

# Całkowanie macierzy [C] metodą Gaussa

dr inż. Kustra Piotr

WIMiP, KISiM, AGH

B5, pokój 710

## Obliczanie macierzy C dla pierwszego punktu całkowania

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

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

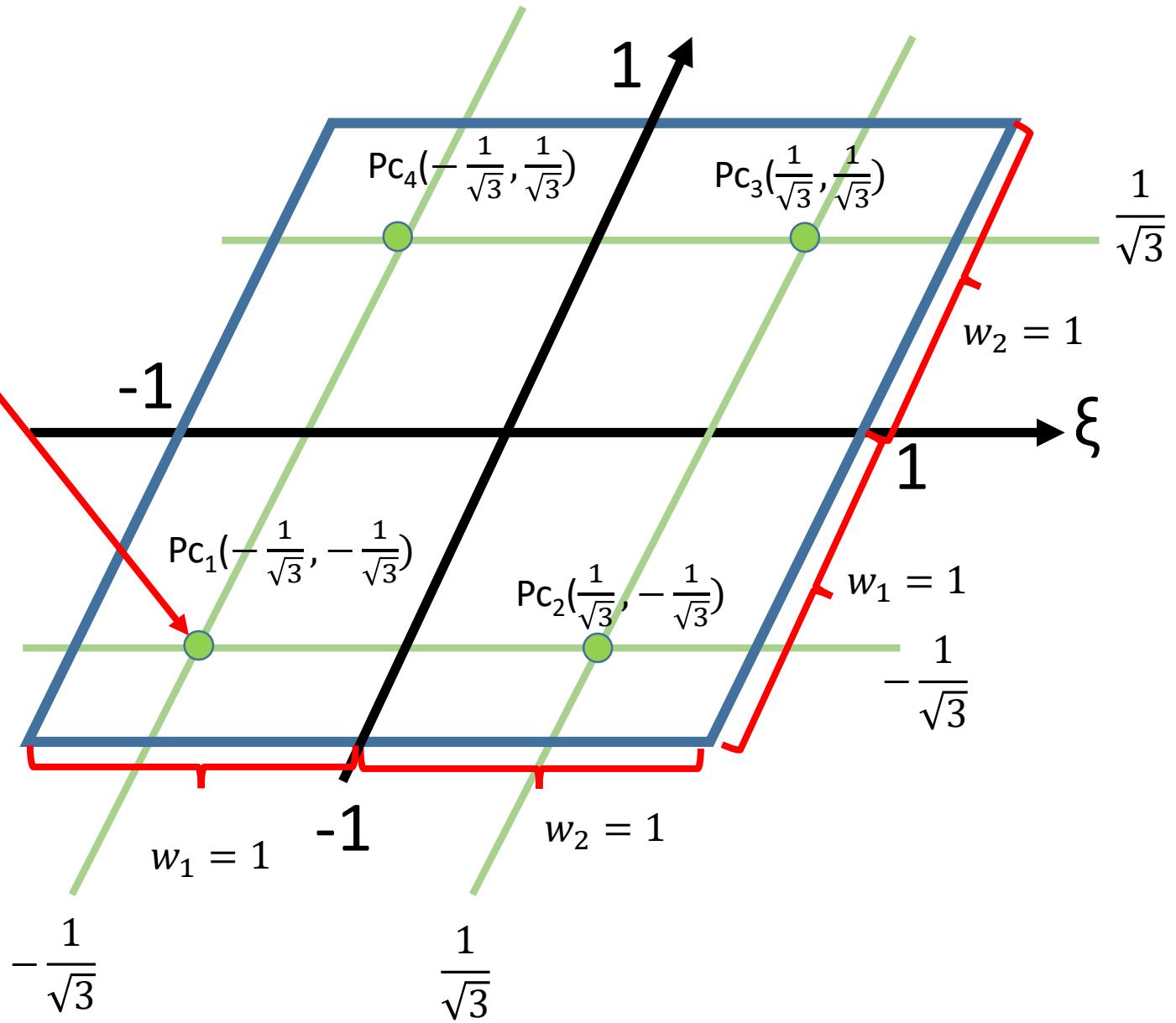
Pc	ksi	eta	N1	N2	N3	N4
1	-0,5774	-0,5773	0,6220	0,1666	0,0446	0,1666
2	0,5773	-0,5773	0,1666	0,6220	0,1666	0,0446
3	0,5773	0,5773	0,0446	0,1666	0,6220	0,1666
4	-0,5774	0,5773	0,1666	0,0446	0,1666	0,6220

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

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

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

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



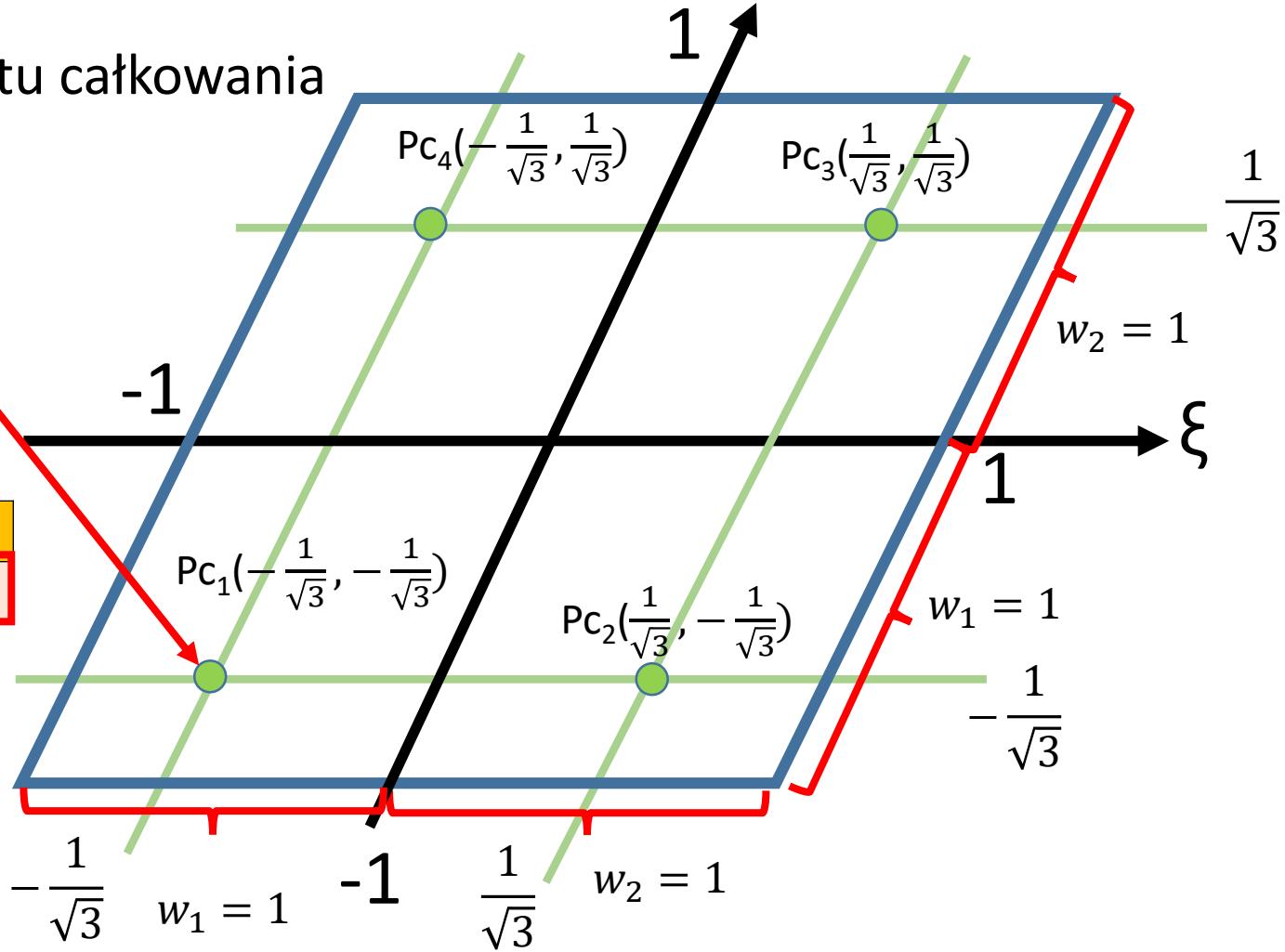
## Obliczanie macierzy C dla pierwszego punktu całkowania

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

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

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

c	700
ro	7800



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

## 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

$dV \rightarrow dej[J]$

$$\det[j] = 0,00015625$$

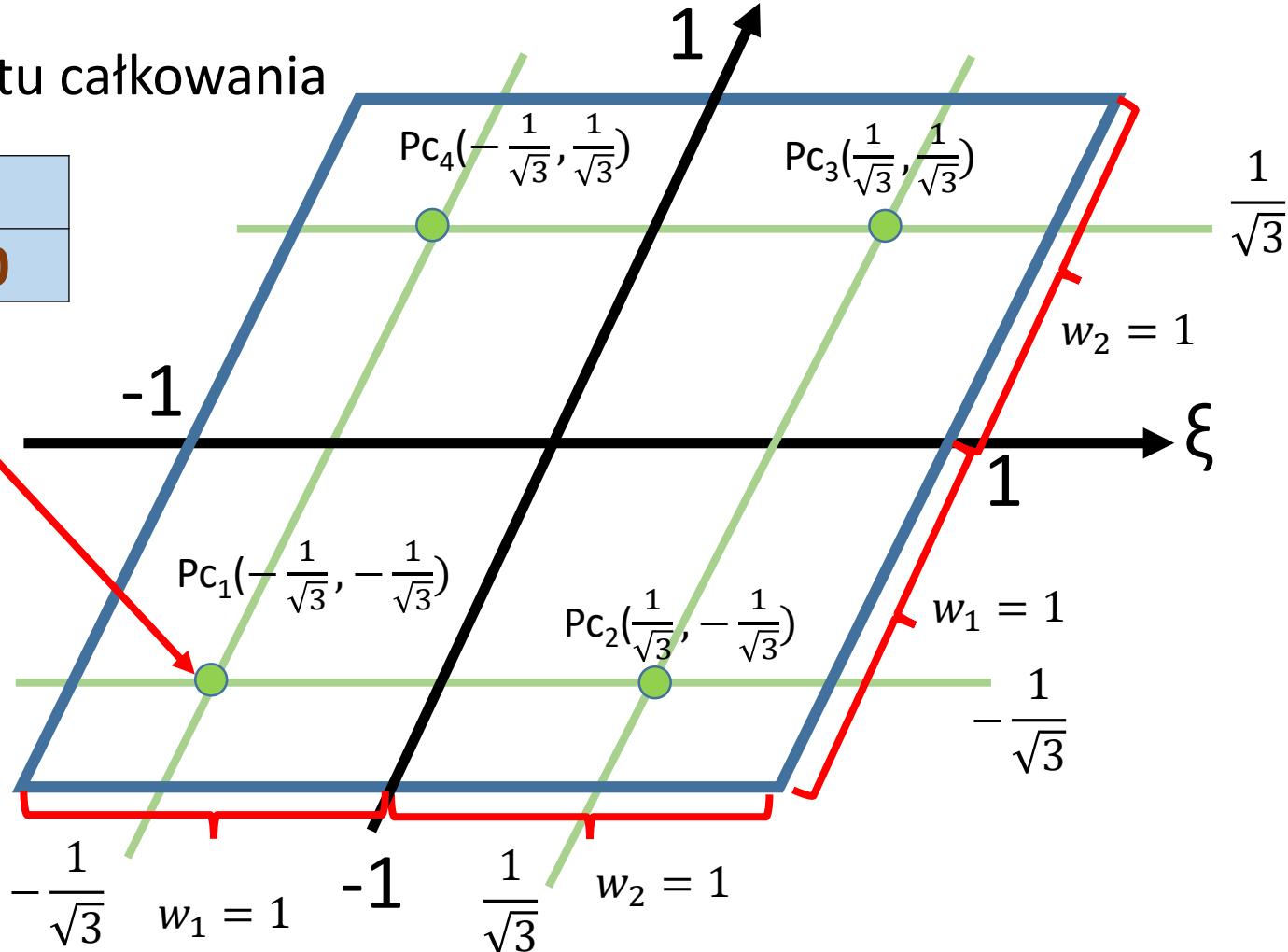
ID	1	2	3	4
x	0	0,025	0,025	0
y	0	0	0,025	0,025

$$[C_{pc1}] = 700 * 7800 *$$

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

$$* 0,00015625 =$$

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



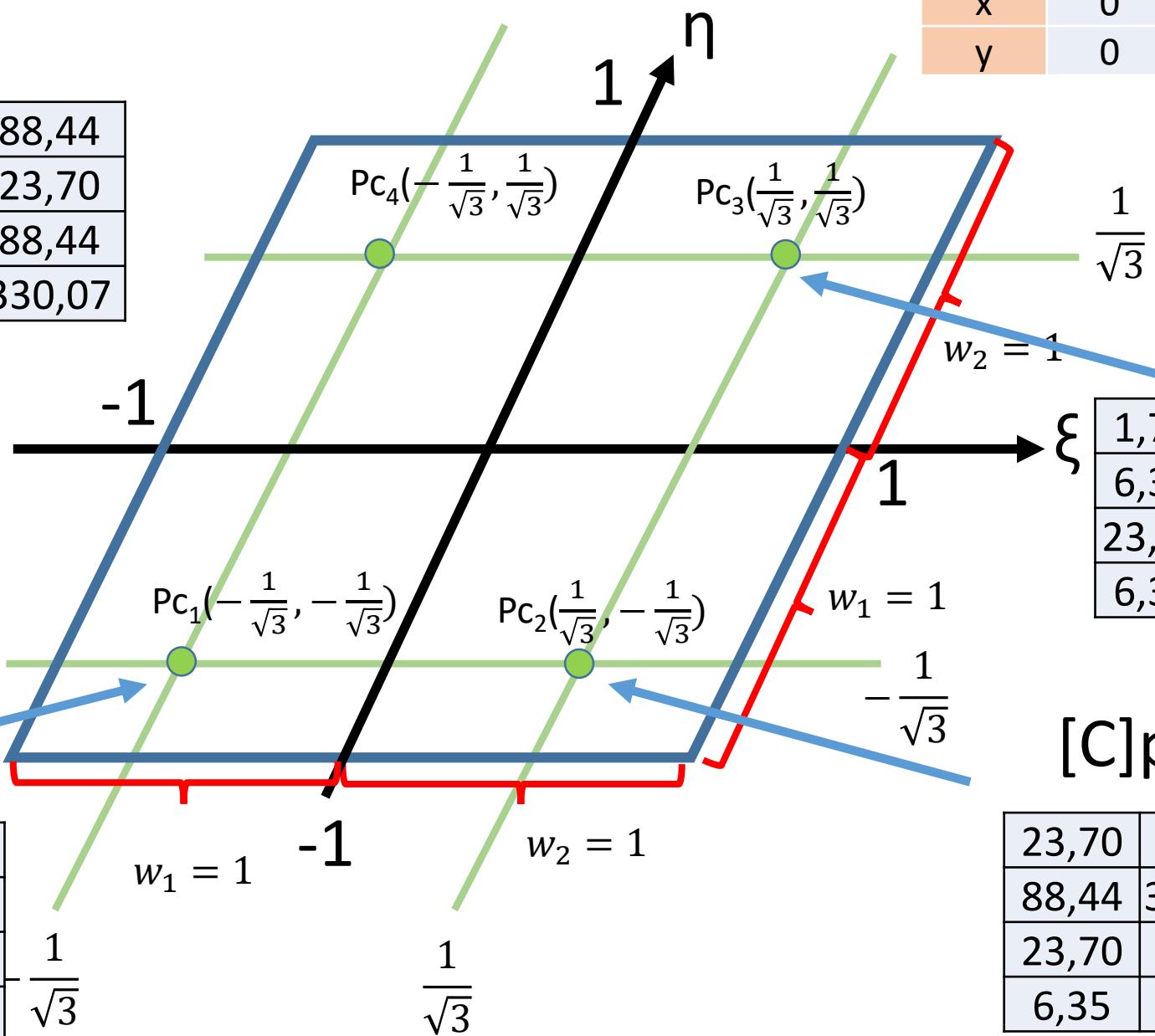
# [C]pc4

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

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

# [C]pc1

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

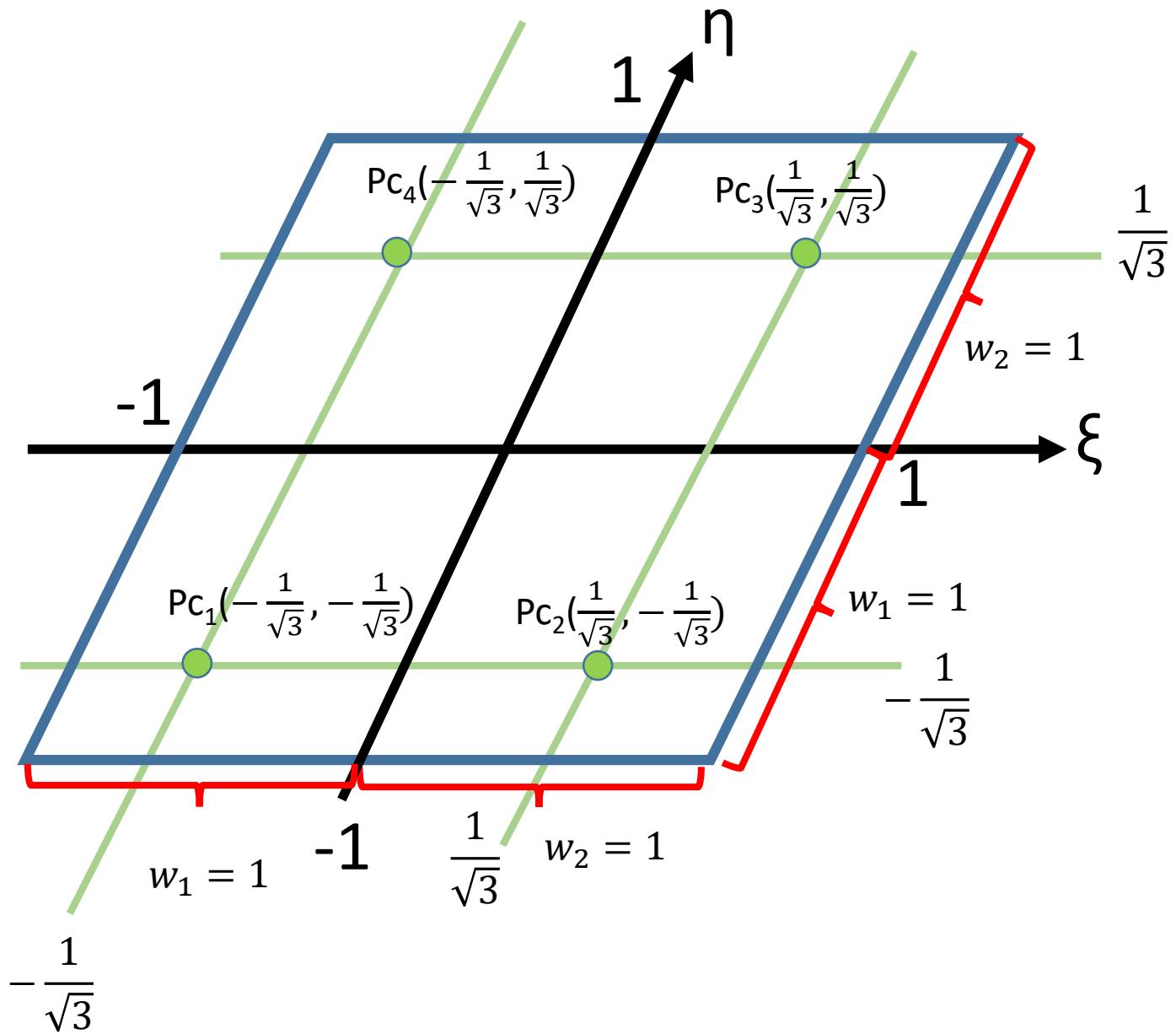


# [C]pc2

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

# [C]pc3

1,70	6,35	23,70	6,35
6,35	23,70	88,44	23,70
23,70	88,44	330,07	88,44
6,35	23,70	88,44	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 skońzonego 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  $dN/dy$  -> 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->Hg, CL -> CG, PL -> 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 0 337.037 674.074 0 0 168.519 337.037 0 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  
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 0 168.519 337.037 0 0 674.074 1348.15 0 0 168.519 337.037 0 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 0 168.518 674.074 168.519 0 337.037 1348.15 337.037 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 0 168.519 337.037 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