定性的リスクマトリクスを用いた予防型安全管理の フレームワークに関する考察*

(リスクアセスメント改善のためのリスクコミュニケーション)

森 康^{*1}, 杉 本 旭^{*2}

Considerations on the Framework for Preventive Safety Management with Qualitative Risk Matrix (Risk Communication for an Improvement of Risk Assessment)

Yasushi MORI^{*3} and Noboru SUGIMOTO

^{*3} Mitsubishi Electric Corporation, Kamakura Works,
325 Kamimachiya, Kamakura-shi, Kanagawa, 247-8520 Japan

Inherently safe design is becoming more and more important in the environment marked by the increasing failure costs such as costs incurred by recalls and accident handling in various industrial fields. International standards define acceptable risks and tolerable risks based on the principle of "ALARP (As Low as Reasonably Practicable)". However, pursuing the inherently safe design affects judgments made based on the ALARP principle and makes risk management more difficult when other viewpoints including CSR (Corporate Social Responsibility), compliance and brand management are involved. This paper presents a framework for preventive safety management as a measure to counter the above difficulties in risk management. This paper also presents a practical usage of the quantification technique for the qualitative risk assessment, proposed in other paper, and an example of application of such practical usage to risk communication between the management side and the engineers side to improve the qualitative risk assessment.

Key Words: Risk Management, Risk Assessment, Product Development Management, Product Evaluation, System Analysis, Cognitive Engineering, Quantification, Scale

1. 結 言

航空, 宇宙, プラント, 自動車, 産業機械, 消費生活用品などさまざまな分野の製品がそれぞれに有する安全性は, 分野や製品に応じたC規格または独自の規定により定められており, 統一的に論じられるものではない。しかしその一方で, 各分野ともリコールや事故処理などに代表される失敗コストの増大や社会的改善要請の高まりを背景として, 製品のライフサイクルを見通したリスクアセスメント実施とそれに基づく本質安全化(危険源(Hazard)除去, 最小化, 故障許容性の付与)への対応の必要性が従来以上に増している。その結果, 製品の壊れ方を意識した個別の潜在危険源同定や同定されたリスクに対する低減策の妥当性確認, それらを取り扱う事前責任体制の構築などに関する検討の重要性が広く認識され, 関連する議論が多面で活発化している。(1)~(3)

国際規格(ISO12100⁽⁴⁾, ISO14121⁽⁵⁾, IEC61508⁽⁶⁾, ISO13849⁽⁷⁾など)が想定する製品の具体的安全性は, Lessons learned とリスクアセスメントを通じて得られた対処法がState of the artの状態を維持することを求めている。そしてリスク低減策の採否は, 製品が保有する便益と潜在危険源によりもたらされるリスクのトレードオフからALARP(As Low As Reasonably Practicable)原則に従い, 許容できない(intolerable), 許容(tolerable)もしくは受容(acceptable)が判断される。(8)

さまざまな分野での失敗コスト増大や社会的改善要請の高まりは, ALARP 原則でのリスクトレードオフの判断に影響をおよぼし, コンプライアンス, CSR(Corporate Social Responsibility), ブランドマネジメントなどに配慮した企業におけるリスク管理をより複雑なものにしている。このような変化は, 製品開発や公共的なサービスを提供する企業などにおいて特にその影響が顕著となっている。そのため, 従来の現場に頼ったボトムアップ型管理から専門知識を核とした組織的な管理を行う取組み⁽⁹⁾や偶発故障の定量性を明確化したリスク評価の推進事例⁽⁹⁾が報告されている。

* 原稿受付 2010年2月25日。

^{*1} 正員, 三菱電機(株)鎌倉製作所(〒247-8520 鎌倉市上町屋325)。

^{*2} 正員, フェロー, 長岡技術科学大学専門職大学院(〒940-2188 長岡市上富岡町1603-1)。

E-mail: Mori.Yasushi@dn.MitsubishiElectric.co.jp

しかし、専門知識を核とした組織的な管理を行う場合でも初期の目標設定が明確化できなければ、開発企画や開発設計上流に立ち戻った本質安全化推進に対しては限界が生じる。また、偶発故障の定量性を根拠とするマクロな視点の分析のみでは個別の開発対象が保有する独自性や特殊性に対する関係者間のリスク認識（リスクの見積り・リスクの評価）への整合性確保は困難である。著者は「定性的リスクアセスメント改善に関する考察（PHAにおける定性的リスクマトリクスの定量化）」⁽¹⁰⁾にて関係者間のリスク認識に整合性のある目標設定方法を示した。

本論文では、上記の手法を適用し経営側指示の展開や具体的目標設定および関係者間のリスク認識の整合性改善に配慮した予防型製品安全管理を行うフレームワークを提案するとともに、著者が携わる製品安全管理活動を例にその有効性を示す。

2. 製品安全管理活動の課題

企業などの製品製造者は、安全性を含む良い品質の製品を提供することで社会への貢献を果たし利益を追求している。開発現場では、製品が保有すべき機能や性能の前提または重要なセールスポイントとして製品の安全性が検討される。しかし利益追求の観点から、もしくはALARP原則として、達成されるべき安全性はその製品の置かれた事業環境によりさまざまである。さらに、安全性の要求としても表1に示すように、強制的な規則、規定から自主基準までのさまざまなもの

Table 1 Precedence of safety requirements

Precedence	Requirement Source	Mandatory/ Voluntary
1	Law, Regulation, Order	Mandatory
2	Contractual requirement	Mandatory
3	Industry standard, Guideline	Mandatory/ Voluntary
4	Voluntary standard, Company regulation Company design rule	Voluntary

がある。近年の動向として産業保全の分野では規制緩和の流れに沿って2000年頃を契機とする仕様規定から性能規定への変化⁽¹¹⁾（図1参照）が行われ、労働安全の分野では「機械の包括的な安全基準に関する指針」の改正（2007年7月31日改正）が実施され製造者・利用者ともにリスクアセスメントの実施、使用者への残存リスクの情報開示が求められている。また、製品安全の分野では事故や不具合を契機とした社会的改善要請の高まりを背景として消費生活用製品安全法改正にもとづく重大製品事故報告・公表制度（2007年5月14日施行）、長期使用製品安全点検・表示制度（2009年4月1日施行）などが行われている。

このような社会のトレンド変化に対して、製品の開発現場では従来のボトムアップ型の製品安全管理を超えた配慮、検討を求められる状況が発生している。製品開発におけるリスク管理では、従来から追求されているQCD（Quality, Cost, Delivery）に加えて前述の製

Fig.1 Regulatory control trend of industrial maintenance

品安全や CSR や環境負荷対策などにも配慮した製品価値基準の作成と適用時のバランス管理が必要となっている。

国際規格に規定される製品安全推進のフレームワークでは、規格の利用者が適用するリスク判定手法を適宜選択する。アセスメント結果に対する許容可否判断の基準はアプライオリ的に規格中に記載されていたり、有識者の経験、Lessons learned や過去の事故例を参考とする手法が推奨されている。しかし、前述のような事業環境変化のもと、過去の事例を考慮してリスクの許容可否判断基準を設定しているのみでは、変化のスピードが速く予防型のリスク管理が求められる現状に対して十分なものとは言えない。このようなリスク管理の複雑化に対して、どの様に整合性を確保し展開してゆくかは、開発現場の緊急かつ重要な課題である。

本論文では、上記に示したような製品開発現場での課題認識のもと、定性的リスクマトリクスを用いて予防型製品安全管理を展開するうえで必要となる経営側と実務側の整合性改善のリスクコミュニケーション方法とそれらを適用した業務プロセス強化のフレームワークを示す。

3. 既存体制とリスクコミュニケーション改善

3.1 既存マネジメントシステムと製品安全管理活動

多くの企業などで ISO9001⁽¹²⁾ 品質マネジメントシステムに代表されるさまざまなマネジメントシステムが導入、運用されている。マネジメントシステムはその活動を行う体制と規格要求を具体化したマニュアルを作成し、経営者の積極的関与のもと PDCA (Plan, Do, Check, Act) サイクルによる継続的改善と第三者による監査が実施される。さらに、各活動から派生する目標や管理の指標を設け、その達成度合いを定期的にチェックすることで短期および長期のパフォーマンス傾向を俯瞰し、効果的な分析や改善策検討を可能にする。このため、環境マネジメントシステム、情報セキュリティマネジメントシステム、労働安全衛生マネジメントシステムなど多くのマネジメントシステムでも同様のフレームワークが採用されている。

製品安全管理活動を展開する場合においても、事業環境変化への対応と継続的改善を行う予防型安全管理を推進するためには、既に多くのマネジメントシステムに取り込まれ実績を有する本フレームワークを参考にすることが現実的かつ有効と考える。一方、ISO 9001:2008 7.3.3 項「設計・開発からのアウトプット」 d) 項には「安全な使用及び適正な使用に不可欠

な製品の特性を明確にする。」との規定があり、製品の安全性が品質マネジメントシステムの対象として扱われている。しかし、製品安全管理活動においてライフサイクル全般を見通した製品の安全性を検討する場合、品質管理が求める機能要件に着目した適合性確認だけでは、使用状態や経年変化による壊れ方および多重の異常や故障を前提とした事故シナリオへの保証として十分なものとはならない。このため、品質管理とは異なる製品安全性の独自目標や拡張された視点を加えて業務プロセスを強化する必要がある。

3.2 業務プロセス強化のフレームワーク

既存フレームワークと同様に、予防型の製品安全管理を実施する場合も経営者の積極的関与が前提となる。方針の展開と必要なリソース配分なしには、組織内での活動を継続、改善することは不可能である。このため、製品安全に関するトップの方針や目標などの明示が重要となる。しかし、上層部から展開される製品安全に関する方針や目標は包括的指示である場合が一般的である。これらの方針、目標を受けて実務側はより具体的なプランや目標の展開を行うが、定性的表現で与えられた情報のみでは末端の関係者各人が適切に情報共有できる状態にはならない。定性的記述による方針、目標の展開は、尺度水準⁽¹³⁾ (尺度水準(level of measurement)では、名義尺度、順序尺度、間隔尺度、比尺度の4つが分類されている。)で規定される順序尺度以下として作用するため、関係者間の正確な情報共有としては十分ではない。

一方、上層部からの指示事項は、万一の事故やリコールなどに対するリスク管理と密接に関連しているため、方針や目標が曖昧であることは許されない。経営側としても指示を受けた実務側がどのように理解し、プランや目標展開を実施したかを把握することが必要となる。このため、方針や目標は何らかの手段で定量化に変換されなければならない。

製品のリスクアセスメントを行う場合、初期の段階では対象を包括的かつ網羅的に分析することが必要となる。このような場合に、定性的リスクアセスメントによる分析/評価が行われることは一般的である。しかし、定性的リスクアセスメントで用いられるリスクマトリクスは比較的簡便に利用できる手法であるが、その一方でリスクマトリクスの各区分に定性的説明のみが示されたり、アプライオリ的な数値が付与されており、個別の問題に応じたリスク管理への活用には限界がある。そこで、「定性的リスクアセスメント改善に関する考察(PHAにおける定性的リスクマトリクスの定量化)」で報告した定量化手法を用いて関係者各

Fig.2 Risk management process flow including quantification of qualitative risk assessment and integration of existing management systems

自のリスク認識を定量的に示し、その値を用いてリスクアセスメントの基準となるリスクマトリクスの各区分の定義や受容/許容/許容できないの判定基準に関して議論し、前提や設定を行う整合性改善のリスクコミュニケーションを行うことが必要となる。

このような観点をまとめたリスクコミュニケーション改善と既存のマネージメントシステムとの融合を図2に示す。図2では、PDCAサイクル中のPlan (Management policyとProject plan, Project goal, Risk criteria with quantification scale間)とDo前半(Project plan, Project goal, Risk criteria with quantification scaleとDevelopment plan, Design plan, Residual risk間)の各レベル内において小さな応答サイクルを回すことで予防型リスク管理の効果増大を図っている。

定量尺度確認のプロセスをこれらの箇所へ事前に挿入することで関係者間での目標の共有と認識を統一し、課題の早期発見や出戻りの発生防止に効果を発揮させることが可能となる。また、その後の類似プロジェクトに対して経験値や参考としてより多くの情報が伝承可能となる。そして、このような手順を設けて製品安全における権限委譲をトップからボトムへ降ろし、ボトムが計画・展開した内容をト

ップへ返して、トップが揃えて管理することで、権限委譲と管理責任についての事前責任体制の明確化も図れる。

4. リスクコミュニケーションの改善事例

4・1 定性的リスクマトリクスの定量化手法 「定性的リスクアセスメント改善に関する考察(PHAにおける定性的リスクマトリクスの定量化)」で報告した定量化手法を用いてリスクアセスメントに用いるリスクマトリクスのリスク区分に矛盾しない形でリスクポイント(R_s , R_p)を付与し、各リスク属性へ式(1)、式(2)を、リスクの見積りに対しては式(3)を導入する。

(既に前報で報告したリスクマトリクスからリスクポイント(R_s , R_p)を導出する方法の詳細な説明は省略するが、後述する適用事例に対するリスクポイント(R_s , R_p)の導出手順と認知心理学的変数 α_s , β_s , α_p , β_p の求め方の概要は付録に示す。)

$$R_s = \alpha_s \log(S/S_0) = \alpha_s \log S + \beta_s \quad (1)$$

S: 「被害の度合い」の状態を示す換算値

S_0 : 「被害の度合い」の基準状態を示す換算値

R_s : 「被害の度合い」のリスクポイント

α_s : 認知心理学的変数

β_s : 認知心理学的変数 ($\beta_s = -\alpha_s \log S_0$)

$$R_p = \alpha_p \log(P/P_0) = \alpha_p \log P + \beta_p \quad (2)$$

P: 「発生の頻度」の状態を示す換算値

P_0 : 「発生の頻度」の基準状態を示す換算値

R_p : 「発生の頻度」のリスクポイント

α_p : 認知心理学的変数

β_p : 認知心理学的変数 ($\beta_p = -\alpha_p \log P_0$)

$$R_e = R_s + R_p \quad (3)$$

R_e : リスク見積り

R_s : 「被害の度合い」のリスクポイント

R_p : 「発生の頻度」のリスクポイント

本論文では式(1),式(2)に示すように定性的リスクマトリクスを構成する「被害の度合い」と「発生の頻度」の各リスク属性に常用対数で近似を行う表現を導入する。また,式(3)に示すようにリスク見積りを「和」で見積るモデルを用いる。保険業界で取り扱うリスクが「積」の形で取り扱われることに倣いリスク見積りに算術的「積」を用いる事例は多く見受けられる。しかし,保険と同様にリスクを期待値で取り扱うためには,その前提に「大数の法則」,「施行の相互独立性」,「計量的評価の妥当性」が必要となる。前章にて示したような経営側の方針展開に基づき関係者間のリスク認識の整合性改善を目指した製品開発時

のリスクアセスメント対象は,実際の世の中には未だ存在しない機能を有する製品であったり,個別プロジェクトの独自性や特殊性を有し,その実施機会が制約されていることも多い。そのため,事故性が認められることを前提とした損害補償的考え方(リスクの構成要素間の積で「危害の程度」大と「危害の発生確率」小,もしくはその逆が,リスク量として小さくなるような定義)を用いることは避け,式(3)に示すようにリスクを構成する各属性に独立の重み付けが可能な「和」の形式で定義する。また,式(3)に式(1),式(2)を代入すると式(4)が得られる。

$$R_e = \alpha_s \log S + \alpha_p \log P + \beta_s + \beta_p \\ = \log S^a P^b + \beta_s + \beta_p \quad (4)$$

$$(但し, a = \alpha_s, b = \alpha_p)$$

式(4)において $\alpha_s = \alpha_p = 1, \beta_s = \beta_p = 0$ の場合,リスク見積り R_e は式(5)となり「積」のリスク形式となる。 $\alpha_s = \alpha_p = 1, \beta_s = \beta_p = 0$ は,リスクを構成する属性の状態を示す換算値が,そのままリスクを示す値となることを表しており,保険業界で取り扱うリスクのようにフィールドデータが手元にあり,アセスメント実施者の認知心理学的変数の介入を必要としない場合に相当する。よって,導入した式(1)~式(3)は定性的リスクアセスメント結果と定量的リスクアセスメント結果の関係を表現するうえでの矛盾も無く,有効な表現方法と考える。

$$R_e = \log SP \quad (5)$$

Table 2 Risk matrix of product for social infrastructure (Voluntary standard / Company design rule)

			Probability				
			E	D	C	B	A
			0	2	4	6	8
Severity	IV	0	0	2	4	6	8
	III	5	5	7	9	11	13
	II	9	9	11	13	15	17
	I	10	10	12	14	16	18

Note) Severity : I—Catastrophic, II—Critical, III—Marginal, IV—Negligible

Probability : A—Frequent, B—Probable, C—Occasional, D—Remote, E—Improbable

Not acceptable : (IA, IB, IC, ID, IE, IIA, IIB, IIC, IID, IIE, IIIA, IIIB, IIIC)

Required to review : (IIID, IIIE, IVA, IVB, IVC)

Acceptable : (IVD, IVE)

4・2 定量化手法に基づくリスクコミュニケーション改善事例 著者が携わった社会インフラ系の次世代機種開発プロジェクトにおいて、図2のワークフローと前述の定性的リスクアセスメントの定量化手法を適用し、整合性改善のリスクコミュニケーションを実施した。

表2は、開発部門の経営側（上級管理者）が作成したリスク許容判定基準のリスクマトリクスである。表2の各リスク属性（被害の度合い、発生の頻度）に対してリスクマトリクスの受容／要検討／受容できないの区分に矛盾しない形でリスクポイント（ R_s, R_p ）を付与し、プロジェクト開発の関係者（設計部門および品質保証部門の課長、チームリーダー、担当者など合計

Fig.3 Cognitive psychological parameter ratio of estimated severity ($\alpha_s / \alpha_{sm}, \log S_0 / \log S_{0m}$)

Fig.4 Cognitive psychological parameter ratio of estimated probability ($\alpha_p / \alpha_{pm}, \log P_0 / \log P_{0m}$)

11名）が抱くリスクの具体的な想定イメージ（各リスクポイント（ R_s, R_p ）に対応する各（ S, P ）の値）を定量的に回答してもらい、それらを式(1)、式(2)に当てはめて各自の認知心理学的変数（ $\alpha_s, \log S_0$ ）、（ $\alpha_p, \log P_0$ ）を求めた。（各人の決定係数 R^2 は、「被害の度合い」 $R^2 \geq 0.696$ 、「発生の頻度」 $R^2 \geq 0.893$ ）また、経営側も目標とするレベルを同様に定量的に示し（各リスクポイント（ R_s, R_p ）に対応する各（ S_m, P_m ）の値（注：以降文中の添え字mは経営側の数値を表す。）、認知心理学的変数（ $\alpha_{sm}, \log S_{0m}$ ）、（ $\alpha_{pm}, \log P_{0m}$ ）を求めた。（「被害の度合い」 $R^2 = 0.932$ 、「発生の頻度」 $R^2 = 0.972$ ）そして、経営者側の認知心理学的変数を基準に各関係者との認知心理学的係数の比（ $\alpha_s / \alpha_{sm}, \log S_0 / \log S_{0m}$ ）、（ $\alpha_p / \alpha_{pm}, \log P_0 / \log P_{0m}$ ）を求め、図3、図4を得た。

図3に示す「被害の度合い」においては経営側が想定する被害の度合いに対して、実務側がイメージする被害の度合いとの間で乖離が危険側に大きいことが判明した。これは、経営側がプロジェクト全体での出荷台数などの規模に基づくビジネスリスクを強く意識しているのに対して、実務側は製品単体での被害を想定していることが影響していた。

また、図4に示す「発生の頻度」では、「被害の度合い」ほどの乖離が発生していないことが判明した。これは、実務側も市場クレームや不具合対策などを想定し、結果的にプロジェクト全体に対する各自の対応をイメージしていることが影響していた。

これらの分析結果をもとに、本事例では「被害の度合い」と「発生の頻度」の想定区分を経営側へ近づけるための関係者間での協議と区分定義の修正を実施し、潜在危険源抽出やリスク分析、対応策選択での整合性向上を図った。

5. 結 語

本論文では企業などの製品開発現場において複雑さを増す製品安全管理活動に対して、他のマネジメントシステムとの連携を考慮した予防型製品安全管理を導入する必要性を示し、PDCAサイクル中のPlanとDo前半において小さな応答サイクルを回すことで予防型リスク管理の効果増大を図る業務フローを提案した。（図2参照）また、提案した予防型製品安全管理の実施に際して、リスク許容判定基準の定量化および整合性改善のためのリスクコミュニケーションを行うため、「定性

的リスクアセスメント改善に関する考察 (PHA における定性的リスクマトリクスの定量化)」にて報告した手法が適用可能であることを示した。

さらに、著者が携わった社会インフラ系次世代機種開発プロジェクトに本手法を適用し、経営側を基準として実務側との認知心理学的係数の比 (α_s/α_{sm} , $\log S_0/\log S_{0m}$), (α_p/α_{pm} , $\log P_0/\log P_{0m}$) を用いることで、関係者間のリスク認識を明確化した。(図3, 図4参照)そして、「被害の度合い」と「発生の頻度」の想定区分を経営側へ近づけるための関係者間での協議と区分定義の修正を実施し、潜在危険源抽出やリスク分析、対応策選定での整合性向上を図った。

文 献

- (1) Panasonic Corporation, "CSR : Products pursued safety" Panasonic CSR (online) available from < <http://panasonic.co.jp/csr/customer/saf/> > (accessed 2010-2-1)
- (2) Sugimoto, N., Globalization of Machine Safety and Responsibility of Engineers, *The Journal of Reliability Engineering Association of Japan*, Vol.29, No.2 (2007), pp.72-79
- (3) Matsumoto, K., Makishima, F., Kikuchi, T., Hisamoto, S., Activities of Society for JUSE R-Map Practical Study (in Japanese), *39th Symposium on Reliability and Maintainability*, Tutorial Session 3 (2009), pp.77-120
- (4) ISO12100, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design*, (2003)
- (5) ISO14121, *Safety of machinery – Principles for risk assessment*, (2007)
- (6) ISO13849-1, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1 : General principles for design*, (2006)
- (7) IEC61508, *Functional safety of electrical / electronic / programmable electronic safety-related systems (E/E/PES)*, (1998)
- (8) Mukaidono, M., ed., *Basic Concept of Safety Design ISO/IEC Guide 51 (JIS Z 8051), ISO12100 (JIS B 9700)* (in Japanese), Japanese Standards Association, (2007), pp.73-79
- (9) Kuroki, H., *Becoming a Strategic High Reliability Organization for Safe and Reliable Airline* (in Japanese), *39th Symposium on Reliability and Maintainability*, Session 6-1 (2009), pp.269-274
- (10) Mori, Y., Sugimoto, N., Consideration on Improvement of Qualitative Risk Assessment (Quantification of Qualitative Risk Matrix for PHA), *The Japan Society of Mechanical Engineers*, Vol.75, No.759 (2009), pp.261-269
- (11) Nakui, K., *Mandatory Standards and Civil Standards* (in Japanese), *Standardization and Quality Control*, Vol.61, No.11 (2008), pp.50-55
- (12) ISO9001, *Quality management systems – Requirements* (2008)
- (13) Stevens, S., *On the Theory of Scales of Measurement*, *Science, New Series*, Vol.103, No.2684 (1946), pp.677-680

<付 録>

リスクポイント (R_s , R_p) の導出手順概要を以下に示す。

- (1) 表2のリスクマトリクスに対して各属性とも程度の軽いもの (安全側) から並べ「被害の度合い」は上から下へ、「発生の頻度」は左から右へと並べ、リスクポイント (R_s , R_p) は1から順番に自然数を付与する。付与されたリスクポイントは式 (3) に従い和の形式でリスク見積りを算出する。(表A-1参照)

Table A-1 Assignment of risk points (1st Step)

Severity	Probability Rp Rs	E	D	C	B	A
		1	2	3	4	5
IV	1	2	3	4	5	6
III	2	3	4	5	6	7
II	3	4	5	6	7	8
I	4	5	6	7	8	9

初めにリスクポイント (R_s , R_p) へ付与された1, 2, 3, ... の数値は、リスク属性を常用対数を用いて近似するため、リスクマトリクスの各区分毎で属性の差異が漸進的であり、そのような差異が識別可能であることを示している。

- (2) リスクマトリクスに規定されるリスクの大小関係に矛盾せずにリスクポイントが付与されているかを調査すると Acceptable の最大値3 (IVD) と Required to review の最小値3 (III E) が同値で不整合である。IVD と III E では「被害の度合い」が強度を有しているためリスクポイント R_s を0.5ずつ整合するまで加算する。(0.5は、初期に設定したリスクポイントが1刻みの大小関係を設定したことに矛盾を生じない1未満の数字から便宜的に選択している。) (表A-2参照)

Table A-2 Assignment of risk points (2nd Step)

Severity	Probability Rp Rs	E	D	C	B	A
		1	2	3	4	5
IV	1	2	3	4	5	6
III	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5
II	3	4	5	6	7	8
I	4	5	6	7	8	9

- (3) Acceptable の最大値3 (IVD) と Required to review の最小値 3.5 (III E) より不整合は解消された。同様に Required to review の最大値6 (IVA) と Not acceptable

の最小値4 (ⅡE) の不整合に注目してⅡのリスクポイント R_s を5.5まで、続いて同様に (ⅣA) と (ⅢC) の不整合に注目してⅢのリスクポイント R_s を3.5まで加算する。また、以上の加算で大小関係が不整合とならないようにⅠのリスクポイントは6まで加算する。

(表 A-3 参照)

より (α_s, β_s) , (P, R_p) より (α_p, β_p) を求めることができる。

Table A-3 Assignment of risk points (3rd Step)

Probability Rp		E	D	C	B	A
Severity	Rs	1	2	3	4	5
IV	1	2	3	4	5	6
III	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5
II	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5
I	6	7	8	9	10	11

- (4) 以上の操作でリスク属性とリスクマトリクスに規定されるリスクの大小関係に矛盾しないリスクポイント (R_s, R_p) の設定が行えた。そこで大小関係に矛盾を生じないために便宜的に導入した 0.5 の数値を「桁が違ふ状況は識別可能である」とした前提に整合するように、上記のリスクマトリクスのリスクポイント全体を2倍し、ⅣおよびEのリスクポイントが0となるように各々の尺度毎に数値を減じることで表 A-4 が得られ表 2 に示した結果を得る。(Severity: Ⅳ, Probability: E の状態が $R_s=R_p=0$ で、 $S=S_0$, $P=P_0$ の基準状態となる。)

(表 A-4 参照)

Table A-4 Assignment of risk points (4th Step)

Probability Rp		E	D	C	B	A
Severity	Rs	0	2	4	6	8
IV	0	0	2	4	6	8
III	5	5	7	9	11	13
II	9	9	11	13	15	17
I	10	10	12	14	16	18

一方、開発関係者個々人がリスク区分の定義 (Severity: I—Catastrophic, II—Critical, III—Marginal, IV—Negligible, Probability: A—Frequent, B—Probable, C—Occasional, D—Remote, E—Improbable) に対して保有するイメージを個々のSおよびPの定量換算値として回答してもらい (例: 「被害の度合い」として想定被害金額, 「発生の頻度」として単位時間当たりの発生回数 等), これらの数値 (S,P) と上記より求めたリスクポイント (R_s, R_p) を各々式 (1) と式 (2) の各パラメータとして用い、回帰分析にて (S, R_s)