

수량화 분석을 이용한 신호단어의 인식도 평가

고병인[†] · 김동하 · 임현교

충북대학교 안전공학과

(1999. 12. 31. 접수 / 2000. 10. 29. 채택)

Evaluation of the Signal Word Cognition using Quantification Methods

Byung-In Ko[†] · Dong-Ha Kim · Hyeon-Kyo Lim

Department of Safety Engineering, Chungbuk National University

(Received December 31, 1999 / Accepted October 29, 2000)

Abstract : Signal words such as DANGER, WARNING, CAUTION, etc. have been used in order to transmit a potential hazard easily and quickly. But they were applied to a number of the sites without consistency. Thus, this study took Quantification Method and Cluster Analysis in order to judge the signal words corresponding to the urgency of situations, and to analyze whether signal words are used properly or not. According to the result of Quantification Method II signal words were most affected by Understanding, Severity and Likelihood in both student group and industrial worker group. And in Quantification Method III CAUTION corresponded to Immediacy and Understanding whereas NOTICE did to Receptivity, WARNING, DEADLY and DANGER did to Likelihood, Dangerousness and Severity. Finally, Cluster Analysis showed that CAUTION and NOTICE were recognized as similar words.

Key Words : signal words, multivariate analysis, quantification method

1. 서 론

우리 나라의 산업안전보건법의 경우, 신호 단어는 재해사고의 우려가 있는 상황에서 잠재적 위험을 빠르게 전달하는 데에 주로 사용되는데, 각각의 단어는 위험의 성질과 따르지 않았을 때의 결과, 그리고 필요로 되는 행위를 포함하며, '위험', '경고', '주의', '지시' 등의 용어가 여기에 해당된다. 그러나 많은 경우 이러한 단어들은 일관성 없이 적용되는 예가 많은데, 건설현장이나 제조현장에서 추락이라는 위험에 대해 '추락위험', '추락주의', '경고: 추락' 등으로 사용되는 예가 그 좋은 예이다. 이러한 이유 때문에 이미 교통안전 분야 등에서는 도로표지판의 정보전달이나, 자동차 번호판의 개선에 대한 연구를 계속하여 오고 있으나, 산업안전 분야에

의 적용은 아직 미흡한 수준에 머물러 있다.

따라서 본 연구에서는 산업안전분야에서 사용되는 신호단어를 대상으로 수량화 분석기법을 이용하여 위급도에 영향을 주는 요인을 분석하고, 이를 바탕으로 현장적용시 지침 및 안전교육시 고려할 사항 등을 제시하고자 하였다.

2. 연구배경

신호 단어와 관련된 이전의 연구들은 주로 안전분야에서 사용되고 있는 주요 색상이 위급 정도를 잘 표현할 수 있는지, 경고 (WARNING), 주의 (CAUTION), 위험 (DANGER) 의 3 가지 용어와 여러 가지 배경색의 조합이 위급도에 어떻게 영향을 미치는지에 대하여 연구하였고, 또 다른 연구결과에 따르면 위험 (DANGER), 경고 (WARNING), 주의 (CAUTION), 지시 (NOTICE) 등의 단어에 대하여 위험성, 이해도를 평가한 결과 피실험자들은 WARNING과 CAUTION

[†] To whom correspondence should be addressed.
kokobi@kebi.com

의 차이를 명확히 구분하지 못했고, 치명 (DEADLY) 을 가장 위험하게 생각하고 있었다^{1~4)}.

그러나 위험정보와 관련된 신호단어가 단어의 색과 배경색, 글자의 크기, 글자체, 도안모양 등 수많은 요인들에 의해 영향을 받음에도 불구하고, 그러한 요인들이 동시에 어떤 영향을 미치고 있는지, 또 그 요인들간에는 어떠한 관계가 있는지에 대한 연구는 별로 이루어지지 않았다⁷⁾.

이러한 여러 현상이나 사건에 대한 측정치들을 동시에 분석하여 여러 변수의 관계나 인과관계를 분석함으로써 현상을 정확히 이해하고자 할 때 적용될 수 있는 기법이 다변량분석 (Multivariate Analysis) 이다. 그런데 다변량 분석기법의 대부분은 정량적인 값들을 대상으로 분석하는 것으로 정성적인 자료를 분석하는 데는 어려움이 있었다.

수량화 분석 (Quantification Analysis)은 바로 이러한 어려움을 해결하기 위하여 정성적 변수와 정성적·정량적 변수가 혼재된 데이터를 분석할 목적으로 1954년 林知己夫에 의하여 개발된 기법이다^{5,8)}. 이 기법은 주어진 많은 변수들로부터 현상을 예측하거나 유사집단을 분류하고자 하는 경영학, 사회학, 심리학 등의 분야에서 많이 연구되어 왔다. 예를 들면, 정성적 자료인 휴게실의 유무, 도시의 규모, 셔틀버스의 유무 등이 백화점 매출액에 미치는 영향을 분석한 연구라든지, 혈액형과 성격과의 관계를 조사한 연구 등이 그것이다.

이런 점에서 본다면, 신호단어와 관련된 다양한 요인들간의 상호관계는 당연히 다변량 분석, 특히 수량화 분석에 의해 좀 더 고차원적인 분석과 추론이 이루어져야 비로소 올바르게 이해될 수 있다고 볼 수 있다.

3. 분석방법 및 결과

수량화 분석기법은 크게 정량적 혹은 정성적 종속변수, 즉 외적기준이 있는 경우와 없는 경우로 구분되는데, 전자에 대한 분석방법이 수량화 I 류와 II 류의 경우이고 후자에 대한 분석방법이 수량화 III 류와 IV 류이다.

이들 각각의 방법에 대하여 간단히 설명하면, 먼저 수량화 I 류는 정량적 종속변수의 값을 정성적인 요인에 관한 정보에 의거하여 설명 또는 예측하기 위한 방법이고, 수량화 II 류는 정성적 종속변수의 값을 정성적인 요인 값을 이용하여 설명, 예측하

기 위한 기법이다. 한편 수량화 III 류는 예측하여야 하는 외적기준이 없는 경우 개체의 여러 가지 정성적인 범주에 관한 정보에 의하여, 개체와 범주 양쪽을 수량화하고 그 수량을 이용하여 몇 개의 그룹으로 분류하고자 할 때 사용하는 방법이며, 수량화 IV 류는 개체의 친근성이 큰 쌍은 가깝게, 친근성이 작은 쌍은 멀리하도록 배치하여 개체간의 군집성을 파악하고자 하는 방법이다.

본 연구에서는 현재 산업안전보건법에 의거, 국내에서 사용되고 있는 위험정보에 관련된 신호단어 즉 주의, 경고, 위험, 지시와 Wogalter 에 의해 제안된 치명의 단어를 추가하여 수용성 (Receptivity), 위험성 (Dangerousness), 치명도 (Severity), 상해 가능성 (Likelihood), 주의성 (Carefulness), 즉각성 (Immediacy), 이해도 (Understanding) 등에 대한 인식도를 20대 남녀 대학생 82명 (남 38, 여 44)과 현장 근로자 50명 (남 26, 여 24)을 대상으로 9-point Likert-type scale을 사용하여 설문조사하고, 그 결과를 분석하였다.

3.1. 신호단어 인식의 영향 요인

신호단어를 인식함에 있어 어떠한 요인들이 영향을 미치는가를 알아보기 위해 수량화 II 류를 이용하여 분석하였다. 분석절차로는 먼저 5개의 군으로 구성된 정성적 종속변수 주의, 경고, 치명, 위험, 지시가 각 항목 (item) 의 범주 수용성, 위험성, 치명도, 상해 가능성 등에 대응한 결과를 Table 1 과 같이 가변수 (dummy variable) $\delta_{ia}(jk)$ 를 도입하여 표시하였다.

Table 1. Data Form of Quantification Method II

		item	Receptivity	Dangerousness	... j...	Understanding
		category	1 2 ... 9	...	k	1 2 ... 9
dependent.va						
Notice	1	0 1 ... 0			1 0 ... 0	
	2	0 1 ... 0			1 0 ... 0	
	⋮	⋮			⋮	
	α	⋮	⋮	
	82	0 1 ... 0			0 1 ... 0	
⋮						
i		⋮	⋮	
⋮						
Caution	1	0 1 ... 0			0 0 ... 1	
	2	0 0 ... 1			1 0 ... 0	
	⋮	⋮			⋮	
	82	0 1 ... 0			0 0 ... 1	

$$\delta_{ia}(jk) = \begin{cases} 1 \cdots \text{제 } i \text{ 군의 } a \text{ 번째의 개체가} \\ \text{아이템 } j \text{ 의 범주 } k \text{ 에 대응할 때} \\ 0 \cdots \text{그 밖의 경우} \end{cases}$$

$$i=1, 2, 3, 4, 5 \quad j=1, 2, 3, \dots, 7$$

$$k=1, 2, 3, \dots, 9 \quad a=1, 2, 3, \dots, 82$$

그리고 종속변수의 값을 예측하기 위하여, 각 개체가 각각의 요인 항목의 범주에 대응한 결과에 따라 각 개체에 대하여 위에서 정의한 가변수의 선형식을 구하였다.

$$\hat{Y}_i = a_{(1)(1)}\delta_{(1)(1)}(1)(1) + a_{(1)(2)}\delta_{(1)(2)}(1)(1) + \dots$$

$$+ a_{(j)(k)}\delta_{(j)(a)}(jk) + \dots + a_{(7)(9)}\delta_{(5)(82)}(7)(9)$$

a_{jk} : 수량화 값

여기에서 수량화 값 a_{jk} 는 주의, 경고, 치명, 위험, 지시의 5 군의 구간 변동을 전변동에 대하여 최대가 되도록 상관비 η^2 을 구한 후 이 결과에 따라 수량화 값을 구하였다.

$$\eta^2 = \frac{SSB}{SST}$$

SSB : 구간변동, SST : 전변동

Table 2 는 학생집단에 대한 그 분석 결과로서 상관비 η^2 의 값이 큰 1 축을 기준으로 분석을 실시하였다. 그 이유는, 일반적으로 상관비 η^2 은 수량화한 종속변수(외적기준)가 어느 정도 잘 판별되어 있는가를 나타내는 지표로서 사용되는데, 그 값이 1에 가까울수록 판별력이 강하고 0에 가까울수록 판별력이 약하다는 것을 표시하기 때문이다.

그 결과 신호단어의 인식에 영향을 미치는 요인의 영향 정도를 item 범주의 수량화 값의 범위(Range)

$$R = \max_k a_{jk} - \min_k a_{jk}$$

로 판단할 수 있는데, 이해도, 치명도 그리고 상해 발생 가능성 등의 순서로 영향을 미치고 있었다. 이 결과에 따르면 각 신호단어를 제시하거나 교육할 때 그 단어가 가지고 있는 정확한 의미를 전달하여 이해할 수 있도록 하고, 그로 인해 발생할 수 있는 치명성과 상해 가능성을 제시하는 것이 중요하다

Table 2. Analysis Result of Quantification Method II (student group)

division	1st axis		2nd axis	
	quantified value	Range	quantified value	Range
NOTICE WARNING DEADLY DANGER CAUTION	1.339 -0.381 -1.321 -0.671 0.919	2.010	-1.432 0.408 -0.922 0.498 1.298	2.730
RECEPTIVITY	1 0.399 2 -0.449 3 -0.516 4 -0.263 5 -0.345 6 -0.137 7 -0.301 8 -0.371 9 0.600	1.116	1.560 0.137 0.463 0.328 -0.021 -0.021 0.137 0.156 -0.435	1.995
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
UNDER-STANDING	1 0.708 2 -0.252 3 -0.096 4 -0.066 5 -0.401 6 -0.148 7 0.068 8 -0.148 9 1.124	1.525	-0.401 -0.257 -0.173 0.357 -0.015 0.362 0.543 -0.401 0.431	0.944
η^2		0.744		0.465

고 판단되었다.

마찬가지로 현장 근로자 집단에서는 치명도, 상해 발생 가능성 그리고 이해도의 순서로 영향을 미치고 있어 정도의 차이는 있으나 학생집단과 현장 근로자 집단간에 신호단어에 대한 인식의 차이는 크지 않았다.

3.2. 신호단어의 영향 요인간 관계

전체 신호단어를 인식함에 있어 어떠한 요인들이 영향을 미치는가는 수량화 II 류 분석에 의해 알 수 있었지만, 각 신호단어의 인식에 영향을 미치는 요인들간의 관계를 알아보기 위하여 수량화 III 류의 방법을 이용하였다.

분석은 다음과 같은 절차로 진행되었는데, 먼저 Table 3 과 같이 9-point Likert-type scale 에 의해 얻어진 값을 수량화 분석을 위한 자료형태로 변환하기 위해 기준임계값을 4.5로 하고, 수량화 II 류의 방법과 같이 가변수 (dummy variable)를 도입하여 수량화 III 류의 기본적인 형태로 변환하였다.

Table 3. Data Form of Quantification Method III

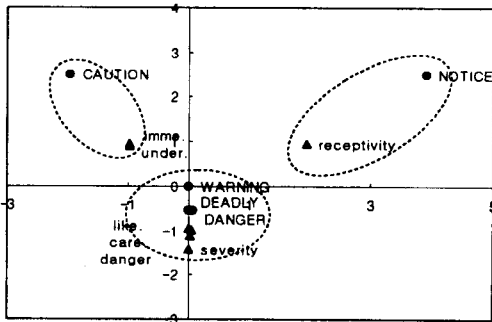
data	category	Receptivity	Dangerousness	j	Immediacy	Understanding
1	NOTICE	1	0	\vdots	0	0
2	WARNING	1	1	\vdots	1	1
3	DEADLY	1	1	i	1	1
4	DANGER	0	1	\vdots	1	1
5	CAUTION	0	0	\vdots	1	1

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \dots \text{개체 } i \text{가 범주 } j \text{에 대응할 때} \\ 0 & \dots \text{그 밖의 경우} \end{cases}$$

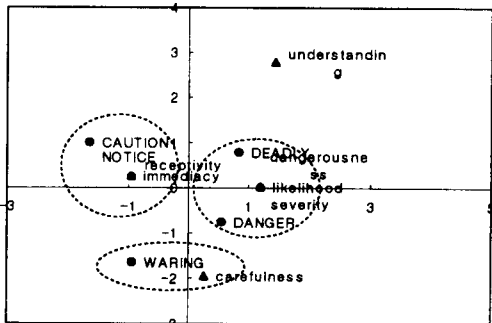
$i=1, 2, 3, 4 \quad j=1, 2, 3, \dots, 7$

개체 i 가 범주 j 에 대응할 때 이들의 상관관계를 최대화하여 범주와 개체에 부여하는 수량화 값, x_i 와 y_j 값을 구하였다.

그 결과 학생집단은 신호 단어 가운데 '주의'는 즉각성과 이해도, '지시'는 수용성, 그리고 '경고', '치명', '위험'은 상해가능성, 위험성, 치명도와 대응되고 있음을 Fig. 1의 (a)에서와 같이 알 수 있었다.



(a) student group



(b) industrial worker group

Fig. 1. Distribution of Signal Words based on Quantification Method III

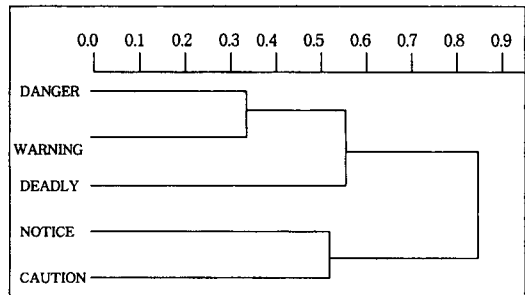
이것은 '주의'의 의미를 내포하는 신호단어는 다른 신호단어들과는 달리 바로 이해하고 바로 행동하여야 하는 데에 사용되어야 하고, '지시'의 신호 단어는 즉각적인 지시와는 달리 정보를 수용하여 인식하는 목적에 사용되어야 하며, '경고', '치명', '위험'은 이 정보를 어김으로써 상해를 입거나 생명의 위급과 관련된 내용에 적용되어야 함을 알 수 있었다.

또 현장 근로자의 경우 '지시'와 '주의'는 즉각성과 수용도 그리고 '치명'과 '위험'은 위험성, 상해가능성, 치명도와 대응되고 있어 학생집단의 경우와 유사한 결과를 알 수 있었다.

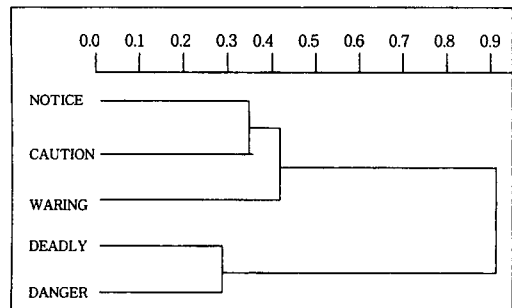
3.3. 신호단어의 군집 분석

신호단어들이 지니고 있는 다양한 특성의 유사성을 바탕으로 다수의 대상들을 몇 개의 동질적인 군집으로 구분함으로써, 동일 군집 내의 공통된 특성들을 조사하기 위하여 군집분석 (Cluster Analysis)을 실시하여 Dendrogram을 얻었다.

학생집단의 경우 Fig. 2(a)에서 보는 바와 같이 군집거리를 0.50을 기준으로 구분하면 [위험, 경고], [치명], [주의], [지시]의 4개의 군집으로 구분



(a) student group



(b) industrial worker group

Fig. 2. Dendrogram of Signal Words based on Cluster Analysis

할 수 있고, 군집간 거리를 0.6 을 기준으로 하여 구분하면 [위험, 경고, 치명]과 [지시, 주의]의 2 개의 군집으로 구분할 수 있다. 이러한 결과로 판단할 때 신호단어의 특성에 관계없이 사용자들은 대상물의 위험도를 나타내는 '위험, 경고, 치명'과, 위험을 회피하기 위한 방법을 나타내는 '지시, 주의'로 나누어 인식하고 있음을 알 수 있다.

또 현장 근로자 집단의 경우 Fig. 2(b)에서 보는 바와 같이 0.4를 기준으로 구분하면 [치명, 위험], [경고], [지시], [주의]의 3 개의 군집으로 구분할 수 있고, 0.5를 기준으로 하여 구분하면 [지시, 주의, 경고]와 [치명, 위험]의 군집으로 구분할 수 있어 산업안전보건법에서 위험신호가 위험, 경고, 주의, 지시(안내)의 4 가지로 구분하고 있으나 실제로는 지시와 주의를 거의 유사한 단어로 인식되어, 신호 단어는 3 가지로 구분되어 사용되고 있다고 볼 수 있다. 따라서 현재와 같은 4 가지의 신호단어를 사용하고자 한다면, 지시와 주의가 쉽게 구별되지 않는다는 점을 염두에 두고 그 사용에 주의하여야 한다고 판단된다.

4. 결 론

이상과 같이 현행 산업안전보건법에서 사용되는 신호단어를 학생 및 현장 근로자를 대상으로 이에 대한 인식도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 위험정보와 관련된 치명, 위험, 경고, 주의 등의 신호단어는 학생집단과 현장 근로자 집단 모두 어휘의 이해도와 상해의 치명도, 그리고 상해의 발생가능성 등에 따라 단어를 인식하는 데 영향을 미치고 있어, 신호 단어를 선택하거나 근로자들을 교육함에 있어 이 점에 주의하여야 한다고 판단되었다.

둘째, 위험정보와 관련된 각 신호단어에 대하여 학생집단과 현장 근로자 집단 모두 지시와 주의는 즉각성, 이해도, 수용성에 대응되고 경고, 치명, 위험은 상해가능성, 위험성, 치명도와 대응되어 있었다.

셋째, 군집분석결과 학생집단은 신호단어를 [위험, 경고, 치명]과 [지시, 주의]의 2 개의 군집으로

구분할 수 있었고 현장 근로자 집단은 [지시, 주의, 경고]와 [치명, 위험]의 군집으로 구분될 수 있는데, 이것은 현재 산업안전보건법상 신호단어가 위험, 경고, 주의, 지시(안내)의 4 가지로 구분되어 있으나, 실제로는 지시와 주의가 거의 유사한 단어로 인식되어, 신호단어는 3 가지로 구분되어 사용되고 있다고 볼 수 있었다.

이상을 종합해 볼 때 법규상의 신호단어를 국민 정서에 맞게 재정비하고 그 내용을 적극적으로 홍보할 필요가 있다고 판단되었다.

참고문헌

- 1) A. Chapanis, "Hazard Associated with Three Signal Words and Four Colours on Warning Signs", *Ergonomics*, Vol. 37, No. 2, pp. 265~275, 1994.
- 2) S. L. Young, "Connotation of hazard for signal words and their associated panels", *Applied Ergonomics*, Vol. 29, No. 2, pp. 101~110, 1997.
- 3) K. L. Drake et al., "Discrimination among Sign and Label Warning Signal Words", *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, Vol.8, No. 4, pp. 289~301, 1998.
- 4) M. S. Wogalter et al., "Influence of Warning Label Signal Words on Perceived Hazard Level", *Human Factors*, Vol. 36, No. 3, pp. 547~556, 1998.
- 5) C. Hayashi, "On the Quantification of Qualification Data from the Mathematics - Statistical Point of View", *Ann. Inst. Statist. Math.* Vol. 2, pp. 35~37, 1954.
- 6) D. Ikegami, "Analysis of Requests from Workers for the Improving on the Working Condition of VDT Works", *Journal of Ergonomics in Occupational Safety and Health*, Vol.1, pp. 94~97, 1999 (written in Japanese).
- 7) H. K., Lim, D. H. Kim and B. I., Ko, "Cognition of Hazard Levels with Safety Signs and Pictograms in Korea", *Proceeding of the IEA2000*, Vol. 4, pp. 672~675, 2000.
- 8) 有馬哲, 石村貞夫, 多變量解析のはなし, 東京圖書株式會社, 1997.
- 9) 김동하, 장통일, 임현교, "위험정보와 관련된 신호단어의 인식도", *한국산업안전학회, 춘계학술 발표대회 논문집*, pp. 277~280, 1999.