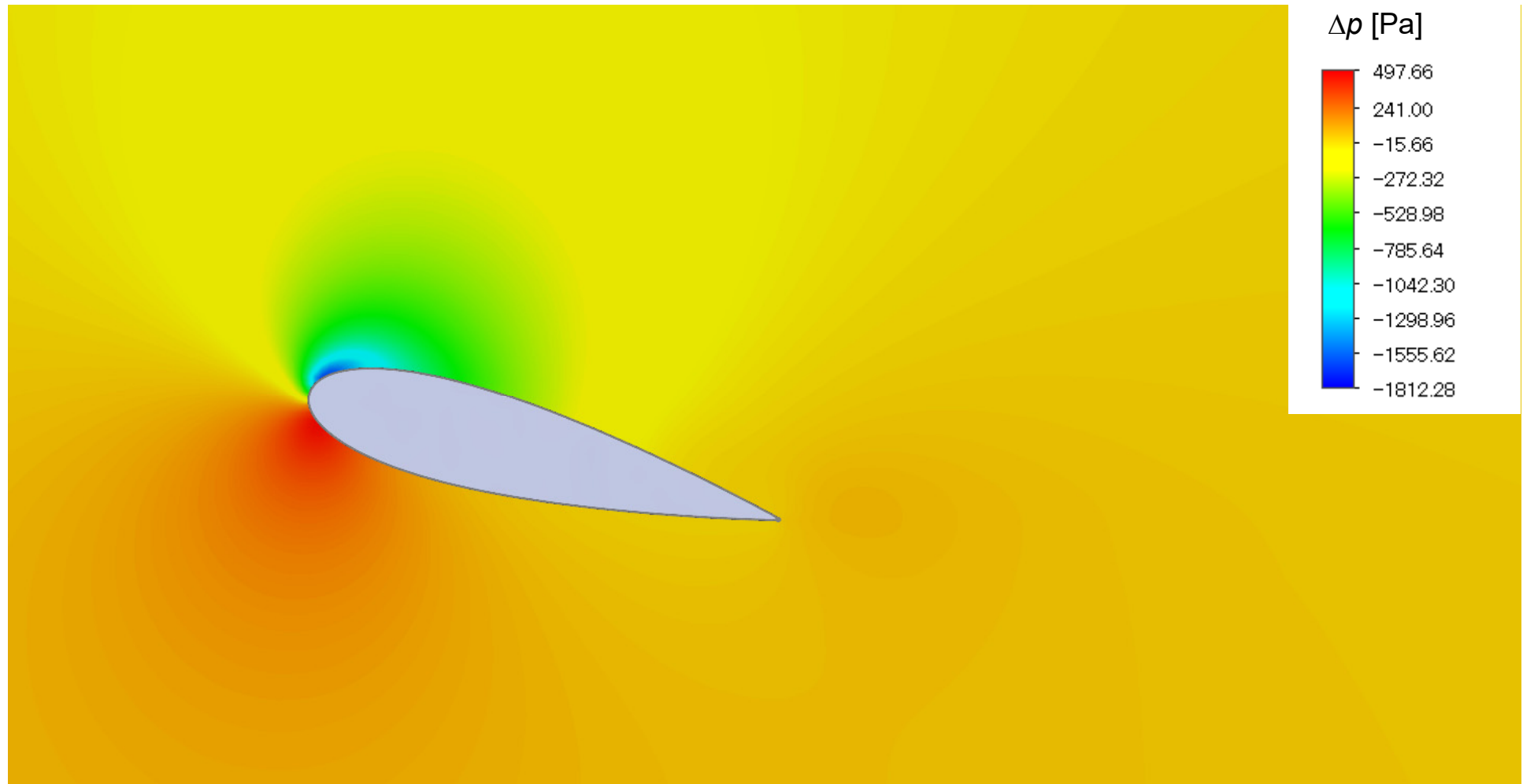
# 压力分布

迎角  $\alpha = 10 \text{ deg.}$



# 压力分布

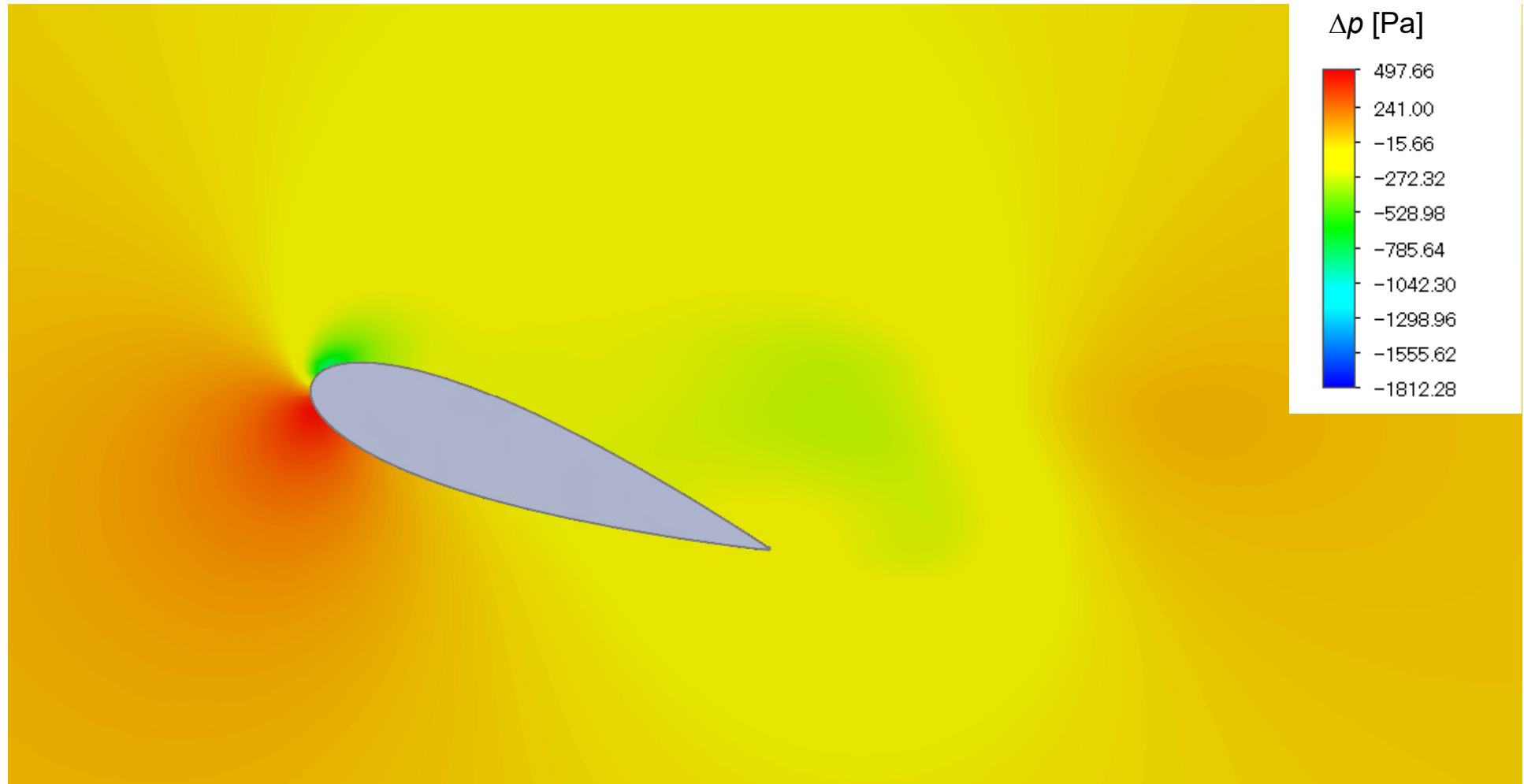
迎角  $\alpha = 15 \text{ deg.}$





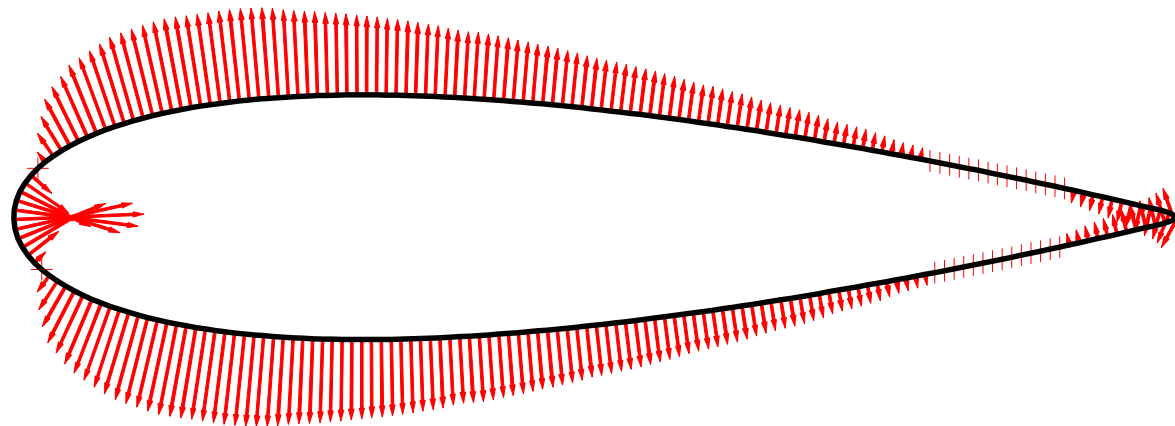
# 压力分布

迎角  $\alpha = 20$  deg.



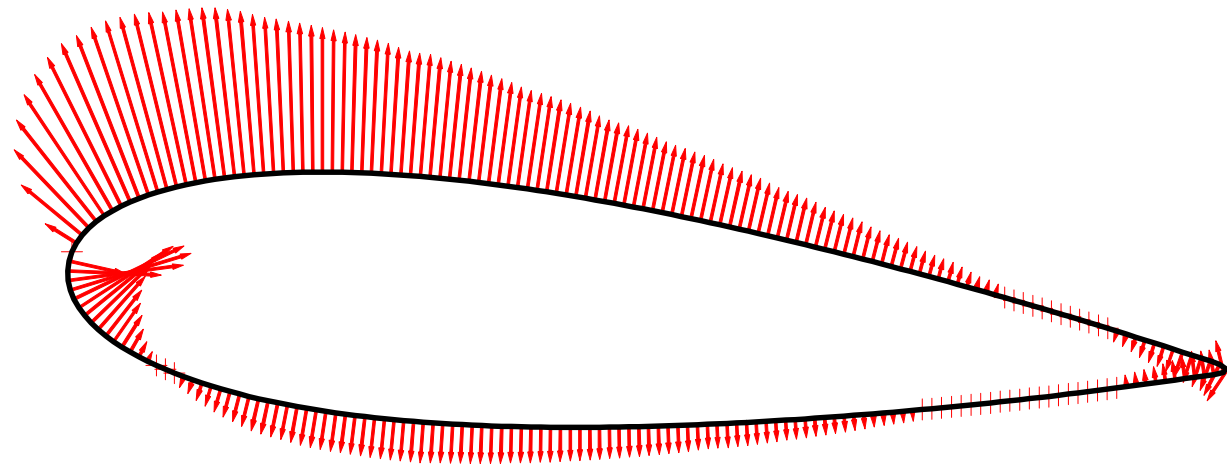
# 翼表面における圧力分布の可視化

迎角  $\alpha = 0$  deg.



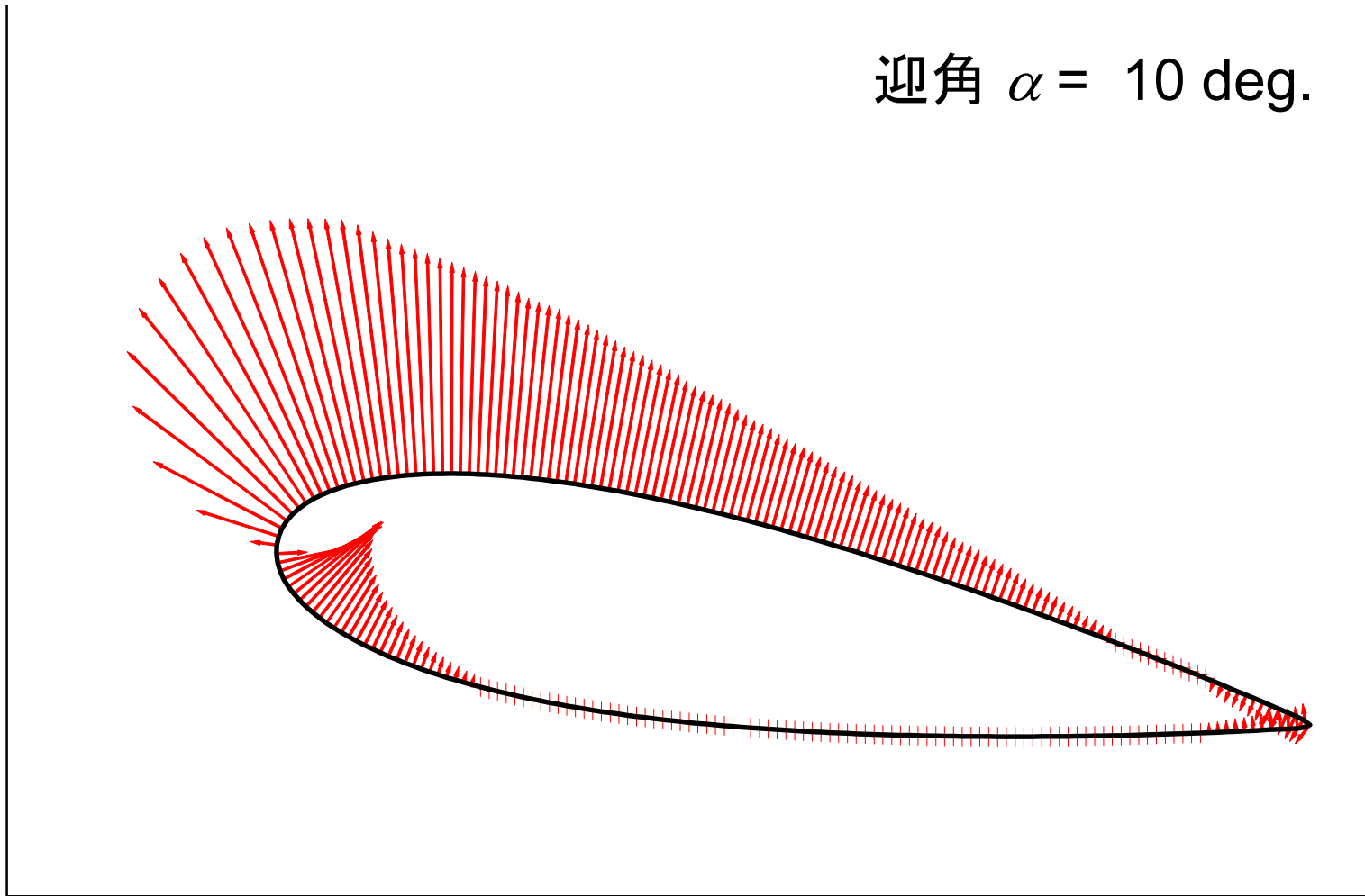
# 翼表面における圧力分布の可視化

迎角  $\alpha = 5 \text{ deg.}$

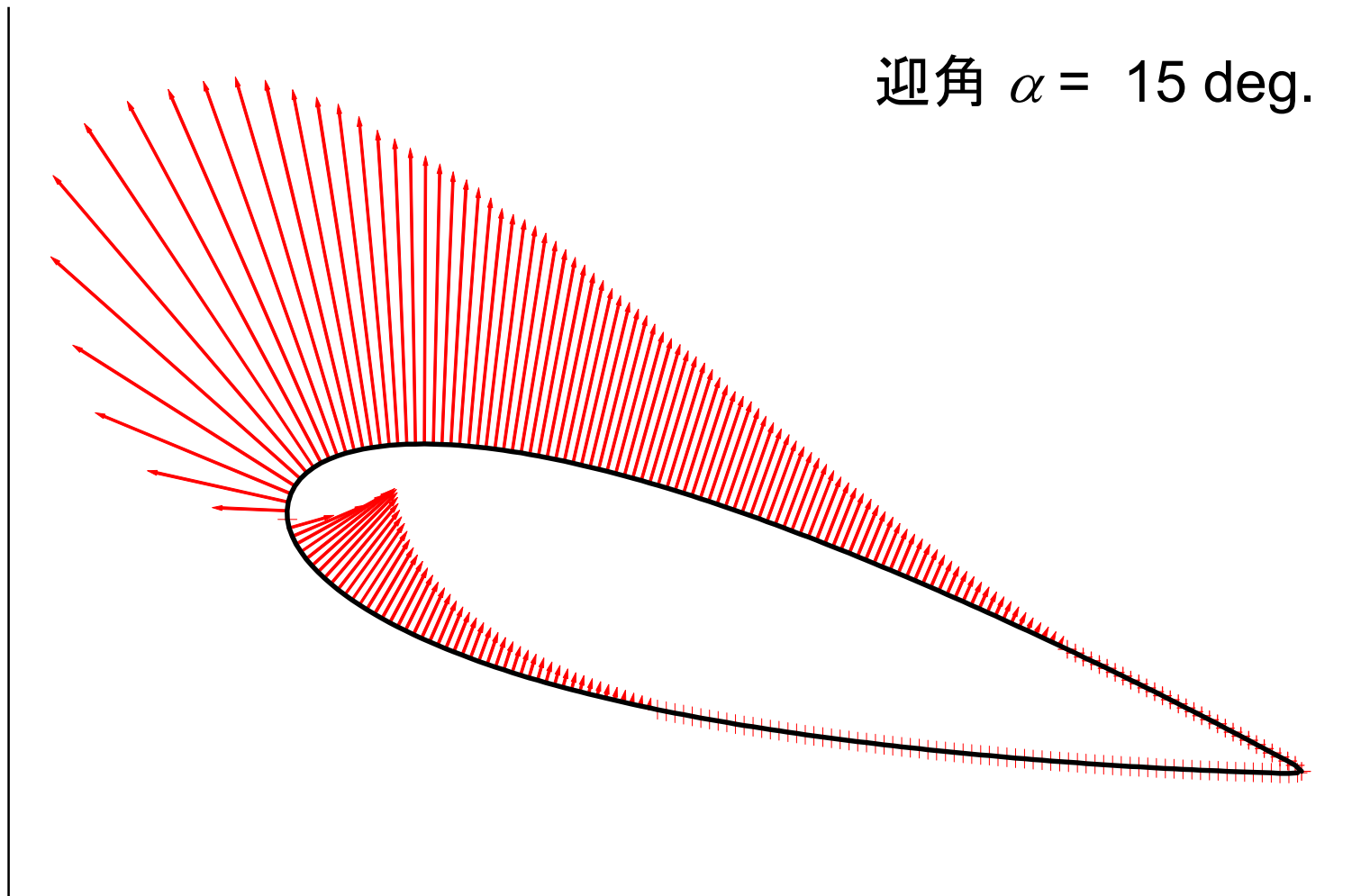


# 翼表面における圧力分布の可視化

迎角  $\alpha = 10 \text{ deg.}$

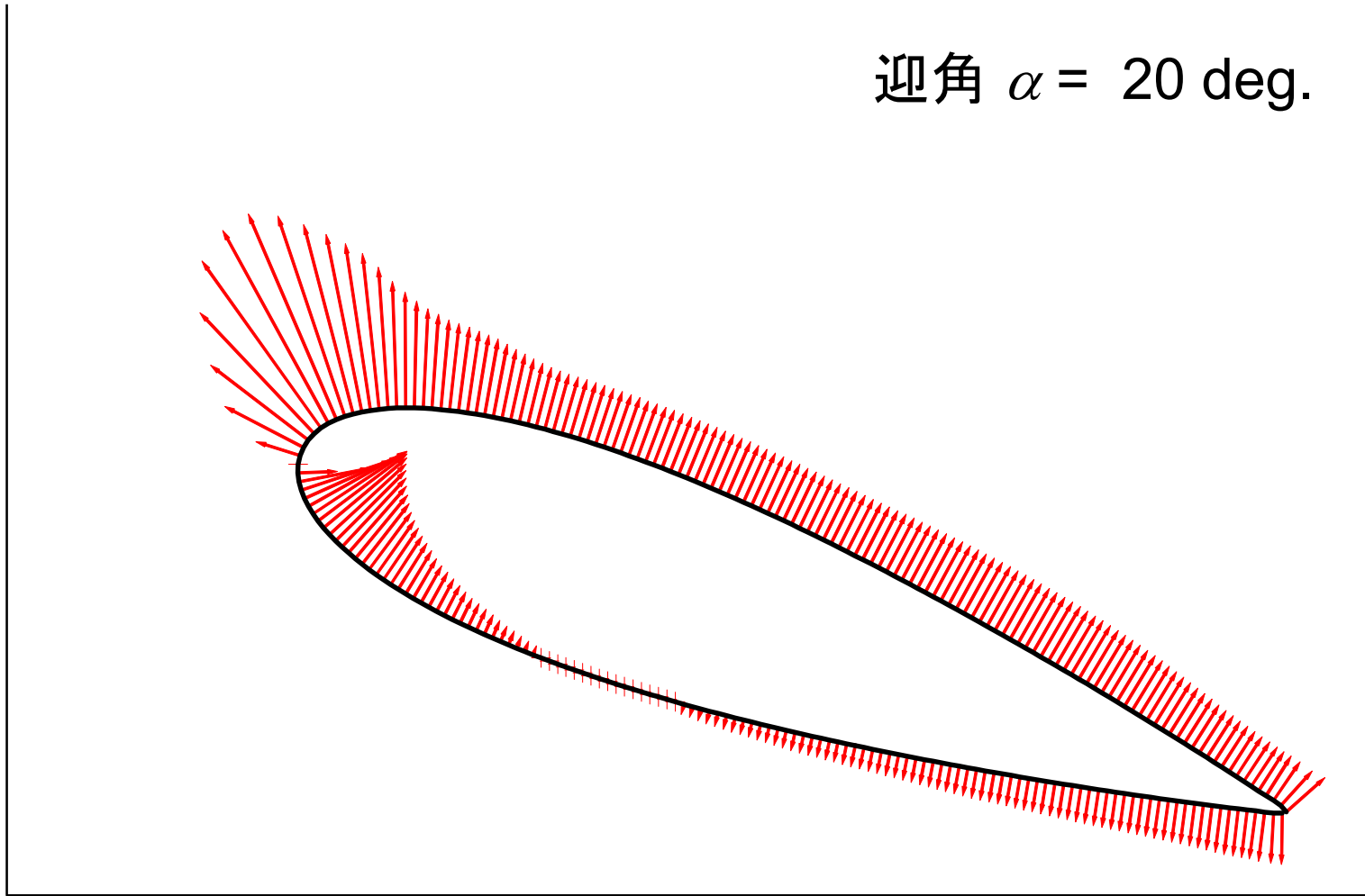


# 翼表面における圧力分布の可視化

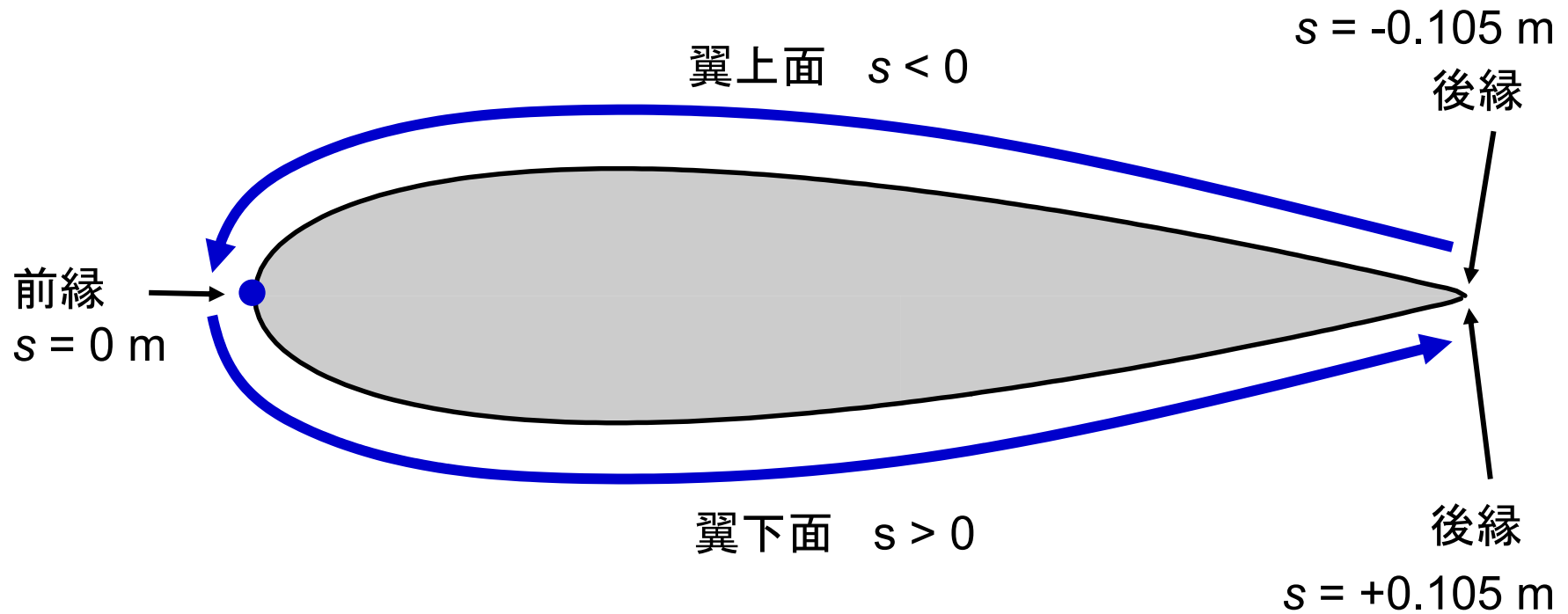


# 翼表面における圧力分布の可視化

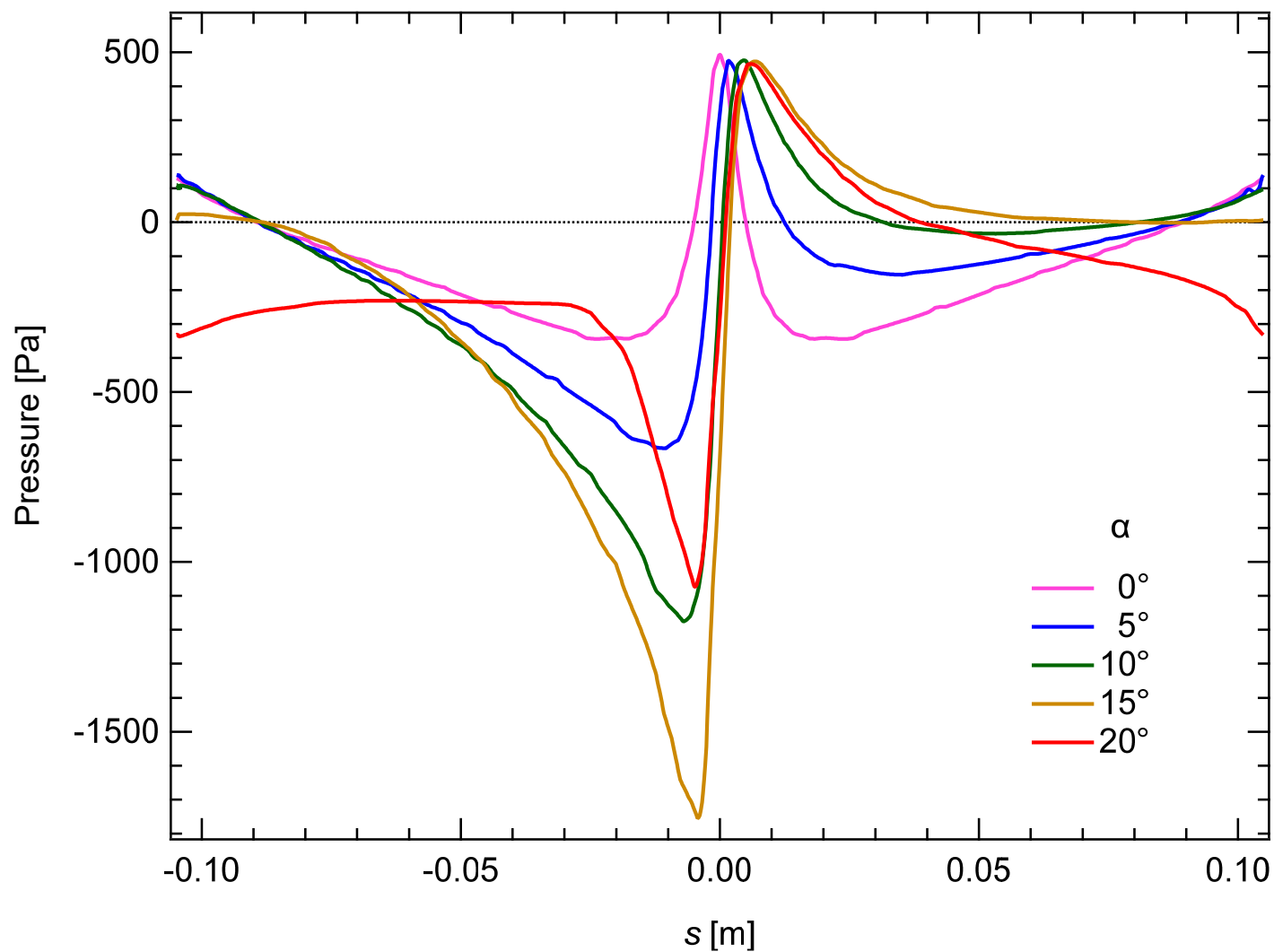
迎角  $\alpha = 20 \text{ deg.}$



# 翼表面座標



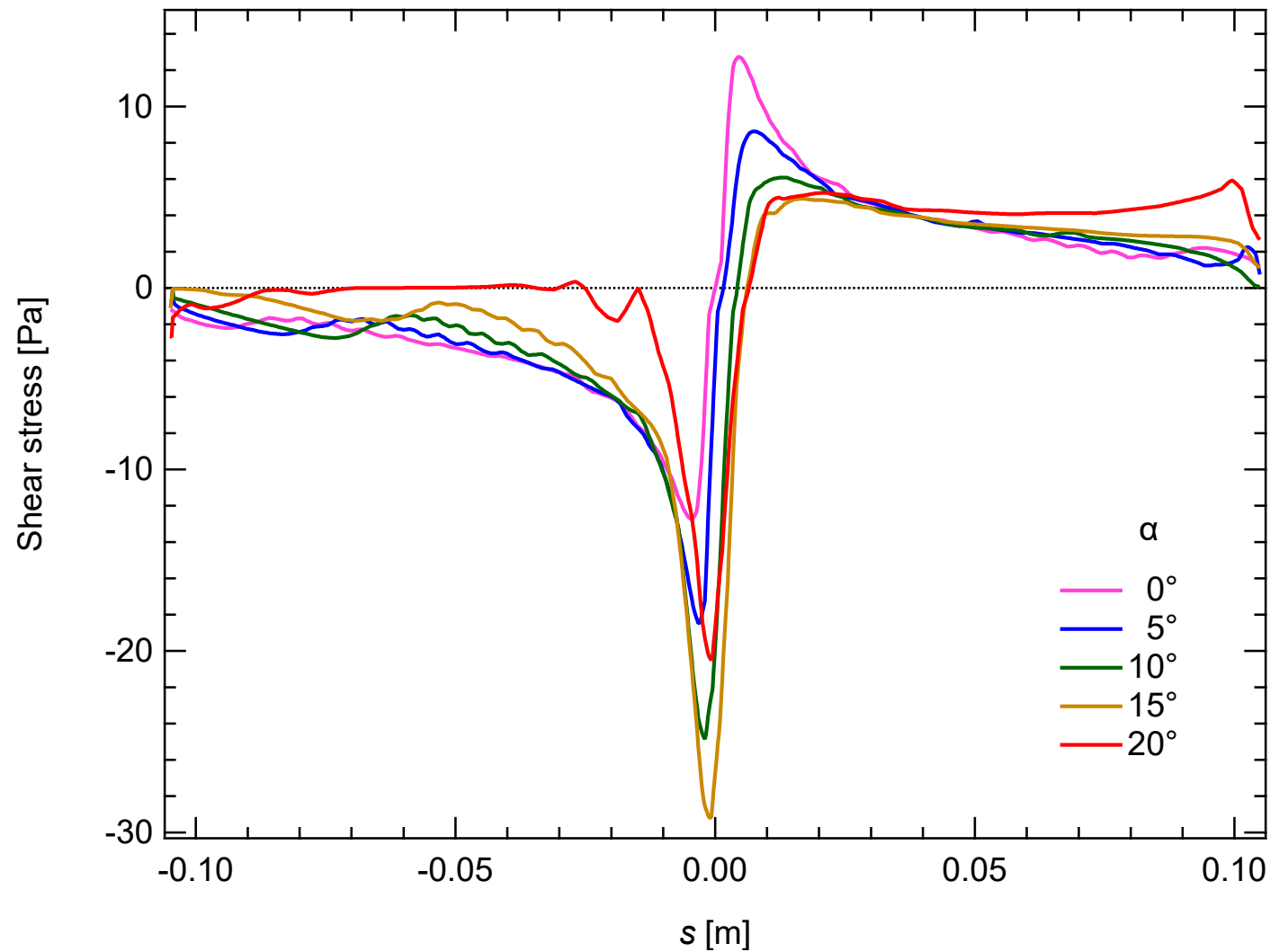
# 翼表面の圧力分布



数値データは以下のページからダウンロードできます  
<http://www.fel.t.u-tokyo.ac.jp/lecture/experiment>



# 翼表面のせん断応力分布

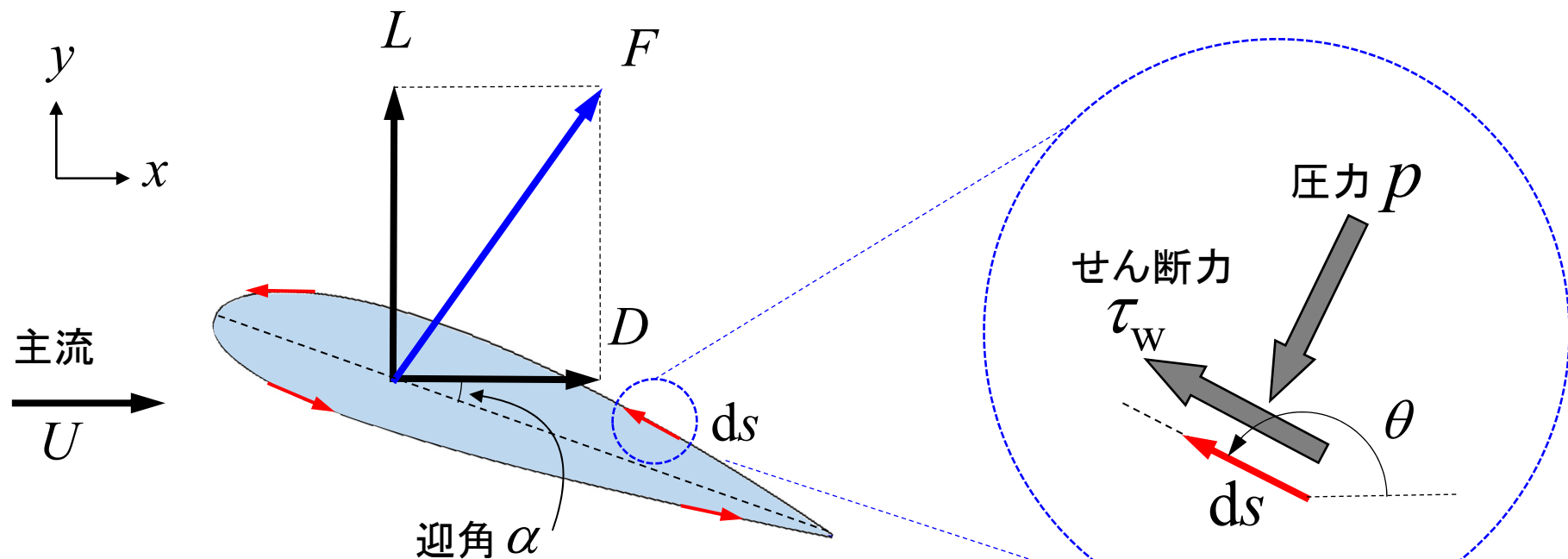


数値データは以下のページからダウンロードできます  
<http://www.fel.t.u-tokyo.ac.jp/lecture/experiment>

# 圧力・せん断力分布と物体に働く力の関係

$$\text{揚力 } L = \oint p \cos \theta \, ds + \oint \tau_w \sin \theta \, ds = \oint p \, dx + \oint \tau_w \, dy$$

$$\text{抗力 } D = -\oint p \sin \theta \, ds + \oint \tau_w \cos \theta \, ds = -\oint p \, dy + \oint \tau_w \, dx$$



※翼表面に沿って反時計周りに積分

# 参考

■揚力係数

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho U^2 A}$$

$L$  揚力

■抗力係数

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A}$$

$D$  抗力

■モーメント係数

$$C_M = \frac{M_z}{\frac{1}{2}\rho U^2 A c}$$

$M_z$  z軸周りのモーメント

$\rho$  流体の密度

$\mu$  流体の粘度

$U$  主流の流速

$A$  翼面積(翼弦長×奥行)

$c$  代表長さ(翼弦長)

■レイノルズ数

$$\text{Re} = \frac{\rho U c}{\mu}$$

# 課題

1. 迎角を変えたときの流れの様子について、以下の点に着目して検討せよ。
  - 翼の上面を流れる流体と、翼の下面を流れる流体の境界はどこにあるか。ちょうど境界に存在する流体はどのような運動をしているか（翼表面のどの位置にぶつかるか）。
  - 流体は翼表面に沿って流れているか？ それとも翼表面から離れてしまうか？ 流れが剥離する位置はどこか？ 流れが再び物体に沿うことはないか？
  - 流れが剥離したときに発生する渦構造について。渦の大きさは？ 回転の向きは？
2. 迎角0度、5度、10度、15度、20度のそれぞれについて、翼表面の圧力分布、せん断応力分布を積分することで、揚力係数および抗力係数を求めよ。
3. 迎角を大きくしていくと、翼上面の流れが翼に沿って流れなくなり、これに伴って揚力が減少し、抗力が増加する（失速）。揚力が減少し、抗力が増加する理由を翼表面の圧力分布、せん断応力分布に基づいて説明せよ。