

多変量解析法による建設工事労働災害の 発生特生の分析*

Multivariate Analysis of Occupational Accidents in Construction
Work with particular Emphasis on Tunnelling Work

花 安 繁 郎**

By Shigeo HANAYASU

Various multivariate analysis methods were applied to the analysis of occupational accidents in tunnelling work in order to provide a better understanding of the nature of accident situation in the construction sites. 69 tunnel construction sites in the New Sanyo Rapid Trunk Line were selected out for the analysis after checking homogeneity of the data structure. From the PCA and the correlation analysis, one of the major factors in tunnels construction is the overall accident rate, which has no positive relation between other construction variables concerned. However, the fatal accident rate depends on the geological characteristics of the strata and decrease in accordance with the increase of construction variables. A discriminant function was proposed to distinguish whether or not a workplace may have fatal accidents during the construction period.

1. まえがき

産業別あるいは事業別にみた労働災害の発生特性は、各産業、事業のもつさまざまな生産形態の差異により大きく異なっていると思われる。たとえば、建設業はその作業対象、作業環境・条件、雇用形態など、生産様式が色々な面で他の産業と異なっており、その結果労働災害の面では、その発生危険性の高いこと、重篤な災害が増える一方で、墜落災害のような作業行動型の災害が相変らず頻発していることなどが特徴的な差異としてあらわれている。

また同じ建設業でも事業によって工事対象や施工法も異なるので、事業ごとの災害発生頻度率や災害強度率、あるいは災害発生の原因、起因物等にも大きな差がみられる。同様に、事業あるいは工事を限定しても、その内容は千差万別であり、従ってそこ

で発生した労働災害も1件ごとにそれぞれの特徴がある。ところで災害分析法には、1件ずつ丹念に災害の原因や背景を時系的に調べあげて災害発生過程を解き明して対策に結びつけてゆこうとするCTやFTなどのミクロ的な分析法と、同一の工種や作業内容によって発生した災害をとりまとめ、そこでの共通的な災害特性を解明しようとするマクロ的な分析法とに分けられる。工事条件との関連のように、比較的まとまったレベルでの分析には、マクロ分析法の方が適していると思われる。

本報告は、トンネル建設工事において発生した労働災害を事例としてとりあげ、工事に関するさまざまな条件と労働災害の関連を明らかにする目的で、多変量解析を用いて分析した結果をとりまとめたものである。分析の対象としたトンネルはいささか古いくらいはあるが、国鉄山陽新幹線工事で建設されたトンネルのうち、広島・山口県内で建設されたトンネル(86本、総延長 158.8km)である。

* Key Word : 施工管理

** 正会員 労働省産業安全研究所

(〒108 東京都港区芝5-35-1)

2. 基本データの作成と相関分析

調査対象としたトンネル数は全部で86であるが、長大トンネルでは複数の工区に分割して施工されたり、あるいは短小トンネルではひとつの事業者が幾つかのトンネルをまとめて施工した場合があったので、分析対象の個体には、事業者がひとつの事業所を形成した、いわゆる工区と呼称されるものを単位とし、全部の工区数は75であった。

工区ごとの施工条件に関連した資料には国鉄がとりまとめた工事記録¹⁾を利用し、労働災害資料には事業所より所轄労働基準監督署へ報告された労働者死傷病報告によった。工事記録よりデータとして、延長（工区長）、施工月数、総工費、総掘進時間、平均岩種、総支保工数、総建込量、総コンクリート打設量、下盤覆工量、下盤覆工割合、電力設備容量など11種の連続変数を変数としてとりあげることができた。ここで平均岩種とは、国鉄制定による岩分類の分類コードの数値と岩種ごとの施工距離とを掛け、総延長で平均化した値で、工区の平均的岩特性を示す数値である。また総掘進時間数は、上記の岩分類においてそれぞれの岩に対する1 m当りの掘進必要時間が与えられているので、²⁾各岩種の距離と所要時間数の積和とし

表—1

力設備容量（kw）を用いた。またカテゴリー変数として、掘削工法（底底導坑先進工法など4分類）、資材等の運搬システム（タイヤ方式など5分類）、および坑口形式（立坑・斜坑形式など4分類）など3個の変数を加えた。労働災害の資料は工区ごとに発生数と死亡者数とに分けて集計した。

分析に先立ち、13個の連続変数の変数を施工長で基準化したのち（後述）、この12個の基準化変数を1変数ごとにskewnessとkurtosisによって異常値のチェックを行ったところ、例えば海底トンネル部の工区や、延長が500m未満の短いトンネルを中心に、全部で6工区に外れ値と思われる値を検出した。そこでデータの均質化のためにこれらの工区を分析の対象から除いた結果、工区数は全部で69となった。

一口にトンネル工事と言っても、施工距離、掘削工法、岩種、施工工期など工事関連の変量は各工区ごとに異なり、また工事中発生した災害数も工区ごとに大きなばらつきがみられる。これら工事に関連した変数と災害との相互関係、および各工事変量間の相互関係を知るために、69工区の13変数のデータ間の相関係数を求めた結果を表—1に示した。同表より、各変量間の相互関連が知られるが、変量のう

なまデータ相関マトリックス

	災害数	死亡数	延長	施工月数	総工費	掘進時間	平均岩種
て求めた。支保工建	1.0000	0.5495	0.6744	0.5197	0.7052	0.6703	0.3717
込数においてロック	0.5495	1.0000	0.6810	0.5074	0.6482	0.6496	0.3957
ボルトは10本をもっ	0.6744	0.6810	1.0000	0.7356	0.9692	0.9808	0.5292
て200H支保工1本	0.5197	0.5074	0.7356	1.0000	0.7377	0.7262	0.4015
に換算し、総建込量	0.7052	0.6482	0.9692	0.7377	1.0000	0.9712	0.4299
とは、鋼アーチ支保	0.6703	0.6496	0.9808	0.7262	0.9712	1.0000	0.3783
工の建込本数と、そ	0.3717	0.3957	0.5292	0.4015	0.4298	0.3783	1.0000
れぞれの支保工断面	0.7146	0.6454	0.9485	0.7392	0.9604	0.9573	0.4068
積の積和である。コ	0.6777	0.5228	0.8232	0.6746	0.8642	0.8548	0.2235
ンクリート総打設量	0.6817	0.6678	0.9868	0.7501	0.9785	0.9906	0.4355
にはコンクリートの	0.3134	0.0578	0.1702	0.2078	0.3178	0.2919	-0.4193
各覆工厚とその打設	-0.2781	-0.4037	-0.4926	-0.3589	-0.3683	-0.3688	-0.8571
長との積和として求	0.7429	0.4811	0.7399	0.6159	0.8087	0.7442	0.3780
め、下盤打設量はイ	支保工数	総建込量	総打設量	総下盤量	下盤率	平均工量	
ンバートりょう盤	0.7146	0.6777	0.6817	0.3134	-0.2781	0.7429	
の施工長とし、全延	0.6454	0.5228	0.6678	0.0578	-0.4037	0.4811	
長に対する割合が下	0.9485	0.8232	0.9868	0.1702	-0.4926	0.7399	
盤覆工割合である。	0.7392	0.6746	0.7501	0.2078	-0.3589	0.6159	
電力設備には最大電	0.9604	0.8642	0.9785	0.3178	-0.3683	0.8087	
	0.9573	0.8648	0.9906	0.2919	-0.3688	0.7442	
	0.4068	0.2235	0.4355	-0.4193	-0.8571	0.3780	
	1.0000	0.9242	0.9675	0.3487	-0.3311	0.7623	
	0.9242	1.0000	0.8764	0.5480	-0.1025	0.6906	
	0.9675	0.8764	1.0000	0.2902	-0.3868	0.7441	
	0.3487	0.5480	0.2902	1.0000	0.6151	0.3492	
	-0.3311	-0.1025	-0.3868	0.6151	1.0000	-0.2689	
	0.7623	0.6906	0.7441	0.3492	-0.2689	1.0000	

ち下盤覆工割合と平均

表一2 基準化データ基本統計量

岩種が比の形で表されている他は全て総量値を示す変量なので、上記の2変量を除くと各変量間の相関係数は総て正となっており、延長—総工費、延長—総掘進時間数を始め多くの項目との間に強い相

	AVERAGE	MINIMUM	MAXIMUM	SIGMA	C.V.(%)	SKEWNESS	KURTOSIS
災害率	12.3531	0.0000	30.6350	6.2786	50.8261	0.7259	0.3356
死亡率	2.7371	0.0000	11.8760	3.2605	119.1209	0.7991	-0.4542
単位工期	16.2752	5.5570	42.5200	7.4226	45.6067	1.2542	1.4181
単 価	7.9372	6.2000	11.0620	1.0934	13.7759	1.1510	0.9163
掘進時間	48.2751	40.1910	70.0000	7.5307	15.5996	1.5524	1.5484
平均岩種	2.7880	1.0000	3.7900	0.7444	26.6951	-0.9280	-0.0890
支保工数	80.6514	54.5820	110.7540	12.5300	15.5360	0.4213	-0.2151
建込量	43.0991	7.9230	70.3120	12.1063	28.0896	0.1688	-0.1063
覆工厚	59.0296	50.7890	70.9370	5.7320	9.7104	0.5025	-0.9792
下盤量	52.4064	2.8250	200.0000	44.8147	85.5138	1.2092	1.0263
下盤率	40.8505	2.2000	100.0000	31.9538	78.2213	0.6238	-1.0522
電 力	42.0051	16.9230	104.0890	17.1495	40.8272	1.3583	1.8971

関関係がみられる。

表一3 基準化変量相関マトリックス

施工距離が長くなるに従って災害発生数はもとより、工費、掘進時間数、支保工建込量等の工事変量が増えるのは当然であるが、下盤覆工割合が多くなる変量と負の相関にあることは興味をもたれる。これは施工距離が長くなれば工事変量が増加すると同時に、平均岩種も高くなる傾向があるので ($r=0.53$)、岩種の値が大きくなるに従い、下盤が施工される率が下がったため ($r=-0.86$) と思われる。さて、実績値のままでは異なった工区間の相互の比較が出来ない。そこでここでは、工区の施工長で各変量を除いてデータを基準化した。基準化のための

	災害率	死亡率	単位工期	単 価	掘進時間	平均岩種
災害率	1.0000	0.0466	0.0181	0.2162	-0.0703	0.0553
死亡率	0.0466	1.0000	-0.4149	-0.2359	-0.3940	0.3726
単位工期	0.0181	-0.4149	1.0000	0.1203	0.4250	-0.5174
単 価	0.2162	-0.2359	0.1203	1.0000	0.5235	-0.5240
掘進時間	-0.0703	-0.3940	0.4250	0.5235	1.0000	-0.9445
平均岩種	0.0553	0.3726	-0.5174	-0.5240	-0.9445	1.0000
支保工数	0.1625	-0.2768	0.4186	0.6115	0.6244	-0.6903
建込量	0.1190	-0.3754	0.5008	0.5623	0.6937	-0.7697
覆工厚	0.0051	-0.3347	0.4784	0.6093	0.7737	-0.8553
下盤量	0.0199	-0.3873	0.4280	0.6088	0.7340	-0.8072
下盤率	0.0290	-0.3894	0.4982	0.5811	0.7725	-0.8571
電 力	0.2298	-0.2933	0.4489	0.3152	0.3554	-0.3296

	支保工数	建込量	覆工厚	下盤量	下盤率	電 力
支保工数	0.1625	0.1190	0.0051	0.0199	0.0290	0.2298
建込量	-0.2768	-0.3754	-0.3347	-0.3873	-0.3894	-0.2933
覆工厚	0.4186	0.5008	0.4784	0.4280	0.4982	0.4489
下盤量	0.6115	0.5623	0.6093	0.6088	0.5811	0.3152
下盤率	0.6244	0.6937	0.7737	0.7340	0.7725	0.3554
電 力	-0.6903	-0.7697	-0.8553	-0.8072	-0.8571	-0.3296

	支保工数	建込量	覆工厚	下盤量	下盤率	電 力
支保工数	1.0000	0.8944	0.7497	0.7205	0.7759	0.3354
建込量	0.8944	1.0000	0.8223	0.8032	0.8638	0.3274
覆工厚	0.7497	0.8223	1.0000	0.8332	0.9031	0.2717
下盤量	0.7205	0.8032	0.8332	1.0000	0.9326	0.3315
下盤率	0.7759	0.8638	0.9031	0.9326	1.0000	0.3258
電 力	0.3354	0.3274	0.2717	0.3315	0.3258	1.0000

変量として施工距離を選んだのは、他の工費や施工月数、あるいは掘進時間数が工事の難易等によって変動するのに対し、施工長は変動のない固定された値だからである。表一2には基準化された12個の計量変数の基本統計量を示した。表中の4次のモーメントkurtosisは実測値より3が差引かれ、skewnessと同様、正規分布のとき0になるよう標準化されている。基準化された変量を用いてデータの均質性の吟味がなされたことは前述したとおりである。

表一3に基準化データ間の相関係数を求めた結果を示した。データが単位距離当りの値となったので工事変量間では表一1に示された程の強い相関は見られない。災害に関しては、まず、災害発生率がど

の変数ともほぼ無相関に近いこと、および死亡災害発生率が災害発生率と平均岩種以外の工事変数とは総て負の相関にあることが特徴としてあげられる。表一1の下盤覆工率に換って、表一3では平均岩種が多くなる工事変量と負の相関にある。工区の平均的な岩特性値を示す平均岩種は、この数値が大きい程地山性状が良いことを示している。従ってこの値が大きくなれば、距離当りの支保工数、覆工厚など単位工事量が少なくて済むので負相関になっている。

単位工事量が大きい程、あるいは平均岩種が大きくなるに従って死亡災害発生率が小さくなる理由には、岩種（地山指標）が低い程、掘削地山性状が悪く難工事である場合が多いので工事変量が増すと同

時に、難工事のために慎重に工事を進めた結果（工事進行速度が遅くなる）、死亡災害と言う重大災害の発生が少なくなったためと思われる。ただし非死亡災害については上記のことは言えない。

同様に、災害発生率を掘削工法別、あるいは施工長別等のカテゴリー変数によって層別化してその分布形状を調べてみたところ、どのカテゴリー変数によって分類してみても、平均値間での有意な差はみられなかった。（図－1 参照）

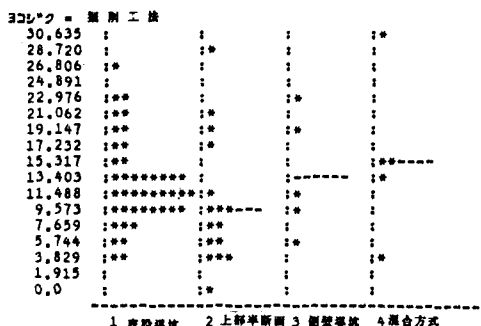
3. 多変量解析法による分析

（1）主成分分析による情報集約³⁾

計量変量として与えられた13個のなまデータ（実績値）、および基準化された12個の変数をより少ない次元によって解釈を試みるために、実績値、基準化変量とにそれぞれ主成分分析を適用してみた。

表－4 は実績値による主成分分析の結果であり、表中の各変数に対応した数値は、各主成分と元の変量との相関係数を示す因子負荷量である。同表より固有値が 1.0 以上の主成分は 2 つあり、その 2 主成分によって全分散の 83% が集められている。第 1 主成分の特性を調べるために各変数の因子負荷量をみると、下盤率が負以外総ての変数が正でかつ延長、総工費、掘進時間、支保工数、総建込量、総打設量など高い相関であることがわかる。これらのどの変数が増加しても第 1 主成分は大きくなり、この第 1 軸は工事の大きさ、規模を示す因子と考えられる。69 工区を第 1 主成分のスコアの順に並べると、これは工事の総合的な大きさの順位となっていると思われる。第 2 主成分の係数は正負のものが混じっているが、負の方向で平均岩種が、正方向で総下盤覆工量、下盤率が大きな値を示しており、明らかにこの主成分は地質性状を示す成分と考えることができる。第 3 以降の主成分の固有値は 1.0 以下となっており、解釈の対象とはなりえなかった。

同じく表－5 は基準化変量に対して主成分分析を行なった結果である。同表より固有値が 1.0 以上の主成分は 3 つあり、その 3 主成分によって全変動の 78% が説明され、特に第 1 主成分だけで全体の 58% の説明力があつた。またこれら 3 個の主成分のもとで個々の変数が説明される割合（変数累積寄与率）は変数によって異なるが、最も小さな比率である死



図－1 掘削工法別災害発生率の分布
表－4 実績値による主成分分析

主成分	1	2	3	
固有値	8.4313	2.2968	0.5980	変数累積 寄与率
寄与率	0.6486	0.8252	0.8712	
災害数	0.7741	0.0818	0.5073	0.8632
死亡数	0.7110	-0.1620	-0.1666	0.5595
延長	<u>0.9719</u>	-0.0896	-0.1308	0.9697
施工月数	0.7891	-0.0228	-0.1486	0.6453
総工費	<u>0.9762</u>	0.0658	-0.0658	0.9617
掘進時間	<u>0.9644</u>	0.0664	-0.1654	0.9619
平均岩種	0.5072	<u>-0.7503</u>	0.2051	0.8623
支保工数	<u>0.9707</u>	0.1057	-0.0896	0.9615
総建込量	<u>0.8800</u>	0.3389	-0.0558	0.8924
総打設量	<u>0.9763</u>	0.0412	-0.1470	0.9764
総下盤量	0.2848	<u>0.8918</u>	0.1190	0.8905
下盤率	-0.4368	<u>0.8649</u>	-0.0343	0.9401
電力容量	0.8228	0.1119	0.3897	0.8414
備考	工事規模 地質			

表－5 基準化変数による主成分分析

主成分	1	2	3	
固有値	6.9006	1.2504	1.1700	変数累積 寄与率
寄与率	0.5750	0.6793	0.7767	
災害率	0.0716	<u>0.9006</u>	-0.0927	0.8248
死亡率	-0.4763	0.1043	-0.5513	0.5417
単位工期	0.5811	-0.0110	0.6122	0.7126
単価	0.6709	0.2931	-0.3474	0.6568
掘進時間	<u>0.8592</u>	-0.1932	-0.0063	0.7757
平均岩種	<u>-0.9148</u>	0.1970	0.0238	0.8762
支保工数	<u>0.8480</u>	0.1513	-0.1823	0.7753
建込量	<u>0.9085</u>	0.0478	-0.0982	0.8372
覆工厚	<u>0.9166</u>	-0.1105	-0.1534	0.8760
下盤量	<u>0.9064</u>	-0.0685	-0.1196	0.8406
下盤率	<u>0.9454</u>	-0.0831	-0.0999	0.9107
電力	0.4533	0.4662	0.5202	0.6934
備考	地質・規模	災害	?	

亡災害率でも50%以上あることが示されている。

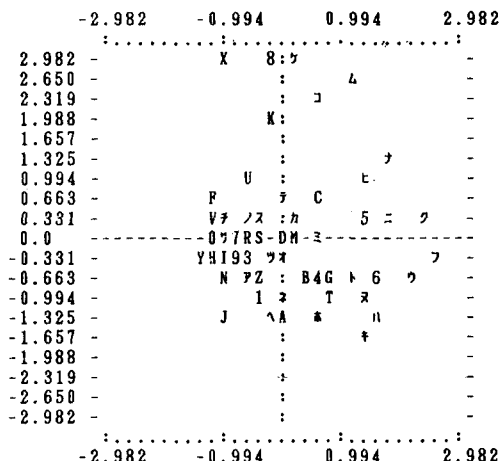
第1主成分は、正方向で多くの工事関連の変数と強く関係し、負の方向で平均岩種と死亡災害発生率とが関連している。一般に、トンネル掘削地山が悪ければ、単位長さ当りの支保工建込数、覆工量などの工事変数が増え、かつ単位長に要する施工月数（単位工期）も増加し、地質が良ければこの逆になること、あるいは岩盤性状が悪くなるに従って難工事となる場合が多く、慎重に工事が進められることから死亡災害率が少なくなることを前節で述べたが、主成分分析ではこのことが第1軸に示されている。即ち、第1主成分はトンネルの地質性状とそれに対応した単位当りの工事量・規模を表わす成分とみなされる。一方第2主成分では災害発生率が強い相関を示しているが、他は単位電力容量を除くとほとんど無相関に近い状態にある。従って、第2主成分は死亡も含めた災害の成分軸と解することが出来る。第3主成分では単位工期、電力が正方向で、また死亡率が負方向で比較的強い相関関係がある他は特徴的なことは余りなく、明確な解釈は出来なかった。各工区について第1、第2主成分の成分得点を求め、この得点を二次元座標（横軸—第1主成分得点、縦軸—第2主成分得点）にプロットしたのが図—2である。同図に全分散のほぼ2/3が集約されているので、サンプルの散布状態の大まかな傾向は同図でわかる。また各工区は、以下の内容に即して各象限に

第1象限；地質悪、工事量大、災害発生率高
 第2象限；地質良、工事量小、災害発生率高
 第3象限；地質良、工事量小、災害発生率低
 第4象限；地質悪、工事量大、災害発生率低

配置されている。このうちのいくつかについて、基本統計量との関係を調べて、工区の特性をより詳しく調べた結果を表—6に示した。

(2) 判別分析による死亡災害の分析

全体の災害発生率はどの工事変数とも殆ど無相関な状態で明確な特徴が検出されなかった一方で、死亡災害率は多くの工事変数と負相関、あるいは主成分第1軸で平均岩種と共に負方向にあるなど、全体災害発生率とはかなり異なった様相を呈していることがわかった。そこでここでは、判別関数を用いて工事中に死亡災害が発生した工区と、発生しなかった工区とに2群に分類することを試みた。



図—2 主成分分析・主成分得点分布

表—6 いくつかの工区の変量特性

工区	特 徴
△	ほぼ平均的な地質のトンネルだが、単位工事量はどれも比較的大きい。災害発生率は6番目に大きい。
ク	悪い地質で、どの変量も一様に大きく、特に支保工数、建込量、下盤量など1番、2番の大きさである。災害発生率は平均的値であり、施工速度はやや遅い。
キ	あまり良い地質でなく、下盤覆工量や単価が大きな値を示す。災害発生率は2番目に小さい。
J	岩性状はやや良い。支保工数、建込量が少く、施工速度は2番目に速い。災害発生率は5番目に小さい。
X	岩性状は非常に良く、どの工事変量も平均して低く特に掘進時間と覆工量は2番目に小さい値である。施工速度は平均的であり、災害発生率は1番高い。

表—7 判別分析における変数選択

変 数	D**2	Pro.	D	J. K.
X3	1.597	26.37	14	14
X3, X6	1.875	24.68	15	16
X3, X8	1.879	24.65	16	17
X3, X9	1.676	25.87	17	17
X3, X10	1.990	24.03	13	14
X3, X11	1.881	24.64	13	16
X3, X9, X10	2.115	23.36	14	15
X3, X5, X9, X10	2.317	22.33	15	17

X3: 単位工期 X5: 単位掘進時間 X6: 平均岩種
 X8: 単位建込量 X9: 平均覆工厚 X10: 下盤打設量
 X11: 下盤コンクリート敷設割合

判別関数は出来るだけ少数の変数によって構成され、かつ出来るだけ判別効率が高く誤判別の確率が少ないものが望ましい。判別効率の高い変数を逐次的に選択し、判別効率を調べながら判別関数を求める過程を表一7に示した。表中のD**2は2群間のマハラノビス距離、Pro.は正規近似による判別値の誤判別確率⁴⁾、Dは判別関数を用いて判別し、誤って分類された工区数、J.K.は判別式の良さを検証するJack-knife⁵⁾によって評価した際の誤分類の工区数である。同表より選択変数の組合せとしてX3、X10の2変数が適切と思われる、またX3のみでもかなり有力な判別関数たりえることが分かる。上記2変数による判別関数と判別基準は以下の通りである。

$$Z = -3.621 + 0.174X_3 + 0.016X_{10}$$

$Z < 0$: 死亡有り, $Z > 0$: 死亡無し

上式による誤分類率は13/69 (約19%)であった。同式より、X3:単位工期 (月/km) が判別に大きく影響し、施工速度が速い程 (単位工期が短くなる)、死亡有りと判断される確率が高くなり、逆に遅くなると死亡無しの確率が高くなる事が分かる。同様に、X10 (下盤打設量) も多い程死亡無しと判別され易くなるが、判別に与える影響力は単位工期程には大きくない。そこでX3のみによる判別関数を求めると、 $Z = -3.232 + 0.201X_3$ となり、同式より単位工期が $X_3 > 16.08$ 月/km であれば死亡無しと判断され、その誤分類確率は約20%である。いずれの判別関数にせよ、単位工期、下盤覆工量などが多い程死亡災害が少なくなる結果は、相関分析や主成分分析での解釈結果と一致しており、これらの判別関数が、これまでの分析結果とも整合性を有していることが示されている。

4. 結語

以上、トンネル建設工事労働災害を事例としてとりあげ、施工条件と労働災害との関連を調べる目的で、多変量解析法による分析を試みたが、その結果を要約すると以下の通りとなる。

(1) 実績値による災害発生数、死亡数は多くの工事変数と正相関にあるが、施工距離で基準化した災害発生率はカテゴリー変数を始め多数の変数と無相関であった。一方死亡災害率は地山が悪く、単位工事が多く、施工速度が遅いなど、難工事である程

小さく成るという興味ある結果を示した。

(2) 主成分分析によれば、実績値では工事規模因子、地質因子の2因子に情報が集約出来ること、また基準化変数では地質・規模因子、災害因子の2成分で全体の7割の情報が説明されることが分った。災害発生率は他の変数とは無関係に単独で主成分軸を形成している。従って、死亡を含めた災害全体については、災害発生率による一元的評価が可能であり、他の変数とは無関係なので、発生数の評価にはポアソン分布を適用することが出来ると思われる。

(3) 単独工期や下盤覆工量などの変数を用いて、死亡災害発生の有無について比較的高い確率で判別分類を行うことが出来、また判別関数に選択された変数や符号についても、相関分析や主成分分析での結果と整合性をもって説明することが出来た。

あとがき

工事に発生した災害の特性をいくつか見出すことが出来たが、ここでふれなかった重回帰分析では思わしい結果が得られなかったことなど、今回抽出した変数で災害特性を十分把握したとは言い難い。今後はより広範な調査・分析の行うと共に、実際の施工計画・施工管理のプロセスの中に、そこで得られた結果をどの様に反映させてゆくかと言った問題にも取り組む必要があることを痛感している。

最後に、本研究を進めるに当り、芳賀敏郎慶応義塾大学病院情報システム部長が開発・作成された会話型多変量解析用プログラムを利用させて頂きました。ここに同氏に厚く感謝の意を表する次第です。

参考文献

- 1) 山陽新幹線岡山・博多間工事誌, 日本国有鉄道新幹線建設局, 昭和52年3月
- 2) 斉藤 徹: 鉄道技術研究報告, No.965 (施設編第435号), 鉄道技術研究所, 1975
- 3) 奥野忠一ほか: 多変量解析法 (改訂版), 日科技連, pp.159~226, 1981
- 4) 奥野忠一ほか: 続多変量解析法, 日科技連, pp. 77~80, 1976
- 5) M. G. ケンドール (奥野忠一・大橋靖雄共訳): 多変量解析, 培風館, pp. 247, 1981