

# 『事故／インシデントを分析するVTA法の勧め』

## —安全マネジメントの実践—

(株)安全マネジメント研究所  
代表取締役 所長  
工学博士 石橋 明

### 1. はじめに

職場の安全活動をご支援していると、「最近、同様事故が繰り返し起きているのですが、打つ手はないでしょうか？」という相談をしばしば受けます。

そのような場面では、「以前に起こった事故をどのように処理されたのか」を詳細に説明して頂くことにしています。どのように事故調査を行い、どのような教訓を得て、どのような再発防止対策を立案したのかを尋ねます。

多くの場合は、報告書作成に熱心で実質的な事実調査も、原因分析もなされていません。したがって、再発防止対策も通り一遍で実効性がなく、何も改善されていないことに気がきます。作成された報告書としては、一応体裁が整っているように見えるのですが、**三現主義**に基づいて、現場に行って現物を確かめて、関係者に会って現実<sup>に</sup>何が起きているのかを正確に捉えていない例が多いのです。

原因調査にしても想像や前例偏重の域を脱せず、有効な再発防止対策を導き出せません。そして同様な事故が再発してしまいます。

このような場面でどのように考えどのよう

な安全活動を展開すべきなのかを研究するのが昨今台頭し始めている「安全マネジメント学」なのです。同様事故を繰り返させないための施策を検討して、現場で実践することが今求められているのです。

### 2. 安全マネジメントの基本

同様事故を繰り返させないための施策を構築するためには、はじめに「人は誰でも間違える」というヒューマンファクターズの基本概念を理解しなければなりません。それだけではなく、企業が事業を展開していくうえでは「三つの真理」を基盤として、予め安全に対する基本的ポリシーを明確にしておく必要があります。

(1) 一つ目の真理は、皆さんが従事している事業内容によっても異なりますが、どのような事業でも元来危険<sup>はら</sup>を孕んでいるのです。例えば、航空会社では、「空は危険である」ことに気付かなければなりません。空には未知の事柄が多いなかで航空機だけが進歩してしまい、いつの間にかより高くより早くより遠くへ飛行する技術を身に付けてきました。

同様に「鉄道は危険である」「原子力は、

化学プラントは、建築現場は、」などと、どこにでも当てはまる真理なのです。

したがって、考えられる安全対策は手間暇を惜しまず、すべて実践するぐらいの気迫が必要なのです。これは、長い歴史と伝統を誇る海運業界の「海は危険である」という考え方に代表されます。海運業界に従事する人々が、豊富な経験に基づいて「シーマンシップ」というキーワードを用いて、危険性を克服する心得と意気込みを知識化してきました。

- (2) 二つ目の真理は、「自然の法則は変えられない」ということです。自然科学の原理原則は人間の力では変えることができません。特に身近で代表的な例は、気象現象です。北半球では、低気圧は左回りの渦を作りますが、これが発達すると「台風」となって暴風雨を巻き起こします。台風には誰にも逆らえません。進路にあたる人々はただ強風や豪雨の被害を最小化する方法を尽くすだけです。決して甘く見て、無理を通してはいけないということです。キャンプを強行したり、ヨットセールを強行して災害にあった事例は数え切れません。

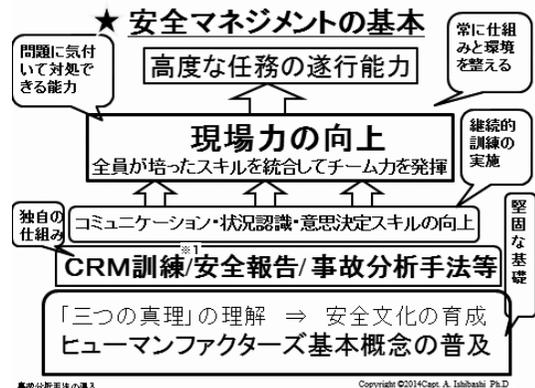
つまり我々は、自然の法則に逆らえませんので自然と共存するための知恵を働かせなければなりません。

- (3) 三つ目の真理は、「人は誰でも間違える」ことです。近年では、「ヒューマンファクターズ学」の研究が進んできて、この真理が広く理解されるようになりました。しかし、まだ「エラーは本人がしっかりしないから起こる」（しっかりすれば起こらない）と真剣に考えている人も稀に見掛けます。

人はエラーを冒すことを前提に、エラーがあっても事故や大事に結びつけないような対応策を備えていかなければなりません。

この真理に関連して、「人工物は必ず壊れる」ことも忘れてはなりません。老朽化したり想定外の外力が加わったり、操作を間違えれば信じられないほど脆く壊れてしまうことは多くの事故例が雄弁に物語っています。

我々は、安全マネジメントを展開する上で、忘れることのできない「三つの真理」を基礎にして、安全活動を展開していかなければなりません（図1）。



※1 CMR訓練：現場チームが、利用可能なあらゆるリソース（情報や意見など）を有効に活用して、最適な意思決定を行うために、コミュニケーション・状況認識などのスキルを高める訓練。

図1 安全マネジメントの基礎

### 3. 安全マネジメントが必要な背景

日常業務の行われる様子を客観的にみると、個人で完結しているように見える業務でも、決してそうではなく、多かれ少なかれチーム単位で動いていることに気が付きます。

それは、個人の能力の限界を補強するために考え出されたチーム能力の発揮手法なのです。団体スポーツに見るチームワークや皆で力

を合わせて大きな仕事を遂行する「協働」の考え方です。古くは「三ツ矢の教え」です。3人集まると3倍ではなく更に大きな力を発揮することも可能になります。(ただし、集団心理などの逆の側面もあることに注意を要します。)

チームによる業務遂行方式は、たとえ一人がエラーを冒しても周囲のチームメンバーがバックアップして回復できるような備えを準備している訳です。人間工学の分野では、「ヒューマンリダンダンシ<sup>※2</sup>」と言っています。

チームで業務を遂行する体制になっているということは、複数の人々によってチームが構成されることから、別の観点から見ると一つの社会システムが形成されていることとなります。社会システムとなると、構成メンバー間での「意思疎通の問題」や「意思決定の方法論」など、個人の場合とは違った問題に直面することがあります。

このような場面では、簡単に個人の能力や限界などのヒューマンファクターズの問題では解決できない新たな課題が生じます。

例えば、作業チームが遂行している業務中に事故が発生したと考えてみて下さい。事故の最も近くに居たメンバーに何らかのエラーがあったとして、それは好き好んで起こされたのではないことは明白です。その背後には、杜撰な雰囲気<sup>ずさん</sup>が蔓延していたのかも知れませんが、古くなって使い物にならないようなマニュアルが放置されていたのかも知れません。

さらに、チームを指揮監督する者がそれに気が付かなかったのかも知れませんが、気が付いていたにも拘わらず改善する暇がなかったのかも知れません。

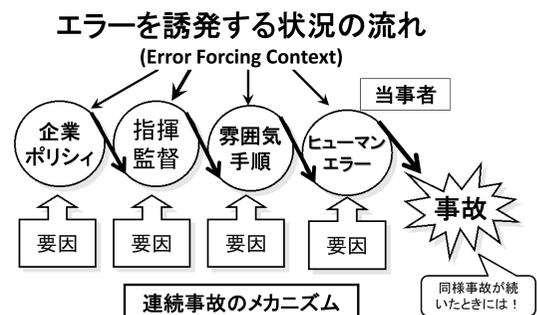
更にその背後には、上部からの命令で過酷

なノルマが課せられていたのかも分かりませんが、何れにしましても、「エラーを誘発する状況の流れ」があった筈なのです。

それを無視して、事故の直前に居た当事者のみの問題として、再訓練をし、処罰しても同様事故の再発を防ぐことができません。なぜかと言えば、そのような解決の仕方では、また同じ「エラーを誘発する状況の流れ」の影響を受けて、時が移り変わっても人が変わっても、また同じエラーを誘発してしまうからなのです。当然ですが、同じような事故に至ってしまうのです。

これが連続事故のメカニズムなのです。ですから、同じような事故が2回3回と続いたときには、前の事故が起こった時の処理要領が、事故直前の当事者エラーだけに目を向けて処理をして、他の原因には手を打ってなかったことを振り返って頂かなくてはなりません。

この考え方は、「事象の連鎖(チェーン・オブ・イベント)」という図表を用いて説明されていて世界的に理解されています(図2)。



Copyright©2014 Capt. A. Ishibashi Ph.D.

図2 事象の連鎖 事故原因は複数ある

この説明では、「事故は一つだけの原因で起こるものではない」ことを強調しています。事故が起こった時には、冷静に事実調査を

行って、何がどのようになって事故となったのかを把握する必要があります。

そして、原因と背後要因を科学的に探求して有効な再発防止対策を練り上げていかなければなりません。日頃からそのような活動が展開できる体制を整えておかなければなりません。つまり、「安全マネジメント体制」を備えておくことが必要なのです。

#### 4. 時系列要因分析手法の応用

近年、安全マネジメント手法として最も重要視されているのが、事故原因の分析手法です。起こった事実を正確に把握することは重要ですが、その手法については、「事故調査手法」で詳しくご紹介することとして、本稿では、事故の原因や背後要因をどのようにして分析し、再発防止対策に活かしていくべきなのかについて、検討することとします。

前項では、事故原因は一つではあり得ず、複数の原因があって、どこをも断ち切ることができなかつたときに、最終的に当事者の僅かなヒューマンエラーで事故に至ってしまうことを「事象の連鎖」として説明しました。事故原因の分析は、この様な多くの原因要素を明らかにして、対策に結び付けるための手法であり、活動なのです。

しかも、人間の能力やその限界、基本的特性などの「ヒューマンファクターズの視点」から、分析することによって、「それでどうする？」という現場で求められる有効な再発防止対策を、具体的に導き出すことが可能になります。

事故原因分析手法には、多くの考え方があって、一説によれば500種類以上の手法が

提案されています。しかし、現場で手軽に活用できる分析手法が少なく、普及も困難でした。そこで、ヨーロッパで発表された論文の発想法を日本で実用化した「Variation Tree Analysis (VTA)」という手法をご紹介します。元論文の表題をそのまま用いたために英文表記となっていますが、内容は日本の産業現場に合わせて、日本で利用できるように開発された分析手法です。特に分かり易く「時系列要因分析手法」と表記することにしています。

簡単にこの分析手法の開発経緯をご紹介します。1987年にヨーロッパのLeplat J.およびRasmussen J.らによって認知心理学の分野から提案された対策指向型の定性的事故分析手法の論文を、1990年代に早稲田大学大学院人間科学研究科の黒田勲教授らによって、建設分野において実用化するために開発されました(1994年11月大成建設安全部との共同開発)。

その後も、黒田研究室では、VTAの研究開発を継続し宇宙開発分野、製造業分野、原子力発電分野などへ実用化を拡大していった(宇宙開発事業団「ヒューマンファクター分析ハンドブック」2000年6月)。

黒田勲教授退役後も、VTAの研究開発は、同大学院石田敏郎研究室に引き継がれて、交通事故の分析に適用され、交通心理学会等で発表されました。他方、筆者らが、同研究室において航空機事故の分析に適用し、第10回国際航空シンポジウムで発表しました(米国オハイオ大学1999年)。

このようにして、現在活用されているVTA事故分析手法が確立されて、大学の講義で解説され、産業界の安全大会や安全講習会などで講演され、広く日本の内外で知られ、

活用されることとなりました。

#### 4.1 VTAの基本的考え方

VTAは、複雑な産業システムの中で発生する事故やインシデントを、ヒューマンファクターズの視点から分析する手法で、時系列に通常から逸脱した判断や行動をプロットする手法です。起こった順に判断や行動の流れを人間中心に分析するところから前述のとおり「時系列要因分析手法」と呼称することにしています。

この分析手法では、「すべてが通常通りに運べば、事故は起こらない」と考えます。事故に至る経過を詳しく振り返ると、通常から逸脱した当事者の判断や行動が浮き彫りになってきます。実はそこに問題点が潜んでいるのです。

しかも、分析の中では、責任追及はさておいて再発防止対策を立案するための資料を収集することを第一義に考えます。対策指向型に徹します。責任追及に走ると事実が分からなくなる恐れがあるからです。事故に関与した人にとって責任追及が先立つと、余計なことは発言しなくなる恐れがあります。つまり本人しか分からない問題点を聞き出すことができなくなる恐れがあります。

事実を客観的に見て、先入観や思い込みを排除します。客観的事実から分析を進めます。できれば複数の仕事の内容が分かっている人が参加して分析することが望ましいのです。

それらをまとめてみると以下ようになります。

- (1) ヒューマンファクターズの視点から分析するため、人間行動の流れを中心に時系列にツリーをプロットする。
- (2) 作業等が通常通りに進捗していれば事故は起こらないと考え、通常から逸脱した判

断や行動、その結果としての状況を時間軸に沿って分析する。

- (3) 関係者の責任追及を先立たせることなく、対策指向型に徹して、事実を聞き出し易い（話し易い）雰囲気を作る。
- (4) 手法の簡易性を重視して、起こった事実を客観的にプロットし、ノード<sup>\*3</sup>の簡易表現で意味が分からなくなった場合には、右欄外の説明欄で詳しく説明を加える。
- (5) 人間行動の背後に潜むエラー誘発要因とそれらが事故に結び付いた状況の流れを探求する。
- (6) 現場の業務を熟知した要員を含む複数の分析者によって、ディスカッションしながら多角的に分析を行う（個人による分析の偏りを防ぐ）。
- (7) FTA（Fault Tree Analysis）の考え方を根底においてはいるものの、分析には推定要因を含まず、不具合に至った事実のみを分析対象とする。
- (8) 分析結果はあくまでも定性的な取り扱いを前提とし、定量化を視野に入れていない。
- (9) プロットには、「and ゲート<sup>\*4</sup>」のみを用いて、「or ゲート<sup>\*4</sup>」は用いない。

#### 4.2 VTAのプロット要領

VTA分析手法のプロット方法を説明するために、簡単な交通事故を例にとって進めます。朝の交通量の多い時間帯に、右折しようと信号のない道路上でウインカーを出して待機していました。前方から走行してきた大型トラックが、停止して道を譲ってくれたので急いで右折を開始しました。右側の歩道を越えて駐車場に入るためでした。突然トラックの側方から走行してきたバイクに接触して、

バイクが転倒する事故になってしまいました。この事例を分析します。

まず、社員の当該運転士に事情をお聞きしました。60歳のベテランドライバーで、健康状態も極めてよくジョギングなどを行っていて体力にも運転にも自信を持っていました。事故の前歴もありませんでした。しかし、接触するまでバイクが目に入らなかったと言っています。

このケースをVTAで分析する手順に沿って説明します。

事故を分析する前に次のようなことを確認したうえで分析の準備を行います。

はじめに、当該事故/インシデントは、ヒューマンファクターズに関連するかどうかを判断します。ヒューマンファクターズに関連しない事例は、別の手法を用いて分析して下さい(図3)。

ヒューマンファクターズに関連するのであれば、発生経緯をできるだけ詳しく調査して5W1Hに沿って事実を整理します。その際、以下のように整理します。

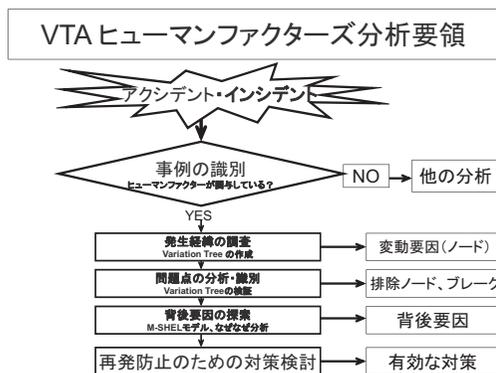


図3 ヒューマンファクターズ分析要領

起こった事例を「時系列事象整理」といって、プロットを始める時点から事故に至るまで、時系列に判断や行動、動作をメモ用紙に書き出します。この作業により、容易に通常

から逸脱した変動要因(ノード)を抽出することができます(ステップ1)。

次に、軸を立てます。当事者、チームメイト、関係者、使用していた機材など、人や機材や環境など変動する主体となり得るものはすべて軸となり得ます(ステップ2)。

左欄外は時間軸で、右欄外は説明欄です。ツリーの最下部には、前提条件を記入します(当事者の属性や作業の性質など事故全体に関わる要素などです)。

図4の考え方で順にツリーを作成します。

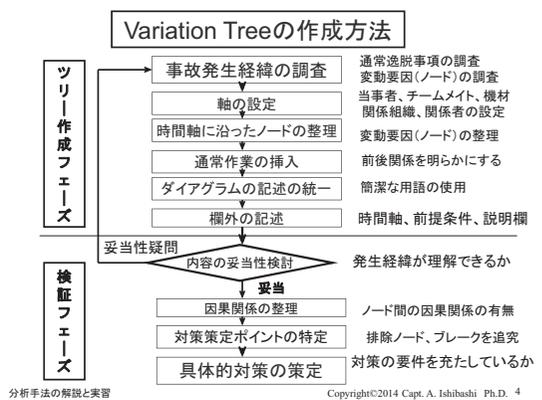


図4 ツリー作成の考え方

次に、ツリーのプロット要領を順に確認して参ります。以下の8つのステップから成っています。

### ★ 作成手順のステップ

- ステップ1. 時系列事象整理
- ステップ2. 軸の設定
- ステップ3. 逸脱動作(ノード)の抽出
- ステップ4. ノードの説明
- ステップ5. ノード間の関連性を→で示す
- ステップ6. ツリーの妥当性を検証する
- ステップ7. 排除ノードブレイクを決め対策へ進める
- ステップ8. リスクアセスメントを実施する

分析手法の解説と実習 Copyright©2014 Capt. A. Ishibashi Ph.D.

図5 VTAプロットの手順

ノード（変動要因）は、ダイアグラムの中でできるだけ簡単な表現で記入します。

ノードは通常、体言止めとします。短縮するとともに、感情を入れない客観的な表現にするために、過去形ではなく現在形とするのがよいとされています。

この時、簡略化し過ぎて意味が分からなくなる恐れがありますので、番号を付けて右欄外の説明欄に呼び出して、説明を加えます。例えば、「右歩道を注視して発進」と記入した場合、意味が分かり難いので番号(2)を付して右欄外に呼び出して、(2)「右側の歩道に自転車や人が頻繁に通行していたので、これから横切るこの歩道上を注視しつつ発進した。」と補足説明を記入します。

### ★ ステップ3. ノードの記入

1. 軸ごとに通常から逸脱した行動、判断などを抽出する
2. それらをダイアグラムに記入して、発生順に並べる。(体言止め、若しくは現在形)  

運転に不慣れであった	→	運転に不慣れ【体言止め】
道を譲ってくれた	→	進路譲る 【用言は現在形】
3. 時間軸に時刻を記入する(下から上へ)
4. 前提条件を記入する(全体に関わること)

分析手法の解説と実習

Copyright©2013 Capt. A. Ishibashi Ph.D.

1

図6 ノードの記入方法

このように記入することによって、当該運転者は、歩道に気をとられていたために、本来ならば前方の車両に道を譲ってもらっても一気に発進するのではなく、多段階発進（いつでも停止できるように、少しずつ何段階にも分けて加速を行う発進方法）すべき手順を失念していたことが分かります。説明欄はこのように活用します（ステップ4）。

次に、ノードの関連性を→で示します。道を譲ってくれたから右折のため発進しました。ただし、前述のように右歩道に気をとられ過ぎて発進方法が乱暴になってしまいました(ステップ5)。

一通りプロットできたところで、ツリー全体の妥当性を検討します（ステップ6）。

ノードはよいか、ノードの関連性はよいか、説明欄で十分にノードの説明がなされているか、などを検証します。

ここまでプロットできたならば、「排除ノード（このノードがなかったならば事故にならなかった）と思われるノード」が二つや三つは存在します。それらの右肩に丸印を付して識別します。また、ノード間の関連性を断ち切っていれば事故にならなかったところに点線を引いて「ブレイク」と呼称します。

この排除ノードとブレイクがこの事故の問題点となります。これらの対策を考えればよいのですが、当然ですが、それぞれにも背後要因が存在します。右欄の説明欄にその背後要因が潜んでいます。この際それらに対してもヒューマンファクターズの視点から注目して対策の検討に含めます。

出来れば、ここで明らかになったすべての問題点に関して、リスクアセスメントを行います。それぞれの発生頻度と、事故になった場合の被害の大きさを検討してリスクレベルを推定します。

リスクというのは、事故に繋がる可能性のことですから、発生頻度と被害の程度に関する基準を設けることによって、定量化する方法があります。

VTAの基本形は図7のようになります。

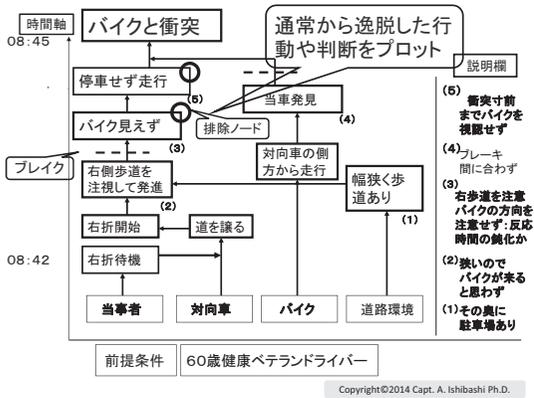


図7 VTAの基本形

### 5. 再発防止対策の立案

排除ノードとブレーキが明らかになったところで、対策立案の準備に取り掛かります。これらの問題点をなぜなぜ分析に掛けて、背後に潜む背後要因を探求します。その際、説明欄に記入した説明からもヒューマンファクター絡みの問題点を抽出することができます。

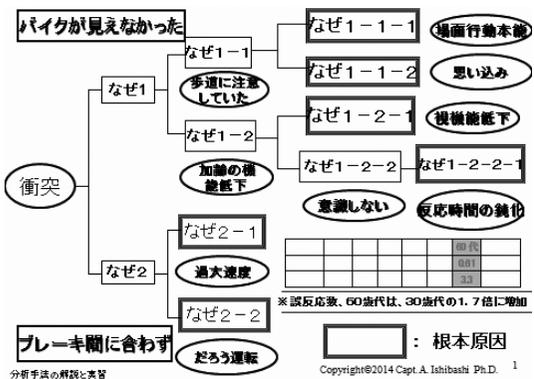


図8 なぜなぜ分析の事例

ここで、原因と対策を「M-SHELモデル<sup>※5</sup>」の各要素に従って整理する手法を用いることも可能です(図9)。

この整理方法では、VTAで分析できた問題点について、さらに詳細に原因の所在と再発防止対策がより具体的に立案できるメリッ

トがあります。

### ★ 対策立案の一例

- M-SHELモデルの視点 -

	M	L-S	L-H	L-E	L-L	L
原因	加齢ドライバーのケア不足	不用意な発進要領	該当事項なし	歩道の奥にある駐車場の入り口	車の陰からのバイクに対する注意喚起不足	経年劣化を自覚し、自信過剰
対策	加齢者ドライバー診断の奨励	多段階発進の訓練を導入し、手順化	該当事項なし	左折で駐車場に入る工夫が必要	ヘッドライト点灯などの注意喚起策が必要	経年劣化を自覚し、日ごろから対応策を準備する

分析手法の解説と実習

Copyright©2014 Capt. A. Ishibashi Ph.D.

※6 M L-S L-H L-E L-L L: M-SHELの各要素と当事者との関係において、どのような原因が潜んでいて、どのような対策が必要なのかを整理するために活用します。より具体的な対策になります。

- M : マネジメント
- L-S : 当事者-ソフトウェア
- L-H : 当事者-ハードウェア
- L-E : 当事者-環境
- L-L : 当事者-チームメイト・関係者
- L : 当事者

図9 M-SHELモデルの各要素の視点

再発防止対策を立案するときのポイント  
は、「現場から受け入れられることが大前提」です。そして、①物理的にも、実施可能性のある対策でなければなりませんし、何よりもその対策によって②再発が防げること、何をどうするかが③具体的に示されていること、④長続きがすること、どこの事業所でも⑤普及できること、⑥法律や規定に整合していること、⑦原因に的中していること、⑧費用対効果の面から見ても納得できることなどの要件を満たすことが望ましいと考えられます。これらの要件を満たす対策を立案すれば、必ず現場から受け入れられるでしょう。

### 6. まとめ

今回は、人は誰でも間違えるという「ヒューマンファクターズの基本概念」をベースに、

安全マネジメント手法の一環として事故事象の分析手法「VTA（時系列要因分析手法）」を活用して、事故の原因と背後要因を可能な限り探求して、それらを有効な再発防止対策に活かしていく手法について、検討しました。

このような安全マネジメントの発想法によって、同様事故の連発による悩みから脱出することができるのではないのでしょうか。

今回は、問題点の危険性をさらに詳しく見抜く手法としてのリスクアセスメントについて議論致しましょう。

### 用語の説明

- ※2 ヒューマンリダンダンシィ：システムの「冗長性」のことで、例えば故障に備えてバックアップシステムを準備することを言いますが、人間の脆弱性を補強するためにチームメンバーなど人間がバックアップすることをヒューマンリダンダンシィと言います。
- ※3 ノード：VTA分析手法では、「通常から逸脱した判断や行動を時系列にプロットして分析します」が、この「判断や行動」を**変動要因（ノード）**として、ダイアグラム（□の枠内）に簡潔に表示します。
- ※4 「andゲート」、「orゲート」：「Fault Tree Analysis = FTA」という分析手法で用いられる論理記述上の用語です。  
動作の要件をすべて充たすとき「andゲート」といい、どちらか一つの要件で成り立つとき「orゲート」として扱います。VTAでは、実際に起こった事実のみを扱いますので、「andゲート」のみを用います。
- ※5 M-SHEL：複雑な社会システムの中で人間が密接に関連していますが、その様子を説明したものが「SHELモデル」でした（Edwards,1972）。それぞれ「S:ソフトウェア」「H:ハードウェア」「E:環境」「L:真ん中のLが当事者、下のLがチームメイトや関係者」を表わします。それらを取り巻く「M:マネジメント」です（あとで日本で付け加えました）。真ん中のLと周囲の要素との接点にどのようなことが起こっているのかを観察します。このような視点で、起こった事実を正確に把握することが可能になります。

### 【参考文献】

1. 石橋明「航空分野における安全マネジメント手法の他産業分野への応用に関する研究」東北大学大学院工学研究科博士課程 2010
2. 黒田勲「信じられない事故はなぜ起こる」中災防新書 2001
3. 石橋明「事故は、何故繰り返されるのか」中災防2003（事故事例分析手法の解説書）
4. 橋本邦衛「安全人間工学」中央労働災害防止協会 1984
5. 建災防 平成25年労働災害発生状況
6. 警察庁 平成25年交通事故発生状況 速報
7. 石橋明「リスクゼロを実現するリーダー学」自由国民社 2003
8. 石橋明「ヒューマンエラーはこうして防ぐ（上・下）」労働新聞社 安全衛生ノート VOL.34 No.11、No.12
9. 黒田勲監修「対策指向の災害分析手法を考える」大成建設安全部安全管理室発行1994年11月
10. Leplat J. & Rasmussen J. "Analysis of Human Errors In Industrial Incidents Accidents for Improvement of Work Safety" In Rasmussen J. Duncan R. & Leplat J. (Eds) .New Technology and Human Error, John Willy & Sons, Chichester. pp157-168 1987.
11. 石田敏郎ほか「バリエーションツリー分析による事故の人的要因の検討」自動車技術協会論文集 vol.30,No2,125-130 1999年
12. Ishibashi A. "Analysis of Aircraft Accidents by means of Variation Tree. 米国オハイオ大学、第10回国際航空シンポジウム Proceedings Page1136-1142. 1999.