

STEMaker Nurturing Scheme 科藝創建師培育計劃

STEM技術培訓 - 以SolidWorks進行立體打印

東華三院張明添中學

日期: 29-6-2019

時間: 2:00pm - 5:00pm



Chief Executive's Award
For
Teaching Excellence Teachers' Association
行政長官卓越教學獎教師協會



HONG KONG TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION
香港科技教育學會

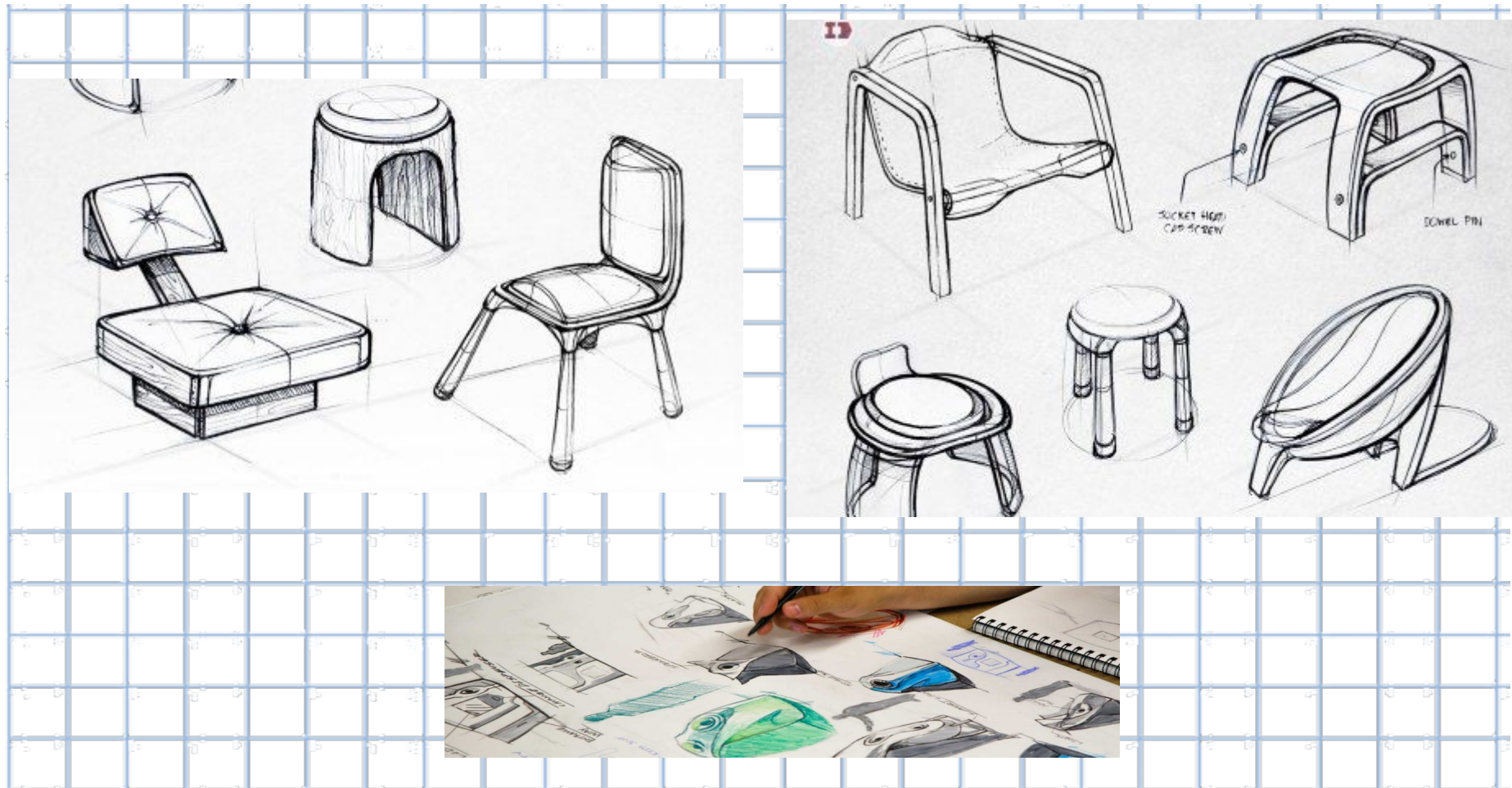
梁偉業老師
東華三院張明添中學設計與科技主任
香港科技教育學會前任會長
2008/2009 及2017/2018 行政長官卓越教學獎(科技教育範疇)獲獎教師
行政長官卓越教學獎教師協會副主席(會員培訓)
科技教育卓越教師工作室組長
世界創客教育聯盟香港區代表
穗港澳STEM教育聯盟副主席
香港教育大學卓越教學發展中心教學顧問
課程發展議會-香港考試及評核局設計與應用科技委員會委員
課程發展議會科技教育委員會委員
香港考試及評核局設計與應用科技科目委員會委員



教師培訓工作坊系列

T01	STEM習作規劃的智慧	6月29日	7月2日	7月12日
T02s	STEM課程規劃 - 與科學科協作	7月20日		
T02m	STEM課程規劃 - 與數學科協作	7月27日		
T03a	STEM能力培訓：設計策略	8月3日		
T03b	STEM能力培訓：難題辨識SOAP	8月10日		
T03c	STEM能力培訓：設計循環	8月17日		
T03d	STEM能力培訓：工程思維	8月24日		
T04a	STEM技術培訓：以SolidWorks進行立體打印	6月29日		

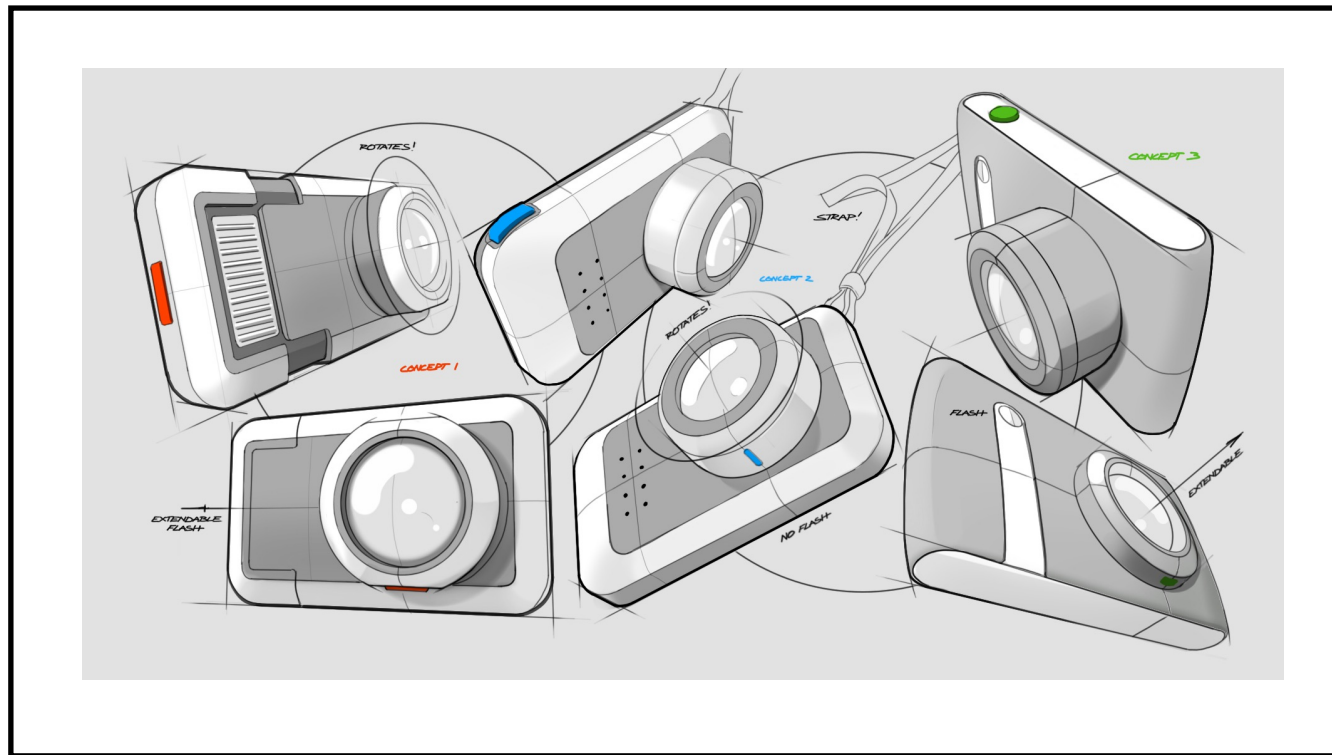
設計草繪



↓
意念
↓

初步設計

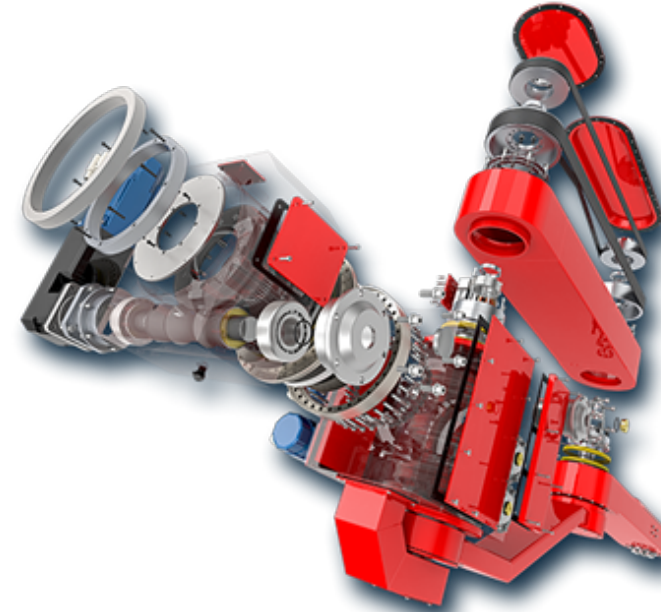
↓
設計





SolidWorks 繪圖入門

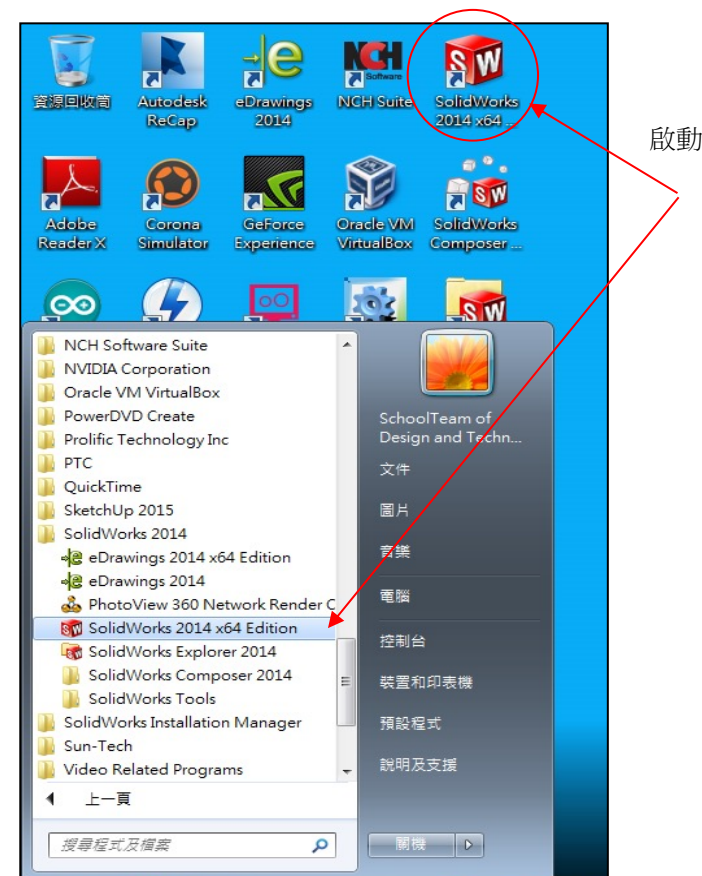
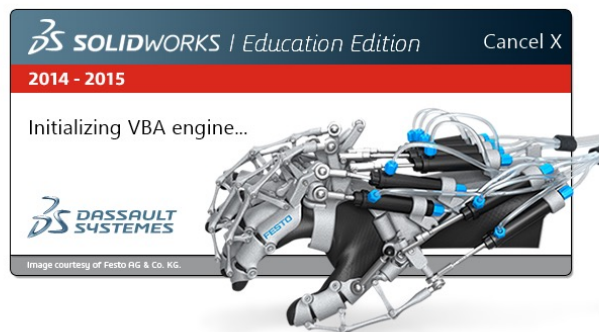
- SolidWorks 為一立體繪圖軟件，它提供強勁而有效率之電腦輔助設計 (CAD) 及製作立體模型 (3D Modelling) 之功能；透過它能進行產品設計及分析。它的功能有：
- 草圖繪製,
- 二維 (2D) 到 三維 (3D) 轉換,
- 零件立體 (3D) 製作,
- 特徵定義,
- 工程圖製作及輸出,
- 組合件製作 (3D),
- 動態碰撞測試 (3D),
- 具體動態模擬 (3D),
- 曲面設計,
- 鉸金處理,
- 工程分析 (3D).



SOLIDWORKS 2014

啟動 SolidWorks

- 1 按一下視窗左下角的開始按鈕。開始功能表出現。順序按下程式 SolidWorks、SolidWorks。此時將立即執行SolidWorks 應用程式。你亦可選擇桌面捷徑，連按兩下來直接進入SolidWorks。
- 2 此時你會看見SolidWorks的歡迎版面。



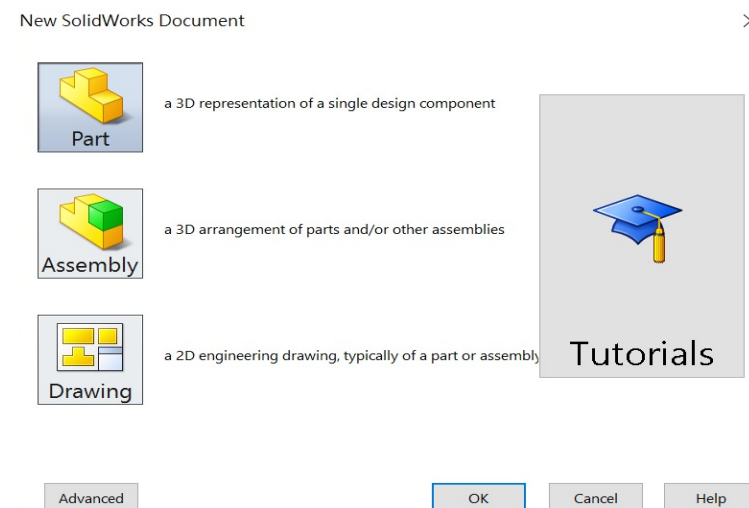
SolidWorks 新工作範本

- 每次開啟SolidWorks時，程式會假定你想執行新工作。SolidWorks提供了三個標準新工作範本供我們使用：（1）零件；（2）組合件；和（3）工程圖。

1. 零件 ➡ 用來繪製和設計單一零件之用。以一枝原子筆為例，筆芯、筆桿、筆頭套筒、筆尾蓋等，皆視為不同零件而須要獨立繪畫。

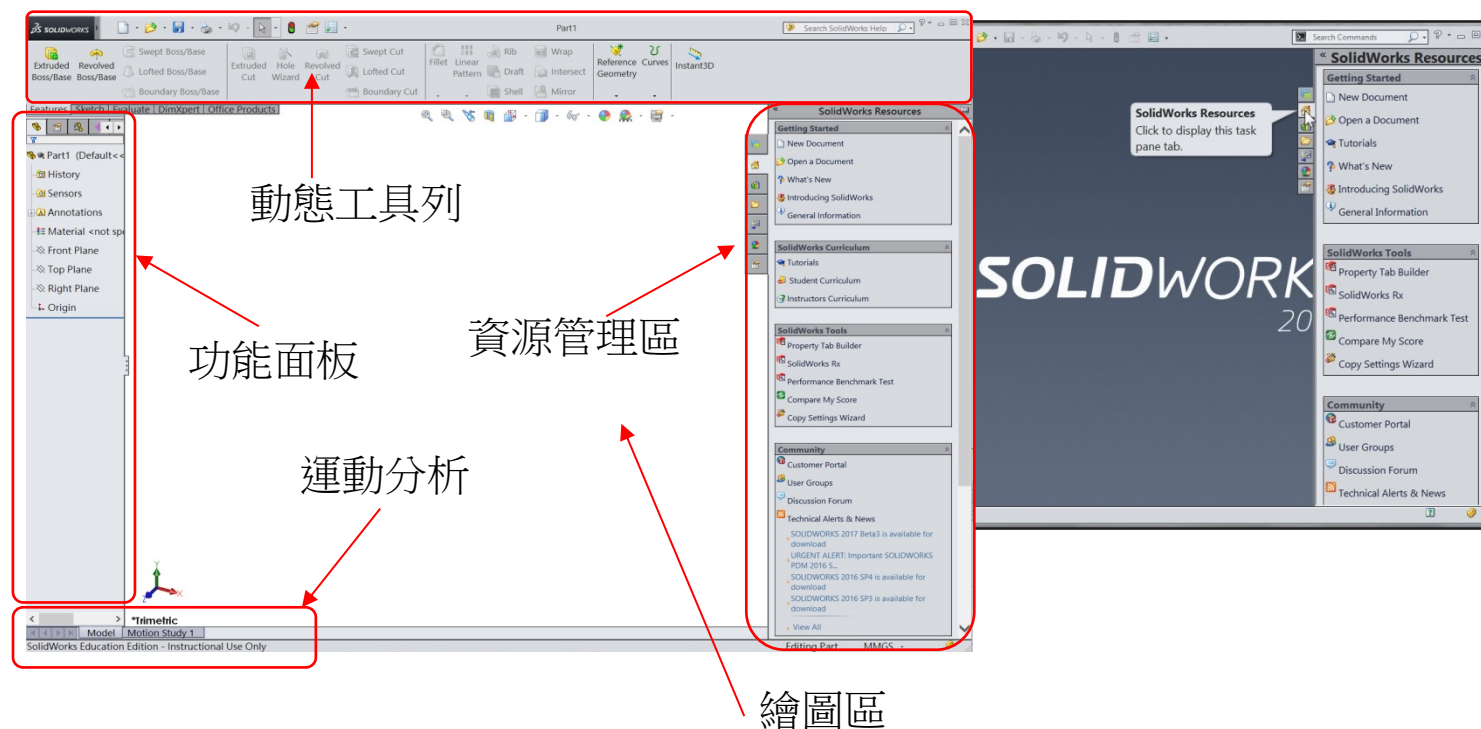
2. 組合件 ➡ 用來將不同零件組合起來，以展示產品的完整性。

3. 工程圖 ➡ 正式製作時的施工藍圖。圖中詳列各零件每部份之尺寸。



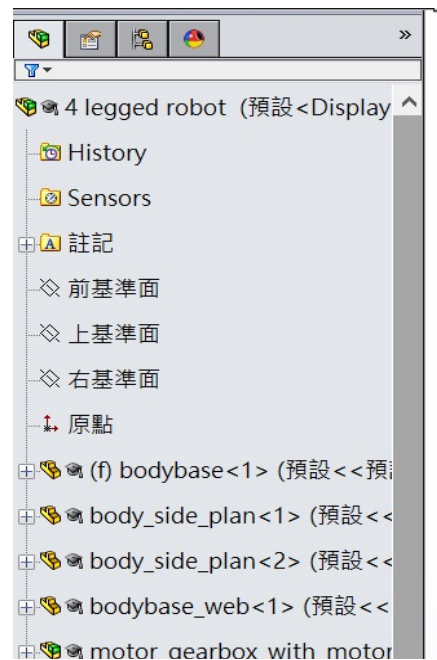
SolidWorks 視窗

- SolidWorks 視窗左邊是一系列互相重疊的功能面板，右邊隱藏著的是資源管理區，上面是動態工具列, 下方為運動分析，正中央為繪圖區。



功能面板

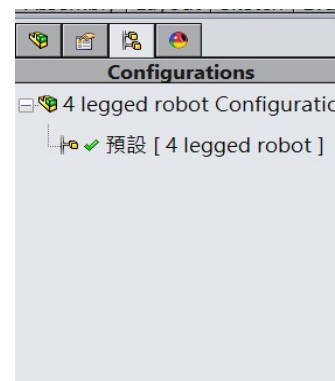
- 功能面板分為五頁：



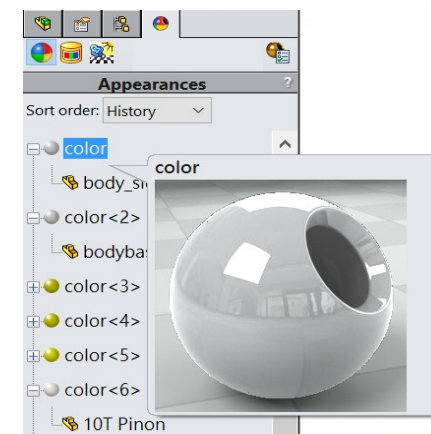
樹狀設計特徵管理員



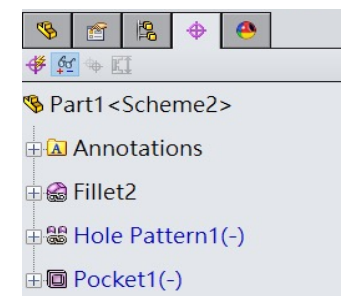
屬性管理員



設定管理員



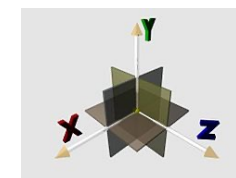
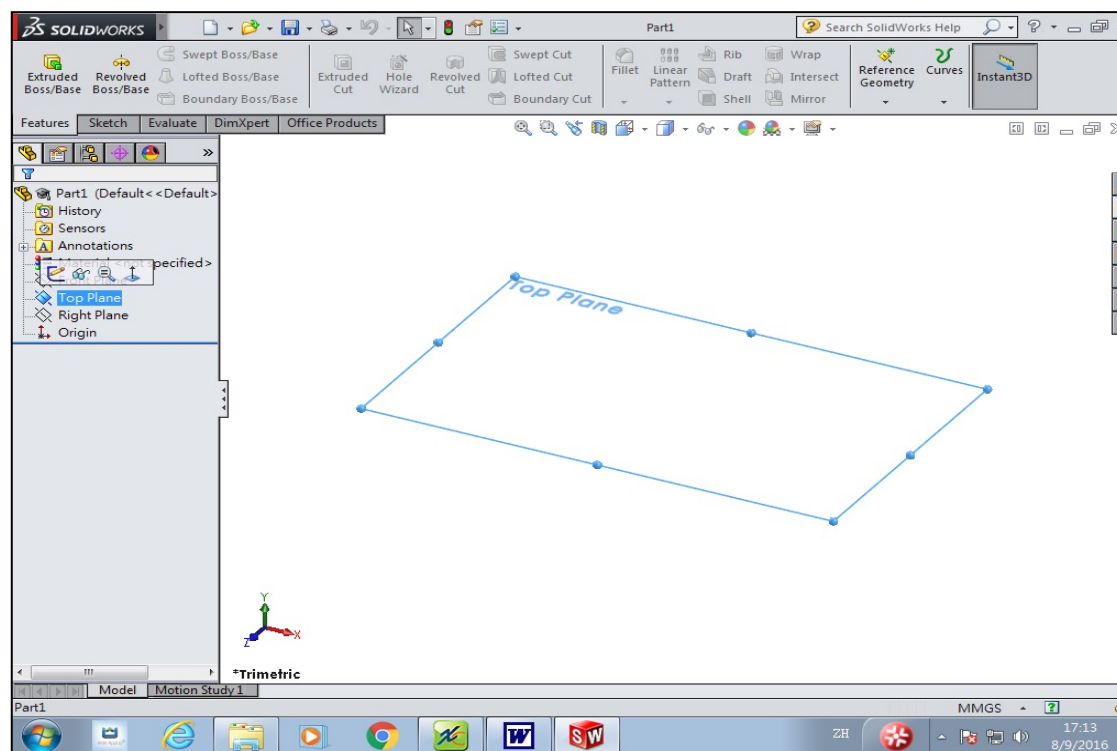
外貌管理員



尺寸管理員

電腦輔助設計實習一

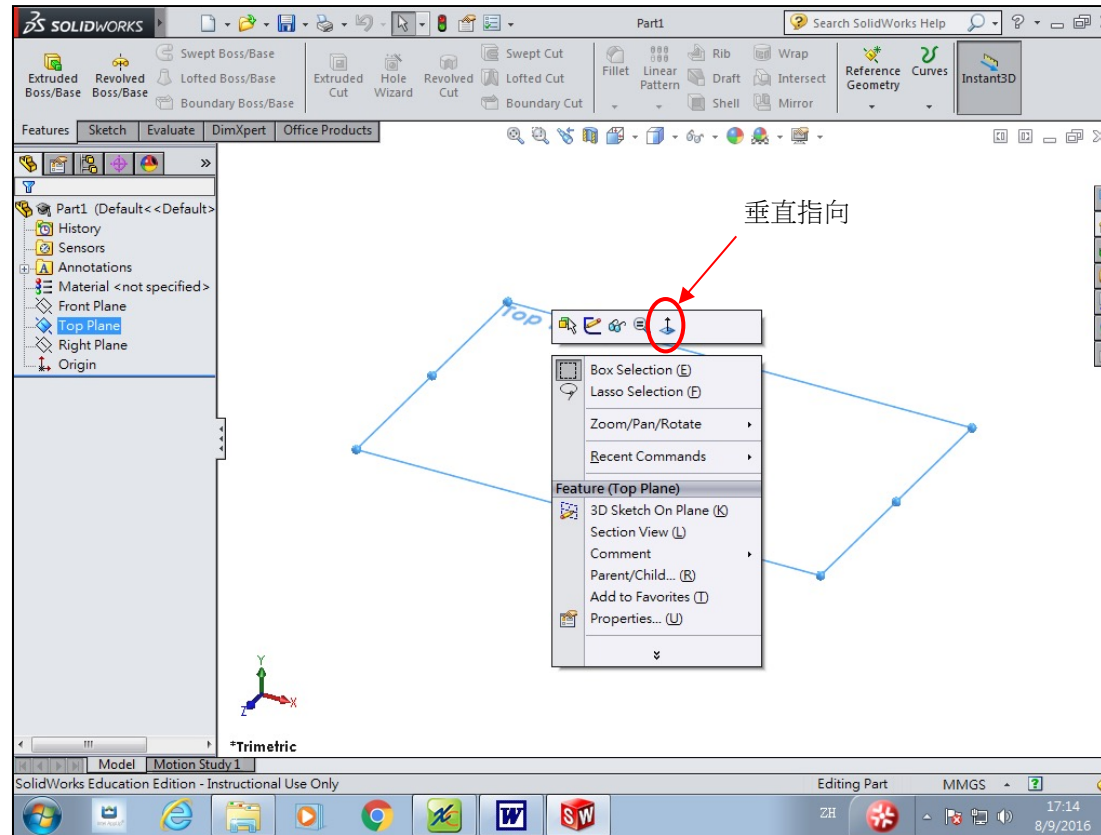
- 啟動SolidWorks後選取零件，再於左邊用鼠標指向 Top Plane (頂面)。此時繪圖區中央會出現一個放斜了的平面。



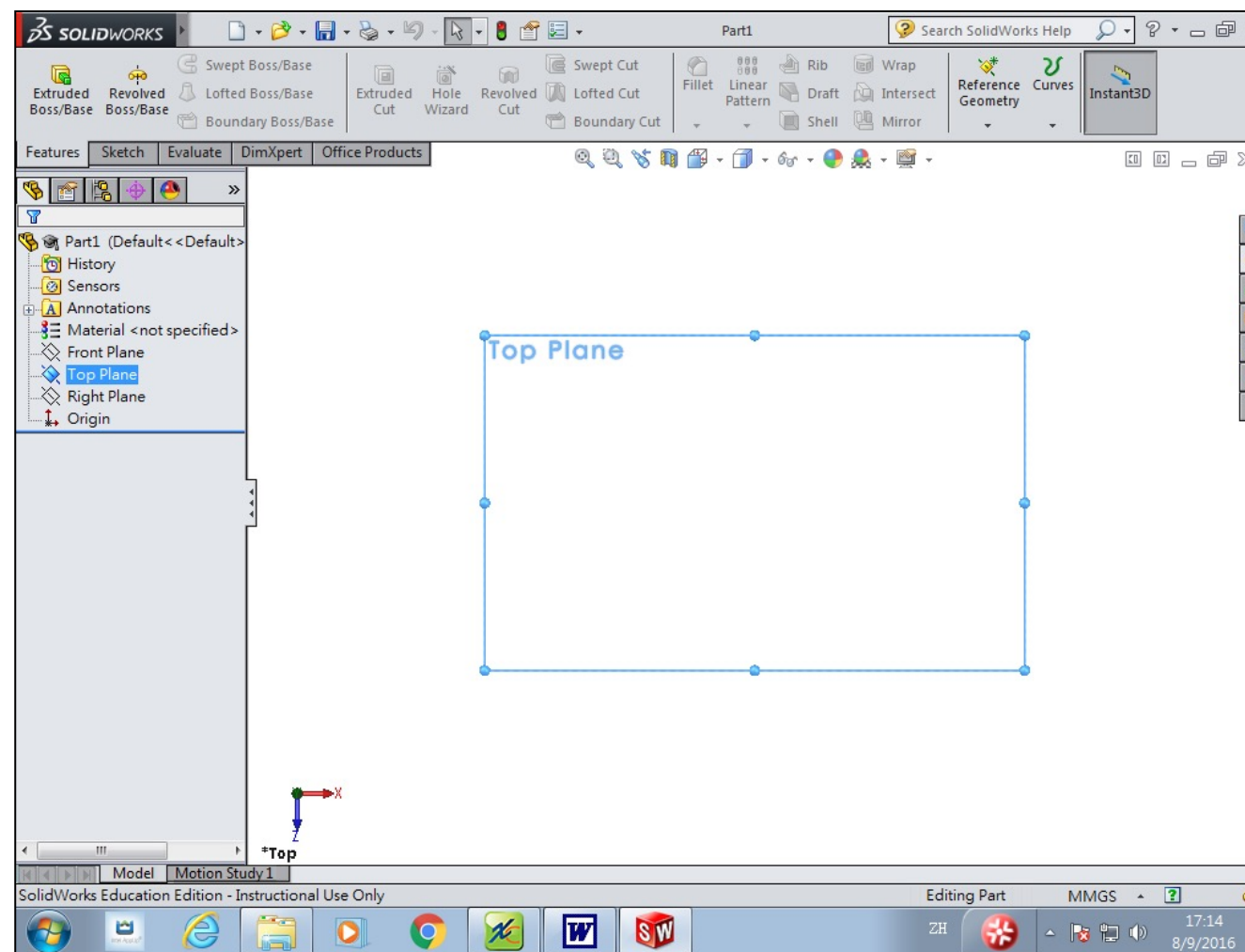
三維空間是指我們所處的空間，可以理解為有前後--上下--左右。於繪圖上，Top Plane 為上下的頂面，Front Plane為前後的正面，Right Plane則是右面。

設定草圖繪製面

- 用鼠標指向作用中的頂面，按右掣叫出輔助功能表。再選取《垂直指向》。

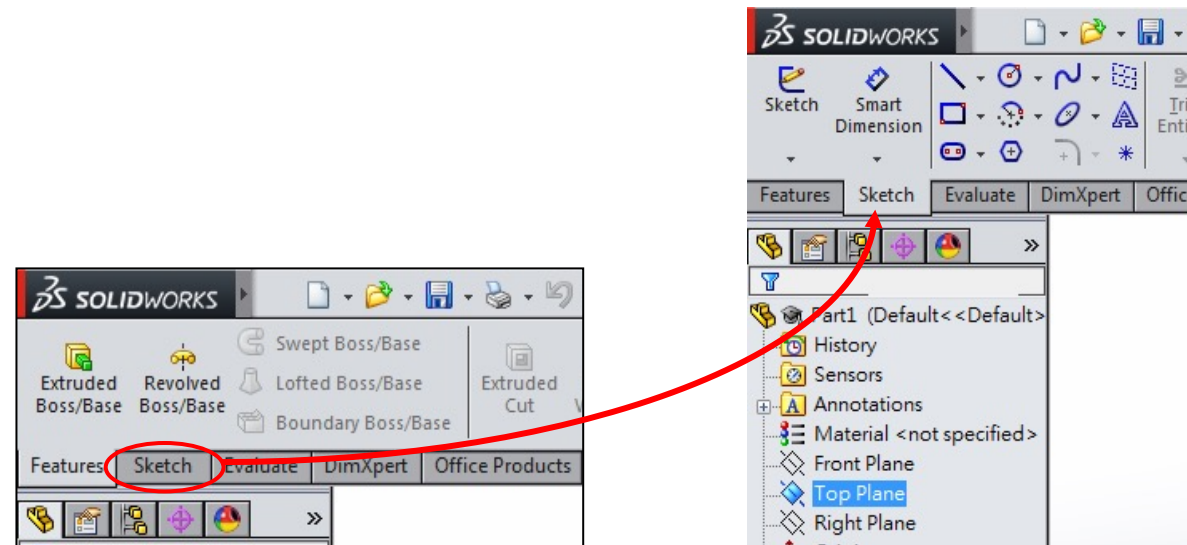


- 此時繪圖區的項視平面會轉動，情況就像我們飛上天空由頂向下望一樣。



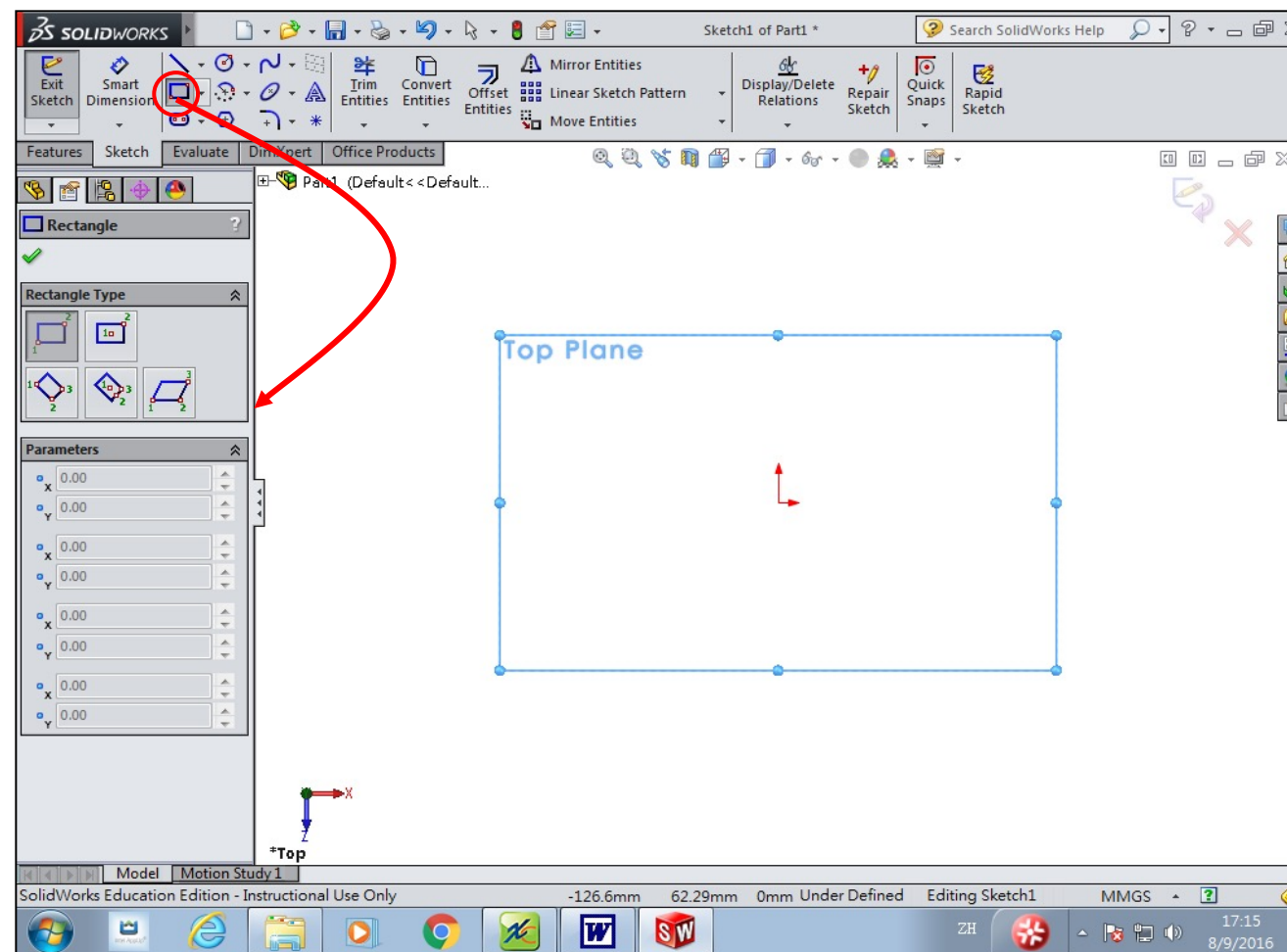
開啟草圖繪製工具

- 預設動態工具列是顯示特徵Features工具的。用鼠標選取草圖(Sketch)工具頁，此時動態工具列上所有工具會隨之改變。



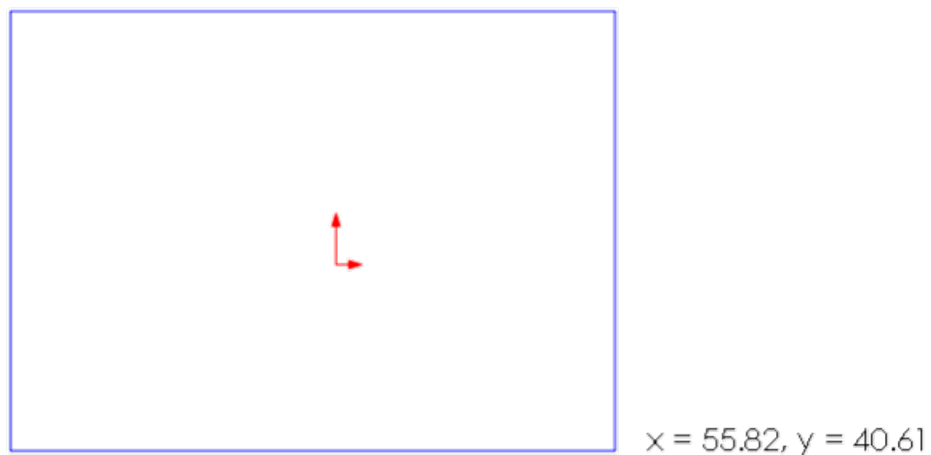
開啟草圖繪製工具

- 選取矩形工具，特徵管理員隨之顯示矩形的相關特徵。

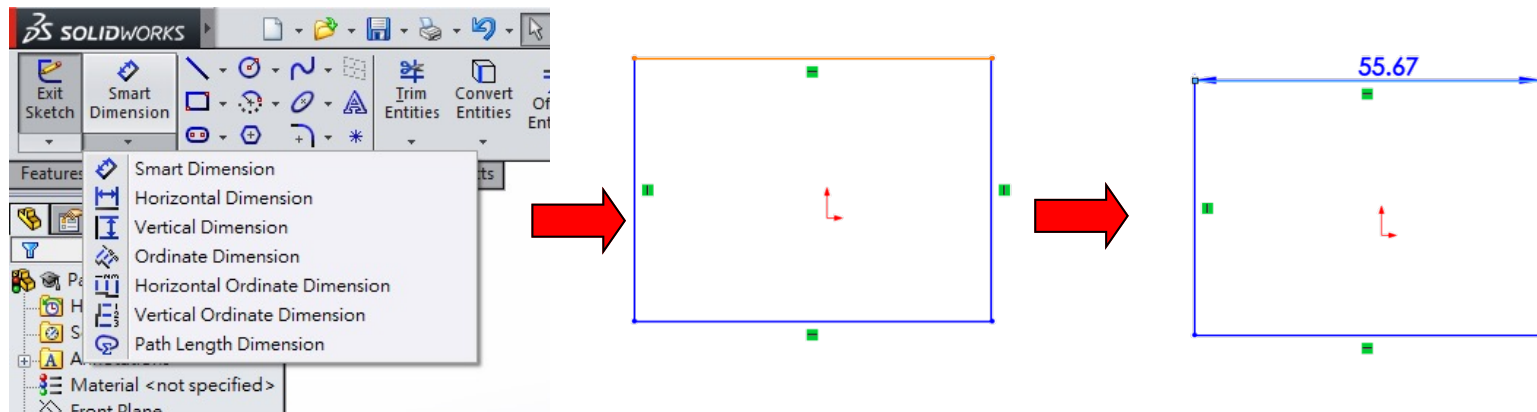


開啟草圖繪製工具

- 按下草圖任何一點以開始繪製矩形。將鼠標移動，以產生矩形。再按一下鼠標左掣以完成矩形的繪製。繪製時，鼠標箭咀尾會有數字提示你繪製中物件尺寸的。

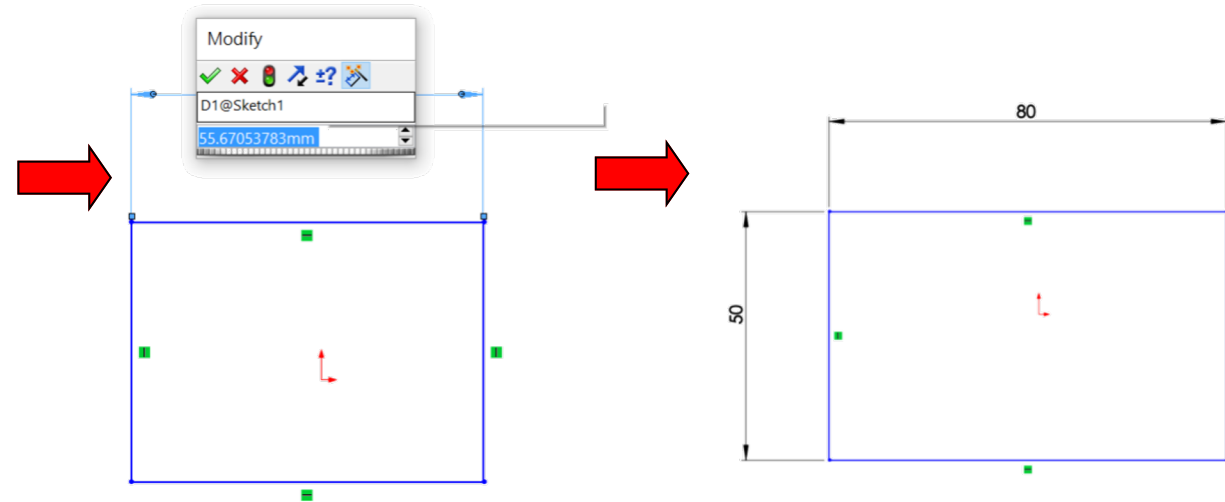


使用智慧尺寸標示(Smart Dimensions)工具



- 如你確定要標示的尺寸是何種類，你可按智慧尺寸標示工具下方的下拉箭咀來直接選取相關工具。
- 移動鼠標至你要標示尺寸的線段上。所有可標示尺寸的物件/線段會自動變成紅色。
- 用鼠標左掣按一下你要標示尺寸的線段，此時相關尺寸會立即顯示在其上。

使用智慧尺寸標示(Smart Dimensions)工具

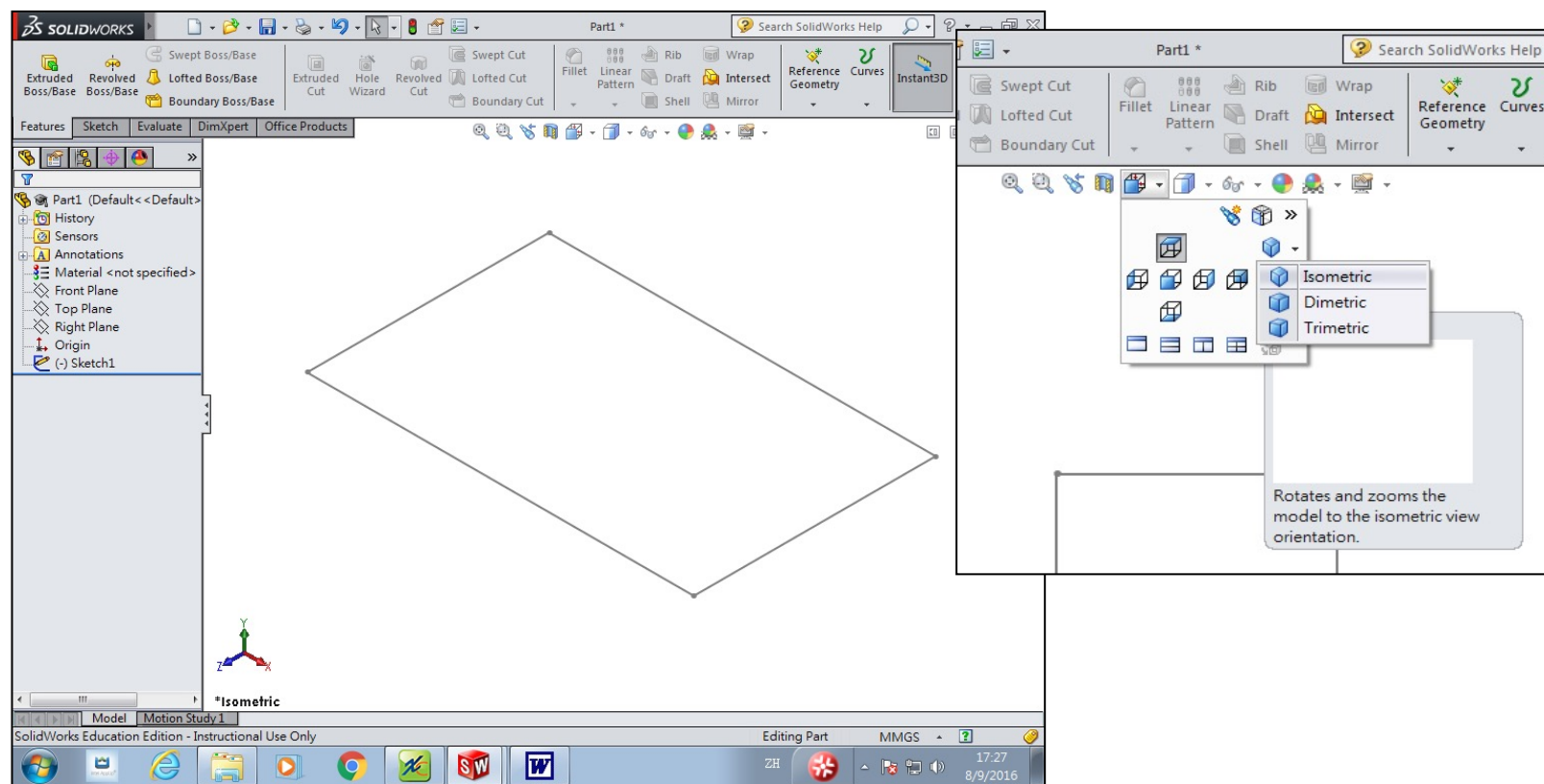


- 移動鼠標至你想擺放尺寸的位置，再按左掣一下。

- 如圖左，嘗試繪畫一個80 X 50 的立方體。

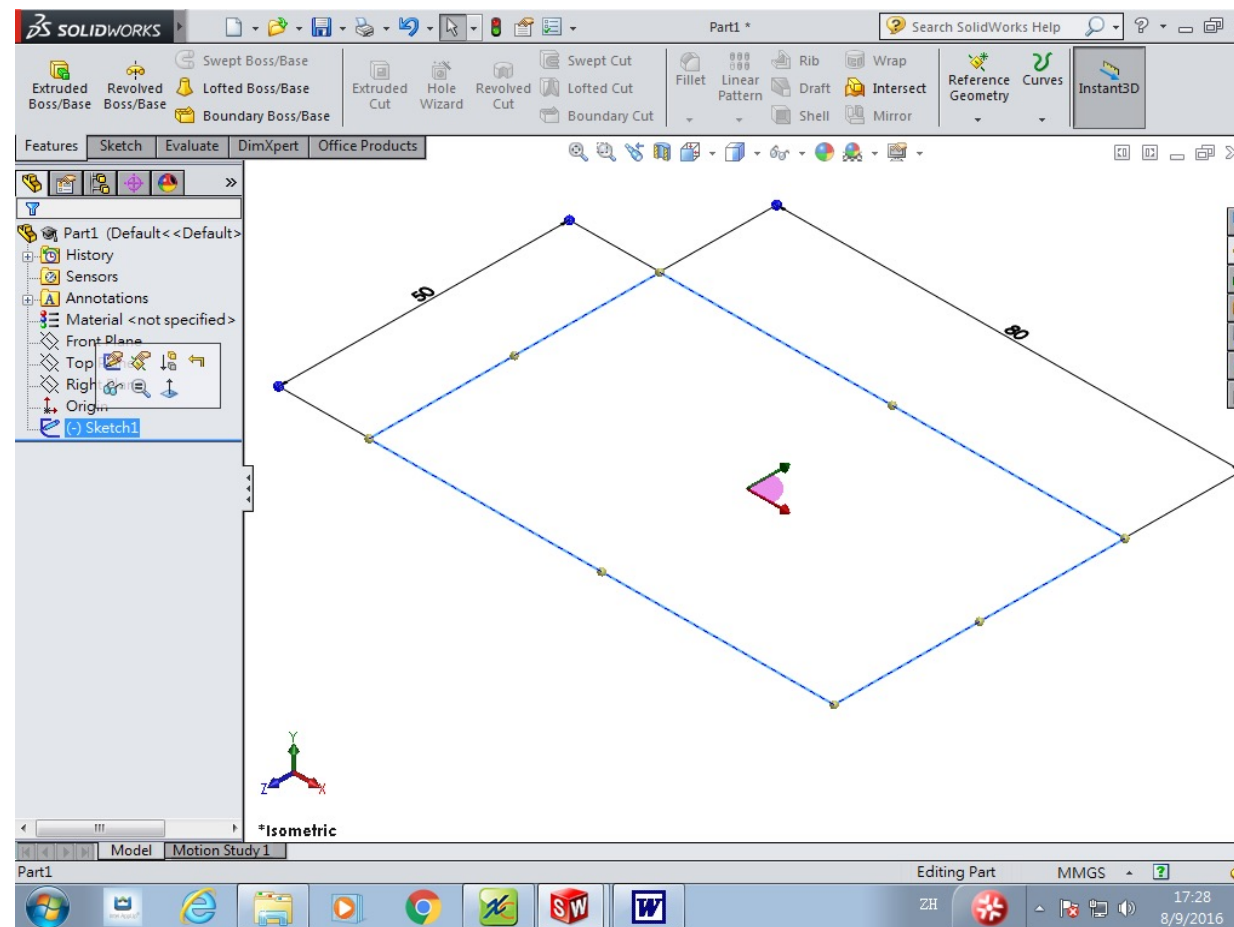
拉伸工具

- 先在繪圖區上方按《選取視角方向》(View Orientation)，再選《均角投影》(Isometric)，將視圖回復均角投影(Isometric)視角。



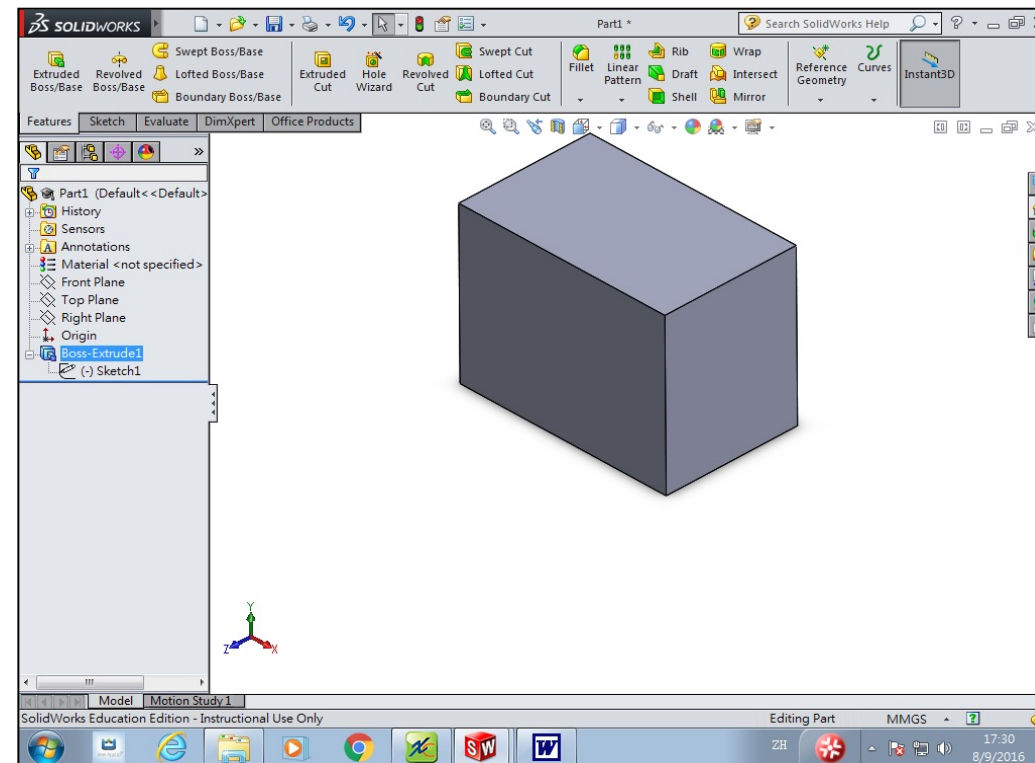
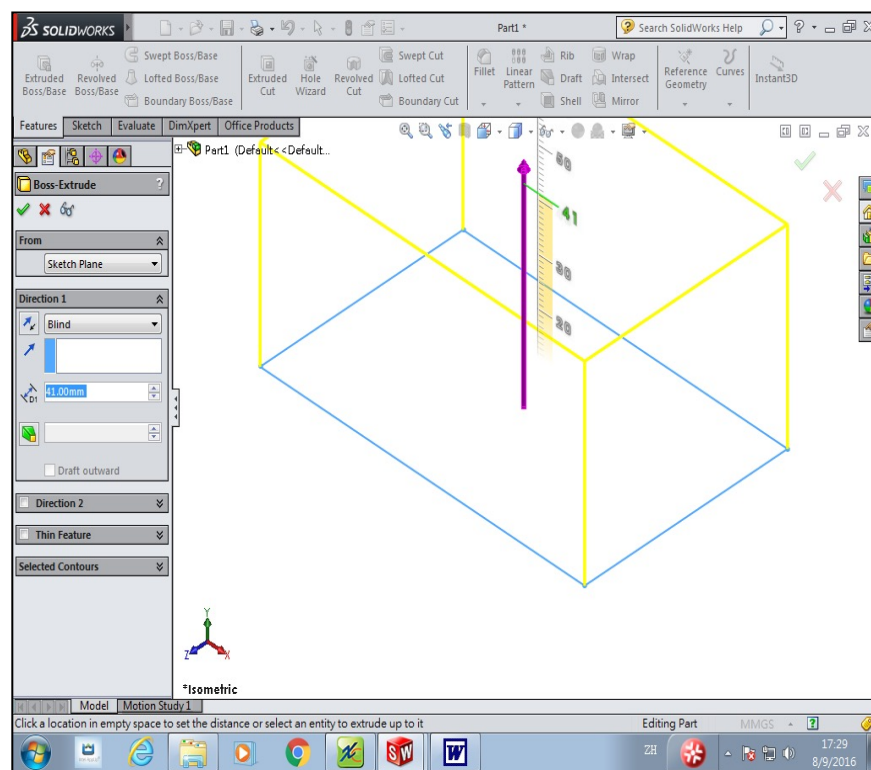
拉伸工具

- 於左邊樹狀設計特徵管理員中選取剛繪製的草圖，再於上面動態工具列中選取特徵功能中的拉伸(Extruded Boss/Base)工具。



拉伸工具

- 此時草圖會自動升起成立體形狀，中間亦會有一向上箭號表示高度。用鼠標按住箭號並拖拉，可改變拉伸之高度。你亦可於左邊數字輸入框直接填上所需高度60。

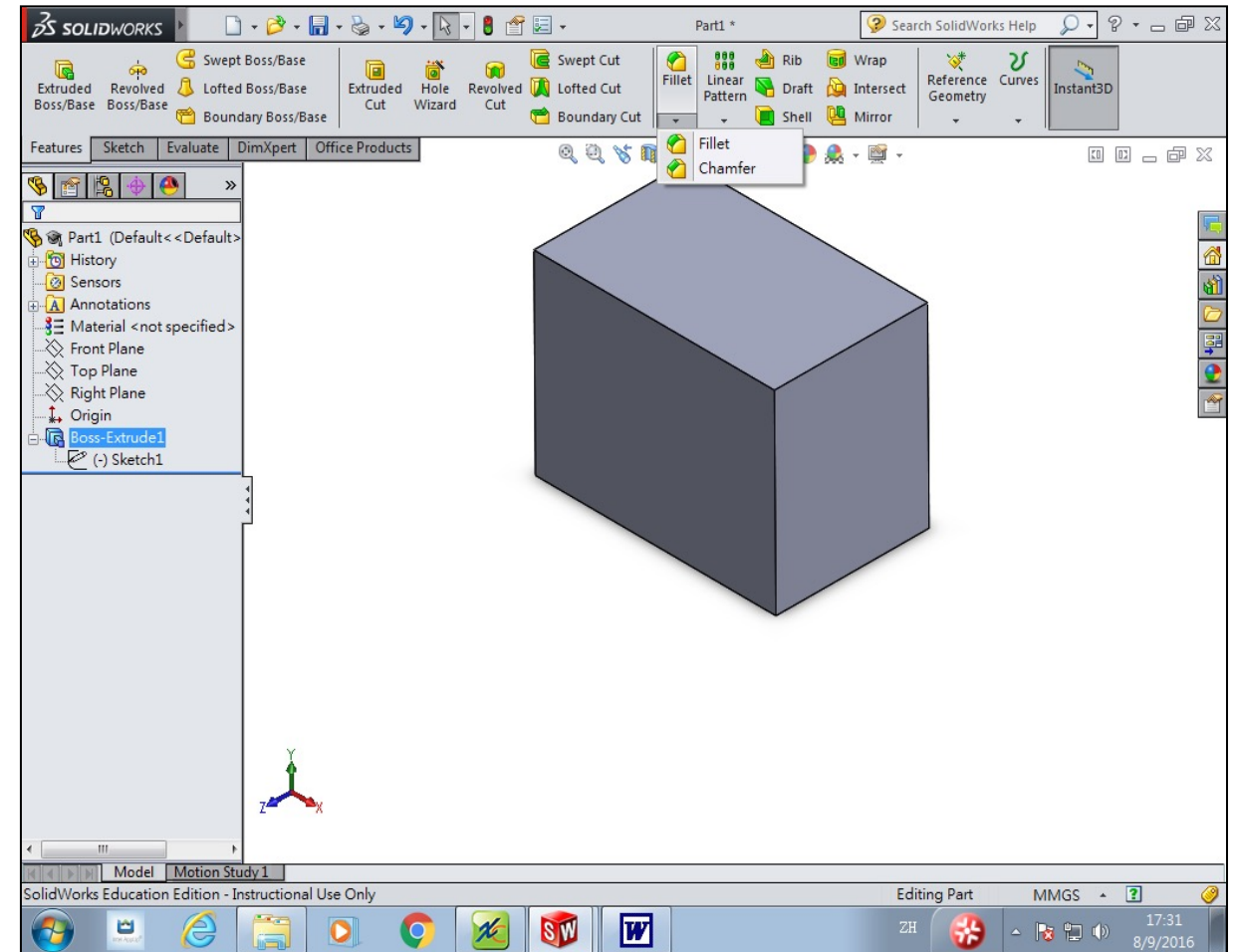


拉伸完成後的圖。

圓角工具

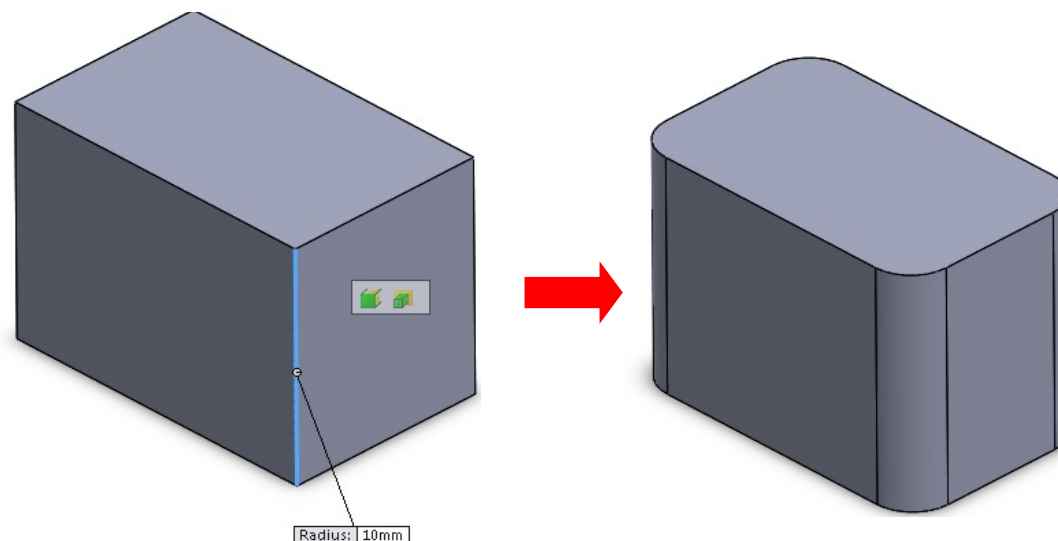
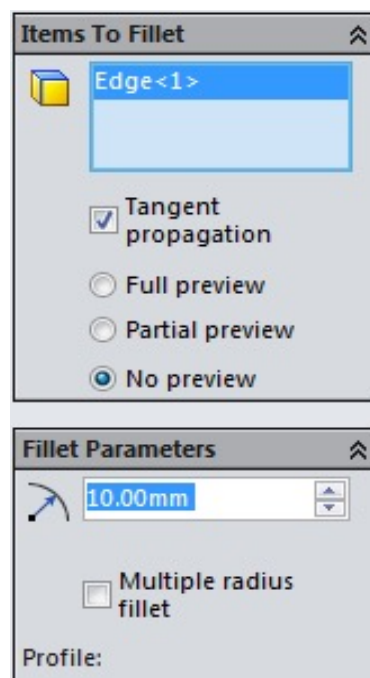


- 於左邊樹狀設計特徵管理員中選取剛拉申的物件，再於上面動態工具列中選取特徵功能中的圓角(Fillet)工具。



圓角工具

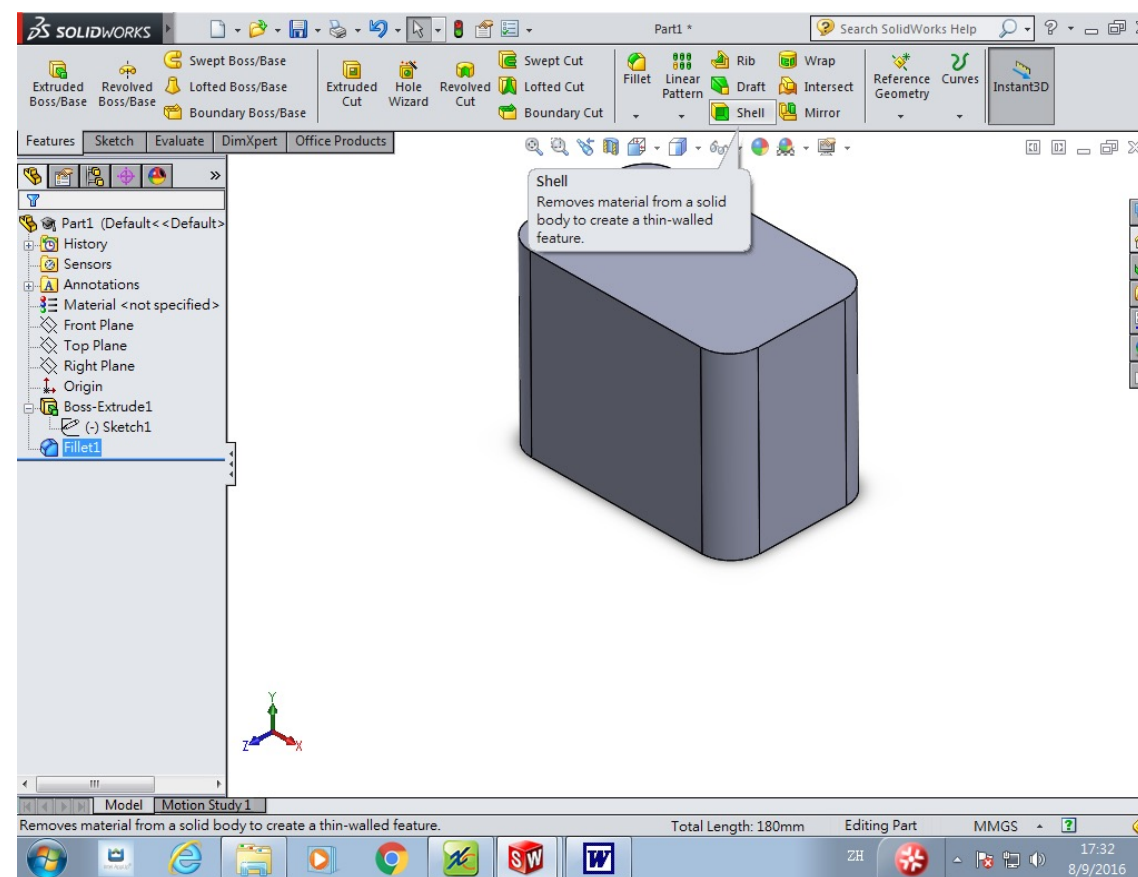
- 以鼠標選取長立方體四條垂直角邊，系統會將已選取的以不同顏色顯示。同時亦會將作用中圓角半徑顯示出來。你亦可於左邊數字輸入框直接填上所需高度10。



薄殼工具

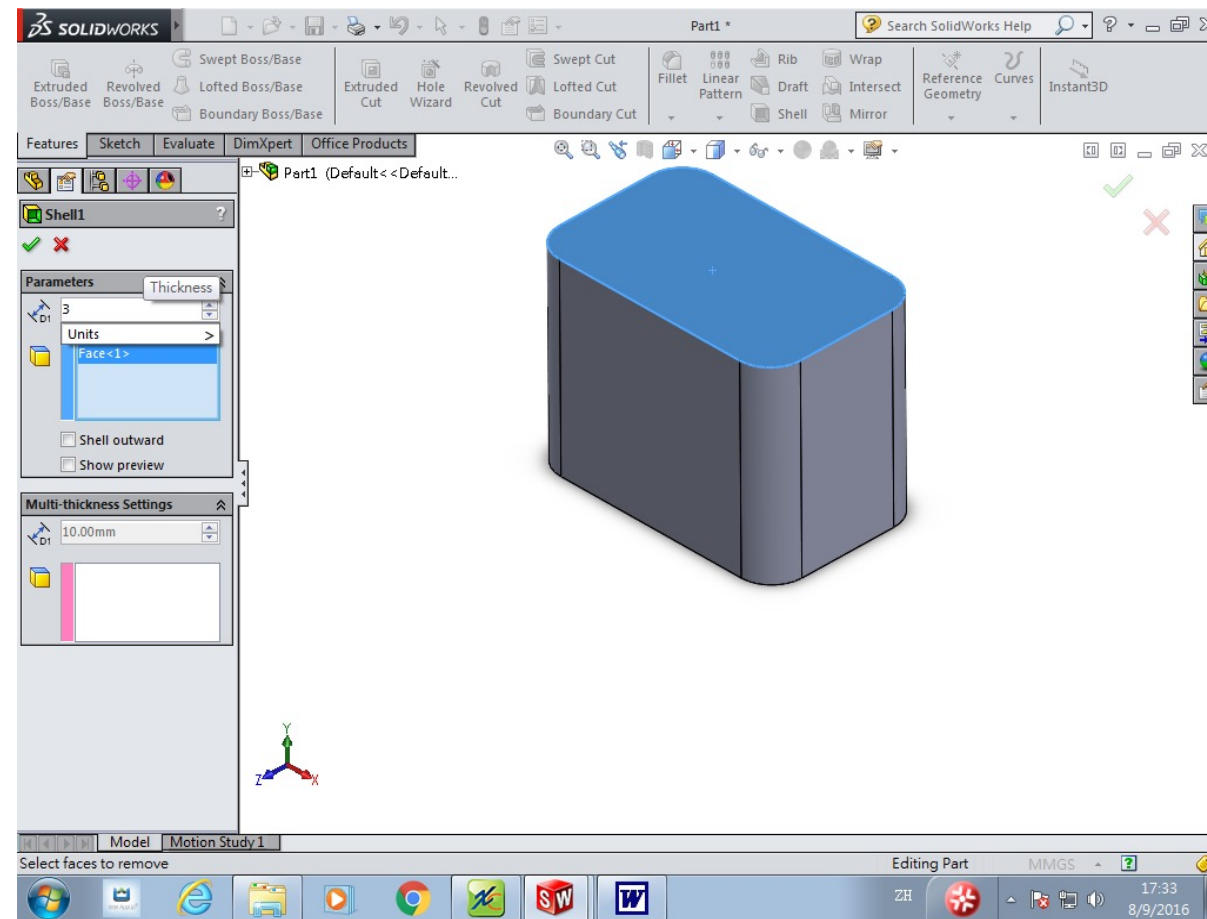


- 於左邊樹狀設計特徵管理員中選取剛拉申的物件，再於上面動態工具列中選取特徵功能中的薄殼(Shell)工具。



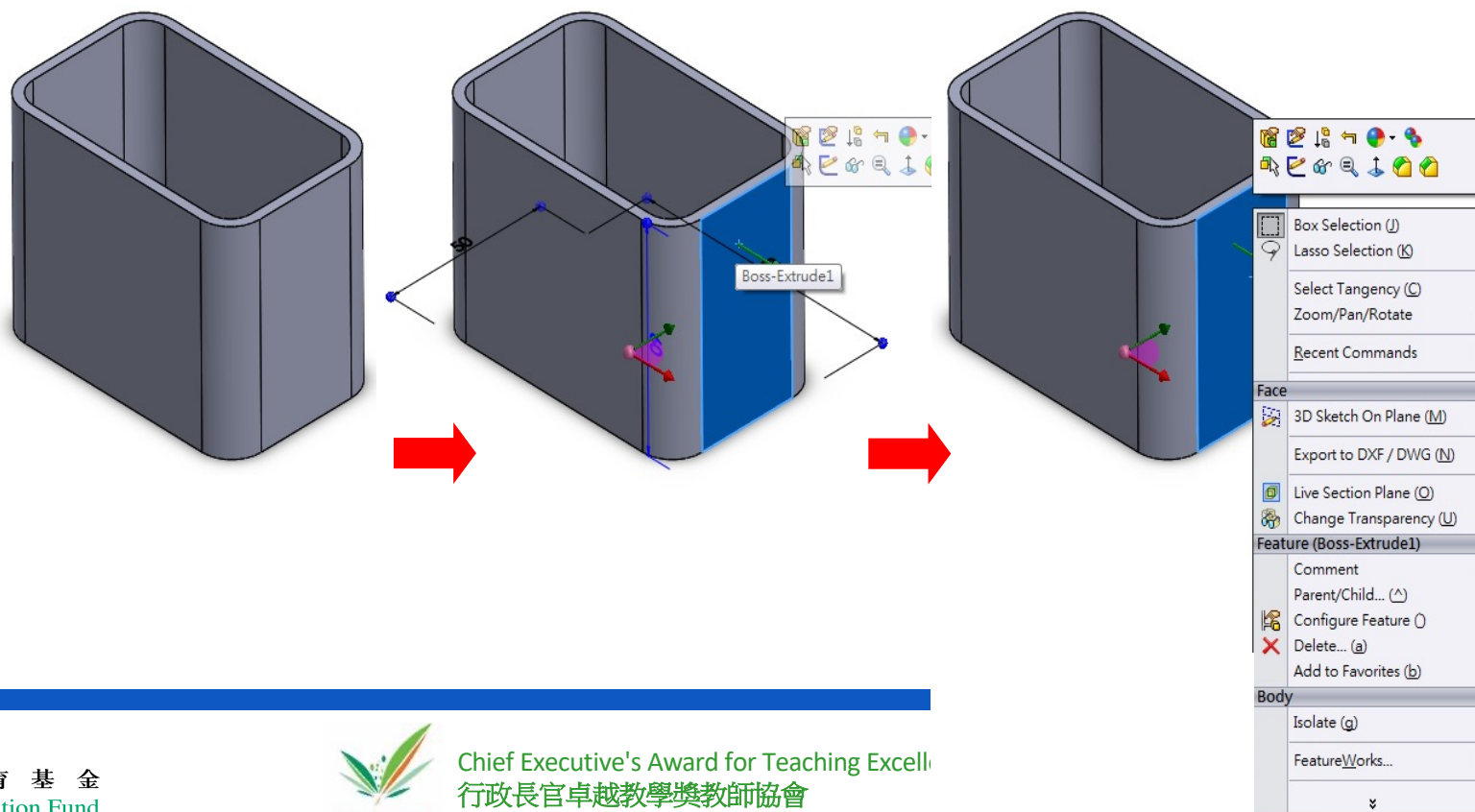
薄殼工具

- 以鼠標選取長立方體的頂面，系統會將已選取的面以不同顏色顯示。同時亦會將薄殼厚度顯示出來。你亦可於左邊數字輸入框直接填上所需厚度3。



於物件表面作圖

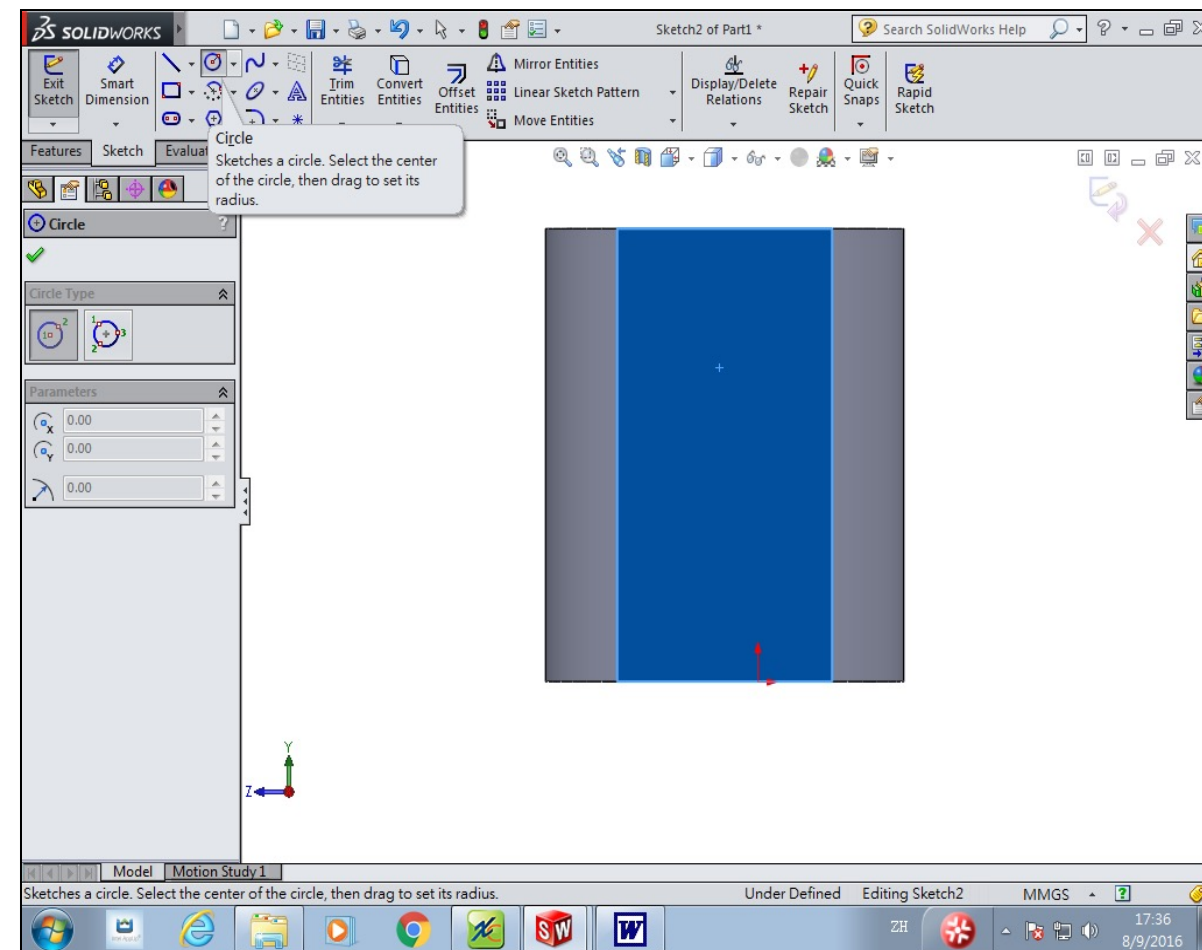
- 現在需要在此物件兩旁開孔。以鼠標於左邊樹狀設計特徵管理員中選取要開孔的面。系統會將此物件的相關資訊顯示出來。於已選定的面按鼠標右掣，一系列輔助工具會隨之顯示出來。



於物件表面作圖

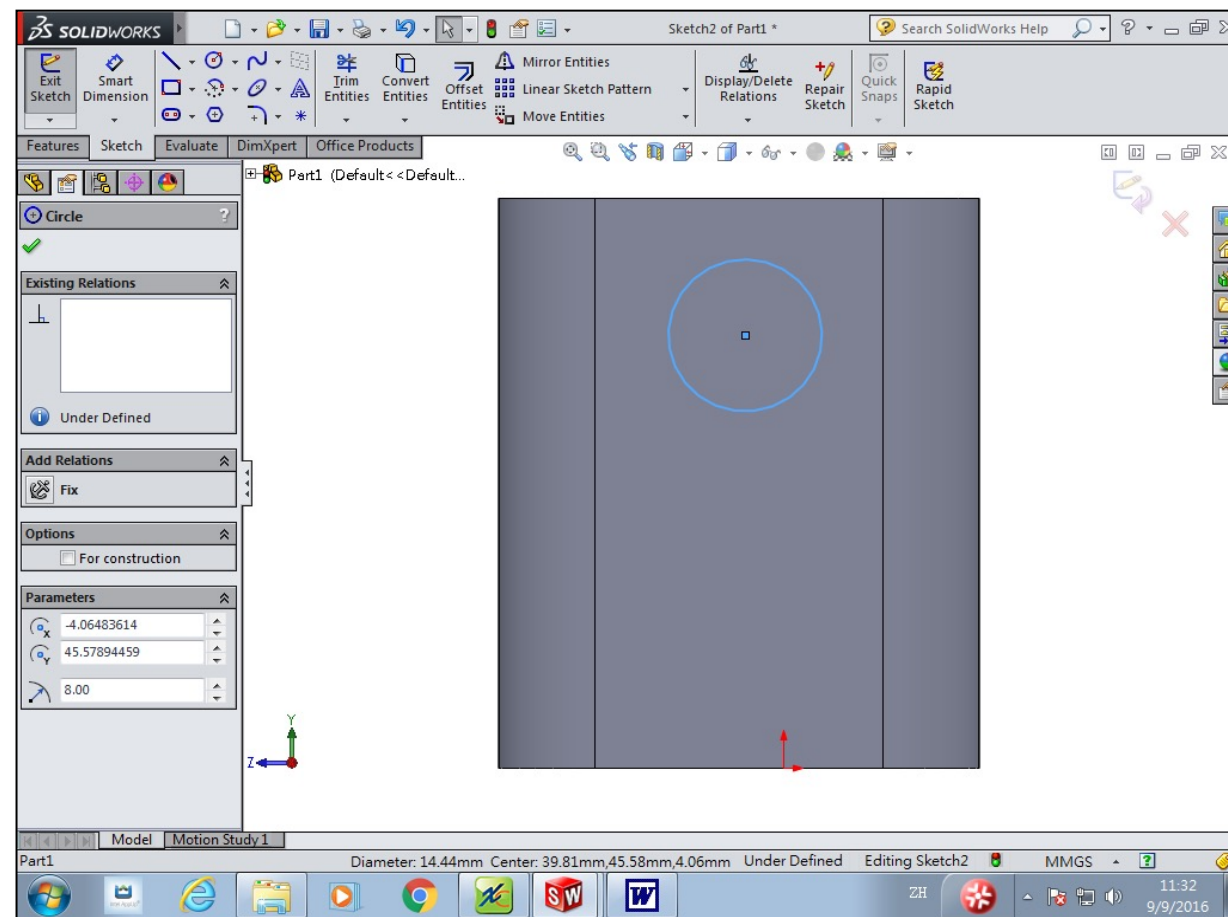


- 用鼠標指向作用中的頂面，按右掣叫出輔助功能表。再選取《垂直指向》。



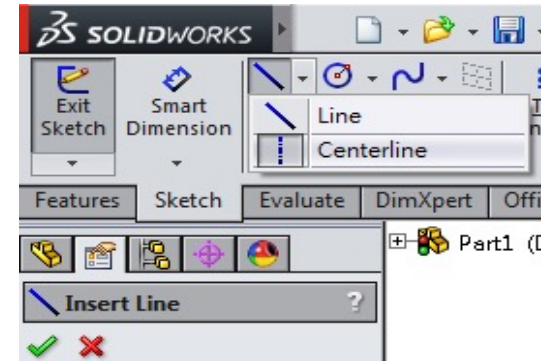
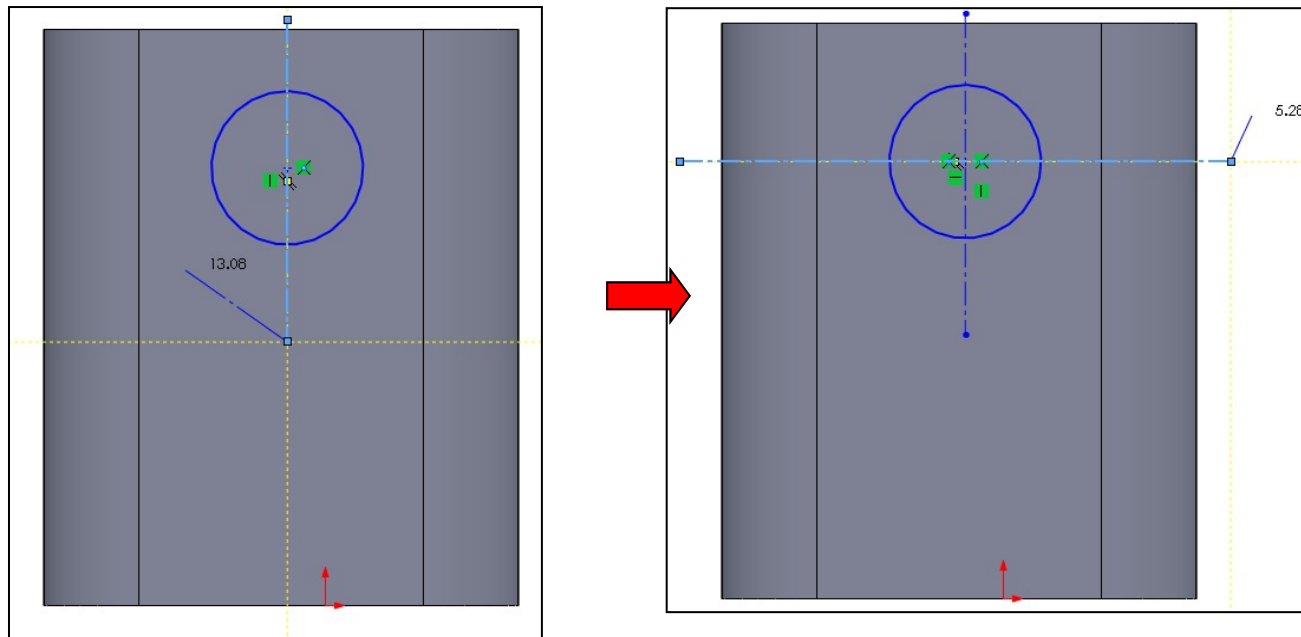
圓形工具

- 用鼠標選取動態工具列草圖(Sketch)工具頁，再選取圓形工具。
- 按下所選圖面任何一點以開始繪製圓形。將鼠標移動，以產生圓形。再按一下鼠標左擊以完成圓形的繪製。繪製時，鼠標箭咀尾會有數字提示你繪製中圓形的半徑 (radius)。完成後可直接於左邊半徑數字輸入框直接填上所需半徑8。



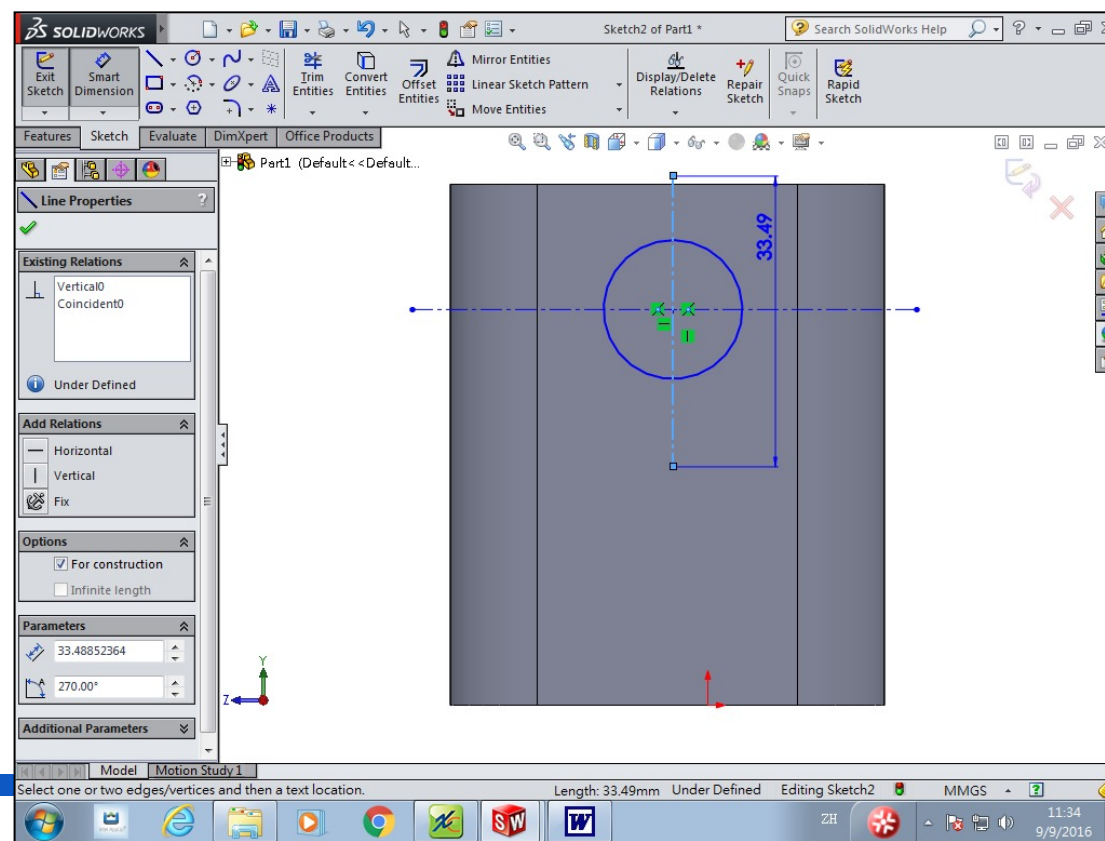
設定中心

- 拉下動態工具列線條工具旁的向下箭咀，選取中心線 (Centerline)。於剛畫的圓形上方按鼠標左掣再向下拖拉，一條以長、短線段組合的中心線會隨之出現。於圓形下方再按左掣終止線段繪製。系統會自動產生提示標注。以同樣方式繪畫一條通過圓心的水平線。

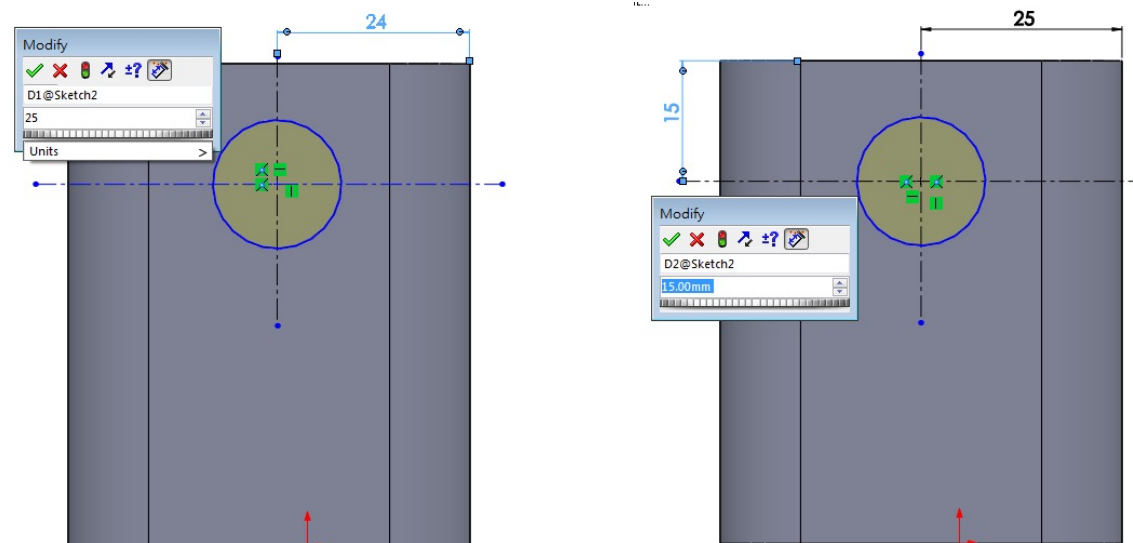


設定中心位置

- 按下動態工具列智慧尺寸(Smart Dimension) 工具，用左掣選取中心線，按著不放，向右拖拉。系統會即時顯示所選取中心線的長度。



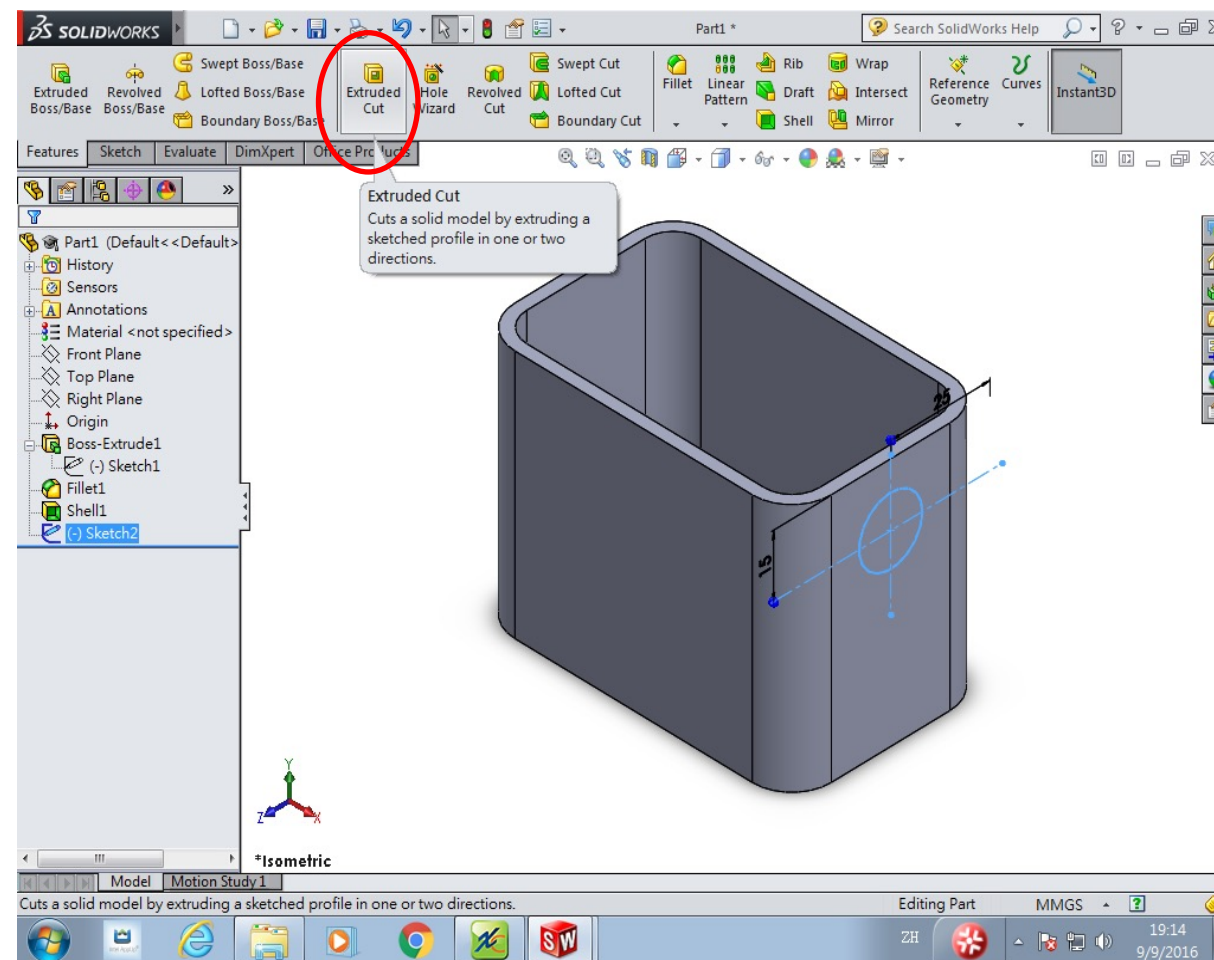
- 到物件盡右邊界線放手，此時會彈出修正(Modify)輸入視窗，可直接填入數值25。
- 以同樣方式輸入中心線與物件頂邊界線距離15。



完成後選右上角確定按鈕。

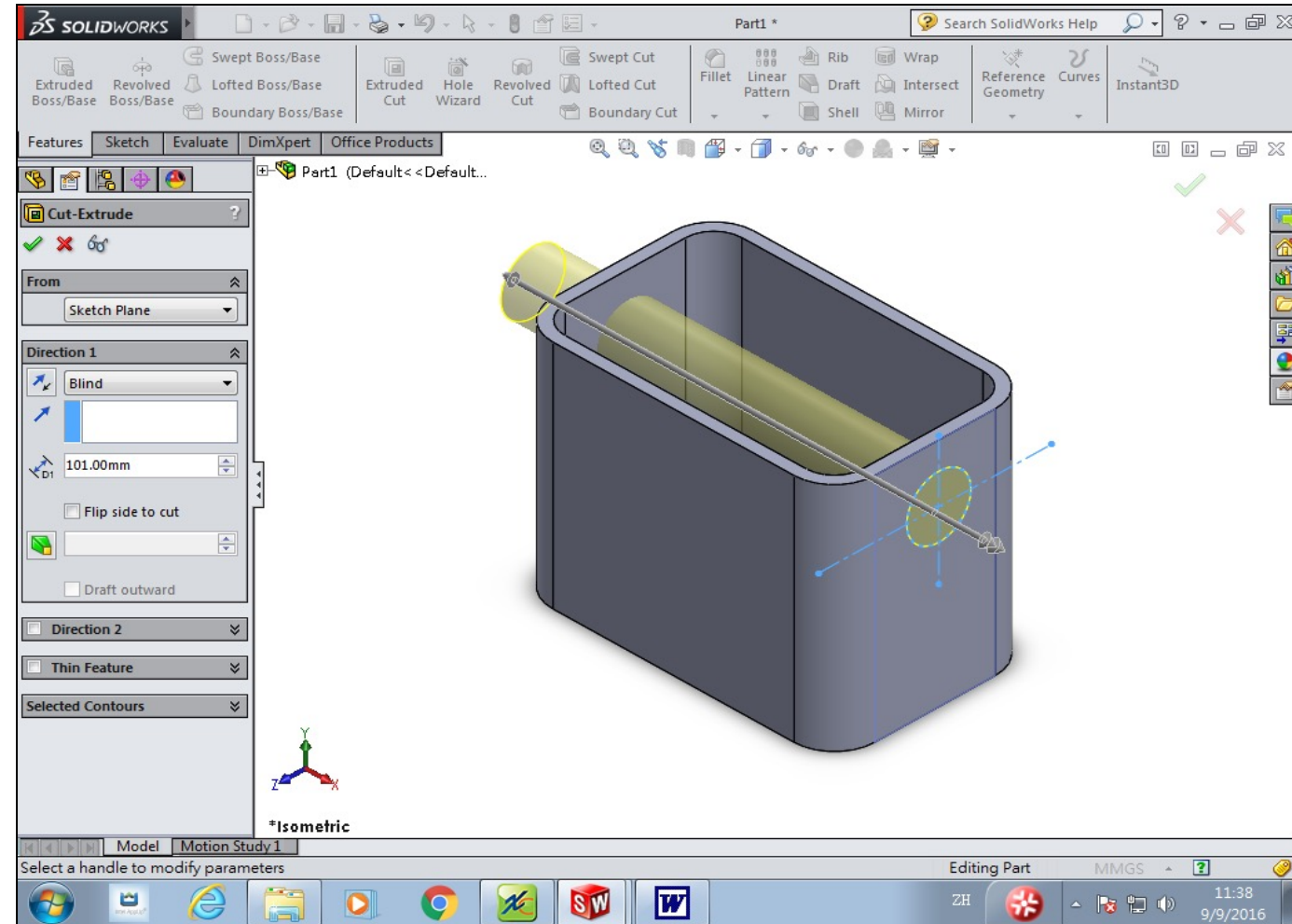
伸長除料工具

- 在繪圖區上方按《選取視角方向》(View Orientation)，再選《均角投影》(Isometric)，將視圖回復均角投影 (Isometric) 視角。再於左邊樹狀設計特徵管理員中選取剛繪製的草圖，再於上面動態工具列中選取伸長除料 (Extruded Cut) 特徵。



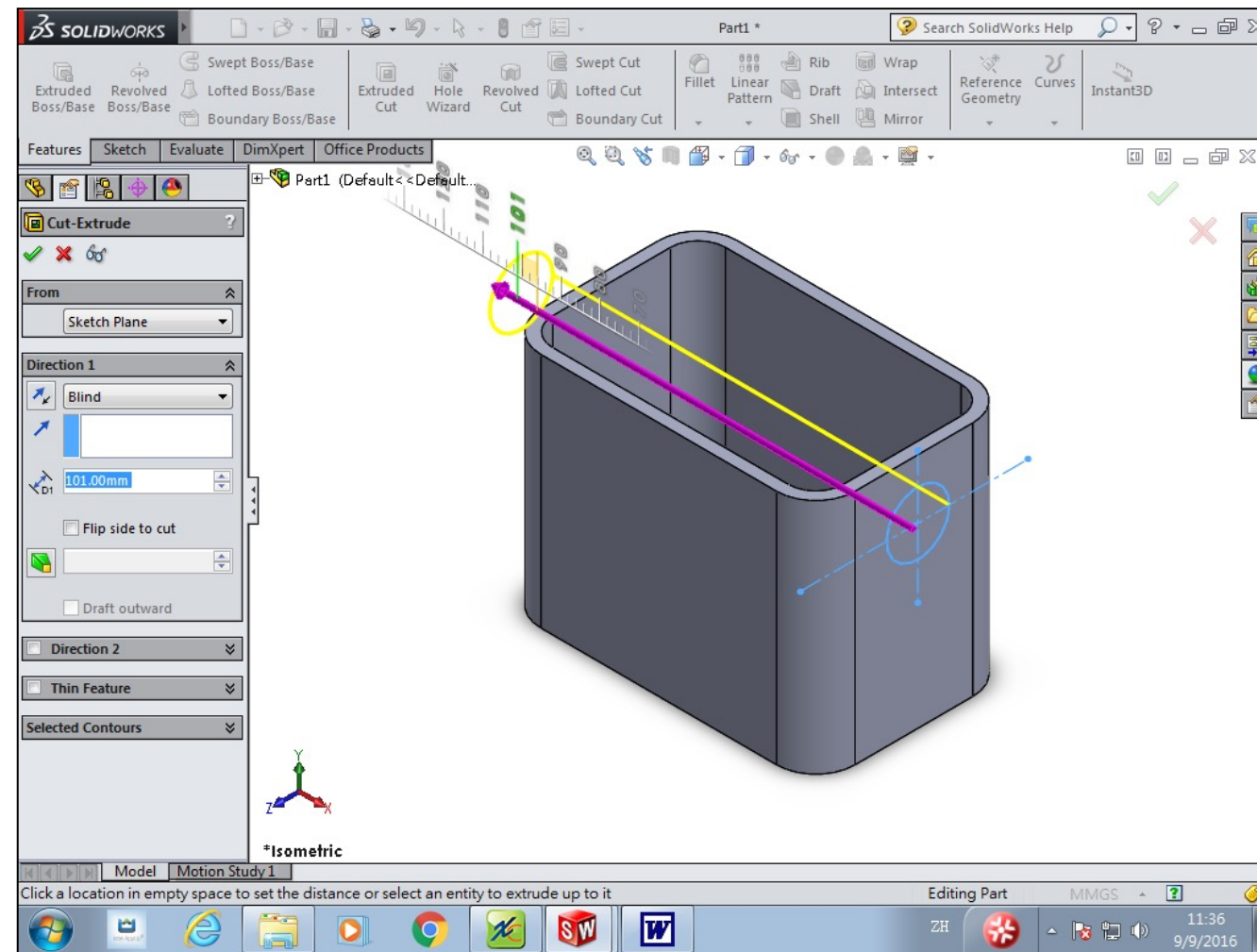
伸長除料工具

- 系統會自動描繪除料效果。



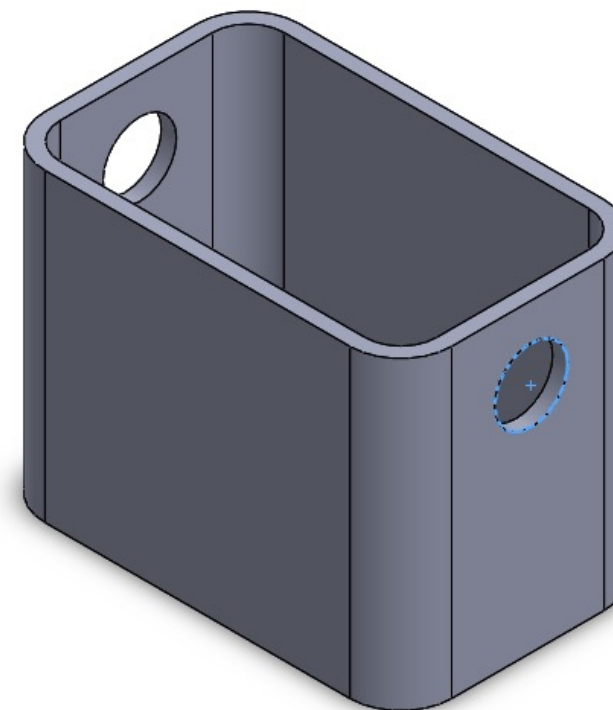
伸長除料工具

- 用鼠標左掣按下箭頭拖拉，可改變除料深度。



伸長除料工具

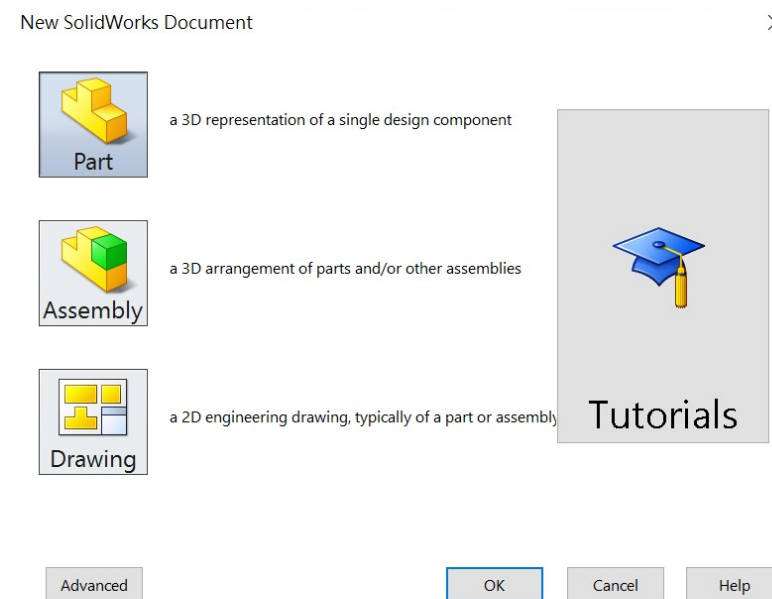
- 我們亦可於左邊方向(Direction)控制器中向下拉出其他選項，其中穿透(Through All) 選項可一次過將同一物件 所有同方向的物料移除。



繪製工程圖

- 工程圖是一種二維圖2D表或圖畫來描述建築圖、結構圖、機械製圖、電氣圖紙、和管路圖紙。通常工程圖繪製打印在紙面上，以方便工程製作。SolidWorks提供了強大而方便使用的工程圖工具。以下讓我們看看如何用SolidWorks來繪製工程圖。

啟動SolidWorks 後先
打開已完成的立體模
型檔案，然後選取<開
新檔案>。待新文件選
擇視窗出現後，選<工
程圖> Drawing

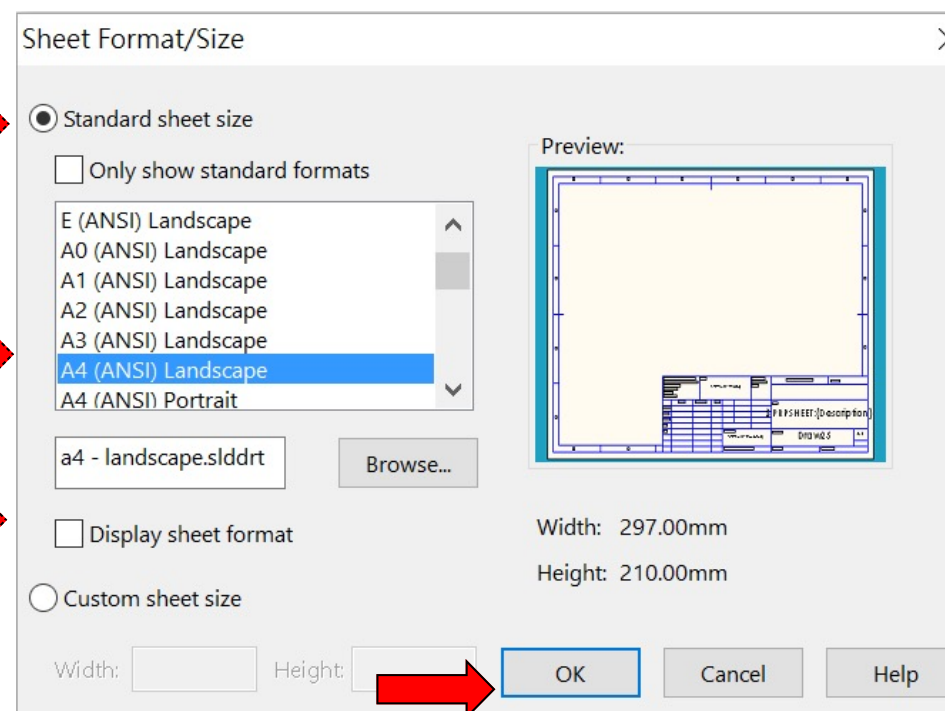


繪製工程圖

選取標準紙張
Standard sheet size

選取A4橫向紙張
Landscape

取消勾選<顯示格式>
Display sheet format

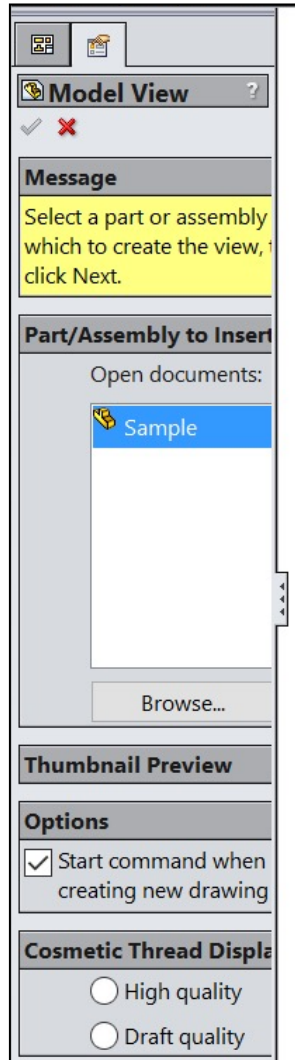


按「OK」確定。

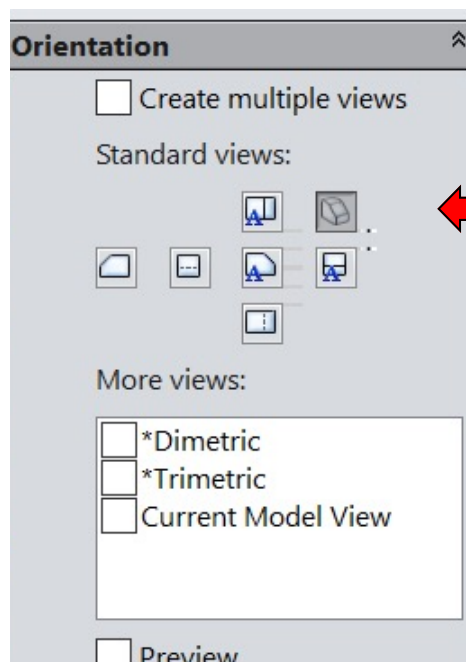
繪製工程圖



- 開啟工程圖文件後，視窗安排跟零件圖差不多，但你會發現鼠標末端出現一細小黃色立方體，這是代表著你先前開啟了的零件。如你只見鼠標箭頭，沒有黃色小立方體，則可能你沒有於開啟工程圖工具前開啟相關零件文件。
- 工程圖工具模式下，視窗左邊的功能面板現在只有「屬性管理員」及「樹狀設計特徵管理員」，預設會顯示「屬性管理員」，其中最大的窗格顯示了可供選取已開啟的零件文件檔案。

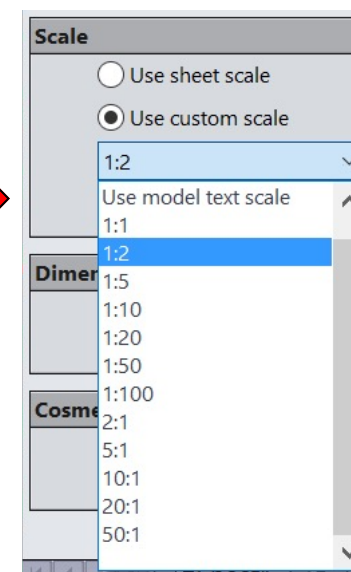


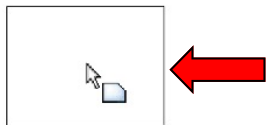
放置物件於圖面



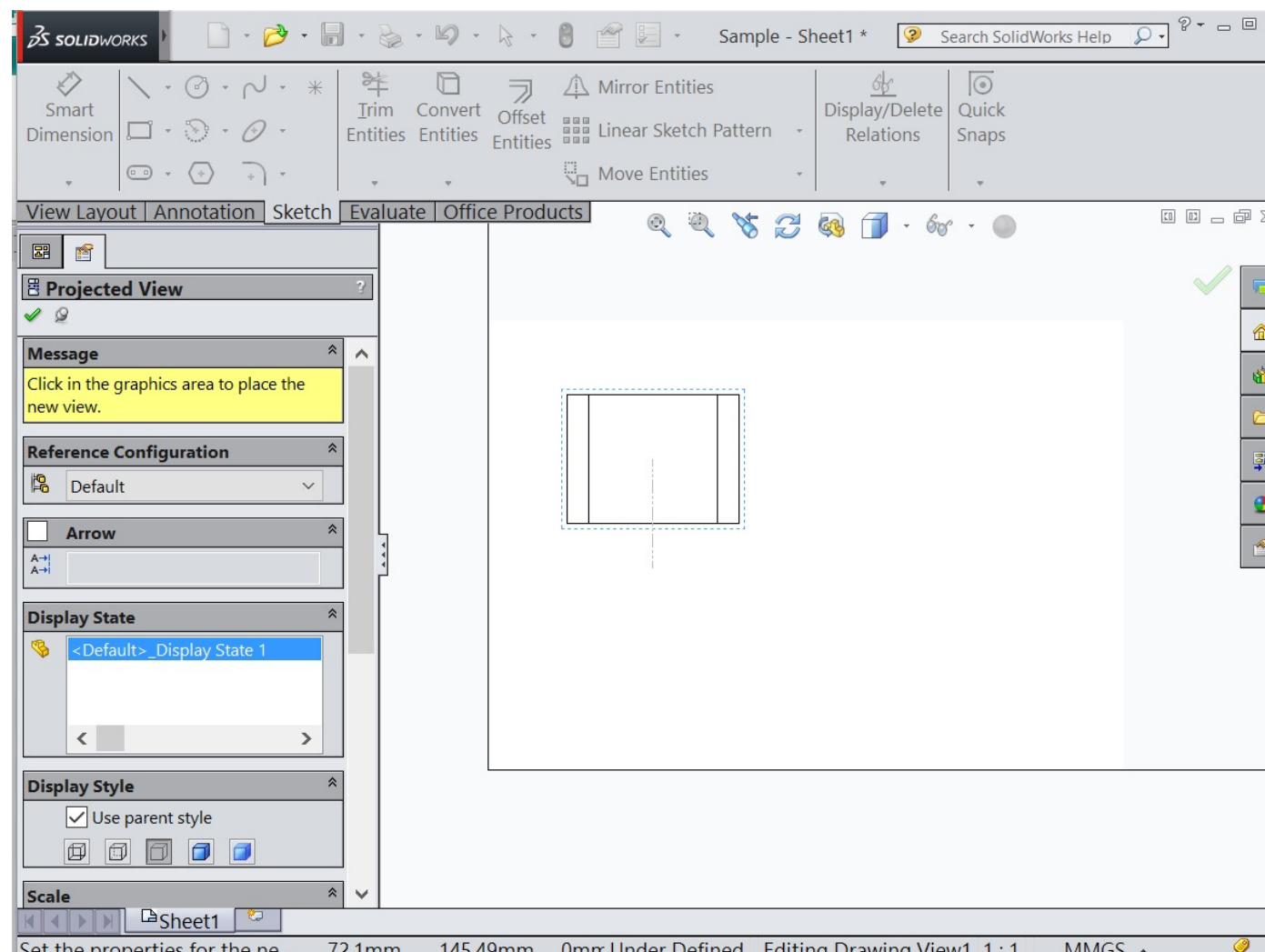
- 以鼠標左掣於「屬性管理員」中雙擊要進行工程圖繪製的文件，此時「屬性管理員」會顯示零件模型不同方向的幾個標準選項。選取正面Front。

- 展開下面「比例」窗格，選取自定比例 Use custom scale 中 1 : 2 選項。

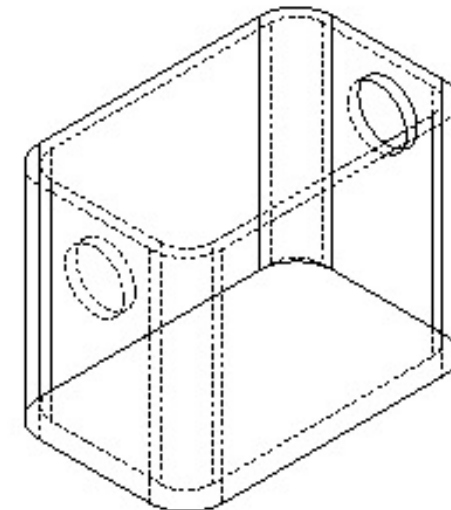
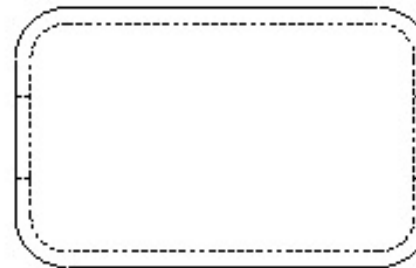
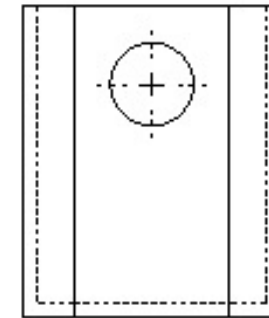
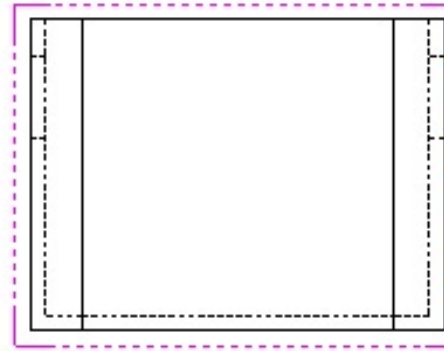




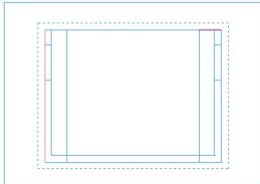
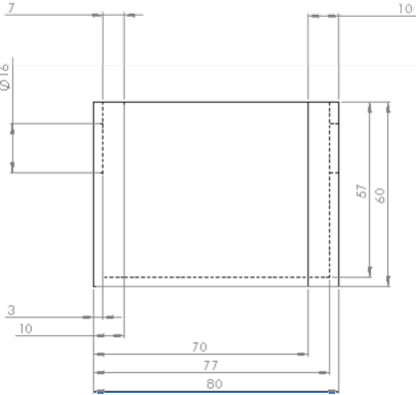
- 將鼠標移向繪圖區，一個細小的符號會出現在鼠標末端以顯示插入零件模式，另外一個較大的矩形會包圍鼠標並隨著鼠標移動。此時移動鼠標直至矩形放在合適位置便可再按鼠標左掣以確定其位置。

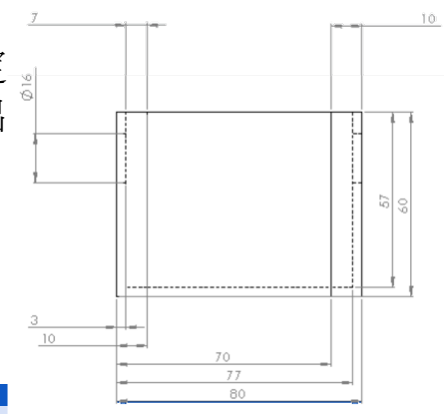
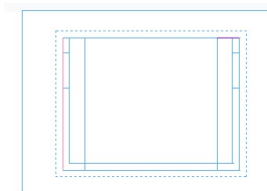


- 移動鼠標，相應的視圖會出現。

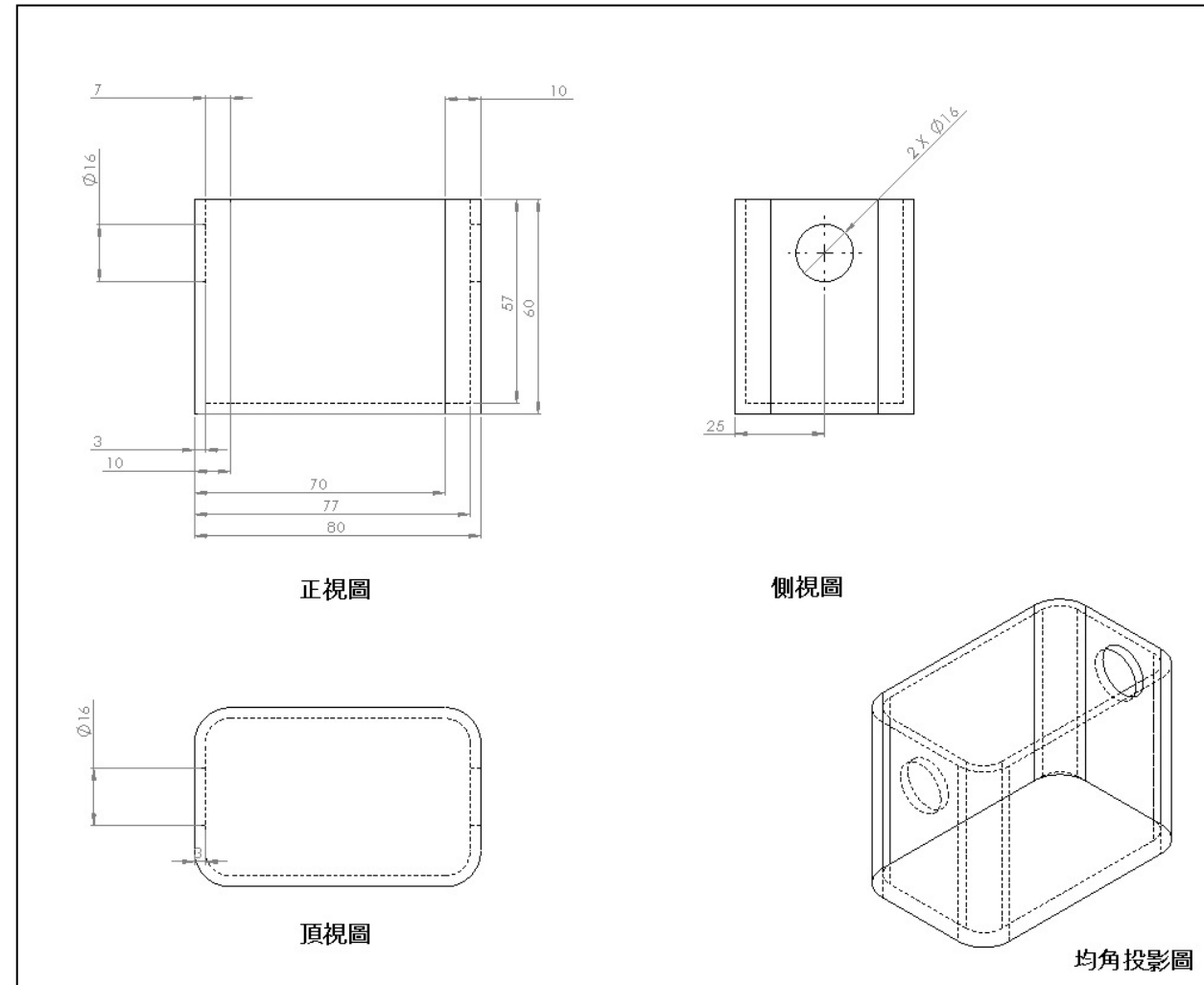


The screenshot displays the SolidWorks software interface. The 'Smart Dimension' tool is highlighted with a red box. The 'Autodimension' settings are shown with 'Selected entities' selected. The 'Horizontal Dimensions' and 'Vertical Dimensions' sections are also visible, showing 'Baseline' as the scheme and 'Below view'/'Right of view' as the placement options. A red arrow points to the 'Apply' button at the bottom.

- 1 以鼠標於動態工具列中選取《智慧尺寸標示工具》(Smart Dimension)
 - 2 以鼠標於左邊樹狀設計特徵管理員中選取《自動化標示》(Automation)
 - 3 選取《選取元件》(Selected entities)
 - 4 返回繪圖區以鼠標選取其中一個視圖，所選的視圖所有線條會變成藍色。
 - 5 按《應用》(Apply)，系統會即時將所選定視圖相關尺寸標示出來。
 - 6 重覆步驟4-5替所有視圖標示尺寸。全部完成後按上方綠色✓ 確定及離開尺寸標示功能。



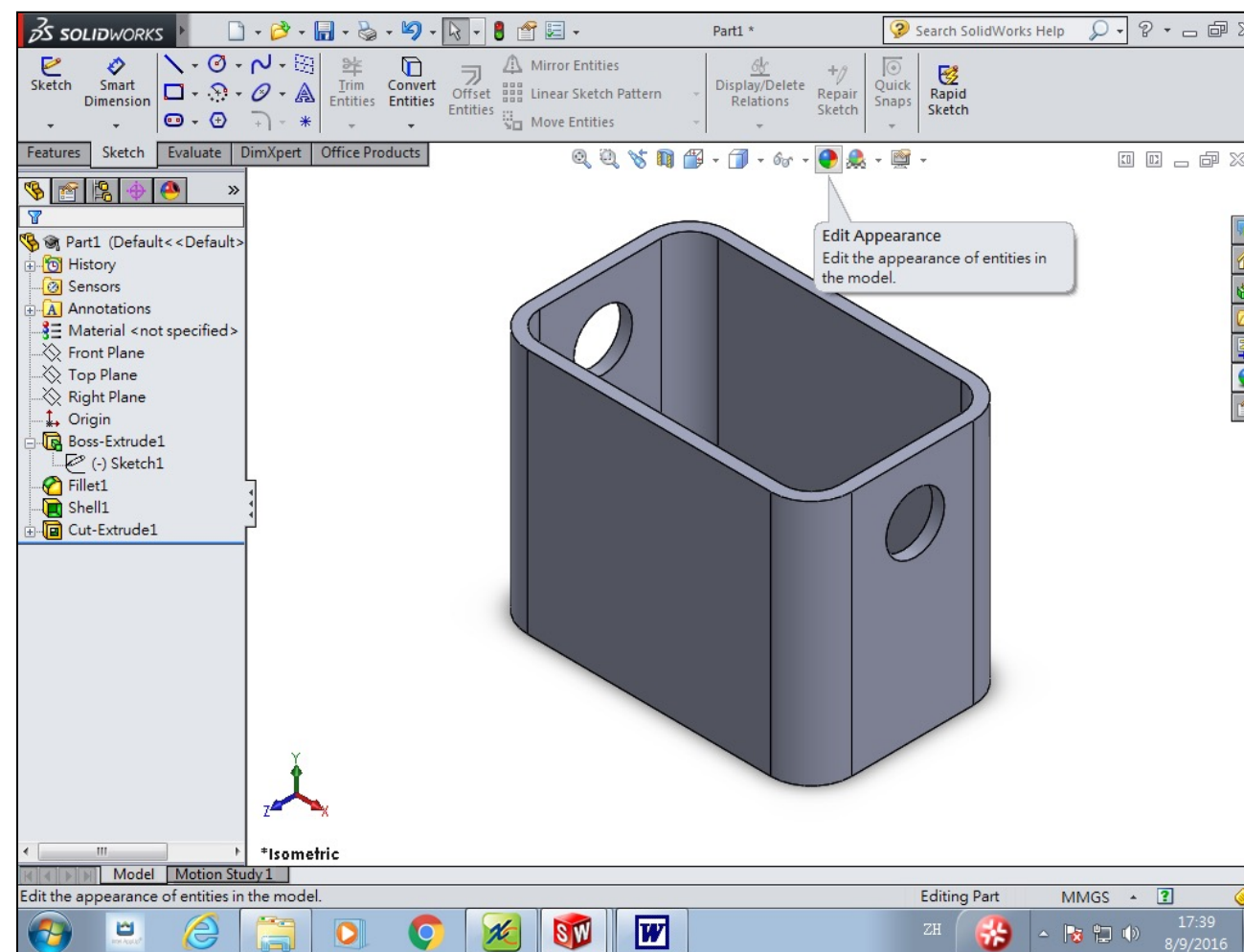
工程圖範例



渲染 (rendering)工具

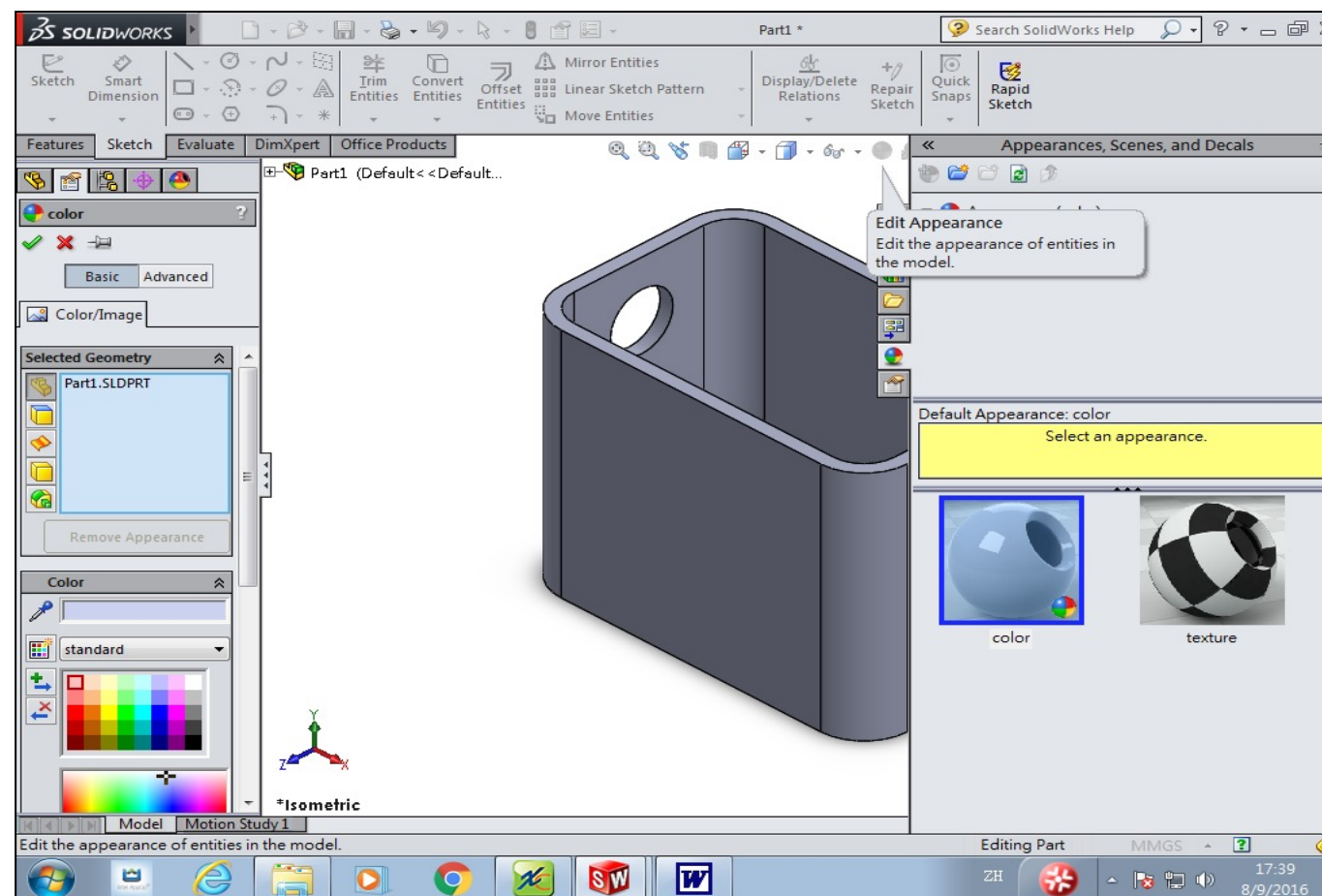


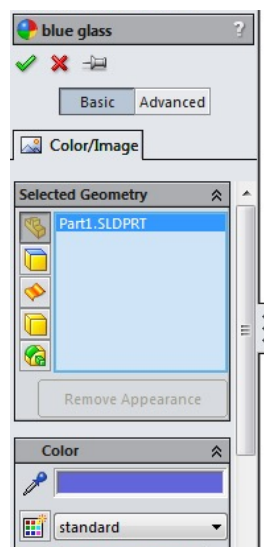
- 渲染又稱彩現或稱繪製，是指電腦繪圖時用軟件從立體模型生成富色彩和質感圖像的過程。它包括幾何、視點、紋理、照明和陰影等資訊。
- 嘗試打開SolidWorks所繪製的其中一件立體模型，在繪圖區正中上方按《編輯外貌》按鈕，以啟動渲染工具。





- 功能面板會自動顯示外貌管理員，右邊亦同時出現外貌編輯工具。

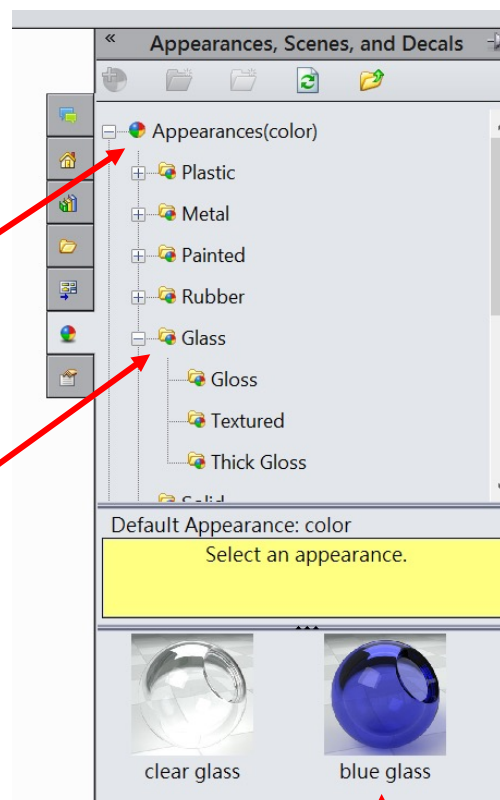




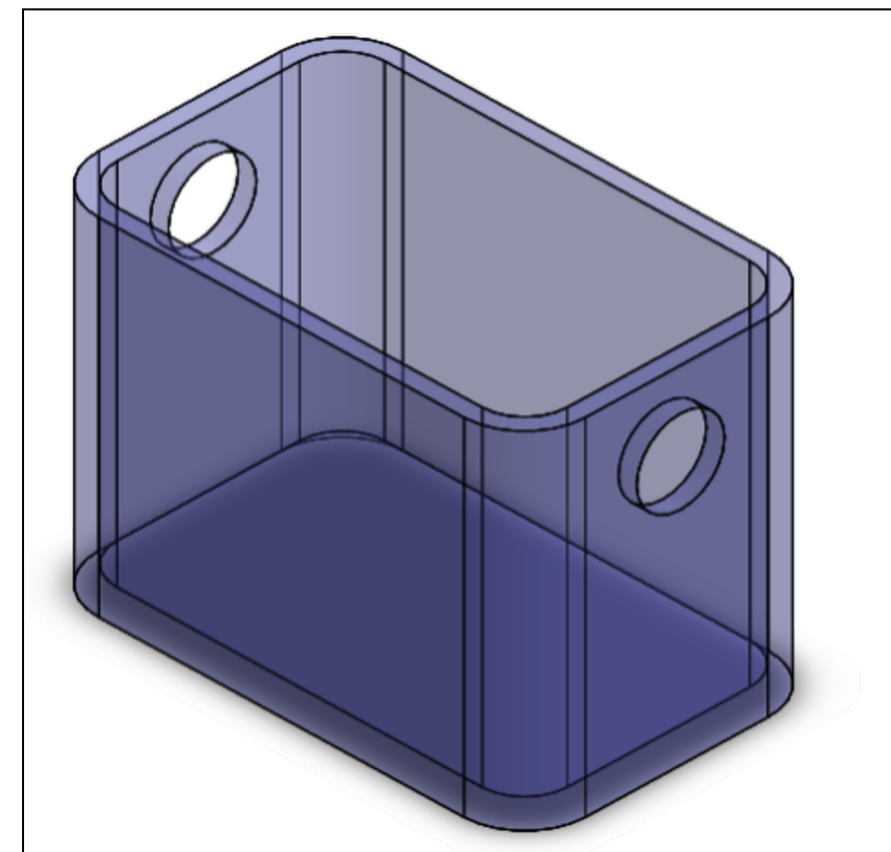
於左邊外貌管理員
中選取需要進行編
輯外貌的物件

再於左邊外貌編輯
工具雙擊外貌(色彩)
Appearances(color)

再 雙 擊 玻 璃
(Glass)

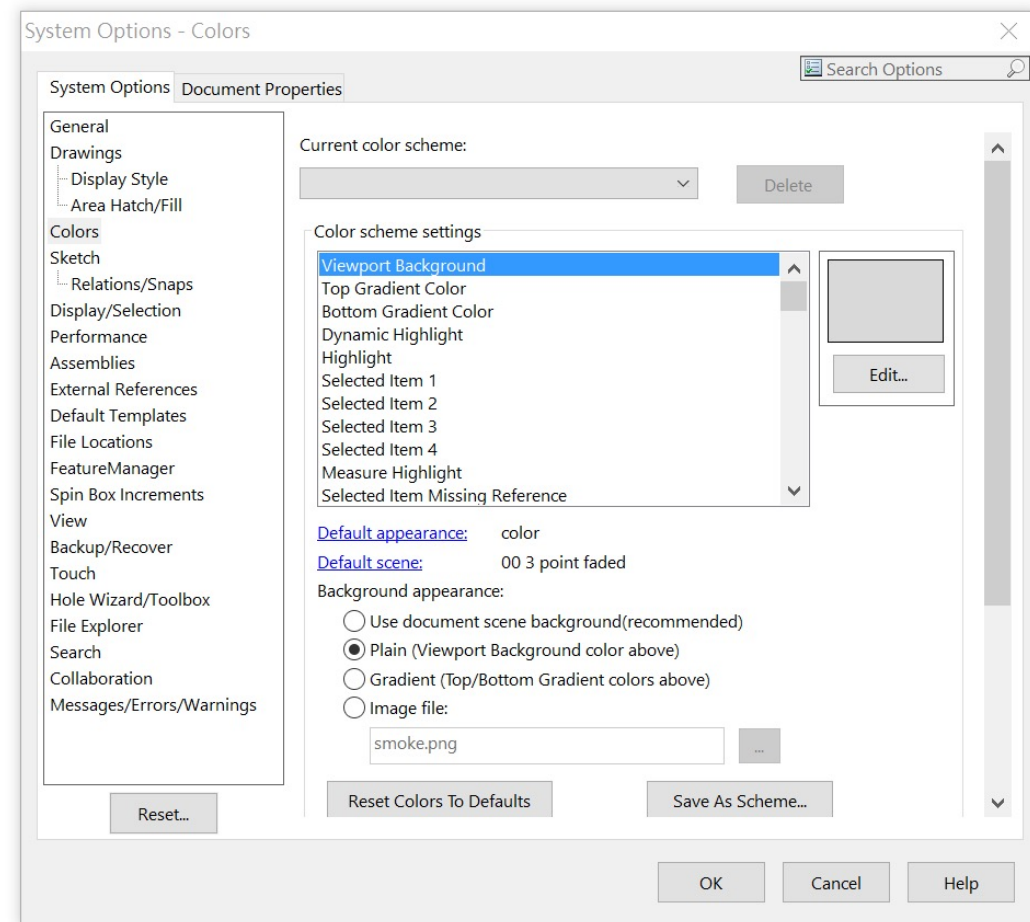
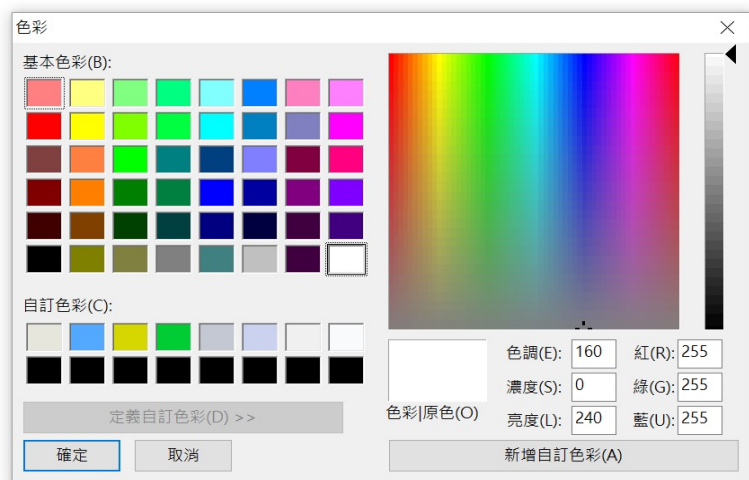


選取藍色玻璃(blue glass)



設定背景顏色

- 按視窗頂列最右《選項》Options，在《系統設定》System Options視窗中選《色彩》Colors，中間《色彩規劃設定》Color scheme settings選《視角背景》Viewport Background，最後在右邊按《編輯》(Edit)。下面視窗會彈出讓你選擇喜愛的背景色。

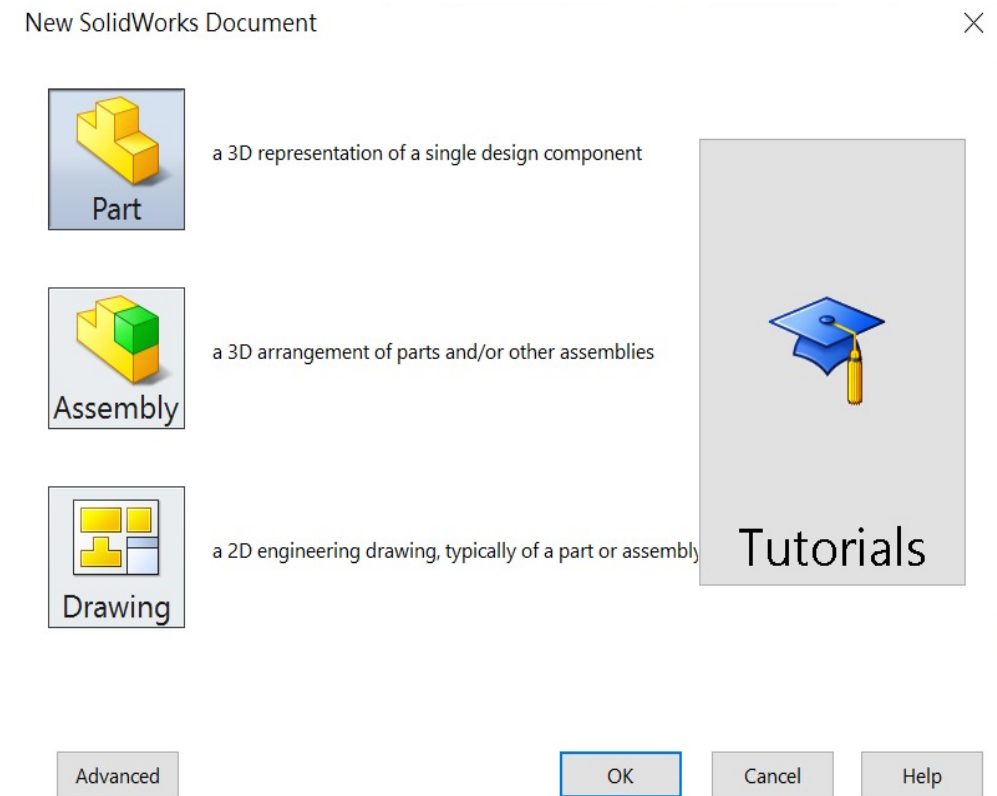


繪製組合圖

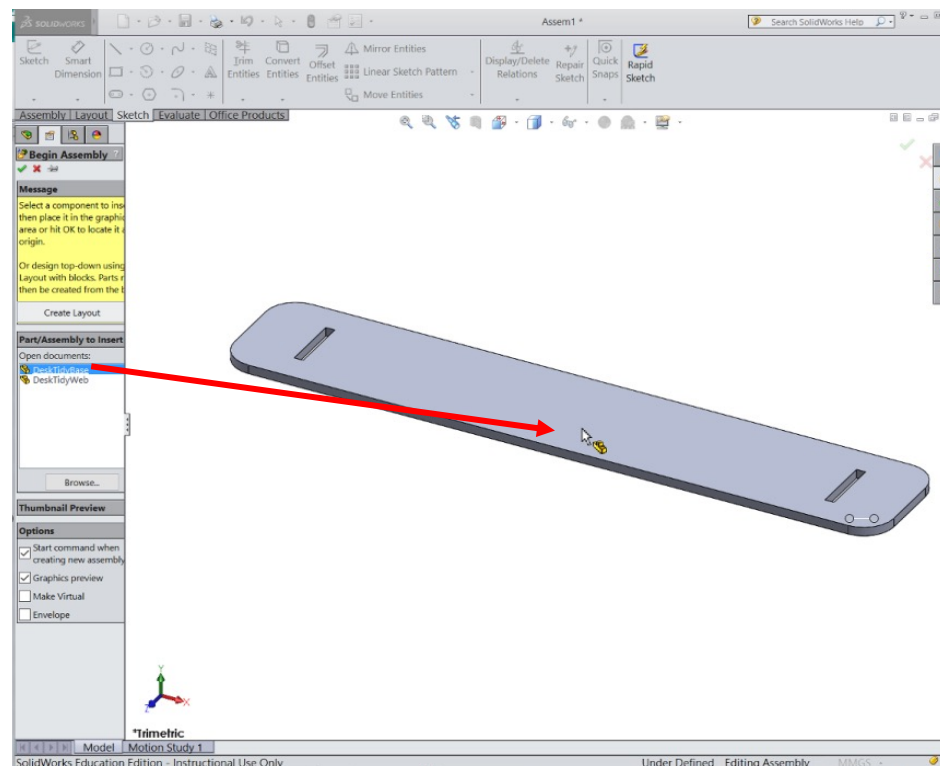
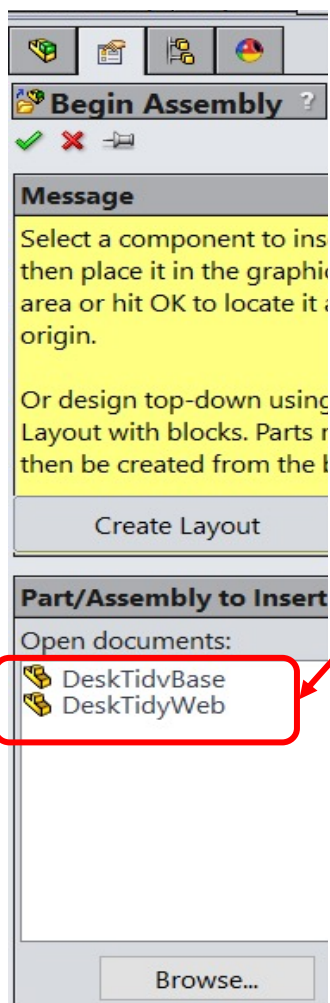
- 在現實世界的產品，大都不是由單一零件和物料製成的。單一物料和零件的產品例子有水杯、膠間尺和筷子等。以水樽為例，一般樽蓋和樽身是分開用不同物料製作的。本習作的檯頭文具座便是用亞加力膠片分多部份製作而成的，本節將簡介如何利用SolidWorks繪圖軟件去製作組合圖。

繪製組合圖

- 啟動SolidWorks 後先打開已完成及需要進几組合的所有立體模型檔案，然後選取<開新檔案>。待新文件選擇視窗出現後，選<組合圖> Assembly



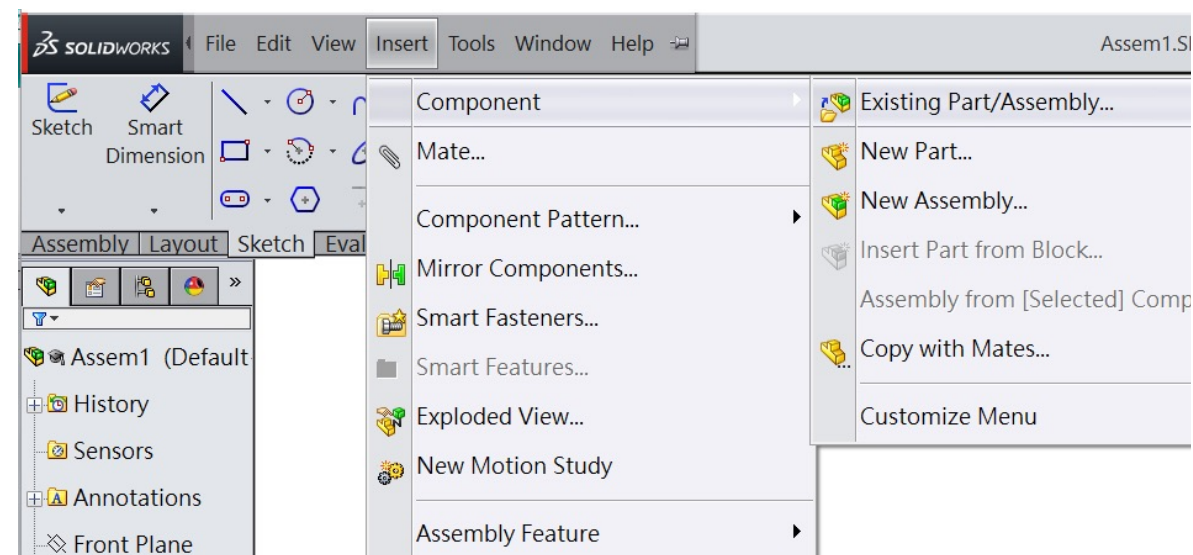
- 視窗左邊的功能面板的「屬性管理員」會顯示出可供選擇的零件。



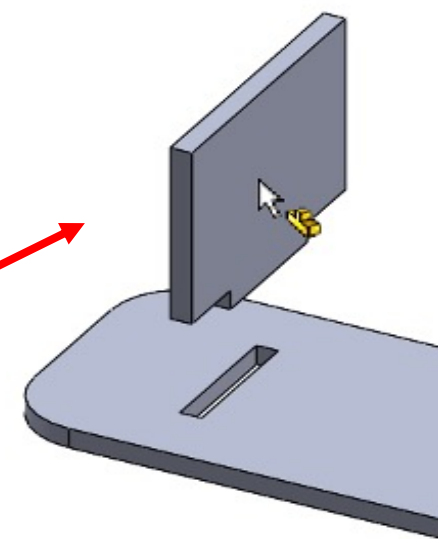
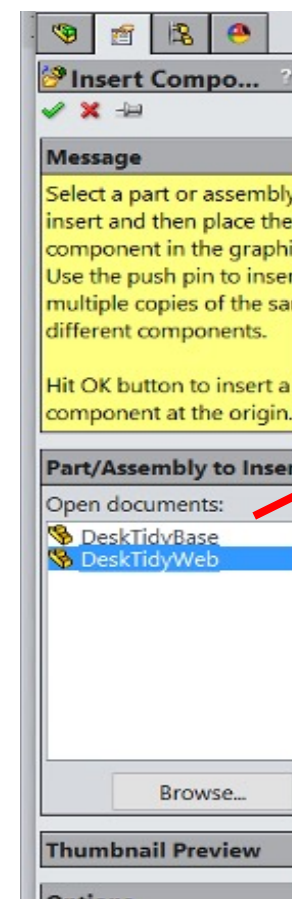
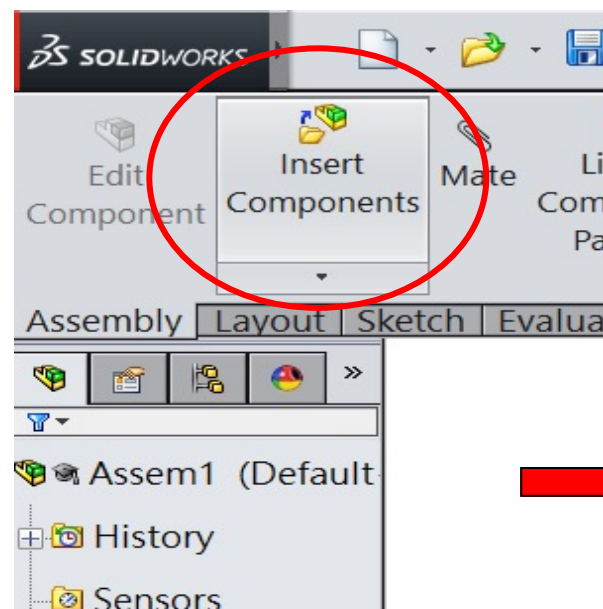
用鼠標將第一件加入組合圖的零件按左掣一次選取，然後移動鼠標返回繪圖區。你會見到所選零件會隨著鼠標移動的。繼續移動鼠標直至該零件位於你認為理想的位置，然後再按鼠標左掣一次將之確定並放進組合圖中。

加入零件

- 一經加入第一件零件後，原本於左邊的零件清單及「屬性管理員」會消失，取而代之的是出現了「特徵管理員」，並且顯示已插入零件的特徵。我們要加入新的零件進去，可以用鼠標輕按SolidWorks視窗左上方標誌旁的箭頭，把隱藏的功能表拉出。跟著以下次序喚出零件清單：Insert 插入 > Component 元件 > Existing Part/Assembly...已開啟零件/組合件...



加入零件

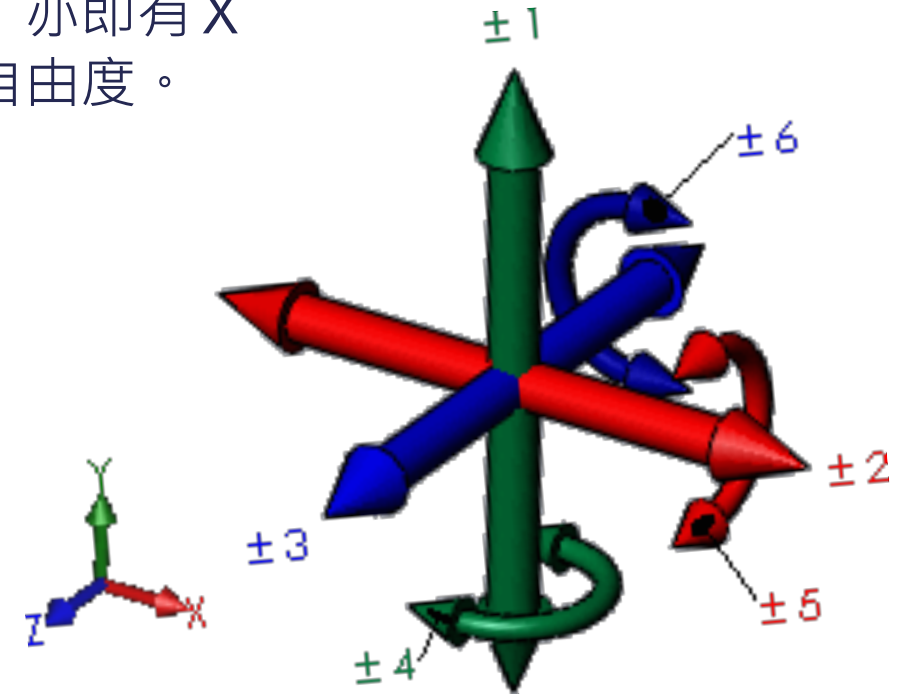


你也可直接用鼠標按下於動態工具列中組合圖工具 **Insert Components** 來顯示零件清單。

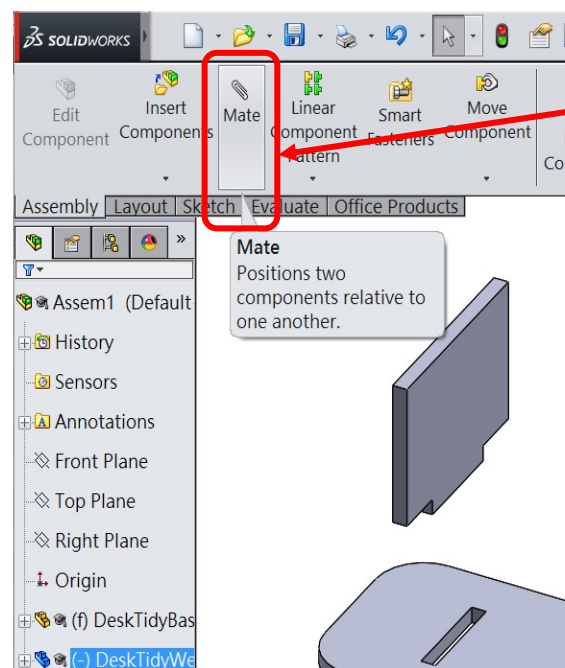
將加入的零件移至最接近要組合的位置之上。

自由度(Degree of Freedom, DOF)

- 在二維運動中任何元件均應有三個自由度，即 X Y 方向的移動與 Z 方向之轉動，亦即有三個自由度。在三維的空間則更多，亦即有 X Y Z 各方向有移動而 X Y Z 軸方向各有轉動，故有六個自由度。
- 所以當我們組合零件時必需考慮該零件於整件物件完成後的活動能力。如一般固定的零件，限制3個移動自由度便可。在SolidWorks中限制物件自由度的工具是《裝配》(Mate) 工具。



自由度



1 於動態工具列的組合工具中選《裝配》

2 於動態工具列的組合工具中選《裝配》，左邊樹狀設計特徵管理員會變為屬性管理員，並顯示了不同形式的裝配結合方法，以供選擇。

3 重合/共線/共點

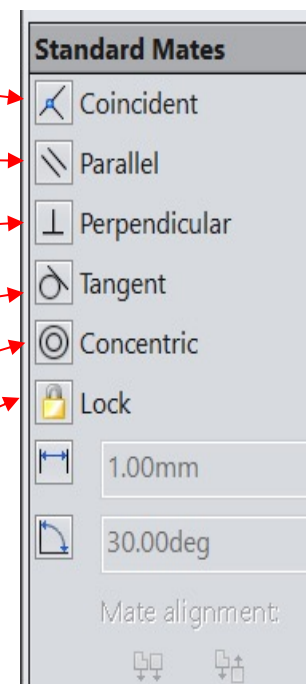
平行

垂直

切線

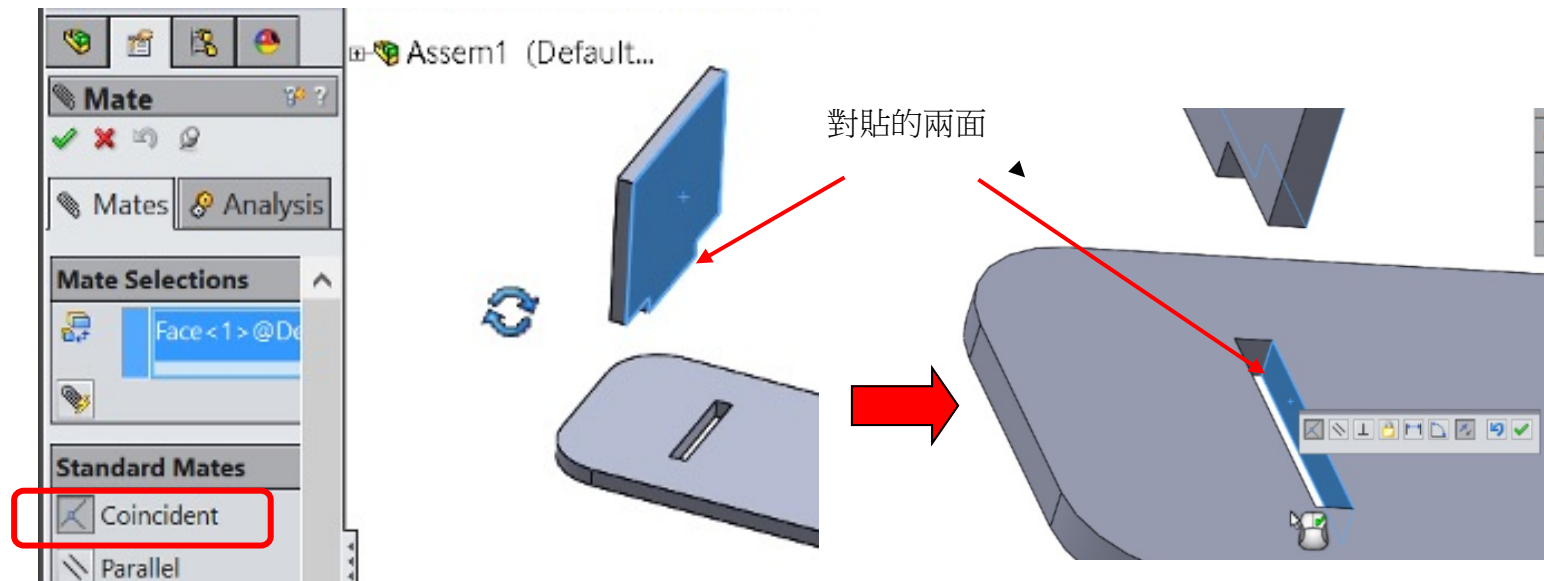
同軸心

鎖定

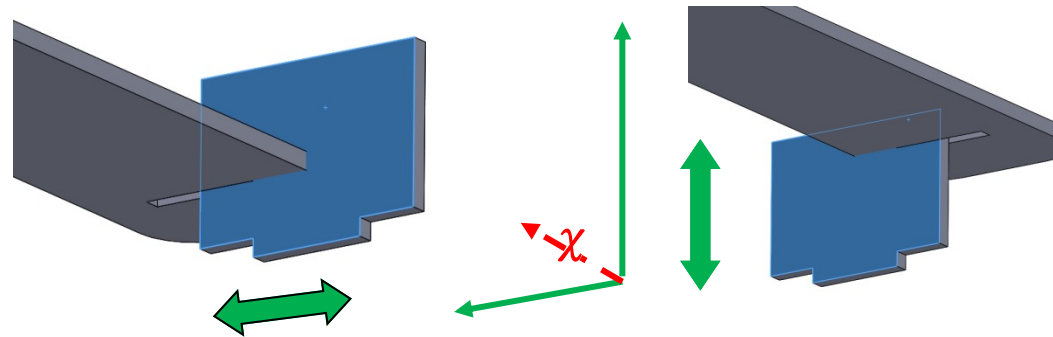


限制自由度

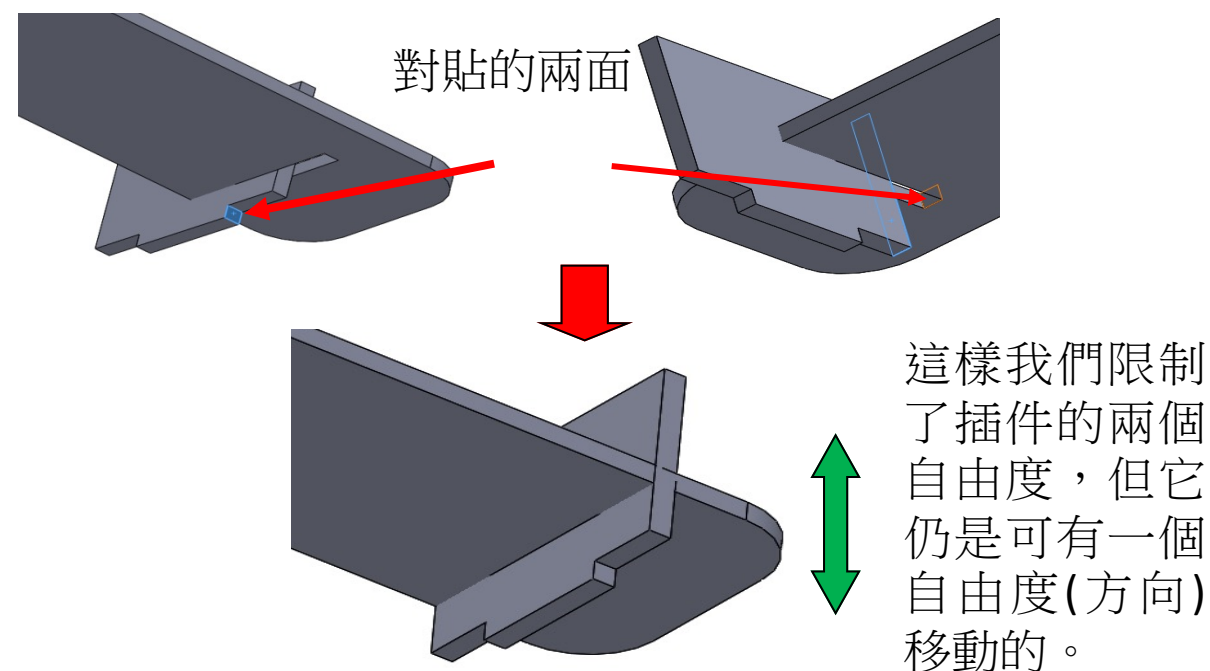
- 我們上述的檯頭文具座零件需要三重限制方能完美定義。首先選取《重合/共線/共點》，再選取插件零件的其中一面。按鼠標中間滑輪掣並移動，此時鼠標會變成旋轉符號，零件會在繪圖區中旋轉。嘗試不斷移動直至見到底板方孔內相對應面。此時可按鼠標右掣或彈出功能表的√號來確定。



- 這樣我們限制了插件的一個自由度，但它仍是可有兩個自由度移動的：

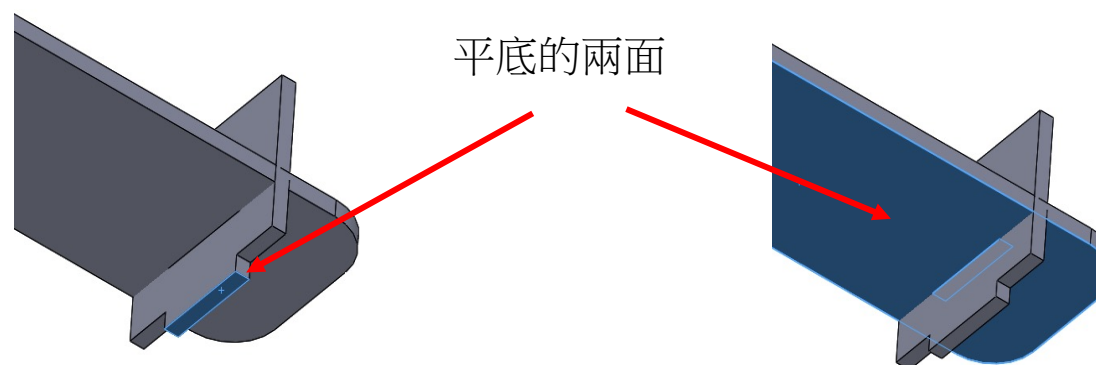


- 再選取《重合/共線/共點》，然後選取插件零件的另一個活動方向和相對應底板方孔內的面。按鼠標右掣或彈出功能表的ü號來確定。



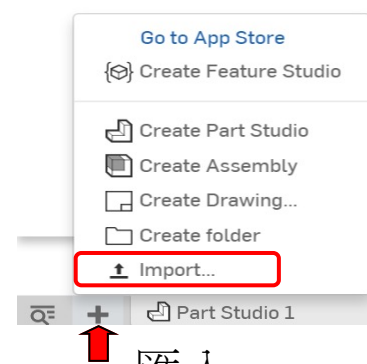
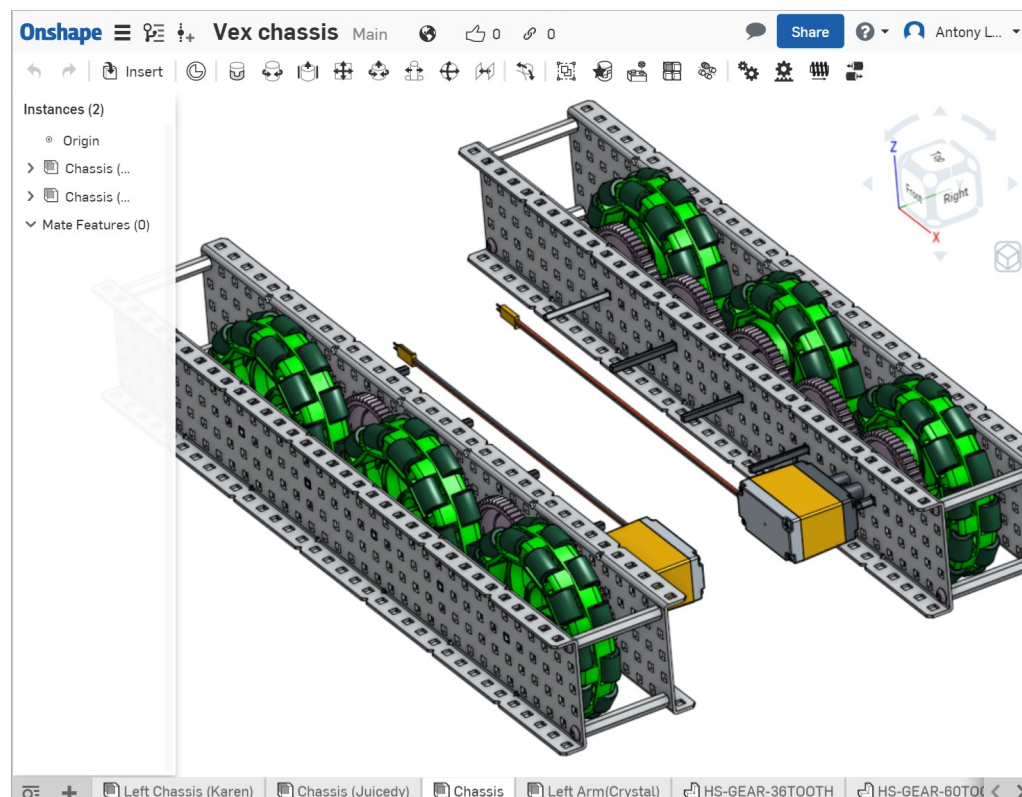
限制最後的自由度

- 選取《重合/共線/共點》，然後選取插件零件的底面和相對應底板底面。按鼠標右擊或彈出功能表的 ✓ 號來確定。



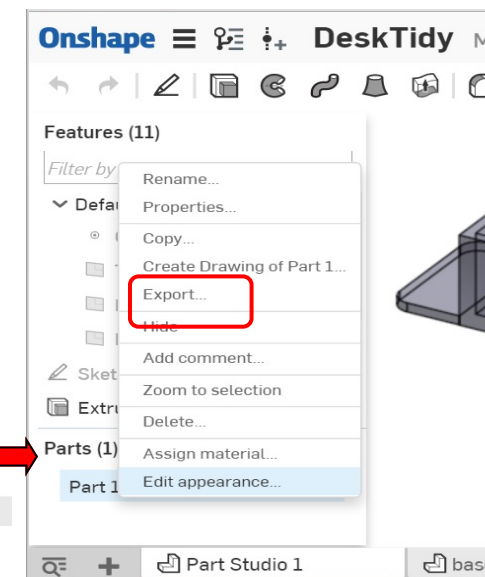
OnShape的組合圖

- OnShape 及 SolidWorks 可以透過STL 檔案來互相交換資訊的。



用鼠標右
擊零件名
稱

匯入



3D列印介紹

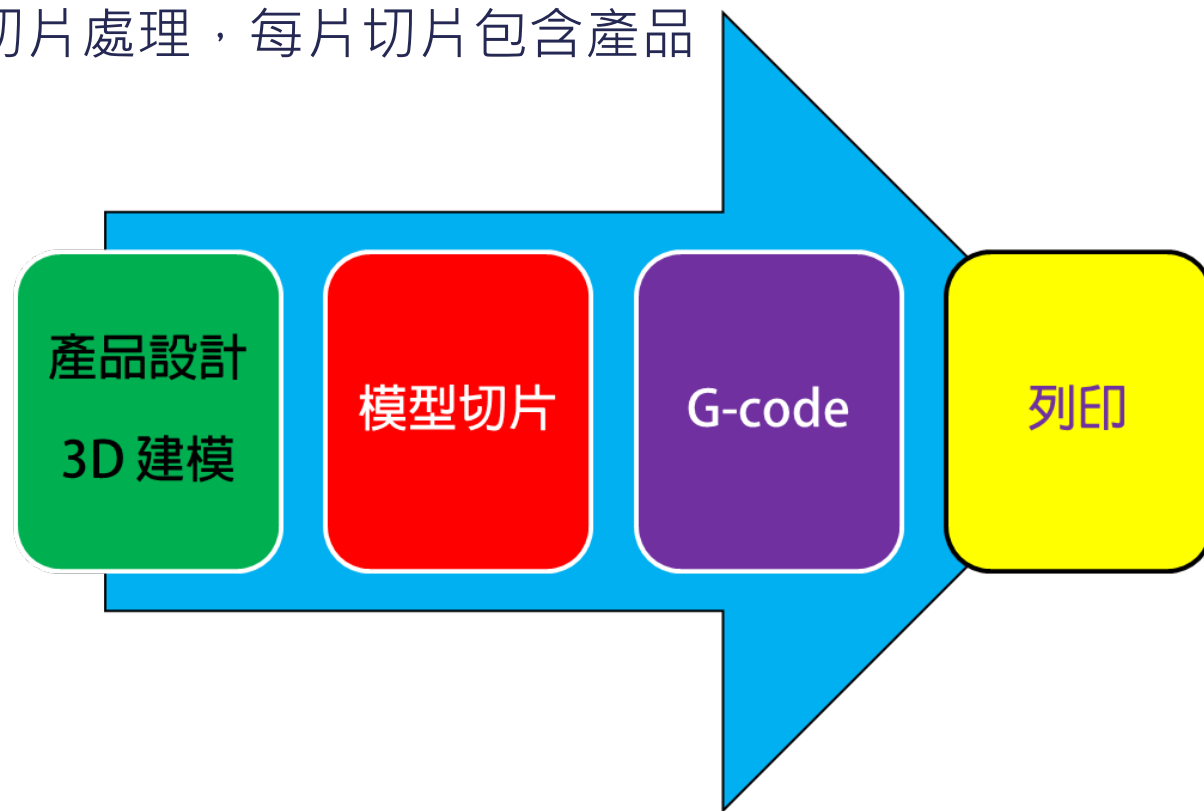
- 傳統的加工方式是採用大塊材料慢慢切削雕琢的減法方式製作，常造成材料的浪費。3D 列印技術則採用層層堆疊的加法方式製作，可避免不必要的浪費。快速原型（rapid prototyping）以及3D列印技術發展自1980年代，這些年來其製程不斷地突破創新。在這發展的浪潮中，開放硬體（open-source hardware）扮演著重要角色。

成型技術

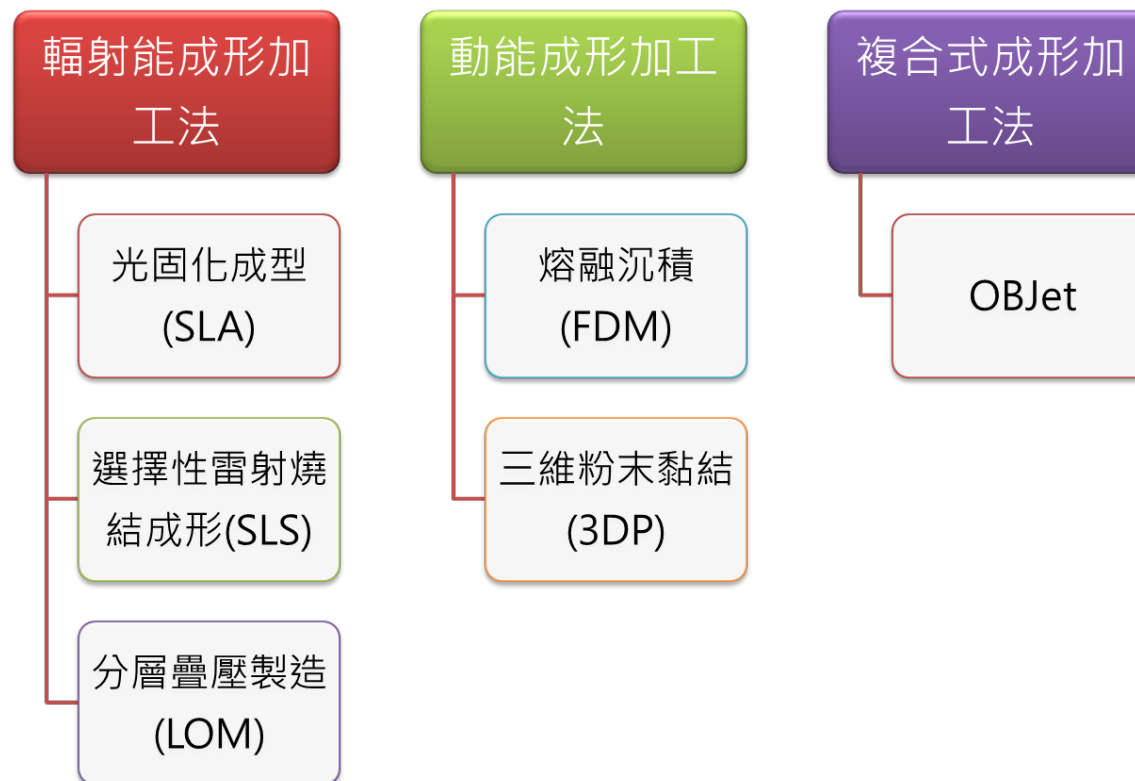
- 3D 列印製程的技術，可以細分成下列幾個步驟：
 1. 首先由電腦輔助設計軟體進行產品設計並建立3D立體模型
 2. 將3D圖檔資料轉換成STL檔案格式，再進行切片處理，每片切片包含產品的內外輪廓造型
 3. 再把這些切片輪廓轉換成為 G-code
 4. 以 G-code 控制 3D 印表機列印成型



其中，G-code 就是數值控制（numerical control, NC）機械所使用的指令，基本上就是操作者與數控機械的溝通語言，可以利用人工編輯輸入或電腦軟體自動產生 NC 控制碼，使得數控機械的加工刀具可以依照所設定的方式移動。

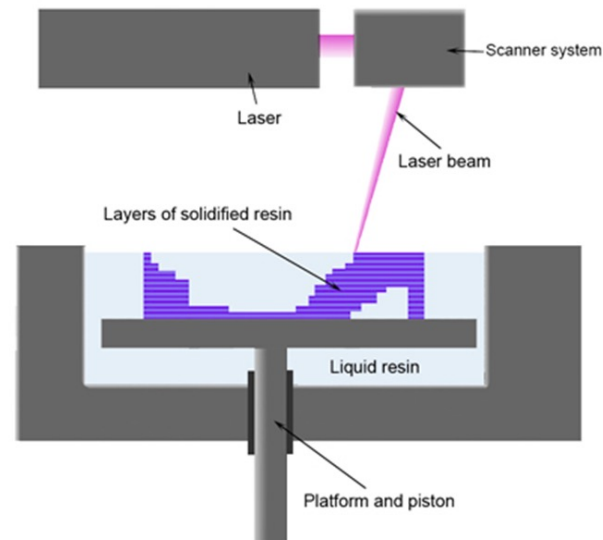


3D列印技術種類



光固化成形(Stereolithography, SLA)

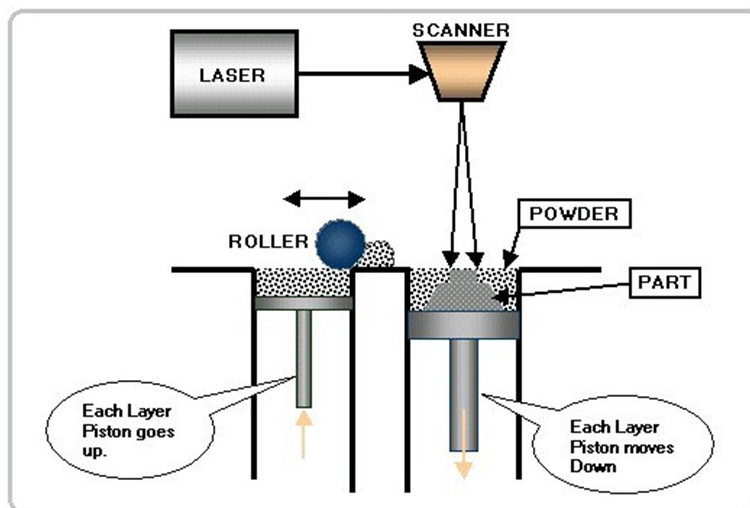
- >> 輻射能成形加工法



- 原料：光敏樹脂聚合物
- 原理：利用紫外光雷射照射光敏樹脂液體原料, 使切面層固化後, 再層層累加
- 優點：成形速度快、高功率光線掃描使3D物件精密度較高
- 缺點：需設計支撐結構體、需要後續處理（硬化）步驟、液態光敏樹脂料桶需裝滿導致材料成本較高
- 代表公司：美國3D System

選擇性雷射燒結成形(Selective Laser Sintering, SLS)

• >> 輻射能成形加工法



❑ **原料**：熱塑性塑膠、金屬粉末、陶瓷粉末

❑ **原理**：以高能量雷射將原料粉末熔結,再依序堆疊,燒結過程使用聚合物黏著劑,需進行二次處理,去除聚合物

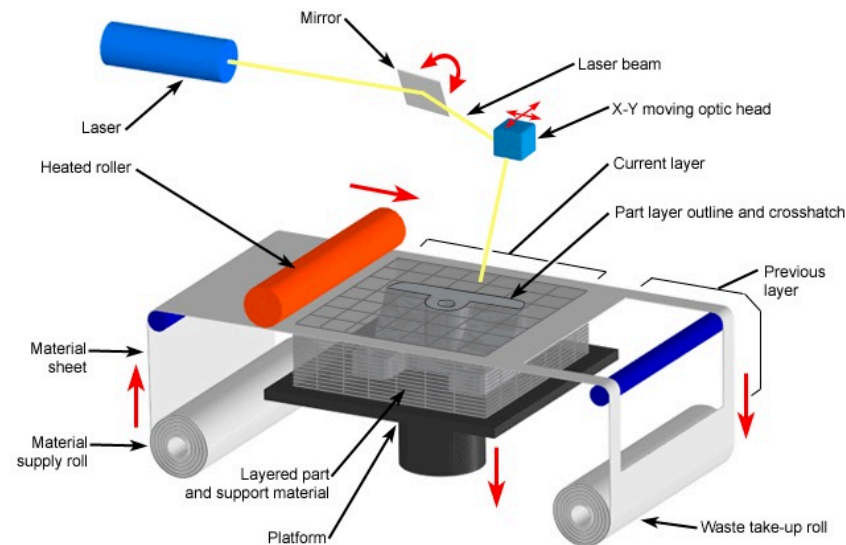
❑ **優點**：粉末材料種類多樣、3D物件精密度佳、3D物件可為金屬材質（可用於製作金屬模具）

❑ **缺點**：滾輪鋪粉易形成粉末不均造成3D物件外觀品質不穩定、粉末材料易形成粉塵飛揚

❑ **代表公司**：美國3D System

分層疊壓製造(Laminated Object Manufacturing LOM)

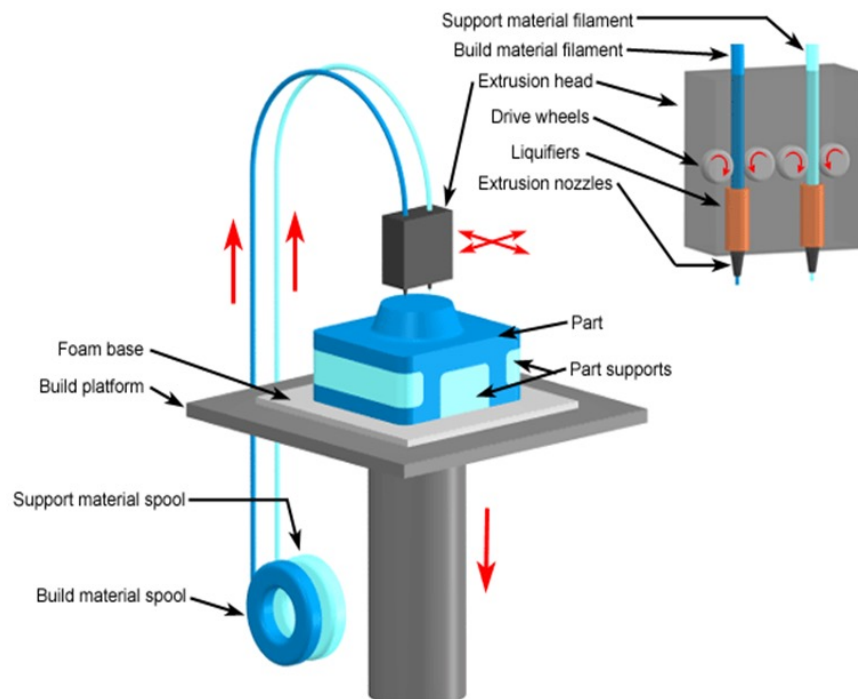
- >> 輻射能成形加工法



- 原料：紙、金屬箔、塑料薄膜
- 原理：每切面層原料即為塗布上黏著劑之紙片, 依序以雷射切割出外型後, 層層黏合
- 優點：製作成本低廉、薄片材料種類多樣性高 (紙質、金屬、布料)
- 缺點：3D物件精密度較差、幾何形狀限制較多、餘料剝離處理工作較困難
- 代表公司：美國CubicTec

熔融沉積(Fused Deposition Modeling, FDM)

• >> 動能成形加工法



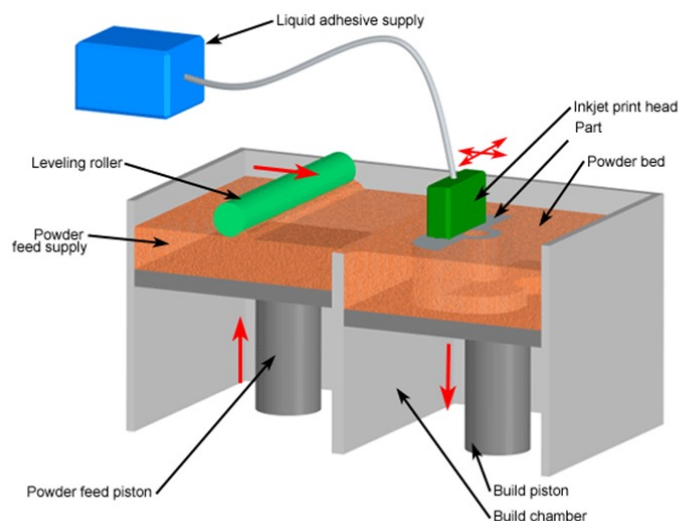
- ❑ 原料：熱塑性材料（如ABS）
- ❑ 原理：以高溫加熱噴頭，將原料融化後噴出，原料凝結後，再繼續噴另一層原料
- ❑ 優點：製作成本較低、使用與維護較簡單、熱塑性材料更換容易
- ❑ 缺點：3D物件精密度受限、表面光滑度較差、後續處理時間較長
- ❑ 代表公司：美國Stratasys、MakerBot、3D System
- ✧ 為目前最為廣泛運用的技術

三維粉末黏結(Binder jetting, 3DP™)

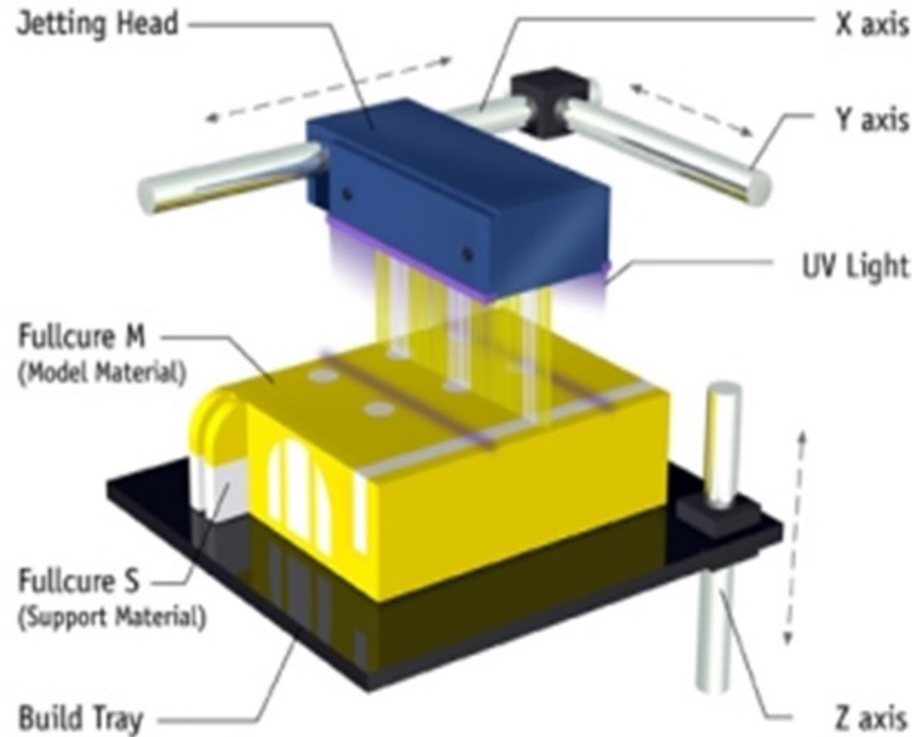
- >> 動能成形加工法

OBJet

- >> 複合式成形加工法



- ❑ 原料：專利粉末（陶瓷、金屬、塑膠）
- ❑ 原理：先鋪上粉末，接著將膠水噴灑在需要成型的區域，使粉末與膠水黏結，層層堆疊成形，最後以硬化劑處理
- ❑ 優點：建構時間快、材料顏色多樣化
- ❑ 缺點：粉末不均易造成品質不穩、精密度較差、需後續處理、易造成粉塵飛揚
- ❑ 代表公司：美國3D System(Z-Corporation)



The Objet PolyJet Process

- **原料**：感光聚合材料
- **原理**：以超薄層感光聚合材料，一層一層噴射到建構拖盤，再以紫外光線進行凝固，支持材料用手或噴水清除
- **優點**：建構時間快、精密度佳、表面光滑度佳
- **缺點**：噴塗頭成本高、需設計支撐結構體
- **代表公司**：美國Stratasys(以色列Objet)

3D列印安全考慮

- 3D列印的風險應考慮四個方向：
 1. 產品材質：特別是需置入體內的產品就必須通過生物毒性和生物相容性的認證，以免對人體造成危害。
 2. 幾何誤差：在繪製產品的3D設計圖的過程中，設計者可能會忽略從2D轉3D時造成的尺寸、大小、角度或斜面等等的誤差，設計者應做逆向工程確認，確保成品沒有問題，否則若製作人工關節時有任何差池，都會對病患安全造成莫大威脅。
 3. 成品強度：一般工業製造都有材質參數庫，但3D列印目前並沒有類似的資料庫，成品是否足夠堅固完全仰賴設計者本身的結構支撐知識。
 4. 產品生命週期：成品能夠使用多久是必要的考量。

3D列印機產品分級

生產製造用



運用範圍：醫療、軍事、航空
價格：+ US\$100,000
主要廠商：EOS、3D Systems
目前機台數：不到1,000台

專業用



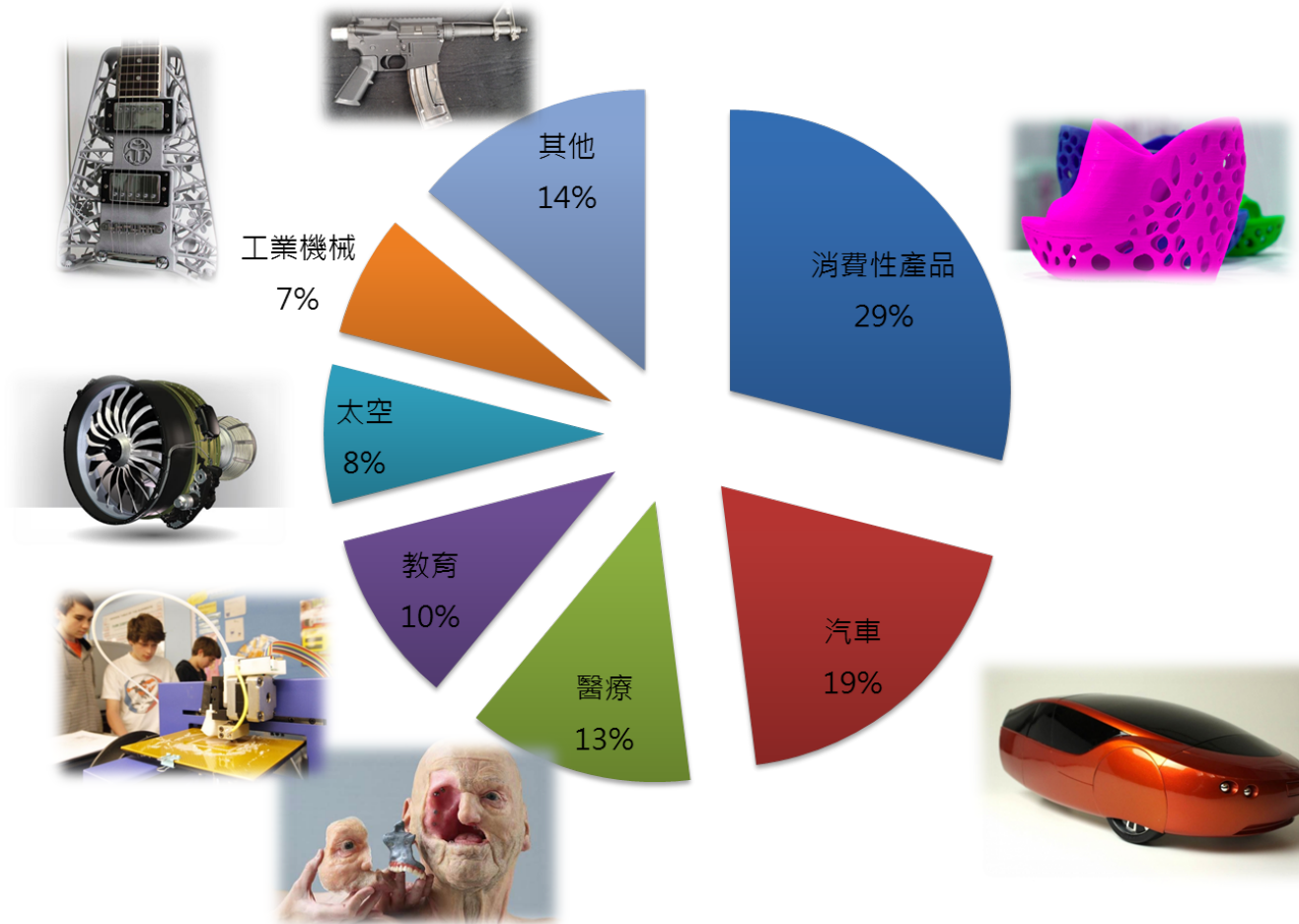
運用範圍：工程、教育
價格：+ US\$50,000
主要廠商：3D Systems、Stratasys
目前機台數：約5,000台

工作室或玩家用

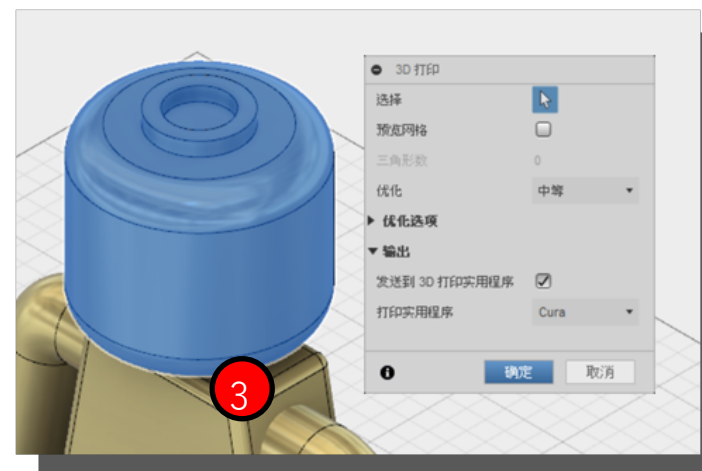


運用範圍：模型製作
價格：US\$1,000~US\$20,000
主要廠商：MakerBot、3D Systems、Stratasys
目前機台數：約60,000台以上

3D列印應用領域範圍



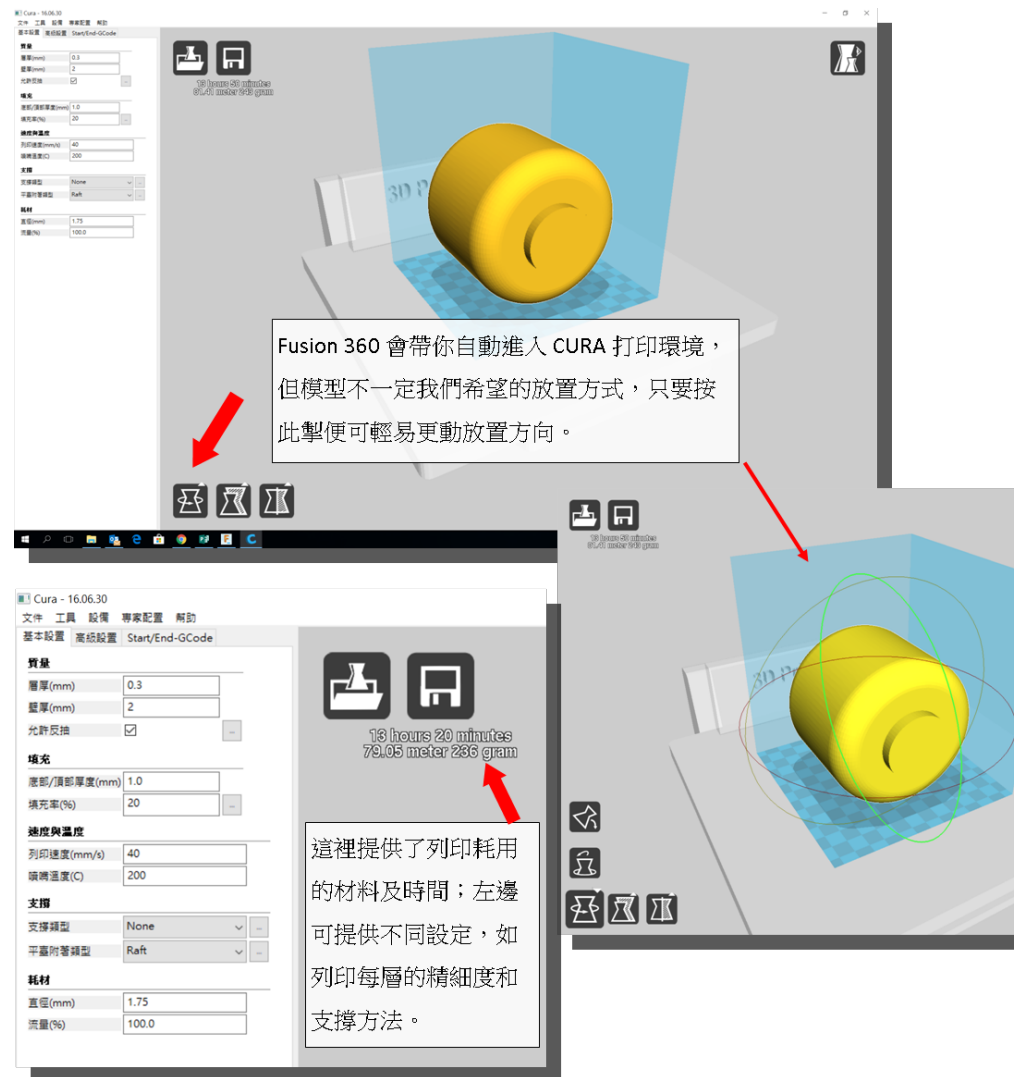
再在模型中選定要進行
3D打印製作的元件。



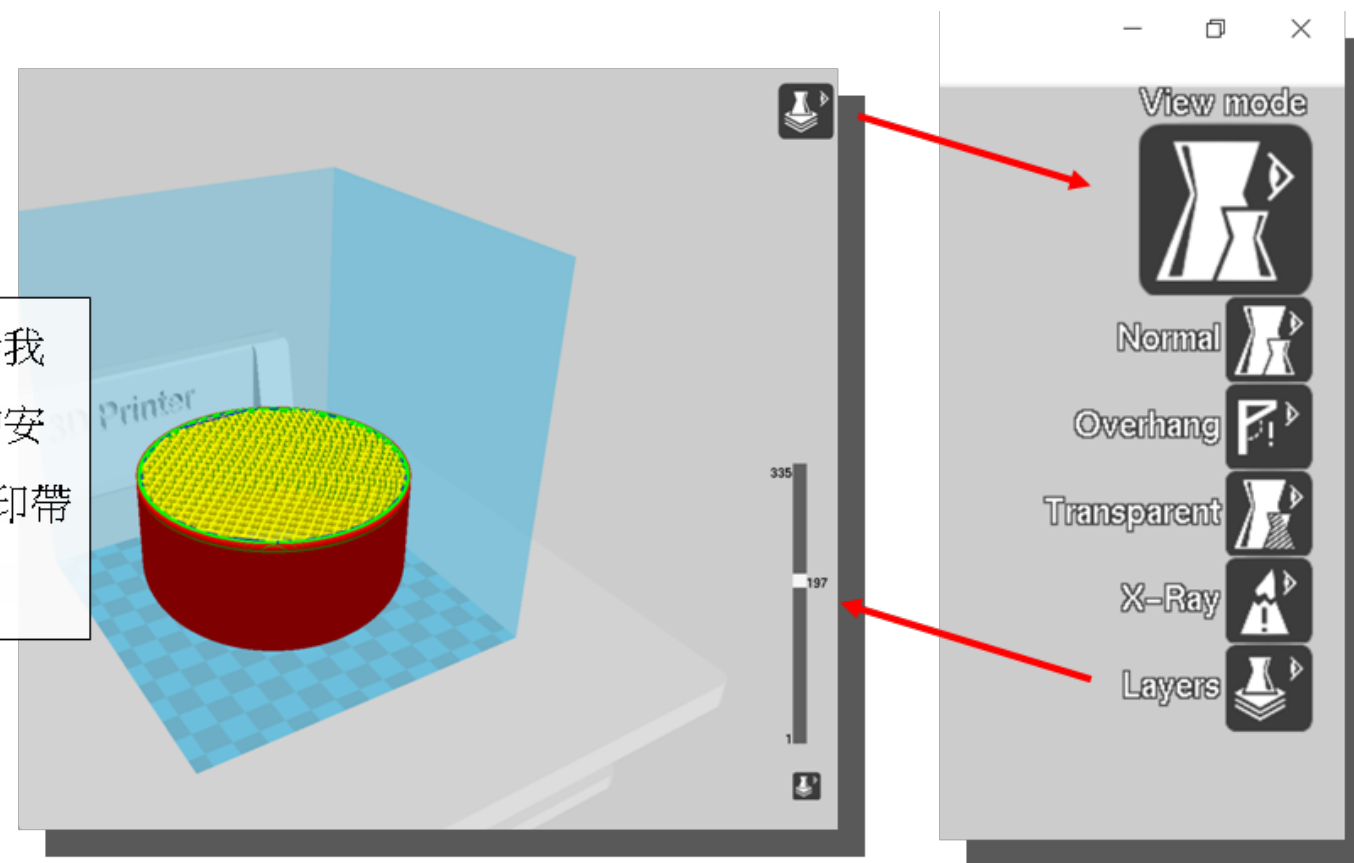
本校3D打印機及線材



CURA 打印環境



列印分層遁跡可給我們更了解支撐件的安排，對了解 3D 打印帶來很大幫助。



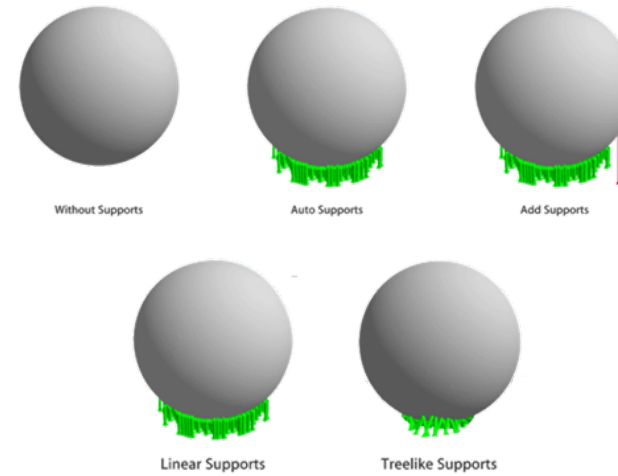
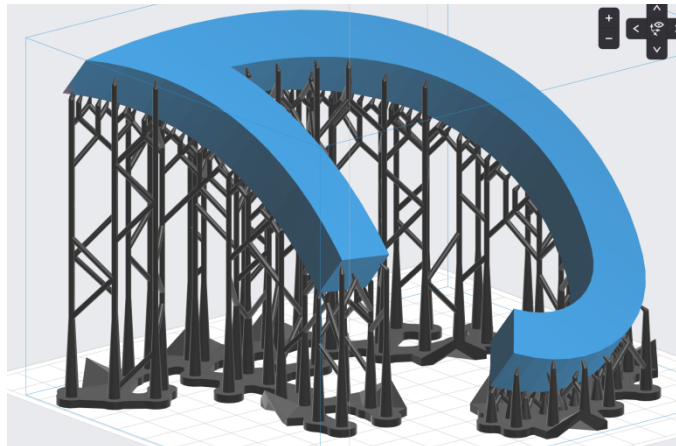
3D打印再探

3D列印被稱為第三次工業革命，透過3D打印，規模經濟將不再是製造業的重點，社群化的合作與產品的獨特性將是工業革命的新趨勢。

傳統製造業與3D打印



3D列印流程



Q&A

antony@hktea.org