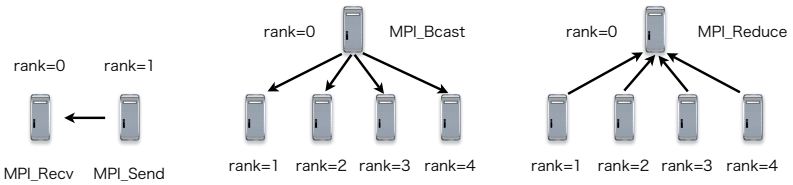
プロセッサ間通信

- 1対1通信を行う関数 MPI_Send と MPI_Recv
- 複数ノードへの一斉送信・受信を行う MPI_Bcast
- 複数ノードのデータをあるノードへ集約する MPI_Reduce



ノード数が増えると、1対1通信は
処理が面倒になる

MPI_Bcast

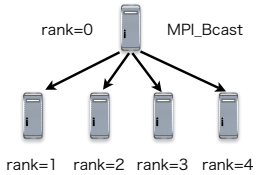
ブロードキャスト通信関数 MPI_Bcast

データ受信

```
MPI_Bcast(
  void *buf,                受信データが格納されるアドレス
  int count,                受信するデータの数
  MPI_Datatype datatype,    受信するデータの型 MPI_INT, MPI_DOUBLE
  int source,               送信元プロセッサ rank
  MPI_Comm comm             送受信グループ MPI_COMM_WORLD
)
```


MPI_Bcast 例

rank0 から他のノードへ
整数値 int data を送る




```
if (rank == 0){
     printf("I am rank %d. Enter an integer: ", rank);      rank0 で整数値を入力
     scanf("%d", &data);
}

source = 0;                                                 ノード 0 から他のノードへブロードキャスト
MPI_Bcast(&data, 1, MPI_INT, source, MPI_COMM_WORLD);       他のノードでは受信が行われることに注意

if(rank == 0)
   printf("Rank %d has broadcasted an integer %d\n", rank, data);
else
   printf("Rank %d has received an integer %d\n", rank, data);
```


MPI_Reduce

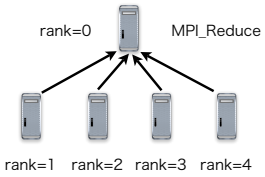
集約関数 MPI_Reduce

データ受信

```
MPI_Reduce(
  void *buf_local,          受信するデータが格納されるアドレス
  void *buf_result,         集約結果を格納するアドレス
  int count,                受信するデータの数
  MPI_Datatype datatype,    受信するデータの型 MPI_INT, MPI_DOUBLE
  MPI_Op operation,         集約処理の指定
  int destination,          送信先プロセッサ rank
  MPI_Comm comm             送受信グループ MPI_COMM_WORLD
)
```

Reduce operation

rank0 へ各ノードの結果を集約する



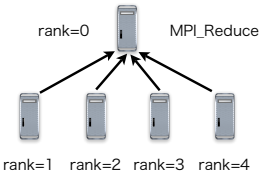
各ノードのデータをどう集約するかを集約 operation で指定

オペレータ	操作
MPI_SUM	和
MPI_PROD	積
MPI_MAX	最大値
MPI_MIN	最小値

MPI_SUM を指定すると、各ノード（自分自身を含む）のデータを足し合わせた結果が送信先の buf_result に格納される。

MPI_Reduce 例

ノード数 5 の場合



各ノードの変数 data に自分のランクを格納し、これをランク 0 の変数 data_reduced に集約処理 MPI_SUM で格納するプログラム

```
data = rank;
printf("Rank %d has an integer %d\n", rank, data);

dest = 0;
MPI_Reduce(&data, &data_reduced, 1, MPI_INT, MPI_SUM, dest, MPI_COMM_WORLD);

if( rank == dest )
   printf("Reduced data is %d at rank %d\n", data_reduced, rank);
```


処理時間の測定

- 並列処理をする場合、ノード間の通信コスト（ネットワークを介したデータのやり取りにかかる時間）が無視できない
- 処理時間を測定して並列処理の効果を見積もる必要がある。MPI_Wtime()

```
double start_time, finish_time;

start_time = MPI_Wtime();

........                    ........ で挟まれた箇所の処理にかかる時間を測定する。

finish_time = MPI_Wtime();

if( rank == 0 )
   printf("It took %lf second.\n", finish_time - start_time);
```


課題

- 1からNまでの数列和を m 台のプロセッサを用いて並列計算して結果を表示するプログラムを作れ。m はプログラム実行時に $ mpirun -np m ... で指定する。
- プロセッサ数 m を 1, 2, 3, 4, 5, ... と増やしたとき、処理時間がどの程度短くなるかを調べよ。
- 下記積分をリーマン和として m 台のプロセッサを用いて並列計算するプログラムを作れ。
- プロセッサ数の増加に応じて処理時間がどの程度短縮するかを調べよ。

$$\int_0^1 \frac{4}{1+x^2} dx = \pi$$