

電腦輔助分析與設計
期末專題

熱傳分析

第七組

吳孟倫 407420023

王宇軒 408420001

目 錄

<u>一、分析目標</u>	3
<u>二、模型尺寸</u>	4
<u>三、建模流程</u>	4
<u>四、分析結果</u>	10
<u>五、結果與討論</u>	16
<u>六、設計改善</u>	19
<u>七、小組分工</u>	20
<u>八、心得</u>	21

一、分析目標

本節簡單介紹、說明製作本專題之背景和目標。

(一)研究動機

在電腦輔助工程分析這門課程有分為理論以及實作課程，其中實作課程佔比較多的比例。

理論課程部分是在講解何為有限元素分析及其知識背景以及透過實際例子與物理模型、數學運算了解其如何在結構與熱傳中應用也就是 ansys 軟體運作的原理。

實作課程部分是在介紹何為 ansys 軟體以及其使用方法，包括 GUI、城市法的操作方式，以及進行分析時的操作流程，包括設定、前處理、求解、後處理，我們學習了如何操作 ansys 這套軟體以及它的功能，這套軟體可以用於很多領域，例如控制、流力、電學、結構、熱傳等等，在課程上我們主要學習了關於結構以及熱傳（包含 steady, transient）。

本次專題是要藉由利用 ansys 軟體來分析探討熱傳上遇到的問題，順便檢視在本課程當中是否有真正學會應具備知識。

(二)專題目標：

利用 ansys 軟體做熱傳分析，其中有三大目標，分別為以下：

1. 鰭片形式與底面積差異所造成的熱傳導影響（強制對流）：

利用相同材料（aluminum）設計任意三種不同形式的散熱片，觀察於強制對流情況下，三種模型各別最終穩態時的溫度現象。

2. 材料相同、高度統一時，鰭片形式與高度分配差異所造成熱傳導影響（自然對流）

分別比較第一題所做之三種模型在相同總高度時，散熱片基底與鰭片高度分配所造成的影響。

3. 材料性質與對流狀態差異所造成的熱傳導影響

比較兩種不同材料（aluminum, copper）在三種對流情況（無對流、自然對流、強制對流）下的差異。

(三)期望結果

本專題希望達到的結果有五，分別為以下：

1. 熟悉了解課程中相關例題以利於專題之製作

熟悉以及練習課程 chapter 4 (steady-state thermal analysis), chapter 6 (transient-state thermal analysis)，首先要有具備分析 steady-state 熱傳的能力，在 steady-state 基礎之上學會並熟悉 transient-state 分析。

2. 針對專題目標完成散熱片基本設計與建模

利用 ansys 完成建模之內容包含基本模型設計、基本模型建立。

3. 針對專題目標完成散熱片溫度分佈圖

利用 ansys 完成邊界條件設定、環境負載施加、散熱片溫度分佈圖之正確建立。

4. 針對專題目標完成熱傳分析

藉由成功建立模型以及其溫度分佈圖進行分析，了解何種因素（鰭片設計、散熱片基底面積設計、散熱片高度分配、對流狀態不同等）會導致熱傳導效率改變（散熱效率之增大與減小）。

5. 針對專題目標完成修正、

利用 ansys 嘗試建立不同模型以及對模型進行修正，分析溫度分佈圖以及環境負載，希望利用分析完成的各種因素去對模型進行最佳化設計，使其熱傳導效率達到最高。

二、模型尺寸

本節簡單列出專題會用到的相關資料以及本專題第一題當中之模型基礎格式。

表 2-1 材料性質

	Aluminum	Copper	Unit
Density	2700	8690	kg/m ³
Specific Heat	880	385	J/kg-°C
Thermal Conductivity	185(k1)	390(k2)	W/m-°C

表 2-2 散熱片格式(第一題)

	部件一	部件二	部件三
單一鰭片截面積 (mm ²)	16.5	17.5	17.75
底盤/基底面積 (mm x mm)	35 x 35	35 x 35	35 x 35
單一鰭片高度 (mm)	12	12	12
基底高度 (mm)	3	3	3
散熱片總高度 (mm)	15	15	15
材料	aluminum	aluminum	aluminum
對流狀態	強制對流 (H=250)	強制對流 (H=250)	強制對流 (H=250)

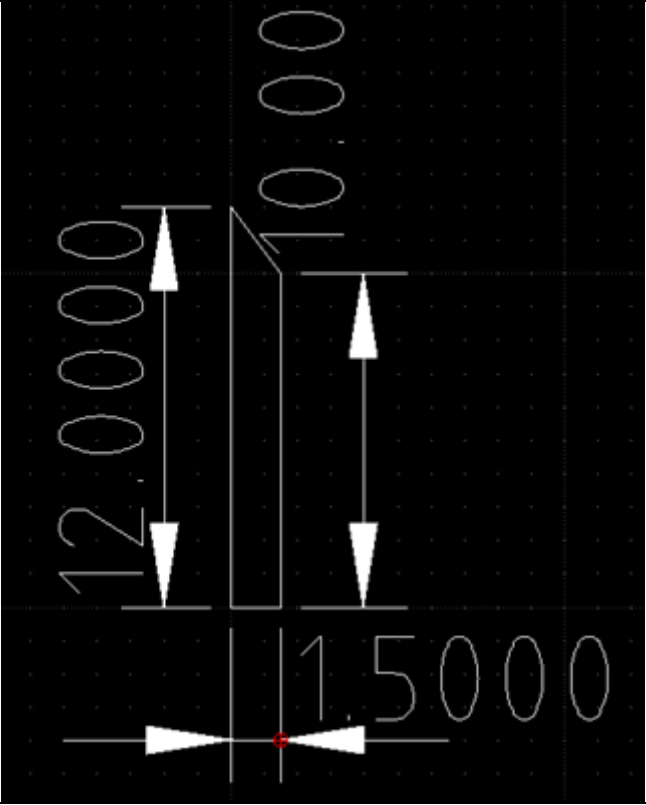
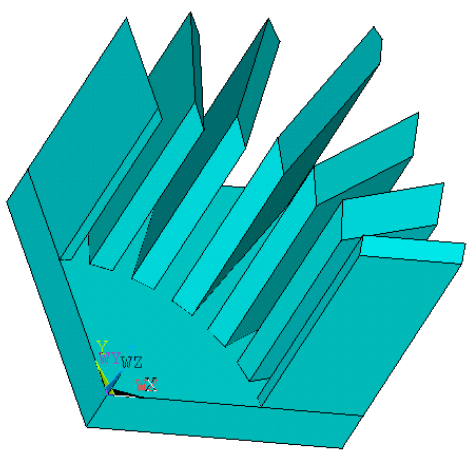
表 2-3 散熱片格式(第二題)

	部件一	部件二	部件三
單一鰭片截面積 (mm ²)	16.5	17.5	17.75
底盤/基底面積 (mm x mm)	35 x 35	35 x 35	35 x 35
單一鰭片高度 (mm)	12	12	12
基底高度 (mm)	1	1	1
散熱片總高度 (mm)	13	13	13
材料	aluminum	aluminum	aluminum
對流狀態	自然對流 (H=25)	自然對流 (H=25)	自然對流 (H=25)

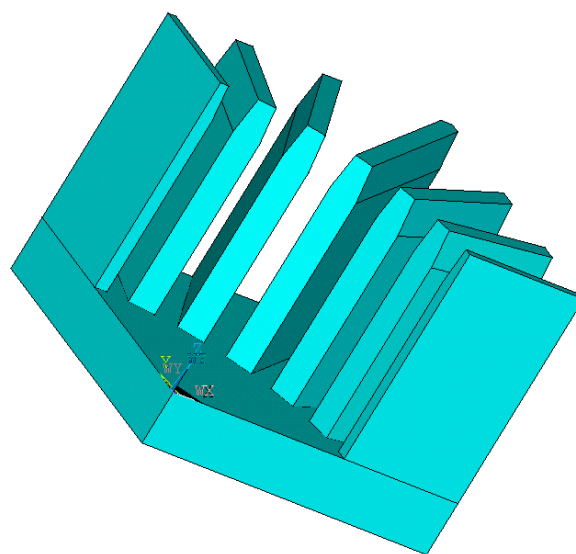
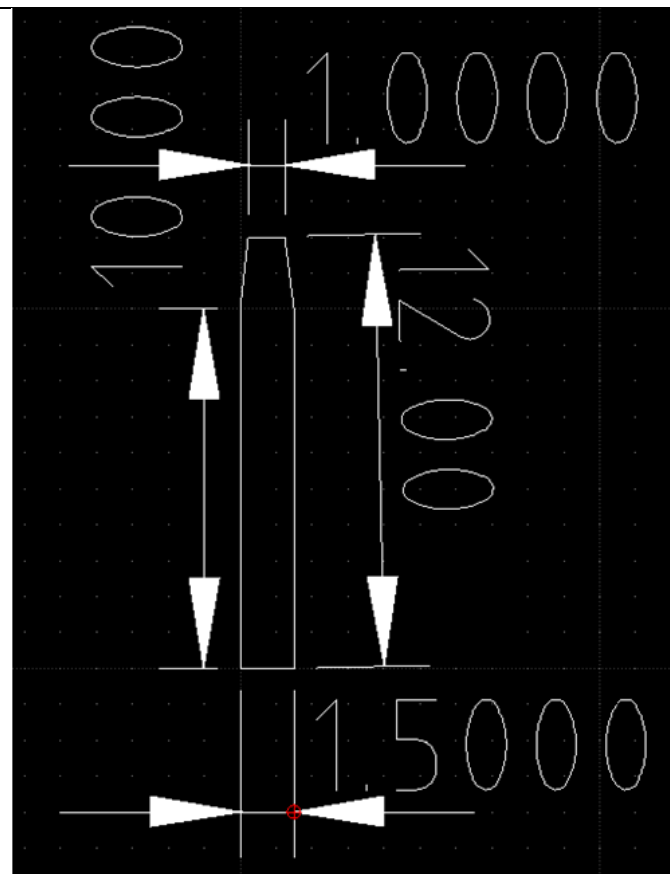
表 2-4 散熱片格式(第三題)

	部件一	部件一
單一鰭片截面積 (mm ²)	16.5	16.5
底盤/基底面積(mm x mm)	35 x 35	35 x 35
單一鰭片高度(mm)	12	12
基底高度 (mm)	3	3
散熱片總高度(mm)	15	15
材料	aluminum	copper

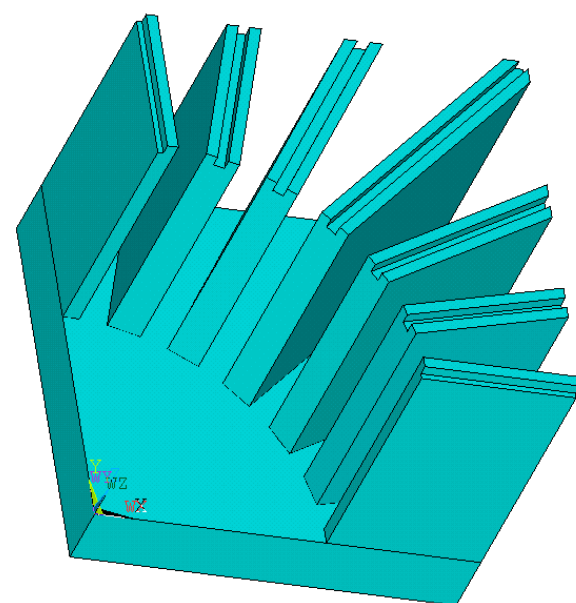
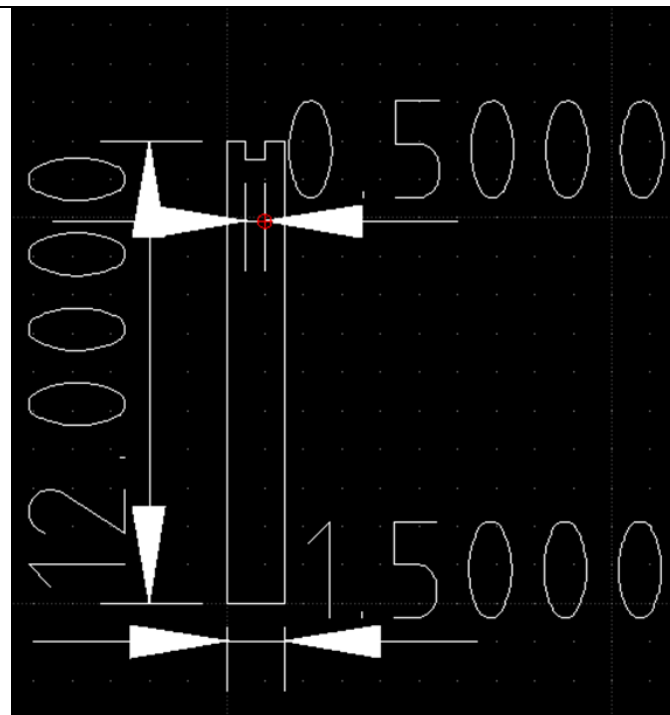
表 2-3 散熱片格式(含單一鰭片截面積尺寸)

單一鰭片截面積	散熱片(四分之一)
部件一:斜角鰭片之散熱片	
	

部件二:梯形鳍片之散熱片



部件三:凹形鳍片之散熱片



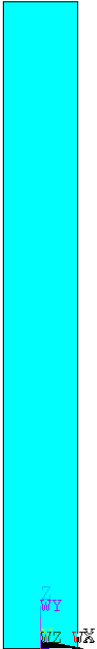
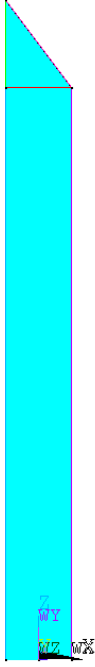
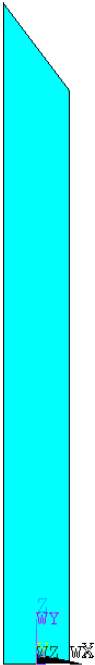
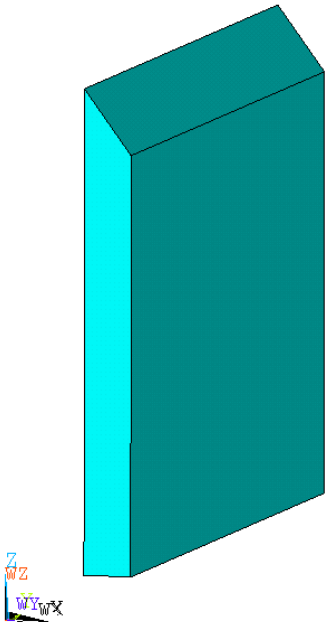
(表四中左側使用軟體 LibreCADPortable 標註部件尺寸)

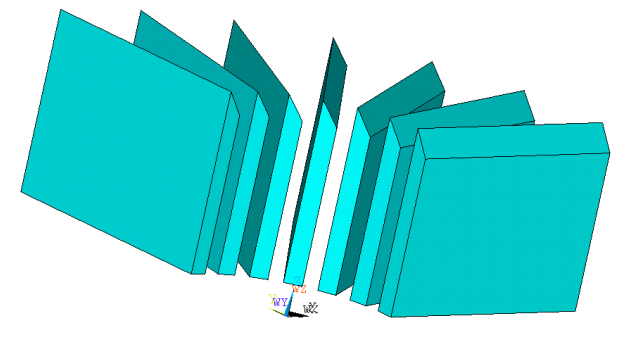
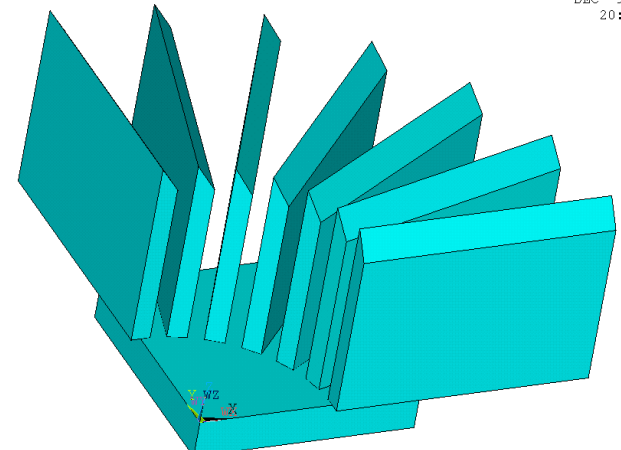
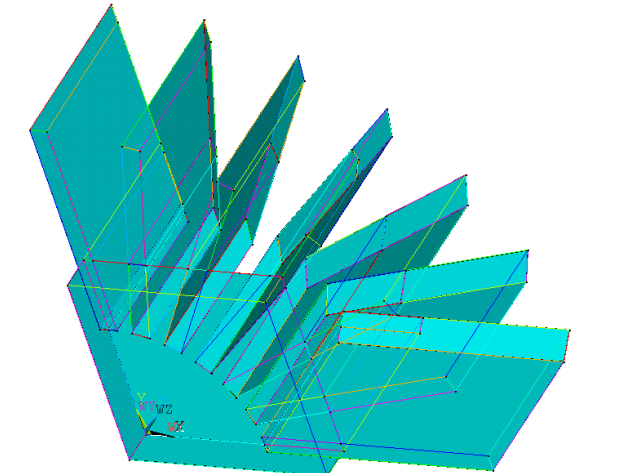
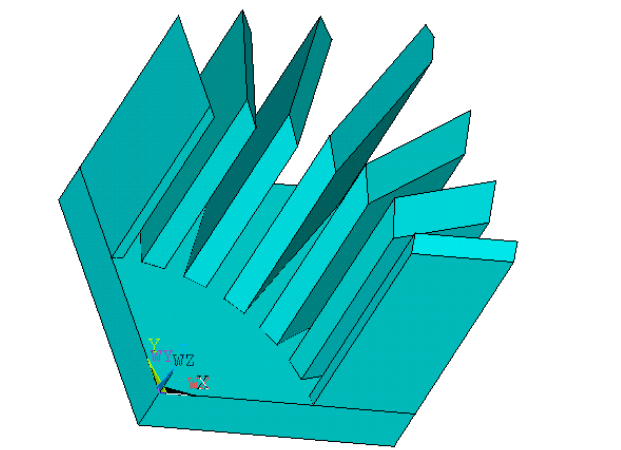
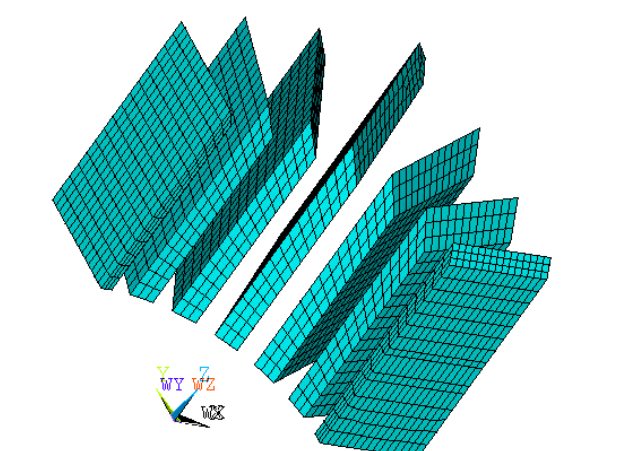
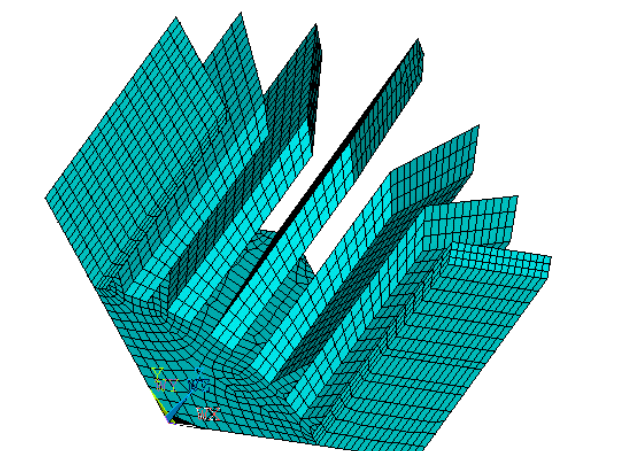
三、建模流程

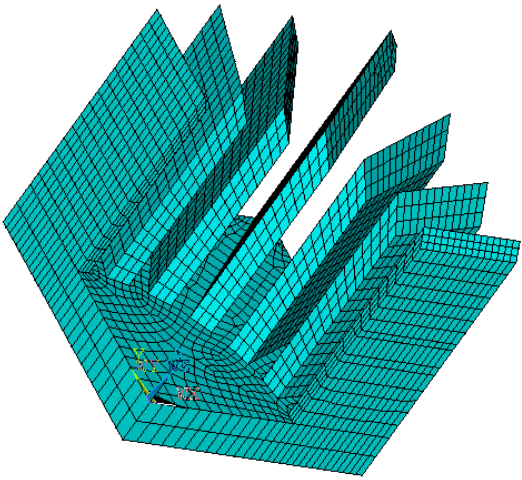
本節以部件一作為例子講述建模流程。

以下流程製作時的尺寸需參考前一節表 2-2 部件一的資料：
以部件 1(斜角)為範例講述建模流程，其他類比，為初始面積不同其他建模手法大致相同。

表 3-1

圖一、長方形建立	圖二、建立設計之面積
Preprocessor > modeling > create > area(1)	Preprocessor > modeling >create □ area(2)
	
圖三、建立單一鰭片基本截面積	圖四、製作單一鰭片
Preprocessor > Modeling > operate > Booleans > Add area(1),area(2) □ fin surface	Preprocessor > Modeling > Operate > Extrude > area □ fin
	

<p>圖五、複製單一鰭片</p> <p>Preprocessor > Modeling > copy > volume □ Volumes</p>	<p>圖六、建立散熱片基底</p> <p>Preprocessor > Modeling > create > Block □ base</p>
<p>DEC 9 2022 20:14:27</p> 	<p>DEC 9 2022 20:15:10</p> 
<p>圖五、切割出出想要的範圍</p> <p>Preprocessor > Modeling > Divide > volumes □ fins + block</p>	<p>圖六、黏合截點</p> <p>Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Glue > Volumes □ model</p>
<p>DEC</p> 	
<p>圖七、網格化鰭片</p> <p>Preprocessor > Meshing □ meshed fins</p>	<p>圖八、網格化基底上表面</p> <p>Preprocessor > Meshing □ meshed top base</p>
	

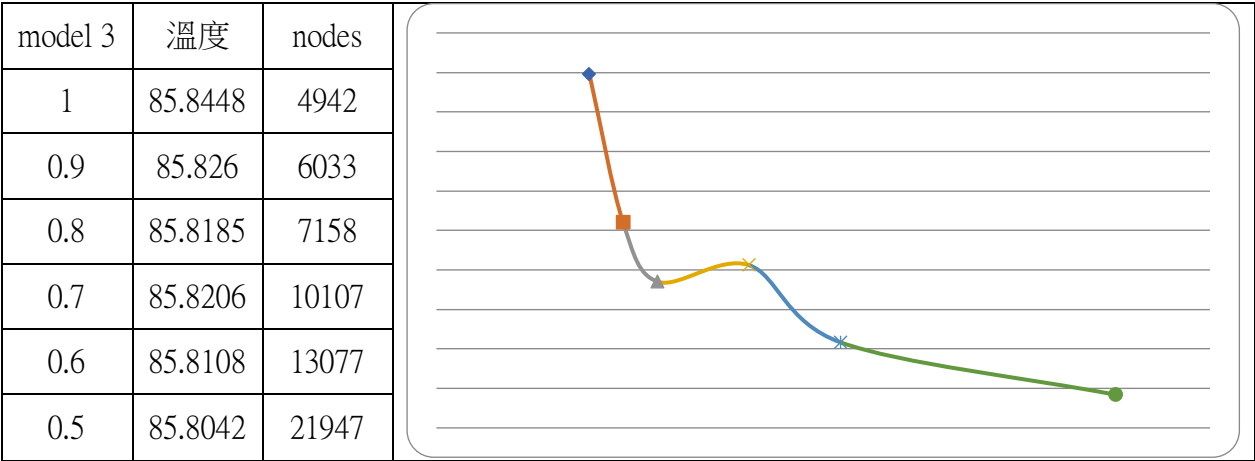
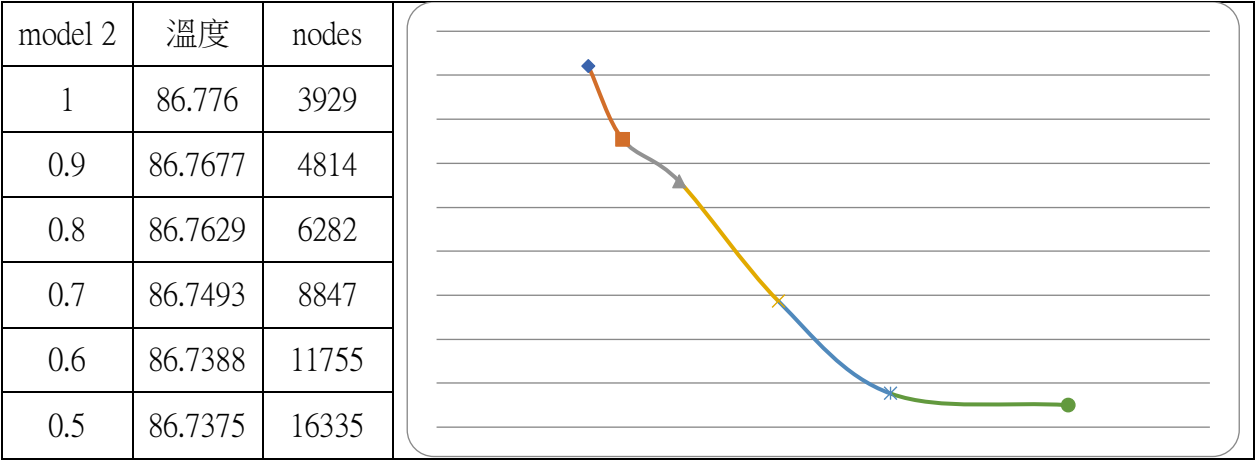
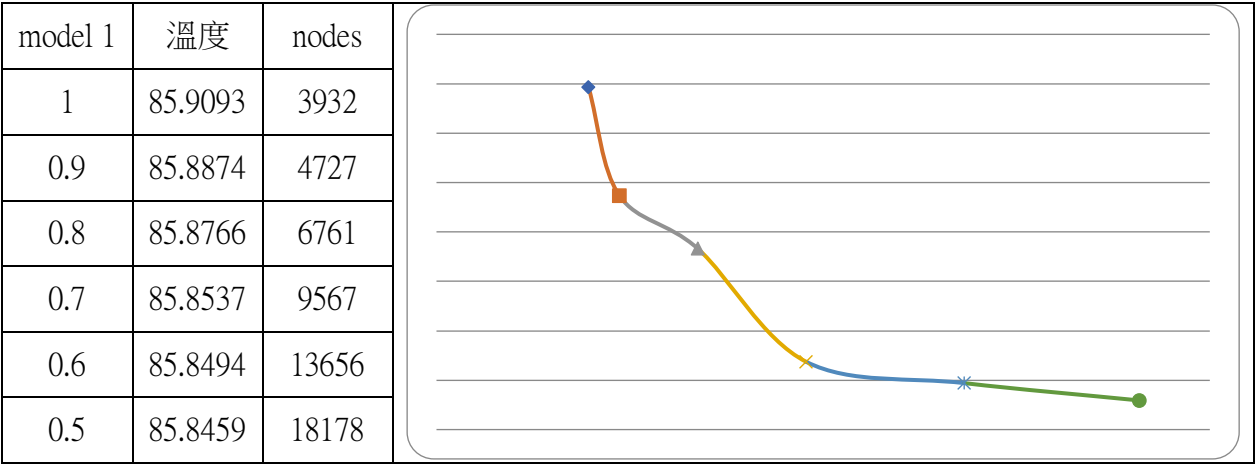
圖九、讓網格化完的基底上表面伸長長出	
Preprocessor > Modeling > Operate > Extrude > top base□ meshed block	
	

四、分析結果

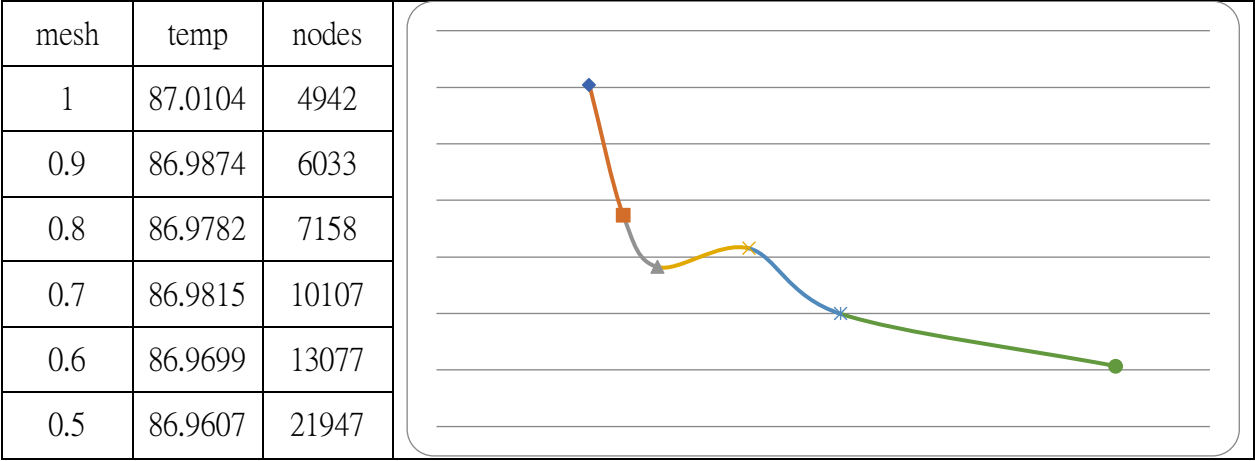
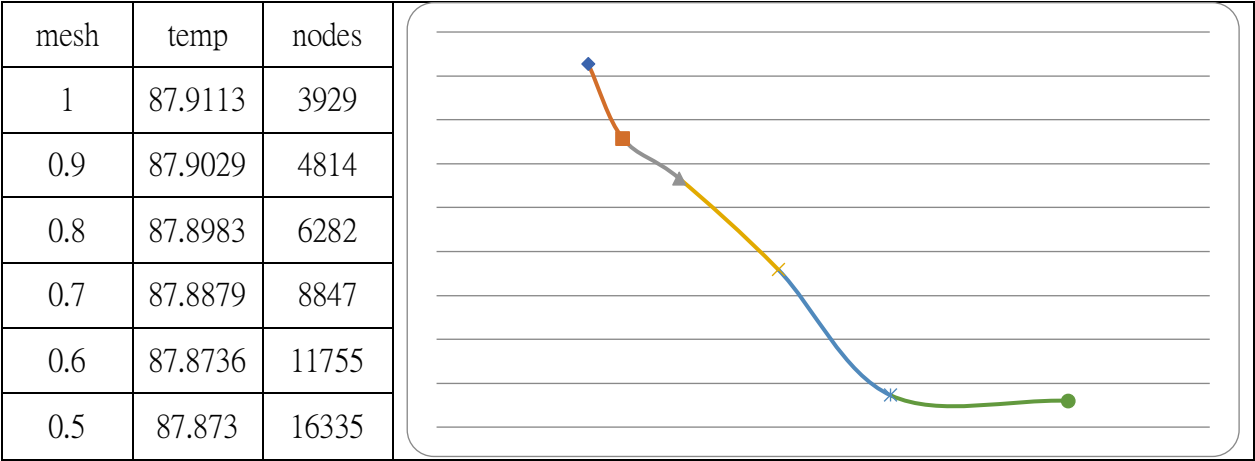
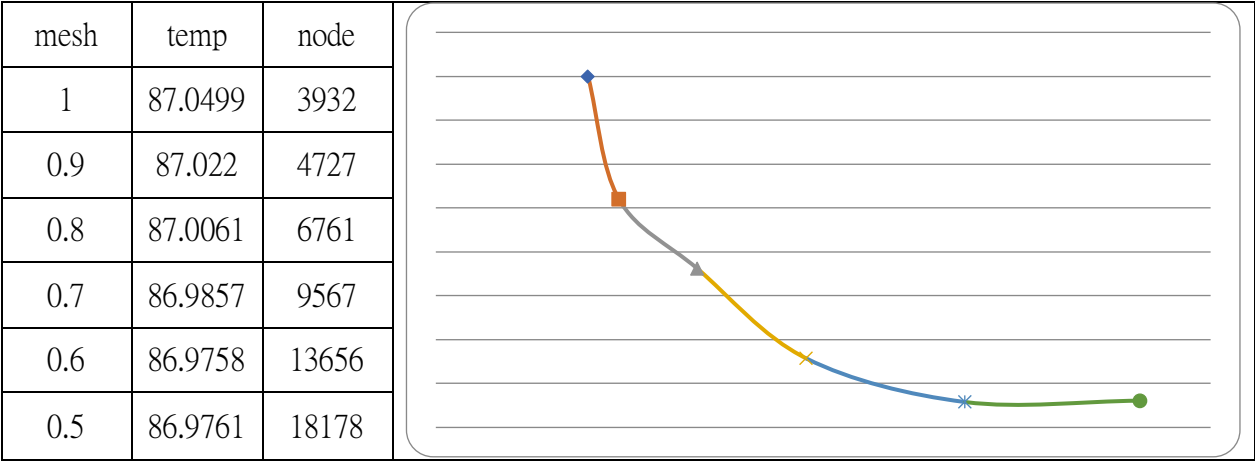
本節將 ansys 分析完成之圖片整理成圖表以便於分析。

收斂性分析

第一題



第二題



本題題目要求為：

參閱課堂講義 Chap4., 使用 Aluminum 材料計算分析, 設計三種不同型式之散熱片, 散熱片底面積不可大於 $35 \times 35(\text{mm})$, 總高度不限(不可與講義及第 2 題相同), 散熱片基底厚度為 3 mm , 葉片厚度不限, 當底部溫度為 100°C 時, 於氣體強制對流情形下, 末端葉片於穩態時的最低溫度需低於 88°C 。

表 4-1 不同外型設計所致影響

四分之一圖

全圖

1.斜角鰭片:85.8459 ~ 100 °C

ANSYS R16.0 Academic
DEC 10 2022 03:52:05

NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB=50
TIME=10000
TEMP (AVG)
RSYS=0
SMN=85.9093
SMX=100

85.9093 87.4749 89.0405 90.6062 92.1718 93.7374 95.3031 96.8687 98.4344 100

ANSYS R16.0 Academic
DEC 10 2022 03:52:05

NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB=50
TIME=10000
TEMP (AVG)
RSYS=0
SMN=85.9093
SMX=100

85.9093 87.4749 89.0405 90.6062 92.1718 93.7374 95.3031 96.8687 98.4344 100

2.梯形鰭片:86.7375 ~ 100 °C

ANSYS R16.0 Academic
DEC 11 2022 11:36:19

NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB=50
TIME=10000
TEMP (AVG)
RSYS=0
SMN=86.7375
SMX=100

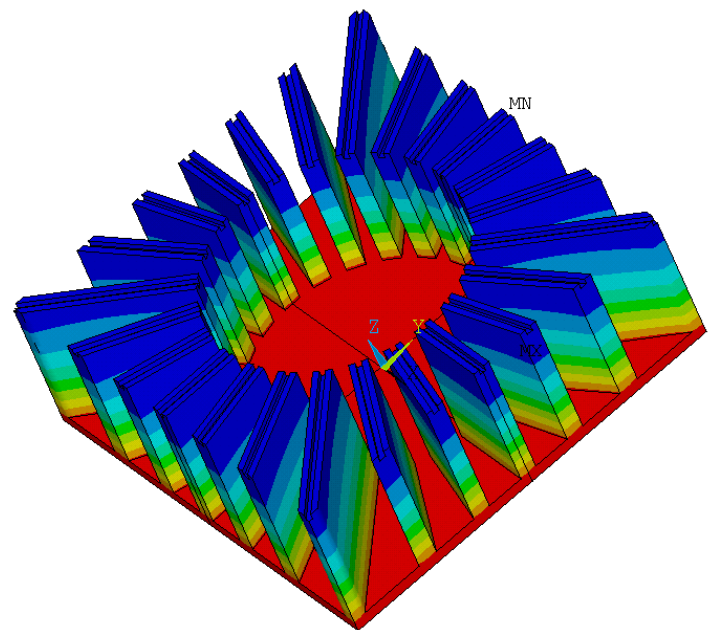
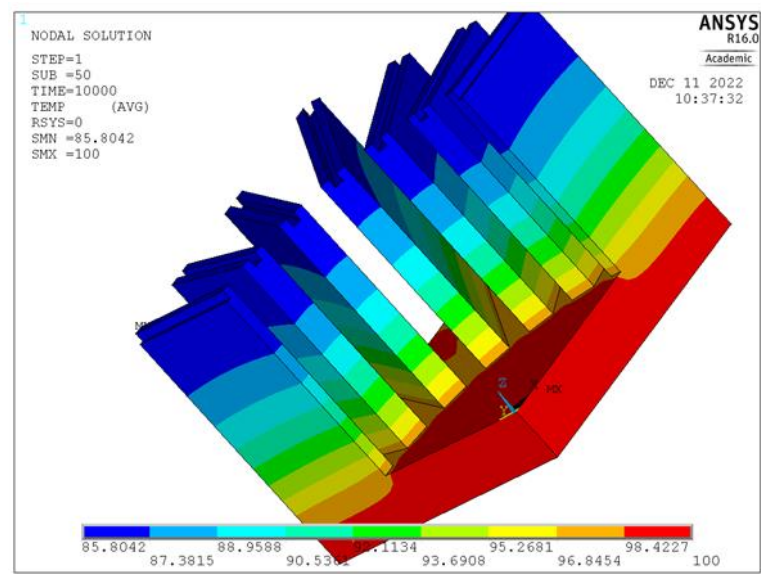
86.7375 88.2111 89.6847 91.1583 92.632 94.1056 95.5792 97.0528 98.5264 100

ANSYS R16.0 Academic
DEC 11 2022 11:36:19

NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB=50
TIME=10000
TEMP (AVG)
RSYS=0
SMN=86.7375
SMX=100

86.7375 88.2111 89.6847 91.1583 92.632 94.1056 95.5792 97.0528 98.5264 100

3. 凹型鰭片:85.8042 – 100℃



(二)第二題：

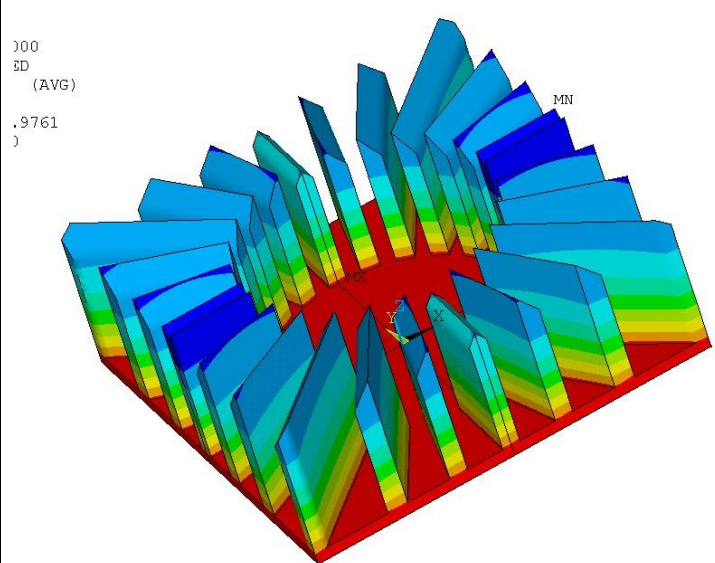
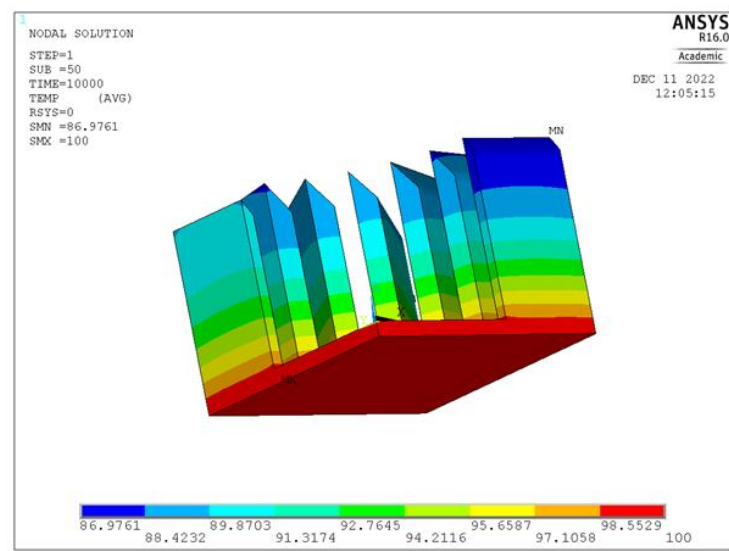
本題題目要求為：
承上題，材料相同情況下，若散熱片總高度限制為 13 mm（散熱片基底厚度不可等於 3 mm），三種型式之散熱片於自然對流情形下，何者散熱表現最好？試以所學過的力學概念加以解釋。

表 4-2 不同高度分配所致影響

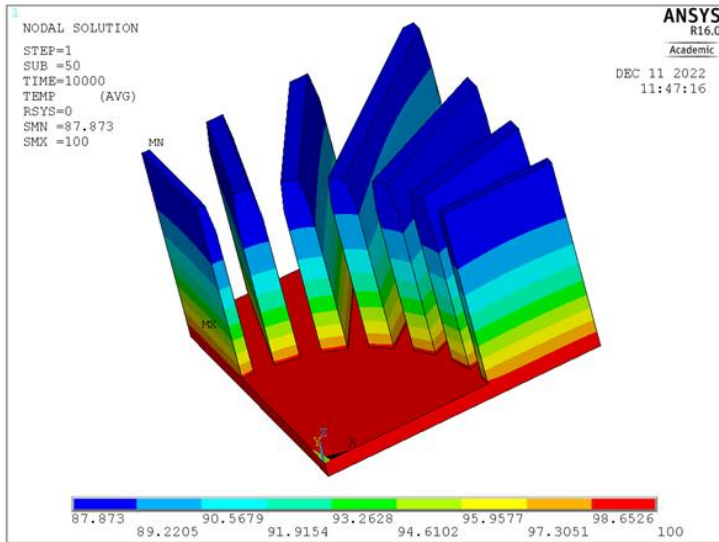
四分之一圖

全圖

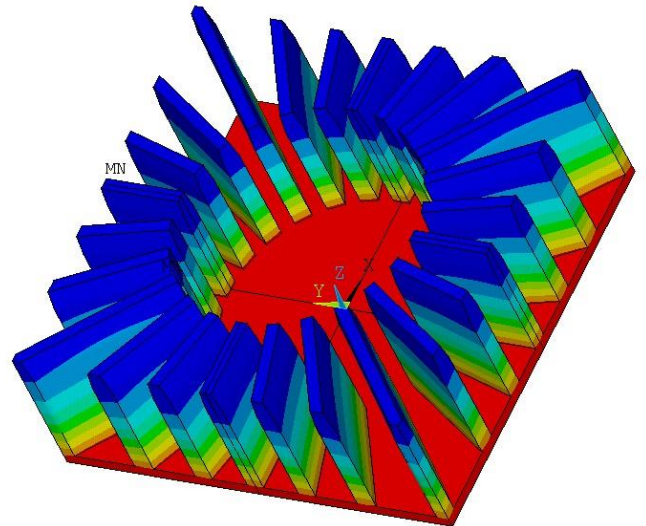
1.斜角鰭片: 86.9761 – 100℃



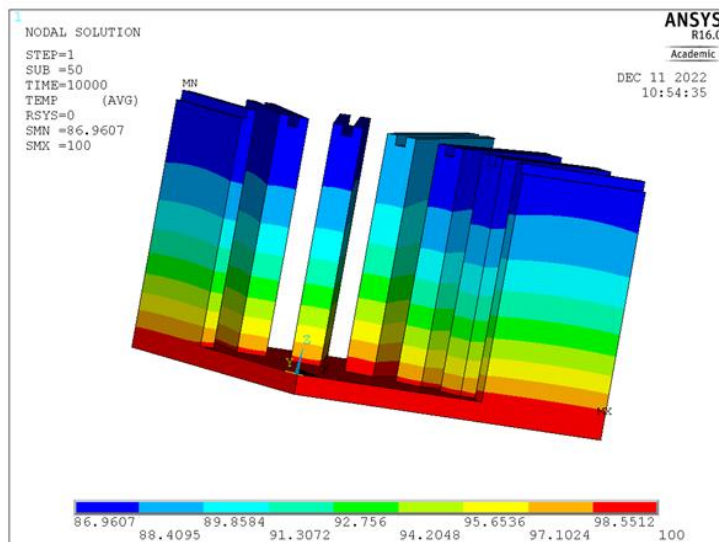
2. 梯形鰭片: 87.873 – 100 °C



3)

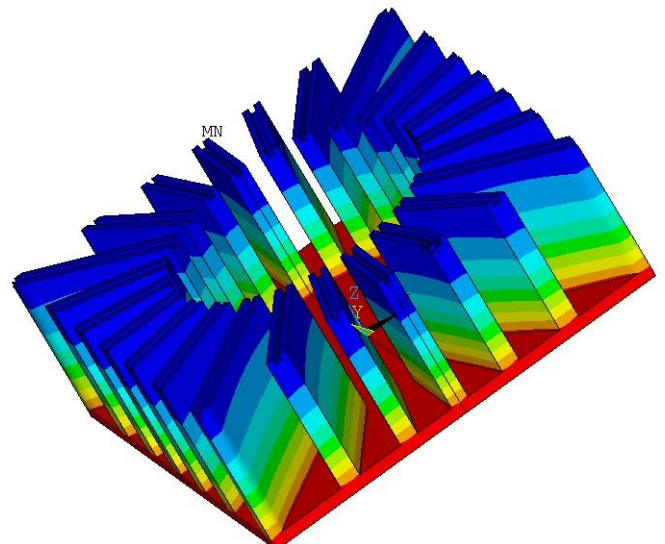


3. 凹形鰭片: 86.9607 – 100 °C



VG)

9



在上表三種模型中，可以與第一題比較做同一鰭片形式(不同鰭片形式的探討已在第一題中分析)不同高度與對流條件的簡單分析：

1. 模型一：斜角鰭片

最低溫由 85.8459 °C 提升至 86.9761 °C

2. 模型二：梯形鰭片

最低溫由 86.7375 °C 提升至 87.873 °C

3. 模型三：凹型鰭片

最低溫由 85.8042 °C 提升至 86.9607 °C

觀察到熱傳效率皆變差，故推測降低基底高度或是對流條件從強制對流改為自然對流使得熱傳效率降低，原因與熱傳學中鰭片相關的公式有關，將在第五節中做詳細探討

(三)第三題：

本題題目要求為：

請由第一題之三種型式散熱片選定一種，比較表 1 兩種材料，在以下三種對流狀態下，何者散熱

表現較好，並說明原因(必須比較整個溫升歷程)。
(1).無對流，絕熱(h=0) (2).自然對流 (3).強制對流

下方表 3-4 共六圖，分別為兩種材料在不同對流環境下的溫度變化圖，表 3-1 為材料參數、表 3-2、表 3-3 為環境參數

表 4-3-1 材料參數

	Aluminum	Copper	Unit
Density	2700	8690	kg/m ³
Specific Heat	880	385	J/kg- °C
Thermal Conductivity	185(k1)	390(k2)	W/m- °C

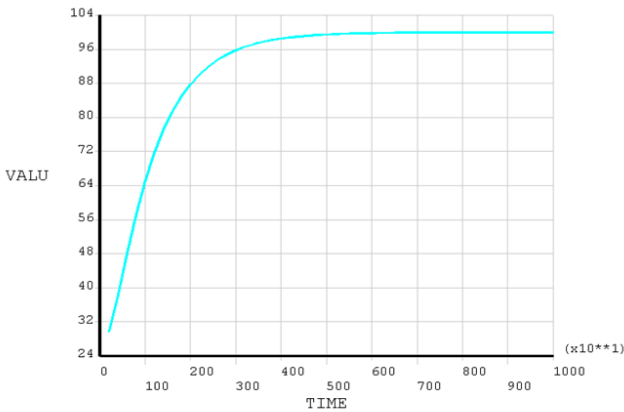
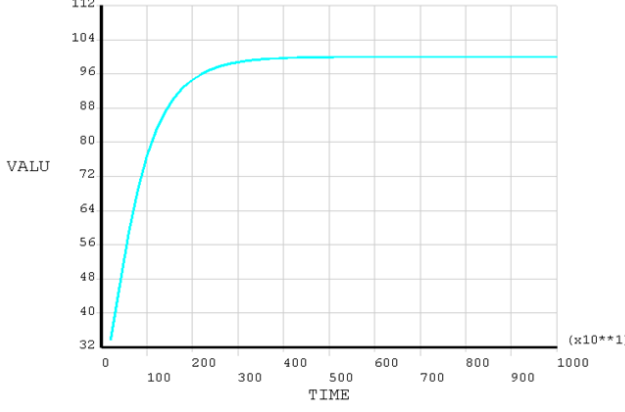
表 4-3-2 環境對流參數

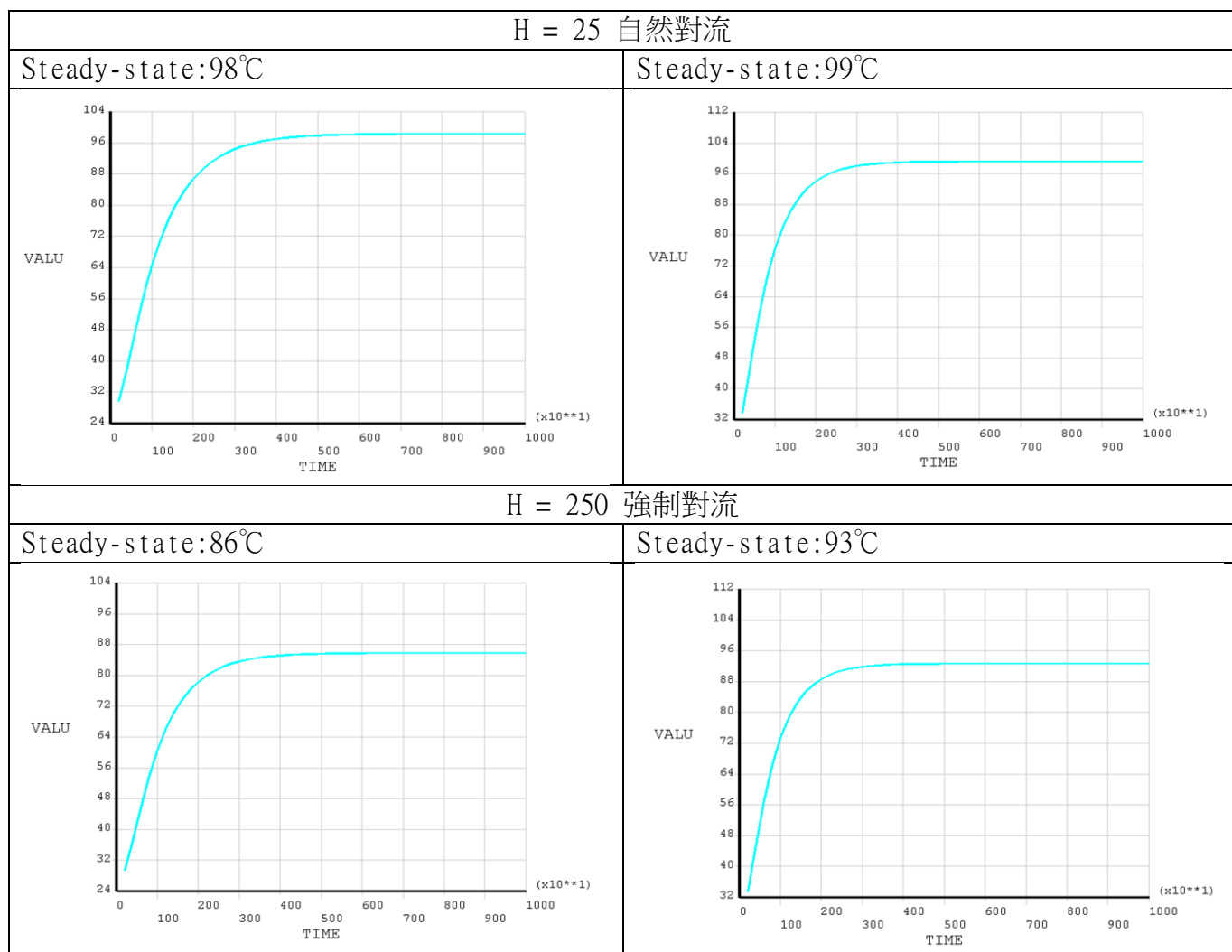
	熱傳導係數
無對流	h=0 W/m^2- °C
自然對流	h=25 W/m^2- °C
強制對流	h=250 W/m^2- °C

表 4-3-3 環境溫度參數

Bulk temperature	25°C
Bottom tempereture	100°C
Uniform temperature	25°C

表 4-3-4 溫度變化圖

Aluminum(NODE 1233)	Copper(NODE 1233)
H = 0 無對流	
Steady-state:100°C	Steady-state:100°C
	



由上面共六張圖可以簡單做個分析：
 在下列各環境及材料的不同條件下，穩態時溫度如下

表 3-5 兩種材料分別於三種對流狀態下之穩態溫度

	無對流 (H=0)	自然對流 (H=25)	強制對流 (H=250)
aluminum	100°C	98°C	86°C
copper	100°C	99°C	93°C

以下為利用表 3-4、3-5 進行對流狀態與材料性質分別會對熱傳效率有何種影響：

觀察對流狀態所造成熱傳的影響時，固定材料性質

1. 皆為 aluminum □ 無對流: 100°C、自然對流: 98°C、強制對流: 86°C

說明強制對流相較於自然對流可以下降較多溫度

2. 皆為 copper □ 無對流: 100°C、自然對流: 99°C、強制對流: 93°C

說明強制對流相較於自然對流可以下降較多溫度

可以發現散熱效率為對流狀態: 強制對流 > 自然對流 > 無對流。

觀察材料性質所造成熱傳的影響時，固定對流狀態

1. 無對流: aluminum 為 100°C、copper 為 100°C

因為給定的散熱片基底初始溫度皆為 100°C，所以兩者值為給定的初始值

2.自然對流: aluminum 為 98°C、copper 為 99°C

說明兩者在自然對流狀態下皆有降溫、散熱

3.強制對流: aluminum 為 86°C、copper 為 93°C

說明兩者受強制對流狀態下不僅都有降溫、散熱, 而且 aluminum 散熱效率較 copper 來的好
可以發現散熱效率為 aluminum > copper。

五、結果與討論

本節就前一節中三個題目進行討論和總結

(一)討論:

第一題:

本題中, 三種模型會導致熱傳差異的只有鰭片的設計, 因此以下會開始分析三種模型設計的差異, 計算差異時不會把相同部分算進去。(扣除相同體積、表面積)。

在熱傳學當中有關鰭片熱傳導有一個分析參數為 fin efficiency(η_f), 其公式為:

$$\eta_f = q_f / q_{\max}$$

$$q_{\max} = hA_f\Theta_b$$

$$q_f(\text{case B 忽略鰭片端點 heat loss}) = (hpkA_c)^{1/2} * \Theta_b * \tanh(mL)$$

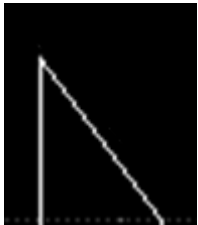
經過計算後可以得到:

$$\eta_f = [(hpkA_c)^{1/2} * \Theta_b * \tanh(mL)] / (hpL\Theta_b)$$

扣除固定變數(例如 L)後發現只有 A_c 也就是表面積會影響散熱效率。

以下要對模型進行分析, 在扣除鰭片長高度至 10mm 位置以及基底之後, 探討模型的差異:

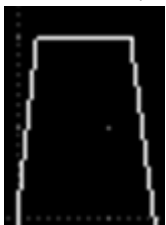
1. 模型一(斜角)



表面積:

$$\begin{aligned} & 2 * (\text{底 } 1.5 * \text{高 } 2 / 2) + (\text{底 } 1.5 + \text{高 } 2 + \text{斜邊 } 2.5) * \text{鰭片深度} \\ & = 3 + 6 * \text{鰭片深度} \end{aligned}$$

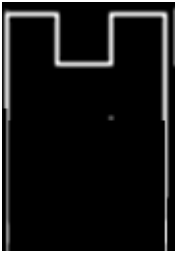
2. 模型二(梯形)



表面積:

$$\begin{aligned} & 2 * ((\text{上底 } 1 + \text{下底 } 1.5) * \text{高 } 2 / 2) + (\text{上底 } 1.5 + \text{下底 } 1.5 + 2 * \text{斜邊 } 2.016) * \text{鰭片深度} \\ & = 5 + 7.031 * \text{鰭片深度} \end{aligned}$$

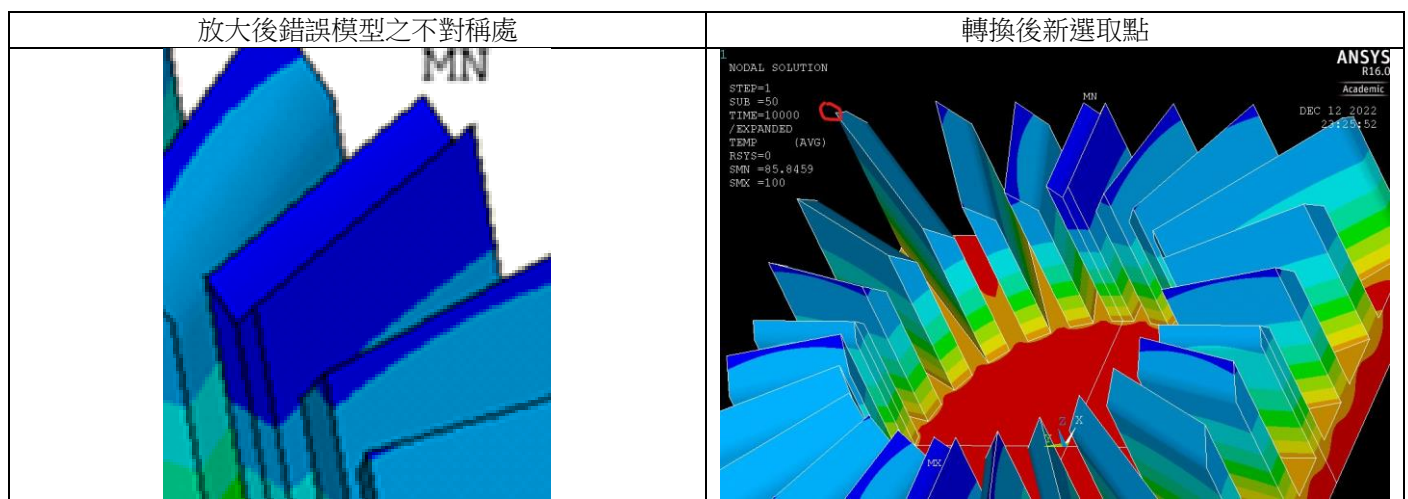
3. 模型三(凹型)



表面積: $2 \times (\text{底 } 1.5 \times \text{高 } 2 - \text{凹孔 } 0.5^2) + (\text{底 } 1.5 + 2 \times \text{高 } 2 + 5 \times 0.5) \times \text{鰭片深度}$
 $= 5.5 + 8 \times \text{鰭片深度}$

由上述分析可以得到表面積大小模型三(凹型) > 模型二(梯形) > 模型一(斜角)，
 故推論理論散熱效率為模型三(凹型) > 模型二(梯形) > 模型一(斜角)，
 但是藉由觀察實際模擬出的散熱效率為 模型三(凹型) > 模型一(斜角) > 模型二(梯形)。
 (模型一：85.8459°C；模型二：86.7375°C；模型三：85.8042°C)

經過探討之後，我們發現是由於模型一(斜角)圖形不對稱導致表面積影響熱效率的理論失效



經過調整以及轉換選取點之後，我們得到了符合理論的實際值。
 調整後散熱效率模型三(凹型) > 模型二(梯形) > 模型一(斜角)。
 (模型一：87.7714°C；模型二：86.7375°C；模型三：85.8042°C)

故最終還是驗證了熱效率會受表面積影響。

第二題：

本題中，三種模型會導致熱傳差異的只有高度分配因素，我們愛本題中是固定鰭片高度的，因此要探討的是基底高度的影響。

承接第一題，但修改各模型高度(L 不固定)，以下對三模進行分析
 利用上題公式，但此次不只考慮鰭片連基底也算進去：

$$\eta_f = [(hpkA_c)^{1/2} \cdot \Theta_b \cdot \tanh(mL)] / (hpL\Theta_b)$$

1. 模型一(斜角)

修改前後，基底高度不同，由 3mm 減為 1mm，故影響表面積 A_c 導致表面積變小

2. 模型二(梯形)、模型三(凹型)

因為都是對底座高度修正，鰭片表面積差異皆與第一題中相同，故結果皆同模型一

故本題可以得證含基底高度的表面積也會影響

第三題：

本題分析與討論可由兩種方向探討，分別為對流狀態以及材料性質所導致溫度變化(散熱/效率)差異。

散熱效率：

1.對流狀態:強制對流 > 自然對流 > 無對流

2.材料性質:aluminum > copper

(二)總結：

從第一題中得知：

鰭片表面積的設計如果達到最大化可以最大幅度的加強熱傳效率

從第二題中得知：

散熱片(鰭片 + 基底)表面積的設計如果達到最大化可以最大幅度的加強熱傳效率

從第三題中得知：

材料性質會影響熱傳效率；強制對流狀態可以加強熱傳效率。

故想要最大化熱傳效率必須要設計最大表面積、選擇熱傳效率最好的材料、環境施加強制對流。

六、設計改善

(一)討論分析

本次專題分析完成的時候，有得出一些簡單的結論，如果想要有較好的熱傳效率，則需要提高模型表面積、環境負載給強制對流，使用 aluminum 而非 copper，在本節我們想針對部件三(凹型鰭片)做改善。

(二)改善方法：

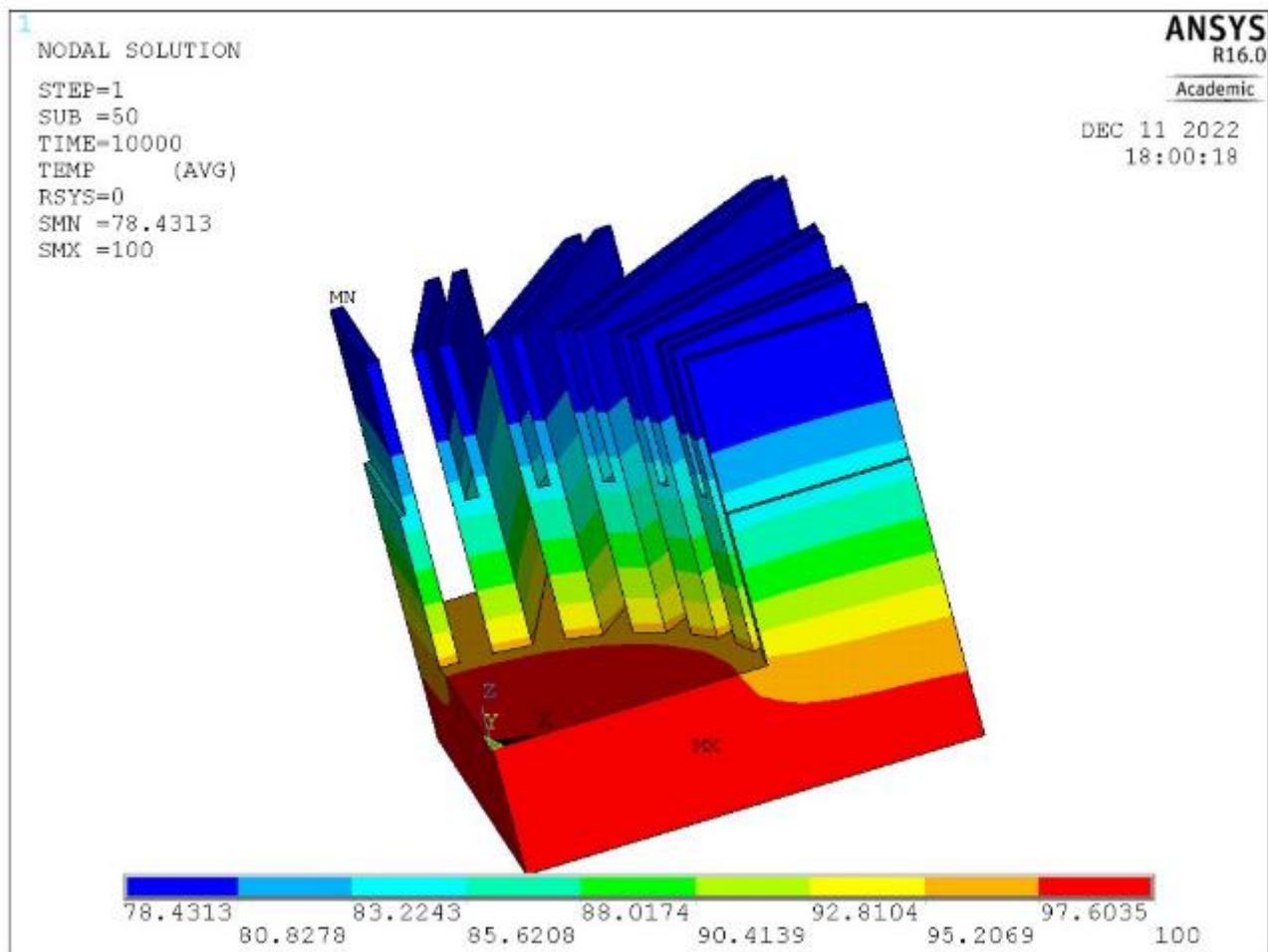
1.改善熱傳效率

改善、增加表面積，加強基底厚度，使用 aluminum

第一題，基底高度 3mm，凹型深度 0.5mm，85.8042°C

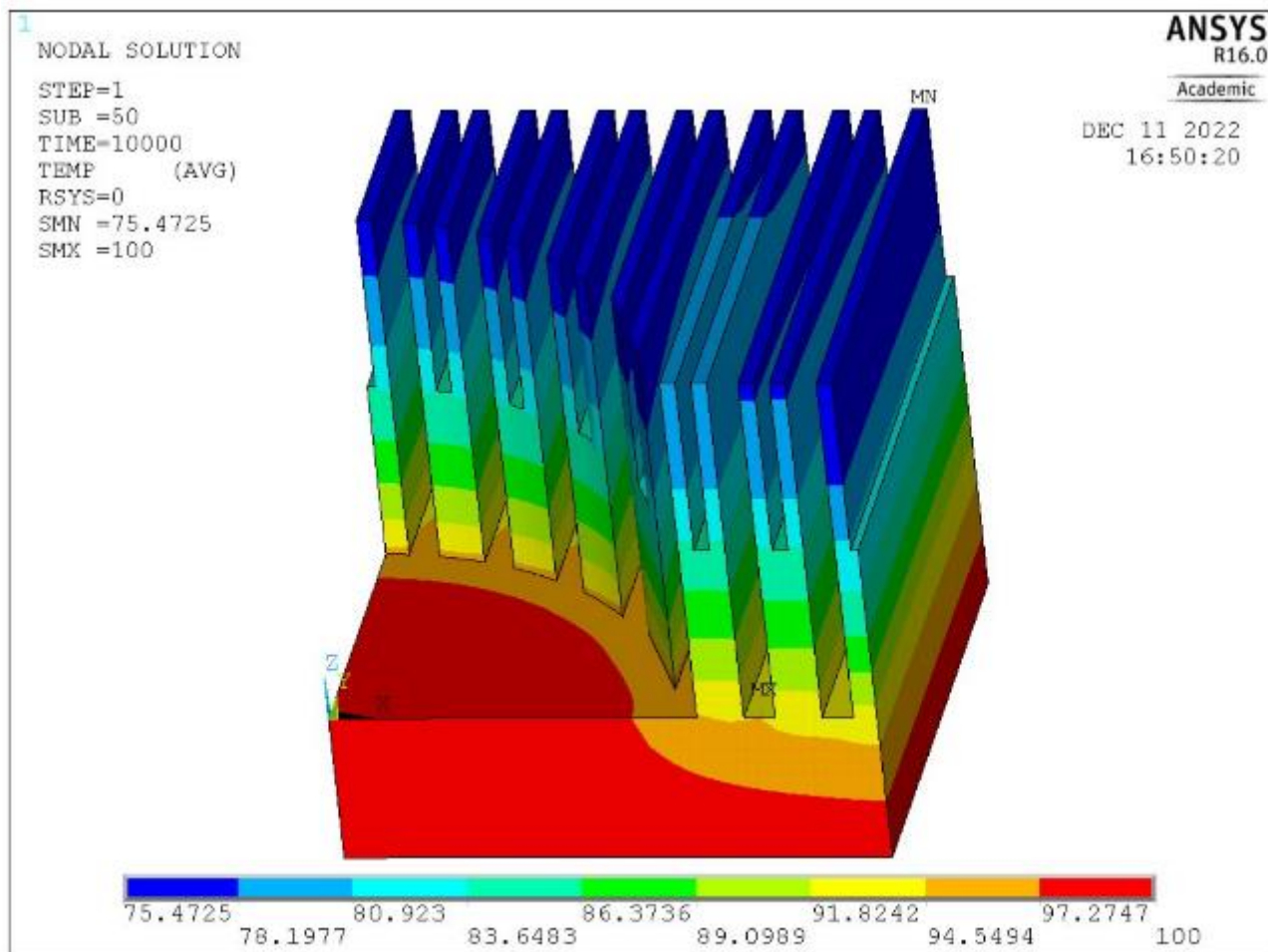
第二題，基底高度 1mm，凹型深度 0.5mm，86.9607°C

本題中，基底高度 5mm，凹型深度 6.0mm，78.4313°C



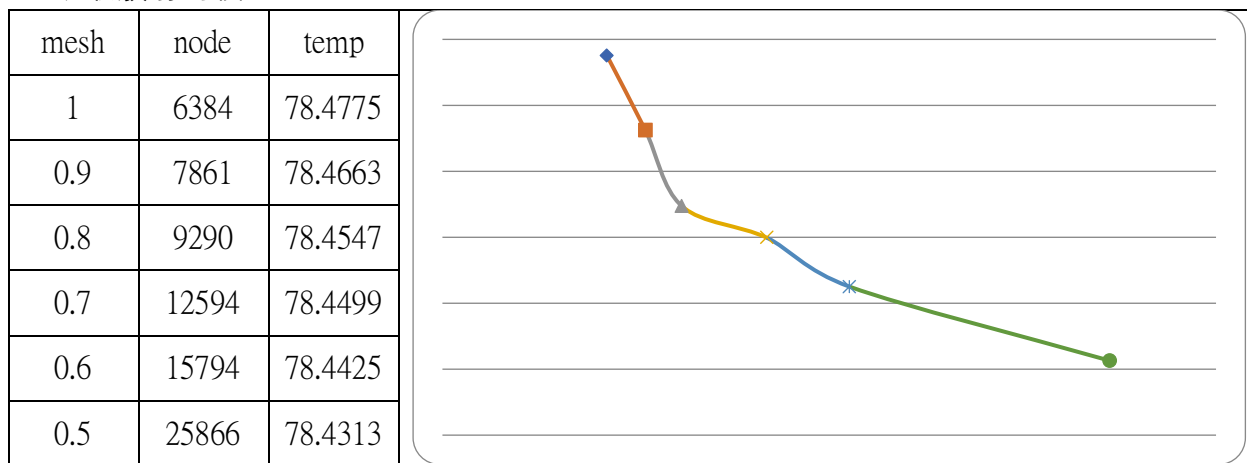
2.改善加工方法

根據第一點的改良模型，考量到加工過程的成本，環狀放射的鰭片可能會需要特殊模具，無法直接用車刀修出來，因此我們想了別的加工方法，我們想用陣列的方式，由於橫截面一致所以可以將鋁擠壓抽出後加工成形，此方法可以節省成本，出來的形狀比較會像是並排狀的鰭片，而且溫度從第一點的 78.4313°C 降到 75.4725°C



收斂性分析：

1.環狀放射的模型



2.鋁擠壓抽出、鰭片並排的模型沒有做收斂性分析，因為在 mesh 時有太多問題

七、小組分工

表 7-1 工作分配表

工作項目	負責成員	專題貢獻度
建模	吳孟倫	50%
文書	王宇軒	50%

八、心得

(一)困難點與解決辦法：

本次在第一題中的三種模型設計時，有遇到 mesh 的問題，前兩種(斜角、梯形)還好，但是到第三種模型(凹型)設計時，mesh 會怪怪的因為斜的凹型鰭片在中間較地處不 mesh 會出問題，解決方法就是把該鰭片中間做切割，使其變成三塊再做 mesh，不能用跟前兩種模型(斜角、梯形)相同的手法，在進行收斂性分析的時候也大致上有發現模型三與模型一、二差異的這個現象。

本次專題進行時大致上順利，只是一開始分工有點問題、模糊，導致進度緩慢，後來的解決方法就是明確分工，一個人建立模型，一個人文書，然後如果文書方面有缺東西就換較建模的人補傳一些資料，後期加速之後進度就有明顯趕上。

(二)專題啟發：

本次專題獲得很大的啟發是在進行工程分析的時候，包括結構、熱學、電學、控制，有很多種方法以及工具可以拿來利用，便利度以及成效都會有不同層次上的變化，因為本課程主要針對結構力學和熱力學進行介紹與教學，我在本結想分別講述結構力學以及熱力學上對於分析工具使用得的啟發，並說明得到的啟發以及心得。

在工程圖學(二)的課程時，學習了如何以電腦建立模型，最後也交了如何店模型進行簡單基礎的分析，與本學期前半部所教一樣，但當時使用的軟體是 solid work 是一種 CAD，與本次課程教的 ansys 是一種 CAE 不盡相同，所以下面我想討論兩者的優缺點：

1.solid works(CAD):

優點:建立複雜模型時較為便利、快速，甚至可以組合不同檔案的模型

缺點也具備模型分析的功能但是侷限比較大，也比較不方便

2.ansys(CAE)

優點：在分析建立完成的模型時，功能很方便，顯示結果也較容易

缺點：建立複雜模型時較不方便、繁瑣

在熱傳學的課程時，教授除了傳授理論熱傳學知識，期末一樣也有一個要分析 transient-state 的熱傳題目，但是差別是當時是使用 MATLAB 來完成專題，經過這學期的 ansys 學習之後，我想來討論 ansys 與 MATLAB 再進行熱傳分析時候的差異：

1.MATLAB:

優點：程式碼一目瞭然，在設定參數時可以直接更改，不用依次點選

缺點：全部皆以程式碼去操作模型的分析，最終才會呈現出圖形結果

2.ansys:

優點:可以用程式碼也可以用 GUI 介面，在操作的過程就可以看到模型的狀態、圖形

缺點：如果用 GUI 操作，過程要每個步驟一次點選以及設定

總和以上結構以及熱傳方面的討論，我認為個軟體其實沒有說誰一定好誰一定壞，因為他們都有各自的優缺點和應用層次上的不同便利性，向 MATLAB 在控制分析方面就很厲害、solidworks 則是較常在建立模型時使用，ansys 在分析方面比較強，所以我得到的啟發就是當我們遇到不同的工程問題時，如果不能光用手分析需要借助軟體來幫助時，應該要明確知道問題的屬性以及操作者的習慣性和對軟體的熟悉程度去決定使用的軟體，這樣一來就可以很方便快速有效率地去解決工程問題。

(三)未來期許：

修過這門課之後，對自己有一些希望未來可以精進、學習的方向，首先是我覺得應該要盡可能地去認識、熟悉各種軟體的基礎操作，不論是 code 部分或是 GUI 部分，因為要先大致理解基礎才能夠更進階的應用或是在遇到問題時知道要用哪種軟體去解決問題；再者軟體設計得過程也是一個蠻重要的部分，一來可以了解為什麼設計者要用這樣的函數或參數二來在自己需要打 code 的時候也可以使用更有效率的演算法去加速分析結果。

(四)自我評價：

學期評量標準如下：

作業：20% (2 次)

出席率：20% (出席率未達 70%則 fail)

期中測驗：30% (筆試 15% 上機 15%)

期末報告：30% (書面 15% 口頭報告 15%)

組員一(吳孟倫)：

本學期作業分數為 75, 100 □ 得總分 17.5 分

本學期出席率為預估 70% □ 得總分 14 分

本學期期中測驗預估為筆試 70, 預設上機考為 70 □ 得總分 21 分

本學期期末報告為書面 70 分, 口頭報告 70 分 □ 得總分 21 分

預計本次學期成績為 73.5 分。

組員二(王宇軒)

本學期作業分數為 95, 100 □ 得總分 19.5 分

本學期出席率為 100% □ 得總分 20 分

本學期期中測驗預估為筆試 70, 預設上機考為 60 □ 得總分 19.5 分

本學期期末報告為書面 70 分, 口頭報告 70 分 □ 得總分 21 分

預計本次學期成績為 80 分。