



東北大学


# 実験とシミュレーションを繋ぐ データ同化の可能性



流体科学研究所  
大林 茂

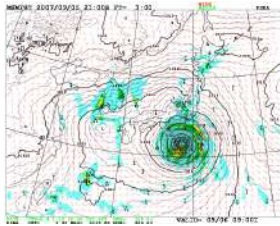
流体研ゆるキャラ「りゅーたん」

1

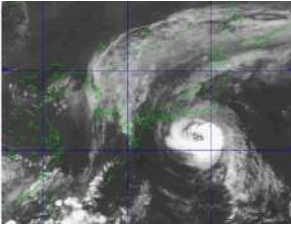
 観測データとモデルを繋ぐ方法・・・データ同化

気象場の再現性向上のために、観測値をモデル予測に融合し、統計的に尤もらしい初期値を生成する

気象庁ウェブサイトより (<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-6.html>)



データ同化を利用した数値気象予測



雲画像(観測)

気象予測のための第4の道具

- 観測
- 理論
- 数値予報
- **データ同化**

参考

科学研究の変遷

- 実験科学
- 理論科学
- 計算科学
- **データ集約型科学**

Jim Grey,  
Fourth Paradigm

2

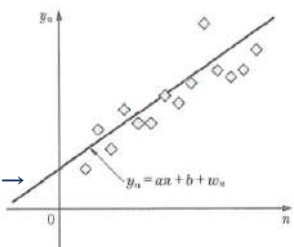
2

**IFS データ同化とは？**

### 統計を利用したデータ解析

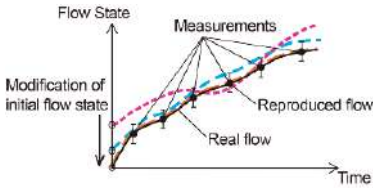
- 少数のパラメータ( $a, b$ )を持つモデルを観測データに当てはめる(最小二乗法など)

一次モデルの例 →  $y_n = an + b + w_n$



### データ同化

- データに大自由度のシミュレーションモデル(ナビエ-ストークス方程式など)を当てはめることで実現象を推定(制御問題は比較的小自由度を対象)
- **このとき、パラメータとなるのはモデルの初期・境界条件！**
- (その他にモデルパラメータの推定、データフィルタリングも可能)



樋口知之, 統計数理は隠された未来をあらわにする, 東京電機大学出版局, 2007 3

3

**IFS EFD/CFD融合とデータ同化**

### 工学分野

- “現象理解・予測”のための道具は**3つ**
- “ものづくり”のための道具も**3つ**

1. 理論
2. 風洞実験... 実験流体力学: Experimental Fluid Dynamics (EFD)
3. 数値シミュレーション... 数値流体力学: Computational Fluid Dynamics (CFD)

#### EFDの発展

- ✓ 計測技術の開発
  - 面・空間計測
- ✓ 計測装置の高度化
  - 非定常計測

0次元: 点 → 空気力(積分値): 揚力, 抗力, ピッチング, モーメント...

1次元: 線

4次元: 時空間

JAXA 渡辺聖哉

#### CFDの発展

- ✓ 計算格子
- ✓ 高精度スキーム
- ✓ 計算資源の拡充

80s to early 70s: CFD by solving linear equations on Cartesian mesh

70s to 80s: Euler/Re-av. N-S eqs. on Boundary-fitted grid (Structured mesh) for accuracy and efficiency

80s to 90s: improved multi-block method for complex geometry

90s to today: Euler/Re-av. N-S eqs. on Unstructured mesh for complex geometry

Today: IAS-Code (parallel unstructured mesh solver. Practical tool for aircraft design)

東北大(元) 中橋和博

**剥離のないような定常流に対してEFD,CFD共に同等の高い予測精度**

4


**EFD/CFD融合とデータ同化**

EFD, CFD共に興味が非定常流(より現実の流れ)へ

EFD(実験) CFD(数値シミュレーション)





このまま、両手法とも別々に開発を進めていけば、  
**“現象理解・予測”、“ものづくり”のためのより良い道具はできるのか？**

<p> <u>“現象理解・予測”</u>              より良い予測、解析精度を持つ              “道具”があれば、なお良いはず         </p>	<p> <u>“ものづくり”</u>              ???         </p>
--	--

5

5


**EFD/CFD融合とデータ同化**

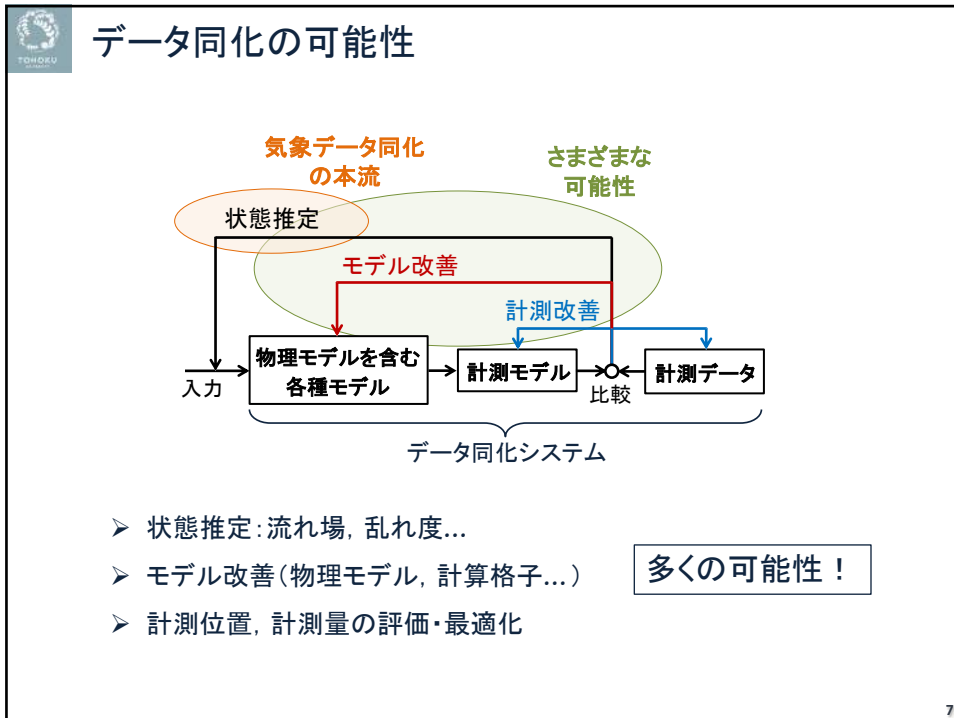
工学分野の“道具”は3つ → 4つ？

1. 理論
2. 風洞実験 ... 実験流体力学: Experimental Fluid Dynamics (EFD)
3. 数値シミュレーション ... 数値流体力学: Computational Fluid Dynamics (CFD)
4. データ同化 ⇔
  - “現象理解・予測”に役立つか？
  - “ものづくり”に役立つか？

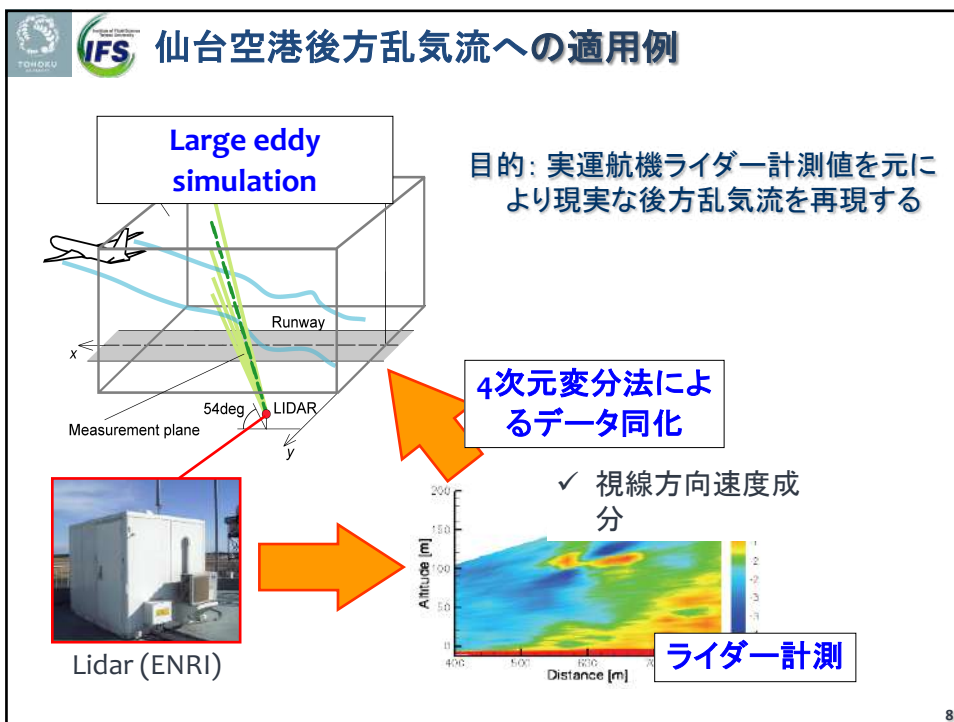
**EFD/CFD融合**  
 データ同化によって、EFDの解析データセットとCFDの解析データセットの“不確実性”を評価し、EFD,CFD共に表現できない新しい解析データセットを創り出す

6

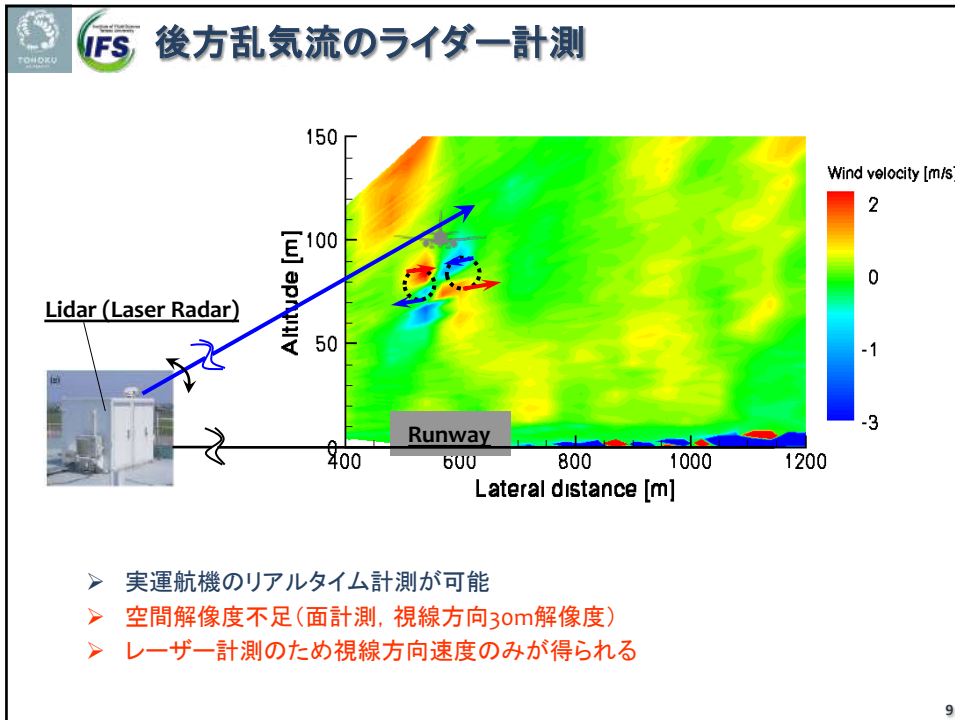
6



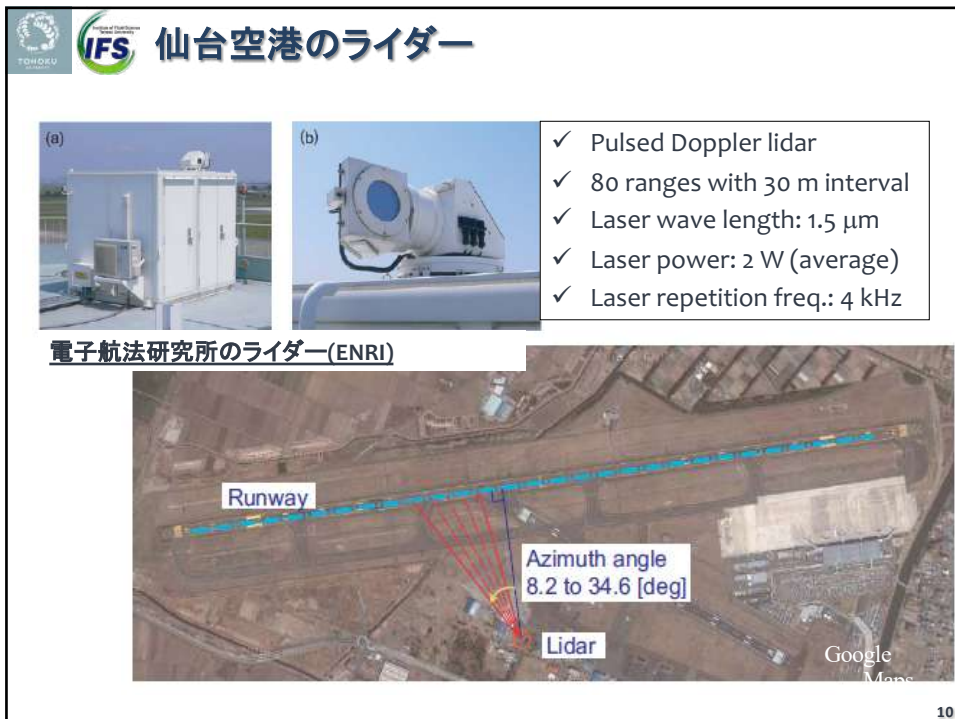
7



8



9



10



11






**日本機械学会誌** 9 2019  
Vol.122 No.0210

特集  
**機械工学とインフォマティクス**

## 日本機械学会誌

Journal of the Japan Society of Mechanical Engineers

目次

特集  
**機械工学とインフォマティクス**

	機械工学とインフォマティクスの出会い 大林 茂(東北大学)	4
	設計情報学の現状 千葉 一孝(電気通信大学)・梅田 龍平・濱田 直泰(株式会社通研研究所)	6
	データ同化支援工学(DAE)のこれまでとこれから 三坂 孝志(産業技術総合研究所)・加藤 博司(宇宙航空研究開発機構)・大林 茂(東北大学)	10
	流体機械の最適設計とUQ 下山 学樹(東北大学)	14
	EFDとデータ駆動科学 野々村 航(東北大学)	17
	複合材料成形とインフォマティクス 松崎 亮介(東京理科大学)	20
	インフォマティクスと可視化 竹島 由里子(東京工科大学)	24





12