

「特集にあたって」と「信頼性・安全性計画研究会」報告[†]

鈴木 和幸*

1. 特集にあたって

技術の急速な進展と社会・市場構造の変化の下、ものづくりにおける信頼性・安全性の確保が強く求められている。この要請に応えるべく当学会では「JSQC信頼性・安全性計画研究会」を2006年7月に発足させた。信頼性・安全性の確保にあたっては、

- (i) 生じたトラブルへの迅速かつ適切な対応——〔クライシスマネジメント〕
- (ii) 生じたトラブルの再発防止——〔RCA(根本原因分析)〕
- (iii) トラブルの未然防止——〔RCAによるシステム改善、予測に基づく未然防止〕
- (iv) 安全文化とトップのリーダーシップ
- (v) 品質保証とその仕組み
- (vi) 顧客・企業・社会行政の三位一体の活動

が鍵を握る。そして、これらの活動が支えなければならない。これらの分野の討議を委員会で続け、その検討結果と各委員の専門分野の今日までの研究成果を含め、下記のようにまとめた。

- [1] 「信頼性・安全性確保への提言—全体マップ—」
(上記 i)～vi)の全体(鈴木和幸)
- [2] 「品質保証の再考察—高度技術社会における工業製品の信頼性・安全性の確保を目指して—」

(上記(v)を中心)(真壁 肇氏)

- [3] 「RCA(根本原因分析)の勧め—未然防止の視点から組織のマネジメントを見直す—」

(上記(ii)と(iii)を中心)(中條武志氏)

- [4] 「未然防止への管理職の役割と品質管理教育」
(上記(iv)を中心)(金子龍三氏)

- [5] 「信頼性・安全性確保のためのユーザーと企業の情報共有と活用」

(上記(i)と(vi)を中心)(田中健次氏/伊藤誠氏)

さらに、当委員会の企業の方々よりの信頼性・安全性つくり込みのベストプラクティス事例2件

- [6] 「リコーにおける製品安全性のつくり込み活動—リスクマネジメントの中心的な対象として—」(永原賢造氏)

- [7] 「コマツにおける信頼性・安全性確保活動—建設・鉱山機械における製品信頼性・製品安全性確保活動—」(大田晋吾氏)

を折り込み、本特集「信頼性・安全性の確保と未然防止」としてまとめを行った。これらの概要を本稿の第4章に示す。

上記の項目に加えて、今ひとつ大事な視点として、“信頼性”と“安全性”との関連、そして、これらを達成するための“TQM”、“信頼性工学”、“ヒューマンインターフェース”、“心理学”、“医学”、“認知行動科学”などの分野との関連を明確にする必要がある。何故なら信頼性・安全性向上は、これらの学問領域を俯瞰し、大局的な視点(鳥の目)より捉えると共に、個々の現場での問題の解決(虫の目)の両面からの検討なしには為し遂げられないからである。

[†]平成20年8月22日 受付

*電気通信大学 システム工学科

連絡先: 〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘1-5-1(勤務先)

2. 信頼性と安全性の関連

信頼性とは、“アイテムが与えられた条件の下で、与えられた期間、要求機能を遂行できる能力” (JIS Z 8115:2000)と定められている。一方、安全性とは JIS Z 8115:1981において“人間の死傷または資材に損失もしくは損傷を与えるような状態がないこと”と定義され、備考として“信頼性では任務遂行のため機能上の故障を対象とするが、安全性では人間・資材に損失・損傷を与える危険な状態を対象とする”と記されている¹。すなわち、信頼性は製品・システムを対象に、安全性は人間への影響を対象とする^[1]。

信頼性の定量化として、信頼度や故障率が知られているが、安全性を定量化するためには、ハザードという概念が重要となる。

ハザードとは、“危害の潜在的な源” (JIS Z 8051:2004)、言い換えれば“損害を与える可能性のあるもの、または危害・損害をもたらす潜在的状態・要因”をいう。表・1、A2中の地中に埋め込まれたガス管を例に取れば、異なる土質の境界で発生する電位差により腐食が進行している状態がハザードである。この結果としてガス漏れ・火災という危害(損失・損害)が生じる。

このハザードに対し、

- ① 発生防止、発生頻度の低減《発生》
- ② 迅速な発見・検出《発見》
- ③ ハザードによる危害の大きさの減少《影響緩和》

の三つの視点が重要となる。故障率が failure rate と呼ばれることにに対し、ハザードの発生率は hazard rate と呼ばれている。この三つの視点に関する詳細は、本特集の真壁 [2]、鈴木 [1] を参照されたい。

なお、先の例では、土質の異なる境界での電位差により腐食が進行するという要因(故障メカニズム)を抑えればその発生防止が可能となる。すなわち、熱力学の法則から導かれる「温度と圧力が一定の下では、腐食するか否かは電位差と pH のみによって決まる」という腐食のメカニズムを抑えておけばよい。

3. 信頼性・安全性つくり込みへの関連研究領域

表・1は当研究会において、信頼性・安全性に関連する機能喪失・危害へのハザードをその要因(根本原因)に着目し、整理・分類したものである。

¹JIS Z 8115:2000 では、安全性について「安全」を取り上げ、これを「人への危害又は資(機)材の損傷の危険性が、許容可能な水準に抑えられている状態」と記している。

表・1 ハザード—根本原因分析

種類	故障モード / 不良モード		ハザードの内容 <hazard>	機能喪失・危害 <effect>	要因/根本原因 <root cause>
A1	破断		橋梁(トラス)(強度)(ストレス予測)	崩壊	[突発的な外部ストレスの予測] 設計時の強度解析不測(ストレス-強度解析)
A2	亀裂・破断		ガス管の腐食の進行	ガス漏れ/火災	[使用・環境条件への対応] 異なる土質の境界での電位差
A2	摩耗(経年劣化)		ブレイキシュアの摩耗	追突	山岳地帯で使用
A3	亀裂		ワイヤー金属疲労	電源ユニット 制御不能	[使用・環境条件の変化への対応] 省エネ ON-OFF 回数の増加(年5万回→50万回)
A3	断線		膨張係数の違いによる 応力集中	車搭載光通信 デバイス ナビ不能	動作温度条件 (-40℃~85℃→-40℃~105℃)
B1	(b) 作業・点検 抜け	(a) 油圧パイプ 破断	ボルトの緩み	作業・運行障害	[工程管理] エラープルーフなし
B1	工程不良 (Cp<1)		回転軸のかじり	焼付きによる機能 停止	Cp 不足
C1	2種のsw 押し間違え		航空機の複雑操作 (突発異常)	自動車の暴走	[突発異常時・ パニック時への対応]
C1	2種のpd の踏み間違え		アクセル vs ブレイキ pd と未熟(熟年)ドライバー 可燃物近辺での溶接作業	火災・ぼや(小火)	[ヒューマンインタフェースの配慮] 仕様と使用の乖離
C2	引火		通気の悪い部屋での ガス器具長時間使用	CO中毒	[作業の技術的知識・商品知識] 作業の技術的知識 技術・資格認定 商品知識 消費者教育
C2	不完全燃焼		過積載トラック	走行不能	[標準からの逸脱]
C3	不適正使用	ボルト折損	突発故障発生 (A) に 続く Human Factor (C)		A と B または A と C の要因の複合

A 1) 突発的な外部ストレスの予測

設計時の想定ストレス S が材料強度 R を上回る時、すなわち、 $S > R$ の関係が成立するとき、部位または部品に破断が生ずることになる。したがって、設計時のストレス-強度モデルによる強度解析ならびに当該事象が生じたときの事前影響評価が重要となる。

A 2) 使用・環境条件への対応

電解コンデンサは温度が 10°C 上昇すると寿命が半減する。これを一般化したものとしてアレニウス則が知られている。また、腐食に関しては前節で述べたように、 pH と電位が鍵を握る。このように使用・環境条件への十分な現地・現物にもとづく情報収集とその対応が必須である。

A 3) 使用・環境条件の変化への対応

電子デバイスの微細化とその機能の高度化、BRICsの台頭をはじめとするグローバル化経済のさらなる進展、省エネへのさらなる要請によるきめ細かい電源ON-OFF制御の要請など、使用・環境条件の急激な変化が生じている。例えば、車積載用の光通信デバイスは、その機能の高度化により動作温度上限の 80°C から 105°C への変更が必要である。また、省エネ用のある電源回路のON-OFF制御回数は従来の10倍の頻度になっている。SN曲線・マイナー則など、これらへの科学的対応を行わねばならない。

以上に対して信頼性工学は精緻なモデルと原理・原則に基づき理論体系を構築してきた。

B 1) 工程管理

“To err is human” (人は誰でもエラーする) と言われるように、教育・訓練された作業員においても作業ミスは完全に防ぐことはできない。このときPDCAに基づく十分な標準化と教育と共に中條武志氏の一連の研究“エラーブーフ”が肝要となる。一方、表中の回転軸のかじり(ハザード)の要因である工程能力(C_p 不足)に関しては、品質管理の分野において多くの研究が進められてきた。

このBパートは当学会が今日までもっとも体系的な研究を進めてきた分野である。

C 1) 突発異常時・パニック時への対応、ならびにヒューマンインタフェースの配慮

航空機のパイロットのようなプロが運用中のシステムの緊急時への対応として、心理学・医学ならびに認知行動科学の領域からのアプローチも必要である。SRKモデル、意識フェイズなどの研究と共に研究が進められている。また、熟年ドライバーが車を後方へ動かすとき、アクセルペダルとブレーキペダルを踏み

間違えるというおそれ(ハザード)はヒューマンインタフェース分野の研究テーマである。航空機のコックピットや原子力発電所の制御操作室の操作スイッチの配列に関しても同様である。

C 2) 作業の技術的知識・商品知識

技術・知識を要する作業、特に保全に関するものは知識なしには難しいものが多数ある。雇用形態の変化・多様化とともに資格認定・知識・能力の見極めに関しては、教育・資格制度ならびに社会・行政による規制も必要である。

また、建物の気密性の向上(木造→鉄筋・コンクリート)により、換気を怠っていても従来では問題のなかった燃焼器具による長時間使用によりCO中毒が発生しかねない。また、ガス・電気・車などのインフラに対する安全・商品知識教育の徹底ならびに啓蒙普及も必要である。

C 3) 標準からの逸脱

トラックやフォークリフトへの過積載、品質確認ステップの一部見落としなど、標準作業からの逸脱による危害も無視できない。技術者倫理・CSR意識をはじめとする安全文化の維持・向上へのリーダーの役割とともに、行動科学・組織論の研究も関連する。

複合) 上記AとB、またはAとCとの複合

突発故障発生(A)によりパニック状態に陥り、その結果としてSWの押し間違い(C)を犯してしまう。このような複合によるハザードの発生も無視できない。

このようにA、B、Cの三領域とその複合としてハザードと要因を捉えれば、信頼性工学・品質管理・ヒューマンインタフェース・心理学・医学・行動科学などの研究領域が融合し、連携をとって進めることの重要性が認識できる。

さらに、“発見”・“影響緩和”の視点から眺めれば、“発見”ではRFIDを用いた情報センサー、情報トレーサビリティ、情報データマイニングなどの情報工学・情報科学の分野が、またGPSとインターネットを用いたりモータ監視に代表される状態監視保全も必要となる。“影響緩和”では、フェイルセーフ、フェイルソフト、フェイルソフトリリーなどの信頼性工学の適用が有用である。

「千畳の堤も蟻の一穴で減る」ことを頭に入れ、複数の研究領域の連携の下、俯瞰的に産・官・学・ユーザーが協力して信頼性・安全性の向上に努めることが大切である。

4. 本特集の概要

本特集における7編の概要を以下に示す。

[1] 鈴木和幸：「信頼性・安全性の確保への提言—全体マップ—」

信頼性・安全性が確保されるか否かは、開発設計・生産・保守をはじめとする現場第一線の人々の三つの活動

- (i) トラブルへの迅速・適切対応
- (ii) トラブルの再発防止
- (iii) トラブルの未然防止

に大きく依存する。そして、これらの“現場活動”を“組織”、“システム”、“社会”が支えなければならない。これらのポイントを示すとともに、特に未然防止への四つの視点

- (1) 個別トラブル事象の普遍化とその仕組み・プロセスへのPDCA
- (2) 組織を超えたトラブル情報の共有
- (3) インシデント情報の活用
- (4) 新技術・新規トラブルへの予測にもとづく未然防止

に関し論じる。

[2] 真壁 肇：「品質保証の再考察—高度技術社会における工業製品の信頼性・安全性の確保を目指して—」

技術の急速な進歩と社会・市場構造の変化を背景に、近年、自動車のリコール問題や一般家庭における消費生活用製品の欠陥問題に起因する品質課題が取り上げられている。このような状況の中で、産・学・官各界の協力の下に種々の安全規格が制定され、一方、行政側においてもリコール制度の見直しや消安法の改正など法体系の整備を進めている。これに対して本稿では、今まで長年にわたってTQMの基盤の上に築かれてきた品質保証を考察して、源流段階より信頼性や安全にかかわる品質を保証する新しい高度技術社会における品質保証の体系を追究する。

[3] 中條武志：「RCA(根本原因分析)の勤め—未然防止の視点から組織のマネジメントを見直す—」

品質トラブル・事故の報道が絶えない。これらを詳しく見てみると、その多くは既存の技術に関する単純な見逃しや思い込みによるものが多い。企業・組織において未然防止が十分に行われない背景にはマネジメントの弱さがあり、これを自ら気づいて直していく必

要がある。このための有効な方法が根本原因分析(RCA)である。しかし、その実施は容易でなく、多くの企業・組織が試行錯誤を繰り返している。ここでは、RCAにおいて重要となる基本的な考え方、実施の具体的な手順について論じる。

[4] 金子龍三：「未然防止への管理職の役割と品質管理教育」

安全性についても技術面、マネジメント面、経営面での未然防止策があり、そのための、管理職向けの技術のマネジメント、組織能力向上、プロジェクトマネジメント、および経営能力向上教育について要点を述べる。しかし、教育したからといって、直ぐに様々な環境下での確かな判断ができるわけではない。現在の職務だけではなく将来の職務を見据えて長期視点で管理職を教育することが未然防止策として重要である。入社時から東洋思想に基づいて、幹部候補生を識別し薫陶する、長期視点での未然防止策についてNECでの事例を基に紹介する。

[5] 田中健次/伊藤 誠：「信頼性・安全性確保のためのユーザーと企業の情報共有と活用」

消費者用製品の重大事故が発生した後、自主リコールが実施されても、回収率が思うように上がらない事態が相次いだ。このため、平成19年5月消費生活用製品安全法が改正され、重大事故の報告が義務化されると共に、迅速な事故情報の公表が実現することとなった。しかし、製品安全の獲得のためには製造企業だけではなく、消費者側の積極的な協力が必要であり、さらにはそれら二者間の協力体制を促進させるための行政による仕組みづくりが不可欠である。企業、消費者、行政が三位一体となり製品安全を獲得するために、どのような情報を共有し活用することが望ましいのか、現状と課題を考える。

[6] 永原賢造：「リコーにおける製品安全性のつくり込み活動—リスクマネジメントの中心の対象として—」

企業経営において、“製品安全性”のつくり込み管理活動は最重要事項の一つであり、企業経営の枠組みにしっかりと組み込まれている必要がある。その意味合いから、フレームワークとして次の3段階の構造と、その主題となる“製品安全性”のつくり込み、および全体管理活動の実際を説明する。

- ① 企業の中で社会に対する責任(Corporate Social Responsibility: CSR)を果たすための活動体系の全体と主要な活動
- ② CSRの構成要素としてのリスクマネジメント活

動の実際

- ③ リスクマネジメントの中心的な活動対象となる
“製品安全性”についての構成と活動の実際

[7] 大田晋吾：「コマツにおける信頼性・安全性
確保活動—建設・鉱山機械における製品信頼
性・安全性確保活動—」

近年の製品品質事故(製品安全事故)を鑑み、筆者の
建設・鉱山機械の設計・品質保証・TQM 関係業務の
経験をベースした、建設・鉱山機械における「製品信
頼性・製品安全性確保活動」を紹介する。製品信頼
性・安全性確保には、品質経営や品質に対する考え方
を関係社員が理解し、その上で推進体制とその役割を
明確にし、お客様や社会が何を求めているかを理解
し、改善・改良を重ねていく必要がある。さらに、品
質問題や安全問題は必ず発生するという認識に立ち、
情報収集システムの確立・改善と確実な利用を行い、
不幸にして品質事故につながる場合には、“お客様第
一主義”の考え方の元、速やかなお客様や関係諸団体
への是正活動が必要である。

5. 信頼性・安全性計画研究会

当計画研究会のメンバーと報告は下記のとおりであ

る。

- (1) メンバー：鈴木和幸(主査)、伊藤 誠、大田晋
吾、尾島善一、金子龍三、田中健次、
中條武志、永原賢造、根岸達夫、真
壁 肇、宮地由芽子、藤井暢純
(敬称略)
- (2) 当研究会よりの報告
- [8] 鈴木和幸,他(2007)：“JSQC 信頼性・安全
性計画研究会 中間報告(第1報) —使用の信
頼性・安全性向上への一提言—”,「日本品質管
理学会第83回研究発表会予稿集」,119-122.
- [9] 鈴木和幸,他(2007)：“JSQC 信頼性・安全
性計画研究会 中間報告(第2報) —信頼性・
安全性確保への一提言(全体MAP)—”,「日本
品質管理学会第37回年次大会研究発表会予稿
集」,29-32.
- [10] 日本品質管理学会第124回シンポジウム「信
頼性・安全性の確保と未然防止」講演要旨集,
2008.9.5開催.

参考文献

- [11] 真壁 肇・鈴木和幸・益田昭彦(2002)：『品
質保証のための信頼性入門』,日科技連出版社.