

## Office hour

火曜8限 @ 演習室4 / 8th period on Tue. @ std4

## メールの送り方/How to send a mail

質問等がある場合, TAにメールを送ってください/If you have a question, send a mail to TA

- TA: d8181105, Yuki Murakami

## 注意/Remark

- 件名に [PCS] を入れること/To put [PCS] in a subject
- 本文に学籍番号と氏名を入れること/To write your student ID and your name in a body

## レポートの書き方/How to write a report

1. 学籍番号, 名前, レポート回数を必ず含めること

- Office hour
- メールを送り方/How to send a mail
  - 注意/Remark
- レポートの書き方/How to write a report
- Ex01
  - Gnuplot
  - Shell Script
- Ex02
  - Fileの読み取りかた/Read data from a file
  - 2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
    - 注意/Remark
- Ex03
  - テンプレート/Template
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
- Ex04
  - テンプレート/Template
    - デバッグ方法/How to debug your program
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
    - 注意/Remark

GROWI 3.2.2  Ctrl-/

## 2. プログラムの実行環境, コンパイルオプションを明記すること

## 3. プログラムの作成に当たって創意工夫した点があれば言及すること

- Office による実行結果は図だけではなく、表にもまとめて載せること
- メールでの送り先/どのような実行結果になったのか、実行結果からどのようなことが言えるのか等、十分に考察すること
  - 注意/Remark
- レポートの書き方/How to write a report
- LaTeXを使用する場合は以下のリンクを参考にしてください/If you use LaTeX, access the following link
  - [LaTeXを使用したレポートの作成/How to write a report in LaTeX](#)
  - Shell Script
- Ex01
  - Fileの読み取りかた/Read data from a file
  - 2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
    - 注意/Remark
- Ex02
- Ex03
  - テンプレート/Template
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
- Ex04
  - テンプレート/Template
    - デバッグ方法/How to debug your program
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
    - 注意/Remark
    - 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
    - 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

Ex01

Gnuplot

Data

ex01.dat

ex01.plt

Terminal

ex01.sh

Terminal

- ```
set term pngcairo
set output "ex01.png"
set logscale x
set xlabel "Number of partitions"
set ylabel "Elapsed time/seconds"
```

  - Office hour
  - メールの送り方/How to send mail
    - 注意/Remark
  - 実行方法/How to run in your terminal
  - レポートの書き方/How to write a report
  - Ex01\$ gnuplot ex01.plt
    - Gnuplot
    - Shell Script
  - Ex02
    - Fileの読み取りかた/Read data from a file
    - 2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
      - Script for measurement
  - Ex03
    - テンプレート/Template
    - 計測方法の例/Example of measurement
    - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
  - Ex04
    - テンプレート/Template
      - デバッグ方法/How to debug your program
    - 計測方法の例/Example of measurement
    - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
      - 注意/Remark
      - 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
      - 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

Ex02

## Fileの読み取りかた/Read data from a file

- Office Hour
- メールの送り方/How to send a mail
  - 注意/Remark
- レポートの書き方/How to write a report
- Ex01
  - Gnuplot
  - Shell Script
- Ex02
  - Fileの読み取りかた/Read data from a file
  - 2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
    - 注意/Remark
- Ex03
  - テンプレート/Template
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
- Ex04
  - テンプレート/Template
    - 2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
    - 注意/Remark
    - 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
    - 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

ex02\_fp.c

ex02\_mem.c

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main (int argc, char* argv[]) {
    double** array;
    // Allocate memory for 2-dimensional array
    array = (double**)malloc(sizeof(double*)*ny);
    for (i = 0; i < ny; i++) {
        (double*)malloc(sizeof(double)*nx);
        // Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
        for (i = 0; i < ny; i++) {
            for (j = 0; j < nx; j++) {
                // Example of measurement
                // Example of plotting data
            }
        }
        free(array[i]);
    }
    return 0;
}

```

- Office hour
- メールの送り方/How to send an email
  - 注意/Remark
- レポートの書き方/How to write a report
  - 注意/Remark
- Ex01
  - Gnuplot
  - Shell Script
- Ex02
  - Fileの読み取り/Read data from file
  - 2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
    - 注意/Remark
- Ex03
  - テンプレート/Template
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
- Ex04
  - テンプレート/Template
    - デバッグ方法/How to debug your program
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
    - 注意/Remark
    - 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
    - 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

GROWI 3.2.2  Ctrl-/

## 注意/Remark

全データをソートする場合、2次元配列のままソートするのはあまり上手な方法とは言えません。

- Office hour
- メールの送り方/How to send a mail
- 1次元配列としてデータを初期化し、いずれかのソート手法を使うと良いでしょう。
- 注意/Remark
- レポートの書き方/How to write a report

### Ex01

- Group
- Shell Script

## Ex03

### Ex02

- Fileの読み取りかた/Read data from a file
- 2次元配列の動的確保/Dynamically allocate memory for 2-dimensional array
- 注意/Remark

### Ex03

- テンプレート/Template
- 計測方法の例/Example of measurement
- グラフの作成方法の例/Example of plotting data

### Ex04

- テンプレート/Template
  - デバッグ方法/How to debug your program
- 計測方法の例/Example of measurement
- グラフの作成方法の例/Example of plotting data
  - 注意/Remark
  - 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
  - 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

## ex03\_template.c

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
#include <sys/time.h>
#include <sys/resource.h>

Office hour
メールの送り方/How to send a mail
  注意/Remark
レポートの書き方/How to write a report
Ex01
  Gnuplot
  Shell Script
Ex02
  Fileの読み取り/Read data from file argv[] {
  2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
    注意/Remark
Ex03
  テンプレート/Template
  計測方法の例/Example of measurement
  グラフの作成方法の例/Example of plotting data
Ex04
  テンプレート/Template
    デバッグ方法/How to debug your program
  計測方法の例/Example of measurement
  グラフの作成方法の例/Example of plotting data
    注意/Remark
    例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
    例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio
  Allocate memory for matrices as explained in Lec04

```

*Initialize the input matrices with random numbers*

*\*/*

- Office hour
  - *st = e\_time();*
- メールの送り方/How to send a mail
  - 注意/Remark
    - *Compute matrix-multiplication*
    - *en = e\_time();*
- レポートの書き方/How to write a report
  - *printf("%.10e\n", en - st);*
- Ex01
  - Gnuplot
  - Shell Script
- Ex02
  - *Release memory for matrices*
  - *\*/*
  - *return 0;*
  - Fileの読み取りかた/Read data from a file
  - 2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
    - 注意/Remark
- Ex03
  - テンプレート/Template
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
- Ex04
  - テンプレート/Template
    - デバッグ方法/How to debug your program
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
    - 注意/Remark
    - 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
    - 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

## 計測方法の例/Example of measurement

### Example of script for measurement



```
#!/usr/local/gnu/bin/bash
```

```
for i in {1..5}; do
```

```
    # Change the matrix size n as 2, 4, 8, 16, 32
```

```
    n=$((2 ** i))
```

```
    echo $n
```

```
    メールを送り方/How to send a mail
```

```
    ◦ 注意/Remark [ -f "tmp" ]; then
```

```
        rm tmp
```

```
    レポートの書き方/How to write a report
```

```
    fi
```

```
    # Repeat the measurement of computation time 5 times
```

```
    for j in {1..5}; do
```

```
        ◦ Gnuplot
```

```
        ◦ Shell Script ./ex03 $n >> tmp
```

```
    done
```

```
• Ex02
```

```
    ◦ Fileの読み取り/Read data and display average elapsed time
```

```
    ◦ 2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
```

```
    ■ 注意/Remark
```

```
• Ex03
```

```
    ◦ 実行方法/How to run in your terminal
```

```
    ◦ テンプレート/Template
```

```
    ◦ 計測方法の例/Example of measurement
```

```
    ◦ グラフの作成方法の例/Example of plotting data
```

```
    $ ./ex03.sh
```

```
• Ex04
```

```
    ◦ テンプレート/Template
```

```
    ■ デバッグ方法/How to debug your program
```

```
    ◦ 計測方法の例/Example of measurement
```

```
    ◦ グラフの作成方法の例/Example of plotting data
```

```
    ■ 注意/Remark
```

```
    ■ Data 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
```

```
    ■ 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio
```

```
    # size elapsedTime(-00) elapsedTime(-02)
```

```
    2 6.400000e-8 1.600000e-8
```

```
    4 5.100000e-7 1.300000e-7
```

```
    8 4.100000e-6 1.000000e-6
```

ex03.sh

Terminal

ex03.dat

GROWI 3.2.2  Ctrl-/

## Plot script

- ```
set term pngcairo
set output "ex03.png"
set title "Performance for matrix-multiplication as double precision"
set xlabel "Size of matrix"
set ylabel "Performance/MFLOPS"
set xrange [1:10]
set logscale x 2
plot "ex03.dat" using 1:(2*$1*$1*$1/$2/1.0e6) title "-00" with lines,\
"ex03.dat" using 1:(2*$1*$1*$1/$3/1.0e6) title "-02" with lines
```
- Officeの使い方/How to use an office
  - メールの送り方/How to send an mail
    - 注意/Remark
  - レポートの書き方/How to write a report
  - Ex01
    - Gnuplot
    - Shell Script
  - 実行方法/How to run in your terminal
  - Ex02
    - Fileの読み取りかた/Read data from a file
    - 2次元配列の動的確保/Alocate memory for 2-dimensional array dynamically
      - 注意/Remark
  - Ex03
    - テンプレート/Template
    - 計測方法の例/Example of measurement
    - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
  - Ex04
    - テンプレート/Template
      - デバッグ方法/How to debug your program
    - 計測方法の例/Example of measurement
    - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
      - 注意/Remark
      - 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
      - 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

ex03.plt

Terminal

## ex04\_template.c

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
#include <sys/time.h>
#include <sys/resource.h>

Office Hour
メールの送り方/How to send a mail
  注意/Remark
レポートの書き方/How to write a report
Ex01
  Gnuplot
  Shell Script
Ex02
  Fileの読み取り/Read data from file argv[] {
  2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
    注意/Remark matrix has matrixSize-by-matrixSize elements,
    // and blockedMatrixSize-by-blockedMatrixSize blocks
Ex03
  // each of size blockSize-by-blockSize
  テンプレート/Template:
  計測方法の例/Example of measurement
  グラフの作成方法の例/Example of plotting data
Ex04
  テンプレート/Template
  デバッグ方法/How to debug your program
  計測方法の例/Example of measurement
  グラフの作成方法の例/Example of plotting data
    注意/Remark
    例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
    例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio
    blockSize = 8;
  } else {
  /*
  Input matrixSize and blockSize from command line arguments like the following
  $ ./ex04 matrixSize blockSize

```

GROWI 3.2.2  Ctrl-/

\*/

```

    if (blockSize > matrixSize) {
        blockSize = matrixSize;
    }
}

```

- Office hour
- メール<sup>\*</sup>の送り方/How to send a mail
  - 注意/Remark
- レポートの書き方/How to write a report
- Ex01 *Allocate memory for matrices as explained in Lec04*
  - Gnuplot
  - Shell Script
- Ex02 *Initialize the input matrices with random numbers*
  - Fileの読み取り方/Read data from a file
  - 2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
    - 注意/Remark
- Ex03 *Compute matrix-multiplication with the blocking algorithm described in Lec05*
  - テンプレート/Template
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
- Ex04 *Release memory for matrices*
  - テンプレート/Template
    - デバッグ方法/How to debug your program
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
    - 注意/Remark
    - 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
    - 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

## デバッグ方法/How to debug your program

blocking algorithm を使用した行列積の結果と, naive algorithm を使用した行列積の結果は, おおよそ

GROWI 3.2.2  Ctrl- /

float 型で 1.0e-5 以内, double 型で 1.0e-15 以内で一致します. そのため, blocking algorithm を使用し正しく計算できているかどうかを確かめるためには, Ex03 で作成した naive algorithm を使用した行列積の結果と比較すると良いでしょう. ただし, 2つのプログラムで, 行列の初期値を等しくする必要があります.

- Office hour

- メールの送り方/How to send a mail

- 注意/Remark

## 計測方法の例/Example of measurement

- レポートの書き方/How to write a report

### Example of script for measurement

- Ex01

- Gnuplot
- Shell Script

```
#!/usr/local/gnu/bin/bash
for b in {1..3}; do
```

- Ex02

- Fileの読み取り方/Read data from a file
- 2次元配列の動的確保/Dynamically allocate memory for 2-dimensional array
- 注意/Remark

```
for i in {1..5}; do
```

- Ex03

- テンプレート/Template
- 計測方法の例/Example of measurement
- グラフの作成方法の例/Example of plotting data

```
if [ -f "tmp" ]; then
```

- Ex04

- テンプレート/Template
- デバッグ方法/How to debug your program
- 計測方法の例/Example of measurement
- グラフの作成方法の例/Example of plotting data
- 注意/Remark
- 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
- 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

```
# Calculate and display average elapsed time
```

```
cat tmp | awk '{sum += $1} END {print sum/NR}'
```

```
done
```

```
done
```

ex04.sh

## 実行方法/How to run in your terminal

### Terminal

- ~~\$ chmod 700 ex04.sh~~
- ~~\$ ./ex04.sh~~
- Office hour
- メールの送り方/How to send a mail
  - 注意/Remark
- レポートの書き方/How to write a report
- Ex01
  - 注意/Remark
  - Shell Script
- Ex02
  - グラフを作成する際の naive algorithm を使用したデータは, Ex03 のものを使用してよいが, 必ず実行環境を合わせること
  - File から読みこいた/Read data from a file
  - 2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
  - 注意/Remark
- Ex03
  - テンプレート/Template
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - Data 作成方法の例/Example of plotting data
- Ex04
  - テンプレート/Template
  - デバッグ方法/How to debug your program
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
  - 注意/Remark
  - 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
  - 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

ex04\_1.dat

ex04\_1.plt

```
set term pngcairo
set output "ex04_1.png"
set title "Performance for matrix-multiplication with the blocking algorithm as doub
```

- Office hour
- メールを送り方/How to send mail
  - 注意/Remark
- レポートの書き方/How to write a report
- Ex01
  - Gnuplot
  - Shell Script

実行方法/How to run in your terminal

- Ex02
  - Fileの読み取りかた/Read data from a file
  - 2次元配列の動的確保/Alocate memory for 2-dimensional array dynamically
    - 注意/Remark

## 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

- Ex03
  - テンプレート/Template
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data

Data

- Ex04
  - テンプレート/Template
    - テンプレート/Template
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
    - 注意/Remark
    - 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
    - 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

Plot script

Terminal

ex04\_2.dat

ex04\_2.plt

```

set term pngcairo
set output "ex04_2.png"
set title "Performance for matrix-multiplication with the blocking algorithm as double precision"
set xlabel "Size of matrix"
set ylabel "Performance improvement ratio"
set xrange [0:]
set style histogram clustered gap 4
set style fill solid border linecolor rgb "black"
set key outside
plot "ex04_2.dat" using ($2/$2):xtic(1) title "naive" with histogram, \
    "ex04_2.dat" using ($3/$2) title "b = 2" with histogram

```

- Office hour
- メールを送りたい方/How to send mail
  - 注意/Remark
- レポートの書き方/How to write a report
- Ex01
  - Gnuplot
  - Shell Script
- Ex02 実行方法/How to run in your terminal
  - Fileの読み取りかた/Read data from a file
  - 2次元配列の動的確保/Allocate memory for 2-dimensional array dynamically
    - 注意/Remark
- Ex03
  - テンプレート/Template
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
- Ex04
  - テンプレート/Template
    - デバッグ方法/How to debug your program
  - 計測方法の例/Example of measurement
  - グラフの作成方法の例/Example of plotting data
    - 注意/Remark
    - 例1: 実測性能の比較/Example 1: Comparison of measured performance
    - 例2: 性能向上率の比較/Example 2: Comparison of performance improvement ratio

Terminal

GROWI 3.2.2  Ctrl-/