



Baram-v5.1 사용자 매뉴얼

(비압축성 유동과 열전달 해석을 위한
공개 소스 CFD 패키지)

(주)넥스트폼
www.nextfoam.co.kr

Open Source CFD Consulting

NEXTfoam
153-790, 서울특별시 금천구 디지털로 9길 32 A동 1106호(갑을그레이트밸리)

September 2019

문의:

NEXTfoam Co.,Ltd.
153-790, 서울특별시 금천구 디지털로 9길 32
갑을그레이트밸리 A동 1106호
(070) 8796-3011

차 례

1	개요	3
2	설치 및 실행 방법	6
3	주화면(main window)	8
4	메뉴	10
4.1	File	10
4.2	Surface	11
4.3	Fields	12
4.4	Postprocessing	16
4.5	Help	16
5	Tool bar	17
6	Mesh manipulation	19
7	Flow conditions	22
8	Boundary condition	24
8.1	Initial Conditions	24
8.2	Boundary Conditions	25
8.2.1	경계조건별 입력 항목	28
8.2.2	cyclicAMI 조건 설정	29
8.3	Cell Zone	32
9	Numerical Condition	34
10	Monitoring	36
11	Run condition	38
12	Stop	40
13	Extract Data	40
14	Patch Display	42
15	Cutting Plane	43
16	Iso-Surfaces	44
17	Clip	45
18	Streamline	46
19	ParaFoam	47
20	Exit	47
21	cfMesh	47
21.1	Select STL files	47
21.2	Mesh type	47
21.3	Max.cell size / Patch refinement	47
21.4	Boundary layer	48
21.5	Create farfield	48

21.6	Object refinement	48
21.7	Translate / Rotate / Scale STL	50
21.8	Create Mesh	51

1 개요

Baram-v5.1은 비압축성 유동 및 열전달 해석을 위한 전산유체역학 프로그램으로 공개 소스 CFD 도구 상자인 OpenFOAM 5.x 기반으로 개발되었다.

(주)넥스트풀이 개발하여 GNU GPL 라이선스 프로그램으로 2019년 9월에 공개하였다.

Baram-v5.1의 기능은 다음과 같다.

- Solver
 - simpleNFoam : 정상상태 비압축성 유동
 - pimpleNFoam : 비정상상태 비압축성 유동
 - buoyantSimpleNFoam : 정상상태 열전달 유동
 - buoyantPimpleNFoam : 비정상상태 열전달 유동
- 난류 모델
 - Laminar
 - Standard k-epsilon
 - RNG k-epsilon
 - Realizable k-epsilon
 - SST k-omega
- 열전달
 - Forced convection
 - Natural convection
 - Radiation : P1, fvDOM
- Cell zone 모델
 - MRF
 - Porous media : Darcy-Forchheimer / power law
 - Heat source : absolute / specific heat source, fixed temperature
- 격자 생성 : snappyHexMesh/cfMesh 이용
 - cfMesh는 Creative Fields 사에서 개발하여 공개한 격자 생성 프로그램이다.
- 격자 파일 변환 :
 - Fluent msh/cas : fluentMeshToFoam, fluent3DMeshToFoam
 - Star-CCM+ ccm : ccm26ToFoam

- ideasUnv : ideasUnvToFoam
 - gmsh : gmshToFoam
 - OpenFOAM : polyMesh 풀더
- STL 파일 처리 : scale, translate, rotate, split solids, merge files, surfaceAutoPatch
 - 격자 처리
 - Mesh information : cell, face, point의 개수, 도메인의 범위 표시
 - Mesh quality check : checkMesh
 - Mesh transform : scale, translate, rotate
 - Refine wall layer 시
 - Create baffle : from faceSet, faceZone
 - 격자 display
 - Display mode : surface, surfaceEdge, wireframe, feature
 - Selected patch highlight
 - Reset view
 - Surface culling
 - Background color : paraview color, black, white
 - Cell zone display
 - 그래픽 창에서 경계면을 선택하면 격자와 경계조건이 treeview에 표시
 - Monitoring
 - Force, force coefficient
 - Point value
 - Surface value : average, integral, flowrate
 - Plot
 - Save
 - 후처리
 - 경계면에서 스칼라 분포 및 벡터
 - 축단면에서 스칼라 분포 및 벡터
 - iso-surface
 - monitoring - point, surface, flow rate, force
 - data extraction : point value, surface value, force
 - ParaView

- 기타

- Load settings
- setFields
- mapFields
- Field create : Q, vorticity, yPlus

사용자 환경은 python2.7, gtk, vtk, vte를 사용하여 개발되었다.

2 설치 및 실행 방법

Baram-v5.1의 설치 방법은 다음과 같다.

- 1) 설치 파일의 압축을 풀면 Baram-v5.1 폴더가 생성된다.
- 2) 터미널에서 Baram-v5.1/install_Baram-v5.1 폴더로 이동하여 install 파일을 실행한다.
- 3) 터미널에서 Baram을 입력하거나 우분투 메뉴에서 Baram 아이콘을 클릭하면 프로그램이 구동된다.
- 4) snappyHexMesh를 사용하기 위해서는 터미널에서 Baram-snappy를 입력하거나 우분투 메뉴에서 Baram-snappy 아이콘을 클릭한다.

프로그램이 설치되는 경로는 \$FOAM_USER_APPBIN/ 이다. 설치경로에 Baram-v5.1 폴더가 만들어 진다.

Baram-v5.1 폴더에는 nextfoamSolver, common, DictFile, FOAMFunction, Help, mainWindow, NEXTfoam, panel, pic, snappyHexMesh 등의 폴더와 실행 파일인 Baram.py, Baram-snappy.py 파일이 생성된다.

Baram-v5.1이 정상적으로 구동되기 위해서는 OpenFOAM-5.x가 설치되어 있어야 한다. 이와 더불어 다음과 같은 프로그램들이 필요한데 install 파일을 실행하면 자동으로 설치 혹은 업데이트 된다.

- pyFoam
 - <https://openfoamwiki.net/index.php/Contrib/PyFoam> 사이트 참조
- swak4Foam
 - <https://openfoamwiki.net/index.php/Contrib/swak4Foam> 사이트 참조
- python2.7
 - 대부분의 리눅스 배포판에서는 설치되어 있음.
 - 우분투에서는 synaptic package manager에서 설치할 수 있음
 - www.python.org 사이트 참조
- pygtk
 - 대부분의 리눅스 배포판에서는 설치되어 있음.
 - 우분투에서는 synaptic package manager에서 설치할 수 있음
 - www.pygtk.org 사이트 참조

- vtk
 - 우분투에서는 synaptic package manager에서 설치할 수 있음
 - www.vtk.org 사이트 참조
- vte
 - 우분투에서는 synaptic package manager에서 설치할 수 있음
 - <https://github.com/GNOME/vte> 사이트 참조
- gnuplot
 - 대부분의 리눅스 배포판에서는 설치되어 있음.
 - 우분투에서 설치할 때는 터미널에서 ”sudo apt-get install gnuplot”을 실행
- rst2pdf
 - 우분투에서 설치할 때는 터미널에서 ”sudo apt-get install rst2pdf”를 실행
- cfMesh
 - Creative Fields Ltd.에서 개발하여 공개한 격자 생성 프로그램
 - cfmehs.com 혹은 <https://sourceforge.net/projects/cfmesh/> 사이트 참조

3 주화면(main window)

프로그램을 실행하면 그림 3.1와 같은 창이 나타난다.

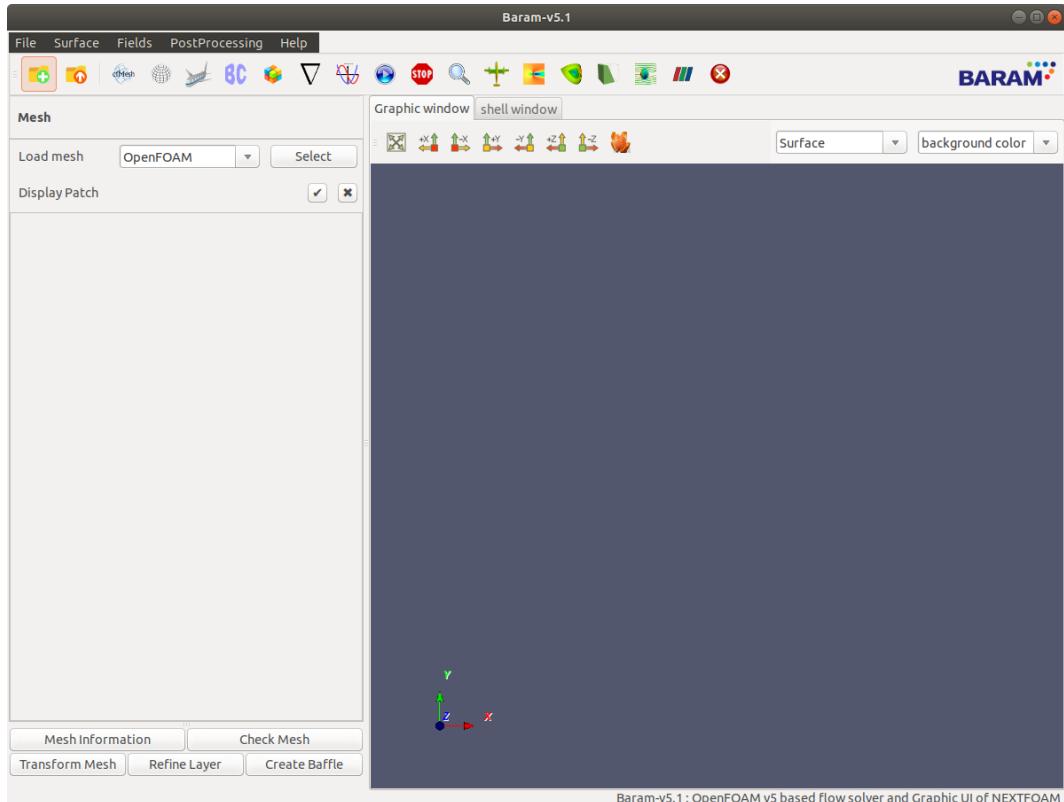


그림 3.1: 주화면

주화면은 다음의 여섯 개의 영역으로 나눌 수 있다. 그래픽 창, 쉘 창은 각 탭을 클릭하면 전환된다.

- 메뉴
 - File, Surface, Fields, Post-processing, Help 등 다섯 개의 메뉴가 있다.
- 툴바
- 세부설정상자
 - 툴바의 아이콘을 클릭하면 해당하는 세부 설정을 상자가 나타난다.
- 그래픽 창
 - STL 파일, 격자, 결과를 보여주는 영역
- 쉘(shell) 창
 - shell에서 솔버 및 유ти리티 실행 결과를 보여주고 리눅스 명령을 사용할 수 있다.

그래픽창의 마우스 컨트롤

그래픽 창은 STL 파일이나 격자 확인, 경계조건 설정 시 경계면을 표시, 모니터링 설정 시 위치 표시 등에서 형상 및 격자를 보여주거나 계산 결과를 확인하는 영역이다.

마우스 컨트롤 방법은 다음과 같다.

Order	Control 방법
Rotation	Mouse left button
Translation	Mouse wheel
Zoom in/out	Mouse right button

표 3.1: 마우스 컨트롤 방법

4 메뉴

메뉴는 File, Surface, Fields, Postprocessing, Help 다섯 가지로 구성되어 있다.

4.1 File

File 메뉴는 다음과 같은 7개의 항목으로 구성되어 있다.

New simulation

'New simulation'은 새로운 작업을 시작하기 위한 메뉴이다. Launcher에서와 마찬가지 기능을 하며 새로운 폴더를 설정하기 위한 설정 창이 열린다. 새로운 폴더를 설정하면 현재 작업 폴더가 변경된다.

Open simulation

'Open simulation'은 기존의 작업을 열기 위한 메뉴이다. Launcher에서와 마찬가지 기능을 하며 기존 작업 폴더를 선택하기 위한 폴더 선택 창이 열린다.

Save As

'Save As'는 현재의 작업을 다른 이름으로 저장하기 위한 메뉴이다. 'New simulation'과 마찬가지로 새로운 폴더를 설정하기 위한 설정 창이 열린다. 모든 설정과 격자, 저장된 데이터들이 다른 이름으로 복사된다.

Clone Case

'Clone Case'는 저장된 데이터는 가져가지 않는다는 것을 제외하면 'Save As'와 같은 작동을 한다.

reconstructPar

'reconstructPar'는 병렬연산을 통해 저장된 데이터가 있을 때 이를 하나의 데이터로 합쳐준다. 명령을 실행하면 그림 4.1와 같은 창이 열린다. 'SourceTime is latestTime', 'SourceTime is All', 'Select time' 등의 세 가지 옵션이 있다.

- 'SourceTime is latestTime' : 마지막 시간에 저장된 데이터만 reconstruct 되고 나머지 데이터는 모두 삭제
- 'SourceTime is All' : 모든 데이터가 reconstruct 된다.
- 'Select time' : 저장된 시간들을 선택하면 선택된 시간의 데이터들만 reconstruct되고 나머지 데이터는 모두 삭제

Load setting

기존에 저장된 폴더를 선택하면 설정 파일을 가져온다.

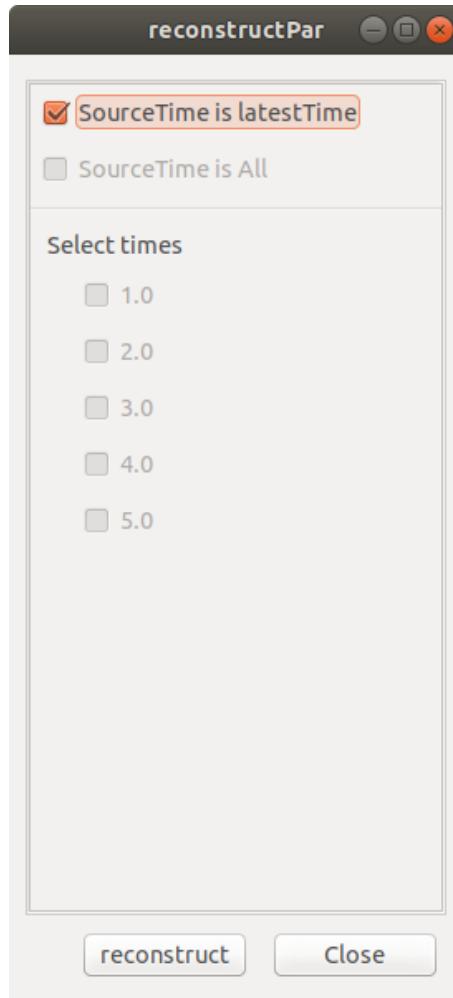


그림 4.1: reconstructPar 설정 창

Exit

프로그램을 종료한다.

4.2 Surface

cfMesh에서 사용할 STL 파일을 수정하기 위한 기능을 제공한다. surfaceAutoPatch 1개의 하위 메뉴가 있다.

surfaceAutoPatch

STL 파일의 solid 영역이 경계면을 모두 나타내지 못할 때, surfaceAutoPatch 유ти리티를 사용하여 면들의 각도를 이용해서 여러 개의 solid 영역으로 나누어 준다.

'surfaceAutoPatch' 메뉴를 실행하면 그림 4.2와 같은 창이 열린다.

'Select STL file' 버튼을 누르면 STL 파일을 선택할 수 있는 창이 열린다. 파일을 선택하면 선택된 파일의 경로와 이름이 표시된다. 'includedAngle'과 'Output file name'을 입력하고 'Apply' 버튼을 누르면 현재 작업 폴더에 설정한 이름의 파일이 만들어진다.

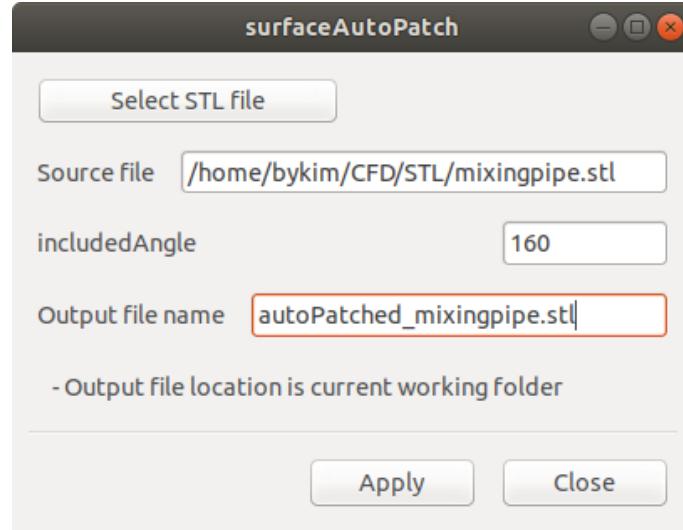


그림 4.2: surfaceAutoPatch 설정 창

4.3 Fields

mapFields, setFields, yPlus, Q, vorticity 등 다섯 가지 하위 메뉴가 있다.

mapFields

mapFields 유ти리티를 사용하여 다른 계산 결과의 데이터를 현재 격자에 mapping 한다. 메뉴를 실행하면 그림 4.3와 같은 창이 열린다.

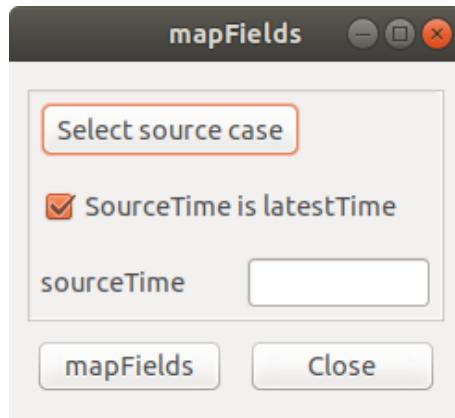


그림 4.3: mapFields 설정 창

'Select source case' 버튼을 누르면 데이터를 가져올 기준 폴더를 선택할 수 있다.

'SourceTime is latestTime'을 선택하면 기준 데이터의 마지막으로 저장된 데이터를 가져온다.
'sourceTime'을 입력하면 입력된 시간의 데이터를 가져온다.

'mapFields' 버튼을 누르면 데이터 mapping이 시작되고 shell 창에 과정이 표시된다. 유ти리티는 다음의 명령으로 실행된다.

```
mapFields -consistent -case <current case> -sourceTime <source time> <source case>
```

setFields

setFields 유ти리티를 사용하여 특정 영역을 일정한 스칼라 값으로 초기화 한다. 메뉴를 실행하면 그림 4.4와 같은 창이 열린다.

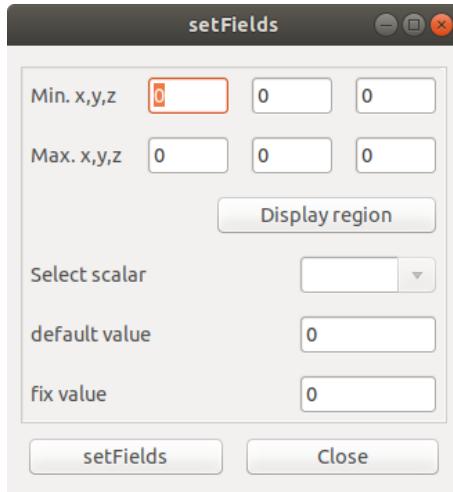


그림 4.4: setFields 설정 창

'Min. x,y,z'와 'Max. x,y,z'에 두 점의 좌표를 입력하면 이 점으로 만들어지는 육면체 내부가 설정 영역이 된다. 'Display region' 버튼을 클릭하면 그래픽 창에 설정한 영역이 현재 격자와 함께 표시된다.

'Select scalar'에서 스칼라를 선택하고 'default value'와 'fix value'를 입력하고 'setFields' 버튼을 누르면 setFields 유ти리티가 실행되고 그 과정을 shell 창에서 확인할 수 있다. 'fix value'는 선택한 영역 내부의 값이며 'default value'는 영역 이외의 값이다.

yPlus

yPlus 후처리 기능을 사용하여 y+ 필드를 만들어 준다. 메뉴를 실행하면 그림 4.5와 같은 창이 열린다.

다음과 같은 다섯 가지 옵션이 있다.

- All : 저장된 모든 시간 데이터에 대해 y+ 필드를 생성한다.
- latestTime : 마지막 저장된 데이터에 대해 y+ 필드를 생성한다.
- Time : 입력한 시간 데이터에 대해 y+ 필드를 생성한다.
- Time Range : 입력한 시간 범위 내의 데이터에 대해 y+ 필드를 생성한다.
- noZero Option : 0 풀더의 데이터는 제외한다.

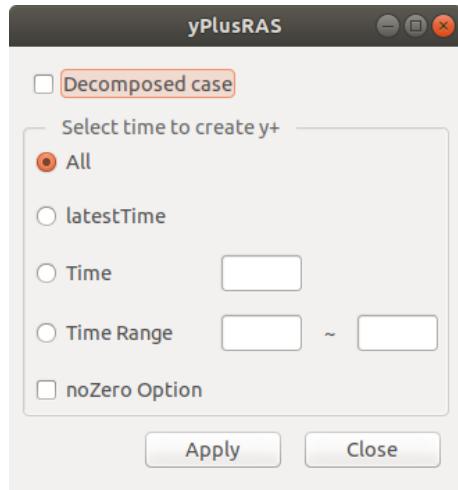


그림 4.5: yPlusRAS 설정 창

실행은 다음의 명령을 사용한다.

```
<solver> -postProcess -func yPlus -<option> -case <current case>
```

'Decomposed case' 체크박스를 체크하면 파티션이 나누어진 데이터에 대해서도 실행이 가능하다.

Q

Q 후처리 기능을 사용하여 Q-criterion 필드를 만들어 준다. 메뉴를 실행하면 그림 4.6와 같은 창이 열린다.

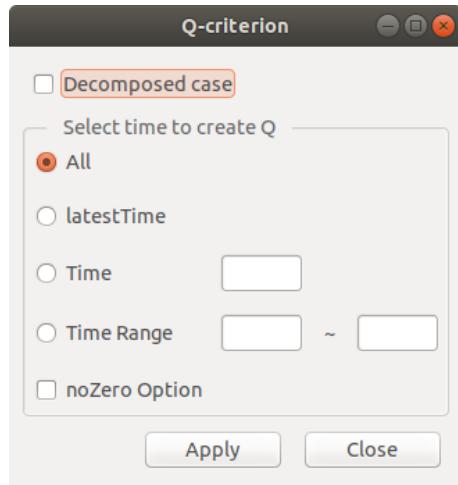


그림 4.6: Q 설정 창

다음과 같은 다섯 가지 옵션이 있다.

- All : 저장된 모든 시간 데이터에 대해 Q-criterion 필드를 생성한다.

- latestTime : 마지막 저장된 데이터에 대해 Q-criterion 필드를 생성한다.
- Time : 입력한 시간 데이터에 대해 Q-criterion 필드를 생성한다.
- Time Range : 입력한 시간 범위 내의 데이터에 대해 Q-criterion 필드를 생성한다.
- noZero Option : 0 폴더의 데이터는 제외한다.

실행은 다음의 명령을 사용한다.

```
<solver> -postProcess -func Q -<option> -case <current case>
```

'Decomposed case' 체크박스를 체크하면 파티션이 나뉘어진 데이터에 대해서도 실행이 가능하다.

vorticity

vorticity 후처리 기능을 사용하여 vorticity 필드를 만들어 준다. 메뉴를 실행하면 그림 4.7와 같은 창이 열린다.

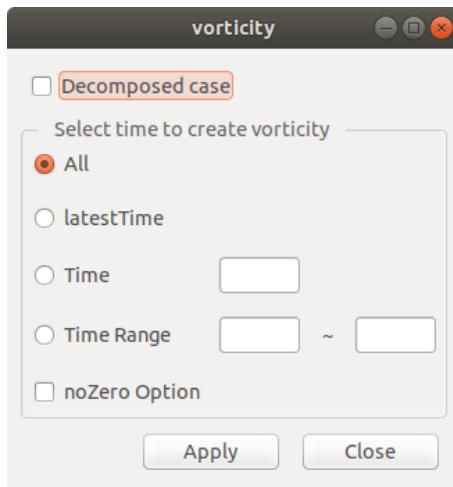


그림 4.7: vorticity 설정 창

다음과 같은 다섯 가지 옵션이 있다.

- All : 저장된 모든 시간 데이터에 대해 vorticity 필드를 생성한다.
- latestTime : 마지막 저장된 데이터에 대해 vorticity 필드를 생성한다.
- Time : 입력한 시간 데이터에 대해 vorticity 필드를 생성한다.
- Time Range : 입력한 시간 범위 내의 데이터에 대해 vorticity 필드를 생성한다.
- noZero Option : 0 폴더의 데이터는 제외한다.

실행은 다음의 명령을 사용한다.

```
<solver> -postProcess -func vorticity -<option> -case <current case>
```

'Decomposed case' 체크박스를 체크하면 파티션이 나뉘어진 데이터에 대해서도 실행이 가능하다.

4.4 Postprocessing

'paraFoam'과 'paraFoam -builtin' 두 가지 항목이 있다. 'paraFoam -builtin'은 paraview의 기본 옵션에 의해 paraview가 구동된다. 'paraFoam'을 실행했을 때 병렬연산에 의해 decompose 된 결과들을 확인할 수 없기 때문에 -builtin 옵션의 사용이 필요하다.

4.5 Help

'User Guide', 'Tutorial Guide', 'About' 등 세 가지 하위 메뉴가 있다. 해당 파일을 pdf 파일로 보여준다. pdf 파일 뷰어인 evince 프로그램을 사용한다.

5 Tool bar



그림 5.1: tool bar

Tool bar에는 다음과 같은 아이콘들이 있다.

- New Project : 새로운 프로젝트 시작
- Open Project : 기존 프로젝트 열기
- cfMesh : cfMesh를 이용한 격자 생성 세부설정상자 활성화
- Mesh Manipulation : 격자 불러오기/변환 등을 위한 세부설정상자 활성화
- Flow Conditions : 난류모델, 중력, 물성값등을 위한 세부설정상자 활성화
- Boundary Conditions : 경계조건 설정을 위한 세부설정상자 활성화
- Cell Zone Conditions : cell zone 조건 설정을 위한 세부설정상자 활성화
- Numerical Conditions : 수치해석 기법에 대한 세부설정상자 활성화
- Monitoring : 모니터링을 위한 세부설정상자 활성화
- Run Conditions : 계산 조건 설정에 대한 세부설정상자 활성화
- Stop : 현재 계산 중인 문제의 결과를 저장하고 계산을 종료
- Extract Data : 계산결과의 데이터 추출에 대한 세부설정상자 활성화
- Patch Display : 경계면 스칼라 분포와 벡터 가시화를 위한 세부설정상자 활성화
- Cutting Plane : 단면 스칼라 분포와 벡터 가시화를 위한 세부설정상자 활성화
- Iso Surfaces : iso-surface 가시화를 위한 세부설정상자 활성화
- Clip : clipping 컨트롤을 위한 세부설정상자 활성화
- Streamline : streamline 가시화를 위한 세부설정상자 활성화
- ParaFoam : 'paraFoam -builtin' 시스템 명령을 수행
- Exit : 프로그램 종료

그래픽 창에 별도의 graphic tool bar가 있다.

- Reset



그림 5.2: graphic tool bar

- View dir. +x
- View dir. -x
- View dir. +y
- View dir. -y
- View dir. +z
- View dir. -z
- Surface culling
- Display option : Surface, SurfaceEdge, Wireframe
- Background color : black, white, paraview color

6 Mesh manipulation

(Mesh manipulation)를 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 6.1와 같이 나타난다.

OpenFOAM 격자를 불러오거나 다른 형식의 격자를 변환할 수 있고 baffle을 생성할 수 있으며 격자를 그래픽 창에 표시할 수 있다.

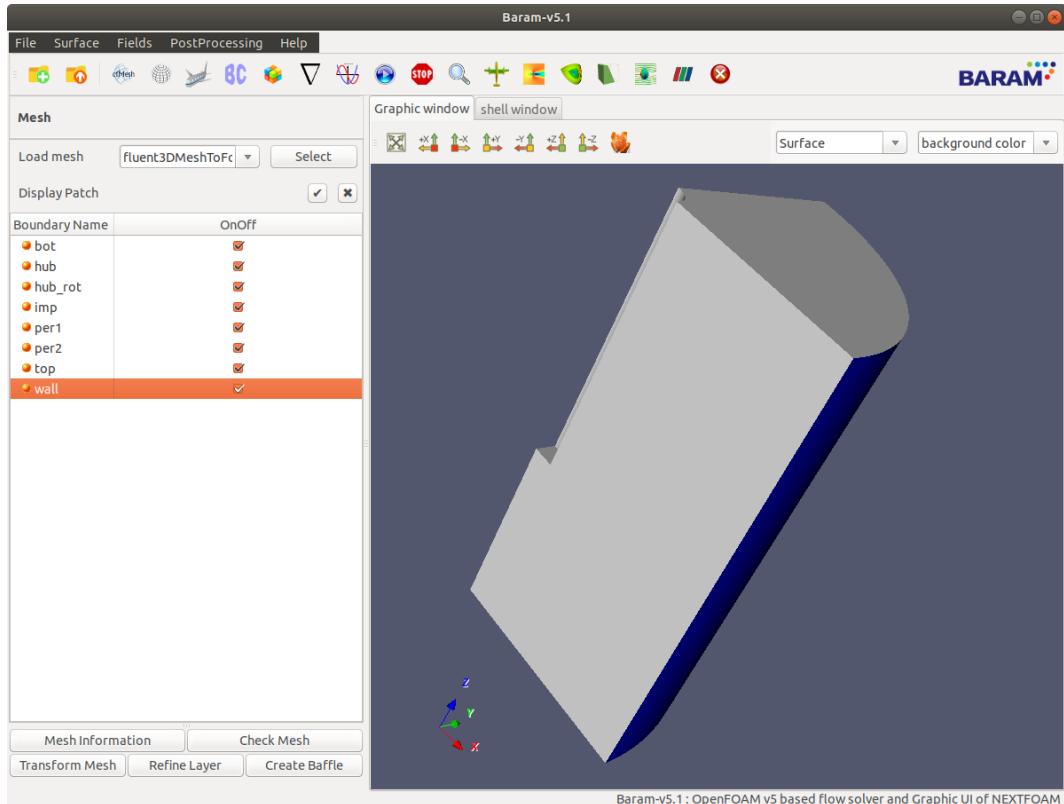


그림 6.1: Mesh 세부설정상자

'Load mesh'에서 격자 파일 형식을 선택하고 'Select' 버튼을 누르면 격자를 불러오거나 변환할 수 있다. 선택할 수 있는 항목과 기능은 다음과 같다.

- OpenFOAM : 기존 오픈폼 격자(polyMesh 폴더)를 현재의 작업 폴더로 가져온다. polyMesh 폴더를 선택한다.
- FluentMeshToFoam : Ansys Fluent의 msh/cas 형식의 격자를 변환한다.
 - 아스키 형식으로 저장된 파일이어야 한다.
 - writeZones -writeSets 옵션을 사용한다.
 - 계산영역의 구분 정보는 cellZone으로 변환된다.
 - 계산영역 내부에 존재하는 경계면(interior 혹은 wall)의 정보는 faceSet으로 변환된다.
- Fluent3DMeshToFoam : Ansys Fluent의 msh/cas 형식의 격자를 변환한다.

- StarCCM+ ccm:
 - ccm26ToFoam 유ти리티를 사용하여 starCCM+의 ccm 형식의 파일을 변환한다.
- Gmsh msh : gmshToFoam 유ти리티를 사용
- Ideas unv : ideasUnvToFoam 유ти리티를 사용

Mesh Information

cell, face, point의 개수와 도메인의 범위를 알려준다.

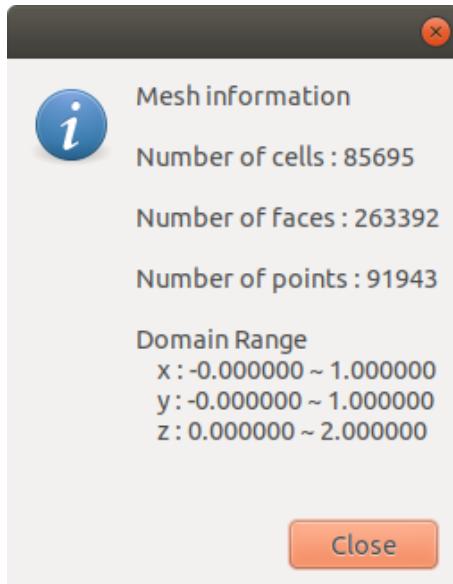


그림 6.2: Mesh Information

Check Mesh

checkMesh 유ти리티를 사용해 격자의 상태를 알려준다.

Transform Mesh

transformPoints 유ти리티를 사용해 격자를 scale, translate, rotate 할 수 있다.

Refine Layer

refineWallLayer 유ти리티를 사용해 벽면에서 첫번째 격자를 두 층으로 쪼갤 수 있다..

Create Baffle

계산 영역 내부에 존재하는 경계면을 생성한다.

”create baffle” 버튼을 누르면 그림 6.5의 창이 열린다.

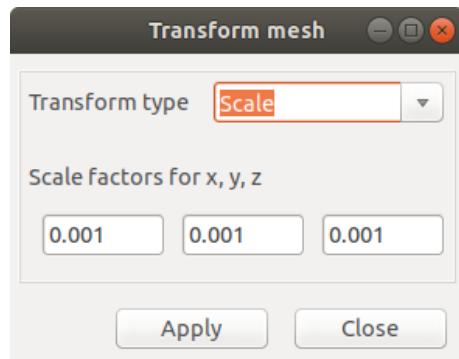


그림 6.3: Transform Mesh

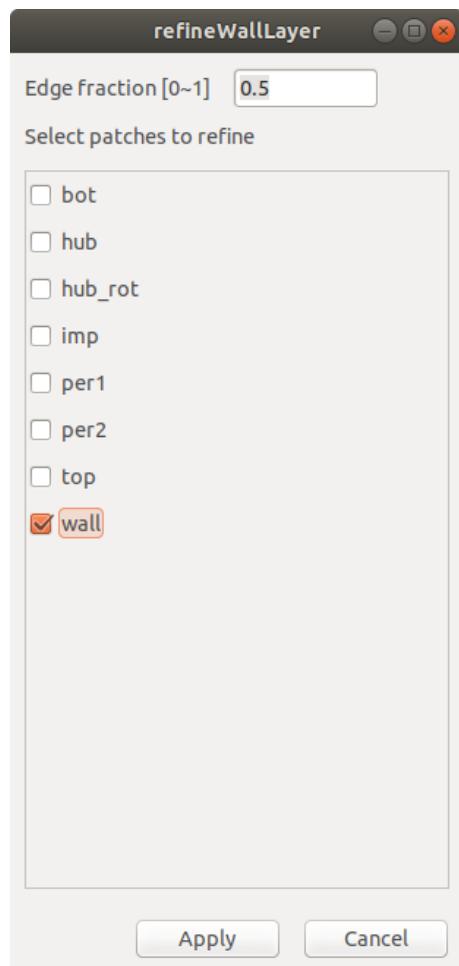


그림 6.4: Refine Layer

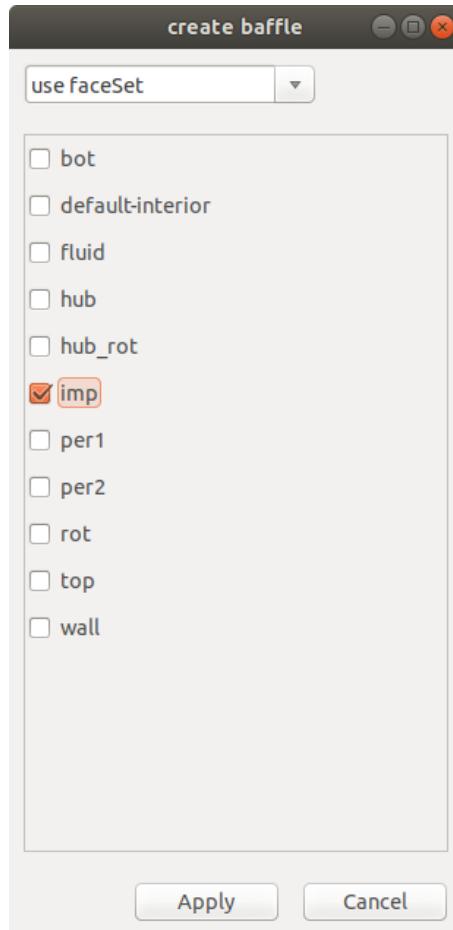


그림 6.5: create baffle window

이 창에서 표시되는 항목들은 파일을 변환하면서 생긴 faceSet 들이다. fluent의 msh 파일을 fluentMeshToFoam 유ти리티로 변환하면 두께가 없는 thin wall 들은 경계면(patch)으로 변환되지 않으며 faceSet으로만 변환된다. 따라서 임펠러나 배플 등이 두께가 없이 모델링 되었다면 createBaffle 유ти리티를 사용해서 patch로 만들어 주어야 한다. faceZone을 이용하여 생성하는 것도 가능하다.

faceSet들 중에서 baffle로 만들 면을 선택하고 Apply 버튼을 누르면 createBaffle 유ти리티의 덱 셔너리 파일이 만들어지고 유ти리티가 실행된다. 유ти리티가 실행 완료 되면 선택한 faceSet 이름에 _master, _slave가 붙은 이름으로 경계면 목록에 추가 된다.(imp라는 항목을 선택했다면 imp_master, imp_slave 두개의 patch가 만들어 진다.)

7 Flow conditions

- Time advance



(Flow Condition) 아이콘을 클릭하면 세부설정상자가 그림 7.1와 같이 나타난다.

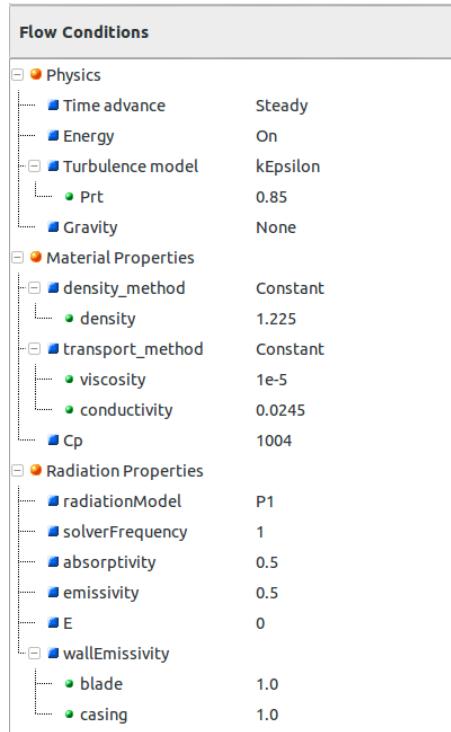


그림 7.1: Simulation conditions 세부설정상자

- Steady / Transient를 선택한다.
- Energy
 - On / Off를 선택한다.
 - Off를 선택하면 에너지방정식을 풀지 않으면 압력은 밀도로 나누어진 값이 된다.
- Turbulence model
 - laminar, kEpsilon, RNGkEpsilon, realizableKE, kOmegaSST 등의 옵션을 선택할 수 있다.
 - 넥스트폼이 수정한 모델을 사용한다.
- Gravity
 - 중력가속도를 선택한다.
 - 열전달이 있을 때만 선택 가능하다.
- Material properties
 - 열전달이 없을 때는 density와 viscosity를 입력한다.
 - 열전달이 있을 때 밀도는 Constant / Perfect gas 선택
 - 열전달이 있을 때 점성계수는 Constant / Sutherland 선택

- Cp : Cp 입력
- conductivity : viscosity type이 Constant일 때 입력
- Radiation Properties
 - radiationModel : P1 / fvDOM 선택
 - Solver frequency : 유동해석 몇 번 iteration마다 복사열전달을 계산할 것인지를 지정. fvDOM 모델의 경우 너무 작은 값을 주면 계산시간이 매우 늘어난다.
 - nPhi, nTheta : 입체각(solid angle)을 어떻게 나눌 것인지를 설정(그림 7.2)
 - convergence : 복사열전달의 수렴 판정 기준. 'maxIter' 수렴판정기준을 만족하지 않을 때의 최대 반복계산 회수
 - absorptivity, emissivity : 매질의 흡수/방사계수
 - wallEmissivity : 각 벽면의 방사율

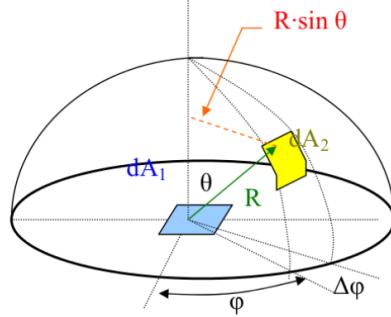


그림 7.2: solid angle

8 Boundary condition

BC(Boundary conditions)을 클릭하면 상세설정 창(free panel)이 그림 8.1와 같이 나타난다.

'Initial Conditions', 'Boundary Conditions'의 2부분으로 구성된다.

8.1 Initial Conditions

x, y, z 방향의 속도 성분과 압력, 온도 값을 입력한다. 난류모델을 사용할 때는 velocityScale, turbulentIntensity, viscosityRatio를 입력하는데, 이 3가지 값을 이용해서 k, epsilon, omega 등의 값을 계산해서 초기조건으로 사용한다.

Initial, Boundary Conditions		
<input type="checkbox"/> Initial Conditions		
<input checked="" type="checkbox"/>	Velocity [m/s]	0 0 0
<input checked="" type="checkbox"/>	Pressure [Pa]	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Temperature [K]	300
<input checked="" type="checkbox"/>	velocityScale [m/s]	1
<input checked="" type="checkbox"/>	turbulentIntensity	0.001
<input checked="" type="checkbox"/>	viscosityRatio	10
<input type="checkbox"/> Boundary Conditions		
<input checked="" type="checkbox"/>	blade	adiabaticWall
<input checked="" type="checkbox"/>	casing	adiabaticWall
<input checked="" type="checkbox"/>	inlet	surfaceNormalVelocityInlet
<input checked="" type="checkbox"/>	outlet	pressureOutletExt

Variable	Unit	Value
Umag	[m/s]	1
temperature	[K]	300
turbulentIntensity	[.]	0.001
viscosityRatio	[.]	10

그림 8.1: Boundary condition 세부설정상자

8.2 Boundary Conditions

각 경계면들의 형식을 선택할 수 있다. 2차원이나 축대칭 격자에 있는 empty, wedge 면은 표시되지 않는다. 경계면을 선택하면 아래쪽에 각 값을 입력할 수 있는 창이 나타난다.

경계조건의 형식은 다음과 같다. 'NEXT::'가 붙은 조건은 넥스트폼에서 개발한 조건이다.

- velocityInlet
 - 압력은 zeroGradient, 속도는 fixedValue, 온도는 fixedValue 조건 사용
 - k는 NEXT::turbulentIntensityInletOutletTKE 조건 사용
 - epsilon, omega는 NEXT::viscosityRatioInletOutletTDR 조건 사용
- surfaceNormalVelocityInlet
 - 압력은 zeroGradient, 속도는 NEXT::surfaceNormalVelocity, 온도는 fixedValue 조건 사용
 - k는 NEXT::turbulentIntensityInletOutletTKE 조건 사용
 - epsilon, omega는 NEXT::viscosityRatioInletOutletTDR 조건 사용

- massFlowRateInlet
 - 압력은 zeroGradient, 속도는 flowRateInletVelocity, 온도는 inletOutletTotalTemperature 조건 사용
 - k는 NEXT::turbulentIntensityInletOutletTKE 조건 사용
 - epsilon, omega는 NEXT::viscosityRatioInletOutletTDR 조건 사용
- volumeFlowRateInlet
 - 압력은 zeroGradient, 속도는 flowRateInletVelocity, 온도는 fixedValue 조건 사용
 - k는 NEXT::turbulentIntensityInletOutletTKE 조건 사용
 - epsilon, omega는 NEXT::viscosityRatioInletOutletTDR 조건 사용
- pressureInlet
 - 압력은 totalPressure, 속도는 pressureInletOutletVelocity, 온도는 inletOutletTotalTemperature 조건 사용
 - k는 NEXT::turbulentIntensityInletOutletTKE 조건 사용
 - epsilon, omega는 NEXT::viscosityRatioInletOutletTDR 조건 사용
- pressureOutlet
 - 압력은 totalPressure, 속도는 pressureInletOutletVelocity, 온도는 inletOutletTotalTemperature 조건 사용
 - k는 NEXT::turbulentIntensityInletOutletTKE 조건 사용
 - epsilon, omega는 NEXT::viscosityRatioInletOutletTDR 조건 사용
- pressureOutletExt
 - 압력은 totalPressure, 속도는 pressureInletOutletVelocity, 온도는 zeroGradient 조건 사용
 - k, epsilon 및 omega는 zeroGradient 조건 사용
- adiabaticWall
 - 압력은 fixedFluxPressure, 속도는 noSlip, 온도는 zeroGradient 조건 사용
 - k는 kqRWallFunction 조건 사용
 - epsilon, omega는 NEXT::epsilonWallFunction, NEXT::omegaBlendedWallFunction 조건 사용
 - nut는 k-epsilon 계열의 모델에서는 NEXT::nutkWallFunction, SST k-omega 모델에서는 NEXT::nutSpaldingWallFunction 사용
 - alphat는 compressible::alphatWallFunction 사용

- isoThermalWall

- 압력은 fixedFluxPressure, 속도는 noSlip, 온도는 fixedValue 조건 사용
- k는 kqRWallFunction 조건 사용
- epsilon, omega는 NEXT::epsilonWallFunction, NEXT::omegaBlendedWallFunction 조건 사용
- nut는 k-epsilon 계열의 모델에서는 NEXT::nutkWallFunction, SST k-omega 모델에서는 NEXT::nutSpaldingWallFunction 사용
- alphat는 compressible::alphatWallFunction 사용

- heatFluxWall, convectionWall

- 압력은 fixedFluxPressure, 속도는 noSlip, 온도는 NEXT::externalWallHeatFluxTemperature 조건 사용
- k는 kqRWallFunction 조건 사용
- epsilon, omega는 NEXT::epsilonWallFunction, NEXT::omegaBlendedWallFunction 조건 사용
- nut는 k-epsilon 계열의 모델에서는 NEXT::nutkWallFunction, SST k-omega 모델에서는 NEXT::nutSpaldingWallFunction 사용
- alphat는 compressible::alphatWallFunction 사용

- thermoCoupledWall

- 압력은 fixedFluxPressure, 속도는 noSlip, 온도는 NEXT::turbulentTemperatureCoupledBaffleMixed 조건 사용
- k는 kqRWallFunction 조건 사용
- epsilon, omega는 NEXT::epsilonWallFunction, NEXT::omegaBlendedWallFunction 조건 사용
- nut는 k-epsilon 계열의 모델에서는 NEXT::nutkWallFunction, SST k-omega 모델에서는 NEXT::nutSpaldingWallFunction 사용
- alphat는 compressible::alphatWallFunction 사용

- symmetry

- symmetry 조건 사용

- internalInterface, rotationalPeriodic, translationalPeriodic

- cyclicAMI 조건 사용

- empty

- empty 조건 사용

8.2.1 경계조건별 입력 항목

각 경계조건에 대한 입력 항목은 다음과 같다.

- velocityInlet
 - x, y, z velocity
 - temperature
 - turbulent intensity
 - viscosity ratio
- surfaceNormalVelocityInlet
 - velocity magnitude
 - temperature
 - turbulent intensity
 - viscosity ratio
- massFlowRateInlet
 - mass flowrate
 - density
 - total temperature
 - turbulent intensity
 - viscosity ratio
- volumeFlowRateInlet
 - volume flowrate
 - temperature
 - turbulent intensity
 - viscosity ratio
- pressureInlet
 - total pressure
 - total temperature
 - turbulent intensity
 - viscosity ratio
- pressureOutlet
 - total pressure
 - inflow total temperature

- inflow turbulent intensity
- inflow viscosity ratio
- pressureOutletExt
 - total pressure
- adiabaticWall
 - velocity mode (noSlip, slip, rotating, translating)
 - noslip : nothing
 - slip : nothing
 - rotating : Origin, Axis, RPM
 - translating : moving velocity
- isoThermalWall
 - temperature
- heatFluxWall
 - heat flux
- convectionWall
 - heat transfer coefficient
 - ambient temperature

8.2.2 cyclicAMI 조건 설정

internalInterface, rotationalPeriodic, translationalPeriodic 조건을 선택하면 각각에 대한 세부 설정창이 열린다.

internalInterface

internalInterface를 선택하면 그림 8.2의 창이 나타난다.

변경하고자 하는 경계면과 쌍을 이루는 면을 선택하고 Apply' 버튼을 누르면 두 면이 모두 internalInterface로 설정된다.

rotationalPeriodic

rotationalPeriodic을 선택하면 그림 8.3의 창이 나타난다.

변경하고자 하는 경계면과 쌍을 이루는 면을 선택하고 회전중심의 좌표와 회전축을 선택한다. 'Apply' 버튼을 누르면 두 면이 모두 rotationalPeriodic으로 설정된다.

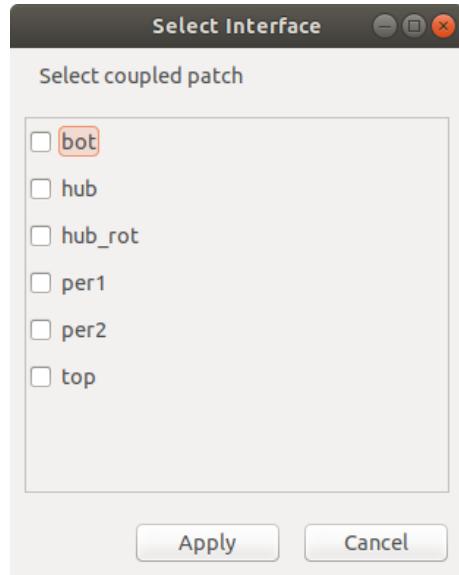


그림 8.2: internalInterface 설정 창

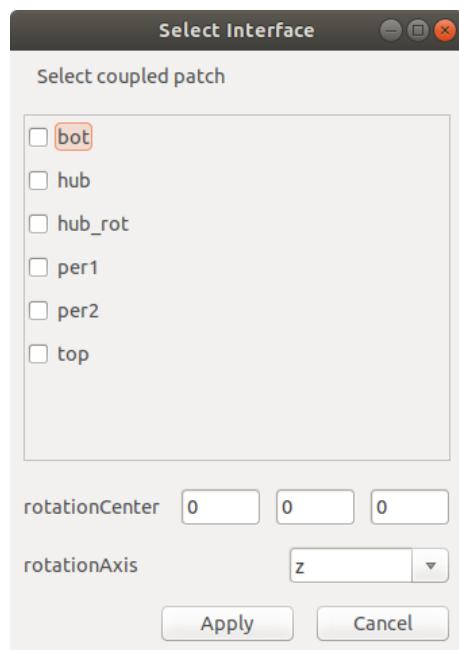


그림 8.3: rotationalPeriodic 설정 창

translationalPeriodic

translationalPeriodic을 선택하면 그림 8.4의 창이 나타난다.

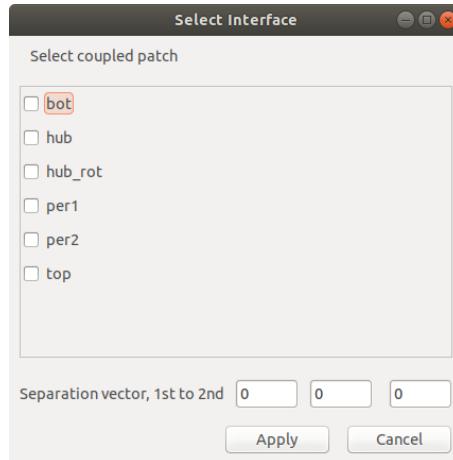


그림 8.4: translationalPeriodic 설정 창

변경하고자 하는 경계면과 쌍을 이루는 면을 선택하고 두 면 사이의 방향 벡터를 입력한다. 'Apply' 버튼을 누르면 두 면이 모두 translationalPeriodic 설정된다.

8.3 Cell Zone

Cell Zone에는 격자에 있는 cellZone들이 나타난다.

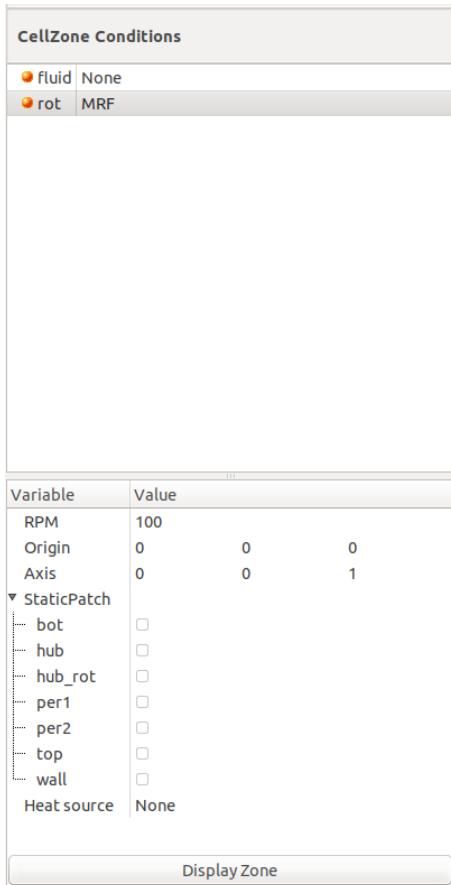


그림 8.5: CellZone 조건 설정

선택할 수 있는 모델은 'None', 'MRF' 및 'Porous' 3 가지이다. 조건을 선택하면 아래쪽에 세부 설정을 위한 창이 나타난다. 'None'은 아무런 조건도 없는 경우이다. 'MRF' 또는 'Porous'를 선택한 경우, 'Heat source' 조건을 추가로 적용할 수 있다.

제일 아래쪽에는 선택한 cellZone을 그래픽창에 표시해 주는 'Display Zone' 버튼이 있다.

MRF

MRF 모델의 세부 설정 항목은 다음과 같다.

- Origin : 회전 중심의 좌표
- Axis : 회전축(오른손 법칙에 따라 회전)
- RPM : 회전속도(Revolution Per Minute)
- staticPatch : MRF cell zone 영역 안에 있지만 회전하지 않는 면들을 선택

Porous

Porous는 Darcy-Forchheimer 모델과 Power law 모델을 사용할 수 있다.

Darcy-Forchheimer는 (식 8.1)을 사용한다. 압력순실 방향은 두 개의 벡터에 의해 결정된다. 두 벡터는 Dir-1, Dir-2에 의해 결정되고 세번째 방향은 두 벡터에 수직한 방향벡터이다.

$$S_i = \left(\mu d + \rho |U| \frac{f}{2} \right) U \quad (8.1)$$

d는 Darcy coefficient, f는 Forchheimer coefficient이며 벡터로 입력한다.

Power law는 (식 8.2)을 사용한다.

$$S_i = -\rho C_0 |U|^{C_1-1} U \quad (8.2)$$

C0와 C1은 상수로 입력한다.

Heat source

Heat source 입력 방법은 absolute, specific, fixed.T 3가지이다. specific은 단위 체적 당 에너지를 입력하는 방법이며 absolute는 cell zone 전체에 대한 에너지를 입력하는 방법이다. 'fixed.T'는 cell zone의 온도를 일정하게 고정하는 방법이다. 각 방법에 해당하는 값을 value에 입력한다.

9 Numerical Condition

∇ (Numerical condition)를 클릭하면 세부설정상자가 그림 9.1와 같이 나타난다.

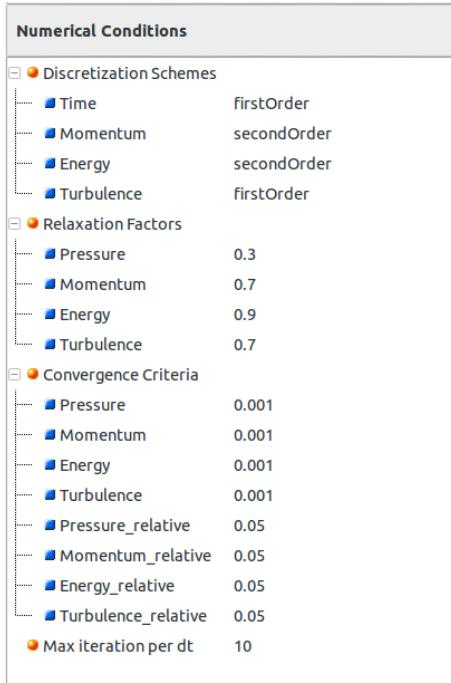


그림 9.1: 수치해석 기법 설정

Discretization schemes, Relaxation factors, Convergence criteria, Max iteration per dt의 4가지 항목으로 구성된다.

Discretization

time, momentum, energy, turbulence 4개의 항목이 있다. 모두 firstOrder와 secondOrder 중 선택할 수 있다.

- time
 - fvSchemes 파일의 ddtSchemes에 적용
 - firstOrder : NEXT::Euler 사용
 - secondOrder : NEXT::backward 사용
- momentum
 - fvSchemes 파일의 divSchemes 덕셔너리의 div(phi,U)에 적용
 - firstOrder : Gauss upwind 사용
 - secondOrder : Gauss linearUpwind momentumReconGrad 사용
 - momentumReconGrad는 NEXT::VKLimited Gauss linear 1

- energy
 - fvSchemes 파일의 divSchemes 딕셔너리의 div(phi,h), div(phi,K)에 적용
 - firstOrder : Gauss upwind 사용
 - secondOrder : Gauss linearUpwind energyReconGrad 사용
 - energyReconGrad는 NEXT::BJLimited Gauss linear 1
- turbulence
 - fvSchemes 파일의 divSchemes 딕셔너리의 div(phi,k), div(phi,epsilon), div(phi,omega)에 적용
 - firstOrder : Gauss upwind 사용
 - secondOrder : Gauss linearUpwind turbulenceReconGrad 사용
 - turbulenceReconGrad는 NEXT::BJLimited Gauss linear 1

Relaxation factors

fvSolution 파일의 relaxationFactors에 해당한다.

비정상상태 계산시에 각 변수의 Final에 해당하는 값들도 필요한데 여기서 입력한 값으로 똑같이 사용된다.

Convergence criteria

fvSolution 파일의 SIMPLE 또는 PIMPLE 딕셔너리의 residualControl에 해당한다.

각 필드에 대한 값들은 tolerance에 적용된다. 비정상상태 계산시 나타나는 relative 값들은 relTol에 적용된다.

Max iteration per dt

fvSolution 파일의 PIMPLE 딕셔너리의 nOuterCorrection에 적용된다. nCorrectors는 항상 2를 사용한다.

10 Monitoring

 (Monitoring)를 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 10.1와 같이 나타난다.

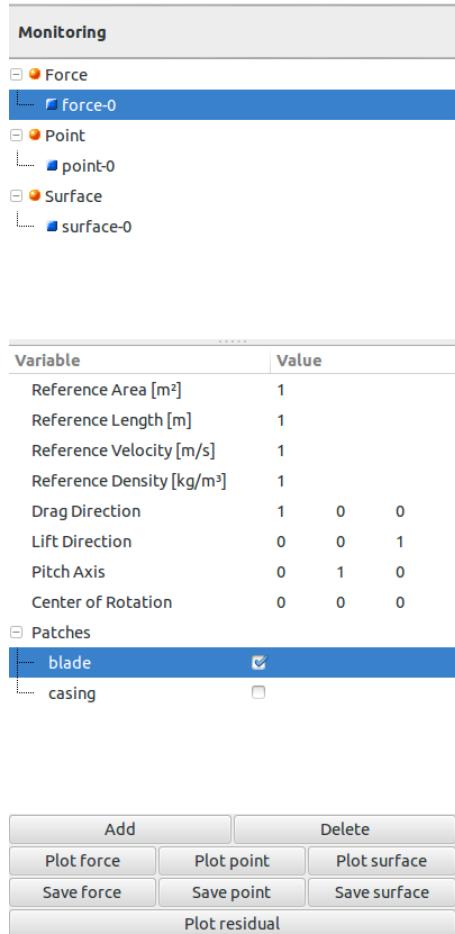


그림 10.1: Monitoring

계산 중 결과의 모니터링을 위한 설정을 하는 곳이다. Force, Point, Surface 등 3 가지를 설정할 수 있다.

Force, Point, Surface 중 하나를 선택하고 아래의 'Add' 버튼을 누르면 해당 항목에 서브 항목이 추가되고 그에 대한 세부 항목이 아래쪽에 나타난다. 서브 항목을 선택하고 아래의 'Delete' 버튼을 누르면 선택된 항목이 사라진다.

계산이 진행중이거나 완료되었을 때 'Plot force', 'Plot point', 'Plot surface' 버튼을 누르면 값의 변화를 그래프로 확인할 수 있다.

'Save force', 'Save point', 'Save surface' 버튼을 누르면 결과를 다른 이름으로 저장할 수 있다.

계산이 끝났을 때 'Plot Residual' 버튼을 누르면 residual의 변화를 그래프에서 확인할 수 있다.

Force

reference 값은 area, length, velocity, density를 입력한다. drag, lift 방향과 pitch axis, Center of Rotation을 벡터로 입력한다. Force 계산에 사용할 경계면을 선택한다.

Point

Point에 대한 설정창은 그림 10.2와 같다. 모니터링 할 필드(Field)와 좌표(Coordinate)와 모니터링 간격(Interval)을 입력한다.

Variable	Value
Field	p
Interval	1
Coordinate	0 0 0

그림 10.2: Point monitoring

Surface

Surface에 대한 설정창은 그림 10.3와 같다. 모니터링 할 경계면(Patch)과 필드(Field)와 모드(Mode)를 입력한다.

모드는 Flowrate, Average, Integrate 등 3 가지를 선택할 수 있다. Flowrate일 때는 경계면만 선택하면 되고, Average, Integrate일 때는 경계면과 필드를 선택한다. Average 방법은 area average를 사용한다.

Variable	Value
Mode	Average
Field	p
Patch	inlet

그림 10.3: Surface monitoring

11 Run condition

(Run conditions)를 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 11.1와 같이 나타난다.

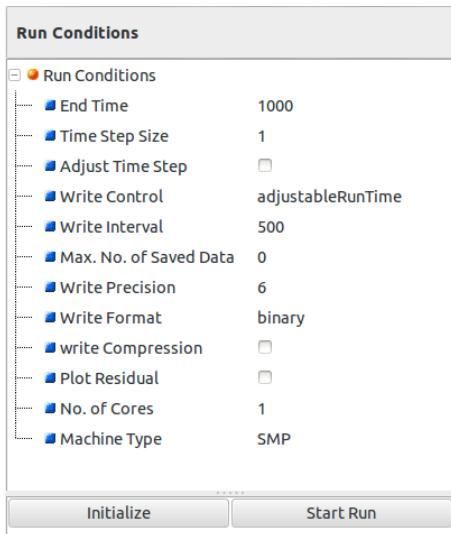


그림 11.1: Run condition 세부설정상자

controlDict 파일과 솔버 실행 옵션을 설정하기 위한 부분이다.

설정 항목은 다음과 같다.

- End Time : 계산을 종료할 시간
- Time Step Size : 시간 전진 간격. 정상상태 솔버일 때는 1로 설정
- Adjust Time Step : Courant 수를 사용하여 time step size를 자동으로 조절
- Max. CFL No. : 최대 Courant 수
- Write Control : 계산 중 데이터의 자동저장 방식
 - timeStep : iteration 수를 사용
 - runTime 계산 상의 시간을 사용
 - adjustableRunTime : adjustTimeStep을 사용할 때 주어진 시간에 맞게 시간 간격이 변하고 데이터가 저장됨
- Write Interval : 자동 저장 간격
- Max. No. of Saved Data : 자동 저장할 최대 시간 폴더 개수. 이 값을 넘어가면 오래된 시간 폴더부터 삭제

- Write Precision : 데이터 저장 시 유효자리수
- Write Format : ascii / binary
- Write Compression : 데이터 저장 시 압축 여부
- Plot Residual : 계산이 진행될 때 residual plot을 그릴지 여부
- No. of Cores : 병렬연산 시 사용할 코어 개수
- Machine Type : 병렬연산 시 사용할 컴퓨터의 종류. Cluster를 선택하면 병렬연산 시 사용할 컴퓨터 설정 파일을 선택

클러스터 컴퓨터에서 병렬연산 시 필요한 host file은 임의의 이름의 아스키파일이면 되고 그 내용은 다음과 같다.

host file

```
<node name1> cpu=<number of cores> \\
<node name2> cpu=<number of cores> \\
<node name3> cpu=<number of cores> \\
...

```

'Initialize' 버튼을 누르면 기존의 저장된 데이터를 모두 삭제할 것인지 확인하는 창이 나타나고 yes를 선택하면 데이터가 삭제된다.

'Start Run' 버튼을 누르면 다음의 과정을 통해 계산이 시작된다.

- boundaryConditions 파일 생성
- initialConditions 파일 생성
- controlDict 파일 생성
- decomppseParDict 파일 생성
- setConditions 실행
- 솔버 실행

계산이 실행되면 shell 창에 residual의 변화가 숫자로 표시되며 "plotResidual"이 선택되어 있다면 Residual 그래프가 그려진다.

12 Stop



(Stop)를 클릭하면 현재 계산중인 데이터를 저장하고 계산을 종료한다.

13 Extract Data



(Extract Data)를 클릭하면 세부설정상자가 그림 13.1와 같이 나타난다.

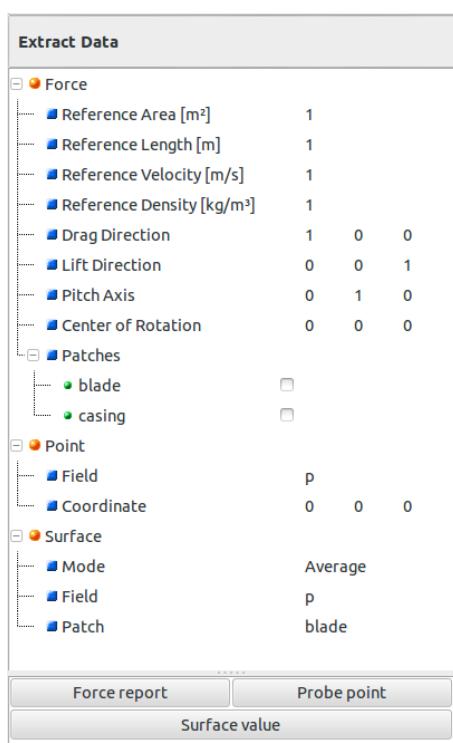


그림 13.1: Extract Data 설정

계산 종료 후 결과를 확인할 수 있는 기능으로 'Force', 'Point', 'Surface' 등 3 가지이다.

Force

reference 값은 area, length, velocity, density를 입력한다. drag, lift 방향과 Center of Rotation(CofR)을 벡터로 입력한다. Force 계산에 사용할 경계면을 Patches에서 선택한다.

'Force report' 버튼을 클릭하면 계산결과에서 force, force coefficient를 계산해서 보여준다.

"<solver> -postProcess -dict <dict file> -latestTime" 명령을 통해 값을 계산한다.

Point

계산 결과가 있을 때 원하는 지점의 값을 확인할 수 있다.

필드를 선택하고 좌표를 입력한 후 'Probe point' 버튼을 누르면 결과를 보여준다.

"postProcess -func pointReport" 명령을 통해 값을 계산한다.

이 때 사용되는 딕셔너리 파일인 system/pointReport 파일은 다음과 같다.

pointReport

```
#includeEtc "caseDicts/postProcessing/probes/probes.cfg"

fields
(
    p
);
probeLocations
(
    (1 0 0)
);
```

Surface

계산 결과가 있을 때 경계면의 유량, 평균, 적분값을 확인할 수 있다.

모드는 flowrate, average, integrate 등 3가지를 선택할 수 있다. flowrate일 때는 경계면을 선택하면 되고, average, integrate일 때는 경계면과 필드를 선택한다. average 방법은 area average를 사용한다.

'Surface value' 버튼을 누르면 결과를 보여준다.

"postProcess -func surfaceReport" 명령을 통해 값을 계산한다.

이 때 사용되는 딕셔너리 파일인 system/surfaceReport 파일은 다음과 같다.

surfaceReport

```
name          inlet;
fields        (p);
operation     areaAverage;
#includeEtc "caseDicts/postProcessing/surfaceFieldValue/patch.cfg";
```

14 Patch Display

Patch Display를 클릭하면 세부 설정 창자가 그림 14.1와 같이 나타난다.

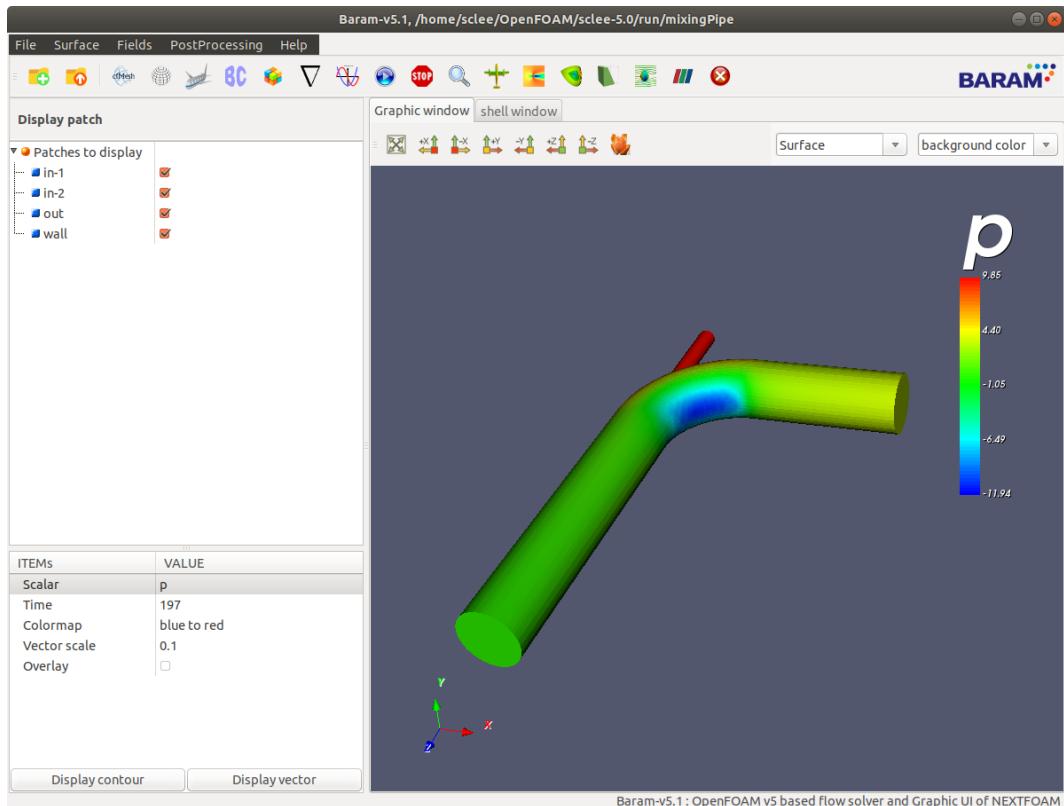


그림 14.1: Patch Display 설정

위쪽의 'Patches to display'에서 원하는 patch들을 선택하고 아래쪽에서 디스플레이할 조건을 선택한다.

'Scalar', 'Time', 'Colormap'을 선택하고 'Display contour' 버튼을 누르면 그래픽 창에 값의 분포가 그려진다. 'Display vector' 버튼을 누르면 벡터가 그려진다. 화살표의 크기는 'Vector scale'에서 조정한다.

Overlay 체크버튼이 활성화 되어 있으면 이전에 디스플레이 되어 있는 것에 겹쳐서 그리게 된다.

15 Cutting Plane

(Cutting Plane)를 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 15.1와 같이 나타난다.

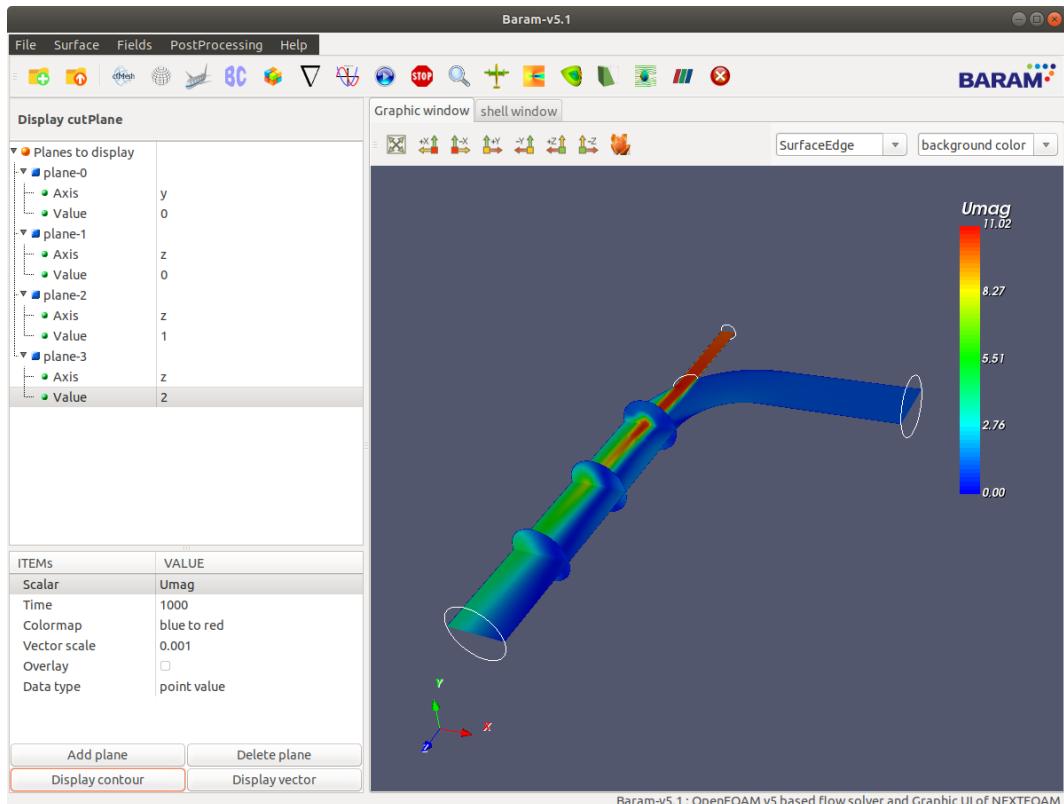


그림 15.1: Cutting Plane 설정

'Add plane' 버튼을 클릭하면 면이 추가되고 축과 값을 입력할 수 있다.

'Scalar', 'Time', 'Colormap'을 선택하고 'Display contour' 버튼을 누르면 그래픽 창에 값의 분포가 그려진다. 'Display vector' 버튼을 누르면 벡터가 그려진다. 화살표의 크기는 'Vector scale'에서 조정한다.

Overlay 체크버튼이 활성화 되어 있으면 이전에 디스플레이 되어 있는 것에 겹쳐서 그리게 된다.

'Data type'에서 cell 값 혹은 node 값을 선택할 수 있다.

16 Iso-Surfaces



(Iso-Surfaces)를 클릭하면 세부 설정 창자가 그림 16.1와 같이 나타난다.

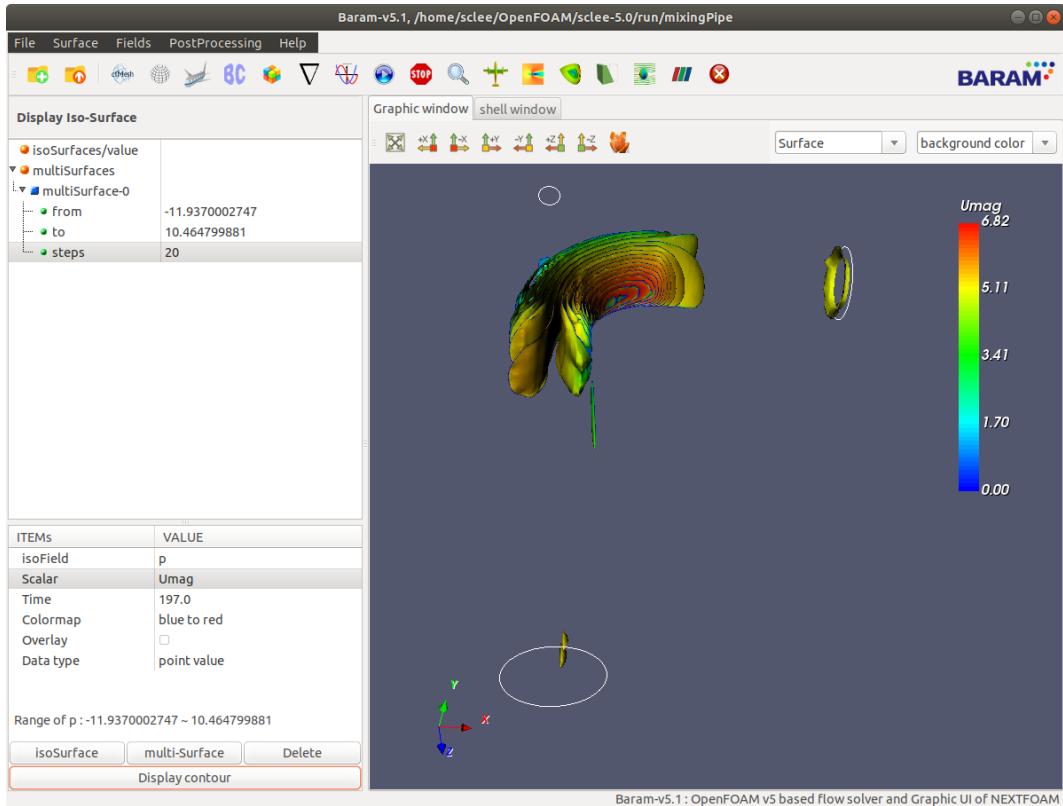


그림 16.1: Iso-Surface 설정

Iso-surface를 설정하는 방법은 isoSurface와 multiSurface 두 종류가 있다. 아래의 'isoSurface' 버튼을 누르면 특정 값에 대한 하나의 면을 생성할 수 있으며 'multi-Surface' 버튼을 누르면 최소/최대값 사이의 여러 값에 대한 면들을 생성할 수 있다.

isoField는 iso-Surface를 생성할 변수이며 scalar는 그래픽으로 표현할 색깔이다. isoField를 선택하면 아래쪽에 해당 필드의 범위가 표시된다.

Overlay 체크버튼이 활성화 되어 있으면 이전에 디스플레이 되어 있는 것에 겹쳐서 그리게 된다.

'Data type'에서 cell 값 혹은 node 값을 선택할 수 있다.

17 Clip

Clip(클립)를 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 17.1와 같이 나타난다.

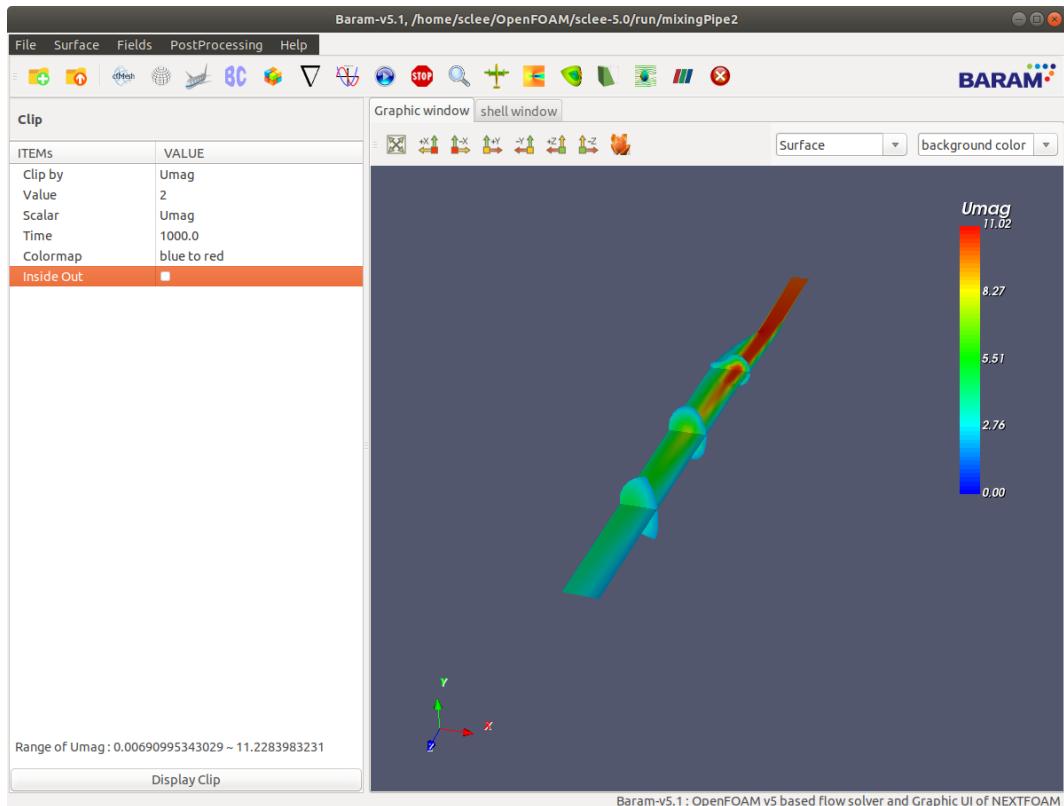


그림 17.1: Clip 설정

Clip를 설정하는 방법은 'Clip by'에서 Clip에 사용할 변수를 선택하고, 'Scalar'에서 그래픽으로 표현할 색깔을 선택한다. 'Value'에 값을 입력하고 'Display Clip' 버튼을 누르면 입력한 값과 해당 변수의 최대값 사이의 영역이 표시된다.

Inside Out 체크버튼이 활성화 시키면 'Value'에 입력한 값과 해당 변수의 최소값 사이의 영역이 표시된다.

18 Streamline

(Streamline)를 클릭하면 세부 설정 창자가 그림 18.1와 같이 나타난다.

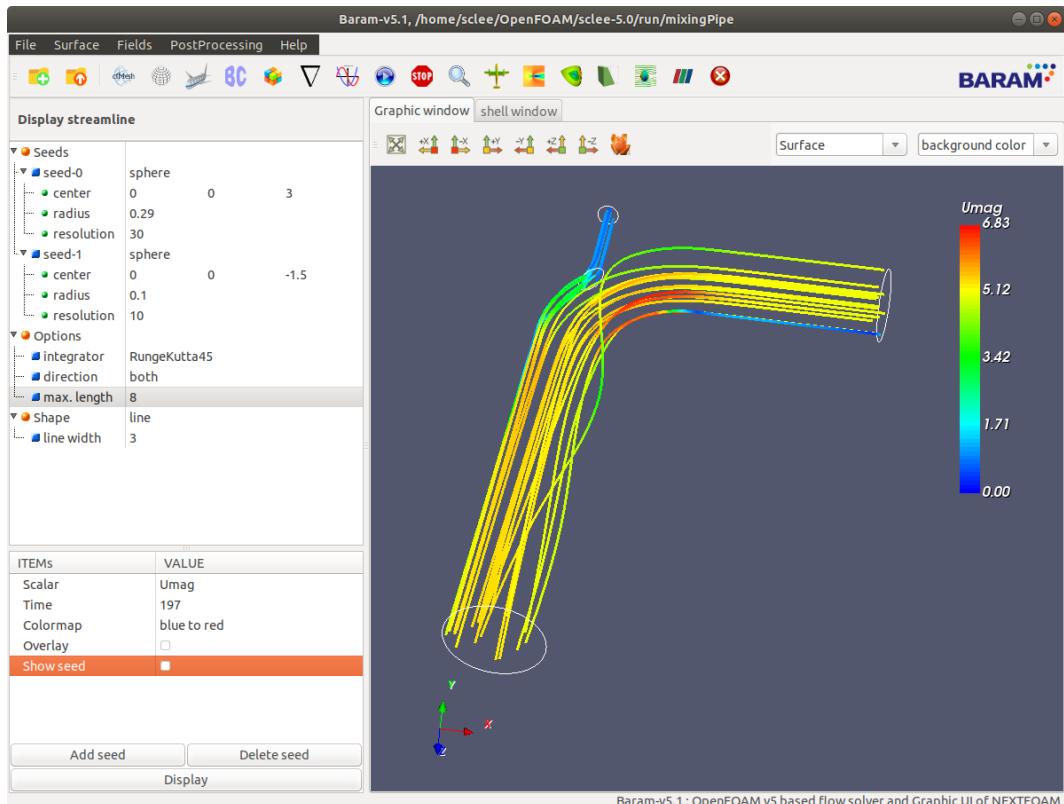


그림 18.1: Streamline 설정

'Add seed' 버튼을 누르면 streamline을 계산할 seeds가 추가된다. 추가된 seeds는 'line', 'plane' 및 'sphere' type으로 설정할 수 있는데, 'line' type은 두 점의 위치와 'resolution', 'plane' type은 세 점의 위치와 'resolution', 'sphere' type은 중심점의 위치, 반지름 및 'resolution'을 입력한다. 여기서 'resolution'은 seed의 개수를 의미한다.

Options 에서는 streamline 계산을 위한 integrator, direction 및 max. length를 선택할 수 있고, Shape 에서는 streamline의 형태와 두께를 선택할 수 있다.

Show seed 체크버튼이 활성화 되어 있으면 seed가 보이고, 비활성화 시키면 seed가 보이지 않게 된다.

19 ParaFoam

 (ParaFoam)을 클릭하면 Paraview가 구동되고 현재의 데이터를 불러 들인다. paraFoam -builtin 시스템 명령을 사용한다.

20 Exit

 (Exit)를 클릭하면 현재 프로그램을 종료할지를 확인하는 창이 나타나고 Exit 버튼을 누르면 프로그램이 종료된다.

21 cfMesh

 (cfMesh) 아이콘을 클릭하면 격자 생성을 위한 세부 설정 상자가 그림 21.1와 같이 나타난다.

21.1 Select STL files

격자 생성을 위한 STL 파일을 선택하고 확인 할 수 있는 부분이다.

'Select STL Files' 버튼을 누르면 STL 파일을 선택할 수 있는 창이 열린다. 파일을 선택하면 그래픽 창에 선택한 STL 파일이 표시되고 아래의 'Patch size level'에 각각의 patch들이 표시된다.

그림 21.2과 같이 'Patch size level'에서 patch를 선택하면 그래픽 화면에서 해당 patch의 색깔이 파란색으로 바뀐다. 'Show' 체크버튼을 이용하여 해당 patch가 보이게 또는 안보이게 할 수 있다.

21.2 Mesh type

'cartesian', 'cartesian2D', 'tetrahedral', 'polyhedral' 중 생성할 격자의 형태를 선택할 수 있다.

21.3 Max.cell size / Patch refinement

'Max.cell size'에서 최대 격자 크기를 설정할 수 있고, 단위는 [m]이다. 설정된 최대 격자 크기가 'level 0'이고, 'Patch size level'의 'Value'를 통해 각 patch의 refinement level을 설정할 수 있다. level이 1씩 커질 수록 격자의 크기는 반으로 줄어든다.

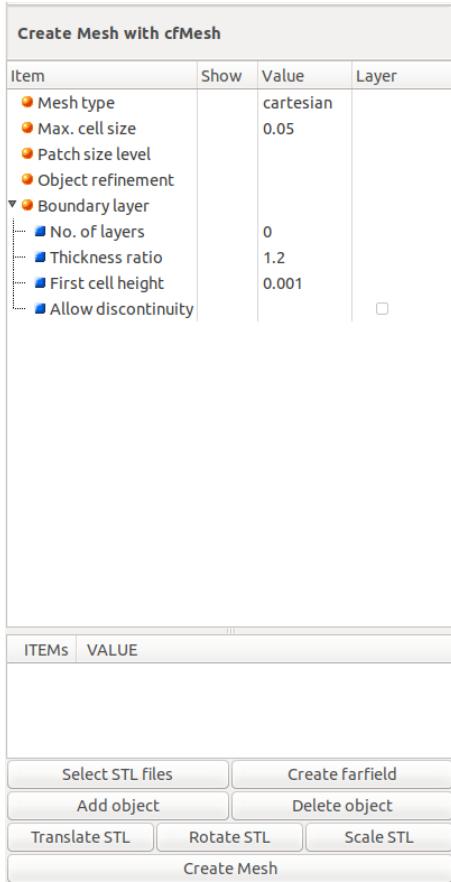


그림 21.1: cfMesh 세부설정상자

21.4 Boundary layer

'Boundary layer'에서 경계층의 개수, 첫번째 격자부터 높이가 커지는 비율, 벽면에서 첫번째 격자의 높이([m])를 설정할 수 있고, 경계층 격자를 적용할 patch는 'Patch size level'의 'layer' 체크 버튼을 사용하여 선택할 수 있다.

'Allow discontinuity' 체크버튼을 활성화시키면 각 patch에 적용된 경계층의 개수를 일치시키지 않고도 경계층 격자를 생성할 수 있다.

21.5 Create farfield

외부유동 격자를 생성할 때 STL 파일이 원방경계를 포함하고 있지 않다면 원방경계에 대한 STL 파일을 생성할 수 있다. 그림 21.3와 같이 'Create farfield' 버튼을 누르면 'Farfield' 항목이 추가되고 최소, 최대 두 좌표를 이용해서 육면체의 원방경계를 설정할 수 있다.

21.6 Object refinement

특정 영역의 격자 크기를 조절 할 수 있는 부분이다. 그림 21.4와 같이 'Add object' 버튼을 누르면 'Object refinement'에 object가 추가되고, object는 box, sphere, line, cone 등 네 가지 형태로

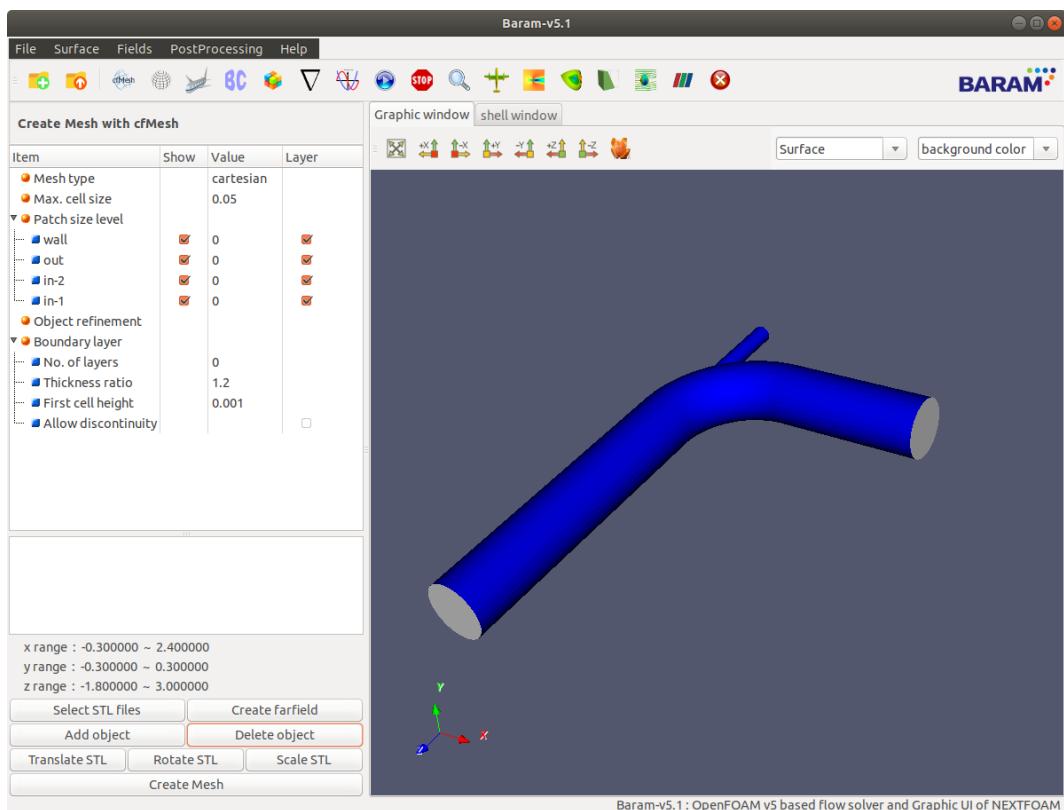


그림 21.2: STL 파일 표시

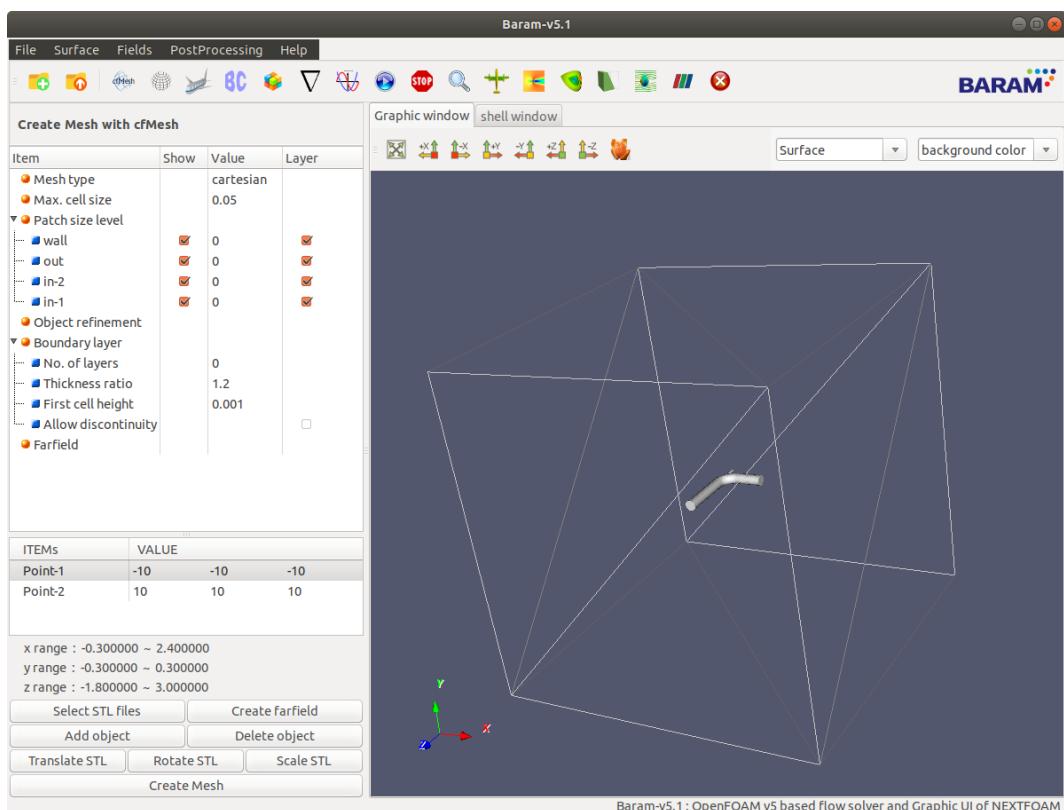


그림 21.3: Create Farfield 설정 창

생성할 수 있다.

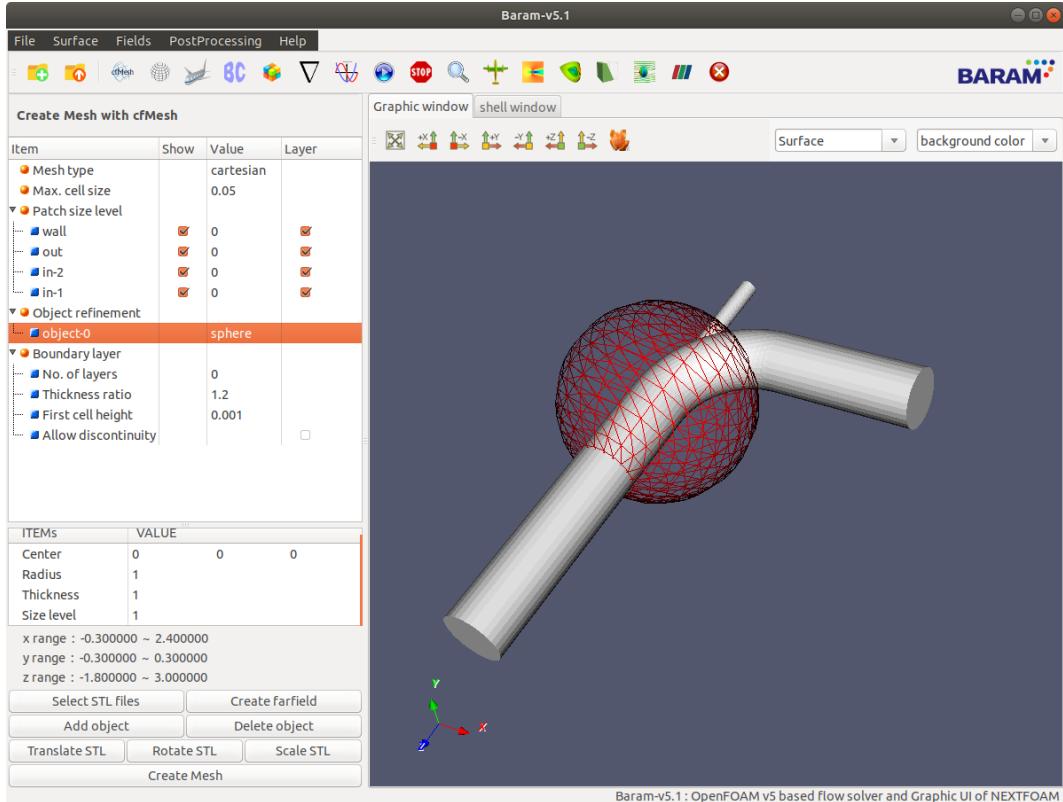


그림 21.4: Object Refinement 설정 창

'Size level'은 영역 내부의 격자 크기를 나타낸다. box는 최소, 최대 두 좌표를 이용해서 육면체 영역을 생성한다. sphere는 중심좌표와 반지름을 이용해서 구 영역을 생성하고 Thickness에서 지정한 거리만큼을 영역에 포함한다. line은 최소, 최대 두 좌표를 잇는 직선으로 부터 수직방향으로 Thickness에서 지정한 거리만큼의 영역에 포함한다. cone은 윗면과 아랫면의 반지름, 높이, 정렬방향, 중심좌표를 이용해서 원뿔모양의 영역을 생성한다.

'Delete object' 버튼을 누르면 생성한 object를 삭제할 수 있다.

21.7 Translate / Rotate / Scale STL

STL 형상 파일을 조정한다. 'Translate STL', 'Rotate STL', 'Scale STL' 버튼을 누르면 그림 21.5와 같은 창들이 나타나고, STL 형상의 이동, 회전 및 스케일 조절이 가능하다.

Translate는 x, y 및 z축 방향으로의 이동거리를 [m]단위로 입력한다. Rotate는 각 축을 중심으로 한 회전각도를 [deg]단위로 입력한다. Scale은 각 축에 대한 축척비율을 입력한다. 모든 동작은 'Apply' 버튼을 누르면 적용된다.

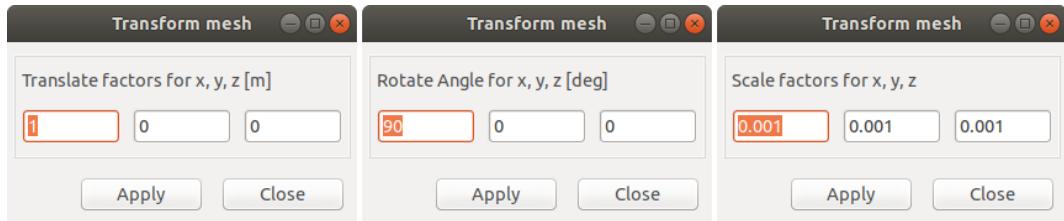


그림 21.5: STL 조정 창. (좌)Translate (중)Rotate (우)Scale

21.8 Create Mesh

최종적으로 'Create Mesh' 버튼을 누르면 meshDict 파일이 생성되고 cfMesh가 실행된다. 격자 생성이 완료되면 그림 21.6와 같이 (Mesh manipulation)에서 확인할 수 있다.

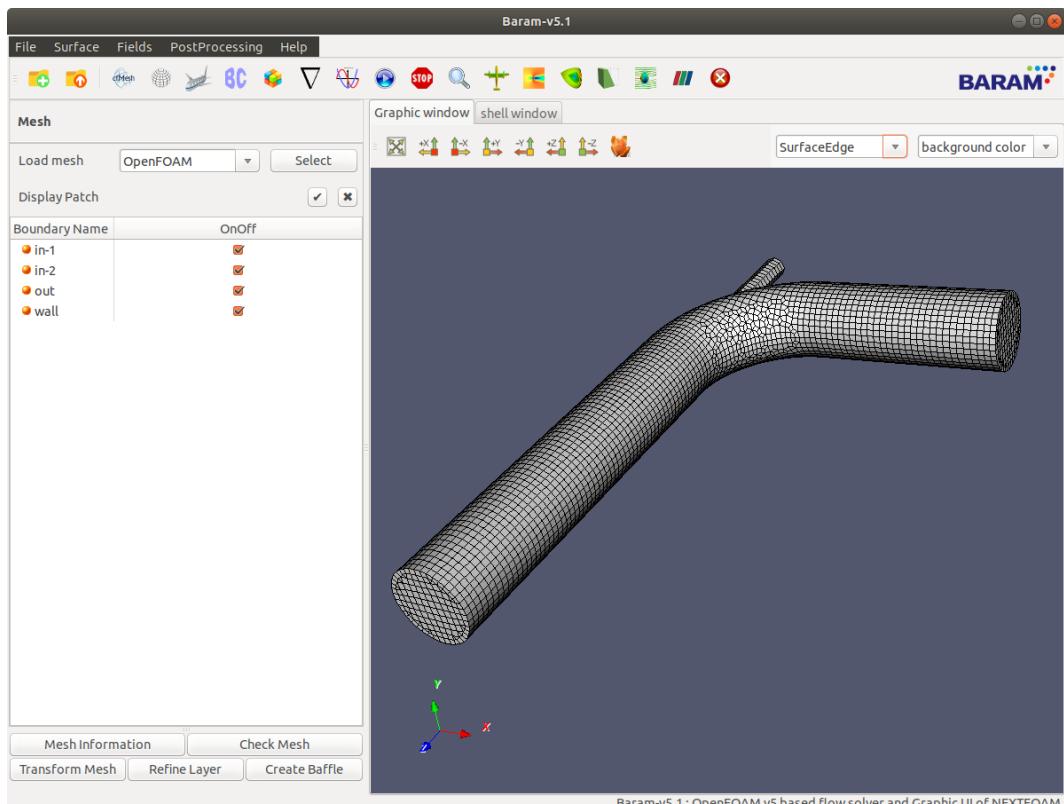


그림 21.6: 생성된 격자

