

視覺膜의 바탕과 줄무늬의 色相에 따른 붕어와 금붕어의 視覺運動反應

張 忠 植*

The Optomotor Response of Crusian Carp and Goldfish in Accordance with the Colors of the Wall and the Stripes of the Visual Screen

Choong-Sik JANG*

The author carried out an experiment to find on the optomotor response of crusian carp, *Carassius carassius* and goldfish, *Carassius auratus* in accordance with the colors of the wall and the stripes labeled on the revolving visual screen.

The results are as follows;

1. The optomotor response rate of crusian carp was 80% or more in case of B-Y, R-BI and W-BI pair of colors, and 50% or less in case of BI-B, B-BI, R-W, R-Y, W-Y and Y-W pair.
2. The optomotor response rate of goldfish was 80% or more in all except B-BI, W-R and W-Y pair.
3. Mean round number of crusian carp was 7.5-9.5 revolutions in case of W-BI, Y-BI, W-B and Y-B pair, and 1.8-3.9 revolutions in case of BI-B, BI-Y, B-BI, B-R, R-All and Y-W pair for 3 minutes.
4. Mean rounded number of goldfish was only 4.1-4.9 revolutions in case of W-BI, W-B and Y-B pair for 3 minutes.

緒 論

魚類의 여러가지 眼機能 중에서 色覺을 관여하는 圓錐體細胞는 深海魚를 제외한 대부분의 魚類들이 가지고 있다(井上, 1978; 川本, 1976; Nikolsky, 1963).

魚類의 色覺에 관한 研究는 Tamura et al.(1972) 이 가다랑어류에 대하여, Kawamura et al.(1981) 은 다랑어류와 새치류에 대하여, Ginetz and Larkin (1973)은 무지개송어에 대하여, Flores et al(1978) 은 오징어와 금붕어에 대하여 張·李(1983)는 송사리와 방어에 대하여, 廉(1980)은 농어와 불락에 대

하여, 梁·安(1982)은 달쥐치에 대하여 조사한 바 있다.

이상과 같은 研究들은 Flores et al.(1978)과 張·李(1983)등을 제외하고는 視覺器자체에 대한 것과 學習法 또는 정지해 있는 물체에 대한 選擇反應이었다.

本研究에서는 視覺膜의 바탕과 줄무늬의 色相을 黑, 靑, 赤, 白과 黃의 5가지 色相 중 2가지씩을 순열하여 視覺膜을 만들어 回轉圓筒에 붙이고, 그 안의 水槽에 붕어 또는 금붕어를 넣고 回轉圓筒을 회전시킬 때의 視覺運動反應을 조사함으로써 움직이는 물체의 色相에 따른 魚類의 行動을 조사하였다.

* 統營水產專門大學 : Tong-Yeong Fisheries Junior College

材料 및 方法

1. 試 魚

本 實驗에 사용한 試魚는 김해 부근의 湖沼에서 잡은 全長 7~10cm되는 붕어, *Carassius carassius* (LINNAEUS)와 양어장에서 구입한 全長 8~12cm되는 금붕어 *Carassius auratus*(LINNAEUS)이며, 이들은 飼育水槽에서 1주일 이상 適應시킨 후 實驗에 사용하였으며, 實驗 당시의 水溫은 14.0~19.8°C였다.

2. 裝 置

實驗裝置는 試魚를 수용하는 水槽를 안에 두고, 그 밖에 視覺膜을 부착시킨 回轉圓筒을 설치하여, 回轉圓筒만 回轉시킬 수 있게 하였다(Fig.1).

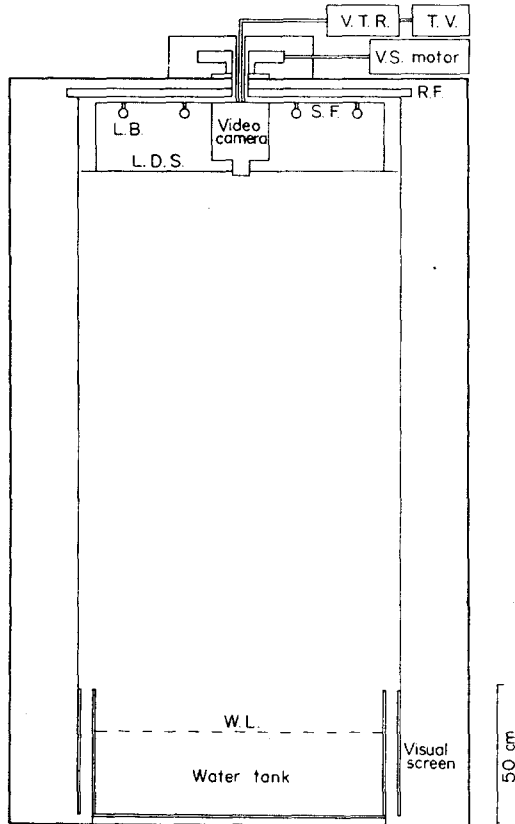


Fig.1. Schematic diagram of the setup used for the experiment.

R.F. : revolving frame S.F. : stationary frame
L.B. : light bulb L.D.S. : light diffusing screen

水槽는 透明한 아크릴판(두께 : 5mm)으로 만든 圓筒形(100R×42Hcm)이며, 水深은 30cm로 유지하였다.

視覺膜은 回轉圓筒(352L×42Hcm)의 안쪽에 黑, 靑, 赤, 白과 黃色 중 어느 한 色의 緋닐을 바탕에 붙이고, 그 위에 바탕의 色과는 다른 色으로 된 幅 2cm 짜리 비닐테이프를 8.8cm 간격으로 붙여 줄무늬 모양으로 만든 것이, 實驗에 사용한 相들의 特性은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of the colors used for the experiment*

Color	Logogram	Value	Chroma
Black	Bl	0.5	0
Blue	B	4	8
Red	R	4	14
White	W	9.5	0
Yellow	Y	8.5	14

* Table 1. was provided by Park based on Munsell notation system.

回轉圓筒은 實驗室 바닥으로부터 255cm 높이에 있는 회전틀에 철봉으로 연결하였으며, 회전틀은 플리 및 베벨기어를 거쳐 변속모우터에 연결하고, 변속모우터를 조절함으로써 回轉方向에 바꿀 수 있으며, 回轉速度는 9.3rpm으로 일정하게 하였다.

視覺膜 내부의 照明은 회전틀 아래쪽에 있는 고정대에 5W 전구 14개를 달고, 그 아래쪽 25cm되는 곳에 빛 확산막(Light diffusing screen: tracing paper 0.6mm×5장)을 설치하여 물 표면에 있어서의 照度가 32lux되도록 하였다.

試魚의 행동은 고정대 중앙에 비디오 카메라를 장치하여, 實驗室 외부에 있는 VTR 및 TV로 연결하여 관찰하였다.

實驗水槽 바닥의 色相은 視覺膜의 바탕색과 일치하도록 하였고, 實驗室 내부는 외부의 빛이 들어오지 못하도록 하였다.

3. 實驗方法

視覺運動反應을 조사하기 위하여 飼育水槽에서 適應된 試魚를 1마리씩 實驗水槽에 옮겨 30분 이상 適應시킨 후, 視覺膜을 시계 방향으로 회전시켜 1분이 경과한 후부터 3분간 試魚의 旋回方向과 旋回数를 조사한 다음, 10분간 정지시켰다가 다시 반시계 방향에 대하여 같은 方法으로 시행하였다.

實驗은 줄무늬가 있는 黑, 靑, 赤, 白과 黃色膜에

視覺膜의 바탕과 줄무늬의 色相에 따른 붕어와 금붕어의 視覺運動反應

대하여 먼저 조사한 후에, 視覺膜의 바탕과 줄무늬 色相의 20가지 경우에 대하여 시계 및 반시계 방향으로 각각 10회씩 반복 시행하였으며, 이때 學習效果를 피하기 위하여 한마리에 대하여 계속적인 實驗을 피하였다.

視覺運動反應의 判定은 試魚가 實驗水槽의 중심을 기점으로 하여 視覺膜의 回轉方向과 같은 방향으로 1회 이상 旋回하였을 때 反應이 있었던 것으로 하고, 다른 경우는 反應이 없었던 것으로 보았다.

結果 및 考察

1. 初期條件

줄무늬가 있는 黑, 靑, 赤, 白과 黃色의 視覺膜을 3분간 27.9回轉시켰을 때 붕어와 금붕어가 反應한 結果는 Table 2와 같다.

이것에서 붕어는 100회의 시행 중 反應이 있었던 경우가 81회이고, 反應이 없었던 경우가 19회이며, 反應이 있었던 경우의 平均旋回數는 2.4회였다.

금붕어는 100회의 시행 중 反應이 있었던 경우가

92회이고, 反應이 없었던 경우가 8회이며, 反應이 있었던 경우의 平均旋回數는 1.3회에 불과 했다.

이같은 現象은 試魚들이 黑, 靑, 赤, 白과 黃色의 單一色에 대하여는 크게 刺戟을 받지않기 때문인 것으로 생각된다.

2. 視覺膜의 바탕과 줄무늬의 色相에 따른 反應

視覺膜의 바탕과 줄무늬 色相의 순열에 따른 붕어와 금붕어의 視覺運動反應率은 Fig. 2, 3과 같고, 3분 동안 反應한 平均旋回數는 Fig. 4, 5와 같다.

視覺運動反應의 횟수를 보면, 각각 400회의 시행 중 붕어는 239회(60%) 反應하였고, 금붕어는 338회(85%) 反應하였다.

붕어의 視覺運動反應率은 Fig. 2와 같이 25~90%로 視覺膜의 바탕과 줄무늬의 色相에 따른 차이가 크며, 視覺膜의 바탕과 줄무늬 色相의 明度차가 큰 경우에 反應率이 다소 높았다.

각 순열별로 살펴보면, 赤色-黑色, 靑色-黃色과 白色-黑色일 때 80~90%로 높았으며, 黃色-白色,

Table 2. Rounding direction and number of the fishes according to the visual screen of the solid color (27.9 Revolutions for 3 minutes)

Fish species	Visual Color	Screen * Revolving direction	** Series number of trials										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Carassius carassius	Black	+	(1.5)	1.0(5.0)	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4
		-	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(1.2)
	Blue	+	0	2.5	0	0	(1.2)	0	0	0	0	0	2.2
		-	0	3.5	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0
	Red	+	0	0	(1.2)	0	0	1.6	0	0	(1.2)	0	0
		-	0	0	1.0	0	0	0	0	0	2.4	0	0
White	+	4.6	(1.6)	2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	-	1.5	0	0	0	0	0	0	0	2.0	0	0	
Yellow	+	0	0	(1.6)	2.5	0	0	2.0	4.3	(2.0)	0	0	
	-	0	0	(1.0)	(3.5)	2.5	0	2.0	4.4	(1.6)	0	0	
Carassius auratus	Black	+	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		-	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Blue	+	0	0	1.0	0	0	0	0	0	1.8	0	
		-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Red	+	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	
		-	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
White	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Yellow	+	0	0	0	0	0	1.0	(1.5)	0	0	0		
	-	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0		

* + : Clockwise, - : Counter clockwise

** Number in parenthesis denotes rounded number of the fishes swam against the revolving direction of the visual screen

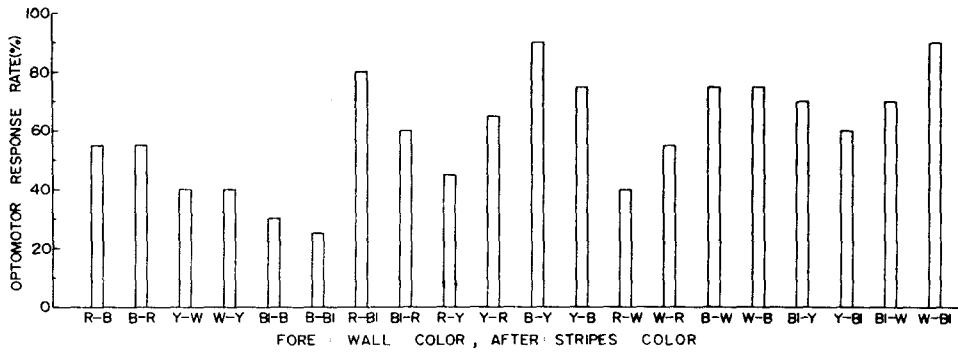


Fig. 2. Optomotor response rate of Crusian carp according to the colors of the wall and the stripes of the visual screen. (B : blue, Bl : Black, R : red, W : white, Y : yellow)

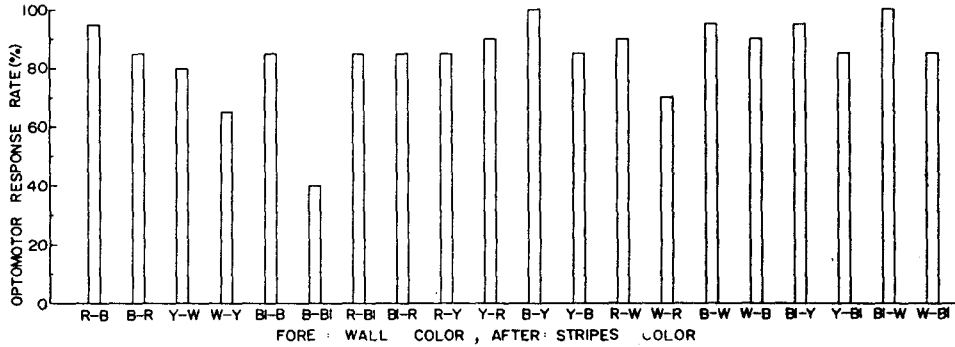


Fig. 3. Optomotor response rate of goldfish according to the colors of the wall and the stripes of the visual screen. (B : blue, Bl : black, R : red, W : white, Y : yellow)

白色—黄色, 黑色—青色, 青色—黑色과 赤色—白色 일 때 25~40%로 낮았다.

금붕어의 視覺運動反應率은 Fig.3과 같이 40~100%로 붕어보다 높으며, 視覺膜의 바탕과 줄무늬의 色相의 순열에 따른 차이는 작았다.

각 순열별로 살펴보면, 青色—黑色일 때 40%로 낮았고, 白色—黄色과 白色—赤色을 제외한 나머지

는 80% 이상으로 높았으며, 青色—黄色과 黑色—白色일 때는 100%나 되었다.

張·李(1983)가 송사리와 방어를 試魚로 하여 白色 바탕에 黑色, 赤色과 綠色의 그물무늬에 대하여 實驗한 結果 90% 이상이 視覺運動反應을 하였는데, 本 實驗의 結果에서 금붕어는 85%로 차이가 크지않는 반면에, 붕어는 60%로 큰 차이를 보였다.

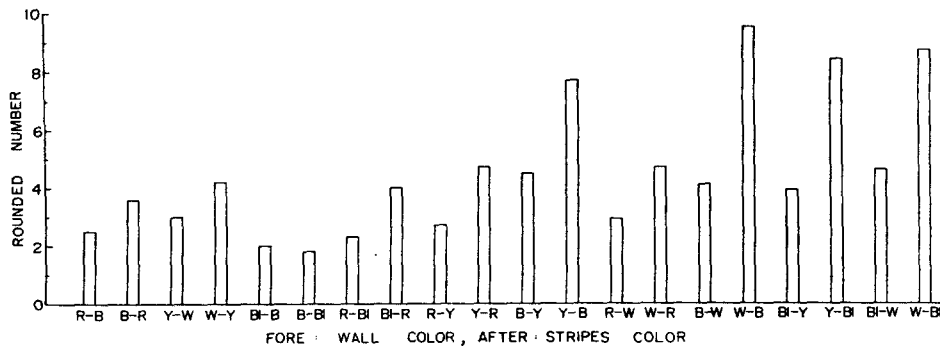


Fig. 4. Mean rounded number of Crusian carp according to the colors of the wall and the stripes of the visual screen. (B : blue, Bl : black, R : red, W : white, Y : yellow)

視覺膜의 바탕과 줄무늬의 色相에 따른 붕어와 금붕어의 視覺運動反應

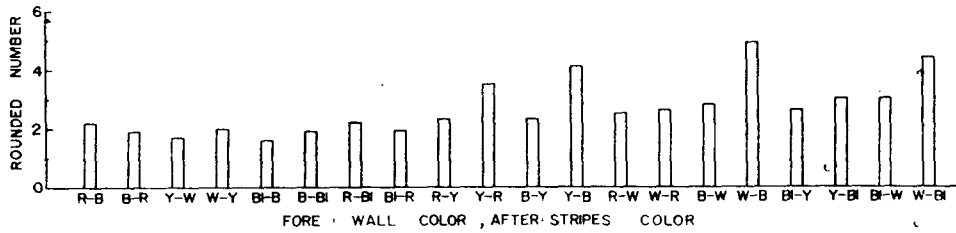


Fig. 5. Mean rounded number of goldfish according to the colors of the wall and stripes of the visual screen. (B : blue, BI : black, R : red, W : white, Y : yellow)

이는 Flores et al(1978)이 오징어와 금붕어의 視覺運動反應에서 오징어는 色視覺이 있는 반면에 금붕어는 色視覺이 뛰어나다고 한 것과 일치하였다.

붕어가 3분 동안 反應한 平均旋回數는 Fig. 4와 같이 1.8~9.5회로 視覺膜의 色相의 순열에 따른 차이가 크며, 色相의 明度차가 큰 경우에 다소 많았다.

각 순열별로 살펴보면, 黃色-靑色, 白色-靑色, 黃色-黑色과 白色-黑色일 때 7.5~9.5회로 많았으며, 靑色-赤色, 黃色-白色, 黑色-靑色, 赤色-모든 色과 靑色-黑色일 때 1.8~3.9회로 적었다.

금붕어가 3분 동안 反應한 平均旋回數는 Fig. 5와 같이 1.6~4.9회로 붕어보다 적고, 視覺膜의 바탕과 줄무늬의 色相에 따른 차이는 크지않으나, 色相의 明度차가 큰 경우에 다소 많았다.

각 순열별로 살펴보면, 黃色-靑色, 白色-靑色과 白色-黑色일 때 겨우 4.1~4.9회이고, 나머지는 1.6~3.5회로 적었다.

張·李(1983)의 研究에서 송사리와 방어의 平均旋回數는 각각 4.6~24.1회, 3.5~10.5회인데 비하여, 本 研究의 붕어와 금붕어는 각각 1.8~9.5회, 1.6~4.9회로 적었다.

이것은 송사리와 방어가 走流性이 강한데 비하여 붕어와 금붕어는 그렇지 못하기 때문인 것 같다.

要 約

視覺膜의 바탕과 줄무늬 色相을 黑色, 靑色, 赤色, 白色과 黃色 중 2가지씩 순열시킨 20가지 경우에 대하여 붕어 *Carassius carassius*와 금붕어 *Carassius auratus*의 視覺運動反應을 조사한 結果는 다음과 같다.

1. 붕어의 視覺運動反應率은 赤色-黑色, 靑色-黃色과 白色-黑色일 때 80~90%로 높았으며, 黃色-白色, 白色-黃色, 黑色-靑色, 靑色-黑色과 赤

色-白色일 때 25~40%로 낮았다.

2. 금붕어의 視覺運動反應率은 白色-黃色, 靑色-黑色과 白色-赤色을 제외하고는 80% 이상으로 높았었다.

3. 붕어의 3분 동안의 平均旋回數는 黃色-靑色, 白色-靑色, 黃色-黑色과 白色-黑色일 때 7.5~9.5회로 많았으며, 靑色-赤色, 黃色-白色, 黑色-靑色, 赤色-모든 色과 靑色-黑色일 때 1.8~3.9회로 적었다.

4. 금붕어의 3분 동안의 平均旋回數는 黃色-靑色, 白色-靑色과 白色-黑色일 때만 4.1~4.9회이고, 나머지는 1.6~3.5회로 적었다.

參 考 文 獻

- 1) Flores, E. E. C., S. Igarashi and T. Mikami (1978) : studies on squid behaviour in relation to fishing Ⅱ. On the optomotor response of squid *Todarodes pacificus* steenstrup, to various colors. Bull. Fac. Fish. Hokkaido univ. 29(2), 131~140.
- 2) Ginetz, R. M. and P. A. Larkin(1973) : Echoice of Colors of food items by rainbow trout. J. Fish. Res. Board Can. 30, 229~234.
- 3) 井上 實(1978) : 魚の行動と漁法. 恒星社, 東京, 63~83.
- 4) 張忠植·李秉錫(1983) : 송사리와 방어의 視覺運動反應. 韓國漁業技術學會誌 19(1), 17~24.
- 5) 川本信之(1976) : 魚の生理生態學. 恒星社, 東京, 233~273.
- 6) Kawamura, G., N. Nishimura and S. Ueda(1981) : Color vision and spectral sensitivity in tunars and marlins. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.

張 忠 植

- 47(4), 481-485.
- 7) Nikolskg, G. V. 原著, Birkett, L. 英譯(1963)
:The ecology of fishes. Academic press, London, 44-56.
- 8) 朴度洋(1982): 實用色彩學. 二友出版社, 9-64.
- 9) Tamura, T., I. Hanyu and H. Niwa(1972):
Spectral sensitivity and Color vision in skip-
jack tuna and related species. Bull. Jap.Soc.
Sci. Fish. 38(8), 799-802.
- 10) 梁龍林·安熙瑋(1982): 色網地에 대한 말쥐치의
反應. 韓國漁業技術學會誌 18(1), 11-15.
- 11) 廉末九(1981): 농어 및 불락의 色網絲에 대한
選擇反應. *Ibid* 17(1), 1-6.