

光学的画像解析装置によるシロザケ及びカラフトマスの
鱗形質の計測

Measurement of scale characters of chum and
pink salmon by Optical Pattern Recognition System

伊藤 準

Jun Ito

1987年 9月

September 1987

水産庁

Fisheries Agency of Japan

この文書を引用する場合は下記による：

伊藤 準，1987，光学的画像解析装置によるシロザケ及びカラフトマスの鱗形質の計測，9頁，
（第34回INPFC定例年次会議提出文書，1987年10月，カナダ，ヴェンコーバー市），水産庁，
海洋水産研究所，日本，〒424，大市折が5-7-1。

光学的画像解析装置によるシロザケ 及びカラフトマスの鱗形質の計測

Measurement of scale characters of chum and pink salmon by Optical Pattern Recognition System

伊 藤 準
(遠洋水産研究所)

要 約

マイクロメーターをモニタースクリーン上の9個所に投影して本装置(OPRS)の距離計測精度を調べた。その結果、誤差は1%以下であり実用上問題はないと判断された。鱗の全像を視野の中におさめて1本の測定線で測定する方法と、像を拡大・区分して測定線を連絡しながら計測する方法の得失を検討した。シロザケ及びカラフトマスの鱗について前者の方法で計測した。シロザケについては、特に年令帯を構成する間隔の狭いサーキュリーの検出に誤差を生ずる懸念がある。ただし、この誤差は僅かであり、より適切な輝度検出の平滑化係数及び検出閾値を与えることにより改善していくことが示唆された。カラフトマスのサーキュリー検出精度は満足できるものであった。シロザケ及びカラフトマス共核心部から最終サーキュリーまでの距離の計測精度についても問題はないと判断された。

1. はじめに

遠洋水産研究所では、さけ・ますの鱗形質測定作業の能率を向上させるため本年米国のB社製の光学的画像解析装置(Optical Pattern Recognition System(OPRS))を購入した。本装置は米国のワシントン大学漁業研究所にも設置されている。本報告はOPRSの実用性について検討し、その結果を述べたものである。本報告では、淡水帯をもたないため本装置で比較的計測しやすいシロザケとカラフトマスの鱗について検討結果を述べた。

2. OPRSの概要

本装置は顕微鏡、ビデオカメラ、コンピューター、モニター及びプリンターによって構成されている(図1)。ビデオ信号は1秒間に30回のスピードで512×512のデジタル信号に変換される。スクリーンの個々の信号は画素(Pixel)と呼ばれ1画素を0-255の256階調の濃淡で表示する。すなわちビデオカメラのとらえた鱗の映像はスクリーン上に512×512=262,144個の画素によって表示され、サーキュリー等によってもたらされる映像の濃淡は256階調によって表される。この映像をもとに鱗相形質の測定を行うわけであるが、それを実行するためのプログラ

ムが組込まれている。現在組込まれているプログラムはVERSION 1.08であり鱗の計測に関しては、1)画像の尖鋭化2)直線に沿った輝度の極小値位置の検出及び極小値間の距離測定3)ファイルへのデータの保存及びプリンター(又はスクリーン)への出力が主な機能である。鱗の形質すなわちサーキュリー数、サーキュリー間隔は上記の機能によってファイルに保存される。

尚、当水研で購入した本装置のビデオカメラは当初ビジコンタイプのものが取付けられていたが、うまく作動しないので日本代理店がCCDタイプのもものと取替えている。

3. 長さの計測及びサーキュリーの検出精度

実際の鱗を用いた計測を行う前に本装置の計測精度(長さ)及びサーキュリーの検出精度を調べた。まず最初に計測する区画を設定し、その区画について映像の尖鋭化を行った。

3-1. 長さの計測精度

長さ1.0mmのマイクロメーターが本装置によって何mmと計測されるかについて実験した。ビデオカメラの前に取付けられているレンズは×2.5、顕微鏡の対物レンズは×2、中間変倍装置倍率は×1.5の組合せを用いた。この倍率は長軸3mm前後のシロザケ鱗が視野におさまる倍率である。モニタースクリーン上の9個所にマイクロメーターを横向きに映し、各個所3回ずつ合計27回の計測を行った。

その結果(図2)をみるとスクリーン中心部では3回とも1.0028mm、他の部分ではそれよりも若干低い値を示した。ただし最低値でも0.9901mmであり最大限見積った誤差の範囲は1%以下であった。マイクロメーターをモニタースクリーン上で計測する際にもわずかな誤差がありまた、バラツキが非常に少なく、実用上問題にならないと判断された。

3-2. サーキュリーの検出精度

サーキュリーは測定軸上の輝度によって検出されるが、輝度を平滑化(smoothing)して極小値を読みとり易くするため平滑化の係数を設定する。本装置の購入時に設定されていた係数は下記(オリジナル)の通りであるが、前記の倍率で拡大した場合サーキュリーの検出精度が落ちるので次頁の通りCFG 1. SYS及びCFG 2. SYSの2通りの係数を設定した。

オリジナルで設定された係数ではシロザケ鱗の場合、特に年令帯のサーキュリーを検出しない例が多かった。この場合はマニュアル操作で該当する部分にマークをつけていくことになる。CFG 1. SYSで設定した係数ではほとんどのサーキュリーを検出した。CFG 2. SYSの係数はCFG 1. SYSよりもサーキュリーの検出力は高くなるが、同時にノイズも拾ってしまうことになる。従って使用する係数はサーキュリーの鮮明度に応じて選択する必要があるが、いずれの場合でもマニュアル操作によりマークの削除又は追加が必要である。

4. 計測方法

本装置による鱗形質の計測には2通りの方法がある。第1は測定する鱗全体を1つの視野に収めてサーキュリー数及びサーキュリー間隔を測定する方法であり、第2は鱗を部分的に区切って(例えば第1年令帯まで、次いで第2年令帯までという風に)計測する方法である。第1の方法は最も

Smoothing (RAD)

オリジナル	CFG1. SYS	CFG2. SYS
(-6) ~ (-4) : 0	(-6) ~ (-3) : 0	(-6) ~ (-2) : 0
(-3) : 1	(-2) : 1	(-1) : 1
(-2) : 3	(-1) : 2	
(-1) : 6		
(Center) : 9	(Center) : 4	(Center) : 3
(+1) : 6		
(+2) : 3	(+1) : 2	
(+3) : 1	(+2) : 1	(+1) : 1
(+4) ~ (+6) : 0	(+3) ~ (+6) : 0	(+2) ~ (+6) : 0
Hys : 15	Hys : 5	Hys : 3

簡便であり、1回の計測で全生活史のデータが得られ測定線を連結する際に起り得る誤差を排除出来る。また全像が視野の中にあるため reference line や最長軸の決定も容易である。最長軸の位置は引こうとしている線の長さがコンピューター画面上に表示されるので最も長い値を採用すれば良い。ただし拡大率が低くなるのでサーキュラー密集帯付近は見にくくなる。

第2の方法は第1の方法よりも拡大率を高めるのでサーキュラー密集帯付近は見易くなる。ただし、視野を変えながら測定線を連結(最初の測定線の終点と次の測定線の始点)する。そのために最初の測定線の終点付近を一部次の視野内に呼びもどす機能(Recall)があり、それを見ながら次の測定線の始点を決定する。ただし、この作業には慎重な注意力を必要とする。データは分割して得られるので後で組合せることが必要である。また、reference line や最長軸を決定する際には拡大率を変えて全像を見る必要がある。

5. シロザケ鱗形質の計測

鱗の全像を1視野に収めて計測する方法をとった。用いた拡大率は前記の通りである。測定軸は最長軸を採用した。この拡大率で洋上で得られたシロザケ3年魚の鱗の最長軸がモニタースクリーン上に収まった。同じ標本を万能投影機(Profile projector)と本装置で計測し両者の値を比較した。万能投影機と本装置で計測する線を一致させるため、万能投影機で100倍に拡大した鱗の投影像を見ながら最長軸方向の鱗外縁部に細いペン先でマークをつけた。核心部へのマークは行わなかった。マークをつけても、その大きさが核心部の面積を越える可能性があったためである。マイクロメーターを用いて万能投影機の拡大率を調べ100倍に拡大されていることを確認した。万能投影機のスクリーン上に投影されたサーキュラーを透明な方眼紙上に記録し、核心部から最終サーキュラーまでの距離とサーキュラー数を計測した。測定値は方眼紙の1mm、すなわち現寸の1/100mm単位で読取った。供試鱗は特に良質(サーキュラーの乱れがなくかつ鮮明)なものだけを選択せず無作為に抽出した。

次に同じ標本を本装置を用いて計測した。計測は核心部と前に付したマークを結ぶ最長軸にそって行った。鱗外縁部に付したマークは拡大するとかなり大きくなるため万能投影機での計測と同様、マークの左端をもってマークの位置とした。Smoothing（輝度平滑化）係数とHys（検出閾値）の値は輝度極小値（サーキュラー位置）の検出に大きく関与するので前述のCFG 1. SYS及びCFG 2. SYSの2通りを設定した。また計測は各年令帯ごとには行わなかった。両方の計測器による計測時に各年帯の終点にずれがあったら余分な誤差を持ちこむことになるからである。本装置による長さの測定値は小数以下3桁目を4捨5入し万能投影機で得られた桁数と一致させた。自動的に検出したサーキュラーについて肉眼による確認を行い追加又は削除を行った。

得られた結果を表1に示した。サーキュラー数について万能投影機で得られた値を正しい値として本装置のSmoothing係数CFG 1. SYSで得た値との差をみると14回の計測中正しい値を得た回数が2回、プラスの値を得た回数が4回、マイナスの値を得た回数が8回であり、マイナスの回数が多い。このことは肉眼で補正してもサーキュラーを読みとばしていることを示している。最も多く読みとばしたのは標本番号6と27の4本であった。これらの標本はサーキュラー数が70及び67であり最も数の多い2標本であった。標本全体の差の平均はマイナス0.79であった。Smoothing係数CFG 2. SYSで得た結果はプラスの値を得た回数が8回、マイナスの値を得た回数が6回でプラスの値を得た回数の方がやや多かった。このことは、実際の値よりもやや多くサーキュラーを検出したことを示す。正しくはサーキュラーではなくノイズを拾ったものと思われるが、その最大はプラス3であった。差の平均値はプラス0.28であり、平均値で見るとほぼ正しい値を得たことを示した。

核心部から最終サーキュラーまでの距離は万能投影機と本装置との差は非常に小さく、プラスマイナスとも小数以下2桁目にはじめて差が出た。平均はマイナス0.004であり、殆んど差がないと見られた。

6. カラフトマス鱗形質の計測

カラフトマスの鱗はシロザケに比べて小さいのでビデオカメラの前のレンズ×2.5、対物レンズ×4、中間変倍率×1.25で拡大して全像を視野の中に収めることが出来た。計測方法はシロザケの場合と同様である。また、シロザケに比べてサーキュラーの乱れも少く鮮明であったので非常に計測し易かった。得られた結果を表2に示した。サーキュラー数について万能投影機との差も少く、7回の計測で万能投影機の結果と一致したのが5回、1本だけ多く計数したのが2回であり、一致度が高かった。核心部から最終サーキュラーまでの距離も両者間の差は少く、平均はプラス0.012であり、シロザケ同様問題となる差でなかった。

7. 論 議

これまで述べた通り、シロザケ及びカラフトマス鱗形質に関してOPRSの計測結果は比較的良好なものであった。ただし、シロザケ鱗に関してはまだ問題点が残った。すなわち、シロザケ鱗に用いた拡大率では、特にサーキュラー密集帯での解像力が低いため見え難いことである。このこと

は他のさけ、ますの淡水帯についても同様である。そのため拡大率を高めて計測する方法も用意されているわけであるが、可能ならば全像を1度で計測したい。そのためには、本装置の解像力が更に向上することが望まれるわけであり、人間側の見易さから言えばモニタースクリーンをもっと大型（現在のものは13インチタイプ）にすることが考えられる。ただしこのことが現実のものでないとするれば、試行錯誤的にSmoothing係数とHysの値を設定し、より多くの標本で試してみることである。今回は2通りの係数を設定して実験した。一般的に述べればHysの値を低くして検出した輝度極小値を削除していく方法が、Hysを高く設定してあとから追加していく方法よりも良さそうである。特にサーキュリー密集帯では追加が困難であり、一定基準(Smoothing係数とHysの値)で検出したサーキュリーを標本と比較して確認し、妥当なSmoothing係数とHysの値を決定すれば良いと考えられる。

カラフトマスについては現在の性能で満足される結果が得られた。また、シロザケ及びカラフトマス共に距離の計測に関してはやはり満足する結果が得られた。個々のサーキュリー間の距離については、サーキュリーの検出と関連するので更に検討を要するが、各年令帯終点までの距離などは正確に計測出来るものと思われる。これはシロザケ、カラフトマス以外のさけ・ます鱗にも適用可能である。サーキュリー数の検出に関して、表1に見られる通り実物との間に差は見られるが、反面一定の基準で検出したものであり、かつその基準は必要によって変え得るという利点があることに留意したい。今後の方向として、サーキュリー密集部分のサーキュリー検出は適切なSmoothing係数及びHysの値を設定してOPRSに依存し、サーキュリー不連続部分がたまたま計測線上に当たった時のサーキュリーの追加、また特に核心部付近に表れるサーキュリーではない輝度極小点の削除等をマニュアル操作で行うという行き方が考えられる。そうしないと計測者の視力の負担は過重なものとなろう。

Table 1. Comparison of profile projector and Optical Pattern Recognition System for measurement of chum salmon scale characters

Sample No.	Number of circuli			Distance from focus to last circulus (mm)				
	OPRS		Projector	Deviation		OPRS CFG 1SYS. (D)	Projector (E)	Deviation (D)-(E)
	CFG 1.SYS. (A)	CFG 2.SYS. (B)		(A)-(C)	(B)-(C)			
2	52	53	54	-2	-1	2.57	2.58	-0.01
3	60	61	63	-3	-2	2.93	3.01	-0.08
4	61	58	59	+2	-1	2.64	2.58	+0.06
5	61	63	62	-1	+1	2.90	2.94	-0.04
6	66	69	70	-4	-1	2.98	2.98	0.00
8	64	65	64	0	+1	3.04	3.05	-0.01
13	62	62	63	-1	-1	3.15	3.16	-0.01
14	62	66	63	-1	+3	2.82	2.78	+0.04
17	60	60	59	+1	+1	2.73	2.80	-0.07
21	57	57	55	+2	+2	2.67	2.66	+0.01
23	63	63	65	-2	-2	2.70	2.65	+0.05
24	59	60	59	0	+1	2.92	2.92	0.00
27	63	68	67	-4	+1	2.92	2.95	-0.03
29	66	66	64	+2	+2	3.14	3.10	+0.04
Av.	61.14	62.21	61.93	-0.79	+0.28	2.865	2.869	-0.004

Table 2. Comparison of profile projector and Optical Pattern Recognition System for measurement of pink salmon scale characters

Sample No.	Number of circuli			Distance from focus to last circulus (mm)		
	OPRS			OPRS		
	CFG 1. SYS. (A)	Projector (B)	Deviation (A)-(B)	CFG 1. SYS. (C)	Projector (D)	Deviation (C)-(D)
4	32	32	0	1.78	1.75	+0.03
5	32	32	0	1.60	1.52	+0.08
6	31	31	0	1.69	1.71	-0.02
7	31	31	0	1.70	1.73	-0.03
14	31	31	0	1.32	1.34	-0.02
16	33	32	+1	1.61	1.59	+0.02
18	32	31	+1	1.38	1.36	+0.02
Av.	31.71	31.43	+0.28	1.583	1.571	+0.012

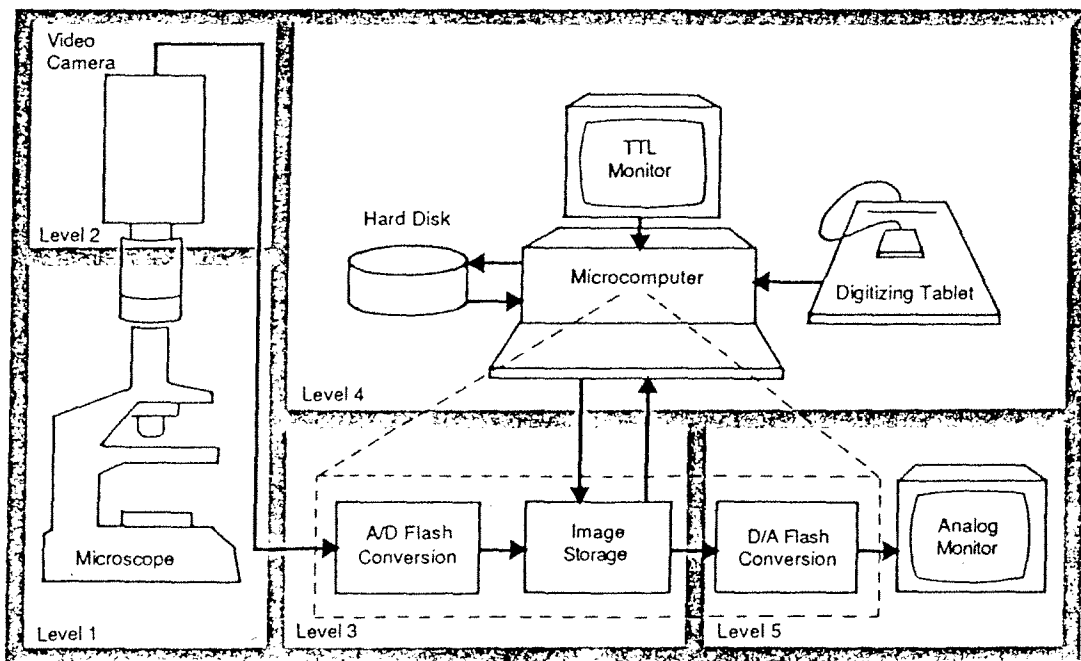


Figure 1. System diagram of Optical Pattern Recognition System

Monitor Screen

1.0028 mm	0.9965	0.9965
1.0028	0.9965	0.9965
0.9965	1.0028	0.9901
0.9901	1.0028	0.9965
0.9901	1.0028	0.9901
0.9901	1.0028	0.9965
0.9965	0.9965	1.0028
0.9965	0.9965	0.9965
0.9901	0.9965	0.9901

Figure 2. Result of measurement of micrometer on the nine different positions of monitor screen of Optical Pattern Recognition System



Not to be cited by
INPFC Document number

INPFC
Doc. 3241

TRANSLATION

MEASUREMENT OF SCALE CHARACTERS OF CHUM AND
PINK SALMON BY OPTICAL PATTERN RECOGNITION SYSTEM

Jun Ito

Fisheries Agency of Japan

September 1987

THIS PAPER MAY BE CITED IN THE FOLLOWING MANNER:
Jun Ito. 1987. Measurement of the scale characters
of chum and pink salmon by Optical Pattern Recognition
System. (Document submitted to the Annual Meeting of
the International North Pacific Fisheries Commission,
Vancouver B.C., Canada, October 1987) p. 9
Fisheries Agency of Japan, Tokyo 100, Japan

Measurement of scale characters of chum and
pink salmon by Optical Pattern Recognition System

Jun Ito
Fisheries Agency of Japan

Abstract

The distance measurement accuracy of this equipment (OPRS) was examined by projecting micrometer images on nine positions of the monitor screen. The error was within one percent, and it was concluded that the equipment does not present any problem concerning a practical use. We investigated merits and demerits of two measuring methods of measuring the all the images of scales with one measuring line by bringing them within the range, or of measuring them by enlarging and separating the images and communicating the measurement lines. The former measuring method was applied to the scales of chum and pink salmon. In case of chum salmon, there is a possibility that an error may occur in detecting a narrow-interval circuli constituting a year band. This error is small, however, and it was suggested that it can be improved by giving more suitable smoothing coefficient and detection threshold value. The detection accuracy of the circuli of pink salmon was satisfactory. It was also judged that there is no problem in the measuring accuracy of the distance between the focuses and the final circuli of chum and pink salmon.

1. Introduction

To improve the efficiency of the scale character measurement work of salmon, the Far Seas Fisheries Research Laboratory purchased this year an Optical Pattern Recognition System (OPRS) made by B corporation in U.S.A. This system is also installed at Fisheries Research Institute University of Washington in U.S.A. This paper investigates the practicability of OPRS, describing the result. This report studies the scales of chum and pink salmon which do not exist in a fresh water zone and therefore can be measured relatively easily by this system.

2. The outline of OPRS

This system consists of a microscope, a video camera, a computer, a monitor and a printer. (Fig. 1) Video signals are converted to the digital signals of 512×512 at the speed of 30 times per second. Each signal of the screen is called a pixel and one pixel is indicated by the shade of 256 gradations from 0 to 255. This means that the image of a scale taken by a video camera is indicated by 262,144 ($= 512 \times 512$) pixels and the shade determined by a circuli, etc. is indicated by 256 gradations. Scale characters are measured based on these images, a program for executing the process has been incorporated in this system. The program incorporated now is VERSION 1.08 having the following main functions concerning the measurement of scales. 1) Sharpening the images 2) The detection of the minimum value position of luminance value along a radial line and the measurement of the distance among minimum values of luminance 3) Saving the data in a file and output to a printer (or screen). The characters of a scale such as the number of circulus and distance between circulus are saved in the file in accordance with the above-mentioned function.

The video camera of the system purchased by our Laboratory was of a vidicon type, but as it did not function properly, the Japanese agent replaced it with a CCD type.

3. The measurement of length and the detection accuracy of a circuli

Prior to the measurement of an actual scale, the measurement accuracy of length and the detection accuracy of a circuli of this system were checked. First, the area to be measured was determine and the image of the area was sharpened.

3.1 The length measurement accuracy

The experiment was made to know the micrometer whose length is 1.0 mm will be what mm when measure by this system. Combination of magnification of lenses are $\times 2.5$ for video camera, $\times 2$ for objective lens of microscope and $\times 1.5$ for the intermediate magnifier. In these magnifications, the scale of a chum salmon whose long axis is about 3 mm comes within the range of microscope. The micrometer was projected laterally at nine positions on the

screen and three measurements at each position, that is 27 in all, were made.

When these results are observed (Fig. 2), 1.0028 mm was read at the center of the screen three times and values a lower than this were observed at other places. Even the lowest value was 0.9901 mm and the range of the error estimated to be the maximum was one percent or less. There was a some error when the micrometer was measured on the monitor screen, and little dispersion was observed, it was concluded that they present no problems in a practical use.

3-2 The detection accuracy of a circuli

When the circuli is detected by the luminance value on the measuring axis, the smoothing coefficient is set to smooth the luminance and to make it easy to read the minimum value. Although the original coefficients were set as those indicated below when this system was purchased, two kinds of coefficients, CFG1.SYS and CFG2.SYS, were set because the detecting accuracy of the circuli drops when it is magnified according to the above-mentioned magnification.

Smoothing (RAD)

Original	CFG1. SYS	CFG2. SYS
(-6) ~ (-4) : 0	(-6) ~ (-3) : 0	(-6) ~ (-2) : 0
(-3) : 1	(-2) : 1	(-1) : 1
(-2) : 3	(-1) : 2	
(-1) : 6		
(Center) : 9	(Center) : 4	(Center) : 3
(+1) : 6		
(+2) : 3	(+1) : 2	
(+3) : 1	(+2) : 1	(+1) : 1
(+4) ~ (+6) : 0	(+3) ~ (+6) : 0	(+2) ~ (+6) : 0
Hys : 15	Hys : 5	Hys : 3

In case of chum salmon, the circuli especially in the year band was not often detected by the originally set coefficients. In such a case, the applicable part must be marked in a manual operation. Most of circulus were detected by the coefficients set at CFG1.SYS. Although the coefficient of CFG2.SYS detects more circulus than CFG1.SYS, it also picks up the noise. It is therefore necessary to select the coefficient to be used in accordance with the clearness of the circuli, but at any rate deletion or addition of the mark by means of a manual operation will be necessary.

4. Measuring method

There are two methods of measuring scale characters by this system. One is to measure the number of circulus and the circuli interval by bringing the whole scale to be measured within one range, and the other is measure the scale by separating it partially. (For example, zone until the 1st year

band is measured first and the 2nd year band next.) The first method is the simple, capable of obtaining the data on the whole life history by one measurement and of eliminating the error which may occur when a measurement line is connected. In addition, as all the images are within the field of vision (i.e. range), it is easy to determine the reference line and the longest axis. The position of the longest axis can be determined by selecting the longest value, for the length of the line to be drawn is indicated on a computer. However, as the magnifying rate becomes lower, visibility becomes poor near the place where circulus gather densely.

As the 2nd method increases the magnifying rate more than the 1st one, it becomes fairly easy to look at the place the circulus gather densely. The measurement lines, however, must be connected by changing the fields of view. (The end point of the first measurement line must be connected to the starting point of the next line.) Therefore, this system is provided with the function of recalling the image near the end point of the first measurement line within the range of the next measurement, and the starting point of the next measurement line is determined by looking at it. This work, however, requires careful attention. As the data are obtained after divided, it is necessary to combine them afterward. It is also necessary to look at all the images by changing the magnifying rate when the reference line and the longest axis are determined.

5. The measurement of the scale characters of chum salmon

We employed the method of bringing all the images of the scale within one field of vision. The same magnifying rate as described previously was used. The longest axis was used as the measuring axis. The longest axis of the scale of a three-year-old chum salmon captured on the ocean was projected on the screen. The same sample was measured by a profile projector and this system, and both values were compared. To make the line of the profile projector correspond to the line to be measured by this system, we marked with the tip of a thin pen the outer edge of the scale in the direction of the longest axis, looking at the projected image of the scale magnified 100 times by the profile projector. The focus was not marked, for there was a possibility that its size may exceed the area of the focus even if it was marked. Using a micrometer, we confirmed the magnifying rate of the profile projector was 100 magnifications. Then, we recorded on the transparent graph paper the circuli projected on the screen of the profile projector, measuring the distance between the focus and the final circuli and the number of circulus. The measurement value was read in the units of 1 mm of the graph paper, namely 1/100 of the actual size. The sample scale was selected at random and good samples were not collected necessarily. (A good sample means a clean one free from distortion.)

Then, the same sample was measured by this system. It was measured along the longest axis which was connected between the mark drawn before and focus. As the mark put on the outer edge of the scale became very large when it was enlarged, the left end of the mark was regarded as the mark position as same as the measurement by the profile projector. As smoothing

coefficient and Hys (detection threshold) values contribute greatly to the detection of minimum luminance value (circuli position), the afore-said two values, CFG1.SYS and CFG2.SYS, were set. In addition, the measurement was not made by each year band, for extra error might occur if the end point of each year band was not coincide when measurement was made by using both systems. The measurement value of length obtained by this system was rounded to three decimal places to make the number of digits ocrrespond to that obtained by the profile projector. An automatically detected circuli was visually inspectad, deleted or added in later processing.

Obtained results are shown in Table 1. As for the number of circulus, values obtained by the profile projector were regarded as correct ones. Then, the differences of these values and the values obtained by the smoothing coefficients CFG1.SYS were obtained. Among 14 measurements, correct values were obtained twice, plus values were obtained four times and minus values eight times, that is, more minus values were obtained. This means that the detecting of circulus was skipped even if correction was made with naked eyes. The detecting the circuli of the samples No. 6 and No. 27 were skipped most, four circulus each. The number of circulus of these samples was 70 and 67 respectively, top two large numbers among others. The average difference of all the samples was -0.79. In case of the results obtained by the smoothing coefficient CFG2.SYS, plus values were obtained eight itmes and minus values six times, the former exceeding the latter a little. This means that a little more circulus were detected than the actual value. It seems that noises were picked up instead of circulus, and the maximum was plus 3. The difference average value was 0.28, and it was shown that almost correct values were obtained as far as the average is concerned. As regards distance between the focus and the final circuli, the difference was very little between the profile projector and this system, and the difference did not appear until at two places of decimals both in plus and minus cases. The average was minus 0.004 and only little difference was observed.

6. The measurement of the scale characters of pink salmon

As the scale of a pink salmon is smaller than that of a chum salmon, whole the image could be brought within the range of microscope by combination of magnifying ($\times 2.5$ for the lens in front of video camera, $\times 4$ for object lens of microscope and $\times 1.25$ for intermediate magnifications). The measuring method is the same as that of a chum salmon. The scale was clearer than that of a chum salmon with less distortion of a circuli, so it could be measured mukch more easily. Obtained results are shown in Table 2. The number of circulus obtained by this system did not differ greatly from that obtained by the profile projector. That is, the results by the system were the same as those by the profile projector five times out of seven measurements, and one circuli too many was counted two times. This means that they corresponded well to each other. Distance between the focus and the final circuli did not differ greatly in these two systems, the average being plus 0.012, which does not present a serious problem same as in the case of a chum salmon.

7. Conclusions

As has been described, the measurement results of the scale characters of chum and pink salmon by OPRS were relatively satisfactory. The problem remained, however, in case of a chum salmon. That is, as resolution at the place the circulus gather densely is poor at the magnification used for the observation of a chum salmon, it is difficult to observe them carefully. The same thing applies to the fresh water zone of other salmonids. For this reason, the method has been prepared for measuring them by dividing the image and increasing the magnification. If possible, however, it is desirable to measure the whole image at one time. For this purpose, the resolving power of this system must be improved further, our viewpoint, and more larger screen is desirable. (The existing screen is of 13-inch type.) If this is not feasible at present, however, smoothing coefficients and Hys values should be set on trial and error basis, for more kind of samples. This time, we used two coefficients in the experiment. Generally speaking, it will be better to lower the Hys value and to delete the detected luminance minimum value than to set the higher Hys value and add it later. Especially, where circulus gather densely, addition is difficult. Therefore, it is advisable to compare the number of circulus detected at the fixed standards (smoothing coefficient and Hys value) and actual circulus and to determine the suitable smoothing coefficient and the Hys value.

As far as a pink salmon, the present performance produced satisfactory results. In addition, both in chum and pink salmon, satisfactory results were obtained with respect to the measurement of the distance. The distance between circulus relates to the detection of the circulus and further investigations are necessary, but it seems that the distance to the end point of each year band may be measured correctly. The same applies to the scales of other salmon in addition to chum and pink salmon. In case of the detection of the number of circulus, some difference from the actual count is observed as seen in Table 1, but it should be remembered that it was detected at the fixed standards and that there is an advantage that the standards can be changed according to the necessity. In the future, it is considered to detect the circulus, where they gather densely, with OPRS by setting the suitable smoothing coefficients and Hys values, and make manual adding when circulus are not continuous on the measurement line, and to make manual deletion of luminance minimum points other than circuli (they sometimes occurred near the focus). Otherwise the burden of an observer's eye-sight will be heavier.

