Reliability Engineering Association of Japan(REAJ)

論　文

システム安全の視点による事故データの定量分析

関田　隆一*　　山田　秀**

Analysis of the Accident Data in terms of System Safety

Ryuichi SEKITA*　　Shu YAMADA**

要旨：我が国の無人宇宙機開発プロジェクトにおいてシステム安全は，安全・信頼性を向上させる活動として未だ定着しているとは言えない．そのためシステム安全の活性化策を進めているが，活性化の前段階としてシステム安全の必要性を明確にする．先行論文では，重大事故について定性分析でシステム安全の必要性を論じている．本研究は，製品評価技術基盤機構（以下「NITE」）で公開している消費生活用品等の事故情報データに着目し，システム安全の重要性などの視点から，この事故データについて定量的に分析し，我が国でシステム安全の活性化が必要な分野や，その方向などを明確にする．

キーワード：システム安全，事故，定量分析

Abstract: System safety has been being applied in Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)'s launch vehicle and satellite development projects but system safety has not been necessarily effective yet.　JAXA is continuously working for system safety improvement. The clear answer for "What does system safety mean to me?" is necessary for the improvement.　Many former researches show the necessity of system safety by qualitative analysis.　This paper represents the fields that need system safety by the data analysis using the daily life accidents data from National Institute of Technology Evaluation (NITE). This paper also represents the function of system safety for the prevention of accidents.

Keywords: System Safety, Accident, Data Analysis

1　はじめに

我が国の宇宙開発におけるシステム安全は，宇宙航空研究開発機構（以下「JAXA」）で初めて技術要求文書を制定した1986年から始まり，以来ロケット，衛星及び有人宇宙開発でシステム安全を導入してきた．中でも我が国初の有人宇宙開発計画である「きぼう」開発における安全確保は，国際間で管理システムや技術要求に共通の枠組みがあり組織的かつ系統的な活動であると深津他[2]が報告している．しかし有人宇宙開発以外ではプロジェクトの中で安全・信頼性を向上させる活動としてシステム安全が十分に確立しているとは言えない．そこでJAXAは，システム安全の抱える課題を解決する様々な施策をシステム安全活性化として2004年から実行している．

システム安全は，日本語でよく知られた「システム」と「安全」の組み合わせとして「システムの安全」と誤解されがちである．そこでシステム安全の定義を明確にする．システム安全発祥のアメリカ国防省発行アメリカ軍規格MIL-STD-882D (Department of Defense U.S.A, 2000)[1]で以下と定義している．

The application of engineering and management principles, criteria, and techniques to achieve acceptable mishap risk, within the constraints of operational effectiveness and suitability, time, and cost, throughout all phase of the system life cycle

*　宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部 主任開発員（筑波大学大学院）〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1　sekita.ryuichi@jaxa.jp
**　筑波大学大学院 ビジネス科学研究科 教授　〒112-0012 東京都文京区大塚3-29-1　shu@mbaib.gsbs.tsukuba.ac.jp

NII-Electronic Library Service

Reliability Engineering Association of Japan(REAJ)

またJAXAの研究開発業務マネージメント要求文書であるシステム安全標準　JMR-001A[17]では以下と定義しており，MIL-STD-882Dと整合している．

プロジェクト等の事業遂行に関する計画立案から整備，運用・実施，撤収に至るシステムのライフサイクルの全段階を通じて，運用効果，スケジュール，及びコストへの配慮の下に安全を最適化し，事故等のリスクを合理的に可能な限り小さくするため，工学及び管理の原理，基準，及び手法を用いること．

すなわちシステムの全ライフサイクルに渡って工学とマネージメントの手法を用いて安全に係る事故等のリスクを小さくする手法がシステム安全であると言える．

この定義に従ってシステム安全活性化の諸策を進めていると「システム安全は本当に必要なのか」と問われることが多いが，全員が納得できる答を提示できないためステム安全活性化における最初の障壁となっている．そこでシステム安全の必要性を明確にする必要があるため，この分野の研究について日本信頼性学会，米国システム安全協会（System Safety Society）等での先行研究サーベイを行い，これまでの議論の方向を以下に示す三分野に分けて集約している．

1) 米国の宇宙航空分野：多くの研究者がNASAや空軍でシステム安全を生かす諸策を提案している．中でもK.A.Weiss[18]は，NASAの太陽観測衛星(SOlar Heliospheric Observatory：SOHO)について，事故調査報告書を詳細に分析し，衛星で重要な制御を担うソフトウェアに多くの故障や事故が起因していると指摘し，システム安全で，ソフトウェアの影響やヒューマンファクタまで幅を拡げる重要性を主張している．それを受けてN.G.Leveson[6]は，昨今の大規模・複雑システムの事故は従来のハザード解析では理解不可能で，それを解決するSTAMPベースハザード解析手法を提案した．Levesonは，STAMPは組織要因まで含めたハザード解析が可能であることを示し，その有効性を定性的に説明している．
2) 欧米の民生機器：多くの研究者が品質経営やプロジェクトマネジメントとしてシステム安全が必要であると論じている．A.G.Hessami[4]は，2000年初めまでに発生した大きな事故としてロンドンの鉄道事故とパリのコンコルド航空機事故を取り上げ，1990年代までのシステム安全の考え方では理解ができないと分析し，民生分野でも組織で安全文化を構築すること，安全を科学的に進めること，意思決定基準に安全を入れることの不足を主張している．
3) 我が国：21世紀に最も望まれる技術である信頼性，安全の視点で我が国の新しいものづくりの在り方について向殿[7]が分析し，信頼性，安全性に最も高い価値観を置いて高度・知的製造業に特化していくことが我が国の今後の生きる道と提言している．更に品質経営，信頼性，安全が統合されていく中，信頼性と保全性及び安全の定義を明確化した上で，ランダムハードウェア故障域にあるシステムの故障は，原理的に統計的推定が可能で当該故障に対する確率論的尺度を与えることが可能であるが，誤設計等の決定論的原因故障は，その存在が予見できないことから全ライフサイクルにわたるシステム安全の展開で対処するしかないと佐藤[10]が説明している．

一方安全を工学で論じる立場から，従来の日本の考え方は，安全と危険の間のグレーゾーンをリスクで考える世界的な安全の考え方と反していることに着目し「危険状態の発生から危害発生までのプロセスに関してリスクの査定を行うことをリスクアセスメントと呼ぶ」と定義し，リスクアセスメントを実行する上での安全と信頼性のかかわりを蓬原[3]が分析している．ここではコストダウンの名を借りたリスクアセスメントを行わない安全の手抜きが現在のシステム安全の問題であると指摘している．

またリスクアセスメントとして，ISO等の世界標準規格が安全を目的として制定されると機械からICカードまで設計・製造時に必ずリスクアセスメントをしなければならなくなるが，現状の我が国で対応できるかという問題を向殿[8]が指摘し，リスクアセスメントには事故の未然防止と事故発生時の説明責任の二つの側面があることを説明している．更にリスクアセスメントと共に安全技術を確立することで，人の安全が守られ，製品コストが下がり，使い勝手が良くなり，効率が良くなり，ひいては環境にも貢献できると主張し，この統合的な質の向上の実証が，後続研究への示唆と言える．

更に，工学が高信頼性を確保して行う事故防止は本質安全設計として設計者が最優先に取り組むべ

NII-Electronic Library Service

きリスクアセスメントであるが，その方策が社会的受容レベルに達しない場合，安全確認システム導入が必要であるという根本理念が我が国で広まっていない問題を杉本[12]が指摘している．

以上から，欧米の先行研究は公式な調査報告が出るレベルの限られた大事故について原因を調査した上でシステム安全の必要性を指摘しているに留まっている．これに対して本研究では，身近な事故の情報を使って，事故の要因や防止策とシステム安全の関係を定量的に分析し，システム安全を十分に実行すると何割程度の事故を防止できるかまで定量的に分析し，システム安全の必要性を客観的にデータで検証する．

2　分析対象とするデータ

我が国で一般に公開されアクセスできる事故情報データベースは以下を始めとして複数ある．

- 製品安全・事故情報データベース（製品評価技術基盤機構：NITE）
- 消費生活相談データベース（国民生活センター）
- 労働災害事例データベース(中央労働災害防止協会)
- 死亡災害事例データベース（同上）
- 失敗知識データベース（科学技術振興機構）

幅広い分野の身近な事故については，NITEと国民生活センターにデータが豊富である．一方データの質としては，NITEが経済産業省所管の消費生活用製品等に関する事故情報を年度毎に分析し公表している製品安全・事故情報データベース[13]がCSV形式でダウンロード可能なデータになっており，本研究の対象とする．

対象年度は，本研究を開始した2006年9月にデータをダウンロード可能であった1999～2005年度とする．更に印刷版の事故情報収集制度報告書も平成16年(2004年)度版[14]を入手し参考にしている．

3　全体傾向の分析

2004年度報告書[14]に依ると全11種類の製品で発生した事故2378件区分の内，①家庭用電気製品，②燃焼器具，③乗物・乗物用品，④身のまわり品の4種類で90.8％の2158件を占める．NITEもこの傾向は2000年以降，変化は認められない[14]と分析しており，本研究の分析対象はこの4種類とする．

3.1　事故件数の分析

件数の推移を，製品区分別に被害の度合いを考慮して図1に示す．右肩上がりに事故が増加していて，2000年度以降事業者からの通知が増えた[14]ことが件数増の要因である．考察結果の概略は以下である．

1) 2001，2年度に家庭用電気製品で拡大被害増加が著しい．これはデータを確認すると特定メーカの同一商品による同じ特異事象と分かり，件数が増加した要因は明確である．
2) 身のまわり品及び乗物の事故は，毎年，合計300件程度で増減が少ない．
3) 2004，5年度と燃焼器具の事故が増加傾向にあり，中でも死亡事故が増加傾向にある．
4) 燃焼器具と電気製品は共に事故件数が増加傾向にある．データを確認すると燃焼器具の事故は火事がほとんどであるが，電気製品の事故にも電気ストーブや電気こんろといった火を扱う製品による火事が多いとわかる．つまり現在の製品区分で電気製品に属していても，事故の区分としては燃焼器具に属するものが多い．

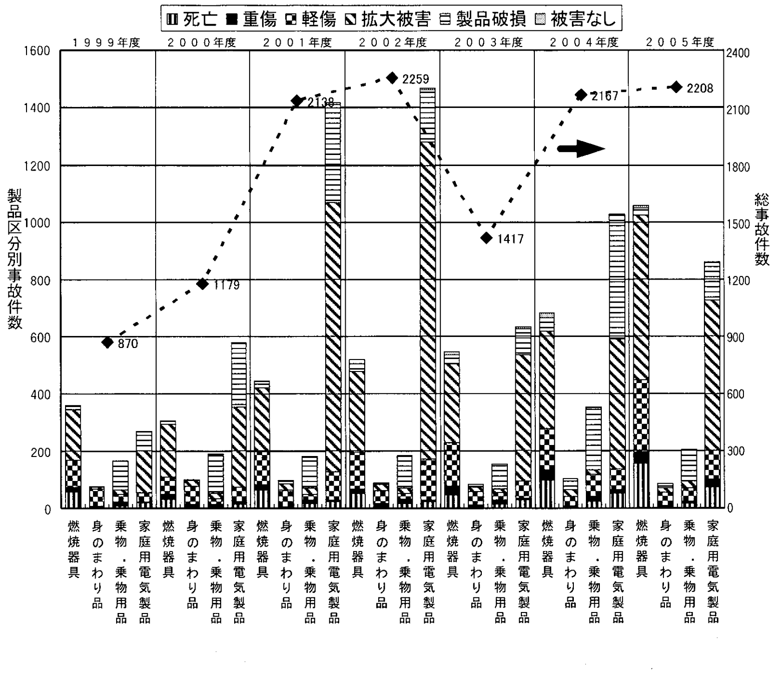


図1　製品区分別事故件数

NII-Electronic Library Service

3.2 事故原因

NITEでは原因を22種類に細分類しており正確ではあるが，データがばらついてしまうため，分析には工夫が必要である．今回はNITEの分類を同じグループでまとめて以下9種類にデータを分類し直している．

① 設計不良
② 製造不良
③ 品質管理不十分
④ 取説不備
⑤ 経年劣化
⑥ 業者の取扱不良
⑦ 消費者の誤使用・不注意
⑧ 製品に起因しない事故
⑨ 原因不明

この分類に従った年度毎の原因の推移を図2に示す．考察結果の概略は以下である．

1) 消費者の誤使用・不注意が原因の事故は，事故全体に占める割合が年によって減少することなく，7年間平均で34.1%もあることが特徴である．
2) 消費者の誤使用・不注意が原因の事故は，年々件数も割合も増加傾向にある．その理由は，消費者行動の傾向に依るものなのか，NITEの分類方法に依るものなのか，データだけでは判別ができない．
3) 原因不明の事故も毎年多く平均26.9%あるが，データを確認すると火事による消失の結果と分かる．
4) 2004，5年度の原因不明は今後の調査が進むに従い件数は減るが，原因特定の困難さから結局，消費者の誤使用・不注意に分類される傾向にある．
5) 設計と製造を原因とする事故が毎年10%を越えており，開発上流で原因を絶っていないと言える．
6) 2001，2年度に設計の原因が増加したのは，前記3.1 1)で説明した特定メーカ製品の事故が要因である．

昨今，マスコミでも誤使用の責任は本当に消費者にあるのか，誤使用の事故が多いのは何か理由があるのではないかとの観点で議論が盛んである．一方製造物責任法第3条は消費者誤使用もメーカに責任があるとしており，その判例も出ている．そこで以降の本研究の分析は「消費者の誤使用・不注意」事故に特化するが，NITEの分類で該当する「専ら誤使用や不注意な使い方と考えられるもの」の具体例を

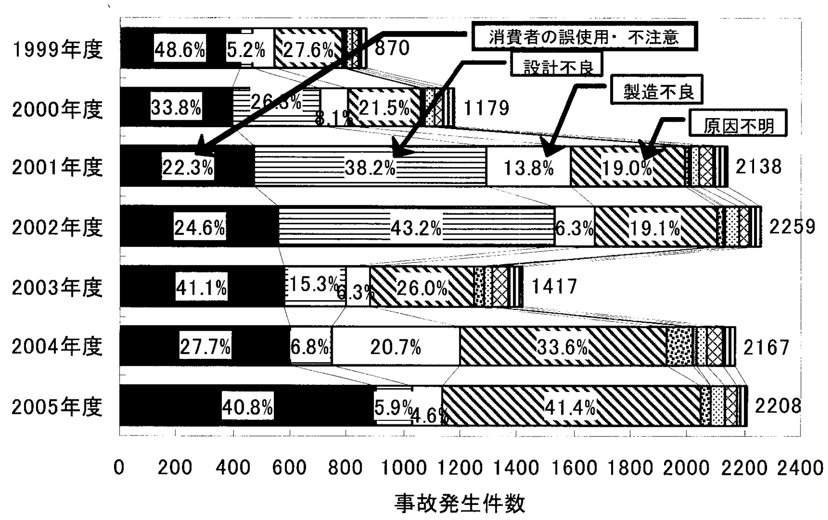


図2　事故発生件数と事故原因

挙げる[14]．

例1) 電動のこぎりで，木材を裁断していた男性が左太ももを傷つけ，出血多量で死亡した．

例2) コーヒーメーカーを使用中，ヒーター部から発火し，置き台が焦げた．使用者が修理したことにより，サーモスタットが連続通電状態となり，温度ヒューズが切れなかったため，ヒーターが過熱して出火したものと推定される．

例3) 農道の側溝に，女性が電動車いすとともに転落しているのを通行人が発見し，病院へ搬送されたが死亡した．警察の調査では，電動車いすは通常に走行でき，異常は認められないことから，操作ミスにより転落したものとみている．

例4) 寺の仏間で7人が座卓を囲むように倒れているのを訪ねてきた隣人が発見し病院に搬送されたが，2名が死亡した．消防の調査では，長時間締め切った室内で練炭火鉢を使用していたため，一酸化中毒を起こしたものとみている．

例4) はガス検知で消費者に注意を促す対策が必要で，例2) は自己修理が原因であるが，他2件は製品設計で事故防止が可能と推定する．従ってこれら4件共に「消費者の誤使用・不注意」を事故原因と分類することには分析が必要であり，それを4章で行う．

3.3 事故の再発防止対策

再発防止策もNITEでは19種類に細分類しているが，やはり分析に工夫が必要である．本研究では，例えば交換，回収，リコールを「交換」1種類にまと

NII-Electronic Library Service

Reliability Engineering Association of Japan(REAJ)

め，点検，修理，設置場所変更を「修理」にまとめる等の手法で以下11種類にデータを分類し直している．

① なし
② 設計変更
③ 製造工程改善
④ 品質管理強化
⑤ 取説改善
⑥ 教育
⑦ 注意喚起
⑧ 交換
⑨ 修理
⑩ 使用中止
⑪ 調査

「消費者の誤使用・不注意」の事故の再発防止対策の推移を表1に示す．7年間で全3934件の「消費者の誤使用・不注意」事故があったが，その95%の3743件に対策がないことが大きな特徴である．また対策を実施しても消費者へ改善を要求する注意喚起，取説改善が多く，自らの製品で設計を変更して誤使用の再発を防いだものは，わずか1.04%の41件に留まっている．事故が減少しない要因の一つがここにあると表1から言える．

表１　誤使用・不注意事故の再発防止策

再発防止策	なし	注意喚起	取説改善	設計変更	その他
1999年度	392	13	10	4	4
2000年度	372	6	12	6	2
2001年度	450	11	7	2	6
2002年度	530	4	9	5	5
2003年度	544	20	5	8	5
2004年度	582	10	6	1	2
2005年度	873	7	5	15	1
合計	3743	71	54	41	25

4　システム安全の視点を入れた新たな分析

「消費者の誤使用・不注意」による事故は，本当に想定できない使用方法だったのか，再発防止策はないのかについて分析する有効な方法としてシステム安全の視点を取り入れた3-step分析法を提案する．

なお，本章以降では，最近の年度であって，かつNITEでの分析がほぼ終了している2004年度に焦点をあてる．また2004年度の「消費者の誤使用・不注意」事故601件の内，事故に至っていない「被害なし」と，厳密には品質問題であって事故ではない「製品自身の破損」は除外し，「死亡」「重傷」「軽傷」「拡大被害」の4種類・570件を分析対象とする．

分析の方法

システム安全の中核を成すのは，ハザード識別から始めるハザード解析とそれに伴うリスクアセスメントである．これは，安全を工学の対象として定量化する主張として蓬原[3]，向殿[8]，佐藤[10]，橘[15]が論じている．JAXAでも宇宙航空研究開発のマネージメント要求である，「システム安全標準」：JMR-001A[17]の中で体系立ったハザード解析，リスクアセスメントを規定している．本研究でも分析の中で事故情報データについてハザード解析とリスクアセスメントを実行するために，NITEのデータの記述に戻り，1件毎に分析を加えた．

Step1．システム安全で対象とする範囲か否か

以下の3カテゴリで識別する．

「範囲内」：

過去の事故情報を参考にすれば使用方法を事前に想定できハザードを識別できる事故．3.2項で前述した例1)，例3)，例4)が該当する．

「範囲外」：

公序良俗に反する非常識な使用もしくは法律に違反する使用による事故．3.2項で前述した例2)は電気製品を修理業者でないユーザが改造して使用しており電気用品安全法に違反している．

「不明」：

NITEのデータだけからは情報が不足していて同定できない事故．

Step2．システム安全のレベル

以下の3カテゴリで識別する．

「一般で当然」：

当該事故を防止するための安全確保技術が既存か商品化されている場合である．3.2項で前述した例1)は，似た電動工具で対象に近づかない限り歯にカバーが自動でかかる製品が既にあることから該当する．

「一般で理想」：

当該事故を防止する安全確保技術が現在はないが，コストを度外視すれば開発できるもの，もしくは基礎からの新たな研究開発が必要なものである．3.2項で前述した例3）は，おもちゃレベルでは滑走面の下が空間になった瞬間に車

NII-Electronic Library Service

Reliability Engineering Association of Japan(REAJ)

輪が向きを逆方向へ変えて落下を防ぐものがある．これを電動車いすに実用化する研究開発が有効であることからこれに該当する．

「宇宙機器レベル」：

通常使っている範囲の磨耗・損傷等まで考慮しなければ事故を防止できないもの，もしくは日常生活レベルよりも使用環境を整える，もしくは使用環境を計測しなければ事故を防止できない場合である．3.2項で前述した例4）は空気中の一酸化炭素濃度検知で事故を防げるが，日常生活で一酸化炭素濃度を計測することはない．しかし宇宙航空の研究開発では，この種の環境計測は常識という観点でこれに該当する．

Step3. ハザード抑制策

ハザードを抑制する方策は，向殿[8]が3-stepメソッドとして具体的な方法を論じており，更に具体的な設計解として機械的安全コンポーネントの一般式を高津ら[16]が論じている．またJAXAでも，JMR-001A[17]において設計から運用までの方策を7段階で規定している．これらを基に本研究でハザードを抑制する方法を，以下の5段階とする．

「設計で除去」：

事故の原因となるものを設計の中で除去しても該当の製品が成立する場合

「設計で抑制」：

危険であるが機能の中心になっているコンポーネントを必要な場合だけ出す，または安全検知により安全でない場合は隠す等を設計で実現する場合．

「安全装置」：

ヒューズ，電源遮断等でパワーを切るもしくは危険源を押さえ込む装置を付加する場合．

「警報装置」：

ガス濃度計測，温度計測等で危険を検知し，警報を出してユーザに気付かせる場合．

「手順・訓練」：

事故に至る様な誤った使い方を禁止する，正しい手順を教えるもしくは訓練する場合．

分析結果

対象とした事故570件の多変量連関図を図3に示す．本図には，変数の関連性をカイ二乗検定で判定した結果も示す．考察結果の概略は以下である．

1) 例えばシステム安全のレベルとハザード抑制策はカイ二乗値が273.286となり有意水準5%で帰無仮説「システム安全のレベルとハザード抑制策は関連がない」は棄却される．従ってシステム安全のレベルとハザード抑制策は関連がある．同様に以下すべての関連性を評価する．
2) 品目は，他の4項目すべてと関連がある．
3) 被害の種類とハザード抑制策及びシステム安全のレベルは関連がある．
4) システム安全の範囲にあるかどうかは，品目と被害の種類と関連があるが，システム安全のレベル及びハザード抑制策との関連は検出されなかった．

カイ二乗検定によりシステム安全のレベルとハザード抑制策の関連が最も強いと分かり，以降本研究の分析はこの2点に集中する．具体的には，570件の事故の内，98%の559件は使用法が過去の事故まで考慮すれば十分に想定できハザードを識別できる「システム安全範囲内」であり，50%の284件は現在の技術でも安全を確保できる「一般で当然」レベルである．

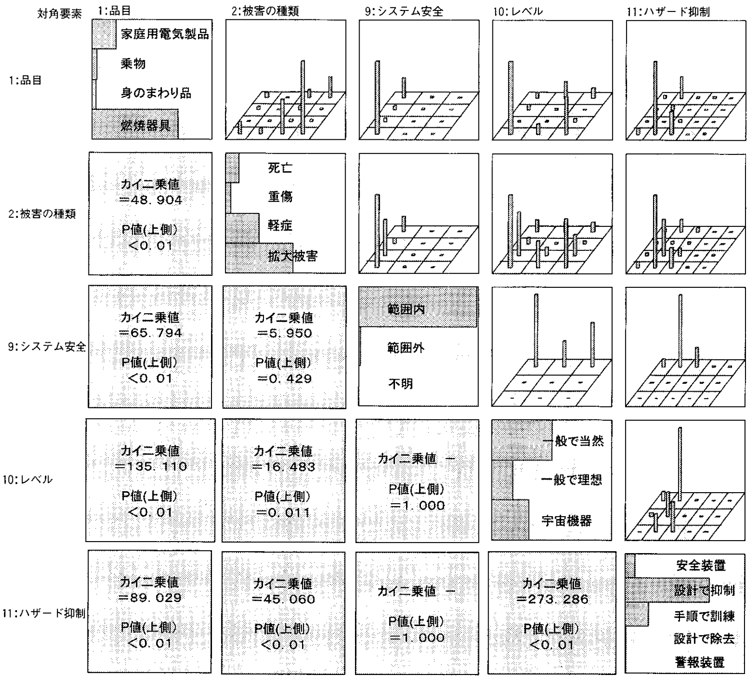


図3　事故とシステム安全について多変量連関図

NII-Electronic Library Service

「システム安全範囲内」の559件のハザード抑制策の分析結果を表2に示すが，「一般で当然」レベルの284件の中でも，設計改善により防止できる事故が88%，249件にのぼると分かる．

システム安全のレベルが「一般で当然」に入る事故のデータを確認すると，過去に同様の事故が繰り返されているものが多い．それらの情報を反映すれば危険源を設計で抑制できるものが247件ある．最近のガスこんろではナベ底の温度を計測し異常高温を検知してガスを遮断する技術が実用化しているが，これが一例である．

システム安全のレベルが「宇宙機器レベル」に入る事故は，その抑制策として設計で考慮すべき技術が高度になるだけでなく，「一般で当然レベル」「一般で理想レベル」では抑制策としてわずかしか取らない「手順・訓練」が103件で59%を占める点が他のレベルと異なる．すなわち宇宙機器レベルにおいてはハザード抑制策を手順・訓練に依存していることがデータから分かる．

表2　システム安全範囲内のハザード抑制策

抑制策	設計除去	設計抑制	安全装置	警報装置	手順・訓練	合計
一般当然	2	247	32	0	3	284
一般理想	1	84	12	0	3	100
宇宙機器レベル	4	62	2	4	103	175
合計	7	393	46	4	109	559

5　システム安全の不十分さと事故の関連分析

前章までに「消費者誤使用・不注意」で「対策なし」事故の約50%はシステム安全を十分に行うことで設計により事故を防止が可能であると分かった．本章は，前章までの4製品区分を具体的な品名に詳細化して数量化Ⅲ類による解析を行い，品名毎にシステム安全の不十分さ，即ち裏返すと事故防止策の傾向を探る．

NITEの2004年度報告書[14]を見ると「消費者誤使用・不注意」事故の品名を100種類を越えて細分化しており，このままではデータがばらついてしまう．本研究では各区分で各6品名程度が適切と考え，以下の24品名に分類し直した．

(家庭用電気製品)
①こんろ（電気），②暖房機（電気），③電動工具，④配線器具，⑤発電機，⑥台所用品（電気），⑦その他家庭用電気製品

(燃焼器具)
⑧ガスボンベ，⑨ガス湯沸器，⑩こんろ（ガス），⑪こんろ（カセットガス），⑫暖房機（ガス），⑬暖房機（石油），⑭ふろがま，⑮練炭・火鉢・七輪・豆炭・まき，⑯そのほか燃焼器具

(乗り物)
⑰四輪自動車，⑱自転車，⑲電動車いす，⑳その他乗物

(身のまわり品)
㉑ライター，㉒リチウム乾電池，㉓ろうそく・香，㉔その他身のまわり品

上記品名分類で数量化Ⅲ類による解析を行った結果を第1成分と第2成分について図4，第3成分と第4成分について図5に示す．各成分の固有値，寄与率及びその解釈を考察した結果は以下である．

1) 第1成分：固有値0.641，累積寄与率0.066(6.6%)
第2成分：固有値0.526，累積寄与率0.121(12.1%)
第3成分：固有値0.466，累積寄与率0.169(16.9%)
第4成分：固有値0.435，累積寄与率0.214(21.4%)
である．
2) 第1成分(図4x軸)は，ハザード抑制に消費者が関与しなくて済む設計による達成レベルの高さを示す．
3) 第2成分(図4y軸)は，製品使用中に消費者がどの程度危険を感じるかのレベルを示す．例えば電動工具は手元で歯が回っているため危険を感じ怪我をしない様に十分備えるが，ろうそくが付いていても火がある事に気づく程度という様にレベルが異なる．
4) 第3成分(図5x軸)は，ハザード抑制策を講じた後に製品の使用方法がどの程度変わるかのレベルを示す．
5) 第4成分(図5y軸)は，第2成分と反対に危険認知の困難さのレベルを示す．

各図からハザード抑制策を中心に考察した結果の概略は以下である．

a) 「その他家庭用電気製品」「台所用品（電気）」「暖房機(電気)」は，使用中に危険を感じるレベルが高い（図4のy軸が正で大）が，電気をエネルギとすることから設計によって達成できるハザードの抑制レベルも高い（図4のx軸が正で大）．
b) 最近，事故が注目されている「ガス湯沸かし器」「リチウム乾電池」は，図4で警報装置によりハザード

NII-Electronic Library Service

を抑制する製品に属するが，その中でも設計が高度なため使用中に危険を感じることが少なく(図4のy軸が負)，設計で達成できるハザードの抑制レベルが高い（図4のx軸が正で大）．

c) 図4の「ライター」「ろうそく，香」「自転車」は，火そのものを扱うまたは人が駆動する様な構造が単純な製品であるため，ハザードの抑制を消費者の使用方法に頼る(図4のx軸が負)．

d) 危険認知が困難ではない製品群（図5のy軸が負の製品群）は，ハザード抑制により使用方法が変わるもの程危険認知が容易であるという負の相関がある．その中でも手順・訓練に依るハザード抑制よりも安全装置によるハザード抑制の方が使用方法の変更レベルは大きい(図5のx軸2～6に分布)．

e) 危険認知が困難な製品群（図5のy軸が正の製品群）は，電気製品が多いが設計で危険源を除去するハザード抑制策は使用方法の変更レベルが大きい(図5のx軸が正で大)．

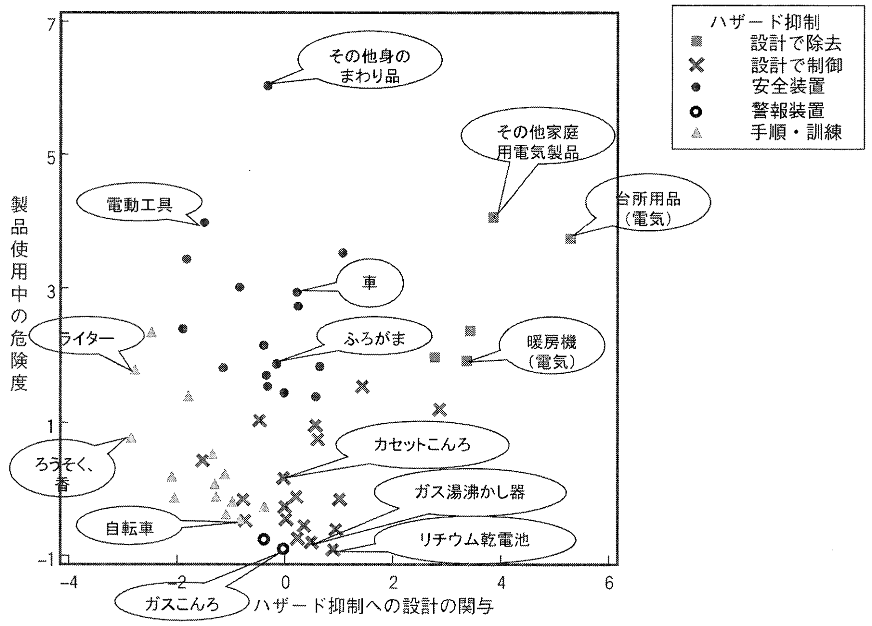


図4　「消費者の誤使用」事故の数量化III類第1，2成分

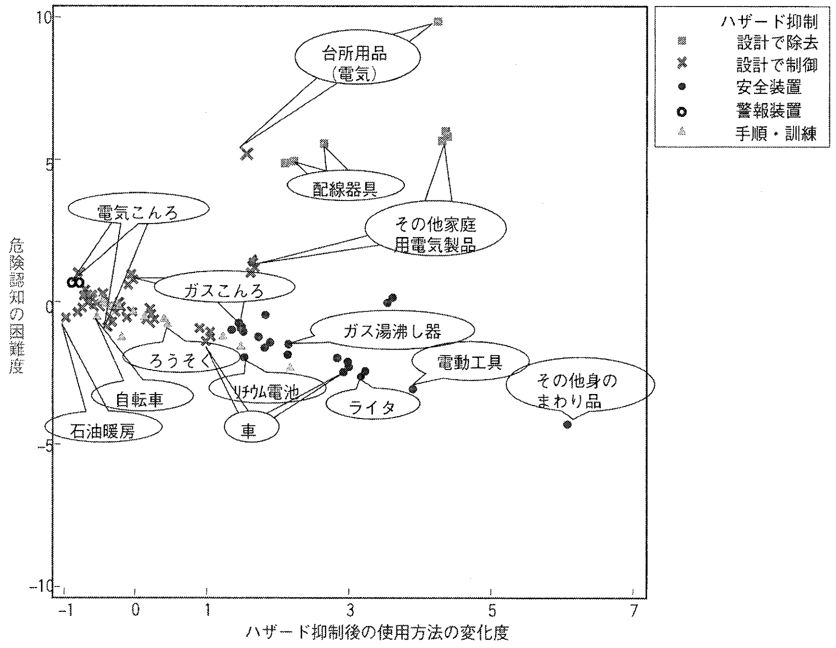


図5　「消費者の誤使用」事故の数量化III類第3，4成分

更に各分野の製品で事故の未然防止につながる研究開発が必要な方策を以下に考察した．

Ⅰ）電気ストーブ，石油ストーブ

ストーブの上に干していた衣服が落ちて接触して火事に至る事故が多い．ストーブに何かが近付くと火が消えてしまっては本来の機能を発揮できないとも言えるが，前面ガードに接触センサを装着し検知したら燃料供給を断つ安全装置が有効であり，この抑制策は前述の考察a)に対応する．

Ⅱ）温風ファンヒータ（電気，石油）

ファンヒータを付けたまま就寝して事故に至る場合が多い．照度センサを装着し暗くなって数分そのままの状態が続いた場合，電源を遮断する安全装置が有効であり，この抑制策も前述の考察a)に対応する．

Ⅲ）電気こんろ，ガスこんろ

ナベをこんろにかけている最中に，他の用事を始めてその内にナベをかけていることを忘れて火

NII-Electronic Library Service

事に至る事故が多いが，これは図5のy軸0付近に分布していることを意味する．この抑制策は，前述したとおりガスこんろにかかっているナベの温度を計測して高温を検知したらガスを遮断する技術が実用化しており，これをすべてのこんろに採用する低コスト化開発が有効である．この場合ハザード抑制後の使用方法はほとんど変化がなく図5のx軸0付近に分布することと整合する．

Ⅳ）電動工具

刃面を持つ電動工具は手で持つタイプも作業台で固定するタイプも，対象物に接触する直前に刃面を覆うカバーが引き込み，対象物を離れたらすぐにカバーが刃面を覆うハザードの抑制策を設計で作りこむことが有効である．この抑制策は前述の考察d）に対応する．

Ⅴ）四輪自動車

徐行運転中あるいは徐行でバック中に突然エンジン回転数が上がり事故に至る場合が減らないが，これらはすべて運転者の操作ミスとされている．しかし速度や運転者の目の動きを計測して，徐行すべき運転状況であると車の制御装置で判断して，急にアクセルを踏む誤操作を防止するソフトウェアで抑制する設計が有効である．この抑制策は抑制後の使用方法に変化があることを意味しており，前述の考察 e)に対応する．

6　まとめ

7 年間の NITE の事故情報データについて定量的分析を行い，「消費者の誤使用・不注意」を原因として識別した事故が 3934 件あり，その内 95%，3743 件に再発防止対策を何も実行しないことが身近な事故が減少しない一要因であると判明した．

2007 年 5 月 14 日施工された改正消費生活用製品安全法によりメーカは国へ重大事故を事故発生を知った日から 10 日以内に報告することが義務となり事故減少へ向けての施策が取られた．一方それに先立つ 2007 年 5 月 7 日に経済産業省は「消費者の誤使用」や「不注意」であって，明らかに製品に起因しない事故は報告除外事例であるとしてホームページで紹介している[5]．これは前述の事故が減少しない要因に未だ改善の余地が残っていることを意味している．これに対して本研究では，

「消費者誤使用・不注意による事故」＝「対策何も無し」は成立していないことをシステム安全の視点を取り入れて行う 3-step 法の分析結果で説明した．更に「消費者誤使用・不注意」事故について行った数量化Ⅲ類解析結果から，製品とハザード抑制策の傾向も具体的に示した．

本研究成果により，JAXA では有人宇宙開発で安全確保の組織的，系統的活動の基になった国際的枠組み[2]が無い無人宇宙機開発でもシステム安全を活性化させる一歩を踏み出せるだけでなく，あらゆる分野の研究開発でシステム安全を推進する際にその必要性を明確に説明することが可能となる．更に本研究で提案した 3-step 分析法は安全解析のみならず信頼性解析でも使う FTA や FMEA に活用できる．従って本研究成果は，消費生活用製品がライフサイクルを終えるまで事故も故障も起こさずに機能を発揮し続ける高い安全・信頼性を確保する活動に有効である．

謝辞

本研究開始にあたってご多忙にもかかわらず親身なご討議をいただきました明治大学理工学部長　向殿政男教授並びに㈱三菱総合研究所科学・安全政策研究本部　首藤俊夫氏に感謝します．

また，査読者の方々から多くの貴重なご意見と示唆をいただきました．ここに謝意を表します．

参考文献

[1] Department of Defense U.S.A (2000): “MIL-STD-882D Standard Practice for System Safety”, Military Standard

[2] 深津　敦, 高田　智美, 武内　信雄 (2007) “有人宇宙開発におけるリスクとリスクマネージメント”, 日本信頼性学会誌, Vol.29/N0.1, pp.40-47.

[3] 蓬原　弘一 (2004) : “機械安全工学講義事始”, 日本信頼性学会誌, Vol.26/No.6, pp.549-557.

[4] Hessami,A.G. (2001): “tem Safety, The Holistic Paradigm,” *Conference Proceeding of the 19th International System Safety Conference,* pp.140-148.

[5] 経済産業省・製品安全ガイド http://www.meti.go.jp/product_safety/index.html

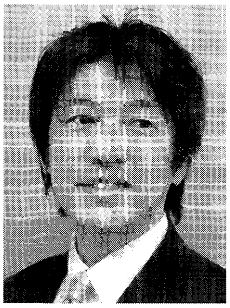
[6] Leveson,N.G., et.al. (2005) : “Modeling, Analyzing, and Engineering NASA’s Safty Culture,” *A Report for NASA/USRA research grant*

NII-Electronic Library Service

Reliability Engineering Association of Japan(REAJ)

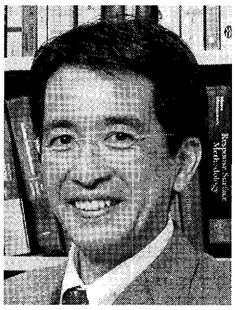
[7] 向殿　政男(2003a)：“日本の新しいものづくりに向けて”,日本信頼性学会誌, Vol.25/No.6, pp.498-503.
[8] 向殿　政男(2003b): “よくわかるリスクアセスメント－事故未然防止の一技術”,中災防新書
[9] 森貞　晃, 小林　孝之, 蓬原　弘一(2004)：“国際安全規格における人間／機械安全作業システムの定式化”,日本信頼性学会誌, Vol.26/N0.2, pp.163-179.
[10] 佐藤　国仁(2003) “機械の基本的危険源に対応する安全方策の導出”,日本信頼性学会誌, Vol.25/N0.6, pp.514-524.
[11] 佐藤　吉信(2005)　“安全性からみた信頼性の意味の変遷”, 日本信頼性学会誌, Vol. 27/No. 4, pp. 273-274.
[12] 杉本　旭 (2004)：“若い技術者にどう安全の責任を教えるか”,日本信頼性学会誌, Vol.26/N0.6, pp.542-548.
[13] 製品評価技術基盤機構・生活安全分野, 製品安全・事故情報データベース http://www.jiko.nite.go.jp/index3.html
[14] 製品評価技術基盤機構(2005)：“平成16年度事故情報収集制度報告書”
[15] 橘　洋志, 鈴木　和幸(2004)：“未然防止のための基本的考え方とその実証的研究”,日本信頼性学会誌, Vol.26/N0.5, pp.471-474.
[16] 高津　雅一, 石田　豊, 白井　稔人, 蓬原　弘一(2004)：“機械的安全コンポーネントの論理構造とその論理的特性”,日本信頼性学会誌, Vol.26/N0.7, pp.689-698.
[17] 宇宙航空研究開発機構(2004): “システム安全標準” JMR-001A.
[18] W eiss,K.A.,. et.al (2001)：“An Analysis of Causation in Aerospace Accidents,” Space 2001.

（せきた　りゅういち / やまだ しゅう）



関田　隆一

1983 年 3 月 東京都立大学工学部機械工学科卒業, 同年 4 月 宇宙開発事業団入社, ロケット・衛星の推進系研究開発に従事, 1993 年 12 月 米国アラバマ大学ハンツビル校大学院航空宇宙工学専攻修了, 2004 年 4 月から現職, システム安全活性化を主とした安全･信頼性推進の研究開発に従事. 日本信頼性学会, American Institute of Aeronautics and Astronautics 会員, など. 筑波大学大学院ビジネス科学研究科企業科学専攻システムズマネジメントコース（博士課程）在学中.



山田 秀

1993 年東京理科大学大学院工学研究科 博士課程修了, 同年東京理科大学助手, 1996 年東京都立科学技術大学講師, 1999 年東京理科大学助教授, 2004 年筑波大学大学院ビジネス科学研究科助教授を経て, 2007 年同研究科教授.
品質管理, 実験計画法, マネジメントシステムの研究に従事. 博士(工学), 日本品質管理学会, American Society for Quality, American Statistical Association 会員など

投稿受付：2007 年 8 月 10 日
改　　訂：2007 年 11 月 28 日
再 改 訂：2008 年 3 月 3 日

NII-Electronic Library Service