

## 船舶機關事故의 主成分分析

尹 錫 勳

釜山水產大學  
(1987년 1월 31일 접수)

## Principal Component Analysis of Marine Engine Troubles

Suck-Hun YOON

National Fisheries University of Pusan  
(Received January 31, 1987)

The engine room of ship is a synthetic system being composed of many machineries. Therefore, the reliability and safety of the all system of machinery is as important as each machine.

In this paper, in order to reduce engine troubles while operation and to contribute in developing a high reliable marine engine the author analysed the factors of marine engine troubles by principal component analysis method. Analysed data are marine engine troubles of sea casualties from 1980 to 1985.

It is found that the major part of marine engine troubles resulted from personal mistake, and also the troubles of shaft, propeller and cylinder occupied considerable proportion.

## 緒 論

最近 電子工業의 눈부신 發達로 인하여 船舶의 自動化가 急速히 이루어져 機關室無人自動化船舶이 普遍化되는 추세에 있으며 이의 當然한 結果로 乘務員數의 減少는 매우 빠른 速度로 이루어 지고 있다.<sup>1)</sup> 반면에 우리나라의 海難事故率은 世界에서 首位에 속할 程度로 높은 편이며 1980년부터 1984년까지 5年間의 統計<sup>2)</sup>를 보면 總 1678件의 海難事故가 發生하였는데 이 中 機關故障에 의한 海難事故가 차지하는 比率이 約 18%에 달하고 있다.

船舶의 機關室은 수많은 機器들의 集合體로서 各種 機器가 固有의 技能을 圓滿히 發揮해야 소기의 目的을 達成할 수 있는 綜合的인 시스템으로서 各種 機器 自體의 信賴性과 安全性도 重要하지만 全體的인 시스템으로서의 信賴性과 安全性 또한 매우 重要하다고 할 수 있다. 따라서 機關事故를 줄이고 信賴性과 安全性을 높이기 위하여는 事故 原因의 分析이 매우 重要하며 事故의 母集團이 갖는 內在의 特性에 대한 總合的인 理解가 必要하다. 즉 事故란 어디에

서, 어떠한 原因에 의하여, 어떠한 빈도로, 어떤 過程을 거쳐, 그리고 어떠한 結果를 초래하였는가 하는 점을 內包하고 있으며 보통 이러한 것은 事故統計表나 各種 記錄으로 나타내고 있으나 事故統計表는 情報源으로서는 整理되어 있지만 情報의 集約이 되어 있지 않기 때문에 統計表上的 情報를 正確하게 利用하는 것은 매우 困難하다. 그러므로 故障 原因에 內在되어 있는 情報를 어떠한 形態로 간단히 集約한 故障 모델이라든지 故障의 分類를 행하는 것이 高信賴化를 위한 시스템 研究의 第1段階라고 할 수 있다. 이를 위하여 統計的인 여러 方法이 應用되고<sup>3-6)</sup> 있으며 本 稿에서는 多變量解析法中 主成分分析法를 利用하여 1980년부터 1985년까지의 機關損害 海難事故中 海難審判院에서 裁決이 確定된 事故들을 裁決書를 基礎資料로 하여 個人用 컴퓨터를 利用하여 分析하였다.

## 主成分分析法

主成分分析法이란  $p$  個의 特性值  $x_1, x_2, \dots, x_p$  를 가

진 정보를 (1)식과 같이  $m$ 개의 總合的인 特性值  $z_1, z_2 \dots z_m$ 으로 要約하는 法을 말하며  $z_1, z_2 \dots z_m$ 을 제1, 제2...제  $m$ 主成分이라 한다. 7)

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= l_{11}x_1 + l_{12}x_2 + \dots + l_{1p}x_p = \sum_{i=1}^p l_{1i}x_i \\ z_2 &= l_{21}x_1 + l_{22}x_2 + \dots + l_{2p}x_p = \sum_{i=1}^p l_{2i}x_i \\ \vdots & \\ z_m &= l_{m1}x_1 + l_{m2}x_2 + \dots + l_{mp}x_p = \sum_{i=1}^p l_{mi}x_i \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

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

또  $z_k$ 와  $z_{k'} (k \neq k', k=1, 2 \dots m)$ 의 相關은 全部 영이며 主成分  $z_1, z_2, \dots, z_m$ 은 特性值  $x_1, x_2, \dots, x_p$ 가 가진 情報의 損失이 最小가 되도록 決定한다. 구체적으로  $m$ 개의 主成分을 구하기 위한 係數  $\{l_{ki}\}$ 를 구하는 方法은 特性值  $x_1, x_2, \dots, x_p$ 의 相關行列  $R(r_{ij})$ 의 固有值를 구하고 이를 크기順으로  $m$ 개 ( $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_m$ )를 취하여 對應하는 固有벡터를 구하면 이것이  $\{l_{ki}\}$ 가 된다. (3)식과 (4)식은 각각 累積寄與率과 因子負荷量을 구하는 式으로 累積寄與率  $v_m$ 은 채택하는 主成分의 數를 決定하는데 重要한 參考資料가 되며 因子負荷量  $\alpha_{ki}$ 는 主成分  $z_k$ 와 特性值  $x_i$ 와의 相關을 表示하고  $\alpha_{ki}$ 는 -1부터 1사이에 分布하는데 絕對值가 클수록  $z_k$ 와  $x_i$ 사이의 높은 相關을 나타낸다.

$$v_m = \frac{\sum_{k=1}^m \lambda_k}{p} \quad (3)$$

$$\alpha_{ki} = \sqrt{\lambda_k} l_{ki} \quad (4)$$

特性值  $x_i$  自體가 크기의 大小를 나타내는 경우에는 直接 相關行列을 計算할 수 있지만 本稿와 같이 特殊한 資料의 경우에는 相關頻度表  $F$ 를 구한 후 이것을 基準으로 하여 相關行列을 구해야 한다. 相關頻度表  $F$ 를 구하는 方法은 우선 4비트 形態의 情報로 된 故障 데이터가 있다고 假定할 때  $x(h_1, h_2, h_3, h_4)$ 에서  $h_1, h_2, h_3, h_4$ 는 각각 1 또는 0이 된다. 여기서  $h_1, h_2$ 는 故障原因,  $h_3, h_4$ 는 故障個所를 表示한다면 原因  $h_1$ , 故障個所  $h_3$ 의 故障 데이터는 (1, 0, 1, 0)의 形態가 된다. 그러므로 入力 데이터가 上記와 같이  $h_1$ 과  $h_3$ 가 1이고 기타가 모두 0인 경우 相關頻度表  $F$ 의 要素( $f_{ij}$ )中  $f_{11}, f_{33}, f_{13}, f_{31}$ 에 1이 가해진다. 일반적으로  $h_i$ 와  $h_j$ 가 1이면  $f_{ii}, f_{jj}, f_{ij}, f_{ji}$ 의 要素에 1이 加算되므로 相關頻度表  $F$ 는 對稱의 매트릭스가 된다. 式(5)는 이렇게 하여 作成된 相關頻度表  $F$ 로 부터 相關行列  $R$ 을 구하는 計算式이다.

$$R = (r_{ij}) = \left( \frac{f_{ij}}{\sqrt{f_{ii} \cdot f_{jj}}} \right) \quad (5)$$

### 結果 및 考察

Table.1은 相關頻度表  $F$ 이며 Table 2는 (5)式을

Table 1. Table of correlation frequency F

特性值( $x_i$ )	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 軸系	69									51	18	27	18	4	7	8	1	4	
2 Cylinder系		39								24	15	19	6		4	5	4	1	
3 起動系			5							2	3	2	3						
4 燃料系				4						1	3	2	2						
5 潤滑油系					13					9	4	8	3			1		1	
6 冷却水系						8				4	4	5	2					1	
7 齒車系							28			23	5	9	3	2	7	2	2	3	
8 推進器								32		21	11	4	10	1	1			15	1
9 其他									10	9	1	5	1		2	1		1	
10 重損	51	24	2	1	9	4	23	21	9	144		56	32	6	12	13	5	19	1
11 輕損	18	15	3	3	4	4	5	11	1		64	25	16	1	9	4	2	7	
12 機關整備不良	27	19	2	2	8	5	9	4	5	56	25	81							
13 取扱不注意	18	6	3	2	3	2	3	10	1	32	16		48						
14 不完全修理	4						2	1		6	1			7					
15 老朽磨耗	7	4					7	1	2	12	9				21				
16 材質不良	8	5			1		2		1	13	4					17			
17 構造上の缺陷	1	4					2			5	2							7	
18 其他	4	1			1	1	3	15	1	19	7								26
19 不明								1		1									1

船舶機關事故의 主成分分析

Table 2. Correlation matrix R

特性	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1 軸系	1																			
2 Cylinder 系統		1																		
3 起動系統			1																	
4 燃料系統				1																
5 潤滑油系統					1															
6 冷卻水系統						1														
7 齒車系統							1													
8 推進器								1												
9 其他									1											
10 重損	0.51	0.32	0.07	0.04	0.21	0.12	0.36	0.31	0.24	1										
11 輕損	0.27	0.3	0.17	0.19	0.14	0.18	0.12	0.24	0.04		1									
12 機關整備不良	0.36	0.34	0.1	0.11	0.25	0.2	0.19	0.08	0.18	0.52	0.35	1								
13 取扱不注意	0.31	0.14	0.19	0.14	0.12	0.1	0.08	0.26	0.05	0.36	0.29		1							
14 不完全修理	0.18						0.14	0.07		0.19	0.05			1						
15 老朽磨耗	0.18	0.14					0.29	0.04	0.14	0.22	0.25				1					
16 材質不良	0.23	0.19			0.07		0.09		0.08	0.26	0.12					1				
17 構造上의 缺陷	0.05	0.24				0.14				0.16	0.09						1			
18 其他	0.09	0.03			0.05	0.07	0.11	0.52	0.06	0.31	0.17							1		
19 不明								0.18		0.08										1

Table 3. Factor loading

特 性 值( $x_i$ )	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$
1 軸 系	0.58	-0.03	0.28	-0.17	0.36
2 Cylinder 系 統	0.47	0.29	0.14	0.2	-0.23
3 起 動 系 統	0.14	-0.1	0.22	0.28	0.28
4 燃 料 系 統	0.13	-0.08	0.22	0.29	0.15
5 潤 滑 油 系 統	0.25	-0.07	0.23	0.1	-0.31
6 冷 却 水 系 統	0.19	-0.12	0.21	0.19	-0.25
7 齒 車 系 統	0.39	0.09	-0.02	-0.5	0.11
8 推 進 器	0.43	-0.56	-0.47	0.14	0.03
9 其 他	0.23	-0.02	0.11	-0.29	-0.31
10 重 損	0.71	-0.07	-0.18	-0.28	-0.13
11 輕 損	0.45	-0.1	0.05	0.44	0.02
12 機 關 整 備 不 良	0.41	-0.01	0.6	-0.02	-0.35
13 取 扱 不 注 意	0.31	-0.23	0.24	0.23	0.49
14 不 完 全 修 理	0.12	-0.05	0.03	-0.25	0.44
15 老 朽 磨 耗	0.21	0.05	0.14	-0.51	0.12
16 材 質 不 良	0.34	0.5	-0.2	0.11	0.06
17 構 造 上 의 缺 陷	0.44	0.82	-0.39	0.22	0.08
18 其 他	0.42	-0.47	-0.5	-0.01	-0.19
19 不 明	0.05	-0.15	-0.18	0.07	0.03
固 有 值( $\lambda_i$ )	2.59	1.69	1.46	1.35	1.19
累 積 寄 與 率 (%)	14.39	23.76	31.89	39.42	46.01

利用하여 이를 변환시킨 相關行列  $R$ 이다. Table. 3 은 相關行列의 固有值를 JACOBI METHOD 에 의하여 計算하고 式(4)를 利用하여 因子負荷量을 구한 값이며 主成分은 第5主成分까지 取하였다.

Table. 3을 考察하여 보면 第1主成分의 경우 모든 特性值의 因子負荷量 符號가 같으므로 各 特性值의 出現率을 意味하며 구체적으로 軸系, 실린더 系統, 推進器의 事故率이 다른 것보다 훨씬 높음을 알 수

있다. Fig. 1은 第2, 第3, 第4主成分을 軸으로 하여 3次元 그래프를 그린 것으로  $\circ$ 는 故障個所,  $\times$ 는 損傷程度,  $\bullet$ 는 故障原因의 特性值를 나타내고 있다. 各 特性值의 位置로 볼 때  $Z_2$  軸은 損傷原因을 나타내는 軸으로 +方向은 機械的인 原因, -方向은 人間의 失手에 의한 原因, 즉 soft的 原因軸으로 생각할 수 있으며  $Z_3$  軸은 損傷個所를 나타내는 軸으로 +方向은 管系, -方向은 推進器, 齒車등의 回轉系

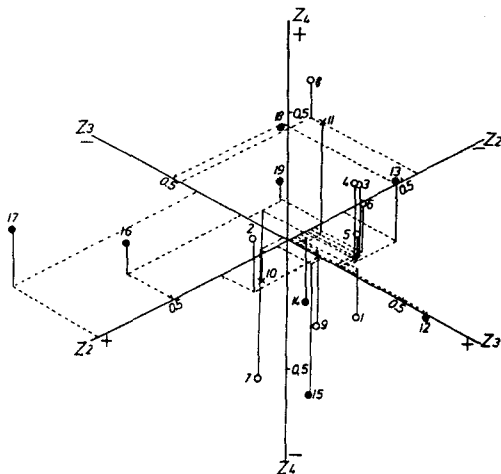


Fig. 1. Result of principal component analysis by 3 dimensions.

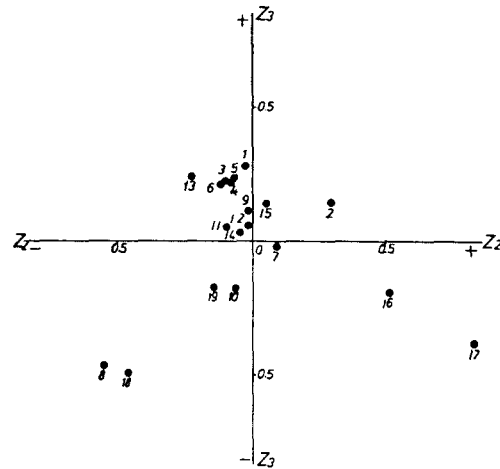


Fig. 2. Result of principal component analysis by 2 dimensions.

要 約

1980년부터 1985년까지 6年間の 우리나라 海難事故中 機關損傷事故를 발見하여 主成分分析法에 의하여 分析한 結果는 다음과 같다.

1. 여러가지의 機關損傷事故中 軸系, 실린더系統 및 推進器의 損傷事故率이 매우 높은 비중을 차지하고 있다.
2. 齒車, 실린더系統의 損傷은 材質不良, 老朽磨耗 등의 機械的原因에 의한 事故率이 높으며 推進器, 各種 管系統의 事故는 取扱 不注意, 不完全 修理等 soft的인 原因에 의한 경우가 많다.
3. 齒車, 軸系 등의 事故는 매우 重損이며 管系統이나 推進器 事故는 비교적 輕損이다.
4. 大部分의 事故는 人間의 失手, 不注意等 soft的인 原因에 의하여 發生한다.

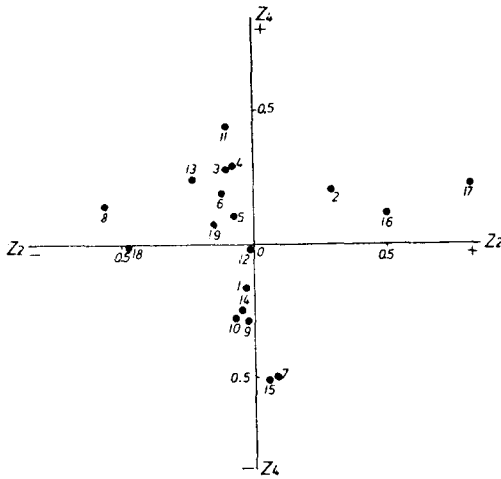


Fig. 3. Result of principal component analysis by 2 dimensions.

를 意味한다. 또  $Z_4$  軸은 損傷程度를 나타내는 軸으로 + 方向은 輕損, - 方向은 重損을 意味한다.

Fig. 2는  $Z_2$  軸과  $Z_3$  軸을  $x, y$  軸으로 한 2次元 그래프이다. 본 그래프를 보면 齒車, 실린더系統의 損傷은 材質不良, 老朽磨耗 等の 機械的原因에 의한 傾向이 많으며 推進器 및 起動, 燃料, 潤滑油, 冷却水 等の 管系統의 損傷은 取扱 不注意, 不完全 修理等 人間的인 失手나 不注意에 의한 傾向이 많은데 특히 推進器事故는 이러한 現象이 두드러지게 나타나고 있다.

Fig. 3은  $Z_2$  軸과  $Z_4$  軸의 2次元 그래프로서 齒車, 軸系 등의 事故는 매우 重損이며 管系統과 推進器의 事故는 비교적 輕損임을 알 수 있다.

또한 Fig. 2, 3에서 損傷原因軸인  $Z_2$  軸을 基準으로 하여 考察하여 보면 大部分의 損傷個所를 나타내는 特性値가  $Z_2$  軸의 - 方向, 즉 人間的인 失手나 不注意에 의한 原因을 나타내는 軸方向에 치우쳐 있음을 볼 수 있는데 이는 大部分의 事故가 機械 自體의 缺陷보다는 soft的인 原因에 의하여 發生한다는 것을 意味한다.

文 獻

1. 機關管理研究委員會(1984): 船舶의 經濟的 運航管理. 韓國船員船舶問題研究所, pp. 261-273.
2. 中央海難審判院 書記課(1985): 海難審判事例集 (II). 中央海難審判院, pp. 7-11.
3. 池田一貞·橋本武·藤富信之(1979): 船舶의 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, pp. 42-51.
4. 玉木恕乎·黑須顯二·鹿子嶋直嗣·飯島晃(1978): 運航障害を生じた事故の分析. 日本船用機關學會誌, pp. 40-50.
5. 橋本武·金子仁·佐田昌弘·池田一貞(1981): 船用機關故障データのクラスタ分析結果とその考察について. 日本船用機關學會誌, pp. 35-44.
6. 村山雄二郎·玉木恕乎·黑須顯二·稻坂富士夫·菊地正晃(1979): 船用機關故障のデータバンクとアベイラビリティ向上に關する應用. 日本船用機關學會誌, pp. 7-19.
7. 奥野忠一·久米均·芳賀敏郎·吉澤正(1973): 多變量解析法. 日本技連出版社, pp. 159-195.