

INPFC DOCUMENT Ser. No. <u>2900</u> Rev. No. _____ _____
--

さけ・ます流網の漁獲効率の推定

Estimation of catch efficiency of salmon gillnet

石田 行正  
Yukimasa Ishida

川崎 正和  
Seiwa Kawasaki

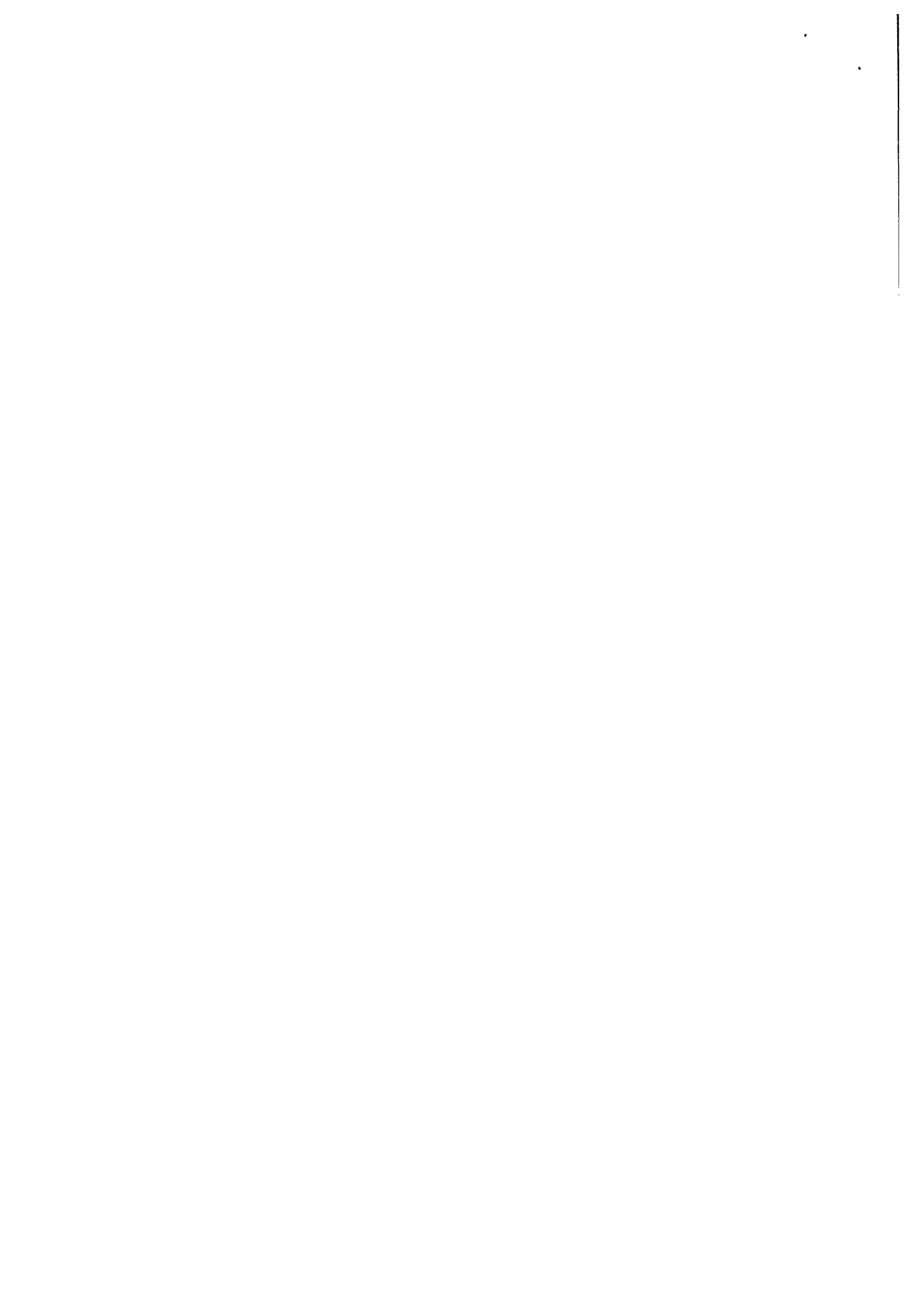
服部 保次郎  
Yasujiro Hattori

1985年 9月

September, 1985

水 産 庁

Fisheries Agency of Japan



# さけ・ます流網の漁獲効率の推定

## Estimation of catch efficiency of salmon gillnet

遠洋水産研究所 石田 行正

川崎 正和

北海道教育庁  
実習船管理局 服部保次郎

### はじめに

2セットの流網による平行投網実験からさけ・ます流網の漁獲効率を推定する際には次の2点が仮定されている(石田1984)。(1)サケ・マスの移動方向が流網に直角である。(2)流網の漁獲作用のおよぶ範囲が流網の長さでサケ・マスの遊泳速度(標識再捕データより推定)および操業時間(投網から揚網までの時間)によって決まる。しかし、これらの仮定が十分に満たされていない場合、漁獲効率の推定結果に誤差が生じる。そこで、仮定(1)の問題点を解決するために、2セットの流網による直角投網実験を、また仮定(2)の問題点を解決するために、3セットの流網による平行投網実験を実施した。

### モデル

平行に投網した3セットの流網による漁獲モデルを図1に示した。各網について、サケ・マスの主な遊泳方向に面する側の漁獲尾数は式(1) - (3)で示される。

$$A = L \cdot V_t \cdot D \cdot p \cdot k \quad (1)$$

$$B = L \cdot d \cdot D \cdot p \cdot k + L \cdot (V_t - d) \cdot D \cdot p \cdot (1 - k) \cdot k \quad (2)$$

$$C = L \cdot d \cdot D \cdot p \cdot k + L \cdot d \cdot D \cdot p \cdot (1 - k) \cdot k \\ + L \cdot (V_t - 2d) \cdot D \cdot p \cdot (1 - k)^2 \cdot k \quad (3)$$

ここで、

A : 流網Aによる漁獲尾数

B : 流網Bによる漁獲尾数

C : 流網Cによる漁獲尾数

ただし、サケ・マスの主な遊泳方向に面する側の漁獲尾数を示す。

逆方向の漁獲尾数はそれぞれa、b、cで示す。

L : 流網の長さ (Km)

V<sub>t</sub> : サケ・マスの移動距離 (Km)

---

この文書は無断引用を禁ずる。

- d : A、B、C流網間の距離 (Km)  
 p : 主な遊泳方向 (340°) に遊泳している魚の割合  
 D : 魚の密度 (尾数/Km<sup>3</sup>)  
 k : 流網の漁獲効率

(1)、(2)式より

$$Vt = d \cdot k / (B/A - 1 + k) \quad (4)$$

(1)、(3)式より

$$Vt = d \cdot k \cdot (3 - 2k) / (C/A - (1 - k)^2) \quad (5)$$

(4)、(5)式より

$$A \cdot k^2 + (2B - 3A) \cdot k + (2A - 3B + C) = 0 \quad (6)$$

(6)式を解くと、

$$k = (-x \pm \sqrt{x^2 - 4y}) / 2$$

$$\text{ただし、} x = (2B - 3A) / A$$

$$y = (2A - 3B + C) / A$$

$$1 \geq k > 0$$

## 調査方法

1985年6月24日より7月17日にベーリング海において、さけ・ます調査船若竹丸により、直角投網実験および平行投網実験を実施した(図2)。直角投網実験では、流網(目合115mm)80反を70°方向に、40反を160°方向にそれぞれ投網した。この実験により、70°、160°、250°、340°方向に遊泳するサケ・マス割合を推定することができる。平行投網実験では、40反の流網3セットを70°方向に、約1Kmの間隔で平行に投網した。なお、両実験とも7月7日以降は、使用反数を70反および35反とした。また、揚網時に前部甲板で5反毎の魚種別の羅網状況を観察し、さらに漁獲尾数を記録した。これらの資料より魚種別羅網方向別漁獲尾数を求めた。

## 結果

### 直角投網実験

直角投網実験より推定される羅網方向別反当たり尾数を図3、4、5に示した。定点により魚種により羅網状況は異なる。しかし、全定点の平均を見ると、ベニザケ、シロザケ、カラフトマスともに340°方向での羅網が最も多く、それぞれ0.51尾/反、2.74尾/反、2.28尾/反であった。これに次いで多い羅網は、ベニザケでは70°方向、シロザケでは250°方向であった。カラフトマスでは70°、250°両方向ともほぼ等しい値であった。そして、3魚種ともに160°方向

での羅網が最も少なかった。4方向の反当り尾数の合計を、340°と160°方向の反当り尾数の合計で割った値S（CPU E補正係数と呼ぶことにする）は、ベニザケでは1.78、シロザケでは1.77、カラフトマスでは1.53であった。

### 平行投網実験

平行投網実験による網別羅網方向別漁獲尾数および各推定値を表1、2、3に示した。11回の実験による資料の中で、各推定値が求められた例は、ベニザケでは2件、シロザケでは5件、カラフトマスでは4件であった。推定された漁獲効率kの平均値は、ベニザケでは0.674、シロザケでは0.403、カラフトマスでは0.691であった。サケ・マスの移動距離Vtは、それぞれ4.279 Km、6.028 Km、13.753 Kmであった。

### 考 察

石田(1984)では流網の移動速度が考慮されていた。しかし、流網とサケ・マスは同一の水塊に含まれており、水塊の移動に伴い流網も移動する。そして、サケ・マスは移動する水塊の中で遊泳し、流網に遭遇して一定の割合で漁獲される。今回はこのような想定の下にモデルを作成したため流網の移動速度を考慮しなかった。

石田(1984)では、サケ・マスの移動距離を遊泳速度Vと操業時間tとの積V・tとし、Vは標識再捕データより推定した。しかし、サケ・マスの行動の日周変化により投網から揚網までのあいだ一定の割合で漁獲されていない場合、実質的なtの値はより短いと考えられる。また、長期間にわたる標識再捕データから推定される遊泳速度は、短期間で遊泳速度と異なる可能性がある。その点、今回のモデルでは移動距離Vtが直接推定できるので、Vとtを独立に推定する必要がない。ちなみに、シロザケについてVtとtから推定されるVの値は0.560 Km/hである。この値は、標識再捕からの推定値1.53 Km/hとかなり異っている。また逆に、VtとV=1.53 Km/hから推定されるtの値は約4.0 hとなる。これは実際の操業時間(10-12 h)と比較してはるかに短い。このことは、Doc. 2797におけるtまたはVの推定値が過大であった可能性を示唆している。

CPU E補正係数S、漁獲効率kおよび移動距離Vtより、次式により70°方向に投網した流網で得られる反当り漁獲尾数CFUE（尾数/反）を密度D（尾数/Km<sup>2</sup>）に変換できる。

$$D = CPU E \cdot Q$$

$$\text{なお、ここで、} Q = S / (k \cdot Vt \cdot 0.05)$$

流網1反の長さを50 m（0.05 Km）としている。

今回の実験より求めた値から推定される変換係数Qは、ベニザケ12.34、シロザケ14.57、カラフトマス3.22である。今後、これらの係数の精度の検討と資源尾数推定の試みが必要であろう。

## 謝 辞

ベーリング海における調査では、若竹丸乗組員の方々に多大な協力を頂いた。厚くお礼申し上げます。

## 引 用 文 献

- 1) 石 田 行 正 (1984) サケ・マス流網の採集効率の推定.(I N P F C 提出文書 Doc. 2797)  
水産庁遠洋水産研究所. 7pp.

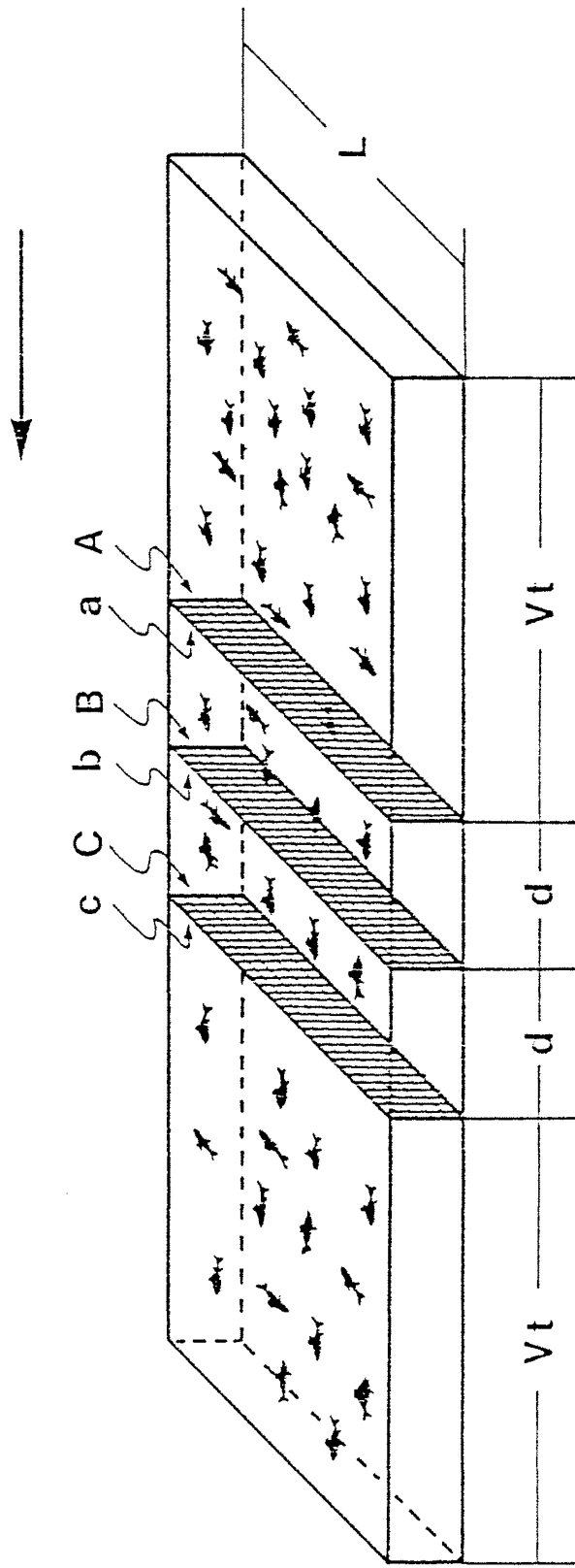


Fig.1. A schematic diagram of the parallel gillnet experiment.

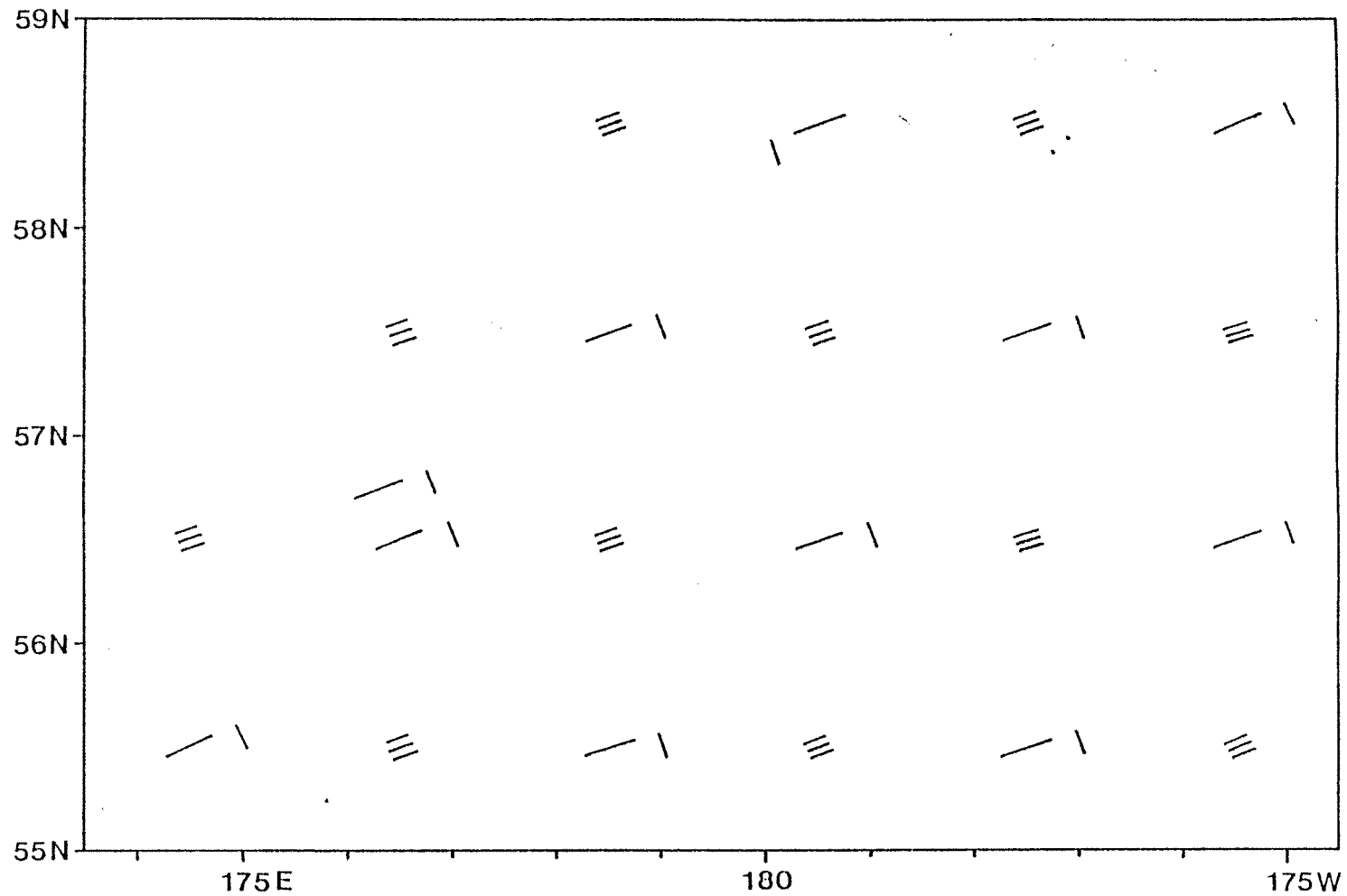


Fig.2. Stations of experimental fishing operation in the central Bering Sea in 1985.

Parallel bars indicate the parallel gillnet fishing and right angle bars indicate the right angle gillnet fishing.



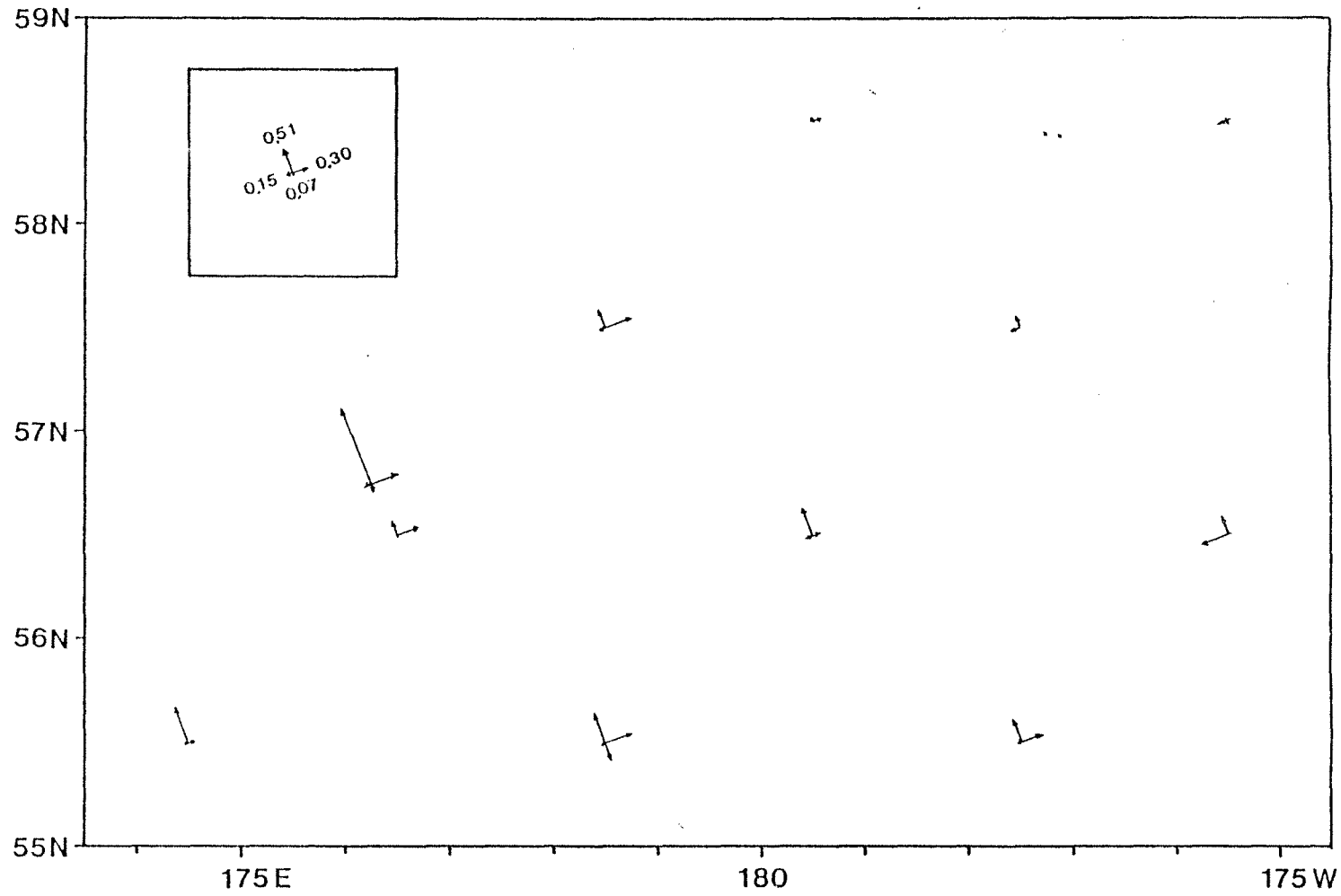


Fig.3. Migration direction of sockeye salmon estimated by right angle fishing experiment.

Figure in the upper left indicate mean CPUE value for each direction.

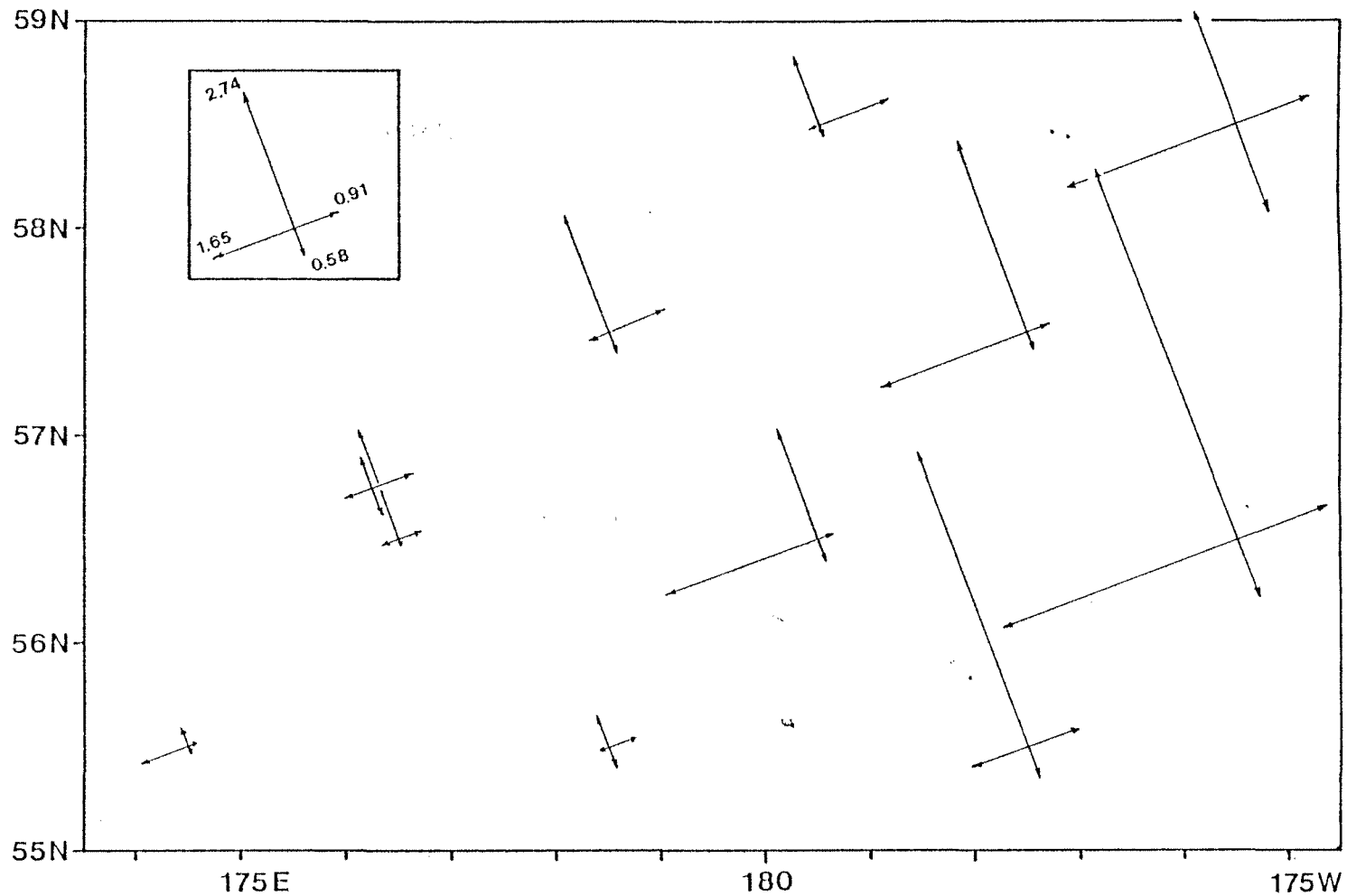


Fig.4. Migration direction of chum salmon estimated by right angle fishing experiment.

Figure in the upper left indicate mean CPUE value for each direction.

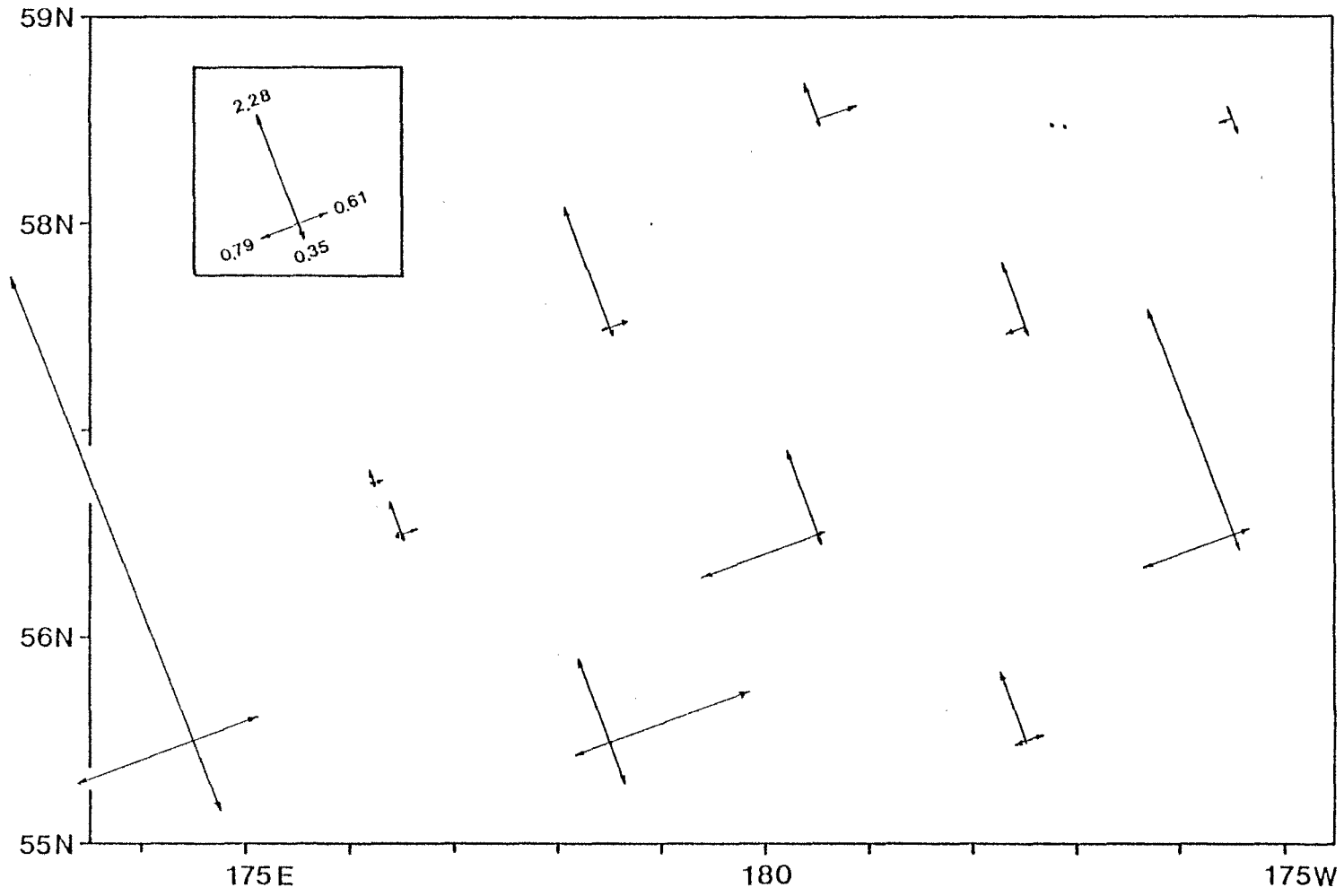


Fig.5. Migration direction of pink salmon estimated by right angle fishing experiment.

Figure in the upper left indicate mean CPUE value for each direction.

Table 1. Data and estimates of sockeye salmon by paralell gillnet experiment.

Date	Catch in number						k	Vt
	A	B	C	a	b	c		
June 25	33	22	12	3	2	1	0.258	-
June 27	31	9	12	0	1	0	-	-
June 29	-	14	4	-	1	1	-	-
July 1	19	17	14	2	2	0	0.045	-
July 3	30	14	12	6	5	3	0.773	2.903
July 5	9	9	8	1	1	0	-	-
July 8	10	3	5	3	3	0	-	-
July 10	19	10	7	1	2	0	0.575	5.654
July 12	11	3	6	0	0	0	-	-
July 14	13	7	2	1	0	4	0.340	-
July 16	10	3	0	1	0	5	0.617	-
Mean							0.674	4.279

Table 2. Data and estimates of chum salmon by parallel gillnet experiment.

Date	Catch in number						k	Vt
	A	B	C	a	b	c		
June 25	62	46	42	12	10	14	0.407	2.457
June 27	60	47	39	7	7	10	0.254	7.402
June 29	-	80	37	-	6	6	-	-
July 1	117	142	99	3	5	4	-	-
July 3	61	39	27	31	23	35	0.396	10.149
July 5	137	96	102	17	8	6	-	-
July 8	204	102	70	28	18	8	0.604	5.810
July 10	73	53	44	6	13	4	0.356	4.324
July 12	54	27	106	6	9	6	-	-
July 14	111	111	77	31	19	25	-	-
July 16	32	17	25	3	5	11	-	-
Mean							0.403	6.028

Table 3. Data and estimates of pink salmon by parallel gillnet experiments.

Date	Catch in number						k	Vt
	A	B	C	a	b	c		
June 25	131	44	18	34	12	6	0.689	24.593
June 27	194	121	107	13	16	14	0.581	3.127
June 29	-	60	26	-	6	0	-	-
July 1	57	33	56	12	6	6	-	-
July 3	70	17	6	21	7	12	-	-
July 5	116	24	30	16	9	6	-	-
July 8	177	65	29	12	16	5	0.663	22.180
July 10	81	27	20	5	4	3	0.829	5.113
July 12	10	6	12	2	2	5	-	-
July 14	49	22	1	8	8	3	0.394	-
July 16	22	11	3	5	0	1	0.397	-
Mean							0.691	13.753

Not to be cited without written  
permission of issuing agency

---

INPFC  
Doc. 2900

Not to be cited by INPFC  
Document number

TRANSLATION

ESTIMATION OF CATCH EFFICIENCY OF SALMON GILLNET

Yukimasa Ishida, Seiwa Kawasaki, and Yasujiro Hattori

Fisheries Agency of Japan

1985 September

## Introduction

In estimating catch efficiency of salmon gillnets from parallel fishing experiments using two gillnets, the following are assumed:

- (1) swimming directions of salmon meet the gillnets at right angles and
- (2) the effective range of the gillnets is determined by the length of the gillnets, swimming speed of salmon (estimated from tagging data), and soaking time (time between setting and retrieval) (Ishida 1984).

If, however, the assumptions were not really true, the estimated catch efficiency would include some errors. To solve the problems in relation to each assumption, two types of experiments were implemented: one was right angle fishing experiments using two gillnets to test the former assumption and the other was parallel fishing experiments using three gillnets to examine the latter.

## Model

An illustration of the parallel fishing experiments is shown in Fig. 1. The numbers of fish caught on the side to which fish are swimming in a major direction and encounter each net are formulated as follows--

$$A = L.Vt.D.p.k \quad (1)$$

$$B = L.d.D.p.k + L.(Vt-d).D.p.(1-k).k \quad (2)$$

$$C = L.d.D.p.k + L.d.D.p.(1-k).k + L.(Vt-2d).D.p.(1-k)^2.k \quad (3)$$

where

A = numbers caught by gillnet A

B = numbers caught by gillnet B

C = numbers caught by gillnet C



A, B, and C represent the numbers of fish caught on the side to which fish are swimming in a major direction.

The numbers caught on the reverse side of each net are a, b, and c, respectively.

L = length of the gillnets (km)

Vt = migration distance (km)

d = interval between A and B, and B and C (km)

p = ratio of salmon swimming in major direction (340°)

D = density of salmon (number/km<sup>2</sup>)

k = catch efficiency of the gillnet

from (1) and (2)

$$Vt = d.k/(B/A-1+k) \quad (4)$$

from (1) and (3)

$$Vt = d.k.(3-2k)/(C/A-(1-k)^2) \quad (5)$$

from (4) and (5)

$$A.k^2 + (2B-3A).k + (2A-3B+C) = 0 \quad (6)$$

solve equation (6) for k

$$k = \frac{-x \pm \sqrt{x^2 - 4y}}{2}$$

where

$$x = (2B-3A)/A$$

$$y = (2A-3B+C)/A$$

$$\underline{1} > k > 0$$

### Survey method

The right angle gillnet experiments and the parallel gillnet experiments were conducted by the salmon research vessel Wakatake maru in 1985 from June 24 to July 17 (Fig. 2). In the right angle experiments 80 and 40 tans of gillnet (mesh size: 115 mm) were set in the direction of 70° and 160°, respectively. From this experiment the ratios of salmon swimming in the direction toward 70°, 160°, 250°, and 340° can be estimated, respectively. In the parallel experiment three sets of 40 tan gillnets were set in the direction of 70° at intervals of about 1 km. In both types of experiment from July 7, 70 and 35 tans of gillnet were used instead of 80 and 40 tans, respectively. The state of entanglement and the number of fish caught were observed by species for each five tans from the foredeck of the vessel. The numbers of fish caught by species by side of entanglement were calculated from these data.

### Results

#### Right angle gillnet experiments

The numbers of fish by side of entanglement are shown in Figs. 3, 4, and 5. The results varied with operation station and species. However, the results from all stations show on average, the migration direction towards 340° was dominant for sockeye, chum, and pink salmon and the CPUEs corresponding to this direction were 0.51 fish/tan, 2.74 fish/tan and 2.28 fish/tan for these species, respectively. The second highest CPUEs occurred on the side corresponding to the direction towards 70° for sockeye salmon and 250° for chum salmon and CPUEs corresponding to these directions were the same for pink salmon. For all three species, the lowest entanglement (CPUE) was observed on the side of gillnet which fish encountered while migrating towards 160°. The CPUE correction values (S) obtained by dividing the

sum of fish/tan for four directions by the sum of fish/tan corresponding to migration directions toward 340° and 160° were 1.78 for sockeye salmon, 1.77 for chum salmon and 1.53 for pink salmon.

#### Parallel gillnet experiments

The number of fish caught by side of net and estimates of  $k$  and  $Vt$  by species are shown in Tables 1, 2, and 3. Out of ten experiments, estimates of  $k$  and  $Vt$  could be obtained from two experiments for sockeye salmon, five for chum salmon, and four for pink salmon.

The mean values of estimated catch efficiency ( $k$ ) and migration distance of salmon ( $Vt$ ) were 0.674 and 4.279 km for sockeye salmon, 0.403 and 6.028 km for chum salmon, and 0.691 and 13.753 km for pink salmon, respectively.

#### Discussion

Ishida (1984) took into account the influence of the drifting speed of the gillnets. However, both the gillnets and salmon are contained in the same water mass. While the gillnets shift (drift) according to the shift of the water mass, in the shifting water mass the salmon swim, encounter the gillnets, and are caught in a certain ratio. In this study, while the model is developed based on this assumption, the drift speed is not considered.

Ishida (1984) assumed migration distance of salmon to be estimated as the product ( $V \cdot t$ ) of swimming speed ( $V$ ) estimated from tagging data and soaking time ( $t$ ). However, where salmon were not caught in a constant ratio throughout the period between setting and retrieval, due to diurnal changes in behavior, the actual value of  $t$  should be smaller. Furthermore, estimated swimming speed based on data from tagging experiments where salmon migrate over a long period until recovered might be different from swimming speed over a short period.

In this regard, the current model is designed to allow a direct estimate of migration distance so that it is not necessary to estimate V and t individually. For instance, the value of V estimated from Vt and t is 0.560 km/h for chum salmon and differs substantially from the estimated 1.53 km/h obtained from tagging experiments.

In contrast, the value of t derived from Vt and V (=1.53 km/h) is about 4.0 hours, and is much shorter than the actual soaking time (10-12 h). This evidence suggests t or V might be overestimated in Doc. 2797.

Using the CPUE correction value (S), the catch efficiency (k), and migration distance (t), we can convert the number of fish per tan (CPUE; fish/tan) of gillnet set in the direction of 70° to fish density (D; fish/km) in the relationship:

$$D = \text{CPUE} \cdot Q$$

where

$Q = S / (k \cdot Vt \cdot 0.05)$ , and the length of one tan of gillnet is put at 50 m (0.05 km).

Conversion coefficients (Q) estimated from data obtained in these experiments are 12.34 for sockeye, 14.57 for chum salmon, and 3.22 for pink salmon. Further attempts at examining accuracy of these coefficients and estimating the stock abundance will be required.

#### Acknowledgement

Grateful acknowledgement is made to the crew of the Wakatake maru who gave great cooperation during the experiments in the Bering Sea.

Reference

Ishida, Yukimasa. 1984. An estimation for sampling efficiencies of salmon gillnets. (Document submitted to the INPFC, 1984, Doc. 2797). 7p. Fisheries Agency Japan.

-----

TABLES 1 TO 3 AND FIGS. 1 TO 5 ARE IN ENGLISH IN THE JAPANESE DOCUMENT