

PS-26 遮蔽計算データ可視化ソフトウェアの web アプリケーション化

海洋リスク評価系 * 大西 世紀

1. はじめに

モンテカルロ 3 次元放射輸送計算コード (3 次元 MC コード) は、近年計算機の進歩により広く利用されるようになっていく。一般に 3 次元 MC コードでは、メッシュでの空間離散化のかわりに、空間を「セル」と呼ばれる任意形状の要素単位で分割する。MCNP コード¹⁾や PHITS コード²⁾等の主要な 3 次元 MC コードでは、空間領域構成法 (Constructive Solid Geometry, CSG) が採用され、セルは二次曲面のブール演算によって定義される。MCNP にはこのセルの断面形状を表示する機能が組み込まれているが、3 次元で表示する機能は無く、PHITS には 2 次元断面表示に加えてレイトレーシングによる特定方向からの 3 次元投影画像を出力する機能があるが、画像をリアルタイムで描画することはできない。従ってこれらの MC コードでは視点の操作などをマウス等でインタラクティブに実施することはできない。このようなインタラクティブな 3 次元表示機能のニーズは広く認識されている³⁾が、1986 年の MCNP バージョン 3 で現行の入力書式が定まって以来、この要求を満たせるツールは存在していない。そこで海上技術安全研究所では 3 次元可視化ツールとして Gxsview⁴⁾を開発した。Gxsview はマウスによるインタラクティブな GUI 操作、拡大縮小可能なスケーラブルフォントによる表示、スタイルシートによるテーマの変更、多言語表示などの現代的ソフトウェア機能を有している。

しかしながら Gxsview に関しては、現在プログラム形態が普及の妨げの一因となっている。Gxsview は通常のデスクトップアプリケーションとして開発されたため、実行ファイルとライブラリ (例えば Windows 環境では .exe ファイル及び .dll ファイル) で構成される。しかしながら近年の計算機を取り巻く脅威の多様化を受け、セキュリティ要求の高まりから個別のパーソナルコンピュータ (PC) で実行可能なファイルを厳しく取り締まる組織が増加しており、実際にユーザーから「exe ファイルが社内では実行不可とされたため使用を断念した」という報告を受けることもあった。また COVID-19 の流行によりリモートワークが増加しているが、デスクトップアプリは使用する個別の PC にインストールする必要があるため、このような労働形態には不向きである。

これらの問題を解決するために Gxsview の web アプリケーション化を実施した。当稿ではこの web アプリ化に際して必要となった事象、システム構成、実行結果等について述べる。

2. 構成

原子力工学の分野においてはインターネット上でのアプリケーションの実行は伝統的に核データ関連の検索や表示⁵⁾が主なものであったが、現在では ssh でログインし MCNP を

実行可能なサーバーの提供⁶⁾を実施している例も見られる。ssh でのログインはホスト側に危険を伴うため、この米国オークリッジ国立研究所のサービスでは、「ASCII テキスト以外のファイルを送ると不正/危険行為とみなしてアカウントを停止する」等の非常に厳しい制限が課されている。Gxsview のインターネットサービス化においてはセキュリティリスク及び将来的な海技研クラウド上での運用可能性を考慮し、http 通信のみで実施可能な web アプリケーションとして実装することとした。

2. 1 システム構成

http 通信による web アプリではユーザーは web ブラウザを使ってサーバーへアクセスする。従って web ブラウザに GUI 部品を提供するフロントエンドサーバーと、主要な処理を実施するバックエンドサーバーの 2 種類が必要となる。フロントエンドではデスクトップアプリに近い使用感を達成できる React ライブラリ⁷⁾を採用し、バックエンドでは C++ でプログラミングした Gxsview のコードを使用するため、web サーバーと C++ の組み合わせを容易に実行できる Node.js⁸⁾を採用した。システム構成の概要とデータの流れを図 1 に示す。

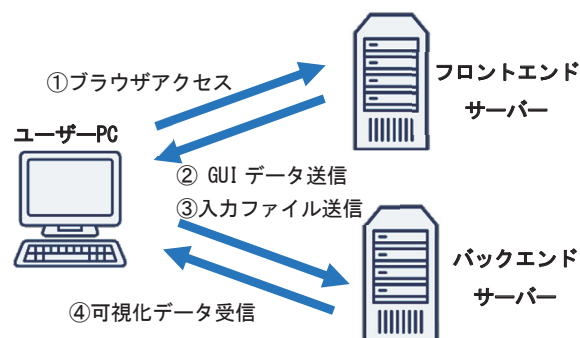


図-1 web アプリシステムの構成とデータフロー

2. 2 ポリゴン生成手法の変更

MC コード入力データの幾何形状を可視化するにあたっては、セルを構成する多角形 (ポリゴン) を生成する必要がある。セルは陰関数のブール演算で定義されており、デスクトップ版 Gxsview では、空間格子点上各点でセルの陰関数を計算し、その結果から表面を構築するマーチングキューブ法⁹⁾を採用している。この手法では比較的複雑な形状のセルに対しても、一定の時間でポリゴンを生成することができるという利点があるが、単純な形状のセルに対しては過剰な量のポリゴンを生成してしまうという欠点があり、web でデータを通信する場合には適していない。従って web アプリではポリゴン数を削減するために、「陰関数のブール演算結果をポリゴン

ン化する」のではなく「陰関数の表すポリゴン同士をブール演算」することでセルのポリゴンを構築している。これらの方式の概要を図2に、生成したセルの比較を図3に示す。

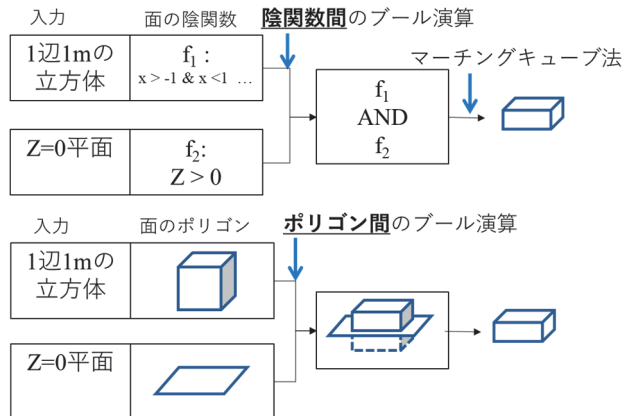
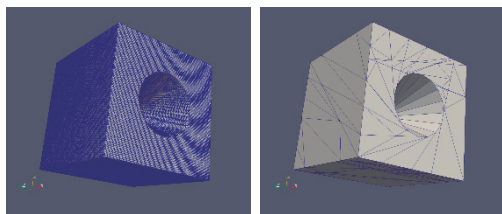


図-2 ポリゴン生成概要(上：従来法，下：web アプリ用手法)



マーチングキューブ法 ポリゴン間ブール演算
ポリゴン数：132064 ポリゴン数：255

図-3 ポリゴン生成結果(左：従来法，右：web アプリ用手法)

これらの図を見るとポリゴン間ブール演算では1/100程度のポリゴン数で同等の表現力を有していることがわかる。

3. Web アプリケーションの実行結果

経済協力開発機構原子力機関(OECD/NEA)出版の、評価済み臨界安全ベンチマーク実験ハンドブック¹⁰⁾に収録されているGodiva IV 臨界集合体のMCNP入力ファイルを表示した結果が図4であり、さらSTL(Stereolithography)ファイルにエクスポートした結果が図5である。これらの図より入力ファイルが正しく認識できていることがわかる。

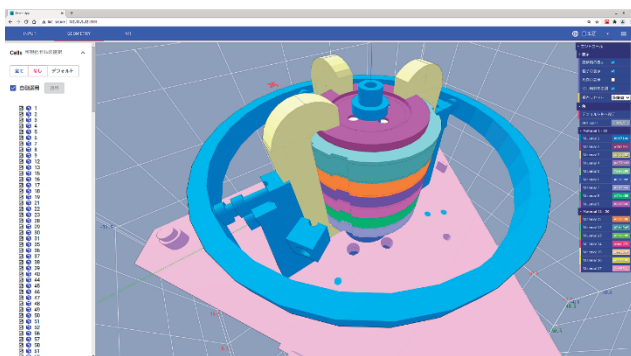


図-4 Godiva IV 臨界集合体⁹⁾可視化結果

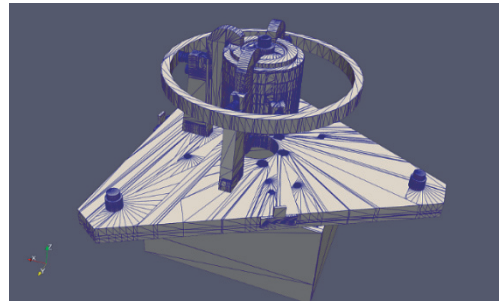


図-5 Godiva IV 臨界集合体 STL ファイル書き出し結果

4. まとめ

従来型のデスクトップアプリとして開発されたGxsviewのwebアプリ化を実施した。3次元可視化や多言語対応、3Dファイルでの書き出し等の機能を実装した。これにより、ユーザーは追加ライブラリなしのブラウザのみでwebアプリ版Gxsviewを利用することが可能となった。今後は海技研クラウドサービス上での稼働を実施する予定である。

参考文献

- 1) X-5 Monte Carlo Team. MCNP - a general Monte Carlo N-particle transport code, version 5 volume I overview and theory. LA-UR-03-1987, Los Alamos National Laboratory, 2003.
- 2) Sato T, Iwamoto Y, Hashimoto S, Ogawa T, Furuta T, Abe S-i, Kai T, Tsai P-E, Matsuda N, Iwase H, Shigyo N, and Sihver L, Niita K. Features of particle and heavy ion transport code system (PHITS) version 3.02. J Nucl. Sci. Technol., Vol. 55(6), pp.684-90, 2018.
- 3) Spancer J. B., Kulesza J. A., and Sood A., White paper 3D geometry visualization capability for MCNP. LA-UR-17-24668, Los Alamos National Laboratory, 2017.
- 4) Ohnishi S., Gxsview: Geometry and cross section viewer for calculating radiation transport, SoftwareX, Vol. 14, 100681, 2021.
- 5) IAEA, ENDF: Evaluated Nuclear Data File, <https://www-nds.iaea.org/exfor/endf.htm>.
- 6) T. E. Valentine, International Secure Platform for Export-controlled Computing Tools, <https://www.ornl.gov/sites/default/files/ESARDA2015-RSICC-60-tev.pdf>
- 7) Facebook, A JavaScript library for building user interfaces, <https://reactjs.org/>.
- 8) OpenJS Foundation, Node.js, <https://nodejs.org/>.
- 9) Lorensen W. E. and Cline H. E., Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm. ACM SIGGRAPH Compute Graph Vol. 21(4), pp.163-172, 1987.
- 10) Nuclear Energy Agency Nuclear Science Committee, International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments, NEA/NSC/DOC(95)03, IAEA, 1995.