

# 新竹市第四十二屆中小學科學博覽會

## 作品說明書

科 別：生物科

科 別：國中甲組

作品名稱：「球」才若渴，狗「嗅」才來了

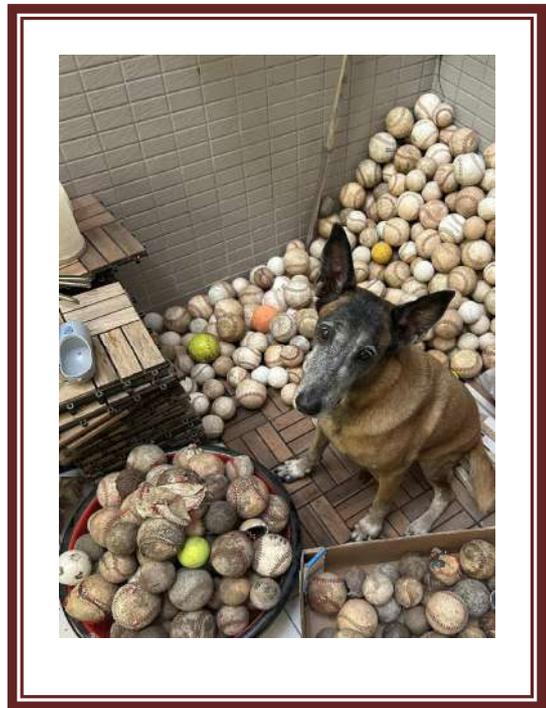
關 鍵 詞：狗嗅覺、球味道、狗認知行為

編 號：



嗅出

球味道



# 摘要

長期對狗嗅才找球行為的觀察讓人出現疑問，整理收集到的球進行粗略分類後，每一類球種各取出一顆球進行剖面圖分析，上網搜尋資訊加上剖面圖分析結果比對，進行進階分類。這次研究共進行了實驗 I~實驗 V，希望找出 Beta 找球所依據的「球味道」是否來自於球的組成材質與 Beta 的「球味道」最佳組合。實驗中，從球樣本裡取出了 14 種材質進行編號，然後進行實驗找出探究目的的答案。以卡方檢定得知材質對於球認知是有影響的，說明她儲存在腦中的「球味道」來自於棒壘球結構材質，t 檢定結果則更確認材質的味道的確影響了她對球的判斷。最後將所有實驗結果綜合整理比較後，得到了狗嗅才的「球味道」最佳組合，搜救犬 Bagel 的實驗說明了研究結果可適用於其他搜救犬。

## 壹、前言

### 一、研究動機

大約兩年前我們家認養了退役搜救犬 Beta，我們常帶 Beta 去有著 4 座棒壘球場的左岸水源自行車道散步，發現每次 Beta 去棒壘球場散步時都會挖出、找到很多球，自 2023 年初至 02/28/2024 為止，Beta 找到的總球數為 863 顆。不管炎熱、乾燥還是寒冷、下雨或是雨後潮濕的天氣，她都可以在草叢裡、球場周圍找到球，或是從土裡挖出球來。因為是棒壘球場環境的關係，基本上找到的球都是棒壘球，但是讓人驚奇的是 Beta 不僅找到或挖出可以看出是球的物體，也能找出和挖出已風化、破損的球體或是球體的某一小部分，加上對她找球行為的觀察，證明了她認知那物件為「球」的主要依據是來自於那物件的味道，而不是其形狀。又因為找出多種不一樣的球種，因此推斷讓她認為那物件為「球」的味道不只單一味道，而是多種味道，這與 Moster et al. (2019) 指出接受訓練之偵測犬是依據多種味道去進行偵測某特定物體是相符合的，此外也證明了 Photopoulos (2022) 提出狗對味道的反應可能不是單一味道，可能是一種獨特的味道組合模式的論點。我們心中逐漸地出現了幾個問題：在 Beta 的認知中，「球味道」有哪些？哪些材質味道的組合可以增加她找球的準確度？



圖 1：Beta 認知中的「球」有哪些特徵<sup>1</sup>

我們收集 Beta 找到和挖出的球的初衷是想要清除大自然環境裡的球垃圾以及把尚可用的棒壘球送給偏鄉的球隊練習使用，但由於 Beta 的找球行為實在太有趣了，同時也讓我們產生一些關於神奇狗嗅覺的問題，於是就把持續收集到的球當作樣本進行研究，希望能夠解開心中的疑問。

## 二、研究目的

- 1、探究 Beta 的找球行為模式。
- 2、探究 Beta 認知中的「球味道」是否來自於球結構的材質。
- 3、探究 Beta 認知中的「球味道」有哪些。
- 4、探究這些味道對 Beta 之球認知的影響是否有所差異。
- 5、探究 Beta 能夠快速找到球的最佳球味道組合。

<sup>1</sup> 照片來源：Ntfd-K9 大埔分隊臉書粉絲頁

## 貳、研究設備及器材

狗餐碗 x2	手機 x1	筆電 x1	鋸子 x1
兒童手錶 x1	球樣本 (863 顆)	狗零食	統計方法線上分析軟體

## 參、研究過程及方法

我們收集棒壘球的初衷是想整理堪用的完整球送給偏鄉球隊練習與清除大自然裡的球垃圾，所以收集球樣本是一個持續不間斷的動作。圖 2 為這次研究過程及方法流程。

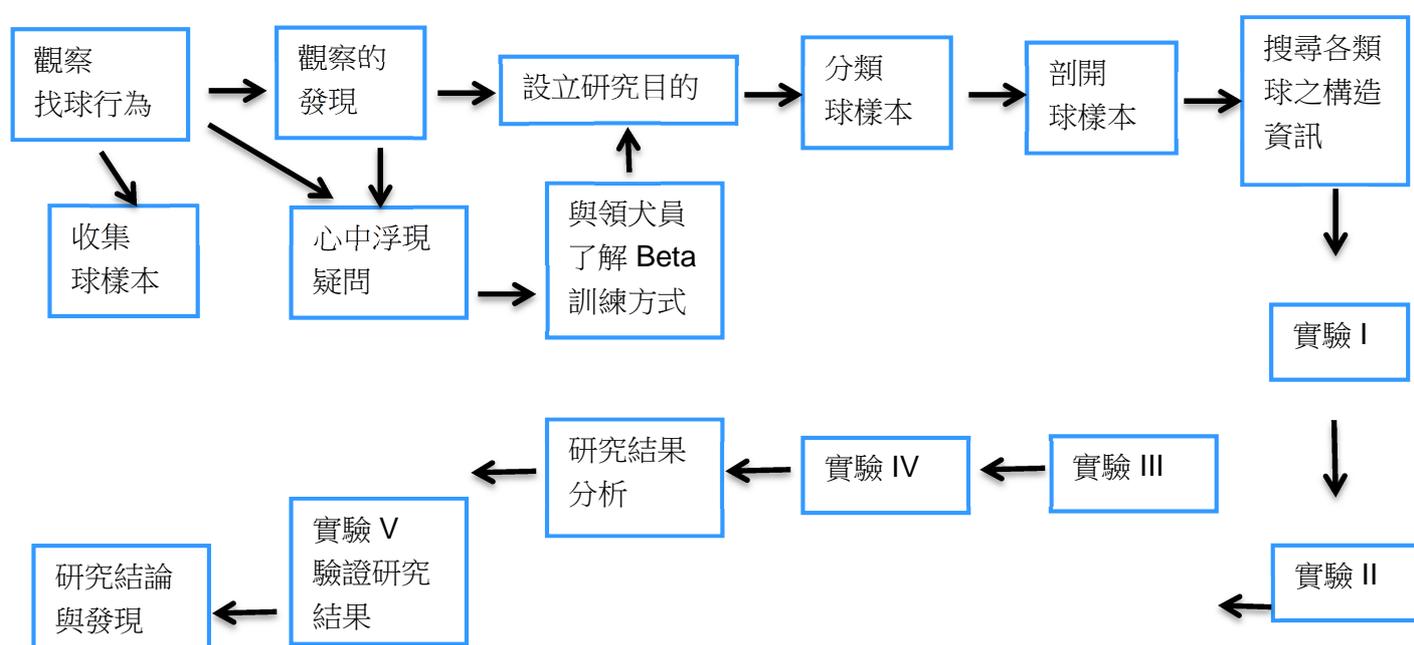


圖 2：研究過程及方法流程圖

### 一、【研究一】Beta 找球行為之觀察及發現

#### (一)、觀察 Beta 的找球行為以及認知行為探討

觀察場域：新竹市左岸水源棒壘球場及周圍自行車道區域

觀察場域之天氣氣候狀況：一年四季中的晴天、雨天、陰天、雨後

找球的模式：地毯式搜索、空氣中流動的氣味、眼睛看 (如圖 3、圖 4、圖 5、圖 6)

Beta 是一隻服滿八年役期、通過亞洲區搜救能力認證【MRT】，於 2020 年獲得內政部部長親自授階的比利時瑪利諾品種之搜救犬。搜救犬需要具備非常優越的嗅覺能力，Whitehouse (2020) 文章中指出相較於人類的 5 百萬嗅覺受器，比利時瑪利諾犬擁有了將近 2 億 2 千 5 百萬個嗅覺受器，可知他們的嗅覺世界有多麼豐富。而 K9 OF MINE 網站上的「17 Dogs with the Best Sense of Smell: The Most Sensitive of Sniffers!」這篇文章提到比利時瑪利諾犬經常被選為搜救犬【SAR dogs】進行訓練的原因之一就是因為嗅覺在犬界中為佼佼者。

觀察到 Beta 令人歎為觀止之找球行為後，不得不讓人好奇這是否與未退役前所受的訓練有關，受訓時有特別訓練找球嗎？Beta 特別偏愛球嗎？於是我們便與新北市消防局大埔分隊小隊長也是 Beta 領犬員凌國智先生了解 Beta 未退役前的訓練情況。領犬員提到：「Beta 的訓練起步跟大家一樣，隨著她工作的進步，很快就達到可以挑戰高階測驗的時候，這期間我們都是使用零食當作獎勵品。Beta 是比利時狼犬，體力、耐力、靈活性高，使用零食反而讓她工作（訓練、遊戲）的慾望受限，所以便改用玩具（球、咬棒）做為獎勵品。結果她一玩起來就欲罷不能，之後每次訓練都能突破瓶頸。這應該也是她喜歡找球的緣故，就像每次訓練成功找到人就有獎品（球）一樣。比起吃的零食，用玩遊戲的還真是博大精深。」而在認養 Beta 過程中，領犬員也曾經提過 Beta 非常喜歡玩接球遊戲，這些應該都是她在未接受任何搜尋球的訓練之下還能夠憑藉對「球的記憶」與「嗅覺」找球的原因。如同 Ouellette (2022) 指出的，狗會將他們對於「玩具」之關鍵的感知特徵儲存在大腦裡，包括其外觀和味道，在搜尋過程中就會想起這些感知特徵以找出特定「玩具」。在 Dr. Adee Schoon 在 2021 年出版的 *Training dogs to use their nose - a blueprint* 一書中提到狗的嗅覺受器存活時間為 30-60 天，之後可以透過訓練養成某些特定味道的新嗅覺受器。又 Dror et al. (2022) 發現狗會利用感官來辨識或是記住特定的物體，例如玩具，可以用嗅覺、視覺、單字與相對應的物體連結起來。他們經過實驗後進行假設這些 Gifted Dogs (我們也將 Beta 歸類為此類的犬隻) 在被下達指令然後去另外一間房間拿特定玩具之前，他們就開始在腦中想像這特定玩具了。這研究的共同作者 Dr. Claudia F. 更解釋說道：揭露了這些狗用以尋找特地玩具的感官讓我們有可能去推斷出這些狗聽到「某個詞」時腦中會出現甚麼樣的「想像」。因此，我們可以假設當 Beta 聽到「找球球」時，她的腦中出現會出現獨特的氣味，也就是 Beta 記憶中的「球味道」以及球體形狀。圖 8 說明了這次作品所根據的研究理論與發現以及解釋了為什麼 Beta 為何會出現「找球神技」。

而這次研究擁有了以下幾點優勢：

# 研究動物對象 Beta 的嗅覺在狗界中是頂尖者。

# 研究動物對象 Beta 能以指令進行動作指揮。

# 研究動物對象 Beta 有達成任務的使命感。

# 研究動物對象 Beta 認為「找球」這實驗是個遊戲，且熱衷於玩這個遊戲。

# 研究動物對象 Beta 以往訓練過程中，腦中儲存住很多「球」的記憶。

觀察中並未發現天氣狀況對於找球精確度有顯著影響，經驗法則推斷找到的球數與觀察場域當時存在的球數相關。由於左岸水源共有四個棒壘球場，使用次數相當高，所以 Beta 可以持續玩找球遊戲，累積找到的球的數量。她曾經 40 分鐘至一個小時內找到 10 多顆球，也曾經只找到一顆球。Beta 的找球行為如圖 7 所示。圖 8 說明了這次作品的研究基礎以及促成 Beta 擁有找球神技的原因



圖 3：利用空氣中流動的氣味找球



圖 4：地毯式搜索方式找球



圖 5：Beta 「看」到球了



圖 6：Beta 找球行為模式中的視覺方式--先看到疑似球的目標物，再以嗅覺判斷是否為球

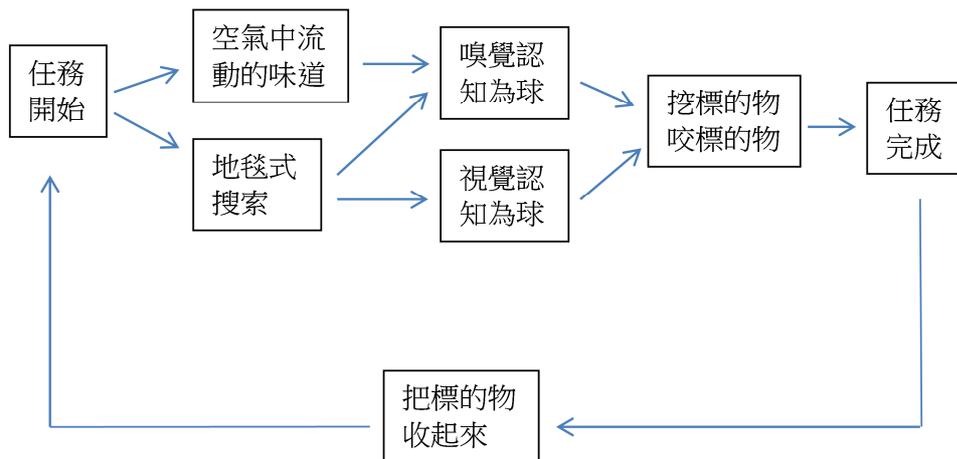


圖 7：Beta 找球行為流程圖

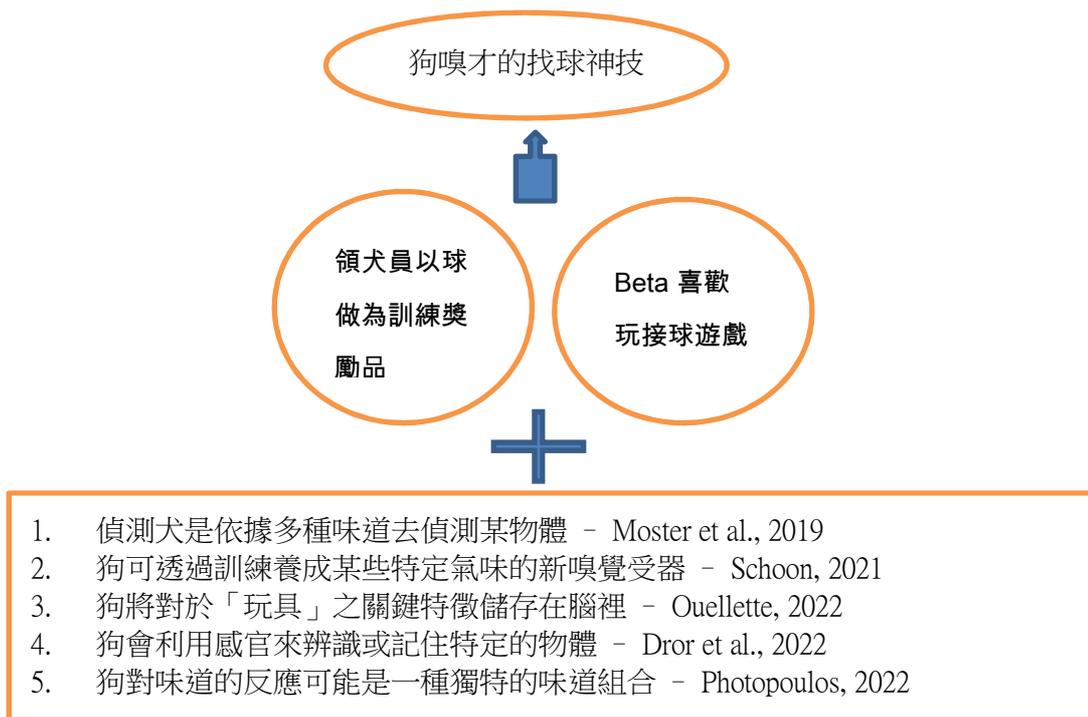


圖 8：作品研究基礎以及 Beta 會有找球神技的原因

## (二)、觀察發現

1、除了以嗅覺方式找球以外，也發生過「看」到球的情況(如圖 7 和圖 8)。

2、Beta 連球皮、紅線球外皮上的紅線、軟式棒球的外皮碎塊、發了芽的棒球、風化不完整的球體都能找出來(如表 1 所示)，每次在找出這些東西時，她都會認為完成任務了。

3、從年頭到年尾持續的找球行為中發現 Beta 找球的準確度不大受氣候和天氣的影響，透過地毯式搜索、空氣中流動的球味道，或是眼睛看等方式，都還是能夠找到球的。但這可能跟球場附近環境當時存在的球數量有關。

4、狗感知物體的方式除了嗅覺以外，視覺也是感知物體方式其中之一，在觀察 Beta 找球行為中，發現 Beta 是以嗅覺為主，視覺為輔的方式找球。

## (三)、心中出現的疑問

1、一接收到找球任務指令時，Beta 腦子裡想到的「球」是什麼？

2、Beta 的「球味道」是棒壘球結構的材質味道嗎？

3、這些「球味道」對 Beta 的球認知之影響是否有所差異？

4、Beta 認知中的「球味道」有哪些？

5、Beta 找球的「球味道」最佳組合為何？

表 1：Beta 找出或挖出的「球」

發了芽的 棒球	表皮風化後的 球體	球皮	橡膠球心	紅線球的紅線	軟式棒球的橡 膠表皮
					

## 二、【研究二】找出 Beta 接收到找球指令時的球種選擇

在了解 Beta 的找球行為後，我們發現她找出的球包括很多種類，所以我們先實驗找出當她接收到找球指令時，在不同球種中的選擇是哪一種球。第一個實驗裡，我們陳列出 PU 棒球和棒球；第二個實驗裡，我們則擺了棒球和高爾夫球。兩次實驗結果皆顯示：當 Beta 接收到找球指令時，「看」到不同球模樣的物體時，她憑藉著味道選擇了棒球，如圖 9。



圖 9：Beta 在不同球種中的選擇是棒球

在得到 Beta 的球種偏好後，我們決定就棒壘球這個大類別進行更進一步的研究以解開我們心中的疑問。

## 三、【研究三】探討 Beta 的球認知與球構成材質有無關聯性

### (一)、就 863 顆球樣本進行分類和分析

首先我們先簡單分類了 Beta 找到的球 (如表 2)，然後再使用 Google 「以圖找圖」功能以及搜尋其他相關文章以收集資訊，參考資訊後把收集到的球樣本進行更精確的分類、計算各類別的數量，必須一提的是安全縫線棒球這類球是在切開樣本時才分出來的球種，所以後來再重新計數球樣本數量與更新表格資訊。接著上網找棒壘球製作過程和研究文章、產品規格等相關資訊，再就球樣本之外皮、填充物、球心等項目進行進階分類 (見表 3 及表 4)。值得一提的是，在切開球樣本後，我們可以知道安全縫線棒球與軟式棒球的結構和填充物材

質，於是我們又修改了表 4 的統計數字，將發泡橡膠以及一半的軟式棒球外皮皆歸類到不完整安全縫線棒球及不完整軟式棒球類別中。

表 2：對 Beta 找到的球樣本進行粗略分類

不完整的紅線棒球	完整的紅線棒球	不完整的壘球	完整的壘球
			
不完整的軟式棒球	完整的軟式棒球	無法辨識	其他球
			

表 3：收集到的球樣本之進階分類

壘球	紅線棒球	安全縫線棒球	軟式棒球	PU 棒球	其他球
					

表 4：Beta 找到的球樣本資訊 【統計日期：02/28/2024】

	壘球	紅線棒球	安全縫線棒球	軟式棒球	其他球	無法辨識	總計
完整球體	137	162	4	286	34	0	623
不完整球體	64	79	7	48	0	42	240
總計	201	241	11	334	34	42	863

## (二)、各類球樣本球種與材質之分析

首先我們決定從球樣本的進階分類中各拿出一顆球來做探討和分析，球種有：壘球、安全縫線棒球、紅線棒球、PU 棒球、軟式棒球等。

## 1、壘球 (編號 1、編號 2)

我們依照球體大小先將 [編號 1] 和 [編號 2] 分類為壘球，再利用 Google 「以圖找圖」的功能找到 [編號 1] 和 [編號 2] 的球種名稱：壘球。綜合上面的觀察和整理資料後，下表為 [編號 1] 和 [編號 2] 的壘球材質分析的結果：

表 5：網路搜尋到的壘球材質資訊

編號	外皮	填充物
1	皮革	硬發泡
2		

實際將球樣本切開後，內容物如下表：

表 6：壘球樣本之剖面圖

編號 1：壘球	編號 2：壘球
	

## 2、安全縫線棒球 (編號 3)

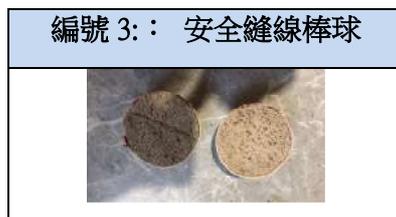
一開始我們將這樣本定義為紅線棒球，但是在剖開球體後發現其構造組成材質與紅線棒球不同，這球樣本沒有球心，外皮的內層是一個軟軟的物體，而且外皮摸起來的感覺較軟，於是上網搜尋資訊，最後確認 [編號 3] 為安全縫線棒球。綜合上面的研究與觀察，[編號 3] 的棒球材質資訊整理如下表：

表 7：網路找到的安全縫線棒球材質資訊

編號	外皮	填充物
3	PVC (聚氯乙烯)	發泡橡膠

實際將收集到的球切開後，內容物如下：

表 8：安全縫線棒球樣本剖面圖



### 3、紅線棒球 ( 編號 4、編號 5、編號 7)

利用 Google「以圖搜尋」的功能找到球種類別後，我們把 [編號 4]、[編號 5]、[編號 7] 的球種名稱確定為紅線棒球。關於紅線棒球的製作方法和使用材質的資訊較多。在搜尋資料以及實際研究其構造後，發現紅線棒球也是構造與材質最為複雜的一種球種。

表 9：網路找到的紅線棒球材質資訊

編號	外皮	外皮內圈	第一層填充物	第二層填充物	第三層填充物	球心外圈	球心
4	皮革	黏膠	羊毛(白色)	羊毛(棕色)	羊毛(棕色)	橡膠	軟木
5	皮革	黏膠	羊毛(白色)	羊毛(棕色)	羊毛(棕色)	橡膠	軟木
7	皮革	黏膠	羊毛(白色)	羊毛(棕色)	羊毛(棕色)	橡膠	軟木

實際將球樣本切開後，內容物如下表所示，發現 [編號 4] 和 [編號 5] 的球心不是軟木，所以又上網搜尋資訊，確認是橡膠紅球心。

表 10：紅線棒球樣本剖面圖



#### 4、PU 棒球 (編號 6)

利用 Google 「以圖搜尋」的功能找到球種類別後，我們把 [編號 6] 的球種名稱確定為 PU 棒球。我們由網路上之產品銷售資訊找到其製作材質，但沒有找到製作方法，將找到的材質資訊以表 11 表示之。

表 11：網路找到的 PU 棒球材質資訊

編號	外皮	填充物
6	PU	PU

因為 PU 棒球無法人力用手邊的工具切開，於是決定使用上表之構成材質資訊。

表 12：PU 棒球樣本



#### 5、軟式棒球 (編號 8)

在找球種分類資料時，發現一些資料上把這類球稱之為「練習球」，經過考量後，決定採用「軟式棒球」這球類名稱。表 13 列出網路搜尋到的材質資訊。

表 13：網路找到的軟式棒球材質資訊

編號	外皮	外皮內圈	填充物
8	橡膠	橡膠	無

實際將樣本球切開後，內容物如表 14：

表 14：軟式棒球樣本剖面圖



將以上分析資訊做個整理後，我們得到每顆樣本球有哪些材質（如表 15），接下來就可以進行主要材質與「球味道」的關聯性實驗了。

表 15：樣本球之材質分析整理

分類		外 ←----->內						
號碼	球種	外皮	外皮 內圈	第一層 填充物	第二層 填充物	第三層 填充物	球心外圈	球心
1	壘球	皮革	黏膠	X	X	硬發泡	X	X
2	壘球	皮革	黏膠	X	X	硬發泡	X	X
3	安全縫線 棒球	PVC	X	X	X	發泡橡膠	X	X
4	紅線棒球	皮革	黏膠	羊毛(白色)	羊毛(棕色)	羊毛(棕色)	橡膠	橡膠紅球 心
5	紅線棒球	皮革	黏膠	羊毛(白色)	羊毛(棕色)	羊毛(棕色)	橡膠	橡膠紅球 心
6	PU 棒球	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU
7	紅線棒球	皮革	黏膠	羊毛(白色)	羊毛(黃棕 色)	羊毛(白色)	橡膠	軟木
8	軟式棒球	橡膠	橡膠	X	X	X	X	X

### (三)、主要材質與「球味道」的關聯性實驗

得到樣本球之結構材質分析整理資訊後，我們便把樣本球進行切割，然後取出以下材質，再逐一編號以進行實驗，共有編號 1~編號 14，如表 16。

表 16：樣本球分解後之組成成分材質

編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5	編號 6	編號 7
紅線棒球球心	安全縫線棒球填充物-發泡橡膠	壘球硬發泡	安全縫線棒球外皮	紅線棒球外皮	軟式棒球外皮(含橡膠)	軟式棒球外皮
						
編號 8	編號 9	編號 10	編號 11	編號 12	編號 13	編號 14
紅線棒球外皮(把紅線去除)	棒壘球外皮紅線	填充物	填充物	填充物	填充物	填充物
						

#### 1、實驗 I

實驗 I 目標是想知道 Beta 認為棒壘球材質和非球類物品中哪一個為「球」。如圖 10 所示，把 14 種主要材質樣本逐一放進碗盤裡與兒童手錶樣本進行比較，下達「搜索作業開始」、「找球球」等指令給 Beta，讓她以嗅覺判斷「球」在哪個碗盤裡，然後紀錄每一次 Beta 的選擇狀況。迪卡儂網站上查訊到兒童手錶的產品材質資訊，如表 17。這實驗進行了六回，也就是  $14 \times 6 = 84$  次後，我們觀察到 Beta 會有傾向於拍打某一邊的碗盤，我們猜測她應該是當時累了，或是發現某種玩遊戲的模式，所以一直拍打某個碗盤。我們覺得這樣的情況會影響實驗結果，於是決定進行實驗 III 以減少材質樣本數，精簡化實驗時間和降低重複性實驗次數，然後才繼續探討哪些材質味道是 Beta 認知中的「球味道」。

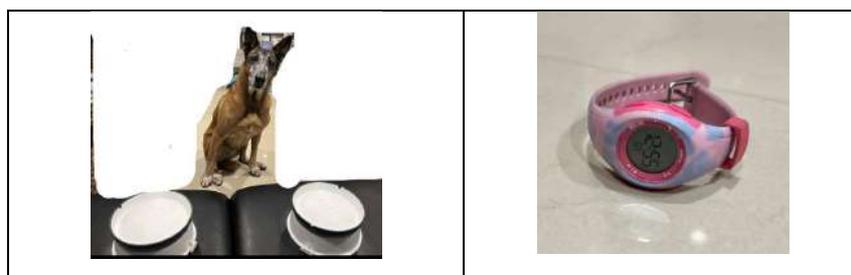


圖 10：實驗 I 方法設計

表 17：兒童手錶產品材質資訊

背帶	熱塑性聚氨酯 (TPU)	75%
	不銹鋼	25%
結構	聚碳酸酯-丙烯腈-丁二烯-苯乙烯,	70%
	不銹鋼	30%
內帳	印刷電路板	100%
鏡片	聚甲基丙烯酸甲酯	100%

## 2、實驗 II

由於在實驗 I 時，已經進行了 6 回 14 個材質與非球類物品—兒童手錶的球認知狀況，而當時想要進行實驗 II 以了解 14 個材質樣本中哪些會是 Beta 主要聯想到的「球味道」，因為已經有了兒童手錶的 6 回實驗數據，所以我們又進行了 6 回 14 個材質與同樣是球材質的 PU 棒球的球認知情況，想要知道在不同對照組中這 14 個材質樣本被 Beta 認為是球味道的情況，實驗結果如圖 11：

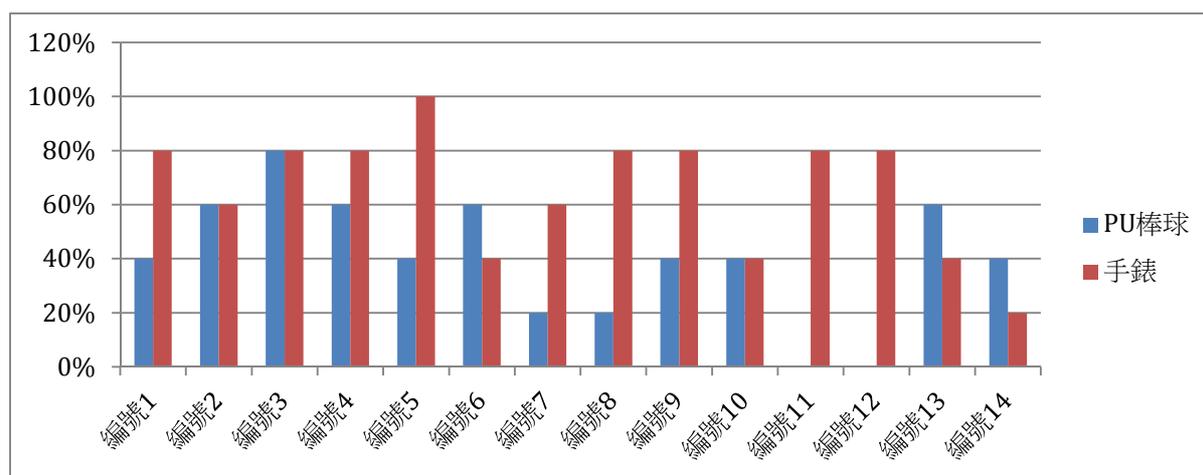


圖 11：14 個材質樣本 vs PU 棒球與 14 個材質樣本 vs 兒童手錶

那麼在 Beta 的球味道中，同樣都是球材質樣本的認知實驗結果與兒童手錶的認知實驗結果之間存在著明顯的差異嗎？我們以獨立樣本 t 檢定來進行分析：

t 檢定中的假設：

# 虛無假設：14 個材質樣本 vs 「PU 棒球」和「兒童手錶」的結果是沒有差異。

# 對立假設：14 個材質樣本 vs 「PU 棒球」和「兒童手錶」的結果有顯著差異。

樣本敘述統計量<sup>1</sup>：

分組變數	樣本數	平均數	中位數	最小值	最大值	標準差
Grouping Variable	Count	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std. dev.
PU 棒球	14	2.0000	2	0	4	1.1767
兒童手錶	14	3.3571	4	1	5	1.1507

1: 樣本敘述統計量皆不包含遺失值

雙樣本變異數 (標準差) 差異檢定：

虛無假設：兩組資料的變異數相等					
H <sub>0</sub> : $\sigma_1^2 / \sigma_2^2 = 1$					
F 檢定統計量 F-statistics	分子自由度 d.f. of numerator	分母自由度 d.f. of denominator	p-值 <sup>1</sup> p-value	母體變異數比值的 95% 信賴區間 95% C.I. for ratio	
				下界 Lower	上界 Upper
1.0456	13	13	1.0629	0.3357	3.2572

1: 顯著性代碼：\*\*\*: < 0.001, \*\*: < 0.01, \*: < 0.05, #: < 0.1

雙樣本平均數差異 t 檢定 (獨立樣本)<sup>1</sup>：

虛無假設：母體平均數差異 = 0						
H <sub>0</sub> : $\mu_1 - \mu_2 = 0$						
t 檢定統計量 t-statistics	自由度 d.f.	臨界值 t(d.f., 1- $\alpha$ /2)	p-值 <sup>11</sup> p-value	樣本平均數與母體平均數 的差異 Difference between sample and null means	母體變異數比值的 95% 信賴區間 95% C.I. for difference	
					下界 Lower	上界 Upper
-3.0853	26	2.0555	0.0048	1.3571	0.4530	2.2613

I: 根據雙樣本變異數檢定結果，假設兩母體具有相同變異數進行雙樣本平均數差異 t 檢定。

II: 顯著性代碼：'\*\*\*': < 0.001, '\*\*': < 0.01, '\*': < 0.05, '#': < 0.1

### t 檢定分析結果：

- 本研究使用獨立樣本 t 檢定來比較 PU 棒球與兒童手錶的平均數是否有所差異。
- PU 棒球抽樣 14 個，平均數為 2；兒童手錶抽樣 14 個，平均數為 3.357。
- 在變異數同質性檢定中，檢定統計量 f 值為 1.0456，機率值 p 值為 1.0629，未達  $\alpha=0.05$  的顯著水準，表示兩組樣本的變異數並無顯著差異，因此獨立樣本 t 檢定採用變異數相同的檢定統計量 t 值計算方式。
- 在獨立樣本 t 檢定中，檢定統計量 t 值為 -3.0853，機率值 p 值為 0.0048，達到  $\alpha=0.05$  的顯著水準，因此拒絕虛無假設，接受對立假設。
- 表示 PU 棒球與兒童手錶兩組的平均數有顯著差異。其中兒童手錶顯著大於 PU 棒球。

### 3、實驗 III

實驗 III 目的想要從 14 個材質樣本中淘汰掉對於 Beta 之球認知影響較少的材質樣本，希望減少接下來需要進行實驗的材質樣本數。隨意擺出編號 1 至編號 14 的材質樣本後，下達「搜索作業開始」、「找球球」等指令給 Beta，記錄她認知為「球味道」的材質樣本編號，直到她的找球行為停止 (如圖 12)。實驗 A~E 中，材質樣本以隨意直線呈現於實驗場域內；實驗 F~J 中，材質樣本以隨意環狀呈現於實驗場域內。我們以數字 (1~14 先~後) 標示確認為標的物為球之行為的先後順序，找球行為停止後沒有被選到的樣本則標註為 X，實驗結果如表 18 及圖 13 所示。我們發現 [編號 1]、[編號 2]、[編號 3]、[編號 5]、[編號 6]、[編號 13] 材質被 Beta 認為是球的情況較為明顯，於是我們決定依據實驗 II 結果將 14 個材質樣本減少至 6 個材質樣本。



圖 12：主要材質於實驗場域中陳列場景

表 18：14 個材質樣本被 Beta 認知為「球」的實驗結果

	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5	編號 6	編號 7	編號 8	編號 9	編號 10	編號 11	編號 12	編號 13	編號 14
A	2	6	1	7	4	5	X	3	X	8	X	X	9	X
B	2	4	1	X	3	6	X	7	X	X	X	X	5	X
C	7	4	1	X	2	3	X	X	6	7	X	X	5	X
D	3	5	2	X	1	6	X	X	X	X	X	X	4	X
E	6	X	1	5	3	2	X	X	X	4	X	X	X	X
F	5	2	3	X	1	4	X	X	X	X	X	X	X	X
G	X	4	1	X	2	5	X	X	X	X	X	X	3	X
H	2	4	1	3	5	6	X	X	X	X	X	X	X	X
I	X	X	1	X	2	3	X	X	X	4	X	X	5	X
J	7	X	3	5	1	6	X	4	X	X	X	X	2	X
總計	8	7	10	4	10	10	0	3	1	4	0	0	7	0

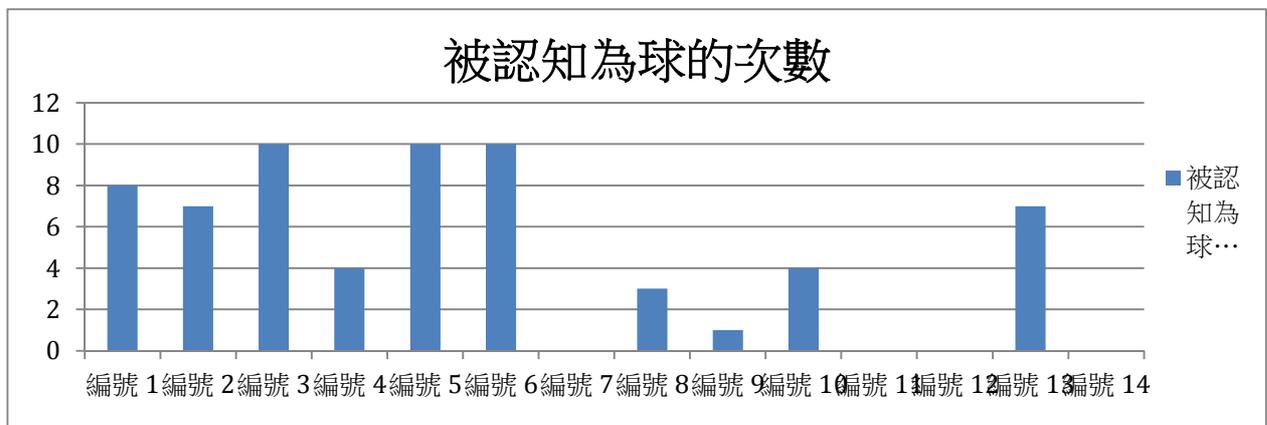


圖 13：Beta 認為 14 個材質樣本是否為球的實驗結果

#### 4、實驗 IV

實驗 IV 目的將要探究棒壘球材質與 Beta 的球認知之間的關聯性。Beta 在關燈房間裡以嗅覺找球，實驗場域如圖 14 所示，這是開了閃光燈拍照的瞬間，其實是伸手不見五指的黑暗狀態。實驗設計為將 [編號 1]、[編號 2]、[編號 3]、[編號 5]、[編號 6]、[編號 13] 逐一與兒童手錶同時放置於黑暗實驗場域中，且二件物品彼此的位置就在附近，然後下達「搜索作業開始」、「找球球」等指令給 Beta，記錄下她咬住的是材質樣本還是兒童手錶。



圖 14：黑暗空間中憑藉嗅覺找球

實驗 IV 中，[編號 1]、[編號 2]、[編號 3]、[編號 5]、[編號 6]、[編號 13] 各進行了 20 次的實驗，表 19 與圖 15 是實驗 IV 的結果。可以知道 [編號 13] 材質被 Beta 認為是球的情況明顯較少；而她對於 [編號 3] 和 [編號 5] 的反應明顯強烈。

表 19：6 個材質樣本 vs 兒童手錶

被認知為球	編號 1	編號 2	編號 3	編號 5	編號 6	編號 13	總計
是	14	15	18	19	14	5	85
否	6	5	2	1	6	15	35
總計	20	20	20	20	20	20	120

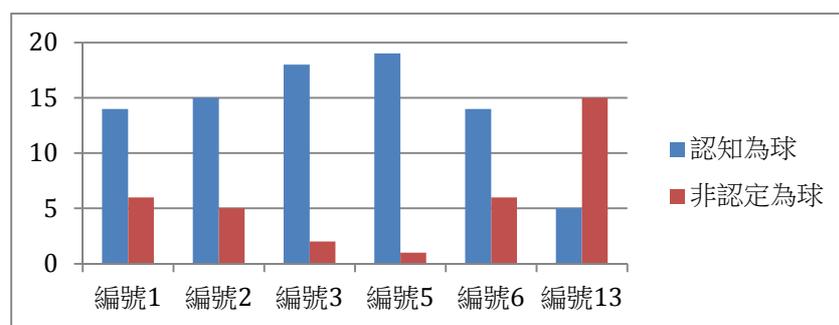


圖 15：6 個材質樣本 vs 兒童手錶

我們以卡方獨立性檢定來檢驗棒壘球材質與 Beta 球認知之間的關聯性，利用卡方獨立性檢定線上計算器得出以下結果，由分析結果可知，Beta 依據的球味道與棒壘球材質是有相關的。

卡方獨立性檢定中的假設：

# 虛無假設：「棒壘球材質」的不同對「被認知為球」沒有影響。

# 對立假設：「棒壘球材質」的不同對「被認知為球」有顯著的影響。

分析交叉表

			被認知為球		列總合
			是	否	
棒壘球材質	編號 1	個數	14	6	20
		期望個數	14.2	5.8	20
		殘差	-0.2	0.2	
		標準化殘差	-0.1	0.1	
		調整後殘差	-0.1	0.1	
	編號 2	個數	15	5	20
		期望個數	14.2	5.8	20
		殘差	0.8	-0.8	
		標準化殘差	0.2	-0.3	
		調整後殘差	0.4	-0.4	
	編號 3	個數	18	2	20
		期望個數	14.2	5.8	20
		殘差	3.8	-3.8	
		標準化殘差	1.0	-1.6	
		調整後殘差	2.1	-2.1	
	編號 5	個數	19	1	20
		期望個數	14.2	5.8	20
		殘差	4.8	-4.8	
		標準化殘差	1.3	-2.0	
		調整後殘差	2.6	-2.6	

			被認知為球		列總合
			是	否	
編號 13	個數	5	15	20	
	期望個數	14.2	5.8	20	
	殘差	-9.2	9.2		
	標準化殘差	-2.4	3.8		
	調整後殘差	-5.1	5.1		
行總合		個數	71	29	100
		期望個數	71	29	100

### 卡方檢定結果：

- 卡方檢定統計量  $\chi^2=29.820$ ，p 值 =0.000，達到  $\alpha =0.05$  的顯著水準，因此拒絕虛無假設，接受對立假設。表示「棒壘球材質」的不同對「被認知為球」有顯著的影響。
- 「棒壘球材質」跟「被認知為球」之相關係數 Cramer's V 值 (介於 0~1 之間) 為 0.546，屬於中度相關。
- Goodman 與 Kruskal 的預測係數 Tau 值的分析：
  - 以「棒壘球材質」來預測「被認知為球」的正確比例為 29.820%。
  - 以「被認知為球」來預測「棒壘球材質」的正確比例為 7.455%。
- 細格統計檢定分析：
  - 「編號 3」中「是」之調整後殘差為 2.1，表示觀察個數顯著高於期望個數。
  - 「編號 3」中「否」之調整後殘差為 -2.1，表示觀察個數顯著低於期望個數。
  - 「編號 5」中「是」之調整後殘差為 2.6，表示觀察個數顯著高於期望個數。
  - 「編號 5」中「否」之調整後殘差為 -2.6，表示觀察個數顯著低於期望個數。
  - 「編號 13」中「是」之調整後殘差為 -5.1，表示觀察個數顯著低於期望個數。
  - 「編號 13」中「否」之調整後殘差為 5.1，表示觀察個數顯著高於期望個數。

## 5、實驗 V

在實驗 V 中，我們邀請了新北市消防局 - 大埔分隊的現役搜救犬 Bagel 來驗證實驗，因為 Bagel 對於球的喜好和 Beta 不同，對於「球」這物體的記憶尚未很明確，所以實踐 V 將會驗證以下幾點：

- 其他狗找東西是否與腦中的記憶相關？
- 其他是否是以材質作為認知球的依據？

由於 Bagel 目前仍服役中，為公家犬，所以無法像 Beta 一樣進行多次的實驗以收集足夠的樣本數。首先，我們先進行了 Bagel 在球與非球類物體手錶間的認知行為，這實驗進行了二次，Bagel 皆選擇了球，如圖 16。



圖 16：Bagel 認知球的行為

接著，我們進行了二次 Bagel 在壘球與網球間的選擇實驗，發現 Bagel 偏好網球，二次皆選擇了網球，如圖 17 所示。也做了二次 Bagel 在乒乓球與網球間的選擇實驗，發現 Bagel 依據偏好網球，如圖 18 所示。



圖 17：Bagel 之壘球與網球間的偏好



圖 18：Bagel 之乒乓球與網球間的偏好

知道 Bagel 偏好網球後，我們以 14 個棒壘球材質探討材質與 Bagel 球認知行為間關聯性的實驗 (如圖 19)，我們進行了五次實驗，材質樣本隨意擺放讓 Bagel 選擇，她選擇了 [編號 6]、[編號 10]、[編號 13]、[編號 2]，其中 [編號 2] 被選擇的次數最多，如表 20。根據網路搜尋到的資訊，網球組成成分為橡膠 (天然或人造)、毛氈、尼龍或棉。[編號 2] 與 [編號 6] 皆為橡膠類材質，而 [編號 10] 和 [編號 13] 則為毛、棉類填充物，這與 Bagel 偏愛的網球組成成分不謀而合。

實驗 V 結果發現：(1) Bagel 的訓練過程中尚未接收過深刻的「球」訓練，所以在認知「球」時，尚未能有清楚的「球」特徵記憶；(2) Bagel 在實驗中顯示出對網球的偏好，影響了她在 14 個材質樣本中的選擇；(3) Bagel 在材質樣本中的 4 個選擇正好與網球組成材質類別。



圖 19：Bagel 的「球味道」與材質間的關係

表 20：Bagel 「球味道」的球材質選擇

編號 2	編號 6	編號 10	編號 13
安全縫線棒球填充物 - 發泡橡膠	軟式棒球外皮 (含橡膠)	填充物	填充物
			

## 肆、研究結果

經由 Beta 找球行為的長期觀察，我們先確定了她主要是以「聞」味道的方式找球，再來用實驗驗證對於 Beta 所依據的「球味道」是否來自棒壘球材質，而卡方檢定結果中得知材質對於 Beta 的球認知是有顯著差異的，表示 Beta 儲存在腦中的「球味道」與材質的味道有相關。由 t 檢定結果中可以知道 Beta 在同是材質味道間的選擇與材質 vs 非球類物品間的選擇有顯著差異，也就是說這些材質味道同時存在時，Beta 可能依據喜好或其材質味道的影響力的不同去進行判斷選擇，導致差異比與非球類物品之間所做的選擇小。根據這次研究中所進行的四個實驗結果，我們發現材質樣本的味道對於 Beta 的球認知行為的影響是不同的，整理所有實驗結果可以得知 [編號 2]、[編號 3]、[編號 5] 及 [編號 6] 的影響力在 14 個材質樣本與 PU 棒球中是比較大的，也就是說讓 Beta 可以精確找到球的最佳材質味道組合，也就是「球味道」組合是安全縫線棒球填充物發泡橡膠、壘球填充物硬發泡、紅線棒球外皮、軟式棒球外皮 (含橡圈)。發現除了 PU 棒球以外，球樣本分類後的四個棒壘球類別在「球味道」最佳組合中的各有一種材質出現，如圖 20。最後，這次研究邀請了新北市消防局 - 大埔分隊之現役搜救犬 Bagel 參與實驗的驗證部分，驗證實驗中發現 Bagel 在選擇了偏好的網球後，材質樣本選擇中也選擇了與網球組成成本一樣的樣本，也就是說：對於網球這個玩具，Bagel 腦中也有個「球味道」組合。



圖 20：Beta 「球味道」最佳組合對應於棒壘球球種

## 伍、討論

在這次研究中，因為是由人工切割棒壘球以取得材質，所以 PU 棒球球種就無法切割進行更進一步的探究，這也是為甚麼會再進行一個 PU 棒球與 14 個材質樣本的實驗之原因。另外，如果能夠取得每個材質的原料分析資料，應該可以更明確「球味道」為何，也可以進行一開始也想做的電子鼻訓練與狗嗅覺的比較研究。Photopoulos (2022) 提出狗對味道的反應可能不是單單一種味道，可能是一種獨特的味道組合模式，我們就材質味道進行探討剛好也證明了這個論點。之後可以再更進一步探究這「獨特的球味道組合」。另外，這次研究對象是二隻受過訓練或正在接受訓練的搜救犬，之後研究可能可以探討透過遊戲訓練，非工作犬對於某特定物體是否有著味道組合。

## 陸、結論

從這次研究我們觀察到狗嗅才 Beta 是憑藉著「球味道」找球，發現「球味道」跟球構成材質相關，而且不同材質對於 Beta 的球認知影響也不一樣，綜合整理實驗結果後得出了狗嗅才找球的「球味道」最佳組合：安全縫線棒球填充物發泡橡膠、壘球填充物硬發泡、紅線棒球外皮、軟式棒球外皮 (含橡圈)。發現除了 PU 棒球以外，這次研究分類後的四個棒壘球類別中各有一種材質出現於我們找出的「球味道」最佳組合裡 (如圖 21 所示)，由此可以得知 Beta 在找球時主要憑藉的「球味道」各為哪一種味道了。這次研究也敲請了現役搜救犬 Bagel 來進行 Beta 實驗部分的驗證，Bagel 的確也以嗅覺找出特定物體「網球」的材質樣本，對於她來說，腦中也儲存著「味道組合」。最近出現了紅火蟻偵測犬、電子產品偵測犬，希望這個研究發現能夠對狗嗅覺的應用與偵測犬培育和訓練有所幫助。

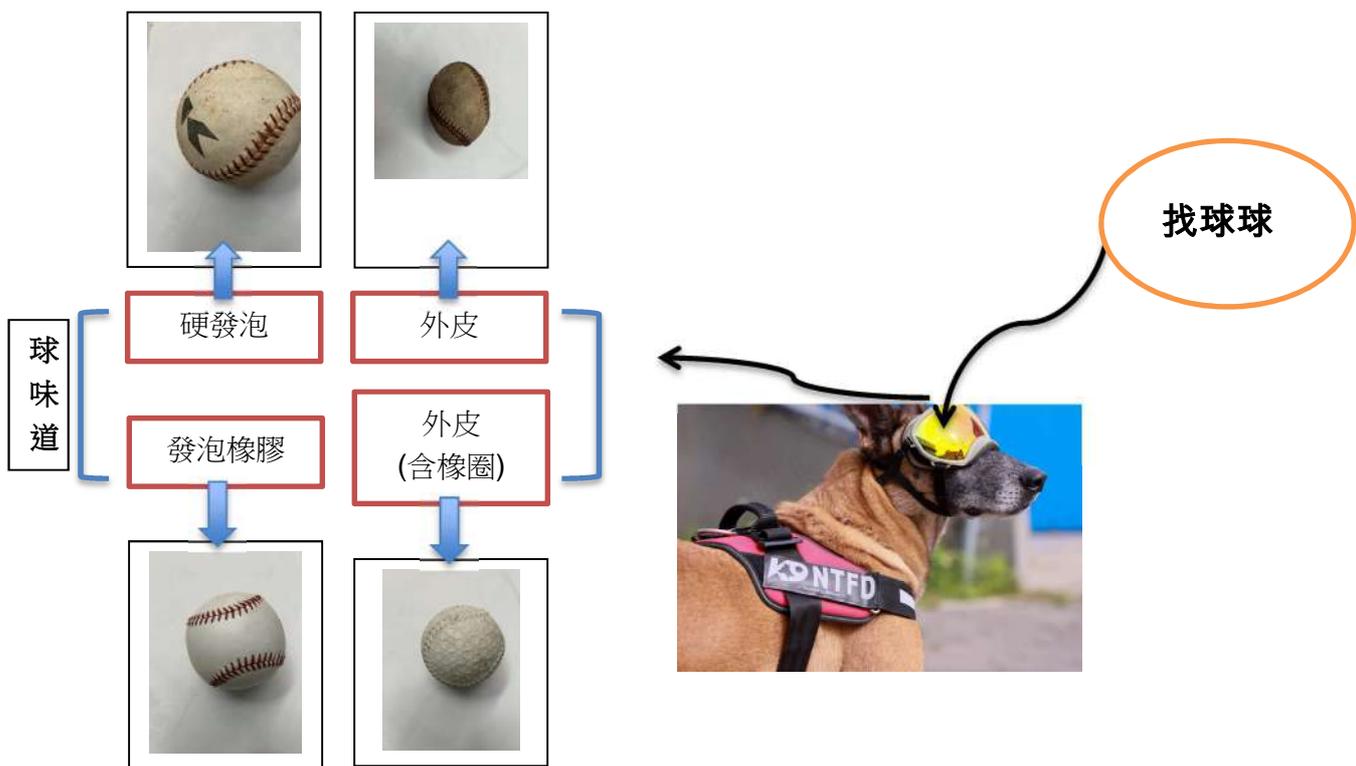


圖 21：狗嗅才 Beta 找球的「球味道」最佳組合

## 柒、參考資料及其他

1. Schoon, A. (2021). *Training dogs to use their nose — a blueprint*. USA, Lulu.com
2. Locatell, A., McDaniel B. (2021, October 27). WHAT A DOG'S NOSE KNOWS  
<https://www.swca.com/news/2021/10/what-a-dogs-nose-knows>
3. Cornell University (2022, July). Study finds new links between dogs' smell and vision. *The Journal of Neuroscience*. <https://news.cornell.edu/stories/2022/07/study-finds-new-links-between-dogs-smell-and-vision>
4. Dror, S., Sommese, A., Miklósi, Á., Temesi, A. Fugazza, C. (2022) Multisensory mental representation of objects in typical and Gifted Word Learner dogs. *Animal Cognition* 25, 1557 – 1566
5. Kokocińska-Kusiak, A., Woszczyło, M., Zybala M, Maciocha, J., Barłowska, K., Dziecioł, M. (2021, August 21) Canine Olfaction: Physiology, Behavior, and Possibilities for Practical Applications. *Animals (Basel)*.11(8): 2463. Published online, (2021, August 21). doi: [10.3390/ani11082463](https://doi.org/10.3390/ani11082463), PMCID: PMC8388720, PMID: [34438920](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34438920/)
6. Moser, A.Y.; Bizo, L.; Brown, W.Y. (2019) Olfactory Generalization in Detector Dogs. *Animals* 2019, 9, 702. <https://doi.org/10.3390/ani9090702>
7. Novák, Karel., Helena, C., Vaclav, B., Lvona, S., Marek, K. (2022, August) Factors affecting locomotor activity of search and rescue dogs: The importance of terrain, vegetation and dog certification, *Applied Animal Behavior Science*, ISSN 0168-1591
8. Ouellette, J. (2022). Study sheds light on how dogs recognize their favorite toys. *Animal Cognition*, 10.1007/s10071-022-01639-z
9. Photopoulos, J. (2022, June 22). The dogs learning to sniff out disease. *Nature*, 606 (7915), S10 – S11. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-01629-8>
10. Taslitz A. E. (1990). Does the Cold Nose Know—The Unscientific Myth of the Dog Scent Lineup. *Hastings Law J.* 1990;42:15.
11. Graham, D., (2022). How Dogs “See” Smells? <https://www.hws.edu/news/2022/do-dogs-see-smell.aspx>
12. Leicht, K. (2022, February 15) 17 Dogs with the Best Sense of Smell: The Most Sensitive of Sniffers!, <https://www.k9ofmine.com/dogs-with-best-sense-of-smell/>
13. Metcalfe T. (2022). Dogs can ‘see’ with their noses, study suggests. <https://www.nbcnews.com/news/amp/rcna39333>
14. Norman, P. (2022, July 19). That's important!: Researchers find link between dogs' smell and vision. <https://www.richmond-news.com/highlights/thats-important-researchers-find-link-between-dogs-smell-and-vision-5601007>

15. Stoddard, C. (2022, June 15). Scientists explain how some dogs can remember their favorite toys. <https://www.fox13news.com/news/scientists-explain-how-some-dogs-can-remember-their-favorite-toys>
16. Whitehouse, L. (2020, October 27). Malinois - Facts and Beyond. <https://biologydictionary.net/malinois/>
17. T test calculator, <https://www.graphpad.com/quickcalcs/ttest1.cfm>
18. Chi-Squared test Calculator, <https://pulipulichen.github.io/HTML5-Chi-Square-Test-of-Independence-Calculator/>
19. 棒球規則 1.09, [http://www.kch-baseball.org.tw/teach/teach.asp?smenu\\_wl=06\\_04](http://www.kch-baseball.org.tw/teach/teach.asp?smenu_wl=06_04)
20. 阿仁 (2011, March 4), 棒球, How it's Made, <http://louis378.blogspot.com/2011/04/how-its-made.html>
21. 棒球全新革命, <http://www.brett-sports.cn/fuwu/yanfa/>
22. 防水跑步運動手錶, [https://decathlon.tw/dsm-11728.html?utm\\_source=google&utm\\_medium=pmax&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCCQiAxOauBhCaARIsAEbUSQQRgmEItrbfXerYb-M1Bks4S-K5CurBWUmutGISeW0UIAZisBD0QEaArndEALw\\_wcB](https://decathlon.tw/dsm-11728.html?utm_source=google&utm_medium=pmax&gad_source=1&gclid=Cj0KCCQiAxOauBhCaARIsAEbUSQQRgmEItrbfXerYb-M1Bks4S-K5CurBWUmutGISeW0UIAZisBD0QEaArndEALw_wcB)
23. 網球介紹 <https://www.popozi.tw/tennisball.php> 台灣偵測犬出差日本準確找出紅火蟻 日方評估引進 <https://tw.news.yahoo.com/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E5%81%B5%E6%B8%AC%E7%8A%AC%E5%87%BA%E5%B7%AE%E6%97%A5%E6%9C%AC%E6%BA%96%E7%A2%BA%E6%89%BE%E5%87%BA%E7%B4%85%E7%81%AB%E8%9F%BB-%E6%97%A5%E6%96%B9%E8%A9%95%E4%BC%B0%E5%BC%95%E9%80%B2-100314658.html>
24. 台灣首隻電子產品偵測犬亮相 聞手機硬碟化學塗料專責打擊數位犯罪, <https://www.cna.com.tw/news/ahel/202401260147.aspx>
25. Airforce1 (May 5, 2009) 今天不搞疊疊樂, 壘球斷面秀, <https://www.mobile01.com/topicdetail.php?f=293&t=1042571>
26. Discovery - 大聯盟棒球製作過程, <https://www.youtube.com/watch?v=jPmir4Z6KaM>
27. Ntfd-K9 大埔分隊, <https://www.facebook.com/Ntfd.dapu.k9>