さけ・ます流し網の投網速度^{*1}

深田 耕一, 前田 弘, 宮下 民部, 内木 幸次

(1986 年 11 月 22 日受理)

Shooting Speed of Salmon Drift Net^{*1}Koichi Fukada,^{*2} Hiroshi Maéda,^{*2} Minbu Miyashita,^{*3}
and Kouji Naiki^{*3}

The present report dealt with the shooting speed (the time needed to shoot a section of about 34 m length) of 37 settings of salmon drift net each about 100 sections long in the Japan Sea by the R. V. "Hakusan-maru". And the following results are obtained:

1. It took 8.2 to 13.4 sec to shoot a section on the string average, except the time to shoot the initial and final ends of a string.
2. The maximum retardation of shooting speed by the fore-and-aft vector of wind was estimated to be 2.3 sec/section (29% of the time under no wind and wave), due to wind drift of boat. That by the athwartships vector was 1.5 sec/section (19%), because the wind from starboard over some level and from port increased the possibility of sinker line tangling with cork line. And that by wind wave was 1.4 sec/section (18%).
3. The standard deviation of shooting speed (maximum being 4.1 times of minimum), which represents irregular tautness within a string, increased with retardation in shooting speed (maximum being 1.6 times of minimum), which is one of the indicators of difficulty in smooth shooting.

漁業における作業の分析には、各乗組員の作業パターンの分析と、船全体としての作業パターンの分析の2通りがある。いずれも、合理的な操業、甲板機械の配置改良、労務管理等を行うための基礎資料として重要である。船全体の作業分析を行った例として、まぐろはえなわと底はえなわの投揚網速度に関する報告¹⁾⁻⁸⁾は見られるが、流し網の作業速度に関する報告は見られない。ここでは、さけ・ます流し網を取りあげ、投網作業における各反の投網に要した時間(以下、投網速度という)および投網速度の標準偏差(以下、標準偏差という)の変動の範囲を明らかにするとともに、一はえ毎の投網速度の平均(以下、平均投網速度という)および標準偏差の変動と操業条件の関係を重回帰分析によって解析し、得られた知見を報告する。

材料および方法

石川県水産試験場の調査船白山丸(総トン数 189.52 トン)が日本海において、1982 年 4 月 11 日から 5 月 10 日までにを行った操業より 17 回、1983 年 3 月 9 日から 5 月 12 日までにを行った操業より 20 回、計 37 回の投網作業

(1 回 97 反から 124 反、1 反の長さ 34 m)について、開始から終了までに行われた推進器翼角と主機回転数の制御、各反の境目が投入された時刻等のテープレコーダによる音声記録と投網開始直前に観測した気象、海象の資料を用いて重回帰分析を行った。

目的変数の求め方 各操業について各反の境目が投入された時刻の連続記録より各反の投網速度を求めた。それを用いて一はえごとの平均投網速度(y)と標準偏差(Y)を求め、目的変数とした。

説明変数の求め方 推進器翼角と主機回転数および気象、海象のうちから、投網速度に影響を及ぼすと考えられる A 推進力、B 風、C 波高および D 太陽のまぶしさを表す情報について、次に示す 11 変数を求め、説明変数とした。

A 推進力は推進器翼角×主機関回転数で表す(x_1)。B 風は次の B-1 と B-2 の 2 通りの表し方とし、いずれか一方ずつの群を用いる。B-1 は投網方位に対する相対風向(x_2) (左舷側を -, 右舷側を +), 風速(x_3) とし、相対風向について極値がある場合を考慮して相対風向 2 乗(x_8)を加え、3 つの変数とする。B-2 は風の影響を船首尾方

^{*1} さけ・ます流し網の投揚網速度—I (Shooting and Hauling Speeds of Salmon Drift Net—I).

^{*2} 水産大学校 (Shimonoseki University of Fisheries, Yoshimi, Shimonoseki 759-65, Japan).

^{*3} 石川県水産試験場 (Ishikawa Prefectural Fisheries Experimental Station, Noto, Fugeshi 927-04, Japan).

向と正横方向に分けるため相対風余弦 (x_6) と相対風正弦 (x_7) で表し、極値がある場合を考慮して相対風正弦 2 乗 (x_7) を加え、3 つの変数とする。C 波高は気象庁風浪階級⁴⁾ で記録されたが、階級ごとにその変域の幅が異なるので各階級における平均波高で表す (x_8)。投網は日没前後に行われ、しかも、測定を行った操業のすべてにおいて東西方向に投網されたので、水平に近い太陽のまぶしさが操船作業を通じて投網速度に影響を及ぼすと考えられる。この影響を調べるため、D 太陽のまぶしさを表す情報として次の変数を用いる。投網作業の中間時の太陽高度 (x_9) と方位を計算によって求める。太陽方位は太陽が船首方向にあるときを 0、船尾方向にあるときを 1 とするダミー変数 (x_{10}) とし、太陽が見えるかどうかの情報は、雲量が 6 以上または太陽高度が -0.8° 以下 (太陽全体が視水平以下となる高度) のときを 0、その他のときを 1 とするダミー変数 (x_{11}) で表す。

平均投網速度を目的変数とする場合は上記 A から D の 4 群、標準偏差を目的変数とする場合はこれら 4 群に E 平均投網速度 (x_{12}) を加えた 5 群を説明変数群とした。すなわち、すべての説明変数を用いたときの平均投網速度または標準偏差を表す最終 Step の式は次のようになる。

平均投網速度

$$y_j = a_0 + a_1 x_{1,j} + a_2 x_{2,j} + \dots + a_{11} x_{11,j}$$

標準偏差

$$Y_j = a_0 + a_1 x_{1,j} + a_2 x_{2,j} + \dots + a_{12} x_{12,j}$$

ただし、 j = 操業番号

しかし、後で述べるように最良重回帰式にはいくつかの説明変数は取り入れられないので、これらのうちいくつかの項が欠ける。

p この変数を説明変数として変数最良選択法⁵⁾ によって重回帰式を求めると、それらより 1 こ、2 こ、 $\dots$, p こを取り入れた式の、 p 通りの式が求められる。それらの中より、AIC (An information criterion) が最小となる式を、それらの説明変数を用いたときに得られる最良重回帰式とした。⁶⁾ しかし、多数の説明変数を用いて求めた最良重回帰式には、各変数の影響機構から考えられる符号と反対の符号の偏回帰係数や影響の程度 (偏回帰係数 $\times$ 変域の幅) が実際に掛け離れた値を示す偏回帰係数が現われることがある。これを避けるため、平均投網速度を目的変数とする場合は 4 群 (ただし、B 群は B-1 群と B-2 群のいずれか一方を用いる) から 1 群ずつ (5 通り)、2 群ずつ (9 通り)、3 群ずつ (7 通り)、4 群すべて (2 通り) をとる全組み合わせ 23 通り、標準偏差を目的

Fig. 1. Change of shooting speed with progress of work.

Table 1. Independent variables and their ranges

Group	Name of independent variable	Range	Factor
A	x_1 : Propulsive force	5351–6600 pitch angle $\times$ rpm	$(\times 10^{-3})$
B-1	x_2 : Relative direction of wind	–10–180 deg.	$(\times 10^{-2})$
	x_3 : Square of x_2		$(\times 10^{-4})$
	x_4 : Wind speed	0–12.35 m/sec	
B-2	x_5 : Fore-and-aft vector of wind	–6.750–8.141 m/sec	
	x_6 : Athwartships vector of wind	–0.434–12.302 m/sec	
	x_7 : Square of x_6		$(\times 10^{-1})$
C	x_8 : Height of wind wave	0–1.6 m	
D	x_9 : Altitude of sun	–19.7–16.3 deg.	
	x_{10} : Dummy variable of direction of sun	0 (=Fore) or 1 (=Aft)	
	x_{11} : Dummy variable of visibility of sun	0 (=Invisible) or 1 (=Visible)	
E	x_{12} : Mean shooting speed	8.15–13.38 sec	

Note: For convenient expression of regression coefficient, some of the variables are multiplied by the values shown in the column "Factor".

For x_2 and x_6 , the wind from starboard is expressed as positive.

Table 2. Estimated multiple linear regression equations of mean shooting speed $y=a_0+a_1x_1+\cdots+a_ix_i$

A		B-1			B-2			C	D			R	F	n_1	n_2	AIC
a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}					
9.9									—	-0.023	—	0.159	0.908	1	35	-1.903
9.4								0.847				0.378	5.843*	1	35	-6.668
14.7	-0.924											0.727	39.277**	1	35	-28.771
14.9	-0.934								—	-0.028	—	0.751	21.976**	2	34	-29.655
14.1	-0.857							0.471				0.755	22.538**	2	34	-30.185
14.7	-0.934				0.090	—	—					0.774	25.329**	2	34	-32.709
9.9					0.133	-0.310	0.347					0.539	4.493**	3	33	-9.627
14.2	-0.866				0.091	—	—	0.481				0.801	19.700**	3	33	-34.931
10.1					0.143	-0.244	0.326		-0.623	—	—	0.599	4.475**	4	32	-11.393
9.8					0.154	-0.353	0.321	0.849				0.603	4.563**	4	32	-11.654
14.4	-0.916							0.488	—	-0.023	0.309	0.792	13.486**	4	32	-31.509
10.0					0.165	-0.364	0.339	0.810	—	-0.035	—	0.647	4.472**	5	31	-13.049
14.7	-0.972				0.102	0.081	—		-0.448	-0.020	0.441	0.864	14.780**	6	30	-41.838
14.9	-0.797	-0.798	—	—								0.841	36.314**	2	30	-37.200
11.0		-3.025	1.053	0.100								0.681	8.357**	3	29	-15.171
11.1		-2.741	0.880	—				0.747				0.695	9.039**	3	29	-16.398
11.0		-1.217	—	—				0.836	-0.610	—	—	0.698	9.184**	3	29	-16.653
11.0		-2.521	0.734	0.125					-0.520	—	—	0.712	7.187**	4	28	-15.925
14.5	-0.702	-1.653	0.446	—				0.390				0.863	20.491**	4	28	-37.754
14.5	-0.788	-0.899	—	0.079					-0.503	—	0.379	0.898	22.389**	5	27	-44.674

Note: To estimate equations in the 13 upper rows, the group B-1 is not included in the candidate independent variables but to estimate the others this group is included.

A, B-1, B-2, C and D are group names of independent variables shown in Table 1.

a_i : Partial regression coefficient of the i -th independent variable in Table 1.

—: Included in the candidate independent variables but not used in the equation of the minimum AIC.

R: Multiple correlation coefficient.

F: Estimated F value of R.

*: Significant at 0.05 level.

**: Significant at 0.01 level.

n_1, n_2 : Degree of freedom.

AIC: An information criterion.

Table 3. Estimated multiple linear regression equations of standard deviation of shooting speed $Y=a_0+a_1x_1+\cdots+a_ix_i$
 1) Mean shooting speed being not included in the candidate independent variables

A		B-1			B-2			C	D			E	R	F	n_1	n_2	AIC
a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}					
0.29								0.039					0.096	0.326	1	35	-127.601
0.35									—	-0.008	—		0.292	3.264	1	35	-130.557
0.75	-0.084												0.363	5.315*	1	35	-132.489
0.82	-0.087									-0.008	—		0.475	4.961*	2	34	-134.732
0.41					0.026	-0.068	0.056						0.456	2.882	3	33	-131.868
0.85	-0.094				0.016	-0.011	—						0.473	3.176*	3	33	-132.644
0.39					0.029	-0.075	0.052	0.145					0.522	3.002*	4	32	-133.047
0.79	-0.084				0.020	-0.022	—	0.131					0.525	3.047*	4	32	-133.198
0.46					0.029	-0.071	0.061		—	-0.009	—		0.571	3.860*	4	32	-135.828
0.78	-0.062				0.026	-0.050	0.039		—	-0.009	—		0.611	3.701**	5	31	-136.579
0.44					0.032	-0.078	0.056	0.136	—	-0.009	—		0.618	3.832**	5	31	-137.064
0.71	-0.053				0.029	-0.059	0.038	0.120	—	-0.009	—		0.646	3.576**	6	30	-137.222
0.67		-0.739	0.303	—									0.693	13.841**	2	30	-129.353

2) Mean shooting speed included

A		B-1			B-2			C	D			E	R	F	n_1	n_2	AIC
a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}					
-0.62												0.095	0.523	13.187**	1	35	-139.089
-0.52									—	-0.006	—	0.089	0.564	7.942**	2	34	-139.442
-0.70					—	-0.013	—					0.109	0.587	8.942**	2	34	-140.895
0.18		-0.629	0.270	—								0.043	0.716	10.188**	3	29	-129.533

Note: A, B-1, B-2, C, D and E are group names of independent variables shown in Table 1.

a_i : Partial regression coefficient of the i -th independent variable in Table 1.

変数とする場合は5群から1~5群をとる全組み合わせ47通りの説明変数を用い、各々の組み合わせにおける最良重回帰式を求めた。

結 果

投網速度 一はえの投網作業中にみられる投網速度の変化を Fig. 1 に示す。主機回転数を660から680rpmとし、翼角 3° で航走しながらブイを投入する。その後徐々に翼角を 5° から 10° まで上げる。この間、反当り投網速度は約30secから次第に速くなって8~10secに達し、その後はほぼ一定の速度が続く。一はえの最後に近づくと徐々に翼角を下げ、再び 3° にすると、速度は約20~30secまで落ちる。この、ほぼ一定の速度で投網された間の投網速度を取り上げた。 n 反目の投網速度は、 n 反目の始めが投入された時刻と $n+1$ 反目の始めが投入された時刻の差とした。マイクロコンピュータではsec以下の時間は切り捨てられるので、投網速度はsec単位になり、端数がつく場合には、何反目かごとが1sec長くなる。

一はえの中の投網速度の頻度分布(階級幅1sec)は正規分布に近いが、一般に、度数は平均値が含まれる階級とその上下1階級ずつの、3つの階級に集中するので、カイ2乗を用いて適合度検定を行っても、自由度が0になり検定できない。

平均投網速度は操業毎に異なり、8.2から13.4secにわたる。

投網速度の標準偏差 標準偏差が大きいことは作業が順調に進まず網の張り方が不均一になったことを意味し、好ましい投網状態でない。投網は船の航走に伴う網の繰り出しによる。この投網法の利点は均一な張り方で投網できることであるが、一はえの中の標準偏差は0.13から1.19secまでと操業毎に大きく異なり、順調に作業が進んだ場合と進まなかった場合があることがわかる。

説明変数の変域 各説明変数の変域は、その変数を説明変数として用いるのに十分な幅にわたるか、また、その変域がさけ・ます流し網が操業可能な条件のほぼ全範囲にわたるとみなせるかどうかを検討するため Table 1 に示す。これらのうち、相対風向と相対風正舷の変域が右舷側に偏っている。これは、左舷側から投入される浮子網が風に吹かれて、右舷側から投入される沈子網に絡まないよう、可能なかぎり右舷から風を受けるように投網方位(東または西)を選ぶためである。なお、重回帰式の係数表示の便宜上、一部の説明変数の値には()内に示す係数を掛けた。

平均投網速度を表す重回帰式 平均投網速度の分析結果を Table 2 に示す。説明変数群の組み合わせ23通り

の各々について1つずつの最良重回帰式が得られるが、説明変数として用いても最良重回帰式に取り入れられない変数があり、その式はそれらの変数を説明変数に用いないで求めた式と同じになる。そのために、23通りの最良重回帰式を整理すると20種類の式となる。Table 2の上段は説明変数群にB-1群を用いない場合に得られた最良重回帰式である。下段はB-1群を用い、しかもB-1群が取り入れられた最良重回帰式である。上段と下段でデータ数($=n_1+n_2+1$)が異なるのは、風力が0で相対風向を表示できない4例を除いたためである。

投網速度の標準偏差を表す重回帰式 説明変数群の組み合わせ47通りの各々によって得られた最良重回帰式を整理すると17種類の式となる。これらを、1)説明変数に平均投網速度を用いなくても有意とみなせる式が得られるかどうかと、2)説明変数に平均投網速度を用い、しかも平均投網速度が最良重回帰式に取り入れられる式が得られるかどうかによって分け、Table 3-1)およびTable 3-2)に示す。これらの表の上段は説明変数群の組み合わせ中にB-1群を用いない場合に得られた最良重回帰式である。下段はB-1群を用い、しかもB-1群が取り入れられた最良重回帰式である。

考 察

各組み合わせの説明変数群を用いて得られた最良重回帰式のうち、AICの値が最小の式が必ずしも目的変数に及ぼす各説明変数の影響機構について考察を加えるのに適していると限らない。

重回帰分析における各説明変数は相互に無相関であることが前提であるが、目的変数に影響を及ぼすと考えて用いた説明変数の中には、それら相互の間で相関関係が当然みられるもの、あるいは、相関関係が偶然生じたものが含まれる。説明変数の中で相互に相関が高い変数の組(x_i, x_j とする)があると、それらのうちで目的変数に対する相関が高い方の変数(x_i)が説明変数として取り入れられ、他方(x_j)は取り入れられない。このような場合は、この式と x_i を除いて求めた式のうちで、説明変数の影響機構を理解しやすい方の式を採用する。また、これと反対に、単回帰分析では見だしにくいような説明変数の影響を明らかにできることもある。

最良重回帰式において、B-1群のうちで相対風向2乗だけが取り入れられた場合には、2乗項が取り入れられる必然性があるかどうか、AICが多少大きくなっても1乗項を用いた方が相対風向の影響機構を説明しやすいか、更に風速を入れる方がよいかどうかについて検討しなければならない。同様な検討がB-2群のうちで相対風正舷1乗が取り入れられず、その2乗項だけを取り入れた式についても必要である。

また, D 群の説明変数のうち, 太陽高度または太陽方位を表すダミー変数が式に取り入れられる場合, それらは太陽が見えるかどうかを表すダミー変数と共に説明変数として最良重回帰式に取り入れられていなければならない。

これらの事項を考慮し, Table 2 と Table 3 に示した各式について, 説明変数相互の相関関係を検討するとともに, AIC が小さい式のうちから, できるだけ少数の説明変数を用い, 各説明変数の影響機構が説明できる式を選んで考察を加えた。

平均投網速度 Table 2 に示したように, 1つの説明変数群を用いた場合に得られる5つの式のうち, 相関係数が 0.05 以下の有意水準で有意とみなせるのは, 次の4つである。それぞれの式によれば, 平均投網速度に及ぼす操業条件の影響は次の通りである。

A 群…推進力が大きいほど速くなる

B-1 群…相対風向が右舷後方 144° のとき最も速く, 風速が大きいほど遅くなる

B-2 群…相対風余弦が大きいほど遅く, 相対風正弦は -0.43 から 12.30 m/sec まで変動するが, 4.47 m/sec のときに最も速い

C 群…波高が高いほど遅くなる

上記の4つの式は, 操業実態から考えて不自然でない。2つ以上の説明変数群を用いた場合, さらに AIC が小さく, 0.01 の有意水準で有意とみなせる式が得られる。これらの式の中から平均投網速度の変動の機構を良く表すと考えられる式を選定するため, 推進力について次のことを考慮した: 推進力を大きくすることができたのは投網しやすかった結果である可能性がある。したがって, A 群を説明変数として用いることに疑問がある。したがって, A 群が取り入れられる式を除外する。

この基準に合致し, AIC の値が小さく, 実際の平均投網速度の変動の機構を良く表していると考えられる式は, B-1 群を用いない場合, Table 2 の上段 10 番目の式

$$y = 9.8 + 0.154x_5 - 0.353x_6 + 0.321x_7 + 0.849x_8 \quad (1)$$

B-1 群が取り入れられる場合, 下段 3 番目の式

$$y = 11.1 - 2.741x_2 + 0.880x_3 + 0.747x_8 \quad (2)$$

であると考えられる。

選定した式 (1) および式 (2) は, 使用したデータ数が異なるため, AIC あるいは重相関係数を用いて, どちらの式が目的変数の変動を表示するのにより適しているかを判定できない。しかし, 風に関する説明変数のうち, 式 (2) では方向しか取り入れられないのに対し, 式 (1) では方向と強さが共に取り入れられており, 平均投網速度に及ぼす風の影響の機構を具体的に説明しやすい。したがって, 平均投網速度の変動を最も良く表す重回帰式として式 (1) を採用する。

Fig. 2. Comparison of the observed mean shooting speeds (y) with the estimated ones.

●: Observed value

+ : Estimated value using the equation at the 10th row in Table 2

式 (1) が示す平均投網速度に及ぼす相対風余弦, 相対風正弦, 波高の影響機構は, それぞれ次のように説明できる。

相対風余弦は, 風の船首方向からの成分であり, この値が大きいときは, 風圧により船の前進力は削減される。さらに, 風浪を船首より受けることになり, これも前進力を削減する要素となる。これらのため, 平均投網速度は遅くなる。

相対風正弦の影響として, 右舷からの成分が -0.43 から 12.30 m/sec まで変動するうちで 5.50 m/sec のとき平均投網速度は最も早くなる。式 (1) からわかる。説明変数の変域の項で述べた投網法によると, 右舷からの風があると投網しやすいため平均投網速度は速くなるが, この成分が大きくなりすぎると, 沈子網も風に吹き流されて浮子網と絡むおそれが生じ, さらに船体の横揺れが大きくなるので沈子網が浮子網にかぶさる可能性が増大する。これを防ぐため, 網さばきに注意しながら投網しなければならないので, 平均投網速度は遅くなる。

波高が高いときは前進力が削減されるとともに, 船体の動揺によって各種の作業が行いにくく, さらに, 繰り出される網を扱いにくくなる。そのため, 波高が高いとき平均投網速度は遅くなる。

ここで扱った資料は漁期の始めから終わりまでにわたり, しかも, 説明変数の変域は通常に操業可能な条件のほぼ全範囲にわたることから, 式 (1) は日本海さけ・ま

Fig. 3. Comparison of the observed standard deviations of shooting speeds (Y) with the estimated ones.

- 1) ●: Observed value
 +: Estimated value using the equation at the 7th row in Table 3-1)
 2) ●: Observed value
 —: Estimated value using the equation at the 1st row in Table 3-2)

す流し網漁業における平均投網速度に及ぼす操業条件の影響を十分に表すと考えられる。一はえは約 100 反よりなるので、各操業条件の影響を式 (1) を用いて求めると次のようになる: 最も投網しやすいときは 100 反当り 13.0 min (7.8 sec/反) かかるが、相対風余弦の変域が最小から最大まで変動した場合 3.8 min (2.3 sec/反), 相対風正弦の変域が極小から最大まで変動した場合 2.5 min (1.5 sec/反), 波高の変域が最小から最大まで変動した場合 2.3 min (1.4 sec/反) 長くなる。

投網速度の標準偏差 説明変数に平均投網速度を用いない場合 Table 3-1) に示すように、1 つの説明変数群を用いた場合に得られる 5 つの式のうち、相関係数が 0.05 以下の水準で有意とみなせるのは次の 2 つである。これらの式によれば、それぞれの操業条件が標準偏差に及ぼす影響は次の通りである。

A 群・推進力が大きいほど標準偏差は小さくなる
 B-1 群・相対風向が 121° のとき標準偏差は最小となる
 2 つ以上の説明変数群を用いた式の中から、考察の項の当初に記した事項を考慮して、標準偏差の変動を良く表していると考えられる重回帰式を選定すると、B-1 群を用いない場合は Table 3-1) の上段 8 番目の式、B-1 群が取り入れられる場合は下段の式となる。

しかし、前者では相対風正弦が標準偏差に及ぼす影響の機構について解釈しにくい。また、後者は標準偏差の変動を相対風向だけで表すために、その影響機構につい

て十分な説明を加えられない。

したがって、説明変数として平均投網速度を用いない場合に、標準偏差の変動と操業条件の影響機構を最も良く表していると考えられる式として、AIC の値は僅かに大きくなるが、上段 7 番目の式

$$Y = 0.39 + 0.029x_6 - 0.075x_8 + 0.052x_7 + 0.145x_8 \quad (3)$$

を選定するのが適当であると考えられる。

説明変数として平均投網速度が取り入れられる場合 Table 3-2) に示すように、1 つの説明変数群を用いた場合に相関係数が 0.05 以下の水準で有意とみなせる式が得られるのは E 群 (平均投網速度) を用いた場合だけである。この式は、平均投網速度が大きいときに標準偏差が大きくなることを示す。また、平均投網速度は標準偏差と単相関係数が最も高いので、他の説明変数群と併用しても最初の Step より説明変数として取り入れられる。

先に述べた基準に従って、標準偏差の変動を良く表している式を選定すると、B-1 群を用いない場合は Table 3-2) の上段 3 番目の式、B-1 群が取り入れられる場合は下段の式となる。

しかし、前者は標準偏差の変動を平均投網速度だけを用いて表す上段 1 番目の式と比較して、AIC が僅かしか減少しないことからわかるように、説明変数を増やした効果はあまり大きくない。したがって、B-1 群を用いない場合、標準偏差の変動は平均投網速度だけを用いて表

されると考えてよい。後者は相対風向が標準偏差に影響を及ぼすことを示すが、この機構について十分な説明が加えられない。したがって、説明変数に平均投網速度を用いた場合に標準偏差の変動を最も良く表している式として、上段1番目の式

$$Y = -0.62 + 0.095x_{12} \quad (4)$$

を選定するのが適当であると考えられる。

以上の、平均投網速度を説明変数に用いない場合の式(3)と、平均投網速度が説明変数に取り入れられた場合の式(4)を合わせると、標準偏差が一え毎に大きく変動する機構は次のようであると考えられる：式(3)は平均投網速度に影響を及ぼしたと同じ説明変数が入力されているので、それらの影響は平均投網速度で代表できると考えられる。分布型が同じ場合には、平均が大きいほど標準偏差が大きくなるのは当然である。しかし、平均投網速度は投網しやすさを表すと考えれば、投網しやすいときほど標準偏差が小さく、投網しにくいときほど各反の投網速度に変動が生じるとみなせる。最も均等な速度で投網できたときには標準偏差は0.16 secであった。最も投網しにくかったとき、平均は1.6倍にしか増加しなかったにもかかわらず、標準偏差はその4.1倍の0.66 secに増加した。

要 約

石川県水産試験場の調査船白山丸(総トン数189.52トン)が、日本海で行った計37回のさけ・ます流し網操業において、各反を投網するのに要した時間と操業条件を

測定した。これらより、平均投網速度および投網速度の標準偏差に及ぼす操業条件の影響に関して、重回帰分析(変数最良選択法)を用いて検討した結果、次のことがわかった。

1. 平均投網速度は操業毎に異なり、8.2 sec/反から13.4 sec/反にわたる。(100 反当り 13.7 min から 22.3 min)
2. 平均投網速度に及ぼす影響は、相対風余弦が最も大きく最大 2.3 sec/反 (29%)、次いで相対風正弦の最大 1.5 sec/反 (19%)、波高の最大 1.4 sec/反 (18%) である。
3. 投網速度の標準偏差は平均投網速度と密接な関係があり、平均投網速度が速いほど標準偏差は小さくなる。すなわち、最も速く投網できたときの投網速度の標準偏差は0.16 secであったが、投網しにくく平均投網速度が最も遅かったときの標準偏差は、その4.1倍の0.66 secであった。

文 献

- 1) H. Maéda, M. Nishino, and S. Minami: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **37**, 475-480 (1971).
- 2) H. Maéda, M. Nishino, and S. Minami: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **37**, 481-486 (1971).
- 3) 前田 弘, 深田耕一, 岩崎尚満: 日水誌, **49**, 1029-1037 (1983).
- 4) 斎藤練一: 新訂海上気象学, 第5版, 海文堂, 東京, 1970, pp. 225-226.
- 5) 大崎紘一, 菊池 進, 緒方正名: コンピュータ・プログラムによる統計技術, 第1版, 同文書院, 東京, 1981, pp. 94-97.