

SX-ACE 並列プログラミング入門 (MPI) **(演習補足資料)**

大阪大学サイバーメディアセンター
日本電気株式会社

演習問題の構成

ディレクトリ構成

MPI/

- |-- practice_1 演習問題1
- |-- practice_2 演習問題2
- |-- practice_3 演習問題3
- |-- practice_4 演習問題4
- |-- practice_5 演習問題5
- |-- practice_6 演習問題6
- |-- sample テキスト内のsampleX.fとして掲載しているプログラム
- |-- etc その他, テキスト内のetcX.fとして掲載しているプログラム

3. 演習問題1-1 (practice_1)

■ P16のプログラム (sample2.f) をpractice1.f としてコピーし、
コンパイル・実行してください

- ファイルのコピー

```
% cd MPI/practice_1
```

```
% cp ../sample/sample2.f practice1.f
```

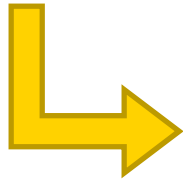
- コンパイル方法

```
% sxmpif90 practice1.f
```

3. 演習問題1-1 (practice_1) つづき

- 実行スクリプトの確認

% cat run.sh



```
#!/bin/csh
#PBS -q ACE
#PBS -l cpunum_job=4,memsz_job=60GB,elapstim_req=0:05:00
#PBS -T mpisx
#PBS -b 1
setenv MPIPROGINF DETAIL
cd $PBS_O_WORKDIR
mpirun -np 4 ./a.out
```

- ジョブの投入(実行)

% qsub run.sh

- 実行結果の確認

% cat p1-practice.oXXXX

(XXXXはシステムにより付与されるジョブID)

3. 演習問題1-2 (practice_1)

■ 演習問題1-1で使ったMPIプログラム「Hello World」の結果をランク0のみが出力するように書き換えてください

- ファイルのコピー

```
% cp practice1.f practice1-2.f
```

- プログラムの編集

```
% vi practice1-2.f
```

- コンパイル

```
% sxmpif90 practice1-2.f
```

- 実行

```
% qsub run.sh
```

4. 演習問題2 (practice_2)

**MPIプログラミング入門テキスト P19の1から1000の総和を求める
逐次プログラムを4分割してMPI並列で実行し、各部分和を各ランク
から出力してください。**

◆ ヒント:プログラムの流れは下記のとおり

MPIの初期化処理

プロセス数と自プロセスのランク番号の取得

分割時の始点と終点を求める

**部分和に初期値(=0)を与える
部分和を求めるループの実行**

部分和の出力

MPIの終了化処理

4. 演習問題2 (practice_2) つづき

- ディレクトリの移動

```
% cd MPI/practice_2
```

- プログラムの編集

逐次プログラムは ディレクトリ practice_2/ にあります.

```
% vi practice2.f
```

- コンパイル

```
% sxmpif90 practice2.f
```

- 実行

```
% qsub run.sh
```

5. 演習問題3 (practice_3)

演習問題2のプログラムの各ランクの部分和をランク0に集めて、総和を計算し出力してください

◆ ヒント: 転送処理は以下

ランク1,2,3(0以外)

```
call MPI_SEND(isum,1,MPI_INTEGER,0,  
& itag,MPI_COMM_WORLD,ierr)
```

ランク0

```
call MPI_RECV(isum2,1,MPI_INTEGER,1,  
& itag,MPI_COMM_WORLD,status,ierr)  
call MPI_RECV(isum2,1,MPI_INTEGER,2,  
& itag,MPI_COMM_WORLD,status,ierr)  
call MPI_RECV(isum2,1,MPI_INTEGER,3,  
& itag,MPI_COMM_WORLD,status,ierr)
```

※isumで受信するとランク0の部分和が上書きされてしまう

5. 演習問題3 (practice_3) つづき

- ディレクトリの移動

```
% cd MPI/practice_3
```

- プログラムの編集

演習問題 2の回答例を practice3.f として用意しています

```
% vi practice3.f
```

- コンパイル

```
% sxmpif90 practice3.f
```

- 実行

```
% qsub run.sh
```

6. 演習問題4 (practice_4)

■ 演習問題3のプログラムで、各ランクの部分和をMPI_REDUCEを使用してランク0に集計して、ランク0から結果を出力してください

• ディレクトリの移動

```
% cd MPI/practice_4
```

• プログラムの編集

演習問題3の回答例を practice4.f として用意しています

```
% vi practice4.f
```

• コンパイル

```
% sxmpif90 practice4.f
```

• 実行

```
% qsub run.sh
```

8. 演習問題5 (practice_5)

■ P59のetc4.fをP57の「代表プロセス入力＋メモリ削減」の例のように、各プロセスに必要な領域だけ確保するように修正してください。

◆ ヒント:

- ① senddata,recvdataを動的に確保するようにallocatable宣言する
- ② 各プロセスが確保する領域(ist,ied)を求める
- ③ 各プロセスに必要なsenddataの領域を確保する(allocate)
- ④ ランク0でrecvdataの領域を確保する(allocate)

8. 演習問題5 (practice_5) つづき

- ディレクトリの移動

```
% cd MPI/practice_5
```

- プログラムの編集

practice5.f を用意しています

```
% vi practice5.f
```

- コンパイル

```
% sxmpif90 practice5.f
```

- 実行

```
% qsub run.sh
```

9. 演習問題6 (practice_6)

行列積プログラムをMPIで並列化してください

```
implicit real(8)(a-h,o-z)
parameter ( n=12000 )
real(8) a(n,n),b(n,n),c(n,n)
real(4) etime,cp1(2),cp2(2),t1,t2,t3
do j = 1,n
  do i = 1,n
    a(i,j) = 0.0d0
    b(i,j) = n+1-max(i,j)
    c(i,j) = n+1-max(i,j)
  enddo
enddo
write(6,50) ' Matrix Size = ',n
50 format(1x,a,i5)
t1=etime(cp1)
do j=1,n
  do k=1,n
    do i=1,n
      a(i,j)=a(i,j)+b(i,k)*c(k,j)
    end do
  end do
end do
t2=etime(cp2)
t3=cp2(1)-cp1(1)
write(6,60) ' Execution Time = ',t2,' sec', ' A(n,n) = ',a(n,n)
60 format(1x,a,f10.3,a,1x,a,d24.15)
stop
end
```

- ◆ 左記に行列積を行うプログラムをMPI化して4プロセスで実行してください。出力はプロセス0で行ってください。

9. 演習問題6 (practice_6) つづき

◆ ヒント: プログラムの流れは下記のとおり

MPIの初期化処理

プロセス数と自プロセスのランク番号の取得

分割時の始点と終点を求める

解を格納する配列aの初期化
行列bとcの値の設定

各プロセスが担当する範囲の行列積を計算

解を格納する配列aをランク0に集める

ランク0が結果を出力

MPIの終了化処理

時間計測はMPI_Wtimeを使用する

①時間を格納する変数はreal*8で定義する

```
real*8 t1,t2
```

②測定する区間の始まりと終わりの時間を計測する

```
call MPI_BARRIER (MPI_COMM_WORLD,IERR)  
t1=MPI_WTIME ()
```

[測定区間]

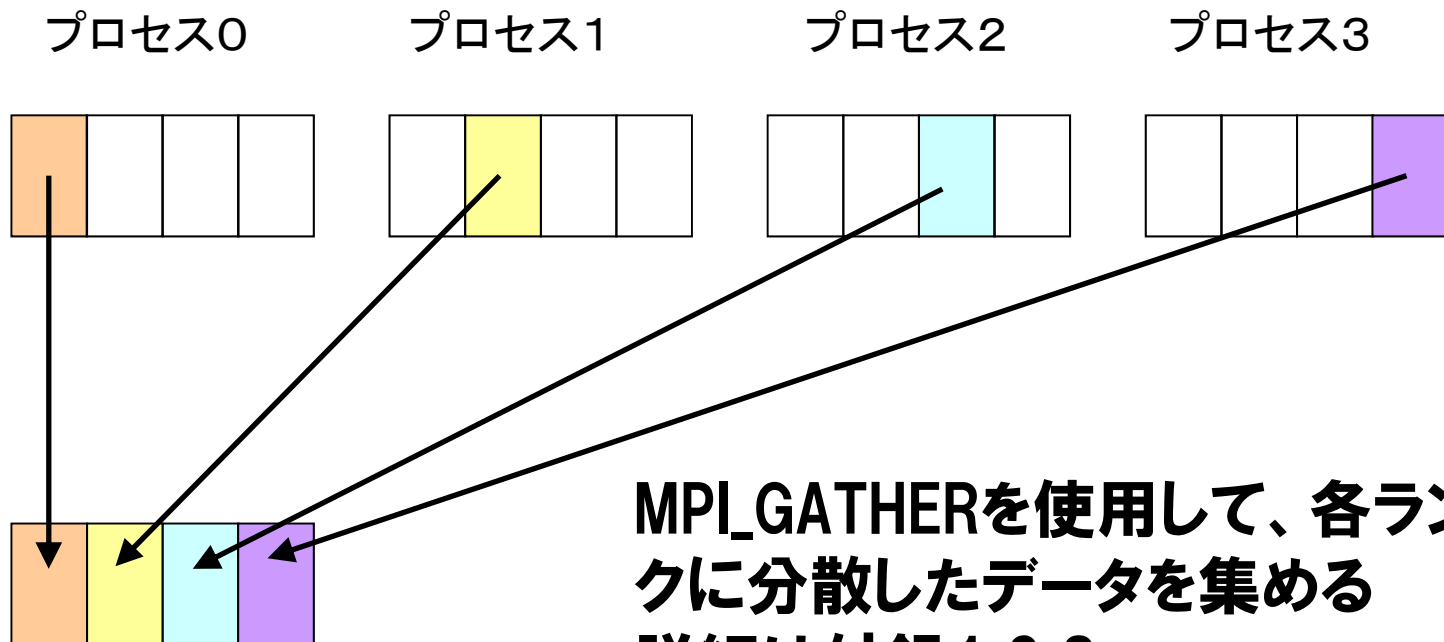
```
call MPI_BARRIER (MPI_COMM_WORLD,IERR)  
t2=MPI_WTIME ()
```

③ $t2-t1$ が計測区間の時間となる

9. 演習問題6 (practice_6) つづき

■データの転送方法(行列-ベクトル積)

- プロセス0はプロセス1, 2, 3から計算結果を格納した配列xを受け取る(下図)



MPI_GATHERを使用して、各ランクに分散したデータを集める
詳細は付録1.3.8

9. 演習問題6 (practice_6) つづき

- ディレクトリの移動

```
% cd MPI/practice_6
```

- プログラムの編集

MPIプログラム入門テキストP90のsample6.fをpractice6.fとして用意しています

```
% vi practice6.f
```

- コンパイル

```
% sxmpif90 practice6.f
```

- 実行

```
% qsub run.sh
```

演習問題解答例

3. 演習問題1-2 (practice_1) 解答例

```
program example1
  include 'mpif.h'
  integer ierr,myrank
  call MPI_INIT(ierr)
  call MPI_COMM_RANK(MPI_COMM_WORLD,myrank,ierr)
  if(myrank.eq.0) print *, "Hello World",myrank
  call MPI_FINALIZE(ierr)
  stop
end
```

```
% sxmpif90 practice1.f
% qsub run.sh
% cat p1-practice.oXXXX
  Hello World 0
```

4. 演習問題2 (practice_2) 解答例

```
program example2
  include 'mpif.h'
  integer ierr, myrank, nprocs, ist, ied
  parameter (n=1000)
  integer isum
  call MPI_INIT(ierr)
  call MPI_COMM_SIZE(MPI_COMM_WORLD, nprocs, ierr)
  call MPI_COMM_RANK(MPI_COMM_WORLD, myrank, ierr)
  ist = ((n-1)/nprocs+1)*myrank+1
  ied = ((n-1)/nprocs+1)*(myrank+1)
  isum = 0
  do i = ist, ied
    isum = isum + i
  enddo
  write(6, 6000) myrank, isum
6000 format("Total of Rank:", i2, i10)
  call MPI_FINALIZE(ierr)
  stop
end
```

```
% sxmpif90 practice2.f
% qsub run.sh
% cat p2-practice.oXXXX
  Total of Rank: 0    31375
  Total of Rank: 2   156375
  Total of Rank: 3   218875
  Total of Rank: 1    93875
```

5. 演習問題3 (practice_3) 解答例

```
program example3
include 'mpif.h'
integer ierr,myrank,nprocs,ist,ied
integer status(MPI_STATUS_SIZE)
parameter (n=1000)
integer isum, isum2
call MPI_INIT(ierr)
call MPI_COMM_SIZE(MPI_COMM_WORLD,nprocs,ierr)
call MPI_COMM_RANK(MPI_COMM_WORLD,myrank,ierr)
ist=((n-1)/nprocs+1)*myrank+1
ied=((n-1)/nprocs+1)*(myrank+1)
isum=0
do i=ist,ied
    isum=isum+i
enddo
```

5. 演習問題3 (practice_3) 解答例(つづき)

```
itag=1
if(myrank.ne.0) then
  call MPI_SEND(isum, 1, MPI_INTEGER, 0,
&             itag, MPI_COMM_WORLD, ierr)
else
  call MPI_RECV(isum2, 1, MPI_INTEGER, 1,
&             itag, MPI_COMM_WORLD, status, ierr)
  isum=isum+isum2
  call MPI_RECV(isum2, 1, MPI_INTEGER, 2,
&             itag, MPI_COMM_WORLD, status, ierr)
  isum=isum+isum2
  call MPI_RECV(isum2, 1, MPI_INTEGER, 3,
&             itag, MPI_COMM_WORLD, status, ierr)
  isum=isum+isum2
  write(6, 6000) isum
6000  format("Total Sum = ", i10)
endif
call MPI_FINALIZE(ierr)
stop
end
```

```
% sxmpif90 practice3.f
% qsub run.sh
% cat p3-practice.oXXXX
Total Sum = 500500
```

6. 演習問題4 (practice_4) 解答例

```
program example4
include 'mpif.h'
integer ierr,myrank,nprocs,ist,ied
parameter (n=1000)
integer isum, isum2
call MPI_INIT(ierr)
call MPI_COMM_SIZE(MPI_COMM_WORLD, nprocs, ierr)
call MPI_COMM_RANK(MPI_COMM_WORLD, myrank, ierr)
ist=((n-1)/nprocs+1)*myrank+1
ied=((n-1)/nprocs+1)*(myrank+1)
isum=0
do i=ist,ied
    isum=isum+i
enddo
```

6. 演習問題4 (practice_4) 解答例 (つづき)

```
call MPI_REDUCE(isum, isum2, 1, MPI_INTEGER, MPI_SUM, 0,  
& MPI_COMM_WORLD, ierr)  
if(myrank.eq.0) write(6,6000) isum2  
6000 format("Total Sum = ",i10)  
call MPI_FINALIZE(ierr)  
stop  
end
```

```
% sxmpif90 practice4.f  
% qsub run.sh  
% cat p4-practice.oXXXX  
Total Sum = 500500
```

※ MPI_REDUCEでは送信するデータと受信するデータの領域に重なりがあってはならない。isumとisum2に分けて使用。

8. 演習問題5 (practice_5) 解答例

```
include 'mpif.h'
integer, parameter :: numdat=100
integer, allocatable :: senddata(:), recvdata(:)
call MPI_INIT(ierr)
call MPI_COMM_RANK(MPI_COMM_WORLD, myrank, ierr)
call MPI_COMM_SIZE(MPI_COMM_WORLD, nprocs, ierr)
ist = ((numdat-1)/nprocs+1)*myrank+1
ied = ((numdat-1)/nprocs+1)*(myrank+1)
allocate(senddata(ist:ied))
if(myrank.eq.0) allocate(recvdata(numdat))
icount=(numdat-1)/nprocs+1
do i=1, icount
    senddata(icount*myrank+i)=icount*myrank+i
enddo
```


8. 演習問題5 (practice_5) 解答例(つづき)

```
call MPI_GATHER(senddata(icount*myrank+1),
&             icount, MPI_INTEGER, recvdata,
&             icount, MPI_INTEGER, 0, MPI_COMM_WORLD,
&             ierr)
if(myrank.eq.0) then
  open(60, file='fort.60')
  write(60, '(10I8)') recvdata
endif
call MPI_FINALIZE(ierr)
stop
end
```

```
% sxmpif90 practice5.f
```

```
% qsub run.sh
```

```
% cat fort.60
```

```
1 2 3 4 5 ...
```

9. 演習問題6 (practice_6) 解答例

```
program example6
implicit real (8) (a-h, o-z)
include 'mpif.h'
integer ierr, myrank, nprocs, ist, ied
parameter ( n=12000 )
real (8) a(n, n), b(n, n), c(n, n)
real (8) d(n, n)
real (8) t1, t2
call MPI_INIT(ierr)
call MPI_COMM_SIZE(MPI_COMM_WORLD, nprocs, ierr)
call MPI_COMM_RANK(MPI_COMM_WORLD, myrank, ierr)
ist=((n-1)/nprocs+1)*myrank+1
ied=((n-1)/nprocs+1)*(myrank+1)
n2=n/nprocs
```

9. 演習問題6 (practice_6) 解答例(つづき)

```
do j = 1, n
  do i = 1, n
    a(i, j) = 0.0d0
    b(i, j) = n+1-max(i, j)
    c(i, j) = n+1-max(i, j)
  enddo
enddo
if(myrank.eq.0) then
write(6,50) ' Matrix Size = ', n
endif
50 format(1x, a, i5)
```

9. 演習問題6 (practice_6) 解答例(つづき)

```
call MPI_BARRIER(MPI_COMM_WORLD, ierr)
t1=MPI_WTIME()
do j=ist, ied
  do k=1, n
    do i=1, n
      a(i, j)=a(i, j)+b(i, k)*c(k, j)
    end do
  end do
end do
call MPI_GATHER(a(1, ist), n*n2, MPI_REAL8, d, n*n2
&               , MPI_REAL8, 0, MPI_COMM_WORLD, ierr)
call MPI_BARRIER(MPI_COMM_WORLD, ierr)
t2=MPI_WTIME()
if(myrank.eq.0) then
write(6, 60) ' Execution Time = ', t2-t1, ' sec', ' A(n, n) = ', d(n, n)
endif
60 format(1x, a, f10.3, a, 1x, a, d24.15)
call MPI_FINALIZE(ierr)
stop
end
```

```
% sxmpif90 practice6.f
% qsub run.sh
% cat p6-practice.oXXXX
Matrix Size = 12000
Execution Time = 13.957 sec
A(n,n) = 0.12000000000000000D+05
```