

# 運転指令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\*

## Method to Support Risk Management of Human Error in the Traffic Dispatchers

Kazunori HAYAMA Yumeko MIYACHI

In order to find out an effective measure in combination of limited time and budget, a priority needs to be given to candidate measures corresponding to their purposes and effects. In this regard we developed a method to support risk management of human error. In this paper, we introduced the example of applying this method to the traffic dispatchers. In addition, we reported the verification results about the necessity for risk assessment according to work mode, and the evaluation measure of error influence index.

キーワード：ヒューマンエラー，リスク，安全管理，運転指令，エラー誘発要因

### 1. はじめに

過去10年の輸送障害の届出件数<sup>1)</sup>をみると、運転指令員(以下、指令員)のヒューマンエラー(以下、エラー)に起因して発生した輸送障害は、届出件数全体の0.25%とかなり少ない。しかし、事故や災害などで輸送障害が発生すると、ダイヤ乱れ回復のために、人間の関与が増え、時間的圧迫や作業の輻輳などにより、様々なエラーの発生が想定される。したがって、エラーに起因して生じる更なる輸送障害や遅延時間の増大を防止するために、指令作業で想定されるエラーをできるだけ把握し、適切に管理することが必要になる。

そこで、本研究では、先行研究<sup>2) 3)</sup>で開発した「リスク管理支援手法」を運転指令作業(以下、指令作業)に適用し、想定されるエラーのリスク評価とエラーに対する対策優先度評価を実施した。ただし、既存手法<sup>2) 3)</sup>の適用にあたり、①評価条件の細分化と②影響度評価指標の追加を検討した。

指令員は、列車がダイヤ通りに運行されている状況下(平常時)と、事故や天候不良などによって列車が遅延する状況下(異常時)の各状況が変遷する中で作業を行っている。そのため、多くの鉄道事業者では、運転取扱規程類やマニュアル類において指令員の作業を「平常時」と「異常時」に分けて定めている。先行研究<sup>4)</sup>では、この「平常時」や「異常時」という各状況を「作業モード」としてリスクの評価条件としていた。ただし、同じ「異常時」であっても、発生した事故の規模によって実施する作業内容が異なるため、同種作業でも事故の規模によって発生するエラーのリスクが異なると考えられる。

そこで、本研究では、発生した事故の規模を考慮するために、評価条件である作業モードの細分化を試みた。

また、指令作業では「安全輸送」に加えて「安定輸送」の実現も要求されるため、この観点からも評価が必要と考えられる。このことは、2002年に制定されたRAMS国際規格<sup>5)</sup>にも対応する。そこで、本研究では、安定輸送の評価指標として、「輸送障害の影響度」を追加し、安全性の評価に対する独立性を検証した。

### 2. リスク評価

#### 2.1 リスク評価対象

評価対象は、「列車集中制御装置(Centralized Traffic Control。以下、CTC)」を扱う作業とした。CTCは、日本の多くの鉄道路線で導入されている列車制御装置である。この作業には、主に列車制御装置の取扱いや列車運転状態の監視などを行う「ルート構成・列車監視作業」と列車抑止や進路の変更手配、駅や乗務員などに情報提供などを行う「運転整理作業」とがある。そして、着台して運行管理システムの制御や異常時での運転整理などを行う「指令卓着台担当(以下、卓指令員)」と、平常時、異常時での運転整理、および卓指令員への指示命令などを行う「運転調整担当(以下、運転調整)」の役割に応じて、指令員作業の範囲が決められている。

また、指令作業では発生した事故の規模によって実施する作業内容が異なるため、同種作業でも、事故の規模によって、発生するエラーのリスクが異なると考えられる。そこで、鉄道事故等報告規則<sup>6)</sup>の輸送障害発生時に鉄道事業者による地方運輸局への届出要否(旅客列車の場合、30分以上の休止の場合に届出の必要がある)をもとに、事故の規模を設定した。また、指令作業の実務管

\* 人間科学研究部 安全性解析研究室

特集：人間科学

理者（指令員を統括・教育する立場）に対し、指令作業の内容を問う予備調査を実施し、事故の規模と通告券発行有無の組合せから、「異常時」における指令員の作業を3通りに分類した。さらに、異常時対応の終了直後は、ダイヤが平常時と同じ状態まで回復したとしても、エラーのリスクまでもが平常時と同様とは限らないことから、「平常時」と区別し、「復旧直後」という作業モードを加えた。以上により、本報告では、作業モードを、表1に示す5つに細分化した。

次に、リスク評価対象となるエラーを洗い出すために、鉄道事業者Aで過去10年間、鉄道事業者Bで過去2年間に発生した指令員のエラーに起因する輸送障害やヒヤリハットの事例、および調査分析結果を約80件収集し、指令作業で想定されるエラー事象を抽出した。さらに、先行研究<sup>2-4)</sup>から得られているエラーも加え、作業モード別、作業場面別、役割別に分類・整理した(表2)。これらの結果に対して指令作業の実務管理者の確認を受け、300件のエラーを評価対象とした。

2.2 リスク評価の手続き

(1)「事故の影響」に関わる調査

2010年12月に鉄道事業者Aの指令員に対して、アンケート調査を実施した。調査では、300件のエラーを提示し、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3<sup>2) 3)</sup>の選択肢を用いて回答を求めた。回収データは50件(回収率100%)であった。

(2)「輸送障害の影響」に関わる調査

2011年3月に鉄道事業者Aの指令員に対して、アンケート調査を実施した。調査では、300件のエラーを提示し、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、可能性がある事象」について、表4<sup>7)</sup>の選択肢を用いて回答を求めた。回収データは50件(回収率100%)であった。

なお、表4の評価指標は、鉄道事故等報告規則<sup>6)</sup>による、輸送障害発生時に鉄道事業者による地方運輸局への届出要否を基準に設定した。

表3 「事故の影響」の評価指標<sup>2) 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

表1 作業モードとその定義

作業モード	定義
平常時	定められたダイヤどおりに運行されている状態
異常時1	30分未満の遅延発生状態(通告券発行の必要なし)
異常時2	30分未満の遅延発生状態(通告券発行の必要あり)
異常時3	30分以上の遅延発生状態(通告券発行の必要あり)
復旧直後	ダイヤ乱れが回復した状態(異常時対応終了直後)

表2 作業モードと作業場面、役割の分類表(CTC)

作業モード	作業場面			役割	
				運転調整	卓指令員
平常時	ルート構成				○
	(異常時1)	(異常時2)	(異常時3)		
異常時	状況把握			○	○
	方針決定			○	
	方針指示			○	○
	通告券発行			○	
	通告券發送			○	○
	通告券受領			○	○
復旧直後	ルート構成				○
	ルート構成				○

※○印は、作業場面にエラーが想定されることを示す。

表4 「輸送障害の影響」の評価指標<sup>7)</sup>

選択肢	値
運休発生	4
30分以上の遅延	3
30分未満の遅延	2
遅延には至らない	1

(3)「発生し易さ」に関わる調査

2011年1月に鉄道事業者Aの指令員に対して、アンケート調査を実施した。調査では、300件のエラーを提示し、「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、先行研究<sup>3)</sup>と同様に、「かなり頻繁に発生する」から「全く発生しない」までの5件法で回答を求めた。回収データは50件(回収率100%)であった。

2.3 結果と考察

2.3.1 事故の影響と輸送障害への影響の関係<sup>7)</sup>

「事故の影響」と「輸送障害の影響」についての回答を、表3と表4の評価指標をもとに数値化し、エラーごとの

平均値を算出した。この結果、「事故の影響」の平均値は4.7(標準偏差値0.79)、「輸送障害の影響」の平均値は2.5(標準偏差値0.20)であった。

図1に、「事故の影響」と「輸送障害の影響」のエラーごとの回答平均値の散布図を示す。ピアソンの積率相関係数を算出した結果、「事故の影響」と「輸送障害の影響」との相関係数は0.763であった。また、それぞれの評価指標は、対策実施の優先順位付けに用いるための指標であることから、スピアマンの順位相関係数も算出した。その結果、スピアマンの順位相関係数は0.768であった。

これらの結果、2つの評価指標(「事故の影響」と「輸送障害の影響」)の間には関連がみられ、独立性があるとは言えないが、代替可能と言えるほどでもないことがわかった。したがって、指令作業に想定されるエラーに対してリスク評価を行う際は、それぞれの観点での評価が望ましいことが示唆された。

2.3.2 作業モードの細分化の必要性<sup>8)</sup>

ここでは、同一作業・同一エラーである「ルート構成」場面で想定される32件のエラー(「次列車の進路を確認しない」「異なる進路を構成する」など)の調査の結果により、作業モードの細分化の必要性を検証した。

表5に「事故の影響」と「発生し易さ」、「リスク値」を作業モード別に算出した結果と、平均の差の検定結果を示す。なお、算出した「事故の影響」と「発生し易さ」の値は、2.2節で実施したアンケート調査で得られた回答を集計し、エラーごとに回答の平均値を算出した結果である。また、リスク値は、先行研究<sup>2) 3)</sup>と同様に「事故の影響」と「発生し易さ」との積で算出した。

この結果、エラーに起因する「事故の影響」については、『平常時』と『異常時1』『異常時2』には差はなく、『異常時3』と『復旧直後』において高くなった。その結果、「リスク値」も『異常時3』と『復旧直後』が高い結果となった。

以上の結果から、以下の結論を得た。

- 1) 30分未満の遅延発生状態(『異常時1』『異常時2』)でのリスクは、『平常時』と同程度である。
- 2) 『異常時3』は、『異常時1』や『異常時2』よりもリ

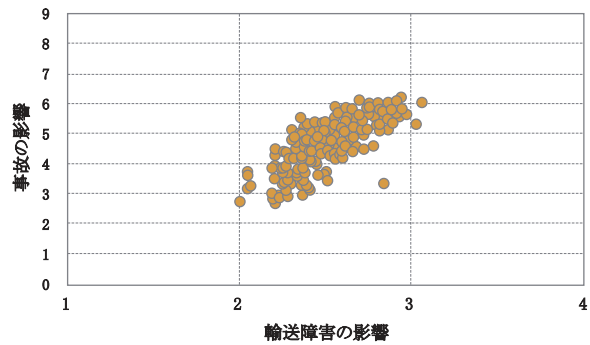


図1 CTCにおける2変数の散布図<sup>7)</sup>

スクが有意に高い。

- 3) ダイヤ乱れが回復した直後(『復旧直後』)でもリスクが低減しない。

以上の結果により、遅延時間30分を境にリスクが高まることや、ダイヤ回復直後でもリスクが低減しないことがわかった。したがって、指令作業では、試行した5つの作業モードでリスク評価を行うことが有効であることが示唆された。

2.3.3 リスク評価

ここでは、事故と輸送障害の両観点から実施したリスク評価の結果について示す。なお、事故のリスク値は、先行研究<sup>2) 3)</sup>と同様に「事故の影響」と「発生し易さ」との積で算出し、輸送障害のリスク値は「輸送障害の影響」と「発生し易さ」との積で算出した。

(1) 事故のリスク評価

2.2節で実施した調査で得られた回答をもとに算出したリスク値の分布を図2に、また、リスク値が比較的大きいエラー項目の例を表6にそれぞれ示す。

調査の結果、事故のリスク値は $5.9 \leq R_i \leq 15.9$ の範囲であり(平均値10.8, 標準偏差値2.04)、比較的风险が高いエラー項目として、「(状況把握場面で運転調整の)抑止指示に漏れがある(15.93)」や「(状況把握場面で運転調整が)関係構内の進路競合や遅れ時分等、確認すべき情報に漏れがある(15.56)」などが特定できた。

(2) 輸送障害のリスク評価

2.2節で実施した調査で得られた回答をもとに算出し

表5 CTCにおける作業モード別の評価結果<sup>8)</sup>

項目	作業モード	平常時	異常時1	異常時2	異常時3	復旧直後	平均の差の検定結果 (有意差5%水準)
	発生し易さ a)	平均値	2.2	2.2	2.2	2.3	
	標準偏差	0.21	0.15	0.13	0.11	0.10	
事故の影響 b)	平均値	4.0	4.3	4.4	5.1	4.9	平常時<異常時3, 復旧直後 異常時1<異常時3, 復旧直後 異常時2<異常時3, 復旧直後
	標準偏差	0.84	0.71	0.71	0.55	0.50	
リスク値 a) × b)	平均値	8.89	9.41	9.71	11.87	11.56	平常時<異常時3, 復旧直後 異常時1<異常時3, 復旧直後 異常時2<異常時3, 復旧直後
	標準偏差	1.80	1.52	1.54	1.28	1.13	

特集：人間科学

たリスク値の分布を、図3に、また、リスク値が比較的大きいエラー項目例を表7にそれぞれ示す。

輸送障害のリスク値は、 $4.3 \leq R_i \leq 7.4$ の範囲であり(平均値 5.7, 標準偏差値 0.62), 比較的高いエラー項目として、「(状況把握場面で運転調整の) 抑止指示に漏れがある (7.36)」や「(方針決定場面で運転調整が) 指令員相互間で、運転整理内容の打ち合わせが行われない (7.27)」などが特定できた。

3. 対策優先度評価

3.1 対策優先度評価対象

鉄道事業者Aで過去10年間、鉄道事業者Bで過去2年間に発生した指令員のエラーに起因する輸送障害やヒヤリハットの事例、および調査分析結果を約80件収集し、これらをもとに指令作業で想定されるエラー誘発要因を抽出・整理し、類型化した。また、過去の研究<sup>3)</sup>から得られている誘発要因を加えた。以上をまとめ、指令作業の実務管理者の確認を受け、17分類114項目の誘発要因を評価対象とした(表8)。

なお、既存のヒューマンファクタモデル(M-SHELLモデル<sup>9)</sup>)と照合した結果、同モデルの関連要素を網羅していることが確認できた。

3.2 対策優先度の評価の手続き

2011年5月に、鉄道事業者Aの指令員に対してアンケート調査を実施した。調査では、3.1節で整理したエラー誘発要因114項目を提示し、「それぞれのエラーが発生し易い時はどのような状況か」について回答を求めた。回答の選択肢は、「とてもあてはまる」「ややあてはまる」「関係ない」の3件法<sup>3)</sup>である。回収データは50

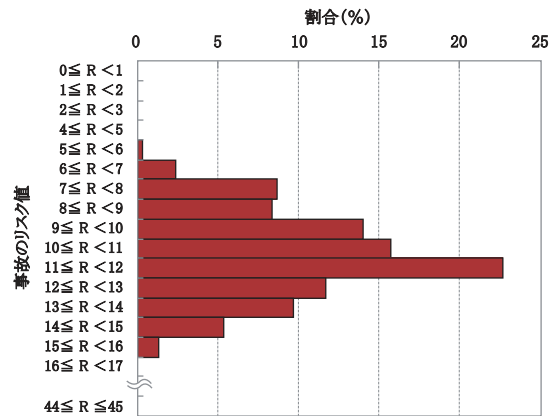


図2 事故のリスク値の分布

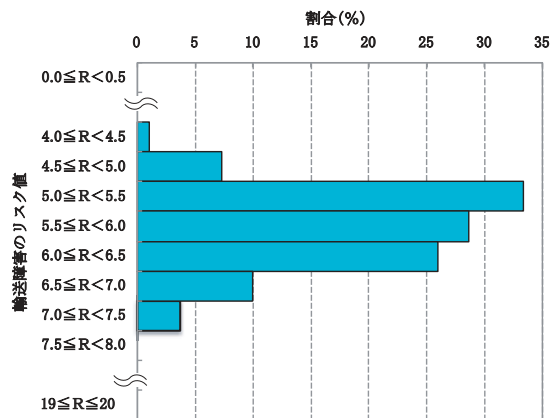


図3 輸送障害のリスク値の分布

件(回収率100%)であった。なお、エラーは事故のリスク値(2.4.3項)が比較的高かった6つである。

3.3 対策優先度の評価結果例

調査の結果、回答者全員が「関係ない」と回答した項

表6 鉄道事故のリスク値が比較的大きいエラー項目の例

No.	作業モード	作業場面	役割	エラー項目	リスク値
1	異常時3	状況把握	運転調整	抑止指示に漏れがある	15.93
2	異常時3	状況把握	運転調整	関係構内の進路競合や遅れ時分等、確認すべき情報に漏れがある	15.56
3	異常時3	方針指示	卓指令員	指示を聞き間違える	15.50
4	異常時3	状況把握	卓指令員	抑止指示を忘れる	15.03
5	異常時3	状況把握	卓指令員	関係列車を抑止しない	14.96

表7 輸送障害のリスク値が比較的大きいエラー項目の例

No.	作業モード	作業場面	役割	エラー項目	リスク値
1	異常時3	状況把握	運転調整	抑止指示に漏れがある	7.36
2	異常時3	方針決定	運転調整	指令員相互間で、運転整理内容の打ち合わせが行われない	7.27
3	異常時3	方針指示	卓指令員	指示を聞き間違える	7.20
4	異常時3	通告券発行	運転調整	通告内容を間違える	7.12
5	異常時3	方針指示	卓指令員	指示されたことを忘れる	7.06

表8 指令員のエラー誘発要因リストの項目例

要因分類	項目	要因分類	項目
【1】作業場所の条件	作業場所が暗い、または、明るい	【9】機器や道具	無線が繋がらない
	作業場所が散らかっている		扱いに慣れていない機器や道具である
【2】作業時間の条件	交代の直前、または、直後	【10】その時の本人の心理状態	列車を遅らせたくないとの意識がはたらく
	事故発生直後		業務に慣れてきた頃
【3】作業役割・分担の条件	作業の権限や役割が不明瞭	【11】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
	優先すべき事項や作業が決められていない		安全や仕事に関する関心・意欲が低下している
【4】作業場所・対象の特徴	単線と複線が入り混じっている	【12】本人の技能や身体特性など	初めての単独業務
	駅数が少ない、または、多い		現場の状況がイメージできない
【5】その他作業の特徴	作業が輻輳している	【13】人間関係	他人に無関心
	作業中や打合せ中に連絡が入る		年齢差、経験差がある
【6】作業方法・手続きルールのあり方	前任者からの引き継ぎが不十分	【14】職場環境	対応可能な人員が足りない
	異常発生時での状況把握に時間がかかる		着台者の作業状況を把握していない
【7】規程・マニュアル帳票類のあり方	マニュアルがわかりにくい	【15】教育訓練のあり方	確認会話の教育が不十分である
	チェックダイヤの修正線が別の列車線に重なる		教育カリキュラムの改訂・変更がない
【8】合図・指示のあり方	発信した情報が伝わっているかがわからない	【16】職場のエラー防止対策	過去に決められた防止対策が形骸化している
	作業指示が曖昧		【17】組織環境

目がみられなかったことから、特定した114項目が指令作業の誘発要因として有効であると判断した。

対策優先度の評価結果例として、『異常時3』での卓指令員の「関係列車を抑止しない」エラーについて、表8に示す要因分類ごとに集約した結果を図4に示す。

この結果、“作業時間の条件”や“その他 作業の特徴”について、対策優先度が高いことがわかった。これらの要因分類に含まれる項目をみると、“作業時間の条件”では、“事故の発生直後”や‘交代の直前、または直後’、“その他 作業の特徴”では、‘相次いで事故トラブルが多発’や‘運休や運用変更等の手配が大量’といった項目が含まれていた。

したがって、30分以上の遅延状態での「関係列車を抑止しない」エラーに対する優先度の高い対策として、例えば、交代の直前、または直後でのエラー発生を防止するために、引き継ぎ項目の明確化や、運転調整と密な連絡といった対策の実施が重要であることが示唆された。

#### 4. まとめ

本報告では、先行研究<sup>2) 3)</sup>で開発したリスク管理支援手法を指令作業に適用し、リスク評価および対策優先度評価を実施した。また、既存手法の適用にあたり、①評価条件の細分化と②影響度評価指標の追加を検討した。主な結果を以下に示す。

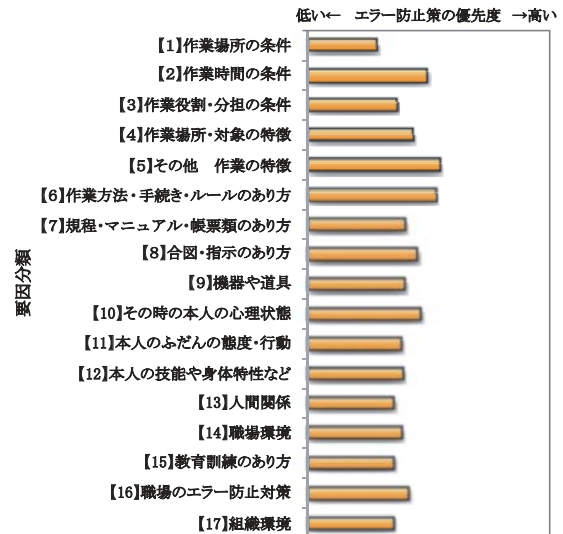


図4 『異常時3』で卓指令員が「関係列車を抑止しない」エラーについての対策優先度評価結果例（要因分類別）

- 1) 指令員に想定されるエラーのリスクを評価する指標として、「輸送障害の影響」を追加し、「発生し易さ」との積による輸送障害のリスク評価法を新しく作成した。
- 2) 指令員に想定されるエラーのリスクを評価する条件として、作業モードを5つに詳細化することが有効である。

特集：人間科学

- 3) 事故のリスク評価を実施した結果、「(状況把握場面で運転調整の) 抑止指示に漏れがある」や「(状況把握場面で運転調整が) 関係構内の進路競合や遅れ時分等、確認すべき情報に漏れがある」といったエラーのリスクが比較的高い。
- 4) 輸送障害のリスク評価を実施した結果、「(状況把握場面で運転調整の) 抑止指示に漏れがある」や「(方針決定場面で運転調整が) 指令員相互間で、運転整理内容の打ち合わせが行われない」といったエラーのリスクが比較的高い。
- 5) 交代の直前、または直後でエラーを誘発していることから、指令員のエラーの防止には、あらかじめ引き継ぐ項目を明確にしておくことが特に重要である。
- 6) 指令作業において想定される300件のエラーに対し、優先的に防止すべきエラーが特定できた。したがって、提案する「リスク評価手法」が指令作業においても適用可能であることが確認できた。

5. おわりに

エラーのリスクを定量的に測定し、重要なエラーに対して優先的に対策を講じていくことは、組織の限られたリソースを効率よく運用するための有効な手段となる。特に、安全マネジメントでは、PDCAサイクルを確立し、継続して運用することが重要である。

これまでに運転作業や保線作業、そして本報告の指令作業とリスク管理支援手法の適用性を確認してきたが、他の職種系統への適用検証については、必要に応じて対応していく予定である。また、今後も、鉄道システム全体を評価できる手法となるよう深度化を図る予定である。

謝 辞

情報提供およびアンケート調査に御協力していただいた鉄道事業者2社に、深く感謝いたします。

文 献

- 1) (公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道安全データベース、2001年～2010年
- 2) 宮地由芽子、柴田徹：背景要因を考慮した運転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
- 3) 羽山和紀、宮地由芽子、中村竜、木村寛淳、桶谷栄一、柴田徹：保線作業におけるヒューマンエラーの管理支援手法、鉄道総研報告、Vol.24, No.11, pp.5-10, 2010
- 4) 宮地由芽子、井上貴文、喜岡恵子、赤塚肇、藤原浩史：鉄道運転取扱作業におけるヒューマンエラーのリスク評価手法の提案、日本信頼性学会誌「信頼性」、Vol.25, No.8, pp.893-896, 2003
- 5) IEC62278. Railway applications - Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS), 2002.
- 6) 国土交通省鉄道局(監修)：注解 鉄道六法 平成22年, 第一法規, 2010
- 7) 羽山和紀：鉄道運行管理業務で想定されるエラーの影響評価指標の検討、産業・組織心理学会 第27回大会発表論文集, pp.55-58, 2011
- 8) 羽山和紀、鍋木俊暁、宮地由芽子：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(5)、日本信頼性学会第19回春季信頼性シンポジウム発表論文集, pp.19-20, 2011
- 9) 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組み—ヒューマンエラーに起因する不具合低減の取組み(その1)—、日本信頼性学会第13回信頼性シンポジウム, 2000