

PCクラスタコンソーシアム HPCオープンソースソフトウェア普及部会ワークショップ
「高性能数値計算ライブラリLexADV」
2021年9月10日 オンライン (Zoom)

粒子法MPSライブラリ LexADV_EMPSの概要と実装

鄭 宏杰 (東洋大学)

本日の内容

- LexADV_EMPSの概要
- LexADV_EMPSのインストール及び使い方
- LexADV_EMPSの応用例
- まとめ

LexADV_EMPSの概要

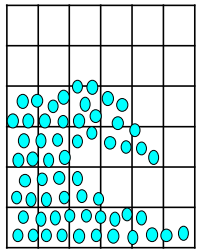
- LexADV_EMPS: Explicit MPS (Moving Particle Simulation) Solver framework
- 高並列な分散メモリ環境での粒子法ソルバー
- オープンソースソフトウェア <http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/lexadv>
- プログラム言語: C, MPI
- Platform: Linux, Mac OS X, Windows (Cygwin)
- 公開履歴: Ver.0.1.2.b, 2014/12/01



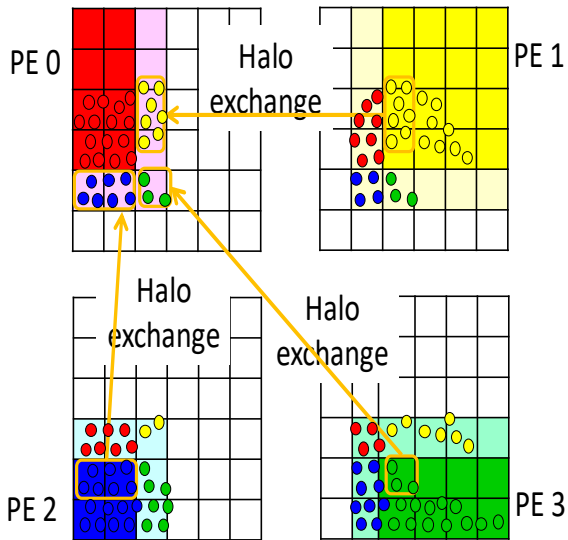
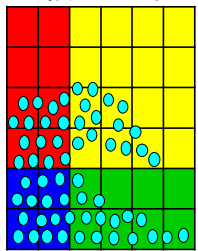
LexADV_EMPSの概要

- バケットベースの領域分割と通信方法

粒子をバケットに格納

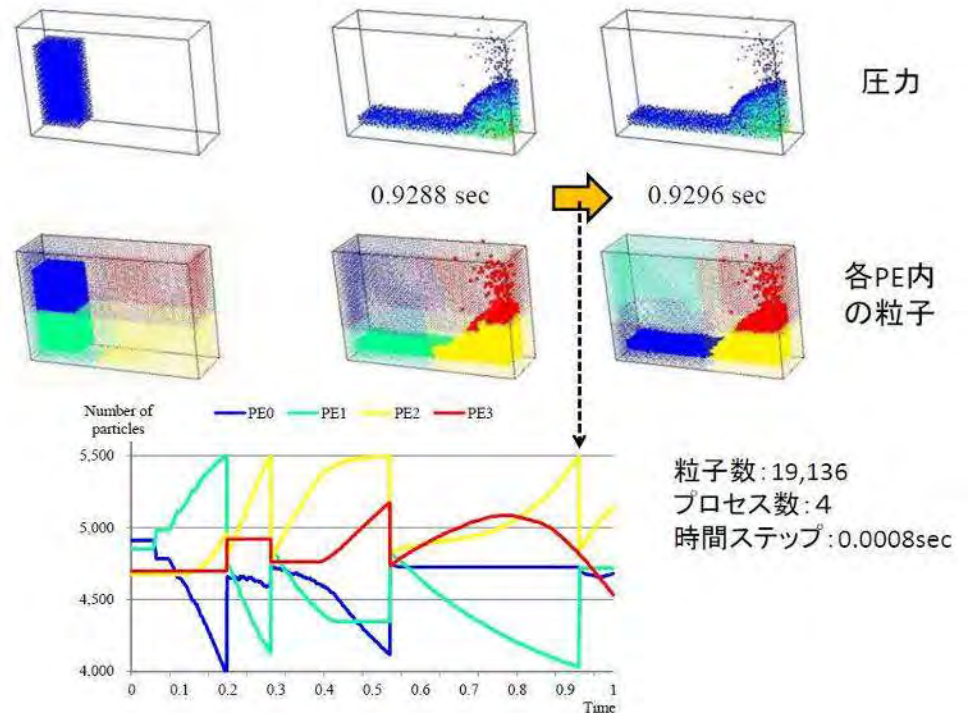


領域分割



隣接プロセス間通信を少なくするバケットベース
2階層領域分割とHalo通信パターン生成機能

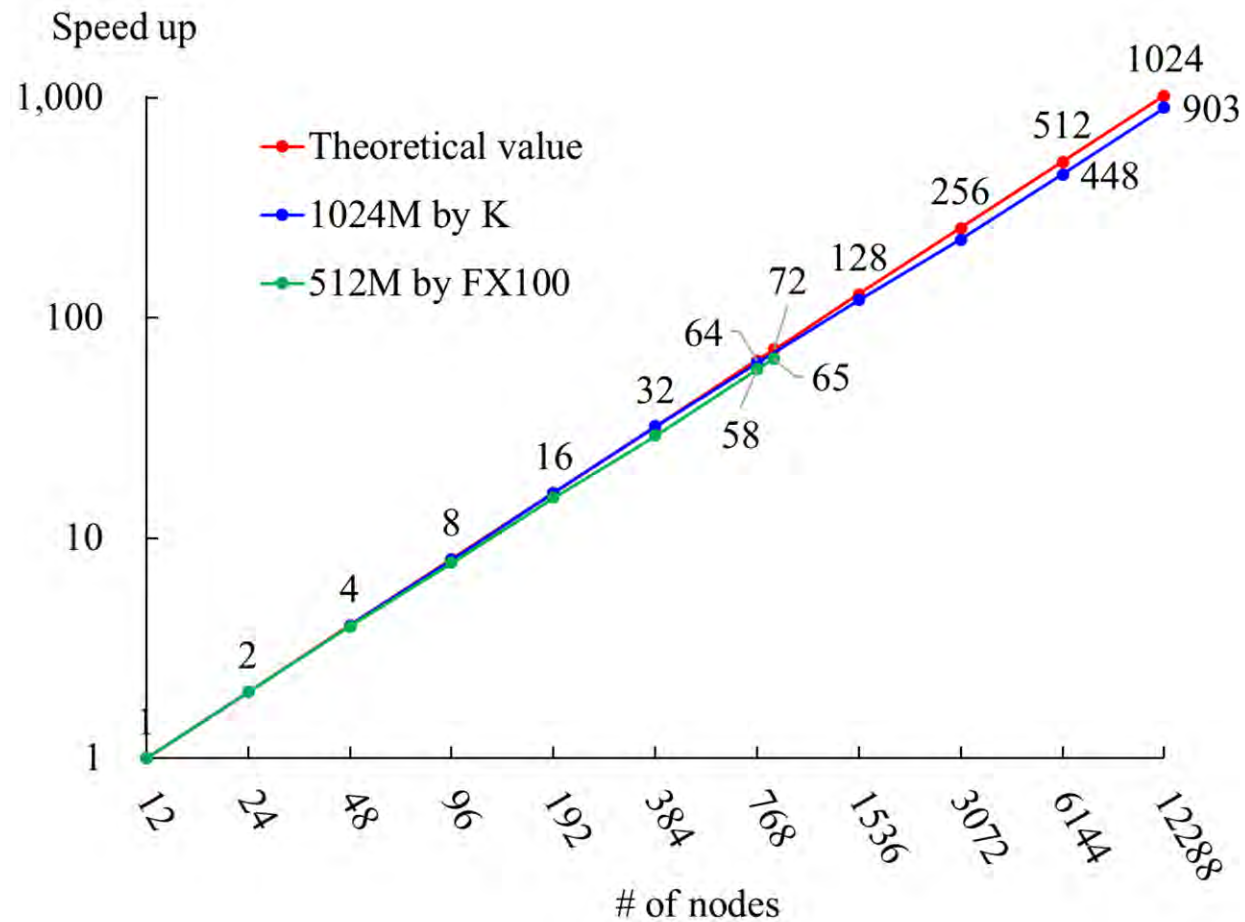
- 粒子の分散メモリ並列処理向け動的負荷分散



1つの計算ノードの粒子数が、5,500になったら、
領域再分割を行う

LexADV_EMPSの概要

- Strong scaling by K computer and FX100



LexADV_EMPSの概要

支配方程式： ナビエス Stokes 方程式

連続の式

陽解法

微圧縮性を仮定

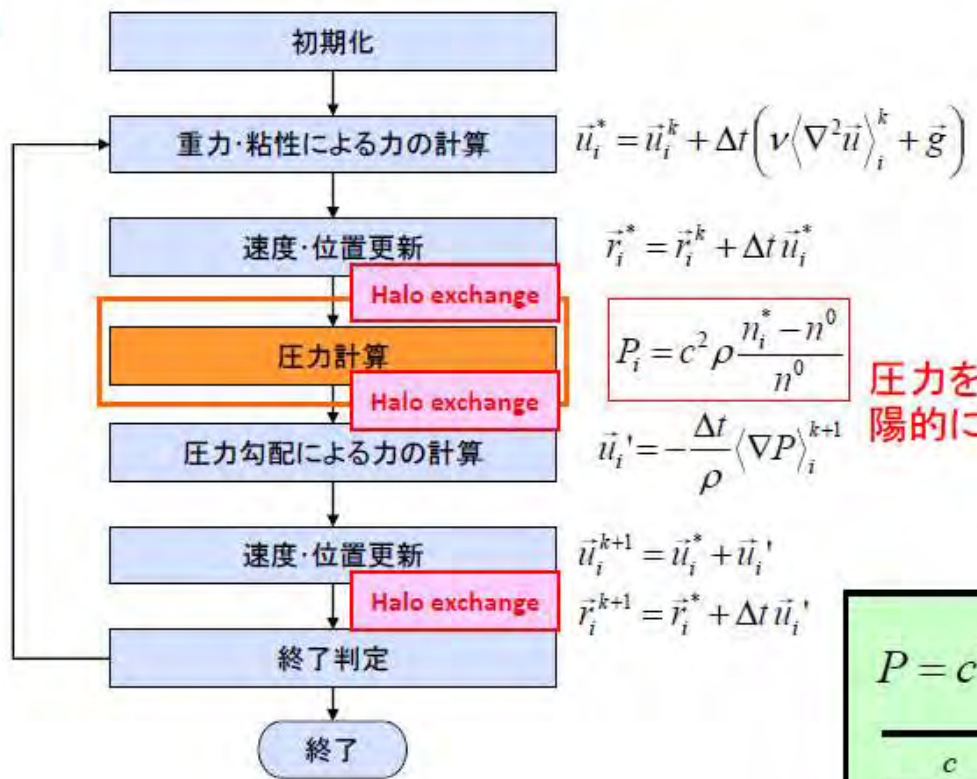
$$\frac{\partial P}{\partial \rho} = c^2$$

c : 音速
 ρ : 密度

運動方程式

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla P + \nu \Delta \vec{v} + \vec{g}$$

MPS陽解法の通信箇所



圧力を粒子数密度差から陽的に求める

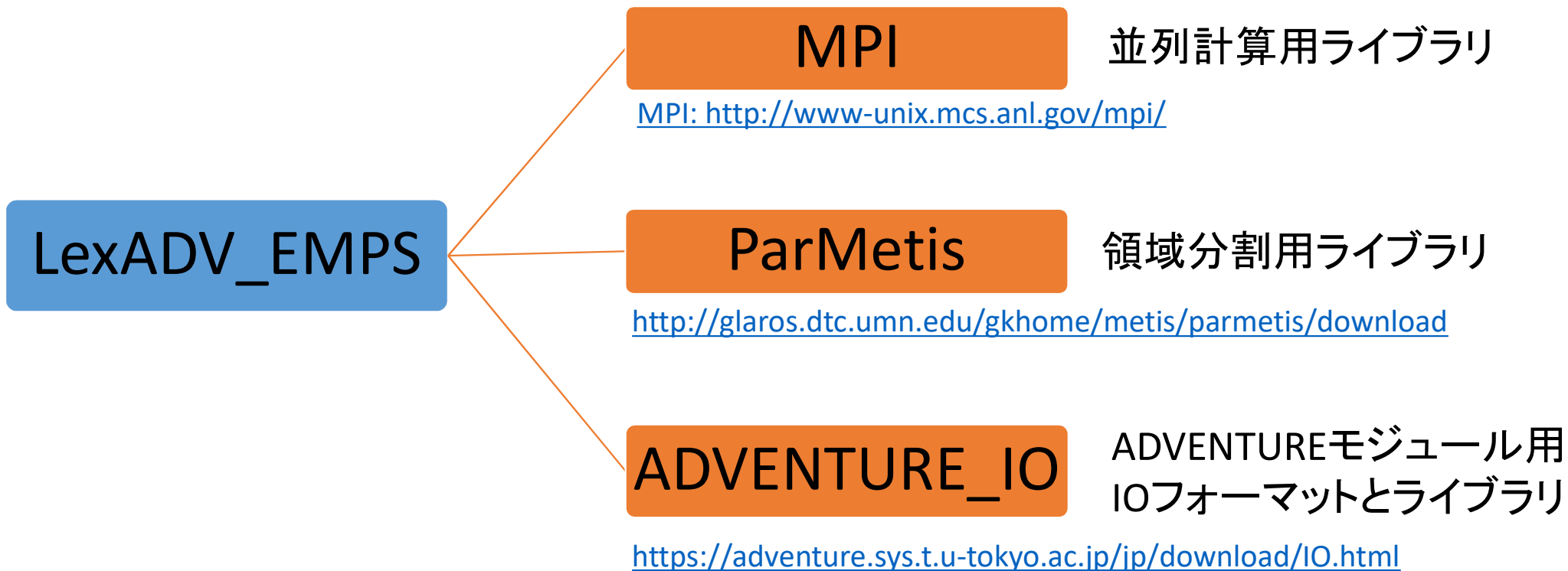
$$P = c^2 \rho \frac{n^* - n^0}{n^0} \leftarrow \frac{dP}{d\rho} = c^2$$

c	音速 [m/s]
n^*	粒子数密度
n^0	粒子数密度の基準値

- 密度: ρ
- 位置: \vec{r}
- 速度: \vec{u}
- 圧力: P
- 動粘性係数: ν
- 重力加速度: \vec{g}
- 粒子数密度: n^*
- 粒子数密度の基準値: n^0

LexADV_EMPSのインストール

- LexADV_EMPSをインストールする前に、依存する外部ライブラリをインストール



LexADV_EMPSのインストール

- LexADV_EMPSをダウンロードする

https://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/lexadv/lexadv_EMPS.html

The screenshot shows a web browser window with the URL `adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/lexadv/lexadv_EMPS.html`. The page title is "LexADV_EMPS download". Below the title, there is a blue box with the following text: "To download LexADV libraries, user registration is required. LexADV and ADVENTURE project uses the download account information mutually. If you do not have your account for LexADV or ADVENTURE, click the following link and sign up." A red circle highlights the "User registration" link. Below this, there is a blue box with the text "LexADV_EMPS Explicit MPS (moving particle simulation) solver framework." and a "Download" button with a red circle around it. Below the download button, there is a list of features for LexADV_EMPS.

初めてのユーザーに
registrationが必要

コードをDownload
する

LexADV_EMPS download

LexADV_EMPS can be downloaded from this page.

To download LexADV libraries, user registration is required.
LexADV and ADVENTURE project uses the download account information mutually.
If you do not have your account for LexADV or ADVENTURE, click the following link and sign up.
[User registration](#)

LexADV_EMPS
Explicit MPS (moving particle simulation) solver framework.

[Download](#) / ver. 0.1.2b / released: 2014/12/01

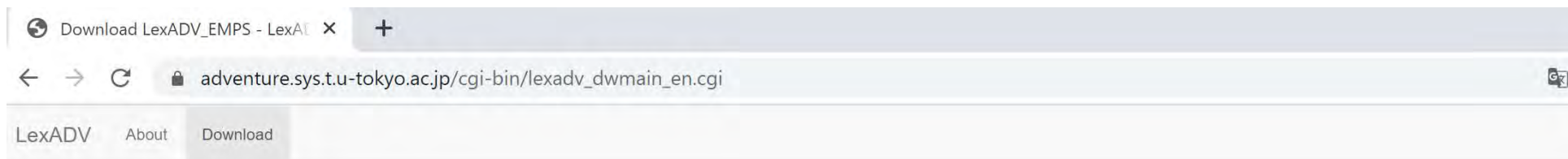
LexADV_EMPS has the following features.

- LexADV_EMPS solves the explicit MPS (moving particle simulation) method.
- LexADV_EMPS supports two level domain decomposition.
- LexADV_EMPS supports dynamic load balance.
- LexADV_EMPS supports halo exchange (communication among nodes).
- LexADV_EMPS supports high order polynomial approximation.
- LexADV_EMPS supports interaction functions between fluid and rigid bodies.
- LexADV_EMPS uses the ADVENTURE_IO (AdvIO) library for reading input data.
- LexADV_EMPS uses the ParMETIS library for domain decomposition.
- LexADV_EMPS is written by C language.
- LexADV_EMPS uses the Message Passing Interface (MPI) library for parallel processing.

LexADV_EMPSのインストール

- LexADV_EMPSをダウンロードする

https://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/lexadv/lexadv_EMPS.html



LexADV download

After confirming the following specifications of this module, download the program.

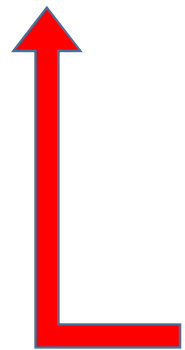
LexADV_EMPS Explicit MPS (moving particle simulation) solver framework	
 Download	
Version	0.1.2b
Date	01/Dec/2014
Function	Solves interaction between fluid and rigid bodies by the explicit MPS (moving particle simulation) method.
Platform	Unix, Linux
Compiler	C
Depends on	MPI, ADVENTURE_IO, ParMETIS(A part of ADVENTURE_Metis)



LexADV_EMPS-0.1.2b.tar.gz

LexADV_EMPSのインストール

- LexADV_EMPSを展開する



```
cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS
```

```
$ ls
```

```
LexADV_EMPS-0.1.2b.tar.gz
```

```
cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS
```

```
$ tar -zxvf LexADV_EMPS-0.1.2b.tar.gz
```

```
LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/
```

```
LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/make_floating_advio/
```

```
LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/doc/
```

```
LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/make_dambreak_advio/
```

```
LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/LexADV_EMPS/
```

```
LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/HDDM_EMPS_with_LexADV_EMPS/
```

```
LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/HDDM_EMPS/
```

```
LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/adv2vtu/
```

```
LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/README.txt
```

```
LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/copyright.txt
```

```
LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/ChangeLog.txt
```

LexADV_EMPSのインストール

- LexADV_EMPSを展開した中身

LexADV_EMPS



doc

LexADV_EMPSの概要と使い方



LexADV_EMPS

LexADV_EMPSライブラリ



HDDM_EMPS

LexADV_EMPSを利用したMPS陽解法解析コード



HDDM_EMPS_with_LexADV_EMPS

LexADV_EMPSをHDDM_EMPSのディレクトリに入れたコード



make_dambreak_advio

ダムブレイク解析用の粒子生成コード



make_floating_advio

2つ剛体が浮遊する解析用の粒子生成コード



adv2vtu

ParaViewで可視化するためのvtuファイル生成コード

LexADV_EMPSのインストール

- LexADV EMPSの中身を確認する

cm@DESKTOP-1B1M200 LexADV_EMPS/

```
ChangeLog.txt  mps_chk_overlapping_Bucket.c  mps_domainDecomposition.c  mps_read.c
copyright.txt  mps_communication.c           mps_func.h                 mps_rigid.c
makefile       mps_define.h                  mps_globalValues.h        mps_tools.c
makefile.fx10  mps_define_fixed.h           mps_init.c                 mps_write.c
makefile.gcc   mps_define_macro.h           mps_memory.c               mps_parameter.c
mps_bucket.c   mps_distribution_particle.c   mps_parameter.c
```

- makefileを編集し、外部ライブラリのパスを設定する

```
PROGRAMS = liblexadv_emps.a
```

```
CC = mpicc
```

```
CFLAGS = -fopenmp -O3
```

```
AR = ar
```

```
ARFLAGS = crsv
```

```
ADVSYS = /home/muro/ADVENTURE
```

```
ADVLIB = $(ADVSYS)/lib
```

```
ADVINC = $(ADVSYS)/include
```

```
#METIS = /home/muro/programs/metis/mpich2/ParMetis-3.1.1
```

```
METIS = ../../ParMetis-3.1.1
```

```
#ADV_IO
```

```
INCDIR += -I$(ADVINC)
```

```
#LIBDIR += -L$(ADVLIB)
```

ADVIOのパスを設定する

ParMetisのパスを設定する

LexADV_EMPSのインストール

- 計算条件は、mps_define.hのパラメータを設定する

cm@DESKTOP-1B1M200 LexADV_EMPS/

```
ChangeLog.txt  mps_chk_overlapping_Bucket.c  mps_domainDecomposition.c  mps_read.c
copyright.txt  mps_communication.c             mps_func.h                  mps_rigid.c
makefile       mps_define.h                    mps_globalValues.h         mps_tools.c
makefile.fx10  mps_define_fixed.h             mps_init.c                  mps_write.c
makefile.gcc   mps_define_macro.h            mps_memory.c                mps_parameter.c
mps_bucket.c   mps_distribution_particle.c     mps_parameter.c
```

```
#define KinematicViscosity 0.000001 // 動粘性係数(水)
#define CollisionRatio 0.2 // 衝突係数
#define DistanceLimitRatio 0.9 // 衝突半径
#define Gravity_x 0.0 // 重力
#define Gravity_y 0.0
#define Gravity_z -9.8
#define CourantNumber 0.1 // クーラン数
.....
.....
```

LexADV_EMPSのインストール

- LexADV_EMPSをコンパイル

```
cm@DESKTOP-1B1M200 LexADV_EMPS
```

```
$ make
```

```
Building file: mps_init.c
```

```
mpicc -I/home/cm/ADVENTURE/include -I/home/cm/ParMetis-3.1.1 -  
I/home/cm/ParMetis-3.1.1/METISLib -I/home/cm/ParMetis-  
3.1.1/ParMETISLib -c -fopenmp -O3 -o"mps_init.o" "mps_init.c"
```

```
Finished building: mps_init.c
```

```
mpicc -I/home/cm/ADVENTURE/include -I/home/cm/ParMetis-3.1.1 -  
I/home/cm/ParMetis-3.1.1/METISLib -I/home/cm/ParMetis-3.1.1/ParMETISLib  
-c -fopenmp -O3 -o"mps_distribution_particle.o"
```

```
"mps_distribution_particle.c"
```

```
Finished building: mps_distribution_particle.c
```

LexADV_EMPSのインストール

- MPS陽解法ソルバーHDDM_EMPSの中身を確認してコンパイルする

cm@DESKTOP-1B1M200 HDDM_EMPS

\$ ls

```
ChangeLog.txt          fx10_floating.sh      mps_cal_PressureGradient.c
EMPSsettings_r001.txt  main.c                 mps_cal_PressureSmoothing.c
EMPSsettings_r002.txt makefile             mps_cal_ViscosityAndGravity.c
copyright.txt          makefile.fx10         mps_cal_func.h
dam_r2.sh              makefile.gcc          mps_simulation.c
floating_r2.sh         mps_cal_Collision.c
fx10_dam.sh           mps_cal_NumberDensityAndPressure.c
```

```
PROGRAMS = hddm_emps
```

```
CC = mpicc
```

```
COPTIONS = -fopenmp -O3
```

```
CFLAGS = $(OPTFLAGS) $(COPTIONS)
```

```
LIBS += -lm
```

```
ADVSYS = /home/muro/ADVENTURE
```

```
ADVLIB = $(ADVSYS)/lib
```

```
ADVINC = $(ADVSYS)/include
```

```
#METIS = ../../ParMetis-3.1.1
```

```
METIS = /work/muro/programs/metis/mpicc2/ParMetis-3.1.1
```

- makefileを編集し、外部ライブラリのパスを設定する

- HDDM_EMPSをコンパイルする

cm@DESKTOP-1B1M200 HDDM_EMPS

\$ make

LexADV_EMPSのインストール

- EMPSSettings_r002.txtの計算条件を設定する

```
cm@DESKTOP-1B1M200 HDDM_EMPS
```

```
$ ls
ChangeLog.txt          fx10_floating.sh      mps_cal_PressureGradient.c
EMPSSettings_r001.txt  main.c                 mps_cal_PressureSmoothing.c
EMPSSettings_r002.txt  makefile               mps_cal_ViscosityAndGravity.c
copyright.txt          makefile.fx10         mps_cal_func.h
dam_r2.sh              makefile.gcc          mps_simulation.c
floating_r2.sh         mps_cal_Collision.c
fx10_dam.sh           mps_cal_NumberDensityAndPressure.c
```

#TimeStep

0.0005

#FinishTime

1.0

#SoundSpeed

22.0

#OutputFrequency

100

最大の時間間隔(最大速度で決定される速度と比べて小さい方が選択される)

解析終了時刻

疑似音速

$\text{TimeStep} \times \text{OutputFrequency}$ の値間隔でファイル出力される

ダムブ레이크計算例を実行する

make_dambreak_advio/の中身を確認する

```
cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/make_dambreak_advio
$ ls
make_dambreak_advio.c makefile
```

make_dambreak_advio/のmakefileにADVIOのパスを設定する

```
BIN := make_dambreak_advio
all :$(BIN)

# compilers
CC = gcc

# flags
CFLAGS += -O3
LDFLAGS += -lm

#ADV_IO
ADVSYSDD = /home/muro/ADVENTURE

ADVLIB = $(ADVSYSDD)/lib
ADVINC = $(ADVSYSDD)/include
INCDIR += -I$(ADVINC)
LIBDIR += -L$(ADVLIB)
LDFLAGS += -lAdvDocIO -lAdvFileIO -lAdvBase
```

ダムブレイクの計算例を実行する

make_dambreak_advio.cの中身を確認する

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <string.h>
#include "Adv/AdvDocument.h"

#define OUTPUT_ADV "dambreak.adv"
#define OUTPUT_VTU "dambreak.vtu"
FILE* fp;

#define MIN_X 0.0
#define MIN_Y 0.0
#define MIN_Z 0.0
#define MAX_X 1.0
#define MAX_Y 0.2
#define MAX_Z 0.6
#define WAVE_HEIGHT 0.5
#define WAVE_WIDTH 0.25
#define AVERAGE_PARTICLE_DISTANCE 0.02 //0.02 0.01 0.005
#define RE 5 //3 4 5
#define GHOST -1
#define FLUID 0
```

入力用のadvファイル
可視化確認用のvtuファイル

壁+ダミー粒子の厚さ

ダムブレークの計算例を実行する

make_dambreak_advio.cを実行し入力用のadvファイルを生成する

```
cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/make_dambreak_advio
```

```
$ ls
```

```
Make_dambreak_advio.c  makefile
```

```
cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/make_dambreak_advio
```

```
$ make
```

```
gcc -O3 -lm -lAdvDocIO -lAdvFileIO -lAdvBase -c make_dambreak_advio.c -
```

```
I/home/cm/ADVENTURE/include
```

```
gcc -O3 -o make_dambreak_advio make_dambreak_advio.o -lm -lAdvDocIO -lAdvFileIO -
```

```
lAdvBase -I/home/cm/ADVENTURE/include -L/home/cm/ADVENTURE/lib
```

```
cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/make_dambreak_advio
```

```
$ ./make_dambreak_advio
```

```
start mk_particle
```

```
nx:60 ny:20 nz:40 nxyz:48000
```

```
NumberOfParticles: 33880
```

```
FLUID: 3380 WALL: 4964 DUMMY: 25536
```

```
Creating dambreak.vtu ... done.
```

```
end mk_particle
```

```
cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/make_dambreak_advio
```

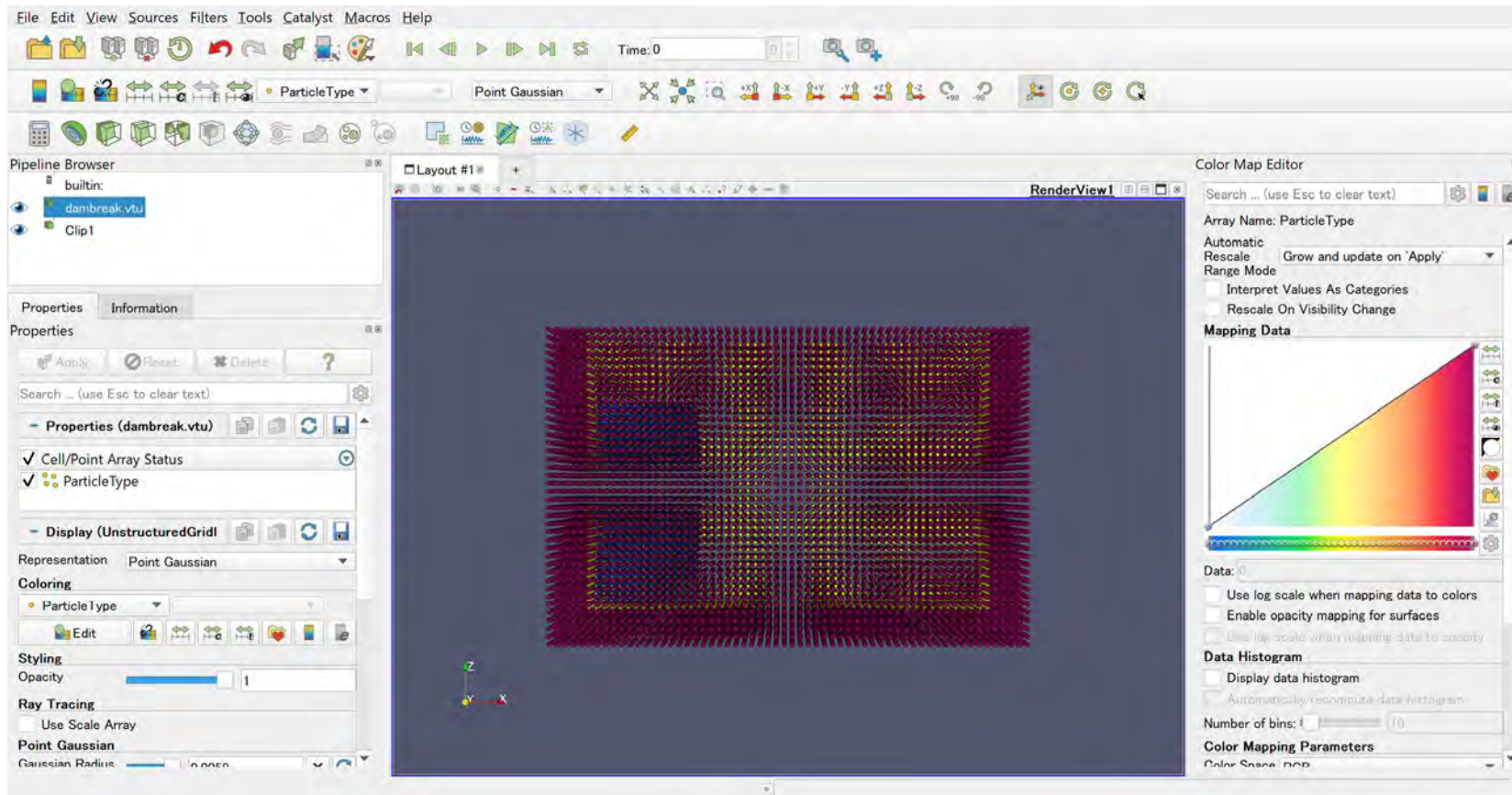
```
$ ls
```

```
dambreak.adv dambreak.vtu make_dambreak_advio.c make_dambreak_advio
```

```
make_dambreak_advio.o makefile
```

ダムブレイクの計算例を実行する

Paraviewでdambreak.vtuを確認する



ダムブレイクの計算例を実行する

- 実行用Shell Script「dam_r2.sh」を使って実行する

```
cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/HDDM_EMPS  
$ vi dam_r2.sh
```

```
mpirun -np 4 ./hddm_emps . ./EMPSSettings_r002.txt 0 --pre ../make_dambreak_advio/dambreak.adv
```

出力ファイルを書き出す場所

入力ファイルを利用する場合は、通常は0

入力ファイルを読み込むためのオプション

入力ファイル名

ダムブレイクの計算例を実行する

- 解析結果を確認する

```
floating_r2.sh      mps_cal_Collision.o      mps_simulation.c
fx10_dam.sh        mps_cal_NumberDensityAndPressure.c  mps_simulation.o
fx10_floating.sh   mps_cal_NumberDensityAndPressure.o  particle ←
llnl-adv-emp3      mps_cal_PressureGradient.c
main.c             mps_cal_PressureGradient.o
```

cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/HDDM_EMPS_dam/particle

\$ ls

```
output00000_0.adv  output00004_0.adv  output00008_0.adv  output00012_0.adv  output00016_0.adv  output00020_0.adv  output00024_0.adv  output00028_0.adv
output00000_1.adv  output00004_1.adv  output00008_1.adv  output00012_1.adv  output00016_1.adv  output00020_1.adv  output00024_1.adv  output00028_1.adv
output00000_2.adv  output00004_2.adv  output00008_2.adv  output00012_2.adv  output00016_2.adv  output00020_2.adv  output00024_2.adv  output00028_2.adv
output00000_3.adv  output00004_3.adv  output00008_3.adv  output00012_3.adv  output00016_3.adv  output00020_3.adv  output00024_3.adv  output00028_3.adv
output00001_0.adv  output00005_0.adv  output00009_0.adv  output00013_0.adv  output00017_0.adv  output00021_0.adv  output00025_0.adv  output00029_0.adv
output00001_1.adv  output00005_1.adv  output00009_1.adv  output00013_1.adv  output00017_1.adv  output00021_1.adv  output00025_1.adv  output00029_1.adv
output00001_2.adv  output00005_2.adv  output00009_2.adv  output00013_2.adv  output00017_2.adv  output00021_2.adv  output00025_2.adv  output00029_2.adv
output00001_3.adv  output00005_3.adv  output00009_3.adv  output00013_3.adv  output00017_3.adv  output00021_3.adv  output00025_3.adv  output00029_3.adv
output00002_0.adv  output00006_0.adv  output00010_0.adv  output00014_0.adv  output00018_0.adv  output00022_0.adv  output00026_0.adv  output00030_0.adv
output00002_1.adv  output00006_1.adv  output00010_1.adv  output00014_1.adv  output00018_1.adv  output00022_1.adv  output00026_1.adv  output00030_1.adv
output00002_2.adv  output00006_2.adv  output00010_2.adv  output00014_2.adv  output00018_2.adv  output00022_2.adv  output00026_2.adv  output00030_2.adv
output00002_3.adv  output00006_3.adv  output00010_3.adv  output00014_3.adv  output00018_3.adv  output00022_3.adv  output00026_3.adv  output00030_3.adv
output00003_0.adv  output00007_0.adv  output00011_0.adv  output00015_0.adv  output00019_0.adv  output00023_0.adv  output00027_0.adv
output00003_1.adv  output00007_1.adv  output00011_1.adv  output00015_1.adv  output00019_1.adv  output00023_1.adv  output00027_1.adv
output00003_2.adv  output00007_2.adv  output00011_2.adv  output00015_2.adv  output00019_2.adv  output00023_2.adv  output00027_2.adv
output00003_3.adv  output00007_3.adv  output00011_3.adv  output00015_3.adv  output00019_3.adv  output00023_3.adv  output00027_3.adv
```

ダムブレークの計算例を実行する

- リスタート機能を利用する

HDDM_EMPS/EMPSSetting_r002.txtを編集する

#TimeStep	0.0005	→	#TimeStep	0.0005
#FinishTime	1.0		#FinishTime	1.5
#SoundSpeed	22.0		#SoundSpeed	22.0
#OutputFrequency	100		#OutputFrequency	100

HDDM_EMPS/dam_r2.shを編集してリスタート機能を利用する

```
#mpirun -np 4 ./hddm_emps . ./EMPSSettings_r002.txt 0 --pre ../make_dambreak_a
```

```
mpirun -np 4 ./hddm_emps . ./EMPSSettings_r002.txt 20
```

出力ファイルを書き出す場所
かつ、リスタートするための入
力ファイルがある場所

リスタートするために読み込
むファイル番号

ダムブ레이크の計算例を実行する

- 可視化用ファイル生成コードadv2vtu/の中身を確認する

```
cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/adv2vtu
$ ls
adv2vtu.c  makefile
```

- Adv2vtuのmakefileにADVIOのパスを設定する

```
BIN := adv2vtu
all :$(BIN)

# compilers
CC = gcc

# flags
CFLAGS += -O3
#CFLAGS += -DMEMWATCH -DMW_STUDIO
LDFLAGS += -lm
LDFLAGS += -lz

#ADV_IO
#ADVSYSO = /group1/gc44/share/muro/gcc/AdvIO-1.2a
ADVSYSD = /home/muro/ADVENTURE

ADVLIB = $(ADVSYSO)/lib
ADVINC = $(ADVSYSO)/include
INCDIR += -I$(ADVINC)
LIBDIR += -L$(ADVLIB)
LDFLAGS += -lAdvDocIO -lAdvFileIO -lAdvBase
```


ダムブレークの計算例を実行する

- 可視化用ファイルを作成する

```
cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/adv2vtu
$ ./adv2vtu ../HDDM_EMPS/particle/ vtu_dam_r002/
```

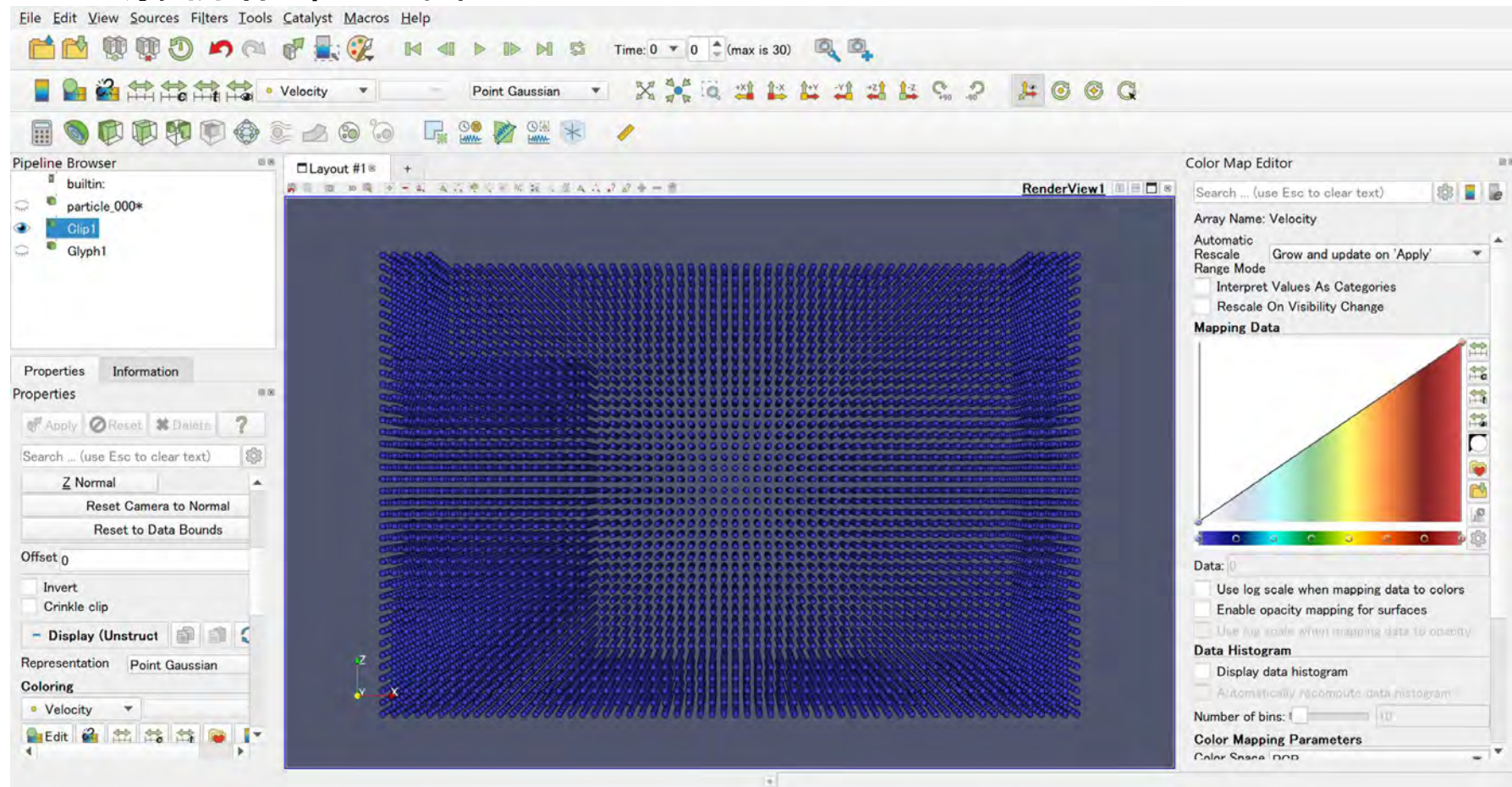
- 可視化用vtuファイルの確認

```
cm@DESKTOP-1B1M200 ~/LexADV_EMPS_v0.1.2b_141201/adv2vtu
$ ls vtu_dam_r002/
```

```
particle_00000.vtu  particle_00008.vtu  particle_00016.vtu  particle_00024.vtu
particle_00001.vtu  particle_00009.vtu  particle_00017.vtu  particle_00025.vtu
particle_00002.vtu  particle_00010.vtu  particle_00018.vtu  particle_00026.vtu
particle_00003.vtu  particle_00011.vtu  particle_00019.vtu  particle_00027.vtu
particle_00004.vtu  particle_00012.vtu  particle_00020.vtu  particle_00028.vtu
particle_00005.vtu  particle_00013.vtu  particle_00021.vtu  particle_00029.vtu
particle_00006.vtu  particle_00014.vtu  particle_00022.vtu  particle_00030.vtu
particle_00007.vtu  particle_00015.vtu  particle_00023.vtu
```

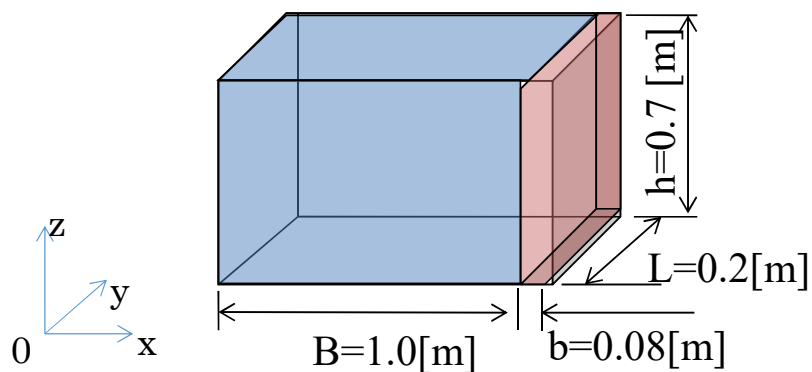
ダムブレイクの計算例を実行する

- ParaViewで解析結果の確認



LexADV_EMPSの応用例

静水圧



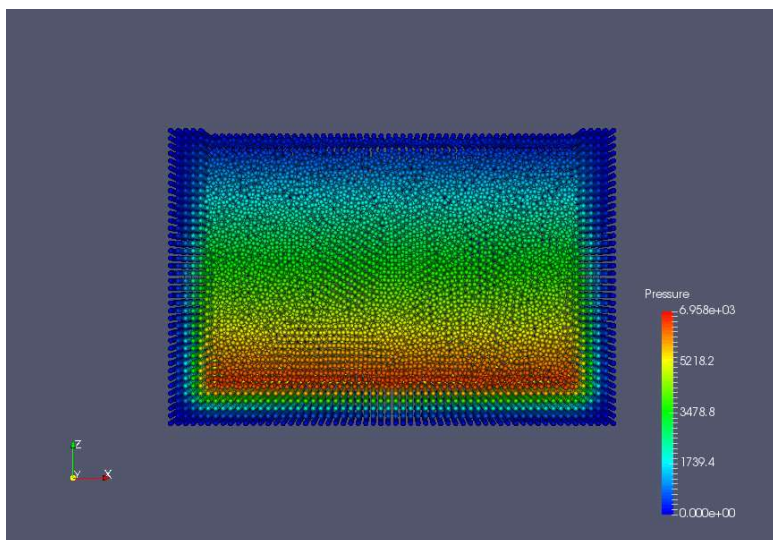
静水圧 p の理論解:

$$p = \rho \cdot |g| \cdot (0.7 - h)$$

p : 流体密度, g : 重力加速度ベクトル
 h : 水面からの深さ

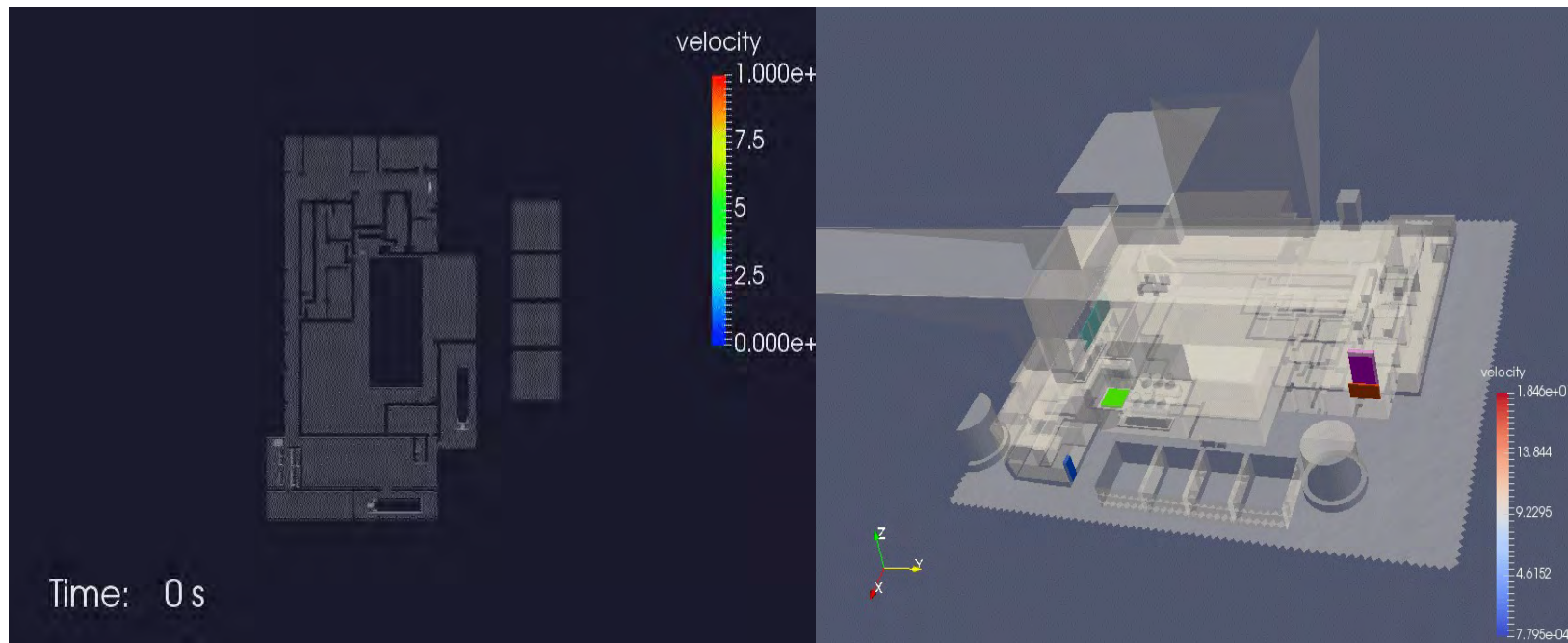
流体解析MPSの計算条件

時間刻み幅	0.0005 [s]
流体粒子数	17,500
壁粒子数	4,964
初期粒子間距離	0.02[m]
影響半径	0.01 [m]
流体密度	1000 [kg/m ³]
動粘性係数	0.0001 [m ² /s]
重力加速度	9.8[m/s ²]
プロセッサ数	4



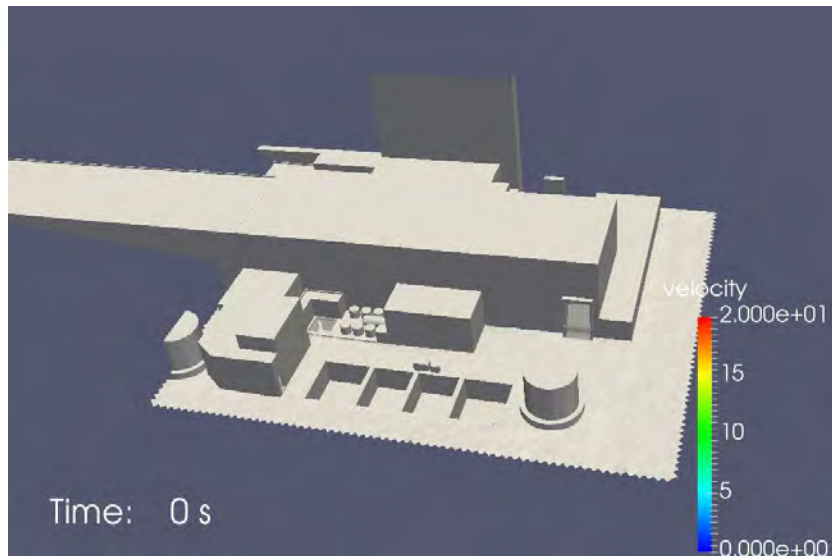
LexADV_EMPSの応用例

福島第一原子力発電所1号機タービン建屋の浸水解析
粒子径:0.1[m], 粒子数:約1.3億



LexADV_EMPSの応用例

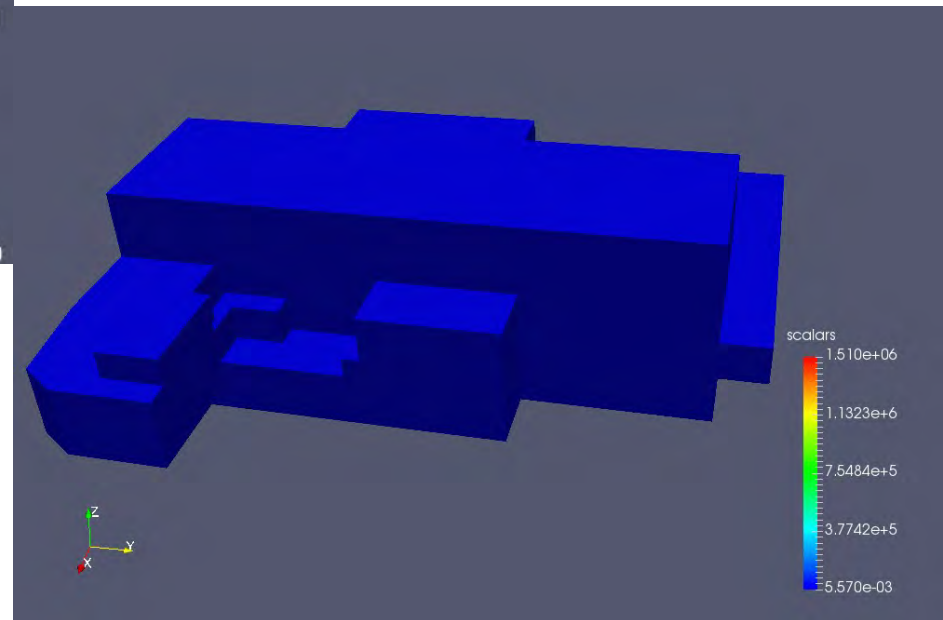
大規模流体—構造連成解析



計算機:スーパーコンピュータ京
ノード数:4800
計算時間:約11時間

粒子径:0.1[m]
粒子数:約1.3億

建屋四面体2次要素数:1,694,962
自由度数:8,402,583



まとめ

- LexADV_EMPSの概要
- LexADV_EMPSのインストールから結果出るまでのデモ
- LexADV_EMPSの応用例

参考文献

- ADVENTURE Project: <https://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/>
- LexADV_HDDMPSS: <https://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/lexadv/index.html>
- 室谷浩平, 分散メモリ並列EMPSライブラリLexADV_EMPS V0.1b, 第9回ADVENTURE定期セミナー, LexADV_EMPSのマニュアル(LexADV_EMPS-0.1.2b/doc/LexADV_EMPS_v0.1b_20141113.pdf).
- Masao Ogino, Hongjie Zheng, Kohei Murotani, Seiichi Koshizuka, Ryuji Shioya, Liu Lijun, Tsunami Run-Up and Inundation Simulations Using LexADV_EMPS Solver Framework on Fujitsu FX100, SC16, 2016.
- 室谷浩平, 荻野正雄, 塩谷隆二, MPS法を用いた東日本大震災の津波による福島第一原子力発電所1号機タービン建屋の浸水解析, HPCI利用研究成果集 hp150189, 2017.
- Hongjie Zheng, Ryuji Shioya, Naoto Mitsume, Large-Scale Parallel Simulation of Coastal Structures Loaded by Tsunami Wave Using FEM and MPS Method, Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering, 5, 11 – 16, 2018.