Salome-Mecaを使用した熱伝導解析入門 & 解析手法の違いによる熱伝導解析比較 秋山善克

#### 本日の演習内容

- 演習1:ウィザードによる熱伝導解析手順の確認
- 演習2:有限要素法による1次元解析
- 演習3:差分法による数値解の比較
- 演習4:有限体積法による数値解の比較



#### Salome-Meca2013.1の起動



デスクトップ上のアイコンをクリック

🥺 🥺 🗿 Salome-Meca 2013.1	
<u>File Edit View Tools Window H</u> elp	SALDME S
Salome-Meca	😂 🛎 🍽 🖗 📂 🛏 🐚 🎭 🛟 🎲 🎲 🚏 📶 🤮 🗞 🛲 🕬
Mech	
Post-Pro	Geometryを選択
HexaBlock	
🛁 Hello	
🎽 PyHello	
🐚 Light	
By PyLight	
2• Atomic	Activate module
AtomGen	
AtomSolv	
YACS	
M ParaVis	You're activating module Geometry.
SobManager	Please, select required action by pressing the corresponding button below.
OpenTURNS	
Eticas	
Aster	Now Open Load Load Script Cancel
Homard	
EPX Europlexus	
MED	

#### Geometry起動画面



①XY平面を底面基準とし、Z軸を中心軸とする半径50mm、高さ50mmの円柱を作成する。 (ソリッドモデルA)

②座標値(0,0,50)を中心とする半径40mmの球形状を作成する。(ソリッドモデルB)

③円柱(ソリッドモデルA)と球(ソリッドモデルB)を組み合わせる。



Cylinder

**Cylinder Construction** 

①XY平面を底面基準とし、Z軸を中心軸とする半径50mm、高さ50mmの円柱を作成する。 (ソリッドモデルA)

円柱の作成

Now Entitys Drimitivas Culindar

New Entity       Operations       Repair       Measures       Tools         Basic       Image: Commentive state st	Result name Name Cylind Dimensions At 0 Radius : 50 Height : 50	<ul> <li>● ●</li> <li>● 座標原点に作成</li> <li>er_1 名前は任意</li> <li>Origin</li> <li>● </li> <li>● </li> </ul>
Object Browser	Apply and Clo	<u>Apply Close Help</u> 重続して作成する場合はApply
<ul> <li>Geometry</li> <li>+ 0</li> <li>✓ OX</li> <li>✓ OY</li> <li>✓ OZ</li> </ul>	・ブラウザに追加される 示切り替え	

②座標値(0,0,50)を中心とする半径40mmの球形状を作成する。(ソリッドモデルB)

点の作成

New Entity>Ba	asic>Point	Point Construction
New Entity Operations Rep	pair Measures <u>T</u> ools <u>W</u> indow	- Points
Basic	Point	
Generation	Line     Circle	
Group	🗄 Ellipse	Result name
Blocks	Arc	Name Vertex_1
Explode	7 2D Sketch	Coordinates
Build	針 3D Sketch	X: 0
Import picture in viewer	nter 🖉 🖉 🖉	Y: 0
	→ Plane ↓ Local Coordinate System	Z: 50
	Crigin and Base Vectors	Apply and Close Apply Close Help

②座標値(0,0,50)を中心とする半径40mmの球形状を作成する。(ソリッドモデルB)

球の作成

New Entity>Primitives>Sphere



Sphere Construction
Sphere
• 🕒 · · 🌢
点と半径を指定して作成
Result name
Name Sphere_1
Center + Radius
Center Vertex_1
Radius : 40
Apply and Close Apply Close Help

矢印を選択するとグラフィックウインドウまたはオブジェクトブラウザから選択可能



③円柱(ソリッドモデルA)と球(ソリッドモデルB)を組み合わせる。

球の作成

#### Operations>Boolean>Cut

Ор	erations	Repair	Measu	res	<u>T</u> ools	<u>W</u> ine
	Boolean		•	•	Fuse	
	Transfor	mation	•		Commo	n
	Blocks		<b>`</b>	0	Cut	
0	Partition			Ð	Section	1
۲	Archime	de		-		
۲	Get Shap	pes on Sh	ape			
٦	Get Shar	ed Shape	es			
7	Fillet 1D					
1	Fillet 2D					
6	Fillet 3D					
6	Chamfer	r				
۷	Extruded	boss				
	Extruded	l cut				

Sut Of Two Objects
Cut
•
Result name
Name Cut_1
Arguments
Main Object Cylinder_1
Tool Object Sphere_1
Advanced options
Set presentation parameters and sub-shapes from arguments
<ul> <li>Add prefix to names of restored sub-shapes</li> </ul>
Apply and Close     Apply     Close     Help



# 演習1 グループの作成

#### グループの作成

#### New Entity>Group>Create

Ne	w Entity	Operations	Repa	ir	Measures	Tools \
	Basic		Ē	on	netry	
	Primitive	es	Ē			
	Generat	ion	1			
	Group		•	3	Create	
	Blocks			4	Edit	_
-	Explode			ð	Union Grou	ups
-	Build			Ò	Intersect G	Froups
	build		I	D	Cut Groups	s
	Import p	icture in view	er			

😣 Create Group	
Shape Туре	
○ + ○ ∕ । ● ■	0 🗃
Group Name フェースをグルーフ	パ化
Name low 名前は任意	
Main Shape And Sub-shapes	
Main Shape Cut_1	
Main Shape Selection restriction	Show only selected
No restriction	Hide selected
<ul> <li>Geometrical parts of the Second Shape</li> </ul>	
Only Sub-shapes of the Second Shape	Show all sub-shapes
Second Shape	
15	Select All
指定のフェースを選択	Add
	Remove
Apply and Close Apply Cl	ose <u>H</u> elp

## 演習1 グループの作成

😣 Create Group	
Shape Type	
○ + ○ ∕ ◎ ■	0 🗃
Group Name	
Name side	
Main Shape And Sub-shapes	
Main Shape Cut_1	
Main Shape Selection restriction	Show only selected
No restriction	Hide selected
<ul> <li>Geometrical parts of the Second Shape</li> </ul>	Show all sub-shapes
Only Sub-shapes of the Second Shape	Show an sub shapes
Second Shape	
3	Select All
	Add
	Remove
Apply and Close Apply	lose <u>H</u> elp



選択するとハイライトされる

## 演習1 グループの作成

グループの作成





low



up

side

#### Mesh起動画面



演習1 メッシュの作成

#### Mesh>Create Mesh



😣 Edit mesh/sub-mesh		
Name Mesh_1		
Geometry Cut_1		
3D 2D 1D 0D		
Algorithm Netgen 1D-2D-3D	•	
Hypothesis <pre></pre>	÷ 🎉 🖉	
Add. Hypothesis <pre> NETGEN 3D Parameter     NETGEN 3D Simple Par</pre>	s rameters	
Assign a set of hypotheses	•	
Apply and Close         Apply         Close	<u>H</u> elp	

### 演習1 メッシュサイズの設定

🔞 Hypothesis Con	struction
Netgen 3D	
Arguments Local size	es
Name	NETGEN 3D Parameters
Max. Size	5
Min. Size	1
Second Order	
Fineness	Moderate 🔷
Growth Rate	0.3
Nb. Segs per Edge	15
Nb. Segs per Radius	2
Allow Quadrangles	
<ul> <li>Optimize</li> </ul>	
<u>O</u> K <u>C</u> ancel	<u>H</u> elp

🛛 😣 Edit mesh/sub-mesh
Name Mesh_1
Geometry Cut_1
3D 2D 1D 0D
Algorithm Netgen 1D-2D-3D
Hypothesis NETGEN 3D Parameters 🗢 🌌
Add. Hypothesis <pre></pre> None> \$
Assign a set of hypotheses
Apply and Close <u>Apply</u> Close <u>H</u> elp

#### 演習1 メッシュの作成

メッシュの作成

#### Mesh>Compute





#### Mesh\_1を選択





演習1 メッシュのグループ化

グループの作成

#### Mesh>Create Group



S Create Group							
Mesh Mesh_1 Elements Type Node OD Element OBall OEdge Face Volume							
Name low							
Group type							
○ Standalone group							
Geometrical Object 🕜 Iow							
Direct geometry selection							
Find geometry by mesh element selection							
色は任意							
Color group							
Color							
Apply and Close         Apply         Close         Help							

演習1 メッシュのグループ化



#### 演習1 熱伝導解析設定条件

#### up温度:100℃



熱伝導率:0.54W/mK

# 演習1 Asterモジュールの起動

Aster>Wizards>Linear thermic

Salome-Meca

Coomotor

993	Geometry									
Be	Mesh		Aster <u>T</u> ools <u>W</u> indow	w <u>H</u> elp						
0	Post-Pro		Add study case	Aster	🗘 🔊	8				
B	HexaBlock		Current study case	e •						
_	Hello		Tools	•	OCC scene:	:1				
) L	PyHello		Wizards	🔜 🧞 Linear elast	tic					
	Light		etry	🔏 Modal anal	ysis					
<b>B</b>	PyLight			🔥 Linear therr	mic					
>•	Atomic			🛛 🔏 Crack analy	ysis (X-FEM)					
<b>\$</b> }	AtomGen									
<b>\$</b> }?	AtomSolv									
<u>.</u>	YACS	~	Qt-subapplication	×	1	⊸ Qt	-subapplication			×
///	ParaViS	Linear thermal analy Model definition	rsis			Linear thermal analysis				
9	JobManager				_					
<mark>0</mark> 2	OpenTURNS	What kind of model	do you want to work on?			Select a mesh from the Salomé o	bject browser			
ERCAS	Eficas	3D		*		Mesh_1				
Actor	Aster									
*	Homard					Use mesh groups     Use geometrical groups				
EPX	Europlexus					O ese geometrical groups				
Γ	MED									
				Nexts	-				Const	-
			< <u>B</u> ack	<u>IN</u> ext > Cancel			< <u>B</u> ack	Next >	Cancel	

#### 演習1 wizardの設定

Qt-subapplication     ×       Linear thermal analysis     Material properties	Linear thermal analysis Boundaries conditions
Thermal conductivity definition Thermal conductivity ( $\lambda$ ) 0.54 ( $\lambda$ > 0)	Adding imposed temperatures on groups Group T
熱伝導率の指定	Image: low         0           Image: low         0           Image: low         100
	温度の指定 
< Back Next Samel	< <u>B</u> ack <u>N</u> ext > Cancel
Qt-subapplication ×	T Ot-subapplication
Boundaries conditions	Linear thermal analysis
Adding streams normal to a face (optional)	Filename for writting command file
Group Stream	
•     Qt-subapplication     ×       Linear thermal analysis Boundaries conditions     •	Aster command file alome/run/toyama_seminner/14_kai/ex1/ex1.comm
熱流束の指定 Group Sources (optional) Group Source	
▲ Back Next> 発熱量の指定	
< <u>Back</u> Cancel	< <u>B</u> ack <u>F</u> inish Cancel

27

#### 演習1 wizardの設定



#### 演習1 解析の実行

😣 📀 🚫 🛛 bash

#### 解析実行中



···· origin

Content of /tmp/akiyama-akiyama-desktop-interactif.0001-3566-akiyama-desktop before execution
合計 18180
drux 5 akiyama akiyama 4096 2013-07-05 02102 .
arwxrwxrwt 21 root root 4096 2015-0/-09 02102
-rummer-r-1 akiyama akiyama 1240 2015-07-05 02:02 0001-3506-akiyama-desktop.export
douver-very 2 akiuama akiuama 4096 2013-07-05 02:02 000 akiyana desktup,para
druwr yr y 2 akiuama akiuama 4096 2013 07 00 02/02 Igolon
druxr-xr-x 2 akiyama akiyama 4096 2013-07-05 02:02 RELEDSIGHT
lrwxrwxrwx 1 akiyama akiyama 98 2013-07-05 02:02 asteru -> /home/akiyama/salome/SAU
OME-MECA-2013.1-LGPL/tools/Code_aster_standalone_20131_public/STA10/asteru
-rw-rr 1 akiyama akiyama 1624 2013-07-05 02:02 config.txt
-rw-rr- 1 akiyama akiyama 18022408 2013-07-05 02:02 elem.1
-rw-rr 1 akiyama akiyama1581 2013-07-05 02:02 fort.1.1
-rw-rr 1 akiyama akiyama 546994 2013-07-05 02:02 fort.20
s
Code Aster run
(INFO) Command line 1 :
KINFO> ./asteru Python/Execution/E_SUPERV.py -eficas_path ./Python -commandes fort.1 -nu
]_job 0001-3566-akiyama-desktop -mode interactif -rep_outils /home/akiyama/salome/SALOME-M
CA-2013.1-LGPL/tools/Code_aster_standalone_20131_public/outils -rep_mat /home/akiyama/sal
me/SALDME-MECA-2013.1-LCPL/tools/Code_aster_standalone_20131_public/STA10/materiau -rep_d
X /nome/akiyama/salome/SHLUHE-MELH-2013.1-LGPL/tools/Lode_aster_standalone_20131_public/s
A A A A A A A A A A A A A A A A A A A
۶۱ هم المعالم ا





#### 演習1 解析結果の表示

Pipeline Brown	VCAY	Properties Display Info	ormation
		Properties	
builtin:	Open	Apply O Reset	🗱 Delete 💡
	<u>C</u> opy	Supports	
Properties	Create Custom Filter	Group Cell Type	
Properties	Change Input		1
Mapply	Ignore Time Delete		
		Mo_Group	
		-	
<b>.</b>	Open File: (open multiple files with <ctrl> key.)</ctrl>	× (Fields)	
Look	ok in: /home/akiyama/salome/run/toyama_seminner/14_kai/ex1/		
Hom	me Filename	✓ • TEMP_TEMP	
	Inear-thermic.rmed		
run		Generate Vectors	
📄 run		Animation	
		Animation Mode Default	÷
	File name: linear-thermic med		
	Files of type: Supported Files (* nod * no * pop.nod * pop.nc * wind * ync *	Cache	
1		Strategy All	4

#### 演習1 解析結果の表示(温度)





### 演習1 解析結果の表示(レンジの変更)

<ul> <li>Color Scale</li> </ul>	Editor ×
Color Scale Color Legend	
Render View Immediately	Save Choose Preset
	•
Color Scalar Value	NaN Color Space HSV 🕹
Use Logarithmic Scale	
Automatically Rescale to Fit Data Range	
Minimum: 0	Maximum: 100
<u>Rescale Range</u> Rescal	e to <u>D</u> ata Range Rescale to <u>T</u> emporal Range
Use Discrete Colors	
Resolution 10	
✓ Set Range	×
Minimum 0 Maximum	100
Rescale	Cancel
Apply	Make Default <u>C</u> lose

50

25

n

#### 演習2

• 2-1解析解と数値解の比較

- 解析解を算出する

- 2-2メッシュサイズの違いによる解析結果への影響
   メッシュサイズ 0.01mと0.005mで比較
- 2-3メッシュタイプの違いによる解析結果への影響
   テトラメッシュとヘキサメッシュ(各辺15分割)で比較
- 2-4境界条件の違いによる解析結果への影響
  - 端部拘束と法線方向拘束で比較

#### 演習2 有限要素法による熱伝導解析

 $\theta$ :温度[K]  $\alpha = 1:$ 熱拡散率 $\left| \frac{m^2}{s} \right| = W: 1m$  $\lambda = 1:$ 熱伝導率 $\left[\frac{W}{mK}\right]$   $T_1: 100K$  $\rho = 1:$  密度  $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$  $C_p = 1: \texttt{k} \texttt{k} \texttt{k} \texttt{k} \texttt{k} \texttt{k}$  $[W] = \left\lceil \frac{J}{s} \right\rceil$ 

*B*:幅 *B*:1*m* W:奥行 *L*:全長 *L*:10*m* T<sub>1</sub>:左側温度  $T_2: 0K$ T,:右側温度

T1



演習2 グループの作成

グループの作成





T1





演習2 メッシュグループの作成

#### グループの作成









### 演習2 解析結果



選択状態にする

#### Filters>Data Analysis>Plot Over Line



	Display	Information				
Properties			Ð			
Peset X Delete						
Source High Resolution Line Source						
Show The	_					
Point1 0	0	0				
Point2 10	0	0				
	X Axis					
	Y Axis					
Z Axis						
Resolution	10	0	٢			
Note: Move mouse and use 'P' key to change point position						





# 演習3 差分法による1次元解析

 $\frac{\partial \theta}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$  $\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p}$ 

熱拡散率

T1

熱伝導方程式

B:1m B:幅W:1m W:奥行L:10m L:全長 $T_1:100K$  $T_2:0K$ 

 $\theta$ :温度[K]







$$Q_{i-\frac{1}{2}} = \frac{\theta_i - \theta_{i-1}}{\delta}$$

$$Q_{i+\frac{1}{2}} = \frac{\theta_{i+1} - \theta_i}{\delta}$$



# 演習3 数值微分(中央差分陽解法) $\theta_{i-1} \quad \theta_i \quad \theta_{i+1}$ $\delta \quad Q_{i-\frac{1}{2}} \quad Q_{i+\frac{1}{2}}$



 $\frac{d\theta_i}{dt} = \alpha \frac{d^2\theta}{dx^2} \approx \alpha \frac{Q_{i+\frac{1}{2}} - Q_{i-\frac{1}{2}}}{\delta} \implies \theta_i^{t+1} = \theta_i^t + \alpha \frac{\theta_{i+1}^t - 2\theta_i^t + \theta_{i-1}^t}{\Delta x^2} \Delta t$ 

演習3 エクセルによる計算

		А	B	С	D	E	F	G	Н	Ι	J	K	L
1	α		1										
2	dt		0.1	中半									
3	dx		1	上我									
- 4	T1		100		-			5m #0 /==					
5	T2		0				<b>*</b>	<b>別</b> 期1但					
6	Ċ.		<u>0.i</u>										
- 7	_							×					
8	t		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	_	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	_	0.1	100	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	_	0.2	100	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12	_	0.3	100	24.5	2.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0
13	_	0.4	100	29.86	4.54	0.34	0.01	0	0	0	0	0	0
14	_	0.5	100	34.342	6.652	0.727	0.042	0.001	0	0	0	0	0
15	_	0.6	100	38.1388	8.8285	1.251	0.1064	0.005	0.0001	0	0	0	0
16	_	0	<u>  </u>	ин <sup>в9389</sup>	11.00178	1.89429	0.21072	0.01 465	0.00058	0.00001	0	+ <u>+</u> = =	日夕川
17	_	0.	現介木	<b>1 21529</b>	13.13024	2.636682	0.35947	0.03285	0.00193	0.000066	0.000001	見り	下木什
18	_	0.9	100	46.68526	15.18939	3.458317	0.554529	0.06242	0.004836	0.000246	7.4E-06	1 E-07	0
19	_	1	100	48.86714	17.16587	4.341.045	0.795697	0.105872	0.01 01 35	0.000681	3.05E-05	8.2E-07	0
20	_	1.1	100	50.81.03	19.05351	5.268993	1.081249	0.165281	0.018763	0.001561	9.26E-05	3.71 E-06	0
21	_	1.2	100	52.55359	20.85074	6.228671	1.408427	0.242226	0.031 695	0.003135	0.000231	1.22E-05	0
22	_	1.3	100	54.12795	22.55882	7.208854	1.773831	0.337793	0.049892	0.0057	0.000499	3.28E-05	0
23	_	1.4	100	55.55824	24.18074	8.200348	2.17373	0.452607	0.074263	0.009599	0.000973	7.62E-05	0
24	_	1.5	100	56.86467	25.72045	9.195725	2.604279	0.586885	0.105631	0.015203	0.001746	0.000158	0
25	_	1.6	100	58.06378	27.1824	10.18905	3.061684	0.740499	0.144714	0.0229	0.002933	0.000301	0
26	_	1.7	100	59.16926	28.5712	11.17565	3.542303	0.91 3039	0.192111	0.033085	0.004666	0.000534	0
27	_	1.8	100	60.19253	29.89145	12.15187	4.042711	1.103872	0.248301	0.046145	0.007095	0.000894	0
28		1.9	100	61.14317	31.1476	13.11491	4.559743	1.312199	0.313643	0.062456	0.01 038	0.001 425	0

演習3 エクセルによる計算

		А	В	С	D	Е	F	G	Н	Ι	J	К	L
1	α		1										
2	dt		0.1	山半									
3	dx		1	<b>正</b> 我									
- 4	T1		100										
5	Τ2		0				•	<b>创</b> 期個					
6	Ċ.		0.1				_						
- 7 -								×					
8	t		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9		0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10		0.1	100	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11		0.2	100	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12		0.3	100	24.5	2.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0
13		0.4	100	29.86	4.54	0.34	0.01	0	0	0	0	0	0
14		0.5	100	34.342	6.652	0.727	0.042	0.001	0	0	0	0	0
15		0.6	100	38.1388	8.8285	1.251	0.1064	0.005	0.0001	0	0	0	0
16		0	<u></u> 山田 友	B9389	11.00178	1.89429	0.21 072	0.01 465	0.00058	0.00001	0	+± F	日々ル
17		0	児介余	<b>+</b> 21529	13.13024	2.636682	0.35947	0.03285	0.00193	0.000066	0.000001	見る	下宋什
18		0.9	100	46.68526	15.18939	3.458317	0.554529	0.06242	0.004836	0.000246	7.4E-06	1 E-07	0

$$\theta_i^{t+1} = \theta_i^t + \alpha \, \frac{\theta_{i+1}^t - 2\theta_i^t + \theta_{i-1}^t}{\Delta x^2} \Delta t$$

C10セル =C9+\$B\$1\*((D9-C9)/\$B\$3-(C9-B9)/\$B\$3)/\$B\$3\*\$B\$2

#### 演習3 解析結果



#### 演習3 dtを大きくする



クーラン数 
$$C = \frac{c\Delta t}{\Delta x} \le 1$$

 $\Delta x$ : 格子幅[L],  $\Delta t$ : 時間刻み[T], c速度[LT<sup>-1</sup>]

### 演習4 有限体積法による熱伝導解析

TutorialsのlaplacianFoamのflangeをコピー

→/home/user/OpenFOAM/user-2.2.1/run/tutorials/basic/laplacianFoam/flange

フォルダー名をflange→に変更

Allclean Allrun Flange.ans Constant>polyMesh内のファイル は削除する

#### 演習4 メッシュの出力

#### File>Export>UNV file





<u>File</u> <u>Edit</u> <u>V</u> iew	Mesh Controls N	Addification Mea
<u>N</u> ew	Ctrl+N	Mesh
🥁 <u>О</u> реп	Ctrl+O	
Reopen		
Connect	Ctrl+L	
💥 <u>C</u> lose	Ctrl+W	::
Save	Ctrl+S	
Save <u>A</u> s	Ctrl+Shift+S	
Dump Study	Ctrl+D	
Noteboo <u>k</u>	Ctrl+K	
Load Scrip <u>t</u>	Ctrl+T	
Properties	Ctrl+P	
Import		
Export		DAT file
Preferences	Ctrl+R	MED file
Most Recently	Used	. UNV file
Exit	Ctrl+Q	CGNS file
inear-	thermic.rmed	SAUV file GMF file

~	Export mesh	×
Look in:	/home/akiyama/salome/run/toyama_seminner/14_kai/ex3 🛛 4 🔾 3	🙈 🔃 🗏
akiyama	O     constant     system	
¢	ex4フォルダー直下に保る	存
File <u>n</u> ame: N	tesh_1	<u>S</u> ave
Files of type: ID	EAS files (*.unv)	Cancel
Quick path: /h	ome/akiyama/salome/SALOME-MECA-2013.2-LGPL/modules/SAMPLES_V6_6_0	Add path

### 演習4 メッシュの変換、条件設定

\$ ideasUnvToFoam Mesh\_1.unv メッシュ変換

その他ファイルの編集 /0/T の編集

<ul> <li>gridEditor: ex4/0/. (0:0) - + ×</li> <li>ファイル(E) 編集(E) 表示(⊻)</li> <li>□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □</li></ul>								
	define patch at constant/. (boundary)	т						
field type dimensions		volScalarField; [0 0 0 1 0 0 0];						
internal Field <sort patch=""></sort>		uniform 0;						
т1	type patch; physicalType patch;	type fixedValue; value uniform 100;						
T2	type patch; physicalType patch;	type fixedValue; value uniform 0;						
wall	type patch; physicalType patch;	type zeroGradient;						
			3					

\$ paraFoam

#### /system/controlDict の編集

18 19	application	laplacianFoam;	
20	startFrom	latestTime;	
22	startTime	0;	開始時間
24 25	stopAt	endTime;	
26 27	endTime	400;	終了時間
28 29	deltaT	0.1;	計算時間間隔
30	writeControl	runTime;	
32	writeInterval	10;	結果出力間隔



### 演習4 計算実行、結果処理

#### \$ laplacianFoam 💡

#### 解析実行

#### \$ paraFoam





### 解析結果の比較



座標	FEM	FDM	FVM
0	100.0000	100.0000	98.3329
1	90.0000	90.0000	89.9973
2	80.0000	80.0000	79.9949
3	70.0000	70.0000	69.9929
4	60.0000	60.0000	59.9917
5	50.0000	50.0000	49.9912
6	40.0000	40.0000	39.9917
7	30.0000	30.0000	29.9929
8	20.0000	20.0000	19.9949
9	10.0000	10.0000	9.99728
10	0.0000	0.0000	1.66621

$\square$	離散化手法		
演習2	有限要素法	FEM	
演習3	差分法	FDM	
演習4	有限体積法	FVM	