

Fortran 2008の coarray機能の概要

NEC
村井 均

歴史

- Numrich & Reidが1998年にCo-Array Fortran(CAF)を発表
 - Fortran 95の拡張
 - Partitioned Global Address Space (PGAS)*モデルに基づく並列言語
- Fortran 2008でcoarray機能を採用
 - ▶ 以降、特に区別する必要のない限り、まとめてCAFと呼ぶ。

* PGAS: SPMD + 固有メモリ空間 + (スレッドアフィニティを持つ)共有メモリ空間

特徴

- SPMDモデル
 - 複数の実行主体(「イメージ」)が非同期的に実行される。
 - ローカル・ビュー(イメージ毎のデータと計算)
- coarray
 - 各イメージに割付けられ、どのイメージからも直接にアクセスできる。
 - 角括弧内に、対象のイメージのIDを指定する。
- 新しい文(同期)と組み手続き(問い合わせ関数等)

プログラム例

```

REAL a(400), b(400)
...
DO i = 2, 399
  b(i) = (a(i-1) + a(i+1)) / 2
END DO
                    
```

※ プロセッサ(イメージ)の数を4とする。

```

REAL a(0:101)[*], b(0:101)[*]
me = this_image()
IF (me > 1) a(0) = a(100)[me-1]
IF (me < 4) a(101) = a(1)[me+1]
sync all
...
DO i = istart, iend
  b(i) = (a(i-1) + a(i+1)) / 2
END DO
                    
```

coarrayの宣言

self IDを返す組み関数

coarrayを通じた通信

バリア同期

ローカル・ビュー

CAFプログラム ≒ MPIプログラムの通信手続きを
coarray代入文で置き換えたもの

- MPIと比較して:
 - 😊 通信を、より簡単な「代入文」の形で指定できる。
 - 😊 コンパイラが通信の最適化を行う。
 - 😞 メモリ・コンシステンシを意識する必要がある。
- HPFと比較して:
 - 😊😞 ユーザが通信の指定と計算の分配を行う。
 - 😊😞 ローカル・ビュー

- 商用
 - CrayがXシリーズ(X1, X1E, XT5_hの X2ノード)用の処理系を提供
- 研究用
 - Rice大がオープンソースの処理系cafcを開発
- フリーソフトウェア
 - G95

• 評価

(a) AHPCRC-NCSI



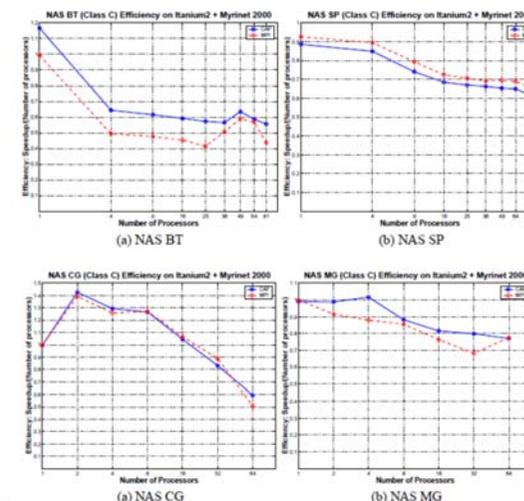
- Cray X1で、袖領域の更新を行うコードを評価。
- MPIとCAFの性能差は、主に、片側通信を用いるCAFではバッファコピーや同期を削減できることによる。

Jef Dawson: Co-Array Fortran for Productivity and Performance, Army HPC Research Center Bulletin, 14(4) (2004)

(b) Rice大

- cafc & PCクラスタで、NPBを評価。
- 言語仕様の拡張とコンパイラの最適化の強化により、MPIと同等の性能を達成。

Cristian Coarfa, Yuri Dotsenko, Jason Eckhardt, and John Mellor-Crummey: Co-Array Fortran Performance and Potential: An NPB Experimental Study, Lecture Notes in Computer Science, 2958:177–193 (2004).



- 実用コード
 - 海洋コード (NRL)
 - 有限要素法コード (AHPARC-NCSI)

- その他
CrayとORNLにより、重要APをCAF/UPCで並列化する試み。

	Programming Model				Scaling Aids				Performance Libraries				IO						
	Fortran 77	Fortran 90	Fortran 95	C/C++	MPI	OpenMP	CAF/UPC	SHMEM	MPI2	Assembly	BLAS	FFTW	PBLAS	PetSC	Scalapack	Open ScaLAPACK	MPFS	MPI-IO	netCDF
DNS																			
MILC																			
NAMD																			
WRF																			
POP																			
HOMME																			
OICE																			
RMG																			
PARSEC																			
Espresso																			
LSMS																			
SPECFEM3D																			
Chimera																			
GTC																			
GAMSS																			

John M. Levesque: Scaling to a Petaflop - it isn't that hard, One Day HPC Workshop at Manchester Computing (Aug. 2007).

- 表現力 (expressiveness)
 - 仕様の制約により、記述しにくい問題がある。
- 分散メモリマシンでの実用性
 - グローバルアドレス空間がない場合、効率の良い coarray (片側通信)の実装が可能か？
- 将来性
 - Cray以外はサポートしていない。

- 紆余曲折の末、Fortran 2008で採用されることは確定。
 - 日本を含むいくつかの国は最後まで？ 反対。
 - 一部機能(リダクション手続き、一対一の同期、並列入出力など)は、仕様本体ではなく、テクニカルレポートへ。
- 新しい並列言語が開発中。
 - Chapel, X10, Fortress
 - XcalableMP

- CAFは、MPIに代わる並列言語として、それなりに良いものである。
- 特に、NUMAマシンとの相性が良い。
- しかし、今のところは、広く使われているわけではない。将来性は不明。