

LU分解法(3)

東京大学情報基盤センター 准教授 埜 敏博

2017年1月10日(火) 10:25-12:10 @大演習室2

講義日程(工学部共通科目)

1. ~~9月27日(今日): ガイダンス~~
2. ~~10月4日~~
 - ~~並列数値処理の基本演算(座学)~~
3. ~~10月11日: スパコン利用開始~~
 - ~~ログイン作業、テストプログラム実行~~
4. ~~10月18日~~
 - ~~高性能プログラミング技法の基礎1
(階層メモリ、ループアンローリング)~~
5. ~~11月1日(8:30-10:15)~~
 - ~~高性能プログラミング技法の基礎2
(キャッシュブロック化)~~
6. ~~11月1日(10:25-12:10)~~
 - ~~行列・ベクトル積の並列化~~

7. ~~11月22日~~
 - ~~べき乗法の並列化~~
8. ~~11月29日~~
 - ~~行列・行列積の並列化(1)~~
9. ~~12月6日~~
 - ~~行列・行列積の並列化(2)~~
10. ~~12月13日~~
 - ~~LU分解法(1)~~
 - ~~コンテスト課題発表~~
11. ~~12月20日~~
 - ~~LU分解法(2)~~
12. 1月10日(★大演習室2)
 - LU分解法(3)
13. 1月13日(金曜、補講日)
 - 新しいスパコンの紹介・お試し、他

10/11はネットワーク障害のため演習ができなかったので
10/18の内容をほとんどやってしまった

LU分解法の演習日程

1. 今週
 - 講義 & 並列化の検討
2. 今週
 - LU分解法並列化実習
3. 今週
 - LU分解法並列化実習

講義の流れ

1. 並列化実習の続き
2. 並列化のヒント(その2)の説明

LU分解並列化のヒント(2)

C言語版

ほぼ解答が載っています

LU分解部分(1)

```
• ib = n/numprocs;
  istart = myid * ib;
  iend = (myid+1)* ib;

/* LU decomposition ----- */
for (k=0; k<iend; k++) {
  iddiagPE = k / ib;
  if (iddiagPE == myid) { /* 枢軸列をもつPE */
    dtemp = 1.0 / A[k][k];
    枢軸列の計算と、buf[ ]へ枢軸列をコピー;
    for (i=myid+1; i<numprocs; i++) { /* 枢軸列の転送 */
      MPI_Send(&buf[...], ... , MPI_DOUBLE, i, k, MPI_COMM_WORLD);
    }
    istart = k+1; /* 担当範囲の縮小 */
  } else { /* 枢軸列を持たないPE */
    MPI_Recv(&buf[...], ..., MPI_DOUBLE, iddiagPE, k, MPI_COMM_WORLD,
&istatus);
  }
}
```

LU分解部分(2)

```
/* 共通消去部分 */
```

```
for (j=k+1; j<n; j++) {  
    dtemp = buf[j];  
    for (i=istart; i<iend; i++) {  
        A[j][i] = A[j][i] - A[k][i]*dtemp;  
    }  
}
```

```
} /* End of k-loop ----- */
```

```
/* 前進消去にメッセージがかぶらないように同期 ----- */
```

```
MPI_Barrier(MPI_COMM_WORLD);
```

前進代入部分(1)

```
• istart = myid * ib; iend = (myid+1) * ib; /* 担当範囲の初期化 */
/* Forward substitution ----- */
for (k=0; k<n; k++)
    c[k] = 0.0; /* cの初期化 */

for (k=0; k<n; k+=ib) { /* 対角ブロック判定用ループ */
    if (k >= istart) { /* 担当するブロックがある */
        idiagPE = k / ib;
        if (myid != 0)
            /* 左隣りPEからデータを受け取る */
            MPI_Recv(&c[k], ib, MPI_DOUBLE, myid-1, k, MPI_COMM_WORLD,
&istatus);
        if (myid == idiagPE) { /* 対角ブロックをもつPE*/
            /* 対角ブロックだけ先行計算し値を確定させる */
            for (kk=0; kk<ib; kk++) {
                c[k+kk] = b[k+kk] + c[k+kk]; /* 途中結果が送られてくるため必要な変更点*/
                for (j=istart; j<istart+kk; j++)
                    c[k+kk] -= A[k+kk][ j ] * c[j];
            }
        }
    }
}
```


前進代入部分(2)

```
} else { /* 対角ブロックを持たないPE */
    /* 自分の所有範囲のデータのみ計算(まだ最終結果ではない) */
    for (kk=0; kk<ib; kk++)
        for (j=istart; j<iend; j++)
            c[k+kk] -= A[k+kk][j]*c[j];

    /* 右隣のPEに、自分の担当範囲のデータを用いた演算結果を送る */
    if (myid != numprocs-1)
        MPI_Send(&c[k], ib, MPI_DOUBLE, myid+1, k,
MPI_COMM_WORLD);
    }

} /* End of if(担当するブロックがある) ----- */
} /* End of k-loop ----- */
```

LU分解並列化のヒント(2) FORTRAN言語版

ほぼ解答が載っています

LU分解部分(1)

```
•  ib = n/numprocs
  istart = myid * ib + 1
  iend = (myid+1)* ib
c   --- LU decomposition -----
do k=1, iend
  idiagPE = (k-1) / ib
c   --- 枢軸列をもつPE
  if (idiagPE .eq. myid) then
    dtemp = 1.0 / A(k, k)
    枢軸列の計算
c   --- 枢軸列の転送
    do i=myid+1, numprocs - 1
      call MPI_Send(A(k,k)), ... , MPI_DOUBLE_PRECISION, i, k, MPI_COMM_WORLD,
ierr )
    enddo
c   --- 担当範囲の縮小
    istart = k + 1
  else
c   --- 枢軸列を持たないPE
    call MPI_Recv(A(k,k)), ..., MPI_DOUBLE_PRECISION idiagPE, k, MPI_COMM_WORLD,
istatus, ierr)
  endif
endif
```

LU分解部分(2)

```
c    --- 共通消去部分
      do j=istart, iend
        dtemp = A( k, j )
        do i=k+1, n
          A(i , j) = A(i , j) - A(i , k) * dtemp
        enddo
      enddo

      enddo

c    --- End of k-loop -----

c    --- 前進消去にメッセージがかぶらないように同期 -----
      call MPI_Barrier(MPI_COMM_WORLD, ierr)
```

前進代入部分(1)

```

c  --- 担当範囲の初期化
  istart = myid * ib + 1
  iend = (myid+1) * ib
c  --- Forward substitution -----
c  --- c の初期化
  do k=1, n
    c[k] = 0.0  enddo
c  ---対角ブロック判定用ループ
  do k=1, n, ib
    if (k .le. istart) then
      idiagPE = (k-1) / ib
c    --- 担当するブロックがある
      if (myid .ne. 0) then
c    --- 左隣りPEからデータを受け取る
        call MPI_Recv(c(k), ib,
&          MPI_DOUBLE_PRECISION,
&          myid-1, k, MPI_COMM_WORLD,
&          istatus, ierr)

```

```

      if (myid .eq. idiagPE) then
c    --- 対角ブロックをもつPE
        do kk=1, ib
c    --- 途中結果が送られてくるため必要な変更点
          c(k+kk-1) = b(k+kk-1) + c(k+kk-1)
c    ---対角ブロックだけ先行計算し値を確定させる
          do j=istart, istart+kk-2
            c(k+kk-1) = c(k+kk-1) - A(k+kk-1, j) * c(j)
          enddo
        enddo
      enddo

```

前進代入部分(2)

```
else
c    --- 対角ブロックを持たないPE
    do kk=1, ib
        do j=istart, iend-1
             $c(k+kk-1) = c(k+kk-1) - A(k+kk-1, j) * c(j)$ 
        enddo
    enddo
c    --- 自分の所有範囲のデータのみ計算(まだ最終結果ではない)
    if (myid .ne. numprocs-1) then
c        --- 右隣のPEに、自分の担当範囲のデータを用いた演算結果を送る
        call MPI_Send(c(k), ib, MPI_DOUBLE_PRECISION, myid+1,
&            k, MPI_COMM_WORLD, ierr)
        endif
    endif
endif
c    --- End of if 担当するブロックがある -----
enddo
c    --- End of k-loop -----
```

おわり

お疲れ様でした