

各種動物ノ眼ノ調節機安靜時ニ於ケル 屈折狀態 (Statische Refraktion)

岡山醫科大學生理學教室(主任生沼教授)

山 本 宗 平

本論文ノ梗概ハ昭和5年11月20日岡山醫學會第338回通常會
並=昭和6年4月第10回大日本生理學會ニ於テ演説發表セリ。

内 容 目 次

第1章 緒 言	第6章 魚類ノ Statische Refraktion =就キテ
第2章 實驗方法	第7章 頭足類ノ Statische Refraktion =就キテ
第3章 鳥類ノ Statische Refraktion =就キテ	第8章 總括並=考按
第4章 爬蟲類ノ Statische Refraktion =就キテ	第9章 結 論
第5章 兩棲類ノ Statische Refraktion =就キテ	主要文獻

第1章 緒 言

從來各種動物ノ眼ノ調節機安靜時ニ於ケル屈折狀態 (Statische Refraktion) =關シテハ已ニ多數ノ業績アレドモ、何レモ檢影法 (Skiaskopie) =依ルモノノミナリ。然ルニ同法ニ依ル成績ガ必ズシモ正確ナラザルコトハ已ニ周知ノ事實ニシテ、殊ニ下等動物ノ眼球ハ人類ノ夫レト異リ其ノ眼軸ガ甚ダ短キタメ、測定時ニ於ケル僅少ノ誤差ト雖モ、其ノ成績ニ及ボス影響ハ甚大ナリト云ハザルベカラズ。已ニ Beer^{1), 2)} 氏ノ所說ニ從ヘバ、魚類竝ニ蛙等ニアリテハ其ノ眼軸短キ割合ニ網膜前面ト光ノ感覺層(圓錐體竝ニ圓柱體層)トノ距離ガ比較的大ナル爲メ、網膜前面ニ於テナサレタル檢影法ニ依ル成績ハ、直ニ以テ夫等ノ眞ノ Statische Refraktion ナリト断ジ得ベキモノニ非ズト云ヘリ。殊ニ人間以下ノ動物ノ眼ニ就テ光學的主要點 (Kardinalpunkte)ヲ算定シタルモノナシ。

之ニ於テ余ハ、各種動物ノ眼ノ調節機安靜時ニ於ケル屈折狀態 (Statische Refraktion)ヲ研究センガタメ、夫等眼球ノ光學的恒數 (Die optischen Konstanten)ヲ精細ニ測定シ、光學的主要點 (Kardinalpunkte)ノ位置ヲ算出シ、Statische Refraktionヲ定メタリ。

第2章 實驗方法

1) 實驗材料トシテハ哺乳動物ヲ除キ、鳥類、爬蟲類、兩棲類、魚類中、殊ニ淡水竝ニ海水產ノ硬骨魚類、頭足類等ノ各種動物ヲ使用セリ。

2) 各屈折面ノ距離ノ測定

從來各種動物ノ眼球ヲ種々ナル薬品ニ長時浸漬固定シテ後、計測セルモノ多數アレ共、之等ノ成績ハ直チニ生體ニ於ケルモノト断ジ得ベキモノニ非ズ。余ハ之等ノ缺陷ヲ除カシメ新鮮ナル個體ニ就キテ眼球ヲ損傷セザル様ニ全摘出シ、直チニ之ヲ雪状炭酸(ドライアイス)中ニ置キ20—30分間(室温20°—28°)ニ完全ニ冰結セシメ、之ヲ銳利ナル刃物ヲ以テ瞳孔領ノ中央ニ於テ垂直ニ切斷シ、此切面ヲ直チニMikrometerノ下ニ運ビ、精細ニ各屈折面相互ノ距離ヲ計測セリ。而シテ此目的ニ雪状炭酸ヲ使用セルコトハ本研究ニ非常ナル利便ヲ與ヘタルモノニシテ獨リ屈折面ノ相互間ノ距離ノミナラズ曲率半径ノ測定ニ於テ、恰モ紙上ニ畫ケル圖形ニ於テ測定スルト同様ノ精密サヲ以テ行フヲ得タルモノナリ。

3) 各屈折面ノ曲率半径ノ測定

a) 角膜前面ノ曲率半径ハ眼球ヲ摘出セズ直チニ生體ニ於テ Helmholtz / Ophthalmometerヲ以テ測定セリ。但シ鳥類ニアリテハ其ノ Akkommodation = 際シ、角膜前面ノ曲率半径ヲ變化セシムルコトヲ余ハ實驗的ニ確メタレバ、「エーテル」ニヨル深麻痺ノ下ニ測定セリ。

b) 水晶體ノ前後各面ノ曲率半径ノ測定

水晶體ヲ眼球ヨリ摘出スルカ、或ハ角膜切除ニヨリテ之等ヲ觀察スル時ハ、殊ニ鳥類、爬蟲類、兩棲類等ノ如ク、其ノ前後兩面ノ各曲率半径ヲ異ニシ、水晶體ノ硬度ガ比較的軟弱ナルモノニアリテハ、容易ニ變形シ夫等ノ正確ヲ保チ難キヲ以テ、余ハ此場合前述ノ冰結切片ニ就キテ、水晶體ノ形狀ヲ Zeiss-Abbescher Zeichenapparatヲ以テ精密ニ擴大寫生シ、瞳孔領ニ於ケル前後各面ノ曲率半径ヲ作圖法ニヨリテ求メ、此數値ヲ擴大率ノ數値ヲ以テ除セル商ヲ採用セリ。

4) 各媒質(Medium)ノ屈折系數(Brechungsindex)ノ測定

a) 前房水及ビ硝子液ノ屈折系數ニ就テハ Pulfrich 氏ノ Eintauchrefraktometer⁷⁾(20°C) = 依レリ。

b) 水晶體ノ全屈折率(Totalindex)ノ測定ニ關シテハ、從來種々ナル方法ヲ以テ計測セラレ、何レモ成書^{8), 9), 10)}ニ詳細記載シアレバ、余ノ採用セル方法ヲ以下略記セソニ、1) 水晶體ヨリ一定距離ニ既知大ノ物體ヲ置キ、之ニ由ル物像ノ大サヲ求メ、夫シニヨリテ水晶體ノ燒距ヲ求メ、更ニ其ノ半径及ビ厚サヲ知ル時ハ容易ニ水晶體ノ全屈折率ヲ算出スルヲ得ベシ。2) 余ハ上述ノ方法以外ニ、Exner¹¹⁾氏ガ已ニ報告セル所謂間接法(一名包埋法)ヲ試ミテ多大ナル便利ヲ感セリ。同法ヲ略説セソニ、先づ屈折系數ノ知テタル種々ナル液ヲ混合シテ、階段的ニ夫等ノ屈折率ノ差ヲ作ラシメタルモノニ可檢物ヲ浮ベテ之ヲ顯微鏡下ニ置キ、檢者ノ眼ハ接眼「レンズ」ヨリ略ボ2—3 cmノ所ニ固定シ、次ニ小紙片ヲ顯微鏡ノ軸ニ垂直ニナシテ一方ノ側ヨリ漸次中心ニ向ヒ滑動セシムルトキ、若シ可檢物ノ屈折率ガ包埋液ノ夫レニ比シ、高キ場合ハ視野ノ反對側(ハ小紙片ノ移動方向ニ對シ)ヨリ陰影ヲ生ズ可ク、亦可檢物ノ屈折率ガ包埋液ノ夫レニ比シ低キ場合ハ視野ノ同側ヨリ陰影ヲ生ズ可ク、可檢物ト包埋液トノ屈折率ガ殆ド相等シキ時ハ視野ノ何レノ側ヨリモ陰影ヲ生ズルコトナク、可檢物ハ homogen = 且亦最モ durchsichtig = 見ユルナリ。斯クシテ間接ニ屈折率ヲ測知シ得、而シテ包埋ニ用フル液體ハ可及的可檢物ヨリ水分ヲ脱取セザルモノガ適當ナリ、何トナレバ可檢物ヨリ水分ヲ脱取サルル場合ニハ屈折率ノ變化ヲ生ズレバナリ。余ハ以上ノ2方法ヲ以テ同時ニ測定シ、兩者ノ成績ガ相一致スルコトヲ確メテ後、其ノ數値ヲ計算ニ採用セリ。

c) 角膜ノ屈折率ノ測定ハ上述水晶體ニ於テ用ヒタル Exner 氏ノ間接法ニ依レリ。

5) "Statische Refraktion" 計算

a) 余ハ各種動物ノ角膜及び硝子液ニ就キテ夫等ノ屈折系數ヲ測定セルニ夫々、第1表並ニ第2表ニ示スガ如キ成績ヲ得タリ。

第1表 各種動物ノ角膜ノ屈折系數

種類	名稱	余ノ成績	Matthiessenノ成績	Valentinノ成績
鳥 類 畫鳥	あをばと(家鳩)	1.3773	—	—
	やけい(家鶴)	1.3773	—	1.3676
爬蟲類 夜鳥	ふくろふ(梟)	1.3773	1.3777	—
	あをだいしやう いしがめ(石龜)	1.3773 1.3773	— —	—
兩棲類	とのさま蛙	1.3775	—	—
魚 類 淡水魚	金魚、鯉	1.3775	—	1.3805(Karpfen)
	鰆、鰐、鱸、鰺等	1.3775	1.3770(Dorsch)	—
頭足類	べか(一名べいか)	1.3775	—	—
	まだこ(章魚)	1.3775	—	—

第2表 各種動物ノ硝子液ノ屈折系數

種類	名稱	余ノ成績	Matthiessenノ成績	Valentinノ成績
鳥 類 畫鳥	あをばと(家鳩)	1.3344	—	—
	やけい(家鶴)	1.3344	—	1.3364
爬蟲類 夜鳥	ふくろふ(梟)	1.3344	—	—
	あをだいしやう いしがめ(石龜)	1.3344 1.3344	— —	—
兩棲類	とのさま蛙	1.3347	—	—
魚 類 淡水魚	金魚、鯉	1.3352	1.3350(Hecht)	1.3353(Karpfen)
	鰆、鰐、鱸、鰺等	1.3353	1.3353(Dorsch)	—
頭足類	べか(一名べいか)	1.3353	—	—
	まだこ(章魚)	1.3353	—	—

即チ以上ノ成績ニ依レバ、角膜並ニ硝子液ノ屈折系數ハ何レモ水棲動物ハ陸上動物ニ比シ稍々高キヲ示セドモ、其ノ差異ハ僅少ニシテ各種動物ヲ通ジテ夫等ノ値ハ殆ド相等シキモノト看做シ得。余ノ成績ヲ Matthiessen 並ニ Valentin⁹⁾ 氏等ノ夫レト比較スルニ略ボ相一致セリ。

b) 余ハ各種動物ノ前房水ノ各屈折系數ニ就キテ検査セシニ、硝子液ノ夫レト相等シキヲ確メタリ。

但シ陸上動物ニ於テハ、前房水ノ屈折系數ハ硝子液ノ夫レニ比シ稍々低キヲ認メタレドモ、其ノ差異ハ僅微ニシテ之亦兩者相等シキモノト看做シ得。

c) 今之等前房水及ビ硝子液ノ屈折系數ト水ノ夫レトヲ相比較スルニ、兩者ノ値ハ殆ド相等シ。又角膜ノ屈折系數ハ、嚴密ニ云ヘバ水或ハ硝子液ノ夫レニ比シ高キヲ示セドモ、兩者ニ於ケル差異ハ極メテ少シ。故ニ余ハ各種動物ノ Statische Refraktion の計算ニ際シ、陸上動物ニ於テハ、角膜ノ屈折系數ハ、前房水及ビ硝子液ノ夫レト相等シキモノトシテ取扱ヒ、又水棲動物（例之魚類、頭足類）ニ於テハ、角膜、前房水並ニ硝子液ノ屈折系數ハ、水ノ夫レト相等シト看做シ得ルヲ以テ、從テ角膜ノ彎曲ニ依ル屈折力ヲ除外シ、單ニ水晶體ノ屈折力ニ依ルモノトシテ計算セリ。

d) Statische Refraktion の定メンニハ、陸上動物（例之鳥類、爬蟲類並ニ兩棲類）ニ於テハ、角膜頂點ト網膜ニ於ケル光ノ感覺層（圓錐體並ニ圓柱體層）トノ距離（d）ノ逆數ヨリ、角膜頂點ト眼全體トシテノ第2焦點ト距離（F₂）ノ逆數ヲ減ゼシ差ノ數值ヲ以テ、夫等ノ Statische Refraktion (Dioptrie) を示セリ。之ヲ式ニテ示セバ次ノ如シ。

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{F_2} = \text{Statische Refraktion.....(D)}$$

水棲動物（例之魚類並ニ頭足類）ニ於テハ、已ニ述べタル如ク角膜ノ屈折力ハ無キモノト看做シ得ルヲ以テ、水晶體ノ前面ト網膜ニ於ケル光ノ感覺層トノ距離（d₁）ノ逆數ヨリ、水晶體前面ト水晶體ノ第2焦點トノ距離（f₂）ノ逆數ヲ減ゼシ差ノ數值ヲ求メ、更ニ此數値ニ水ノ屈折系數 1.33 を乘ゼシ積ノ數値ヲ以テ夫等ノ Statische Refraktion (Dioptrie) を示セリ。之ヲ式ニテ示セバ次ノ如シ。

$$\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_2} \right) \times 1.33 = \text{Statische Refraktion.....(D)}$$

而シテ眼全體トシテノ主要點 (Kardinalpunkte) の計算方法ハ後述第3章ニ詳ナリ。

第3章 鳥類ノ Statische Refraktion ニ就キテ

第1節 文 獻

Beer⁴⁾ (1893)、Eulen 及ビ Raubvögel = 就キテノ實驗ニ依レバ、夫等ノ眼ノ調節機安靜時ニ於ケル屈折狀態ハ輕度ノ遠視ナリト。Hess¹²⁾ (1909)、Tagvögel (例之鳩、鶴)、Nachtvögel (例之梟) 並ニ同氏¹³⁾ (1910)、Tauchervögel (例之 Kormoran) = 就キテノ實驗ニ依レバ、之等鳥類ノ眼ノ調節機安靜時ニ於ケル Refraction ハ殆ド Emmetropie ナルカ又ハ輕度ノ遠視ナリト。Heine¹⁷⁾ (1898) ノ鳩ニ於ケル實驗ニ依レバ、其ノ Statische Refraktion ハ 1—2 D ノ遠視ナリト云フ。以上ノ業績ヲ總括セバ、一般ニ鳥類ノ眼ノ Akkommodationsruhe の際ニ於ケル Statische Refraktion ハ極メテ輕度ノ遠視ナルガ如シ。

第2節 實驗成績

余ハ實驗材料トシテ、あをばと（家鳩）*Sphenurus sieboldii sieboldii* (Temminck)、やけい（家鶴）*Gallus gallus, bengalensis* (Linné) 並ニふくろふ（梟）*Strix uralensis hondensis* (Clark) を使用セリ。之等3種ノ鳥類ニツキテ、夫々眼ノ光學的恒數ヲ求メ、主要點ノ位置ヲ算出シ、之ガ Statische Refraktion の算出セシニ、第3表ノ如シ。而シテ眼ノ主要點ノ算出ニハ次ノ式ニ據レリ。

L) 眼，主要點 (Kardinalpunkte)，計算

先づ水晶體ノ主要點ヲ求ム。

$$\frac{1}{f_1} = -\frac{\mu-1}{\gamma_1}, \quad \frac{1}{f_2} = \frac{1-\mu}{\gamma_2}$$

而シテ上式中 f_1 ハ像ノ位置ガ∞ナルトキノ物體ノ位置ヲ水晶體ノ前面ヨリ計リタル距離, f_2 ハ物體ノ位置ガ∞ナル時ノ像ノ位置ヲ水晶體前面ヨリ計リタル距離, $\mu = \text{有效屈折率 (Effektive Index)} = \text{シテ}$

$$\mu = \frac{\text{水晶體の屈折率}}{\text{圍繞液の屈折率}}$$

γ_1 及ビ γ_2 ヲ夫々水晶體ノ前面及ビ後面ノ曲率半徑トスレバ、第1主要點 α 及ビ第2主要點 β ハ次ノ如クシテ之ヲ求ム。

$$\alpha = \frac{f_1 t}{\mu(f_2 - f_1) + t}, \quad \beta = \frac{f_2 t}{\mu(f_2 - f_1) + t}$$

(t: 水晶體ノ厚サ)

第1主焦距 $-F$ 八次方式 = 擔儿.

$$-\mathbf{F} = -\frac{\mu f_1 f_2}{\mu(f_s - f_i) + t}$$

全眼ノ主要點ハ次ノ如クシテ之ヲボム。角膜ニヨル屈折ハ之ヲ除外シ前房水ガ角膜前面ノ形ヲ取ルモノトシ其ノ曲率半径ヲ γ_0 トシ、前房水ノ屈折率ヲ μ トス。今物體ノ距離ヲ R トシ、其ノ像ノ距離ヲ r トセバ

$$\text{然ル} = \frac{1}{\varphi} = -\frac{\mu' - 1}{\gamma_0} \text{ ニテ求メラル.}$$

斯クシテ生ジタル像ヲ水晶體ニ對スル物體トシ其ノ像ヲ求ム。

今角膜ノ前面ヨリ計リタル水晶體ノ第1主點ノ距離ヲトシ、マラ水晶體ノ第2主點ヨリ計リタル像ノ距離トスレバ、

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{v'+t} = \frac{1}{F}$$

眼全體ノ第1主焦距ハ $-F$ 結局次ノ式ニヨリテ求メラル。

$$-\mathbf{F} = -\frac{\mu' \varphi \left(\frac{\mathbf{F}}{\mu'} \right)}{\mu' \left(\frac{\mathbf{F}}{\mu'} - \varphi \right) + t}$$

(t ハ角膜前面ヨリ水晶體ノ第1主點マデノ距離)

眼ノ第1主點 α' 及ビ第2主點 $\mu' \beta'$ ハ次ノ如シ.

$$\alpha' = \frac{\varphi t}{\mu'\left(-\frac{F}{\mu'} - \varphi\right) + t}, \quad \mu'\beta' = \frac{\mu'\left(\frac{F}{\mu'}\right)t}{\mu'\left(\frac{F}{\mu'} - \varphi\right) + t}$$

角膜前面ヨリ前ノ方へ計リタル眼ノ第1主焦距ハ $F + \alpha'$ ニテ求メラレ、眼ノ第2主點ヨリノ第2主焦距ハ $\mu' F$ ニテ求メラル。又眼ノ第1主點ヨリ第1結節點マデノ距離ハ、第1主焦距ト第2主焦距トノ代數和ニ等シク、第2結節點ハ第1結節點ノ位置ニ眼ノ第1及ビ第2主點間ノ距離ヲ加ヘタルモノナリ。

茲ニ陸上動物及ビ水棲動物各1例ニ就キテノ上述ノ計算方法ヲ示スペシ。

II.) 鳩ノ眼ノ主要點 (Kardinalpunkte) ノ計算

興ヘラレタル光學的恒數 (Optische Konstanten) ハ例之、

- 1) 各屈折面ノ距離 $\begin{cases} C - L_1 = 1.99 \text{ mm} \dots \text{角膜前面ト水晶體前面トノ距離} \\ L_1 - L_2 = 2.90 \text{ mm} \dots \text{水晶體前後兩面間ノ距離即チ水晶體ノ厚サ} \\ L_2 - N = 6.86 \text{ mm} \dots \text{水晶體後面ト網膜ノ光ノ感覺層トノ距離} \end{cases}$
- 2) 各曲率半径 $\begin{cases} \text{角膜前面} = \gamma_0 = 6.00 \text{ mm} \\ \text{水晶體} \begin{cases} \text{前面} = \gamma_1 = 4.30 \text{ mm} \\ \text{後面} = \gamma_2 = 3.70 \text{ mm} \end{cases} \end{cases}$
- 3) 各屈折系數 $\begin{cases} \text{硝子液} = 1.3344 \\ \text{水晶體} = 1.5327 \end{cases}$
 $\therefore \mu = \frac{1.5327}{1.3344} = 1.148 \text{ (Effektive Index)}$

先づ水晶體ノ主要點ヲ求ム、

$$\frac{1}{f_1} = -\frac{\mu-1}{\gamma_1} = -\frac{0.148}{-4.3} \quad \therefore f_1 = 29.0 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1-\mu}{\gamma_2} = \frac{-0.148}{3.7} \quad \therefore f_2 = -25.0 \text{ mm}$$

γ 及ビ γ_2 ヲ夫々水晶體前面及ビ後面ノ曲率半径トスレバ、第1主要點 α ハ

$$\alpha = \frac{f_1 t}{\mu(f_2 - f_1) + t} = \frac{29.0 \times 2.90}{1.148(-25.0 - 29.0) + 2.90} = \frac{84.2}{-59.1} = -1.42 \text{ mm}$$

(t ハ水晶體ノ厚サ)

第2主要點 β ハ

$$\beta = \frac{f_2 t}{\mu(f_2 - f_1) + t} = \frac{-25.0 \times 2.90}{1.148(-25.0 - 29.0) + 2.90} = \frac{-72.6}{-59.1} = +1.23 \text{ mm}$$

第1主焦距 $-F$ ハ

$$-F = \frac{\mu f_1 f_2}{\mu(f_2 - f_1) + t} = \frac{1.148 \times 29.0 \times -25.0}{1.148(-25.0 - 29.0) + 2.90} = \frac{-835.0}{-59.1} = 14.13 \text{ mm}$$

全眼ノ主要點ハ次ノ如クシテ求ム。角膜ニヨル屈折ハ之ヲ除外シ前房水ガ角膜前面ノ形ヲ取ルモノトシ

其ノ曲率半径ヲ γ_0 トシ、前房水ノ屈折率ヲ μ' トス。今 φ ヲ角膜ノ第1焼點トセバ、

$$\frac{1}{\varphi} = -\frac{\mu'-1}{\gamma_0} = -\frac{0.3344}{-6.0} \quad \therefore \varphi = 18.0 \text{ mm}$$

眼全體ノ第1主焦距 $-F$ ハ

$$-F = \frac{\mu' \varphi \left(\frac{F}{\mu'} \right)}{\mu' \left(\frac{F}{\mu'} - \varphi \right) + t} = \frac{\varphi F}{(F - \mu' \varphi) + t} = \frac{18.0 \times -14.13}{(-14.13 - 1.3344 \times 18.0) + 3.41} = \frac{-254}{-34.7} = 7.32 \text{ mm}$$

t = 角膜前面ヨリ水晶體ノ第1主點マデノ距離 = $1.99 + 1.42 = 3.41 \text{ mm}$

眼ノ第1主點 α' ハ

$$\alpha' = \frac{\varphi t}{\mu \left(\frac{F}{\mu'} - \varphi \right) + t} = \frac{\varphi t}{(F - \mu' \varphi) + t} = \frac{18.0 \times 3.41}{(-14.13 - 1.3344 \times 18.0) + 3.41} = \frac{61.5}{-34.7} = -1.77 \text{ mm}$$

眼ノ第2主點 $\mu' \beta'$ ハ

$$\mu' \beta' = \frac{\mu' \left(\frac{F}{\mu'} \right) t}{\mu' \left(\frac{F}{\mu'} - \varphi \right) + t} = \frac{F t}{(F - \mu' \varphi) + t} = \frac{-14.13 \times 3.41}{(-14.13 - 1.3344 \times 18.0) + 3.41} = \frac{-48.2}{-34.7} = 1.39 \text{ mm}$$

眼ノ第2主點 β' ハ水晶體ノ第2主點 β ノ前方 1.39 mm = アルヲ示ス。

$1.99 + 2.90 = 4.89 \text{ mm}$ 角膜前面ヨリ水晶體後面マデノ距離

$4.89 - 1.23 = 3.66 \text{ mm}$ 角膜前面ヨリ水晶體ノ第2主點マデノ距離

$3.66 - 1.39 = 2.27 \text{ mm}$ 角膜前面ヨリ眼全體ノ第2主點マデノ距離

角膜前面ヨリ前ノ方へ計リタル眼ノ第1主焦距ハ、

$$-F + \alpha' = 7.32 - 1.77 = 5.55 \text{ mm}$$

眼ノ第2主點ヨリノ第2主焦距ハ、

$$\mu' F = 1.3344 \times -7.32 = -9.78 \text{ mm} \quad \therefore F_2 \text{ ノ角膜前面ヨリノ位置ハ、}$$

$$9.78 + 2.27 = 12.05 \text{ mm} \dots \text{即チ } F_2 \text{ ハ角膜前面ヨリ後方 } 12.05 \text{ mm = アリ。}$$

第2主點(β')ヨリ第1主點(α')マデノ距離

$$= \text{第1結節點}(K_1) \equiv \text{リ第2結節點}(K_2) \text{ マデノ距離}$$

$$= 2.27 - 1.77 = 0.5 \text{ mm}$$

又第1主點(α')ヨリ第1結節點(K_1)マデノ距離

$$= F_1 + F_2 = 7.32 - 9.78 = -2.46 \text{ mm}$$

$$\therefore K_1 = 2.46 + 1.77 = 4.23 \text{ mm} \quad K_2 = 4.23 + 0.5 = 4.73 \text{ mm}$$

以上ノ方法ニヨリテ角膜前面ヨリ計算シタル眼ノ主要點ノ數値ハ(mm)次ノ如シ。但シ符號ヲ以テ角膜前面ヨリ前(+)或ハ後(-)ヲ夫々示セリ。

F ₁	F ₂	H ₁ (α')	H ₂ (β')	K ₁	K ₂
+ 5.55	- 12.05	- 1.77	- 2.77	- 4.23	- 4.73

而シテ角膜前面ヨリ網膜(光ノ感覺層)マデノ距離ヲdトセバ、

$$d = 1.99 + 2.90 + 6.86 = 11.75 \text{ mm}$$

$$\therefore \text{ 安靜眼ノ屈折力} = \frac{1}{d} - \frac{1}{F_2} = \frac{1000}{11.75} - \frac{1000}{12.05} = 85 - 83 = +2.0 \text{ D (遠視)}$$

III.) 金魚ノ眼ノ主要點(Kardinalpunkte)ノ計算

與ヘラレタル光學的恒數(Optische Konstanten)ハ例之、

- 1) 各屈折面ノ距離 C-L₁=0.46 mm, L₁-L₂=2.25 mm, L₂-N=1.96 mm
(各符號ハ前掲、鳩ノ眼ノ主要點ノ計算法參照)

- 2) 水晶體ノ各曲率半徑 $\begin{cases} \text{前面 } \gamma_1 = 1.12 \text{ mm} \\ \text{後面 } \gamma_2 = 1.12 \text{ mm} \end{cases}$

- 3) 各屈折系數 $\begin{cases} \text{硝子液} = 1.3352 \\ \text{水晶體} = 1.6472 \end{cases} \quad \therefore \mu = \frac{1.6472}{1.3352} = 1.233 \text{ (Effektive Index)}$

水棲動物ニ於テハ、角膜ノ屈折力ハ無キモノト看做シ得ル故ニ、單ニ水晶體ノ屈折ノミニ依ル。

水晶體ノ主要點ヲ求メシニハ、

$$\frac{1}{f_1} = -\frac{\mu-1}{\gamma_1} = -\frac{0.233}{-1.12}, \quad \therefore f_1 = 4.81 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1-\mu}{\gamma_2} = \frac{-0.233}{1.12}, \quad \therefore f_2 = -4.81 \text{ mm}$$

$$-F = \frac{\mu f_1 f_2}{\mu(f_2-f_1)+t} = \frac{1.233 \times 4.81 \times -4.81}{1.233 \times (-4.81-4.81)+2.25}$$

$$= \frac{-28.60}{-9.62} = 2.98 \text{ mm}$$

(t = 水晶體ノ厚サ)

球形「レンズ」(例之魚眼ノ水晶體)ノ第1主焦距ハ第2主焦距ニ等シ。水晶體前面ト網膜(光ノ感覺層)トノ距離ヲ(d_1)トスレバ、

$$d_1 = 2.25 + 1.96 = 4.21 \text{ mm}$$

又水晶體前面ト F_2 トノ距離ヲ(f_2)トセバ、

$$f_2 = 1.12 + 2.98 = 4.10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ 安靜眼ノ屈折力} &= \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_2} \right) \times 1.33 = \left(\frac{1000}{4.21} - \frac{1000}{4.10} \right) \times 1.33 \\ &= (237 - 243) \times 1.33 = (-6) \times 1.33 = -8.0 \text{ D} \text{ (近視)} \end{aligned}$$

第3表 鳥類

名稱 別	例	各屈折面 ノ距離			曲率半徑		屈折系數		眼ノ主要點						Statische Refraktion
		C— L_1	L_1 — L_2	L_2 —N	角膜	水晶體	硝子液	水晶體	F_1	F_2	H_1	H_2	K_1	K_2	
あをばと (家鳩)	1	1.99	2.90	6.86	6.00	4.30	3.70	1.3344	1.5327	+ 5.55	- 12.05	- 1.77	- 2.27	- 4.23	- 4.73 + 2.0 D
	2	2.01	2.92	7.02	6.00	4.30	3.70	✓	✓	+ 5.55	- 12.09	- 1.79	- 2.29	- 4.25	- 4.75 + 1.0 D
	3	1.98	2.89	6.85	6.00	4.30	3.70	✓	✓	+ 5.58	- 12.07	- 1.76	- 2.27	- 4.22	- 4.73 + 1.7 D
やけい (家鶲)	1	2.85	3.70	7.95	6.40	5.52	4.72	✓	✓	+ 6.60	- 14.74	- 2.30	- 2.84	- 5.30	- 5.84 + 1.0 D
	2	2.82	3.68	7.91	6.38	5.50	4.70	✓	✓	+ 6.64	- 14.71	- 2.28	- 2.81	- 5.26	- 5.79 + 1.5 D
ふくろぶ (梟)	1	3.41	6.80	6.86	6.77	6.02	5.25	✓	✓	+ 6.79	- 17.37	- 3.41	- 3.77	- 6.81	- 7.17 + 1.0 D
	2	3.43	6.84	6.83	6.78	6.04	5.27	✓	✓	+ 6.82	- 17.48	- 3.42	- 3.78	- 6.88	- 7.24 + 1.3 D

水晶體ノ屈折系數ハ其ノ Totalindex ノ示ス。

備考 $C - L_1$ = 角膜前面ト水晶體前面トノ距離(mm) ノ示ス。

$L_1 - L_2$ = 水晶體ノ前後兩面間ノ距離即チ水晶體ノ厚サ(mm) ノ示ス。

$L_2 - N$ = 水晶體後面ト網膜ノ光ノ感覺層(圓錐體竝圓柱體層)トノ距離(mm) ノ示ス。

眼ノ主要點(Die Kardinalpunkte des Auges)ハ角膜ノ頂點ヨリ前(+)-又ハ後(-)ノ距離(mm) ノ示ス。

F_1 = 第1焦點, Erster od vorderer Brennpunkt.

F_2 = 第2焦點, Zweiter od hinterer Brennpunkt.

H_1 = 第1主要點, Erster od vorderer Hauptpunkt.

H_2 = 第2主要點, Zweiter od hinterer Hauptpunkt.

K_1 = 第1結節點, Erster Knotenpunkt.

K_2 = 第2結節點, Zweiter Knotenpunkt.

但シ水棲動物(例之魚類, 頭足類)ノ F_2 ハ水晶體ノ第2焦點ヲ示スモノニシテ, 即チ水晶

體ノ中心部ヨリ後方第2焦點迄ノ距離(mm) ノ示ス。

以下ノ表ハ之ト同様ナリ。

余ノ以上ノ成績ニ依レバ家鳩、家鶏及ビ鳥ノ調節機安靜時ニ於ケル眼ノ屈折狀態 (Statische Refraktion) ハ、+1.0 D 内外ノ遠視ニシテ、多クトモ +2.0 D ヲ超エズ。即チ從來諸家ノ成績ト略ボ相一致ス。尙ホ又眼底ヲ検査セシニ、鳩、鶏並ニ鳥何レモ pecten ノ存在ヲ認メタリ。之等ハ其ノ生理的機能今日尙ホ不明ナレ共、鳥類ニ於ケル之等ノモノノ存在ハ已ニ古キ以前ヨリ知ラレタル所ナリ。

第 4 章 爬蟲類ノ Statische Refraktion ニ就キテ

第 1 節 文 獻

爬蟲類中、茲ニハ蛇類並ニ龜類ニ關スル文獻ノミヲ舉ゲンニ、Beer⁶⁾(1898)ノ研究ニ依レバ、常ニ陸上ニ棲息スル蛇類(例之 Wüstenschlangen, Baumschlangen, Trugnatter)並ニ水陸兩棲ノ固有ノ毒蛇類、例之 Würfelnatter (Tropidonotus tessellatus) ハ、何レモ夫等ノ Akkommodationsruhe ノ際ニハ Refraktion ハ殆ド Emmetropie 或ハ輕度ノ遠視ナリト云フ。又一般ニ陸上蛇類ハ、其ノ調節ニ際シテハ、水晶體ヲ前方ニ轉位シ近處ニ調節スルモノニシテ、水晶體ノ形狀ハ恰モ魚類ノソレト同様ニ球狀ヲ呈スルモノナルガ、反之水陸兩棲ノ毒蛇類ニアリテハ、彼等ガ水中ニ入ルヤ角膜ノ屈折力ガ減少スルタメ高度ノ遠視トナルベキニヨリ、斯ル角膜屈折力ノ減退ヲ補足センガ爲メ、前述ノ水晶體前方轉位ノ外、尙ホ水晶體ノ前面ノ彎曲ヲ増加セシメテ著明ナル調節ヲ營爲スルモノニシテ、夫等ノ調節機安靜時ニ於ケル水晶體ノ前面ハ殆ド扁平ニシテ、普通ニ見ラル陸上蛇類トハ異レリト云フ。

Schildkröten ノ Statische Refraktion ニ關シテハ Beer ノ研究ニ依レバ、夫等ノ Akkommodationsruhe ノ際ニハ殆ド Emmetropie ニシテ、略ボ 12—14 D ノ Akkommodationsbreite ヲ有シ、無限ノ距離ヨリ近點ハ數 cm マデノ間ヲ仔細ニ調節シ得ト云フ。以上ノ諸説ヲ綜合セバ、蛇類並ニ龜類ニ於テハ夫等ノ調節機安靜時ニハ輕度ノ遠視又ハ Emmetropie ナルガ如シ。

第 2 節 實驗成績

余ハ「あをだいしやう」Elaphe climacophora(Boie)並ニ「いしがめ」(石龜) Clemmys japonica(Temminck & Schlegel)ニ就キテ實驗シ、夫等ノ光學的恒數ヲ測定シ、主要點ノ位置並ニ Statische Refraktion ヲ前掲ノ式ニ據リテ算出セシニ、第 4 表ニ示スガ如キ成績ヲ得タリ。

第 4 表 爬蟲類

名稱 別	例 別	各屈折面 ノ距離			曲率半徑		屈折系數		眼ノ主 要 點						Statische Refraktion	
		C	L ₁	L ₂	N	角膜	水晶體	硝子液	水晶體	F ₁	F ₂	H ₁	H ₂	K ₁	K ₂	
		前面	前面	後面	前面											
あをだい しやう	1	1.40	2.30	1.65	2.80	1.15	1.15	1.3344	1.5452	+ 1.09	- 5.39	- 1.66	- 1.71	- 2.59	- 2.64	+ 1.5 D
	2	1.42	2.34	1.68	2.80	1.17	1.17	夕	夕	+ 1.09	- 5.45	- 1.69	- 1.73	- 2.63	- 2.67	+ 0.5 D
いしがめ	1	0.92	2.00	2.37	2.80	1.76	1.20	夕	1.5449	+ 1.72	- 5.35	- 1.22	- 1.43	- 2.20	- 2.41	+ 2.0 D
	2	0.94	2.02	2.39	2.80	1.76	1.20	夕	夕	+ 1.70	- 5.37	- 1.24	- 1.45	- 2.22	- 2.43	+ 1.0 D

以上ノ成績ニ依レバ、「あをだいしやう」竝ニ「いしがめ」ノ眼ノ調節機安靜時ニ於ケル屈折狀態ハ、+1.0 D 内外ノ輕度ノ遠視ニシテ、2.0 D ヲ超エズ、殆ド鳥類ニ於ケル成績ト相似タリ。即チ從來諸家ノ成績ト相一致ス。又陸上蛇類ノ水晶體ノ形狀ハ已ニ Beer ガ報告セル如ク球狀ニシテ、龜ノ夫レハ前徑ガ大ニ、後徑ガ小ニシテ、略ボ鳥類竝ニ蛙(後章ニ詳ナリ)ニ於ケルモノト相似タリ。又眼底検査ヲナスニ之等蛇類竝ニ石龜ニハ pecten ヲ有セズ。

第 5 章　兩棲類ノ Statische Refraktion ニ就キテ

第 1 節　文　獻

兩棲類中、茲ニハ特ニ蛙眼ニ就キテノ文献ヲ擧ゲンニ、蛙眼ノ Statische Refraktion ニ關シテハ、已ニ古ク Plateau¹⁹⁾ (1867) ノ報告アリ。同氏ニ依レバ、蛙眼ハ大略 20 D ノ近視ナリト云フ。其ノ後 Hirschberg²⁰⁾ (1882) ノ報告ニ依レバ、蛙眼ハ空氣中ニ於テハ 5—8 D ノ近視ニテ、之ガ水中ニ於テハ高度ノ遠視ニシテ少クトモ +16 D 以上ナリト云ヘリ。且之ガ原因ニ關シ同氏ハ次ノ如ク云ヘリ。即チ蛙ガ水中ニ入ル場合ハ、角膜ノ屈折系數ハ水ノ夫レト略ボ相等シクナルヲ以テ、眼全體トシテノ屈折力ヲ大ニ減ズルコトハ明カナル事實ナレドモ、尙ホ斯ク水中ニ於テ高度ノ遠視状態ヲ見ルハ、恐ラク蛙眼ガ Akkommodation ヲ用フルモノナルベシト想像セリ。Beer^{21), 22)} (1898) ハ一般ニ兩棲類(Amphibien)ノ Akkommodation ニ就キテ研究シ、蛙眼ノ Statische Refraktion ニ就キテハ次ノ如ク云ヘリ。即チ蛙眼ヲ空中ニ於テ檢影法(Skiaskopische Untersuchung)ニ依リテ、其ノ眼底ノ視神經乳頭ノ下緣ニ於テ恰度視神經放線ノ上ニ於テ測定セソニ、5.0 乃至 8.0 D ノ遠視ナルコトヲ認メタリ。然レドモ之ハ單ニ網膜前面ヲ結像面ト看做シテノ事ニシテ、實際物ヲ視ルニ役立ツベキ圓錐體竝ニ圓柱體層ニ結像シタル場合トハ大ニ異ルコトヲ力説セリ。何トナレバ蛙眼ハ眼軸短キ割合ニ網膜ノ厚サガ比較的大ニシテ、凡ソ 0.2 mm ヲ有ス。故ニ此點ヲ考慮スル時ハ、夫等ノ眼ノ調節機安靜時ニ於ケル屈折狀態ハ弱度ノ近視ナリトシ、又蛙ガ水中ニ入りタル場合ハ、+25 D 以上ノ遠視ナリト云ヘリ。尙ホ又 Beer ノ説ニ從ヘバ、蝦蟆竝ニ蛙ノ眼ニ於テハ恐ラク調節能力(Akkommodationsvermögen)ハ無キモノノ如シ。故ニ蛙ハ陸上ニアリテハ、已ニ述ベタル如ク弱度ノ近視ナルヲ以テ眼前ノ短キ範圍ノミヲ明視シ得ルニ過ギズ、其ノ一度彼等ガ水中ニ潛ルヤ高度ノ遠視トナリニ拘ラズ毫モ調節能力ヲ有セザルガタメ、水中ニ於テハ恐ラク物像ヲ能ク明視シ難キモノナルベシ。是レ水中ハ蛙ニトリテハ彼等ノ餌ニ對スル狩獵場ニ非ズシテ、寧ロ外敵ニ對スル避難所ナルベク、其ノ水中ニ飛ビ込みヤ暫時ニシテ水面ニ浮キ上リ、長時水中ニ居ラザルコトハ吾人ガ日常屢々目撲スル所ナリト云ヘリ。Hess¹⁴⁾ (1911) ハ Amphibien ノ Akkommodation ニ就キテ研究シ、曩ニ Beer ガ Bufo 或ハ Frosch ノ Auge ニ於テ夫等ニ毫モ調節能力無シトノ見解ニ反對シ、之等ニ於テモ亦微弱ナガラ Akkommodation ノ存スルコトヲ立證シ、其ノ Mechanismus ニ關シテハ、水晶體ノ前方轉位ニ依リテ近所ニ調節スルモノナリト云ヘリ。以上ノ諸説ヲ綜合セバ、蛙眼ノ調節機安靜時ニ於ケル Statische Refraktion ニ關シテハ、各研究者ニヨリテ多少ノ相違コソアレ、何レモ近視(Myopie)ナリトノ點ハ相一致セリ。

第 2 節　實　驗　成　績

余ハ實驗材料トシテ「とのさま」蛙 *Rana nigromaculata* (Hallowell) (身長 6.0—6.5 cm) 凡ソ 30 匹ヲ選ビ、

之等各箇ニ就キテ、眼ノ光學的恒數ヲ測定シ、夫等ヨリ更ニ各 10 四宛ノ平均值ヲ求メ、之ニ依リテ眼ノ主要點並ニ Statische Refraktion ヲ算出シ、3 例ノ成績ヲ示セバ第 5 表ノ如シ。

第 5 表 兩 棲 類

名稱 別	例	各屈折面 ノ距離			曲率半徑		屈折系數		眼ノ主要點						Statische Refraktion	
		L ₁ '	L ₂ '	R'	角膜	水晶體	硝子液	水晶體	F ₁	F ₂	H ₁	H ₂	K ₁	K ₂		
		C	L ₁	L ₂	前面	前面	後面									
とのさま 蛙	1	1.10	3.41	2.39	3.41	2.00	1.70	1.3347	1.5554	+ 2.08	- 6.93	- 1.70	- 1.88	- 2.97	- 3.15	+ 3.0 D
	2	1.12	3.43	2.32	3.40	2.00	1.70	✓	✓	+ 2.09	- 7.02	- 1.75	- 1.89	- 3.04	- 3.18	+ 3.0 D
	3	1.11	3.42	2.30	3.40	2.00	1.70	✓	✓	+ 2.09	- 7.00	- 1.75	- 1.87	- 3.04	- 3.16	+ 3.5 D

即チ以上ノ成績ニヨレバ、蛙眼ノ調節機安靜時ニ於ケル屈折狀態ハ、+ 3.0 D 乃至 + 3.5 D ノ遠視ナリ。從來諸家ノ成績ハ何レモ蛙眼ニ於テハ近視ナリトノ説ニ相反シ、余ノ成績ニ於テハ遠視ナリ。蛙ノ眼ニアリテハ其ノ角膜ノ曲率半徑ハ、他ノ陸上動物（例之鳥類、哺乳動物並ニ人類）ニ比シ、遙ニ小ニシテ、從ツテ比較的強キ屈折力ヲ有スレドモ、水晶體ノ屈折系數ハ後述セントスル魚類ノソレニ比較スレバ、眼軸ノ短キ割合ニ小ナリ。是レ蛙眼ノ遠視タル主ナル原因ナリトス。斯ルガ故ニ、蛙眼ニ於テハ明確ナル物像ハ其ノ眼底ニ生ゼザル可シ。若シ夫レ Hess の實驗ガ眞ナリトシ、微弱ナガラモ蛙眼ガ Akkommodation ヲ有スルモノト假定セバ、余ノ成績ニヨレバ其ノ近處調節ニ際シテハ當然水晶體ノ前方轉位ヲナスヲ認メザルベカラズ。

第 6 章 魚類ノ Statische Refraktion ニ就キテ

第 1 節 文 獻

魚眼ノ Refraktion = 關スル實驗ハ、Plateau²⁰⁾(1867) ヲ以テ嘴矢トナス。同氏ガ摘出セル魚眼ニ就キテノ實驗ニ依レバ、夫等ノ屈折ハ水中ニ於テハ -16 D 乃至 -27 D ノ近視ニシテ、空氣中ニ於テハ稍々其ノ度ヲ増スモ大ナル差異ナシ。是レ魚眼ノ角膜ハ殆ド扁平ナルニ基クト云ヘリ。其ノ後 Hirschberg²¹⁾(1882) ハ生ケルママノ魚眼ニ就キテ其ノ Refraktion ヲ檢セシニ、2 例ノ Hecht ニ於テ第 1 例ハ空中ニ於テハ -13 D 乃至 -16 D ノ近視ニシテ、之ガ水中ニ於テハ -1.6 D 乃至 -2.4 D 近視ナルコト、又第 2 例ニ於テハ空中ニテハ -20 D ノ近視ニシテ、之ガ水中ニ於テハ -1.6 D ノ近視ナルコトヲ發見セリ。即チ同氏ハ從來ノ研究家ガ魚眼ハ水中ニ於テハ高度ノ近視ナリトノ説ニ反シ、殆ド Emmetropie ナルカ或ハ輕度ノ近視ナルコトヲ主張シ、恐ラク魚眼ハ水晶體ノ前後ノ各徑ヲ膨隆セシメテ近處調節ヲナスモノニシテ、極メテ遠キ範圍ハ明視シ得ザルモノト想像セリ。何トナレバ假令水或ハ海水ガ透明ナルモノトシテモ、其ノ極メテ廣キ範圍ガ無限ニ

透明ニ非ラザルベク、強ヒテ調節ヲ用ヒテ不透明ナル速キ箇所ヲ望マンヨリハ、寧口眼前ニ極メテ近キ範囲ヲ仔細ニ固視スルコトガ、彼等ノ生活ニ適應スペシト云ヘリ。然レドモ以上ノ諸家ノ研究ハ其ノ方法ニ幾多ノ不備アルヲ指摘シ、動モスレバ實驗的根據ヲ離レテ假設的想像ニ走ラントスルコトノ非ヲ駁論シ、魚眼ニ關スル詳細ナル生理的調節機轉ヲ簡明セシモノハ實ニBeer¹⁾(1894)ナリトス。同氏ノ Teleosteer 22種、68例ニ就キテノ實驗ニヨレバ、夫等ノ Statische Refraktion ハ水中ニ於テハ檢影法ニヨル結果ハ眼底ノ場所ニヨリテ異リ多少ノ相違ハアレドモ、多クハ +3.5 D 乃至 +5.5 D 内外ノ遠視ヲ示セドモ、網膜ノ光ノ感覺層ニ於ケル Refraktion ハ平均 3 D 乃至 4 D ヨリ 8 D 乃至 12 D ノ近視ナルコトヲ明カニセリ。即チ多クノ Teleosteer ハ調節機安靜時ニハ近處ニ einstellen シ、遠處ニ對シ所謂 Negative Akkommodation ナスモノニシテ、斯ル際ノ Mechanismus ハ水晶體ノ變形ニ非ズシテ Campanula ノ收縮ニヨリテ水晶體ガ temporalhinteren 即チ網膜面ノ方へ轉位スルニ基クコトヲ實驗的ニ證明シ、コノ Campanula ロ Retractor lentis ト命名セリ。Sicherer²²⁾(1911)ノ淡水魚ニ於ケル成績ハ近視ナリト云ハレ、Beer ノ成績ト略ボ一致セリ。Hess¹⁵⁾ハ Hecht ノ眼球ニ就テ Beer ノ實驗ヲ追試シ、該説ニ確證ヲ與ヘ得タルガ、Gobiiden ニ屬セル 1 種ノ Periophthalmus Koelreuteri ナル魚ハ、彼等が餌ヲ求メントシテ陸上ニ來ルトキハ、其ノ Refraktion ハ他ノ多クノ Teleosteer トハ全然異ナリ、即チ空氣中ニ於テハ其ノ調節機安靜時ニハ殆ド Emmetropie 若クハ輕度ノ遠視ニシテ、眼前ニ餌ヲトラントスルトキハ高度ノ近視トナルコトヲ檢影法ニ依リテ確認セリ。故ニ Hess ハ此魚ニ於ケル Campanula ハ Protractor lentis ト云ヘリ。要之以上ノ諸家ノ云フ所ニヨレバ、魚族中 Teleosteer ハ Accommodation ナスルモノノ如ク其ノ調節機安靜時ニ於ケル Statische Refraktion ハ近視ナリトノ見解ヲ抱ケルモノ多キガ如シ。

第 2 節 實 驗 成 績

余ハ實驗材料トシテハ硬骨魚類 Teleostei (Knochenfische) ノ數種ヲ選ビタリ。即チ淡水魚トシテハ、金魚 (わきん) Carassius auratus (Linné)、りうきん Carassius auratus (Linné) 並ニ鰓ヲ使用セリ。海水魚トシテハ、さわら (鰆) Scomberomorus niphonius (Cuvier & Valenciennes)、すずき (鱈) Lateolabrax japonicus (Cuvier & Valenciennes)、はも (鱈) Muraenesox cinereus (Forskål)、くろだひ (黒鯛) (ちぬ) Sparus macrocephalus (Basilowsky)、まあじ (大鯛) Trachurus japonicus (Temminck & Schlegel)、まながつを (鰤) Stromateoides argenteus (Euphrasen)、ひらめ (比目魚) Paralichthys olivaceus (Temminck & Schlegel)、こち (鰯) Platycephalus indicus (Linnaeus)、うしのした (鞋底魚) Rhinoplagusia japonica (Temminck & Schlegel)、ほんさば (鰆) Scomber japonicus (Houttuyn)、ぼら (鱈) Mugil cephalus (Linné)、きす (鱈) Sillago sihama (Forskal)、くさふぐ (河豚) Sphoeroides niphobles (Jordon & Snyder) 並ニ「とびはぜ」 Periophthalmus cantonensis (Osbeck) 等ヲ使用セリ。「とびはぜ」ハ岡山縣備前、備中ノ國境ニアル雀ヶ瀬川ノ下流沿岸ニ於テ採取セルモノナリ。

淡水魚、海水魚並ニ「とびはぜ」ニ就キテ夫等ノ眼ノ光學的恒數並ニ主要點ヲ求メ、Statische Refraktion ナ計算セシ成績ハ、夫々第 6 表、第 7 表、第 8 表ニ示スガ如シ。

第6表 淡水魚類

名稱 別	例	各屈折面ノ距離			曲率半徑		屈折系數		F_2	Statische Refraktion		
		C-L ₁	L ₁ -L ₂	L ₂ -N	角膜	水晶體	硝子液	水晶體				
					前面	前面						
金 わきん	1	0.46	2.25	1.96	6.43	1.12	1.12	1.3352	1.6472	— 2.98 — 8.0 D		
	2	0.47	2.22	1.94	6.44	1.11	1.11	♦	♦	— 2.94 — 9.3 D		
	3	0.47	2.25	1.95	6.60	1.12	1.12	♦	♦	— 2.98 — 8.0 D		
	4	0.45	2.20	1.93	6.60	1.10	1.10	♦	♦	— 2.92 — 8.0 D		
	5	0.46	2.23	1.96	6.44	1.11	1.11	♦	♦	— 2.94 — 12.0 D		
	6	0.45	2.24	1.98	6.43	1.12	1.12	♦	♦	— 2.98 — 9.3 D		
魚 りうきん	1	0.51	2.89	2.55	6.42	1.44	1.44	♦	♦	— 3.81 — 8.0 D		
	2	0.48	2.85	2.52	6.41	1.42	1.42	♦	♦	— 3.78 — 8.1 D		
	3	0.52	2.91	2.59	6.60	1.45	1.45	♦	♦	— 3.84 — 9.3 D		
	4	0.51	2.88	2.56	6.60	1.44	1.44	♦	♦	— 3.81 — 8.1 D		
鯉	1	0.59	3.61	3.26	6.89	1.80	1.80	♦	♦	— 4.77 — 10.0 D		
	2	0.57	3.58	3.20	6.90	1.79	1.79	♦	♦	— 4.74 — 7.3 D		
	3	0.59	3.60	3.25	6.89	1.80	1.80	♦	♦	— 4.77 — 8.0 D		
	4	0.57	3.57	3.20	7.00	1.78	1.78	♦	♦	— 4.72 — 8.0 D		

第7表 海水魚類

名稱 別	例	各屈折面ノ距離			曲率半徑		屈折系數		F_2	Statische Refraktion		
		C-L ₁	L ₁ -L ₂	L ₂ -N	角膜	水晶體	硝子液	水晶體				
					前面	前面						
さ わ ら (鱈)	1	1.01	8.60	7.84	8.40	4.30	4.30	1.3353	1.6546	— 11.19 — 4.6 D		
	2	1.18	8.70	8.15	8.62	4.35	4.35	♦	♦	— 11.23 — 6.6 D		
	3	1.20	9.40	9.00	8.60	4.70	4.70	♦	♦	— 12.14 — 6.6 D		
	4	1.02	9.00	8.68	8.42	4.50	4.50	♦	♦	— 11.68 — 7.2 D		
す ず き (鱈)	1	0.98	7.59	7.03	8.20	3.79	3.79	♦	♦	— 9.82 — 6.6 D		
	2	0.99	7.60	7.05	8.10	3.80	3.80	♦	♦	— 9.82 — 7.0 D		
	3	0.98	7.58	7.02	8.00	3.79	3.79	♦	♦	— 9.82 — 6.8 D		
	4	0.98	7.59	7.04	8.18	3.79	3.79	♦	♦	— 9.82 — 6.8 D		

名稱 別	例	各屈折面ノ距離			曲率半徑			屈折系數		F_2	Statische Refraktion	
		C-L ₁	L ₁ -L ₂	L ₂ -N	角膜		水晶體		硝子液	水晶體		
					前面	前面	後面	前面				
は も (鱈)	1	0.61	5.80	5.05	7.19	2.90	2.90	1.3353	1.6546	- 7.50	- 8.0 D	
	2	0.62	5.90	5.20	7.20	2.95	2.95	✓	✓	- 7.62	- 6.1 D	
	3	0.64	6.10	5.40	7.20	3.05	3.05	✓	✓	- 7.92	- 5.7 D	
	4	0.62	5.90	5.15	7.21	2.95	2.95	✓	✓	- 7.62	- 5.3 D	
くろだひ (黒鯛)	1	0.65	6.40	6.00	7.00	3.20	3.20	✓	✓	- 8.32	- 8.0 D	
一名ちぬ	2	0.63	6.80	6.30	6.90	3.40	3.40	✓	✓	- 8.81	- 7.3 D	
まあじ (大鰱)	3	0.66	7.20	6.45	7.20	3.60	3.60	✓	✓	- 9.32	- 5.3 D	
まながつを (鰯)	1	0.58	4.80	4.55	6.90	2.40	2.40	✓	✓	- 6.38	- 9.3 D	
ひらめ (比目魚)	2	0.56	4.60	4.15	7.00	2.30	2.30	✓	✓	- 5.96	- 9.0 D	
こち (鰯)	1	0.55	3.60	3.20	6.80	1.80	1.80	✓	✓	- 4.67	- 10.0 D	
うしのした (鞋底魚)	2	0.54	3.42	3.00	6.71	1.71	1.71	✓	✓	- 4.44	- 9.3 D	
こち (鰯)	1	0.52	2.80	2.44	6.40	1.40	1.40	✓	✓	- 3.64	- 10.0 D	
うしのした (鞋底魚)	2	0.49	2.78	2.42	6.60	1.39	1.39	✓	✓	- 3.61	- 10.0 D	
とびはぜ	1	0.38	2.60	2.24	6.50	1.30	1.30	✓	✓	- 3.38	- 10.0 D	
	2	0.40	2.54	2.22	6.40	1.27	1.27	✓	✓	- 3.30	- 10.2 D	

第8表 Periophthalmus Cantonensis (Osbeck)

名稱 別	例	各屈折面 ノ距離			曲率半徑		屈折系數		眼ノ主要點					Statische Refraktion	
		C-L ₁	L ₁ - L ₂	L ₂ - N	角膜	水晶體	硝子液	水晶體	F_1	F_2	H_1	H_2	K_1	K_2	
とびはぜ	1	0.29	1.75	0.99	3.10	0.87	0.87	1.3353	1.6523	+ 0.75	- 3.04	- 0.80	- 0.97	- 1.32	- 1.49 + 1.0 D
	2	0.29	1.76	1.01	3.00	0.88	0.88	✓	✓	+ 0.77	- 3.08	- 0.81	- 0.97	- 1.34	- 1.50 + 2.0 D
	3	0.30	1.78	1.00	3.00	0.89	0.88	✓	✓	+ 0.77	- 3.09	- 0.82	- 0.98	- 1.35	- 1.51 + 1.0 D

以上ノ成績ニヨレバ、

- 1) 魚類中多クノ Teleosteir = 於テハ、夫等ノ眼ノ Statische Refraktion ハ中等度ノ近視 (Myopie) ナリ。即チ淡水魚類ニ於テハ、-8.0 D 乃至 -10 D、海水魚類ニ於テハ、-5.0 D 乃至 -10 D ノ近視ニシテ、略ボ Beer ノ成績ト相一致セリ。然レドモ「とびはぜ」ノミハ之等多數ノ魚類ト相異リテ、其ノ Statische Refraktion ハ水中ニ於テハ高度ノ遠視ニシテ空中ニ於テハ +1.0 D 乃至 +2.0 D ノ遠視ナリ。此魚ハ彼等ノ餌ヲ求メントシテ屢々陸上ニモ來ルモノニシテ、其ノ水陸兩棲ナル習性ハ蛙ト能ク相似タルモノニシテ、其ノ Statische Refraktion モ亦蛙眼ト能ク相似タル點ハ、將ニ興味アル事實ト云フベシ。
- 2) 余ノ検査セル Teleosteir の水晶體ハ、何レモ球狀ニシテ、從來ノ報告ト何等異ルコトナキヲ認メタリ。夫等水晶體ノ全屈折率 Totalindex = 就キテハ、余ノ測定ニヨル成績ハ、淡水魚 (1.6472)、海水魚 (1.6546)、「とびはぜ」(1.6523) ナリ。之ヲ Pütter²³⁾ ノ報告セルモノニ比較スルニ同氏ノ成績ハ Karpfen (1.6476)、Hecht (1.6400)、Barsch (1.6515)、Roche (1.6540) ニシテ、殆ド余ノ成績モ亦先人ノ夫レト相一致セルヲ示セリ。斯ル水晶體ノ屈折系數 = 就キテ余ガ検査セル各種動物中、魚類ニ於テ最モ大ナルヲ認メタリ。是レ魚類ハ陸上動物ト異リ、其ノ水中ニアルヤ角膜ノ屈折系數が殆ド水ノ夫レト相等シキガタメ、眼内射入ノ光線ニ對シ角膜ハ殆ド光線屈折ノ用ヲナサザルヲ以テ、魚類ニ於テハ主トシテ水晶體ノ屈折ニ俟タザルベカラズ。故ニ水晶體ノ屈折系數が著大ナルハ、將ニ彼等ノ生理的要件ニ適應セルモノト云フベク、且亦魚眼ノ近視ナル主因ハ水晶體ノ屈折系數ノ大ナルト其ノ曲率半徑ノ小ナルトニ歸基スト考フ可キナリ。
- 3) 一般ニ魚眼ノ前房ノ深サハ、他ノ陸上動物ニ比較セバ甚ダ小ナリトハ、已ニ Beer ノ報告セル所ニシテ、余ノ成績モ亦略ボ之ト一致セリ。

第 7 章 頭足類 Cephalopoden ニ於ケル Statische Refraktion ニ就キテ

第 1 節 文 獻

Cephalopoden (Kopffüsse) ノ眼ノ調節機轉ニ關シ、詳細ナル實驗的研究ヲ遂ゲシモノハ實ニ Beer^{b)} (1897) ヲ以テ嚆矢トナス。同氏ニ依レバ Cephalopoden モ亦魚類ニ於ケルガ如ク、其ノ調節機安靜時ニ於テハ各個體ニ於テ多少ノ差異アレドモ、-2.0 D 乃至 -10 D ノ近視ニシテ、近處ニ調節シ、遠處ニ Sog. negative Akkommodation ラナスモノニシテ、其ノ際水晶體ヲ後方ニ轉位セシムト云フ。其ノ後 Heine¹⁸⁾ (1908) モ亦頭足類ノ眼ノ調節機轉ニ就キテ研究シ、夫等ノ調節機安靜時ニ於ケル Statische Refraktion ハ Mäßige Myopie ニシテ、調節ニ際シテハ單ニ此近視ノ度ヲ増減スルニ依ルモノト云ヘリ。Hess¹⁶⁾ (1909) ハ之等ノ所說ガ全然誤謬ナルコトヲ指摘セリ。即チ同氏ニ依レバ、Cephalopoden 例之 Octopus 或ハ Sepia ノ眼球ニ於テ、夫等ノ調節機安靜時ニハ已ニ Beer 並ニ Heine 等ノ認メシガ如ク、近視ハ毫モ認め得ズ。寧ロ殆ド

Emmetropie 若クハ Mässige Hypermetropie (1 乃至 2 D 或ハ 3 乃至 4 D) ニシテ, 遠處 = einstellen セルモノニシテ, 近處 = Sog. positive Akkommodation ヲ營爲スルモノナリト云ヘリ. 尚ホ又斯ル Mechanismus ハ硝子體内壓ノ亢進ニ基ク水晶體ノ前方轉位ニ歸セリ. 以上ノ所說ヲ綜合セバ, 頭足類ニ於テモ一般ニ他ノ動物ニ於ケルガ如ク調節機ヲ有シ, 尚ホ調節機安靜時ニ於ケル夫等ノ Statische Refraktion ニ調シテハ, 或ハ近視或ハ遠視ナリトノ全然相反セル見解アルモノトス.

第 2 節 實驗成績

余ハ Cephalopoden = 圖スル, べか (一名べいか) (岡山縣兒島灣產) Loligo beka (Sakaki) od Loligo sumatreensis 並ニまだこ (章魚) Polypus vulgaris (Lamarck) / 眼球ニ就キテ實驗シ, 其ノ光學的恒數並ニ主要點ヲ求メ, Statische Refraktion ヲ計算セルニ, 第 9 表ニ示スガ如キ成績ヲ得タリ.

第 9 表 頭足類 (Cephalopoden)

名稱 別	例	各屈折面ノ距離			曲率半徑			屈折系數		F_2	Statische Refraktion	
		C—L ₁	L ₁ —L ₂	L ₂ —N	角膜		水晶體		硝子液	水晶體		
					前面	前面	後面	前面	後面			
べか	1	0.51	3.00	2.62	8.41	1.50	1.50	1.3353	1.6254	- 4.23 +	3.0 D	
	2	0.61	3.12	2.68	8.60	1.56	1.56	✓	✓	- 4.37 +	3.5 D	
	(一) (べいか)	0.60	3.11	2.66	8.40	1.55	1.55	✓	✓	- 4.35 +	4.0 D	
	4	0.52	3.02	2.62	8.20	1.51	1.51	✓	✓	- 4.25 +	3.5 D	
まだこ (章魚)	1	0.68	5.90	5.03	8.10	2.95	2.95	✓	✓	- 8.23 +	2.0 D	
	2	0.70	6.32	5.35	8.00	3.16	3.16	✓	✓	- 8.87 +	2.5 D	
	3	0.71	6.40	5.26	7.90	3.20	3.20	✓	✓	- 8.95 +	3.5 D	

以上ノ成績ニ依レバ, 烏賊並ニ章魚ノ眼ノ調節機安靜時ニ於ケル Statische Refraktion ハ, 何レモ +2.0 D 乃至 +3.5 D ノ遠視ニシテ, Hess ノ成績ト略ボ相一致セリ.

第 8 章 總括竝ニ考按

鳥類以下各種動物ニ於ケル眼ノ調節機安靜時ニ於ケル Statische Refraktion ヲ觀察スルニ, 主トシテ陸上ニ棲息スルモノハ (鳥類並ニ爬蟲類) 遠視ニシテ, 水中ニ棲息スルモノハ (魚類) 近視ナリ. 而シテ蛙並ニ「とびはぜ」ノ如ク水陸兩棲ノモノニアリテモ, 主トシテ彼等ノ食物ヲ陸上ニ獲ルモノハ, 夫等ノ空氣中ニ於ケル Statische Refraktion ハ遠視ニシテ, 鳥類並ニ爬蟲類ノ夫レト能ク相似タリ. 同ジク水棲動物ナル Cephalopoden ガ魚眼ト異リテ遠視ナルハ, 其ノ水晶體ノ屈折系數が魚眼ノソレニ比シテ小ナルコト, 又解剖學的ニ其ノ眼軸ガ短キコトトニ基因スルモノナルベシ. 眼ノ光學的恒數ニ就キテハ, 硝子液並ニ角膜ノ屈折系數ハ, 各種動物

ヲ通ジテ殆ド大差無ケレドモ、水晶體ノ夫レニ至リテハ、動物ノ階級ニヨリテ著明ナル差異アリ。即チ水棲動物(例之魚類並ニ頭足類)ニ於ケル水晶體ノ屈折系數ハ、陸上動物ノ夫レニ比シ、遙ニ大ナリ。是レ水中ニアリテハ角膜ノ屈折系數ハ、水ノ夫レト殆ド相等シキタメ、光線ノ屈折ニ關與スルコト少ク、主トシテ水晶體ノ屈折力ニ依リテ網膜上ニ結像セシメザルベカラズ。故ニ水棲動物ニ於テ水晶體ノ屈折系數ガ大ナルコトハ、最モ彼等ノ生理的要件ニ適合セルモノト認メザルベカラズ。

第9章 結論

余ハ哺乳動物ヲ除キ、鳥類以下多數ノ各種動物(鳥類、爬蟲類、兩棲類、魚類中、殊ニ淡水並ニ海水產ノ硬骨魚類及ビ頭足類)ニ就キテ、夫等ノ眼ノ光學的恒數ヲ精細ニ測定シ、光學的主要點ノ位置ヲ算出シ、次ノ如ク Statische Refraktion ノ定メ得タリ。

- 1) 鳥類(家鳩、家鶴並ニ梟)ニ於ケル Statische Refraktion ハ、何レモ 1.0 D 乃至 2.0 D ノ遠視ナリ。
- 2) 爬蟲類(「あをだいしやう」並ニ「いしがめ」)ニ於ケル Statische Refraktion ハ、0.5 D 乃至 2.0 D ノ遠視ナリ。
- 3) 兩棲類(「とのさま」蛙)ノ空氣中ニ於ケル Statische Refraktion ハ、3.0 D 乃至 3.5 D ノ遠視ニシテ、從來ノ諸家ガ大概蛙眼ハ近視ナリトノ學說ニ相反ス。
- 4) 魚類中、殊ニ硬骨魚類ニ於ケル Statische Refraktion ハ、一般ニ中等度ノ近視ニシテ、各個體ニ依リテ多少ノ差異アリ。即チ淡水魚類(金魚並ニ鯉)ニ於テハ、8.0 D 乃至 10.0 D ノ近視ニシテ、海水魚類(鰆、鱸、鰐、黑鯛、鰹、鰯、比目魚、鰯並ニ鞋底魚等)ニ於テハ、5.0 D 乃至 10.0 D ノ近視ナリ。然レドモ魚類中「とびはせ」ノミハ、他ノ多クノ魚類ト異リテ、其ノ水中ニ於ケル Statische Refraktion ハ高度ノ遠視ニシテ、空氣中ニ於ケル夫レハ、1.0 D 乃至 2.0 D ノ遠視ナリ。此魚ハ彼等ノ餌ヲ求メントシテ屢々陸上ニ來ルモノニシテ、其ノ水陸兩棲ナル習性ハ蛙ト能ク相似タルモノニシテ、又其ノ Statische Refraktion ガ兩者能ク相似タル點ハ將ニ興味アル事實ト云フベシ。
- 5) 頭足類(「べいか」並ニ「まだこ」)ニ於ケル Statische Refraktion ハ、何レモ 2.0 D 乃至 3.5 D ノ遠視ナリ。

擷筆スルニ當リ、終始御懇篤ナル御指導ト、御校閲ノ勞トヲ賜ハリシ、恩師生沼教授ニ對シ、衷心感謝ノ意ヲ表ス。(6. 1. 7. 受稿)

主 要 文 獻

- 1) *Beer*, Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiologie, Bd. 58, S. 523, 1894. 2) *Derselbe*, Ebenda, Bd. 73, S. 501, 1898. 3) *Derselbe*, Wiener klin. Wochenschr., Jahrg. 1898, Nr. 42, S. 942.
- 4) *Derselbe*, Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiologie, Bd. 53, S. 175, 1893. 5) *Derselbe*, Ebenda, Bd. 67, S. 541, 1897. 6) *Derselbe*, Ebenda, Bd. 69, S. 507, 1898. 7) *Abderhalden*, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. II, Teil 2 (1. Hälfte), S. 850, 1928. 8) *Matthiessen*, Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiologie, Bd. 19, S. 480, 1879. 9) *Derselbe*, Ebenda, Bd. 36, S. 72, 1885.
- 10) *Helmholtz*, Handbuch der Physiologischen Optik, Bd. I, 1909. 11) *Exner*, Arch. f. mikroskop. Anatomie, Bd. 25, S. 97, 1885. 12) *Hess*, Arch. f. Augenheilk., Bd. 62, H. 4, S. 345, 1909.
- 13) *Derselbe*, Handbuch der vergleichenden Physiologie herausgegeben von Hans Winterstein, Bd. 4, S. 812, 1913. 14) *Derselbe*, cit. nach Pütter, Graefe-Saemisch, Handbuch der Gesamten Augenheilkunde, 3. Auflage, I. Teil, X. Kapitel, S. 300, 1912. 15) *Derselbe*, Handbuch der vergleichenden Physiologie herausgegeben von Hans Winterstein, Bd. 4, S. 791, 1913. 16) *Derselbe*, Arch. f. Augenheilkunde, Bd. 64, Ergänzungsheft, S. 125, 1909. 17) *Heine*, v. Graefe's Arch. f. Ophthalmologie, Bd. 45, S. 463, 1898. 18) *Derselbe*, Münch. med. Wochenschrift, S. 938, 1908. 19) *Plateau*, cit. nach Ecker u. Wiedersheim, Anatomie des Frosches, 3. Abt., S. 864, 1904. 20) *Derselbe*, cit. nach Beer, Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiologie, Bd. 58, S. 523, 1894. 21) *Hirschberg*, cit. nach Ecker u. Wiedersheim und Beer (1). 22) *Sicherer*, cit. nach Hess, Handbuch der vergleichenden Physiologie herausgegeben von Hans Winterstein, Bd. 4, S. 790, 1913. 23) *Pütter*, Graefe-Saemisch, Handbuch der Gesamten Augenheilkunde, 3. Auflage, I. Teil, X. Kapitel, S. 208, 1912.

612.844

*Kurze Inhaltsangabe.***Die statische Refraktion des Auges verschiedener Tiere.**

Von

Sôhei Yamamoto.

*Aus dem physiologischen Institut der med. Universität Okayama
(Vorstand: Prof. Dr. S. Oinuma).
Eingegangen am 7. Januar 1931.*

Verfasser mass die optischen Daten, welche für die Berechnung der optischen Kardinalpunkte nötig sind, an der meridionalen Schnittfläche der mit Kohlensäureschnee gefrorenen Augen verschiedener Tiere. Aus den Daten berechnete er die Kardinalpunkte und die statische Refraktion des Auges. Die Resultate lauten folgendermassen :

- 1) Die statische Refraktion der untersuchten Vögel (Haushühner, Haustauben und Eulen) war leicht hypermetropisch (1.0—2.0 D.).
- 2) Die statische Refraktion der untersuchten Reptilien, (Schlangen und Schildkröten) war ebenfalls leicht hypermetropisch (1.0—2.0 D.).
- 3) Die statische Refraktion der untersuchten Amphibien (Frösche) war hypermetropisch (3.0—4.0 D.).
- 4) Die statische Refraktion der untersuchten Fische (Teleosteeren) war im allgemeinen mässig myopisch. Ihr Grad betrug bei den Meerwasserfischen —8.0 bis —10.0 D. und bei den Süßwasserfischen —10.0 bis —12.0 D. Die Fische, welche ihre Nahrung auch in der Luft suchen, machen eine Ausnahme, z. B. war sie beim schlammpringer (*periophthalmus cantonensis*) hoch hypermetropisch im Meerwasser, aber leicht hypermetropisch (1.0—2.0 D.) in der Luft.
- 5) Die statische Refraktion der untersuchten Cephalopoden (Tintenfische und Achtfüsse) war leicht hypermetropisch (3.0—4.0 D.).

