

マサバの網膜の組織学的研究

川 村 軍 蔵*

Morphological Study on the Retina of Japanese Mackerel *Pneumatophorus japonicus* (HOUTTUYN)

Gunzo KAWAMURA*

Abstract

The retina of Japanese mackerel was studied morphologically and also was compared with the retina of spotted mackerel, and the following results were obtained.

1. All retinal elements found in spotted mackerel were observed in Japanese mackerel.
2. Cone density is lower and minimum separable angle calculated is duller in Japanese mackerel than in spotted mackerel.
3. The region of high cone density lies around the ventro-temporal region. In this region, relative density of the single cone to the twin cone is lower in Japanese mackerel than in spotted mackerel.
4. Depending on the difference in the number of each retinal element, the difference of the behaviour between Japanese mackerel and spotted mackerel is discussed.

網膜の構成要素の数や大きさのちがいからそれらの機能的な差を推察できることが O'CONNELL (1963) によって指摘され、また網膜の組織学的形態と機能はその種の生態や行動と密接な関係にあることが多くの動物で確かめられている (WALLS, 1942)。そして前者を知ることにより後者を推測することも可能であり、川村・田村 (1973) はゴマサバとキュウセンの網膜の組織学的形態を明らかにし、これとそれらの種の生息環境および生態との関係について言及している。

本研究ではマサバの網膜の組織学的形態を明らかにし、さらにこれと川村・田村 (1973) が報告したゴマサバのものとを比較検討した。

実験材料および方法

材料魚は尾又長 34.6~36.4cm のマサバ成魚 5 尾である。眼球は活個体から摘出後直ちに角膜と鞏膜に穴を開け BOUIN 液で固定した。組織標本の作製方法、最小分離角の計算方法および網膜構成要素の計数方法は全て川村・田村 (1973) に従った。また種の判定は体側の班紋と背部担鰭骨数 (川上・早野, 1956) により行った。

* 鹿児島大学水産学部漁法学研究室 (Laboratory of Fishing Technology, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan 980)

結果および考察

網膜の全部位に双錐体と単錐体が分布し、錐体の分布密度は Fig. 1 に示したように後部から下部に至る周辺部で最も高い。双錐体と単錐体の成すモザイクはゴマサバでみられた A~G タイプのいずれもみられたが、E タイプは1つの網膜の後上部(部位 3)にみられたのみであり、錐体密度の最も高い部位は F タイプであった。ゴマサバの場合はこの部位の錐体配列は E タイプであったが、単錐体の出現のし方は両種で異なっている。

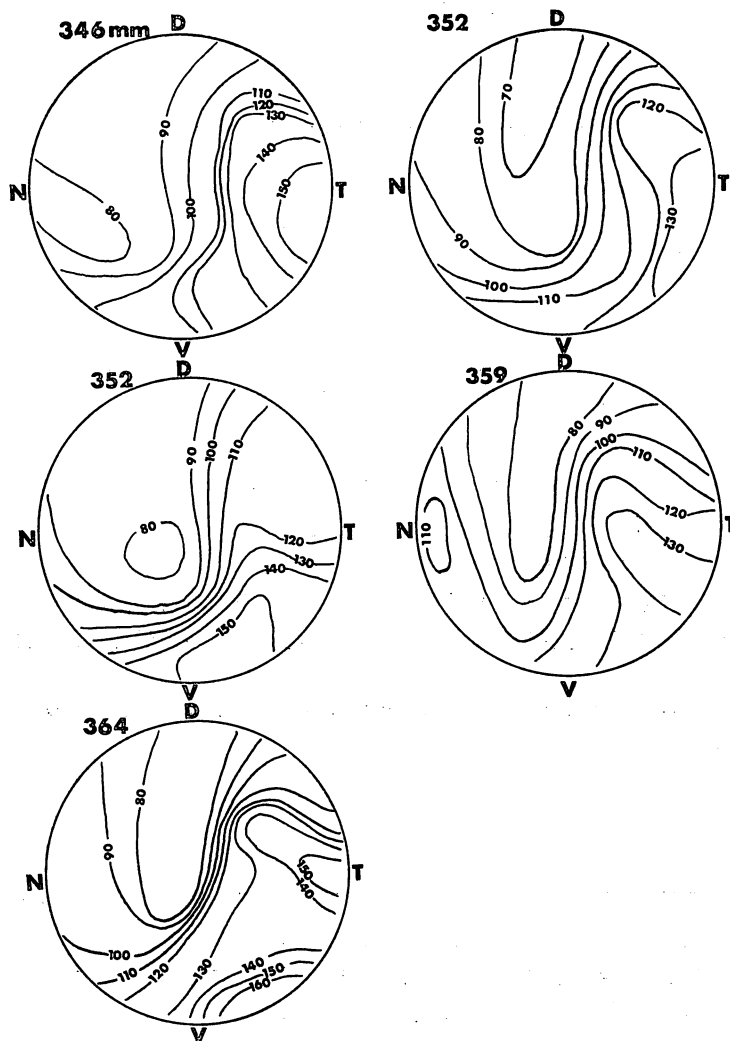


Fig. 1. Cone density distribution shown by isodensity lines. D, dorsal; N, nasal; T, temporal; V, ventral.

錐体密度の最も高い部位とその密度および水晶体の焦点距離，さらにそれらから求めた最小分離角を **Table 1** に示した。錐体密度には個体差があるが，マサバはゴマサバよりも低く，計算により求めた最小分離角は5.9～6.7分でゴマサバよりも高い値を示した ($t=4.703$, $df=$

Table 1. Minimum separable angle calculated from the number of cones in 0.1 mm square at the region of highest cone density and focal distance of lens in two fishes.

Fish species	Fish length (mm)	Region of highest cone density	Number of cones in 0.1 mm square	Focal distance of lens (mm)	Minimum separable angle (minute)
Spotted mackerel	341	5a	183	10.30	6.2
	342	6	211	10.60	5.4
	362	4	187	11.63	5.4
	368	3	160	11.76	5.8
	387	6	196	11.59	5.3
	393	5	198	12.27	5.6
Japanese mackerel	346	4	158	11.93	5.9
	352	5	131	11.82	6.4
	352	7	157	11.44	6.0
	359	4	132	11.09	6.7
	364	6	160	11.30	6.0

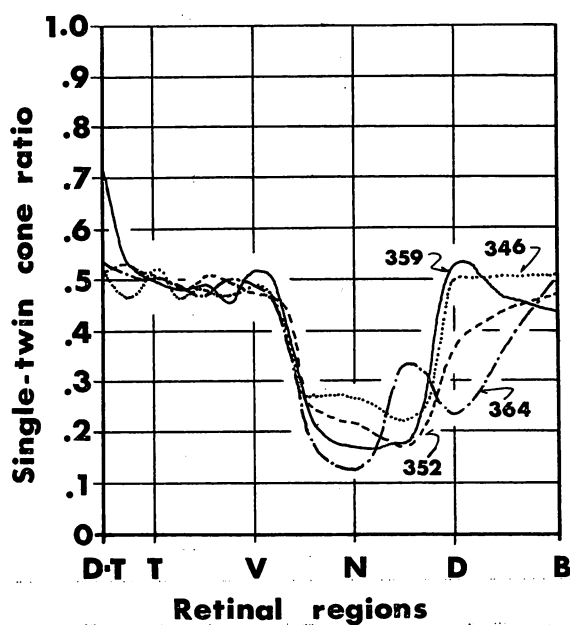


Fig. 2. Regional variation of single-twin cone ratio. B, bottom; D, dorsal; D-T, dorso-temporal; N, nasal; V, ventral; T, temporal. The figures accompanied with each line show the fish length in mm.

9, $0.05 > p > 0.001$). 最小分離角は魚体の大きさによって異なるが, 用いたマサバとゴマサバの尾又長差, 平均値差 11mm, を考慮しても, 明らかにマサバはゴマサバよりも視精度が劣るといえる. 魚の幾何学的視精度は海中の光に制限を受け, 高い視精度をもった眼であっても透明度の低い海中では役立たない. マサバはゴマサバより透明度の低い冷水域に分布するが, この両者の最小分離角のちがいは両者の生息環境を良く反映しているといえよう.

双錐体に対する単錐体の出現比率は前下から前上部に至る部位が低くその他の部位ではほぼ同数である. ゴマサバと比較すると単錐体の出現率は底部でマサバの方が高く, 後上部でゴマサバの方が高い (Fig. 2).

Table 2. Density of retinal elements. Cone, sum of twin and single cones; A and B, sum of amacrine and bipolar cells (*i.e.* cells in the inner nuclear layer); He, external horizontal cells; Hm, intermediate horizontal cells; Hi, internal horizontal cells; G, ganglion cells. Upper figures of each row, number of the elements found in the length of $230\ \mu$ of the cross section ($7\ \mu$). Lower figures of each row, relative density of elements to the cone density.

Retinal regions	Retinal elements					
	Cone	A and B	He	Hm	Hi	G
1	30	126	9	4	2	11
	1	4.79	.30	.13	.06	.36
2	29	155	11	4	2	14
	1	5.34	.37	.13	.06	.48
3	26	213	10	4	2	15
	1	8.19	.38	.15	.07	.57
4	35	204	11	4	2	16
	1	5.83	.31	.11	.05	.45
5	34	198	11	4	2	15
	1	5.82	.32	.11	.05	.44
6	32	179	11	3	2	11
	1	5.59	.34	.09	.06	.34
7	29	176	11	4	2	10
	1	6.06	.37	.13	.06	.34
8	27	130	10	4	2	9
	1	4.81	.37	.14	.07	.33
9	25	118	8	4	2	9
	1	4.72	.32	.16	.08	.36
10	25	130	10	4	2	11
	1	5.20	.40	.16	.08	.44
11	25	103	9	4	2	8
	1	4.12	.36	.16	.08	.32
12	25	102	9	3	1	8
	1	4.08	.36	.12	.04	.32
13	23	119	9	4	1	12
	1	5.19	.39	.04	.04	.52

視細胞より内側の構成要素は, ゴマサバ同様に水平細胞は3層みられ, その内側に星状無軸索細胞 (Plate I-3, As) がみられ, これらは規則的なモザイクを成す. そしてその内側に視神経節細胞が網膜の最内層を形成し, 後部と後下部では大型の視神経節細胞が小型のそれの

数ミクロン外層にみられた (Plate I-2).

網膜構成要素の分布密度および錐体密度に対する相対密度の各部位の平均値を Table-2 に示した. 錐体密度の高い部位ではいずれの細胞も密度が高く, また視神経節細胞だけが底部で相対密度が高いという点ではゴマサバと同様であるが, 錐体密度と内顆粒層の細胞の密度が低いことと, そのため他の細胞の密度が相対的に高く現われていることがゴマサバと異なっている.

上述のようにマサバとゴマサバではその網膜の組織学的形態にいくつかの差がみられ, 特に顕著なのは光受容細胞の1種である単錐体の出現数である. 単錐体は双錐体より閾値が高いと考えられているが (田村, 1957; LYALL, 1957; 宗宮・田村, 1971; 川村・田村, 1973), マサバとゴマサバにみられる単錐体の数の差は, 両者の分布水域の透明度のちがいの他に, マサバはゴマサバより分布水深が深いことも示唆すると考えられる. これまでにもサバの分布水深については多くの報告があるが, 混獲されることが多いため種類を分けて扱ったものが少なく, 両種の分布水深は明らかではない. しかし TANOUE (1966) および北海道水研・北海道水試 (1958) の資料からはこの推測が妥当と考えられるが, この点についてはさらに確かめる必要があろう. そしてこの他の網膜の形態の差が行動にどのような差となって現われるかは推測の域を出ないが, 少なくとも今後サバの行動の記述には両種を分けて扱うべきであると考ええる.

要 約

マサバの網膜を組織学的に調べ, それぞれの網膜構成要素について既報のゴマサバと比較検討した. その結果は次のように要約される.

- (1) ゴマサバの網膜にみられる構成要素は全てマサバの網膜にもみられた.
- (2) マサバはゴマサバよりも錐体密度が低く, 計算より求めた最小分離角は高い値を示した.
- (3) 網膜の視精度の高い部位はほぼ後下部にあり, この部位における双錐体に対する単錐体の出現率はゴマサバよりマサバの方が低い.
- (4) マサバとゴマサバの網膜の組織学的形態の差にもとづく両種の行動の差について考察を行った.

文 献

- 北海道区水産研究所・北海道立水産試験場 (1958): 北海道南部および青森県北部海域における魚探反応によるサバ魚群の分布並びに魚群行動変化の観察資料. 北海道水研・北海道水試漁具漁法科, pp. 55.
- 川村軍蔵・田村 保 (1973): ゴマサバおよびキュウセンの網膜の組織学的研究. 日水誌, 39(7), 715-726.
- LYALL, A. H. (1957): The growth of the trout retina. *Quart. J. Micr. Sci.*, 98 (1), 101-110.
- 村上子郎・早野孝教 (1956): 本邦近海産サバの背部担鰭骨数について. 日水誌, 21 (9), 1000-1006.
- O'CONNELL, C. P. (1963): The structure of the eye of *Sardinops caerulea*, *Engraulis mordax*, and

four other pelagic marine teleosts. *J. Morphol.*, **113** (2), 287-329.

宗宮弘明・田村 保 (1971): “黄色水晶体” 魚アオメエソの眼について. 日水誌, **37** (9), 840-845.

田村 保 (1957): 魚類の視覚について. 水産学集成, 721-750, 東大出版会, 東京.

TANOUE, T. (1966): Studies on the seasonal migration and reproduction of the spotted mackerel, *Pneumatophorus tapeinocephalus* (BLEEKER). This mem., **15**, 91-175.

WALLS, G. L. (1942): The vertebrate eye and its adaptive radiation. Reprinted 1963. pp. 785, Hafner, New York.

Explanation of Plate

Plate I. Photomicrographs of the retina of japanese mackerel. MAYER's H. E. Staining Method.

1. Tangential sections of visual cell layer showing the cone mosaic in various regions. D, dorsal; B, bottom; N, nasal; Temporal; V, ventral.
2. Tangential sections of ganglion cell layer showing the larger ganglion cells (**2A**) lying slightly outer than the smaller ganglion cells (**2B**).
3. Cross section showing the retinal elements, Tc, twin cone; Sc, singlecone; He, external horizontal cell; Hm, intermediate horizontal cell; Hi, internal horizontal cell; As, serate amacrine cell; G, ganglion cell.

