

修正：2009 年 4 月 7 日

2009 年 2 月 18 日

2009 並列プログラミングコンテスト 数値計算部門

1. 問題の概要

疎な係数行列 $[A]$ ，右辺ベクトル $\{b\}$ が与えられたとき，連立一次方程式 $[A]\{x\}=\{b\}$ を解く。問題は以下の 3 種類がある：

- small (未知数総数：9,261)：テスト用
- medium (同：2,260,713)：8 ノード用 (予戦)
- large (同：10,328,853)：32 ノード用 (本戦)

3 者の相違は問題規模だけで，行列の性質は似通っている。

参加者に与えられるのは，全体行列，右辺ベクトルの情報のみである。解法（反復法または直接法）・反復法における前処理手法の選択，領域分割・負荷分散の戦略の策定等は全て参加者にゆだねられている。プログラミング言語等の選択も自由である。

参加者は「small」で解法について基本的な戦略を立て，「medium」に進まれるとよい。本戦用の「large」は参加者には公開されない。

2. マトリクスについて

(1) マトリクスの格納場所

マトリクスのファイルのうち「small」については以下の場所に格納されている：

URL：<https://www2.cc.u-tokyo.ac.jp/procon/data/matrix/>

「medium」については，各大学マシン上に格納される予定であり，格納場所は追って連絡する。

(2) ファイルの内容

疎行列 $[A]$ は，CRS (Compressed Row Storage) 形式で記述されており，非ゼロ成分のみを記憶する。

ファイルは，small, medium, large についてそれぞれ「*.con (コネクティビティ関連情報)」，「*.mat (行列成分)」の 2 種類がある。上記サイトでは「zip」形式で圧縮された状態で格納されているので，使用時には解凍して使用されたい。

ファイルの中身は以下のようにになっている (FORTRAN から書き出したときの write 文)

「*.con」

```
write (unit,'( 2i10)') N, NPLU
write (unit,'(10i10)') (index (i), i= 0, N)
write (unit,'(10i10)') (indexD(i), i= 1, N)
write (unit,'(10i10)') (item(k), k= 1, NPLU)
```

「*.mat」

```
write (unit,'(2i10)') N, NPLU
write (unit,'(5(1pe28.20))') (AMAT (k), k= 1, NPLU)
write (unit,'(5(1pe28.20))') (B(i), i= 1, N)
```

以下が各変数の定義である。

変数名	型	配列サイズ	内 容
N	整数		未知数総数
NPLU	整数		行列の 非ゼロ 成分総数
index	整数	0:N	各行の非ゼロ成分の累積数
item	整数	NPLU	各行の非ゼロ成分（列）番号
AMAT	倍精度実数	NPLU	各行の非ゼロ成分値 対角成分，上下三角成分全てを格納している
B	倍精度実数	N	右辺ベクトル成分
indexD	整数	N	item, AMAT について，第 i 行の対角成分に対応するアドレスが入る。例えば： item(indexD(i))= i AMAT(indexD(i))= 第 i 行の対角成分

例えば， $\{r\} = \{b\} - [A]\{x\}$ は以下のように計算する：

```
do i= 1, N
  r(i)= B(i)
  do k= index(i-1)+1, index(i)
    r(i)= r(i) - AMAT(k)*X(item(k))
  enddo
enddo
```

(3) ファイルサイズ

ファイルサイズは以下である：

SMALL：テスト用 (N=9,261)

- small.con.gz (コネクティビティ関連情報) (ファイルサイズ：1.8MB)
- small.mat.gz (行列成分) (18MB)

MEDIUM：8 ノード用 (N=2,260,713)

- medium.con.gz：150MB
- medium.mat.gz：1.7GB
- 上記情報を記憶するのに必要なメモリ量：約 3.5GB

LARGE：32 ノード用 (N=10,328,853)

- large.con.gz：680MB
- large.mat.gz：8GB
- 上記情報を記憶するのに必要なメモリ量：約 15GB

3. 実施要領

(1) 実施

- マトリクス読み込み終了後から、 $[A]\{x\}=\{b\}$ を解いて未知数 $\{x\}$ が算出され、 $\sum_{i=1}^N |x_i|^2$ ((2) 参照) が計算されるまでの時間を測定する。ただし $|\{b\}-[A]\{x\}|/|\{b\}| < 10^{-12}$ を満たしているものとする。
 - マトリクスは、2. で示した全体マトリクスを読み込んでプログラム内で分割しても、プログラム外で予め分割しておいてもよい。但し、本戦で使用するマトリクスの容量が約 15GB であることを考慮して戦略を立ててください (T2K (東大) でユーザーが利用できるメモリ量は 1 ノードあたり 28GB)。
 - 計測開始時間
 - ✧ マトリクスを予め分割した場合：分割したマトリクスの読み込み終了時点
 - ✧ 全体マトリクスを直接読み込む場合：マトリクスの各プロセスへの分割が終了した時点
 - 計測終了時間
 - ✧ 解ベクトル $\{x\}$ の書き出し時間は含まない
 - 反復法を使う場合は前処理 (ILU 分解等) の時間も計算時間に含める。
- AMAT, B, x (未知数) は倍精度実数とする
- 公開ライブラリを一部使用してもよい。

(2) 提出物（予選）

- 解法の概要
 - 行列分割に関する戦略等（A4 一頁程度）
 - 行列計算手法（A4 一頁程度）
- 計算結果
 - マトリクス読み込み終了後から, $[A]\{x\}=\{b\}$ を解いて未知数 $\{x\}$ が算出されるまでの時間。
 - 残差 $|\{b\}-[A]\{x\}|/|b|$ の値
 - $\sum_{i=1}^N |x_i|^2$ の値（解ベクトル $\{x\}$ の二乗和）
 - 解ベクトル $\{x\}$ の成分（提出方法は追って連絡する）
- 実行環境（検証用）
 - 計算結果の妥当性（解の精度，計算時間）を主催者側で検証するための環境
 - ✧ ソースコード，Makefile，制御データ，バッチスクリプト等
 - ✧ ソースコードにおいて，計算時間を測定するためのタイマーの挿入箇所を明示した書類を添付すること
 - ✧ 計算時間，残差，解ベクトル $\{x\}$ の二乗和，が自動的に計算出力されるようになっていること
 - ✧ また解ベクトル $\{x\}$ の全成分をファイルに書き出すこと（書式等は追って連絡する）
 - ✧ コンパイル，実行説明書（使用コンパイラを明示すること）
 - 行列を計算前に分割している場合は，そのための実行環境（ソースコード，Makefile，制御データ，バッチスクリプト等，コンパイル・実行説明書）も併せて提出のこと。分割したマトリクスは提出しないこと。

(3) 提出物（本選）

- 実行環境
 - 基本的に「予選」で提出した「検証用」実行環境と同じでよい
 - 但し，「large.con」，「large.mat」などファイルの名称が変わっているので，それに対応できるようにしておくこと。
 - 本選エントリー時に使用コンパイラを明示すること（詳細は追って連絡する）。