



# 應用數值計算

## 期末專案報告

(燈管緩衝套管之最佳化設計研討)

指導教授：陳申岳博士

學生：黃靖師 (9569530)

溫添貴 (9520204)

吳崑鵬 (9469528)

陳譽升 (9569516)

陳培軍 (9569519)

魏嘉良 (9569520)



# Topic

- 一. **Members (Student ID) & Job Allocated**
- 二. **Background & Description of The Problem**
- 三. **Structure of LCM**

---

- 四. **3D Profile of Cushion**
- 五. **Objective**
- 六. **Formulation**
- 七. **Tasks**
- 八. **Comparison between different Solver**
- 九. **Curve for Obj. function and Max. Violation**
- 十. **Comparison between Initial & Optimum design**
- 十一. **Result & Discussion**
- 十二. **Issues can be continue in the future**
- 十三. **List and Brief main file for SmartDO and ANSYS**
- 十四. **References**

## Members (Student ID) & Job Allocated

---

組長：黃靖師 (9569530)

材料邊界條件及特性建立，**SmartDo** 程式編輯，  
結論分析，報告彙整。

組員：溫添貴 (9520204)

材料邊界條件及特性建立，零件模型之網格建構(Ansys)，  
**SmartDo** 程式編輯，結論分析，報告彙整。

組員：吳崑鵬 (9469528)

**SmartDo** 程式編輯，結論分析，報告彙整。

組員：陳譽升 (9569516)

**SmartDo** 程式編輯，結論分析，報告彙整。

組員：陳培軍 (9569519)

**SmartDo** 程式編輯，結論分析，報告彙整。

組員：魏嘉良 (9569520)

**SmartDo** 程式編輯，結論分析，報告彙整。

## Background & Description of The Problem

TFT LCD產業中在產品組成後，須針對整個模組進行信賴性及環境測試，例如高低溫儲存、高低溫動態，高溫高濕，冷熱衝擊，震動及落下測試，其目的是測試產品在經過加速老化測試後，是否能維持一定的強度及信賴性；然而在TFT LCD Module產品中，時常有客戶反應許多issue，當中又以落下測試fail的issue頻率最多，而落下測試的規範及目的是模擬及預測User在使用系統產品時，因不慎掉落而造成的損傷情況。所以模組在設計時，須使零件具有良好的強度以因應不同的User使用狀況。

如下頁圖1-a、1-b所示，當模組進行落下測試時，會產生上下衝壓力而使得cushion受壓變形，而此次研究的目標即在不使燈管及cushion破損的情況下(應力小於或等於原始值)，以數值最佳化(SmartDo)的模擬軟體重新進行幾何尺寸上的設計，使cushion的體積最小化，並達到降低成本之目的為宗旨。

# Structure of LCM

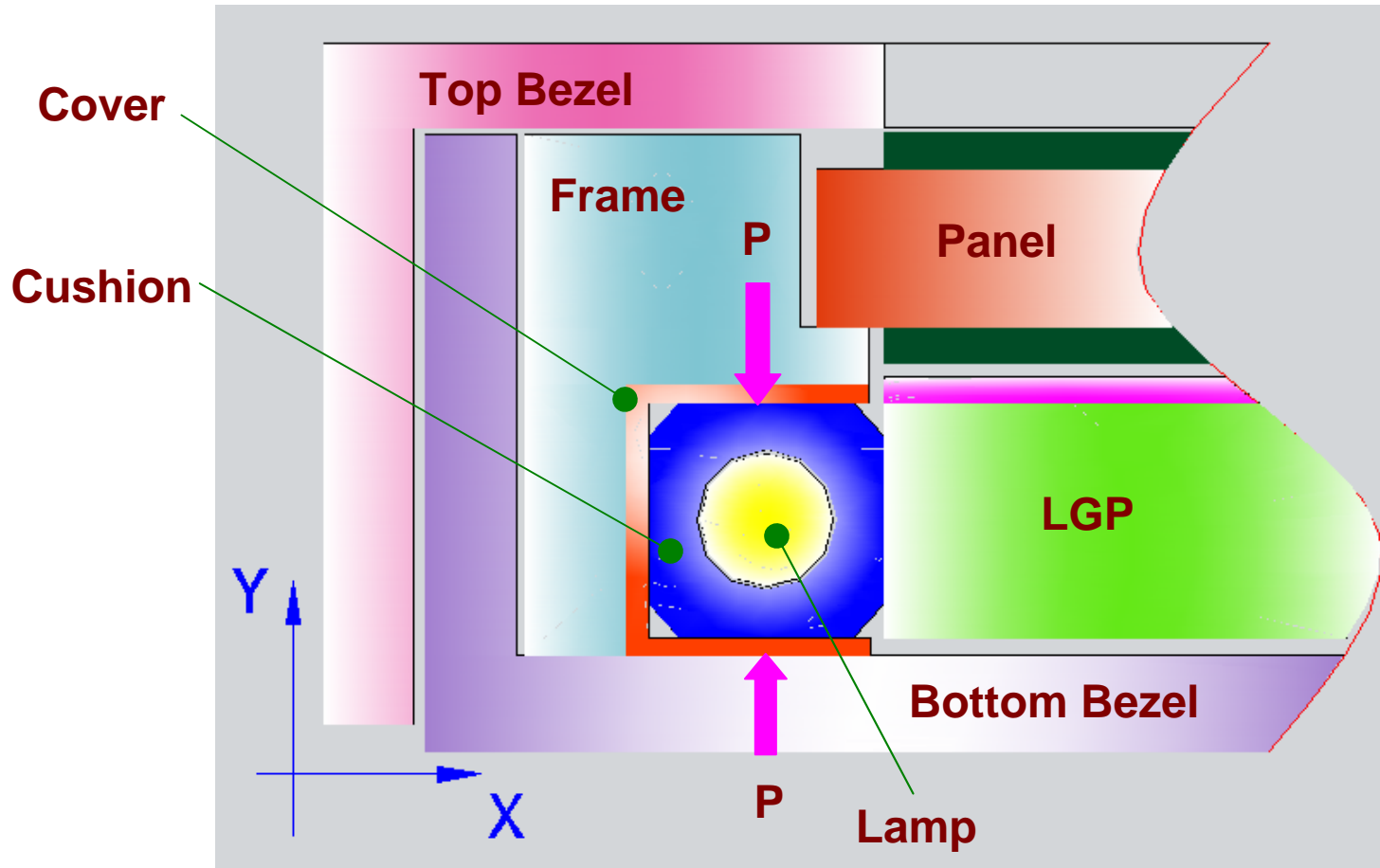


圖 1-a

# 3D Profile of Cushion

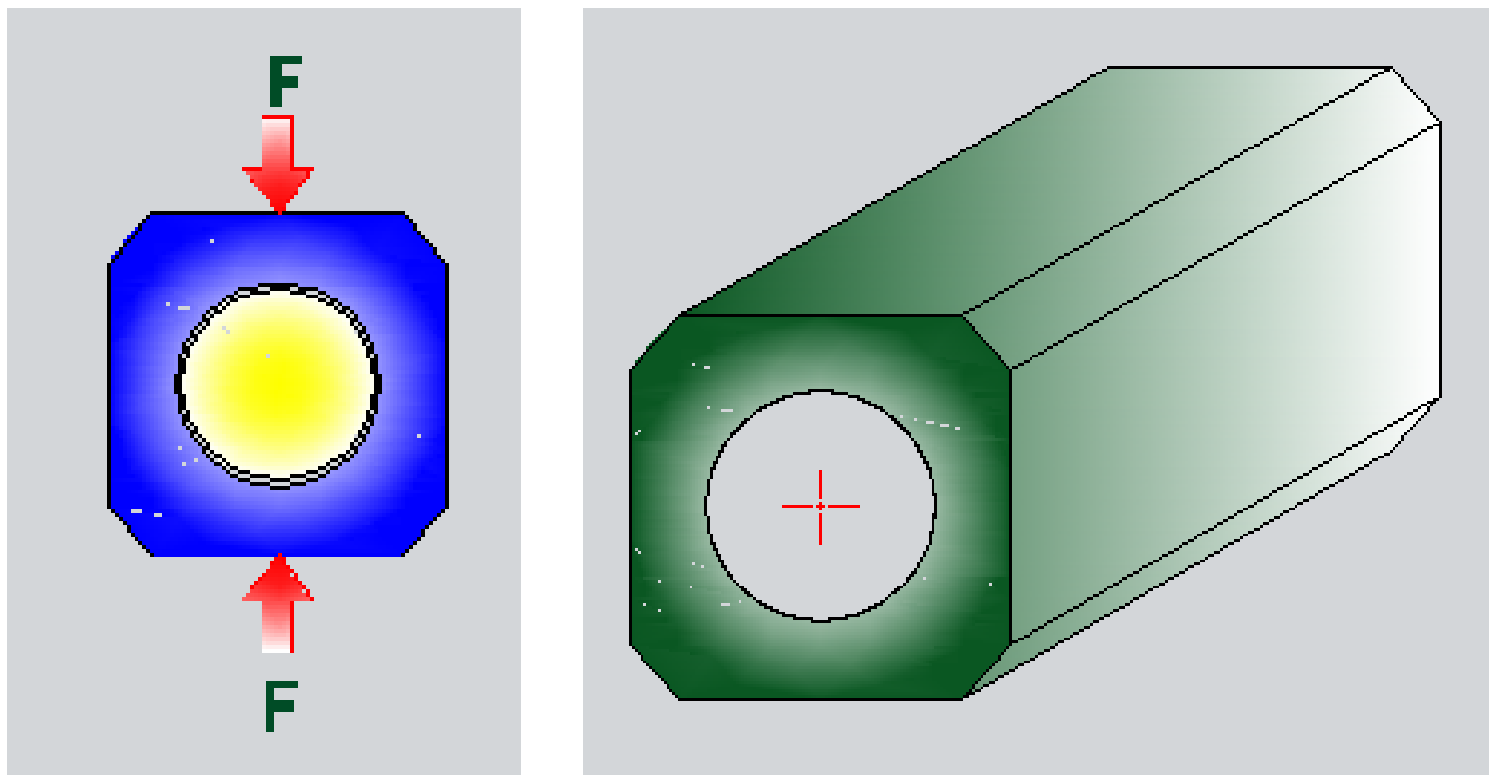


圖 1-b

# Objective

由圖2-a可看出，在原始的設計中，當cushion外部受到衝擊力時，衝擊力及反作用力會造成cushion的單軸向受力，因cushion左右兩端(X-dir.)固定，所以只會造成Y-dir.變形，而導致壓迫燈管造成破裂。

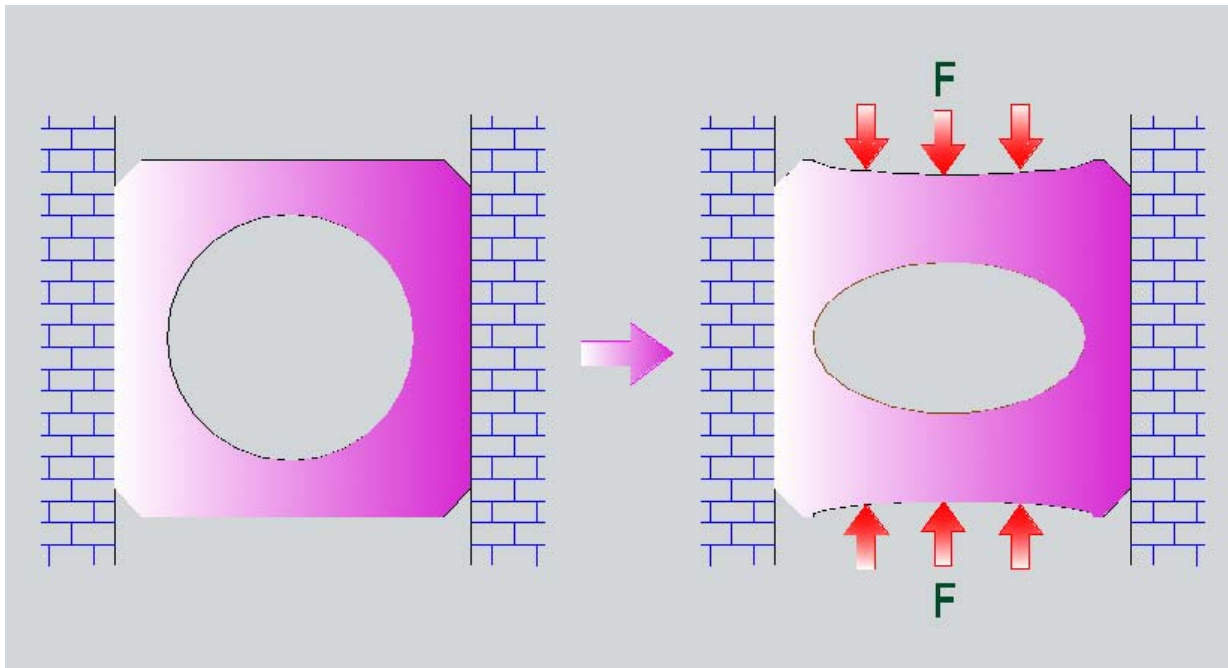


圖 2-a

# Objective

針對cushion之結構而言，如圖2-b；圖2-b中總共分為**9個節點**，因外型已經決定，所以本組即針對外部形狀之幾何尺寸之變化(導斜角或圓角)，並給予4個設計變數(D.V. =  $x_1, x_2, x_3, x_4$ )，先以有限元素法(ANSYS軟體)來進行應力及強度模擬計算，得知內徑承受之最大壓應力及變形量或應變值，最後再結合SmartDo套裝軟體來分析計算得到最佳的外型幾何尺寸，同時確保燈管不會破裂。

## Cushion (Rubber):

$$F = 200 \text{ N/mm}$$

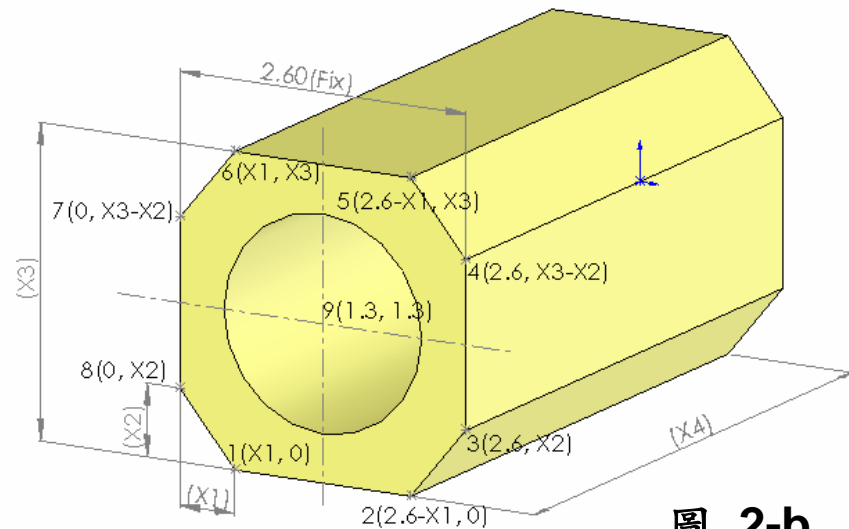
$$E = 700 \text{ kg/s}^2 \times \text{mm}$$

$$\rho = 9.6 \times 10^{-7} \text{ kg/mm}^3$$

$$\nu = 0.41$$

$$\sigma_{EQV} = 19 \text{ Kg/mm}^2$$

( $\sigma_{EQV}$  為Lamp最大的應力強度)



**圖 2-b**



# Formulation

- Design Variables :  $X1$  ,  $X2$  ,  $X3$  ,  $X4$  (如圖2-b所示)

- Objective function:

To minimize :  $f(x) = W = V * \rho = \rho * A * L$  ( $V = A * L$ ) (由**ANSYS**計算)

- Inequality Constraints:

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{EQV}} - 1 = \frac{\sigma_c}{19(\frac{kg}{mm^2})} - 1 \leq 0$$

( $\sigma_c$  為Cushion所承受的應力)

- Lower/Upper Bounds for Design Variables

$$0.1 \leq X1 \leq 1.0$$

$$0.1 \leq X2 \leq 1.0$$

$$2.5 \leq X3 \leq 3.5$$

$$1.0 \leq X4 \leq 3.0$$

# Tasks

- ◆ 討論實驗目的、作動模式及測試規格：

- a. 求得當模組落下時，cushion受衝擊之應力及應變，並加以改進及補強。
- b. 測試規格：200g / 2ms。

- ◆ 建立模組3D模型架構。

- ◆ 建立限制及邊界條件：

針對材料的物理特性及初始值條件，將材料之降伏強度、楊氏係數在模組建立完成後，根據材料於模組中的實際使用情形，進行初始以及邊界條件之設定。

- ◆ 使用有限元素法分析得到Cushion所受之應力及應變狀況。

- ◆ 修改ANSYS轉出之檔案成SmartDo讀取方式。

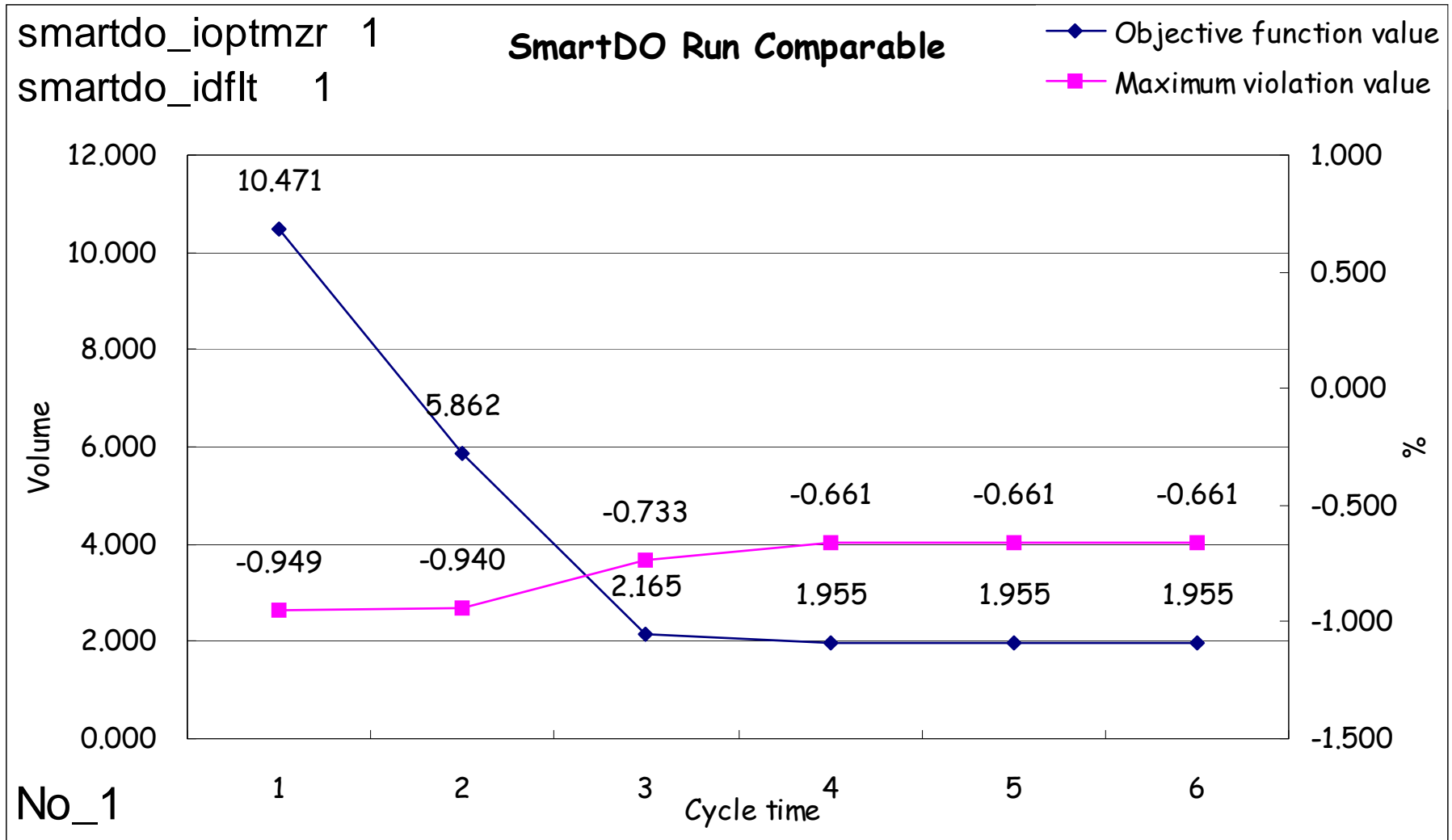
# Tasks

- ◆ 編輯 SmartDo Formulation 。
  - a. Entry file
  - b. Objective file
  - c. Constraint file
  - d. Template file for SmartDO
  - e. Native input file for ANSYS
- ◆ 比較初始設計值及最佳化的設計值。
- ◆ 依照程式所得之應力及應變值修改初使設計值。

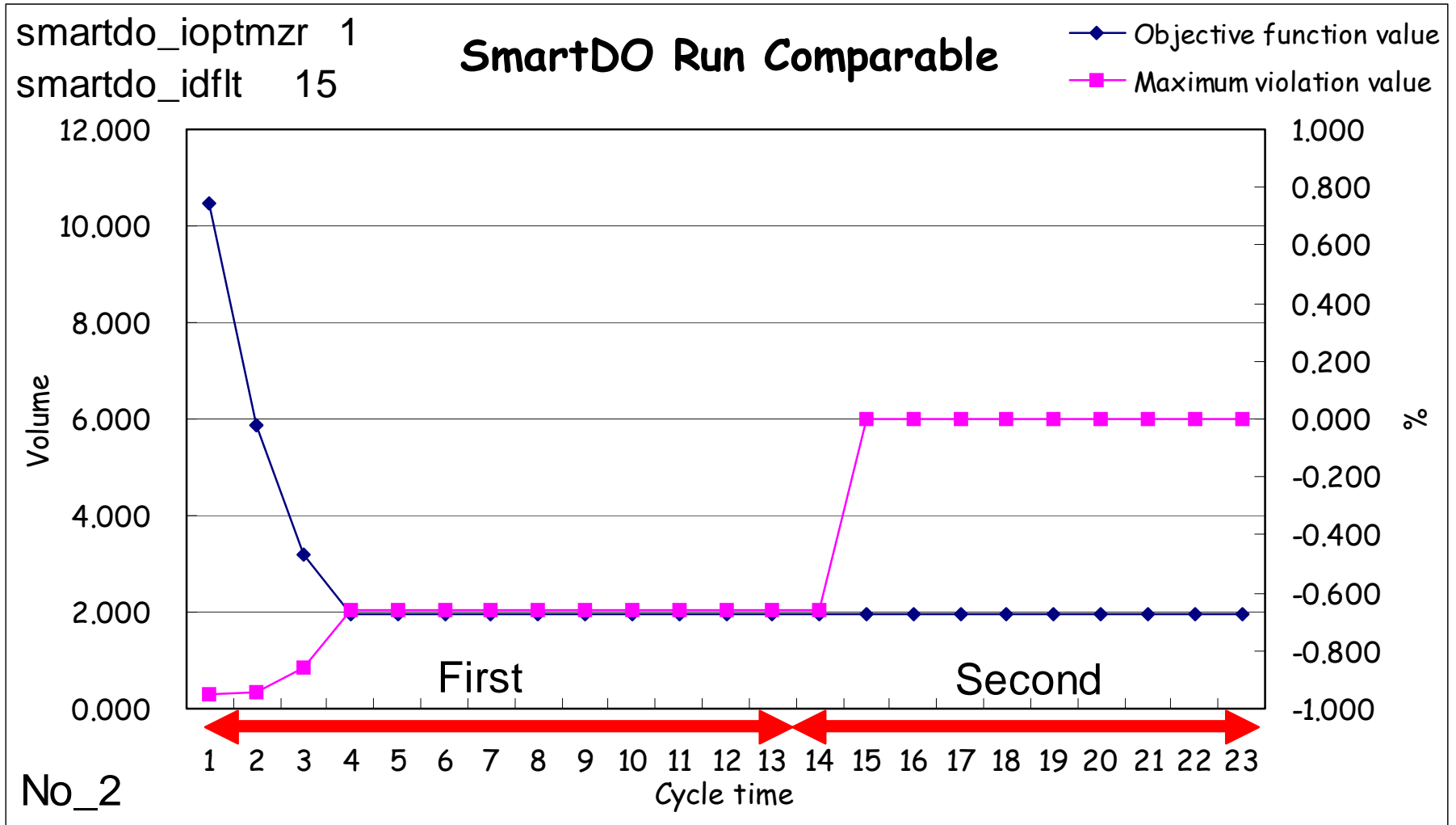
# Comparison between different Solver

Deacription for different Solver		Initial Value	The value for optimum design								
			X1 U:0.1 L:1.0	X2 U:0.1 L:1.0	X3 U:2.5 L:3.5	X4 U:1.0 L:3.0	Volume Objective Function	Stress $\leq$ 19 (Kg/mm <sup>2</sup> )	Converge Cycle number	Total Run Cycle number	Run Time (sec)
1	smartdo_ioptmzr 1 smartdo_idflt 1	X1=0.1, X2=0.1 X3=3.0, X4=2.0 V=10.47mm <sup>2</sup> $\sigma$ =0.98(Kg/mm2)	1.00	1.00	2.50	1.01	1.975	6.367	4	6	76
2	smartdo_ioptmzr 1 smartdo_idflt 15	X1=0.1, X2=0.1 X3=3.0, X4=2.0 V=10.47mm <sup>2</sup> $\sigma$ =0.98(Kg/mm2)	1.00	1.00	2.50	1.00	1.955	6.440	First : 4 Second : 1	First : 13 Second : 10	195
3	smartdo_ioptmzr 1 smartdo_idflt 16	X1=0.1, X2=0.1 X3=3.0, X4=2.0 V=10.47mm <sup>2</sup> $\sigma$ =0.98(Kg/mm2)	1.00	1.00	2.50	1.00	1.955	6.440	First : 4 Second : 1	First : 13 Second : 10	192
4	smartdo_ioptmzr 1 smartdo_idflt 15	X1=1, X2=1 X3=2.5, X4=2.0 V=1.975mm <sup>2</sup> $\sigma$ =6.367(Kg/mm2)	1.00	1.00	2.50	1.00	1.955	6.440	First : 2 Second : 1	First : 11 Second : 10	153
5	smartdo_ioptmzr 1 smartdo_idflt 16	X1=1, X2=1 X3=2.5, X4=2.0 V=1.955mm <sup>2</sup> $\sigma$ =6.440(Kg/mm2)	1.00	1.00	2.50	1.00	1.955	6.440	First : 1 Second : 1	First : 10 Second : 10	140

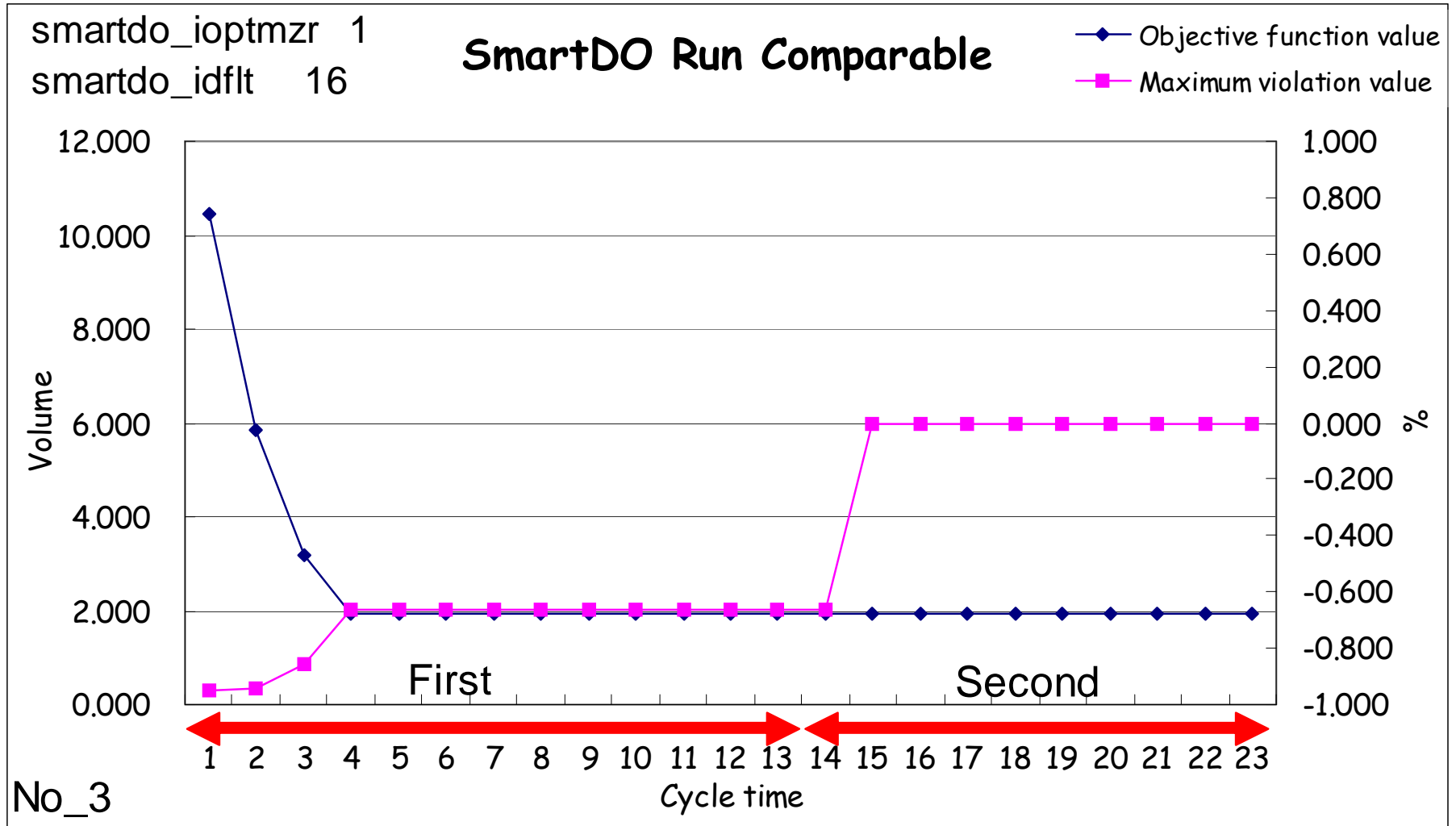
# Curve for Obj. function and Max. Violation



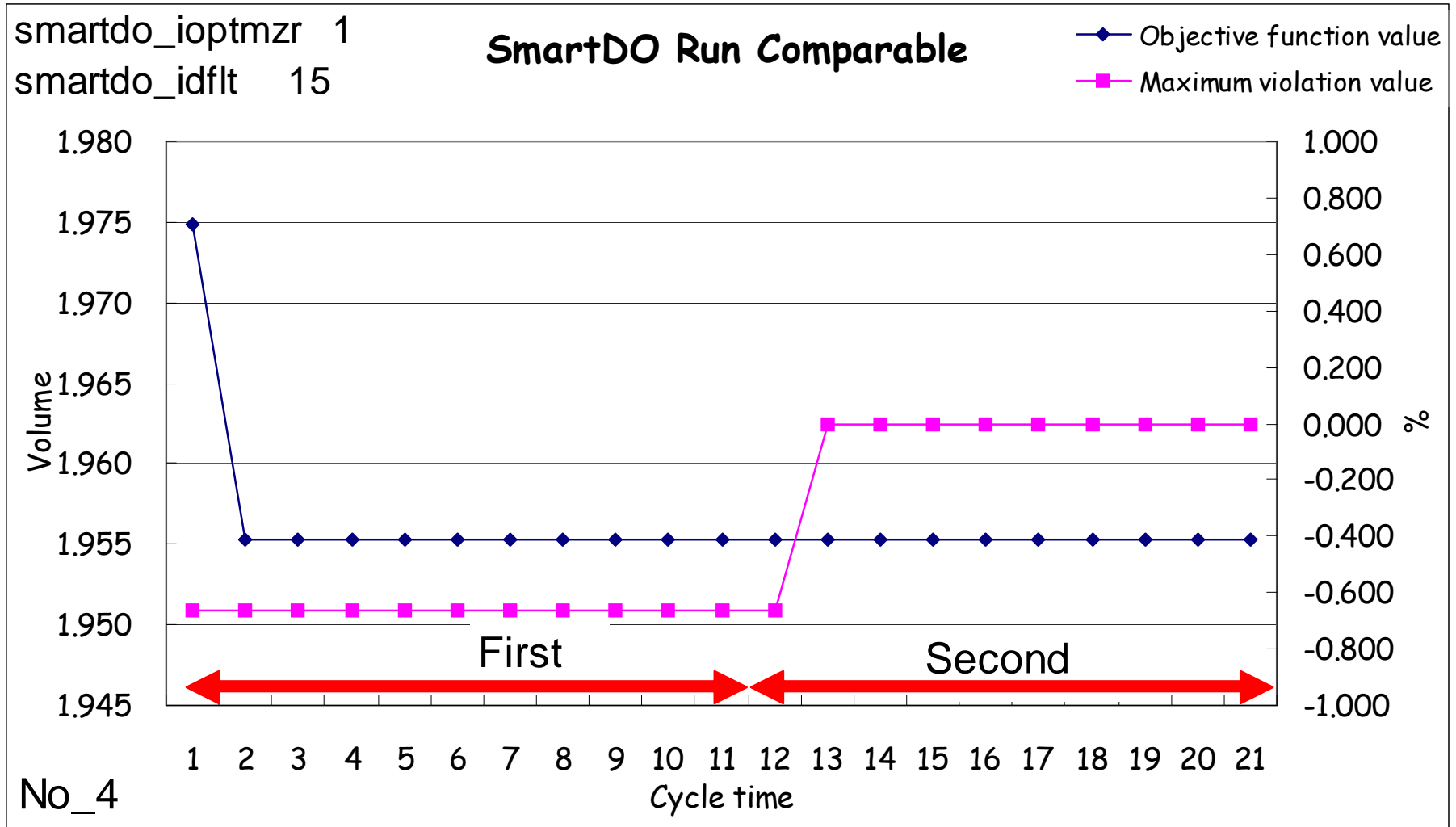
# Curve for Obj. function and Max. Violation



# Curve for Obj. function and Max. Violation



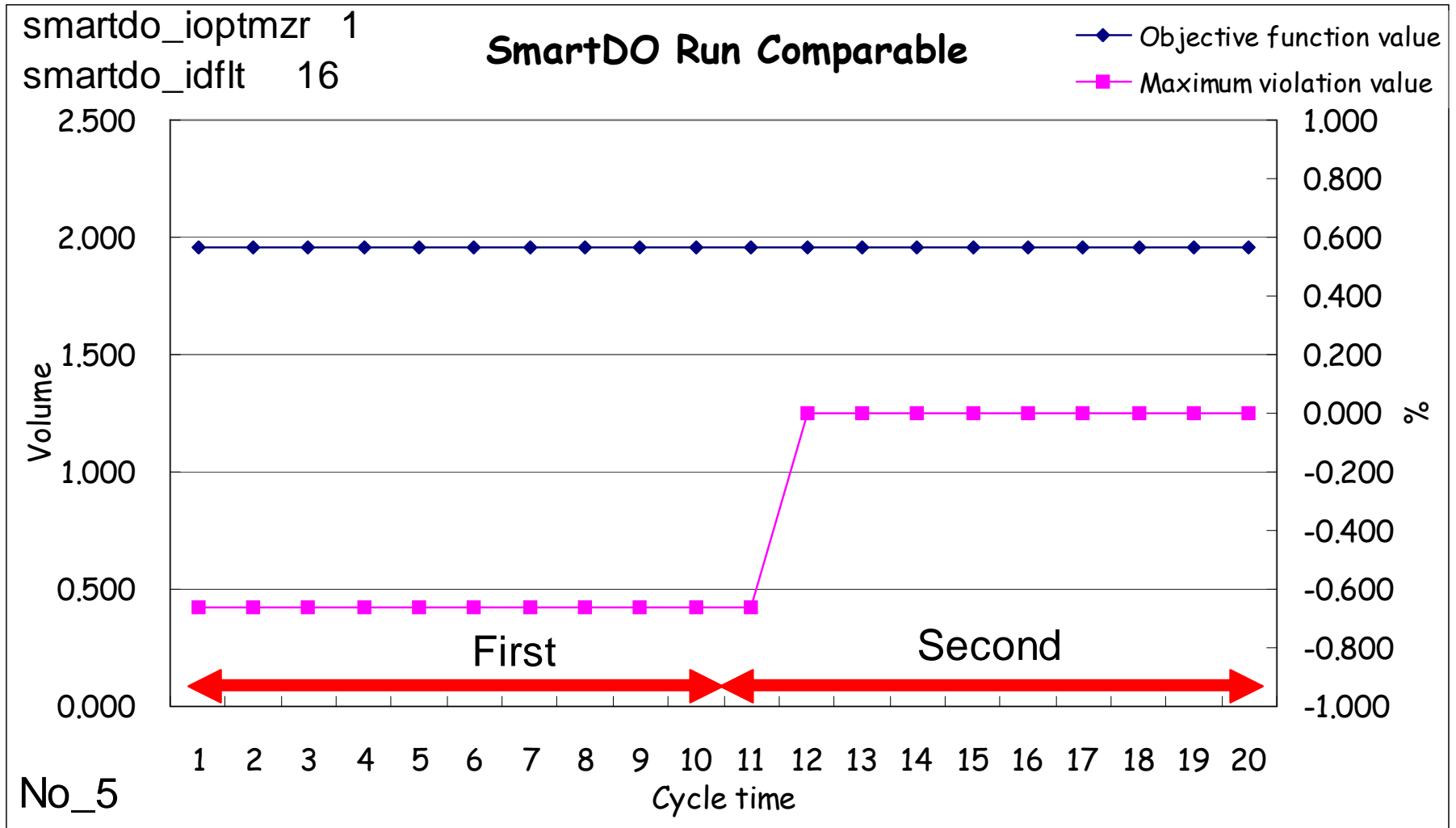
# Curve for Obj. function and Max. Violation



Initial value is from No\_1

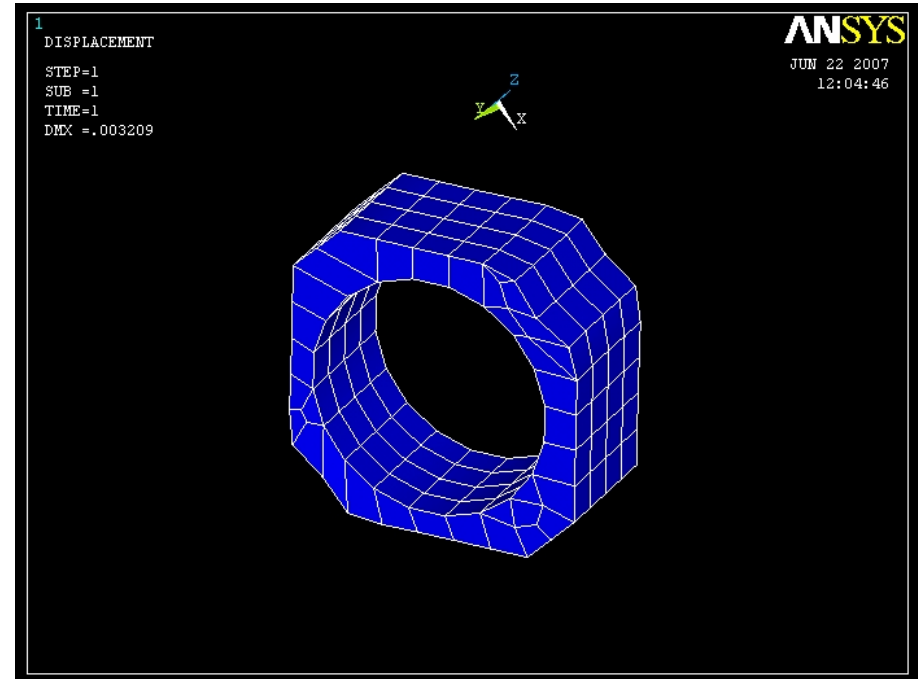
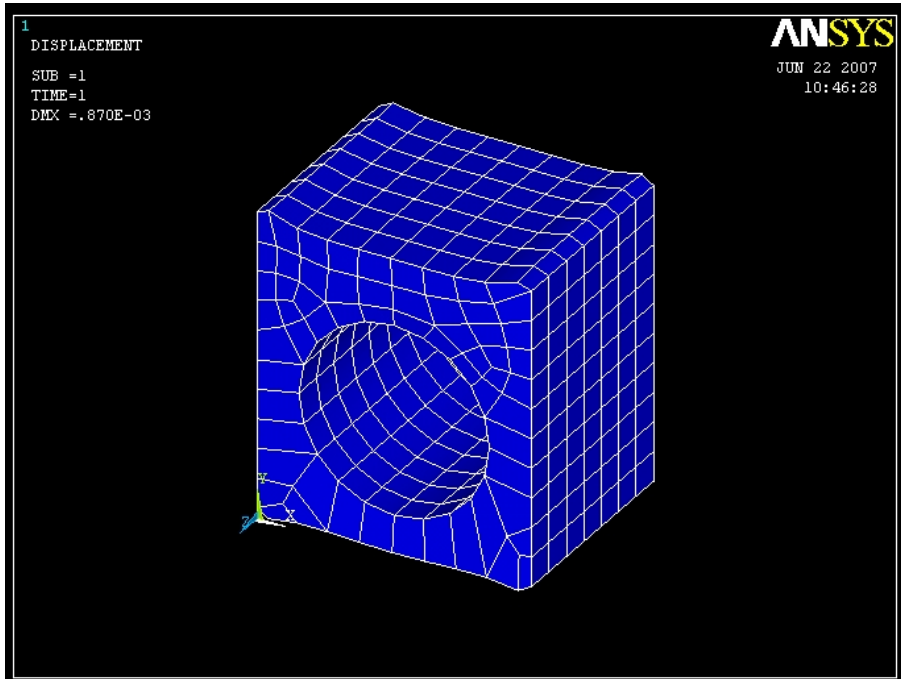


# Curve for Obj. function and Max. Violation



Initial value is from No\_4

# Comparison between Initial & Optimum design



## Initial Design

X1 = 0.1 mm

X2 = 0.1 mm

X3 = 3.0 mm (Height)

X4 = 2.0 mm (thickness)

$\sigma = 0.98$  (kg/mm<sup>2</sup>)

Volume = **10.47** (mm<sup>3</sup>)

## Optimum Design

X1 = 1.0 mm

X2 = 1.0 mm

X3 = 2.5 mm (Height)

X4 = 1.0 mm (thickness)

$\sigma = 6.44$  (kg/mm<sup>2</sup>)

Volume = **1.955** (mm<sup>3</sup>)

**Down 81%**



# Result & Discussion



1. 在Initial design的應力只有0.98 (kg/mm<sup>2</sup>)，但是Lamp的破壞應力為19 (kg/mm<sup>2</sup>)。本組認為Initial design為過度保護的設計，將浪費大量成本。
2. 透過SmartDo及ANSYS的分析輔助，我們將體積由10.47降為1.955(約降81%)，達成原訂目標，成效卓著，而SmartDo的效益可由此看出其以智慧型之運算法則來控制設計參數，並將整體流程演變成自動最佳化之設計系統，對User而言，極為便捷。



# Issues can be continue in the future

1. 本次研究重點Focus於Lamp之破壞應力，然而User端最常發生的損傷情況為落下，此應該屬於衝擊傷害之一部份，以兩端受力來評估，對破壞的問題仍不夠深入。
2. 建議未來受力可朝向多元化之不同方向去思考，並增加設計條件因素，使此Case不僅能體積變小(減重)，更能達到強化結構與突破創新之設計為宗旨。



# List and Brief main file for SmartDO and ANSYS

```
0612A6.tcl - 記事本
檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)
# =====
# 0612A6.tcl 20070613 FEA-Opt Technology
# Entry File for 0612A6
# =====
# Optimizer parameters
#
set smartdo_ioptmzr 1      ;# use gradient-based CFDM
set smartdo_idflt 1       ;# use the type 1 default setting
#set smartdo_idflt 16     ;# use the type 16 default setting
#
# =====
# Model parameters
#
set smartdo_ndv 4          ;# number of design variables
set smartdo_ncnstrn 1     ;# number of constraints
#
# === design variables
#
set smartdo_x(1) 0.10     ;# DU 1, initial
set smartdo_xl(1) 0.10    ;# DU 1, lower bound
set smartdo_xu(1) 1.00    ;# DU 1, upper bound
#
set smartdo_x(2) 0.10     ;# DU 2, initial
set smartdo_xl(2) 0.10    ;# DU 2, lower bound
set smartdo_xu(2) 1.00    ;# DU 2, upper bound
#
set smartdo_x(3) 3.00     ;# DU 3, initial
set smartdo_xl(3) 2.50    ;# DU 3, lower bound
set smartdo_xu(3) 3.50    ;# DU 3, upper bound
#
set smartdo_x(4) 2.00     ;# DU 4, initial
set smartdo_xl(4) 1.00    ;# DU 4, lower bound
set smartdo_xu(4) 3.00    ;# DU 4, upper bound
#
# === Link to objective and constraint files
#
smartdo filobj 0612A6_obj.tcl ;# objective file
smartdo filcns 0612A6_cns.tcl ;# constraint file
```

4個設計變數

1個Constraints

描述4個設計變數的  
初使值及上下限值

須讀取敘述objective  
function的檔名

須讀取敘述  
Constraints的檔名

Entry file

# List and Brief main file for SmartDO and ANSYS

```
0612A6_obj.tcl - 記事本
檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)

# =====
# 0612A6_obj.tcl 20070613 FEA-Opt Technology
# =====
# This is the objective file for 0612A6.tcl
#
### write the DUs into inp file
smartdo exetcl 0612A6_ans_inp00.txt 0612A6_ans_inp01.txt
# =====
### system call to ANSYS
exec ansys.exe -db 20 -m 50 -b < 0612A6_ans_inp01.txt \
> 0612A6_ans_inp01.out
# =====
### open the output file 0612A6_ans_par01.txt
set File001 [open "0612A6_ans_par01.txt" "r"]
# =====
### reading the objective value from 0612A6 ans par01.txt
while { [gets $File001 String001] != -1 } {
# ===== search for the target string : "*SET,VOLU03"
if { [string first "*SET,VOLU03" $String001] != -1 } {
# ===== split the input line with a comma, put into String002
set String002 [split $String001 ","]
# ===== get the 3rd field into smartdo_obj
set smartdo_obj [lindex $String002 2]
}
}
close $File001
```

每當SmartDO抓到ANSYS的計算結果後，經SmartDO內部分析後，產生4個新的設計變數，並將依新設計變數產生新的ANSYS input檔。由0612A6\_ans\_inp00.txt改為0612A6\_ans\_inp01.txt

SamrtDo會call ANSYS(外部軟體)執行前步驟產生的新檔(0612A6\_ans\_inp01.txt)

SamrtDo讀取ANSYS計算完成後所輸出的檔(0612A6\_ans\_par01.txt)

讀取ANSYS所輸出的VOLU03的值(即為零件體積值)當為Objective function value。

Objective file

# List and Brief main file for SmartDO and ANSYS

```
0612A6_cns.tcl - 記事本
檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)
#####
# 0612A6_cns.tcl 20070613 FEA-Opt Technology
# =====
# This is the constraint file for 0612A6.tcl
#
# =====
### open the output file 0612A6_ans_par01.txt
set File001 [open "0612A6_ans_par01.txt" "r"]
# =====
### reading the constraint value from 0612A6_ans_par01.txt
while { [gets $File001 String001] != -1 } {
# ===== search for the target string : "*SET,STRSSEQV"
if { [string first "*SET,STRSSEQV" $String001] != -1 } {
# ===== split the input line with a comma, put into String002
set String002 [split $String001 ","]
# ===== get the 3rd field into strssequ
set strssequ [lindex $String002 2]
# ===== calculate the normalized constraint value
set smartdo_cnstrn(1) [expr $strssequ/19.0-1.0]
}
}
close $File001
```

## Constraints file

SmartDo讀取ANSYS計算完成後所輸出的檔 (0612A6\_ans\_par01.txt)

讀取ANSYS所輸出的STRSSEQV的值(即為零件應力值)，並以此計算Constraint。

以上述所讀的應力值來計算Constraint，其式子如下：

$$\frac{\sigma_c}{19(\frac{kg}{mm^2})} - 1 \leq 0$$

# List and Brief main file for SmartDO and ANSYS

**SamrtDo分析ANSYS的結果後，產生新的4個變數，再產生新的ANSYS輸入檔。**

**ANSYS輸出體積值。**

**ANSYS輸出受面面積值。**

**ANSYS輸出零件之應力值。**

**ANSYS將所有輸出值儲存成：0612A6\_ans\_prt01.txt**

**ANSYS計算完成結束。**

```
0612A6_ANS_inp00.txt - 記事本
檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)
! DESIGN PARAMETERS
DU01=${smartdo_x(1)}
DU02=${smartdo_x(2)}
DU03=${smartdo_x(3)}
DU04=${smartdo_x(4)}
!
! =====
! OTHER PARAMETERS
FX01=3.0
MESHSIZE01=0.3
!
/PREP7
!
ET,1,186
ET,2,82
MP,EX,1,700
MP,NUXY,1,0.3
!
! =====
! CREATE KEYPOINT
K, 1, DU01, 0.0, 0.0
K, 2, 2.6-DU01, 0.0, 0.0
K, 3, 2.6, DU02, 0.0
K, 4, 2.6, DU03-DU02, 0.0
K, 5, 2.6-DU01, DU03, 0.0
K, 6, DU01, DU03, 0.0
K, 7, 0.0, DU03-DU02, 0.0
K, 8, 0, DU02
!
! =====
! CREATE 8 LINE
LSTR,1,2
LSTR,2,3
LSTR,3,4
LSTR,4,5
LSTR,5,6
LSTR,6,7
LSTR,7,8
LSTR,8,1
!
! =====
! CREATE AREA
AL,1,2,3,8,4,5,6,7
!
! =====
! CREAT VOLUME
VEXT,1,,0,0,-DU04
CYL4,1.3,1.3,0.9,,,,-DU04
!
! =====
! USBU VOLUME
USBU,1,2
!
! =====
! ASK ANSYS TO CALCULATE AREA/VOLUME
USUM
ASUM
!
! GET VOLUME OF VOLUME 3
*GET,VOLU03,VOLU,3,VOLU
!
! =====
! DEFINE FIXITY ON AREA 5
DA,5,ALL,0.0,1.0
DA,9,ALL,0.0,1.0
DA,13,ALL,0.0,1.0
DA,14,ALL,0.0,1.0
!
! =====
! DEFINE FORCE ON AREA 7
!
! --- GET AREA
*GET,AREA07,AREA,7,AREA
*GET,AREA03,AREA,3,AREA
!
! --- CALCULATE PRESSURE
PX01=FX01/AREA07
PX01=FX01/AREA03
!
SFA,7,,PRES,PX01
SFA,3,,PRES,PX01
```

```
0612A6_ANS_inp00.txt - 記事本
檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)
!
! =====
! MESH
!
! =====
! MESH SIZE
LESIZE,ALL,MESHSIZE01
MOPT,QMESH,ALTERNATE
!
! =====
! MESH AREA 1 AND VOLUME 3
MSHKEP,0
MSHAPE,0,2D
!
MESH,3
USWEEP,3
!
ACLEAR,3
!
! =====
! SOLVE NOW
/SOLU
SOLVE
!
! =====
! GET RESULT
/POST1
SET
PLNSOL,S,EQU
NSORT,S,EQU
*GET,STRSSEQU,SORT,,MAX
!
! =====
! SAVE ALL THE PARAMETERS
SAVE
PARSAU,ALL,0612A6_ans_par01.txt
!
FINI
EXIT
```

Template file (from native input for ANSYS)



# List and Brief main file for SmartDO and ANSYS

```
0612A6_ans_par01.txt - 記事本
檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)
/NOPR
*SET,AREA03 , 0.60600000000000
*SET,AREA07 , 0.60600000000000
*SET,DV01 , 1.00000000000000
*SET,DV02 , 1.00000000000000
*SET,DV03 , 2.50000000000000
*SET,DV04 , 1.01000000000000
*SET,FX01 , 3.00000000000000
*SET,MESH SIZE01, 0.30000000000000
*SET,PX01 , 4.950495049505
*SET,STRSSEQU, 6.366999674479
*SET,VOLU03 , 1.974863315341
*SET,_RETURN , 0.00000000000000
*SET,_STATUS , 1.00000000000000
/GO
```

每當ANSYS計算完成後  
所輸出的零件應力值

每當ANSYS計算完成後  
所輸出的零件體積值

Output file from and  
after ANSYS analysis.

# References

## Anslys 相關書籍：

- ◆ 陳申岳，ANSYS-有限元素法軟體-實務產品可靠度分析  
(台北，全華科技圖書公司，2004)
- ◆ 陳精一、蔡國忠，電腦輔助工程分析-ANSYS使用指南  
(台北，全華科技圖書公司，2000)
- ◆ 賴育良、謝忠佑、林啟豪，ANSYS電腦輔助工程分析，  
(台北，儒林圖書有限公司，2000)
- ◆ 王栢村電腦輔助工程分析之實務與應用  
(全華科技圖書，2001)

## SmartDo相關網站：

- ◆ <http://www.FEA-Optimization.com>
- ◆ <http://www.fea-optimization.com/paper/CNF2006-001.pdf>