

海洋研究開発機構と日本自動車工業会による共同研究の報告

代表者 梅谷 浩之 (社)日本自動車工業会

著者 梅谷 浩之 三好 勝宏 佐藤 和浩
(社)日本自動車工業会

キーワード 自動車、衝突、空力、高精度化、リアルタイム化

‘06年4月から’07年3月の間に、海洋研究開発機構と日本自動車工業会の共同研究を実施した。本共同研究は、‘04年6月から’06年3月までの2年間に行われた共同研究活動「地球シミュレータを活用した自動車まるごと、高精度、リアルタイムシミュレーションの検討」での検討を更に発展させ、数年先の自動車性能シミュレーションのあり方、並びに、課題等を検討することを目的にした。ここでは、その活動結果と今後の進め方について述べる。

1 共同研究内容

海洋研究開発機構(以下 JAMSTEC)より、日本自動車工業会(以下自工会)に「車まるごとシミュレーションの地球シミュレータを使った検討」という共同研究の申し入れがあり、’04年6月から’06年3月までの、約2年にわたる共同研究を実施した。共同研究のテーマは海洋研究開発機構からの申し入れと、自動車開発を取り巻く環境、ニーズを考慮し、「地球シミュレータを活用した自動車まるごと、高精度、リアルタイムシミュレーションの検討」とした。その結果、衝突解析では、地球シミュレータの活用で、1000万要素が実用可能な計算時間(18H)で実施できることを実証できた。また、空力解析においては、9000万要素の計算を実施することで、従来の計算では再現不可能な現象を捉えることができ、解析精度の向上を図ることができた。しかし、エンジンの燃焼解析では、地球シミュレータの能力を十分に発揮できるソフトウェアがなく、本シミュレーションの実施には多くの課題があることが明確になった。

このような活動結果を受け、本年度は、衝突と空力解析に絞り、より大規模な解析モデルを活用し、近い将来に必要な超大規模解析の可能性や課題について検討した。

1980年代に訪れたスーパーコンピュータの普及は、自動車の開発プロセスに大きな影響を与えた。

それまでは、計算モデルを可能な限り小さくすることで現実的な計算時間におさえ、そこから得られた結果から、様々な現象を推測することがエンジニアに求められていた。ところが、最近の計算機や、計算手法、並びにその周辺を取り巻くプリポスト処理技術の飛躍的な進歩により、従来では想像もできなかった規模の解析が実際に行われている。その結果、自動車開発の効率は大幅に向上し、シミュレーションが自動車開発の一翼を担っていることは誰もが認めるところである。

しかしながら、このようなシミュレーションのめまぐるしい進歩に伴い、シミュレーションへの要求項目も益々増加してきている。地球温暖化に代表される環境問題への対応、より一層高いレベルで求められる安全対策、など、複雑な現象を解明しながら改善策を模索する試みが求められていることは周知のことで

ある。

このような適用範囲の拡大と共に、開発効率向上のための高精度化、並びに解析時間の短縮化の要求も強く、これらに答える技術開発はシミュレーションに携わるエンジニアの使命でもある。

このような背景から、今回の研究は、ハードウェア性能の限界により数年先しか検討できないと思われてきた課題への対応を今実施しようとするものである。特に今回は、昨年度までの活動で得られた成果から、自動車のシミュレーションの代表例である“衝突シミュレーション”と、“車体周りの空力シミュレーション”に検討範囲を絞り、解析モデル規模の面から精密性の限界を調査することとした。

活動体制は、自工会内のESCARワーキンググループである。メンバーは、自工会に所属する全自動車会社14社、海洋研究開発機構、及び事務局としてNECにも参加いただいた。また、実務面では、研究で使用するソフトウェアをソフトウェア会社から提供いただき、地球シミュレータでの動作検証、高速化などでも、ご協力いただいた。協力会社は、LSTC、ESI、**メカログ**、リカルド、CD-adapco、IGENIE、CDH、**アルテアエンジニアリング**、日本総合研究所の9社に登った。

次に、共同研究の具体的な内容について説明する。自動車まるごとシミュレーションの実現にむけ、今年度は昨年以上の規模をもつ超大規模な高精度シミュレーションモデルを使って実施することとした。それぞれの‘06年度の実施内容について、次項以降で説明する。

2 活動結果と今後の進め方

2.1 衝突解析

2.1.1 活動結果

2005年度の活動の結果、車両モデル化に1400万要素を使用した超大規模詳細モデルにより、剛体壁前突解析の時刻暦フロア加速度精度が向上することを踏まえ、本年度は、1) ODB(Offset Deformable Barrier)前突解析への適用と計算性能向上、2) ODB前突での時刻暦フロア加速度精度向上を目標に活動を実施した。

その結果、1)の計算性能については、昨年度までは、図1のように計算進行に伴い計算速度が著しく鈍化するという問題があった。これは、ODB前突モデルは、ODB部分の接触計算負荷が非常に高いため、計算負荷の前後左右差が非常に大きいため、並列化効率が悪化することが原因であった。本年度は、CPU割り当て領域の分割方法を工夫することにより、並列化効率を改善し、計算鈍化速度を改善することができた。その結果、対策前(図1)に80ms換算で約300時間かかっていた計算を、130時間(図2)に短縮することができた。

2)の時刻暦フロア加速度精度については、図3にあるように課題を残す結果となった。課題としては、ODBと車両が激しく接触する25msまでの実験結果との比較において大きな差があること、加速度ピークのタイミングがシミュレートできていないことなどがあげられる。これらの問題の原因は、ODBの材料物性が車両と比較して、軟らかいため局所的に大変形を起こすこと、さらには材料破断も広範囲にわたって起こること、などが考えられる。現状は、破断現象を表現するのに、ある一定値以上の応力がかかった場合に、要素を消去することにより表現しているが、これでは要素消去後に隣接要素に大きな力がかかっており、さらなる高精度解析のためにはこれらのモデル化方法等の見直しも視野に入れて考える必要がある。

る。

上記のように、ODB 前突解析モデルでは破断というマイクロ現象が精度に大きく関連することが分かっており、衝突現象における連結階層シミュレーションのような新しい解析手法を取り入れるステージにきている。

図1 計算時間 (対策前)

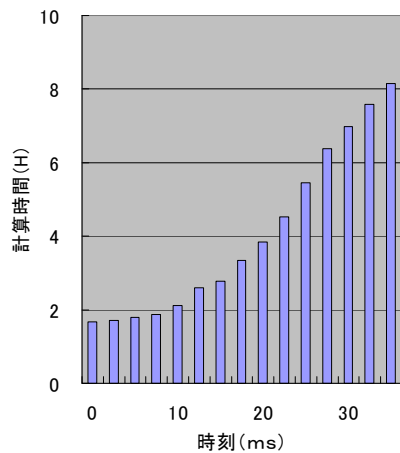


図2 計算時間 (対策後)

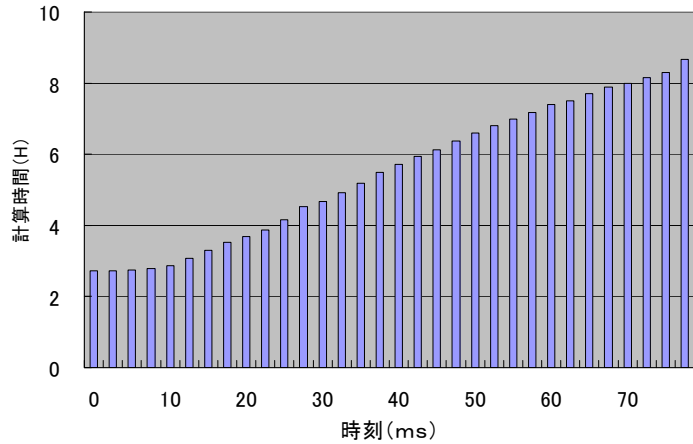
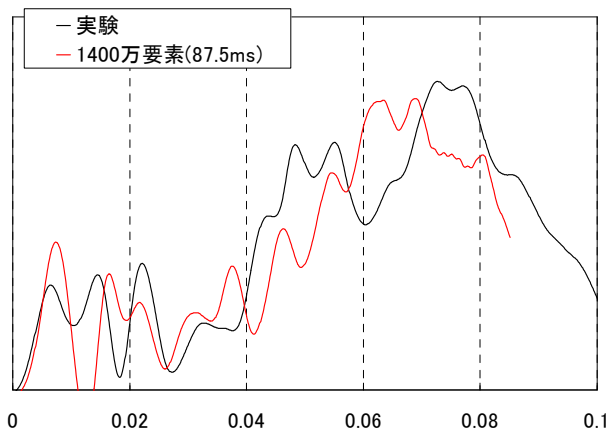


図3 時刻暦フロア加速度



2.2 空力解析

2.2.1 背景と活動内容

現在、一般に用いられている空力解析では、4面体や6面体要素に自動格子生成技術を活用し、複雑な形状の解析を可能にしている。しかし、CAD データから自動格子生成を行う際、CAD データの出来によっては若干の手直しを必要とする場合がある。また、格子形状の良し悪しが解析精度に影響を与えることもあり、格子生成が解析にとって非常に重要なステップであるにもかかわらず、格子生成者の経験を無視できない現実がある。

そこで、複雑な格子生成作業を必要としない流れ解析手法(メッシュフリー法)を開発した。本メッシュフリー法は、面倒な格子生成作業を行うことなく、物体形状を表す点群から直接解析を実行できる。そのため、空力解析のプロセスを大幅に改革できる、いわゆる次世代の解析手法である。

ただし、このメッシュフリー法は、格子生成作業を行わない代わりに、大規模計算を必要とする。そのため、通常の計算機ではその適用性に限界があり、十分な検証が行えなかった。そこで、超大規模計算機の地球シミュレータを活用し、解析精度と計算時間の面から、次世代解析手法の実用性の検討を実施した。

2.2.2 活動結果

各モデルサイズと、計算に要したメモリ、CPU 数、並びに、計算時間を 表 1 に示す。表に示されるように、今回最大となる40億点の超大規模解析でも、約 18.6H で計算可能であることが確認できた。

図 1 に、各モデルサイズで得られた車両中央断面の圧力分布(解析結果)を実験値と比較した。ここで、40億点モデルの計算は、メモリ容量不足の問題解決に手間取り、本活動期間中に一回しか計算できなかった。そのため、解析精度を高めるためのパラメータチューニングが行えず、実験結果と比較できる結果が得られなかった。ただし、9億点までの結果から、空間格子幅を小さくすることにより、解析結果が実験値に近づくことが確認できた。これは、超大規模解析の実現により、車両中央付近の流れがルーフ後端に沿って流れる様子を再現できることを示しており、更なる大規模解析で、解析結果が実験値により一層近づくことが予想出来る。また、図 2, 3 に解析で求められた流れの様子を示しており、複雑な形状周りの流れを捉えている様子がわかる。

表 1 計算時間と計算メモリサイズ

	1400 万点モデル	1 億点モデル	9 億点モデル	40億点モデル
空間格子幅	10 mm	5 mm	2.5 mm	1.5 mm
使用メモリ/CPU	43MB	256 MB	480 MB(*1)	750 MB(*2)
総メモリ使用量	3 GB	33 GB	123 GB	1,536 GB
CPU 数	64 CPU	128 CPU	256 CPU	2048 CPU
計算時間	1.4 H	5.1 H	27.5 H	18.6 H

*1: メモリ低減を図るため、プログラムの一部を改修

*2: 各 CPU のメモリ割付を均等にするため、プログラムの一部を改修

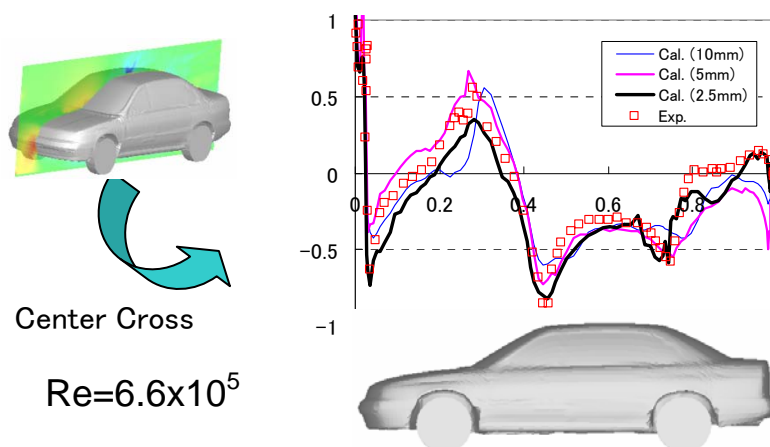


図 4 自動車中央断面の圧力分布比較

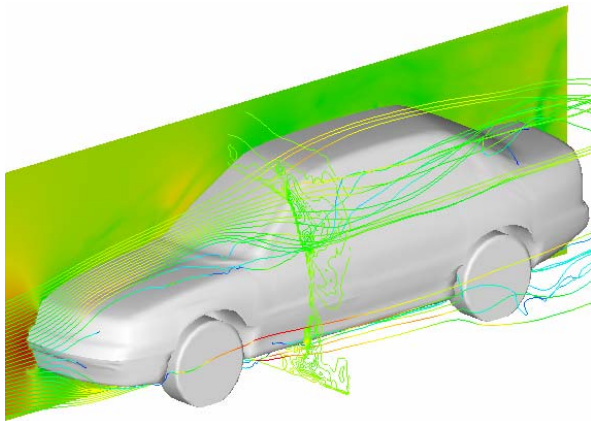


図 5 解析結果：車両全体の流れ

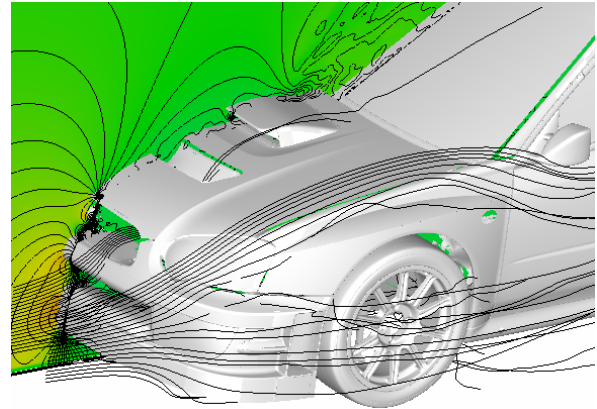


図 6 解析結果：車両前周りの流れ

2.2.3 今後の進め方

自工会と海洋研究開発機構との共同研究は、本年度の成果をもって終了する。

3 まとめ

表2 まとめ

区分	実施内容	06年度結果	結果詳細
衝突	超大規模解析(従来の10倍)の実施を通し	ODB解析精度 加速度: Δ 計算時間: Δ	計算時間短縮を実現できた 加速度精度向上は実現できなかった
空力	・プリ・ポスト環境、 ・解析精度、 ・計算時間を評価した	計算規模: ○(40億点)	最大で40億点モデルの解析を実現できた
		精度(非定常解析): ○	9億点モデルの解析では、実験値に近い結果を得た。40億点モデルは、検討時間がなく、十分な検証ができなかった。
		計算時間: Δ	40億点モデルの計算を一日以内計算できることが確認できた(18.6H/2048CPU)

ハードウェアの制約で、数年先にしか実施できないと思われてきた自動車の超大規模シミュレーションを、地球シミュレータを利用することにより実施できた。この活動を通し、精度向上・解析モデル作成期間の短縮が図られることがわかった。更に、超大規模解析における課題・限界も明確になった。

自工会とJAMSTECとの共同研究は、本年度の成果をもって一旦終了する。

最後に、共同研究の実現、実施にご尽力いただいた海洋研究開発機構の方々、研究をサポートいただいた NEC やソフトウェア会社の方々にお礼を申し上げ、結びとする。