

Student Code:

24th International Biology Olympiad

14th-21st July, 2013

Bern, Switzerland



BERN 2013 International Biology Olympiad

Practical Exam 3

Evolutionary Ethology (진화행동학)

Total points: **94** (총점:94 점)

Duration: **90 minutes** (시간제한:90 분)

Dear participants,

This test consists of three tasks:

Task 1: Quantifying aggressiveness 공격행동의 정량적 분석

5

Part 1.1: Experimental setup

실험 처치

5

Part 1.2: Aggressive behavior of *Neolamprologus pulcher*

시클리드의 공격행동

6

Part 1.3: Examples of ramming or biting attacks

머리박기/ 물기 공격행동의 예시

7

Part 1.4: Quantify ramming or biting attacks of *N. pulcher* [30 points]

시클리드의 공격행동의 정량적 분석

7

Part 1.5: Additional replicates

추가 반복수

8

Part 1.6: Statistical analysis of bite or ram attacks [20 points]

공격행동에 대한 통계분석

8

Task 2: Puffed throat behavior 목 부풀리기 행동

14

Part 2.1: Puffed throat behavior of *N. pulcher*

시클리드의 목 부풀리기 행동

14

Part 2.2: Examples of puffed throat behavior

목부풀리기 행동의 예

14

Part 2.3: Quantify puffed throat behavior of *N. pulcher* [21 points]

시클리드의 목 부풀리기 행동의 정량

15

Part 2.4: Interpret your results [4 points]

결과 해석

15

Task 3: Social groups 사회집단

17

Part 3.1: Quantifying task sharing in social groups of *N. pulcher* [15 points]

시클리드 사회 집단의 업무 분담 정량화

17

Part 3.2: Interpret your observations [4 points]

관찰 해석



19

Please write your student code into the box on the title page. (당신의 학생번호 (student code)를 표지에 있는 상자 속에 써 넣으시오.)

There is no separate answer sheet. Please fill in your answers into the specific answers boxes indicated with a gray background. **Only answers given inside these boxes will be evaluated.**

(별도로 주어지는 답지는 없음. 모든 답을 회색으로 칠해진 상자 속에 직접 써 넣으시오. 오직 이 상자 안에 적힌 답만 채점됨.)

The answers have to be given either with a tick (✓) or with Arabic numbers. The numbers "1" and "7" can look very similar in handwriting. To make sure that those two numbers can be well distinguished by the IBO staff, please write them as you normally would into the following box. (해답은 tick (✓) 또는 아라비아숫자로 표시합니다. 숫자 "1"과 "7"은 모양이 비슷해서 혼동 될 수 있으니 채점자가 판단기준으로 사용 할 수 있도록 당신이 평소에 이 숫자들을 적는 방식을 아래 상자 안에 써 넣으시오.)

	1 =		7 =		
--	-----	--	-----	--	---

Stop answering and **put down your pen IMMEDIATELY** when the bell rings at the end of the exam. Put the entire protocol with all the answers back into the exam envelope. (벨이 울리면 즉시 펜을 내려놓고 답안 작성을 중지합니다. 그리고 모든 시험지와 답지를 주어진 봉투 안에 넣습니다.)

Material and equipment

Make sure that you have received all the materials and equipment listed for each task. If any of these items are missing, please raise your hand. (각 과제에 필요한 모든 재료와 장비를 수령했는지 확인하십시오. 만일 아래 장비 중 하나라도 없다면 손을 들어서 알려주세요)

Equipment

- 1 Tablet with preloaded movies (동영상을 장착한 태블릿 PC)
- scratch paper (연습용지)

Introduction

Most organisms are limited in resources such as food, mating partners or shelters. As a result, available resources are often defended by aggressive interactions with conspecific (same species) and heterospecific (different species) competitors. A very common phenomenon to monopolize resources is the establishment of a well-defended territory. But territorial defense is costly as it may expose the territorial resident to an increased risk of injury or predation or reduce the time available for other activities such as foraging, mating or brood care. Given this, a territorial resident that is able to adjust its aggressive response to match the degree of threat posed by an intruder is expected to have a selective advantage.

대부분은 동물들은 먹이, 짝짓기 상대, 그리고 은식처 등과 같은 각종 자원(resource)이 제한된 상황에서 살아간다. 동물들은 공격적인 행동을 통해 동일 종 혹은 다른 종의 경쟁자로부터 부족한 자원을 지켜낸다. 자원을 독점하기 위한 가장 일반적인 방법은 자신만의 영역을 확보하는 것이다. 하지만 영역을 방어하는 행동에는 대가가 따르기 마련이다. 가령, 영역을 방어하는 개체는 포식자의 공격에 쉽게 노출될 위험에 있으며, 먹이 찾기와 짝짓기, 그리고 새끼 돌보기와 같은 활동에 투자할 수 있는 시간 또한 줄어든다. 이러한 상황을 감안할 때, 침입자에 따라 각각 다르게 가해지는 위협을 감지하고, 이에 따라 공격적 행동을 능동적으로 조정할 수 있는 개체는 진화적으로 선택적 우위를 가질 것으로 예측된다.

In this practical you will test if individuals of the territorial African cichlid *Neolamprologus pulcher* are using visual and / or olfactory cues of a competing conspecific to adjust their aggressive response. *N. pulcher* is native to Lake Tanganyika where it forms breeding pairs, which defend a small contiguous territory (mean area = 0.3 m²) used for feeding, breeding, and shelter from predators.

본 과제에서 여러분은 시클리드 물고기(이하 시클리드, *Neolamprologus pulcher*) 개체가 과연 동일종의 경쟁자로부터 발산되는 '시각'과 '후각'적 신호를 감지함으로써, 경쟁자에 따라 자신이 보이는 공격적인 반응을 조정할 수 있는지 여부를 실험적으로 검정할 예정이다. *N. pulcher*는 아프리카 탄가니카호수에 서식하는 물고기로서, 암수가 서로 짝을 짓고, 평균 0.3 m² 정도의 영역을 지키는 행동을 하는 것으로 알려져 있으며, 이 영역에서 그들은 섭식과 번식 물론 포식자의 공격으로부터 자신을 은폐한다.

All experiments were conducted under laboratory conditions in aquaria and recorded on video. Your task is now to analyze these recordings by quantifying the behavior of different individuals. All videos are preloaded on a tablet computer and can be played at your convenience.

모든 실험은 실험실의 어항에서 수행되었으며, 모든 관찰된 행동은 영상자료로 녹화되었다. 여러분은 주어진 영상 자료를 보고, 이 물고기가 보이는 공격적 행동에 대한 정량적인 분석을 수행할 예정이다. 모든 영상 자료는 타블렛 컴퓨터에 저장되어 있다.

Task 1: Quantifying aggressiveness 공격 행동의 정량적 분석

In this task, you will quantify the aggressive behavior of *N. pulcher* males by statistically testing if males use visual and / or olfactory cues to adjust their level of aggressiveness to the threat posed by a competing male.

본 과제에서 여러분은 시클리드 수컷이 동일종의 경쟁 수컷으로부터 가해지는 위협에 대처하기 위해, 과연 '시각적' 및 '후각적' 정보를 이용하여 경쟁자의 상태를 판단하고, 이에 따라 자신의 공격행동을 조정하는지를 통계적 검정을 통해 분석할 예정이다.

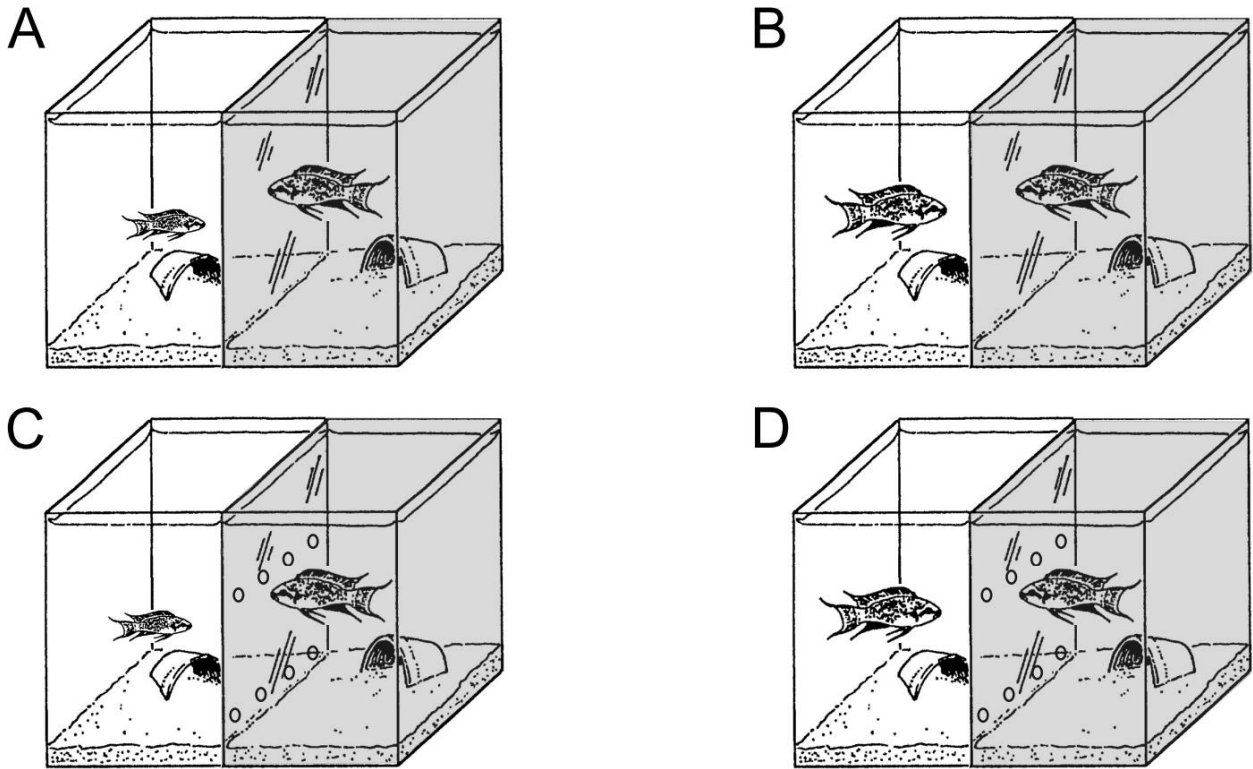
Part 1.1: Experimental setup 실험 처치

In each experiment, two males are freshly exposed to each other in a previously uninhabited test aquarium that is divided by a glass wall that either seals off the two compartments completely (Situations A and B) or is porous and allows for an exchange of water between the two compartments (Situations C and D). The focal male is always in the right compartment and is exposed to either a considerably smaller male (Situations A and C) or a male of equal size (Situations B and D).

아래 그림과 같은 4 가지 실험 처리군이 설정되었다. 먼저 각 처리군에는 아래 그림에서와 같이 2 부분으로 나뉜 어항의 2 부분에 각각 1 마리씩의 수컷 시클리드를 격리시켰다. 어항은 이전에 물고기가 살지 않았던 물로 채워졌다. 처리군 A와 B의 경우, 2 구획 간 물이 서로 섞이지 않도록, 물고기들은 구멍이 없는 유리벽을 통해 서로 격리 되었다. 이에 비해 처리군 C와 D의 물이 서로 섞일 수 있게끔, 구멍이 난 유리벽으로 사용되었다. 여러분이 공격 행동을 분석해야 하는 실험 물고기는 어항의 오른쪽(회색)에 있는 물고기로, 처리군 A와 C 경우, 이들보다 훨씬 몸집이 작은 개체가 어항 왼쪽에 제공되었으며, 처리군 B와 D의 경우, 몸집이 비슷한 개체가 제공되었다.

Throughout this task, you will only have to consider the behavioral response of the focal male in the right compartment (indicated in gray).

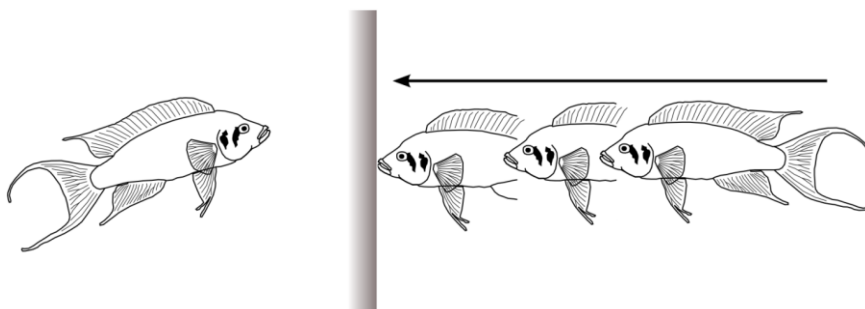
이 과제에서 여러분은 어항 오른쪽 실험 물고기(회색 부분)의 행동 반응만을 분석한다.



Part 1.2: Aggressive behavior of *Neolamprologus pulcher* 시클리드의 공격행동

In this task, you will count the frequency of a particularly conspicuous behavioral response of *N. pulcher* males to conspecifics: ramming or biting attacks. Aggressive behavior is counted as ram or bite (ramming with its mouth open) when the fish is obviously attacking its competitor by swimming towards it and hitting the glass wall separating them. Each hit of the snout against the glass wall is counted as a single event, even if males ram or bite repeatedly within a few seconds. The following figure illustrates this behavior.

본 과제에서 여러분은 시클리드 수컷이 동종의 수컷에게 보이는 주된 공격반응(머리박기, 물기)의 횟수를 측정할 것이다. 오른쪽 물고기가 왼쪽 물고기를 향해 전방으로 돌격하여 유리벽에 충돌하는 행동을 보일 때, 이를 공격행동으로 간주한다 (아래 그림 참조). 입을 짝 벌리고 머리박기 공격하는 경우, 이를 물기 행동으로 간주한다. 유리벽에 입이 충돌한 횟수를 1 번의 공격으로 간주하며, 이러한 충돌이 몇 분 동안 반복적으로 이루어졌을 경우도 1 번의 공격으로 간주한다.



Part 1.3: Examples of ramming or biting attacks 머리박기/물기 공격행동의 예시

Activate your tablet by tapping and sliding with your fingers and open the Folder E_1. In that folder you will find three movies. Movie I contains a series of obvious biting or ramming attacks. Watch it to get a feeling of what to look for. Next, watch Movies II and III which indicate how these attacks are to be counted. Watch them carefully. Proceed with the protocol as soon as you feel confident with how to count this behavior in *N. pulcher*.

여러분에게 제공된 타블렛 PC 의 Folder E1 을 열어보면, 거기에는 다음과 같은 3 가지 동영상 파일이 저장되어 있을 것이다. Movie I 는 물고기의 확연한 공격 행동(머리박기/물기)을 담고 있다. 여러분이 앞으로 분석해야 물고기의 공격 행동을 염두해 두고, 동영상을 자세히 관람하길 권장한다. 또한 다음, Movie II 과 III 을 차례로 관람하라. 이 동영상들은 물고기의 공격 행동의 횟수가 어떻게 세어질 것인지(count)를 보여준다. 공격행동 측정에 자신이 생겼다면, 다음 단계로 바로 이동하라.

Part 1.4: Quantify ramming or biting attacks of *N. pulcher* [30 points] 시클리드의 머리박기/ 물기 공격 행동의 정량적 분석

Each of the Folders A, B, C and D contain three movies, showing sequences from experiments conducted under the corresponding Situations A, B, C and D indicated in the figure in Part 1.1 and the table below. Count the number of ram or bite attacks of the male in the **right compartment** for each of the twelve movies and report your results in the table below. It is recommended to count by using tally marks on the provided scratch paper.

폴더 A,B,C,D 각각에는 3 개의 동영상(Replicate1,2,3)이 준비되어있다 (총 12 개). 이들 동영상은 물고기 수컷이 4 가지 실험 처리군에서 보였던 공격 행동을 담고 있다. 각 처리군에서 어항 오른쪽에 위치한 물고기가 보이는 공격 행동(머리박기/물기) 횟수를 측정하고, 이를 아래 표에 기입하라. (여러분에게 제공된 연습용지를 사용하여 표를 치며, 공격횟수를 셀 것)



Q1

Situation (처리군)	A	B	C	D
Separation (분리방법)	Sealed (구멍없음)	sealed	Porous (구멍있음)	porous
Size (수컷 크기)	Different (다름)	Matched (같음)	different	matched
Replicate 1				
Replicate 2				
Replicate 3				



Part 1.5: Additional replicates 추가 반복수

The table below provides the results of three additional replicates for each experimental setup. These results are to be combined with your results for the statistical analysis below.

아래 그림은 추가적으로 수행된 실험에서 얻어진 공격횟수 자료이다. 여러분이 방금 측정한 횟수와 아래 자료를 합쳐서 다음 단계의 통계분석에 사용한다.

Situation	A	B	C	D
Separation	sealed	Sealed	porous	porous
Size	different	Matched	different	matched
Replicate 4	24	45	10	15
Replicate 5	34	41	17	8
Replicate 6	27	38	12	16

Part 1.6: Statistical analysis of bite or ram attacks [20 points] 공격행동에 대한 통계 분석(20 점)

You will conduct an analysis of variance (or ANOVA) to analyze the obtained results. The goal of this analysis is to infer what part of the variance in your measures is due to stochastic differences between the individuals studied, and what part can be explained by the two factors manipulated in this experiment: 1) the type of separation (sealed vs. porous) and 2) the difference in the size of males (matched vs. different). This is done by partitioning the total variance into different components and testing the relative importance of these partitions

다음 여러분들은 ‘분산분석법(ANOVA)’라는 통계 기법을 이용하여, 여러분이 취합한 위 자료와 거기에 추가된 자료를 분석할 예정이다. 이 분석의 주 목적은 여러분이 측정한 자료의 전체적인 분산(Variance, 표준편차의 제곱값)값 가운데 과연 얼마 정도가 우연한 개체 간 차이에 기인하는가, 아니면 2 가지 실험 요인인 유리벽 구멍 유무 여부(구멍 없음/ 구멍 있음)와 어항 왼쪽에 격리된 경쟁 수컷의 몸 크기(같음/작음)에 의해 얼마나 설명될 수 있는지를 검정하기 위함이다. 본 검정은 전체 분산에 기여하는 분산 구성성분을 분할하고, 각 구성성분이 갖는 상대적인 중요성을 검정하는 과정을 통해 수행되었다.

Variance within groups 그룹내 분산

Compute the mean and variance among the replicates 1 through 6 of each of the four experimental setups A through D. Report your results in the tables below with a precision of one digit after the decimal point. The variance is calculated according to

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (R_i - M)^2$$

where i runs over all replicates 1 through n and R_i are the observed counts in replicate i and M is the mean across all replicates 1 through n .

각 실험 처리군 A,B,C,D 에서 6 번의 실험 측정치(R)의 평균값(mean, M)과 샘플 분산값(sample variance, 아래 공식 참조)을 계산하고, 이를 아래 표에 기입하시오. 여기서 i 는 1 부터 n 번의 반복수를 나타내며, R_i 은 i 번째 측정값이며, M 은 1 부터 n 까지의 모든 반복수의 평균을 나타낸다.

Q2

Situation (처리군)	A	B	C	D
Separation (분리방법)	Sealed (구멍없음)	sealed	porous (구멍있음)	porous
Size (수컷 크기)	Different(다름)	Matched (같음)	different	matched
Mean (M)				
sample variance (σ^2)				

Now compute the average sample variance within groups (V_g) as the average of the four variances. Report your results in the box below with a precision of one digit after the decimal point.

4 가지 변량의 평균값을 구해서 그룹내 평균 샘플 분산값(V_g)을 계산하시오. 계산한 결과를 표 안의 빈칸에 소수점 첫째 자리까지 기록하시오.

Q3

average sample variance within groups (V_g)
집단내 평균 샘플 분산값

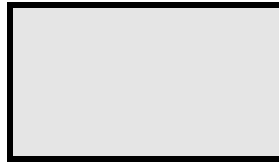
Variance explained by the type of separation and difference in the size of males 분리유형과 수컷의 몸 크기에 의해 설명되는 분산

Next compute the variance explained by the type of separation ($V_{separation}$) and the variance explained by the difference in size of males (V_{size}). To do so, you will first have to compute the overall mean of bite or ram attacks across all 24 replicates. Report your result in the box below with a precision of one digit after the decimal point.

다음은 분리 방법(유리벽 유무)과 경쟁 수컷의 몸 크기(같음, 다름)에 의해 각각 설명될 수 있는 분산을 계산하는 과정이다. 이를 위해, 먼저 총 24 번의 실험 반복에 걸쳐 측정된 공격횟수의 평균을 구해야 한다. 공격횟수의 전체 평균을 계산하고, 아래 빈칸에 채우시오.

overall mean across all replicates (M_{ABCD})

모든 반복수의 전체 평균



Q4

Next, compute the mean number of bite or ram attacks among all replicates for each of the type of separation and the difference in the size of males, independent of the other category. The mean number of bite or ram attacks among all replicates with sealed separations, for instance, is simply given by the average of M_A and M_B , where M_A and M_B refer to the mean number of bite or ram attacks observed in Situations A and B, respectively, which you calculated above. Compute all these means and report your results in the table below with a precision of one digit after the decimal point.

다음, 분리 방법 별(유리벽 구멍 유무) 그리고 경쟁 수컷의 크기(같음/다름) 별 공격 횟수의 평균값을 구하고, 아래 표에 적어 넣으시오. 가령 예를 들어서, 구멍 없는 유리벽 조건에서 수컷이 보이는 공격 횟수의 평균은 part1.1 그림에서 보여지는 2 가지 처리군인 A 와 B 에서 계산된 평균 공격횟수(M_A and M_B)의 평균값으로 간단히 계산될 수 있다. (소수점 첫째 자리까지)



Q5

mean within category
범주내 평균

Type of separation (분리방법)		Difference in the size of males (수컷 크기)	
Sealed (구멍없음)	Porous(구멍있음)	Different (다름)	Matched (같음)



The variance explained by factor x (either separation or size) is now computed as

각 요인 (분리 방법 및 수컷 크기)에 따라 설명될 수 있는 분산 값은 다음 식 같이 계산될 수 있다

$$V_x = n \cdot \sum_{i=1}^2 (M_{ABCD} - M_i)^2$$

where i runs over both categories of the factor considered, n is the number of replicates within each category (12 in your case), M_i is the mean within category i and M_{ABCD} the overall mean computed in Q4. Compute the variance explained by each factor and report your results in the table below with a precision of one digit after the decimal point.

이 식에서 i 은 각 요인별 2 가지 범주(분리 방법의 경우, 구멍 없는 유리벽, 구멍 있는 유리벽의 2 가지)을 의미하고, n 은 각 범주 안에서 관찰 수를 의미한다(이 경우, 12). 또한 M_{ABCD} 은 Q4 에서 이미 계산된 전체 평균값을 의미하고, M_i 은 각 범주 별의 평균값이다(위 Q5). 이를 근거로 각 실험요인(분리 방법, 몸 크기)에 의해 설명될 수 있는 분산 값을 소수 첫째 자리까지 계산하시오.



Q6

variance explained by factor (V_x)
요인에 의해 설명되는 분산

Type of separation (분리방식)	Difference in the size of males(수컷 몸크기)



If a factor does not explain any of the observed variance, we expect V_x to be zero. However, due to the stochastic nature of this experiment, deviations from zero are expected. You will now test if the deviations from zero you observed for both $V_{separation}$ and V_{size} are statistically significant, which would indicate that these factors are significantly explaining part of your observations. This is done by computing the probability of observing deviations as large as or even larger than what you observed. To do so, you will need a F-test, for which you now need to compute the test statistic F_x , which is given by the variance explained by factor x (either separation or size) divided by the average sample variance within groups (V_g) you calculated in Q3.

$$F_x = \frac{V_x}{V_g}$$

만약 각 실험 요인(분리 방법, 수컷 몸 크기)이 본 실험에서 관찰된 분산을 설명하지 못한다면, 우리가 예측하는 V_x 값은 0 이 된다. 하지만 본 실험의 특성을 고려해 볼 때, 분산은 0 과 어느정도 편차가 있을 것으로 예상되는데, 여러분은 지금부터 과연 여러분이 관찰한 실험 요인 별 분산 값 $V_{separation}$ 과 V_{size} 이 통계적으로 유의한 수준에서 0 으로부터 벗어나는지에 대해 검정할 예정이다. 이러한 검정 과정은 실제 측정된 편차 보다 동등하거나 아니면 훨씬 더 큰 편차를 관찰할 확률을 계산함으로써 가능한데, 이를 위해선 F 검정을 수행해야 한다. F 검정을 위해선 F ratio 값을 계산해야 하는데, 이는 다음과 같은 공식으로 계산될 수 있다. 즉, 각 요인(분리/크기)에 의해 설명되는 분산값을 여러분이 이미 Q3 에서 계산한 평균 샘플 분산 값을 나눈 값이다.

Calculate F_x for both factors and report your results in the table below with a precision of one digit after the decimal point. 각 요인별 F_x 값을 계산하고 이를 아래 표에 기입하시오. (소수 첫째자리까지)



Q7

	Type of separation (분리방법)	Difference in the size of males (수컷 크기)
test statistic F_x		




You can now use the properties of the F-distribution to translate the test statistic into the probability of observing the V_x values you calculated or even more extreme V_x values if factor x does not explain any of the variance observed. This probability is commonly referred to as the p-value. The table below shows the corresponding F-values for a wide range of p-values.

이젠 F 분산의 성질을 이용해서 여러분이 방금 계산한 통계량 V_x 가 나타날 확률, 또는 x 가 관찰된 변량을 설명하지 못하는 경우에 극단적인 V_x 값이 나타날 확률을 계산할 수 있다. 이 확률은 보통 p 값으로 나타낸다. 아래의 표는 여러 p 값에 상응하는 F 값을 나타낸다.

Fx	p-value
0.47	0.5
2.96	0.1
4.32	0.05
8.02	0.01
14.59	10^{-3}
22.89	10^{-4}
33.28	10^{-5}
46.27	10^{-6}
62.46	10^{-7}
82.65	10^{-8}


Use this table to translate your test statistic values into p-values. For each factor, indicate in the table below, the smallest p-value for which the p-value corresponding to the calculated F-value is smaller.

각 요인 별로 계산된 F 값에 상응하는 p 값이 더 작을 수 있는 가장 적은 p 값을 표에서 골라 아래 빈칸에 적으시오.

Q8		Type of separation (분리 방법)	Difference in the size of males (수컷 몸 크기 차이)
		p-value <	

Indicate with a tick (✓) for each factor if it explains a fraction of the total variance significantly (p-value < 0.05) or not in the table below.

다음 표에 각 요인(분리 방법, 수컷 크기)이 전체 분산 값의 일부를 통계적으로 유의한 수준(p-value 값 0.05 이하)에서 설명할 수 있는 경우, 해당 칸에 ✓표를 표시하십시오.

Q9		Type of separation (분리 방법)	Difference in the size of males(수컷 몸 크기 차이)
		Explains part of the total variance (전체분산을 부분적으로 설명한다)	
		Does not explain part of the total variance (전체 분산을 설명하지 못한다)	

Indicate with a tick (✓) if each of the following statements is a valid conclusion from your results or not.

다음 진술문이 분석한 결과의 결론으로 타당한지 아닌지 여부를 다음 표에 ✓ 표시하십시오.



Q10

Males of *N. pulcher* use visual cues of a competing conspecific to adjust their aggressive response.

시클리드 수컷은 시각적 신호를 이용해 경쟁 수컷에 대한 공격 반응을 조정한다.

Males of *N. pulcher* use olfactory cues of a competing conspecific to adjust their aggressive response. 시클리드 수컷은 후각적 신호를 이용해 경쟁 수컷에 대한 자신의 공격반응을 조정한다.

Valid(타당)	not valid (타당하지 않음)



Task 2: Puffed throat behavior 목 부풀리기 행동

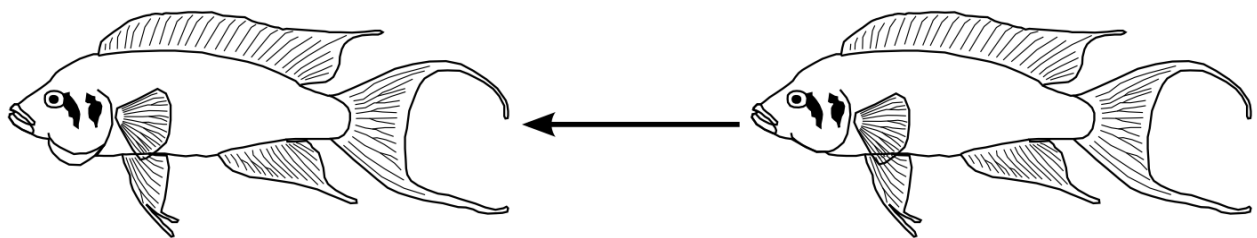
In this task, you will check if a second aggressive behavior indicates the same pattern you found for the number of ramming or biting attacks in the previous task by concentrating on the puffed throat behavior.

본 과제에서 여러분은 앞선 과제에서 관찰된 공격 행동(머리박기/물기) 과 같은 패턴이 시클리드 수컷이 보이는 2 차적 공격적 행동인 목 부풀리기 행동과 과연 얼마나 비슷한 양상을 보이는지를 검정한다.

Part 2.1: Puffed throat behavior of *N. pulcher* 시클리드의 목 부풀리기 행동

N. pulcher males use puffed throats to impress conspecifics, possibly because it makes them appear larger. A behavior is counted as puffed throat whenever the focal fish flares out its operculum and lower jaw and swims in the direction of his competitor on the other side of the glass wall. Note that males may flare out their operculum and lower jaw cavity for a very short time or an extended period of several seconds. Each flaring out of the operculum and lower jaw is counted as a single event. Be aware that some males may flare out their operculum and lower jaw multiple times within a few seconds, each of which is counted as a single event.

시클리드 수컷은 자신의 목 부위를 부풀리는 행위를 하면서 동일 종의 다른 개체들에게 자신이 더 몸집이 큼을 과시한다. 이러한 목 부풀리기 행동은 고기가 자기의 아가미덮개를 벌리고, 아래턱을 낮추면서 자신의 경쟁자가 있는 방향으로 (유리의 반대쪽 방향) 유명하는 행위들을 통해 확인된다. 수컷은 자신의 아가미덮개 과시와 아랫 턱을 낮추는 행위를 짧은 시간에 보여주는 경우도 있지만, 몇 초 동안 지속적으로 반복하는 경우도 있다. 단기간에 잠깐 아가미를 한번 벌리든, 지속적인 몇 초 동안 반복해서 벌리든 간에 이러한 행동은 1 회로 측정됨을 유의하라.



Part 2.2: Examples of puffed throat behavior 목 부풀리기 행동 예

Activate your tablet by tapping and sliding with your fingers and open the Folder E_2. In that folder you will find three movies. Movie I contains a series of obvious puffed throat behaviors. Watch it to get a feeling what to look for. Next, watch Movies II and III which indicate how this behavior is to be counted. Watch them carefully. Proceed with the protocol as soon as you feel confident with how to count this behavior in *N. pulcher*.

타블렛 PC 를 열어서 폴더 2 에 저장된 동영상 파일을 열어라. 여기에는 3 가지 종류의 동영상이 있는데, Movie I 은 시클리드가 어떻게 자신의 목을 부풀리는지에 대해 명확히 보여주고 있다. 이것을 관찰하고, 목 부풀리기 행동에 대한 감각을 익히기 바란다. 다음, Movie II 와 III 를 관람하고 이러한 목 부풀리기 행동의 횟수가 어떻게 이루어지는지에 대해 자세히 숙지하시오. 목 부풀리기 행동 측정에 대한 충분한 자신이 생겼다면 다음 단계로 이동하시오.

Part 2.3: Quantify puffed throat behavior of *N. pulcher* [21 points] 시클리드의 목 부풀리기 행동 정량 분석

Watch the three movies found in each of the Folders A, B, C and D you already analyzed in the first task. Count the number of puffed throat behaviors of the male in the **right compartment** for each of the twelve movies and report your results in the table below. It is recommended to count by using tally marks on the provided scratch paper.

폴더 A,B,C,D 에 각각 3 개씩 들어있는 동영상(Replicate 1,2,3)을 관람하시오. 과제 1 에서와 마찬가지로 어항의 오른쪽에 있는 실험 수컷 물고기가 보이는 목 부풀리기 행동 횟수를 측정하라. 여러분이 측정한 목 부풀리기 행동의 횟수를 아래 표에 기입하시오. (제공된 연습장을 사용하여 正 를 치면서 횟수를 측정할 것)



Q11

Situation	A	B	C	D
Separation (분리)	Sealed (구멍없음)	Sealed	Porous (구멍있음)	porous
Size(수컷 크기)	Different (다름)	Matched (같음)	Different	matched
Replicate 1				
Replicate 2				
Replicate 3				



Part 2.4: Interpret your results [4 points] 결과 분석하기

Based on your observations, indicate with a tick (✓) if each of the following statements is true or false.

행동 결과를 바탕으로, 다음 주어진 진술문이 참이면 true 에, 거짓이면 false 에 ✓ 하시오.



Q12

	true	false
<p>These results are in line with <i>N. pulcher</i> males using visual cues of a competing conspecific to adjust their aggressive response.</p> <p>본 결과는 시클리도 수컷은 시각적 신호를 인지함으로써 경쟁 수컷에 대한 자신의 공격 행동을 조정한다는 결과와 부합된다.</p>		
<p>The results are in line with <i>N. pulcher</i> males using puffed throat behavior to bluff about their size, which is most effective if males are of equal size.</p> <p>본 결과는 시클리도 수컷은 시각적 신호를 목 부풀리기 행동을 통해 자신의 몸크기를 과장하고, 이러한 행위는 자신과 유사한 몸크기를 갖는 개체에 대해 가장 효과적이다 라는 사실과 부합된다.</p>		



Task 3: Social groups 사회집단

In nature, *N. pulcher* lives almost exclusively in social groups made up of a dominant breeding pair and 1 to 20 smaller subordinates called helpers (average group size = 7 to 9). In each social group, the breeding male is always the largest individual (5.6–7.0 cm in length), the breeding female is usually the next largest fish in the social group (4.8–6.0 cm) and subordinate helpers are generally smaller (1.5–6.4 cm). Both breeders and helpers show three main behaviors:

자연상태에서, *N. pulcher* 시클리드는 거의 대부분 사회집단(social group)을 구성하며 살아간다. 각 집단은 우위(dominant)의 번식 개체 1 쌍과 몸집이 작은 20 마리 정도의 열위자(subordinate)로 구성된다. 이들 열위자들은 집단마다 평균적으로 7-9 마리 정도이며, 이들은 일반적으로 '도우미' (helper)라 불린다. 각 사회집단에 가장 몸집이 큰 개체가 수컷 번식 개체(몸길이, 5.6-7.0cm)이며, 그 다음으로 큰 개체가 암컷 번식 개체이다(4.8-6.0 cm). 도우미들은 일반적으로 이보다 더 작다. 번식자와 도우미들 모두 다음과 같은 3 가지 주된 행동을 한다.

1. territory defense (against predators and conspecific or heterospecific territory competitors)
영역 방어 행동(포식자, 동종 혹은 이종의 영역 경쟁자)
2. territory maintenance (by digging and removing debris)
영역 유지 행동 (바닥파기, 배설물 제거 및 청소)
3. brood care (by cleaning and fanning eggs and defending the young)
새끼 돌보기 행동(알 주변 청결 유지 및 용존 산소 공급, 어린 치어 보호)

The goal is to understand task sharing in such groups by observing such a group for several minutes.

본 과제는 몇 분동안의 관찰을 통해, 물고기 사회 안에서 개체들 간에 이루어지는 업무 분담에 대해 이해하는데 그 목적이 있다.

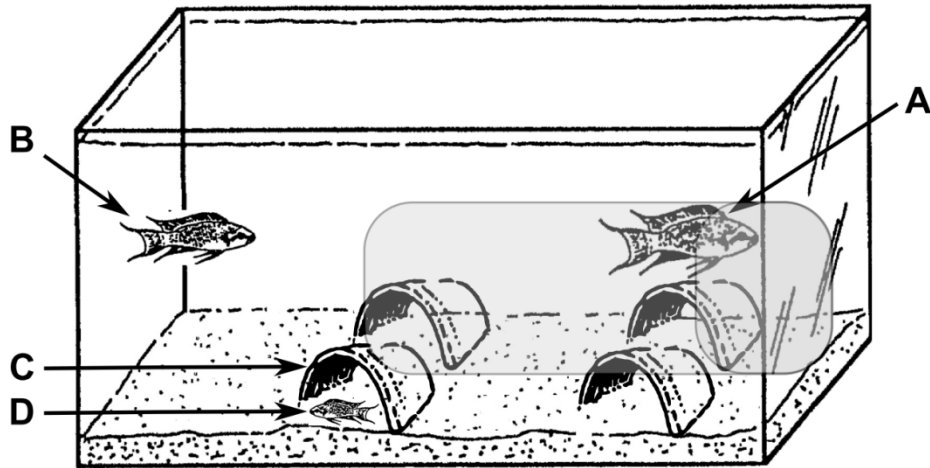
Part 3.1: Quantifying task sharing in social groups of *N. pulcher* [15 points]

시클리드 사회집단의 업무분담의 정량적 분석

Activate your tablet by tapping the screen with your fingers and open the Folder X. This folder contains the Movie x with two sequences showing typical territory maintenance and brood care behavior of the simplest social group of *N. pulcher* consisting of a large breeding male, a slightly smaller breeding female and a small helper. You can recognize each individual easily in the very first scene of the sequence (see figure below): the breeding male (A) is standing in the ceramic nesting cave in the background on the right and the breeding female (B) is swimming in open water on the left. The only eggs in the aquarium are attached to the top of the inner wall of the ceramic cave (C) within which the helper (D) hides.

타블렛 PC 에서 폴더 X 를 열어라. 이 폴더에는 MovieX 라는 동영상이 있는데, 여기에는 일반적인 영역 유지 행동과 새끼 돌보기 행동을 보여주는 장면을 보여주고 있다. 동영상에 나오는 물고기 집단은 몸집이 가장 큰 수컷 1 마리와, 이보다 약간 작은 암컷 1 마리, 그리고 가장 작은 도우미 1 마리, 즉 총

3 마리로 구성되어 있다. 아래 그림에서 보여주는 것과 같이, 여러분들은 각 개체들을 쉽게 동정할 수 있다. 번식 수컷(A)은 어항 오른쪽 뒷편 세라믹으로 만든 동지 근처에 정지하고 있으며, 번식 암컷(B)은 어항 왼쪽 물 한 가운데 유영하고 있다. 알(C)들은 어항앞쪽에 있는 왼편 세라믹 동지 윗 천장에 붙어 있으며, 이 동지 안에 도우미(D)가 위치하고 있다.



While watching this movie, you will focus on two typical behaviors:

이 동영상을 관람하는 동안, 여러분들은 다음과 같은 2 가지 유형의 행동에 주목하게 될 것이다.

- Digging behavior is a typical territory maintenance behavior in which the fish takes up sand, carries it away in its mouth and spits it out at another location. Count the number of digging sequences performed for each of the three individuals.

바닥 파기 행동: 이 행동은 자신의 영역을 유지하기 위한 일반적인 행동이며, 물고기는 모래를 입에 물고 다른 곳으로 이동하여, 이를 뱉어낸다. 물고기 3 마리(수컷, 암컷, 도우미)가 각각 보이는 바닥 파기 행동 장면의 횟수를 측정하십시오.

- *N. pulcher* individuals perform egg care by cleaning the eggs from small particles such as fungi or biofilms. This behavior is visible by back-and-forth movements in front of the eggs and simultaneous mouth movements. Estimate the total time spent on this behavior by each individual.

알 돌보기 행동: 시클리드 개체들은 곰팡이나 균막(biofilm)과 같은 물질들의 접근으로부터 알들을 청결하게 유지시키는 행동을 보이게 되는데, 이러한 행동은 물고기가 알 주변을 앞뒤로 움직이는 행동과 이와 동시에 입을 움직이는 행동을 통해 쉽게 동정할 수 있다. 각 개체(수컷, 암컷, 도우미)가 이러한 행동을 하면서 보내는 총 시간을 예측하십시오.

Report the total number of digging behavior for each individual in the table below.

각 개체들이 보이는 바닥파기 행동의 총 횟수를 아래 적으시오.

Q13		Breeding male (번식 수컷)	Breeding female (번식 암컷)	Helper individual (도우미)
	Total number of digging behavior events displayed 바닥파기 행동 횟수			

Indicate with a tick (✓) the time spent on egg care for each of the three individuals in the table below.

각 개체들이 알을 돌보며 보낸 총 시간에 해당되는 아래 표의 칸에 ✓ 표시하시오.

Q14		Breeding male (번식 수컷)	Breeding female (번식 암컷)	Helper individual (도우미)
	no egg caring or for < 5s 알돌보기 5 초 미만			
	egg caring for > 5s and < 30s 5 초 이상 30 초 미만			
	egg caring for > 30s 30 초 이상			

Part 3.2: Interpret your observations [4 points] 관찰 해석하기

Indicate with a tick (✓) if each of the following statements is true or false.

다음 명제가 참이면 true 에, 거짓이면 false 에 ✓ 표 하시오.

		true	false
	Assuming that the observed social group is a good representation of the majority of social groups in nature, we would conclude that ... 여러분이 방금 관찰한 시클리드 물고기 사회가 자연계에 존재하는 다른 동물 사회를 잘 반영한다고 가정한다면, 우리는 다음과 같은 결론을 내릴 수 있을 것이다.		
	... helpers are likely to have a larger effect on the survival rates of clutches of breeding pairs after an oligotrophic environment was suddenly converted into a highly eutrophic (hypertrophic) environment. 만약 물고기가 서식하는 수생환경이 빈영양상태에서 부영양화상태로 갑자기 전환되었을 경우, 도우미의 존재 및 활동 여부가 알의 성공적인 부화와 생존에 더 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.		

Q15

... large-bodied breeding males are crucial in maintaining breeding caves by digging large quantities of sand. 몸집이 큰 번식수컷은 번식둥지(동굴)의 유지에 매우 중요하며, 이는 많은 양의 모래를 운반할 수 있기 때문이다.		
... the presence of helpers allows the breeding female to spend most of her time patrolling the territory rather than on territory maintenance. 도우미의 존재는 번식하는 암컷에게 영역 유지 활동 대신 더 많은 시간을 영역을 순찰할 수 있게끔 허용한다.		
... helper individuals accommodate the large breeding male by following it and maintaining the cave currently occupied by it. 도우미들은 번식수컷을 따라다니며, 수컷이 차지하고 있는 둥지(동굴)를 유지함으로써 번식 수컷에게 편의를 제공한다.		

End of practical exam.