DD-AVX 2.0 Software Manual For Labmember

Toshiaki Hishinuma

Univ. of Tsukuba

2017/03/17

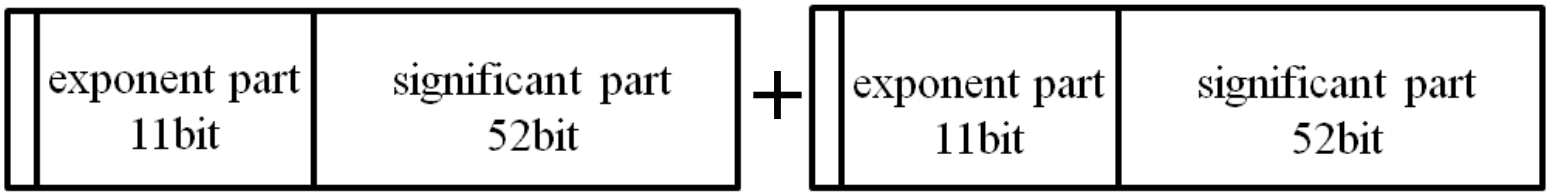
前提知識

DD-AVXとは

- 倍々精度・倍精度の疎行列ベクトル積ソフトウェア
  - SIMD SSE2/AVX/AVX2を使って高速化
- 基本機能
  - 四則演算 (演算子オーバーロード済)
  - ベクトル演算 (内積など)
  - 疎行列ベクトル積 ($\boldsymbol{y} = A\boldsymbol{x}$)
- 注意
  - 行内でD,DDを組み合わせた時は，D->DDにキャスト
  - C++で開発されているためコンパイラはg++
    - ユーザがC++を使う必要はない

倍々精度演算

- Baileyの”Double-Double”精度のアルゴリズムを用いる
- 倍精度浮動小数点数を2つ用いて4倍精度演算を行う
- 倍々精度乗算はFMA命令を用いることで,
  計算量の少ないアルゴリズムが使える (24回→10回)
- IEEE準拠の4倍精度より精度が劣るが高速 (仮数部104bit)



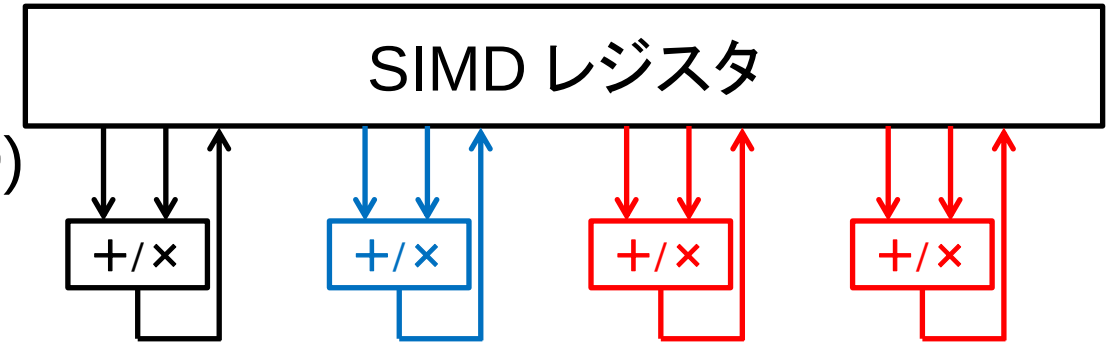
倍々精度

IEEE準拠の4倍精度

SIMD拡張命令 (Single Instruction streaming Multiple Data streaming)

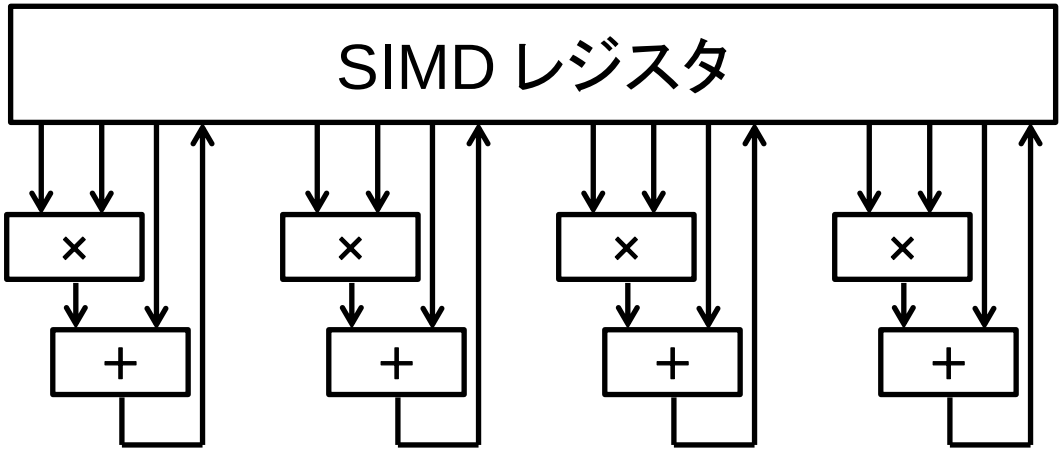
- SSE2は1命令で2つの倍精度演算を同時実行 (2000年~)
- AVXは1命令で4つの倍精度演算を同時実行 (2009年~)

Scalar(SISD)
SSE2
AVX

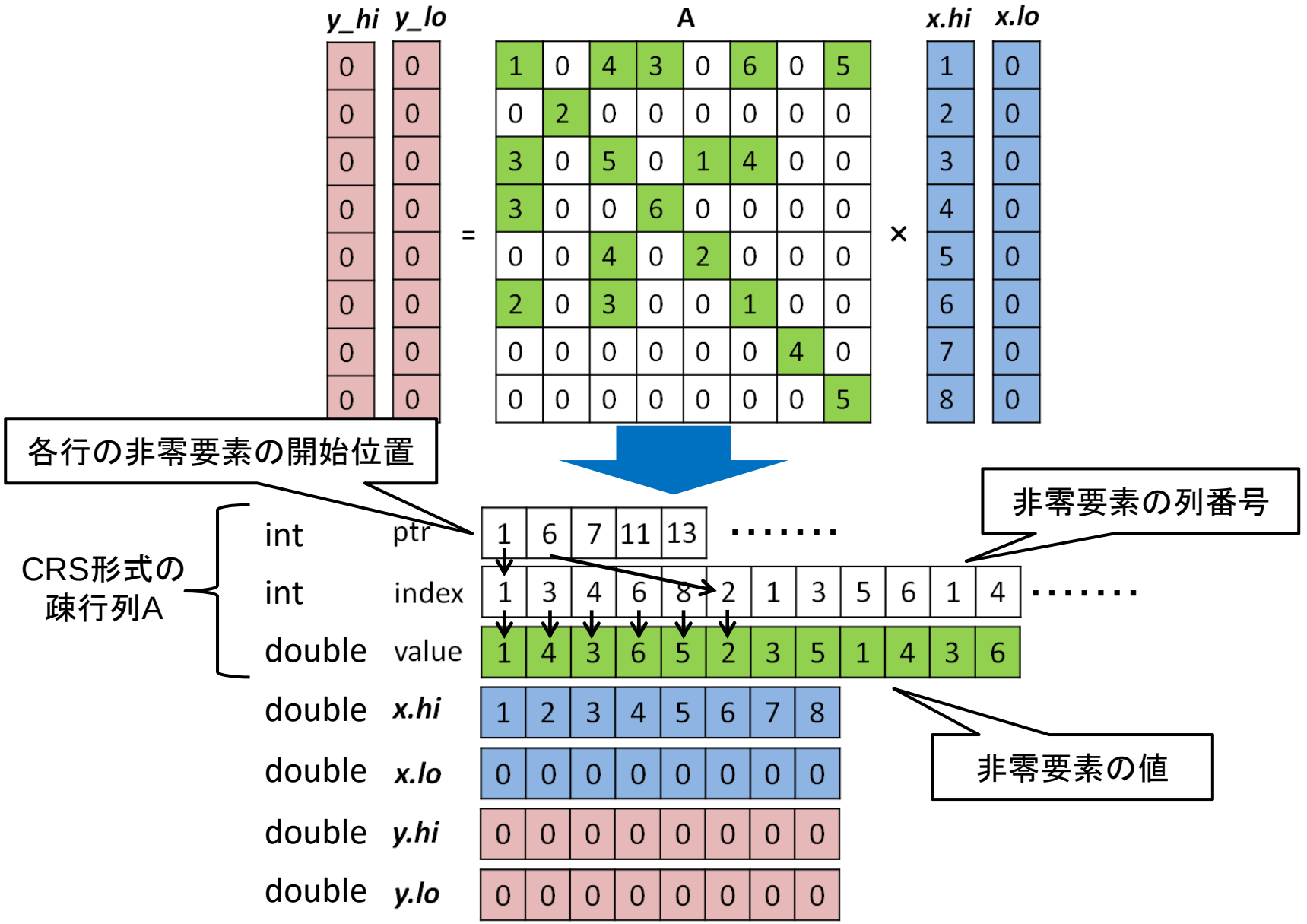


- AVX2は1命令で4つの積和演算を同時実行 (2014年~)

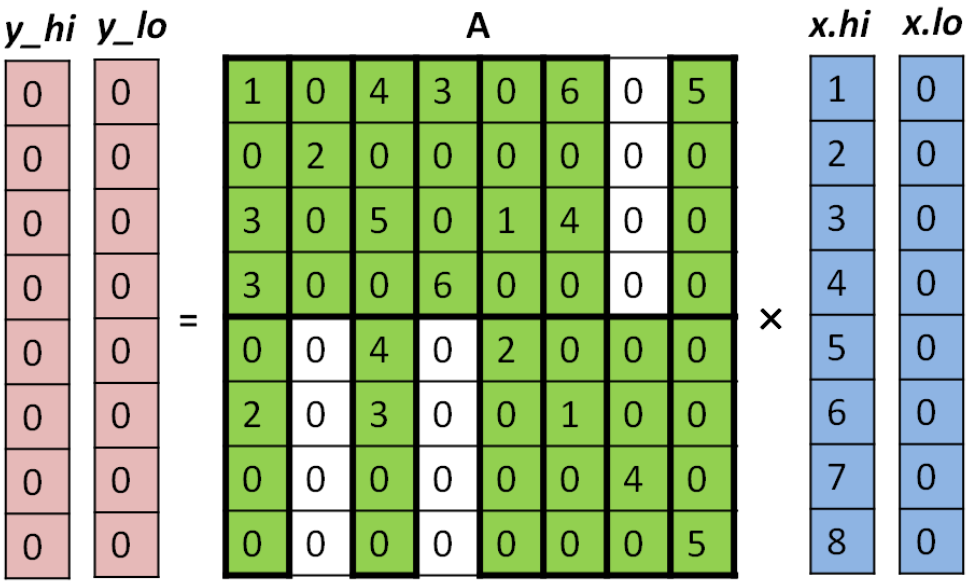
AVX2



CRS形式 (Compressed row storage)



BCRS4x1形式 (Block CRS)



0要素を含めて4の倍数に揃え，
必ず4つ同時に演算する
(0要素の増加により演算量増加)

int	ptr	1	8	・・・・																											
int	index	1	2	3	4	5	6	8	・・・・・																						
double	value	1	0	3	3	0	2	0	0	4	0	5	0	3	0	0	6	0	0	1	0	6	0	4	0	5	0	0	0	・・・・	
double	***x.hi***	1	2	3	4	5	6	7	8																						
double	***x.lo***	0	0	0	0	0	0	0	0																						
double	***y.hi***	0	0	0	0	0	0	0	0																						
double	***y.lo***	0	0	0	0	0	0	0	0																						

導入

DD-AVXのDownload

- コードはSourceForgeに落ちています.
  - https://sourceforge.net/projects/dd-avx-v2/
- ダウンロードにはgitを使います
  - > git clone https://git.code.sf.net/p/dd-avx-v2/code dd-avx-v2-code
- コードをSourceForgeからダウンロードしても良いが, あまり推奨しません

gitとは(1/2)

- gitはバージョン管理システム
  - コードを変えたときに差分を取れる
  - 簡単に前のバージョンに戻せる(バックアップにも)
- どうやって使う？
  - gitサーバから最新版を落とす(clone)して,
  - 自分のところで弄って更新(commit)して,
  - 手元の最新版とサーバの最新版を比較(diff)したり,
  - サーバに反映(push)させたり,
  - やっぱりやめて最新版に戻し(pull)したりする
  - 細かくver.xxに戻す～とかは自分で調べて

gitとは(2/2)

- gitをダウンロードとして利用する意義
  - git clone一発で，最新版が落ちてくる
  - git pullで最新版にupdateできる
    - 太田さんにはupdateした際はメールで連絡します
  - git diffで菱沼の変更ログも見える(updateしてバグったら)
    - そしたらgit revertで前に戻せばいい
  - 自分で書き換えてcommitしてもpushしなければOK
    - 自分で使いたければどうぞ
    - ダメダメな書き換えをしたらpullするか，もう一度clone

    ※そもそもpush時には開発者用Passが必要
- Windowsなら”SourceTree”というソフトが良さげ

DD-AVXのインストール

- インストール
  - > cd dd-avx-v2-code
  - > cmake .
  - > make
    - libddavx.aというファイルができればOK

- この時点で実際は終わりだがsampleを動かしてみる
- リンク＆コンパイル (-fopenmp必須)
  - > cd sample/
  - > g++ -O3 -fopenmp main.cpp ../libddavx.a -lddavx -I../include -o main

インストール時のオプションはSIMDのみ

- DD-AVXのコンパイルはCmakeがやっている
  - 複数のコードを上手いことコンパイルするツール
  - Makefileを書く時代は終わった．時代はCmake
- CMakeListというファイルがすべてを管理
  - それ以外は機械生成なので見る必要なし
  - ここをいじればコンパイル時のコマンドが変えられる
- Cmakeが作るファイルを消したいとき：
  - > sh ./clean.sh

Cmakeのいじりかた

- SIMDの変え方：使いたいSIMDを1にする
  - set(novec 0) //SIMDなし
  - set(SSE2 0)
  - set(AVX 0)
  - set(AVX2 1) //この場合はAVX2が有効

- 例えばmain2.cppをコンパイルするなら：
  - add_executable(sample/main2 sample/main2.cpp)
  - target_link_libraries(sample/main2 ddavx)
- ここに色々追加して使ってもOK

DD-AVXを使ったプログラミング

X_Scalar型

- double hi; (DDのみ)double lo;
- void print()

- X_Scalar operator=(T);
- X_Scalar operator-();

- X_Scalar operator+(T);
- X_Scalar operator-(DD_Scalar rhv);
- X_Scalar operator*(T);
- X_Scalar operator/(T);

- X_Scalar dot(X1_Vector vx, X2_Vector vy);
- X_Scalar nrm2(X_Vector vx);

XはD or DD
TはD_Scalar, DD_Scalar, doubleのいずれか

X_Vector型

XはD or DD
TはD_Scalar, DD_Scalar, doubleのいずれか

- double *hi; (DDのみ) double *lo;
- int N;

- D_Vector operator=(const X_Vector& DD);
- D_Vector copy(X_Vector D);

- void malloc(int n);
- void free();

- void print(int n);
- void print_all();
- int getsize();

- void input(const char *filename);
- void output_plane(const char* file);
- void output_mm(const char* file);

- void broadcast(T val); // すべての要素にvalを入れる

D_Matrix型

- int format; //CRS=1, BCRS4x1=2
- int N;
- int nnz;

- double* val;
- int* ptr, index; //crs
- int* bptr, bindex;//bcrs4x1

- void input(const char *filename);

XはD or DD
TはD_Scalar, DD_Scalar, doubleのいずれか

演算関数

- void DD_AVX_axpy(X1_Scalar alpha, X2_Vector vx, X3_Vector vy);
- void DD_AVX_axpyz(X1_Scalar alpha, X2_Vector vx,
  X3_Vector vy, X4_Vector vz);
- void DD_AVX_dot(X1_Vector vx, X2_Vector vy, X3_Scalar* val);
- void DD_AVX_nrm2(X1_Vector vx, X2_Scalar* val);
- void DD_AVX_xpay(X1_Vector vx, X2_Scalar alpha, X3_Vector vy);
- void DD_AVX_scale(X1_Scalar alpha, X2_Vector vx);
- void DD_AVX_SpMV(X1_Matrix A, X2_Vector vx, X3_Vector vy);

XはD or DD
TはD_Scalar, DD_Scalar, doubleのいずれか

Vector 入力フォーマット:plane

- ただ並べるだけ (N=5のとき)

1.0

2.0

3.0

4.0

5.0

Vector 入力フォーマット:Matrix Market

- ヘッダ（おまじない）と行番号が必要

```
%%MatrixMarket vector coordinate real general
1 1.0
2 2.0
3 3.0
4 4.0
5 5.0
```

Matrix入力フォーマット: Matrix Market

- 3x3, 行あたり2要素
- 1行目にヘッダ，2行目に列数・行数・要素数

```
%%MatrixMarket matrix coordinate real general
3 3 6
1 1 11.00
3 1 13.00
1 2 21.00
2 2 22.00
2 3 32.00
3 3 33.00
```

諸注意

時間の測り方

- OpenMPの関数を使って下さい
  - 並列化しているので

- double time = omp_get_wtime();

バグ・2.0.1の問題

- 割り算のLoの結果が何かおかしい？
  - Lisと結果は同じなんだけど．．
- BCRSの生成がちょっと遅い
  - ライブラリにしたから色々エラー処理してて遅い
  - 小さい問題ならCRSでいいかも
- ベクトル和とかがない
  - 欲しければ言って下さい

MMファイルについて

- University of Florida Sparse Matrix Collection から仕入れる
  - http://www.cise.ufl.edu/research/sparse/matrices/

- 注意
  - Symmetricとヘッダに書いてあるファイルは DD-AVX 2.0では読み込めない