

花蓮縣第 62 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科別：生活與應用科學（一）

組別：國中組

作品名稱：五連方萬年曆狂想曲

關鍵字：五連方、萬年曆、演算法

編號：



目錄

摘要	1
壹、研究目的	1
貳、研究器材	1
參、名詞定義與文獻探討	1
肆、假設	3
伍、研究過程或方法	4
陸、研究結果	7
柒、未來展望	8
捌、參考文獻	8

摘要

我設計了一個五連方萬年曆的桌遊，並嘗試利用程式語言求出所有解，共107,032組解。我發現每個日子都會有可行解，難度也會因為日子的不同而有所差異，例如：第三週的9號只有950組解，為最少解；第四週的28號有4,675組解，為最多解。另外，我也利用3D列印及雷射切割等方法製作出實體的五連方萬年曆桌遊，自娛娛人。還藉由所有解的分佈情形做了解題策略表，讓玩家可以更方便解題。


壹、研究目的

- 一、透過C程式語言求出五連方萬年曆的所有解，並分析每個日子的難度。
- 二、透過Python程式語言的OpenCV模組、Microsoft Excel iWork Keynote繪製每個日子的可行解數量分佈圖、積木機率分佈圖。
- 三、利用積木機率分佈的情形製作解題策略表。

貳、研究器材

- 一、自製的五連方萬年曆桌遊
- 二、硬體設備：電腦、3D列印機、雷射切割機
- 三、程式語言：C、Python
- 四、應用軟體：Visual Studio Code、Microsoft Excel、iWork Keynote

參、名詞定義與文獻探討

- 一、**五連方**，又稱五格骨牌（Pentomino），是由五個全等正方形方塊拼出的**積木**，每個積木的形狀皆不相同（旋轉、反轉視為同一種），總共有12種積木，所以有 $5 \times 12 = 60$ 個方塊。
- 二、五連方積木的代號定義：利用英文字母作為**代號**，並以其外觀作為定義依據。五連方與其對應的英文代號及圖形編號如表一，每個積木的右下角為其積木的所有方向及方向編號，注意：每個積木的左上角（黑色外框處）為紀錄積木位置用的座標點。

表一 五連方積木代號、圖形編號及方向編號對照表

代號X 編號0	代號I 編號1	代號T 編號2	代號U 編號3	代號V 編號4	代號W 編號5
代號Z 編號6	代號F 編號7	代號L 編號8	代號N 編號9	代號P 編號10	代號Y 編號11

三、**萬年曆**可以利用同一個月曆讓每個月的每個日子都能對應到正確的星期。萬年曆包含 $5 \times 13 = 65$ 個格子，其中有 57 個格子為有數字的日子（圖一）。

y \ x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	30	31					1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
3	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
4	23	24	25	26	27	28	29	30	31				

圖一 萬年曆及座標

四、如果將萬年曆與五連方結合，並移除右下角的四個格子(9,4)、(10,4)、(11,4)、(12,4)，剩下的 $65 - 4 = 61$ 個格子，將遊玩當日放下一個 1×1 的透明積木，就能變成一個每日小遊戲，我稱它為**五連方萬年曆桌遊**。

五、**封閉空間**是指積木和萬年曆邊界或其他積木之間圍成尚未放入積木的封閉格子，**封閉空間格數**至少為1。以圖二為例，可以看出產生了3組封閉空間分別為：日期7，其封閉空間格數為1；日期11、17、18、19，其封閉空間格數為4；日期21、27、28，其封閉空間格數為3。

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

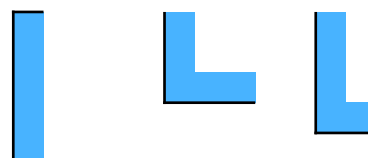
圖二 封閉空間示意圖

肆、假設

- 一、每個日子都至少有一組可行解。
- 二、如果將代號X或代號I的積木放在某些特定的位置時，可行解會很少解很少，甚至完全沒有可行解。
- 三、每個積木的形狀不同，所以它們的位置分佈機率也會有所差異。依據直角延伸最多邊數進行分類，並預測適合的擺放位置，如下所示。

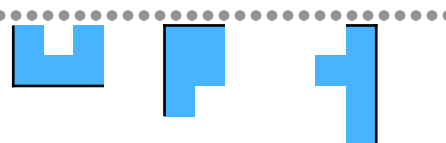
(一) 直角延伸最多邊數為6邊的圖形有：

I、V、L，適合放在角落。



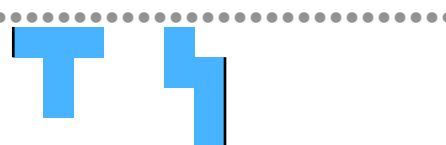
(二) 直角延伸最多邊數為5邊的圖形有：

U、P、Y，適合放在邊線。



(三) 直角延伸最多邊數為4邊的圖形有：

T、N，在各個位置的分佈差異不大。



(四) 直角延伸最多邊數為3邊的圖形有：

W、Z、F，較不適合碰到邊線。



(五) 直角延伸最多邊數為0邊的圖形有：

X，最不適合碰到邊線。



伍、研究過程或方法

一、規劃進度

- (一) 建立五連方積木程式陣列及萬年曆程式陣列。
- (二) 建立函數Add將一個積木成功放進萬年曆，此函數需要帶入4個值（int），分別為積木放置時的x座標、y座標、圖形編號、方向編號。
- (三) 透過for迴圈將多個積木放進萬年曆，直到放不下其他積木。
- (四) 透過蜂巢for迴圈及遞迴將積木旋轉、翻轉、移動並依序放進萬年曆，如果積木無法成功放進萬年曆，就旋轉、翻轉及移動該積木，直到成功放進萬年曆後，再嘗試放置下一片積木，直到將所有的12個積木成功放進萬年曆。
- (五) 經過計算發現約需300兆年程式才能執行完，因此需要尋找加快演算法的方法優化程式，才能有效率的求出所有解。
- (六) 為了避免程式的邏輯錯誤，造成有些解的遺漏而影響實驗結果，所以透過網路上的求解器求出所有解的數量^[1]，並與本程式所有解的數量核對，加以驗證。
- (七) 為了讓程式修改及維護更加容易，所以需要為萬年曆的欄數與列數分別定義變數，爾後如果欄數或列數有所更動時，就能快速更改，還能避免修改錯誤。
- (八) 分析所有解
 - 1.利用Python程式語言的OpenCV模組分析積木的分佈情形，並利用iWork Keynote製作每個日子的可行解數量分佈圖及積木機率分佈圖。
 - 2.利用Microsoft Excel對積木分佈情形加以分析，並製作解題策略表。
- (九) 利用3D列印及雷射切割等工具將五連方萬年曆製作成實體的桌遊，就能讓更多人遊玩。

二、程式撰寫

為了方便管理程式，使用函數撰寫程式是很重要的，因此我建立了Add、addToMap及clearText等3個函數。

(一) Add函數

這是一個將積木放進萬年曆的函數，總共需要帶入4個值（int），分別為積木放置時的x座標、y座標、圖形編號、方向編號。透過Add函數就能輕鬆將指定積木

及其方向放置到指定的位置。另外，放進積木後，會紀錄其積木的座標點、圖形編號及方向編號^[2]，以便作為爾後清除此積木的依據。

(二) addToMap函數

這是整個程式最重要的函數，其中含了巢狀迴圈及遞迴，因次也是最花時間運行的部分。

如附件一可以看到這個函數的流程圖，由此流程圖可以得知總共會執行 $61^{12} \times 1^1 \times 2^1 \times 4^5 \times 8^5 = 3,403,416,653,071,307,387,090,421,940,224$ 次（約為 3.4×10^{30} 次），以一台cpu時脈為3.6GHz的電腦，每秒可以執行3.6億次計算，總共需要9,453,935,147,420,299,034,624秒（約為 9.5×10^{21} 秒）才能執行完，也就是需要299,782,316,952,698年才能執行完（約為300兆年），因此需要在某些情況下停止執行部分的迴圈。

(三) clearText函數

當積木放置的位置不可行（萬年曆放不下其他積木），可以利用此函數將萬年曆上的指定積木移除。

三、程式演算法優化歷程

(一) 優化目的

因為程式的運行時間大約需要300兆年，因此必須在某些情況下停止執行部分的迴圈以減少運行時間，才能有效率的求出所有解。

(二) checkClose函數

透過遊玩五連方遊戲尋找停止執行部分迴圈的時機，我發現至少有以下兩個情況就可以停止執行部分迴圈：

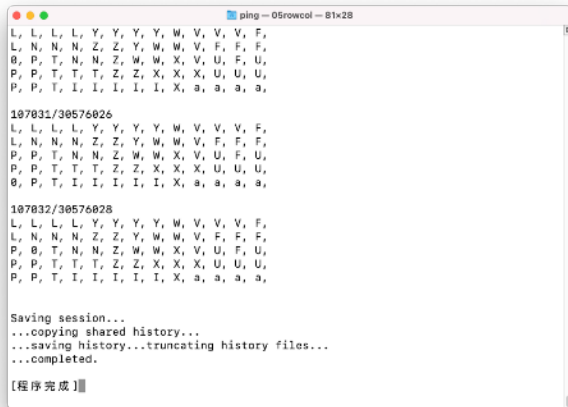
- 1.有兩組封閉空間格數為1的情況下，該組解就不可行。
- 2.有一組封閉空間格數除以5的餘數大於等於2並且小於等於4的情況下，該組解就不可行。

(三) 優化後的程式

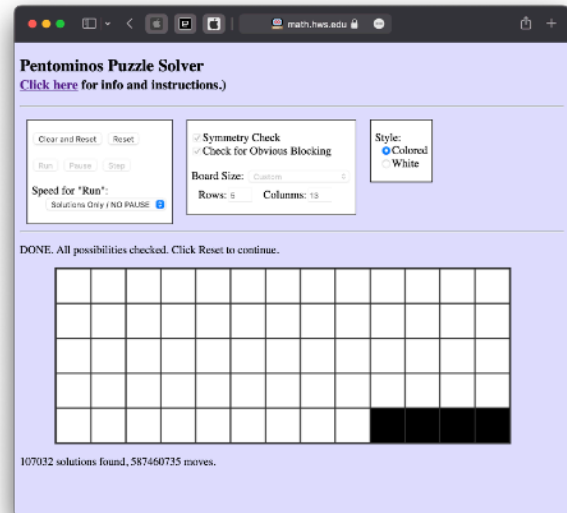
我已經將此程式放在GitHub上了，你可以到<https://github.com/piinng/pentomino>取得程式碼。另外，程式的流程圖請參考附件二。

(四) 與網路上的求解器^[1]驗算結果數量

圖三是我使用本程式執行的結果，圖四是我使用網路上的求解器^[1]執行的結果，兩個解的數量相同，均為107,032個解，因此可以支持本程式有效。



圖三 本程式輸出結果



圖四 網路上的求解器輸出結果

(五) 優化後的執行速度

網路上的求解器是利用該大學的伺服器執行的，運算速度遠大於我的個人電腦，但是我的程式碼只花了1個小時就執行完畢，網路上的求解器卻花了快要3個小時才執行完畢，顯示我的演算法經過優化後，可以大幅縮減運算速度。另外，也可以從圖三及圖四中發現，我的程式碼移動步數大約為 3.1×10^7 步（圖三），求解器的移動步數大約為 5.9×10^8 步（圖四），由此可見執行效率差了將近20倍（ $587,460,735 / 30,576,028 \approx 19.2$ ）。

四、利用雷射切割及3D列印製作五連方萬年曆桌遊（圖五至七）



圖五 利用廢棄的杜邦線製作成的萬年曆



圖六 擺出第一週6號的圖形



圖七 放上最上層的蓋板，即可看到每個日子對應的星期

陸、研究結果

一、圖八為每個日子的可行解數量分佈圖，從此圖可以得知總共有107,032組可行解，並且每個日子都至少有一組可行解，第三週的9號只有950組解、第一週的6號只有970組解，這兩個日子的解較少，難度也最高；第四週的28號有4,675組解、第五週的23號有4,100組解，這兩個日子的解最多，難度也較低。

3732	2038	1133	1663	1671	1803	2026	1387	1758	2703	1636	970	3693
34.9‰	19.0‰	10.6‰	15.5‰	15.6‰	16.8‰	18.9‰	13.0‰	16.4‰	25.3‰	15.3‰	9.1‰	34.5‰
1958	1786	1541	1334	1914	1503	1657	1233	1638	1300	1871	1313	1404
18.3‰	16.7‰	14.4‰	12.5‰	17.9‰	14.0‰	15.5‰	11.5‰	15.3‰	12.1‰	17.5‰	12.3‰	13.1‰
950	1542	1525	1180	1428	1440	1329	1524	1264	1606	1449	1717	1638
8.9‰	14.4‰	14.2‰	11.0‰	13.3‰	13.5‰	12.4‰	14.2‰	11.8‰	15.0‰	13.5‰	16.0‰	15.3‰
1791	1885	1607	1335	1655	1423	1438	1503	1020	2169	1562	1045	4675
16.7‰	17.6‰	15.0‰	12.5‰	15.5‰	13.3‰	13.4‰	14.0‰	9.5‰	20.3‰	14.6‰	9.8‰	43.7‰
4100	2054	1264	1639	1658	1642	1472	1946	2892				
38.3‰	19.2‰	11.8‰	15.3‰	15.5‰	15.3‰	13.8‰	18.2‰	27.0‰				

圖八 每個日子的可行解數量分佈圖

二、附件三為積木機率分佈圖，從此圖可以看出，積木X在萬年曆邊緣的機率很低。另外，我也意外發現積木X放在座標(7,2)的機率非常高；積木I幾乎都是放在萬年曆的邊緣，甚至在萬年曆邊緣以外的某些日子根本不能放(1,2)、(2,2)、(12,1)、(12,2)。

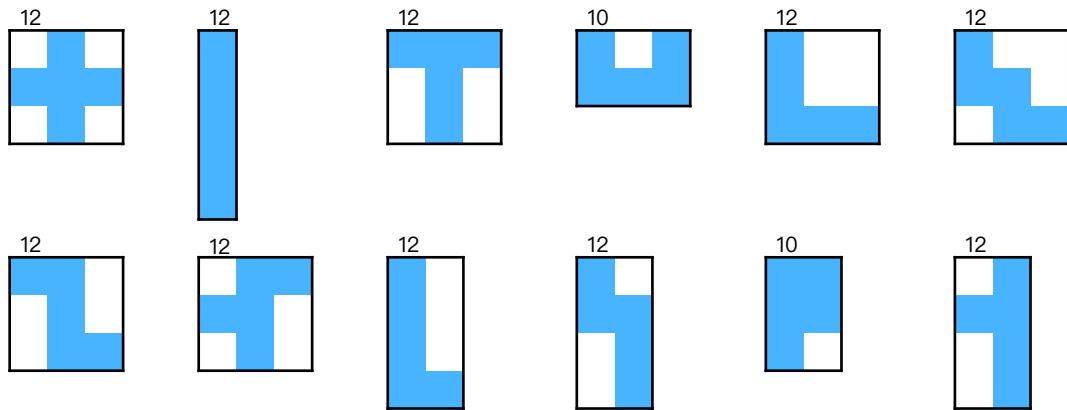
三、積木機率分佈圖（附件三）和假設之間的比較

積木位置分佈	研究假設	研究結果
適合放在角落	I、 <u>V</u> 、 <u>L</u>	<u>V</u> 、 <u>L</u>
適合放在邊緣	U、P、 <u>Y</u>	I、 <u>Y</u>
分佈較均勻	<u>T</u> 、 <u>N</u>	<u>T</u> 、U、 <u>N</u> 、P
不適合碰到邊緣	<u>X</u> 、 <u>W</u> 、 <u>Z</u> 、 <u>F</u>	<u>X</u> 、 <u>W</u> 、 <u>Z</u> 、 <u>F</u>

結果有9個積木（V、L、Y、T、N、X、W、Z、F）支持假設，3個積木（I、U、P）不支持假設。

結果顯示積木I在角落的次數也不少，但是在邊緣的次數比較多，可能和積木I的最長邊=5，為所有積木最大值有關；積木U跟P分佈較均勻，可能是外框矩形周長（表二）最小所致。

表二 各積木外框矩形周長示意表



四、附件四是根據積木分佈情形製作的解題策略表，目的是讓玩家更容易解題，但對「專家」和「菜鳥」來說，竟然出現了完全相反的回饋。雖然只是初步調查，但也可作為後續研究的參考。

使用解題策略表當作提示，並給一些同學遊玩五連方萬年曆桌遊，遊完後經初步訪談發現：經常遊玩益智遊戲的「專家」解題時間有較為縮短的趨勢，例如：林同學剛開始解一題需要將近1小時，在有解題策略表的情況之下，解題時間有機會縮短至10分鐘以內，這些「專家」也認為解題策略表能幫助解題；不常遊玩益智遊戲的「菜鳥」幾乎無法解開任何一題，即使有了解題策略表也還是解不開，這些「菜鳥」抱怨解題策略表根本沒有用，還可能增加了解題困擾。

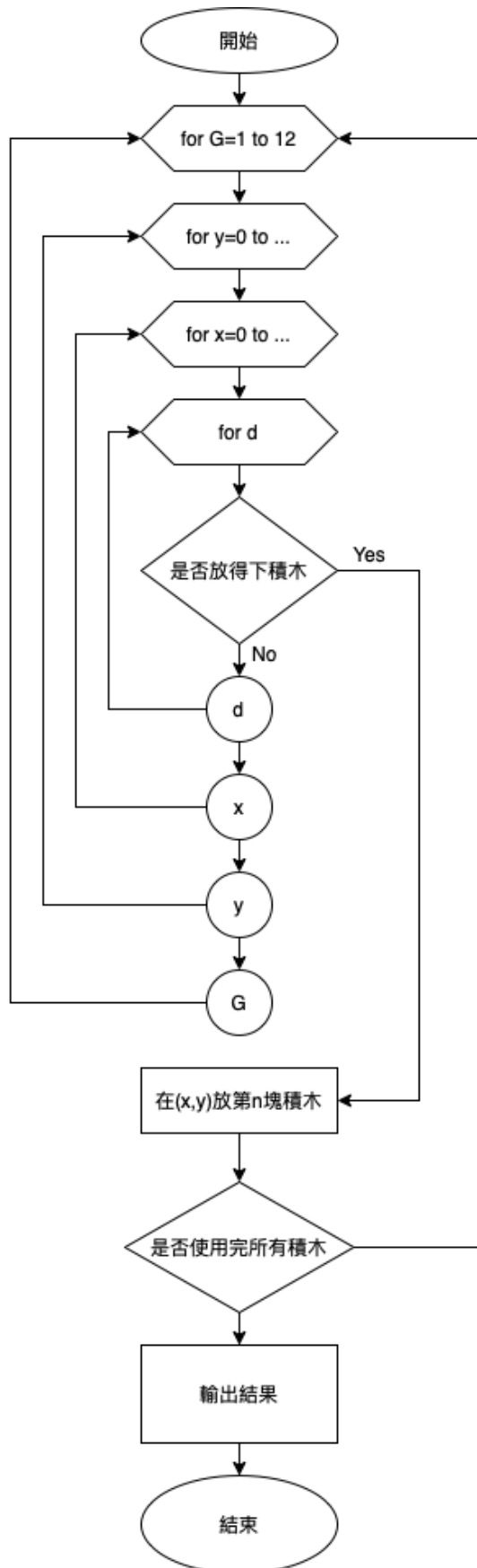
柒、未來展望

- 一、製作五連方萬年曆APP，讓玩家在任何地方都能遊玩此桌遊。
- 二、製作每個日子的解題策略。

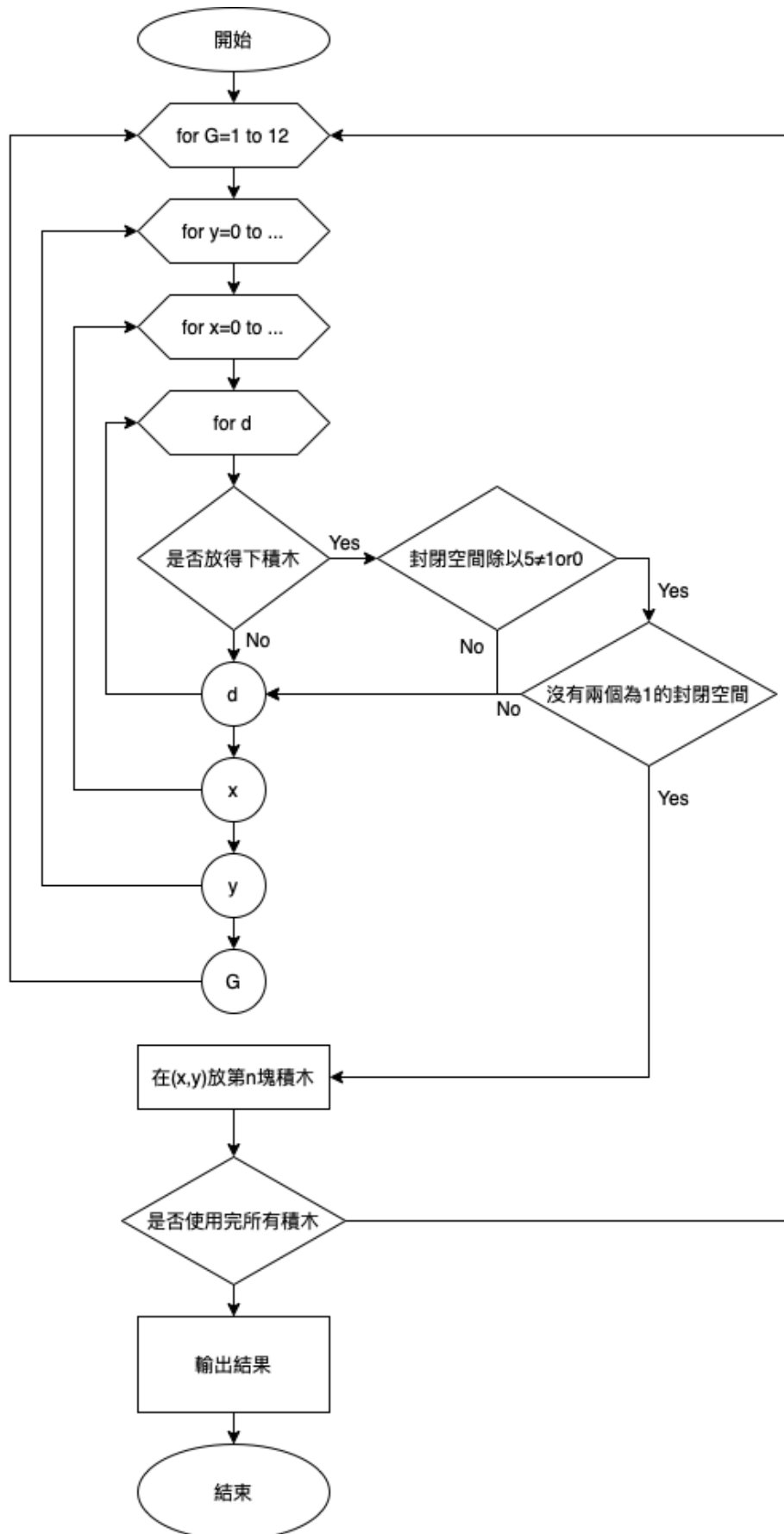
捌、參考文獻

1. 霍巴特和威廉史密斯學院數學與計算機科學系五連方求解器 • 取自<https://math.hws.edu/eck/js/pentominos/pentominos.html>
2. C. B. Haselgrove; Jenifer Haselgrove. A Computer Program for Pentominoes. Eureka. October 1960, 23: 16—18.

附件一



附件二



附件三

0 0.0‰	725 1.4‰	4491 8.4‰	3468 6.5‰	3043 5.7‰	3498 6.5‰	3557 6.6‰	3405 6.4‰	3338 6.2‰	3837 7.2‰	5605 10.5‰	1375 2.6‰	0 0.0‰
725 1.4‰	8650 16.2‰	11688 21.8‰	14292 26.7‰	13713 25.6‰	13143 24.6‰	12914 24.1‰	15504 29.0‰	12952 24.2‰	15637 29.2‰	18824 35.2‰	8718 16.3‰	1375 2.6‰
3434 6.4‰	7936 14.8‰	18876 35.3‰	17097 31.9‰	15437 28.8‰	16086 30.1‰	18438 34.5‰	13854 25.9‰	25954 48.5‰	17073 31.9‰	18207 34.0‰	11120 20.8‰	1738 3.2‰
773 1.4‰	8864 16.6‰	12065 22.5‰	13933 26.0‰	13075 24.4‰	12963 24.2‰	10436 19.5‰	21984 41.1‰	14974 28.0‰	15040 28.1‰	8007 15.0‰	1738 3.2‰	0 0.0‰
0 0.0‰	773 1.4‰	4657 8.7‰	3631 6.8‰	2355 4.4‰	3385 6.3‰	4178 7.8‰	419 0.8‰	12183 22.8‰	X			

25388 47.4‰	17226 32.2‰	20292 37.9‰	25603 47.8‰	33055 61.8‰	27115 50.7‰	25511 47.7‰	25055 46.8‰	28504 53.3‰	20416 38.1‰	14411 26.9‰	10594 19.8‰	8036 15.0‰
13471 25.2‰	32 0.1‰	57 0.1‰	310 0.6‰	394 0.7‰	373 0.7‰	236 0.4‰	285 0.5‰	756 1.4‰	36 0.1‰	29 0.1‰	22 0.0‰	0 0.0‰
13471 25.2‰	0 0.0‰	0 0.0‰	248 0.5‰	316 0.6‰	296 0.6‰	191 0.4‰	266 0.5‰	742 1.4‰	38 0.1‰	30 0.1‰	23 0.0‰	0 0.0‰
13471 25.2‰	53 0.1‰	62 0.1‰	318 0.6‰	386 0.7‰	361 0.7‰	309 0.6‰	743 1.4‰	4046 7.6‰	3342 6.2‰	3339 6.2‰	3226 6.0‰	2835 5.3‰
25544 47.7‰	17432 32.6‰	19873 37.1‰	27036 50.5‰	35198 65.8‰	23097 43.2‰	17626 32.9‰	15237 28.5‰	8798 16.4‰	I			

8630 16.1‰	7383 13.8‰	9010 16.8‰	8613 16.1‰	8612 16.1‰	8705 16.3‰	7739 14.5‰	9609 18.0‰	8409 15.7‰	6802 12.7‰	8759 16.4‰	7074 13.2‰	6983 13.0‰
5428 10.1‰	13168 24.6‰	11278 21.1‰	8421 15.7‰	9874 18.5‰	8492 15.9‰	9634 18.0‰	9101 17.0‰	9827 18.4‰	6871 12.8‰	5165 9.7‰	13962 26.1‰	1748 3.3‰
7923 14.8‰	13760 25.7‰	8320 15.5‰	10332 19.3‰	12464 23.3‰	10314 19.3‰	9621 18.0‰	11878 22.2‰	13058 24.4‰	5666 10.6‰	4068 7.6‰	13180 24.6‰	1748 3.3‰
5153 9.6‰	12291 23.0‰	11082 20.7‰	8614 16.1‰	9926 18.5‰	8579 16.0‰	9129 17.1‰	9881 18.5‰	8411 15.7‰	8155 15.2‰	12122 22.7‰	7148 13.4‰	6605 12.3‰
7794 14.6‰	7245 13.5‰	8286 15.5‰	8803 16.4‰	8145 15.2‰	10080 18.8‰	9220 17.2‰	7375 13.8‰	9487 17.7‰	T			

8028 15.0‰	11168 20.9‰	8577 16.0‰	4353 8.1‰	4306 8.0‰	5501 10.3‰	5603 10.5‰	4248 7.9‰	3988 7.5‰	7179 13.4‰	12685 23.7‰	15974 29.8‰	10085 18.8‰
10600 19.8‰	7965 14.9‰	10260 19.2‰	7120 13.3‰	6164 11.5‰	7455 13.9‰	7521 14.1‰	6399 12.0‰	4689 8.8‰	9013 16.8‰	10647 19.9‰	17337 32.4‰	18508 34.6‰
11306 21.1‰	14786 27.6‰	8453 15.8‰	7887 14.7‰	7089 13.2‰	9021 16.9‰	7726 14.4‰	9952 18.6‰	5208 9.7‰	7929 14.8‰	10686 20.0‰	13658 25.5‰	18336 34.3‰
10711 20.0‰	8338 15.6‰	10649 19.9‰	7304 13.6‰	6091 11.4‰	6716 12.5‰	9346 17.5‰	5158 9.6‰	5068 9.5‰	5476 10.2‰	11255 21.0‰	17639 33.0‰	12294 23.0‰
8198 15.3‰	11485 21.5‰	9051 16.9‰	4360 8.1‰	3753 7.0‰	4458 8.3‰	8081 15.1‰	8171 15.3‰	4148 7.8‰	U			

10856 20.3‰	13803 25.8‰	14597 27.3‰	5140 9.6‰	3148 5.9‰	3661 6.8‰	4696 8.8‰	5179 9.7‰	4649 8.7‰	5902 11.0‰	23491 43.9‰	22868 42.7‰	19894 37.2‰
15638 29.2‰	5276 9.9‰	4562 8.5‰	4100 7.7‰	3070 5.7‰	3031 5.7‰	3658 6.8‰	3348 6.3‰	3254 6.1‰	5256 9.8‰	3577 6.7‰	3850 7.2‰	41538 77.6‰
25864 48.3‰	5091 9.5‰	2906 5.4‰	5397 10.1‰	3771 7.0‰	4099 7.7‰	4781 8.9‰	3587 6.7‰	4709 8.8‰	4940 9.2‰	2475 4.6‰	2650 5.0‰	41538 77.6‰
15496 29.0‰	5506 10.3‰	4683 8.8‰	3828 7.2‰	3179 5.9‰	3431 6.4‰	3274 6.1‰	2016 3.8‰	3400 6.4‰	3003 5.6‰	23813 44.5‰	23192 43.3‰	22633 42.3‰
10718 20.0‰	13656 25.5‰	14407 26.9‰	5061 9.5‰	3163 5.9‰	4556 8.5‰	6949 13.0‰	5733 10.7‰	3613 6.8‰	V			

3755 7.0‰	3165 5.9‰	2774 5.2‰	5784 10.8‰	6963 13.0‰	6576 12.3‰	5675 10.6‰	6112 11.4‰	8901 16.6‰	5863 11.0‰	2130 4.0‰	2501 4.7‰	2610 4.9‰
3560 6.7‰	7571 14.1‰	11109 20.8‰	12027 22.5‰	11456 21.4‰	13333 24.9‰	12643 23.6‰	13187 24.6‰	14258 26.6‰	11703 21.9‰	10393 19.4‰	5130 9.6‰	1447 2.7‰
1482 2.8‰	11134 20.8‰	20876 39.0‰	15317 28.6‰	14579 27.2‰	16915 31.6‰	20825 38.9‰	16613 31.0‰	7955 14.9‰	17963 33.6‰	18126 33.9‰	5284 9.9‰	969 1.8‰
3736 7.0‰	7829 14.6‰	10874 20.3‰	11536 21.6‰	11875 22.2‰	13355 25.0‰	15422 28.8‰	11948 22.3‰	12904 24.1‰	11144 20.8‰	5745 10.7‰	3065 5.7‰	2045 3.8‰
3999 7.5‰	3289 6.1‰	2913 5.4‰	5918 11.1‰	6591 12.3‰	6055 11.3‰	5243 9.8‰	9457 17.7‰	11553 21.6‰	W			

3792 7.1‰	3326 6.2‰	1740 3.3‰	4212 7.9‰	5088 9.5‰	4707 8.8‰	4805 9.0‰	5472 10.2‰	6027 11.3‰	6272 11.7‰	1887 3.5‰	7931 14.8‰	8936 16.7‰
4279 8.0‰	11325 21.2‰	10511 19.6‰	9882 18.5‰	9720 18.2‰	9789 18.3‰	9311 17.4‰	11267 21.1‰	10509 19.6‰	11489 21.5‰	16683 31.2‰	22437 41.9‰	1589 3.0‰
707 1.3‰	12498 23.4‰	16285 30.4‰	15491 28.9‰	14870 27.8‰	15299 28.6‰	14687 27.4‰	12584 23.5‰	13195 24.7‰	14408 26.9‰	20029 37.4‰	22666 42.4‰	936 1.7‰
3870 7.2‰	10959 20.5‰	10263 19.2‰	10054 18.8‰	10491 19.6‰	9882 18.5‰	10634 19.9‰	10307 19.3‰	10022 18.7‰	8582 16.0‰	3942 7.4‰	9362 17.5‰	8229 15.4‰
3441 6.4‰	3198 6.0‰	1696 3.2‰	4056 7.6‰	5285 9.9‰	5462 10.2‰	4682 8.7‰	7391 13.8‰	6711 12.5‰	Z			

2592 4.8‰	3391 6.3‰	3108 5.8‰	4789 8.9‰	4983 9.3‰	5996 11.2‰	5332 10.0‰	5312 9.9‰	4483 8.4‰	7343 13.7‰	3820 7.1‰	3091 5.8‰	4259 8.0‰
2731 5.1‰	8279 15.5‰	11730 21.9‰	12361 23.1‰	13762 25.7‰	13417 25.1‰	12521 23.4‰	11748 22.0‰	15360 28.7‰	10833 20.2‰	14359 26.8‰	10450 19.5‰	1757 3.3‰
2281 4.3‰	11268 21.1‰	13929 26.0‰	15189 28.4‰	17803 33.3‰	15478 28.9‰	13153 24.6‰	18156 33.9‰	17694 33.1‰	12879 24.1‰	12156 22.7‰	11221 21.0‰	1329 2.5‰
2629 4.9‰	7971 14.9‰	11375 21.3‰	12982 24.3‰	13518 25.3‰	12055 22.5‰	12609 23.6‰	12314 23.0‰	13757 25.7‰	14862 27.8‰	6328 11.8‰	3500 6.5‰	2891 5.4‰
2331 4.4‰	3130 5.8‰	3493 6.5‰	4760 8.9‰	4730 8.8‰	5602 10.5‰	3772 7.0‰	7842 14.7‰	12366 23.1‰	F			

16260 30.4‰	17664 33.0‰	12422 23.2‰	13019 24.3‰	7490 14.0‰	6680 12.5‰	7176 13.4‰	6609 12.3‰	6638 12.4‰	10951 20.5‰	9148 17.1‰	15992 29.9‰	24957 46.6‰
23912 44.7‰	8663 16.2‰	3973 7.4‰	7152 13.4‰	5519 10.3‰	4238 7.9‰	5127 9.6‰	4122 7.7‰	4866 9.1‰	6866 12.8‰	1608 3.0‰	1510 2.8‰	20768 38.8‰
17940 33.5‰	2885 5.4‰	1207 2.3‰	3199 6.0‰	2435 4.6‰	1916 3.6‰	1794 3.4‰	1872 3.5‰	2101 3.9‰	4455 8.3‰	441 0.8‰	805 1.5‰	20890 39.0‰
24017 44.9‰	8771 16.4‰	4293 8.0‰	7403 13.8‰	5671 10.6‰	5195 9.7‰	3438 6.4‰	3167 5.9‰	5123 9.6‰	8105 15.1‰	7557 14.1‰	17307 32.3‰	24171 45.2‰
16908 31.6‰	17820 33.3‰	12443 23.3‰	12978 24.3‰	7837 14.6‰	8523 15.9‰	7645 14.3‰	6730 12.6‰	4788 8.9‰	L			

6172 11.5‰	6079 11.4‰	7206 13.5‰	7695 14.4‰	8370 15.6‰	9916 18.5‰	9967 18.6‰	10733 20.1‰	8969 16.8‰	9147 17.1‰	8508 15.9‰	5078 9.5‰	2400 4.5‰
4990 9.3‰	11448 21.4‰	10968 20.5‰	12773 23.9‰	13646 25.5‰	13853 25.9‰	12540 23.4‰	12493 23.3‰	10307 19.3‰	14609 27.3‰	9420 17.6‰	4844 9.1‰	1585 3.0‰
4313 8.1‰	10871 20.3‰	5929 11.1‰	6267 11.7‰	7084 13.2‰	6219 11.6‰	5772 10.8‰	6718 12.6‰	4300 8.0‰	10491 19.6‰	8114 15.2‰	4702 8.8‰	1493 2.8‰
4886 9.1‰	11377 21.3‰	11511 21.5‰	13167 24.6‰	14243 26.6‰	14694 27.5‰	10533 19.7‰	6675 12.5‰	13513 25.3‰	13147 24.6‰	10252 19.2‰	5314 9.9‰	3088 5.8‰
6253 11.7‰	6605 12.3‰	7856 14.7‰	7257 13.6‰	7487 14.0‰	8623 16.1‰	13607 25.4‰	15124 28.3‰	13959 26.1‰	N			

8241 15.4‰	11605 21.7‰	9862 18.4‰	6927 12.9‰	5686 10.6‰	7048 13.2‰	7417 13.9‰	7201 13.5‰	6759 12.6‰	6704 12.5‰	6212 11.6‰	7560 14.1‰	6269 11.7‰
9688 18.1‰	14797 27.6‰	11141 20.8‰	8840 16.5‰	8755 16.4‰	9607 18.0‰	9824 18.4‰	8474 15.8‰	8632 16.1‰	8574 16.0‰	9192 17.2‰	12737 23.8‰	10051 18.8‰
7912 14.8‰	10392 19.4‰	6003 11.2‰	6099 11.4‰	7196 13.4‰	6739 12.6‰	5800 10.8‰	6712 12.5‰	6163 11.5‰	7403 13.8‰	8306 15.5‰	15126 28.3‰	11261 21.0‰
10535 19.7‰	15460 28.9‰	11142 20.8‰	8687 16.2‰	8029 15.0‰	9235 17.3‰	10533 19.7‰	12036 22.5‰	8266 15.4‰	5171 9.7‰	6869 12.8‰	10032 18.7‰	8806 16.5‰
9048 16.9‰	12266 22.9‰	10112 18.9‰	6713 12.5‰	5250 9.8‰	7052 13.2‰	9493 17.7‰	10244 19.1‰	7266 13.6‰	P			

9586 17.9‰	9459 17.7‰	11820 22.1‰	15766 29.5‰	14617 27.3‰	15826 29.6‰	17528 32.8‰	16710 31.2‰	14609 27.3‰	13913 26.0‰	8740 16.3‰	6024 11.3‰	8910 16.6‰
10052 18.8‰	8072 15.1‰	8214 15.3‰	8420 15.7‰	9045 16.9‰	8798 16.4‰	9446 17.7‰	9871 18.4‰	9984 18.7‰	4845 9.1‰	5264 9.8‰	4722 8.8‰	5262 9.8‰
9449 17.7‰	4869 9.1‰	2723 5.1‰	3329 6.2‰	2560 4.8‰	3210 6.0‰	2915 5.4‰	3316 6.2‰	4689 8.8‰	2181 4.1‰	2945 5.5‰	4880 9.1‰	5156 9.6‰
9964 18.6‰	7728 14.4‰	7426 13.9‰	7871 14.7‰	8893 16.6‰	9143 17.1‰	9931 18.6‰	9300 17.4‰	6528 12.2‰	8836 16.5‰	6241 11.7‰	4464 8.3‰	8760 16.4‰
8698 16.3‰	8079 15.1‰	10981 20.5‰	14820 27.7‰	15580 29.1‰	18497 34.6‰	15064 28.1‰	11363 21.2‰	9268 17.3‰	Y			

附件四

30	31					1	2	3	4	5	6	7
ILVYTP UNZWFX	LIVPUY TNFZWZ	LVLYPT UNXFWZ	IYLTNP WVFUZX	IYTNLW PZFUVX	IYNTPL WUFZVX	IYNTPL WUFZVX	IYNTPL WZFVUX	IYNWTP LZVFUX	IYLNFU TPZVWX	VIULTY NPXFWZ	VLUZP TYNFWX	LVUZYI TPFWNX
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
LVIUYP TNZWFX	PTNZLX FYUWY+	FXTPTW ZUYVL+	XNFWZP TYLUVI	FXNWTZ YPULVI	NFWXZP YTULVI	XWNFPT YZULVI	XWNFZY TPULVI	FWXZNY TPLUVI	XNWZFU PTLVY+	XZFUWN PYTVL+	ZUTPFX WNYVL+	VLUPYF TZNWX+
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
VLUIYT PNXFWZ	UTZFWN PXVYL+	WXZFUT PNVYL+	XZWFUT NPVYLI	FXZWTP UNVYLI	WXFZTU PNVYLI	WXFZTU PNVYLI	FWXZTU NPVYLI	XFZTWP UVYNLI	WXZFNU PTVLY+	ZXWFUP NTYVL+	ZPUTFX WYVNL+	VLUPYT XNFWZ+
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
LVIUYP TNZWFX	PTNZXL UFWYV+	XNFPWT UZYVL+	XNFWZP TYLUVI	NFXWZT YPULVI	NWXFZP YTULVI	WFZPNX YUTLVI	XFZWZT YNULVI	XFZWZT PYLUIV	XFNWYZ TLUPIV	VTUNXL PFYWZI	VULPZT NYFIWX	LVUPYZ TNFIWX
23	24	25	26	27	28	29	30	31				
ILVPYU TNWZFX	LIVPUY TNWZFX	LVLYPU TNXFWZ	IYLTNP WVFUZX	IYTNLW PZFUVX	IYTNLP WZFVUX	IYNTPL LVWZXF	IYNPWU FZTLVX	NFXWTY IPZLUV				

註：

■ 出現14000~42000次

■ 出現6500~14000次

■ 出現2200~6500次

■ 出現100~2200次

□ 出現0~100次