

## <レーザー溶接特化型シミュレータのご説明>

AEOLUS によるレーザー溶接計算のカスタマイズコンセプト

内容

1. AEOLUS 一流体特性対応特化型 数値流体解析ソルバー
2. レーザー溶接シミュレーションへの対応
3. タイムスケジュール

Advanced Algorithm & Systems

内容：レーザーを応用した溶接過程のシミュレーション  
 固体・液体・気体の相変化を伴う熔融金属の計算を行う。  
 溶接過程におけるレーザー誘起プラズマの影響を調べる。

## 1. AEOLUS 一流体特性対応特化型 数値流体解析ソルバー

解法：CIP+GCUP 法

- \* CIP 法：物理量の数値拡散を抑える  
 ⇒反応性ガスの組成分布を精度良く導出できる
- \* GCUP 法：CUP 法の改良版  
 圧力方程式を状態方程式と整合的に解く  
 ⇒物理量が急激に変化する状況でも安定して解ける

機能：高精度 Runge-Kutta 法を使用した多成分ガスの反応・拡散計算  
 考慮ガス成分：窒素・酸素などの空気を構成する分子の解離反応  
 2次元計算

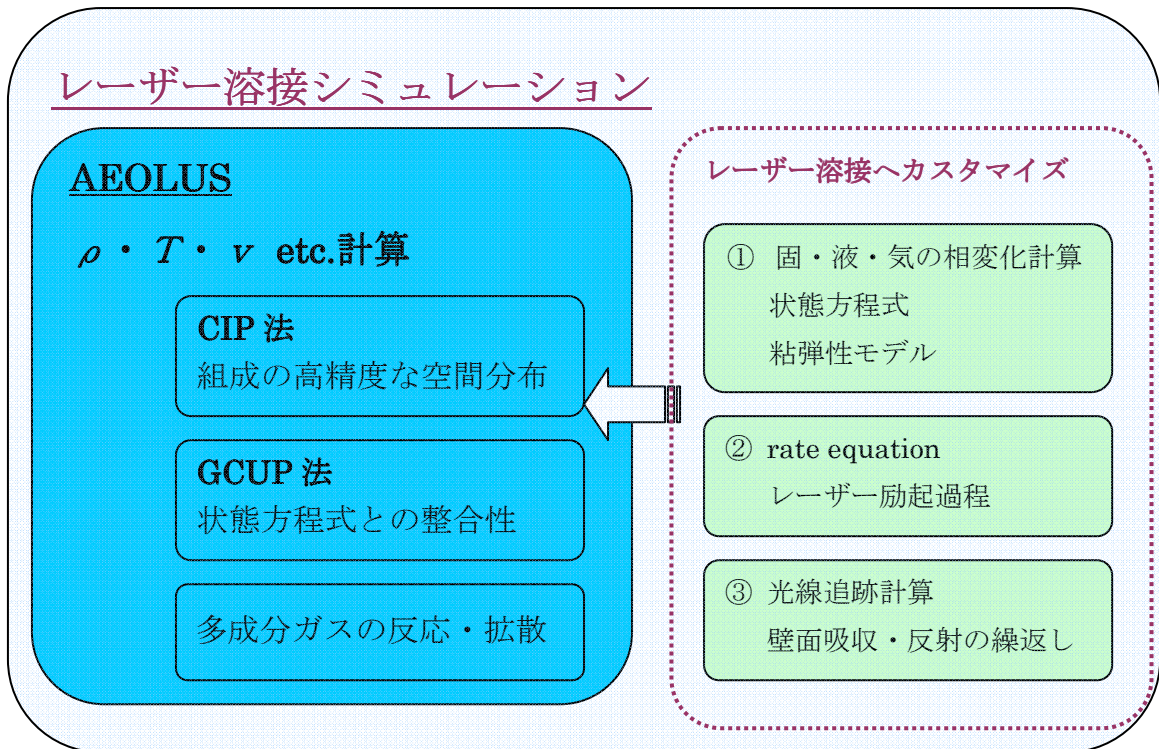
—物理現象に応じた、スキームの組み込み可能—

実績例：宇宙往還機大気圏の突入計算・ガス燃焼解析計算

\*AEOLUS の得意領域：B,C,D。本件は、D に対応する

	単相・単純	多相・複雑
低速流	<b>A</b> ・非圧縮性乱流 ・熱対流 ・物質拡散	<b>C</b> ・気液2相流 ・燃焼解析 ・MHD、磁性流体、ERF などの機能性流体现象 ・粉体流（極性流体モデル）
高速流	<b>B</b> ・圧縮性乱流 ・高速飛翔体 ・高速鉄道	<b>D</b> ・レーザー加工・溶接 ・爆縮（レーザー核融合） ・ジェット・エンジン ・爆発・爆轟 ・プラズマ

## 2. レーザー溶接シミュレーションへの対応



AEOLUS に対し、次のカスタマイズ必要

- ① 固体・液体・気体の相変化計算の組み込み
  - ⇒ 計算対象物質（金属）の状態方程式の組み込み
  - ⇒ 固体に粘弾性モデルを使用して計算

- ② rate equation（反応速度計算）の組み込み
  - ⇒ レーザーによる電離・励起状態の計算
  - ⇒ プラズマによるビーム吸収のモデル化

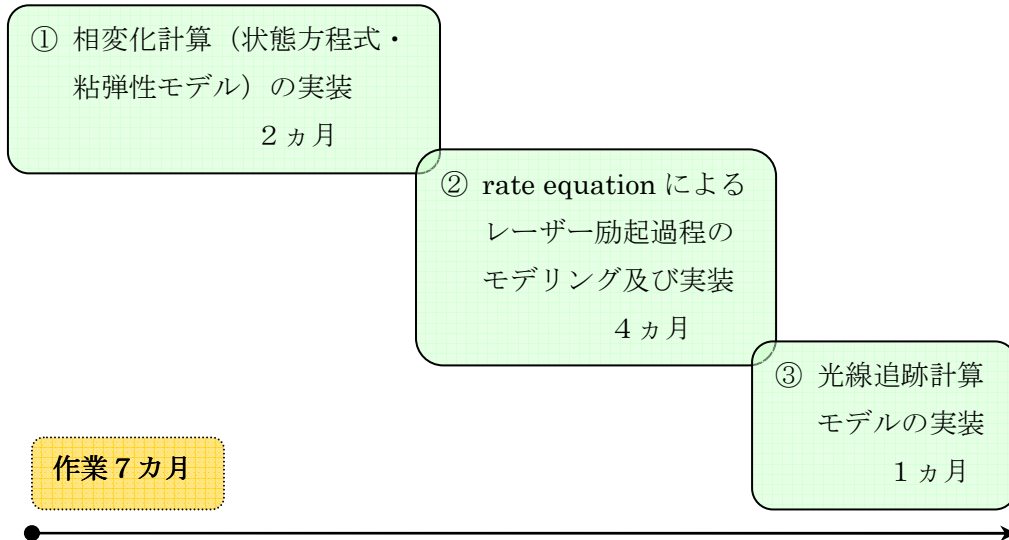
平衡仮定の下、イオン濃度を計算することが挙げられる。但し、近似計算となるが計算時間を節約できる。

- ③ 光線追跡計算の組み込み
  - ⇒ キャビティ内におけるレーザービームの挙動計算
  - ⇒ 溶込み深さ予測、キーホール形成の計算

- ④ 座標系：2次元軸対称（対応済み）

### 3. タイムスケジュール

レーザー溶接計算実現までのカスタマイズと期間の概算



#### —このなかでも重要なカスタマイズ内容—

1. 計算対象とする物質（金属）の状態方程式の調査
2. 素過程データ・モデルの調査
  - \*プラズマに対する輸送係数の選定
  - \*電離過程の計算
    - ・レート方程式の対象（反応粒子の選定）：  
中性ガス・イオン・電子・励起状態
    - ・電離の種類・段階の選定
    - ・断面積データの収集
  - \*プラズマによるビーム吸収計算
    - ・モデルの調査、選定

## レーザー溶接過程シミュレーション見積

	計算モデル	予測可能な計算結果(例)	工数	弊社見積	市販品 参考価格	開発年度
Step 1	AEOLUSによる固体・液体・気体の相変化計算 状態方程式、粘弾性流体モデル	密度分布、温度分布等 レーザー照射後の形状(溶接ビード)	2人月 (+コード販売)	250万円	560万円	n年度
Step 2	レーザー誘起プラズマ計算モデル rate equation(反応速度計算)	プラズマによるビーム吸収、温度上昇 ワインカップ状ビードの形成	4人月	300万円	-	n+1年度
Step 3	光線追跡計算モデル 壁面吸収と反射の繰返し計算	キャビティ内のレーザービーム挙動 溶込み深さ予測、キーホール形成 気泡残留によるポロシティ発生	1人月	100万円	-	n+2年度
Step 4 (解析)	アシストガス(シールドガス)計算モデル 吹付け位置・角度、ガス圧力(境界条件)	プラズマプルーム制御メカニズムの解明 溶接欠陥(ポロシティ等)改善策の検討 ⇒ノズル形状・位置、ガス圧力の最適化	2人月	200万円	-	n+2年度

実用化を目指した精度向上