

確率論的設計評価の実用化に向けた 新しい実験計画法の開発

SATテクノロジー・ショーケース2016

■ 緒言

宇宙開発分野におけるロケットや宇宙機をはじめとして、様々な産業分野において開発するシステムは大規模・複雑化してきており、性能向上や低コスト化に加え、信頼性・安全性の確保がますます重要となってきた。そのためには、設計段階でのシステム機能の成立性検討や、設計検証段階での検証試験において、数多くの製品及び環境因子のばらつきへの考慮が必要であり、異常発生後の信頼性・安全性確保の検討も欠かせないため、複雑なオフノミナル現象を数多くの条件で評価する必要がある。

そこで研究代表者は、数値シミュレーションにより信頼性を確率論的に評価し、各因子ばらつきや数値シミュレーションの不確かさを低コスト試験により定量化する新しいシステム開発手法を構築してきており、本手法をベースに次期基幹ロケットH3の開発が現在進められている。

本研究では更に、こうした確率論的評価法の適用範囲拡大のために、説明変数Xと目的変数Yとの関係性を応答曲面近似する時の、数値解析や試験による設計評価数を新しい実験計画法により大幅削減することで、試験や数値解析のコストを削減することを目指している。本手法は様々な分野において応用できるものであり、他産業への適用範囲拡大を進めていく計画である。

■ 新しい実験計画法

1. 応答曲面近似モデル

信頼性・安全性評価で考慮が必要な因子数は多く、説明変数Xと目的変数Yの関係も非線形的であるため、近似精度が高く、動的サンプリング法との親和性が高いクリギング応答曲面近似法を用いた。

2. 動的サンプリング法による新しい実験計画法

タグチメソッドなどの従来の実験計画法では、直交表によりすべての評価条件を事前に決めて設計評価をし、最後に応答曲面近似化をおこなうのが一般的である。動的サンプリング法では、ひとつの設計評価を行うたびに応答曲面近似を行い、動的サンプリングクライテリア値を算出し、クライテリア値が最大となる評価条件Xを次の評価条件とする。本研究で用いた動的サンプリングクライテリアを以下に示す。A)とB)は共同研究者1)による先行研究によるものであり、本研究ではC)を提案した。

- A)クリギングモデルの推定分散 (Uncertainty)
- B)高次と低次な共分散関数での推定値の差(Difference)
- C)上記2つの重み付けなし線形和 (Hybrid)

従来法と比較して動的サンプリング法により解析数を大幅に削減できることは、特徴の異なる7種類の検証問題でも確認されたが、実問題への適用例として宇宙機の空力特性評価に対する応答曲面と、サンプリング数の増加に対する最大エラーの履歴をFig. 1に示す。

本研究で提案したHybrid手法(図中Unc+Diff)において、安定したエラー低減が実現できていることがわかる。

■ 応用分野

数多くの設計評価を要する工学問題に応用できる。

- ・最適化問題, パターンマッチング
- ・ヘルスマonitoring等の計測箇所の選定問題
- ・大規模なパラメトリックスタディ

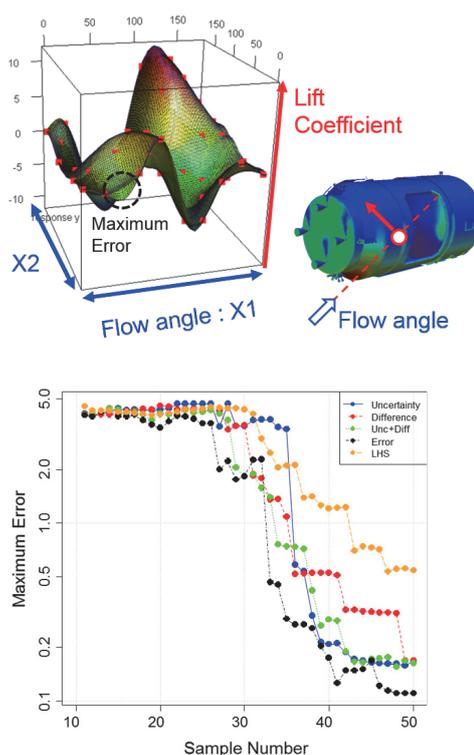


Fig.1 Maximum error history by dynamic sampling method for aerodynamic analysis.

代表発表者 藤本 圭一郎 (ふじもと けいいちろう)
 所属 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
 研究開発部門 第三研究ユニット
 問合せ先 〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1
 TEL: 050-3362-3589
 fujimoto.keiichiro@jaxa.jp

■キーワード: (1) 実験計画法
 (2) 確率論的設計評価(PDA)
 (3) 信頼性・安全性の定量評価

■共同研究者:
 1) 下山 幸治(しもやま こうじ)
 東北大学 准教授
 2) 根岸 秀世(ねぎし ひでよ)
 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
 研究開発部門 第三研究ユニット