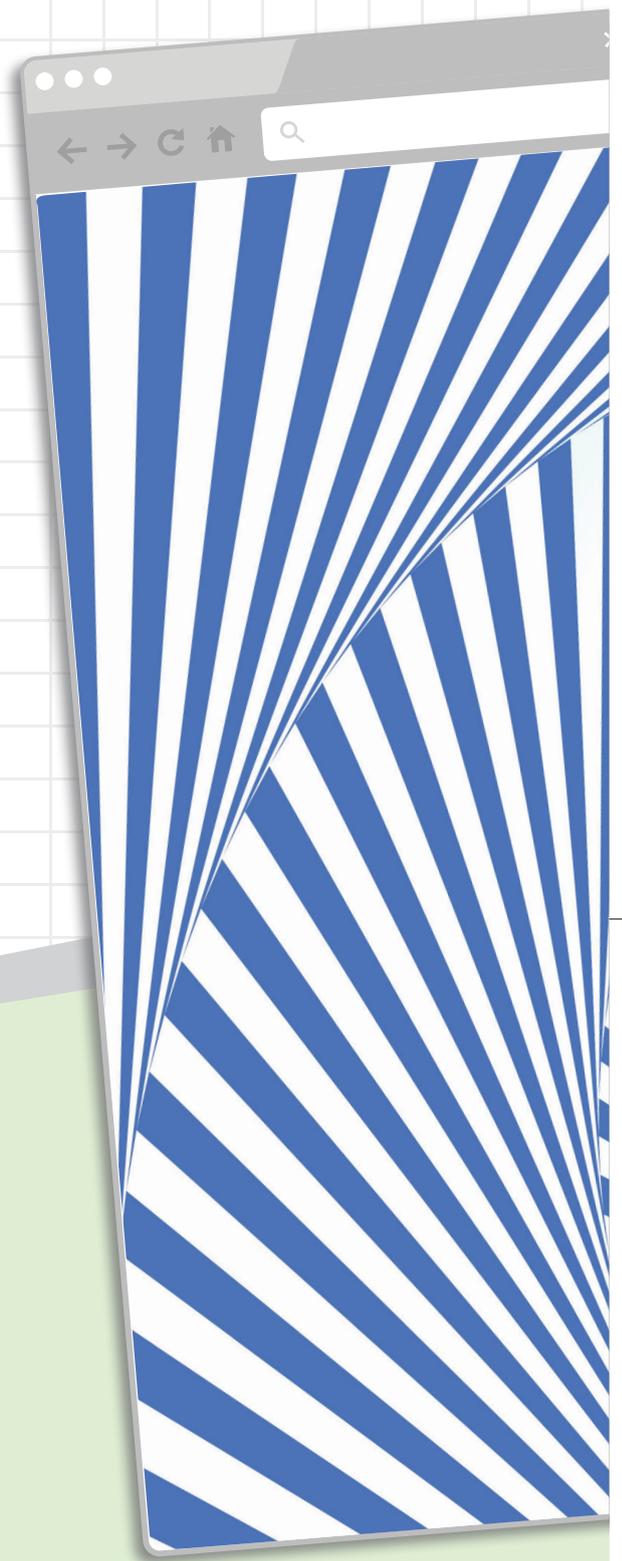


2

模組化程式 ——幾何藝術家



本章概念

- 2-1 正多邊形小畫家 P.24
觀察幾何圖形的規律與特徵、
使用重複結構
- 2-2 有趣的幾何圖形 P.30
使用雙層重複結構、
使用「函式積木」功能

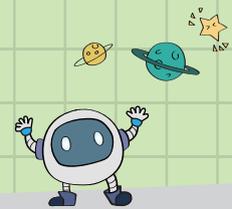


早在古希臘時期，數學家們就在思考如何使用沒有刻度的直尺和圓規畫出正多邊形。經過大量研究，發現要畫出正偶數邊形（正四、六、八邊形…）不算困難，但想畫出正三、五、十五邊形之外的正奇數邊形，幾乎是不可能的任務。一直到兩千多年後，才由當時僅19歲的德國天才數學家高斯（Johann Carl Friedrich Gauss, 西元1777~1855年）畫出正十七邊形。



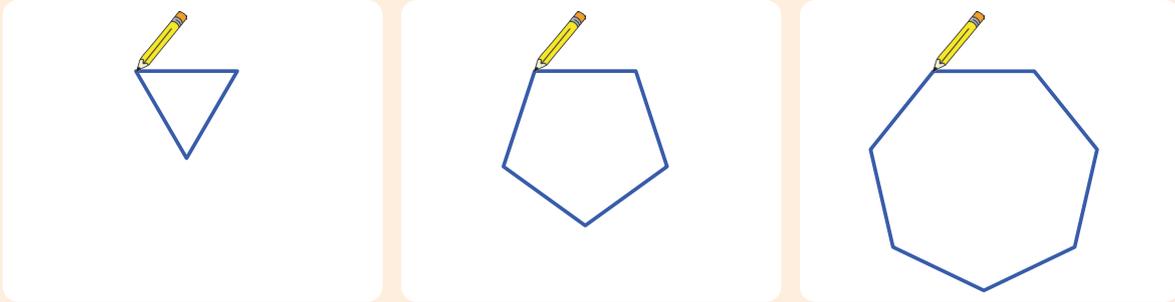
2-1

正多邊形小畫家



任務說明

現在，我們要利用 Scratch 來繪製正多邊形。請播放範例影片 [正多邊形小畫家.mp4](#)，觀察程式的執行情形，一起用 Scratch 來完成程式吧！



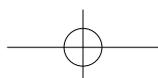
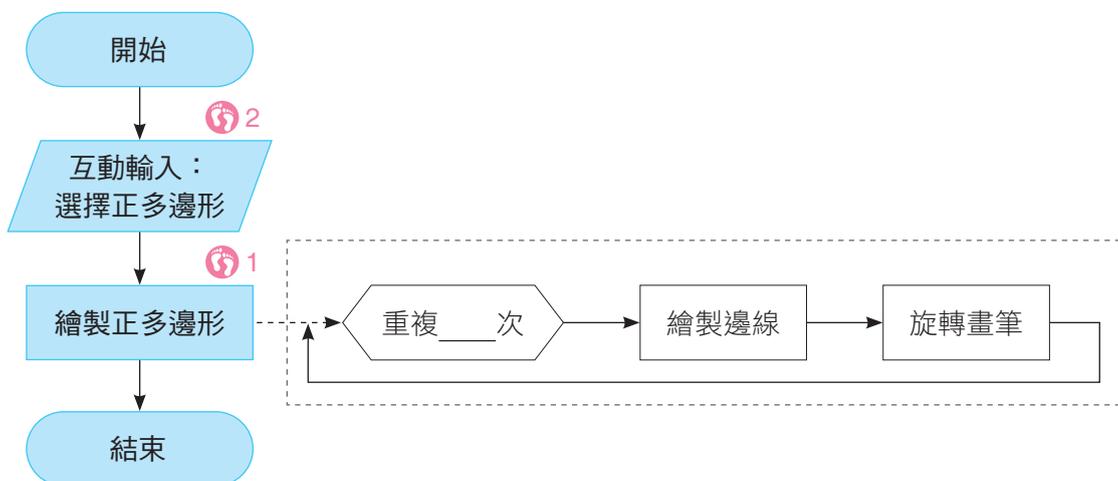
↓ 檔案 2-1 下載方式請見 P.3

【程式摘要】

1. 按下綠旗後，程式詢問「要畫出正幾邊形？」並等待使用者輸入。
2. 以鉛筆為角色，依照輸入的邊數繪製正多邊形。

題目解析流程

搭配【逐步解析】說明



在這一節中，我們將利用「控制類」的「重複結構」搭配畫筆功能來繪製正多邊形，並利用互動功能，讓使用者可以自行決定要畫出幾邊形。



學習目標

1. 觀察幾何圖形的規律與特徵。
2. 使用重複結構。



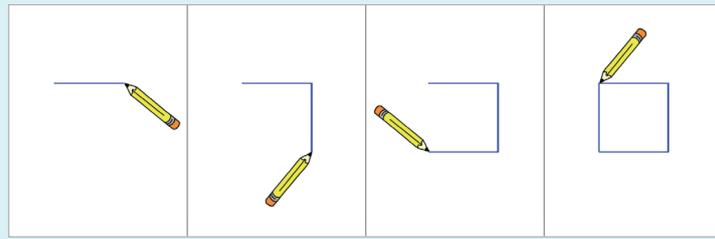
逐步解析

繪製正多邊形：以正四邊形為例

新建專案

請撰寫一個可以畫出正四邊形的程式，條件為：

1. 以鉛筆為角色繪圖。
2. 起始坐標為 (0,0)。
3. 各邊長均為 100 點。



問題思考

Q1

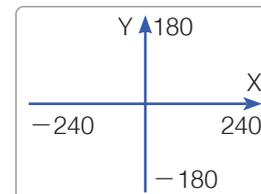
設定
鉛筆畫線

Q2

畫出
正四邊形

小叮嚀

Scratch 的坐標系統以舞臺中央為原點 (0, 0)，X 軸介於 -240 ~ 240，Y 軸介於 -180 ~ 180。



解題分析

Q1

設定
鉛筆畫線

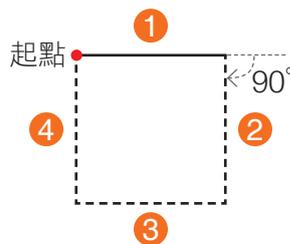
- (1) 新增角色：鉛筆。
- (2) 畫線：角色移動 + 「畫筆類」功能。
- (3) 筆跡從筆尖畫出：調整角色的造型中心位置。



Q2

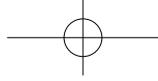
畫出
正四邊形

畫出正四邊形的方式：



- 1 移動 100 點 + 右轉 90°
- 2 移動 100 點 + 右轉 90°
- 3 移動 100 點 + 右轉 90°
- 4 移動 100 點 + 右轉 90°





【參考程式】

```

01 當 旗 被點擊
02 定位到 x: 0 y: 0
03 面朝 90 度
04 筆跡全部清除
05 下筆 Q1
06 重複 4 次
07 移動 100 點
08 右轉 90 度
09 停筆

```

初始狀態設定

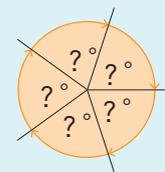
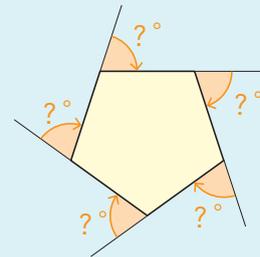
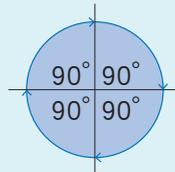
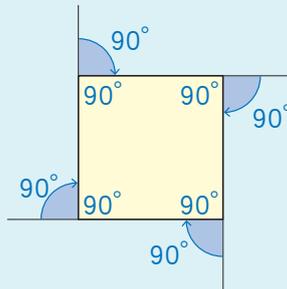
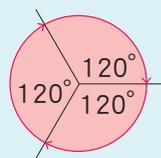
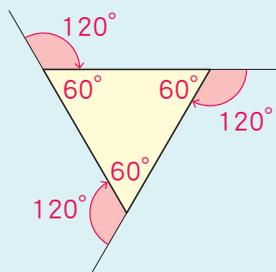
在撰寫程式時，養成「初始狀態設定」的習慣（例如程式中的第 02 ~ 04 行），可以減少程式發生意外錯誤的機會，並確保每次執行的結果是相同的。

其中第 03 行設定角色的起始方向 **面朝 90 度**。雖然 Scratch 角色本來就是預設面向 90°，但在撰寫程式與測試過程中，程式可能不正常中止，當下次再重新執行時，角色就會以最後終止的方向作為起始方向，造成執行結果改變。因此撰寫程式時，利用程式來進行初始方向的設定，是較好的作法。

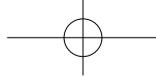


手腦並用

- 試試看，若想將程式修改成畫出正三角形，上圖程式要修改哪些地方？
- 請觀察下圖，試推測：
 - 畫完一個正多邊形，角色總共會轉動幾度？
 - 要畫出正五邊形，每畫完一個邊之後，角色應該轉動幾度？



- 想一想，若想畫出正 n 邊形，每畫完一個邊之後，角色應該轉動幾度？



逐步解析 2 互動輸入：選擇正多邊形

接續【逐步解析 1】改寫程式，讓使用者可以自行決定要畫出幾邊形：

1. 程式開始時，詢問「要畫出正幾邊形？」
2. 以輸入的數字為邊數，畫出正多邊形。



問題思考

Q1

設定詢問

Q2

依輸入畫
正多邊形

解題分析

Q1

設定詢問

設定詢問：偵測類的 **詢問** 並等待。

Q2

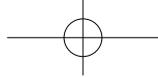
依輸入畫
正多邊形

(1) 轉動次數：

鉛筆旋轉的次數 = 邊數 = 輸入的數字

(2) 移動點數：100 點

(3) 旋轉角度：畫完一個邊，鉛筆要旋轉 _____ 度。



【參考程式】 (*代表本次新增或修改的程式)

```

01 當 旗幟 被點擊
02 定位到 x: 0 y: 0
03 面朝 90 度
04 筆跡全部清除
05 下筆
*06 詢問 要畫出正幾邊形? 並等待 Q1
*07 重複 詢問的答案 次
*08 移動 100 點 Q2
*09 右轉 360 / 詢問的答案 度
10 停筆
  
```



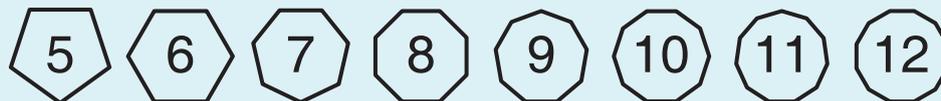
手腦並用

1. 利用上圖的程式畫出不同邊數的正多邊形，當邊數大於 8 時，正多邊形會太大，因為超出舞臺而變形。想想看，我們可以如何修正程式，讓多邊形的邊長可以隨著邊數而變化，避免繪圖變形的問題？

```

重複 詢問的答案 次
  移動 ? 點
  右轉 360 / 詢問的答案 度
  
```

2. 請利用完成的程式畫出不同邊數的正多邊形，並觀察圖形，當邊數越多時，圖案的外形有何變化？



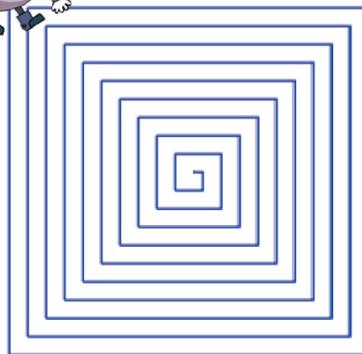
2-1
小試身手

四邊形螺旋圖

↓ 檔案 2-1 小試身手 下載方式請見 P.3

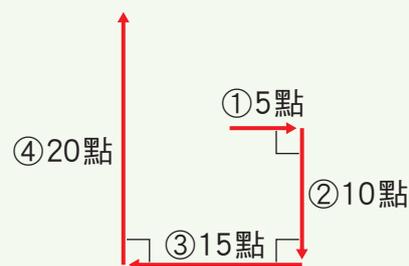
機器人在空地上行走，往前走 5 點就右轉 90° ，之後的每一次都比上一次多走 5 點再右轉，試試看，記錄機器人走 40 次的移動軌跡！

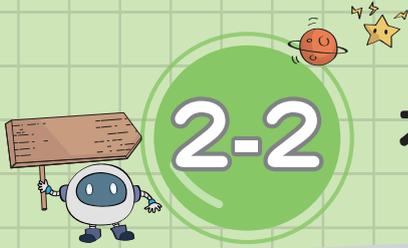
請以檔案 `2-1 小試身手.sb3` 來進行程式撰寫。



1. 畫筆設定：筆跡寬度設定為 2。
2. 從舞臺坐標 (0,0) 起始向右：
 - ① 移動 5 點／右轉 90 度
 - ② 移動 10 點／右轉 90 度
 - ③ 移動 15 點／右轉 90 度
 - ④ 移動 20 點／右轉 90 度

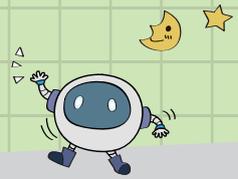
……依此類推，畫出機器人移動 40 次的軌跡。





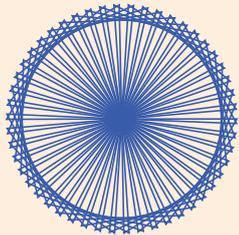
2-2

有趣的幾何圖形

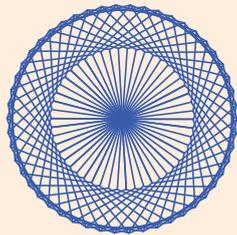


任務說明

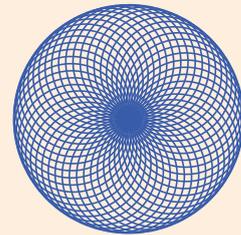
試試看，利用多個正多邊形組合出「萬花筒」的效果。請播放範例影片 [有趣的幾何圖形.mp4](#)，觀察程式的執行情形，一起用 Scratch 來完成程式吧！



以「正三角形」為基底



以「正五邊形」為基底



以「正三十六邊形」為基底

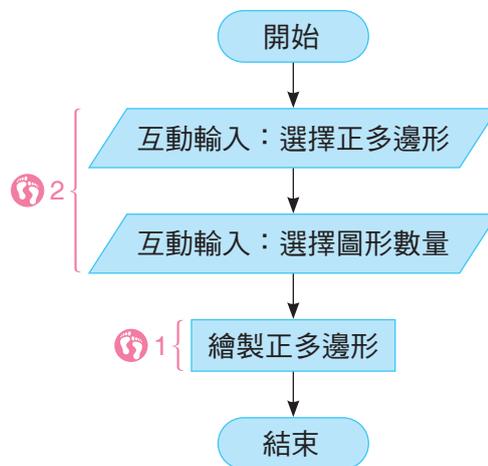
檔案 2-2 下載方式請見 P.3

【程式摘要】

1. 程式執行後，依序詢問「要畫出正幾邊形？」、「要畫幾個圖形？」
2. 程式依照輸入的「正多邊形種類」與「數量」繪製：
 - (1) 以舞臺的中心點 (0,0) 為起點繪製正多邊形。
 - (2) 多個圖形要圍繞舞臺的中心點平均分布。

題目解析流程

搭配【逐步解析】說明



在這一節中，我們要學習使用雙層重複結構來畫出幾何圖形，並學習利用「函式積木」的「模組化程式設計」技巧，讓程式更為簡潔易懂（表 1-2-1）。



學習目標

1. 使用雙層重複結構。
2. 使用「函式積木」功能。

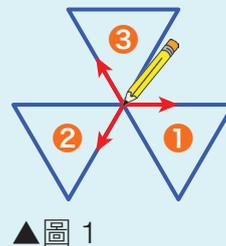
表 1-2-1 首次使用的積木

積木類型	外觀	功能
函式積木類	建立一個積木	自行定義一個新的函式積木。
	定義 畫筆設定	定義函式積木的內容。（名稱以「畫筆設定」為例）
	畫筆設定	執行自訂的函式積木。（名稱以「畫筆設定」為例）



手腦並用

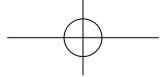
延續 2-1 節【逐步解析 2】的程式，請修改程式以畫出右圖 1 的圖形。已知其流程圖如右圖 2 所示，想一想，你會如何修改程式？程式可以怎麼簡化呢？



▲圖 1



▲圖 2



函式積木

● 模組化

在程式設計中，我們常將一個大程式拆解成幾個功能獨立且可以重複使用的小程式，這些小程式就稱為「模組」；每個模組分別開發，最後再合併成一個大程式，這樣的模式即為「模組化程式設計」，其優點為：

1. 將大程式拆解成多個模組，由多人同時進行開發，可提高程式設計效率，是實務上常見的開發方式。
2. 將相同功能的程式區塊模組化，可以重複讀取、使用，節省開發時間與記憶體空間。
3. 經模組化的程式具有較高的可讀性，有助於程式的理解。
4. 因各模組具有功能獨立的特性，在除錯及維護上較為容易。

「模組化」在不同的程式語言中會有不同的實踐方式，而在 Scratch 中，「函式」就是一種模組化的方法，本冊後方說明也將以「函式」為例。

● 函式

在 Scratch 中，我們可以將具有特定功能或重複出現的程式區塊定義成「函式」，並賦予一個有意義的名稱，只要經由簡單的「呼叫」，就能完成一連串的程式功能。

以畫正四邊形的程式為例（如下圖），我們可以將「畫筆設定」設為函式，讓程式看起來更簡潔，日後若需調整畫筆的顏色、粗細等設定，也可以直接在函式中修改。

原程式	使用函式
<p>畫筆設定</p>	<p>定義 畫筆設定</p>

▲將 5 個步驟定義成「畫筆設定」函式。

●使用「函式積木」功能

以左頁的函式設定為例：

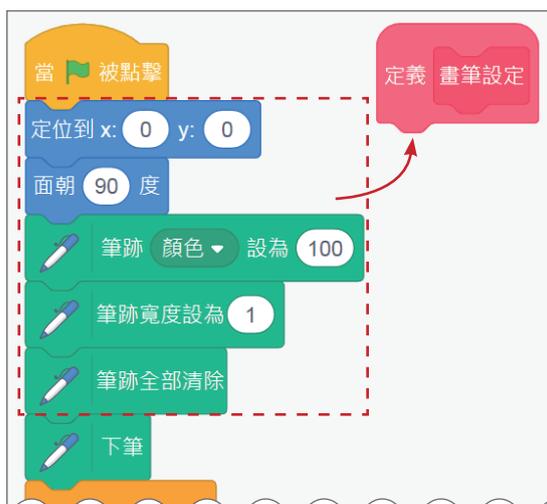
1. 建立函式：① 點擊 **函式積木**。
② 點擊 **建立一個積木**。



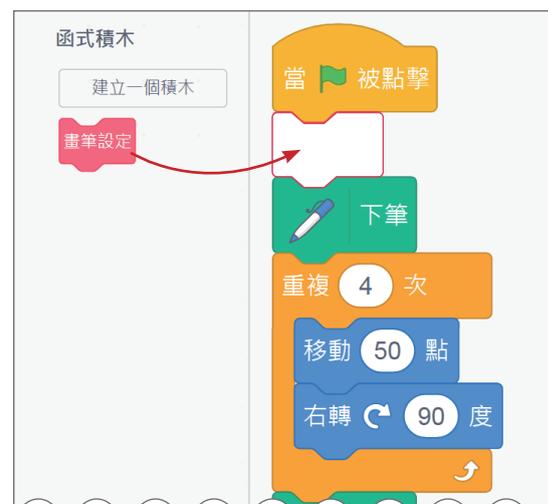
2. 設定名稱：① 輸入名稱。
② 點擊 **確定**。

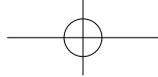


3. 定義積木：在程式編輯區中，將相關積木移動到 **定義** 積木下方。



4. 呼叫函式：將定義好的積木，拖曳到要執行函式功能的地方即可。





函式的參數

以前頁的函式「畫筆設定」為例，若想畫出不同顏色、粗細的正四邊形時，每次都必須進到函式中，一一修改畫筆的顏色、寬度，頗為不便。



```

當 被點擊
  畫筆設定
  下筆
  重複 4 次
    移動 50 點
    右轉 90 度
  停筆

```

```

定義 畫筆設定
  定位到 x: 0 y: 0
  面朝 90 度
  筆跡 顏色 設為 100
  筆跡寬度設為 1
  筆跡全部清除

```

修改處

●使用參數

我們可以透過「參數」的設定，將特定資料傳入函式中執行，以獲得不同的執行結果。以上方程式為例，將畫筆的「顏色」、「寬度」設定為參數，只要在呼叫函式時，修改要傳入函式中的參數值，就可以畫出不同顏色、粗細的正四邊形。

```

當 被點擊
  畫筆設定 100 1
  下筆
  重複 4 次
    移動 50 點
    右轉 90 度
  停筆

```

```

定義 畫筆設定 顏色 寬度
  定位到 x: 0 y: 0
  面朝 90 度
  筆跡 顏色 設為 顏色
  筆跡寬度設為 寬度
  筆跡全部清除

```

●設定參數的方法

以左頁的函式設定為例：

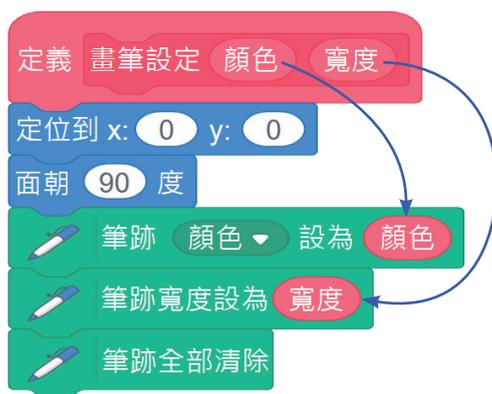
1. 編輯函式：① 在函式 **畫筆設定** 上點擊滑鼠右鍵。
② 點擊 **編輯**。



2. 設定名稱：① 點擊 **添加輸入方塊**。
② 輸入方塊名稱。
③ 點擊 **確定**。

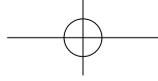


3. 定義函式：拖曳參數到要傳送數值的地方。



4. 呼叫函式：在呼叫函式時，輸入要設定的參數值即可。





逐步解析

繪製正多邊形：使用函式積木

接續 2-1 節的程式，將「繪製正多邊形」的功能定義成函式，並將繪製的邊數設定為參數，方便呼叫使用。



註 在 P.28 的手腦並用中，為了避免正多邊形因為超出舞臺而變形，我們可用 $300 / \text{詢問的答案}$ 的方式，讓邊長隨著正多邊形的邊數進行動態調整，其中，數值「300」可自行替換。

問題思考

Q1

自定函式

Q2

呼叫函式

解題分析

Q1

自定函式

(1) 建立函式積木：

①輸入函式名稱：正多邊形。

②點擊「添加輸入方塊」。

③將「輸入方塊」命名：邊數。

④點擊「確定」。

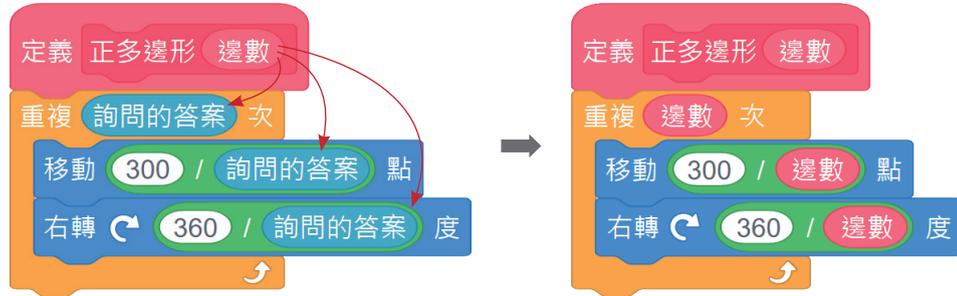
註 由於這段程式必須輸入「多邊形的邊數（詢問的答案）」才能正確執行，故必須進行此設定。



(2) 定義函式：

①將相關指令拖曳到「定義」積木下方。

②利用「定義」積木旁的「邊數」取代原本的「詢問的答案」。



Q2
呼叫函式

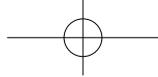
(1) 呼叫函式：將「函式積木類」中的「正多邊形」拖曳到程式中的正確位置。

(2) 設定參數：在輸入方塊中放入「詢問的答案」。



【參考程式】 (* 代表本次新增或修改的程式)



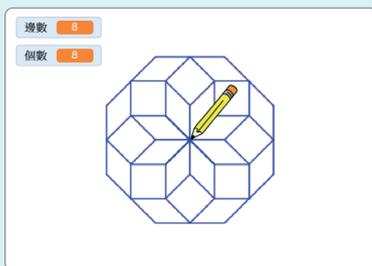


逐步解析 2

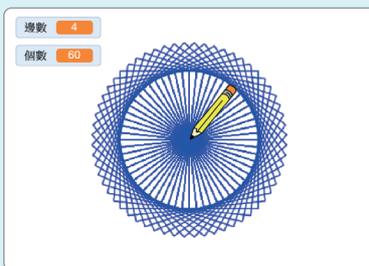
互動輸入：選擇正多邊形、圖形數量

請改寫【逐步解析 1】的程式，讓使用者可以自行決定要畫出幾個正多邊形：

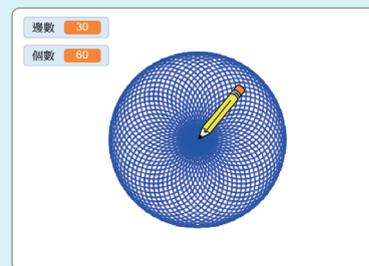
1. 程式執行後，分別詢問「要畫出正幾邊形？」、「要畫幾個圖形？」
2. 依照輸入繪製圖形，並讓各圖形圍繞起始點 (0,0) 平均分布。



▲ 8 個 8 邊形



▲ 60 個 4 邊形



▲ 60 個 30 邊形

問題思考

Q1

設定詢問

Q2

依輸入畫正多邊形

解題分析

Q1

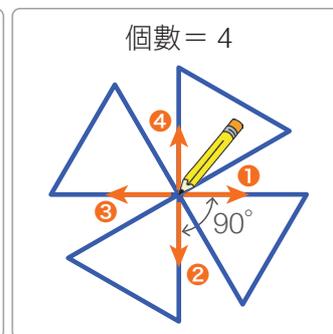
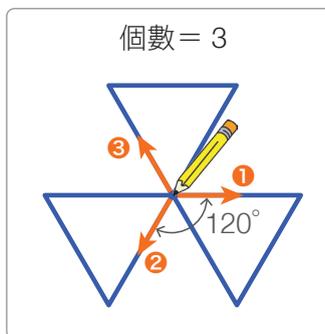
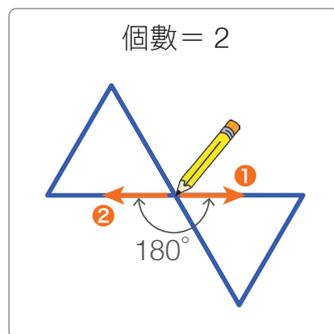
設定詢問

- (1) 設定詢問：偵測類的詢問 並等待。
- (2) 共有 2 個提問，須分別儲存輸入的答案。
- (3) 新增變數 `邊數`、`個數` 來儲存答案。

Q2

依輸入畫正多邊形

- (1) 繪製的圖形必須以 (0,0) 為中心平均分布：(以正三角形為例)



- (2) 若要畫的圖形數量為 `個數`，則每畫完一個圖形，鉛筆要旋轉 _____ 度。

【參考程式】（*代表本次新增或修改的程式）

```

01 當 被點擊
02 初始設定
03 下筆
04 詢問 要畫出正幾邊形？ 並等待
*05 變數 邊數 設為 詢問的答案
*06 詢問 要畫幾個圖形？ 並等待
*07 變數 個數 設為 詢問的答案
*08 重複 個數 次
*09 正多邊形 邊數
*10 右轉 360 / 個數 度
11 停筆
    
```

Q1

Q2

```

01 定義 初始設定
02 定位到 x: 0 y: 0
03 面朝 90 度
04 筆跡全部清除
*05 變數 邊數 設為 0
*06 變數 個數 設為 0
    
```

將變數初始化

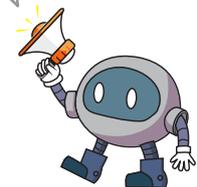
```

01 定義 正多邊形 邊數
02 重複 邊數 次
03 移動 300 / 邊數 點
04 右轉 360 / 邊數 度
    
```

若不使用函式，本程式的呈現如下圖。比較看看，哪個程式比較容易閱讀與理解？

```

當 被點擊
定位到 x: 0 y: 0
面朝 90 度
筆跡全部清除
變數 邊數 設為 0
變數 個數 設為 0
下筆
詢問 要畫出正幾邊形？ 並等待
變數 邊數 設為 詢問的答案
詢問 要畫幾個圖形？ 並等待
變數 個數 設為 詢問的答案
重複 個數 次
    重複 邊數 次
        移動 300 / 邊數 點
        右轉 360 / 邊數 度
    右轉 360 / 個數 度
停筆
    
```

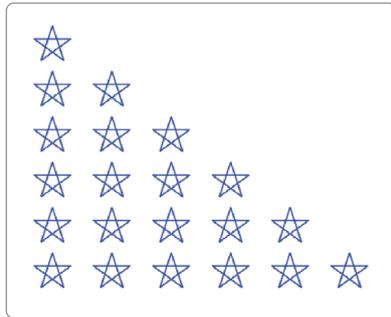




2-2 小試身手

小星星

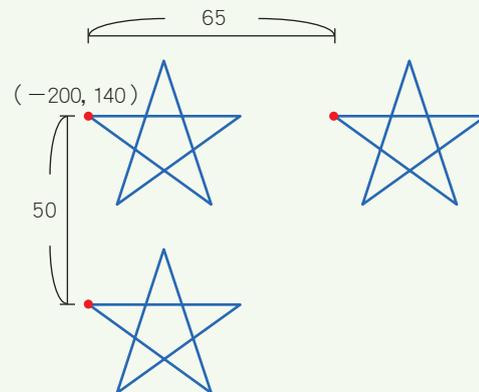
小花想利用程式繪製出各種星形圖騰的排列組合，請觀察星形的圖形特徵，撰寫「繪製星形」的函式，並利用重複結構撰寫程式，分別完成下列三圖：



1. 請 **新建專案** 撰寫程式。

2. 參考數據：

- (1) 起點坐標 $(-200, 140)$ 。
- (2) 星星邊長 40 點。
- (3) 左右星星的起點坐標距離 65 點。
- (4) 上下星星的起點坐標距離 50 點。



第2章 學習重點

2-1 正多邊形小畫家

任務要求

1. 新建專案。按下綠旗後，程式詢問「要畫出正幾邊形？」。
2. 以[鉛筆]為角色，依照輸入的邊數繪製正多邊形。



問題思考

- Q1. 如何設定詢問讓使用者輸入邊數？
- Q2. 如何依輸入的邊數畫出正多邊形？

解題分析

Q1. 設定詢問：[偵測類]的[詢問]並等待。

Q2. (1) 控制筆跡：[下筆]、[停筆]、[筆跡全部清除]。

(2) 轉動次數：鉛筆旋轉的次數 = 邊數 = 輸入的數字。

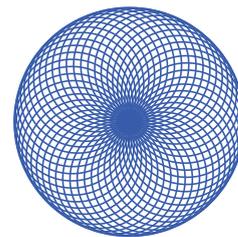
(3) 移動點數：邊長 = $\frac{\text{自訂數值}}{\text{邊數}}$ 。

(4) 旋轉角度：畫完一個邊，鉛筆要旋轉 $\frac{360}{\text{邊數}}$ 度。

2-2 有趣的幾何圖形

任務要求

1. 修改上一節的程式，程式依序詢問「要畫出正幾邊形？」、「要畫幾個圖形？」
2. 利用函式依輸入的邊數繪製正多邊形。
3. 多個正多邊形以(0, 0)為中心平均分布。



問題思考

- Q1. 分別詢問了 2 個問題，要如何儲存輸入的正多邊形的「邊數」與「個數」？
- Q2. 如何設定函式來繪製正多邊形？

解題分析

Q1. 設定變數：[邊數]、[個數]

Q2. 自訂、呼叫函式：[定義 正多邊形 邊數]、[正多邊形]

用科技創造藝術 數位藝術



在資訊科技蓬勃發展的影響下，20世紀末的藝術型態出現重大改變，科技為藝術家提供了新的創作題材和方向，這種利用數位科技的媒材、技術或工具來呈現創作的藝術型態，稱為「數位藝術」。

數位科技提供了一個全新的藝術創作環境，讓感性的人文藝術和理性的數位科技進行跨領域的融合，使得藝術作品的表現形式更趨多元，常見的數位藝術創作包括數位攝影、電腦動畫、數位設計、數位音樂、虛擬實境等。



▲ 數位攝影



▲ 數位設計



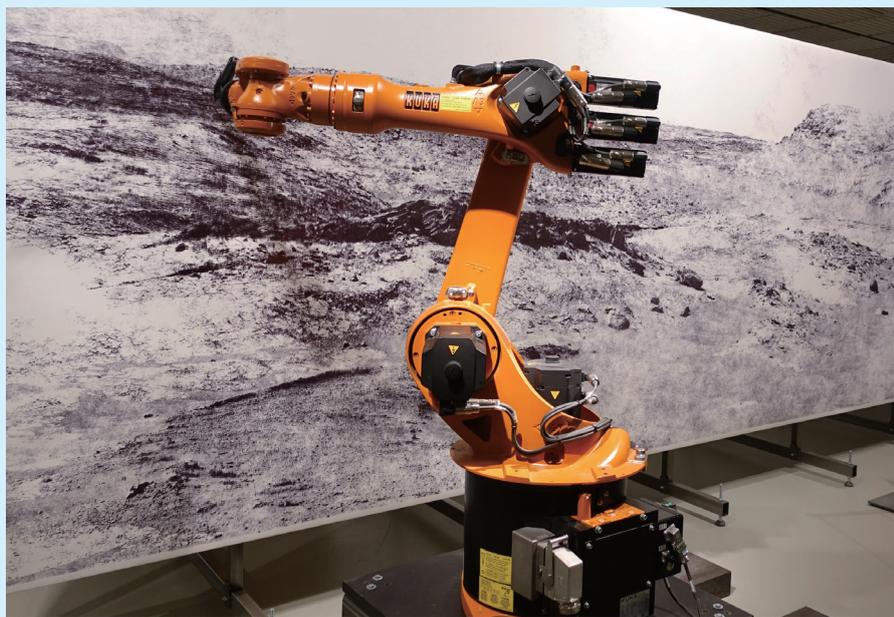
▲ 數位音樂



▲ 虛擬實境



近年來在各項藝文活動中，常可見到數位藝術的身影，例如：臺北數位藝術節、臺灣燈會等。民國 107 年，臺北數位藝術節邀請德國藝術創作團隊「機器人實驗室」，展出大型自動機械繪畫裝置，利用機器手臂進行藝術



▲ 利用機器手臂繪製火星景觀。

創作，以美國國家航空暨太空總署（NASA）從火星傳回的影像為依據，花費數個月的時間，用連續線條繪製出巨大的超寫實火星景觀。

民國 108 年元宵節，在屏東縣舉辦的「臺灣燈會」，邀請了英特爾（Intel）無人機團隊，透過 300 臺無人機搭配 LED 燈，排列出「TAIWAN」、「屏東」等圖形，不僅獲得空前迴響，更創下參觀人數突破 1339 萬人次的紀錄。



▲ 臺灣燈會盛況