



GPGPU による粒子・流体シミュレーションの高速化

High performance of particles, the fluid system simulation by GPGPU

中部大学 伊藤 康平, 高丸 尚教

Chubu University. Kohei Ito, Hisanori Takamaru

E-mail: kohei@ss.cs.chubu.ac.jp

1 はじめに

近年, GPGPU とよばれるベクトル並列技術を応用した計算環境が容易に構築できるようになった. 本研究では, CUDA プログラミングを通じて, 代表的な物理シミュレーションコードを並列化し, その並列化効率について論じる.

具体的には, ケース 1: 周期系 3 次元非圧縮中性流体コード, ケース 2: 開放系 3 次元相対論的電磁プラズマ粒子コードの 2 種類を用いる.

ケース 1 では Stable Fluid モデルにより Navier-Stokes 方程式を解き, ケース 2 では Lindman 型開放境界を持つ Villasenor-Buneman 型電磁プラズマ粒子方程式 [1, 2] を扱う.

2 実験環境

表 1: Environment of the computer

Environment	Part name
OS	Linux Mint 13 "Maya" 64bit
CPU	AMD Phenom(tm) II X4 980 Processor 3.7GHz
GPGPU	Tesla C2070

3 実験結果

ケース 1 の結果が図 1 である. (a) 図および (b), (c) 図の上半分は外力により移動した流体塊, 下半分は渦度を示す.

ケース 2 の結果が図 2 であり, 電磁波形成を可視化したものを示す.

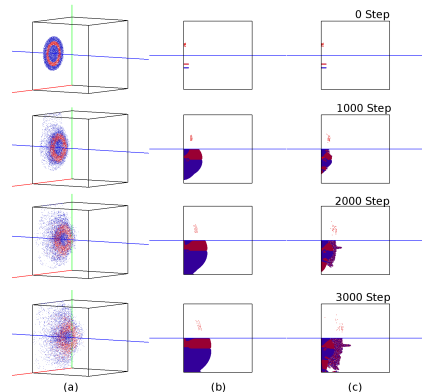


図 1: Movement and the whirlpool formation of the fluid lump

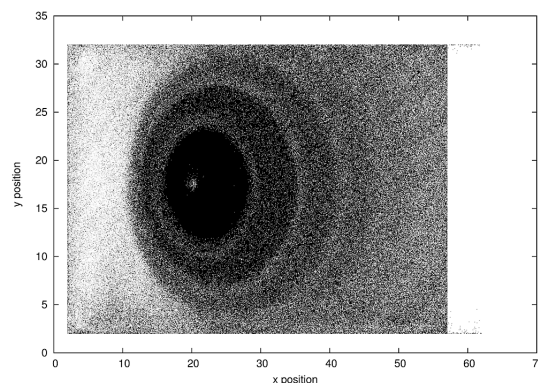


図 2: The electromagnetic field formation

CPU 処理と GPGPU 処理で並列化を行った処理速度の比較結果を表 2, 3 に示す. ケース 1 は領域、及び流体塊に対して並列処理を行い, ケース 2 は領域のみ並列処理を行い, 粒子は単一処理を行っている. それぞれ 10,000 回の処理を行った時点での合計処理時間を求めた.

表 2: Transaction speed for the fog simulator

Processing	CPU [sec]	GPGPU [sec]	Speedup rate [%]
Total time	129085.0	6144.0	2101.0
Operation time	126410.2	0.224	56433125.0
Transfer time	——	0.156	——

表 3: Transaction speed for the electromagnetic field

Processing	CPU [sec]	GPGPU [sec]	Speedup rate [%]
Total time	1909.3	1503.7	127.0
Operation time	1898.0	1494.4	127.0
Transfer time	——	78.7	——

4 まとめ

本研究では GPGPU を用いた計算環境によって物理シミュレーションコードの並列化の妥当性を示した. ケース 1 にあるように領域、及び流体, 粒子に対して並列処理を行うと効率が良くなるが, ケース 2 のように領域のみの処理では向上率が低い結果となった. 今後は領域と粒子のより良い効率化手法を模索する.

参考文献

- [1] E.C.Lindman : J.Comput.Phys, 18, 66, 1975
- [2] J.Villasenor, O.Buneman : Rigorous Charge Conservation for Local Electromagnetic Field Solvers, Comp. Phys. Comm., 69, 306-316, 1992