

EasyMesh - A Two-Dimensional Quality Mesh Generator

eryar@163.com

Abstract. EasyMesh is developed by Bojan Niceno, it is a two-dimensional quality mesh generator. EasyMesh can generate two dimensional, unstructured, Delaunay and constrained Delaunay triangulations in general domains. It can handle holes in the domain. The paper focus on the usage of EasyMesh.

Key Words. EasyMesh, Delaunay Triangulation, Triangulation, Mesh

1.Introduction

目前，工程技术领域中各类物理系统的数值分析计算方法主要包括以下步骤：第一步，建立物理系统的控制方程。第二步，离散化物理系统的定义域。在工程技术领域人们通常将离散化的几何定义域的一个子域单元称为网格(mesh)，将离散化过程称为网格划分或者网格生成(mesh generation)。第三步，离散化连续 PDE 模型 (Partial Differential Equation, PDE 偏微分方程)。第四步，求解线性代数方程组。第五步，计算可视化。

网格划分技术是偏微分方程数值解法中比较关键的一步，关于网格划分的库也有很多，如 Triangle, netgen, gmsh, tgen 等等。网格划分技术不仅用于有限元计算，也可以用于模型的可视化。本文主要介绍这个轻量化的网格划分库 EasyMesh。

2.EasyMesh Features

EasyMesh 能够对于由折线围成的多空洞、多介质区域生成指定局部加密的 Delaunay 三角剖分。使用了很简单的文本文件作为数据的输入，生成了不同的结果文件，方便查看结果。其实将输入和输出部分稍加修改，就可以将 EasyMesh 内嵌到自己的程序中，而不用单独执行 EasyMesh。

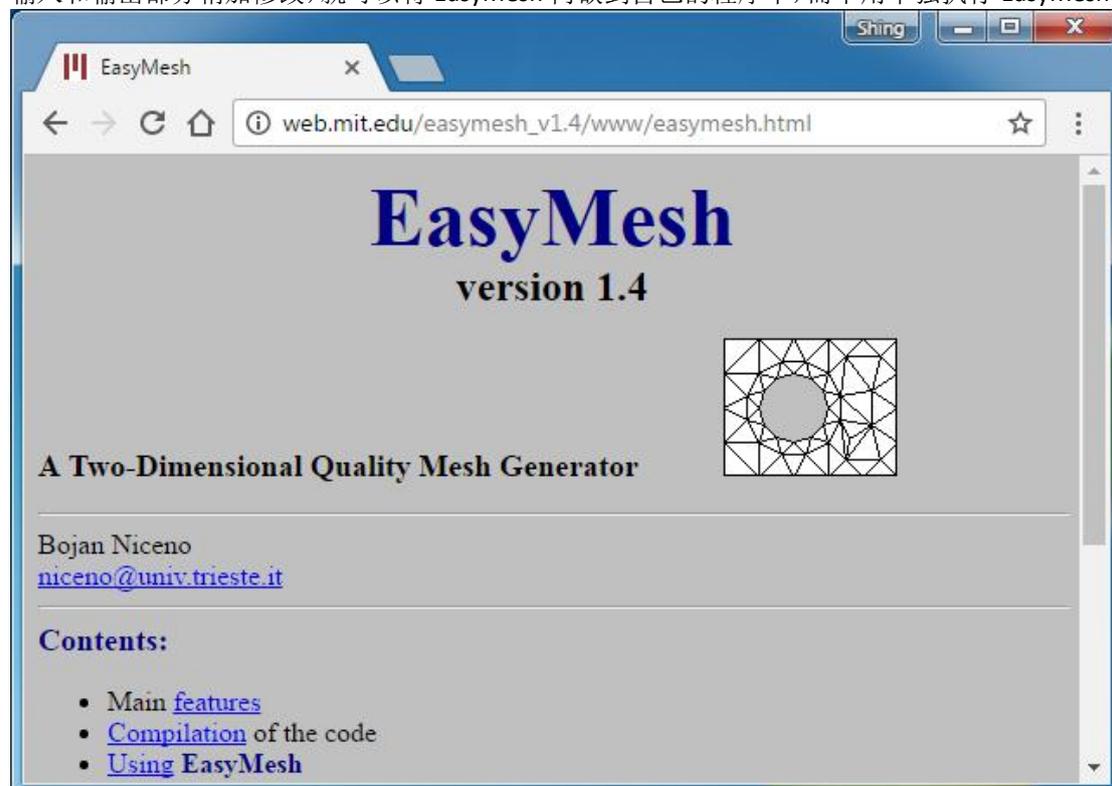
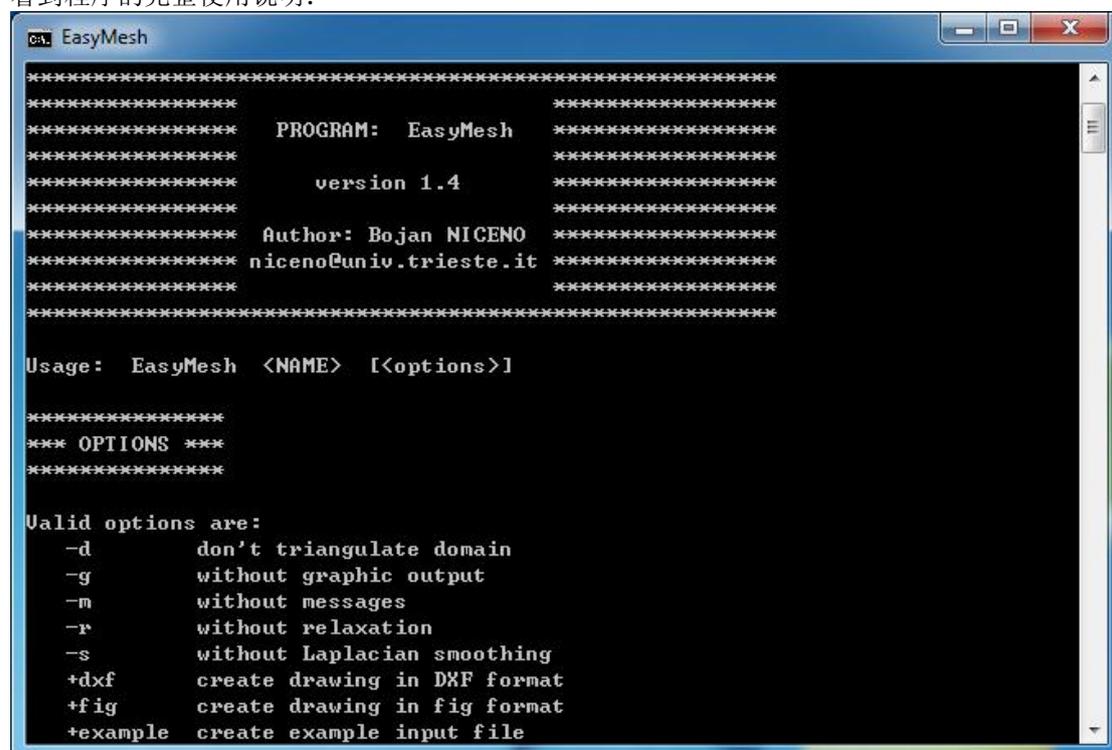


Figure 1. EasyMesh website (http://web.mit.edu/easymesh_v1.4/www/easymesh.html)

EasyMesh 也可以从上述网站中进行下载，下载后可以直接在 Visual Studio 中编译。

3. Using EasyMesh

用 C 写的 EasyMesh 虽然有点历史了，但是编译起来也是很顺利的，只有几个 warnings。编译好生成一个 EasyMesh.exe，然后像其他的控制台程序一样，通过传参数来使用。直接运行就会看到程序的完整使用说明：



```
ca. EasyMesh
*****
*****
***** PROGRAM: EasyMesh *****
*****
***** version 1.4 *****
*****
***** Author: Bojan NICENO *****
***** niceno@univ.trieste.it *****
*****
*****
Usage: EasyMesh <NAME> [<options>]

*****
*** OPTIONS ***
*****

Valid options are:
-d      don't triangulate domain
-g      without graphic output
-m      without messages
-r      without relaxation
-s      without Laplacian smoothing
+dxf    create drawing in DXF format
+fig    create drawing in fig format
+example create example input file
```

Figure 2. EasyMesh Help Info

可以在 EasyMesh.exe 的文件夹中做一个批处理文件，如 EasyMesh.bat，其中内容如下：

```
title EasyMesh
```

```
EasyMesh
```

```
pause
```

这样就可以看到这个帮助信息了。使用如下命令则会生成一个例子文件：

```
title EasyMesh
```

```
EasyMesh +example
```

```
pause
```

然后再对生成的 example.d 进行剖分：

```
title EasyMesh
```

```
EasyMesh example.d +dxf
```

```
pause
```

将上面的三句话分别保存成一个批处理文件，运行批处理就可以得到相应的结果了。运行上面这个批处理得到对 example.d 的剖分结果文件 example.dxf，用 AutoCAD 打开这个 DXF 文件查看结果：

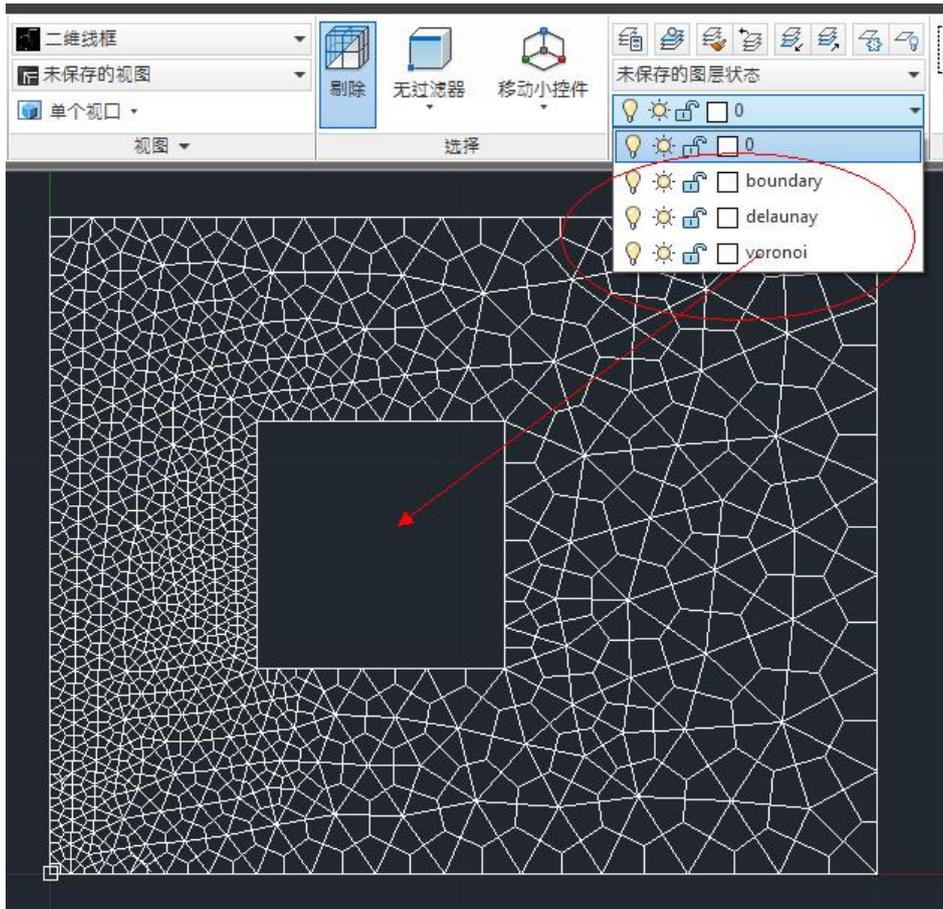


Figure 3. Mesh Result

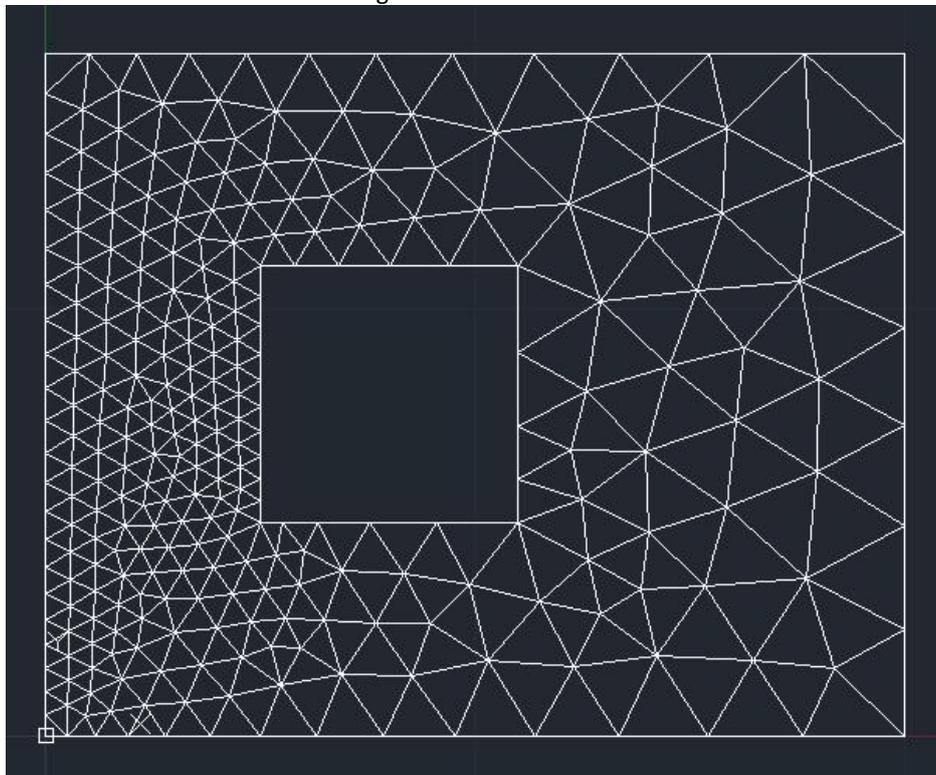


Figure 4. Delaunay Triangulation

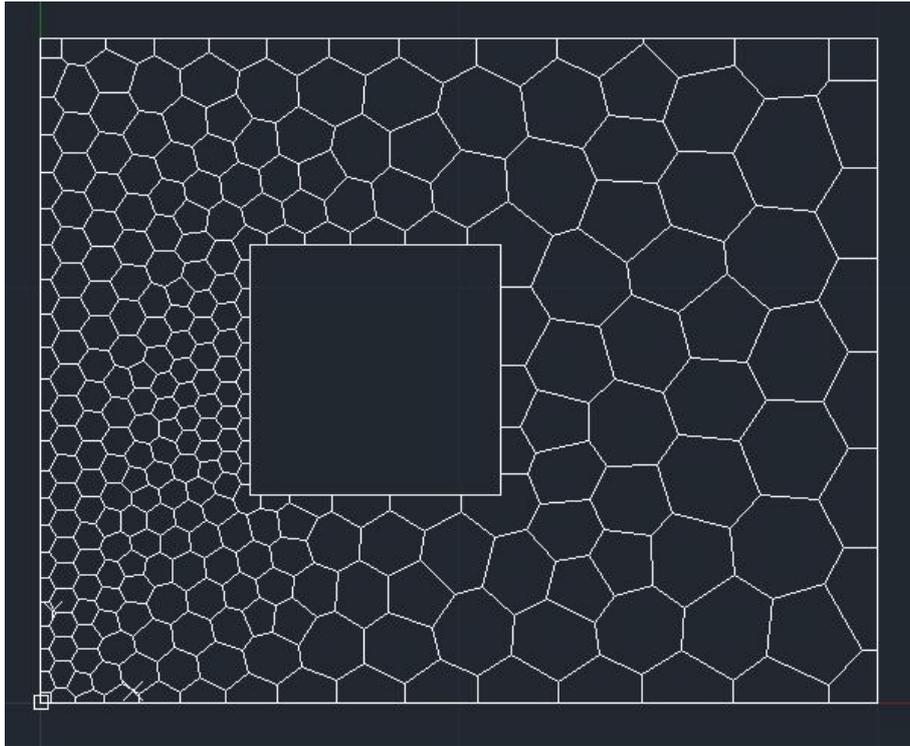


Figure 5. Voronoi Result

输入文件中比较重要的一点是边界线的方向是逆时针的，孔的线是顺时针方向的。下面将自带的几全例子文件全部生成网格：

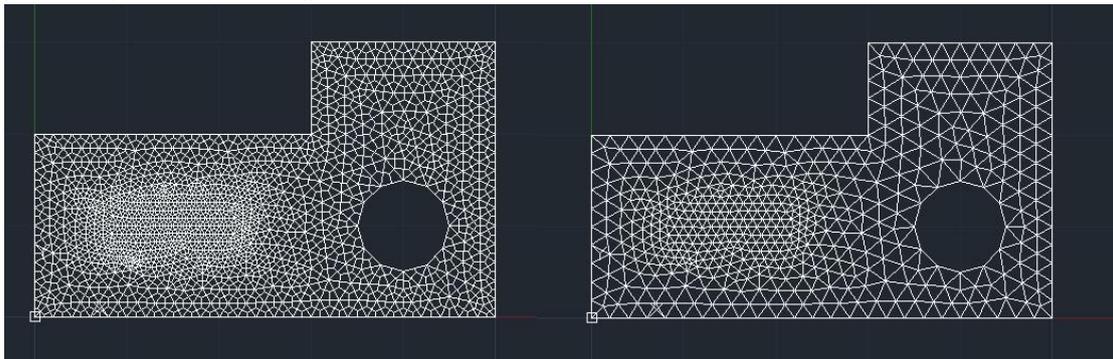


Figure 6. EasyMesh example2.d +dxf

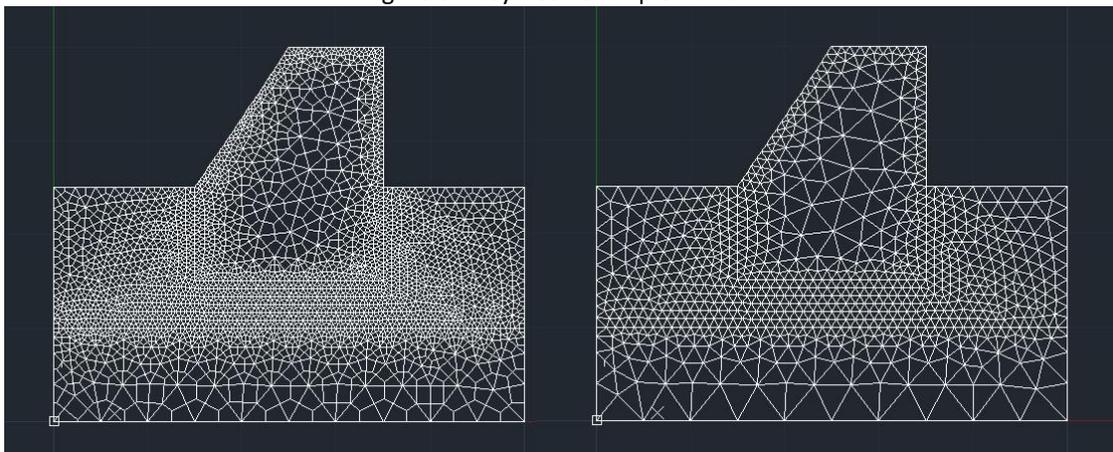


Figure 7. EasyMesh example3.d +dxf

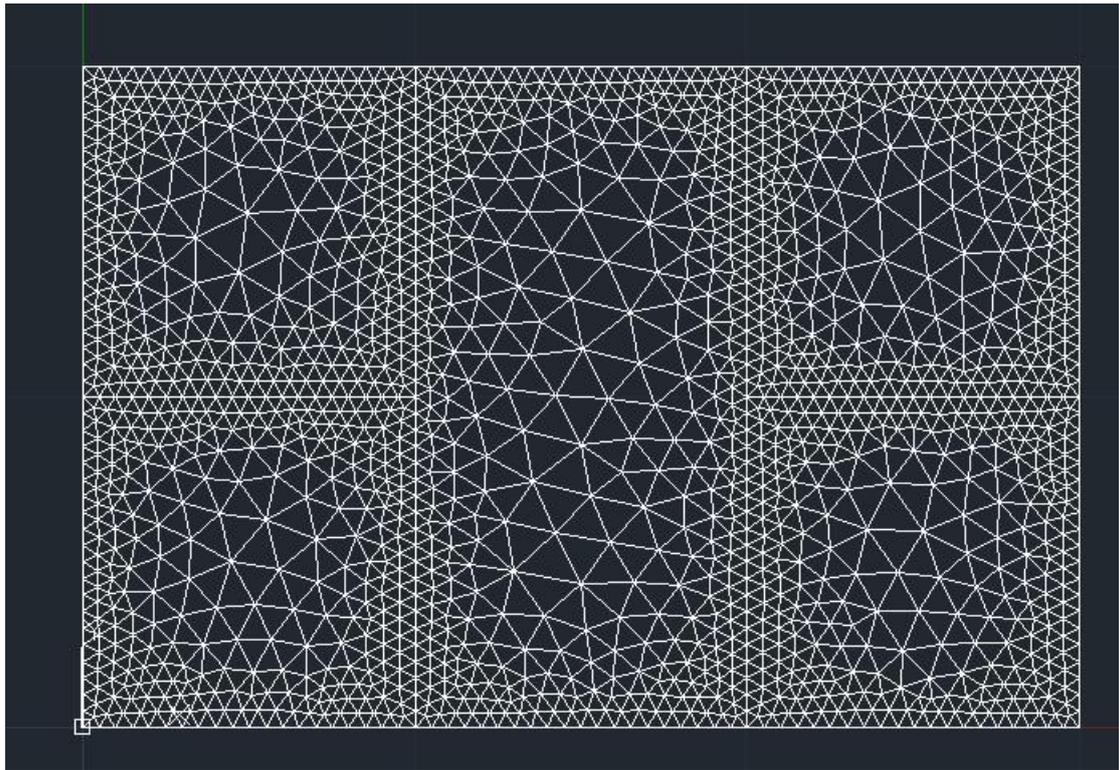


Figure 8. EasyMesh example4.d +dxf

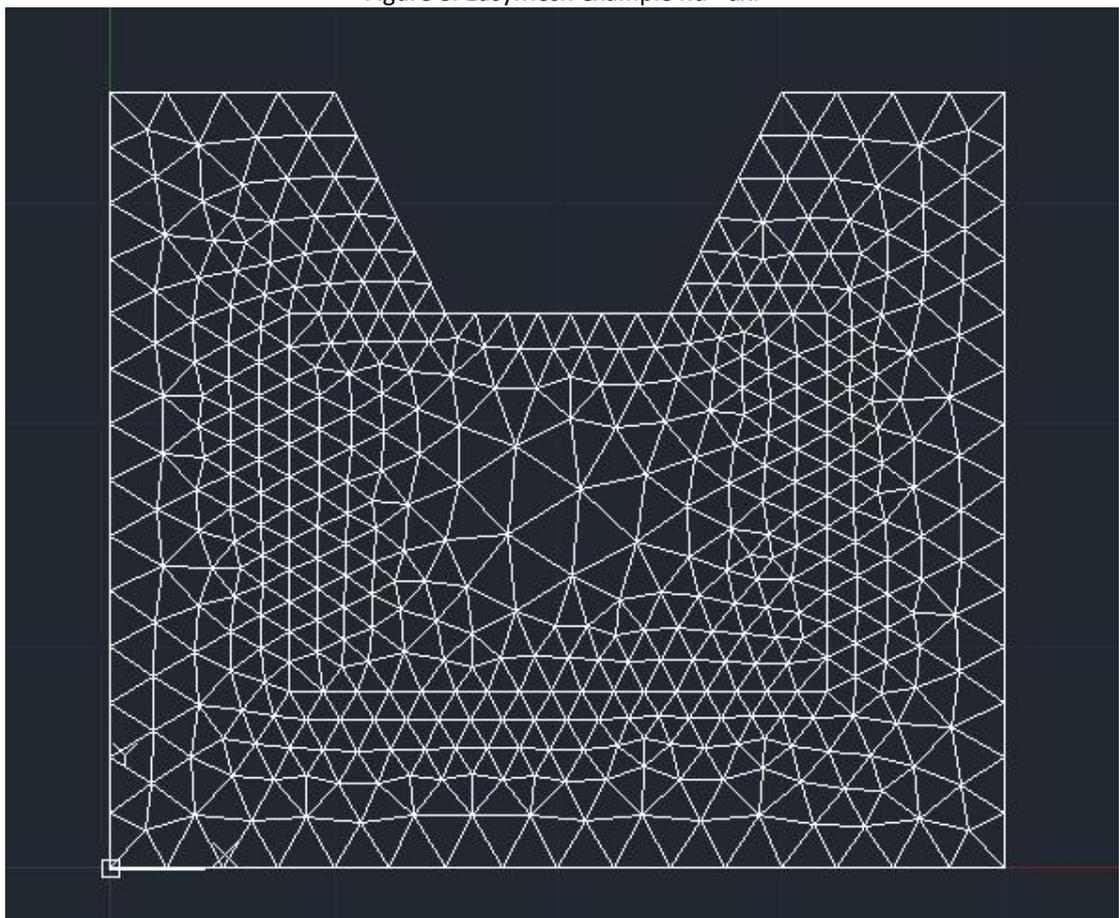


Figure 9. EasyMesh example5.d +dxf

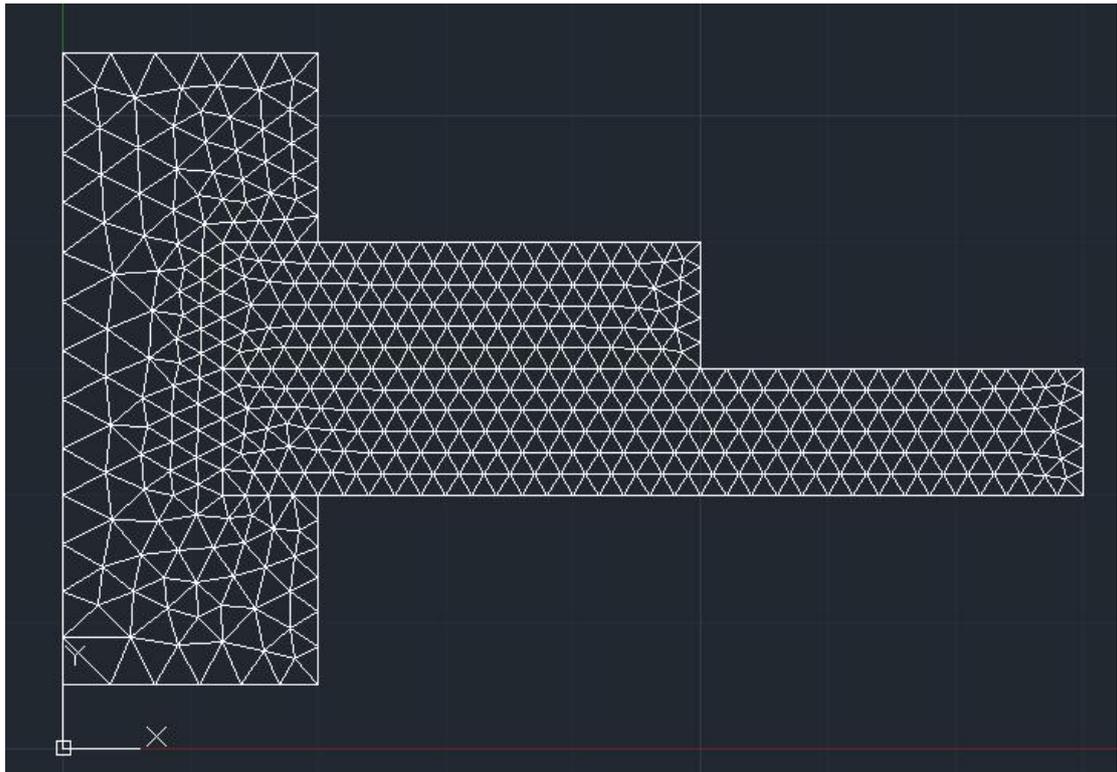


Figure 10. EasyMesh example6.d +dxf

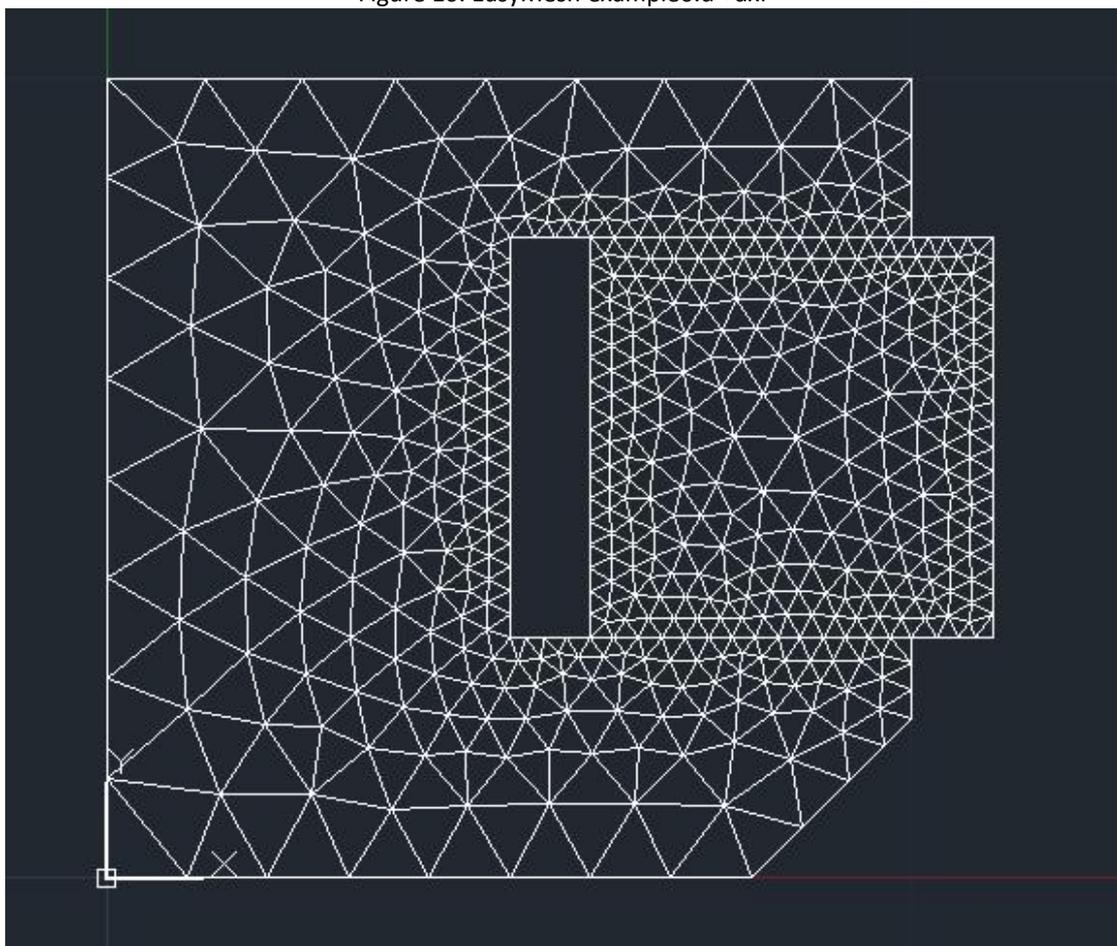


Figure 11. EasyMesh example7.d +dxf

通过设备下图中的 spacing 可以设置网格的密度:

```
#####
POINTS
#####
8 # number of points defining the boundary #

# rectangular domain #
#-----+-----+-----+-----+-----#
# point | x | y | spacing | marker #
#-----+-----+-----+-----+-----#
... 0: ... 0.0 ... 0.0 ... 0.05 ... 1
... 1: ... 2.0 ... 0.0 ... 0.25 ... 2
... 2: ... 2.0 ... 1.6 ... 0.25 ... 2
... 3: ... 0.0 ... 1.6 ... 0.1 ... 1

# square hole #
#-----+-----+-----+-----+-----#
# point | x | y | spacing | marker #
#-----+-----+-----+-----+-----#
... 4: ... 0.5 ... 0.5 ... 0.05 ... 3
... 5: ... 0.5 ... 1.1 ... 0.08 ... 3
... 6: ... 1.1 ... 1.1 ... 0.2 ... 3
... 7: ... 1.1 ... 0.5 ... 0.2 ... 3
```

Figure 12. Spacing of a point

4. Conclusion

网格划分技术广泛用于三维模型可视化，有限元计算中。借助这些开源库的力量，可以自己快速实现一些功能。本文主要介绍了 EasyMesh 的用法及生成结果，如果对网格划分技术感兴趣的同学可以自己下载源码学习。

因为 EasyMesh 源码精巧，且包含了输入和输出部分的源码，可以将 EasyMesh 输入输出部分稍加修改就可以直接在自己的程序中使用，而不用单独编译成一个可执行程序。

5. References

1. EasyMesh website. http://web.mit.edu/easymesh_v1.4/www/easymesh.html
2. EasyMesh Source: <http://www.dinma.univ.trieste.it/nirftc/research/easymesh/>
3. 王成恩. 面向科学计算的网格划分与可视化技术. 科学出版社. 2011
4. Triangle. <http://www.cs.cmu.edu/~quake/triangle.html>
5. Triangle eryar. <http://www.cppblog.com/eryar/archive/2014/03/29/206394.aspx>