

# CAE計算環境のあるべき姿と望まれる機能

CAE計算環境研究会 技術部会

広島市立大学

北村 俊明

## あるべき姿

- 容易に利用できる計算性能が高いこと
  - 計算性能は高いがその性能を引き出すために多大な努力が必要→宝の持ち腐れになりかねない
  - 計算性能は高いが特定の(非日常的な)計算に於いてのみ発揮される→使えない
- 車で例えるなら、フォーミュラーカーは運転できない。0→400mの加速だけ競うドラッグカーも使えない。でも軽自動車じゃ困る。
- 走りを楽しめるスポーツカーぐらいか...

## 具体的な案

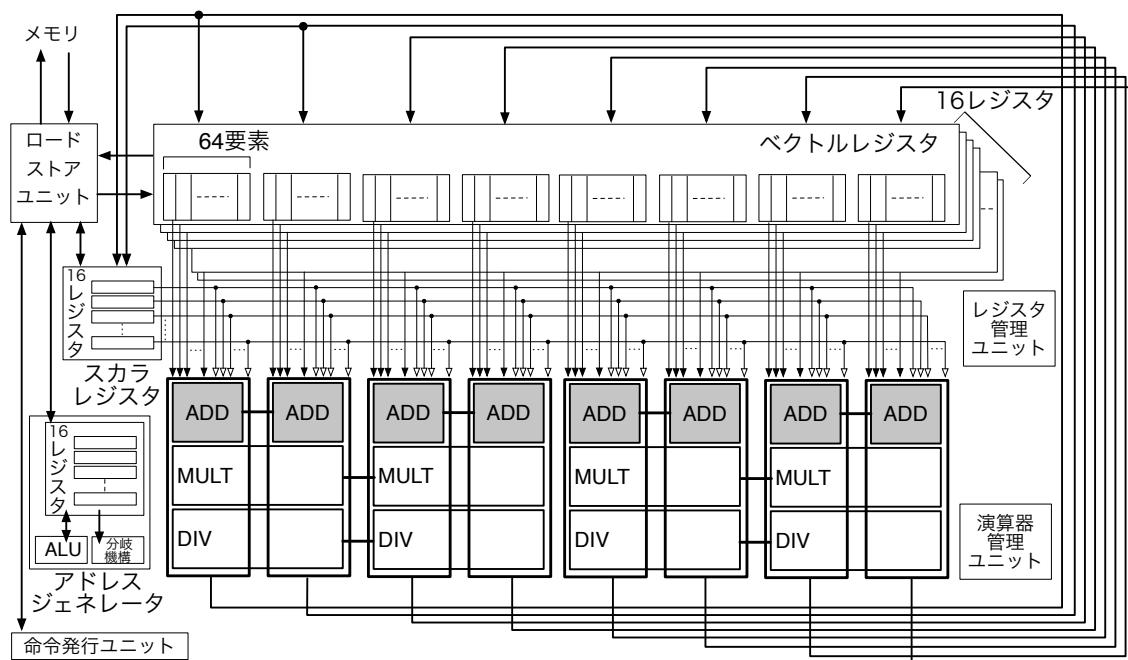
- コンパイラで自動生成できること
  - せいぜい簡単なディレクティブ挿入程度
- 昔のベクトル計算機のベクトル化コードは出せる→今それが作れるか？
- メモリ性能のネック→コンパイラ技術の進歩でデータの移動をスケジューリングできそう

## スマートベクター

- ベクトル演算機構はシンプルに
  - 昔のベクトル機のようにハードウェアでかすくでは、ハード量が膨大となる
  - ちょうどRISCアーキテクチャの発想
- 演算性能に見合ったローカルメモリ階層でデータ供給能力は確保
  - コンパイラがデータの分割と入れ替えのスケジューリング

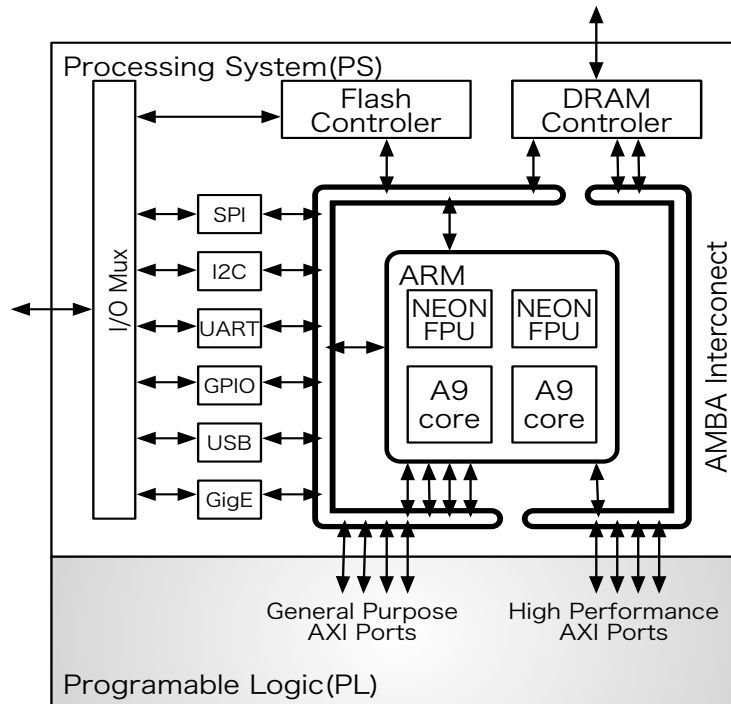
# コンセプトモデル...

## ベクトルプロセッサ



- 倍精度の演算器を組み合わせて4倍精度の演算器を実現

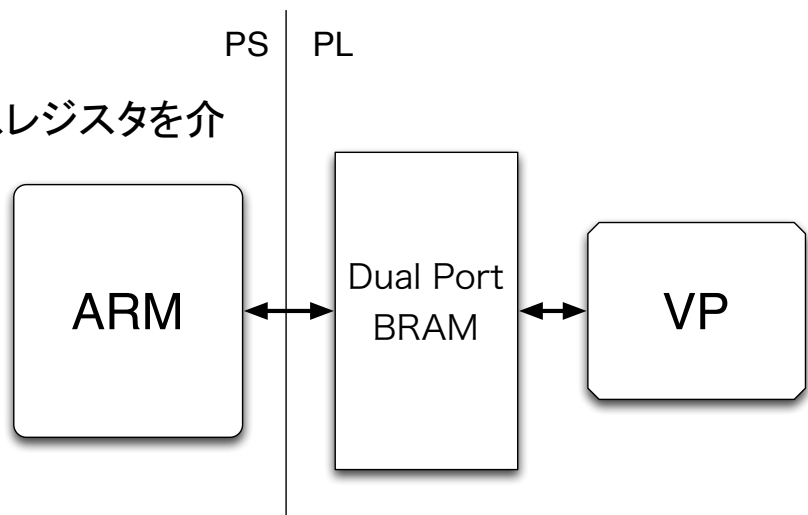
# Zynq



- PLにベクトルプロセッサを実装

## Zynqを用いた実装

- PL部
  - データ, 命令を格納するメモリ
  - ステータスレジスタ
  - VP
- PS-VP間のやり取り
  - メモリとステータスレジスタを介して実行



# 行列積における評価

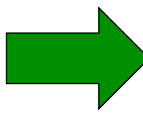
- 256x256の行列積
  - ZynqのARMで倍精度, 4倍精度を計算
  - VPで4倍精度を計算
- ARMは666MHz
  - 倍精度 0.433[sec]
  - 4倍精度 44.301[sec]
- VPは100MHz
  - 4倍精度 0.477[sec]

```
void dmatmul_vector(double a[][N], double b[][N],
double c[][N], int n){
    int i, j, k;
    for (i=0; i<1; i++) {
        /* vload c[i][j=0:n-1] */
        for (k=0; k<n; k++) {
            /* sload a[i][k] */
            /* vload b[k][j=0:n-1] */
            for (j=0; j<n; j++) {
                c[i][j] += a[i][k] * b[k][j];
            }
            /* vmul vtmp = s_to_v(a[i][k]) * b[k][j=0:n-1] */
            /* vadd c[i][j=0:n-1] = c[i][j=0:n-1] + vtmp */
        }
        /* vstore c[i][j=0:n-1] */
    }
    return;
}
```

SpMV Kernel@VP

# SpMV Kernelのベクトル化

```
for (i=1; i<=nrows; i++){
  jsta = csr_idx[i-1];
  jend = csr_idx[i];
  for (j=jsta; j<jend; j++){
    inod = csr_item[j];
    y[i] +=
    csr_val[j]*b_val[inod];
  }
}
```



```
##DATA Transfer ##
##csr_val, b_val to PL##
VL VR1 = csr_val
VL VR2 = b_val
VMLT VR0 = VR1xVR2
##DATA Transfer##
##tmp_val = VR0##
for(i=1;i<=nrows;i++){
  jsta=csr_idx[i-1];
  jend=csr_idx[i];
  for(j=jsta;j<jend;j++){
    y[i]+=tmp_val[j];
  }
}
```

## SpMV Kernelにおける性能評価

- SpMV 回数  
– 10000
- SpMVにおける浮動小数点演算回数  
– 6860000
- NNZ(非ゼロ要素の個数)  
– 343

実行環境	Mult@VP + Sum@PS	実行時間
Core i7 2.9GHz(Mac Book)		0.0067 sec
ARM 666MHz(Zynq PS)		0.0491 sec
VP 100MHz(Zynq PL)	0.0047 + 0.0299	0.0346 sec