体長組成으로서 生殘率를 推定하는 方法—I

辛　翔　澤*

(1976年 5月 10日 接受)

APPROXIMATE ESTIMATION OF THE SURVIVAL RATE IN FISH POPULATION UTILIZING THE LENGTH COMPOSITION

Sang Taek SHIN*

A trial has been made to find out a new method of calculating the survival rate of a fish Population utilizing the length composition data and the characteristics of the frequency curve of the length which usually is normal distribution curve.

In this paper, a stochastic method is introduced and applied to calculate the survival rate of yellow croaker caught by Korean trawlers in the Yellow Sea and the East China Sea in 1971. The results are as follows:

Mean of survival rate	0. 46089
Variance	0. 03073
Standard deviation	0. 17529
95 percent confidence interval	0. 36040—0. 56138

緒　　言

水産資源에 關한 数理的 硏究의 3大目標는 資源의 診斷, 漁況의 豫測, 漁業의 管理에 關한 知識을 얻는데 있다. 이것은 첫째로 統計學的 分析에 必要한 統計資料가 資源調査를 通해서 얻어져야 하며 또 얻어진 資料를 分析하여 資源의 特性値와 資源의 量的 變動 및 分布에 關한 法則性을 求하여야 한다.

資源의 特性値中 生殘率은 特히 重要한 意義를 가지고 있으며 이것에 關해서, 年令, 体重 및 体長의 最大値와 平均値를 利用하여 生殘率을 求하는 方法(田内, 1947), 標本平均과 그 正規分布法則을 利用한 方法(土井, 1948), 年令組成을 利用한 方法(田中, 1953), 그리고 最高年令과 平均年令間의 年令差를 利用한 方法(Kurita, 1948) 等 많은 學者들의 硏究가 있다. 또한 魚族의 体長組成과 年級群別로 体長度数分布가 正規分布하는 것을 利用하여 土井(1975)는 年令組成을 推定하는 方法을 提示하였는데 本硏究에서는 生殘率을 推定하는 方法을 報告하고자 한다.

推定 方法

年令 및 体長에 關한 精密査定表를 分類, 集計, 整理하여 年級群別로 体長에 關한 度数分布表를 만들고 이 度数分布表들의 正規性을 각각 檢定한다. 檢定結果 有意的이 아닌 때에 이 度数分布表들이 각각 正規分布한다고 認定되면 各 年級群別 体長度数分布表의 体長平均과 그 標準偏差는 各 年級群別 母体長平均과 母標準偏差의 不偏推定値$(\bar{x}, S)$가 된다. 但 各 年級群別 尾数 즉 標本数가 大標本이라야 한다. 만약 小標本이면 母体長平均의 不偏推定値는 大標本 때와 같으나 母標準偏差의 不偏推定値는 $\sqrt{n}/\sqrt{n-1}\cdot S$가 된다. 여기서 n, S는 각각 해당하는 年級群의 標本数와 標準偏

* 釜山水産大學, National Fisheries University of Busan

差이다. 만약 檢定結果가 有意的이면 測定値에 異常한 값이 있을 것이므로 Smirnov의 棄却檢定을 하여 異常한 값은 棄却하고 남은 測定値로서 다시 正規性檢定을 한다. 이렇게 해도 正規分布가 되지 않으면 標本抽出 및 測定値 自体에 잘못이 있다고 보아야 하므로 이 測定値는 統計資料로서 使用할 수 없다. 왜냐하면 一般的으로 魚類의 한 年級群에 對한 体長度数分布는 正規分布를 하기 때문이다(田中, 1956).

이들 年級群別 母体長平均과 母標準偏差의 不偏推定値들은 年級群間에 어떤 傾向線을 나타낼 것이므로 이 傾向線式을 推定한다. 年級群別 母分散의 不偏推定値들 間의 傾向線式에서 求한 年級群別 分散의 推定値($\hat{\sigma}^2$)와 標本에서 求한 年級群別 母分散의 不偏推定値(S^2 或은 $n/n-1 \cdot S^2$)와의 差에 對한 有意性檢定을 각각 年級群別로 實施한다. 檢定結果 有意的이 아니면 傾向線式에서 求한 推定値를 各 年級群의 母分散(σ^2)으로 한다.

年級群別 母体長平均의 不偏推定値들 間의 傾向線式은 고기의 成長曲線式인데 여러가지 成長曲線의 模型中에서 魚種에 따라 가장 適合한 것을 擇해야 한다. 이 成長曲線式에서 求한 年級群別 体長平均의 推定値($\hat{u}$)와 標本에서 求한 年級群別 母平均의 不偏推定値($\bar{x}$)와의 差에 對한 有意性檢定을 年級群別로 實施한다. 檢定結果 有意的이 아니면 成長式에서 求한 推定値($\hat{u}$)를 各 年級群의 母体長平均(u)으로 한다.

앞서 말한 有意性檢定에서 檢定結果 分散 또는 平均에 關한 것 中 적어도 하나가 有意的인 것이 있으면 그 有意的인 年級群만은 標本에서 求한 母体長平均의 不偏推定値($\bar{x}$)와 母分散의 不偏推定値(S^2 或은 $n/n-1 \cdot S^2$)를 母体長平均(u)과 母分散(σ^2)으로 한다.

標本이 없는 年級群에서는 各 傾向線式에서 求한 母体長平均과 母分散의 推定値($\hat{u}$, $\hat{\sigma}^2$)를 그 年級群의 母体長平均(u)과 母分散(σ^2)으로 한다.

위에서 求한 年級群別 母体長平均(u)과 母分散(σ^2)들로서 各 年級群別로 体長에 對한 度数曲線을 만들면 正規型을 나타내며 Fig 1과 같다.

体長을 n階級으로 나누고 各 体長階級을 $l_i(i=1,2,\cdots,m)$, l_i階級에 들어가는 魚類의 尾類를 $x(l_i)$, x_j歲($j=1,2,\cdots,n$)의 尾数를 $N(x_j)$, x_j歲의 l_i階級에 들어가는 確率을 $P(l_i, x_j)$라 하면

$$N(l_i)=\sum_{x_j} N(x_j) \cdot P(l_i, x_j) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

가 된다.

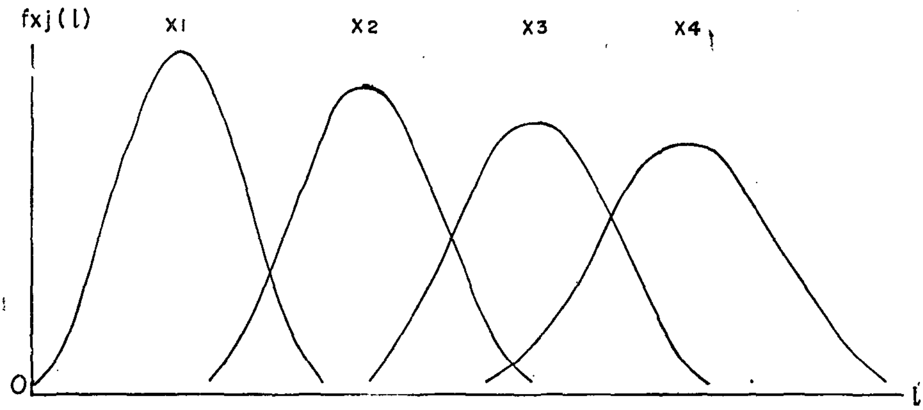

Fig. 1. Frequency curve of body length.
l; Body length
x; Year classes
fx$_j(l)$; Frequency (Number of fishes).

Fig. 1에서 l_i階級에 들어가는 度数를 確率値로 고쳐 年級群別—体長階級別 確率表를 만들면 Table 1과 같이 된다.

個体群의 減少係数를 Z라 하고 x_1歲 年級群의 尾数를 $N(x_1)$이라 하면

$$N(x_j)=N(x_1) \cdot \exp\{-Z(x_j-1)\} \quad \cdots\cdots(2)$$

가 된다.

(1), (2)式에서

$$N(l_i)=\sum_{x_j} N(x_j) \cdot P(l_i, x_j)=\sum_{x_j} N(x_1) \cdot \exp\{-Z(x_j-1)\} \cdot P(l_i, x_j) \quad \cdots\cdots(3)$$

$$N(l_{i+1})=\sum_{x_j} N(x_j) \cdot P(l_{i+1}, x_j)=\sum_{x_j} N(x_1) \cdot \exp\{-Z(x_j-1)\} \cdot P(l_{i+1}, x_j) \quad \cdots\cdots(4)$$

Table 1. Probability distribution by year and body length classes

Body length \ Year	X_1	X_2	······	X_j	······	X_n	Number of fishes
l_1	$P(l_1, x_1)$	$P(l_1, x_2)$	······	$P(l_1, x_j)$	······	$P(l_1, x_n)$	$N(l_1)$
l_2	$P(l_2, x_1)$	$P(l_2, x_2)$	······	$P(l_2, x_j)$	······	$P(l_2, x_n)$	$N(l_2)$
⋮	⋮		⋮ ⋮	⋮	⋮ ⋮	⋮	⋮
⋮	⋮		⋮ ⋮	⋮	⋮ ⋮	⋮	⋮
l_i	$P(l_i, x_1)$	$P(l_i, x_2)$	······	$P(l_i, x_j)$	······	$P(l_i, x_n)$	$N(l_i)$
⋮	⋮		⋮ ⋮	⋮	⋮ ⋮	⋮	⋮
⋮	⋮		⋮ ⋮	⋮	⋮ ⋮	⋮	⋮
l_m	$P(l_m, x_1)$	$P(l_m, x_2)$	······	$P(l_m, x_j)$	······	$P(l_m, x_n)$	$N(l_m)$
Total	1	1		1		1	

(3)÷(4)하면

$$\frac{N(l_i)}{N(l_{i+1})}=\frac{\sum_{x_j} N(x_1)\cdot\exp\{-Z(x_j-1)\}\cdot P(l_i, x_j)}{\sum_{x_j} N(x_1)\cdot\exp\{-Z(x_j-1)\}\cdot P(l_{i+1}, x_j)} \cdots\cdots(5)$$

가 된다.

(5)式을 풀어서 生殘率 e^{-z}값들을 求한다. 그런데 体長階級이 $l_1, l_2, \cdots, l_m$까지 있으므로 e^{-z}값은$(m-1)$個 얻게 된다. 이 값들의 算術平均을 生殘率 e^{-z}값들의 代表値로 하면 되며 信頼區間도 생각해야 한다. 實際에 있어서는 (5)式과 같은 $(m-1)$個의 方程式 中에는 e^{-z}값을 求할 수 없는 式이 생기게 되는 경우가 있으므로(高年令에서는 測定値의 誤差가 크다) e^{-z}값의 個数는 $(m-1)$個 보다 적거나 같게 된다. 또 e^{-z}값들은 正規分布를 할 것이므로 Smirnov의 棄却検定을 利用해서 e^{-z}값 중 異常한 값은 棄却하고 남은 값들에 의해서 平均, 分散, 標準偏差 및 信頼區間을 求하면 된다.

이 e^{-z}의 平均値가 取扱하고 있는 期間에 있어서의 生殘率를 代表하는 값이라 할 수 있다.

適 用 例

黃海 및 東支那海産 참조기의 生殘率

이 資料는 黃海 및 東支那海에서 操業한 韓國機船底引網漁船에서 漁獲된 참조기의 年令 및 体長의 精密査定表와 体長組成表이다(水産振興院, 1972). 年令, 体長의 正密査定表를 分類, 集計, 整理, 要約하여 年級群別体長의 度数分布表를 만들면 Table 2와 같다.

Table 2에서 各 年級群別로 体長의 度数分布에 對한 正規分布 如否의 検定 즉 正規性検定(χ^2—検定)을 위한 計算을 한 結果 Table 3과 같다.

Table 2. Frequency of body length by year classes of Yellow Croaker in 1971

Body length (cm) \ Year	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5
18.5	5				
19.5	30	4			
20.5	24	21			
21.5	10	65			2
22.5	2	88	7	1	0
23.5	1	55	26	2	0
24.5		10	58	11	1
25.5		2	30	40	5
26.5			6	48	15
27.5			1	22	20
28.5			1	5	25
29.5				0	10
30.5				0	8
31.5				1	1
32.5					1
Total	72	245	129	130	88

Table 3. Calculated result for χ^2—test

Item	Classes				
Age	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5
χ^2	4.16621	1.29893	3.17875	3.45562	4.70003
Degree of freedom	1	2	2	2	3
$\chi^2_{0.01}$	6.63	9.21	9.21	9.21	11.34
$\chi^2_{0.05}$	3.84	5.99	5.99	5.99	7.81

但 $\chi^2_{0.01}$, $\chi^2_{0.05}$는 各各 有意水準 1%와 5%에 對한 χ^2값이다.

2.5歲의 度数分布는 有意水準 5%로서는 有意的이나 1%로서는 有意的이 아니므로 대개 正規分布를 함을 認定할 수 있고 3.5歲, 4.5歲, 5.5歲, 6.5歲는 有意水準 1% 및 5%로서 有意的이 아니므로 正規分布함을 알 수 있다. 즉 各 年級群別의 体長度数分布는 Table 2에 表示한 바와 같이 体長平均 $\bar{x}$, 標準偏差 S인 正規分布를 한다고 볼 수 있다.

黃海 및 東支那海에 있어서 韓國機船底引網漁船의 對象인 참조기 母集團은 年級群別로 母体長平均(u)과 母分散(σ^2)은 年級群間에 어떤 傾向線이 있을 것이다. 体長에 關한 이 傾向線式이 바로 참조기의 成長曲線이다. Table 2를 利用하여 Bertalanffy의 成長曲線式을 求하면

$$l_{(t)}=43.26414\ [1-\exp\{-0.10228(t+3.63688)\}] \cdots\cdots(6)$$

가 되고 母分散의 傾向線式을 求하면

$$\sigma^2=0.45084\ \exp(0.24891t) \cdots\cdots(7)$$

가 된다.

(6),(7)式에서 年級群別로 母体長平均, 母分散의 推定値($\hat{u}, \hat{\sigma}^2$)를 求하면 Table 3과 같다. Table 4에서 年級群別(2.5歲~6.5歲)로 標本에서 求한 母分散의 不偏推定値(S^2)와 傾向線式에서 求한 母分散의 推定値($\hat{\sigma}^2$), 또 標本에서 求한 母体長平均의 不偏推定値($\bar{x}$)와 傾向線式에서 求한 母体長平均의 推定値($\hat{u}$)와의 差에 關한 有意性 檢定을 위한 計算을 한 結果는 Table 5와 같다.

Table 4. Calculated $\bar{x}$ and S^2 of year classes by table 2, estimate of u and σ^2 by trend line

t	n	$\bar{x}$	s^2	$\hat{u}$	σ^2	σ
0.5				14.92612	0.51059	0.71455
1.5				17.68124	0.65489	0.80925
2.5	72	20.18056	0.96722	20.16849	0.83998	0.91650
3.5	245	22.34490	1.19217	22.41392	1.07739	1.03797
4.5	129	24.56977	1.02601	24.44105	1.38189	1.17553
5.5	130	26.23077	1.35056	26.27109	1.77244	1.33133
6.5	88	27.93182	3.15434	27.92321	2.27339	1.50777
7.5				29.41471	2.91591	1.70760
8.5				30.76119	3.74002	1.93391
9.5				31.97677	4.79705	2.19021
10.5				33.07416	6.15283	2.48048
11.5				34.06487	7.89178	2.80923

t; Year classes.
n; Number of fishes.
$\bar{x}$; Unbiased estimae of means of body length by table 2.
u; Estimate of means of body lenth by the trend line.
s^2; Unbiased estimate of variance by table 2.
σ^2; Estimate of variance by the trend line.

Table 5. Calculated result for test using normal distribution and χ^2 distribution

Item	Classes				
Age	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5
$\lvert\bar{x}-u\rvert/\frac{\sigma}{\sqrt{u}}$	0.11175	1.04087	1.24367	0.34529	0.05357
t 0.05	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
$\frac{ns^2}{\sigma^2}$	82.9	271.1	95.8	99.1	122.1
χ^2 0.025	96.2	293.1	163.5	163.9	116.0
χ^2 0.005	105.4	299.7	283.7	284.7	125.9

有意的이 아니므로 2.5歲~6.5歲에서는 各 年級群別로 標本(測定値)은 各各 母体長平均 u, 母分散 σ^2인 母集團으로부터 無作爲抽出된 것이라고 볼 수 있겠다.

따라서 이 참조기 母集團은 年級群別로 母体長平均 u, 母分散 σ^2인 正規母集團을 하고 있다고 할 수 있다. 그리고 標本(測定値)이 없는 年級群에 있어서도 傾向線式에서 推定한 값으로서 그 年級群의 母体長平均과 母分散으로 한다.

正規曲線面積表를 利用해서 x_j歲 年級群이 l_i体長階級에 들어갈 確率 $P(l_i, x_j)$를 求하여 整理하면 Table 6와 같다. 이것이 Table 1에 實質的인 값을 준 것이다.

Table 6. Calculated probability distribution by year and length classes

Body Length(*cm*) \ Year	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	No. of fishes
16.5	0.04181	0.17545							5,840,827
17.5		0.45128							4,518,144
18.5		0.29672	0.07704						3,155,433
19.5		0.02655	0.32654						2,269,157
20.5			0.39001	0.06191					1,915,698
21.5			0.15641	0.25767					1,936,074
22.5				0.36768	0.08435				1,898,875
23.5				0.22473	0.24262	0.01863			1,611,871
24.5				0.03801	0.33242	0.12743			1,159,120
25.5					0.22385	0.24968	0.07526		720,008
26.5					0.06676	0.28810	0.17067	0.05427	399,814

Body Length(*cm*) \ Year	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	No. of fishes
27.5	0.19436	0.24901	0.12400	0.05135	0.00938			224,915
28.5	0.07180	0.24121	0.20190	0.10506	0.05253	0.02540	0.01093	155,506
29.5		0.15506	0.22790	0.16686	0.09715	0.05709	0.03760	118,561
30.5		0.05879	0.19074	0.19949	0.14230	0.09296	0.06433	81,536
31.5			0.11067	0.19115	0.17760	0.13315	0.09179	47,898
32.5			0.04052	0.13807	0.17683	9.15443	0.12232	26,554
33.5				0.07556	0.14039	0.15628	0.14005	16,248
34.5				0.02246	0.09500	0.13799	0.13728	14,745
35.5					0.05091	0.09870	0.12560	13,824
36.5					0.00788	0.06195	0.09593	11,799
37.5						0.03205	0.06841	9,239
38.5							0.04156	6,550
39.5							0.01420	3,979

但 計算하는데 信賴係数 95%의 信賴限界內의 값만 取하고 信賴限界外의 값은 極히 작으므로 計算의 便利上 無規하였다. 참조기의 最高年令은 11.5歲이고(辛, 1975), 漁具에의 完全加入年令(95% 以上이 漁具에 잡힐 수 있는 体長이 되는 年令)은 1.5歲라 보고(辛, 1975), 1.5歲에서 11.5歲까지만 計算하였다.

Table 6의 体長別 尾数는 体長組成表(水産振興院, 1972)에 있는 体長別 尾数를 3点移動平均法으로서 平滑化한 것이다.

(5)式에 의하여 順次로

$$\frac{l(17.5)}{l(18.5)}=\frac{0.45128N(x_{1.5})}{0.29672N(x_{1.5})+0.07704N(x_{1.5})\exp(-Z)}=\frac{4,518,144}{3,155,433}=1.43186 \cdots\cdots ①'$$

$$\frac{l(18.5)}{l(19.5)}=\frac{0.29672N(x_{1.5})+0.07704N(x_{1.5})\exp(-Z)}{0.02655N(x_{1.5})+0.32654N(x_{1.5})\exp(-Z)}=\frac{3,155,433}{2,269,157}=1.39058 \cdots\cdots ②'$$

$$\frac{l(19.5)}{l(20.5)}=\frac{0.02655N(x_{1.5})+0.32654N(x_{1.5})\exp(-Z)}{0.39001N(x_{1.5})\exp(-Z)+0.06191N(x_{1.5})\exp(-2Z)}=\frac{2,269,157}{1,915,698}=1.18451 \cdots\cdots ③'$$

$$\cdots\cdots$$

$$\frac{l(38.5)}{l(39.5)}=\frac{0.04156N(x_{1.5})\exp(-10Z)}{0.01420N(x_{1.5})\exp(-10Z)}=\frac{6,550}{3,978}=1.64656 \cdots\cdots ㉒'$$

等의 式을 얻는다. 단 $N(x_{1.5})$은 1.5歲年級群의 尾数, $l(17.5)$, $l(18.5)\cdots$은 各各 体長階級 17.5*cm*, 18.5*cm*…의 尾数이다.

①′, ②′, …⑰′를 풀면 順次로 $e^{-z}=0.23951$, 0.68905, 0.17871, 1.21860, 0.82959, 0.48519, 0.55780, 0.30722, 0.29850, 0.36432, 0.44664, 0.65549, 0.47909, 0.49178, 0.31257, 0.57789, 2.44053이 되고, 以下 ⑱′～㉒′까지는 虛根이 나오거나 方程式自体에 모순이 생긴다. 이것은 高年級群層에서는 資料의 誤差가 큼을 나타낸다. 解法은 3次方程式 以上에서는 Newton의 近似値計算法을 使用하였다. e^{-z}값들은 e^{-z}값들의 平均値를 中心으로 하여 左右對稱으로 分布할 것이므로 正規分布를 한다고 推測된다. 實際로 正規性檢定을 해 본 結果 正規分布를 하는 것이 分明하였다. Smirnov의 棄却檢定에서 2.44053과 1.21860은 危險率 5%로서 棄却되었다. 남은 15個의 값으로서 生殘率 e^{-z}의 平均, 分散, 標準偏差, 信頼係数 95%의 信頼區間과 減少係数 Z의 값을 計算하면 平均은 0.46089, 分散은 0.03073, 標準偏差는 0.17529, 95%의 信頼區間은 $0.36040<e^{-z}<0.56138$이며 減少係数는 0.77459이다. 이 e^{-z}값들의 平均値가 1971年度 참조기의 平均生殘率의 推定値이다.

위 信頼區間의 計算은 小標本이므로 t分布를 利用하였다. 또 두 값이 棄却되는 原因은 測定値의 誤差에 基因한다고 보아진다.

推定方法과 適用例에 對한 考察

体長에 對한 度数分布表에서 年級群別로 母体長平均의 不偏推定値($\bar{x}$)와 母分散의 不偏推定値(S^2 或은 $n/n\text{-}1\cdot S^2$)을 求하였는데, 이것을 그대로 年級群別—体長階級別 確率값을 計算하는데 使用할 수도 있다. 그때는 各 年級群이 지닌 어떤 特性에만 의해서 獨立的으로 成長하여 体長組成이 이루워져 있다고 보는 것이다. 그러나 魚類는 環境要因, 個体群의 自己調節 等 여러가지 要因에 의하여 年級群間에 相互關係가 있는 것이 普通이다. 따라서 年級群間의 体長組成에도 相互關係가 있을 것이다. 그러므로 各 年級群間에 있어서 体長의 平均들과 分散들은 어떤 一定한 傾向線을 나타낼 것이라 봐 진다. 따라서 傾向線式에서 求한 年級群別 母体長平均, 母分散의 推定値($\hat{u}, \widehat{\sigma^2}$)와 標本에서 求한 年級群別 母体長平均, 母分散의 不偏推定値($\bar{x}$, S^2 或은 $n/n\text{-}1\cdot S^2$)와의 差에 關한 有意性檢定을 하여 有意的이 아니면 傾向線式에서 求한 母体長平均, 母分散의 推定値($\hat{u}, \widehat{\sigma^2}$)를 母集團의 母体長平均(u), 母分散($\sigma^2$)으로 보았다. 그러나 두 檢定中 적어도 하나가 有意的인 年級群이 있으면 그 年級群에서는 傾向線式에서 求한 값을 標本을 抽出한 母集團이 母体長平均(u), 母分散(σ^2)으로 認定할 수 없는 것이다. 왜냐하면 오랫동안 定常的인 漁業의 對象이 되고 있는 魚族은 大概 그 成長程度가 年級群 間에 같은 程度라고 보아지지만 環境要因 等 어떤 特殊한 要因에 의하여 大發生年 或은 小發生年에 해당하는 年級群의 成長程度는 平年의 年級群과는 有意的인 差異가 있다고 보아지기 때문이다(久保 等, 1969). 따라서 이때는 標本에서求한 母体長平均, 母分散의 不偏推定値($\bar{x}, S^2$ 或은 $n/n\text{-}1\cdot S^2$)를 그대로 이 年級群의 母体長平均(u), 母分散(σ^2)으로 보는 것이 타당하다.

体長組成表는 이것을 만드는 過程 즉 大, 中, 小, 細箱子의 標本抽出에 의한 偶然誤差와 또 같은 크기의 箱子間의 体長組成의 差 等으로 因하여 隣接하는 体長階級別 度数(尾数)間에 誤差가 多少 있을 것으로 보고 3点移動平均法을 쓰서 体長階級別 度数(尾数)分布를 平滑化 하였다. 勿論 体長組成表가 完全한 것이라면 平滑化 할 必要는 없다.

17個의 e^{-z}값 中 2.44053과 1.21860은 異常的인 값 같아서 Smirnov의 棄却檢定法을 使用하여 棄却檢定을 하였더니 두 값은 有意水準 5%로서 有意的이였음으로 棄却하였다. 勿論 Smirnov의 棄却檢定法을 適用하기 위해서는 17個의 e^{-z}값들이 正規分布를 하는 母集團으로부터 抽出한 標本이라야 하므로 이들 값들의 正規分布 如否를 알기 위하여 正規性檢定을 하였드니 有意水準 5%로서 有意的이 아니였음으로 이들 값들은 正規母集團에서의 標本으로서 正規分布를 함이 判明되었다.

年令이 커짐에 따라서 体長에 對한 標準偏差가 커짐으로 高年令에서는 体長의 범위가 넓어저서 体長이 큰 階級에서는 여러 年令層의 確率값이 들어가고, 또 体長階級別 度数(尾数)도 誤差가 크기 때문에 本例에서와 같이 e^{-z}의 값이 나오지 않는 것 같다.

한 魚族의 年令組成을 알면 쉽게 成長率을 求할 수 있다. 体長組成表에서 年令組成을 求하는 方法이 土井(1975)에 의하여 紹介되었는데, 그 方法의 概要는 다음과 같다.

体長階級의 数가 年令階級의 数와 같거나 크면 (1)式 $N(l_i)=\sum_{x_j} N(x_j)\mathrm{P}(l_i, x_j)$의 群은 $N(x_j)$를 未知数로 하는 多元 一次聯立方程式이 되므로 이것을 풀어서 $N(x_j)$의 값을 求할 수 있다. 一般的으로 体長階級의 数가 年令階級의 数보다 큰 것이 普通이다. 그러나 体長階級의 数가 적으면 풀이는 不可能하다. 이 聯立方

程式을 푸는데 未知数가 많을 때는 普通行列式을 利用한 消却法을 쓰며, 이 計算을 할 때 誤差의 傳播(辛, 1970)를 考慮해야 한다. 結果의 誤差를 E라 하면 $E=f(\varepsilon,\alpha)$로서 表現된다. 여기서 α는 入力 Data의 誤差, ε은 計算途中에 일어나는 四捨五入의 誤差이다. 四捨五入의 誤差는 計算途中 異常傳播가 생기지 않는 限 대개의 경우 有効数字의 자리수를 늘이므로서 誤差의 影響을 最大限으로 막을 수 있다. 그러나 入力 Data의 誤差는 統計資料値 自体의 誤差이므로 그 傳播 累積을 막을 수 없다.

本論文의 適用例인 Table 6에서 x歳 年級群의 尾数인 N_x값을 위 方法으로 計算한 結果 $N_{1.5}=14,941,062$ $N_{2.5}=2,087,565$ $N_{3.5}=7,380,968$ $N_{4.5}=8,277,331$ $N_{5.5}=-6,941,222$ 等이 되어 믿을 수 없는 数字가 나왔다. 이것은 資料値인 体長階級別 度数(尾数)와 体長階級別—年級群別 確率値의 誤差 즉 入力 Data의 誤差의 傳播, 累積에 基因하는 것이라 생각된다.

水産資源解析에 關한 Parameter를 推定하는 模型式을 設定할 때 統計資料値의 誤差 즉 入力 Data의 誤差가 計算을 進行해 나감에 따라서 傳播, 累積되어 감을 考慮해야 한다. 즉 可能한 限 誤差의 傳播, 累積이 일어나지 않는 模型式이 바람직하다.

本研究에서는 生殘率 e^{-z}값들을 求하는데 ①′, ②′, ⑰′式에서 서로 獨立的인 計算에 의한 것이므로 한 式에서 求한 e^{-z}값은 다른 式에서 e^{-z}값을 求하는데 아무런 影響을 주지 않는다. 따라서 資料値의 誤差는 傳播, 累積이 일어나지 않는다.

要　約

同一 年級群의 体長에 關한 度数分布는 正規分布를 하는데, 魚類資源의 減少係数를 z라 할 때 x歳 年級群의 尾数가 $N_x=N_o exp(-zx)$로 表示된다. 위의 두가지 사실에다 体長組成表를 利用하여 生殘率 e^{-z}를 推定하는 方法을 研究한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 年齢, 体長에 關한 正密査定表(標本)로부터 各 年級群別 母体長平均, 母分散의 不偏推定値($\bar{x}, S^2$ 小標本일 때는 S^2 代身 $n/n-1\cdot S^2$)를 求하였다.

2. 標本에서 求한 各 年級群別 母体長平均의 不偏推定値($\bar{x}$)間의 傾向線式과 各 年級群別 母分散(S^2 或은 $n/n-1\cdot S^2$)의 不偏推定値間의 傾向線式을 求하였다.

3. 各 傾向線式에서 年級群別 母体長平均値와 母分散의 推定値($\hat{u}, \hat{\sigma}^2$)를 求하였다.

4. 各 年級群別로 母体長平均의 不偏推定値($\bar{x}$)와 傾向線式에서 求한 母体長平均의 推定値($\hat{u}$)와의 差에 關한 有意性検定을 하고 또 各 年級群別로 母分散의 不偏推定値(S^2 或을 $n/n-1\cdot S^2$)와 傾向線式에서 求한 母分散의 推定値($\hat{\sigma}^2$)와의 差에 關한 有意性検定을 하였다.

5. 有意性検定에서 두 種類 가운데 적어도 하나가 有意的이면 有意的인 年級群의 母体長平均(u)과 母分散(σ^2)을 母体長平均의 不偏推定値($\bar{x}$)와 母分散의 不偏推定値(S^2 或은 $n/n-1\cdot S^2$)로 한다. 2種의 検定이 有意的이 아닌 때는 해당하는 年級群의 母体長平均(u)과 母分散(σ^2)을 傾向線式에서 求한 母体長平均의 推定値($\hat{u}$)와 母分散의 推定値($\hat{\sigma}^2$)로 하였다. 標本이 없는 年級群의 母体長平均(u)과 母分散(σ^2)도 역시 傾向線式에서 求한 母体長平均 및 母分散의 推定値($\hat{u}$, $\hat{\sigma}^2$)로 하였다.

6. 母体長平均(u)과 母分散(σ^2)이 確定되면 正規曲線面積表를 利用하여 年級群別로 各 体長階級에 해당하는 確率表를 만들었다.

7. 서로 이웃하는 体長階級의 比를 利用하여 生殘率 e^{-z}값들을 求하였다.

8. e^{-z}값들 中 異常的인 값은 有意的이면 棄却하고 나머지 값으로 平均生殘率과 그 分散, 標準偏差, 信頼限界를 求하였다.

9. 黃海 및 東支那海에 있어서 韓國機船底引網에 漁獲된 참조기의 年齢 및 体長에 關한 正密査定表와 体長組成表를 利用하여 年平均生殘率 e^{-z}와 그 分散, 標準偏差, 信頼係数 95%의 信頼區間과 年平均 減少係数 Z를 求하였다.

文　献

Kurita S. (1948): A theoretical consideration on *the method for estimating the yearly survival rate of fish stock by using the age difference between the oldest and the average.* Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 14(1), 1~12.

久保伊津男・吉原友吉(1969): 水産資源學, 共立出版, 東京, pp. 315—321.

水産振興院(1972): 韓日漁業 共同委員會 提出資料. No. 6~2(저어류편), pp. 114.

辛翔澤(1970): 誤差의 傳播에 關하여—1. 釜山水大研報, 10(2), 75—79.

辛翔澤(1975): 黃海 및 東支那海의 참조기 資源量解析(主로 韓國機船底引網, 鮟鱇網, 流刺網,

日本機船底引網 漁場을 中心으로). 韓水誌, 8(1), 11—19.

田內森三郎(1947)：年齢・体重・体長の最大値と平均値とをつかつて見掛けの生殘率を求める方法の吟味. 日水誌, 13(2), 91—94.

土井長之(1948)： 生殘率を求める推計的な一つの方法. 日水誌, 14(2), 97—104.

Tanaka S. (1953): The method to calculate precision of survival rate estimated from age-compositon, by ratio estimte—Ⅱ. A method applied to age-composition obtained using length for stratification. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 19(4), 279—282.

田中昌一(1956)： Polymodel な度数分布の一つの取扱方およびそのキダイ体長組成解析への應用. 東海區水硏報, 14, 1—13.

土井長之(1975)：年齢組成を 年齢別 体長度数 分布より推定. 日水資源保護協會月報, 127, 5—17.