

R008-05

C 会場 : 11/26 AM1 (9:00-10:15)

10:00~10:15

正四面体ダイナモシミュレーションの可視化

#陰山 聡¹⁾, 大野 暢亮²⁾

(¹⁾ 神戸大, (²⁾ 兵庫県立大学

Visualizations of Regular Tetrahedral Dynamo Simulation

#Akira Kageyama¹⁾, Nobuaki Ohno²⁾

(¹⁾Kobe University, (²⁾University of Hyogo

The helicity distribution of the flow plays an important role in the magnetic field amplification in an electrically conducting fluid or MHD dynamo. In standard MHD dynamo simulations, a convection system inside a sphere or spherical shell is considered, in which the rotation of the entire system induces the flow helicity. In this study, we consider the dynamo in thermal convection, without rotation, inside a regular tetrahedral domain. Our previous studies have confirmed that this system has flow helicity and that the MHD dynamo effect generates a strong magnetic field. In this talk, we will briefly introduce the newly developed simulation code for this study and then report two visualization methods developed to analyze this simulation. One is a 2-D cross-sectional visualization library that writes streamlines, arrow glyphs, etc. in SVG (Scalable Vector Graphics) format in-situ (i.e., while running the simulation). The other is an interactive in-situ visualization method based on VISMO, a 3D in-situ visualization library.

SVG visualization library: A feature of the newly developed SVG visualization library, `slice_svg`, is that it saves images in a vector graphics format, SVG. Instead of converting images to SVG via other image data formats (i.e., converting them to SVG), it outputs SVG files directly as text data. Standard Web browsers can read and display the SVG files without particular settings. In recent years, there has been a growing demand for the constant smooth display of images, such as corporate logos on web pages, on various display devices of different sizes, such as smartphones, tablet terminals, and PC displays. The growing demands of the vector image format, in which the smoothness of the image is always maintained, are behind the spread of the SVG format. However, from the perspective of visualization of simulation data, the appeal of the vector image format is not so much the smooth display of images but rather the ability to accurately describe minute structures in any amount of detail (even if they are less than one pixel on the screen before magnification). The vector glyph display function of `slice_svg` makes best use of this point. In addition, we use SVG's built-in animation function, which enables "still image with motion".

Interactive in-situ visualization: In-situ visualization, in which visualization is performed simultaneously with simulation calculation, is attractive in that it reduces the cost of data transfer and storage for post-processing, but it has the weakness that one can only obtain visualized images from a pre-specified viewpoint and visualization method. To address this problem, we previously proposed a method called "4D Street View". In this method, we scatter many omnidirectional visualization viewpoints inside a simulation domain, perform omnidirectional in-situ visualization from all of them, and analyze many generated omnidirectional videos later, interactively. While applying this method to the tetrahedral dynamo simulation, we noticed that it is more effective to distribute viewpoints densely on a specific curve than to scatter them widely in space. Thus, we developed a method to realize such a curvilinear viewpoint distribution based on the in-situ visualization library VISMO.

電気伝導性流体の流れによる磁場増幅効果、すなわち MHD ダイナモにおいては、流れのヘリシティ分布が重要である。通常の MHD ダイナモシミュレーションでは、球または球殻状の領域内部における対流系を考え、系全体が回転（自転）することで流れのヘリシティが誘起されている状況を考えることが多い。本研究では、正四面体領域内部における自転のない熱対流系でのダイナモについて考える。これまでの我々の研究で、この系が流れのヘリシティを持つこと、さらにその流れによる MHD ダイナモ効果により強い磁場が生成されることを確認している。この講演では、本研究のために新たに開発したシミュレーションコードについて簡単に紹介した後、このシミュレーションを解析するために新たに開発した二つの可視化手法について報告する。一つは in-situ で（つまりシミュレーションを実行しながら）SVG (Scalable Vector Graphics) フォーマットで流線や矢印グリフなどを書き出す 2 次元断面可視化ライブラリである。もう一つは、3 次元 in-situ 可視化ライブラリ VISMO に基づいた対話的 in-situ 可視化手法である。

SVG 可視化ライブラリ：今回開発した SVG 可視化ライブラリ `slice_svg` の特徴は、ベクター画像フォーマットである SVG 形式で画像を保存することである。他の画像データフォーマットを経由して（つまり変換して）SVG にするのではなく、SVG ファイルを直接テキストデータとして出力する。SVG 形式のファイル専用のビューアアプリを使わなくても、一般的な Web ブラウザであれば特に何も設定せずに SVG ファイルを読み込み、画像として表示させることができる。近年、スマートフォンやタブレット端末、PC のディスプレイなど大きさの異なる様々なディスプレイ装置でウェブページの例えば企業のロゴ等の画像を常に滑らかに表示する需要が高まっている。画像の滑らかさが常に維持されるベクター画像形式の重要性が高まっていることが SVG フォーマットの普及の背景にある。だが、シミュレーションデータ

の可視化に利用する観点からいえば、ベクター画像形式の魅力は、どれほど拡大しても画像が滑らかに表示されるという点よりも、微細な構造をいくらかでも詳細に（たとえ拡大前の画面上では1ピクセル以下であっても）正確に記述できる、という点に魅力がある。slice_svg のベクトルグリフ表示機能ではこの点を積極的に活用している。また、SVG にはアニメーション機能が組み込まれているので、通常の静止画用の画像フォーマットでは表現できない「動きのある静止画」可視化をすることができる。

対話的 in-situ 可視化：シミュレーション計算と同時に可視化を行う in-situ 可視化は後処理ためのデータ転送や保存のコストを削減できるという点で魅力的であるが、あらかじめ指定した視点と可視化手法で得られた可視化画像を得ることしかできないという弱点がある。この問題を解決するために我々は以前「4次元ストリートビュー」という手法を提案した。これは多数の全方位可視化視点をシミュレーション領域内部に散布させ、その全てで全方位 in-situ 可視化を行い、生成された大量の全方位動画群を対話的に分析する、という方法である。この4次元ストリートビューはあらゆるシミュレーションに応用できる汎用的な手法であるが、4次元ダイナモシミュレーションにこの手法を適用している際に、視点位置を空間的に広く散布させるよりも特定の曲線上に密に分布させる方が効果的であることに気がついた。そこでこのような曲線的視点分布を in-situ 可視化ライブラリ VISMO に基づいて実現する手法を開発した。