

分散並行処理研究室：上級准教授 中里直人 (242B, 3100)

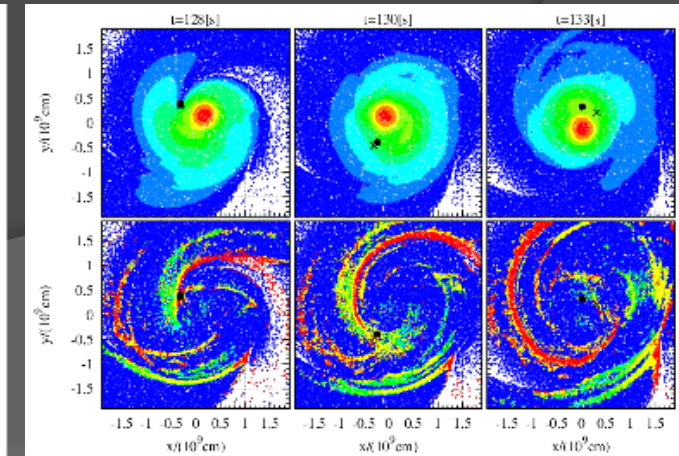
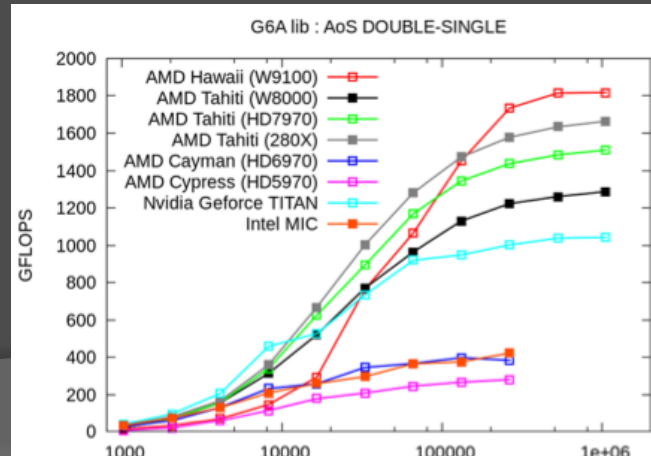
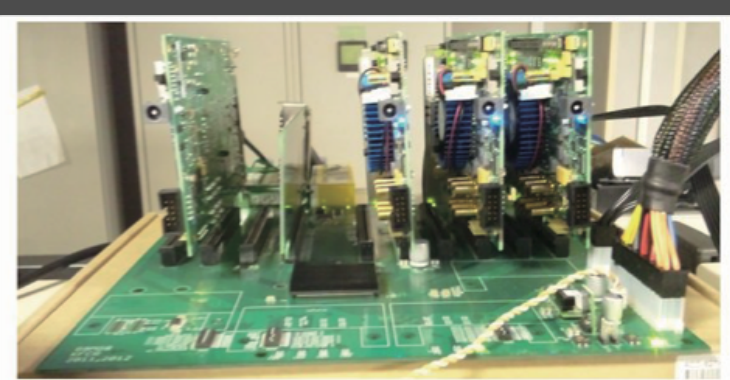
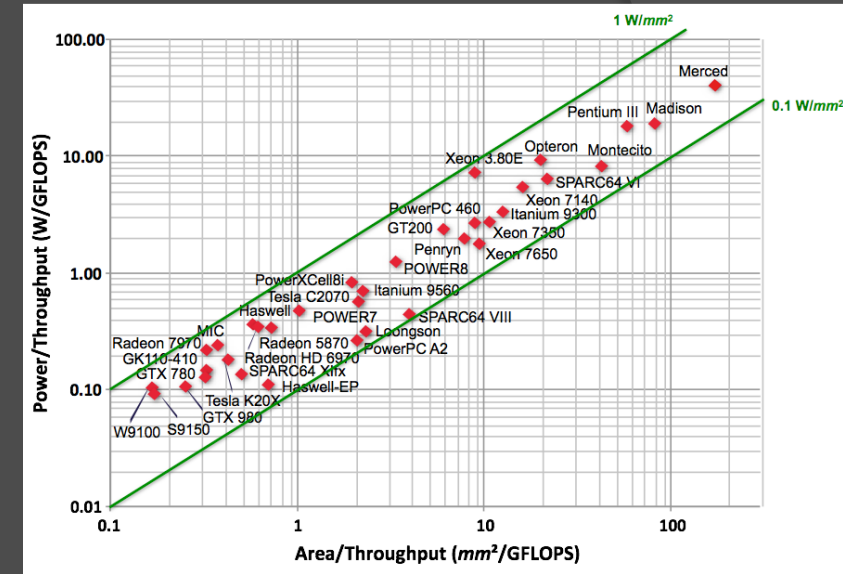
◎ 高性能計算(High Performance Computing)

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

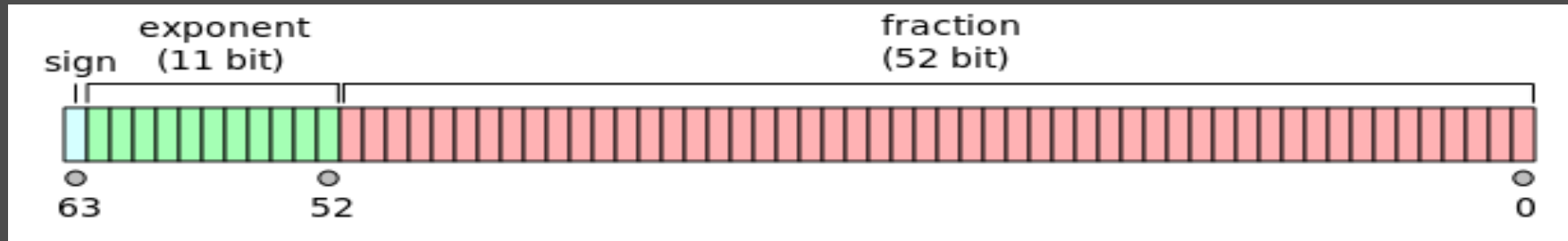
◎ 研究テーマの例

- 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



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ェア実装
 - 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 ~ 5 TFLOPS
 - 単精度演算はこの倍の演算性能

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”



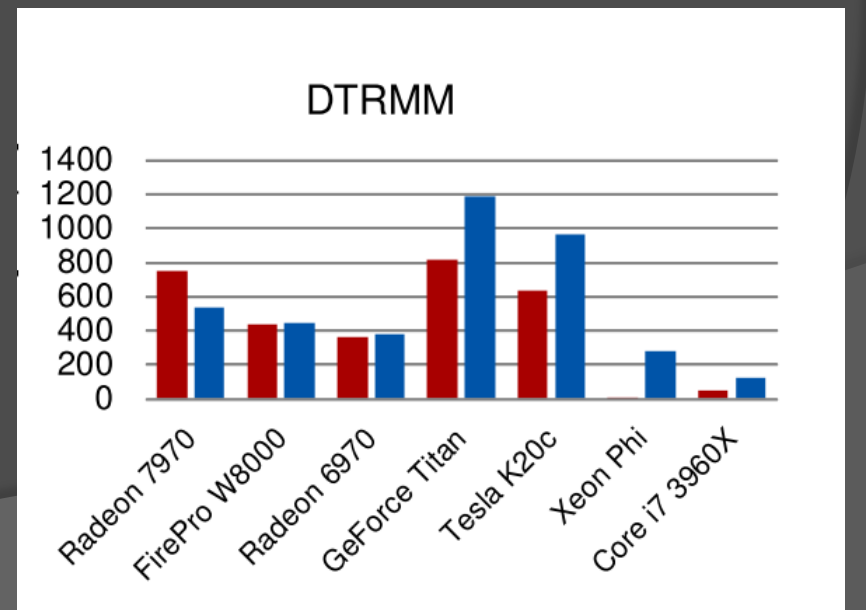
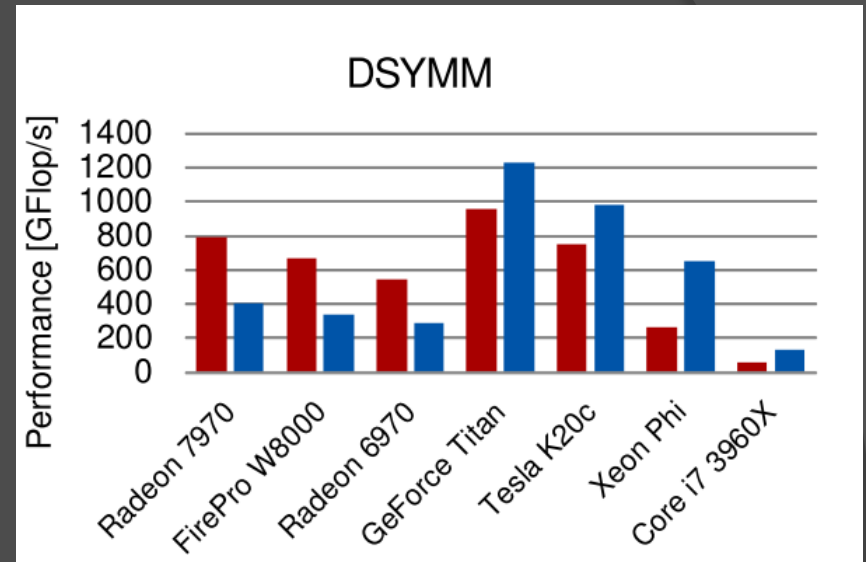
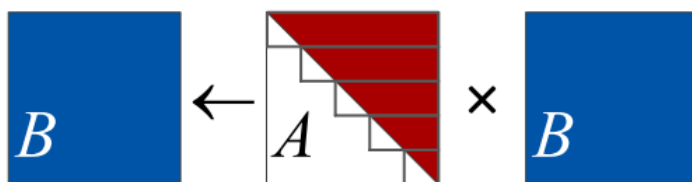
- SYRK – “Uplo = Left, TransA = NoTrans”



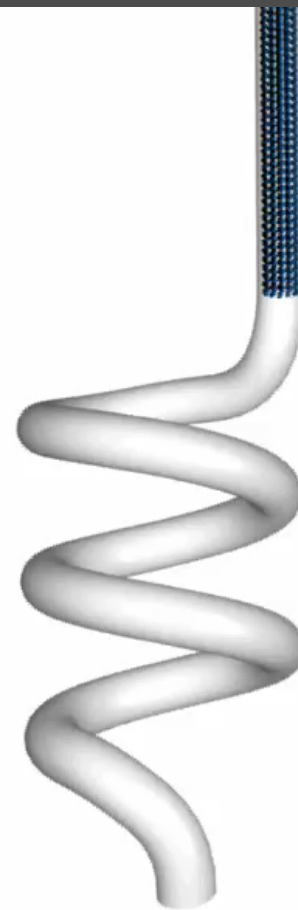
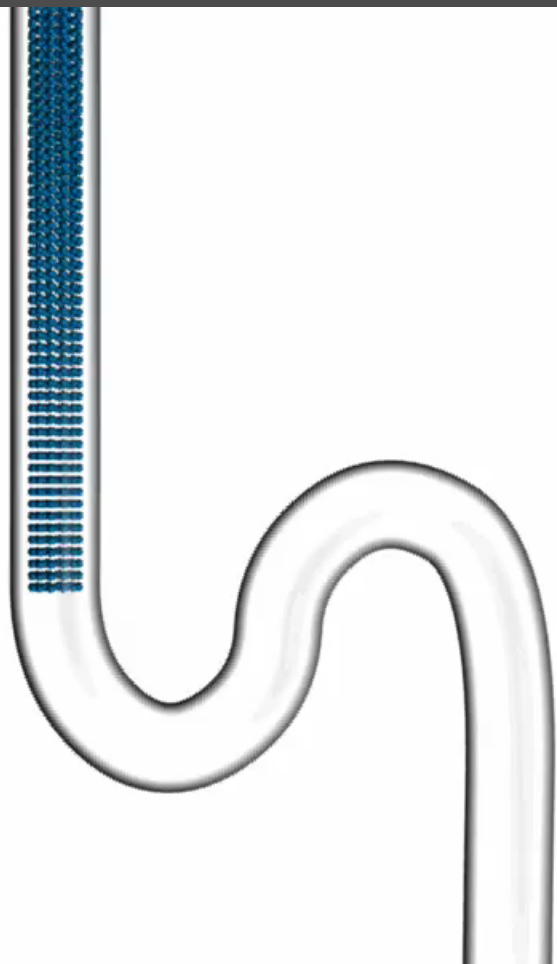
- SYR2K – “Uplo = Upper, TransAB = NoTrans”



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

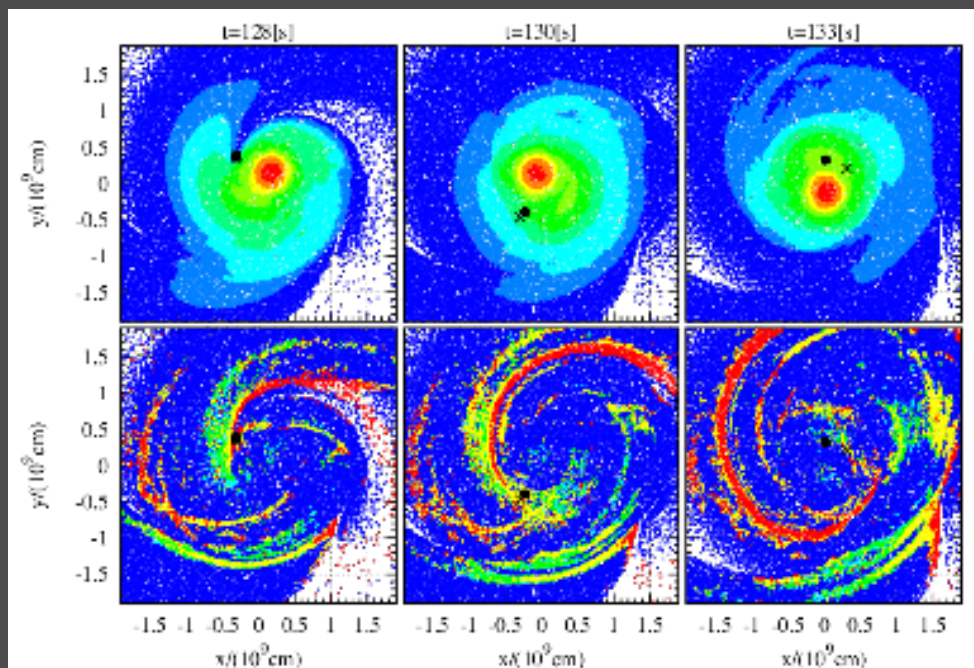
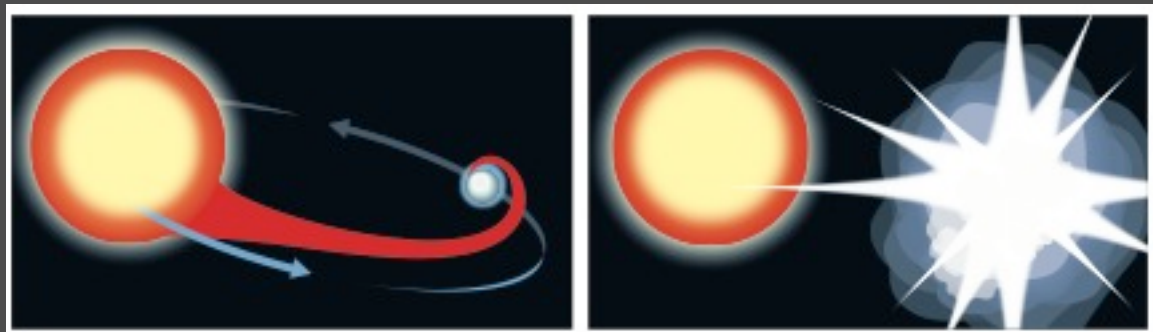


OpenCLによる並列計算：流体シミュレーション

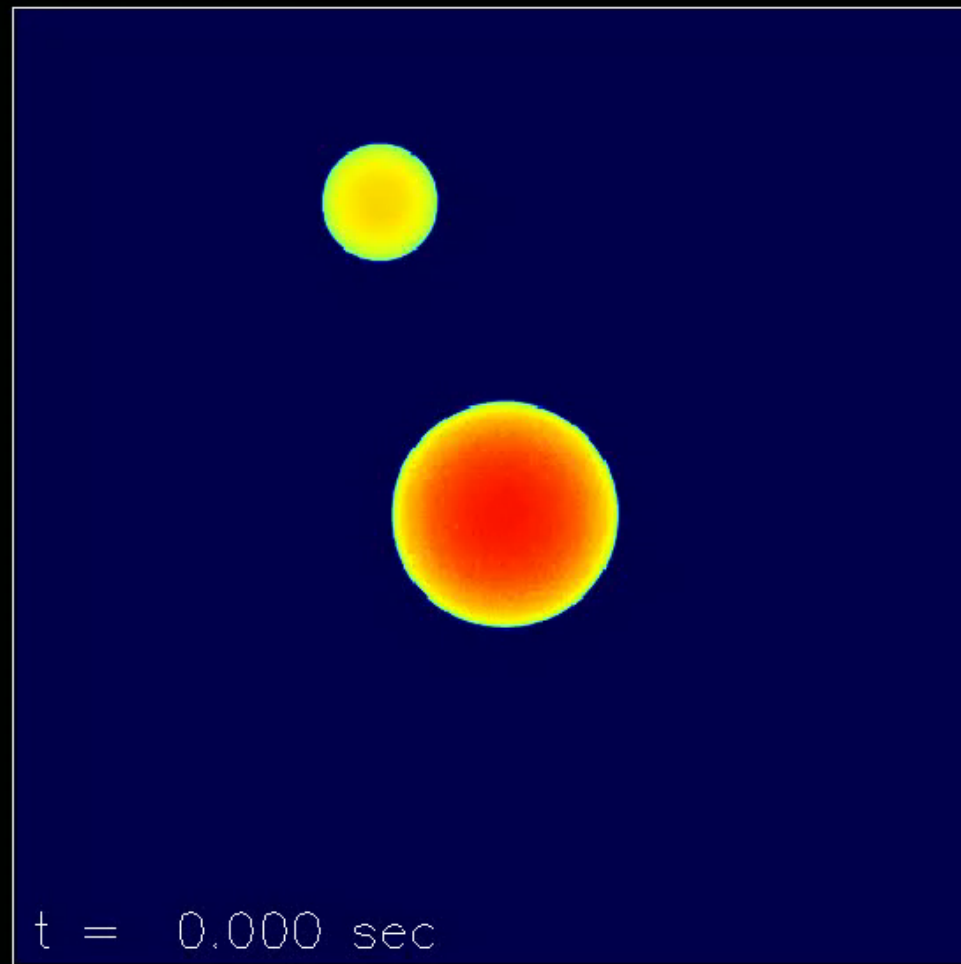


OpenCLによる並列計算：宇宙のシミュレーション

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

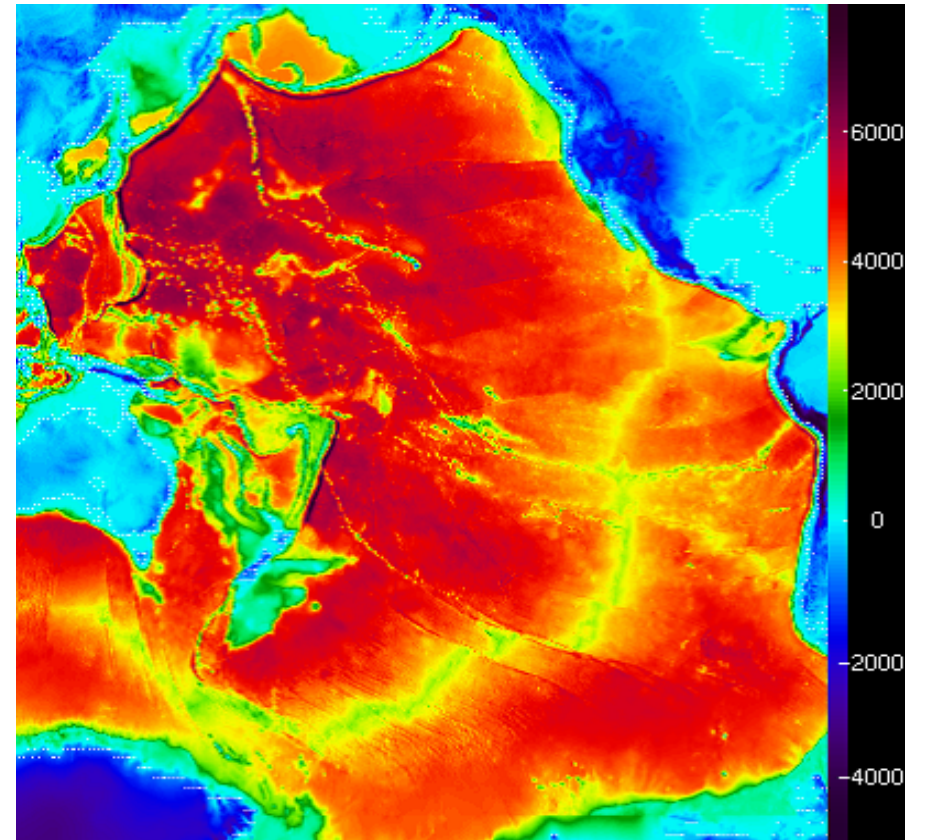
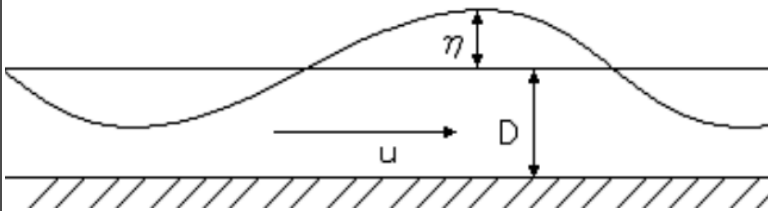


図 2 太平洋全域の水深データ, メッシュ数は 2581×2879, メッシュサイズは 1 つあたり 7.5×7.5 (km²)

省電力なHPC用プロセッサの設計と応用

PC
Watch

ニュース

Alchip、世界最高水準の電力効率を実現したスパコン向けプロセッサ

(2014/6/27 12:49)

8+1 6 BI 12 ツイート 40 いいね! 55 Pocket 11

6月27日 発表

台湾のファブレスASICベンダーAlchip Technologiesは27日(日本時間)、東京工業大学、一橋大学、会津大学と共同で、世界最高水準の電力性能比を実現したスーパーコンピュータ向けプロセッサ「PACS-G」を開発したと発表した。

1Wあたりの浮動小数点演算性能が世界最高水準という30GFLOPSを実現したプロセッサ。既存の最新GPUと比較しても5倍以上高いという。製造はTSMCの28nm HPMプロセス、パッケージはフリップチップのPBGAを採用する。

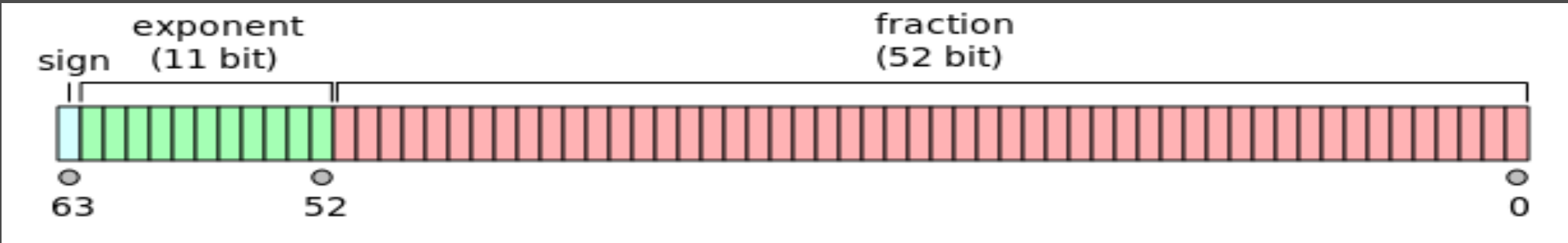
PACS-Gプロセッサの開発を主導した、元東京工業大学教授で、現理化学研究所計算研究機構の牧野淳一郎氏はリリース

	Die size	GFLOPS	GFLOPS/mm ²	GFLOPS/W
GPU(Hawaii)	438 (28nm HPM)	2620	5.98	10.0
GPU(GK110)	551 (28nm HP?)	1730	3.14	8.56
Xeon Phi	(22nm Intel)	1011		4.49
GRAPE-DR	324 (90nm)	512	1.58	8.53
GRAPE-X	6 (28nm HPM)	32	5.33	23.5 (実測)

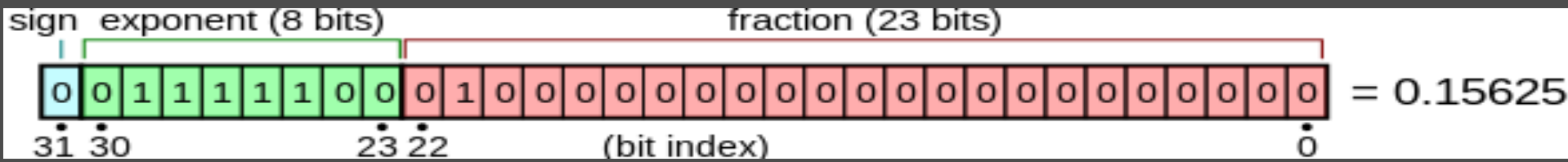


様々な演算精度による効率的な数値計算

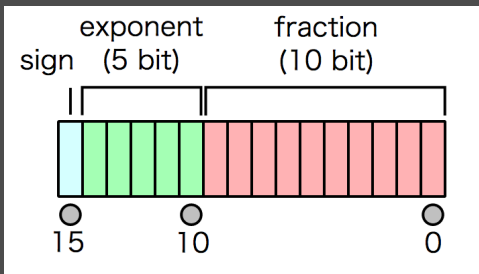
倍精度変数



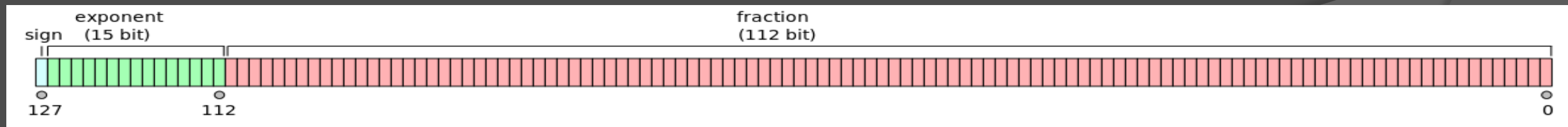
単精度変数



半精度変数：特にモバイルプロセッサで利用される

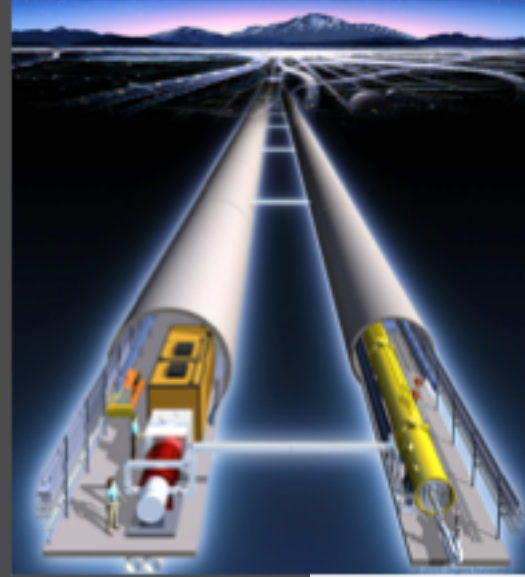


四倍精度変数：ソフトウェア実行が必要



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



$$I = 2 \int_0^1 d\xi_1 d\xi_2 d\xi_3 d\xi_4 d\xi_5 d\xi_6 (\xi_1^2 \xi_1^3 \xi_2^4 \xi_4^4) \frac{C}{D^3}$$

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

$$D = \xi_1'((\xi_1 + \xi_1' \xi_4 \xi_4') - (\xi_1(\xi_1 \xi_2^2 \xi_3 \xi_3' + \xi_1' \xi_4 \xi_4' (\xi_2'(\xi_3 \xi_5 \xi_6 + \xi_3' \xi_5 \xi_6') - \xi_2 \xi_5 \xi_6)) + \xi_1 \xi_2 (\xi_1' \xi_4 \xi_4' (-\xi_5 \xi_6 + \xi_5' \xi_6') + (\xi_1 \xi_2' \xi_3 + \xi_1' \xi_4 \xi_4 \xi_5) + (\xi_1 \xi_2' \xi_3' + \xi_1' \xi_4 \xi_4' \xi_6)) + \xi_1' \xi_4 (\xi_1 \xi_5 (\xi_2 + \xi_2' \xi_3') (\xi_4 \xi_5' + \xi_4' \xi_6) + \xi_1 \xi_2' \xi_3 \xi_5' (\xi_4 \xi_5 + \xi_4' \xi_6') + \xi_1' \xi_4 \xi_4 \xi_5 \xi_5') + \xi_1' \xi_4' (\xi_1 \xi_6 (\xi_2 + \xi_2' \xi_3') (\xi_4 \xi_5 + \xi_4' \xi_6) + \xi_1 \xi_2' \xi_3 \xi_6' (\xi_4 \xi_5' + \xi_4' \xi_6) + \xi_1' \xi_4 \xi_4 \xi_6 \xi_6'))$$

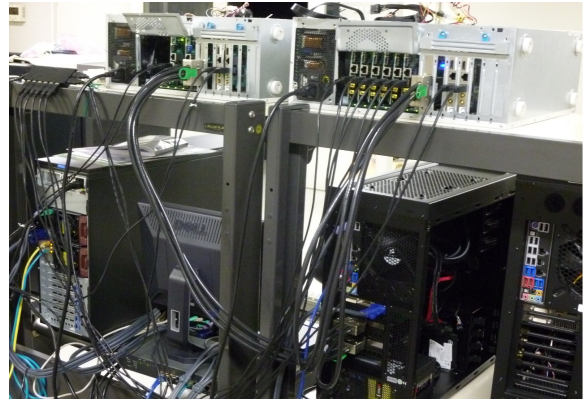
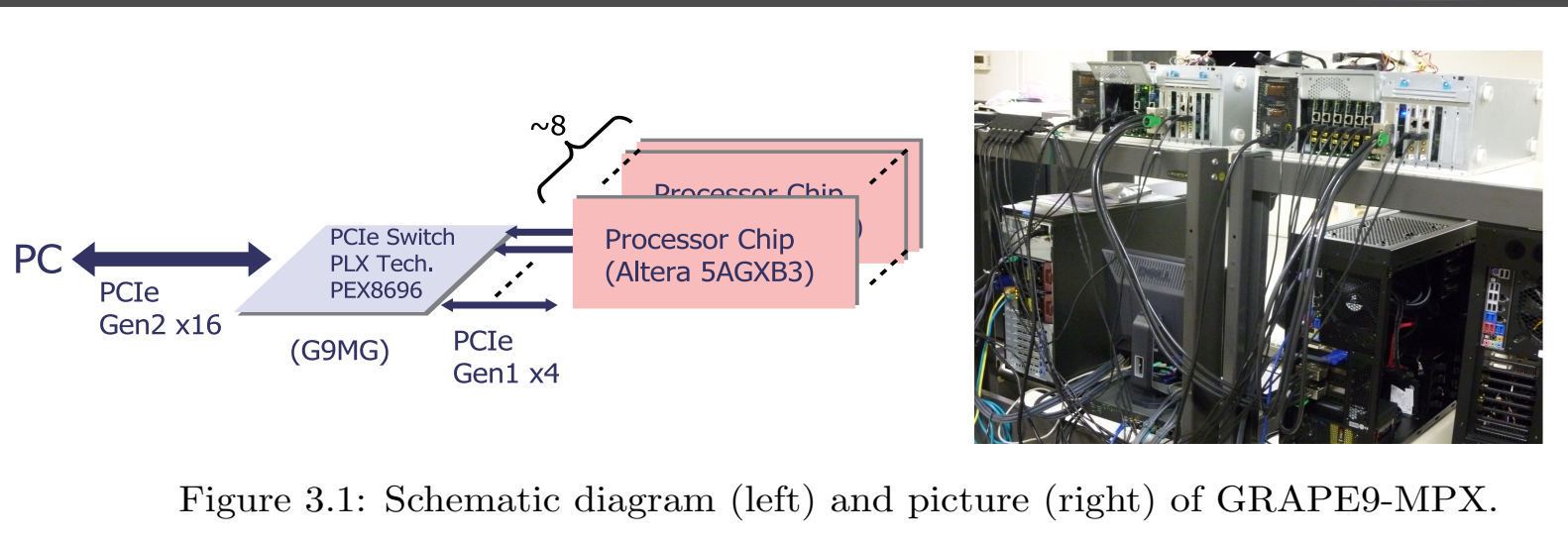


Figure 3.1: Schematic diagram (left) and picture (right) of GRAPE9-MPX.

まとめ

- ◎ 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

Web pages

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

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