

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高中組 生活與應用科學科

第二名

040807

積木週期表

學校名稱：高雄市立高雄高級工業職業學校

作者：	指導老師：
職二 邱瑜貞	吳寬瀛
職二 劉育菁	呂一帆
職二 蔡漢羽	
職二 林俊傑	

關鍵詞：積木週期表、零件數位化、Interlocking

作品名稱：積木週期表

內文：

壹、摘要：

本研究是以原子序、原子量排列方式來定義位置的觀念，建立成積木週期表，將空間分為 X-Y-Z 三個方向，來尋找積木外型，使之不遺漏，而 XYZ 格裡的數字分別代表，從三個視角看過去積木的根數；其次還需要探討積木組合順序及位置，找出外型及零件最為對稱、美觀之積木，讓積木不僅是難易度不同的益智玩具，還是一項藝術品。

貳、研究動機：

在某一次的工廠參觀，我們參現了老師的積木作品，便對它產生了好奇心，於是便秉持著打破沙鍋問到底的精神，探討積木中的秘密，於是四人便組成一隊，想要對這積木一六子連芳有更深入的了解，並且將老師腦中的想法，藉由我們的雙手做出來。

本研究，會對空間概念，有更近一步的延伸及討論；而爲了要將所有積木種類、排列的可能性找出來，也會運用到數學中排列的內容。

參、研究目的：

- 一、研究積木外型的對應關係
- 二、將零件數位化，建立零件庫
- 三、以商業角度，探討其成本與利益

肆、研究設備與器材：

- 一、電腦輔助繪圖軟體：Autodesk AutoCAD 2008、Autodesk Inventor Professional 2008
- 二、文書編輯軟體：Microsoft Word 2003
- 三、圓棒
- 四、游標尺
- 五、銑床
- 六、V 型枕
- 七、計算機

伍、研究過程或方法

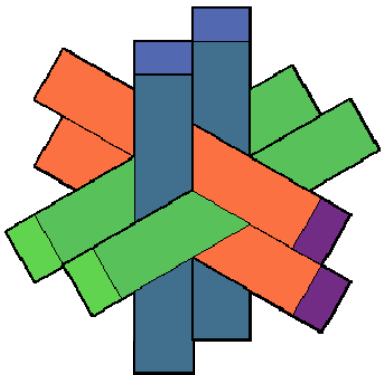
一、概念

先將所有 XYZ 三個視角中所有積木排列的可能性，做成積木週期表，以便往後對零件是否要組合的起來和要找尋對應關係時也能夠比較快速的找到；但因為積木擺設方向可能性太多、考量時間上的問題以及加上扣掉鏡射過後的，故本次研究只研究到，三邊的積木根數範圍在六根以內。

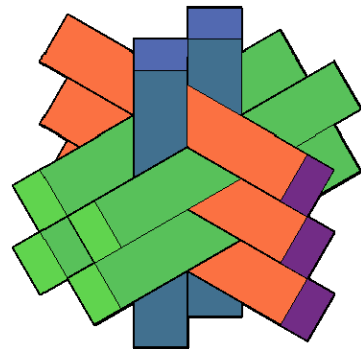
$\begin{matrix} z \\ x \\ y \end{matrix}$	1						2						3						4						5						6					
1	111																																			
2	121	122					222																													
3	131	132	133				232	233					333																							
4	141	142	143	144			242	243	244				343	344				444																		
5	151	152	153	154	155		252	253	254	255			353	354	355			454	455					555												
6	161	162	163	164	165	166	262	263	264	265	266	363	364	365	366	464	465	466	565	566	666															

二、找尋可能性

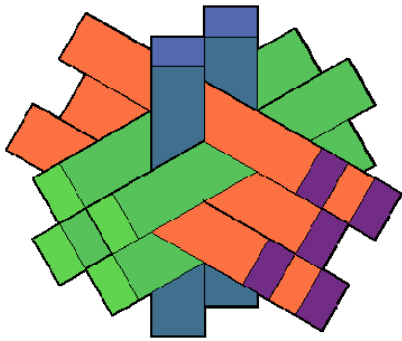
有了積木週期表後，再來便是將所有列出來的對應關係，進行初步的組裝構想，使用 AutoCAD 畫出，再以木材進行切削加工將每一工件做出，加以組裝成型而得到成果作品，如下圖，為初步使用 AutoCAD，畫出一些可能性。



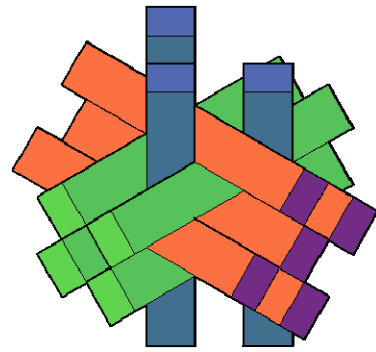
222



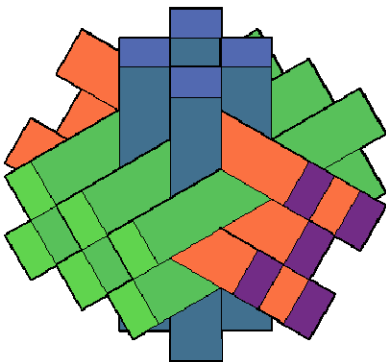
234



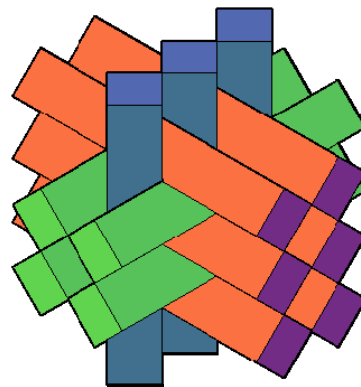
245



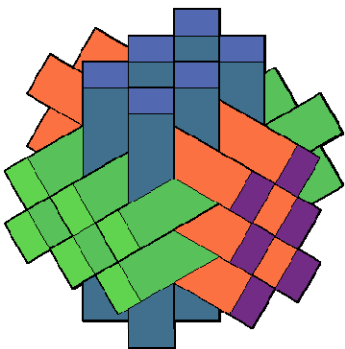
345



456



456



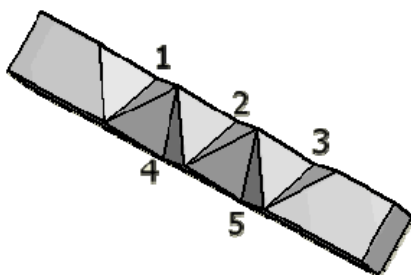
346

三、零件庫

有了初步的構想後，便需要製成成品，於是我們將一根完整的積木，切了五個槽，便將所有積木切槽的可能性，一一完整的找出來，其可能性大約有 32 種零件塊，並將此 32 種零件製成零件庫，以便往後能快速的運用。

四、零件數位化

爲了往後的便利，零件能使用電腦自動組裝成積木，我們將零件庫中的零件數位化，將它們以所切到的槽以及沒切到的槽以二進位方法來進行編碼，完整的一根積木將它命名爲 2^0 又等於 1，如切了第三和第四槽，則將它命名爲 $2^0+2^3+2^4$ 又等於 25……以此類推。



零件圖			
數位化	$2^0=1$	$2^0+2^1=3$	$2^0+2^2=5$
零件圖			
數位化	$2^0+2^3=9$	$2^0+2^4=17$	$2^0+2^5=33$
零件圖			
數位化	$2^0+2^1+2^2=7$	$2^0+2^1+2^3=11$	$2^0+2^1+2^4=19$

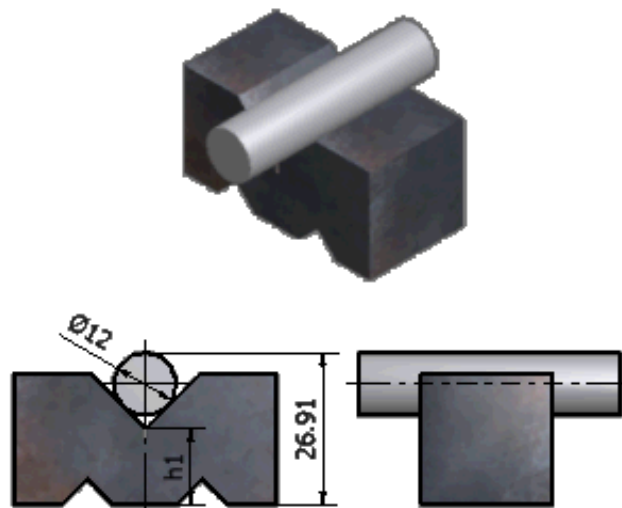
零件圖			
數位化	$2^0+2^1+2^5=35$	$2^0+2^2+2^3=13$	$2^0+2^2+2^4=21$
零件圖			
數位化	$2^0+2^2+2^5=37$	$2^0+2^3+2^4=25$	$2^0+2^3+2^5=41$
零件圖			
數位化	$2^0+2^4+2^5=49$	$2^0+2^1+2^2+2^3=15$	$2^0+2^1+2^2+2^4=23$
零件圖			
數位化	$2^0+2^1+2^2+2^5=39$	$2^0+2^1+2^3+2^4=27$	$2^0+2^1+2^3+2^5=43$
零件圖			
數位化	$2^0+2^1+2^4+2^5=51$	$2^0+2^2+2^3+2^4=29$	$2^0+2^2+2^3+2^5=45$
零件圖			
數位化	$2^0+2^2+2^4+2^5=53$	$2^0+2^3+2^4+2^5=57$	$2^0+2^1+2^2+2^3+2^4=31$

零件圖			
數位化	$2^0+2^1+2^2+2^3+2^5=47$	$2^0+2^1+2^2+2^4+2^5=55$	$2^0+2^1+2^3+2^4+2^5=59$
零件圖			X
數位化	$2^0+2^2+2^3+2^4+2^5=61$	$2^0+2^1+2^2+2^3+2^4+2^5=63$	

五、零件測量

製造出來的零件，為了使它能減少誤差，我們將以圓棒和 V 型枕來對他進行測量，而所要測量東西是積木切槽的深度，步驟如下。

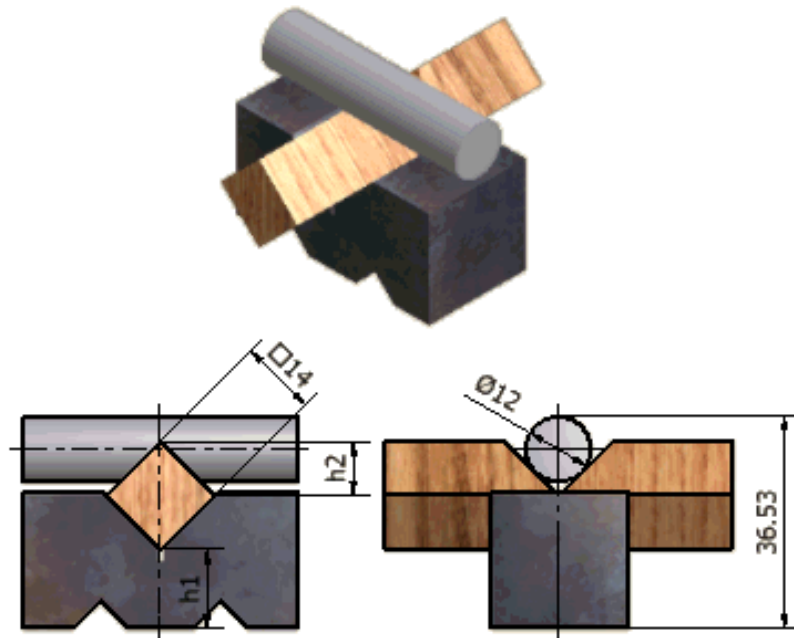
步驟一 先拿一根圓棒和 V 型枕，經游標卡尺測量過後，圓棒為直徑 12mm，而 V 型枕+圓棒高度 \cong 26.91 mm。



步驟二 因為要將 v 型枕的尖端不好測量，故 h_1 (如上圖)的高度需要用算的算出來，

$$\begin{aligned}
 h_1 &= (\text{V 型枕+圓棒高度}) - \text{圓棒半徑} - \text{圓心到 v 型枕尖端} \\
 &= 26.91 - 6 - 6\sqrt{2} \cong 12.42 \text{ mm}。
 \end{aligned}$$

步驟三 找出 h_1 的高度後，便需開始測量切過槽後的積木深度，是否有符合大小；
 因為 V 型枕 + 積木 + 圓棒高度 $\doteq 36.53 \text{ mm}$ (如下圖)，所以銑削深度
 $h_2 = 36.53 - 12.42 - 6 - 6\sqrt{2} \doteq 9.63 \text{ mm}$ 。



步驟四 積木邊長 14 mm ，對邊長 $14\sqrt{2} \text{ mm}$ ，銑削深度 $7\sqrt{2} \doteq 9.90 \text{ mm}$ 所以我們所銑削的積木深度 $< 9.90 \text{ mm}$ ，誤差還在允許的範圍內 $\pm 0.1 \text{ mm}$ ，故有符合我們所需。

六、組裝及檢驗

最後，將零件進行組裝測試的工作，整體組合起來，其可能有的排列順序不見的僅含唯一的一種，而且也將要注意到積木組裝時的順序與其位置，並且隨意轉動其任何角度，查看積木的穩定性，但需注意其組成後能否相互緊密地結合在一起，最好是其中一塊積木取下後，其餘積木還能結合在一起，卻不會因此而鬆脫，這種整體結合方式較佳。組裝後並且檢驗是否想法錯誤或正確，將錯誤之部分再加以探討研究與修正，來得到最正確的圖形。

陸、研究結果

研究後，發現這套積木所包含的藝術性跟益智性非常好，並且將積木的市場定位於小學到老人，而它所包含的藝術性跟玩具特徵，市場潛能大；況且短短的幾根木頭，切了某些槽，便能組裝成一個 Interlocking 的積木，但並非所有積木都有自鎖功能，有些則須另外加工或是加入鍵槽加以固定才行，組裝起來才能不會鬆脫掉，而其積木對應到的外型，也有無數多種，值得我們往後繼續去探討；而在本次研究中，僅使用到少數種積木，便能找到積木所對應到的外型。圖(1)為第一代與第二代比較，圖(2)為第一代組成七種積木，圖(3)為第二代組成六種積木，所對應到外型的零件種類和總數，下圖(4)為第一代和第二代總共七種積木中所包含零件種類以及其積木的對應位置分解圖。

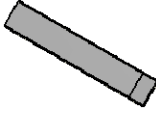
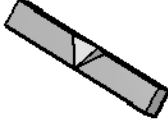
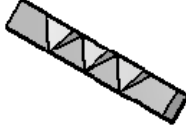
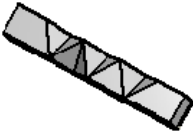
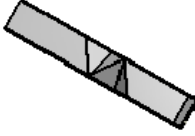
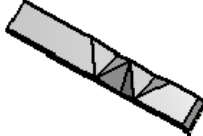
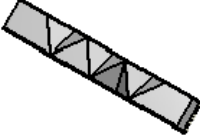
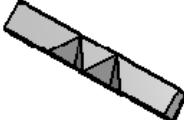
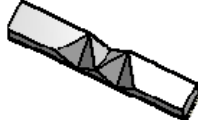
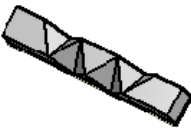
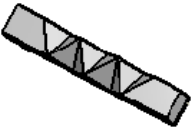
一、總比較

	積木成品數	零件種類	零件總數	比較
第一代	7 個 (2 2 2, 2 4 5, 2 3 4, 3 4 5, 3 4 6, 4 5 6, 6 6 6。)	11 種	32 根	<p>優點: (一) 積木成品數較多。</p> <p>缺點: (一) 使用的零件總類及零件總數過多, 導致成本提高。 (二) 整體性或零件種類的對稱性比較不好。</p>
第二代	6 個 (2 2 2, 2 3 4, 2 4 5, 3 4 6, 4 5 6, 6 6 6。)	6 種	27 根	<p>優點: (一) 零件精簡, 大量生產時, 製造成本會降低。 (二) 零件總類和積木成品對稱性及完整性都比較完整, 以商業角度來看, 較具成本利益。</p> <p>缺點: (一) 積木成品數較第一代來的少。</p>

圖(1)

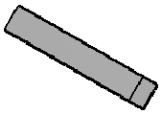
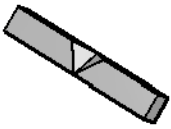
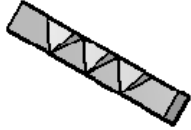
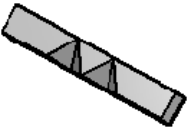
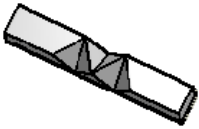
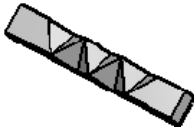
二、積木總數和總類

第一代

					
代號	數量	代號	數量	代號	數量
1	1	5	2	15	2
					
代號	數量	代號	數量	代號	數量
31	1	37	1	45	1
					
代號	數量	代號	數量	代號	數量
47	1	49	6	53	4
				Total:32 根	
代號	數量	代號	數量		
59	1	63	12		

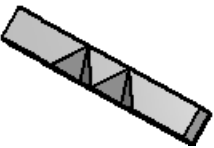
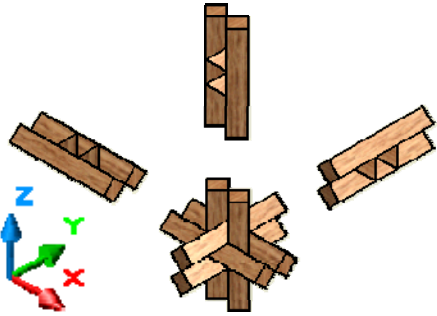
(圖 2)

第二代

					
代號	數量	代號	數量	代號	數量
1	1	5	2	15	2
					
代號	數量	代號	數量	代號	數量
49	6	53	4	63	12
Total : 27 根					

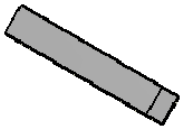
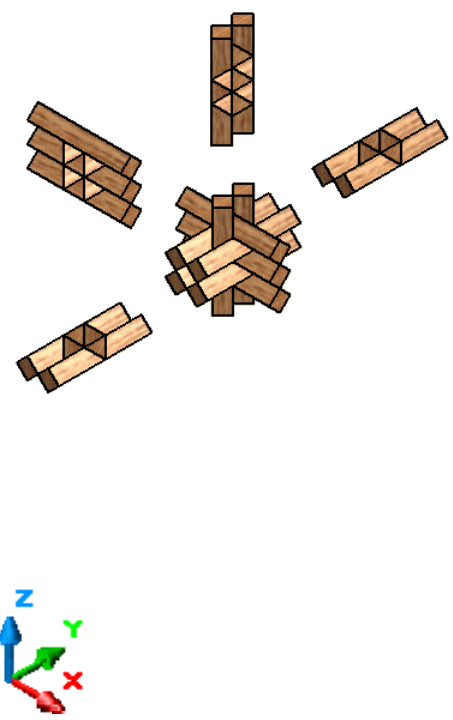
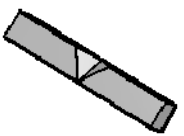
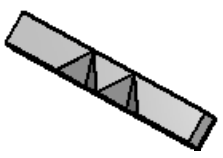
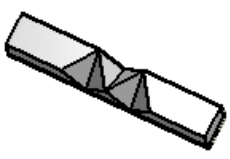
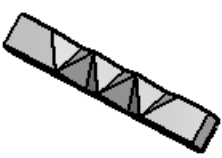
(圖 3)

三、種類及對應位置

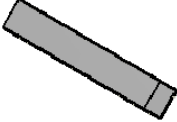
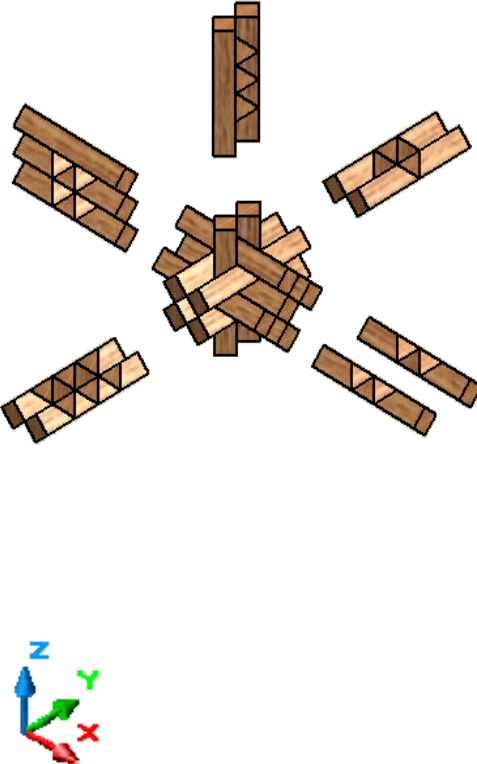
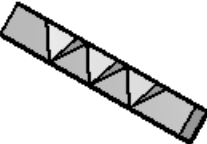
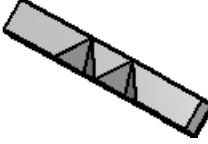
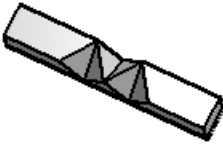
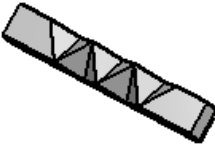
222			
零件	零件數量	代號	分解圖
	6	$2^0+2^4+2^5=49$	

(x)(y)(z)—(49,49)(49,49)(49,49) 註

註:(X 軸方向)(Y 軸方向)(Z 軸方向)—(零件編號) (零件編號) (零件編號)

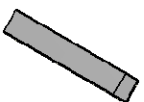
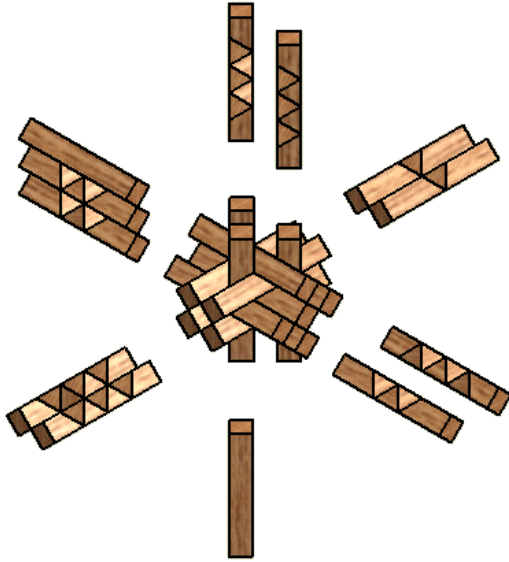
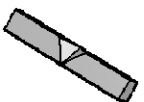
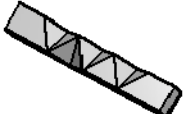
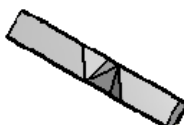
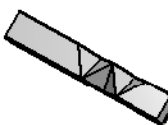
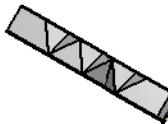
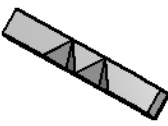
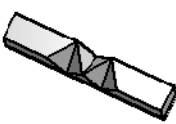
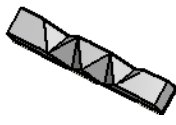
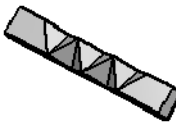
234			
零件	零件數量	代號	分解圖
	1	$2^0=1$	
	2	$2^0+2^2=5$	
	2	$2^0+2^4+2^5=49$	
	2	$2^0+2^2+2^4+2^5=53$	
	2	$2^0+2^1+2^2+2^3+2^4+2^5=63$	

(x)(y)(z)—(1,53,53)(49,5,49,5)(63,63)

245			
零件	零件數量	代號	分解圖
	1	$2^0=1$	
	2	$2^0+2^1+2^2+2^3=15$	
	2	$2^0+2^4+2^5=49$	
	4	$2^0+2^2+2^4+2^5=53$	
	2	$2^0+2^1+2^2+2^3+2^4+2^5=63$	

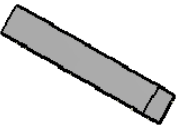
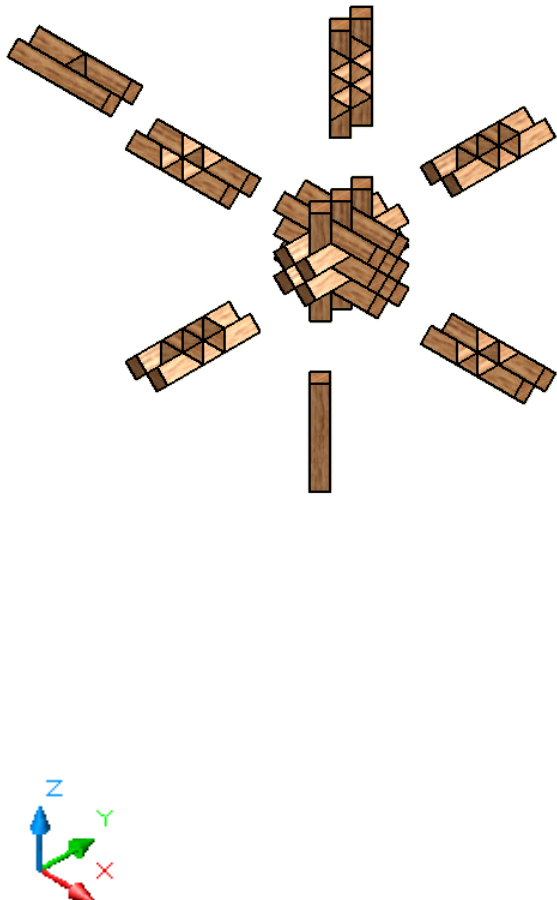
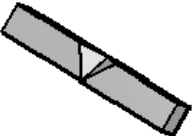
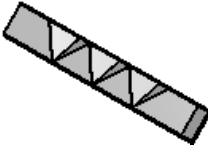
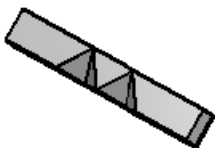
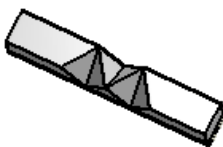
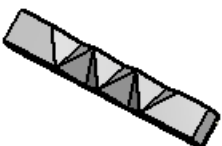
(x)(y)(z)—(1,49,49,53,53)(53,53,63,63)(15,15)

345

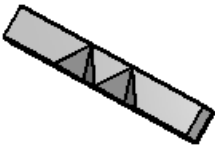
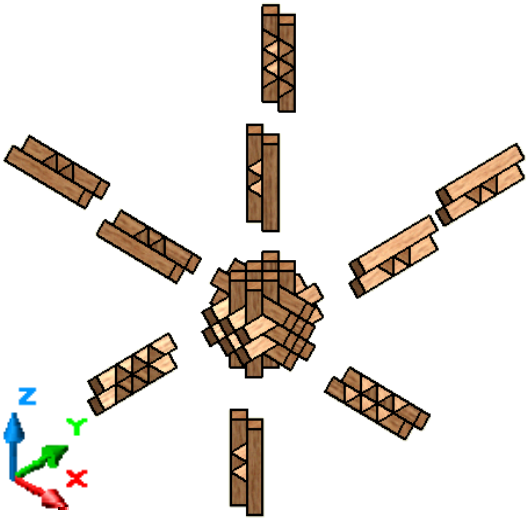
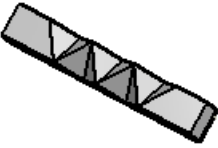
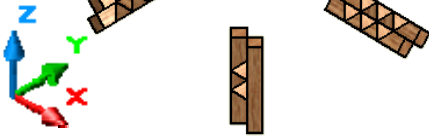
零件	零件數量	代號	分解圖
	1	$2^0=1$	
	1	$2^0+2^2=5$	
	1	$2^0+2^1+2^2+2^3+2^4=31$	
	1	$2^0+2^2+2^5=37$	
	1	$2^0+2^2+2^3+2^5=45$	
	1	$2^0+2^1+2^2+2^3+2^5=47$	
	1	$2^0+2^4+2^5=49$	
	2	$2^0+2^2+2^4+2^5=53$	
	1	$2^0+2^1+2^3+2^4+2^5=59$	
	2	$2^0+2^1+2^2+2^3+2^4+2^5=63$	

(x)(y)(z) — (1,49,53,59,53)(5, 31, 37,47)(63,63,45)

346

零件	零件數量	代號	分解圖
	1	$2^0=1$	
	1	$2^0+2^2=5$	
	1	$2^0+2^1+2^2+2^3=15$	
	2	$2^0+2^4+2^5=49$	
	2	$2^0+2^2+2^4+2^5=53$	
	6	$2^0+2^1+2^2+2^3+2^4+2^5=63$	

(x)(y)(z)—(5,1,53,49,53,49)(63,63,63,63)(63,63,15)

666			
零件	零件數量	代號	分解圖
	6	$2^0+2^4+2^5=49$	
	12	$2^0+2^1+2^2+2^3+2^4+2^5=63$	

(x)(y)(z)—(63,63,49,49,63, 63,)(63, 63,49,49,63, 63,)(63, 63,49,49, 63, 63,)

柒、討論

- 一、 並非每一個對應過去的積木，都只有唯一的一種組裝法，所以本研究將它們歸類成同一組。
- 二、 在積木週期表內打叉的為不符合本研究的 Interlocking，並且研究構成互鎖的條件：
 - (一) 一個零件必被兩個以上之其餘零件限制住
 - (二) 零件之自由度不可高於 1
- 三、 第一代與第二代比較下來，以第二代的零件對稱性、積木完整性較好；市面上，目前販售的積木商品僅含有 2 2 2 和 4 5 6，而我們只用比市面上販售的商品多出 6 根零件，就能再多組成四種積木組法。

捌、結論

玩這套積木可以訓練手眼協調的能力、空間的對稱性，也可以使創造力、想像力及幻想的空間無限發展，並且啓發與生俱來的自發性及創造性。其積木的玩法沒有一致性，它的組裝方法包含很多種，可以利用不同零件而拼出所要的造型；研究過程中，其實最難的部份是，製造前的前製工作、零件精密度以及銑床後，工件產生的毛邊，這部分最需花時間想，因為零件要互換，所以精密度必須要很高，以致組裝過程中比較沒有瑕疵，在這方面上我們找到了測量的方法；這次最值得高興的是，我們將零件數位化，且有零件庫這種資料產生，如往後有足夠的時間，我們將繼續往下研究更多的對應，並且將他整理、歸類，好讓它成爲一個成熟的益智玩具。

玖、參考資料及其他

一、TOC

<http://puzzleworld.org/PuzzleWorld/toc.asp?t= cat/il001.htm&m=cat/il000.htm>

二、智慧幾何聯盟

<http://ching-golden.myweb.hinet.net/puzzle/student/index6.htm>

三、六子連方

http://www2.kuas.edu.tw/prof/cjh/kuaspuzzle/1999/6_pins/1999_6_pins_2.htm

【評語】 040807

週期表積木零件數位化，有助於分析、整理、造型的組成元件及順序。若能得其組合方法以演算法分析其所有可能的組合，會讓這套玩具更有吸引力，更受到歡迎。