

ビジョン実現に向けた NEDO 先導研究プログラムの技術課題検討に係る調査
ワークショップ VIP ③ B_モビリティ電動化（機体設計、機体制御）

脱炭素化・航空機空力制御システム研究開発

吸い込み層流制御による航空機空力特性の向上

～主翼境界層流れの遷移位置の推定と吸い込みパターン最適化～

秋田大学 大学院工学系研究科 共同サステナブル工学専攻

秋永 剛

2023年6月22日

はじめに

【層流制御の利点】

- 亜音速機：
翼面上・水平・垂直尾翼50%
エンジンナセル表面40%の層流化
→ 最大離陸重量9.9%低減、揚抗比14.7%の改善
- Boeing SuperSonicTransport：
主翼40%, 水平・垂直尾翼20%の層流化
→ 最大離陸重量8.5%低減

吉田憲司ら：日本航空宇宙学会誌 v. 48, pp. 148-155 (2000年3月)

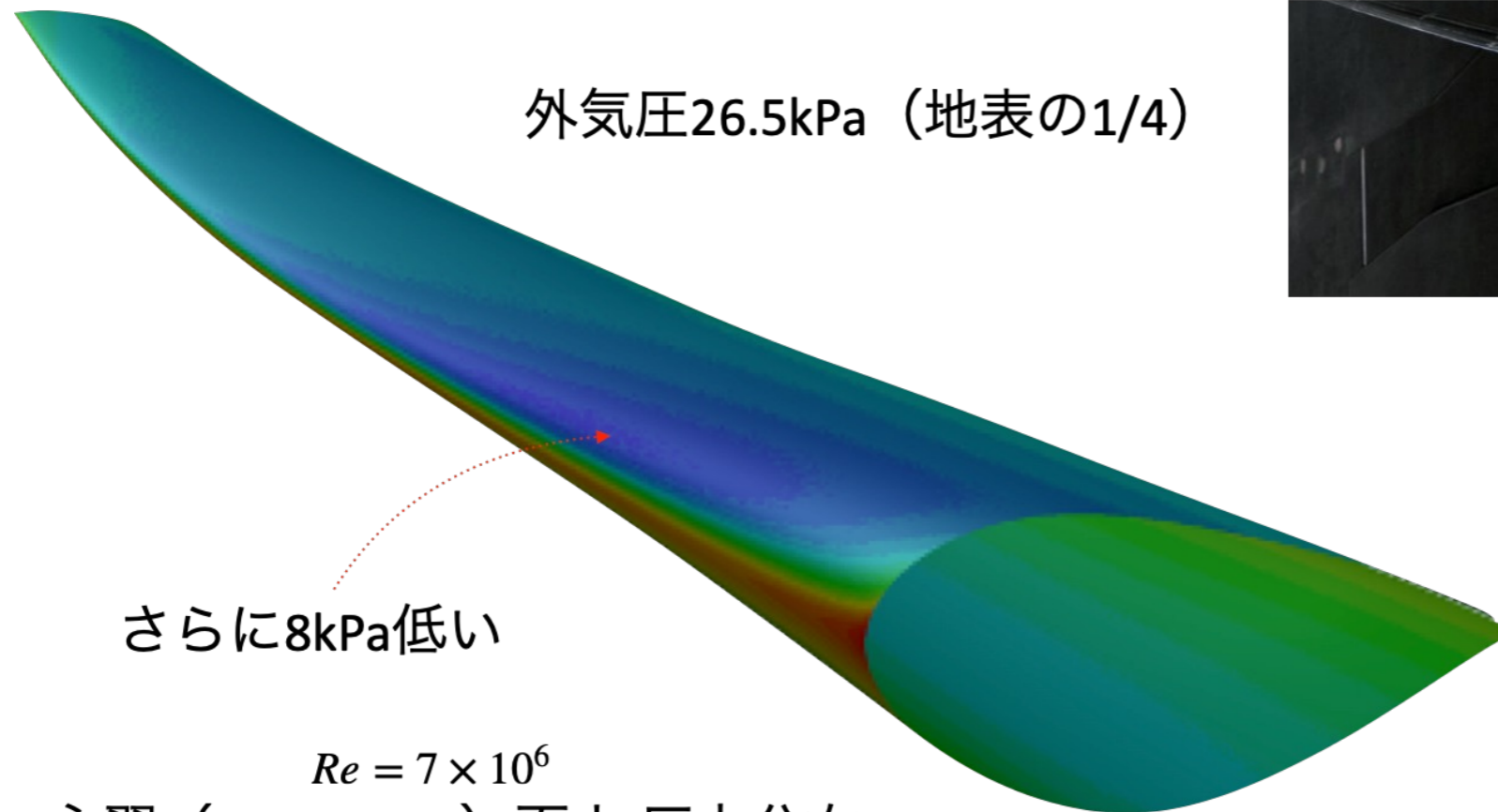
はじめに

環境 @ 高度10km

外気圧26.5kPa (地表の1/4)



<https://commonresearchmodel.larc.nasa.gov/>



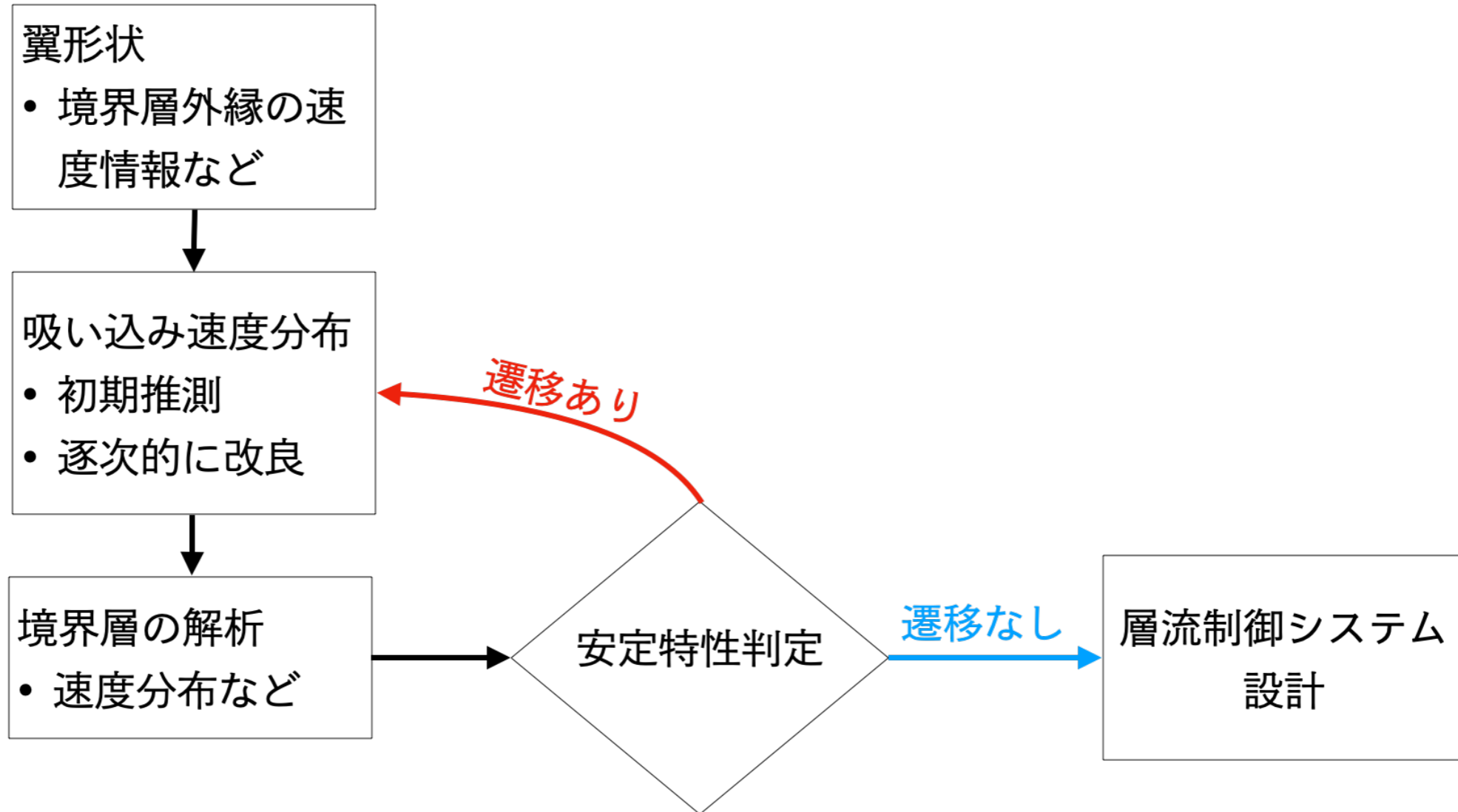
さらに8kPa低い

$$Re = 7 \times 10^6$$

主翼 (NASA.CRM) 面上 圧力分布

翼内部への外気吸い込み
→ ブロワ、管路への要求が極厳

層流制御 空力設計の手順



石田, 伊藤: NAL SP-5, 131-138 (1985) NAL

層流制御 遷移位置の推定

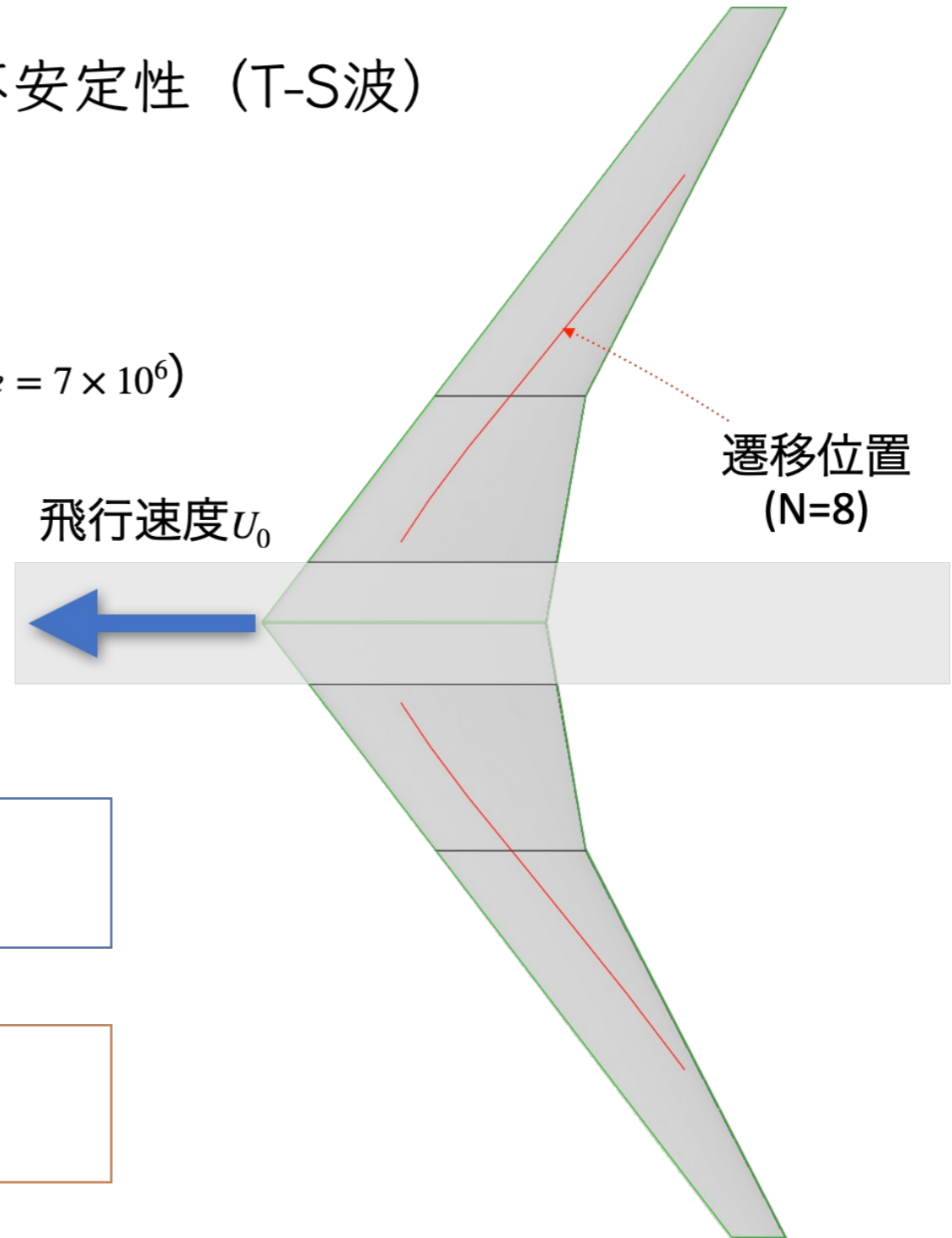
- 物体（主翼）形状まわりのポテンシャル流れ解析
- 境界層方程式
（ポテンシャル流れの結果を外縁の速度に充てる）
- 局所平行流近似（O-S方程式）
- 微小攪乱（不安定モードを仮定）の線形安定性解析
- 攪乱の増幅率から振幅 (A) 見積り
- 遷移判定（振幅閾値：実験値／経験値由来 $A = e^N (N = 8,9)$)

- 石田, 伊藤: NAL SP-5, 131-138 (1985) NAL
- van Ingen, J.L.: Technische Hogeschool Delft, Vliegtuigbouwkunde, Rapport VTH-74

層流制御 主翼境界層遷移 例

下流への不安定性 (T-S波)

主翼上面 (NASA.CRM.DPW4, 迎角0, $Re = 7 \times 10^6$)



吸い込みによる遷移抑制：
一様吸い込み (U_0 の0.025%) で可能

前縁近傍のみ (20%までの位置) の
吸い込み (U_0 の0.1%程度) でも可能

吸い込み層流制御の研究

【吸い込みパターン最適化】

- 空力設計パラメータ：
吸い込み分布（位置、流量）（、機体速度、迎角）
- 目的関数（吸い込み総流量）の最小化
- 一般的な最適化問題
総当たり方式 / 遺伝的アルゴリズム
- 電動化との連携
（航空機システム軽量化、動力最小化とのバランス）
- 最適解の特定
層流制御効果 < 圧損、流量の低減

まとめ

- 層流制御技術により航空機空力性能を向上できる
(脱炭素社会の実現に資する)
- 空力設計ツールを活用した手法を構築
 - 遷移位置の推定が可能
 - 吸い込み条件最適化 → システム最適化
- 吸い込み機構など要素技術の検討、実験による検証が必要