船員災害の特徴と災害防止に関する研究- I . -バリエーションツリー解析の適用-

小島 智恵¹・竹本 孝弘²

The Characteristics and Prevention of Seafarer's accident - I. -Use of Variation Tree Analysis-

Chie KOJIMA and Takahiro TAKEMOTO

Abstract

Seafarer's accident have decreased since 1967 when the official accident investigation have begun. On the other hand the rate of seafarer's accident is about four to five times high rate as compared with the disaster rate of all the industries on land at present.

In this study, authors investigated the seafarer's accident for the last ten years, and have grasped the aspect of a accident and the characteristics of seafarer's accident. The variation tree analysis (VTA) which is a qualitative accident analytical method was applied to human attribution analysis of seafarer's accident and it was considered that whether it was possible to pick out a unusual factor which developed into an disaster.

In this paper, VTA was applied to seafarer's accident, and the main conclusions obtained by this research are as follows.

- (1) The cause of the fall is the action, environment, recognition and decision of the worker.
- (2) Work environment influences the accident being caught cause.
- (3) The recognition and decision of worker causes absurd injury.

Keywords : Accident, Seafarer's disaster, Occupational safety and health, Human Factor, Variation Tree Analysis

キーワード: 事故、船員災害、労働安全衛生、ヒューマンファクター、バリエーションツリー

1. はじめに

船員災害は昭和 42 年の「船員災害防止活動の促進に関する法律」に基づく調査を開始してから減少傾向にある。一方で、現在でも船員災害は、陸上の全産業の災害発生率と比較すると約 4~5 倍と高率である。そこで本研究では、最近 10 年間の船員災害を調査⁽¹⁾し、発生傾向の高い災害に関して、災害の

様態と実施していた作業についての特徴を把握した。さらに、定性的な事故分析手法であるバリエーションツリー解析 (Variation Tree Analysis 以下 VT 解析という) を船員災害の人的要因分析に適用し、災害に発展した通常とは異なった要因となる行動や判断の抽出が可能か検討した。

¹ 正会員 鳥羽商船高等専門学校 (〒517-8501 三重県鳥羽市池上町 1-1) c-kojima@toba-cmt.ac.jp

² 正会員 東京海洋大学 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6)

2. 船員災害の傾向

船員の職業は、林業、鉱業に続く危険な業種にあげられている。船員災害は、「船員の就業に係る船舶、船内設備、積荷などにより、又は作業行動もしくは船内生活によって、船員が負傷し、疾病にかかり、又は死亡することをいう」（船員災害防止活動の促進に関する法律第2条1項）と定義されている。ここで、船員災害は他の産業での災害とは異なり、職務上であるか職務外であるかは区別されないという特徴がある。船員災害は、様々な要因が重なり発生するが、その他の船員ならではの特性についても検討した。船員の特殊な労働環境としては、自然環境、居住環境、勤務体制、航海技術、職務分担、陸上管理体制等が挙げられる。しかし、船員災害を防止するには、特殊な労働環境の対処だけではなく、労働者の行動や判断を考慮した安全対策が重要であると考え。そこで本研究では、最近10年間の船員災害の傾向と特徴を調査し、発生傾向の高い災害に関して、災害の様態と実施していた作業についての特徴を把握した。

さらに、Leplat⁽²⁾らによって開発された定性的な事故分析手法であるVTAを船員災害の人的要因分析に適用し、災害に発展した通常とは異なった要因の抽出が可能か検討した。

2.1 船員災害の年千人率

船員法第111条に基づいて、船舶所有者から国土交通省海事局に報告された船員災害疾病発生状況報告のデータを基に、船員災害の発生傾向と特徴を調査した。

災害は、船員災害のみに限らず、一般的に災害発生率で評価される。本研究では次式に示す年千人率式(1)を用いた。

年千人率とは労働者（在籍船員）1000人あたり、1年間で何人に災害が発生したかを示す。

$$\text{年千人率} = \frac{\text{年間の被災者総数}}{\text{年平均労働者数}} \times 1,000 \quad (1)$$

2.2 船員災害発生率

船員災害の発生率は、昭和42年に調査を開始してから、著しく減少していると報告されている。⁽³⁾しかし、船員災害疾病発生状況報告で、報告された船員災害の発生率を見てみると、図1に示す通り、減少傾向の停滞がみられる。図1は、平成15年4

月1日から平成24年3月31日までの10年間の船員災害の千人率と陸上全産業の千人率を比較したものである。船舶の種類によっても船員災害の発生率に特徴があると考え、船舶の種類を次の3種類に分類した。（1）一般船舶：外航、内航（2）漁船：漁船（3）その他：官公庁船、曳船、はしけ及び起重機船等に分類した。平成15年4月から平成24年3月31日までの災害発生件数は、10年間の平均で一般船舶では、256件（従事者数27,048人）、漁船では492件（従事者数32,157人）、その他では、106件（従事者数15,362人）であった。

全船舶と陸上全産業の近年10年間の千人率の平均を比較すると、一般船舶の千人率は9.5、漁船は15.3、その他は6.9、全船舶で10.6であるが、陸上全産業の千人率⁽⁴⁾は、2.3となっている。陸上全産業と比較すると全船舶の千人率は、約5倍、一般船舶でも約4倍となっている。

図1. 陸上及び船員災害の発生率推移

2.3 船員災害の様態

船員災害疾病発生状況報告では、船員災害の様態については、以下のように分類されている。

〔転倒〕

人がほぼ同一平面上で転ぶ場合をいい、つまずき又はすべりにより倒れた場合をいう。転倒して、激突したときも、転倒に分類する。

〔はさまれ〕

物にはさまれ、つぶされ、ねじられる等をいう。物と物との間にはさまれ動きがとれなくなる場合をいう。

〔動作の反動・無理な動作〕

転落、墜落、転倒、激突、飛来、落下、破壊、倒壊、激突され、はさまれ、まき込まれ、切れこすれ、踏みぬき、海中転落、爆発、火災、海難、酸欠、中

毒、高温・低温の物との接触以外の場合であって、重いものを持ち上げて腰をぎっくりさせたというように身体の姿勢、動作等が起因して筋を違える、挫る、捻る等これに類似した状態になる場合をいう。

〔転落・墜落〕

転落して、はさまれた場合等及び、すべり、つまずきによる転倒・墜落は、転倒・墜落に分類する。

〔飛来・落下〕

飛んでくる物、落ちてくる物等が主体となって人に当たった場合をいう。工具等を使用し、機械の修理中、切削粉等飛来その他自分が持っていた物を足の上に落した場合を含む。

2.4 過去10年の船員災害発生状況

表1に平成15年度～平成24年度の船員災害発生状況を示す。一般船舶で最も多い災害の様態は、「転倒 21.2%」で、続いて「はさまれ 16.4%」、「動作の反動・無理な動作 15.4%」となっている。漁船災害も同様に「転倒 19.7%」が最も多く、続いて「はさまれ 14.7%」、「動作の反動・無理な動作 11.6%」となっている。また、その他の船舶では、「はさまれ 17.8%」が最も多く、続いて「転倒 15.6%」、「動作の反動・無理な動作 14.5%」となっている。船員災害全体としては「転倒」、「はさまれ」及び「動作の反動・無理な動作」によって船員災害のほぼ半数が発生しているという特徴がある。

次に、災害の様態と実施していた作業について特徴を調査した。

2.4.1 一般船舶の災害傾向

平成15年度～平成24年度船員災害疾病発生報告の事例から一般船舶では、「転倒」、「はさまれ」及び「動作の反動・無理な動作」の順に災害が発生しており、「転倒」発生時の作業は約5割が出入港時の作業であった。「はさまれ」発生作業時は、約4割が出入港作業、約3割が荷役となり、「動作の反動・無理な動作」の発生作業は、出入港作業と整備・管理作業の各作業がそれぞれ3割を占める結果となった。一般船舶における特徴としては、災害発生状況の様態から、出入港時の作業が最も危険な作業と言える。

2.4.2 漁船の災害傾向

漁船の災害の様態として、「転倒」、「はさまれ」及び「動作の反動・無理な動作」が半数を占めており、一般船舶と同様な傾向があったが、災害発生時の作

業について、「転倒」では、漁ろうが約5割、整備・管理作業に関するものが約2割となり、「はさまれ」についても約7割が漁ろう、約2割が整備・管理作業という結果であった。また、「動作の反動・無理な動作」に関しては、約3割が漁ろう、約2割が整備・管理作業という特徴があった。漁船の災害発生は、一般船舶の様態と同様の結果であったが、発生時の作業が異なり、漁ろう作業中が最も危険な作業という特徴がある。

2.4.3 その他の船舶の傾向

その他の船舶の災害の様態としては、「はさまれ」、「転倒」及び「動作の反動・無理な動作」の順となっている。それぞれの災害発生時の作業は、「はさまれ」については、約5割が整備・管理作業であり、約2割が荷役という結果であった。「転倒」については、約3割が出入港時の作業、約2割が整備・管理作業であった。「動作の反動・無理な動作」の作業として、約5割が整備・管理作業、約4割が出入港時の作業という傾向があった。

その他の船舶は、一般船舶や漁船と比較すると官公庁船、曳船、はしけと船の種類の幅が広いということも考慮しなければいけないが、災害の様態から、整備・管理作業時の災害に注意しなければならない。

表1. 船員災害の発生状況 (H15～H24)

	一般船舶	漁船	その他	全船舶
転倒	21.2	19.7	15.6	18.8
はさまれ	16.4	14.7	17.8	16.3
動作の反動・無理な動作	15.4	11.6	14.5	13.8
転落・墜落	12.4	7.0	11.9	8.1
飛来・落下	5.5	10.0	4.6	3.4
激突	5.4	6.9	6.3	6.2
激突され	4.4	6.4	6.9	5.9
踏みぬき	3.3	1.4	3.5	2.7
海中転落	3.0	2.7	5.0	1.9
切れこすれ	2.8	3.9	3.0	2.2
まき込まれ	2.5	8.5	2.8	4.6
高温・低温の物との接触	2.2	0.8	1.6	1.5
その他	1.5	1.7	2.2	1.8
海難	1.4	3.2	2.8	2.5
中毒	0.6	0.2	0.1	0.3
不明	0.5	0.3	0.4	0.4
崩壊・倒壊	0.5	0.5	0.3	0.4
酸欠	0.4	0.0	0.0	0.1
爆発	0.3	0.2	0.4	0.3
感電	0.1	0.1	0.3	0.2
火災	0.1	0.2	0.0	0.1
合計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

2.5 災害発生状況の変化

災害の様態に関して、船舶の種類に分類して災害発生の全体の割合を調査した結果、災害発生割合が増加している様態があることがわかった。図2に災害発生状況の変化を示す。

一般船舶に関しては、10年間の平均で、4番目に発生割合の高かった「転落・墜落」、そして漁船で4番目に高かった「飛来・落下」の様態が、全体の災害発生状況において増加傾向を示している。一般船舶における、「転落・墜落」、漁船における「飛来・落下」の災害様態が、近年における船員災害の減少傾向停滞の要因とも言える。一般船舶における「転落・墜落」の災害が起きた際の発生時作業と作業場所を平成21年4月1日から平成24年3月31日まで分析した結果、約6割が整備・管理作業であった。また、整備・管理作業中の約5割が甲板上（通路、階段を除く露出甲板をいい、船橋甲板（コンパス甲板、航海甲板）、ポート甲板、船尾甲板）で発生したという傾向があった。さらに「転落・墜落」による船員災害の休業日数は、約7割が30日以上の上の休業日数を要する傾向があった。この特徴から「転落・墜落」による船員災害は、重傷となる可能性が高いといえる。

図2. 災害発生状況の変化

3. VT解析による船員災害の分析

3.1 VT解析の考え方

船員災害の様態と実施していた作業についての特徴から、定性的な事故分析手法であるVT解析を使用して、船員災害の人的要因分析に適用し、災害に発展した要因となる行動や判断を抽出し、安全対策を取ることで、船員災害発生件数を減少できるのではないかと考えた。

VT解析は、人間の情報認知、状況判断、意思決定など、情報処理過程を主体に人間行動を時系列に

目に見えるようにしようとする方法である。事象の連鎖を追及する手法で、連鎖の中での「変化」を特に強調して表現する。事故災害は、通常の作業状態、もしくは習慣的な作業状態の中で発生したいくつかの逸脱や変動の結果として発生すると考えられる。通常の事故分析では、発生状況を振り返ることになるが、VT解析では通常とは異なるものに着目して分析する。作業主体ごとの時系列行動の流れを相互関係的に追跡し、事故防止のために、排除すべき変動要因（ノード）を抽出する。

VT解析は、通常から外れた状態、作業、判断、行動等の変動要因を中心に時間軸に従って描いていく。VT解析は製造業分野、医療分野などをはじめ産業界全般にわたって、安全研修会や安全講演会などを通じて広く紹介され、現場で手軽に応用できる事故事象分析手法である。VT解析は、再発防止のための人間行動の問題点を抽出し、有効な対策を講じなければならない焦点を絞る手段として使用されている。そこで、船員災害にVT解析を使用し、ノードの抽出が可能か検討した。

3.2 『転倒』についてのVT解析

船員災害の発生状況から、一般船舶で割合の多かった「転倒」について、VT解析が適用可能であるか検討した。使用した災害事故例は、平成15年度から24年度の船員災害疾病報告書から、ノード検証を行った。船員災害疾病報告書のてん末、背景の概略は、「機関長はいつも通りに船首甲板にて、ウインドラス巻き取り作業を行うために船首甲板にいて、船長は出入港操船をしていた。機関長は、船首甲板で通常通り、ウインドラスにてロープ巻き作業を開始、だんだん船が岸壁に接近していた、それと同時に他の貨物船が横を通過したが、揺れるとは思わなかったが、横波がきて、転倒し、後頭部を打撲した。」と記載されている事例から、解析を行ったVTを図3に示す。

VT解析の結果、機関長に関して、ノードが1つ発生していた。ノードは「揺れるとは思わなかった」ことである。今回の結果は、時間軸に沿って船長と機関長の変動要因を解析したが、船員災害の状況は、船員災害発生報告書に詳細が記述されていないとVT解析を行うことができない。しかし、使用した事例のように報告書に詳細に記述されているとVT解析を使用し、ノードを探すことができる。

図 3.VT を用いた災害例分析結果(1)

った結果である。①～⑩は災害例 20 件を示し、それぞれノードが、作業者の行動、作業者の認知・判断、作業環境のどの過程に当てはまるか示したものである。表 2 は「転倒」における災害事例 20 件の傾向を調査した結果、作業者の行動、作業者の認知判断、作業環境の 3 つの中で、2 つの過程が重なるもしくは、連続すると船員災害に発展する傾向がある。「転倒」における災害を防止する為には、この過程が重ならないような対策を立てなければならない。平成 15 年度から平成 24 年度までの船員災害疾病発生報告の事例から「転倒」は、出入港時に 5 割発生していることから、出入港作業時には、作業者の行動以外にも作業者の認知・判断や、作業環境に着目し、総合的な対策をとることで、災害件数を減少させることができると考える。

表 2. 「転倒」における過程分類

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
作業者の行動		1	1	1	1				1	1
作業者の認知・判断	1		1			1	1	1		1
作業環境	1	1		1	1	1	1	1	1	
	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳
作業者の行動	1	1	1	1	1	1			1	1
作業者の認知・判断		1			1	1	1			
作業環境	1		1	1			1	1	1	1

3.3 『はさまれ』についての VT 解析

図 5 は、「はさまれ」による VT 解析の結果、排除ノードが 2 つ発生していた。ノードは「船体が大きく揺れた」と「ハッチを開閉する時に使用していた角材がはずれた」とことである。転倒と同様に VT 解析後、それぞれのノードが作業者の行動・作業者の認知・判断、作業環境の中でどの過程に当てはまるかを調査した。図 5 の VT 解析のノードでは、「船体が大きく横揺れ」「ハッチを開閉する時に使用していた角材がはずれ」を作業環境と分類した。

表 3 は、災害事例 20 件の「はさまれ」の VT 解析後、作業者の行動、作業者の認知・判断、作業環境の過程分類を行った結果、全て作業環境によるものではないが、作業環境がノードとして抽出される解析事例が多数となった。平成 15 年度から平成 24 年度までの船員災害疾病発生報告の事例から、一般船舶の「はさまれ」による船員災害は、4 割が出入港時、3 割が荷役作業時に発生している。「はさまれ」においては、「揺れて」や「はずれて」「動いて」などの作業環境の変化によるノードの抽出が多数となった。そのため作業環境を変えることによる災害防止対策を行うことで、災害件数を減少させること

図 4.VT を用いた災害例分析結果(2)

一般船舶での出入港転倒事例の VT を図 4. に示す。VT 解析の結果、甲板員に、ノードが 3 つ発生していた。ノードは「ロープを並べる作業に集中していた」と「船が予想外に揺れた」、「足が滑った」とことである。VT 解析を用いた転倒事例のノードに注目し、全作業過程のどの段階でノードを抽出することができるのか、作業者の行動によるノード、作業者の認知・判断によるノード、作業環境によるノードと 3 つに分類した。図 4 で抽出されたノードである「ロープを甲板上に並べる作業に集中していた」は、作業者の認知・判断に分類し、「船が予想外に揺れ」「足が滑った」と抽出されたノードを作業環境に分類した。表 2 は、「転倒」における過程分類を行

ができるといえる。

図 5.VT を用いた災害例分析結果(3)

表 3. 「はさまれ」における過程分類

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
作業者の行動		1								
作業者の認知・判断				1						
作業環境	1		1		1	1	1	1	1	1
	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳
作業者の行動							1			
作業者の認知・判断						1				
作業環境	1	1	1	1	1			1	1	1

3.4 『動作の反動・無理な動作』についての VT 解析

図 6 は、災害事例の「動作の反動・無理な動作」による VT 解析の結果、ノードは「いつもより岸壁までの距離が遠い」「届かないと思った」「力を入れてヒービングラインを投げた」ことである。VT 解析後、それぞれのノードが作業者の行動・作業者の認知・判断、作業環境の中でどの過程に当てはまるかを調査した。図 6 の VT 解析のノードでは、「いつもより岸壁までの距離が遠い」を作業者の認知・判断と分類し、「届かないと思い通常より力を入れてヒービングラインを投げた」を作業者の行動と分類した。

表 4 は、一般船舶における「動作の反動・無理な動作」の災害事例 20 件を VT 解析し、過程分類を行った結果、「大丈夫だと思って」「届くだろう」などの作業者の認知・判断が必ずノードとして存在し、発生しているという特徴がある。また、1 件を除き

作業者の行動がノードとして抽出された。「動作の反動・無理な動作」による災害は、作業者の認知・判断や作業者の行動が災害へと発展する傾向がある。

図 6.VT を用いた災害例分析結果(4)

表 4. 「動作の反動・無理な動作」における過程分類

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
作業者の行動	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
作業者の認知・判断	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
作業環境	1	1	1	1				1	1	
	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳
作業者の行動		1	1	1	1	1	1	1	1	1
作業者の認知・判断	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
作業環境		1	1			1	1		1	

4. 結論

船員災害の災害防止に関する対策は、数多く行われているが、近年の船員災害件数には、減少傾向の停滞がみられる。そこで、船員災害の報告例を使用し、定性的な事故分析手法である VT 解析を適用した結果、災害に発生した通常等は異なった要因を抽出することができた。

船員災害に VT 解析を実施することで、船員災害におけるヒューマンファクターの影響を把握し、作業環境や作業の種類、作業経験に応じて船員災害の減少を目的とした安全対策の提案ができるのではないかと考えている。本研究での主な結論は以下の通りである。

4.1 船員災害の特徴と傾向を分析した結果

- (1) 船員災害の発生様態について、最も多い様態は「転倒」続いて、「はさまれ」「動作の反動・無理な動作」である。
- (2) 平成 15 年 4 月 1 日から平成 24 年 3 月 31 日までに報告された、船員災害疾病発生報告の事例より、一般船舶における「転倒」発生時の約 5 割が出入港作業、「はさまれ」発生時の約 4 割が出入港作業、「動作の反動・無理な動作」発生時の約 3 割が出入港作業及び荷役であった。
- (3) 平成 21 年 4 月 1 日から平成 24 年 3 月 31 日の船員災害疾病発生報告の事例から一般船舶に関しては、「転落・墜落」様態の発生割合が増加している傾向があった。「転落・墜落」の災害が起きた作業については、約 6 割が整備・管理作業であり、船員災害休業日数の 7 割が 30 日以上の上の休業日数を要する傾向があった。「転落・墜落」による船員災害は、重傷となる可能性が高いといえる。

4.2 船員災害について、VT 解析を行った結果

- (1) 船員災害について VT 解析を行った結果、変動要因を抽出することは可能であった。
- (2) 「転倒」におけるノードの特徴として、解析事例より作業者の行動や、作業者の認知・判断、作業環境のなかで 2 つのノードが重なると災害が発生する傾向がある。
- (3) 「はさまれ」によるノードの特徴として、作業環境におけるノードが多数であった。この為、作業環境に着目することで、発生率を減少させることができる。
- (4) 「動作の反動・無理な動作」によるノードの特徴は、必ず作業者の認知・判断がノードとして抽出された。また、作業者の行動が 19 件ノードとして存在した。「動作の反動・無理な動作」については、作業者の認知・判断や作業者の行動が原因となり災害発生となる傾向がある。

参考文献

- (1) 国土交通省海事局船員政策課：船員災害疾病発生報告書(船員法第 111 条), 平成 15 年度～平成 24 年度.
- (2) 橋 明：事故は、なぜ繰り返されるのか-ヒューマンファクターの分析-, 中央労働災害防止協会, 2008.
- (3) 笹谷敬二・古莊雅生・矢野吉治・竹本孝弘：船員災害防止計画の現状と課題, 日本航海学会論文集, No. 124, pp. 211-218, 2011.
- (4) 厚生労働省・中央災害防止協会：安全の指標, 平成 26 年度.
- (5) 船舶安全学研究会著：船舶安全学概論, 成山堂, 1998.
- (6) 久宗周二・福司光成・木村暢夫：船員の労働災害対策に関する研究, 日本航海学会講演予稿集, No. 127, pp. 111-116, 2012.
- (7) 桐谷伸夫：海中転落の要因分析, 日本航海学会論文集, No. 71, pp. 77-82, 1984.
- (8) 吉田洋二郎・藤森康澄・木村暢夫・久宗周二：災害疾病発生状況報告書に基づく漁業労働災害の発生状況の分析, 数理水産科学, No. 6, pp. 134/145, 2008.
- (9) 厚生労働省・中央災害防止協会：安全の指標, 平成 25 年度.
- (10) 国土交通省海事局船員政策課：船員災害疾病発生報告書(船員法第 111 条), 2014.
- (11) 林 喜男：人間信頼性工学-人間エラーの防止技術-, 海文堂, 1984.
- (12) 大村 平：多変量解析のはなし, 日科技連, 1999.
- (13) 大関 親：新しい時代の安全管理のすべて, 中央労働災害防止協会, 2014.
- (14) 福地 信義：ヒューマンエラーに基づく海洋事故-信頼性解析とリスク評価-, 海文堂, 2007.
- (15) 橋本 邦衛：安全人間工学, 中央災害防止協会, 1988.
- (16) 中田 亨：超入門ヒューマンエラー対策事故例から見たミス防止の実際, 日科技連, 2012.