

海難事故의 主成分分析

金永植 · 尹錫勳 · 高大權

釜山水產大學校

(1990년 7월 31일 접수)

Principal Component Analysis on Marine Casualties

Yeong-Sik KIM, Suck-Hun YOON and Dae-Kwon KOH

National Fisheries University of Pusan

(Received July 31, 1990)

In this paper, the factors of 1680 marine casualties occurred during 1986-1988 are analysed by the Principal Component Analysis.

The main results are as follows :

1. Most of marine casualties result from the human factors such as careless operation and insufficient engine maintenance. Engine trouble is main part of accidents and great number of accidents is rated for fishing vessels.
2. Accidents are serious in case of cargo ships, passenger ships and tankers from the point of view of the damage of human life and properties. On the other hand, those are not so serious matter in case of fishing vessels and governmental vessels.
3. Grounding, collision and capsizal mainly result from careless operation, however material defect result in flooding

緒 論

우리나라 水産·海運業界는 최근 십수년간의 괄목할만한 경제성장과 더불어 지속적인 발전을 가져왔다. 그러나 船腹量의 증가로 인한 우리나라 주변해역에서의 海上交通量의 증가는 필연적으로 海難事故의 要因을 증대시키고 있으며, 이러한 海難事故는 그자체로서의 人命 및 財産피해도 크지만 海上環境의 보존이라는 측면에서도 많은 문제를 야기시키고 있다.

이러한 海難事故에 대하여 海難審判院에서는 審判을 통하여 海難事故의 原因을 규명하고, 海洋警察隊에서는 당해연도에 발생한 海難事故에 대하여 여러가지 統計表를 작성하고 있으나 이는 기본적인 統計資料에 지나지않으며, 海難事故에 영향을 미치는 여러 要因別 情報를 집약하여 체

계화시키려는 시도는 機關事故에 대하여 多變量 解析法을 이용하여 故障의 分析과 그룹화를 꾀한 尹의 연구보고^{1,2)} 이외에는 이루어진 것이 없다.

본 연구에서는 中央海難審判院에서 발간한 海難審判事例集³⁾과 海洋警察隊에서 발포한 海難事故統計年報⁴⁾를 토대로 최근 3년 (1986-1988) 동안 우리나라 주변해역에서 발생한 1680건의 海難事故에 대해 이를 要因別로 분류하고 主成分分析法(Principal Component Analysis)에 의한 電算 프로그램을 작성하여 이들 각 因子의 相關性 및 主要海難原因을 分析하였다.

主成分分析法^{5,6)}

主成分分析법이란 서로 相關이 있는 多變量(多種類의 特性值)의 데이터가 갖고 있는 情報를 그

목적에 대응하여 統合하기 위한 統計的 手法이다.

지금 서로 相關이 있는 p 개의 變量(x_1, x_2, \dots, x_p)에 대해 N 組의 데이터($x_{1\lambda}, x_{2\lambda}, \dots, x_{p\lambda}$, $\lambda=1, 2, \dots, N$)가 얻어진다고 하자. 이들 N 組의 데이터는 각각 p 개 變量에 相互關連이 있으며 이것을 설명하는 函數로서 p 개 變量의 1次結合으로

$$Z_1 = l_1x_1 + l_2x_2 + \dots + l_px_p \quad (1)$$

를 가정한다. l_1, l_2, \dots, l_p 를 여러가지로 바꾸어

$\sum_{i=1}^p l_i^2 = 1$ 의 조건하에서 Z 의 分散(variance)이 최대가 될 때의 Z 가 第1主成分이다. 이때의 係數를 l_i ($i=1, 2, \dots, p$)로 표시하면 第1主成分은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z_1 = l_{11}x_1 + l_{12}x_2 + \dots + l_{1p}x_p \quad (2)$$

다음 Z_1 과는 無相關인 Z 중에서 $\sum_{i=1}^p l_i^2 = 1$ 의 조건을 만족하는 두번째로 큰 分散을 갖는 Z 가 第2主成分 Z_2 이다. 이와같이 하여 第 m 主成分 Z_m 은 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z_m = l_{m1}x_1 + l_{m2}x_2 + \dots + l_{mp}x_p \quad (3)$$

여기서 각 係數는

$$\begin{aligned} & l_{a1}^2 + l_{a2}^2 + \dots + l_{ap}^2 \\ & = \sum_{k=1}^p l_{ak}^2 = 1 \quad (\alpha=1, 2, \dots, m) \end{aligned} \quad (4)$$

을 만족해야 한다.

主成分分析의 중요한 목적은 p 개 變量의 데이터를 가능한 한 적은 主成分 Z_1, Z_2, \dots, Z_m ($m < p$)을 취하여 데이터가 갖는 의미를 요약하여 解析하고자 하는 것이므로 m 을 결정하기 위해서는 다음식으로 주어지는 寄與率(propportion)을 사용한다.

$$C_\alpha = \frac{V\{Z_\alpha\}}{t_r(\Sigma)} \times 100(\%) \quad (5)$$

여기서 $V\{Z_\alpha\}$ 는 主成分 Z_α 의 分散이고 $t_r(\Sigma)$ 에는 p 개 變量 x_1, x_2, \dots, x_p 의 分散의 합이므로 寄與率 C_α 란 p 개 變量의 分散의 和에 대한 主成分 Z 의 分散의 比率로 정의된다.

m 主成分까지의 각 寄與率의 和를 m 主成分까

지의 累積寄與率(accumulated proportion)이라 하며 다음식으로 주어진다.

$$P_r = \sum_{\alpha=1}^m C_\alpha \quad (6)$$

또 각 主成分 Z_α 와 變量 x_j 의 相關係數를 主成分 Z 의 因子負荷量(factor loading)이라 하며 다음 식으로 주어진다.

$$r_{\alpha j} = \sqrt{\lambda_\alpha \cdot l_{\alpha j}} \quad (7)$$

이 因子負荷量의 값은 -1 과 1 사이에 分布하는데 그 絕對植가 클수록 主成分 Z_α 와 變量 x_j 사이의 相關이 크다는 것을 의미한다.

結果 및 考察

Table 1은 1680건의 海難事故를 原因別, 類型別 및 船種別로 分類하여 작성한 相關頻度表(correlation frequency)이고 Table 2는 식(7)에 의해 이를 변환시킨 相關行列(correlation matrix)이다. Table 1, 2의 空欄은 0이다.

식(3)의 係數 l_{ai} ($i=1, 2, 3, \dots, p$)를 구하기 위해 相關行列의 固有值(eigenvalue)를 Jacobi법에 의해 구하고 식(5)에 의해 계산한 각 主成分의 寄與率을 Table 3에 나타내었다. 또 이 값을 토대로 계산한 因子負荷量은 累積寄與率이 50% 이상이 되는 第6主成分까지 취하여 Table 4에 나타내었다. 22개의 變量을 각각 x_1, x_2, \dots, x_{22} 로 표시한다면 第1主成分 및 第2主成分은 각각 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z_1 = 0.69x_1 + 0.59x_2 + \dots + 0.12x_{22} \quad (8)$$

$$Z_2 = 0.50x_1 - 0.80x_2 + \dots + 0.11x_{22} \quad (9)$$

Fig. 1은 第1, 第2主成分을 軸으로하여 각 因子負荷量의 散布圖를 나타낸 그래프이다. 모든 變量의 因子負荷量은 Z_1 軸의 +방향에 위치하며 따라서 Z_1 軸은 각 變量의 出現率을 의미한다. 즉, 事故原因으로서는 運航不主意, 機關整備不良 등 人的要因이, 事故類型으로서는 機關故障이, 船種으로서는 漁船이 특히 海難事故의 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 2는 第2, 第3主成分을 軸으로한 그래프이다. 機關故障因子는 Z_2 軸의 -방향에, 기타의 因子는 +방향에 위치하고 있으므로 Z_2 軸은 海難事

海難事考의 主成分分析

Table 1. Correlation frequency

特性值(x_i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 運航不主意	815								106	9	209	219	181	84		7	685	72	18	20	3	17
2 機關整備不良		573								572				1			534	20	7	3	6	3
3 火器取扱不主意			78												78		68	6	1	3		
4 積載不良				21									16	3		2	12	9				1
5 不可抗力					39						11	16	5	5		2	33	4		1		1
6 材質構造缺陷						126			16	6			2	102			121	3	1	1		
7 其他							28						7	3	4	14	20	6				2
8 機關故障								572									532	21	7	3	6	3
9 推進機障碍	106		572			16			122								111	7	2		2	
10 舵機故障	9					6				15							13	1	1			
11 坐礁	209			11							220						164	26	10	16		4
12 衝突	219				16							235					208	14	5	2		6
13 顛覆	181			16	5	2	7						211				179	25	1	1	1	4
14 浸水	84	1		3	5	102	3							198			181	13		3		1
15 火災			78				4								82		71	6	1	3		1
16 其他	7			2	2		14									25	14	7				4
17 漁船	685	534	68	12	33	121	20	532	111	13	164	208	179	181	71	14	1473					
18 貨物船	72	20	6	9	4	3	6	21	7	1	26	14	25	13	6	7		120				
19 旅客船	18	7	1			1		7	2	1	10	5	1		1				27			
20 油槽船	20	3	3		1	1		3			16	2	1	3	3					28		
21 官公船	3	6						6	2				1								9	
22 其他	17	3			1		2	3			4	6	14	1	1	4						23

Table 2. Correlation matrix

特性值(x_i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 運航不主意	1								0.34	0.08	0.49	0.50	0.44	0.21	0.05	0.63	0.23	0.12	0.13	0.04	0.12	
2 機關整備不良		1						1								0.58	0.08	0.06	0.02	0.08	0.03	
3 火器取扱不主意			1												0.98		0.20	0.06	0.02	0.06		
4 積載不良				1									0.24	0.05		0.09	0.07	0.18				
5 不可抗力					1						0.12	0.17	0.06	0.06		0.06	0.14	0.06		0.03		0.03
6 材質構造缺陷						1			0.13	0.14			0.01	0.65			0.28	0.02	0.02	0.02		
7 其他							1						0.09	0.04	0.08	0.53	0.10	0.10				
8 機關故障								1									0.58	0.08	0.06	0.02	0.08	0.03
9 推進機障碍	0.34					0.13			1								0.26	0.06	0.03			
10 舵機故障	0.88					0.14				1							0.09	0.02	0.05			
11 坐礁	0.49				0.12						1						0.29	0.16	0.13	0.20		0.06
12 衝突	0.50				0.17							1					0.35	0.08	0.06	0.02		0.08
13 顛覆	0.44			0.24	0.06	0.01	0.09						1				0.32	0.16	0.01	0.01	0.02	0.06
14 浸水	0.21			0.05	0.06	0.65	0.04							1			0.34	0.08		0.04		0.01
15 火災			0.98				0.08								1		0.20	0.06	0.02	0.06		0.02
16 其他	0.05			0.09	0.06		0.53									1	0.07	0.13				0.17
17 漁船	0.63	0.58	0.20	0.07	0.14	0.28	0.10	0.58	0.26	0.09	0.29	0.35	0.32	0.34	0.20	0.07	1					
18 貨物船	0.23	0.08	0.06	0.18	0.06	0.02	0.10	0.08	0.06	0.02	0.16	0.08	0.16	0.18	0.06	0.13		1				
19 旅客船	0.12	0.06	0.02		0.02		0.02	0.06	0.03	0.05	0.13	0.06	0.01		0.02				1			
20 油槽船	0.13	0.02	0.06		0.03	0.02		0.02			0.20	0.02	0.01	0.04	0.06					1		
21 官公船	0.44	0.08						0.08	0.06				0.02								1	
22 其他	0.12	0.03			0.03		0.08	0.03			0.06	0.08	0.06	0.01	0.02	0.17						1

Table 3. Eigenvalue and proportion

主成分	固有值	寄與率(%)
1	3.00	13.64
2	2.04	9.28
3	1.98	9.00
4	1.65	7.51
5	1.59	7.23
6	1.26	5.73
7	1.16	5.26
8	1.11	5.06
9	1.04	4.74
10	0.99	4.53
11	0.98	4.43
12	0.95	4.34
13	0.91	4.12
14	0.88	4.02
15	0.84	3.84
16	0.74	3.35
17	0.45	2.06
18	0.38	1.75
19	0.02	0.10
20	0.00	0.01
21	0.00	0.00
22	0.00	0.00

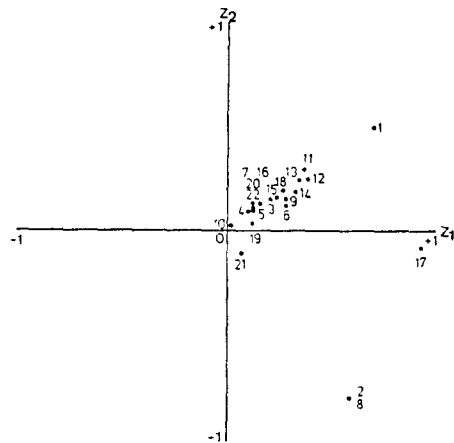


Fig. 1. Dispersion of 22 factors (as to Z_1 and Z_2 axes).

Table 4. Factor Loading

特性值(x_i)	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
1 運航不注意	0.69	0.50	0.25	-0.13	-0.29	-0.02
2 機關整備不良	0.59	-0.80	0.01	-0.09	0.03	0.00
3 火器取扱不注意	0.21	0.16	0.96	0.05	-0.08	0.02
4 積載不良	0.01	0.11	-0.04	-0.13	0.18	0.67
5 不可抗力	0.16	0.11	-0.06	-0.06	0.00	-0.18
6 材質構造缺陷	0.28	0.13	-0.10	0.76	0.37	-0.03
7 其他	0.12	0.14	0.07	-0.37	0.68	-0.20
8 機關故障	0.59	-0.80	0.01	-0.09	0.03	0.00
9 推進機故障	0.28	0.16	-0.10	0.10	-0.09	-0.01
10 舵機故障	0.09	0.06	-0.04	0.14	0.04	-0.03
11 坐礁	0.36	0.30	-0.13	-0.15	-0.29	-0.25
12 衝突	0.38	0.26	-0.14	-0.13	-0.24	-0.21
13 顛覆	0.35	0.27	-0.13	-0.21	0.00	0.57
14 浸水	0.35	0.19	-0.11	0.69	0.37	-0.01
15 火災	0.23	0.16	0.96	0.03	-0.04	0.01
16 其他	0.12	0.14	0.01	-0.42	0.69	-0.22
17 漁船	0.94	-0.09	0.00	0.10	-0.03	-0.01
18 貨物船	0.26	0.20	-0.01	-0.22	0.15	0.33
19 旅客船	0.12	0.04	-0.03	-0.05	-0.14	-0.17
20 油槽船	0.12	0.13	0.04	-0.03	-0.15	-0.21
21 官公船	0.17	-0.10	-0.01	-0.03	-0.03	0.04
22 其他	0.12	0.11	-0.03	-0.22	0.18	-0.24
固有值(λ_i)	3.00	2.04	1.98	1.65	1.59	1.26
累積寄與率(%)	13.64	22.92	31.92	39.43	46.66	52.39

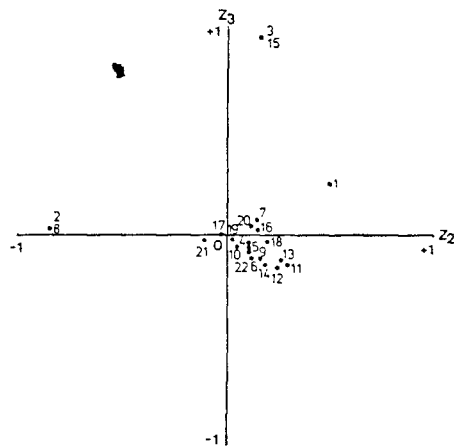


Fig. 2. Dispersion of 22 factors (as to Z_2 and Z_3 axes)

故의 類型을 나타낸다. Z_2 軸의 -방향은 機關故障을, +방향은 기타의 類型을 나타내는데 +값이 클수록 坐礁, 衝突, 顛復, 浸水 등 선박전체의 손상을 초래하는 海難事故를 의미하며 +값이 작을수록 推進機故障, 舵機故障 등 선박일부분에 이상이 생긴 海難事故를 의미한다. 또 Fig. 2에서 Z_3 軸의 +방향에 運航不注意, 火災取扱不注意, 機關整備不良 등의 因子가 위치하고 -방향에 不可抗力, 材質構造缺陷 등의 因子가 위치하고 있으므로 Z_3 軸은 海難事故의 原因을 나타내는 軸으

海難事考의 主成分分析

로 解析된다. 즉, +방향은 人的原因을, -방향은 人的外的 原因을 나타낸다.

Fig.1과 Fig.2를 통합해서 살펴보면 漁船, 官公船의 경우에는 機關故障이나 推進機障礙 등의 輕微한 海難事故가 많은 傾向인데 비해 貨物船, 旅客船, 油槽船의 경우에는 坐礁, 衝突, 顛覆, 浸水 등 財産과 人命의 피해가 큰 大型海難事故가 많은 傾向이며, 大型海難事故 中에서도 坐礁, 衝突, 顛覆 등은 주로 運航不注意에 그 原因이 있고 浸水の 경우는 材質構造缺陷에 起因하는 바가 크다는 것을 알 수 있다.

要 約

1986년부터 1988년까지 3년동안 우리나라 주변 海域에서 발생한 1680건의 海難事故를 主成分分析法에 의한 電算프로그램을 작성하여 分析한 結果를 요약하면 다음과 같다.

1. 海難事故의 주된 原因은 運航不注意, 機關整備不良 등 人的要因에 있으며, 事故類型으로서 는 機關故障이, 船種으로서는 漁船이 특히 海難事故의 큰 비중을 차지한다.

2. 漁船, 官公船의 경우에는 機關故障이나 推進機障礙 등의 輕微한 海難事故가 많은 傾向인데 비해 貨物船, 旅客船, 油槽船의 경우에는 坐礁, 衝突, 顛覆, 浸水 등 財産과 人命의 피해가 큰 大型海難事故가 많은 傾向이다.

3. 大型海難事故中 坐礁, 衝突, 顛覆 등은 그 주된 原因이 運航不注意에 있고, 浸水の 경우는 材質構造缺陷에 起因하는 바가 크다.

參考文獻

- 1) 中央海難審判院(1986-1988) : 海難審判事例集.
- 2) 海洋警察隊(1986-1988) : 海難事故統計年報.
- 3) 尹錫勳(1987) : 船舶機關事故의 主成分分析. 漁業技術, 23(1), 25-29.
- 4) 尹錫勳(1987) : 多變量解析法을 이용한 機關故障分析. 漁業技術, 23(4), 198-203.
- 5) 奥野忠一外(1973) : 多變量解析法. 日科技運出版社, 159-257.
- 6) 應用統計ハンドブック編集委員會(1989) : 應用統計ハンドブック. 養賢堂, 328-377.