

再処理工場の重大事故に係る重要現象に関する評価手法の高度化

(7) 重大事故評価における非デカルトシステムを扱うための 一般化曲線座標の基での構造化解適合格子法

Enhancement of Analysis Method for Important Phenomenon of Severe Accidents at Reprocessing Plant

(7) A structured adaptive mesh refinement methodology under generalized curvilinear coordinates to deal with non-Cartesian system for analysis of severe accidents

*林 光一¹, 唐 新猛², 玉内 義一³, 小玉 貴司³, 坪井 伸幸⁴

¹ 青山学院大学, ² 上智大学, ³ 日本原燃, ⁴ 九州工業大学

水素爆発の影響評価において、安全裕度を有する重要なパラメータである、水素爆発発生時の圧力、温度などを精度よくかつ経済性を保つための数値計算法を開発した。

キーワード：水素爆発、重大事故、再処理工場、数値解析法、解適合格子法

1. 緒言

実機サイズの水素爆発解析を行うためには、計算コストの削減と計算精度の向上という二つの相対する条件を解決しなければならない、このためには、いくつかの問題を解決していかなければならない：①3次元の実機サイズの格子量を減らす；②燃焼部分を精度良く計算する；③化学反応の計算量を出来るだけ削減する、などである。今回は、①と②の問題を解決するための手法として、一般曲線座標における構造化解適合格子（Structured-AMR）をどのように使用するかについて述べる。

2. 一般化された曲線座標における非定常、圧縮性ナビエ・ストークス方程式に対する解適合格子の生成法

計算対象は、実機レベル・実機サイズ of 可燃性気体が充満した複雑な容器内で、着火が起こった場合の燃焼挙動を数値的にシミュレートする場合に、圧縮性ナビエ・ストークス方程式を用いて、計算コストがかからず、計算精度を維持するための格子生成法として、解適合格子を用い、その組み立て方について簡単に述べる。

3. 初期物理格子と計算格子の生成法

ここでは、物理格子と計算格子の関係を簡単に説明し、ヤコビアン関係式を示しながら、以下に計算格子で得られた結果を、このヤコビアン関係式の逆関係式により、元の物理格子に戻して実際の物理上での値を求めて、実際の物理現象のシミュレーション結果として得られることを説明する。

4. データの取り扱い方法

物理格子と計算格子の関係を行き来するときに、格子ブロックというものをを用いる[1]が、そのブロックの境界領域にガードセルという領域を設け、ブロック境界での複雑な物理量のやり取りに用いる。また、計算格子の内部領域にはガードセルは用いないが、計算格子から物理格子に戻す時に、ある制限操作が必要になり、その制限操作についても簡単に説明を行う。これらの操作は、プログラムがメッセージ・パッシング・インターフェイス（MPI）という並列計算に用いる手法に対しても複雑な関係をプログラム化しなければならないということを理解する必要がある。

5. 高圧水素噴流に対する簡単な解適合格子法による計算例

上記に述べた複雑なプログラムを構築した後に、実計算が可能になる。ここでは、複雑な曲線座標を使わない簡単な解適合格子の計算例を紹介する（図1参照）。この例は、0.2 mmの小孔から800気圧の水素が噴出する場合の解適合格子を用いた場合で、3次元計算を行っているが、そのz方向をスライスして得た結果である。いくつかのレベルの格子が分かるが、この場合に関しては、17レベルまで計算した結果である。図1の左図は3次元格子を示したもので、計算はノズル内から小孔の出口、そしてその後の噴流の構造を計算できる格子形成がなされていることが分かる。

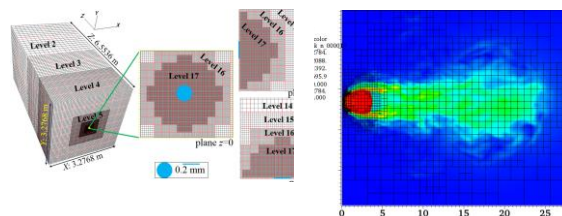


図1. 解適合格子法による計算例

6. 結論

構造化解適合格子の複雑構造に対する一般曲線座標による計算手法とその水素に対するシミュレーション例を示した。この手法はかなり複雑であるが、計算精度は非常によく、実験結果と非常に良い一致を示しており、計算コストについては、計算レベルを抑えることで、低コストで計算が出来ることが分かった。

参考文献

[1] Dmitry Borovikov, Igor V. Sokolov, Gábor Tóth, An efficient second-order accurate and continuous interpolation for block-adaptive grids, [Journal of Computational Physics](#), Volume 297, 15 September 2015, Pages 599-610.

*A. Koichi Hayashi¹, Xinmeng Tang², Yoshikazu Tamauchi³, Takashi Kodama³, Nobuyuki Tsuboi⁴

¹ Aoyama Gakuin Univ., ² Sophia Univ., ³ JNFL, ⁴ Kyushu Inst. of Tech.