

# 多變量解析法에 의한 海難事故의 分析

金 永 植 · 金 斑 昌

(釜山水産大學校)

## I. 序 論

우리 나라의 등록선박은 1992년말 현재 99,170척(7,870천톤)으로서 1960년대말 11,175척(343천톤)이었던 것에 비해 척수로서는 9배, 톤수로서는 22배에 이르는 지속적인 신장세를 보여왔다. 그러나 船腹量의 증가로 인한 우리 나라 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 그 자체로서의 人命 및 財産피해도 크지만, 油類나 廢棄物의 流出 등 海上環境의 보존이라는 측면에서도 많은 문제를 야기시키고 있다. 최근에 이르러 水産業의 퇴조와 함께 등록선박의 척수가 다소 줄어들기는 했으나 海上輸送量의 증가, 특히 油槽船이나 가스運搬船과 같은 특수선박의 운항 증대로 앞으로도 海難事故 발생의 개연성은 더욱 커질 전망이다.

한편 이러한 海難事故에 대하여 當該機關에 의해 매년 기본적인 통계수치가 발표되고 있으나, 海難事故에 영향을 미치는 여러 要因別 정보를 집약하여 이를 체계화시키려는 시도는 아직까지 별로 이루어진 것이 없다.

본 연구에서는 국내 12개 海洋警察署로부터 입수한 海難事故 接受臺帳를 토대로, 최근 5년(1989-1993)동안 우리 나라 주변해역에서 발생한 2513건의 海難事故에 대해 이를 몇 개의 要因別로 분류하고, 多變量解析法(Multivariate Data Analysis Method)에 의한 電算 프로그램을 작성하여, 이들 각 要因別 因子의 相關性 및 主要 海難原因을 分析 · 考察하였다.

## II. 分析方法

多變量解析法에는 重回歸分析, 因子分析, 數量化分析, 主成分分析 등 여러가지 통계기법이 있으나, 海難事故의 要因別 分析에는 主成分分析法이 가장 적당하므로 본 연구에서는 主成分分析法을 이용하였다. 이 방법은 서로 相關이 있는  $p$ 개의 成分( $x_1, x_2, \dots, x_p$ )이 가진 정보를 집약하여 다음 식과 같이  $m$ 개의 主成分( $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$ )으로 나타내고자 하는 것이다.

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

$$Z_2 = l_{21}x_1 + l_{22}x_2 + \dots + l_{2p}x_p \quad (2)$$

$$Z_k = l_{k1}x_1 + l_{k2}x_2 + \dots + l_{kp}x_p \quad (3)$$

$$Z_m = l_{m1}x_1 + l_{m2}x_2 + \dots + l_{mp}x_p \quad (4)$$

$$\text{단, } l_{k1}^2 + l_{k2}^2 + \dots + l_{kp}^2 = \sum_{i=1}^p l_{ki}^2 = 1 \quad (5)$$

$m$ 개의 主成分을 나타내기 위한 係數  $l_{ki}$ 는 成分  $x_1, x_2, \dots, x_p$ 에 대한 相關行列(correlation matrix)  $R$  ( $r_{ij}$ )의 固有值(eigenvalue)  $\lambda_i$ 를 구해 이를 크기순으로  $m$ 개 취하면, 이에 대응하는 固有벡터가 위의 식 (1) - (5)의 係數  $l_{ki}$ 가 된다.

한편 主成分分析의 중요한 목적은 가능한 한 적은 수의 主成分  $Z_1, Z_2, \dots, Z_m (m < p)$ 을 취하여 多變量이 갖는 의미를 요약하여 解析하고자 하는 것이므로, 主成分의 수  $m$ 을 결정하기 위해서는 다음 식으로 주어지는 寄與率(proportion)을 사용한다.

$$C_k = \frac{V\{Z_k\}}{t_v(\Sigma)} \times 100(\%) \quad (6)$$

여기서  $V\{Z_k\}$ 는 主成分  $Z_k$ 의 分散이고  $t_v(\Sigma)$ 는  $p$ 개 變量  $x_1, x_2, \dots, x_p$ 의 分散의 합이므로 寄與率  $C_k$ 란 전체 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까지의 累積寄與率(accumulated proportion)이라하며 다음 식으로 주어진다.

$$P_v = \sum_{k=1}^m C_k \quad (7)$$

각 主成分  $Z_k$ 와 變量  $x_i$ 의 相關係數를 因子負荷量(factor loading)이라 하며 다음 식으로 주어진다.

$$\gamma_{ki} = \sqrt{\lambda_k} \cdot l_{ki} \quad (8)$$

이 因子負荷量의 값은  $-1$ 과  $1$ 사이에 분포하는데, 그 絕對值가 클수록 主成分  $Z_k$ 와 變量  $x_i$  사이의 相關이 크다는 것을 의미한다.

### Ⅲ. 結果 및 考察

<표 1>은 2513건의 海難事故를 類型, 原因 및 船種에 따라 21개의 因子로 分類하여 작성한 相關頻度表(correlation frequency)이고, <표 2>는 이를 변환시킨 相關行列表이다. <표 1>, <표 2>에서 空欄은 0이다.

<丑 1> Correlation frequency of 21 factors

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1. 機關故障	860								4	834			3	2	17	776	27	5	9	1	42
2. 推進機障礙		212							121	73			3	5	10	188	8	1	7		8
3. 坐礁			210						176	10			12	2	10	165	24	1	11	2	7
4. 衝突				387					362	2			16		7	284	47	10	18	1	27
5. 顛覆					140				55	5		12	51		17	120	5	1	1	1	12
6. 浸水						435			108	54	4	4	99	77	89	354	29	2	3		47
7. 火災							219		2	45	129		3	1	39	185	8		5		21
8. 其他								50	17	3	2		10		18	39	5	1	1		4
9. 運航不注意	4	121	176	362	55	108	2	17	845							646	88	10	34	4	63
10. 機關取扱不良	834	73	10	2	5	54	45	3		1026						920	36	6	13	1	50
11. 火器取扱不注意							4	129	2		135					113	5		4		13
12. 積載不良						12	4					16				13	2				1
13. 不可抗力	3	3	12	16	51	99	3	10					197			170	7	2	2		16
14. 船質構造缺陷	2	5	2				77	1						87		74	5		1		7
15. 其他	17	10	10	7	17	89	39	18								207	175	10	3	1	18
16. 漁船	776	188	165	284	120	354	185	39	646	920	113	13	170	74	175	2111					
17. 貨物船	27	8	24	47	5	29	8	5	88	36	5	2	7	5	10		153				
18. 旅客船	5	1	1	10	1	2		1	10	6			2		3				21		
19. 油槽船	9	7	11	18	1	3	5	1	34	13	4		2	1	1					55	
20. 官公船	1								4	1											5
21. 其他	42	8	7	27	12	47	21	4	63	50	13	1	16	7	18						168

<丑 2> Correlation matrix of 21 factors

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1. 機關故障	1								0.89				0.01	0.01	0.04	0.58	0.07	0.04	0.04	0.02	0.11
2. 推進機故障		1							0.29	0.16			0.01	0.04	0.05	0.28	0.04	0.01	0.06		0.04
3. 坐礁			1						0.42	0.02			0.06	0.01	0.05	0.25	0.13	0.02	0.10	0.06	0.04
4. 衝突				1					0.63				0.06		0.02	0.31	0.19	0.11	0.12	0.02	0.11
5. 顛覆					1				0.16	0.01		0.25	0.31		0.10	0.22	0.03	0.02	0.01	0.04	0.08
6. 浸水						1			0.18	0.08	0.02	0.05	0.34	0.40	0.30	0.37	0.11	0.02	0.02		0.17
7. 火災							1			0.09	0.75		0.01	0.01	0.18	0.27	0.04		0.05		0.11
8. 其他								1	0.08	0.01	0.02		0.10		0.18	0.12	0.06	0.03	0.02		0.04
9. 運航不注意	0.29	0.42	0.63	0.16	0.18	0.18	0.08	0.08	1							0.48	0.24	0.08	0.16	0.06	0.17
10. 機關取扱不良	0.89	0.16	0.02	0.01	0.08	0.09	0.09	0.01		1						0.63	0.09	0.04	0.05	0.01	0.12
11. 火器取扱不注意						0.02	0.75	0.02			1					0.21	0.03		0.05		0.09
12. 積載不良					0.25	0.05						1				0.07	0.04				0.02
13. 不可抗力	0.01	0.01	0.06	0.06	0.31	0.34	0.01	0.10					1			0.26	0.04	0.03	0.02		0.09
14. 船質構造缺陷	0.01	0.04	0.01			0.40	0.01							1		0.17	0.04		0.01		0.06
15. 其他	0.04	0.05	0.05	0.02	0.10	0.30	0.18	0.18							1	0.26	0.06	0.05	0.01		0.10
16. 漁船	0.58	0.28	0.25	0.31	0.22	0.37	0.27	0.12	0.48	0.63	0.21	0.07	0.26	0.17	0.26	1					
17. 貨物船	0.07	0.04	0.13	0.19	0.03	0.11	0.04	0.06	0.24	0.09	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06		1				
18. 旅客船	0.04	0.01	0.02	0.11	0.02	0.02		0.03	0.08	0.04			0.03		0.05			1			
19. 油槽船	0.04	0.06	0.10	0.12	0.01	0.02	0.05	0.02	0.16	0.05	0.05		0.02	0.01	0.01				1		
20. 官公船	0.02		0.06	0.02	0.04				0.06	0.01											1
21. 其他	0.11	0.04	0.04	0.11	0.08	0.17	0.11	0.04	0.17	0.12	0.09	0.02	0.09	0.06	0.10						1

식(1)의 係數  $l_{ki}(i=1, 2, 3, \dots, 21)$ 를 결정하기 위한 相關行列의 固有值를 Jacobi法에 의해 구하고, 또 各 主成分의 寄與率 계산해 그 결과를 <표 3>에 나타내었다. <표 4>는 3개의 主成分에 대하여 各 變量의 固有벡터와 因子負荷量을 계산한 결과를 나타낸 것이다. 21개의 變量을 각각  $x_1, x_2, \dots, x_{21}$ 로 표시 한다면 <표 4>의 결과로부터 3개의 主成分은 각각 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z_1 = 0.34x_1 + 0.17x_2 + \dots + 0.15x_{22} \tag{9}$$

$$Z_2 = -0.48x_1 + 0.06x_2 + \dots + 0.05x_{22} \tag{10}$$

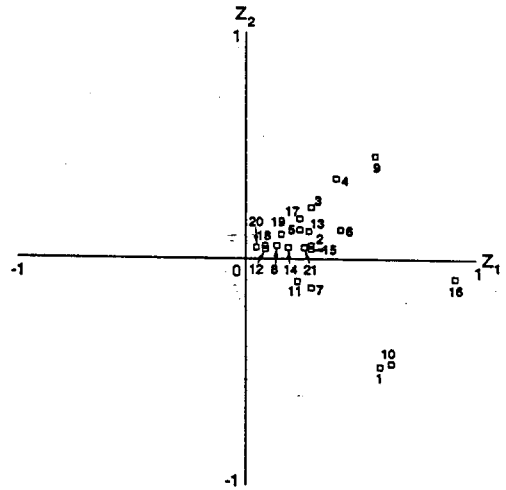
$$Z_3 = -0.26x_1 - 0.08x_2 - \dots + 0.09x_{22} \tag{11}$$

<그림 1>은 제1, 제2 主成分을, <그림 2>는 제 2, 제3 主成分을 軸으로 하여 21개 變量에 대한 因子負荷量의 散布圖를 나타낸 그래프이다.

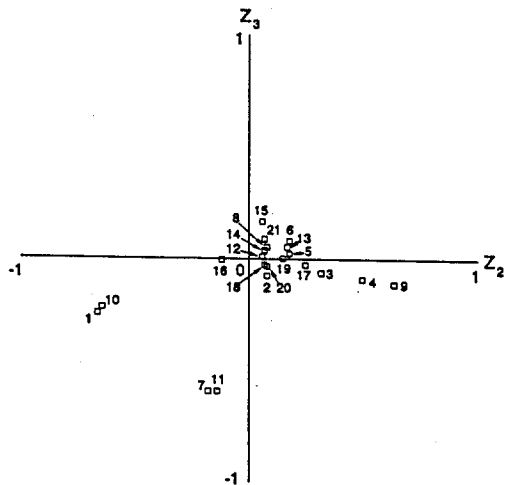
<그림 1>에서 모든 變量의 因子負荷量은  $Z_1$ 軸의

<표 3> Eigenvalue and proportion  
(PC : principal component, EI : eigenvalue, PR : proportion)

PC	EI	PR(%)
1	3.00	14.29
2	1.92	9.12
3	1.77	8.42
4	1.59	7.58
5	1.30	6.21
6	1.14	5.42
7	1.07	5.12
8	1.05	4.99
9	1.03	4.89
10	0.99	4.74
11	0.99	4.71
12	0.97	4.62
13	0.92	4.40
14	0.89	4.23
15	0.85	4.07
16	0.70	3.32
17	0.44	2.08
18	0.24	1.15
19	0.14	0.66
20	0.00	0.00
21	0.00	0.00



<그림 1> Dispersion of 21 factors(as to  $Z_1$  and  $Z_2$  axes)



<그림 2> Dispersion of 21 factors(as to  $Z_2$  and  $Z_3$  axes)

<표 4> Eigenvector and factor loading of 3 principal components

(EV : eigenvector, FL: factor loading)

	$Z_1$		$Z_2$		$Z_3$	
	EV	FL	EV	FL	EV	FL
1. 機 關 故 障	0.34	0.59	-0.48	-0.67	-0.26	-0.35
2. 推 進 機 障 碍	0.17	0.29	0.06	0.08	-0.08	-0.11
3. 坐 礁	0.17	0.29	0.23	0.32	-0.07	-0.09
4. 衝 突	0.23	0.40	0.36	0.50	-0.10	-0.13
5. 顛 覆	0.14	0.24	0.13	0.18	0.02	0.03
6. 浸 水	0.24	0.42	0.13	0.18	0.08	0.11
7. 火 災	0.17	0.29	-0.13	-0.18	-0.63	-0.84
8. 其 他	0.08	0.14	0.06	0.08	0.05	0.07
9. 運 航 不 注 意	0.33	0.57	0.46	0.64	-0.12	-0.16
10. 機 關 取 扱 不 良	0.37	0.64	-0.47	-0.65	-0.23	-0.31
11. 火 器 取 扱 不 注 意	0.13	0.23	-0.10	-0.14	-0.63	-0.84
12. 積 載 不 良	0.05	0.09	0.04	0.06	0.01	0.01
13. 不 可 抗 力	0.16	0.28	0.12	0.17	0.05	0.07
14. 船 質 構 造 缺 陷	0.11	0.19	0.05	0.07	0.04	0.05
15. 其 他	0.17	0.29	0.04	0.06	0.17	0.23
16. 漁 船	0.53	0.92	-0.09	-0.12	-0.01	-0.01
17. 貨 物 船	0.14	0.24	0.18	0.25	-0.03	-0.04
18. 旅 客 船	0.05	0.09	0.06	0.08	-0.04	-0.05
19. 油 槽 船	0.09	0.16	0.11	0.15	0.00	0.00
20. 官 公 船	0.03	0.05	0.05	0.07	-0.03	-0.04
21. 其 他	0.15	0.26	0.05	0.07	0.09	0.12
固 有 值	3.00		1.92		1.77	
累 積 寄 與 率 (%)	14.29		23.41		31.83	

+방향에 위치하며, 따라서  $Z_1$ 軸은 각 變量의 出現率로 解析된다. 21개 變量을 因子負荷量의 크기로 살펴보면 漁船, 機關取扱不良, 機關故障, 運航不注意, 浸水, 衝突의 順序인데, 이것은 船種으로서는 漁船이, 事故類型으로서는 機關故障, 浸水, 衝突 등이, 事故原因으로서는 機關取扱不良, 運航不注意 등이 海難事故의 큰 비중을 차지하고 있음을 의미한다. 특히 漁船의 因子負荷量이 다른 종류의 선박에 비해 월등히 높다는 사실에 유의할 필요가 있는데, <표 1>에서도 알 수 있는 바와 같이 최근 5년간에 걸쳐 발생한 海難事故의 85%는 漁船에서 일어난 것이다.

<그림 2>에서 機關故障, 火災 因子는  $Z_2$ 軸의 -방향에, 坐礁, 衝突, 浸水 등 기타의 因子는 +방향에 위치하고 있으므로  $Z_2$ 軸은 海難事故의 類型을 나타내는 것으로 解析된다. 즉,  $Z_2$ 軸의 -방향은 機關取扱不良, 火器取扱不注意 등 機械類 取扱의 不良이나 미숙함에서 비롯된 사고의 類型을, +방향은 坐礁, 衝突, 浸水 등 운항에 대한 不注意나 判斷錯誤에서 비롯된 사고의 類型을 나타낸다. 또 <그림 2>에서

<표 5> Analysis results of principal components

主成分( $Z_m$ )	解析	+方向	-方向
第1主成分( $Z_1$ )	出現率	多	
第2主成分( $Z_2$ )	類型	運航不注意, 判斷錯誤	取扱不注意, 技能未熟
第3主成分( $Z_3$ )	原因	人的이외의原因	人的原因

$Z_3$ 軸의 -방향에 運航不注意, 火災取扱不注意, 機關取扱不良 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 것으로 解析된다. 즉, -방향은 人的原因을, +방향은 人的이외의 原因을 나타내는데 機關故障, 火災, 衝突, 坐礁 등 대부분의 중요한 海難事故 因子는 人的要因에 의해, 浸水나 顛覆 등은 人的要因이외에 氣象惡化나 材質構造缺陷 등의 要因에 의해서도 많이 발생하고 있음을 나타내고 있다. 이상 3개의 主成分에 대한 解析結果를 요약하여 <표 5>에 나타내었다.

한편 앞의 <표 1>의 결과에서 漁船의 경우에는 機關故障으로 인한 海難事故가, 貨物船, 旅客船, 油槽船의 경우에는 衝突로 인한 사고가 가장 많이 발생한 것으로 나타나 있는데, 이것은 앞서 언급한 바와 같이 漁船의 경우에는 機械類 取扱의 不良이나 미숙함에서 비롯된 사고가 대부분이고, 기타의 선박의 경우에는 운항상의 不注意나 判斷錯誤에서 비롯된 사고가 많기 때문인 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합해 보면, 대부분의 海難事故는 運航不注意와 機關取扱不良 등과 같은 人的要因에 의해 발생한다는 사실을 알 수 있는데, 앞으로 海難事故의 방지를 위해서는 이러한 관점에서 그 대책이 마련되어야 할 것으로 생각된다.

#### IV. 要 約

1989년부터 1993년까지 5년동안 우리나라 주변해역에서 발생한 2513건의 海難事故를 類型, 原因 및 船種에 따라 21의 因子로 분류하고, 이를 主成分分析法에 의해 分析한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 海難事故의 주된 原因은 運航不注意, 機關取扱不良 등 人的要因에 있으며, 事故 類型으로서는 機關故障이, 船種으로서는 漁船이 특히 海難事故의 큰 비중을 차지한다.
2. 漁船의 경우에는 機關故障 등 輕微한 海難事故가 많은데 비해 貨物船, 旅客船, 油槽船의 경우에는 坐礁, 衝突, 浸水 등 財産과 人命의 피해가 큰 大型海難事故가 많은 경향이다.
3. 大型海難事故중 坐礁와 衝突은 그 주된 原因이 運航不注意 등 人的要因에 있고, 浸水와 顛覆은 人的要因이외에도 氣象惡化나 材質構造缺陷 등에 起因하는 바가 크다.

## 參 考 文 獻

- 海洋警察隊, 海難事故統計, 1989 - 1993.
- 池田一貞 外 2人, 船舶の機關故障に關する多變量解析について, 日本船用機關學會誌, 1979.
- 尹錫勳, 船舶機關事故의 主成分分析, 韓國漁業技術學會誌, 1987.
- 金永植 外 2人, 海難事故의 主成分分析, 韓國漁業技術學會誌, 1990.
- W. W. Cooley & P.R.Lohnes, MULTIVARIATE DATA ANALYSIS, 1973.
- 奥野忠一 外 3人, 多變量解析法, 日科技運出版社, 1973.
- 應用統計ハンドブック 編集委員會, 應用統計ハンドブック, 養賢堂, 1989.
- パソコン統計解析ハンドブック(II 多變量解析編), 共立出版株式會社, 1989.

# Multivariate Data Analysis on Marine Casualties

**Yeong - Sik KIM · Jeong - Chang KIM**

(National Fisheries University of Pusan)

In this paper, 2513 marine casualties occurred in Korean waters, during 1989 - 1993, were analysed by the Multivariate Data Analysis Method.

The main results obtained were as follows :

1. Most of marine casualties resulted from the human factors such as careless operation and insufficient engine maintenance. Engine trouble accounted for main patten of accidents and great number of accidents occurred in fishing vessels.
2. From the point of view of the damage of human life and properties, accidents took place in cargo ships, passenger ships and tankers were serious, but in fishing vessels, those were not so serious.
3. Grounding, collision mainly resulted from careless operation, however flooding and capsizing were much affected by bad weather and material defect.