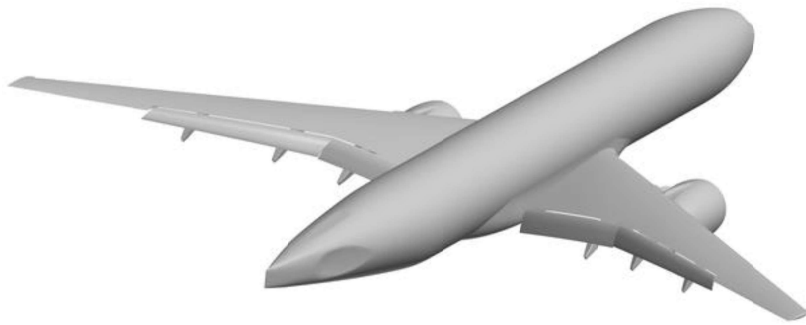


APC-8の課題説明

Test cases of Eighth Aerodynamics Prediction Challenge (APC-8)

橋本 敦 (JAXA)
Hashimoto Atsushi(JAXA)



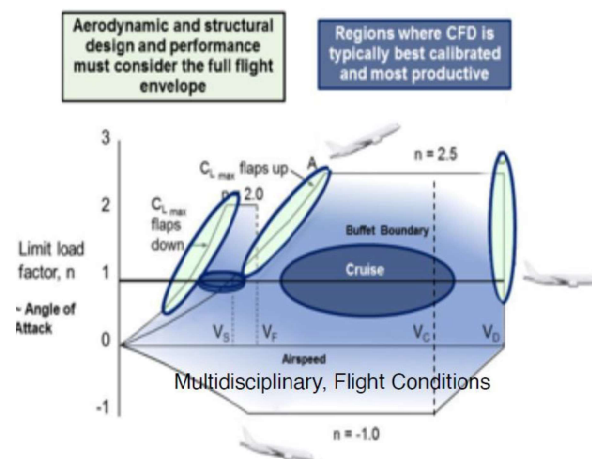
背景: デジタル認証 (CbA) の研究

[1]CRM-HL資料 <https://nari.arc.nasa.gov/tacp2021showcase/agenda/>

- 新しい旅客機の認証取得には1~2千億円の費用が掛かっている[1]。飛行試験・地上試験を解析で代替することによって、機体の安全性と性能を向上しつつ、認証に必要な開発工数を削減することで、数百億円のコスト低下につながり、下記のような効果が得られる

- 飛行試験期間の短縮 (Boeingの目標: 1年(現状)⇒半年(2023)⇒3か月(2026))
- フライト試験を経由しない新規技術/設計変更の導入
- 飛行試験中の予期せぬ不具合の回避
- 国際競争力の強化

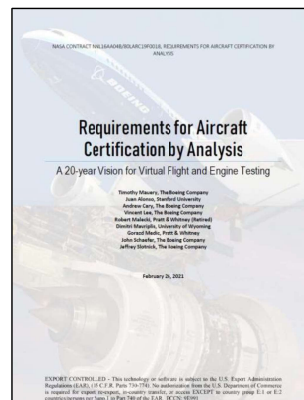
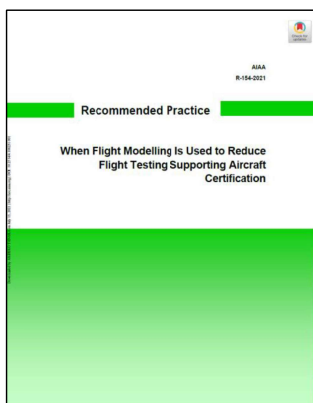
- CbAにおける高揚力形態予測技術の重要性
 - エンベロープの中で認証取得に必要な項目の2/3は低速の飛行条件である。
 - 失速速度は低速特性の基本データであり、高揚力形態の最大揚力予測が最も重要であるが、流れの剥離現象が複雑なため予測が難しい。



背景：デジタル認証(CbA)の研究



- 世界的に、安全で効率的な認証作業を推進するため、飛行試験を解析で代替する方向性が共有されており、AIAA等で**Certification by Analysis(CbA)**の国際コミュニティが形成され、認証に解析を使用する際のガイドラインを作成する活動が行われている。また、NASAにおいてもCbAに関する検討が行われ、その成果報告書が出版された。



AIAAのCertification/Qualification by Analysis(CQbA) WGでは、航空機の適合性証明方法として、数値シミュレーションの活用を促進するため、製造メーカーと認証機関の両方に使われる Recommended Practiceを出版(2021年4月)。Steering CommitteeはAirbus、Boeing、EASA、FAA、DLR、NASA。

2021年5月にNASAが公開したCbAの報告書。BoeingとPratt & Whitneyの有識者により取りまとめられた。2040年におけるCbAのビジョン、それに向けたロードマップが示されている。

失速に関するレギュレーション



失速について耐空性審査要領では下記のように定められている
(米国の14 CFR Part25も同様)

□ 失速速度の選定

- 参照失速速度 V_{SR} は、申請者が選定するものとする。(耐審2-3-2)

□ 失速の実証

- 失速は、直線飛行及び30度バンク旋回において行わなければならない。(耐審2-7-1)

□ 失速特性

- 飛行機が失速に達するまでは、異常な機首上げが起ってはならない。また、縦の操縦力は失速に至るまで及び失速中、正でなければならない。さらに操縦装置を通常に操作して失速をすみやかに防ぎ、また、失速から回復することができなければならない。(耐審2-7-2)

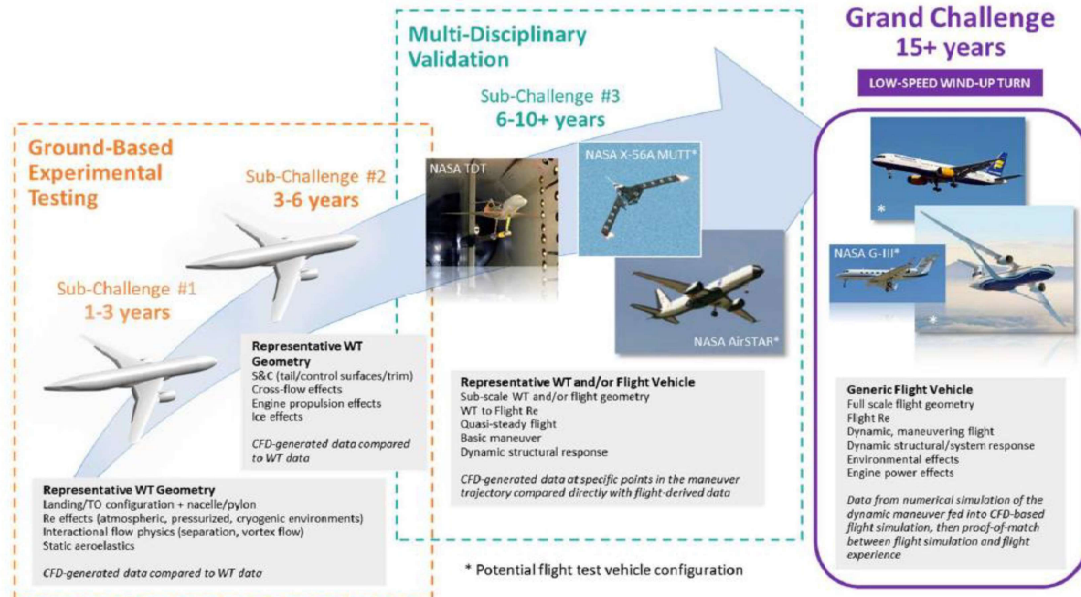
現状、飛行試験で実施しているこれらの証明を解析で代替するため、CFDで正確に失速を予測可能であることを証明する必要がある。その際に、世界的な標準模型であるCRM-HLで取得されたデータで風洞試験とCFDの信頼性を検証することが重要である。

※耐空性審査要領は下記からダウンロード可能です。
航空安全情報管理・提供システム <https://www.asims.mlit.go.jp/>

Grand Challenge



- AIAA CFD2030 Integration committeeでは、Low-speed wind-up turnをGrand Challengeとして設定。低速の高揚力装置形態で、高度を飛行速度を一定に保ったまま、迎角とバンク角を増やすマニューバであり、舵効きや操縦力の評価も必要になる。
- 高揚力装置形態における風洞試験による検証がファーストステップ。



J. P. Slotnick, D. J. Mavriplis, "A Grand Challenge for the Advancement of Numerical Prediction of High Lift Aerodynamics," AIAA 2021-0955 5

Objective



- 航空機の認証では、飛行試験で高揚力装置形態の失速を証明することが求められる。理想的には、CFDで失速(最大揚力)を予測しながら形状設計を行い、想定通りに飛行試験で再現することが望ましい。
- しかし、現状のCFDには、剥離流れの予測精度や複雑形状の取り扱いなどに課題があり、その課題解決に向けた取り組みが必要である。
- そこで、APC-8では、参加者が解析した結果を分析することで、高揚力装置形態におけるCFDの評価を行うとともに、失速予測に向けた今後の方向性を議論することを目的とする。

Test cases of APC-8



- 課題1: 3D CRM-HL、定常解析
- ~~課題2: 3D CRM-HL、非定常解析~~
- 課題3: 3D CRM-HL、フラップ舵角効果(任意)
- 課題4: 2D CRM-HL、定常解析(任意)

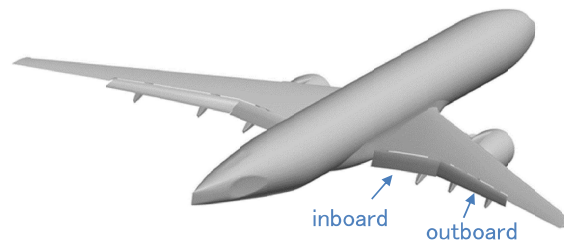
※参加は上記の課題のうち一部のみでも可

7

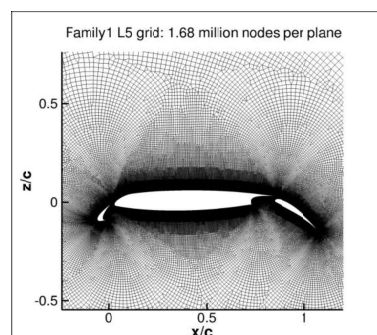
Geometry



- 課題1～3: 3D CRM-HL
 - 課題1～2: フラップ角 40° / 37° (inboard/outboard)
 - 課題3: フラップ角 43° / 40° (inboard/outboard)



- 課題4: 2D CRM-HL



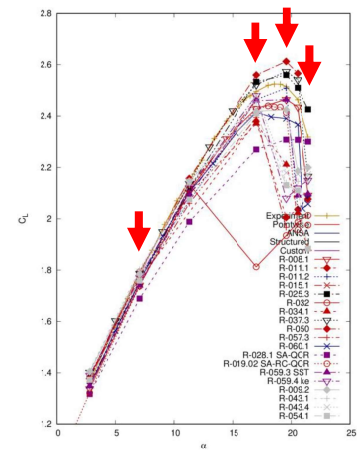
8

Test cases of APC-8



- 課題1: 3D CRM-HL、定常解析
 - $M = 0.2$, $Re = 5.49 \times 10^6$
 - $AoA = 7.05, 17.05, 19.57, 21.47 \text{deg}$
 - 課題2: 3D CRM-HL、非定常解析
 - $M = 0.2$, $Re = 5.49 \times 10^6$
 - $AoA = 7.05, 17.05, 19.57, 21.47 \text{deg}$
 - 課題3: 3D CRM-HL、フラップ舵角効果(任意)
 - $M = 0.2$, $Re = 5.49 \times 10^6$
 - $AoA = 7.05, 17.05 \text{deg}$
 - 課題4: 2D CRM-HL、定常解析(任意)
 - $M = 0.2$, $Re = 5.00 \times 10^6$
 - $AoA = 16 \text{deg}$
- 課題1-3はAIAA HLPW4の条件を参考に設定、課題4はNASA TMRの条件を参考に設定

HLPW4
All Best-Practice Results
(03_GMGW3_HLPW4_RANS.pdf, p.17)



9

格子、比較データ



- 課題1～3:
 - 格子は原則自由。HLPW4で公開されているを格子を使用可とし、JAXA格子(MEGG3D)を推奨。
 - 比較する実験データHLPW4で公開されているデータを使用。空力係数、圧力分布、オイルフローが公開されている。
- 課題4
 - 格子は原則自由。格子はNASA TMRで公開されているデータを使用可。
 - 実験データは無いので、NASA TMRで公開されている計算結果と比較

10

提出データ



課題	項目	迎角	備考
1	空力係数	全迎角	プロットデータ, 収束値 (圧力・摩擦で分解)
	表面 C_p 分布	全迎角	プロットデータ, 収束値 Slat, Main, Flap 8断面(位置はHLPW4参照)
	表面 C_p コンター図	全迎角	画像データ, 収束値 視点2つ(HLPW4のVIEW1,5)
2	空力係数	全迎角	プロットデータ, 平均値 (圧力・摩擦で分解)
	表面 C_p 分布	全迎角	プロットデータ, 平均値 Slat, Main, Flap 8断面(位置はHLPW4参照)
	表面 C_p コンター図	全迎角	画像データ, 平均値 視点2つ(HLPW4のVIEW1,5)
3	空力係数	全迎角	プロットデータ, 収束値 or 平均値 (圧力・摩擦で分解)
	表面 C_p 分布	全迎角	プロットデータ, 収束値 or 平均値 Slat, Main, Flap 8断面(位置はHLPW4参照)
	表面 C_p コンター図	全迎角	画像データ, 収束値 or 平均値 視点2つ(HLPW4のVIEW1,5)
4	空力係数	16deg	F1~F7の格子収束 プロットデータ, 収束値 (圧力・摩擦で分解)
	表面 C_p 分布	16deg	F1~F7の格子収束 プロットデータ, 収束値 Slat, Main, Flap

11

まとめ



- CbAに関する動向及びCRM-HLを紹介した。
- APCの課題について、条件、形状/格子、比較データ、提出データを説明した。

12

謝辞



- 本資料を作成するにあたり、APC有識者会議の皆様には、課題設定に関するご助言をいただきました。菱友システムズの林謙司氏にはWebページ作成作業のご支援をいただきました。上記の関係者の皆様に、ここに感謝の意を表します。

13

APC Website



- Please see the APC website for more information
 - <https://cfdws.chofu.jaxa.jp/apc/>

14