

# 第1回「設計に生かすデータ同化研究会」 研究会 概要説明(幹事案)

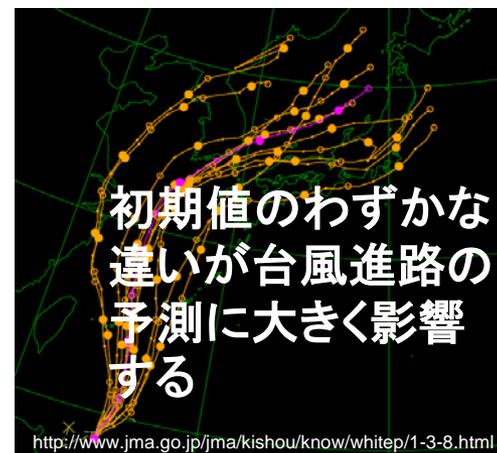
平成27年7月10日(金)

## → データ同化

- 理論、実験、数値計算に次ぐ“**第4**”の解析技術(と言われる)
  - シミュレーションと観測データとを**融合し相乗効果を生み出す  
共通基盤**
- **データ駆動型**シミュレーション技術
  - モデルで捉えきれない現象を計測データで補完
  - 疎な計測データをモデルを利用し高度に補間
- **統計数理科学**に基づくモデル、計測の不確実性低減技術

## → データ同化技術の利用分野

- 天気予報の実現のために既に**実利用**
  - 数値天気予報の初期値推定
    - 疎な観測データをNS式を利用し高度に補間
- 近年、**異分野での応用研究**が盛ん
  - 地球科学、生命科学、農業科学、材料科学...



台風進路のアンサンブル予報

## → データ同化の可能性

シミュレーションに必要な**初期・境界値を推定**する  
(初期値推定については天気予報で実用化)

シミュレーション内で**経験的に与えられているパラメータの最適化**

シミュレーションと観測を融合して新たな統合データセットを作成する。  
これは**再解析データセット**と呼ばれ、新しい科学的発見をもくろむ。

感度解析を行い**観測システムの評価と改善策**を効率的に行う。

従来シミュレーション科学において副次的問題とされてきた  
**シミュレーションモデルの評価法に統一的視点**を与える。

樋口(統数研)、蒲地(気象研)、他

どうしてデータ同化技術は工学分野で普及しないのか？

- **インパクトのある成功事例が存在しない**
- 第1原理が強い分野では、“シミュレーション”と“実験”の比較検証で、今まで何とかなってきた(データ駆動型科学の導入に懐疑的な人が多い)

➤ **データ同化を設計に活用し、インパクトのある成功事例を創出する**

## → “設計に活かす”の具体化

### – “**CAE (Computer Aided Engineering)**”の高度化

- 設計支援ツール
- 多くの制約条件の中で実施されるモノづくりを計算機内で実現する

#### – 設計の高速化

### • **最適設計技術の適用** (←CAE導入の一番のメリット?)

- 多くの制約条件を満たす解(最適解やパレート解)を計算で求める

#### » 設計の高度化

- 多くの分野での活用

(例えば)

#### » 三菱リージョナルジェット(MRJ)

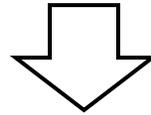
- 構造・流体連成解析による主翼最適設計
- エンジンナセルと主翼間の最適化

#### » 新幹線N700系

- 先頭車ノーズ部分形状(エアロ・ダブルウィング)

## → 本研究会の目標

- CAE高度化にデータ同化を活用する



# “Data Assimilation aided Engineering” DAEの提唱

## → DAE導入により実現したいこと

- 計測データ、計算結果の比較の場面で問題となる多くの不確かさ要因を推定・低減させる
  - 設計の手戻り防止を実現する
- CAEの土台であるモデルの高度化を実現しCAE適用領域を拡大する
  - 設計の解析シフト化を促進させる

## → データ同化によるCAE革新

概念設計

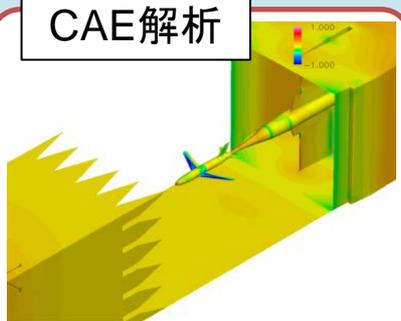
基本設計

(背景)

- 解析・試験データの比較に頼る設計プロセス高度化の限界
- 解析・試験技術の高度化に伴う大量(ビッグ)データの蓄積
- データ同化(データ駆動型シミュレーション技術)の躍進

モデル選択  
モデル高度化

CAE解析



最適設計

評価・検証

No GO

GO

計測システム最適化

設計プロセスへのCAEの導入により  
試験コストの低減が実現されたが、  
既存の設計プロセスには成熟感  
✓ 技術の差別化が必須

試験



“データ同化技術”と  
“ビッグデータ”の連携  
✓ データ同化による  
CAE高度化

- 設計プロセス高速化・高度化
- 統合データ・セットの設計への利用

詳細設計

日本機械学会 計算力学部門  
「設計に活かすデータ同化研究会」 起ち上げ  
(H27年度~H28年度)  
(主査・幹事・委員 所属機関)  
産: 本田技研、日立、IHI  
官: JAXA、ISAS、統数研  
学: 東大、東北大、明大、千葉工大、旭川高専

## → モデル高度化

– 多くのモデルは“**不確かな部分**”を抱える

- モデル構築がモデル内で閉じず、経験的事実や計測データと照らし合わせている部分

– 乱流モデルの(一部)定数

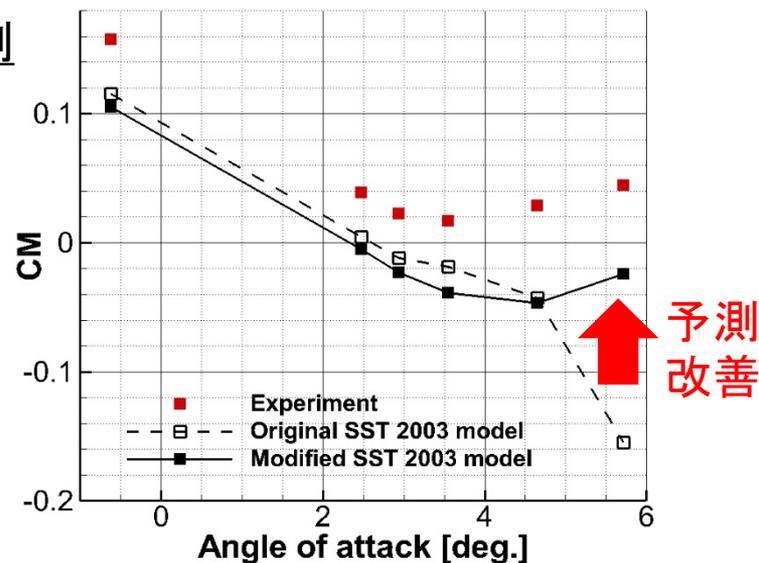
– 化学反応モデル・燃焼モデルで使用されるパラメータ値など

– **モデルの不確かな部分をデータ同化により最適化**

- モデルが本来持っている性能を引き出す

(モデル予測性能最大化)

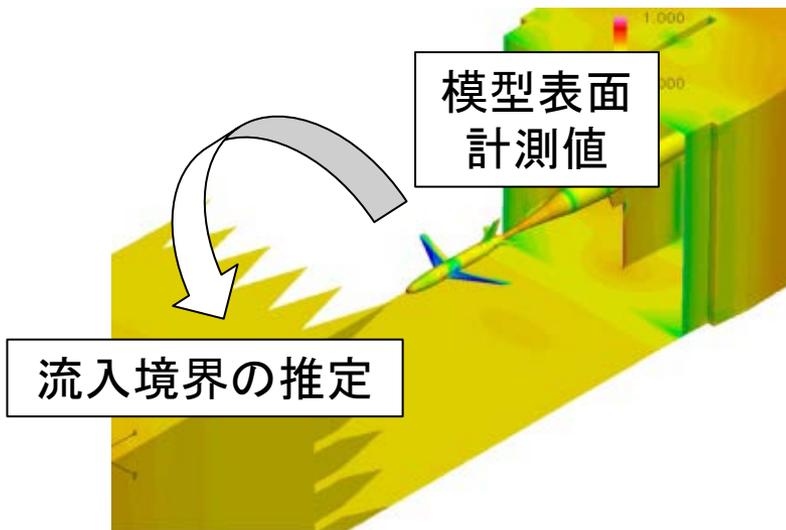
### 研究例



乱流モデルに対する適用例

## → モデル高度化

- モデル高度化とは、**単に数理モデルを高度化するだけではない**
- モデルのインプット(初期・境界条件など)を**現実に則する**ように設定し、**モデルの予測性能を改善することも解決すべき課題**



## 研究シーズ

- 初期境界条件の推定

### 研究例

V. Mons, J.-C. Chassaing, T. Gomez, and P. Sagaut, "Is isotropic turbulence decay governed by asymptotic behavior of large scales? An eddy-damped quasi-normal Markovian-based data assimilation study," *Physics of Fluids*, 26, 115105 (2014).

## → モデル選択

例えば、圧縮性流体計算の場合、

### – 移流流束: 7種

- HLLEW, Roe, HLLE, SLAU, AUSM+-up, SLAU2, AUSM+up2

### – 時間積分: 4種

- LU-SGS, GMRES, 低速前処理付きLU-SGS, Runge-Kutta

### – 勾配計算: 5種

- Least square, Weighted least square, Green-Gauss, Weighted Green-Gauss, GLSQ

### – 制限関数: 5種

- Barth-Jespersen, Venkatakrisnan, van Albada, minmod, van Leer

### – 乱流モデル: 20種以上

- SA, SST, EARSM, SGS...(多数)

組み合わせ数 10000通り以上  
複雑・連成問題→組み合わせ“爆発”

“統計的視点”で最適モデルの選択 → **モデル予測性能最大化**  
(モデル選択の高速化も実現)

## → 計測システム最適化

- 現在の計測の主たる目的は、現象理解であり、**モデル高度化にとって最適情報である保証はない**
- 計算機性能の高度化 & モデル高度化に伴って、**CAEの適用領域は拡大**していく
- 計測値の価値は、“**モデル高度化に寄与するか**”にシフトする
- データ同化の導入により、“モデル高度化にとって”重要な計測箇所の**事前予測**が可能になる



前縁部分の実験値がモデル高度化・選択にとって重要だよ

データ同化  
担当者

実験  
担当者

**試験価値の最大化を実現する**

## → データ同化によるCAE革新

– モデル高度化

→ **モデル予測性能最大化**

– モデル選択

→ **モデル予測性能最大化**

– 計測システム最適化

→ **試験価値最大化(→モデル予測性能最大化)**

CAE高度化  
を実現

## → データ同化により得られる大規模システムモデルと計測データの統合データ・セットの設計への活用

– 流体情報最大化

– Optical flow(計測技術の1つ)や流体制御に通じるものがあるが、設計に結びつけることができるか？

## → 研究会の運営体制

(主査) 大林茂(教授、東北大学流体科学研究所 所長)

(幹事) 加藤博司(研究員、JAXA航空技術部門)

三坂孝志(助教、東北大学)

(委員)

樋口知之(教授、統計数理研究所 所長)

早瀬敏幸(教授、東北大学流体科学研究所)

伊藤聡(教授、統計数理研究所)

下山幸治(准教授、東北大学流体科学研究所)

上野玄太(准教授、統計数理研究所)

中村和幸(准教授、明治大学)

長尾大道(准教授、東京大学)

高木亮治(准教授、JAXA宇宙科学研究所)

秋田剛(准教授、千葉工業大学)

船本健一(准教授、東北大学)

石向桂一(准教授、旭川高専)

橋本敦(研究員、JAXA航空技術部門)

佐藤孝磨(日立製作所)

芳賀臣紀(研究員、JAXA研究開発部門)

佐藤航(日立製作所)

磯島宣之(日立ハイテクノロジーズ)

川村哲裕(本田技術研究所)

倉谷尚志(本田技術研究所)

米澤誠仁(本田技術研究所)

米倉一男(IHI)

小西康郁(研究支援者、東北大学流体科学研究所)

- ➔ 本研究会は、設計へのデータ同化導入の“キッカケ”を創りだす場
  - 異分野技術である“データ同化”の導入によってモノづくりの高度化に貢献する
- ➔ データ同化をモノづくりの高度化に実際に活用し、インパクトのある成功事例を創出する
  - 革新的な成果を創りだすために、異分野の知見も積極的に導入する
  - 様々な分野の方に議論に参加していただきたい(話題提供も含めて)
- ➔ 本研究会で得られた知見は、(可能な範囲で)公開する(内輪の研究会にはしない)
  - 具体的成果
  - コード
  - 問題設定の方法
  - 講演資料
  - 適用プロセス
  - 関連研究会・学会情報