並列プログラミング言語XcalableMP 実習2

Coarray機能について

中尾昌広

目次

- Coarray機能について（復習）
- 【演習1】スカラ変数のPut/Get（実行のみ）
- 【演習2】配列のPut/Get（実行のみ）
- 【演習3】行列積の作成（プログラミング演習+実行）

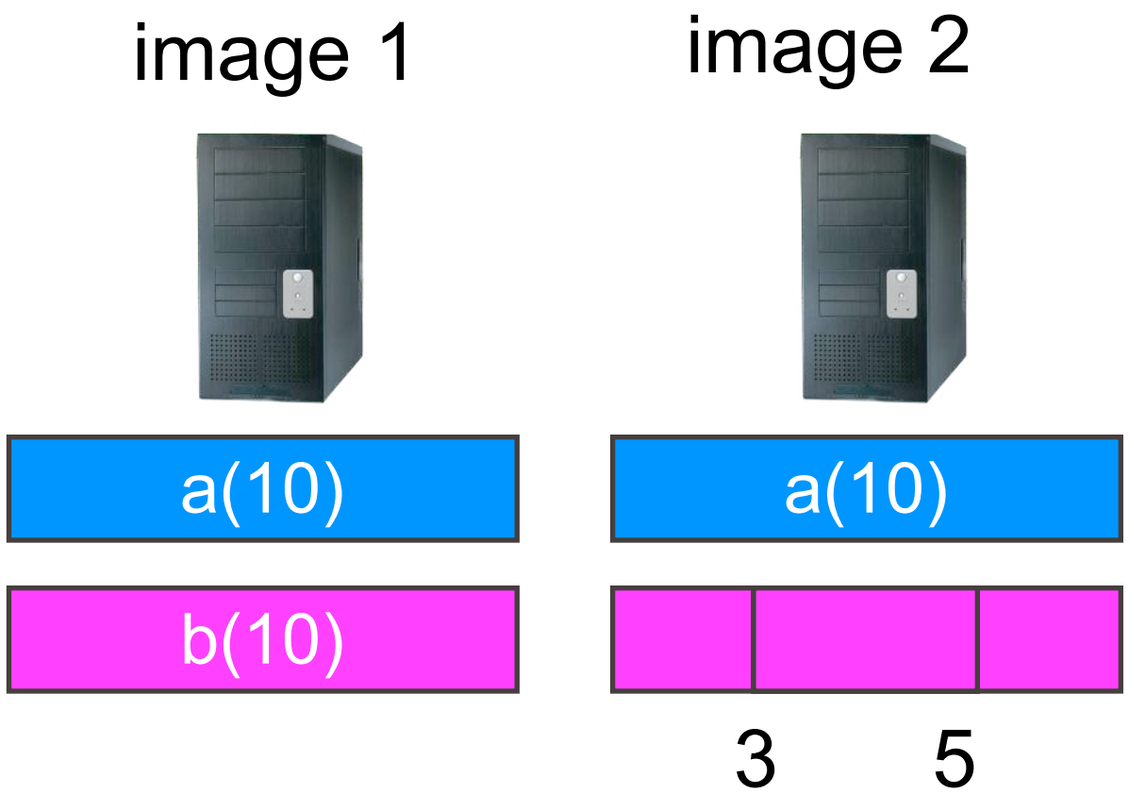
Coarray機能（XMP/Fortran）

- ローカルデータに対する片側通信（Get/Put）の記述

image2が持つb(3:5)のデータを
image1がa(1:3)にGetする

```
integer :: a(10)
integer :: b(10)[*]   ! b is a coarray
      :
if(this_image() == 1) then
  a(1:3) = b(3:5)[2]       ! Get
```

[]はイメージ番号を表す
（Fortranは1-origin，Cは0-origin）



Coarray機能（XMP/C）

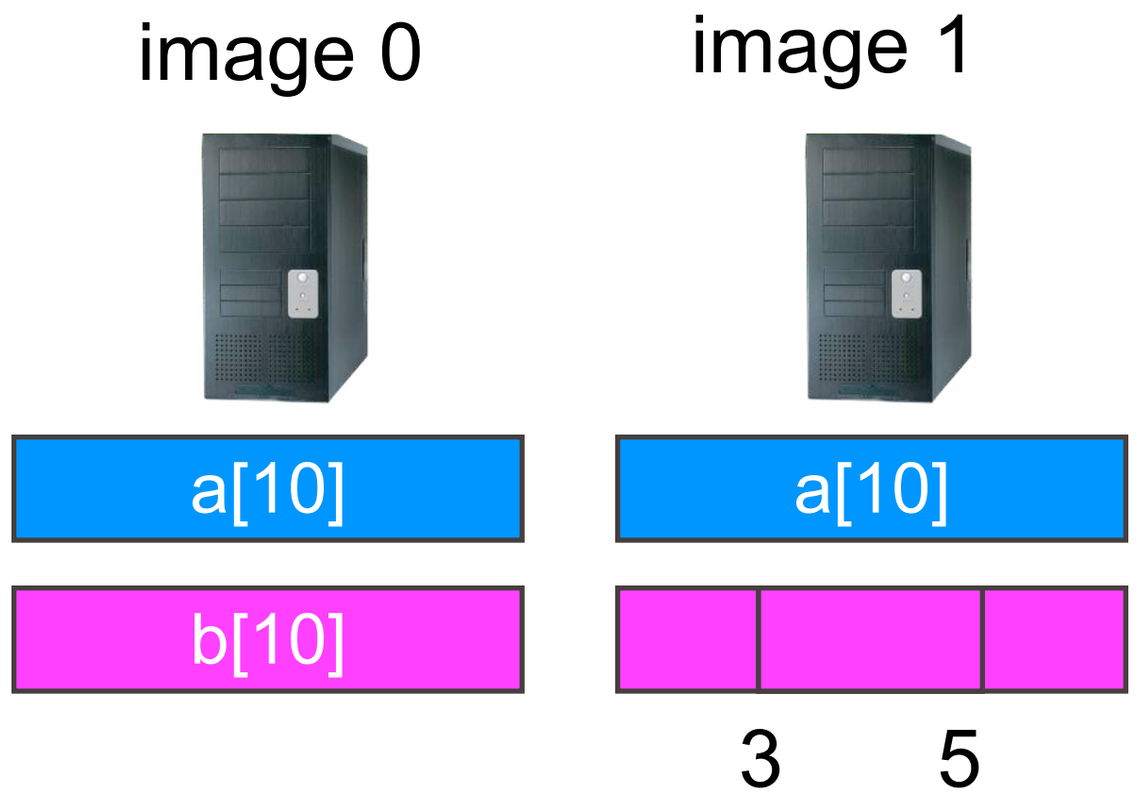
- ローカルデータに対する片側通信（Get/Put）の記述

image1が持つb[3:3]のデータを
image0がa[0:3]にGetする

```
int a[10];
int b[10]:[*];   // b is a coarray
        :
if(xmpc_this_image() == 0)
  a[0:3] = b[3:3]:[1];        // Get
```

コロンの後の[]はノード番号を表す

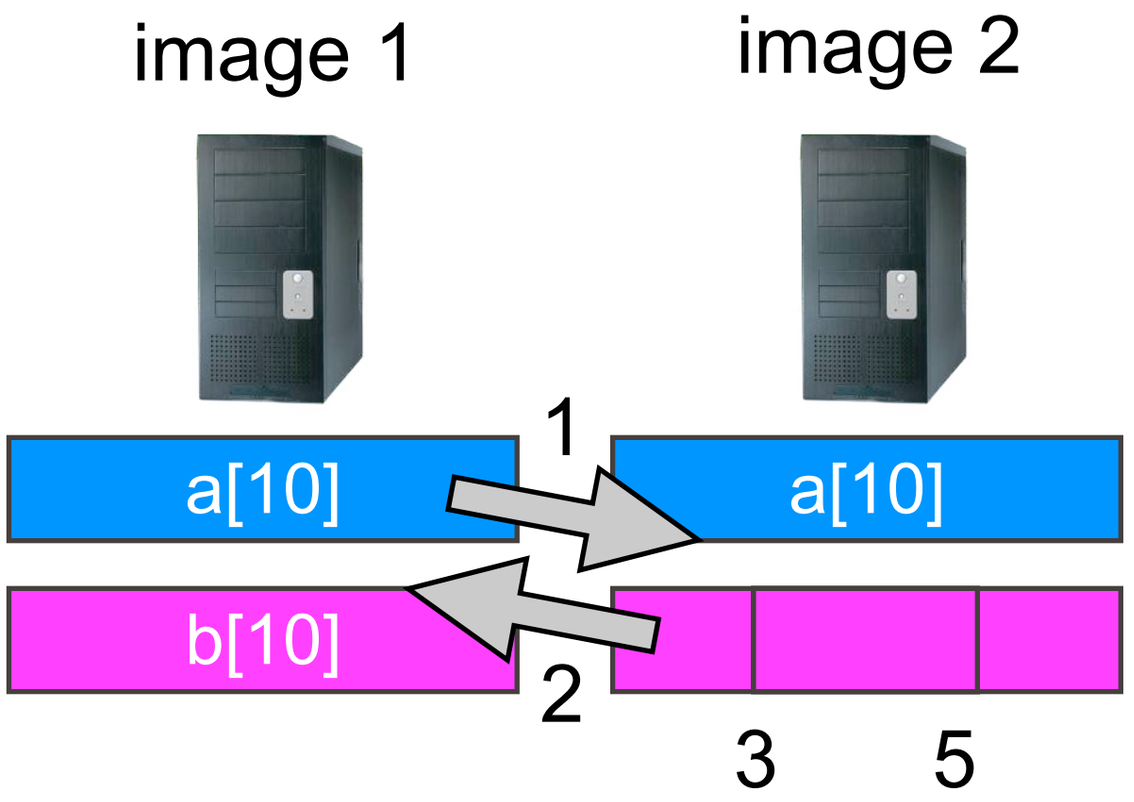
配列名[開始要素：転送要素数]



Get/Put in XMP/Fortran

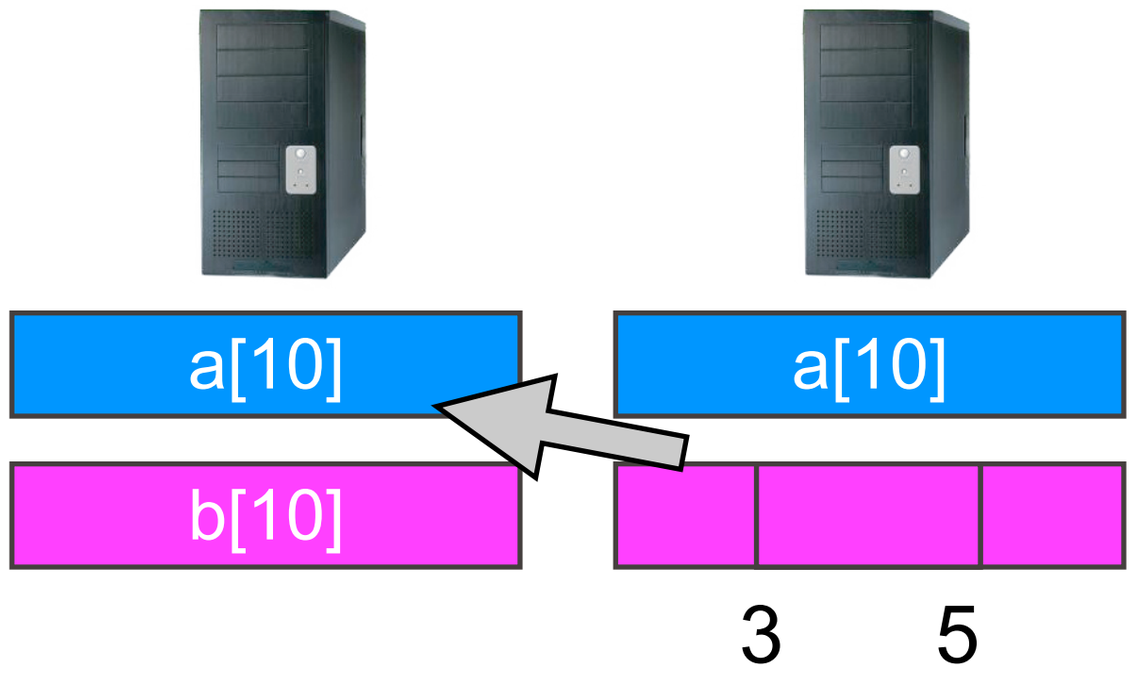
- Get

```
integer :: a(10), b(10)[*]
      :
if(this_image() == 1) then
  a(1:3) = b(3:5)[2]       ! Get
```



- Put（一般にGetよりも高速）

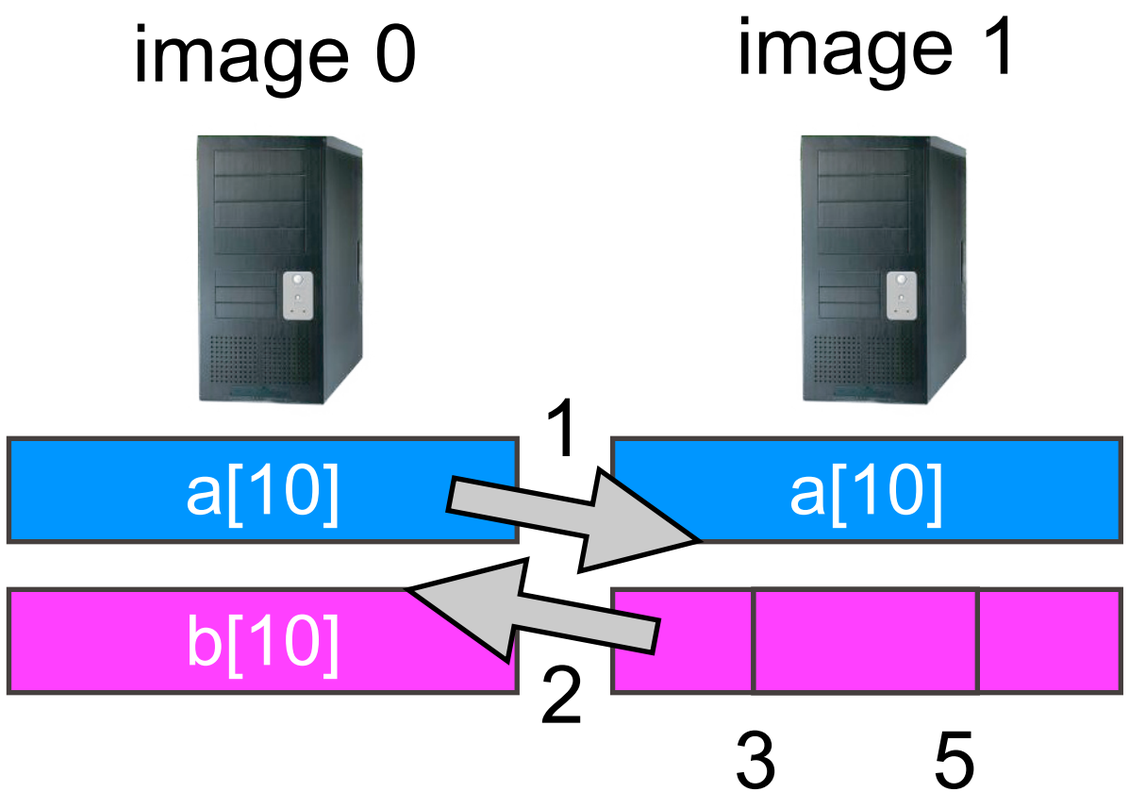
```
integer :: a(10)[*], b(10)
      :
if(this_image() == 2) then
  a(1:3)[1] = b(3:5)       ! Put
```



Get/Put in XMP/C

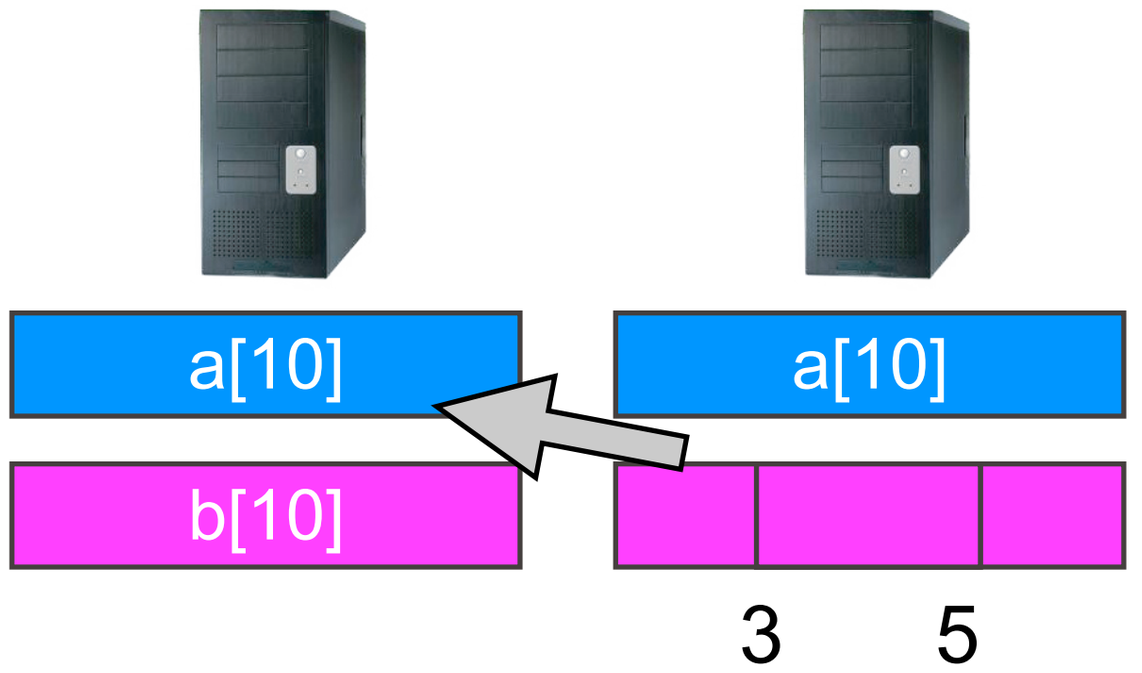
- Get

```
int a[10], b[10]:[*];
        :
if(xmpc_this_image() == 0)
  a[0:3] = b[3:3]:[1];        // Get
```



- Put（一般にGetよりも高速）

```
int a[10]:[*], b[10];
        :
if(xmpc_this_image() == 1)
  a[0:3]:[0] = b[3:3];        // Put
```



同期：sync all

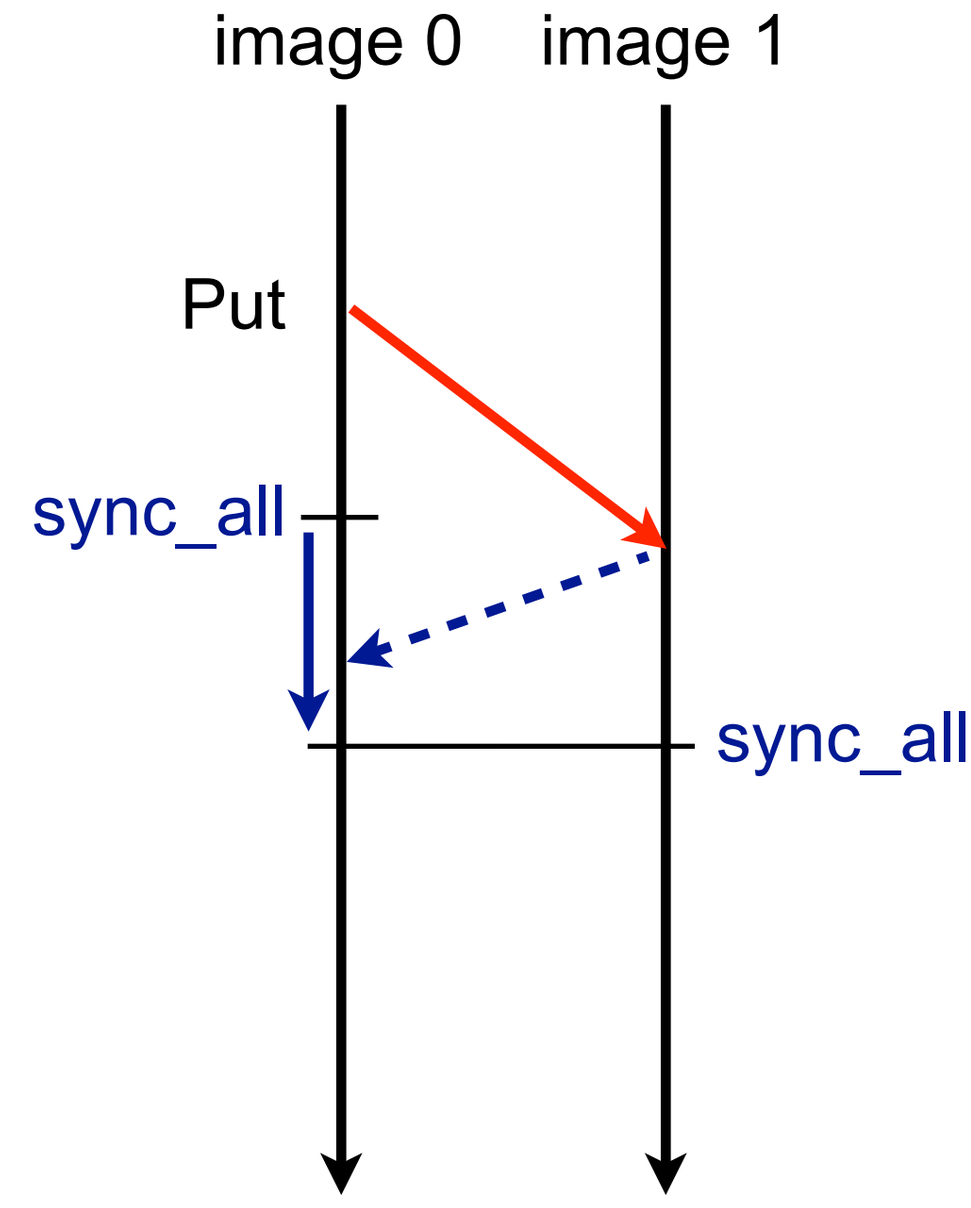
- XMP/Fortran

```
sync all
```

- XMP/C

```
void xmp_sync_all(int *status)
```

今までに発行した全片側通信が終了し、
かつバリア同期を行う



実習1

- スカラ変数のPut/Get
  - xmpcc coarray_scalar.c or xmpf90 coarray_scalar.f90
  - 2プロセスで実行して下さい

XMP/Fortran

```
if(this_image() == 1) then
    tmp = val[2]  ! Get
    val[2] = val   ! Put
end if
sync all
```

XMP/C

```
if(xmpc_this_image() == 0){
    tmp = val:[1];  // Get
    val:[1] = val;   // Put
 }
 xmp_sync_all(NULL);
```

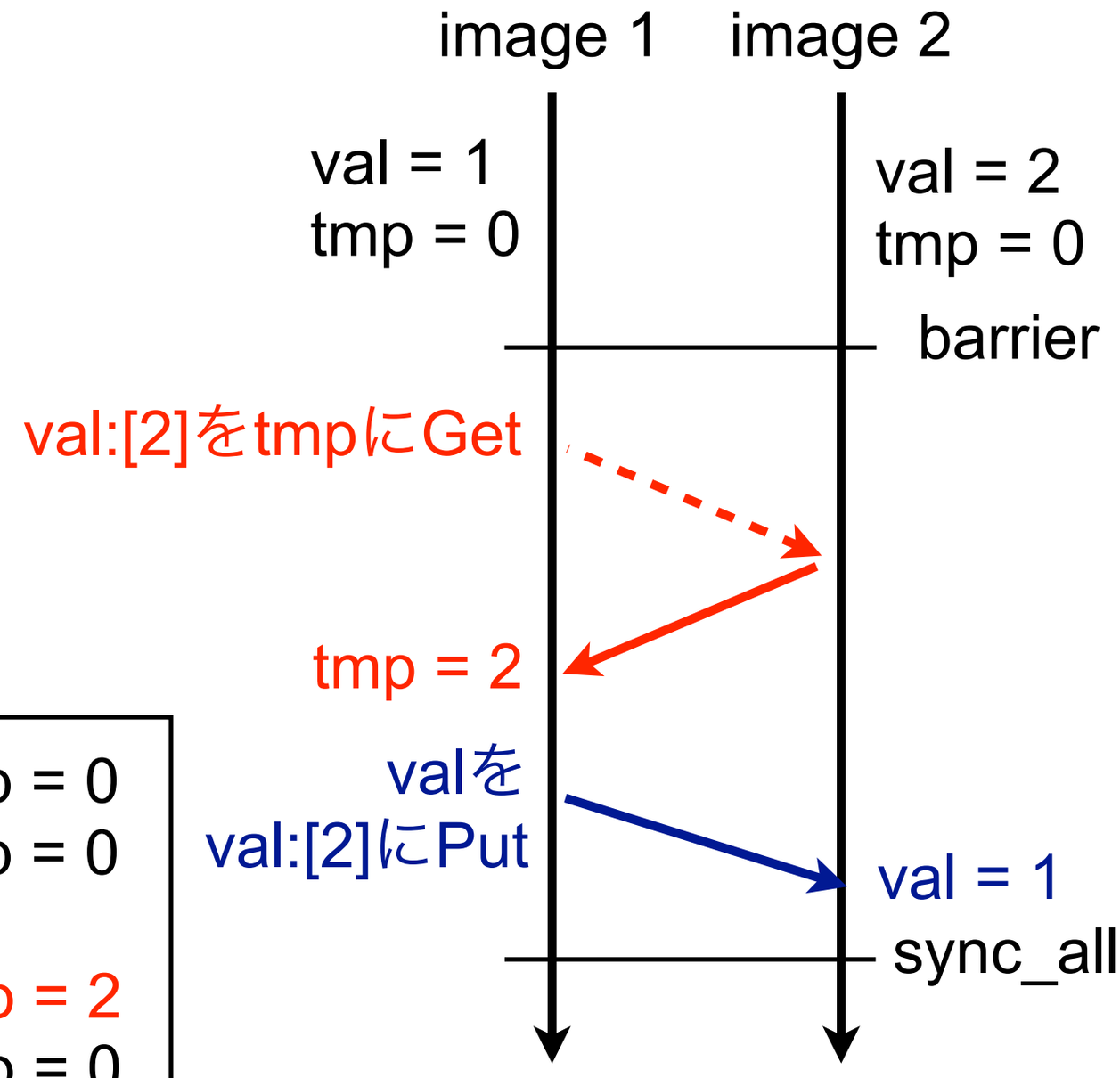
実習1（結果：XMP/Fortran）

```
sync all
if(this_image() == 1) then
    tmp = val:[2];  // Get
    val:[2] = val;   // Put
end if
sync all
```

出力結果：

```
[START] My image is 1, val = 1 tmp = 0
[START] My image is 2, val = 2 tmp = 0

[END]    My image is 1, val = 1 tmp = 2
[END]    My image is 2, val = 1 tmp = 0
```



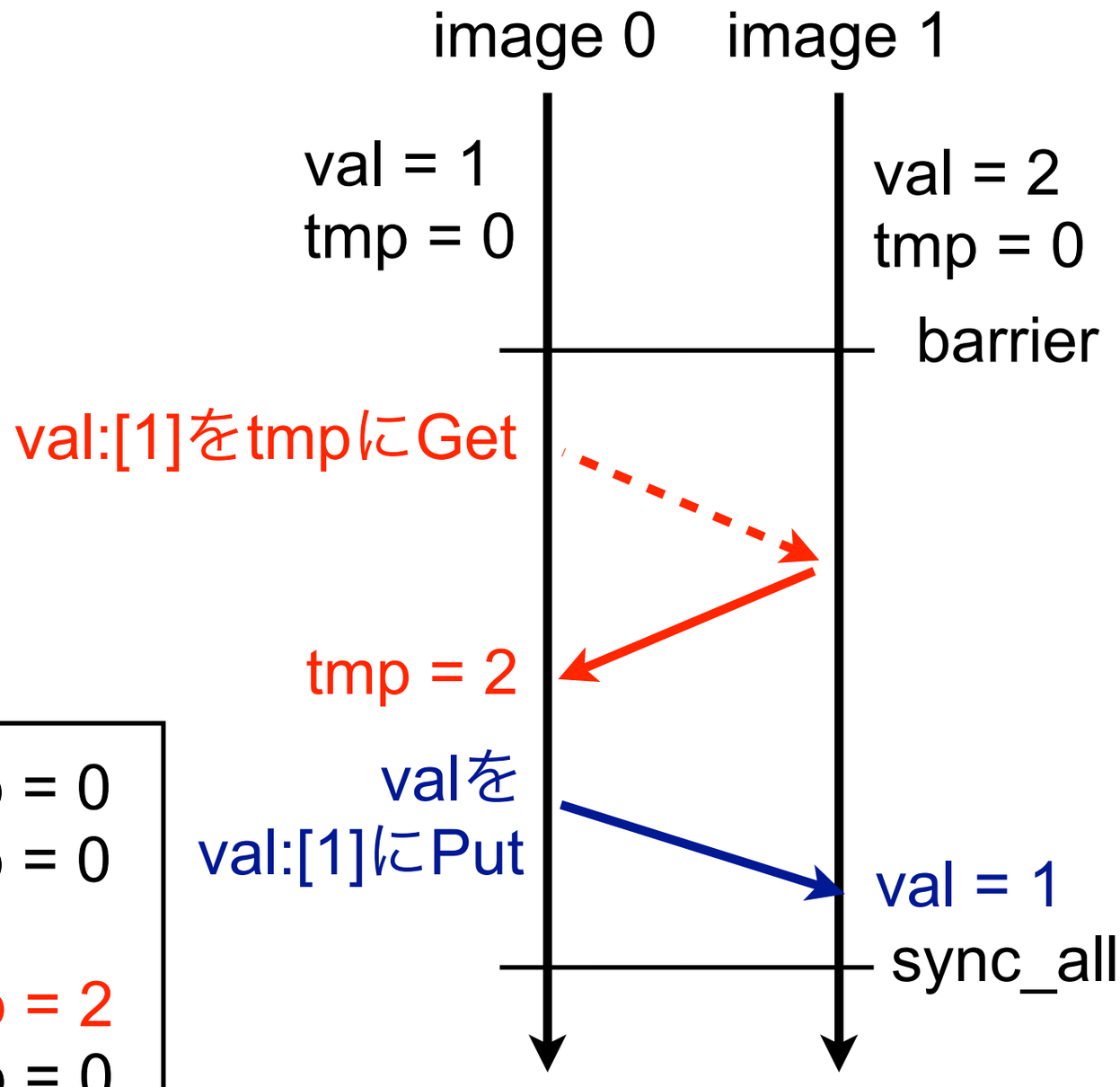
実習1（結果：XMP/C）

```
xmp_sync_all(NULL);
if(xmpc_this_image() == 0){
    tmp = val:[1];  // Get
    val:[1] = val;   // Put
  }
xmp_sync_all(NULL);
```

出力結果：

```
[START] My image is 0, val = 1 tmp = 0
[START] My image is 1, val = 2 tmp = 0

[END]    My image is 0, val = 1 tmp = 2
[END]    My image is 1, val = 1 tmp = 0
```



実習2

- 配列のPut/Get
  - xmpcc coarray_vector.c or xmpf90 coarray_vector.f90
  - 2プロセスで実行して下さい
  - 配列の初期値は下記の通り（image番号はXMP/C）

image 0

```
a[10] = {0, 1, .., 9};
b[10] = {0, 1, .., 9};
c[10][10] = {{0, 1, .., 9},
             {10, 11, .., 19},
             ...
             {90, 91, .., 99}};
```

image 1

```
a[10] = {10, 11, .., 19};
b[10] = {10, 11, .., 19};
c[10][10] = {{100, 101, .., 109},
             {110, 111, .., 119},
             ...
             {190, 191, .., 199}};
```

実習2（結果1）

XMP/Fortran

```
if(this_image() == 1) then
    a(1:3) = a(6:8)[2]   ! Get
end if
```

XMP/C

```
if(xmpc_this_image() == 0){
    a[0:3] = a[5:3]:[1];   // Get
}
```

```
a[0] = 15
a[1] = 16
a[2] = 17
a[3] = 3
a[4] = 4
a[5] = 5
a[6] = 6
a[7] = 7
a[8] = 8
a[9] = 9
```

実習2（結果2）

XMP/Fortran

```
if(this_image() == 1) then
    b(1:10:2) = b(1:10:2)[2]      ! Get
end if
```

XMP/C

```
if(xmpc_this_image() == 0){
    b[0:5:2] = b[0:5:2]:[1];      // Get
}
```

```
b[0] = 10
b[1] = 1
b[2] = 12
b[3] = 3
b[4] = 14
b[5] = 5
b[6] = 16
b[7] = 7
b[8] = 18
b[9] = 9
```

実習2（結果3）

XMP/Fortran

```
if(this_image() == 1) then
    c(1:5,1:5)[2] = c(1:5,1:5)   // Put
end if
```

XMP/C

```
if(xmpc_this_image() == 0){
    c[0:5][0:5]:[2] = c[0:5][0:5];   // Put
}
```

```
  0   1   2   3   4 105 106 107 108 109
 10  11  12  13  14 115 116 117 118 119
 20  21  22  23  24 125 126 127 128 129
 30  31  32  33  34 135 136 137 138 139
 40  41  42  43  44 145 146 147 148 149
150 151 152 153 154 155 156 157 158 159
160 161 162 163 164 165 166 167 168 169
170 171 172 173 174 175 176 177 178 179
180 181 182 183 184 185 186 187 188 189
190 191 192 193 194 195 196 197 198 199
```

行列積（演習）

- N x N の行列積
  - C = A x B
- 並列化の方針
  - 4ノードに分割して実行する
    - 1つのimageがAとBのデータのすべてを持っている
    - 最終的な解は1つのimageが出力する
    - Coarrayを用いてデータの転送を行う
- 発展課題（今回はしません）
  - CannonとfoxのアルゴリズムHPF
    - ・http://www.kata-lab.itc.u-tokyo.ac.jp/OpenLecture/SP20101221.pdf
  - 第三回 XMP Challenge
    - ・http://xcalablemp.org/ja/challenge-3rd.html

```
for(i=0;i<N;i++)
  for(j=0;j<N;j++)
    for(k=0;k<N;k++)
      c[i][k] += a[i][j] * b[j][k];
```

行列積（演習）

- 部分行列に分けて計算する（行と列に2分割ずつ。Nは偶数）

C_{00}	C_{01}
C_{10}	C_{11}

=

A_{00}	A_{01}
A_{10}	A_{11}

×

B_{00}	B_{01}
B_{10}	B_{11}

XMP/C　XMP/Fortran

$C_{00} = A_{00} \times B_{00} + A_{01} \times B_{10}$ ⟵ image 0,　image 1

$C_{01} = A_{00} \times B_{01} + A_{01} \times B_{11}$ ⟵ image 1,　image 2

$C_{10} = A_{10} \times B_{00} + A_{11} \times B_{10}$ ⟵ image 2,　image 3

$C_{11} = A_{10} \times B_{01} + A_{11} \times B_{11}$ ⟵ image 3,　image 4

が担当する

行列積（演習）

matmul.c or matmul.f90を元に作成してください。

実装箇所は、下記の赤の部分のみです。

1. （比較のための）逐次の行列積
2. 配列の初期化（関数init_dmat()）
3. Coarrayを用いた配列の転送（関数move_data()）
   - 部分配列AとBを、1つのimageから他の各imageに転送する
     - XMP/Cにおいてimage 1が必要なのは、A[0:N/2][0:N]とB[0:N][N/2:N/2]
     - XMP/Fortranにおいてimage 2が必要なのは、A(1:N,1:N/2)とB(N/2+1:N,1:N)
4. 行列積の実行（C = A x B，関数mul_dmat()）
5. 各ノードからCの結果を集める（関数gather_data()）
6. 妥当性の検証（関数verify()）
   - verifyの値が逐次版と同じ結果ならOK，計測時間を較べてみて下さい