

4 Z B - 0 5

リアルタイム可視化システム RVSLIB の 大規模シミュレーションへの適用*

杉原 光太 武井 利文 土肥 俊 中野 英一**

松本秀樹***

NEC†

NEC 情報システムズ‡

1. はじめに

スーパーコンピュータ、並列計算機上で実行される非定常数値シミュレーションの出力結果は数百ギガバイト以上に達することがある。その場合、出力結果を数値データとしてディスクに保存したり、ネットワーク転送によりユーザ端末側で可視化することは困難となる。その解決法としてシミュレーション実行と同時にその結果に対する動画を作成して、計算結果を評価可能とする方法がある。この手法は数値データ自体を保存する場合に比べ、保存データが画像データになり、1回のシミュレーションに必要なディスク容量は激減する。さらに可視化のパラメータを変更しながら計算状況を把握(トラッキング)したり、シミュレーションの実行自体を途中で制御(ステアリング)できれば、計算結果の評価は効率的に行える。このような可視化技術をリアルタイム可視化と呼ぶことにする。以上の展望のもとで、NEC ではリアルタイム可視化システム RVSLIB(Real-Time Visual Simulation Library)を開発している[3]。本論文では、RVSLIB のシステム概要を述べるとともに、RVSLIB の適用事例を紹介し、RVSLIB の大規模可視化に対する有効性を示す。

2. リアルタイム可視化システム RVSLIB

RVSLIB はサーバクライアント型のシステムである。システム構成を図1に示す。RVSLIB のサーバ機能は計算サーバ上で動作し、利用者のシミュレーションプログラムからサブルーチンの形で呼び出される。シミュレーションプログラムの計算結果が格納されるメモリ領域を直接参照しながら、解析計算と並行してほとんどの可視化処理を行い、生成した画像を圧縮し、ネットワークを通して

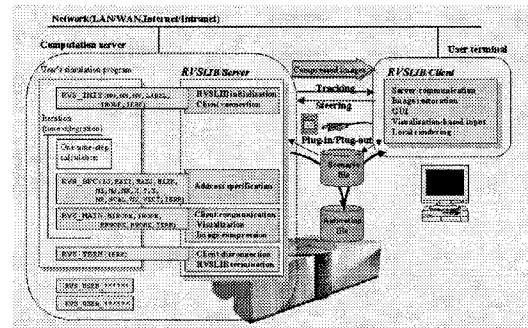


図1 RVSLIB のシステム構成

クライアント端末へ転送する。この方式では以下の利点がある。

- ・ 大規模計算結果をディスクに保存する必要やメモリ上でコピーする必要がなく、スーパーコンピュータのような計算サーバの大規模なメモリを数値シミュレーションに十分活用して画像生成が可能。
- ・ サーバ側の数値シミュレーション規模によらず、ネットワーク転送量は小さく、しかも一定である(表示画像の画素数と色数にのみ依存)。また画像圧縮技術を併用することにより、転送データ量をさらに数十分の一程度に削減可能。

ますます大規模化しつつあるデータの可視化にとって、これは非常に有望な可視化方式である。さらに画像を転送せずに、計算サーバ上に画像を蓄積していくバッチ処理的利用法も可能である。

3. 大規模データの可視化におけるRVSLIBの有効性

RVSLIB の適用事例を紹介し、大規模データの可視化におけるRVSLIBの有効性を示す。

(1) 野球ボール周りの流れの可視化

RVSLIB は計算サーバ上で可視化計算を行うため、高速な可視化処理が重要になる。RVSLIB の可視化処理コストを事例を用い、評価する。適用事例として、理化学研究所の姫野氏が行っている野球ボール周りの流

* Application of RVSLIB, Real-Time Visual Simulation Library, to large-scale numerical simulations

** Kouta Sugihara, Toshifumi Takei, Shun Doi, Eiichi Nakano

*** Hideki Matsumoto

† NEC Corporation

‡ NEC Informatec Systems, Ltd.

れの解析[2]を用い、その可視化をRVSLIBで行う。この研究の目的は、野球ボールの変化の軌跡を計算流体力学(CFD)的に解明することにある。

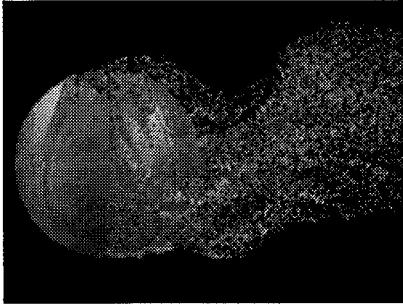


図2 野球ボール周りの流れ

野球ボール周りの流れの可視化では、図種として等高線図と流脈を使用している。特に前者の等高線図ではダイレクトイメージ生成[3]という方法を開発し、可視化処理コストがシミュレーション規模に依存せず、流脈とともにベクトル・並列計算機上で高速な可視化処理を実現している。

RVSLIBの可視化処理コストを評価するため、シミュレーションのみの場合と、シミュレーション+ RVSLIBによる可視化処理の場合の間で計算時間を比較した。

(A) 157万格子点、(B) 626万格子点を用いた非定常Navier-Stokes方程式(Re=100000~200000)をNEC製スーパーコンピュータSX-5上で10000時刻ステップ計算した例を使い、その計算時間を表1に示す。括弧内の割合の数値はシミュレーションのみの場合に対する、計算時間の増加率を示している。

	格子(A)	格子(B)
シミュレーションのみ	7.54h	36.31h
+可視化(視点固定)	7.78h(+3.2%)	36.45h(+0.39%)
+可視化(視点移動)	7.82h(+3.7%)	36.56h(+0.69%)

表1 RVSLIBの性能評価結果(計算時間)

表1からRVSLIBの可視化による計算時間の増大が(B)では1%以下と実用的であることと、格子規模増大に対し、可視化処理の割合が減少することが示された。

(2) 流体シミュレーションのCADへの統合

日産自動車(株)殿では、課題の一つとしてCADとシミュレーションの連携、シミュレーション結果の詳細な動画化がある。具体例として、車両開発の初期段階で車室内の熱環境の概要を短時間に定性的に把握する問題がある[1]。この課題を克服するため、直交格子法により、CADデータから自動的に格子データを生成し、モ

デル作成時間を削減した。さらに生成した約840万格子点での約30000ステップの非定常計算の結果の可視化にはRVSLIBのポリウムレンダリング機能を適用して、大規模な解析結果が直感的に把握できるようになった。ポリウムレンダリングは流れ場の全体像や特徴を把握しやすい手法だが、計算量が膨大である。RVSLIBのポリウムレンダリング機能はベクトル・並列計算機上で高速に処理されるように実装されている。また従来のポストプロセッシングで課題となっていたディスク容量の制限の問題をRVSLIBにより、解決した。このようにして、CADデータ変更から動画プレゼン作成までを、40時間以内に行うことができ、車両開発初期段階での有効な設計ツールが実現された。

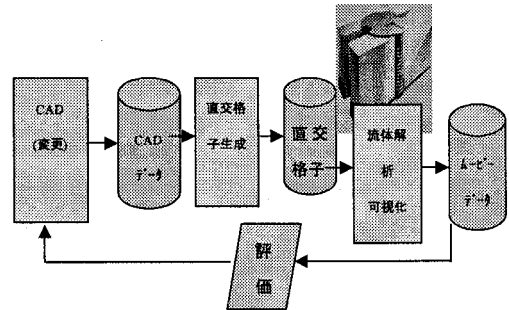


図3 CADデータから画像生成までの工程

4. おわりに

3章でRVSLIBが大規模データの可視化に有効であることを示した。数値シミュレーションは今後より大規模化していき、並列/分散処理が重要になる。並列分散データを効率的に扱うため、計算サーバ上での並列/分散可視化機能が必要であり、今後機能強化を行っていく。

5. 参考文献

[1] K. Ono et al, Visualization of Thermal Flows in an Automotive Cabin with Volume Rendering Method, Data Visualization 2001, D. Ebert, et al. (eds.), Springer(2001) 301-308.
 [2] 姫野ほか, 「魔球の正体」, ベースボール・マガジン社, 2001.
 [3] T. Takei et al, Parallel Vector Performance of Concurrent Visualization System RVSLIB on SX-4, Pacific Symp on Flow Visualization & Image Processing, 2001.