

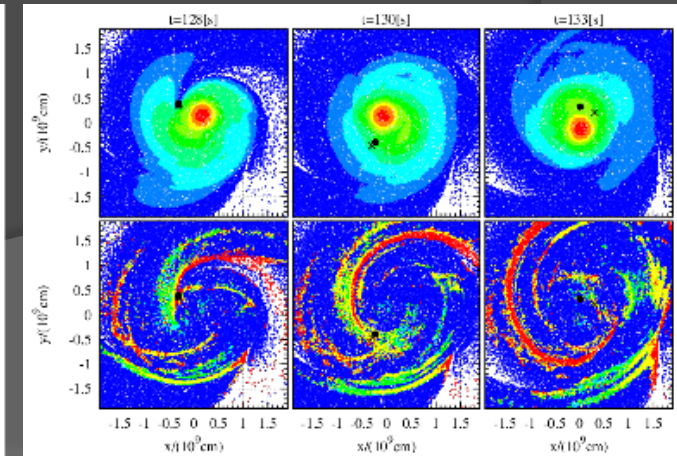
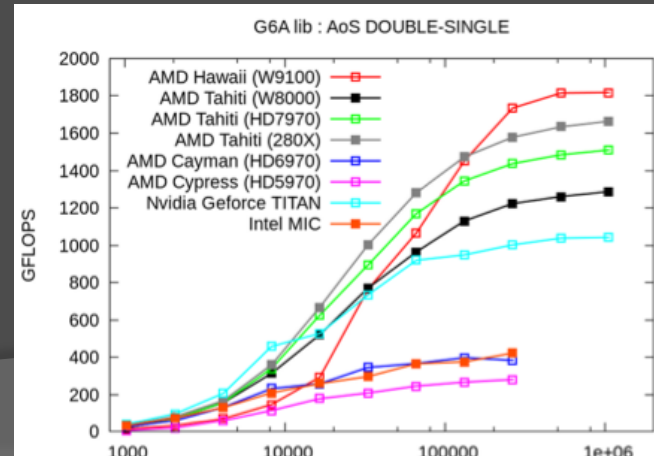
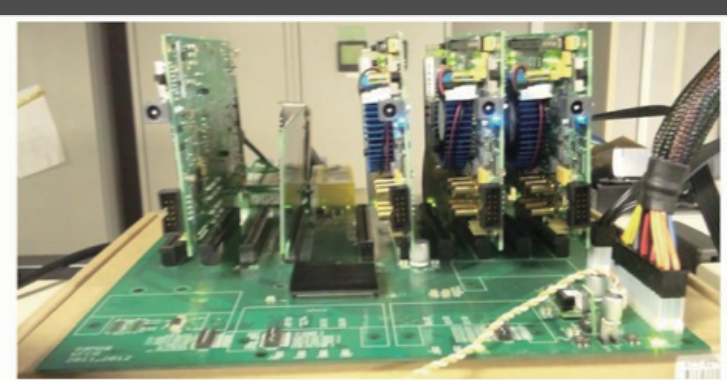
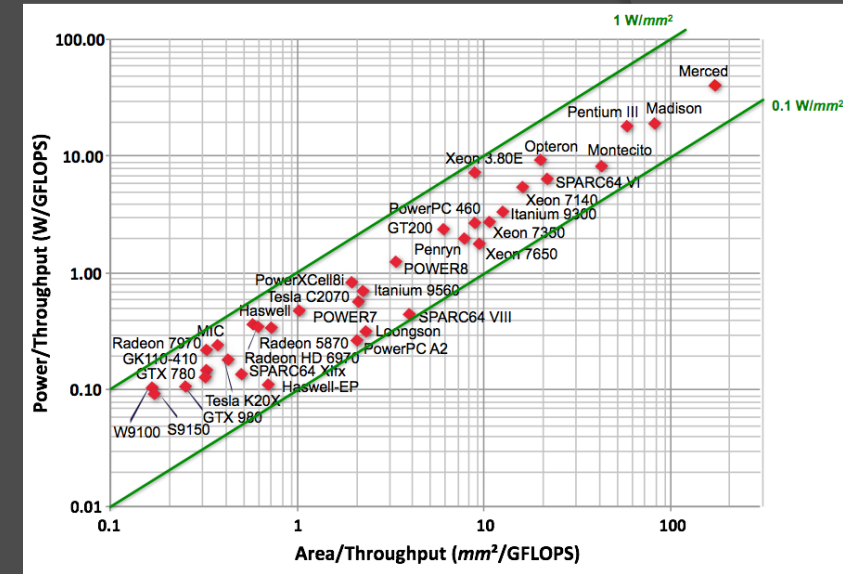
分散並行処理研究室：上級准教授 中里直人 (242B)

◎ 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

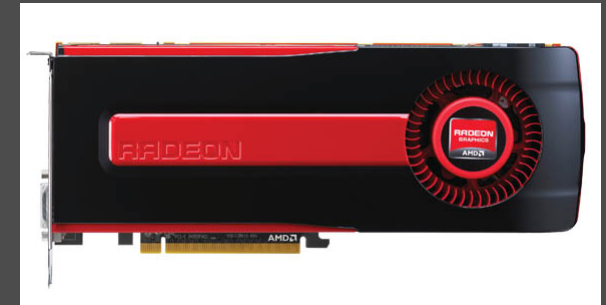
- 電力効率のよいプロセッサの設計
- FPGA/ASICによる並列計算プロセッサの実現
- HPCによる大規模宇宙シミュレーション
- 多倍長精度演算アルゴリズムの高速化



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



OpenCLの応用例：行列計算の高速化

- SYMM – “Side = Left, Uplo = Lower”



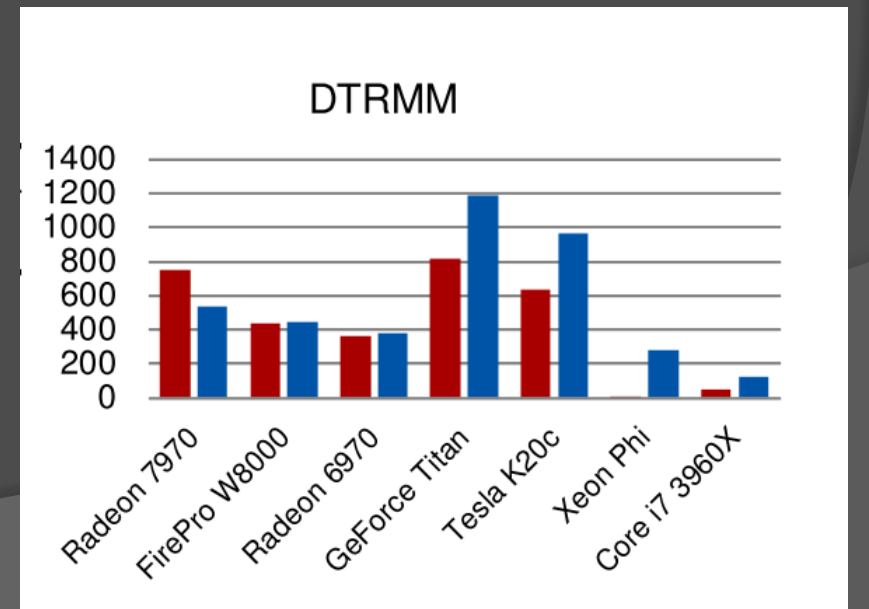
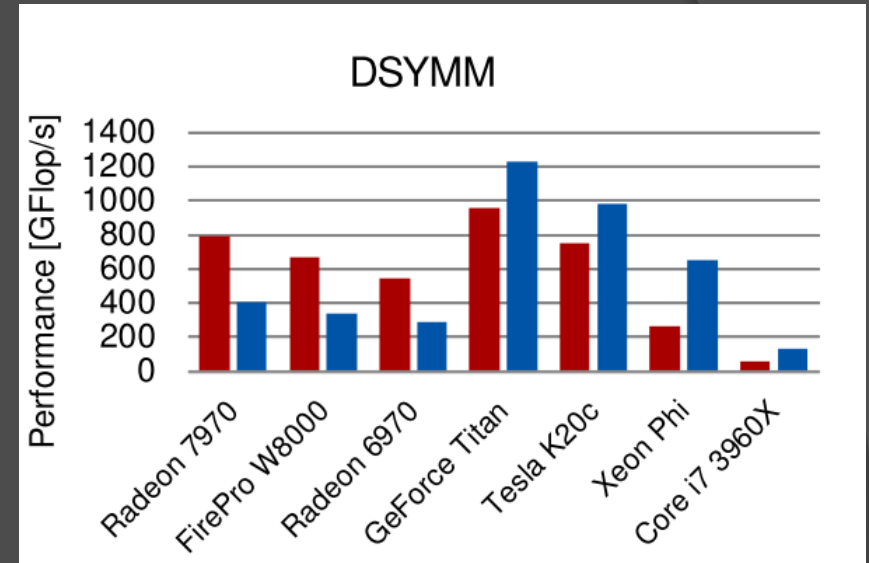
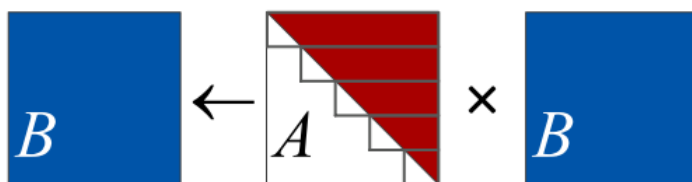
- SYRK – “Uplo = Left, TransA = NoTrans”



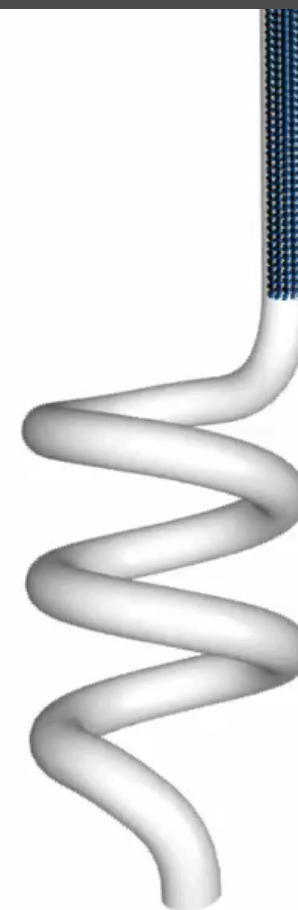
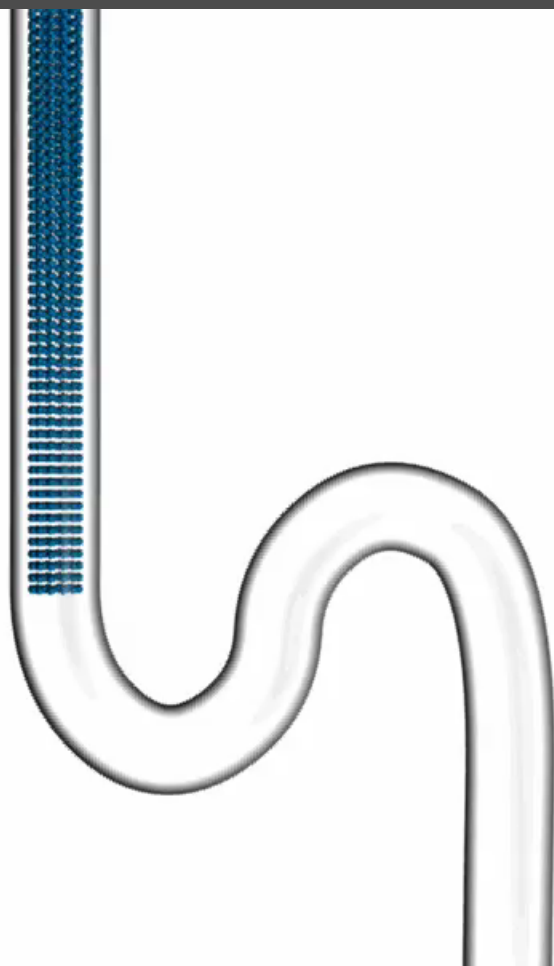
- SYR2K – “Uplo = Upper, TransAB = NoTrans”



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

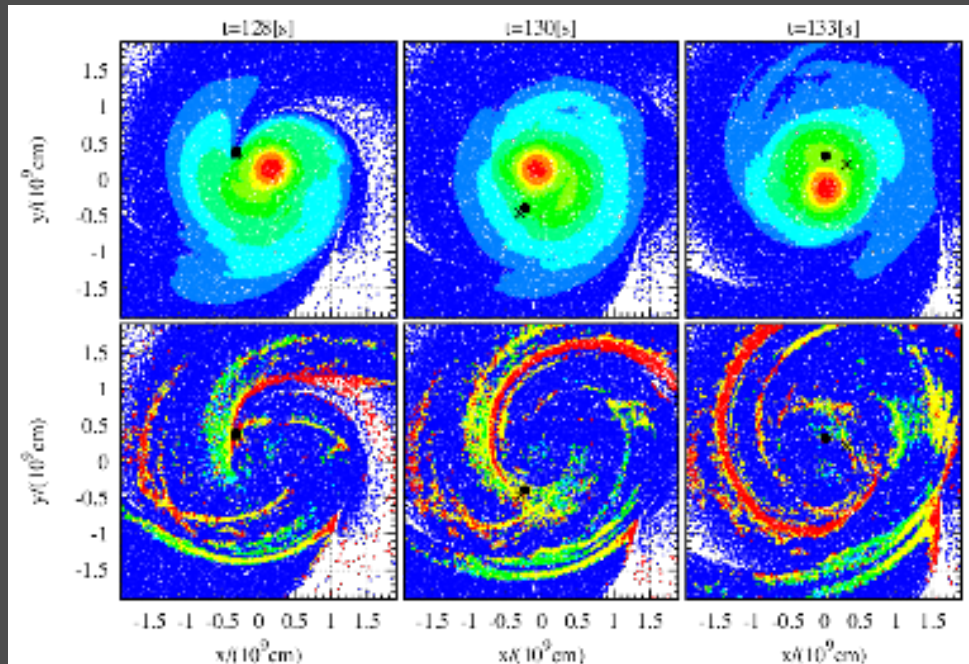
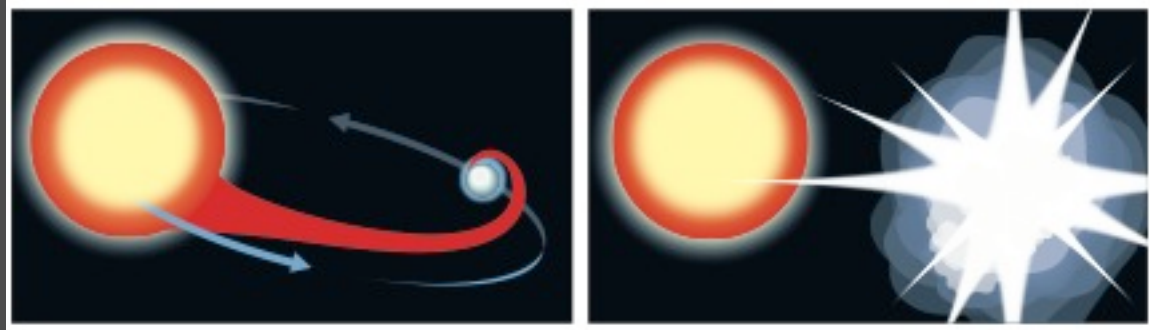


OpenCLによる並列計算：流体シミュレーション

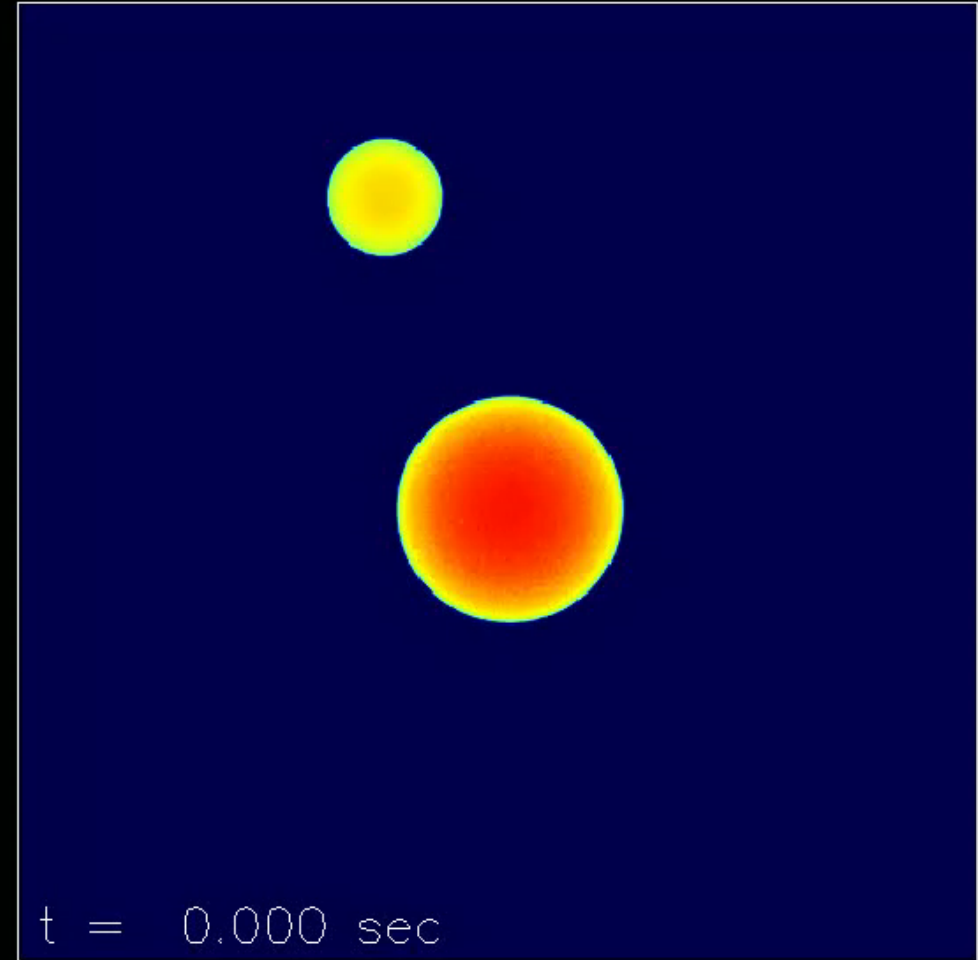


OpenCLによる並列計算：宇宙のシミュレーション

白色矮星の合体：超新星爆発の起源説



55679.2 km



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

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

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

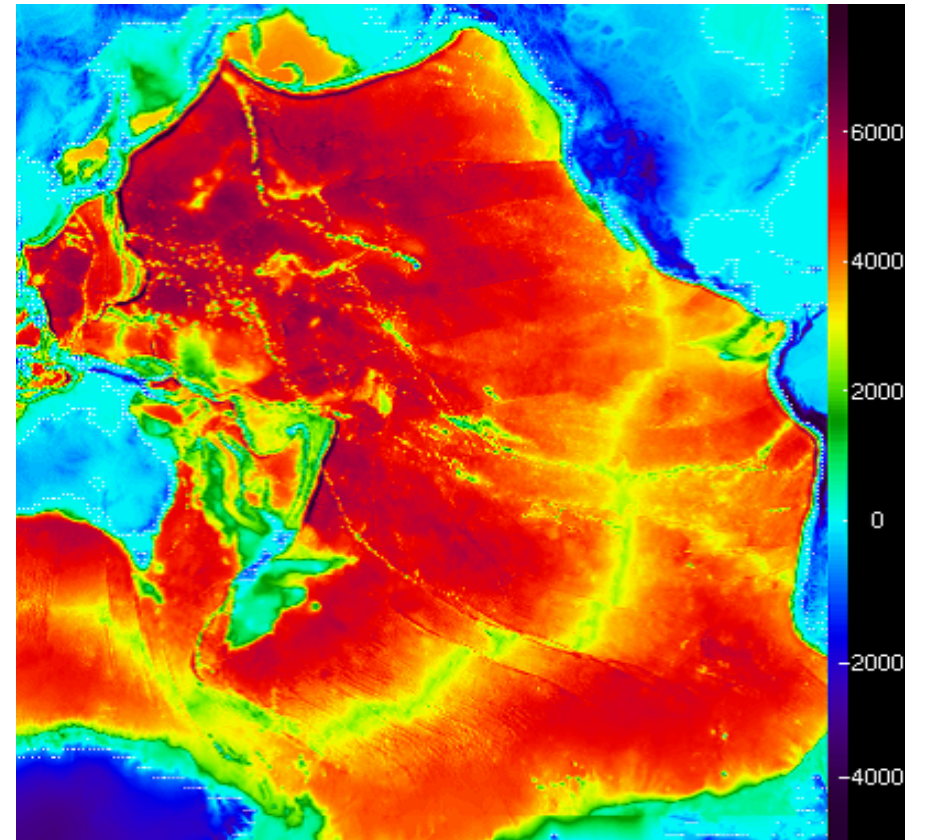
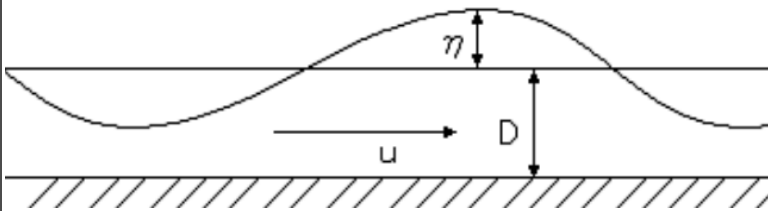
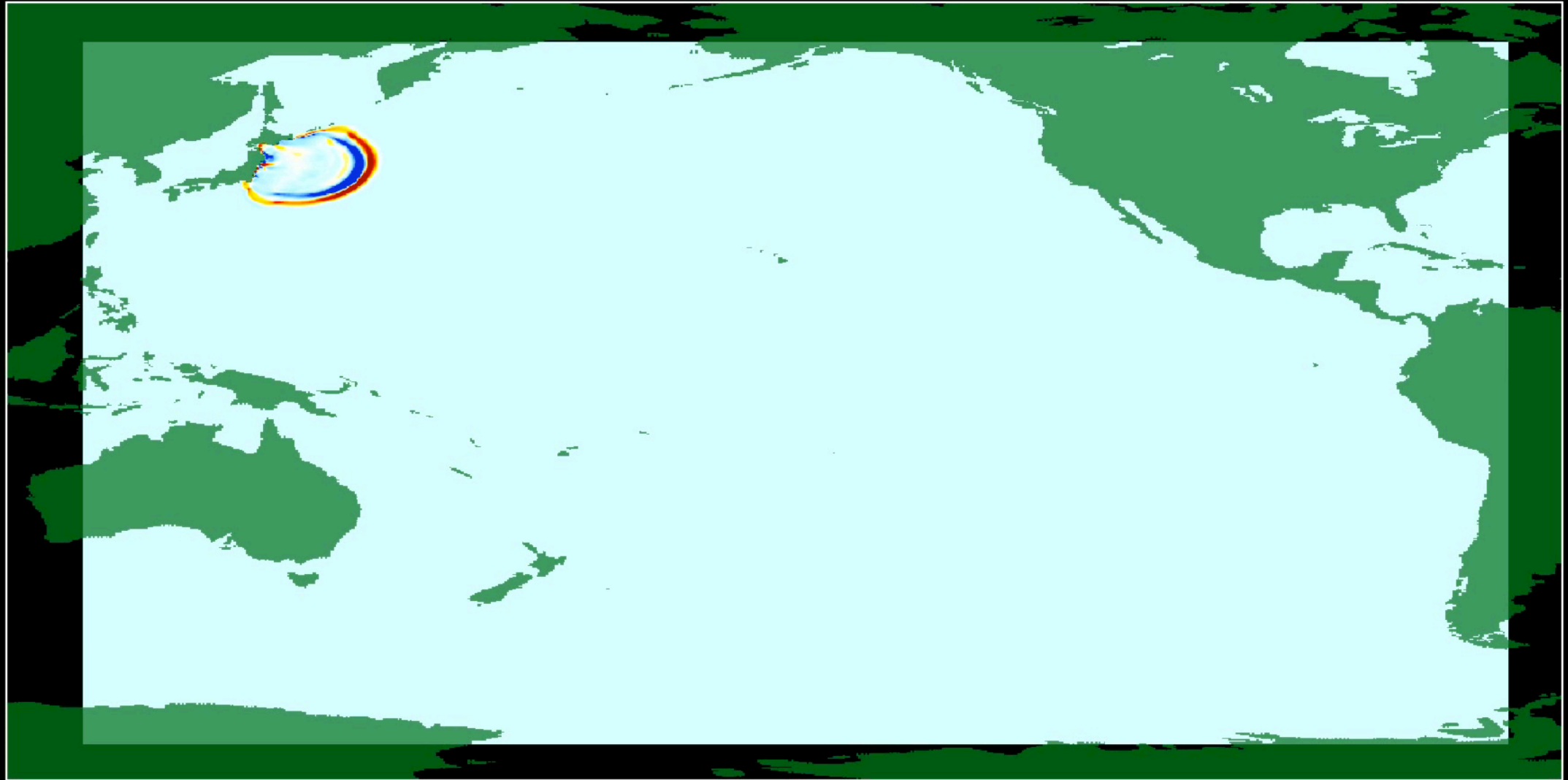


図 2 太平洋全域の水深データ, メッシュ数は 2581×2879 , メッシュサイズは 1 つあたり 7.5×7.5 (km²)

Wave Amplitude

Time: 3470.00



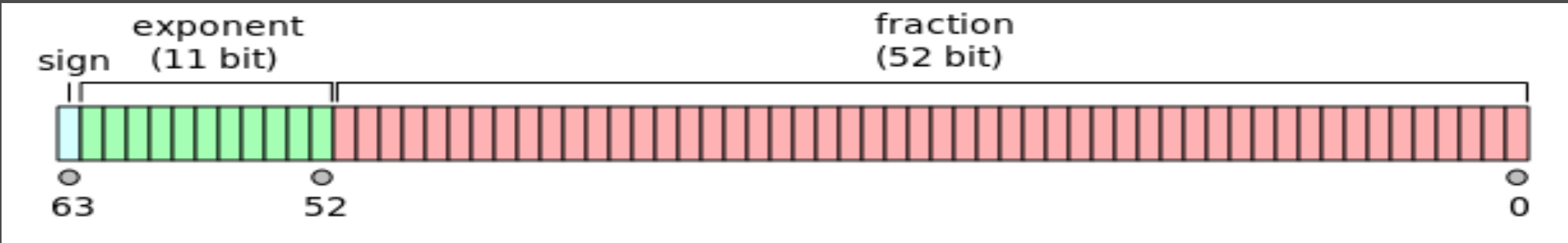
Wave Amplitude (cm)



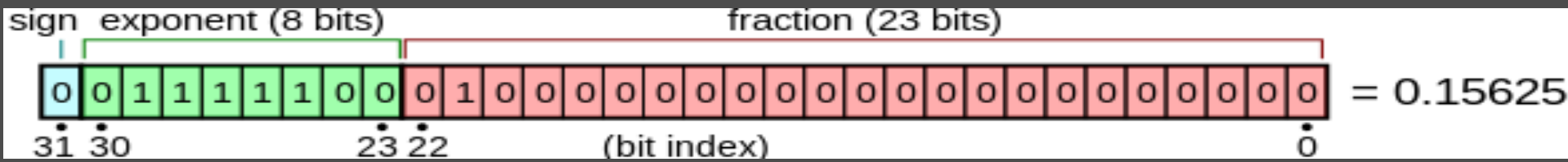
Data Min = -566.0, Max = 328.2

様々な演算精度による効率的な数値計算

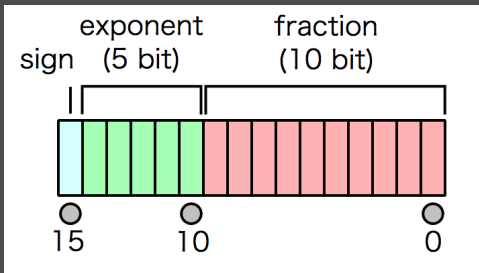
倍精度変数



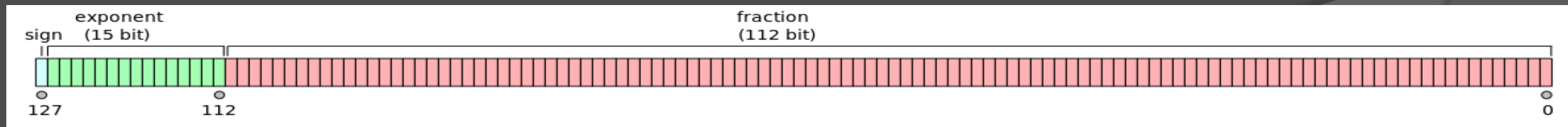
単精度変数



半精度変数：特にモバイルプロセッサで利用される
機械学習で最も効率が良い



四倍精度変数：ソフトウェア実行が必要



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



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

$$C = \xi_1' (\xi_1 + \xi_1' \xi_4 \xi_4')$$

$$D = \xi_1' ((\xi_1 + \xi_1' \xi_4 \xi_4')$$

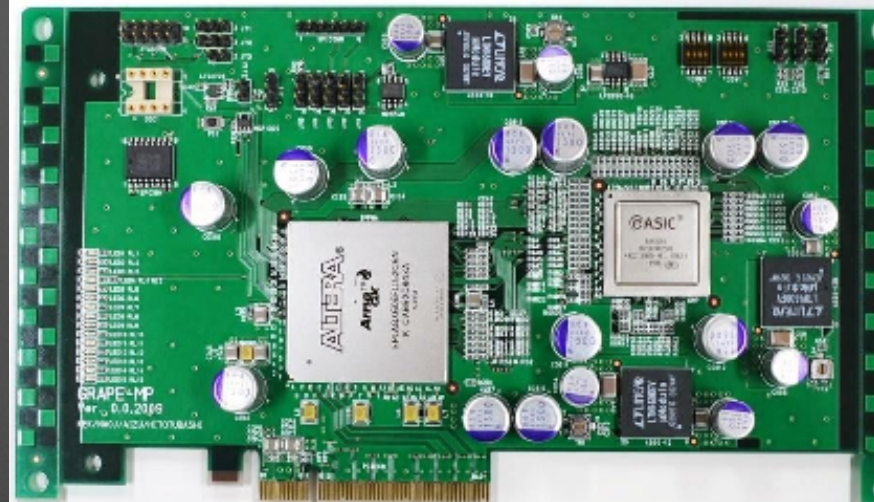
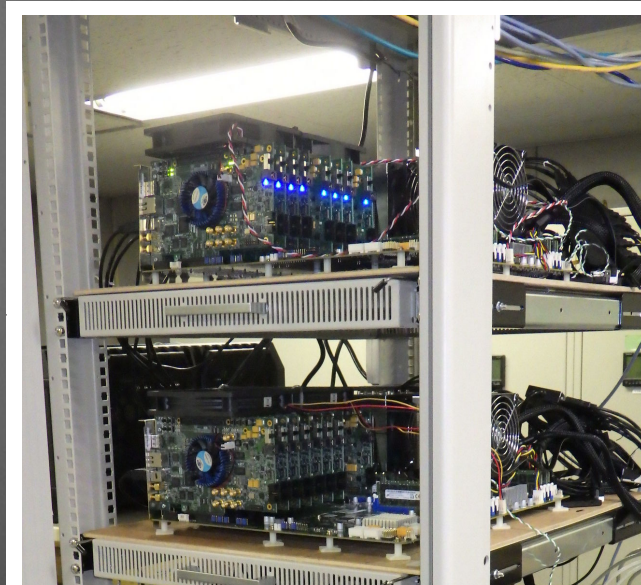
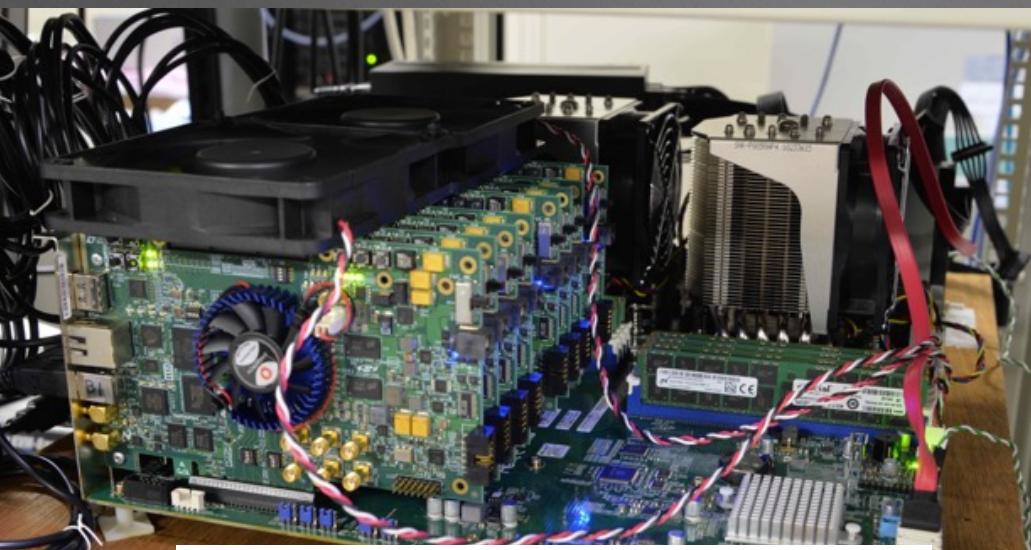
$$- (\xi_1 (\xi_1 \xi_2' \xi_2' \xi_3 \xi_3' + \xi_1' \xi_4 \xi_4' (\xi_2' (\xi_3 \xi_5' \xi_6 + \xi_3' \xi_5 \xi_6') - \xi_2 \xi_5 \xi_6)))$$

$$+ \xi_1 \xi_2 (\xi_1' \xi_4 \xi_4' (-\xi_5 \xi_6 + \xi_5' \xi_6') + (\xi_1 \xi_2' \xi_3 + \xi_1' \xi_4 \xi_4' \xi_5) + (\xi_1 \xi_2' \xi_3' + \xi_1' \xi_4 \xi_4' \xi_6))$$

$$+ \xi_1' \xi_4 (\xi_1 \xi_5 (\xi_2 + \xi_2' \xi_3') (\xi_4 \xi_5' + \xi_4' \xi_6) + \xi_1 \xi_2' \xi_3 \xi_5' (\xi_4 \xi_5 + \xi_4' \xi_6') + \xi_1' \xi_4 \xi_4' \xi_5 \xi_5')$$

$$+ \xi_1' \xi_4' (\xi_1 \xi_6 (\xi_2 + \xi_2' \xi_3') (\xi_4 \xi_5 + \xi_4' \xi_6') + \xi_1 \xi_2' \xi_3 \xi_6' (\xi_4 \xi_5' + \xi_4' \xi_6) + \xi_1' \xi_4 \xi_4' \xi_6 \xi_6'))$$

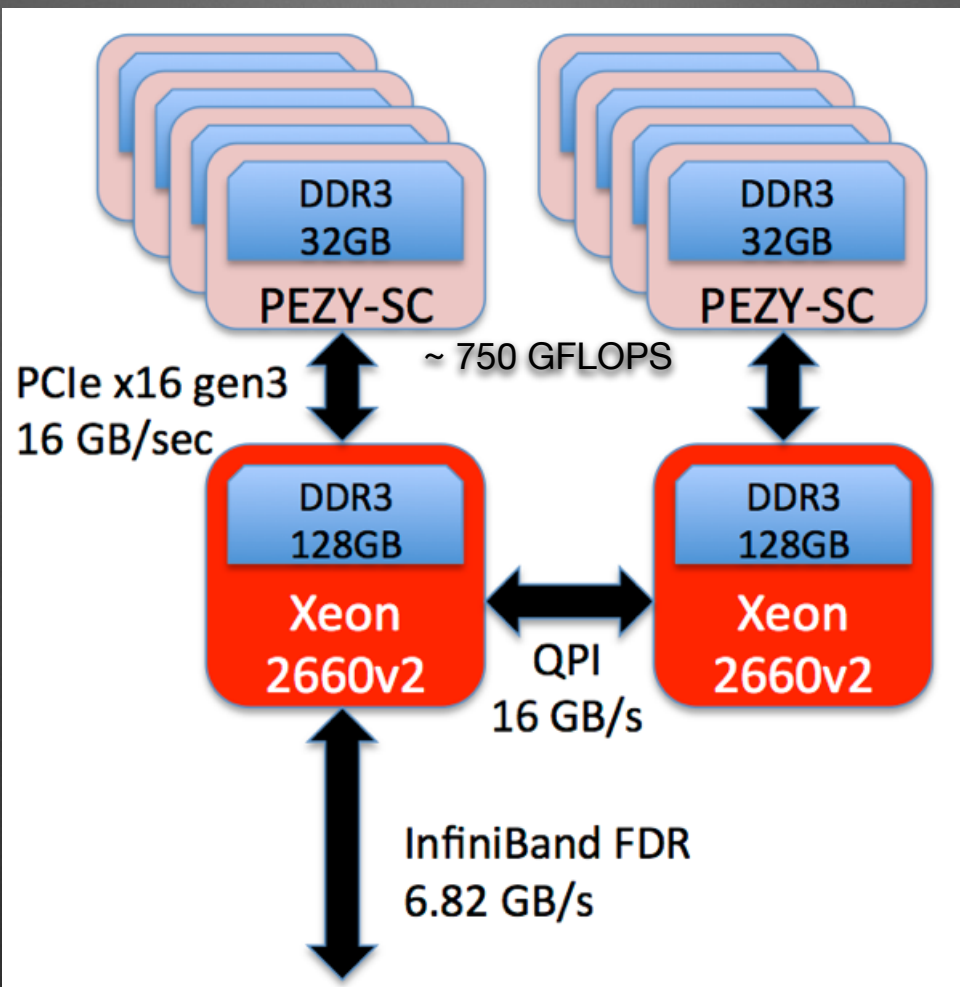
GRAPE9-MPX ラック@ KEK



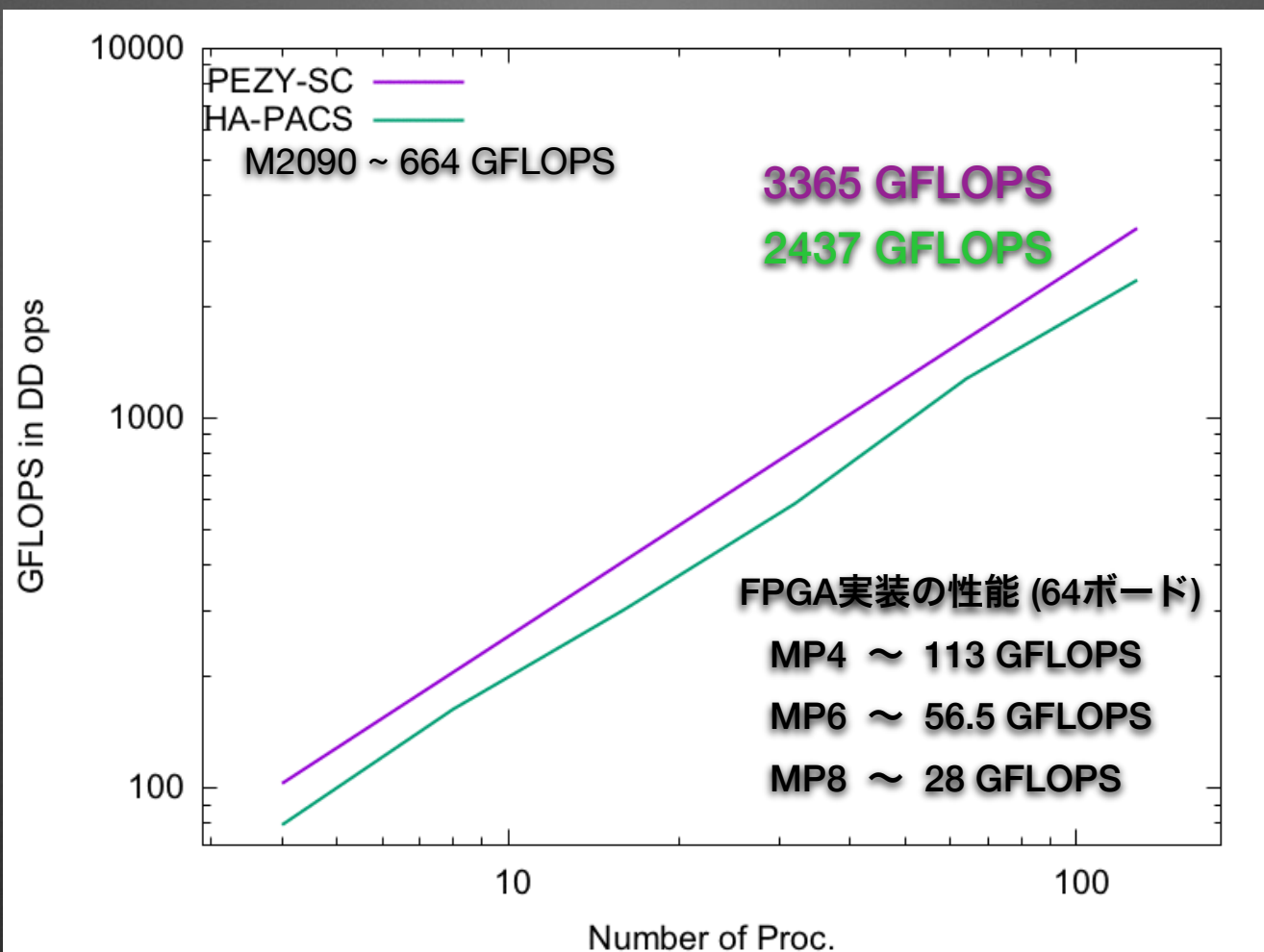
高精度演算の高速化

- 拡張された精度に適な演算プロセッサを設計

Suirenノード構成



FLOPS in DD



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(2017年度)
 - 学部生 3名(2017年度卒業研究 ポスターC-24)
 - 4名(2018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
 - DNNによる近似手法

Web pages

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

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