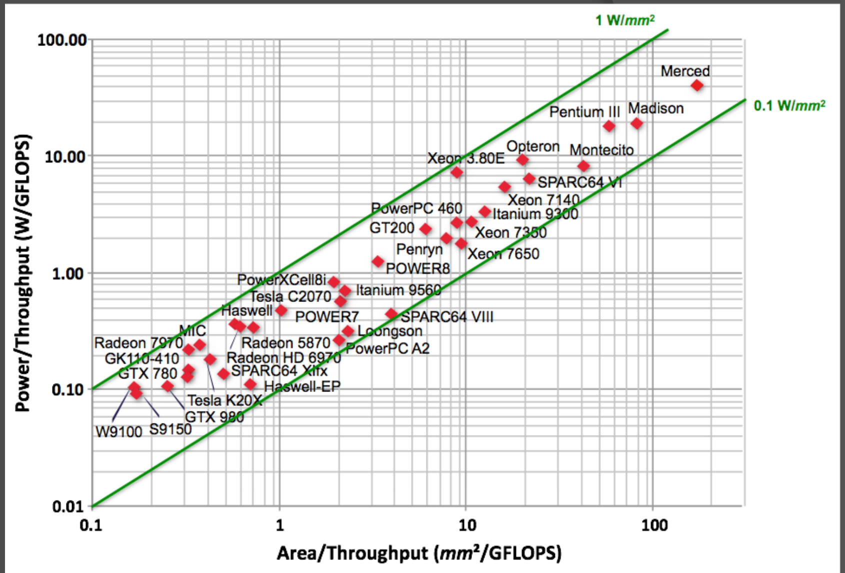
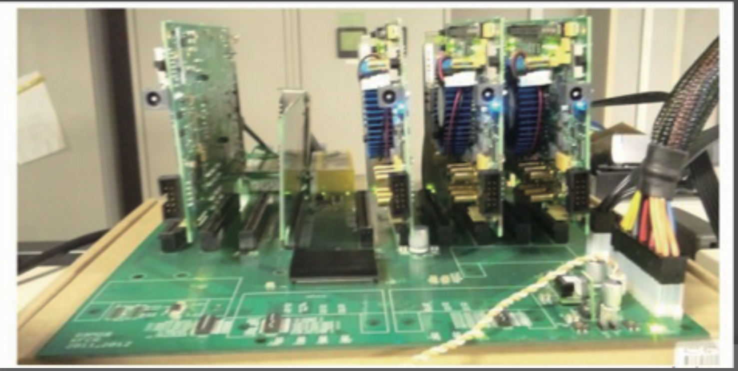
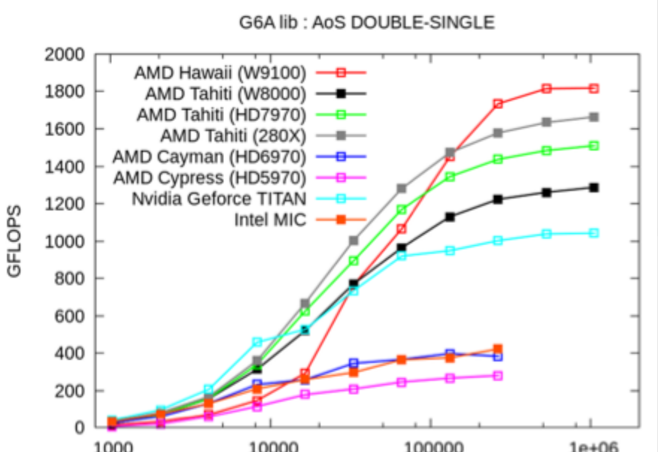
分散並行処理研究室：上級准教授　中里直人（242B)

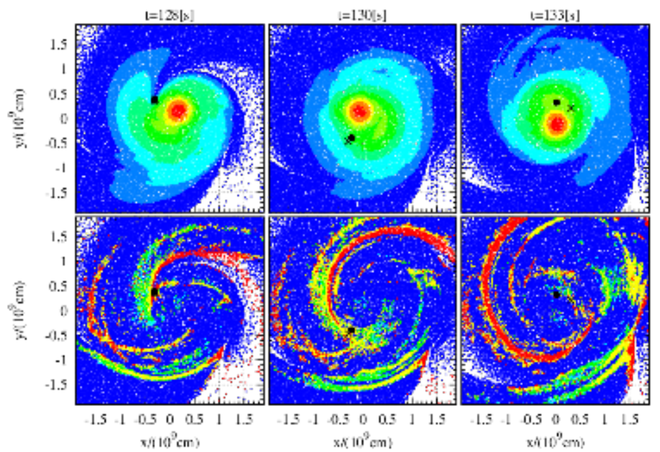
- 高性能計算(High Performance Computing)
  マルチコア・メニーコア・並列計算機にかかわる全般の研究
  GPUによるシミュレーションの高速化の実現



- 研究テーマの例
  - 電力効率のよいプロセッサの設計
  - FPGA/ASICによる並列計算プロセッサの実現
  - HPCによる大規模宇宙シミュレーション
  - 多倍長精度演算アルゴリズムの高速化





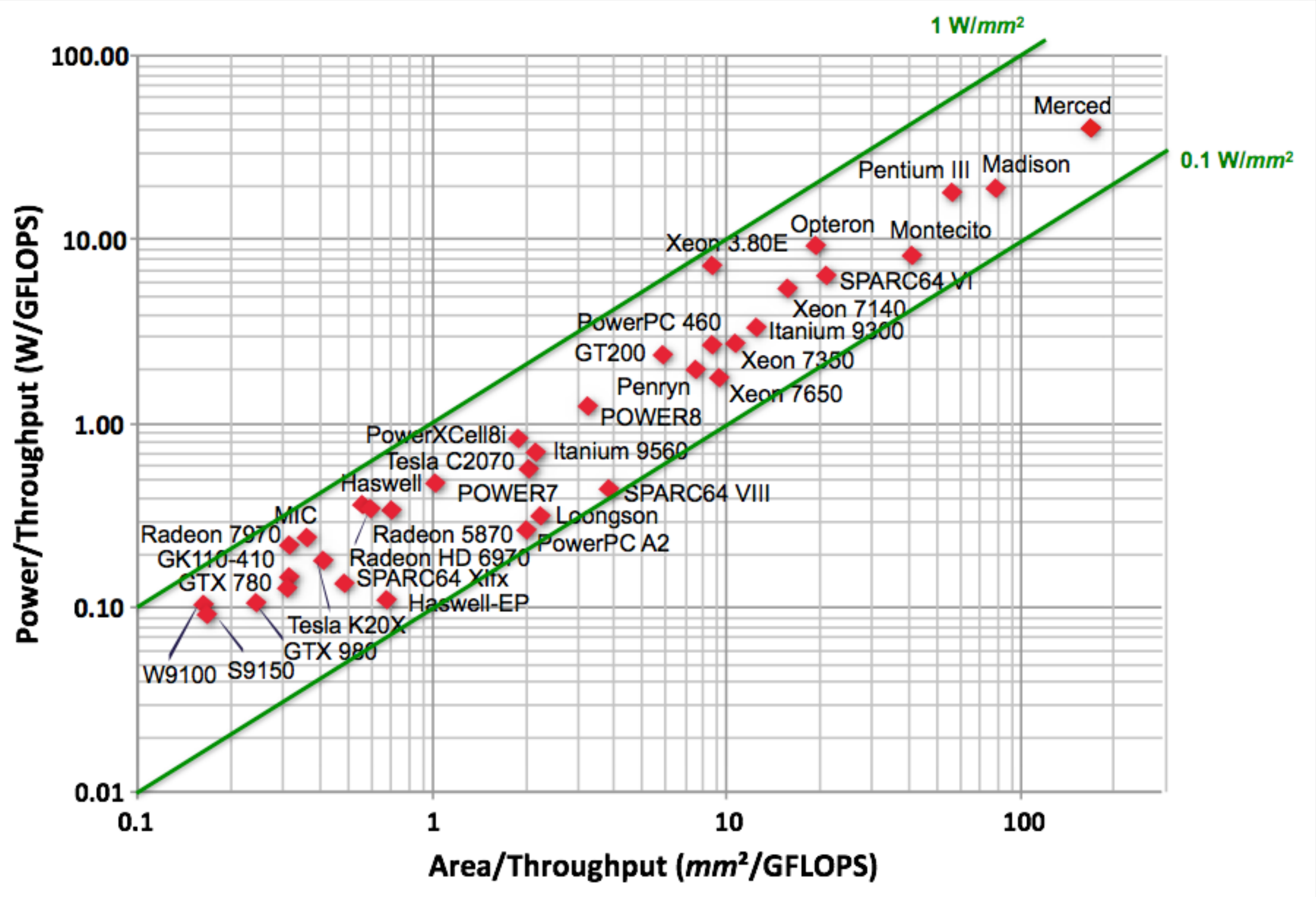


身近に使える並列計算機

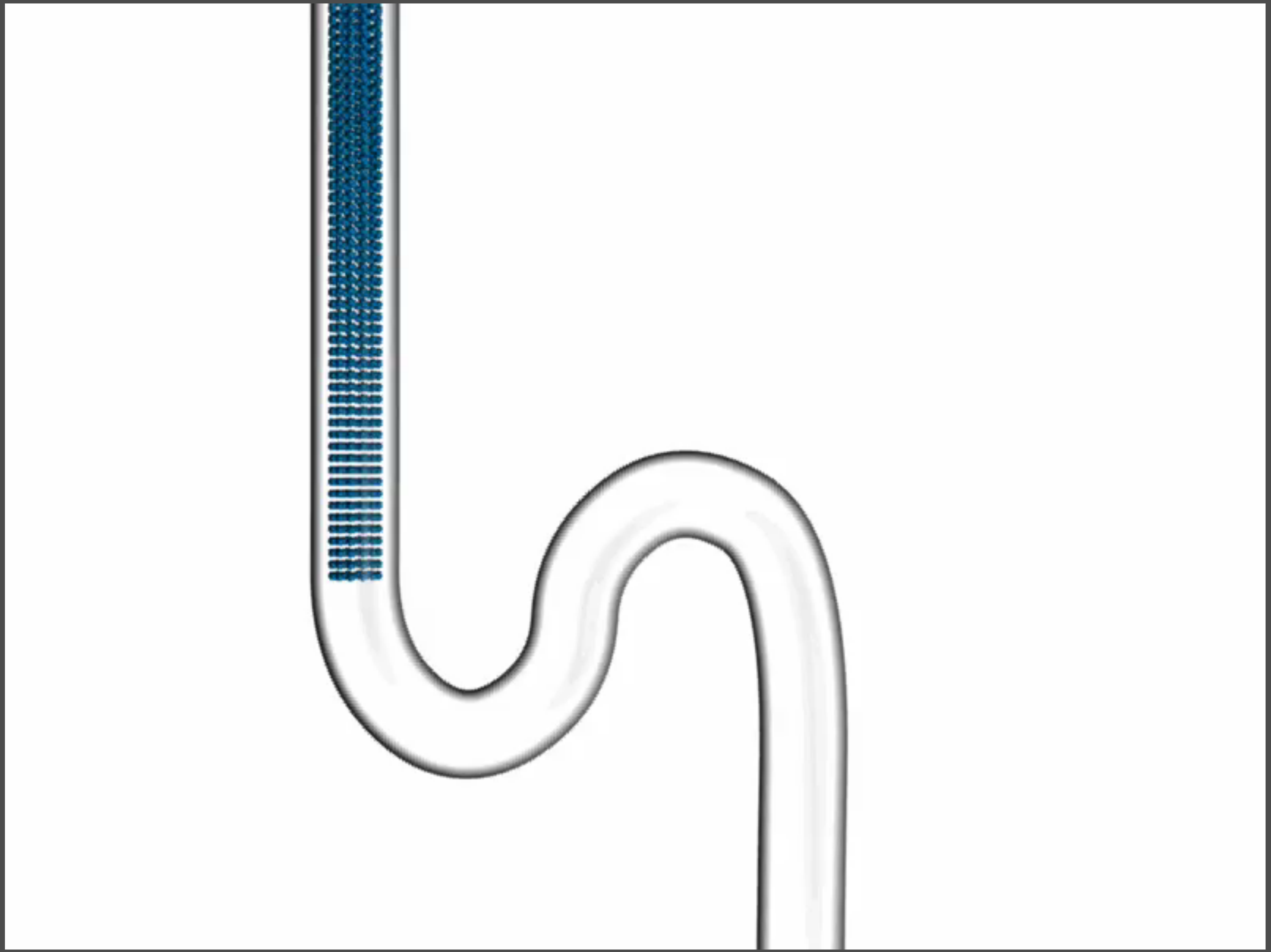
- マルチコアCPU
  - 文書作成やWeb処理に向いている
  - 2 – 8 core
- GPU
  - コンピュータグラフィックス処理に向いている
  - 数値シミュレーションにも
- メニーコアCPU
  - 二つの特性をあわせたようなもの

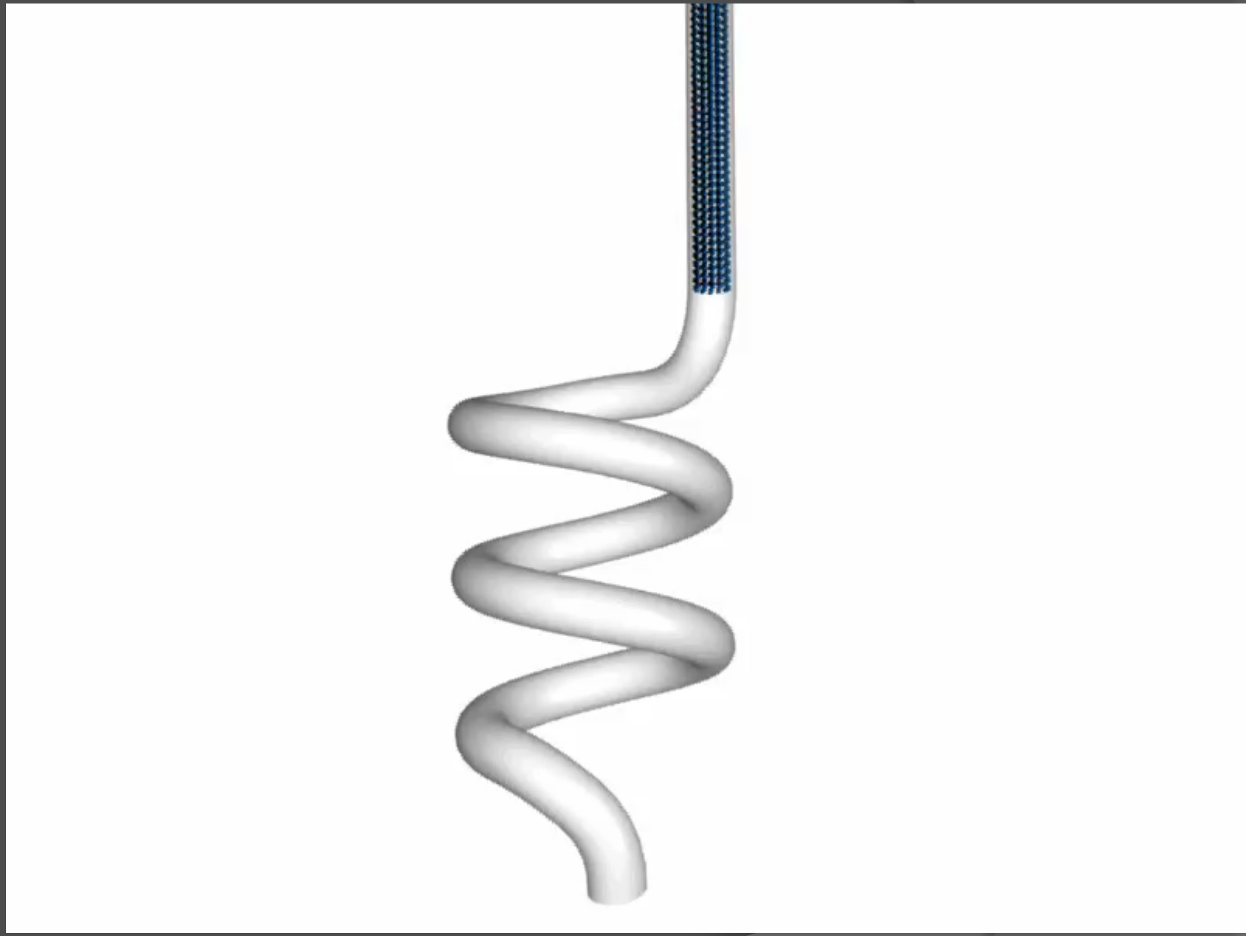
OpenCLでプログラミングできる

倍精度演算プロセッサの進化：省電力化が必須



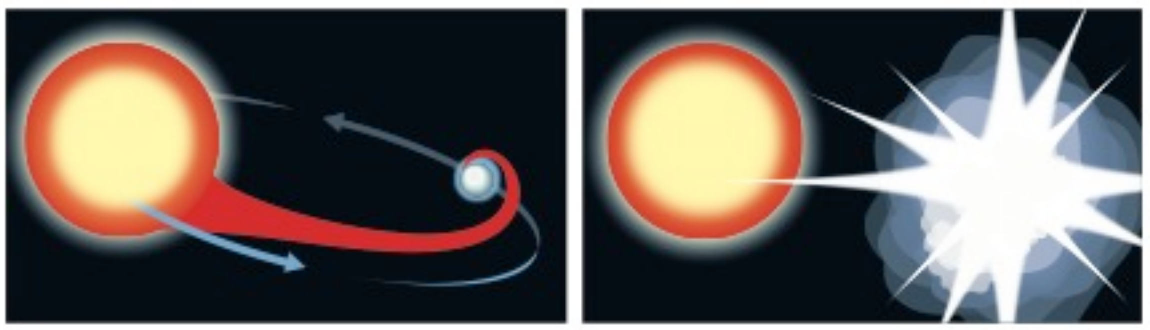
OpenCLによる並列計算：流体シミュレーション

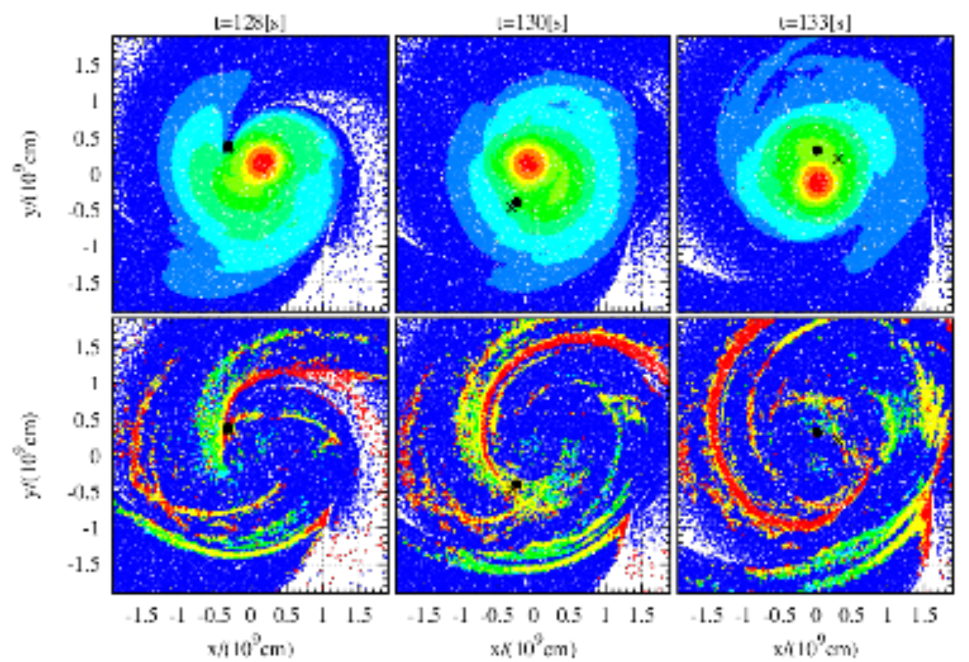


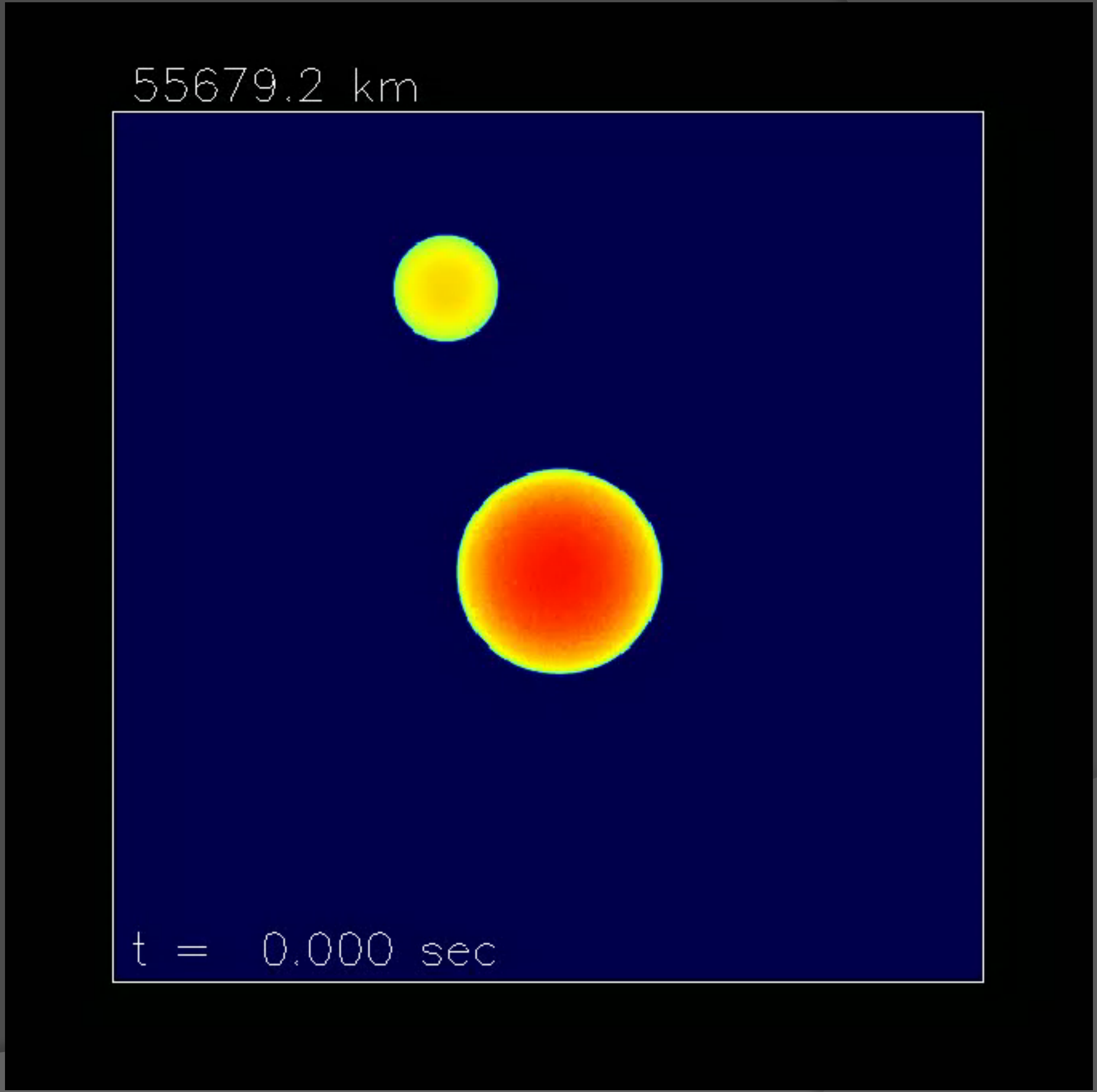


OpenCLによる並列計算：宇宙のシミュレーション

白色矮星の合体：超新星爆発の起源説







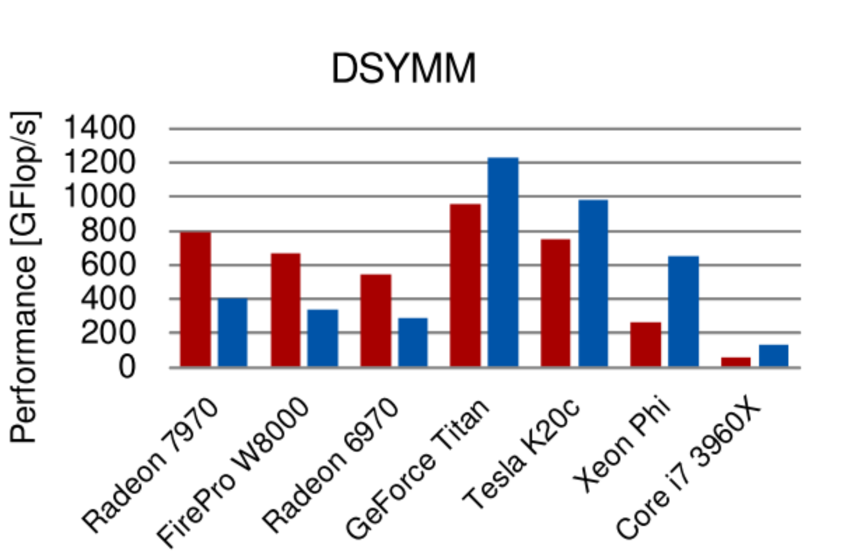
OpenCLの応用例：行列計算の高速化

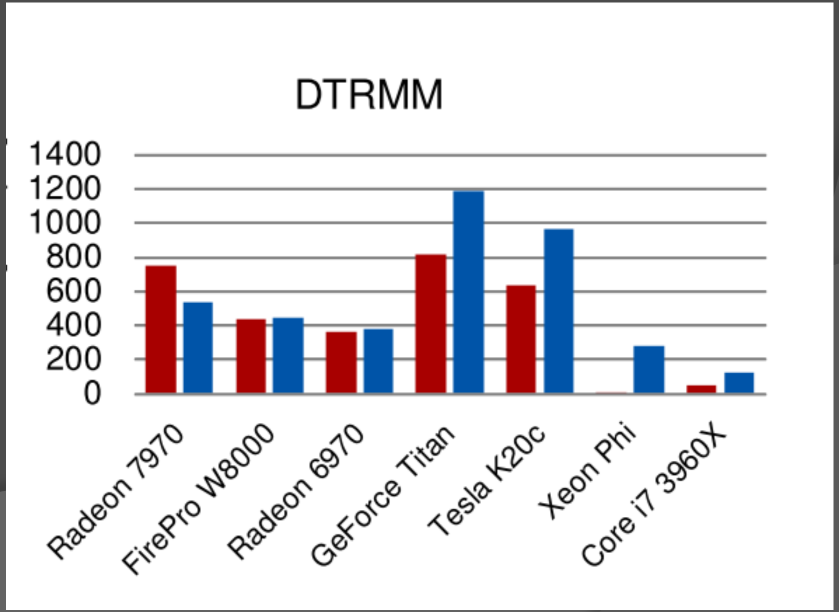
- SYMM – “Side = Left, Uplo = Lower”

- SYRK – “Uplo = Left, TransA = NoTrans”

- SYR2K – “Uplo = Upper, TransAB = NoTrans”

- TRMM – “Side = Left, Uplo = Upper, TransA = NoTrans”





津波シミュレーションの高速化

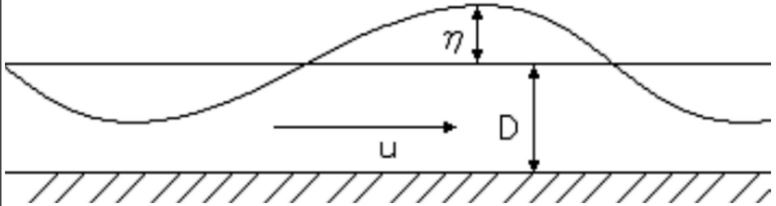
- 津波が発生した際に波の到達を予測したい
  - MOST法シミュレーションによる予測

支配方程式

「浅水方程式」と呼ばれる偏微分方程式

$$\begin{cases} H_t + (uH)_x + (vH)_y = 0 \\ u_t + uu_x + vu_y + gH_x = gD_x \\ v_t + uv_x + vv_y + gH_y = gD_y \end{cases}$$

η　：波高
D　：水深
H　：D + η (全波高)
u,v：波の速度成分
g　：重力加速度



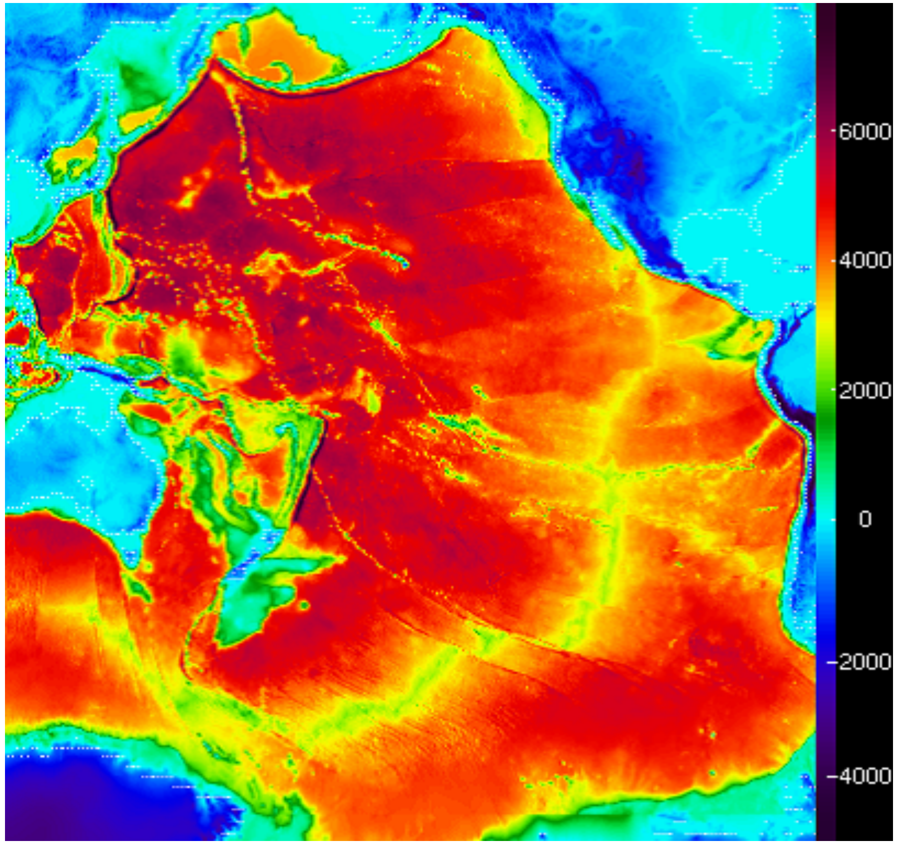
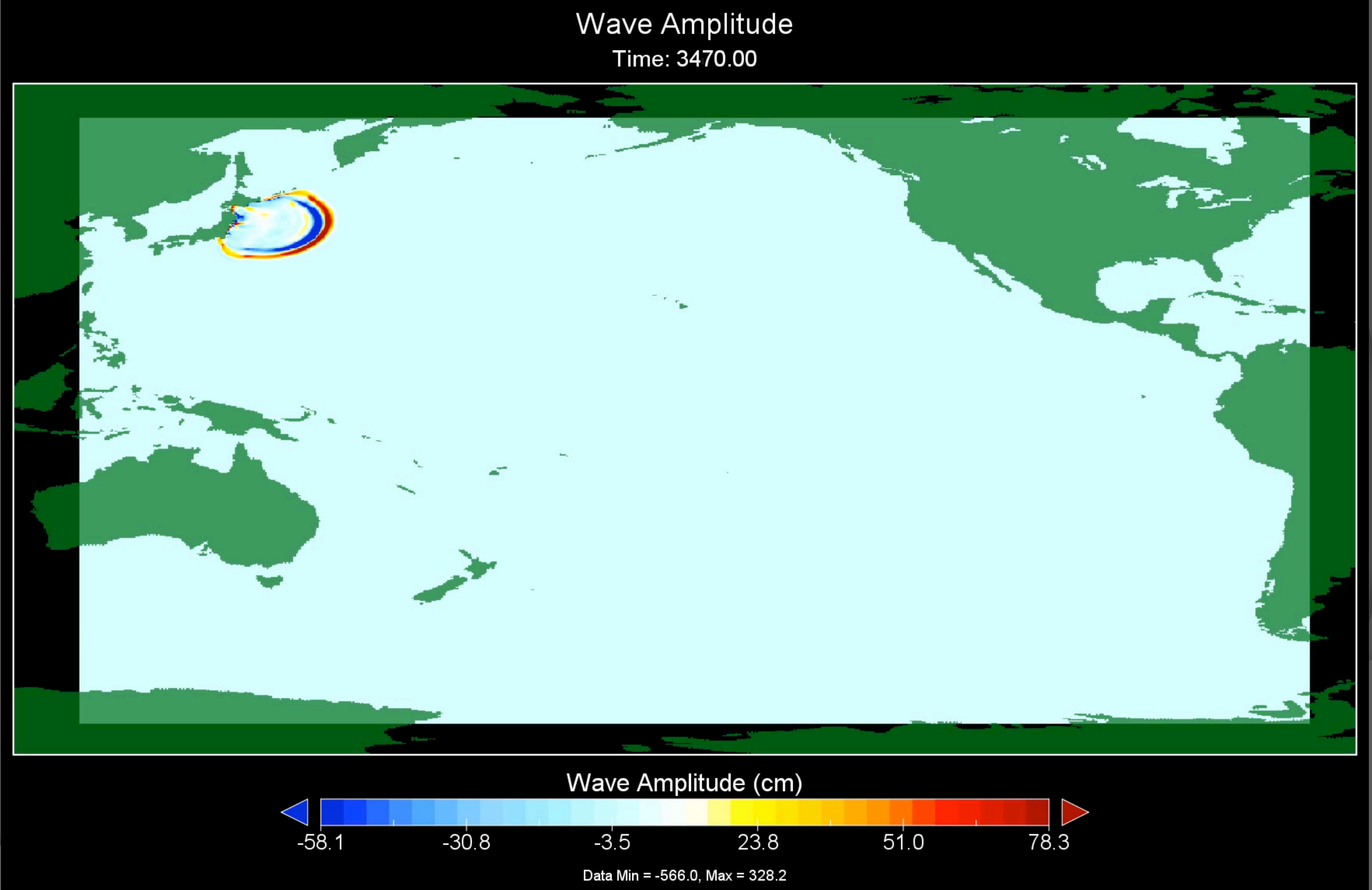
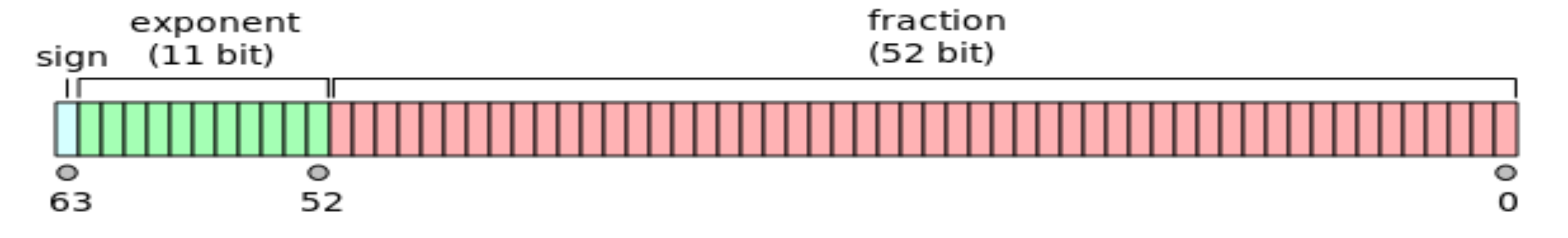


図 2　太平洋全域の水深データ，メッシュ数は 2581×2879，メッシュサイズは 1 つあたり 7.5×7.5（km^2）


Wave Amplitude
Time: 3470.00
Wave Amplitude (cm)
-58.1
-30.8
-3.5
23.8
51.0
78.3
Data Min = -566.0, Max = 328.2

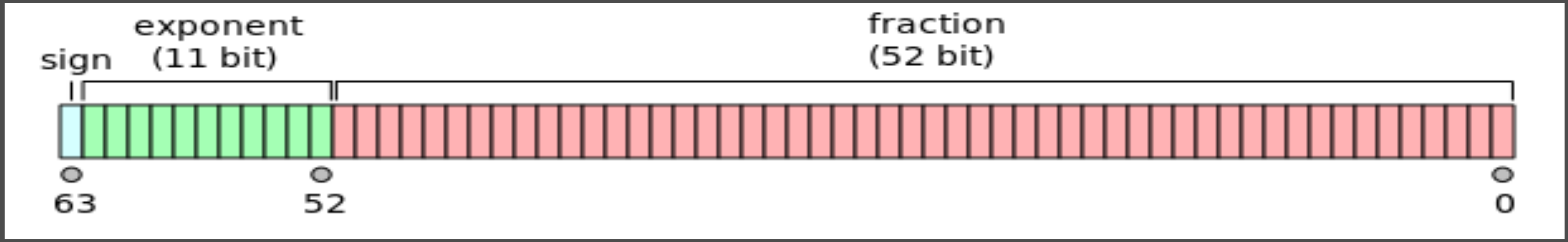
浮動小数点演算とHigh Performance Computing

- 数値計算では倍精度演算が利用されている
  - 仮数部 53 bit, 指数部 11 bit, 符号部 1bit

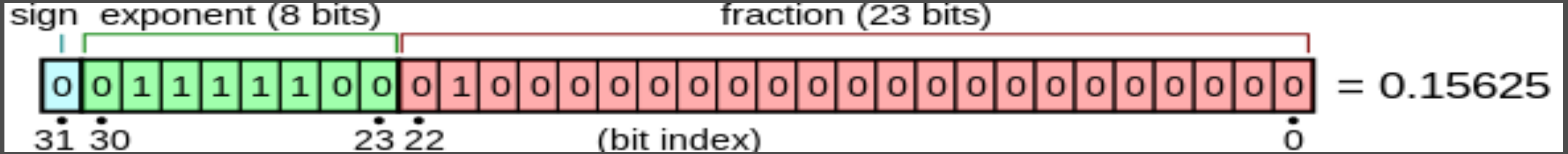


  - 「たいてい」は倍精度で十分
    - 多くのアルゴリズムは倍精度であれば安定
  - プログラムが容易
  - 倍精度まではハードウエア実装
    - 半導体プロセスの進化にしたがって高速化してきた
    - 最新のCPU ~ 384 GFLOPS (8 cores)
    - 最新のGPU ~ 2.5 TFLOPS
    - 単精度演算はこの倍の演算性能

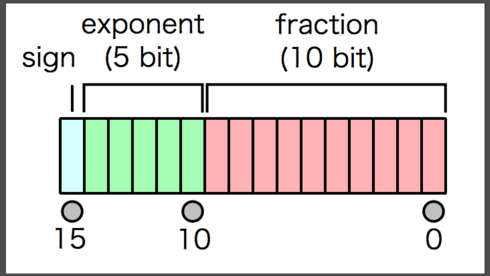
様々な演算精度による効率的な数値計算



倍精度変数

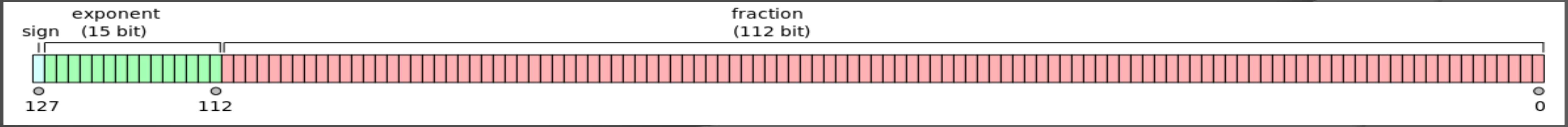


単精度変数



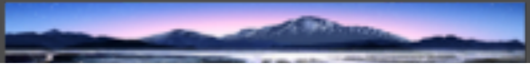
半精度変数：特にモバイルプロセッサで利用される

四倍精度変数　：ソフトウエア実行が必要



高精度演算専用プロセッサの開発

- 拡張された精度に最適な演算プロセッサを設計



$$
\begin{aligned}
I &= 2\int_0^1 d\xi_1\ d\xi_2\ d\xi_3\ d\xi_4\ d\xi_5\ d\xi_6\ (\xi_1^2 {\xi_1'}^3 \xi_2' \xi_4 \xi_4') \frac{C}{D^3} \\
C &= \xi_1'(\xi_1 + \xi_1'\xi_4\xi_4') \\
D &= \xi_1'((\xi_1 + \xi_1'\xi_4\xi_4') \\
&- (\xi_1(\xi_1\xi_2'\xi_2'\xi_3\xi_3' + \xi_1'\xi_4\xi_4'(\xi_2'(\xi_3\xi_5'\xi_6 + \xi_3'\xi_5\xi_6') - \xi_2\xi_5\xi_6)) \\
&+ \xi_1\xi_2(\xi_1'\xi_4\xi_4'(-\xi_5\xi_6 + \xi_5'\xi_6') + (\xi_1\xi_2'\xi_3 + \xi_1'\xi_4\xi_4'\xi_5) + (\xi_1\xi_2'\xi_3' + \xi_1'\xi_4\xi_4'\xi_6)) \\
&+ \xi_1'\xi_4(\xi_1\xi_5(\xi_2 + \xi_2'\xi_3')(\xi_4\xi_5' + \xi_4'\xi_6) + \xi_1\xi_2'\xi_3\xi_5'(\xi_4\xi_5 + \xi_4'\xi_6') + \xi_1'\xi_4\xi_4'\xi_5\xi_5') \\
&+ \xi_1'\xi_4'(\xi_1\xi_6(\xi_2 + \xi_2'\xi_3)(\xi_4\xi_5 + \xi_4'\xi_6') + \xi_1\xi_2'\xi_3'\xi_6'(\xi_4\xi_5' + \xi_4'\xi_6) + \xi_1'\xi_4\xi_4'\xi_6\xi_6')))
\end{aligned}
$$

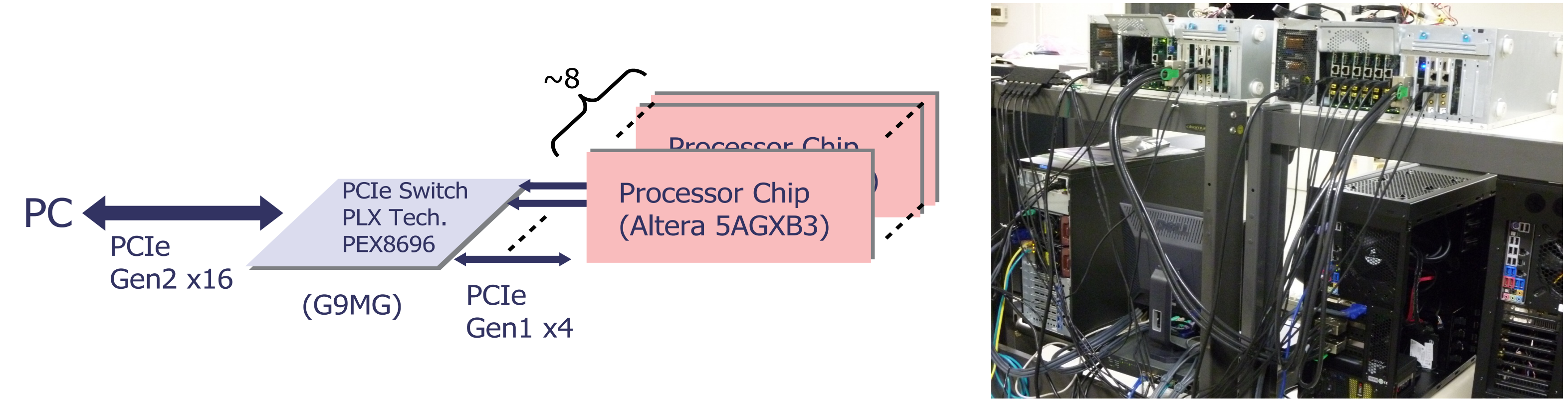


Figure 3.1: Schematic diagram (left) and picture (right) of GRAPE9-MPX.

まとめ

- 研究室(241-E)　所属学生:

  大学院生 修士課程 1名　博士課程 3名(2016年度)

  学部生　2 名(2016年度卒業研究) 3 名(2017年度卒業研究予定) + 4名まで

- 研究テーマの例
  - HPCによる大規模宇宙シミュレーション
  - 多倍長精度演算アルゴリズムの高速化
  - 電力効率のよいプロセッサの設計
  - FPGA/ASICによる並列計算プロセッサの実現

Web pages

http://galaxy.u-aizu.ac.jp/note/

http://galaxy.u-aizu.ac.jp/PPL/