

UDC 614.8-06, 331.823, 625.1, 625.7/.8

## 労働災害の発生過程についての事例分析

—上越新幹線建設工事における労働災害事例の分析\*—

鈴木 芳 美\*\*

### Analysis on Processes of Labour Accidents

—Case Study of the Joetsu-Shinkansen Construction Work\*—

Yoshimi SUZUKI\*\*

It is commonly recognized that there are many factors which contribute to the occurrence of labour accidents. These factors constitute various combinations and concatenations in the processes of the occurrence of labour accidents. Therefore, in order to establish the effective safety measures, it is necessary to examine in detail the processes leading to labour accidents in individual case.

For the purpose of examining the process of the occurrence of labour accidents, 316 samples are selected; viz 234 labour accidents occurred in the construction work of the Joetsu Shin-kansen (Joetsu New Rapid Trunk Line) and 82 labour accidents occurred in the cutting work sites of road-repairing and road-constructing (see Tables 1~5).

The selected samples of labour accidents are examined by the technique of the C.T.A. (Causal Tree Analysis) method which is an a posteriori method of analysis of accidents and is regarded as useful approach to predicate clearly and facily the process of occurrence of an accident, particularly concerning the relationships between various contributive factors to an accident.

In this study, firstly, in order to describe the process graphically, leading to an accident, C.T.diagrams for each accident were drawn out (see Fig.1). Then the linkages of events in the C.T.diagrames were investigated with reference to the factors which might contribute to the occurrence of an accident. These contributive factors are identified and classified into five categories given below: I (human, individual), T (task), M (material), Ep (physical environment), and Es (social environment).

In accordance with the definition of classification of these five contributive factors, frequencies of these factors in the process leading to labour accidents, and relationships between these five factors in that process leading to labour accident, are examined.

As the results of the investigation, "the distribution of the frequency ratio of contributive factors to accident" are obtained (see Table6, Fig.2), and "the influential transition matrices" which mean the situations of reciprocal actions between five contributive factors to accident are acquired (see Tables 7~11).

By making use of these results, the differences of the processes leading to accidents are discussed for different scale of work, different types of accident, different types of structure constructed, and different supervisory contractors.

The main conclusions obtained are as follows:

- (1) Comparing two construction works different in scale; the Joetsu Shin-kansen construction and the cutting work sites of road-repairing and road-constructing; it was recognized that they do not have the same distribution of the frequency ratio of contributive factors to accident. Particularly the material factor (M) and the physical environment factor (Ep) are different with two types of work.
- (2) So far as the types of accident concerned, the distribution of the frequency ratio of contributive factors are also different each other. Especially the slope-failure accident in the cutting work sites of road-repairing

and of road-constructing is considered to be one particular type of accident.

- (3) Concerning the influential transition matrix, there is no similarity between two construction works; the Joetsu Shin-kansen Construction and the cutting work sites of road-repairing and road-constructing.
- (4) The similarity could not be found between influential transition matrices which were completed according to the types of accident.
- (5) Also, the similarity could not be verified between nine matrices which were completed according to supervisory contractors.
- (6) On the other hand, the difference is not seen between five matrices according to the types of structure constructed.
- (7) These conclusions mentioned above are supported numerically by the chi-square ( $\chi^2$ ) test and the cluster analysis (see Table12, Fig.3).

Keywords: Labour accident, Construction work, New rapid trunk line (Shin-kansen), Causal tree analysis

## 1. まえがき

建設工事で発生する労働災害の中には、墜落災害・土砂崩壊災害・建設機械災害・等の『在来型』災害あるいは『繰返し型』災害と呼ばれる災害が多数を占めていることは、従来より指摘されておりである。<sup>1),2)</sup>

これらの労働災害の事例を個別的看着てゆくと、その発生状況には、各事例ごとに特有の条件・背景・等が存在し、したがって、災害が発生に至るまでの各々の過程は、複雑でかつ種々多様である。

しかしながら、これらの『在来型』災害にはきわめて類似した発生状況や発生過程を示す例も少なくない。そこで、これらの災害が発生に至るまでの状況の推移・過程に着目して、詳細な分析を行うことが、有効な安全対策などを講じて類似災害の再発防止を図ってゆく上でも必要とされてくる。

筆者は、従来より大規模建設工事などに於ける労働災害について、資料の収集・整理と分析とを続けてきているがその中で、『上越新幹線』建設工事に関しては、後述するようにほぼ全件に近い災害事例についての資料を収集することができた。その中には、大清水トンネル建設工事で発生した火災事故による労働災害（昭和54年3月、死亡16名）のようにきわめて稀な大災害も含まれるものの、大多数の災害事例は比較的小規模な『在来型』災害を中心とするものであった。

そこで、本報では、これら『上越新幹線』建設工事で発生した『在来型』災害を中心とした多数の災害事例を取り上げ、それぞれの事例について、災害が発生するに至るまでの過程・状況の推移に着目し、CTA (Causal Tree Analysis) 手法<sup>1),3)</sup>を用いて災害の発生過程についての分析を行うこととした。

さらに、その分析結果を用いて、『上越新幹線』建設工事における労働災害の発生過程について、工事種類別・元請企業別・災害種類別などの観点からの比較検討・考察を加えた。

また新幹線工事とは工事の性格を異にする小規模道路建設工事における労働災害についても幾つかの事例を取り上げ、災害の発生過程について同様の分析を行ない、新幹線建設工事との差異について比較検討を行なった。

## 2. 上越新幹線建設工事の概要

上越新幹線は、大宮～新潟間は、昭和57年11月に、ま

Table 1 The outline of the Joetsu-Shinkansen construction work (from Ohmiya to Niigata) 上越新幹線建設工事（大宮～新潟間）の工事内容の概要<sup>4)</sup> (単位 km)

構造種類	本線区間	駅区間	車両基地	合計 (%)
路盤	1.3	0.6	1.7	3.6 ( 1.3)
橋梁	27.0	4.6	1.2	32.8 ( 11.9)
高架橋	115.0	15.2	2.2	132.4 ( 48.1)
トンネル	106.6	—	—	106.6 ( 38.7)
合計	249.9	20.4	5.1	275.4 (100.0)

た上野～新潟間は、昭和60年3月に開業されている。

開業に先立つ建設工事は、大宮以北（大宮～新潟間、延長約270Km）をとると、昭和46年12月より昭和57年3月までの10年余にわたって実施された。

工事の内容を見ると、Table 1<sup>4)</sup>に示すとおり、全工事のほぼ5割近くが高架橋工事、また4割近くがトンネル工事であり、従来の新幹線工事に比較しても難工事・大工事の割合が大きいという特異な大建設工事であったといえる。

## 3. 上越新幹線建設工事における労働災害の概要

前述のように上越新幹線の建設工事は10年余にわたっておこなわれたが、その期間中に動員された労働者数は、延べ1930万人、延べ労働時間は174百万時間に達している。<sup>4)</sup>

その間に発生した労働災害は、筆者らが収集・把握したもので、Table 2に示すとおり、死亡災害で84件、また休業4日以上死傷災害で、2055件に及んでいる。<sup>\*1</sup> これらの災害のうち全体の8割近くの1588件はトンネル工事で発生している。

## 4. 分析資料

工事期間中に発生した労働災害の資料として、系統的に得られるものとしては、労働省の災害調査復命書や死傷病報告書などがある。

\*1 大宮～新潟間のものみの数値である。

大宮以南のものを含めると、昭和57年までの合計では、死亡災害89件、死傷災害2150件となる。これらの上越新幹線建設工事における労働災害の実態の全容についての分析結果は別報として詳述する予定である。

Table 2 The annual number of victims of labour accidents in the course of construction of the Joetsu-Shinkansen by year.

上越新幹線建設工事における  
年別労働災害死傷者数

年	死亡者数			死傷者数		
	明り	トンネル	合計	明り	トンネル	合計
47	1	2	3	6	17	23
48	0	7	7	4	187	191
49	0	17	17	7	403	410
50	0	11	11	28	396	424
51	1	10	11	18	211	229
52	2	0	2	54	129	183
53	7	1	8	171	86	257
54	0	18	18	101	60	161
55	2	0	2	64	38	102
56	1	3	4	10	44	54
57	1	0	1	4	17	21
合計	15	69	84	467	1588	2055

Table 3 The number of victims of labour accidents in the course of construction of the Joetsu-Shinkansen by type of structure constructed.

上越新幹線建設工事における  
災害件数の内訳(工事種類別)

工事種類別災害件数	
*トンネル(T)	1588件
*橋梁(B)	23
*高架橋(BL)	260
架道橋(BV)	13
P C 桁(BP)	45
合成桁(BC)	1
機械設備(M)	4
*軌道(R)	33
電気(E)	15
*一般(N)	29
設備(U)	12
スノーシェルター(US)	5
建築(K)	12
プラットフォーム(KS)	6
その他(O)	9
合計	2055

(\*印:分析対象)

Table 4 The number of victims of labour accidents in the course of construction of the Joetsu-Shinkansen by supervisory contractors.

上越新幹線建設工事における  
災害件数の内訳  
(元請企業別)

元請企業別災害件数		
	* [ 22 ]	219件
	[ 75 ]	166
	* [ 60 ]	153
	* [ 50 ]	122
	[ 100 ]	114
	* [ 36 ]	110
元	[ 2 ]	97
請	* [ 29 ]	92
	[ 103 ]	86
	* [ 69 ]	84
企	[ 87 ]	80
業	* [ 11 ]	70
	[ 14 ]	62
	[ 39 ]	53
コ	[ 44 ]	47
	[ 33 ]	36
ド	* [ 49 ]	33
	[ 67 ]	33
	[ 110 ]	32
	[ 55 ]	25
	[ 93 ]	25
	[ 12 ]	25
	* [ 52 ]	17
	[ 42 ]	17
	[ 65 ]	17
	その他	236
合計		2055

(\*印:分析対象)

個々の災害事例についての分析資料としては、これら労働省の資料を中心として、関連する資料を可能な限り収集し整理を行った。

#### 4.1 上越新幹線建設工事における労働災害事例についての分析資料

上越新幹線建設工事における労働災害に関する災害調査復命書や死傷病報告書などについては、ほぼ全事例に

Table 5 The number of selected samples of labour accidents for C.T. analysis.

## 分析事例数の内訳

工事種類	トンネル (T)	橋りょう (B)	高架橋 (BL)	軌道 (R)	一般 (N)	その他	合計
件数 (%)	1588 (77.3)	23 (1.1)	260 (12.7)	32 (1.6)	29 (1.4)	123 (5.8)	2055 (100.0)
分析数 (%)	159 (67.9)	16 (6.8)	41 (17.5)	9 (3.8)	9 (3.8)	— (—)	234 (100.0)
元請 企業	A社	35	—	2	—	—	37
	B社	20	—	3	—	1	24
	C社	14	—	7	—	—	21
	D社	12	—	7	—	—	19
	E社	—	—	11	8	8	27
	F社	18	—	4	—	—	22
	G社	8	5	2	—	—	15
	H社	23	11	—	1	—	35
	J社	29	—	5	—	—	34

ついでに資料の写し等を収集・確保することができた。

Table 3 および Table 4 に得られた資料(事例)数についての内訳を示す。

#### 4.2 上越新幹線建設工事における労働災害事例についての分析資料の選択

上越新幹線建設工事における労働災害について、工事種類・元請企業・等による差異・傾向・等の比較検討を行なうため、前述の資料(事例)の中から分析対象事例を選択し、後述するCTAを実施することとした。

工事種類については、工事内容の性格および災害事例件数の大小を考慮し、トンネル工事・橋梁工事・高架橋工事・軌道工事および一般工事の5種類を分析対象とすることとした。

また元請企業については、前記の工事種類の中で2種類以上の工事を施工し、各々の工事で複数の工区を担当した企業を選別し(該当は43社)、その中から無作為に9社を選択した。

これらの各社について、労働災害の発生があった担当工区を逐次選定し、その工区の工事で発生した災害事例を総て分析対象事例とすることとした。ただしトンネル工事工区を有する元請企業については、選定工区の中に最低1工区のトンネル工事工区を含むものとし、また1社あたりの分析事例数の合計が、15件以上となるようにした。

その結果、分析を実施した事例数は234件(9社の合計)

となった。これらを工事種類別に見ると、トンネル(159件)・橋梁(16件)・高架橋(41件)・軌道(9件)・一般(9件)である。

これらの構成比は、Table 5 に示すとおり、工事種類別に見た全災害事例数の比ともほぼ一致しており、上越新幹線建設工事における労働災害の全体像を反映させるものと考えて差し支えないと判断した。

#### 4.3 道路建設工事における切取作業での労働災害事例についての分析資料

新幹線建設工事のようなビックプロジェクトでは、大手の企業が元請となって長期間にわたり大規模な工事が実施される。これとは好対象に、道路建設工事などで行なわれる切取作業では、比較的小規模で短期間の工事が地元の中小企業の請負で施工されることがほとんどであることがわかっている。<sup>5)</sup>

したがって、両者の比較は、工事規模の大小による比較とみなすこともできる。

そこで、上越新幹線建設工事における労働災害との比較検討のため、筆者の手許にある道路建設工事における切取作業での労働災害事例のうちから、上越新幹線建設工事とほぼ同時期(昭和52~53年)に発生した82件の事例についても同様の分析を行なった。

これらの事例を災害種類別の内訳で見ると、土砂崩壊災害が50件、建設機械による災害が32件であった。

## 5. 分析

### 5.1 分析方法の概要

前章に示した方法により選択された分析対象事例、すなわち上越新幹線建設工事における労働災害事例234件、道路建設工事における切取作業での労働災害事例82件、合計316件の事例について、CTA手法を用いて分析を行なうこととした。

CTAの詳細については前報<sup>1)</sup>・その他<sup>2)</sup>にゆずることとするが、ここではCTA手法を用いて本報で行なった整理の方法の概略について簡単に触れておく。

CTAでは第一段階として、災害の発生状況を時間経過の要素を捨象することなくシーケンスに追跡し、その進展状況を示すCTダイアグラムを作成する。

CTAの基本的な考え方としては、さらにこのダイアグラムをもとにして、災害の発生状況を、人的要素(略記号：I)、作業内容に関する要素(略記号：T)、物・機械・設備等に関する要素(略記号M)、物理的作業環境要素(略記号：E<sub>p</sub>)、および管理的作業環境要素(略記号：E<sub>s</sub>)の5種類の各要素から捕え直し、それら5要素が災害発生にどのように影響を及ぼしていたかを明確にして、最終的には具体的な安全対策を講じる際の参考に供してゆくための次段階以後の作業を行なう。

本報では、上記の5種類の要素が、災害発生に至るまでに、要素間相互で、どのように関連しあるいは影響を及ぼしあったかという点に特に着目し、労働災害が発生に至るまでの経過を整理することとした。

すなわち、全分析事例についてCTダイアグラムを作成した後、上記の5種類の要素が災害発生に至るまでに、どの程度の割合で現われていたのか、さらに相互にどのように関連しあるいは影響を及ぼしあったか、の2つの点について個々の事例を逐次追跡検討を行ない、それらを計数・集計することを行なった。

それによって、後述する全体としての5要素の各々の『要素別出現頻度(要素別出現率)』、および全体としての5要素間相互の『要素間影響頻度(要素間影響確率)』を求めて、分析結果の整理を行なった。

### 5.2 CTダイアグラムの例

CTAの根幹となるCTダイアグラムについては、ここでは個々の事例について作成されたCTの詳細については省略し、Fig. 1としてその一例を示すことにとどめ

る。

本事例は、トンネル建設工事ではよく見られる軌道関係災害の典型的な事例のひとつであり、脱線した材料運搬車の脱線復旧作業時に、別の運行中のずり運搬鋼車に脱線した材料運搬車に接触することによって引き起こされた災害事例である。

## 6. 結果と考察

### 6.1 要素別出現頻度

#### 6.1.1 要素別出現頻度

分析対象の全事例について、前述のCTAの結果を用いて、5種類の要素すなわち、人的要素(I)、作業内容に関する要素(T)、物・機械・設備等に関する要素(M)、物理的作業環境要素(E<sub>p</sub>)、および管理的作業環境要素(E<sub>s</sub>)の各要素毎に、災害発生に関与した度数(出現頻度)を計数した。それらを累計した結果、この5種類の要素が災害発生に関与した度数(出現頻度)が得られる。

これを『要素別出現頻度』と呼ぶことにするが、さらにそれらを比率で示したものを『要素別出現率』と呼び、本報で扱った全316事例の分析結果として得られた『要素別出現率』を示したものがTable 6である。表中には災害種類別に累計算出した要素別出現率もあわせて記してある。

またFig. 2には、それらを比較的頻度の大きな3要素(T, M, E<sub>p</sub>)を座標軸とする三角座標上に示した。図

Table 6 The frequency ratio of contributive factors to accident .

要素別出現率一覧

災害種類		要素				
		I	T	M	Ep	Es
全災害(316件)		0.11	0.40	0.24	0.20	0.05
道路建設 切取工事 (82件)	全 体	0.07	0.38	0.13	0.34	0.09
	建設機械	0.15	0.28	0.29	0.20	0.07
	土砂崩壊	0.02	0.43	0.05	0.41	0.09
上越 新幹線 建設工事 (234件)	全 体	0.14	0.41	0.33	0.09	0.02
	墜 落	0.27	0.38	0.25	0.09	0.02
	飛来落下	0.21	0.50	0.17	0.08	0.04
	建設機械	0.11	0.42	0.40	0.05	0.02
	落石崩落	0.13	0.47	0.13	0.20	0.07

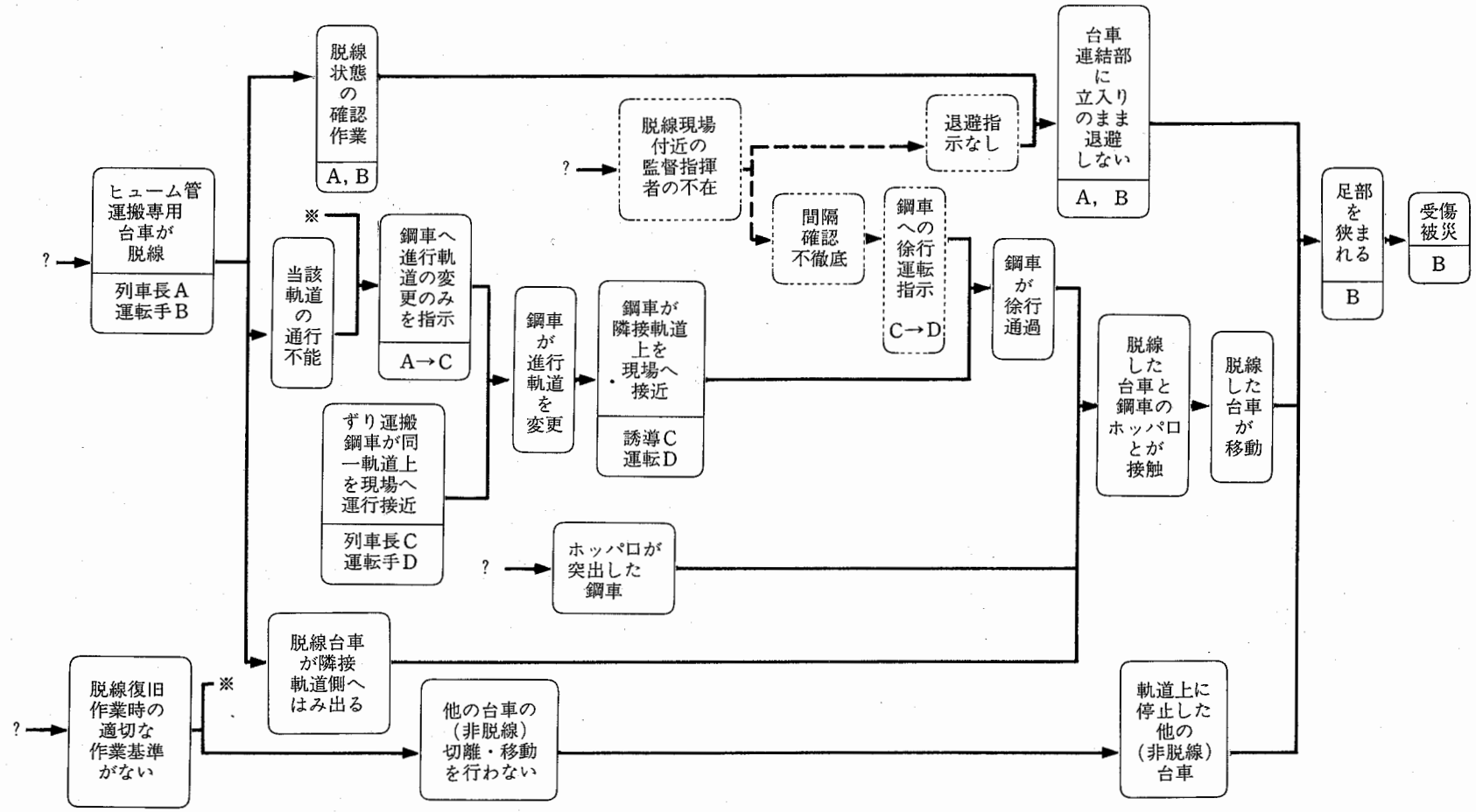


Fig.1 An example of C.T. diagram.  
CT ダイアグラムの一例

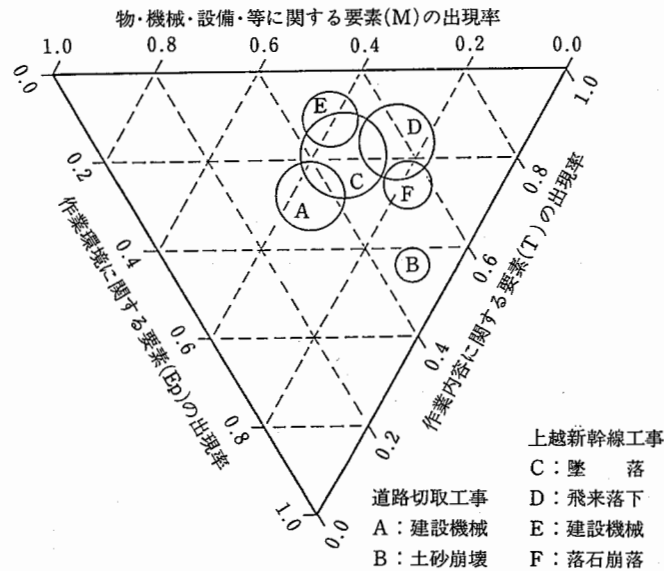


Fig.2 The frequency diagram of contributive factors to accident.  
要素別出現率図

上に示される円は、座標軸の3要素の出現率値で作られる三角形の内接円で、座標軸以外の残りの2要素 (I, E<sub>s</sub>) の出現率値の大きさを示すとともに、座標軸の3要素の出現率値の相対位置を示すものと考えてよい。

### 6.1.2 要素別出現頻度の比較

前掲の Table 6, Fig. 2 から明らかなように、上越新幹線建設工事での災害全体と道路建設工事の切取作業での災害全体との両者を比較してみると、物・機械・設備等に関する要素 (M) と物理的作業環境要素 (E<sub>p</sub>) の出現率の値が大きく異なっていることが判明した。

これは、道路建設工事の切取作業が小規模の堀削作業を主とし、機械化施工がなされにくく、作業状況も小人数・単独作業に近い状態で実施されていることが大半であるという状況<sup>5-7)</sup>が、そのまま『要素別出現頻度』にも現われた結果と考えることができる。

同様に、災害種類によっても、災害発生に関与した要素の比率には多少の差異が認められた結果が得られた。

特に道路建設工事の切取作業での土砂崩壊災害は、作業環境要素 (E<sub>p</sub>) の出現率がきわめて大きい一方で物・機械・設備等に関する要素 (M) の出現率がきわめて小さく、他の災害と比較すると非常に特異な発生状況を有する災害であることが示されている。

これも前述の工事状況とこの種の災害の特異性が端的に示された結果と考えられる。

上越新幹線建設工事では、この道路建設工事の切取作業での土砂崩壊災害と類似した災害として、主にトンネ

ル工事において、切羽での肌落ちなどの落石・崩落災害の事例が数多く見受けられている。これらの落石・崩落災害も切取作業での土砂崩壊災害ほどではないにせよ、やはり作業環境要素 (E<sub>p</sub>) の出現頻度が大きい傾向が見られた。

また墜落災害・飛来落下災害では人的要素 (I) が他災害と比較して大きな値を示す傾向が見られる。

さらに、上越新幹線建設工事・道路建設工事の切取作業ともに共通する災害として建設機械災害が挙げられるが、両者を比較すると、各要素の出現率値の大小傾向は変らぬもののその値には差異が認められ、工事規模の大小・工事内容の広範さ・等によって、各要素の出現率値の大きさにも差異を生じていることがわかった。

## 6.2 要素間影響確率

### 6.2.1 要素間影響確率マトリックス

さらに各要素間相互の関係をj知るために、5種類の要素が各々どの要素にたいして影響を及ぼしたかを計数した『要素間影響頻度マトリックス』を求めた。これを比率で表わしたものを『要素間影響確率マトリックス』と呼ぶことにするが、全分析事例316件についての『要素間影響確率マトリックス』を Table 7 に示した。

表中には、得られた各確率値に対してF分布を用いて算出した推定区間 (95%, 上下限值) を併せて示してある。



Table 7 The influential transition matrix (for all samples).

要素間影響確率マトリックス(全事例)

		連続事象の要素				
		I	T	M	Ep	Es
先行事象の要素	I	0.50	0.15	0.28	0.03	0.03
		0.56	0.20	0.34	0.06	0.06
		0.44	0.11	0.23	0.01	0.01
	T	0.21	0.44	0.20	0.14	0.01
		0.24	0.48	0.23	0.16	0.01
		0.18	0.41	0.17	0.11	0.00
	M	0.20	0.18	0.56	0.07	0.0
		0.23	0.21	0.61	0.09	0.01
		0.16	0.14	0.51	0.04	0.0
	Ep	0.21	0.12	0.17	0.50	0.0
		0.25	0.16	0.21	0.56	0.01
		0.16	0.09	0.13	0.45	0.0
	Es	0.13	0.67	0.09	0.08	0.02
		0.21	0.76	0.16	0.14	0.07
		0.08	0.58	0.05	0.04	0.00

Table 8 The influential transition matrices (according to the scale of works)

要素間影響確率マトリックス(工事規模別)

		連続事象の要素					
		I	T	M	Ep	Es	
先行事象の要素	I	全事例	0.50	0.15	0.28	0.03	0.03
		切取	0.22	0.32	0.36	0.08	0.02
		上越	0.60	0.09	0.26	0.01	0.04
	T	全事例	0.21	0.44	0.20	0.14	0.01
		切取	0.24	0.32	0.15	0.28	0.02
		上越	0.19	0.53	0.24	0.04	0.0
	M	全事例	0.20	0.18	0.56	0.07	0.0
		切取	0.37	0.15	0.34	0.15	0.0
		上越	0.14	0.18	0.63	0.04	0.0
	Ep	全事例	0.21	0.12	0.17	0.50	0.0
		切取	0.19	0.11	0.10	0.59	0.0
		上越	0.25	0.15	0.36	0.24	0.0
	Es	全事例	0.13	0.67	0.09	0.08	0.02
		切取	0.12	0.71	0.06	0.08	0.03
		上越	0.17	0.57	0.17	0.09	0.0

6.2.2 工事規模別要素間影響確率

建設機械災害の例のように、工事規模の差異により災害発生に関与する要素の出現率には多少差異が見られるところから、災害が発生に至るまでの状況の推移にも工事規模の差異による相異が考えられる。そこで、Table 8 に上越新幹線建設工事と道路建設工事の切取作業との両工事別に求めた『要素間影響確率マトリックス』を示した。

両者を比較すると、確率値の推定区間を考慮してもかなり差異の見られる箇所がある。例えば、I→I, M→M (上越が大), T→Ep, Ep→Ep (上越が小) などに影響確率の差異が認められ、新幹線建設工事のように多様な資材・人員が投入される大規模・長期型の建設工事の特徴は労働災害の発生過程にも現れていると考えることができる。

6.2.3 災害種類別要素間影響確率

前項に述べた工事規模の差異にもとづいたと考えられる労働災害の発生過程の相異についてその内容の詳細を知るため災害種類別に求めた『要素間影響確率マトリックス』を Table 9 に示した。

道路建設工事の切取作業での2災害を例にとると、T→M, Ep→M, Ep→Epをはじめ『影響確率マトリックス』には相互に大きな差異が存在する。

また上越新幹線建設工事では4災害を取り上げ、『影響確率マトリックス』を求めたが、飛来落下災害でのI→I, M→I, M→M, 落石崩落災害でのM→T, Es→I などをはじめ『影響確率マトリックス』には特異の値をとる箇所が多数存在する。ただし、この上越新幹線建設工事での災害種類別『影響確率マトリックス』は、分析を行なった各事例の中から災害タイプとして典型的なもの(原資料で事故の型・起因物等が明確に記されたもの)のみについて数値を求めたので、データ数が少ないきらいがあり、得られた数値には再検討を要する。(特に落石崩落災害はデータ数が少なく、ここでは道路建設工事の切取作業での災害の結果との比較の意味で、参考までに掲げてある。)

6.2.4 工事種類別要素間影響確率

上越新幹線建設工事では多数の構造物の建設が行なわれたが、構造物の種類すなわち工事の種類による要素間影響確率の差異についても検討を行なった。Table 10として、工事種類別に求めた『要素間影響確率マトリックス』を示した。

橋梁工事におけるI→I, 高架橋工事でのM→I, 一般工事でのM→T, 軌道工事でのT→Iで他と比べて大

Table 9 The influential transition matrices  
(according to types of accident).

要素間影響確率マトリックス (災害種類別)

			連続事象の要素					
			I	T	M	Ep	Es	
先行 事象 の 要素	I	切取	全事例	0.22	0.32	0.36	0.08	0.02
			建設機械	0.18	0.26	0.44	0.10	0.03
			土砂崩壊	0.36	0.55	0.09	0.0	0.0
		上越	全事例	0.60	0.09	0.26	0.01	0.04
			墜落	0.88	0.0	0.08	0.0	0.04
			飛来落下	0.36	0.18	0.36	0.0	0.09
	建設機械		0.64	0.18	0.18	0.0	0.0	
	T	切取	全事例	0.24	0.32	0.15	0.28	0.02
			建設機械	0.20	0.29	0.41	0.08	0.03
			土砂崩壊	0.25	0.33	0.06	0.34	0.01
		上越	全事例	0.19	0.53	0.24	0.04	0.0
			墜落	0.35	0.32	0.22	0.11	0.0
			飛来落下	0.35	0.54	0.12	0.0	0.0
	M	切取	全事例	0.37	0.15	0.34	0.15	0.0
			建設機械	0.42	0.08	0.42	0.08	0.0
			土砂崩壊	0.20	0.36	0.08	0.36	0.0
		上越	全事例	0.14	0.18	0.63	0.04	0.0
			墜落	0.46	0.29	0.17	0.08	0.0
			飛来落下	0.67	0.22	0.11	0.0	0.0
	Ep	切取	全事例	0.19	0.11	0.10	0.59	0.0
			建設機械	0.15	0.26	0.40	0.19	0.0
			土砂崩壊	0.20	0.07	0.03	0.69	0.0
		上越	全事例	0.25	0.15	0.36	0.24	0.0
			墜落	0.78	0.11	0.11	0.0	0.0
飛来落下			0.75	0.0	0.0	0.25	0.0	
Es	切取	全事例	0.12	0.71	0.06	0.08	0.03	
		建設機械	0.26	0.42	0.16	0.11	0.05	
		土砂崩壊	0.06	0.83	0.02	0.06	0.02	
	上越	全事例	0.17	0.57	0.17	0.09	0.0	
		墜落	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	
		飛来落下	0.50	0.50	0.0	0.0	0.0	
		建設機械	0.50	0.50	0.0	0.0	0.0	
		落石崩壊	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Table 10 The influential transition matrices  
(according to types of structure constructed)  
要素間影響確率マトリックス(工事種類別)

	工事種類	連続事象の要素					
		I	T	M	Ep	Es	
先行事象の要素	I		0.60	0.09	0.26	0.01	0.04
		T	0.51	0.11	0.32	0.03	0.03
		B	0.82	0.06	0.12	0.0	0.0
		BL	0.62	0.10	0.23	0.0	0.05
		R	0.71	0.0	0.29	0.0	0.0
		N	0.75	0.0	0.13	0.0	0.13
	T		0.19	0.53	0.24	0.04	0.0
		T	0.18	0.52	0.26	0.05	0.0
		B	0.18	0.61	0.19	0.02	0.0
		BL	0.21	0.49	0.25	0.05	0.0
		R	0.32	0.58	0.11	0.0	0.0
		N	0.21	0.58	0.21	0.0	0.0
	M		0.14	0.18	0.63	0.04	0.0
		T	0.13	0.17	0.67	0.04	0.0
		B	0.14	0.24	0.52	0.10	0.0
		BL	0.25	0.11	0.61	0.02	0.0
		R	0.18	0.27	0.55	0.0	0.0
		N	0.08	0.46	0.38	0.08	0.0
	Ep		0.25	0.15	0.36	0.24	0.0
		T	0.22	0.09	0.39	0.30	0.0
B		0.40	0.40	0.20	0.0	0.0	
BL		0.25	0.42	0.25	0.08	0.0	
R		0.50	0.0	0.50	0.0	0.0	
N		1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Es		0.17	0.57	0.17	0.09	0.0	
	T	0.19	0.44	0.25	0.13	0.0	
	B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	BL	0.25	0.75	0.0	0.0	0.0	
	R	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	
	N	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	

きな確率値を、また一般工事でのM→M、軌道工事でのT→Mで他と比べて小さな確率値をとるなど、多少偏奇した確率値も見られるが、データ数の少ない箇所を除くと特異な確率値をとるものは多くない。

#### 6.2.5 元請企業別要素間影響確率

上越新幹線建設工事では、120社以上の元請企業が施工を行なっているが、これらの元請企業による差異について検討するため、前述のように選択した9社（A～H社およびJ社）について得られた『要素間影響確率マトリックス』をTable11に示した。

A社でのM→Ep, I→Ep, C社でのM→M, F社での

I→M, J社でのEp→Mで他と比べて大きな確率値を、またA社でのM→M, F社でのM→M, H社でのEp→Mで他と比べて小さな確率値をとるなど、工事種類別に見た場合よりは、確率値の偏った箇所が、特に物・機械・設備等に関する要素（M）の関連する所でかなり見られた。

#### 6.2.6 要素間影響確率マトリックスの類似性

前項までに示した各種の『要素間影響確率マトリックス』についてχ<sup>2</sup>による適合度検定を行なった。検定はデータ数を考慮しEpとEsを括った上で4行×4列のマトリックスについて行なった。

Table 11 The influential transition matrices  
(according to supervisory contractors).  
要素間影響確率マトリックス (元請企業別)

		元請企業	連続事象の要素				
			I	T	M	Ep	Es
先 行 事 象 の 要 素	I		0.60	0.09	0.26	0.01	0.04
		A	0.36	0.0	0.36	0.18	0.09
		B	0.62	0.08	0.31	0.0	0.0
		C	0.44	0.11	0.44	0.0	0.0
		D	0.50	0.0	0.50	0.0	0.0
		E	0.64	0.05	0.23	0.0	0.09
		F	0.29	0.14	0.57	0.0	0.0
		G	0.71	0.14	0.07	0.0	0.07
		H	0.65	0.17	0.13	0.0	0.04
		J	0.74	0.07	0.19	0.0	0.0
先 行 事 象 の 要 素	T		0.19	0.53	0.24	0.04	0.0
		A	0.19	0.52	0.25	0.04	0.0
		B	0.16	0.50	0.29	0.05	0.0
		C	0.10	0.57	0.26	0.07	0.0
		D	0.16	0.59	0.19	0.05	0.0
		E	0.23	0.60	0.15	0.03	0.0
		F	0.18	0.36	0.36	0.09	0.0
		G	0.20	0.53	0.27	0.0	0.0
		H	0.24	0.54	0.20	0.03	0.0
		J	0.22	0.48	0.30	0.0	0.0
先 行 事 象 の 要 素	M		0.14	0.18	0.63	0.04	0.0
		A	0.11	0.30	0.41	0.19	0.0
		B	0.10	0.18	0.63	0.10	0.0
		C	0.11	0.11	0.78	0.0	0.0
		D	0.18	0.09	0.73	0.0	0.0
		E	0.13	0.26	0.58	0.03	0.0
		F	0.33	0.33	0.33	0.0	0.0
		G	0.11	0.17	0.72	0.0	0.0
		H	0.14	0.18	0.62	0.06	0.0
		J	0.15	0.15	0.69	0.01	0.0
先 行 事 象 の 要 素	Ep		0.25	0.15	0.36	0.24	0.0
		A	0.07	0.20	0.53	0.20	0.0
		B	0.50	0.17	0.17	0.17	0.0
		C	0.22	0.22	0.33	0.22	0.0
		D	0.29	0.0	0.57	0.14	0.0
		E	0.40	0.20	0.40	0.0	0.0
		F	0.50	0.17	0.17	0.17	0.0
		G	0.33	0.0	0.0	0.67	0.0
		H	0.27	0.18	0.14	0.41	0.0
		J	0.09	0.09	0.73	0.09	0.0
先 行 事 象 の 要 素	Es		0.17	0.57	0.17	0.09	0.0
		A	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
		B	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
		C	0.0	0.0	0.50	0.50	0.0
		D	0.50	0.50	0.0	0.0	0.0
		E	0.17	0.83	0.0	0.0	0.0
		F	0.50	0.50	0.0	0.0	0.0
		G	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
		H	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
		J	0.20	0.0	0.60	0.20	0.0

Table 12 Similarity of influential transition matrices.  
要素間影響確率マトリックスの類似性

工事規模別 (切取工事—新幹線工事)	×
災害種類別 (切取工事 : 2 災害)	×
同上 (新幹線工事 : 3 災害)	×
同上 (全事例 : 5 災害)	×
工事内容例 (新幹線工事 : 5 工種)	○
元請企業別 (新幹線工事 : 9 企業)	△

結果は Table12 に示すとおり、工事規模別、災害種類別の各影響確率マトリックスについては類似性は棄却され、工事種類別の影響確率マトリックスについては類似性は棄却されなかった。また、元請企業別の確率マトリックスについては、データ数その他の点でさらに検討を要するものの、影響確率マトリックスには相互に若干の差異が存在すると考えられる。

すなわち本分析結果に見る限り労働災害の発生過程の傾向には災害種類によって相異があると考えられる一方、工事種類による差異はあまり認められない。

これらは、災害種類に見合った安全対策を念頭においた災害防止活動を強化する必要を示唆しているものと考えられる。

また、上越新幹線建設工事と道路建設工事の切取作業との両工事の『要素間影響確率マトリックス』に差異がみられるのは、ひとつには、作業内容が広範のものの特異のものとの違いがあること、また上越新幹線建設工事のようなビックプロジェクトの場合は、発注者・施工企業各社に加え関係官庁・地方自治体などまでを含めた連絡協議会の設置など、安全対策や安全活動が共通の地盤

で積極的に実施されることも多く、小規模工事の場合とは実際の安全対策面でかなり様相が異なる点があると考えられること、などによるものと思われる。

6.2.7 要素出現率・要素間影響確率から見た災害種類の類似性

前述のように、分析結果に見る限り労働災害の発生過程の傾向には災害種類によって相異があると考えられたが、上越新幹線建設工事と道路建設工事の切取作業との両工事で分析を行なった延べ6種類の災害種類について、要素出現率および要素間影響確率マトリックスの数値を用いてクラスター分析を行なった。

分析は、最短距離・最長距離・メディアン距離・重心間距離・K-means・Ward などの各種手法で行なったが、結果はいずれの場合もほぼ同様であった。

結果の一例として、6種類の災害の各々の5要素の出現率値を用いて群平均法により計算して得られたデンドログラムを Fig. 3 として示す。

図から読み取れるように、道路建設工事の切取作業での土砂崩壊災害が特殊な災害であること、道路建設工事の切取作業と上越新幹線建設工事の両工事での建設機械災害は分析を行なった延べ6種類の災害の中では相対的に類似していること、同様に墜落災害・飛来落下災害・落石崩落災害とが延べ6種類の災害の中では比較的類似していること、などが確認できた。

7. あとがき

本報で述べた『要素別出現率』や『要素間影響確率マトリックス』などは、災害発生の素因が存在しそれが最終的な災害という事象に向かって進展してゆく際の状況を示したものである。

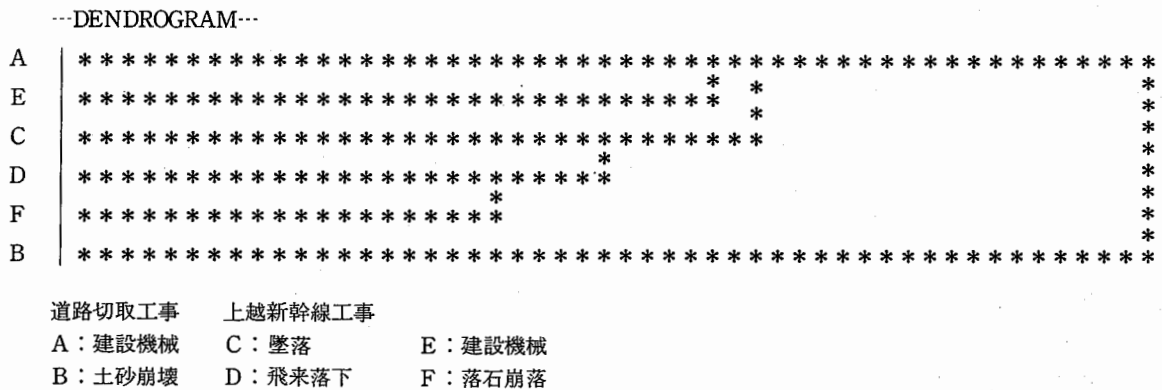


Fig.3 Dendrogram as the result of cluster analysis according to types of accidents  
災害種類別によるクラスター分析結果

上越新幹線建設工事で発生した労働災害事例の中から234件の事例、また道路建設工事の切取作業で発生した82件の労働災害事例を取り上げ、CTA手法による分析の結果から、各種の『要素別出現率』や『要素間影響確率マトリックス』が得られた。

その結果の要約を示すと下記のとおりである。

- i) 工事規模により要素別出現率に差異が見られる。上越新幹線建設工事と道路建設工事の切取作業との両者を比較すると、物・機械・設備等に関する要素 (M)、物理的作業環境要素 ( $E_p$ ) の出現率に差異が見られる。
  - ii) 同じように、災害種類によっても要素別出現率には差異が見られる。特に道路建設工事の切取作業での土砂崩壊災害は、作業環境要素 ( $E_p$ ) の出現率がきわめて大きく、他の災害と比較すると非常に特異な要素別出現率を有する災害である。
  - iii) 同じ建設機械災害であっても、上越新幹線建設工事と道路建設工事の切取作業とでは、要素別出現率に多少の違いが見られる。
  - iv) 工事規模により要素間影響確率マトリックスには差異が見られる。
  - v) 同じように、災害種類によっても要素間影響確率マトリックスにも差異が見られる。
  - vi) 上越新幹線建設工事における工事種類別に見た要素間影響確率マトリックスでは特異な確率値をとるものは多くはなく、マトリックス相互に明確な差異は認められない。
  - vii) 上越新幹線建設工事における元請企業別に見た要素間影響確率マトリックスでは、物・機械・設備等に関する要素 (M) に関連する箇所で確率値に偏りのあるものがある。
  - viii) 各種の要素間影響確率マトリックスについての  $\chi^2$  による適合度検定や、要素別出現率および要素間影響確率マトリックスの数値を用いてのクラスター分析の結果も、上記の i)~vii) に記した事柄を支持する。
- ところで、要素別出現率および要素間影響確率マトリックスとして得られた数値は、施工条件・工程・工事の進捗状況・実際の細かな各種の作業段階・等で当然変動するものと考えられる必要がある。
- しかし現状では、施工上の諸条件・作業状況などと直接結びついた形で、災害の発生状況・発生過程についてのデータが整備・蓄積されているわけではない。

したがって、労働災害の防止を図り有効な安全管理を進めてゆくうえで、災害の発生状況の推移や発生過程に係わるデータとして、本報に示したような分析結果についても基礎的データのひとつとして蓄積・充実を図る必要があると考えられる。

今後は災害発生時の工程・工事進捗状況・細かな各種の作業状況などの諸条件を含めて、各要素間の影響確率について解析を進めるとともに、各要素を細分化した検討を加えて、施工管理等と一体化した安全管理を可能とするための基礎資料を作成してゆく必要があると考えている。

## 謝 辞

末筆ながら、本報の調査・分析を遂行するにあたって、クラスター分析については統計数理研究所大隅昇博士の開発されたクラスター分析用プログラムMINITSを使用させていただいたこと、また資料の収集・分類・整理については終始当所花安繁郎主任研究官と共同で作業したことを、明記して両氏に深く感謝するとともに、災害調査復命書・死傷病報告などの利用に便宜を図っていた本省安全課、埼玉・群馬・新潟の各労働基準局、大宮・熊谷・行田の各労働基準監督署の皆様にも、また資料の整理を手伝っていただいた阿部真和氏に、心からの謝意を表します。(昭和61年2月3日受理)

## 参考文献

- 1) 鈴木；“C.T.A.をもちいた災害分析法について” 産業安全研究所技術資料 RIIS-TN-83-5 (1984)
- 2) たとえば、中央労働災害防止協会；産業安全年鑑(昭和47~58年版)
- 3) M.Meric, et al.; Techniques de gestion de la sécurité, I.N.R.S. n°234/RE (1976)
- 4) 日本鉄道建設公団；上越新幹線建設工事誌、大宮~新潟間 (1984)
- 5) 鈴木、堀井、前；“切取り工事における土砂岩石崩壊による死亡災害の分析”，産業安全研究所技術資料 RIIS-TN-75-4 (1975)
- 6) 鈴木；“労働災害の発生過程に見られる差異について” 土木学会第40回年次学術講演会VI-22(1985)
- 7) 鈴木；“労働災害の発生状況の災害種類による相違点” 第15回安全工学シンポジウム 2B01 (1985)