

西部太平洋海域에서 日本 다랑어 旋網漁業의 漁獲特性*

金炯碩 · 李珠熙 · 梁龍林

釜慶大學校

(1999년 6월 28일 접수)

Catch Specification of Japanese Tuna Purse Seine in the Western Pacific Ocean

Hyung-seok KIM, Ju-Hee LEE and Yong-Rhim YANG

Pukyong National University

(Received June 28, 1997)

Abstract

Specificity of catches has been analyzed to Japanese tuna purse seine. A principle component analysis was used to improve the efficiency of fishing and increase sustainable production and productivity of Korean tuna purse seine.

The result are as follows ;

From the principal component analysis of the fish catches, the first principal component(Z1) to promote principal component score was skipjack *Katsuwonus Pelamis*, *LINNAEUS* and yellowfin tuna *Thunnus Albacares*, *BONNATERRE* (Small : smaller than 10kg) and proportion was 86.8 % of total. The second principal component(Z2) to increase principal component score was yellowfin tuna (Large : larger than 10kg) and proportion was 9.5 %.

On the other hand, fish operating that have caught skipjack and yellowfin tuna (Small and Large) was not so much. Fish catches for one species raised volume of the catches while catches for multi-species decreased it since principal composition score for one species and both species together has been increased

Fish school could be divided into three groups of schools each of which was associated with drift objects, payaho and ship, school associated with shark, whale and porpoise and school of breezing, feeding and jumping from proportion of principal component analysis for fish catches of school types.

However, the biological pattern is different among school associated with ship, payaho and school associated with drift objects for analysis eigen vector. School associated with ship, payaho and school associated with drifting object associated is judged as school which be assembled to vessel and drifted log temporary.

* 본 연구는 교육부 지원 해양식량자원개발 특성화사업의 일부 경비 지원으로 수행되었음.

서 언

최근의 원양어업은 연안어업국의 수산자원에 대한 재평가와 함께 1994년 해양법의 발효이후 200해리 경제수역 선포국의 확대와 추진으로 더욱 더 어장이 축소되어 가고 있는 것이 현실이다. 1981년부터 본격적으로 시작된 서부태평양에서의 다랑어 선망어업은 이러한 어려운 상황 속에서도 1995년에는 원양어업생산량의 약 20%를 차지하고, 최근 5년 평균 약 18만 M/T 을 어획하고 있는 어업이다.(국립수산진흥원, 1977).

다랑어 선망어업은 표층어류인 다랑어류를 주 어획대상으로 하여, 유목과 같은 부유물 주위에 어군이 형성되는 유목군을 대상으로 하는 조업과 수중에서 부상하는 부상군을 대상으로 하는 조업으로 크게 나누어 진다. 우리나라의 다랑어 선망어업의 경우는 주로 부상군을 대상으로 조업을 하고 있으나 본 어업의 지속적인 생산과 그 생산성을 높이기 위하여서는 유목군을 대상으로 한 조업에 대한 어획을 증대시키는 것이 무엇보다도 중요한 과제이다.

따라서 본 연구에서는 현재 서부태평양해역에서 주로 유목군을 대상으로 조업하고 있는 다랑어 선망어업의 어획특성을 파악하여 부상군을 대상으로 조업을 하고 있는 우리나라의 다랑어 선망어업의 생산성을 높이고 조업의 효율과 어장선정의 효율을 높이기 위하여 다변량해석법의 하나인 주성분분석법을 이용하여 어획의 종합적인 특성을 파악하는 것을 목적으로 한다.

다변량 해석의 수법을 이용한 연구가 최근의 여러 분야에서 이루어지고 있다(四之宮 등, 1984). 그 수법 중에서 주성분분석법(Principle Component Analysis)이라는 것은 다수의 변량의 값을 될 수 있는 한 정보의 손실 없이, 1개 또는 수개의 지표(주성분)로 종합적인 특성을 추출하는 대표적인 수법이다(田中 등, 1984). 그 주성분분석법을 이용하여 어업에 관하여 그 특성을 파악한 연구는 小池 등(1987), 鄭(1994) 및 根本(1995)의 연안어업에 관한 것이 대부분이다.

본 연구에서는 서부태평양해역에서 일본의 다랑어선망어업의 어획특성을 파악하기 위하여 각

어선이 어획한 주요 어종의 어획량과 어군성상별의 어획량에 관하여 종합적인 특성을 구하기 위하여 각각에 대하여 주성분분석을 하여, 얻어진 고유벡터 및 주성분득점으로부터 어획의 특성을 파악하였다.

자료 및 방법

본 연구에 이용한 자료는 서부태평양해역에서 조업하는 일본의 다랑어 선망어선(32척)이 1983년부터 1990년의 8년간 각 항차 별로 작성한 大中型旋網漁業漁獲成績報告書를 이용하였다.

이 어획성적보고서에는 매 조업시의 어장정보와 어군성상, 어종별의 어획량을 가다랑어 *Katsuwonus Pelamis*, LINNAEUS, 눈다랑어 *Thunnus Albacares*, BONNATERRE, 황다랑어 *Thunnus Albacares*, BONNATERRE(대)(10kg 이상), 황다랑어(소)(10kg미만) 등으로 구분하여 기재되어 있다.

어획의 종합특성을 파악할 목적으로 각 어선이 어획한 주요어종의 어획량에 대하여 주성분분석을 행하여, 얻어진 고유벡터 및 주성분득점에서 어획특성을 분석하였다. 어획량을 변수로 하여, 그 어획량에 대하여 분산공분산 행렬을 이용하여 각 주성분(Z_k)에 있어서 4어종별의 $X(i)(i=1\sim 4)$ 의 고유벡터, 각 주성분의 기여율 및 누적기여율을 구하였다. 또, 같은 방법으로 년별로 어군성상별로 어종별의 어획량을 변수로 하여, 그 어획량에 대하여 분산공분산 행렬을 이용하여 주성분분석을 행하여 각 주성분의 고유벡터와 기여율의 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 어획량에 대한 주성분분석

어획량에 대하여 분산공분산행렬을 이용하여 얻어진 각 주성분은 Table 1과 같이 나타났다. 제1주성분(Z_1)의 기여율은 전변동의 86.8%, 제2주성분(Z_2)의 기여율은 전변동의 9.5%였다. 주성분의 수를 정할 때는 누적기여율이 적어도 80%이상

Table 1. The value of eigen vector and eigen values of the covariance matrix and proportions and cumulative proportions of catches

item	Z1	Z2	Z3	Z4
X(1) : skipjack <i>Katsuwonus Pelamis, LINNAEUS</i>	0.99906	0.09947	-0.02743	-0.00110
X(2) : yellowfin tuna(L)* <i>Thunnus Albacares, BONNATERRE</i>	-0.03408	0.99918	-0.02178	-0.00301
X(3) : yellowfin tuna(S)** <i>Thunnus Albacares, BONNATERRE</i>	0.02663	0.02259	0.99888	-0.03183
X(4) : bigeye tuna <i>Thunnus Obesus LOWE</i>	0.00185	0.00376	0.03171	0.99949
eigen value	833.17905	91.17586	34.37329	1.30481
proportions	0.86787	0.09497	0.03580	0.00136
cumulative proportions	0.86787	0.96284	0.99864	1.00000

* Yellowfin tuna(L) means bigger than 10kg.

** Yellowfin tuna(L) means smaller than 10kg.

되는 것이 기준으로 되어 있다(田中 등, 1984 : 有馬 등, 1988). 여기에서는 제1주성분의 기여율로 86.8%, 제2주성분의 기여율까지 취하면 96.3%이어서 충분하지만 제3주성분의 기여율까지 취하면 99.9%가 되어 거의 전부를 나타내므로 제3주성분까지 취하였다.

먼저 제1주성분의 고유벡터를 보면 가다랑어가 0.99906, 황다랑어(소)가 0.02663, 눈다랑어가 0.00185, 황다랑어(대)가 0.03408로 나타났다. 이것은 어획량을 높게 하는 것은 가다랑어와 황다랑어(소)이고, 황다랑어(대)는 득점을 적게 하는 것이다. 즉 어획량을 낮게 하는 것은 가다랑어와 황다랑어(소)이고, 특히 가다랑어를 어획한 경우가 다른 어종을 어획한 경우 보다 어획량이 많아 지는 것을 나타내었다.

다음은 제2주성분의 고유벡터는 황다랑어(대)가 0.99918, 가다랑어가 0.03347, 황다랑어(소)가 0.02259, 눈다랑어가 0.00376을 나타내었다. 이것은 제1주성분과는 역으로 황다랑어(대)와 가다랑어가 어획량을 크게 하는 것이다. 즉 어획량을 낮게 하는 것은 황다랑어(대)와 가다랑어이고, 특히 황다랑어(대)를 어획한 경우가 제2주성분의 득점을 크게 하는 것으로 나타났다.

전술한 바와 같이 제2주성분까지의 누적기여율이 96.3%이므로 충분히 전체의 정보를 반영할 수 있다고 판단하여 제1주성분과 제2주성분에 대하여 각 어획의 분포의 상태를 파악하기 위하여 주

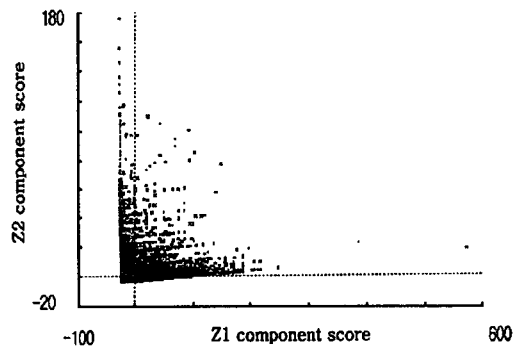


Fig. 1. The relationship between the first principal component score (Z1) and the second principal component score (Z2) by catch.

성분득점을 구하여 검토하였다. 그리고 제3주성분과의 관계도 검토하기 위하여 제3주성분까지 채택하여 검토했다.

제1주성분과 제2주성분에 대하여 제1주성분의 득점을 종축에, 제2주성분의 득점을 횡축에 표시하여 제1주성분과 제2주성분에 대하여 주성분득점의 분포를 Fig. 1에 나타내었다. 그리고 점선은 각주성분 득점의 평균이 0이 되도록 하였다.

제1주성분득점은 어획으로 가다랑어를 주로 어획하는 조업이고, 각 점이 오른쪽에 있을수록 어획량이 많은 조업이었다는 것을 나타낸다. 또, 제1주성분의 득점이 정의 값을 나타낸 조업은 총 조업회수 34,758회 중에서 11,171회였다. 종축의 제2주성분은 황다랑어(대)의 고유벡터가 정으로 된

점보다 각 점이 위에 있을수록 어획량이 많은 조업을 의미한다. 또 제2주성분의 특징이 정의 값을 나타낸 조업은 총 조업회수 34,758회 중에서 7,079회였다.

제1주성분은 종합적인 조업으로서 가다랑어의 고유벡터가 정으로 황다랑어(대)의 고유벡터가 부이기 때문에 제1상한에서의 2,754회는 제1주성분 특징이 정인 것 중에서 황다랑어(대)의 어획이 많은 조업이었다는 것을 나타내었다. 같은 모양으로 제2상한에서의 4,325회는 가다랑어의 어획이 적고, 황다랑어(대)의 어획량이 많은 조업이었던 것을 나타내었다. 제3상한의 19,258회는 황다랑어(대)의 어획량이 적고, 가다랑어의 어획량도 조업이고, 제4상한의 8,421회는 가다랑어의 어획은 많으나 황다랑어(대)의 어획은 적은 조업이었다.

제3주성분은 고유벡터가 가다랑어(소)가 0.9988로 제일 크고, 반면에 가다랑어와 황다랑어(대)의 고유벡터는 각각 -0.02744 , -0.2178 이었다. 즉, 황다랑어(소)를 주로 어획하고, 가다랑어와 황다랑어(대)의 어획이 적은 조업의 특징은 크고, 가다랑어와 황다랑어(대)의 어획이 많은 조업은 특징이 적은 주성분이었다. 제3주성분의 기여율 3.6%로 대단히 작기 때문에 이 주성분의 특성을 나타낸 조업은 적었다.

또 제1주성분과 제3주성분에 대하여 제1주성분 특징을 횡축에 제3주성분의 특징을 종축으로 잡아 제1주성분과 제2주성분의 주성분특점의 분포를 Fig. 2에 나타내었다.

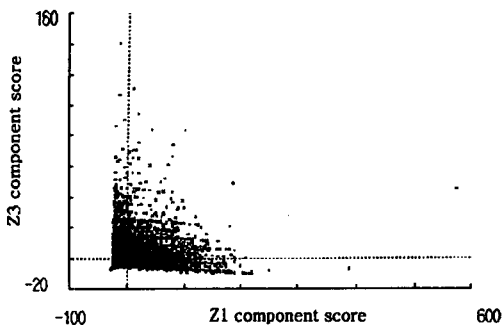


Fig. 2. The relationship between the first principal component score (Z1) and the third principal component score (Z3) by catch.

제1상한의 4,691회는 제1주성분특점이 정인 것 중에서 황다랑어(소)의 어획이 많은 조업이었던 것을 나타냈다. 같은 모양으로 제2상한의 8,199회는 가다랑어와 황다랑어(대)의 어획량이 적은 조업이고, 제4상한의 6,484회는 가다랑어의 어획은 많으나 황다랑어(소)의 어획이 적은 조업이었다.

이것으로부터 가다랑어, 황다랑어(대), 황다랑어(소)를 전부 어획한 조업은 적고, 가다랑어, 황다랑어(대), 황다랑어(소)의 단일 어종을 어획하고 있는 것을 알 수 있다. 즉 어획을 맡게 하는 것은 가다랑어, 황다랑어(대), 황다랑어(소) 중의 어느 단일 어종의 어획이 주를 이루고, 이들 어종이 혼획되어 어획되는 것은 적었다.

이상의 각 조업의 어획내용은 대상으로 하는 어종 간에 차가 보인다. 이와 같이 어획어종에 따라 조업을 분류하면 더욱더 다랑어선망어업의 실태가 명확이 되고, 대상어종에 대하여 보다 구체적인 조업계획을 세울 수 있을 것으로 사료된다.

2. 어군성상별 주성분의 기여율

같은 방법으로 년별로 어군성상별의 어획량을 변수로 하여, 그 어획량에 대하여 분산·공분산행렬을 이용하여 주성분분석을 하여 얻어진 각 주성분의 년별 기여율의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 년별 주성분의 기여율의 변화를 보면, 제1주성분의 기여율은 평균 86.4%이고, 1987년의 76.0%가 가장 낮고, 1988년의 95.6%가 가장 높았다. 또, 제2주성분의 기여율의 평균은 9.9%이고, 제1주성분과는 반대로 1987년의 18.4%가 가장 높고, 1988년의 2.6%가 가장 낮았다. 제3주성분의 기여

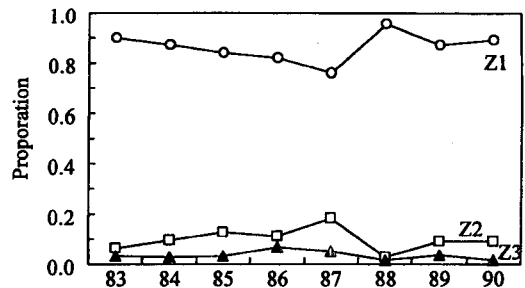


Fig. 3. The proportion of each principle component by annually.

Table 2. The value of eigen vectors of the covariance matrix and the proportions of catches

School type	item	Z1	Z2	Z3	Z4	
S1	drifting object	X(1)	0.99915	-0.04083	0.00611	-0.00145
		X(2)	0.00226	0.20291	0.97851	-0.03661
		X(3)	0.04115	0.97751	-0.20406	-0.03387
		X(4)	0.00293	0.04053	0.02896	0.99875
	proportions	0.94269	0.03777	0.01754	0.00199	
S2	payaho	X(1)	0.99897	0.04370	-0.01188	-0.00036
		X(2)	-0.04331	0.99852	0.03060	0.01213
		X(3)	0.01314	-0.02941	0.99820	-0.05067
		X(4)	0.00156	-0.01360	0.05027	0.99864
	proportions	0.88942	0.08875	0.01886	0.00297	
S3	ship	X(1)	0.99990	-0.01055	-0.00895	-0.00078
		X(2)	0.00827	0.97434	-0.22493	0.00068
		X(3)	0.01109	0.22483	0.97427	-0.01118
		X(4)	0.00090	0.00184	0.01101	0.99994
	proportions	0.94245	0.03487	0.02262	0.00006	
S4	shark	X(1)	0.98319	-0.17289	0.05843	-0.00496
		X(2)	0.18147	0.96041	-0.21130	0.00570
		X(3)	-0.01964	0.21843	0.97552	-0.01592
		X(4)	0.00353	-0.00286	0.01703	0.99984
	proportions	0.66344	0.25561	0.07883	0.00213	
S5	whale	X(1)	0.98632	0.16484	0.00044	-0.00037
		X(2)	-0.16483	0.98626	-0.01133	-0.00031
		X(3)	-0.00230	0.01110	0.99993	-0.00380
		X(4)	0.00043	0.00041	0.00379	0.99999
	proportions	0.73045	0.23471	0.03478	0.00006	
S6	porpoise	X(1)	0.89556	0.44329	0.03824	-0.00120
		X(2)	-0.44474	0.89442	0.04709	-0.00025
		X(3)	-0.01335	-0.05916	0.99730	-0.04149
		X(4)	0.00041	-0.00170	0.04137	0.99914
	proportions	0.64895	0.33870	0.01229	0.00006	
S7	breezing	X(1)	0.99928	0.03075	-0.02217	-0.00092
		X(2)	-0.03338	0.90910	-0.13033	0.00090
		X(3)	0.01794	0.13096	0.99101	-0.02067
		X(4)	0.00132	0.00184	0.02059	0.99979
	proportions	0.86150	0.11697	0.02128	0.00025	
S8	feeding	X(1)	0.98958	0.14381	-0.00715	-0.00062
		X(2)	-0.14399	0.98828	-0.05054	-0.00364
		X(3)	-0.00021	0.05098	0.99857	-0.01631
		X(4)	0.00009	0.00452	0.01610	0.99986
	proportions	0.79100	0.16960	0.03906	0.00034	
S9	jumping	X(1)	0.98541	0.17012	-0.00458	0.00018
		X(2)	-0.17019	0.98509	-0.02537	-0.00070
		X(3)	0.00020	0.02577	0.99961	-0.01098
		X(4)	-0.00031	0.00094	0.01096	0.99994
	proportions	0.75940	0.21277	0.02751	0.00032	

Remark : X(1) : skipjack X(2) : yellowfin tuna(L)
X(3) : yellowfin tuna(S) X(4) : bigeye tuna

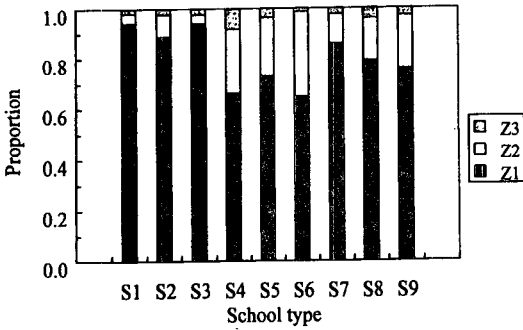


Fig. 4. The proportion of each principle component by school type.

율은 평균 3.5%였다.

어군성상은 유목군, 파야호(인공유목)군, 선부군, 상어군, 고래군, 돌고래군, 잔파도군, 식이군, 점핑군, 기타의 10종류로 구분되어 있다. 이것들을 어군성상별로 어획량을 변수로 하여 그 어획량에 대하여 어획량의 경우와 동일한 방법으로 부산·공분산행렬을 이용하여, 주성분분석을 행하여 얻어진 어군성상별의 각각의 주성분을 Table 2와 같이 나타내었다. 또 각 주성분의 기여율을 Fig. 4에 나타내었다.

유목군, 파야호(인공유목)군, 선부군은 제1주성분의 기여율이 각각 94.3%, 89.0%, 94.2%로 제1주성분의 기여율이 90%정도를 차지하여, 제1주성분의 기여율이 대단히 높았다. 제2주성분의 기여율은 각각 0.4%, 0.9%, 0.3%로 대단히 낮았다. 다음은 상어군, 고래군, 돌고래군은 제1주성분의 기여율이 각각 66.3%, 73.0%, 64.9%이고, 제2주성분의 기여율은 각각 25.6%, 23.4%, 33.9%로, 제1주성분의 기여율은 약 70%정도 이고, 제2주성분의 기여율도 어느 정도 높았다. 그리고, 잔파도군, 식이군, 점핑군은 제1주성분의 기여율이 각각 86.2%, 79.1%, 75.9%이고, 제2주성분의 기여율은 각각 11.7%, 16.9%, 21.2%로, 제1주성분의 기여율은 약 80%정도를 차지하고, 제2주성분의 기여율도 조금은 높았다.

Matumoto *et al.*(1984)은 동부태평양해역에 있어서 어군성상별 분류를 어디에 붙는가에 따라 나무군, 고래군, 부상군으로 분류하였다. 서부태평양해역에서 어군성상별로 어획량을 변수로 하여 주성분분석을 행하여 각각의 주성분의 기여율

에 의하여 분류한 결과와 동부태평양해역에 있어서 어군성상을 어군이 붙는 종류에 따라 분류한 것과 대체로 일치하는 경향이 나타났다.

각각의 고유벡터를 보면 제1주성분의 고유벡터는 X(1)의 가다랑어가 0.89~0.99로 압도적으로 높고, 제2주성분의 고유벡터는 X(2)의 황다랑어(대)가 0.89~0.99로 압도적으로 높은 값을 나타냈다. 또 제3주성분의 고유벡터는 X(3)의 황다랑어(소)가 0.97~0.99로 압도적인 높은 값을 나타내었다. 그러나, 유목군의 고유벡터를 보면 제2주성분의 고유벡터는 X(3)의 황다랑어(소)가 0.97754, 제3주성분의 고유벡터는 X(2)의 황다랑어(대)가 0.97851로 다른 어군성상과는 다른 경향의 결과가 얻어졌다. Yuen(1963)은 동부태평양의 다랑어선망의 대상이 되는 작은 황다랑어는 동일한 체장의 가다랑어와 같이 군을 이루는 것이 자주 관찰되었다고 보고하였다. 또 Cole(1980)은 돌고래와 군을 이룬 황다랑어는 황다랑어만의 군과 비교하여 체장폭이 넓고 어체도 크다고 보고하였다. 이와 같은 결과로부터 황다랑어는 성장하면서 유목과 같은 부유물에서 떨어져 나가는 것으로 추정되나, 파야호군과 서부군의 큰 황다랑어는 일시적으로 구에 합류한 것으로 생각되어진다. 주성분분석의 기여율로 분류한 나무군 가운데에는 유목과 파야호군·선부군과는 황다랑어의 어체조성등의 생물학적인 특성에 대하여 검토가 필요지만, 고유벡터로부터 성질이 다른 것으로 생각된다.

요 약

서부태평양해역에서 유목군을 주대상으로 조업하고 일본의 다랑어선망어업을 대상으로 하여 어획특성을 파악하여, 부상군을 대상으로 조업을 하고 있는 우리나라의 다랑어 선망어업의 지속적인 생산과 그 생산성을 높이고 조업의 효율과 어장선정의 효율을 높이기 위한 기초자료를 얻기 위하여 주성분분석법(Principal component analysis)을 이용하였다.

1. 어획량에 대한 주성분분석으로부터 제1주성분(Z1)은 주성분득점을 크게 하는 것은 가다랑어와 황다랑어(소)이고 그 기여율은 전변동의

86.8%, 제2주성분(Z2)은 주성분득점을 크게 하는 것은 황다랑어(대)이고 그 기여율은 9.5% 였다. 즉 가다랑어, 황다랑어(대), 황다랑어(소)를 전부 어획한 조업은 적고, 단일어종 또는 두어종이 혼획되는 경우가 주성분득점이 커지므로, 어획을 많게 하는 것은 단일어종의 어획이 주를 이루고, 혼획되어 많이 어획되는 경우는 적다는 결과를 얻었다.

2. 어군성상별의 어획량에 대한 주성분분석의 기여율로 부터 유목·인공목·선부군, 상어·고래·돌고래군, 잔파·색이·점핑군의 3그룹으로 크게 나눌 수가 있었다. 그러나 선부군과 인공목군과 유목군의 고유벡터를 보면 성질이 다른 군으로 판단되어지며, 선부군과 인공목군은 부상군이 일시적으로 유목이나, 선박에 모여드는 군으로 판단된다.

참고문헌

국립수산진흥원(1997) : 한국 원양 선망어업 대상 다랑어 자원동향 및 어장분포 (1980~1995), 해양수산부 국립수산진흥원, 21-24.
小池孝知·能勢幸雄(1987) : 主成分分析による岩和田地區の漁獲の解析, 日本水産學會誌 53(10), 1771-1779.

根本雄生(1995) : 相模灣西湘地區定置網漁場の漁獲特性に関する研究, 東京大學博士論文.
田中 豊·垂水共之·脇本和昌(1984) : パソコン統計解析ハンドブックⅡ. 多變量解析編, 共立出版, 東京, 160-175.
四之宮博·岩田静夫·平野敏行(1984) : 多變量解析による相模灣漁獲量の豫測過程, 海洋科學 16(11), 634-638.
有馬 哲·石村貞夫(1988) : 多變量解析のはなし, 東京圖書, 東京, 79-126.
鄭東根(1994) : 外房海域の小型漁船漁業における生産性向上に関する研究, 東京水産大學 博士論文.
Cole J.C.(1961) : Synopsis of Biological Data on the Yellowfin Tuna, *Thunnus albacares* in the Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Spe. Rep.(2).
Matsumoto W.M., Skillman R.A. and Dizon A.E. (1984) : Synopsis of Biological Data on Skipjack Tuna, *Katsuwonus pelamis*, NOAA Technical Report NMFS Circular 451, 41-53.
Yuen H.S.H.(1963) : Schooling Behavior within Aggregations Composed of Yellowfin and Skipjack tuna, FAO Fish. Rep. 112.