

(I-40) OpenGLを用いたリアルタイム可視化システムの構築

中央大学 学生員 ○ 昼間 修
中央大学 正会員 樫山 和男

1. はじめに

近年の数値解析の大規模化に伴い、可視化にも多大な計算時間と計算機容量を要するようになってきた。従来までの可視化方法では、グラフィックス・ワークステーションへのデータの転送や、転送に際してデータ変換が必要になり、計算結果が得られてから可視化が行われるまでにかなりの時間を必要とした。このことから近年、計算から可視化までの効率を向上させるという点で有効なリアルタイム可視化システム（計算結果を即座に見ることの出来るシステム）を構築することが急務とされてきている。

そこで本研究では、グラフィックスライブラリにOpenGL、プログラムにC言語を用いて、リアルタイム可視化システムの構築を行った。例題として非圧縮性流体の2次元解析に本システムを適用し、その可視化結果を示した。また本システムの有効性について検討した。

2. システム構成

通常、ユーザーが画像表示を行うには、グラフィックスライブラリ (GL) を用いてプログラムを作成する必要がある。本研究では、ハードウェアに依存しないように設計され、世界的に標準で使用されているGLであるOpenGL^{1),2),3)}を使用した。現在、解析はUNIXやWindows, Linuxなど様々なOS上で行われている。この解析環境の変化に合わせた可視化システムを構築するには、OpenGLを用いることが最も妥当であると考えられる。また可視化表示するウィンドウの制御やその他のOSに依存する処理を容易にするためにOpenGL補助ライブラリであるGLUT(OpenGL Utility Toolkit)を用いた。

システム構築は、グラフィックスワークステーションO₂ (米, SGI社製, OS:UNIX) 上で行った。UNIXでは、計算結果を読み込む際における複数プロセスからのファイル処理⁴⁾を行うことができ、マルチタスク機能を用いて流体計算と可視化プログラムの並行処理が可能である。

3. 処理の流れ

本システムは、図-1に示す各プロセスによって画像処理・可視化演算⁵⁾、可視化表示が行われる。例として円柱周り2次元解析について考える。

図-1において、①はメッシュデータや計算結果、ファイルの指定先等の可視化に必要なデータを読み込みを行うプロセスである。②は計算結果（圧力・渦度）のスカラ値に対して、各節点におけるカラーコンター値を作成するプロセスで、色彩勾配を作成し、各節点にカラーデータを割り当てる。③は等高線通過座標を計算するプロセスであ

り、等高線通過要素の抽出、補間計算、及び可視化に必要な幾何学データの作成を行う。④は①～③で計算してきた可視化演算のレンダリングをおこなうプロセスであり、ここでOpenGLで定義されたルーチンを用いてグラフィックス表示を行う。図-2に円柱近傍の可視化例を示す。

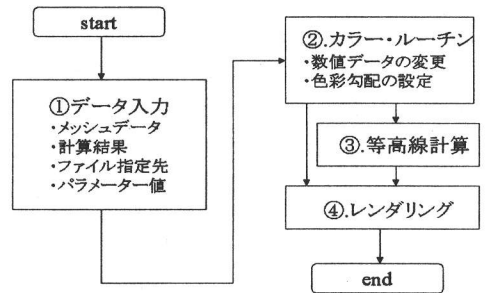


図-1 可視化処理の流れ

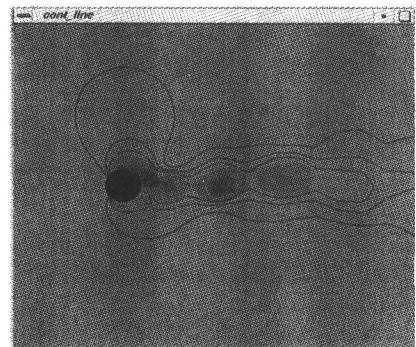


図-2 可視化例（圧力等高線）

4. リアルタイム可視化

(1) アルゴリズム

まず、計算ソルバーをスタートさせ、適当なタイムステップごとに計算結果をファイルに書き出させる。次にUNIXのマルチタスク機能を利用して、可視化プログラムの方も立ち上げる。可視化プログラムは、ソルバーが書き出す計算結果を常に監視し、読み込むようにする。そして次の計算結果が書き込まれたら、その書き込まれた部分を再度読み込むように命令し、OpenGLによって可視化を行う。以上の処理を繰り返し行うことによって、計算結果をリアルタイムに可視化、モニタリングすることが可能になる。図-3にリアルタイム可視化のフローチャートを、図-4に時系列の可視化例を示す。

本システムを用いることにより計算結果を計算しつつ即座に可視化することが可能となるが、計算と可視化を同時に同じコンピュータで行うため、計算速度が低下するという問題が生じる。この問題の解決策として、計算と可

KeyWords: OpenGL, リアルタイム可視化, 有限要素法
〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27
TEL. 03-3817-1815 , FAX. 03-3817-1803

視化を別々のコンピューター（並列計算機使用，OS:Linux）で処理することを試みた。

(2) 計算時間

表-1は単体(1CPU)において，計算のみ行った場合とリアルタイム可視化を行った場合とのそれぞれのCPU使用率と計算時間の比較を示したものである．リアルタイム可視化を行った場合の計算時間は，計算のみ行った場合と比較して，2倍近くの時間を必要としている．

表-2に並列計算機(2CPU)を用いてリアルタイム可視化を行った場合の計算時間を示す．計算と可視化を別々のCPUで行うことによって，単体でリアルタイム可視化を行った場合と比較して，半分の時間でリアルタイム可視化を行うことが可能となった．

5. おわりに

本報告では，グラフィックスライブラリ(OpenGL)を用いてコンター表示，等高線表示を行い，リアルタイム可視化システムの構築を行った．本システムは，計算結果を即座に可視化できるため，実用上の効率を向上させる手法として有効であることが示せた．また，1CPU（単体）でリアルタイム可視化を行った場合と比較して，2CPU（並列計算機）で行った場合の方がおよそ半分の時間で同じリアルタイム可視化を行うことができ，計算と可視化を分散させた効果を得ることが出来た．今後はさらに多くのCPUを用いた並列計算機上でのリアルタイム可視化システムを構築する予定である．

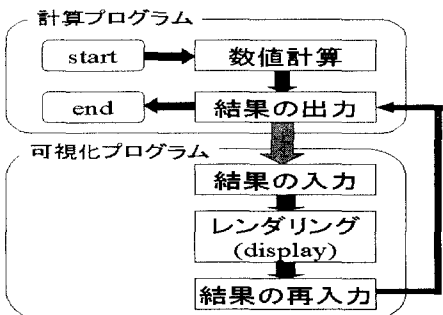


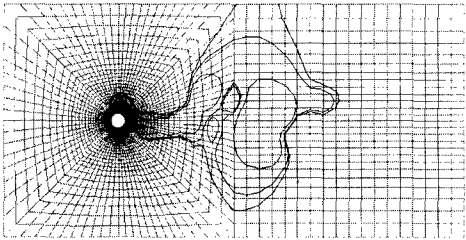
図-3 リアルタイム可視化フローチャート

表-1 計算時間の比較(1CPU)

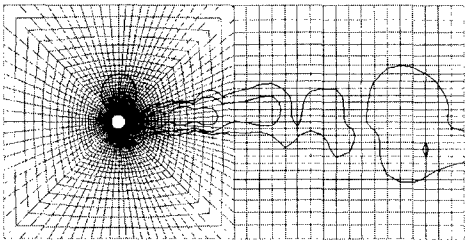
	CPU使用率	計算時間
計算	96%	1002 sec
リアルタイム可視化 (計算+可視化)	計算 48% 可視化 47%	2012 sec

表-2 計算時間の比較(2CPU)

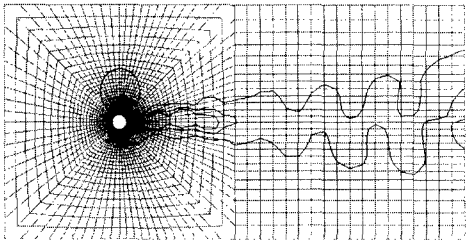
	CPU使用率	計算時間
計算	81%	982 sec
可視化	42%	982 sec



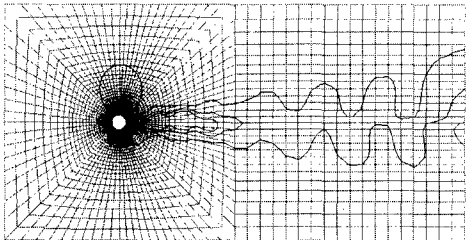
T=60



T=90



T=120



T=150

図-4 可視化例

(T : Dimensionless Time)

参考文献

- 1) OpenGL Official Guide to Learning OpenGL Version 1.1, Addison-Wesley Publishers Japan.
- 2) OpenGL Programming for the X Window System, (日本語版), 星雲社.
- 3) The Official Reference Document for OpenGL, Release1, Addison-Wesley Publishers Japan.
- 4) 葛生和人, 橋口真宣, 桑原邦郎, "OpenGLを使った流れ場のリアルタイムビジュアライゼーション" 第9回数値流体力学シンポジウム論文集, pp129-130, 1995.
- 5) 数値流体力学編集委員会: 格子形成法とコンピューターグラフィックス, 東京大学出版会.