

第五屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA5-085

作品名稱：

聞聲辨位

鳥類叫聲頻率與其棲息地關連性初探

姓名：曾琮桓

關鍵詞：鳥類、頻率、海拔

摘要

本實驗依據鳥類的聲音頻率來探討鳥類與其生活環境的相關性。

由實驗結果得知，低海拔地區(1000 公尺以下)鳥類的聲音頻率平均落於 3000Hz，中高海拔地區(1000 公尺以上)鳥類的聲音頻率落於 4000Hz，兩者相較之下，低海拔鳥類的聲音頻率明顯較中高海拔鳥類的聲音頻率為低。以此推論，不同海拔的鳥類，其聲音頻率受到海拔高度的不同而有所差異。

壹、研究動機

基礎生物第三章中，提到一種達爾文雀。這種雀因為環境的影響，導致達爾文雀在食性上、型態上有些許的差異。在生物學上的觀點，生活在相同環境下的不同物種，因為長期適應環境，而逐漸發展出相同或相似的生存構造及方式。以此觀點來思考，鳥類除形態外，是否會因為環境的影響，而發展出相似的特質？

貳、研究目的

藉分析鳥叫聲的特質，來探討鳥類的叫聲是否因環境的差異而發展出相似的特質(頻率)。

叁、研究設備及器材

鳥音樣本共 102 種(取自 CD“聽！是誰在唱歌-金門的留鳥”-金門國家公園；CD”天之籟-風潮唱片-玉山國家公園”)

CoolEdit 試用版

Microsoft,Windows,小畫家

Microsoft office Excel 2003

PhotoImpact10 Trial

肆、研究過程和方法

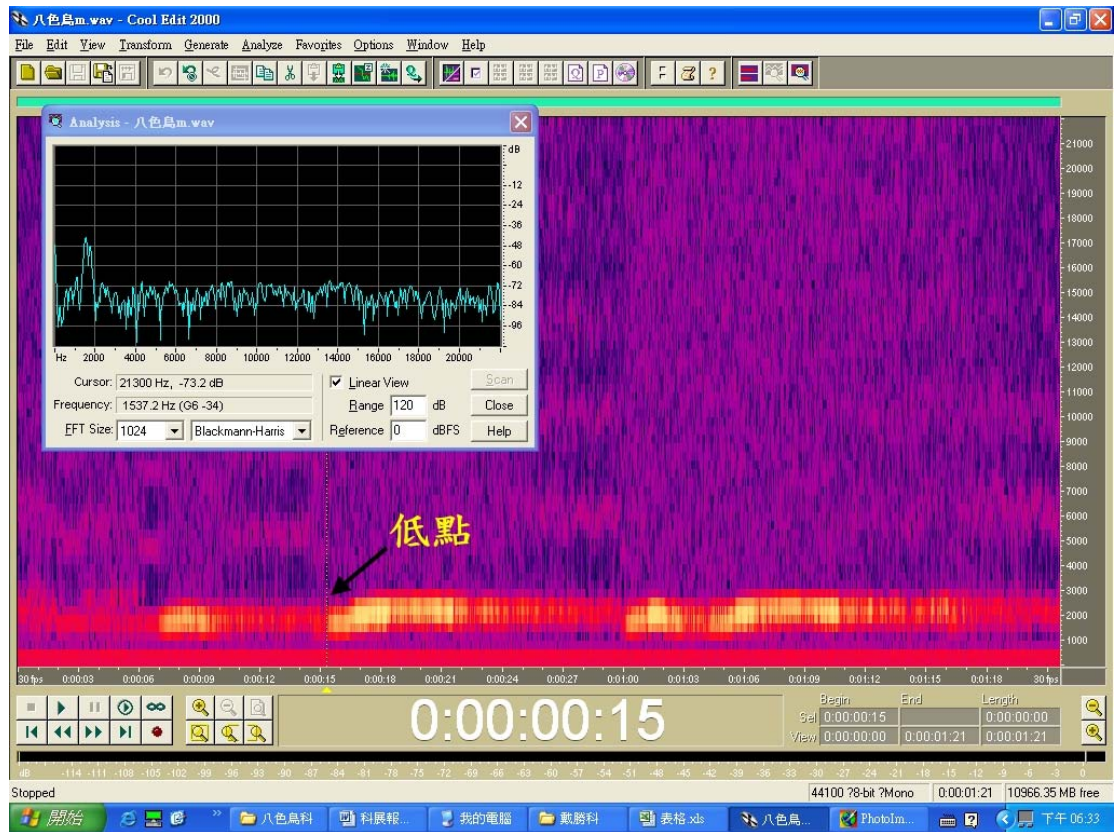
事前準備：

一、把鳥聲 CD 的檔案以 Musicmatch Jukebox 9.0 trial 轉成 MP3 檔

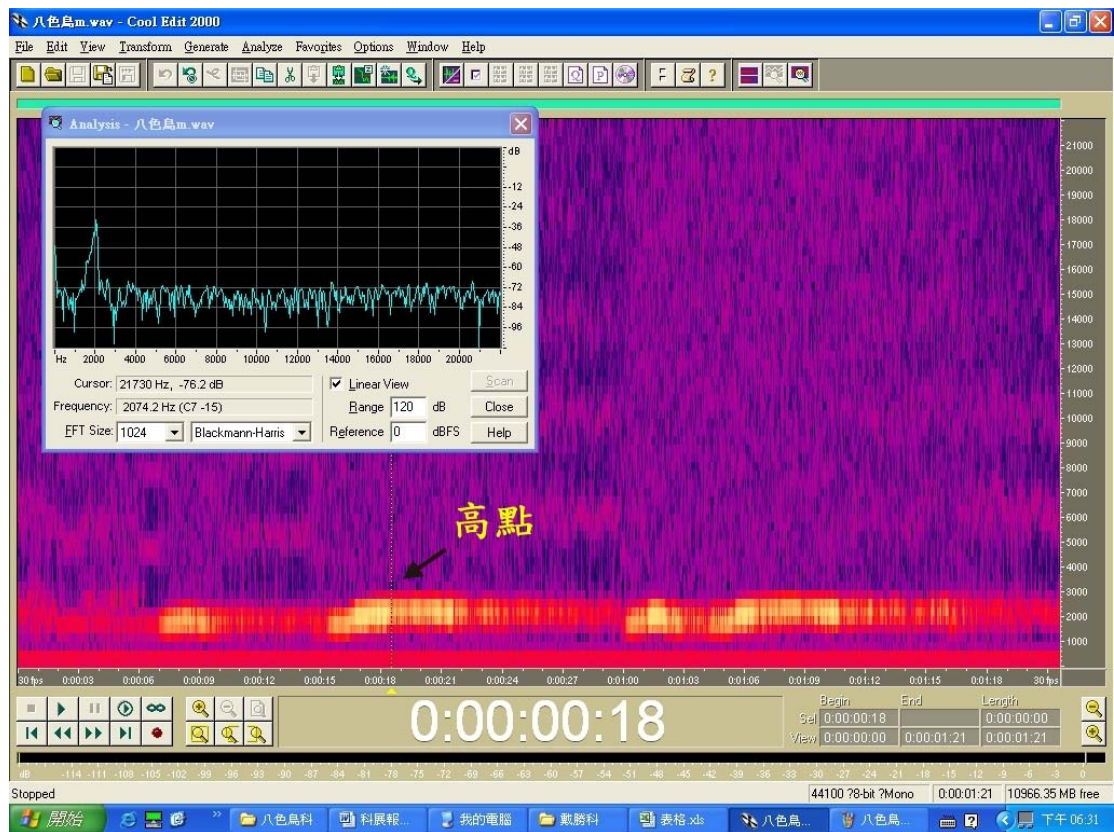
二、以鳥類居住地的海拔分成低、中、高三組(1000m 以下為低海拔；1000~2000m 為中海拔；2000m 以上為高海拔)

實驗一：用鳥音頻率的最高及最低點來分析三組樣本間的關係

(一)、用 CoolEdit 試用版找到鳥音頻率中，基頻的最高點與最低點(圖一、圖二)



圖一、低點

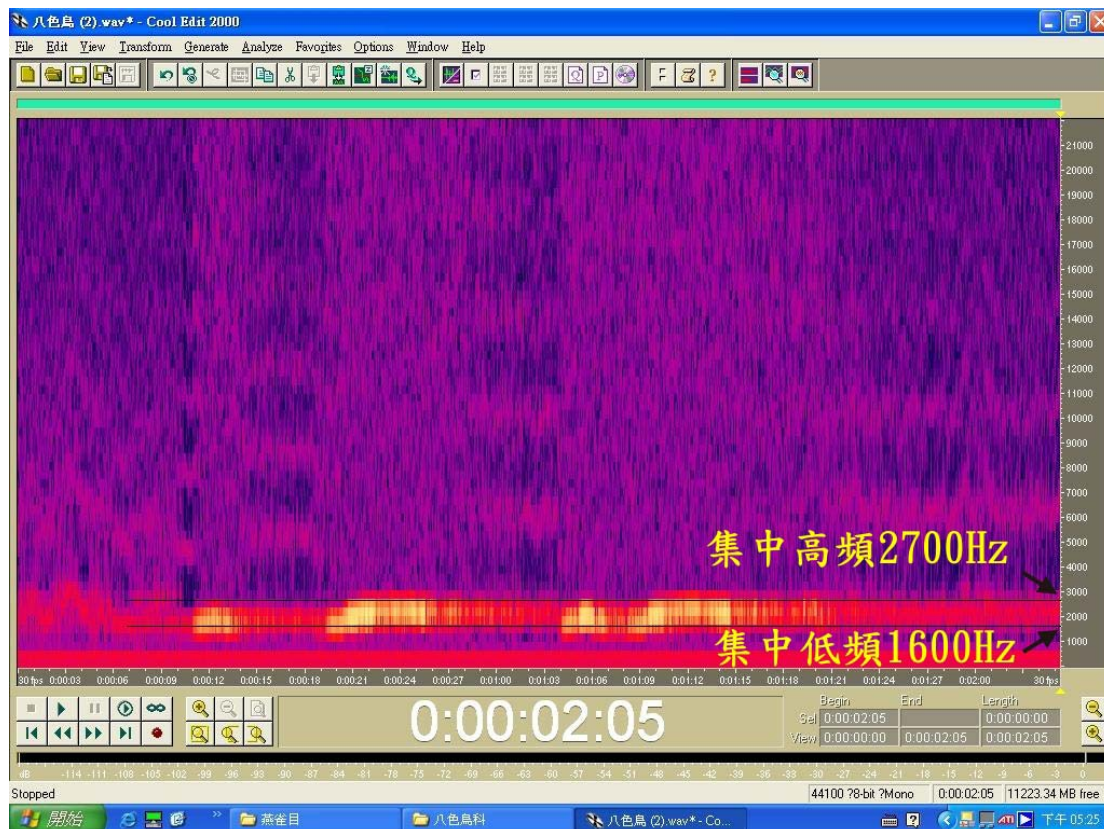


圖二、高點

- (二)、求出最高點與最低點的中間值
- (三)、利用 Excel 分析工具箱所提供的統計學鑑定功能(t-檢定及變異數分析(ANOVA))針對三組鳥叫聲頻率基頻中間值加以檢驗

實驗二：取出頻率圖聲音集中區的高點與低點來分析三組樣本間的關係

- (一)、用 CoolEdit 試用版和 PhotoImpact 取得鳥叫聲的頻率圖
- (二)、在頻率圖上取出叫聲集中區的高點與低點，如下圖



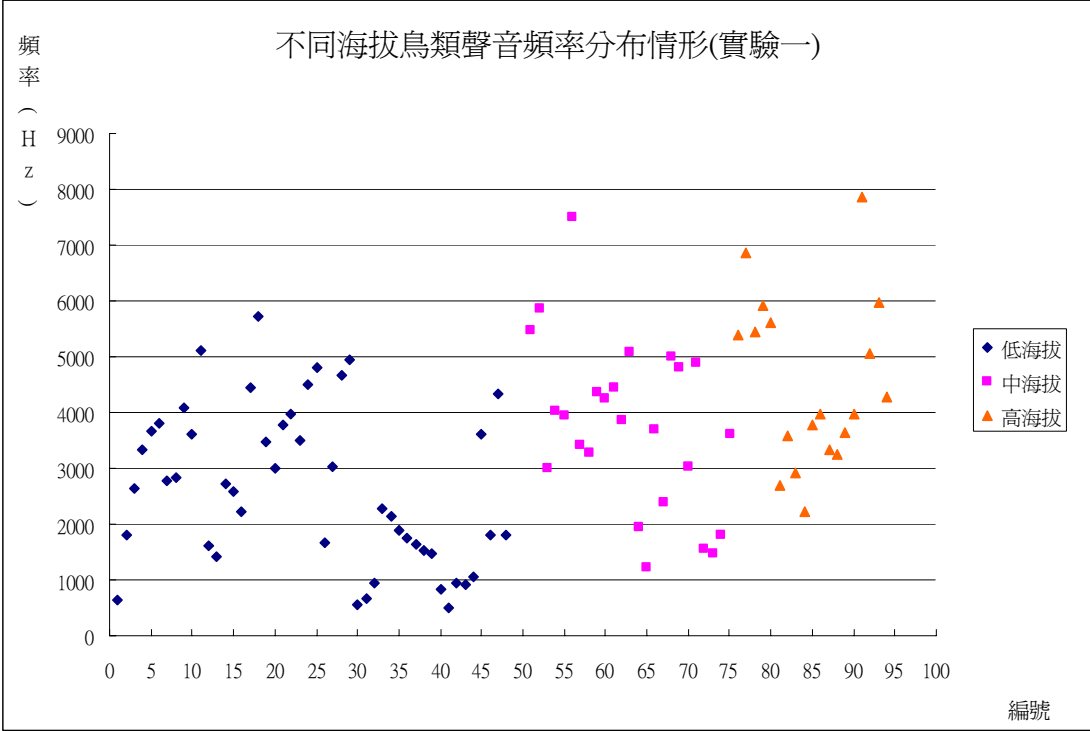
圖三、聲音集中區的高頻及低頻

- (三)、求出高低點的中間值
- (四)、利用 Excel 分析工具箱所提供的統計學鑑定功能(t-檢定及變異數分析(ANOVA))針對三組鳥叫聲頻率中間值加以檢驗

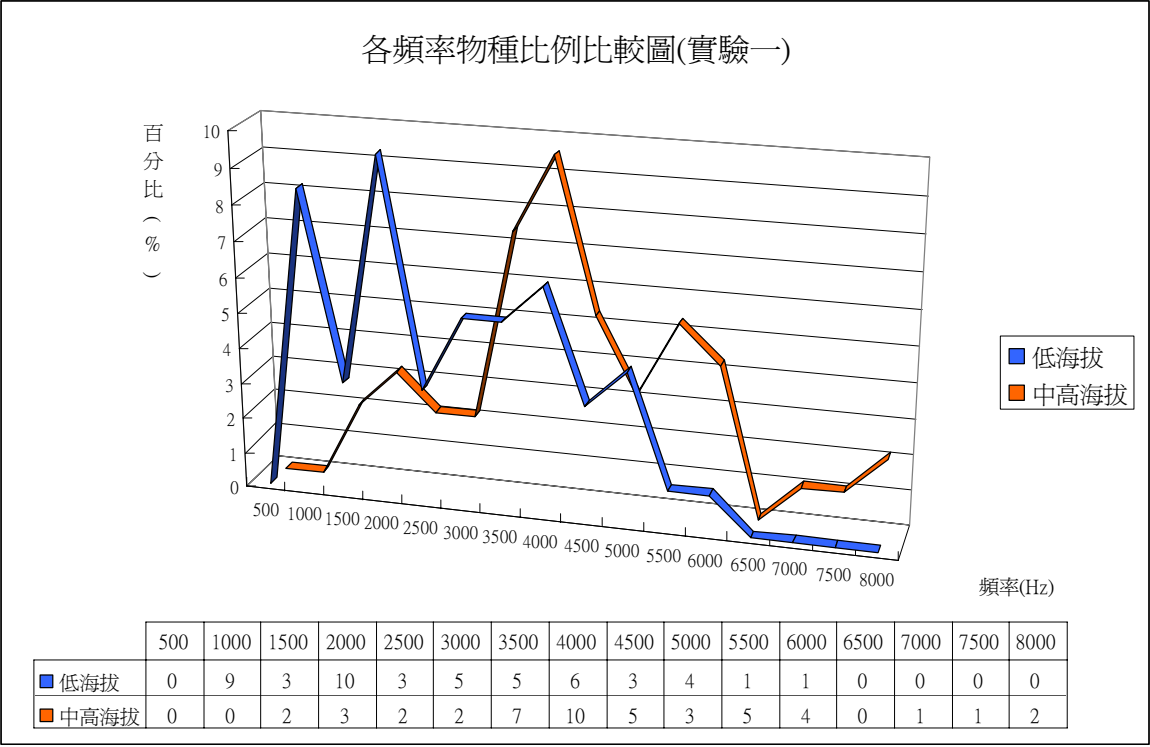
伍、研究結果

實驗一：

根據圖四、圖五及表一可知低海拔鳥類聲音頻率集中在 3000Hz；中海拔與高海拔鳥類聲音頻率則集中在 4000Hz。



圖四、不同海拔鳥類聲音頻率分布情形(實驗一)



圖五、各聲音頻率比例比較圖(實驗一)

表一、各樣本聲音的高頻與低頻(實驗一)

編號	目別	科別	種名	聲音低頻	中間值	聲音高頻	海拔
1	佛法僧	戴勝	戴勝	588	627.5	667	L
2	燕雀	八色鳥	八色鳥	1537	1805.5	2074	L
3	燕雀	八哥	八哥	1905	2645.5	3386	L
4	燕雀	八哥	家八哥	1882	3344.5	4807	L
5	燕雀	八哥	黑領棕鳥	2291	3654.5	5018	L
6	燕雀	文鳥	麻雀	3380	3816.5	4253	L
7	燕雀	王鵯(鵯亞)	黑枕藍鵯	2256	2791.5	3327	L
8	燕雀	伯勞	棕背伯勞(1)	2481	2844	3207	L
9	燕雀	伯勞	棕背伯勞(2)	3812	4069.5	4327	L
10	燕雀	卷尾	大卷尾	3071	3598.5	4126	L
11	燕雀	雀	金翅雀	4234	5113	5992	L
12	燕雀	畫眉亞	小彎嘴	1184	1613	2042	L
13	燕雀	畫眉亞	畫眉	1009	1417.5	1826	L
14	燕雀	黃鸝	朱鸝	2173	2734	3295	L
15	燕雀	鴉	台灣藍鵲	1453	2586	3719	L
16	燕雀	鴉	喜鵲	1963	2218.5	2474	L
17	燕雀	燕	毛腳燕	3335	4436.5	5538	L
18	燕雀	繡眼	綠繡眼	4656	5716	6776	L
19	燕雀	鵯	白頭翁	3073	3461.5	3850	L
20	燕雀	鵯	白環鸚嘴鵯	2395	3013	3631	L
21	燕雀	鵯	紅嘴黑鵯	3049	3773.5	4498	L
22	燕雀	鵯亞	白尾鵯	3115	3984	4853	L
23	燕雀	鶯亞	小鶯	1817	3499	5181	L
24	燕雀	鶯亞	灰頭鷓鴣	2994	4502.5	6011	L
25	燕雀	鶯亞	斑紋鷓鴣	4412	4807	5202	L
26	燕雀	鶯亞	短翅樹鶯(1)	1271	1664.5	2058	L
27	燕雀	鶯亞	短翅樹鶯(2)	1322	3040	4758	L
28	燕雀	鶯亞	褐頭鷓鴣	4497	4671	4845	L
29	燕雀	鵲鵲	白鵲鵲	4201	4932.5	5664	L

表一(續 1)

編號	目別	科別	種名	聲音低頻	中間值	聲音高頻	海拔
30	鵲	鷓鴣	領角鵲	483	557	631	L
31	鵲	鷓鴣	褐鵲	635	675.5	716	L
32	鷺形	五色鳥	五色鳥	833	950	1067	L
33	鷺形	啄木鳥	綠啄木	2222	2278.5	2335	L
34	雞形	雉	竹雞	1955	2145.5	2336	L
35	雞形	雉	深山竹雞(1)	1574	1892	2210	L
36	雞形	雉	深山竹雞(2)	1521	1738.5	1956	L
37	雞形	雉	環頸雉	1046	1631	2216	L
38	雞形	雉	藍腹鵲	1476	1518.5	1561	L
39	鵲形	杜鵑	小杜鵑	1183	1479	1775	L
40	鵲形	杜鵑	番鵲	761	840	919	L
41	鵲形	杜鵑	筒鳥	499	502.5	506	L
42	鶴形	秧雞	白腹秧雞(2)	785	943	1101	L
43	鶴形	秧雞	白腹秧雞(1)	830	917	1004	L
44	鶴形	秧雞	灰腳秧雞	978	1059.5	1141	L
45	鷹形	隼	紅隼	3165	3602.5	4040	L
46	鷹形	鷲	大冠鷲	1564	1800.5	2037	L
47	鷹形	鷲	松雀鷲	4193	4319.5	4446	L
48	雁行	雁鴨	花嘴鴨	1401	1812.5	2224	L
49	燕雀	山雀	青背山雀	3251	3266	3281	M
50	燕雀	山雀	紅頭山雀	7300	7906	8512	M
51	燕雀	山雀	黃山雀	3767	5465.5	7164	M
52	燕雀	山椒鳥	紅山椒鳥	5277	5873	6469	M
53	燕雀	山椒鳥	花翅山椒鳥	2262	3013.5	3765	M
54	燕雀	王鵲(鵲亞)	黃腹琉璃(1)	2960	4027.5	5095	M
55	燕雀	王鵲(鵲亞)	黃腹琉璃(2)	3107	3954.5	4802	M
56	燕雀	王鵲(鵲亞)	紅尾鵲	6485	7493	8501	M
57	燕雀	卷尾	小卷尾	2128	3422.5	4717	M
58	燕雀	雀	河(褐)鶯	2210	3273	4336	M

表一(續 2)

編號	目別	科別	種名	聲音低頻	中間值	聲音高頻	海拔
59	燕雀	畫眉亞	山紅頭	3428	4371.5	5315	M
60	燕雀	畫眉亞	白耳畫眉	2178	4244	6310	M
61	燕雀	畫眉亞	繡眼畫眉	2746	4446	6146	M
62	燕雀	畫眉亞	藪鳥	2342	3873.5	5405	M
63	燕雀	畫眉亞	鱗胸鷓鴣	3693	5087.5	6482	M
64	燕雀	畫眉亞	竹鳥	1659	1935	2211	M
65	燕雀	鴉	巨嘴鴉	1015	1226.5	1438	M
66	燕雀	鶇亞	白喉笑鶇	2776	3685	4594	M
67	燕雀	鶇亞	虎鶇	1926	2395	2864	M
68	燕雀	鶇亞	紫嘯鶇	3978	4987.5	5997	M
69	燕雀	鶇亞	鉛色水鶇	4469	4803	5137	M
70	燕雀	鶇亞	台灣叢樹鶇	2872	3021.5	3171	M
71	燕雀	鶇亞	棕面鶇	4848	4888.5	4929	M
72	鴉	鴉	黃嘴角鴉(1)	1481	1568.5	1656	M
73	鴉	鴉	黃嘴角鴉(2)	1404	1469.5	1535	M
74	鵲形	杜鵑	鷹鵲	1697	1803.5	1910	M
75	鷹形	鷹	林雕	3213	3597.5	3982	M
76	雨燕	雨燕	小雨燕	4194	5380.5	6567	MH
77	雨燕	雨燕	針尾雨燕	5489	6865.5	8242	MH
78	燕雀	山雀	煤山雀	4026	5446	6866	MH
79	燕雀	雀	酒紅朱雀	5586	5926	6266	MH
80	燕雀	畫眉亞	灰頭花翼鳥	4804	5622.5	6441	MH
81	燕雀	畫眉亞	金翼白眉	1968	2695.5	3423	MH
82	燕雀	畫眉亞	冠羽畫眉	2090	3576.5	5063	MH
83	燕雀	鴉	松鴉	2275	2910	3545	MH
84	燕雀	鴉	星鴉	1965	2217.5	2470	MH
85	燕雀	鶇亞	小翼鶇(1)	2603	3786.5	4970	MH
86	燕雀	鶇亞	小翼鶇(2)	3000	3964.5	4929	MH
87	燕雀	鶇亞	白眉林鵲	2822	3338.5	3855	MH

表一(續 3)

編號	目別	科別	種名	聲音低頻	中間值	聲音高頻	海拔
88	燕雀	鶇亞	白頭鶇	1965	3257	4549	MH
89	燕雀	鶇亞	栗背林鶇(1)	2653	3644	4635	MH
90	燕雀	鶇亞	栗背林鶇(2)	3767	3985.5	4204	MH
91	燕雀	鶇亞	火冠戴菊鳥	7515	7868	8221	MH
92	燕雀	鶇亞	深山鶇	4068	5065	6062	MH
93	燕雀	鷓鴣	鷓鴣	3849	5979	8109	MH
94	燕雀	鵲	茶腹鵲	2738	4264	5790	MH

以 Excel 的分析工具箱，t-檢定得到的結果如表二。由表二可得知低海拔與中高海拔鳥類的聲音頻率有顯著差異。且中高海拔的鳥類聲音頻率明顯高於低海拔的鳥類聲音頻率。

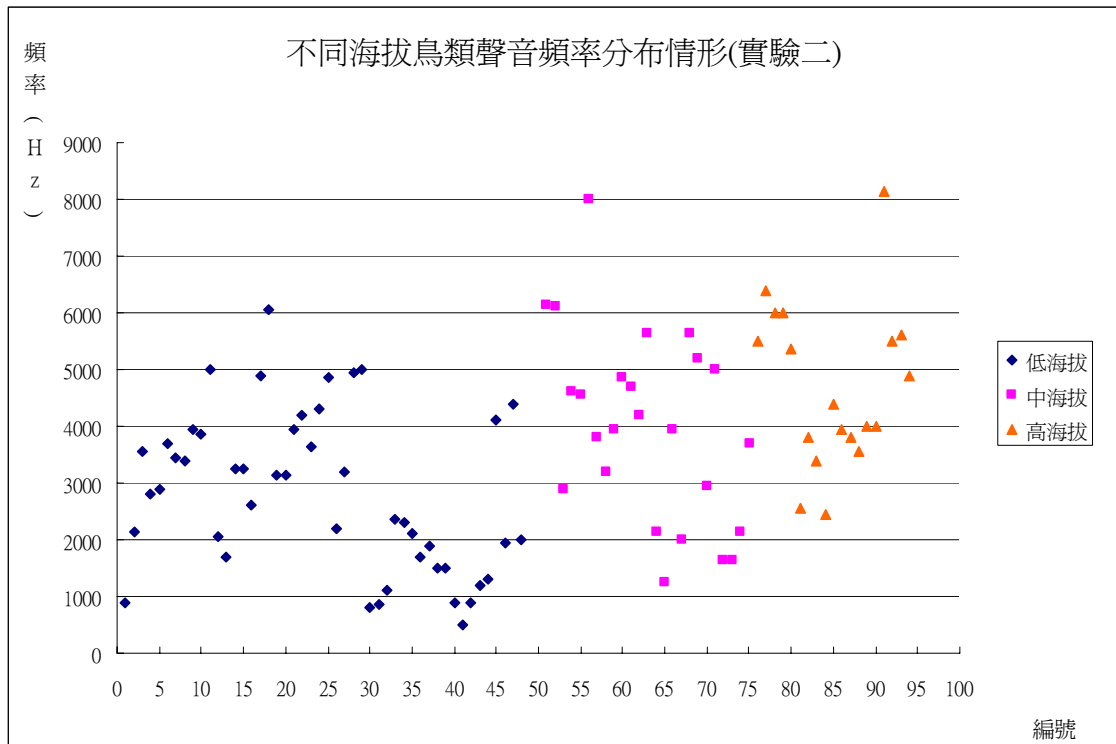
表二、實驗一 t-檢定結果

	低海拔	中高海拔	
平均數	2646.729	4149.783	所得 t-檢定值為-4.814 因為 $ -4.814 > 1.986$ 即 $ t >$ 雙尾臨界值 所以兩者平均數不等(即有顯著差異) 又 $-4.814 < -1.662$ 即 $t <$ -單尾臨界值 故低海拔鳥類聲音頻率整體而言明顯小於高海拔鳥類聲音頻率
變異數	1983869	2608799	
觀察值個數	48	46	
自由度	92		
t-檢定	-4.814		
臨界值：雙尾	1.986		
臨界值：單尾	1.662		

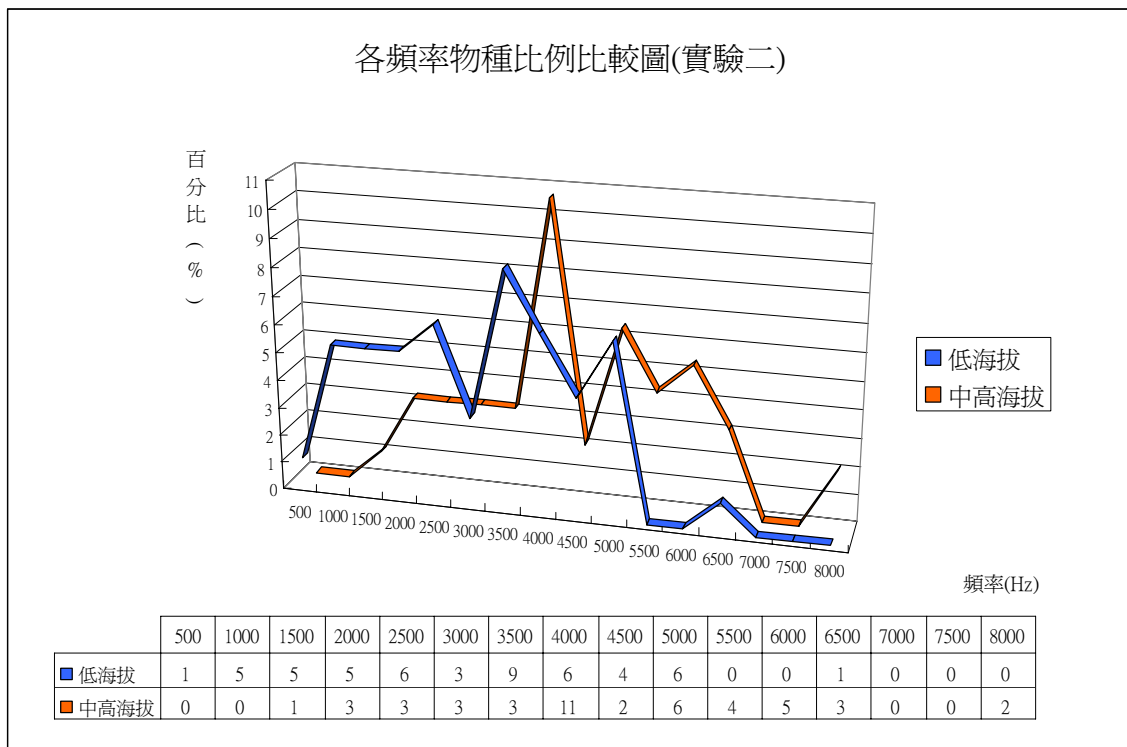
※註：雙尾檢定誤差值為 0.000005，單尾檢定誤差值 0.000003

實驗二：

根據圖六、圖七、及表三可知低海拔鳥類聲音頻率集中在 3000Hz；中海拔與高海拔鳥類聲音頻率則集中在 4000Hz。



圖六、不同海拔鳥類聲音頻率分布情形(實驗二)



圖七、各聲音頻率比例比較圖(實驗二)

表三、各樣本聲音的高頻與低頻(實驗二)

編號	目別	科別	種名	聲音低頻	中間值	聲音高頻	海拔
1	佛法僧	戴勝	戴勝	400	900	1400	L
2	燕雀	八色鳥	八色鳥	1600	2150	2700	L
3	燕雀	八哥	八哥	3000	3550	4100	L
4	燕雀	八哥	家八哥	1600	2800	4000	L
5	燕雀	八哥	黑領棕鳥	1600	2900	4200	L
6	燕雀	文鳥	麻雀	2600	3700	4800	L
7	燕雀	王鵯(鵯亞)	黑枕藍鵯	2700	3450	4200	L
8	燕雀	伯勞	棕背伯勞(1)	1800	3400	5000	L
9	燕雀	伯勞	棕背伯勞(2)	2400	3950	5500	L
10	燕雀	卷尾	大卷尾	2500	3850	5200	L
11	燕雀	雀	金翅雀	4000	5000	6000	L
12	燕雀	畫眉亞	小彎嘴	1300	2050	2800	L
13	燕雀	畫眉亞	畫眉	800	1700	2600	L
14	燕雀	黃鸝	朱鸝	1800	3250	4700	L
15	燕雀	鴉	台灣藍鵲	2500	3250	4000	L
16	燕雀	鴉	喜鵲	1200	2600	4000	L
17	燕雀	燕	毛腳燕	3800	4900	6000	L
18	燕雀	繡眼	綠繡眼	5000	6050	7100	L
19	燕雀	鵯	白頭翁	2500	3150	3800	L
20	燕雀	鵯	白環鸚嘴鵯	2500	3150	3800	L
21	燕雀	鵯	紅嘴黑鵯	3100	3950	4800	L
22	燕雀	鵯亞	白尾鵯	3200	4200	5200	L
23	燕雀	鶯亞	小鶯	2200	3650	5100	L
24	燕雀	鶯亞	灰頭鷓鴣	3400	4300	5200	L
25	燕雀	鶯亞	斑紋鷓鴣	4100	4850	5600	L
26	燕雀	鶯亞	短翅樹鶯(1)	1200	2200	3200	L
27	燕雀	鶯亞	短翅樹鶯(2)	1700	3200	4700	L
28	燕雀	鶯亞	褐頭鷓鴣	3800	4950	6100	L
29	燕雀	鵲鵲	白鵲鵲	4000	5000	6000	L

表三(續 1)

編號	目別	科別	種名	聲音低頻	中間值	聲音高頻	海拔
30	鴉	鴉	領角鴉	300	800	1300	L
31	鴉	鴉	褐鷹鴉	300	850	1400	L
32	鷲形	五色鳥	五色鳥	600	1100	1600	L
33	鷲形	啄木鳥	綠啄木	1700	2350	3000	L
34	雞形	雉	竹雞	1800	2300	2800	L
35	雞形	雉	深山竹雞(1)	1400	2100	2800	L
36	雞形	雉	深山竹雞(2)	1200	1700	2200	L
37	雞形	雉	環頸雉	800	1900	3000	L
38	雞形	雉	藍腹鵒	1000	1500	2000	L
39	鵲形	杜鵑	小杜鵑	1000	1500	2000	L
40	鵲形	杜鵑	番鵲	200	900	1600	L
41	鵲形	杜鵑	筒鳥	100	500	900	L
42	鶴形	秧雞	白腹秧雞(2)	200	900	1600	L
43	鶴形	秧雞	白腹秧雞(1)	800	1200	1600	L
44	鶴形	秧雞	灰腳秧雞	600	1300	2000	L
45	鷹形	隼	紅隼	3800	4100	4400	L
46	鷹形	鷲	大冠鷲	1500	1950	2400	L
47	鷹形	鷲	松雀鷲	3800	4400	5000	L
48	雁行	雁鴨	花嘴鴨	1600	2000	2400	L
49	燕雀	山雀	青背山雀	3000	3400	3800	M
50	燕雀	山雀	紅頭山雀	7000	7850	8700	M
51	燕雀	山雀	黃山雀	4700	6150	7600	M
52	燕雀	山椒鳥	紅山椒鳥	5200	6100	7000	M
53	燕雀	山椒鳥	花翅山椒鳥	1600	2900	4200	M
54	燕雀	王鵲(鵲亞)	黃腹琉璃(1)	3600	4600	5600	M
55	燕雀	王鵲(鵲亞)	黃腹琉璃(2)	3500	4550	5600	M
56	燕雀	王鵲(鵲亞)	紅尾鵲	7000	8000	9000	M
57	燕雀	卷尾	小卷尾	2800	3800	4800	M
58	燕雀	雀	河(褐)鶯	2400	3200	4000	M

表三(續 2)

編號	目別	科別	種名	聲音低頻	中間值	聲音高頻	海拔
59	燕雀	畫眉亞	山紅頭	3400	3950	4500	M
60	燕雀	畫眉亞	白耳畫眉	2500	4850	7200	M
61	燕雀	畫眉亞	繡眼畫眉	3400	4700	6000	M
62	燕雀	畫眉亞	藪鳥	2600	4200	5800	M
63	燕雀	畫眉亞	鱗胸鷓鴣	4100	5650	7200	M
64	燕雀	畫眉亞	竹鳥	1500	2150	2800	M
65	燕雀	鴉	巨嘴鴉	700	1250	1800	M
66	燕雀	鷓亞	白喉笑鷓	2200	3950	5700	M
67	燕雀	鷓亞	虎鷓	1700	2000	2300	M
68	燕雀	鷓亞	紫嘯鷓	4700	5650	6600	M
69	燕雀	鷓亞	鉛色水鷓	4500	5200	5900	M
70	燕雀	鶯亞	台灣叢樹鶯	2300	2950	3600	M
71	燕雀	鶯亞	棕面鶯	4500	5000	5500	M
72	鴉	鷓鴣	黃嘴角鴉(1)	1000	1650	2300	M
73	鴉	鷓鴣	黃嘴角鴉(2)	1000	1650	2300	M
74	鷓形	杜鵑	鷹鵑	1800	2150	2500	M
75	鷹形	鷲鷹	林雕	3100	3700	4300	M
76	雨燕	雨燕	小雨燕	4500	5500	6500	MH
77	雨燕	雨燕	針尾雨燕	5600	6400	7200	MH
78	燕雀	山雀	煤山雀	4800	6000	7200	MH
79	燕雀	雀	酒紅朱雀	5200	6000	6800	MH
80	燕雀	畫眉亞	灰頭花翼鳥	4600	5350	6100	MH
81	燕雀	畫眉亞	金翼白眉	1500	2550	3600	MH
82	燕雀	畫眉亞	冠羽畫眉	2500	3800	5100	MH
83	燕雀	鴉	松鴉	1600	3400	5200	MH
84	燕雀	鴉	星鴉	1500	2450	3400	MH
85	燕雀	鷓亞	小翼鷓(1)	3400	4400	5400	MH
86	燕雀	鷓亞	小翼鷓(2)	2800	3950	5100	MH
87	燕雀	鷓亞	白眉林鵪	2800	3800	4800	MH

表三(續 3)

編號	目別	科別	種名	聲音低頻	中間值	聲音高頻	海拔
88	燕雀	鶇亞	白頭鶇	2100	3550	5000	MH
89	燕雀	鶇亞	栗背林鶇(1)	3000	4000	5000	MH
90	燕雀	鶇亞	栗背林鶇(2)	3000	4000	5000	MH
91	燕雀	鶇亞	火冠戴菊鳥	7300	8150	9000	MH
92	燕雀	鶇亞	深山鶇	4800	5500	6200	MH
93	燕雀	鷓鴣	鷓鴣	4000	5600	7200	MH
94	燕雀	鶇	茶腹鶇	3000	4900	6800	MH

以 Excel 的分析工具箱，t-檢定得到的結果如表四。由表四可得知低海拔與中高海拔鳥類的聲音頻率有顯著差異。且中高海拔的鳥類聲音頻率明顯高於低海拔的鳥類聲音頻率。

表四、實驗二 t-檢定結果

	低海拔	中高海拔	
平均數	2820.833	4339.13	所得 t-檢定值為-4.803 因為 $ -4.803 > 1.986$ 即 $ t >$ 雙尾臨界值 所以兩者平均數不等(即有顯著差異) 又 $-4.803 < -1.662$ 即 $t <$ -單尾臨界值 故低海拔鳥類聲音頻率整體而言明顯小於高海拔鳥類聲音頻率
變異數	1942216	2770768	
觀察值個數	48	46	
自由度	92		
t-檢定	-4.803		
臨界值：雙尾	1.986		
臨界值：單尾	1.662		

※註：雙尾檢定誤差值為 0.000006，單尾檢定誤差值 0.000003

陸、結論

依據實驗結果，證實低海拔鳥類的叫聲頻率，較高海鳥類的叫聲頻率為低。

柒、討論及應用

本實驗採用兩種取樣方法，由圖五及圖七發現兩者間集中區域略具差異，但經由統計結果顯示兩筆數據並無顯著差異。

實驗採用兩種統計學檢定法(t 檢定與變異數分析 (ANOVA))來取代以往一般直接用平均數來比較的方式。t 檢定與 ANOVA(變異數分析)分析出來的結果，可說明其平均數是否具顯著差異，使實驗數據更具說服力，且其結果可推及母群體。

實驗最初採用 ANOVA 分析三組中間值資料，得出三組資料不完全相等(實驗一及實驗二皆得相同結果)。再改以 t 檢定來兩兩交叉分析。發現低海拔鳥類叫聲頻率低於中、高海拔的鳥類叫聲頻率，但中海拔與高海拔的鳥類叫聲頻率無顯著差異，也就是在統計學上，這兩組鳥音頻率相同，可被視為同一組。因此把中海拔和高海拔這兩組合併成”中高海拔”。

合併之後，再以 t 檢定分析低海拔的鳥類叫聲頻率與中高海拔的鳥類叫聲頻率。結果發現，低海拔與中高海拔的鳥類叫聲頻率具顯著差異。並由 t 檢定結果得知低海拔的鳥類叫聲頻率低於中高海拔的鳥類叫聲頻率。

實驗一、實驗二中得到相同的結果——低海拔的鳥類叫聲頻率低於中高海拔的鳥類叫聲頻率。但以物理學的角度而言，高頻率的聲波因為震動較快，所以能量散失的比較快。低頻率的聲波相較之下，具有傳的遠、穿透力強、較容易反射與繞射等特性。而聲音在障礙物密集的地方聲音多以反射與繞射的方式傳播。又本實驗定義的”中高海拔”係指海拔 1000 公尺以上，且林相較完整的區域。基於上述理由，低頻率的聲波在傳播上應該比高頻率的聲波更適合高海拔的環境。但實驗的結果卻顯示高海拔的鳥類其叫聲頻率偏高，由此判斷，應是有其他的因素影響而導致了這個結果的產生。而這個影響使叫聲頻率高的鳥類較頻率低的鳥類更適合在高海拔的環境下生存。

由上述討論及高海拔環境與低海拔的環境差異推斷，其可能的原因如下：

一、物理環境：

(一)溼度：

以台灣的地理環境而言，在海拔 1000 公尺以上，林相較為完整，保水能力較佳。相對而言，森林的濕度往往大於平地。然而聲音的傳播速率，會因介質的改變而有所增減。由此推論，隨著濕度增加，對高頻率的聲音在傳撥上更有利。

(二)大氣壓力：

在大氣壓較低的地區，空氣較稀薄。而海拔愈高，大氣壓力就越低。由此推論，稀薄的空氣可能會影響聲音的傳送，且對高頻率的聲音在傳送上更有利。

二、生存需求：

(一)體型：

從生物學的角度而言，因為生存的需求，高山鳥類的體型多比低海拔的鳥類來的小，而發聲器官因體型的影響應該也比低海拔鳥類來的短小。且一般鳥類的發聲器官是

靠震動發聲，而發聲器官的較小，聲音頻率也會比較高。

(二)鳥嘴形狀：

高地的鳥類多以高山植物的種子為食，鳥嘴多發展成尖而短，與平地鳥類的寬與扁形成對比，而聲音的發出與發聲構造有相當程度的關聯性。因此推論，高海拔的鳥類可能因為食性之故，長期適應的結果是鳥類的嘴部多為尖而短，因此聲音的頻率會比低海拔的鳥類高。

由實驗結果推論，鳥類叫聲頻率因著其棲息地海拔的不同而有著趨同演化的現象。然而實驗數據僅限於台灣地區，期許將來能力允許時，可由世界各地取得更多的鳥類叫聲樣本，以驗證推論精確性。

捌、參考資料及其他

Jerroldh . Zar (1996) . Biostatistical Analysis : Third Edition . N.J. : Prentice-Hall, Inc. 。

楊玉隆(2005)。生物統計入門。台北：偉華書局。

王嘉雄，吳森雄，黃光瀛，楊秀英，蔡仲晃，蔡牧起，蕭慶亮(1991)。台灣野鳥圖鑑。台中：亞舍。

裴家騏、孫元勳(1998)。地景對森林鳥類聚組成影響初探。中華學季刊，31，325-342。