

粒子法オープンソース実装 OpenMPS プロジェクトの開発

青子守歌* (OpenMPS プロジェクト)

Development of OpenMPS, An Open Source Implementation of Particle Method

aokomoriuta* (OpenMPS project)

Key Words: Particle Method, MPS, Free surface flow, Open Source, C++

1. 背景

MPS 法は、東京大学の越塚ら⁽¹⁾が 1996 年に開発した手法である。SPH⁽²⁾⁽³⁾法に比べ後発であるが、当初から射影法型で提案されており、後に ISPH 法⁽⁴⁾が提案されるまで射影法型粒子法は MPS 法以外に皆無であった。

射影法型粒子法では、ナビエ・ストークス方程式にヘルムホルツ・ホッジ分解を適用し、圧力勾配項とそれ以外に分割し、ポアソン方程式によって圧力場を求める方法である。MPS の S は Semi-implicit の頭文字であることから分かる通り、以前は半陰解法型と呼ばれていたが、Gotoh and Khayyer (2016)⁽⁵⁾で Pojection-based とまとめられたので、本プロジェクトでもその流儀に従っている。

MPS 法の詳細な計算手法については紙面の都合上省略するので、参考文献⁽⁶⁾⁽⁷⁾を参照されたい。

2. OpenMPS プロジェクトの概要

著者は、OpenMPS プロジェクトにおいて、MPS 法をオープンソースで開発・公開している。現在、コードは Bitbucket⁽⁸⁾上で公開されており、簡易的なプロジェクトウェブサイト⁽⁹⁾も存在する。複数ライセンスで提供されており、基本はコピーレフトであるが、非商用の場合は帰属表示のみで可能としている。

3. OpenMPS プロジェクトの現在

OpenMPS プロジェクトは現在も意欲的に開発が進んでおり、本稿執筆時点で v2.1 が最新版となる。この v2.1 には Gotoh and Khayyer (2016)⁽⁵⁾で紹介されている高精度手法のうち、MPS-HS-HL-GC-ECS-SPP-DS 法が適用されており、最新の研究成果を積極的に導入する方針である。

図 1 は OpenMPS を実行した際に標準で構成されるダムブレイク問題の計算結果を可視化したものである。OpenMPS は、計算結果を csv で出力しており、ParaView での可視化が可能のように pvsm も標準で付属している。この図のように標準では 2 次元計算となるが、v2.1 からは実験的機能として 3 次元計算にも対応した。

開発環境は Visual Studio が主体だが Makefile も付属しており、gcc や clang, icc などでも利用できる。コードは C++14 を基本として書かれており、研究成果の導入と同様、最新の手法を積極的に取り入れている。OpenMP によるスレッド並列も導入されている。

4. OpenMPS の課題と将来の展望

OpenMPS 法プロジェクトの課題は Bitbucket の Issues で管理されている。本稿執筆時点では「SPP 法の導入」「分散並列(MPI)対応」「SIMD 化」「剛体連成」「GPGPU 版」「V&V」「3 次元版の正式導入」の 7 課題が挙がっており、順不同で対応予定である。

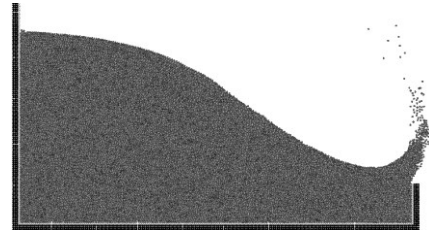


Fig. 1 OpenMPS での計算例 (副ダムありダムブレイク)

今後は、これらの課題を解決しつつ、OpenMPS を実際に利用した成果で論文等の対外発表も進め、プロジェクトをより大きなものにしていきたいと考えている。

5. まとめ

本 OpenMPS プロジェクトは、研究成果・開発手法のいずれも先鋭的な手法を導入した、世界的に見ても希少な射影法型粒子法(MPS)のオープンソースな CAE ソフトウェアである。本プロジェクトの発展が、特に日本におけるオープン CAE 界隈の発展につながると信じ、今後も活発な開発を継続していきたい。

また、現在、OpenMPS を利用してみたい、あるいは開発に参加したい人を募集しており、興味がある方はぜひご連絡いただきたい。レポジトリへの直接 Issue 投稿や pull request も大歓迎である。

参考文献

- (1) Koshizuka, S. and Oka, y. (1996): “Moving-Particle Semi-implicit Method for Fragmentation of Incompressible Fluid”, Nucl. Sci. Eng.
- (2) R.A. Gingold and J.J. Monaghan (1977): “Smoothed particle hydrodynamics: theory and application to non-spherical stars” Mon. Not. R. Astron. Soc..
- (3) L.B. Lucy (1977): “A numerical approach to the testing of the fission hypothesis”, Astron. J.
- (4) Shao S, Lo EYM (2003): “Incompressible SPH method for simulating Newtonian and non-Newtonian flows with a free surface”, Adv Water Resour,
- (5) Gotoh, H. and Khayyer, A. (2016): “Current achievements and future perspectives for projection-based particle methods with applications in ocean engineering”, J. Ocean Eng. Mar. Energy.
- (6) 越塚誠一 (2005): 『粒子法』, 計算力学学講座 シリーズ, 丸善出版.
- (7) 越塚誠一, 柴田和也, 室谷 浩平 (2014): 『粒子法入門』, 丸善出版.
- (8) <https://bitbucket.org/OpenMps/openmps>
- (9) <http://openmps.bitbucket.org/>