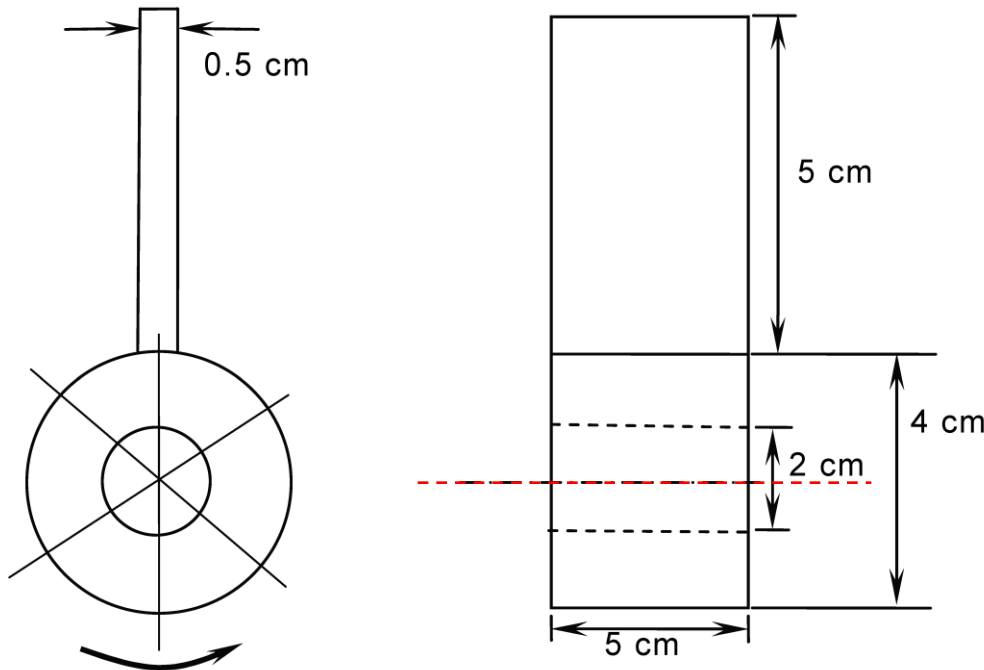


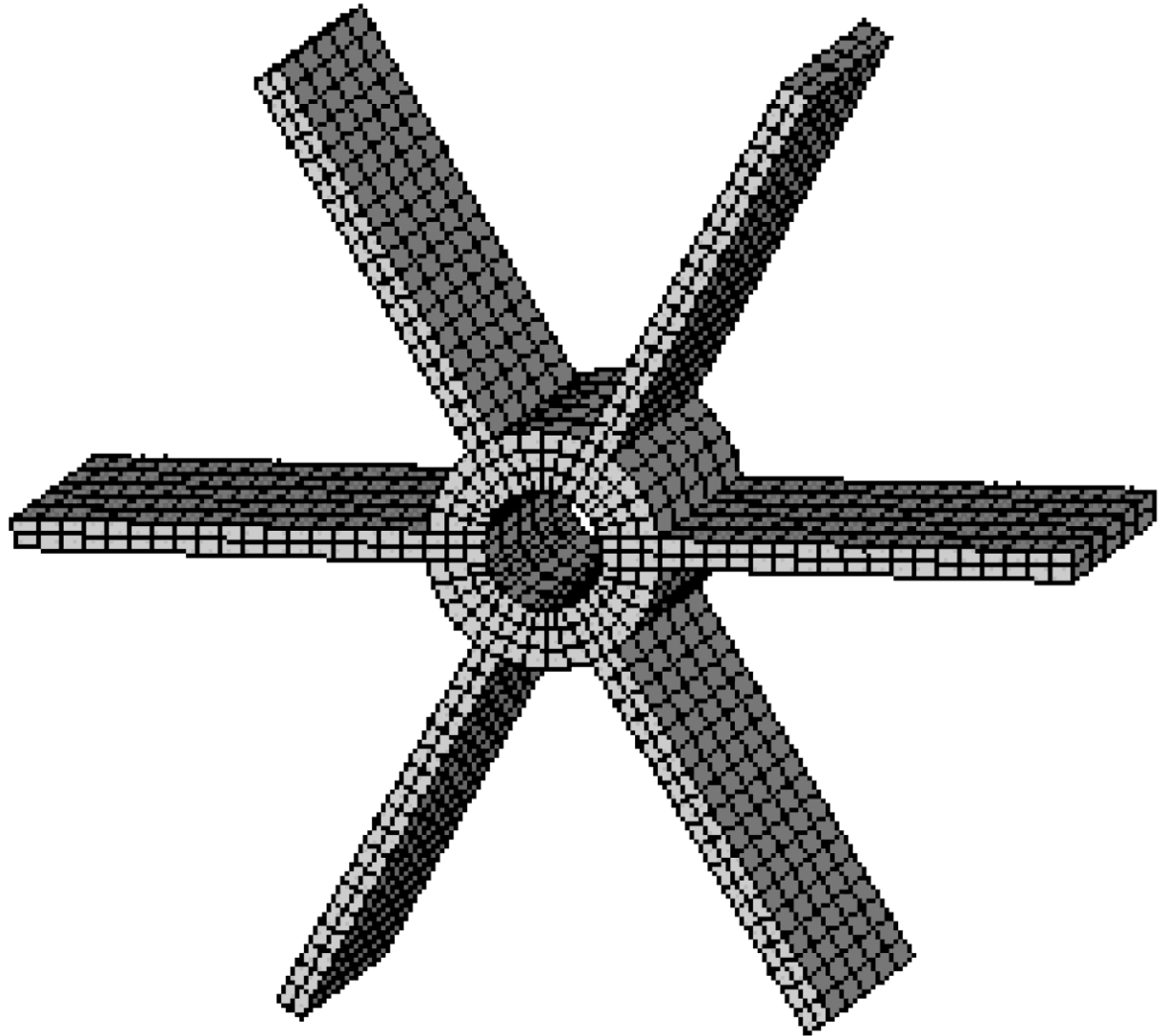
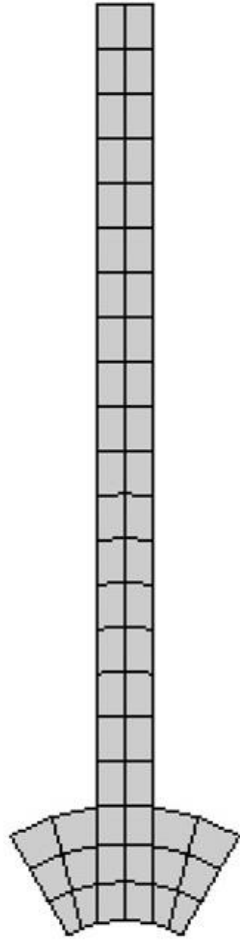
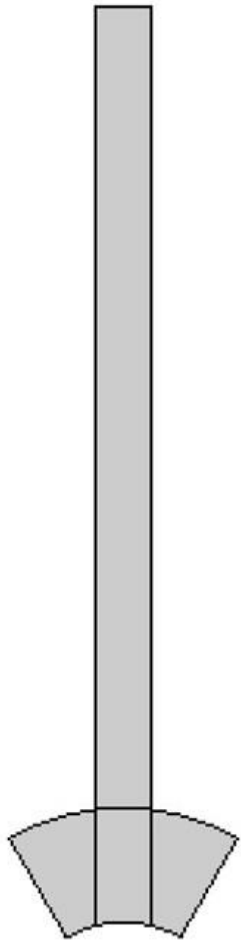
# 實體模型

有一輪轂內徑為2 cm，外徑4 cm，寬度為5 cm，  
總共6 片葉片平均分布於輪轂，葉片長5 cm，厚  
0.5 cm，轉速為2000 rpm，鋼材 $E=200\times 10^9$  N/m<sup>2</sup>  
、 $\rho = 7800$  Kg/m<sup>3</sup>、 $\nu = 0.3$ ，求應力分佈。



$$\begin{aligned} 1 \text{ rev/min} &= 2\pi \text{ rad} / 60 \text{ s} \\ &= 0.1047 \text{ rad s}^{-1} \end{aligned}$$

# 網格化有限元素模型





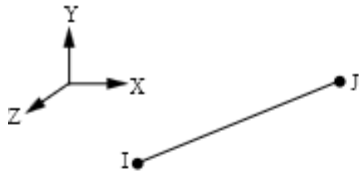
# 單位一致性

Quantity	SI	SI (mm)	US Unit (ft)	US Unit (inch)
Length	m	mm	ft	in
Force	N	N	lbf	lbf
Mass	kg	tonne ( $10^3$ kg)	slug	$\text{lbf s}^2 / \text{in}$
Time	s	s	s	s
Stress	Pa ( $\text{N/m}^2$ )	MPa ( $\text{N/mm}^2$ )	$\text{lbf/ft}^2$	psi ( $\text{lbf/in}^2$ )
Energy	J	mJ ( $10^{-3}$ J)	ft lbf	in lbf
Density	$\text{kg/m}^3$	$\text{tonne/mm}^3$	$\text{slug/ft}^3$	$\text{lbf s}^2 / \text{in}^4$

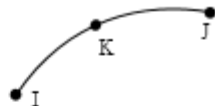
# "mesh-only" element MESH200

mesh200 是一個僅用來劃分網格的單元,它對計算結果毫無影響,它不具有Degrees of freedom、Real constants、Material properties、Surface loads。

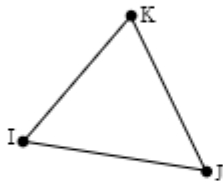
## MESH200 Geometry



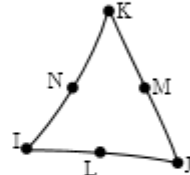
KEYOP T (1) = 2  
3-D line with 2 nodes



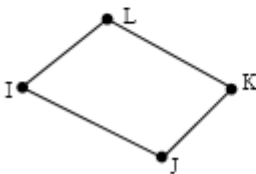
KEYOP T (1) = 3  
3-D line with 3 nodes



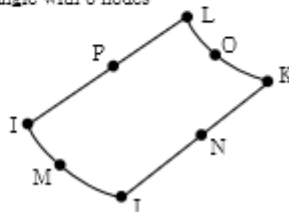
KEYOP T (1) = 4  
3-D triangle with 3 nodes



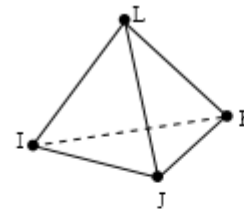
KEYOP T (1) = 5  
3-D triangle with 6 nodes



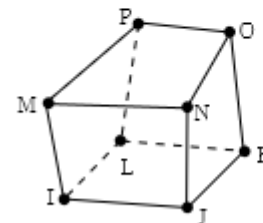
KEYOP T (1) = 6  
3-D quadrilateral with 4 nodes



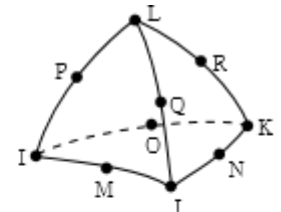
KEYOP T (1) = 7  
3-D quadrilateral with 8 nodes



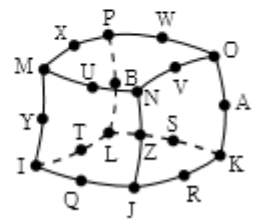
KEYOP T (1) = 8  
tetrahedron with 4 nodes



KEYOP T (1) = 10  
brick with 8 nodes

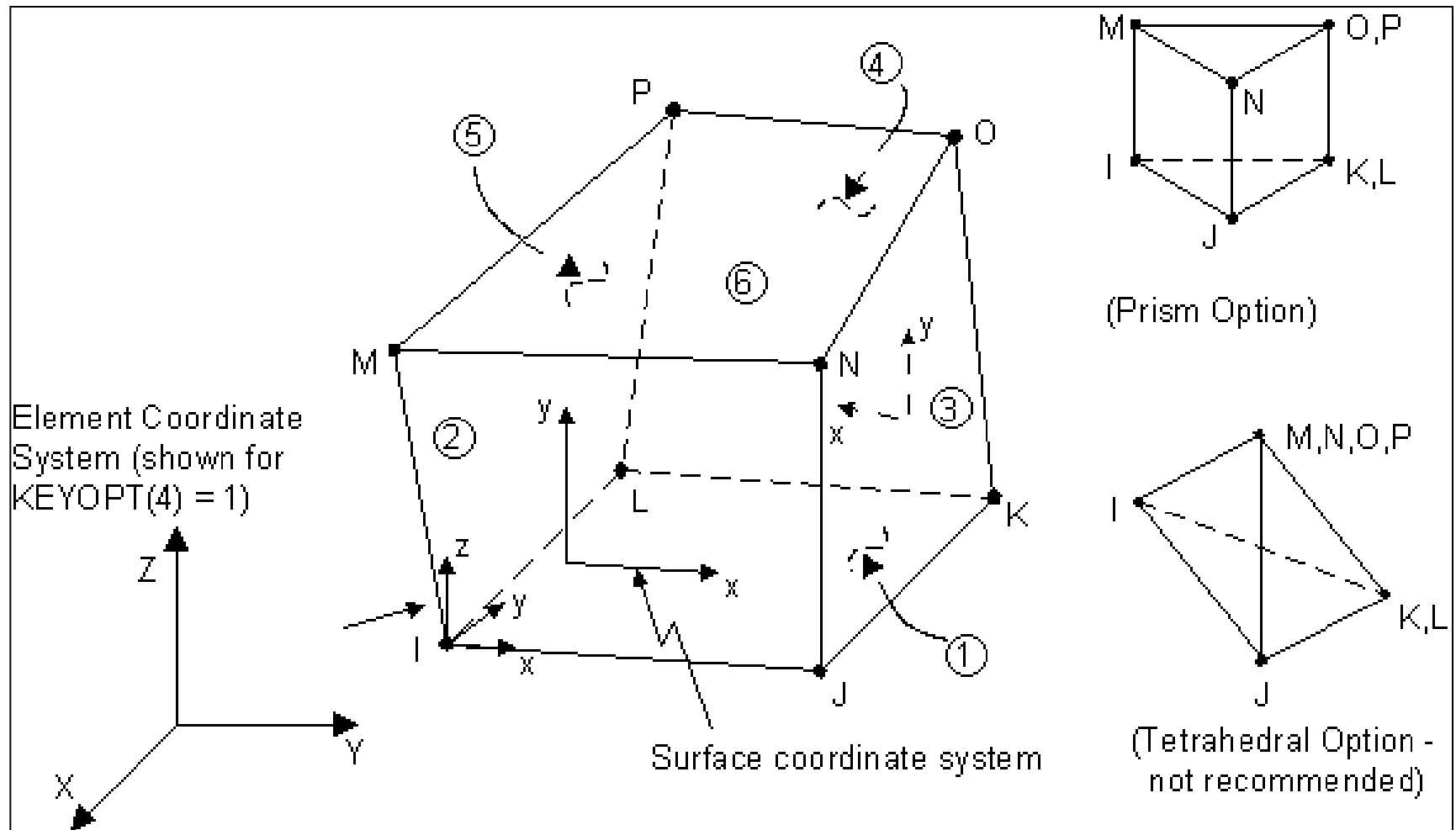


KEYOP T (1) = 9  
tetrahedron with 10 nodes



KEYOP T (1) = 11  
brick with 20 nodes

# SOLID45元素描述





# SOLID45 Input Data

Element Name	SOLID45
Nodes	I, J, K, L, M, N, O, P
Degrees of Freedom	UX, UY, UZ
Real Constants	None
Material Properties	EX, NUXY, GXY, ALPX, DENS, DAMP, etc.
Surface Loads	Pressure face 1 (JILK), face 2 (IJNM), face 3 (JKON), face 4 (KLPO), face 5 (LIMP), face 6 (MNOP)
Body Loads	Temperature -- T(I), T(J), T(K), T(L), T(M), T(N), T(O), T(P)
Special Features	Plasticity, Creep, Stress stiffening, Large deflection, Large strain, etc.
KEYOPT(1)	Key to include extra shapes: 0 -- Include extra displacement shapes 1 -- Suppress extra displacement shapes
KEYOPT(2)	Key for reduced integration: 0 -- Full integration 1 -- Uniform reduced integration with hourglass control
KEYOPT(4)	Key for element coordinate system: 0 -- Element C.S. is parallel to the global C.S. 1 -- Element C.S. is based on the element I-J side
KEYOPT(5)	Key for element solution
KEYOPT(6)	Key for element solution

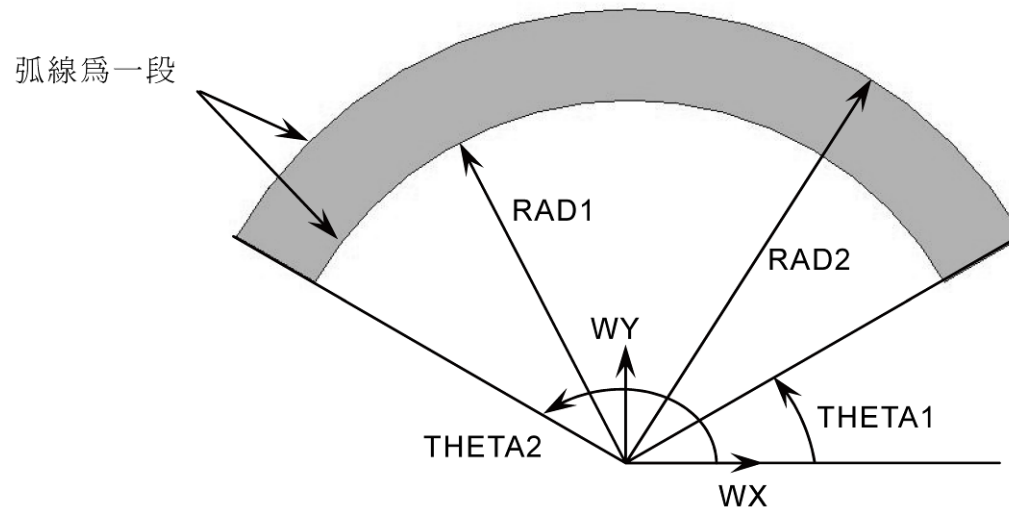


# SOLID45 Output Data

Name	Definition
EL	Element Number
NODES	Nodes - I, J, K, L, M, N, O, P
MAT	Material number
VOLU:	Volume
XC, YC, ZC	Location where results are reported
PRES	Pressures P1 at nodes J, I, L, K; P2 at I, J, N, M; P3 at J, K, O, N; P4 at K, L, P, O; P5 at L, I, M, P; P6 at M, N, O, P
TEMP	Temperatures T(I), T(J), T(K), T(L), T(M), T(N), T(O), T(P)
S:X, Y, Z, XY, YZ, XZ	Stresses
S:1, 2, 3	Principal stresses
S:INT	Stress intensity
S:EQV	Equivalent stress
Etc.	...

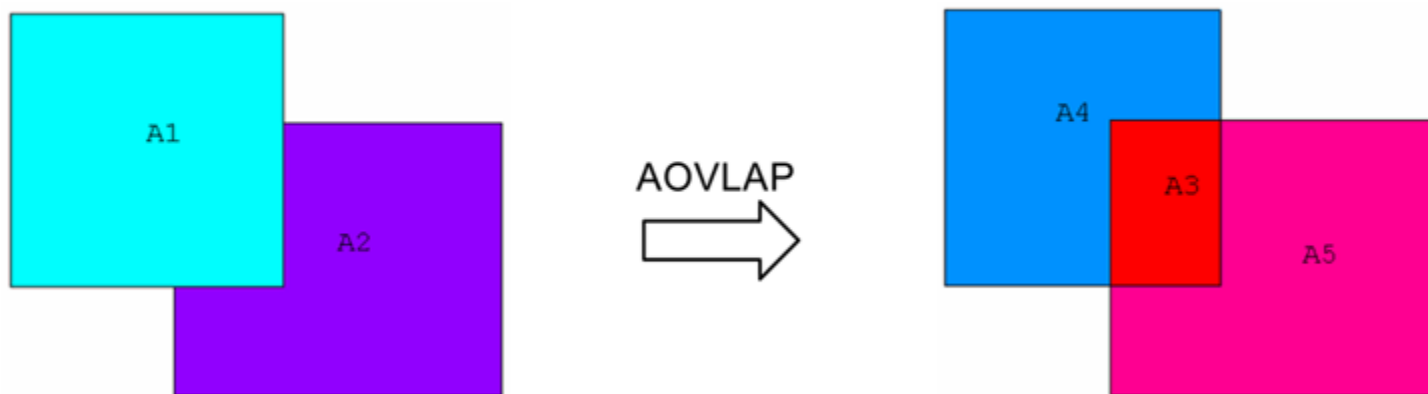
**PCIRC, RAD1, RAD2, THETA1, THETA2**

以工作平面座標原點為基準，建立一個平面(**Plane**)的圓面積(**CIRCle area**)





## ■ 面積 Overlap

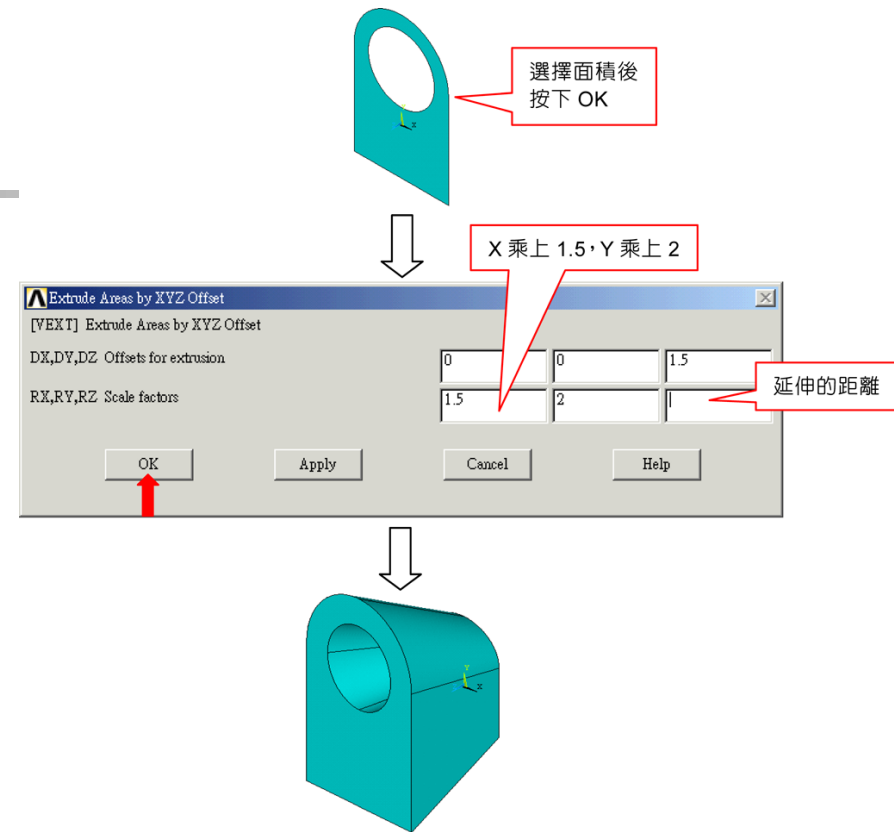


### ○ 指令說明 ◀◀

**AOVLAP**, NA1, NA2, NA3, NA4, NA5, NA6, NA7, NA8, NA9

計算重疊的面積。參數說明與 **AGLUE** 同。

用於體積的指令為 **VOVLAP**，線段為 **LOVLAP**。



## ○ 指令說明 ◀◀

**VEXT**, *NA1*, *NA2*, *NINC*, *DX*, *DY*, *DZ*, *RX*, *RY*, *RZ*

沿座標軸的方向延伸一距離並建立一體積。

*NA1*, *NA2*, *NINC*：面積的編號，*NA1* 起始的編號，*NA2* 終止的編號，*NINC* 編號間隔。如 *NA1*=ALL 或 Component 名稱，則 *NA2* 和 *NINC* 可省略，*NA1*=P 時其餘參數省略。

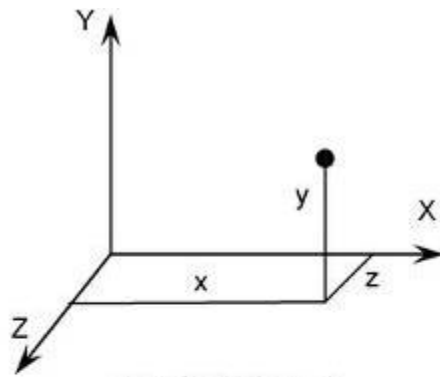
*DX*, *DY*, *DZ*：各軸延伸的距離。

*RX*, *RY*, *RZ*：座標值增加的倍數，會將原始面積上的各點乘上倍數後，當作終止面的座標位置。

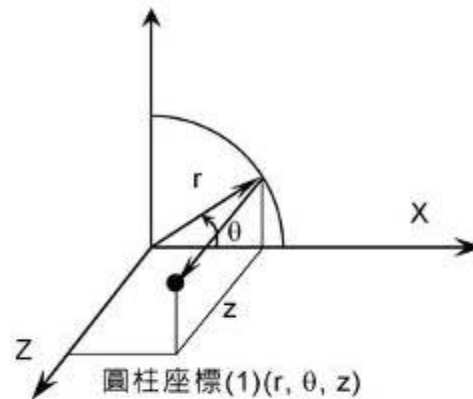
# 座標系統(Coordinate System)

Utility Menu: WorkPlane > Change Active CS to

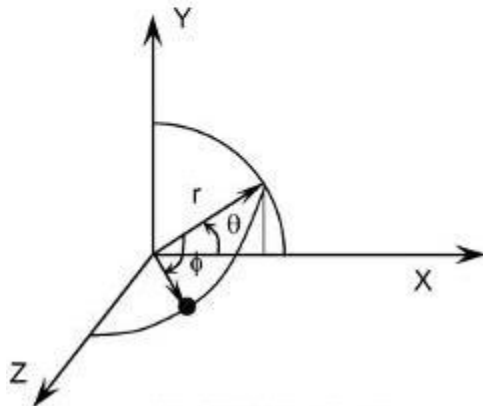
Change Active CS to	Global Cartesian
Change <u>D</u> isplay CS to	Global Cylindrical
Local Coordinate Systems	Global Spherical
	Specified Coord Sys ...
	Working Plane



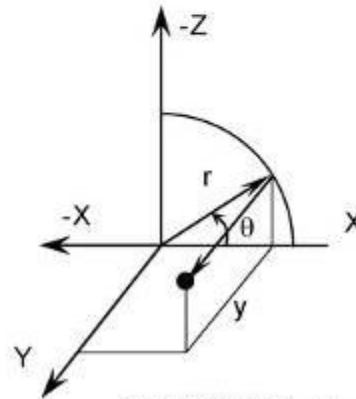
卡式座標(x, y, z)



圓柱座標(1)(r,  $\theta$ , z)



球面座標(r,  $\theta$ ,  $\phi$ )



圓柱座標(2)(r,  $\theta$ , z)



## ○ 指令說明◀◀

**CSYS, KCN**

指定 Active Coordinate System。

KCN：座標系統編號

0：為 Goble Cartesian Coordinate System。

1：為 Goble Cylindrical Coordinate System。

2：為 Goble Spherical Coordinate System。

4：或 WP 表示工作平面。

N：Local CS 的編號。

座標型式	參數	座標代碼
卡式	x, y, z	0
圓柱(1)	r, $\theta$ , z	1
球面	r, $\theta$ , $\phi$	2
以工作平面為基準		4
圓柱(2)	r, $\theta$ , y	5

**AGEN**, *ITIME*, *NA1*, *NA2*, *NINC*, *DX*, *DY*, *DZ*, *KINC*, *NOELEM*, *IMOVE*  
**VGEN**, *ITIME*, *NV1*, *NV2*, *NINC*, *DX*, *DY*, *DZ*, *KINC*, *NOELEM*, *IMOVE*

面積複製(**Area GENeration**)指令是將一組面積(*NA1*, *NA2*, *NINC*)在現有之座標系統下複製到其他位置，*DX*, *DY*, *DZ*為複製的間距，*ITIME*為包含自己本身複製的次數，*KINC*為每次複製時面積號碼之增加量，不定義時複製面積的號碼系統自訂之。

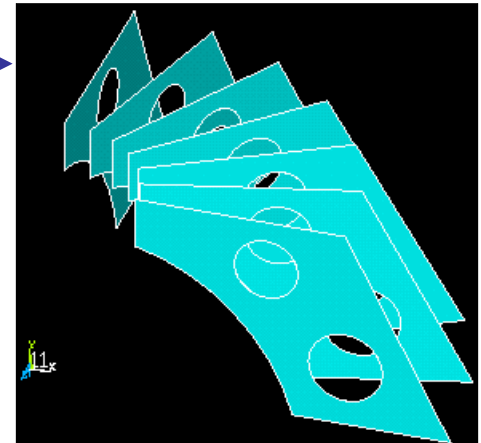
若面積複製後為相鄰的面積，此時模型為不連續的面積，必須用點重合指令(**NUMMRG**, **KP**)將其成為連續體。

### Copy

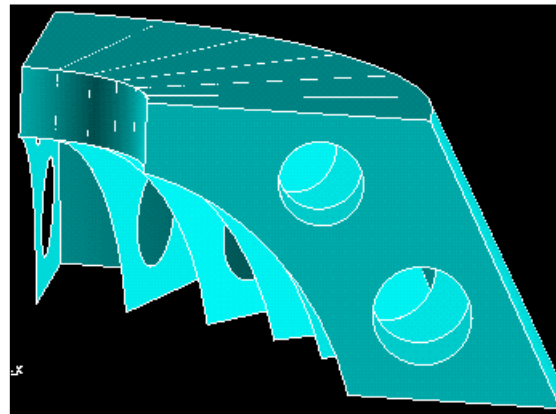
- To generate multiple copies of an entity.
- Specify the number of copies (2 or greater) and the *DX*, *DY*, *DZ* offset for each copy. *DX*, *DY*, *DZ* are interpreted in the active CS.
- Useful to create multiple holes, ribs, protrusions, etc.



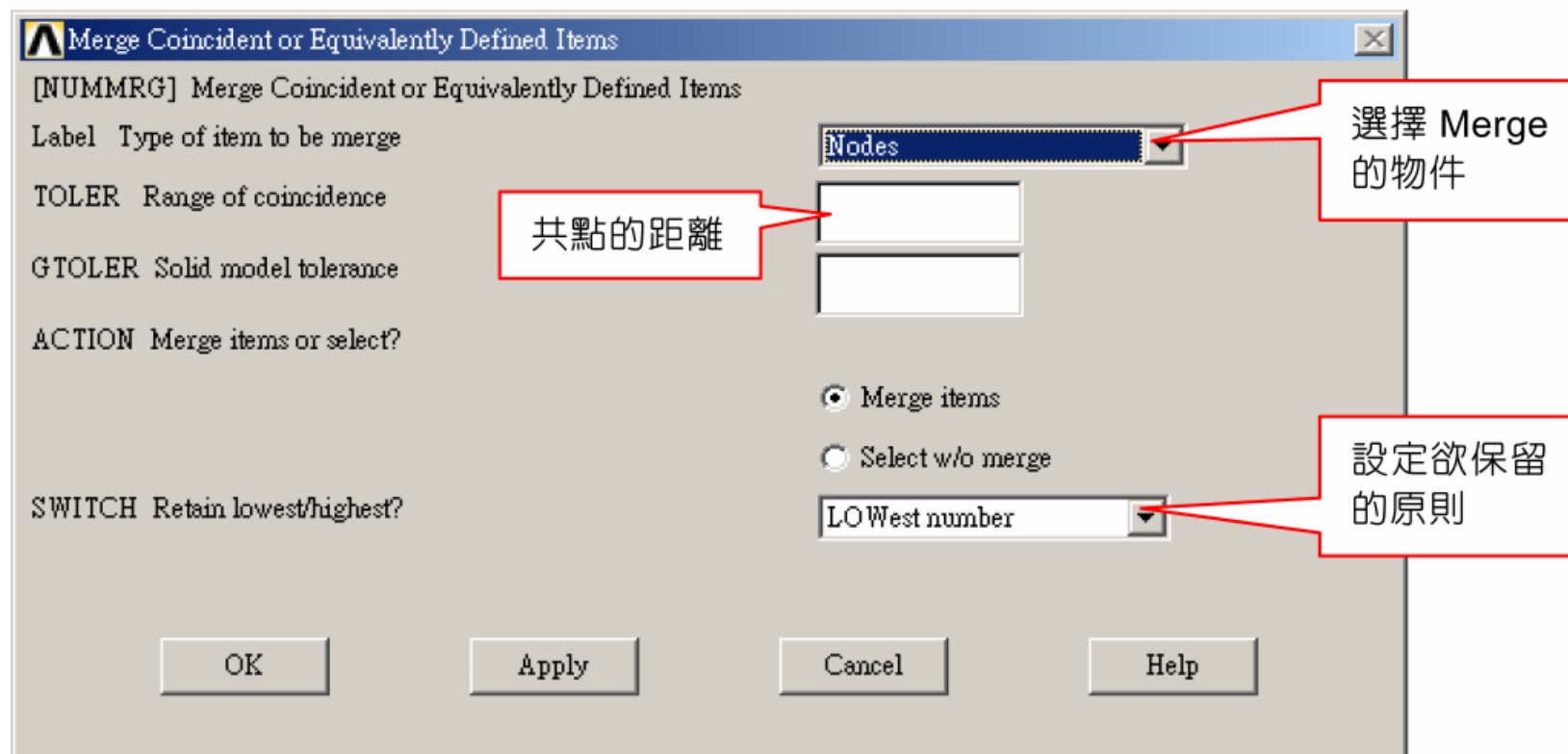
Copy in  
local  
cylindrical  
CS



Create outer  
areas by  
skinning



## Preprocessor > Numbering Ctrls > Merge Items...





## ○ 指令說明◀◀

**NUMMRG**, *Label*, *TOLER*, *GTOLER*, *Action*, *Switch*

合併座標位置重複的點或節點。

*Label*: NODE 表示合併節點，KP 表示合併點。

*TOLER*: 當兩點的距離小於 *TOLER* 時則合併，預設為  $1E-4$ 。

*GTOLER*: 當實體模型兩點間的距離小於 *GTOLER* 時則合併，預設為  $1E-5$ ，此參數是針對當點是線段的一部份的時候所使用，如果設太大有可能會造成部份模型合併為一點。

*Action*: 當為 SELE 時表示，選取重複位置的點，空白表示合併，預設為空白。

*Switch*: 設定合併時編號的規則，LOW 表示保留較小的編號，HIGH 表示保留較大的編號。

使用 Merge 前最好先存檔。