

# 保線作業におけるヒューマンエラーの リスク管理支援手法

羽山 和紀\* 宮地 由芽子\* 中村 竜\*  
柴田 徹\* 木村 寛淳\*\* 桶谷 栄一\*\*\*

## Method to Support Risk Management of Human Error in the Track Maintenance Work

Kazunori HAYAMA Yumeko MIYACHI Ryo NAKAMURA  
Toru SHIBATA Hiroatsu KIMURA Eiichi OKETANI

In order to find out an effective measure to prevent human error among several measures, it is necessary to decide the order of priority of the measures from the viewpoint of the purpose and the effect. Therefore, the authors developed “human error risk management method”. This is a method for evaluating by considering “the influence level of the factor to cause errors” on the risk value evaluated by the combination of “possibility of being of an error” and “worst accident probable to occur due to the error”. Consequently, we could present the method of management of human error prevention, which is adoptable in a rail track maintenance office. In this paper, we introduced the example of applying this method to the track maintenance.

キーワード：ヒューマンエラー，リスク，安全管理，保線作業

### 1. はじめに

システムの複雑化や組織の巨大化に伴い、些細なヒューマンエラー（以下、エラー）の発生がシステムに多大な影響をもたらすことが多くなっている（例えば1）。このような場合に発生するエラーは、その時に潜在していた問題点が複雑に絡み合った結果として顕在化していることが多く、行為者単一の原因に起因することは稀である。したがって、エラーを防止するためには、行為者の行動のみならず、エラーを誘発するに至った現状の問題点を的確に洗い出すことが重要となる。

一方、問題点が複雑に絡み合って発生したエラーに対しては、様々な観点からの対策検討が必要となる。そして、組織のリソースが限られている状況では、対策実施に向けて、何かしらの指標で優先順位をつけることが望まれる。その一つの方法として、近年、リスクの大きさに基づいた判断が注目されている。なお、リスクとは危険性であり、生命や身体の損害、事故・災害等が生じる可能性のことである。

筆者らも、エラーのリスク評価手法を開発してきた<sup>2)</sup><sup>3)</sup>。具体的には、「どのような場面」における「どのようなエラー」が「どのような頻度」で「どのような被害」の事故に繋がる可能性があるのか、を評価する方法であ

る。さらに、エラーを防止するためには、エラーを誘発する要因に対する処置が必要である。そこで、その処置の優先度を把握するためのリスク管理支援手法を開発した<sup>3)</sup> - <sup>5)</sup>。この手法は、図1に示すように、エラーの「発生し易さ」と「最大の事故」との積で評価するリスク値に、エラーを誘発する要因の影響度を乗ずることで、対策の優先順位付けを行うものである。

本報告では、リスク評価手法およびリスク管理支援手法を、鉄道線路保守作業（以下、保線作業）に適用した場合の検討結果を報告する。

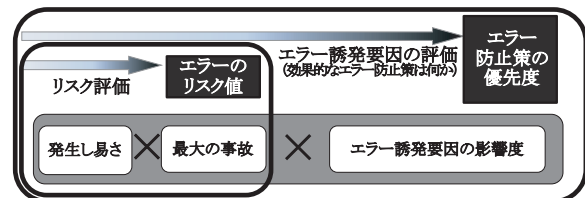


図1 誘発要因を考慮したリスク管理支援手法の概要

### 2. 保線作業におけるエラーリスク評価手法の開発

保線作業におけるエラーのリスク評価を行うために、評価対象となるエラーを抽出し、関係係員別・作業場別に整理した。また、各エラーパターンに対するリスク評価指標を作成した<sup>4)</sup>。

\* 人間科学研究部（安全性解析）  
\*\* 軌道技術研究部（軌道管理）  
\*\*\* 前 軌道技術研究部（軌道管理）

特集：ヒューマンファクター

2.1 評価対象のエラーパターン

列車脱線事故や触車事故などに繋がる可能性のある保線作業中の行動として「列車の接近に対して待避が遅れる」場合と、「列車などを作業区間に進入させない処置の取扱を誤る」場合とを対象にした調査分析結果を収集し、これをもとにエラー事象を抽出した。また、過去の研究から得られているエラー事象も加えた上で、保線関係の安全担当者数名に対し予備調査を行い、リスク評価対象となる113件のエラーパターンを決定した。さらに、表1に示すように、これらエラーパターンを保線作業の3種の係員別、15の作業場面別に分類・整理した。

これらのエラーパターンは、関係者間の情報伝達の不備や相互の行動確認のミスなどが含まれていることが特徴である。例えば、「列車の接近に対して待避が遅れる」場合、その事象の発生に直接影響するのは「待避」場面の各係員の行動だけが着目され易い。しかし、エラー発生までの経緯を分析<sup>5)</sup>すると、作業前や点呼時に作業責任者が「作業計画書を確認せずに見張員体制を指示」あるいは「誤った見張員体制を指示」している場合や、列車見張員や作業員がその指示を「確認しない」、「疑問があってもそのままにする」といったエラーが併発していることが多かった。このように、事故に直結する直接的

なエラーとは考え難いエラーの中にも、リスクの高い行動が潜んでいる可能性があることから、これらもリスク評価対象とした。

2.2 リスク値の算出方法

(1) エラーに起因する「最大の事故」

「最大の事故」の評価は、表2に示す指標を用いることとした。同指標は、異なる作業におけるエラーのリスク評価を将来的に可能とするため、運転作業における先行研究<sup>3)</sup>と同一のものである。評定者は、保線関係の安全担当者とし、実際に起こった事故の程度ではなく、エラーが発生した後に様々な条件が付加され事態が進展した先の「最大の事故」の大きさを表2の指標をもとに想定する。

(2) エラーの「発生し易さ」

各エラーパターンに対する「発生し易さ」の評価は、表3に示す指標を用いることとした。同指標は、頻度を問うリッカートタイプの心理尺度である。また、評定者は、職場の実状況を反映するために、実作業の担当者が行うこととした。

なお、設備・機器の信頼性の場合には、一定期間内での

表1 作業場面と関係する係員の分類表

作業場面	係員	作業員	列車見張員	作業責任者
作業計画				○
作業前・点呼		○	○	○
作業へのダイヤ持参		○	○	○
線路閉鎖の手続き				○
作業の開始		○		○
ダイヤの確認			○	○
列車進来予定時刻の周知		○	○	○
一般作業		○	○	○
作業中の移動		○		○
保守用車		○		○
待避		○	○	○
跡確認		○		○
線閉遅延時				○
終了時				○
報告時				○

※○印は、作業場面に係員のエラーが存在することを意味する。

表2 「最大の事故」の評価<sup>3)</sup>

指標	値
列車衝突後、転覆（人身事故にも至る場合も含む）が想定される場合	9
列車脱線後、転覆（人身事故にも至る場合も含む）が想定される場合	7
人身事故（旅客の怪我、係員の怪我、死亡を含むが、列車の転覆には至らない）が想定される場合	5
列車衝突後、転覆（人身事故）までは想定できない場合	3
列車脱線後、転覆（人身事故）までは想定できない場合	1
最悪でも事故に至らない場合 （直接の事故は想定し難いが、他のエラーパターンを誘発事象となり得る場合）	0.1

故障件数等をもとに故障率を算出する。しかし、エラーの場合は、対策の実施や作業環境の変化により対象をトレースできないため、統計的処理が可能な件数が収集できないことが多い。また、データが収集されても、内容について調査や分析が十分でない場合が多い。このため、客観的評価は困難である場合が多く、一般的にエキスパート評価が用いられる。

表3 「発生し易さ」の評価

指標	値
かなり頻繁に発生する	5
たびたび発生する	4
たまに発生する	3
めったに発生しない	2
全く発生しない	1

(3) リスク値

リスク評価の目的は、対策の優先順位を得ることにあるため、評価結果が一元量であることが望ましい。様々な指標の組合せ方として一般的には乗算を用いることが多い<sup>6) - 8)</sup>。そこで、本研究においても、式(1)で示すように、エラーに起因する「最大の事故」と「発生し易さ」の組合せ方法として乗算を用いることとした。

$$R_i = E_i \times F_i \quad (1)$$

- $R_i$  : 対象事象*i*のリスク値 (リスクの大きさ)
- $E_i$  : 対象事象*i*の「最大の事故」評定値 (表2による複数評価者の平均値)
- $F_i$  : 対象事象*i*の「発生し易さ」評定値 (表3による複数評価者の平均値)

2.3 リスク評価結果の例

2008年10月にA鉄道事業者の保線関係の安全管理者に対して、「最大の事故」を問うアンケート調査を実施した。調査では、113件のエラーパターンを提示し、それぞれの「エラーが発生した後の条件次第で最悪の結果はどのような状況になるのか、可能性がある事故」について、表2を選択肢として回答を求めた。回収データは152件 (回収率98%) であった。

同時に「発生し易さ」についてもアンケート調査を実施した。調査は、A鉄道事業者の管轄地域で作業を行う4組織に所属する保線作業員に対して行った。「最大の事故」の調査と同様に、113件のエラーパターンを提示し、「それぞれの役割で想定される行動がふだんの作業の中でどのくらい発生し易いか」について、表3を選択肢として回答を求めた。回収データは984件 (回収率95%) であった。

以上の調査結果から得られたデータをもとに、式(1)で算出したリスク値の分布を図2に示す。前述した評価指標を用いてリスク値を算出すると、その最大値は、 $R_i = 45$ となるが、調査の結果、リスク値 ( $R_i$ ) は  $4.01 \leq R_i \leq 11.74$  の範囲にあり、その平均値は  $R_i = 7.910$  であった。このことから、本手法を適用した鉄道事業者の保線作業では、リスク値が低いところに分布しており、リスクが高いエラーパターンは、既に何らかの対策が講じられていることが推察された。

また、評価対象とした113件のエラーパターンの中で、リスク値が比較的大きいエラーパターンを表4に示す。この結果から、「指示内容に疑問があっても作業員がそのままにしてしまう」といった直接のエラーとは考え難い作業前や点呼時のエラーについてもリスク値が高く、

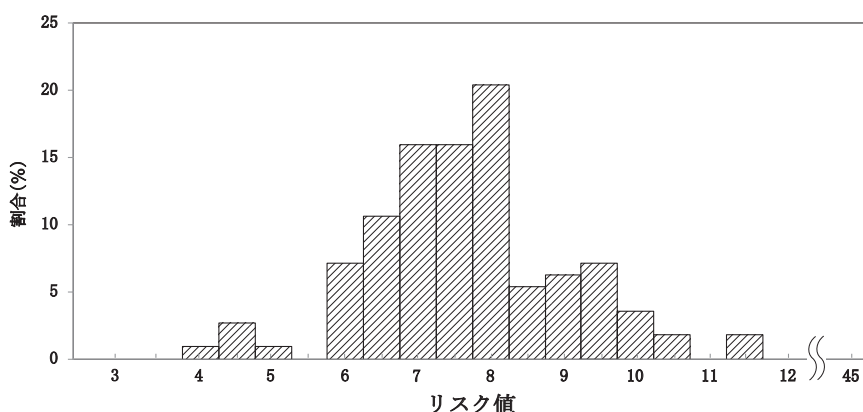


図2 リスク値の分布例

表4 リスク値が比較的大きいエラーパターンの例

No.	作業場面	エラーパターン	R
1	跡確認	作業員が、線路開通確認 (跡確認) を実施しない	11.74
2	作業前・点呼	作業員が、指示内容に疑問点があっても、そのままにしてしまう	11.58
3	待避	作業員が、指差喚呼をせずに、線路を横断する	10.76
4	一般作業	作業員が、上手く作業できない	10.64
5	一般作業	見張員が、見張り業務に集中しない	10.35

特集：ヒューマンファクター

これを防止すべくさらなる安全管理が必要であることが確認できた。

3. 保線作業におけるエラーリスク管理支援手法の開発

リスクの高いエラーを誘発している要因は、対策の優先度が高いと判断し、その影響評価を行うために、評価対象となる誘発要因を抽出・整理した。また、各エラーの発生に対する誘発要因の影響度評価指標を作成した<sup>5)</sup>。

3.1 評価対象の誘発要因

誘発要因の抽出・整理作業を次の手続きで実施した。まず、列車脱線事故や触車事故などに繋がる可能性のある保線作業中の行動として「列車の接近に対して待避が遅れる」場合と「列車等を作業区間に進入させない処置の取扱を誤る」場合を対象にした調査分析結果から誘発要因を抽出した。次に、過去の研究結果<sup>10)</sup>によるエラー誘発要因を追加した。

さらに、既存のヒューマンファクタモデル（M-SHELL）<sup>11)</sup>に照らし合わせ、同モデルの関連要素を網羅していることを確認した。これらの結果について、保線

作業の安全担当者数名に対し予備調査を行い、16分類からなる145項目の誘発要因のリストを作成した。その主な項目を表5に示す（全ての項目は文献5を参照されたい）。

表5に示した誘発要因の有効性を確認するため、調査を行った。調査は、2009年2月～3月に、A鉄道事業者の管轄地域で作業を行う4組織に所属する保線作業員に対して実施した。調査方法は、前章の調査でリスク値が高かった6つのエラーパターンを挙げ、「それぞれのエラーが発生し易い時はどのような状況か」の間により、145項目の誘発要因を質問項目とし、表6に示す評価指標を選択肢として回答を求めた。回収データは961件（回収率98%）であった。

調査の結果、要因の関係性は提示するエラーパターンの内容や職場の条件等によって違いがみられた。調査により得られたエラーパターン例とそのエラーパターンへの影

表6 誘発要因の影響度評価指標<sup>5)</sup>

指標	値
とてもあてはまる	2
ややあてはまる	1
関係ない	0

表5 誘発要因リスト<sup>5)</sup>の項目例

分類	項目	分類	項目
場所についての条件	気温が高い、暑い、蒸し暑い	その時の本人の心理状態	焦っている、急いでいる
	構内の線路が複雑		注意の切り換えがうまくいかない
	足場が悪い		心身の疲労・体調不良
	現場までの距離が遠い	機器や道具	扱うべき機器や道具などの扱い方がわかりにくい
時間についての条件	作業時間帯が深夜もしくは早朝		装置や設備機器に不備がある
	作業時間に余裕がない		作業の機械化が遅れている
	間合いが長い、余裕がある		扱いに慣れていない機器や道具である
	初列車まで時間がある	本人のふだんの態度・行動	役割に対する自覚が薄い。相手任せ
役割・分担	作業の役割分担が不明瞭		ルールを守らなくてもよいと思っている
	作業責任者をフォローする体制にない		安全や仕事に関する関心・意欲が低下している
	作業責任者を明確に決めていない		上司や職場の同僚に対して大きな不満をもっている
その他作業の特徴	作業量が多い	関係者の技能・経験等	技術レベルが不足している
	列車の遅れが発生している		作業知識が不足している
	何かしらの作業変更がある		体力や筋力が不足している
	簡易・単純作業である	関係者相互の人間関係	相手が上位職だと、正しいと思ってしまう
作業方法・手続き・ルール	必要な指示がされていない		誰も注意しない
	おかしいと思ったときの確認体制（方法）がない		他人に無関心
	決められた作業方法（ルール）の周知が不足している		職場環境
	明確な変更手続き方が決められていない	コミュニケーションに問題がある	
規程・マニュアル等	慣れていないダイヤを利用している	社員間の信頼関係に問題がある	
	形式の異なる複数のダイヤを持参する	教育訓練	
	実態からズレている		教育機会が少ない
	人によって解釈の異なる表現で記載されている		定期訓練が不足している
合図・指示	合図（指示）がない		職場のエラー防止対策
	合図（指示）がわかりにくい	職場内の権限や役割が不明瞭・不適切	
	合図（指示）が間違っている	職場からの改善提案が上がってこない	
	異なる列車番号を伝えられる	組織環境	

表7 エラーパターン例と影響度が高い誘発要因の例

エラーパターンの例	影響度が高い誘発要因の例
作業員が線路開通確認（跡確認）を実施しない	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ルールを守らなくてもよいと思っている</li> <li>• 線閉終了後も作業を続けようと思う</li> <li>• 終了時間に気づかない</li> <li>• 作業時間に余裕がない</li> <li>• 焦っている、急いでいる</li> </ul>
指示内容に疑問点があっても、作業員がそのままにしてしまう	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相手が上位職だと、正しいと思ってしまう</li> <li>• 作業の役割分担が不明確</li> <li>• 作業指示が曖昧</li> <li>• ミーティングで指示されても、その場で理解できない</li> <li>• 誰も注意しない</li> </ul>
作業員が、指差喚呼をせずに、線路を横断する	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 焦っている、急いでいる</li> <li>• 作業現場に早く行きたい</li> <li>• ルールを守らなくても良いと思っている</li> <li>• 本人の注意力が不足している</li> <li>• 作業時間に余裕がない</li> </ul>
作業員が、上手く作業できない	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 足場の悪い箇所</li> <li>• 狭い場所</li> <li>• 扱いに慣れていない機器や道具である</li> <li>• 装置や設備機器に不備がある</li> <li>• 心身の疲労・体調不良</li> </ul>
見張員が、見張り業務に集中しない	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 眠い／眠気が発生する</li> <li>• 心身の疲労・体調不良</li> <li>• 心配事を思い出す、雑念が発生する</li> <li>• 気温が高い、暑い、蒸し暑い</li> <li>• 風雨や雪など、天候が悪い</li> </ul>

響度が高かった誘発要因の例を表7に示す。なお、回答者全員が「関係ない」と回答した項目はみられなかった。

### 3.2 対策優先度の算出方法

1つのエラーに対して複数の誘発要因が異なる影響を与えるため、ここでは、誘発要因の対策優先度の評価指標を式(2)に示すように、エラーパターンごとにリスク値と誘発要因の影響度を乗算した指標とした。

なお、エラーパターンに対する誘発要因ごとの影響度は、職場の実状況を反映させるため、表6の評価指標を用いて、実作業の担当者が評定することとした。

$$P_{ij} = R_i \times G_{ij} \quad (2)$$

$P_{ij}$ : 誘発要因の項目jに対応するエラー防止策の優先度  
 $R_i$ : 対象とするエラーパターンiのリスクの大きさ、リスク値(式(1)により算出)  
 $G_{ij}$ : エラーパターンiに対する誘発要因jに対する影響度(表6による複数評価者の平均値)

### 3.3 対策優先度の評価結果例

誘発要因に対する対策優先度を評価する際、113件のエラーパターンに対する145項目の誘発要因の影響を全て調査しようとするとその組み合わせは16,385通りと膨

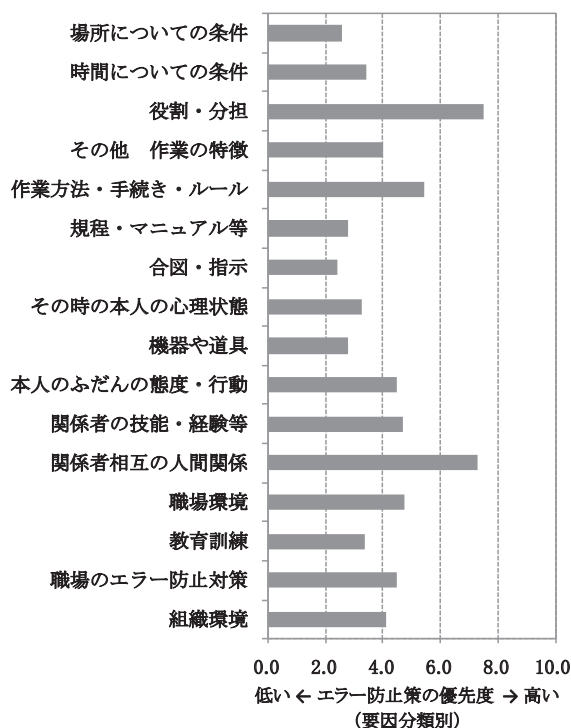


図3 エラーパターン「指示内容に疑問があっても、作業員がそのままにしてしまう」についての対策優先度評価結果例 (要因分類別)

特集：ヒューマンファクター

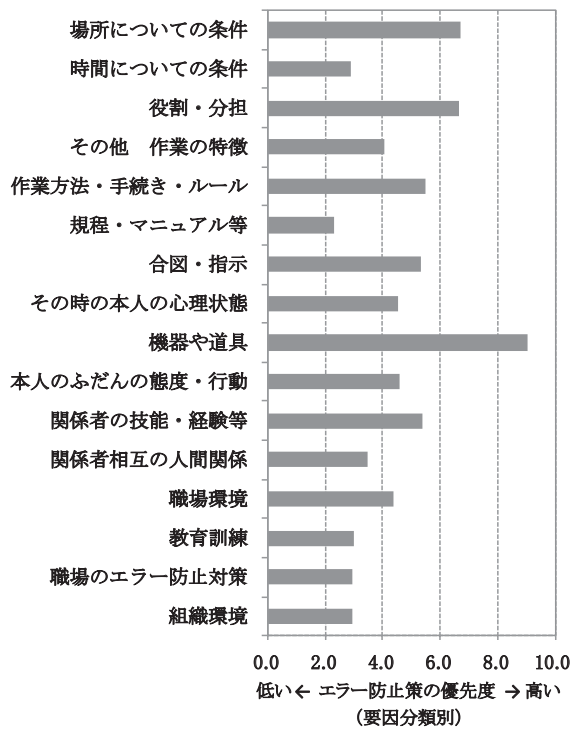


図4 エラーパターン「作業員が上手く作業できない」についての対策優先度評価結果例（要因分類別）

大になる。そこで、各職場等でリスク値  $R_i$  が高かったエラーパターンについての対策優先度を調べることにした。ここでは、表5に示す誘発要因の分類ごとに集約した結果例を、図3および図4に示す。

図3から、エラーパターン「指示内容に疑問があっても、作業員がそのままにしてしまう」のリスク値が高い職場では、役割・分担や相互確認の手続きを予め定める対策と同時に、関係者相互の人間関係や職場環境の整備も重要であるといったことが確認できる。一方、エラーパターン「作業員が上手く作業できない」のリスク値が高い職場では、作業の難易度を決定する作業場所、機器や道具についての改良を行うか、経験豊富・必要技能をもつ作業員の適切な配置および作業員間の適切な役割分担などが重要な対策であることが図4から確認できる。

4. まとめ

本報告では、エラーのリスク管理手法の考え方を示し、その中で対策優先度の算出方法を示した。また、開発した支援手法による評価例として、保線作業を取り上げて評価した結果、主に以下のような知見が得られた。

- (1) リスク評価結果から、作業前や点呼時といった、作業に直接影響を及ぼさない場面にもエラー発生のリスクが潜在していることがわかった。
- (2) エラーパターンに対する誘発要因の影響度を調査し

た結果、提示するエラーパターンの内容や職場の条件等によってエラーパターンと誘発要因の関係性に違いがみられた。

5. おわりに

エラーのリスクを定量的に評価し重要なエラー防止策を特定することは、組織・職場内の安全活動を担う人間の期待満足感を高め、安全風土醸成へのモチベーションの高揚に寄与すると考えている。

一方で、安全マネジメントは、PDCAサイクルの確立といわれるように、取り組みを繰り返してこそ意味がある。鉄道の職場で継続して取り組みやすい手法となるよう、今後もリスク管理に関する研究の深度化を行う所存である。

文献

- 1) ジェームズ・リーズン：組織事故 起こるべくして起こる事故からの脱出, 日科技連, 1999
- 2) 宮地由芽子・柴田徹・井上貴文・鈴木和幸：作業の階層構造に基づくヒューマンエラーの相対的リスク評価手法, 日本信頼性学会誌『信頼性』, Vol.28, No.7, pp.521-533, 2006
- 3) 宮地由芽子・柴田徹：背景要因を考慮した運操作業エラーのリスク評価手法の開発, 鉄道総研報告, Vol.23, No.9, pp.17-22, 2009
- 4) 宮地由芽子・羽山和紀・中村竜：誘発条件を考慮したヒューマンエラーのリスク評価手法の提案 (2), 日本信頼性学会第22回秋季信頼性シンポジウム, 2009
- 5) 羽山和紀・宮地由芽子・中村竜：誘発条件を考慮したヒューマンエラーのリスク評価手法の提案 (3), 日本信頼性学会第22回秋季信頼性シンポジウム, 2009
- 6) 宮地由芽子：職場安全管理の改善に向けたヒューマンファクタ分析手法, 鉄道総研報告, Vol.21, No.5, pp.11-16, 2007
- 7) 鈴木和幸：『未然防止の原理とそのシステム 品質危機・組織事故撲滅への7ステップ』, 2004
- 8) 益田昭彦・岩瀬智之・鈴木和幸：信頼性・安全性のための人・環境・装置の三要素 FMEA 手法の解析, 日本品質管理学会誌『品質』, Vol.29, No.1, pp.122-135, 1999
- 9) 鈴木和幸・金田健・平野謙：未然防止への FMEA の活用とその改良, 電気通信大学情報システム学, pp.72-79, 2001
- 10) 宮地由芽子・鈴木綾子・村越暁子：ヒューマンエラーに起因する事故の原因認識を改善する試み, 日本信頼性学会第20回秋季信頼性シンポジウム, 2007
- 11) 宮地由芽子・高田昇・松本潤：宇宙開発におけるヒューマンファクタ分析への取り組み—ヒューマンエラーに起因する不具合低減の取り組み(その1)—, 日本信頼性学会第13回信頼性シンポジウム, 2000