

XMP/Fortranの開発状況

理研AICS プログラミング環境研究チーム

村井 均

XcalableMP

- 次世代並列プログラミング言語検討委員会 / PC クラスタコンソーシアムXcalableMP規格部会が提案するPGAS言語
- Version 1.2.1仕様を公開中(2014年11月)
- MPIに代わる並列プログラミングモデル
- 目標:
 - Performance
 - Expressiveness
 - Optimizability
 - Education cost

The logo for XcalableMP features the word "Xcalable" in a blue, sans-serif font, followed by "MP" in a larger, bold, blue, sans-serif font. The "X" is significantly larger than the other letters. Above the "calable" part, there are three horizontal blue lines of varying lengths, suggesting a stylized "X" or a signal.

www.xcalablemp.org

XcalableMPの特徴(1)

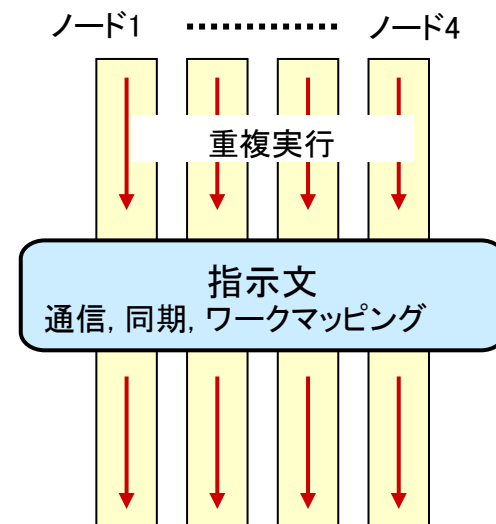
- Fortran/Cの拡張（指示文ベース）
→ 逐次プログラムからの移行が容易
- SPMDモデル
 - 各ノード（並列実行の主体）が独立に（重複して）実行を開始する。

XcalableMPの特徴(2)

- 明示的な並列化と通信
 - ワークマッピング(並列処理)、通信、および同期は「集団的」な指示文によって明示される。
→ チューニングが容易
- 2つのプログラミングモデル
 - グローバルビュー (HPFとほぼ同じ考え方)
 - ローカルビュー

実行モデル

- Single Program Multiple Data (SPMD)
- 各ノードは、同一のコードを独立に(重複して)実行する。
- 指示文の箇所では、全ノードが協調して動作する(集団実行)。
 - 通信・同期
 - ワークマッピング(並列処理)



メモリモデル

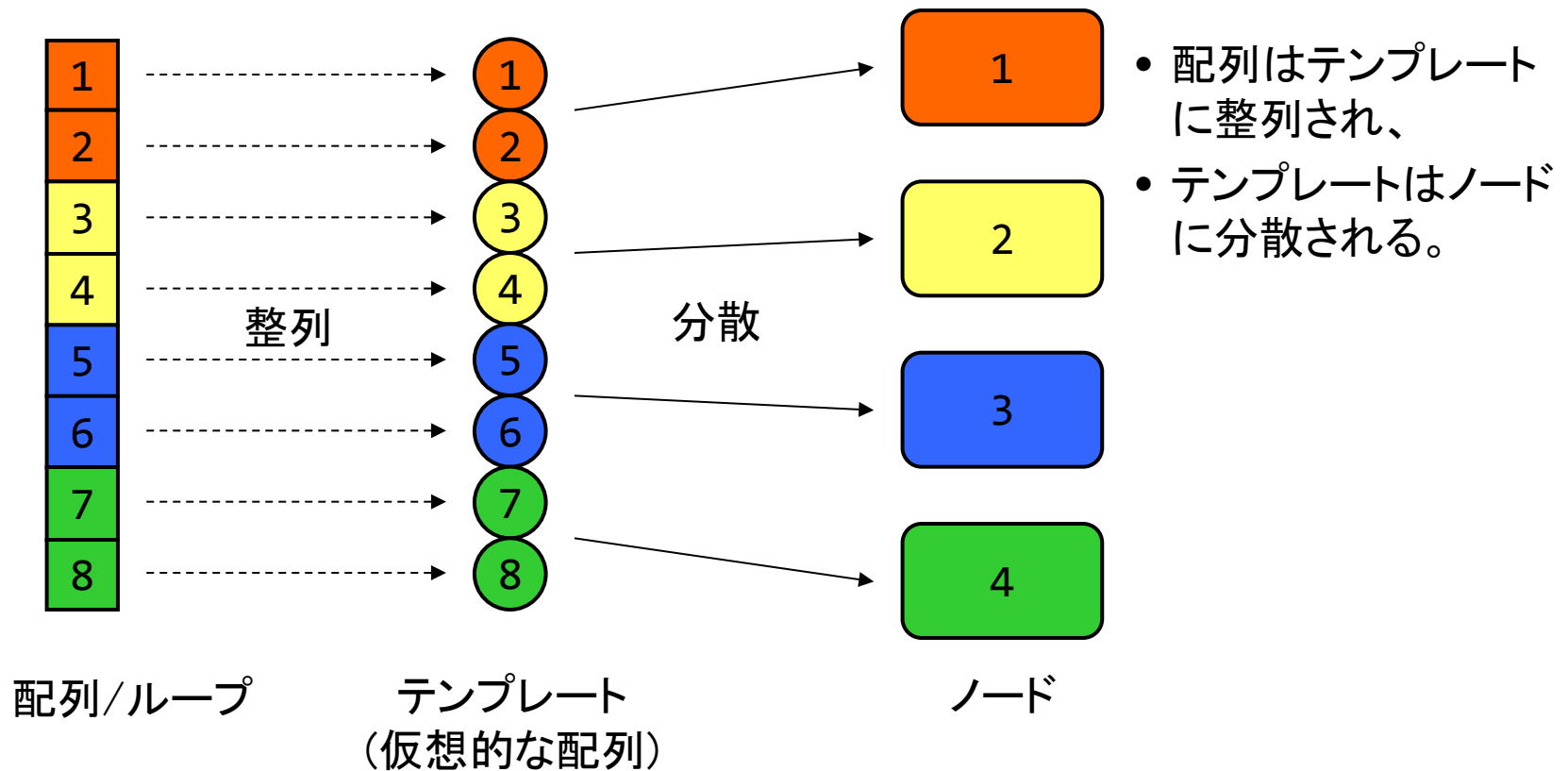
- 各ノードは、自身のローカルメモリ上のデータ (ローカルデータ)のみをアクセスできる。
- 他のノード上のデータ (リモートデータ)にアクセスする場合は、特殊な記法による明示的な指定が必要。
 - 通信指示文
 - coarray
- 「分散」されないデータは、全ノードに重複して配置される。

XMPのグローバルビュー・プログラミング

- 解くべき問題全体と、それを「分担」する方法を記述する。
- 基本的に指示文を挿入するだけ。
- 「分担」を指定する方法
 - データマッピング
 - ワークマッピング
 - 通信・同期

データマッピング

- 整列 + 分散による2段階の処理



データマッピング指示文

- align指示文の例

配列aの要素iを、テンプレートtの要素i-1に整列させる。

```
!$xmp align a[i] with t(i-1)
```

- distribute指示文の例

ノード集合pに、テンプレートtをブロック形式で分散する。

```
!$xmp distribute t(block) onto p
```

他に、サイクリック、ブロックサイクリック、不均等ブロックを指定できる。

ワークマッピング指示文

- task指示文

```
!$xmp task on t(k)  
    a(k) = ...  
!$xmp end task
```

t(k)のオーナーが、a(k)への代入
を実行する。

- loop指示文(並列ループ)

```
!$xmp loop on t(i)  
do i = 0, n  
    a(i) = ...  
end do
```

t(i)のオーナーが、繰り返しiにお
いて、a(i)への代入を実行する。

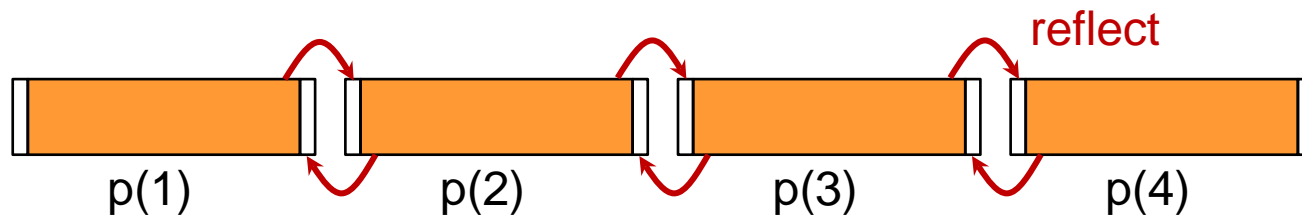
通信指示文(1)

- shadow指示文 & reflect指示文

aの上下端に幅1のシャドウを付加する。

```
!$xmp distribute t(block) onto p  
!$xmp align a(i) with t(i)  
!$xmp shadow a(1:1)  
...  
!$xmp reflect (a)
```

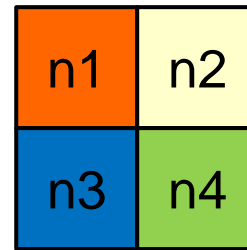
aに対する隣接通信を実行する。



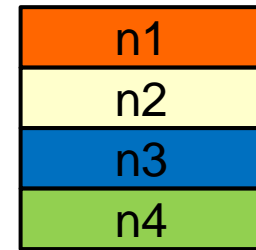
通信指示文 (3)

- gmove指示文
 - 通信を伴う任意の代入文を実行する。

```
!$xmp gmove  
a(:, :) = b(:, :)
```



a(block, block)



b(block, *)

- その他に、ブロードキャスト (bcast) や集計演算 (reduction) を指定できる。

XcalableMPプログラムの例

```
!$xmp nodes p(npz, npx, npy)
```

ノード集合の宣言

```
!$xmp template (lx, ly, lz) :: t
```

```
!$xmp distribute (blcok, block, block) onto p :: t
```

テンプレートの宣言と分散の指定

```
!$xmp align (ix, iy, iz) with t(ix, iy, iz) ::
```

```
!$xmp&          sr, se, sm, sp, sn, sl, ...
```

整列の指定

```
!$xmp shadow (0, 0, 0:1) ::
```

```
!$xmp&          sr, se, sm, sp, sn, sl, ...
```

シャドウの指定

```
lx = 1024
```

```
!$xmp reflect (sr, sm, sp, se, sn, sl)
```

隣接通信の指定

```
!$xmp loop on t(ix, iy, iz)
```

ループの並列化の指定

```
do iz = 1, lz-1
```

```
do iy = 1, ly
```

```
do ix = 1, lx
```

```
    wu0 = sm(ix, iy, iz ) / sr(ix, iy, iz )
```

```
    wu1 = sm(ix, iy, iz+1) / sr(ix, iy, iz+1)
```

```
    wv0 = sn(ix, iy, iz ) / sr(ix, iy, iz )
```

```
    ...
```

XMPのローカルビュー・プログラミング

- 個々のノードが実行すべき処理を記述する。
- 自由度が高いが、やや難しい。
- ローカルビューのための機能として、Fortran 2008からcoarray機能を導入。
 - XMP/Cにも導入。
 - MPI通信も利用可能。
- グローバルビューとローカルビューを併用可能
 - 全体をグローバルビューで、ホットスポットのみローカルビューで。
 - 場をグローバルビューで、粒子をローカルビューで。

XMP/Cにおけるcoarrayの例

```
int a[10]:[*], b[10]:[*], c[10][10]:[*];

int main(){
  ...
  if (me == 1){
    a[0:3] = a[5:3]:[2];           // Get
    ...
    c[0:5][0:5]:[2] = c[0:5][0:5]; // Put
  }
  ...
  xmp_sync_all(status);
  ...
}
```

XMP2.0

- 来年度にかけて、メジャーバージョンアップを計画中。
 - 動的タスク
 - loop指示文の拡張
 - overlap節
 - pipeline節
 - [C] 多次元分散配列の動的割付け
 - シャドウのリダクション

動的タスク(1)

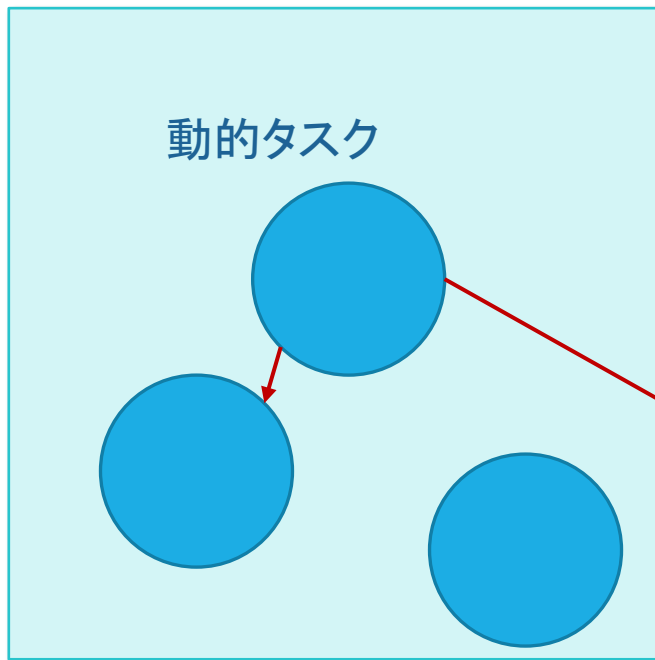
- 各ノードは、「動的に」タスク(cf. OpenMPのtask構文)を生成する。
- 生成された各タスクは、メニーコア上で非同期に実行される。
- ノードをまたがるタスク間の依存関係を定義できる。依存関係はデータ通信を伴う(かもしれない)。
- 文法を検討中。

動的タスク(2)

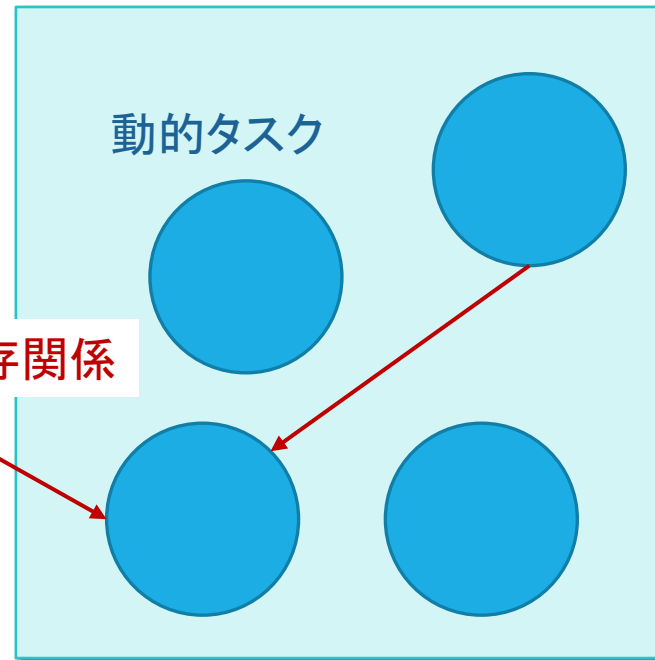
```
!$xmp tasklet in(...) out(...)  
...  
!$xmp end tasklet
```

動的に生成された多数のタスクのうち、依存関係を満たしたものをスケジューラされる(実行される)。

ノード#1



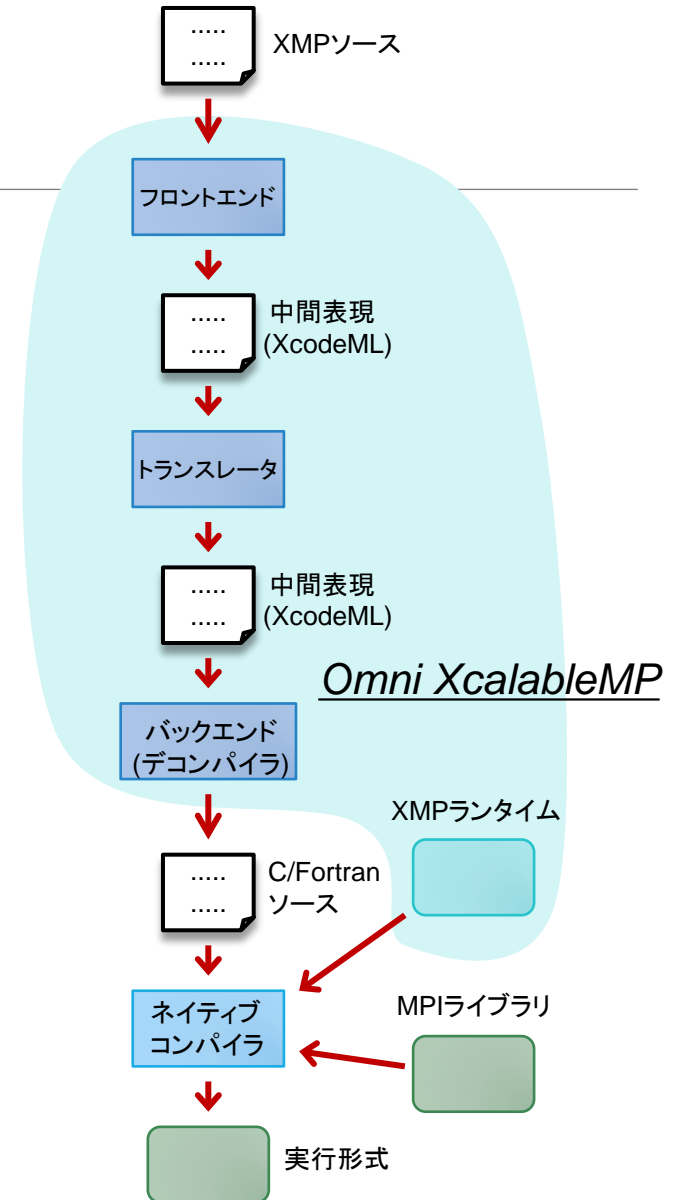
ノード#2



Omni XcalableMP

- 理研AICSと筑波大で開発中のXMP処理系
 - XMP/C
 - XMP/Fortran
- オープンソース (LGPL)
- トランスレータ + ランタイム (MPIベース)

omni-compiler.org



現況

- プロトタイプ (ver. 0.9.1) を公開中
 - XMPの主要な機能を実装済み
 - 一部制限事項あり
 - 11月にver.1.0をリリース予定
- 対応プラットフォーム
 - Linuxクラスタ、Crayマシン、京コンピュータ、NEC SX、地球シミュレータ、BlueGene、日立SR
 - その他、MPIが動作している任意のシステム

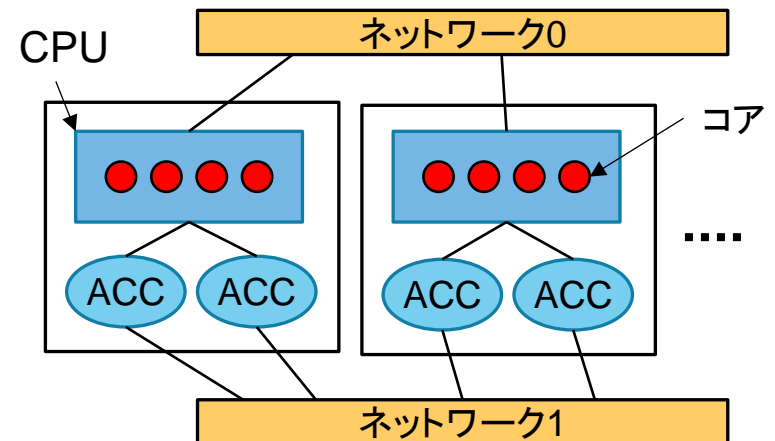
ver. 0.9.1の機能

	XMP/C	XMP/F
nodes	○	○
distribute	○	○
align	○	○
shadow	○	○
loop	○	○
task	○	○
reflect	○	○
gmove	△	△
coarray	△	△
組込み手続き	○	○

○ 実装済み。△ 制限あり。

アクセラレータ向け拡張

- アクセラレータ向け仕様 *XcalableACC* (XACC)
 - XACC ≡ XMP + OpenACC
- Omni XMPの拡張としてOmni XACCを開発中。
- 機能:
 - アクセラレータ間直接通信
 - ハイブリッド通信
 - マルチデバイス並列化



Omni XMPの利用

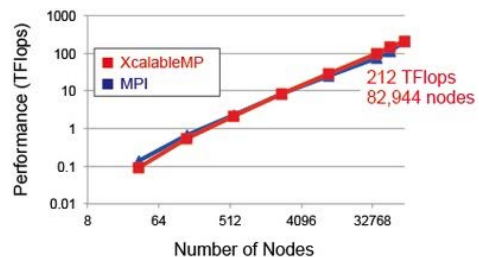
- ウェブページ `omni-compiler.org`
 - ソースtarball
 - Debian/Ubuntu/CentOS向けパッケージ
 - チュートリアル
 - サンプルコード
 - サポートML
- 京コンピュータで利用可能
 - `/opt/aics/omni` にインストール済

HPCCベンチマークによる評価

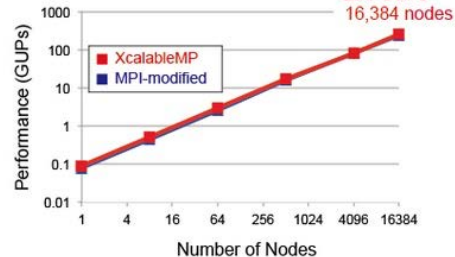
- 4～5個のベンチマークにより、プログラミング言語の高性能と高生産性を評価する。
 - Global HPL
 - Global RandomAccess
 - EP STREAM (Triad) per system
 - Global FFT
 - Himeno BMT (optional)
- 2013 Class2 Award、2014 Class2 Best Performance Awardを受賞。

京コンピュータにおける評価

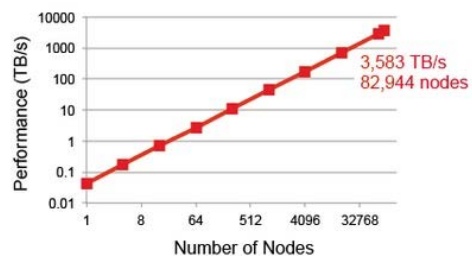
FFT



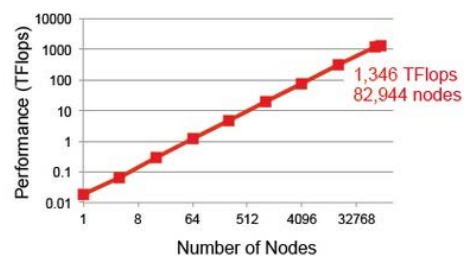
RandomAccess



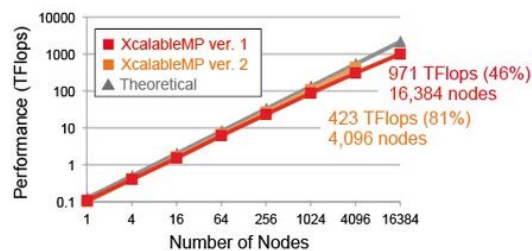
STREAM



HIMENO

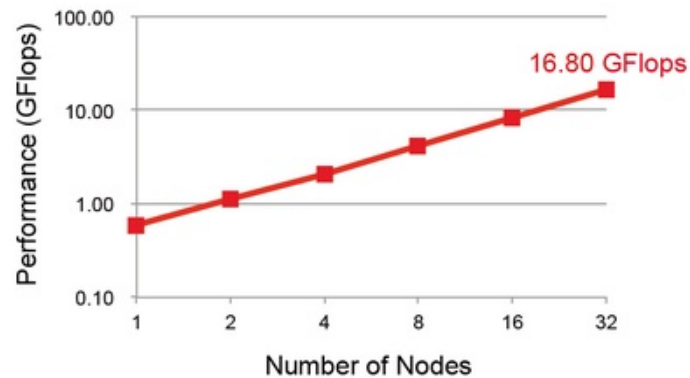


HPL

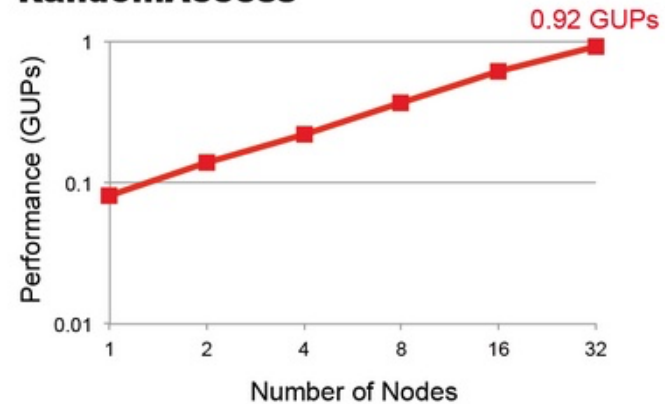


BlueGene/Qにおける評価

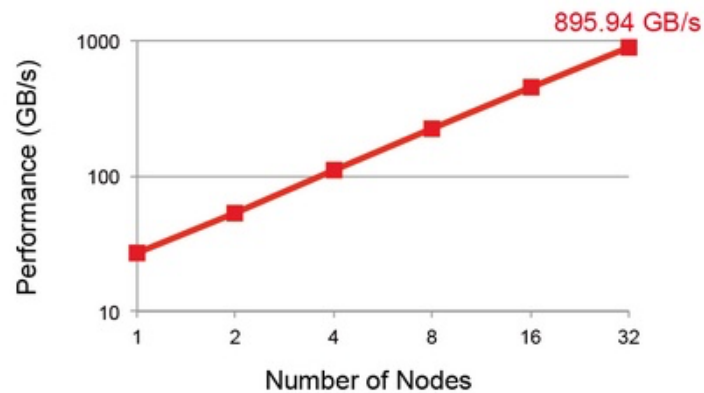
FFT



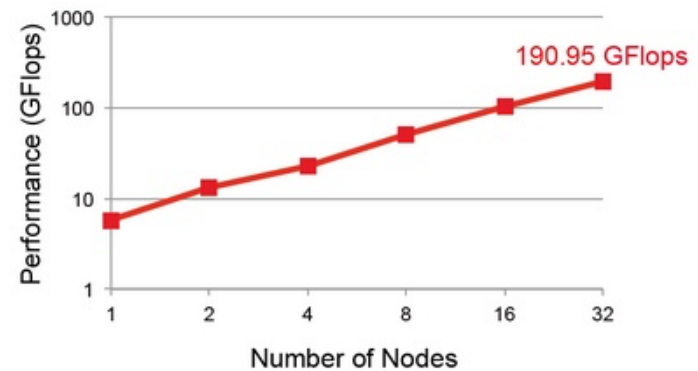
RandomAccess



STREAM



HIMENO



まとめ

- 並列プログラミング言語XcalableMP
 - FortranおよびCに対する拡張(指示文ベース)
 - グローバルビュー&ローカルビュー
- Omni XcalableMP
 - 理研と筑波大が開発中のXMP処理系
 - 無償でダウンロード・利用可能
 - Ver. 1.0を11月にリリース予定。

XMP講習会

- 計算科学振興財団@神戸にて講習会を開催予定。
 - 1/8 (金)
 - 座学および実習
- KEKと阪大CMCで計画中。
- その他の出張講習会のご希望も承ります。