

水産に於ける準エルゴード性と 漁獲変動解析への応用例*

黒 木 敏 郎

Semi-Ergode in the Fishery and its Application to the Analysis of Fluctuations in the Catch

Toshiro KUROKI

緒 言

今まで発表されて来た水産学上の幾多の業績を通覧するに、殆どそのすべての所論が「水産関係の諸現象は1ケ年を周期として繰り返されて行く」という潜在意識の上に立つてなされているかのように思われる。漁場の遷移・盛漁期出現の遅速・漁獲量の増減などを論じ、体長組成・年令組成・成長率変化などを解析する場合に平年値的なもの（又は前年、前々年値）を基準として此等の検討を行う事それ自体が「産卵や成長や洄游は略々1年を周期として繰返されて行く」と考えている証左であろう。本論ではそのよつて来たる根源を水産現象変動中の「準エルゴード性」にありと認め、簡単な例を以て之を考察し漁獲変動機序解明の一助にしようとするものである。

こゝに“エルゴード性”とは“あらゆる力学系はこれに充分時間を与えれば初期状態に戻る”という物理的現象変化上の性質である。¹⁾つまり「ある状態が周期 $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ の函数で現わし得る n ケの現象の組合せで生ずるならば、それらすべての整数倍（公倍数）であるような T という周期で殆ど似た状態が生ずる。」というのが「準エルゴード性」であると言えよう。

周期年数の検討

簡単のためにこゝでは海洋・気象などの物理的な外的周期現象が丁度12ヶ月で繰返されるものと想定しよう。これに対して産卵・索餌など生物的内的周期現象は一般には略々1年（特殊な場合半年）と考えられているようである。が、洄游などの場合その移動速度と移動距離との組合せによつてはもつと短い或は長い周期の現象も生ずるであろう。一方生物現象はその合目的性によつて外的周期変動に調子を合わせるような若干の遅速調整を生ずるものと考えられる。物理的外的現象の周期も正12ヶ月毎に生ずるとは限らず1ヶ月程度の遅速を認めて然るべきであろうが、こゝでは生物的内的な周期に1ヶ月の遅速を考え両者のフレを合して2ヶ月程の遅速を許すものと見做す訳である。

このような考え方で、生物的現象の周期として1—18ヶ月をとりこれにはフレ $\alpha = \pm 2$ ヶ月を認め、これと物理的外的現象の周期12ヶ月との最小公倍数たる周期年数を求めたのが第1表である。時間単位として月を採つた事には大きな理由がある訳ではない。日でも旬でも四半年（3ヶ月）でも構わないのであるが、生物生態上・海況気象上・資料調査上その他の観点より月が最も手頃な時間単位と信ぜられるのでこれを採用したにすぎない。

* 昭和29年11月5日、日本水産学会九州支部大会（福岡）にて発表。

例えば単位として旬を選べば、 $36 \pm a'$ 旬との、又週を選べば $52 \pm a''$ 週との最小公倍数月を求めてこれを変動周期と考えればよい。 a' 、 a'' は a と同じ意味のフレである。

本表を見て次のような事が判る。

I) フレ (a) がいない場合 $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 12$ ヶ月は1年周期となり、 $a = 1$ として ± 1 ヶ月のフレに応ずる調和があれば $5 \cdot 7 \cdot 11 \cdot 13$ ヶ月も1年周期へ含まれることになる。 $a = 2$ として調和が ± 2 ヶ月にも及ぶ時には $8 \cdot 10 \cdot 14$ ヶ月まで1年周期へ含まれてしまう。

II) 生物の1素因現象の週期としては1年半もの長きに達するものは殆ど無いと見てもよい事から1~14ヶ月の小周期に基く変動を考えると、9ヶ月を除くすべての小周期に基く変動現象は皆1年周期に緩和調整されてしまい所謂周年変化現象中へ没し去ることになる。

従来の資源学その他に於いて洄游現象などが1ヶ年周期であるという取扱いを受けて来たのもあながち無理ではない。かくして洄游などの生物現象は、その周期が1年である限り資源変動の直接要因として考慮されなくてもよいのであるから第二義的なり扱いをうけて放置されて来たものであろう。

III) 9ヶ月小周期のものだけは ± 2 ヶ月のフレに応ずる調和を認めても1年周期には含まれ得ない。14ヶ月以下の色々な月数の周期要因の殆どすべてが1~2ヶ月の調和修正で1年周期現象へ収斂してしまう中に、ひとりこの9ヶ月のものだけが1年周期とならない以上、9ヶ月小周期の現象は年変動要素の一つとなる事は明かであろう。

IV) 9ヶ月小周期現象はフレなし ($a = 0$) で3ヶ年の、修正調和1ヶ月を許して2ヶ年又は5ヶ年の周期変動を生ずることとなる。このうち、「生物の周期現象に外力が作用すれば周期は延長する一方である。」* という考え方からすれば2ヶ年よりも5ヶ年の方が3ヶ年に次いで生じ易い周期年数となるであろう。

V) フレの巾を3ヶ月に拡げても調和修正の利くような弾力性のある周期現象がある場合には、第1表の数値を左右へ拡げて見れば判るように9ヶ月小周期のものも1年周期(即ち変動なし)へ含まれてしまい、16ヶ月・17ヶ月・18ヶ月などの小周期現象が夫々4ヶ年・17ヶ年・3ヶ年などの周期変動の素因として浮かび上がってくる。

第1表 1~2ヶ月のフレに応ずる変動周期

±a 小 月 月		変 動 周 期 (単位年)				
		短縮フレ		基準	延長フレ	
		-2	-1	0	+1	+2
1	—	—	1	1	1	
2	—	1	1	1	1	
3	1	1	1	1	5	
4	1	1	1	5	1	
5	1	1	5	1	7	
6	1	5	1	7	2	
7	5	1	7	2	3	
8	1	7	2	3	5	
9	7	2	※ 3	5	11	
10	2	3	5	11	1	
11	3	5	11	1	13	
12	5	11	1	13	7	
13	11	1	13	7	5	
14	1	13	7	5	4	
15	13	7	5	4	17	
16	7	5	4	17	3	
17	5	4	17	3	19	
18	4	17	3	19	5	

※印は14ヶ月以下の小周期をもつ現象のうち ± 2 ヶ月のフレを許しても変動要因とならざるを得ないものを示す。

* この現象は、熱力学に於ける第2法則(エントロピー増大の法則)や制御通信工学に於ける第2の法則(ネゲントロピー減少——通信知識量減少——の法則)に対応するものであつて、之に関しては別の機会に発表する予定である。

このように見て来れば、漁獲量の如きものの変動には 2・3・4・5 年の周期を以て増減が示される事は当然であり、そのうちでも 3 年周期の変動の生じ易い事がうなづけるであろう。

上述の如き「準エルゴード性」の再確認より出発する時、水産諸現象の周期年数は単に小さな整数のすべてを含むなどという莫然とした考え方からでなくて、素因現象の伏在を示唆するものであるという考え方から眺められねばならない事となる。次には魚群移動を時空的に解析して得られた洄游周期現象を採り上げて以上の考え方の応用例を示す事にしよう。

日本海サバに関する応用例

今 サバ標識放流並に再捕の結果²⁾の時間空間的な整理結果より得られる移動ダイアグラム*を基として日本海サバ魚群の動態を推察すれば、第2表のような 3 系13群の区分を生ずる。例えば、朝鮮東岸系のうち五島—沿海州間を北上南下往復する B 群が最も多く全

第2表 日本海サバ群衆体区分とその移動要素

No.	系 統		移動速度		重みづけ (%)	洄 游 範 囲			往復所要期間 (ヶ月)	周期 (年)	群符号	
			北 (遡/日)	南 (遡/日)		南 限	北 限	距離 (遡)				
I	朝鮮東岸		4.5	3.4	35	10	五 島	咸 北	600	10	5	A
						25	五 島	沿 海 州	640	11	11	B
II	※大和堆		11.7	2.4	5	5	五 島	大和堆北	700	12	1	C
						~0	朝鮮・島根	大和堆經由北海道西	—	—	—	D
III _a	日 本 内 地 沿 岸 群	北	6.7	4.4	16	10	若 狭	津 軽	440	5½	11	E
						3	対 馬	秋 田	670	8½	17	F
						2	対 馬	津 軽	800	10	5	G
						1	若 狭	宗 谷	800	10	5	H
III _b	日 本 内 地 沿 岸 群	南	6.7	3.3	44	20	対 馬	津 軽	800	11½	23	L
						11	五 島	津 軽	870	13	13	M
						7	対 馬	越 佐	500	7½	5	N
						6	五 島	後 志	970	14 ² / ₃	11	O
						~0	薩 南	越 佐	—	—	—	P

※ 結局大和堆系の 2 群は年毎の変動には関与しないことになる。

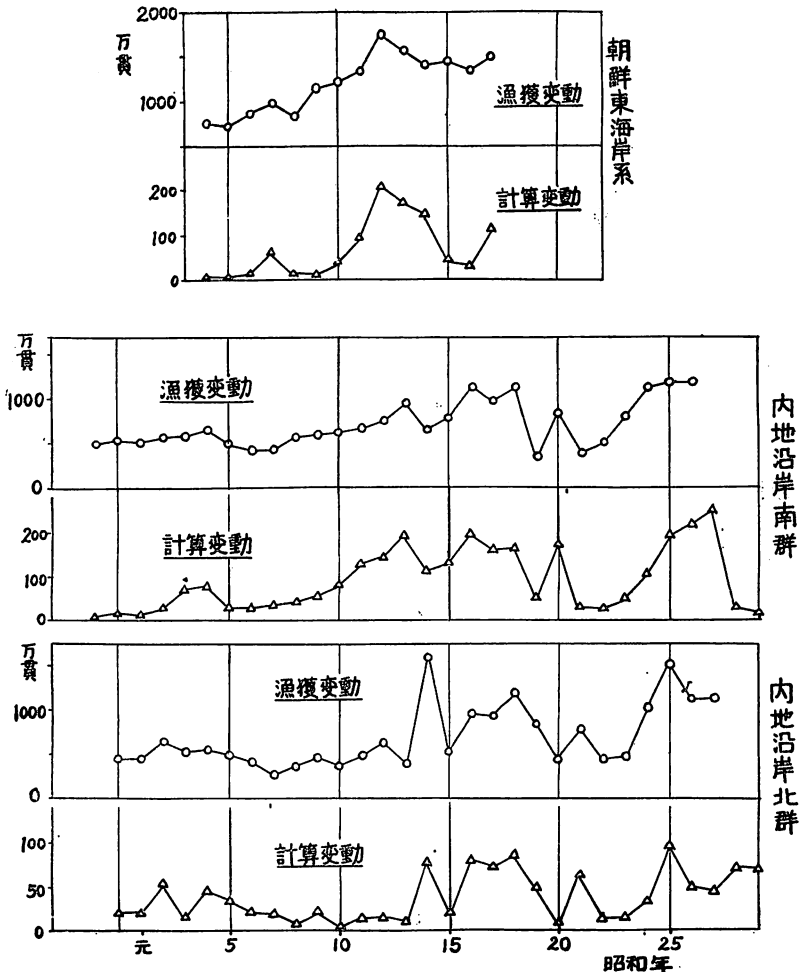
群の 25% に達し、内地沿岸系南群中対馬~津軽間を往復する L 群がこれについて 20% となつている。このような各群が夫々特有な周期を以て移動しているのだから産卵適場

* プリ移動ダイヤに関しては、昭和 27 年来 3 回に亘つて日本水産学会大会で発表した。サバの移動ダイヤも之と同じ方法によるものであるが、何れも広大な図面となるので印刷する機会を失っている。(此等の移動ダイアグラムはホタテガイのものも含め学位請求論文の一部として別途発表の予定である。)

へ丁度適期に重畳し合った年に資源添加量が最大となるであろうし、その重畳が行われなかつた年には添加量最少となるであろう。これらは漁獲対象魚へ成熟するまでの年数だけ遅れた形として漁獲量の変動に現われる筈である。

各群の重量とそれに応ずる添加量との間には、群成熟度・産卵率・受精率・孵化率その他の諸々の因子が介在している筈であるが、天然状況下での此等は殆ど明らかにされていないので、ブリの場合と同様産卵至適月を 100 として遅速不対称に各月相対値を想定する。細部に亘る計算は紙面の都合上省略し、下図に実際の漁獲高と計算結果との比較を掲

日本海サバ漁獲変動と相対値計算変動との比較



げる。こゝに内地沿岸の漁獲高は農林統計に基いて（従つてゴマサバとホンサバとを分離せず）に計算したものであるが、標識放流の整理結果とにらみ合せて次のような最も妥当と思われる仕方で南北に分けて集計した。即ち：

- ◎福井県以南の1府8県合計の $\frac{2}{3}$ と石川県以北1道6県合計の $\frac{1}{3}$ とを加えて南群とする。
- ◎福井県以南1府8県合計の $\frac{1}{3}$ と石川県以北1道6県合計の $\frac{2}{3}$ とを加えて北群とする。

この漁獲高の増減傾向は少くとも昭和十年以後の 10 数年間では南群側が北群側の傾向より 1 年先行して現われているかの如く見受けられ、朝鮮東岸系では更に 1 年早い増減傾向を示しているように思われる。これらに関する考察は他の機会に述べる事とし、こゝでは計算変動を実漁獲高変動と相似せしめるための計算条件より次の諸件が推定された事だけに触れて置こう。

1. 朝鮮東海岸側へ出現する群の主産卵場は五島附近であつて、そこでの最大資源量添加は 1935 年（これは量的に本系の約 70 % を占め周期 1 年でくりかえされる）と 1936 年（これは残り約 30 % を占め周期 5 年でくりかえされる）とに行われたものであろう。
2. 大和推系へ洄游する群に関してはその量が全体の殆ど 5 % にしか過ぎないと見られるので詳らかにし得ないが、大体毎年五島附近で産卵されるものから添加をうけるものと推定される。洄游周期が 1 ケ年なのでこの群は資源変動の（時間・空間的）原因群とはなり得ない。
3. 内地沿岸系北群の主産卵場は若狭湾近海と推定され、その最大の資源量添加は 1939 年（その後約 11 年毎に繰返される）に行われたものと思われる。
4. 内地沿岸系南群の主産卵場は対馬海峡以南にあり、そのうちでも最適条件での最大量産卵は対馬近海で 1935 年に（これはその後約 23 年毎に繰返される）、又五島附近で 1938 年に（これはその後約 13 年毎に繰返される）夫々行われたものと推定される。

以上の推測は確定的なものではない。産卵の月毎分布量資料は見当たらないし、サバの卵は浮游性であるため海潮流にのれば 1 ケ月に 500 湊移動してしまう事も考えられるし、漁獲統計はホンサバ・ゴマサバの区別に拠つて分けられても居ないし、種々の不明確な条件の下に大まかな計算を行つたに過ぎないから上に産卵場と称したのは概括的な産卵重心の位置という意味を出ない。

しかしこのような考えの進め方や計算の活用法が妥当であるか否かは計算結果に基く漁獲高の予想が実際に適中するか否かで判定される事であり、又適中するように年々修正を施すことによつてこのような方法論を妥当なものへ発展せしめ得る事でもあると信ぜられるので粗硬さを省みずこゝに一応の実例計算として発表した次第である。

結 び

従来の水産資源学に於ては、研究者の眼が時間経過と共に時間に流され、空間移動と共に場所をかえて行つたからこそ、対象物たる魚群衆体を生物学的に又その外的環境を海洋学的にたくわしく観察・考究・記述し得たものであると言ひ得るのであろう。

今吾人の観察眼を魚群衆体の変化そのものに乗せた時魚群衆体並びにこれと密接な環境要因は意識の中に沈み、時間的経過と空間的移動とが明確な対象として浮かび上つてくる。しかもその 2 次元の変化は紙面に表現し易くもあり考察記述も又容易となるものである。こゝに水産に於ける準エルゴード性をとり上げ、時空的な移動の例をサバにとつて魚群衆体変動解析の計算結果を掲げた所以である。内的・生物学的考察や外的環境（海況・漁獲効果など）の研究考察に欠くる所の多い事を諸彦におかれて諒とせられたい理由もこゝに存する。

論を結ぶに當つて、常に新しい示唆を賜り適切な資料を以て御指導下さつた九州大学相川教授に深甚の謝意を表する次第である。

Résumé

From the view-point of semi-Ergode, the author tried to explain the reason being apt to suppose that almost of all phenomena in the fishery are repeated at annual periods.

When every conditions of environment have the periods of about 12 months under the allowable deviations of 2 months, it will be happened very often that the periods of phenomena in fishery are 3 years as the other than periods of 1 year.

In this paper, the author applied this idea to analyzing of the stock of scomber in the Japanese Sea, and divided it to four groups and estimated its periodical variations.

文 献

- 1) 渡辺：自然，8巻12号（1953）〔中央公論社〕
- 2) 松下・伊藤：漁業科学叢書，5号（1952）〔水産庁編〕