

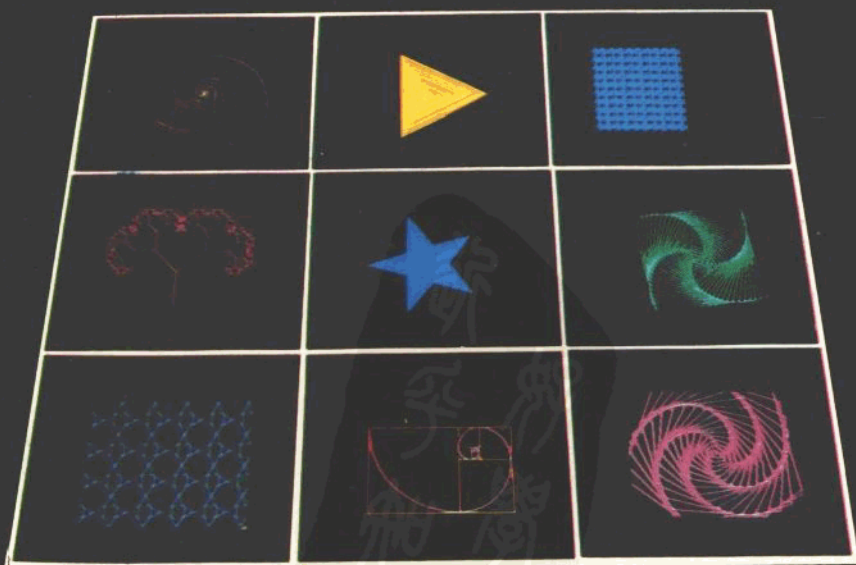
微電腦叢書系列

Apple Logo

繪圖程式語言探索

David D. Thornburg

林傑斌 江謝煌 編譯



復文書局

封面介紹（譯者序言）

電腦的程式設計所牽涉的，不只是解決複雜的科學性與商業問題而已。有了“探討APPLE LOGO”一書，則你能夠探索程式設計之間的關連，與許多主宰世界的原理。

在本書所顯示的是，Logo（道）語言不只能用來學習基本的程式設計，而且能夠學習幾何，數學與物理世界的本質。

本書能夠：

- 教你在LOGO中作程式設計，而不管你的年齡或程式設計經驗的水準如何。
- 介紹你烏龜幾何（Turtle Geometry）與不易理解而富有威力的電腦繪圖技術。
- 使用電腦來探索自然形成的型式，例如：海岸線，山頂與樹。
- 使每一個人，從初學的程式設計師至父母與老師們，都能經由非傳統的應用中，創造性地學習電腦程式。

APPLE電腦與LOGO結合起來，形成了探索富有威力，而無限適應的工具。探討APPLE LOGO將指引你如何用令人驚異的新方法，使用此種工具。

David D. Thornburg 為有名的教育家與熱心的人性化電腦革命家。他也是PICTURE THIS！與PICTURE THIS TOO！的作者

林傑斌

江謝煌

1983年10月於台北

(言有香韻) · 聯介面娃

感謝奚鈺精密細緻的校稿，及陳奇麟提供的意見。

奚 鈺

校對

陳奇麟

註：道即我國哲學家老子在“道德經”中所闡述的，即自然事物變化的基本道理，此字語含禪機，故MIT數學家papert以此命名，實深受東方思想的感染。

前 言

在本書中，我們總共探討了三個主題——圖形的藝術，圖形的幾何，和電腦的程式設計——儘管三者是編組在一起的。雖然筆者盡力將它們聯貫起來，使它們更具意義，但是書中仍有一小部份，某個主題比其他的主題更明顯重要。

在此，我們並不期望讀者是藝術家、數學家，或是電腦的程式設計師等。然而我們希望讀者若至少對其中一項主題有興趣時，本書能夠幫助讀者發現其他兩項主題的樂趣所在。

許多因素的關係，本書中採用的電腦程式語言是 Logo。而 Logo 是一種非常強有力的程式語言，同時 Logo 的造句語法易學易懂，非常適合以前沒有過設計程式經驗的人學習。Seymour Papert 所著的 *Mindstorm* 中有言：兒童，電腦和強有力的想法描述了隱藏在 Logo 後面的動機和它被所有年齡的電腦初學者所熱誠接受的原因。

由於 Logo 非凡的能力，直到今天才有可能將它放入小型，個人用的電腦系統中去執行。我們今天所要討論有關 Logo 的特殊執行是針對 Apple 電腦公司所出售，為 Logo 電腦系統所設計的 Apple II 電腦版本。其他尚有 Logo 之版本可在 Apple 上執行和其它的電腦上，例如德州儀器公司的 99/4 型個人用電腦上執行。

同人類所用的語言一般，電腦語言發展過程中，亦產生地方性的衍生語言。雖然本書所討論的是集中在有特殊執行目的的 Logo 上，讀者若擁有 Apple 電腦上的其他語言版本（例如，Terrapin Logo 程式語言）或是 TI Logo 等這些材料的語言，可以不經過修改而應用在上面。

圍繞在 Logo 身邊最刺激的事，就是它結合了美麗的單純個體和

強有力的圖案背景。圖形是顯示在螢幕上，藉著指令，命令其上一隻神奇的“海龜”來畫出所要的圖案，當它一直移動時便畫出了直線來。其中指令所採取的是物體被畫出時，圖形程序的型式。雖然本書主要是致力於“海龜圖形”，但也可能有助於比較海龜的特性和慣用的平面座標幾何。

我們熟悉的 (Cartesian) 直角平面幾何中，平面上的點是靠它的座標來決定的 (一般常用 x 和 y 兩個字母來表示)。 x 座標測量從參考的鉛直線至點的位置，而 y 座標便測量從參考的水平線上 (或下) 到點間的距離。

另一種描述點之特性的方法是同它的 x 和 y 座標一樣指定它的方位，有幾點理由表示此種方法是有價值的。第一，它允許目標圖形經由一個程序原則而以簡單的方法來表示，跟隨原則的指示，即將產生所要的圖形。例如，假使我們的點 (這個點我們稱它為海龜) 是指向上方，我們可以用以下的指令群來表示邊長為 50 個單位的正方形。

```
FORWARD 50 (units)
RIGHT 90 (degrees)
FORWARD 50
RIGHT 90
FORWARD 50
RIGHT 90
FORWARD 50
RIGHT 90
```

除了這種靠著直觀來發展的幾何形式表示法的用途外，尚有一個令人注目的理由是在它的描述處理的過程不僅簡單而且有力。

考慮下列問題的兩種回答方式……

“你住在那裡”？

第1種回答：

“我住在雪花巷1234號”

第2種回答：

“你沿著這條街走兩個巷口，向右轉，然後走過三間房子到一間藍色門而且前面有一棵橡樹的房子”

這第1種回答，住址成為固定的參考點，並假設你對這若大的城市是熟悉的。利用回答的話，你仍然須要知道雪花巷跟你目前所在位置的關係。或許住址是完整的，但只有在你很熟悉這個城市時才有效。這第二種回答，描述了你如何到達房子的程序，給你目前的位置和方位。它僅“局部”地描述方向而假設你並不熟悉這個社區。它假定你只要簡單地跟著指令來進行改變位置即可。假使你是在一個陌生的城市中，你將發現第二種回答比第一種回答來的有用。每個指令所指示的都是你目前的位置和下一步將到位置間的方位。這種所用的表示程序法與海龜圖案中所使用者是相同的。

如上面所述之程序表示法的意義，強有力的海龜圖形使得它非常有助於繪製一些幾何圖形（例如，曲率）的重要特性。這類似於自然界所用之語言，使得海龜圖形成為一種非常有力的工具來發現它們所用圖形中的重要幾何原理。

作者我在第一次接觸到海龜畫圖是當我在Xerox Palo Alto研究中心工作的時候——此地方是SMALLTALK語言之家。雖然SMALLTALK提供一個非常的海龜製圖的環境，但是它所執行的電腦系統對一般消費者而言太過於昂貴。我曾經用過幾年一些海龜畫圖的系統，包括了電腦語言諸如WSFN（表示Which Stands For Nothing）和“玩具”例如Milton Bradley's Big Trak。在Atari PILOT語言和Apple Super PILOT中的海龜畫圖法是我的另外兩本書：

Picture This ! 和 Picture This Too ! 中的主題，然而這本書只談論到 Logo 程式語言。由於這種語言的簡易性和超凡的能力，使得使用者寧願將注意力集中在語言的應用方面，而不專注在語言的結構上。因此，讀者將會發現，電腦將是一種非常舒適，便利的探討用工具——而不是一個耗時的學習課題。

我的經驗告訴我，任何一種型式——一個真正的機器人或是一個畫出來的圖——海龜畫圖法特別為以前曾經害怕學習如何程式設計的人們所喜歡。假使你從未用電腦來處理事情（並且你已經取得一部使用 Logo 的電腦）時，你將會發現這本書將是向你介紹這種強有力工具的最佳指南。

我決心寫作這本書的地方，有許多積極從事生產友善型語言的研究，生產設計和開發集團的人員。Apple 電腦公司也曾經特別支持這個計畫。在此非常感謝長期工作和辛苦開發友善型電腦語言的人員。我也非常感謝在電腦圖形集團中的朋友——特別是 Scott Kim 和 Howard Pearlmutter。

由於他們的意願，賜給我忠言，精神上的鼓勵支持，和時常在公開討論會中陳述我對海龜的愛好。

最重要的，我還要謝謝一些孩子們和在此地過去幾年中與我共同努力的藝術家們。若不是他們的喜歡追根究底，此書將無法出版。

Los Altos, California D.T.

1983 年一月

江謝煌 1983 年 10 月

林傑斌 於台北

當花朵在地球上出現時；
鳥兒的歌唱聲也同時來到
，並且在我們的陸地上聽
到了海龜的聲音。

聖經舊約 2:12 雅歌篇

目 錄

1. 介紹：模型，數學和電腦	1
1.1 究竟這本書是在談論什麼？	1
1.2 電腦之於人類	3
1.3 人類所使用在電腦上的語言	5
2. Logo 與海龜：鄭重介紹一種具有效力的語言	7
2.1 啟動 Apple Logo	8
2.2 介紹海龜	10
3. 直線與圖形：海龜移動	19
3.1 封閉路徑	20
3.2 對稱 (Symmetry)	24
4. 路徑與程序 (Procedures)	27
4.1 簡單的程序	27
4.2 包含一個變數的程序	31
4.3 多邊形與路線	33
4.4 海龜的全部旅程	34
5. 磚瓦與棋盤形佈置	36
5.1 填滿整個面的多邊形	39
5.2 其他可填滿平面的圖形	45
6. 星星與質數	47
6.1 複雜的多邊形	47
6.2 星星和相關的質數	49
7. 程序中使用程序	54
7.1 風車及盛開的花	55
8. 角度，正方形，與方形旋渦線	62

8.1	計數器	62
8.2	增長的正方形	66
8.3	方形旋渦線	67
9.	弧形，圓形和螺線	81
9.1	圓	81
9.2	部份的圓	84
9.3	螺線	85
10.	黃金分割	89
10.1	神奇的長方形	90
10.2	神奇數字和費氏數	96
11.	加州的海岸有多長呢？Fractals 和遞迴	101
11.1	海岸線有多長？	101
11.2	一些簡單的 Fractal 圖形	102
11.3	對畫出的 Fractals 明確的程序	104
11.4	畫出 Fractals 的遞迴程序	107
12.	樹與其他主題	114
12.1	樹與分枝	114
12.2	隨意行動	118
13.	結論：空間所主宰的領域	121
	參考書籍	127
	海龜幾何與友善型電腦語言	127
	多邊形與多面體	127
	靜態的對稱	128
	動態的對稱	128
	棋盤式佈置	129
	FRACTALS (殘形)	129
	自然界的、人造的、傳說的圖形	129
	遞迴	130
	索引	137

1. 介紹：模型，數學和電腦

*If I knew what two and two were —
I would say Four !*

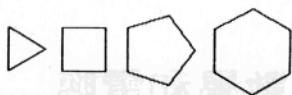
Saying of the Mulla Nasrudin
(from *The Subtleties of the Inimitable Mulla Nasrudin*, Idries Shah)

1.1 究竟這本書是在談論什麼

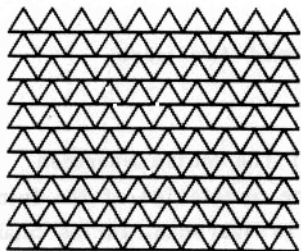
這本書是在談論發現——發現每一種我們所能製造的，去找尋存在於幾何模型中的美，數學中的美，和電腦程式設計中的美。

我們很容易知道一個人如何找到幾何模型的美；這種美是自然界和藝術的根基。我們正沉醉於幾何的模式當中——蝴蝶左右對稱的翅膀，蝸牛殼上的渦旋線，水晶的斷切面——和每一樣自然發生的東西都感覺著美的存在。人類的雙手製造出幾何藝術，因為人類，最先將記號刻在牆或是石頭上，然後便製造出工具來。從金字塔和帕德嫩神殿到最好的金鏈子，幾何形狀的美是如此清楚地展現在所有注意到它的人的眼前。

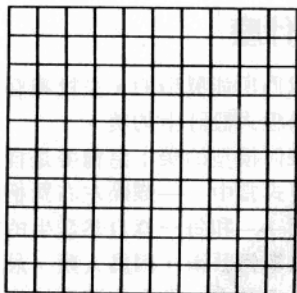
我們所用肉眼見到的幾何模型之下還存在著更多精細的數學形式之美，有項智慧的經驗——聚集成一體的原則支配了物體的編排和形狀，自然生成的或是經由技術產生的東西皆同。讓我們來看看數學的力量，考慮。



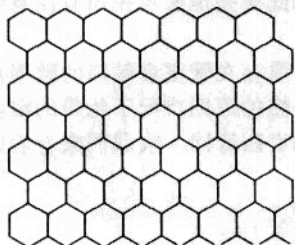
四個常見的幾何圖形——一個三角形，一個正方形，一個五角形，和一個六角形。



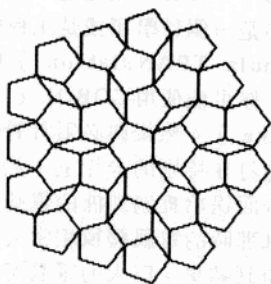
每個簡單的多邊形之邊長都相同。假使你想用單獨一種的多邊形來鋪地板。則你可以用三角形來鋪。



你也可以用正方形的瓷磚來鋪地板。



你也可用六邊形瓷磚來鋪地板。



然而，無論如何，你是無法用五邊形瓷磚來鋪成。

這是為什麼呢？問題的答案是一個很妙的數學發現，這與所有的形狀都能畫在一個平板上的問題有關。這個概念（並且有更多其他的）我們將在本書中解答。

結合美的形狀和數學，我們還將發現另外一種的美——使用數學的觀念來描述程序產生在電腦顯示幕上之幾何形狀的美。經由這個描

述程序，我們可以命令電腦來產生一個永無休止的列陣圖形，有許多我們幾乎無法想像用什麼方法來產生。

你或許不知道如何在電腦這種複雜且技術性的電子裝置上建立陳述句。許多人基於各種不同的理由而避免使用電腦。有些人覺得必須精於數學者才可用電腦。有些人則以為電腦僅在結算支票帳簿或執行一些先前已經定義好的事情方面有用。有些又認為電腦目前來講，對我們是太難了點，但是你忘記了你用它來做的第一步是什麼。

這個想法可能被認為是神話。電腦在以前的年代中究竟是什麼，現在仍然有些謎存在。電腦在今天是成為發掘的工具和建立命令陳述的工具。它可以像一塊黏土一樣具有可塑性，並且非常強有力的幫助你陳述心中的想法。

為了從本書中得到更多的益處，你最好能夠取得一部使用 Logo 語言的電腦。這種語言在 Apple 電腦上可用，其他有些電腦也可用。在書中的程式範例全部以 Apple Logo 撰寫，雖然它們可能用其他的 Logo 系統來執行，但我們仍以 Apple Logo 為主。在下面的幾章中，我們將追蹤如何使程式設計的力量帶入人們家中的結果。

1.2 電腦之於人類

4 微電腦叢書系列

十五年前，電腦仍然不容易使用。第一、你必須先花上一段時間來學習你所要用的電腦程式語言。假如你是一個科學家或是工程師，你可能會用到所謂的FORTRAN (FORMula TRANslation) 程式語言。假如你是想應用在商業方面的話，你可能使用COBOL (COMmon Business Oriented Language)。然後你必須針對問題來撰寫程式。再者，你可能須要將命令句打在特別的卡片上，然後將卡片帶至計算機中心。在那裡將堆疊的卡面送給經過訓練的電腦操作員，將你的作業放在上百個作業之後，且那時的電腦體積相當大。假如你很幸運地，則約一小時後，你便可得到結果。巨大的電腦可能僅花費數秒鐘在你的作業上，這中間的時間延遲是因為一個電腦主機必須服務許多個使用者的關係。

這樣的電腦使用狀態是非為不為須要做程式練習的使用者所接受的。實際上，只有少數人在用電腦 15 年後仍有很高的慾望如此做。電腦後來是如何地計算，將是大家所關心的事。

為了使電腦主機更符合衆多使用者的需要，於是產生了分時作業系統。在分時作業系統中，電腦主機聯接上電話線到個別使用者的辦公室中的終端機上。起先的時候，它允許使用者當電腦在執行使用者作業時與電腦做交談。雖然分時作業大大地加快了人與電腦間的聯絡，但與後來所發生的革命性改變比較下，似乎是微不足道了。

電腦發展史上最重要的一年是 1978 年。可被一般人所負擔購買的小型電腦系統第一次被賣給了以前沒有使用經驗的人。

個人電腦的發展與汽車的衝擊力相當。上百萬台的小型電腦被用在各行各業，從遊戲到商業，教育，和資訊界。似乎個人電腦的應用是無止境的；然而，直到今日，這項革命仍是不完全的。

除了電腦是真的有用外，它還需要使用它的人能容易地設計程式。更進一步，不僅要容易使用程式語言，同時還須要有足夠的能力允許使用者再繼續使用下去而獲得更多的益處。於是，第二次的電腦革命，重點即在發展強有力的友善型電腦程式語言。

1.3 人類所使用在電腦上的語言

語言的功用是在幫助通訊。

通訊的意思是指意見的交換或是兩個或更多團體間的陳述交換。假如我用英語對你說話，你可能會了解我所說的。若是你用斯華希里語跟我交談，我將聽不懂你所說的，因為斯華希里語不是我所講的語言。為了使通訊更加流暢便利，一種語言必須被所有的團體所共用。

我們該如何挑選電腦所用的語言呢？到最後，我們可將電腦的模式歸於1的和0的，這些構成電腦計算時所用的基本結構。

雖然機械語言執行上較有效率，但是它非常不同於人類所用的語言，所以不適合選用它。另一方面，我們可以選擇使用英語。不過它雖然看起來對我們具有簡化事物的能力，但是它對電腦而言，却是不精確的。例如，我們考慮一個片語 *pretty little girl's school*。則這個片語表示，這是一所漂亮的小女孩唸的學校呢，或是說這是給小女孩唸的漂亮學校，還是說它表示著一些其他的事情呢？

因此在這種情形下，最好是選擇一種折衷的電腦語言。在當初個人用電腦發生革命的前幾年中，所用的程式語言主要是一種可以互相交談的語言，叫做 BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code)。它因為使用一些英語中的“關鍵字”來命令電腦動作，因此它非常適合用在電腦上。只要小心地使用它的命令用字，清楚不混淆地來下命令，它便可以幫助使用者建立它自己的程式。但是由一些 BASIC 的特性顯示，它將不再適用。

電腦語言同人類用語言一樣具有文法及字彙上的規則，因此許多語言都有固定的文法使用規則，BASIC 也不例外。因為有固定字彙的關係，所以發生了一個很嚴重的問題。例如，假想英語從莎士比亞以後便沒有新的單字輸入其中，那麼我們如何稱呼電腦，電視機，或汽車呢？

人類使用的語言至今尚存，則它必須具有擴充能力；隨時都有須要輸入新單字。這種擴充力也同樣可用在電腦語言上。例如，BASIC

6 微電腦叢書系列

的程式設計師被迫只能使用固定的字彙，因此技巧性 BASIC 的程式設計師便認為這對複雜的程式設計而言是相當麻煩的。

大學及工業研究中心在發展擴充性電腦語言上已研究多年。重心是在使用者能夠自己根據原始的指令來建立新的命令並且給這些新的函一個名字。

Logo 便是屬於這種新式語言之一。直到今天，大型電腦系統上，仍需要將複雜的問題翻譯成電腦所限制使用的基本命令。在 1981 年的時候，Logo 最先可適用在廉價的個人用電腦上——德州儀器公司的 99/4 型電腦。在一年內，Apple II 電腦上出現了幾種 Logo 語言的版本。我們在本書中所用範例程式，即為 Apple 上的 Logo 語言版本。

Logo 是一種有效力的而且是友善的電腦程式語言。它擁有超強的畫圖工具（本書將充分地解說）；它可以使用少數的正規指令來寫作程式，並且可以隨使用者意願而自行擴充。

Logo 的能力將是可被信賴的。有許多熟悉其他程式語言的人都說 Logo 是他們所用過中最好的程式語言。只要你親自使用過 Logo 後，你便知道為什麼它是如此地被大眾所熱誠接受。

2. Logo 與海龜：鄭重介紹 一種具有效力的語言

"When we were little ... we went to school in the sea. The master was an old Turtle—we used to call him Tortoise."
"Why did you call him Tortoise if he wasn't one?" Alice asked. "We called him Tortoise because he taught us," said the Mock Turtle angrily. "Really, you are very dense."

Alice's Adventures in Wonderland

爲了使這本書能發揮它的效力，你最好能夠有一部使用 Logo 語言的電腦系統。雖然有許多流行的個人用小電腦可以使用 Logo 語言，但我們仍然將注意力集中在 Apple II 或 II + 型之電腦版本上。假如你擁有 Apple 電腦但是尚沒有 Logo 的話，你的經銷商將可供應任何你所需要的東西。

我們假設你的電腦配備了彩色電視顯像幕和接裝了一部磁碟機。雖然彩色可增加圖案的重要性，但我們在此並不一定需要它，你也可以只用具有黑白兩色的顯示幕。

磁碟機對電腦系統來說，非常重要。第一，它可從你的語言磁碟片中取出 Logo 語言。第二，它可以將你的 Logo 程式存入磁碟以爲來日之用。Logo 語言磁碟片設計時只允許你載入資料。而你自己的磁碟片便可用來存放資料和日後再重新載入資料。使用手冊上會教你如何