

TOHOKU UNIVERSITY



流体科学研究
流体融合研究センター
融合流体情報学研究分野

教授 大林 茂
准教授 鄭 信圭

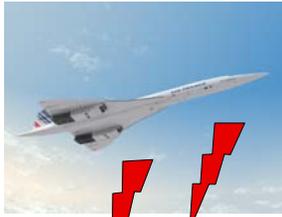


研究テーマ

- 環境に優しい未来の超音速旅客機
 - 複葉超音速機
- リアルとバーチャルをつなぐ計測融合シミュレーション
 - 晴天、後方乱気流
- 設計探査の考え方
 - 航空機的设计
 - エンジンの设计
 - 家電製品の设计。



環境に優しい未来の超音速旅客機



SONIC BOOM

引退
•低経済性
•ソニックブーム

| [μPa] | [dB SPL] | |
|-------------|----------|-------------------|
| 200,000,000 | 140 | ソニックブーム(Concorde) |
| 20,000,000 | 130 | 耳が痛くなる |
| 2,000,000 | 120 | 航空機のエンジン付近 |
| 200,000 | 110 | 車のアクション(2m) |
| 100,000 | 105 | 現在の航空機離陸時最大騒音規制値 |
| 20,000 | 100 | 電車の通るガード下 |
| 10,000 | 90 | 電車や工場の中 |
| 5,000 | 80 | 騒がしいオフィス |
| 2,000 | 74 | 静かな車の中 |
| 1,000 | 70 | 鐘の鳴き声 |
| 500 | 60 | うるさい会話 |
| 100 | 60 | 会話 |

[Sound Pressure Level]



低ブーム理論1:細長物体の理論

- 全体を長くすれば低ブーム
 - Quiet Spike (Gulfstream)
 - 2006年に飛行実証(P. A. Henne、NASA webより)

United States Patent (Patent No. US 6,698,851 B1) (Date of Patent: Mar. 2, 2004)

Gulfstream QSJ with Quiet Spike™




NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection
http://www.dfrc.nasa.gov/gallery/Photogallery.html
NASA Photo: E206-0544-117 (Date: Mar 1, 2006; Photo By: Tony Landis)

NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection
http://www.dfrc.nasa.gov/gallery/Photogallery.html
NASA Photo: E206-0544-113 (Date: September 27, 2006; Photo By: Cary Thomas)

NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection
http://www.dfrc.nasa.gov/gallery/Photogallery.html
NASA Photo: E206-0544-113 (Date: September 27, 2006; Photo By: Cary Thomas)

NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection
http://www.dfrc.nasa.gov/gallery/Photogallery.html
NASA Photo: E206-0544-113 (Date: September 27, 2006; Photo By: Cary Thomas)



低ブーム理論2: Seabass/Dardenの理論

- 波形を低ブーム型に/鈍頭物体にすれば低ブーム
 - DARPA QSP
 - 2003年に飛行実証 (SSBD Program Overviewより)

USN F-5E Arrives NGSA
Jan 03



Mod Nose Attached
Mar 03



Fairings Attached
Apr 03



Pre-Flight Prep
May 03



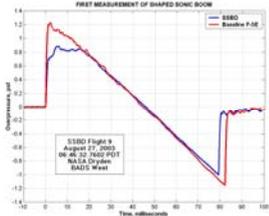
First Taxi
9 Jun 03



First Flight
24 Jul 03



FIRST MEASUREMENT OF SHAPED SONIC BOOM



SSBD Flight by
August 12, 2003
DR. AB. ST. RICH. P. MIT
NA SA. CHRYSLER
SAGIS. WARR

Joseph W. Pawlowski, SSBD/SSBE Project Manager
Northrop Grumman Corporationの資料より

低ブーム理論3: 超音速複葉翼理論

- 衝撃波を相殺する翼型
 - プーゼマン翼(揚力なし) 1930年代 線形理論
 - リッヒャー翼(揚力あり) 1950年代 線形理論

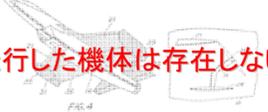
| | |
|--|--|
| United States Patent Number 4,582,276 Date of Patent Apr. 15, 1986 | United States Patent Number 4,405,102 Date of Patent Sep. 20, 1983 |
|--|--|

複葉翼で実際に超音速飛行した機体は存在しない

FIGURE 2



FIG. 4



超音速飛行時

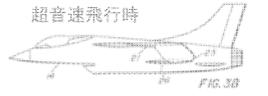
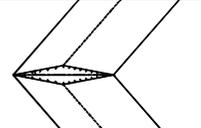
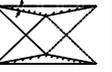


FIG. 3B

プーゼマン複葉翼を垂直に設置し
干渉領域に出来る高圧部を利用して
揚力を得る

衝撃波抵抗と船の造波抵抗


=




艦首の波が大きく
広がる
→大きな造波抵抗



双胴にすると艦首の波を小さくできて高速性に優れる

東日本フェリー

環境に優しい未来の超音速旅客機



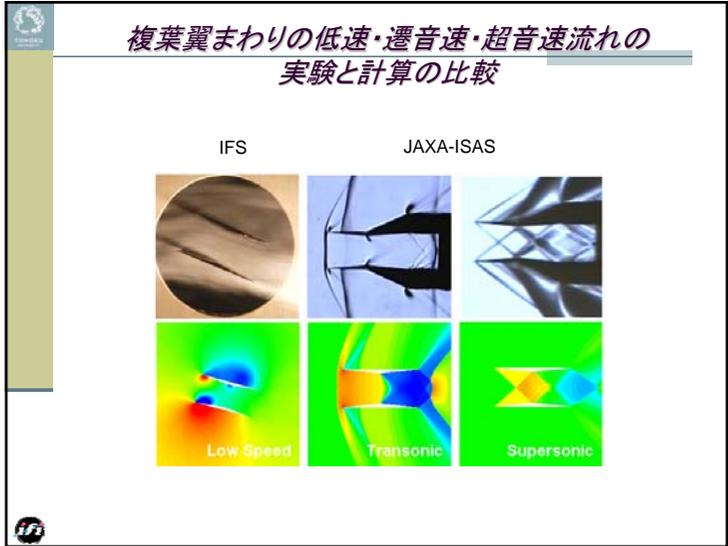




MISORA

(Integrated SONic-boom Research Airplane)

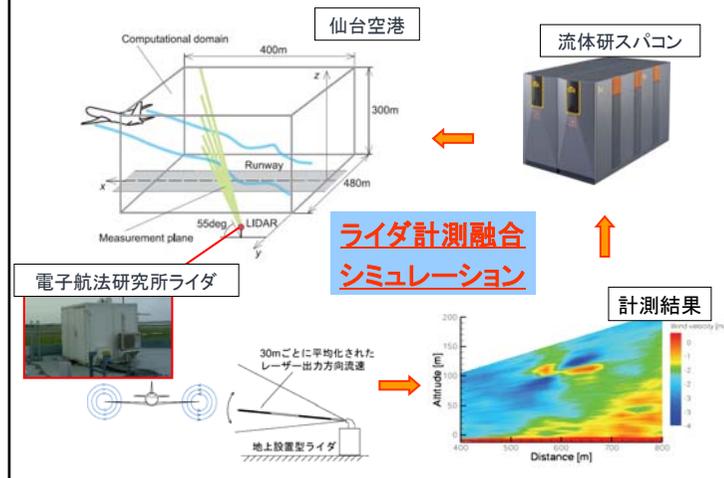
- JAXA・ISASの気球を利用したフライト実証計画と連携
- 20XX初飛行を目指して!



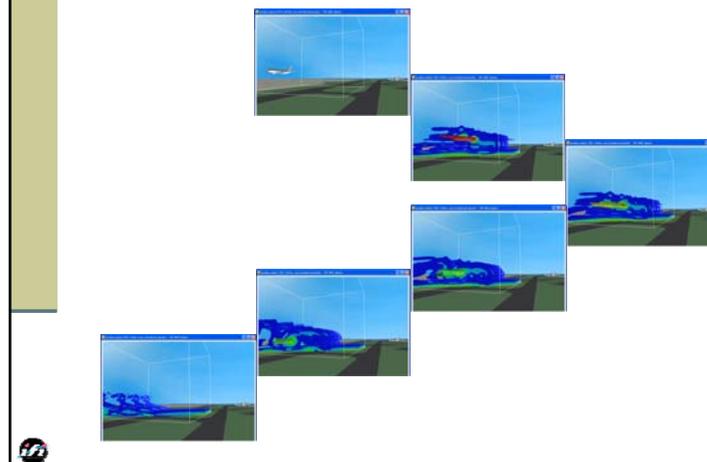
- ### リアルとバーチャルをつなぐ計測融合シミュレーション
- リアル: 現実の現象
 - 一部のみ計測可能
 - 初期条件や境界条件が不確か
 - バーチャル: コンピュータシミュレーション
 - 現象のモデル化
 - 初期条件・境界条件が必要
 - 計測融合シミュレーション
 - 計測+シミュレーション→現実の再現
 - 航空安全への展開
 - 晴天乱気流 (JAXAとの共同研究)
 - 後方乱気流 (JAXA+ENRIとの共同研究)



本研究の概要(離発着時の後方乱気流)



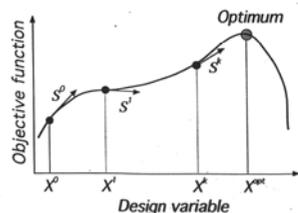
仙台空港2007年7月6日17:55



設計探査の考え方

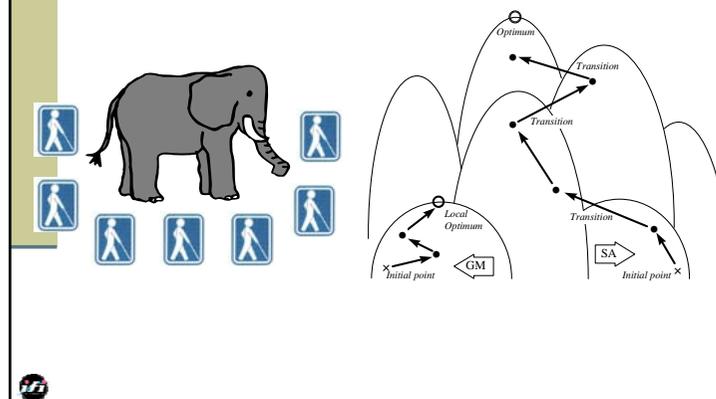
$$X^{q+1} = X^q + \alpha S^q \quad (q: \text{Iteration number})$$

X : Design variable vector
 S : Search direction vector
 α : Step size



最適化=最適設計?

最適化、象を撫でる?



多分野統合最適設計技術

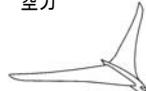
工学分野での設計問題

- 考慮すべき性能関数が多い！



空力、構造、推進、制御、騒音。。。。

空力



構造



推進



制御



騒音



計算が設計に役立つためには？

- 設計とは、要求を実現する形状を探す一種の逆問題
 - 不完全な知識からの推論：限られた知識から要求を満たす形状を予想
 - パースのアブダクション (abduction)
 - 説明的な仮説を形成する過程 (創造的洞察)
 - 設計という行為の核心部分
- 設計に役立つ：設計者のアブダクションに役立つ
 - さまざまな設計案 (仮説) を思いつような「仕掛け」が必要
 - 仮説とは、さまざまな観察結果にある「パターン」を見出すこと
 - アブダクションの「仕掛け」としての「設計空間の構造化と可視化」

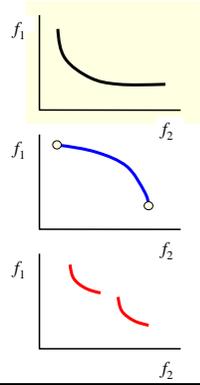
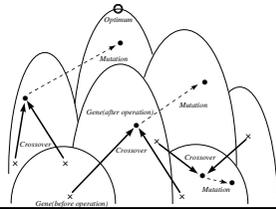
単なる最適設計 (最適解の提供) では役に立たない？

MODE (Multi-Objective Design Exploration)
というコンセプトの提案

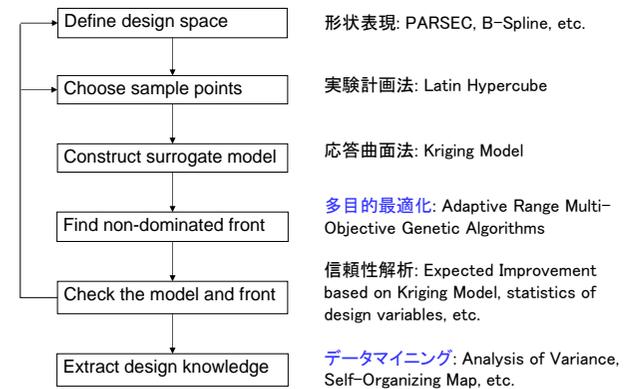
MODE とは？

Multi-Objective Design Exploration (MODE、多目的設計探査)

- トレードオフ情報から設計空間の構造を探る
- 高次元設計空間の俯瞰的可視化を行う
- 設計空間のスイートスポットを見出す
- 新しい設計目標を考える



MODE and Component Algorithms



最適化から発想支援へ — 循環的発見の学習過程 —

- 設計探査=設計空間の地図づくり
 - 設計空間の近似モデル (Kriging)
 - 設計空間の拡大 (ロバスト設計)
 - 設計空間のデータマイニング (知識の抽出)
 - 設計空間の可視化 (マップ化)
- 多分野統合設計
 - トレードオフの新しい見方
 - 新しい設計目標
 - 創造力の開発

Small Jet Aircraft R&D Project

R&D Organization

New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO)

Mitsubishi Heavy Industries

Fuji Heavy Industries

Japan Aircraft Development Corporation (JADC)

R&D Activities

Research Collaboration

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

Tohoku University

推進系統合主翼最適化問題への適用

三菱重工業との共同研究 (NEDO民間航空機基盤技術プログラム「環境適応型高性能小型航空機研究開発」)

データマイニング

- ANOVA, Self-Organizing Maps (SOM)等のデータマイニング手法により設計知識を獲得

0%

40%

100%

Wing weight

x: 最小値

