

高校生のページ

人間回帰としての可視化技術

高等教育研究開発推進センター
情報メディア教育開発部門（協力講座）
小山田耕二、坂本尚久

1. 可視化について

1970年代ノーベル経済学賞受賞の学者ハーバート・サイモンが「情報の豊富さは注意の貧困を生み出す」と予言した状況がいたるところで発生しています。このような情報過剰の時代にあって、泥から砂金を探し当てる可視化技術は多くの分野で注目されていて、本研究室研究テーマの大きな柱と位置づけています。可視化技術は、スパコンや計測機器から出力される大量の情報をわかりやすく映像化し、シミュレーションモデルの理解・新しい振る舞いの発見・新しい可視化技術の発明を促すきっかけを与えると期待できます。

1987年に可視化技術の重要性を訴えたレポートが米国科学財団により発行されてから多くの可視化手法が提案されてきました（1987年を可視化元年と呼んでいます）。提案された多くの可視化手法の中でもっともインパクトの高かった手法がボリュームレンダリングです。この手法は3次元空間で定義された数値データ（ボリュームデータ）を雲状に可視化します。我々の知覚システムでは、感覚の入力が物理的にもっともらしい現象から生じ、そのうえで入力解釈を行うと仮定すると、ボリュームデータは物理的な現象をもっともらしく表現するメディアによって表現されることが望ましいとされます。たとえば、視覚的類似度が高いので、スパコンによって計算されたクリーンルーム内の空気汚染度データは、ボリュームレンダリングによって効果的に可視化することができます。一般的にボリュームレンダリングは、ボリュームデータの全体的な特徴をうまく表現することが可能です。ボリュームレンダリングは与えられたボリュームデータを半透明な雲として表現し、その見栄えは、スカラデータから色データへのマッピングを指定する伝達関数によって制御されます。この指定は、ユーザが興味のあるデータについては強調のため不透明度を上げ、そうでないところはこれを下げることによって実現されます。

2. 可視化とその効能

可視化技術の向上に伴って、シミュレーションソフトウェアもたいへん使いやすくなり、利用者も広がっています。このため、利用者はシミュレーション技術をブラックボックス化して問題に適用しているだけで問題解決の本質に関わることなくオペレータ化しているという懸念があります。ものづくりにおいて最終的に判断するのは利用者である人間であり人間の脳が可視化結果から気付きを得て斬新な設計案に結びつけることが必要です。最近この気付きを含めた意識そのものの脳内メカニズムについて研究が進んでいます。シミュレーション技術が人間をより知的にするために、可視化技術が重要な役割を果たしているのでしょうか？可視化効能の数値化について、脳科学からのアプローチも紹介しながら考えてみましょう。

冒頭でも述べたように、情報爆発時代における不可欠な技術として情報可視化技術の開発や先進的利用が注目されるようになってきました。また、隠蔽するよりも開示することのメリットを強調する観点で、テレビ番組においても可視化という言葉を目にするようになってきています。可視化は人類共通の言語であり、意識に直接働きかけるといった効能をもっています。可視化元年からほぼ20年経って米国

電気電子学会 (IEEE) から出版された VRC レポート (Visualization Research Challenges Report) によると、現在は、可視化技術の整備から可視化の意義：よい可視化とは何か？の探求に焦点が移ってきていると強調されています。よい可視化とは、遠藤功著の「見える化」でも述べられているように、行動誘引になるかどうか、すなわち人々のやる気を起こすきっかけや未知の現象の理解につながる気づきが生み出せるかどうかで判断されるものと考えられます。ここでは脳科学者らによる視覚的気付きや知識創造に関する研究を紹介することにより視覚的気付きの重要性について考えてみたいと思います。

電気工学専攻小林哲夫教授の研究グループは多様な視覚情報からある情報に気づくという視覚的気付き (visual awareness) の脳内機構について研究をすすめています。彼らは視覚的気付きの研究において多安定知覚現象に着目しました。この多安定知覚とは物理的な刺激が変化しないにも関わらず、2・3の異なる知覚が交互にあらわれることであり、脳の視覚的気付きのメカニズムを理解する上で重要な客観的事象として認識されています。彼らの研究では、多安定知覚として両眼視野闘争状態と複数の解釈が可能な多義画像を観察中の脳活動部位を MRI 撮影画像により調べ、この視覚的気付きの脳内プロセスを検討しました。その結果、多安定知覚現象には高次視角野、前頭連合野、頭頂連合野といった脳内の複数の部位が関わっていて、とくに前頭連合野、頭頂連合野が多安定知覚現象における知覚交代のプロセスに共通に関与することが示唆されました。

気付きは知識創造と関係があると考えられます。野中郁次郎らの提唱する知識創造理論で、知識創造において重要とされる相互作用の対象 - 形式知と暗黙知 - において、前者はシミュレーションの拠り所とする数学モデルに、そして後者はメンタルモデルに対応すると仮定することができます。シミュレーションというと計算機によって実現されると思われていますが、Jeff Hawkins は人間の頭脳では常にある種のシミュレーションが行われ、その結果が人間の知性と関係すると述べています。脳内シミュレーションで構築されるモデルがメンタルモデルであると仮定すると、数学モデルとメンタルモデルとのインタフェースが可視化技術となります。これは、適切な可視化を通したシミュレーションの実践が人間の知性向上 - メンタルモデルの精錬 - と関係があることを示唆しています。脳科学の深化に伴い、意識の可視化 - メンタルモデルの可視化 - 技術が開発され、これまで困難とされてきた暗黙知共有の実現に近づくものと期待されます。

3. 可視化の適用例

数値シミュレーションによる工学的な解析では、解析対象となる空間が複雑な形状となっていることが多いので、四面体格子や六面体格子などを使ってボリュームデータを表現します。一方、計算機科学技術の進歩に伴い、シミュレーションモデルは複雑化・高分解能化していく傾向があり、それに応じてシミュレーション結果データも大規模化しています。1台の計算ノードに集約することが困難であるような大規模分散並列環境で計算されたボリュームデータの可視化を実現するためには、効果的な分散化が重要な研究課題のひとつとして位置づけられています。可視化というのは最終的にひとつの絵を作るので、ある時点でデータをひとつにまとめないといけません、分散化されたボリュームデータをひ

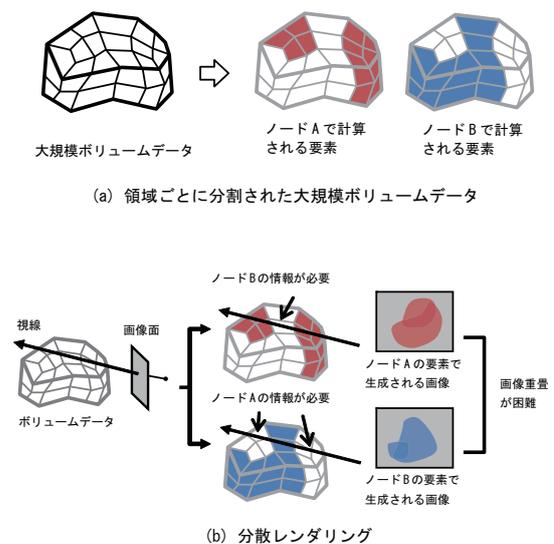


図1 大規模ボリュームデータの分散可視化

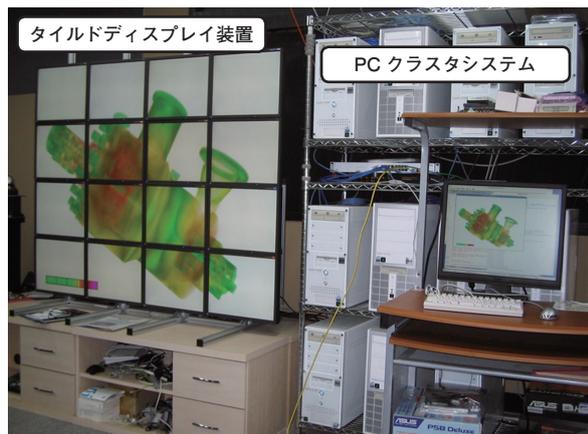


図2 PC クラスタシステムとタイルディスプレイ装置

この問題を解決するために、本研究室ではボリュームデータをいったん粒子データに変換しそれを画像化する粒子ボリュームレンダリングを開発しています。膨大な格子のうち重要となる部分だけ粒子を発生させることで効率よくデータを表現することが可能であり、視線に沿った順序付けも必要なくなるため、分散化された大規模ボリュームデータに対して容易に可視化することができます。また、この手法は、不透明粒子を使って繰り返しかえし投影することにより半透明効果も実現できるため、データの空間的な広がりを効果的に観察することができます。以下では、これまで可視化することが困難であった2つの大規模複雑シミュレーション結果に本手法を適用した例を紹介します。また、ディスプレイを複数並べることで大規模表示環境を実現できるタイルディスプレイ装置を利用した可視化事例を紹介します。この実験には、可視化結果を表示するためのPC1台と分散化されたボリュームデータに対して並列計算を行うためのPC8台をネットワークで接続したPCクラスタシステムを利用しました。そして、並列計算用の8台のPCにそれぞれ2台の液晶ディスプレイを接続することで4×4 (16面) のタイルディスプレイ装置を構築しました (図2)。

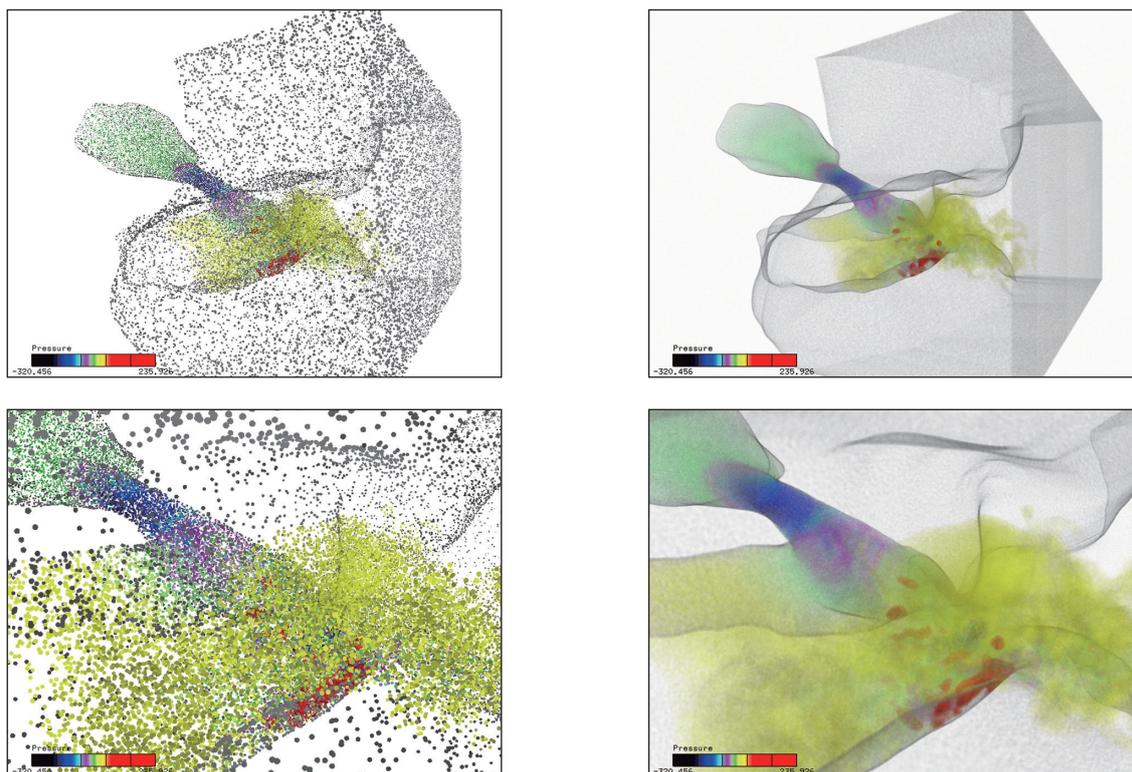
大規模口腔内気流シミュレーション結果の可視化

口腔内を流れる気流を計算し、摩擦による発音障害に関する解明および治療方法に関する研究が進められています。特に、口腔内気流解析では、その気流から発生する音源位置の推定は重要な問題の一つとされていますが、解析精度は計算の際に空間を分割するメッシュサイズに依存し、さらに計算機性能の向上も伴って、解析結果データはますます大規模化しています。ここでは、大規模で高性能な計算が可能な流体解析ソフトウェアを利用して出力された口腔気流シミュレーション結果に対して、粒子ボリュームレンダリングを適用した結果を示します。シミュレーションの対象となる口腔内形状モデルは、コーンビームCTと呼ばれるX線画像撮像装置を利用して得られた画像 (画像解像度: 512×512、スライス数: 512) から生成されたものを利用しています。そして、その形状モデルを、7,215万個の六面体格子に分割し計算することによって大規模なボリュームデータが出力されます。

図3に示す画像が、粒子ボリュームレンダリングによる大規模口腔内気流シミュレーション結果の可視化画像です。従来は、データが大規模であるために格子の順序付け計算が足かせとなって、ボリュームレンダリングを適用することが困難でした。そのため、格子数の少ないデータに対して、任意位置での断面や指定する値の面 (等値面) を表示することによって可視化していましたが、粒子ボリュームレンダリングを行うことによって、空間的な気流の速度分布や圧力分布を解析することが可能となりました。また、この手法では、粒子投影を繰り返して行うことでデータを可視化していますが、その繰り返

とつにまとめるのは不可能に近いので、部分ボリュームデータから部分画像を作成しそれを重畳するなど工夫が必要となります。

分散並列環境で計算された数値シミュレーション結果は、図1(a)に示すように領域分割されていることが多い。単純な格子による計算結果であれば、それぞれの分割領域ごとにボリュームレンダリングを行い、部分画像を作成し、それらを視線に沿った順序で重ね合わせる方法が有効ですが、非構造型格子による計算結果の場合は、その順序が確定しないケースが多くあります。図1(b)では、順序が決定されず、部分画像の重ねあわせが不可能となるケースを示しています。



(a) 繰り返し回数を減らして(1回)高速に描画 (b) 繰り返し回数を増やして(144回)高精細に描画

図3 大規模口腔内気流シミュレーション結果(圧力分布)の可視化(データ提供:大阪大学 野崎一徳 助教)

しの回数を制御することで、大規模データを効率的に表示することができます。たとえば、データに対して視点位置を変更する際は、繰り返し回数を減らし高速に表示し(図3(a))、静止時には繰り返し回数を増やし高精細に表示する(図3(b))ことによって、対話的な速度で効果的に解析を行うことができます。

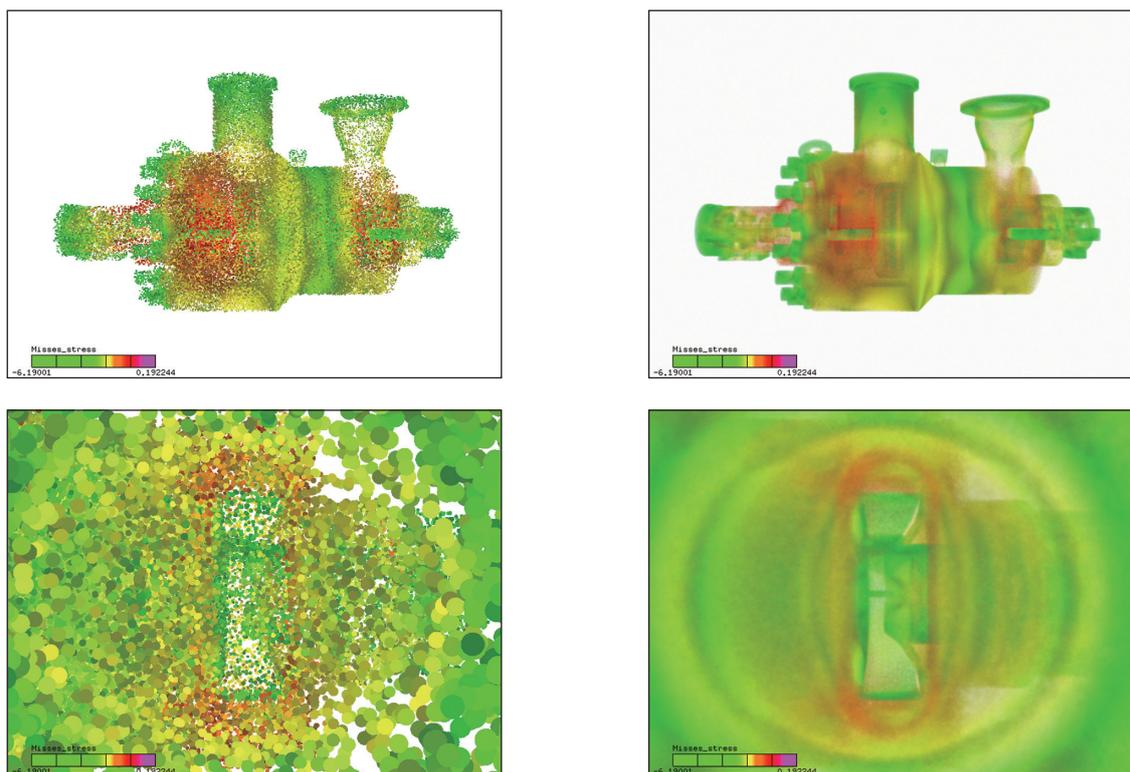
大規模ポンプ自重解析結果の可視化

大規模並列構造解析システムを利用した原子炉給水ポンプの自重解析結果に対して粒子ボリュームレンダリングを適用した結果を図3に示します。ポンプデータは、32の領域に分割されていて、2,629万個の四面体格子の大規模ボリュームデータとして表現されています。このデータについても、データサイズが大規模であるために、従来では、断面図やデータ表面に対して計算された物理量を基として色付けを行うことで可視化を行っていましたが、粒子ボリュームレンダリングを行うことによって、ポンプ内部のデータ値の空間的な変化を解析することが可能となりました。

タイルドディスプレイ装置を用いた可視化

大量の情報をもつ可視化結果から重要な知見を見逃さないために複数研究者向けに提示できる高精細表示環境の活用も重要視されてきています。最近では、液晶ディスプレイやプロジェクタなどを複数並べることによって、安価にスケラブルな大規模表示環境を構築することができるタイルドディスプレイ装置(TDW, Tiled-Display Wall)を用いた可視化環境が注目されています。

本研究室では、図2に示したシステムを利用して並列計算された結果をタイルドディスプレイ上に大



(a) 繰り返し回数を減らして(1回)高速に描画 (b) 繰り返し回数を増やして(144回)高精細に描画

図4 大規模ポンプ自重解析結果(応力分布)の可視化(データ提供: 東京大学 奥田洋司 教授)

規模表示できる環境を構築しています。図5には、可視化された解析結果をもとに議論を行っている様子を示しています。大規模表示装置を利用することで、複数人でデータ全体を概観することができ、かつそれぞれに異なる興味領域を同時に観察することもできるため、効果的な議論を行うことが期待できます。

4. おわりに

シミュレーション技術は、特に横断型研究分野で見られる複雑高度化された問題を解決する糸口を与えるものとして期待がますます大きくなっていくことが予想されます。横断型研究の例としては、地球規模の紛争解決手段の策定、地球規模の循環・環境変動の予測、次世代モノづくりの支援、効率的な創薬のプロセスの実現、そして個人毎に最適な薬剤や治療法を見出すテーラーメイド医療の実現などが挙げられます。これらを支援するシミュレーション技術は、高精度・高分解能化されていく傾向があり、そのシミュレーション結果は大規模・複雑化し、ある分野の専門家だけでは理解が困難となると予想されます。

複数メンバーが地球規模の困難な問題を解決するためには、明確化された可視化効能をうまく生かした遠隔協調研究支援環境を利用することが考えられます。そのような環境上で、複数メンバーによる議論を促進するにはそれぞれの視点で可視化画像が提示される必要がありますが、現在の表示装置では、多視点対応が十分ではありません。一部、制限された視点数における多視点表示装置や解像度を犠牲にした全方位型表示装置が存在しますが、複数メンバーによる議論を促進する段階にあるとは言えない状態です。

シミュレーション結果を共有できる遠隔協調研究支援環境の構築については、日本では、世界に先駆

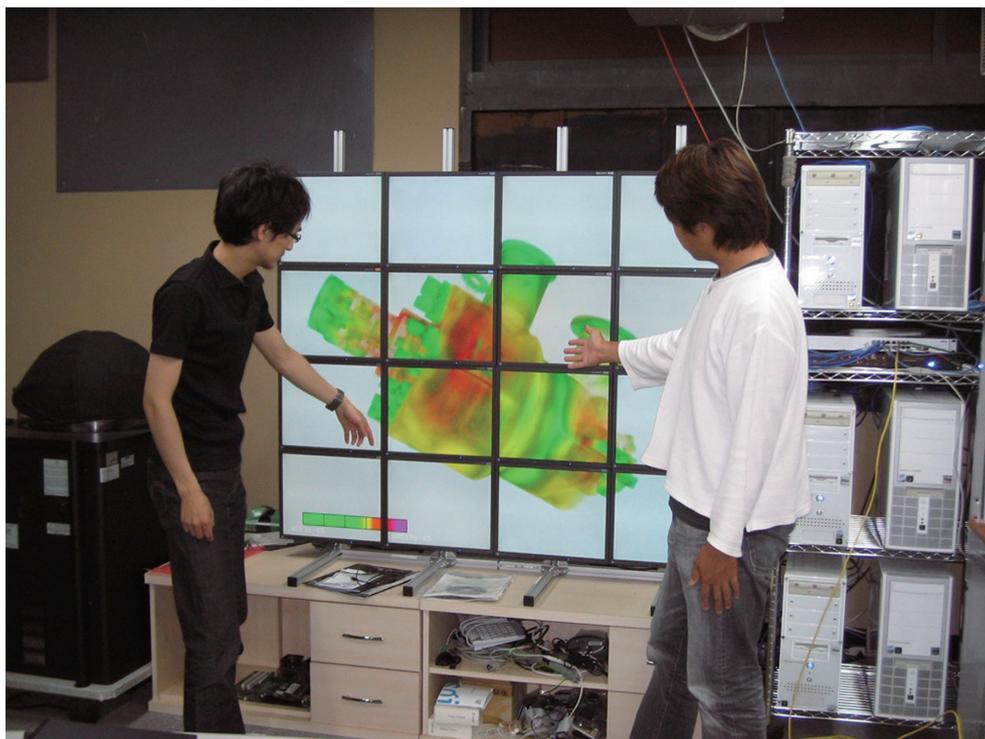


図5 タイルディスプレイ上に可視化された大規模ポンプ自重解析結果について議論をしている様子

けて可視化技術の効能を認識し、ITプログラムのひとつの柱として可視化に関する国家プロジェクト「VizGrid（代表 北陸先端大学松澤照男教授）」を実施しました。高速ネットワーク技術や高臨場感インタフェース技術といった多地点対応の可視化技術開発に必要とされる基盤が未整備の状況ながら、何十年もの先を見越した将来展望の開ける研究成果が残されたものと評価されています。

長期的には、コトづくりの基盤として可視化が重要な役割を担うものと予想します。コトづくりとは、社会的課題の解決に役立つ真の「知の統合」を実現するために個別分野の「知の相互関係を探求」することとされています。知の統合という観点では、収斂技術と深い関係があり、人間を知的にするという目標が共通しています。相互関係といった数値ではないデータの可視化としては、最近発展の著しい情報可視化技術の果たす役割が大きくなると予想します。また、コトづくりの性能：「人間をどの程度知的にしたか」を評価する上でメンタルモデルの可視化は必要不可欠な基盤となることが期待されます。