

統合シミュレーション技術の研究開発 ～サイバー空間での航空機設計実現に向けて～

宇宙航空研究開発機構 航空技術部門
数値解析技術研究ユニット長

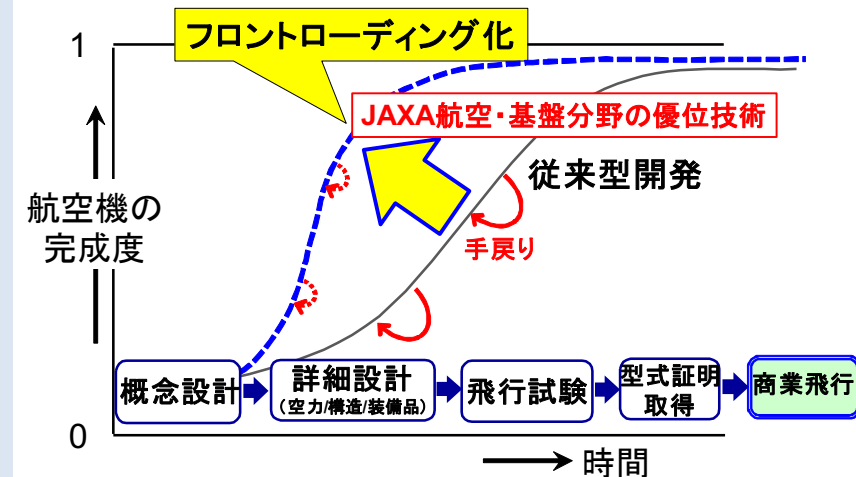
青山剛史

背景

- 新型機開発の国際競争が激化している中、我が国航空機産業界の競争力を向上させるには、**開発の効率化・迅速化**を実現することが不可欠。
- データやノウハウの蓄積が遅れている我が国においては、**数値シミュレーション技術の適用範囲を拡大**することが必須。
- JAXAでは、デジタル/アナログ・ハイブリッド風洞(DAHWIN)が運用されてきたが、適用範囲の拡大については、**組織的な取り組み**に至っていなかった。

研究の目的

- ① 航空機開発のフロントローディング化によって効率化・迅速化を実現するため、巡航状態以外(オフデザイン)を含めた**全飛行領域で使える数値シミュレーション技術を開発**する。
- ② 研究成果をユーザに提供するため、**航空機開発用の多分野統合基盤システム(ISSAC: Integrated Simulation System of Aerospace vehiCles)**を構築する。



2. 研究内容（技術課題）

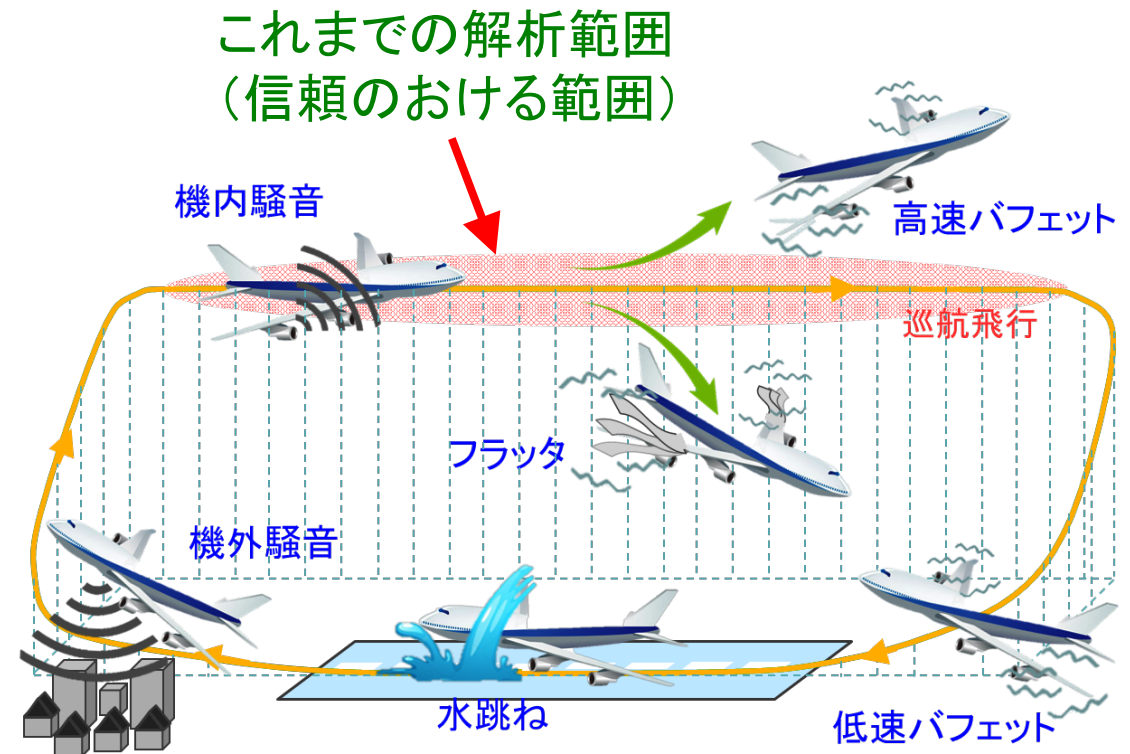
■ 課題設定の考え方

- メーカーの実機開発からバックキャストし、研究期間(2018~2021)に社会実装を目指せる課題を設定。
- 公的研究機関として保有すべき技術、海外動向(NASA CFD Vision2030やボーイングの技術動向)も重視。

■ 取り込む技術課題

非定常とマルチフィジックス(多分野統合)がキー

- ① 低速/高速バフエット予測技術（空力振動）
- ② フラッタ予測技術（空力/構造連成振動）
- ③ 機内/機外騒音予測技術（音響/構造連成）
- ④ 滑走路の水跳ね予測技術（混相流）
- ⑤ 舵効き・動安定予測技術（空力/飛行連成）
- ⑥ 実機スケール（レイノルズ数効果）



3. 低速/高速バフエツト予測技術

【背景】フライトエンベロープ内で予期しないバフエツトが発生すると、対策のために開発スケジュールの遅延や機体改修によるコスト増大といった問題が伴う。

【シナリオ】

地上・飛行試験

低速バフエツトの検証データ取得

高速バフエツトの検証データ取得

・ TSP(感温塗料)によるPSP(感圧塗料)計測
高精度化

低速バフエツトの予測ツール構築

・ 高精度高速CFD
・ 超高速LBM(格子ボルツマン法)

数値シミュレーション

高速バフエツトの予測ツール構築

・ 高精度高速非定常CFD(DES)
・ 全体安定性解析技術

バフエツト現象の知識抽出

・ データマイニング

データ科学

(FY2022以降の課題)

バフエツト境界のモデル化

【目的】設計段階での任意機体に対する迅速なバフエツト境界特定

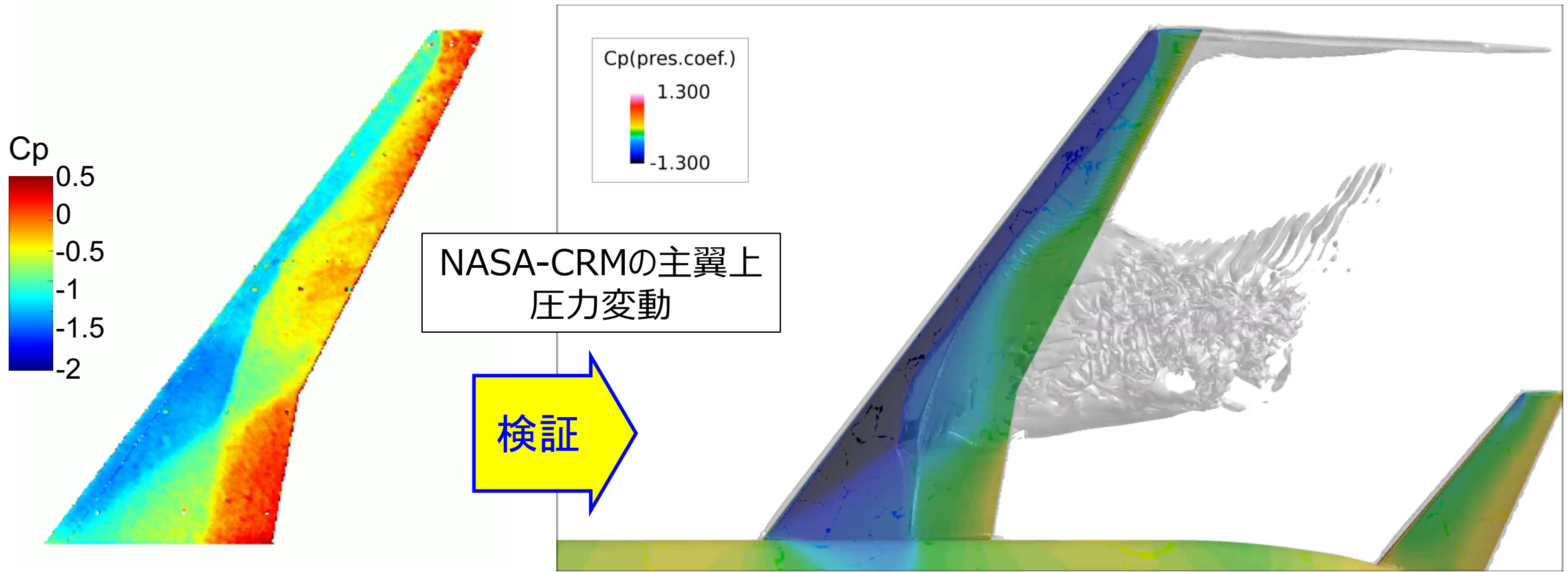
3. 高速バフエットのキー技術

■ TSPで高精度化されたPSP計測技術

- CFDとの直接比較に向け、PSP(感圧塗料)の温度依存性をTSP(感温塗料)によって補正し、高精度化。

■ 高精度高速非定常CFD(DES)

- JAXAの開発したツール(FaSTAR)を非定常現象解明に適用できるように改良。



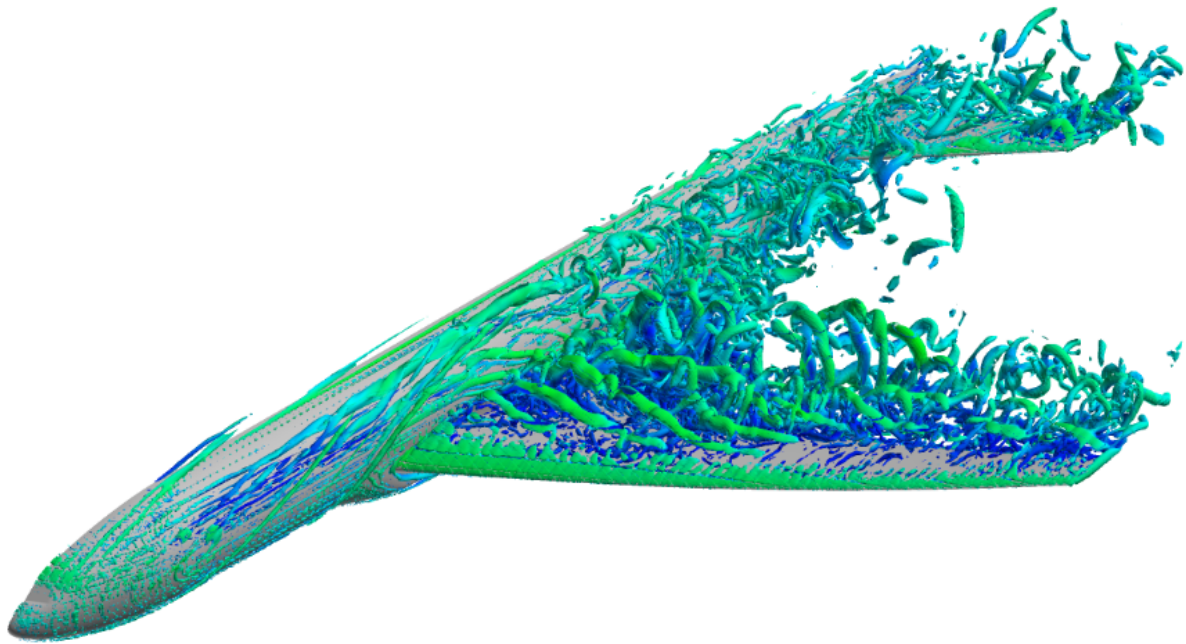
マッハ数0.85, 迎角4.82°

※DES(Detached Eddy Simulation) : RANSとLESのハイブリッド

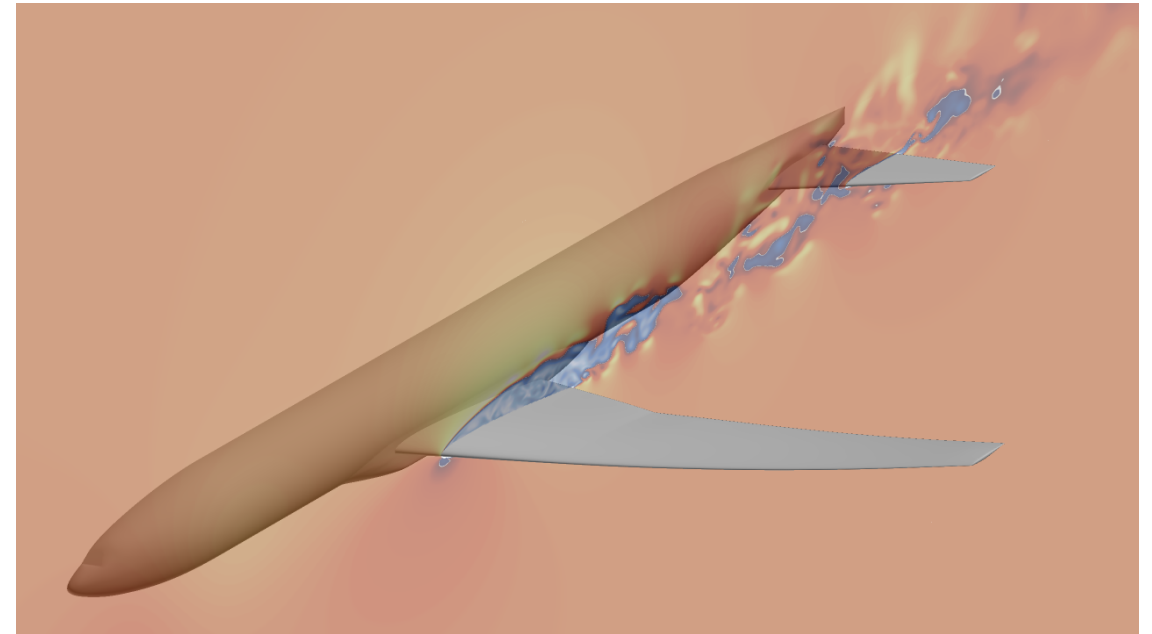
3. 低速バフエット予測のキー技術

■ 超高速LBM(格子ボルツマン法)

- 大規模非定常流体解析を高速に実現するために安定・高解像なLBMソルバを開発し、主翼から剥がれた流れが尾翼に当たる低速バフエット現象に適用。



Q値の可視化図



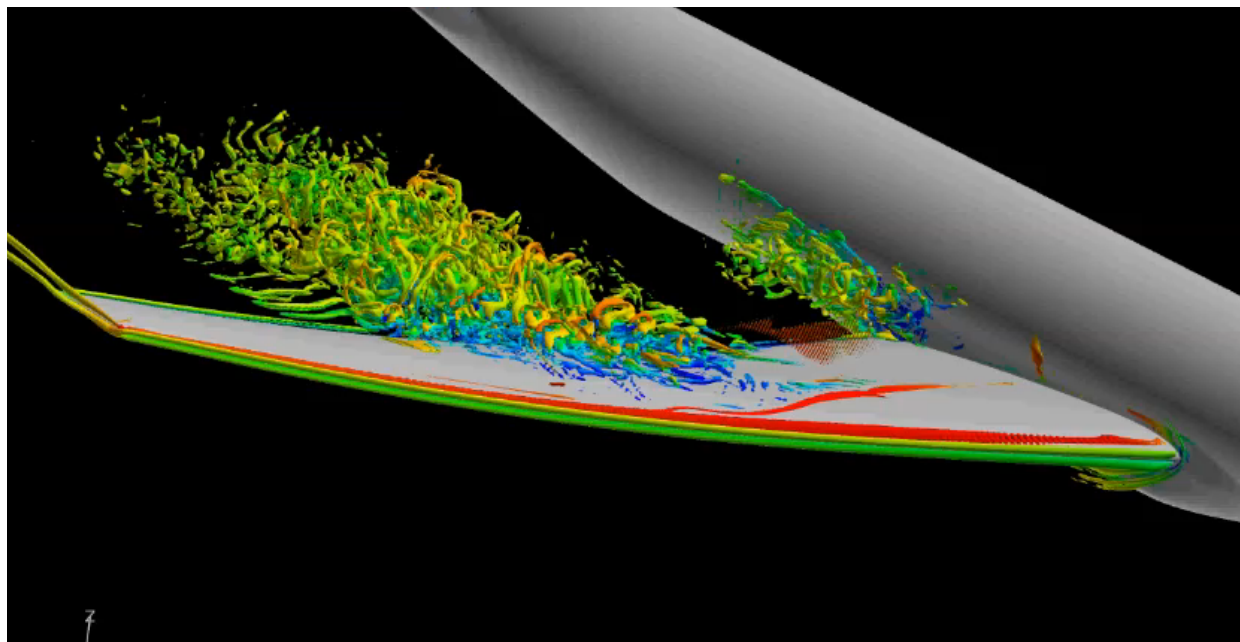
断面速度コンター可視化図

3. 低速/高速バフエット予測のキー技術

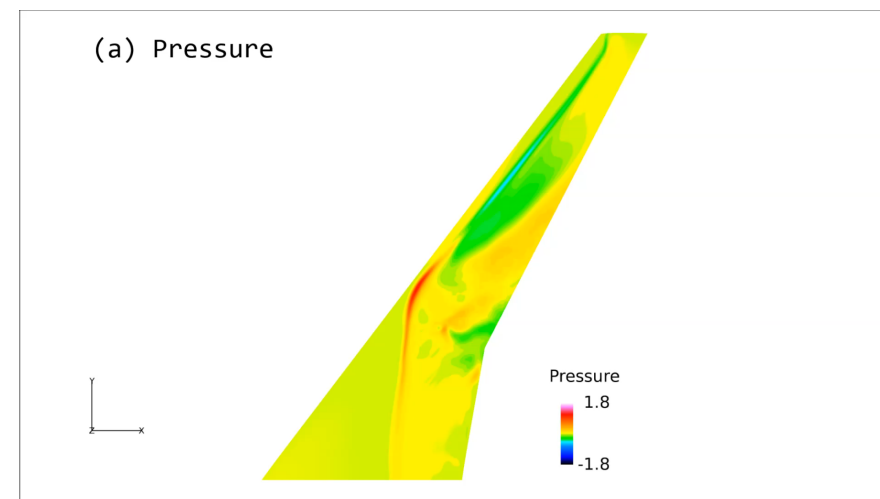
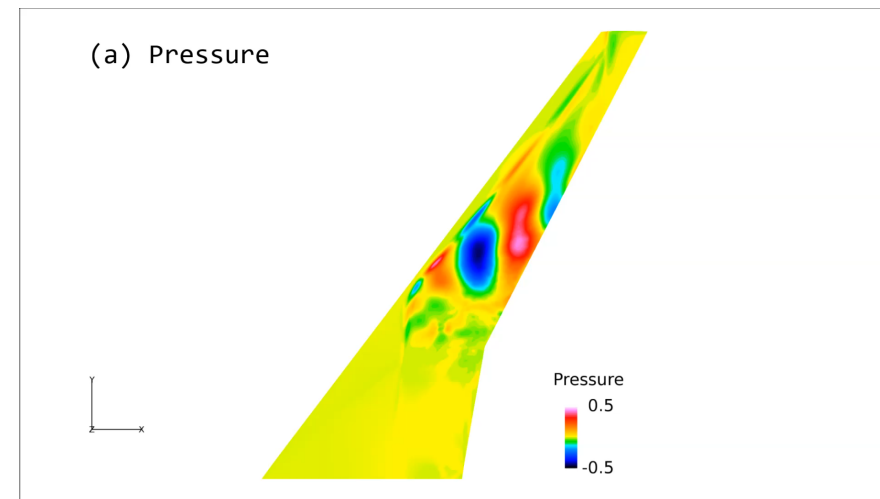
■ データマイニング

- データから物理の本質を把握するための**有益な情報を抽出**し、現象のモデル化に役立てる。
- JAXAの開発したツール(FBasis)は商用化され、モノづくりに活用されつつある。

支配構造 1 : バフエットセル



支配構造 2 : 衝撃波振動



4. フラッタ予測技術

【背景】 飛行範囲内でフラッタが発生することがないよう、十分なマージンを取った空力弾性設計が行われているが、結果として構造重量が必要以上となり、燃費の悪化や製造費の増加を引き起こしている。

【シナリオ】

地上・飛行試験

フラッタの詳細検証データ取得
・空力と構造の同時計測技術

模型設計技術の獲得
・弾性体翼模型の設計技術

数値シミュレーション

フラッタの予測ツール構築
・高精度高速空力弾性解析技術
・ROM(Reduced Order Modeling)による解析技術

機体形状と構造の同時最適化
(線形空力解析)
・空力・構造統合最適化技術

フラッタ境界確定の高速化・効率化

機体形状と構造の同時最適化
(非線形空力解析)

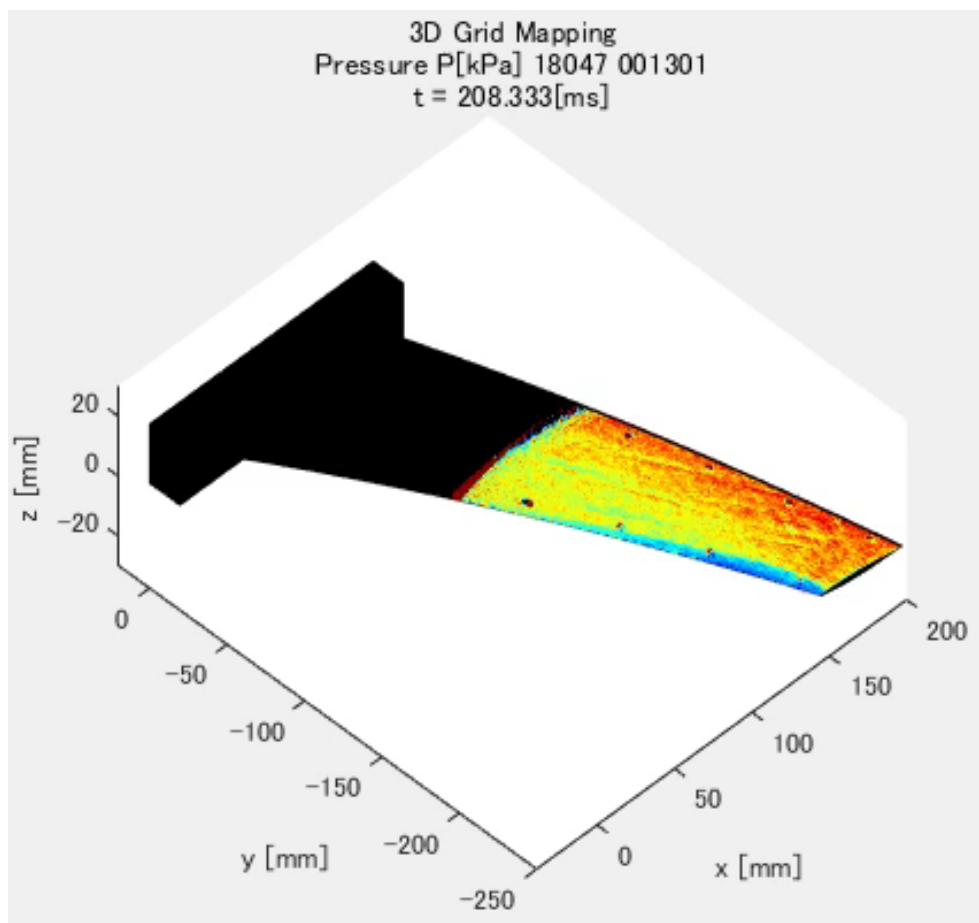
(FY2022以降の課題)

【目的】 設計段階での任意機体に対する迅速なフラッタ境界特定

【目的】 機体開発の時間スケールに適う高性能な空力/構造統合設計

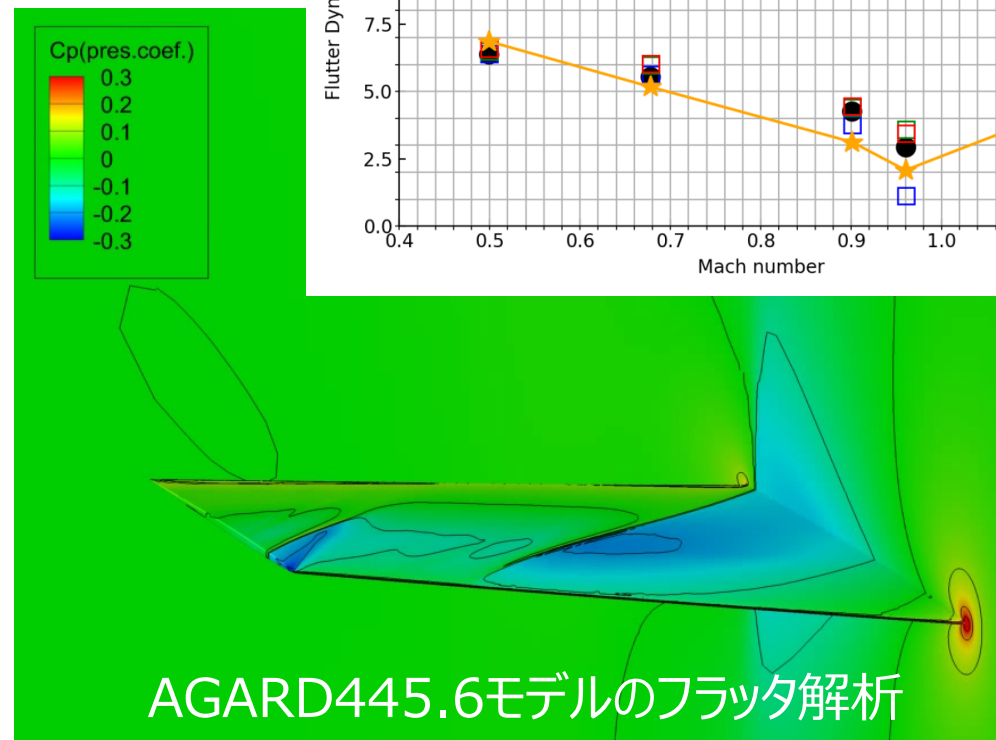
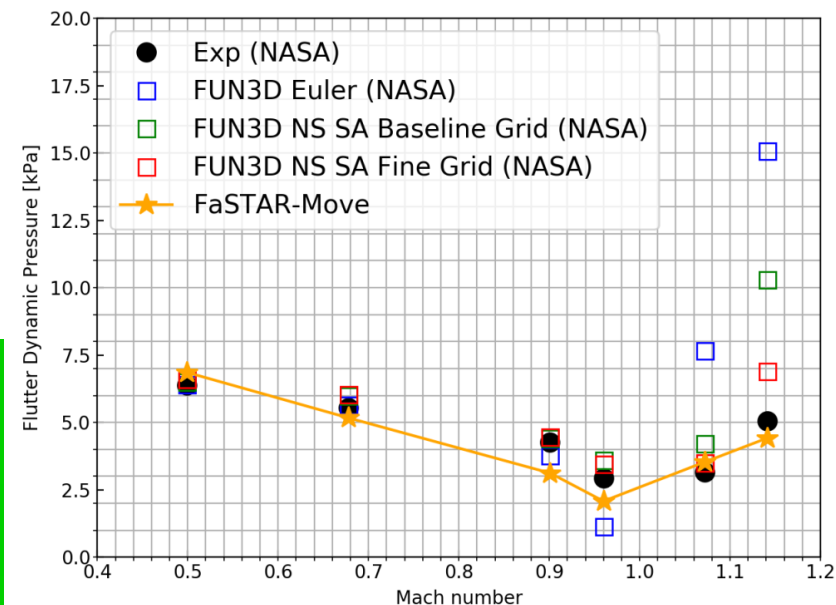
■ 空力と構造の同時計測技術

- PSP(感圧塗料)による圧力計測と、MDM(変型量計測)による変型量を同時計測する技術を開発。



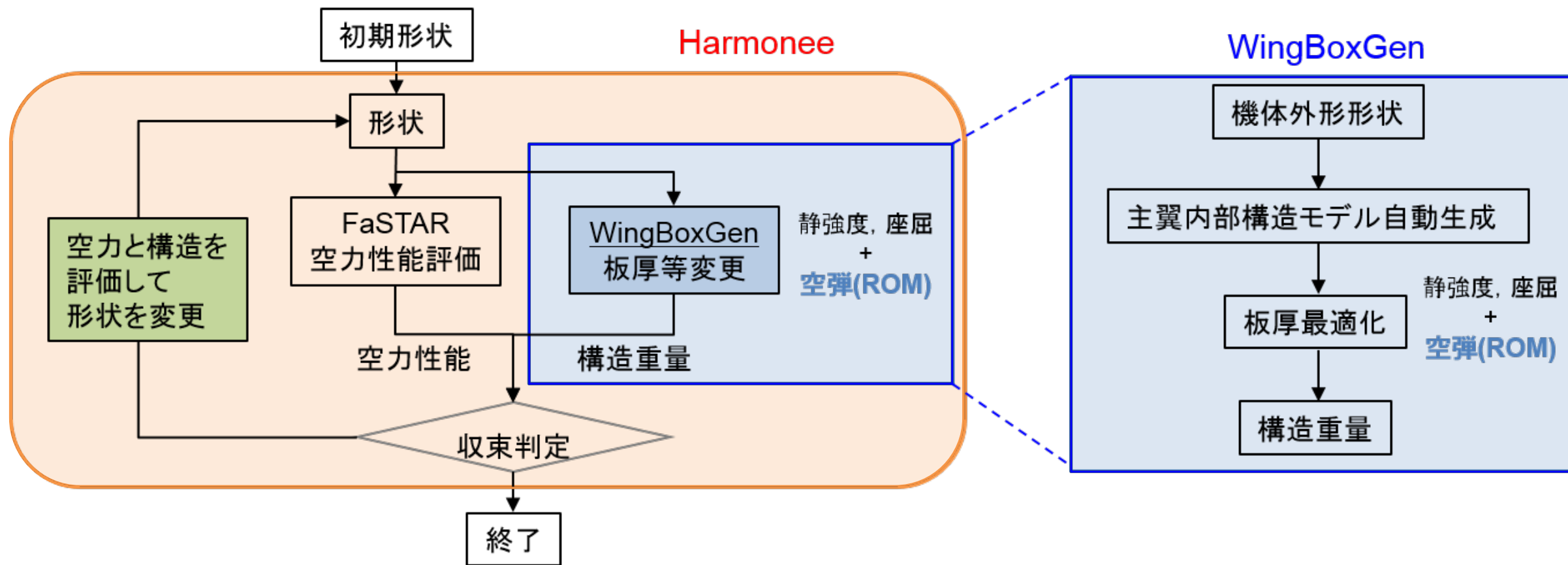
■ 高精度高速空力弾性解析技術

- NASAのソルバよりフラッタ境界を精度よく予測。



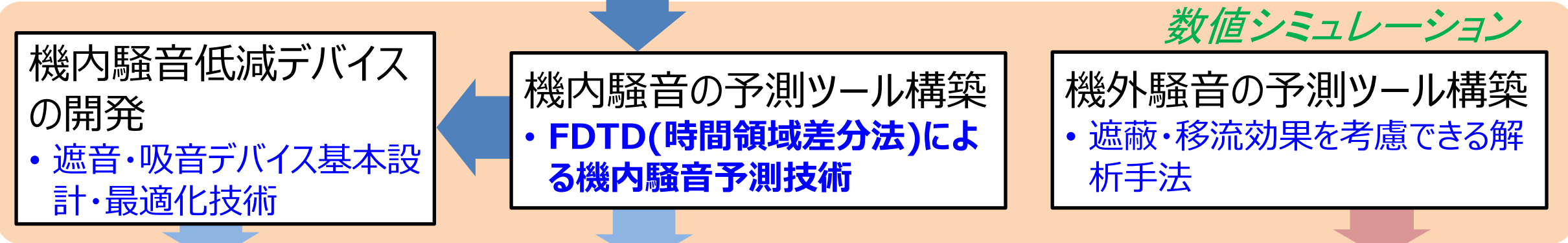
■ 空力・構造統合最適化技術

- 空力性能と構造重量を同時に最適化する手法を開発中。



5. 機内/機外騒音予測技術

【背景】 乗客の快適性向上を図るための機内騒音低減と、年々厳しくなっている空港騒音に対するICAO基準をクリアするための機外騒音低減が重要な課題となっている。



【目的】 新造機・既存機の機内騒音低減

5. 機内/機外騒音予測技術

■ NAHを用いた機内騒音の音場特性把握技術

飛行試験の概要

試験目的 : 実機の機内騒音環境データの取得

計測機材 : NAH、シングルマイクロホン
音響インピーダンス計測器

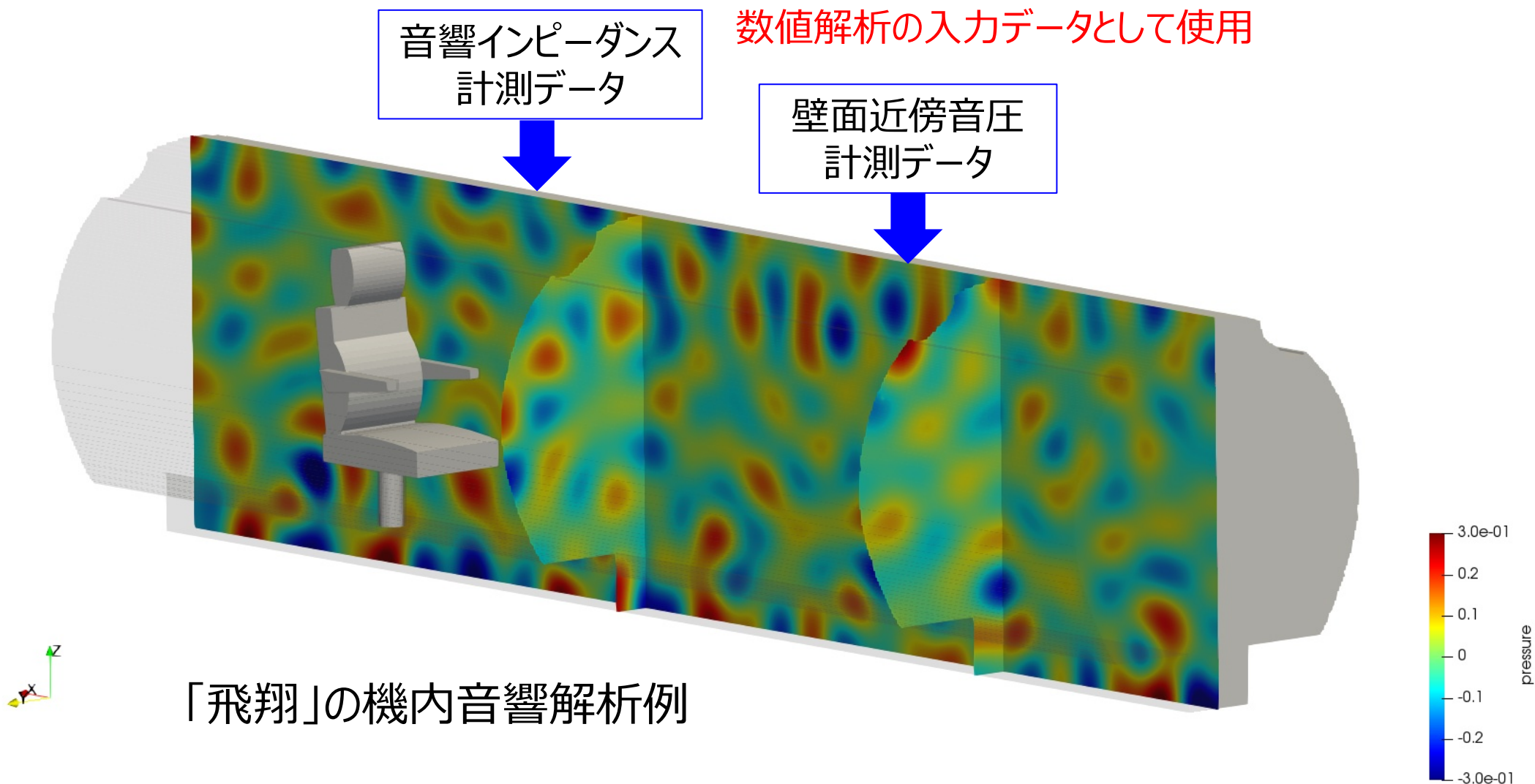
使用機体 : JetFTB「飛翔」



5. 機内/機外騒音予測技術

■ FDTDによる機内騒音予測技術

- 広い空間の透過音を高周波まで高速・高精度に解析可能。



6. 滑走路の水跳ね予測技術

【背景】滑走路における水跳ねのエンジンへの流入や水の抵抗による滑走距離増加の事前予測が望まれている。これらは、型式証明の際の必須評価項目として挙げられている。

【シナリオ】

水跳ねの検証データ取得
• 水跳ね試験・計測技術

地上・飛行試験

水跳ね予測ツール構築
• 粒子法解析技術(P-Flow)

数値シミュレーション

機体の抵抗予測
• 水滴による機体の抵抗推算技術

機体の抵抗計測
• 抵抗予測に関する検証データ取得技術

(FY2022以降の課題)

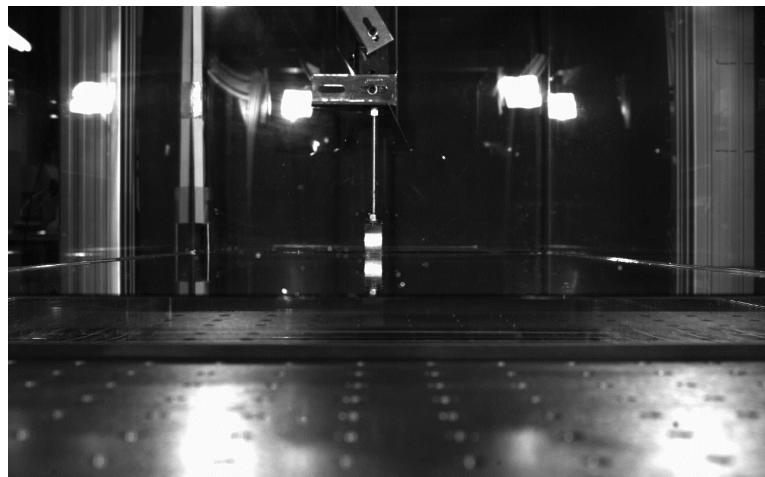
【目的】設計段階で水跳ねのエンジン流入や機体抵抗の予測



6. 滑走路の水跳ね予測技術

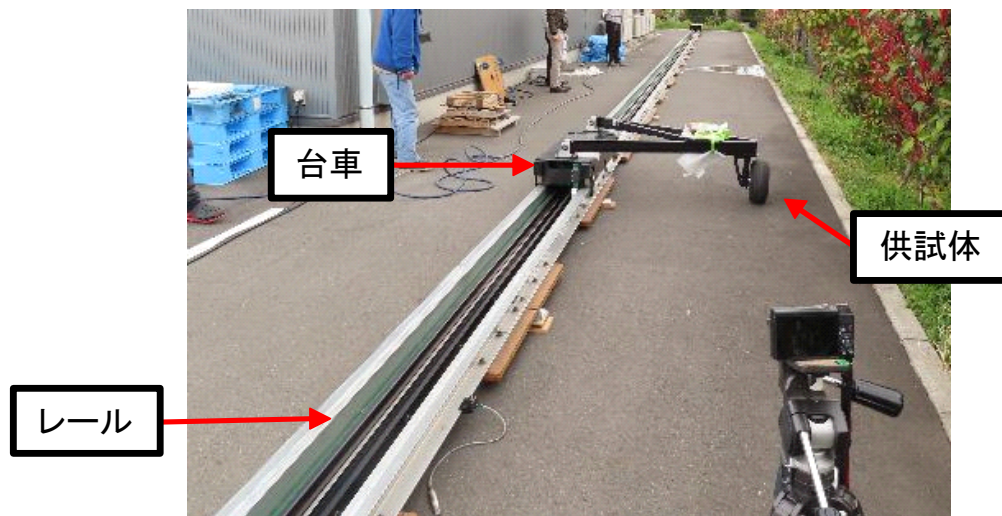
■ 水跳ね試験・計測技術

【簡易試験】 最大速度 2m/s (左 : front、右 : side)



【準実機スケール試験】※動作確認テスト

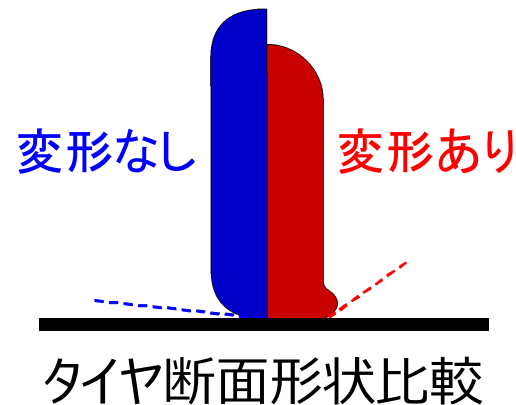
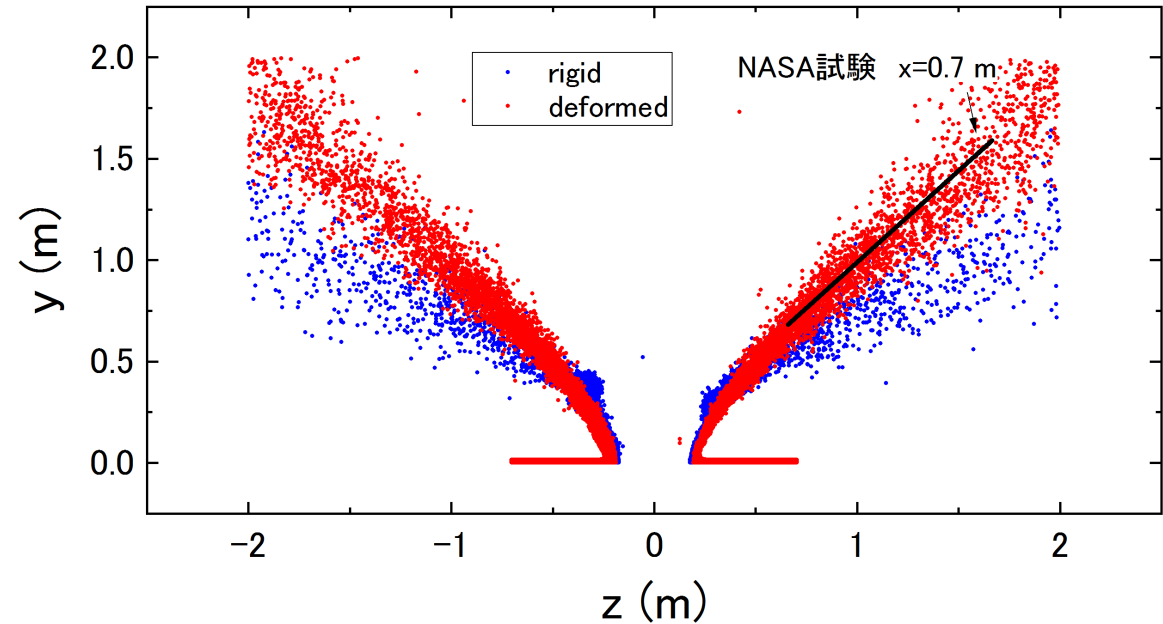
最大速度 12m/s



6. 滑走路の水跳ね予測技術

■ 粒子法解析技術(P-Flow)

- タイヤの変形を考慮することで、水跳ね角度の予測精度を向上。

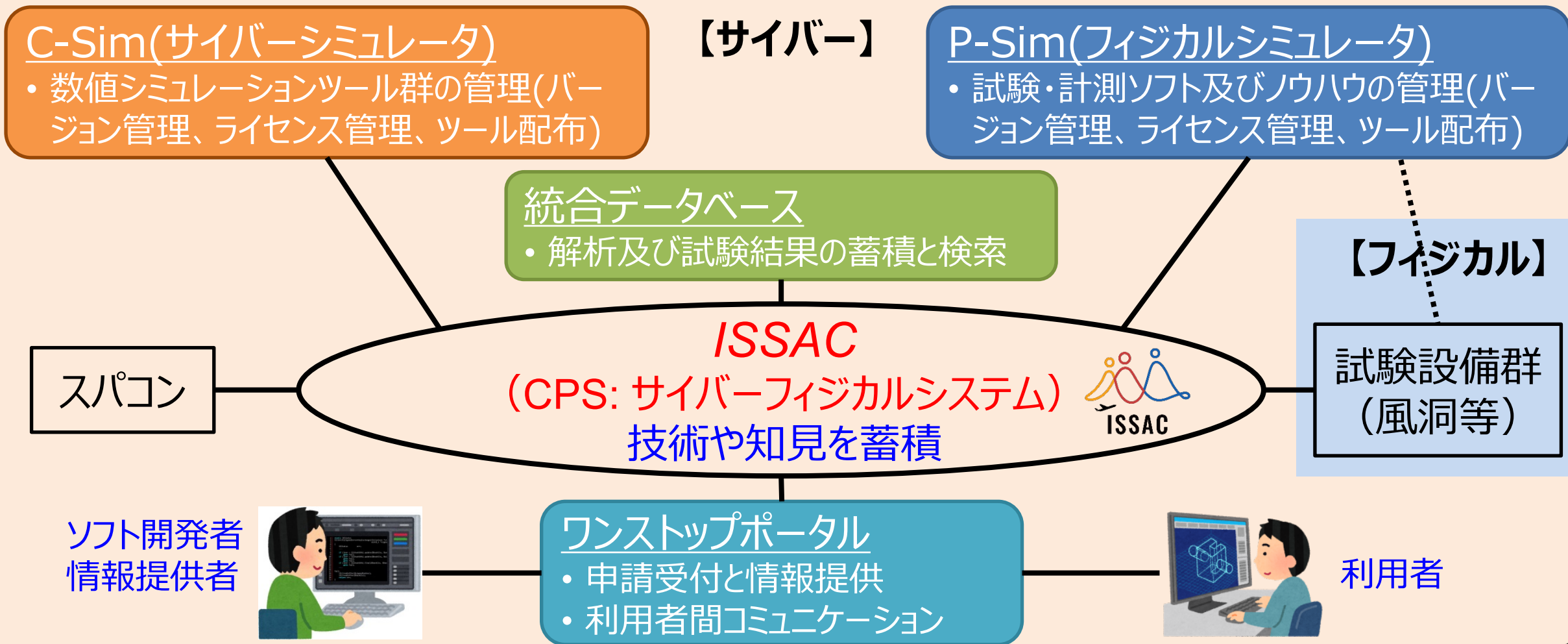


【他の適用事例】

- スロッシング
- 汚濁水の流れ

7. システム構築

- ISSACは、試験計測技術で検証された、数値シミュレーション技術をベースとするCPS (サイバーフィジカルシステム)
- 最新の成果のみならず、過去の研究成果も蓄積



- 全飛行領域で使える数値シミュレーション技術及びそれを搭載するシステムの開発状況をご紹介します。
- 今後、以下のスケジュールで研究開発を進める予定。

	以前	第4期中期計画							第5期中期計画	第6期中期計画
年度	～2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025～2031	2032～2038
ISSAC		<p>フェーズ1：機体技術統合</p>							<p>フェーズ2：機体/エンジン統合</p>	
		<p>フェーズ3：機体/運航統合</p>								
一般研究	FaSTARの開発									
事業	航空機開発の高速化を実現する基盤応用技術の研究開発									

ご清聴ありがとうございました。