

HW6

Seong-Min, Han (20221060)

Due: AM 08:00, March 24, 2022

1. Solve the source-free Poisson equation for several structures. Some of the enrolled students did it, but, in this time, test the sum rule. (It means that you must calculate the solution several times with different boundary values and make a sum of them.)

각 영역의 contact을 $\phi_1 = (1,0,0)$, $\phi_2 = (0,1,0)$, $\phi_3 = (1,0,0)$ 로 설정할 경우,

(ϕ_i 는 i-th terminal에는 1을 인가하고 다른 터미널의 경우 0을 인가)

이들의 각 contact에 1을 인가한 ϕ_4 는 $\phi_4 = (1,1,1)$ 로 나타낼 수 있다.

이번 과제에서는 sum rule을 통해 $\phi_1 + \phi_2 + \phi_3 = \phi_4 = (1,1,1)$ 이 되는지 알아보았다.

source-free Poisson equation의 경우, 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\nabla^2 \phi(r) = -\frac{\rho(r)}{\epsilon_0 \epsilon_r}$$

$$\nabla \cdot (\nabla \epsilon \phi(r)) = 0$$

$$\oint_{d\Omega} \nabla \epsilon \phi(x,y) \cdot dl = \sum_{d\Omega} (\nabla \epsilon \phi(x,y) \cdot \hat{n}) dl$$

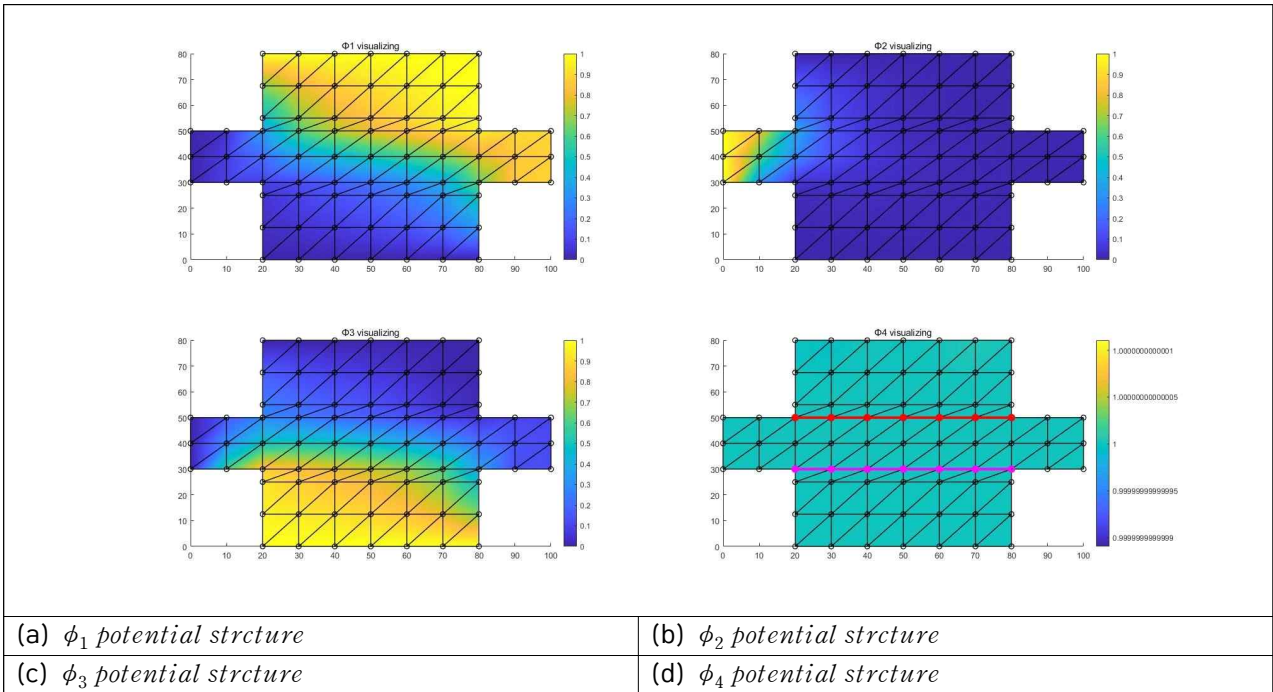
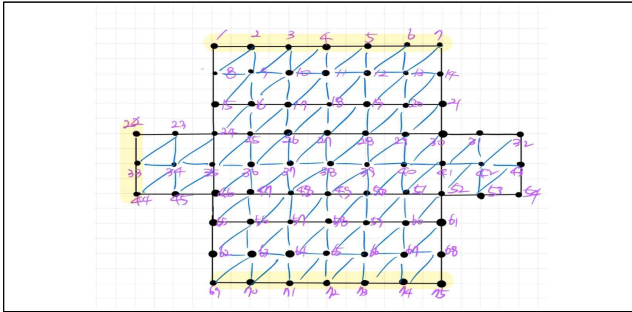
이는 2D laplacian equation에서 각 region의 permittivity 값을 고려해, 이를 곱해 finite volume method로 해석하는 것과 같다. region 1의 permittivity는 11.7, region2의 permittivity는 3.9, region3의 permittivity는 11.7로 설정했다. 총 4개의 structure를 3개의 region으로 나누어 source-free Poisson equation를 풀어볼 것이다. 또한, 각 영역에 edge contact로 contact을 인가할 것이며 sum rule을 검증해볼 것이다.

각 영역의 permittivity가 다르기에, 이번에는 전체 element로 jacobian matrix를 구성하는 것이 아닌 각 region의 element를 이용하여 전체 jacobian matrix를 구성해야 한다.

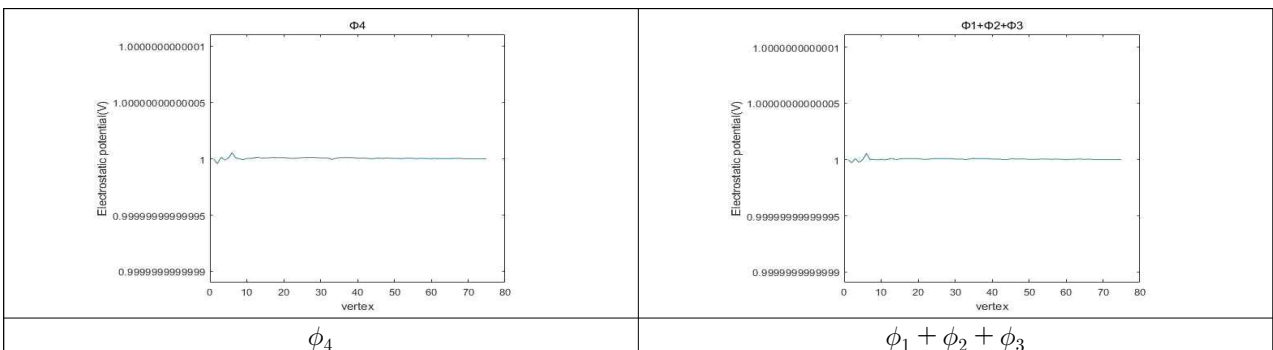
그렇기에 각 영역에서 element들 사이의 edge와 length를 추가로 계산하여 저장하고(ex. edge1, length1) 이를 불러와 edge / length 를 계산해야 한다.

각 region에서의 edge와 length 값은 각 region의 element matrix의 row 값만큼 loop를 돌면서 전체 element의 행 == 각 영역에서 element 행일 경우, 전체 element에서 값을 불러와 저장한다.

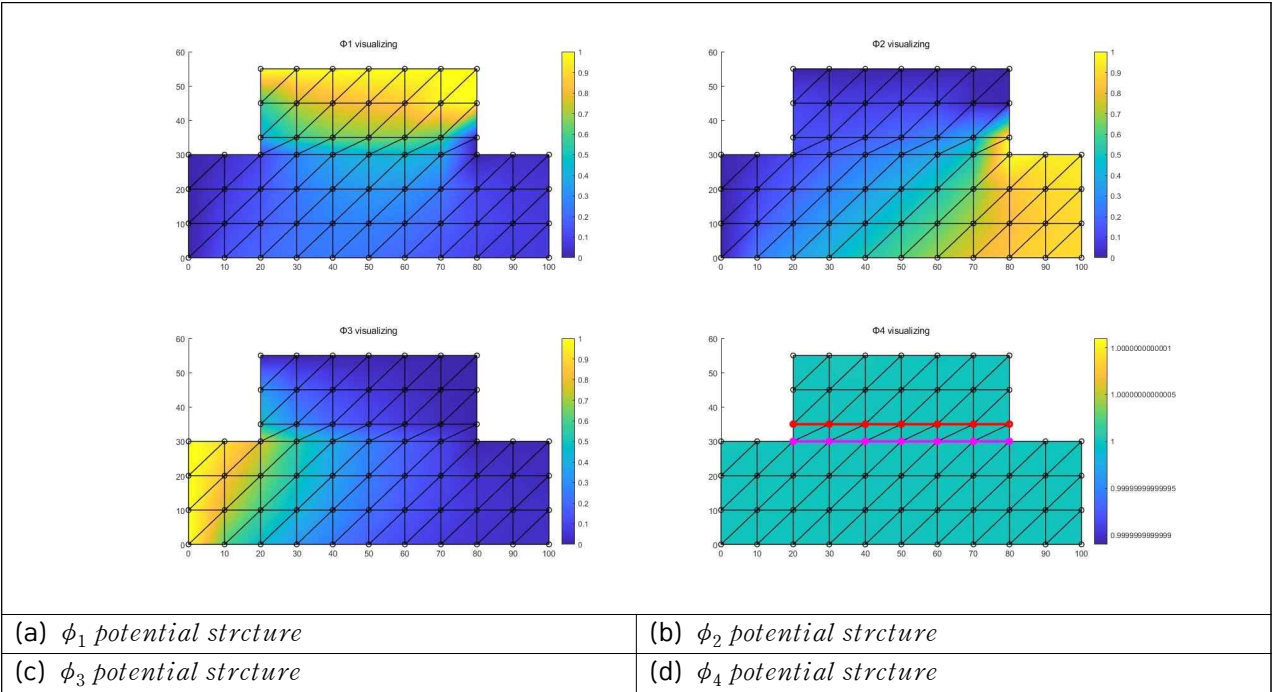
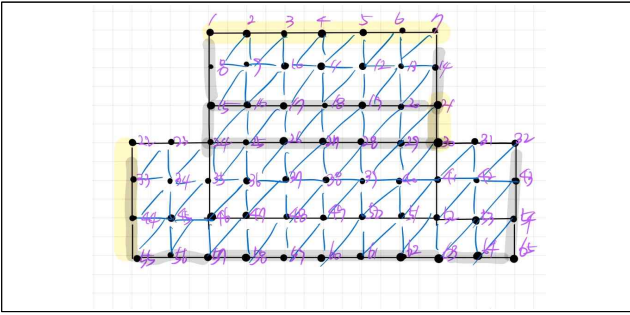
- structure 1. plus



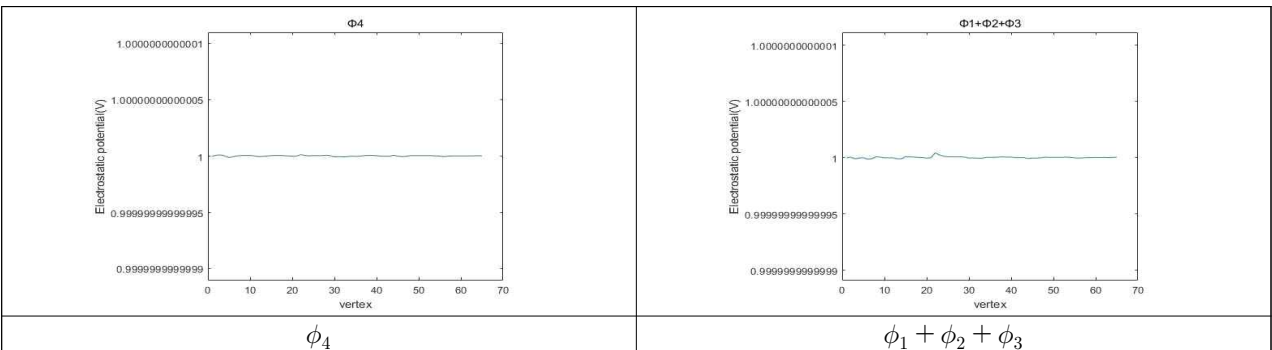
먼저, plus 형태의 구조를 알아보았다. region 1의 edge 1-2-3-4-5-6-7에 1V, ϕ_2 의 경우, region 2의 가장 좌측 edge 24-33-44에 1V, 마지막으로 ϕ_3 의 경우, region 3의 edge 69-70-71-72-73-74-75에 1V를 인가했다. 추가적으로 ϕ_4 의 경우, 모든 edge contact에 1을 인가하여 potential의 sum과 비교했다. 시각화된 potential structure를 보면 각 edge에 potential이 잘 인가된 것을 확인할 수 있었다. 각 좌측 상단부터 우측 하단까지 순서대로 $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ 이다. 하단의 그래프를 통해 각 potential의 합 ($\phi_1 + \phi_2 + \phi_3$)은 ϕ_4 와 일치하는 것을 알 수 있었다.



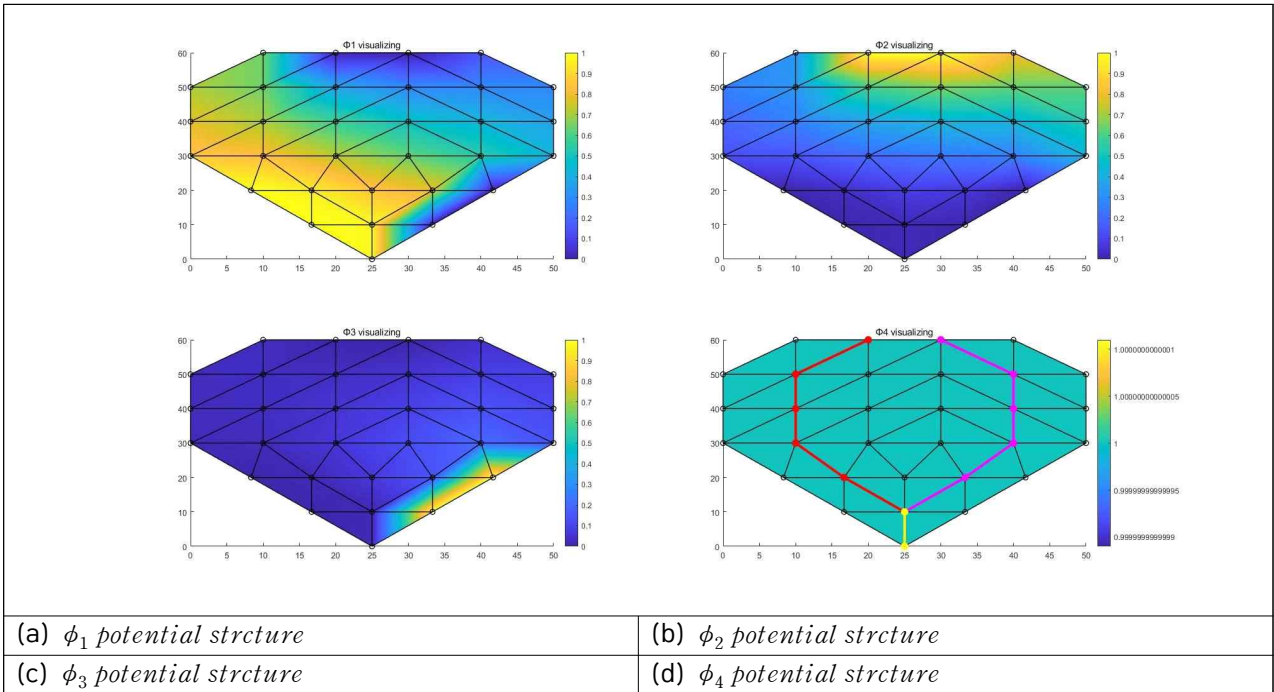
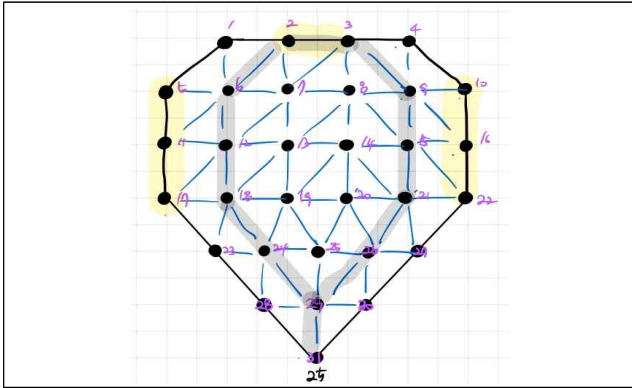
- structure 2. tetris



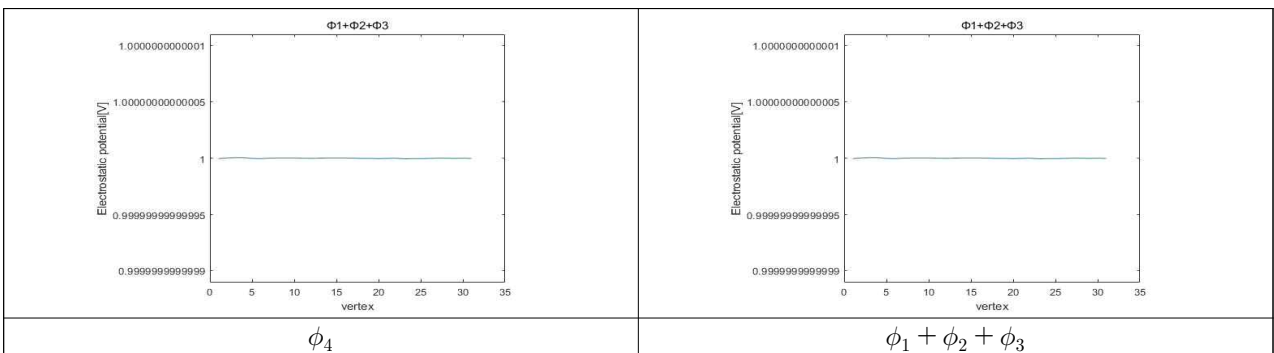
다음으로, tetris 형태의 구조를 계산했다. ϕ_1 의 경우, region 1의 edge 1-2-3-4-5-6-7에 1V, ϕ_2 의 경우, region 2의 가장 우측 edge 21-30에 1V, 마지막으로 ϕ_3 의 경우, region 3의 좌측 edge 22-33-44-55에 1V를 인가했다. 추가적으로 ϕ_4 의 경우, 모든 edge contact에 1을 인가하여 potential의 sum과 비교했다. 시각화된 potential structure를 보면 각 edge에 potential이 잘 인가된 것을 확인할 수 있었다. 각 좌측 상단부터 우측 하단까지 순서대로 $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ 이다. 하단의 그래프를 통해 각 potential의 합 ($\phi_1 + \phi_2 + \phi_3$)은 ϕ_4 와 일치하는 것을 알 수 있었다.



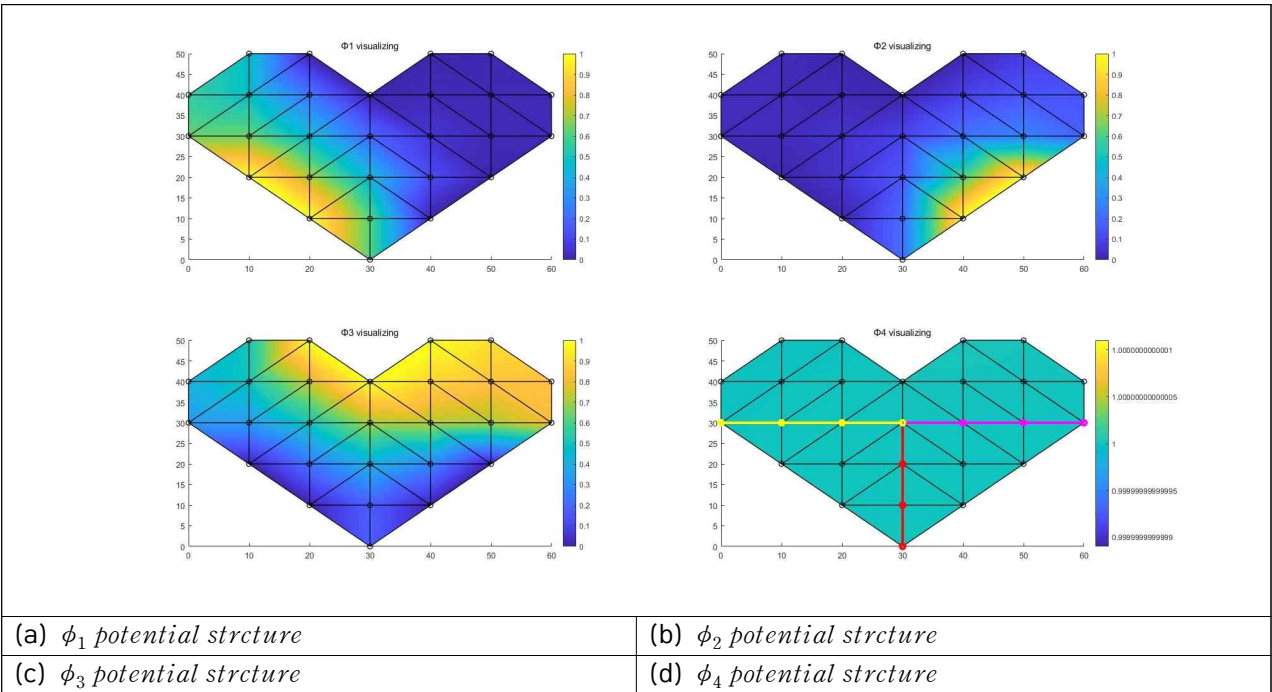
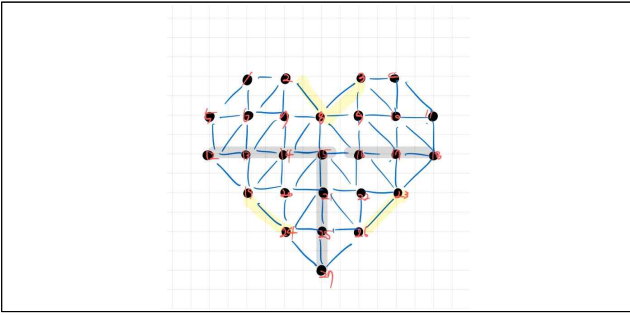
- structure 3. diamond



다음으로, diamond 형태의 구조를 계산했다. ϕ_1 의 경우, region 1의 좌측 edge 23-28에 1V, ϕ_2 의 경우, region 2의 상단 edge 2-3에 1V, 마지막으로 ϕ_3 의 경우, region 3의 우측 edge 27-30에 1V를 인가했다. 추가적으로 ϕ_4 의 경우, 모든 edge contact에 1을 인가하여 potential의 sum과 비교했다. 시각화된 potential structure를 보면 각 edge에 potential이 잘 인가된 것을 확인할 수 있었다. 각 좌측 상단부터 우측 하단까지 순서대로 ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 , ϕ_4 이다. 하단의 그래프를 통해 각 potential의 합($\phi_1 + \phi_2 + \phi_3$)은 ϕ_4 와 일치하는 것을 알 수 있었다.



- structure 4. heart



마지막으로, heart 형태의 구조를 계산했다. ϕ_1 의 경우, region 1의 좌측 edge 19-24에 1V, ϕ_2 의 경우, region 2의 가장 상단 edge 2-8-3에 1V, 마지막으로 ϕ_3 의 경우, region 3의 우측 edge 23-26에 1V를 인가했다. 추가적으로 ϕ_4 의 경우, 모든 edge contact에 1을 인가하여 potential의 sum과 비교했다. 시각화된 potential structure를 보면 각 edge에 potential이 잘 인가된 것을 확인할 수 있었다. 각 좌측 상단 부터 우측 하단까지 순서대로 $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ 이다. 하단의 그래프를 통해 각 potential의 합($\phi_1 + \phi_2 + \phi_3$)은 ϕ_4 와 일치하는 것을 알 수 있었다.

