

GPUコンピューティング (CUDA) 講習会

GPUとGPUを用いた計算の概要

丸山 直也

スケジュール

- **13:20-13:50 「GPUを用いた計算の概要」**
 - 担当 丸山
- **13:50-14:30 「GPUコンピューティングによるHPCアプリケーションの高速化の事例紹介」**
 - 担当 青木
- **14:30-14:40 休憩**
- **14:40-17:00 「CUDAプログラミングの基礎」**
 - 担当 丸山

TSUBAMEのTesla利用方法:ログイン

1. 端末(iMac)へのログイン

- 配布した紙に記載されているID, passwordを利用

2. Titech2006もしくは「移動」ユーティリティを選択し、X11.appを起動(xtermの起動)

3. Tsubameへログイン

```
> ssh -Y -t login名@login.cc.titech.ac.jp tesladebug
```

TSUBAMEのTesla利用方法:準備

- GSIC「TESLA利用の手引き」を参照
 - <http://www.gsic.titech.ac.jp/~ccwww/tebiki/tesla/tesla.html>
- CUDAインストールディレクトリへのパスを各種環境変数に追加
 - お使いのシェルにあわせて、source `cuda_setup.{csh,sh}` としてください
- 詳しくは利用の手引き4節を参照

```
(csh系: cuda-setup.csh)
setenv PATH ${PATH}:/opt/cuda/bin
setenv LD_LIBRARY_PATH ${LD_LIBRARY_PATH}:/opt/cuda/lib
setenv MANPATH ${MANPATH}:/opt/cuda/man

(bash系: cuda-setup.sh)
export PATH=${PATH}:/opt/cuda/bin
export LD_LIBRARY_PATH=${LD_LIBRARY_PATH}:/opt/cuda/lib
export MANPATH=${MANPATH}:/opt/cuda/man
```

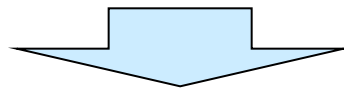
GPUコンピューティング

- GPUを一般アプリケーションの高速化に適用
 - GPUを計算アクセラレータとして利用
- GPGPU (General-Purpose Computing on GPU)とも言われる
- 2000年前半から研究としては存在。2007年にCUDAがリリースされてから大きな注目



計算加速器 (アクセラレータ)

- Cell, GPU, GRAPE, ClearSpeed, FPGA, ...
- 汎用CPUとは別に特定の計算のオフロードが可能なプロセッサ
- 汎用CPUと比較して高性能and/or低消費電力
- HPCではベクトル演算に特化したアクセラレータが注目



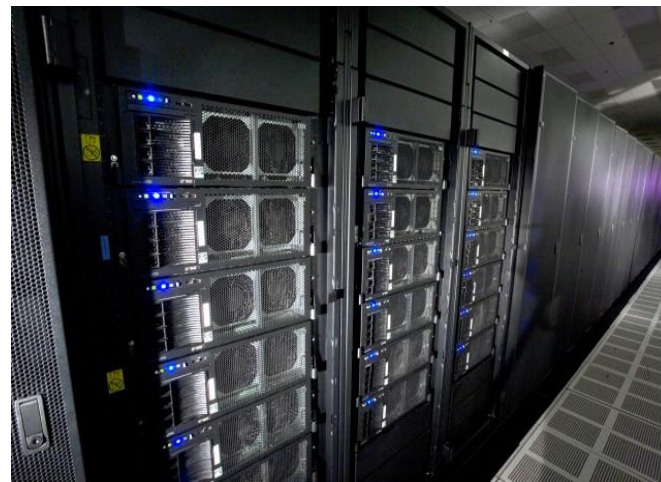
- ハイブリッドコンピューティング
 - 汎用CPUとアクセラレータの組み合わせ
 - HPCにおける最近の最もホットなトピックの1つ

例：Roadrunner at LANL

- Opteron + *PowerXCell 8i*
- 史上初ペタフロップ超えマシン
 - 1.105 PFLOPS (LINPACK)
- 現在世界最速スパコン
 - 2008年6月よりTOP500スーパーコンピュータランキングにて1位



2009/9/28



例: TSUBAME @ 東工大GSIC

- Opteron (> 10K cores) + ClearSpeed (> 600) + NVIDIA Tesla (> 600)
- Peak: 170 TFLOPS (DP), Linpack: 87.01 TFLOPS (41st at Jun '09 TOP500)

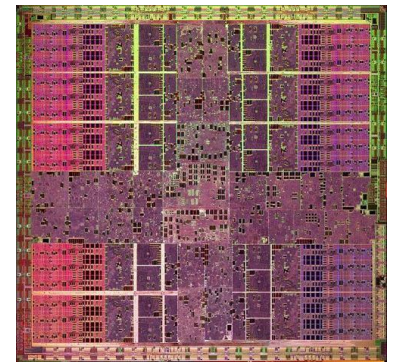
Tesla S1070

- 4 Tesla cards in a 1U node
- Connected to host machines via PCIe extension cables



Tesla 10 (T10)

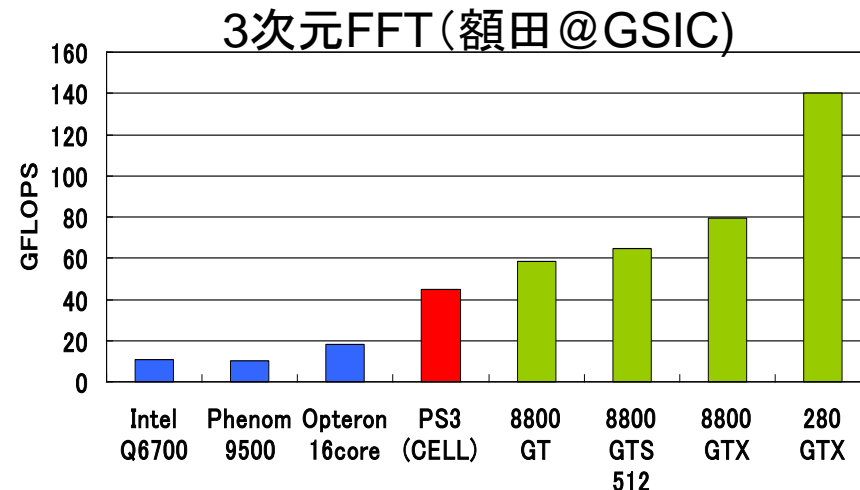
- NVIDIA G200系アーキテクチャによるHPC向けプロセッサ
 - コンシューマ向け → GeForce 280 GTX
- 240コア @ 1.29-1.44 GHz
- 4GB memory, 102 GB/s
- Peak: 1 TFLOPS (SP), 90 GFLOPS (DP)
- 製品
 - Tesla C1060: PCIe card
 - Tesla S1060: 1U system with 4 C1060 cards
- GeForceとの違い
 - ビデオ出力無し
 - 品質 (NVIDIAによる全品検査 vs ボードメーカーによるサンプル検査)
 - 価格 (C1060 @ \$1,700, GTX 280 @ \$400)



NVIDIA T10

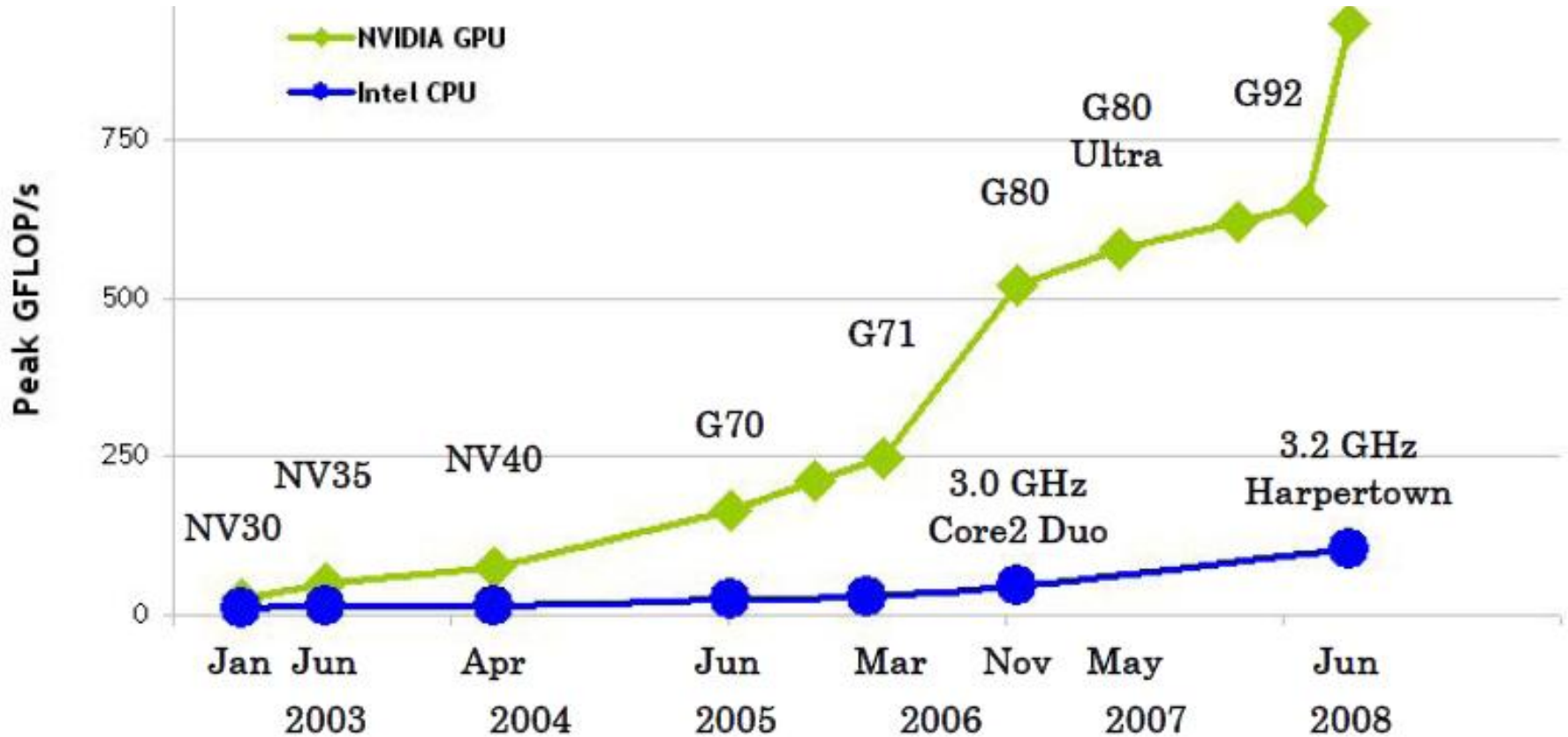
なぜGPU？

- CPUを大幅に上回る計算性能＋メモリバンド幅
 - Tesla
 - 1 TFOPS (SP) / 90 GFOPS (DP)
 - 100 GB/s
 - Core 2 Quad @ 3 GHz
 - 96 GFLOPS (SP) / 48 GFOPS (DP)
 - < 10 GB/s
- 多くのデータ並列なアプリ



性能トレンド

CUDA Programming Guideより



GT200 = GeForce GTX 280

G71 = GeForce 7900 GTX

NV35 = GeForce FX 5950 Ultra

G92 = GeForce 9800 GTX

G70 = GeForce 7800 GTX

NV30 = GeForce FX 5800

G80 = GeForce 8800 GTX

NV40 = GeForce 6800 Ultra



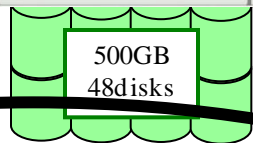
TSUBAME 1.2 Evolution (Oct. 2008)

The world's first GPU-based SC in the World

Voltaire ISR9288 Infiniband x8
 10Gbps x2 ~1310+50 Ports
 ~13.5Terabits/ s
 (3Tbits bisection)



NEC SX-8i



Storage

1.5 Petabyte (Sun x4500 x 60)

0.1Petabyte (NEC iStore)

Lustre FS, NFS, CIF, WebDAV (over IP)

60GB/ s aggregate I/ O BW

10Gbps+External NW

Unified Infiniband network

10,000 CPU Cores

300,000 SIMD Cores

> 3 Million Threads

~900TFlops-SFP, ~170TFlops-DFP

80TB/s Mem BW (1/2 ES)

Sun x4600 (16 Opteron Cores)

32~128 GBytes/ Node

10480core/ 655Nodes

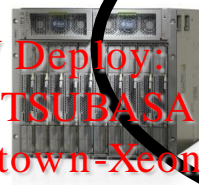
21.4TeraBytes

50.4TeraFlops

OS Linux (SuSE 9, 10)

NAREGI Grid MW

NEW Deploy:
 GCOE TSUBASA
 Harpertown-Xeon
 90Node 720CPU
 8.2TeraFlops



NEW: co-TSUBAME
 90Node 720CPU (Low Power)
 ~7.2TeraFlops



PCI-e



ClearSpeed CSX600

SIMD accelerator

360 648 boards,

35 52.2TeraFlops



NVIDIA

170 Nvidia Tesla 1070, ~680 Tesla cards
 High Performance in Many BW-Intensive Apps
 10% power increase over TSUBAME 1.0

TSUBAME 1.2. The most Heterogeneous Supercomputer in the world

- Three node configurations with four different processors → **>30,000 cores, ~170TFlops system**



SunFire X4600+ 2 TESLAs + ClearSpeed

- Opteron 2.4GHz 16 cores
 - TESLA S1070 (30cores) 2boards
 - ClearSpeed X620 (2cores) 1board
- 78 cores, 330 Gflops peak

x 318nodes



SunFire X4600+ClearSpeed

- Opteron 2.4GHz 16 cores
 - ClearSpeed X620 (2cores) 1board
- 18 cores, 157 Gflops peak

x 330nodes



SunBlade X6250 (TSUBASA cluster)

- Xeon 2.83GHz 8 cores
- 8 cores, 90.7 Gflops peak

x 90nodes

GPUコンピューティング

- GPUを一般アプリケーションの高速化に適用
 - GPU→アクセラレータと呼ばれるものの一種
- GPGPU (General-Purpose Computing on GPU)とも言われる
- 2000年前半から研究としては存在。2007年にCUDAがリリースされてから大きな注目



GPUコンピューティング：ハードウェア

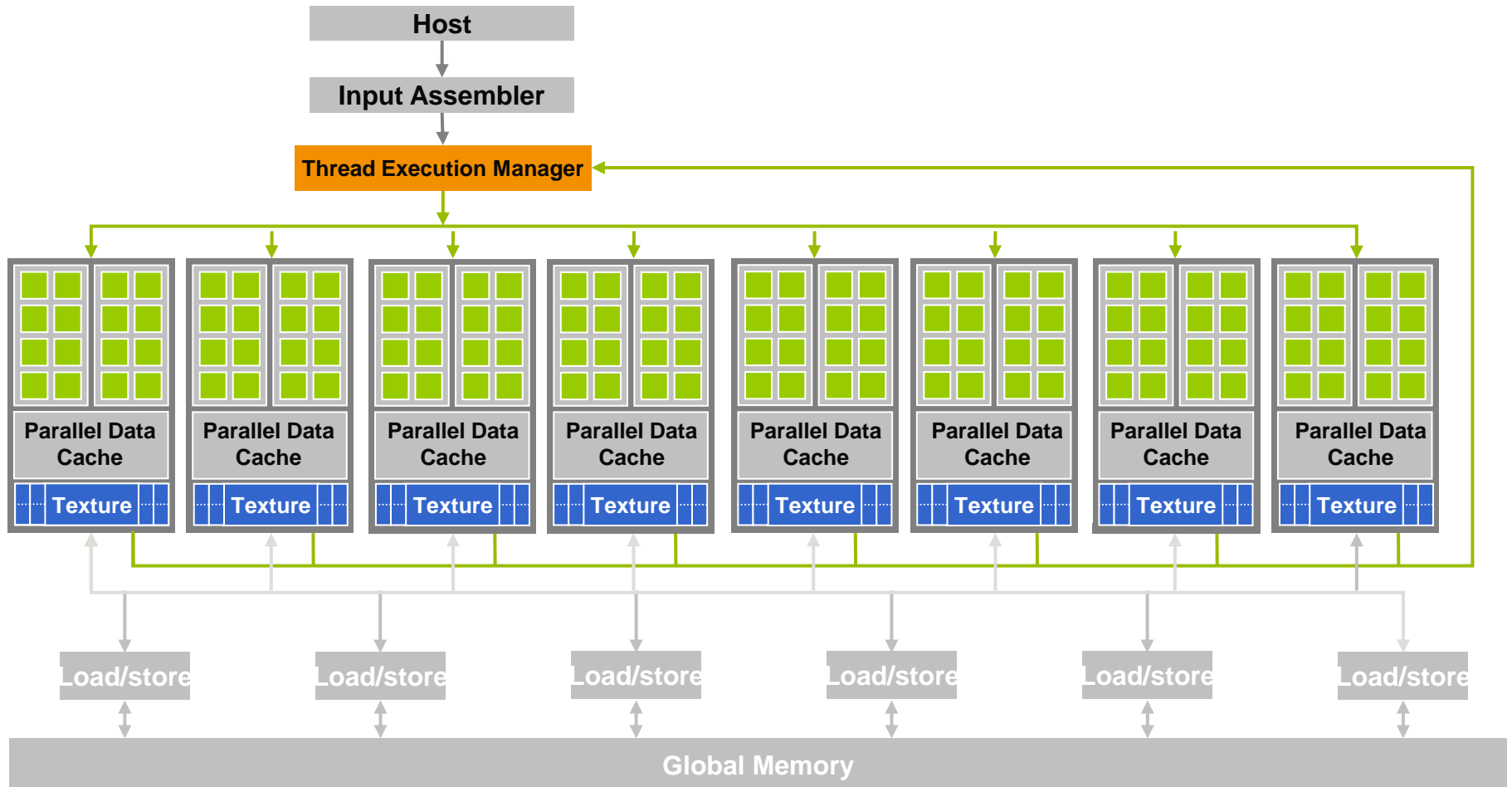
- NVIDIA GPU

- GeForceシリーズ： 一般のPCに搭載されているタイプで、比較的安価。GeForce 8800 GTXよりCUDAを実行可能
- Teslaシリーズ： GPUコンピューティング専用ハードウェア（ディスプレイ出力無し）。高価だがより高信頼（といわれている）。TSUBAMEに搭載

- AMD/ATI GPU

- Radeonシリーズ
- FireStreamシリーズ

GeForce 8800 GTX



GPUコンピューティング：ソフトウェア

- NVIDIA CUDA
 - 2007年2月にNVIDIAが自社のGPU向けにリリース
 - C/C++の言語拡張
 - NVIDIAのGPU専用
 - 最も普及
- OpenCL
 - Appleによる提案に始まり、標準化団体により制定
 - 言語自体はベンダー非依存
 - Snow Leopardに標準搭載
 - NVIDIA GPU、x86 CPU向けSDKが利用可能
 - 普及はまだ(そのうち?)
- その他
 - Brook/Brook+, RapidMind, DirectX Compute, etc.