

# 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 數學科

030409

**變形金剛--Transformation Cube**

學校名稱：臺南市立建興國民中學

|                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| 作者：<br><br>國二 許申霖<br><br>國二 鄭兆傑 | 指導老師：<br><br>陳亮君 |
|---------------------------------|------------------|

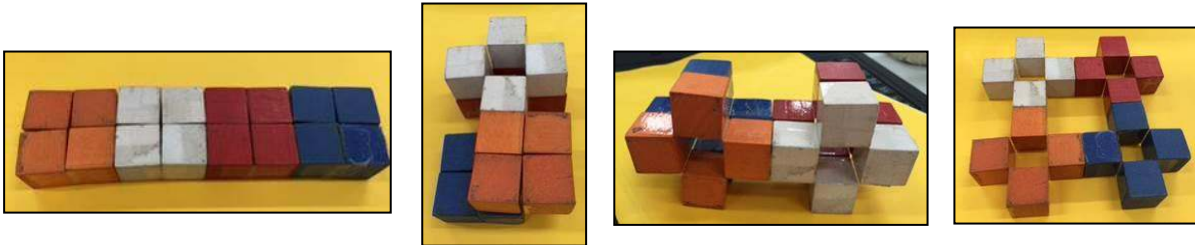
關鍵詞：正立方體、旋轉、方塊遊戲

## 摘要

本研究分兩部分:一、探討多個正立方體在改變鄰邊的連接方式所產生的立體圖形，並經由翻轉後所產生的變形效果，由 2 連變形方塊，只有 1 種連接方式及 2 種立體圖形，到 3 連變形方塊，發現總共有 5 種連接方式，9 種立體圖形；最後發現 4 連變形方塊，利用 GeoGebra 軟體嘗試了所有可能情形，經由篩選後找出共 50 種連接方式，可產生共 92 種立體圖形。二、透過研究立體圖形性質:表面積、最大及最小接地面積、接面數、所占空間圍成立方體後的體積…等討論，啟發設計遊戲的創意，進而設計出「T-C(Transformation Cube)方塊遊戲」。此遊戲的規則類似「3D Bricks Puzzle Series」，最大的不同在於變形方塊的可翻動性及互動性。最後列出遊戲中各種變形方塊的使用時機及遊戲的致勝策略，提供玩家參考。

## 壹、研究動機

偶然在網路上觀看一段影片，發現有人將正方體以邊連邊的方式相互黏貼，所製成的多個立方體在拉動後可以產生旋轉及變形的效果，我們利用教室中的正方體積木黏了其他不同大小的立方體，原本只是覺得好玩所以 DIY 做了一個可變動的方塊如下圖，沒想到變形許多不同的樣子。我們開始對其中的數學原理感到好奇，思考如果能以有系統的方式探討出所有的變形方式，並利用 Transformation Cube(簡稱 T-C 方塊)變化多的特性，設計出一款需腦力激盪的益智遊戲，有別於市面上一般形體皆固定的方塊遊戲。所以我們從可連接的最少方塊塊數出發，藉由探討不同方塊數量及圖形的性質，進而設計出一款遊戲，踏上我們的研究之路。



## 貳、研究目的

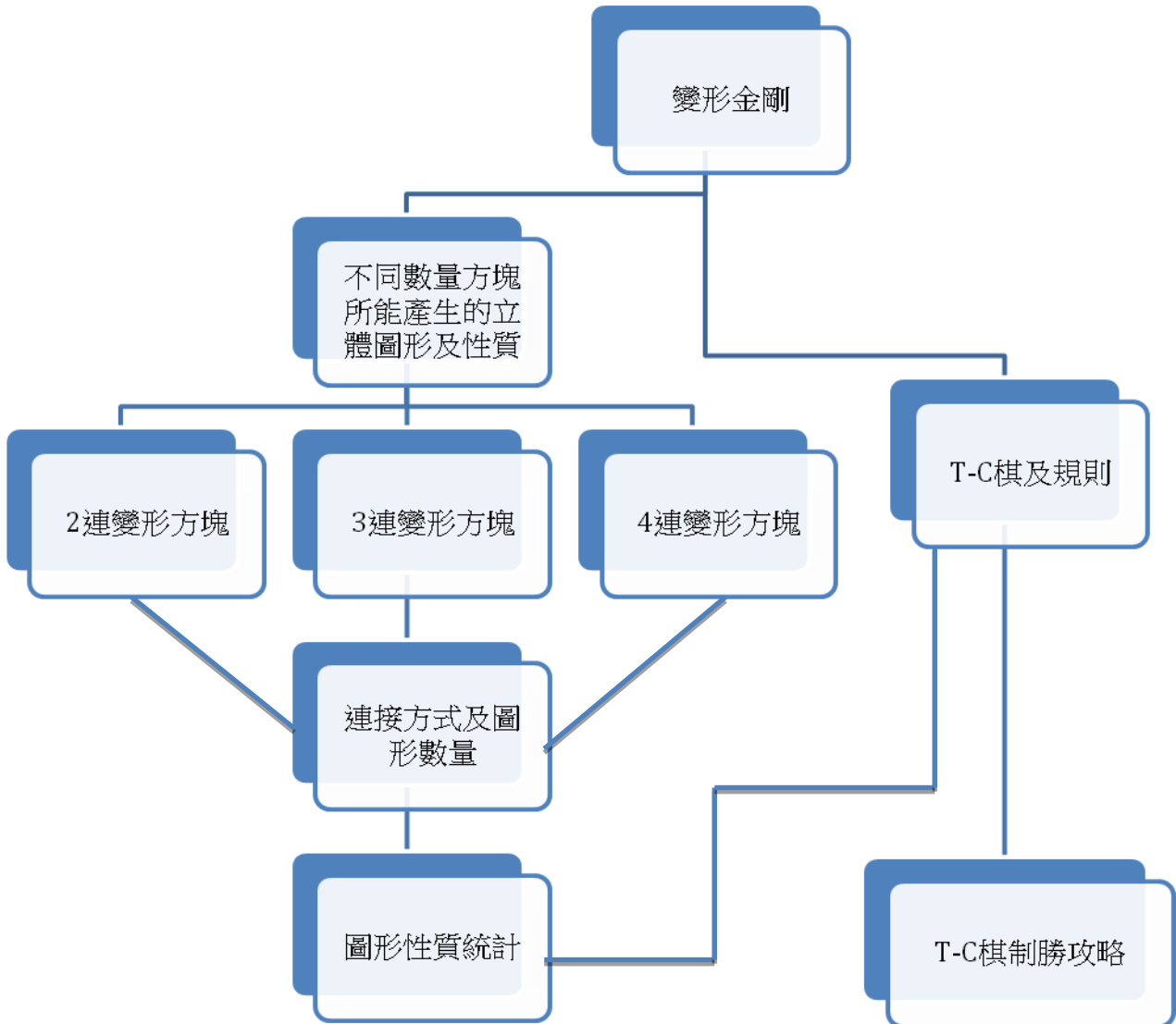
- 一、研究不同數量的方塊透過連接方式的改變所能產生的圖形種類個數。
- 二、研究連接不同鄰邊所產生的 T-C 方塊所能翻轉出的圖形種類個數。
- 三、所組成的 T-C 方塊翻轉後，接地面積與立體圖形所占空間圍成立方體後的體積之關係。
- 四、找出與平面接觸面積最小，圖形所占空間圍成立方體後的體積卻最大的圖形。
- 五、利用 T-C 方塊的特性，設計出一個具互動性的方塊遊戲。

## 參、研究器材及設備

GeoGebra 動態幾何軟體、正方體積木、電腦、紙、筆、膠帶

# 肆、研究流程與名詞定義

## 一、研究流程圖



## 二、名詞定義

(一)鄰邊：當兩塊正方體並排時，兩個相鄰的面共同的各四個邊即為鄰邊。

(二)翻轉後所產生的圖形種類：不分方塊顏色、膠帶黏貼方向及翻轉後的擺放方式，只要所產生的物體在立體空間中形狀相同及為一種圖形種類。

(三)翻轉：經由黏貼所製成的立體方塊在不經由撕或毀損膠帶所能進行的形狀改變即為翻轉。

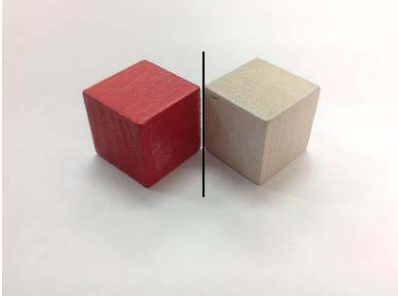
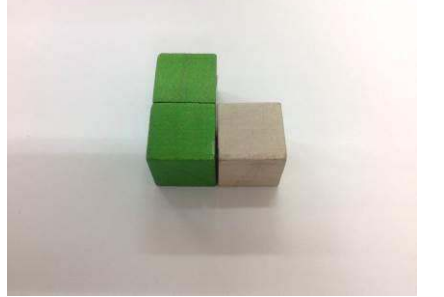
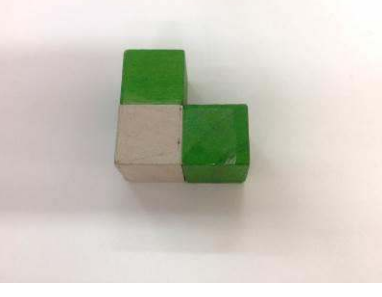
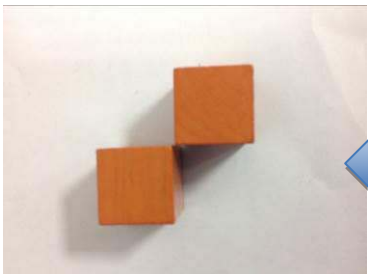


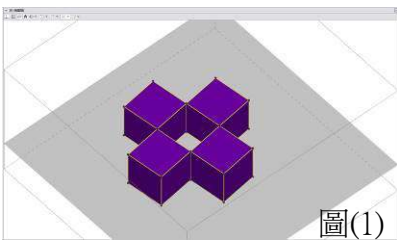
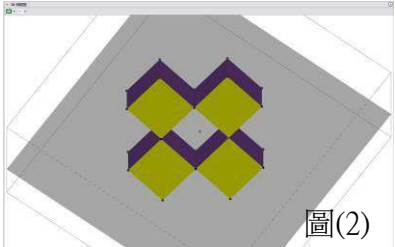
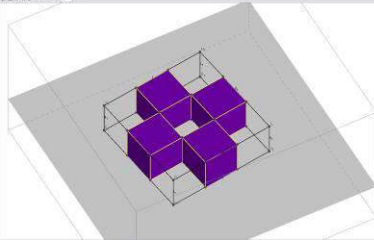
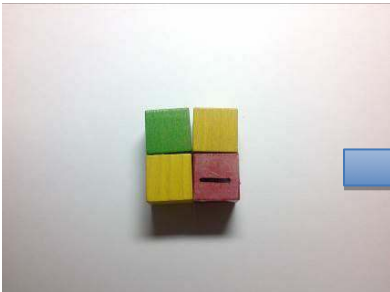
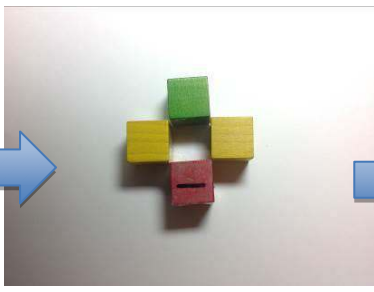
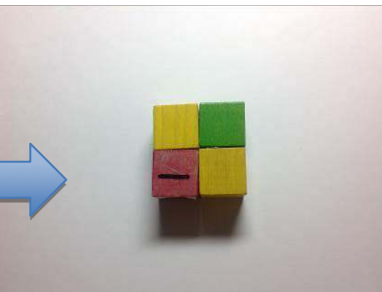
(四)連接邊數：所製成的立體圖形連接邊數(共邊算一邊)。

(五)底面積：翻轉後的立體方塊立於任意平面所接觸的面積

(六)所占空間圍成立方體後的體積：翻轉後的立體方塊最外為延伸成立方體所佔體積。

(七)連動：立體方塊在拉動其中一個方塊時可使非鄰邊方塊移動的翻轉動作稱為連動。

(八)對稱傾向：對稱軸對稱之圖形若與原圖形相同，編號為 0；對稱軸兩邊圖形不同時，左旋為 1，右旋為 2。

|   |  |   |
|---|--|---|
|                |                |    |
| (一)鄰邊   | (二)翻轉後所產生的圖形種類(例如上圖)   |   |
|               |                |   |
| (三)翻轉   |  | (四) 連接邊數(一邊)  |
|  <p>圖(1)</p> |  <p>圖(2)</p> |  |
| (五)底面積<br>(圖 2)是(圖 1)的底面積   |  | (六) 所占空間圍成立方體後的體積   |
|              |               |  |
| (七)連動{固定紅色，移動紅色方塊的鄰塊，可以使綠色方塊[和紅色方塊無連接]移動  |  |   |

## 伍、研究結果與討論

### 一、T-C 方塊部分探討

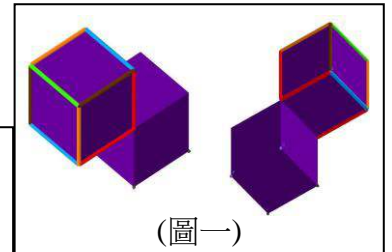
#### (一)2 連變形方塊

2 塊方塊因為只有 1 個可連接的邊，也就是僅可能產生一個共邊，所以只會有 1 種黏貼方式，並且只有 2 塊方塊並排以及呈 L 字型的兩種變形，不再多做討論。

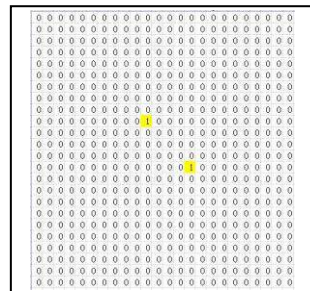
#### (二)3 連變形方塊

##### 1.考慮所有邊的可能情形

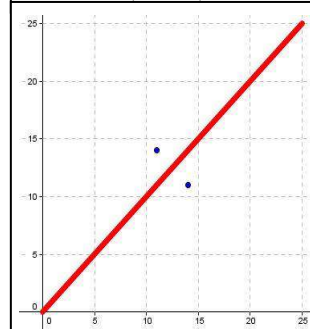
研究結果從 2 塊出發，也由於 2 塊只有一種結果，便從 2 塊正方體再加上 1 塊形成 3 塊的立體圖形的想法，思考可黏貼的種類及各立體圖形的變化；1 塊正方體有 12 個邊可做連接，不過從兩塊在加上一塊時有 1 邊已連接，所以下 11 個邊可連接，其中有 4 個邊在經過連接後所產生的皆為 NO.1 的圖形，有 2 個邊可以做出 NO.2 的圖形，另外各有 2 組斜對邊皆可做出 NO.3 及 NO.4 的圖形，另外只有 1 個邊可以做出 NO.3 的圖形，共有 5 種連接方式。



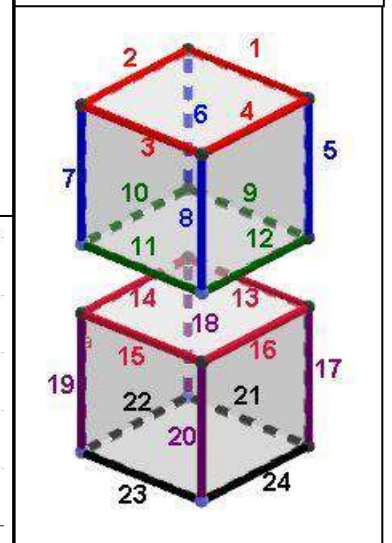
(圖一)



(圖二)



(圖三)



(圖四)

以圖一為例，相同顏色的邊所連接出的 T-C 方塊其連接方式相同。接下來利用連結矩陣表示連接方式將方塊的邊依次編號如圖四，將連接邊的方式以連結矩陣表示如圖二所示，為了易於辨識，因此報告內容用較為簡潔的方式表示矩陣如圖三。

編號方式：依圖四方式依序編號

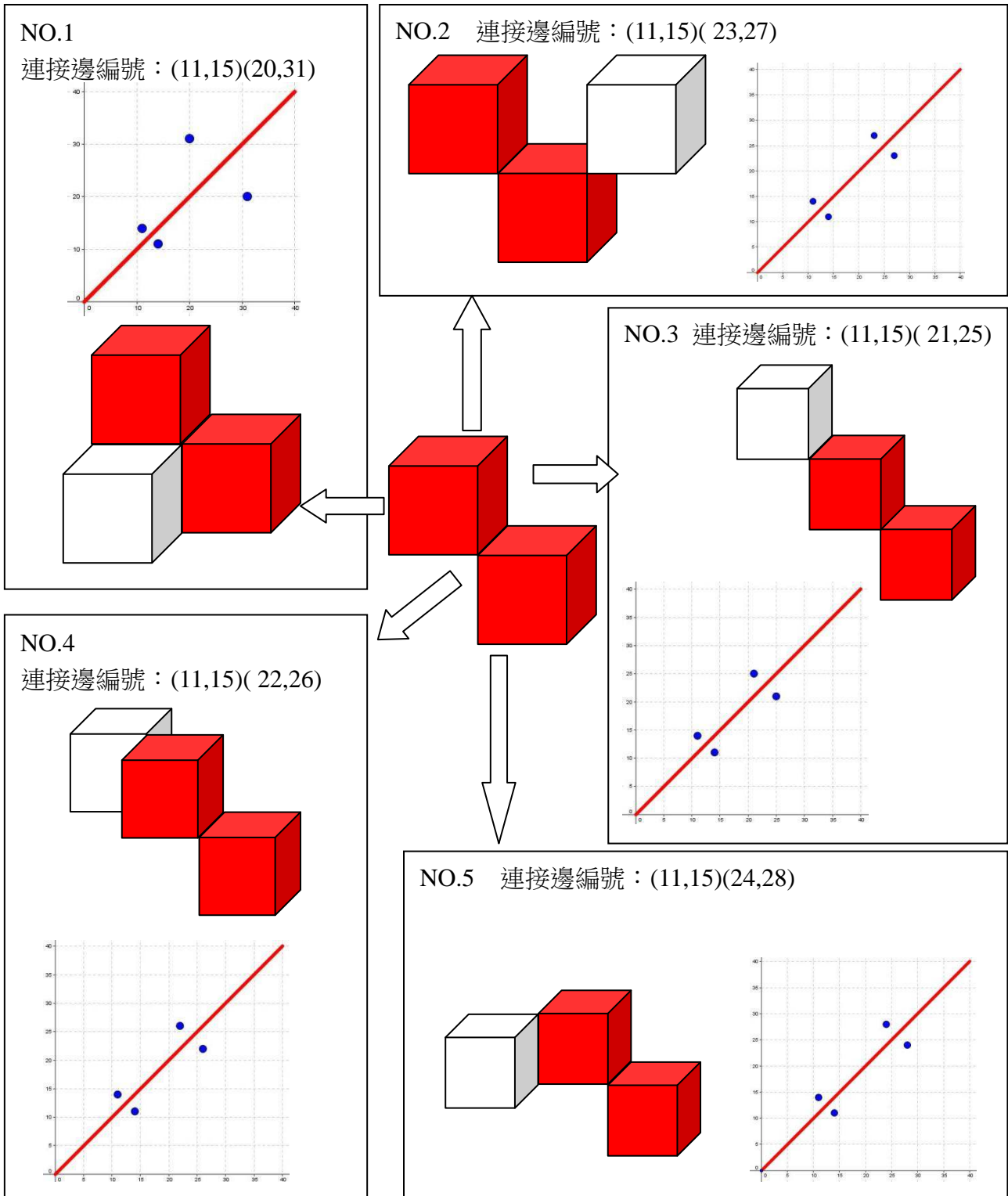
翻轉方式：將 T-C 方塊翻成最高圖形，若高度相同則選擇底面積較大的圖形，此圖形最頂端的方塊與次高方塊開口(連接邊對面)朝向自己，此時不可有方塊被擋在後排，否則必須另找圖形。以上條件確認完成後，方塊依上至下，右至左(或左至右)的順序進行編號，並找出連接邊所屬編號。

特殊情形：(1)若圖形條件皆符合，卻有不同方向的擺放方式時，以支鏈方塊在左方的情形優先考慮。

(2)若圖形無支鏈方塊，且末端兩方塊皆可成為頂層時，以擺放時方塊間開口數量較多者優先考慮，若開口數相同，則考慮連接邊編號數字較少的擺放方式。

## 2.考慮鄰邊位置的方塊類型

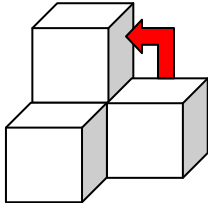
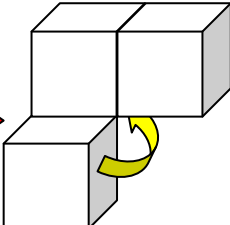
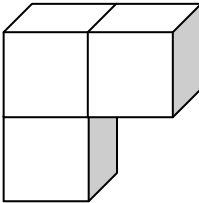
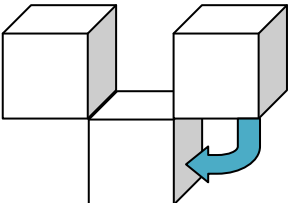
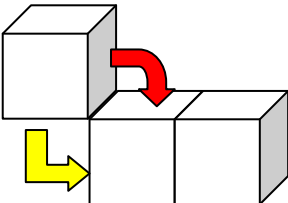
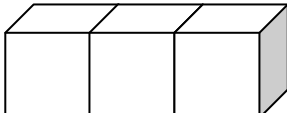
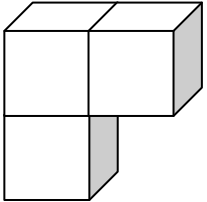
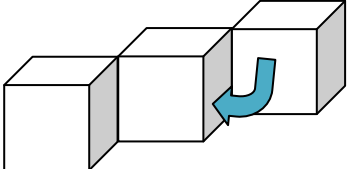
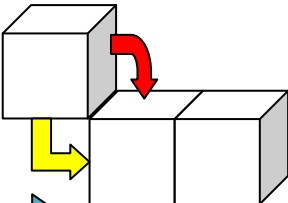
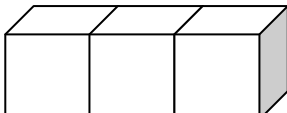
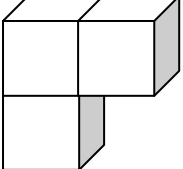
得到五種變形方式如下圖：



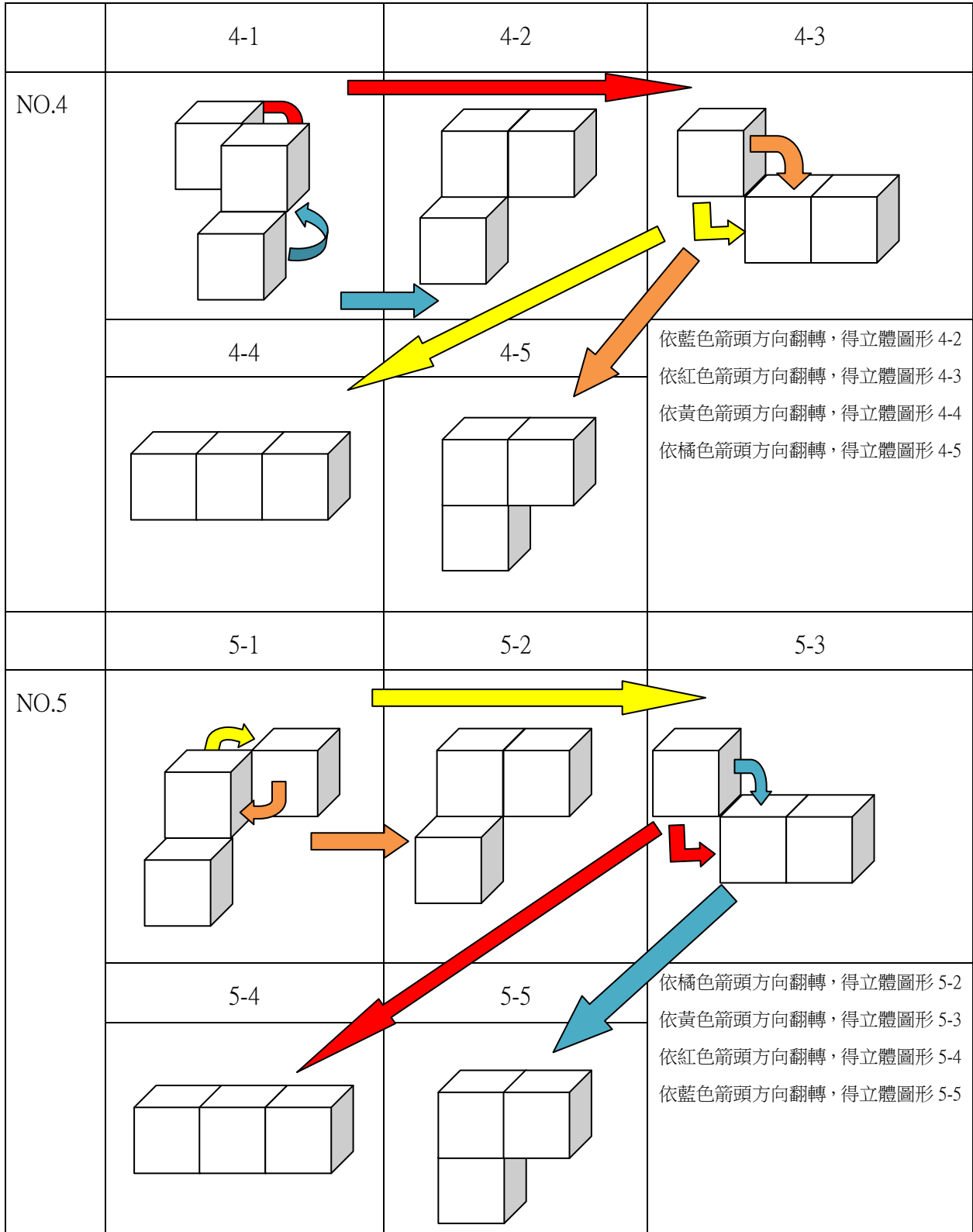
### 3.3 連變形方塊加入翻轉變項

所得立體圖形下表：

NO.1 依紅色箭頭方向翻轉，得 T-C 方塊 1-2，依黃色箭頭方向翻轉，得 T-C 方塊 1-3

|      | 1-1   | 1-2   | 1-3  |
|------|---|---|--|
| NO.1 |    |    |   |
|      | 2-1   | 2-2   | 2-3  |
| NO.2 |   |    |    |
|      | 2-4   | NO.2 依藍色箭頭方向翻轉，得立體圖形 2-2<br>依黃色箭頭方向翻轉，得立體圖形 2-3<br>依紅色箭頭方向翻轉，得立體圖形 2-4              |  |
|      |  |   |  |
|      | 3-1   | 3-2   | 3-3  |
| NO.3 |  |  |  |
|      | 3-4   | NO.3 依藍色箭頭方向翻轉，得立體圖形 3-2<br>依黃色箭頭方向翻轉，得立體圖形 3-3<br>依紅色箭頭方向翻轉，得立體圖形 3-4              |  |
|      |  |   |  |

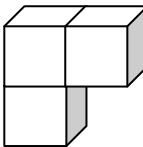
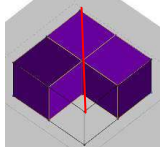
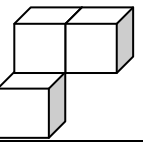
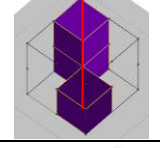
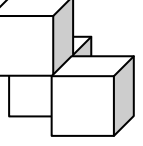
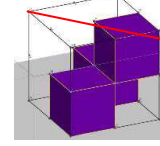
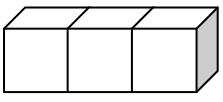
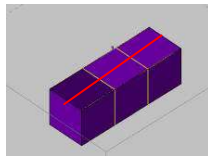
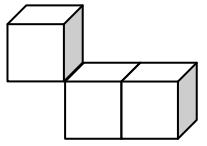
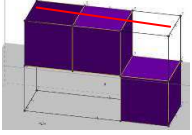
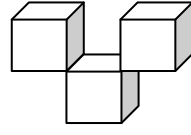
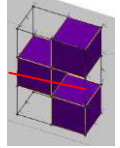
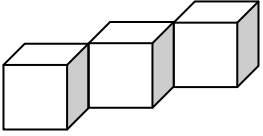
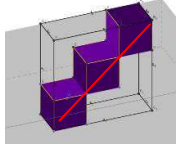
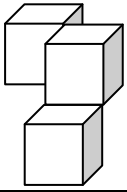
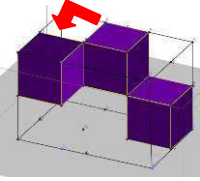
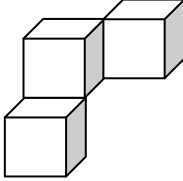
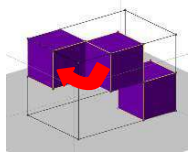
同理，依箭頭可得 NO.4 和 NO.5



3 連變形方塊所能變形出的立體圖形扣除重複的狀況後，共 9 種，依序編號為 T1~T9。



4.3 連變形方塊翻轉後的立體圖形性質描述：

| 編號 |   | 表面積 | 最大接地面積 | 最小接地面積 | 接面數 | 積  | 所占空間圍成<br>立方體後的體<br>面積 | 所占空間圍成<br>立方體後的表<br>面積 | 對稱傾向  | 積圖<br>所占空間圍成<br>立方體後的體<br>積圖 |
|----|---|-----|--------|--------|-----|----|------------------------|------------------------|---|------------------------------|
| T1 |    | 14  | 3      | 1      | 2   | 4  | 16                     | 0                      |    |                              |
| T2 |    | 16  | 2      | 1      | 1   | 8  | 24                     | 0                      |    |                              |
| T3 |    | 18  | 2      | 1      | 0   | 8  | 24                     | 0                      |    |                              |
| T4 |   | 14  | 3      | 1      | 2   | 3  | 14                     | 0                      |   |                              |
| T5 |  | 16  | 3      | 1      | 1   | 6  | 22                     | 0                      |  |                              |
| T6 |  | 18  | 3      | 1      | 0   | 6  | 22                     | 0                      |  |                              |
| T7 |  | 18  | 3      | 1      | 0   | 9  | 30                     | 0                      |  |                              |
| T8 |  | 18  | 2      | 1      | 0   | 12 | 32                     | 1                      |  |                              |
| T9 |  | 18  | 2      | 1      | 0   | 12 | 32                     | 2                      |  |                              |

#### (四)4 連變形方塊

##### 1. 連接種類計算

分為兩部分討論：一部分為在 3 塊正方體的兩邊方塊中其中 1 塊再加上 1 塊正方體形成 4 塊正方體的圖形；另一部分則是在 3 塊正方體的中央方塊再加上 1 塊正方體所形成的圖形。我們的想法則有三種：

(1)在先前的 3 塊正方體曾經出現有 11 個可連接邊時，其實只有 5 種連接種類，因此以 3 塊正方體的 5 種連接方式乘上在兩邊方塊其中 1 塊加上後所可能產生的 5 種連接種類， $5 \times 5$  產生 25 種，加上中央方塊的連接產生最多  $5 \times 10$  種，初步推估約  $25+50$  共 75 種連接方式。

(2)第二種想法是由排列組合思考，因為所有 3 塊方塊都是由兩塊所衍生，為何不想成 2 種連接方式的 3 塊正方體連接，中央兩塊部分因為圖形相同所以當作重疊，這樣僅會有  $=10$  種，加上中央方塊的連接產生最多  $5 \times 10$  種，估算為  $10+50$  頂多 60 種連接方式。

(3)最後直接把每個可連接的邊都列入考慮，發現其實 3 塊正方體的兩邊方塊中可能連接方式會不同，因此三塊正方體的 NO.1 可有 22 個邊連接第 4 個正方體，NO.2、NO.3 因兩邊方塊相同所以僅有各 11 種，最後 NO.4、NO.5 皆因 3 塊正方體的兩邊方塊不同個可以產生 22 種連接方式，因此 4 塊最多有  $22 \times 3 + 11 \times 2$  共 88 種在加上中央方塊的 50 種，因此最多可能有  $88+50$  共 138 種！

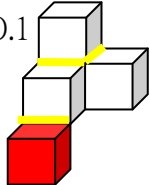
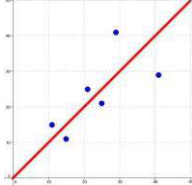
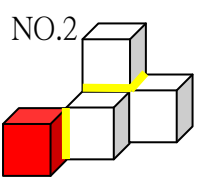
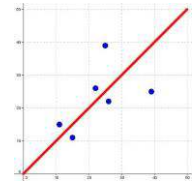
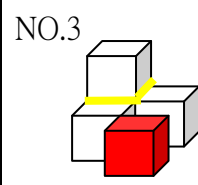
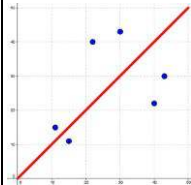
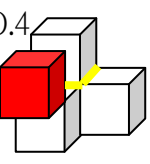
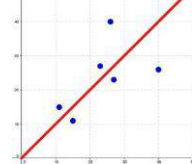
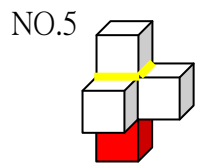
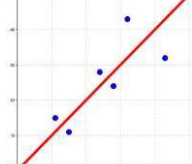
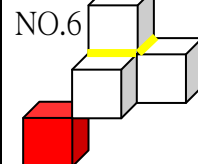
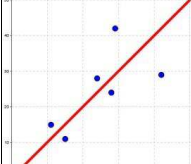
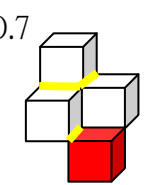
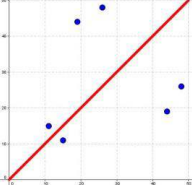
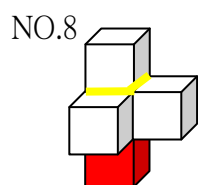
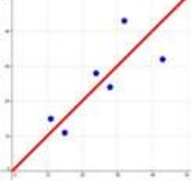
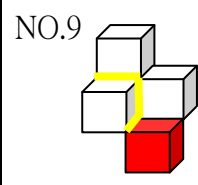
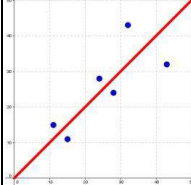
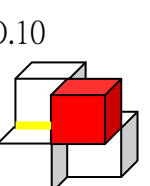
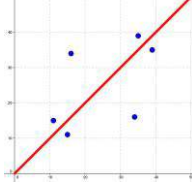
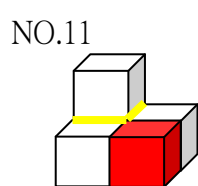
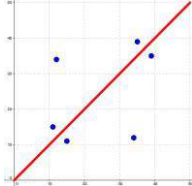
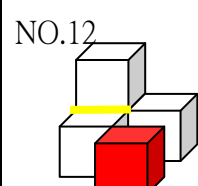
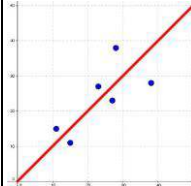
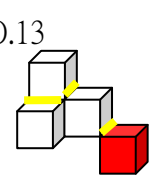
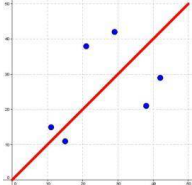
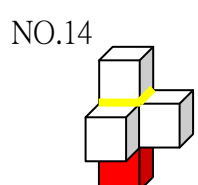
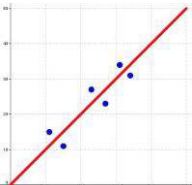
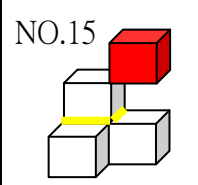
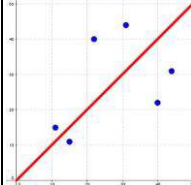
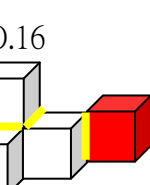
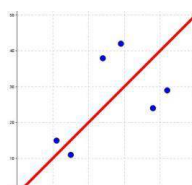
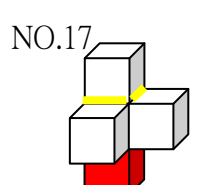
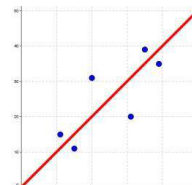
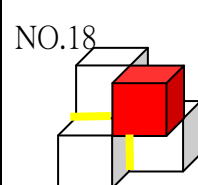
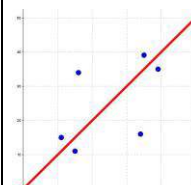
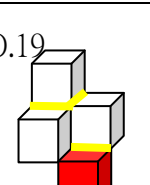
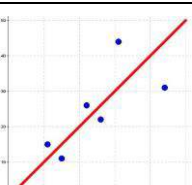
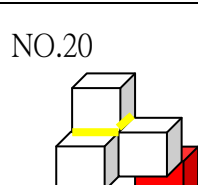
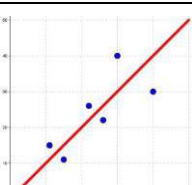
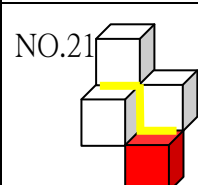
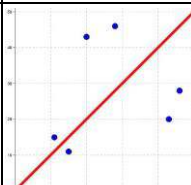
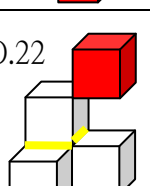
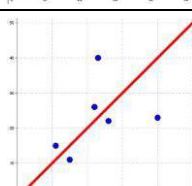
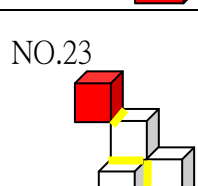
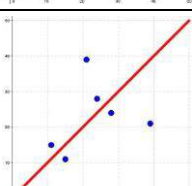
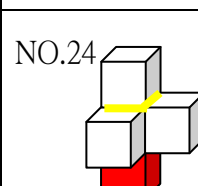
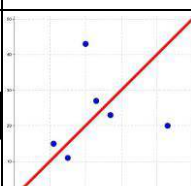
但以上的想法皆無法排除在空間之中，經由改變方向後，可能產生的重複狀況。

##### 2. 確定連接方式

在利用 GeoGebra 繪製立體圖形時，便利用上方討論(3)的作法，以三塊的 NO.1、NO.2……NO.5 為基本型增加方塊，做了 138 組。在判斷圖形種類及重複數量時，將三塊的 NO.1、NO.2……NO.5 分為 5 組，先將組內重複圖形刪去，再和不同組之間交叉比對，扣除組與組之間的重複圖形後即為 4 連變形方塊所能產生的連接方式。至於如何判別連接方式是否重複，以四塊 NO.1 為例，可以看出其 3 塊基本型可能為 NO.1 或 NO.2，也就是說此圖形在第 2 組中也有相同圖形，最後在第 2 組找出相同圖形，經過篩選確認連接邊一致，就找出 1 種圖形了。最後求出共有 50 種連接方式。

我們也從連接矩陣確認連接種類，4 連變形方塊的矩陣大小為  $48 \times 48$ ，刪去不合理的連接邊位置後，得到共 50 種連接方式。

##### 3. 4 連變形方塊連接方式表格：

| 3 連變形方塊基本型  | NO.1 產生之連接種類及連接矩陣   |   |   |  |   |
|---|---|---|---|--|---|
| NO.1     |    | NO.2     |    | NO.3     |    |
| NO.4     |    | NO.5     |    | NO.6     |    |
| NO.7     |    | NO.8     |    | NO.9     |    |
| NO.10  |  | NO.11  |  | NO.12  |  |
| NO.13  |  | NO.14  |  | NO.15  |  |
| NO.16  |  | NO.17  |  | NO.18  |  |
| NO.19  |  | NO.20  |  | NO.21  |  |
| NO.22  |  | NO.23  |  | NO.24  |  |

|       |                   |  |   |  |  |       |  |  |
|-------|-------------------|--|---|--|--|-------|--|--|
| NO.25 |                   |  | NO.26   |  |  | NO.27 |  |  |
| NO.28 |                   |  | NO.29   |  |  | NO.30 |  |  |
| 基本型   | NO.2 產生之連接種類及連接矩陣 |  |   |  |  |       |  |  |
| NO.31 |                   |  | NO.32   |  |  | NO.33 |  |  |
| NO.34 |                   |  | NO.35   |  |  | NO.36 |  |  |
| NO.37 |                   |  | NO.38   |  |  | NO.39 |  |  |
| 基本型   | NO.3 產生之連接種類及連接矩陣 |  |   |  |  |       |  |  |
| NO.40 |                   |  | NO.41   |  |  | NO.42 |  |  |
| NO.43 |                   |  | 由於每種連接方式的連接矩陣都不同，因此可由連接矩陣找出相對應的連接種類。若連接矩陣呈現 Y 字形，即可確認此連接種類為 3 連變形方塊的中間塊所增加出的種類。 |  |  |       |  |  |

|       |                   |  |       |  |   |
|-------|-------------------|--|-------|--|---|
| 基本型   | NO.4 產生之連接種類及連接矩陣 |  |       |  |   |
| NO.44 |                   |  | NO.45 |  |   |
| NO.46 |                   |  | NO.47 |  |   |
| NO.48 |                   |  |       |  |   |
| 基本型   | NO.5 產生之連接種類及連接矩陣 |  |       |  |   |
| NO.49 |                   |  | NO.50 |  |   |
|       |                   |  |       |  | 備註：表格當中有重複的立體圖形，但彼此之間連接方式是不同的，連接邊以黃色線段表示。 |

4. 4 連變形方塊加入翻轉變項後所得的立體圖形如下表：

|     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| F1  | F2  | F3  | F4  | F5  | F6  | F7  |
|     |     |     |     |     |     |     |
| F8  | F9  | F10 | F11 | F12 | F13 | F14 |
|     |     |     |     |     |     |     |
| F15 | F16 | F17 | F18 | F19 | F20 | F21 |
|     |     |     |     |     |     |     |

|     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| F22 | F23 | F24 | F25 | F26 | F27 | F28 |
|     |     |     |     |     |     |     |
| F29 | F30 | F31 | F32 | F33 | F34 | F35 |
|     |     |     |     |     |     |     |
| F36 | F37 | F38 | F39 | F40 | F41 | F42 |
|     |     |     |     |     |     |     |
| F43 | F44 | F45 | F46 | F47 | F48 | F49 |
|     |     |     |     |     |     |     |
| F50 | F51 | F52 | F53 | F54 | F55 | F56 |
|     |     |     |     |     |     |     |
| F57 | F58 | F59 | F60 | F61 | F62 | F63 |
|     |     |     |     |     |     |     |
| F64 | F65 | F66 | F67 | F68 | F69 | F70 |
|     |     |     |     |     |     |     |
| F71 | F72 | F73 | F74 | F75 | F76 | F77 |
|     |     |     |     |     |     |     |

|     |  |     |     |     |     |     |
|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| F78 | F79  | F80 | F81 | F82 | F83 | F84 |
|     |  |     |     |     |     |     |
| F85 | F86  | F87 | F88 | F89 | F90 | F91 |
|     |  |     |     |     |     |     |
| F92 | <p>(1) 最小接地面積除 F32、F33、F47、F87 外皆為 1 平方單位。</p> <p>(2) 所占空間圍成立方體後的體積最大為 F88、F90 及 F91，皆為 27 立方單位。</p> <p>(3) 所占空間圍成立方體後表面積最大則為 F88、F90 及 F91，皆 54 平方單位。</p> |     |     |     |     |     |
|     |  |     |     |     |     |     |

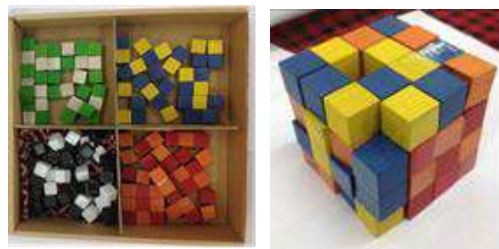
### (五)3 連變形方塊及 4 連變形方塊比較

|                        | 3 連變形方塊                            | 4 連變形方塊                                  |
|------------------------|------------------------------------|--|
| 體積(立方單位)               | $1 \times 1 \times 1 \times 3 = 3$ | $1 \times 1 \times 1 \times 4 = 4$       |
| 連接邊數                   | 2                                  | 3  |
| 連接方式                   | 5                                  | 50                                       |
| 圖形種類                   | 9                                  | 92                                       |
| 最大表面積(平方單位)            | $1 \times 6 \times 3 = 18$         | $1 \times 6 \times 4 = 24$               |
| 最小表面積(平方單位)            | $18 - 1 \times 1 \times 4 = 14$    | $24 - 1 \times 1 \times 6 = 18$          |
| 接地面積最大(平方單位)           | 3                                  | 4  |
| 接地面積最小(平方單位)           | 1                                  | 1  |
| 接面數最多                  | 2                                  | 3  |
| 接面數最少                  | 0                                  | 0  |
| 最大所占空間圍成立方體後的體積(立方單位)  | $3 \times 3 \times 2 = 18$ (T8、T9) | $3 \times 3 \times 3 = 27$ (F88、F90、F91) |
| 最小所占空間圍成立方體後的體積(立方單位)  | $3 \times 1 = 3$ (T4)              | $2 \times 2 \times 1 = 4$ (F32、F64)      |
| 最大所占空間圍成立方體後的表面積(平方單位) | 32 (T8、T9)                         | 54 (F90、F91)                             |
| 最小所占空間圍成立方體後的表面積(平方單位) | 14 (T4)                            | 18 (F32)                                 |

## 二、T-C 方塊遊戲設計

### (一)T-C 方塊遊戲設計靈感

我們藉由 T-C 方塊連接的翻轉特性，設計出一款益智遊戲，因為以往方塊堆疊的益智遊戲如：俄羅斯方塊、索瑪立方塊等僅能進行單人遊戲；而我們構想的遊戲雛形「3D Bricks Puzzle Series」雖然



有多位玩家，多了互動性，但遊戲中的方塊形狀固定，僅能透過堆疊的方式進行，我們的 T-C 方塊有可翻轉的情形，遊戲進行中還可翻動其他玩家方塊，可更增加趣味性及思考空間。

### (二) T-C 方塊遊戲道具選取依據

訂定道具的依據是將僅有 1 種連接方式的 1 塊 2 連變形方塊和所有 5 種不同連接方式的 5 塊 3 連變形方塊通通列入考慮，並希望可以加入幾種不同連接方式的 4 連變形方塊。若未加入 4 連變形方塊前每位玩家有 17 塊方塊。考量遊戲範圍以正方體最佳，此時 2 人 34 塊及 3 人 51 塊方塊最適合用於  $3 \times 3 \times 3 = 27$  搭配  $4 \times 4 \times 4 = 64$  的空間進行遊戲，不過可能因為遊戲進行過快，缺乏思考空間而顯得乏味；因此我們決定規定 2 位玩家的遊戲範圍為  $4 \times 4 \times 4 = 64$ ，3 位玩家的遊戲範圍為  $5 \times 5 \times 5 = 125$ ，這樣就可選取 4 塊 4 連變形方塊，讓每位玩家都有  $17 + 4 \times 4 = 33$  塊方塊，以 2 人遊戲的 66 塊方塊跟 3 人遊戲的 99 塊方塊來說，這樣的遊戲範圍相當合適。

至於如何挑選 4 種 4 連變形方塊，我們經由前面提到的 50 種 4 連變形方塊篩選，考慮遊戲所需要的方塊特性，經由實戰測試後找出了 p.10~p.12 中的 NO.34、NO.42、NO.43、NO.44，其 4 種 4 連方塊特性如下：

NO.34：為 50 種不同連接方式中唯一呈現「鋸齒狀」排列，在頂層可繞過其他玩家的方塊。

NO.42：接面數為 0 時，可延伸至最長及最寬的空間。

NO.43：為 50 種不同連接方式中可翻轉出最多共 22 種不同立體圖形的 4 連變形方塊。

NO.44：為 50 種不同連接方式中可翻轉出最多共 22 種不同立體圖形的 4 連變形方塊。

### (三)T-C 方塊遊戲規則

1. 玩家人數：2 至 3 人

2. 遊戲道具：a. 2 連變形方塊 x1    b. 3 連變形方塊 x5    c. 4 連變形方塊 x4    d. 輔助方塊 x n

3. 遊戲規則：

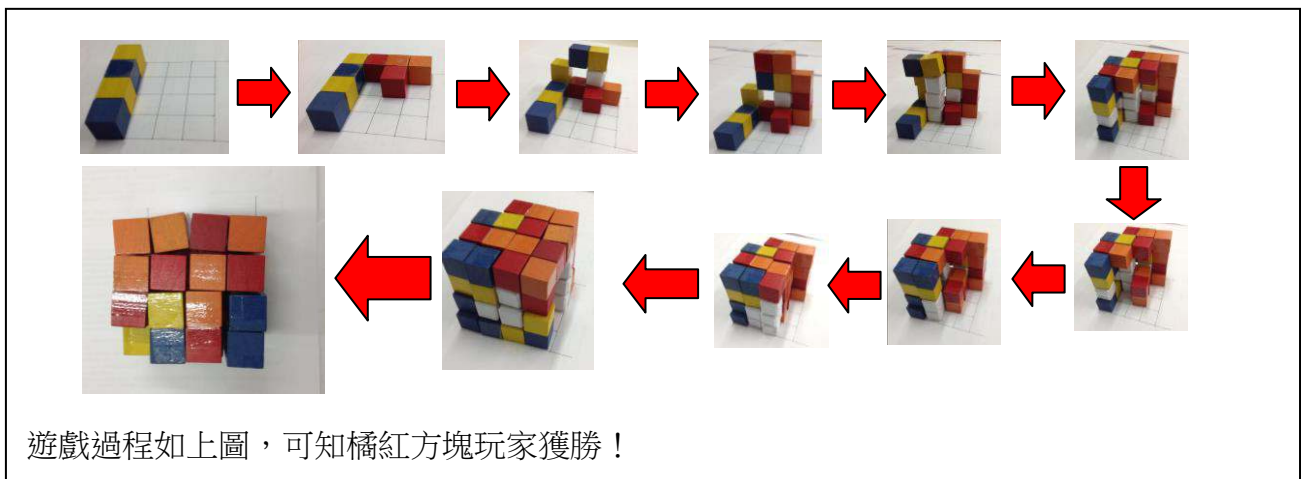
(1) 2 位玩家的遊戲範圍為  $4 \times 4 \times 4$ ，3 位玩家的遊戲範圍為  $5 \times 5 \times 5$ ，遊戲時不得超出此空間。

(2) 玩家互相為對方排第 1 塊方塊(至少要有 1 面接地)，隨後依方塊顏色擺放順序繼續進行。

(3) 每個玩家擺放的方塊至少要有 1 個面與本身相同顏色方塊連接。



- (4) 在不違反上述規則的情況下，玩家可隨意翻轉方塊，方塊擺放允許懸空，但下面至少要有 1 塊方塊(不分顏色)支撐。
- (5) 在擺放時可依情況翻轉其他玩家的可翻動方塊，假如方塊已經到達最上層則禁止翻動。
- (6) 如果方塊的擺放符合規則但難以站立時，可使用輔助方塊支撐，輔助方塊也可依玩家需求增加或移除。
- (7) 玩家依序擺放方塊至所有方塊皆使用完(輔助方塊除外)或無法繼續擺放時，遊戲結束。
- (8) 遊戲結束時由俯視面判斷輸贏，俯視面所占顏色面積最大的玩家獲勝！



### (三)T-C 方塊遊戲獲勝技巧

在遊戲結束時可以發現，通常贏家在下層的方塊較少，大多是利用其他玩家位於底層的方塊堆疊到最高層，也就是單看贏家方塊的堆疊會呈現「頭重腳輕」，才能在最上層佔到最大的面積。

因此，我們要介紹遊戲中出現的 2 連變形方塊、3 連變形方塊以及 4 連變形方塊的各種特性，讓玩家們知道不同方塊的使用時機。由於判斷輸贏的方式是經由俯視面決定，所以介紹方塊特性時皆是以最頂層可以產生的俯視面積為主要判斷依據。

### (四)T-C 方塊遊戲戰略表

1. **2 連變形方塊**:最多可佔到 2 平方單位，並可依頂面方塊情形進行接面數的調整，避免和其他方塊重疊；或利用填滿下方空間往上佔到 1 平方單位的面積。
  2. **3 連變形方塊**:(編號依據 p.5「3 連變形方塊的連接方式」及 p.8「3 連變形方塊的性質描述」)
- 表 1：5 種 3 連變形方塊(NO.1~5)皆可產生 3 連方塊的立體圖形 T1。

|    |  |                                   |
|----|--|-----------------------------------|
| T1 |  | <p>(本圖及下方所有圖形皆為俯視圖，顏色越深位於越下層)</p> |
|----|--|-----------------------------------|

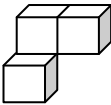

此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形。

a.3 平方單位：藉由下層方塊在頂面佔住空間，不給其他玩家佔到頂面的機會。

b.2 平方單位：這個方式除了可以佔到 2 平方單位，下方最多也可蓋住其他玩家 1 平方單位的俯視面積。

c.1 平方單位：若方塊難以擺放時，可用下方 2 塊方塊填滿空間並往上佔到頂面。

表 2：3 種 3 連變形方塊(NO.1、NO.4、NO.5)皆可產生 3 連方塊的立體圖形 T2。

|    |   |  |
|----|---|--|
| T2 |  |  |
|----|---|--|

此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 2 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形，且佔 2 平方單位及 1 平方單位時皆可有 2 種擺放情形。

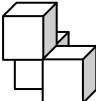

a.2 平方單位(1)：佔到頂面面積，最多還可以蓋住其他玩家 2 平方單位的俯視面積。

b.2 平方單位(2)：高 2 單位，可增加高度並佔 2 平方單位俯視面積。

c.1 平方單位(1)：高 2 單位，可增加高度並佔 1 平方單位頂面面積。

d.1 平方單位(2)：可蓋住其他玩家方塊，佔住 1 平方單位俯視面積，且下方方塊還可蓋住其他玩家方塊，影響其他玩家的發展空間。

表 3：僅 1 種 3 連變形方塊(NO.1)可產生 3 連方塊的立體圖形 T3。

|    |   |   |
|----|---|---|
| T3 |  |  |
|----|---|---|

此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 2 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形。

a.2 平方單位：最多可以蓋住其他玩家 2 平方單位俯視面積，下方的方塊也擋住了兩旁方塊的面，影響其他玩家的發展空間。

b.1 平方單位：如果次高層有其他玩家方塊，可以蓋住它佔到 1 平方單位頂面，而且擋住它次層的 2 個面，影響其他玩家的發展空間。

表 4：4 種 3 連變形方塊(NO.2、NO.3、NO.4、NO.5)皆可產生 3 連方塊的立體圖形 T4。

|    |   |  |
|----|---|--|
| T4 |  |  |
|----|---|--|

此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時還可有 2 種擺放情形。

a.3 平方單位：藉由下方方塊在頂面佔住空間，不給其他玩家佔到頂面的機會。

b.1 平方單位：高 3 單位，可增加高度並佔 1 平方單位頂面面積。

表 5：4 種 3 連變形方塊(NO.2、NO.3、NO.4、NO.5)皆可產生 3 連方塊的立體圖形 T5。

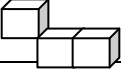




|   |   |   |  |   |   |
|---|---|---|--|---|---|
| T5  |  |  |  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時還可有 2 種擺放情形。</p> <p>a.3 平方單位：藉由下層方塊在頂面佔住空間，不給其他玩家佔到頂面的機會。</p> <p>b.2 平方單位：除了佔頂面 2 平方單位，最多還可蓋住其他玩家 2 平方單位俯視面積。</p> <p>c.1 平方單位(1)：高 3 單位，可增加高度並佔 1 平方單位頂面面積。</p> <p>d.1 平方單位(2)：高 3 單位，可增加高度並佔 1 平方單位頂面面積。</p> |   |   |  |   |   |

表 6：僅 1 種 3 連變形方塊(NO.2)可產生 3 連方塊的立體圖形 T6。

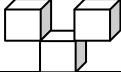


|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| T6  |  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時可有 2 種擺放情形。</p> <p>a.3 平方單位：藉由下層方塊在頂面佔住空間，且此立體圖形的形狀還可繞過其他玩家方塊，避免產生重疊。</p> <p>b.2 平方單位：最多可以蓋住其他玩家 2 平方單位俯視面積，下方的方塊也擋住了兩旁方塊的面，影響其他玩家的發展空間。</p> <p>c.1 平方單位(1)：可佔到頂面 1 平方單位面積，且兩旁連接方塊可蓋住次高層方塊，影響其他玩家發展空間。</p> <p>d.1 平方單位(2)：若方塊難以擺放時，可利用這個圖形在下方佔住空間，繞過其他方塊到達頂面。</p> |   |   |  |

表 7：僅 1 種 3 連變形方塊可產生 3 連方塊(NO.3)的立體圖形 T7。

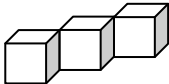

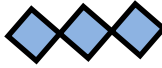
|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| T7  |  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形。</p> <p>a.3 平方單位：藉由下層方塊在頂面佔住空間，此圖形的延伸性也更有機會擋住其他玩家頂層空間，讓他們的方塊達不到頂層。</p> <p>b.1 平方單位：高 3 單位，可增加高度並佔 1 平方單位頂面面積，由於此圖形呈「階梯」樣貌，在增加高度的同時還可覆蓋其他方塊。</p> |   |   |  |

表 8：僅 1 種 3 連變形方塊可產生 3 連方塊(NO.4)的立體圖形 T8。

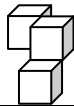

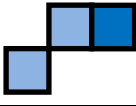
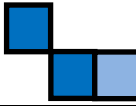
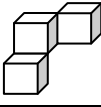
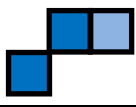

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| T8  |  |  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 2 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形。</p> <p>a.2 平方單位：除了佔頂面 2 平方單位，最多還可蓋住其他玩家 2 平方單位俯視面積。</p> <p>b.1 平方單位：高 3 單位，可增加高度並佔 1 平方單位頂面面積，由於此圖形在堆疊時有覆蓋並轉向的效果，所以可用方向進行思考。</p> |   |   |   |   |

表 9：僅 1 種 3 連變形方塊可產生 3 連方塊(NO.5)的立體圖形 T9。

|   |   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
| T9  |  |  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 2 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形。此圖形與 NO.8 極為相似，只差在方向不同，所以 2 平方單位及 1 平方單位的擺放情形也大致相同，下方就不多做贅述，玩家只需要在遊戲時多注意圖形方向即可。</p> |   |   |  |   |

3. 4 連變形方塊:(編號依據 p.10~p.14 中的「4 連變形方塊連接方式表格」及「4 連變形方塊圖形種類表格」)

表 10：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.33)可產生 4 連方塊的立體圖形 F2。

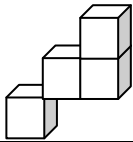
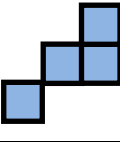
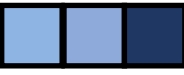


|   |   |   |  |   |   |
|---|---|---|--|---|---|
| F2  |  |  |  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時可有 3 種擺放情形。</p> <p>a.4 平方單位：可蓋住其他玩家頂層並佔到 4 平方單位。</p> <p>b.2 平方單位：高 3 單位，可增加高度並在頂層佔到 2 平方單位面積，此圖形呈「階梯狀」可有較多擺放方式並蓋住其他玩家下層方塊，影響發展空間。</p> <p>c.平方單位(1)：高 3 單位，可增加高度並在頂層佔到 1 平方單位面積，呈「階梯狀」排列，但至少要有 1 個空間讓下方的 1 塊方塊填補。</p> <p>d.1 平方單位(2)：與「1 平方單位(1)」大致相同，只差下方需占空間的方塊位置不同。</p> <p>e.1 平方單位(3)：與前面的 2 種情形有些相似，不過在下方的方塊轉移到了下方，可讓次高層多 1 平方單位俯視面積。</p> |   |   |  |   |   |

表 11：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.42)可產生 4 連方塊的立體圖形 F4。

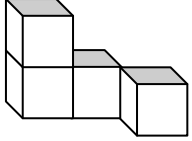
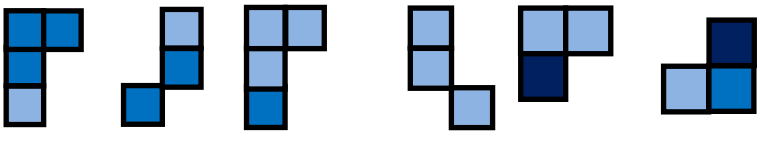
|   |   |  |
|---|---|--|
| F4  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 3 平方單位時可有 2 種擺放情形；佔 1 平方單位時可有 3 種擺放情形。</p> <p>a.3 平方單位(1)：再次高層有方塊時，可利用這個圖形在頂層佔到面積。</p> <p>b.3 平方單位(2)：此方式和「3 平方單位(1)」大致相同，但這時在頂層方塊的排列不同是遊戲時考慮的方向。</p> <p>c.2 平方單位：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層面積，還可依圖形擺放方式蓋住其他玩家的俯視面積。</p> <p>d.1 平方單位(1)：高 2 單位，可在次高層無方塊時佔到頂面面積。</p> <p>e.1 平方單位(2)：與「1 平方單位(1)」有些相似，但次高層以下方塊的擺放狀況是決定是否使用的因素。</p> <p>f.1 平方單位(3)：高 3 單位，可增加高度並佔到頂面面積，用於頂面難以擺放但下方仍有空間時。</p> |   |  |

表 12：4 種 4 連變形方塊(NO.33、NO.41、NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F6。

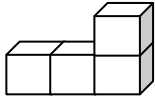

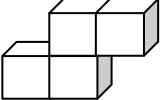
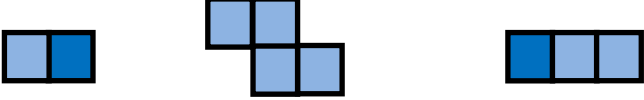
|   |   |  |
|---|---|--|
| F6  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，其次為 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時可有 2 種擺放情形。</p> <p>a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間。</p> <p>b.3 平方單位：高 2 單位，除在頂層佔面積外，也可擋住其他玩家頂層空間。</p> <p>c.2 平方單位：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層空間。</p> <p>d.1 平方單位(1)：高 2 單位，用於頂層難以擺放但次高層仍有空間時。</p> <p>e.1 平方單位(2)：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層空間，若非必要建議此情形少用。</p> |   |  |

表 13：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.33)可產生 4 連方塊的立體圖形 F7。

|  |   |  |
|--|---|--|
| F7   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形。</p> |   |  |

- a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間。
- b.2 平方單位：高 2 單位，除在頂層佔面積外，也可擋住其他玩家最多 1 平方單位頂層空間。
- c.1 平方單位：高 3 單位，呈「閃電狀」可繞過其他方塊在頂層佔到面積。

表 14：2 種 4 連變形方塊(NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F9。

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| F9  |  |  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.3 平方單位：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間。</li> <li>b.2 平方單位：高 2 單位，「扭曲」的形狀是其他立體圖形所不能比擬的，最適合在極小空位間找到剛好的位置。</li> <li>c.1 平方單位：與「2 平方單位」大致相同，視空間情形決定擺放方式。</li> </ul> |  |  |  |  |

表 15：2 種 4 連變形方塊皆(NO.42、NO.43)可產生 4 連方塊的立體圖形 F11。

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| F11   |  |  |  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時可有 2 種擺放情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.3 平方單位：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間。</li> <li>b.2 平方單位：高 3 單位，可增加高度在頂層佔到面積，最頂層的圖形非並排避免方塊重疊。</li> <li>c.1 平方單位(1)：高 2 單位，用於頂層難以擺放但次高層仍有空間時。</li> <li>d.1 平方單位(2)：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層面積，若非必要建議此情形少用。</li> </ul> |  |  |  |  |  |

表 16：2 種 4 連變形方塊(NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F12。

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
| F12  |  |  |  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 3 平方單位時可有 2 種擺放情形；佔 1 平方單位時可有 3 種擺放情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.3 平方單位(1)：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間。</li> <li>b.3 平方單位(2)：情形同「3 平方單位(1)」，視空間情形決定擺放方式。</li> <li>c.2 平方單位：高 3 單位，可增加高度佔到頂層面積，最多可蓋住其他玩家 2 平方單位頂層。</li> </ul> |  |  |  |  |  |

- d.1 平方單位(1)：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層面積，若非必要建議此情形少用。
- e.1 平方單位(2)：高 2 單位，用於頂層難以擺放但次高層仍有空間時。
- f.1 平方單位(3)：與「1 平方單位(2)」相似，視空間情形決定擺放方式。

表 17：2 種 4 連變形方塊(NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F13。

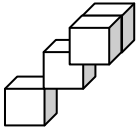
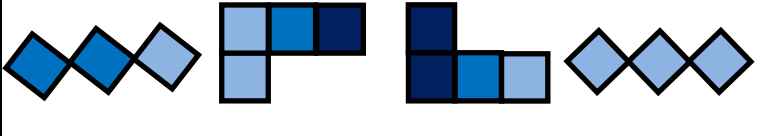
|   |   |  |
|---|---|--|
| F13   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時可有 2 種擺放情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.3 平方單位：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間。</li> <li>b.2 平方單位：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層面積，呈「階梯狀」排列能有效蓋住下方方塊。</li> <li>c.1 平方單位(1)：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層面積，若非必要建議此情形少用。</li> <li>d.1 平方單位(2)：高 2 單位，用於頂層難以擺放但次高層仍有空間時。</li> </ul> |   |  |

表 18：2 種 4 連變形方塊(NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F14。

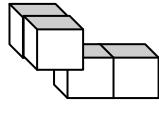

|  |   |  |
|--|---|--|
| F14  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 2 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形，且佔 2 平方單位及 1 平方單位時皆可有 2 種情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.2 平方單位(1)：高 3 單位，可增加高度並在頂層佔到面積，特殊的形狀還可繞過其他方塊避免重疊。</li> <li>b.2 平方單位(2)：高 2 單位，特殊的形狀可能在次高層的空間中出現剛好填滿並佔到頂層面積的情形。</li> <li>c.1 平方單位(1)：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層面積，若非必要建議此情形少用。</li> <li>d.1 平方單位(2)：高 2 單位，用於頂層難以擺放但次高層仍有空間時。</li> </ul> |   |  |

表 19：2 種 4 連變形方塊(NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F15。

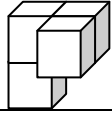
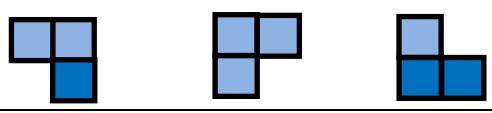
|   |   |  |
|---|---|--|
| F15   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形。</p> <p>備註：此圖形與 NO.9 相當雷同，玩家只需在遊戲時注意方向即可，不再多描述。</p> |   |  |

表 20：2 種 4 連變形方塊(NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F16。

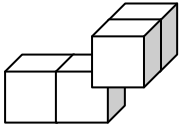

|   |   |  |
|---|---|--|
| F16   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 2 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時可有 2 種情形。</p> <p>備註：此圖形與 NO.14 相當雷同，玩家只需在遊戲時注意方向即可，不再多描述。</p> |   |  |

表 21：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.33)可產生 4 連方塊的立體圖形 F21。

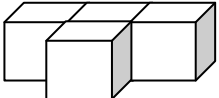

|   |   |  |
|---|---|--|
| F21   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 3 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時可有 2 種情形。</p> <p>a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間。</p> <p>b.3 平方單位：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間。</p> <p>c.1 平方單位(1)：高 3 單位，可在剛好出現相符空間時佔到面積，否則不建議使用。</p> <p>d.1 平方單位(2)：高 2 單位，用於頂層難以擺放但次高層仍有空間時，此情況較為少見。</p> |   |  |

表 22：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.33)可產生 4 連方塊的立體圖形 F26。

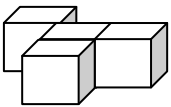

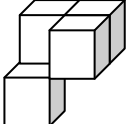
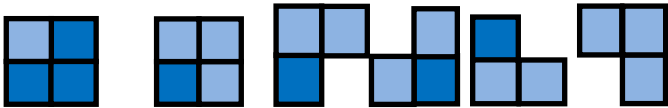
|   |   |  |
|---|---|--|
| F26   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時可有 2 種擺放情形。</p> <p>a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間。</p> <p>b.1 平方單位(1)：高 3 單位，可增加高度並在頂層佔到面積，且此情形可擋住次高層及更下方的方塊，影響其他玩家發展空間。</p> <p>c.1 平方單位(2)：與「1 平方單位(1)」相似，視空間情形使用。</p> |   |  |

表 23：2 種 4 連變形方塊(NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F29。

|   |   |  |
|---|---|--|
| F29   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 2 平方單位時可有 2 種擺放情形。</p> |   |  |



- a.3 平方單位：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間，且此圖形正好擋住下方方塊兩側的面，影響將來的發展空間。
- b.2 平方單位(1)：高 2 單位，可佔住頂層面積，不過此情形相當少見。
- c.2 平方單位(2)：與「2 平方單位(1)」相似，但頂層方塊可避免重疊，此情形仍少見。
- d.1 平方單位：高 2 單位，用於頂層難以擺放但次高層仍有空間時。

表 24：4 種 4 連變形方塊(NO.33、NO.41、NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F30。

|   |  |  |
|---|--|--|
| F30   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 2 平方單位時可有 3 種擺放情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間。</li> <li>b.2 平方單位(1)：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層面積，下方方塊有繞過其他方塊、填滿空間的效果。</li> <li>c.2 平方單位(2)：高 2 單位，可繞過次高層方塊並在頂層佔到空間。</li> <li>d.2 平方單位(3)：方向與「2 平方單位(2)」相反，依不同空間情況決定何時使用。</li> <li>e.1 平方單位：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層面積，剛好出現空間的情形較少見，否則盡量避免使用。</li> </ul> |  |  |

表 25：4 種 4 連變形方塊(NO.33、NO.41、NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F32。

|   |  |  |
|---|--|--|
| F32   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 方單位，也有佔 2 平方單位的情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間。</li> <li>b.2 平方單位：高 2 單位，在次高層剩 2 平方單位並排空間時使用最佳。</li> </ul> |  |  |

表 26：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.42)可產生 4 連方塊的立體圖形 F38。

|   |  |  |
|---|--|--|
| F38   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 2 平方單位時可有 3 種擺放情形；佔 1 平方單位時也有 2 種擺放情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.3 平方單位：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間。</li> <li>b.2 平方單位(1)：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層面積，下方方塊可繞過其他方塊，</li> </ul> |  |  |

且頂層方塊可避免重疊。

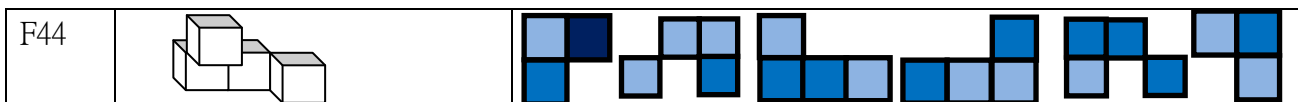
c.2 平方單位(2)：高 2 單位，可繞過次高層方塊並在頂層佔到面積。

d.2 平方單位(3)：與「2 平方單位(2)」方向相反，可繞過頂層方塊避免重疊。

e.1 平方單位(1)：高 3 單位，可增加高度佔到頂面面積，下方方塊也可提供將來發展的空間。

f.1 平方單位(2)：高 2 單位，在頂層難以擺放且次高層仍有空間時使用，出現剛好此空間的情形較少。

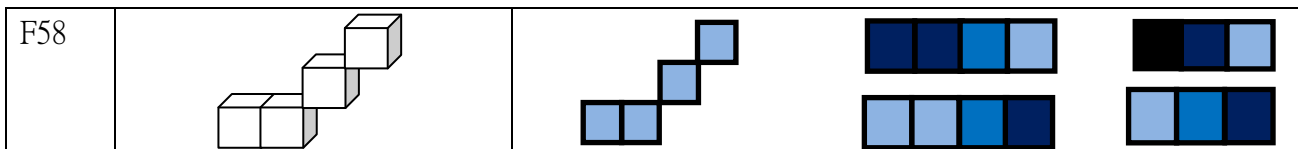
表 27：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.43)可產生 4 連方塊的立體圖形 F44。



此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 2 平方單位時可有 3 種擺放情形；佔 1 平方單位時也可有 2 種擺放情形。

備註：此圖形與 NO.38 相當雷同，玩家只需在遊戲時注意方向即可，不再多描述。

表 28：3 種 4 連變形方塊(NO.41、NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F58。



此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時可有 3 種擺放情形。

a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間，呈「階梯狀」的排列可延伸最遠，擋住其他玩家頂層空間。

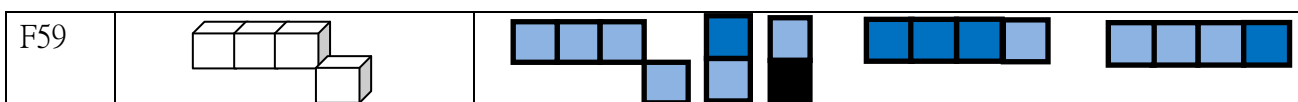
b.2 平方單位：高 3 單位，可增加高度佔到頂層面積，階梯狀的排列可蓋住其他下方方塊。

c.1 平方單位(1)：高 4 單位，階梯狀排列雖可蓋住其他方塊，但仍建議避免使用。

d.1 平方單位(2)：與「1 平方單位(1)」方向相反，性質大致相同。

e.1 平方單位(3)：高 3 單位，可蓋住下方方塊，讓他們將來的發展空間受限制。

表 29：3 種 4 連變形方塊(NO.41、NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F59。



此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 3 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時可有 3 種擺放情形。

a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間。

- b.3 平方單位：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間。
- c.1 平方單位(1)：高 3 單位，可增加高度並佔到頂層面積，若非必要盡量避免使用。
- d.1 平方單位(2)：與「1 平方單位(1)」向相反，但性質相同。
- e.1 平方單位(3)：高 2 單位，用於頂層難以擺放但次高層仍有空間時。

表 30：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.33)可產生 4 連方塊的立體圖形 F60。

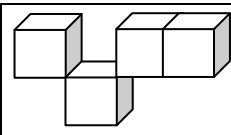
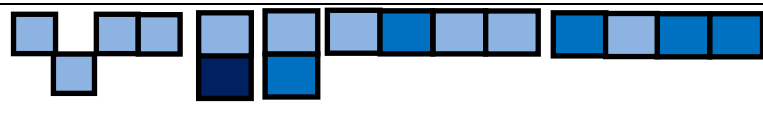
|  |   |  |
|--|---|--|
| F60  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 3 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時還可有 3 種擺放情形。</p> <p>備註：此圖形與 NO.59 除 1 塊方塊擺放位置不同外，性質相同，遊戲時注意排列方式即可。</p> |   |  |

表 31：4 種 4 連變形方塊(NO.33、NO.41、NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F61。

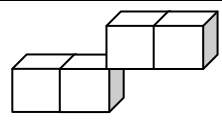
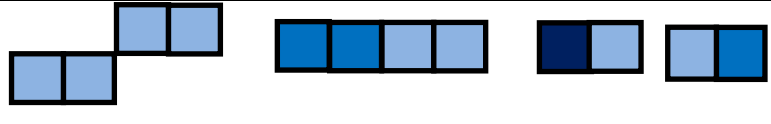
|  |  |   |
|--|--|---|
| F61  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間。</li> <li>b.2 平方單位：高 2 單位，呈「閃電型」排列，可繞過其他方塊並在頂層佔到面積。</li> <li>c.1 平方單位：高 4 單位，可增加高度並在頂層佔到面積，若非必要盡量不要使用。</li> </ul> |  |   |

表 32：3 種 4 連變形方塊(NO.41、NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F63。

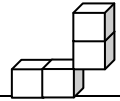
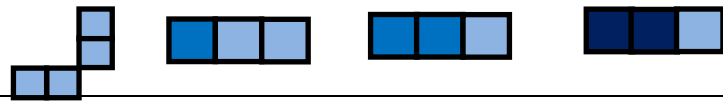
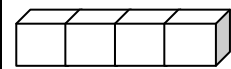

|   |   |  |
|---|---|--|
| F63   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間。</li> <li>b.2 平方單位：高 3 單位，「L」字型的排列可增加高度、繞過其他方塊佔到體積。</li> <li>c.1 平方單位：高 3 單位，除非頂層幾乎沒空間，否則仍建議避免使用。</li> </ul> |   |  |

表 33：3 種 4 連變形方塊(NO.41、NO.42、NO.43)皆可產生 4 連方塊的立體圖形 F64。

|  |   |  |
|--|---|--|
| F64  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間。</li> </ul> |   |  |

b.1 平方單位：高 4 單位，可增加高度並在頂層佔到面積，若非不得已，強烈建議避免使用！

表 34：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.41)可產生 4 連方塊的立體圖形 F65。

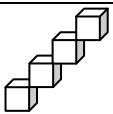


|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| F65   |  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形。</p> <p>a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間，呈完美的「階梯狀」排列，延伸至最遠的它最有可能擋住最多其他玩家的頂層空間。</p> <p>b.1 平方單位：高 4 單位，階梯狀排列雖可蓋住下方方塊，但仍建議避免使用。</p> |   |   |   |

表 35：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.41)可產生 4 連方塊的立體圖形 F66。

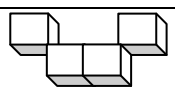
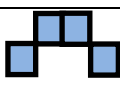

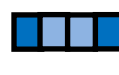

|  |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|
| F66  |  |  |  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 2 平方單位時還可有 2 種擺放情形。</p> <p>a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間。</p> <p>b.2 平方單位(1)：高 2 單位，可繞過其他方塊在頂層佔到空間。</p> <p>c.2 平方單位(2)：與「2 平方單位(1)」方向項反，但性質相同。</p> <p>d.1 平方單位：高 4 單位，可增加高度並佔到頂面面積，若非必要盡量避免使用。</p> |   |   |   |   |   |

表 36：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.43)可產生 4 連方塊的立體圖形 F67。

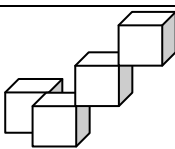
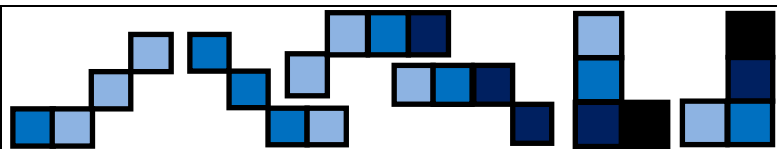
|  |   |  |
|--|---|--|
| F67  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時還可有 3 種擺放情形。</p> <p>a.3 平方單位：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間。</p> <p>b.2 平方單位：高 3 單位，除階梯狀排列可蓋住下方方塊、增加高度外，也可佔到 2 平方單位頂層面積。</p> <p>c.1 平方單位(1)：高 4 單位，方向呈「轉向階梯」，若下方有方塊則可好好利用。</p> <p>d.1 平方單位(2)：高 3 單位，階梯排列可蓋住下方方塊、增加高度並佔到頂層面積。</p> <p>e.1 平方單位(3)：高 2 單位，為頂層空間不足，次高層仍有空間時使用。</p> |   |  |

表 37：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.43)可產生 4 連方塊的立體圖形 F68。

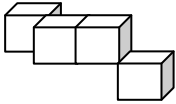

|  |   |  |
|--|---|--|
| F68  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時可有 2 種擺放情形。</p> <p>a.3 平方單位：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間。</p> <p>b.1 平方單位(1)：高 4 單位，可繞過其他方塊，但若非必要避免使用。</p> <p>c.1 平方單位(2)：與「1 平方單位(1)」方向相反，但性質相同。</p> |   |  |

表 39：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.43)可產生 4 連方塊的立體圖形 F69。

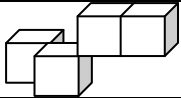

|   |   |  |
|---|---|--|
| F69   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 2 平方單位時可有 2 種擺放情形；佔 1 平方單位時也可有 3 種擺放情形。</p> <p>備註：此圖形與 NO.67 除有 1 塊方塊擺放位置不同，其餘性質相同，遊戲時須注意排列。</p> |   |  |

表 40：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.42)可產生四連方塊的立體圖形 71。

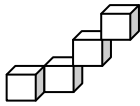

|  |   |  |
|--|---|--|
| F71  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時還可有 2 種擺放情形。</p> <p>備註：其性質與 NO.67 相同，玩家只須注意方向即可。</p> |   |  |

表 41：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.42)可產生 4 連方塊的立體圖形 F72。

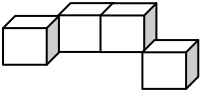

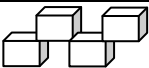

|  |   |  |
|--|---|--|
| F72  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 1 平方單位的情形，且佔 1 平方單位時還可有 2 種擺放情形。</p> <p>備註：其性質與 NO.68 相同，玩家只須注意方向即可。</p> |   |  |

表 42：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.33)可產生 4 連方塊的立體圖形 F77。

|  |   |  |
|--|---|--|
| F77  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 4 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形。</p> |   |  |

- a.4 平方單位：可視情況在頂層佔到面積並蓋住其他玩家的頂層空間，呈「鋸齒狀」排列才能最有效繞過頂層方塊，避免被阻擋。
- b.2 平方單位：高 2 單位，可繞過次高層級頂層方塊佔到面積。
- c.1 平方單位：高 4 單位，能有恰好可繞過的空間較少見，建議避免使用。

表 43：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.42)可產生 4 連方塊的立體圖形 F80。

|   |  |  |
|---|--|--|
| F80   |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 2 平方單位及 1 平方單位時皆可有 2 種擺放情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.3 平方單位：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間。</li> <li>b.2 平方單位(1)：高 3 單位，下方呈階梯狀可蓋住其他方塊，增加高度並在頂面佔到面積。</li> <li>c.2 平方單位(2)：方向與「2 平方單位(1)」相反，性質也相反，注意方向即可。</li> <li>d.1 平方單位(1)：高 3 單位，下方方塊可繞過並蓋其他方塊，增加高度並佔住面積。</li> <li>e.1 平方單位(2)：方向與「1 平方單位(1)」相反，性質也相反，注意方向即可。</li> </ul> |  |  |

表 44：僅 1 種 4 連變形方塊(NO.43)可產生 4 連方塊的立體圖形 F89。

|  |  |  |
|--|--|--|
| F89  |  |  |
| <p>此圖形最佳使用情況可在頂面佔到 3 平方單位，也有佔 2 平方單位及 1 平方單位的情形，且佔 2 平方單位及 1 平方單位時都可有 2 種擺放情形。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.3 平方單位：僅用 1 塊方塊在下方支撐，可在頂層佔到面積並蓋住其他玩家頂層空間。</li> <li>b.2 平方單位(1)：高 3 單位，頂層可避免重疊，次高層可繞過方塊，藉此佔到面積。</li> <li>c.2 平方單位(2)：方向與「2 平方單位(1)」相反，性質大致相同。</li> <li>d.1 平方單位(1)：高 3 單位，最下層可繞過方塊，往上佔到面積。</li> <li>e.1 平方單位(2)：高 2 單位，用於頂層空間不足且次高層正好有空間時。</li> </ul> |  |  |

## 陸、結論

- 一、 2 連變形方塊時僅有 1 種連接方式，產生 2 種變形；3 連變形方塊時則有 5 種連接方式，產生 9 種變形；到了 4 連變形方塊，連接方式增加至 50 種，並可翻轉出 92 種變形。
- 二、 4 連變形方塊中所占空間圍成立方體後的體積最大為 F88、F90 及 F91，皆為 27 立方單位。所占空間圍成立方體後的表面積最大為 F88、F90 及 F91，皆為 54 立方單位。
- 三、 3 連方塊旋轉拉開後所占空間圍成立方體的體積跟接地最小面積比值最大的為 T8 及 T9

的圖形，比值為 12；4 連方塊則為 F88、F90 及 F91 的圖形，比值為 27。

四、由於每種連接方式的連接矩陣都不同，因此可由連接矩陣找出相對應的連接種類。若連接矩陣呈現 Y 字形，即可確認此連接種類為 3 連變形方塊的中間塊所增加出的種類。

五、藉由 T-C 方塊的翻轉特性，設計出一款益智遊戲，利用研究中 2、3 連變形方塊及 4 連變形方塊的 NO.34、NO.42、NO.43、NO.44 為遊戲道具，透過堆疊及翻動的方式進行。

六、關於遊戲公平性的討論：

(1) 研究 T-C 方塊遊戲中 10 種棋子選擇 2 位實力相當的玩家進行遊戲下，探討每一種棋子作為第一手對遊戲結果產生的影響，每種棋子分為三個部份討論，每個部份進行 100 場遊戲：首先雙方互相為對方擺下指定的棋子；第二個部份是一方被擺下指定的棋子，另一方則擺下其他棋子；最後則是雙方皆不使用指定的棋子。發現不同狀況下遊戲結果多為平手。由此我們可以得知此遊戲無論棋子擺放的先後順序及種類結果大多相同，因此 T-C 方塊遊戲可視為一個公平的遊戲。

(2) 雖然上述情形多為平手，不過結束時因為遊戲進行中有懸空情形，使方塊空間不足，有多餘的棋子未使用，觀察這些棋子發現多為 3 連變形方塊，代表 4 連變形方塊都被擺放完，也證明了我們所選的 4 款 4 連變形方塊在遊戲中的確是相當實用。

(3) 確認遊戲的公平性後，為了使遊戲真正產生輸贏，在雙人遊戲中必須使俯視面積為奇數，我們可以增加雙人遊戲空間至  $5 \times 5 \times 5$  使俯視面積為 25 平方單位；也可以在原本  $4 \times 4 \times 4$  的空間加入 1 個  $1 \times 1 \times 4$  的長方體，使俯視面積變成 15 平方單位。

七、關於選取棋子的擺放策略：

(1) 第 1 個棋子的擺放，因為第 1 手是擺放對方的方塊，立體圖形以長條狀或塊狀為最佳。若擺放的形狀具有不平整的凹槽部份，則第 2 手輪到對手擺放方塊時就可以將其擺放至凹槽中，接著依照棋子的顏色順序，又輪到對手擺放他自己的方塊，這時就可以蓋住先前的方塊，限制住你的發展空間，也大大減低獲勝的機率。

(2) 玩家互相擺放第 1 個棋子後，下一步若要取得優勢，就盡量建立自己的方塊顏色範圍並限制對方方塊，增加獲勝機會。

## 柒、參考資料

Make an Amazing Moving Cube! : <https://www.youtube.com/watch?v=5x1VUG8qrWM>

## 【評語】 030409

探討單位立方體在邊連結的情況下，所能衍生出的不同種類的多方塊的個數。並由所設計的多方塊發展出了一個小遊戲。非常可愛的作品。由網路上的一個影片激發出靈感，針對單位立方體邊邊相連，所能衍生出的不同種類多方塊作了分析。並設想了一個可以由這些可變形的多方塊來進行的多人對戰遊戲。想法極富創意。數學的分析較少是可再加強的部份。