



2019-TFPA

開發熱塑性材料應用於 氣壓軟性致動氣設計

Using the FDM-based 3D printing technique to fabricate directly
soft pneumatic actuator

主講人 | 鄭秦亦博士



簡報大綱

- 1 前言 & 參考文獻
- 2 3D 列印與各材料介紹
- 3 研究開發步驟
- 4 實驗測試結果
- 5 結論



1

前言 & 參考文獻

Abstract



前言 & 參考文獻 Abstract

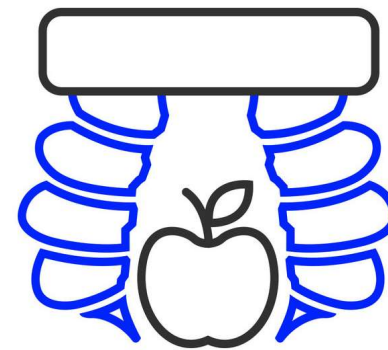
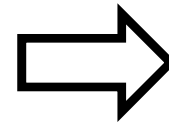
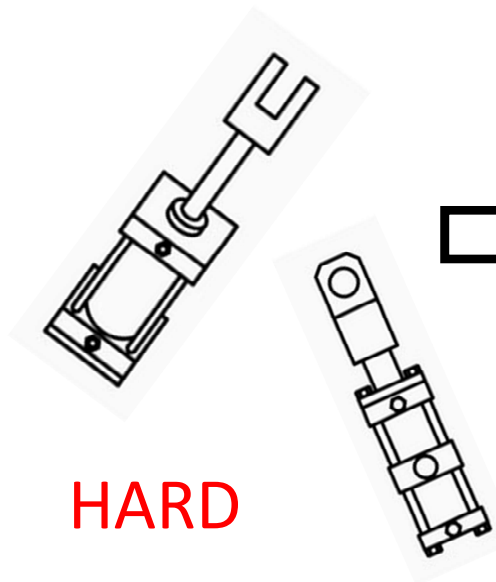
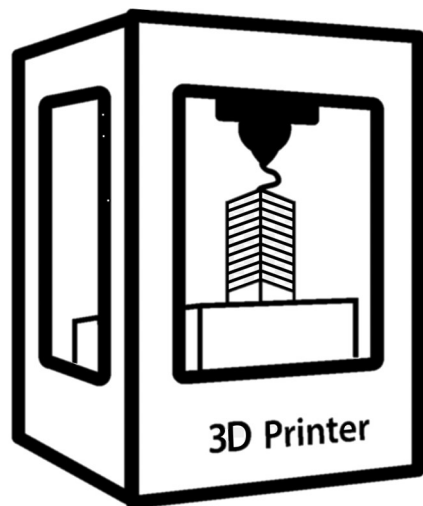
➤ 本文介紹使用 **基於熔融沉積建模**

(Fused Deposition Modeling, F D M)

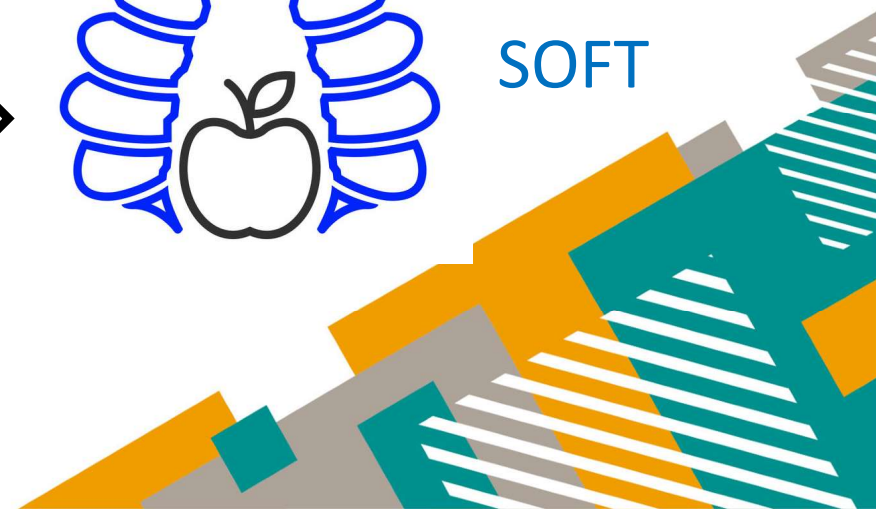
技術 3D-Print 直接製造軟性材料氣壓致動器。

➤ 列印製作具有複雜內部幾何形狀和高度自由度的軟性氣壓致動器。

本文研究 **材料特性**、**機械性能**，致動器的彎曲能力

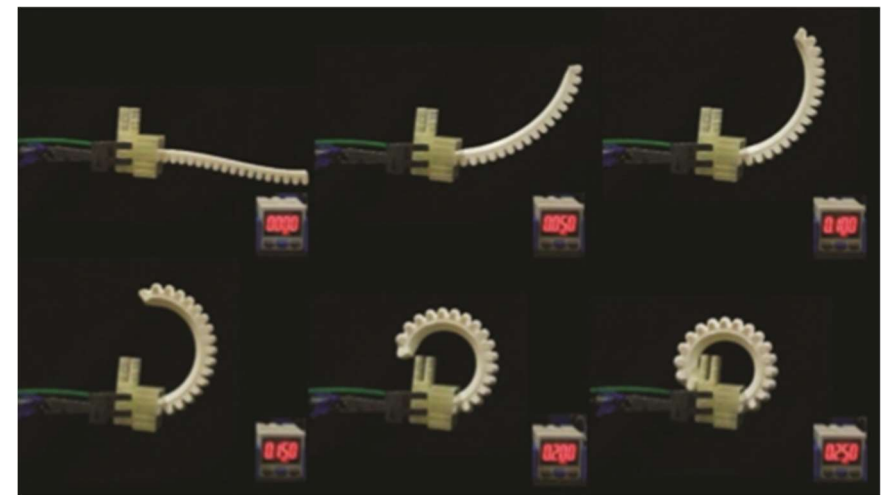
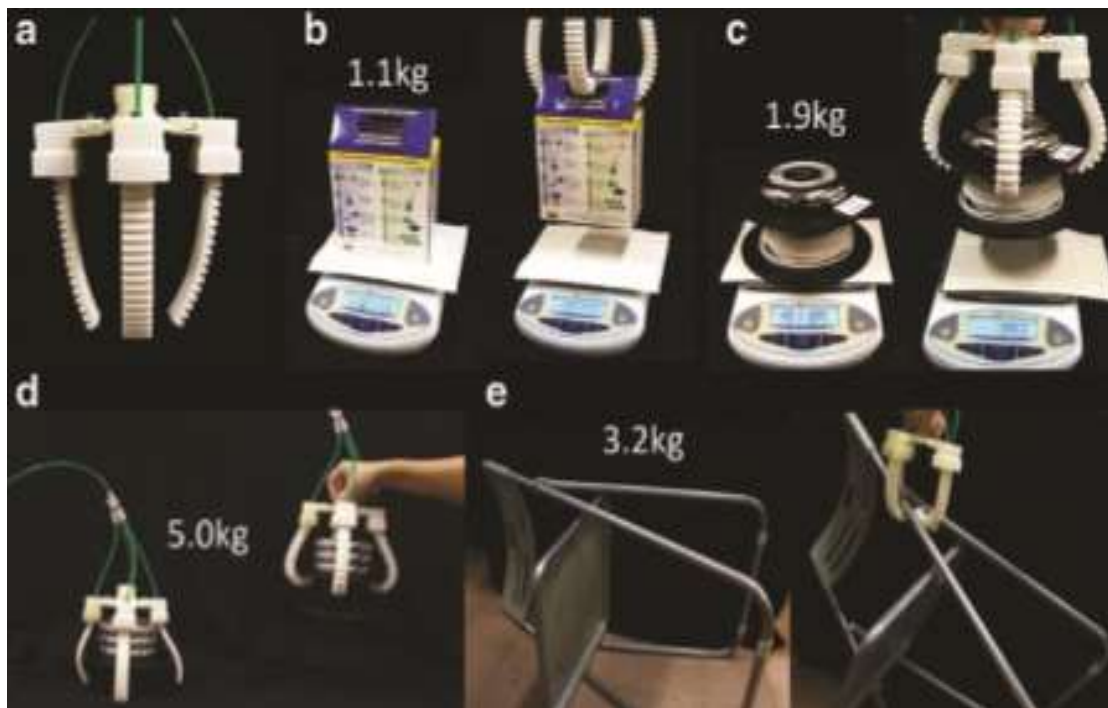


SOFT



前言 & 參考文獻 Abstract

軟性機器人技術是一個新興領域，機器人由柔軟且合規的組件製成。軟機器人因其新的功能範圍而受到了廣泛的關注，這些功能涉及到自由度和運動，而剛性機器人則無法實現。

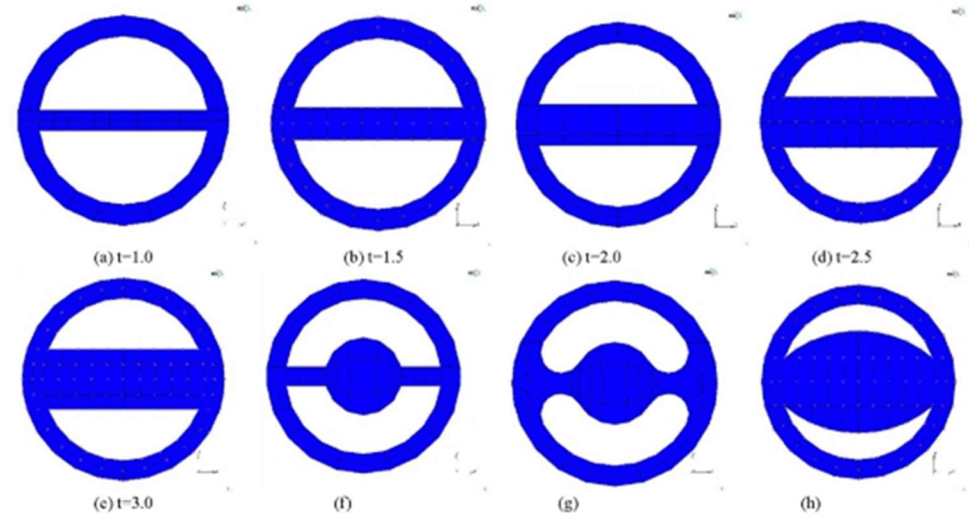
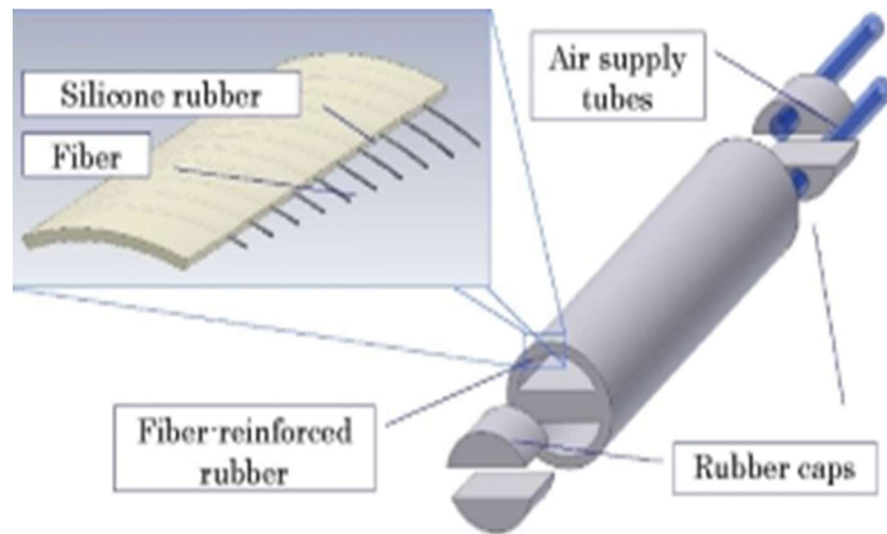


High-force soft printable pneumatics for soft robotic applications
HK Yap, HY Ng, CH Yeow - Soft Robotics, 2016



前言 & 參考文獻 Abstract

氣動橡膠執行器通常具有簡單的結構，高順應性，高功率/重量比和防水性，它們將成為諸如人支撐機器人，可穿戴動力輔助服，用於各種尺寸和形狀的各種工作的機器人手。它們由橡膠結構組成，該橡膠結構通常用纖維增強，並具有橡膠結構的一個或多個內部腔室。向腔室施加高氣壓會導致橡膠結構發生彈性變形，因此它可以用作促動器。



Suzumori, Koichi, et al. "A bending pneumatic rubber actuator realizing soft-bodied manta swimming robot." Proceedings 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation. IEEE, 2007.

前言 & 參考文獻 Abstract

MIT和BMW合作研發出3D列印彈性充氣材料

充氣材料意味著可完全定製汽車內飾：座椅可合併並可按照不同的方向膨脹；
還可以通過編程設置座椅的硬度或柔軟度，當然還可重新設計安全氣囊。





2

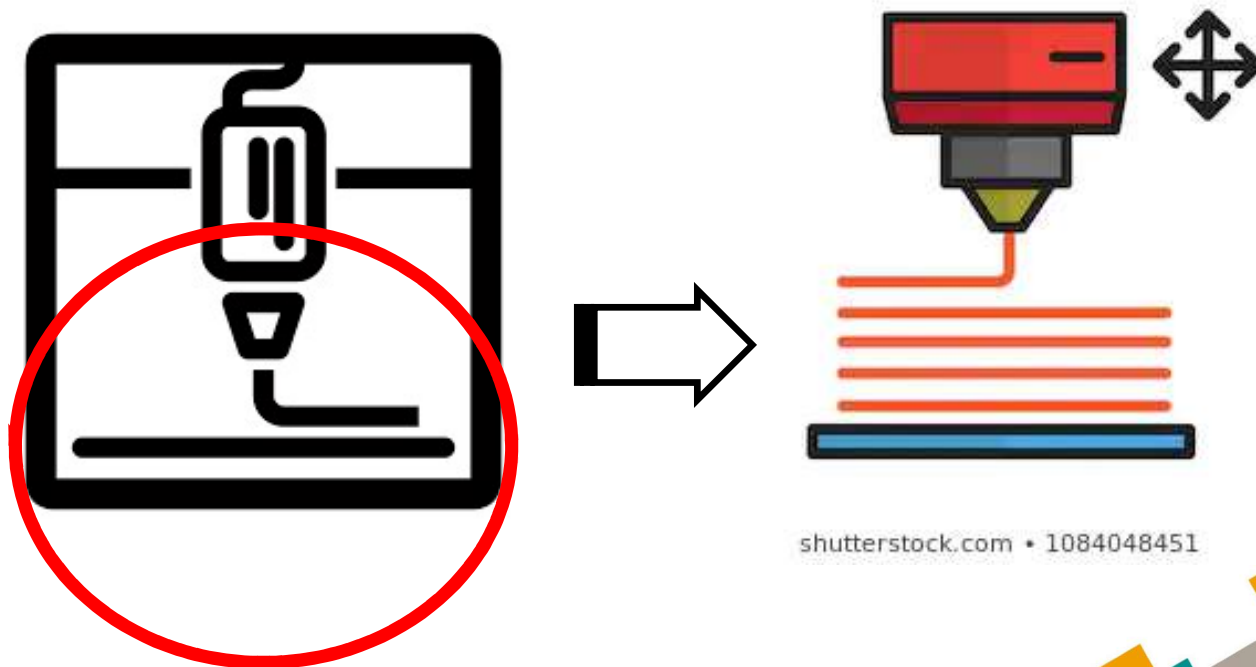
3D 列印與各材料介紹



3D 列印與各材料介紹

FDM(Fused Deposition Modeling，熔融沉積)。

FDM熔融層積成型技術是將絲狀的熱熔性材料加熱融化，同時三維噴頭在計算機的控制下，快速冷卻後形成一層截面。一層成型完成後，機器工作檯下降一個高度（即分層厚度）再成型下一層，直至形成整個實體造型。



3D 列印與各材料介紹

SLS(Selective Laser Sintering，粉末材料選擇性雷射燒結)。

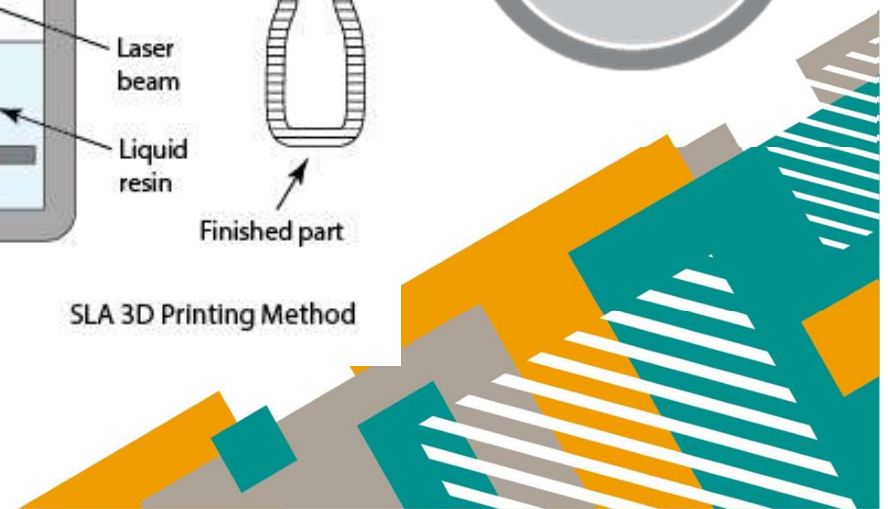
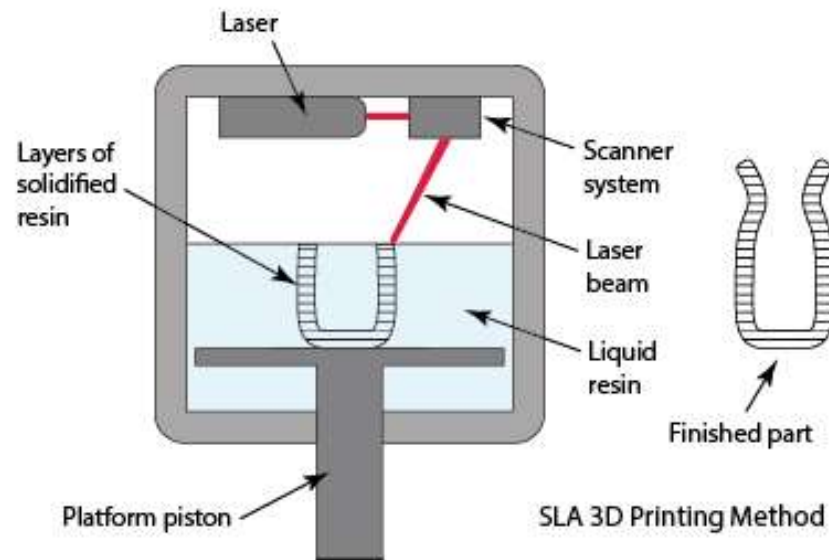
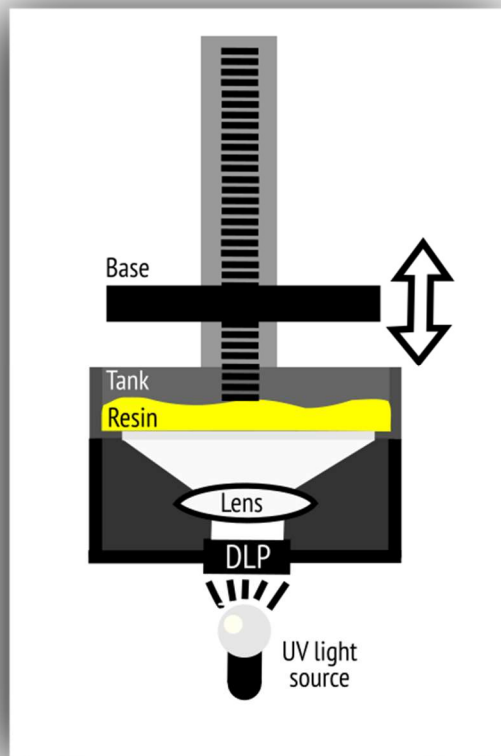
該技術採用鋪粉將一層粉末材料平鋪在已成型零件的上表面，並加熱至恰好低於該粉末燒結點的某一溫度，使粉末的溫度升到熔化點，進行燒結並與下面已成型的部分實現粘結。一層完成後，工作檯下降一層厚度，進行新一層截面的燒結，直至完成整個模型。



3D列印與各材料介紹

SLA(Stereo Lithography Apparatus，光敏樹脂選擇性固化)。

在液槽中充滿液態光敏樹脂，其在雷射器所發射的紫外雷射束照射下，會快速固化（SLA與SLS所用的雷射不同，SLA用的是紫外雷射，而SLS用的是紅外雷射）。在成型開始時，可升降工作檯處於液面以下，剛好一個截面層厚的高度。再固化另一層截面。這樣層層疊加構成建構三維實體。



3D列印與各材料介紹

PLA (Polylactic Acid)

PLA 3D打印材料由玉米為主的材料所製成，是其中一款最為廣泛使用的3D打印材料之一，較有光澤，收縮率低。



ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)

用ABS打印出來的物件比較為啞色。ABS亦頗為堅固，較強的韌性，所以即使承受某一個壓力會彎曲而不會脆，適合機械部件例如齒輪。



3D列印與各材料介紹

熱塑性彈性體 (TPE)

顧名思義是具有橡膠質量的塑料，這得它們非常有韌性與耐久性。因此，TPE通常存在於汽車零件、家用電器和醫療用品中

熱塑性聚氨酯 (TPU)

是一種特殊的軟材，它是一種受歡迎的3D列印線材。與通用的TPE相比，TPU的稍微比較硬一些，因而使其更容易列印。

熱塑性共聚酯 (TPC)

是另一種軟材，而TPC的主要優點是其耐化學與紫外線暴露的耐受性更高而且也很耐熱（高達 150°C ）。





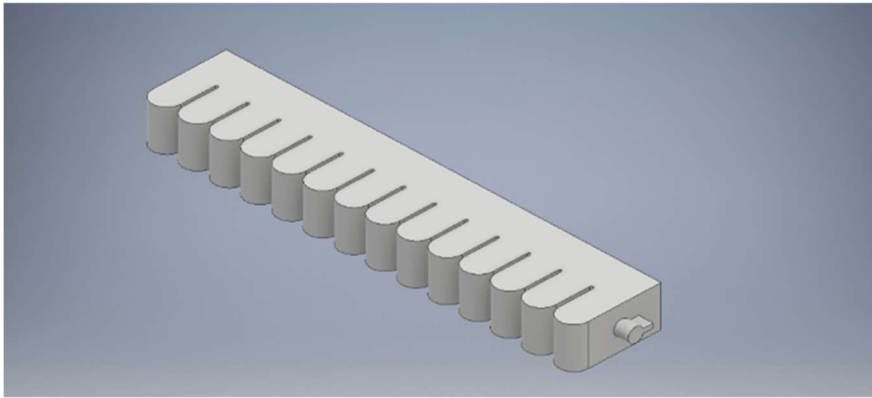
3

研究開發步驟



Step 1. 電腦輔助設計 (CAD) 模型

研究開發步驟

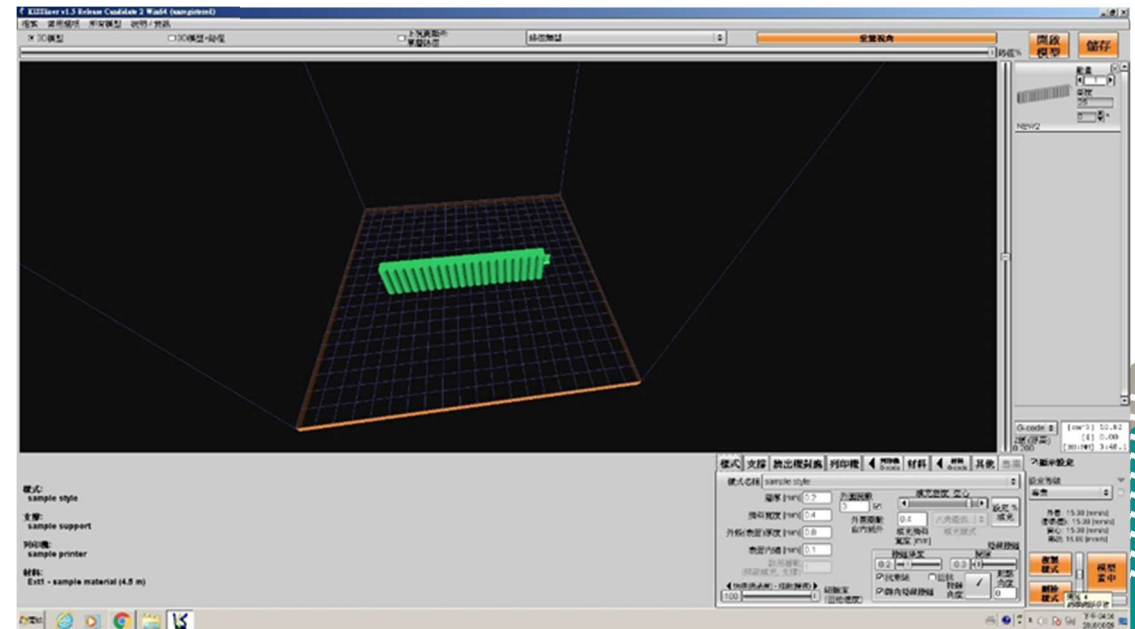
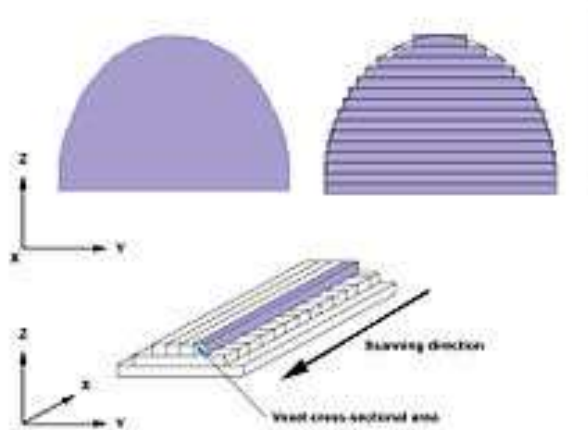


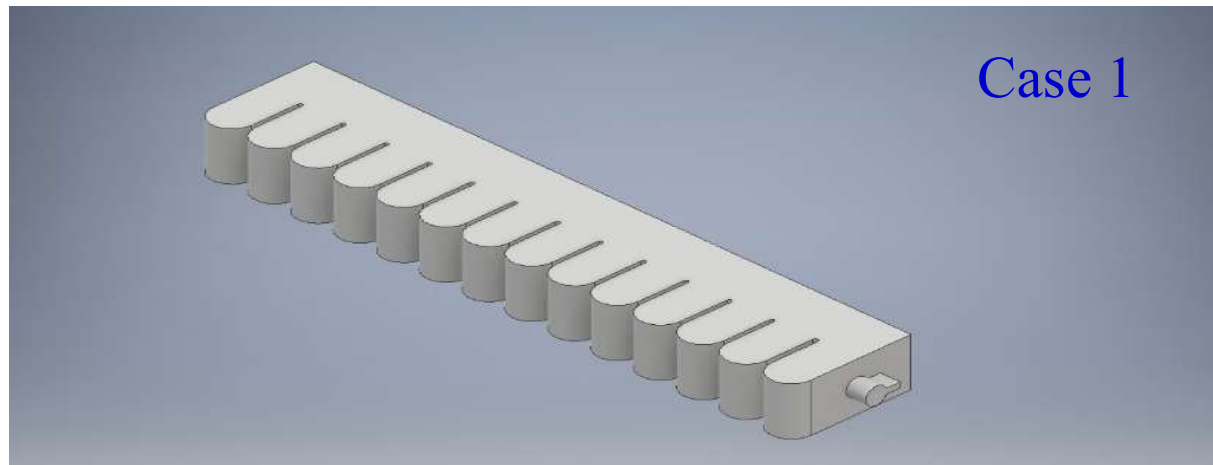
- 3D列印模型可以使用電腦輔助設計軟體生成，轉換成*.STL副檔名。



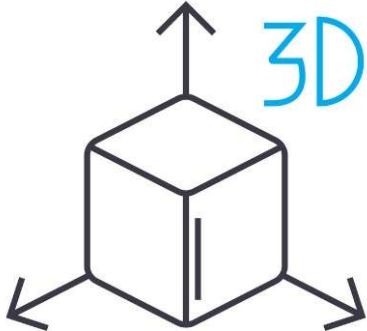
Step 2. 3D Print切片模型軟體

- 3D切片軟體，匯入*.STL，即可生成的3D模型（通常為.skp、.dae、.3ds或其它格式）

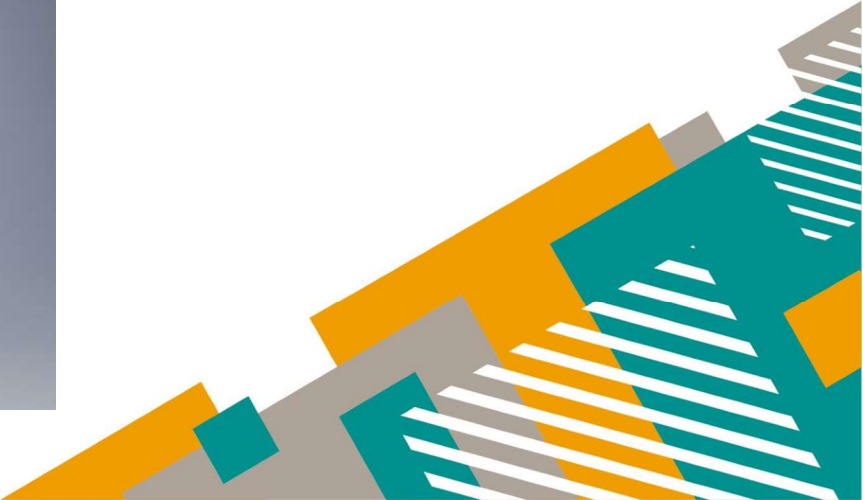
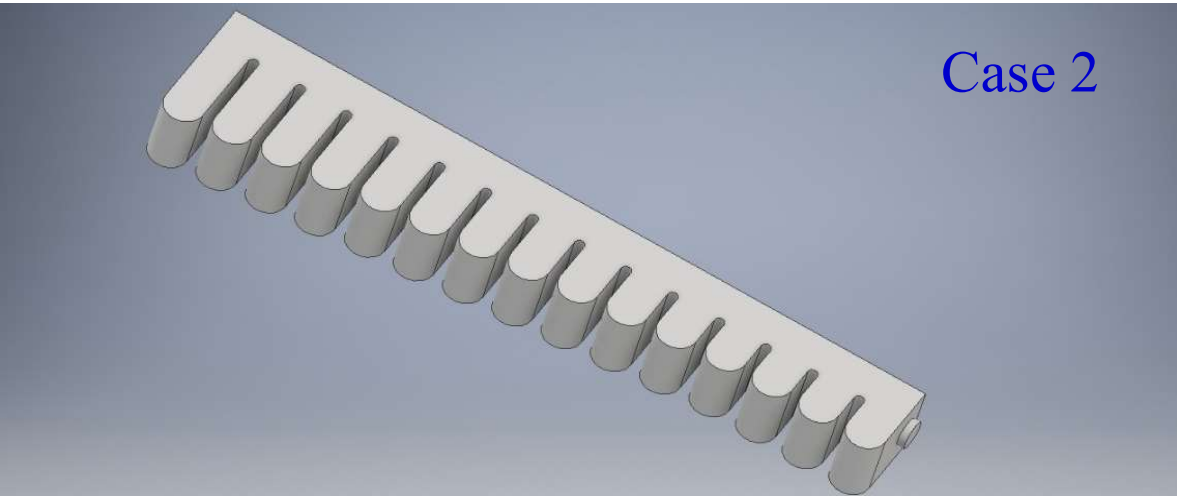
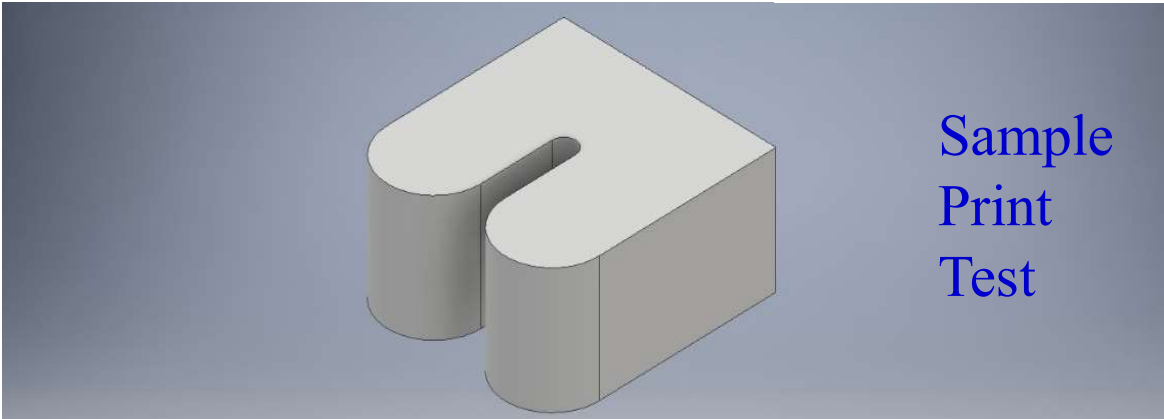




研究開發步驟

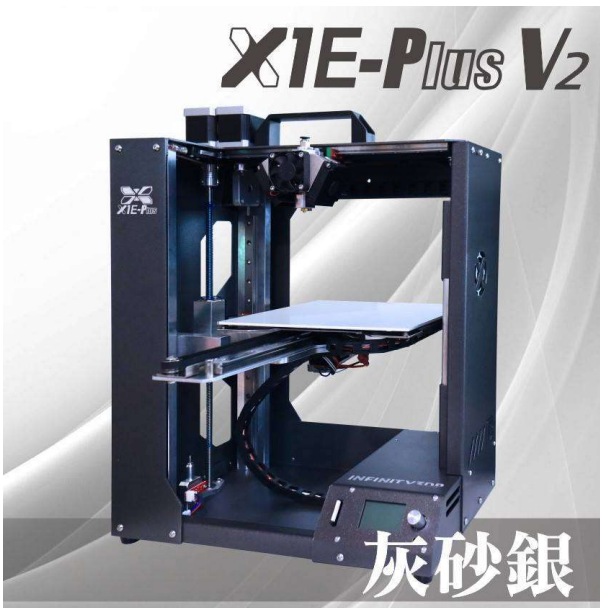
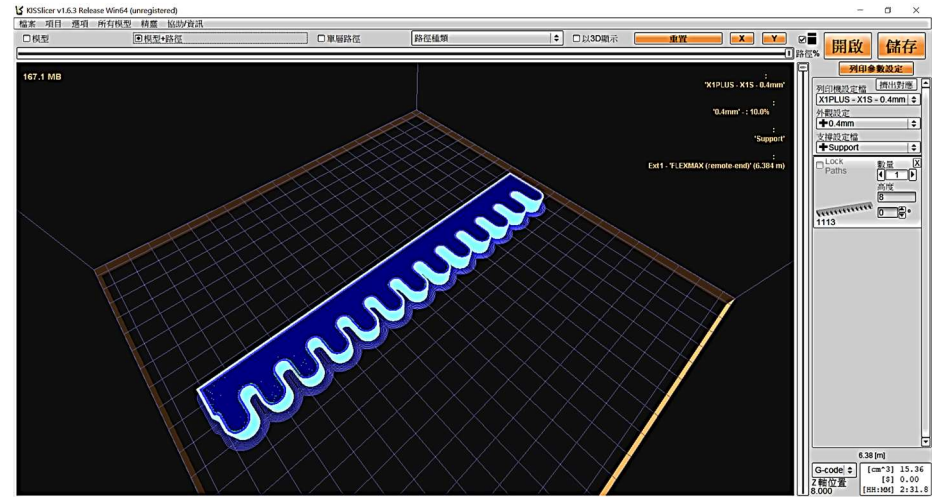
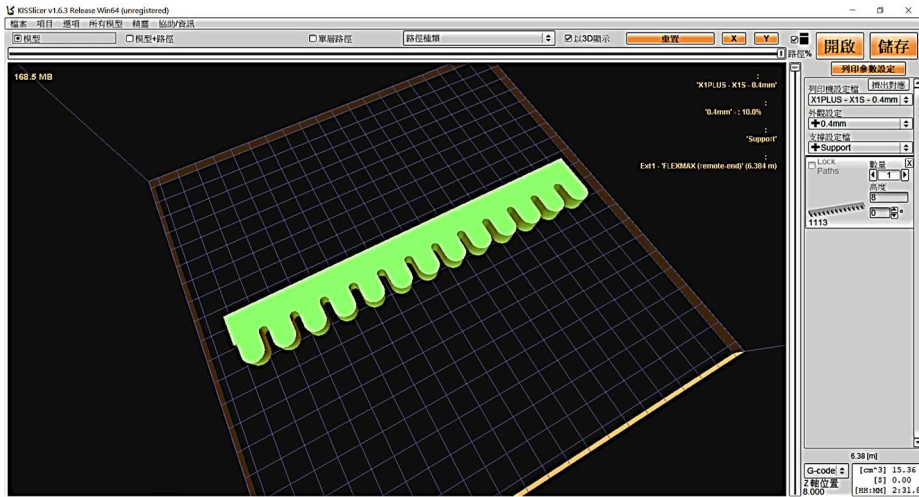


3D 繪圖
軟體建模

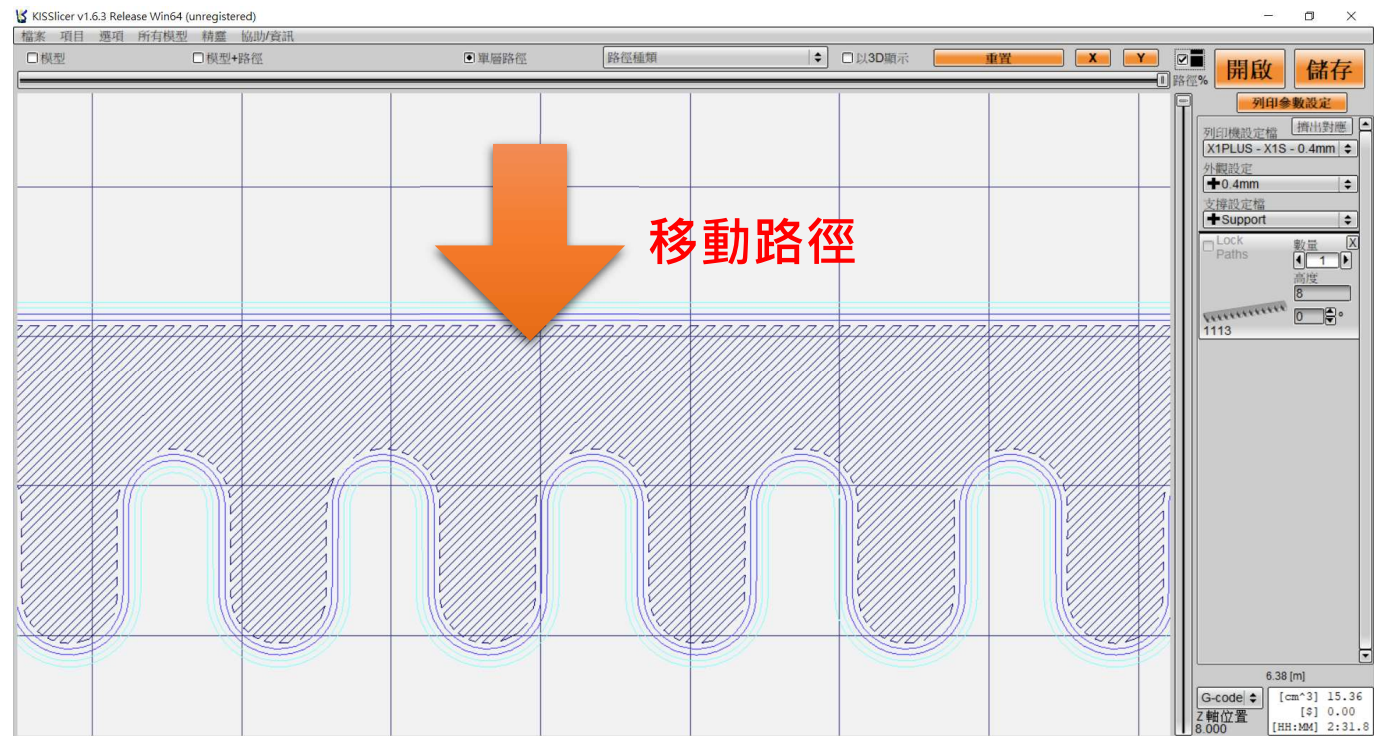


3D列印機介紹&切片軟體(KISSlicer)

研究開發步驟



INFINITY3DP 元力智庫有限公司
X1E-Plus V2



研究開發步驟

Ultimaker TPU 95A - White 白色

適合工業應用的TPU 95A（熱塑性聚氨酯）線材，特性介於橡膠與塑膠中間。TPU 95A是半柔性且耐化學性的材料，具有較強的層間結合力。此外，它也比其他的TPU材料更容易進行列印且能列印得更快。

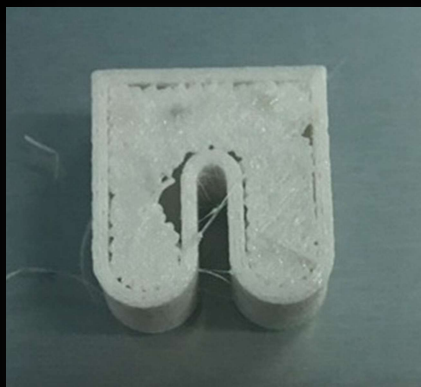


Filament	Shore A Hardness:	Density:	Print temps:	Chemical Resistance:	Abrasion Resistance:	Shrinkage:
TPE	85A (very soft)	1.20g/cm ³	210-230C HB~50C	Med	Med-Low	1.2 - 3.0%
TPU	94A (pretty soft)	1.21g/cm ³	210-230C HB~50C	Med-High	High	0.8 - 1.6%

各參數與其成品 (Fail)

研究開發步驟

Case 1-
移動速度
過快



Case 2-溫度設定過高



外觀 支撐 擠出機 列印機 線材 雜項 專業版

外觀名稱 +0.4mm 2019-03-21 17:03:24

擠料寬度[mm] 0.4 輪廓圈數 5 輪廓列印順序 外>內

輪廓頂底[mm] 1 填充百分比 填充: 中空

層厚精細度設定[mm] 縫隙補償[mm] 0

固定層厚 0.2 最大 0 首層 0.2 0.4 圓角

偏移門檻(下方 -0 上方 -0 共用設定) 填充擠出 填充類型

表面收縮 [mm] 0 推疊層數 (填充支持) 1 縫線深度[mm] 0.1 分佈角度° 0 縫線方向

縫線間距[mm] 0.0 縫線方向 完整 連接內圈

高速 100 低速 精細度 vs 列印速度

Case 3-縫隙移動間距過大



外觀 支撐 擠出機 列印機 線材 雜項 專業版

線材名稱 Ext1 - FLEXMAX (remote-end) 2019-03-21 16 顏色

線徑[mm] 1.75 列印線材溫度設定

主要 225 首層 225 保溫 10 熱床 60 熱箱 0

預載彈性[us] 0 預擠速度 50 移動Z抬高 0 流量調節 預熱

回抽/抹料設定 冷卻風力設定 流量微調 1 預先

回抽長度 2.5 輪廓 10 最小 [mm³/s] 0.1 最大 [mm³/s] 5 風量 [mm³/s] 5 成本計算

回抽速度 50 內部 10 風量 [mm³/s] 5 0

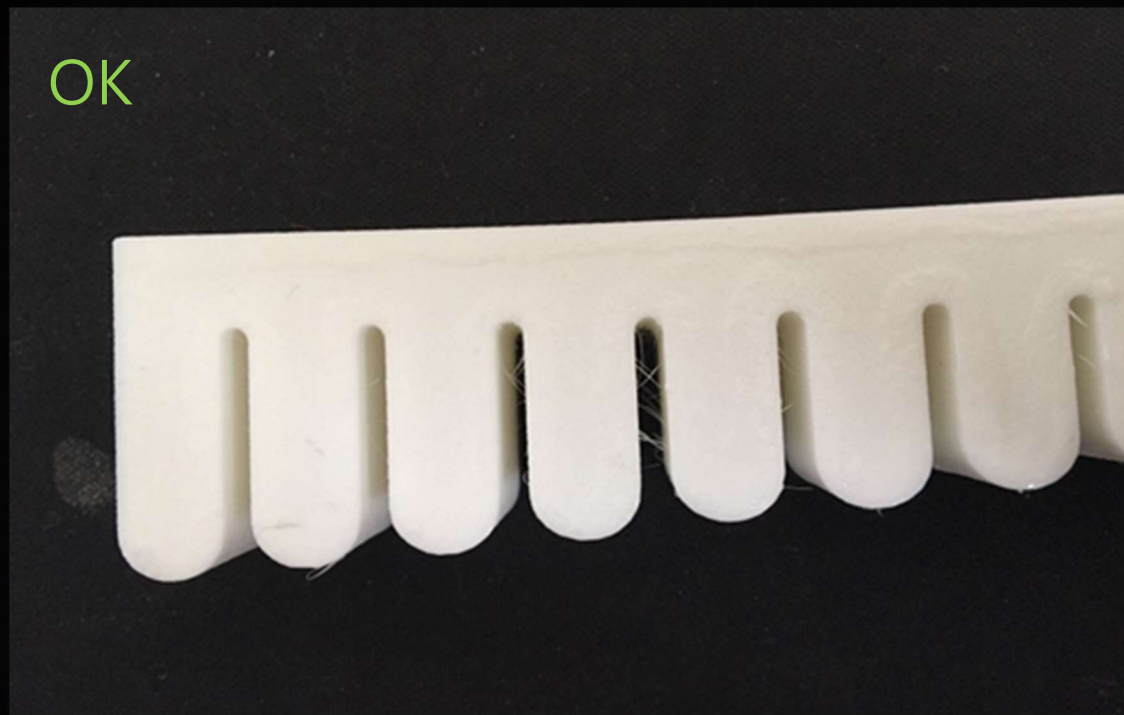
抹料長度 0 減速 10 風量 [mm³/s] 5 0

抹料觸發距離 0 啟動高度 0.8 三軸收縮比例校正

回抽觸發距離 15 單層限時[s] 5 %x 0.03 %y 0 %z 0

各參數與其成品 (success)

研究開發步驟





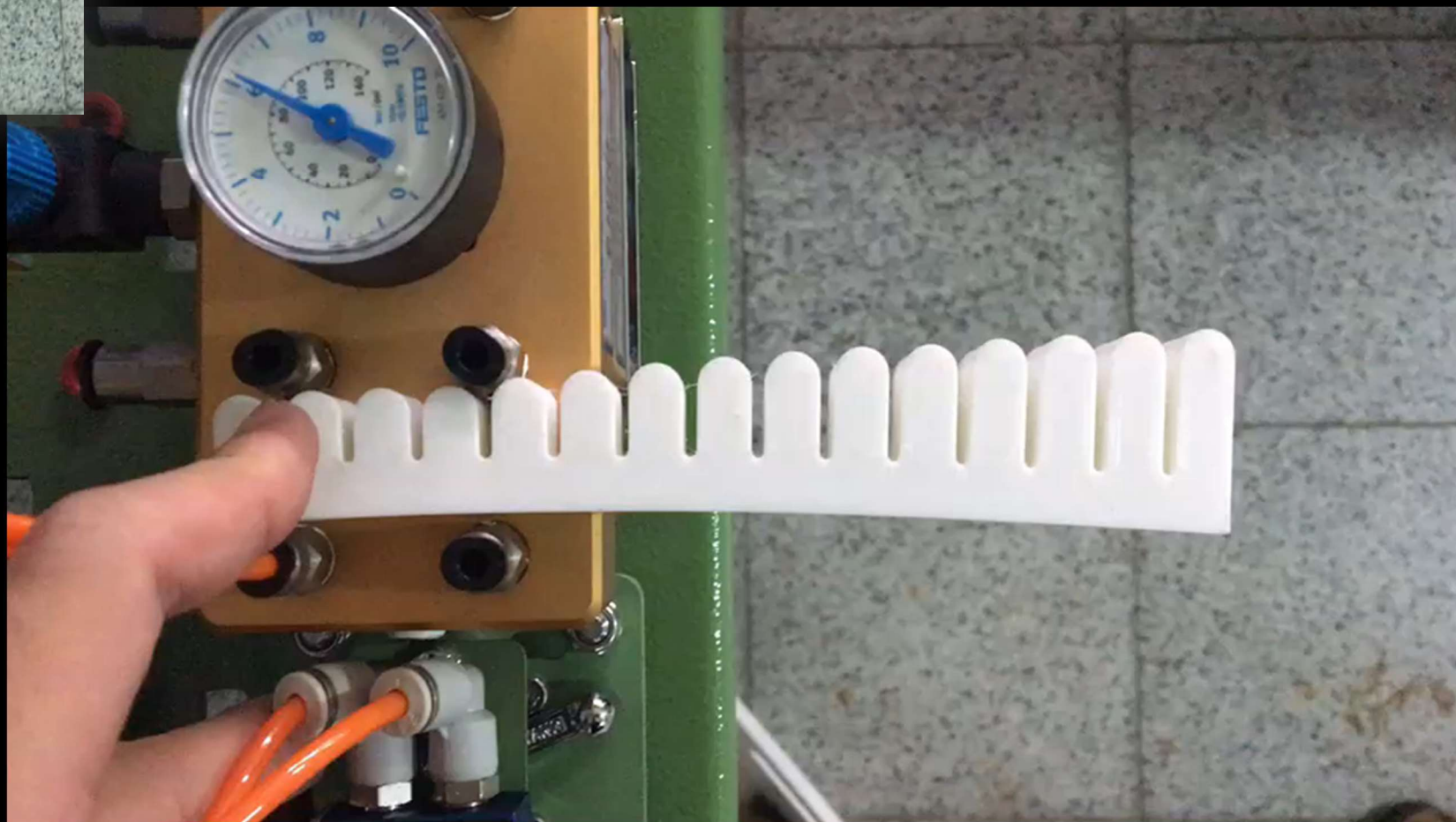
5

實驗測試結果



實驗測試結果

供應氣壓 6 bar - 些許間隙洩氣



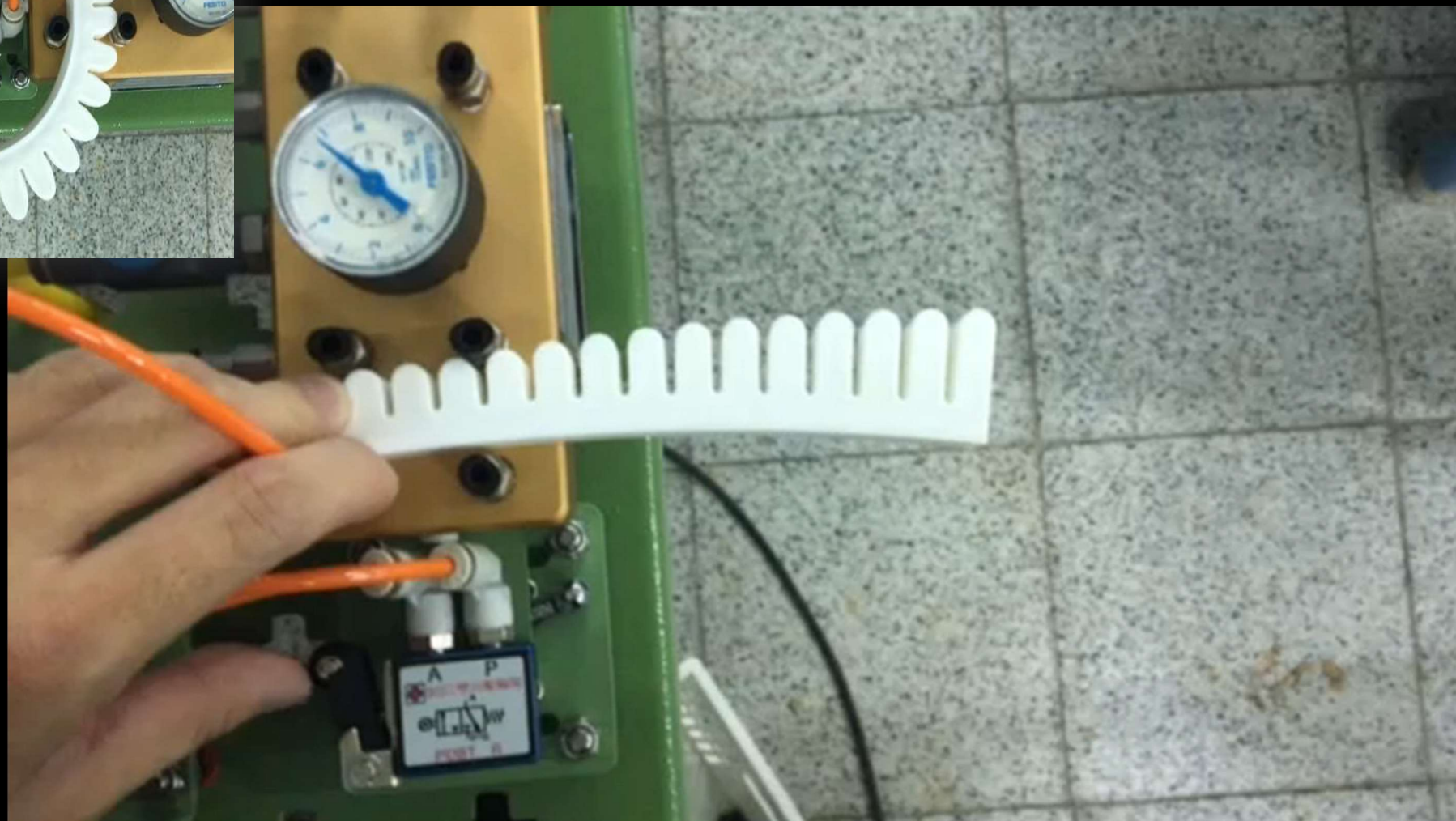
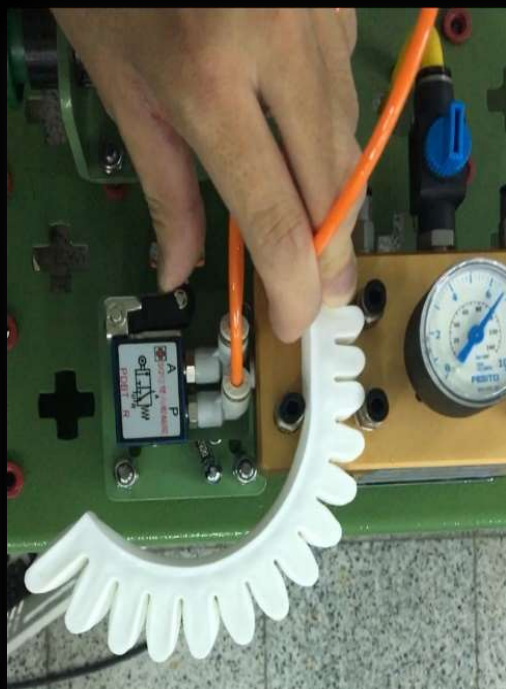
實驗測試結果

供應氣壓 6.5 bar - 些許間隙洩氣



實驗測試結果

供應氣壓 6.5 bar - 填補縫隙



軟性手臂控制元件介紹

實驗測試結果



NI USB-6211

16 AI (16 位元, 250 kS/s), 2 AO (250 kS/s), 4 DI, 4 個 DO USB 多功能 I/O 介面卡



SMC Proportional pressure valve(比例壓力閥)

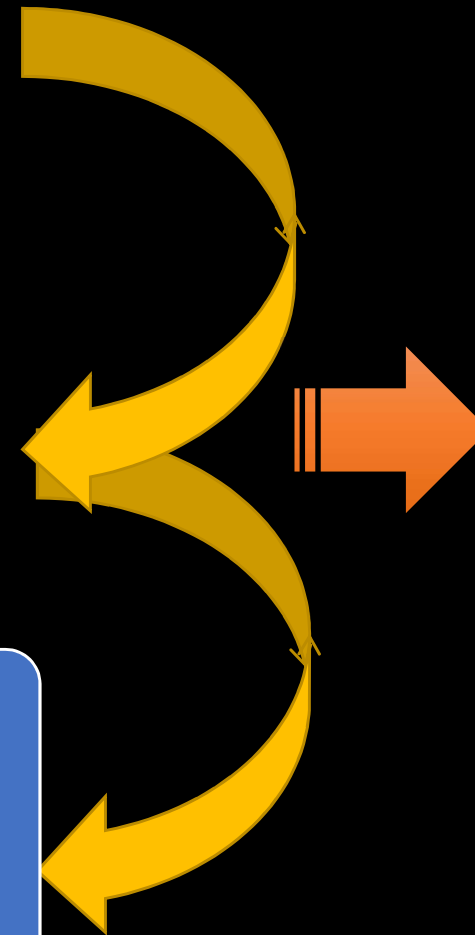


MB090

彎曲感測器

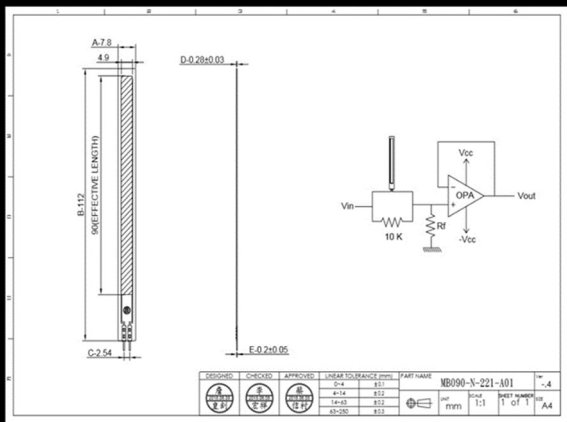
使用角度範圍: 0~180

軟性氣壓致動器

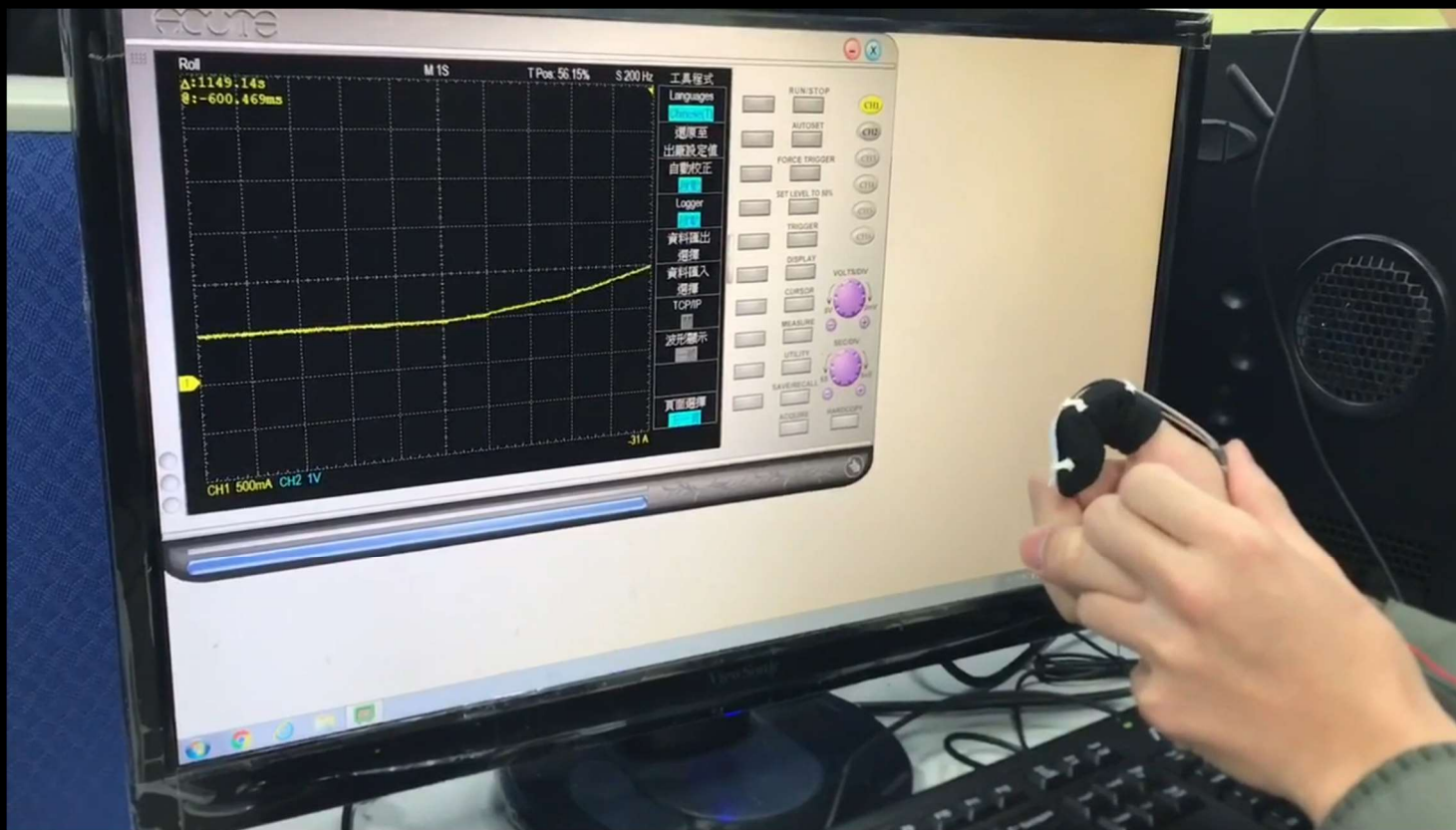


實驗測試結果

彎曲感測元件為艾華開發的專利產品，能夠依據不同的彎曲程度，回饋對應的電阻訊號輸出，可應用於復健器材、電玩手套和智能機器人等多項產業。

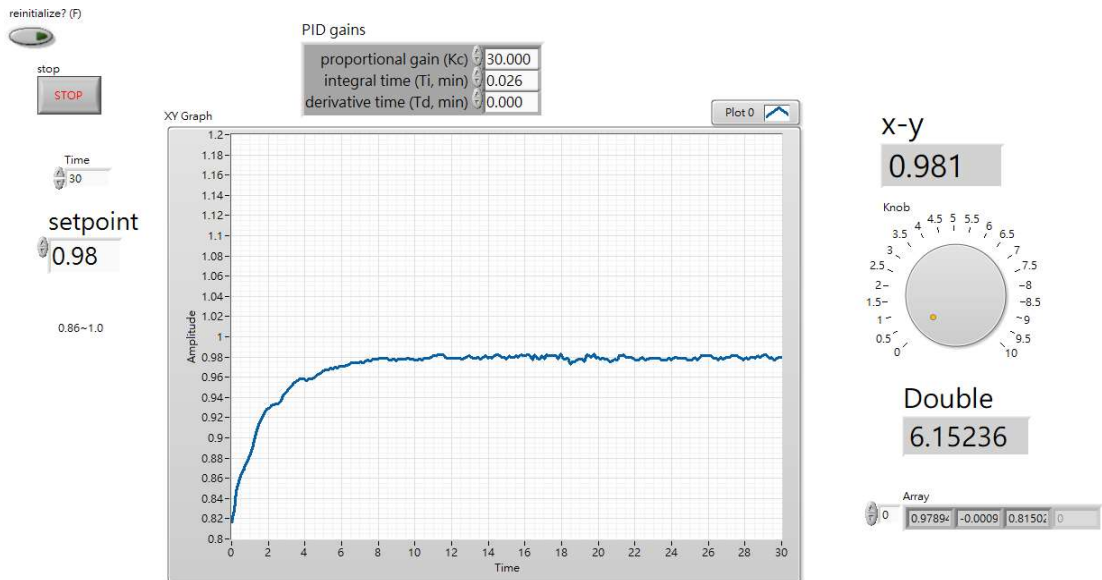


資料來源: 台灣艾華電子公司

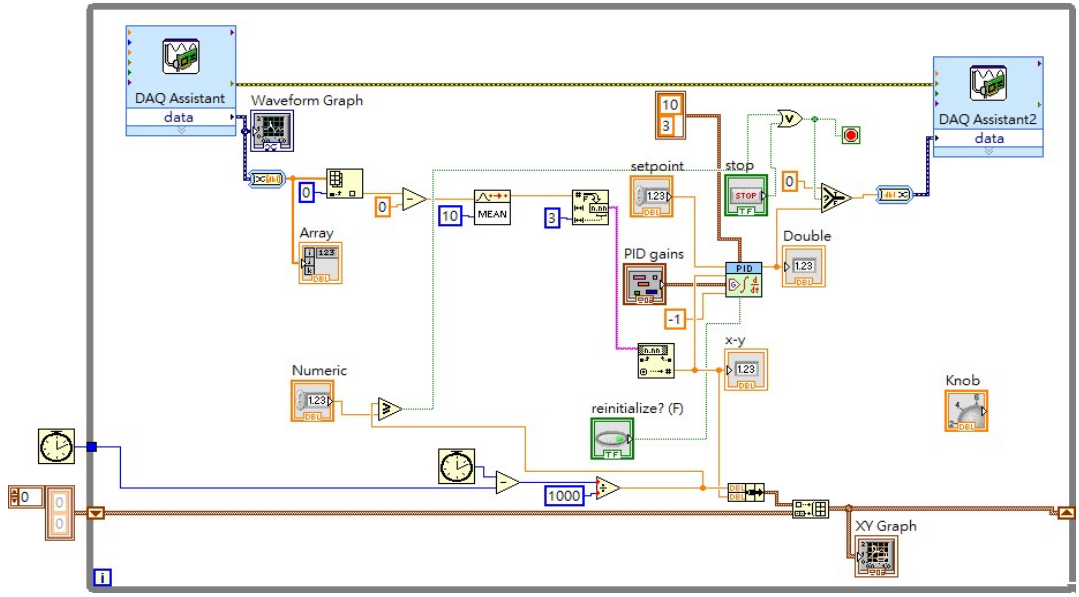
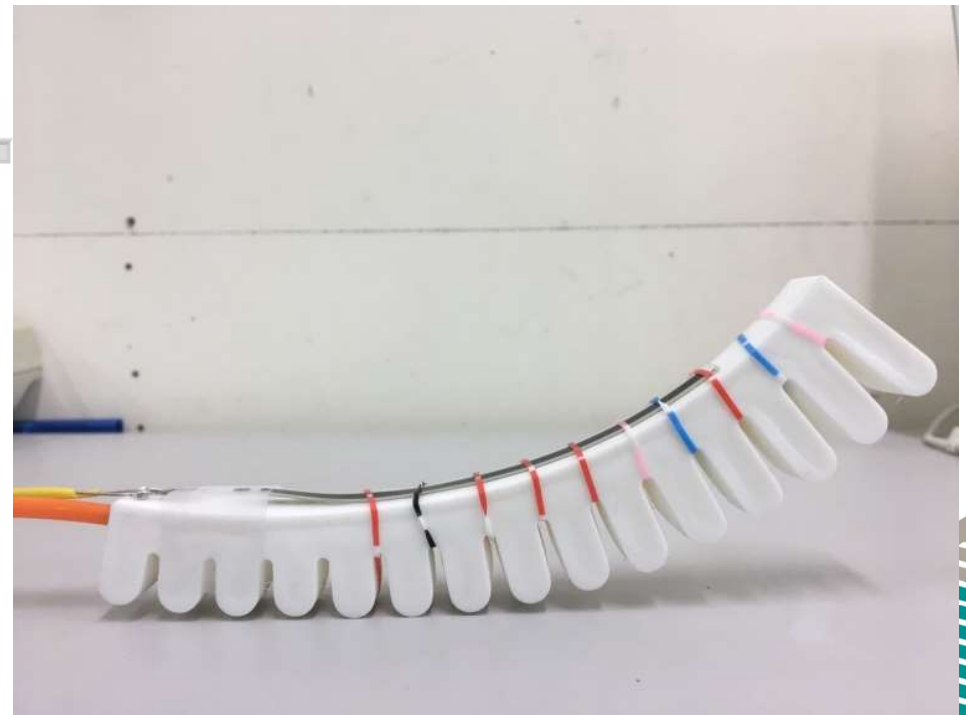


NI LabVIEW 控制程式

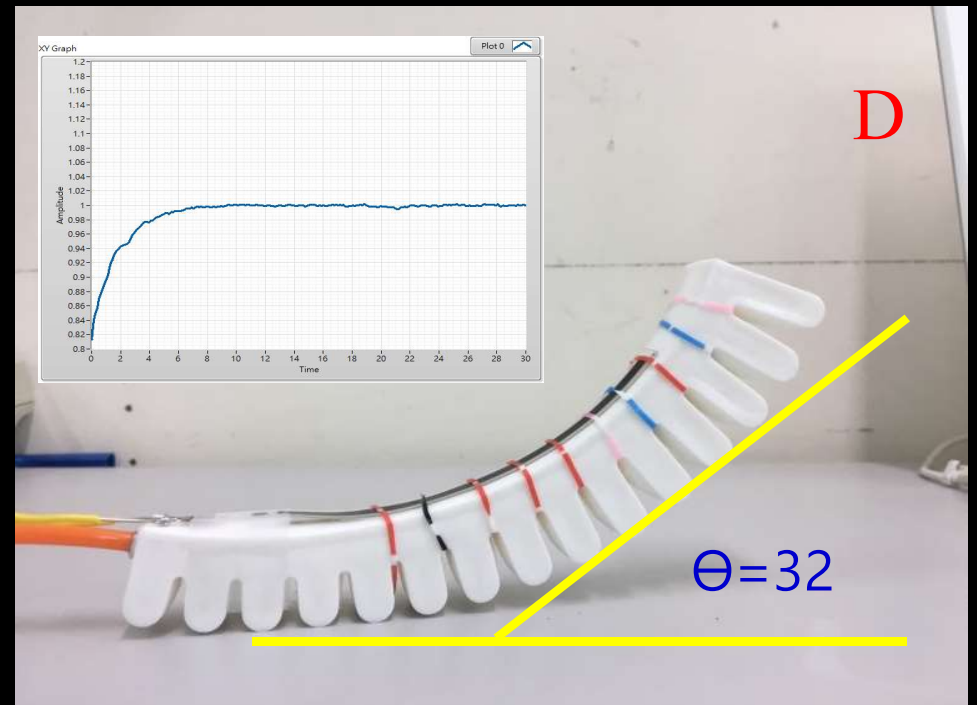
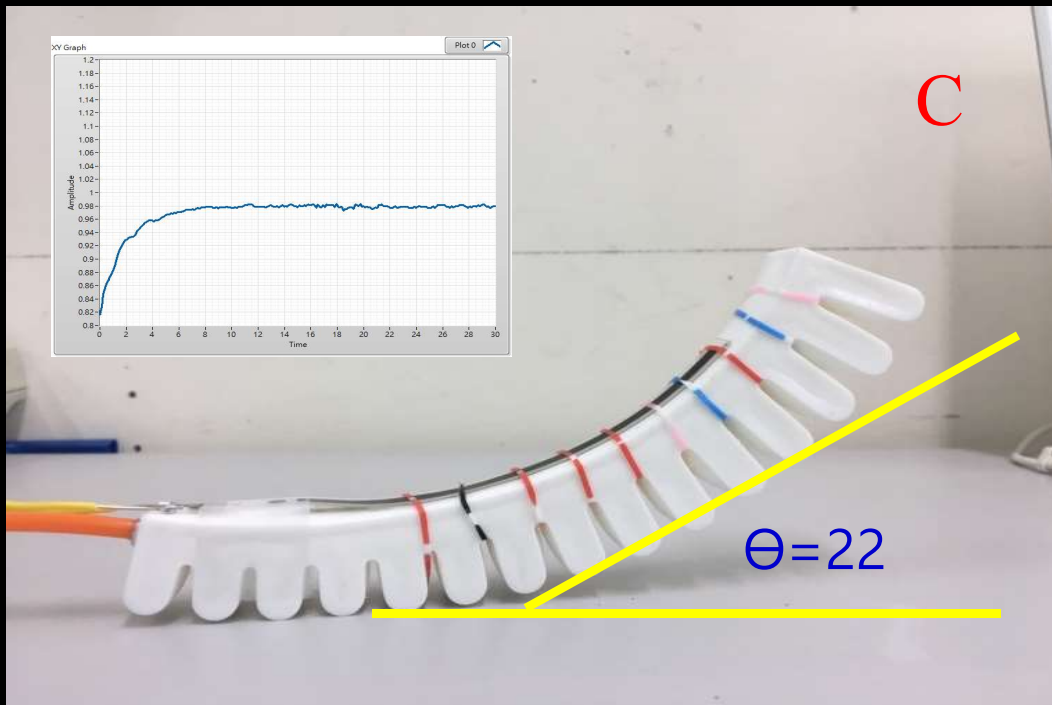
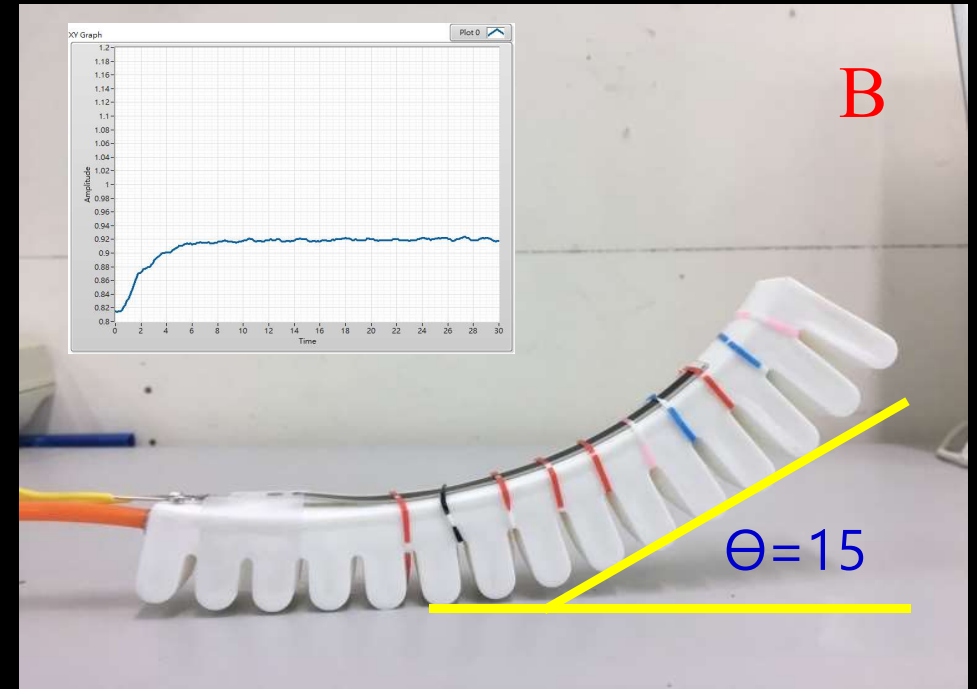
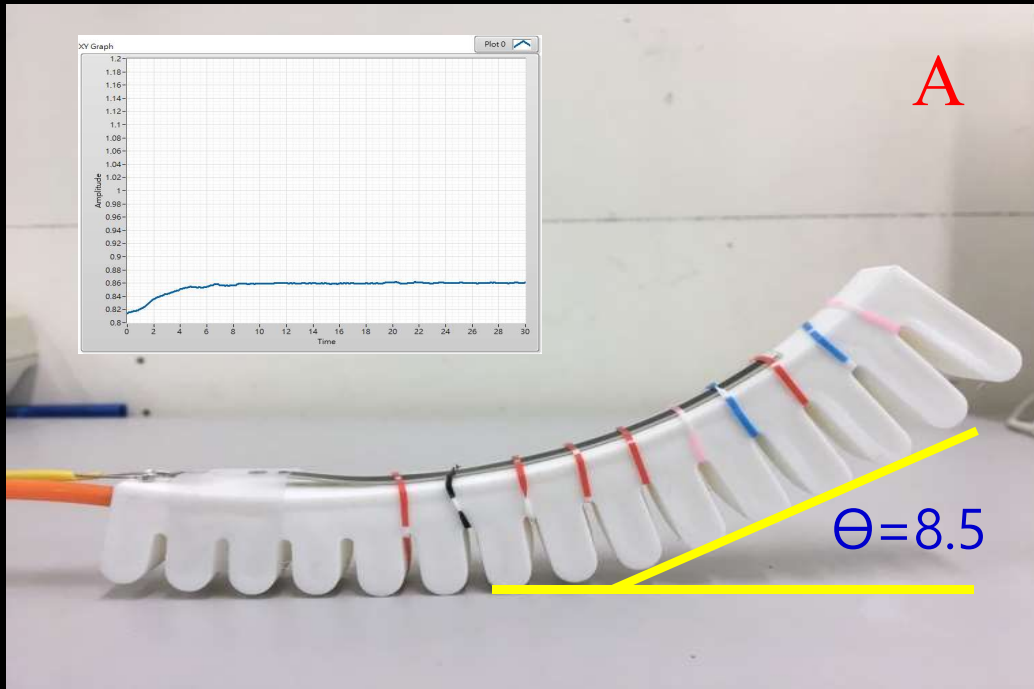
實驗測試結果



實際彎曲結果

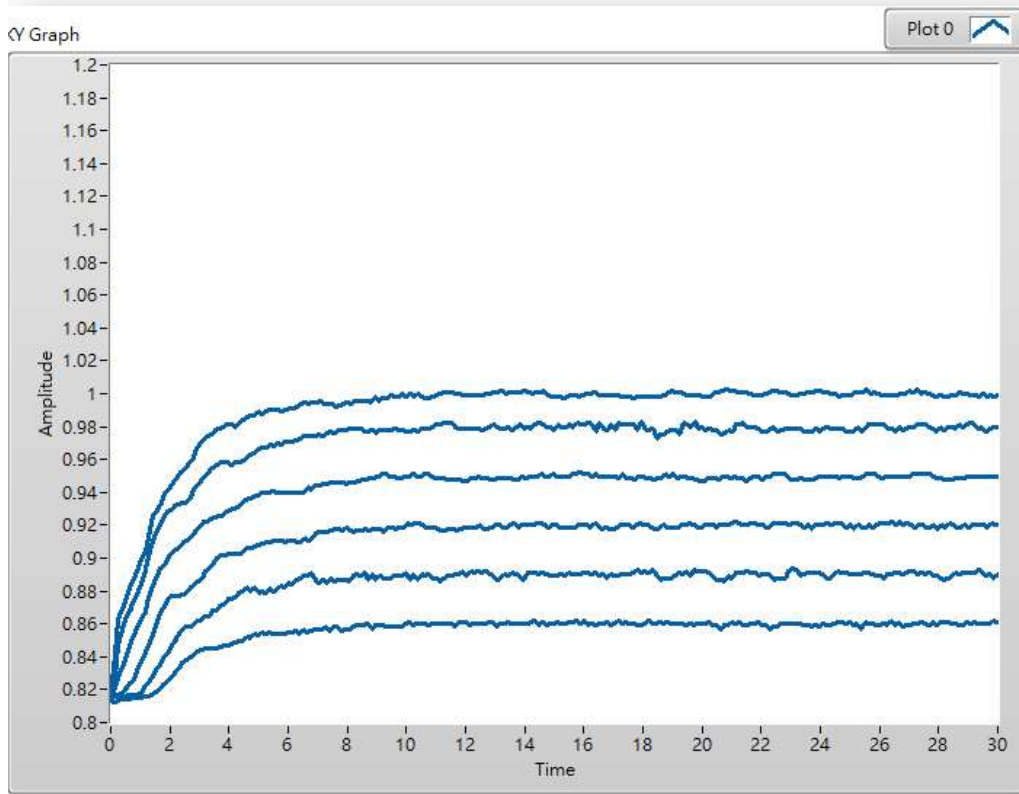


實驗測試結果



實驗測試結果

將所有數據圖片依序重疊擺放，可以明顯看出各種彎曲度的變化曲線以及實體的狀況。





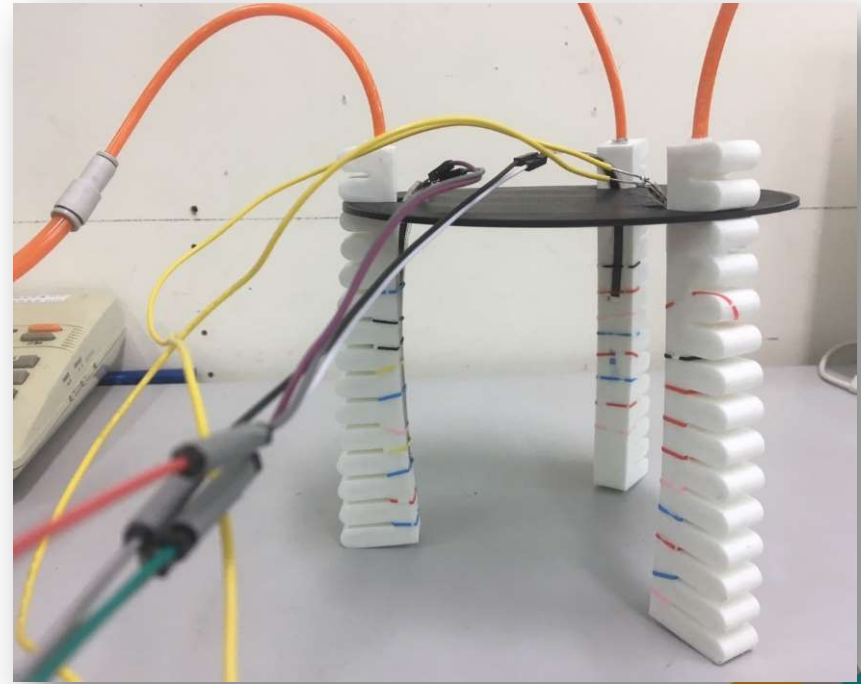
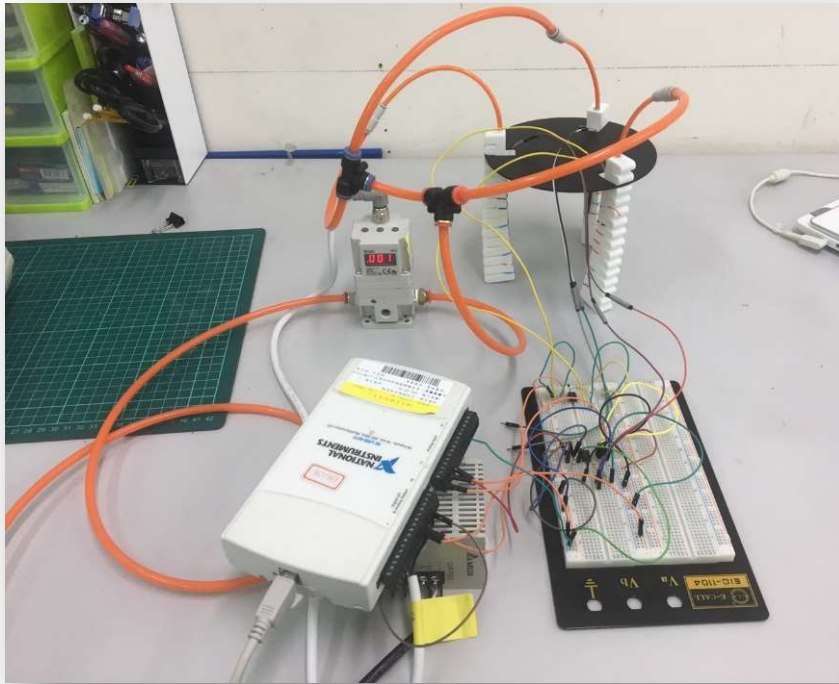
6

結論



結論

- 成功開發利用3D列印機，自製軟性氣壓手臂。
- 加以組合成為可抓取物件的治具，藉以保護抓取物件。
- 可同時測量三隻手臂彎曲度，也可以同時發揮手臂抓取物件的功能。
- 未來可將感應器嵌入於軟性氣壓手臂，使其更穩固。





Thank You
For Your Attention.