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も分かる通り，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v 2.1が最新版となる．このv 2.1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ー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での可視化が可能なように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ーク） |

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』，計算力学レクチャーシリーズ，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/>