

2016年7月6日, 金沢歌劇座

Second Aerodynamics Prediction Challenge (APC-II)

DG法・SV法による解析

○澤木悠太, 浅田啓幸, 澤田恵介(東北大)

目的と参加課題

2

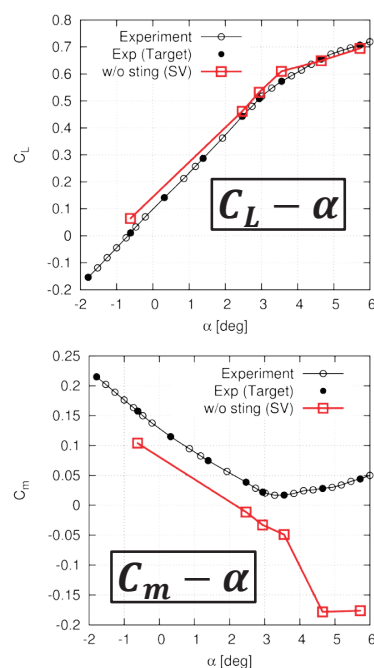
□ 目的

- 支持の考慮が低迎角の C_L と C_m にどう影響するか調べること

□ 参加課題

- 課題1-1: 支持装置なし
 - 2次精度SV法
 - UPACS格子(900万セル)
- 課題1-2: 支持装置あり
 - 4次精度DG法
 - 自作格子(450万セル)

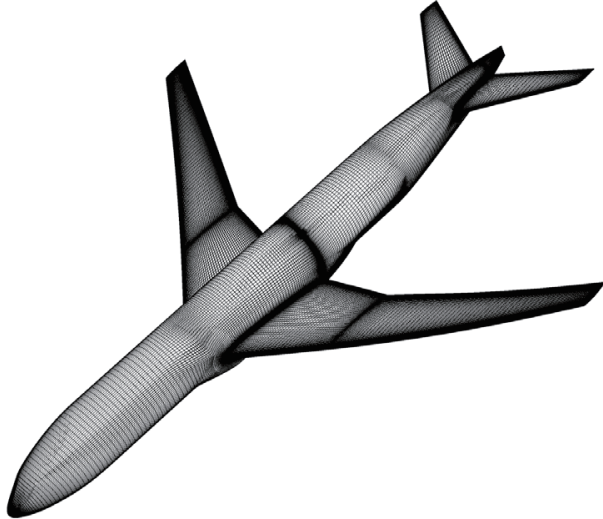
APC1の結果



計算格子

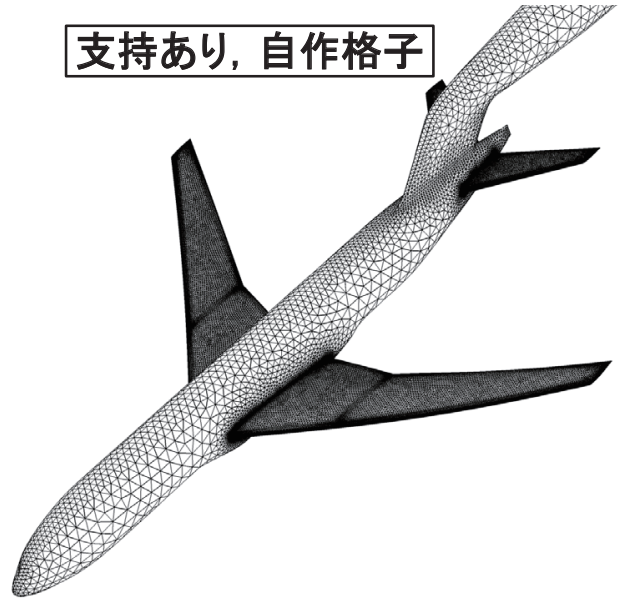
3

支持なし, UPACS格子



2次精度SV法
900万セル
7,200万自由度

支持あり, 自作格子

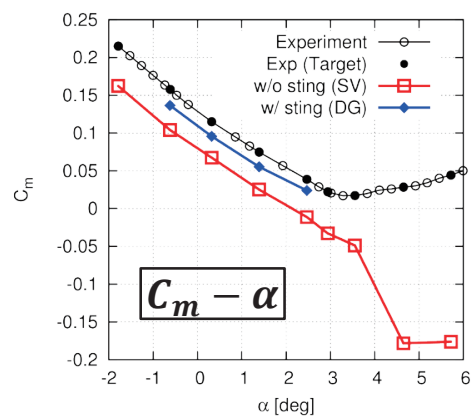
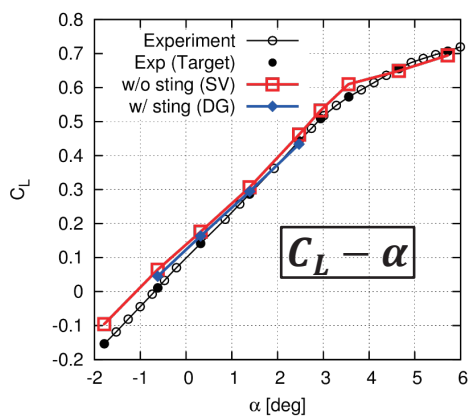


4次精度DG法
450万セル
9,000万自由度

支持装置を考慮した空力係数

赤線: 支持なし
青線: 支持あり

4

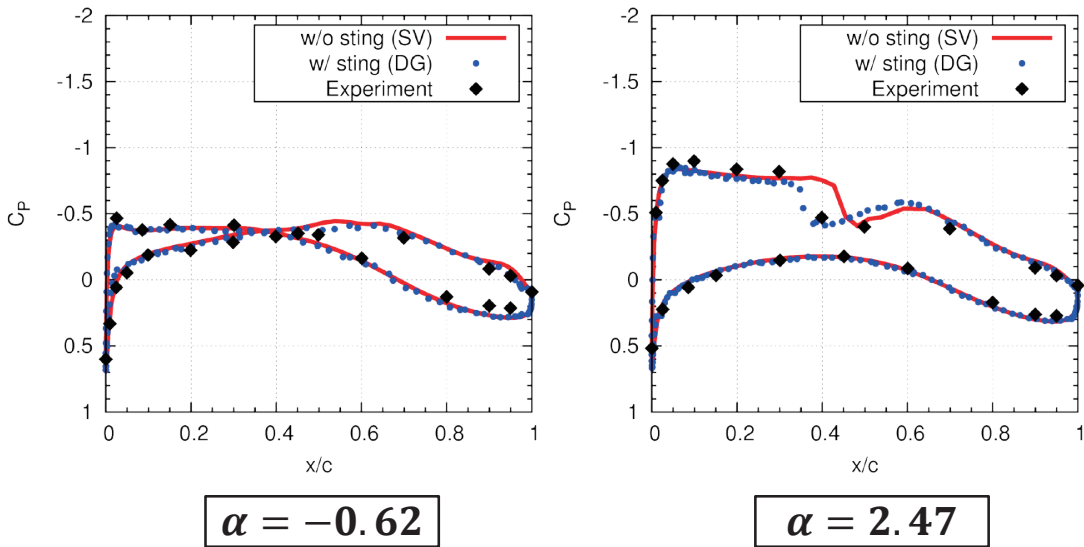


- C_L, C_m ともに実験値に近づいた
- 揚力傾斜は合わないまま

【主翼】 section Fの C_p 分布

赤線: 支持なし
青線: 支持あり

5

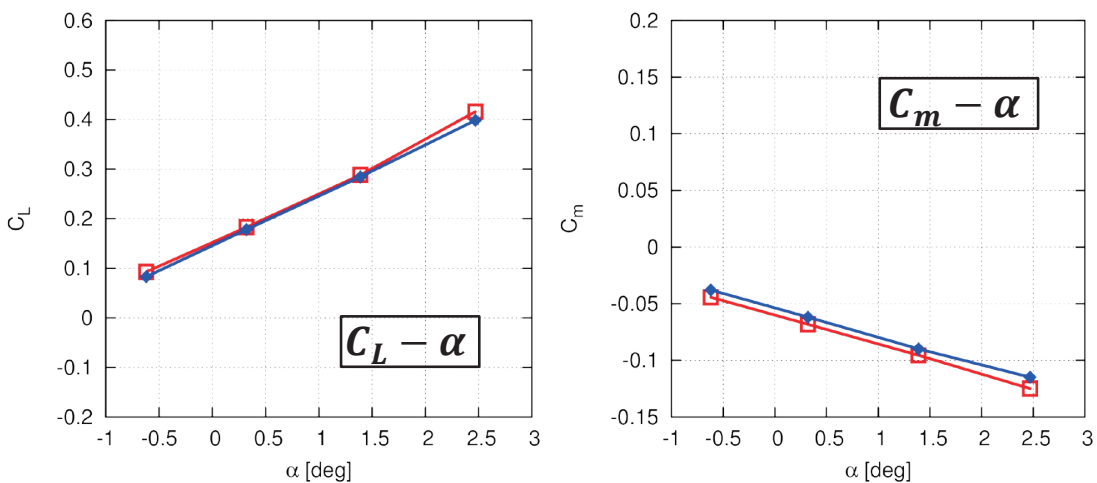


- 衝撃波がない場合は特段の変化はなし
- 衝撃波の前方へのシフトは計算手法の問題か

【主翼】 空力係数

赤線: 支持なし
青線: 支持あり

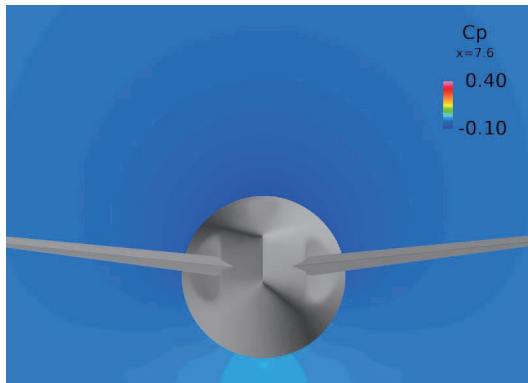
6



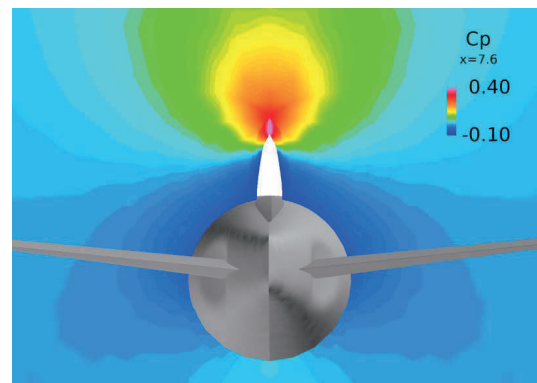
- 揚力減少, ピッチングモーメント増加

【尾翼】 $x = 7.6$ 断面の C_p 分布

7



支持なし

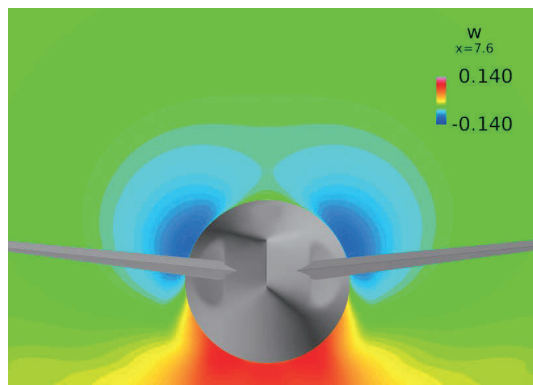


支持あり

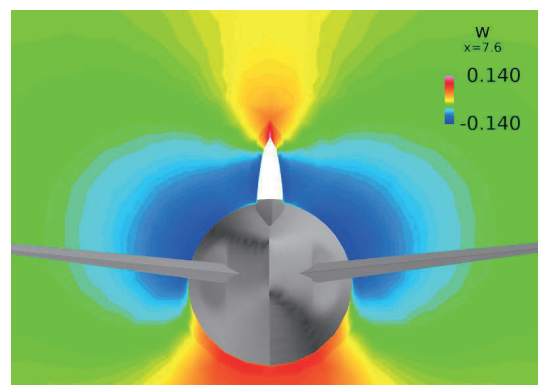
- 支持前縁で圧力が高くなり, $-z$ 方向に向かって圧力勾配が生じている

【尾翼】 $x = 7.6$ 断面の z 方向速度分布

8



支持なし



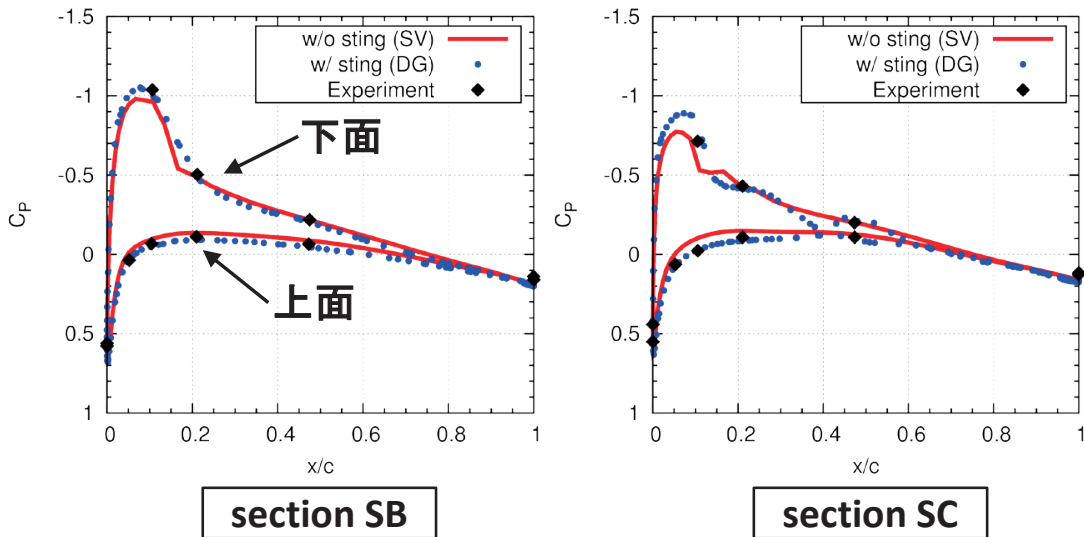
支持あり

- 支持前縁からの圧力勾配で支持側面付近で $-z$ 方向の速度が大きくなっている
- 尾翼のよどみ点が上面下流側に移動, 下面では加速
上面では減速した可能性

【尾翼】迎角-0.62度の C_p 分布

赤線: 支持なし
青線: 支持あり

9

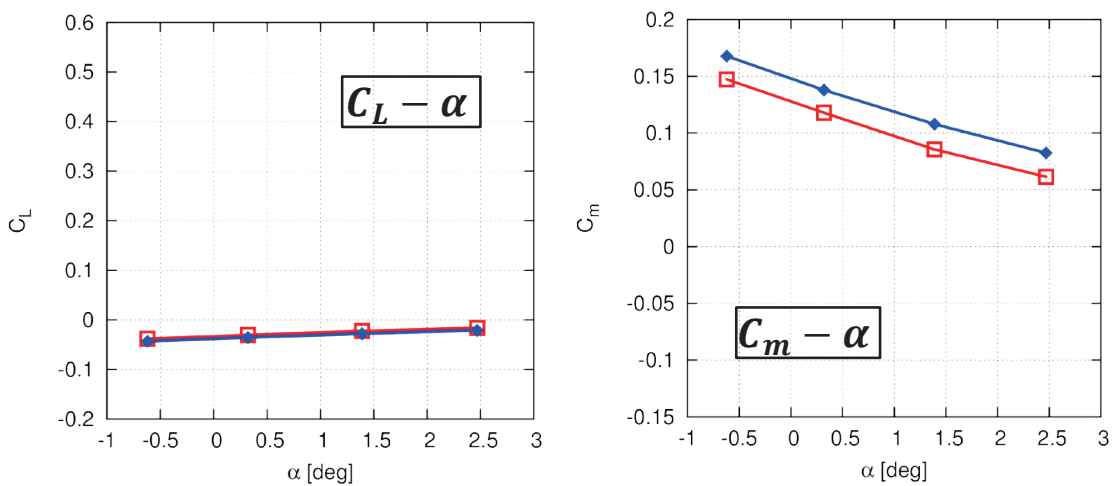


□ 下向き揚力増加, ピッチングモーメントが増加

【尾翼】空力係数

赤線: 支持なし
青線: 支持あり

10

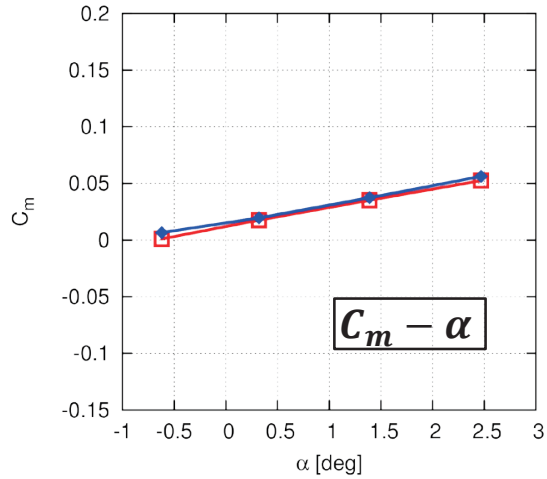
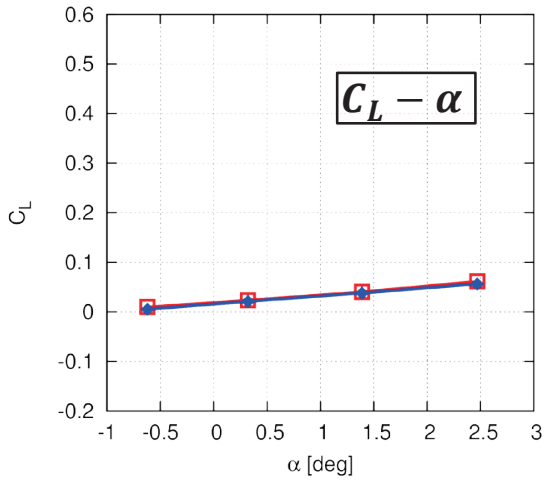


□ 下向き揚力増加, ピッチングモーメント増加

【胴体】空力係数

赤線: 支持なし
青線: 支持あり

11

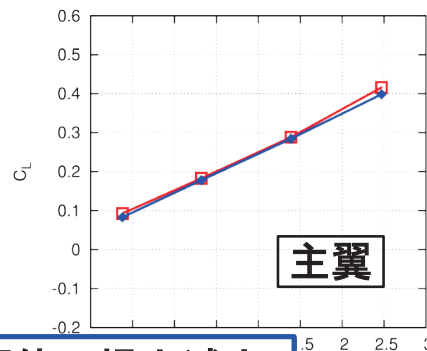
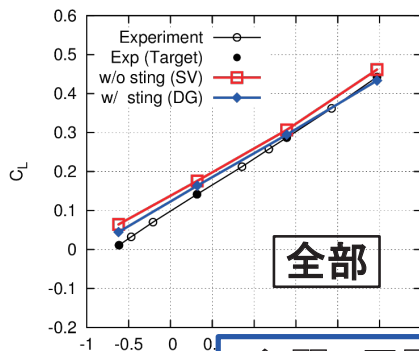


□ 揚力減少, ピッチングモーメント増加

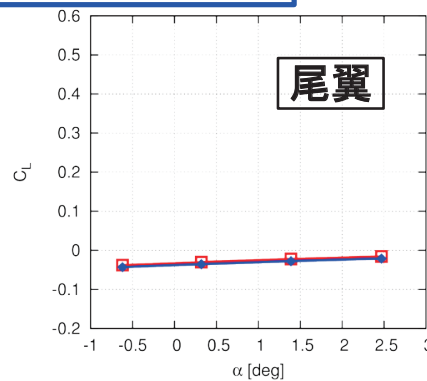
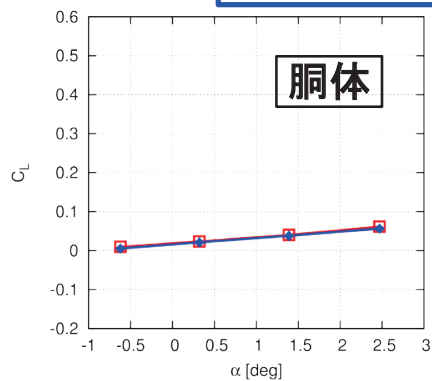
揚力係数内訳

赤線: 支持なし
青線: 支持あり

12



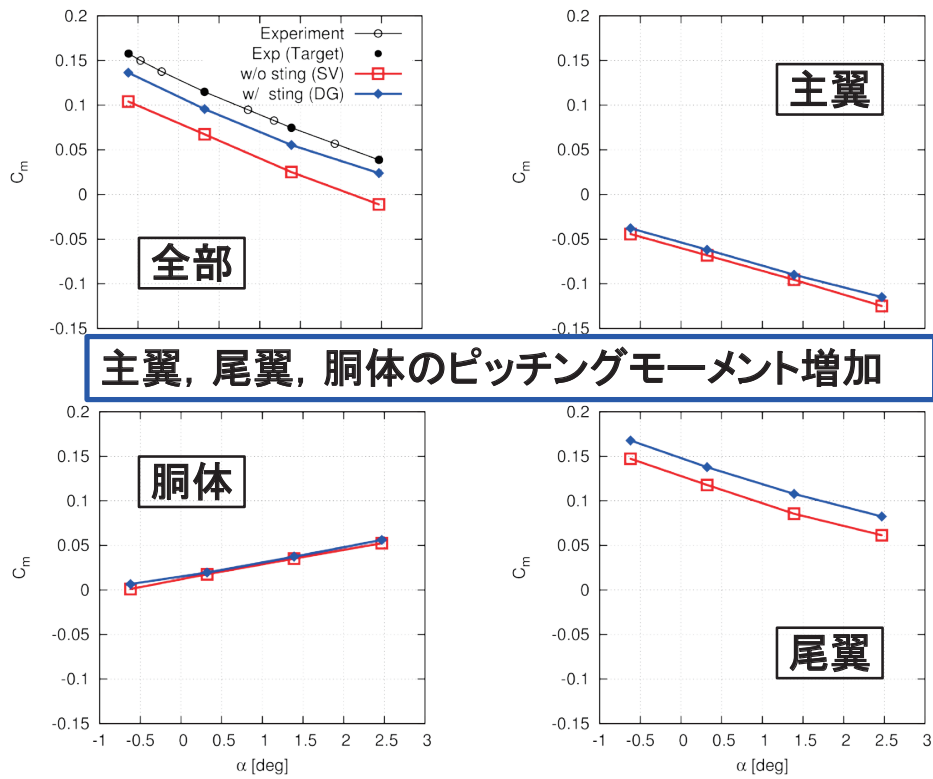
主翼, 尾翼, 胴体の揚力減少



ピッチングモーメント係数内訳

赤線: 支持なし
青線: 支持あり

13



まとめ

14

- 計算手法, 格子が異なるため尾翼以外の空力係数の変化は支持の影響とは言い切れない
- 揚力傾斜のずれは支持が原因ではないと考えられる
- 尾翼の揚力, ピッチングモーメントの予測には支持干渉の影響が大きい

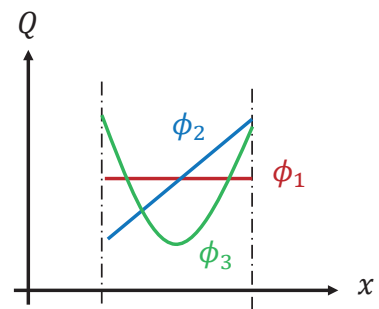
Backup

数値計算法

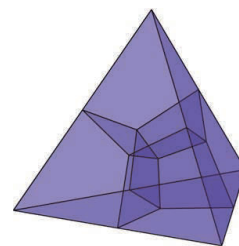
16

□ 高次精度非構造格子法

- 不連続ガレルキン法 (DG法)
- スペクトラルボリューム法 (SV法)
- 利点
 - 非構造格子でも高次精度
 - コンパクトなデータ構造
 - 高い並列化効率



DG法の基底関数



SV法のセル分割

数値計算法

17

	DG	SV
支配方程式	3次元圧縮性RANS方程式	3次元圧縮性RANS方程式
乱流モデル	SA-noft2	SA-noft2
空間離散化	4次精度DG法	2次精度SV法
対流流束	AUSM-DV	SLAU
粘性流束	BR2	BR2
時間積分	1次精度セル緩和型陰解法	2次精度LU-SGS陰解法

計算時間

18

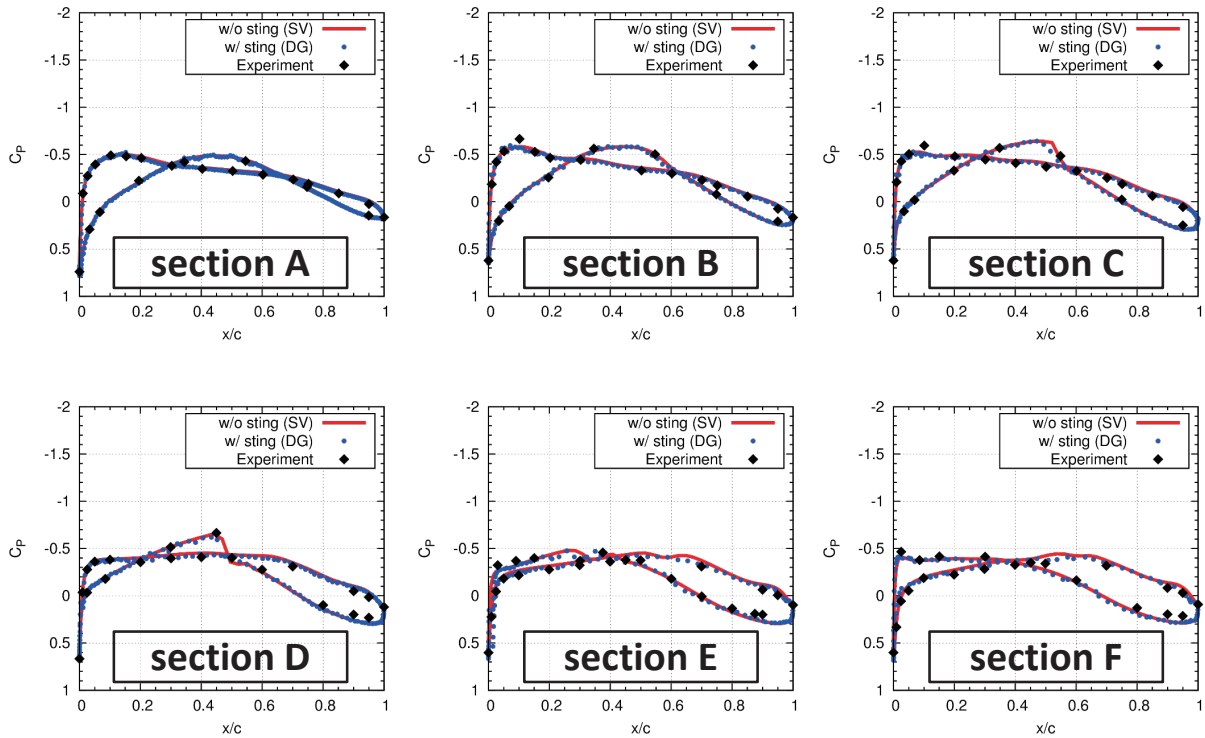
- SV : 7,200万自由度, 512コア(14万自由度/コア)で7日
- DG: 9,000万自由度, 640コア(14万自由度/コア)で7日

計算機: 東北大学流体研スパコン

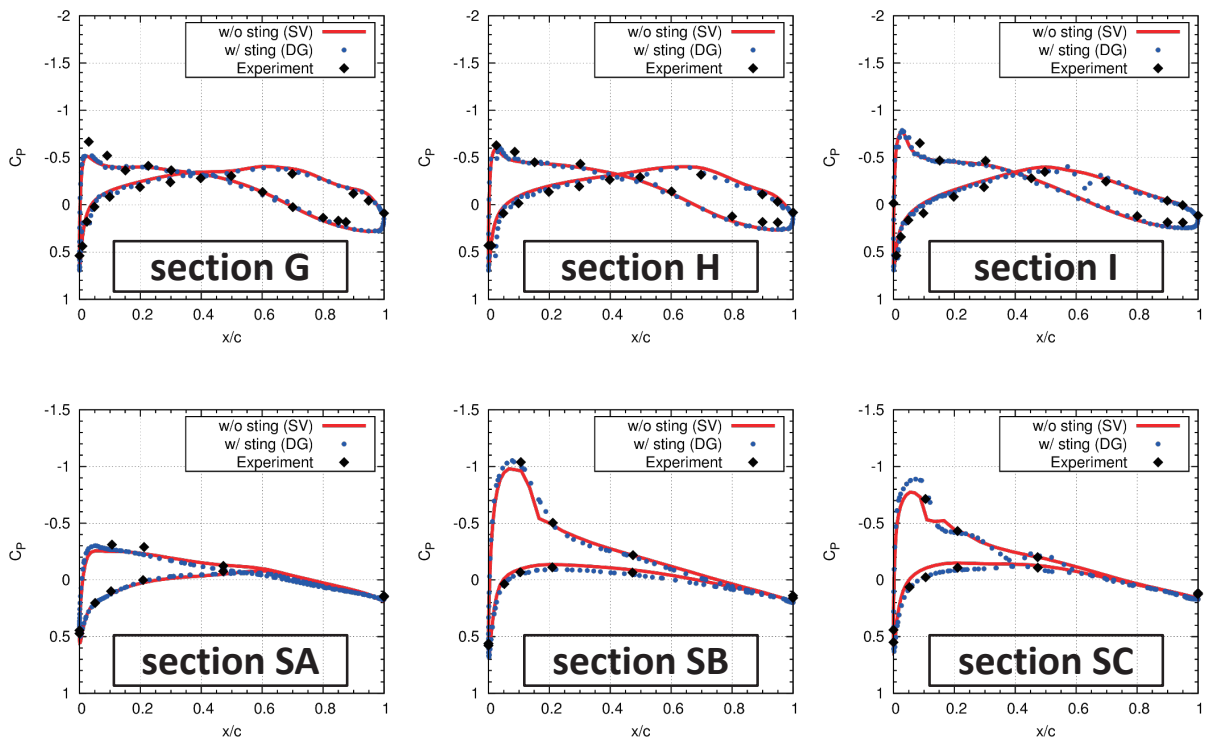
Intel Xeon E5-4650v2

迎角 -0.62 度の C_p 分布(1)

19

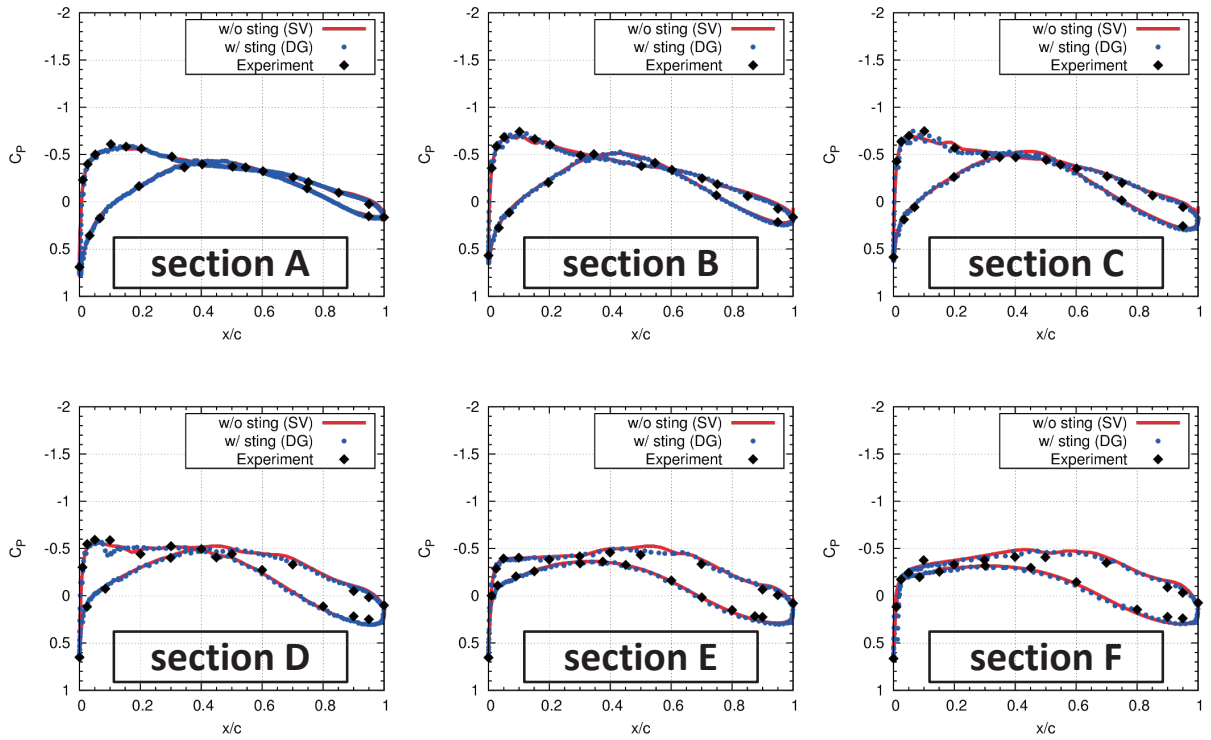
迎角 -0.62 度の C_p 分布(2)

20



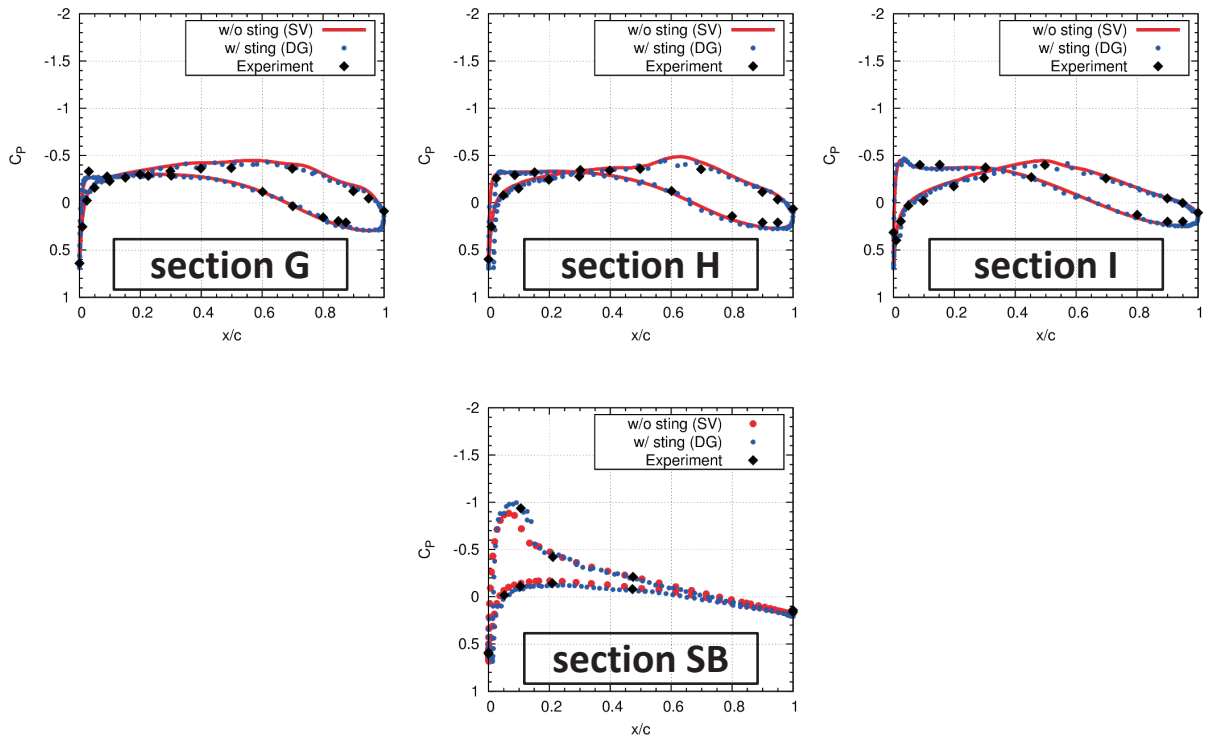
迎角0.32度の C_p 分布(1)

21



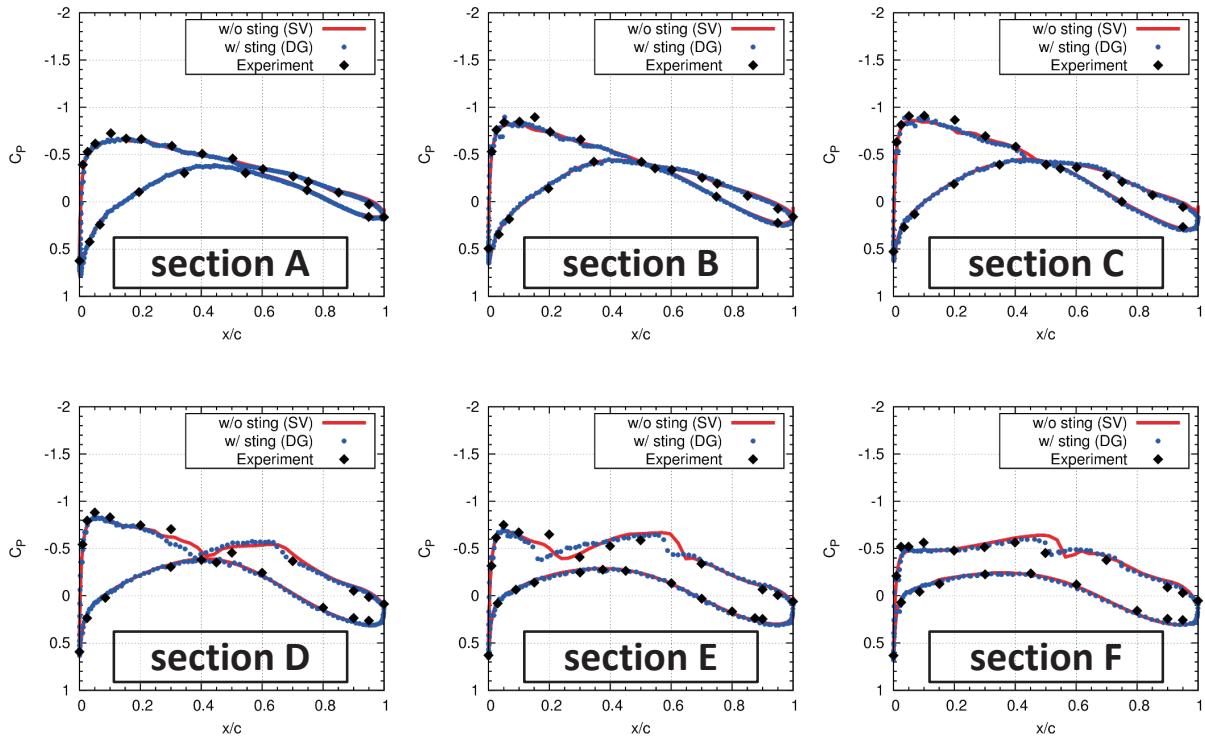
迎角0.32度の C_p 分布(2)

22

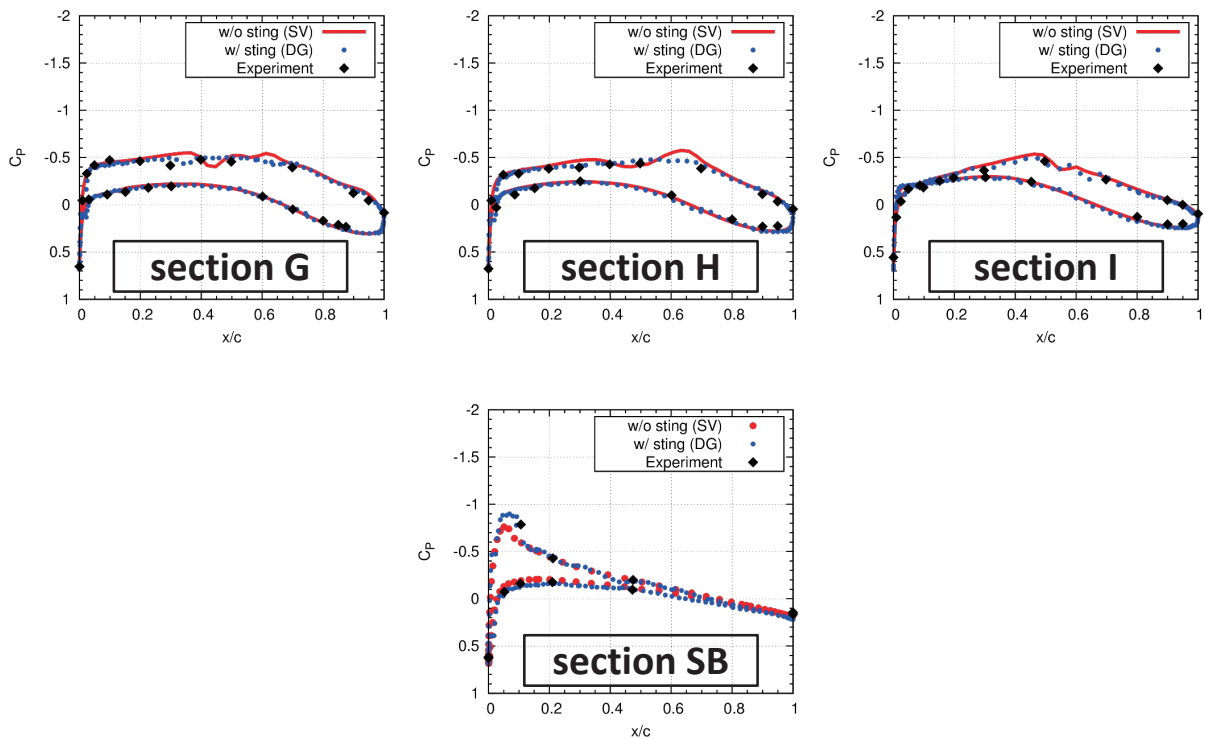


迎角1.39度の C_p 分布(1)

23

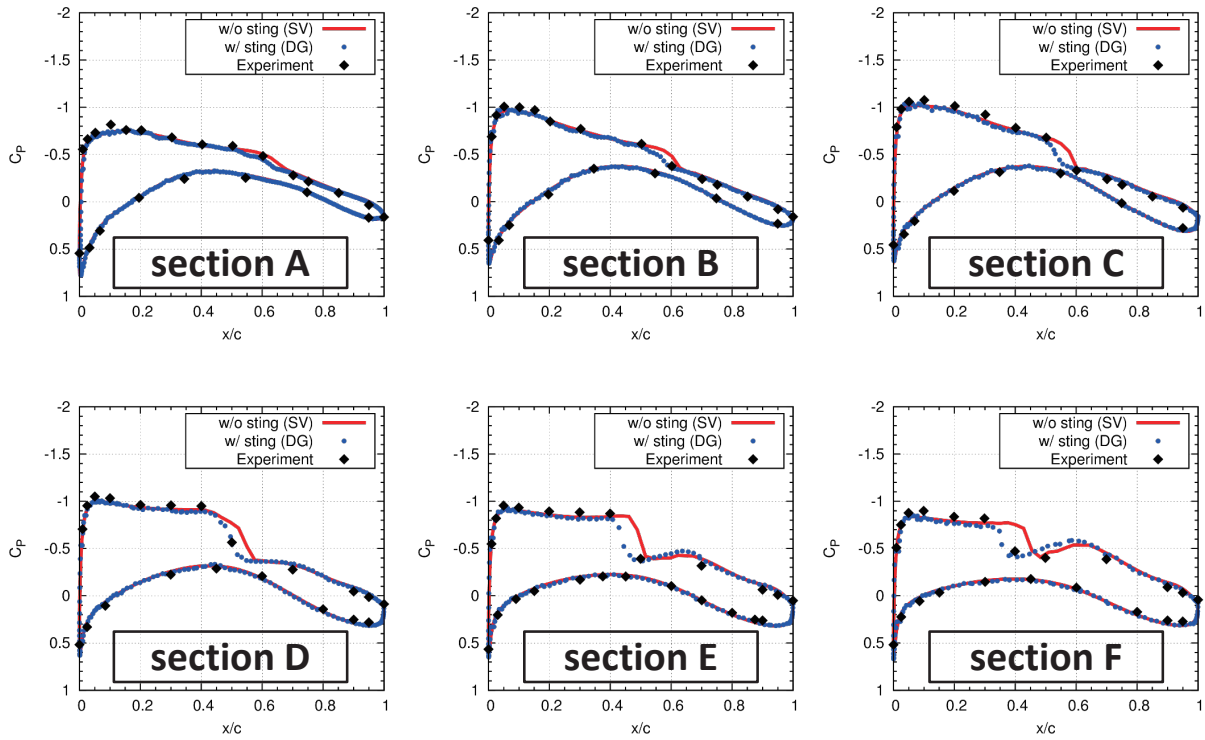
迎角1.39度の C_p 分布(2)

24



迎角2.47度の C_p 分布(1)

25



迎角2.47度の C_p 分布(2)

26

