

LLMによる自然言語に基づく CFD解析入力ファイル作成能力の評価

大成建設技術センター 永野雄一

織田幸伸



研究背景

LLMによるCFD解析入力ファイル作成

CFD解析:

煩雑な入力ファイル作成

- 解析領域, 境界条件, 数値スキーム設定, 等々

➤ LLM (大規模言語モデル, いわゆる生成AI) にやらせよう

OpenFOAM 特化 { **MetaOpenFOAM** (Chenら, 2025), **OpenFOAMGPT** (Pandeyら, 2025), **Foam-Agent** (Yueら, 2025)

- ✓ 基本的に追加学習や補助データ (RAG) の用意が必要
- ✓ OpenFOAMや水理学の専門用語を多く含む指示文 (プロンプト) が必要

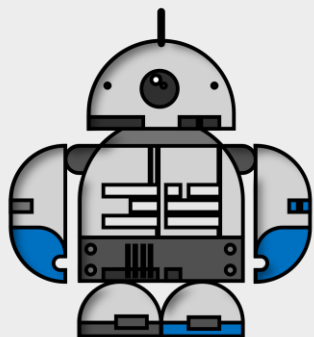
AIの進歩は非常に速いため, OpenFOAMに特化していないオープンなローカルLLMによって, 追加学習等無し, かつ平易なプロンプトである程度入力ファイル作成できるのでは?

研究目的

OpenFOAMに特化していないローカル実行型のオープンLLMを対象に、自然言語に基づくOpenFOAMの解析入力ファイル作成能力を評価すること

1. OpenFOAM解析入力ファイル作成に適したローカルLLMを選定
2. 専門用語の割合によって入力ファイルの質が変わるのかを検証
3. 水理実験に関する論文からその実験を再現するための解析入力ファイルを作れるか検証（本発表では省略）

LLMによるOpenFOAM入力ファイル作成



こんにちは

こんにちは
今日は天気がいいですね

**指示文
(プロンプト)**

ところでOpenFOAMの解析実行のための
入力ファイル作って
気液二相LESで気泡も詳しく解きたいから
VoF値でAMRかけたいんだよね

以下OpenFOAM入力ファイル一式です

controlDict (タイムステップ制御など)

...

blockMeshDict (メッシュ生成)

...

dynamicMeshDict (動的メッシュ指定)

...

fvSchemes (離散化手法指定)

...

transportProperties (気液の性質指定)

...

etc

**プロンプトを元に、
テキスト形式で入力
ファイル生成**



研究手法

① LLM選定テスト

複数LLMからOpenFOAM解析入力ファイル作成に適したLLMを選定

LLM候補

	minstral-3:14b	gemma3:27b	qwen3:14b	phi4:14b	gpt-oss:20b
開発元	Mistral AI	Google	Alibaba	Microsoft	OpenAI

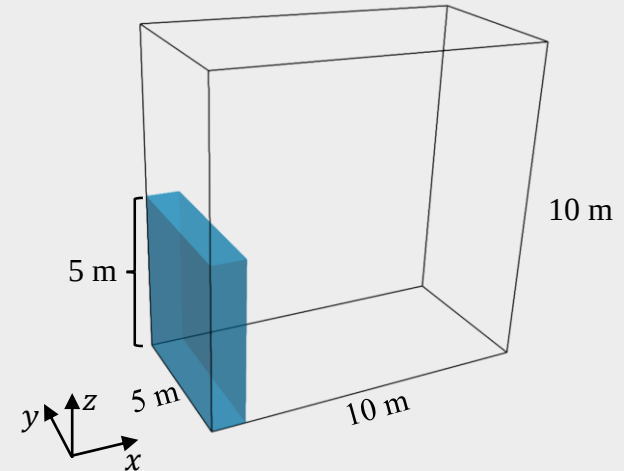
- *Transformer*アーキテクチャ (Vaswaniら, 2017) ベースの5モデル
- パラメータ数は概ね200億程度 (メモリ消費量10GB - 20GB程度)

単純なダムブレイク解析の再現精度を評価

プロンプト構成

項目	指示文
解析領域	$0 \leq x \leq 10, 0 \leq y \leq 5, 0 \leq z \leq 10$ の直方体領域
境界条件	側面と底面($z=0$)は壁, 天井($z=10$)は開放 (大気開放)
初期条件	$0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 5$ に高さ5mの水柱を配置し, 崩壊するダムブレイクを解析
その他	並列実行可能

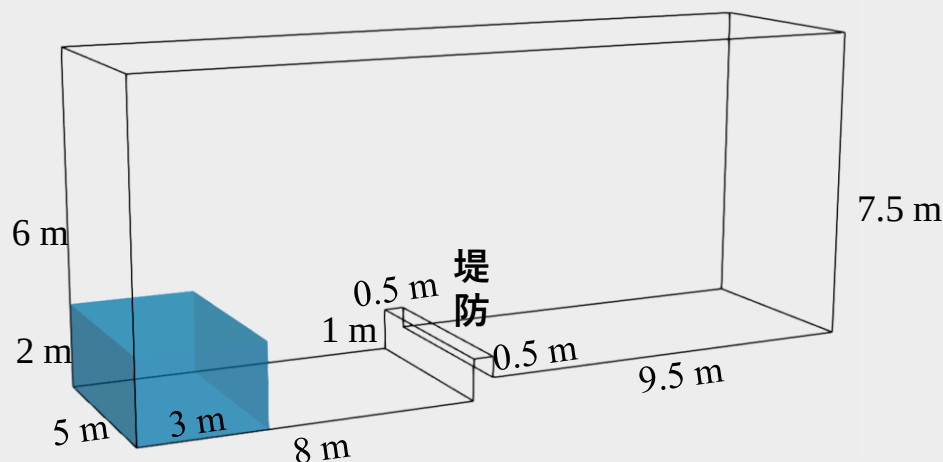
ダムブレイク初期状態



② 平易プロンプトへの対応テスト

例 (境界条件指示) :

- ◆ 右端は流出境界、上面は大気開放、左端・前後側面・底面・堤防面は壁とする
- ◆ 右側には流れが抜けられて、上は外気につながっていて、ほかは壁



研究手法

解析入力ファイルの質の評価

- 確立された定量的な手法がない

$$Score = S_{coeff} R_{conditions} + C_{files} + C_{OF} + C_{format}$$

S_{coeff} : ソルバ選択係数

$R_{conditions}$: 主要条件再現度

配点 : 40点

C_{files} : 必須ファイル網羅性

配点 : 40点

C_{OF} : OpenFOAM整合性

配点 : 15点

C_{format} : 出力形式従順性

配点 : 5点

ソルバ	機能	S_{coeff}
interFoam	非圧縮気液二相流ソルバ	1
compressibleInterFoam	圧縮気液二相流ソルバ	0.75
twoPhaseEulerFoam	Euler-Euler法による二相流ソルバ	0.5
shallowWaterFoam	平面2次元浅水方程式ソルバ	0.25
上記以外		0

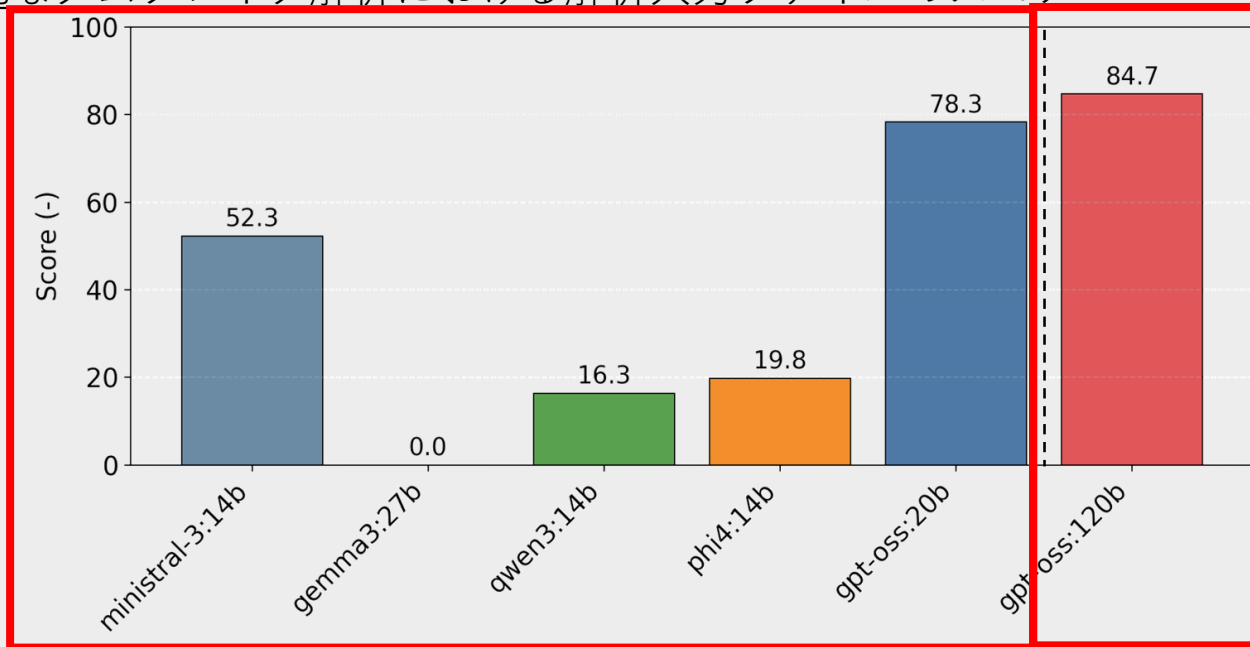
計100点

研究結果

① LLM選定テスト

- gpt-oss:20bが入力ファイル作成に最適
- これ以降はこのラージパラメータ版であるgpt-oss:120bを使用

単純なダムブレイク解析における解析入力ファイルのスコア



※それぞれ全10回の試行のうち上位5割の平均スコア

研究結果

① LLM選定テスト

最高点（86点）のケースでどこまで自走できたか
本ケースでの実行フロー

- ✓ 1. blockMesh （メッシュ生成）
- ✓ 2. setFields （初期水位設定）
- ✓ 3. decomposePar （並列分割）
- ✗ 4. interFoam （ソルバ本体実行）

LLMによる作成ファイル

```
16 nu
17 {
18     water 1e-6;
19     air 1.5e-5;
20 }
```

動粘性係数

正解例

```
19 water
20 {
21     transportModel Newtonian;
22     nu [0 2 -1 0 0 0] 1e-06;
23     rho [1 -3 0 0 0 0] 1000;
24 }
25
26 air
27 {
28     transportModel Newtonian;
29     nu [0 2 -1 0 0 0] 1.5e-05;
30     rho [1 -3 0 0 0 0] 1.0;
```

動粘性係数は正しい

密度の書き漏れ

研究結果

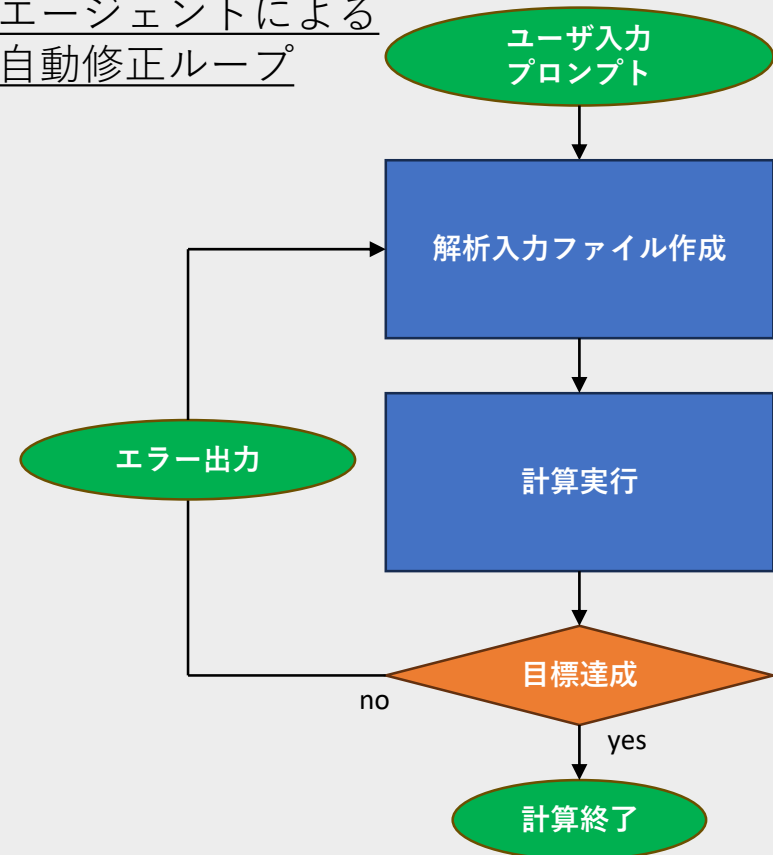
① LLM選定テスト

gpt-oss:120bをOpenClawによってエージェント化

- 人の手が入るのは最初のプロンプトのみ
- LLMがその都度計算エラー出力を受け取って解析ケースファイルを繰り返し自己修正

100回の試行のうち13回でinterFoamの実行まで完了！

エージェントによる
自動修正ループ

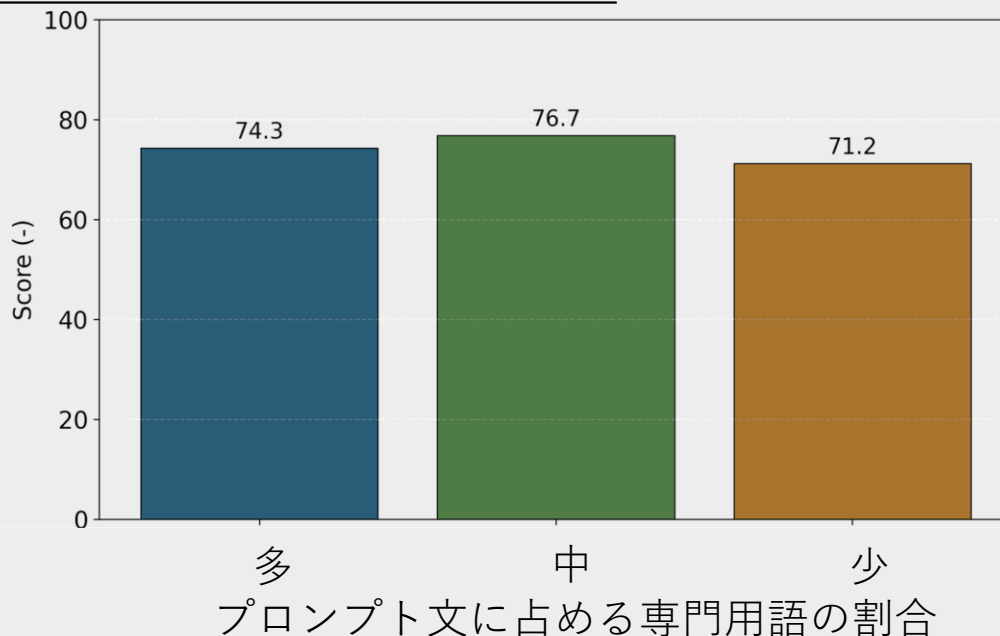


研究結果

② 平易プロンプトへの対応テスト

- 専門用語の多少は入力ファイルの質にあまり影響しない
 - 専門用語及びそれを紐解いた時の言葉（平易な表現）とOpenFOAMの設定を概ね正しくウェイトとしてつながられていると考えられる

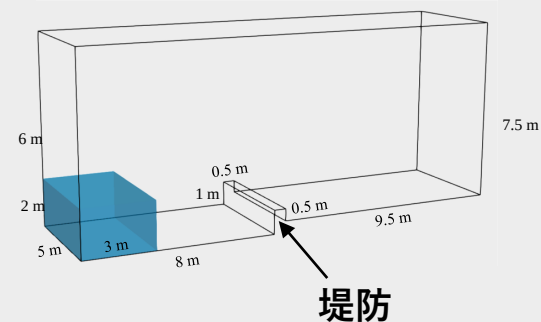
専門用語割合を変えた時のスコアの変化



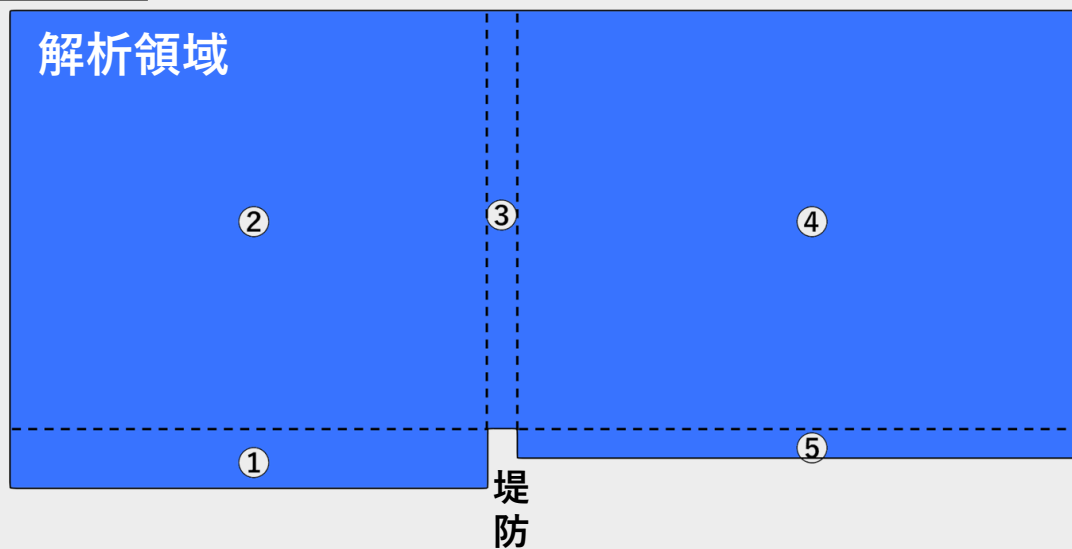
研究結果

② 平易プロンプトへの対応テスト

簡易な計算領域形状に見えるが，5つの矩形領域に分けて形状を作る必要がある



縦断面図

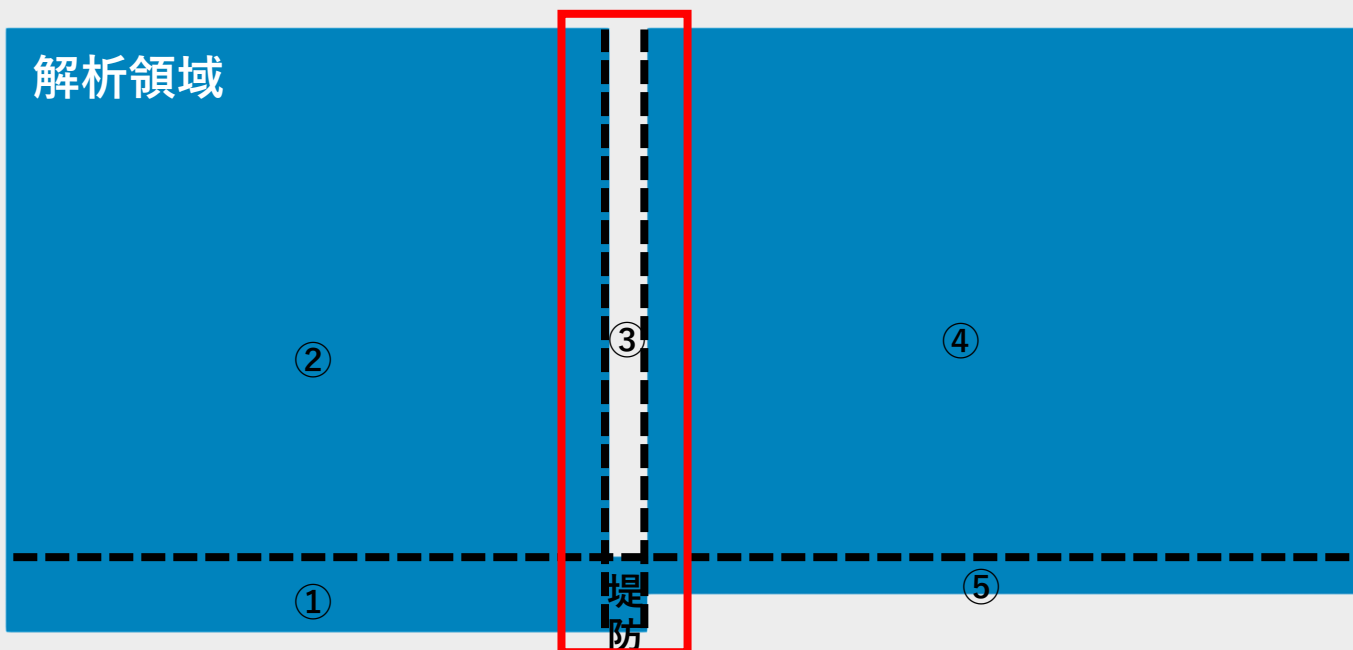


研究結果

② 平易プロンプトへの対応テスト

gpt-oss:120bをOpenClawによってエージェント化

- 100回の試行中成功回数は0回
- 成功に近いのは2回（以下のように矩形領域分割をややミス）
 - LLMは3次元データの処理性能が低い(Chenら, 2025)



まとめ

1. ローカルLLMによって単純なケースであれば解析ケースファイルを概ね自動生成できることが分かった
2. 一方で3次元データの処理能力は不十分であり、複雑な3次元計算領域の自動生成はまだ難しい
3. クラウド型のLLM（ChatGPT, Claude）とは違い、ダウンロードすればローカルLLMは電気代のみで運用を継続できる。近年1兆近いパラメータ数を持つローカルLLMも出現しており、クラウド型の代替としての有効な選択肢であると考えられる