

第1回「設計に生かすデータ同化研究会」

(活動内容を具体化するための案)



Data Assimilation for Engineering Design (DAED)

Data Assimilation for Engineering (DAE)



DAE → Data Assimilation aided Engineering



CAE → DAE

平成27年7月10日(金)

「設計に活かすデータ同化研究会」

- 設置機関: 日本機械学会 計算力学部門
- 活動期間: 2015年4月～2017年3月
- 趣旨

近年、設計要求の多様化から複雑現象の解明が求められ、実験計測および数値計算技術に含まれる不確実性への対処が求められるようになってきた。不確実性低減の取り組みとして、両技術を融合するデータ同化法には大きな可能性が期待できる。しかし、データ同化法は気象海洋分野での活用の歴史が長く、工学分野の主要目的である“設計”にデータ同化法を用いるためのノウハウは全くといっていいほど存在しない。本研究会では企業が設計にデータ同化を利用するのに必要な「手順・知識」を構築することを目的とする。そのために、研究会では企業側の参加を募り、ニーズのより正確な把握を試みる。必要とあれば新たな手法の開発も行い、データ同化法の新たな適用先の掘り起こしを行う。

➡ 4つのアクションアイテム

「設計に活かすデータ同化研究会」

- 設置機関: 日本機械学会 計算力学部門
- 活動期間: 2015年4月～2017年3月
- 趣旨

近年、設計要求の多様化から複雑現象の解明が求められ、実験計測および数値計算技術に含まれる不確実性への対処が求められ

両技術を組みとして、期待できる。しかし、その歴史が長く、工学的な同化法を用いるため、本研究会では

情報交換を行うだけの研究会
から一歩抜け出す

→ 具体的な問題に取り組む

企業側が設計にデータ同化を利用するために必要な「手順・知識」を構築することを目的とする。そのために、研究会では企業側の参加を募り、ニーズのより正確な把握を試みる。必要とあれば新たな手法の開発も行い、データ同化法の新たな適用先の掘り起こしを行う。

→ 4つのアクションアイテム

1. 「手順・知識」の構築(1)

→ 共通課題 or 個別課題?

- 研究会として共通の課題に取り組み結果を共有できるか?
 - 簡単な問題に限定?(問題への理解度, モチベーション)
 - 個別の(実際の)課題への取り組み

問題設定の例1: 乱流モデル定数の最適化によるモデル予測性能最大化

- (1) モデル定数の調査 with 乱流モデル専門家
- (2) データ同化対象のモデル定数(定数が含まれる項)が持つ物理的意味の調査 with 乱流モデル専門家

Menter SST model (2003)の渦粘性係数の評価部分

$$v_t = \frac{a_1 k}{\max(a_1 \omega, SF_2)}$$

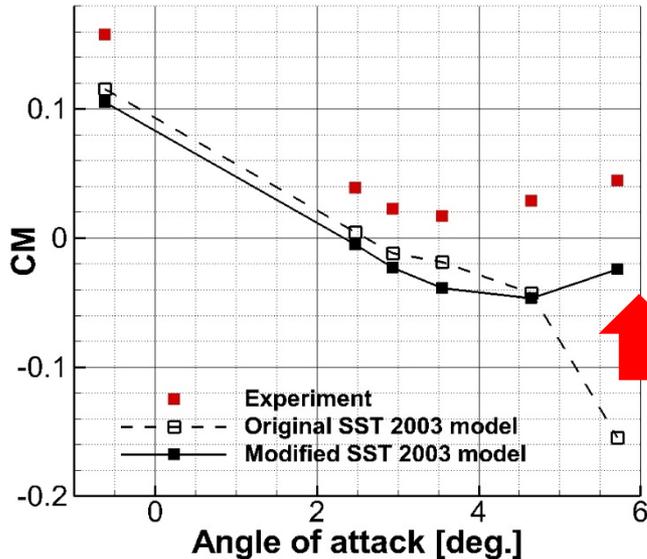
渦粘性係数の移流効果を表現↑
(剥離予測にとって極めて重要)



モデル定数 $a_1 = 0.31$ を
データ同化で最適化(再考)

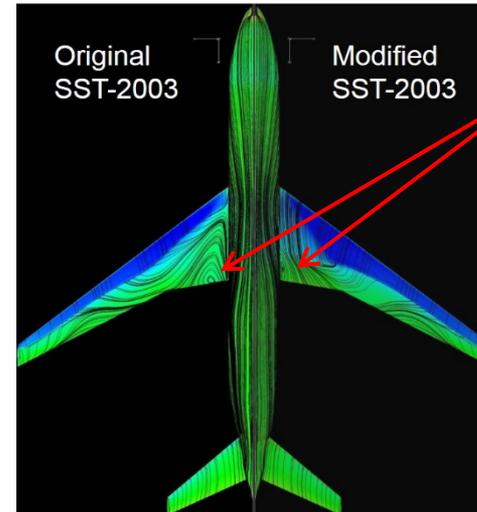
1. 「手順・知識」の構築(2)

- (3) (2)で得られた物理を表現している基礎的な乱流場を特定
 - 複雑乱流場の計測データを対象にすると、計測データ自身の不確かさや、乱流モデル以外のモデルの不確かさの影響が混入してモデル定数の最適化がうまくいかない(モデルが特定現象にオーバーフィットする可能性もある)
- (4) 双子実験でのデータ同化によるモデル定数最適化の有効性調査
- (5) 実計測データでのデータ同化の実施
- (6) 複雑乱流場での有効性実証



NASA CRM model の計算結果

予測改善



はく離の様子の変化

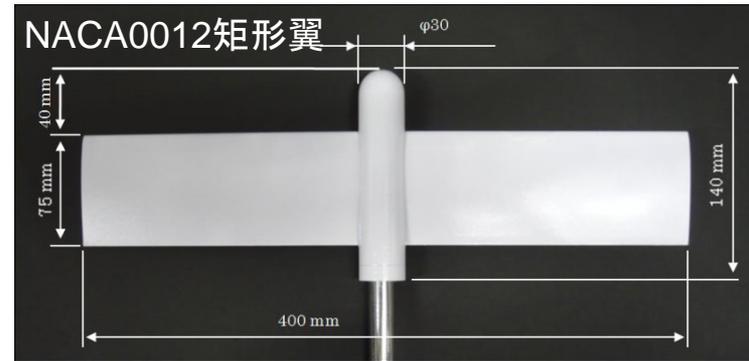
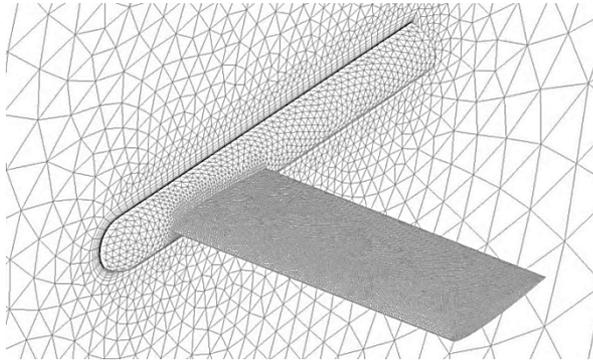
“Optimization of Parameter Values aided by Data Assimilation: Application to the SST Turbulence Model”
Hiroshi Kato, et al., AIAA Journal (under review)

1. 「手順・知識」の構築(3)

問題設定の例2: 低レイノルズ数翼の遷移位置予測

(1) 使用コード(FaSTAR), 計測データ(摩擦応力線分布)の決定

- 本来はデータ同化の問題設定を決めた上で計測を行うのが理想であるが、計測値がgivenである場合が多い



(2) 観測モデルとコスト関数の定義(実験値を扱いやすいように加工)

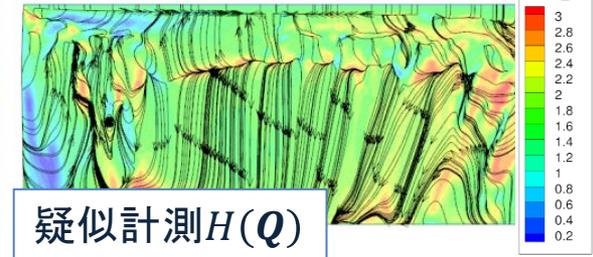
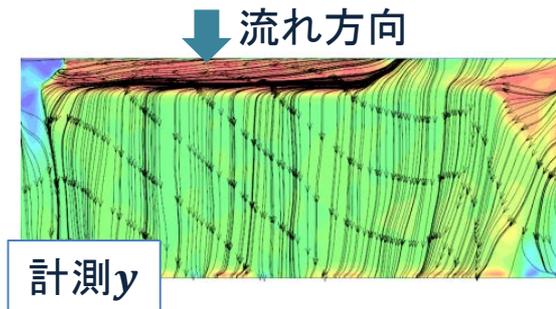
- 摩擦応力線の傾きのarc tangentを利用して0~2πに限定

$$H(\mathbf{Q}) = \left| \arctan \frac{b_x}{b_y} \right|$$

b_x : 流れ方向成分

b_y : スパン方向成分

$$J(\mathbf{Q}) = \sum_{\substack{surf \\ mesh}} \frac{1}{2} (\mathbf{y} - H(\mathbf{Q}))^2$$



1. 「手順・知識」の構築(4)

(3) パラメータの決定(遷移位置)

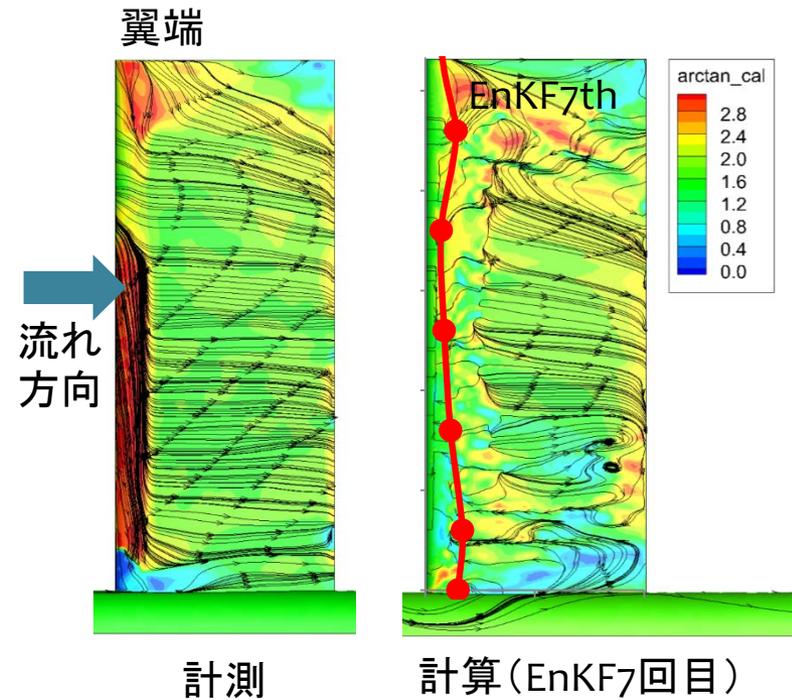
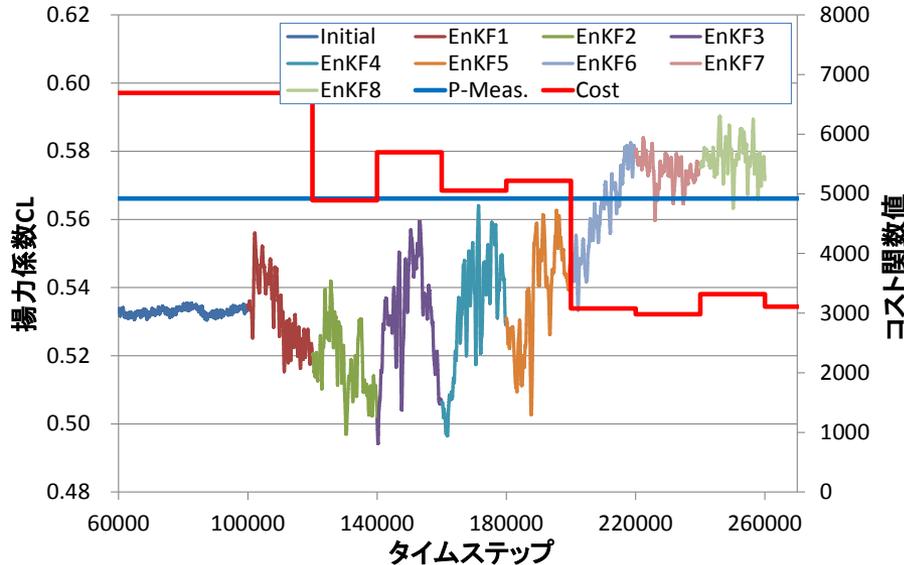
- CFDで摩擦応力線分布を変化させることのできるパラメータは何か?

(4) 感度解析

- パラメータ(遷移位置)の変化がコスト関数(応力線分布の差)を有意に変化させるか確認

(5) 双子実験(重要)

(6) 実データへの適用



1.「手順・知識」の構築(5)

- ➔ 上記のようなデータ同化適用プロセスを新たな課題で検証し、整理・明文化
 - 工学問題に共通する点・特有の課題を抽出
 - 研究会における議論で明らかにしていきたい
 - 良い結果も重要だが、適用プロセス自体が有益なのは?

- ➔ データ同化コードの提供?
 - アンサンブルカルマンフィルター, 粒子フィルタ等コードの提供

インターフェースの例

User Defined Function (UDF)を利用したデータの受け渡し

1.「手順・知識」の構築(6)

→ 個別の課題へのデータ同化導入サポート

➤ 興味はあるがとっつきにくい方向け

→ 結果の議論

➤ 研究会を有効に利用したい

→ 可視化ソフトとの連携も視野

➤ 多くのソフトのデータ入出力をサポート

➤ 共分散行列の可視化等も可能

1.「手順・知識」の構築(7)

→ チュートリアルは必要?

➤ Lorenzモデルなどの簡易モデルを使ったデータ同化の理解

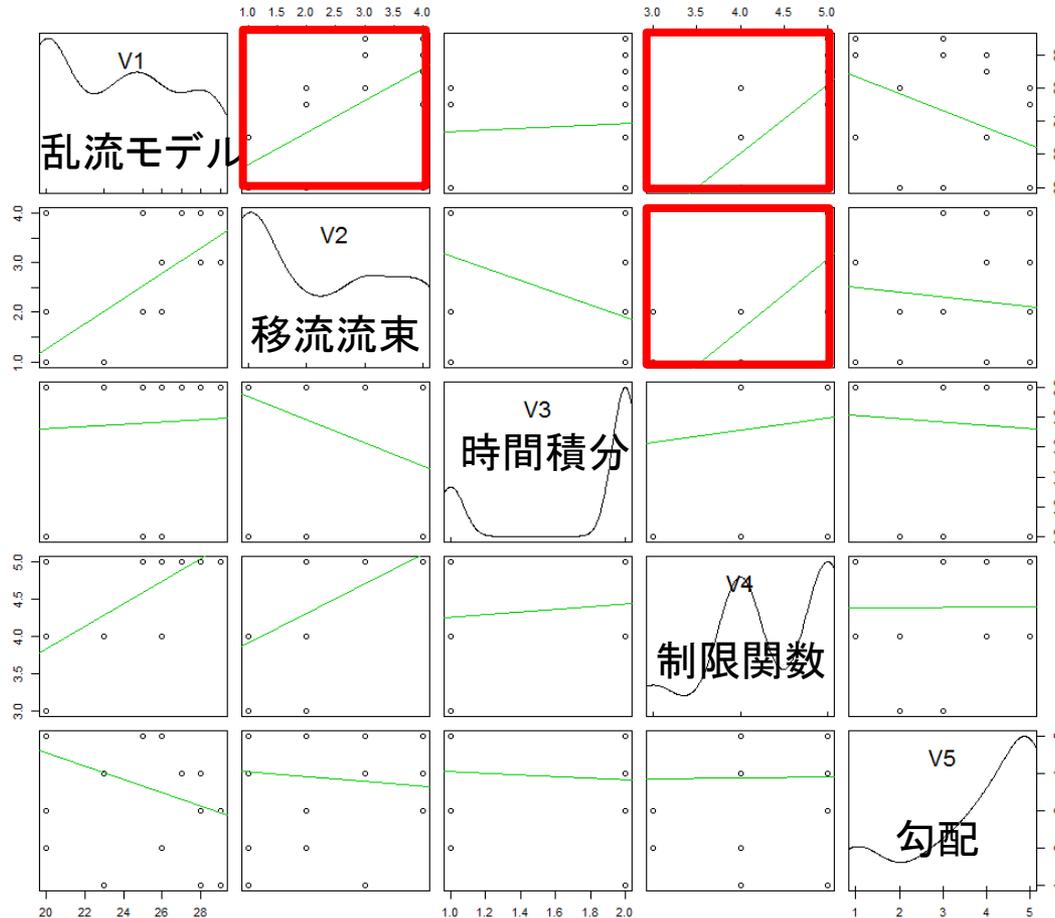
2. ニーズの正確な把握

- DAE研究会での議論(一番重要)
- アンケートの実施(忌憚ないご意見を!!)
- 企業訪問(?)

3. 新たな手法の構築(1)

→ 最適モデルの自動選択によるモデル予測性能の最大化

例



従来: 経験則
人間の試行錯誤の結果
(もちろん、ベストかもしれない)

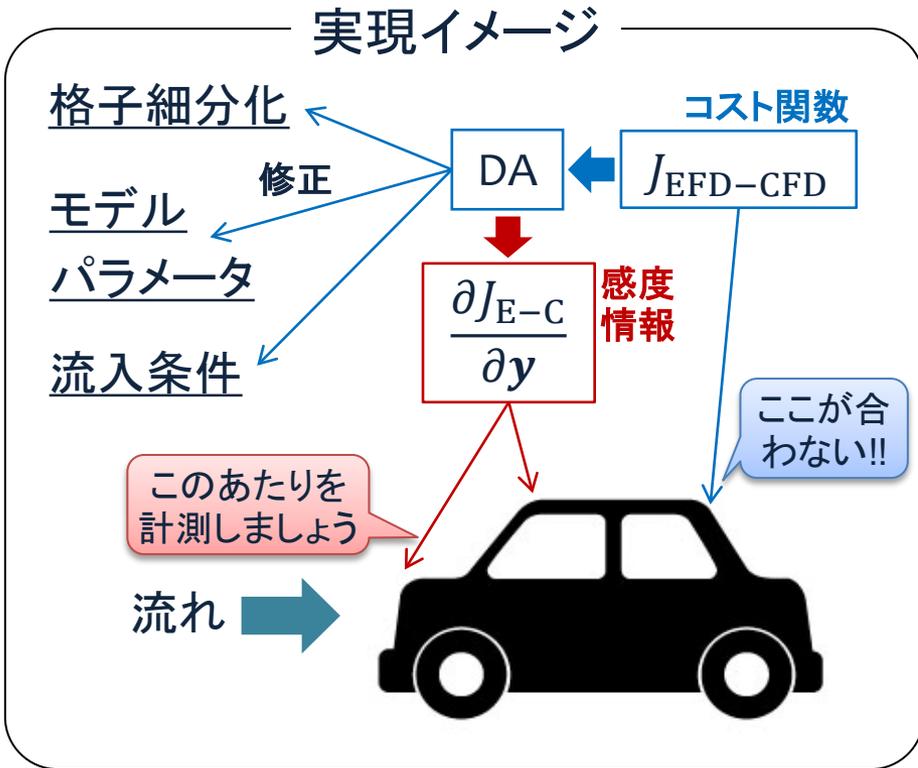
↓
提案技術: 自動選択

- ✓ **トレンド**が分かる
- ✓ **最適な組み合わせ**が分かる

- “乱流モデル”と“移流流束”の選択には**トレンド**がある
- “乱流モデル”と“制限関数”の選択には**トレンド**がある
- “移流流束”と“制限関数”の選択には**トレンド**がある

3. 新たな手法の構築(2)

→ 計測感度を利用した計測の最適化



システム構築例



データ同化しながら計測感度を求め次に計測すべき点を探す

1. 後流のピトー管による風速計測(粗く)
2. データ同化による流入境界条件の推定, さらに計測感度を求める
3. スパコンに計測点を指示
4. ピトー管で指示位置を計測してスパコンに送る

4. 新たな適用先の掘り起こし

→ 研究会Webによる情報発信

- 研究会の予定, 資料の配付など
- <http://www.ifs.tohoku.ac.jp/edge/DAE/>

→ 国内・国際学会でのセッション企画(成果宣伝の場としても)

- 2015年7月流力/ANSS 「EFD/CFD融合技術」
- 2015年10月計算力学講演会 「先端的データ同化手法の異分野への展開」
- 2016年1月EFD/CFDワークショップ
- 2015年7月流力/ ANSS 「EFD/CFD融合技術」
- 2016年7月WCCM2016 「Data Assimilation aided Engineering」
- 2016年9月機械学会年会
- 2016年10月計算力学講演会 「先端的データ同化手法の異分野への展開」
- 2016年12月CFDシンポ 「流体情報(可視化, プリ・ポスト処理, 実験・計算ハイブリッド手法)」
- 2017年1月EFD/CFDワークショップ(?)