マグロ延縄漁業の漁場選定に関する研究-I

ミナミマグロ延縄漁業の決定論的モデルによる

シミュレーション^{*1}

竹内正一・種石裕司

(1976年1月24日受理)

Studies on the Selection of Tuna Long-line Fishing Grounds-I.
Deterministic Model Simulation of Southern Bluefin Tuna FisherySHOICHI TAKEUCHI^{*2} and YÜJI TANEISHI^{*3}

In these studies on the selection of fishing grounds in southern bluefin tuna fishery, a deterministic model simulation was used. As the shifting methods of boats from one to another fishing ground, the following three cruises were set:

1. Covering the whole fishing ground,
2. Covering the fishing ground within 10 days to a shift,
3. Covering either side of the present fishing ground.

26 cruises of the calculated 61 cruises made the same fishing profits with any of the three shifting methods above and 21 cruises made the same profits with Nos. 1 and 2 methods, but 12 cruises showed a disagreement of the three shifting methods.

操業位置の選定には、操業中に次の操業位置を決めるといったミクロな操業位置の選定と、出漁前に操業する漁場を決めたり、操業計画を立てるといったマクロな操業位置の選定がある。

ミクロな操業位置の選定においては、水温、水色、透明度、潮境の位置、天候、風向、風力、害敵（シャチなど）、前回の操業における漁獲量と魚種組成および他船の漁獲量とその操業位置などの情報を総合的に用いて判断しているものと考えられる。これらの個々の情報と漁獲量との関係については種々論じられているが¹⁾、操業位置の選定という視点に立つて解析した例は、まぐろ延縄漁業の「カギ延え」という操業方法で操業した漁獲量を用いて魚群の移動方向を推定した黒木²⁾の研究と、漁艇搭載式まぐろ延縄漁業の漁獲資料を用いて魚群の移動方向と潮流の方向との関係を論じた平山³⁾の研究があるにすぎない。

一方、マクロな操業位置の選定については、各個の企業計画や操業計画の中では真剣に検討されているのであろうが、報告されたものとしては、四之宮⁴⁾の漁船システム論があるのみである。これは操業計画の理論的方向づけを行なったもので、実際の操業資料を用いての推論を行なったものではない。

ミナミマグロ延縄漁業はその漁獲量の殆んどがミナミマグロであるため、魚種組成によつては操業位置を変えることは少ないが、漁場の形成次第によつては大きく漁場間の移動を行なつて操業位置を変更する。その漁獲物のミナミマグロはさしみ用高級まぐろとされ、その肉質は漁獲された漁場と時期によつて変わるといわれるが、水揚げの際にも漁獲された漁場と時期によつて別々に取引されている。このため漁獲金額の推定には、操業1回当りの漁獲重量のほかに時期毎、漁場毎の魚価の情報が必要である。本報告においては、ミナミマグロ延縄漁業を例にとりあげ、マクロな操業位置の選定のための決定論的モデルによるシミュレーション

^{*1} この研究の費用の一部は昭和49年度文部省科学研究費によった。

^{*2} 東京水産大学 (Tokyo University of Fisheries, 5-7, Konan 4, Minato-ku, Tokyo 108)

^{*3} 静岡県漁連 (Shizuoka Prefectural Cooperative Association, 9-18, Oitemachi, Shizuoka 420)

シミュレーションプログラムを作成し、漁場を選定する移動方法の適否について検討した結果について報告する。

モデルの構成

ミナミマグロ延縄漁業におけるマクロな操業位置の選定を漁場間の移動の立場からモデル化しようとする。漁場間の移動を決定する条件は最大の利益をあげることとした。漁獲量を決定するときに不確定要素の入らない、決定論的モデルによるシミュレーションプログラムは次の方針で作成した。

種々の条件の設定 プログラムの中で使用する条件の設定は次のとおりとした。

- 1) 操業開始漁場 焼津港を出発する日に最初に操業する漁場を決定して、データとして input する。
 - 2) 総航海日数 漁業経済調査報告（企業体の部）⁶⁾より静岡県船でミナミマグロを主対象として操業したと思われる漁撈体のうち 200～500 トン階層の漁撈体の航海日数の平均値より次のように決定した。
 - ① 焼津港を出港してから 250 日を経過した場合には帰港することとした。
 - ② 焼津港を出港してから経過日数に移動日数を加えて 230 日をこえる場合は移動を中止して帰港することとした。
 - 3) 補給間隔および補給港在港日数 補給のための入港間隔は 65 日間とし、補給のための在港日数は 3 日間とした。
 - 4) 航海経費および操業経費 漁業経済調査報告（企業体の部）より長谷川⁹⁾の例にならい、静岡県船でミナミマグロを主対象として操業したと思われる 200～500 トン階層の漁撈体の経営実績をもとに次のように決定した。
 - ① 航海経費 漁業経済調査報告の漁撈体個別結果表より、漁業支出のうち雇用労賃の 1/2、漁船費、漁具費、油代、氷代、諸材料費、諸施設費、賃借料、事務費、その他の漁業支出の各項目および漁船の減価償却費を合計して、年間航海日数で除して得た金額を航海 1 日当り経費とした。その航海 1 日当り経費は 276 千円となつた。
 - ② 操業経費 漁業経済調査報告の漁撈体個別結果表より、漁業支出のうちえさ代の項目を漁獲努力（使用釣針数）で除して餌料 1 尾代金を求めた。さらに 1 回の操業に使用する釣針数を 2,000 本として、これに餌料 1 尾代金を乗じて得た金額を操業 1 回当り餌料費とした。その操業 1 回当り餌料費は 146 千円となつた。また、漁業支出のうち雇用労賃の 1/2 と販売手数料の項目を加えて漁撈日数で除して得た金額を漁撈 1 日当り経費とした。その漁撈 1 日当り経費は 181 千円となつた。操業 1 回当り餌料費に漁撈 1 日当り経費を加えて操業 1 日当り経費とし、それは 327 千円となつた。
 - 5) 入港経費 焼津市春日漁業所所属船の航海損益計算書より外地寄港経費を寄港回数で除して得た金額を入港 1 回当り経費とした。その入港 1 回当り経費は 233 千円となつた。
 - 6) 航海日数・移動日数および入港所要日数 焼津港と各漁場の中心との距離、各漁場の中心の間の距離ならびに各漁場の中心と補給に入港する港との距離をそれぞれ 1 日の航程 240 マイルで除して、それぞれの漁場までの航海日数、漁場間の移動日数ならびに入港所要日数とし、Fig. 1 に示した。
 - 7) ペナルティー 移動などにより、補給のための入港間隔 65 日間をこえた場合は、1 日当り 100 万円の経費をペナルティーとして加算することとした。
- 漁場の生産指数** 月毎の魚価指数、平均魚体重および平均釣獲率の積をもつて漁場の生産指数としたが、それらの各項目は次のように規定した。
- 1) 魚価指数 焼津市魚市場の仲買人の人達の意見を参考にして、月毎、緯度経度 10 度区画毎の魚価を指数で表わしたものを使用した。
 - 2) 平均魚体重 鮪漁業⁷⁾より中海区別平均漁獲重量と漁獲尾数を抽出し、月毎に平均魚体重を求めたものを使用した。
 - 3) 平均釣獲率 昭和 47 年まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告⁸⁾より月毎に平均釣獲率を求めたものを使用した。

Fig. 1. Division of the long-line fishing ground of southern bluefin tuna used for this study. The large figures in the chart show divided fishing ground and the smalls cruising days.

A...Cape town B...Fremantle C...Hobart D...Sydney E...Auckland
F...Lyttelton

Table 1. Coefficient of the productivity in eight fishing grounds in June of 1972

Divided fishing ground	Index of fish price	Body weight (kg)	Hooked rate (%)	Coefficient of the productivity
1	220	45.9	1.05	9,639
2	150	46.0	1.16	8,004
3	150	64.0	0.65	6,240
4	110	66.7	0.92	6,750
5	130	65.9	1.57	13,450
6	80	40.0	1.45	4,640
7	100	54.8	2.61	14,303
8	150	61.7	1.24	11,476

Table 2. Monthly coefficients of the productivity in eight fishing grounds

Month	Divided fishing ground	1	2	3	4	5	6	7	8
Jan.		4,234	4,239		4,375	5,372			2,550
Feb.		3,683	5,870		3,384	3,384			2,884
Mar.		4,923	5,143		7,353	7,353			5,016
Apr.		2,070	7,452		5,590	5,590			6,750
May		10,162	8,990	7,321	6,140	6,140			7,242
Jun.		9,639	8,004	6,240	6,750	13,450	4,640	14,303	11,476
Jul.		11,917	7,476	6,875		12,131	10,181	7,772	
Aug.		10,867	9,483	11,356	3,966	11,390	6,264	5,220	
Sept.			6,895	6,401	4,143	7,304	6,468		
Oct.			1,310	3,615	10,305	2,920	4,192		
Nov.					2,652	3,808			
Dec.					2,970	4,908			

以上3項目とも得られた漁場は月毎にその範囲は変るが、Fig. 1に示すごとく大きく8つの漁区に分け、漁場の生産指数を計算した。その一例をTable 1に示す。また、月毎、漁場毎の生産指数をTable 2に示す。

総経費 総経費は1日当りの航海経費×〔往路航海日数+復路航海日数+移動日数+入港所要日数×2+補給港在港日数〕+操業日数×(1日当り航海経費+1日当り操業経費)+ペナルティーとして求める。

漁獲金額 漁場の生産指数を求めるとき使用した魚価指数は基準が100である。昭和47年焼津市漁協水揚高統計より求めた年間のミナミマグロの平均魚価は825円/kgであつたので、漁場の生産指数を8.25倍する。また、平均釣獲率は釣針100本当りの漁獲尾数である。操業1回当り使用釣針数を2,000本としたので、漁場の生産指数を20倍する。よつて、漁獲金額は漁場の生産指数×8.25×20×操業日数として求める。

移動指数 漁場間の移動を決める移動指数(GA)は次の式により求めた。

$$GA^* = GJ - GI + \frac{K}{N} (1982 - GJ)$$

ただし GI…移動する前の漁場の生産指数

GJ…これから移動する漁場の生産指数

N…漁場を移動しない場合の操業可能日数

K…漁場間の移動日数

漁場間の移動 漁場に到着した月には漁場を移動しない。毎月1日か補給のため入港した港から漁場に戻つた日に、その月の各漁場の生産指数より移動指数を計算して、移動指数の最大の漁場に移す。

上に述べた方針で作成した決定論的モデルによるシミュレーションプログラムの概要を示す流れ図はFig. 2に示すとおりである。また、本研究の計算には東京水産大学計算センターの電子計算機 TOSBAC-3400 を使用した。

結果および考察

ミナミマグロ延縄漁業におけるマクロな操業位置の選定のための決定論的モデルによるシミュレーションプログラムを作成し、操業位置を選定する移動方法の適否を判定するために、移動方法のちがひによる利益(漁獲金額-総経費)の差異を求めた。

操業位置を選定する場合、どの漁場までを移動の対象として考えるかは、その漁船のおかれている種々の

* M をこれから移動する漁場での操業可能日数とすると、これから移動する漁場での利益は、
 $GJ \cdot M - (276 + 327) \cdot M - 276 \cdot K$ となる。

一方、移動する前の漁場での利益は、
 $GI \cdot N - (276 + 327) \cdot N$ となる。

移動するためには、
 $GJ \cdot M - 603 \cdot M - 276 \cdot K > GI \cdot N - 603 \cdot N$

でなければならない。また、 $M = N - K$ であるので、
 $GJ \cdot (N - K) > GI \cdot N - 327 \cdot K$ となる。

ここで、603、276 はそれぞれ操業1回当り経費ならびに移動1日当り(航海)経費で、単位は千円である。GI、GJ は釣針100本、魚価100円/kgの場合の各漁場の生産指数である。これを操業1回当り(使用釣針数2,000本、魚価825円/kg)に直して、整理すると、

$$GJ \cdot N - GJ \cdot K > GI \cdot N - 1982 \cdot K$$

$$GJ - GI + \frac{K}{N} (1982 - GJ) > 0 \quad \text{となる。}$$

この左辺を移動指数(GA)とすれば、

$$GA = GJ - GI + \frac{K}{N} (1982 - GJ) \quad \text{となる。}$$

Fig. 2. Flow chart of deterministic model of southern bluefin tuna fishery

条件によつて変るが、ここでは次のような基準によつて移動する場合を想定して計算した。それは①全漁場を対象とする、②移動日数 10 日以下の漁場のみを対象とする、③両どりの漁場のみを対象とするという 3 通りの場合である。

毎月1日に焼津港を出港することとして、漁場到着時に操業可能（漁場の生産指数が得られた漁場、Table 2 参照）な全漁場に向けて出漁した 61 航海について①～③の移動方法で移動して操業した場合をシミュレーションして利益を計算した結果を Table 3 に示す。また、3 通りの移動方法で移動して操業した 61 航海の利益の一致、不一致の状態を Table 4 に示す。これによると、その中の 26 航海が①～③の移動方法で操業した場合の利益が一致した。これは①～③の移動方法のうちどの移動方法を採用して操業しても利益を最大にする最適漁場で操業することが出来たことを示している。

次に①と②の移動方法で操業した場合の利益が一致した航海が 21 回あった。これは③の移動方法が両ど

Table 3. Fishing profits from the shifting methods in eight fishing grounds
(Unit: Ten thousand yen)

Clearance date	Shifting method*	Divided fishing ground							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1st Jan.	1	9,245	10,875		8,325	13,416			12,951
	2	"	"		"	"			"
	3	"	"		5,635	12,777			12,312
1st Feb.	1	10,199	10,973		13,579	13,630			13,041
	2	9,812	10,586		"	"			"
	3	10,199	10,973		8,225	12,830			12,241
1st Mar.	1	8,758	10,075		14,597	15,954			16,156
	2	7,892	9,069		"	"			"
	3	8,778	10,094		7,543	15,315			15,517
1st Apr.	1	9,326	8,944		13,536	15,063			13,809
	2	7,023	6,641		"	"			"
	3	7,588	7,206		7,730	"			13,009
1st May	1	7,798	7,016	14,504	15,196	15,970			14,334
	2	4,759	3,977	"	"	"			"
	3	5,693	4,912	8,233	"	"			13,895
1st Jun.	1	3,923	3,397	9,136	9,866	11,379	9,990	11,118	10,146
	2	2,828	2,518	"	"	"	"	"	"
	3	3,312	3,001	5,870	"	"	"	10,318	"
1st Jul.	1	3,085	3,721	7,348		9,218	8,933	8,010	
	2	172	808	"		"	"	"	
	3	1,308	1,944	"		"	"	6,013	
1st Aug.	1		-138	4,580	4,241	5,460	4,816	4,346	
	2		310	"	"	"	"	"	
	3		-319	"	"	"	"	3,031	
1st Sept.	1		-759	5,442	5,833	5,894	5,607		
	2		-713	"	"	"	"		
	3		-522	"	"	"	3,913		
1st Oct.	1			3,559	4,098	3,747	3,913		
	2			"	"	"	"		
	3			3,028	"	"	"		
1st Nov.	1				6,911	7,223			
	2				"	"			
	3				"	"			
1st Dec.	1	8,668	9,175		10,452	10,892			
	2	"	"		"	"			
	3	"	"		8,956	9,397			

* See text or abstract

Table 4. Degree of agreement of the fishing profits from the three shifting methods

Divided fishing ground Clearance date	1	2	3	4	5	6	7	8
1st Jan.	◎	◎		△	△			△
1st Feb.	×	×		△	△			△
1st Mar.	※	※		△	△			△
1st Apr.	※	※		△	◎			△
1st May	※	※	△	◎	◎			△
1st Jun.	※	※	△	◎	◎	◎	△	◎
1st Jul.	※	※	◎		◎	◎	△	
1st Aug.		※	◎	◎	◎	◎	△	
1st Sept.		※	◎	◎	◎	△		
1st Oct.			△	◎	◎	◎		
1st Nov.				◎	◎			
1st Dec.	◎	◎		△	△			

◎...Agreement of the fishing profits from the shifting methods of Nos. 1, 2 and 3.

△...Agreement of those of Nos. 1 and 2.

×...Agreement of those of Nos. 1 and 3.

※...Disagreement of those of Nos. 1, 2 and 3.

なりの漁場へのみ移動するという制限と、移動は毎月1日か補給入港から漁場に戻った日に行なうという制限のために利益を最大にする最適漁場で操業することが出来なかつたためにおこつたものである。つまり、移動日数10日以内の漁場に最適漁場があつても、となりの漁場でないために移動することが出来なかつたためである。しかし、2区と3区の漁場間の移動日数が13日間であるため、1区と2区に出漁した航海ではこのケースはおこつていない。

さらに、①と③の移動方法で操業した場合の利益が一致した航海は2月に1区と2区に出漁した航海であつた。この両航海は出港より240日経過した10月1日に①と②の移動方法では4区に移動して操業しようとしたが、航海日数の制限（出港よりの経過日数に移動日数を加えて230日をこえる場合は移動を中止して帰港する）によつて帰港したのに対して、②の移動方法では移動日数10日以下の制限のため3区へも移動して操業することが出来ず、しかたがなく漁場の生産指数の低い2区で10日間操業したために利益が減少したものである。このケースは各漁場間の移動日数が10日以下の3区から8区の間漁場に出漁した航海ではおこつていない。

次に、①～③の各移動方法で操業した場合の利益がことなつた航海が12回あり、このケースも1区と2区に出漁した航海にだけおこつていゝ。3月に1区と2区に出漁した航海と8月と9月に2区に出漁した4航海をのぞいては、①の移動方法で操業した場合の利益が一番大きく、つづいて③の移動方法で操業した場合の利益が大きい。これは2区と3区の漁場間の移動日数が13日間であるため移動日数10日以下という制限のある②の移動方法では2区の漁場が消滅するまで3区に移動して操業することが出来なかつたために利益が減少したものである。つぎに、3月に1区と2区に出漁した航海において、①の移動方法では最適漁場の4区に移動して操業しようとした所、移動日数が18日で操業日数が殆んどなくなつてしまうため（出港よりの経過日数に移動日数を加えて230日をこえる場合は移動を中止して帰港する）に2区より帰港した。一方、③の移動方法ではとなりの漁区という制限のため2区から3区に移動し、3区で出港よりの日数が250日になるまで操業して帰港した。ところが2区より帰港すると38日かかる航海日数が2区から3区に移動して3区より帰港すると13日+24日=37日になり航海経費が1日分節約になる。この結果、③の移動方法で操業した場合の利益が①の移動方法で操業した場合の利益より20万円程多くなつたものと思われる。8月と9月に2区に出漁した航海においては赤字になることがある。この原因は補給入港の日数を

Table 5. Added expenses and revised profits in the cruises showing deficits

Clearance date	Shifting method	Fishing profit	Excessive days*2	Added expense	Revised fishing profit
1st Aug.	1	-138*1	13	1,300*1	1,162*1
	2	310	0	0	310
	3	-319	8	800	481
1st Sept.	1	-759	16	1,600	841
	2	-713	14	1,400	687
	3	-522	13	1,300	778

*1 Unit: Ten thousand yen

*2 Days required more than expected days for supplying foods, waters, oils and etc.

こえて移動することになつて、1日当り100万円のペナルティーの経費を加算されたためである。そこで、加算されたペナルティーの経費を差し引いて補正するとTable 5のようになり、利益は①、③、②の移動方法で操業した場合の順となる。

以上、3通りの移動方法を総合的に考えると1区と2区の漁場では①の移動方法で操業し、3区から8区の間の漁場では①か②の移動方法で操業位置を選定したほうがよいと考えられる。出漁する時期についてみると、3月から5月に出漁する航海の利益が多く、8月から10日に出漁する航海のそれは少ない。その原因は11月から2月にかけての各漁場の生産指数が低いことによるものである。

要 約

ミナミマグロ延縄漁業におけるマクロな操業位置の選定のための決定論的モデルによるシミュレーションプログラムを作成し、操業位置を選定する移動方法の適否を判定するために、シミュレーションを行なった。出港月日、出港時に向う漁場を変えて計算した61航海について、操業位置を選定する移動方法のちがひによる利益の差異を求め、次の知見を得た。

- 1) 3区から8区の間の漁場に出漁した航海は、①～③の移動方法で操業した場合の利益が一致する場合と③の移動方法で操業した場合の利益が少ない場合がほぼ同数であつた。つまり、3区から8区の間の漁場での操業位置の選定には①か②のどちらの移動方法を採用しても同様な結果となる。
- 2) 1区と2区の漁場に出漁した航海では、①～③の移動方法で操業した場合の利益が一致しない航海が多かつた。
- 3) この場合の利益は①、③、②の移動方法の順に多かつた。
- 4) 利益がマイナスになる航海があつたが、補給予定日をこえてペナルティーの経費を加算されたためで、それを補正すると利益は①、③、②の移動方法の順になつた。

終りにミナミマグロの魚価指数を作成していただいた、焼津市漁協秋山鋭治郎氏、漁獲成績報告書、航海損益計算書等種々の資料を提供して下さい、春日漁業種石義一氏に心から深謝の意を表するものである。

文 献

- 1) 新宮千臣：遠水研報，3，57-113 (1970)。
- 2) 黒木敏郎：農林漁業試験研究費補助金による研究報告書，5-9 (1968)。
- 3) 平山信夫：本誌，35，550-554 (1969)。
- 4) 四之宮博・嶋村哲哉・柳川三郎：日本航海学会論文集，51，93-99 (1974)。
- 5) 農林省統計情報部：昭和47年漁業経済調査報告（企業体の部），農林統計協会，東京，1974，pp. 225-230。
- 6) 長谷川彰：東海区水研報，78，85-95 (1974)。
- 7) 日経連：鮪漁業，39-50，(1972-1973)。
- 8) 水産庁調査研究部：昭和47年まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査報告，水産庁，東京，1974。