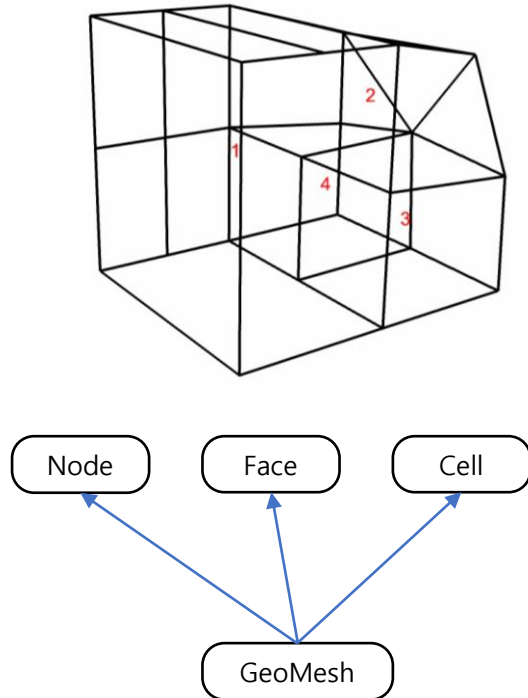


# 1. Mesh Data Structure

- Basic Data Structure – connectivity

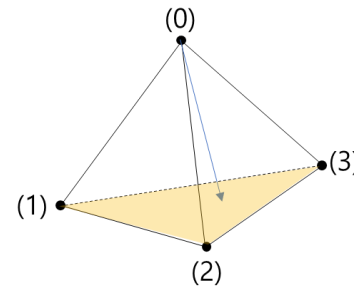
- Mesh (or Grid) 생성 및 편집을 위한 SW (or Library) 개발에는 기본 자료 구조의 이해와 경험이 필수 요구됨.
- 자사는 다양한 3D 기반 수치해석 SW 및 격자 생성 및 편집 SW 개발 경험으로 다양한 종류의 기본 자료 구조 구축 경험이 있으며, 기 구축된 자료 구조의 이해도가 높음.
- 자사 개발 코드 안에서의 자료 구조 예시는 다음과 같음.

- ◆ Nfaced Cell (polyhedral mesh)



Node : double coord[3]  
Face : node ids  
Cell : face ids

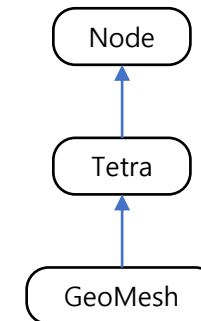
- ◆ Tetra Cell (triangle 자료 구조와 유사)



Tetra

```
flag
tnodeid[4] = {0,1,2,3}
neitetraids[0] = face0(1,2,3) shared neighbor tetra id
neitetraids[1] = face1(0,2,3) shared neighbor tetra id
neitetraids[2] = face2(0,1,3) shared neighbor tetra id
neitetraids[3] = face3(0,1,2) shared neighbor tetra id
```

Neitetraid : Tetra (triangle) 생성시 필요로 하는 추가 데이터



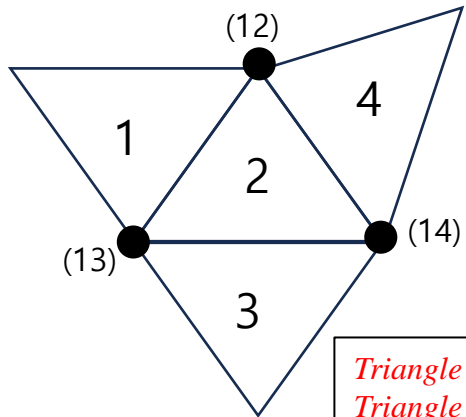
# 1. Mesh Data Structure

## • Searching Data Structure

- Mesh를 구성하는 기본 자료 구조 이외에 생성 및 편집등을 상용 코드 수준의 속도를 제공하기 위해서는 부가적인 자료 구조가 요구됨.
- 가장 기초적인 인접 Mesh 객체 접근을 위한 자료 구조 등은 삼각형 및 사면체 요소 생성시 필수적이며, 단면 생성등의 Mesh 편집 기능 구현에도 요구됨.
- 자사 개발 코드에 적용된 예시는 다음과 같음.

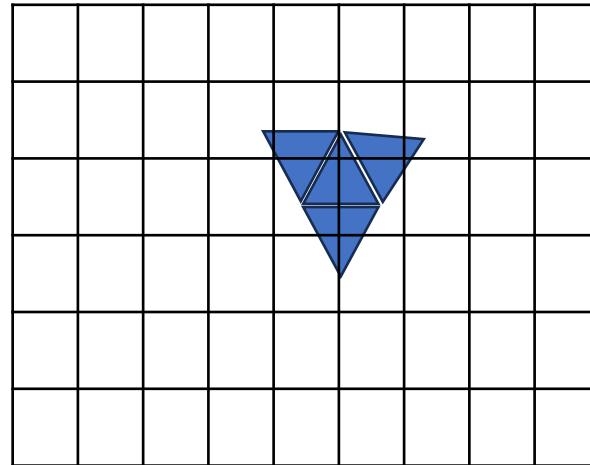
### ◆ Neighboring Cell

Triangle ID : Int  
Triangle Nodes : int, int, int  
Neighbor Triangle ID : int, int, int



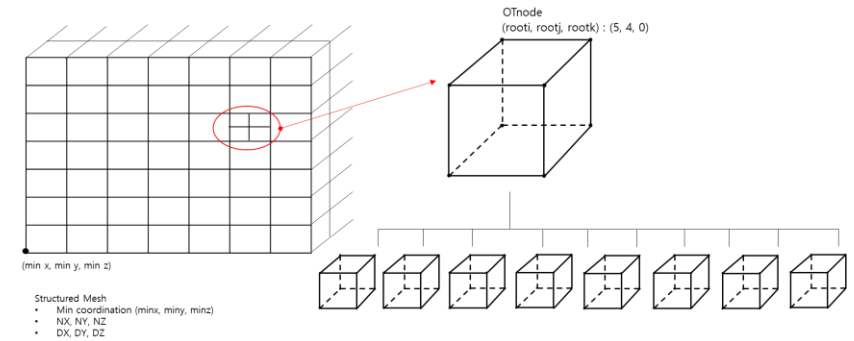
*Triangle ID : 2  
Triangle Nodes : 12, 13, 14  
Neighbor Triangle ID : 3, 4, 1*

### ◆ Structured Searching



정렬 격자 기반 저장소에, 중심점이 포함된 삼각형 ID 저장  
-> 삼각형 중심점 이용하여 정렬격자 저장소로 직접 접근 가능

### ◆ Octree based Searching

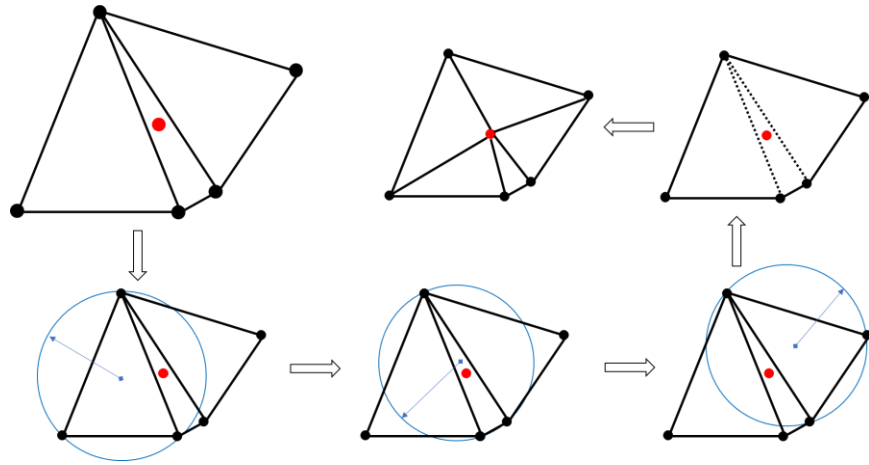


Octree 기반 공간 구분하여 필요 삼각형 혹은 사면체 요소 ID 저장  
-> 공간 8분할 Tree 탐색으로 인접 요소등 탐색 가능

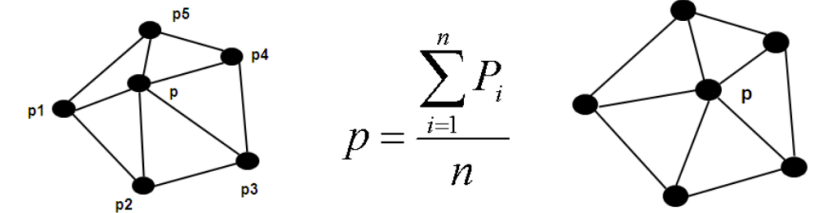
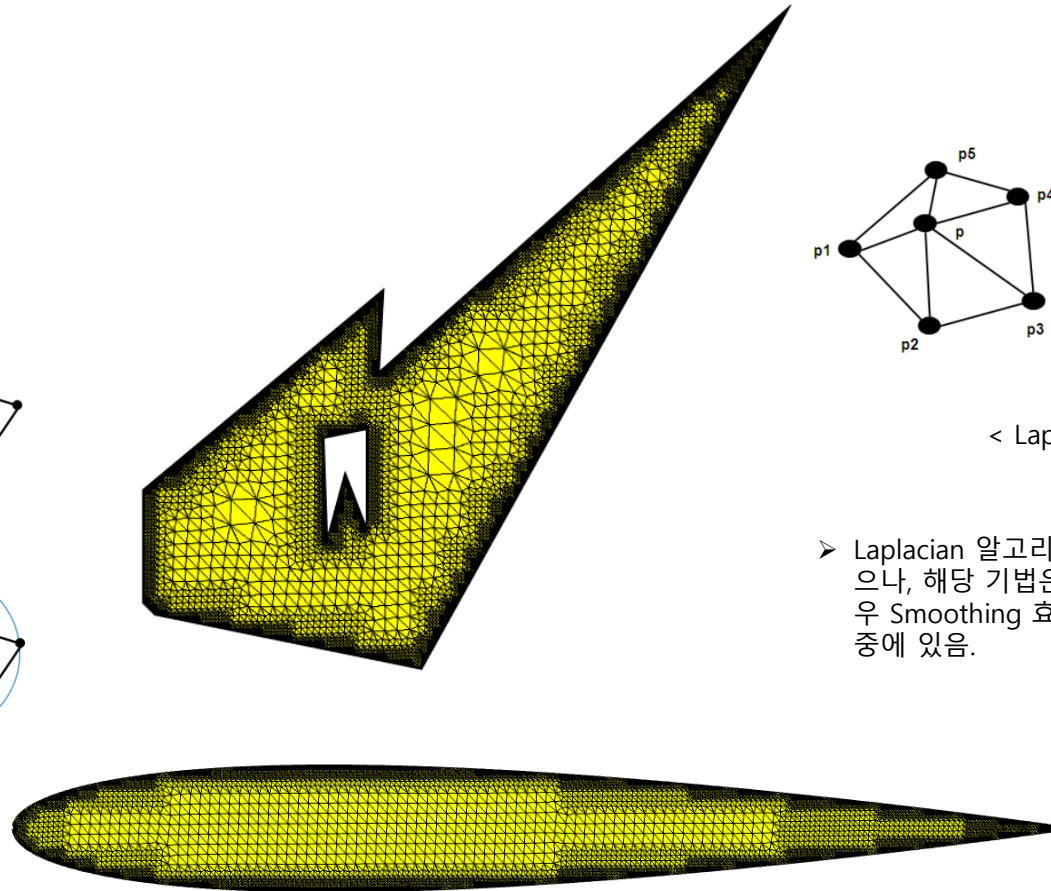
## 2. Triangle & Tetra Mesh Generation

- Mesh Clean 및 Hole filling 과 같은 편집 작업에는 주어진 경계정보를 기반으로 새로운 Triangle mesh 생성 기술이 요구됨.
- 자사 주 개발자는 학위 과정중 수치해석을 위한 삼각형 요소망 생성에 대해서 연구를 수행하였음.
- 해당 기술 확보후 약 10년간 지속 개발 및 확장하여 현재 자사의 3D Cartesian Mesh 생성 SW가 도출 되었음.

- Delaunay Triangles
- Bowyer-Watson method
- Triangle Element Smoothing



<Delaunay Triangles & Bowyer-Watson method >



< Laplacian Smoothing Algorithm >

- Laplacian 알고리즘 적용한 Smoothing 기능을 구현한 경험이 있으나, 해당 기법은 새로운 삼각형 요소 생성을 전제하지 않을 경우 Smoothing 효과가 크지 않아 지속적으로 관련 기술은 연구 중에 있음.

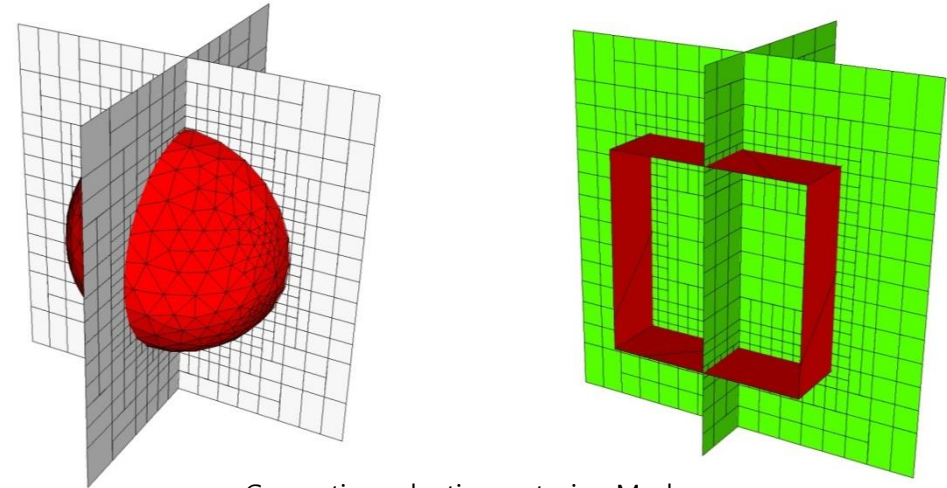
< Example of Delaunay Triangles with Smoothing >

### 3. 3D Polyhedral Mesh Generation

- 상기 언급한 Triangle & Tetra 생성 및 Control 기술을 기반으로 열유동해석에 필요한 3D Polyhedral Mesh 생성기 개발을 진행하고 있음.
- 3D Adaptive Cartesian Mesh (Polyhedral Mesh) 생성기는 다음과 같은 주요 기술이 요구됨.

#### • Generate Adaptive Cartesian Mesh

- 외부 STL file Reading
- 삼각형 요소 자료 구조 업데이트 및 부가 자료 구조 생성
- 공간 분할
- 분할된 단위 Cube의 Unstructured Mesh 자료 변환



< Generating adaptive cartesian Mesh >

#### • Cut-Cell

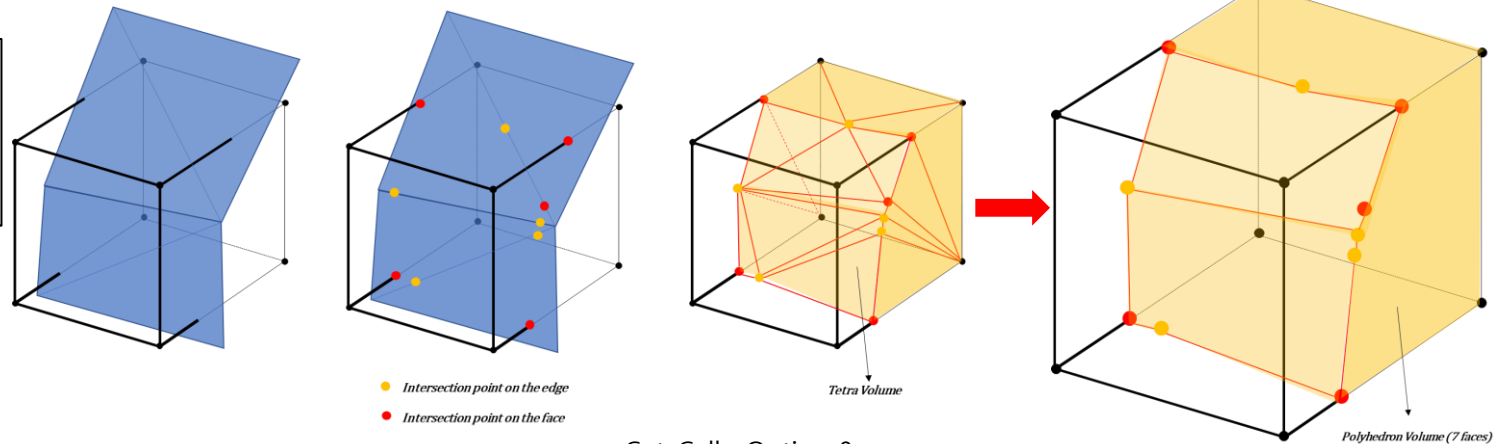
- 삼각형 Mesh 교점하는 Cube 탐색
- 교점 탐색

[Option 0]

- 교점과 기존 cube 구성 절점 이용하여 Tetra 생성
- 생성된 Tetra 병합
- 다면체 요소 생성

[Option 1]

- 교점과 기존 cube 구성 절점 이용하여 Face 재구성
- 다면체 요소 생성

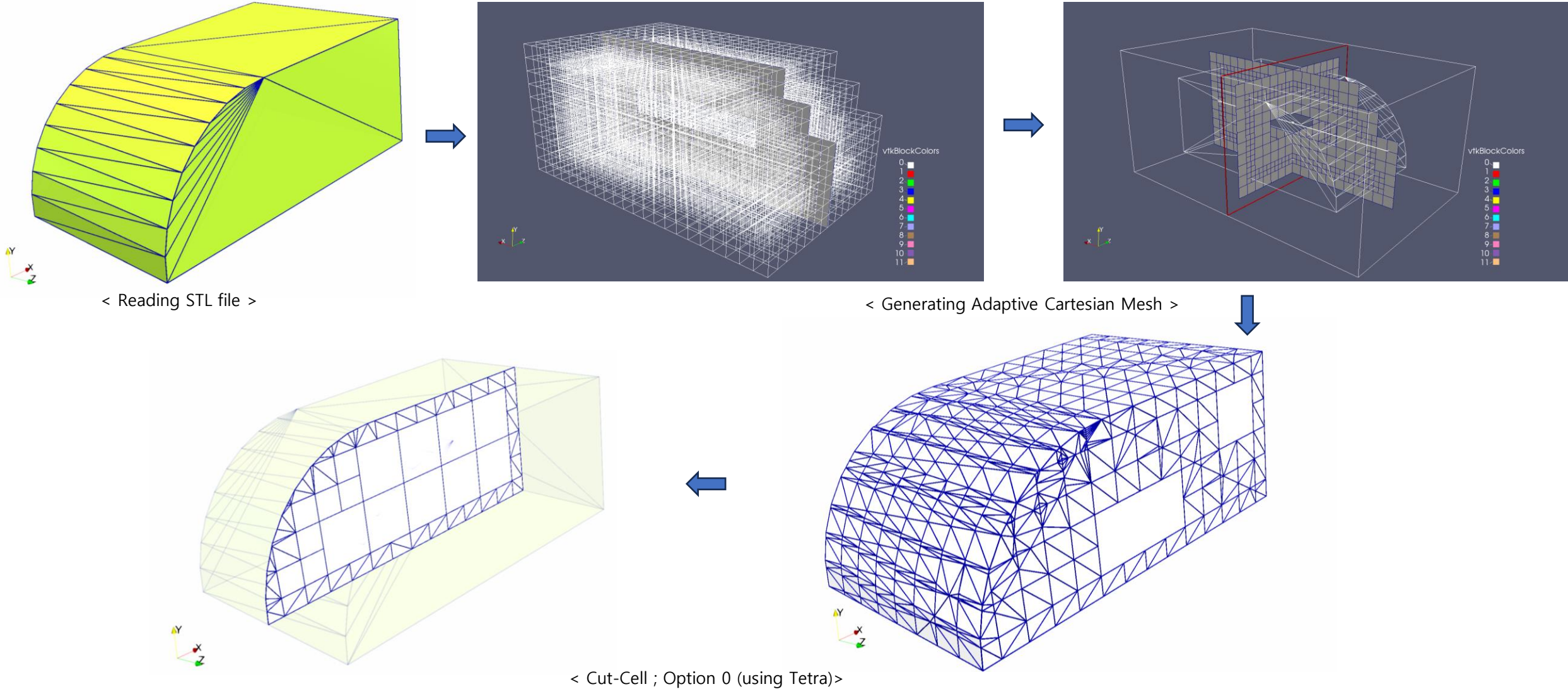


< Cut-Cell ; Option 0 >



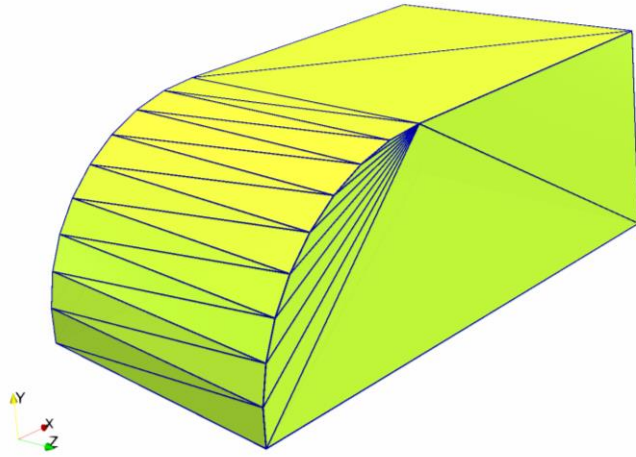
### 3. 3D Polyhedral Mesh Generation

- 구현된 자사 코드 실행 결과 [option 0 ; 교접 Cube 내부 Tetra 생성, 병합 후 다면체]

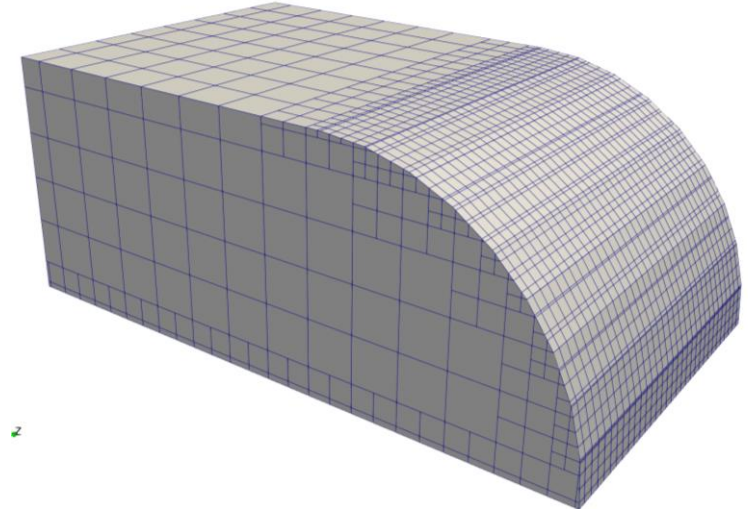


### 3. 3D Polyhedral Mesh Generation

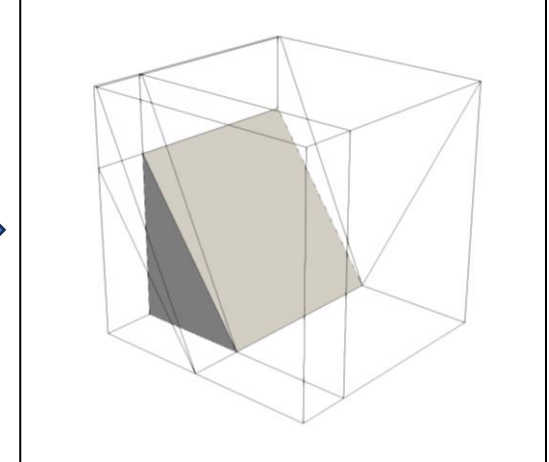
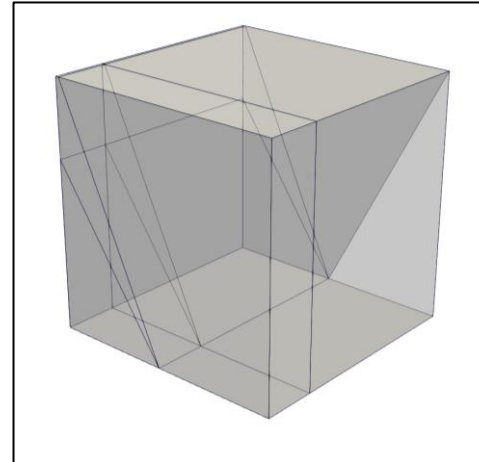
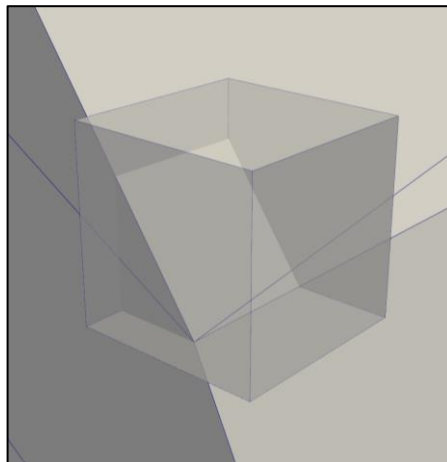
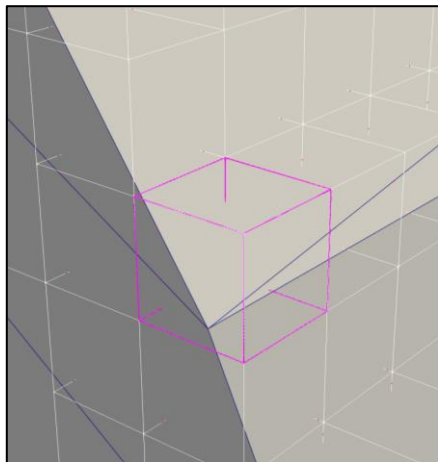
- 구현된 자사 코드 실행 결과 [option 1 ; 교접 Cube face 재생성 하여 다면체]



< Reading STL file >



< Body Fitted Adaptive Cartesian Mesh >



## 4. VTK

- 자사는 상기 SW 개발 과정에서 VTK Library 를 활용한 Cut-Cell Algorithm 을 검토하였을 뿐만 아니라, 상용 SW 개발을 위해서 VTK library 활용경험이 있습니다.
- 회사 소개 자료에 담긴 수행 실적중 GUI가 포함된 경우에는 모두 Qt+VTK 조합에 의한 제품을 생산 하였습니다.



## 5. 저작권

제 C-2021-003040 호

**저작권 등록증**

1. 저작물의 제1종류	LAFA(라파치프)
2. 저작물의 종류	컴퓨터프로그램(저작권)·컴퓨터프로그램·데이터베이스·문헌정보·SW
3. 저작자 성명(법인명)	해베인 주식회사 소재지: 광주광역시 광안로
4. 생산발행(등록)일자(연월)	134211-090734
5. 창작연월일	2020년 9월 17일
6. 공표연월일	2021년 9월 8일
7. 등록연월일	2021년 9월 20일
8. 등록사항	저작자: 해베인 주식회사, 소재지: 2020-09-12, 공표: 2021-09-08

\* 저작권법 제33조에 따라 창작 연월일과 공표 연월일을 증명합니다.

2021년 9월 22일

한국저작권위원회

제 C-2021-003040 호

**저작권 등록증**

1. 저작물의 제1종류	LAFA(라파치프)
2. 저작물의 종류	컴퓨터프로그램(저작권)·컴퓨터프로그램·데이터베이스·문헌정보·SW
3. 저작자 성명(법인명)	해베인 주식회사 소재지: 광주광역시 광안로
4. 생산발행(등록)일자(연월)	134211-090734
5. 창작연월일	2020년 9월 17일
6. 공표연월일	2021년 9월 8일
7. 등록연월일	2021년 9월 20일
8. 등록사항	저작자: 해베인 주식회사, 소재지: 2020-09-12, 공표: 2021-09-08

\* 저작권법 제33조에 따라 창작 연월일과 공표 연월일을 증명합니다.

2021년 9월 22일

한국저작권위원회

제 C-2021-003040 호

**저작권 등록증**

1. 저작물의 제1종류	LAFA(라파치프)
2. 저작물의 종류	컴퓨터프로그램(저작권)·컴퓨터프로그램·데이터베이스·문헌정보·SW
3. 저작자 성명(법인명)	해베인 주식회사 소재지: 광주광역시 광안로
4. 생산발행(등록)일자(연월)	134211-090734
5. 창작연월일	2020년 9월 17일
6. 공표연월일	2021년 9월 8일
7. 등록연월일	2021년 9월 20일
8. 등록사항	저작자: 해베인 주식회사, 소재지: 2020-09-12, 공표: 2021-09-08

\* 저작권법 제33조에 따라 창작 연월일과 공표 연월일을 증명합니다.

2021년 9월 22일

한국저작권위원회

제 C-2021-003040 호

**저작권 등록증**

1. 저작물의 제1종류	LAFA(라파치프)
2. 저작물의 종류	컴퓨터프로그램(저작권)·컴퓨터프로그램·데이터베이스·문헌정보·SW
3. 저작자 성명(법인명)	해베인 주식회사 소재지: 광주광역시 광안로
4. 생산발행(등록)일자(연월)	134211-090734
5. 창작연월일	2020년 9월 17일
6. 공표연월일	2021년 9월 8일
7. 등록연월일	2021년 9월 20일
8. 등록사항	저작자: 해베인 주식회사, 소재지: 2020-09-12, 공표: 2021-09-08

\* 저작권법 제33조에 따라 창작 연월일과 공표 연월일을 증명합니다.

2021년 9월 22일

한국저작권위원회

제 C-2021-003040 호

**저작권 등록증**

1. 저작물의 제1종류	LAFA(라파치프)
2. 저작물의 종류	컴퓨터프로그램(저작권)·컴퓨터프로그램·데이터베이스·문헌정보·SW
3. 저작자 성명(법인명)	해베인 주식회사 소재지: 광주광역시 광안로
4. 생산발행(등록)일자(연월)	134211-090734
5. 창작연월일	2020년 9월 17일
6. 공표연월일	2021년 9월 8일
7. 등록연월일	2021년 9월 20일
8. 등록사항	저작자: 해베인 주식회사, 소재지: 2020-09-12, 공표: 2021-09-08

\* 저작권법 제33조에 따라 창작 연월일과 공표 연월일을 증명합니다.

2021년 9월 22일

한국저작권위원회

제 C-2021-003040 호

**저작권 등록증**

1. 저작물의 제1종류	LAFA(라파치프)
2. 저작물의 종류	컴퓨터프로그램(저작권)·컴퓨터프로그램·데이터베이스·문헌정보·SW
3. 저작자 성명(법인명)	해베인 주식회사 소재지: 광주광역시 광안로
4. 생산발행(등록)일자(연월)	134211-090734
5. 창작연월일	2020년 9월 17일
6. 공표연월일	2021년 9월 8일
7. 등록연월일	2021년 9월 20일
8. 등록사항	저작자: 해베인 주식회사, 소재지: 2020-09-12, 공표: 2021-09-08

\* 저작권법 제33조에 따라 창작 연월일과 공표 연월일을 증명합니다.

2021년 9월 22일

한국저작권위원회