



第54回オープンセミナー 技術課題解決促進事業

レーザー加工解析コードのユーザ ビリティ向上のための検討・試作

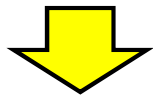
令和6年5月29日・30日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
敦賀総合研究開発センター レーザー・革新技术共同研究所
木曾原 直之

1. 背景

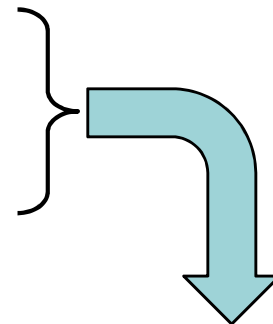
【レーザー光の特徴】

- 高いエネルギー密度、短時間での施工
- 光のため遠隔・非接触。2次的な廃棄物が生じない。
- 光学系(レンズ、ミラー)の工夫により高精度・高速でのレーザー照射。



【廃止措置への適用】

- ◆レーザー除染(クリアランス)
- ◆レーザー切断(構造物の解体)

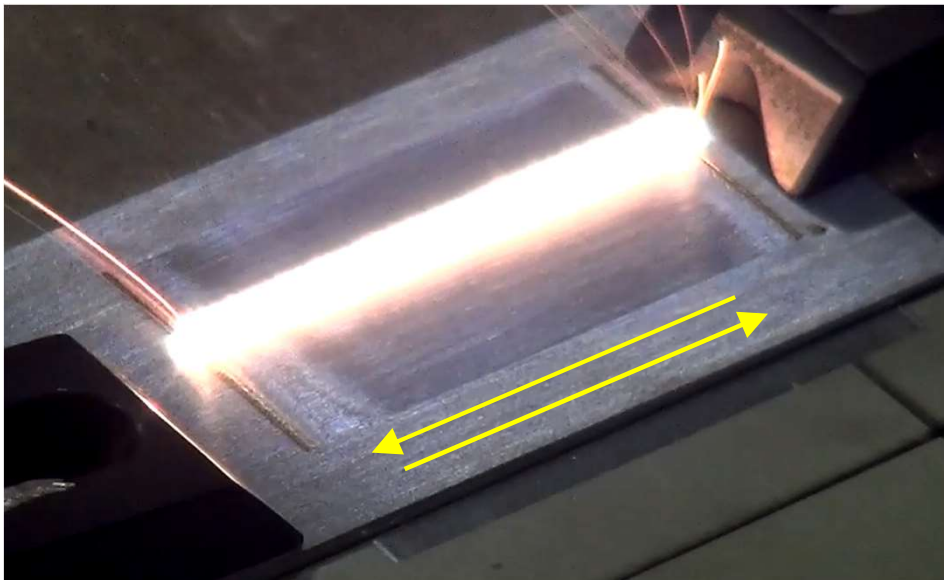
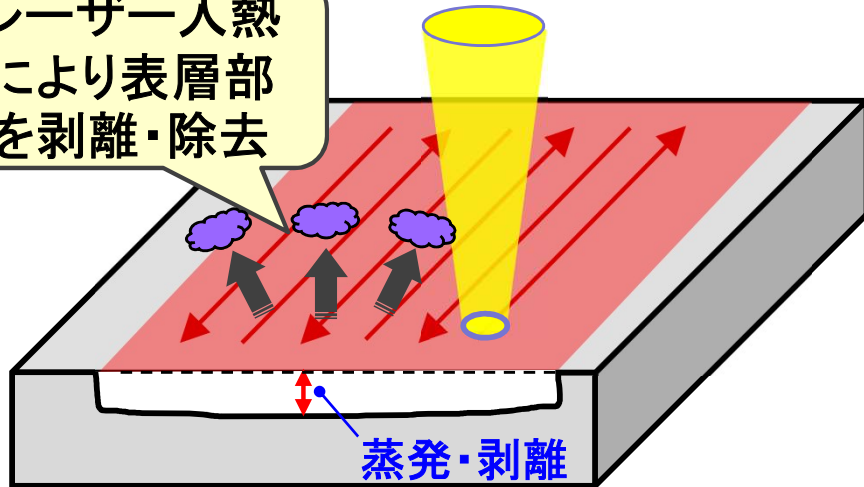


計算機による解析評価も実施中

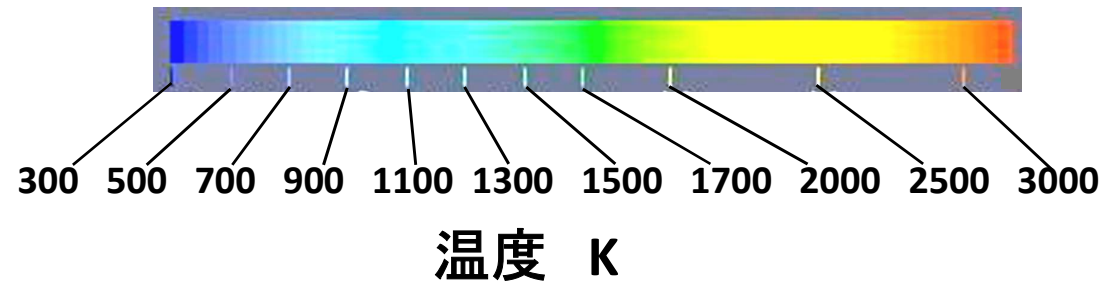
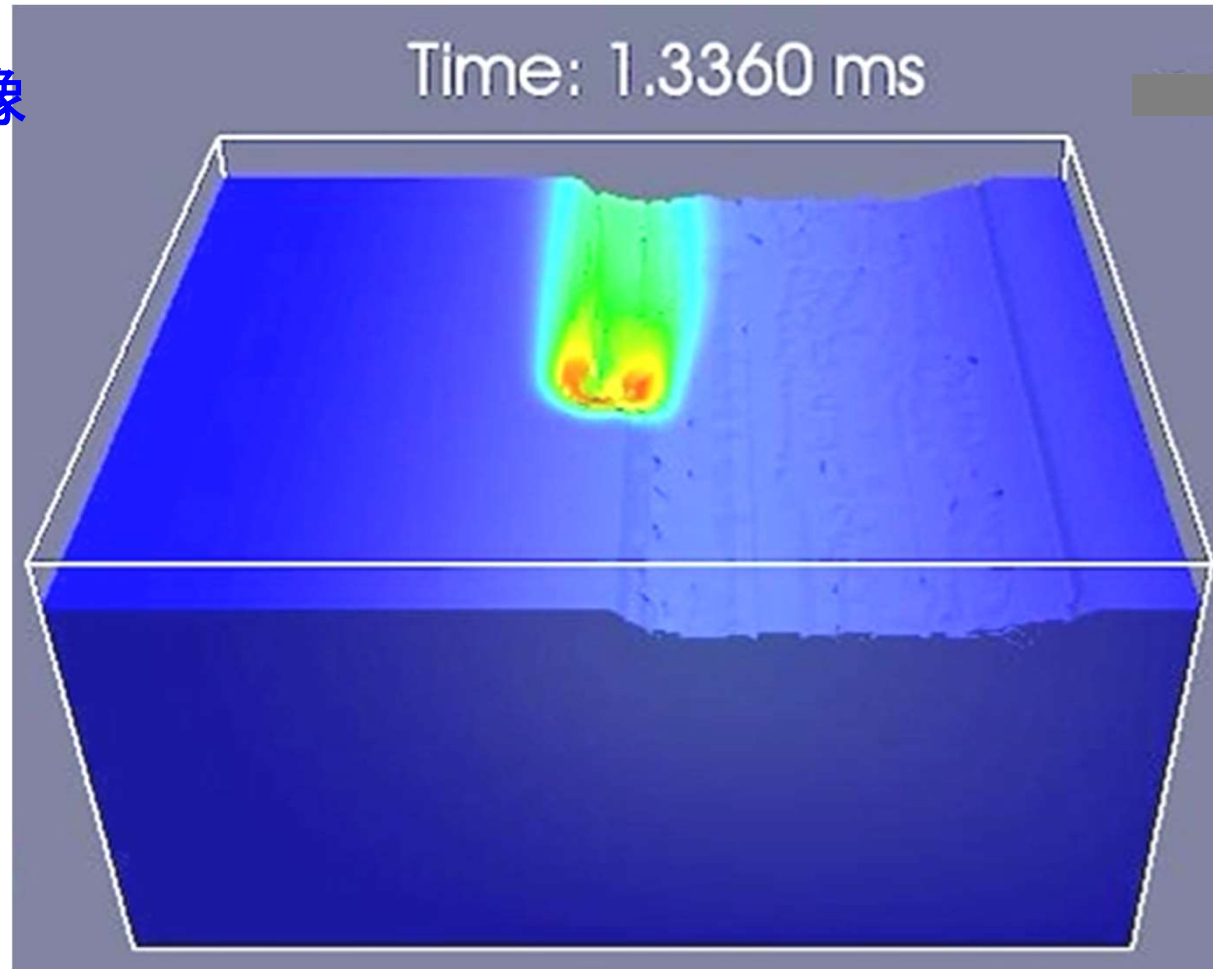
1. 背景

レーザー除染解析と実験映像

レーザー入熱により表層部を剥離・除去

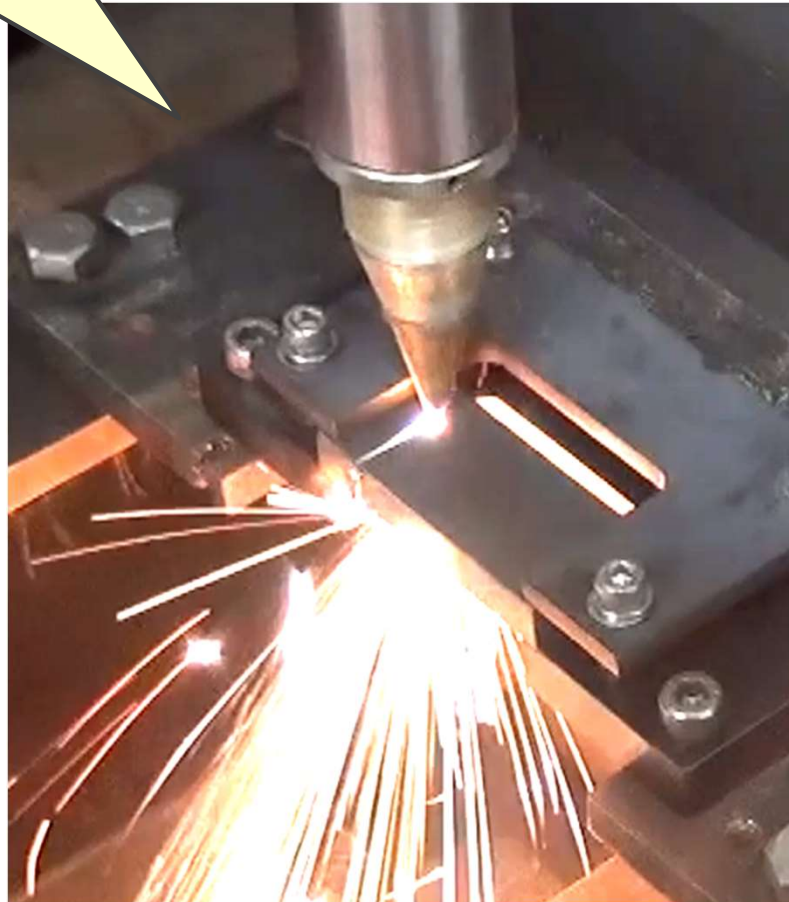
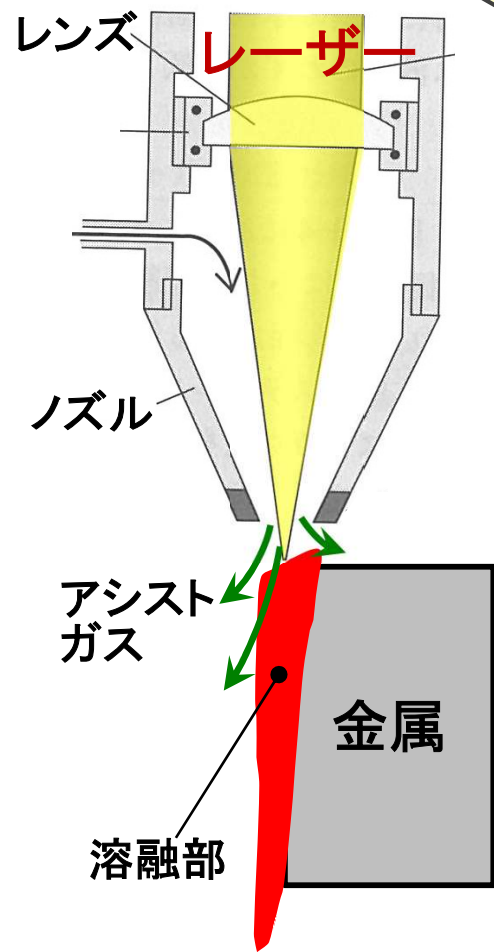


金属表面の剥離実験

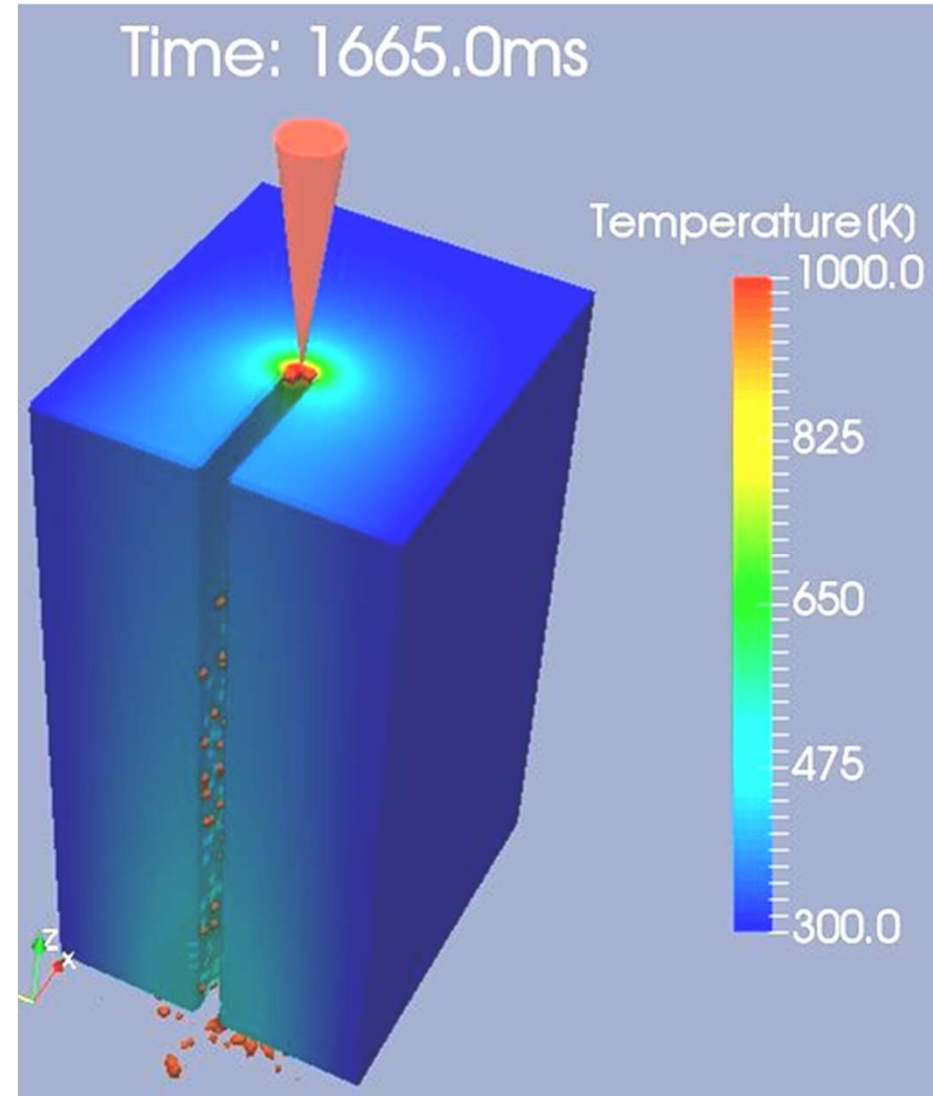


1. 背景 レーザー切断(溶断)解析と実験映像

レーザー入熱により金属を溶かして切断。



レーザー溶断実験



溶断解析例

1. 背景 レーザー加工解析コードの計算プロセス

II. 計算機ラン

IV. 計算結果の後処理

I. 計算機入力データ

(1) レーザー加工条件データ

レーザー出力、スキャン速度、スポット径など

```

*param.txt
1 NumPEs, 5, 5, 2
2 Head_vel, 660.0
3 Laser_power, 200.0
4 Gas_flow_vol, 0.000
5
6
7 Length, 0.0004, 0.0003, 0.0002
8 Cell, 200, 150, 100
9 Gravity, 0.0, 0.0, -9.8
10
11
12 Piercing, 0.0000, 0.0, 0.00
13 Test_piece, 0.000, 0.0004, 0.000, 0.0003, 0.000, 0.00018
14 Test_liq, 0.000, 0.000, 0.000, 0.000, 0.000, 0.000
15
    
```

(2) CPU 制御データ

```

*go_mpirun.sh
1 #!/bin/bash
2
3 make clean
4 make all
5
6 date > exec.log
7
8 mpirun -np 50 -hostfile hostname.txt ./splice3d.run -
option add_options.txt | tee -a exec.log
9
10 date >> exec.log
11
    
```

```

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 検索(S) 端末(T) ヘルプ(H)
laser = 5.129e-03 [sec/step], 26.23 [percent]
output_data = 0.000e+00 [sec/step], 0.00 [percent]
----- total = 1.955e-02 [sec/step]

====[01339600 steps, 00401 outputs]=====
dt = 5.9862316672e-11 [substep = 001] (cfl = 0.20, diff = 0.40)
dt_cfl = 2.0000000000e-07 (*3341)
dt_diff = 5.9880000000e-11 dt_sub = 5.9862316672e-11 (/1)
time = 8.0191559411e-05 Elapse time = 10:33:53.39
u_max( 0, 0, 0) = 0.000000000e+00
v_max( 0, 0, 0) = 0.000000000e+00
w_max( 0, 0, 0) = 0.000000000e+00
t_max( 3, 32, 52) = 3.1601714312e+03 (Min = 2.93015e+02)
q_max( 3, 3, 3) = 4.8632432565e+16
Q_sum = 95.032370 [W], (98.992 [percent], Max = 96.000 [W])

-----
dt_control = 1.237e-03 [sec/step], 6.34 [percent]
vof_advection = 0.000e+00 [sec/step], 0.00 [percent]
tvd_runge_kutta_3 = 0.000e+00 [sec/step], 0.00 [percent]
divergence_free = 0.000e+00 [sec/step], 0.00 [percent]
heat_conduction = 5.987e-03 [sec/step], 27.53 [percent]
phase_change = 6.126e-03 [sec/step], 30.89 [percent]
materials = 5.092e-03 [sec/step], 26.17 [percent]
laser = 0.000e+00 [sec/step], 0.00 [percent]
output_data = 0.000e+00 [sec/step], 0.00 [percent]
----- total = 1.955e-02 [sec/step]

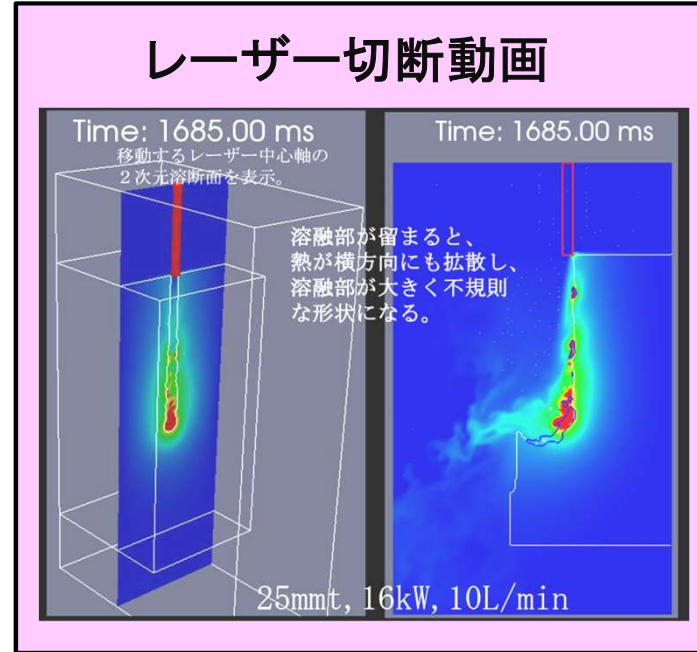
====[01339700 steps, 00401 outputs]=====
    
```

III. 計算機出力

(バイナリーデータ)

```

00101011100101
1001011010110
0101111010101
1011010001100
101010100111010
11011010110101
.....
    
```



レーザー切断動画

Time: 1685.00 ms

移動するレーザー中心軸の2次元浴断面を表示。

溶融部が留まると、熱が横方向にも拡散し、溶融部が大きく不規則な形状になる。

25mmt, 16kW, 10L/min

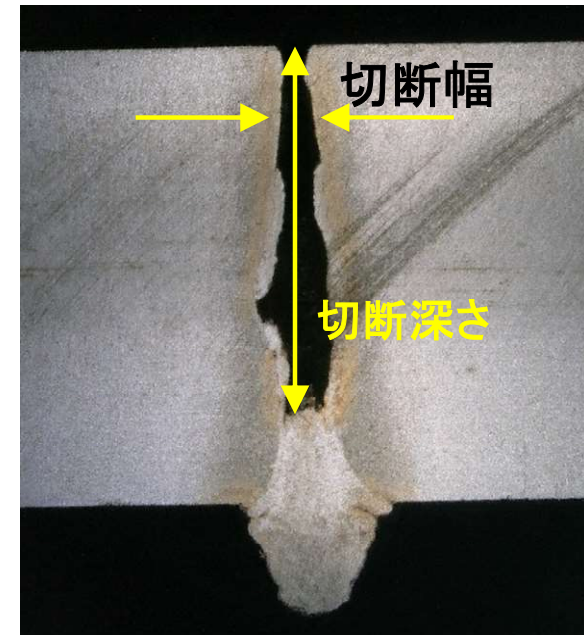
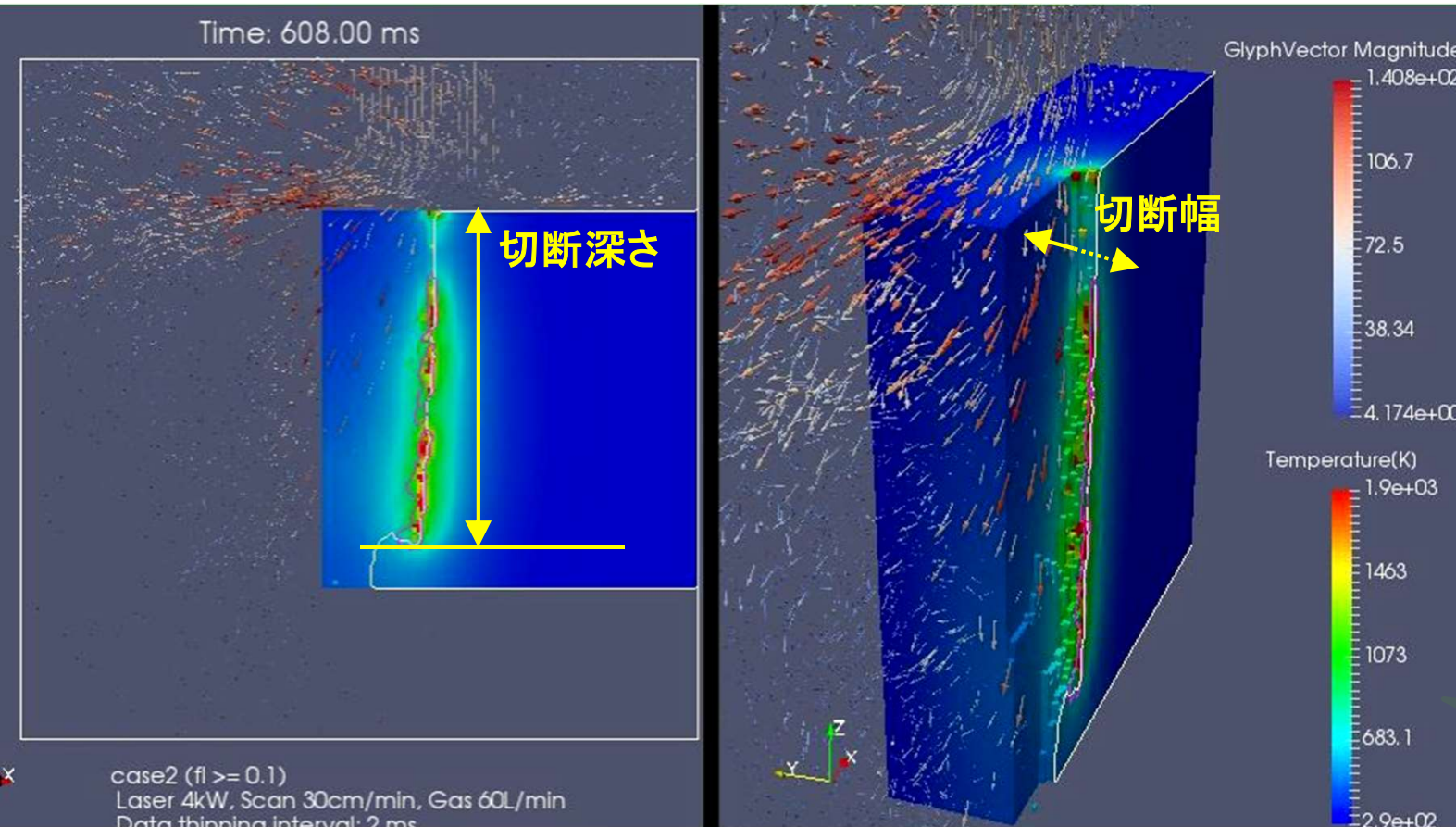
お願いしたいこと

III.→IV.のプロセスにおける、
 課題(1) 解析結果の評価支援
 課題(2) 大規模な解析データの効率的なデータ処理

2. 課題の整理

課題(1) 解析例: レーザー切断

実験と比較するために、解析結果から"切断深さ/切断幅"などのデータを得る必要がある。解析結果の分布図などから、手動でこれらの操作を行っていたため、手間と時間を要していた。

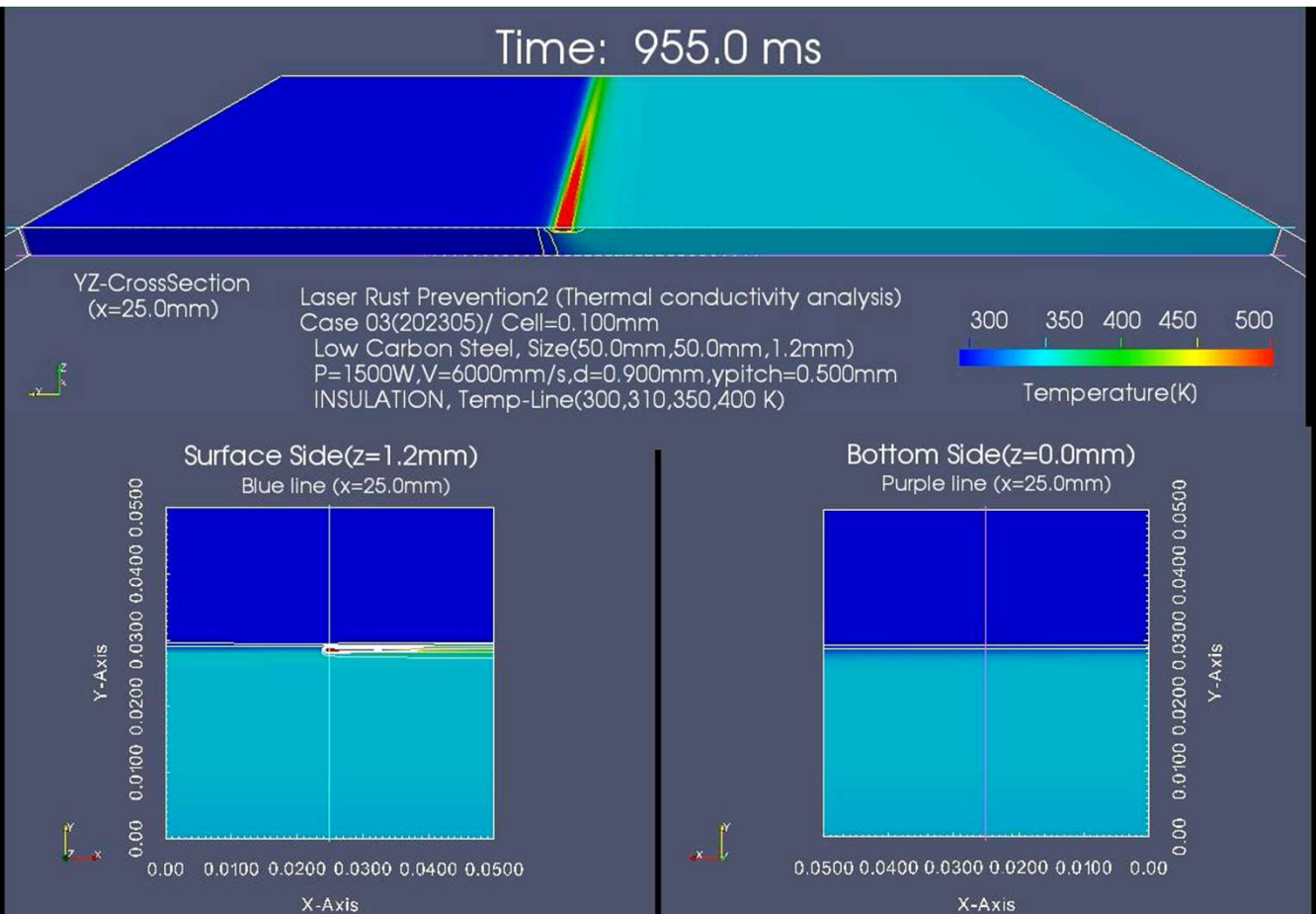


計算出力を、自動で図示もしくは定量的な表示を可能とする機能を追加したい。

2. 課題の整理

課題(2) 解析例:レーザーสキャンによる表面熱処理

計算結果(出力)のファイルサイズは数十~数百GBクラスと非常に大きい。ハードディスク(HD)の容量が不足し、容量不足のたびに新規HDを導入する必要があった。



メッシュ数: $500 \times 500 \times 12 = 300$ 万
出力タイムステップ数: 約1000ステップ



300万メッシュ \times 1000ステップ
=30億 (解析1ケースあたり)



出力ファイルサイズ(合計)
:**800ギガバイト**

このデータを圧縮し、解凍のような作業手順の追加を要することなく、直接的に処理作業を実施できる機能(プログラム)を試作し、効率的なHD運用を可能としたい。

3. 試作の概要

課題(1), (2)の解決のため、以下の機能を検討・試作する。

課題(1)に対する解決：解析結果の評価支援ツール

計算出力を、自動で図示もしくは定量的な表示を可能とする機能(プログラム)を試作し、解析結果の評価作業を支援・補助できるようにする。

課題(2)に対する解決：大規模な解析データの効率的なデータ処理ツール

計算出力データを圧縮してサイズを小さくし、このデータを、解凍のような作業手順の追加を要することなく、直接的に処理作業を実施できる機能(プログラム)を試作する。これにより効率的なディスク運用を可能とする。

4. 留意事項その他

- 本件に係わる必要・詳細な情報については、別途提供いたします。
- 試作した結果による性能向上の評価もお願い致します
(課題1については試作した支援補助プログラムの従来プロセスとの比較、課題2についてはデータの縮小率)。
- 計算結果の後処理には可視化ソフトのparaviewを使用していますが、検討においては同ソフトへの試験的な組み込み、もしくは独立した試作プログラムとして作成する形で構いません。
- 試作プログラムを作成する場合の環境は、特に制限しません(Windows、Linux)。ただし、その場合は当コードの環境(Linux)に適用可能であるようご留意お願いします。

ご清聴ありがとうございました。