

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

第二名

080318

螞蟻築橋真神奇

學校名稱：臺南市東區東光國民小學

作者： 小六 陳奕嘉 小六 彭巧馨	指導老師： 王雅麗 謝溫仁
-------------------------	---------------------

關鍵詞：小黃家蟻、築橋、構造

摘要

當我們看見許多小黃家蟻忙著搬運餅乾碎屑，排著隊，很有順序的往巢穴走；在無意中看見小黃家蟻的路上有一小段空隙，很多小黃家蟻聚集在一起，有點亂，有的不敢過去，走回起點；有些小黃家蟻很勇敢，一次一次的堆在一起，於是我們設計空隙實驗，觀察小黃家蟻會怎樣行動。

首先從觀察小黃家蟻頭部的觸角和胸部的、前、中、後腳的構造，來探索和運動築橋功能的相關性。

其次觀察小黃家蟻遇到路上的間隙不同及路面角度不同時，如何築橋回家。

結果發現：小黃家蟻走在木片的間隙時是非常小心的，牠們會利用身體的構造去適應路上的環境，而且利用巧妙的方法，合作的方式，以身體為橋，溝通間隙之間的道路，最後使全部的小黃家蟻都能通過有間隙的橋梁。

壹、研究動機

在一次整理菜園的活動，發現許多小黃家蟻忙著搬運餅乾碎屑，有的是一隻小黃家蟻咬著一小口的顆粒；有的是 2~5 隻小黃家蟻共同抬著大塊的餅乾屑；但是大家都排著隊，有順序的往巢穴走；有的是向前走，有的是拉著倒退走，真得很有趣。在無意中看見小黃家蟻的路上有一小段的空隙，很多小黃家蟻聚集在一起，有的小黃家蟻不敢過去，走回頭路；有些小黃家蟻很勇敢，一次一次的堆在一起，下面是我們在設計下觀察小黃家蟻會怎樣通過空隙。

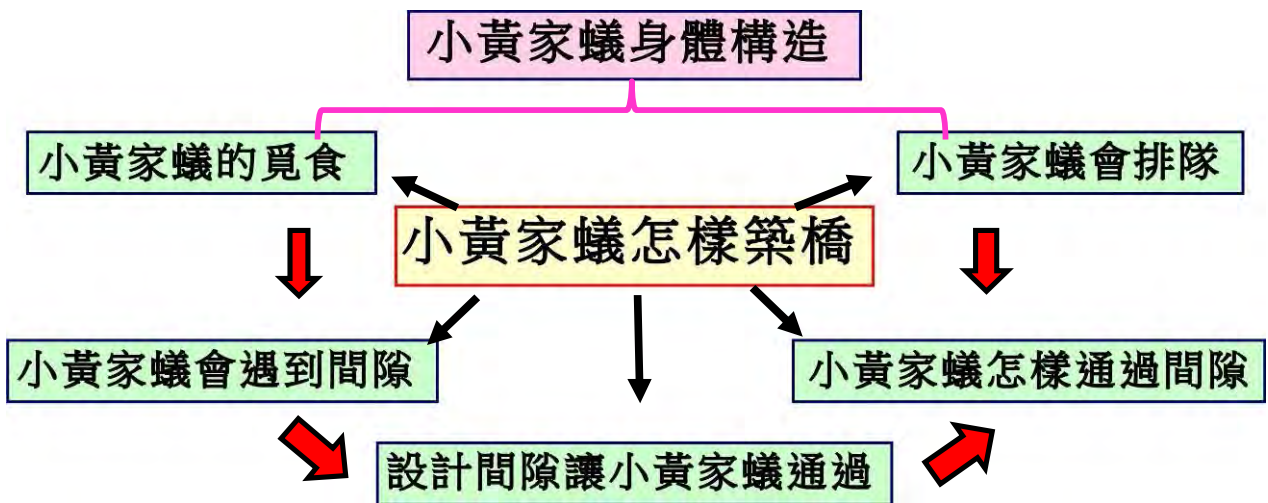
貳、研究目的

- 一、觀察小黃家蟻的身體構造來探索和運動築橋功能的相關性。
- 二、從觀察小黃家蟻的成群排隊覓食、搬運食物及回到巢中來探究小黃家蟻生活中的社會化行為。
- 三、觀察小黃家蟻在路上遇到空隙，怎樣築橋才安全的走回家。

參、研究器材

- 一、製作橋的小工具：小木片、木塊、量角器、透明膠帶
- 二、記錄工具：筆、筆記本、方格紙、尺
- 三、觀察工具：複式顯微鏡、實體顯微鏡、培養皿、方格紙、放大鏡、尺
- 四、拍攝工具：照相機、攝影機、三腳架
- 五、捕捉工具：水彩筆、培養皿
- 六、食物：肉鬆、麵包屑、餅乾屑、糖、小蛆屍體
- 七、障礙物：
 - (一) 固體物：小木頭、橡皮擦、小螺帽、餅乾片
 - (二) 液體物：水、醬油、米酒、清醋

肆、研究架構



伍、研究過程與方法

一、【研究一】：觀察小黃家蟻的身體構造

- (一) 目的：從實體顯微鏡下觀察校園裡的小黃家蟻的身體構造，及各部位的長度，以瞭解小黃家蟻怎樣利用身體的構造來運動。
- (二) 器材：培養皿、水彩筆、放大鏡(2.5X)、實體顯微鏡、複式顯微鏡、尺、載玻片(有凹槽)、蓋玻片
- (三) 方法：
- 1、準備採集材料到校園中尋找小黃家蟻。
 - 2、用水彩筆將小黃家蟻沾進培養皿裡。
 - 3、把小黃家蟻放入載玻片凹槽內，再用蓋玻片蓋住。
 - 4、分別利用實體顯微鏡和複式顯微鏡觀察小黃家蟻的身體構造並畫圖。
 - 5、請老師拍照並放大。
 - 6、從放大的照片裡觀察和測量小黃家蟻各部位的長度。
 - 7、畫出小黃家蟻身體各部位的構造，頭、胸、腹、觸角、前腳、中腳和後腳。



校園中找尋小黃家蟻



利用水彩筆把小黃家蟻沾到培養皿中



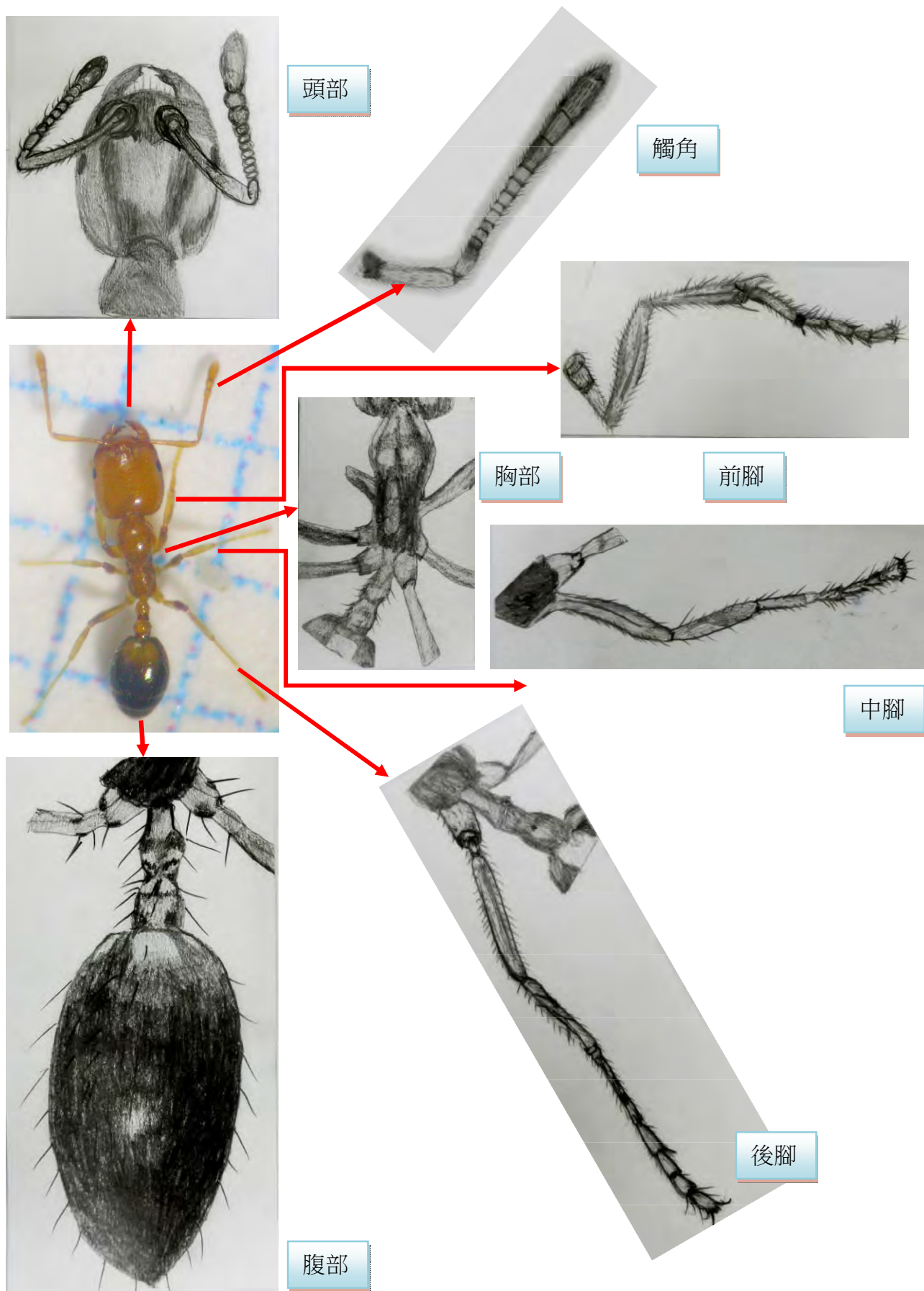
利用實體顯微鏡觀察並請老師拍照



列印放大小黃家蟻照片，測量各部位的長度。

(四) 觀察及測量結果：

1、觀察、描繪小黃家蟻的身體構造



2、觀察及測量小黃家蟻的身體構造

單位：mm

編號	全身長	頭長	頭寬	胸長	腹長	腹寬	觸角長	前腳長	中腳長	後腳長
1	2.60	0.65	0.60	0.80	1.10	0.60	1.00	0.95	1.00	1.45
2	2.20	0.65	0.60	0.65	0.95	0.55	0.85	1.10	0.95	1.45
3	2.30	0.55	0.50	0.75	1.05	0.55	0.80	1.00	0.90	1.45
4	2.50	0.60	0.60	0.75	1.05	0.55	0.90	1.10	0.90	1.40
5	2.30	0.60	0.50	0.80	0.90	0.50	1.20	1.10	1.30	1.50
6	1.75	0.50	0.40	0.75	0.85	0.35	1.10	1.10	1.20	1.40
7	2.20	0.45	0.40	0.57	0.70	0.35	1.00	0.90	0.95	1.55
8	1.60	0.40	0.35	0.65	1.05	0.32	0.90	0.80	0.90	1.30
9	2.00	0.60	0.50	0.45	0.70	0.40	1.10	1.00	1.00	1.40
10	2.30	0.65	0.50	0.60	0.90	0.45	1.10	1.10	1.20	1.40
11	2.20	0.60	0.45	0.65	0.95	0.40	1.00	1.00	1.00	1.50
12	2.08	0.60	0.58	0.63	0.95	0.55	1.30	1.20	1.40	1.60
13	1.85	0.55	0.50	0.55	1.05	0.35	0.95	1.00	1.20	1.40
14	2.00	0.60	0.50	0.60	0.75	0.45	1.00	1.10	1.30	1.50
15	1.85	0.56	0.50	0.65	0.95	0.36	1.00	1.10	1.20	1.50
16	2.00	0.60	0.50	0.47	0.70	0.40	1.00	1.10	1.00	1.40
17	2.05	0.60	0.45	0.60	0.83	0.38	1.00	1.10	1.20	1.50
18	1.98	0.55	0.48	0.65	0.80	0.40	1.00	1.10	1.20	1.50
19	2.00	0.60	0.45	6.00	0.87	0.40	1.00	1.10	1.20	1.50
20	2.05	0.60	0.45	0.55	0.85	0.40	1.00	1.10	1.20	1.45
21	1.65	0.45	0.30	0.60	0.85	0.32	0.95	1.00	1.10	1.20
22	1.85	0.55	0.45	0.60	0.90	0.35	0.90	1.10	1.20	1.40
23	1.65	0.45	0.35	0.55	0.70	0.30	0.85	0.85	0.95	1.20
24	2.15	0.55	0.40	0.75	0.70	0.40	1.10	1.20	1.30	1.50
25	2.10	0.55	0.40	0.60	0.80	0.38	1.00	1.10	1.20	1.40
26	2.30	0.70	0.50	0.65	0.90	0.48	1.00	1.20	1.30	1.50
27	2.28	0.58	0.50	0.55	0.95	0.50	1.20	1.10	1.20	1.50
28	1.75	0.50	0.45	0.70	1.00	0.40	0.90	0.90	1.10	1.20
29	2.20	0.60	0.55	0.70	1.00	0.45	1.15	1.10	1.20	1.50
30	2.00	0.55	0.50	0.75	0.70	0.40	1.00	1.10	1.30	1.50
31	2.00	0.65	0.52	0.70	0.95	0.45	1.10	1.10	1.30	1.45
32	1.70	0.45	0.35	0.55	0.90	0.32	0.90	1.00	0.90	1.20
33	1.70	0.45	0.36	0.45	0.80	0.30	0.90	0.90	1.00	1.20
34	1.70	0.45	0.35	0.55	0.75	0.30	0.90	0.90	1.00	1.30
35	2.05	0.55	0.45	0.40	0.75	0.40	0.95	0.90	1.10	1.40
36	1.95	0.50	0.45	0.55	0.70	0.40	0.95	0.90	1.00	1.30

37	1.65	0.40	0.35	0.55	0.70	0.30	0.85	0.90	1.00	1.20
38	1.90	0.50	0.45	0.65	0.85	0.40	1.00	1.00	1.10	1.30
39	1.95	0.50	0.45	0.60	0.85	0.40	0.95	0.90	1.00	1.40
40	2.05	0.55	0.45	0.65	0.85	0.40	1.05	0.90	1.10	1.40
41	2.05	0.55	0.45	0.65	0.85	0.42	1.00	0.90	1.10	1.30
42	1.95	0.55	0.42	0.60	0.80	0.38	1.00	0.90	1.10	1.35
43	2.10	0.60	0.50	0.65	0.80	0.45	1.20	1.10	1.30	1.50
44	1.77	0.52	0.42	0.65	0.90	0.35	1.00	0.90	1.00	1.20
45	2.70	0.70	0.60	0.60	0.75	0.60	1.20	1.30	1.50	1.70
46	1.90	0.60	0.40	0.60	0.90	0.35	1.10	1.10	1.20	1.50
47	2.20	0.60	0.45	0.50	0.75	0.45	1.20	1.10	1.30	1.50
48	1.85	0.45	0.40	0.80	1.20	0.38	1.00	1.00	1.20	1.40
49	2.05	0.55	0.52	0.65	0.95	0.38	1.00	1.10	1.30	1.50
50	2.40	0.70	0.55	0.65	0.90	0.45	1.20	1.20	1.40	1.60
51	2.15	0.55	0.50	0.65	0.80	0.45	1.10	0.90	1.20	1.50
52	2.45	0.65	0.55	0.60	0.80	0.50	1.20	1.20	1.20	1.50
53	2.25	0.65	0.50	0.65	1.05	0.45	1.10	1.20	1.30	1.50
54	2.30	0.65	0.50	0.70	1.00	0.40	1.10	1.10	1.30	1.50
55	2.25	0.70	0.55	0.75	1.05	0.45	1.20	1.20	1.30	1.60
56	2.35	0.70	0.60	0.65	1.00	0.45	1.10	1.10	1.20	1.50
57	2.25	0.65	0.55	0.75	0.80	0.45	1.10	1.10	1.20	1.50
58	1.97	0.52	0.45	0.70	0.95	0.32	1.00	0.90	1.00	1.30
59	2.25	0.55	0.50	0.70	0.85	0.45	1.20	1.20	1.40	1.50
60	1.90	0.50	0.40	0.55	0.70	0.35	0.80	1.00	1.10	1.30
合計	123.48	33.93	28.2	43.27	146.4	24.84	61.6	62.6	69.15	85.45
平均	2.06	0.57	0.47	0.72	2.44	0.41	1.03	1.04	1.15	1.42

(五) 結果比較：



（六）發現與討論：

1、從觀察小黃家蟻的身體構造，我們發現有下面特殊功能的特徵。

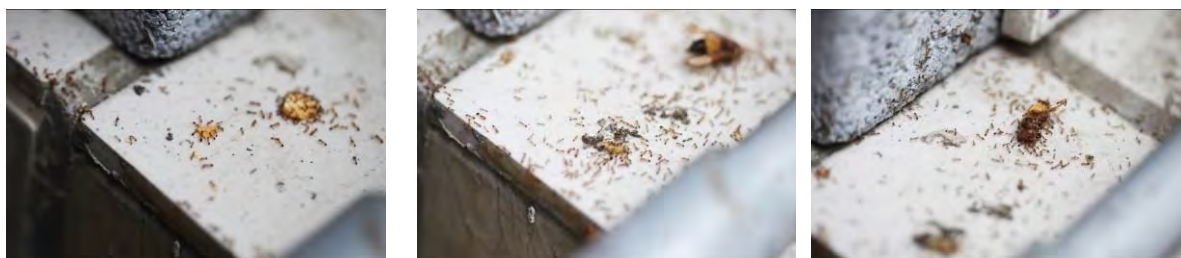
- （1）小黃家蟻的身體分頭部、胸部和腹部。頭部的前端是口器，有一對大顎，用來咬住物品或打鬥；緊鄰大顎的上方有一對長長的觸角，在實體顯微鏡下可以清晰的看到一節一節，共有 12 節；最前端的一節比較長且粗粗的，形狀像棉花棒，長滿細毛；接著二節較短，下方的七節短短的，而且長出細細的剛毛，再接上一個長節，所以轉動時很靈活擺動，在基部是長長的一大節，接在大顎的上端，也密生剛毛，小黃家蟻就以前端的環節及密生的剛毛接觸周圍的物品得以覓食。
- （2）小黃家蟻在運動時，先以前端的觸角向四面八方旋轉晃動，在探索著環境的變化，而後才決定是否向前運動。
- （3）小黃家蟻的胸部分為二大部分，第一部分是圓球形，前端以半圓柱狀和頭部相接，是前腳的基部著生的地方；接著是圓柱型，是中腳和後腳基部著生的地方。長出的六隻腳。前腳是一節一節的，前二節是粗粗的而且很長，接著是像關節似的、短短的支架，外表表面都是剛毛，在最前端是二個堅硬而尖銳的鉤，可以鉤住任何物體使身體不易脫落，而有利於在覓食的時候，可以穿插在微小的食物上，再和觸角的相互作用，把食物又快又穩定的取回來。
- （4）小黃家蟻的中腳也在最後一節的前端，也有二個鉤，特別大而彎曲；後腳末端的一節長滿了剛毛，前端是三個比較平直尖銳的凸出物，可以和中腳合作，用來抵住物體，使在拉動食物時，固定不移。
- （5）小黃家蟻的六隻腳都長在胸部，如果仔細的觀察（在實體顯微鏡下）可以明顯的看到整個胸部都是一體的，而且六隻腳的基部是緊密的靠在一起，非常堅固；加上六隻腳的第一節又粗又大，所以是不容易受傷的。
- （6）胸部的後端和腹部相接的地方，是二個圓形塊狀的前、後腹柄節，相接處細小，可以任意彎曲使腹部靈活運動。接著是腹部，在外表長出剛毛，亮晶晶的有光澤，可以向四方轉動，很靈敏；因為有剛毛，所以可以幫助小黃家蟻運動時攀住在物體上。

二、【研究二】：觀察小黃家蟻怎樣搬運食物

(一) 目的：想從小黃家蟻在搬運食物時，怎樣運用身體各部位構造來相互配合搬運食物；
並從搬運食物的過程中，發現社會化的行為。

(二) 器材：餅乾屑、小蛆屍體、放大鏡、照相機

(三) 裝置：



(四) 方法：

- 1、把餅乾屑、小蛆屍體放置在地面的磁磚上，等待小黃家蟻來覓食。
- 2、觀察一隻、二隻或多隻小黃家蟻，怎樣搬運食物。
- 3、小黃家蟻搬運餅乾時是怎樣運動的。

(五) 結果：



在磁磚上放置餅乾屑，很快的就有許多小黃家蟻過來覓食，也會搬運食物。



大塊的餅乾外圍小黃家蟻多，小塊的小黃家蟻少，就可以搬運食物。



每一小塊餅乾屑的周圍有很多隻小黃家蟻，在搬運食物。



一群小黃家蟻平均分佈在蛆的周圍，搬運小蛆。

(六) 討論：

- 1、小黃家蟻一發現食物不會立刻搬運，隊伍開始出現很凌亂的樣子，有的會在食物上爬一爬，靠近食物，不會搬，然後就走掉，一會兒來了更多的小黃家蟻，這時就會看見小黃家蟻合力的搬運食物。遇到大塊餅乾，就會把食物咬碎，然後才慢慢的帶回巢穴。
- 2、小黃家蟻的覓食行動：
 - (1) 小黃家蟻發現餅乾屑的速度較慢，當牠發現時，會先用觸角邊走邊碰觸四周的物品，當觸角碰到餅乾屑時，會停下來，用大顎去接觸咬碎餅乾屑，然後慢慢的移動。
 - (2) 小黃家蟻在行走時，路徑是一條線，有時會分叉，不過最後還是會回到原本的路徑。
 - (3) 小黃家蟻爬滿整塊餅乾塊，大家一直在咬著，使大塊餅乾變成碎屑；然後各自排隊搬回巢內。在搬運時，會看見 5~10 隻合力搬運較大的碎屑，也看見一大群搬走大塊餅乾。

三、【研究三】：小黃家蟻在行走的路上遇到障礙物怎樣通過

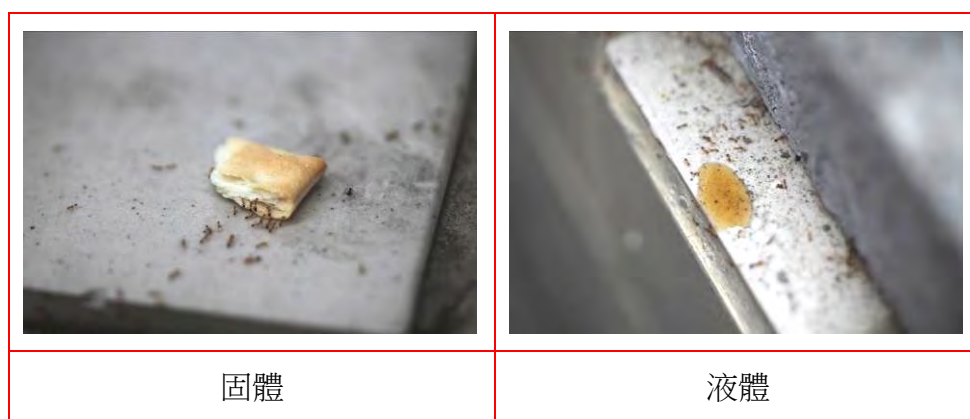
(一) 目的：想知道小黃家蟻在行走時，常會遇到障礙物，我們利用物品當障礙物，仔細觀察小黃家蟻是怎樣通過這些障礙物。

(二) 器材：

1、固體：小木片、小螺帽、橡皮擦、小餅乾

2、液體：水、米酒、清醋、醬油

(三) 裝置：



(四) 方法：

- 1、尋找校園排隊行走的小黃家蟻。
- 2、將不同的障礙物分別放置在小黃家蟻會行走的路線上。
- 3、觀察小黃家蟻會出現什麼反應，通過障礙物。
- 4、把小黃家蟻的反應，仔細的記錄下來。



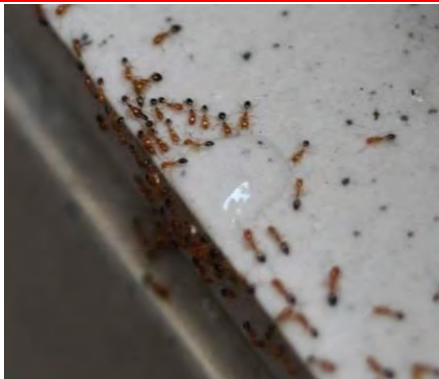

(五) 結果：

1、結果 1：小黃家蟻遇到固體的障礙物時：

障礙物	小木片	小螺帽
結果		

障礙物	橡皮擦	小餅乾
結果		

2、結果 2：小黃家蟻遇到液體的障礙物時：

障礙物	水	醬油
結果		
障礙物	米酒	清醋
結果		

(六) 討論：

- 1、在小黃家蟻排隊的路上，放置準備的小物品，有小木片、小螺帽、橡皮擦和小餅乾。小黃家蟻遇到了木片、螺帽都會停頓下來，不知道往哪裡走，所以會越堵越多隻小黃家蟻；後來有的小黃家蟻會繞木片和螺帽的邊緣，走到對面的路線後，繼續前進。
- 2、小黃家蟻遇到橡皮擦時，會先停頓下來，有的小黃家蟻會從橡皮擦下面的空隙走過去；最後大部分的小黃家蟻都跟著從細縫走到原來的路上。
- 3、小黃家蟻在行走的路線上，遇到餅乾塊時，先用觸角去碰觸，然後停下來用大顎去

吃餅乾；接著又來了很多隻小黃家蟻都圍在餅乾上，暫時阻斷了排隊的路上。可是過了 3~5 分鐘，這條通往巢穴的路又通了。

- 4、小黃家蟻在排隊的路上遇到水滴、醬油和清醋後，就會暫停下來，先用觸角碰觸；再從液體的旁邊繞過去，走到原來回巢的路線。可是在排隊路上，遇到米酒時，前面的小黃家蟻會停下來用觸角去接觸，不會離開；後來的小黃家蟻也跟著在米酒的周圍停下來，聚集了越多的小黃家蟻，使回巢的小黃家蟻變少了。還好經過 10 分鐘後，小黃家蟻漸漸的離開米酒，使排隊回巢的路線又暢通了。

四、【研究四】：小黃家蟻在行走路上遇到間隙，怎樣築橋通過。

(一) 研究這個問題的原因：在小黃家蟻行走的路上常常會遇到障礙物，牠們會繞來繞去，再爬過去或另外找別的路。可是當牠們遇到間隙時，會怎麼通過呢？這個問題引起我們觀察研究的興趣。

(二) 目的：想從小黃家蟻在搬運食物的路上遇到間隙，會用什麼方法走過去。

(三) 器材：塑膠盆：水盆（29*21*7cm）、飼養箱（20*20*8cm），木片：長的（30cm）、短的（15cm），雙面膠帶、量角器、米達尺、食物（餅乾屑）

(四) 設計路上的間隙：

- 1、利用木片設計水平的橋梁間隙（間隙大小：0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5cm）。
- 2、利用木片設計傾斜的橋梁間隙（間隙大小：0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5cm）。
傾斜角度（和地面成 30°、60°、90°）
- 3、利用木片設計不同夾角的橋梁間隙（間隙大小：0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5cm）。
二木片夾角（150°、120°、90°、60°，反向夾角 100°）



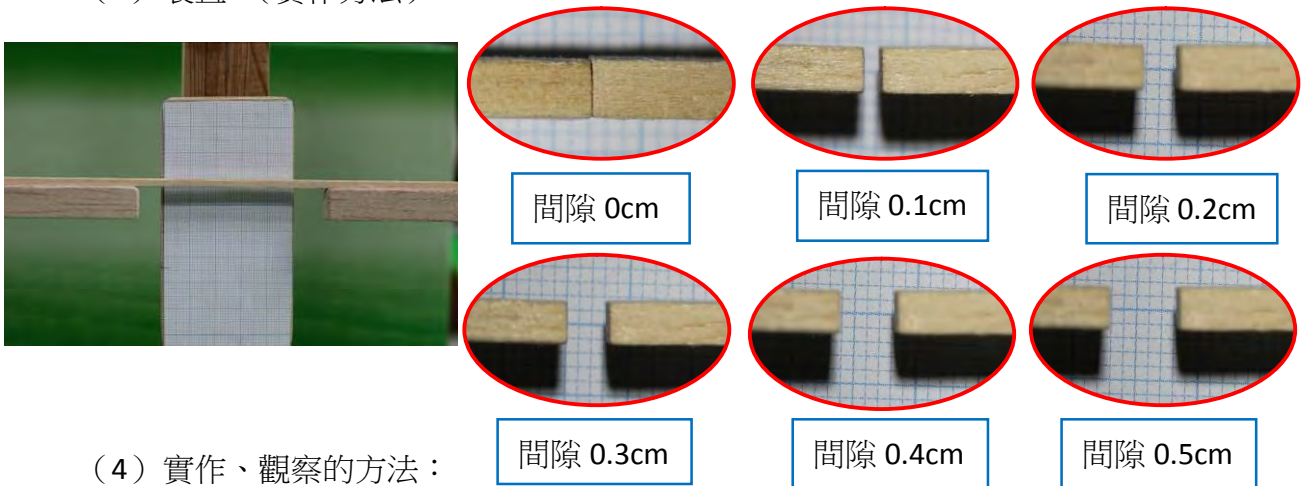
(五) 實驗、觀察、研究的基本想法：

- 1、我們在（研究一）利用實體顯微鏡觀察小黃家蟻的身體構造，仔細的描繪並且請老師拍照、放大。
- 2、我們測量小黃家蟻各部位的長度及特殊構造，知道小黃家蟻的身長(包括頭、胸、腹部的長度)及身上的剛毛；也特別觀察小黃家蟻的觸角構造及長度；前腳、中腳和後腳的特殊構造。也就是腳上長滿了剛毛，前端都有尖銳的鉤，腳上都有很多節，可以自由伸縮和彎曲。
- 3、我們在觀察研究中，都以小黃家蟻的身體構造為基礎來和牠的運動相連接，觀察小黃家蟻怎樣走過橋梁間的空隙。

(六) 小黃家蟻怎樣築橋及通過木片間隙過程

1、情境 1：小黃家蟻怎樣通過水平橋梁的間隙

- (1) 目的：想知道小黃家蟻在水平的木片上，怎樣築橋通過不同長度的間隙。
- (2) 材料：參考（研究四）的器材
- (3) 裝置：（實作方法）

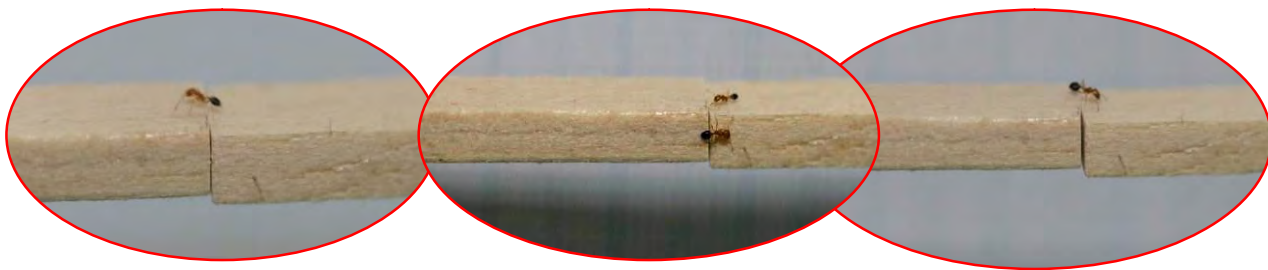


(4) 實作、觀察的方法：

- 甲. 按照上面（3）的裝置布置情境。
- 乙. 分別調整橋上的間隙（二片木片的距離）：0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5cm
- 丙. 在大木片的前端放置餅乾屑。
- 丁. 仔細觀察、記錄小黃家蟻怎樣通過橋上的間隙。
- 戊. 請老師拍照、攝影小黃家蟻怎樣築橋及通過的情形。

(5) 結果：小黃家蟻走過間隙的過程

(結果甲)：小黃家蟻走在間隙 0cm 的橋上



(結果乙)：小黃家蟻走在間隙 0.1cm 的橋上



(結果丙)：小黃家蟻走在間隙 0.2cm 的橋上



(結果丁)：小黃家蟻走在間隙 0.3cm 的橋上



(結果戊)：小黃家蟻走在間隙 0.4cm 的橋上



2、情境 2：小黃家蟻怎樣通過傾斜的橋梁間隙

(1) 目的：想知道小黃家蟻在傾斜的木片橋梁上，怎樣築橋通過不同傾斜的間隙。

(2) 材料：參考（研究四）的器材

(3) 裝置：（參考情境 1）

(4) 實作、觀察的方法：（參考情境 1）

(5) 結果：

（結果甲）：小黃家蟻走在傾斜角度 30 度。

ㄅ、木片間隙 0cm



ㄆ、木片間隙 0.1cm



ㄇ、木片間隙 0.2cm



ㄏ、木片間隙 0.3cm



ㄉ、木片間隙 0.4cm



(結果乙): 小黃家蟻走在傾斜角度 60 度。

ㄊ、木片間隙 0cm



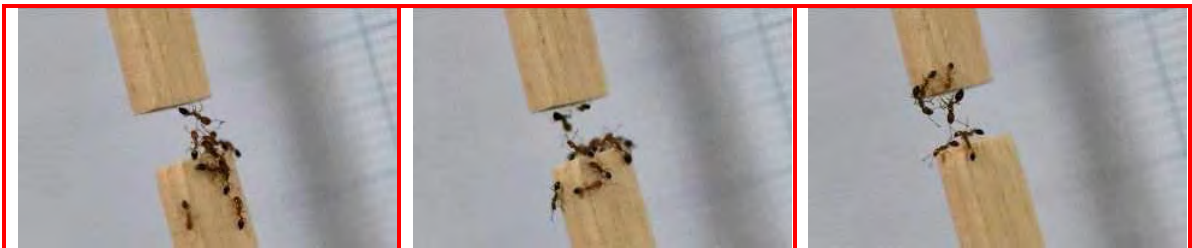
ㄊ、木片間隙 0.1cm



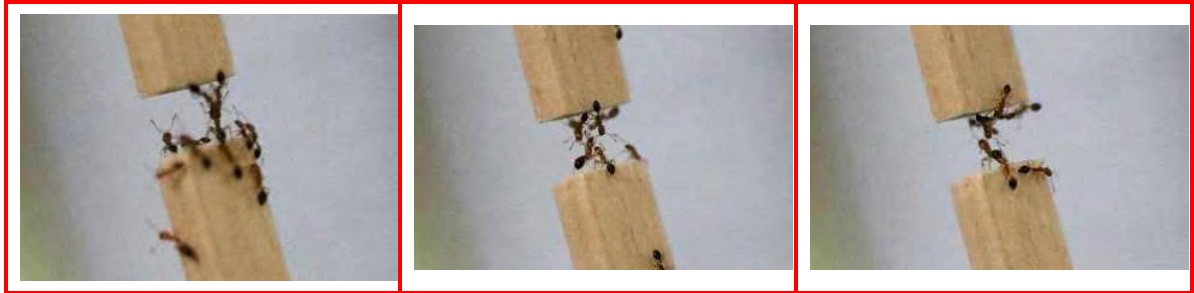
ㄊ、木片間隙 0.2cm



ㄊ、木片間隙 0.3cm

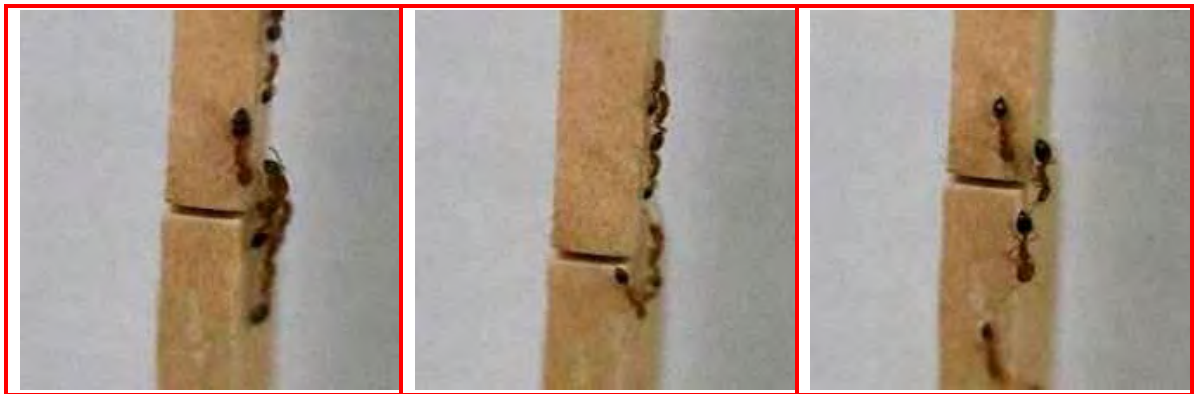


ㄉ、木片間隙 0.4cm



(結果丙)：小黃家蟻走在傾斜角度 90 度。

ㄊ、木片間隙 0cm



ㄊ、木片間隙 0.1cm



ㄏ、木片間隙 0.2cm



ㄱ、木片間隙 0.3cm



ㄴ、木片間隙 0.4cm



3、情境 3：小黃家蟻怎樣通過不同夾角の間隙

- (1) 目的：想知道小黃家蟻在拱型的夾角橋梁上，怎樣通過木片間的空隙。
- (2) 材料：參考（研究四）的器材
- (3) 裝置：（參考情境 1）
- (4) 實作、觀察的方法：（參考情境 1）
- (5) 結果：

(結果甲)：二片木片的夾角 150 度。

ㄅ、木片間隙 0cm



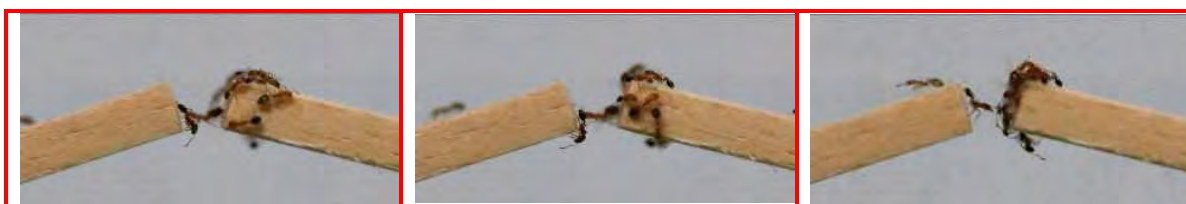
ㄆ、木片間隙 0.1cm



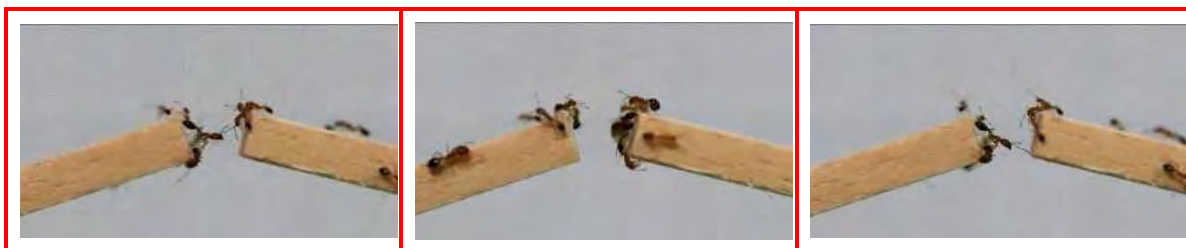
ㄇ、木片間隙 0.2cm



ㄏ、木片間隙 0.3cm

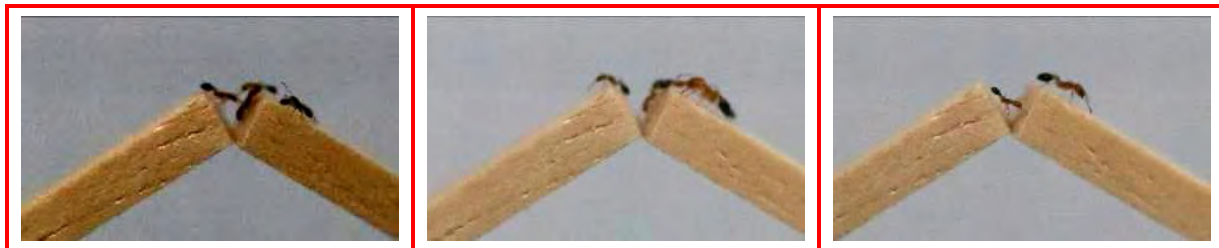


ㄏ、木片間隙 0.4cm



(結果乙): 二片木片的夾角 120 度。

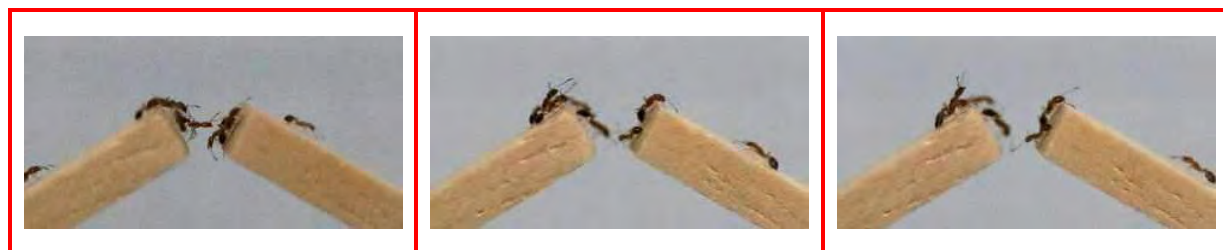
ㄅ、木片間隙 0cm



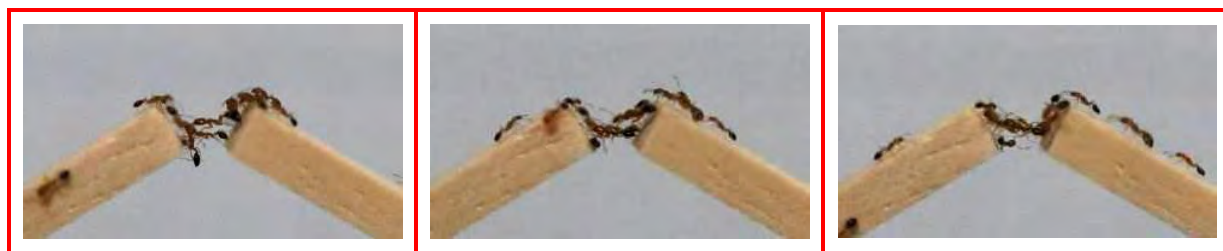
ㄆ、木片間隙 0.1cm



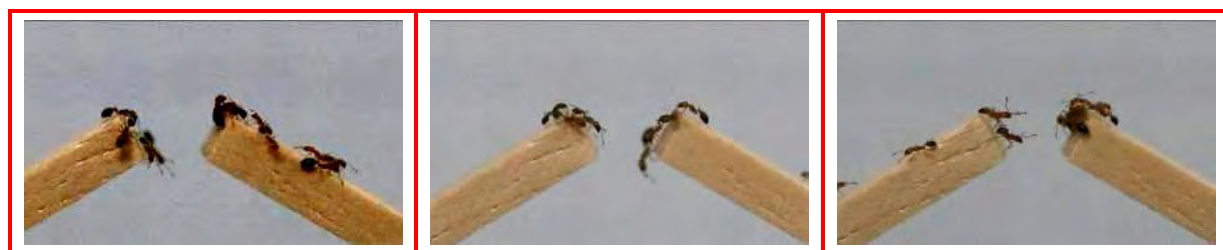
ㄇ、木片間隙 0.2cm



ㄏ、木片間隙 0.3cm



ㄏ、木片間隙 0.4cm



(結果丙): 二片木片的夾角 90 度。

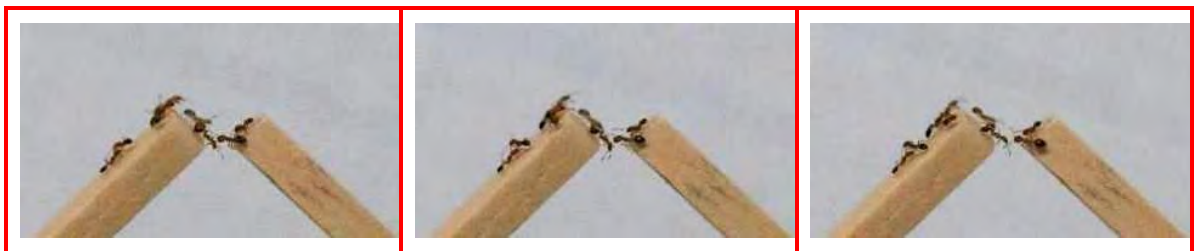
ㄉ、木片間隙 0cm



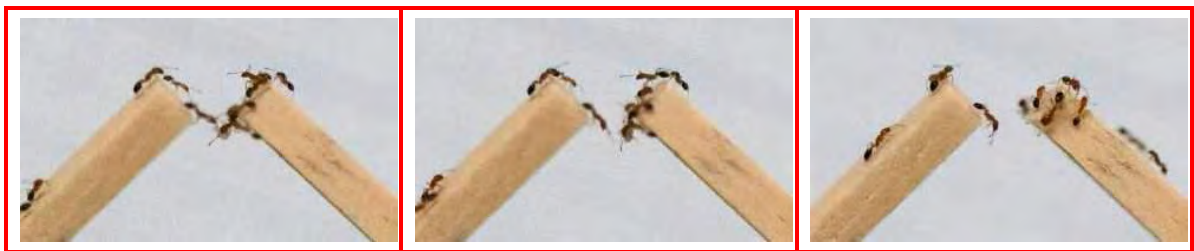
ㄊ、木片間隙 0.1cm



ㄊ、木片間隙 0.2cm



ㄋ、木片間隙 0.3cm

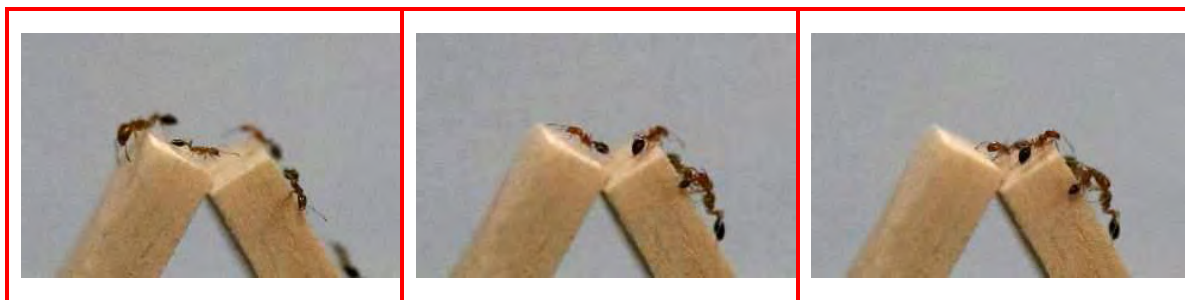


ㄌ、木片間隙 0.4cm

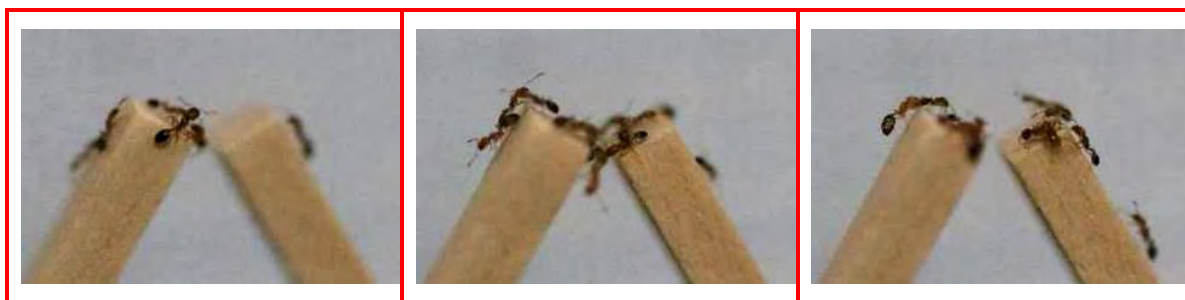


(結果丁): 二片木片的夾角 60 度。

ㄉ、木片間隙 0cm



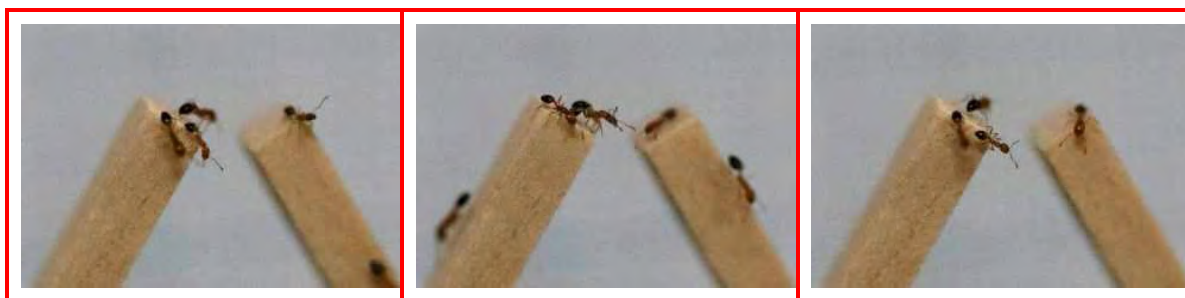
ㄊ、木片間隙 0.1cm



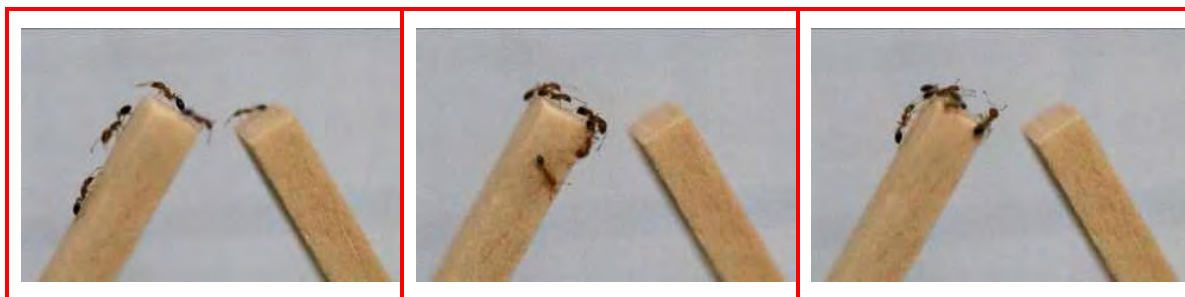
ㄊ、木片間隙 0.2cm



ㄋ、木片間隙 0.3cm



ㄌ、木片間隙 0.4cm

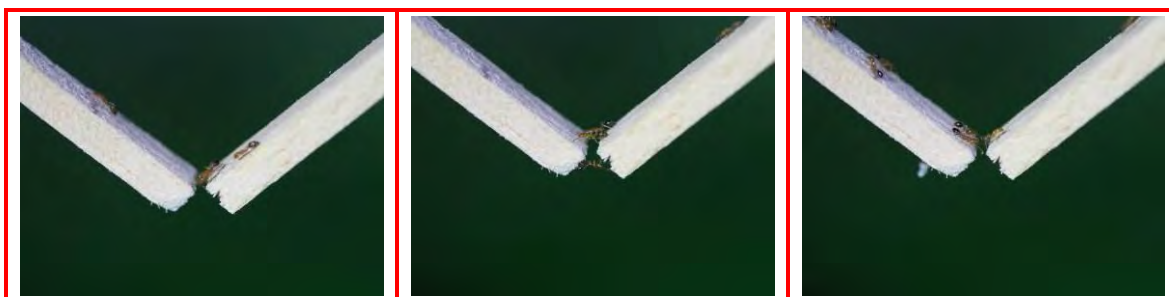


(結果戊): 二片木片夾角反向 100 度。

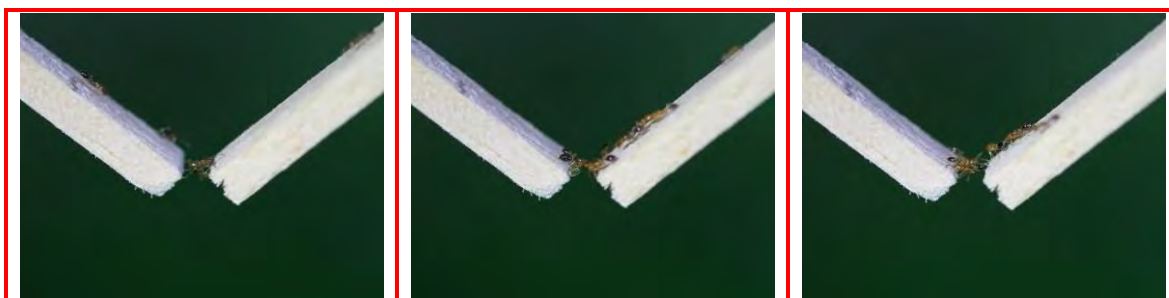
ㄅ、木片間隙 0cm



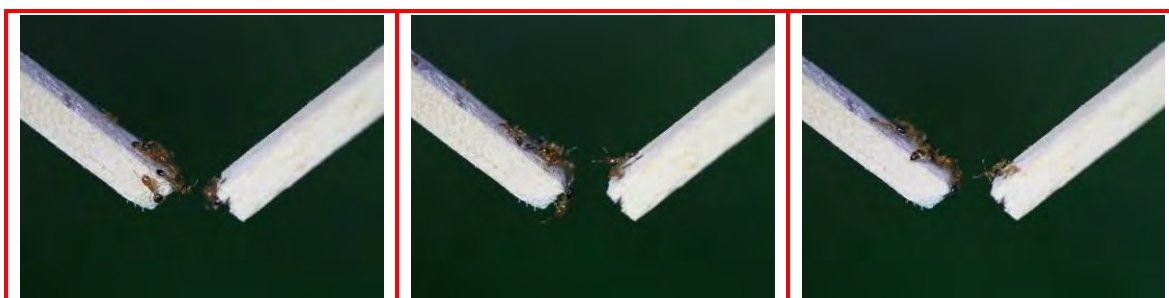
ㄆ、木片間隙 0.1cm



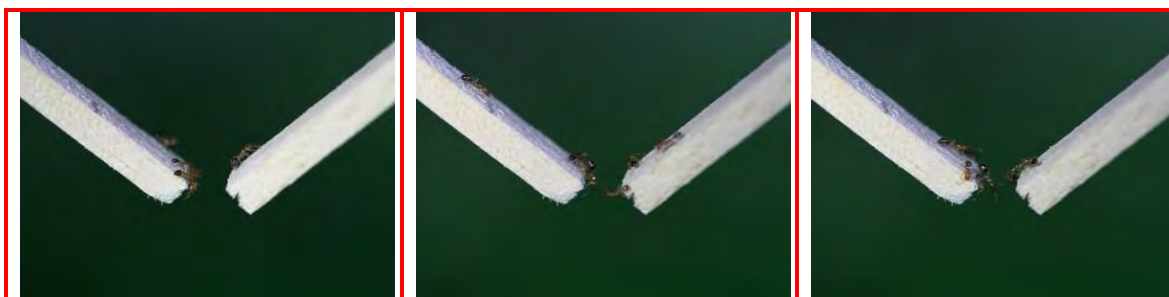
ㄇ、木片間隙 0.2cm



ㄏ、木片間隙 0.3cm



ㄏ、木片間隙 0.4cm



(七) 討論：

- 1、小黃家蟻在沒有間隙的小木片橋梁上行走，不論是水平或傾斜的橋上，都會按部就班的排隊前進，不會推擠、超越，很有秩序，也不會在木片交接處停留。有時走的快，也有時走得慢。當遇到對方來的小黃家蟻時，會用觸角碰觸，交頭後，就各自向前走。可見當拱型的木片橋梁時，雖然木片下方是沒間隙，可是木片上方會隨著拱型的角度越小，上方的間隙會越大，所以小黃家蟻會因為上方間隙的大小，而在用觸角去碰觸，然後彎著身體爬到橋的頂端，再向前走，而停頓下來。
- 2、小黃家蟻在水平、傾斜的木片橋上，當間隙 0.1~0.2cm 時，最前方的小黃家蟻，走到間隙前行走的速度會慢下來，並停頓一下，先用觸角的前端去碰觸間隙、對方的木片，接著用前腳尖端的鉤子去鉤住前方木片；然後身體一躍就走過間隙了，然後小黃家蟻就很快的跟著走過去。可是在拱型橋上的小黃家蟻就不是這樣了；當木片下方的間隙在 0.1~0.2cm 時，木片上方的間隙就更大了，約 0.3~0.4cm 之間，小黃家蟻走到間隙前會停頓下來，後方來的小黃家蟻也停下來，結果擠在一起，大家都會用觸角去碰觸四方，探索前面的木片，然後一齊用前腳鉤住前方木片，用中腳、後腳的推力，往上一躍而向前走，結果大家都向前走，可是也有少數小黃家蟻會走回頭路。
- 3、小黃家蟻不論在水平或傾斜的橋梁上，當木片間隙在 0.3~0.4cm 時，前方的小黃家蟻會停頓下來，先用觸角去碰觸四周，接著就走回頭路，前方的小黃家蟻會停頓下來，先用觸角去碰觸四周，別的小黃家蟻就走回頭路，後方的小黃家蟻也一樣的动作，可是這些小黃家蟻來回幾次後，大家都停留在間隙間和對方的小黃家蟻互動，各自伸出觸角碰觸，接著用前腳鉤住對方前腳，互相拉住，並各自用中腳和後腳把身體向前推動。也有雙方面拉住對方的前腳不放，後腳鉤住木片，使雙方的身體變成一座肉橋，讓其他小黃家蟻也跟著走過去，一直到小黃家蟻都過去，牠們才在同伴的幫助下走到對面。在垂直的橋上，木片的間隙在 0.4cm 時，雖然上下木片都擠滿了小黃家蟻，可是沒有小黃家蟻走過間隙，真得很可惜。
- 4、小黃家蟻走在拱型的橋上，當二木片的間隙在 0.3cm 時，雙方的小黃家蟻，走到木片交接的地方，會停頓下來，用觸角去碰觸四方，接著到木片的下端，先用後腳鉤

住木片上端，有時後面的小黃家蟻會用前腳鉤住前面小黃家蟻的後腳，使牠的身體可以向前越近，甚至騰空搖擺；這時候正好對方的小黃家蟻也有相同的動作，二隻小黃家蟻就互相拉住，有時候會用盪鞦韆的方式盪過去；有時候會形成一座肉橋使其他同伴走過去。小黃家蟻是互助合作的走過橋的間隙，也發現小黃家蟻很有耐心的來回走在間隙的路上好多次，失敗了很多次，可是最後成功的走過去了。當木片的間隙在 0.4cm 時，我們觀察了 1 小時，雖然很多小黃家蟻一直在嘗試，可是都沒有成功，真可惜。

5、當兩木片間距為 0.5cm 時，小黃家蟻會聚集在間隙的兩端；即使小黃家蟻一直在向前伸展躍進，可是都沒有辦法通過間隙，真的讓我們失望。

6、下面是小黃家蟻通過 0.4cm 間隙的精彩畫面及描述：



- (1) 在木片右邊的小黃家蟻利用後腳鉤住右邊的小木片；另一隻在木片左邊的小黃家蟻也利用後腳鉤在左邊的木片，而兩邊的小黃家蟻的前腳鉤在一起，讓其他小黃家蟻通過。也會有其他的小黃家蟻，疊在二隻小黃家蟻的上面，利用前腳和後腳鉤在二邊的小黃家蟻身上，使肉體橋梁更堅固。
- (2) 有些小黃家蟻會在木塊下方支撐正在當橋的小黃家蟻；有些小的小黃家蟻過不去，大的小黃家蟻會用大顎咬住小黃家蟻的腹部往前推，幫忙小黃家蟻過橋。
- (3) 很多小黃家蟻重疊在一起，有可能是要搭橋，在重疊的上面會有好多隻小黃家蟻通過；也有一些小黃家蟻用觸角鉤在另一隻小黃家蟻的腹部，一起走在小黃家蟻的肉體橋面，最後大家都走過去了。



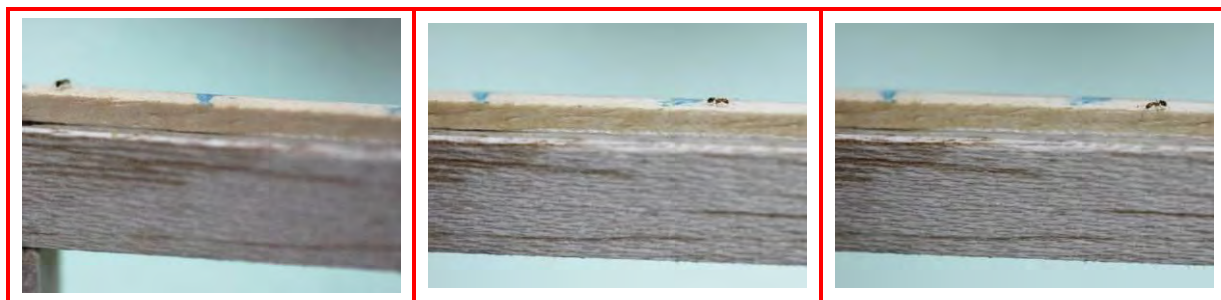
- (4) 橋的兩端都來了約 4~5 隻小黃家蟻，右邊的一隻小黃家蟻的後腳鉤住木片的前端，再利用觸角鉤住左邊一隻小黃家蟻的觸角，二隻小黃家蟻的身體就連接在一起，互相拉住，讓其他小黃家蟻過去另一邊。
- (5) 小黃家蟻從左邊木片的右方，架在前面的小黃家蟻的身上，腳抓著其他小黃家蟻通過橋。

五、【研究五】：橋上間隙對岸的食物對小黃家蟻築橋的誘惑

- (一) 目的：想知道小黃家蟻對食物的愛好，會不會影響通過橋上間隙的誘惑力。
- (二) 材料：實驗支架（水平支架）裝置、食物（餅乾屑、糖、小蛆的屍體）
- (三) 裝置：（參考研究四情境 1）
- (四) 實作方法：
- 1、把水平實驗架裝置好（二片木片間是緊密的，沒有間隙），在間隙右方分別放置食物（餅乾屑、糖、小蛆的屍體）。
 - 2、利用廣告顏料（藍色）做為標定的顏色，塗在紙片上；當小黃家蟻走過時，腳上就會沾上藍色，馬上拿開色紙片。
 - 3、觀察小黃家蟻在間隙 0cm 時，經過間隙後，對食物的愛好情形。
- (五) 結果：

1、（結果 1）：二片木片的間隙 0cm，食物分別為餅乾屑、糖、小蛆屍體。

（1）標定的小黃家蟻走過間隙 0cm，沒有食物時。



（2）標定的小黃家蟻走過間隙 0cm，食物為餅乾屑、糖時。



（3）標定的小黃家蟻走過間隙 0cm，食物為小蛆屍體時。



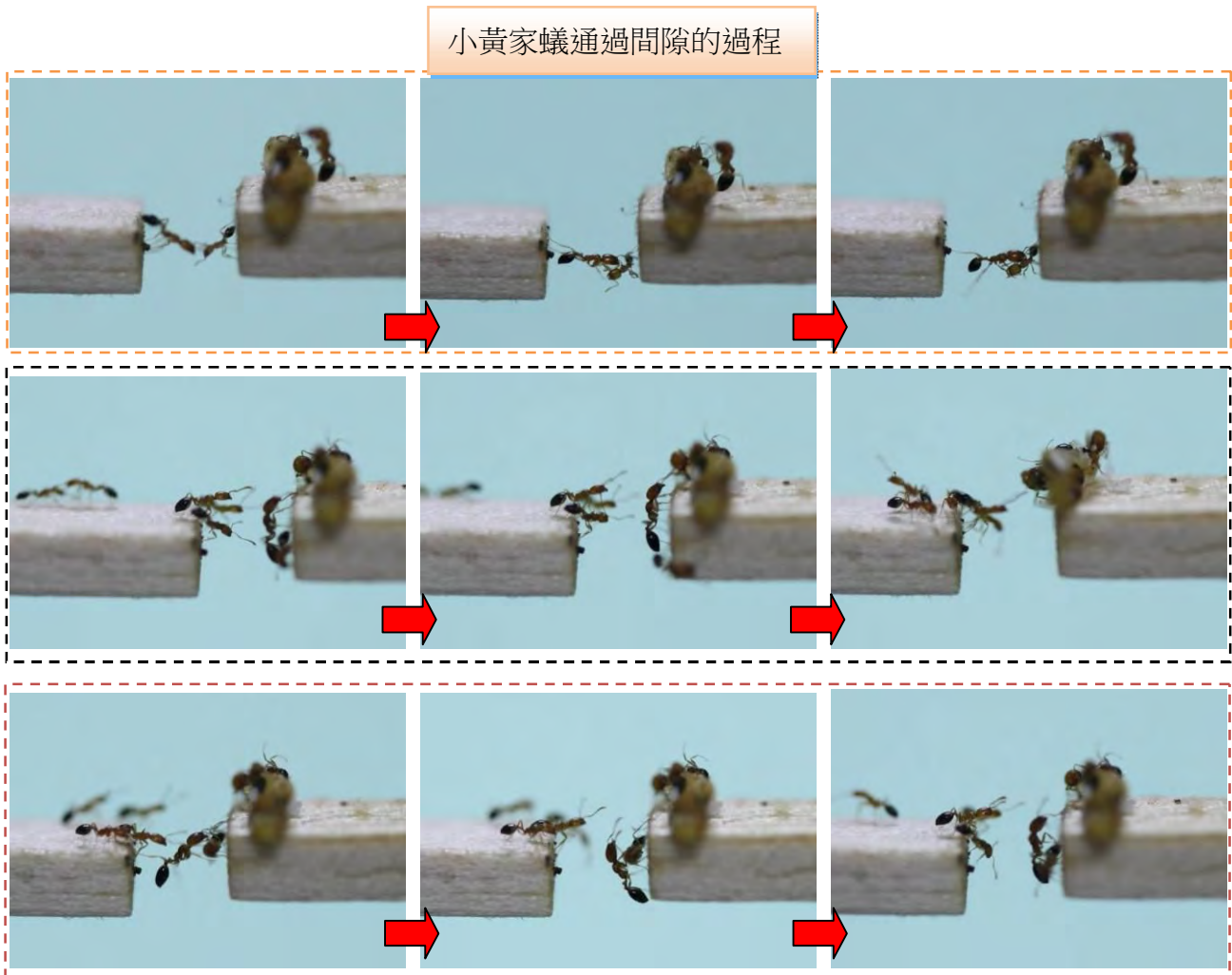
（六）討論：

- 1、被標定的小黃家蟻走過橋上木片相接的地方後，一直在橋面的另一邊來回的走，對木片上方放置的食物：餅乾屑、糖都不會去碰觸，也沿著橋的底座走下去就不見了。可是經過 4~5 分鐘後，標定的小黃家蟻有回到橋面上，經過相接的地方，也不會去碰觸餅乾屑和糖，就走到原來的塑膠盒裡。接著又有好多隻（5~7 隻）的小黃家蟻走在橋面上，來回的走著，不會停留在木片上。
- 2、在橋上木片相接的另一端放置小蛆屍體。很快的（約 3 分鐘）有一隻被標定的小黃家蟻走過相接的地方，就被小蛆屍體擋下來，停在小蛆屍體的上，用大顎咬住屍體，沒有走動。接著有 5~7 隻的小黃家蟻也走過來，也都停在蛆的屍體旁邊，沒有離開。

（七）再實作：利用標定的小黃家蟻來試試看，當木片的間隙在 0.3~0.4cm 時，小黃家蟻會不會因為小蛆屍體的引誘，使小黃家蟻遇到間隙時，會更活躍的通過間隙。

(八) 結果：

1、 (結果 1)：二木片的間隙 0.3~0.4cm 時，食物為小蛆屍體的誘惑力。



(九) 討論：

- 1、 當橋上木片兩端的間隙在 0.3cm 時，第一隻標定的小黃家蟻走到木片的左端時，會停下來，用觸角的晃動去碰觸四周的物體，可是碰不到。牠會慢慢的把身體頭部向前伸，觸角、前腳同時往前方擺動。在這個時候，後方又來了一隻小黃家蟻，把前面的標定小黃家蟻往前推，結果牠的觸角、前腳就鉤住對面的木片，標定的小黃家蟻就上岸了，後方的小黃家蟻也跟著上岸。這二隻小黃家蟻上岸後就用觸角接觸小蛆屍體，也用大顎咬住，不會走動，一直在小蛆屍體上。
- 2、 在前面二隻小黃家蟻爬在小蛆屍體後，後面又來了 3~5 隻小黃家蟻走過間隙圍著小蛆屍體，所有的小黃家蟻都只顧著小蛆屍體，不會走動。這時候我們把橋上木片的間隙變大 (約 0.4cm)，後面又來了一隻標定的小黃家蟻，也跟著 3~5 隻小黃家蟻，

可是走到間隙的一端時，每一隻小黃家蟻都一直把身體向前伸展，觸角、前腳不停的顫動，大約過了 4~5 分鐘，都沒有小黃家蟻走過間隙。我們一直注意著對岸的小黃家蟻會不會來幫助，就是被標定的小黃家蟻也不理會，結果後來的小黃家蟻就暫時不能通過間隙到對岸。

- 3、我們接著把對岸的小黃家蟻用刷子趕回左岸，在重新把橋上的木片架好，間隙是 0.4cm，也在右岸前端放置同一隻小蛆屍體；結果很快的（不到一分鐘）就有原來的 2 隻標定小黃家蟻及 5~7 隻的小黃家蟻走到間隙的左岸邊，因為間隙太大（0.4cm），所以小黃家蟻不能一下子就走過去，都用中腳、後腳及腹部鉤住左岸的木片，身體向前擺動，振動得很快；可是沒有很快的爬到對岸，這些小黃家蟻都沒有退縮，一直在向前推，最後有 2~3 隻爬到對岸了。可是當這些爬到對岸的小黃家蟻，並不會回頭幫助別的小黃家蟻走過間隙，實在可惜。

陸、結論

- 一、小黃家蟻的個子雖小，但是動作靈巧。在實體顯微鏡下觀察小黃家蟻的身體構造，有頭、胸和腹部，頭部的前方有一對大顎，上方有一對觸角和一對複眼；胸部有三對腳：前腳、中腳和後腳，每一隻腳上都有節，外圍有剛毛，在腳的前端有鉤子，可以幫助小黃家蟻的身體固定在物體上。
- 二、從小黃家蟻在水平的木片上行走，發現當小黃家蟻通過橋上的間隙時，會先利用頭部前端的觸角去晃動碰觸前方的物體，再利用前腳前端的鉤子去鉤住物體並用腳上的剛毛去貼緊身體，使它不會滑落下去。
- 三、當小黃家蟻前腳鉤住物體時，中腳及後腳會用腳的鉤子去鉤住物體，向後用力使身體前進。這些運動，表示了小黃家蟻的身體運動和牠全身的構造是相互為用的。
- 四、從小黃家蟻走在木片橋上的間隙時，可以發現小黃家蟻行走時是非常小心的，利用身體的構造去適應路上的環境，而且會利用巧妙的方法，合作的方式，以身體來銜接空隙的兩端，溝通間隙之間的道路，最後使全部的小黃家蟻都能通過有間隙的橋梁。

柒、感想

- 我們在觀察小黃家蟻通過間隙時，覺得小黃家蟻的動作和反應真的很有趣；因為在研究和實驗的過程中，我們觀察到許多以前沒發現螞蟻通過間隙的行為和舉動的細節。大家都覺得螞蟻會合作，但在一次又一次的實驗中，我卻有了不同的想法，因為有一些螞蟻通過間隙到對面的木條上後，並不會理會其他想要通過間隙，卻無法通過的螞蟻。所以我覺得螞蟻合作是為了把食物搬回巢中，因為先到食物旁邊的螞蟻，會守在食物旁等待同伴一起搬運，並不會幫助同伴通過間隙。

做完了這些實驗和研究後，令我們非常感動，因為小黃家蟻在通過很大的空隙時，會不顧一切通過木片之間間隙，不怕危險和困難，一次又一次的試著通過空隙，真不簡單。

- 我一開始是因為好奇才研究螞蟻，然而經過一次次的實驗，我發現小黃家蟻不可思議的地方。小黃家蟻每隻腳末端有兩個鉤子，可以讓小黃家蟻在通過間隙時鉤住對面的木條，而且牠們會互助合作，充分利用身上的特殊構造，這讓我十分驚訝。

捌、參考資料

徐月珠譯（洪在徹）（2008）· *昆蟲世界歷險記（1）*· 台北市：三采。

莊展鵬（2005）· *昆蟲知己李淳陽*· 台北市：遠流。

張永仁（1998）· *昆蟲圖鑑*· 台北市：遠流。

張玲玲譯（奧本大三郎）（2003）· *昆蟲記 7 螞蟻雄兵的路標*· 台北市：東方。

廖智安（1999）· *台灣昆蟲記*· 台北市：大樹。

蔡承志譯（Bert Holldobler & Edward O. Wilson）（2002）· *螞蟻·螞蟻*· 台北市：遠流。

詹家龍、楊平世、徐堉峰（1997）· 小灰蝶與螞蟻的共生· *科學月刊*，332，624~630。

【評語】 080318

口語表達豐富，充分利用自製影片檔進行口頭說明，看得出對小黃家蟻的研究熱忱。利用相當多的實驗條件，來探討利用身體構造和合作機制走過自製的間隙，主軸明確。

作品海報

壹：研究動機

在一次整理菜園的活動，發現許多小黃家蟻忙著搬運餅乾碎屑，有的是一隻小黃家蟻咬著一小口的顆粒；有的是2~5隻小黃家蟻共同抬著大塊的餅乾屑；但是大家都排著隊，有順序的往巢穴走；有的是向前走，有的是拉著倒退走，真得很有趣。在無意中看見小黃家蟻的路上有一小段的空隙，很多小黃家蟻聚集在一起，有的小黃家蟻不敢過去，走回頭路；有些小黃家蟻很勇敢，一次一次的堆在一起，下面是我們在設計下觀察小黃家蟻會怎樣通過空隙。

貳：研究目的

- 一、觀察小黃家蟻的身體構造來探索和運動築橋功能的相關性。
- 二、從觀察小黃家蟻的成群排隊覓食、搬運食物及回到巢中來探究小黃家蟻生活中的社會化行為。
- 三、觀察小黃家蟻在路上遇到空隙，怎樣築橋才安全的走回家。

肆：研究過程與方法

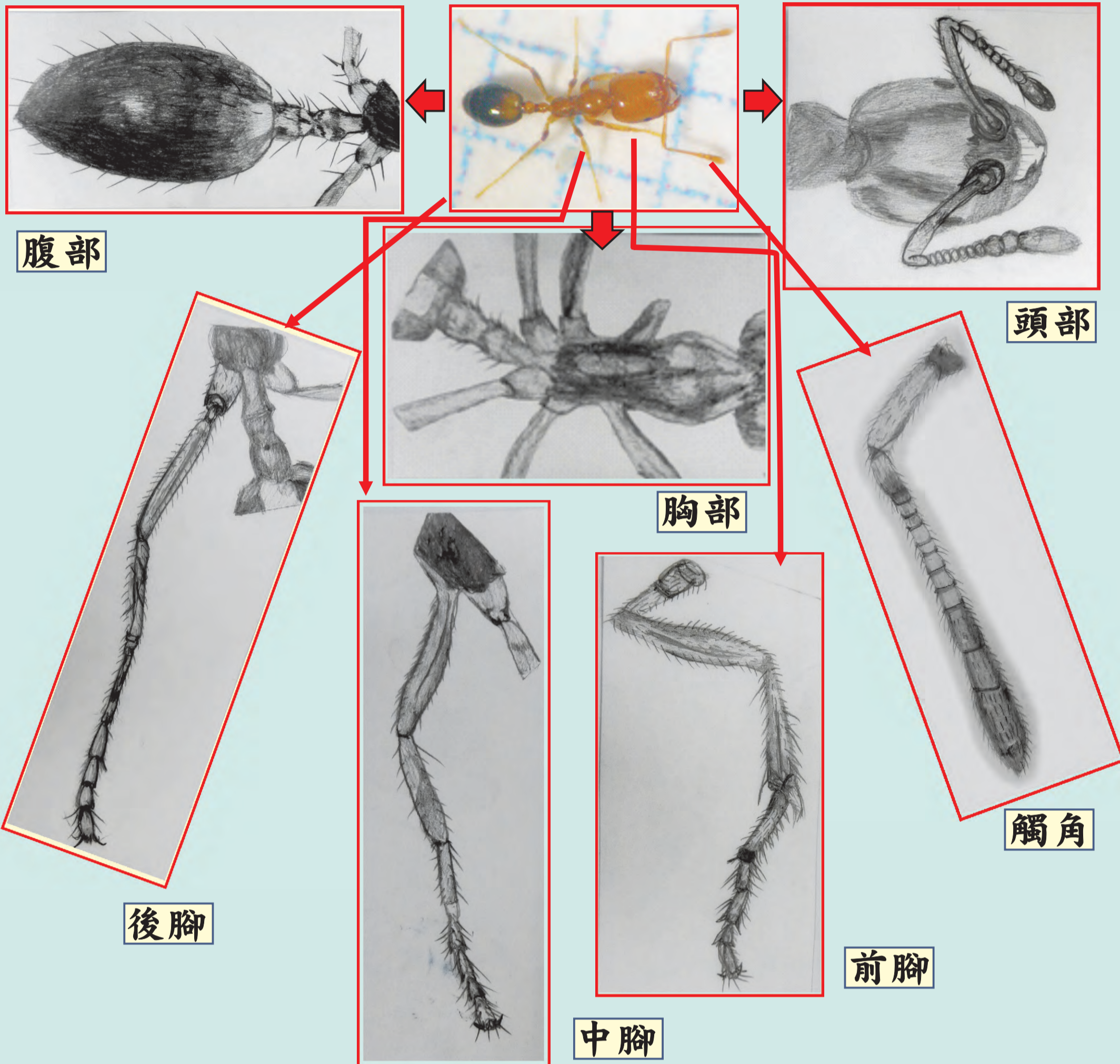
【研究一】：觀察小黃家蟻的身體構造

(一) 目的：從實體顯微鏡下觀察校園裡的小黃家蟻的身體構造，及各部位的長度，以瞭解小黃家蟻怎樣利用身體的構造來運動。

(二) 觀察及測量結果：

●觀察及測量小黃家蟻的身體構造

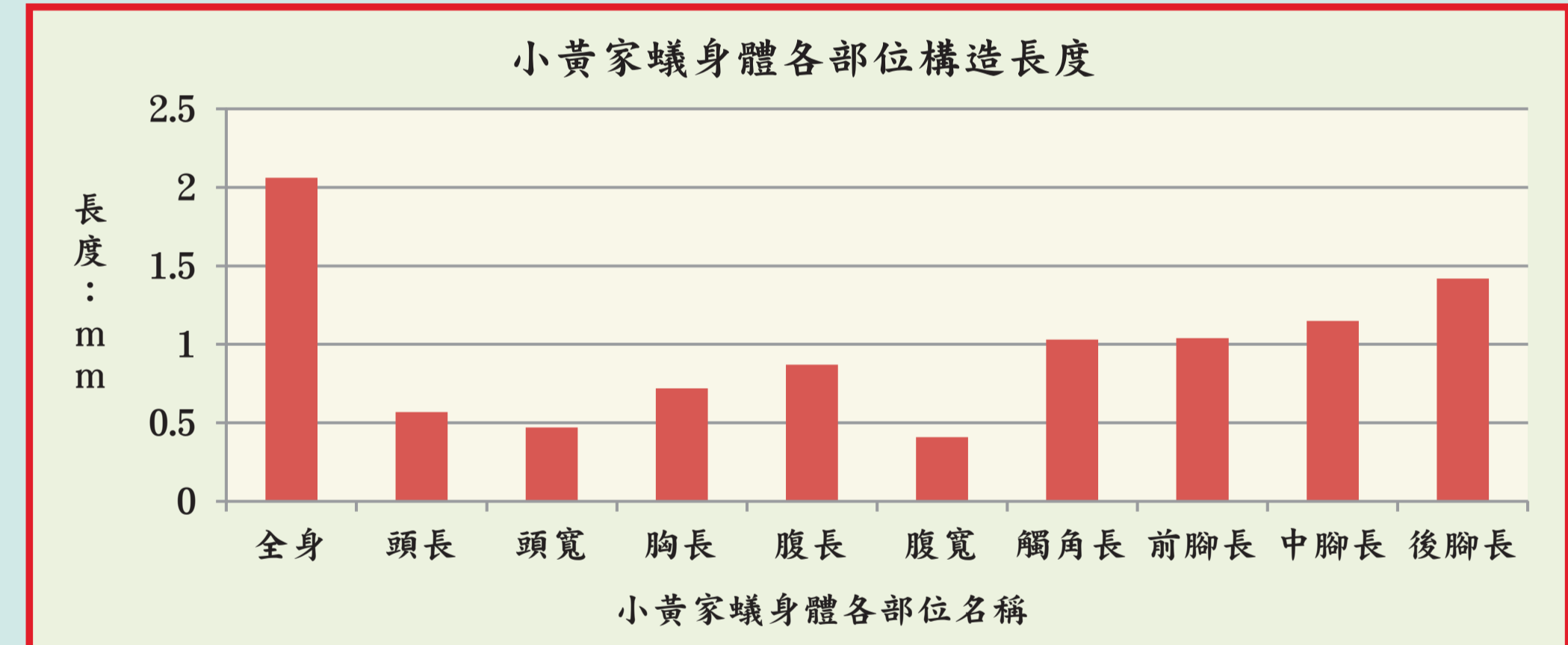
單位：mm



單位：mm

項目	全身長	頭長	頭寬	胸長	腹長	腹寬	觸角長	前腳長	中腳長	後腳長
平均	2.06	0.57	0.47	0.72	0.87	0.41	1.03	1.04	1.15	1.42

(三) 結果比較：



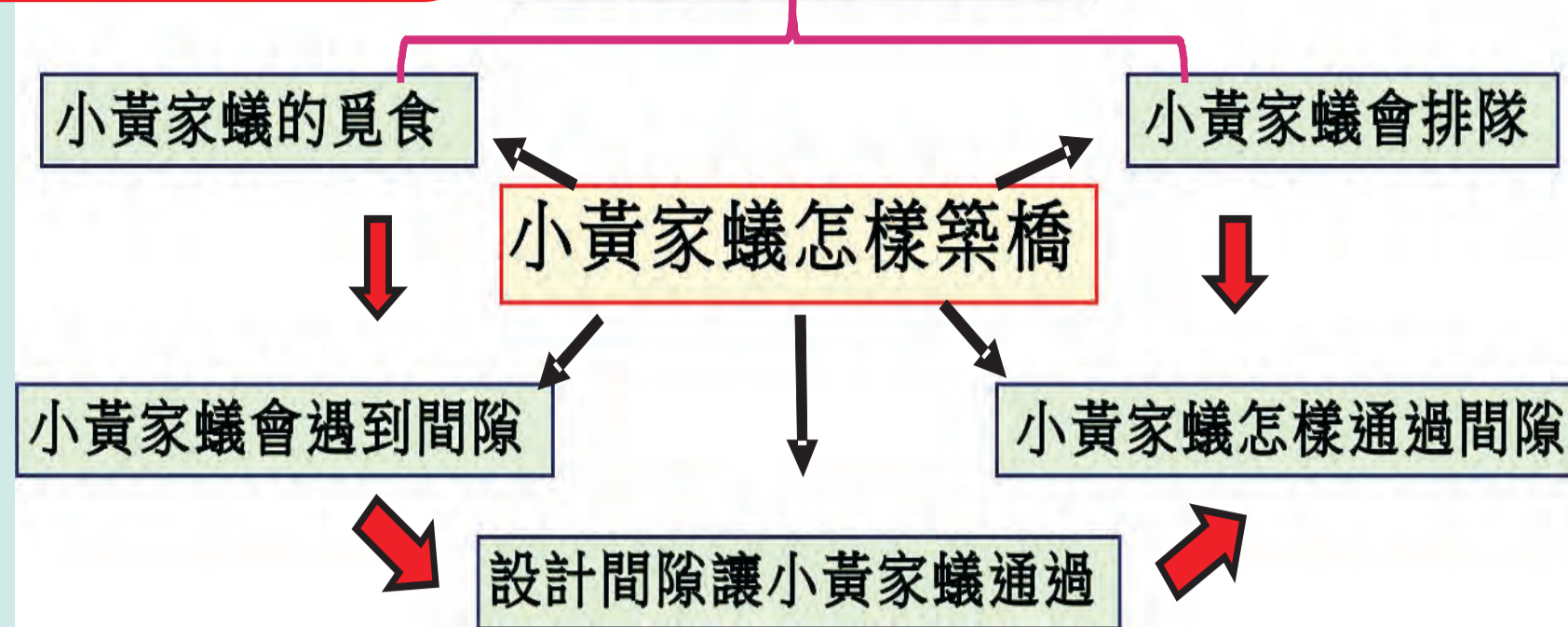
(四) 發現與討論：

從觀察小黃家蟻的身體構造，發現有下面特殊功能的特徵。

- 1、小黃家蟻的身體分頭部、胸部和腹部。頭部的前端是口器，有一對大顎，用來咬住物品或打鬥；緊鄰大顎的上方有一對長節的觸角，在實體顯微鏡下可以看到一節一節的，共有12節；最前端的節比較長且粗，形狀像棉花棒，長滿細毛；接著二節較短，下方的七節短粗的，而且長出細細的剛毛，再接上一個長節，所以轉動時很靈活擺動，在基部是長長的一大節，接在大顎的上端，也密生剛毛，小黃家蟻就以前端的環節及密生的剛毛接觸周圍的物品得以覓食。
- 2、小黃家蟻在運動時，先以前端的觸角向四面八方旋轉晃動，在探索著環境的變化，而後才決定是否向前運動。
- 3、小黃家蟻的胸部分為二大部，第一部分是圓球形，前端以半圓柱狀和頭部相接，是前腳的基部著生的地方；接著是圓柱型，是中腳和後腳基部著生的地方。長出的六隻腳。前腳是一節一節的，前二節是粗粗的而且很長，接著是像關節似的、短短的支架，外表表面都是剛毛，在最前端是二個堅硬而尖銳的鉤，可以鉤住任何物體使身體不易脫落，而有利於在覓食的時候，可以穿插在微小的食物上，再和觸角的相互作用，把食物又快又穩定的取回來。
- 4、小黃家蟻的中腳也在最後一節的前端，也有二個鉤，特別大而彎曲；後腳末端的一節長滿了剛毛，前端是三個比較平直尖銳的凸出物，可以和中腳合作，用來抵住物體，使在拉動食物時，固定不移。
- 5、小黃家蟻的六隻腳都長在胸部，如果仔細的觀察（在實體顯微鏡下）可以明顯的看到整個胸部都是一體的，而且六隻腳的基部是緊密的靠在一起，非常堅固；加上六隻腳的第一節又粗又大，所以是不容易受傷的。
- 6、胸部的後端和腹部相接的地方，是二個圓形塊狀的前、後腹柄節，相接處細小，可以任意彎曲使腹部靈活運動。接著是腹部，在外表長出剛毛，亮晶晶的有光澤，可以向四方轉動，很靈敏；因為有剛毛，所以可以幫助小黃家蟻運動時攀住在物體上。

參：研究架構

小黃家蟻身體構造



【研究二】：觀察小黃家蟻怎樣搬運食物

(一) 目的：想從小黃家蟻在搬運食物時，怎樣運用身體各部位構造來相互配合搬運食物；並從搬運食物的過程中，發現社會化的行為。

(二) 方法與結果：



(三) 討論：

- 1、小黃家蟻一發現食物不會立刻搬運，隊伍開始出現很凌亂的樣子，有的會在食物上爬一爬，靠近食物，不會搬，然後就走掉，一會兒來了更多的小黃家蟻，這時就會看見小黃家蟻合力的搬運食物。遇到大塊餅乾，就會把食物咬碎，然後才慢慢的帶回巢穴。
- 2、小黃家蟻的覓食行動：
 - (1) 小黃家蟻發現餅乾屑的速度較慢，當牠發現時，會先用觸角邊走邊碰觸四周的物品，當觸角碰到餅乾屑時，會停下來，用大顎去接觸咬碎餅乾屑，然後慢慢的移動。
 - (2) 小黃家蟻在行走時，路徑是一條線，有時會分叉，不過最後還是會回到原本的路徑。
 - (3) 小黃家蟻爬滿整塊餅乾塊，大家一直在咬著，使大塊餅乾變成碎屑；然後各自排隊搬回巢內。在搬運時，會看見5~10隻合力搬運較大的碎屑，也看見一大群搬走大塊餅乾。

【研究三】：小黃家蟻在行走的路上遇到障礙物怎樣通過

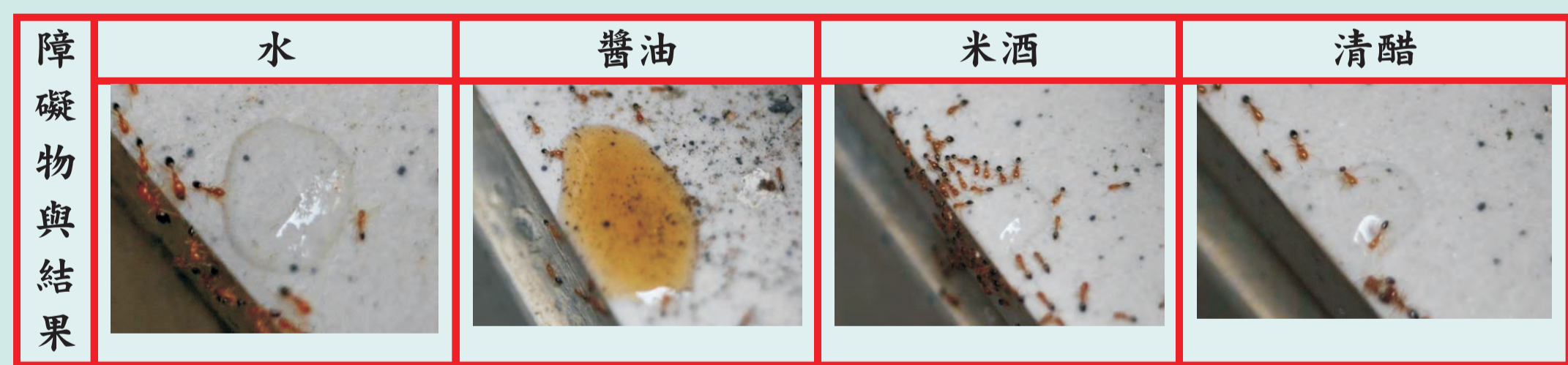
(一) 目的：想知道小黃家蟻在行走時，常會遇到障礙物，我們利用物品當障礙物，仔細觀察小黃家蟻是怎樣通過這些障礙物。

(二) 結果：

結果1：小黃家蟻遇到固體的障礙物時：



結果2：小黃家蟻遇到液體的障礙物時：



(三) 討論：

- 1、在小黃家蟻排隊的路上，放置準備的小物品，有小木片、小螺帽、橡皮擦和小餅乾。小黃家蟻遇到了木片、螺帽都會停頓下來，不知道往哪裡走，所以會越堵越多隻小黃家蟻；後來有的小黃家蟻會繞木片和螺帽的邊緣，走到對面的路線後，繼續前進。
- 2、小黃家蟻遇到橡皮擦時，會先停頓下來，有的小黃家蟻會從橡皮擦下面的空隙走過去；最後大部分的小黃家蟻都跟著從細縫走到原來的路上。
- 3、小黃家蟻在行走的路線上，遇到餅乾塊時，先用觸角去碰觸，然後停下來用大顎吃餅乾；接著又來了更多隻小黃家蟻都圍在餅乾上，暫時阻斷排隊的路上。可是過了3~5分鐘，這條通往巢穴的路又通了。
- 4、小黃家蟻在排隊的路上遇到水滴、醬油和清醋後，就會暫停下來，先用觸角碰觸；再從液體的旁邊繞過去，走到原來回巢的路線。可是在排隊路上，遇到米酒時，前面的小黃家蟻會停下來用觸角去接觸，不會離開；後來的小黃家蟻也跟著在米酒的周圍停下來，聚集了更多的小黃家蟻，使回巢的小黃家蟻變少了。還好經過10分鐘後，小黃家蟻漸漸的離開米酒，使排隊回巢的路線又暢通了。

【研究四】：小黃家蟻在行走路上遇到間隙，怎樣築橋通過。

- (一) 研究這個問題的原因：在小黃家蟻行走的路上常常會遇到障礙物，牠們會繞來繞去，再爬過去或另外找別的路。可是當牠們遇到間隙時，會怎麼通過呢？這個問題引起我們觀察研究的興趣。
- (二) 想從小黃家蟻在搬運食物的路上遇到間隙，會用什麼方法走過去。
- (三) 設計路上的間隙：
 1. 利用木片設計橋梁間隙（水平、傾斜、不同夾角）
 2. 間隙的大小（0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5cm）



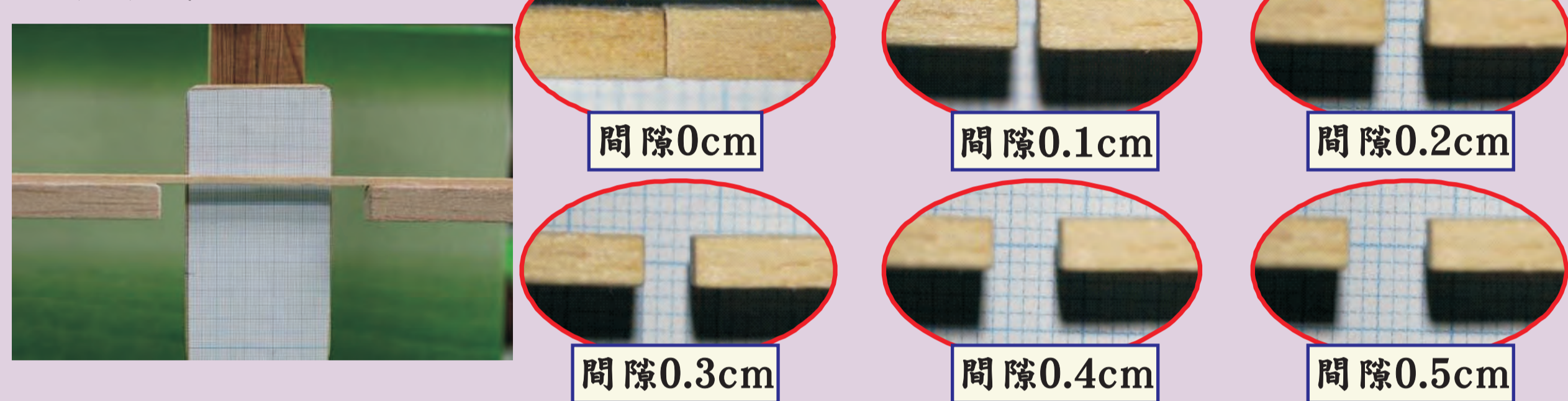
- (四) 研究的基本想法：
 1. 我們在（研究一）利用實體顯微鏡觀察小黃家蟻的身體構造，仔細的描繪並且請老師拍照、放大。
 2. 我們測量小黃家蟻各部位的長度及特殊構造，知道小黃家蟻的身長(包括頭、胸、腹部的長度)及身上的剛毛；也特別觀察小黃家蟻的觸角構造及長度；前腳、中腳和後腳的特殊構造。也就是腳上長滿了剛毛，前端都有尖銳的鈎，腳上都有很多節，可以自由伸縮和彎曲。
 3. 我們在觀察研究中，都以小黃家蟻的身體構造為基礎來和牠的運動相連接，觀察小黃家蟻怎樣走過橋梁間的空隙。

（五）小黃家蟻怎樣築橋及通過木片間隙過程

情境1：小黃家蟻怎樣通過水平橋梁的間隙

- (1) 目的：想知道小黃家蟻在水平的木片上，怎樣築橋通過不同長度的間隙。

(2) 裝置：



(3) 實作、觀察的方法：（參考說明書情境1）

(4) 結果：小黃家蟻走過間隙的過程

（結果甲）：間隙0cm的橋上

（結果乙）：間隙0.1cm的橋上



（結果丙）：間隙0.2cm的橋上

（結果丁）：間隙0.3cm的橋上



（結果戊）：間隙0.4cm的橋上

（結果己）：間隙0.5cm的橋上



情境2：小黃家蟻怎樣通過傾斜的橋梁間隙

- (1) 目的：想知道小黃家蟻在傾斜的木片橋梁上，怎樣築橋通過不同傾斜的間隙。

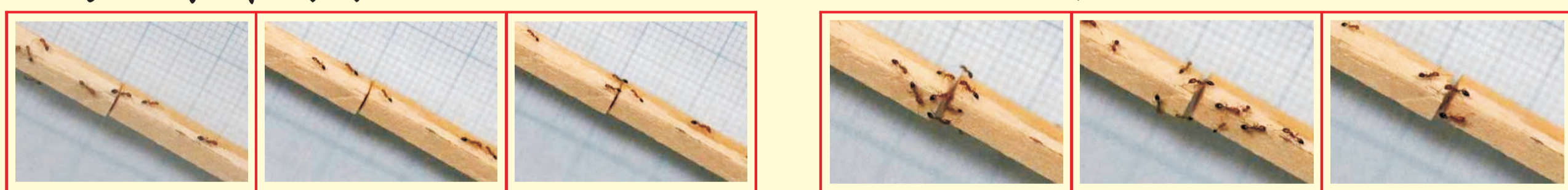
(2) 實作、觀察的方法：（參考說明書情境1）

(3) 結果：

（結果甲）：小黃家蟻走在傾斜角度30度。

ㄎ、木片間隙0cm

ㄎ、木片間隙0.1cm



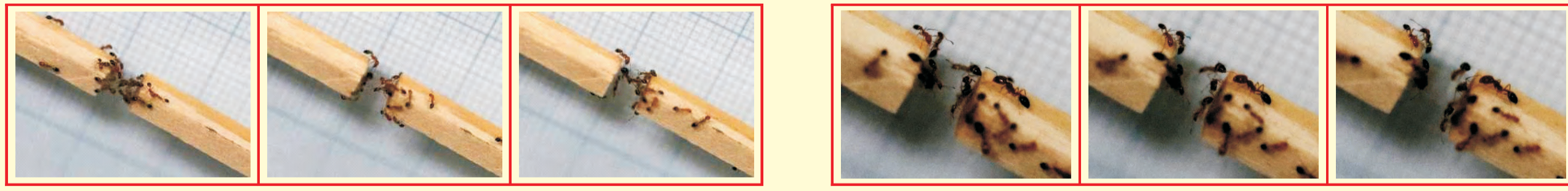
ㄏ、木片間隙0.2cm

ㄏ、木片間隙0.3cm



ㄏ、木片間隙0.4cm

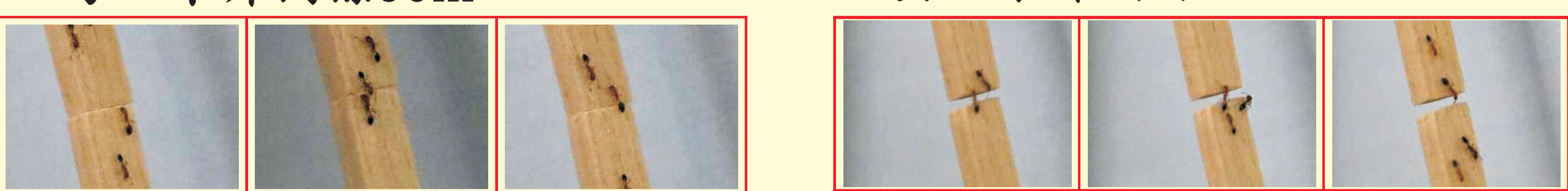
ㄏ、木片間隙0.5cm



（結果乙）：小黃家蟻走在傾斜角度60度。

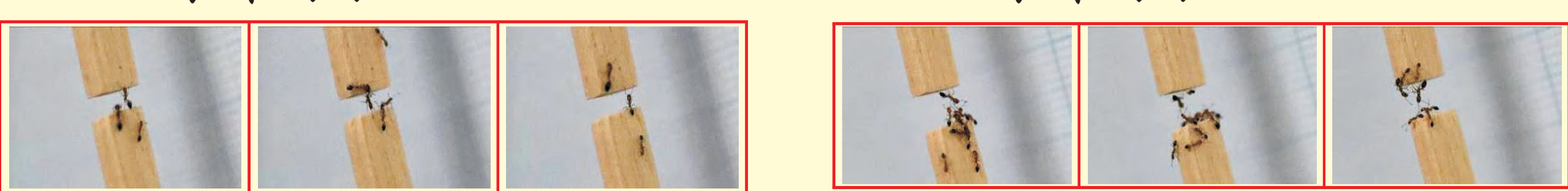
ㄎ、木片間隙0cm

ㄎ、木片間隙0.1cm



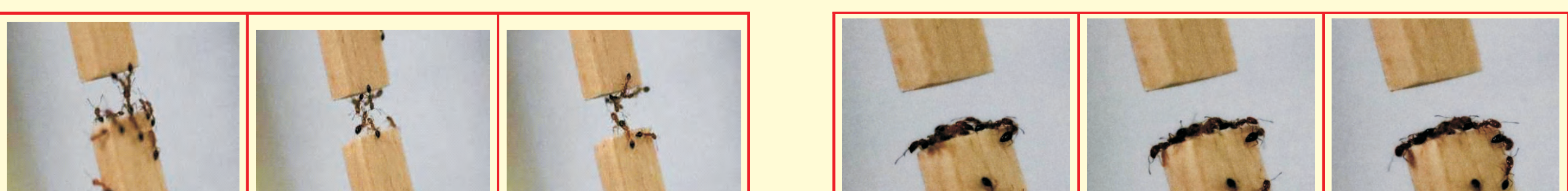
ㄏ、木片間隙0.2cm

ㄏ、木片間隙0.3cm



ㄏ、木片間隙0.4cm

ㄏ、木片間隙0.5cm



（結果丙）：小黃家蟻走在傾斜角度90度。

ㄎ、木片間隙0cm

ㄎ、木片間隙0.1cm



ㄏ、木片間隙0.2cm

ㄏ、木片間隙0.3cm



ㄏ、木片間隙0.4cm

ㄏ、木片間隙0.5cm



情境3：小黃家蟻怎樣通過不同夾角的間隙

- (1) 目的：想知道小黃家蟻在拱型的夾角橋梁上，怎樣通過木片間的空隙。

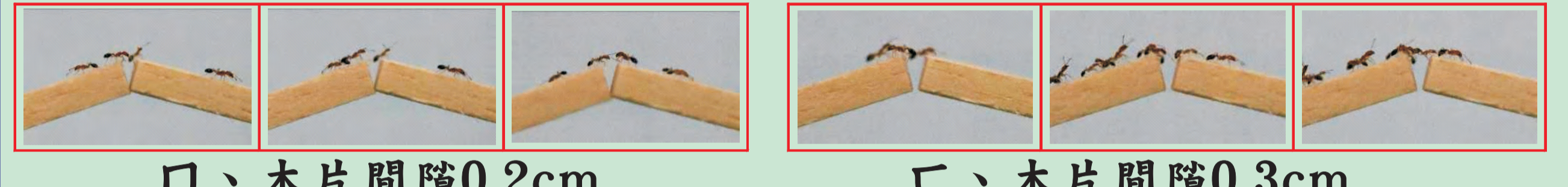
(2) 實作、觀察的方法：（參考說明書情境1）

(3) 結果：

（結果甲）：二片木片夾角150度

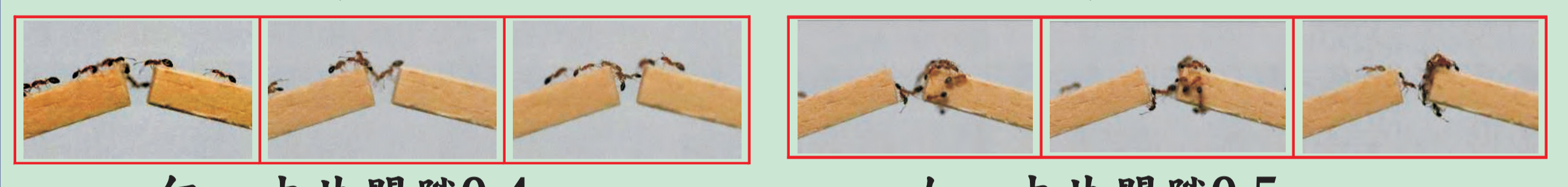
ㄎ、木片間隙0cm

ㄎ、木片間隙0.1cm



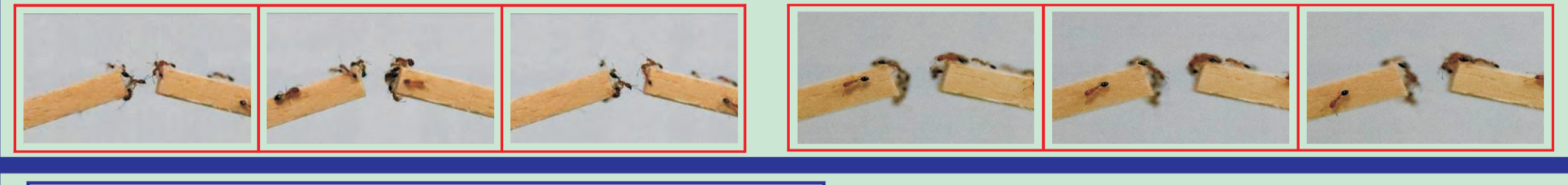
ㄏ、木片間隙0.2cm

ㄏ、木片間隙0.3cm



ㄏ、木片間隙0.4cm

ㄏ、木片間隙0.5cm



（結果乙）：二片木片夾角120度

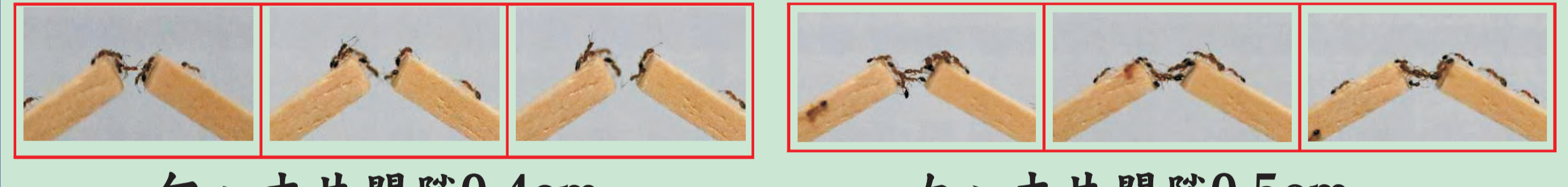
ㄎ、木片間隙0cm

ㄎ、木片間隙0.1cm



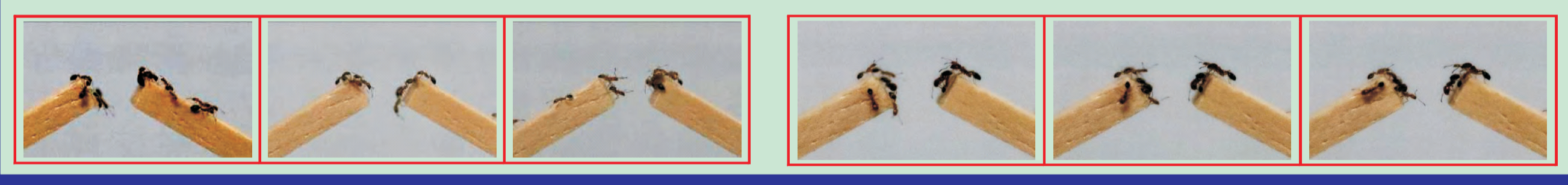
ㄏ、木片間隙0.2cm

ㄏ、木片間隙0.3cm



ㄏ、木片間隙0.4cm

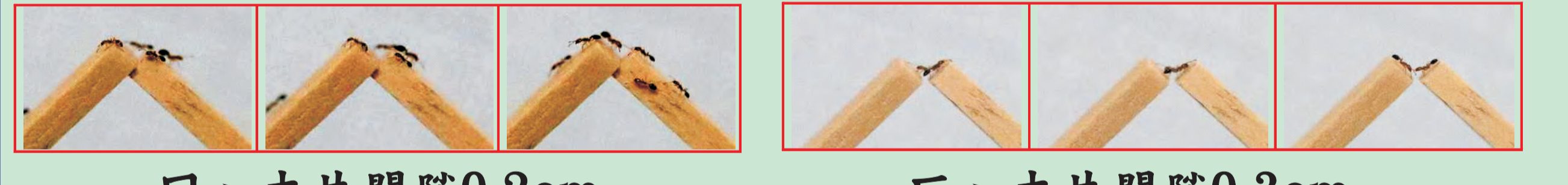
ㄏ、木片間隙0.5cm



（結果丙）：二片木片夾角90度

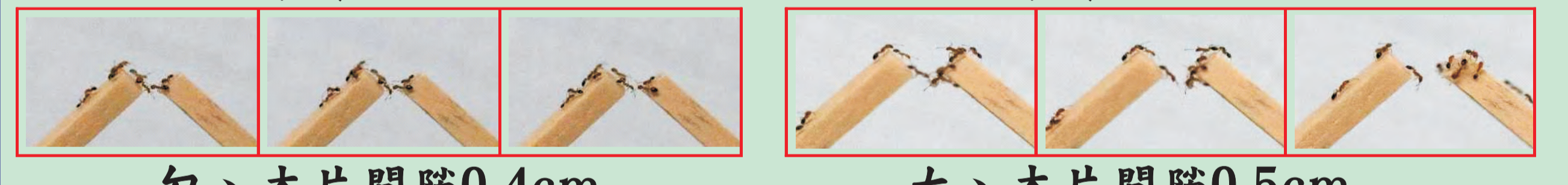
ㄎ、木片間隙0cm

ㄎ、木片間隙0.1cm



ㄏ、木片間隙0.2cm

ㄏ、木片間隙0.3cm



ㄏ、木片間隙0.4cm

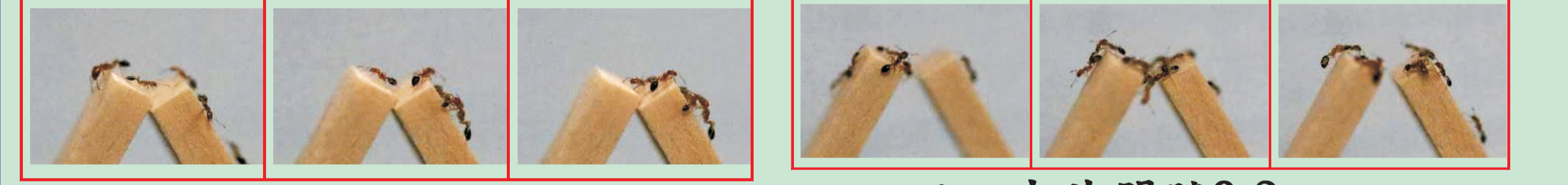
ㄏ、木片間隙0.5cm



（結果丁）：二片木片夾角60度

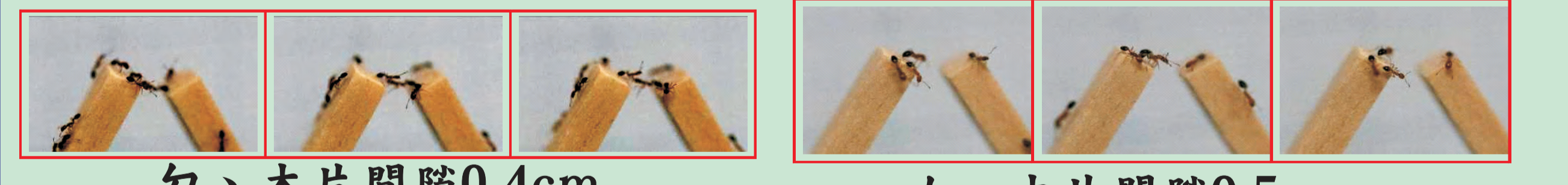
ㄎ、木片間隙0cm

ㄎ、木片間隙0.1cm



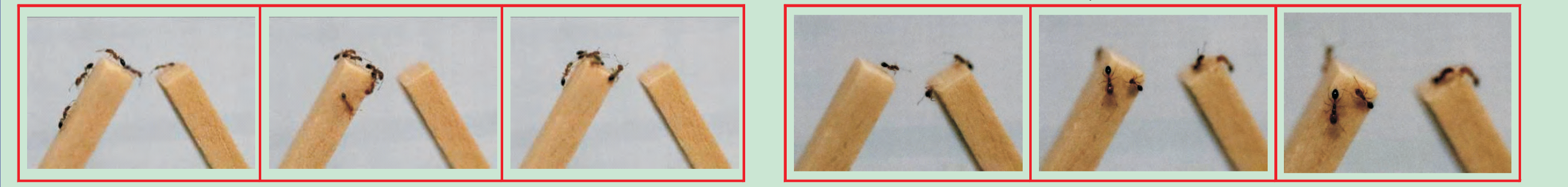
ㄏ、木片間隙0.2cm

ㄏ、木片間隙0.3cm



ㄏ、木片間隙0.4cm

ㄏ、木片間隙0.5cm



（結果戊）：二片木片夾角反向100度

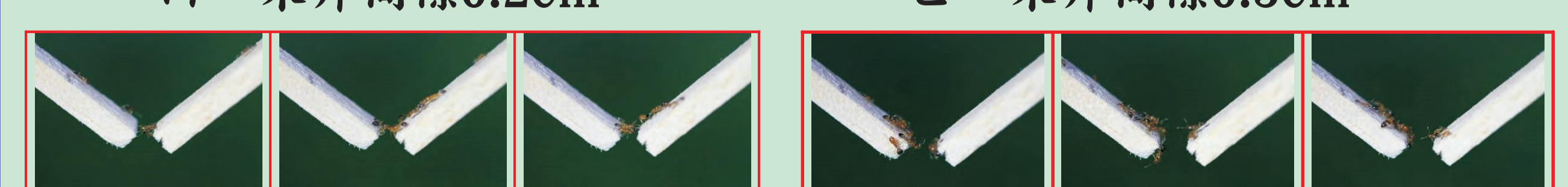
ㄎ、木片間隙0cm

ㄎ、木片間隙0.1cm



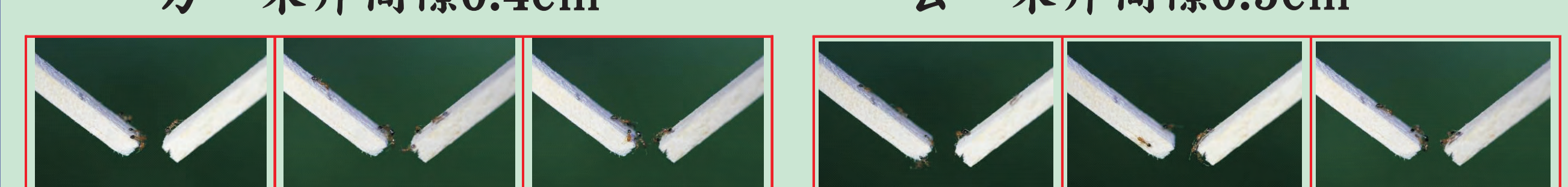
ㄏ、木片間隙0.2cm

ㄏ、木片間隙0.3cm



ㄏ、木片間隙0.4cm

ㄏ、木片間隙0.5cm



(六) 討論：

- 1、小黃家蟻在沒有間隙的小木片橋梁上行走，不論是水平或傾斜的橋上，都會有秩序的排隊行走。當遇到對方來的小黃家蟻時，會用觸角碰觸，交頭後，各自向前走。
- 2、小黃家蟻在水平、傾斜的木片橋上，當間隙0.1~0.2cm時，最前方的小黃家蟻走到間隙前，行走的速度會慢下來，並停頓一下，先用觸角的前端去碰觸間隙及對方的木片，接著用前腳尖端的鉤子去鉤住前方木片；然後身體一躍就走過間隙了。
- 3、小黃家蟻不論在水平或傾斜的橋梁上，當木片間隙在0.3~0.4cm時，前方的小黃家蟻會停頓下來，先用觸角去碰觸四周，後方的小黃家蟻也一樣的动作，可是這些小黃家蟻來回幾次後，大家都停留在間隙間和對方的小黃家蟻互動，各自伸出觸角碰觸，接著用前腳鉤住對方前腳，互相拉住，並各自用中腳和後腳把身體向前推動。也有雙方面拉住對方的前腳不放，後腳鉤住木片，使雙方的身體變成一座肉橋，讓其他小黃家蟻也跟著走過去。在垂直的橋上，木片的間隙在0.4cm時，雖然上下木片都擠滿了小黃家蟻，可是沒有小黃家蟻走過間隙，真的很可惜。
- 4、小黃家蟻走在拱型的橋上，當二木片的間隙在0.3cm時，雙方的小黃家蟻，走到木片交接的地方，會停頓下來，用觸角去碰觸四方，接著到木片的下端，先用後腳鉤住木片上端，有時後面的小黃家蟻會用前腳鉤住前面小黃家蟻的後腳，使牠的身體可以向前推進。當木片的間隙在0.4cm時，我們觀察了1小時，雖然很多小黃家蟻一直在嘗試，可是都沒有成功，真可惜。
- 5、當兩木片間距為0.5cm時，小黃家蟻會聚集在間隙的兩端；即使小黃家蟻一直在向前伸展躍進，可是都沒有辦法通過間隙，真的讓我們失望。

6.下面是小黃家蟻通過0.4cm間隙的精彩畫面及描述：



- (1) 在木片右邊的小黃家蟻利用後腳鉤住右邊的小木片；另一隻在木片左邊的小黃家蟻也利用後腳鉤在左邊的木片，而兩邊的小黃家蟻的前腳鉤在一起，讓其他小黃家蟻通過。也會有其他的小黃家蟻，疊在二隻小黃家蟻的上面，利用前腳和後腳鉤在二邊的小黃家蟻身上，使肉體橋梁更堅固。
- (2) 有些小黃家蟻會在木塊下方支撐正在當橋的小黃家蟻；有些小的黃家蟻過不去，大的小黃家蟻會用大顎咬住小黃家蟻的腹部往前推，幫忙小黃家蟻過橋。很多小黃家蟻重疊在一起，有可能是要搭橋，在重疊的上面會有好多隻小黃家蟻通過；也有一些小黃家蟻用觸角鉤在另一隻小黃家蟻的腹部，一起走在小黃家蟻的肉體橋面，最後大家都走過去了。
- (3) 橋的兩端都來了約4~5隻小黃家蟻，右邊的一隻小黃家蟻的後腳鉤住木片的前端，再利用觸角鉤住左邊一隻小黃家蟻的觸角，二隻小黃家蟻的身體就連接在一起，互相拉住，讓其他小黃家蟻過去另一邊。
- (4) 小黃家蟻從左邊木片的右方，架在前面小黃家蟻的身上，腳抓著其他小黃家蟻通過橋。

【研究五】：橋上間隙對岸的食物對小黃家蟻築橋的誘惑

(一) 目的：想知道小黃家蟻對食物的愛好，會不會影響通過橋上間隙的誘惑力。

(二) 實作方法：

- 1、把水平實驗架裝置好（二片木片間是緊密的，沒有間隙），在間隙右方分別放置食物（餅乾屑、糖、小姐屍體）。
- 2、利用廣告顏料（藍色）做為標定的顏色，塗在紙片上；當小黃家蟻走過時，腳上就會沾上藍色，馬上拿開色紙片。
- 3、觀察小黃家蟻在間隙0cm時，經過間隙後，對食物的愛好情形。

(三) 結果：二片木片的間隙0cm，食物分別為餅乾屑、糖、小姐屍體。

沒有食物



食物為餅乾屑、糖



食物為小姐屍體



(四) 討論：

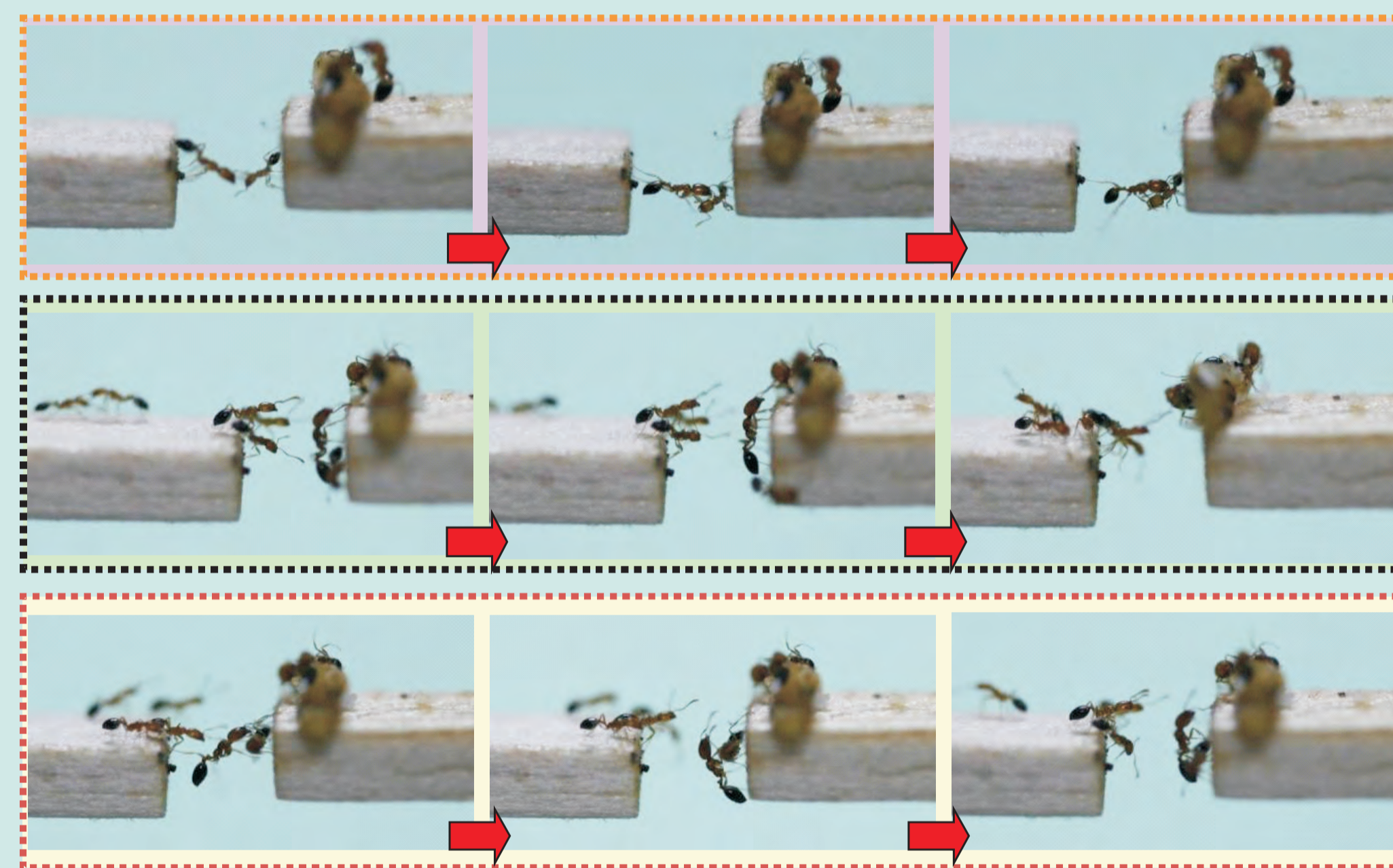
- 1、被標定的小黃家蟻走過橋上木片相接的地方後，一直在橋面的另一邊來回的走，對木片上方放置的食物：餅乾屑、糖都不會去碰觸，也沿著橋的底座走下去就不見了。可是經過4~5分鐘後，標定的小黃家蟻又回到橋面上，經過相接的地方，也不會去碰觸餅乾屑和糖，就走到原來的塑膠盒裡。接著又有好多隻（5~7隻）的小黃家蟻走在橋面上，來回的走著，不會停留在木片上。
- 2、在橋上木片相接的另一端放置小姐屍體。很快的（約3分鐘）有一隻被標定的小黃家蟻走過相接的地方，就被小姐屍體擋下來，停在小姐屍體的上面，用大顎咬住屍體，沒有走動。接著有5~7隻的小黃家蟻也走過來，也都停在蛆的屍體旁邊，沒有離開。

(五) 再實作：利用標定的小黃家蟻來試試看，當木片的間隙在0.3~0.4cm時，小黃家蟻會不會因為小姐屍體的引誘，使小黃家蟻遇到間隙時，會更活躍的通過間隙。

(六) 結果：

二木片的間隙0.3~0.4cm時，食物為小姐屍體的誘惑力。

小黃家蟻通過間隙的過程



(七) 討論：

- 1、當橋上木片兩端的間隙在0.3cm時，第一隻標定的小黃家蟻走到木片的左端時，會停下來，用觸角的晃動去碰觸四周的物體，可是碰不到。牠會慢慢的把身體頭部向前伸，觸角、前腳同時往前方擺動。在這個時候，後方又來了一隻小黃家蟻，把前面的標定小黃家蟻往前推，結果牠的觸角、前腳就鉤住對面的木片，標定的小黃家蟻就上岸了，後方的小黃家蟻也跟著上岸。這二隻小黃家蟻上岸後就用觸角接觸小姐屍體，也用大顎咬住，不會走動，一直在小姐屍體上。
- 2、在前面二隻小黃家蟻爬在小姐屍體後，後面又來了3~5隻小黃家蟻走過間隙圍著小姐屍體，所有的小黃家蟻都只顧著小姐屍體，不會走動。這時候我們把橋上木片的間隙變大（約0.4cm），後面又來了一隻標定的小黃家蟻，也跟著3~5隻小黃家蟻，可是走到間隙的一端時，每一隻小黃家蟻都一直把身體向前伸展，觸角、前腳不停的顫動，都沒有小黃家蟻走過間隙。
- 3、我們接著把對岸的小黃家蟻用刷子趕回左岸，在重新把橋上的木片架好，間隙是0.4cm，也在右岸前端放置同一隻小姐屍體；結果很快的（不到一分鐘）就有原來的2隻標定小黃家蟻及5~7隻的小黃家蟻走到間隙的左岸邊，因為間隙太大（0.4cm），所以小黃家蟻不能一下子就走過去，都用中腳、後腳及腹部鉤住左岸的木片，身體向前擺動，振動得很快；最後有2~3隻爬到對岸了。可是當這些爬到對岸的小黃家蟻，並不會回頭幫助別的小黃家蟻走過間隙，實在可惜。

伍：結論

- 一、小黃家蟻的個子雖小，但是動作靈巧。在實體顯微鏡下觀察小黃家蟻的身體構造，有頭、胸和腹部，頭部的前方有一對大顎，上方有一對觸角和一對複眼；胸部有三對腳：前腳、中腳和後腳，每一隻腳上都有節，外圍有剛毛，在腳的前端有鉤子，可以幫助小黃家蟻的身體固定在物體上。
- 二、從小黃家蟻在水平的木片上行走，發現當小黃家蟻通過橋上的間隙時，會先利用頭部前端的觸角去晃動碰觸前方的物體，再利用前腳前端的鉤子去鉤住物體並用腳上的剛毛去貼緊身體，使它不會滑落下。
- 三、當小黃家蟻前腳鉤住物體時，中腳及後腳會用腳的鉤子去鉤住物體，向後用力使身體前進。這些運動，表示了小黃家蟻的身體運動和牠全身的構造是相互為用的。
- 四、從小黃家蟻走在木片橋上的間隙時，可以發現小黃家蟻行走時是非常小心的，利用身體的構造去適應路上的環境，而且會利用巧妙的方法，合作的方式，以身體來銜接空隙的兩端，溝通間隙之間的道路，最後使全部的小黃家蟻都能通過有間隙的橋梁。

陸：參考資料

徐月珠譯（洪在徹）（2008）• 昆蟲世界歷險記（1）• 台北市：三采。
莊展鵬（2005）• 昆蟲知已李淳陽。台北市：遠流。
張永仁（1998）• 昆蟲圖鑑。台北市：遠流。
廖智安（1999）• 台灣昆蟲誌。台北市：大樹。

張玲珍譯（奧本大三郎）（2003）• 昆蟲記7蟻蟻雄兵的路標。台北市：東方。
蔡志譯（Bert Holldobler & Edward O. Wilson）（2002）• 蟻蟻。台北市：遠流。
詹家龍、楊平世、徐培峰（1997）• 小灰蝶與蟻蟻的共生。科學月刊，332，624~630。