

Całkowanie macierzy [C] metodą Gaussa

dr inż. Kustra Piotr
WIMiP, KISiM, AGH
B5, pokój 710

Obliczanie macierzy C dla pierwszego punktu całkowania

$$[C] = \int_V \rho c_p (\{N\} \{N\}^T) dV$$

$$C = C_{pc1} + C_{pc2} + C_{pc3} + C_{pc4}$$

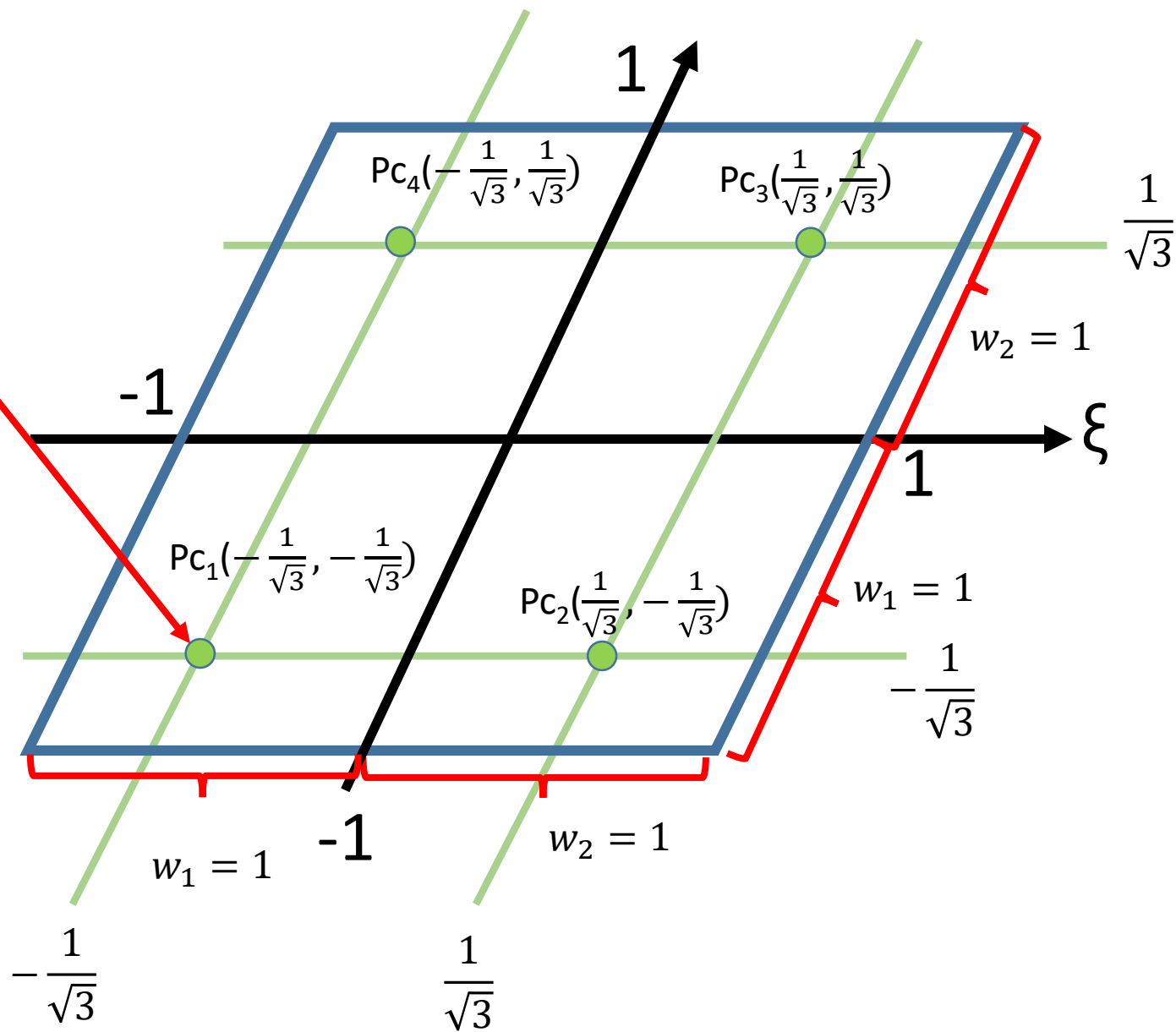
Pc	ksi	eta	N1	N2	N3	N4
1	-0,5774	-0,5773	0,6220	0,1666	0,0446	0,1666
2	0,5773	-0,5773	0,1666	0,6220	0,1666	0,0446
3	0,5773	0,5773	0,0446	0,1666	0,6220	0,1666
4	-0,5774	0,5773	0,1666	0,0446	0,1666	0,6220

$$N1 = 0.25(1 - \xi)(1 - \eta)$$

$$N2 = 0.25(1 + \xi)(1 - \eta)$$

$$N3 = 0.25(1 + \xi)(1 + \eta)$$

$$N4 = 0.25(1 - \xi)(1 + \eta)$$



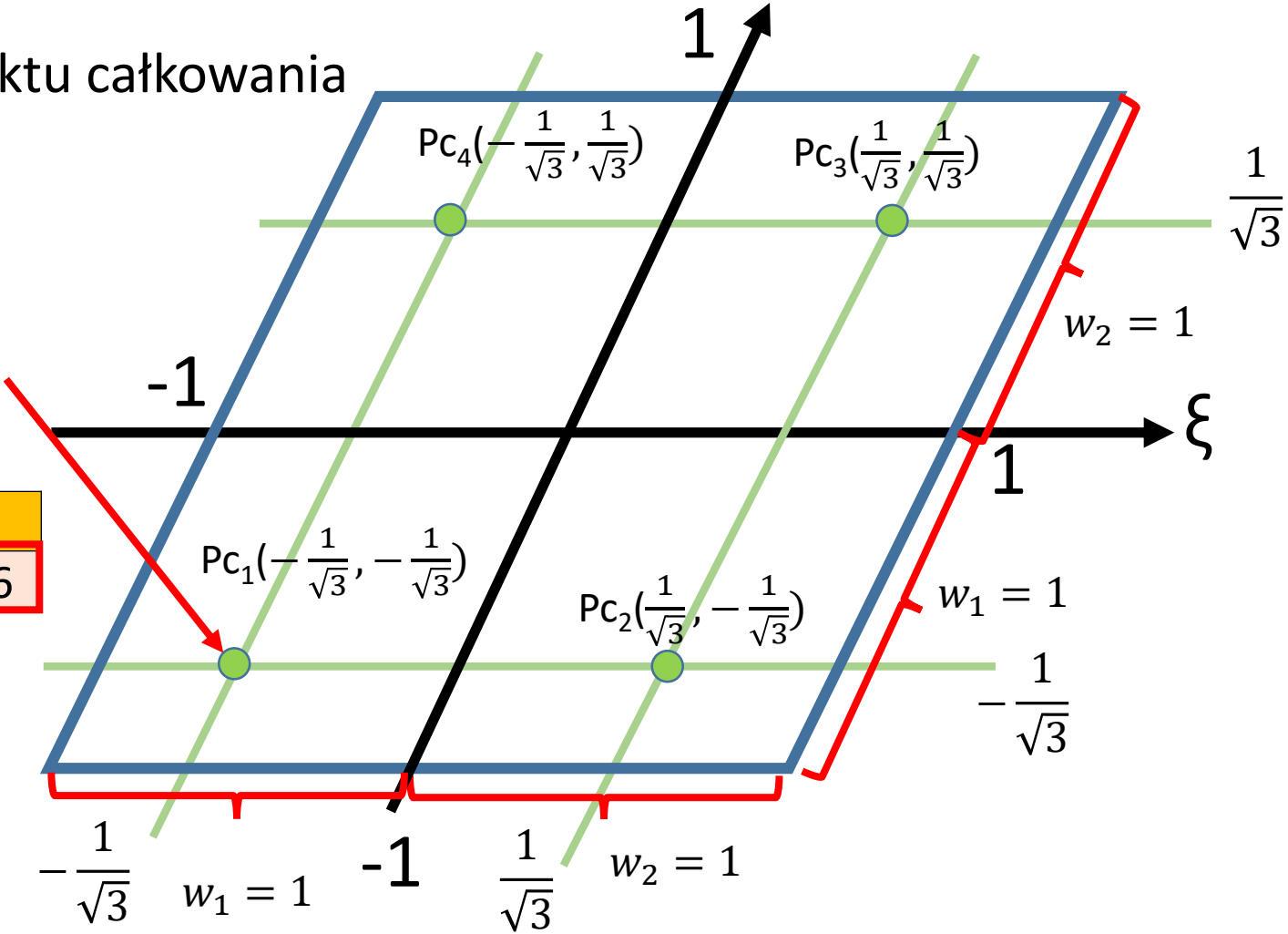
Obliczanie macierzy C dla pierwszego punktu całkowania

$$[C] = \int_V \rho c_p (\{N\} \{N\}^T) dV$$

$$C = C_{pc1} + C_{pc2} + C_{pc3} + C_{pc4}$$

Pc	ksi	eta	N1	N2	N3	N4
1	-0,5774	-0,5773	0,6220	0,1666	0,0446	0,1666

c	700
ro	7800



$$[C] = \int_V 700 * 7800 \left(\begin{Bmatrix} 0,622 \\ 0,1666 \\ 0,0446 \\ 0,1666 \end{Bmatrix} \{0,622 \quad 0,1666 \quad 0,0446 \quad 0,1666\} \right) dV$$

Obliczanie macierzy C dla pierwszego punktu całkowania

$$[C] = \int_V \rho c_p (\{N\} \{N\}^T) dV$$

$$C = C_{pc1} + C_{pc2} + C_{pc3} + C_{pc4}$$

c	700
ro	7800

Pc	ksi	eta	N1	N2	N3	N4
1	-0,5774	-0,5773	0,6220	0,1666	0,0446	0,1666

dV -> dej[J]

det[j] = 0,00015625

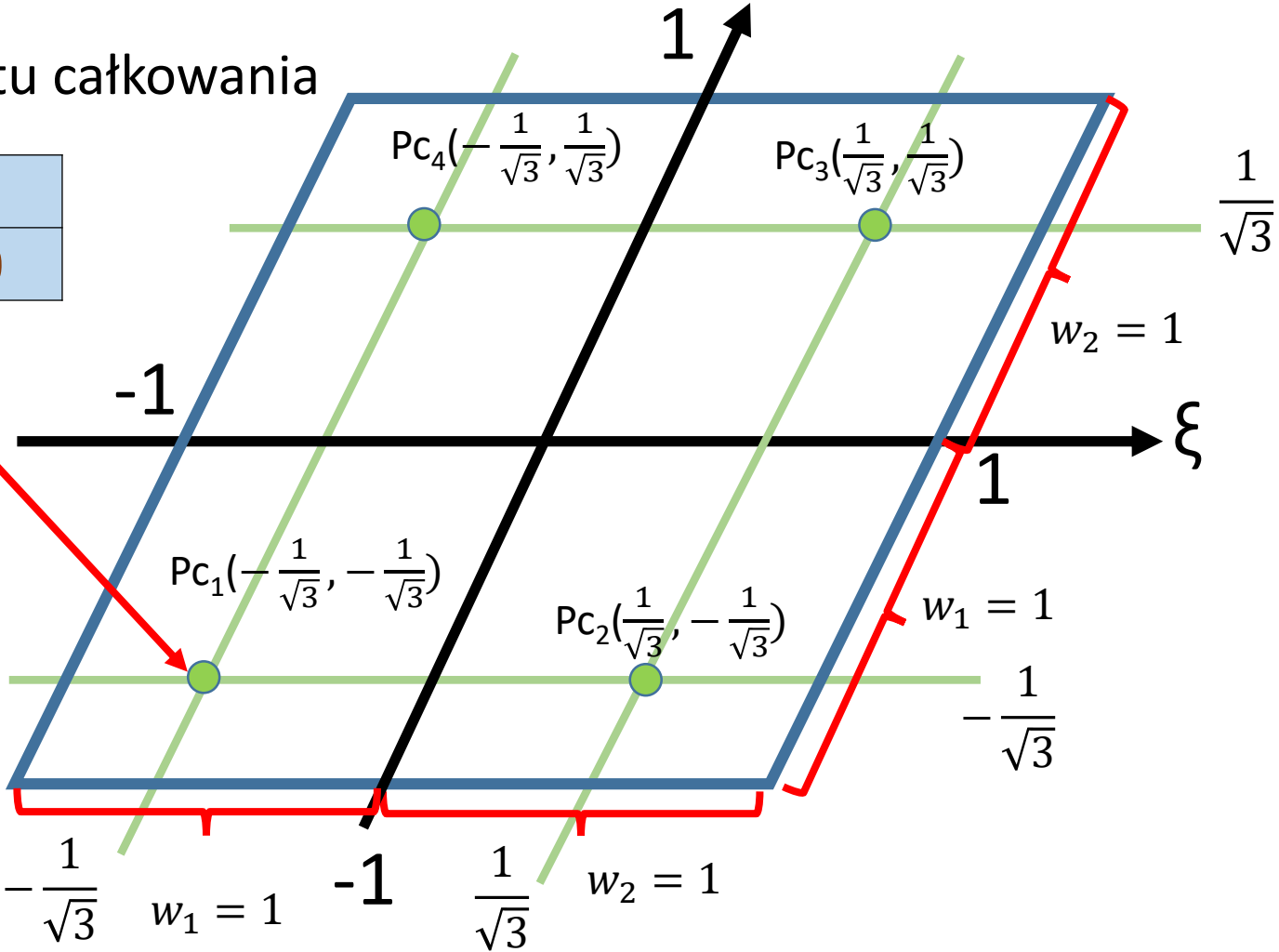
ID	1	2	3	4
x	0	0,025	0,025	0
y	0	0	0,025	0,025

0,38689	0,103668	0,027778	0,103668
0,10367	0,027778	0,007443	0,027778
0,02778	0,007443	0,001994	0,007443
0,10367	0,027778	0,007443	0,027778

[C_{pc1}] = 700*7800*

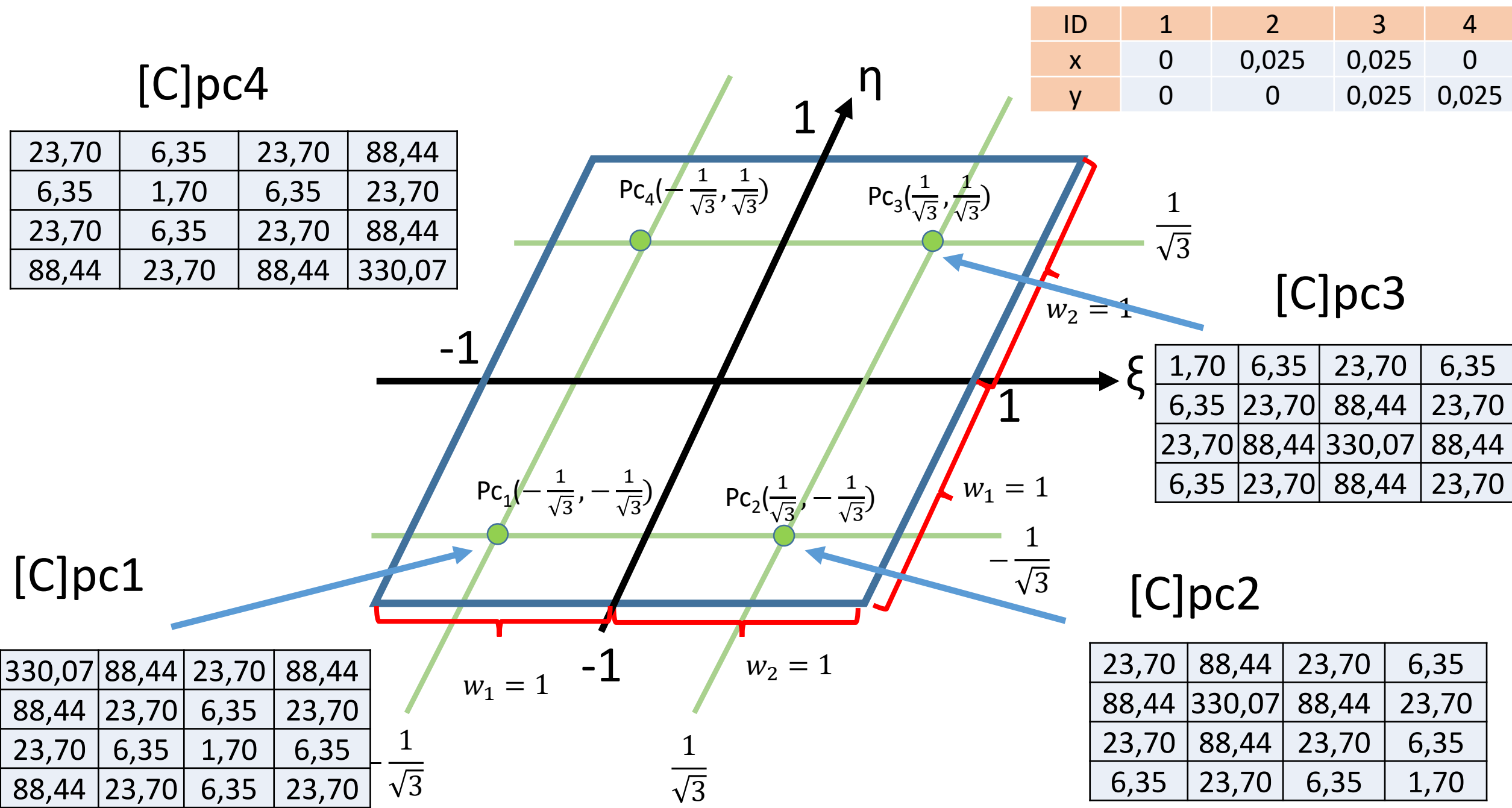
* 0,00015625 =

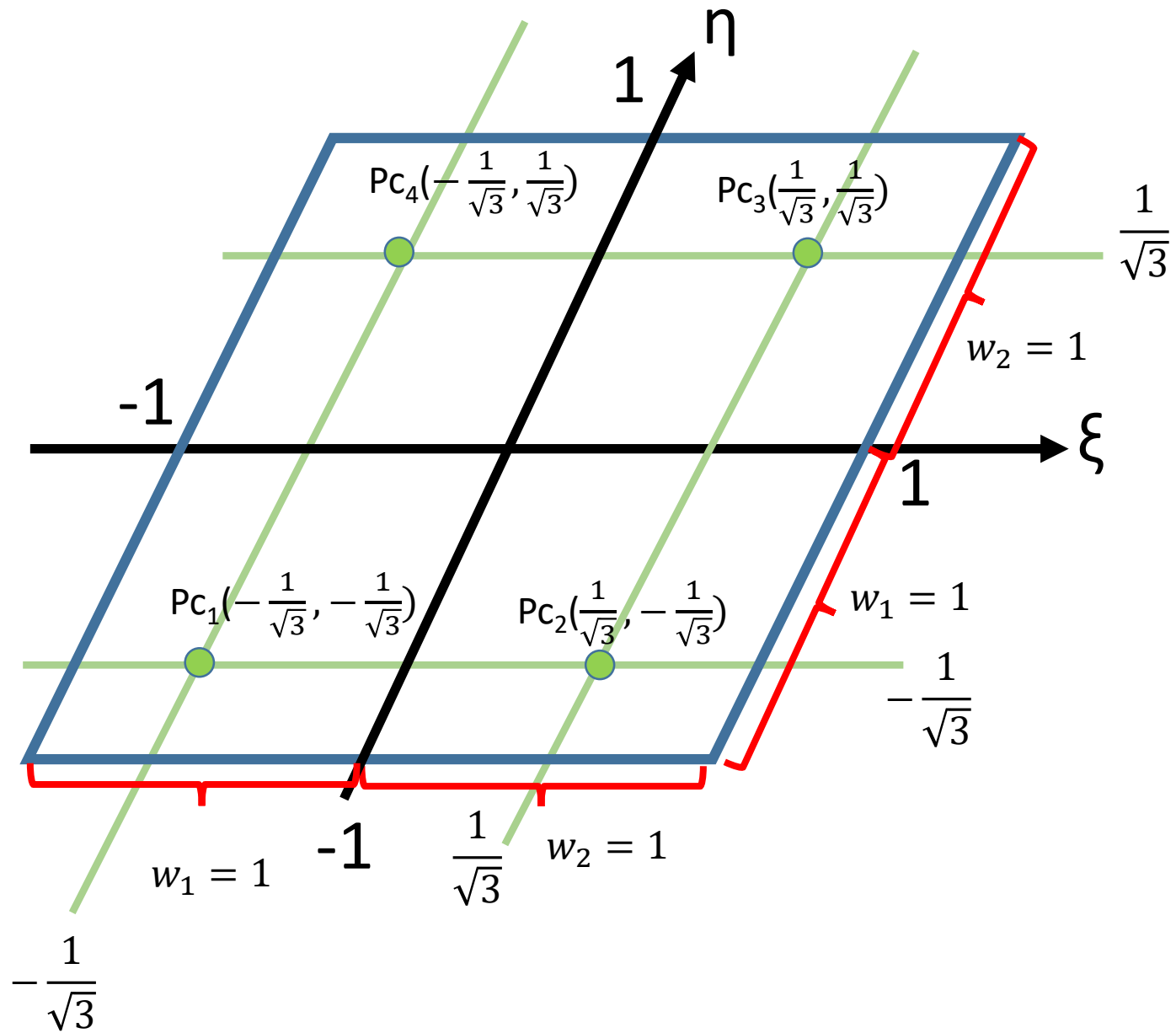
330,069	88,44183	23,69792	88,44183
88,4418	23,69792	6,349838	23,69792
23,6979	6,349838	1,701434	6,349838
88,4418	23,69792	6,349838	23,69792



23,70	6,35	23,70	88,44
6,35	1,70	6,35	23,70
23,70	6,35	23,70	88,44
88,44	23,70	88,44	330,07

330,07	88,44	23,70	88,44
88,44	23,70	6,35	23,70
23,70	6,35	1,70	6,35
88,44	23,70	6,35	23,70





ID	1	2	3	4
x	0	0,025	0,025	0
y	0	0	0,025	0,025

379,1667	189,5833	94,79167	189,5833
189,5833	379,1667	189,5833	94,79167
94,79167	189,5833	379,1667	189,5833
189,5833	94,79167	189,5833	379,1667

$$C = C_{pc1}w_1w_1 + C_{pc2}w_1w_2 + C_{pc3}w_2w_2 + C_{pc4}w_2w_1 =$$

Czytanie siatki z pliku - > tworzenie struktur danych – element, node, element uniwersalny

Pętla po czasie TimeStep

Implementacja pętli po elementach e:

Pobieranie wartości x oraz y węzłów elementu skończonego e,

Pętla po punktach całkowania pc (dla 2d $pc = 4, 9, 16...$)

Obliczanie macierzy Jakobiego J, Jakobianu i macierzy odwrotnej J^{-1} dla punktu całkowania pc

Obliczamy dN/dx oraz $dN/dy \rightarrow$ Macierz H w dla punktu całkowania pc

Obliczamy macierz C w pc

Sumujemy macierze H z punktów całkowania $pc_1 - pc_n$ (dla 2d $pc_n = 4, 9, 16...$)

Sumujemy macierze C z punktów całkowania $pc_1 - pc_n$ (dla 2d $pc_n = 4, 9, 16...$)

Obliczamy macierz Hbc dla każdej ściany elementu „e” i sumujemy

Obliczamy wektor P dla każdej ściany elementu „e” i sumujemy

Dodajemy do HL $H+Hbc$

Agregacja HL \rightarrow Hg, CL \rightarrow CG, PL \rightarrow PG

Struct Element

id[4]

H[4][4]

C[4][4]

Hbc[4][4]

P[4]

Finalne rozwiązanie na podstawie temperatury początkowej

$$\left([H] + \frac{[C]}{\Delta \tau} \right) \{t_1\} - \left(\frac{[C]}{\Delta \tau} \right) \{t_0\} + \{P\} = 0$$

Szukana wartość

Po 1 iteracji $t_0 = t_1$

Struct SOE

HG[Nn][Nn]

CG[Nn][Nn]

PG[Nn]

C globalna – siatka 4x4

674.074 337.037 0 0 337.037 168.519 0 0 0 0 0 0 0 0 0
337.037 1348.15 337.037 0 168.519 674.074 168.519 0 0 0 0 0 0 0 0
0 337.037 1348.15 337.037 0 168.519 674.074 168.519 0 0 0 0 0 0 0
0 0 337.037 674.074 0 0 168.519 337.037 0 0 0 0 0 0 0
337.037 168.519 0 0 1348.15 674.074 0 0 337.037 168.519 0 0 0 0 0
168.519 674.074 168.519 0 674.074 2696.3 674.074 0 168.519 674.074 168.519 0 0 0 0
0 168.519 674.074 168.519 0 674.074 2696.3 674.074 0 168.519 674.074 168.519 0 0 0
0 0 168.519 337.037 0 0 674.074 1348.15 0 0 168.519 337.037 0 0 0
0 0 0 0 337.037 168.519 0 0 1348.15 674.074 0 0 337.037 168.518 0 0
0 0 0 0 168.519 674.074 168.519 0 674.074 2696.3 674.074 0 168.518 674.074 168.519 0
0 0 0 0 0 168.519 674.074 168.519 0 674.074 2696.3 674.074 0 168.519 674.074 168.519
0 0 0 0 0 0 168.519 337.037 0 0 674.074 1348.15 0 0 168.519 337.037
0 0 0 0 0 0 0 337.037 168.518 0 0 674.074 337.037 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 168.518 674.074 168.519 0 337.037 1348.15 337.037 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 168.519 674.074 168.519 0 337.037 1348.15 337.037
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 168.519 337.037 0 0 337.037 674.074

C dla elementu - 1
674.074 337.037 168.519 337.037
337.037 674.074 337.037 168.519
168.519 337.037 674.074 337.037
337.037 168.519 337.037 674.074

C dla elementu - 2
674.074 337.037 168.519 337.037
337.037 674.074 337.037 168.519
168.519 337.037 674.074 337.037
337.037 168.519 337.037 674.074

C dla elementu - 3
674.074 337.037 168.519 337.037
337.037 674.074 337.037 168.519
168.519 337.037 674.074 337.037
337.037 168.519 337.037 674.074

Wyniki w czasie max oraz min

4x4:

110.03797659406167 365.8154705784631
168.83701715655656 502.5917120896439
242.80085524391868 587.372666691486
318.61459376004086 649.3874834542602
391.2557916738893 700.0684204214381
459.03690325635404 744.0633443187048
521.5862742337766 783.382849723737
579.0344449687701 818.9921876836681
631.6892368621455 851.4310425916341
679.9075931513394 881.057634906017

4x4 mix:

95.15184673458245 374.6863325385064
147.64441665454345 505.96811082245307
220.1644549730314 586.9978503916302
296.7364399006366 647.28558387732
370.968275802604 697.3339863103786
440.5601440058566 741.2191121514377
504.8911996551285 781.209569726045
564.0015111915015 817.3915065469778
618.1738556427995 850.2373194670416
667.7655470268747 880.1676054000437