

複数の車体構造の同時設計探査 —大規模並列計算と多数目的進化計算アルゴリズムを用いた複数車種同時最適化手法の開発—

研究・開発機関 : マツダ(株)、(独)宇宙航空研究開発機構、(社)自動車工業会、富士通(株)
 利用施設 : スーパーコンピュータ「京」
 計算規模 : 230万ノード時間(約8000ケースの計算)
 利用ソフトウェア : 汎用構造解析ソルバー LS-DYNA
 多数目的進化計算アルゴリズム (NSGA2Cheby: JAXA 開発)

Before

- ものづくりにおける最適化技術の応用は、主に単一製品、かつ一つの要求性能に留まり、最適化で得られる情報を複数の製品や性能に連成させて有効活用することは困難でした。
- 企業内の計算資源レベルで、複数の製品の要求性能を対象とした最適化を行う場合、応答曲面法という近似モデルを用いる場合が多いですが、その際には近似誤差により最適解をミスリードする可能性があります。

After

- 大規模並列計算と高効率な探索アルゴリズムを組み合わせることで、複数の車種と複数の要求性能を対象とした同時最適化が可能となりました。
- 近似モデルを用いない実計算結果を用いることにより近似誤差によるミスリードがなくなり、最適化から得られる目的関数間のトレードオフ情報が、設計者の意思決定へ反映されることが期待されます。

■背景と目的

近年、自動車業界を取り巻く環境は劇的に変化しています。それは、環境規制(燃費など)の強化、衝突安全意識の高まり、顧客ニーズの多様性、新興国のモータリゼーションです。その中で、自動車の燃費の向上には、エンジンの改良に加えて、自動車の車体構造の軽量化も重要な要素です。

また、顧客ニーズの多様性や新興国へのビジネス拡大のため、自動車において多品種少量生産が必須ですが、開発・生産コストが増大するため、複数の自動車に共用できる部品の設計が求められています。

従来のシミュレーション技術では、これらの要求を満足しながら短期間で自動車を開発することは大変困難でした。そこで、大規模並列計算と高効率な探索アルゴリズムの多数目的進化計算を組み合わせ、複数の自動車と複数の要求性能を取り扱え、かつ重量最小化と部品共用

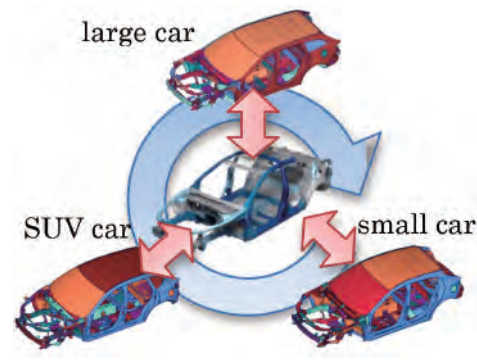


図1. 複数車種同時最適化 (重量最小化と共通部品点数最大化)

化に有効なシミュレーションが行える最適化技術の開発が望まれていました(図1)。

これによって、重量最小化と部品共用化のトレードオフ(パレートフロント)を探索し、設計者が様々な市場ニーズを考慮した車体構造設計を行える基盤設計ツールの実用化を目指します。

■利用成果

大規模並列計算、汎用構造解析ソルバーと多数目的進化計算アルゴリズムを組み合わせた最適化システムをスーパーコンピュータ「京」上に構築しました(図2)。なお、汎用構造解析ソルバーの実計算は1ケースあたり16ノード(128コア)で行いました。

最適化の対象とした複数の車体構造としては、small carのアクセラハッチバック、large carのアテンザワゴン、SUV carのCX-5の3車種とし、設計変数は車体構造の74部品、3車種合計で222部品の板厚としました。最適化の探索範囲としては各車種の初期板厚の±0.3mm、すなわち、0.6mmの空間を設定し、制約条件として、4つの衝突形態(前面オフセット衝突、前面フルラップ衝突、側面衝突、後面衝突)、車体ねじり剛性と低周波振動モード(1次の横曲げ、縦曲げ、ねじり)の合計45条件を設定しました。また目的関数としては、一つの重量最小化関数と二つの部品共用化関数を設定し、三目的最適化問題として定式化しました。

最適化のための進化計算を行った結果を図3に示します。図中のブルーの点は初期設計点で、グレーの点は制約条件を少なくとも一つ以上は満足しない個体群であり、赤の点はすべての制約条件を満足する実行可能解です。実行可能解の中で総重量が少なく、共通板厚部品点数の多いものが最適解の候補になります。

この実行可能解の中から、初期設計点より優れた個体として3個体あり(図中黄色の領域中の赤い点)、その中で最軽量な点と共用化された点(それぞれ、図中①、②)があり、これらの点を結ぶラインに、トレードオフ(パレートフロント)があると推察され、本技術がものづくりへ応用できる可能性があることを実証することができました。

本研究は、文部科学省HPCI戦略プログラム 分野4「次世代ものづくり」の一環として実施したものです。

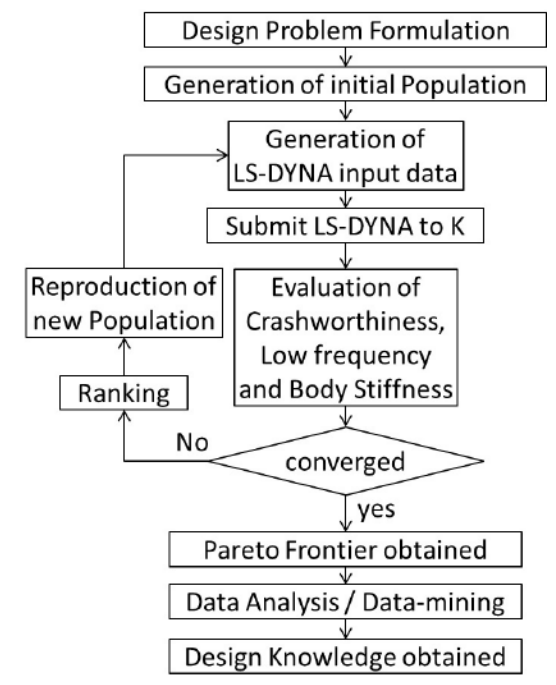


図2. 最適化フローチャート

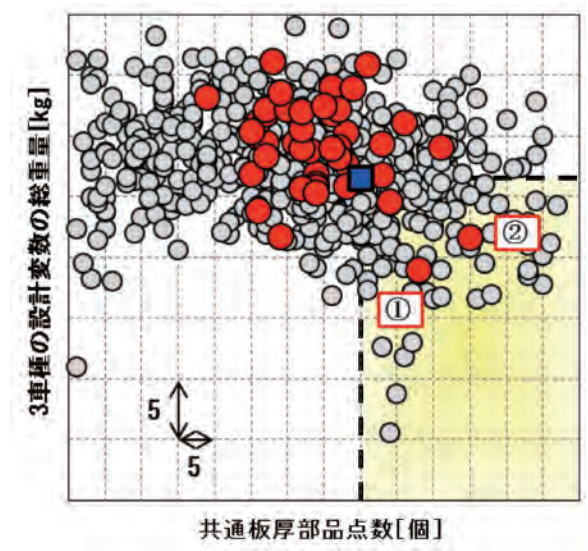


図3. 最適探索進捗結果(14世代)

■出典: 文部科学省HPCI戦略プログラム 分野4 第5回次世代モノづくりシンポジウムにて発表