APC-Iの集計結果
（配布資料）

○橋本　敦、青山　剛史、松尾　裕一、上野　真、中北　和之、浜本　滋（JAXA）、
澤田　恵介（東北大）、松島　紀佐（富山大）、今村　太郎（東大）、
越智　章生（川崎重工）、竹中　啓三（三菱重工）

本資料について

- 本資料は、平成27年7月3日に第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にて開催された“First Aerodynamics Prediction Challenge(APC-I)”の集計結果の修正版である。
- 前回提出されたデータの修正や、前回の集計に間に合わなかったデータ、及びAPCの後に追加で計算されたデータが追加されている。また、前回データを収集しなかった表面流線や後流のデータも追加した。
- 修正されたグラフのみを掲載しており、前回の集計から変更のないものは省略した。
- 飛行機シンポOS用に作成したものであるが、全部を発表で説明するのは困難である。参加者の今後の研究に有用であると考えたため、本資料をAPC参加者に配布する。
- また、APC-Iの発表資料は近日中にJAXA-SP資料として出版する予定である。こちらも、ご参照いただきたい。

参加者について

- 参加機関とデータ提出数（計23件）
  - 国立研究機関：JAXA(4)
  - 大学：富山大(1)、横国大(2)、東北大(5)、金沢工大(1)、東大(1)
  - 企業：川崎重工(6)
  - ベンダー：菱友(1)、ヴァイナス(1)、クレイドル(2)

- 格子の種類（課題1に使用されたもの）
  - HexaGrid：5
  - MEGG3D：3
  - UPACS：6
  - Custom：7

- 乱流モデル
  - SA系：16
  - SST系：6

参加者リスト1

参加ID	名前	所属	コード名	格子	乱流モデル
A1	橋本　敦	JAXA	FaSTAR	HexaGrid	SA-noft2-R-QCR2000
A2	橋本　敦	JAXA	FaSTAR	(課題0のみ)	SST
B	菱田　学	菱友システムズ	FaSTAR	MEGG3D	SA-noft2-R-QCR2000
C	ディン　スァン　チェン	ヴァイナス	FaSTAR	UPACS	SA
D	松島　紀佐	富山大学	FaSTAR	(課題2のみ)	SA-noft2-R/SST
E	加藤　博司	JAXA	FaSTAR	UPACS	SST-2003 with optimized a1
F1	永田　卓	川崎重工	Cflow	Custom(直交格子)	SA
F2	永田　卓	川崎重工	Cflow	Custom(非直交格子)	SA
G1	上野　陽亮	川崎重工	Cflow	HexaGrid	SA
G2	上野　陽亮	川崎重工	Cflow	MEGG3D	SA
G3	上野　陽亮	川崎重工	Cflow	UPACS	SA
G4	上野　陽亮	川崎重工	Cflow	Custom(PUFGG)	SA

参加者リスト2

参加ID	名前	所属	コード名	格子	乱流モデル
H1	中島　吉隆	クレイドル	SCRYU/Tetra	HexaGrid	SST-V
H2	中島　吉隆	クレイドル	SCRYU/Tetra	Custom	SST-V
I	伊藤　靖	JAXA	TAS	MEGG3D	SA-noft2-R-QCR2000
J1	中村　一諒	横浜国立大学	UM2	HexaGrid	SST-2003
J2	中村　一諒	横浜国立大学	UM2	UPACS	SST-2003
K1	熊田　健太	東北大学	UFVM3D	HexaGrid	SA-noft2-R
K2	熊田　健太	東北大学	UFVM3D	UPACS	SA-noft2-R
L	淺田　啓幸	東北大学	4th DG-CRI	Custom	SA-noft2
M1	澤木　悠太	東北大学	SV2nd	UPACS	SA-noft2
M2	澤木　悠太	東北大学	SV2nd	(課題0のみ)	SST-2003
N	佐々木　大輔 三坂　孝志	金沢工業大学 東北大学	BCM-TAS カップリング	Custom(表面格子のみMEGG3D)	SA
O	玉置　義治	東京大学	IB-Cartesian	Custom	SA-noft2+SA wall model

参加課題1

参加ID	名前	所属	コード名	参加課題							
				0-1	0-2	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2
A1	橋本　敦	JAXA	FaSTAR	○	○	○	○	○			
A2	橋本　敦	JAXA	FaSTAR	○	○						
B	菱田　学	菱友システムズ	FaSTAR			○					
C	ディン　スァン　チェン	ヴァイナス	FaSTAR			○					
D	松島　紀佐	富山大学	FaSTAR							○	○
E	加藤　博司	JAXA	FaSTAR			○					
F1	永田　卓	川崎重工	Cflow	○	○	○	○	○			
F2	永田　卓	川崎重工	Cflow			○	○	○		△	
G1	上野　陽亮	川崎重工	Cflow			○	○	○		○	○
G2	上野　陽亮	川崎重工	Cflow			○	○	○			
G3	上野　陽亮	川崎重工	Cflow			○	○	○			
G4	上野　陽亮	川崎重工	Cflow			○	○	○			

○：全て提出
△：参加したが未提出もしくは一部のみ提出
空白：不参加

参加課題2

参加ID	名前	所属	コード名	参加課題							
				0-1	0-2	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2
H1	中島　吉隆	クレイドル	SCRYU/Tetra	○		○	○				
H2	中島　吉隆	クレイドル	SCRYU/Tetra			○	○				
I	伊藤　靖	JAXA	TAS			○	○				
J1	中村　一諒	横浜国立大学	UM2			○					
J2	中村　一諒	横浜国立大学	UM2			○					
K1	熊田　健太	東北大学	UFVM3D	○		○			○	△	
K2	熊田　健太	東北大学	UFVM3D			○	○				
L	淺田　啓幸	東北大学	4th DG-CRI	△	△	△				○	
M1	澤木　悠太	東北大学	SV2nd	○		○	△			△	
M2	澤木　悠太	東北大学	SV2nd	○							
N	佐々木　大輔 三坂　孝志	金沢工業大学 東北大学	BCM-TAS カップリング			○			△	○	
O	玉置　義治	東京大学	IB-Cartesian	△		○	○				
合計				9 (7)	4 (3)	21 (20)	13 (12)	7 (7)	2 (1)	7 (4)	2

○:全て提出
△:参加したが未提出もしくは一部のみ提出
空白:不参加

計算に関する情報1

参加ID	コード名	計算機のスペック	コンパイラ	使用CPU コア数	計算時間 (wall-clock)	全使用 メモリ
A1	FaSTAR	Intel Xeon E5-2643v2(3.5GHz)※1	Intel Fortran	72コア	5h	50GB
A2	FaSTAR	Intel Xeon E5-2643v2(3.5GHz)※1	Intel Fortran	72コア	5h	50GB
B	FaSTAR	Xeon X5680(3.33GHz)	Intel Fortran	12コア	124h	16.5GB
C	FaSTAR	Xeon L5640(2.26GHz)	Intel Fortran	48コア	20.67h	11GB
D	FaSTAR	Intel Xeon E5-2687W(3.4GHz)	Intel Fortran	16コア	125h	33.1GB
E	FaSTAR	Intel Xeon E5-2643v2(3.5GHz)※1	Intel Fortran	256コア	3h11m	598.4MB
F1	Cflow	Intel Xeon E5-2670(2.60Ghz)	Intel Fortran	64コア	4h	30GB
F2	Cflow	Intel Xeon E5-2670(2.60Ghz)	Intel Fortran	64コア	4h	30GB
G1	Cflow	Intel Xeon E5-2670(2.60Ghz)	Intel Fortran	64コア	3h	20GB
G2	Cflow	Intel Xeon E5-2670(2.60Ghz)	Intel Fortran	64コア	6h	33GB
G3	Cflow	Intel Xeon E5-2670(2.60Ghz)	Intel Fortran	64コア	1h40m	13GB
G4	Cflow	Intel Xeon E5-2670(2.60Ghz)	Intel Fortran	64コア	48m	9GB

※1 JSS2 SORA-PP

計算に関する情報2

参加ID	コード名	計算機のスペック	コンパイラ	使用CPUコア数	計算時間(wall-clock)	全使用メモリ
H1	SCRYU/Tetra	Intel Xeon X5680(3.33GHz)	Intel C	48コア	5h	64GB
H2	SCRYU/Tetra	Intel Xeon X5680(3.33GHz)	Intel C	48コア	7h	86GB
I	TAS	SPARC64XIfx(2GHz)※2	Fujitsu Fortran	1152コア	1h11m	268.5GB
J1	UM2	Intel Xeon X5680	Intel Fortran	24コア	50h	5GB
J2	UM2	Intel Xeon X5680	Intel Fortran	24コア	50h	5GB
K1	UFVM3D	Intel Xeon E5-4650v2※3	Intel Fortran	160コア	31h28m	79.9GB
K2	UFVM3D	Intel Xeon E5-4650v2※3	Intel Fortran	128コア	99h40m	56GB
L	4th DG-CRI	Intel Xeon E5-4650v2※3	Intel Fortran	320コア	144h	83.5GB
M1	SV2nd	Intel Xeon X7560(2.27GHz) ※3	Intel Fortran	512コア	40h	300GB
M2	SV2nd	Intel Xeon X7560(2.27GHz) ※3	Intel Fortran	512コア	40h	300GB
N	BCM-TAS カップリング	SGI UV2000	Intel Fortran	160コア	168h	18GB
O	IB-Cartesian	XeonE5-2630	Intel Fortran	6コア	72h	20GB

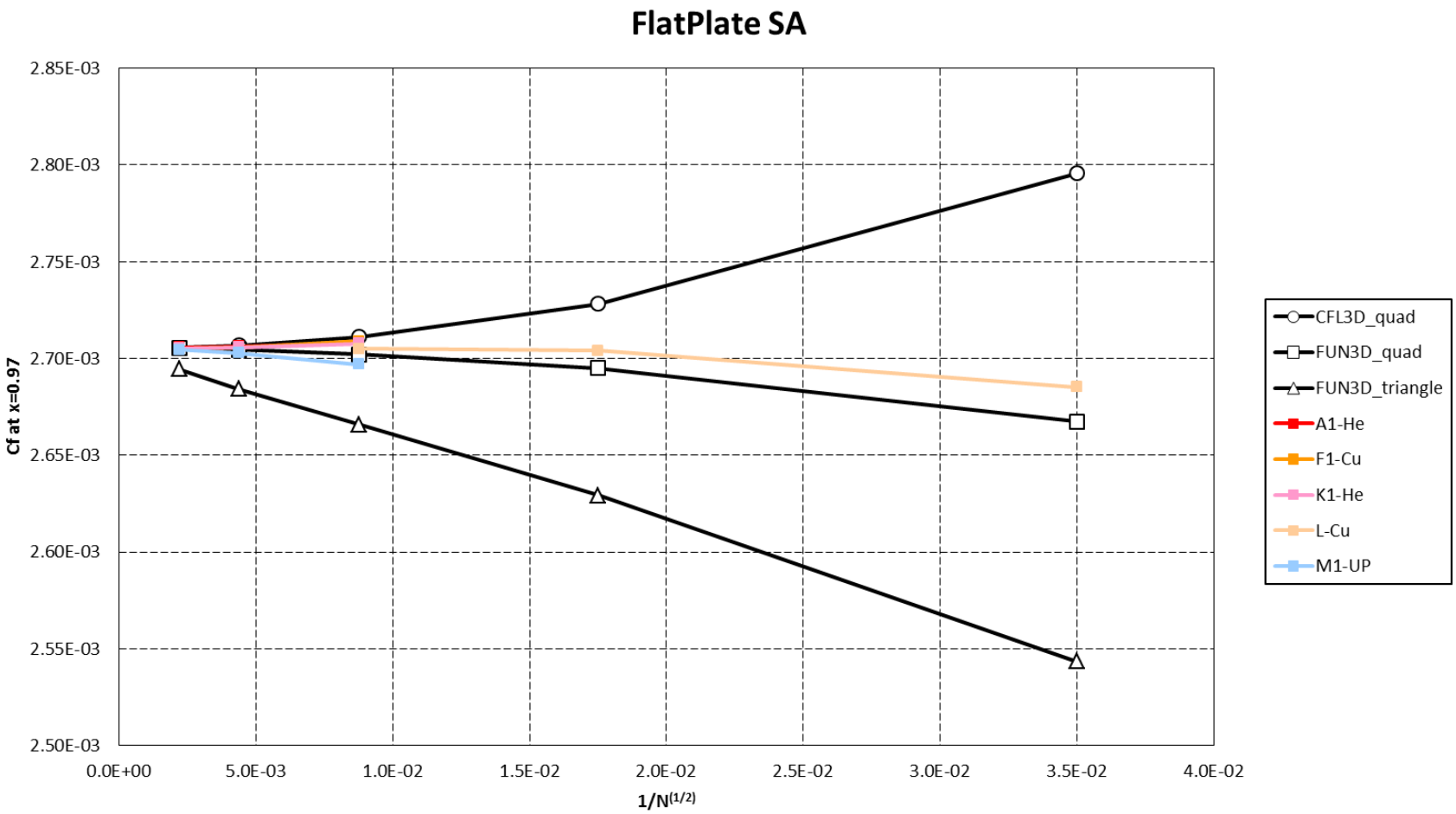
※2 JSS2 SORA-MA
※3 東北大流体研スパコン

課題0：Verification

- 課題0-1（任意）：　平板乱流境界層
  - M=0.2, Re_L=5×10^6, T_{ref}=540 R
  - 格子: 545×385, 273×193, 137×97
  - 提出データ：x=0.97のC_fの格子収束

- 課題0-2（任意）：　Bump
  - M=0.2, Re_L=3×10^6, T_{ref}=540 R
  - 格子：1409×641, 705×321, 353×161
  - 提出データ：x=0.75のC_fの格子収束

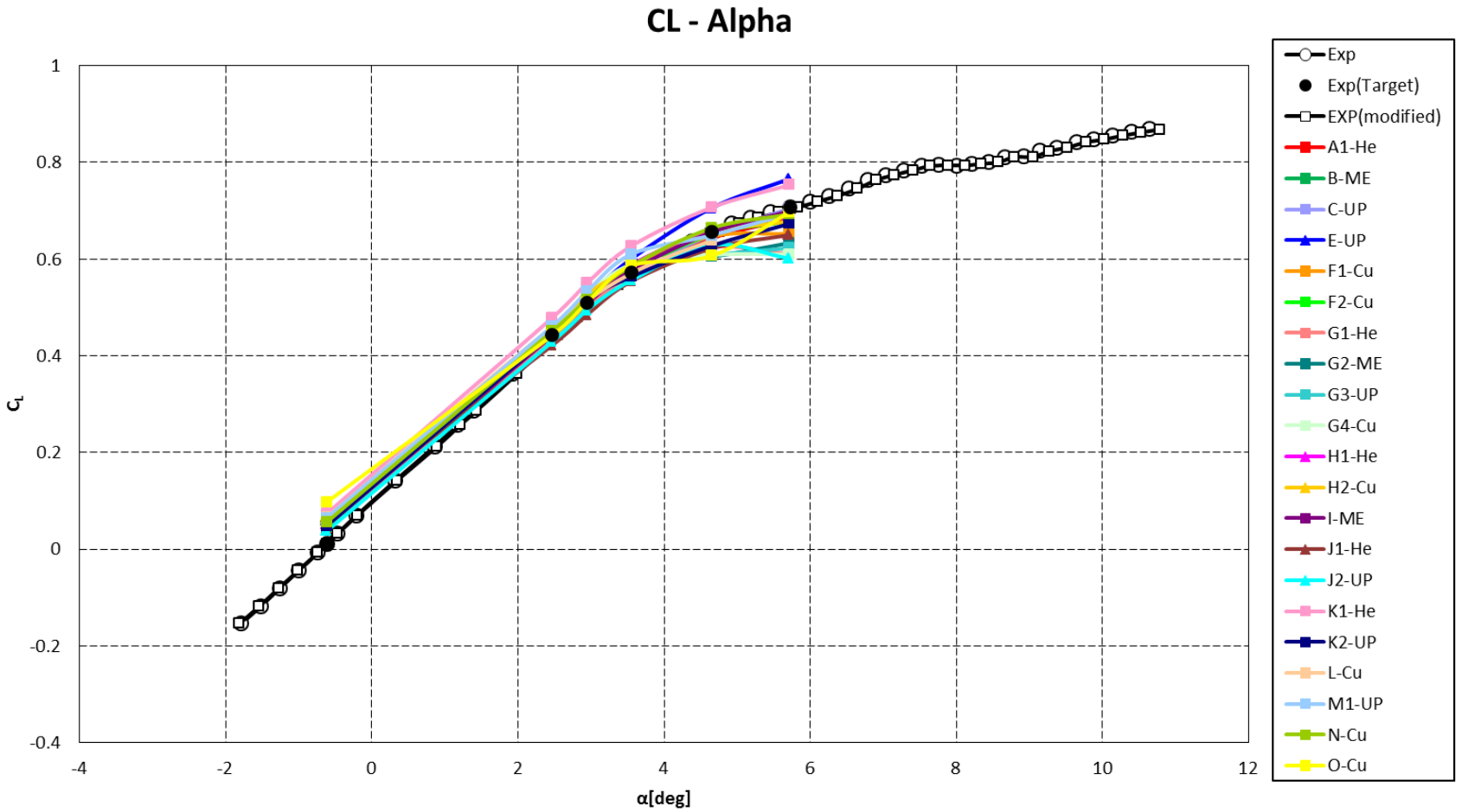
課題0-1： 平板乱流境界層



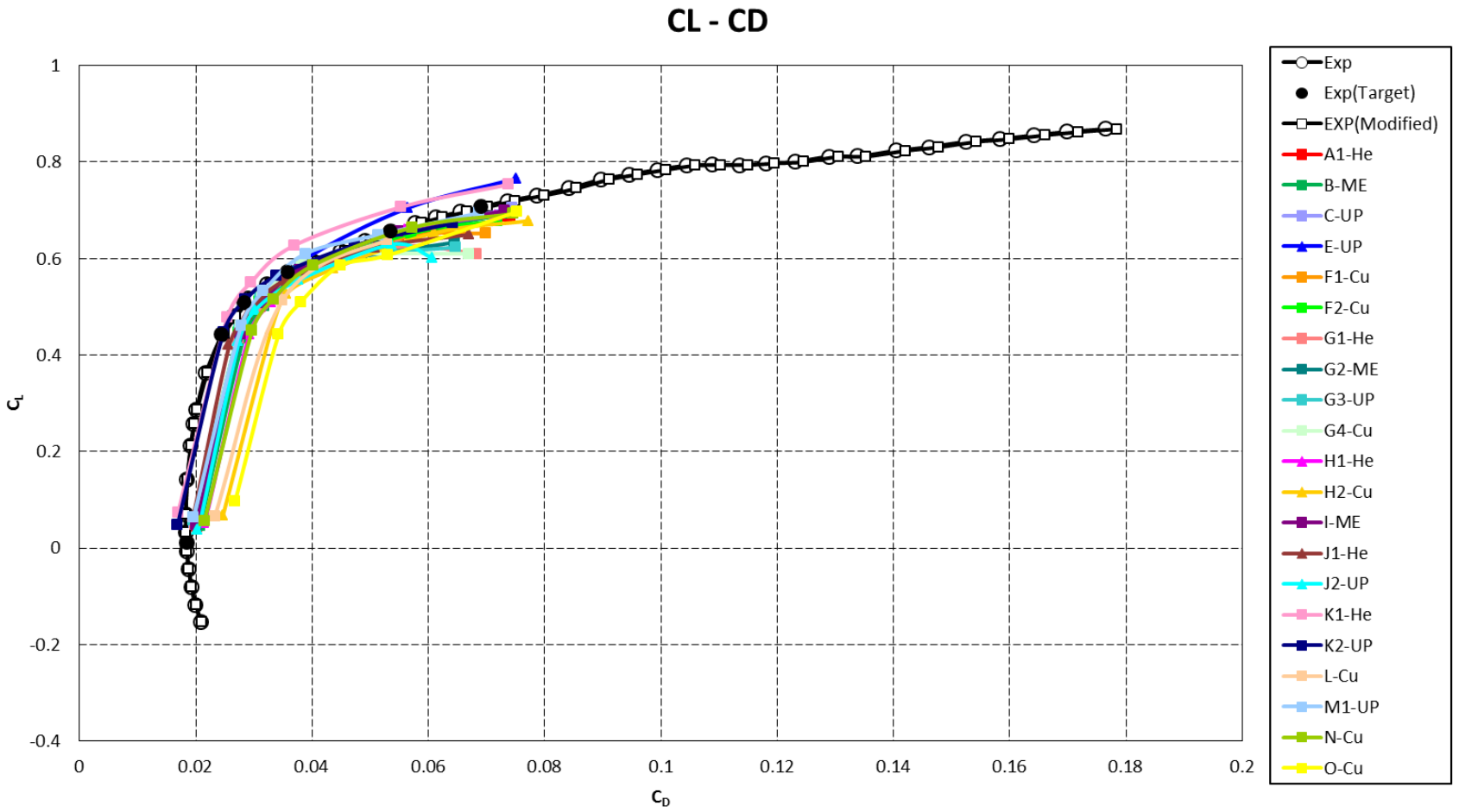
課題1：NASA-CRM空力予測

- 課題1-1（必須）：迎角スイープ（変形有）
  - 形状：NASA-CRM（水平尾翼0°）、変形有
  - 格子：Medium(1000万)相当
  - 条件：$M = 0.847$, $Re_c = 2.26 \times 10^6$, $T_{ref} = 284K$
  - 迎角：-0.62deg, 2.47deg, 2.94deg, 3.55deg, 4.65deg, 5.72deg
  - 提出データ：空力係数(C_L,C_D,C_m)と表面C_p分布

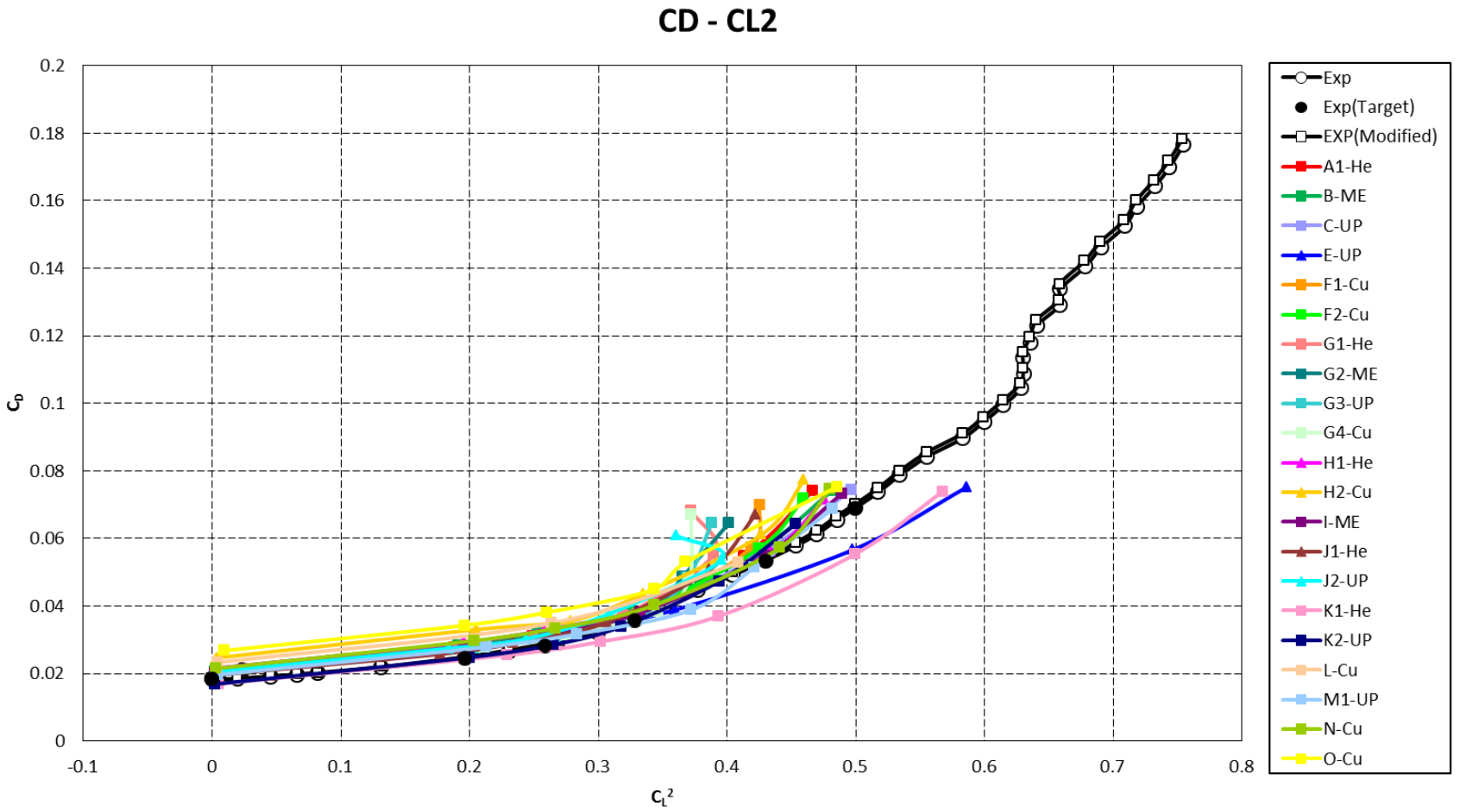
課題1-1：迎角スイープ（変形有）



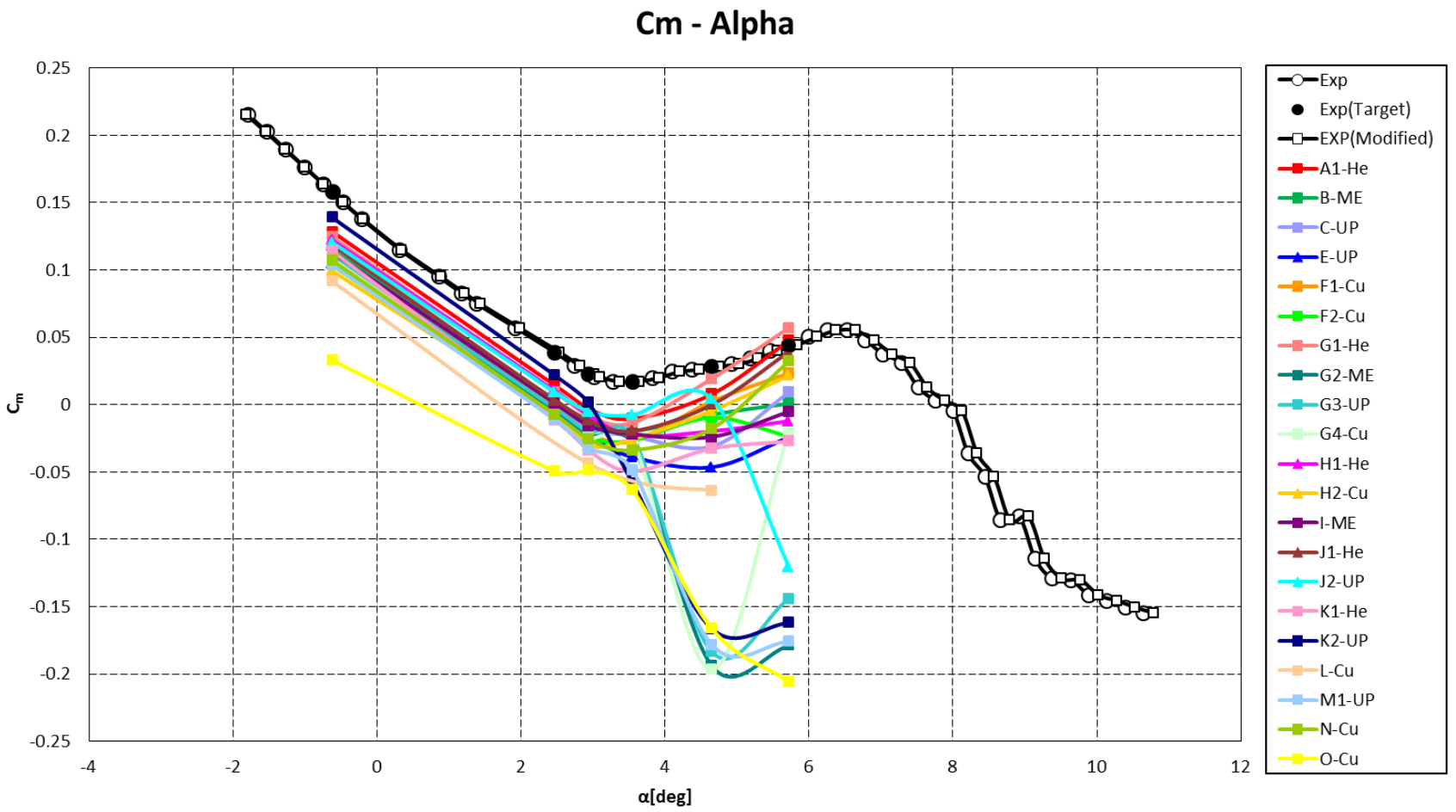
課題1-1：迎角スイープ（変形有）



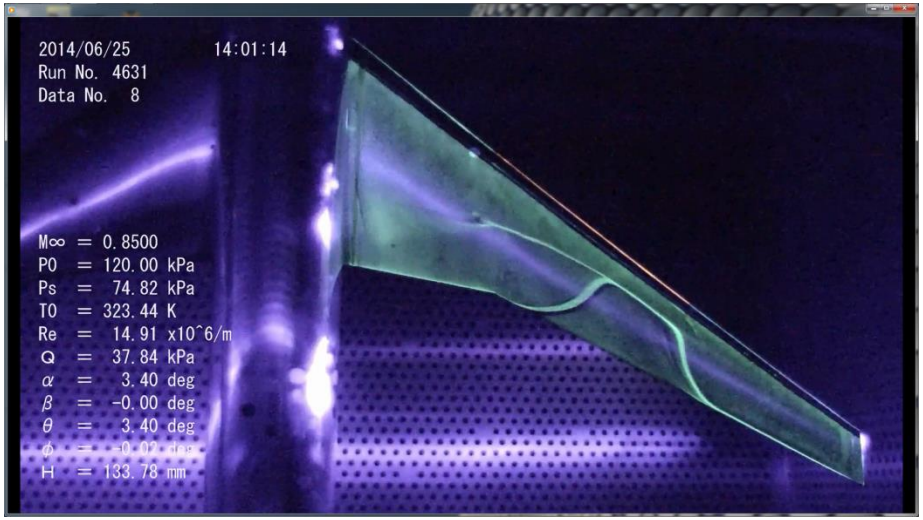
課題1-1：迎角スイープ（変形有）



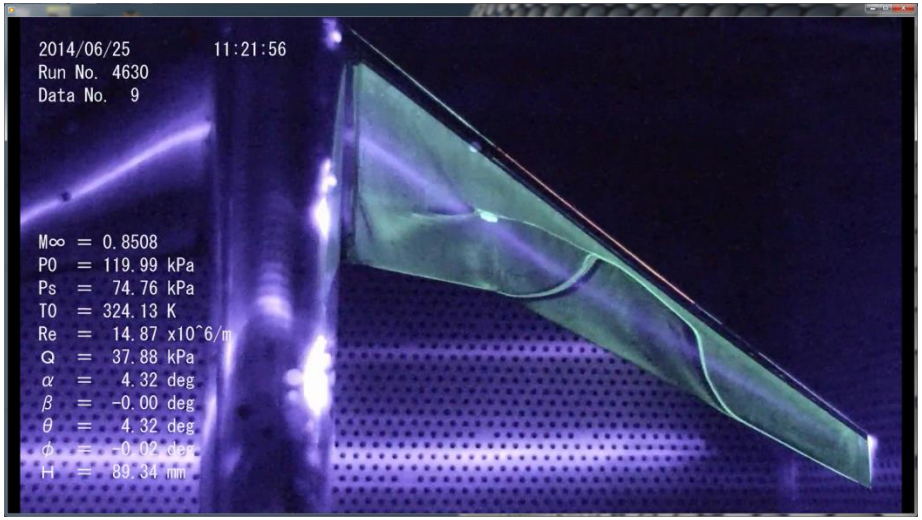
課題1-1：迎角スイープ（変形有）



課題1-1：表面流線（実験）



修正迎角4deg

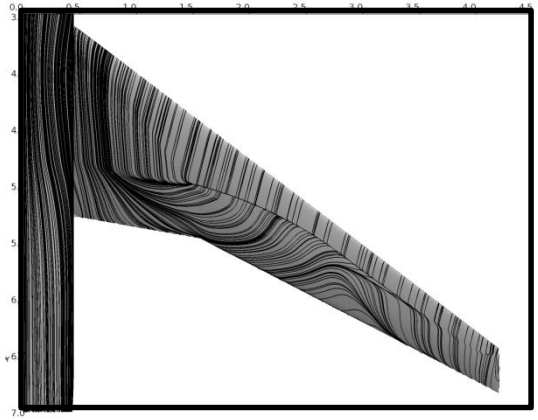


修正迎角5deg

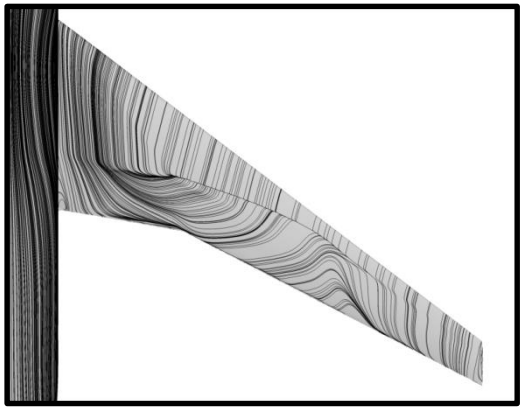
高迎角になるにつれて、剥離位置が上流側に移動する
翼根付近に明らかな剥離は見られない

課題1-1：表面流線（迎角4.65deg）

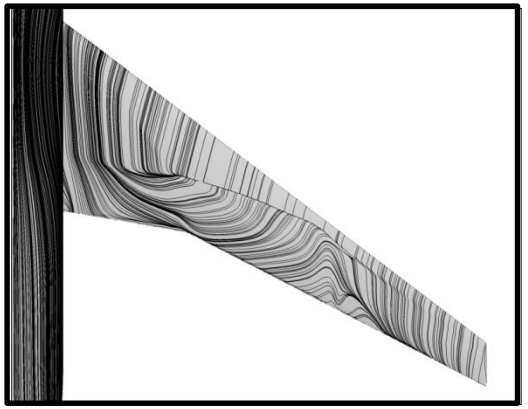
HexaGrid格子



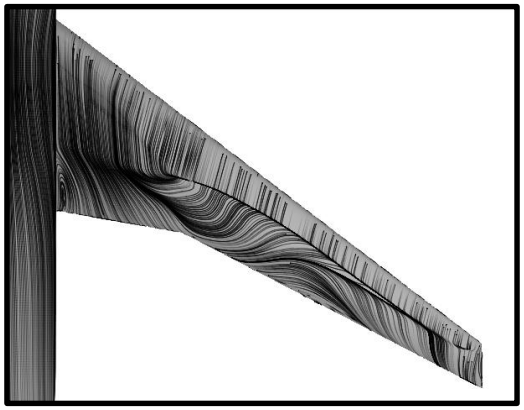
A1-He-SA-QCR



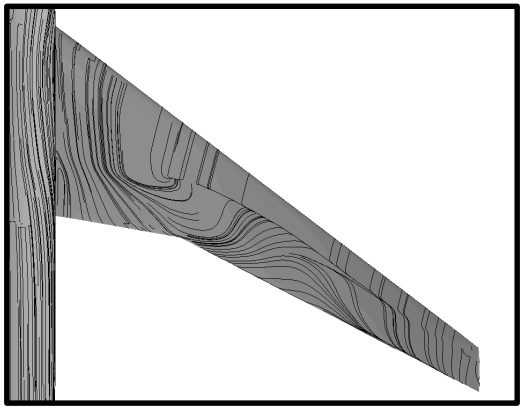
G1-He-SA



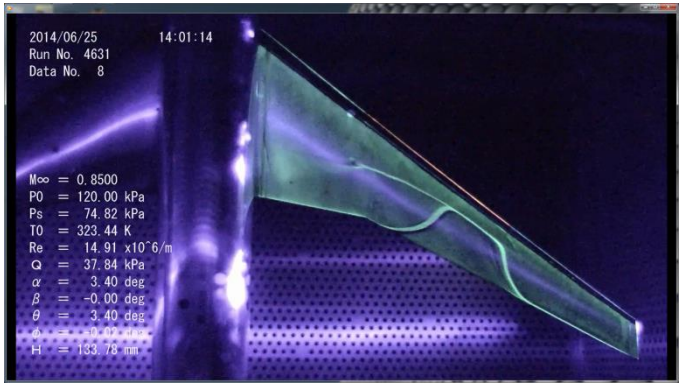
G1-He-SA-QCR



H1-He-SST



J1-He-SST

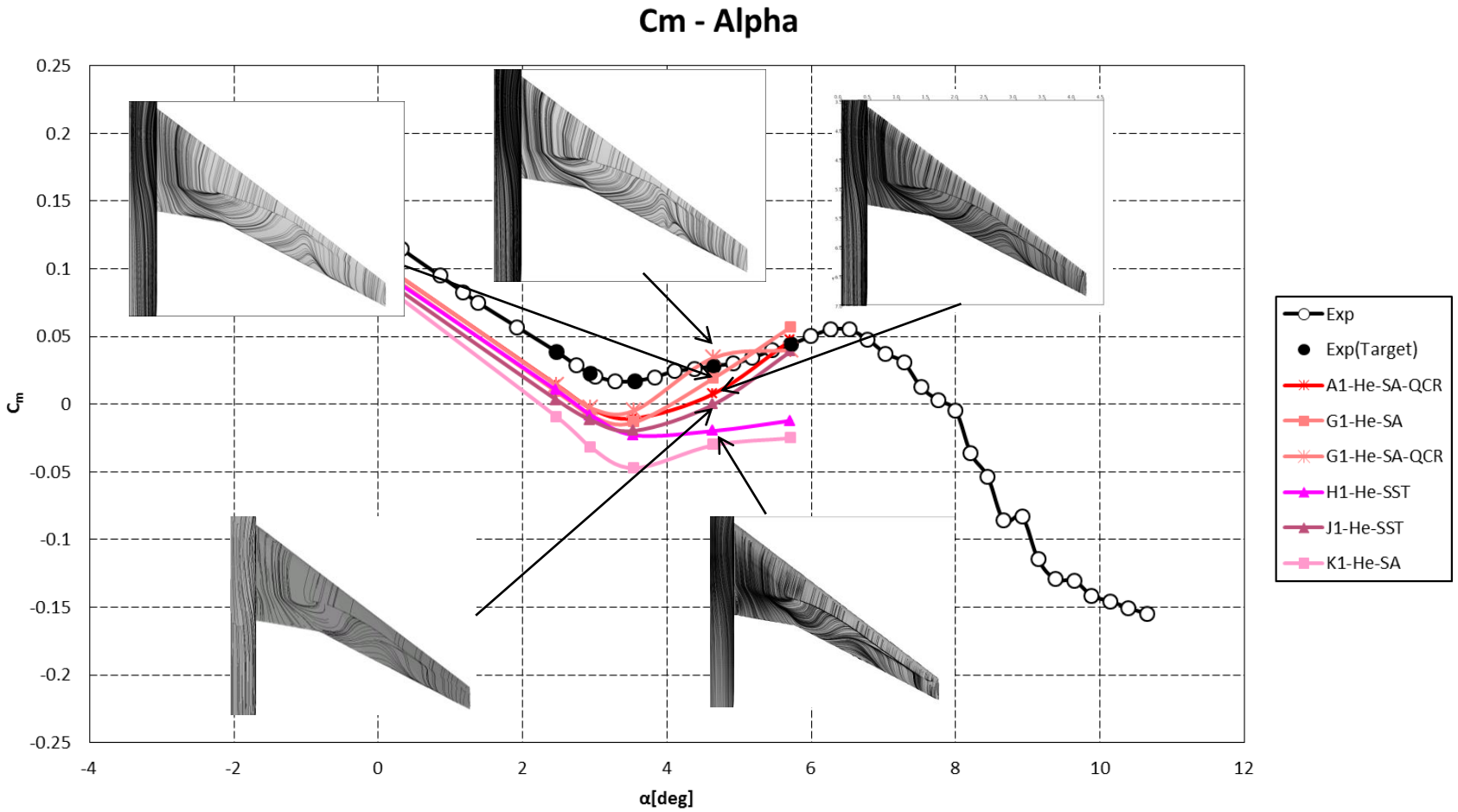


実験(修正迎角4deg)

HexaGrid格子の場合、大きな翼根剥離は無い

課題1-1：表面流線（迎角4.65deg）

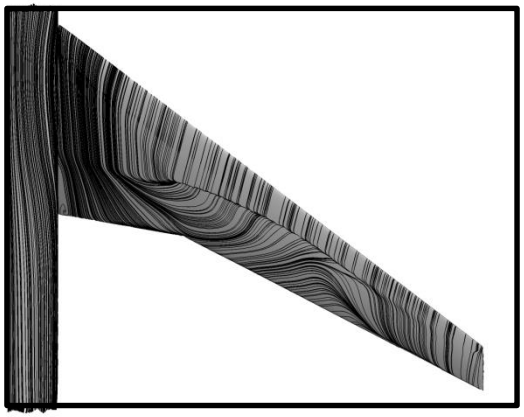
HexaGrid格子



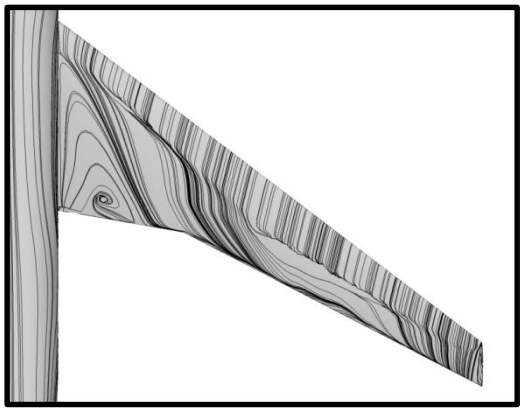
HexaGrid格子の場合、全てのケースがPitch-upの傾向を示す

課題1-1：表面流線（迎角4.65deg）

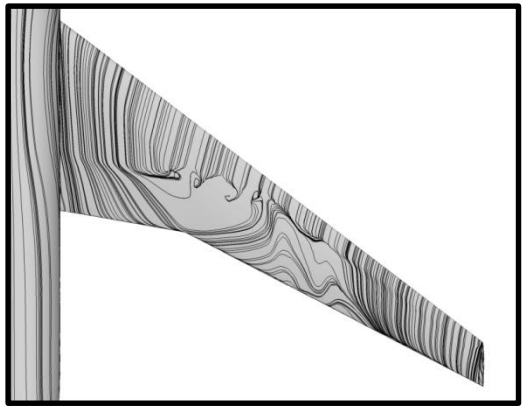
MEGG3D格子



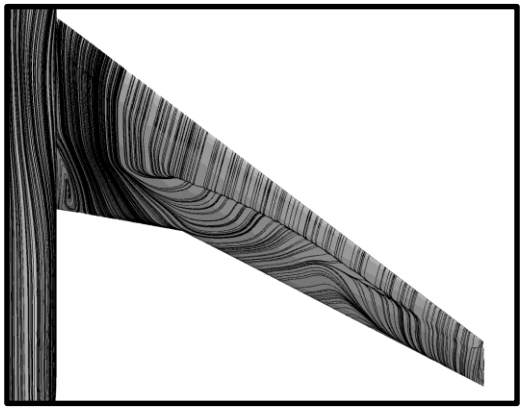
B-ME-SA-QCR



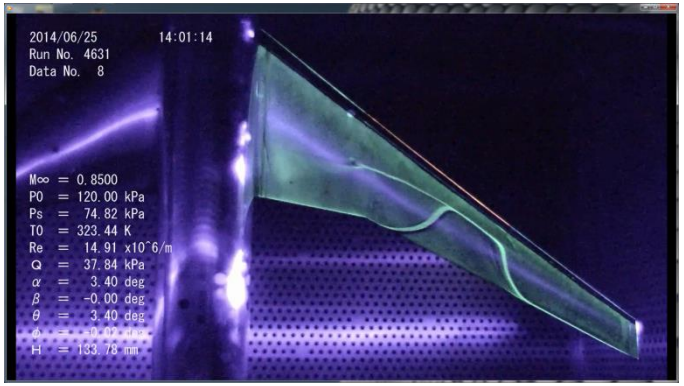
G2-ME-SA



G2-ME-SA-QCR



I-ME-SA-QCR

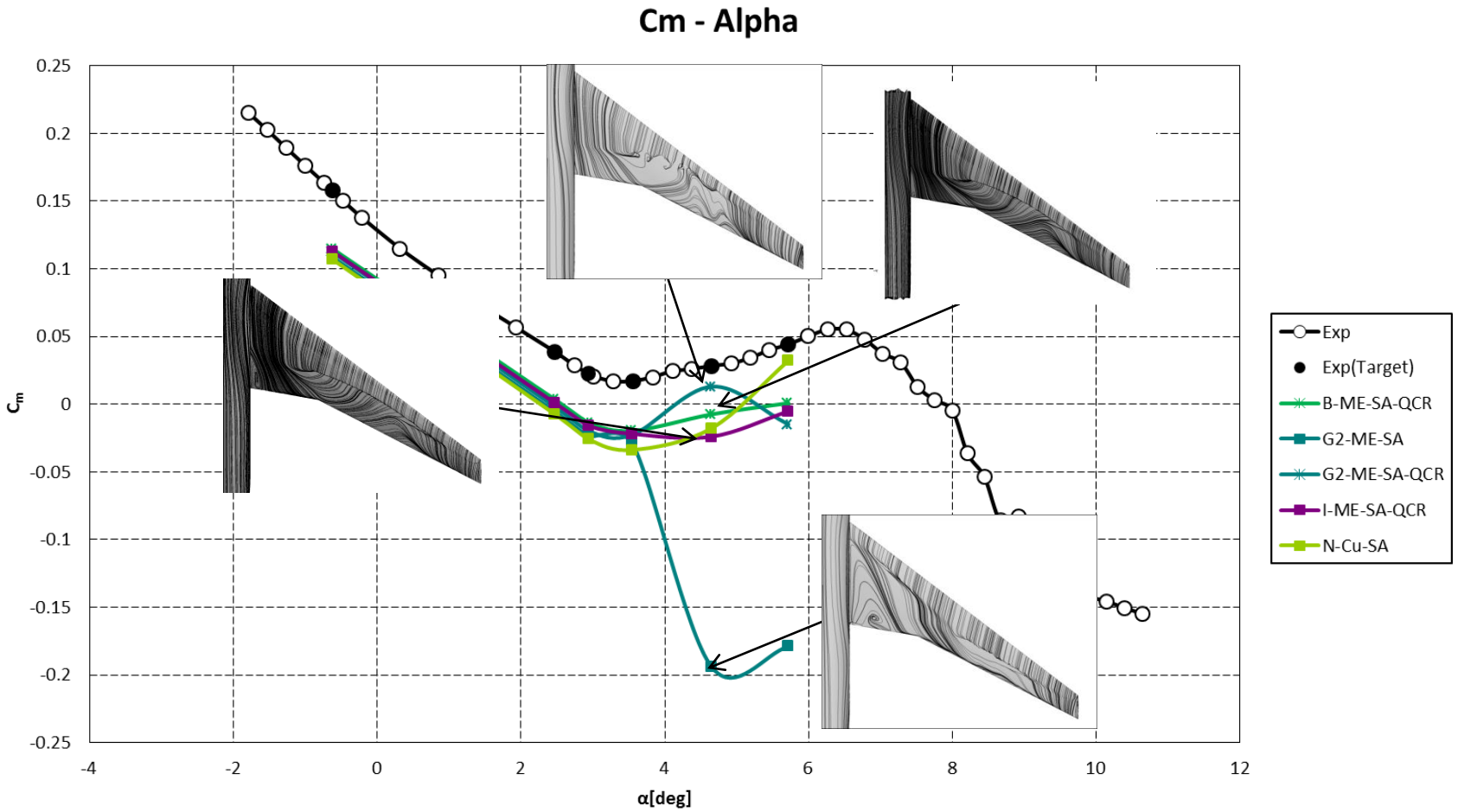


実験(修正迎角4deg)

QCRを使用することで翼根剥離が抑制される

課題1-1：表面流線（迎角4.65deg）

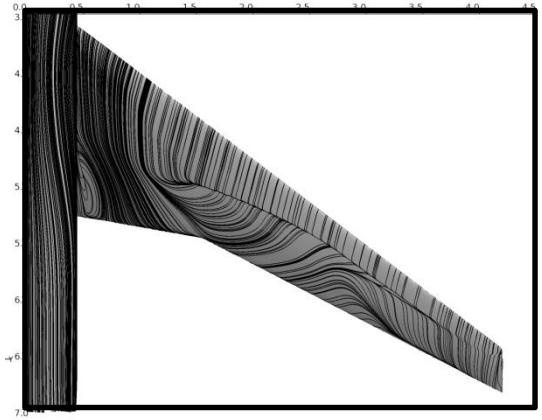
MEGG3D格子



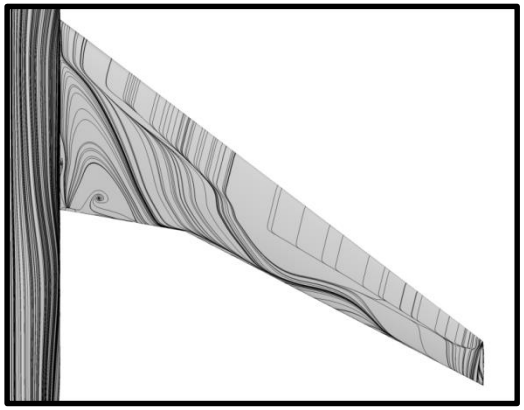
翼根剥離がある場合は、Pitch-downになり、
翼根剥離がない場合は、Pitch-upになる

課題1-1：表面流線（迎角4.65deg）

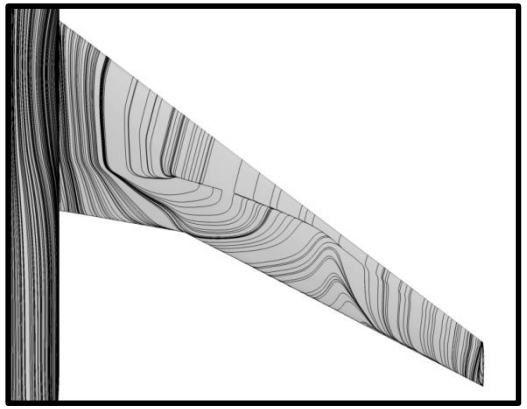
UPACS格子



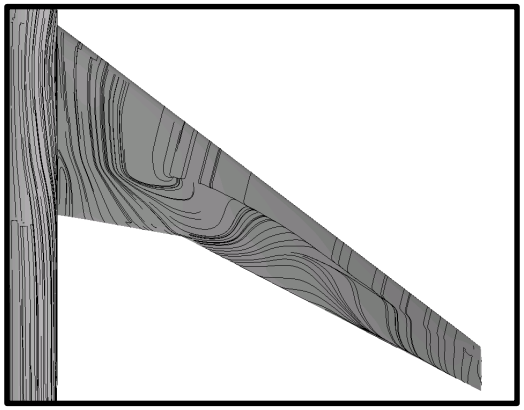
C-UP-SA-QCR



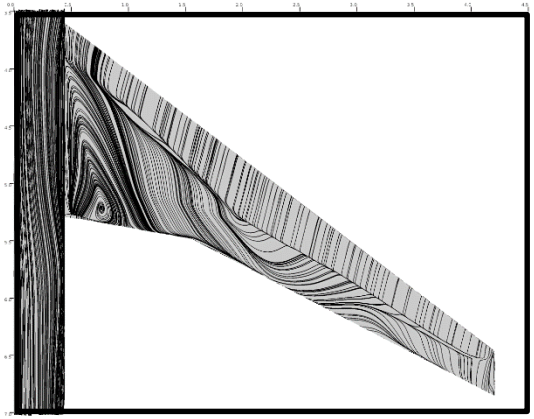
G3-UP-SA



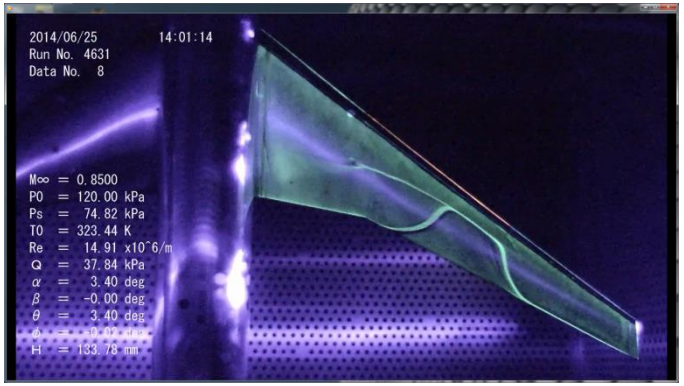
G3-UP-SA-QCR



J2-UP-SST



M1-UP-SA

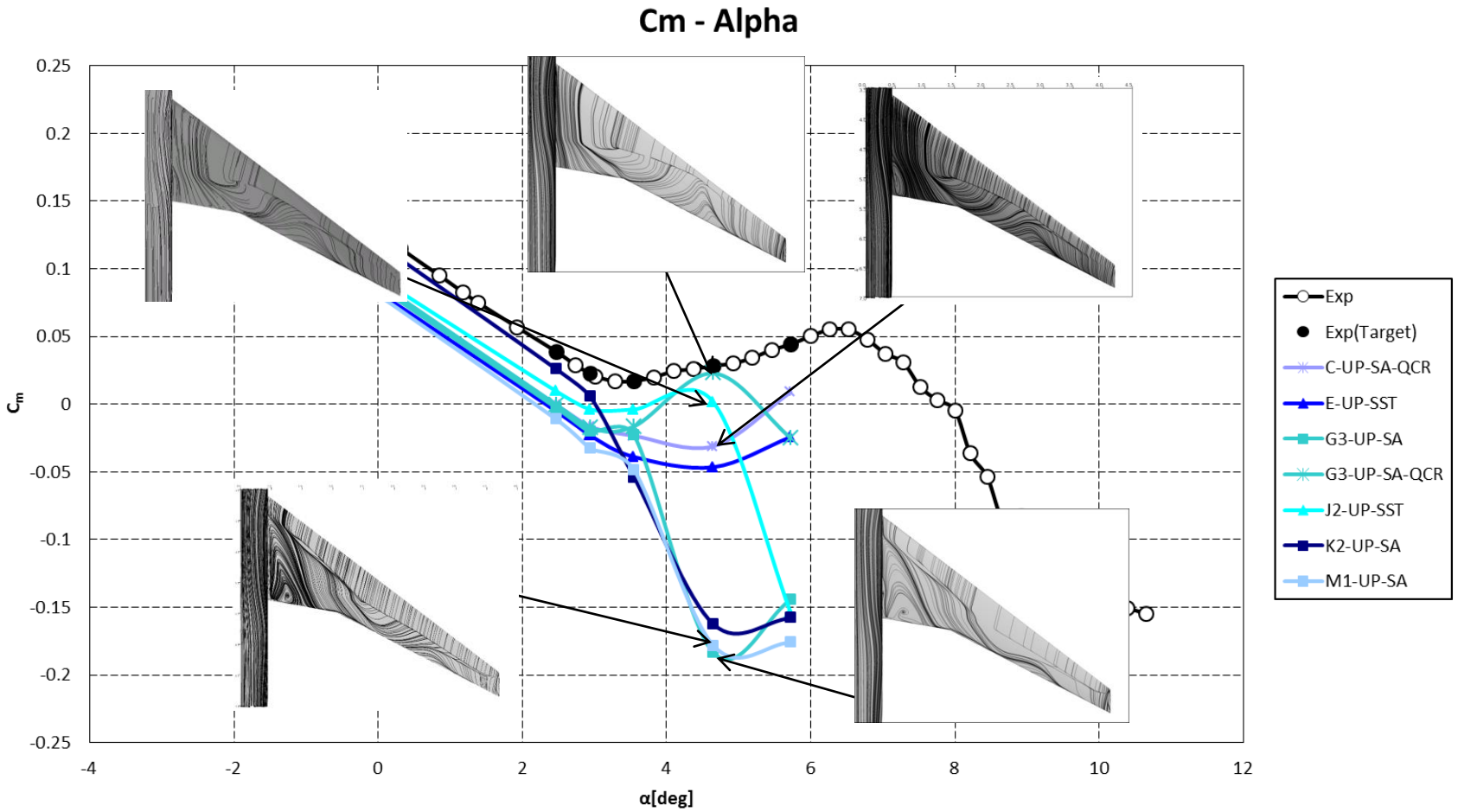


実験(修正迎角4deg)

QCRを使用することで翼根剥離が抑制される

課題1-1：表面流線（迎角4.65deg）

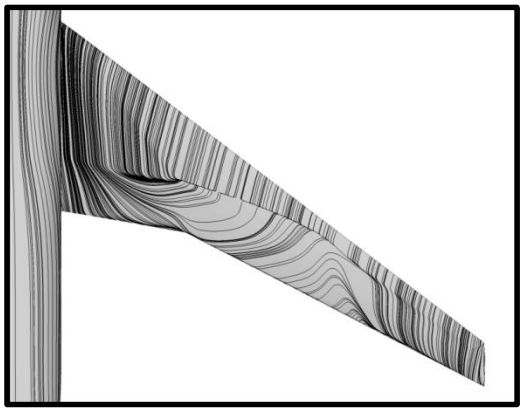
UPACS格子



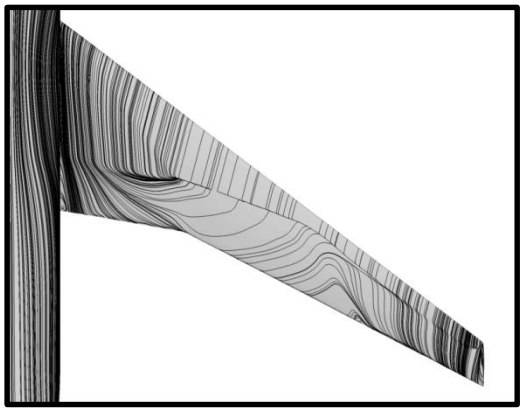
翼根剥離がある場合は、Pitch-downになり、
翼根剥離がない場合は、Pitch-upになる

課題1-1：表面流線（迎角4.65deg）

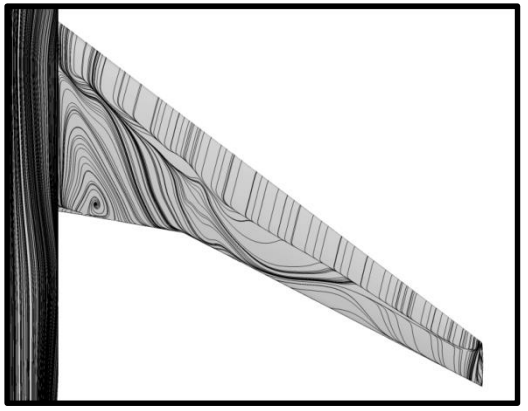
自作格子(QCRなし)



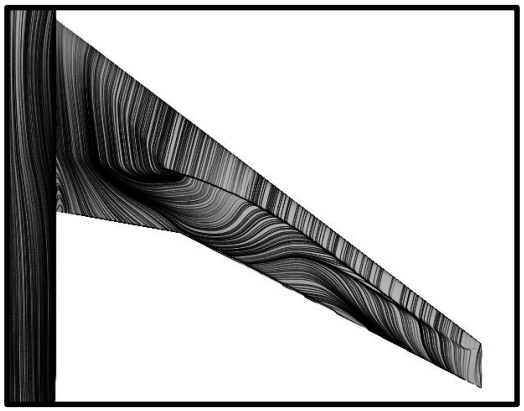
F1-Cu-SA



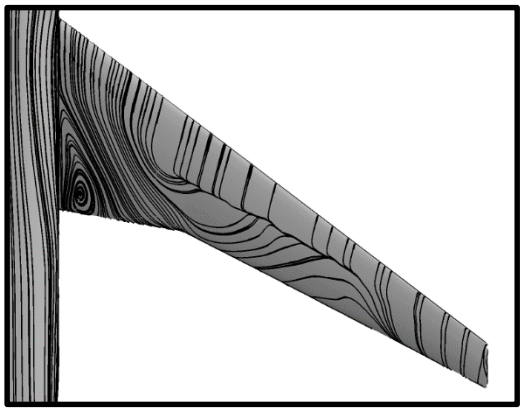
F2-Cu-SA



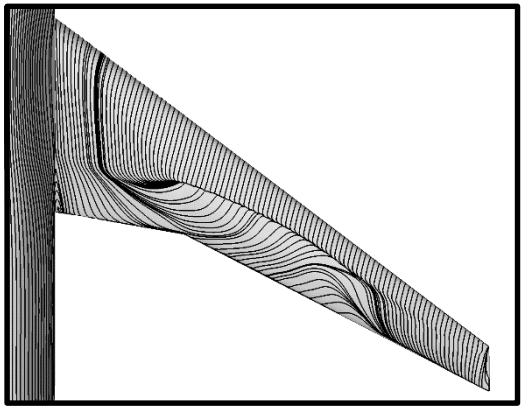
G4-Cu-SA



H2-Cu-SST



L-Cu-SA

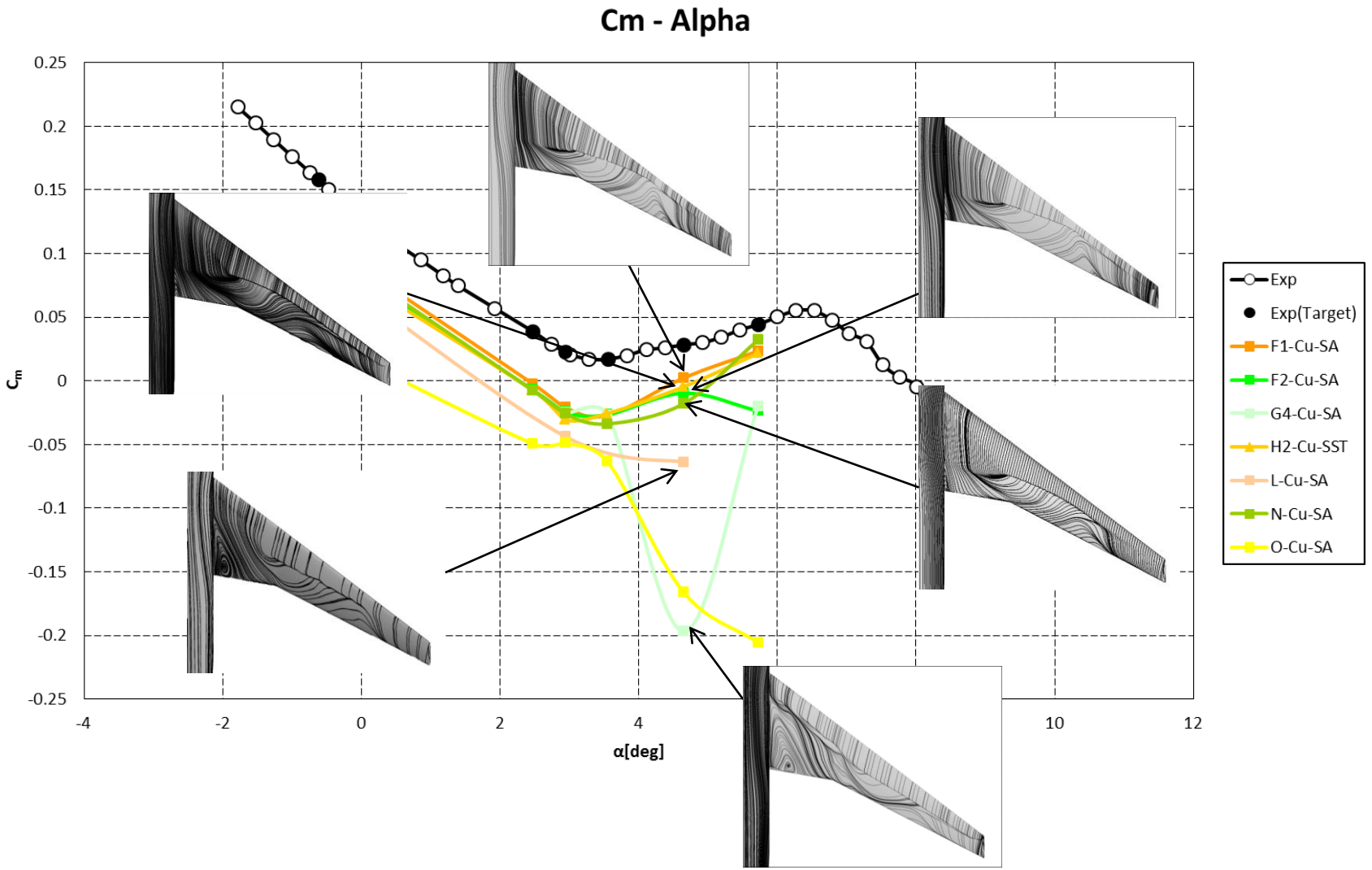


N-Cu-SA

ソルバ、格子、乱流モデルの違いにより結果は様々

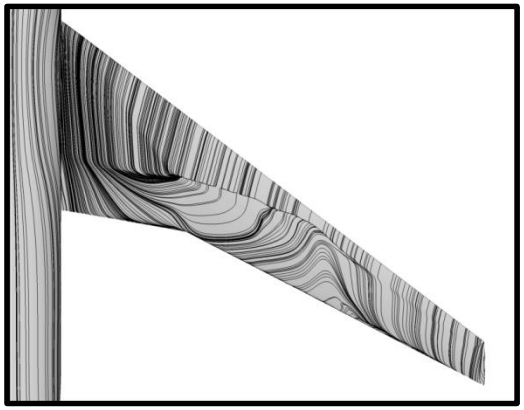
課題1-1：表面流線（迎角4.65deg）

自作格子(QCRなし)

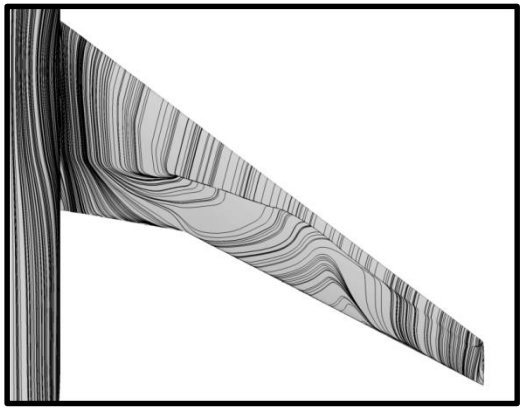


課題1-1：表面流線（迎角4.65deg）

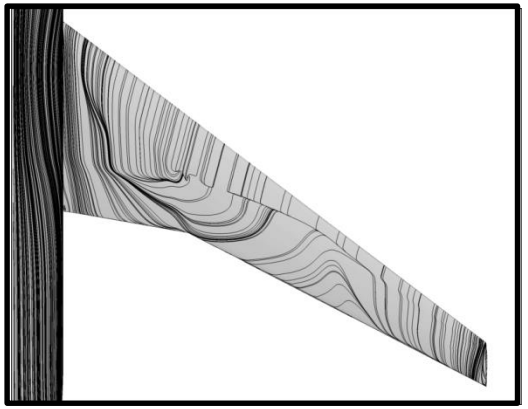
自作格子(QCRあり)



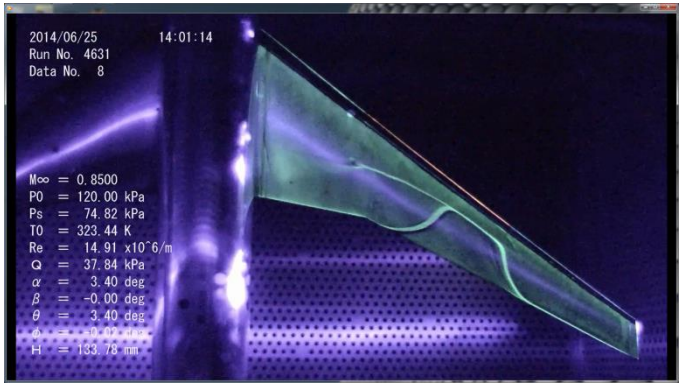
F1-Cu-SA-QCR



F2-Cu-SA-QCR



G4-Cu-SA-QCR

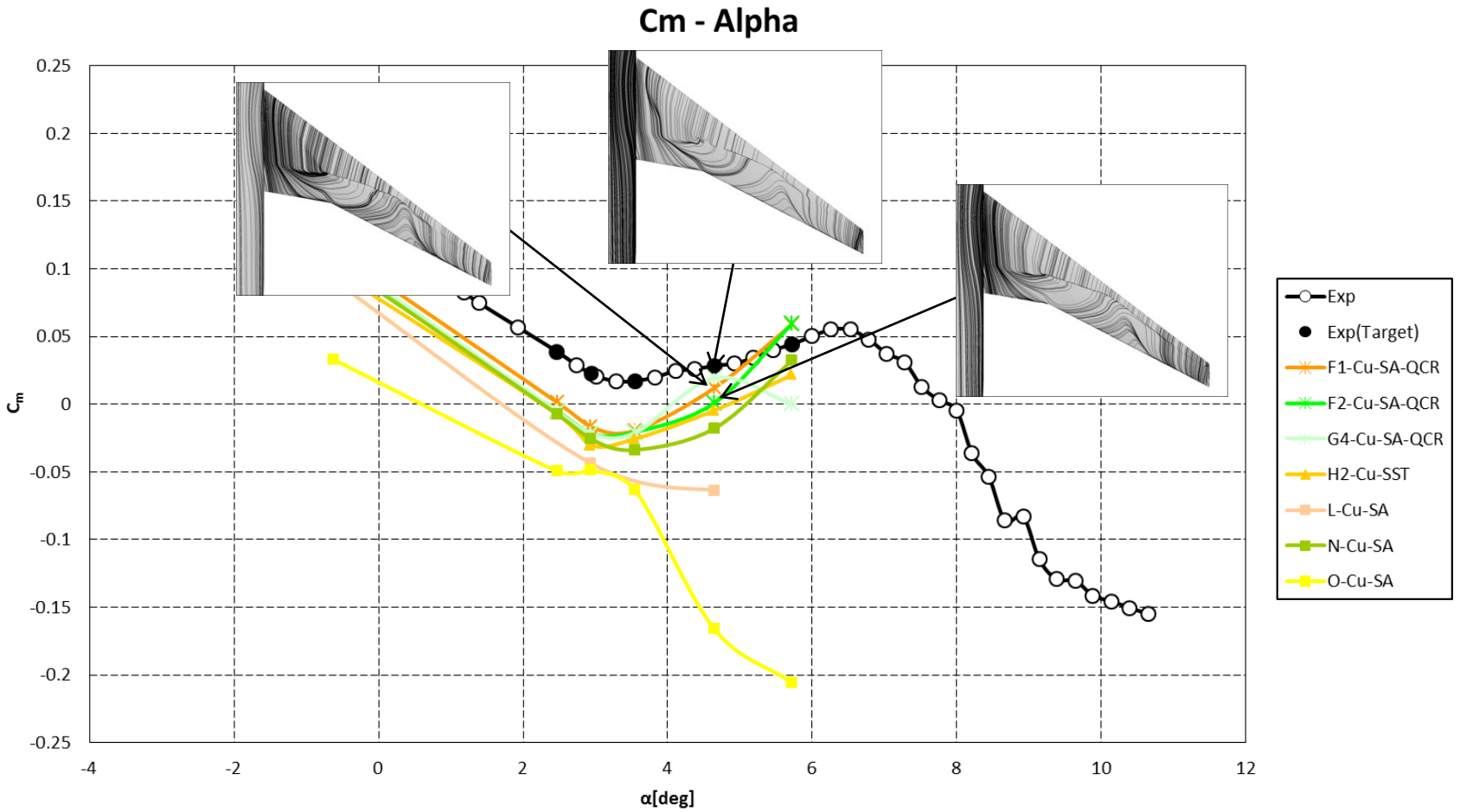


実験(修正迎角4deg)

QCRを使用することで翼根剥離が抑制される

課題1-1：表面流線（迎角4.65deg）

自作格子(QCRあり)



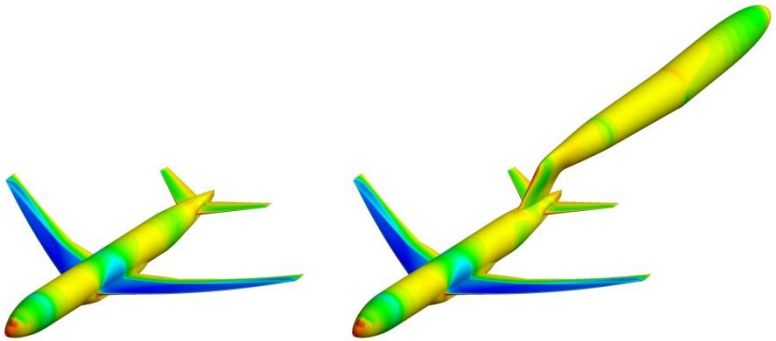
QCRを使用した場合、全てのケースがPitch-upの傾向を示す

表面流線　まとめ

- 格子の影響
  - HexaGridは大きな翼根剥離を発生したケースなし
  - MEGG3D、UPACSはケースにより大きく翼根で剥離
  - 自作格子も格子により剥離の仕方が異なる
  - 翼根に格子を寄せた格子は翼根で剥離しやすい
- 乱流モデルの影響
  - 非線形モデル（Quadratic Constitutive Relation（QCR））を使用したケースは翼根剥離が抑制されている
- その他
  - キンク～翼端の剥離位置は翼根剥離の有無に依存（主翼の衝撃波位置を合わせるには、翼根部分の剥離泡の大きさを正確に予測する必要がある。）
  - 実験は大きな翼根剥離が見られず、キンク～翼端の剥離位置も翼根剥離の発生していないケースの方が近い

支持干渉解析

- APC1ではHexaGrid+FaSTARで支持有の計算を実施し、実験値を支持干渉補正した。



支持無　　支持有

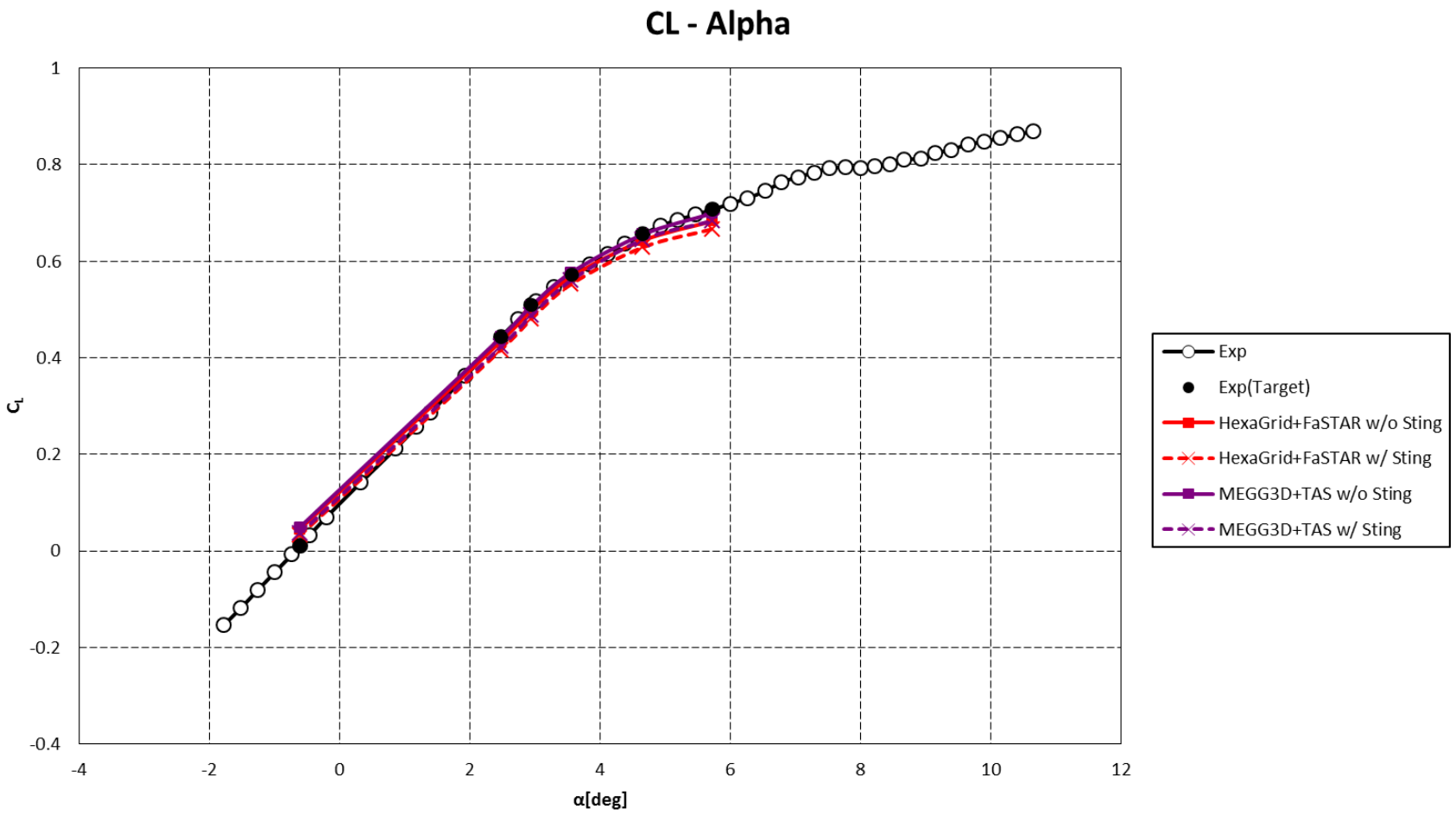
CFDで求めた支持干渉量（支持有と無の差）を用いて実験値を補正する。

実験（補正後）＝
実験（補正前）-（CFD（支持有）-CFD（支持無））

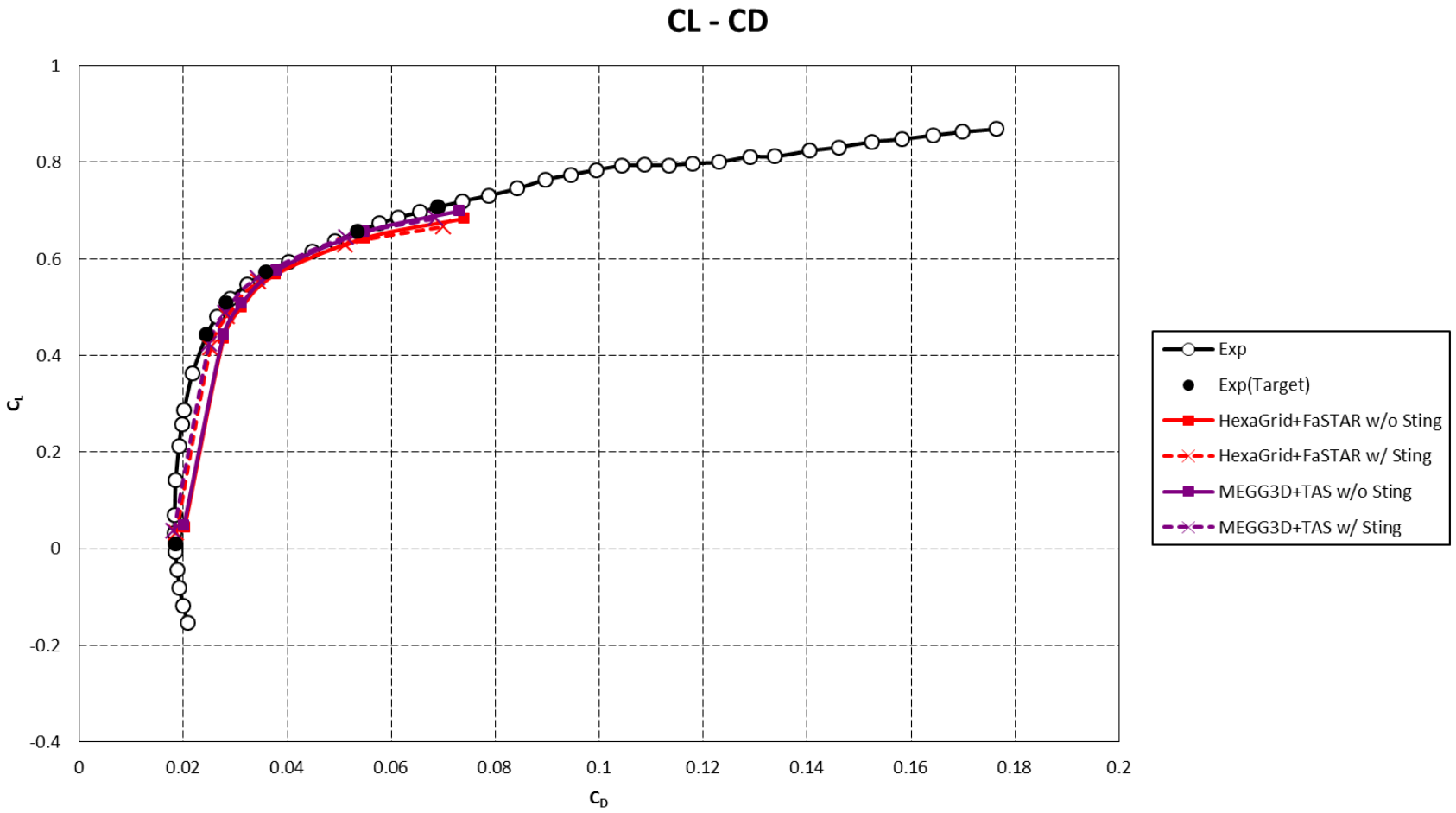
支持干渉量の妥当性を評価するため、以下の組み合わせで結果を比較

- HexaGrid+FaSTAR
- MEGG3D+TAS

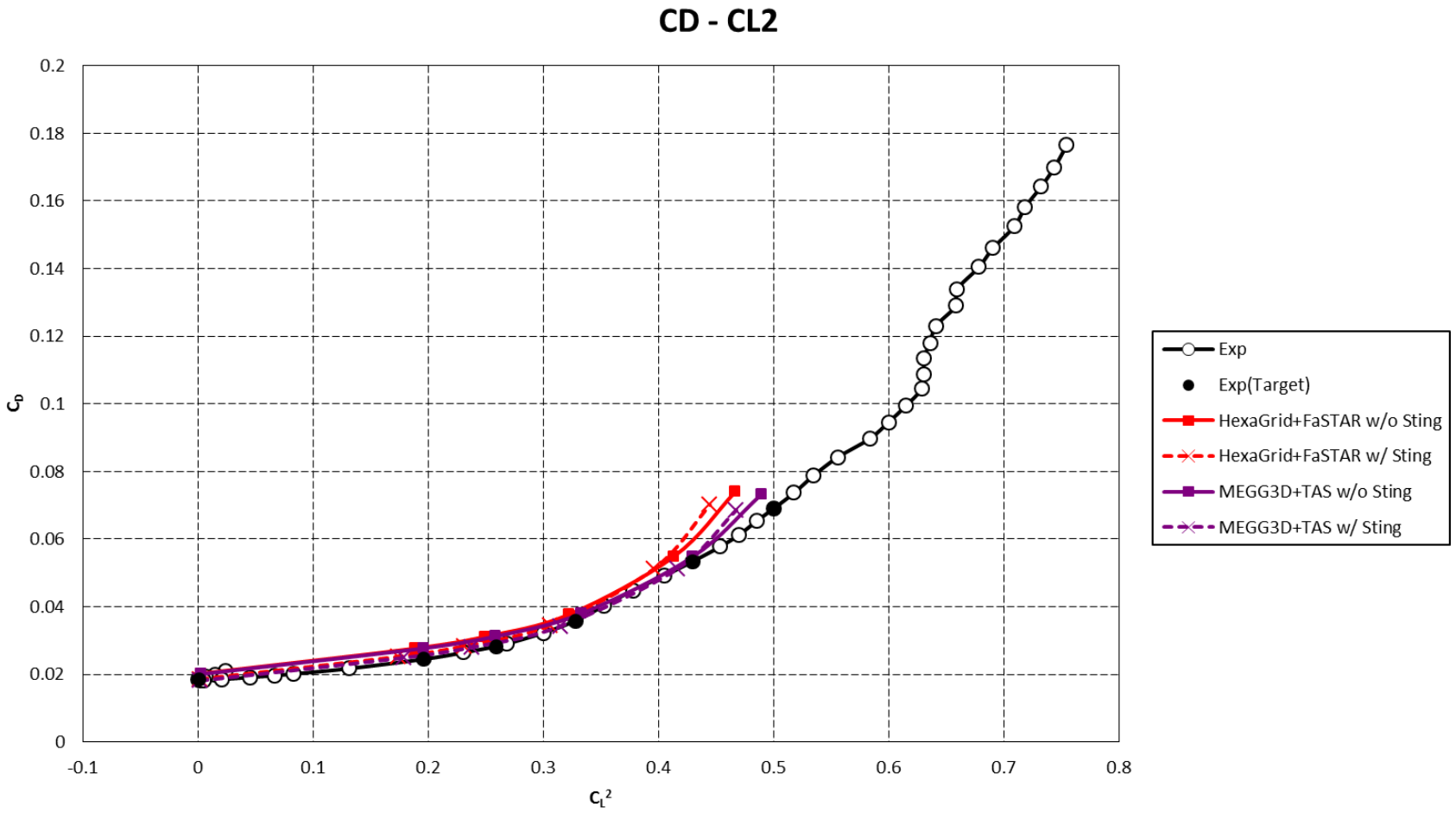
課題1-1：迎角スイープ（支持有）



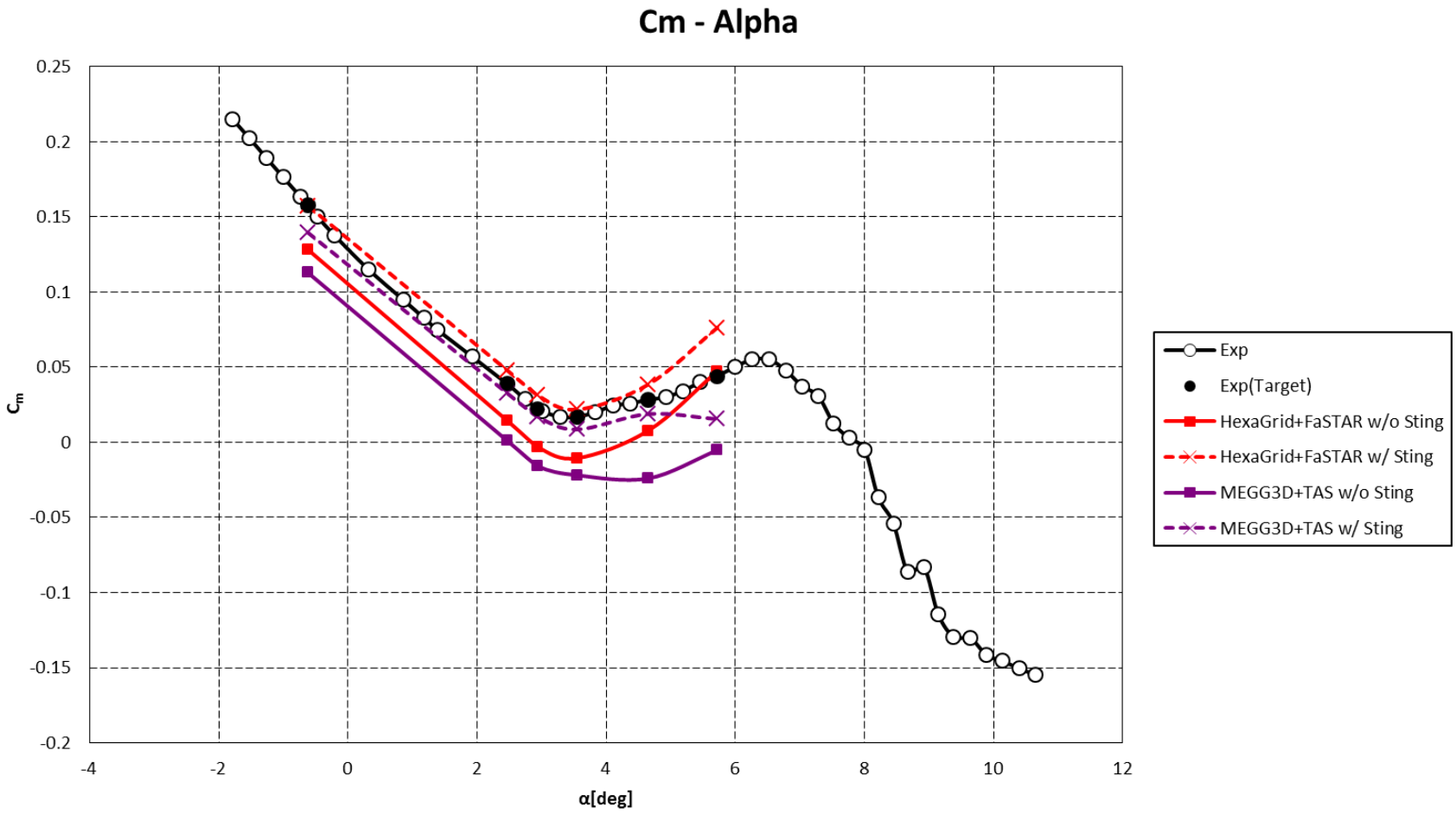
課題1-1：迎角スイープ（支持有）



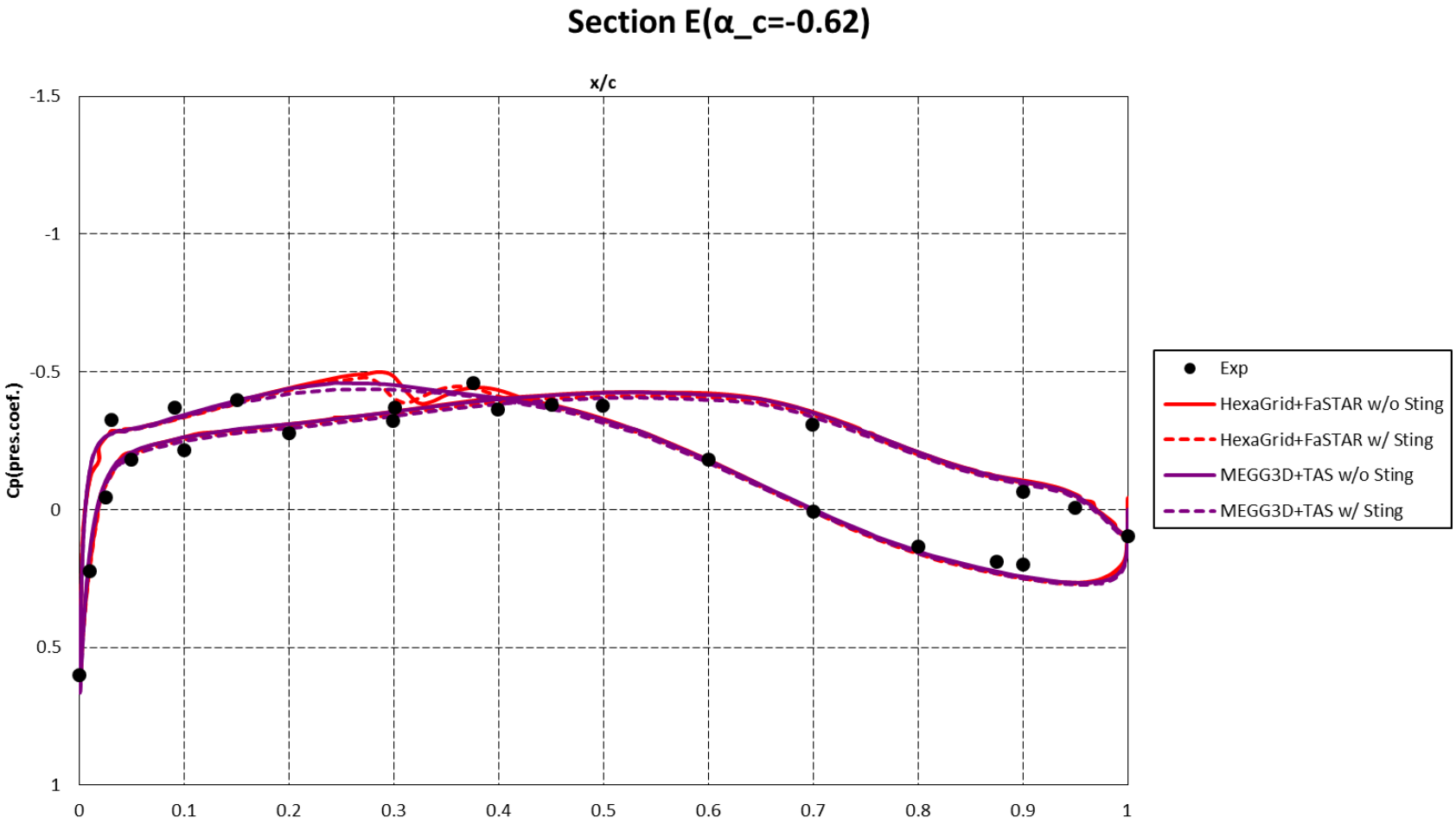
課題1-1：迎角スイープ（支持有）



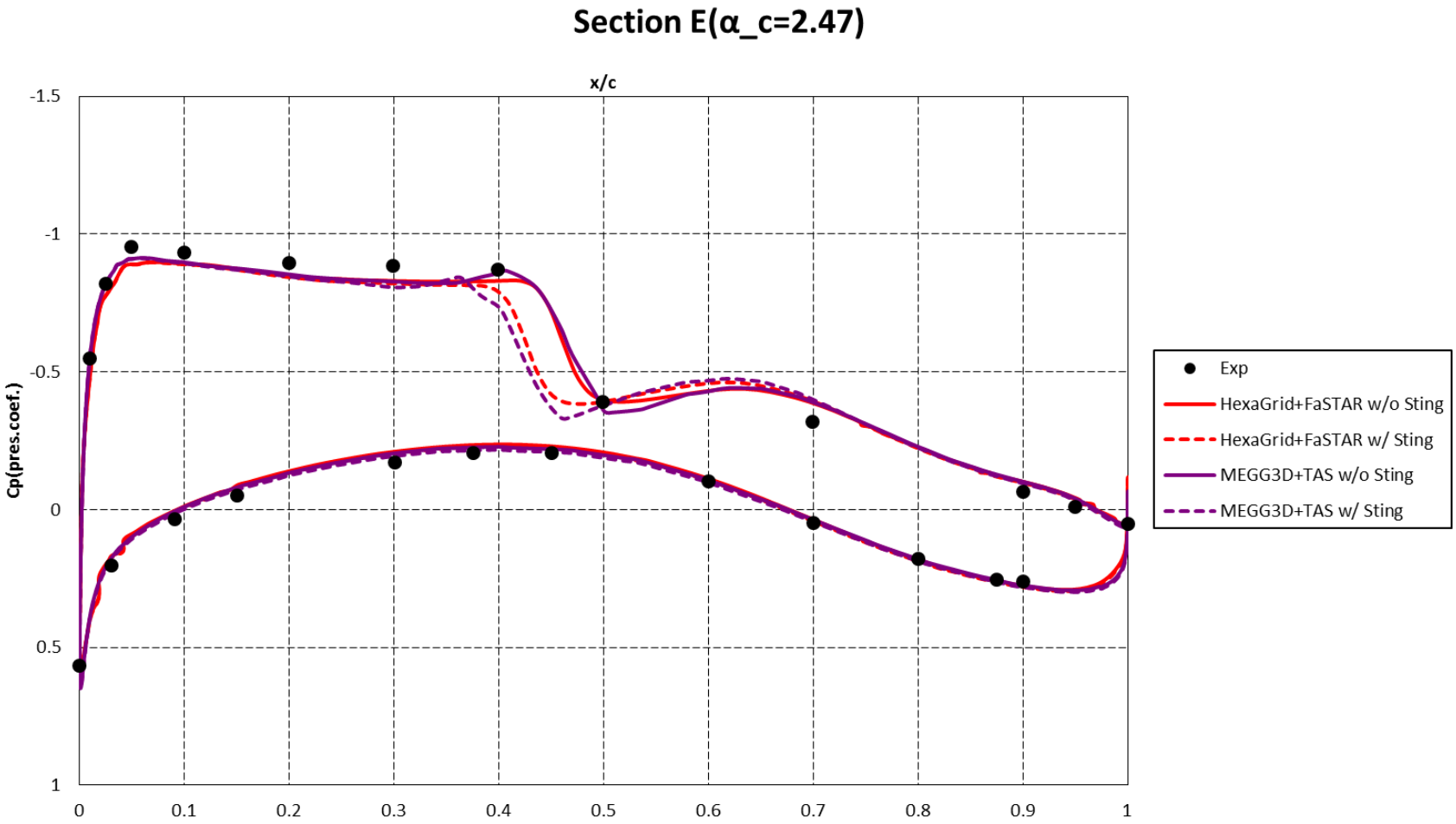
課題1-1：迎角スイープ（支持有）



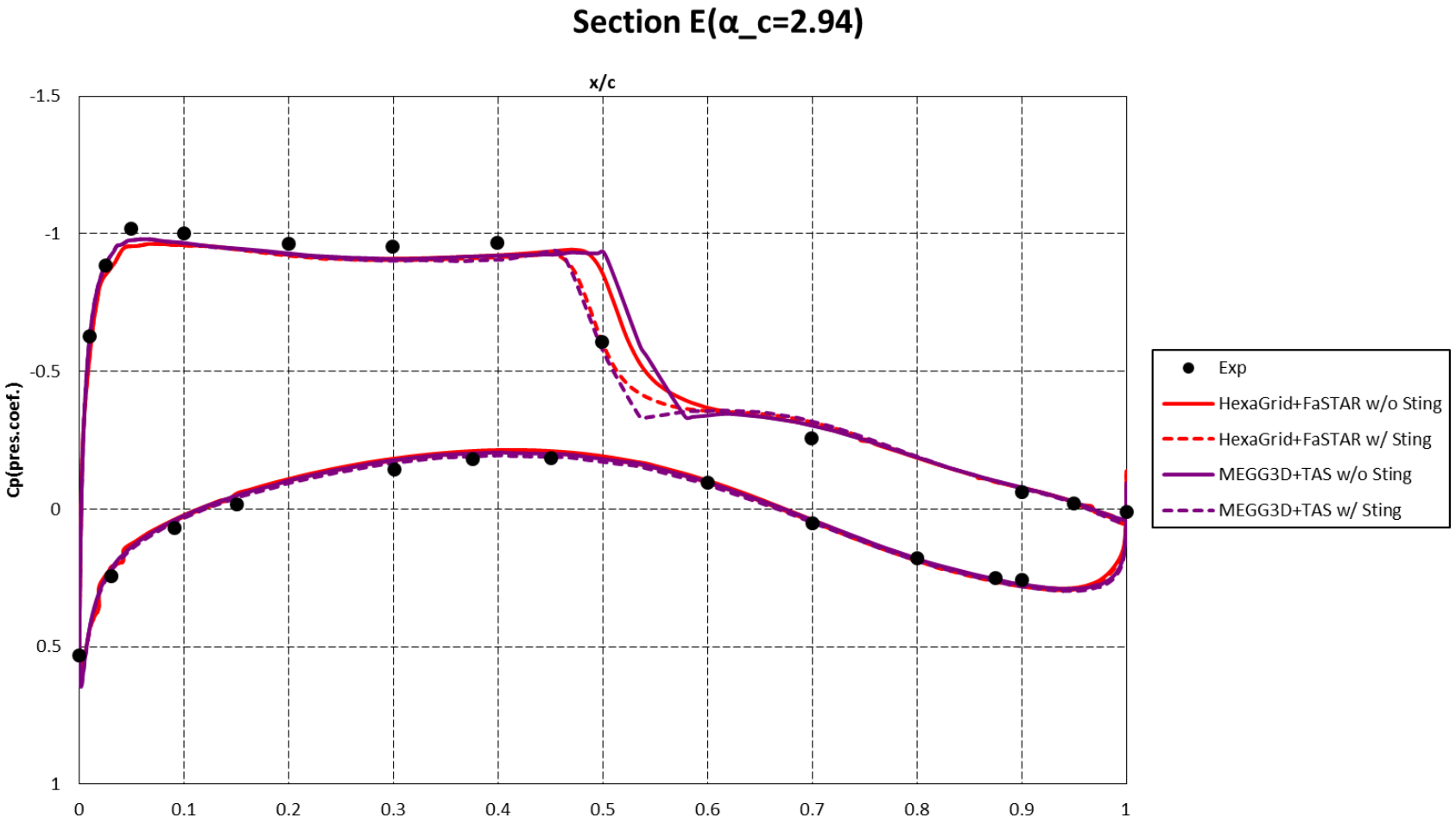
課題1-1：迎角スイープ（支持有）



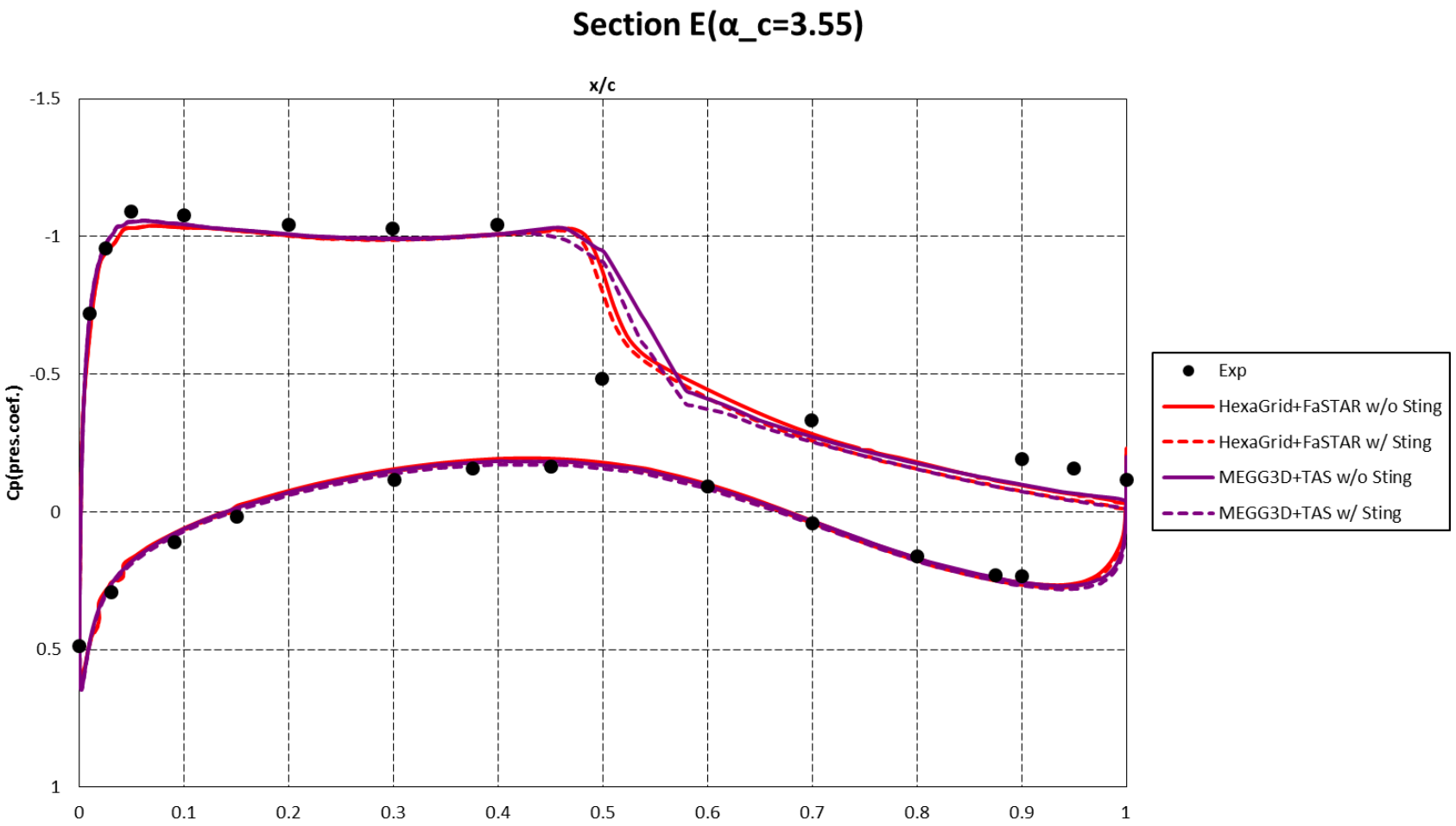
課題1-1：迎角スイープ（支持有）



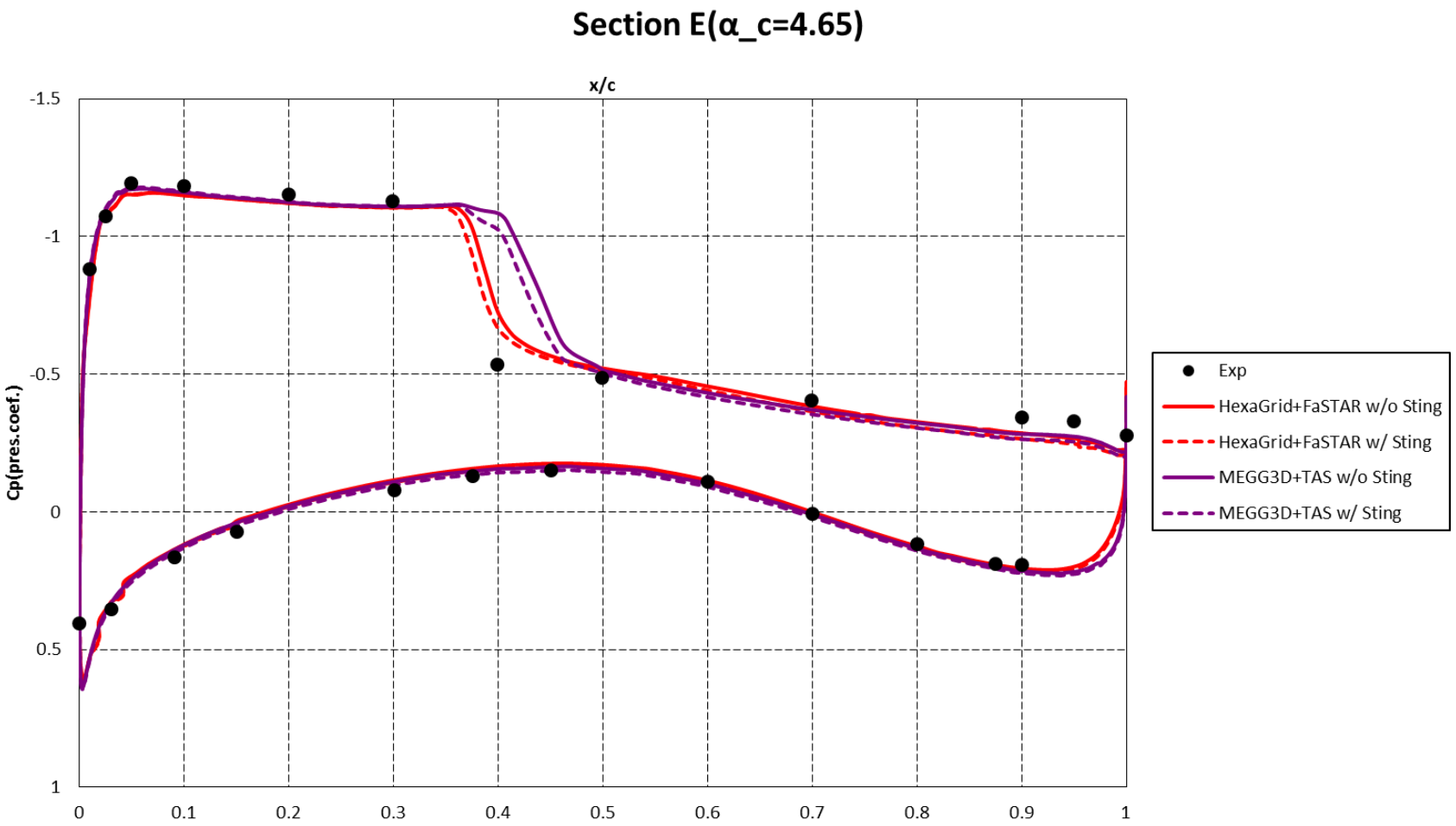
課題1-1：迎角スイープ（支持有）



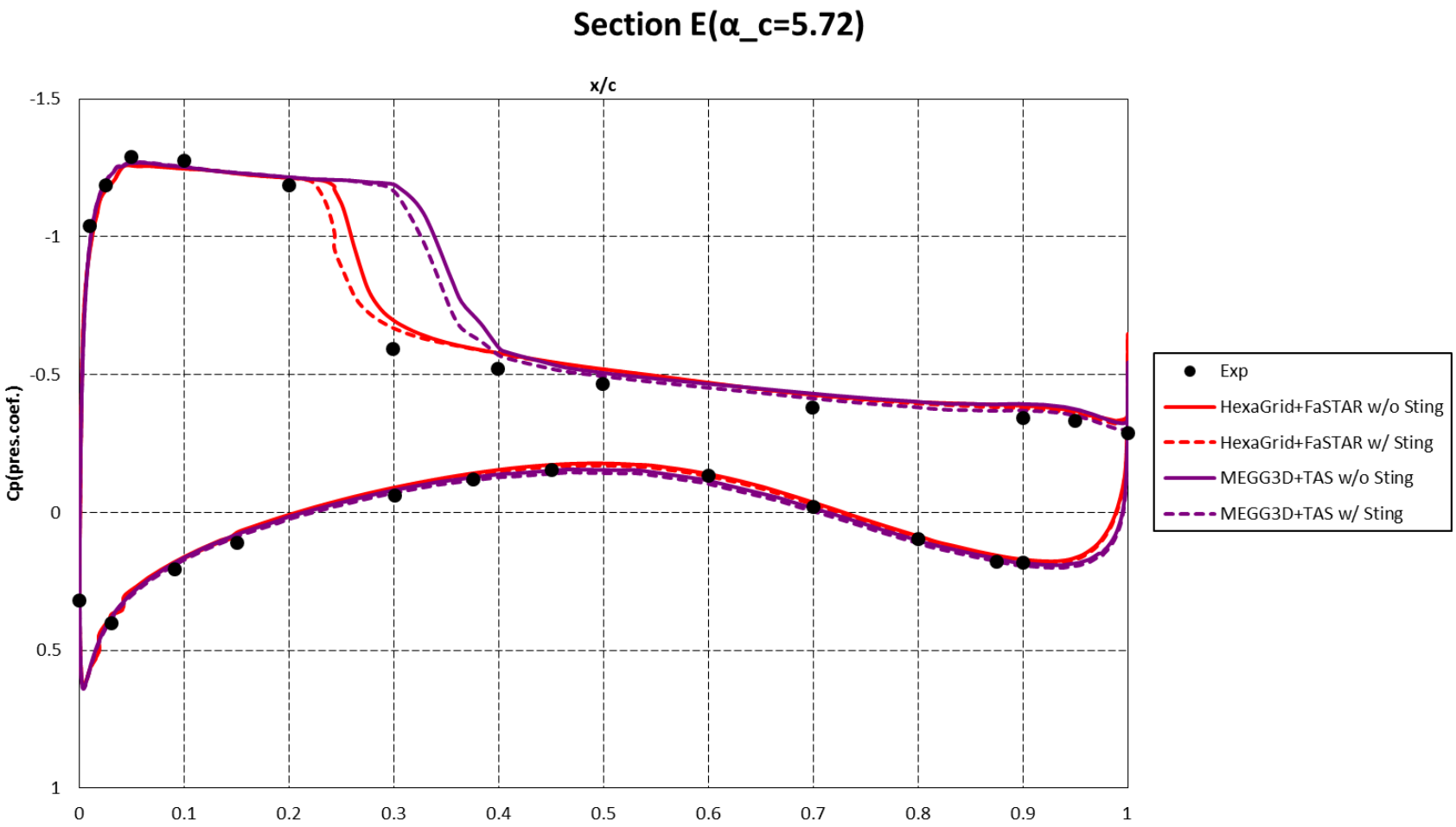
課題1-1：迎角スイープ（支持有）



課題1-1：迎角スイープ（支持有）



課題1-1：迎角スイープ（支持有）



支持干渉補正

HexaGrid+FaSTAR

AoA	CL（支持有）	CL（支持無）	ΔCL	CD（支持有）	CD（支持無）	ΔCD	Cm（支持有）	Cm（支持無）	ΔCm
−0.62	0.032	0.045	−0.013	0.0186	0.0202	−0.0016	0.157	0.128	0.029
2.47	0.416	0.434	−0.018	0.0252	0.0277	−0.0025	0.048	0.014	0.033
2.94	0.481	0.499	−0.018	0.0284	0.0311	−0.0028	0.031	−0.003	0.034
3.55	0.553	0.568	−0.015	0.0345	0.0377	−0.0032	0.022	−0.011	0.032
4.65	0.629	0.643	−0.014	0.0511	0.0549	−0.0037	0.038	0.008	0.031
5.72	0.667	0.683	−0.017	0.0701	0.0741	−0.0040	0.076	0.047	0.029

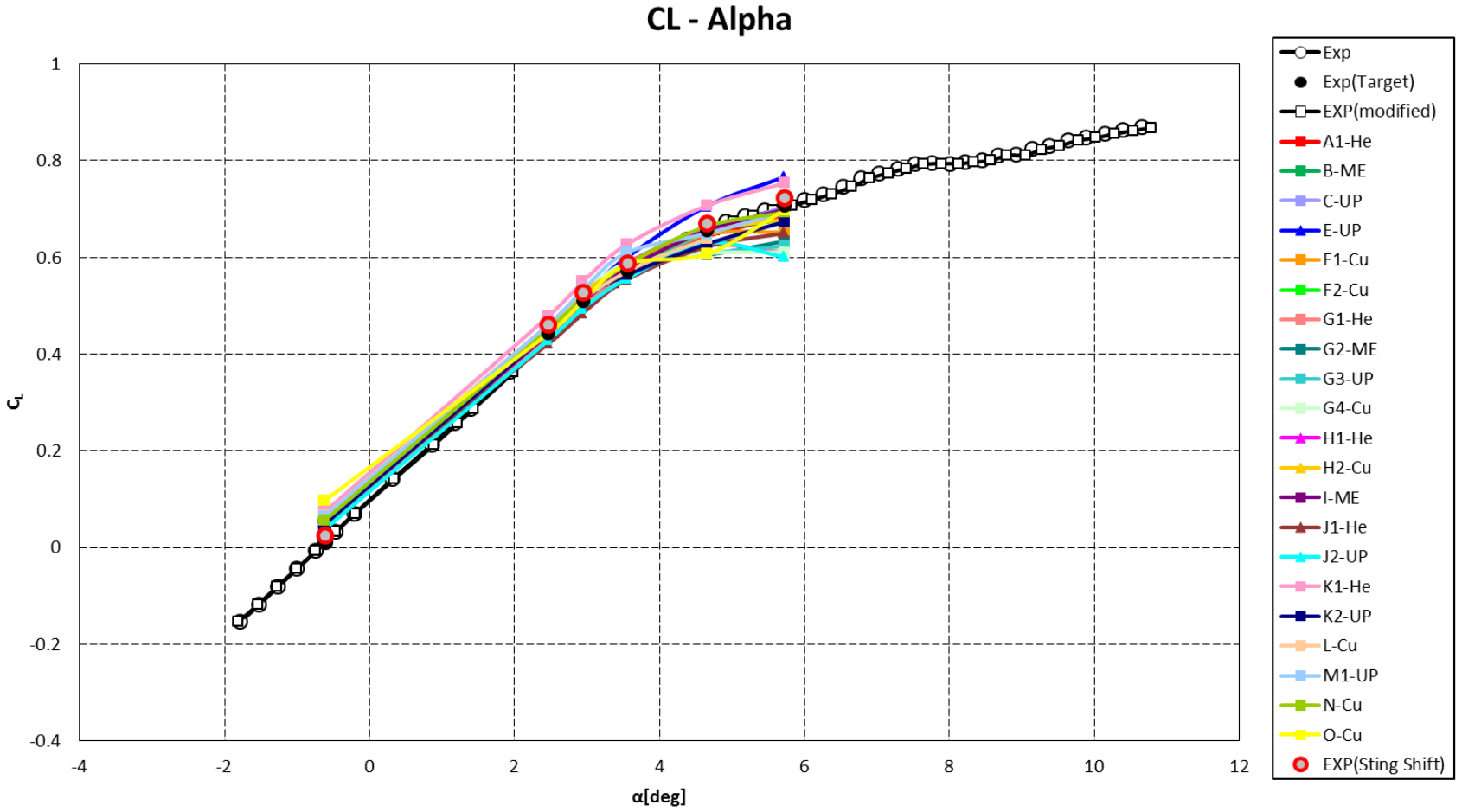
MEGG3D+TAS

AoA	CL（支持有）	CL（支持無）	ΔCL	CD（支持有）	CD（支持無）	ΔCD	Cm（支持有）	Cm（支持無）	ΔCm
−0.62	0.036	0.049	−0.013	0.0181	0.0201	−0.0020	0.139	0.113	0.027
2.47	0.423	0.442	−0.019	0.0249	0.0277	−0.0028	0.032	0.001	0.032
2.94	0.488	0.508	−0.020	0.0280	0.0312	−0.0032	−0.017	−0.016	0.033
3.55	0.561	0.577	−0.016	0.0342	0.0380	−0.0038	0.009	−0.022	0.030
4.65	0.645	0.655	−0.010	0.0512	0.0548	−0.0035	0.019	−0.024	0.043
5.72	0.684	0.699	−0.016	0.0686	0.0732	−0.0046	0.015	−0.005	0.021

巡航状態（α=2.94）で、ΔCDに4cntの差
ΔCLとΔCmでは、α=4.65だけ少し差が見られるが、
結果に影響を与えるような大きな差はない。

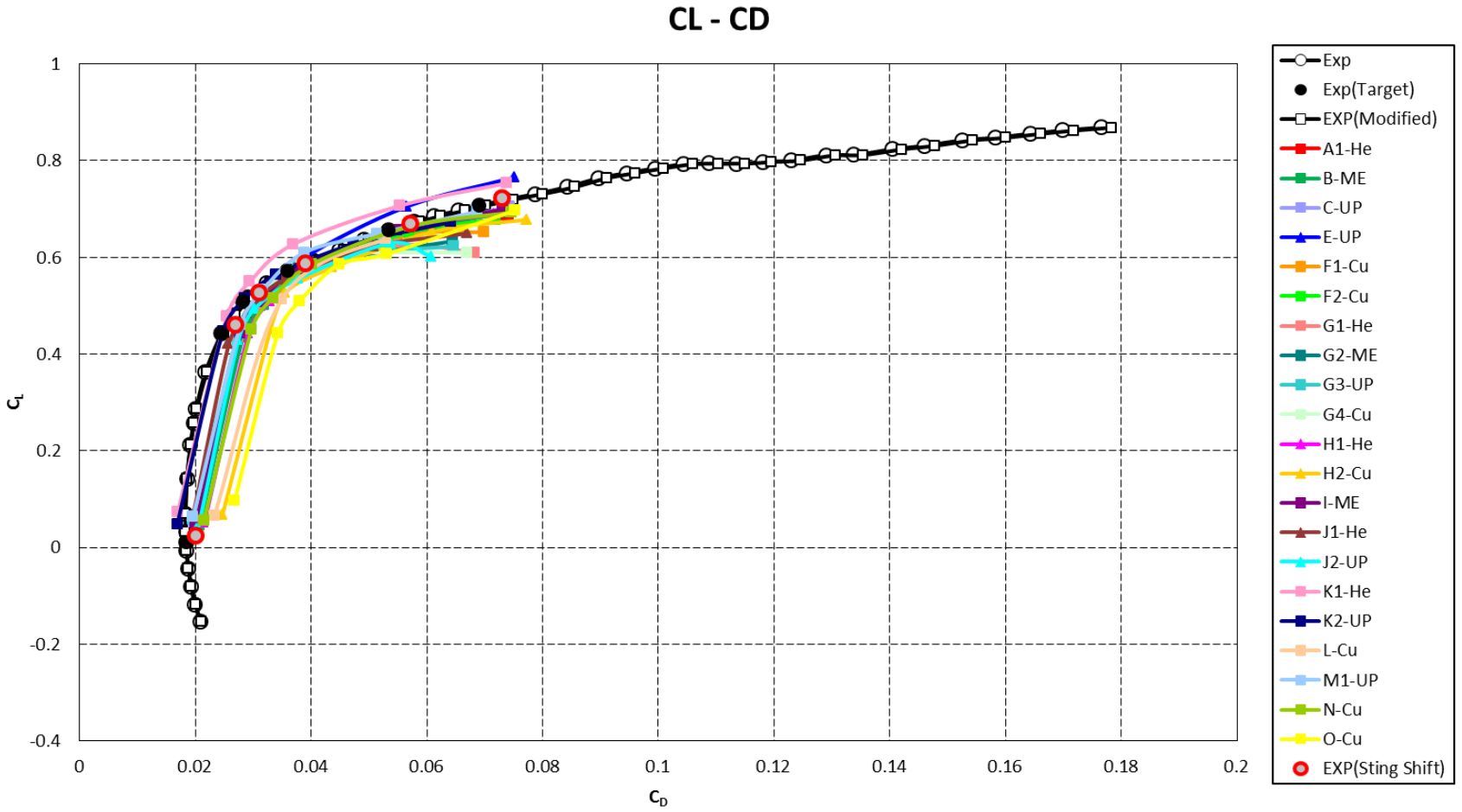
課題1-1：迎角スイープ（変形有）

補正量はHexaGrid+FaSTARの値



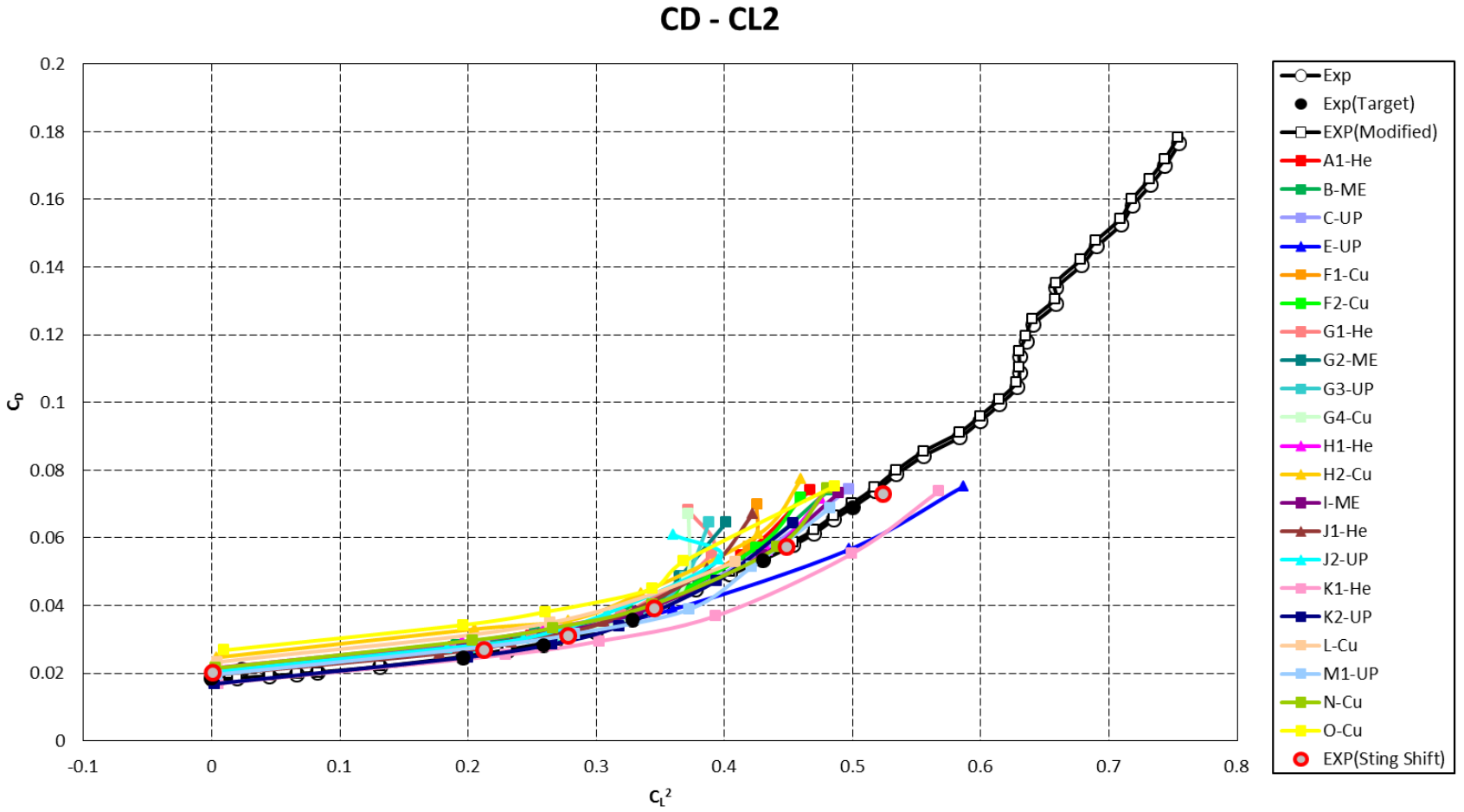
課題1-1：迎角スイープ（変形有）

補正量はHexaGrid+FaSTARの値



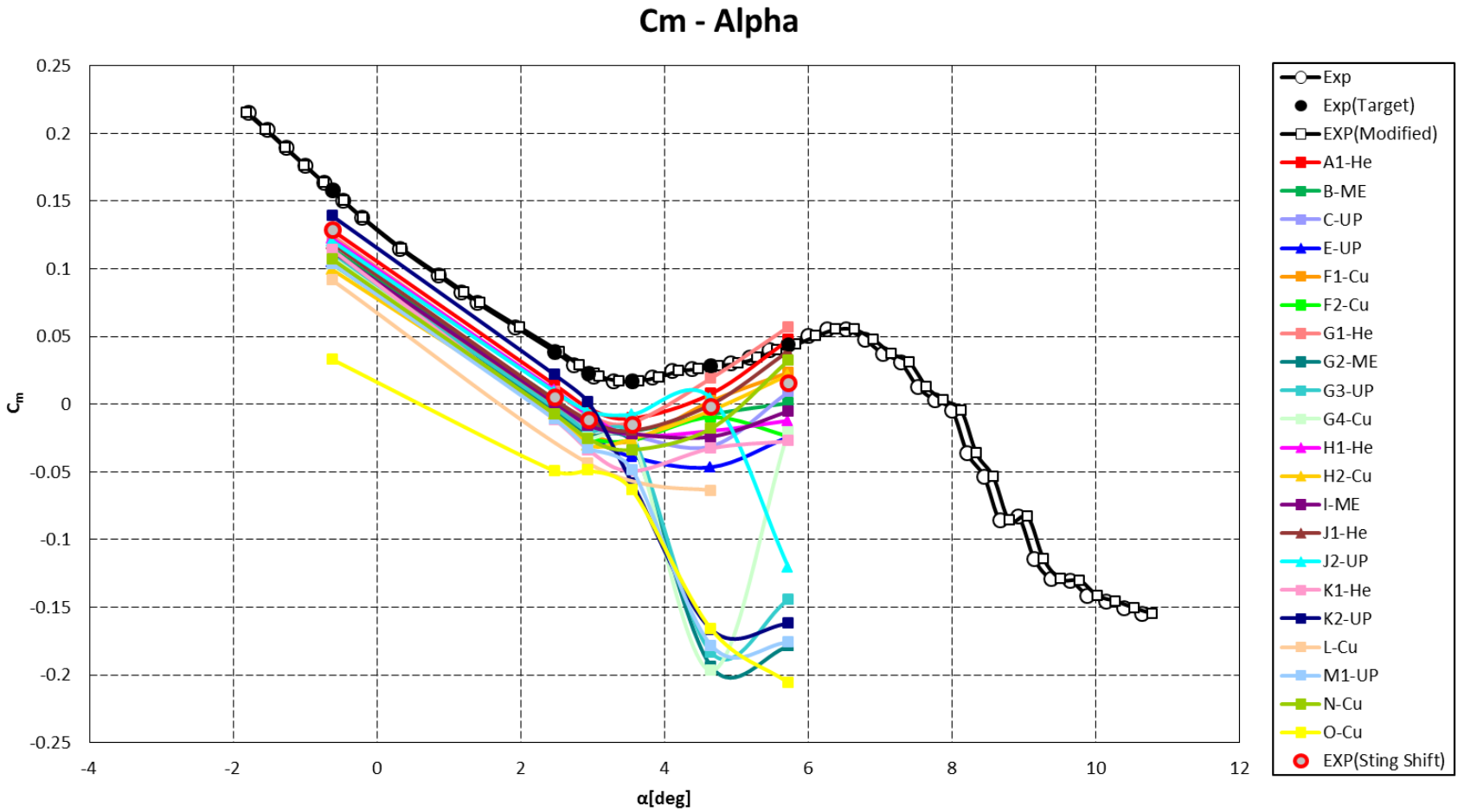
課題1-1：迎角スイープ（変形有）

補正量はHexaGrid+FaSTARの値



課題1-1：迎角スイープ（変形有）

補正量はHexaGrid+FaSTARの値



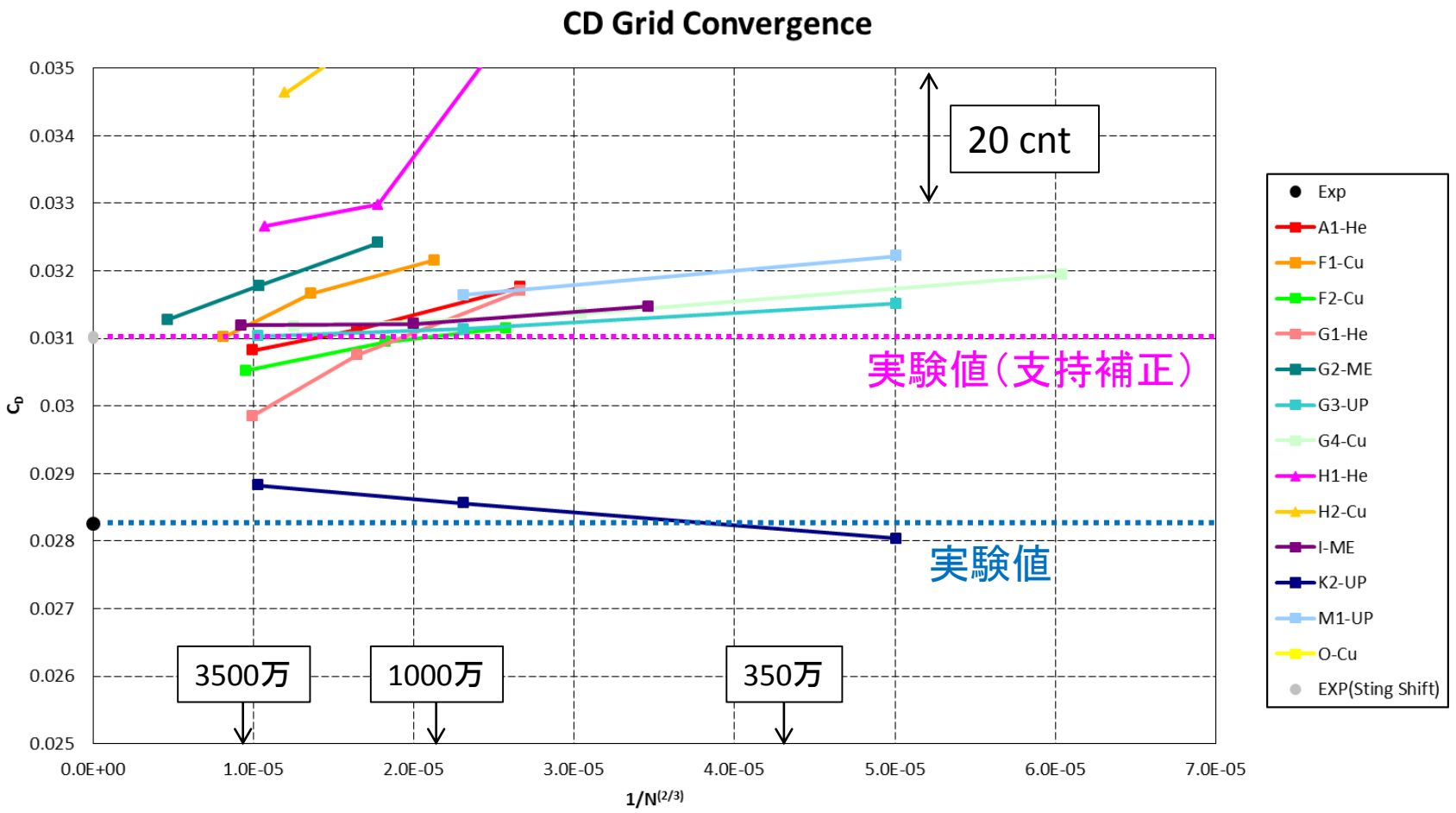
支持干渉　まとめ

- 実験との比較
  - 支持を考慮することで全体的に実験の結果に近づく
  - 特に問題になっていたCmの定量的な差も解消
  - CL=0の予測も実験に近づく（実験との差は残る）
- FaSTARとTASの比較
  - 支持干渉による影響の定性的な傾向は同じ
  - CDに関して定量的な議論をするためには、支持干渉解析も重要
- 支持干渉の影響ついて
  - CL、CDは低下し、Cmは増加する
  - 尾翼の影響を受けやすいCmは特に影響が大きい
  - CLの傾きが変わる迎角付近（2°～3°）で、支持を考慮すると衝撃波は上流側に移動（参考資料参照）

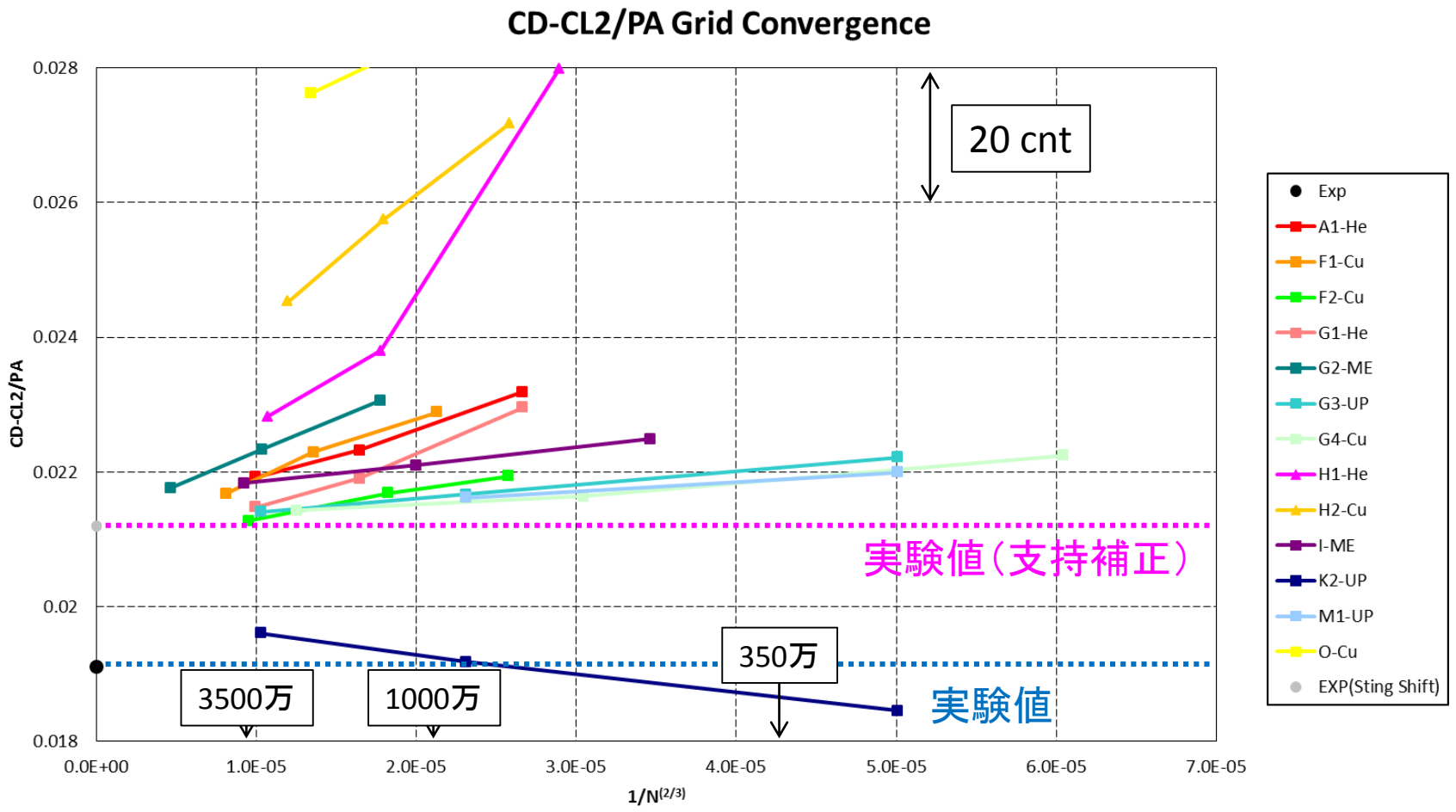
課題1：NASA-CRM空力予測

- 課題1-2（任意）：格子収束
  - 形状：NASA-CRM（水平尾翼0°）、変形有
  - 格子：Fine(3500万程度)、Medium(1000万程度)、Coarse(350万程度)
  - 条件：$M = 0.847$, $Re_c = 2.26 \times 10^6$, $T_{ref} = 284K$
  - 迎角：2.94deg
  - 提出データ：空力係数(C_L,C_D,C_m)と表面C_p分布

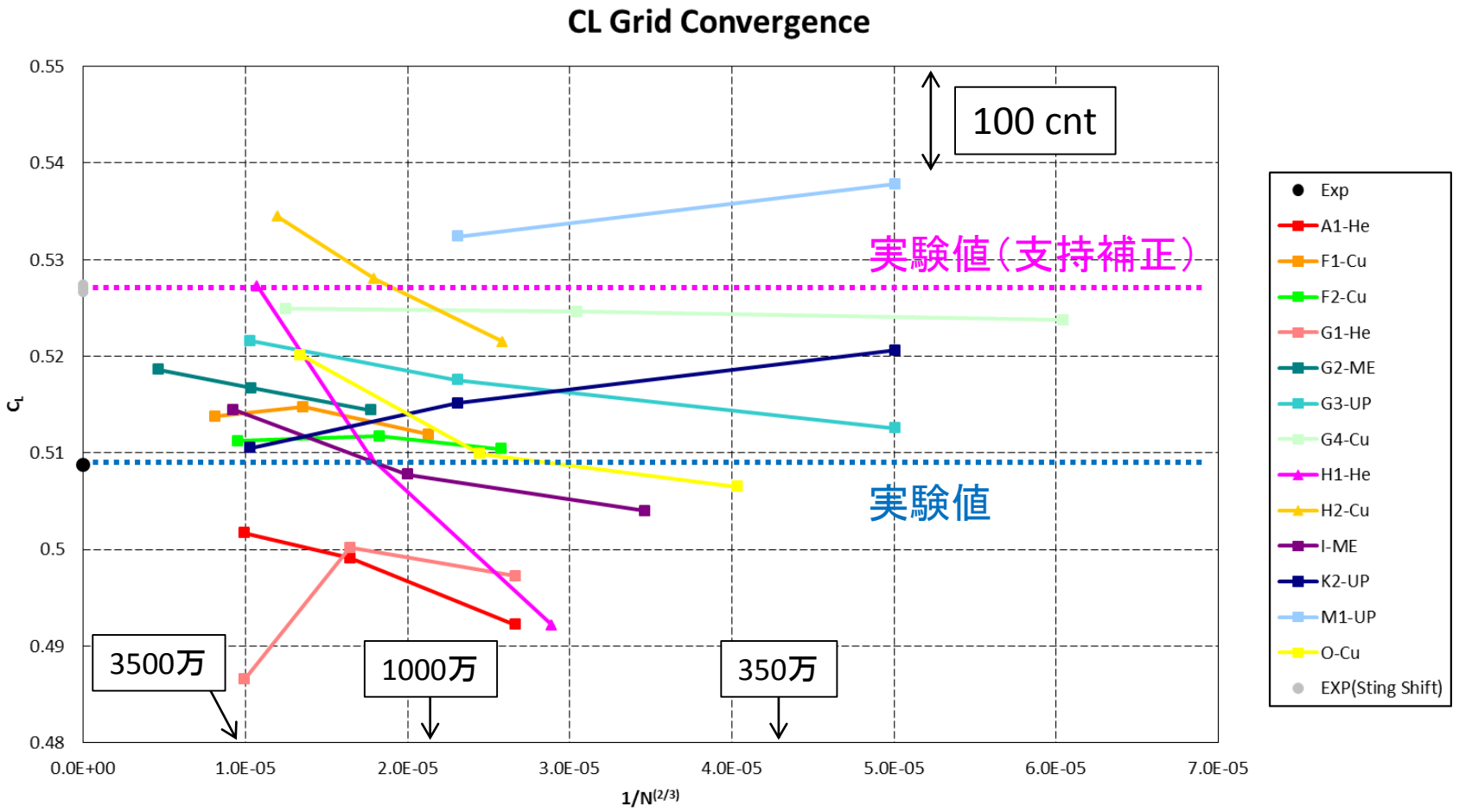
課題1-2：格子収束


CD Grid Convergence
0.035
0.034
0.033
0.032
0.031
0.03
0.029
0.028
0.027
0.026
0.025
CD
0.0E+00
1.0E-05
2.0E-05
3.0E-05
4.0E-05
5.0E-05
6.0E-05
7.0E-05
1/N(2/3)
20 cnt
実験値（支持補正）
実験値
3500万
1000万
350万
Exp
A1-He
F1-Cu
F2-Cu
G1-He
G2-ME
G3-UP
G4-Cu
H1-He
H2-Cu
I-ME
K2-UP
M1-UP
O-Cu
EXP(Sting Shift)

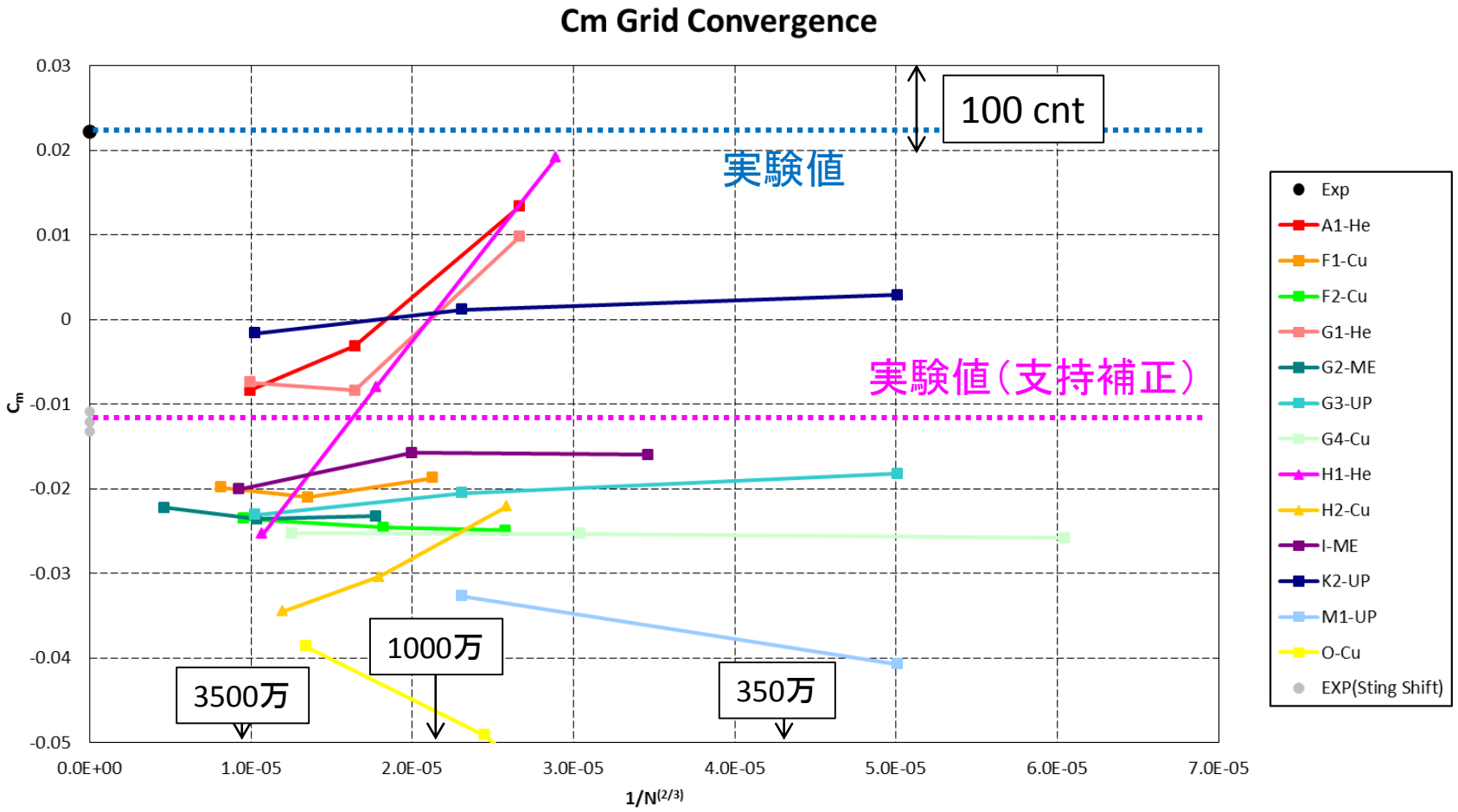
課題1-2：格子収束


CD-CL2/PA Grid Convergence
CD-CL2/PA
0.028
0.026
0.024
0.022
0.02
0.018
0.0E+00
1.0E-05
2.0E-05
3.0E-05
4.0E-05
5.0E-05
6.0E-05
7.0E-05
1/N(2/3)
20 cnt
実験値（支持補正）
350万
実験値
3500万
1000万
Exp
A1-He
F1-Cu
F2-Cu
G1-He
G2-ME
G3-UP
G4-Cu
H1-He
H2-Cu
I-ME
K2-UP
M1-UP
O-Cu
EXP(Sting Shift)

課題1-2：格子収束

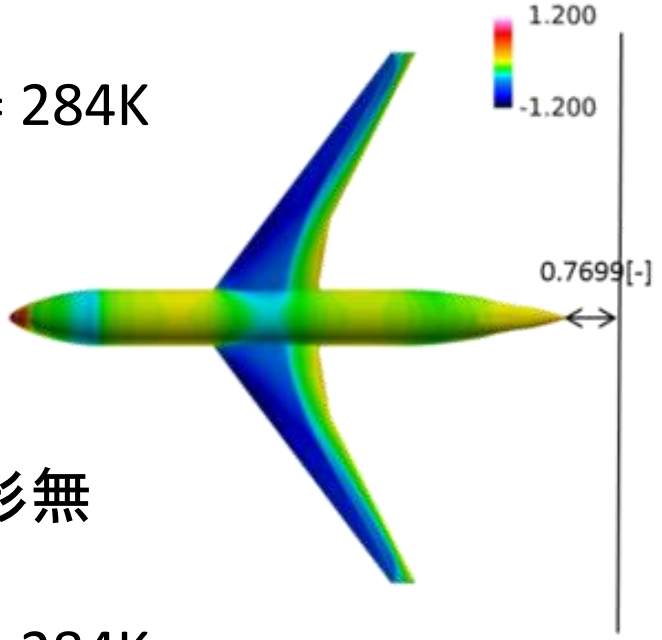

CL Grid Convergence
0.55
0.54
0.53
0.52
0.51
0.5
0.49
0.48
C_L
0.0E+00
1.0E-05
2.0E-05
3.0E-05
4.0E-05
5.0E-05
6.0E-05
7.0E-05
$1/N^{(2/3)}$
100 cnt
実験値（支持補正）
実験値
3500万
1000万
350万
Exp
A1-He
F1-Cu
F2-Cu
G1-He
G2-ME
G3-UP
G4-Cu
H1-He
H2-Cu
I-ME
K2-UP
M1-UP
O-Cu
EXP(Sting Shift)

課題1-2：格子収束


Cm Grid Convergence
100 cnt
実験値
実験値（支持補正）
3500万
1000万
350万
Cm
1/N(2/3)
0.03
0.02
0.01
0
-0.01
-0.02
-0.03
-0.04
-0.05
0.0E+00
1.0E-05
2.0E-05
3.0E-05
4.0E-05
5.0E-05
6.0E-05
7.0E-05
Exp
A1-He
F1-Cu
F2-Cu
G1-He
G2-ME
G3-UP
G4-Cu
H1-He
H2-Cu
I-ME
K2-UP
M1-UP
O-Cu
EXP(Sting Shift)

課題2：NASA-CRM主翼後流

- 課題2-1（任意）：後流（変形有）
  - 形状：NASA-CRM（水平尾翼無）、変形有
  - 格子：自由
  - 条件：M = 0.85, $Re_c = 2.26 \times 10^6$, T_{ref} = 284K
  - 迎角： 3.07deg, 4.84deg
  - 提出データ：下流の速度分布

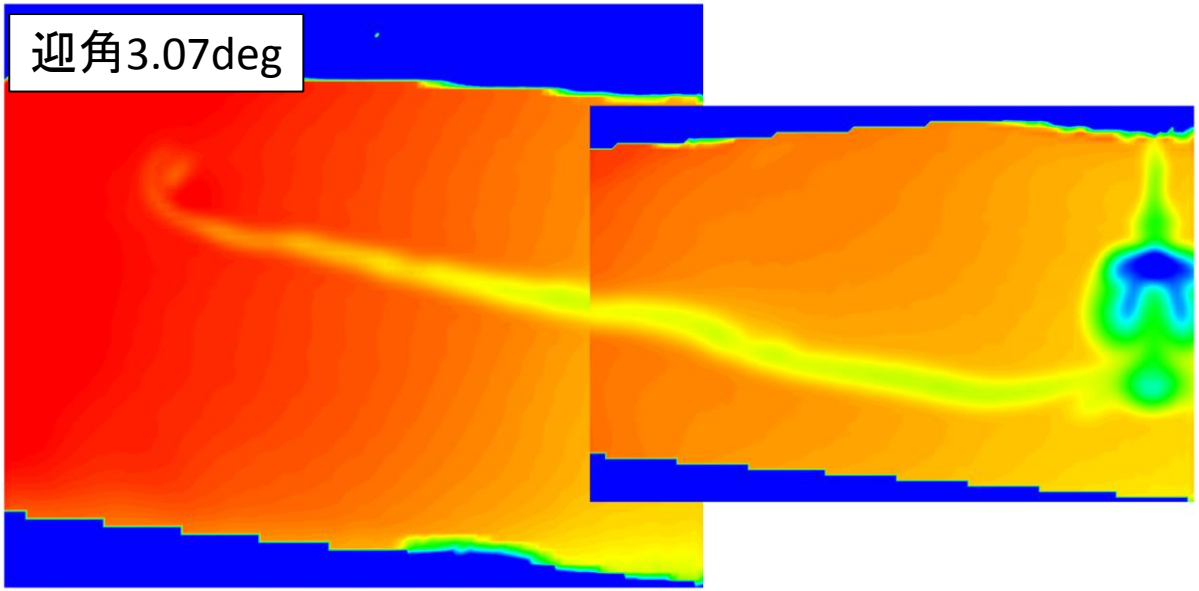


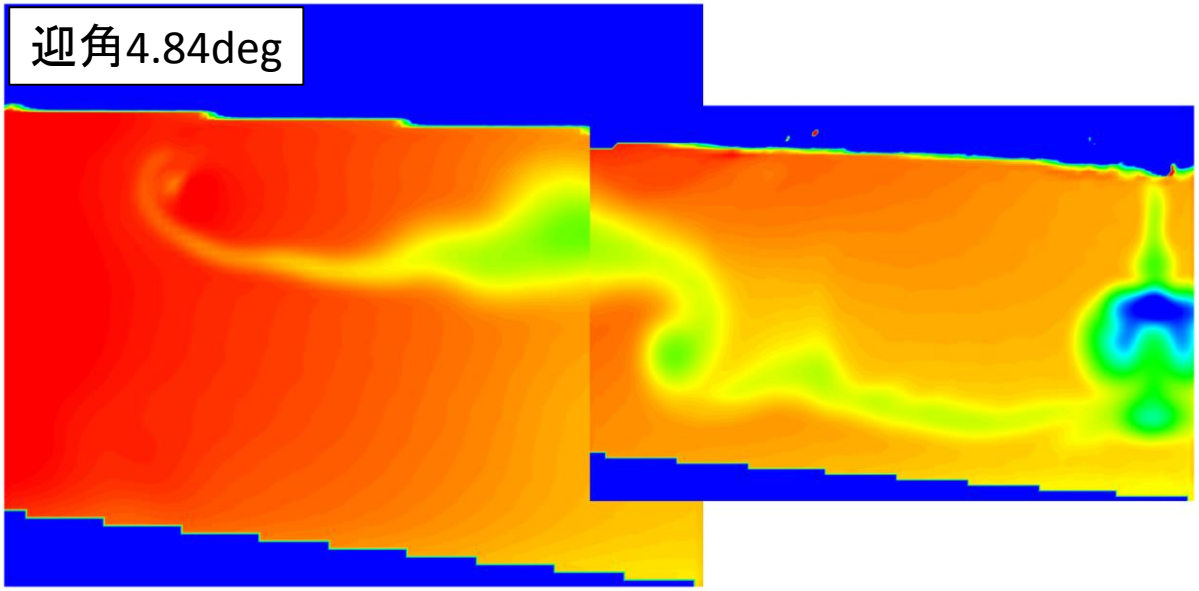
- 課題2-2（任意）：後流（変形無）
  - 形状：NASA-CRM（水平尾翼無）、変形無
  - 格子：自由
  - 条件：M = 0.85, $Re_c = 2.26 \times 10^6$, T_{ref} = 284K
  - 迎角： 3.07deg, 4.84deg
  - 提出データ：下流の速度分布

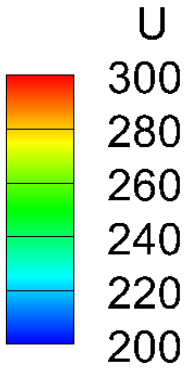
PIVデータと比較するときの注意

- 計測断面の違い
  - PIV：主流方向に垂直な断面
  - CFD：機体軸X方向に垂直な断面
  - この差は小さいとして、そのまま比較
- 座標系の違い
  - PIV：風洞主流方向がX
  - CFD：機体軸方向がX
  - CFDの座標系に合わせるため、PIVデータを変換

課題2：X-Velocity（実験）



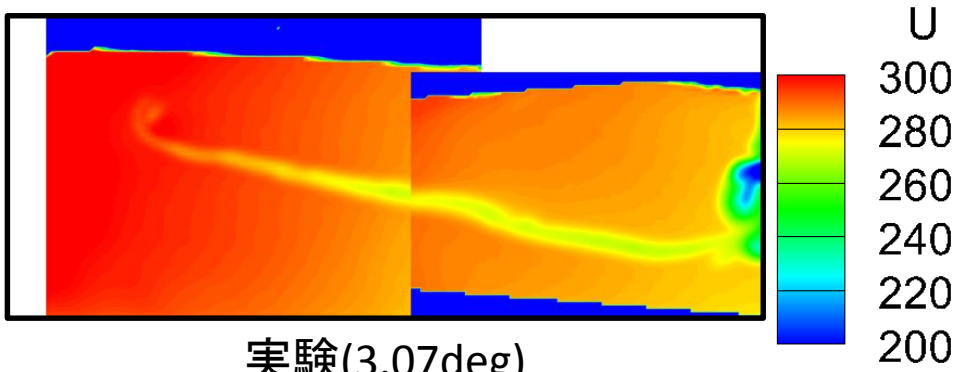




M_∞=0.85、T_∞=284Kより
一様流速度は
287.133m/s

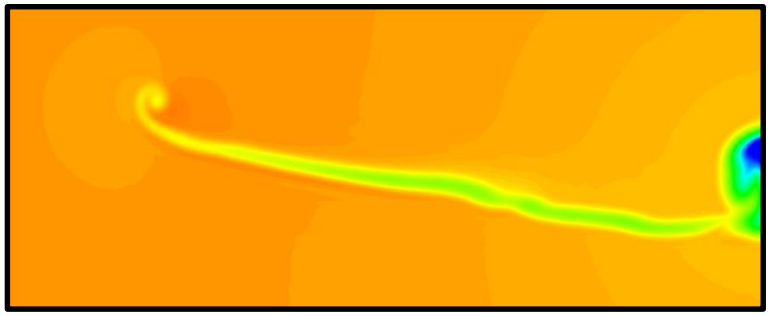
計測値は少し大きい

課題2-1：X-Velocity（変形有）

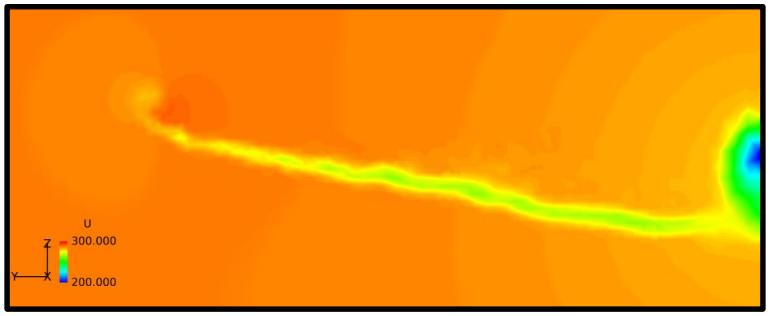


実験(3.07deg)

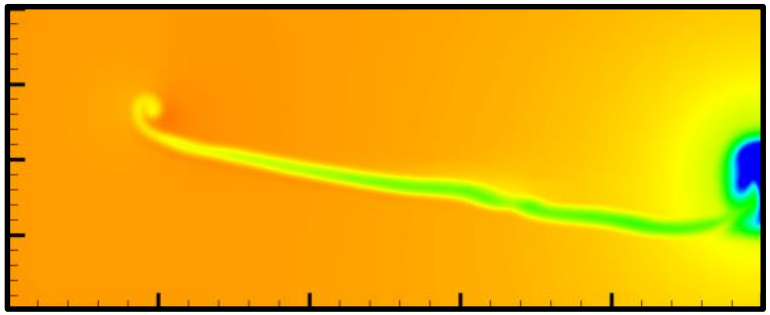
迎角3.07deg



D-He-SA

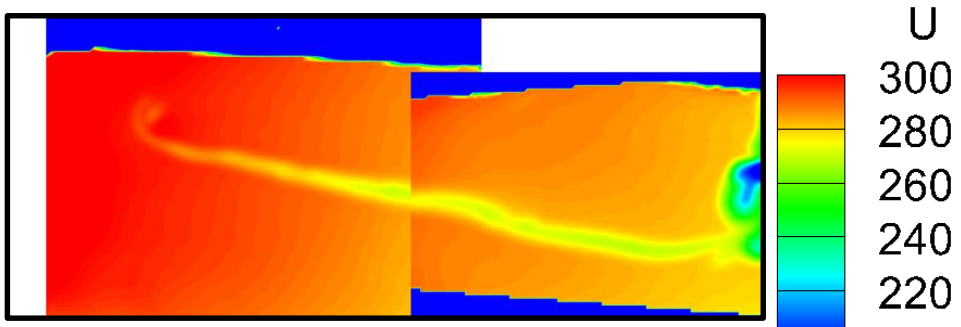


L-Cu-SA

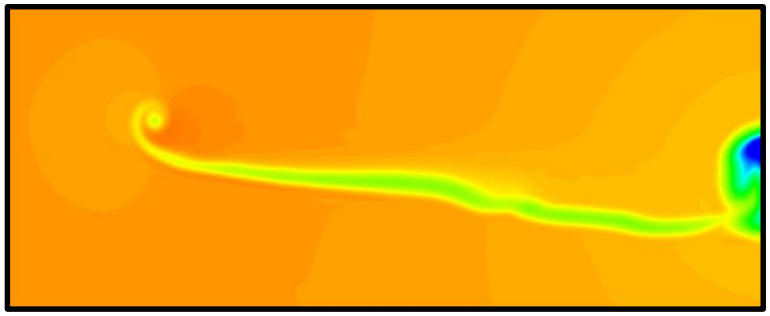


G1-He-SA

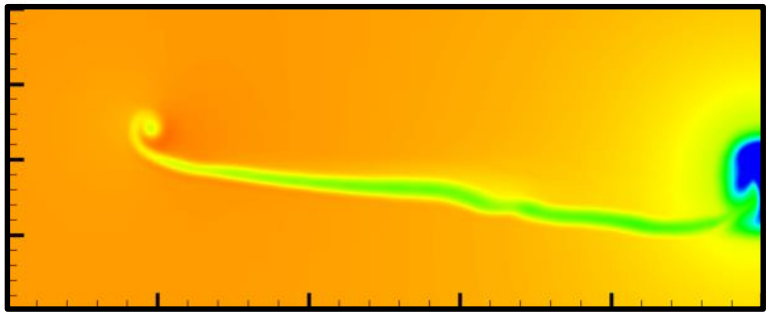
課題2-2：X-Velocity（変形無）



実験(3.07deg)



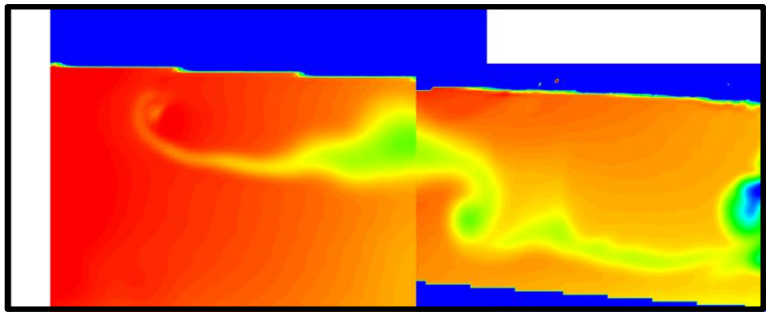
D-He-SA



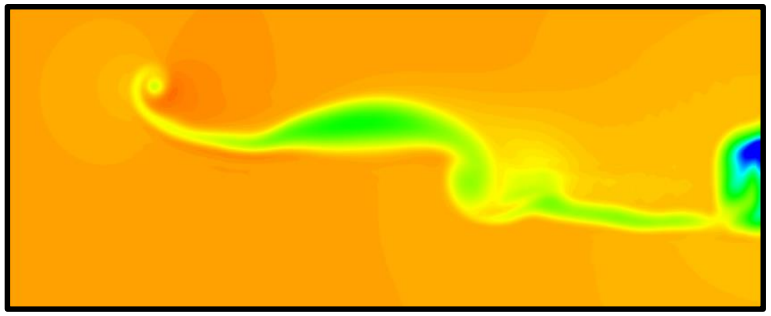
G1-He-SA

迎角3.07deg

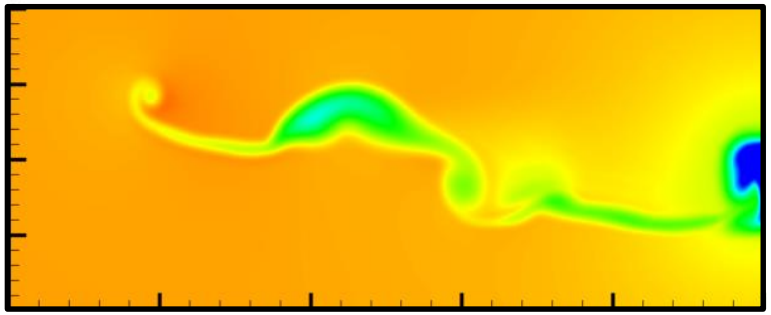
課題2-1：X-Velocity（変形有） 迎角4.84deg



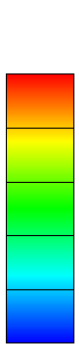
実験(4.84deg)

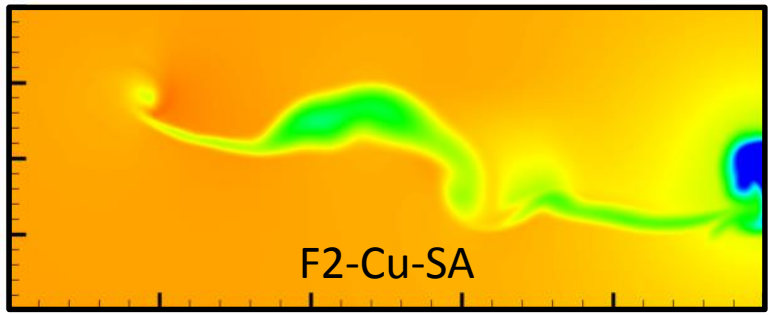


D-He-SA

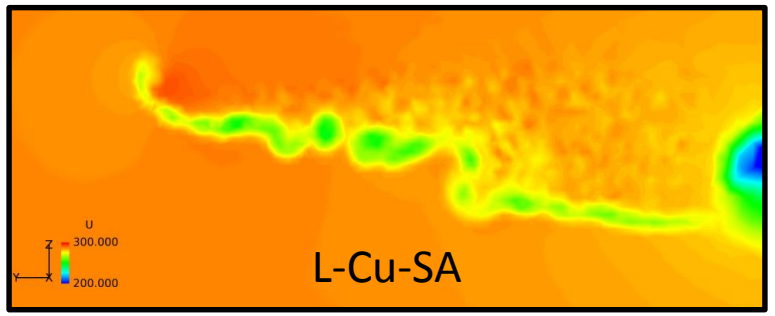


G1-He-SA

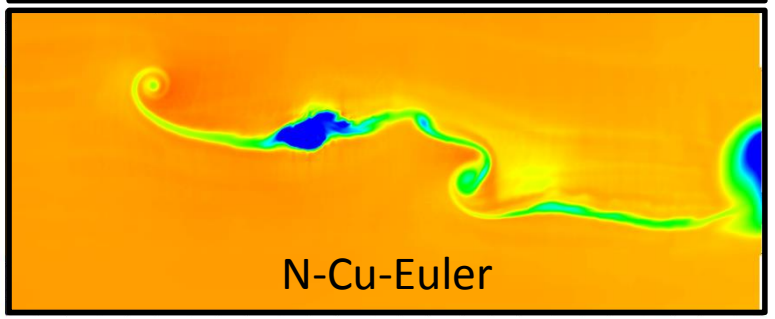




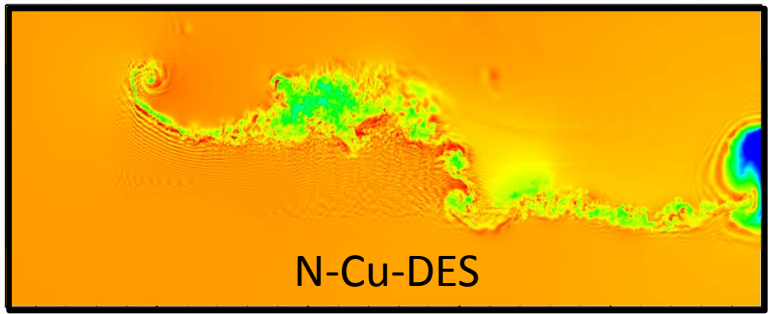
F2-Cu-SA



L-Cu-SA

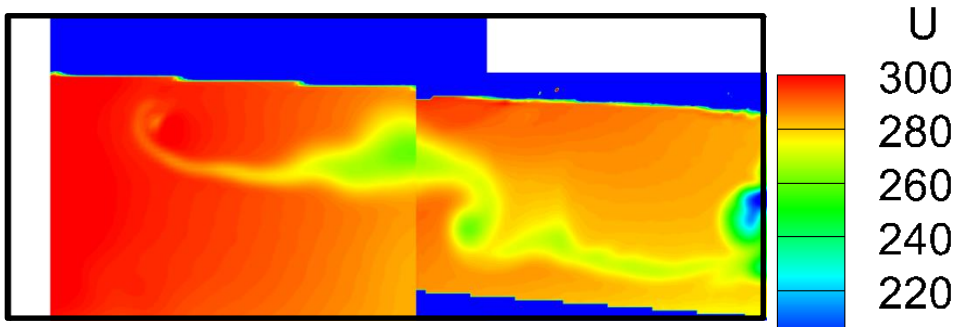


N-Cu-Euler

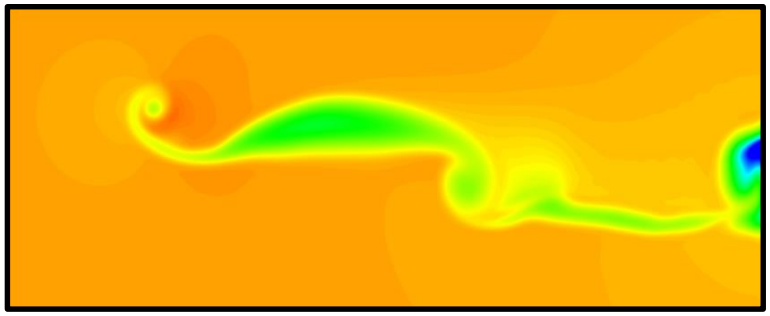


N-Cu-DES

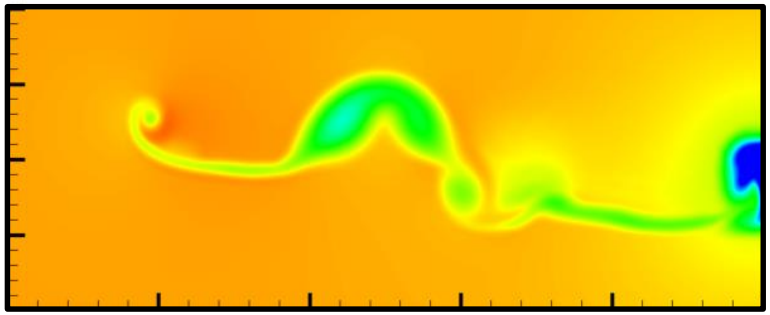
課題2-2：X-Velocity（変形無）



実験(4.84deg)



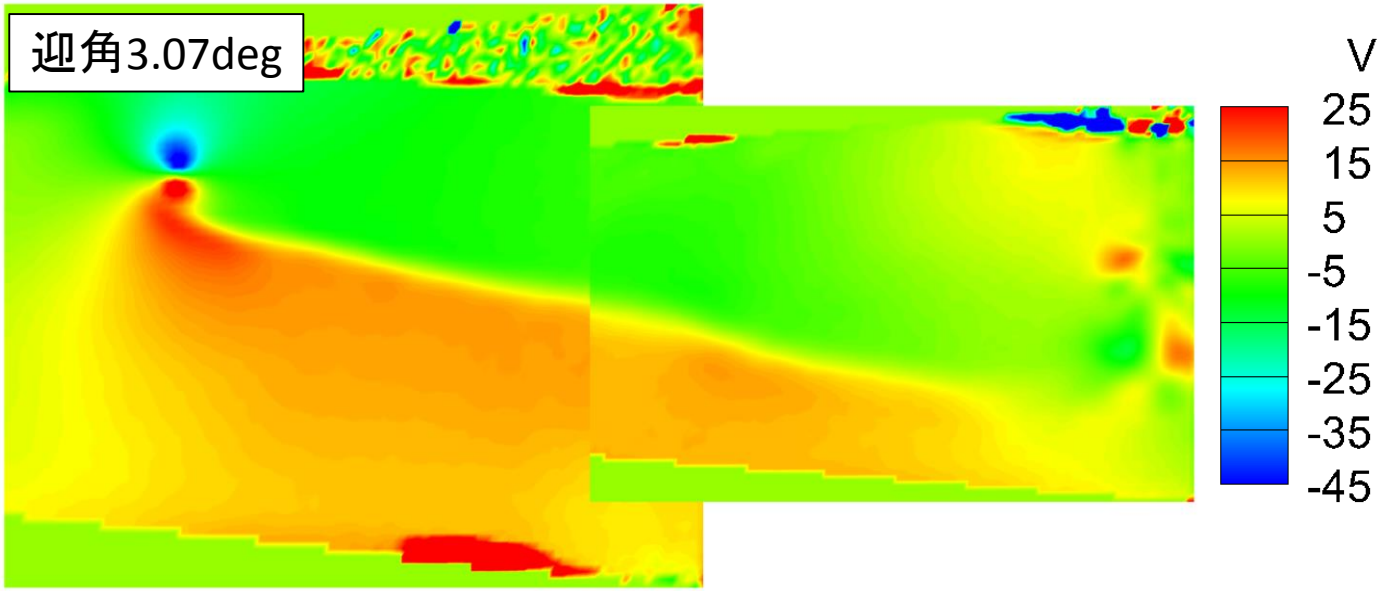
D-He-SA

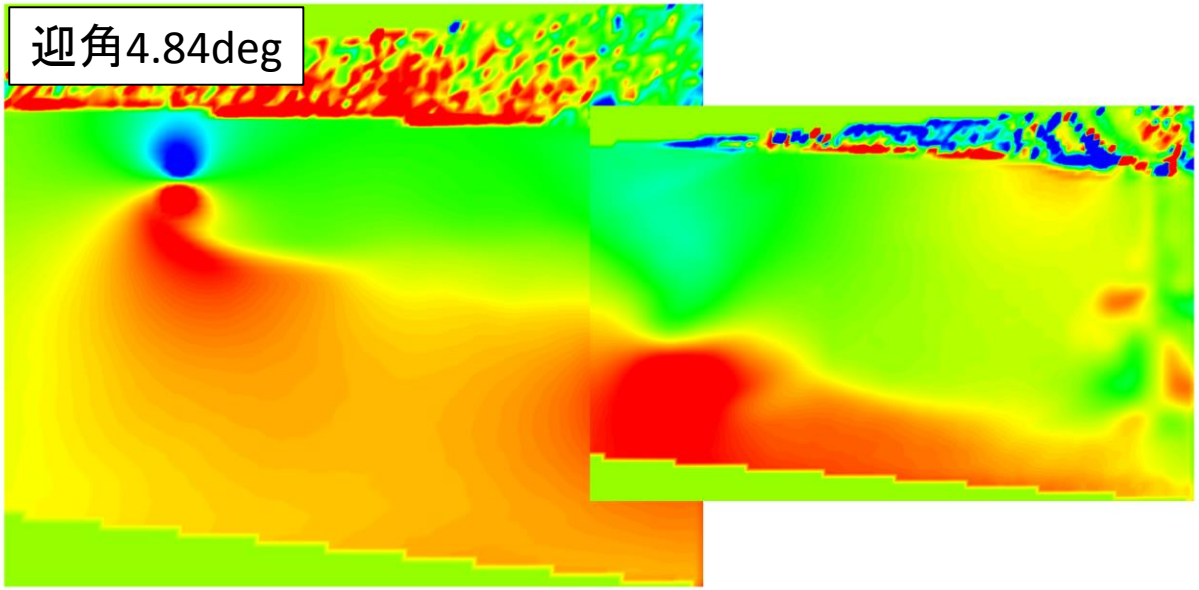


G1-He-SA

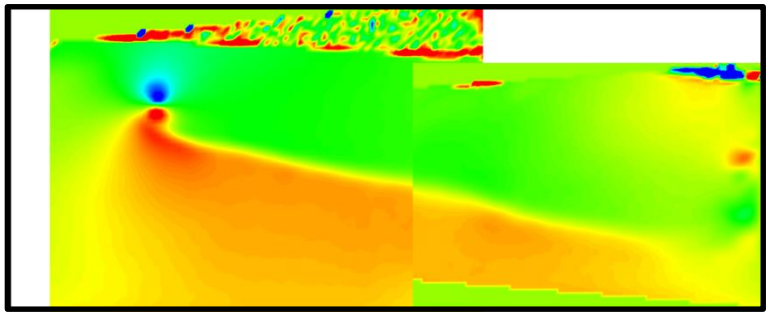
迎角4.84deg

課題2：Y-Velocity（実験）

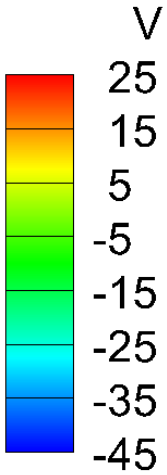




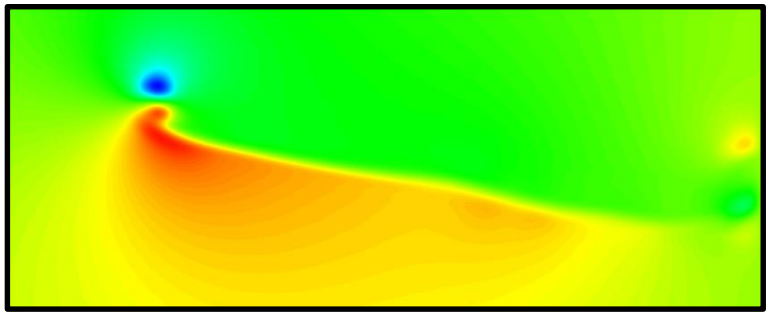
課題2-1：Y-Velocity（変形有）



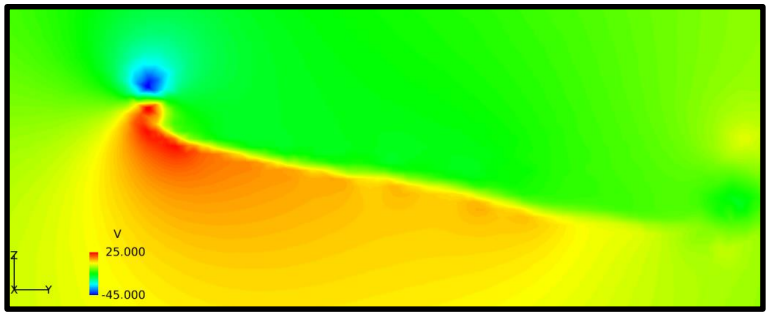
実験(3.07deg)



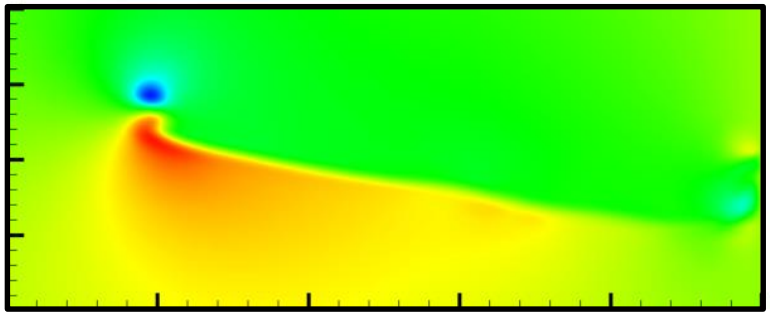
迎角3.07deg



D-He-SA

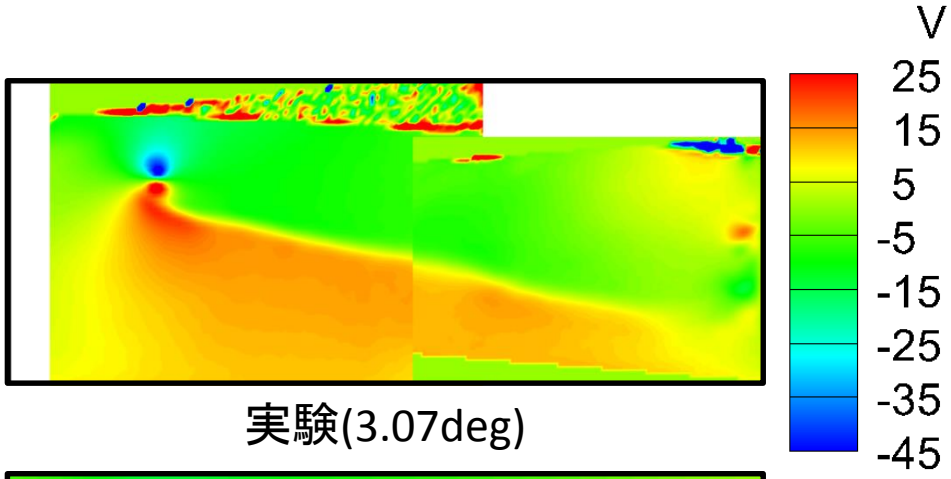


L-Cu-SA

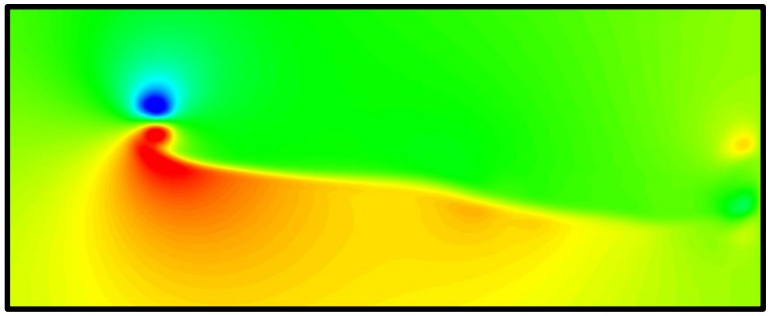


G1-He-SA

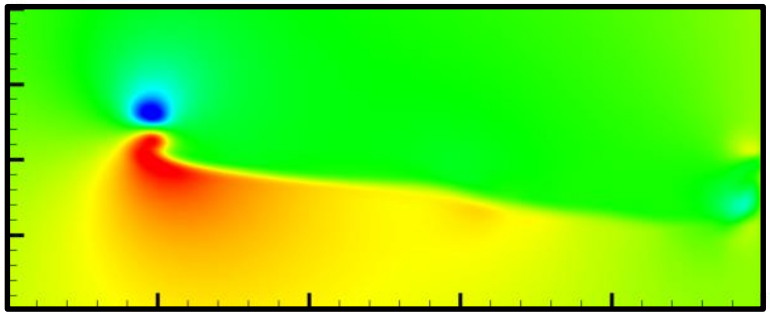
課題2-2：Y-Velocity（変形無）



実験(3.07deg)



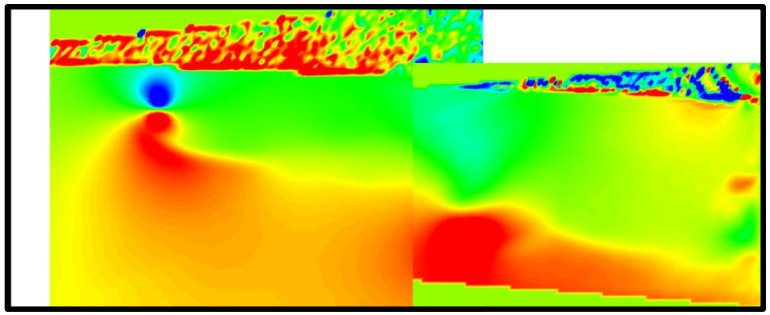
D-He-SA



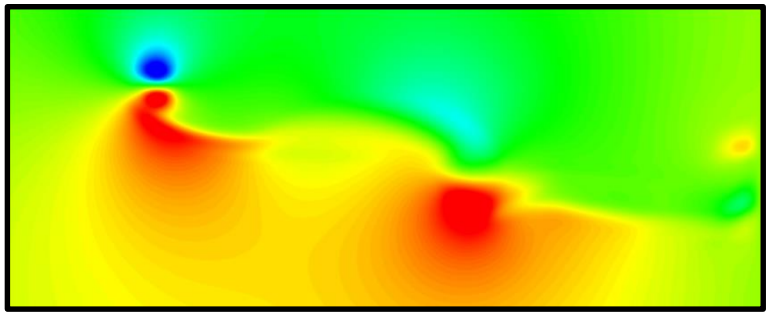
G1-He-SA

迎角3.07deg

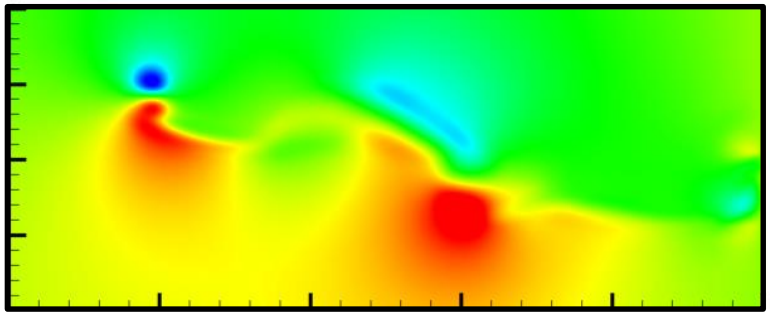
課題2-1：Y-Velocity（変形有）迎角4.84deg



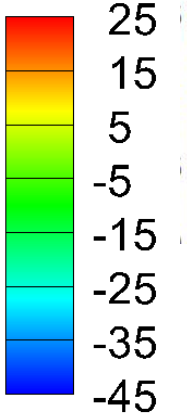
実験(4.84deg)

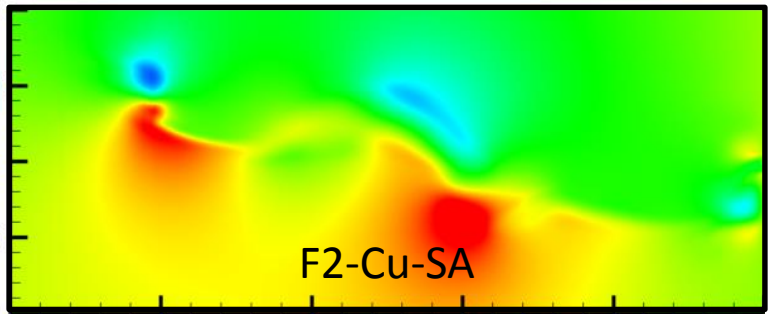


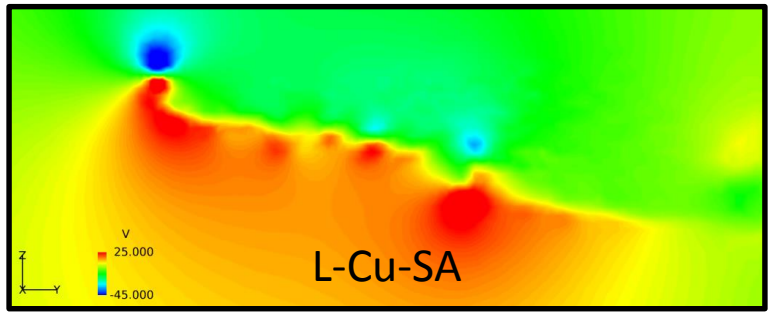
D-He-SA

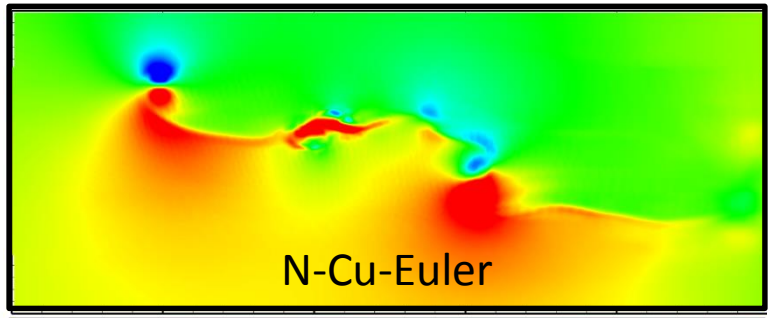


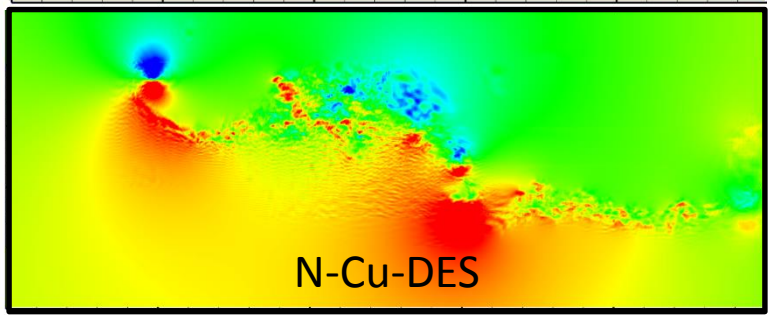
G1-He-SA



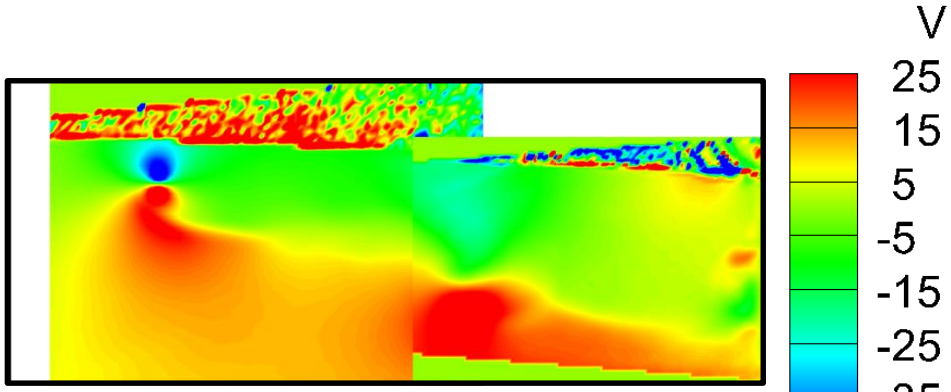




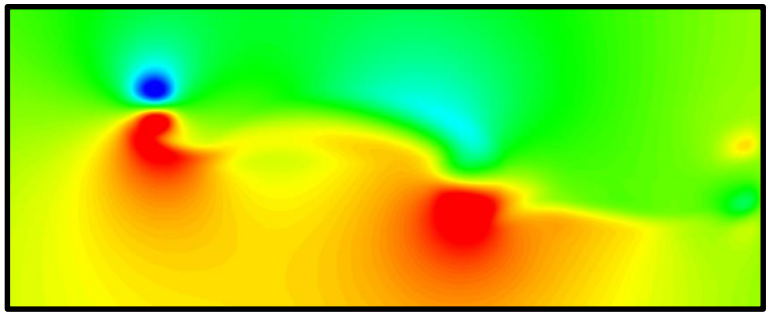




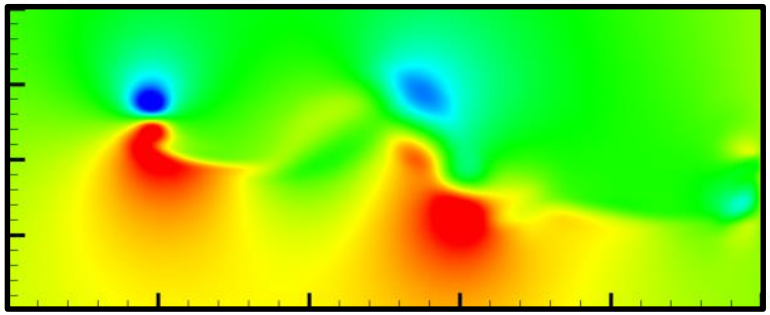
課題2-2：Y-Velocity（変形無）



実験(4.84deg)



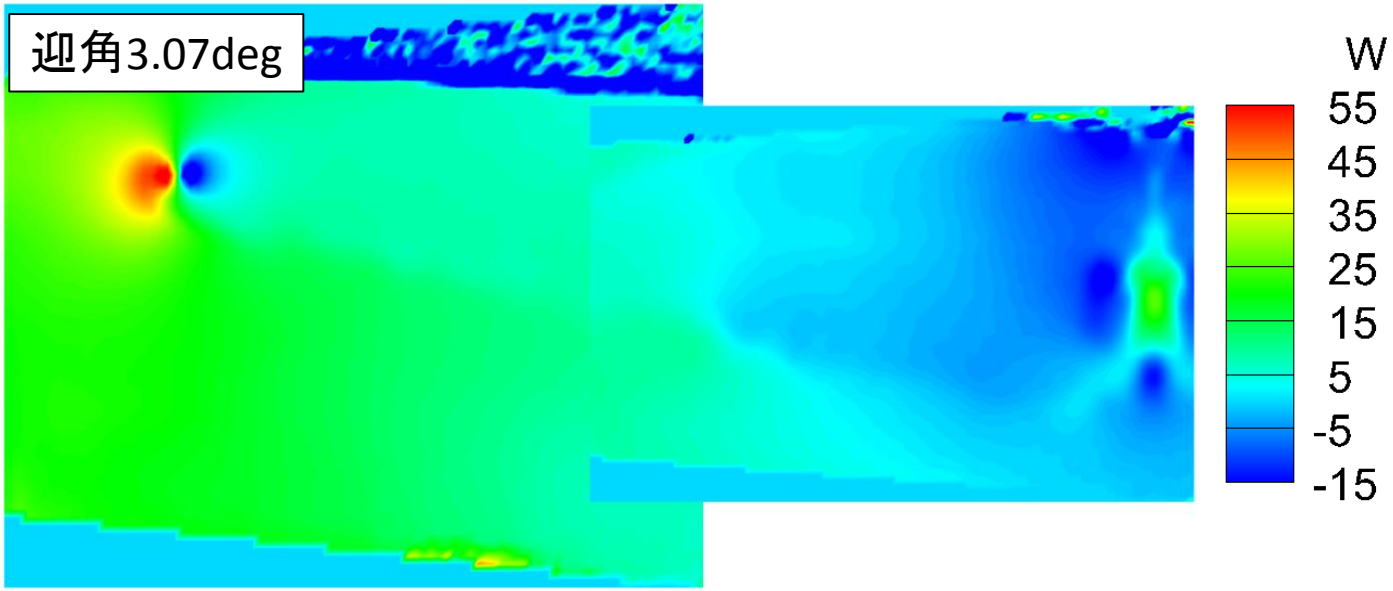
D-He-SA

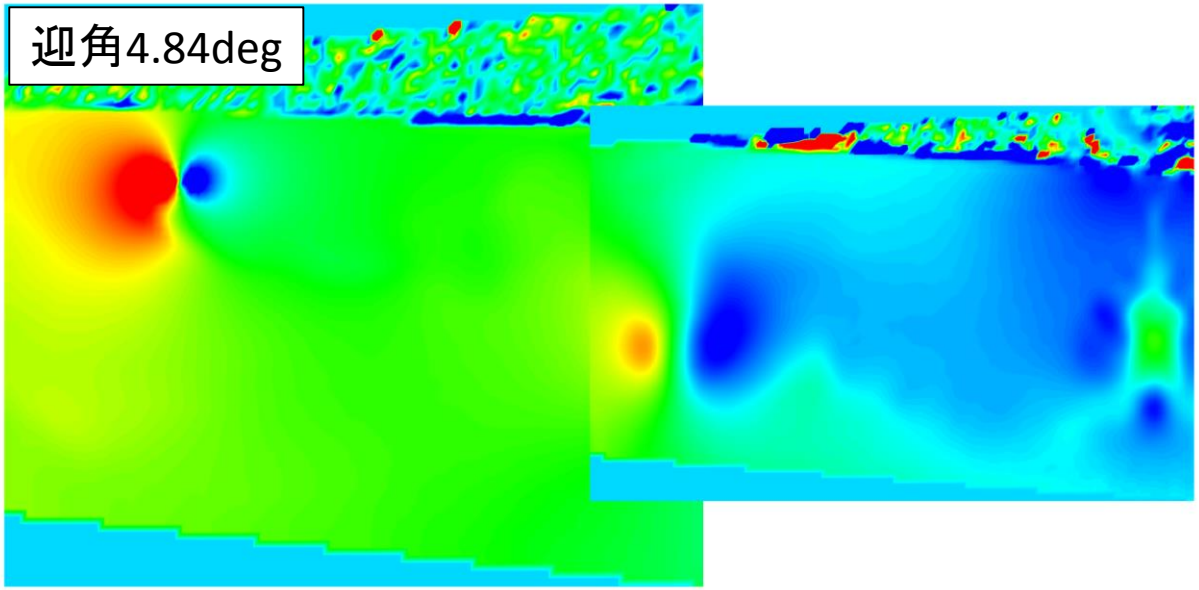


G1-He-SA

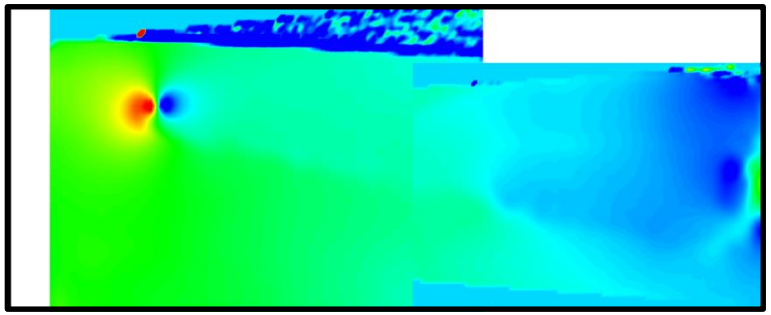
迎角4.84deg

課題2：Z-Velocity（実験）

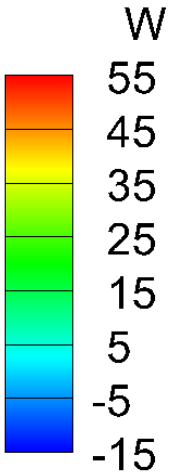




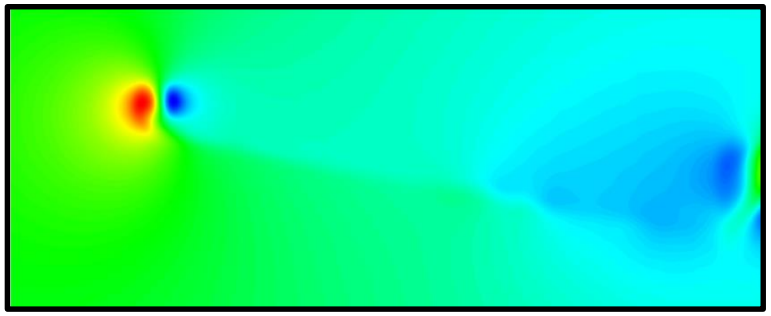
課題2-1：Z-Velocity（変形有）



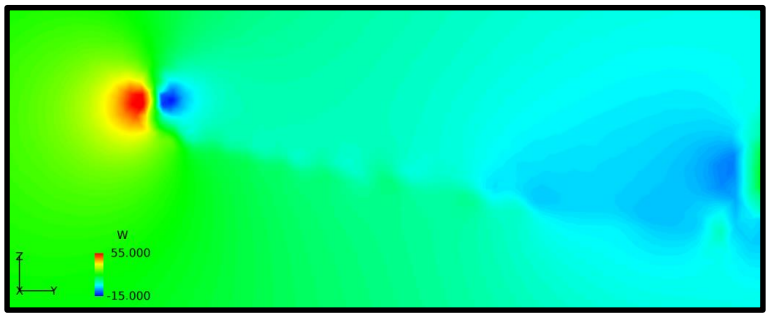
実験(3.07deg)



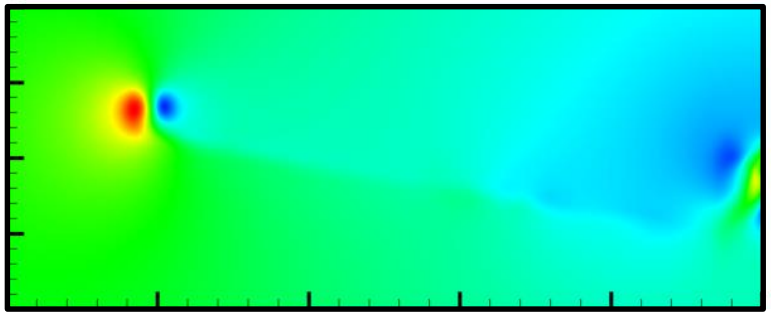
迎角3.07deg



D-He-SA

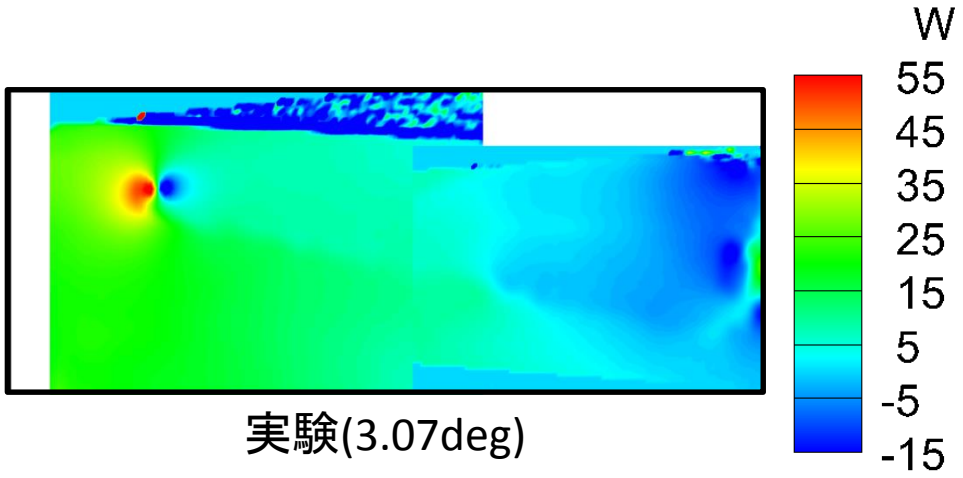


L-Cu-SA

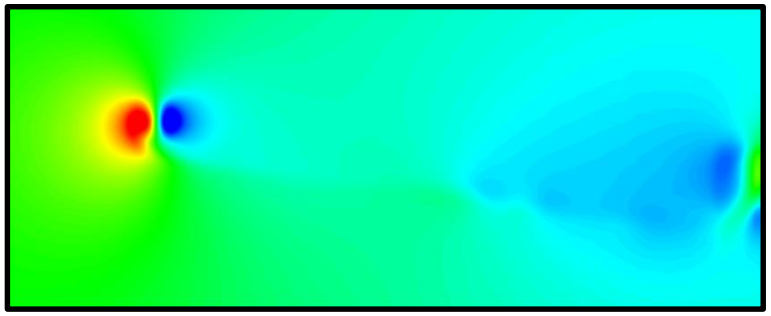


G1-He-SA

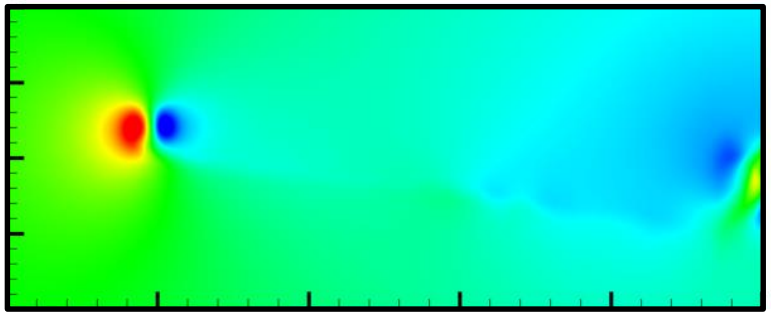
課題2-2：Z-Velocity（変形無）



実験(3.07deg)



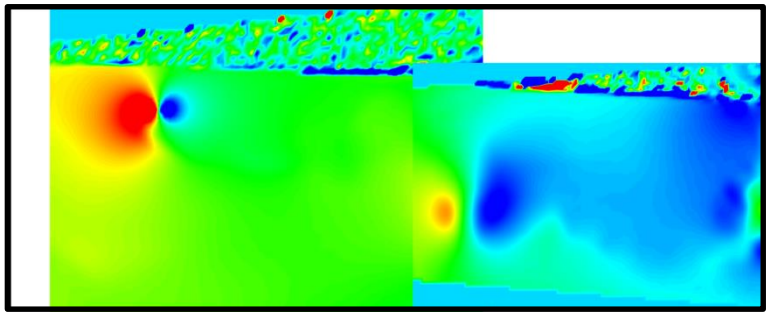
D-He-SA



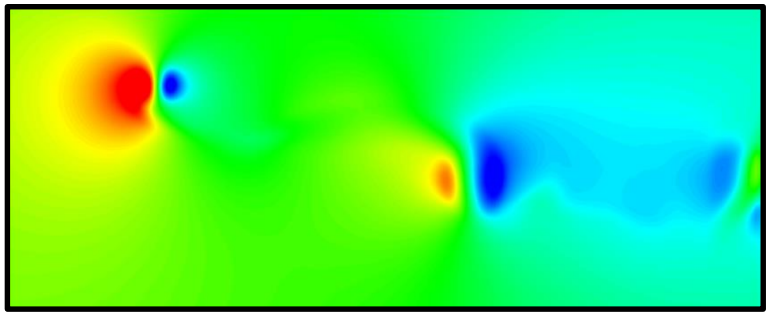
G1-He-SA

迎角3.07deg

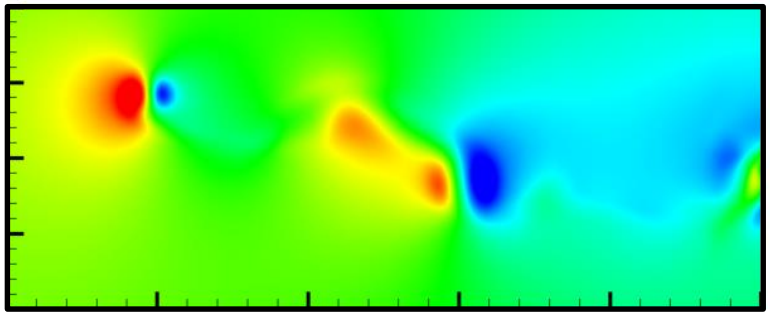
課題2-1：Z-Velocity（変形有）迎角4.84deg



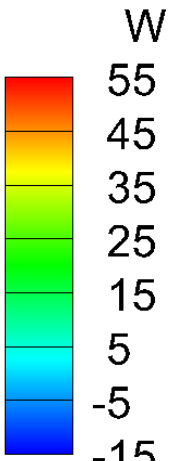
実験(4.84deg)

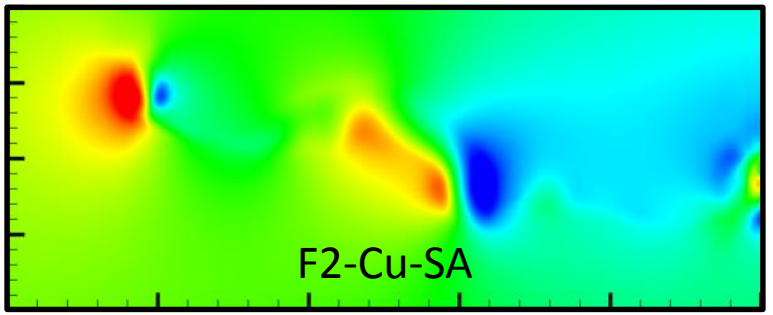


D-He-SA

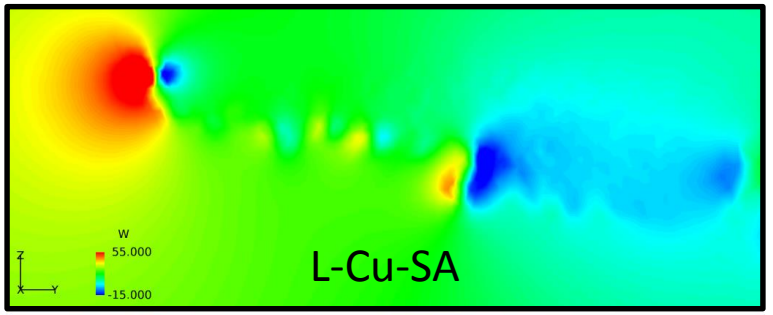


G1-He-SA

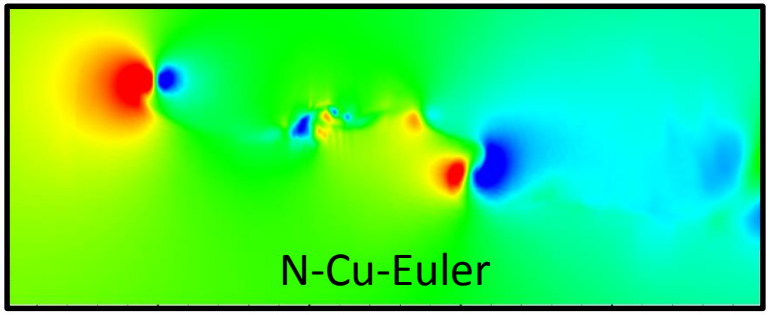




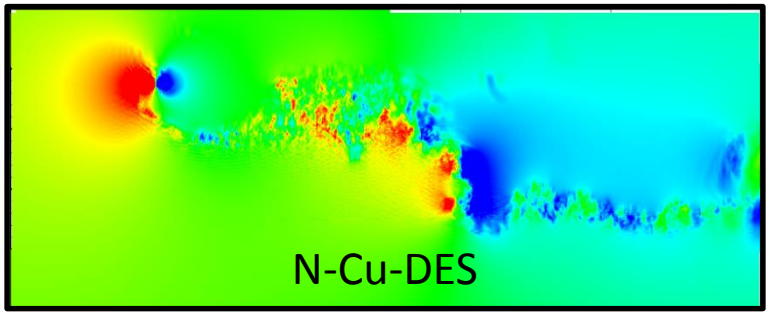
F2-Cu-SA



L-Cu-SA

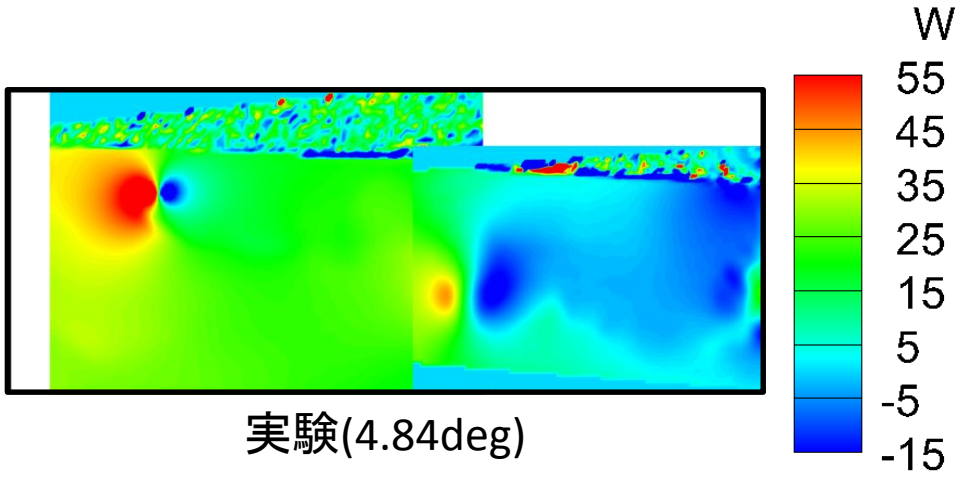


N-Cu-Euler

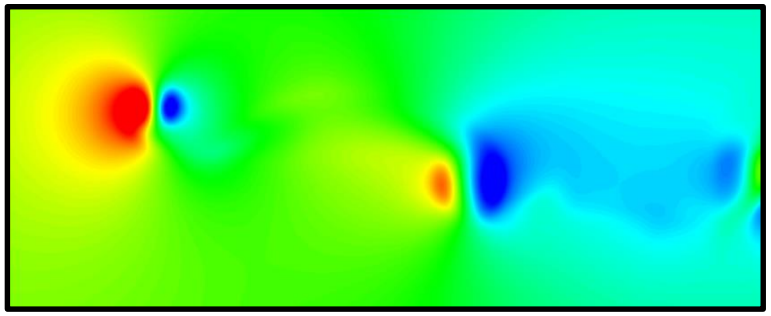


N-Cu-DES

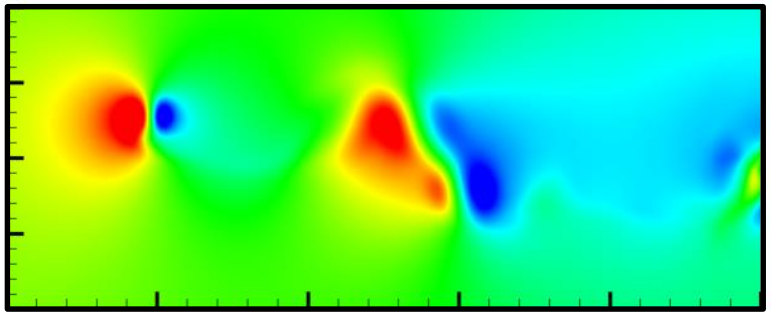
課題2-2：Z-Velocity（変形無）



実験(4.84deg)



D-He-SA



G1-He-SA

迎角4.84deg

課題2　まとめ

- 翼端渦の位置など、定性的におおむね実験と一致
- 変形を入れることで渦の位置は高くなり、実験の結果に近づく
- 変形は翼端だけでなく、キンク付近の分布にも影響を及ぼすケースもある
- 主翼の翼面上の流れ場予測が重要なのか？後流の移流を精度良く解くのが重要なのか？さらなる検討が必要

全体のまとめ

- 修正・追加データの反映
  - 課題0は境界条件の修正もあり、ばらつきは小さくなった。
  - 課題1は高迎角のばらつきが大きいまま
- 表面流線
  - 翼根に格子を寄せた格子の方が、翼根剥離しやすい
  - QCRを入れることで翼根剥離を抑制
- 支持干渉
  - FaSTARとTASで大きな違いはないが、CDの定量的な議論をする場合は、さらなる検討が必要
- 課題2
  - 全体的に実験と同じような分布が得られた
  - 変形を入れることで渦の高さが変わり、実験に近づく

技術課題一覧

- 形状データ、格子データの品質
- 課題0（Verification）の検証（積分値）
- 高迎角における予測精度向上（格子、スキーム、乱流モデル）、翼根の剥離
- Cmの線形部分のばらつき、高迎角におけるピッチアップ・ピッチダウン
- 格子収束（迎角固定、CL固定）、迎角固定だとばらつきが大きい
- CL=0付近の実験との差、CL-αの傾き、たわみ補正
- 支持干渉（スティング・ストラット）、壁干渉（多孔壁）
- 非定常解析（バフェット）の検証用実験データ

次回ワークショップ（案）

- APC-IIを2016年7月6日（流力ANSS前日）に開催
  （7/7~8　流力ANSS@金沢歌劇座）

- ２年連続でワークショップを開催するという初の試みですが、参加者の負荷を減らして、実施する予定です。ご協力よろしくお願いいたします。

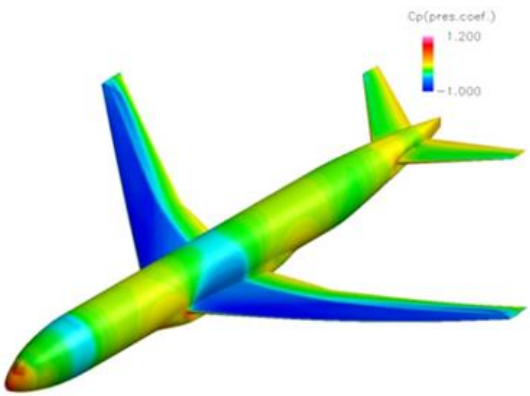
APC-IIで取り組む主な課題(案)

技術課題から、下記を選択。

- **CLの勾配が合わない**
  - 低迎角の迎角の刻みを2点増やして比較する
- **Cmのばらつきが大きい**
  - コンポーネント別の空力係数を集計して、原因を究明する
  - 尾翼のCp分布を実験と比較する
  - 尾翼のCpは支持の影響が大きいため、支持付きの計算も実施
- **非定常解析の検証データが無い**
  - JAXAで計測した風洞試験データを提供する
  - それに伴い、条件(迎角、Re数など)を変更する

課題1：NASA-CRM空力予測（案）

- 課題1-1（必須）：迎角スイープ（変形有）
  - 形状：NASA-CRM（水平尾翼0°）、変形有
  - 格子：Medium(1000万)相当
  - 条件：M = 0.847, $Re_c = 2.26 \times 10^6$, T_{ref} = 284K
  - 迎角：-0.62deg, 0.32deg, 1.39deg, 2.47deg, 2.94deg, 3.55deg, 4.65deg, 5.72deg
  - 提出データ：空力係数(C_L,C_D,C_m)を、圧力・摩擦の寄与に分解し、コンポーネント別（主翼、胴体、尾翼の3つに分解）データ。主翼、尾翼、後胴の表面C_p分布



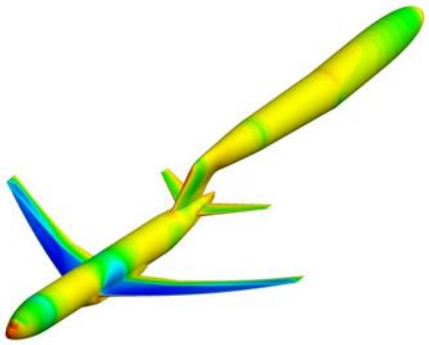
NASA-CRMの形状

APC-Iの課題1-1に、迎角を2点追加し、提出データを追加

課題1：NASA-CRM空力予測（案）

- 課題1-2（任意）：迎角スイープ（変形有+支持）
  - 形状：NASA-CRM（水平尾翼0°）、変形有、支持装置付き
  - 格子：Medium(1000万)相当
  - 条件：M = 0.847, $Re_c = 2.26 \times 10^6$, T_{ref} = 284K
  - 迎角：-0.62deg, 0.32deg, 1.39deg, 2.47deg, 2.94deg, 3.55deg, 4.65deg, 5.72deg
  - 提出データ：空力係数(C_L,C_D,C_m)を、圧力・摩擦の寄与に分解し、コンポーネント別（主翼、胴体、尾翼の3つに分解）データ。主翼、尾翼、後胴、支持部の表面C_p分布

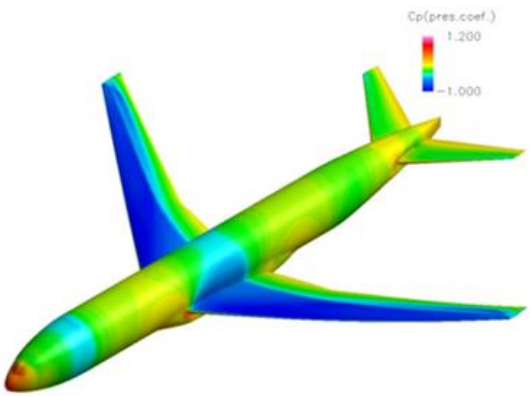
APC-IIの課題1-1に、支持装置を追加



NASA-CRM支持付きの形状

課題1：NASA-CRM空力予測（案）

- 課題1-3（任意）：非定常計算
  - 形状：NASA-CRM（水平尾翼0°）、変形有
  - 格子：自由
  - 条件：$M = 0.85$, $Re_c = 1.5 \times 10^6$, $T_{ref} = 282K$
  - 迎角：4.87deg, 5.92deg
  - 提出データ：空力係数(C_L,C_D,C_m)と表面C_p分布の平均量とRMS



NASA-CRMの形状

APC-Iの課題1-4を、実験計測条件に修正

実行委員会での議論

- 低迎角でCLが風試結果とずれて高迎角でCLが一致している現象は，風洞試験の支持干渉の寄与が迎角によって異なっている可能性が疑われる。

  → 支持干渉の寄与を定量的に把握するため、「後胴輪切りのCp分布」と「支持部（ブレード）水平切りのCp分布」も提出データに含める。

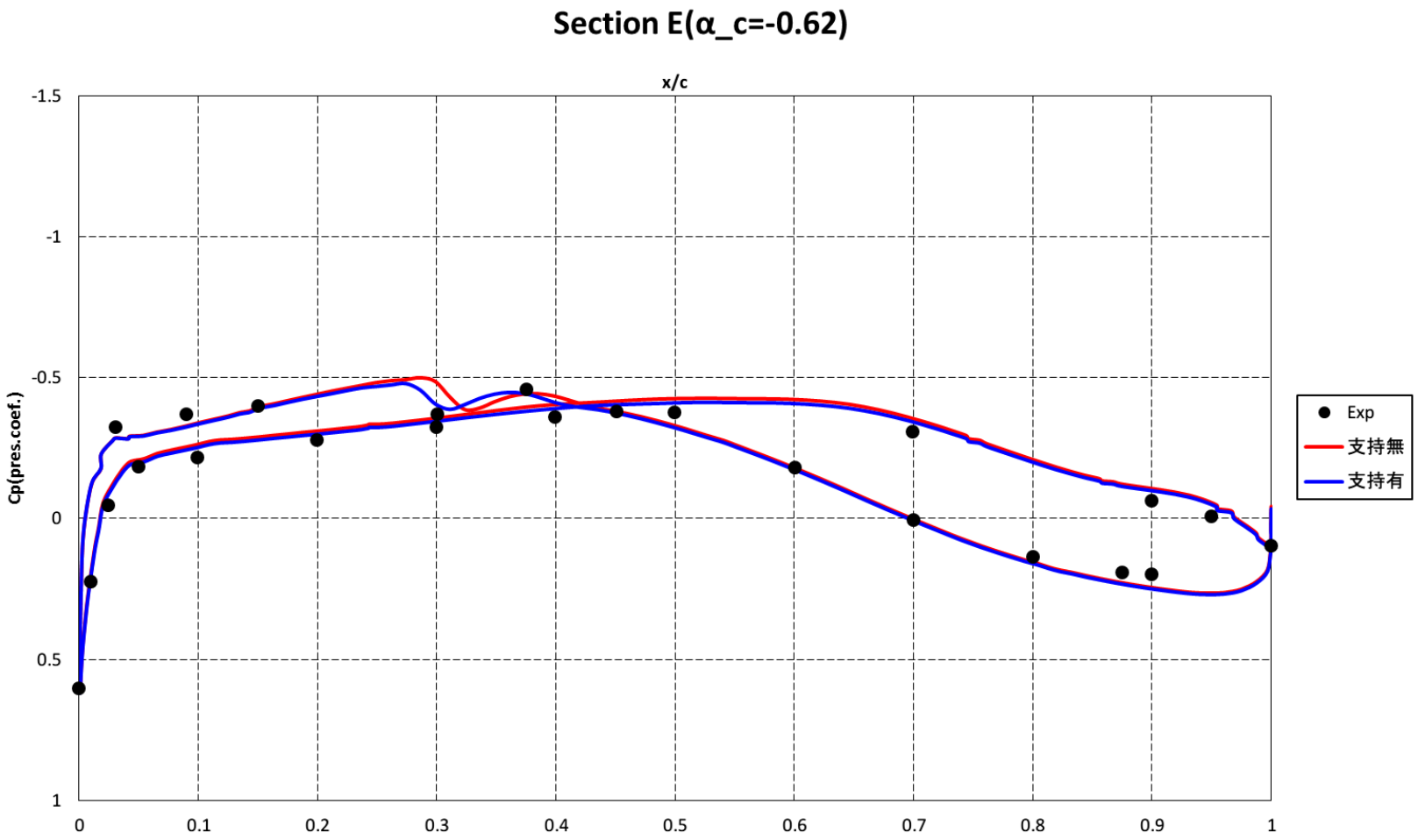
- APC-IIでは後流の課題がなくなり、少し残念。次回以降で、後流をメインで取り上げてほしい。
- 後流の課題で、次にワークショップとして何をやるべきか？遷音速風洞が改修で使用できないため、追加の試験はできない。
- 後流データのポスト処理をいろいろな観点で行うアイデアを出し合うのも良い。（後流データからの圧力推定計算、後流積分による空気力算出など）

  → APC-IIの新規課題の発表だけでなく、APC-Iのフォローアップ及び関連研究の発表も募集する。また、APC-IIでは全体討論の時間を設けて、今後の方針を含めた議論をする。

以降、参考資料

支持干渉によるCp分布への影響

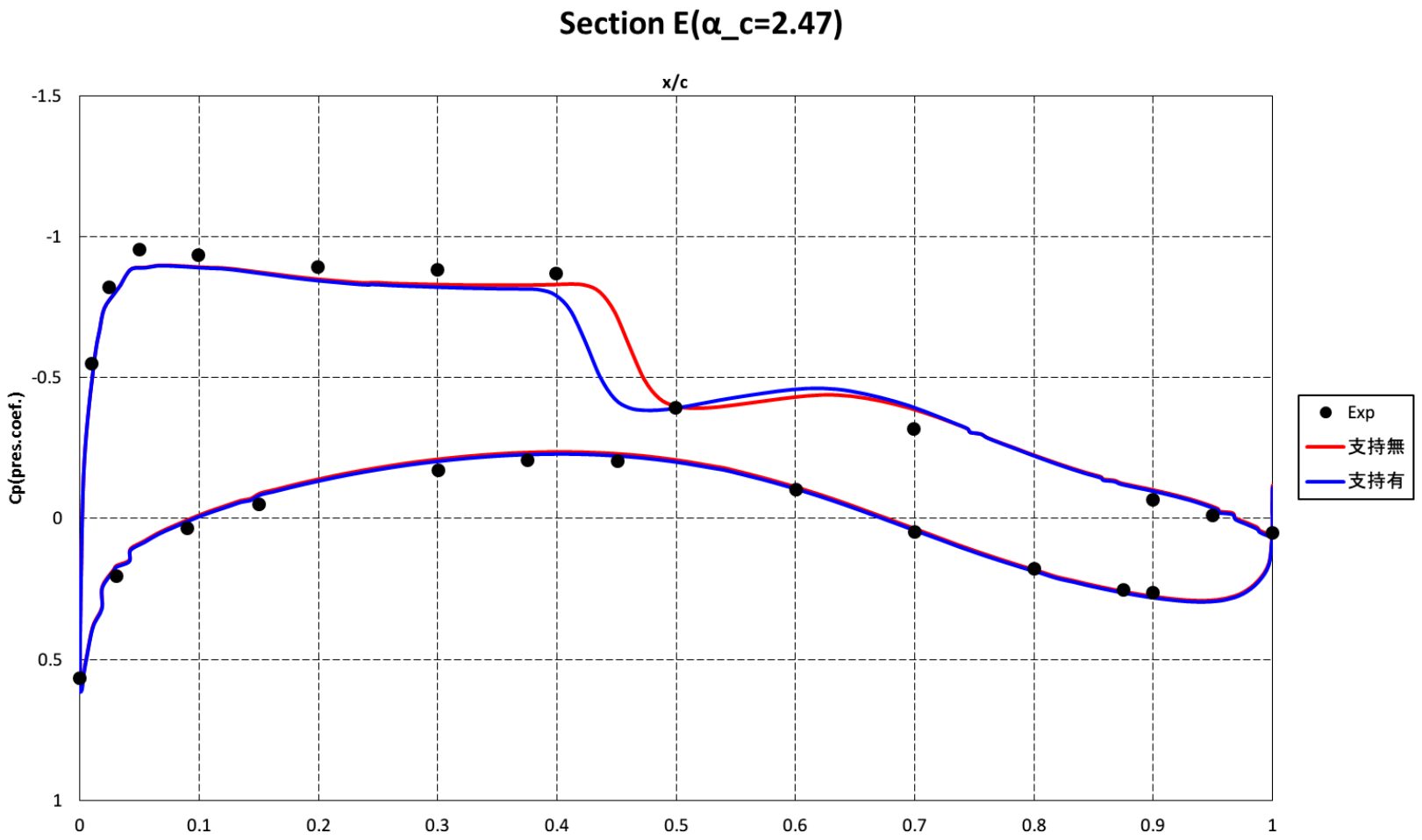
特に、α=2.47°と2.94°で影響が大きいが、それ以外の迎角では影響は小さい



FaSTAR/HexaGridによる解析結果

支持干渉によるCp分布への影響

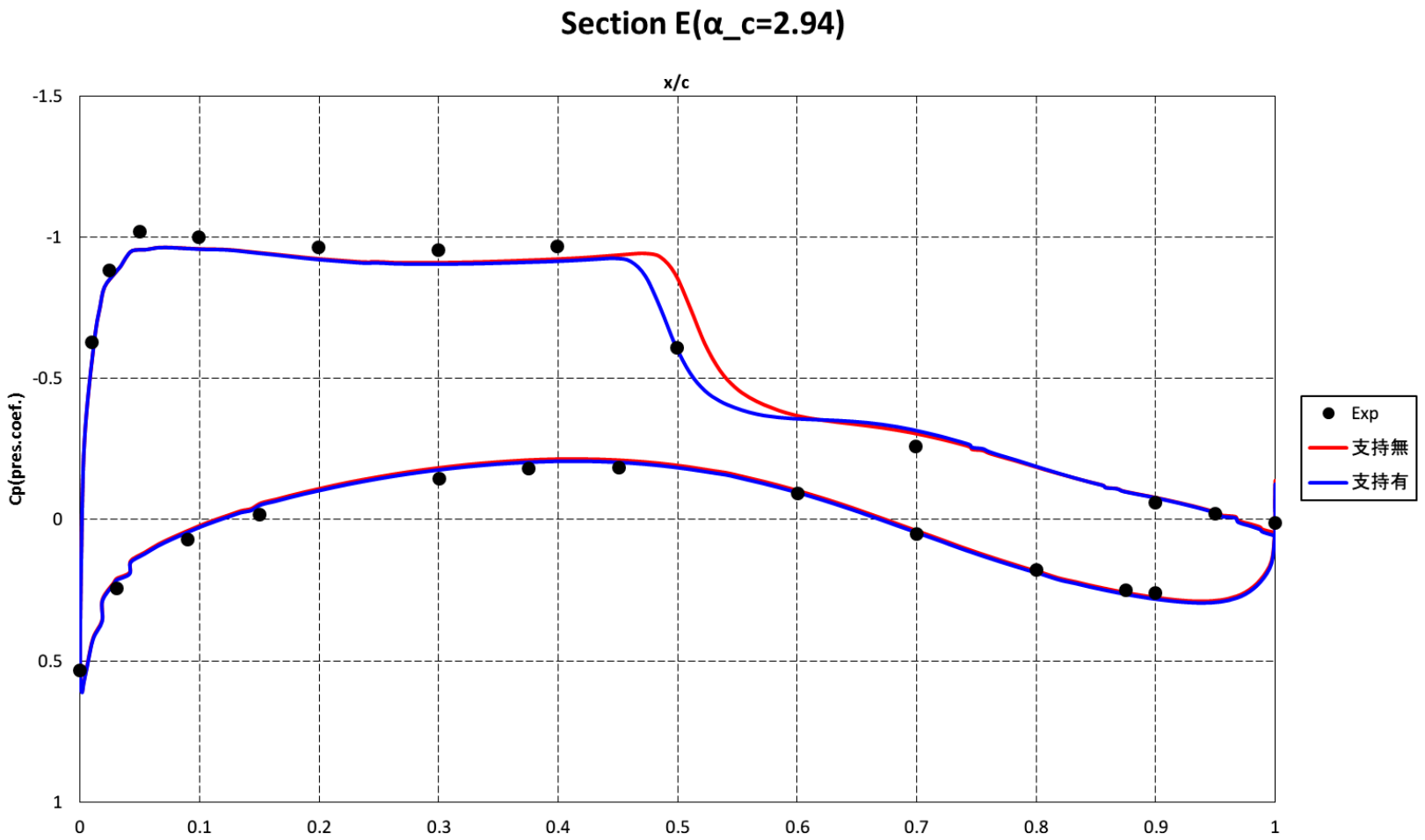
特に、α=2.47°と2.94°で影響が大きいが、それ以外の迎角では影響は小さい



FaSTAR/HexaGridによる解析結果

支持干渉によるCp分布への影響

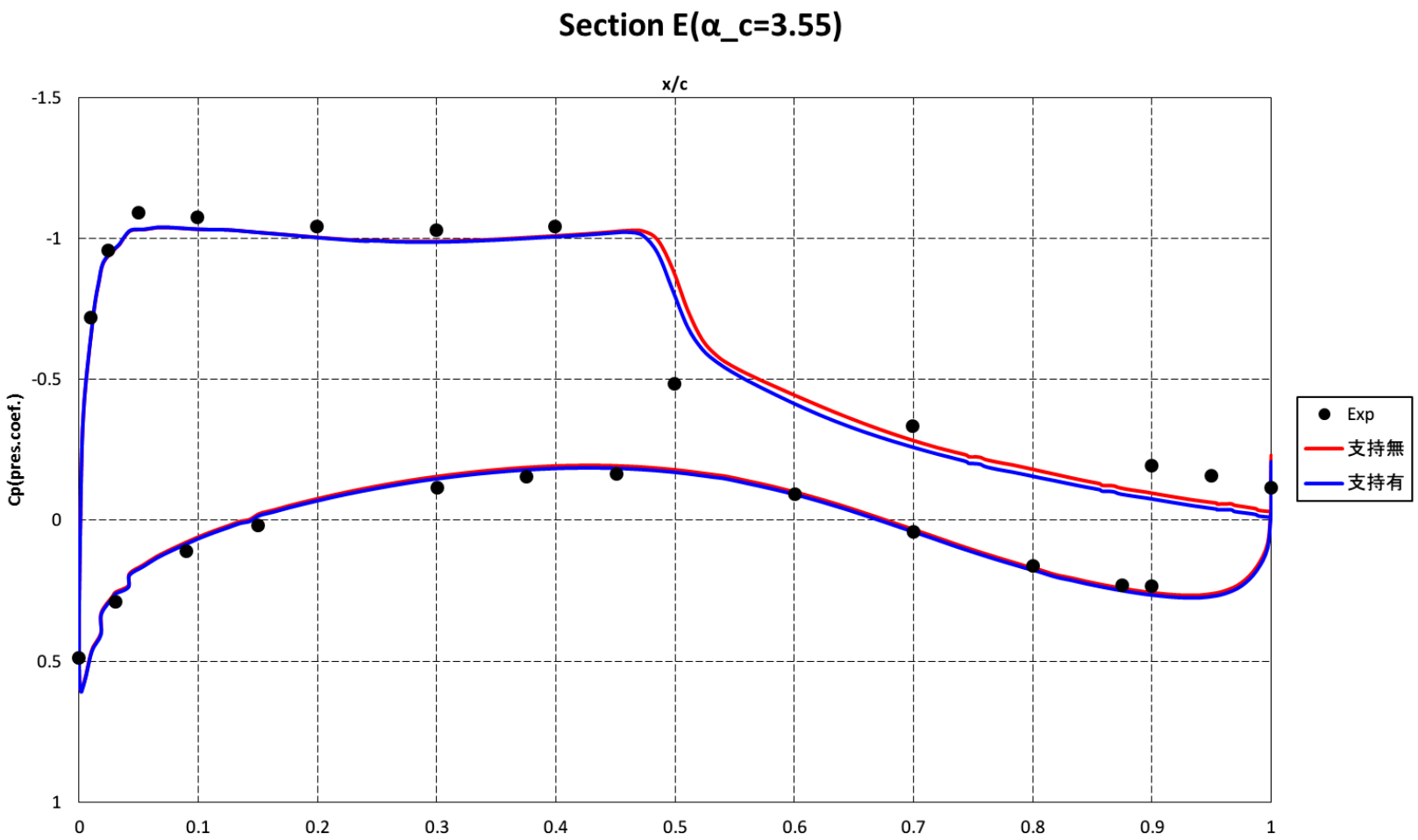
特に、α=2.47°と2.94°で影響が大きいが、それ以外の迎角では影響は小さい



FaSTAR/HexaGridによる解析結果

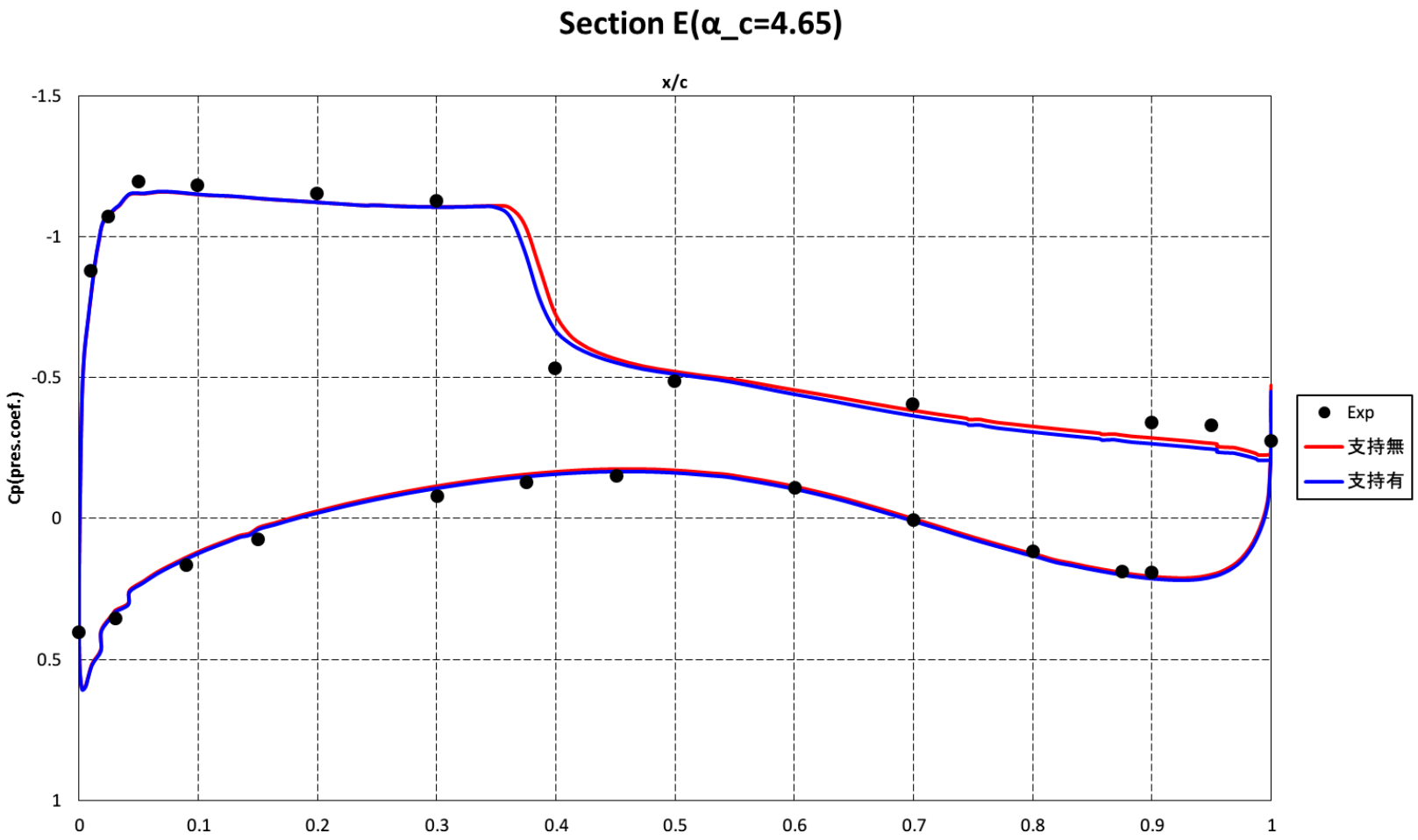
支持干渉によるCp分布への影響

特に、α=2.47°と2.94°で影響が大きいが、それ以外の迎角では影響は小さい



支持干渉によるCp分布への影響

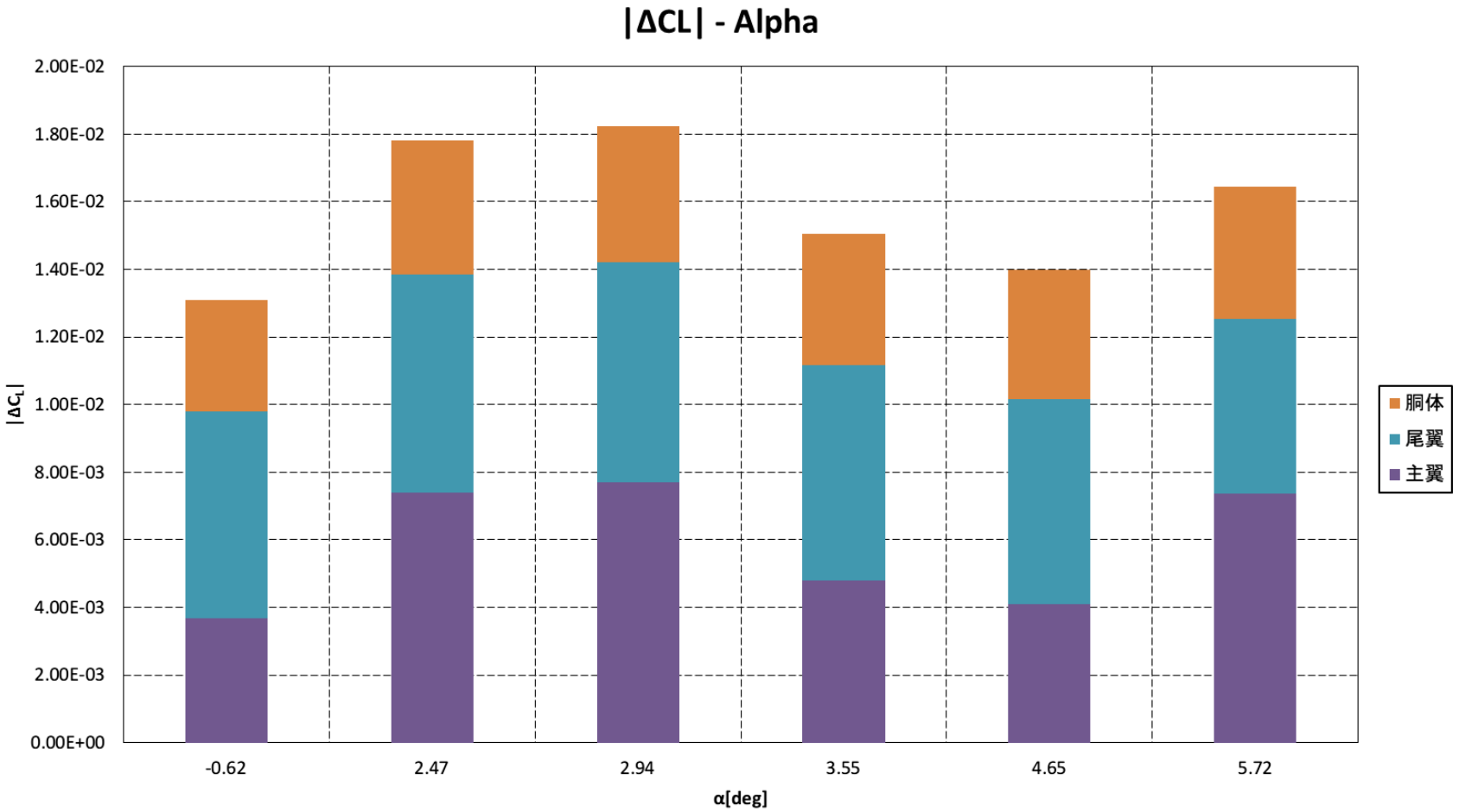
特に、α=2.47°と2.94°で影響が大きいが、それ以外の迎角では影響は小さい



FaSTAR/HexaGridによる解析結果

支持干渉による各空力係数への影響

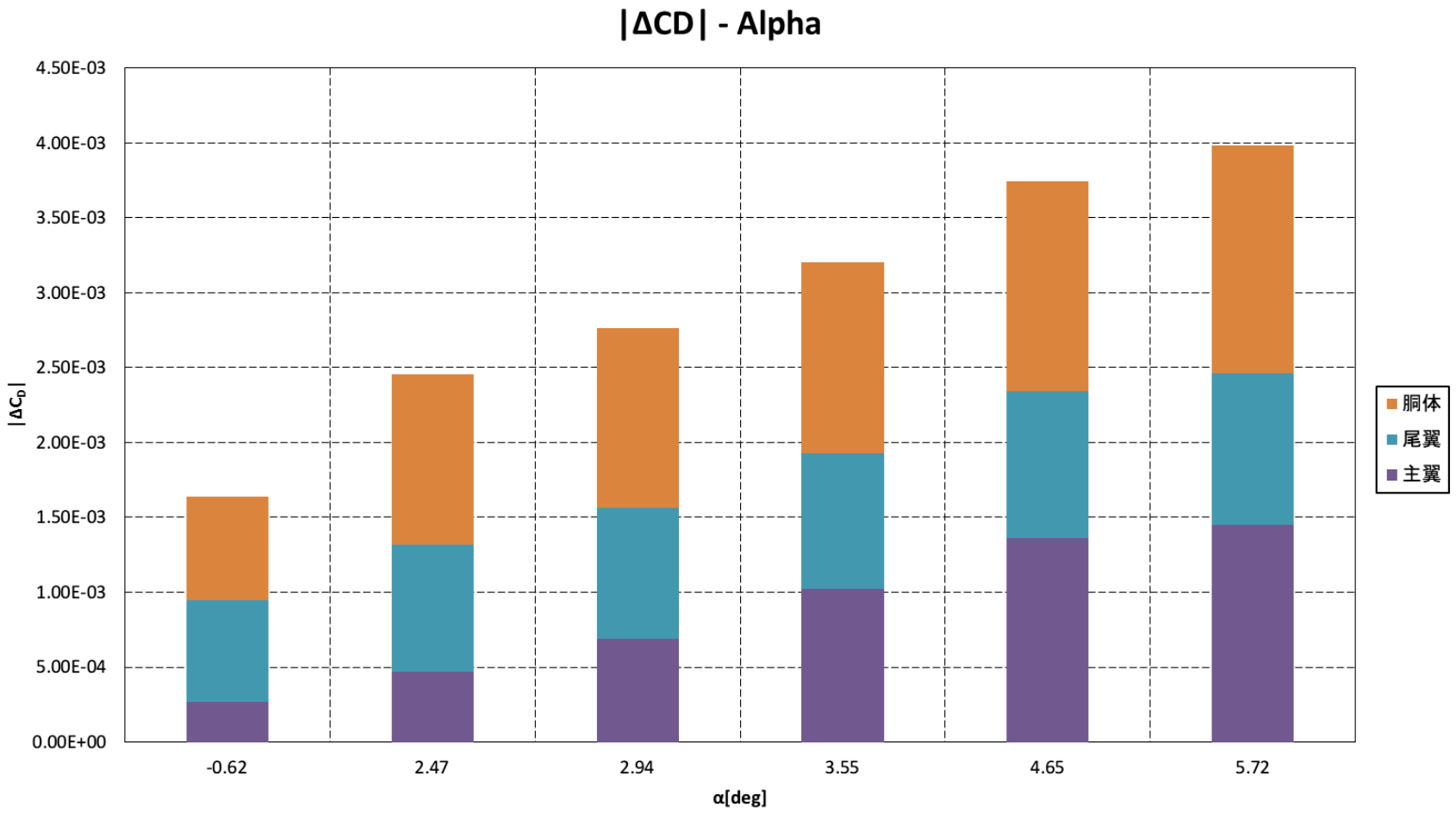
CL変化量（コンポーネント別）



FaSTAR/HexaGridによる解析結果

支持干渉による各空力係数への影響

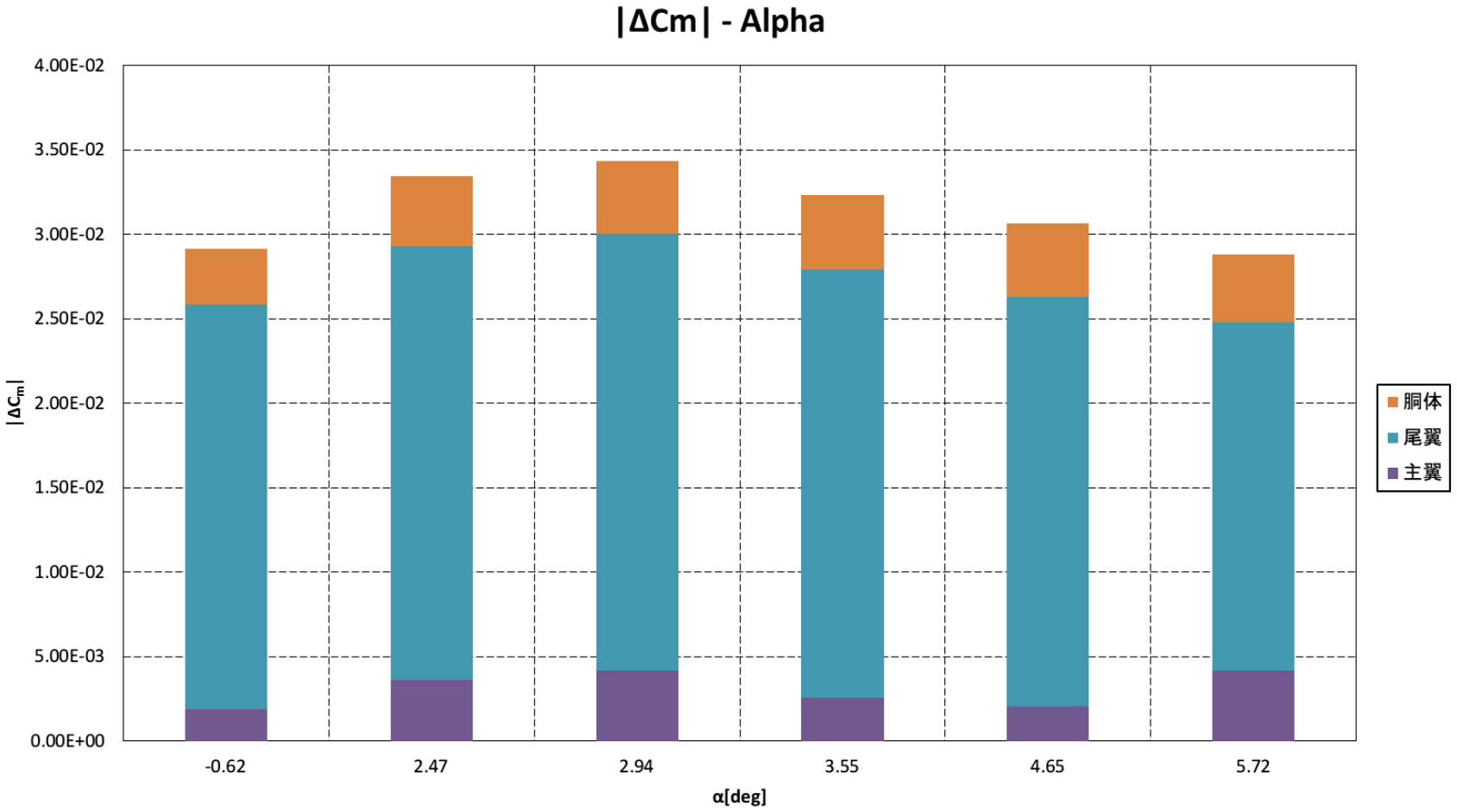
CD変化量（コンポーネント別）



FaSTAR/HexaGridによる解析結果

支持干渉による各空力係数への影響

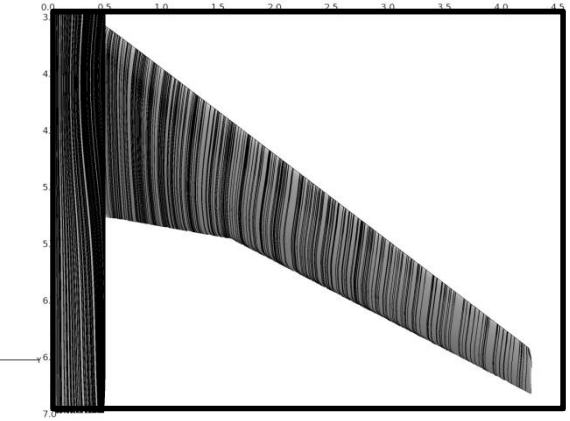
Cm変化量（コンポーネント別）



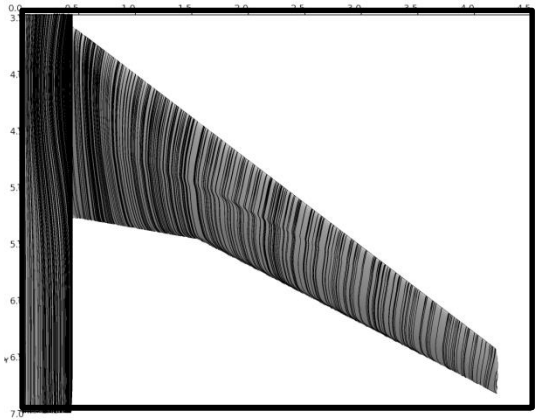
FaSTAR/HexaGridによる解析結果

表面流線

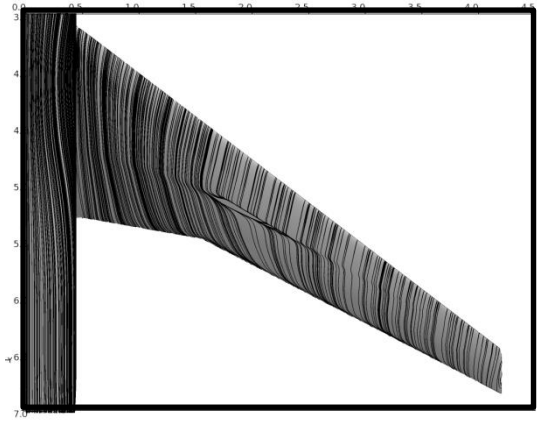
参加ID:A1



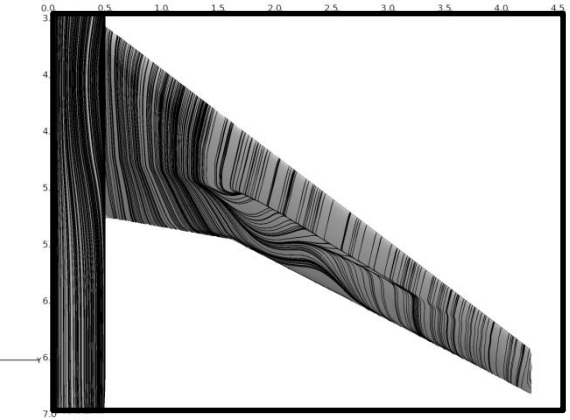
迎角-0.62deg



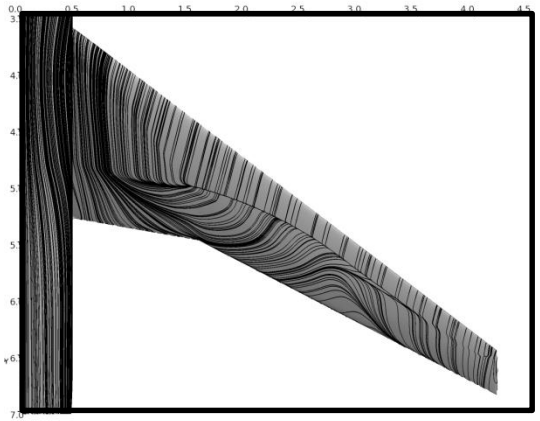
迎角2.47deg



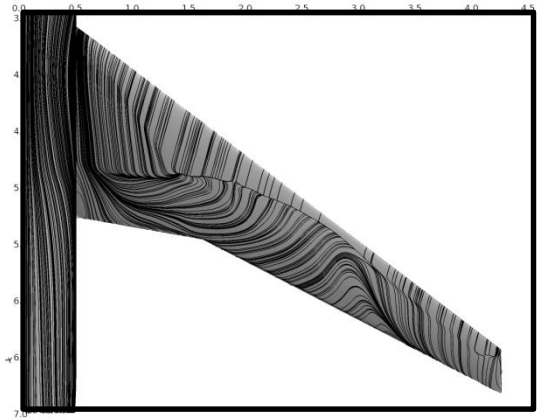
迎角2.94deg



迎角3.55deg



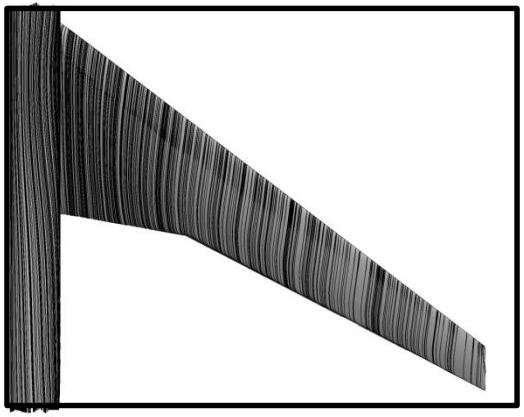
迎角4.65deg



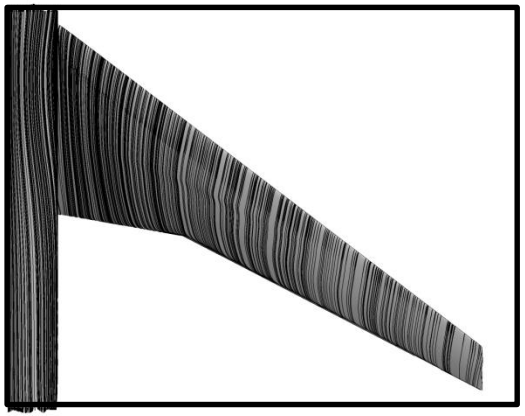
迎角5.72deg

表面流線

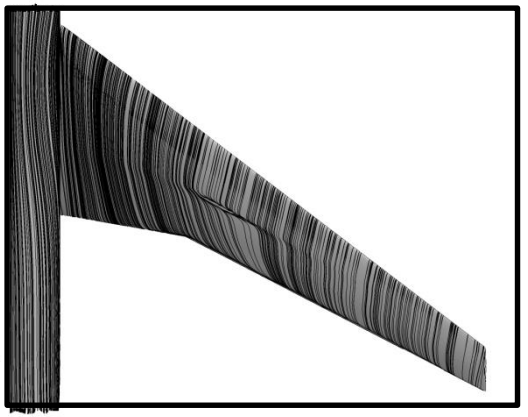
参加ID:B



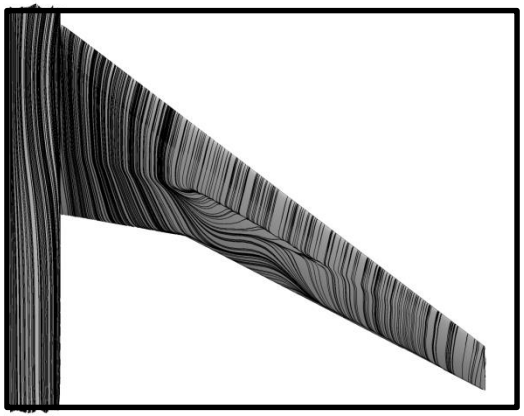
迎角-0.62deg



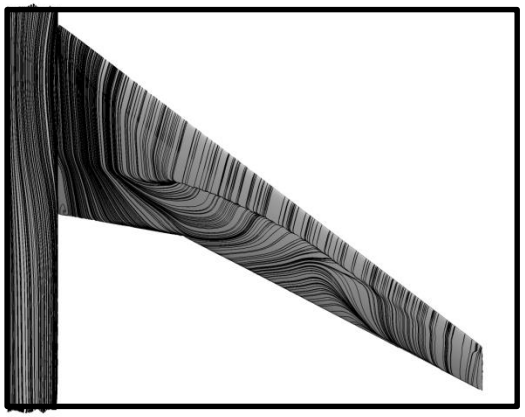
迎角2.47deg



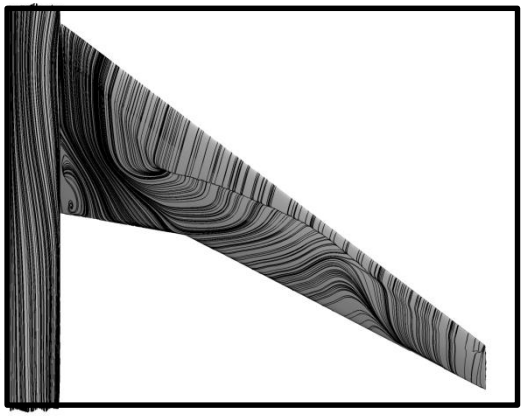
迎角2.94deg



迎角3.55deg



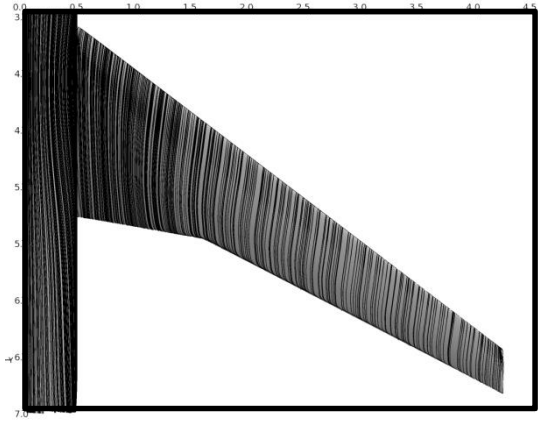
迎角4.65deg



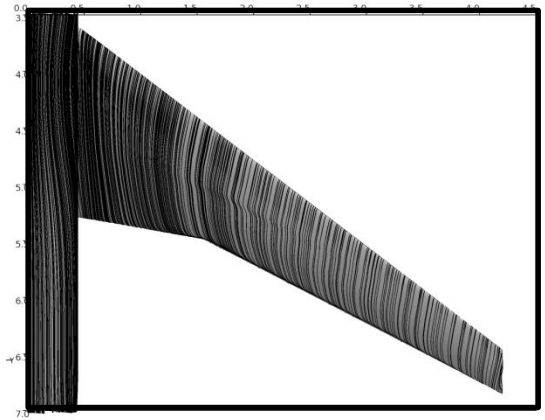
迎角5.72deg

表面流線

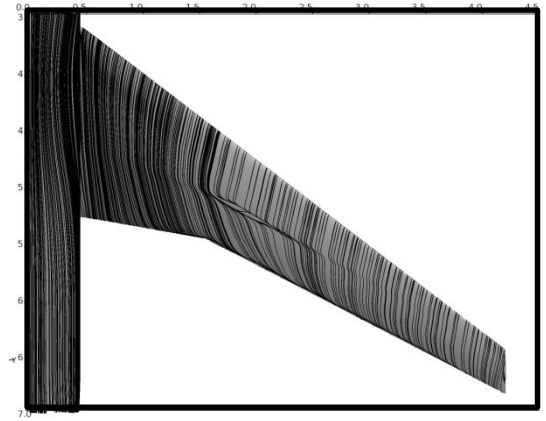
参加ID:C



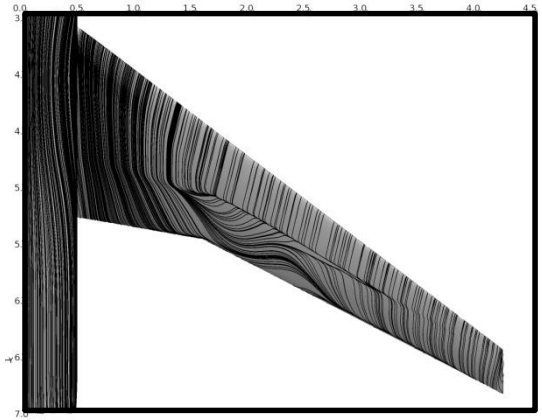
迎角-0.62deg



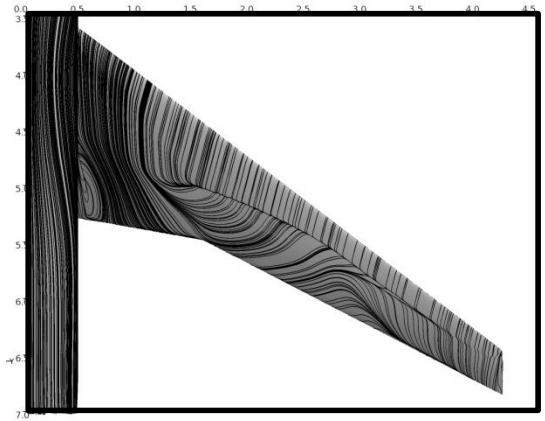
迎角2.47deg



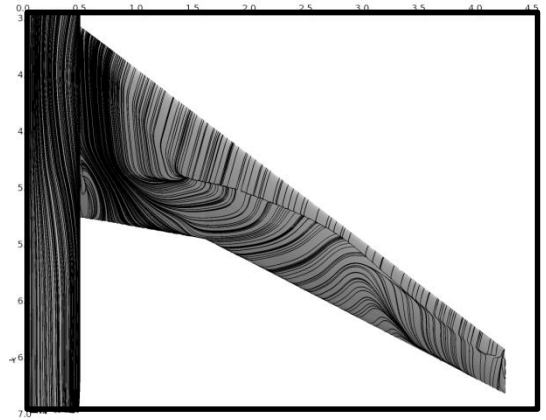
迎角2.94deg



迎角3.55deg



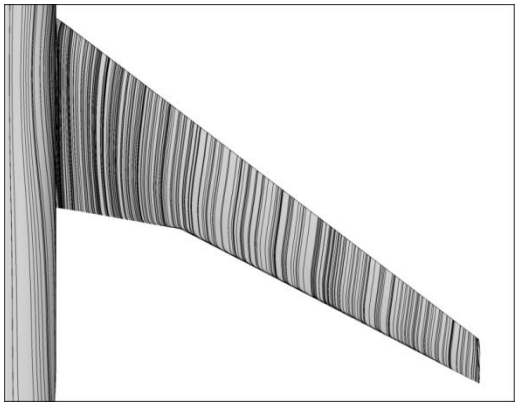
迎角4.65deg



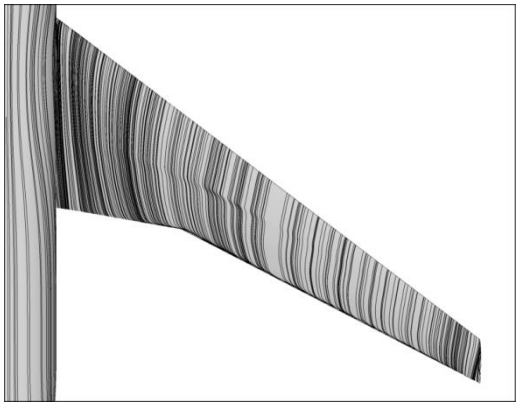
迎角5.72deg

表面流線

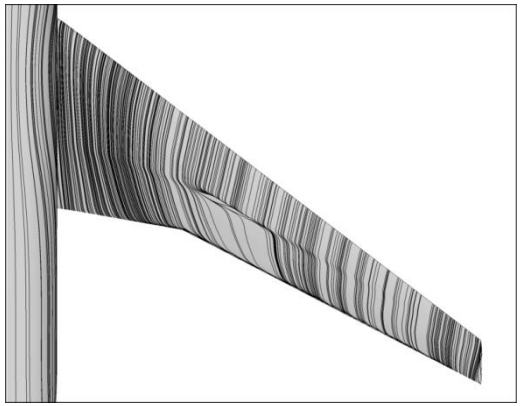
参加ID:F1



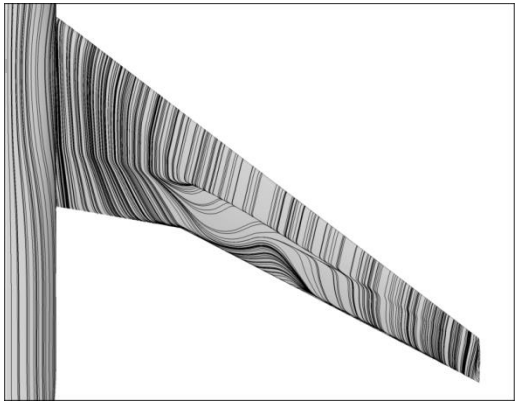
迎角-0.62deg



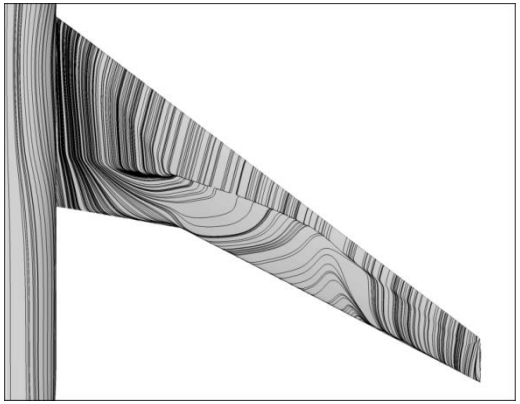
迎角2.47deg



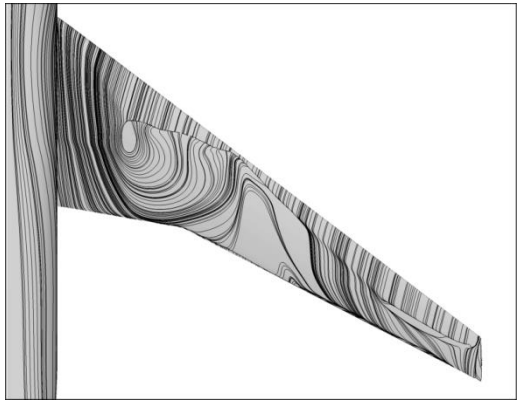
迎角2.94deg



迎角3.55deg



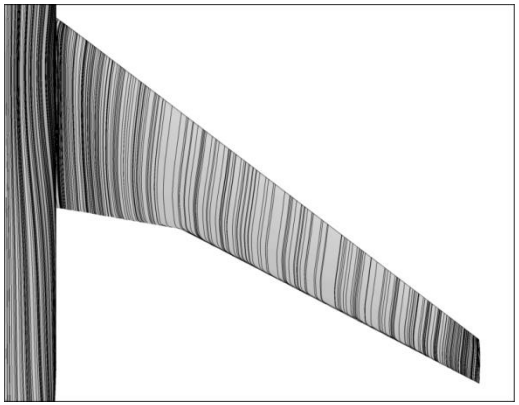
迎角4.65deg



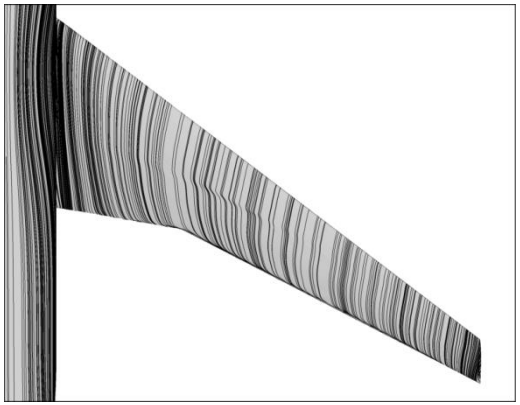
迎角5.72deg

表面流線

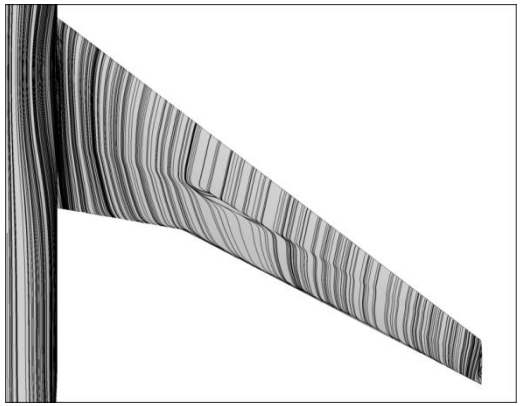
参加ID:F2



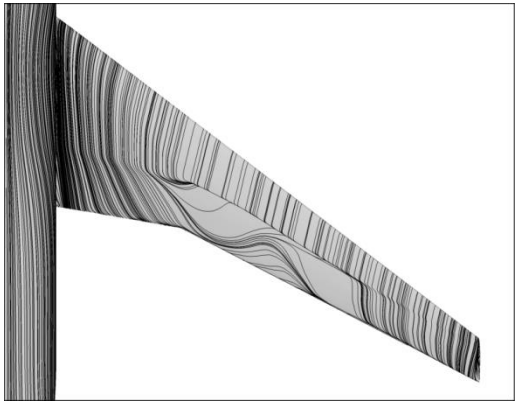
迎角-0.62deg



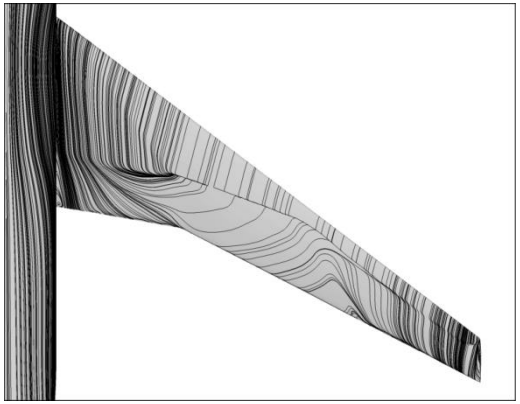
迎角2.47deg



迎角2.94deg



迎角3.55deg

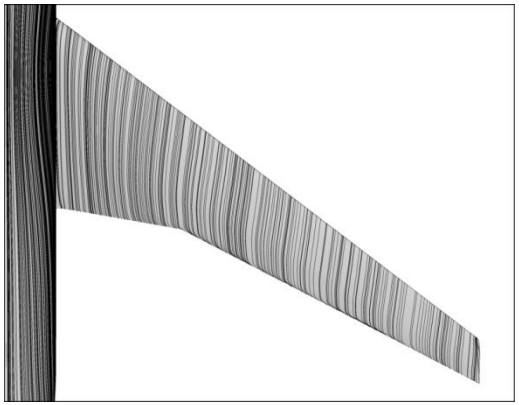


迎角4.65deg

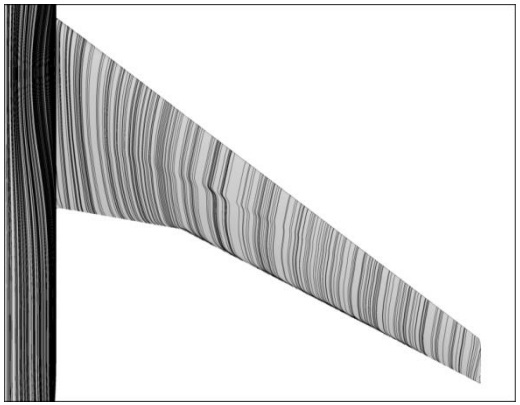
迎角5.72deg

表面流線

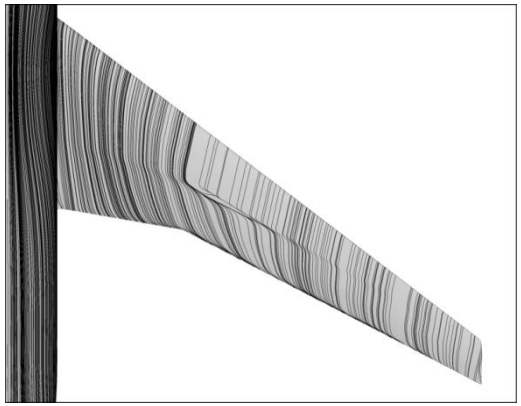
参加ID:G1



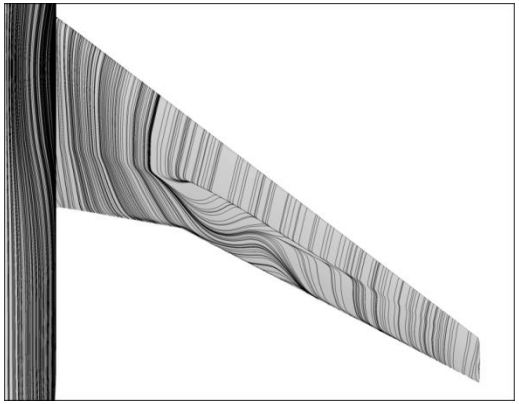
迎角-0.62deg



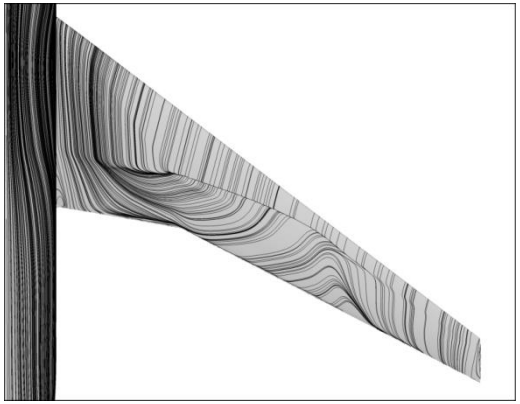
迎角2.47deg



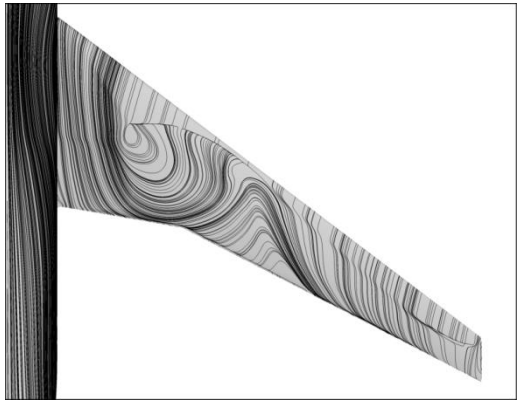
迎角2.94deg



迎角3.55deg



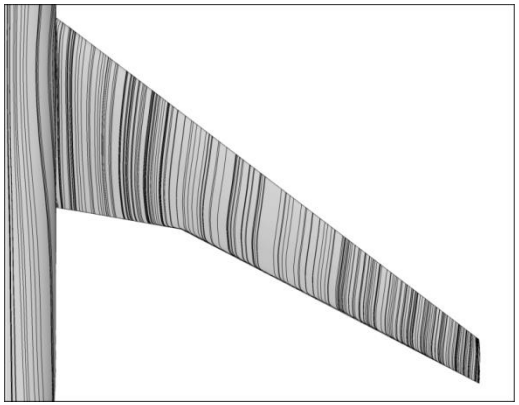
迎角4.65deg



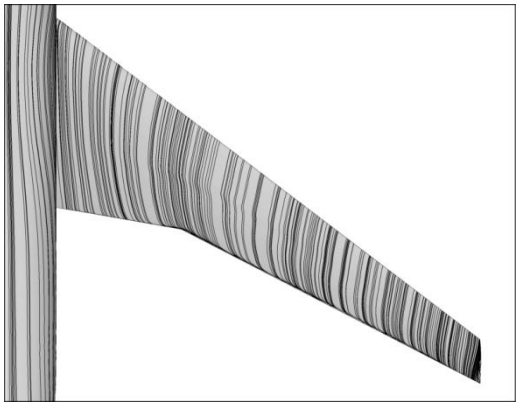
迎角5.72deg

表面流線

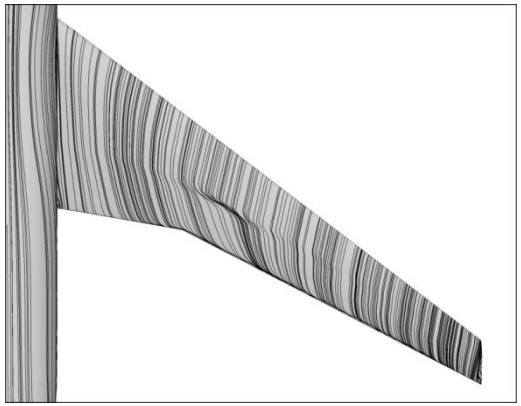
参加ID:G2



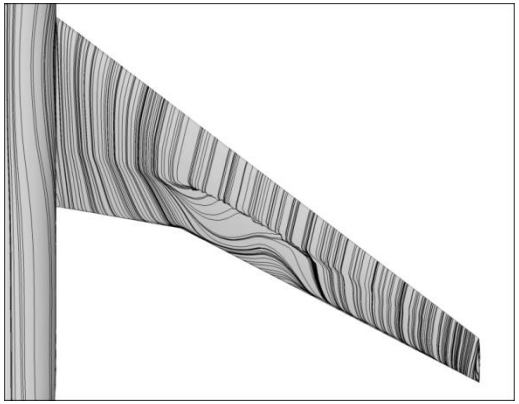
迎角-0.62deg



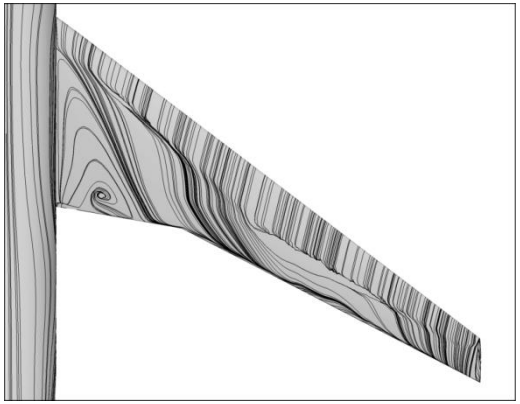
迎角2.47deg



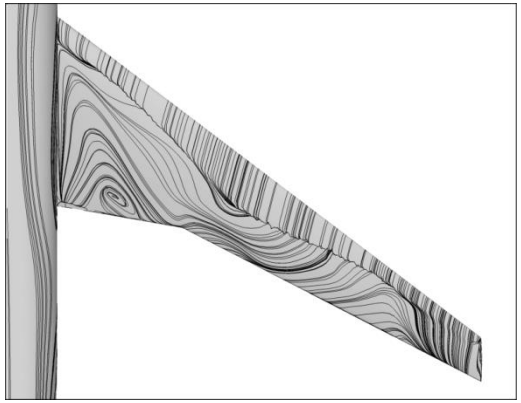
迎角2.94deg



迎角3.55deg



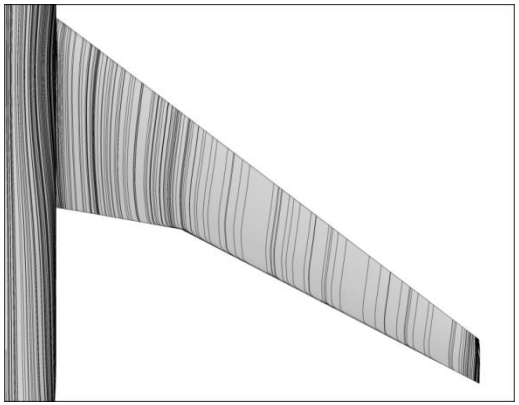
迎角4.65deg



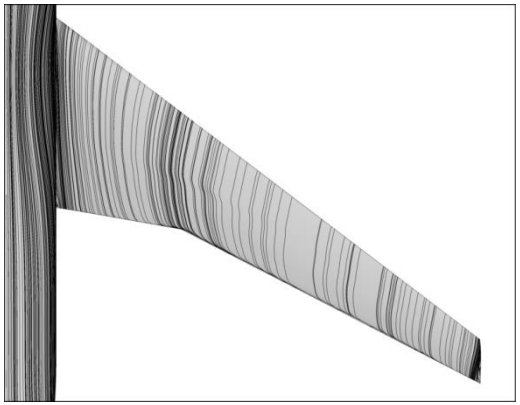
迎角5.72deg

表面流線

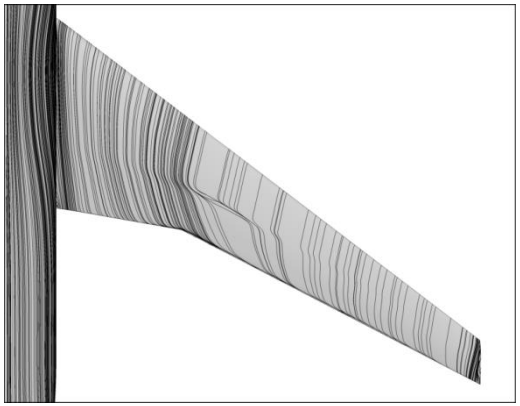
参加ID:G3



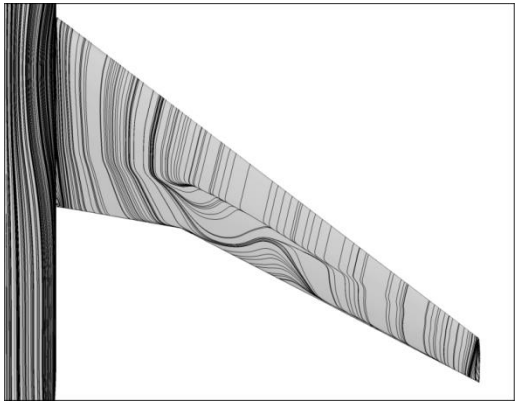
迎角-0.62deg



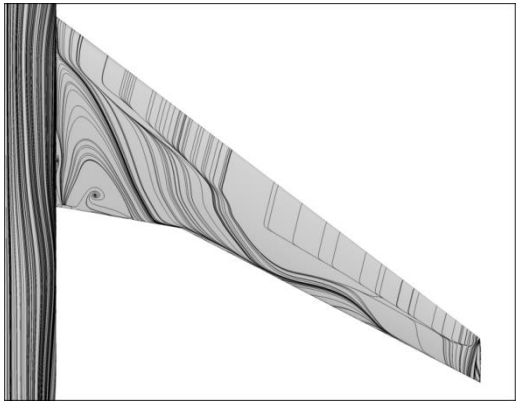
迎角2.47deg



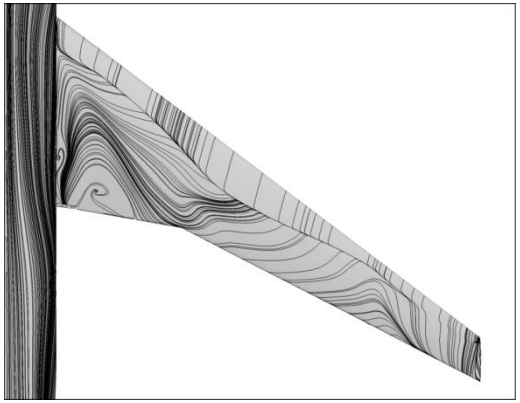
迎角2.94deg



迎角3.55deg



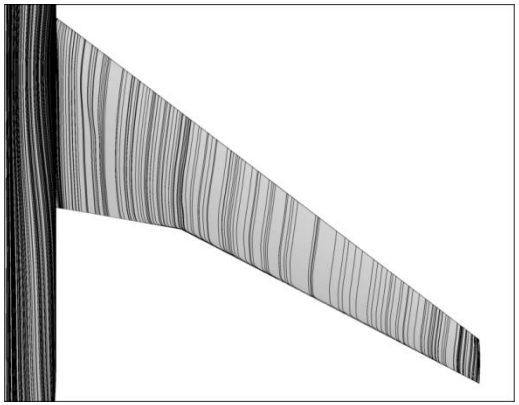
迎角4.65deg



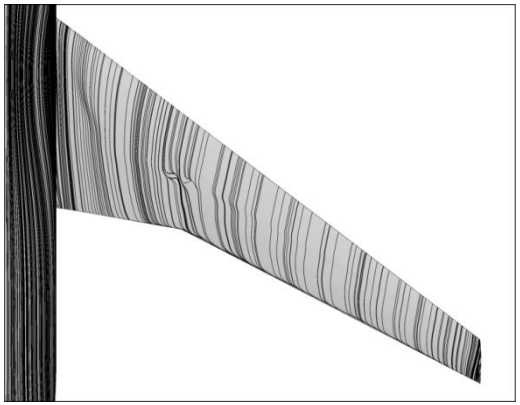
迎角5.72deg

表面流線

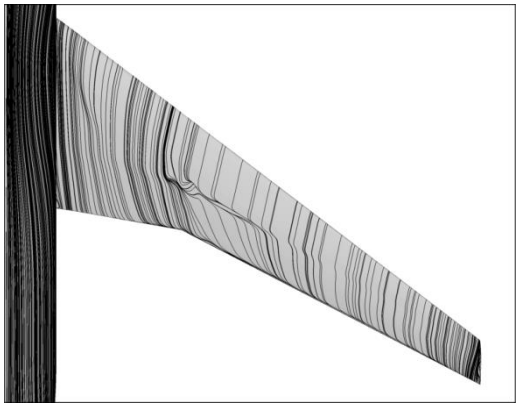
参加ID:G4



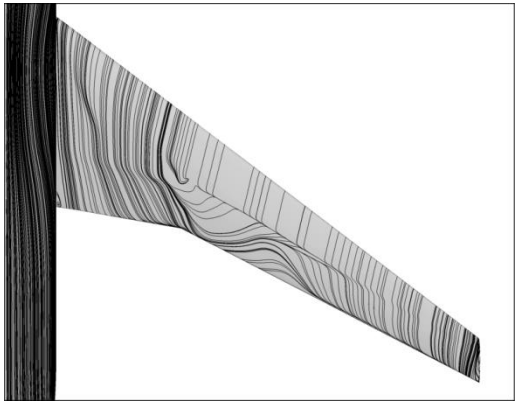
迎角-0.62deg



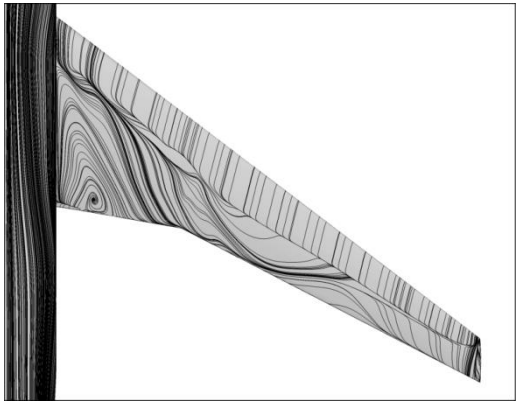
迎角2.47deg



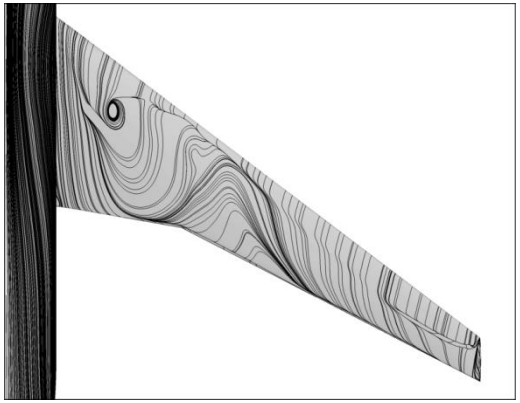
迎角2.94deg



迎角3.55deg



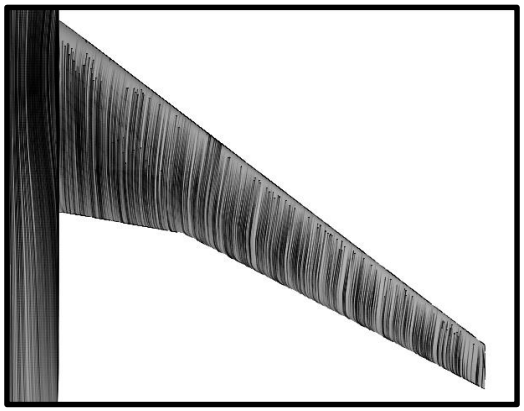
迎角4.65deg



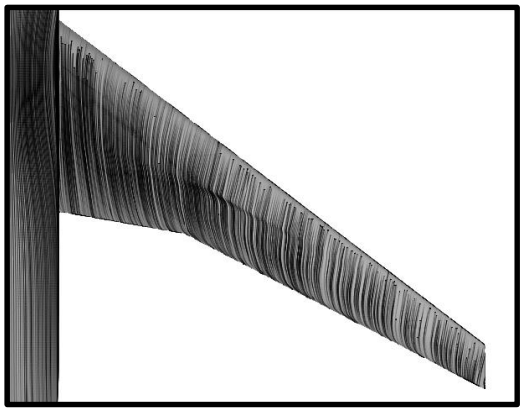
迎角5.72deg

表面流線

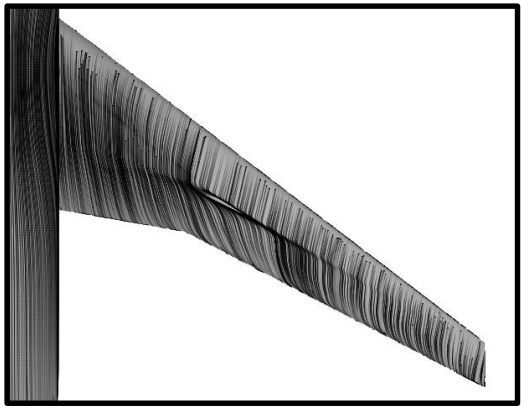
参加ID:H1



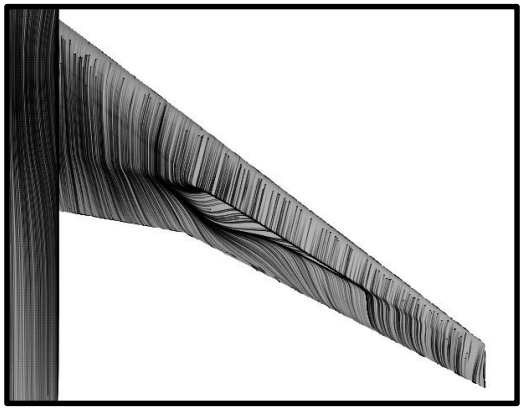
迎角-0.62deg



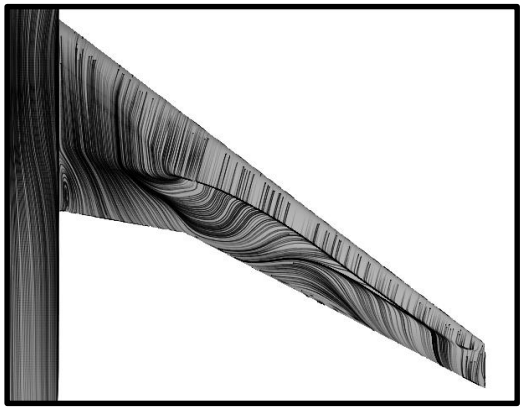
迎角2.47deg



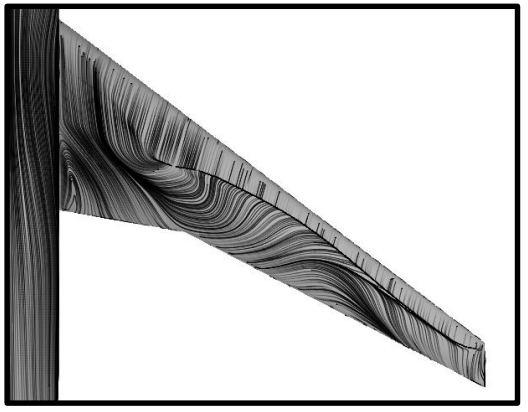
迎角2.94deg



迎角3.55deg



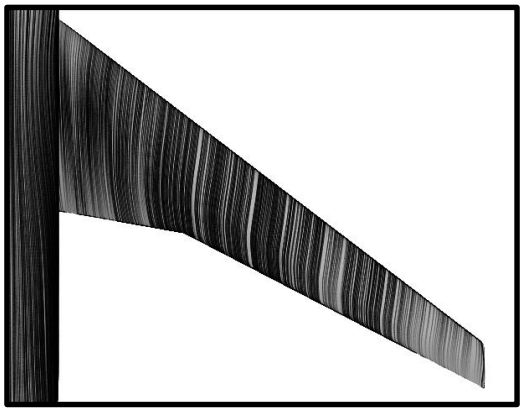
迎角4.65deg



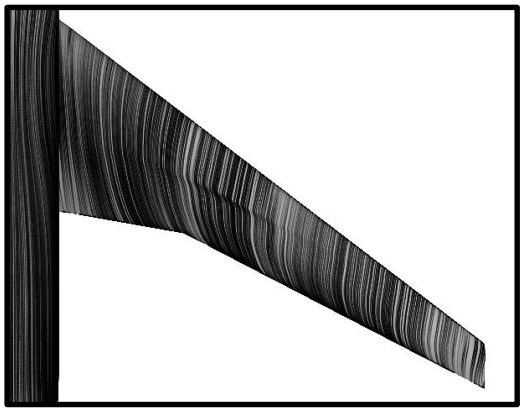
迎角5.72deg

表面流線

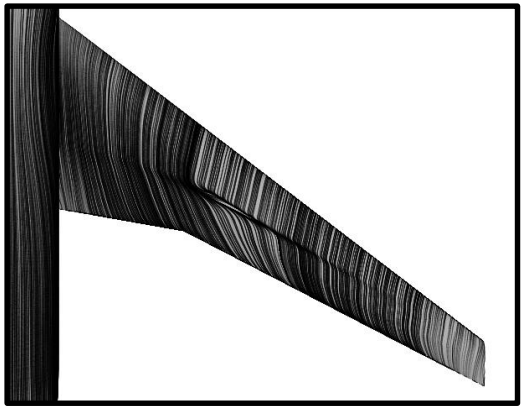
参加ID:H2



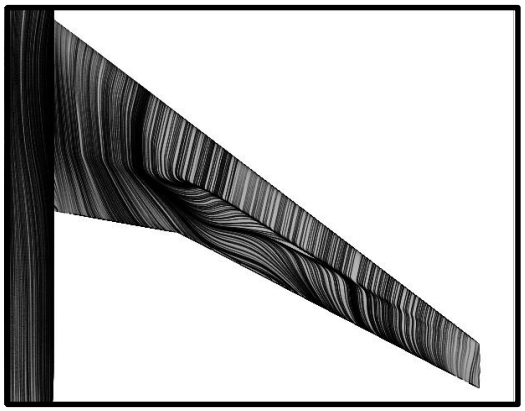
迎角-0.62deg



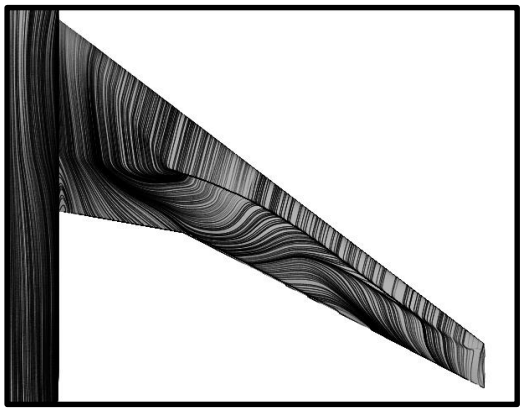
迎角2.47deg



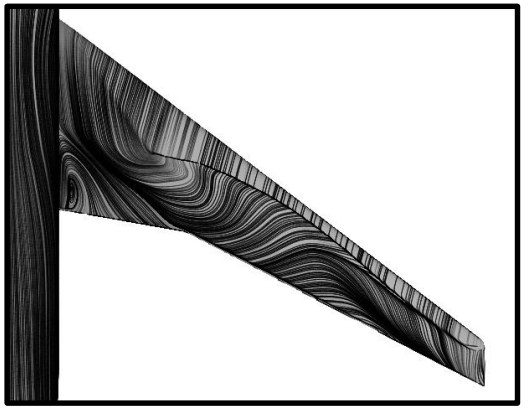
迎角2.94deg



迎角3.55deg



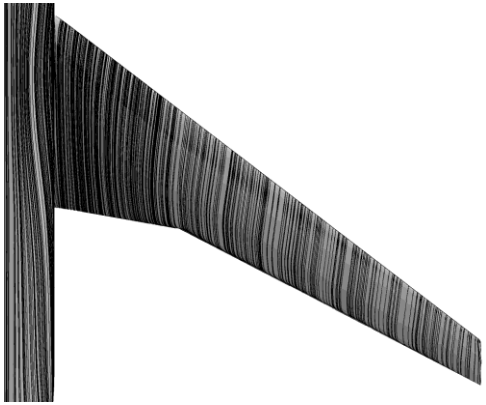
迎角4.65deg



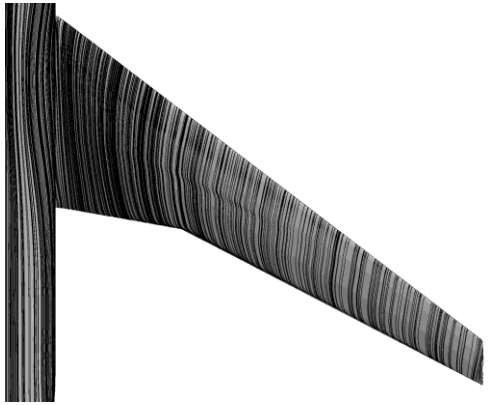
迎角5.72deg

表面流線

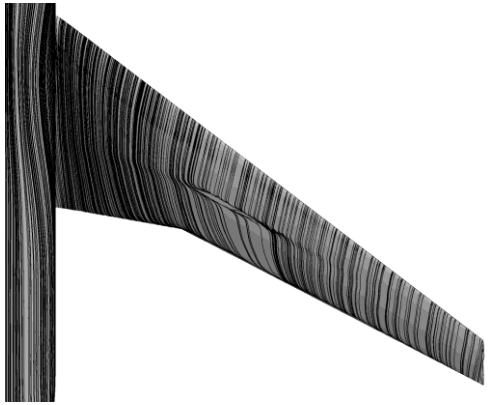
参加ID:I



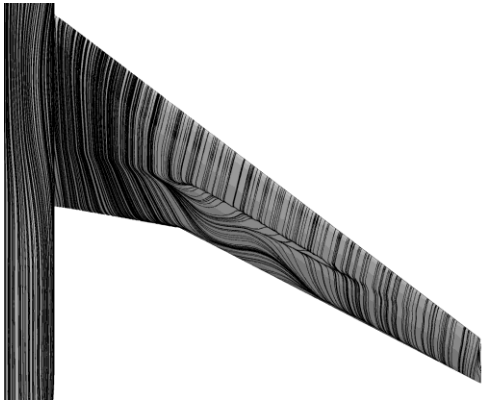
迎角-0.62deg



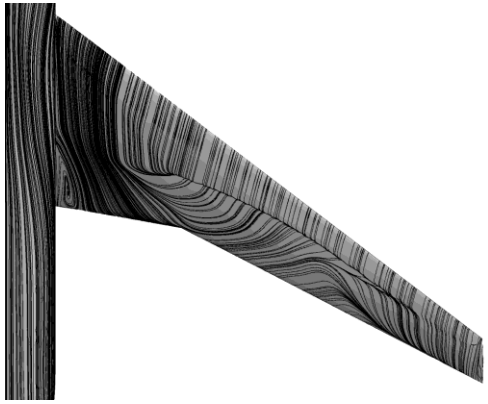
迎角2.47deg



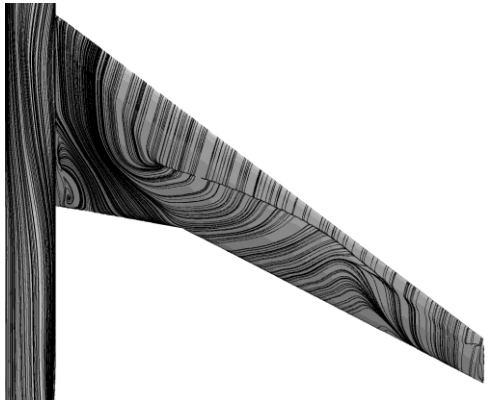
迎角2.94deg



迎角3.55deg



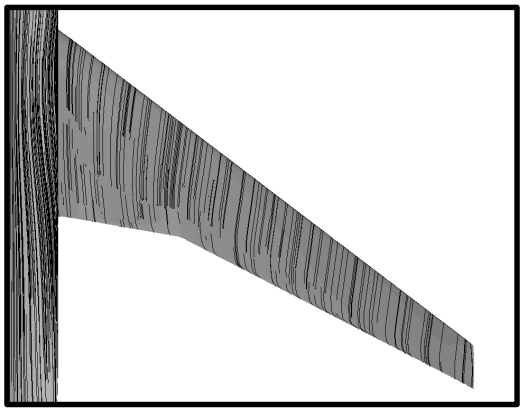
迎角4.65deg



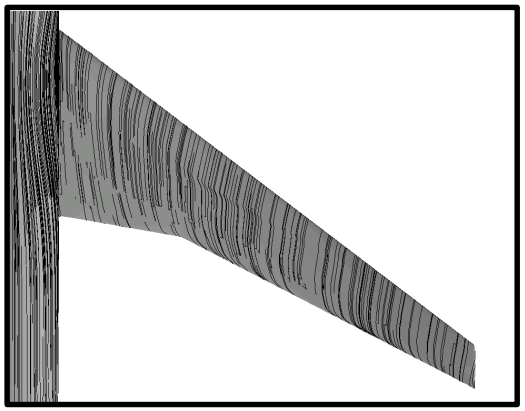
迎角5.72deg

表面流線

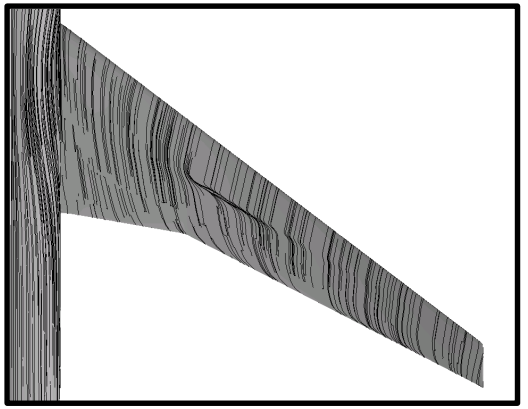
参加ID:J1



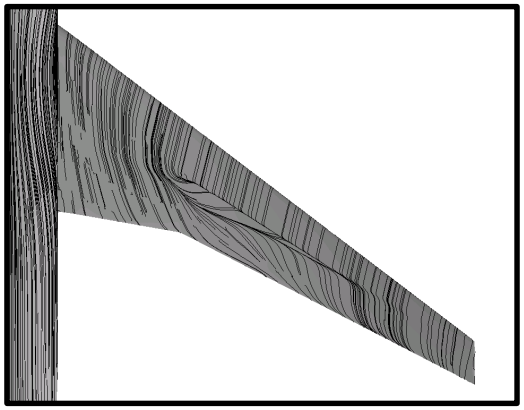
迎角-0.62deg



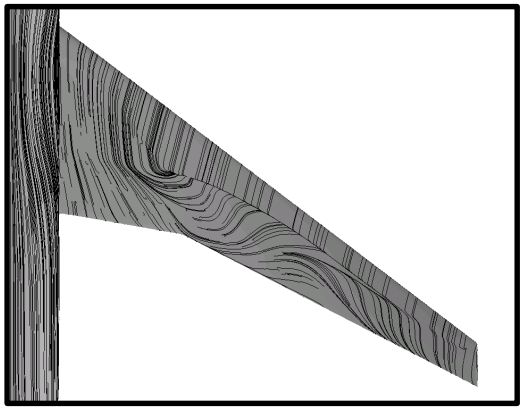
迎角2.47deg



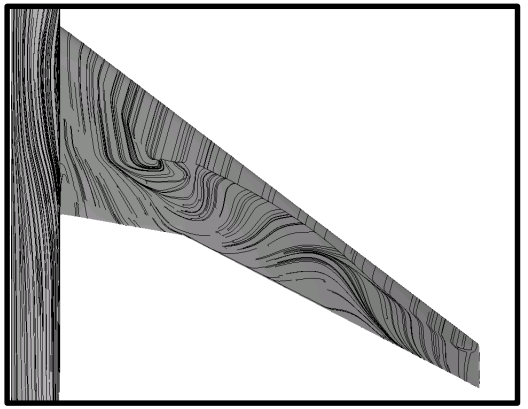
迎角2.94deg



迎角3.55deg



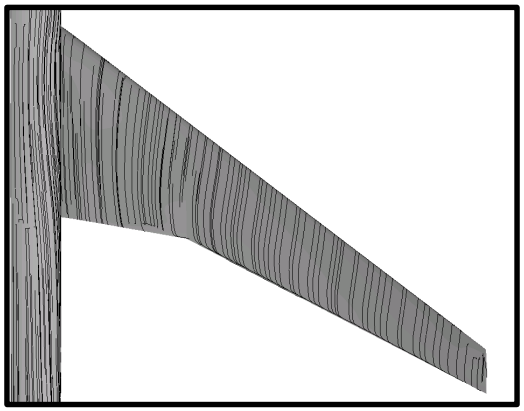
迎角4.65deg



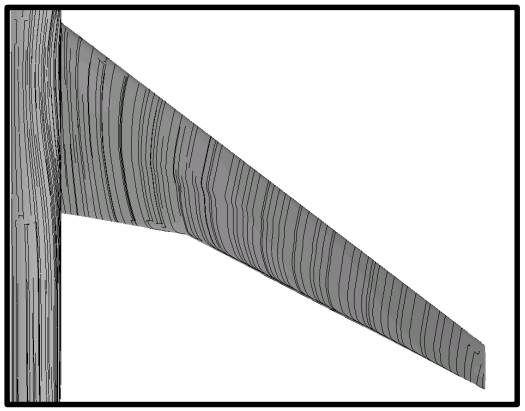
迎角5.72deg

表面流線

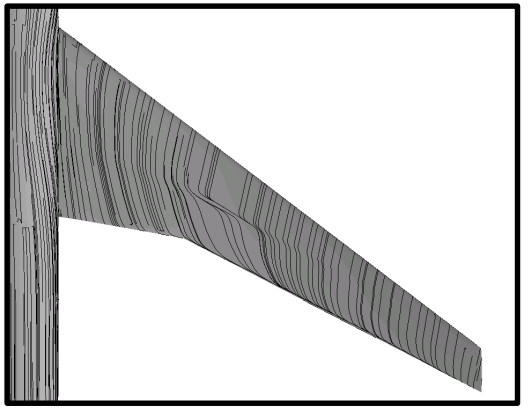
参加ID:J2



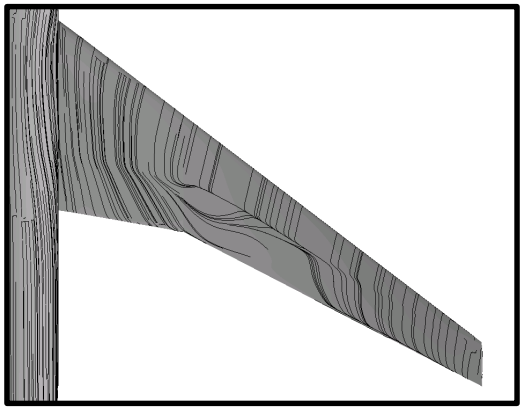
迎角-0.62deg



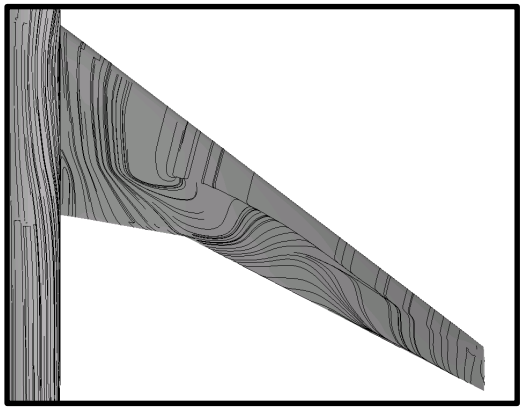
迎角2.47deg



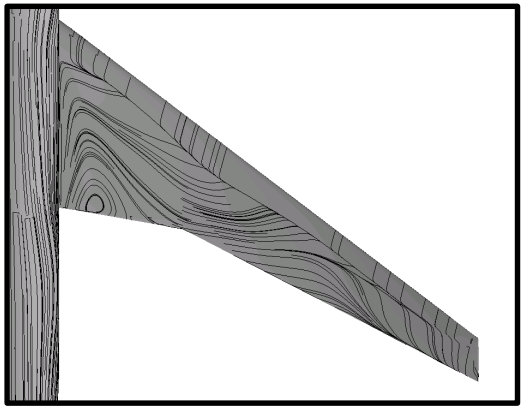
迎角2.94deg



迎角3.55deg



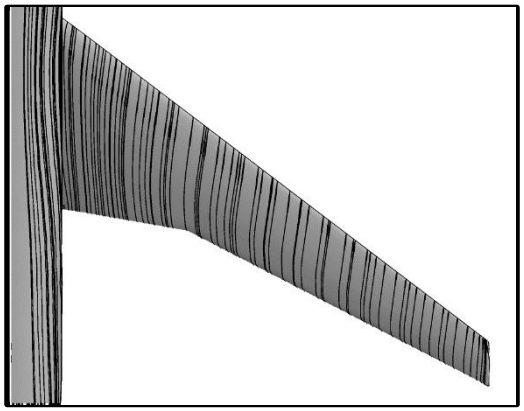
迎角4.65deg



迎角5.72deg

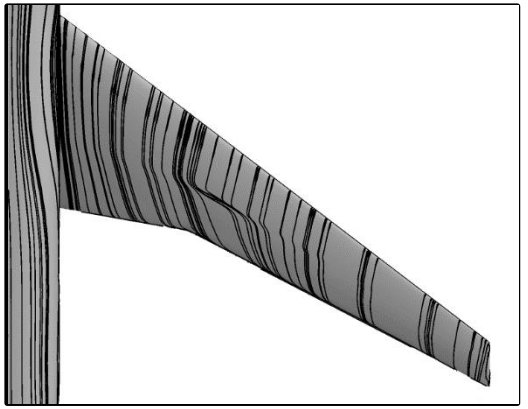
表面流線

参加ID:L



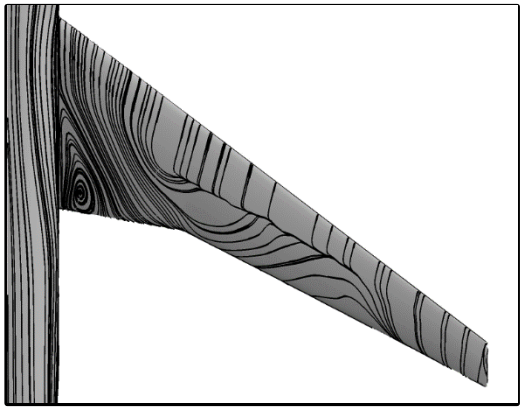
迎角-0.62deg

迎角2.47deg



迎角2.94deg

迎角3.55deg

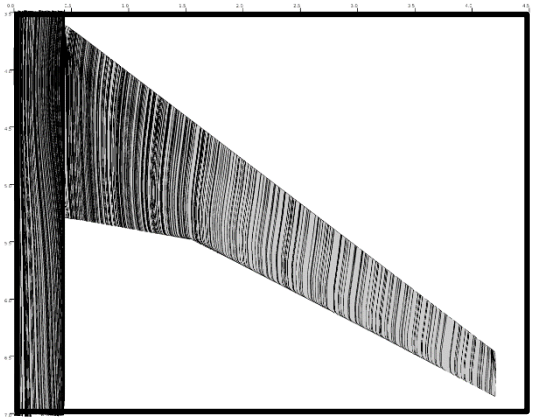


迎角4.65deg

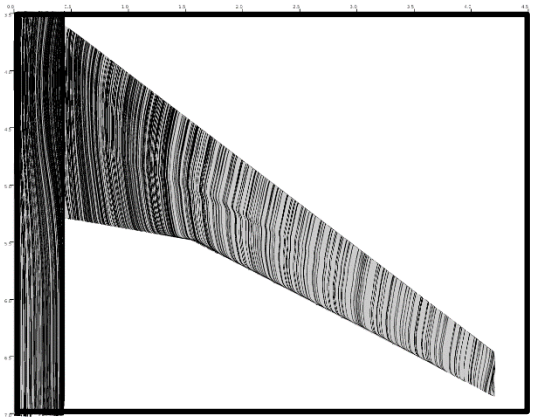
迎角5.72deg

表面流線

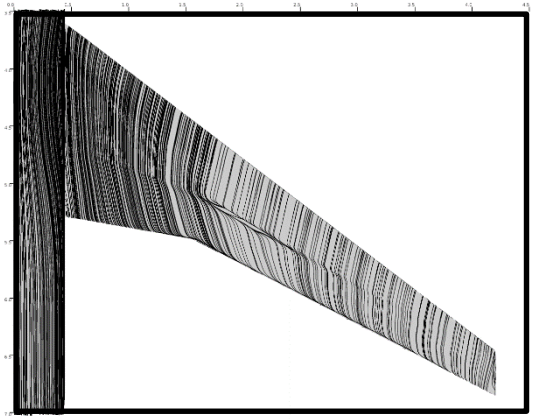
参加ID:M1



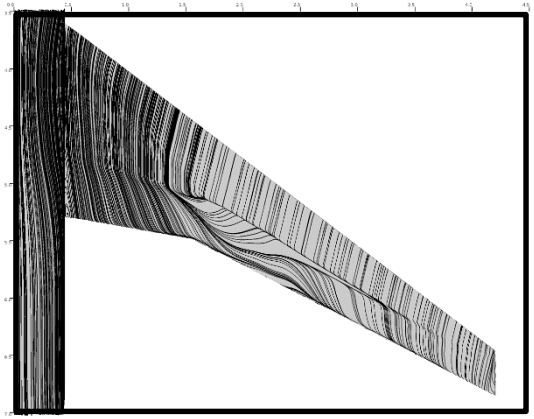
迎角-0.62deg



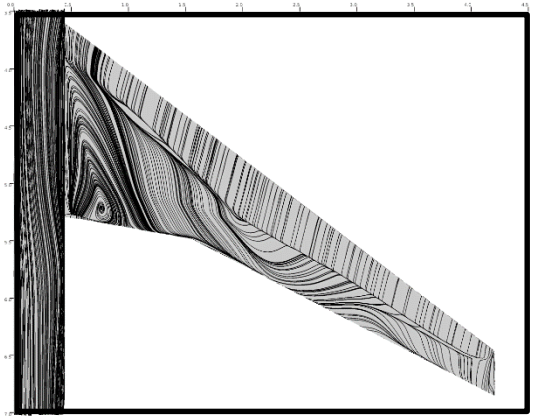
迎角2.47deg



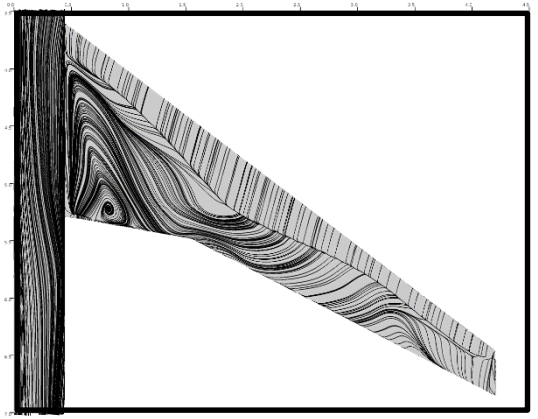
迎角2.94deg



迎角3.55deg



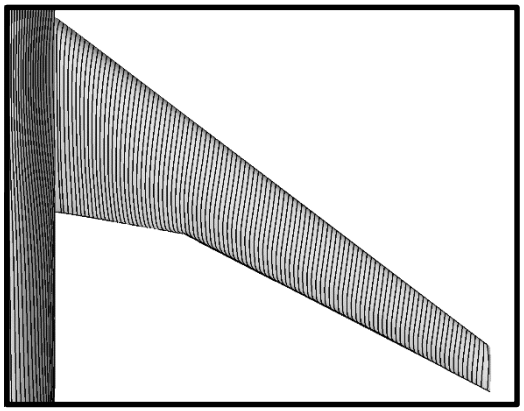
迎角4.65deg



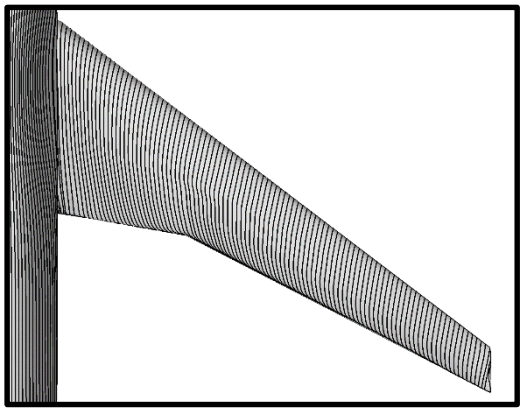
迎角5.72deg

表面流線

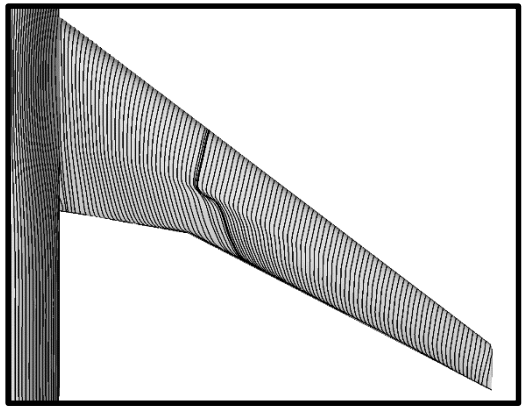
参加ID:N



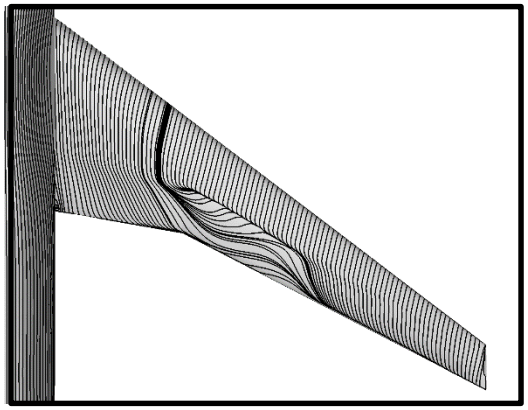
迎角-0.62deg



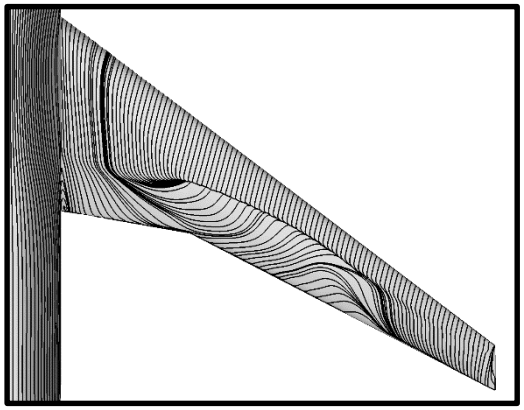
迎角2.47deg



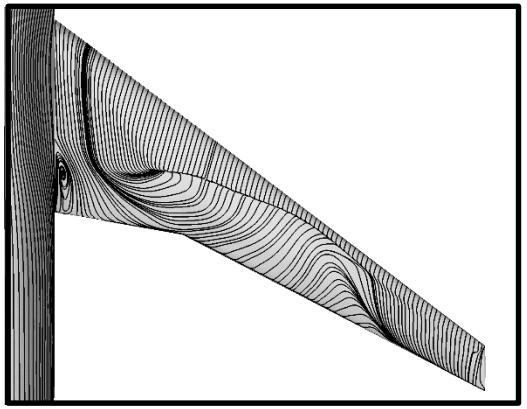
迎角2.94deg



迎角3.55deg



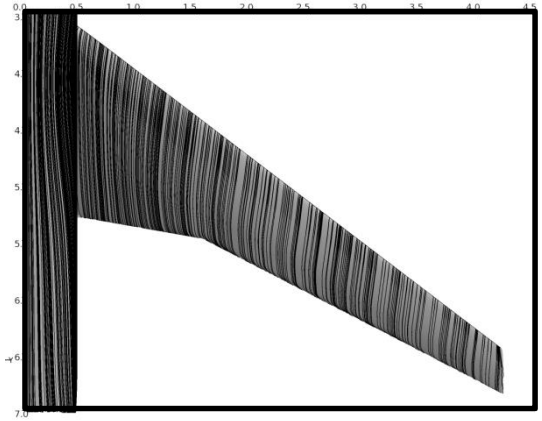
迎角4.65deg



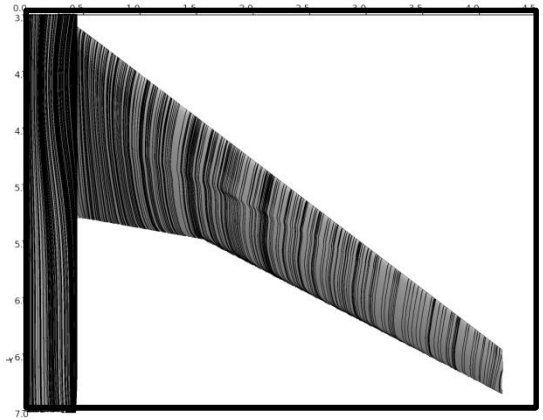
迎角5.72deg

表面流線

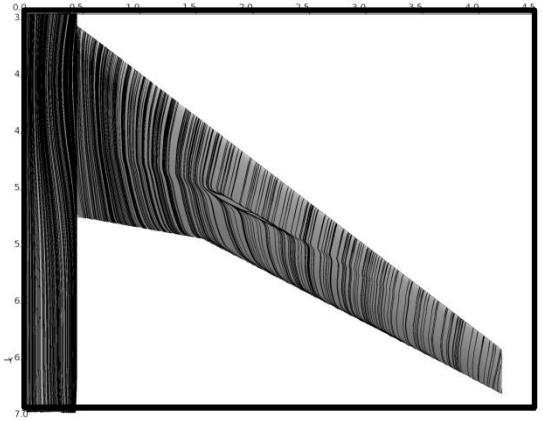
支持有:HexaGrid+FaSTAR



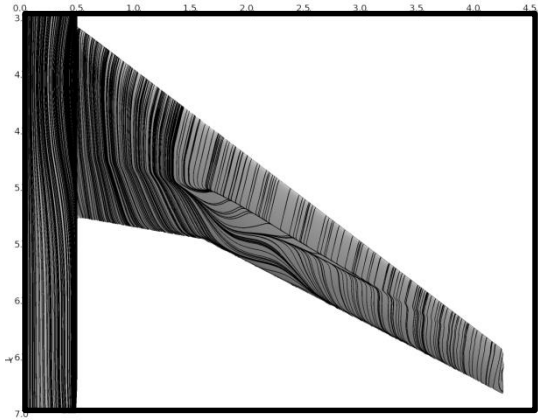
迎角-0.62deg



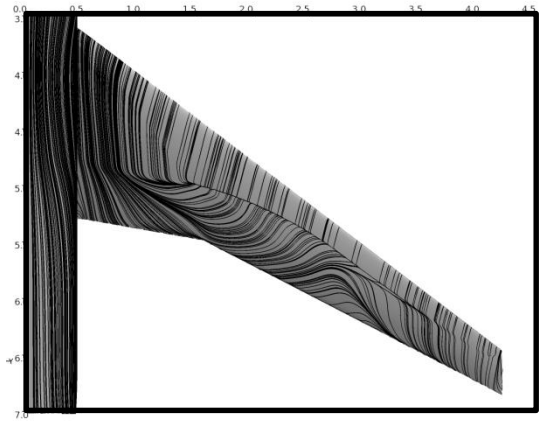
迎角2.47deg



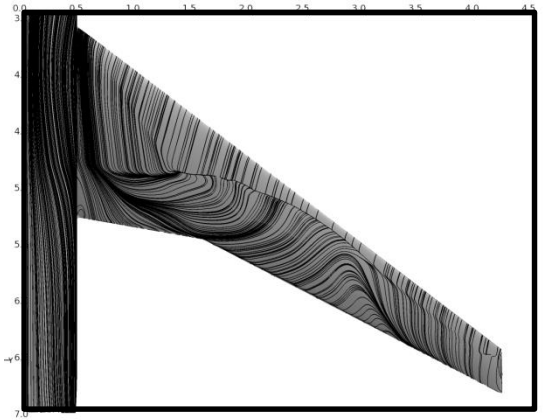
迎角2.94deg



迎角3.55deg



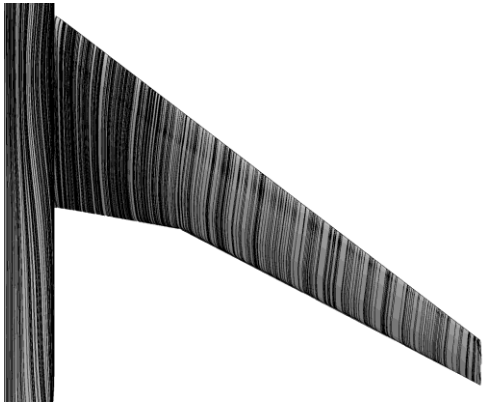
迎角4.65deg



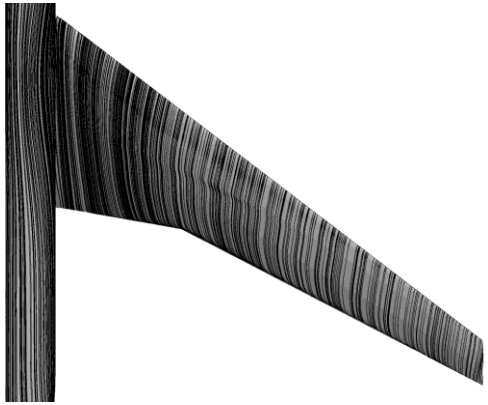
迎角5.72deg

表面流線

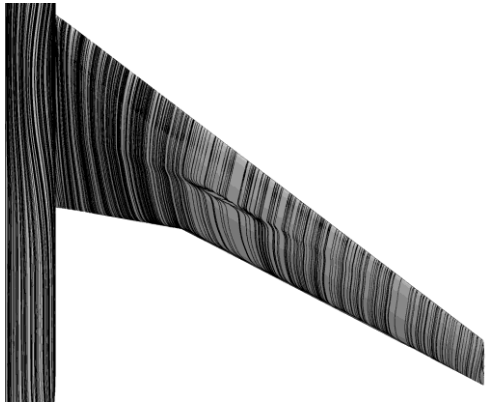
支持有：MEGG3D+TAS



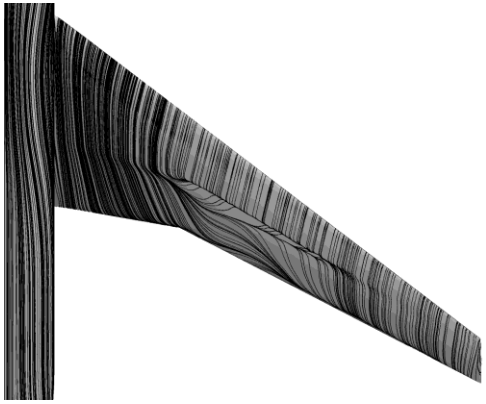
迎角-0.62deg



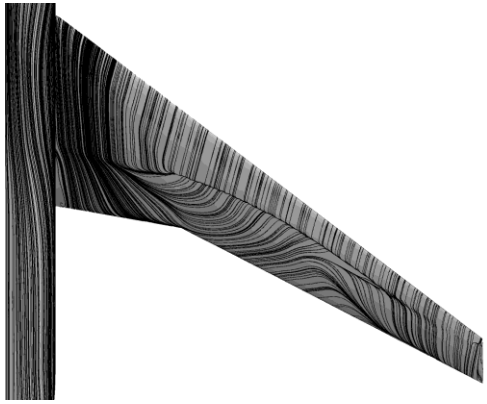
迎角2.47deg



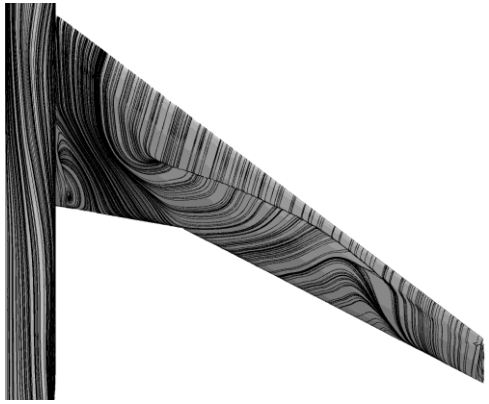
迎角2.94deg



迎角3.55deg



迎角4.65deg



迎角5.72deg