

G-26

BSSO(Brief Simulation System using OpenFOAM)の研究開発

長田悠生 藤原佑吾 金盛志祐 村上颯志 八杉凌司

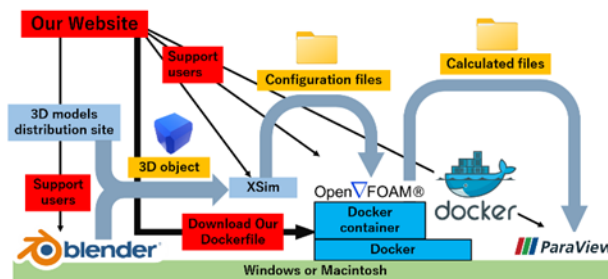
Yuuki Osada Yugo Fujiwara Shiyu Kanamori Soji Murakami Ryoji Yasugi

1. 研究の背景

当初、私たちは変形菌という生物の子実体に着目し、その形状の違いから孢子の散布の違いが表れるのではないかとこの仮説を立てて検証していた。しかし、研究の過程で子実体と孢子の散布領域とのスケールに大きな違いがあり、子実体の形状が孢子散布に大きな影響を及ぼさないことに気が付いた。そのため、研究の中で培ってきた 3D シミュレーションの技術をより多くの方に提供できるように 3D シミュレーションのフレームワークを作成した。

2. 研究の目的

現在使用されている流体シミュレーションは一般の方が使用するにはとても難しいものとなっている。そこで、無料かつ簡単に体験できるシステムを作成しようと思い、BSSOを開発するに至った。



BSSO のシステム構成図

3. 変形菌の孢子散布の研究について

変形菌は変形して移動するアメーバのような変形体と、まったく動かないキノコのような子実体という、はっきり異なった姿を持つ。子実体は特殊な例を除けば、多数の孢子を含む袋状の構造である。大きなものはほとんどなく、大部分は数 mm の大きさである。

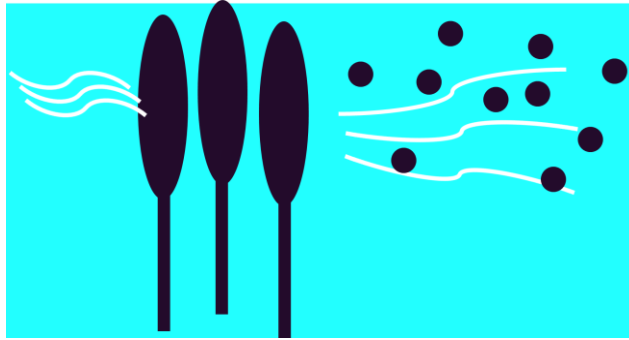
以下に示す 2 種類の子実体は、実際に私たちが採取し、顕微鏡を用いて撮影したものである。



ムラサキホコリ
(*Stemonitis fusca*)
*顕微鏡で撮影
大きさ:18mm
孢子囊:円筒形で暗褐色
採取場所:湿った木の表面
その他:無数の子実体の集合で構成されている。



マンジュウドロホコリ 採取場所:湿った木の表面
(*Enteridium lycoperdon*) その他:1 つの子実体で構成されている。
*顕微鏡で撮影
大きさ:8mm
孢子囊:ドーム型



風散布を行う子実体(図はイメージ)

4. 1 過去のシステムについて

4.1 使用ソフトの紹介

(1)blender

オープンソースの統合型 3Dobject 作成及び CG アニメーション作成ソフト。

(2)XSim

OpenFOAM 用の解析設定データを作成できるウェブサービス。

(3)OpenFOAM

XSim で作成した解析設定データを計算するソルバーとしての役割を果たすオープンソースプログラム。

(4)ParaView

3D シミュレーションの可視化と対話操作のためのオープンソースプログラム。

4.2 使用した技術の紹介

(1)WSL2

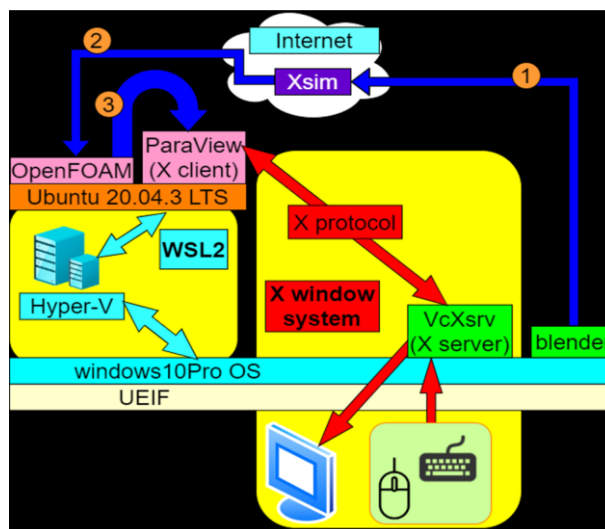
「Windows10 及び 11」上で Linux を直接実行できる機能。

(2)X window system

本来はコマンドで操作する Linux を X protocol という独自の通信規約を用いることによりマウス操作を可能にするシステム。

4.3 変形菌の胞子散布シミュレーションを行うために作成したシステム

(1) WSL2 を利用したシステム



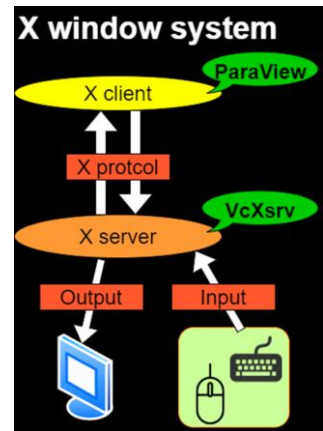
WSL2 を利用したシステムの構成図

~システムについて~

私たちは、孢子散布シミュレーションを行うにあたって OpenFOAM というツールボックスを用いて流体シミュレーションを行い、変形菌の孢子散布の様子を推測しようと試みた。しかし、OpenFOAM は Linux 上でのみ動くものであったため、WindowsOS がインストールされている PC しか所持していなかった私たちは WSL2 という技術を利用して WindowsOS 上で OpenFOAM を利用することに挑戦した。そのため、このシステムを作成するに至った。

~システムの特徴~

このシステムの特徴は WSL2 と X window system を組み合わせることで OpenFOAM によって出力された計算結果のファイルを WSL2 上で可視化することにある。WSL2 は、本来ターミナル上でコマンドを入力することでのみ操作でき、利用者が閲覧している画面は CUI 画面のみで GUI 画面上でマウス操作を行うことは不可能である。しかし、OpenFOAM の出力結果は可視化しなければ正しい結果かどうかを確認することができない。そのため、X window system を用いて OpenFOAM の計算結果を可視化及び GUI 操作を可能にした。



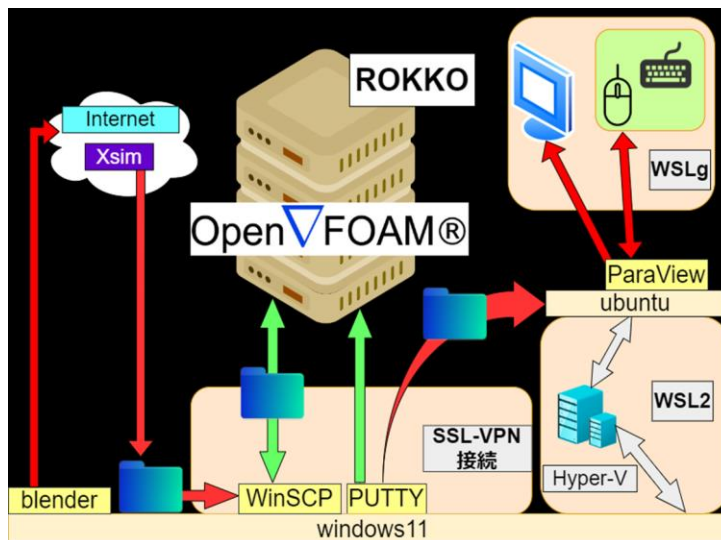
~システムの使い方概略~

- ① Blender で変形菌の子実体をモデリングし、XSim(ウェブサイト)にインポートする。
- ② XSim 上で OpenFOAM に計算させるための計算設定ファイルを作成する。
- ③ OpenFOAM に計算設定ファイルをもとに計算させ、計算結果を ParaView で表示し、計算結果を確認する。

~システムの欠点~

しかし、このシステムは流体シミュレーションの計算を行うことに関して大きな欠点が存在する。それは、計算を私たちが使用している家庭用 PC のマシンパワーで行わなければいけない点だ。通常、シミュレーションのような大量の計算資源を必要とするに取り組む際には、家庭用 PC の数倍以上のマシンパワーを持ったマシンで計算する必要がある。なぜなら、家庭用 PC で計算を行った場合、簡単な状況設定でもとても長い時間がかかる上に PC にとっても大きな負荷がかかるからだ。今後、この研究を続けるにあたってこの問題を解決する必要があった。

- (2) 外部の計算資源(ROKKO)を利用したシステム



外部の計算資源(ROKKO)を利用したシステムの構成図

~システムについて~

初めに作成したシステムの欠点を克服するため、RIST 様に貸していただいた ROKKO という高性能マシンを中心にシステムを作成した。このシステムを作成することによって前回のシステムのマシンパワーにおける欠点を克服することができた。

~ROKKO について~

RIST 様に貸していただいた計算機システムは、6 ノード構成で、VPN 接続をする形で利用させていただいた。ROKKO で計算すると家庭用 PC で計算を行った時の 62 分の 1 に短縮することができた。

~システムの使い方~

- ① Blender で変形菌の子実体をモデリングし、XSim(ウェブサイト)にインポートする
- ② XSim 上で OpenFOAM に計算させるための計算設定ファイルを作成する。
- ③ FortiClientVPN を使用して、ROKKO と私たちの PC を VPN 接続する。
- ④ WinSCP を使用して②で作成した計算設定ファイルを ROKKO にエクスポートする。
- ⑤ putty を使用して ROKKO をコマンド操作し、OpenFOAM に計算させる。
- ⑥ 計算が終了したら、WinSCP を使用して計算済みファイルを私たちの PC にインポートし、ParaView を用いて計算結果の確認をする。

~システムの欠点~

このシステムは以前に作成したシステムの欠点を克服することができた。しかし、このシステムにも致命的な欠点がある。それは、外部の計算資源を利用しているため、必ず貸していただける期間が決まっている。また、VPN 接続を行うためにシステムが非常に複雑になってしまい、容易にシミュレーションの計算を行うことができなくなってしまった。

5. BSSO の研究開発

5.1 BSSO 開発の経緯

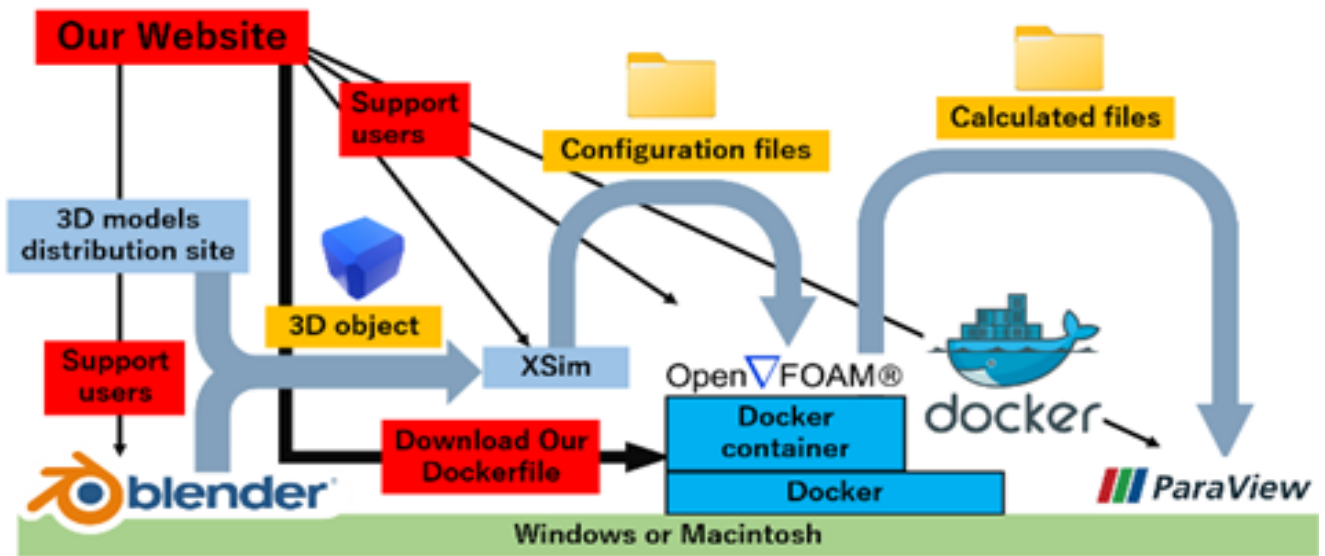
私たちは当初、変形菌の子実体の形状の違いにおける孢子散布の様子の違いを調べていた。そして、シミュレーションを繰り返していく中で子実体の形状の違いが孢子散布に影響しないことを突き止めた。そのため、今までの研究で培った流体シミュレーションの技術を一般の方にも体験していただきたいと思い、開発をすることに至った。

5.2 BSSO の特徴

BSSO は大きく 4 つの特徴を持っている。1 つ目は、レスポンシブル対応をしていることだ。スマホや PC タブレットなどの端末でアクセスしてもサイトのレイアウトが崩れないように設計した。2 つ目は、BSSO についての詳しく丁寧な説明を心掛けたことだ。初めてシミュレーションをする方でも BSSO を難なく使用できるようにできるだけ詳細にそして丁寧な説明を目指した。3 つ目は、私たちが作成した完全オリジナルのシステムであるということだ。そのため、私たちが流体シミュレーションを繰り返す中で不満に感じていた点をできるだけ解決することに成功した。4 つ目は、すべて英語で BSSO の使い方を説明したことだ。世界中の方にシミュレーションを体験していただきたいと思い、すべて英語で説明文を記述した。また、画像を多用することで英語がわからない利用者も大まかにシステムの使い方を理解できるように工夫した。

5.3 BSSO のシステム構成

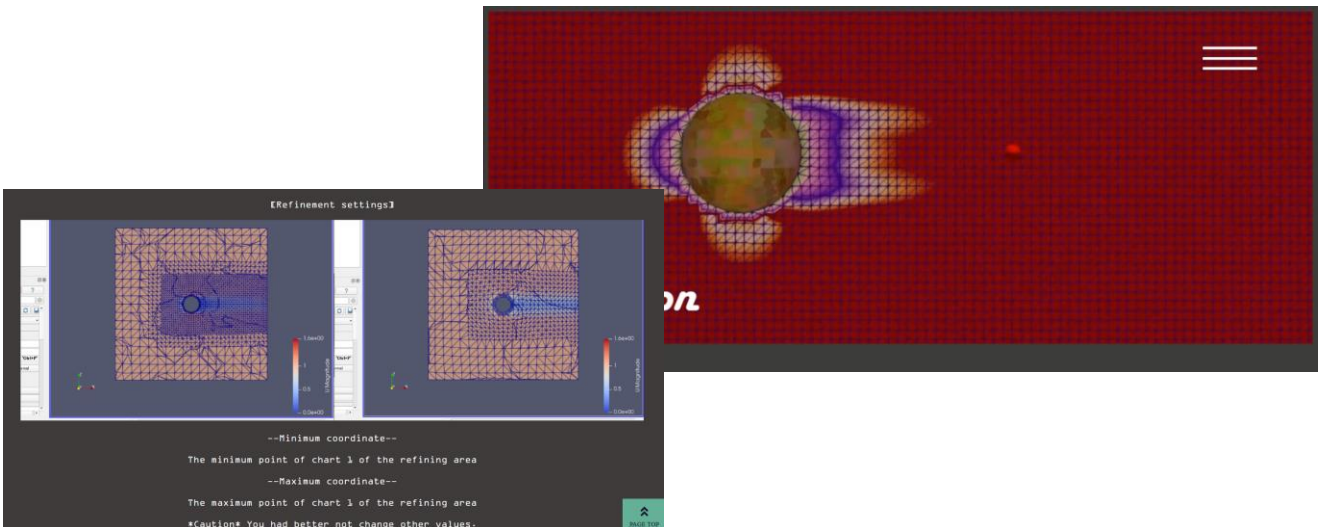
BSSO は、私たちが作成したウェブサイトを中心に動作するシステムだ。システムの基本構成は以前作成した WSL2 を利用したシステムを基に一般の利用者でも使いやすいうように再構築した。BSSO のシステムにおける大きな特徴は 2 つある。1 つ目は、私たちが作成したウェブサイトを中心に動かすことでシステム構成に柔軟性を持たせ、私たちが目指した理想のシステムに近づけることができたことだ。2 つ目は、Docker をシステム構成に組み込むことで利用者が OpenFOAM で計算するための環境構築をできるだけ簡単にしたことだ。これらの工夫により、BSSO をシミュレーションの初心者でも簡単に流体シミュレーションが体験できるシステムに構築することができた。



BSSO のシステム構成図

5.4 自作のウェブサイト

URL: <https://myxogastria0808.github.io/BSSO/>



5.5 自作の Dockerfile

[Dockerfile 内部]

FROM openfoam/openfoam8-paraview56

OpenFOAM のインストール

MAINTAINER HyogoPrefecturalHighSchool

USER root

RUN apt-get update && apt-get upgrade -y \
 && apt-get install python3-pip -y \
 && pip install jupyterlab

ターミナル操作に不慣れな利用者のために jupyterLab で
 コマンド操作がファイルに与えた変化を GUI 画面で確
 認できるようにした。

CMD jupyter lab

5.6 BSSO の使い方

- ① 3D モデルの配布サイトからダウンロードするか、blender というソフトを利用して 3D object を自作する。

- ② 3D object を XSim にインポートし、OpenFOAM で計算するための計算設定ファイルを私たちが自作したウェブサイト(以下、BSSO のホームページとする)を参考に作成する。
- ③ BSSO のホームページのダウンロードリンクから私たちが作成した Dockerfile をダウンロードし、ビルドする。
- ④ ビルドしたコンテナ環境内で先ほど作成した計算設定ファイルをもとに OpenFOAM に計算させる。
- ⑤ OpenFOAM の計算が終了したらホストの PC(利用者のローカル環境)に計算結果のファイルを移動し、ParaView でシミュレーション結果を確認する。

6. まとめ

当初発生していた利用者の OS 環境が要因で発生する数個のバグを修正し、BSSO をより安定したものになるようにした。また、今回作成した BSSO を実際に数人に利用してもらったところ、シミュレーションを成功することができていた。そのため、BSSO は一定の有用性が確認された。今後は、より多くの方に BSSO を利用していただけるように活動していきたいと思う。

6. 謝辞

小野様 (情報基盤研究開発センター附属汎オミクス計測・計算科学センター、九州大学)、今野様 (OCAEL 代表取締役)、山崎様 (RIST 神戸センター)、内山様 (RIST)、浅見様 (RIST 神戸センター)、出川様 (筑波大学准教授)、松本様 (福井植物園)、川上様 (和歌山県立博物館)、矢野様 (京都大学) に、シミュレーション技術を提供していただきました。また、岩本様と吉橋様 (筑波大学) から変形菌の研究提案についてアドバイスをいただきました。