九州大学情報基盤研究開発センター

民間利用成果報告書

提出日：　２０２３年　5月　３１日

利用課題名		スーパーコンピュータシステム「ＩＴＯ」を活用した自動車先端ＣＡＥの開発				
課題責任者	企業名	一般社団法人 日本自動車工業会				
	フリガナ 氏名	トヨオカ　タエコ 豊岡 妙子	部署名	安全・環境領域　3部	職位	主任
	連絡先	住　所：〒105-0012 東京都港区芝大門1-1-30　日本自動車会館 E-mail：toyooka-t@mta.jama.or.jp		TEL　03-5405-6125 FAX		
利用期間		2022年　7月　1日　～　2023年　2月　28日				
利用成果公開延期希望の有無		■　即時公開　・　□　公開延期（成果公開予定：　　年　　月）				

※利用成果報告書は原則公開ですが、課題終了後最大2年間公開を延期することが可能です。

- 本様式の変更はできません。
- 補足資料を付加することは可能です。

受付番号		受付日 年　月　日	受付印	

■利用計画全体の概略（申込書と同じ内容を記述してください）

1） 利用目的

日本の自動車業界は、グローバル競争の中で、安全性、燃費、快適性など車の更なる性能向上と、低コスト化の両立が必須となっている。安全基準、環境基準が厳しくなる中、高いレベルで複数の性能を両立させることはますます難しくなっており、シミュレーション利用の拡大が重要になっている。

そのために、自動車メーカ各社が連携して各社が現在保有しているスパコンでは実施できない計算を外部の計算機で実施することにより、10 年先の実用化が期待出来るシミュレーション活用技術の検討と開発を行う。

2） 利用意義

新たなシミュレーション活用技術の検討と開発には自動車メーカ各社が実施するモデル作成や実験との検証などの取り組みに加え、アプリケーションソフトウェアの高度化・高性能化および利用技術の向上が不可欠である。そのため、自動車メーカだけでなく、アプリケーションソフトウェアベンダと協力して取り組むことが必要である。

本研究では、日本のすべての自動メーカが加盟している日本自動車工業会が実施することにより、ソフトウェアベンダ及びハードウェアベンダと協力体制を取ることが可能で、各社単独では困難な商用アプリケーションの利用高度化を実現する体制を作った。これまでも、自動車開発に重要なシミュレーション技術の開発にとりくんできた。技術開発の目的は主に３つに分けられる

① 実験評価しかできない性能評価をシミュレーションに置き換える

② シミュレーションを使った革新的な開発プロセス実現のための手法開発を実施

③ 実験室での性能評価ではなく、リアルワールドでの性能評価をシミュレーションで実現することで、自動車の開発期間短縮、コスト削減、性能向上の両立をはかる

従来のシミュレーション活用は上記①の狙いがほとんどであったが、高性能コンピュータと AI などのデータ分析手法他の最新技術を活用することで、②③の実現を目指して取り組む。

3） 必要性

本研究の成果は、自動車メーカ各社において、開発に適用するための更なる応用研究を経て、実用化され、自動車の開発期間短縮、コスト削減、環境・安全などの性能向上を実現し、日本の自動車産業全体の競争力強化に資するものである。また、開発した手法、および手法実現にむけた課題を公開し、幅広い産業で実用化に向けた研究を可能にする。

さらに、シミュレーション技術の開発を通じ、アプリケーションの高速化、高機能化を実施する。そのアプリケーションについては、全業種、全世界に対し、利用を開放する。また、自動車工業会が本研究の成果を対外的に発信することで、シミュレーション先端技術が産業応用に繋がることが周知され、他の商用アプリケーションソフトウェアの高度化や、自動車業界以外の産業における応用にもより一層広がることが期待される。各社が単独で実施する場合に比べ波及効果は大きい。

研究項目テーマ毎の必要性と効果は以下の通り。

【テーマ１】流体解析・機械学習・最適化の組み合わせによる自動設計手法の可能性調査

空調ダクトの CFD 解析を用いたシミュレーション

現象把握と物理量の計測によりダクト内および車室内における現象を再現する。今回は流れ現象を検討対象とするが、将来的には熱や音へと考慮範囲を広げることで自動車開発におけるより高い快適性解析への応用が期待できる。シミュレーション結果からの製品形状抽出のための手法は、他部品は言うに及ばず、CAD 設計を行う全産業分野への展開が期待できる。

多様化社会におけるお客様ニーズに応えるため、各自動車メーカは従来に比べより短期間での車両開発が求められている。開発期間短縮に向けては、試作車を作らずに車両性能を予測するシミュレーション技術が広く利用されている。こうした性能予測は製品形状創成後に実施することを前提とした検討が多いが、実際の開発現場で求められているのは目標性能をはじめとした製造制約等を含めた製品形状を得ることであり、その形状 CAD の生成に他ならない。本来の狙いである開発期間短縮には、このような初期形状生成、性能予測、改良形状のフィードバック、再設計といった一連の流れからの脱却が必要であり、自動設計はプロセス改革の大きなカギであると言える。

本研究では、この自動設計に対し、シミュレーションを原動力に機械学習および最適化手法の組み合わせによる製品形状の自動生成の可能性を探る。

【テーマ２】　実験との組合せでは構築が困難な、危険な運動の挙動解析技術の調査

現象把握と物理量を計測することで、リアルワールドでの現象再現手法を実現。将来的の自動車開発における旋回時の挙動、空力性能計算での解析手法構築を目標とする。今回は危険な運動が顕著に表れる小型ボートの挙動解析を題材に、旋回挙動解析手法の構築を目指す。

現在の設計段階における操縦運動性能予測は、数分の一から数十分の一の幾何学的相似模型を作成して、模型試験により模型に作用する流体から受ける力を計測し、この計測値の縮尺影響を修正した力を用いた運動シミュレーションで行っている。しかし、模型試験はその工数が多く、特に高速の小型ボートの場合は単純にフルード数を合わせた実験結果に縮尺影響としてレイノルズ数の修正をするだけにとどまらず、推進器（プロペラ）のキャビテーション数を合わせる必要もあり、模型試験そのものが煩雑である。

さらに、高出力の小型ボートでの加速性能、操縦性能、最高速度試験は、危険な船体挙動が発生する可能性があり、安全性を担保するためにはこれら挙動の解析、発生限界の把握が必要となるが、従来の模型試験に基づくシミュレーション法では、これら現象を捉えることは難しく、一方で危険を伴う可能性のある試験を実機で実施することはできない。
このような現状から、CFD を用いた数値実験による従来の模型試験の置き換え、実機スケールでのダイレクトシミュレーションによる危険な運動が発生する可能性のある限界性能把握や危険な運動の解析の要望は非常に大きい。これまでの研究では、従来の模型試験から CFD を用いた高精度数値実験に置き換える手順を検討するとともに、実機スケールでのダイレクトシミュレーションを実施する環境を構築し直進加速時のシミュレーションを実施した。本研究では、転覆に至るような危険な運動の挙動解析、小型船における安全な状態を保つための限界性能の把握を行うと共に、サスペンション機構を備えた小型ボートの挙動解析手法構築を目指す。

■成果の概要

1) 本課題で得られた具体的な成果

ﾃｰﾏ 1:

成果 1: scFLOW ｿﾙﾊﾞ および Scluptor の ITO への移植、ﾉｳﾊｳ習得

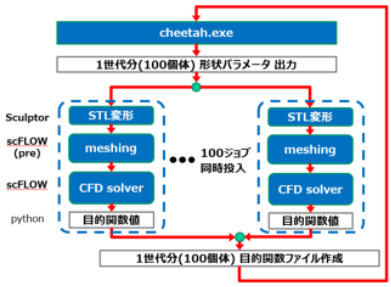
ITO へのｿﾌﾄ導入に下記の様な工夫が必要な事が判明した。

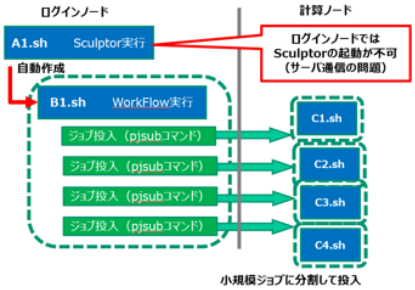
・待ち時間短縮のための JOB 実行形態の工夫

ライセンスサーバーの確保

Sculptor をログインノードで実行

同時実行 JOB 数の調整（ライセンスの確保）





図a. 形状最適化のデータフロー

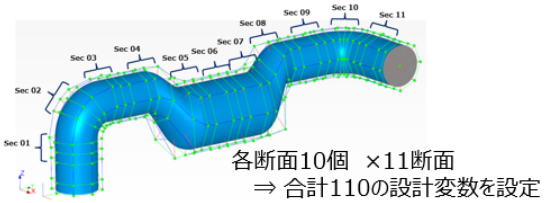
成果 2: 多目的関数・多設計変数条件での進化型形状最適化解析の実施

全ての目的関数で初期状態より良化カツパレート解と思われる形状群への到達

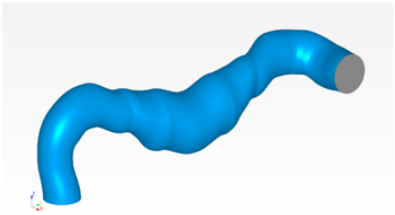
・4 目的関数・110 設計変数での自動形状最適化サイクル計算のワークフローを構築

・100 個体/世代×120 世代=12, 000 ケースの流体解析の実行

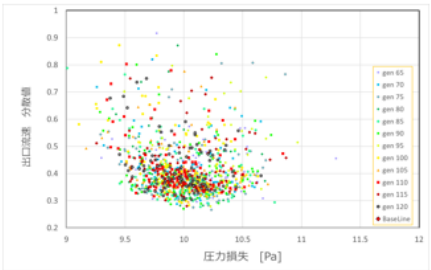
・パレート解と思われる形状群への到達



図b. 解析対象ダクト(初期形状)とモーフィング設定



図c. 形状最適化後のダクト設定



図d. 最適化計算結果(一部)

「圧力損失」「乱流エネルギ」「ダクト容積(質量を想定)」「出口流速の均一性」の4目的変数による多目的最適化の自動計算を実施(1世代100個体・120世代)
12,000ケースの計算解析
世代を重ねる毎に目的変数が良化(除、圧力損失)かつ収束していく様子が観察された。

ﾃｰﾏ2:

成果1: STAR-CCM+ｿﾙﾊﾞ の ITO への移植、ﾉｳﾊｳ習得

ITO へのｿﾌﾄ導入に下記の様な工夫が必要な事が判明した。

- ﾌﾟﾛｾｽ生成数の unlimited 化による制限解除
- 10 ﾉｰﾄﾞ以上での計算実行によるﾒﾓﾘ確保
- Infuniband 指定の明示化による通信環境確保

成果2: 1億要素による船体の大規模 CFD 解析の実施

水槽試験と ITO による CFD 解析結果の比較を実施

- 船体抵抗は 1-3%程度の誤差にて一致した。
- 接水面積はまだ、20%程度の差異が出ている。これはまだ、解析要素が大きく水の飛沫などが捉えきれていない為と推察。

2) 社会・経済への波及効果の見通し

ﾃｰﾏ1:

多目的・多設計変数での形状最適化ワークフロー成立の可能性を示した。これは設計者・解析者といった専門家の意思を介在させずに最適形状を得られる手法の一つであると言える。今回の検討においては、パレート解と思われる形状群への到達には、多くの計算実行を必要としたが、最適手法や設計変数の変化量の調整等により、より少ない計算リソーセスでの自動設計の実現を図ることができると推測する。今後、ITO 環境での追加検討を実施し、計算リソーセス削減の可能性を示す予定である。

ﾃｰﾏ2:

現状では直進状態での検討に留まっているが、今後は急旋回などの実験では危険が伴う運動における解析にて実績を積み、将来は解析のみにて転覆などの挙動予測が可能となるように研究を進め、実験ｺｽﾄの大幅削減や実験上における危険性が皆無となるようにする予定である。

3) その他

■利用アンケートにご協力ください

1) 利用に関して有益であった事項

ﾃｰﾏ1:

・九州大学の窓口である先生のご協力が非常に助かりました。

ﾃｰﾏ2:

・九州大学の窓口である先生のご協力が非常に強力でした。先生のご協力が無ければ、成果は皆無となる可能性が大でした。

2) 利用に関して生じた問題点など

ﾃｰﾏ1:

・商用ソフトを使用する際のライセンスサーバーをご準備いただけると利便性が高まるかと思います。

ﾃｰﾏ2:

・同じグループ間のﾃﾞｰﾀ共有に関して、予め専用のフォルダが準備されていますと利便性が高まるかと思います。
現状では個人フォルダに共有フォルダを作成し、セキュリティ設定を別途行う必要がありますが、少々手間でした。
※危険性も高いです。

3) ユーザーサポートとして必要と考えられることについて

4) 施設利用に係る感想・改善を希望することについて

ﾃｰﾏ1:

・プロジェクト別でのログインノードの固定や保守頻度低減や期間短縮を検討していただけると助かります。

ﾃｰﾏ2:

・解析ﾃﾞｰﾀのｱｯﾌﾟﾛｰﾄﾞ、ﾀﾞｳﾝﾛｰﾄﾞに時間がかかることが問題でした。
できれば東京や大阪のHPCﾃﾞｰﾀｾﾝﾀｰに接続され、高速での通信が可能であれば大変助かります。
・月一回の保守ですが、3-5 日/回と少々長く感じました。

5) 本事業で得られた成果や公表する予定の成果があれば以降に記述をお願いします

ﾃｰﾏ1:

追加の検討（2023 年 5-7 月を予定）を実施させていただいた後に、しかるべき学会にて発表を計画いたします。

ﾃｰﾏ2:

しかるべき学会にて発表を予定します。