

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

(鄉土)教材獎

080103

Rangay-壓鼠陷阱變捉貓神器

學校名稱： 南投縣仁愛鄉力行國民小學

作者：	指導老師：
小四 秋妤柔	傅身健
小六 陳乃莘	王如慧
小五 潘昊宇	
小五 林勇智	

關鍵詞： 力矩、摩擦力、重心

摘要

泰雅族的傳統陷阱中，利用重力位能儲存能量下壓後，來捕捉住動物的陷阱，統稱為 Rangay。老師指導我們，以 Rangay 壓鼠陷阱為基礎，設計了多組的實驗來探討其安裝方式及科學原理。實驗過程中，我們熟悉了 Rangay 壓鼠陷阱的安裝方式，也學習祖先流傳蘊藏在 Rangay 壓鼠陷阱中的智慧。研究過程中，對於槓桿、力矩、摩擦力、重心、繩子張力、合力分力等物理觀念也有進一步的了解。我們參考前人經驗，突發奇想把 Rangay 壓鼠陷阱做了些調整，將石板換成了籃子，用來捕捉校園裡的流浪貓。過程中遇到的某些難題，也能利用實驗得到的結果及習得的物理觀念，逐一克服解決難題。最後也多次利用改裝調整後的陷阱，成功活捉到流浪貓。所以我們將它稱為捉貓神器。

壹、前言

泰雅族的傳統狩獵陷阱，是文化的一環，也是泰雅祖先及獵人的智慧。這些陷阱機關中蘊藏了許多物理觀念及科學原理。身為泰雅子孫的我們，在認識及操作這些陷阱後，不禁產生一股對泰雅祖先的景仰之心。由於校園裡的流浪貓日漸增加，因流浪貓衍生的衛生問題造成學校困擾。校方通報相關家畜疾病防治單位，請防治人員到校處理，但流浪貓畏懼人類會與人保持距離，防治人員無功而返。基於以上因素，我們想利用祖先的智慧，針對 Rangay 壓鼠陷阱做了些實驗及研究，研究目的如下：

1. 熟練成功搭設 Rangay 壓鼠陷阱的方法。
2. 用科學的方法來探討 Rangay 壓鼠陷阱的智慧。
3. 改良調整 Rangay 壓鼠陷阱捕捉校園流浪貓，解決校園環境難題。
4. 藉由科展活動介紹泰雅族的生活智慧。

貳、研究設備及器材

操作模具製作：鋸子、刀子、鉗子、鐵鎚、釘子、地墊、矽橡膠、
門軸鉸鏈、角材、熱熔膠、螺絲釘、滑輪、繩子

測量工具：推拉力彈簧秤、捲尺、游標尺、量角器、三角板

其他：動偵機、電鑽、砂輪機、1公斤槓片

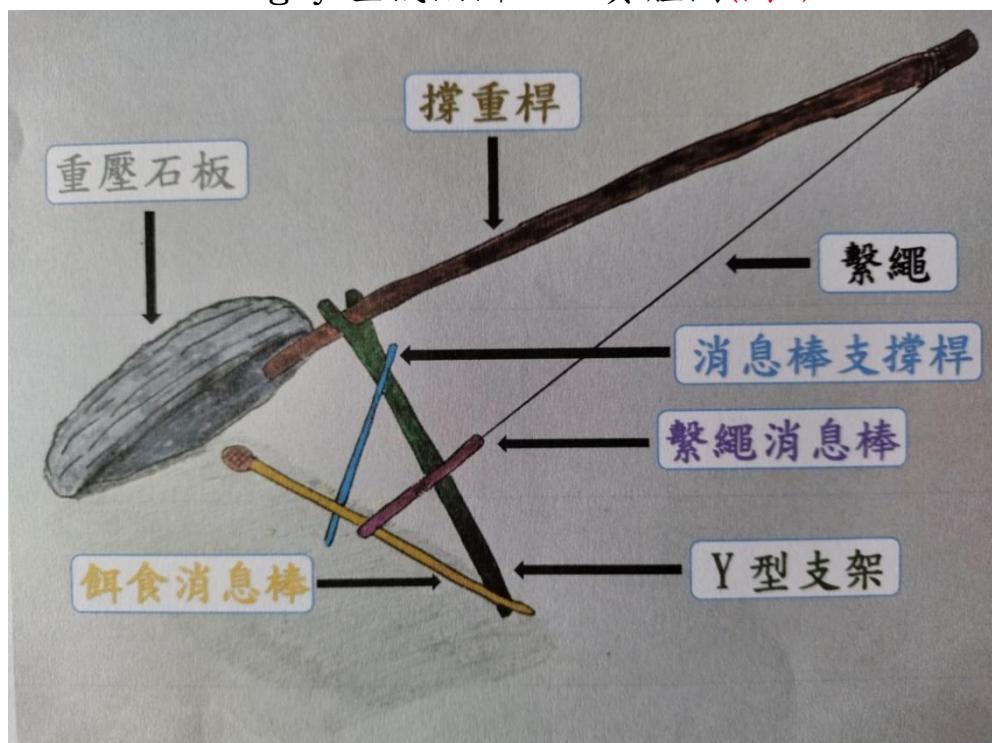
紀錄工具：紙、筆、電腦、手機拍照攝影、影片剪輯軟體

參、研究過程或方法

- 一、我們認識 Rangay 壓鼠陷阱的科學原理（重力位能、衝擊力、槓桿、摩擦力）
- 二、探討 Rangay 壓鼠陷阱的搭設方法及科學原理--力矩、繩子張力、合力分力
 - (一) 製作**重壓板模具**進行操作，不受天候影響，且方便操作。
 - (二) 資料查詢物理觀念：力矩、摩擦力、繩子張力、合力分力……。
 - (三) 設計實驗並依實驗需求，製作**消息棒操作模具**，測量觸動機關的力量。
- 三、依照實驗結果及物理觀念，改良調整 Rangay 壓鼠陷阱成抓貓陷阱。

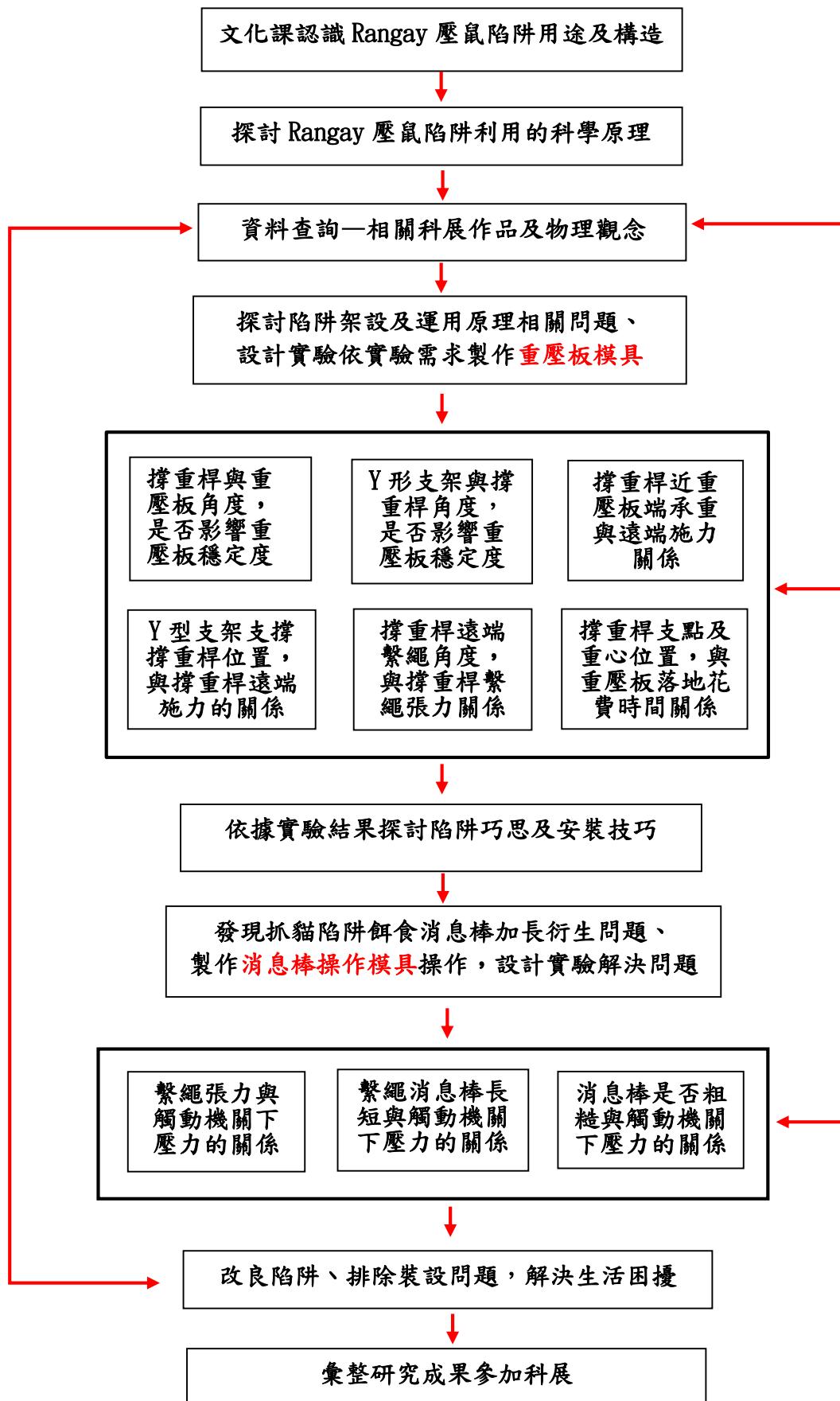


Rangay 壓鼠陷阱 實體圖(圖1)



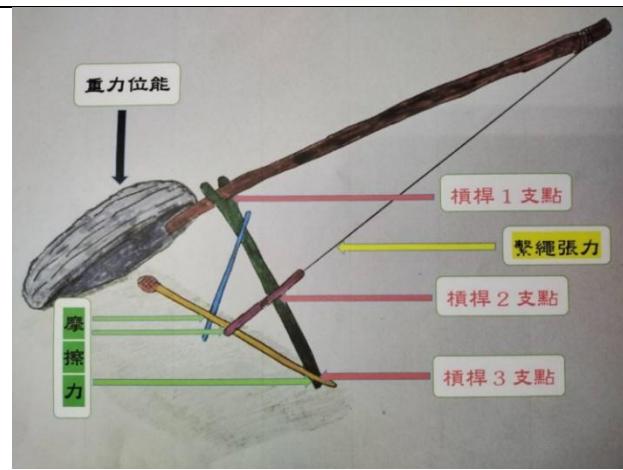
Rangay 壓鼠陷阱 構造說明圖(圖2)

研究過程解說圖(圖3)

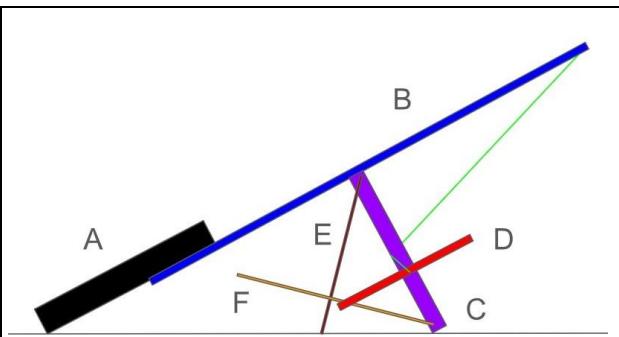


Rangay 壓鼠陷阱的科學原理

1. 重力位能:利用抬高石塊的能量，落下撞擊獵物。
2. 槍桿:槍桿有三處，撐重桿支點位於 Y 型支架接點；繫繩消息棒支點位於與 Y 型支架接點；餌食消息棒支點位於 Y 型支架接點。而槍桿作用就會產生力矩效應。
3. 摩擦力:不同物體的接觸面都有摩擦力，各消息棒之間、石塊與地面及撐重桿之間、Y 型支架與繫繩、地面及撐重桿之間。
4. 繫繩張力:連接撐重桿及繫繩消息棒。
5. 陷阱架設完成後，系統利用重力、正向力、繫繩張力、摩擦力及槍桿間的交互作用，維持**靜力平衡**，此時合力為0、合力矩為0。

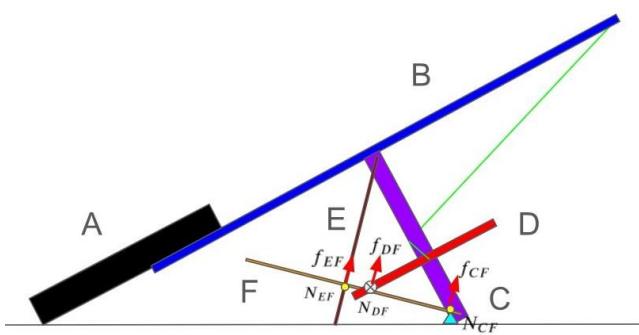


Rangay 壓鼠陷阱科學原理說明圖(圖 4)



Rangay 壓鼠陷阱結構由上圖中(圖 5)

A、B、C、D、E、F 各部件所組成。陷阱架設完成後，系統利用重力、正向力、繫繩張力、摩擦力及槍桿間的交互作用，維持**靜力平衡**，此時合力為0、合力矩為0。Rangay 壓鼠陷阱各部件不移動也不轉動。



陷阱系統利用摩擦力維持靜力平衡說明(圖 5-1)

摩擦力受 2 項因素影響

垂直於摩擦面的**正向力**、摩擦面的**粗糙度**

當陷阱系統中的各個摩擦力大於滑動力時，陷阱維持靜力平衡，當**觸動力大於餌食消息棒 F 上的摩擦力**時，破壞平衡，產生連鎖反應，導致石塊落下。(N 表正向力，f 表摩擦力)



製作重壓板模具方便實驗操作(圖 6)

問題：用什麼方法才容易成功搭設 Rangay 壓鼠陷阱呢？

實驗一：探討撐重桿與重壓板角度，是否影響重壓板穩定度？

實驗方法：

1. 製作重壓板模具方便實驗操作
2. 利用 Y 型支架撐起撐重桿，並用手握住支點，再利用撐重桿撐起重壓板。
3. 撐重桿以不同角度撐起重壓板後，觀察重壓板是否穩定。

控制變因：

利用重壓板模具操作

撐重桿長度58cm

Y 型支架與地面垂直

重壓板與底板夾角小於45度

Y 型支架長度(分別15cm、20cm、25cm、30cm 操作)。

操縱變因：**撐重桿與重壓板角度**(0度、15度、30度、45度)。

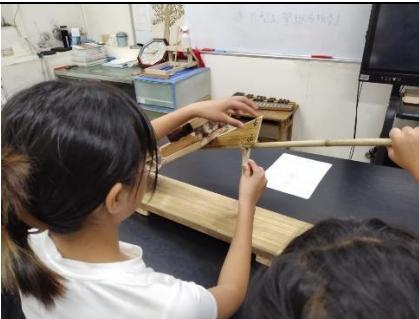
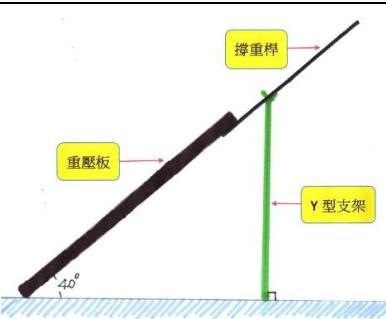
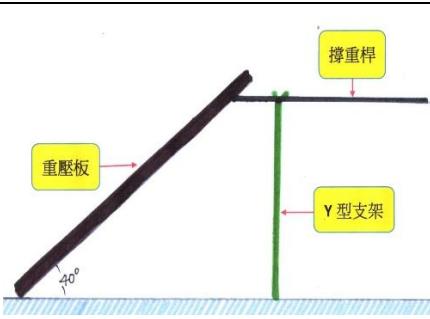
實驗結果：撐重桿與重壓板角度為0度時，重壓板是比較穩定的。

實驗結果紀錄簡表 (詳細資料紀錄於實驗日誌)

Y 型支架長度 \ 撐重桿與重壓板角度	0 度	15 度	30 度	45 度
15cm	○	×	×	×
20cm	○	×	×	×
25cm	○	×	×	×
30cm	○	×	×	×

實驗討論：

1. 撐重桿與重壓板角度為**0度**時，重壓板與撐重桿成一直線，與 Y 型支架及地面，圍成一個**三角形**。其他角度時，以上四邊圍成一個四邊形，**三角形相對比較穩定**。
2. 撐重桿與重壓板角度為0度時，重壓板與撐重桿交接於**一線段**；撐重桿與重壓板角度為其他角度時，重壓板與撐重桿交接於**一點**，交接於**一線段相對比較穩定**。

		
實驗操作情形(圖 7)	形成較穩定的三角形(圖 8)	形成較不穩定的四邊形(圖 9)

問題：承實驗一，撐重桿與Y型支架交接處容易滑脫，有解決的方法嗎？

實驗二：探討Y型支架與撐重桿的角度，是否影響重壓板穩定度？

實驗方法：

1. 撐重桿與重壓板緊貼成0度後，抬起重壓板再利用Y型支架撐起撐重桿。
2. Y型支架以不同角度撐起撐重桿後，手握撐重桿末端，觀察重壓板是否穩定。
3. 以上步驟重複10次，計算搭設成功率。

控制變因：

利用重壓板模具操作

撐重桿長度58cm

撐重桿與重壓板緊貼成0度

重壓板與底板夾角(分別30度、40度、45度操作)

操縱變因：**Y型支架與撐重桿的角度** (70度、80度、90度、100度、110度)。

實驗結果：Y型支架與撐重桿角度為**90度**時，重壓板是相對穩定的。

實驗結果紀錄簡表(詳細資料紀錄於實驗日誌)

Y型支架與撐重桿角度 成功率 重壓板與地面夾角	70 度	80 度	90 度	100 度	110 度
30 度	0%	30%	100%	60%	0%
40 度	0%	40%	100%	50%	0%
45 度	0%	60%	100%	40%	0%
平均成功率	0%	43%	100%	50%	0%

實驗討論：

1. Y型支架與撐重桿角度小於90度時，容易於Y型支架與撐重桿交接處滑脫；角度大於90度，容易於Y型支架與地面交接處滑脫；角度等於90度時，**Y形支架作用於撐重桿的正向力最大，重壓板是最穩定的**。
2. 滑脫的點是三角形三個頂點中，摩擦力最小的。

	
角度等於 90 度重壓板最穩定(圖 10)	角度大於 90 度容易從下方滑脫(圖 11)

3. 綜合實驗一及實驗二得知，要成功搭設 Rangay 壓鼠陷阱，**撐重桿要與重壓板緊貼成0度，Y型支架與撐重桿要成90度。**

問題：Rangay 壓鼠陷阱裝置中結合了許多物理原理，這些原理中彼此有關連性嗎？

實驗三：探討撐重桿近重壓板端承重與遠端施力關係？

實驗方法：

1. 利用推力秤測得重壓板抬高30度後，與重壓板末端垂直的下壓力 F_0 (圖15)。
2. 備好 Y 型支架，撐起撐重桿後，撐重桿近端撐起重壓板，撐重桿遠端連接拉力秤。
3. **拉力秤朝垂直撐重桿方向下拉**，至重壓板抬高30度，與撐重桿成0度時停止。
4. 讀取拉力秤施力 F_1 並記錄，重複以上步驟10次。
5. 屏除紀錄中的極大、極小值後，計算平均值。
6. **將撐重桿近重壓板端承重視為抗力，遠端連接拉力秤處為施力。**
7. 計算撐重桿兩側力矩值，是否相等。

控制變因：

利用重壓板模具操作 重壓板與地面夾角30度 Y 型支架與撐重桿成90度

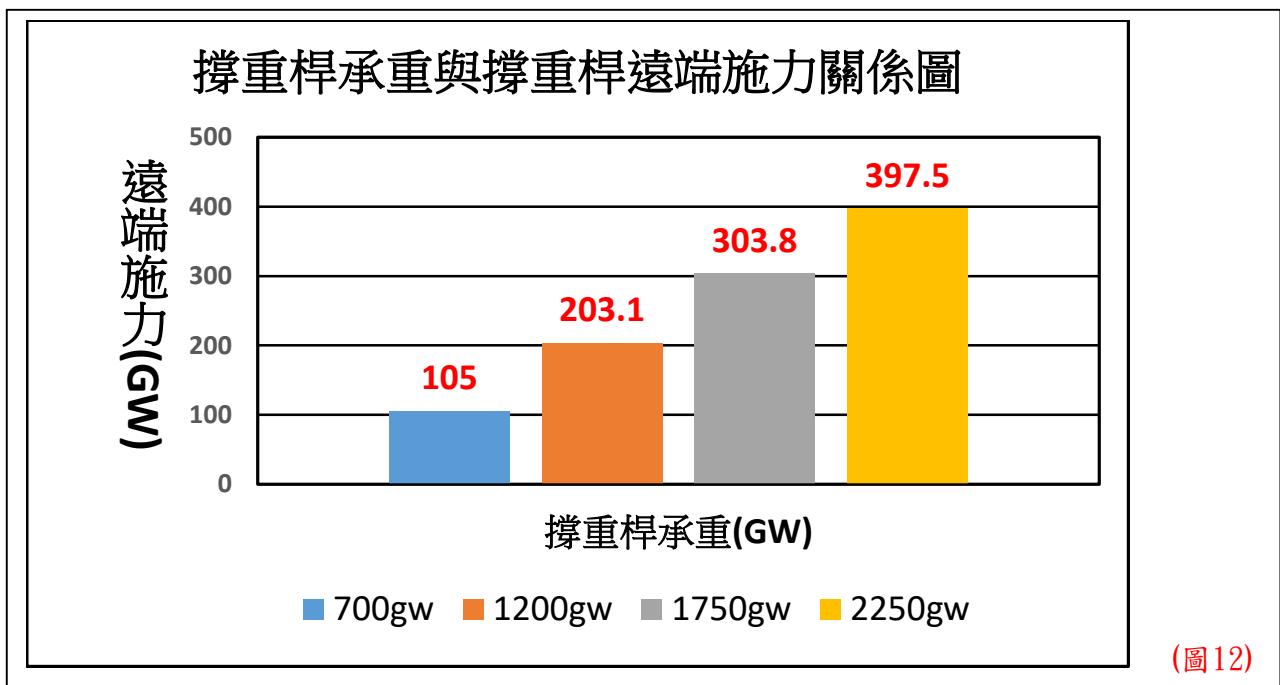
Y 型支架長度32cm 撐重桿長度58cm、重量60gw 抗力臂9cm、施力臂49cm

操縱變因：撐重桿近重壓板端承重700gw、1200gw、1750gw、2250gw

實驗結果：撐重桿近重壓板端承越重，遠端施力越大。**(圖12)**

實驗結果紀錄簡表 (詳細資料紀錄於實驗日誌)

撐重桿承重	700gw	1200gw	1750gw	2250gw
遠端施力	105gw	203.1 gw	303.8 gw	397.5 gw



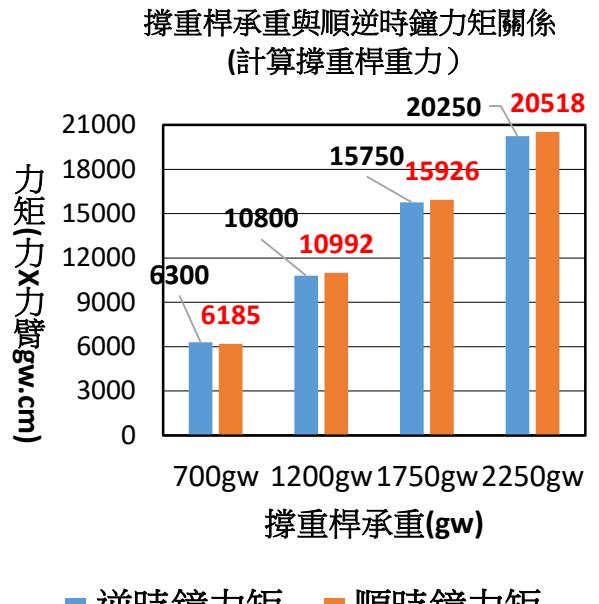
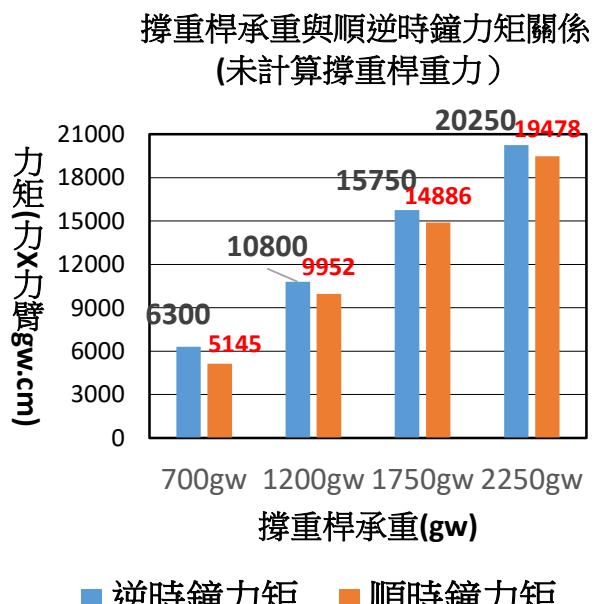
撐重桿承重與順逆時鐘力矩關係(未計算撐重桿重力)

撐重桿承重	700gw	1200gw	1750gw	2250gw
逆時鐘力矩	6300 gw.cm	10800 gw.cm	15750 gw.cm	20250 gw
順時鐘力矩	5145 gw.cm	9952 gw.cm	14886 gw.cm	19478 gw.cm

撐重桿承重與順逆時鐘力矩關係(計算撐重桿重力)

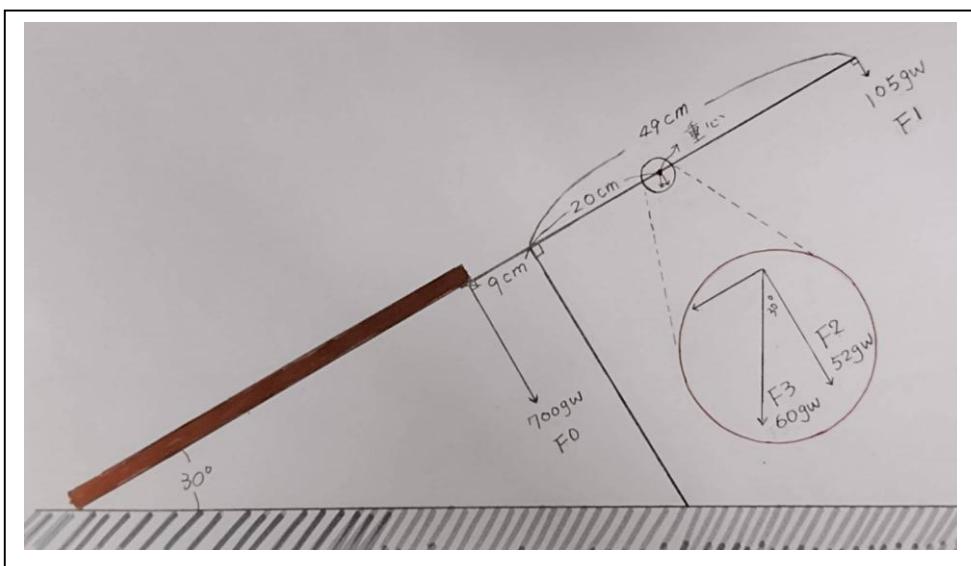
撐重桿承重	700gw	1200gw	1750gw	2250gw
逆時鐘力矩	6300 gw.cm	10800 gw.cm	15750 gw.cm	20250 gw
順時鐘力矩	6185 gw.cm	10992 gw.cm	15926 gw.cm	20518 gw.cm

(圖 13、14)



實驗討論：

依實驗結果數據計算撐重桿順、逆時鐘力矩計算值，發現是不相等的。但加上撐重桿重心重力產生的力矩後，雖然仍有誤差，但順、逆時鐘力矩也更趨近一致。所以
撐重桿的重力的分力 F_2 是影響力矩平衡因素之一。



撐重桿力矩平衡說

明圖 (圖15)

1. 撐重桿近重壓板端承重位置，固定測量離重壓板末端1cm 處。
2. 重壓板抬高後，落地過程，亦可視為力矩效應。
3. 圖中結構包含，**撐重桿及重壓板** 2 項力矩作用。

實驗四：探討撐重桿支點位置，與遠端施力的關係？

實驗方法：

1. 重壓板抬高30度，末端的下壓力經測量為700gw。
2. 以適當長度Y型支架，選擇支點撐起撐重桿後撐起重壓板，撐重桿遠端連接拉力秤。
3. 拉力秤朝垂直撐重桿方向下拉，使撐重桿與重壓板成0度。
4. 讀取拉力秤施力並記錄，以上步驟重複10次。
5. 屏除紀錄中的極大、極小值後，計算平均值。
6. 將撐重桿近重壓板端承重視為抗力，遠端連接拉力秤處為施力。
7. 將實驗結果製成圖表

控制變因：

利用重壓板模具操作

重壓板與地面夾角30度

重壓板抬高30度末端下壓力700gw

撐重桿長度58cm、重量60gw

Y型支架與撐重桿成90度

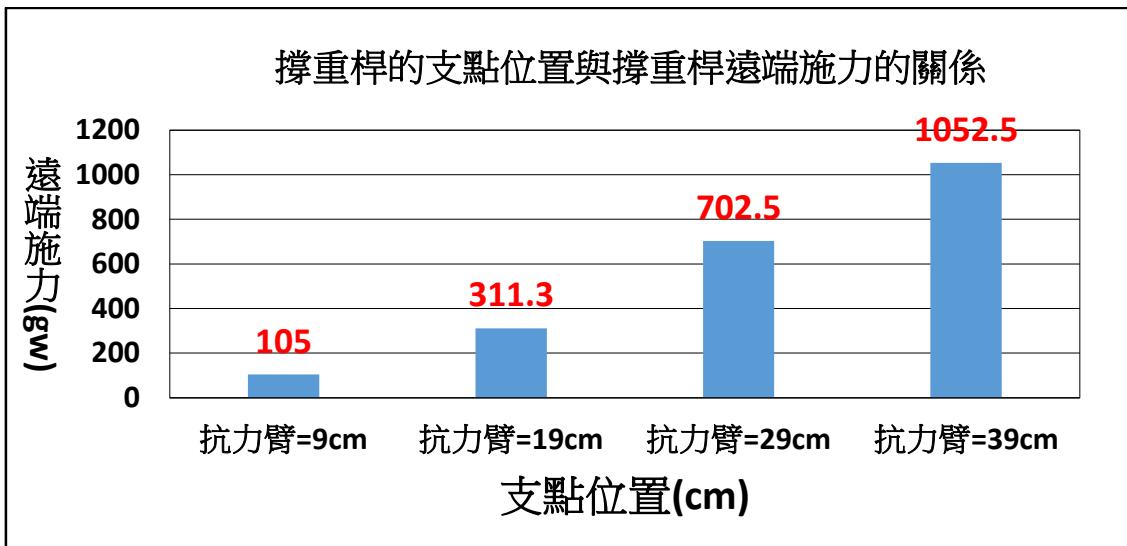
撐重桿與重壓板成0度

操縱變因：撐重桿支點位置

實驗結果紀錄簡表 (詳細資料紀錄於實驗日誌)

支點位置	抗力臂=9cm	抗力臂=19cm	抗力臂=29cm	抗力臂=39cm
遠端施力	105gw	311.3gw	702.5 gw	1052.5 gw

實驗結果：撐重桿抗力臂越短，遠端施力越小；撐重桿抗力臂越長，遠端施力越大。



(圖16)

實驗討論：

1. 同實驗三，撐重桿順、逆時鐘力矩的計算值，加上撐重桿重心重力產生的力矩後，雖然仍有誤差，但也更趨近一致。(詳細資料紀錄於實驗日誌)
2. 泰雅獵人裝設陷阱時，為了省力好操作，施力臂長度會大於抗力臂。

實驗五：探討撐重桿遠端繫繩角度，與繫繩張力的關係？

實驗方法：

1. 重壓板抬高30度，末端的下壓力700gw。
2. 以適當長度Y型支架，選擇支點撐起撐重桿後撐起重壓板，撐重桿遠端連接拉力秤。
3. 拉力秤朝垂直撐重桿方向下拉，至重壓板抬高30度，使撐重桿與重壓板成0度。
4. 以撐重桿遠端繫繩處為圓心，依操縱變因需求，改變繫繩角度。
5. 讀取拉力秤施力並記錄，以上步驟重複10次，屏除極大、極小值後，計算平均值。
6. 請老師協助提供繫繩張力的理論計算值，計算與測量值相對誤差。
7. 請老師協助以作圖方式說明撐重桿繫繩角度與Y型支架繫繩角度間的關係。(圖22-26)

控制變因：

利用重壓板模具操作、重壓板與地面夾角30度、Y型支架與撐重桿成90度

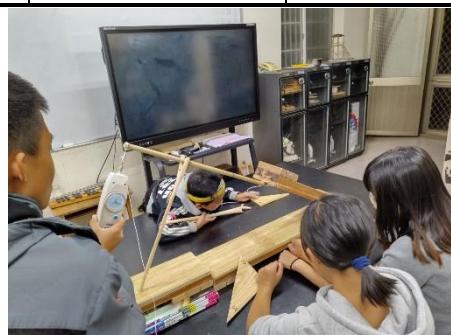
Y型支架34cm、撐重桿長度40cm、重量50gw、抗力臂10cm、施力臂30cm

重壓板抬高30度末端下壓力700gw，撐重桿末端垂直施力220 gw。

操縱變因：撐重桿遠端繫繩角度(15度、30度、45度、60度)

實驗結果紀錄簡表(詳細資料紀錄於實驗日誌)

繫繩角度	15 度	30 度	45 度	60 度
繫繩張力測量值	852.5gw	445gw	313.8gw	258.8gw
繫繩張力理論計算值	849.2gw	440gw	310.2gw	254.3gw
相對誤差	0.39%	1.14%	1.16%	1.77%



重壓板上用螺絲鎖上槓片增加重量(圖 17)

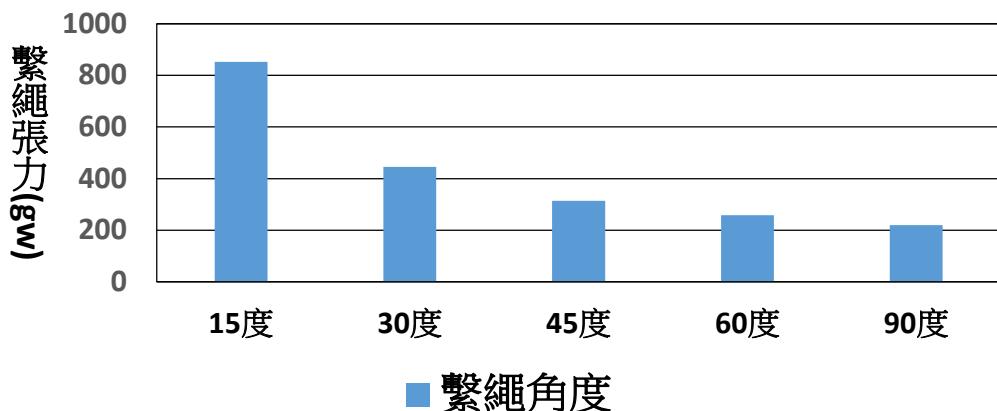
撐重桿的施力臂小於抗力臂(圖 18)



撐重桿切一垂直切口使其扣住重壓板(圖 19)

利用自製三角板測量相關角度(圖 20)

撐重桿遠端繫繩角度，與繫繩張力的關係

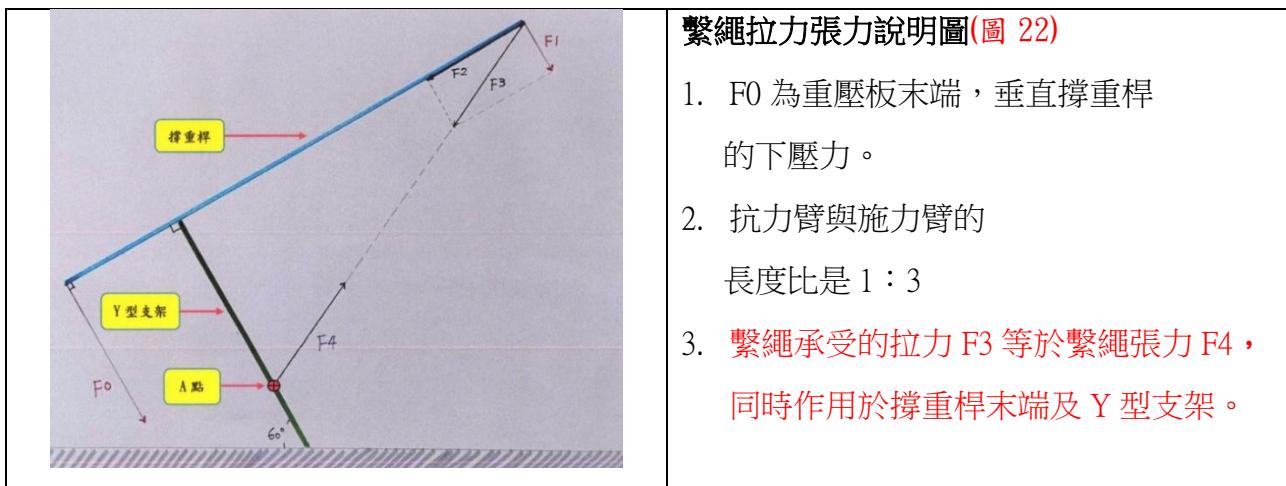


(圖21)

實驗結果：撐重桿遠端繫繩角度越小，繫繩張力越大。理論值與測量值相對誤差很小。

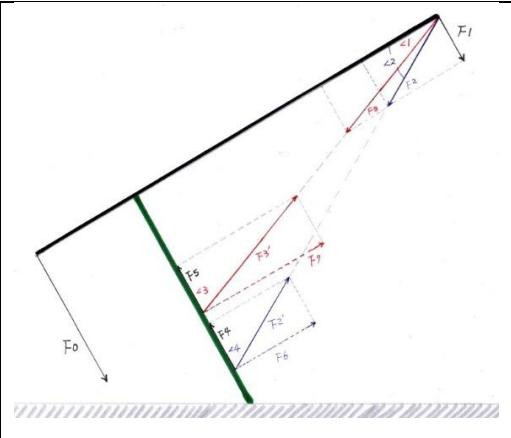
實驗討論：

1. 拉線張力 F_3 可分成2個分力，垂直於撐重桿的分力 F_1 ，會影響撐重桿的力矩平衡。平行於撐重桿的分力 F_2 ，拉繩時會使撐重桿與重壓板滑脫。(圖22.25)
2. 為了克服撐重桿與重壓板滑脫的問題，我們將撐重桿接重壓板處切一垂直切口，使其扣住重壓板。(圖19)
3. 當撐重桿被拉至與重壓板成0度時，繫繩另一端須繞過Y型支架中段A點處並綁著繫繩消息棒。繫繩繩緊於撐重桿末端及Y型支架之間，繫繩承受的拉力 F_3 等於張力 F_4 ，同時作用於撐重桿末端及Y型支架上。(圖22)
4. 此次實驗抗力臂與施力臂的長度比是1：3的情況下，繫繩角度需小於40度。
5. 撐重桿末端的繫繩角度，會影響繫繩繞過Y型支架的角度(二者合為90度)。
6. 撐重桿與繫繩角度越小，繫繩與Y型支架的角度越大，垂直於Y型支架的分力越大，Y型支架作用於繫繩的正向力越大，繫繩與Y型支架的最大靜摩擦力也越大，陷阱架設成功機會提高。(圖26)



7. 撐重桿支點位置亦會影響撐重桿與繫繩的角度。圖29中，紅色支點抗力臂：施力臂為1：7；綠色支點抗力臂：施力臂為1：3；藍色支點抗力臂：施力臂為3：5。比值越小，繫繩與撐重桿角度越小，繫繩與Y型支架角度越大。
8. 裝設壓鼠陷阱時，考量操作省力、同時要考量繫繩與Y型支架的摩擦力，透過作圖可協助我們了解，撐重桿支點位置的安排。(綠色支撑桿附近)

	<p>撐重桿末端繫繩角度與繫繩張力的關係說明圖(圖 23)</p> <ol style="list-style-type: none"> 不論繫繩角度為何，為維持撐重桿與重壓板夾角0度，撐重桿力矩平衡，繫繩拉力的垂直撐重桿分力均為F1。 繫繩角度越小，繫繩張力越大。
	<p>撐重桿支點位置及撐重桿繫繩角度關係說明圖(圖 24)</p> <p>撐重桿長度固定，繫繩繞過Y型支架的位置，均在Y型支架離地1/3處時，抗力臂越短，繫繩與撐重桿角度越小，繫繩與Y型支架角度越大。繫繩張力越強，且不易滑脫。</p>
	<p>繫繩拉力、張力及分力說明圖(圖 25)</p> <ol style="list-style-type: none"> 垂直於撐重桿的分力F1，會影響撐重桿的力矩平衡。平行於撐重桿的分力F2，在拉繩時會使撐重桿與重壓板滑脫。 垂直於Y型支架的分力F6，會影響繫繩與Y型支架的摩擦力。平行於Y型支架的分力F5，使繫繩向上滑。F5越大，繫繩越容易向上滑脫，導致陷阱架設失敗。



撐重桿繫繩角度大小與Y型支架繫繩角度關係比較說明圖(圖26)

1. $\angle 1 + \angle 3 = 90$ 度, $\angle 2 + \angle 4 = 90$ 度
2. 因 $\angle 1$ 小於 $\angle 2$ 所以 $\angle 3$ 大於 $\angle 4$
3. 擁重桿與繫繩角度越小，繫繩與Y型支架的角度越大，垂直於Y型支架的分力越大，Y型支架作用於繫繩的正向力越大，繫繩與Y型支架的最大靜摩擦力也越大。

問題：Rangay 壓鼠陷阱裝置中，撐重桿**重心重力的分力**是影響撐重桿力矩平衡因素之一，撐重桿**支點的位置影響力臂長短**，影響力矩值的大小，力矩值的大小則影響了轉動。重壓板落下，會使撐重桿轉動，那麼撐重桿**支點的位置**會影響重壓板落地花費的時間嗎？

實驗六：探討撐重桿支點位置與重壓板落地花費的時間關係？

實驗方法：

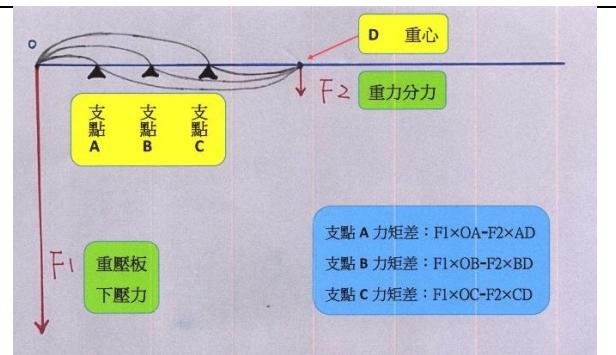
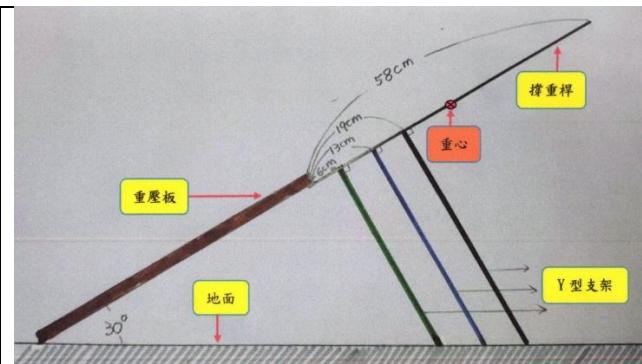
1. 先以26cm Y型支架支撐撐重桿，撐起重壓板抬高30度。
2. 再以另2支不同長度30cm、34cm 的Y型支架，共3支 Y型支架撐起撐重桿。
3. 擁重桿上標記3個支點位置(施力臂長度大於抗力臂)。
4. 使用手機攝影，分別利用3個支點，3組實驗，撐起重壓板抬高30度，使撐重桿與重壓板成0度時停止。接著放開撐重桿，模擬觸動機關後，重壓板落地。
5. 重複以上步驟10次後，利用軟體剪輯影片，紀錄重壓板落地花費時間。
6. 利用 ChatGPT 算出平均及分析實驗誤差。

控制變因：

利用重壓板模具操作 重壓板與地面夾角30度 擁重桿長度58cm、重量90gw

Y型支架與撐重桿成90度

重壓板末端下壓力700gwgw



實驗六 Y型支架放置情形說明圖(圖27)

撐重桿支點位置說明

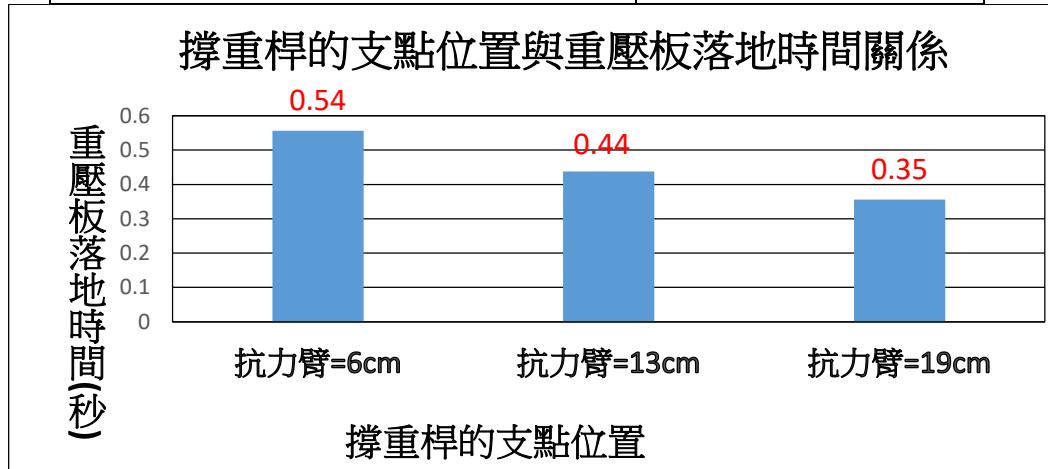
3支 Y型支架長度分別是 26cm、30cm、34cm

(圖28)未扣接的撐重桿支點位於 A 點時，順時鐘轉動效應為三者**最強**，與重壓板扣接後轉動變成**逆時鐘**，為三者**最弱**。

操縱變因：支點位置 (抗力臂6cm、抗力臂13cm、抗力臂19cm)

撐重桿的支點位置與重壓板落地時間關係實驗結果紀錄簡表 (詳細資料紀錄於實驗日誌附表1)

撐重桿的支點位置	重壓板落地時間
抗力臂=6cm	0.54 秒
抗力臂=13cm	0.44 秒
抗力臂=19cm	0.35 秒

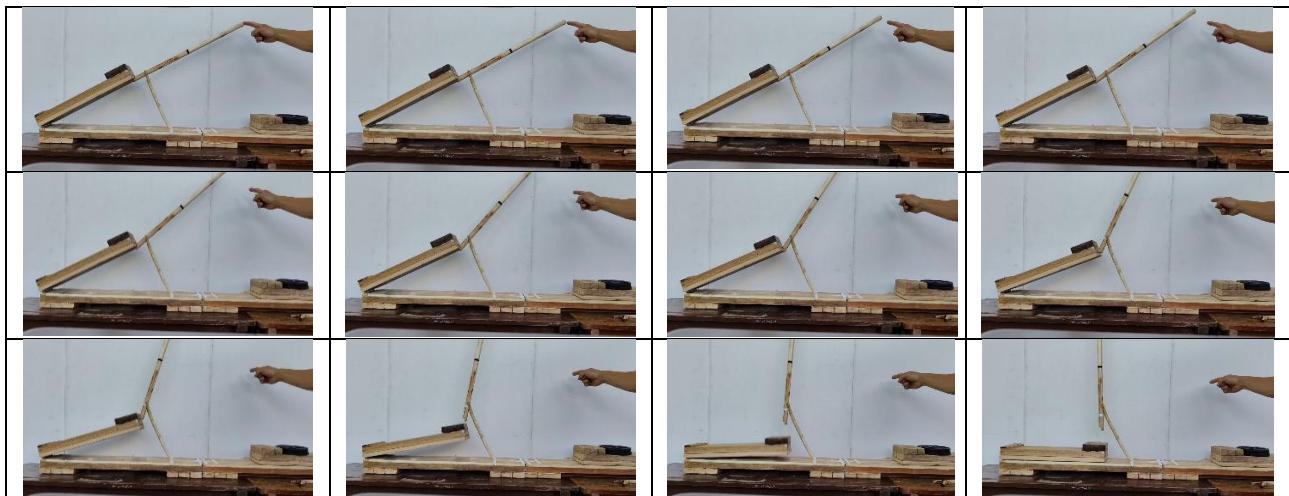


(圖 29)

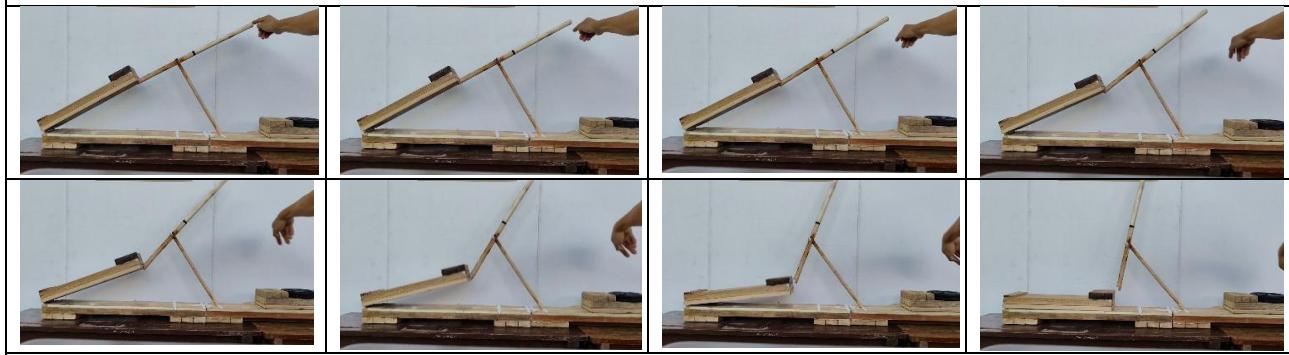
實驗結果：撐重桿抗力臂越短，重壓板落地花費的時間越長。

實驗討論：模擬觸動機關破壞平衡後，陷阱結構中，撐重桿及重壓板2項力矩同時作用。

原本重壓板由撐重桿扣接撐起，所以二者力矩效應會相互影響。



(圖 30) 平衡破壞後抗力臂 6cm 的撐重桿及重壓板作用連續圖。影片每隔 0.05 秒擷取圖片



(圖 31) 平衡破壞後抗力臂 19cm 的撐重桿及重壓板作用連續圖。影片每隔 0.05 秒擷取圖片

	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重壓板(甲力矩)及撐重桿(乙力矩)二者力矩效應，都受自身重力影響。 2. 原本系統中重壓板及撐重桿二者獨立轉動方向，均為順時鐘方向，乙力矩的支點於 A 點時，力矩值大於 B 點。 3. 扣接後重壓板末端的下壓力使撐重桿轉動方向變為逆時鐘方向，而重壓板轉動效應也因而減弱，使落下時間增加。(圖 32)左
<p>(圖 33) 標記連續圖 30 重壓板落地 0.54 秒 撐重桿支點位於 A 時，順時鐘力矩較大，對壓板轉動效應影響較大，所以重壓板落地時間較長，此時撐重桿本身轉動效應較弱。</p> <p>標記連續圖中紅點代表撐重桿重心。撐重桿影像標示越密，代表轉動效應越弱。</p>	<p>(圖 34) 標記連續圖 31 重壓板落地 0.35 秒 撐重桿支點位於 B 時，順時鐘力矩較小，對壓板轉動效應影響較小，所以重壓板落地時間較短，此時撐重桿本身轉動效應較強。</p>

問題：有什麼方法可以影響**撐重桿的轉動效應**(變為逆時鐘方向)，使重壓板落地時間較短。

實驗六-1：探討撐重桿重心位置與重壓板落地花費的時間關係？

假設：改變撐重桿重心，使**撐重桿力矩方向變為逆時鐘方向**，能使重壓板落地時間變短。

實驗方法：

利用老熟的箭竹作為撐重桿材料，裁切適當粗細及長短的鐵棒，插入箭竹一端，使撐重桿**重心**落在撐重桿**長度的四分之一處**(圖37)。另製作一支相同長度、重量、粗度的撐重桿，重心落在撐重桿長度的二分之一處，作為對照組。**撐重桿支點位置，設在長度的三分之一處**(抗力臂：施力臂1：2)。如此，兩組實驗的重心會在支點不同側。其他步驟同實驗六。

控制變因：

利用重壓板模具操作

重壓板與地面夾角30度

撐重桿長度60cm

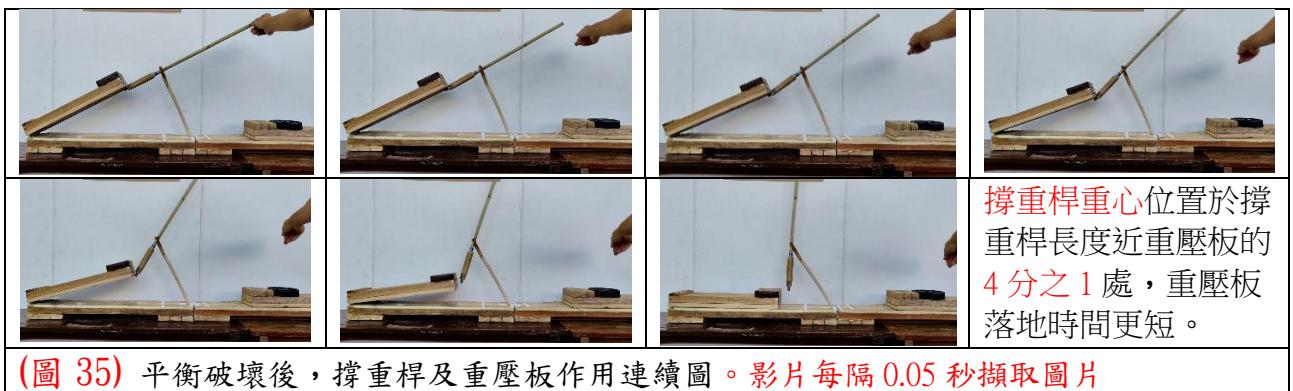
撐重桿重量250gw Y型支架與撐重桿成90度

重壓板末端下壓力700gw

撐重桿支點位置，設在重壓板端20 cm 處。

操縱變因：**撐重桿重心位置**(撐重桿長度近重壓板的4分之1處、2分之1處)

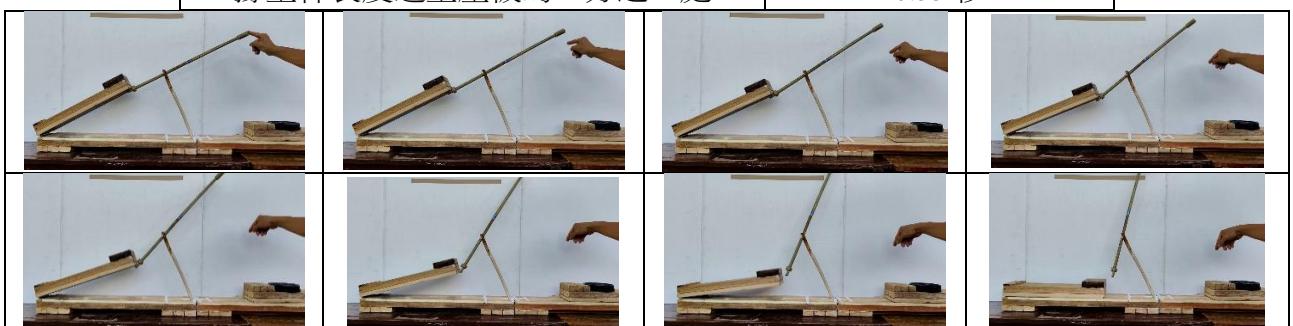
實驗結果：改變撐重桿重心於撐重桿長度近重壓板的4分之1處，使撐重桿的力矩方向，變為**逆時鐘**方向，使重壓板落地時間較短。與假設相符。



(圖 35) 平衡破壞後，撐重桿及重壓板作用連續圖。影片每隔 0.05 秒擷取圖片

撐重桿的重心位置與重壓板落地時間關係實驗結果紀錄簡表 (詳細資料紀錄於附錄附表2)

撐重桿的重心位置	重壓板落地時間
重壓板抬高 30 度直接落下(不置撐重桿)	0.26 秒
撐重桿長度近重壓板的 4 分之 1 處	0.28 秒
撐重桿長度近重壓板的 2 分之 1 處	0.35 秒



(圖 36) 對照組連續圖(重壓板落地時間相對長)。影片每隔 0.05 秒擷取圖片。

<p>箭竹插入鐵棒改變重心，重量說明圖。(圖 37)</p>	<p>標記 36 連續圖。(圖 38) 重壓板落地 0.35 秒</p>
	<p>撐重桿重心位置於撐重桿長度近重壓板的 4 分之 1 處時，力矩轉動方向變為逆時鐘。對重壓板轉動效應，影響較小，所以重壓板落地時間更短。而重壓板落地的極短極限，是抬高後直接落地的時間。我們的實驗結果，已非常接近時間極短極限。</p>

標記 35 連續圖。(圖 39) 重壓板落地 0.28 秒。撐重桿影像標示越散，代表轉動效應越強。

問題：我們想使用籃子取代石板，改裝 Rangay 壓鼠陷阱，用來捉貓。為了提高成功機會，必須使用較長的餌食消息棒，伸入籃子內部。較長的餌食消息棒重量較重，較難扣在機關上。我們想探討影響觸動機關下壓力的因素，但餌食消息棒上方是重壓板，無法放入測量工具，於是我們設計並製作了**消息棒操作模具**來實驗操作。

實驗七：探討 rangay 陷阱繫繩張力，與觸動機關費力的關係？

實驗方法：

1. 設計並製作了模具來實驗操作，利用槓片，產生不同張力，來扣住消息棒。
2. 將推力秤調成保留極大值模式，向下觸動餌食消息棒後，讀取測量值並記錄。
3. 重複以上步驟10次後，利用 ChatGPT 算出平均值及分析實驗誤差。

控制變因：

使用消息棒操作模具實驗

Y型支架與地面夾角60度

餌食消息棒40cm 繫繩消息棒8cm

消息棒扣接點固定

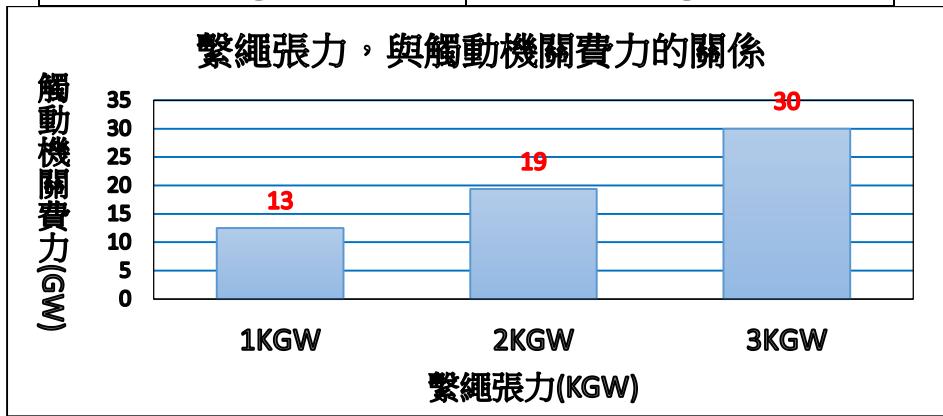
操縱變因：繫繩張力：1kgw、2kgw、3kgw




餌食消息棒伸入籃子內部(圖 40)	重壓板模具與消息棒操作模具比對(圖 41)
-------------------	-----------------------

陷阱繫繩張力，與觸動機關費力的關係實驗結果紀錄簡表 (詳細資料紀錄於附錄附表4)

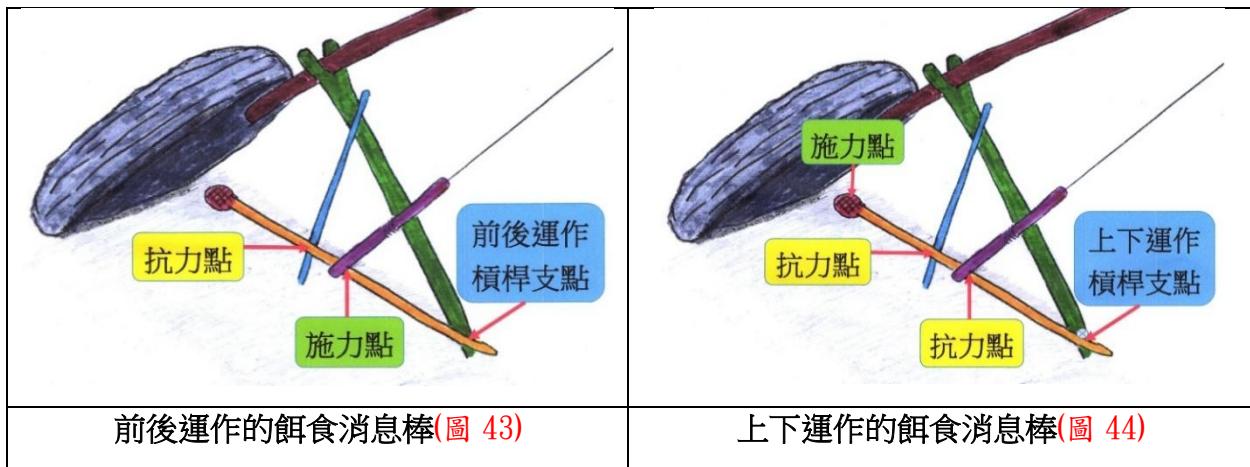
繫繩張力	觸動機關費力
1 kgw	13 gw
2 kgw	19 gw
3 kgw	30 gw



實驗結果：rangay 陷阱繫繩張力越大，觸動機關費力越大。

實驗討論：

1. 實驗測試時發現繫繩張力小於500gw 時，所產生的張力不容易扣住消息棒。
2. 繫繩張力越大，繫繩消息棒扣住餌食消息棒力量越大，摩擦力越大，觸動機關費力越大。
3. 觸動餌食消息棒機關時，發現偶爾機關不運作，原因是繫繩消息棒和餌食消息棒卡住不滑脫，我們想到的解決方法，是在 Y 型支架與餌食消息棒扣接點上方鎖入小螺絲，作為支點。如此一來，餌食消息棒不但是前後運作的槓桿，也成為上下運作的槓桿。



實驗八：探討 rangay 陷阱繫繩消息棒長短，與觸動機關費力的關係？

實驗方法：

1. 調整繩子綁住繫繩消息棒的位置，形成不同利用長度的繫繩消息棒。
2. 使用消息棒操作模具來實驗操作，利用繩子綁住槓片，產生張力扣住消息棒。
3. 將推力秤調成保留極大值模式，向下觸動餌食消息棒後，讀取測量值並記錄。
4. 重複以上步驟10次後，利用 ChatGPT 算出平均值及分析實驗誤差。

控制變因：

使用消息棒操作模具實驗

Y 型支架與地面夾角60度

餌食消息棒40cm 繫繩張力2kgw

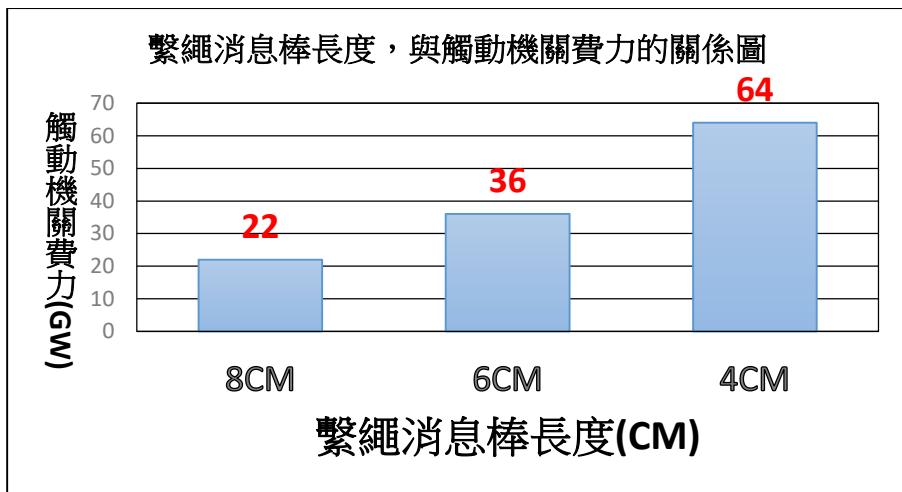
消息棒間接觸面光滑度

消息棒扣接點固定

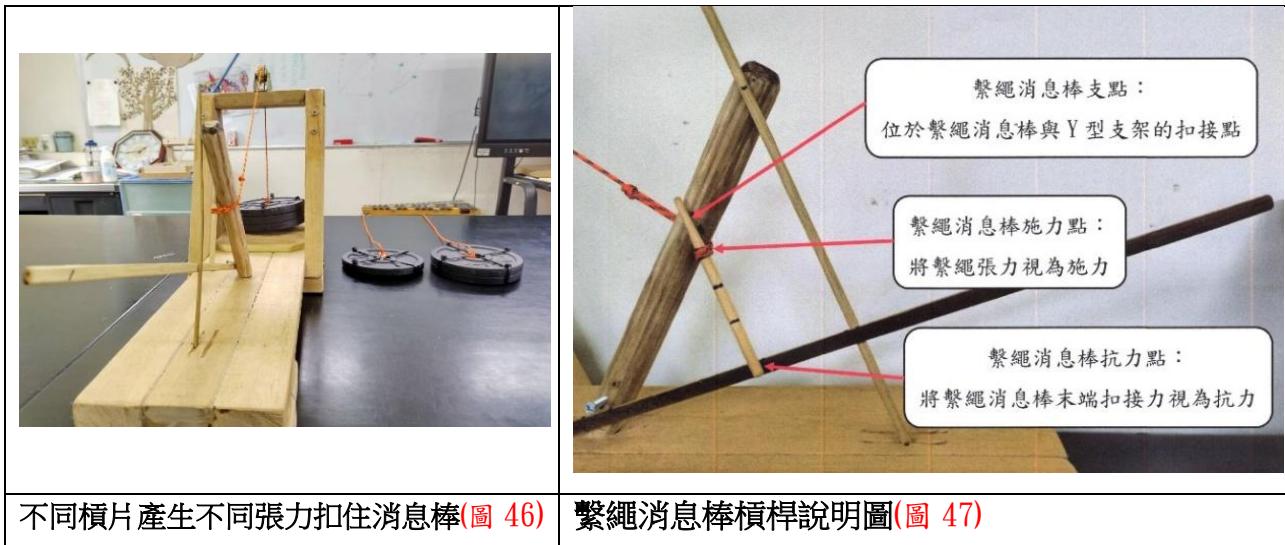
實驗結果：rangay 陷阱繫繩消息棒越短，觸動機關費力越大。

陷阱繫繩消息棒長度，與觸動機關費力的關係實驗結果紀錄簡表 (詳細資料紀錄於附錄附表5)

繫繩消息棒長度	觸動機關費力
8cm	22 gw
6cm	36gw
4cm	64gw



(圖 45)



不同槓片產生不同張力扣住消息棒(圖 46)

繫繩消息棒槓桿說明圖(圖 47)

實驗討論：繫繩消息棒中，將繫繩張力視為施力，將繫繩消息棒末端的扣接力視為抗力。

繫繩消息棒的施力臂長度固定，繫繩消息棒越短，抗力臂越短，繫繩消息棒扣住餌食消息棒力量越大，摩擦力越大，觸動機關費力越大。

實驗九：探討 rangay 陷阱消息棒接觸面是否粗糙，與觸動機關費力的關係？

實驗方法：1. 製作4組消息棒備用，組合方式如下表：

2. 其他同實驗八的實驗方法步驟2~4。

組別	1	2	3	4
	與餌食消息棒接觸面			
繫繩消息棒	光滑	粗糙	光滑	粗糙
消息棒支撐桿	光滑	光滑	粗糙	粗糙

控制變因：

使用消息棒操作模具實驗

Y 型支架與地面夾角60度

繫繩張力2kgw

各消息棒間扣接點固定

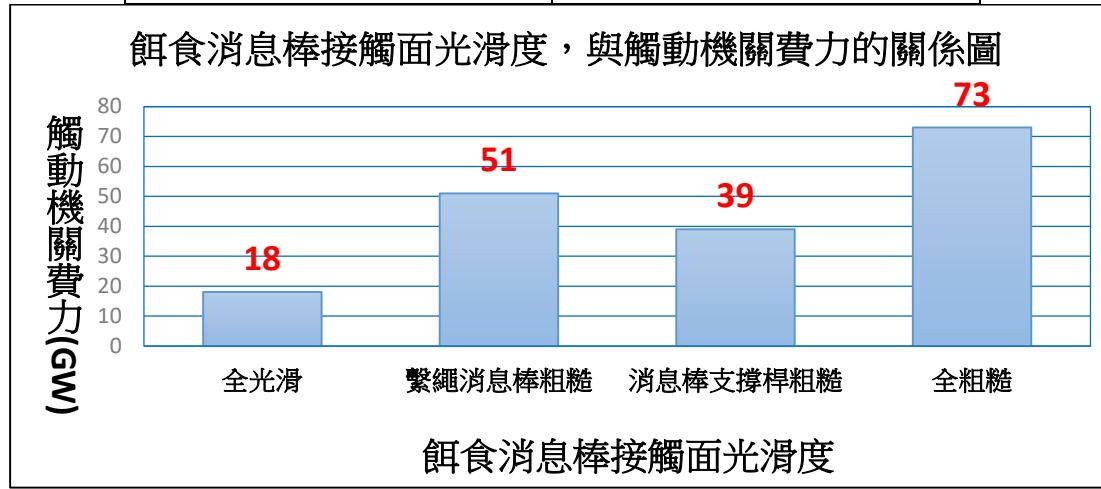
餌食消息棒40cm、繫繩消息棒長度 8 cm、消息棒支撐桿25 cm

操縱變因：餌食消息棒接觸面光滑度

實驗結果：rangay 陷阱餌食消息棒接觸面，粗糙面越多，觸動機關費力越大。

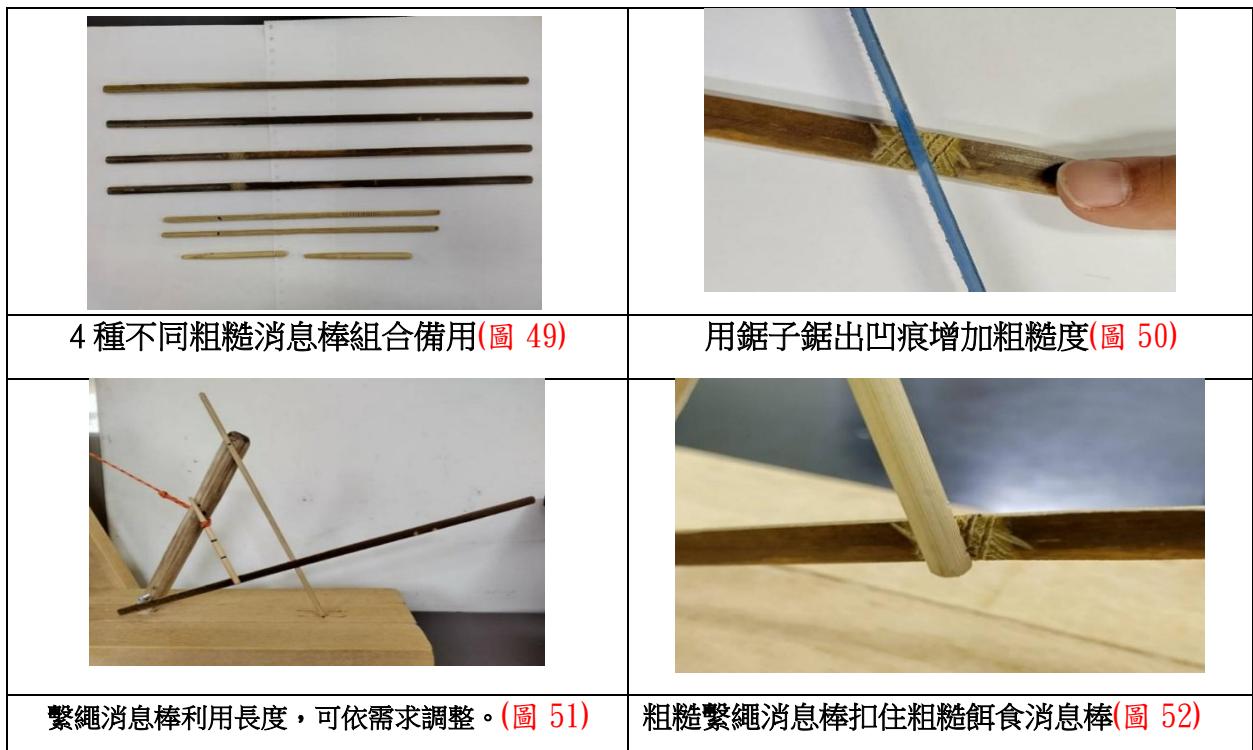
餌消息棒接觸面光滑度，與觸動機關費力的關係實驗結果紀錄簡表(詳表紀錄於附錄附表6)

餌食消息棒接觸面光滑度	觸動機關費力
第1組全光滑	18 gw
第2組繫繩消息棒粗糙	51 gw
第3組消息棒支撐桿粗糙	39 gw
第4組以上二者全粗糙	73 gw



實驗討論：

1. 餌食消息棒接觸面，粗糙面越多，，觸動機關費力越大，代表摩擦力越大。
2. 由實驗7、8、9得知，摩擦力受與摩擦面垂直的正向力及接觸面光滑度影響。
3. **餌食消息棒前後運作的槓桿中，將繫繩消息棒末端的扣接力視為施力，消息棒支撐桿扣接的正向力視為抗力。**施力臂較短，繫繩消息棒末端的扣接力較大，所以使用第二組消息棒的摩擦力大於第三組。



實驗九-1：捉貓陷阱消息棒放置組合探討。

實驗方法：

1. 使用消息棒操作模具實驗，將繫繩張力調為3kgw，使用90cm的餌食消息棒。
2. 消息棒放置組合，由實驗八、九測得觸動力大小結果，由小至大依次操作。
3. 若成功扣住餌食消息棒，在餌食消息棒末端掛上10gw 砝碼，模擬餌食重。
4. 將測試結果，記錄在表格上。

控制變因：

使用消息棒操作模具實驗

Y型支架與地面夾角60度

餌食消息棒90cm、20gw

繫繩張力3kgw

各消息棒間扣接點固定

操縱變因：不同消息棒組合(12種)

實驗結果：捉貓陷阱，消息棒組合測試結果表

繫繩消息棒長度	與餌食消息棒接觸面情形	扣接餌食消息棒測試結果
8cm	第1組全光滑	滑脫，無法扣接。
	第3組消息棒支撐桿粗糙	滑脫，無法扣接。
	第2組繫繩消息棒粗糙	滑脫，無法扣接。
	第4組以上二者全粗糙	可扣接，掛上 10gw 砝碼後滑脫。
6cm	第1組全光滑	滑脫，無法扣接。
	第3組消息棒支撐桿粗糙	可扣接，但掛上 10gw 砝碼後滑脫。
	第2組繫繩消息棒粗糙	可扣接，掛上 10gw 砝碼後無影響。
	第4組以上二者全粗糙	可扣接，掛上 10gw 砝碼後無影響。
4cm	第1組全光滑	滑脫，無法扣接。
	第3組消息棒支撐桿粗糙	可扣接，但掛上 10gw 砝碼後滑脫。
	第2組繫繩消息棒粗糙	可扣接，掛上 10gw 砝碼後無影響。
	第4組以上二者全粗糙	可扣接，掛上 10gw 砝碼後無影響。



利用消息棒模具扣住 90CM 的餌食消息棒(圖 53)

10gw 砝碼模擬餌食重量(圖 54)

實驗討論：

1. 控制繫繩張力為3kgw 原因如下：為防止貓被捉後掙脫，籃子加重物為8kgw。抬高30度後作用於撐重桿的下壓力經測量為2.4kgw，若抗力臂：施力臂為1:2，撐重桿繫繩角度小於30度，產生的繫繩張力約為3kgw。
2. 繫繩消息棒為8cm 時，均無法成功扣接餌食消息棒。
3. 繫繩消息棒為6cm、4cm 時，第2組及第4組消息棒，均可成功扣接。我們為使機關更容易觸動，使用6cm 的繫繩消息棒及第2組消息棒組合。也就是餌食消息棒與消息棒支撐桿接觸面為光滑、與繫繩消息棒接觸面為粗糙。

問題：還有什麼方法能使捉貓陷阱的籃子落下時間更短呢？(籃子抬高角度由30度變為25度呢)

實驗十：探討籃子抬高角度對捉貓陷阱觸動機關費力及籃子落地時間的影響。

實驗方法：

1. 裝設捉貓陷阱，推力秤設為保留極大值，由籃外觸動餌食消息棒，讀取並記錄。
2. 裝設捉貓陷阱，利用細竹條觸動機關並攝影，剪輯影片，紀錄觸動機關至籃子落地時間。重複以上步驟10次後，利用 ChatGPT 算出平均值及分析實驗誤差。
3. 籃子抬高後直接落地，紀錄籃子落地時間，做為對照值。

控制變因：

1. 長寬高各是60、42、20cm 的籃子，加重物後總重8kgw。
2. 方便省力操作，使用72cm 撐重桿，使撐重桿重心落在撐重桿長度的四分之一處。
3. 撐重桿與籃子成0度，Y型支架與撐重桿成90度，撐重桿抗力臂21cm。
4. 撐重桿繫繩扣接 Y型支架於離地面15cm 處。
5. 餌食消息棒90cm、20gw，繫繩消息棒調為6cm，與餌食消息棒接觸面為粗糙。

操縱變因：籃子抬高角度(30度、25度)

實驗結果：籃子抬高角度越小，觸動機關越費力，籃子落地時間越短。

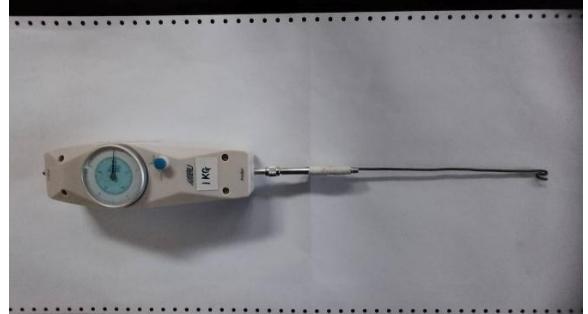
抓貓陷阱觸動機關費力及籃子落地時間實測結果表

實驗結果紀錄簡表 (詳細資料紀錄於實驗日誌及附錄附表3)

實測項目 籃子抬高角度 測量結果	觸動機關費力	籃子落地時間
抬高 30 度直接落地		0.27 秒
抬高 25 度直接落地		0.21 秒
抬高 30 度觸動機關落地	24 gw	0.28 秒
抬高 25 度觸動機關落地	29 gw	0.22 秒

實驗討論：

1. 撐重桿重心落在其長度的四分之一處，撐重桿抗力臂21cm，如此安排的原因是重心與籃子壓力在支點同側，當機關觸動後，撐重桿力矩轉動方向變為逆時鐘。對籃子轉動效應，影響較小，所以重壓板落地時間更短。。籃子落地的極短極限，是抬高後直接落地的時間。我們的實驗結果，已非常接近時間極短極限。
2. 籃子抬高30度直接落下時間，與實驗六-1重壓板抬高30度直接落下時間相近，籃子與重壓板重量不同，落下時間卻相近。**重物重量不是影響重物落下費時的因素。**
3. 籃子高度由30度降為25度，貓仍會進入陷阱，籃子落地時間更短。
4. 籃子高度由30度降為25度，籃子的下壓力經測量由2.4kgw 增加為3kgw，撐重桿繫繩角度變小，基於上述兩個原因，**繫繩張力變大，所以觸動機關費力變大。**
5. 可以藉由**操控餌食的重量，使陷阱機關更為靈敏。**

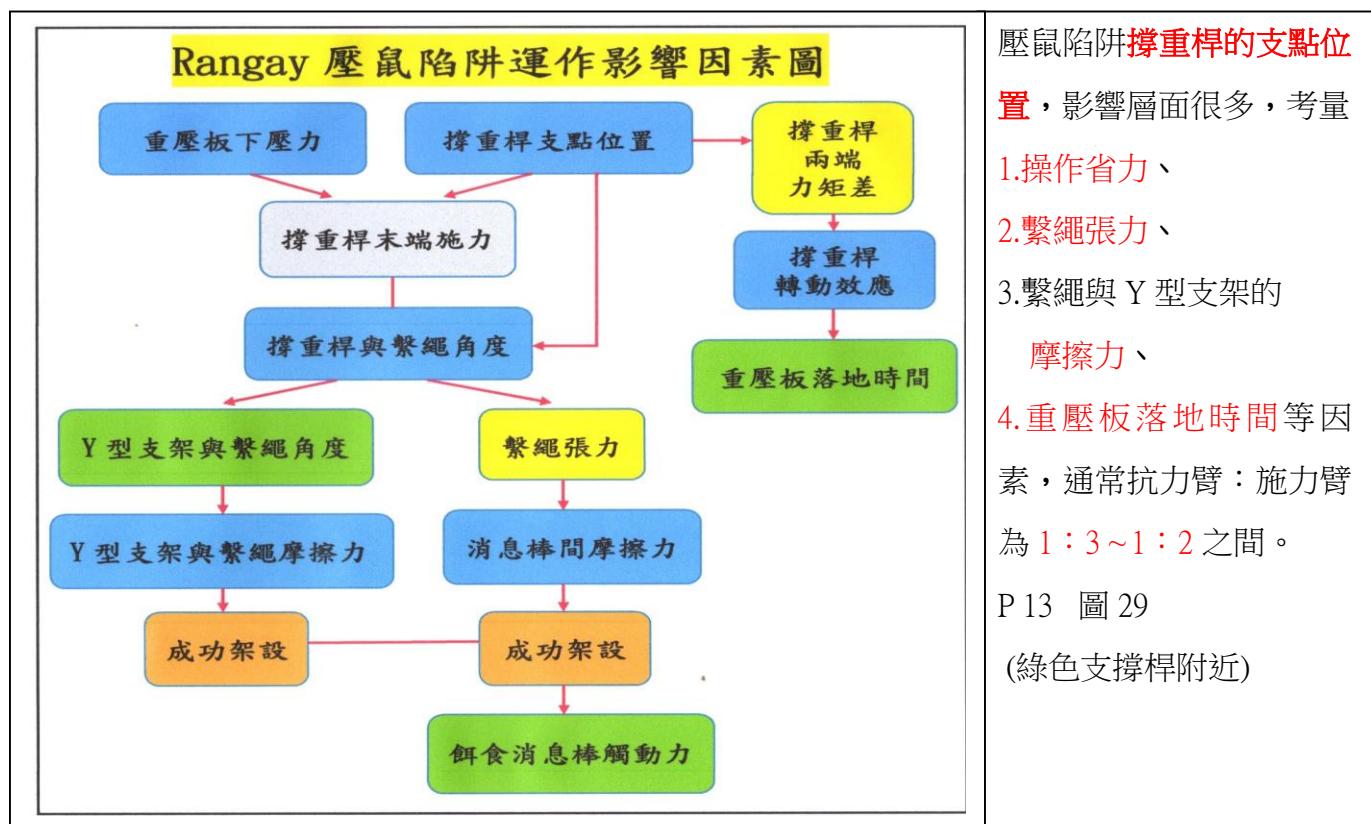
	
籃子抬高 25 度直接落地(圖 55)	自製推力秤加長測試桿方便伸入籃子中(圖 56)
	
測試觸動餌食消息棒的力量(圖 57)	揮動細竹條觸擊餌食消息棒並攝影計時(圖 58)
	
繫繩消息棒與餌食消息棒脫離瞬間(圖 59)	繫繩消息棒與餌食消息棒脫離瞬間(圖 60)

肆、研究結果

- 一. 撐重桿與重壓板角度為 0 度，與 Y 型支架為 90 度時，重壓板較穩定。
- 二. 撐重桿近重壓板端承越重，遠端施力越大。
- 三. 撐重桿抗力臂越短，遠端施力越小；撐重桿抗力臂越長，遠端施力越大。
- 四. 撐重桿的重量雖不起眼，但在撐重桿的力矩平衡中，是一個不可少的影響因素。
- 五. 撐重桿遠端繫繩角度越小，繫繩張力越大，同時作用於撐重桿末端及 Y 型支架上。
- 六. 撐重桿的抗力臂越短，扣接重壓板後轉動效應越弱，所以重壓板落地時間較長。
- 七. 改變撐重桿重心，改變撐重桿力矩方向，使重壓板落地時間較短。
- 八. 陷阱繫繩張力越大，觸動機關費力越大。繫繩消息棒越短，觸動機關費力越大。
- 九. rangay 陷阱餌食消息棒接觸面，粗糙面越多，觸動機關費力越大，代表摩擦力越大。
- 十. 捉貓陷阱因扣接較長的餌食消息棒，需使用較短的繫繩消息棒，並使其接觸面粗糙。
- 十一. 捉貓陷阱籃子抬高角度設在25度~ 30度之間，籃子抬高角度越小，觸動機關越費力，籃子落地時間越短。並可以藉由操控餌食的重量，使陷阱機關更為靈敏。

伍、討論

- 一. 提高成功搭設 Rangay 壓鼠陷阱的方法：撐重桿與重壓板角度為 0 度，重壓板與撐重桿成一直線。Y 型支架與撐重桿角度為 90 度時，重壓板是很穩定的。
- 二. 由實驗結果知道 Rangay 壓鼠陷阱的機關設計可說是環環相扣，以下圖(圖61)說明：

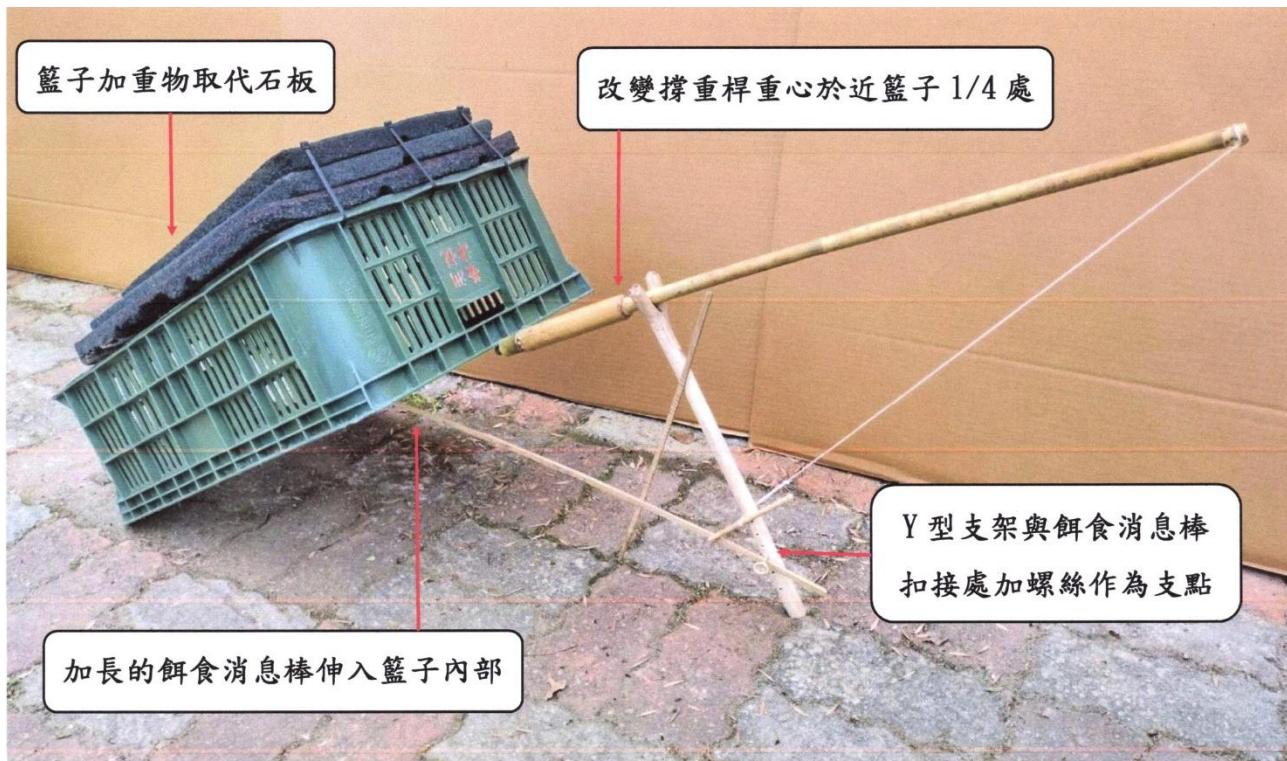


三. 泰雅獵人在搭設 Rangay 壓鼠陷阱時有下列原則，讓陷阱架設順利及成功運作。

石板抬高角度	30~45 度之間，落下時間短。
撐重桿與重壓板角度	0 度，較穩定。
Y型支架與撐重桿角度	90 度，較穩定。
撐重桿長度	稍長於重壓物，方便操作。
撐重桿支點位置	抗力臂小於施力臂，操作省力。
撐重桿與繫繩的角度	角度小，繫繩與 Y型支架較不易滑脫。
繫繩扣住 Y型支架的位置	繫繩消息棒要方便扣接餌食消息棒(約支架 1/3 處)
餌食消息棒觸動力	越小越容易觸動機關

四. Rangay 壓鼠陷阱調整成抓貓陷阱調整前後對照表

調整項目 比較差異 陷阱種類	下壓 重物	餌食消息棒 運作方式	餌食消息棒 長短	撐重桿 重心
壓鼠陷阱	石板	前後運作的 槓桿	較短 30cm~40cm	約在長度 二分之一處
抓貓陷阱	籃子加 重物	前後及上下 運作的槓桿	較長 80cm~90cm	長度近籃子 四分之一處



改良調整的捉貓陷阱說明圖(圖62)

五. 設置捉貓陷阱可能遇到的問題及解決方法及其運用的科學原理對照表

可能遭遇的問題	籃子太輕以致扣不住消息棒	籃子受繫繩張力分力影響，向後滑動。	Y型支架受繫繩張力分力影響，向前滑動。	加長的餌食消息棒，過重扣不住。	繫繩消息棒與餌食消息棒扣住不滑脫	Y型支架上的繫繩，向上滑動。	減少籃子落下時間
解決方法	籃子上加重物總重8kgw	籃子後方加磚塊	選擇粗糙地面搭設或將Y型支架釘入土中。	將餌食消息棒削細縮短繫繩消息棒消息棒接觸面加紋路變粗糙	Y型支架與餌食消息棒扣接點上方鎖入小螺絲	Y型支架加紋路變粗糙加大Y型支架與繫繩扣接角度	改變撐重桿重心於撐重桿長度，近籃子的4分之1處，降低籃子
運用的科學原理	下壓力使繫繩消息棒，產生足夠的扣接力，進而產生足夠的摩擦力，扣住餌食消息棒。	利用磚塊與地面的摩擦力，減小籃子後滑力，保持籃子的穩固。	增加Y型支架與地面的摩擦力，增加阻力，避免Y型支架滑動。	減少餌食消息棒重量，減少下滑力。增加扣接正向力。增加摩擦力。	以小螺絲當支點，餌食消息棒不但是前後運作的橫桿，也成為上下運作的橫桿。	增加Y型支架與繫繩的摩擦力，增加繫繩垂直於Y型支架的分力，減少平行於Y型支架的分力。	減小撐重桿施力端力矩值，撐重桿兩端力矩差愈大，轉動效應越強。減少籃子落下距離

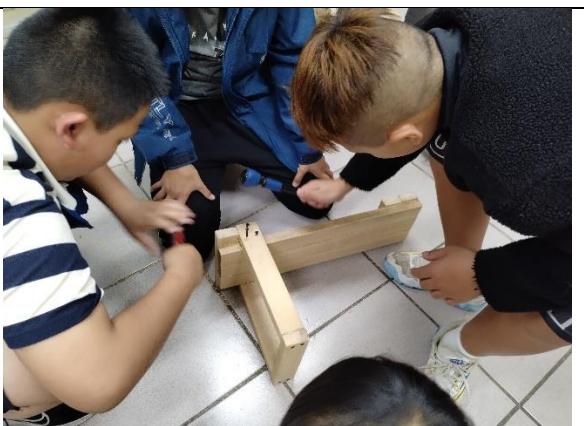
六. 延伸研究

- 用籃子搭設捉貓陷阱時，發現若籃子與地面摩擦力夠大，撐重桿末端凹槽夠深，能穩固扣住籃子。如此，撐重桿與籃子開口的銜接角度，**不僅限為0度也能搭設成功**。力學平衡的影響因素，也更為複雜，值得深入探討。
- 操作陷阱實驗時，發現竹子製作的消息棒，在天氣乾燥時，摩擦力較小，容易滑脫。我們嘗試將竹子製作的消息棒噴濕，結果較不容易滑脫。此一現象與我們的認知相悖，值得深入探討。

	
撐重桿與籃子銜接角度可再深究(圖 63)	合力搭設捉貓陷阱(圖 64)

陸、結論

我們在老師的指導下，以科學的方法一步步拆解泰雅祖先的智慧。我們不僅能以更有效的方式搭設 Rangay 壓鼠陷阱，而且深入認識這個利用幾種簡單的器械，結合了一些物理原理，所組合成環環相扣的捕鼠機關，更能站在泰雅祖先偉大巨人的肩膀上，以 Rangay 壓鼠陷阱為基礎，發揮我們的巧思，改裝成捉貓陷阱。我們的捉貓陷阱簡單、有效、實用、兼顧環境保護及動物保護議題。值得為自己喝采，捉貓神器……讚啦！！

	
籃子上加重物—淘汰的遊戲場地墊(圖 65)	籃子後方加磚塊保持籃子的穩固(圖 66)
	
粗糙地面搭設 Y 型支架才不易滑脫(圖 67)	箭竹外包覆桂竹使撐重桿較易撐起重壓板(圖 68)
	
大家合作製作實驗模具(圖 69)	大家合作製作實驗模具(圖 70)

	
陷阱邊圍住磚塊並架設動偵機攝影 (圖 71)	捕獲的流浪貓準備送家畜疾病防治所節育 (圖 72)
	
流浪貓進入陷阱咬餌(圖 73)	流浪貓進入陷阱咬餌(圖 74)

柒、參考文獻資料

- 一、黑帶巴彥，泰雅人的生活型態探源：一個泰雅人的現身說法，新竹縣，新竹縣文化局，P97~106，2002。…….泰雅族傳統陷阱介紹
- 二、第 53 屆全國中小學科展國小組物理科作品：鄒族獵人的檳榔原理…….傳統陷阱改良後捕捉動物
- 三、第 64 屆全國中小學科展國小組生活與應用科學科(一)作品：
Rangay-致命的衝擊力-泰雅重壓陷阱探討……重壓陷阱物理原理
- 四、休伊特，觀念物理 I，台北市，遠見天下文化，2014。……..摩擦力
- 五、休伊特，觀念物理 II，台北市，遠見天下文化，2014。……..力矩

附註 照片、圖片出處：

(一)第一作者：圖 1、圖 6、圖 8~9、圖 17、圖 19、圖 30~32 圖 35~36、圖 40~41
圖 43~44、圖 46~47、圖 49~53、圖 62

(二)第二作者：圖 10~12、圖 16、圖 21、圖 29、圖 42、圖 45、圖 48、圖 54~60
圖、圖 65~70

(三)第一指導教師：圖 2、圖 4~5-1、圖 15、圖 22~26、圖 27、28 圖 33、34、圖 37~39

(四)第二指導教師：圖 3、圖 7、圖 13~14、圖 18、圖 20、圖 61、圖 63~64、圖 71~74

附表1 Y型支架支撐擰重桿的位置，與重壓板落地花費時間的關係測量詳表(取相對誤差20%以內測量值)

抗力臂長度 6cm 施力臂長度 52cm										平均
測量結果	0.55秒	0.65秒	0.70秒	0.65秒	0.50秒	0.55秒	0.55秒	0.45秒	0.50秒	0.50秒
相對誤差	1.79%	16.07%	25%	16.07%	10.71%	1.79%	1.79%	19.64%	10.71%	10.71%
測量取樣結果	0.55秒	0.65秒	0.70秒	0.65秒	0.50秒	0.55秒	0.55秒	0.45秒	0.50秒	0.50秒
百分誤差	+1.03%	+19.40%		+19.40%	-8.16%	+1.03%	+1.03%	-17.33%	-8.16%	-8.16%
抗力臂長度 13cm 施力臂長度 45cm										平均
測量結果	0.45秒	0.4秒	0.35秒	0.4秒	0.45秒	0.5秒	0.4秒	0.55秒	0.5秒	0.4秒
相對誤差	2.27%	9.09%	20.45%	9.09%	2.27%	13.64%	9.91%	25%	13.64%	9.09%
測量取樣結果	0.45秒	0.4秒	0.35秒	0.4秒	0.45秒	0.5秒	0.4秒	0.55秒	0.5秒	0.4秒
百分誤差	+2.27%	-9.09%		-9.09%	+2.27%	+13.64%	-9.09%		+13.64%	-9.09%
抗力臂長度 19cm 施力臂長度 39cm										平均
測量結果	0.35秒	0.04秒	0.35秒	0.50秒	0.35秒	0.35秒	0.35秒	0.30秒	0.35秒	0.35秒
相對誤差	5.41%	8.11%	5.41%	35.14%	5.41%	5.41%	5.41%	18.92%	5.41%	5.41%
測量取樣結果	0.35秒	0.40秒	0.35秒	0.50秒	0.35秒	0.35秒	0.35秒	0.30秒	0.35秒	0.35秒
百分誤差	0.00%	+14.29%	0.00%		0.00%	0.00%	0.00%	-14.29%	0.00%	0.00%

附表2 擰重桿的重心位置，與重壓板落地花費時間的關係測量詳表(取相對誤差20%以內測量值)

沒裝設擰重桿 重壓板抬高 30 度直接落下										平均
測量結果	0.25秒	0.20秒	0.25秒	0.30秒	0.25秒	0.25秒	0.25秒	0.25秒	0.30秒	0.25秒
相對誤差	3.85%	23.08%	3.85%	15.38%	3.85%	3.85%	3.85%	3.85%	15.38%	3.85%
測量取樣結果	0.25秒	0.20秒	0.25秒	0.30秒	0.25秒	0.25秒	0.25秒	0.25秒	0.30秒	0.25秒
百分誤差	-3.85%		-3.85%	+15.38%	-3.85%	-3.85%	-3.85%	-3.85%	+15.38%	-3.85%
擰重桿重心位於擰重桿長度近重壓板 1/4 處										平均
測量結果	0.30秒	0.25秒	0.35秒	0.30秒	0.30秒	0.30秒	0.25秒	0.03秒	0.25秒	0.03秒
相對誤差	3.45%	13.79%	20.69%	3.45%	3.45%	3.45%	13.79%	3.45%	13.79%	3.45%
測量取樣結果	0.30秒	0.25秒	0.35秒	0.30秒	0.30秒	0.30秒	0.25秒	0.30秒	0.25秒	0.28秒
百分誤差	+7.14%	-10.71%		+7.14%	+7.14%	+7.14%	-10.71%	+7.14%	-10.71%	+7.14%
擰重桿重心位於擰重桿長度近重壓板 1/2 處										平均
測量結果	0.40秒	0.35秒	0.35秒	0.35秒	0.30秒	0.35秒	0.30秒	0.35秒	0.40秒	0.35秒
相對誤差	14.29%	0.00%	0.00%	0.00%	14.29%	0.00%	14.29%	0.00%	14.29%	0.00%
測量取樣結果	0.40秒	0.35秒	0.35秒	0.35秒	0.30秒	0.35秒	0.30秒	0.40秒	0.35秒	0.35秒
百分誤差	+14.29%	0.00%	0.00%	0.00%	-14.29%	0.00%	-14.29%	0.00%	+14.29%	0.00%

附表3 捉貓陷阱籃子抬高角度與籃子角度落地花費時間的關係測量詳表(取相對誤差20%以內測量值)

捉貓陷阱籃子抬高 30 度觸動機關落下										平均
測量結果	0.30秒	0.25秒	0.20秒	0.25秒	0.30秒	0.30秒	0.25秒	0.30秒	0.30秒	0.27秒
相對誤差	11.11%	7.41%	25.93%	7.41%	11.11%	11.11%	7.41%	11.11%	11.11%	7.41%
測量取樣結果	0.30秒	0.25秒	0.20秒	0.25秒	0.30秒	0.30秒	0.25秒	0.30秒	0.30秒	0.28秒
百分誤差	+7.14%	-10.17%		-10.17%	+7.14%	+7.14%	-10.17%	+7.14%	+7.14%	-10.17%
捉貓陷阱籃子抬高 25 度觸動機關落下										平均
測量結果	0.20秒	0.25秒	0.25秒	0.20秒	0.25秒	0.20秒	0.15秒	0.20秒	0.25秒	0.20秒
相對誤差	9.09%	13.64%	13.64%	9.09%	13.64%	9.09%	31.82%	9.09%	13.64%	9.09%
測量取樣結果	0.2秒	0.25秒	0.25秒	0.2秒	0.25秒	0.2秒	0.15秒	0.2秒	0.25秒	0.22秒
百分誤差	-9.09%	+13.64%	+13.64%	-9.09%	+13.64%	-9.09%		-9.09%	+13.64%	-9.09%
捉貓陷阱籃子抬高 30 度直接落下										平均
測量結果	0.25秒	0.20秒	0.25秒	0.30秒	0.25秒	0.30秒	0.25秒	0.30秒	0.25秒	0.26秒
相對誤差	3.85%	23.38%	3.85%	15.38%	3.85%	15.38%	3.85%	15.38%	3.85%	3.85%
測量取樣結果	0.25秒	0.20秒	0.25秒	0.30秒	0.25秒	0.30秒	0.25秒	0.30秒	0.25秒	0.27秒
百分誤差	-7.41%		-7.41%	+11.11%	-7.41%	+11.11%	-7.41%	+11.11%	-7.41%	-7.41%
捉貓陷阱籃子抬高 25 度直接落下										平均
測量結果	0.20秒	0.20秒	0.15秒	0.20秒	0.25秒	0.20秒	0.20秒	0.25秒	0.20秒	0.21秒
相對誤差	4.76%	4.76%	28.57%	4.76%	19.05%	4.76%	4.76%	19.05%	4.76%	4.76%
測量取樣結果	0.2秒	0.2秒	0.15秒	0.2秒	0.25秒	0.2秒	0.2秒	0.25秒	0.2秒	0.21秒
百分誤差	-4.76%	-4.76%		-4.76%	+19.05%	-4.76%	-4.76%	+19.05%	-4.76%	-4.76%

附表4 Rangay 陷阱繫繩拉力與觸動機關費力的關係測量詳表(取相對誤差25%以內測量值)

繫繩拉力 1kgw										平均	
測量結果	15gw	10gw	10gw	10gw	15gw	20gw	10gw	10gw	15gw	15gw	13gw
相對誤差	15.38%	23.08%	23.08%	23.08%	15.38%	53.85%	23.08%	23.08%	15.38%	15.38%	
測量取樣結果	15gw	10gw	10gw	10gw	15gw	20gw	10gw	10gw	15gw	15gw	13gw
百分誤差	+15.38%	-23.08%	-23.08%	-23.08%	+15.38%		-23.08%	-23.08%	+15.38%	+15.38%	
繫繩拉力 2kgw										平均	
測量結果	20gw	30gw	25gw	25gw	10gw	20gw	15gw	15gw	15gw	20gw	20gw
相對誤差	0.00%	50.00%	25%	25%	50.00%	0.00%	25.00%	25.00%	25.00%	0.00%	
測量取樣結果	20gw	30gw	25gw	25gw	10gw	20gw	15gw	15gw	15gw	20gw	19gw
百分誤差	+5.26%		+31.58%	+31.58%		+5.26%	-21.05%	-21.05%	-21.05%	+5.26%	
繫繩拉力 3kgw										平均	
測量結果	35gw	25gw	25gw	30gw	40gw	30gw	30gw	20gw	30gw	35gw	30gw
相對誤差	16.67%	16.67%	16.67%	0.00%	33.33%	0.00%	0.00%	33.33%	0.00%	16.67%	
測量取樣結果	35gw	25gw	25gw	30gw	40gw	30gw	30gw	20gw	30gw	35gw	30gw
百分誤差	+16.67%	-16.67%	-16.67%	0.00%		0.00%	0.00%		0.00%	+16.67%	

附表5 Rangay 陷阱繫繩消息棒長度與觸動機關費力的關係測量詳表(取相對誤差25%以內測量值)

繫繩消息棒長度 8cm										平均	
測量結果	20gw	10gw	25gw	40gw	15gw	15gw	15gw	20gw	20gw	25gw	21gw
相對誤差	4.76%	52.38%	19.05%	90.48%	28.57%	28.57%	28.57%	4.76%	4.76%	19.05%	
測量取樣結果	20gw	10gw	25gw	40gw	15gw	15gw	15gw	20gw	20gw	25gw	22gw
百分誤差	-9.09%		+13.64%					-9.09%	-9.09%	+13.64%	
繫繩消息棒長度 6cm											平均
測量結果	30gw	20gw	40gw	35gw	40gw	40gw	60gw	35gw	50gw	30gw	38gw
相對誤差	21.05%	47.37%	5.26%	7.89%	5.26%	5.26%	57.89%	7.89%	31.58%	21.05%	21.05%
測量取樣結果	30gw	20gw	40gw	35gw	40gw	40gw	60gw	35gw	50gw	30gw	36gw
百分誤差	-16.67%		+2.78%	-11.11%	+2.78%	+2.78%		-11.11%		-16.67%	21.05%
繫繩消息棒長度 4cm										平均	
測量結果	60gw	70gw	55gw	40gw	60gw	70gw	60gw	45gw	70gw	90gw	62gw
相對誤差	3.23%	12.9%	11.29%	35.48%	3.23%	12.9%	3.23%	27.42%	12.9%	45.16%	16.87%
測量取樣結果	60gw	70gw	55gw	40gw	60gw	70gw	60gw	45gw	70gw	90gw	64gw
百分誤差	-6.25%	+9.38%	-14.06%		-6.25%	+9.38%	-6.25%		+9.38%		16.87%

附表6 Rangay 陷阱消息棒接觸面與觸動機關費力的關係測量詳表(取相對誤差25%以內測量值)

第一組 餌食消息棒與繫繩消息棒、消息棒支撐桿接觸面都光滑										平均	
測量結果	20gw	30gw	15gw	15gw	20gw	10gw	20gw	15gw	25gw	20gw	19gw
相對誤差	5.26%	57.89%	21.05%	21.05%	5.26%	47.37%	5.26%	21.05%	31.58%	5.26%	4.2gw
測量取樣結果	20gw	30gw	15gw	15gw	20gw	10gw	20gw	15gw	25gw	20gw	18gw
百分誤差	+11.11%		-16.67%	-16.67%	+11.11%		+11.11%	-16.67%		+11.11%	
第二組 餌食消息棒與繫繩消息棒接觸面粗糙、消息棒支撐桿接觸面光滑										平均	
測量結果	50gw	50gw	65gw	55gw	70gw	40gw	55gw	50gw	45gw	50gw	53gw
相對誤差	5.66%	5.66%	22.64%	3.77%	32.08%	24.53%	3.77%	5.66%	15.09%	5.66%	12.95%
測量取樣結果	50gw	50gw	65gw	55gw	70gw	40gw	55gw	50gw	45gw	50gw	51gw
百分誤差	-1.96%	-1.96%	+27.45%	+7.84%		-21.57%	+7.84%	-1.96%	-11.76%	-1.96%	12.95%
第三組 餌食消息棒與繫繩消息棒接觸面光滑、消息棒支撐桿接觸面粗糙										平均	
測量結果	35gw	20gw	35gw	40gw	45gw	40gw	40gw	30gw	60gw	45gw	39gw
相對誤差	10.26%	48.72%	10.26%	2.56%	15.38%	2.56%	2.56%	23.08%	53.85%	15.38%	18.46%
測量取樣結果	35gw	20gw	35gw	40gw	45gw	40gw	40gw	30gw	60gw	45gw	39gw
百分誤差	-10.26%		-10.26%	+2.56%	+15.38%	+2.56%	+2.56%	-23.08%		+15.38%	
第四組 餌食消息棒與繫繩消息棒、消息棒支撐桿接觸面都粗糙										平均	
測量結果	70gw	100gw	90gw	60gw	75gw	75gw	70gw	80gw	70gw	70gw	76gw
相對誤差	7.89%	31.58%	18.42%	21.05%	1.32%	1.32%	7.89%	5.26%	7.89%	7.89%	8.4gw
測量取樣結果	70gw	100gw	90gw	60gw	75gw	75gw	70gw	80gw	70gw	70gw	73 gw
百分誤差	-4.11%		+23.29%	-17.81%	+2.74%	+2.74%	-4.11%	+9.59%	-4.11%	-4.11%	11.05%

【評語】080103

作品將泰雅族傳統的陷阱改造為可活捉流浪貓的裝置，並系統性的探討各項相關的物理概念，也製作多組的模具進行實驗比對，增加量化改進的數據。過程中遇到的實際問題挑戰，例如：加長餌食消息棒會遇到的扣接問題，或如何縮短籃子落地時間來增加成功捕捉的機率，最終都能提出有效的解決方案，充分展現了紮實的科學探究與解決問題的能力。整體而言，這是一件兼顧環保與動物保護，而且有高度實用價值的作品。

作品海報

Rangay - 壓鼠陷阱

變捉貓神器

壹、研究動機

泰雅族的傳統狩獵陷阱，是文化的一環，也是泰雅祖先及獵人的智慧。這些陷阱機關中蘊藏了許多物理觀念及科學原理。我們在認識及操作這些陷阱後，不禁產生對祖先的景仰之心。由於校園裡的流浪貓日漸增加，因流浪貓衍生的衛生問題造成學校困擾。校方通報相關家畜疾病防治單位，請防治人員到校處理，但流浪貓畏懼人類與人保持距離，防治人員無功而返。所以我們想利用祖先的狩獵智慧，針對

貳、研究目的如下：

1. 熟練成功搭設Rangay壓鼠陷阱的方法。
2. 用科學的方法來探討Rangay壓鼠陷阱的智慧。
3. 改良調整Rangay壓鼠陷阱捕捉校園流浪貓，解決校園環境難題。
4. 藉由科展活動介紹泰雅族的生活智慧。

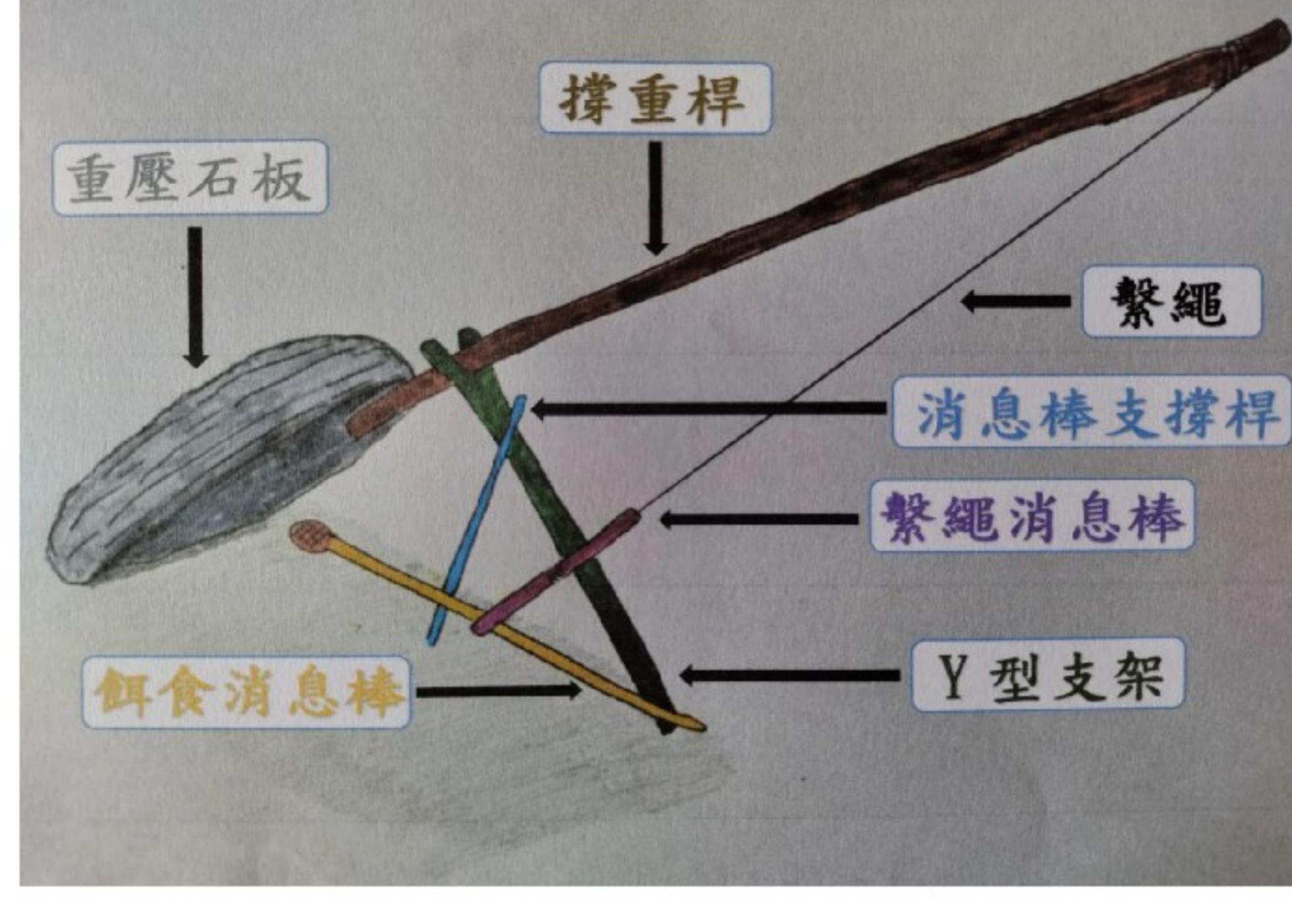
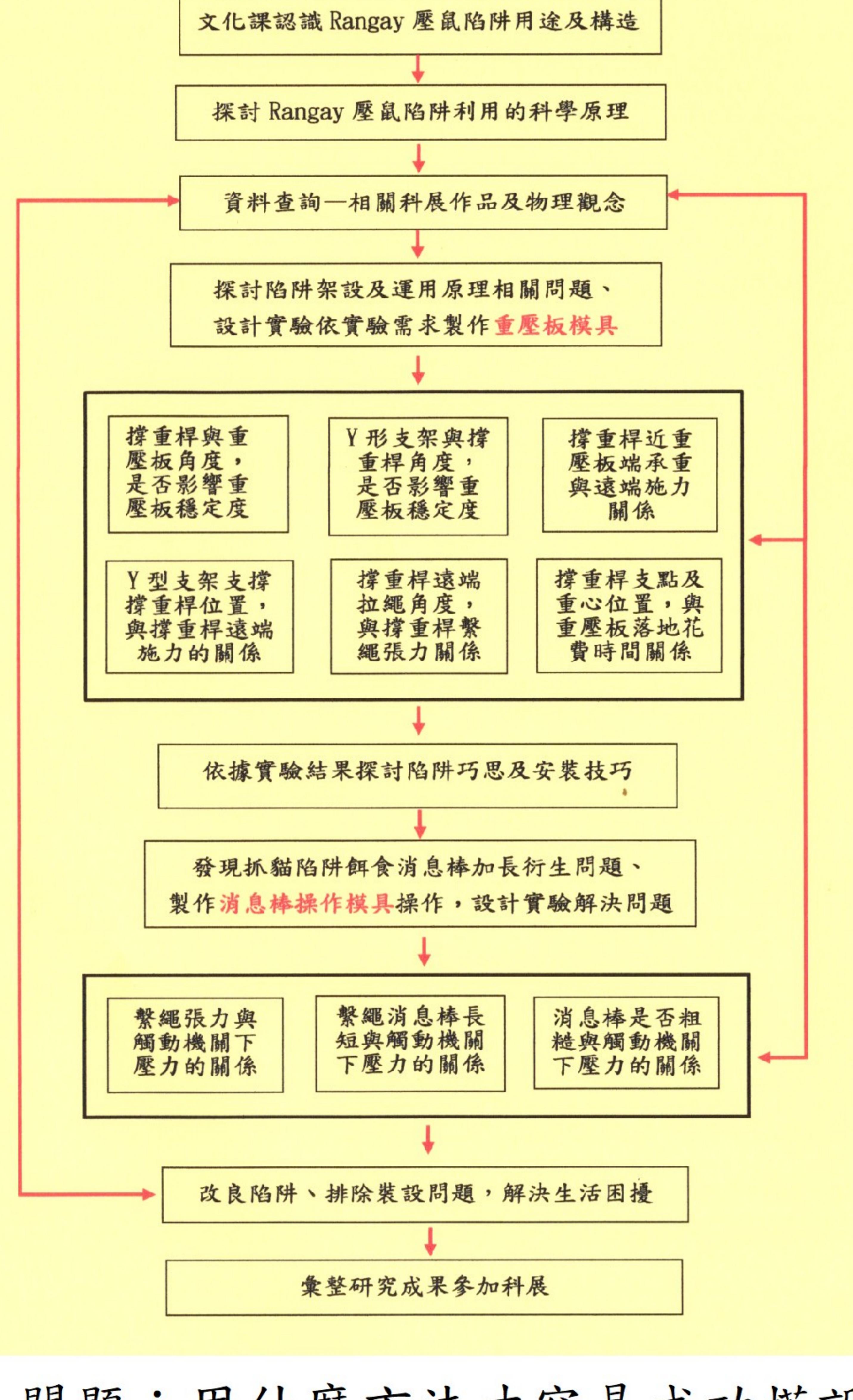
參、研究過程及實驗結果



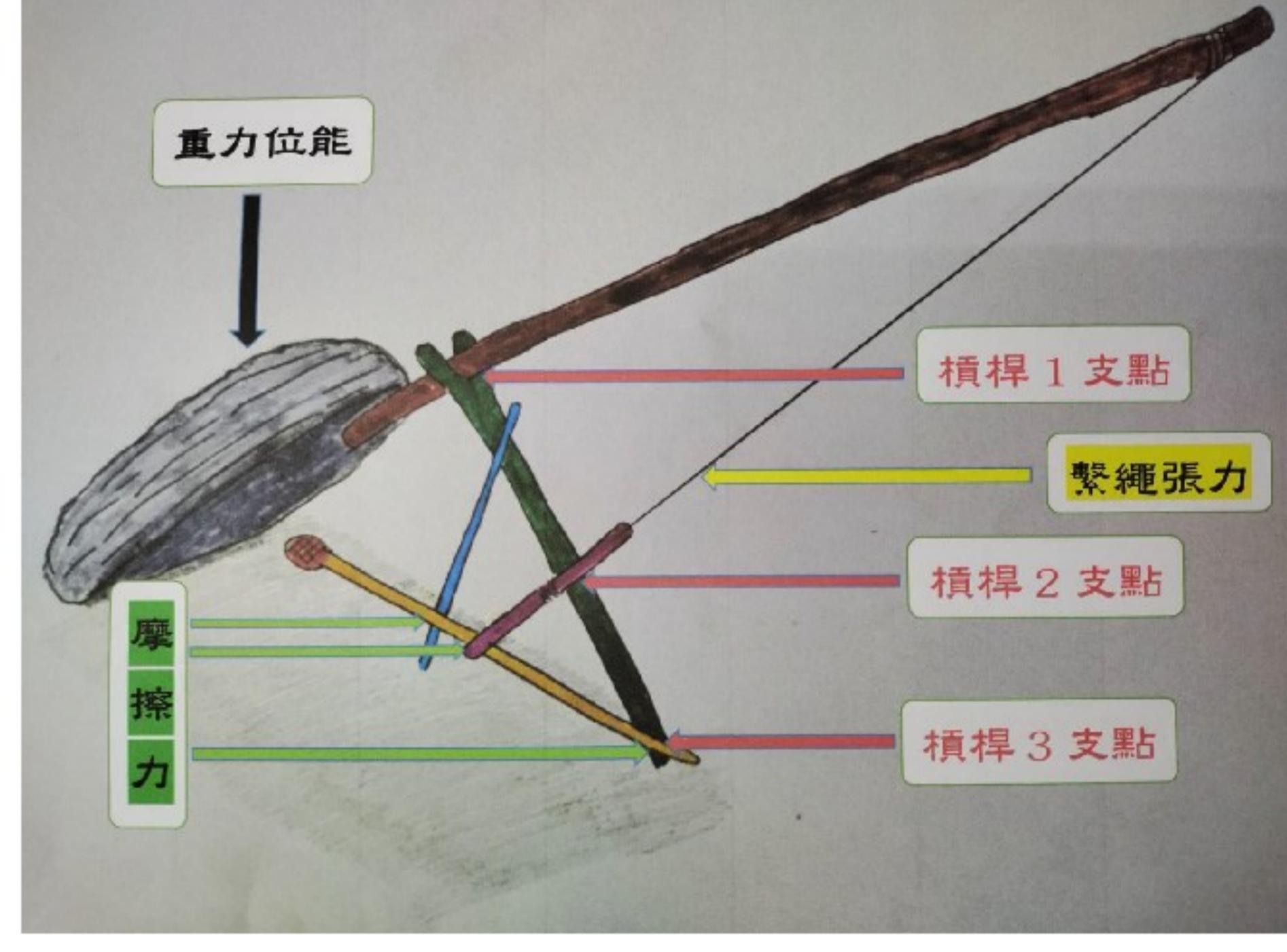
Rangay壓鼠陷阱 實體圖(圖1)

研究過程解說圖 (圖2)

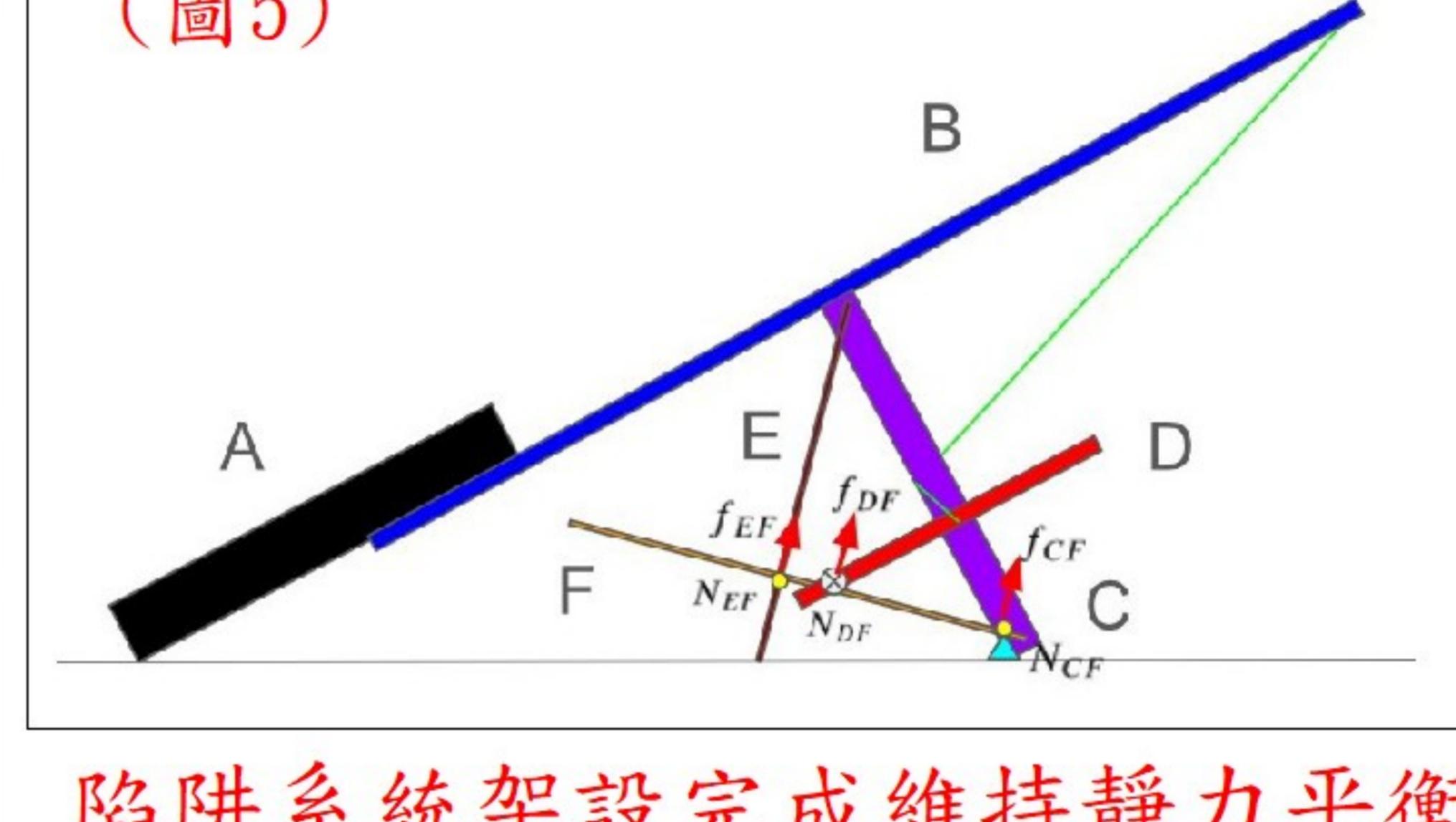
(圖2)



Rangay壓鼠陷阱構造說明圖(圖3)



壓鼠陷阱科學原理說明圖(圖4)



陷阱系統架設完成維持靜力平衡各部件不移動也不轉動(圖5)

(N表正向力, f表摩擦力)

Rangay壓鼠陷阱結構由左圖中A、B、C、D、E、F各部件所組成。陷阱架設完成後，系統利用重力、正向力、繫繩張力、摩擦力及橫桿間的交互作用，維持靜力平衡，此時合力為0、合力矩為0。當觸動力大於餌食消息棒F上的摩擦力時，破壞平衡，產生連鎖反應，導致石塊落下。



依實驗需求
製作的
重壓板模具
及消息棒操
作模具(圖6)

問題：用什麼方法才容易成功搭設Rangay壓鼠陷阱呢

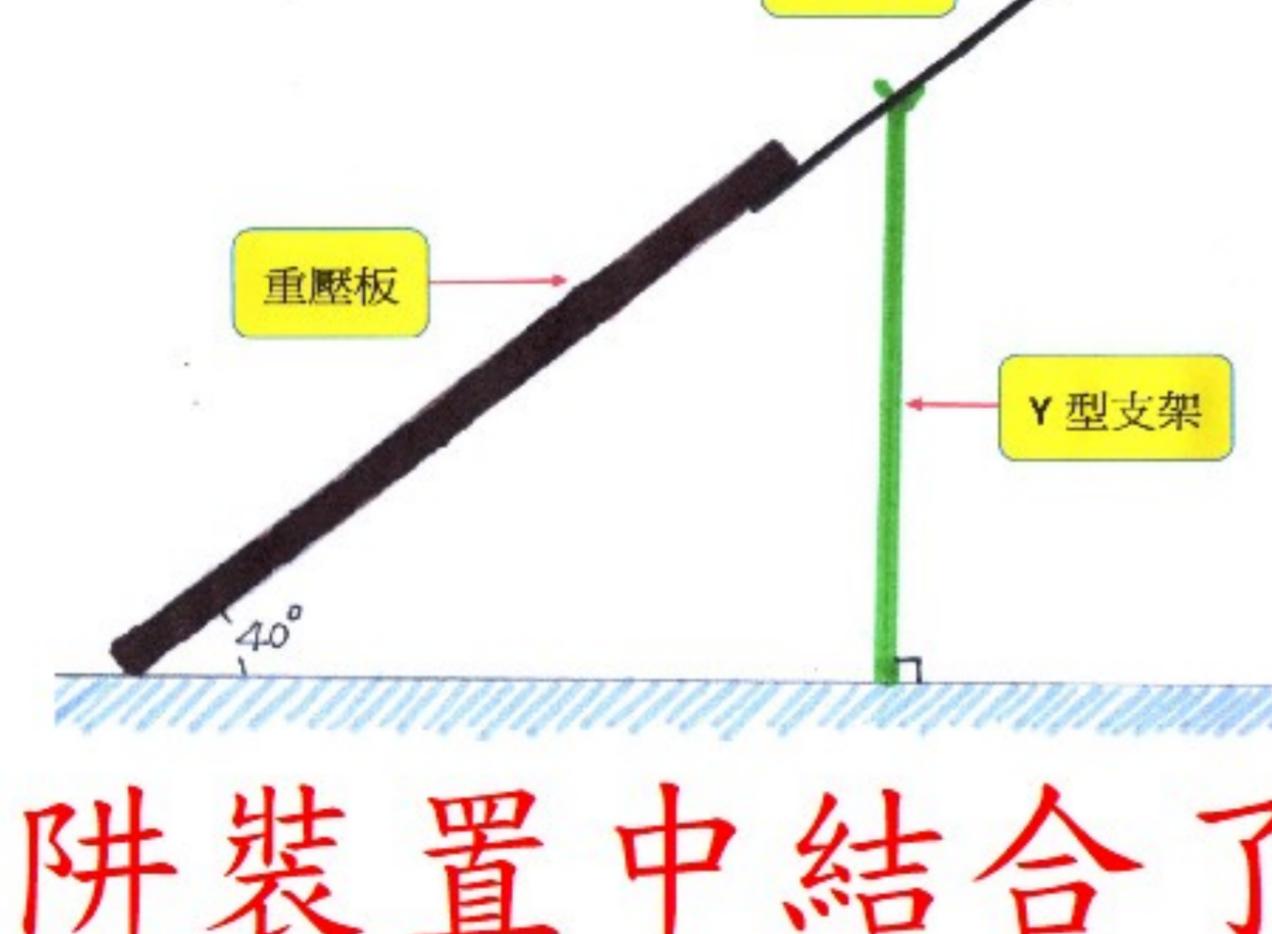
實驗一：探討撐重桿與重壓板角度，是否影響重壓板穩定度？

實驗結果：撐重桿與重壓板角度為0度，重壓板是較穩定的。

實驗二：探討Y型支架與撐重桿角度，是否影響重壓板穩定度？

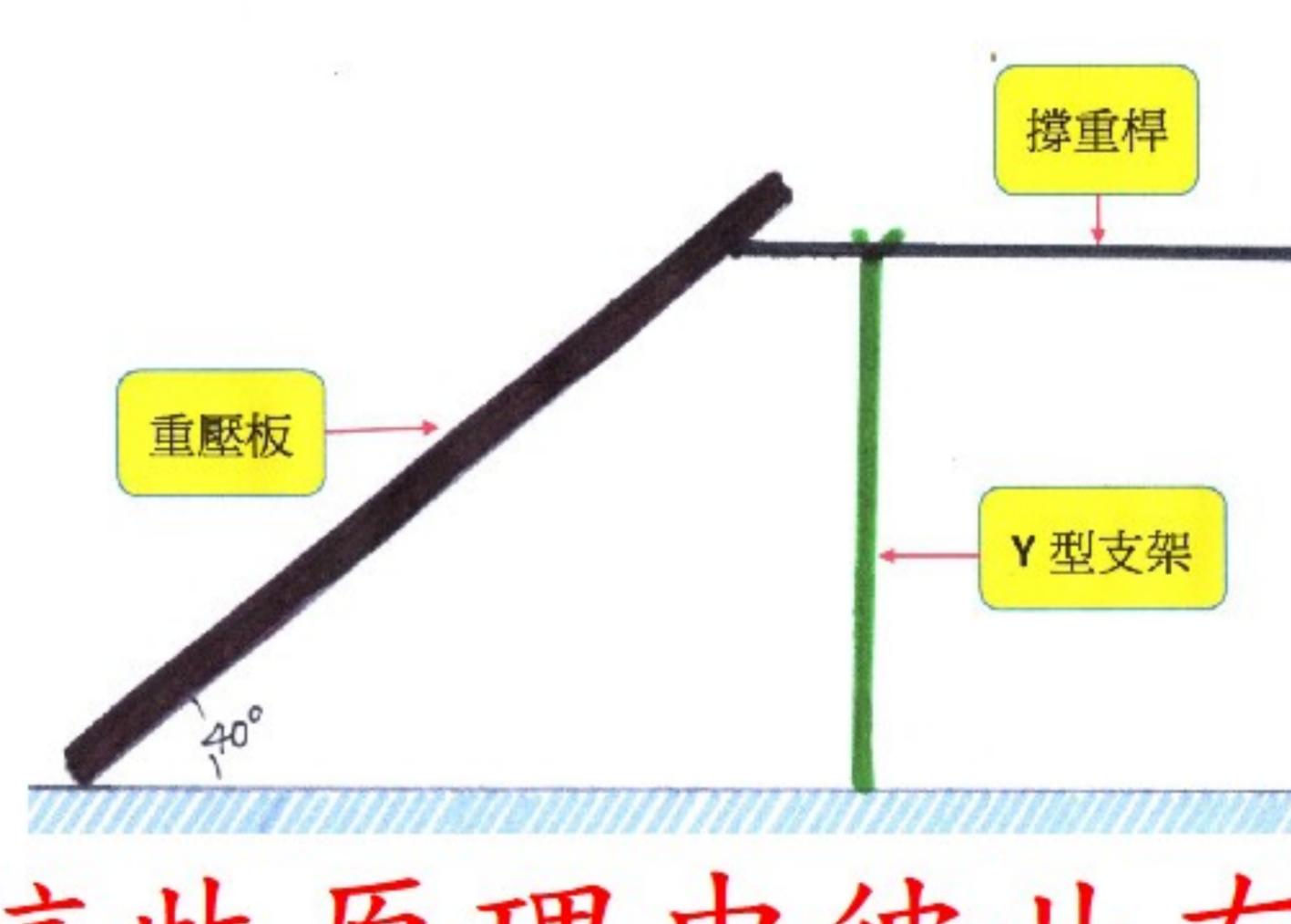
實驗結果：Y型支架與撐重桿角度為90度時，重壓板是相對穩定

Y型支架與撐重桿角度	70度	80度	90度	100度	110度
重壓板與地面夾角					
30度	0%	30%	100%	60%	0%
40度	0%	40%	100%	50%	0%
45度	0%	60%	100%	40%	0%
平均成功率	0%	43%	100%	50%	0%



撐重桿與重壓板角度為0度時，重壓板與撐重桿成一直線，與Y型支架及地面，圍成一個三角形。三角形相對比較穩定。(圖7)

撐重桿與重壓板角度	0度	15度	30度	45度
重壓板穩定				
15cm	○	x	x	x
20cm	○	x	x	x
25cm	○	x	x	x
30cm	○	x	x	x



撐重桿與重壓板角度為其他角度時，重壓板與撐重桿交接於一點，形成較不穩定的四邊形。(圖8)

問題：Rangay壓鼠陷阱裝置中結合了許多物理原理，這些原理中彼此有關連性嗎？

實驗三：探討撐重桿近重壓板端承重與遠端施力關係？

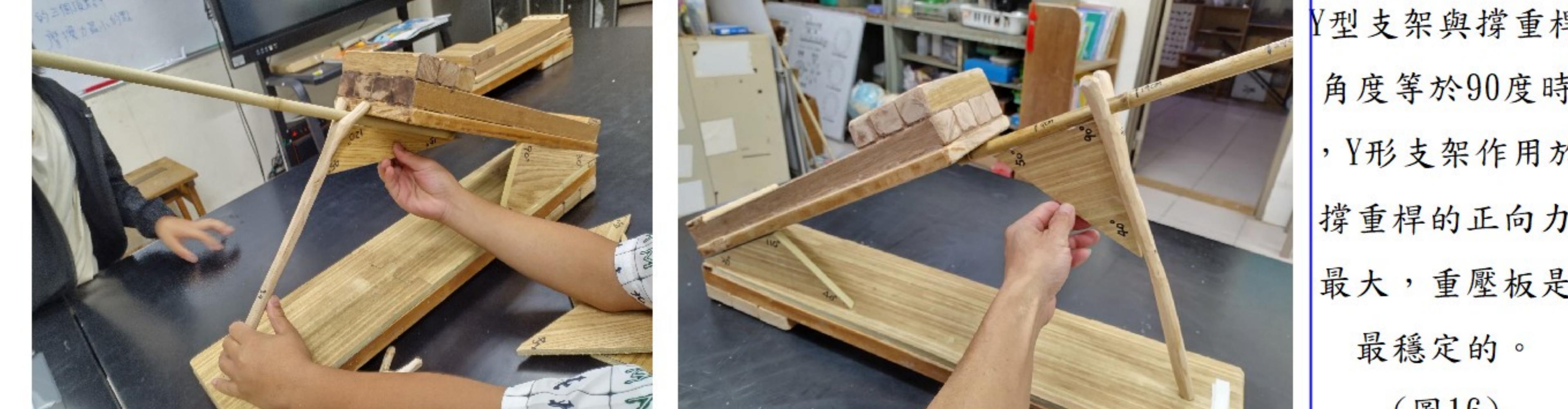
結果：將撐重桿近重壓板端承重視為抗力，撐重桿近重壓板端承越重，遠端施力越大。

討論：撐重桿順、逆時鐘力矩值，要加上加上撐重桿重心重力產生的力矩後，才趨近一致。撐重桿重力分力F2是影響力矩平衡因素之一。

實驗操作情形(圖13)

角度小於90度容易從上方滑脫(圖14)

角度大於90度容易從下方滑脫(圖15)



Y型支架與撐重桿角度等於90度時，Y型支架作用於撐重桿的正向力最大，重壓板是最穩定的。

實驗四：探討撐重桿支點位置，與遠端施力的關係

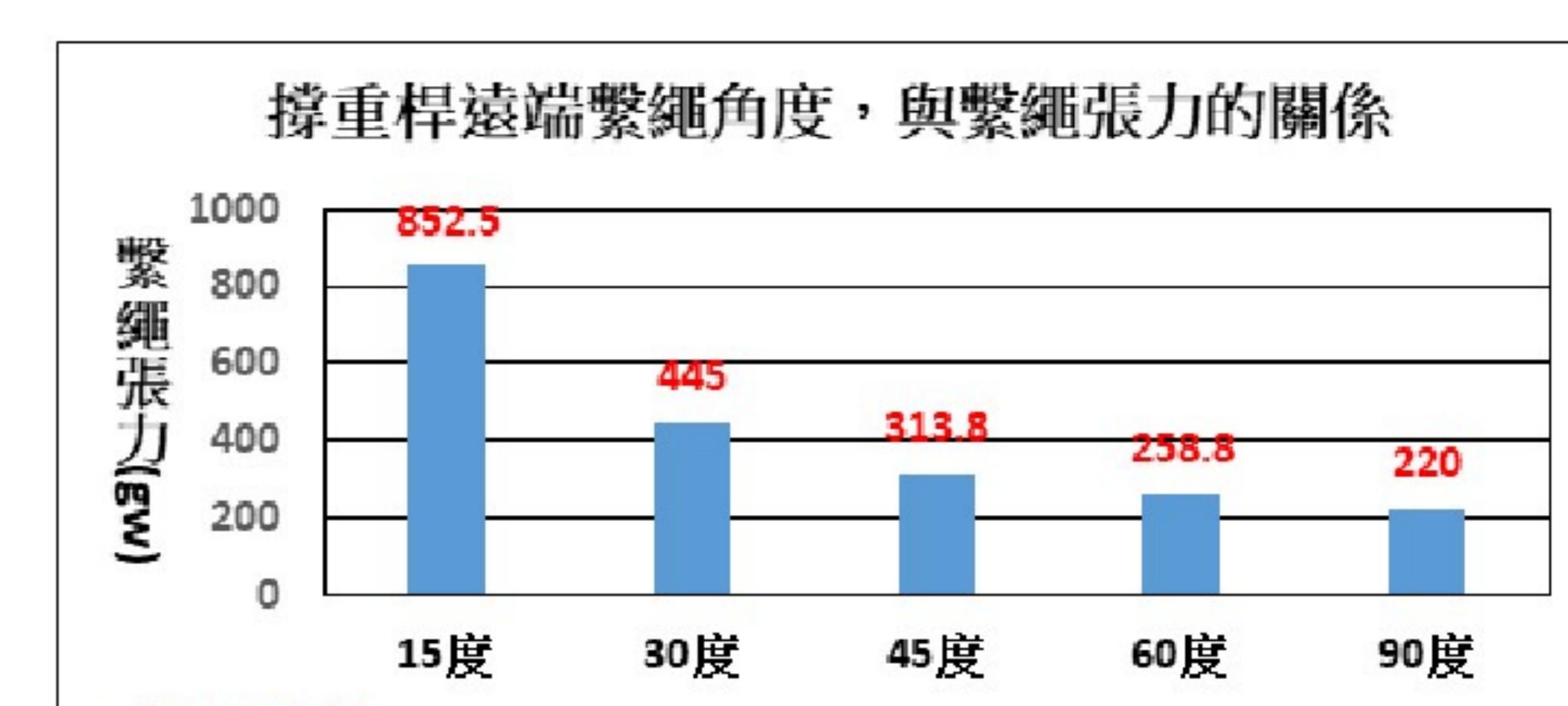
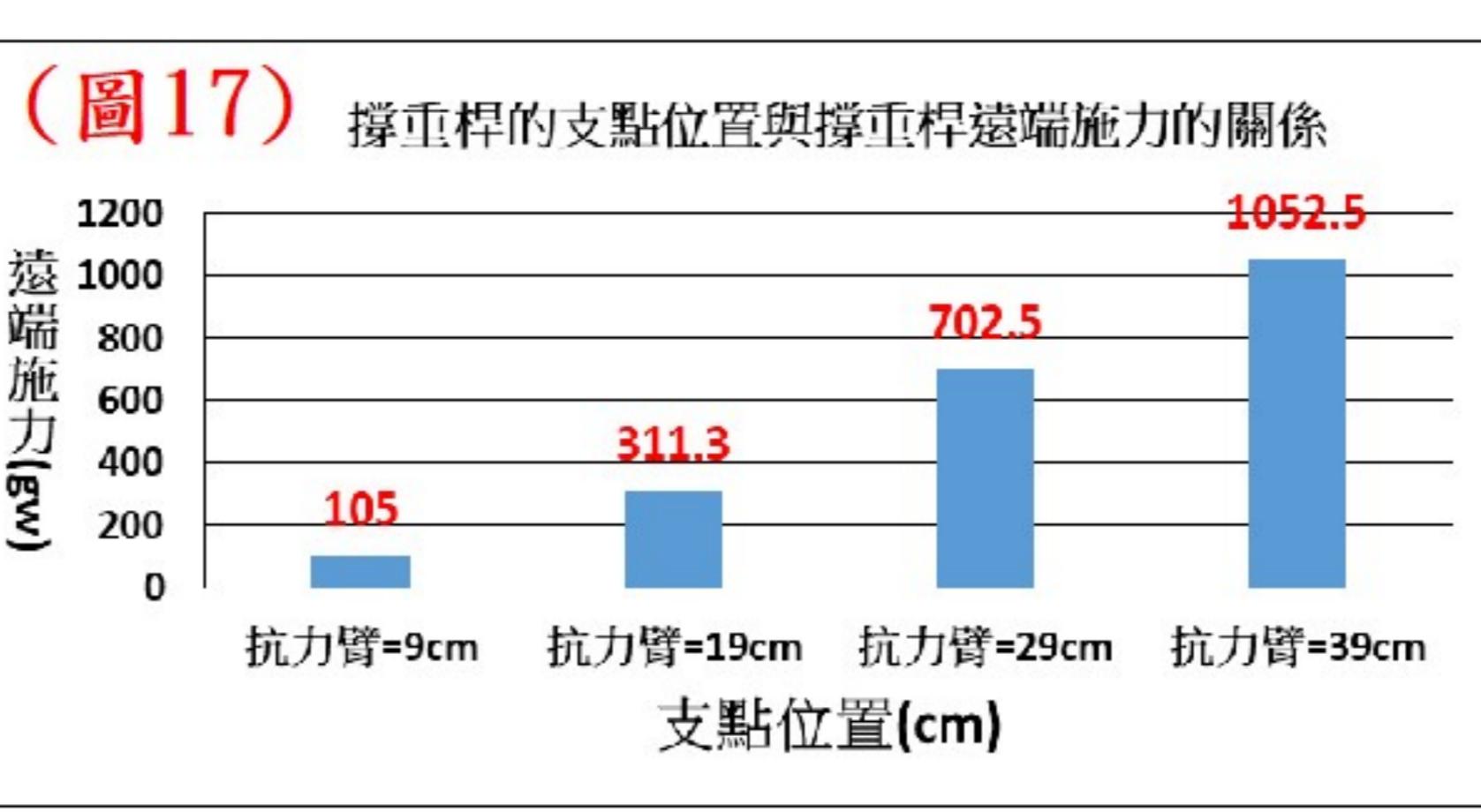
結果：撐重桿抗力臂越短，遠端施力越小；撐重桿抗力臂越長，遠端施力越大。

實驗五：探討撐重桿繫繩角度，與繫繩張力的關係

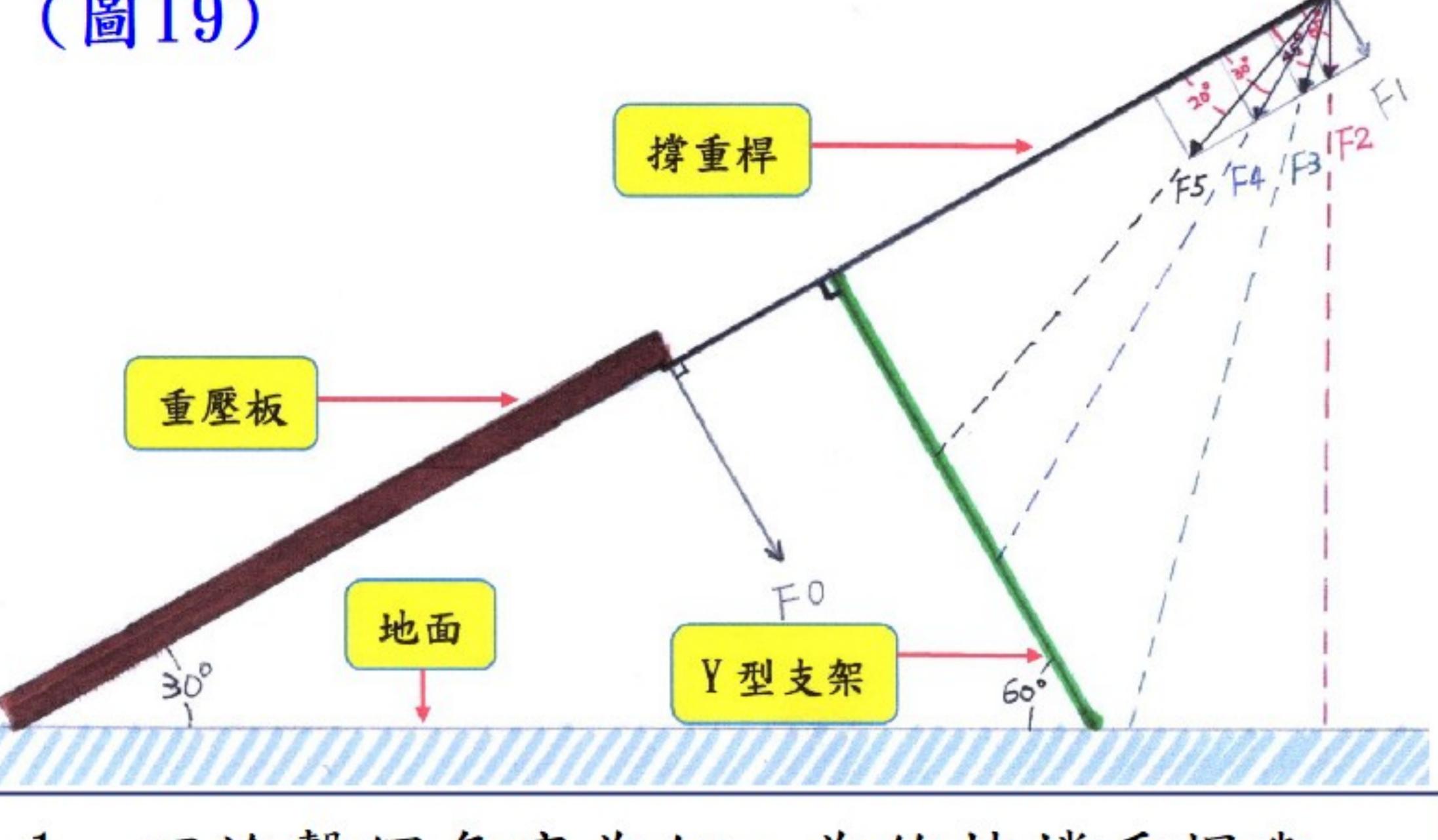
結果：撐重桿遠端繫繩角度越小，繫繩張力越大。

討論：繫繩承受的拉力等於繫繩張力，同時作用於撐重桿末端及Y型支架。

撐重桿末端繫繩角度與繫繩張力的關係說明圖

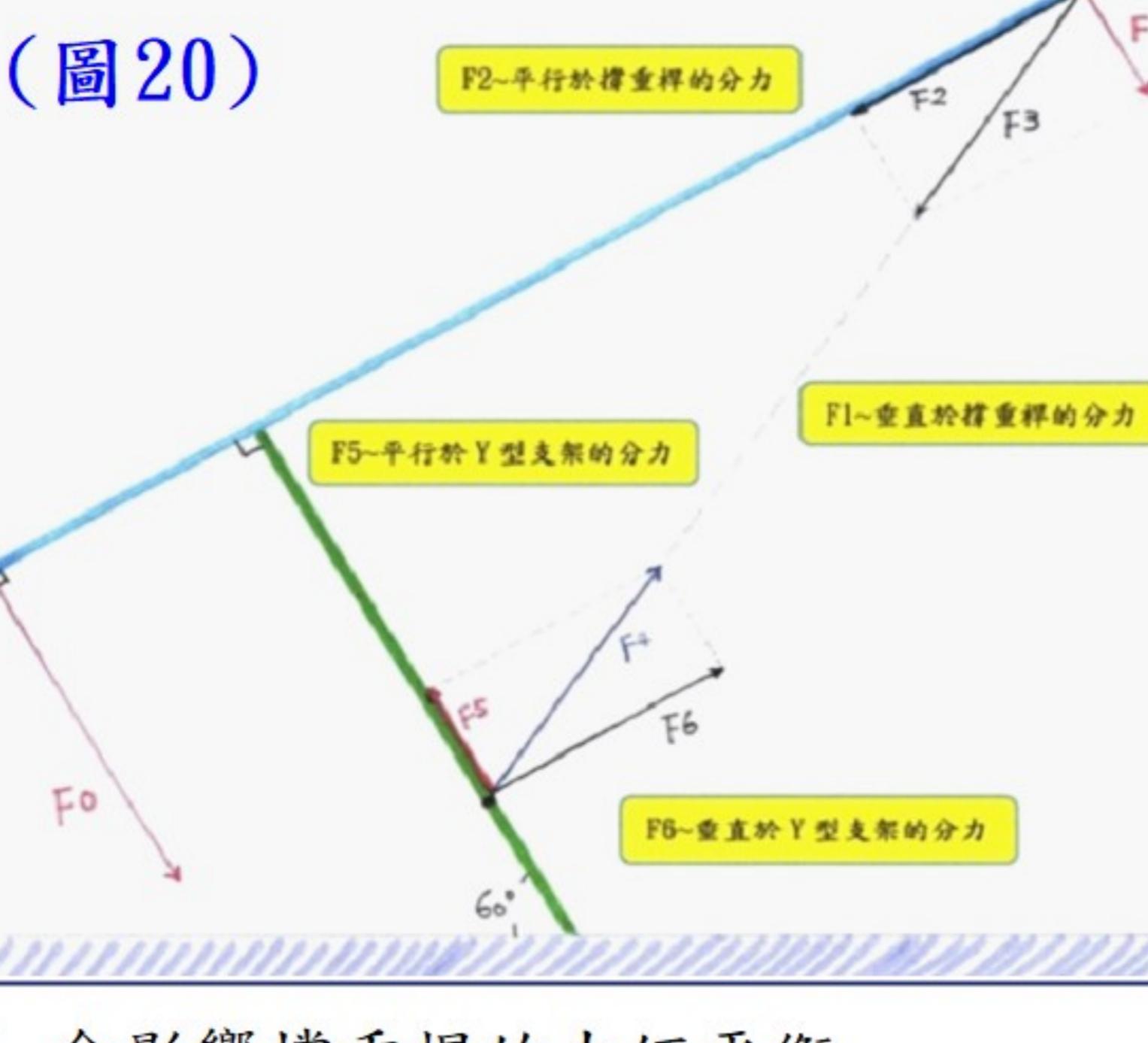


(圖19)



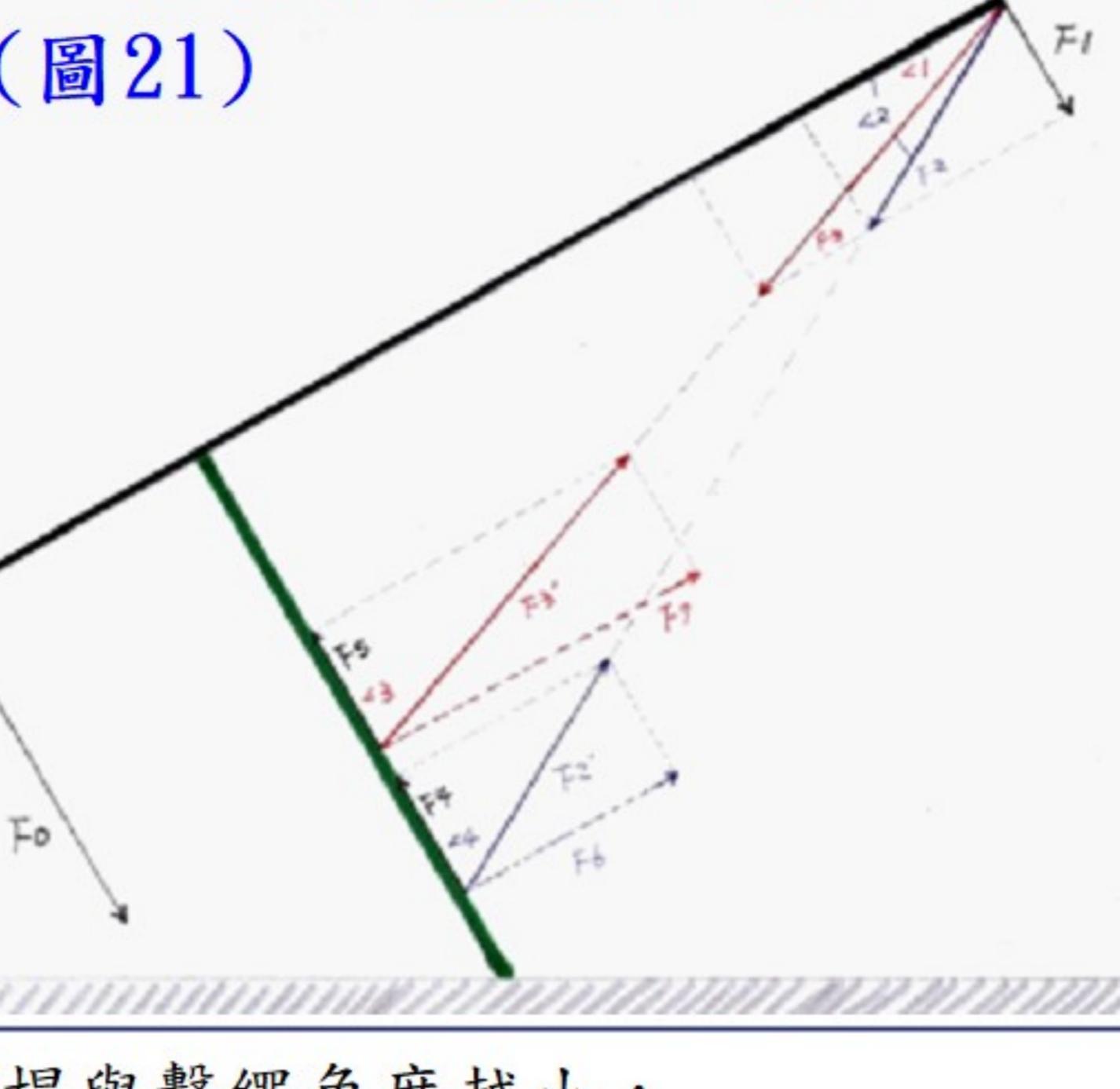
- 不論繫繩角度為何，為維持撐重桿與重壓板夾角0度，撐重桿力矩平衡，繫繩拉力的垂直撐重桿分力均為F1。
- 繫繩角度越小，繫繩張力越大。

繫繩拉力、張力及分力說明圖



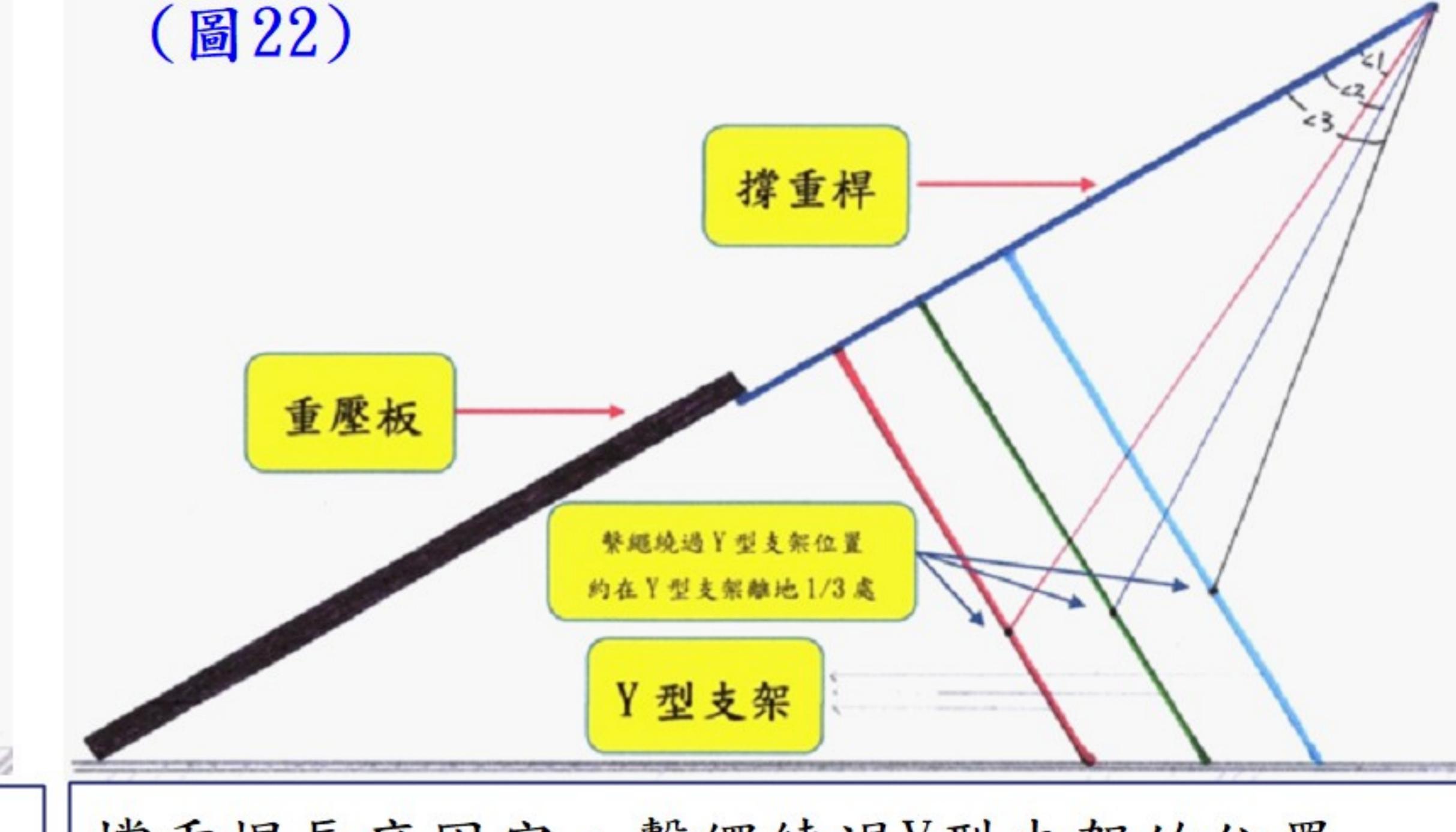
- F1 會影響撐重桿的力矩平衡
F2 在拉繩時會使撐重桿與重壓板滑脫
F6 會影響繫繩與Y型支架的摩擦力
F5 使繫繩向上滑，F5 越大，繫繩越容易向上滑脫，導致陷阱架設失敗。

撐重桿繫繩角度大小與Y型支架繫繩角度關係比較說明圖



- 撐重桿與繫繩角度越小，繫繩與Y型支架的角度越大，垂直於Y型支架的分力越大，Y型支架作用於繫繩的正向力越大，繫繩與Y型支架的最大靜摩擦力也越大。

(圖22)



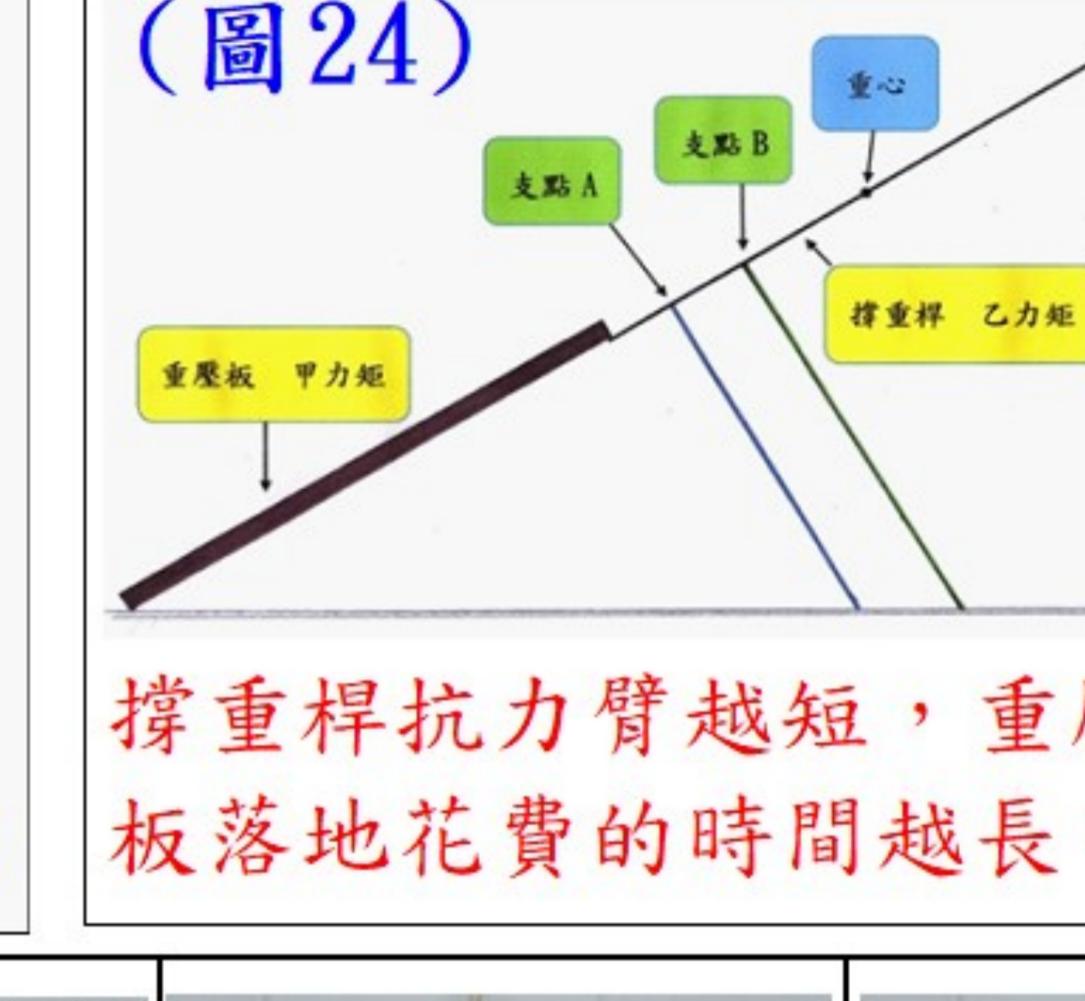
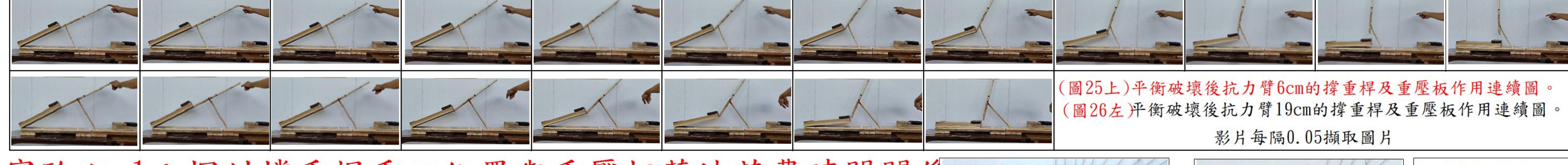
- 撐重桿長度固定，繫繩繞過Y型支架的位置，均在Y型支架離地1/3處。抗力臂：施力臂比值越小，繫繩與撐重桿角度越小，繫繩與Y型支架角度越大。繫繩張力越強，不易滑脫。

討論：裝設陷阱要考量操作省力、及繫繩與Y型支架的摩擦力，透過作圖可協助我們了解，撐重桿支點位置的安排。

問題：撐重桿支點的位置影響力臂長短，影響力矩值的大小。重壓板落下，會使撐重桿轉動，支點的位置會影響重壓板落地花費的時間嗎？

實驗六：探討撐重桿支點位置與重壓板落地花費的時間關係

討論：模擬觸動機關破壞平衡後，陷阱結構中，撐重桿及重壓板2項力矩同時作用。原本重壓板由撐重桿扣接撐起，所以二者力矩效應會相互影響。



重壓板及撐重桿扣接後重壓板末端的下壓力，使撐重桿轉動方向，變為逆時鐘轉動效應也因而減弱，使落下時間增加。

(圖25上)平衡破壞後抗力臂6cm的撐重桿及重壓板作用連續圖。

(圖26左)平衡破壞後抗力臂19cm的撐重桿及重壓板作用連續圖。

影片每隔0.05擷取圖片

(圖27) 標記連續圖25 重壓板落地0.54秒

(圖28) 標記連續圖26 重壓板落地0.35秒

改變重心的撐重桿，轉動方向改變。(圖33)

(圖34左) 對照組連續圖。撐重桿重心於長度的2分之1處重壓板落地時間相對長。 影片每隔0.05秒擷取圖片

(圖35左) 平衡破壞後，撐重桿及重壓板作用連續圖。撐重桿重心置於撐重桿長度近重壓板的4分之1處，重壓板落地時間更短

(圖36) 標記34連續圖。重壓板落地0.35秒

(圖37) 標記35連續圖。重壓板落地0.28秒。

標記連續圖(圖27)(圖28)(圖36)(圖37)中

黑色線段為撐重桿

藍色線段為重壓板

紅點為撐重桿重心

撐重桿標記次數越多，代表重壓板落地時間越長

撐重桿標記間隔越疏，代表撐重桿轉動效應越好

實驗九-1：捉貓陷阱消息棒放置組合探討。方法如下

1. 使用消息棒操作模具實驗，繫繩張力調為3kgw，使用90cm的餌食消息棒。
2. 消息棒放置組合，由實驗八、九測得觸動力結果，由小至大依次操作。
3. 若成功扣住餌食消息棒，在餌食消息棒末端掛上10gw砝碼，模擬餌食重。

問題：還有什麼方法使捉貓陷阱的籃子落下時間更短呢？(籃子由30度降為25度呢)

實驗十：探討籃子抬高角度對捉貓陷阱觸動機關費力及籃子落地時間的影響。

結果：籃子抬高角度越小，觸動機關越費力，籃子落地時間越短

討論：1. 重心與籃子壓力在支點同側，當機關觸動後，撐重桿力矩轉動方向變為逆時鐘。對籃子轉動效應，影響較小，所以重壓板落地時間更短。

2. **籃子高度由30度降為25度，貓仍會進入陷阱，籃子落地時間更短。**

3. 篮子高度由30度降為25度，籃子下壓力增加，撐重桿繫繩角度變小，繫繩張力變大，所以觸動機關費力變大。

4. 可以藉操控餌食的重量，使陷阱機關更為靈敏。

肆. 研究討論

一. 提高成功搭設Rangay壓鼠陷阱的方法：撐重桿與重壓板角度為0度，重壓板與撐重桿成一直線。Y型支架與撐重桿角度為90度時，重壓板是很穩定的。

二. 由實驗結果知道Rangay壓鼠陷阱機關設計可說是環環相扣，以下圖(圖48)說明

Rangay 壓鼠陷阱運作影響因素圖



壓鼠陷阱撐重桿的支點位置，影響層面很多，考量

1. 操作省力、2. 繫繩張力、3. 繫繩與Y型支架的摩擦力
4. 重壓板落地時間等因素，通常抗力臂：施力臂為1:3 ~ 1:2之間。圖22 (綠色支撑桿附近)

三. Rangay壓鼠陷阱調整成抓貓陷阱調整前後對照表

陷阱種類	比較差異	調整項目	下壓	餌食消息棒	餌食消息棒	撐重桿
		重物	運作方式	長短	重心	
壓鼠陷阱		石板	前後運作的橫桿	較短	約在長度二分之一處	
抓貓陷阱		籃子加重物	前後及上下運作的橫桿	較長	長度近籃子四分之一處	



改良調整的捉貓陷阱說明圖
(圖49)

四. 設置捉貓陷阱可能遇到的問題及解決方法及其運用的科學原理對照表

可能遭遇的問題	籃子太輕以致扣不住消息棒	籃子受繫繩張力分力影響，向後滑動。	Y型支架受繫繩張力分力影響，向前滑動。	加長的餌食消息棒，過重扣不住。	繫繩消息棒與餌食消息棒扣住不滑脫	Y型支架上的繫繩，向上滑動。	減少籃子落下時間
解決方法	籃子上加重物總重8kgw	籃子後方加磚塊	選擇粗糙地面搭設或將Y型支架釘入土中。	將餌食消息棒削細縮短繫繩消息棒消息棒接觸面加紋路變粗糙	Y型支架與餌食消息棒扣接點上方鎖入小螺絲	改變撐重桿加紋路變粗糙加大Y型支架與繫繩扣接角度	改變撐重桿重心於撐重桿長度，近籃子的4分之1處，降低籃子
運用的科學原理	下壓力使繫繩消息棒，產生足夠的扣接力，進而產生足夠的摩擦力，扣住餌食消息棒。	利用磚塊與地面的摩擦力，減小籃子後滑力，保持籃子的穩固。	增加Y型支架與地面的摩擦力，增加阻力，避免Y型支架滑動。	減少餌食消息棒重量，減少下滑力。增加扣接正向力。增加摩擦力。	以小螺絲當支點，餌食消息棒不但是前後運作的橫桿，也成為上下運作的橫桿。	增加Y型支架與繫繩的摩擦力，增加繫繩垂直於Y型支架的分力，減少平行於Y型支架的分力。	減少撐重桿施力端力矩值，撐重桿兩端力矩差愈大，轉動效應越強。減少籃子落下距離

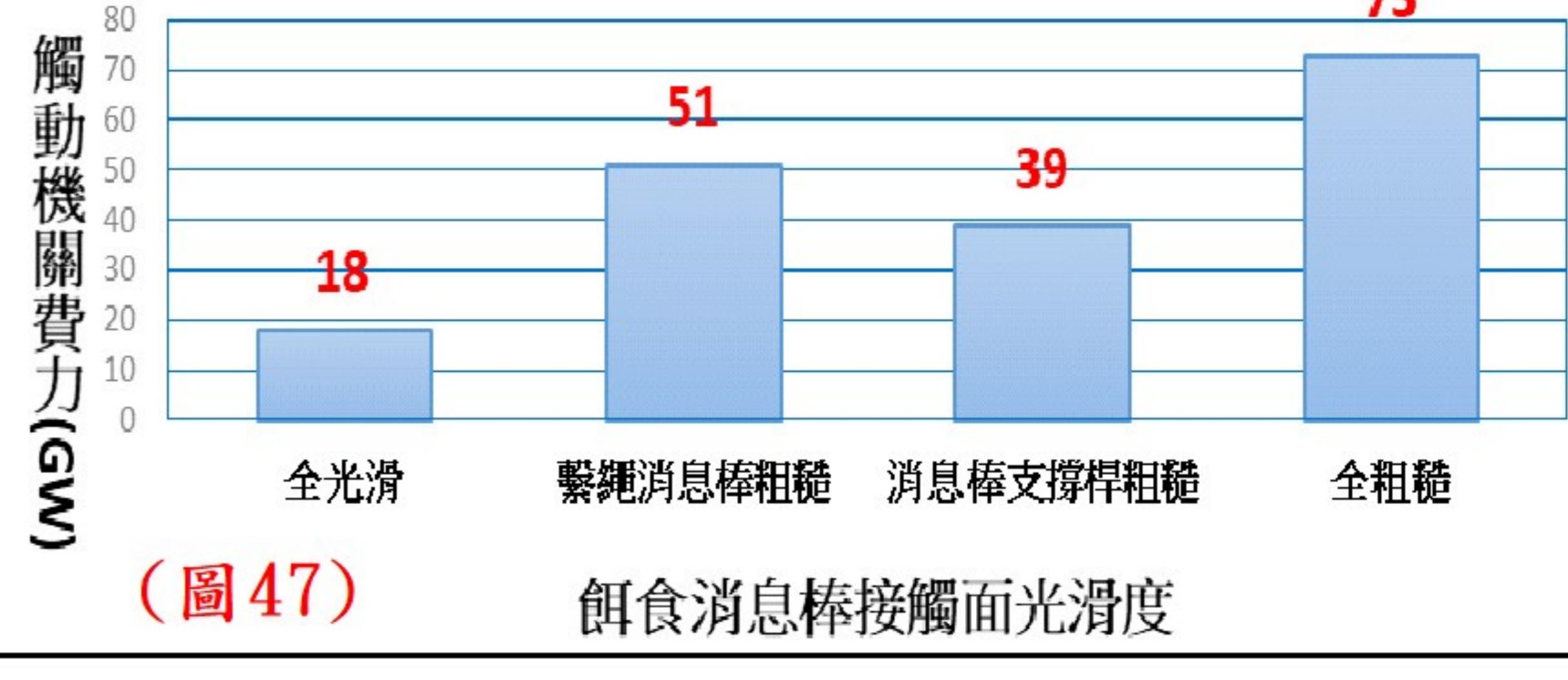
五. 延伸研究

1. 用籃子搭設捉貓陷阱時，發現若籃子與地面摩擦力夠大，撐重桿末端凹槽夠深，能穩固扣住籃子。如此，撐重桿與籃子開口的銜接角度，不侷限為0度也能搭設成功。力學平衡的影響因素，也更為複雜，值得深入探討。
2. 操作陷阱實驗時，發現竹子製作的消息棒，在天氣乾燥時，摩擦力較小，容易滑脫。我們嘗試將竹子製作的消息棒噴濕，結果較不容易滑脫。此一現象與我們的認知相悖，值得深入探討。

伍. 結論

我們在老師的指導下，以科學的方法拆解泰雅祖先的智慧。我們不僅能以更有效的方式搭設Rangay壓鼠陷阱，而且深入認識這個利用簡單的器械，結合了一些物理原理，所組合成環環相扣的機關，更能以Rangay壓鼠陷阱為基礎，發揮巧思，改裝成捉貓陷阱。我們的捉貓陷阱簡單、有效、實用、兼顧環境保護及動物保護議題。值得為自己喝采，捉貓神器 ---讚啦！

餌食消息棒接觸面光滑度，與觸動機關費力的關係圖



73

抓貓陷阱觸動機關費力及籃子落地時間實測結果表

實測項目	測量結果	觸動機關費力	籃子落地時間
籃子角度			
抬高30度直接落地			0.27秒
抬高25度直接落地			0.21秒
抬高30度觸動機關落地		24 gw	0.28秒
抬高25度觸動機關落地		29 gw	0.22秒

揮動細竹條觸擊餌食消息棒並攝影計時(圖50)



測試觸動餌食消息棒的力量(圖51)



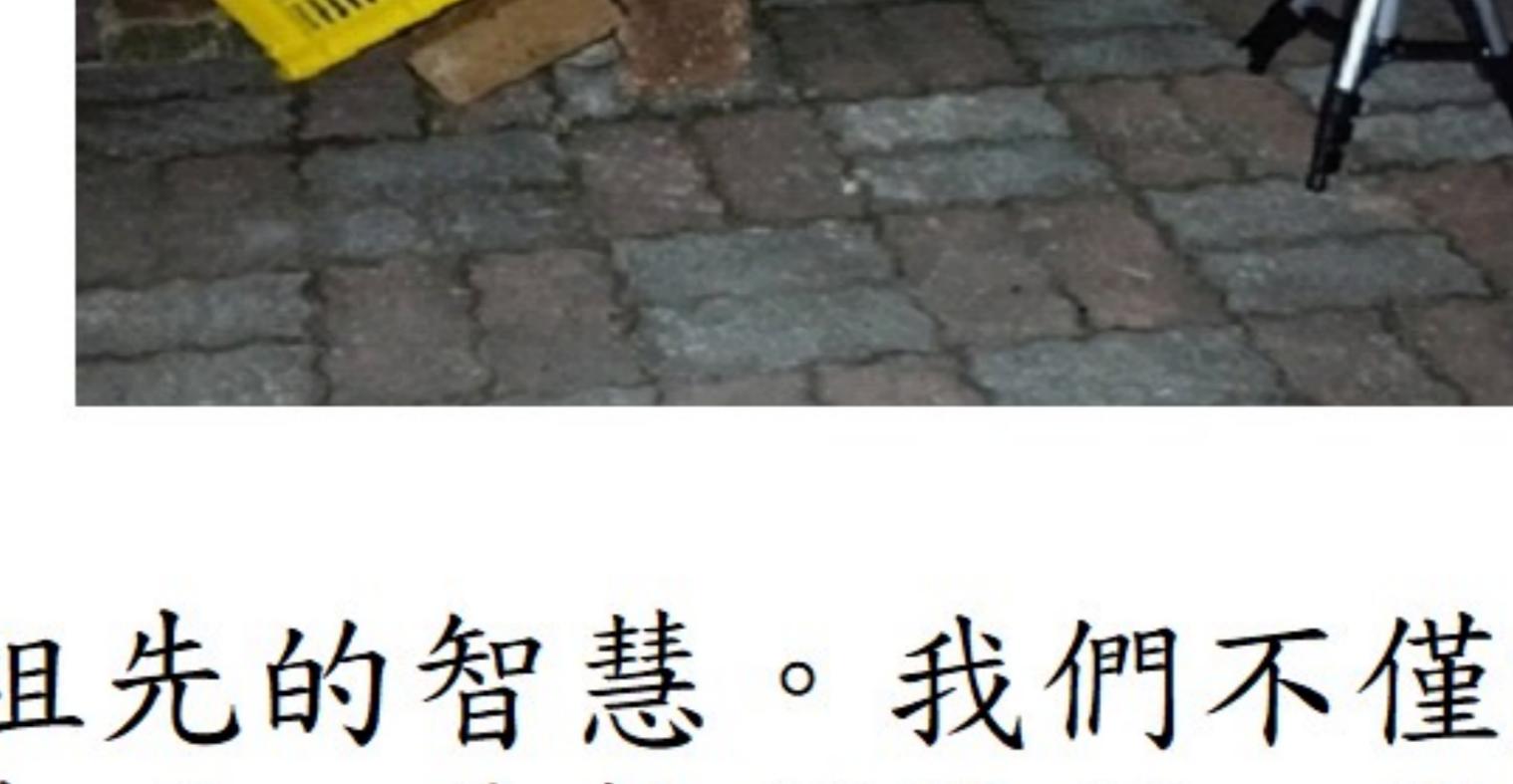
撐重桿與籃子銜接角度可再深究(圖52)



繫繩消息棒與餌食消息棒脫離瞬間(圖53)



陷阱邊圍住磚塊並架設動偵機攝影(圖54)



流浪貓進入陷阱咬餌(圖55)

