

目指すは世界最速



高速流体解析ソルバFaSTARの開発と社会貢献

航空本部 数値解析技術研究グループ

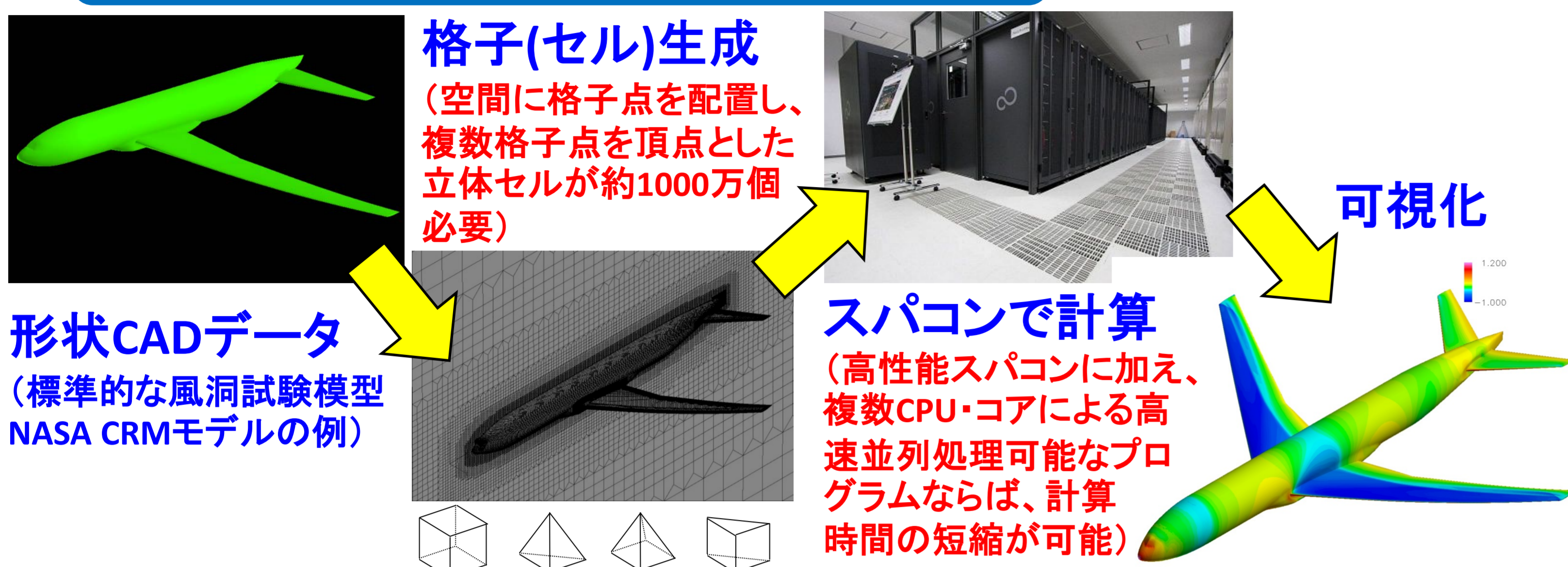
○村上桂一、橋本 敦、青山剛史、松尾裕一

課題

- 航空機の設計・開発能力向上 ⇒ 大量の空力データ取得、機体周囲の気流特性の詳細把握が必要
- 航空機産業の国際競争力向上 ⇒ 空力データ生産の迅速性が重要

世界最速レベルの流体解析ソルバの開発

数値流体解析(CFD)のフロー



計算速度の目標と達成手法

目標:
粘性乱流解析に必要な1000万セル格子でのCFD計算を、JAXAスーパーコンピュータ(JSS) 100コア(理論性能1Tflops)の計算資源を占有した並列計算を実行したときに、**1ケース当り1時間以内に完了**
⇒ **世界最速レベル**

高速化手法:

➢ データ構造の工夫

通常は、各セルを出入りする気流を計算するのに、セル・節点・面の接続情報が必要だが、セルと面だけの接続情報で計算ループを回せるように工夫することで演算量を減らし、高速化を実現

➢ データ並替の工夫

コンピュータが演算する際は、メモリアクセスの順序を極力連続的にすることで、無駄な処理(キャッシュミス)が抑制されるので、隣り合うセルの面番号とセル番号が近くなるように予め並替えておく。

1ケース、約1.8時間

更なる高速化を目指して:

➢ マルチグリッド法(収束加速法)の導入

CFDで収束解を求める際によく用いられる反復解法では、低周波の誤差成分が減衰しにくいので、多くの反復回数を必要とする。この傾向は、セル数が多くなるほど一層顕著になる。この問題を解決するために、複数段階の粗い格子を用いることで、低周波成分を効率良く減らして、収束解を速く求めるマルチグリッド法を導入する。粗い格子は、隣接する幾つかのセルを合体させて作成。

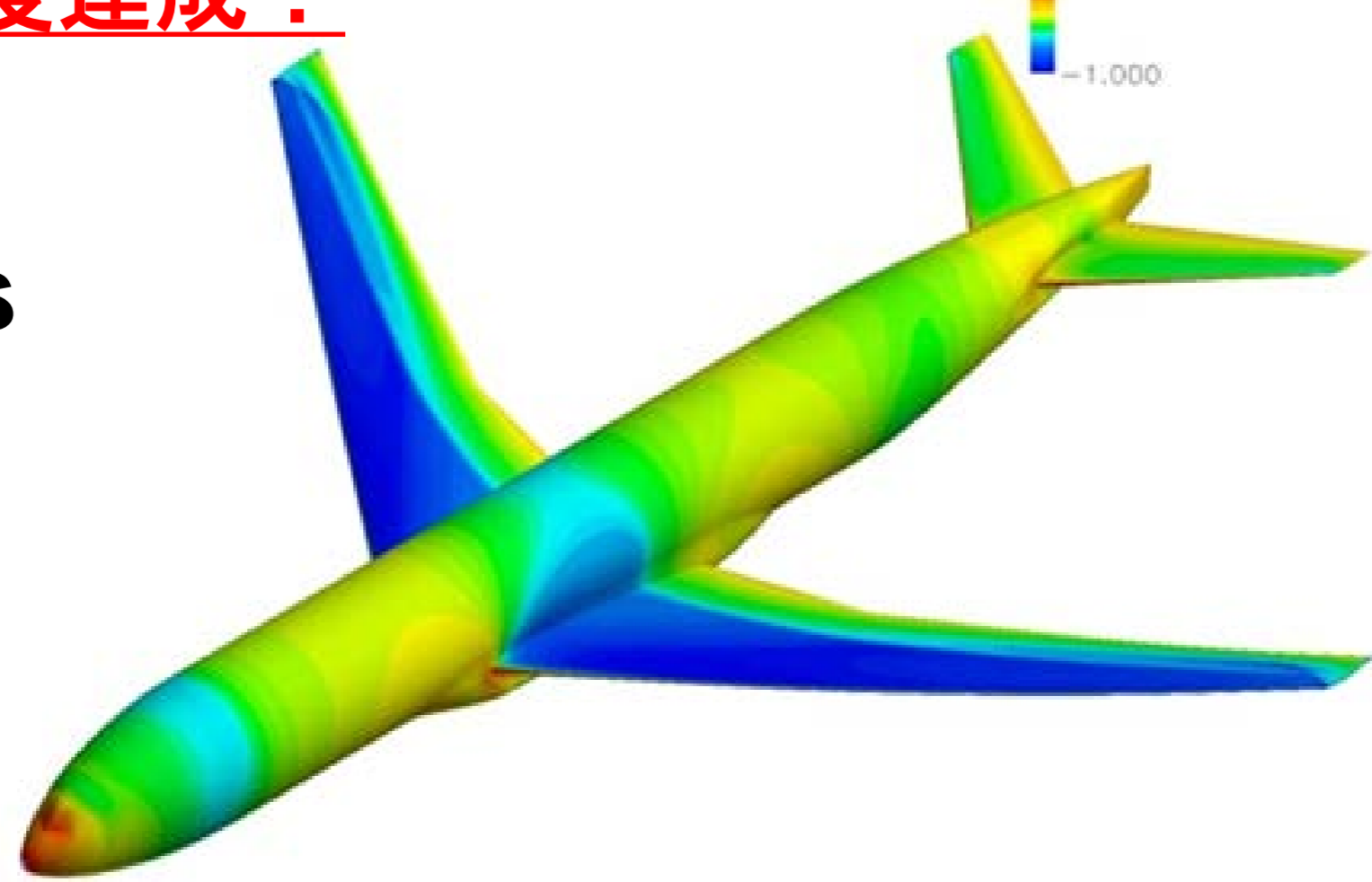
1ケース、約40分

世界最速レベル以上の目標速度達成!

開発コードはFaSTARと命名
FaST Aerodynamic Routines



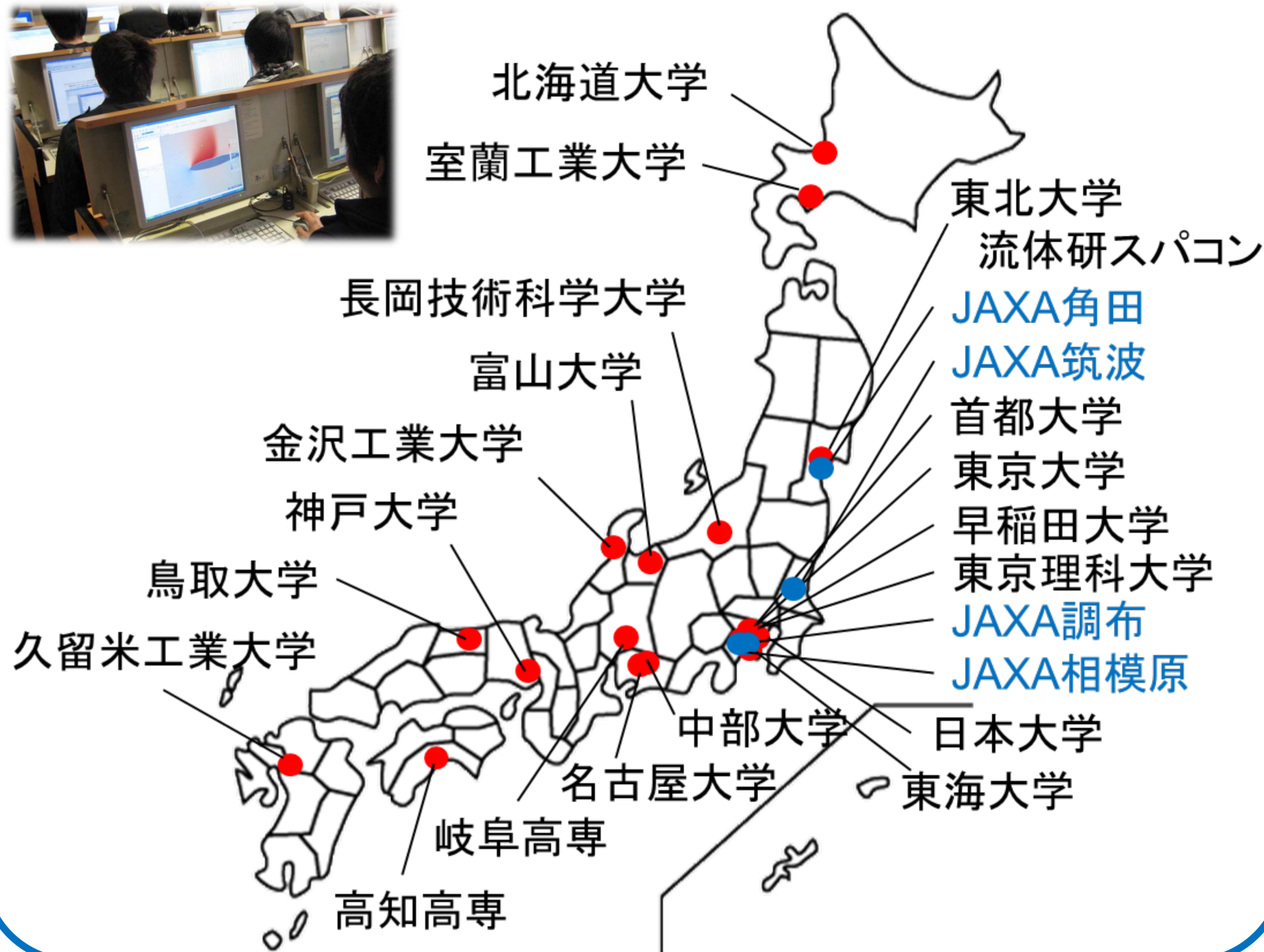
<https://fastar.chofu.jaxa.jp/>



NASA CRM(標準航空機模型)の粘性乱流計算結果(表面Cp分布)

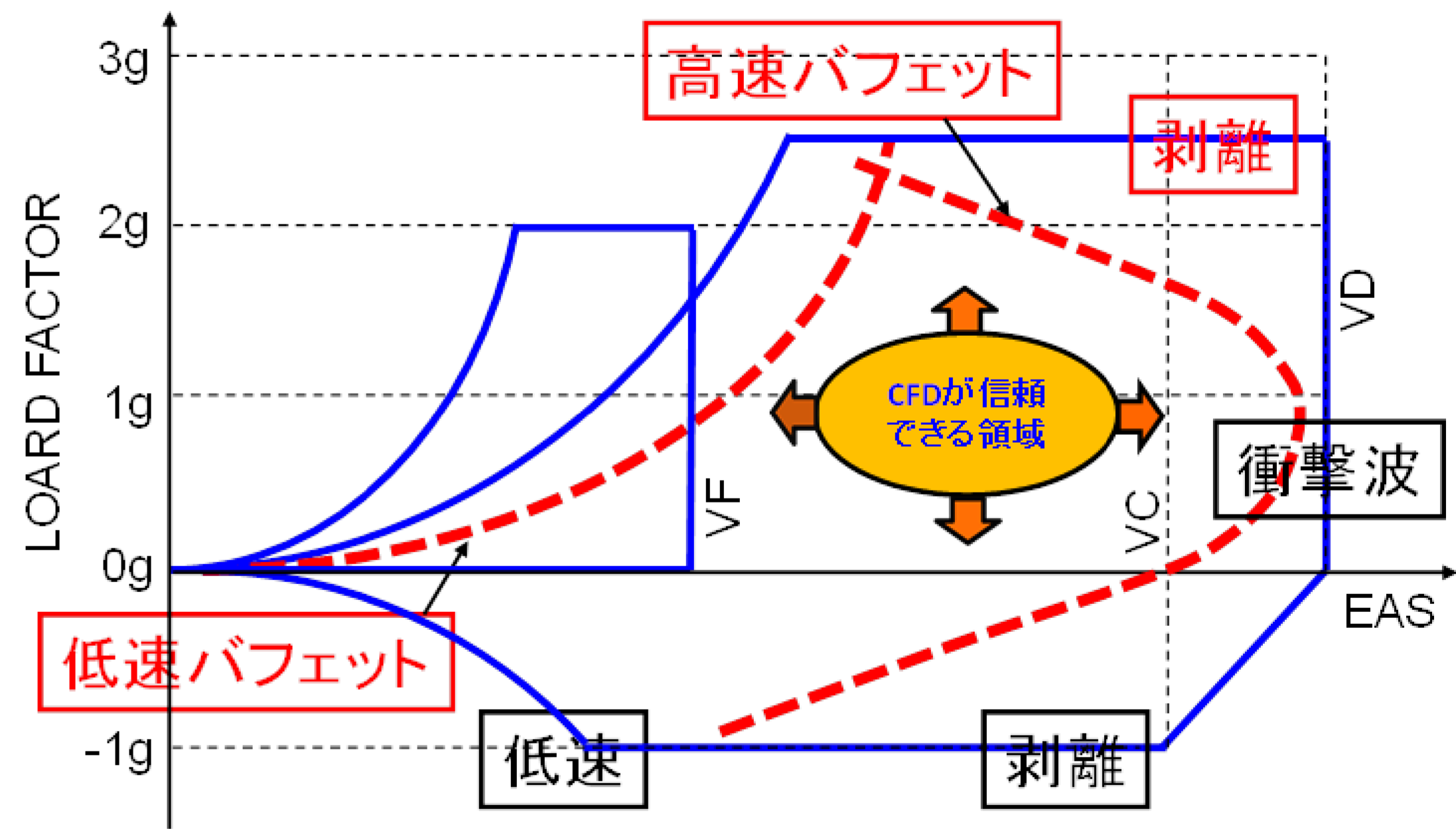
社会貢献

- 航空機の設計・開発に携わる人材の育成支援
 - 中部航空宇宙産業技術センターや、名古屋大学航空宇宙教育プログラムの社会人講座
- 航空教育支援フォーラム(日本航空宇宙学会との協力)
 - 流体力学講演会や飛行機シンポジウムなどで、JAXA研究成果を活用するための課題を議論
 - 大学や高専への、覚書締結による解析ツール提供



今後の開発計画

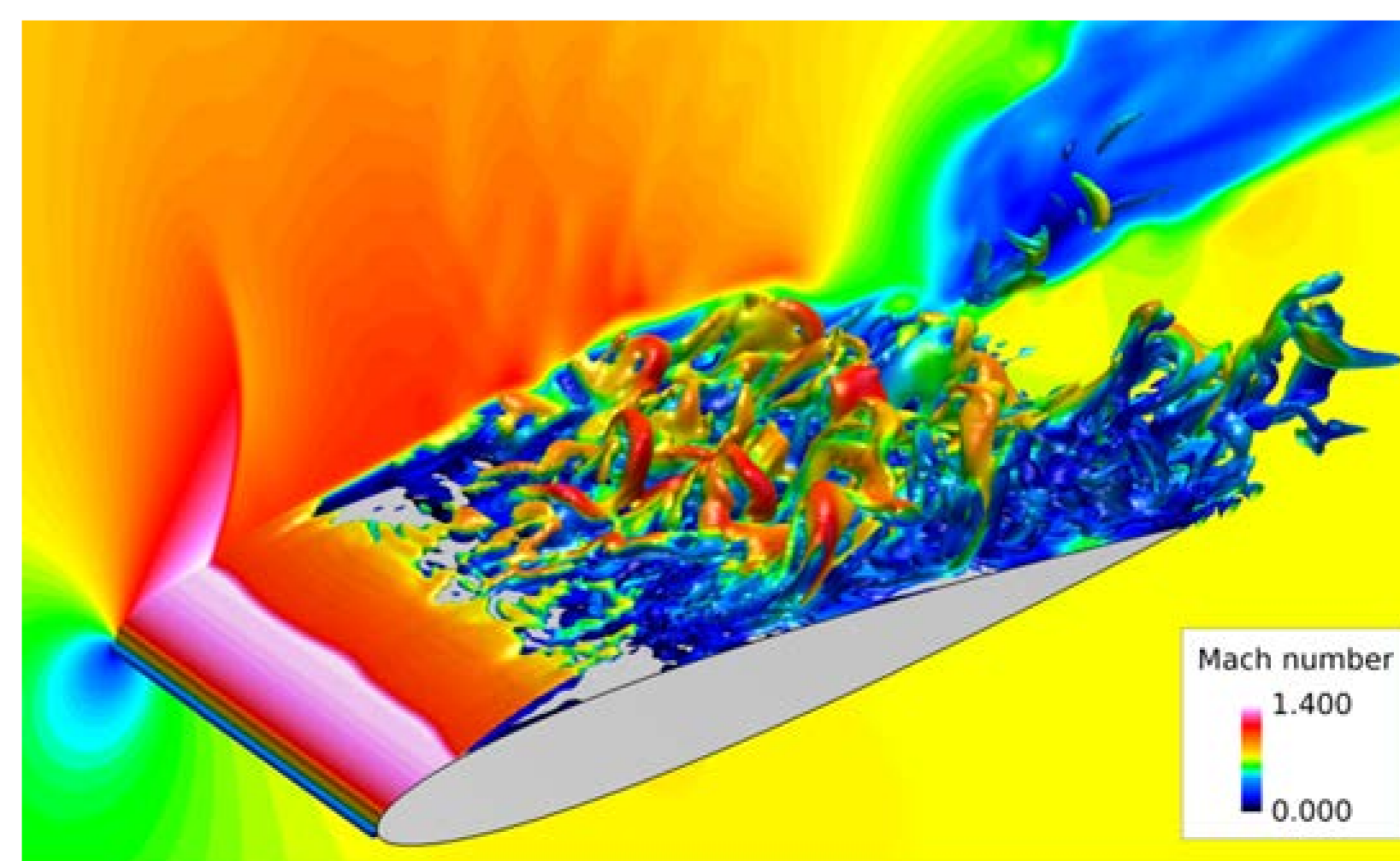
フライトエンベロープの全領域で使えるCFDを目指す



これまでのCFDは巡航状態近傍(主に付着流)に限定されており、今後の課題は、パフエットや剥離などの非定常現象が発生する巡航状態以外での信頼性向上

非定常FaSTARの開発

- 高精度非定常ソルバ(DES, LES etc.)
- RANS/LESハイブリッド手法を採用し、RANSとLESそれぞれに適した数値解法に局所的に切り替え



境界層内の渦構造とマッハ数分布

NACA0012周りの非定常流DES解析
M=0.72
Re=1.0x10⁷
AoA=5.4°