

第47回流体力学講演会/第33回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム  
2015年7月3日(金)



## FaSTAR・HexaGrid格子による解析

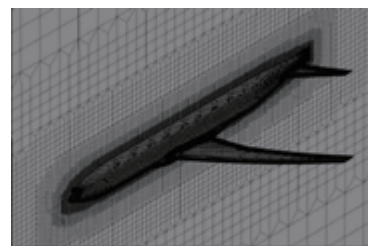
橋本敦、石田崇、青山剛史(JAXA)  
林謙司(菱友システムズ)

### 解析ツール



#### 自動格子生成ソフト: HexaGrid

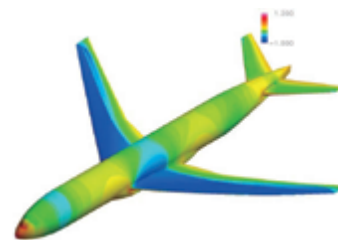
- ・ CADデータとパラメータを入力するだけで、完全自動で格子生成することが可能
  - ・ CADデータの修正作業を大幅に低減
  - ・ 複数CADデータに対応
- 手動で構造格子を作成すると1カ月**  
→HexaGridで30分以下



HexaGridの格子

#### 高速流体解析ソフト: FaSTAR

- ・ 密度ベースの圧縮性流体解析コード
  - ・ 短時間で解析可能(世界最速レベル)
- 1ケース1時間以下で解析可能**  
**(100コア、1000万格子を仮定)**



FaSTARの計算結果

## 課題0: 計算手法



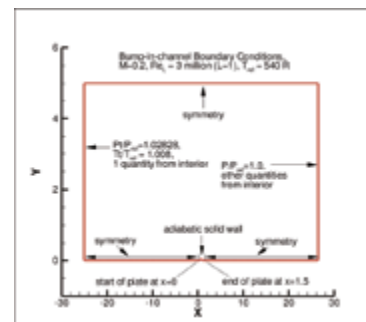
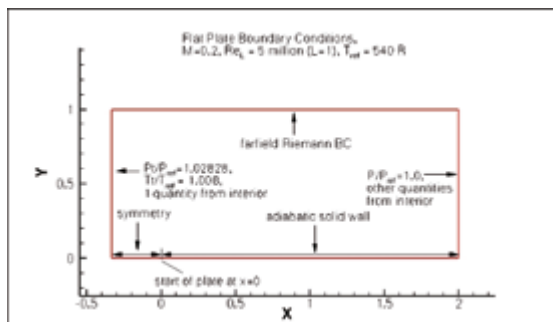
- 流体解析ソルバ: FaSTAR
  - 離散化: セル中心有限体積法
  - 非粘性流束: SLAU
  - 高次精度化: U-MUSCL ( $\chi=0.5$ )
  - 制限関数: Hishida(van Leer型)
  - 時間積分: LU-SGS(局所時間刻み)
  - 乱流モデル: SA、SST
- 計算格子: NASA提供格子
  - 最も細かい3つの格子を使用

3

## 課題0に関して



- 上流側の境界条件には、総圧・総温固定の特性形状条件を採用(NASA/TM-2011-217181)。当然ながら、総圧・総温を固定しないと、NASAの結果と同じにならない(一様流の境界条件では異なる値に収束)。
- 特性境界条件を使わないと、Local timeで計算できない。Global timeだと計算できる。

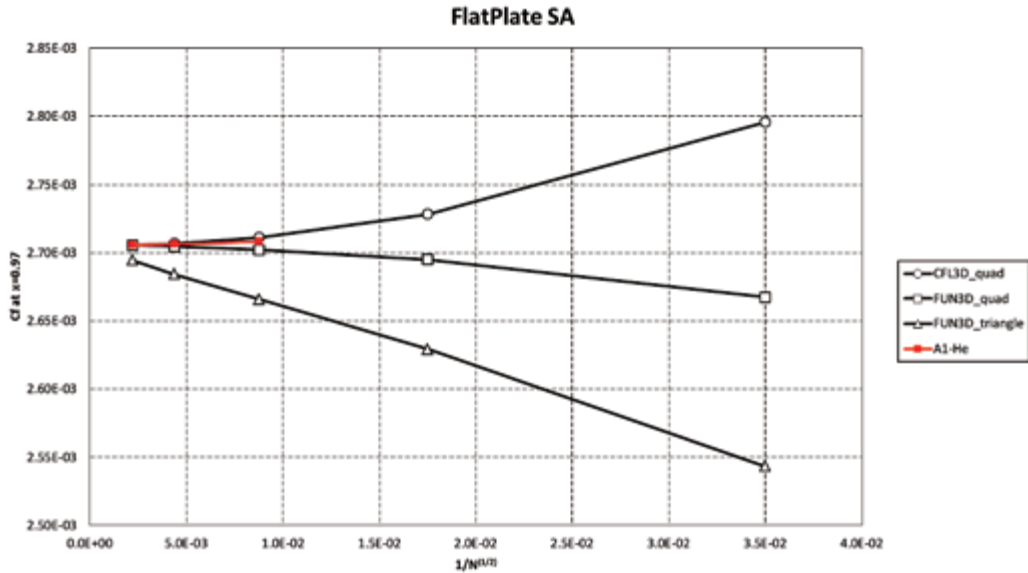


4

# 課題0: 平板 (SA)



Cf @ x=0.97 の格子収束



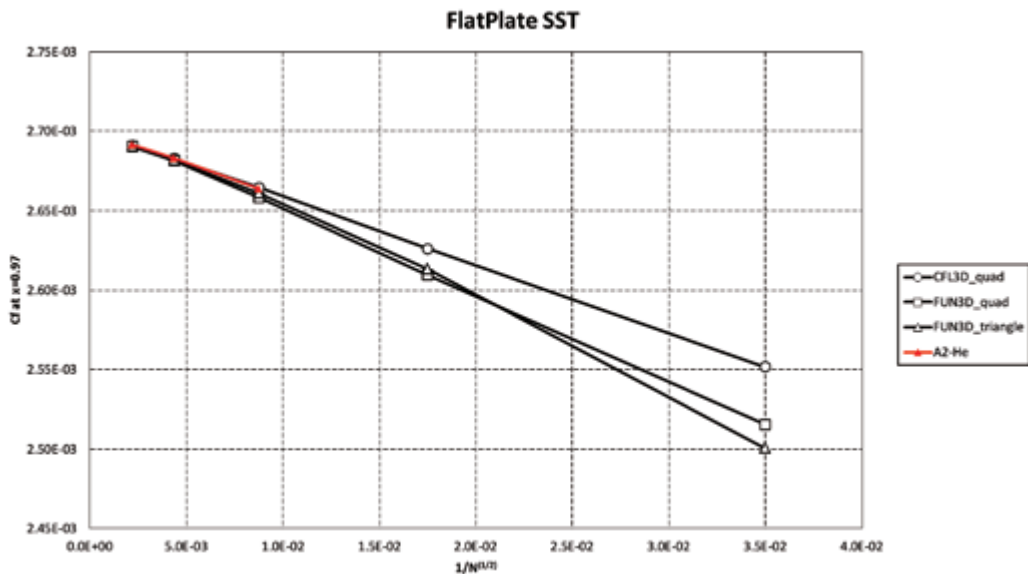
NASAのコード(CFL3D、FUN3D)と同等の結果

5

# 課題0: 平板 (SST)



Cf @ x=0.97 の格子収束



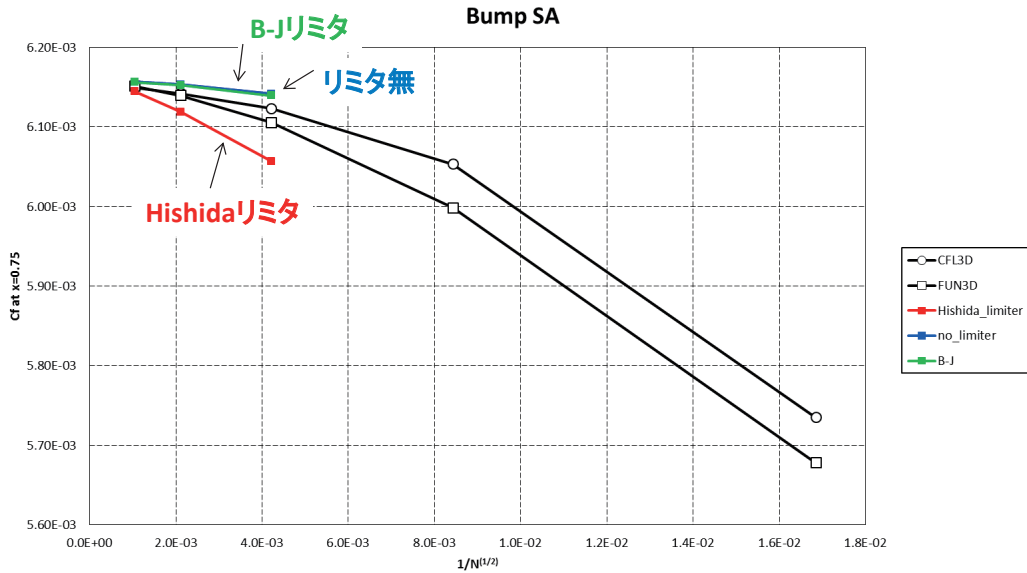
NASAのコード(CFL3D、FUN3D)と同等の結果

6

# 課題O: Bump(SA)



## Cf @ x=0.75 の格子収束



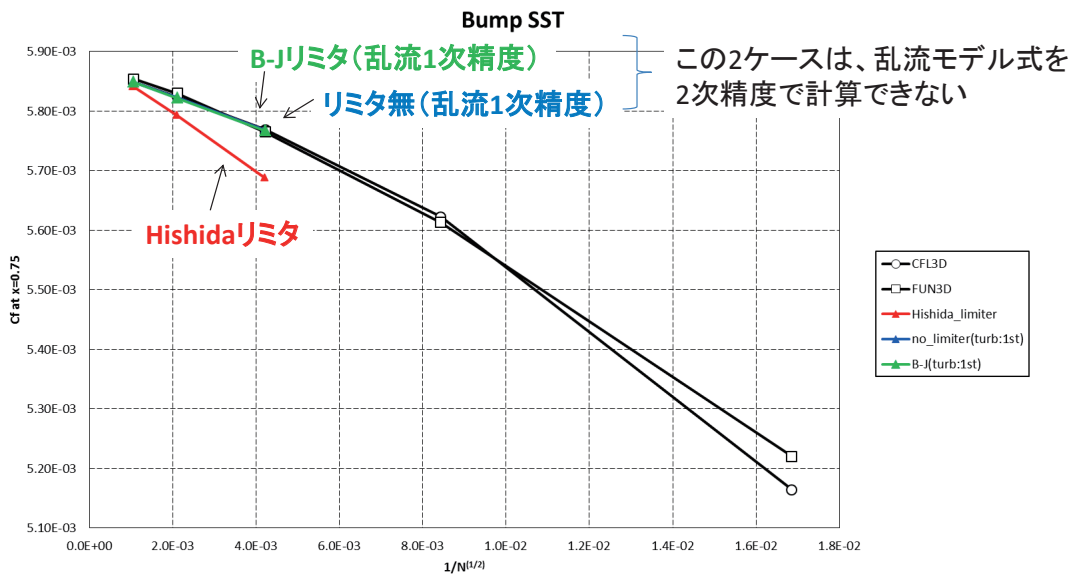
リミタの影響で格子収束が大きく変わる

7

# 課題O: Bump(SST)



## Cf @ x=0.75 の格子収束



リミタの影響で格子収束が大きく変わる

8

## 課題1: 計算手法



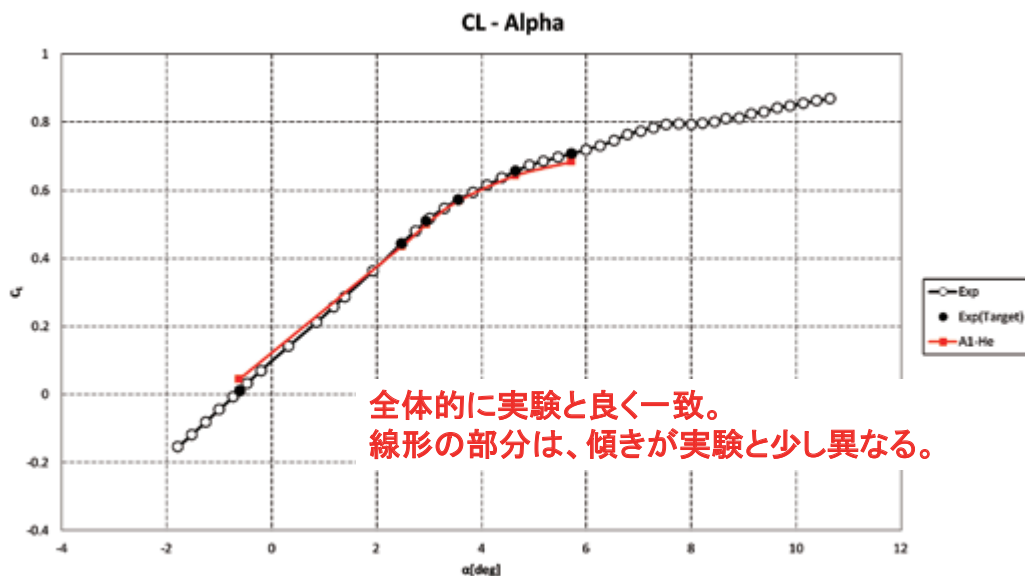
- 流体解析ソルバ: FaSTAR
  - 非粘性流束: HLLEW
  - 高次精度化: U-MUSCL ( $\chi=0.5$ )
  - 制限関数: Hishida(van Leer型)
  - 時間積分: LU-SGS(局所時間刻み)
  - 乱流モデル: SA-R-QCR2000

翼根の剥離を抑制するためQCRを使用  
( Yamamoto et al., AIAA 2012-2895 )

- 計算格子: HexaGrid
  - Coarse, Medium, Fine の3種類の格子
  - 変形有(課題1-1及び1-2)、変形無(課題1-3)

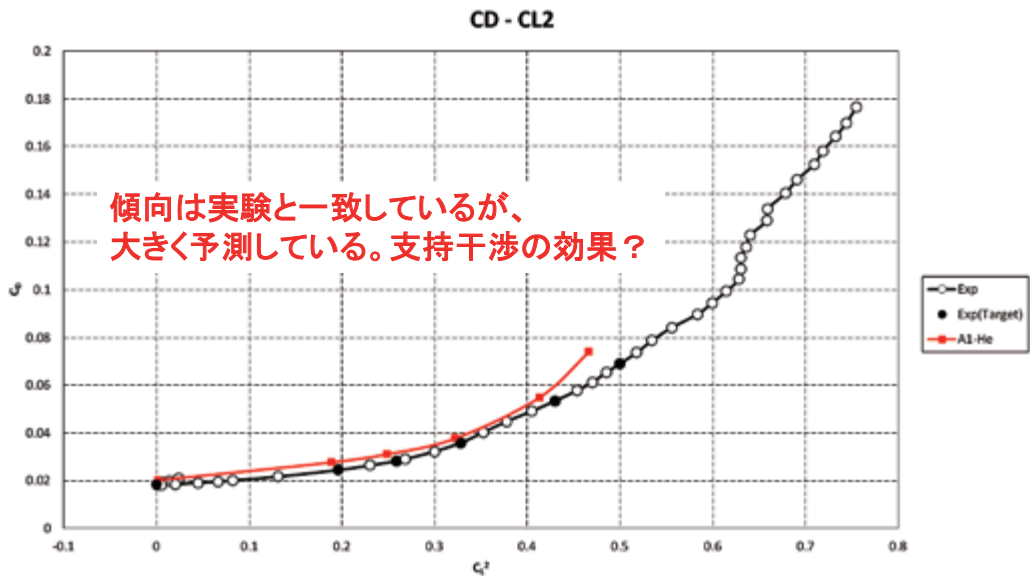
9

## 課題1-1: 空力係数



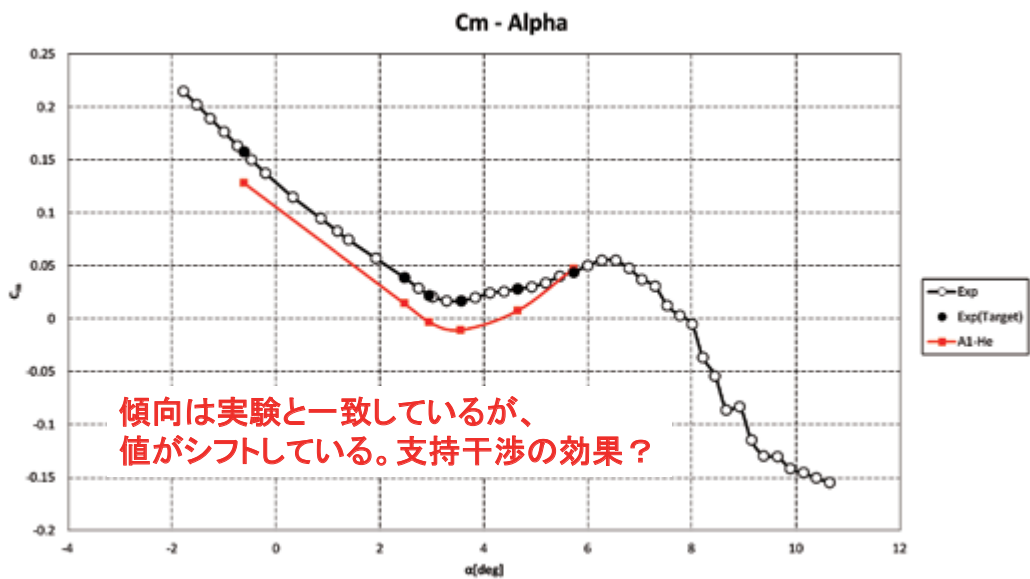
10

# 課題1-1: 空力係数



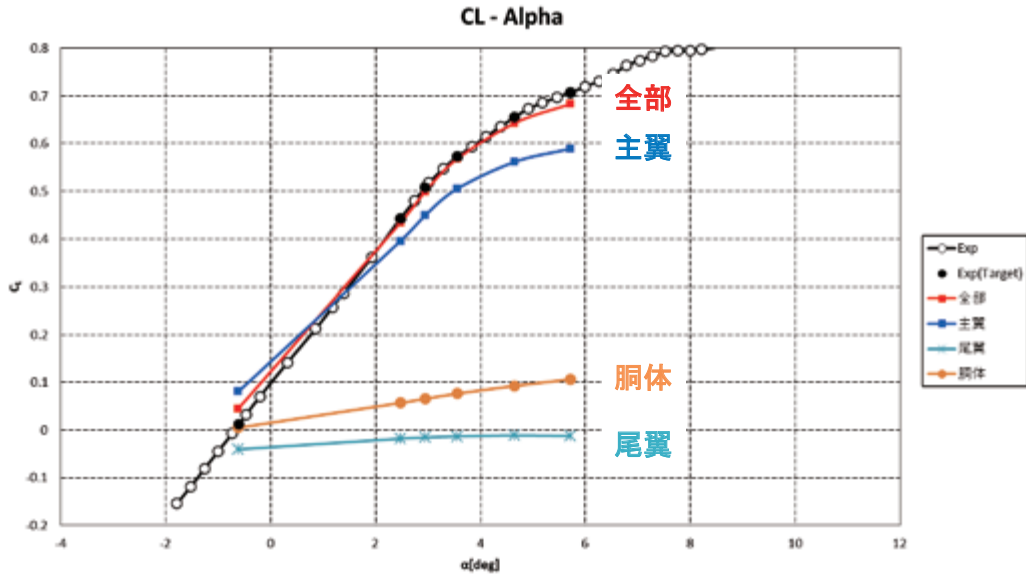
11

# 課題1-1: 空力係数



12

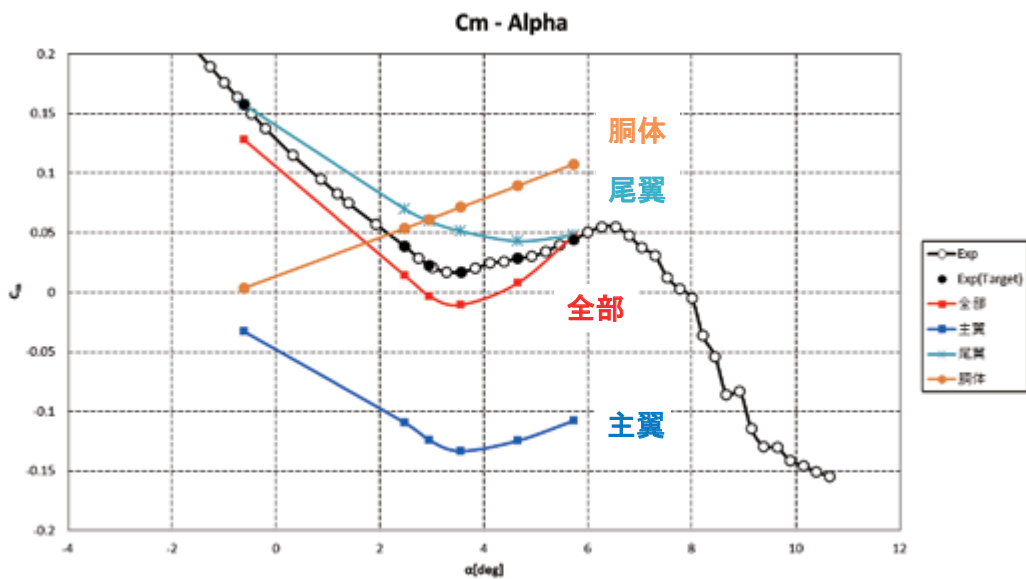
# CL(コンポーネント別)



高迎角の非線形な挙動は「主翼」によるもの

13

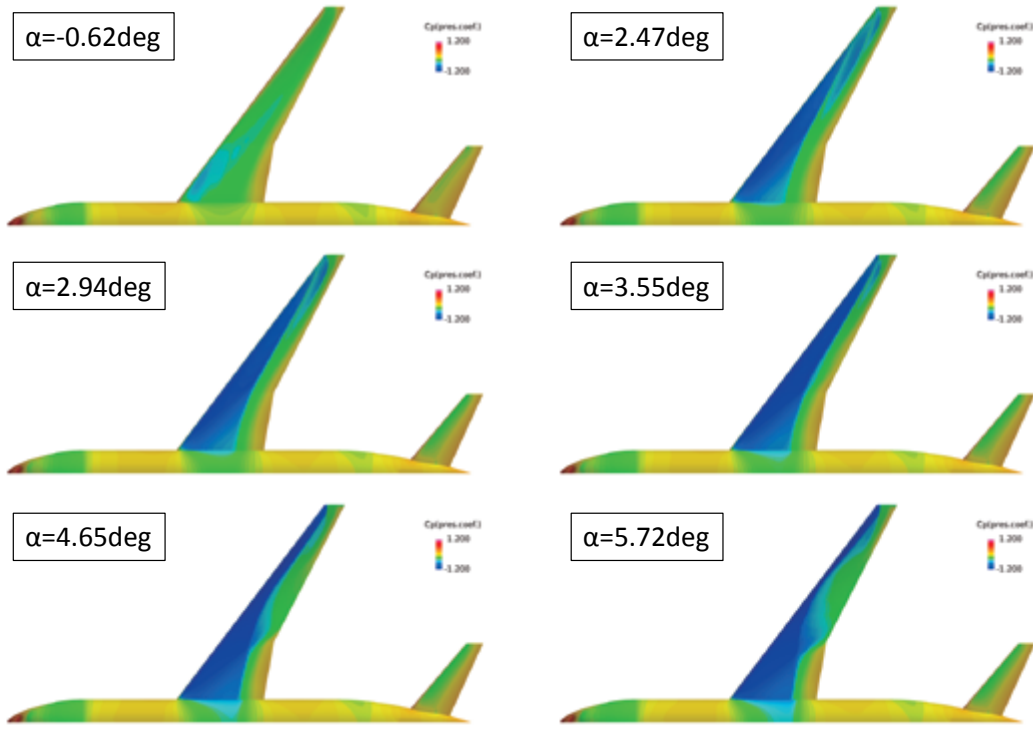
# Cm(コンポーネント別)



高迎角の非線形な挙動は「主翼と尾翼」によるもの

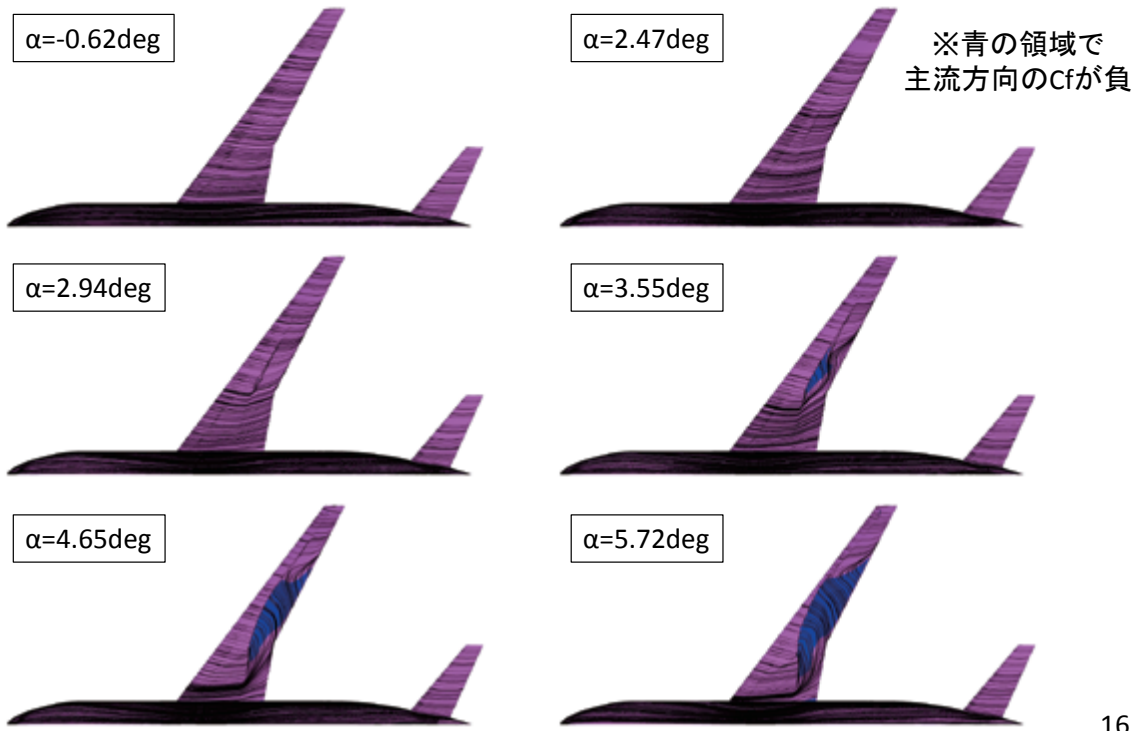
14

# Cp(全体)



15

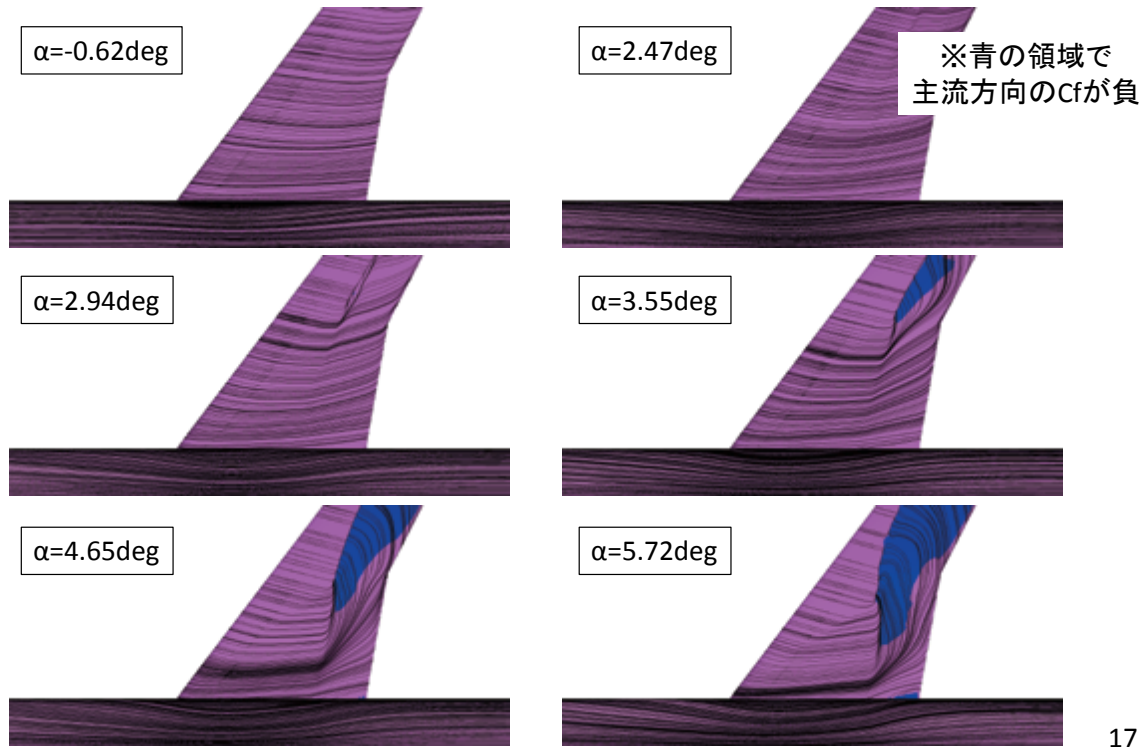
# 表面流線(全体)



16

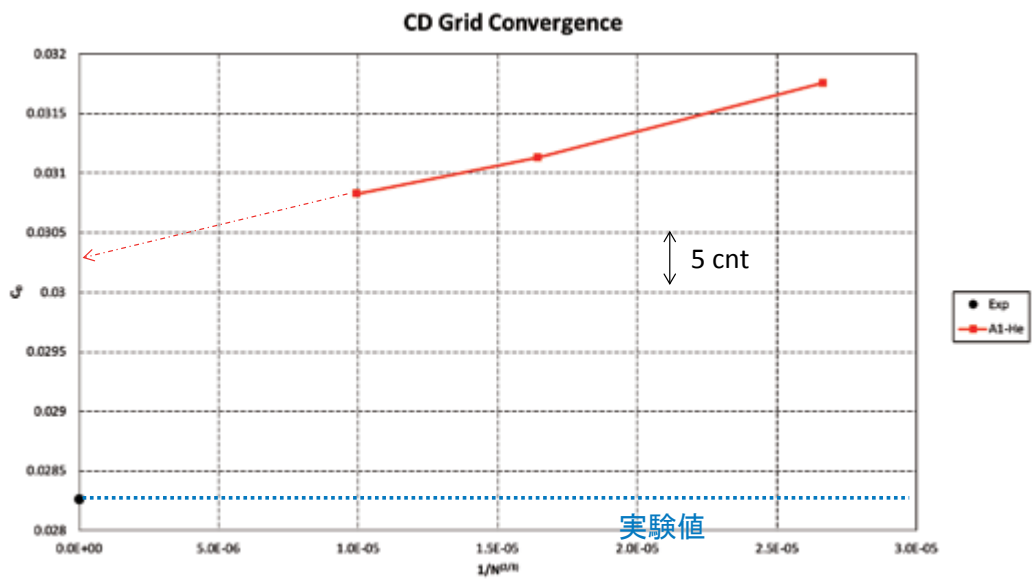


# 表面流線(翼根付近)



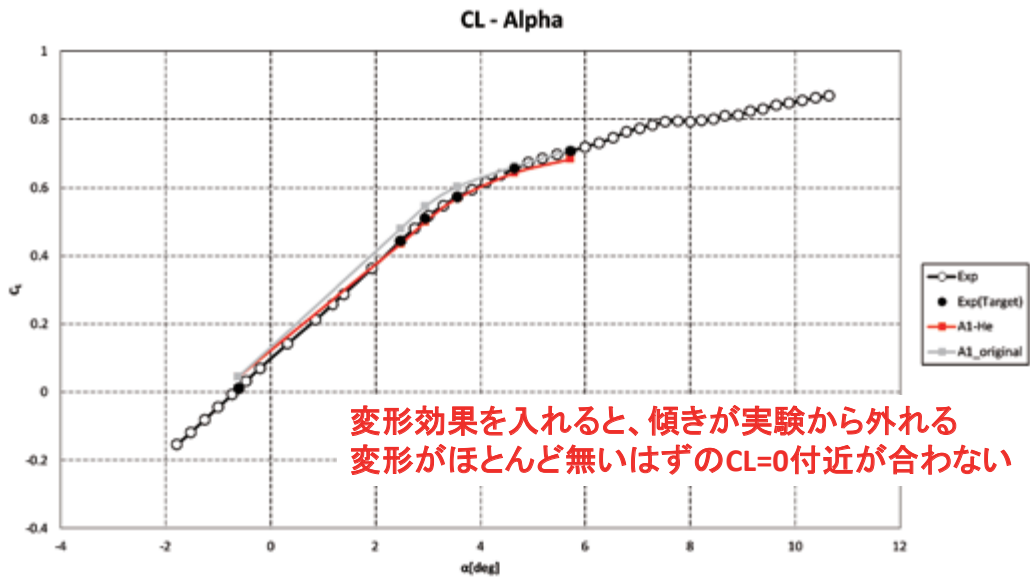
17

# 課題1-2: 格子収束 (CD)



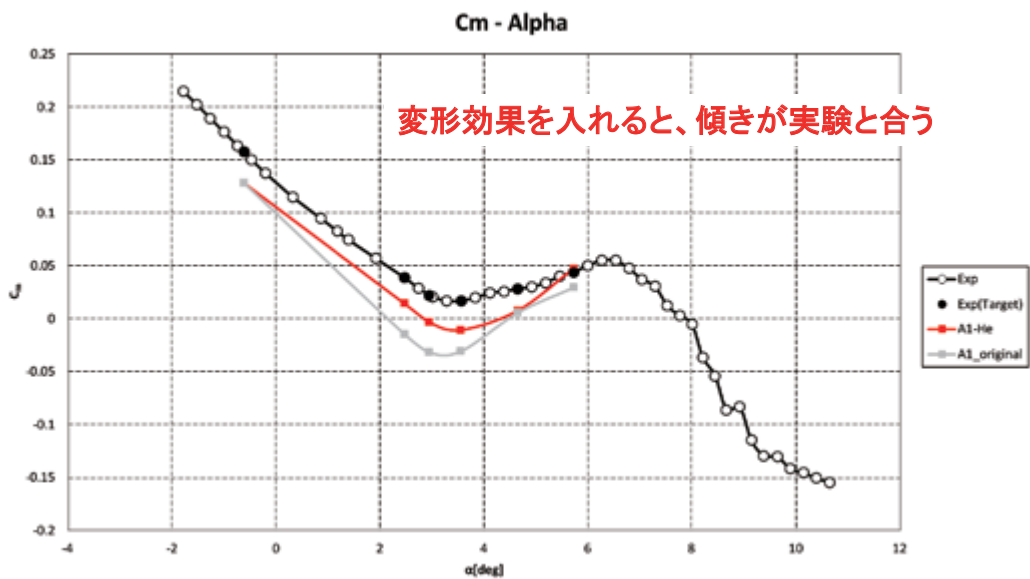
18

# 課題1-3: 変形効果



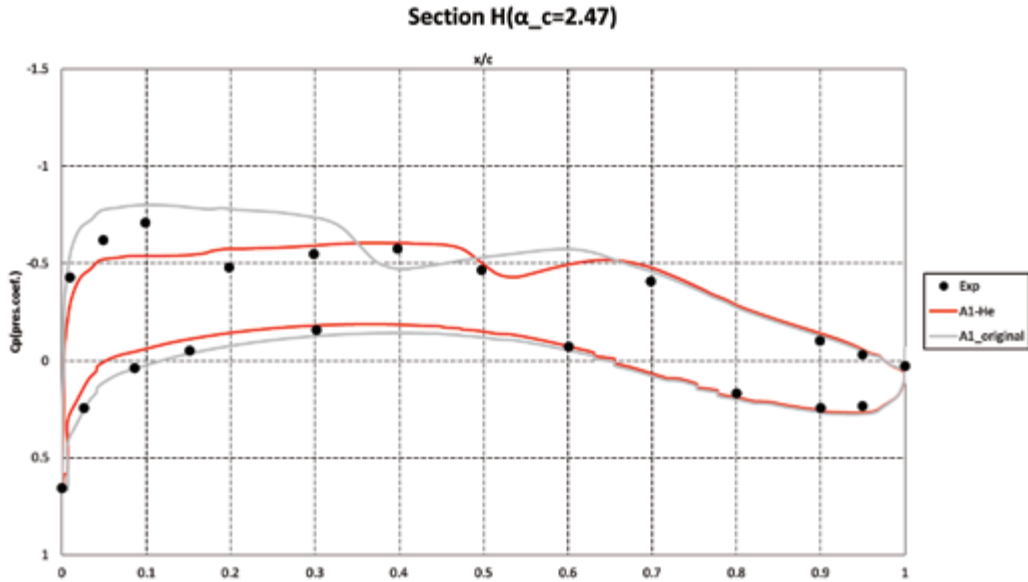
19

# 課題1-3: 変形効果



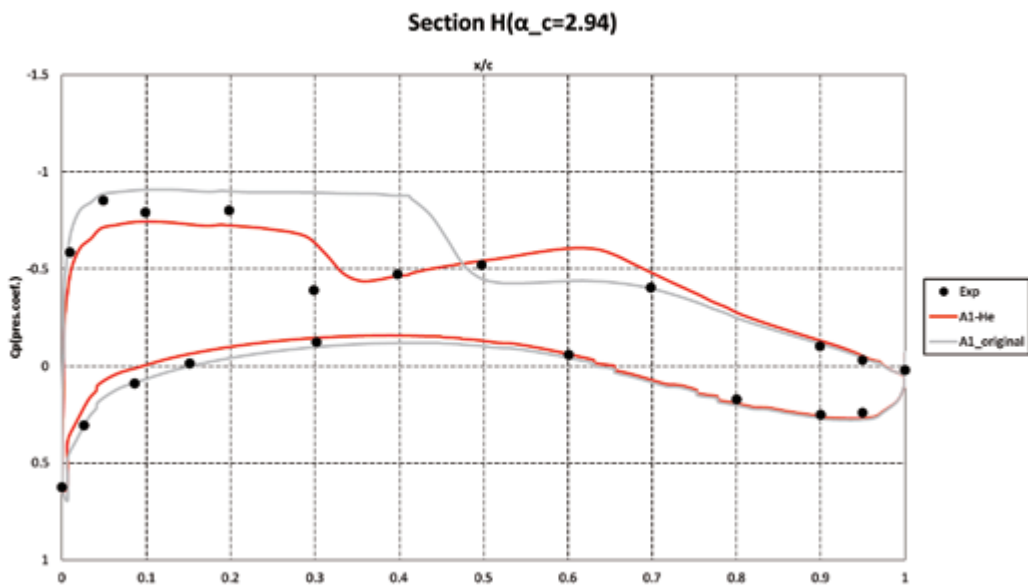
20

# 課題1-3: 変形効果



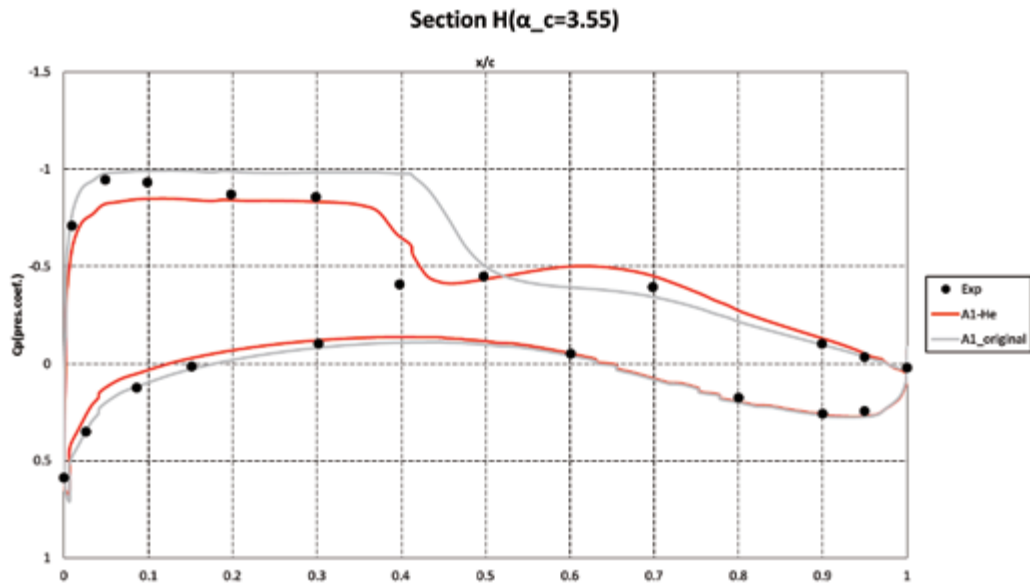
21

# 課題1-3: 変形効果



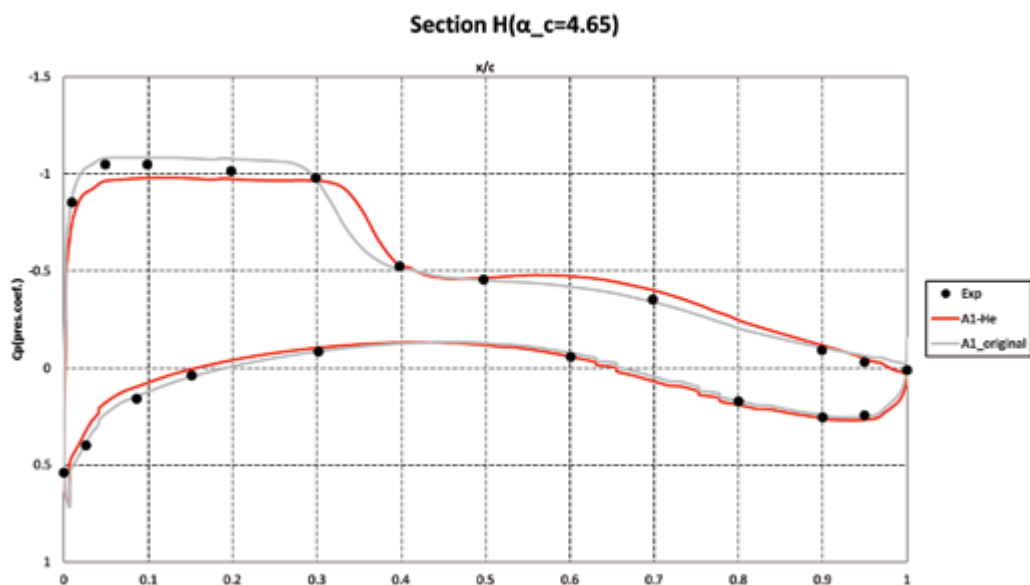
22

# 課題1-3: 変形効果



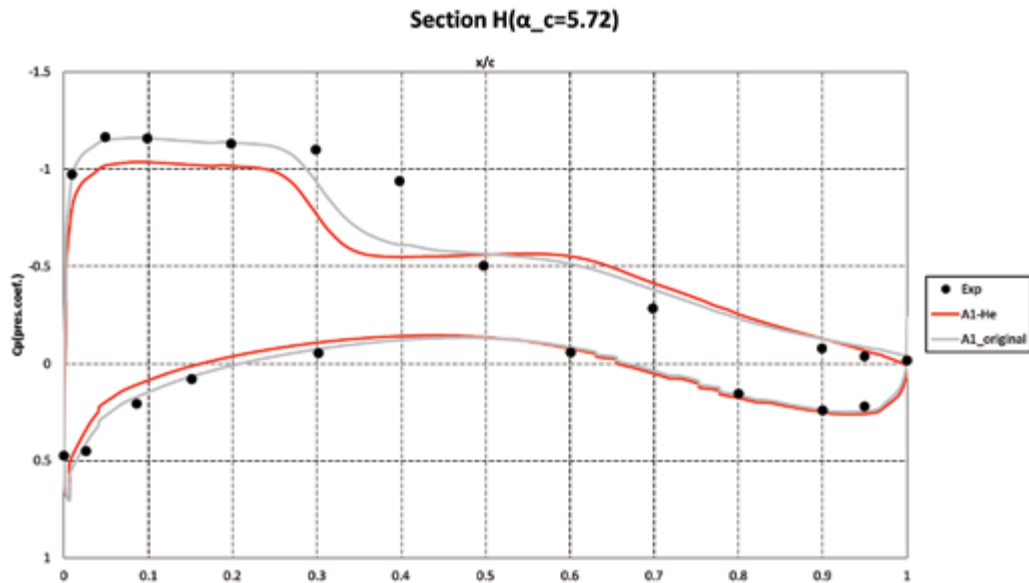
23

# 課題1-3: 変形効果



24

## 課題1-3: 変形効果



25

## まとめ



- 課題0
  - NASAのコードと同じ収束値が得られた
  - 勾配の違いは、リミタの影響
- 課題1
  - CLに関しては線形部分、breakする迎角、その後の勾配など、実験と良い一致が得られた
  - CDは実験よりも大きな値。CMは実験よりも小さい値。これらは、支持干渉の影響が考えられる。
  - 主翼の真ん中辺りで剥離が始まる。QCRを使った効果で、翼根の剥離は抑えられている。
  - 変形を考慮すると、実験に近い結果が得られるが、もっとも高迎角の計算では、実験との差が見られる
  - 変形考慮することで、Cmの勾配が実験と一致する。しかし、CLの勾配は外れる方向。

26