安全安心社会研究

［第8号］

2020年3月

長岡技術科学大学
安全安心社会研究センター

巻 頭 言

長岡技術科学大学　システム安全専攻
（安全安心社会研究センー　センター長）
教授　**福田　隆文**

本小誌は安全安心社会研究センターが年一回、約1,000部発行し、全国の高専、国立大学ならびに私大、関係研究機関や組織等に配布しています。発行者であるセンターの使命は「学内共同教育研究施設として、製品及び施設で発生する事故並びに各種安全問題に関する論評・分析並びに安全安心社会構築のための政策提言及び調査研究を行うことを通して、安全安心社会の構築に寄与することを目的」（国立大学法人長岡技術科学大学　安全安心社会研究センター規則）です。改めて読み返すと、目的が十分達成しているとはいえません。むしろ、不十分だというべきでしょう。しかし、年２回テーマを決めて行っている安全安心社会研究センター特別講演会の開催、本冊子の刊行は、この目的達成に寄与していると考えています。

その視点で見ていただくと、研究員報告とOB報告は、各人の専門、立場に応じた幅広い安全のトピックが記載されていますし、研究紹介は専門として研究している方に最新の研究成果を報告していただいています。古典的な書籍、海外の書籍の紹介は、原点に返って考える文字通りの礎です。また､いま話題のテーマを取り上げて特集とすることにより、読者をその分野に誘えることを目的としています。

ところで、最近のコンピュータを中心とする情報分野での技術革新が著しく、その成果であるIoT機器などを安全に適用すれば、大きな成果に結びつくものと考えられます。しかし、使い方を誤ると、根拠のない安全、つまり安全になったつもりで、いつか事故に至ってしまうかもし

れません。根拠のない安心です。本センターが、その際の理論的な基礎を提供できればと素晴らしいことだと思います。つまり、根拠に基づいて安心の構築です。本センターの「安全安心社会研究」は安全の裏付けのある安心な社会の実現に資したいということだと考えています。

センター報が、その一端を担えることを目指したいと考えています。

内容目次

巻頭言　安全安心社会研究センター　センター長　　福田　隆文　…… ii

【特集：“人”を知って産業事故を防ぐ】

労働安全に必要な安全教育について
　中央労働災害防止協会　　青木　　泰　…… 1

設計技術者の行動特性による不安全行動の予測
　有明高等専門学校　教授　　堀田　源治　…… 14

人の行動を客観的・定量的に測定する方法－産業安全行動分析（Behavior-Based Safety）
　独立行政法人労働者健康安全機構　労働安全衛生総合研究所・機械システム安全研究グループ
　北條　理恵子，梅崎　重夫，池田　博康，清水　尚憲　…… 20

【調査研究】

労働災害に関する心理研究
　中央労働災害防止協会／放送大学在学　　亀山　秀明　…… 36

人、建設機械と安全に関するダイナミクス研究
　長岡技術科学大学　システム安全専攻　教授　　阿部雅二朗　…… 46

【シリーズ：安全安心社会研究の古典を読む　No.7】

WHOの国際生活機能分類

長岡技術科学大学　体育・保健センター

助教　永森　正仁，教授　塩野谷　明 …… 60

【シリーズ：海外書紹介　No.6】

EU傷害白書

長岡技術科学大学　学長アドバイザー，名誉教授　三上　喜貴

長岡技術科学大学　システム安全専攻　准教授　張　坤 …… 71

【OB投稿】

評価側とメーカー側の安全の見方の違い

バルミューダ株式会社　製品コンプライアンスチーム　山口　佳奈 … 83

船艇運航に見る「安全確認型指揮命令系統・作業手順」

海上保安庁　重松　吾郎 …… 88

新しい安全の考え方「協調安全／ Safety2.0」の可能性

IDEC株式会社　岡田　和也 …… 96

【客員研究員活動報告】

ロボカップアジアパシフィック2020あいちに向けての機械安全の取組

岩岡　和幸 …… 109

フードセーフティと衛生設計

大村　宏之 …… 111

予備的ハザード分析（Preliminary hazard analysis : PHA）

大賀　公二 …… 113

石綿（アスベスト）対策について
奥田　真司 …… 115

JIS B 9971「機械安全に関する要員の力量」の制定
松浦　裕士 …… 117

「診断報告書の確認不足」
野沢　義則 …… 119

産業機械におけるソフトウエアの安全性
越前屋　睦 …… 121

自動運転とは―機械の歴史から振り返る
今枝　幸博 …… 123

自動車分野でのFMEAの動向
櫻井　剛 …… 125

日常生活を取り巻くリスクと食品安全
川瀬　健太郎 …… 127

緊急時対応力向上への考察
吉澤　厚文 …… 129

リスクベースの安全と責任について
杉本　旭 …… 131

日本の傷害ピラミッド
三上　喜貴 …… 133

無人航空機のリスク評価の紹介
五十嵐　広希 …… 135

【センター活動報告】

令和元年　安全安心社会研究センター主催の講演会等の活動 …… 137

長岡技術科学大学における安全安心社会の構築に向けた取り組み …… 139

「安全安心社会研究」第8号　索引・PDF化のお知らせ …… 141

労働安全に必要な安全教育について

中央労働災害防止協会　技術支援部　専門役・安全管理士
青木　泰

1. はじめに

世の中では労働安全のためにいろいろな教育が行われています。それら教育をその性格から分けてみると次のようになるかと思います。

①労働者に、作業を通じて出会うであろうさまざまな危険性や有害性について知識を伝え、さらにその危険性、有害性から自らの身を守る方法を教えるもの。

②労働者を指揮・指導する立場の人に、労働安全衛生に関し指揮・指導する内容や方法・手法に関する知識を付与するもの。

③事業者として労働者を労働災害から防ぐ仕組みや環境を作っていくための知識を付与するもの。

その中で、これまで事業場を訪問して作業現場を拝見し、お話を伺った経験や、機械設備の安全化に向けて、機械の包括的な安全基準に関する指針やJIS規格・国際標準を踏まえた研修、セミナーを運営している立場から、ぜひ受けていただきたい教育を紹介していきます。

2. 労働安全衛生法令により求められる教育

労働安全衛生法（以下「安衛法」という）、労働安全衛生法施行令（以下「安衛令」という）、労働安全衛生規則（以下「安衛則」という）といった安全衛生関係法令では、対象者の立場や業務の内容によって

多くの「教育」が決められています。そのほとんどは、罰則付きで実施が義務付けられています。業種や事業場の規模で限定される場合もありますが、義務付けの対象であれば、その業務や作業に従事する前に、実施しなければならないのですから、ぜひ受けていただきたいというより実施しなければダメですよ、という教育です。そのすべてを紹介していては誌面が足りないでしょうから、特に大事なものを取り上げてみます。

（1）新入者に対する雇入れ時教育

労働安全衛生法令では「雇入れ時教育」の実施を求めています。仕事のやり方を何も知らずに仕事ができるわけがありません。そのための新入者教育が行われるのですが、就くことになる仕事に関する安全衛生の基本知識の教育も、それらに織り込んで行われることが普通です。

この教育は、業種や規模を問わずどのような事業場でも実施しなければなりません。

安衛法では、「事業者は、労働者を雇い入れたときは、当該労働者に対し、厚生労働省令で定めるところにより、その従事する業務に関する安全又は衛生のための教育を行わなければならない」として規定しています。ここで言う「厚生労働省令」とは安衛則すなわち労働安全衛生規則です。そして、安衛則で、教えるべき事項を次のように示しています。

一　機械等、原材料等の危険性又は有害性及びこれらの取扱い方法に関すること。

二　安全装置、有害物抑制装置又は保護具の性能及びこれらの取扱い方法に関すること。

三　作業手順に関すること。

四　作業開始時の点検に関すること。
五　当該業務に関して発生するおそれのある疾病の原因及び予防に関すること。
六　整理、整頓（とん）及び清潔の保持に関すること。
七　事故時等における応急措置及び退避に関すること。
八　前各号に掲げるもののほか、当該業務に関する安全又は衛生のために必要な事項

この雇入れ時教育は、労働者を配置換えし、新たな職務に就かせるときにも準用され、同様に教育しなければなりません。この作業内容変更時の教育は、おろそかにされ、労働災害が発生する場合が少なくありません。ぜひ忘れずに実施していただきたいと思います。

（2）職長教育

雇入れ時等の教育の講師を務めるのは、労働者を指揮する立場の人となります。新たに、こうした労働者を直接指揮することになった人には、安衛法の規定により「職長教育」を受けていることが必要となります。

ただし、安衛令では、職長教育の受講義務の対象業種を、建設業、製造業（食品製造業等一部の業種を除く）、電気業、ガス業、自動車整備業、機械修理業に限定しています。しかし、食料品製造業では機械化が進むとともに、危険な作業も少なくありません。また、第3次産業においても、危険・有害な作業があり、労働災害の発生は少なくありません。対象外の業種の事業場でも、積極的に受講させるようにしていくことが望まれるように思います。

職長教育の内容は、表1のように、項目だけでなく時間数まで決められています。

表1　職長教育の内容と時間数

事　　項	時　間
安衛法第60条第1号に掲げる事項	2時間
1　作業手順の定め方	
2　労働者の適正な配置の方法	
安衛法第60条第2号に掲げる事項	2.5時間
1　指導及び教育の方法	
2　作業中における監督及び指示の方法	
安衛則第40条第1項項第1号に掲げる事項	4時間
1　危険性又は有害性等の調査の方法	
2　危険性又は有害性等の調査の結果に基づき講ずる措置	
3　設備、作業等の具体的な改善の方法	
安衛則第40条第1項第2号に掲げる事項	1.5時間
1　異常時における措置	
2　災害発生時における措置	
安衛則第40条第1項第3号に掲げる事項	2時間
1　作業に係る設備及び作業場所の保守管理の方法	
2　労働災害防止についての関心の保持及び労働者の創意工夫を引き出す方法	

作業手順の定め方が教育内容の最初に出てきます。安衛法の本文では「作業の方法の決定」という言い方をしています。「雇入れ時教育」でも、教わるべき事項して「作業手順」が出てきます。作業手順がなくては仕事が進みませんし、内容がいい加減ならば、いい仕事ができないばかりか危なくていけません。職長は正しい作業手順を作成し、労働者にそれを適切に伝えることが求められているということです。

また、次に出てくるのは指導・教育、監督・指示の方法で、教える立場の人が知っておかなければいけないことです。

その次の、危険性又は有害性等の調査とは、リスクアセスメントのことです。また、異常時の措置、災害発生時の措置についても、雇入れ時教育と通じています。

この職長教育は、（１）の雇入れ時教育と同様、事業者つまり会社で実施することとしていますが、職長教育の講師を務めるには、それに足りる知識が必要です。

厚生労働省は、職長講師養成講座のカリキュラムを行政通達により示しており、その総時間数が5日間程度必要となります。

こうした講師養成のため中央労働災害防止協会の東京／大阪安全衛生教育センターでは、「労働省方式現場監督者安全衛生トレーナー講座」（略称「RST講座」）を実施しています。適任の方をこの講座を受講させ社内で職長教育を実施する方法がお勧めですが、中災防や労働基準協会などの外部機関が実施する職長教育を活用する方法もあります。

（３）特別教育

安衛法では、厚生労働省が定めた危険・有害な作業に、労働者を就かせるときは特別な教育を行うことを義務付けています。この教育を「特別教育」といい、令和元年12月現在で、全部で59種類の業務について定められています。

最も新しいものは、「対地電圧が50ボルトを超える低圧の蓄電池を内蔵する自動車の整備の業務」。その次が、「高さ２メートル以上の場所でフルハーネス型墜落制止用器具（旧名称は「安全帯」）を用いて行う業務」です。フルハーネス型は胴ベルト型のものより、身体を支えるときにショックが少なく安全といわれていますが、その正しい使用方法を知らないで使用すれば、すっぽり抜け落ちてしまったり、ランヤードとショックアブソーバの長さを間違えて使用して落ちてしまった時に地面にそのまま激突してしまったりします。こうしたことが起きないよう、特別教育で正しい作業を学ぶ事が求められるのです。

自らの身を守るだけでなく、正しい操作方法を知らなければ同僚を

傷つけるおそれがあるものもあります。例えばフォークリフトの運転（最大荷重１トン未満が特別教育の対象で、１トン以上は後述の技能講習の対象です。）や移動式クレーンの運転（対象は吊り上げ荷重１トン未満。それより大きなものは技能講習、さらに大きなものは免許の対象です。）などです。運転を間違えると自らが機体や荷の下敷きになるだけでなく、周辺の労働者にも被害が及ぶことがありえます。

特別教育を受けさせずに、その業務に就かせたことにより労働災害が発生し、事業者が処罰されることは少なくありません。また、できるのであれば、その作業に就く本人も特別教育を受講しなければその作業はできないとの自覚を持っていただければと思います。

なお、特別教育は事業者が行うこととしていますが、その講師にはその科目について十分な知識と経験を有することが必要とされています。そうした十分な知識と経験を有した者がいるのであればその方に依頼すればよいですし、いないのであれば先に紹介した東京／大阪安全衛生教育センターで特別教育のインストラクター講座として講師の養成をしていますで、これを活用されるのもよいと思います。

（４）就業制限と技能講習

安衛法では、第61条で「就業制限」について定めています。就業制限とはある特定の業務では、一定の資格がなければその仕事には就くことができません、というものです。その資格として、「免許」の取得と、「技能講習」の修了があります。

安衛法の「免許試験」は、すべて「公益社団法人 安全衛生技術試験協会」が実施しています。また「技能講習」は都道府県労働局長の

登録を受けた機関（登録教習機関）が行うこととしています。

同じような就業制限業務では「免許」のほうが「技能講習」より危険性有害性が高く、難度が高い業務に適用されます。免許試験をくぐり抜けなければなりませんのでより厳しい資格といえます。なお、免許試験には原則的には教育の受講が条件となるものはありませんが、合格のための準備講習を外部機関が実施していることは少なくないです。

「技能講習」は、講義及び実技による「教育」です。（2）の特別教育と比べ、実施機関が特定の条件を満たした機関に限られること、時間が長く、内容も詳細なものであり、修了試験が行われることなどの違いがあります。

例えばフォークリフトについて、特別教育では最低、学科６時間、実技６時間のところ、技能講習では最低学科11時間、実技24時間となります。

特別教育が必要な業務よりも危険性・有害性が大きな業務で技能講習の修了が必要なのですから、多くのことを学ばなければならないうえ、それを無視して業務を行わせれば、罰則が厳しく適用されることになります。

（5）作業主任者と技能講習

安衛法ではまた、特に危険有害な作業において労働者を指揮・指導等する業務について、作業主任者を選任し、その者にその業務を行わせるよう定めています。その作業主任者の資格には、業務の種類により「免許」が必要なもの、「技能講習」の修了が必要なものがあります。「免許」と「技能講習」の関係は前記の就業制限の場合と同様です。

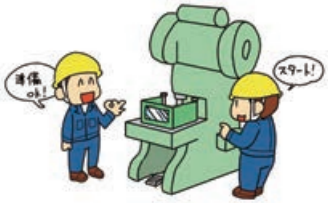
機械設備の取扱に関する作業主任者の技能講習は、プレス機械、木材加工用機械、乾燥設備、ボイラーなどが代表的なものです。

自分自身の安全確保のためというより、部下たちが労働災害に被災しないための必要な事項を学ぶ教育といえます。

作業主任者の職務は、その業務ごとに安衛則等の労働省令で決められていますが、使用する機械設備とその安全装置等の点検、異常時の措置、その機械を使用する労働者の指揮などといった内容が出てきます。そのために学ぶ科目もその職務に応じたものになっています。例えば、プレス機械作業主任者技能講習の科目・時間は表２のようになっています。

表2　プレス作業主任者技能講習の科目と時間

講習科目	範　　囲	講習時間
作業に係る機械、その安全装置等の種類、構造及び機能に関する知識	プレス機械、安全装置安全囲い、材料の送り装置及び製品の取出し装置の種類、構造及び機能	6時間
作業に係る機械、その安全装置等の保守点検に関する知識	プレス機械、安全装置等の保守点検	2時間
	作業環境の整備	
作業の方法に関する知識	手工具の種類及びその活用方法　金型の取付け、調整及び取りはずしの方法　安全作業一般　作業標準	5時間
関係法令	労働安全衛生法、労働安全衛生法施行令（昭和四十七年政令第三百十八号）及び労働安全衛生規則中の関係条項	2時間



そして、作業主任者の選任が必要な職場では、作業主任者の職務内容と選任された作業主任者の氏名を見やすい個所に掲示することが求められます。作業主任者の養成、選任を怠れば、これもまた法違反として処罰の対象となります。

（6）法令に関わるその他の教育

ここまで、受けなければならない教育を紹介してきましたが、安衛法などに関係するその他の教育を紹介します。特別教育をすでに受講し又は就業制限業務に必要な資格を持ち、現にその業務に就いている人を対象とした教育と、安全管理者や作業主任者として選任され、現にその業務に就いている人を対象とした教育です。ともに、時間の経過、技術の進展、環境の変化に対応できるよう、一定の期間ごとに受講することに努めることとしています。罰則が付いていないため、受講される人は必ずしも多くありません。資格を取得するときにがんばるだけでなく、自らの業務に関する知識を再確認し、さらにその能力を向上させるためにぜひ受講していただきたいものです。

安衛法令に関わる教育としては、「職長教育」や「特別教育」の項で紹介した事業場における講師養成を目的とした東京／大阪安全衛生教育センターの各種インストラクター講座があります。教えるべき内容だけでなく、講義の進め方、しゃべり方、教材の作り方などもカリキュラムに入っています。講師を目指す方にはもちろん、安全衛生に関わる深い知識を得ようと考えている方にお勧めの教育です。

なお、厚生労働省は「安全衛生教育推進要綱（平成28年10月に改正）」を定め、同要綱に基づいて、これまで紹介した教育も含め、各種安全衛生教育の計画的な推進を図っています。

3．事業者として労働者を労働災害から防ぐ仕組みや環境を作っていくための教育

ここまで安全衛生法令に決められている教育について書いてきました。労働安全衛生法は、その第３条第１項で「事業者は、単にこの法律で定める労働災害の防止のための最低基準を守るだけでなく…」というように、それ自体が最低基準を定めたものであることも言っています。

だからこそ、最低限これくらいの教育を受けないとならないと義務化しているともいえるでしょう。

その一方で、積極的に労働災害防止を行うための企業の自主的な対応を求めるところから生まれてきたものとして、「労働安全衛生マネジメントシステム」や「リスクアセスメント」があります。

（１）労働安全衛生マネジメントシステムに関する研修

労働安全衛生マネジメントシステムは、事業場の自主的な活動による安全衛生水準を向上させるための仕組みであり、厚生労働省は、その適切な構築、運用を進められるよう、「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針」を公表しています。同指針では、安全衛生方針の表明をはじめ、体制の整備、リスクアセスメントの実施、安全衛生目標の設定､安全衛生計画の作成等､必要な実施事項を示しています。

これらの実施事項を、適切に実施することにより、安全衛生の水準の向上が期待されます。この「適切に実施する」ことを支援するために行われている教育があります。中央労働災害防止協会は、平成11年に始まった「マネジメントシステムリーダー研修」において、その構築運用に必要な知識を伝えているほか、システムが適切に運用されているかを評価するための内部監査に関する研修も行っています。

また、平成30年に労働安全衛生マネジメントシステムについての新たな国際標準「ISO 45001」が発行されたことを受けて、ISO

45001に関連する知識を伝えるための3種類の研修を行っています。さらに、ISO 45001における内部監査についても１種類の研修を実施しています。

労働安全衛生マネジメントシステムは今、ISO（JIS Q）45001及びこの規格にわが国独自の安全衛生活動や健康確保の取組みを加えたJIS Q 45100、があるほか、従来からの厚生労働省が定めた労働安全衛生マネジメントシステム指針、同指針に基づく中災防のJISHA方式適格OSHMS認証基準などシステムの基準となるものが多数あります。

中災防の上記の研修の中で、ISO 45001関連の中のひとつ、「ISO 45001導入のための基礎研修」は、そもそも労働安全衛生マネジメントシステムとはどういうものかから、労働安全衛生マネジメントシステム指針とISO 45001の比較、どのような担当者の養成が必要かなどをお伝えします。どのシステムが自社の実情にあっているか知りたい企業や、まず初めてみようという企業にはお勧めです。

（2）リスクアセスメントに関する教育

1980年代に中央労働災害防止協会が実施していた海外安全衛生視察団が、英国を訪問してきたとき、英国の年間の労働災害死亡者が400人程度となっているのに対し、わが国の労働災害死亡者数4,000人でした。産業の規模が英国は日本の３分の１程度とはいえ、どうしてこんな違いがあるのかと皆が頭をひねっていたことを思い出します。

実は、英国では1972年のローベンス卿の報告をきっかけに法令ベースの災害防止から企業の自主的な取組みに基づく災害防止に舵がきられ、その自主的な取組みの中心となったのがリスクアセスメントだったのです。リスクアセスメントでは、その危険が許容できるリスクレベルか否かを評価し、許容できないリスクについて本質的な方策から優先してリスク低減します。一方、許容していいものは何もしない。

この考え方が、浸透したことによって、人が死ぬような許しがたい危険が排除されていったことが、当時の英国とわが国の死亡災害数の差となっていたのだなと思います。

わが国でもリスクアセスメントが努力義務化され、多くの企業が取り組み始めたこともあるのか、年間の労働災害による死亡者は平成30年には909人となりました。それでも、英国の2018年度の死亡者は147人ですからまだ大きな隔たりがあります。

リスクアセスメントは行われていても、英国のそれとはどこかが違うのではないかという気がします。逆に言えば、英国流のリスクアセスメントを忠実に実施していけば死亡災害を始めとする重大な災害は、もっと減らせるということになります。

英国が始めたリスクアセスメントをはじめとする安全の考え方は、ISO 12100などの国際規格となり、さらにJIS規格にもなっています。また機械の包括的な安全基準に関する指針（以下「機械包括安全指針」という。）はISO 12100をベースに作成されています。このようなISO 12100に倣ったリスクアセスメント／機械安全にもっと多くの企業に取り組んでもらいたいと思います。そのための人材育成も重要です。

長岡技術科学大学では、システム安全専攻の社会人向け大学院講座が設けられています。「機械」という言葉が表に出ていないように、安全技術／マネジメントに関する広範な内容を学べますが、機械安全とリスクアセスメントはその根幹となるものであり、機械安全とリスクアセスメントの教育においての最高峰といえるでしょう。一般の国立大学と同様の学費、長岡等へのスクーリングの旅費が必要ですが、それが可能であれば、

検討されてはいかがでしょうか。

中央労働災害防止協会は、平成９年からISO 12100を踏まえて厚生労働省が機械包括安全指針を取りまとめる際に検討委員会の事務局を務めました。

それ以来、同指針の導入・普及に関わる委託事業をほぼ毎年受注してきました。それと併行し、自主的な取組みとしても機械包括安全指針に基づくリスクアセスメント、リスク低減に関する研修会を開催しています。

令和元年度現在では、厚生労働省が発出した機械安全に関する教育通達（平成31年３月15日付 基安発0325第２号）のカリキュラムを踏まえた５種類の研修会と、その入門編となる１つの研修会を実施しています。

これから機械安全やリスクアセスメントに取り組もうとしている企業を主眼として研修の内容を作っておりますので、最高峰を目指すための第１歩として検討いただければ幸いです。

4．最後に

さて、ここまで最低限受けておかなければならない教育としての法定教育と、企業としての自主的な取組みを行うための労働安全衛生マネジメントシステムとリスクアセスメントに関する教育をご紹介しました。

これら以外にも、いろいろな教育はあります。中央労働災害防止協会でも、KYT（危険予知トレーニング）に関する研修、経営者向けの安全衛生トップセミナー、安全衛生法令の理解に特化した研修など数多く行っています。

今回紹介した研修と併せ、自分たちの組織で何が重要かを検討のうえ、人材育成に取り組んでいただければと存じます。

設計技術者の行動特性による不安全行動の予測

有明工業高等専門学校　創造工学科　教授
堀 田 源 治

1. はじめに

機械設備の故障や機能低下の原因の80％は設計に由来することが知られている。設計ミスによる後戻り業務や不良品の発生・故障対処は企業にとって収益機会の逸失であり、災害損失の一因ともなる。そこで製造業や設計事務所においては、設計ミス防止は基本的な課題であり、検図や検討会、シミュレーションなどによる失敗予防管理が実施されている。しかし、畑村らによると設計ミスの教訓は伝わらず、継続的な失敗の逓減は困難であることが指摘されている。著者らは、作業の失敗にはタイプがあり、それらは各人の持つ行動特性の型に依存することを実験的に確かめてきた。そこで本稿においては設計者の行動特性を予め実験的に測定しておき、彼らの設計業務の品質（設計ミスの程度や安全設計への配慮さ加減）との関係について調べたことを報告する。

2. 作業者の行動特性

行動特性とは、工場での突発的な故障対処などにおいて作業員の行動を支配する大脳の働きと身体動作の組合せで顕在化する行動のパターンであり、各人が性格と同じように数種に分類される型として持っているものである。行動特性の型の分類法についてはいくつかの

考え方があるが、筆者らは行動特性の型を①事前行動（行動前の思考や推測）、②事中行動（実際の対処や回避行動）、③事後行動（行動後の報告・連絡・相談などのコミュニケーション）それぞれの意識レベルの高低による組合せとして捉えている。筆者らがこれまで明らかにした行動特性の型は表1に示すようにI型～XIV型の14通りあり、特に非定常作業時において顕在化する。表1の選好関係とは上記①～③に示す事前、事中、事後の行動の得手・不得手の順序であり、行動特性の型の種類分けの基礎となるものである。同表中の「危険度」とは、型による失敗のし易さの程度を表すものであり、作業アイテム中の失敗アイテムの割合で表す。

表1　行動特性の型[1)]

行動特性の型	選好関係	行動特性の型の特徴	危険度
I	①～②～③	万能型	1
II	①≻②≻③	伝達志向型	1
III	①≻②≻③	堅実行動型	1
IV	①～②≻③	率先垂範型	1
V	①≻②≻③	熟慮型	2
VI	①≻②～③	過慎重型	2
VII	①≻②≻③	不言実行型	3.5
VIII	①≻②≻③	付和雷同型	3.5
IX	①～②≻③	理論型	3.5
X	①≻②～③	饒舌型	4
XI	①≻②≻③	不注意型	4
XII	①～②≻③	無思考型	4
X III	①≯②≯③	無意識型	5
X IV	①≻②～③	危険志向型	5

3. 設計者の行動特性

3.1 設計者の行動特性の測定

設計者の行動特性を調べるにあたり、被験者として有明工業高等専門学校機械工学科５年生（20歳）男子38名を対象として実験を行った。学生を被験者とした理由については、①被験者は３年次より機械設計・製図を履修しており、設計者としての経験がある。②社会での臨機応変の経験が少ないがゆえに行動特性が現れやすい非定常作業という実験条件が設定し易い。③同じクラスの学生を使うことで被験者側の条件（経験・年齢・環境同等）を一定とし易い、などが挙げられる。

3.2 設計者の行動特性の測定実験

筆者らがこれまで行った行動特性測定法としては、アンケート方式、専用試験機の使用、アンケートと試験機の併用があるが、今回はアンケート方式を採用した。その理由は授業中の時間を有効に利用できることと、先入観の入らないことで非定常作業を模し易いためである。授業は「機械基礎設計」（通年・授業回数60回）のうちの７月の１コマ90分を使用して行った。実験方法は、Ａ３用紙１枚に次の問題について解答を求めた。

【１】誰もいない教室内にあなたの名前を書いた贈り物らしきリボン付きの箱があった。心当たりは全くない。次の①、②、③について、あなたの行動の優先順を≦、<、＝を使って並べなさい。

① 箱には触れずどうしたことか思いを巡らす

② 箱には触れず携帯で親や友達に話す

③ 箱を触って見て重さや中身を探る

【２】略（【１】と同様の目的の異問題）

【３】あなたの設計した走行搬送台車について、設計様書を確認の上、必要な安全対策の図を描きなさい。

問題の【1】と【2】は行動特性の型を調べるものである。【3】は設計ミスについて調べる問題で、採点項目は、（1）仕様書の要求を満足しており、必要な安全対策箇所を抑えている、（2）安全機構・構造として成立しており、フェールセーフ等が考えられている、（3）上記の（1）、（2）が理解できる作図となっている、の3点で、（1）～（3）は各30点で90点満点とした。（1）は管理能力、（2）は設計能力、（3）は製図能力を測るものであり、（2）の点数が低いと設計ミスに繋がる。また、（1）は事前行動（思考）、（2）は事中行動（対処）、（3）は事後行動（伝達）に対する意識の高さをそれぞれ調べるものとなっており、問題【1】、【2】より特定された行動特性の型を確認するものでもある。

3.3 実験結果

実験結果を図1、図2、図3に示す。図1は被験者の行動特性の型の分布を示す。図2は行動特性の型と得点数の関係を示す。図1より学生の行動特性については、Ⅰ型～ⅦⅠ型に多く分布し、残りはXI～XIII型に分布が見られる．筆者らの過去の研究からⅠ型からXIII型になるにつれてミスや失敗が多くなることが分かっており、Ⅰ型～Ⅴ型を安全な型、XI型からXIV型を危険な型と呼んでいる。

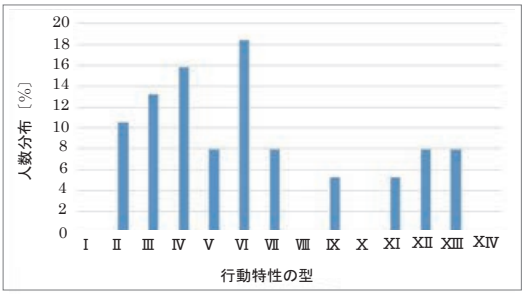


図1　行動特性の分布

一般的に学生は安全な型への分布が多く、社会人は危険な型に分布が移る傾向がある。そこで、アンケートによる本実験結果は従来からの分布傾向に沿うものであり、実験には妥当性があると判断できる。

図２はアンケートによる行動特性の型の分布と演習問題の採点結果による行動特性の型の分布を比較したものである、アンケートによると安全な型に分布が偏るが、演習問題である作図の採点結果からの行動特性はやや安全な型への偏り傾向はみられるものの全ての型に渡って一様に分布が見られる、図３は演習問題【３】全体の得点の平均値および【３】（２）のみの得点の平均値について行動特性との関係を示したものである。

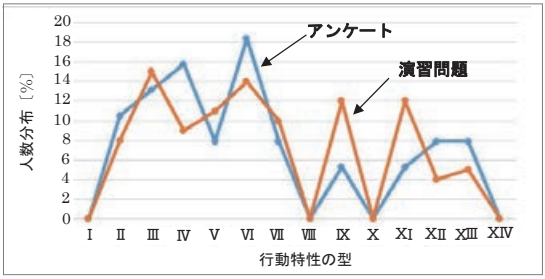


図2　アンケートと演習問題による行動特性の型の人数分布の比較

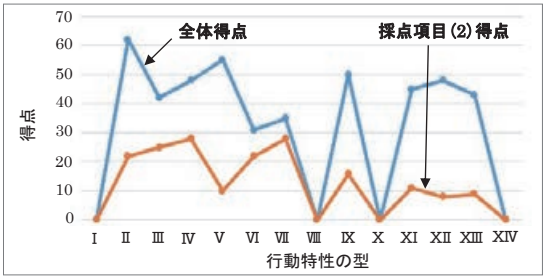


図3　行動特性と設計課題の得点数の関係

図３より全体の得点はすべての型について大きな偏りは見られないが、（２）のみの得点については危険な型の学生の得点が低いことが分かる。

４．結論と考察

有明工業高等専門学校機械工学科５年生を被験者とした行動特性の測定結果は、従来からの傾向と同じようになり、実験方法の妥当性が検証できた。また、安全設計に関する得点については、危険な行動特性の型を示す学生は安全な行動特性の型を持つ学生よりも得点が低い傾向があることが分かり、行動特性と設計作業の成果についても関係があることが実験的に示された。そこで企業の設計者についても予め行動特性の型を測定等で知ることで危険な型を持つ技術者に対しては設計ミス予防教育等などの事前対処によって設計業務の成果向上が期待できる。

《参考文献》

１）堀田　源治，兼竹　望，西村　大志，大渕　慶史，坂本　英俊：機械設備の信頼性に影響する人的要因についての分析，材料，63，2（2014），151.

人の行動を客観的･定量的に測定する方法−産業安全行動分析（Behavior-Based Safety）

独立行政法人 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所・機械システム安全研究グループ
北條理恵子，梅崎重夫，池田博康，清水尚憲

1．はじめに

行動分析家として、機械安全研究の領域に身を置いて徐々にわかってきたことがある。機械安全側から見ると、人は「何をするかわからない」ものとして少々厄介な存在らしいということである。加えて、だからこそ機械安全の専門家は、人に依存せずに機械で安全を担保することに粉骨砕身しているのである。すなわち「人の注意力に頼る安全」から、より確定性の高い「機械に任せる安全」にすることが効果的で確実なのである[1)]。機械で安全を実現できるのであればそれに越したことはなく、これらのことについてはまったく異論はない。しかしながら、「機械の包括的な安全基準に関する指針（平成19年７月31日改正）」、「機械譲渡者等による機械の危険性等の通知（平成24年３月29日：改正安衛法第24条13第１項）」、「機械譲渡者等が行う機械に関する危険性等の通知の促進に関する指針（平成24年厚生労働省告示第132号）」による機械の安全化の手順によれば、保護方策実施後の残留リスクについて、「残留リスク一覧」及び「残留リスクマップ」を「機械の制限仕様」と合わせて、ユーザに機械危険情報として伝達することが求められている[2)]。最終的に、安全の一端は、依然として人が担っている現状がある。

ICTやIoT機器が産業の現場に導入され、人と物、環境がインターネットやクラウドを通じて情報を相互交流させる時代が到来している[3)]。少し前までは、機械の情報を人が取得し、機械に合わせた作業を行っていた。しかしながら、現在では機械側も人や環境の情報を利用して人に合わせた振る舞いをする状況が生まれつつあり、今後は人と機械の真の意味での共存・協調が必須と思われる。しかし、このような高度化したシステムと人との「ズレ」が新たなリスクとなることも想像に難くないのもまた事実である。少しでもこのズレを小さくし、円滑な共存関係を結ぶためにも、機械安全の領域に人についての知見を組み込む試みは有用と考える。

また、機械安全の領域で考えられている人の像は、我々行動分析家が思うそれとはいささか乖離があると感じる。人の行動には明確な規則があり、原理が存在する[4)]。行動分析学においては、行動の予測と制御及び定量的かつ客観的な計測と評価が可能であり、抽象的な概念や計測できない要素を一切排除しようとする考え方である。人の振る舞いの本質を理解すれば、人は、決して「何をするかわからない」ブラックボックスではない。本稿では、行動分析学の紹介と、機械安全領域で活用可能な例を提示する。

2. 行動分析学とは

行動分析学とは、心理学の中の一学派であり[5)]、アメリカの心理学者B・F・スキナーが創始した学問体系である。行動主義派、中でも徹底的行動主義（radical behaviorism）の一派とされ、大きくは「行動科学」に属する。現在、日本で広く認知されている心理学は、意識・無意識から起こる欲求や、性格あるいは気質や感情等を行動の原因とするもの、心を脳という情報処理装置として解釈するものがほとんどであろう。対して、行動分析学は、一般に考えられる心理学とは特徴

が大きく異なっており、人・動物などの「行動」を対象として分析する[4]。すなわち、行動分析学では、人及び動物の行動を刺激―反応の図式で明らかにし、行動の原因を個体内部ではなく、個体を取り巻く過去及びその時の外的環境に求めるものである。また、行動を「定量的に測定可能」なものとして取り扱い、「行動随伴性」という独自の概念で行動の法則を明らかにする自然科学である。

行動分析学は、大きく基礎分野である実験的行動分析学と応用分野の応用行動分析学分かれる。実験的行動分析学とは、実験室等の厳密に制御された環境で、人や動物を対象に、環境要因を直接操作し、環境への機能によって定義された行動を変容させることで両者の因果関係を明らかにしようとする一領域である[6]。現在でもしつけやトレーニングで活用されているが、創始からしばらくの間は、主に動物の行動が研究対象であった。一方、応用行動分析学は、実験的行動分析学により蓄積された人と動物実験でのデータを基盤に、人間の行動問題の分析と修正を目的として1970年以降に発展した研究領域である。以上の変遷を経て構築された行動の理論及び手技等は、現在では、人の様々な社会生活における行動改善に適用されるに至る。応用行動分析が最も活用される分野は、発達障害や挑戦的行動、特に自閉症スペクトラム障害を持つ教育・医療分野であるが、ほかにも、教育、医療、ビジネス、スポーツなど多岐にわたる。アップルのMacintoshのユーザインタフェース開発にも応用行動分析が活用された。本稿で紹介する産業安全[7]分野における行動分析学は、Behavior-Based Safety (BBS) としてこの応用行動分析学に属する。我々は、日本語で「産業安全行動分析学」として機械安全及び建設安全研究領域で展開している。

行動分析学のゴールは、行動の①予測と制御、②分析と定量評価、

そして③問題の解決である。重要なことは、ゴールに見据えている事柄が「人」ではなく、「行動」である点である。行動分析学における対象はあくまで行動であり、人間性や精神性には言及しない。つまり、「性格傾向」や「性格」、「気分」や、「やる気」、「熱意」、「自覚」等は、行動を変容する要因ではないため取り扱わない。何らかの直接的な働きかけにより行動そのものを変化・修正するというよりも、独立変数（環境）を操作することにより従属変数（行動）を変容させることに主眼を置く。

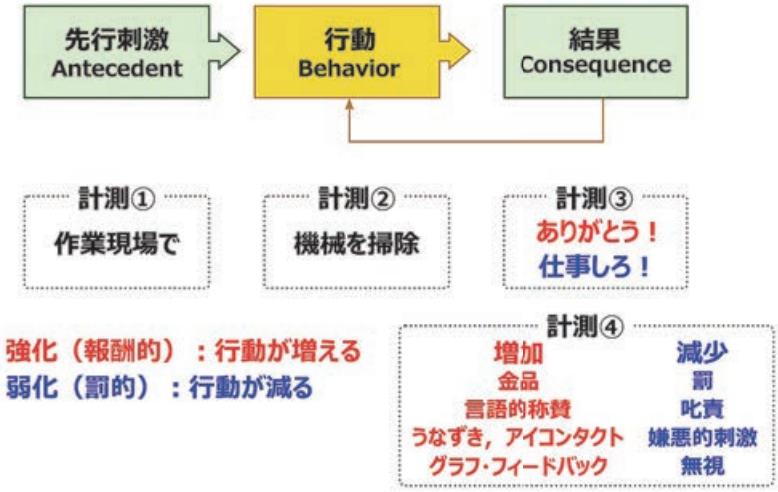


図1　行動分析学のABCモデル（行動随伴性）

通常、我々が「その行動をする理由」を語るとき、行動をする前の事象に焦点を充てがちである。例えば、「映画を見にいくのは映画が好きだから」などである。しかしながら、行動分析学では、行動の“後”に生じた環境の変化により、当該行動が将来的に維持・増強されるとする。これが行動随伴性の概念となる。行動随伴性とは、行動の

生起をA：先行刺激（Antecedent）、B：行動（Behavior）、C：結果（Consequence）で説明するものであり、それぞれの要素の頭文字を取り、ABCモデルとも呼ばれる（図1）。行動随伴性は、行動分析学の中心概念であり、ほぼすべての行動は行動随伴性で説明可能である。例えば、作業現場で行う「機械を掃除する」行動の例を行動分析学で説明すると、A：作業現場において、B：機械を掃除する、と結果としてC：上司や同僚に「ありがとう！」や「（掃除などしていないで、本来の）仕事をしろ！」と言われる。このような「先行刺激（環境）⇒行動⇒変化」が行動随伴性である。行動の前に存在する先行刺激（A）は、いわゆる合図であり、行動を直接増減する要素ではない。すなわち、機械を掃除する行動は、機械の掃除をするのが「好きだから」などという、事象の前に因果関係を求めるものではなく、あくまで事象後、つまり結果によるものである。

行動分析学には、①行動の発生確率は「結果」に依存する、②結果で行動が変容する、③結果の出方で行動が変わる、④行動の定量的な評価が可能である、の４つの原理がある。①は前述のとおりであるが、②の結果で行動が変容する、とは、前述のように上司または同僚などに「ありがとう！」という「良い結果」が生じた場合は、その後の機械を掃除するという行動が、将来的に維持または増加することになる。しかしながら、同じ作業現場で同じ機械を掃除する行動であっても、Cの結果が、「仕事しろ！」という叱責、すなわち「悪い結果」が生じた場合には、その作業員が将来機械を掃除する行動は減少または消滅する。同様に、行動したことにより良い環境が消失（機械操作中にかかってきた電話に応答したら怪我）した時にはその行動は減弱・減少し、悪い環境が消失（頭痛で薬を飲んだ）した時には増加する。すなわち、前述の「ありがとう！」「仕事しろ！」はいずれもよい結果

や悪い結果が「出現」したことで、将来の当該行動の出現確率が変化する例である。一方、機械を調子よく操作していた時に、電話応答したという行動で、機械の調子よい操作がなくなってしまった、また、頭痛という悪い状況が、頭痛薬を飲むという行動で頭痛がなくなった、という、行動したことで何かが「消失」したことでも行動の出現確率は変化する。

行動が増加することを「強化」、減少することを「弱化」と呼び、行動を強化する要素は「報酬（または好子）」であり、弱化する要素は「罰（嫌子）」と言われる。通常で言うご褒美という意味での報酬と、お仕置きという文脈で使用する罰とは異なることに注意されたい。行動分析学で使用される報酬と罰はあくまで行動を増減するものとして使用する。また、報酬というと、すぐに思い浮かべるのが金品であるが、人に対しての報酬とは、相槌や頷き、言語的賞賛、あるいは自分の成績を可視化すること（graph feedback）などがあげられる（図1）。同様に、罰にも本来の罰といった文脈での身体的拘束や過剰な寒暖等の感覚的不快感のほか、叱責や無視といったものも含まれる。しかしながら、万人に共通の報酬や罰があるわけではなく、個人により報酬的・罰的に働く要素はそれぞれ異なる。例えば、好きな人にとってアルコールは報酬として作用するが、下戸であったりアレルギーがあれば罰的に作用する。行動分析学的介入により行動変容を試みる場合には、その個人にとっての報酬と罰を見極めることが重要になる。

これらの結果（環境の変化）が、どのような頻度あるいはタイミングでもたらされたかにより、行動の出方が変化する。これが③の行動の原理となる。結果の出方にはさまざまあるが、代表的な例として、「反応回数」と「間隔」に付随する場合があげられる。さらに、それぞれ

に結果の出方が「規則的」か「不規則」に分けられる（図2）。

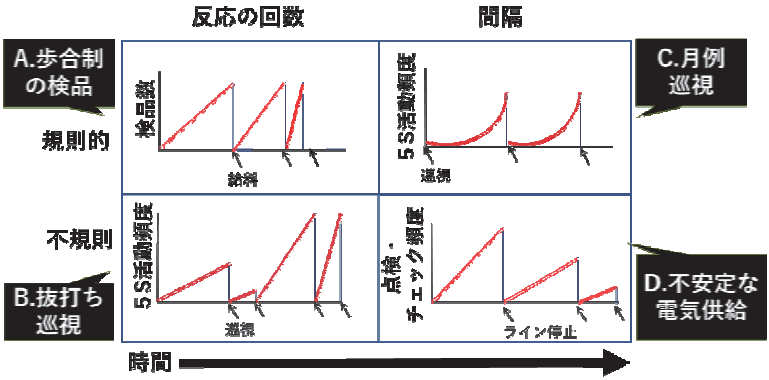


図2　結果の出方による行動の出現の違い

行動した回数が規則的に強化される現象は、歩合制の仕事、ラインで部品を検品した個数に従って給料の額が変化するような作業形態に見られる（図2A）。初めはそれほどではなくても、徐々に行動が加速して行く傾向がみとめられる。行動した回数に結果が不規則に提示される例として、抜打ちの安全衛生巡視がこれに当たる（図2B）。反応しなければ結果は出ないが、いつ結果が出るのかはわからない、という状況であり、高率の反応が長く出現するという特徴がある。抜打ちの安全巡視はいつやってくるかわからないため、現場は絶えず５Ｓに心を砕く結果となる。間隔に付随する場合は、反応に関係なく時間で結果が出現するため、前述の２つの例ほど高率な反応を喚起しない。一定の間隔で出現する結果に対しては、低率の反応が出現する（図2C）。同じ巡視であっても、月ごとに巡視日が定められている場合には、5S活動は巡視日の直前に高率となるが、ほかの日にはあまり力を入れない状況が発生する。反応に関係なく、不規則な間隔で結果が

提示される事態の例はそれほど多くないが、やはり低率で単調な行動が出現するという特徴がある（図2D）。例えば、電気の供給が不安定な地域（国）では、不規則に生産ラインがストップしてしまうこともあるだろう。初めは、ライン上に何か不具合があるかもしれないと頻繁に点検・チェックを行うかもしれないが、何をしてもラインが停止するとすれば、いずれ点検・チェック作業の頻度は減少してしまう。いずれの反応も結果が提示されなくなれば、消失する。しかしながら、はじめに毎回あるいは短い間隔で結果（主に報酬的）が提示され、その後徐々に要求の反応回数を増加あるいは間隔を延長して行き、非常に大きい回数あるいは非常に長い間隔のあとに結果が提示された場合には、当該行動が消失しにくくなる。例えば、毎回あいさつに応じてくれた人が、その後突如として挨拶を二度と返してくれなくなった場合、その人に対する挨拶行動は消失する可能性が大きい。一方、挨拶への応答を２回に１回、５回に１回、10回に１回と段階的に減少させると、その後に20回応答しなくなったとしても挨拶はし続けるようになる。この例からも、行動は結果により維持されていることがわかる。これら３つの原理により、④行動の定量的な評価が可能となる。この原理の具体例は後述する。

3．産業安全行動分析学

前述のように、機械安全領域の専門家と研究を進めるうちに、産業現場にも行動分析学の活用の可能性は大いにあると考え、「産業安全行動分析学」を構築した。産業安全行動分析学の目標は、行動随伴性の概念を活用して、作業者の安全を実現することにほかならない。日本以外にも産業現場での安全についての研究領域は存在し、BBS（Behavior-Based Safety）として専門家が産業安全に行動分析学を応用している。

3.1 産業安全行動分析学の問題点

しかしながら、行動分析学を機械安全の領域に応用するにあたっては、いくつかの問題も明らかになってきた。機械安全や建設安全領域においては、行動分析学という学問が存在し、それが非常に有効なツールであることがまだ十分に知れ渡っていないことは当然であり、これから徐々に活動の場を広げていくつもりである。問題は、行動分析学側にある。機械安全や建設安全側にはルールが存在しており、すべての安全活動はこのルールに則って行われる。機械系及び電気系の安全規格として、それぞれ国際標準化機構（ISO）と国際電気標準会議（IEC）があり、機械安全は、とりわけこの両機関により共同開発された、安全の側面／規格への導入指針であるISO/IECガイド51に沿って活動している。これらなくして機械安全は語れないといっても過言ではない。ほかにもJISあるいは労働安全衛生法等の様々な規格や法規の上に機械安全が成り立っている。産業安全行動分析学、国際的にはBBS領域の専門家のうち、これらを熟知している者はごく一部である。もちろん、中には十分な知識を持って実践している者もいるのであろうが、専門家のほとんどがコンサルティング会社を自営するか企業に所属しており、知識・手技が同じ専門家である我々に届くことはほぼ皆無と言える。また、たとえ活動内容が公開されるとしても、それは心理学・行動分析学関連のアカデミックな場に留まり、実際の現場に還元される機会は極めて少ないのが現状である。規格・法規に精通した機械安全の専門家と手を携えて、現場に沿った活動が今後必要と思われる。

次に、産業安全行動分析学が機械安全の領域に応用可能な事案をいくつか提案する。

3.2 作業者の安全の確保と責任の所在

ここで、作業者が個人用保護具（Personal protective equipment,

PPE）を装着している場面を想定する。作業前に、作業者は現場に到着し、自分のPPEを取り出し、それぞれを正しく身に着けていく。一連のその行動は、考えなしに労せずして行われるものではなく、作業者が相応のコストを支払って（努力をして）行動している。このコストを支払う行動には何らかの報酬が付随して当然である。ところが、現場ではPPEを身に着けているのは当然であり、何の報酬も提示されず、身に着けることを忘れたときにのみ罰的な結果が提示されることが多い。PPEを身に着けているのが当たり前という状況は、我が国の作業者が優秀あるからこそ成り立つ。仮に、PPEを正しく装着できない、あるいは装着に意味を見出さない作業者が大勢いる現場である場合には、管理する側が多大な努力を払い、作業者に何とかPPE装着を促すことであろう。その結果、作業者がPPEを正しく装着した場合には、言語的賞賛や何らかの報酬を提供したくなるのではないだろうか。我が国の作業者が、自助努力でPPEを装着している行動にはなおさら報酬的な結果の付随が必要であるという発想転換が必要だと思われる。

安全行動に対しても同様である。現状では、失敗行動や不安全行動の原因を、「作業者」の「心」に起因することが多い。例えば、事故は、「注意力がない」「だらしない」ことが原因で発生したとの考え方が主流を占める。この例には、二つの問題がある。一つには、事故の原因を作業者に帰している点である。本来、作業者の不安全行動とは、作業者の責任ではなく、不安全行動を許容している環境に起因するものである。すなわち、不安全行動を維持・増強しているのは環境であり、それを提供する現場側、事業側に責任があることを作業者側と雇い主側双方で認識する必要がある。作業者が被災した場合、事業主側関係者が事故再発予防として被災者に事故発生の状況を聞き取ることがある。その時に「起きてしまったことは仕方がないから、本当のことを話してほしい」と言う。意図的な悪意を持って不安全行動をした場合

は別として、不安全行動は、少なくとも全面的に作業者の責任となることには不合理さを感じる。むしろ、事故を起こす余地のある危険な環境を提供した事業主側が作業者に謝罪し、責任を明確にしたうえで、環境改善に努めるべきではないだろうか。

二つ目の問題は、事故の原因が心にあるとする考え方である。これは評価にこそなりえても、問題解決につながらない。現在広く行われている安全行動励行のためのキャンペーン、「気を付けましょう」等の言語による注意喚起、あるいは「気合を入れる」等の精神論の類も、その効果を定量的に評価していない以上、行動変容に関与しない。安全な行動は努力によって形成される行動であるので、その行動に対し何らかの報酬を提示する場が必要である。その点で言えば、まずは作業者が行動随伴性を用いて、自己管理を行い、管理者は作業者の自己管理結果を収集して定量的に分析する必要がある。そして、経営側は作業者の安全行動にこそ報酬という結果を提示する安全文化の構築が必要である。

3.3　設計・リスクアセスメントへの産業安全行動分析学の応用

労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針では、「危険性又は有害性等の調査及びその結果に基づき講ずる措置」の実施、いわゆるリスクアセスメント（RA）等の実施が明記されており、実施が労働安全衛生法第28条の２により努力義務化された。具体的な進め方については、同条第２項に基づき、「危険性又は有害性等の調査等に関する指針」が公表された。従来は、発生した労働災害の原因を調査し、類似災害の再発防止対策を確立する手法が主流であった。しかし、災害が発生していない現場にも危険性や有害性（ハザード）は存在しており、いずれ労働災害が発生する可能性がある。ハザードが多様化している現在では、これからの安全衛生対策として、自主的に職場の潜

在的なハザードを見つけ出し、事前に的確な対策を講ずるためにRAが導入された背景がある。RAの基本手順は、①危険性又は有害性の特定、②ハザードごとのリスクの見積り及び評価、③リスク低減のための優先度の設定・リスク低減措置内容の検討、④リスクの低減措置の実施となる。リスク低減措置が適切であったか否かの妥当性の確認はメーカーサイドでは行われているが、よりシステムを安全に設計・製造するためには、ユーザーサイドの使用状況や安全性の確認も十分に考慮する必要があるの。このユーザーサイドからの情報のフィードバックの実施が今後の課題かもしれない。

図3は、池田（2009）[9]による、設計者と使用者によるRAの融合の概念図である。図中吹き出しは、このプロセスの過程で導入可能と思われる行動分析学的手法である。このことにより、RAがより客観的に施行可能となる。

ここに行動分析学を導入し、リスク低減措置の適用前後を定量化し比較することで、その妥当性検証が可能となる。

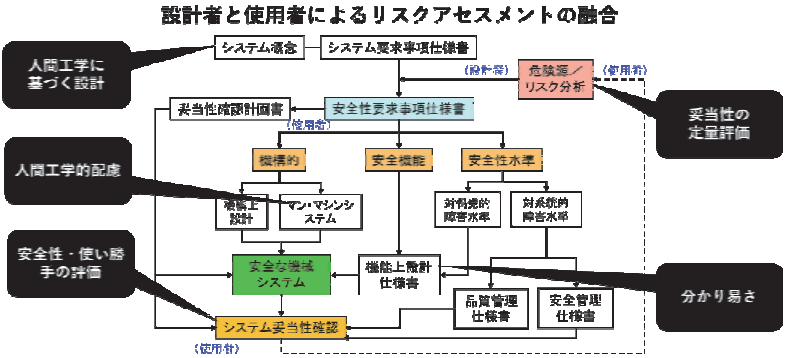


図3　設計・リスクアセスメントへの応用（池田，2009[9]の図を一部改訂）

3.4 産業安全行動分析学の定量的評価

行動分析学では、行動を定量的に評価することに重きを置く。それは、個別の対応にとどまらず、組織の中でも有効である。具体的な計測方法の好例として、Komaki et al.,の例を図4に示す。ある食品会社におけるラッピング部署（図中上部パネル，Wrapping Department）と製造部署（図中下部パネル，Make-up Department）に安全対策を施した結果を検証した論文からの抜粋である[7]。縦軸は安全行動の出現比率、横軸は２―３日を１セッションとした全部で25週間分の時間経過を示している。

行動分析学の実証実験においてよく行われる手法は、個体内比較法である[8]。安全対策などの何らかの介入の効果を検証するために最も重要なことは、検証前の状態把握（ベースライン計測）を行うことである（図中青色の部分）。そのうえで介入（図中黄色の部分）後の結果をベースラインと比較し、効果の有無を判定する。さらに、あえて介入をいったん停止するリバース（図中緑色の部分）を導入する。リバースで安全行動が低下した場合は、介入が安全行動に対し効果があったことの証明になる。このように、ベースライン⇒介入⇒リバースをセットにして検証することは理想的ではあるが、介入の停止と安全行動に影響をもたらすほかの要因が偶然同時に発生した可能性や、リバースそのものが不可能な現場である場合も少なくない。たとえそうであったとしても、この例のように、複数に亘る現場で介入時期をずらすことにより、その介入が時間や場所に左右される可能性、あるいは部署特異的な影響などといった、ほかの外的要因（交絡要因）をある程度除外することができる。つまり、時間や場所が異なっていても、介入後に必ず安全行動が増加するとすれば、それは介入の効果ということが限りなく証明されるわけである。これは、マルチプルベー

スデザインという方法である。これだけではなく、行動分析学には様々な実践的手法が数多く存在する。詳細は、専門書を参考とされたい。

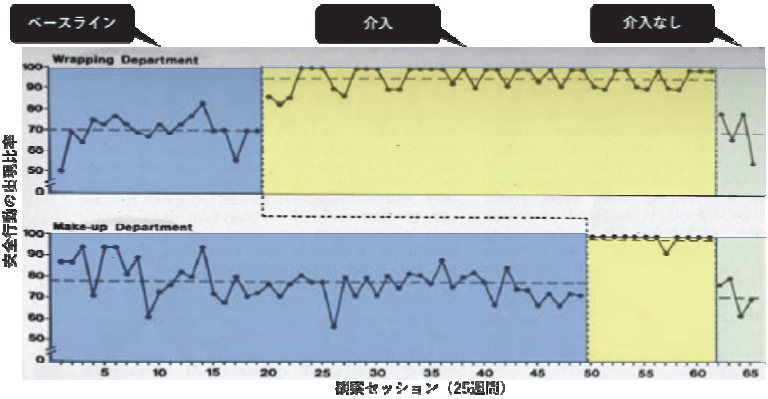


図4　食品会社の異なる部署における安全行動の出現比率（Komaki et al., 1978より引用）

3.5　国際安全規格（ISO/IEC）ガイド 51

ISO/IECガイド51にも行動分析学の導入の余地があると思われる。ISO/IECガイド51には、リスクの定義が、危害の大きさと発生確率の関数として表現されているが、考慮すべき側面として、ヒューマンファクターが挙げられる。例えば、訓練、経験歴や能力等のファクターがリスクに影響を及ぼす可能性がある。人、すなわちリスクを負う人の資格、経験や権限等をリスク要素として取り入れることで、リスク低減効果が大きく変わり、より現実性を持つことになる。もちろん、ヒューマンファクターに基づくリスク方策は、スリーステップメソッドの第一ステップの本質的安全設計方策と第二ステップの安全防護の代替とはなりえないことは言うまでもない。また、協働ロボットなど、人と機械とが共存・協調する作業環境が増加している昨今、隔離と停

止はもちろん有効であるものの、協調安全である「止めずに人と共に稼働する安全管理」の成立が必須となる。人の要素は今後重要なトピックとなる。以上の現状を踏まえて筆者らは国際規格に提言する活動を行っている（ISO/TR 22053等）。

4．まとめ

次以上、産業現場における行動分析学の応用の可能性を記述してきたが、安全文化を正しく構築するには、ここからの出発が重要であると考える。その認識にこそ、今後の真の安全文化の萌芽が存在する。

《参考文献》

1．中央労働災害防止協会（2015），機械安全規格を活用して災害防止を進めるためのガイドブック，平成26年度厚生労働省委託機械のリスクアセスメント等の促進等事業
2．厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課（2010），「機械の包括的な安全基準に関する指針」の改正（平成19年）後の状況，建設の施行企画，pp.9-12.
3．経済産業省（2015），「新産業構造ビジョン」～第４次産業革命をリードする日本の戦略～，産業構造審議会中間整理
4．小野浩一（2016），行動の基礎―豊かな人間理解のために，培風館
5．Dillenburger, K.; Keenan, M. (2009). “None of the As in ABA stand for autism: dispelling the myths”. J Intellect Dev Disabil 34 (2): 193–95. doi:10. 1080/13668250902845244. PMID 19404840.
6．福井 至（2003），人間行動学の実験的分析の展望，行動分析学研究，17，pp.5-19.
7．Komaki, J., Barwick, K. D., & Scott, L. R. (1978). A behavioral approach to occupational safety: Pinpointing and reinforcing safe performance in a food manufacturing plant. Journal of Applied Psychology, 63 (4), 434–445.

8．岩本隆茂，川俣甲子夫（1990），シングル・ケース研究法-新しい実験計画法とその応用，勁草書房
9．池田博康（2009），安全設計の考え方－リスクアセスメントの基本，https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&id=13AF9382BC0646264D895A0A48A90882993ACB03&thid=OIP.do4bj96ZF_jIHeRT2BKdUwHaFj&mediaurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Frandom-140627014603-phpapp01%2F95%2F-1-638.jpg%3Fcb%3D1403833584&exph=479&expw=638&q=%e3%83%aa%e3%82%b9%e3%82%af%e3%82%a2%e3%82%bb%e3%82%b9%e3%83%a1%e3%83%b3%e3%83%88+%e6%b1%a0%e7%94%b0&selectedindex=0&ajaxhist=0&vt=0&eim=0,1,6（2020年１月10日閲覧）

労働災害に関する心理研究

中央労働災害防止協会／放送大学在学　**亀 山 秀 明**
（システム安全専攻　９期生）

労働災害について

労働災害の発生は、作業者の行動が要因となることがある。企業の現場において労働災害が発生することは本人も職場も防ぎたいと考えている。労働災害の危害を結果系として捉えると、そのメカニズムは図１（ISO/TR 14121-2：2012, Fig.2（JISは未発行））の要素になる。この２つの違いは、法令の労働安全と労働衛生の違いともいえる。すなわち、労働安全の急性プロセスで起きる系（図１―１）と労働衛生の時間プロセスで起きる系（図１―２）となる。

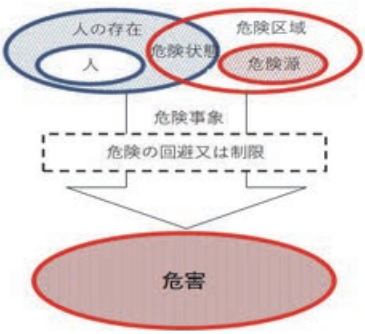


図1-1　災害発生の条件（急性プロセス）

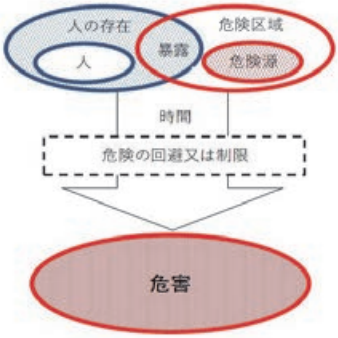


図1-2　災害発生の条件（時間プロセス）

機械の設計では、図１の方法で考えがまとめられるが、実際の労働災害発生の背景にどのような要因があるのかをスケッチ（図２）した。

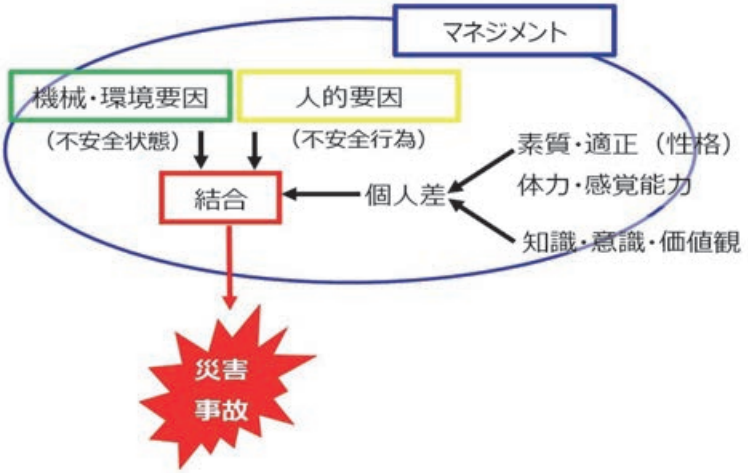


図2　労働災害発生の背景（要因）

図２は要因に機械・環境（状態）、人的（行為）、個人差、マネジメントが入り組んで災害事故の発生につながっていることを表している。予防としては、機械・環境要因の不安全状態については、機械や化学物質のリスクアセスメントにより検討される。人的要因の不安全行為は、組織内の規則やルールによって規制される。個人差は、過去から日本で進めてきた労働安全衛生活動が挙げられる。RST (Roudosyo Safety and health education Trainer)講師(トレーナー)による職長教育、4RKY（４ラウンド、K（キケン）、Y（ヨチ））、ヒヤリハット活動を中心に日本の労働災害防止に貢献した方法がある。

近年、これらを取り巻く環境（マネジメント）には、通達でOSHMS（労働安全マネジメントシステム）が展開された。このよう

に日本の労働安全衛生活動は、国（厚生労働省）の先導による他律型の活動である。この活動では、新しい技術への対応が十分とは言えず、いわゆる墓標によって規制されるだけでこの先、日本国内の死亡災害は年1,000人程度（昨年909人）で下げ止まることが懸念される。例えばイギリスの労働災害の発生は日本の死亡災害の１／３程度である。日本は活動をまねようと従来の活動から、機械に頼る安全として「機械の包括的な安全基準に関する指針」を掲げたが、従来の安全活動から脱却できていない。CEマーキングで要求されるリスクアセスメントを自律的活動への転換点として、グローバル化を見据えた行動への変容が急務である。

教育について

教育の話の前に、人が危険だと分かっていて危険状態の危険区域に手を出して受傷するのは、知識がないから、ついうっかり手を出した結果といわれることに疑問を感じる。本来、人間は自己防衛運動を生まれながらもっている。それは、原始反射のモロー反射といわれ、赤ちゃんが行う反射的な運動と見ることができる。赤ちゃんを約10～15㎝くらいベッドから上げ、頭を手にのせたままベッドに下ろすと驚くようなポーズをして、落ちることから身を守るように抱きつこうと反射する。人は生まれたときから完全ではないにしても生き抜くための危険回避行動を身につけている。このことから、発達の過程でリスクを許容することが身につくと考えた。教育は社会化といわれることから、社会の要求にリスクを受容することを強いられる場面（隠れたカリキュラム）が存在すると考えると、学校を卒業して企業に入社する方（学卒者）は社会に必要な知識を会社に依存して学ぶ状態であり、会社の教育に馴化されやすいのではないかと着目した。そこで、新入社員に向けて難しいと思われたが、リスク判断としてアラープ

（ALARP：As low as reasonably practicable）を考えて行動するように教育を約５年間行った結果、それまで、勤続３年未満の新入社員の災害（軽微を含む）が年１～２件発生していたが、教育後は４年間で２件の発生と減らすことができた。すなわち、企業（会社）に入ってから、OJT（On the Job Training）で行わる教育こそ、災害発生を防止する重要な教育場面であり、リスク判断の理論に精通したものが行う必要があると考えられる。

バイアスについて

怪我を承知の行動（バイアス）は、実際は教育では解決できない。集団行動の興味をひくものに、動物の「群れる」行動を人の組織に例える。菊水氏（文献１）によれば「群居性を示す動物は、コミュニケーション手段を発達させ、協力的な行動や群れの統制を図ることで、個々の生存確率を上昇させていると考えられる。」ことから、社会化における集団は動物の本能から見れば正しい姿である。さらに、「動物が群れることでの利益に関しては、進化生態学的に広く論じられてきた歴史があり、群れによる天敵からの攻撃を希釈する効果、群れることでの天敵との敵対的行動の強化、若齢動物の庇護、餌資源の共有による飢餓からの回避、などの効果が知られている。もう一つの群れの機能として、群れの中にいることでの「安心」があげられる。「群れで生活する動物を隔離し、単独生活させると強いストレスがかかる。」（da Costa, Leigh, Man & Kendrick, 2004）といったことから、動物本来の「群れる」が人間社会の社会化によって「安心」に結び付いていると考えられる。この群れの行動は良い効果に結びつくように感じられるが、先行研究のもと社会化とバイアスの関係についてゲームを試みた。ゲームの目的は複数の人が個人的に最も得をする選択を同時にすると、個人的に損な選択をした時よりも集団としては悪い結果

をもたらすといわれる社会的ジレンマの検証を行う。例えば環境問題では、リサイクルは手間がかかるのでひとりひとりは使い捨てをしたほうが楽（得）である。しかし、皆が使い捨てをすると環境が汚染され、結局は全員が損をする。もう一つ例えると、値下げ競争で競合店よりも少し値下げを行えば来客が増え一時的には得となるが、競合店も同じように値を下げれば、値下げを行った効果をどちらの店も享受できない。結局労働に見合った報酬が得られにくくなる。個人的には損だが集団として得となる選択をどのようなときに取るのか、検証するため意思決定研究として一般的な「囚人のジレンマ（prisoners' dilemma)」（繰返し型囚人のジレンマ）と呼ばれるカードを使ったゲームを行う。囚人のジレンマゲームは、２人が相談せずにカード選択を行うゲームで、相手が裏切っても（defection：カードD)、協力しても（cooperation：カードC)、自分は裏切った方が利得が大きくなるよう設定されているので、最も合理的な選択は両者による裏切り（D・D）となる。しかし、２人とも相手を裏切ろうとした場合、双方の利得は2人が共に協力（C・C）した場合よりも少ない。一方、人は自分の利得が増えたことに対する喜びよりも、損失が増えたことに対する否定的な感情を強く経験する傾向がある（プロスペクト理論、Kahneman＆Tversky、1881)。この先行研究を使った検証を行った。

囚人のジレンマゲーム

本実験は、両者が裏切った場合に得点が増える、ポジティブ条件を設定し両者の協力関係がどのように変化するのかを検討する。

方法

1．実験材料

・C、Dと書かれたカード各３枚（図１）
・反応記録用紙（表１に示すマトリクスを使用）

表1　正条件のマトリクス

		相手の選択 C	相手の選択 D
自分の選択	C	10 / 10	2 / 15
自分の選択	D	15 / 2	5 / 5

（相手の得点 / 自分の得点）

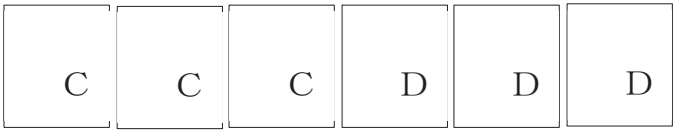


図1　実験に使用したカード（A6サイズ）

2．実験者と被験者

放送大学で「心理学間実験３」を受講中の学生16名（男性５名、女性11名）が、授業の課題として実験に参加した。

3．手続き

被験者は、２人１組のペアをランダムに作る。表１の得点マトリクスと、ゲーム結果を記録する用紙が渡され、これからゲームを行うこと、またこのゲームの目的は自分の得点がなるべく多くなるように説明された。全体の得点上位２名には賞金（インセンティブ150円）が支給されることが説明された。実験参加者は手元にCまたはDと書かれた用紙３枚ずつ計６枚を用意し、次に出すカードは「選択」し、どれを出すのか分からなくさせ合図に合わせて２人が同時にいずれかの紙を出した。その選択に応じ、自

分が獲得した得点と、相手が獲得した得点を記録表に記入した。これを30試行繰り返した。実験終了後、気がついたこと、勝つためにした工夫があれば反応記録用紙の下欄に記入させ、最後に、実験の目的を説明した。

なお実験中は、試験者同士で私語や相談は禁止した。

結果

ペア用の集計用紙ゲームの結果をまとめた。個人の得点は、自分が141点で相手が180点だった。全体のうち、２人ともＣを出した回数０回、Ｄを出した回数27回だった。最初の５回（１－５試行）のうち、２人ともＣを出した回数０回、Ｄを出した回数３回、中間の５回（14－18試行）のうち、２人ともＣを出した回数０回、Ｄを出した回数５回、最後の５回（26－30試行）のうち、２人ともＣを出した回数０回、Ｄを出した回数５回となった。全体、最初、中間、最後の裏切り率（５回のうち、ともにＤを出した率）を求めた。（表２）

表2　ペアの裏切り率（%）

	割合
全体	90
最初の5回	60
中間の5回	100
最後の5回	100

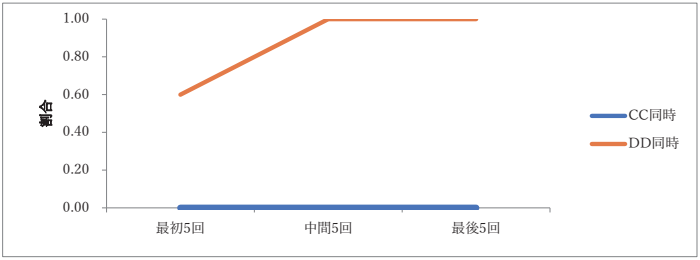


図2　ペアの裏切り率の曲線

ペアの結果は、最初の５回が60％、中間の５回が100％、最後の５回100％、全体は、90％となった。その結果を裏切り率の曲線とした。（図２）

同様に全体をまとめたのが表３で、最初の５回が45.0％、中間の５回が52.5％、最後の５回52.5％、全体は46.7％となった。その結果を裏切り率の曲線とした。（図３）

表3　全体の裏切り率（％）

	割合
全体	46.7
最初の5回	45
中間の5回	52.5
最後の5回	52.5

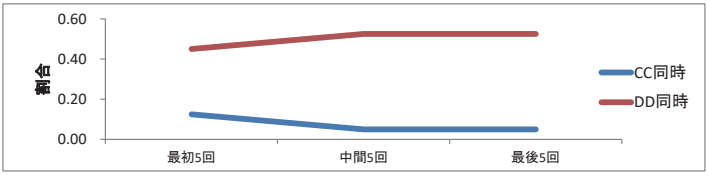


図3　全体の裏切り率の曲線

考察

二人の関係協力関係は、ペアの結果から最初の５回が60％、中間の５回が100％、最後の５回100％と、両者が裏切った場合に得点が増えるポジティブ条件に推移することがみられた。利得の正負によって協力関係が変わるという仮説は支持された。本実験の結果から、人は損失が増えたことに対し、自然と裏切りに変化すると言える。

表３の結果から、条件によって、２人が共に裏切りを選んだ割合は最初の５回が45.0％、中間の５回が52.5％、最後の５回52.5％となった結果から、協力率はゲームを繰り返すことによって最初より中間が増加したものの最後は変化しなかった。従って、中間で協力が維持出来ていると最後まで変化しない傾向となった。今回の実験には上位２名にインセンティブが支給される条件から、上位を目指すために協力に働いたことが考えられる。この実験から、２人が共に協力を選ぶ条件として、ペアに賞品（インセンティブ）を支給すると、ペアで協力し高得点化につながると考えられる。同様に、組織でも個人賞とチーム優勝といった考えで一体感が生じることがあると考えられる。

このゲームの事例から生産現場での労働者の心理を考えてみると企業全体で安全第一といいながらも、生産を優先させることが評価される状況にある場合、設備を止めない作業が容易に想定される。これは、トップの間違った指示といった側面ではなく、企業内で長年のうちに会社特有の考え方や習慣が暗黙のルールとなって企業文化になって育まれていることにある。企業文化は、個人の性格と同じようなもので変える（変容）には相当な努力が必要である。また、「事故は、事故を起こした側にも原因がある」という責任追及の文化があると、事故に至った原因と結果を客観的に関連づける検証思考が停止して、犠牲者非難（victim blaming）を行うバイアスが生じやすくなる点も注意が必要である。

まとめ

本報告は、教育は社会化である視点から人の判断にバイアスが生じることを検証した。結果は、利己主義に収束したことから、人間特性を理解し、マネジメントにおいてリスクの検討が必要となることから、長岡技大のシステム安全専攻にて論理的に安全を学び、一人でも多くの方が労働災害防止に活用することを願っている。

《引用文献》

1．菊水健史氏，群れの機能と「安心」の神経内分泌学，The Japanese Journal of Animal Psychology（2018）
2．中央労働災害防止協会，安全の指標，令和元年度（令和元年５月31日版）
3．ISO/TR14121-2 Safety of machinery-Risk assessment- Part2:Practical guidance and examples of methods（2012）
4．亀山秀明，放送大学心理学実験３レポート，社会心理学「集団における意思決定（ゲーム理論）実験」（2019）
5．亀山秀明，フールプルーフと安全確認型フェールセーフ，安全工学シンポジウム2018公演予稿集，p.270 ～ p.271

人、建設機械と安全に関するダイナミクス研究

長岡技術科学大学　システム安全専攻　教授
阿 部 雅二朗

1．はじめに

建設業では生産性向上やコスト縮減などを旗印に、その機械化、すなわち機械の活用がこれまで推進され今日に至っています。しかし、建設業に使用される機械（以降、建設機械と略称）と関係する事故の低減、安全問題の克服は長年の課題となっています。建設機械は社会基盤等の新設以外に、その維持管理、さらには災害の復旧・復興時等にも利用されます。

このような状況を踏まえつつ、筆者らは機械の動力学（どうりきがく）に基づいて、機械の安全設計や安全な運用に資する科学的情報を提供すべく研究を実施しています。動力学は標題のように、その英文用語をカタカナ表記するとダイナミクスとなります。機械は基本的に動いて仕事をします。どうしたら動くか、どのように動くか、動いたら何が起こるかなどを科学するダイナミクスは、その安全設計などにおいて重要な役割を果たします。

本稿は、建設機械に人も加え、両者の関係をも解析する、広い意味でのダイナミクスについて、筆者らが近年実施している研究の例として、建設機械の内、不整地で作業する機械の転倒安全性に関する研究を取り上げて次章にその一部を紹介します。読者の皆様に興味を持っていただき、さらには研究等の活動に参画いただけることを期待し執

筆しました。なお、この内容は2019年８月に九州の福岡市にある九州大学伊都キャンパスで開催された日本機械学会の機械力学・制御部門の全国大会における筆者らの講演内容[(1)]をもとにしています。本稿のページ数等の制約より、多少省略して紹介します。詳細は文献(１)を参照いただければ幸いです。

2. 不整地作業機械の転倒安全に関する研究例

2.１ 概要

不整地作業機械は、一般的な土木や建築工事のほか、災害時の救援から復旧工事まで幅広く活用されています。これら機械は現場において作業の安全な遂行が要求されますが、転倒等の事故発生が問題となっています。筆者らは代表的な不整地作業機械であるクローラクレーンを対象に、周辺を含め危害程度が大きくなりやすい転倒に係る動的な特性（以降、動特性と呼びます。）に関する一連の研究を実施してきています[(2)−(4)]。なお、クローラとはキャタピラとよく呼ばれている走行装置の学術名称です。次ページにある図1右側を参照下さい。以降に、この研究のために設計開発しているシミュレータの概要とそれによる解析の一例を示します。

2.２ リアルシミュレータ

2.2.１ 全体概要

筆者らは、不整地作業機械の転倒を主対象に、機械の運転者（人）、作業機械、それを支える不整地よりなる系において、作業中の動特性を解析できるリアルシミュレータを設計開発しています。リアルとは別にバーチャルなもの、リアルとバーチャルの複合、融合も進めつつあります。このシミュレータを用いた計測結果の基礎的な解析から、荷役作業中に機械の転倒安全状態を監視し運転者へ視覚や聴覚系を介

し伝達するシステムについて考察した内容について、その例を紹介します。

リアルシミュレータは、運転者、運転室シミュレータ、クローラクレーン－堅固面モデルにより構成されています。図１にその概要を示します。堅固面モデルは軟弱な土質モデルに変更することもできます。運転室シミュレータは人が搭乗するため実寸大です。クローラクレーンのモデルは50tonづり実機クローラクレーンに対して、幾何学的相似比及び質量比を設定し設計開発しました。模型（おもちゃ）というより、小型ではありますが実製品に近いものです。

運転室シミュレータに搭乗した運転者が目の前にあるレバーを腕で動かしクローラクレーンモデルを操作します。この操作により荷役作業するクローラクレーンモデルにて動特性が計測され、同モデルの運転室床面幾何中心相当位置に設置したセンサで計測された３軸方向の回転角及び並進加速度が６自由度モーション装置の挙動に反映され、運転者へ伝達されます。これらにより、実機運転室でクレーン操作しているときに近い状況を模擬します。クレーンモデルを設置する不整地モデルは堅固な面モデルです。解析例では水平にしています。任意方向に傾斜させることも可能です。

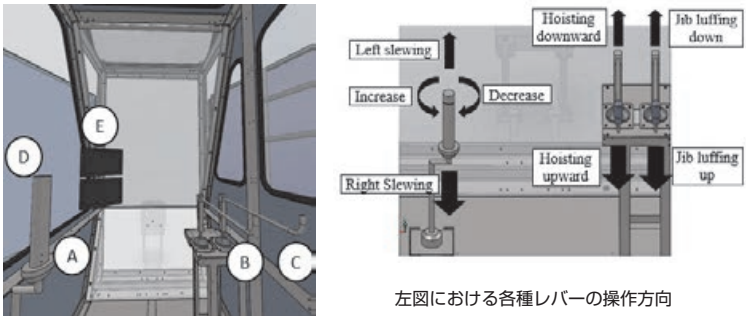
図1　リアルシミュレータのシステム[1]

2.2.2 運転室シミュレータ

運転室シミュレータは実機50tonづりクローラクレーンの運転室各部を実際に測定した寸法、メーカーカタログ値[5]や国際規格（ISO 8566-1）に準拠して設計開発しました。図２に示す運転室内の操作レバーの配置・操作方法は、実機寸法や国際規格（ISO 8566-2）及び日本産業規格（JIS B 8823-2）に準拠しています。これらにより、実機に近い運転室内環境におけるレバー操作が可能となります。

2.2.3 転倒安全状態の伝達システム

クレーンを安全に運転するには運転者への視覚・聴覚系を介した転倒等の安全に係る状態の伝達システムが重要です。そのシステムを国内主要クレーン製造メーカ３社の表示部を比較検討して参考にして設計開発しました。図３に視覚系を介した伝達システムの表示画面を示します。聴覚系を介して負荷状態を伝達する方法として、負荷率が70[%]を超えるとディスプレイ内臓スピーカーより警告音を発し、その間隔により機体の負荷状態を把握できるようにもしてあります。



左図における各種レバーの操作方向

図2　各種操作レバー及び安全情報表示モニタの配置[1]
（A：旋回、B：ジブ起伏、C：つり荷巻上げ、D：操作信号出力、調整、E：安全情報表示）

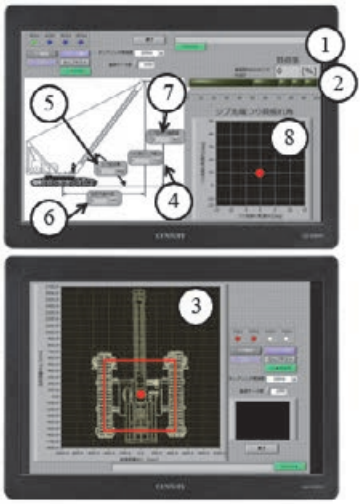


図3　視覚系を介した伝達システムの表示画面 (1)
〔パターン1の場合　①、②：負荷率、③：反力中心、④：つり荷質量、⑤：ジブ起伏角、⑥：作業半径、⑦：ジブ上端高さ、⑧：つり荷振れ角〕

2.2.4　運転者の操作・生体特性計測システム

運転者によるクローラクレーンモデルの操作特性は、図２に示した各操作レバーにおいてその中立位置からの操作角をポテンショメータにより電圧に変換して計測します。中立位置の2.5[V]を基準として、レバー操作可動範囲±17.5[deg]の間で0 ～ 5[V]が変換出力されます。

運転者の生体特性としては、脳波、心拍数、呼吸数、咬筋電圧及び視線を計測できます。その詳細は文献（１）には記載しています。

2.3　リアルシミュレータによる基礎実験解析の例

2.3.1　概要

水平な堅固面上に設置したクローラクレーンモデルで荷役作業する

運転者のクレーン操作特性、生体特性のほか、クレーン動特性を計測し解析する実験をリアルシミュレータにより実施しました。運転者（被験者）へは、要求する軌道での荷役作業を指示しました。実際の荷役作業でも想定される壁障害、バー障害及びポール障害を含んでいます。クローラクレーンのような移動式クレーンを運転する上で基礎的な運転技術を要求する作業です。このような実験解析の結果を考察しました例を以降に述べます。

2.3.2 運転者（被験者）

被験者たる運転者は、年齢20才の移動式クレーン運転士資格を有していない男性３名としました。有資格者による運転は別途実施していますが本稿には示していません。被験者はクローラクレーンモデルの運転室からの操作方法を理解するため、実験前に次項に述べる条件下での操作訓練を操作特性がおおむね変わらなくなるまで実施しました。解析前日は、アルコール、カフェイン及び薬物の摂取を控え、十分な睡眠をとるよう指示しました。解析当日は、問診の後、解析（実験）開始５分前と解析（実験）完了後５分後に、着座姿勢による安静覚醒閉眼状態において５分間生体特性を計測しました。この計測で得られたデータを基準状態 (6)−(7) としました。

2.3.3 作業条件

図４に運転者に指示したつり荷の目標軌道を示します。つり荷は質量110[kg]、直径230[mm]、高さ370[mm]としました。図４中の①（P1、図には丸囲み番号のみ記載、他も同様）点より荷役作業を開始し、バー障害（位置P3 ～ P4）、ポール障害（P6 ～ P11）及び壁障害（P13 ～ P14）に接触することなく通過し、目標点（P1点）へ荷を着地させる作業を指示しました。その他、実際の作業現場で要求される基礎的操

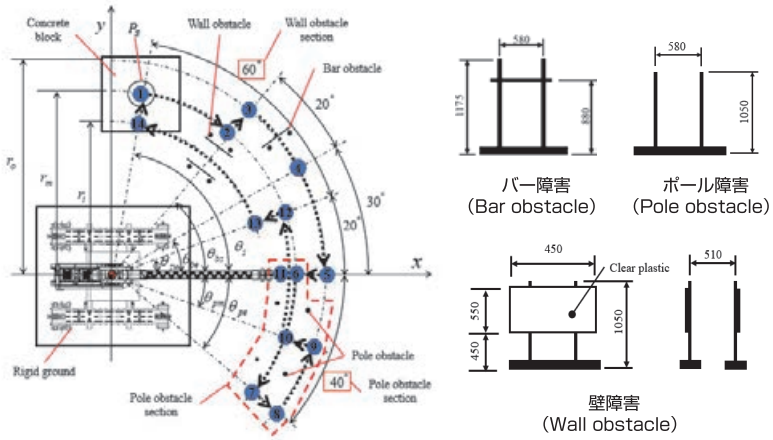


図4　荷役作業におけるつり荷目標軌道及び障害物条件 [1]

作技術を運転者へ要求するため、移動式クレーン運転士免許の技能試験を参考にして、次の３つを運転者へ要求しました。

（１）つり荷高さ（地面からつり荷最下端までの高さ）は約550[mm]に維持する。

（２）つり荷はバー障害では上部を越え、ポール障害、壁障害では障害物間を通過させ、障害物へ接触しないようにする。

（３）荷は二重丸で示す領域の中心への着地を目指す。

2.3.4　転倒安全状態伝達システムの設定画面

運転者へ視覚系及び聴覚系を介して転倒安全状態を伝達するシステムについて考察するため、本実験では表１に示す４つの表示パターンを用いて、運転者へ安全情報を伝達しました。

表示パターン１～３は視覚系のみ、パターン４はパターン３に警告音を追加し、視覚系・聴覚系の両方を介して安全情報を伝達します。

表1　表示項目及び表示パターン[1]

No.	分類	表示項目	表示パターン			
			1	2	3	4
1	視覚情報	負荷率	○	○	△（負荷率70[%]超え）	
2			○	○	△（負荷率70[%]超え）	
3		反力中心	○	×	△（転倒危険度80[%]超え）	
4		つり荷ロープ張力	○	○	○	
5		ジブ起伏角	○	○	○	
6		作業半径	○	○	○	
7		ジブ先端高さ	○	○	○	
8		面内・面外つり荷振れ角	○	×	○	
9	聴覚情報	負荷率	×	×	×	△（負荷率70[%]超え）

○：表示　×：非表示　△：( ) 内条件下にて表示

パターン３及び４では、転倒安全状態を定量的に評価する負荷率及び転倒危険度の指標が一定値以上になると表示されます。また、表示パターン４にて負荷率が一定値以上で発する警告音は、表示モニタの内臓スピーカーより発します。発する警告音は、負荷率の値が100[%]にづくにつれてその間隔が狭くなるように設定されています。これにより運転者が転倒安全状態の程度を把握できるようにしました。

運転者は上述した４つの表示パターン設定のもと各１回ずつ荷役作業を行いました。表示パターンの順序はランダムとしました。

2.3.5 解析結果及び考察

視覚・聴覚系を介した伝達システムの表示パターンの違いがクレーン運転者操作特性・生体特性ならびにクレーン動特性に及ぼす影響つ

いて考察しました。本項では運転者３名のうち、操作電圧の時間的変化が最も滑らかで、操作の習熟度が高いと考えられた運転者Aに着目しました。また、荷役作業経路に設定した３つの障害物のうち、ジブ起伏､旋回及びつり荷巻上げ・巻下げの複合操作を連続して要求され、最も難度が高いと思われるポール障害に着目し、それを通過する時間領域（図４に示したP6 ～ P11間）の結果について以下に考察します。

図５～図８に表示パターン１～４のポール障害を通過しながら荷役作業中における、運転者操作特性とつり荷・機体の挙動、さらに最下段に運転者右目の注視点位置及びそこへの注視停留時間の実験結果をまとめて示します。これら図の細部の意味については文献（１）を参照下さい。本稿では、このようなことが考察できるということを把握いただければよいと思います。注視停留時間は右目と左目でその傾向は大きく変わらなかったため、右目の結果を示しました。各図番における上３つの図には、ポール障害区間に2つあるポール障害の荷役作業時間帯をTp1（P6 ～ P7間）及びTp2（P10 ～ P11間）と示しています。

図５～図８における中段２つの図からつり荷・機体挙動、負荷率及び転倒危険度の時間変化に注目すると、表示パターン１、３及び４では、ポール障害区間で側方転倒危険度が大きく変化するTp1及びTp2において負荷率と転倒危険度は100[%]未満であり，同区間全体でも同様の傾向にあります。他のパターンと比べ、転倒安全状態の評価指標が負荷率のみという特徴がある表示パターン２では、図６の上から３つ目の図のTp1のポール障害を通過し、右旋回操作後の250[sec] ～ 270[sec]に見られるように、運転者へ事前に指示した荷役軌道以上に右旋回操作を行ったことにより側方転倒危険度が100[%]を超えています。ただし、実験の安全上、完全転倒に至る少し前の転倒限界状態を基準にしているため実験時にクレーンが側方転倒するには至りませ

んでした。また、図番ごとに一番上に示した操作特性から、急激なレバー操作はつり荷振れ、特に、面外方向の振れへ影響が大きく現れます。例えば、図５最上図のように約380[sec]からの急な旋回操作時には±20[deg]程度の面外方向振れが発生し、負荷率は約±10[%]増減しています。図７～図８より、負荷率と転倒危険度を一定値以上で運転者へ伝達するという特徴がある表示パターン３とパターン４はパターン１と２に比べ、操作特性が穏やかとなり、機体動特性や負荷率の急激な変化が少なくなります。

視線計測システムを使用して注視点の位置及びその位置への停留時間を分析した結果を図５～８のそれぞれ一番下に示します。表示パターン１では、図５一番下の図に示すように、注視点はつり荷フック部分（水平方向x；６～17[deg]、鉛直方向y；13～21[deg]）、上部モニタ（x；-12～-17[deg]、y；0～-13[deg]）及び下部モニタ（x；-17～-23[deg]、y；-17～-22[deg]）に集中しています。これに対し、表示パターン４では図８一番下の図から、つり荷フック部（x；６～23[deg]，y；９～17[deg]）と上部モニタ（x；-12～-29[deg]，y；４～-9[deg]）に注視点が集中しており、それ以外の場所を注視する時間は減少傾向になることが確認されました。表示パターン４では警報音が発せられることにより、負荷率の状態は表示モニタを注視しなくとも、音とその間隔により把握できるようになったことが要因と考えられます。

以上より、視覚系による伝達方法では、伝達する安全情報が少ない方がつり荷や表示モニタを注視する傾向にありました。ポール障害を荷役作業する時間全体においては、つり荷の挙動や表示モニタの注視時間の割合が大きいとレバー操作角度の急激な変化も少ないことを確認しました。さらに、聴覚系による伝達方法が加わるとその傾向はより顕著になり、警報音による一定の安全効果が認められました。

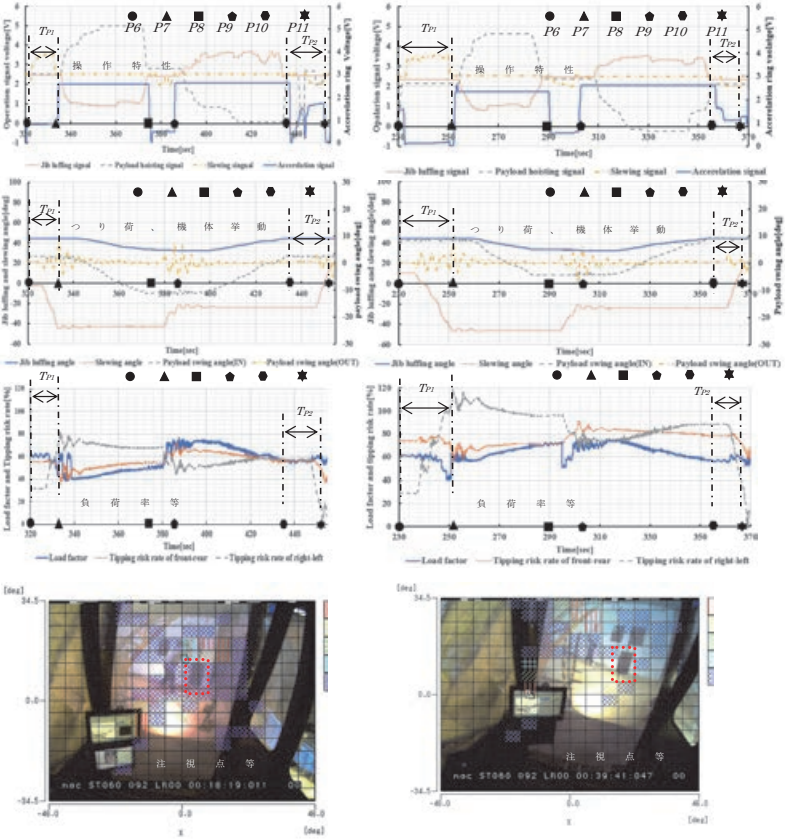


図5　実験結果（パターン1）(1)

図6　実験結果（パターン2）(1)

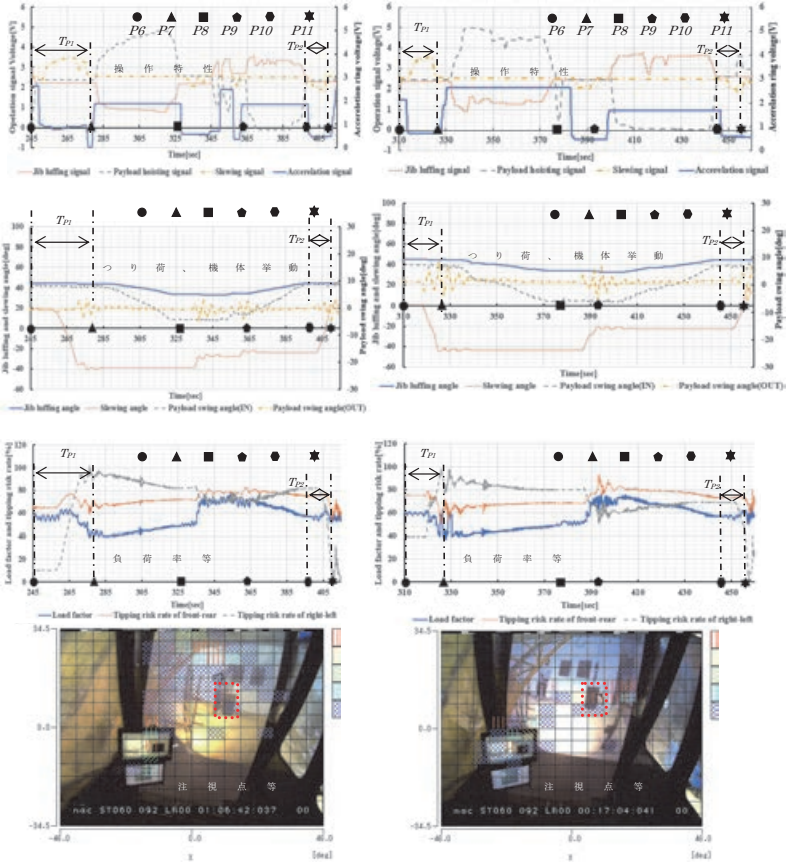


図7　実験結果（パターン3）(1)

図8　実験結果（パターン4）(1)

2.4 結言

機械運転者－作業機械－不整地系における作業中の動特性を解析できるリアルシミュレータにより、計測結果の基礎的な解析から、荷役作業中に機械の転倒安全状態を監視し運転者へ視覚・聴覚系を介し伝達するシステムについて考察しました。その結果、以下の結論を得ました。

（1）視覚系を介した伝達方法では，表示パターン１とパターン２のように安全情報を常時運転者へ伝達する方法と、表示パターン３とパターン４のように負荷率及び転倒危険度が一定値以上で伝達する方法について比較しました。その結果、運転者へ伝達する安全情報が少ない方が、操作レバーの急激な操作が少なく、つり荷及び表示モニタを注視する傾向にありました。

（2）聴覚系を介した伝達方法では、負荷率が一定値以上になると警告音を発し、その間隔により負荷率を伝達する方法について考察しました。ポール障害区間においては、視覚系のみを介した伝達方法に比べ、聴覚系を介した伝達方法は注視点がつり荷及び表示モニタに集中する傾向にありました。

（3）運転者３名のうち､運転者Ａの操作特性及び生体特性により、表示パターン３または表示パターン４の表示方法が、転倒安全性の確保に寄与する可能性を示しました。

3. おわりに

今後も、熟練度の異なる多様な運転者による、円滑かつ安全な荷役作業の実施に資する、運転者とより協調性の高い転倒安全状態の伝達方法などについて研究を継続していく予定です。

本稿を読んで興味を持たれた方などとの交流も展開できれば幸いに

存じます。

謝 辞

本稿の第２章に紹介した研究の一部は、日本学術振興会、科学研究費助成事業15H02978の助成を受けて実施しました。ここに記して謝意を表します。

《参考文献》

（１）河西啓至，阿部雅二朗，クローラ式作業機械における転倒安全状態の監視及び伝達システムに関する基礎実験解析，日本機械学会機械力学・計測制御部門D&D2019講演論文集（2019）

（２）阿部雅二朗，高橋翼，藤野俊和，山口祥，複雑条件下におけるクローラ－人間系の転倒安全性に関する基礎実験解析，日本機械学会北陸信越支部第50期総会・講演会講演論文集（2013）

（３）阿部雅二朗，水島彰宏，藤野俊和，今井智大，仲川力，クローラクレーンの動的転倒安全性に及ぼす設置面傾斜の影響に関する基礎実験解析，日本機械学会北信越支部第53期総会・講演会講演論文集（2016）

（４）阿部雅二朗，岩井康平，宇澤亮太，水島彰宏，仲川力，土質地盤上に設置したクローラクレーンの動的転倒安全性に関する基礎実験解析，日本機械学会北陸信越支部第54期総会・講演会講演論文集（2017）

（５）Master tech 7050Gクローラクレーン（最大定格荷重50t×3.8m）スペックシート，コベルコ建機株式会社

（６）音成龍司，よくわかる脳波判読，金原出版株式会社（2004）

（７）内山靖，小林武，間瀬教史，測法入門　計り方・計る意味，協同医書出版社（2005）

シリーズ：安全安心社会研究の古典を読む　No. 7

WHOの国際生活機能分類

ICF：International Classification of Functioning, Disability and Health

長岡技術科学大学　体育・保健センター　助教　永森正仁
教授　塩野谷明

1．はじめに

障害に関する国際的な分類は、世界保健機関（以下、WHO）により1970年代に検討が開始された。そして、1980年にICD-10：International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th revision（国際疾病分類第10版）の補助としてICIDH：International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps（国際障害分類）が採択された[1)]。さらに約20年の歳月が費やされ、この国際障害分類の改訂版であり、本稿で紹介するICF：International Classification of Functioning, Disability and Health（国際生活機能分類）が2001年に発行された次第である[2)]。

発行されたICF国際生活機能分類は、改訂された名称が示すよう、Disabilities and Handicapsのある人のみならず、すべての人々に対するDisability and Healthの構成要素に関する分類とされた。そして、このICFにおいて示された新たな障害概念は、従来の障害概念を大きく覆すものであった[3)]。

ICF国際生活機能分類では、障害における社会的不利を、従来の個人的な状態に対する諸帰結を捉える医学モデルのみでは解釈していない。それは、ICIDH国際障害分類で構築された医学モデルを継承しつつも、新たに、対象者を取り巻く社会的な環境に対する諸帰結を捉え

る社会モデルを加え、新たなモデルを世界に提示するものであった。

さらに、ICFは、人の活動と参加を阻害または促進する調整・改善・開発可能な要因を、環境因子として分類しコード化した。これにより、例えば、車いす利用時のバリアフリー等の環境を国際的な分類に則って、一人ひとりの生活機能［心身機能・構造、活動と参加］の観点も考慮し、アセスメント可能になったのである。

すなわち、ICFは障害という概念を、個人の心身機能・構造のみに依存するもの（医学モデル）のみではなく、環境因子（社会モデル）にもよるものとして再定義（統合モデル化）したのである。ICFに示される統合モデルの概念は、まさに社会における人の生活機能からみた、人と人との関係も含む安心安全に関する環境因子への取り組みそのものである。この環境因子の調整・改善・開発において、医学、法学、社会学、心理学のみならず、教育学、そして、工学が期待される領域は大きい。

本稿では特に、安全安心への社会研究の大きな成果であり我が国でも推進されている合理的配慮への影響を遡りつつ、障害や健康、人に関する古典としてWHOの国際生活機能分類ICF（2001）を紹介する。

2．合理的配慮の歴史〈1990 〜 2016〉

合理的配慮という概念の明確化は、米国の障害のあるアメリカ人法（1990）から、国連の障害者権利条約（2006）採択のプロセスで行われた。そして、合理的配慮の対象となる障害の範囲・概念は、同時期に並行して議論されていたWHOのICIDH国際障害分類からICF国際生活機能分類の発展に伴い拡大された（表１参照）。

日本国内においても、2014年の権利条約批准に向けて障害者基本法が改正（2011）され、障害の定義に精神障害者（発達障害含む）が追加された。さらに、障害者差別解消法が2013年制定された。そ

して、2016年の施行により合理的配慮の提供が公的機関に対して義務付けられ、現在の障害や健康に対する環境調整の基盤となっている。

表1　合理的配慮の歴史年表

年代	合理的配慮に関連する法・制度	主な出来事
1990年	障害のあるアメリカ人法（米）	合理的配慮の記述（米）
1995年	障害者差別禁止法（英）	合理的配慮の記述（英）
2001年	WHOがICFを採択	障害の社会モデルの明確化
2006年	国連が障害者権利条約を採択	合理的配慮の概念の明確化（国連）
2007年	日本が障害者権利条約に署名	条約批准に向けた国内法の整備
2011年	改正障害者基本法の施行	精神障害に発達障害が追加
2013年	障害者雇用促進法の改正	法定雇用率に精神障害を追加
2013年	障害者差別解消法の制定	合理的配慮の概念の明確化（日本）
2014年	日本が障害者権利条約に批准	
2016年	障害者差別解消法の施行	合理的配慮の提供の義務化

3．障害者権利条約における合理的配慮〈2006〉

障害者権利条約は、障害のある者の人権や基本的自由の享有を確保し、その固有の尊厳の尊重を促進し、対象者の権利を実現するための措置等を規定した国際条約である[3)]。日本はこの条約への批准を目標に、障害者支援に関する一連の国内法の整備を行った。条約では、これまでの障害概念の定義が更新されるとともに、合理的配慮という新しい概念が示された。

合理的配慮は、障害者権利条約第二条において、以下のように定義されている。

障害者権利条約第二条定義（抜粋）

合理的配慮とは、障害者が他の者との平等を基礎として全ての人権及び基本的自由を享有し、又は行使することを確保するための必要かつ適当な変更及び調整であって、特定の場合において必要とされるものであり、かつ、均衡を失した又は過度の負担を課さないもの

この合理的配慮の対象となる障害者の範囲は、障害の範囲や定義によって決まる。障害者権利条約前文においては、以下のような障害概念が示されている。

障害者権利条約前文（抜粋）

～障害が発展する概念であることを認め、また、障害が、機能障害を有する者とこれらの者に対する態度及び環境による障壁との間の相互作用であって、これらの者が他の者との平等を基礎として社会に完全かつ効果的に参加することを妨げるものによって生ずることを認め、～

上述の条約前文に明記されるよう、障害者権利条約における障害概念には、ICF国際生活機能分類で示された障害概念が色濃く反映されている。なぜなら、ICFにおいて示された新たな概念は従来の障害の概念を大きく覆すものであり、まさに障害や健康に関するパラダイム・シフトであったからである。

4．ICFによる障害や健康に関するパラダイム・シフト〈2001〉

4.1　国際障害分類 ICIDH〈1980～〉

パラダイム・シフト以前、従来の障害概念を捉えるうえで重要なのが、1980年にWHOが採択した国際障害分類（International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps 以下ICIDH）である。ICIDHで示された障害モデルは、世界で最初に提起された科学的で総合的な障害モデルであった。このICIDHの障害構造の概念図を図１に示す。この障害モデルでは障害を、機能・形態障害、能力障害、社会的不利の、三つのレベルに分けて捉える。疾患・変調（Disease or Disorder）が原因となって機能・形態障害（Impairment）が起こり、それから能力障害（Disability）が生じ、それが社会的不利（Handicap）を起こすというものである。つまり、障害には人の生物の生命レベルの障害としての「機能・形態障害」、そして、個人の生活レベルの障害としての「社会的不利」があり、その全体が「障害」であると定義する。これにより、疾患と障害を区別した上で、初めて個人の障害を構造的に把握することができるようになったのである。

図1　ICIDHの障害構造の概念図

4.2　国際障害分類 ICIDHから国際生活機能分類 ICFへ〈〜2001〉

このICIDHから、多数の建設的な議論が生まれた。そのなかでも、ICIDHのWHO採択の10年後、「カナダモデル」（1991）で示された社会的不利に対する環境の重視説は、広く諸外国の障害者運動に共感を得た[4)]。「カナダモデル」では、障害に対する「環境因子」が定義され、環境因子のうちマイナスに働く阻害因子と機能障害・能力障害との相互作用に

よって社会的不利状況が起こるモデルが提案された。このモデルが後のICFの生活機能構造モデルの基盤となる。

さらに約10年の歳月が費やされる。WHOはICIDHの改定作業を実施し1999年にICIDH改訂β版として発表、2001年に国際生活機能分類（International Classification of Functioning, Disability and Health、 以下ICF）として採択した。この20年に及ぶ議論と改訂の過程において、国際的な障害分類の目的に関する合意が形成された。そして、この合意形成の成果として、ICFの障害や健康に関する領域の共通言語としての活用、すなわち、異なる専門間、専門家と障害当事者間、それらと行政間の理解・協力促進のための言語としての意義が強調された。

また、ICFでは、障害を階層構造で把握するというICIDHの優れた点を取り入れつつ、構造概念を構成する用語においてもマイナス面よりも、合理的配慮の対応を含むプラス面を重視するスタンスをとっている。具体的には、機能障害でなく「心身機能・構造」、能力障害でなく「活動」、社会的不利でなく「参加」といった用語が用いられている。また、これに伴い分類全体の名称も「国際障害分類」ではなく、「生活機能・障害・健康の国際分類：国際生活機能分類」とされ、人間の生活に関わることのすべてを対象とするものとして発行された。

このように、ICFはICIDHを継承するものではあるが、もはやそれは障害のみの分類に止まらず、障害を含む人間の生活機能に関する分類となった。つまり、それは、高齢者も含みあらゆる人間を対象とした、社会における人の健康状態に関連した生活機能および、その生活機能に関する環境因子をコード化（分類・記述・評価）し得る分類となったのである。

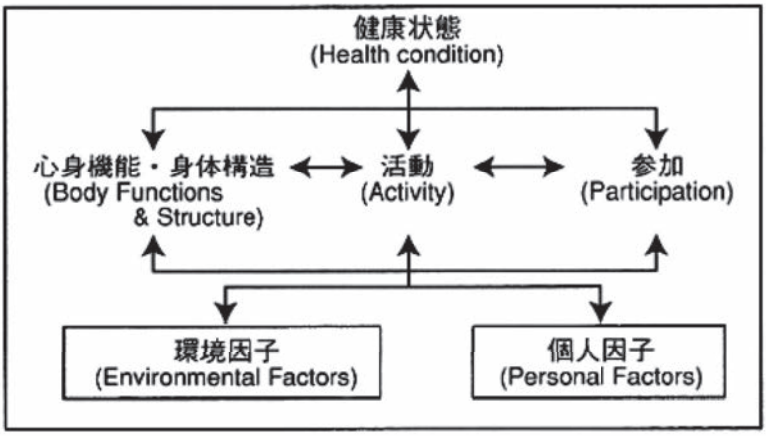


図2　ICFの生活機能構造の概念図

4.3　医学モデルと社会モデルの共通言語

ICFにおいて新たに提示された生活機能構造の概念図を図２に示す[5)]。構造では、従来の障害モデルと異なり、構成要素間を両方向の矢印でつないだ相互作用が重視されており、環境因子や個人因子等の背景因子の視点が取り入れられている。この生活機能構造は今日広く普及しており、障害の医学モデルと社会モデルの統合モデル、あるいは折衷モデルともいわれる[6)]。

なお、障害の医学モデルや社会モデルは、ICIDHによる障害モデルが提示される以前からある障害学においても議論されてきた。特に、イギリス障害学の創始者であるマイケル・オリバーが提唱した「障害の社会モデル（1996）」は評価が高く、日本の障害学にも大きな影響を与えているとされる[7)]。この社会モデルはイギリスの「隔離に反対する身体障害者連盟」（UPIAS：The Union of the Physically Impaired Against Segregation）における障害定義（1995）を基盤としている。この

UPIASの障害定義は、障害をインペアメント（Impairment）という個人的次元と、ディスアビリティ（Disability）という社会的次元に切り離すことにとって、社会的責任の範囲を明確にした[8)]。

上述してきたように、環境との相互作用や各構成要素の関係性で障害を包括的に捉えようとするICFの生活機能モデルは、障害の原因を個人的次元のみに見出すものではなく、また、社会的次元のみに見出すものではない。この、医学モデルと社会モデルの枠を超え、統合された概念は、各専門領域間を超えた共通言語としてのICFの重要性を強調するものである。

また、いうまでもなく、医療研究分野や社会研究分野において工学の貢献できる領域は少なくなくない。そして、近年、一人ひとりの文化的・感覚的な要素の強い個人因子に関連した環境因子における安心安全な社会環境の調整・改善・開発はますます重要となってきている。

5. おわりに

2007年、ICF：国際生活機能分類の児童版（ICF-CY：ICF - Children & Youth version）がWHOで発表され、日本においても、厚生労働省からICF-CY日本語版が2009年に発行された[9)]。ICF-CYでは、ICFを拡張する形で、これまで分類の対象となっていなかった発達障害を有する児童も含む18歳未満の者も対象とされた（ICFの約1400項目に約200項目が追加）。このICF-CYは、今日、日本における中等教育までの特別支援教育や、高等教育での合理的配慮の基盤的概念となっている。

ICFは、障害や健康に関するパラダイム・シフトであり、子どもたちや、障害者のみならず高齢者を含むすべての人の活動や参加における環境に関する共通言語しての活用が期待され、今も研究・開発が継続している国際分類である。それは、健康状況と健康関連状況を記述するための統一的で標準的な言語と概念的枠組みへの挑戦と言える。以下は本書

に示されるICFの目的の抜粋である[2)]。

- 健康状況と健康関連状況、結果、決定因子を理解し、研究するための科学的基盤の提供
- 健康状況と健康関連状況とを表現するための共通言語を確立し、それによって、障害のある人々を含む、保健医療従事者、研究者、政策立案者、一般市民などのさまざまな利用者間のコミュニケーションを改善すること
- 各国、各種の専門保健分野、各種サービス、時期の違いを超えたデータの比較
- 健康情報システムに用いられる体系的コード化用分類リストの提供

上記の目的は相互に関係している。そして、ICFの概念の実現と目的の達成のためには、文化圏をこえた１）保健政策、２）対応の質の保証、そして、３）効果評価に対して多様な人々が利用できるような、建設的で実用的な、安全で安心なシステムの構築が求められている。

あとがき

本稿では、安全安心への社会研究のひとつの成果であり我が国でも推進されている合理的配慮への影響を遡りつつ、WHOの国際生活機能分類ICF（2001）の紹介を試みました。本書ICFの紹介に、国連の障害者権利条約における合理的配慮への影響から記述しましたのは、合理的配慮の理念を構成する重要な要素が立場や文化をこえた継続的な合意形成にあると思うからです。

障害学において、従来、医学モデルと社会モデルは相反する概念であり、統合しえないことが議論されてきた歴史を持ちます。また、合意形

成をハーバマスの言うコミュニケイション的行為（1981）として考えると、それは建設的でかつ論理的で、互いにとって合理的な対話において実現可能なものであると解釈することができます[10)]。同時に、この行為、合意形成はとてつもなく困難なことに思えます。

僕がICFに惹かれるのはその構造、統合モデルが従来相容れなかった医学モデルと社会モデルの継続的な合意形成を目標とするモデル、いまよりもより望ましい社会システムの実現へのプロセスそのものを表象しているように感じるからです。

ICF国際生活機能分類はいわゆる図書ではなく、約1,400項目の分類とその分類概念が記述され、2001年に発行されたものです。しかし、その研究の歴史的背景と、現在の障害や健康に関する概念基盤の構築への貢献において古典として紹介させて頂きました次第です。

《参考文献》

1）WHO, “International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps”, 1980.

2）WHO, “International Classification of Functioning, Disability and Health: ICF”, 2001.

3）外務省, “障害者の権利に関する条約（障害者権利条約）”, (日本政府公定訳), 2014.

4）上田敏, WHO国際生活機能分類日本協力センター代表, “国際障害分類初版 (ICIDH) から国際生活機能分類 (ICF) へ-改定の経過・趣旨・内容・特徴-”, 2014.

5）進藤伸一, 秋田大学大学院医学系研究科保健学専攻, “リハビリテーションのための修正ICF（国際生活機能分類）モデルの検討”, 秋田大学大学院医学系研究科保健学専攻紀要, 2014.

6）西村修一, 池本喜代正, “ICFと合理的配慮との関連性-個人のニーズの実質的視点から合理的配慮を捉える方法的知見-”, 宇都宮大学教育学部教

育実践総合センター紀要 34，137-144，2011.
7）Oliver，Michael，“Understanding Disability：From Theory to Practice”，London，1996.
8）石尾絵美，“障害の社会モデルの理論と実践”，技術マネジメント研究 7，37-49，横浜国立大学，2008.
9）厚生労働省，“国際生活機能分類 –小児・青少年に特有の心身機能・構造，活動等を包括-厚生労働省大臣官房統計情報部編”，2009.
10）ユルゲン・ハーバーマス，河上倫逸（翻訳），“コミュニケイション的行為の理論”，1985.

シリーズ：海外書紹介 No. 6

EU傷害白書

長岡技術科学大学
学長アドバイザー，名誉教授 三上喜貴
システム安全専攻 准教授 張坤

はじめに

本稿では欧州共同体が不定期ながらも刊行を続けている「EU傷害白書」を紹介する。原題は“Injuries in the European Union: Summary of injury statistics for the years 2012-2014”である[1]。第１版は2006年に発行され[2]、以降、2007年に第２版、2009年に第３版、2013年に第４版[3]、2014年に第５版[4]、そして2016年に第６版が発行されている。第６版は2012－2014年に発生した傷害データに基づいて分析を行っており、やや古いが、発行元EuroSafeのホームページ（https://www.eurosafe-forum.org/）上で確認する限りこれが本稿執筆時点の最新版である。Ａ４サイズ、全50ページの冊子である。発行元はオランダのアムステルダムに本拠を置く「欧州傷害予防安全推進協会」とでも訳すべき組織[6]であり、EuroSafeと略称されている。欧州共同体自身による刊行物ではないものの、ベースとしている傷害データは欧州共同体の収集提供する傷害データベースEuropean Injury Data Base（EU-IDB）であり[7]、また、報告書の作成作業は欧州委員会ECのBRIDGE-Healthプロジェクト（欧州の健康関連情報システムの統合を目的とするプロジェクト）の財政的支援を受けて行われたもので

あるから、実質上EUが作成公表していると考えて良かろう。原題に“White Paper”の語はないが、「白書」と訳させていただいた。

白書の目的

本白書は「傷害は予見可能であって、その大部分は予防可能な公共の健康問題である（Injuries are a predictable and largely preventable public health problem in Europe.）」という一文で始まる。“Public health problem”の適切な日本語訳は難しい。「公衆健康問題」ではこなれた訳語と言えないし、「公衆衛生問題」と訳すと範囲が狭くなって安全や傷害の問題から離れてしまう危険がある。そこで、本稿では「公共の健康問題」と逐語訳した。本稿筆者を含め、読者にとっての驚きは、「傷害は予見可能であり、少なくともその大部分は予防可能である」との認識を高らかに宣言しているところだろう。この認識に立つからこそ、「傷害の発生状況とその背後にある要因についてサーベイし、政策当局にinformed decisionのための情報を提供する」という本白書の意義が明確となる。

情報源

分析のベースとなるデータベースは以下の６つである。

- IDB: European Injury Database
- DMDB: WHO’s Detailed Mortality Database
- CARE: Community database on Road Accidents
- HFADB: WHO’s European Health for All Database
- ESAW: European Statistics on Accidents at Work
- HDR: Eurostat’s hospital discharge register

縦軸に死亡／入院／通院を、横軸に傷害発生の領域（setting）を生活空間／道路交通／職場／自傷の４種類に分けて情報源を整理すると表１となる。なお、「生活空間」としてまとめた領域には家庭内のほか、余暇行動中、スポーツ中や学校で発生した傷害も含まれる。欧州では“home and leisure”と呼ばれることが多いが本稿では「生活空間」と訳した。ECHIは“European Core Health Indicators”と呼ばれる重要健康指標群であり、加盟各国はECHIに含まれる88の指標を報告する義務を負う。このうち傷害に関連するのは29b、30b、31、32の４指標である。

６つの情報源の中でも最重要な情報源がIDBであり、約500に及ぶ病院の救急部門から、毎年120万件という規模で提供される傷害発生記録がベースとなっている。病院が情報源であるから死亡に関する記録は含まれず、これについてはWHOの死亡データベースDMDBが重要な役割を果たす。

なお、地理的なカバレッジについて一言補足しておく。白書の中には31か国をカバーした国際比較表もあるが（EU加盟28カ国＋アイスランド、ノルウェー、トルコの非加盟３カ国）、これはWHOに報告しているECHIと呼ばれる最重要なコア指標の比較に限られており、データを提供していないEU加盟国も多い。安定的にIDBにデータを提供している国は18か国程度である[5]。頻繁に「EU平均」なる数値が登場するが、EU平均値は入手可能な国のデータのみで計算し、この値がデータの得られない国にも使用されている。また、オーストリア及びイタリアの２カ国については生活空間における傷害発生件数の数値が他国に比べて２～３倍高いために「データの質に潜在的な問題がある」とも指摘されている。

表1　白書のベースとなる情報源

Setting 領域 / Severity 傷害のひどさ	Home, Leisure, Sport and School Injuries 生活空間	Road traffic Injuries 道路交通	Workplace Inuries 労働災害	Self-harm 自傷
ECHI番号	29b	30b	31	32
死亡	DMDB	DMDB, CARE	HFADB,ESAW	DMDB
入院	IDB	IDB, HDR	IDB, ESAW	IDB, HDR
応急処置	IDB	IDB	IDB	IDB
全ての治療	IDB	IDB, CARE	IDB, ESAW	IDB

全体像：健康への負荷としての傷害

情報源の紹介に続いて、白書は欧州で発生している傷害の全体像（The Bigger Picture）を定量的に、克明に描き出していく。まず初めに、白書はEU域内で2012－2014年の三年間に発生した傷害の全体像を図１のように描く。同図左側が“Injury Pyramid”であり、年平均の傷害発生件数が、その深刻度に応じて通院、入院、死亡と積み重ねて表現されている。EUでは毎年3,250万人が傷害の治療のために医療機関を利用しており、この他に533万人が入院し、傷害の結果死亡に至ったものが23万人と推計される。死亡：入院：通院の比率は１：23：140である。

既に述べた通り、白書において死亡以外の傷害発生件数推計のベースとなるデータは500の病院からIDBに報告された年間約120万件のデータであり、入院と通院の合計3,782万人はその32倍にあたる。特定のサンプルの値から母集団の値を推定することを「膨らまし」などと呼ぶ。国全体の合計値の推定という意味で“National Estmates”とも呼ぶ。本白書ではこの推定方法の詳細については述べられていないが、おそらく、初版発表以降のどこかの時点でこの問題についての技術的報告書が作成されていることと思う。

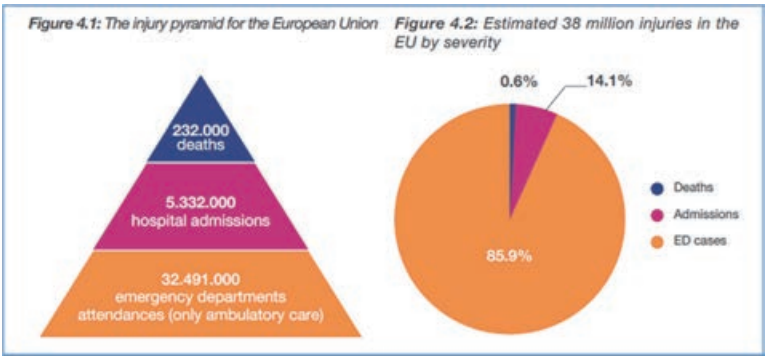


図1　EUの傷害ピラミッド

IDBでは傷害の外因等に関する情報も含んでいるために、不慮の事故に起因する傷害（“unintended injuries”）が生活空間の事故、道路交通事故、労働災害事故に区分されているほか、自傷や他傷といった“intended injuries”も区分して集計されている。これを表２に示した。

不慮の事故のうち道路交通事故、労働災害事故の比率はいずれも低下してきており、通院患者数ベースでみると合計3,249万人の８－９%程度に過ぎない。入院患者数ベース（合計533万人）でみると交通事故の比率は11.7%に高まるが、労働災害の比率は5.1%へと低下する。死亡ベース（合計23万人）でみるとこの傾向は一層顕著となり、交通事故の比率は13.4%へと高まるのに対して、労働災害の比率は逆に1.9%へと低下する。労働災害の傷害ピラミッドがこのような形状となっていることは、労働災害の重症化を抑制する努力がEUにおいて奏功している証左とみることができよう。

一方、不慮の事故の中でも生活空間で発生する傷害の比率は通院、入院、死亡の各レベルでそれぞれ65%、66%、49%となる。つまり

EUで発生する傷害の半分から３分の２は生活空間で発生している不慮の事故ということになる。不慮の事故だけを考えれば、通院、入院、死亡の各レベルでの生活空間事故の比率は79％、80％、76％となる。経年の変化傾向を観察するために白書初版（対象期間は2002－2004年）に掲載された同様のデータと比較してみると、通院ベースでは67%から65%へと比率が低下しているものの、入院ベースでは59%から66%へ、死亡ベースでは44％から49%へと増加している。我が国も同様の傾向が観察されるものと思われるが、生活空間における対策の重要性はEUにおいてもますます高まっている。

なお、自傷による傷害は通院、入院ベースでは１％以下を占めるに過ぎないが、死者数ベースでは26%となる。我が国においても不慮の事故による死者数と自殺者数はほぼ同数である。犯罪など他傷による傷害は通院、入院、死亡ともに全体の２－３％である。

傷害発生の全体像をこのように系統的かつ定量的に俯瞰可能であるのはIDB及びDMDBの両データベースの構築にあたって国際的分類基準ICD：International Classification of Diseases[8]が全面的に採用されているからに他ならない。特に傷害については傷害の種類や部位を特定するための分類基準としての第19章と、傷害発生の外因を特定するための分類基準としての第20章が併せて活用されていることがこのような分析を可能にしている大きな理由である。筆者らは「日本の傷害ピラミッド」と題する研究論文を執筆する過程でこのことの重要性を痛感した。日本では、死亡診断書（或は死体検案書）には簡潔ながら第20章に相当する外因の記述があり、交通事故、労働災害、その他の不慮の事故、自傷、他傷は区別することが可能である。実際死亡診断書をベースに作成される人口動態統計では不慮の事故の内訳、自傷、他傷などの外因別の集計報告が行われている。しかし、死亡に至らない傷害については、医療機関における通常の診療記録にあ

たって傷害部位等に関する情報は記録されているものの、第20章の外因に関する情報は通常記録されない。このため、不慮の事故と自傷の区別すらつかないのが日本の現状である。

表2　EUにおける傷害発生件数の推計値（傷害のひどさ／領域別）

	生活空間	道路交通	労働災害	自傷	他傷	不明	合計
死亡	113,861	31,069	4,386	60,017	4,175	18,945	232,451
入院	3,539,816	624,868	274,423	200,963	110,529	581,362	5,331,962
通院	21,034,087	2,759,579	2,844,140	194,082	898,210	4,760,403	32,490,500
合計	24,687,764	3,415,516	3,122,948	455,062	1,012,914	5,360,710	38,054,913

図２は５歳年齢階級別の傷害発生率を外因別に示したグラフである。横軸に年齢階級、縦軸は人口千人あたりに正規化した傷害発生率が示される。このグラフを見ると、各年齢層で何が傷害の主たる原因となっているかが一覧できる。４歳までは主として生活空間、５歳以降の学齢期においてはこれに学校での事故が加わり、更にスポーツによる事故も広範囲な年齢層にわたって主要な原因の一つとなっている。交通事故及び労働災害は、更に幅広い年齢層においてやはり主要な傷害の原因となっている。

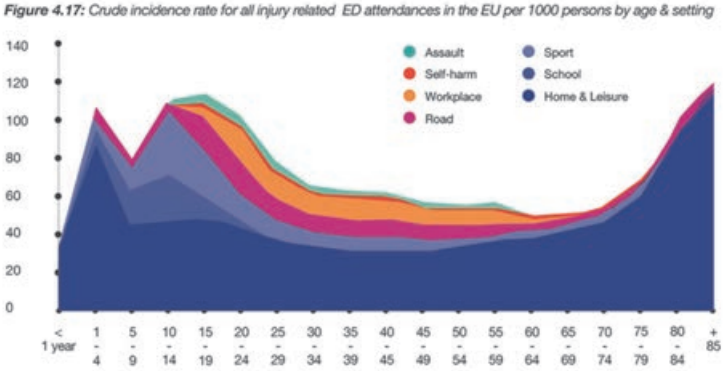


図2　医療機関における治療を必要とする傷害の年齢階級別発生率

死亡に至った傷害の分析

全体像の分析に充てられた章に続いて、白書は、死亡に至った傷害、入院治療が必要となった傷害、入院治療までには至らなかった傷害のそれぞれについて１章を充てて分析を行っている。いずれも興味深いものではあるが、本稿では、死亡に至った傷害、入院治療が必要となった傷害の各章から一つづつデータを取り上げて紹介しておこう。

まず、死亡に至った傷害の分析である。表３は傷害発生の外因のうちの主要なものについて、年齢グループ別、性別の死亡者数内訳を示している。白書の限られた紙面では全ての外因についての結果が表示されているわけではないのが残念であるが、このグラフに示された範囲内では、転落、道路交通事故、中毒、火災などが主たる外因となっており、交通事故と中毒などでは25－64歳のグループの比率が高い。一方転落では65歳以上の高齢者の比率が高い。傾向としては日本と同様であるが、日本に比べると火災によると思われる死亡者が少ないように思う。但し、火災による傷害は、火傷と中毒に分かれて集計さ

れているのかもしれない。性別にみると、転落以外のほとんどの外因について、男性と女性の比率は２：１以上で男性の比率が高い。

表3　死亡に至った傷害件数の外因別／年齢グループ別／性別構成

	0－14歳	15－24歳	25－64歳	65歳＋	男性	女性	合計
道路交通	805	5,437	17,178	7648	23,690	7,379	31,069
転落	171	792	11,195	39,815	27,079	24,894	51,973
切傷	76	534	5,607	39,815	27,079	1,261	9,024
中毒	102	1,118	17,174	4,734	15,322	7,806	23,128
火傷	144	111	2,169	2,010	2,808	1,826	4,434
他・不明	1,632	5,153	49,229	56,910	78,641	39,183	112,824
合計	2,839	13,145	102,552	113,924	150,302	82,149	232,451

入院治療に至った傷害の分析

入院治療が必要となった傷害の分析についても表３と同様の枠組みによる分析結果を紹介しておこう。これを表４に示す。転落の比率は更に高まり入院治療に至った傷害のほぼ半分を占める。年齢グループ別にみると65歳以上のグループが半数以上を占める。この傾向は日本でも同様と思われる。この他、傷害の部位の分析、国別の分析などがあるが、関心のある読者はEuroSafeのウェブサイトから白書をダウンロードして読んでいただきたい。

表4　入院治療に至った傷害件数の外因別／年齢グループ別／性別構成

	0－14歳	15－24歳	25－64歳	65歳＋	男性	女性	合計
道路交通	51,437	116,886	339,935	114,017	395,900	217,733	622,275
転落	288,652	130,121	834,640	1,399,485	1,141,189	1,482,385	2,652,898
切傷	28,605	33,123	139,800	36,113	173,992	54,487	237,641
中毒	28,221	51,993	166,819	26,229	119,769	155,781	273,261
火傷	20,934	4,227	14,780	6,763	25,977	15,053	46,704
他	116,412	119,497	419,067	202,949	567,380	321,770	857,924
不明	79,691	55,820	238,292	267,457	329,880	330,666	641,259
合計	613,950	511,667	2,153,333	2,053,013	2,754,087	2,577,875	5,331,962

また、入院に至った傷害について、傷害の種類別内訳を示したものが図３である。患者数の多い順に、骨折（Fracture、244万人）、打撲（Contusion / Bruise、44万人）、脳震盪・脳損傷（Concussion / Brain Injury、43万人）、開放創（Open Wound / Abrasion、38万人）、中毒（Poisoning、29万人）、筋肉・腱・血管・神経の損傷（Muscles、Tendon、Blood Vessels and Nerves、26万人）、脱臼（Dislocation / Subluxation、10万人）、内臓の損傷（Injury to Internal Organs、8.4万人）、捻挫（Sprain / Strain、6.8万人）、多部位の損傷（Multiple Inuries、6.2万人）、異物（Forign Body、5.6万人）、熱傷（Burns / Scalds、5.3万人）となっている（その他、不明は除く）。

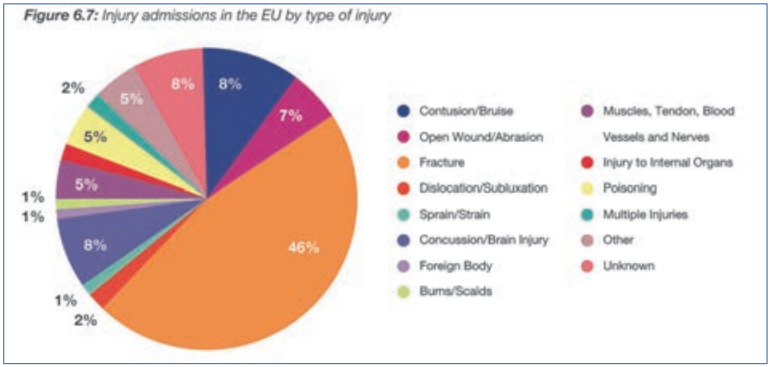


図3　入院に至った傷害の種類別内訳

おわりに

以上、EU傷害白書の内容を簡単に紹介した。紹介した範囲の分析結果だけでも、域内で発生する傷害についてEUが豊富な分析を行っていることを理解していただけたと思う。これだけの分析が可能なのは、EUが協力病院の救急部門から継続的に傷害データの提供をうけるシステムを有しているためであり、また、これらの傷害データが、死亡データと同様にして国際的な分類基準に従って記録され、報告されているからである。しかし、残念ながら日本では同様の作業を行うためには決定的なデータの欠落がある。筆者らは本稿の図1をモデルにして日本の傷害ピラミッドを推計すべく努力してきたところであり、その結果は近々別論文として発表する予定であるが、実際の分析作業を通じて日本の問題点を痛感した。本稿がEU傷害白書の豊富な内容について知っていただく一助となれば幸いである。

《参考文献》

[1] EuroSafe, Inuries in the European Union, Summary of injury statistics 2012-2014 (the sixth edition), Amsterdam, 2016.
[2] Nina Zimmermann and Robert Bauer, Injuries in the European Union – Statistics Summary 2002-2004 (the frist edition), Vienna, June 2006.
[3] EuroSafe, Inuries in the European Union, Report on injury statistics 2008-2010 (the fourth edition), Amsterdam, 2013.
[4] EuroSafe, Inuries in the European Union, Report on the injury statistics 2010-2012 (the fifth edition), Amsterdam, 2014.
[5] Rupert Kisser et al., Supplementary report to the 6th edition of “Injuries in the EU” – Report on trends in IDB data flow, country comparison and ECHI-injury indicators 2013-2015. Published by EuroSafe, August 2017.
[6] Europeean Association for Injury Prevention and Safety Promotion, Amsterdam, The Netherland. www.eurosafe.eu.com
[7] European Injury Database
https://ec.europa.eu/health/indicators_data/idb_en
[8] WHO,「疾病、傷害及び死因の統計分類」ICD-10（2013年版）
https://www.mhlw.go.jp/toukei/sippei/dl/naiyou20.pdf

評価側とメーカー側の安全の見方の違い

バルミューダ株式会社　製品コンプライアンスチーム
山 口 佳 奈
（システム安全専攻 8期生）

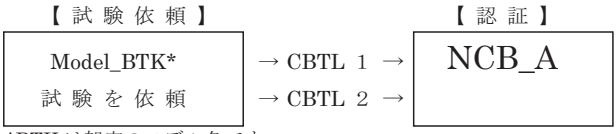
評価側とメーカー側の安全の見方の違いについて適用規格（安全認証）を軸にお話します。

その前に、機密のカーテンで覆われていた製造現場に認証コンプライアンスの立場で関わることになって初めて分かったことをお伝えしたいです。評価側にいた時はサンプル提出や適合のための対策にお客様の方で素早い対応ができないことに疑問を持っていましたが、逆の立場になってその理由がわかりました。製造事業者がコンセプトアップから出荷流通の各段階で越えなければならないハードルはいくつもあります。それらのハードルを越えながら、タイミングよく認証を取得していくのは言うほど簡単ではありません。申請から取得のスケジュールが早すぎても遅すぎてもいけない。認証が量産の開始に遅れるのは論外ですし、サンプルを早く出しすぎても途中で仕様が変わり、試験がはじめからやり直しになります。電気安全と並行してEMC、食品衛生、RoHSなどの化学物質含有や待機電力測定など省エネ系についても順番を考えてスケジュールを立てなければなりません。やっと製品が出荷されて一息ついた後は市場で何か起きる（予見可能な誤使用外の誤使用）、上市後も目に見えない改良を重ねる、一定の品質を維持する、消費者の主張に応える（答える？）…この大変さは経験してみないとわからないことでした。

【見方の違い１－規格解釈は個人に依る】

第三者認証機関（NCB）及び認定試験所（CBTL）は「規格の僕」である側面があると思います。一方その解釈はかなりの部分で評価者個人に依るようです。

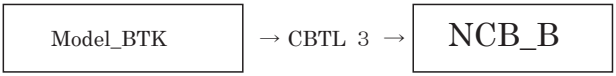
同じ機種、同じモデルの製品を二つの試験所に出したことがありました。二つの試験所の認証機関（NCB）は同じ、つまり、両試験所は同じ会社のCBTLということになります（適用規格も同じ）。ところが規格の某項目で解釈が異なり、見た目は全く同じコピー品であるにもかかわらず一方の方で内部配線などの大きな仕様変更が必要となり、とても慌てました。そうならないように同じ認証機関に依頼したのですが…別の機会にこのモデルを同一仕様で（意図したわけではありません）資本の違うまったく別の試験所に出した時は先の二つの片方と解釈が同じでした。



*BTK は架空のモデル名です。

＊１と２で規格解釈が違う。

＊NCB_A は CBTL１と２の解釈違いを問題にしない。



＊１と３の規格解釈は同じ。

こういった場合、各試験の担当と解釈をめぐって議論を重ねたり（ここでメーカーと試験所の安全の見方が異なることになります）、IECEEの事務局に意見を訊いたり、その時は穏やかではいられないで

す（量産が迫ってくるから）。しかし時間が経ってみれば、安全規格の一側面を実地で理解した出来事で、興味深くふり返れます。

規格は標準化を言葉にしたもの。個別要求が100種類以上ある家電に共通する一般的要求事項（IEC 60335-1）が全家電に共通な安全要求をいっぺんに語ろうとすると自らを高度に一般化するのは仕方がないです。高度に「一般化」されているので解釈の余地が広く、個別に解釈していかないと運用できません。解釈の最終判断は第三者試験を実施する者になるでしょう。解釈は人に依るところが大きいです。

【見方の違い２－社内安全基準が一般の標準を上回るとき】

標準化への適合判断を第三者試験所に委ねて認証を取得してもすぐに上市に至らないことがあります。すなわち社内の安全基準が安全規格を上回る例です。

某国のローカル規格が指定する部品が社内の安全試験で不適合となり、それでも認証を得るためにはその部品を採用せねばならず、製品本体の仕様を変更した例がありました。この事例では、標準化された規格と某社の社内基準、どちらが正しいとは言い難く未だに正解が出ていません。経年の使用とユーザーの使い様から答えが出るかもしれません。社内で実施したリスクアセスメントが市場で評価されているとも言えるでしょう。

【見方の違い３－認証では評価できないおよび設計者も気づかないリスク低減策】

認証の枠組みでは評価できないリスク低減策について述べたいと思います。

１）心地よさを追及した結果、意図せずリスクを低減していた。

（自然界の風を再現した扇風機）

・羽をゆっくり回転させるため、DCモーターを採用。
　→駆動部から発生するリスクを低減している。
　→（ACモーター駆動の）扇風機当たりすぎによる体調不良をかなり防いでいる。
　→静穏性の実現（風量１の音量が13dB）
　羽が高速回転することによる風切り音を防いでいる。
・低電力回路による省エネルギー性能（最小消費電力1.5W）
　→省エネに貢献。

２）豊富で魅力的なレシピの提案
・レシピの中でクッキングペーパーを使用しない方向にユーザーを誘導している。（ペーパー類は主な発火源の一つ）
・ローストビーフ等食材の油がリスクの発生源になる場合はレシピの中でアルミホイルを効果的に使用するよう誘導。（庫内の汚れ＝発火源と調理中の発火を防ぐ）
・レシピを製品の特性を伝える媒体と位置付ける。

３）パンの種類ごとのモード設定が食材の発火を防いでいる。
・トーストモードの他、ユーザーはモードダイアルでパンの種類ごとの正しい設定が簡易にできる。（チーズトーストモード、フランスパンモード、クロワッサンモード）
　→結果的に加熱のし過ぎを防いでいる。

４）清掃できる範囲が広い
・焼き網、蒸気を発生させるための給水パイプ、ボイラーカバーを取り外して清掃できる。
　→庫内の汚れは火災の発生を誘発する主な原因の一つです。

＊清掃はプラグを抜いてから

以上これらの仕様、使い方の提案が安全面から見るとかなりリスクを低減しているに違いないのですが、他所で言及されることもないのでこの機会に紹介しました。

これらの設計や方策について、認証機関は評価しないし（評価する必要もない）、メーカー自ら（ユーザーさえ）も「安全」という切り口では別段意識もしていません。意図的ではないので表沙汰にする必要もないかもしれない。評価されるとするなら、PSアワードあたりでしょうか？一度応募を検討してみたいと思います。

船艇運航に見る「安全確認型指揮命令系統･作業手順」

海上保安庁　**重 松 吾 郎**
（システム安全専攻　５期生）

１．二つの側面がある海上保安官の扱う安全

「海上保安庁・海上保安官と安全」と聞けば、多くの人は、海上保安庁が所掌事務として行う、業務により提供する海上での安全を真っ先に想像するであろう。しかし、同時に業務を遂行するためにツールとして利用する、船艇・航空機運航の安全及び各種現場における作業安全もまた所掌事務を遂行するために重要であり、避けて通ることはできない。後者の、いわば「自らの安全」の確保の上で、安全確認型と同様の考え方の指揮命令系統・作業手順を見ることができるので、紹介しようと思う。

なお、配置や号令などは海上保安庁式の呼称を用いる（商船の場合は、より少ない人数・パートでの運航が行われたり、号令詞が英語化する部分があるが、基本的な事項は変わらない）。体験航海などの機会があれば、船内外放送で聞こえる部分も多いので、ぜひ耳を澄ませて聴いてみてほしい。

２．船の特徴

船を運航する観点から見ると、船は、他の交通モードと比較して以下の特徴を持つ。

①装置（船）全体が大きい。

②あらゆる構成部品が大きいため、当然それらにかかる荷重も大きくなり、数十トン単位となることも珍しくない。

③他の交通モードと異なり、一般的に停止することは、安全ではない。岸壁に係留していたり、錨を降ろして錨泊したりしない航海状態では、停止すると風浪に流されるとともに船首方位を維持できなくなり、特に外洋では、横波を受けて危険である。従って、ごく限られた例外を除き、停止すること自体が危険である。

④装置全体が大きいので、一人では動かせない。出入港時には、人員配置について最低限配置が必要なパートとして、操縦室にあたる船橋（せんきょう）、エンジンの発停・調整を行う機関室、係留索等各索の取扱いなどを行う前部甲板（ぜんぶこうはん）・後部甲板がある。また、関連して、各パートの各職員には、それぞれの職務と職責に応じた資格が必要である。

さらに、船橋で指揮をとる船長から各パート間の明確な指揮命令系統が存在するとともに、各パートの指揮官とそのパートの構成員との間にも明確な指揮命令系統が存在し、パート間及び各パートが、それぞれチームとして連携した共同作業を行う。このためチーム間及び各チーム内のチームワークが必要不可欠である。

3. 出港作業に見る安全確認型指揮命令系統・作業手順

今回は船での安全確認型の指揮命令系統・作業手順を紹介するにあたり、出港時の二つの大きなブロックを紹介する。船全体が出港準備態勢に入る号令「出港30分前[1)]、各科出港準備かかれ」以降、安全確認型の指揮命令系統・作業手順が見て取れる部分を紹介する。

一つは「主機起動（メインエンジンスタート）」、もう一つは「離岸」である。

（１）主機（メインエンジン）起動

車であれば､イグニッションキーを差して捻ればエンジンがかかり、電力や油圧が各部に供給され、暖機運転を無視すれば直ちに走り始められる。しかし、巨大な装置としての船では主機を起動するにも手間がかかる。主機が「完全に眠った状態」から出港できるようになるまでには、大きく分けて以下のような手順を要する。

①暖機（予熱）

主機起動後、熱膨張により生じる不均一な膨張が各部品に悪影響を及ぼさないよう、各部を予熱しておくことが望ましく（緊急出港の場合はやむを得ず省略する場合もある。)、事前に数時間をかけて予熱を行う。

②ターニング（ここからが、起動に必須の手順）

ターニングとは、主機に接続したターニングモーターにより推進軸をゆっくり回転させ､主機及び軸系に潤滑油を行き渡らせるとともに、回転に異常がないかどうかの確認を行う。ターニングが終了すれば、ターニングモーターを切り離す。

③エア運転

燃料を爆発させるシリンダー内に燃料を送り込む前に、燃料の代わりに圧縮空気を送り込み、ごく短時間主機を回転させる。これがエア運転である。これにより、さらに潤滑油を細部まで行き渡らせるとともに、シリンダー内の水分や煤などを吹き飛ばし、また、各部に負荷をかけることにより、クラック（亀裂）の発見などにもつなげる。

ターニングにおいても推進軸は回転するが、それがゆっくりとした回転である一方、エア運転は、短時間とはいえ、実際の運転の回転数に近い回転数で主機、軸及びプロペラが回転する。

④起動

大型の巡視船で推進装置にプロペラを採用している場合は、可変ピッチプロペラを採用している。可変ピッチプロペラとは、プロペラ軸の回転数を一定に保ち、推力の前後の向きや大きさは、プロペラのピッチ角（翼角）を変動させることにより変える仕組みである。従って、主機が起動するとプロペラが推力を生まない状態でもプロペラは回転している。これは、主機の起動とは、機関室内の一つの機械の起動にとどまらず、どこかに異常があれば船全体に影響を及ぼすことを意味している。

船の主機の起動は、各段階に上記のような事情があるため、船の出港に際して、車のエンジン起動とは比較にならない一大イベントであり、巨大な船に巨大な推進力を与えるものだけに、場合によっては船全体に危険が及ぶものでもある。このため、船全体が出港準備態勢に入ってから、主機起動まではいくつかの明確な定められた手順がある。

以下に両者の流れを情報のやりとり（指揮命令）の面から作業手順をパート（主な登場人物）に分けて示す。組織としては、船長が指揮をとる船橋が上位であり、それ以外は並列の下部組織である。ただし、「船橋配置の機関士」は機関室と船長をつなぐ重要な役回りであるため独立させて表現したが、機関科という一つのグループの一員である。

表１の中の矢印は、右向きが命令、左向きが報告または指揮者（船長）へのリクエストを表す。「【　】」は実際に行われるアクションを表す。

表1　主機起動までの流れ

船橋	前部・後部甲板	船橋配置の機関士	機関室
		（2）しばらく待て→ （3）エア運転を行ってよろしいか	（1）エア運転を行ってよろしいか←
（4）前後部エア運転を行うよければ知らせ→	（5a）前部エア運転差し支えなし← （5b）後部エア運転差し支えなし←		
（6）エア運転を行え→ （9）エア運転を行う→（周知）		（7）エア運転を行え→ （8）エア運転を行う←	【エア運転を行う】
（12）エア運転終了した→（周知）		（11）エア運転終了した←	（10）エア運転終了←
		（14）しばらく待て→ （15）主機起動してよろしいか←	（13）主機起動してよろしいか←
（16）主機起動する前後部よければ知らせ→	（17a）前部主機起動差し支えなし← （17b）後部主機起動差し支えなし←		
（18）主機起動→ （21）主機起動する→（周知）		（19）主機起動→ （20）主機起動する←	【主機が起動する】
（24）主機起動した→（周知）		（23）主機起動した←	（22）主機起動した←

実に多段階の手順を踏んで主機を起動しているのがおわかりいただけると思うが、ここで、特に見ていただきたいのは、（4）から（6）の流れ及び（16）から（18）の流れである。船橋にいる最高指揮官である船長は、機関室から船橋へ送られるエア運転や起動のリクエストがあっても、直ちにそれらを行わせない。船が動いて係留索が張ったり、あるいは舷梯（船と陸を渡す歩み板または階段）の揚収作業が危険にならないように、あるいは、推進軸の回転に伴って、自船のロープ（出港に備え、係留索を最小限の数に減らしつつあり、一時的に係留索が海面を漂うことがある）や漂流物がプロペラなどに絡まないように甲板指揮官に作業状況と海面の確認を求める。そして、その際船橋の号令は、「不都合あれば知らせ」ではなく、「よければ知らせ」である。前後部の各甲板指揮官が作業状況や海面を確認して船橋に返す「前部差し支えなし」、「後部差し支えなし」の二つの「差し支えなし」を受けて初めて機関士にエア運転や主機起動を「行え」というやり方である。すなわち、前後部指揮官が判断した不安全があったときに、その報告を受けてエア運転や主機起動を行わないという「危険検出型」ではなく、船全体、特に船橋からでは目視が困難な前後部の安全の報告を受けて初めてエア運転や主機起動を行うという「安全確認型」の指揮命令系統・作業手順となっている。

そして、この「安全確認型」の指揮命令系統・作業手順は、その先、いよいよ岸壁から船が離れる際にも見られる。

（2）離岸

離岸する、すなわち船と岸壁をつなぎ止めている係留索を放すということは、固形物に固定されている状態から、専ら流体の上に浮かび、姿勢制御を自ら行わなければならないということである。そして、一度係留索を放してしまえば、車とは異なり「やっぱりやめた。とりあ

えずその位置で停止」は簡単にはできない。なぜなら、船は風潮流に流されるからである。さらに係留索を岸壁から放すことと岸壁につなぐことは全く別の作業であり、準備作業も異なってくるため、そう簡単につなぎ止める、というわけにもいかない。このため、離岸の決断は重大な決断であり、言うまでもなく、安全に船を動かせる準備が整わなければ離岸するわけにはいかない。

表２に離岸するその瞬間の手順、流れを示す。

表2　離岸するその瞬間の手順

船橋	前部・後部甲板	船橋配置の機関士	機関室
（1）出港用意→		（2）出港用意→	（3a）出港用意よし←
	（3b）前部出港用意よし←		
	（3c）後部出港用意よし←		
		（3d）出港用意よし←	
（4）前後部係留索放せ→			
	（5a）前部係留索取り込んだ←		
	（5b）後部係留索取り込んだ←		
（6）《出港操船》			

主機起動と同じように、「安全確認型」指揮命令系統・作業手順となっていることがおわかりいただけると思う。そしてここでは、２段階の「安全確認型」手順が行われている。すなわち、全ての出港「準備」が整ったところで、船長は、離岸することを決め、最終の確認手順に入る。それが「出港『用意』」である。「出港用意」を令し、前後部の甲板が直ちに係留索を放すなどの離岸作業に移行できるか、アイドル状態の推進システムが推力を生める状態にあるかを確認する。そ

れら、（3b）から（3d）の三者の「出港用意よし」が確認できて、船長は初めて「前後部係留索放せ」を令する。これで、いよいよ、船は固定された状態から解き放たれ、離岸していく。ところが、この段階でも、原則として、もう一段、安全確認型の手順が入る。係留索が岸壁のビットから外された時点で、船は自身で姿勢制御を行わなければならないが、岸壁から外した係留索が海面を漂っている状態で、プロペラなどを使うと自らの係留索を絡めてしまい、姿勢制御ができなくなるおそれがある。そのため、船長は、係留索が船内に取り込まれるまでは、推力を使用しないか、リスクを背負って推力を使用する。いずれにせよ、風潮流がある場合には、船長にとって嫌な時間である。甲板指揮官は係留索を船内に取り込んだら「係留索取り込んだ」と、それをいち早く船橋に知らせなければならない。船長はその知らせを受ければ、推力を遠慮なく使用して、船の姿勢を維持し、出港操船にかかれるのである。

4．最後に

これまで触れたように、船が、主機を起動することと離岸することは、出港時の一大イベントである。手順を誤れば船を危険にさらす。それ故、特にクリティカルな部分については、そこに安全確認型の指揮命令系統と作業手順により安全が確保されていることがご覧いただけたと思う。巨大装置を動かす上で、指揮命令系統と手順への安全確認型の組み入れ例の一つとしてご参考にしていただければ幸いである。

註

1）主機の大きさなどによって「出港15分前」となる例もある。また、緊急出港の際など、暖機運転の時間を短縮することなどもあり、その時点から出港まで必ず30分を要するわけでも、原則的に30分をかけるという意味でもない。

新しい安全の考え方「協調安全／Safety2.0」の可能性

IDEC株式会社　**岡 田 和 也**
（システム安全専攻 ３期生）

ここでは、向殿明治大学名誉教授を中心として、一般社団法人セーフティグローバル推進機構（IGSAP）が提唱する「協調安全／Safety2.0」の可能性について紹介する。

はじめに、「協調安全／ Safety2.0」誕生の背景について述べる。

我々の生活は、技術の進歩とともに便利になっている。デジタルトランスフォーメーション（DX）を背景に、ICT（情報通信技術）やIoT（モノのインターネット）、AI（人工知能）、ビッグデータ、クラウドといった最新の技術が登場し、さまざまなモノ同士がつながる社会となった。このような変化は、我々の日常生活だけに限らず、工場など経済・産業活動の現場も同様である。

今、世界は「第４次産業革命」の真っ直中にある。ドイツから提唱された「Industry 4.0」、日本政府や経済産業省からは、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムで経済の発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会「Society5.0」（図１）や、「人と人」「モノとモノ」「人とモノ」「人と技術」「企業と企業」「生産者と消費者」など、国境や世代を超えたさまざまなつながりによって新たな付加価値を生み出していく、産業社会「Connected Industries」が提唱されている。

図1　Society 5.0で実現する世界（内閣府の資料より）

「第４次産業革命」の潮流の中で世の中のニーズはますます多様化し、製品供給側には今後、それに応えるべく変種変量生産が求められる。こうしたニーズに対応するためには、設備変更の柔軟性と小規模化、人の活用など、従来の大規模生産設備から変種変量生産型へ設備形態の転換が求められると予想される。

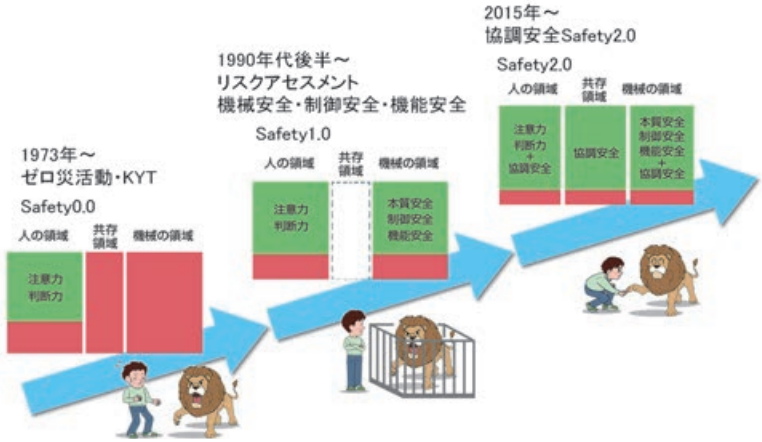
また、社会形態としても変化が起きている。国際連合は、持続可能な世界を実現するためにSDGs（持続可能な開発目標）を掲げ、SDGsに関連した社会問題の解決を目指す。その流れの中で、大量生産・大量消費・大量廃棄型の「リニア・エコノミー」から循環型の「サーキュラー・エコノミー」への移行が求められている。サーキュラー・エコノミーが実現した循環型社会では、設備の再利用や設備寿命の延長のための保守・改造など需要が増えることが予想され、その結果、モノ（設備）に近接した危険な状態での非定常作業がこれまで以上に増えることが予想され、「安全」への対応が重要となる。

このように、新しい概念に基づく新しい社会形態への転換を進める

ことで、多くのベネフィットを享受できると同時に新たなリスクが発生する。どんなに利便性があるモノ（設備）であっても、「安全」は最優先でモノ（設備）に実装されなければならない。そのためには、これからの社会形態にあった新しい形の「安全」を作り出す必要がある。

来るべき未来社会の安全を検討し、これまでの「機械安全」に続く、「人と機械が共存・協調する社会」に最適な新しい安全として提唱されたのが「協調安全」という考え方である。この「協調安全」は、人、モノ（設備）、環境をICT などによって情報でつなぎ、リスク関連情報をモニタリングして発信し、その情報を受けて事故や災害が起きる前に人や財産などを安全側に導くような技術で実現する。この技術を「Safety2.0」と呼ぶ。

ここで、人によるSafety0.0から機械によるSafety1.0、そしてSafety2.0の誕生に至る安全の考え方の変遷を振り返る（図２）。



IDEC株式会社　協調安全/Safety2.0ガイドブック　コンセプト編より

図2　安全の考え方の変遷

まず、人が機械・設備を使用し始めた時代は、人の注意力・判断力だけに依存していた。この段階では、安全確保のための明確な考え方があるわけではないが、現在においても、人の注意力と判断力が安全確保の原点となる。これを「Safety 0.0」と呼ぶ。

Safety0.0の時代は、危険な機械でも人が注意して事故に遭わないよう管理する。しかし、ヒューマンエラー（人は間違える）は避けられない。そのため、この考え方だけでの安全確保に限界がある。

時代が進んで1980年代になると、人にできるだけ頼らずに、機械システムを安全に使用できるように設計するという発想が生まれ、機械・設備の安全化に関する考え方が体系化された。これがいわゆる機械安全と呼ばれる技術で、この段階をSafety0.0の次の世代と位置付けて「Safety1.0」と呼ぶ。

機械安全に基づく機械設備の安全構築の根底には、「人は間違える」「機械は故障する」という考え方がある。ヒューマンエラーをいかに回避するか、機械が故障しても人に危害を及ぼさないようにいかに設計するか、これが安全構築のポイントになる。

こうした機械安全（Safety1.0）の基本的な考え方は、人と機械の空間的・時間的な「隔離」である。例えば、機械が動く範囲と人が働く範囲をあらかじめ決定し、機械が動く範囲を囲むように柵やインターロック装置を配置して人が働く範囲と重ならないようにする。これにより、機械が動いているときには、人は危険区域である柵内に入れないよう、空間的な隔離を確保する。そして柵内に進入する必要が生じれば、機械を止めて進入許可することで、時間的な隔離を実現するのである。

こうしたSafety1.0は技術の進歩とともに、電気安全分野、制御安全分野、人間工学分野、機能安全分野などの技術を取り入れることで対処可能な範囲が広がった。Safety1.0は今後も、State-of-the-Artの

観点から、その時代の最先端の技術革新を取り込みながら、国際規格の改訂や、新規格の開発で発展してゆくと考えられる。

今後の「人と機械が共存・協調する社会」においては、人とモノが共存・協調する環境下で安全確保するための新しい技術が必要とされる。これを、次世代の安全を表す言葉として「協調安全／Safety2.0」と呼ぶ。

ここで、「協調安全／Safety2.0」の考え方を少し説明しておく。人とモノが共存・協調している状態では、両者の間に物理的境界がない。この環境下では、安全状態を確保するための安全条件は常に変化していることになる。この状態で安全確保のために機械や設備を単純に「停止」させると、設備はほとんど稼働できない。そこで協調安全／Safety2.0では、これまでの「起動」と「停止」という「２値制御」ではなく、例えば人の位置情報に合わせてモノ（設備）の速度をリニアに変化させながら最適な安全状態を確保する「多値制御」を採用する。これは、ICTなどを利用して人とモノ（設備）相互の情報を活用して実現するのである。特に、人とモノ（設備）の空間的・時間的な隔離が難しい機械・設備に対して、こうした「止める必要のない安全」は極めて有効であり、生産性と安全性の両立に貢献する。

先に紹介したSafety0.0、Safety1.0、Safety2.0のそれぞれの技術には長所・短所があり、実際の安全構築においては、これらを組み合わせるなど最適な技術を選択することになる。

Safety0.0では、作業手順や行動基準による人の行動の制限など、完全に人に頼った対策であるので、この手法を選択した際には、可能な限り機械に対する技術的対策を検討すべきである。

Safety1.0では、人を機械から隔離し、接近時には停止させることで安全を確保する技術である。「隔離」と「停止」を確実に実行でき

る作業においては、機械安全技術に基づく安全確保は圧倒的に優位となる。また、作業・工程を細分化し、機械を停止させる範囲を限定することができれば、限定された場所以外での生産継続によって生産性の向上が期待できる。

ロボットを搭載したAGVなどのように、機械が移動する状態で使用するような場合、機械安全（Safety1.0）だけでは対応できない。この場合は、機械安全技術に加えてSafety0.0の教育による人の行動制限と作業手順の徹底による対応、Safety2.0の人、モノ（設備）、環境を情報でつないで（協調させて）適切な安全状態を作り出す技術と組み合わせることが必要となる。

しかし、安全技術、安全装置が発達したとしても、「危険源をなくす」「危険源のエネルギーを小さくする」という本質的安全設計方策が安全設計の基本であることに変わりはない。「人と機械が共存・協調する社会」では、今まで以上に本質的安全設計方策が重要となる。

現在、主流であるSafety0.0やSafety1.0の考え方は、主にものづくりやFA（ファクトリーオートメーション）の現場における産業事故の撲滅と安全の実現に貢献してきた。FA現場では、多くの機械や設備を固定化できるからこそ、機械安全（Safety1.0）の考え方である隔離と停止の原則を適用し、運用面では、Safety0.0の手法である人の注意力・判断力による管理を組み合わせて安全を確保することが可能であった。しかし、社会全体では、このような現場は限定され、モノ（設備）を固定できずに人とモノ（設備）が錯綜する。また、人とモノ（設備）が隔離できない現場が多く存在する。

Safety2.0の最大の特徴は、Safety1.0に基づく隔離と停止の原則が適用困難な分野に活用できる点である。そうした分野は建設、農業や医療・介護、物流・交通、インフラ、食品など多く存在する。また、

これまでSafety1.0の考え方が中心だったものづくりやFA分野でも、前述したような現場は存在する。こうした背景から、人とモノ（設備）と環境が情報を共有することで協調して安全を実現するSafety2.0が今後、多くの分野の安全構築に貢献していくことを確信している（図３）。

IDEC株式会社　協調安全/Safety2.0ガイドブック　コンセプト編より

図3　「協調安全／ Safety2.0」の応用分野

ここからは「協調安全／Safety2.0」について少し具体的に説明する。ICT（情報通信技術）などを利用して「人」「モノ」「環境」の情報を共有し、３者をつなぐことで実現するのであるが、ここで扱う情報に関して、生産システムを例にして以下に説明する（図４）。

まず、「人」については、安全に関する資格情報や保全員／管理者といった役割に関する情報、職務経験などに基づく安全に関する力量情報などの「静的情報」と、作業者の位置や姿勢、スイッチ操作をはじめとする動作など作業に関する情報、脈拍や心拍数、体温といった健康・体調に関連する情報などの「動的情報」が存在する。

次に、「機械」に関しては主に、電源のオン・オフ情報、自動運転中やメンテナンス中などステータス情報、速度や出力などエネルギー関連情報といった「動作状況」の情報と、動作方向や旋回範囲などの「動作予告」に関する情報が存在し、「環境」については、温度・湿度、各種ガス濃度、清浄度、騒音、振動などの情報が存在する。

IDEC株式会社　協調安全/Safety2.0ガイドブック　コンセプト編より

図4　協調安全／ Safety2.0の概念

協調安全／ Safety2.0システムではこうした情報を基に、例えば、作業員の経験年数に応じて機械の動作制限を変えたり、機械が作業員の健康状態に合わせて動作を制限したりと、システム全体で最適な安全状態を実現するが、人や財産などに危害を及ぼす状況が発生した場合は、システムが人に対して回避情報を発信したり、機械が自律的に停止したりすることで安全状態に誘導し、人や財産などを守るのである。

このような考え方が実現可能となった背景には、ICT やIoT（モノのインターネット）、ビッグデータ、AI（人工知能）、クラウド、センサ、カメラ、RFID（Radio Frequency Identification）といった技術の進歩がある。協調安全／ Safety2.0システムでは利用する技術に制限を設けずに、システムに最適な最新の技術を利用して、できる限り安全

を確保していくという考え方であり、結果として安全性だけでなく生産性など多くの利点を得ることができるようになるのである。

生産システムにおける代表的な利点として、以下に述べる四つがある。

一つ目は、「止めない安全」の実現である。これは、人の能力や状態に応じて、機械の速度や出力を調整したり制御を変えるエリアを決めたりすることで、機械を極力止めずに運用することを可能となる。

二つ目は、「安全の見える化」の実現である。安全構築上の難しさの一つは、安全状態が目に見えないことであるが、ICTや各種センサを活用して人の体調や設備の状態などを常に監視することで人に対する安全を見える化し、異常発生時には人と機械それぞれが自律的に適切な処置を取ることで危険回避が可能となる。例えば、機械の動作状態をランプ表示すれば、人は正しく次の行動を起こしたり、誤った行動を自制したりすることができる。

三つ目は、「コラボレーション・フェールセーフ」の実現である。機械安全では、部品や機械、設備そのものが故障した際に安全側に壊れるという設計概念をフェールセーフと呼ぶが、これに対して協調安全／ Safety2.0システムにおけるフェールセーフは、機械のみならず人や環境も統合した概念で考え、人や環境に問題が発生した場合、そのリスク情報を受けて機械が人や環境を安全側に誘導して安全確保を可能とする。これをコラボレーション・フェールセーフと呼称する。

四つ目は、「設備占有エリアの省スペース化」の実現である。協調安全／ Safety2.0システムにより人と機械の共存環境の安全を確保することで、安全柵が不要となり、人と機械の距離を縮めることが可能となる。その結果、設備／機械の占有面積が小さくなり、省スペース化が実現可能となる。ただし、安全柵をなくすことは、人と機械の境界をなくすことなるため、「危険源を取り除く」「エネルギーを許容レ

ベルまで小さくする」といった、機械の本質的安全設計方策をできる限り実施することが必須要件である。

これらはあくまで技術的側面を紹介しただけである。新しい考え方である協調安全／Safety2.0を導入し活用するためには、トップマネジメントによる強力なリーダーシップが必要である。「安全は投資」と考え、企業の戦略要素と位置付けて推進していくことが必須となる。加えて、人の能力を最大限生かすための人材育成、これらは、国際労働機関（ILO）の協力で設立された国際社会保障協会（ISSA）が推進するグローバルキャンペーン「Vision Zero」（http://visionzero.global/）や、労働安全衛生マネジメントシステム「ISO 45001」を活用することで実現が容易となる。また、協調安全の基盤となる標準化などの制度整備も不可欠である（図５）。

IDEC株式会社　協調安全/Safety2.0ガイドブック　コンセプト編より

図5　協調安全／ Safety2.0システムの構築に必須な四つの要素

最後に、技術面において、機械安全では、技術に対し「確実性」「信頼性」を求める。そのため、使える技術が限定される。しかし、協調安全／ Safety2.0では、使用する技術に制限を設けていない。このことは、技術のユースケースとして利用できる。使用実績を作ることで、安全対策として今後利用する際の裏付けに利用できる。ただし、様々な技術を闇雲に利用することは危険であり、そこには、評価基準が必要となる。協調安全／ Safety2.0システムでは、人と機械が共存する環境を想定しているため、人のパラメータを考慮しなければならない。そのため、機械安全とは異なる新しい指標として図１に示すように、安全確保における人への依存度、人とモノ（設備）と環境の情報融合による最適化度などの要素を考慮した指標を提案した。IDECでは、この指標を「CSL（Collaborative Safety Level)」と定義し、協調安全／ Safety2.0システムの評価指標として以下のように「CSL １」から「CSL ４」までの４段階にレベル分けを行った（表１)。

表1 「CSL（Collaborative Safety Level)」の要求事項

Safety2.0要求事項		Collaborative Safety Level（CSL）の要求事項			
項目	内容	CSL 1	CSL 2	CSL 3	CSL 4
		人の行動エリア内で、危険事象回避が可能となる手段を確保する	人の情報を活用し、危険事象を回避するように機械を制御する	CSL 2に加えて、機械からの高度な情報により、人に行動を促すことによっても危険事象を回避可能とする	人と機械の状態を最適な安全状態となるよう、リアルタイムに制御する
基準	人・モノ・環境等の各構成要素を情報（ICT）でつないでいる	人の情報をモノに伝達	人・モノ接続により、モノに人の情報を伝達し、機械を制御	人・モノ接続により、人にモノの状態を伝達し、人の回避行動を促す	人・モノ（および環境）接続により、相互状態の最適化を制御する
	リスク関連情報（危険・安全情報）をモニタリングし、発信している	危険情報のモニタリングと情報発信	人の行動、状態の発信により、人のリスクを確認（低減）する	モノの動作情報、蓄積情報を発信し、機械のリスクを確認（低減）する	人・モノ・環境を含めた様々な要素のリスクを共有・確認（低減）する
	リスク関連情報を受けて自律的、あるいは他律的な制御により安全側に導いている	人の行動・操作（他律制御）により危険事象を回避する	関係する人の行動・操作（他律的制御）、状態確認（自律的制御）により、モノが危険事象を回避するよう制御する	モノの動作情報、蓄積情報を発信・解析し、人の操作（他律的）、機械の制御（自律的）により人が危険事象を回避するように導く	人・モノ・環境を含めた様々な要素を分析、学習し、最適なリスク低減を実施しつつ、自律的に危険状態を回避する
	生産性への貢献度	新規設備の場合：目標生産能力の実現、もしくは能力の向上 既存設備の場合：生産能力の維持、もしくは能力の向上			
	通信／制御技術	信号レベル	データ通信	インタラクティブな通信 双方向	AI活用

IDEC株式会社　協調安全/Safety2.0ガイドブック　コンセプト編より

CSL 1:「人の行動エリア内で、危険事象回避が可能となる手段を確保する」レベル。
CSL 2:「人の情報を活用し、危険事象を回避するようにモノ（設備）を制御する」レベル。
CSL 3:「CSL 2に加えて、モノ（設備）からの高度な情報により、人に行動を促すことによっても危険事象を回避可能とする」レベル。
CSL 4:「人とモノ（設備）の状態を最適な安全状態となるよう、リアルタイムに制御する」レベル。

この指標は、機械安全におけるリスク評価を基に要求値として決定されるパフォーマンスレベル（PL）と違い、協調安全／Safety2.0システムの構築後に、現システムの安全レベルを確認すると同時に不足している技術要素を検討するために使用する。結果、今後の安全化レベル改善に向けての方向性や可能性に活用することができると考えている。

また、協調安全／Safety2.0の考え方は、2018年10月にフランスで開催された安全国際会議「SIAS（International Conference on Safety of Industrial Automated Systems）」の場で、向殿明治大学名誉教授が「人と機械が共存・協調する社会」に最適な安全の考え方として日本から世界に向けて初めて発表された。これを機に、協調安全／Safety2.0の考え方はグローバルで議論されるようになった。また、国際標準化の世界でも、技術、人材、マネジメントをそれぞれ独立して扱うのではなく、包括的に推進することの必要性が認識されるようになってきた。このことは、IEC（International Electrotechnical Commission：国際電気標準会議）の中でも議論され、その視点から未来の安全の在り方を考える「Safety in the Future」というIEC白書

（White Paper）が2020年10月のIEC 総会で出版・発行されることが決議された。この白書、日本が世界を主導する形で現在作成を進めている。

《参考文献》
IDEC株式会社，協調安全／ Safety2.0ガイドブック　コンセプト編，（2019）

ロボカップアジアパシフィック2020あいちに向けての機械安全の取組

安全安心社会研究センター　客員研究員　岩岡和幸

2020年が始まった。今年は、オリンピックイヤーである。私は、昨年、知人の依頼で2019年国際ロボット展において『WRS（World Robot Summit）ものづくりカテゴリー製品組立チャレンジ』のトライアル競技会において、参加チームの組立ロボットの安全性検証審査員を務めさせて頂きました。参加チームは大学生の合同チームが１チーム、社会人のチームが２チーム、学生と社会人の合同チームが１チームの計４チームが参加されていました。各チームとも選りすぐられたメンバーで構成させており、ロボット技術に対して非常に高いレベルで競技をされていました。そこでの私の仕事は、この競技で使用された組立ロボットが競技メンバーに対し安全に使用出来るか、且つ、第３者（見学者等）に対して安全であるかの検証確認（妥当性確認）でありました。

４チームとも、確かに、ロボット技術・技能に関しては、大変素晴らしいものをお持ちでありましたが、かたや安全と言う視点からみると・・・今少し・・・頑張って！と言う状態かと。勿論、このような競技会は、組立技術を競う内容でありますので、その趣旨は十分に理解しております。が、万一、この競技会中にメンバーが事故を起こした時点で競技会は中止となる事が考えられます。または、一般の見学者に怪我をさせるなどが起きた事を想像すると、次回以降、開催出来

ない事も視野に入れなければなりません。危険と言うのは簡単ですが、メンバーは競技の事で頭がいっぱいのはず。その上、安全の事でとやかく言われてしまう。当たり前の事ですが、モチベーション的にも非常に難しいはず。その為にも、我々の任務は非常に重要かと考えさせられました。メンバーの最大のパフォーマンスを引き出しながらの安全状態での競技の継続。私は、現在の業務にて、『安全絶対最優先』と日々叫びながら、現場を巡回しております。でも、操業者は、最大の生産のパフォーマンスを求められています。生産現場は、日々競技会？と言う気持ちにさせられました。つくづく最大のパフォーマンスを引き出すことの大切さを再考させられました。

『安全絶対最優先』と言葉で叫ぶのは簡単ですが、いざ、自分がその立場に立てば、はたしてどうだろうか？製造現場は、安全があってあたりまえ、且つ、その上で生産量のノルマを求められている訳です。その為には、如何に常日頃からの生産状態を考慮したリスクアセスメントが重要か、変化に追従した、トラブルを想定したリスクアセスメントが出来ているかをもっと追究しなければならないと思いました。

2020年は、10月８日（木）～11日（日）愛知県国際展示場「Aichi Sky Expo」にて、ロボカップアジアパシフィック2020あいちが開催予定となっており、世界中からロボットの先駆者が集まります。また、彼らは近い将来、これからのもの作りにおいて、重要な役割を担う方々だと考えます。『備えあれば憂いなし』と言う言葉がありますが、世界から集まって来る最強のメンバーたちの為にも、今から機械安全についてレクチャーが必要だと考えさせられたイベントでした。ロボカップアジアパシフィック2020あいちの成功の為にも、安全関連関係者の皆様、ご協力、ご対応の程よろしくお願い申し上げます。

フードセーフティと衛生設計

安全安心社会研究センター　客員研究員　大村宏之

1．はじめに

2018年６月「改正 食品衛生法」が公布され、我が国にフードセーフティ（以下、FS (Food Safety)）の仕組みとしてHACCP（Hazard Analysis and Critical Control Point）システムによる安全管理が制度化された。HACCPシステムを導入する企業は、前提条件プログラム（以下、PRP (Prerequisite Program)）の構築が不可欠である。PRPは工場のゾーニングや作業管理要求だけではない。生産設備、すなわち“機械・装置の洗浄・殺菌を確実に行うための衛生構造”（以下、衛生構造）に関する要求を含む。本稿ではHACCPシステムと衛生構造の関係を概説する。

2．PRPとしての衛生構造

必要なPRPはフードチェーンにおける位置によって異なる。一般的なPRPとしてGMP（Good Manufacturing Practice）、GHP（Good Hygienic Practice）などが広く知られており、これらの中に「衛生構造」に対する要求が規定される。ここでは、国際標準であるコーデックス委員会が定める「基本テキスト」[1)]に規定されるGHPを取り上げる。

GHPにおける衛生構造は、セクション４“施設及び設備の設計の原則”が定め、「洗浄し易い」「保守し易い」「分解可能」のような性能要

求を示す。これら性能要求は、食品衛生法改正により作成された「施設の共通基準」とほぼ同じ内容となっている。

ではどのような構造にすればPRPが要求する「洗浄し易い構造」と判定できるのだろうか？　GHPは“洗浄し易い”という性能要求のみで、具体的な構造、判定基準などを定めない。そのため日本では「衛生構造」というと“洗浄し易い”という性能要求で行き詰まり、具体的な構造に議論が向かい難い。日本の衛生関連法令も、具体的構造要求に一切言及しない。だが欧米では衛生設計の『考え方』は、機械メーカ及び食品メーカに浸透しており、流通の法的条件にすらなっている。

3．欧州における PRP としての衛生設計の考え方

FSはリスクベースで判定することを「基本テキスト」は定める。そして欧州のFSを定める上位の法令〔(EC) No 178/2002〕は、「GHPへの整合」、「衛生の基本原則」、「機械類への衛生構造」、「関連指令の参照」等を定める。「関連指令の参照」とは、衛生面の構造要求は、機械・装置の安全・衛生設計を定めた法令『機械指令』の参照を意味する。このようにGHPが定める衛生構造の要求は、機械指令へと向かう。そして機械指令に従い、『リスト化されたEN（欧州規格）の適用』として、EN/ISOへと行きつく。

以上のように食品安全と衛生構造の関係は明確になっている。

4．終わりに

筆者は、厚生労働省などへ食品衛生法へのJISのリンクを長年働きかけている。しかしまだ、労働安全における「包括指針」のようなガイドライン作成には至っていない。

《参考文献》
1）THE CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, FOOD HYGIENE (BASIC TEXTS), (http://www.fao.org/3/a1552e/a1552e00.htm)

予備的ハザード分析
（Preliminary hazard analysis : PHA）

安全安心社会研究センター　客員研究員　大賀公二

リスクアセスメントが、システム、製品の安全に寄与できていないとの話を稀に聞くことがある。

事故の発見において重要なことは、適切な内容領域の専門家がブレインストーミングをし、経験や知識をもとに問題について考えることが必要条件である。リスクアセスメントは潜在的ハザードを前もって特定するのに用いられ、起こりうる事故に対し、その対処法や軽減措置をとる。リスクアセスメントはシステム、製品のライフサイクルの重要なサポートプロセスである。

本稿では、リスクアセスメント対象のシステムのプログラムの初期段階で有効であるとされる予備的ハザード解析についてその概要を述べる。

図１に、プログラムマイルストーンにおけるハザード解析について示す。ハザード解析プロセスは問題認識と状況把握から始まる。最初のステージでは、リスク（事故／故障／ハザード）の創造的な特定が必要であり、系統的で論理的かつ客観的なリスク特定を容易にすることになる。

予備的ハザード分析（Preliminary hazard analysis：PHA）は、簡易な帰納的分析法であり、概念設計の段階あるいは十分に設計仕様が固まっていない初期の設計段階で、システムに存在するハザードと

その影響を大略把握するために用いる方法である。最終設計段階において十分に設計条件その他の情報が得られた時点で実施する詳細なハザード分析の指針的な役割を果たすことになる。また初期段階で実施することで、識別したリスク低減方策をシステム仕様への落としこみ、ミッション成功とのバランス確保、高いコスト効果が可能となる。

PHAは、MIL-STD-882「System Safety」、ISO 31010「Risk management - Risk assessment techniques」にも記載されている技法である

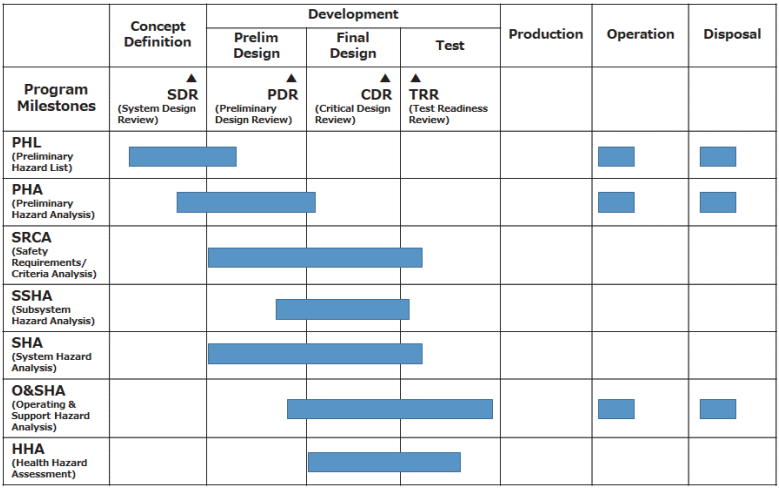


図1　プログラムマイルストーンとハザード解析

本手法の詳細については紙面の都合で割愛をするが、システムの初期設計段階に有効であり、データの蓄積とともに更に詳細なリスクアセスメントが実施となるため、ぜひとも初期段階での適用を実施していただきたい。

石綿（アスベスト）対策について

安全安心社会研究センター　客員研究員　**奥 田 真 司**

「石綿」、古くは竹取物語の「火鼠の皮衣」、江戸時代には平賀源内の「火浣布」などが「石綿」であるといわれ、安価さと加工の容易さで世界中の産業で使用されてきました。

「石綿」とは、天然に採取されるケイ酸塩を主成分とする繊維状の鉱物で「いしわた」「せきめん」と読みます。「アスベスト」は、「石綿」を意味するオランダ語で、綴りは“asbest”です。

しかし石綿は、肺線維症（じん肺）、悪性中皮腫の原因になることがわかり、1975年（S50年）10月1日：５重量％を超える石綿の吹付けは原則禁止になりましたが、その後も石綿含有吹付けロックウールが1980年（S55年）ごろまで使用されており（湿式工法については1988年（S63年）ごろまで使用されていました）、1987年（S62年）には学校、公営住宅等における吹き付け石綿が大きな社会問題となりました。

その後、石綿の使用は石綿の品種や使用量により段階的に禁止されてきており、1995年（H7年）４月１日：１重量％を超える石綿吹付け原則禁止・2004年（H16年）10月１日：１重量％を超える石綿含有建材、摩擦材、接着剤等、10品目の禁止・2006年（H18年）９月１日：0.1重量％を超える石綿含有製品の禁止となりました。

石綿は、一部の天然鉱物に不純物として含まれる可能性があり、これらの天然鉱物を原料として使用し石綿が0.1重量％を超えて含有する製品は禁止の対象となります。

しかし1970年代後半から1980年代にわたって輸入された石綿の多くは、建材として建築物に多く使われてきており、それらの建築物の耐用年数が過ぎて、解体・改修工事が増加し、また相次ぐ自然災害により多くの建物が破壊されてきています。

一定規模以上の建築物の解体工事等においては、作業者は労働安全衛生法（石綿則等）で守られ、各自治体条例や大気汚染防止法で大気中への飛散も防止することになっていますが、一般民家等や災害による被災家屋の解体工事ではあまり法令は遵守されず、監視の目も行き届いておらず、作業者及び周辺住民の被曝が懸念されます。

また吹付以外の石綿含有建材（非飛散性）はその判定が難しいものがあり、これら建材の適正安全な扱い出来るかも懸念されるところです。

アスベストを吸い込んだ量と中皮腫や肺がんなどの発病との間には相関関係が認められていますが、短期間の低濃度ばく露における発がんの危険性については 不明な点が多いとされています。現時点では、どれくらい以上のアスベストを吸えば、中皮腫になるかということは明らかではありません。

最も問題となるのは、これらの建材が石綿を含有するものなのかどうかということを判定する統一された公認資格がなかったことでしたが、2019年（H30年10月23日）国土交通省管轄の「建築物石綿含有建材調査者」の資格制度を厚生労働省と環境省と連携し、３省共管の調査制度が創設されました。まだまだ問題は山積していますが、一歩前進と考えています。

JIS B 9971「機械安全に関する要員の力量」の制定

安全安心社会研究センター　客員研究員　**松 浦 裕 士**

機械による災害を防止するためには、従来の機械、コンポーネントの安全基準だけでなく、機械安全に関する知識と技能をもつ人材が、機械を設計するメーカと機械を使用するユーザの双方に必要との認識が国内外で広がってきている。

それに伴い、長岡技術科学大学と資格認定委員会で運営しているシステム安全エンジニアや一般社団法人日本電気制御機器工業会が制度化し日本認証株式会社が運営しているセーフティアセッサ等の機械安全要員認証制度は、年々資格者数は増加している。とりわけ2004年に創設されたセーフティアセッサ制度は2020年３月末には国内外に約２万名の資格取得者になる見込みである。

上記のような市場背景をとらえて、世界に先駆けて令和元年５月25日付で日本産業規格JIS B 9971「機械安全に関する要員の力量」が、制定された。本規格は、筆者が原案作成委員会の委員、分科会主査として向殿委員長はじめ多くの有識者とともに作成に関わった。

これまでの機械安全分野における国際規格あるいは日本産業規格は、技術的側面（機械、コンポーネントの仕様、寸法等）の規定が中心であったが、本規格では、人に注目して機械安全に関わる要員に必要な力量（知識と技能）について規定した規格である。

本規格の制定によって期待する効果として、大学、工業会あるいは企業等で、これまで独自に推進されていた機械安全に関する資格制度において、要員の力量を具体的に標準化することで、標準化された指標による要員の力量評価が可能になる。また必要な力量を標準化したことから、機械安全に関する体系的な教育が可能になり、工業会あるいは企業での人材育成が推進され、現場の安全確保を一層加速すると考える。

今回制定されたJIS B 9971規格の主な特徴について簡単に記載する。

＊実施する作業に応じた機械安全に関する力量を規定

一般に、“設計者”や”技術者”といった職務は、企業や業界によって、業務の領域や内容が異なっており、企業や業界を超えて職務での必要な力量を示すことが困難であったが、本規格では、職務によらず機械を安全化するための作業において、共通するものを抽出して作業毎に必要な力量を規定している。これにより、企業や業界の現場に応じた必要な力量を確認することが可能になった。

＊機械安全に関する力量の構成

本規格では、機械安全に関する力量は、実際の作業で要求される知識と技能に分けて記載している。それぞれの知識や技能に関係するJIS規格やISO/IEC規格を示すことで、それぞれの力量を習得するために必要な内容が明確になっている。

国内の状況を中心として話していましたが、グローバルおいても、機械安全に関わる要員力量認証制度のニーズは高まっており、国際電気標準会議（IEC）では、新たに適合性評価評議会（CAB）傘下に要員力量認証制度（Certification of Personal Competency）のワーキンググループ（WG34）が発足され、筆者も日本代表委員として参画し日本から機械安全の要員力量基準、資格制度の運用基準等の国際標準化提案を積極的に行っている。

「診断報告書の確認不足」

安全安心社会研究センター　客員研究員　**野 沢 義 則**

これまで活動報告として患者確認ミス（患者誤認）である「取り違え」と生体情報モニターアラームの無駄鳴りを揶揄した「病院にひそむ狼少年」など、医療安全（患者安全）で問題視されている事項について紹介してきた。今回は、以前から話題になっている「診断報告書の確認不足」について報告する。

一般的に医療機関を受診した際に、医師の診察（問診）を受けて必要な検査を行う。その後、医師から検査結果について説明を受けることになる。その過程において検査結果が正しく患者に伝えられない（重要所見のコメント見逃し）事例が報告されている。画像診断（CT検査やMRI検査）を例にとって解説すると、画像検査の予約・依頼（オーダー）は各診療科主治医が行う。当然ではあるが画像検査結果についても同じ主治医が患者に説明することになる。しかし、画像解析（医療分野では読影という）は、画像解析の専門医が診断し画像診断報告書を作成し主治医に提出している。問題は、主治医がターゲットとして依頼した部位の画像のみ確認し他の病気（検査目的以外の所見）に気付かないまま患者に説明する場合や、画像診断報告書が提出されているにも関わらず確認するのを忘れていたなど、後日患者の症状が悪化（来院）した時に画像診断報告書にコメントが記載されていた事に気付いたという事例が報告されている。当然ではあるが、治療が遅れ

患者には不利益となる。このことは、画像診断に限った事ではない。内視鏡検査で組織の一部を病理検査に依頼した場合も病理診断報告書を確認せず放置された例がある。この場合、主治医が内視鏡検査医へ検査を依頼し、内視鏡検査医から病理診断医へ組織の検査を依頼するなど医師の連携が複雑化する。この場合、主治医は内視鏡検査の報告書と病理診断結果の報告書を確認し患者に説明すべきであるが、報告書の受領と患者への説明のタイミングによって情報伝達がうまくいっていなかった事例も報告されている。

大まかに言うと、医療は「危険検出型」であり、医療は患者が受診しないとカルテを開かない場合もあり、カルテを開かない限り診断報告書の確認忘れや結果の見落とし発生する可能性がある。診断報告書を確実に確認してから患者説明をするなど診療プロセスの確立やレポートの通知管理システム導入など適切な気づきを与える仕組みづくりが求められている。

第14回（2019年）医療の質・安全学会に参加したが、テーマは「レジリエンスの探求」である。従来のインシデント・アクシデント事例の収集ならびに対策からリスクを管理する考え方から、医療従事者が状況に応じて臨機応変に対応する成功事例をもとに回復力を養うことを目的としている。従来までおこなってきた事故予防対策はSafety Ⅰ、今後の成功事例分析はSafety Ⅱとなる。

今後も医療安全に関する情報の収集と分かりやすい報告を念頭に客員研究員としての責務を果たせるよう努力して参ります。

《参考文献》
・公益財団法人日本医療機能評価機構 医療安全情報
No.138（2018年５月）画像診断報告書の確認不足（第２報）
No.150（2019年５月）病理診断報告書の確認忘れ

産業機械におけるソフトウエアの安全性

安全安心社会研究センター　客員研究員　**越前屋　睦**

現在の産業機械はカタログ商品もあるが一品一様で製作される機械が多く、その機械にはPLC（プログラマブル・ロジック・コントローラー）が多く使用されている。産業機械における電気安全は電気回路（主にハードウエア）に着眼されているが、プログラム（ソフトウエア）にフォーカスが当てられないことが多いのが現状である。確かに災害が起こる場合、ハードウエアによる原因は多いが、ソフトウエアに原因があることも少なくない。本来はハードウエアや安全PLC等で安全関連部を個別で確保することが必要だが、スペースや予算的に困難なケースも多いため、今回は一般的なPLCのソフトウエアに限定する。

そのPLCのプログラマーは、機械を仕様の動作で動かすことが目的になりやすく、オペレーターを含む関係者のHMI（ヒューマン・マシン・インターフェース）を見落としやすい。その背景として、一つは設計者側と使用者側による意識の違いで、操作方法は正常動作時のみを想定していて不具合発生時やパニック時、近道行動時など設計者では想定しないことがある。二つ目に機械製作時は摩耗や劣化が無いためにスムーズに動くが、経年によって動作タイミング等が変わることで設計者が想定していない動作になり作業者の手介入など危険区域への侵入が増えることがある。三つ目は設計者の知見不足などにより、良かれと思って作った動きが使用者側では意図しない起動になるケー

スもある。

これらの対策として、リスクアセスメントが重要であることは間違いないが、ソフトウエアにも安全関連系と非安全関連系を分離させることを提案する。

最初に安全状態を定義することは重要となる。設備がどの状態にある時が安全で、どの状態が危険なのかを定義する。安全機器と同時にミューティング条件や保守のためのアクセス方法などを明確にしておくことでハードウエアとソフトウエアの分担が可能になる。二つ目に各安全機器作動時に関連する動作を決定し、PLC内ではソフトウエアのモジュールを分離させるか、使用する内部アドレスを安全関連系と非安全関連系で分かりやすく分離させることで、一目で分かるようにすることができる。電源遮断時にハードウエアでも出力コモンはOFFするが、ソフトウエアでも全てをOFFにしておかないと設備は再起動する可能性も残るので、出力回路部のマスターコントロール条件や自動運転中の内部リレーにも安全確認用の接点を入れておくことで、出力の一括OFFや自動運転サイクルの再起動防止が可能になる。機械の摩耗や劣化は必ず起こる前提でソフトウエアを作成する必要があるので、故障モードを把握することで対策も可能になる。知見を増やすためには自分で機械設備を触り、自分が作業者になって操作をすることが一番効果的である。

機械安全に関しては、エネルギーを把握した機械設計や電気（ハードウエア）設計者が多くかかわっていると思われるが、ソフトウエア設計者も同じくらいかかわることで災害が１件でも減ることを願う。

自動運転とは
―機械の歴史から振り返る

安全安心社会研究センター　客員研究員　今 枝 幸 博

現在生産設備として稼働している機械類は、小規模であってもCADデータを元に自動加工を行っている。また、幾つかの設備を接続して統合生産システムを構築しているのは珍しくはない。

所で、前述にて「自動」と言う言葉を使ったが、「自動」とは何を示すのだろうか。旋盤の発達を振り返って「自動」の意味するところを考えてみた。

古くは木工旋盤が17世紀後半に実用化されたが、動力は弓や足踏み式である。ここでは全てが手動である。18世紀の後半には産業革命が起こり、蒸気機関による動力の利用が可能になった。また同時期に旋盤では刃物台の機械送りができ、ねじ切りが可能となった。動力の入り切り、刃物台の送りの入り切りで一種の自動機能が搭載された。1840年代にはタレット旋盤が開発され、更にカム機構を利用して複数の工具で同時加工が可能となり、現代の旋盤機構が確立した。この頃はまだ各旋盤に専用の電動機は取り付けられてはいないが自動旋盤が登場したのである。

兵器産業、自動車産業の隆盛により、自動機能での互換性がある部品の大量生産が始まった。

1950年代になるとNC制御が開発された。やがてバーフィーダー、オートローダーが組み合わせられ、無人生産が可能になった。1960年台にはコンピューターシステムと接続され、自動搬送装置と接続されてフレキシブル生産システムが始まった。動力源が供給されていれば機械が遠隔で起動し、生産を始めるようになった。

ここで振り返ってみると、初めは動力源そのものが人であった。

やがて動力源を外部から獲得し機械となった。この時点では主軸への動力の結合、開放が自動（回転）と停止を意味した。

次には主軸だけではなく、動力が刃物送りに伝えられ、カム機構によりタレット切り替えをも含む自動（加工）と停止に拡張された。これが汎用旋盤の基本機能となっている。

やがてNC制御、CNC制御となり、プログラムによる加工工程の自動化から製造プロセスの自動化に至った。今日に至るまで一貫して自動という言葉が使われているが、その背景は大きく変化している。しかし、機械の操作パネルには何が配置されているだろうか。依然として「電源」のON―OFFと「手動」と「自動」ではないだろうか。もちろん軸数や機能が増えているため、各種の表示や操作のアクチュエータは増えているが、大きく意味が拡張された「自動」に対して作業者が適切に認識、判断、操作ができているだろうか。機械を操作している時に、他から「自動」介入される可能性の認識や確認はできているだろうか。機械機能の向上から運転モードの変遷をたどってみたが、ヒューマンマシンインターフェイスは自動の意味の変化に必ずしも対応できていない様に思われる。改めて「手動」と「自動」に必要な機能の整理と再構築の重要性を認識した。

自動車分野でのFMEAの動向

安全安心社会研究センター　客員研究員　**櫻井　剛**

FMEAに関する国際規格IEC 60812（JIS C 5750-4-3）の改訂は、1985年（Ed.1）、2006年（Ed.2）、2018年（Ed.3, 未JIS化）と進んできた。

一方、自動車分野では、ドイツVDA方式［VDA Volume 4］や、北米AIAG方式［FMEA-4］が広く利用されてきた。VDA/AIAGの両実施方式には分析ステップなどに差異があったが、2019年７月に新方式AIAG & VDA FMEA Handbook Ed.1［FMEAAV-1］として両者が統合され、VDA方式に近い実施方式に統一された。また、従来のIEC/VDA/AIAGいずれの方式でも、高重大度（Severity）でも低頻度ならば対応優先度が下がるという問題が指摘されていたRPN（Risk Priority Number）に代わり、新方式［FMEAAV-1］ではAP（Action Priority）が導入された。本稿では、この新方式のGuide Word（GW）および重大度Severity評価について述べる。

Failure洗い出しのためのGWは、IEC 60812などでは示されていないことからIEC 61882（HAZOP）のGW群を取り込んで実施することが一般的であった。しかし、HAZOP GW群は構成要素の機能が単純であることを前提としており、小規模であっても機能が複雑になりがちなソフトウェアや能動素子への適用は容易ではなく（ex. OTHER THANは、否定要求と同様に、単純な機能要素以外では検証不能）、例えば、多面性（複数の視点の重ね合わせ）に着目した分解などが必要であった。

新方式ではStep-4（sec. 2.4.2および3.4.2）でいくつかのGWを、

「これらに限らない（but not limited to)」という但し書き付きで例示している。「意図せぬ動作 Unintended function（e.g. タイミング不正 operation at the wrong time, 意図せぬ方向 unintended direction, 性能ムラ unequal performance)」のように、比較的複雑な機能を持つ要素でも相対的には利用しやすくなっているが、知見の蓄積もあるHAZOP GW群との使い分け／組み合わせの整理は今後不可欠と考えられる。

また、重大度Sは、VDA方式に例示がないことから欧州でも使われてきたAIAG方式の設計FMEA（DFMEA）の例では、S=10と９はともに死傷と法令違反で、警告の有無により差をつけていたが、新方式では死傷S=10、法令違反S= ９と改められた。また、S= １～３も、気づきやすさから不快度合いに切り替えられている。重大度から検出可能性やリスク対応の要素が取り除かれ、視点が整理されたことで、Risk Management全般にも一般化しやすくなっている（下表 筆者作成)。

S	Effect	Matter of	(AIAG & VDA FMEA Ed.1) Severity Criteria	Severity Criteria (筆者推定: Risk Management への拡張)	(AIAG FMEA-4) Criteria: Severity of Effect on Product (Customer Effect)
10	Very High	Safety (安全)	自車両、およびまたは、他車両の安全な運行、運転者または警察の健康、あるいは、保護使用者または歩行者に影響。	製品またはその製品を利用した最終製品の安全な運用、および、それらに係わる担当者（開発、製品など）または使用者の健康に影響。 ※用途や健康被害が生じる可能性があると予期されるもの（生じるという確証は不要、以下同様）	警告的な故障モードが、警告なしでの、自動車の安全な動作への影響を及ぼすか、または、警告なしでの法令への不適合につながる。
9	↑	Compliance (社会に対する裏切り)	法規制への不適合。	法令または主要標準規格への不適合。 ※法令への不適合：不当表示なども当然含まれる ※主要標準規格：全社共通規格 (ISO 9001)、機能安全対応等必須規格 (ISO 26262)、契約上の必須規格	警告的な故障モードが、警告を伴いつつも、自動車の安全な動作に影響を及ぼすか、または、法令への不適合につながる。
8	High	Debt Default (債務不履行)	想定耐用年数内の、通常走行における車両の主機能の喪失。	プロジェクト制約を変えなかった場合、契約上の重要機能などの喪失。 ※契約上の重要機能など：債務不履行となりうるもの	主機能の喪失（車両が動かないが、安全な動作には影響を及ぼさない）。
7	↑	↑	想定耐用年数内の、通常走行における車両の主機能の低下。	プロジェクト制約を変えなかった場合、契約上の重要機能などの低下。	主機能の低下（車両は動くが、性能が低下する）。
6	Moderate	Defect (機能阻害)	車両の補助的な機能の喪失。	プロジェクト制約を変えなかった場合、その他の機能などの喪失。 ※その他の機能など：契約上の重要機能ではないが、機能阻害を生じうるもの	その他の機能などの低下（車両は動くが、快適/便利機能が利用できない）。
5	↑	↑	車両の補助的な機能の低下。	プロジェクト制約を変えなかった場合、その他の機能などの低下。	その他の機能などの低下（車両は動くが、快適/便利機能に制限がある）。
4	↑	Complaints and Objections (不満、苦情)	非常に不愉快な外観、音、振動、突き上げ、または、感触。	いずれかのステークホルダーが非常に大きな不満を抱かうる、使用性などの問題。 ※使用性などの問題の例：望ましい姿からの車両(企業理念の実現を阻害するようなものは当然アウト)	顧客の発生、車両は動くが、不具合があり、殆どの顧客が気づく (> 75%)。
3	Low	↑	中程度に不愉快な外観、音、振動、突き上げ、または、感触。	いずれかのステークホルダーが中程度の不満を抱かうる、使用性などの問題。	顧客の発生、車両は動くが、不具合があり、多くの顧客が気づく (50%程度)。
2	↑	↑	わずかに不愉快な外観、音、振動、突き上げ、または、感触。	いずれかのステークホルダーがわずかに不満を抱かうる、使用性などの問題。	顧客の発生、車両は動くが、不具合があり、感覚の高い顧客が気づく (< 25%)。
1	Very Low	Innocent	認識できる影響なし。	認識できる影響なし。	認識できる影響なし。

［VDA Volume 4］ VDA Volume 4 Manual, Part-5 Product- and Process-FMEA

［FMEA-4］ AIAG: Potential Failure Mode & Effects Analysis (FMEA) Manual, Ed.4 (2008)

［FMEAAV-1］ AIAG & VDA FMEA Handbook, Ed.1 (2019)

日常生活を取り巻くリスクと食品安全

安全安心社会研究センター　客員研究員　川 瀬 健太郎

事故や災害など安全に対する社会の関心は依然高い。とりわけ食は生命維持、健康増進を支える生活の基盤であることから、内閣府食品安全委員会が食の安全への関心、一定の関連知識や業務経験を有する人を主な対象としてモニター意識調査を2003年から毎年実施している。冒頭に日常生活を取り巻く７分野のリスクについて、続いて食品安全に関する危害要因について「不安の程度」を選択する形式の設問があり、傾向把握の参考にしている。図１に2019年2月の実施結果を示す。

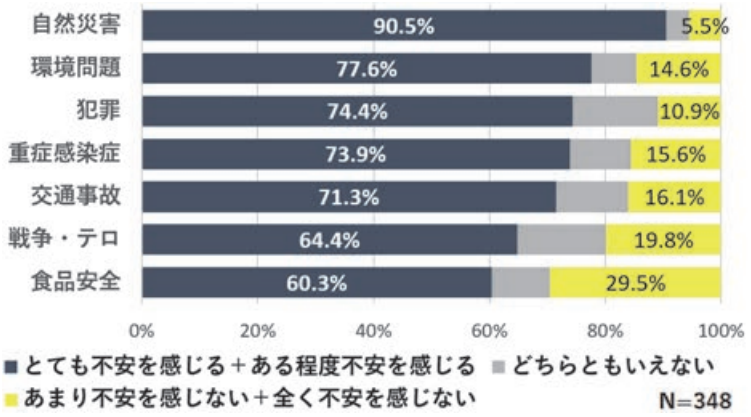


図1　日常生活を取り巻くリスク分野別の不安の程度
出典：食品安全委員会平成30年度食品安全モニター報告より筆者作図

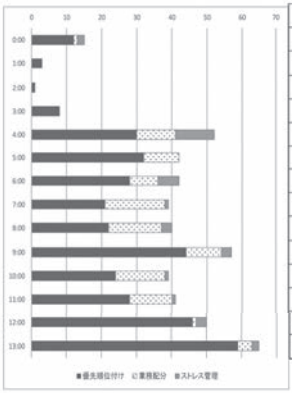
不安を感じる割合の最多は自然災害の90.5％に対し食品安全は60.3%である。この２分野は直近４年ほぼ同様の数値で推移し順位も同じである。一方、危害要因別でみると、細菌・ウイルス等による食中毒を不安に感じる割合が86.7%となり順位も７年連続のトップとなった。2018年の厚生労働省食中毒統計では、発生件数1,330件（昨対131.2%）、患者数17,282人（昨対105%）と報告されており、発生件数１位はアニサキス等寄生虫の487件、患者数１位となったノロウイルスは8,475人と総計の約半数を占めた。近年の食中毒事案が大規模広域化、分散化と病因物質の多様化の傾向にあることが不安の程度に影響していると思われる。一例では、2017年に発生した刻み海苔を原因食品とするノロウイルス食中毒が４都府県にまたがり、患者数2,000人を超える大規模となった事例が挙げられる。

これらの意識調査、統計や事件・事故から学ぶことは多い。現在、食品安全の考え方はリスクアナリシス（リスクの管理・評価・コミュニケーション）の枠組みが国際標準だ。生産から消費に至るフードチェーンにおいては、安全性確保に関して事業者が一義的な責任を有していることから、食品の安全性に対する危害を最小限に抑えるための科学的な食品衛生管理手法であるHACCP（＝Hazard Analysis and Critical Control Point）は、2021年の完全制度化に向けてその導入が急がれる状況にある。本誌第７号で筆者は2018年の改正食品衛生法とHACCPについて執筆したが、それに関連し現在専門委員として活動している一般社団法人全国スーパーマーケット協会食品安全技術専門会議は、2019年12月にHACCP導入手引書Ver.1の動画版を厚生労働省WEBサイトにて公開するなど各種支援の整備を進めている。こうした情報発信はコミュニケーション手段のひとつでもあり、安心をつくることにもつながる。これら普及啓発と支援活動、研究事例発表などを通じて、食品安全の高度化に継続して取り組んでいきたいと考える。

緊急時対応力向上への考察

安全安心社会研究センター　客員研究員　**吉 澤 厚 文**

緊急事態が発生した場合、その事態に直接対応する現場の対処が、最終的な被害の規模に影響を及ぼす。したがって、緊急事態を未然に防止する検討および対処を前提とした上で、さらなる取り組みとして、緊急事態の悪化を防ぎ、回復を早める現場の「緊急時対応力」を高める検討が必要である。本稿では、過酷事故に至った東京電力㈱福島第一原子力発電所事故の時間経過に伴う現場の対応内容の変化を、３月13日０時から、13日14時までの間、テレビ会議の発話内容から読み取った。これを、対応組織別にCRM（Crew Resource



時間	主要な出来事（TV会議発話内容より）
0時台	1号機PCV水没を議論、2・3号機のベント官邸より許可(0:54)
1時台	1号機注水の継続を確認
2時台	1号機注水の有効性を議論
3時台	保安院プレスの対応、3号機HPCI停止および低圧系注入できない状況(3:53)
4時台	発電所より調達の一括管理依頼、燃料不足が深刻、官邸と発電所所長の電話不調、3号機注水手段検討
5時台	3号機ベントライン作業指示(5:15)、保安院ベント了解(5:20)、3号機15条特定事象発生(5:10)、3号機海水注入判断(5:42)
6時台	3号機消防車が確保でき減圧して低圧代替注水の準備着手、注水水源を海水から淡水に変更(6:47)、SLCは1号の爆発でケーブル損傷
7時台	3号機減圧用バッテリー社員の車より調達、ドライウェルスプレイ開始(7:39)、ベントとドライウェルスプレイの関係議論
8時台	3号機ドライウェルスプレイ停止判断(8:01)、ベントライン構成完了(8:41)、使用済燃料プール冷却問題議論、敷地境界線量15条特定事象に該当(8:58通報)
9時台	3号機減圧完了・注水指示(9:04)、淡水の確保手段議論、ベント実施判断(9:20)、消防車による注水開始(9:25)
10時台	2号機の状況についての懸念が出始める、3号機の注水は海水も視野に入れる(10:32)、2号機ベント準備着手(10:49)
11時台	2号機ベントラン構成完了(11:01)、使用済プールの冷却が再度議論、本店は冷却用に水を確保、2号機・3号機共に計測が限定的しか見られない
12時台	被ばくで100mSv超の作業員が出始める、3号機注水源を淡水に変更する判断(12:18)、3号機ベント再開(12:35)
13時台	3号機海水による注水を再開(13:11)、2号機海水注入の国力了解依頼(13:17)、2号機海水注入保安院の了解(13:41)、注水は2号機より3号機を優先する判断

図1　緊急時対策室の事故対応の状況とワークロードマネジメントの分析結果

management）手法の考え方を援用し、優先順位付け、業務配分、ストレス管理の分類を用いてワークロードマネジメントを整理した。

図１は現場の緊急時対策本部の分析結果であるが、プラントの状況が様々に変化する中で、これに対応するマネジメントが行われていることが判る。また、表１は発電所の外部組織がどのようなタスクを担っていたかをまとめたものである。外部組織は、実際に緊急時対応を行う組織をいかに支援できるかが重要であるが、上手くいったアドバイスがある一方で、現場に混乱を与えたものも存在した。

表1　外部組織との業務配分列

外部組織	業務配分された主要なタスク	発電所対策本部へのアドバイス等の事例	発電所対策本部のワークロードを高めていた事例
本店	消防車、電源車、変圧器、燃料、バッテリー、食料等の調達（消防車、バッテリーは火力部門より） 格納容器ベント（放射性物質放出）に係る関連個所の了解取得 使用済燃料プール冷却のアイデア出し 使用済燃料プール冷却用水の手配 発電所内通信手段の復旧（工務部門） 外部電源の復旧（工務部門） 資材管理場所の選定（小名浜コールセンター） 水素爆発回避のための方法検討（ブローアウトパネル開放など） 他電力からの派遣者の受け入れ 格納容器ベント時の線量予測 炉内水位低下の予測（2号機）	高圧注水系の状態と原災法15条特定事象該当の判断 格納容器ベントの国の了解取得 長期的視点から見た交流電源復旧の必要性	外部組織への対応のための問い合わせ（原子力安全保安院、マスコミ） 現場での実施状況の確認（注水開始、ベント開始、ホウ酸水注入開始など）
オフサイトセンター、他発電所	発電所の出入り管理（汚染サーベイ、教育、防護用具装着） 退出時汚染検査基準の見直し 燃料、注水用水の調達（自衛隊への依頼） 通報連絡部隊の受け入れ（福島第二） 自衛隊の調整窓口業務、アテンド 使用済燃料プール冷却問題への対応 他電力からの派遣応援者の対応	3号機ドライウェルスプレイと炉心損傷との関係（炉心損傷に効果なし） 使用済燃料プール冷却としての水冷却の提案 1号機注水量と水位の不整合（松崎邦羽）	放射線管理要員増員の要請
官邸、原子力安全・保安院	他面必要なものの手配（リストアップを本店経由で依頼） 消防車等の燃料の調達 格納容器ベントの判断 海水注入の判断	格納容器ベントの了解 ラプチャーディスクを破壊しての早期格納容器ベントの可能性 注水水源選択の優先順位付け（淡水を優先） 3号機注水回復の優先順位付けに関する指導 海水注入の了解 バッテリーを活用した減圧の実施 バッテリーを活用した高圧注水系の復旧 早期格納容器ベントのための格納容器スプレイの停止 格納容器漏洩の可能性（線量の上昇から）	1号機プレス発表との整合性確認（注水の状況、水位など） 官邸への電話連絡の要請 注水水源選択の優先順位付け（淡水を優先） 3号機注水回復の優先順位付けに関する指導

これらの結果、下記の重要性が示された。

現場組織：優先度の高いミッションへの集中、業務配分による外部組織の支援の活用、ワークロードの低くなる時間帯の有効な活用

外部組織：現地組織からの業務配分を分担、ワークロードマネジメントの監視・支援

さらに、ストレス管理に関わる情報の収集や評価にはまだ改善の余地があり、この分野の研究開発等をより充実させる必要性がある。

《参考文献》
吉澤厚文，大場恭子，北村正晴：福島第一原子力発電所における事故対応ワークロード分析に基づく緊急時対応力向上に関する研究，日本原子力学会和文論文誌，Vol. 18，No. 2，pp.55-68，2019

リスクベースの安全と責任について

安全安心社会研究センター　客員研究員　**杉本　旭**

1．リスクの特殊性と誤解

リスクの理解に苦労していた当時、EUの専門家にわが国の安全の実状を見てもらい「日本には安全がない」と言われてドギモを抜かれた経験がある。真っ先に指摘されたのは、リスクアセスメントの目的は、残留リスクに応じて停止カテゴリを決めることだということだった。加えて、許容リスクでも、事故は免責にならないとのご指摘。では何が許容されるのか。さらに、扉に使用する安全スイッチ、当時わが国で使用中の安全スイッチに欠陥ありとのご指摘。停止時間の問題で、止まらないと扉が開かないようにするのが本物だそうだ。

2．リスク認知に基づく意思決定

リスクで考えると、事故は偶然であり絶対には避けられない。しかし、便益を積極的に求める場合の意思決定は自由だとはいかない。リスク認知に基づく意思決定は、個々の結果（事故）に対する責任を負うとされる。リスク認知とは実は便益を求めるが故の責任のことであり、そこで許容リスクとは、リスクからの助言を得て、便益のために負う責任を「許容」と認める決意表明だと言っていい。

3．リスク認知による補償責任

ところで、わが国では、リスクアセスメントによる許容責任に事故の免責を期待する人が多い。事故に対する責任は意思決定に基づくも

のであって免除はなされない。この事実は、INRSを訪問して直接確認した。その時、強調されたのは、改めて、「安全規格の目的は、事故を防ぐ／減らす／被害を小さくすること以上に、合理的な責任制度（補償・救済制度）を確立すること」であった。欧州規格の許容リスクは、金銭的補償が適用限界であり、金銭補償を予定できない死亡事故は、許容リスクの対象とはならない。

4．残留リスクと停止カテゴリ

事故は、もともとリスク認知によらず、事故の前の停止が遅れて発生する。安全を確保するとは、他でもなく、加害者の立場から自分の起こす事故を、起こす前に停止させて防ぐことである。

欧州規格には、方式と構造によって２種類の停止カテゴリが規定されている。同じ停止であっても、残留リスクに応じて選択される停止構造（対故障性）の違いを階層的に示している。詳細は、関連規格に譲るが、リスクが十分小さければ、操作者による直接の停止操作に委ねることができるだろう。リスクが小さければ、人間の代わりに安全スイッチによる停止信号が要求される。少々リスクが大きい場合は、安全スイッチの対故障性を厳しくして停止カテゴリを上げる。最後に、さらにリスクが大きい場合、事故前の停止には誤りが許されないという状況であるが、停止が確認されるまで人間が接近できない安全スイッチの選択がなされる。

5．おわりに

わが国では、従来、リスクが小さければ安全だとする思い込みがあり、これが、許容リスクによって事故は免責されるという誤解を許した理由である。リスク認知に伴う責任を曖昧にして、結果として生ずる事故の責任を、責任能力を有しない弱者に負わせてきたとしたら罪は重い。改めて、事故前の停止によってリスク認知に頼らない安全の理解を求めたい。

日本の傷害ピラミッド

安全安心社会研究センター　客員研究員　三 上 喜 貴

2019年３月に長岡技術科学大学理事・副学長を退任したが、引き続き特任教授兼学長アドバイザーとして、特に国際関係の仕事を中心に月数回程度のペースで勤務させていただいている。また、これとは別に本センター客員研究員として安全関係の研究を続けさせていただいている。特に力をいれているのは数年前から取り組んできた日本の傷害ピラミッドの推計であり、本誌面でその概要を報告する。

この課題について、2019年度になんとか論文投稿にこぎつけることができた。傷害ピラミッドとはある集団における傷害の発生件数を、傷害に起因する死亡者、入院患者、通院患者等の各段階で数量的にとらえ、これをピラミッドの形状で表現したものである。不定期ながら、ＥＵでは約10年前から報告が行われてきた。

傷害ピラミッドの示すデータは国家レベルで定量的な社会的安全目標を提示する場合、その基礎となるデータである。また、安全に関する政策効果の評価、既存の事故統計の捕捉率の評価などにも必須のデータである。しかし日本ではまだ作成されたことはなく、今回の報告が日本で初の試みである。我々は2019年の日本診療情報管理学会年次大会で口頭報告し、つい先日、同学会論文誌に投稿することができた。査読を無事に通過すれば、本誌発行後遠からずして論文も掲載されることと思う。

論文作成にあたっては、システム安全専攻の張坤准教授を中心に、防衛医科大学校の齋藤大蔵教授、医療ガバナンス研究所の上昌広先生というお二方の医師と共同で取り組んだ。ベースとなる情報源は、死亡者数については人口動態統計、入院患者数については厚生労働省の患者調査、そして通院患者数については厚労省からレセプト情報の提供を受けて推計を行った。レセプト情報は年間６億件を超えるビッグデータであり、匿名化されているとはいえ個人の診療記録に関するデータであることから慎重な取り扱いを要求される。この規模のビッグデータとなるとデスクトップ環境での情報処理では困難を極めるが張坤准教授の尽力で何とか解決することができた。

傷害ピラミッドの推計結果自体については、日本診療情報管理学会論文誌への論文掲載を待っていただく必要があるが、この研究過程で、日本について正確な傷害ピラミッドの推計を行うにあたって必要となる多くの課題も明らかにすることができたので、そのポイントのみここで報告しておく。

最大の課題は医療機関における診療記録にあたっての分類基準の問題である。人口動態統計は国際標準である国際傷病分類ＩＣＤに準拠して作成されており、その基礎となる死亡診断書（もしくは死体検案書）にも傷害発生の外因が何であったのかが、極めて簡潔な内容ながら記録されている。ここで用いられる分類基準がＩＣＤの第20章「外因の分類」である、しかし病院での診療記録では傷害発生の外因が何であったのかは記録されていないため、レセプト等の二次的な報告においても、例えば不慮の事故なのか自傷の結果なのかすら判別することができない。これは一朝一夕に改善できることではないが、今後、日本診療情報管理学会、その母体である日本病院会、あるいは消費者の安全問題を統括すべき立場にある消費者庁などと連携しながら課題解決に向けてささやかなら努力を重ねていきたい。

無人航空機のリスク評価の紹介

安全安心社会研究センター　客員研究員　**五十嵐 広 希**

近年、無人航空機（Unmanned Aerial Vehicle、以下 UAV）の利用が進んでおり、ホビー用から、保守検査、撮影自然環境、災害、社会科学など多様な分野で普及している。特に小型（機体重量と積載物を含む総重量が概ね25[kg]未満）のUAVは、この数年で性能の向上と、価格の低下により急速に普及が進み、今後は宅配運送や、構造物点検など産業分野での活用が期待されている。一方、利用の拡大に伴い小型UAVの事故も報告されている。

2015年には、英国ではプロペラによる幼児の失明事故や、カナダで約１[kg]の機体が墜落し女性の首の頸椎骨折事故、2017年には日本の建設作業現場での作業員の顔を数針縫う労働災害などが報告されている。現行の小型UAVの取扱説明書や飛行操縦者を育成する講習等において、例えば、回転するプロペラが危険なことは説明がされても、どの程度危険なのか、どのような保護方策を実施すべきかについての説明は必ずしも十分とは言えない。そこで本稿では、小型UAVの特にプロペラのリスク評価の事例と状況について紹介する。

小型UAVのリスク評価には、ISO 12100に基づくリスクアセスメントを実施した。主な重大危険事象には、小型UAVに搭載されたバッテリの保管中や充電中、墜落後衝撃等による火災の他、小型UAVのプロペラにより人体の切創リスクなどが上げられた。バッテリ火災に

ついては、保護方策の事例が比較的充実していた。一方、プロペラのリスクについては、定性的な実験は確認できたが、定量的な評価まで確認できなかった。そこで、プロペラのリスクの定量的な評価法の検討を目的に、小型UAVを速度２[m/s]で射出でき、人を模擬した衝突対象に接触させる装置を開発した。人側には人体を模したシリコン製の手と、骨を模した木材をベースにいた手形を作成した。手形に対して市販の耐切創手袋（EN 388）の耐切創レベル１、３、５を装着させて、プロペラによる被害を確認する実験を実施した（図１、図２）。

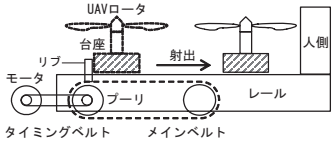


図1　プロペラによる指切創評価実験装置の概要

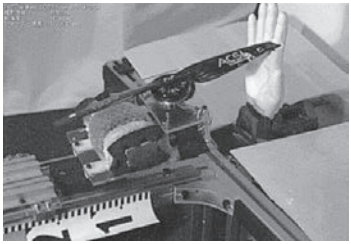


図2　評価実験の様子（15インチプロペラ）

実験の結果、材質がカーボン繊維タイプのプロペラで、長さが15インチ前後以上になると、手袋なしでは指の切断リスクがあることが確認され、耐切創手袋のレベル３以上でリスクレベルが下がることが確認された。長さが20インチ前後以上からは、耐切創性が高い手袋でも、指の切断リスクがあることを確認した（切断された指は手袋の中に残る）。さらに、材質にカーボンパウダーが練りこまれた射出成型の樹脂タイプのプロペラでは、衝突後にプロペラが粉々に飛散することが確認された。

現在は、明らかになりつつあるプロペラのリスクの傾向を、機体開発メーカーや、保護具の開発メーカー、ユーザー団体との情報共有し、小型UAVのより安全な利用環境の構築を目指す。

令和元年度
安全安心社会研究センター主催の講演会等の活動

第20回特別講演会（長岡技術科学大学システム安全同窓会との共催）

日　時：令和元年7月6日（土）　13：00-16：50

場　所：グランパークカンファレンス田町　401ホール

主　題：「今求められる技術者倫理」

最近の不祥事を考えるとき、技術者は何をよりどころにすればよいのでしょうか。また、先端技術の応用に当たっては、影響を技術者が予測しえない面があります。そのような場合に技術者はどのような心構えで業務に当たるのがよいのか、講演と討論を通じて考えてみたいと思います。

プログラム：

12：40　受付

13：00　開会の挨拶

13：05　講演1　最終講義

演題：「安全マネジメントの教育・研究に取り組んで」

講師：長岡技術科学大学　名誉教授（学長アドバイザー、特任教授）
三上　喜貴 氏

14：40　講演2

演題：「技術者が知っておくべき技術者倫理」

講師：長岡技術科学大学　基盤共通教育部　教授　市坪　誠 氏

15：40　休憩

15：50　講演3

演題：「AIや遺伝子操作などの最先端技術と技術者の倫理」

講師：T．スギモト技術士事務所　代表　杉本　泰治 氏

16：50　閉会

18：00　情報交換会

第21回特別講演会（長岡技術科学大学システム安全同窓会との共催）

日　時：令和元年12月21日（土）　13：00-16：50

場　所：グランパークカンファレンス田町　401ホール

主　題：「使用者への情報提供と安全」

製品や設備が安全に使用されるためには、使用者に適切に使用上の情報が伝達されることが必要である。そのため、IEC/IEEE 82079”製品の使用情報(使用説明)の作成”が制定されている。しかし、実際にはリスクの大きさに応じた警告表示、安全と危険の狭間であるグレーゾーンに関する適切な記述など、考えるべき事項がある。今回は、3講師の講演を基に、使用上の情報を一層活かし、安全な製品の使用に結び付けるための議論を行いたい。

プログラム：

12：40　登録受付

13：00　開会の挨拶

13：10　講演1

演題：「使用説明の国際規格IEC/IEEE 82079-1:2019と安全」

講師：株式会社島津製作所　分析計測事業部　事業企画部
(システム安全10期生)　　畝本　あい子 氏

14：15　講演2

演題：「製品の安全確保のための適切な警告表示とそのための
リスクの見積」

講師：元株式会社日立製作所　　池田　隆壽 氏

15：15　休憩

15：25　講演3

演題：「安全・危険の間のグレーゾーンに着目した警告表示」

講師：電気通信大学　大学院　教授　　田中　健次 氏

16：50　閉　会

18：00　情報交換会

長岡技術科学大学における安全安心社会の構築に向けた取り組み

年	本学の動き	社会全体の動き
2001 (H13)	機械安全工学寄附講座	3月　平成13-17年度科学技術基本計画の理念として「安心・安全で質の高い生活のできる国」 5月　厚生労働省より「機械の包括的な安全基準に関する指針」
2002 (H14)	4月　大学院機械創造工学専攻に「機械安全コース」	
2003 (H15)		5月　専門職大学院設置基準 機械安全の基本国際規格ISO12100（機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則）発行 食品安全基本法公布（7月施行）
2004 (H16)	3月　「機械安全コース」第一期生修了	4月　文部科学省 安全・安心な社会の構築に資する科学技術政策に関する懇談会報告書 7月　新潟・福島豪雨 10月　新潟県中越地震 12月　ISO12100に基づきJIS B 9700制定
2005 (H17)		安衛法が改正、リスク評価努力義務化（翌4月施行） 4月　個人情報保護法施行
2006 (H18)	1月　中越地震調査報告会 4月　専門職大学院「システム安全専攻」創設	技術経営関係専門職大学院10校によりMOT協議会発足 消費生活用製品安全法改正 危険性有害性調査の努力義務化 3月　厚生労働大臣がリスクアセスメントの実施による自主的な安全衛生活動の促進を図るための指針を公表
2007 (H19)	10月　新潟中越沖地震震災復興シンポジウム	5月　重大事故報告制度運用開始 7月　新潟県中越沖地震 7月　厚生労働省が「機械の包括的な安全基準に関する指針」を改正
2008 (H20)	3月　システム安全専攻第一期生修了 **4月　安全安心社会研究センター発足** 4月　博士後期課程情報・制御専攻に「安全工学コース」 7月　新潟中越沖地震一周年震災復興シンポジウム	
2009 (H21)	9月　本センターに客員研究員制度	9月　消費者被害を防ぐため、食品や製品の事故、クレームなどの情報を一元化した消費者庁発足
2010 (H22)	3月　システム安全エンジニア認定委員会（向殿政男委員長）との協力により「システム安全エンジニア資格制度」を創設、第一回試験を実施	

年	本学の動き	社会全体の動き
2011 (H23)	3月　「安全安心社会研究」創刊 4月　大学院博士課程に「安全パラダイム指向コース」	3月　東日本太平洋沖地震 東京電力福島第一原発で事故発生 7月　新潟・福島豪雨 8月　放射性物質汚染対処特措法
2012 (H24)	3月　「安全安心社会研究」第２号発行 3月　小千谷市と原子力安全対策支援パートナー協定締結 4月　大学院修士課程に「原子力システム安全工学専攻」	4月　厚生労働省が、機械譲渡者等が行う機械に関する危険性等の通知の促進に関する指針を公表 7月　九州北部豪雨 9月　原子力規制委員会発足 12月　中央自動車道トンネル天井崩落事故
2013 (H25)	3月　「安全安心社会研究」第３号発行 8月　高専生・教員を本学に招き「安全基礎工学」の講義を実施	2月　PM2.5対策で国が暫定指針 7月　原発の安全対策の新規制基準が施行 7月　山口島根豪雨 8月　京都花火大会で露店爆発事故 8月　気象庁が「特別警報」の運用を開始 10月　伊豆大島で土石流災害
2014 (H26)	3月　「安全安心社会研究」第４号発行	4月　厚生労働省が安全技術者への教育プログラムを提示。その中で、システム安全エンジニア有資格者は全てを修得しているとみなした 6月　消費者安全法、景品表示法の改正法が成立・公布 9月　御嶽山噴火
2015 (H27)	3月　「安全安心社会研究」第５号発行 3月　システム安全専攻修了生が100名を超える 10月　システム安全アソシエイト第一回試験を実施	5月　列島各地で火山活動活発化 8月　川原原発１号機が再稼働、原発ゼロ解消 10月　マンション傾斜、基礎工事のデータ改ざん
2016 (H28)	3月　「安全安心社会研究」第６号発行	1月　個人情報の保護に関する法律に基づき、個人情報保護委員会が内閣府の外局として設置される 4月　熊本地震 6月　改正労働安全衛生法施行 11月　福岡・博多駅前の道路陥没
2017 (H29)	「高専教員・学生向け出張講演システム安全の基礎」を実施	1月　改正育児・介護休業法施行
2018 (H30)	「高専教員・学生向け出張講演システム安全の基礎」を実施	
2019 (R1)	3月　「安全安心社会研究」第７号発行	3月　厚生労働省　機能安全教育の通達 6月　改正児童虐待防止法成立（翌年４月施行）
2020 (R2)	3月　「安全安心社会研究」第８号発行	

「安全安心社会研究」第８号　索引

用　語	タ イ ト ル	頁
A～Z		
Behavior-Based Safety	人の行動を客観的・定量的に測定する方法－産業安全行動分析（Behavior-Based Safety）	20
CBTL	評価側とメーカー側の安全の見方の違い	83
CSL（Collaborative Safety Level）	新しい安全の考え方「協調安全／ Safety2.2」の可能性	96
EU	EU傷害白書	71
FMEA	自動車分野でのFMEAの動向	125
Guide Words	自動車分野でのFMEAの動向	125
HACCP	フードセーフティと衛生設計	111
	日常生活を取り巻くリスクと食品安全	127
ICD	EU傷害白書	71
	日本の傷害ピラミッド	133
IDB	EU傷害白書	71
JIS B 9971	JIS B 9971「機械安全に関する要員の力量」の制定	117
NCB	評価側とメーカー側の安全の見方の違い	83
PHA	予備的ハザード分析（Preliminary hazard analysis：PHA）	113
PLCのソフトウエア	産業機械におけるソフトウエアの安全性	121
Safety2.0	新しい安全の考え方「協調安全／ Safety2.0」の可能性	96
Severity	自動車分野でのFMEAの動向	125
WRS（World Robot Summit）	ロボカップアジアパシフィック2020あいちに向けての機械安全の取組	109

用　語	タイトル	頁
ア行		
アスベスト	石綿（アスベスト）対策について	115
安全確認型	船艇運航に見る「安全確認型指揮命令系統・作業手順」	88
安全関連系の分離	産業機械におけるソフトウエアの安全性	121
安全規格	評価側とメーカー側の安全の見方の違い	83
安全性検証	ロボカップアジアパシフィック2021あいちに向けての機械安全の取組	109
安全絶対最優先	ロボカップアジアパシフィック2022あいちに向けての機械安全の取組	109
意思決定	リスクベースの安全と責任について	131
石綿	石綿（アスベスト）対策について	115
一般PLC	産業機械におけるソフトウエアの安全性	121
衛生設計	フードセーフティと衛生設計	111
カ行		
確認不足	「診断報告書の確認不足」	119
機械安全に関する要員の力量	JIS B 9972「機械安全に関する要員の力量」の制定	117
機械安全要員認証制度	JIS B 9973「機械安全に関する要員の力量」の制定	117
危険度	設計技術者の行動特性による不安全行動の予測	14
技能講習	労働安全に必要な安全教育について	1
協調安全	新しい安全の考え方「協調安全／ Safety2.0」の可能性	96
緊急時対応力	緊急時対応力向上への考察	129
建設機械	人、建設機械と安全に関するダイナミクス研究	46
行動特性	設計技術者の行動特性による不安全行動の予測	14

用　語	タ イ ト ル	頁
合理的配慮	WHOの国際生活機能分類	60
国際生活機能分類	WHOの国際生活機能分類	60
サ行		
産業安全行動分析学	人の行動を客観的・定量的に測定する方法－産業安全行動分析（Behavior-Based Safety）	20
自動	自動運転とは―機械の歴史から振り返る	123
囚人のジレンマ	労働災害に関する心理研究	36
出港作業	船艇運航に見る「安全確認型指揮命令系統・作業手順」	88
障害の社会モデル	WHOの国際生活機能分類	60
食品安全	日常生活を取り巻くリスクと食品安全	127
診療情報管理	日本の傷害ピラミッド	133
設計ミス	設計技術者の行動特性による不安全行動の予測	14
旋盤	自動運転とは―機械の歴史から振り返る	123
タ行		
ダイナミクス	人、建設機械と安全に関するダイナミクス研究	46
中皮腫	石綿（アスベスト）対策について	115
停止カテゴリ	リスクベースの安全と責任について	131
統合生産システム	自動運転とは―機械の歴史から振り返る	123
特別教育	労働安全に必要な安全教育について	1
ハ行		
人	人、建設機械と安全に関するダイナミクス研究	46
フードセーフティ	フードセーフティと衛生設計	111
福島第一原子力発電所	緊急時対応力向上への考察	129

用　語	タイトル	頁
プロスペクト理論	労働災害に関する心理研究	36
保護具	無人航空機のリスク評価の紹介	135
マ行		
見逃し	「診断報告書の確認不足」	119
無人航空機	無人航空機のリスク評価の紹介	135
ヤ行		
「よければ知らせ」	船艇運航に見る「安全確認型指揮命令系統・作業手順」	88
予備的ハザード分析	予備的ハザード分析（Preliminary hazard analysis：PHA）	113
ラ行		
リスク	日常生活を取り巻くリスクと食品安全	127
リスクアセスメント	人の行動を客観的・定量的に測定する方法－産業安全行動分析（Behavior-Based Safety）	20
	予備的ハザード分析（Preliminary hazard analysis：PHA）	113
	無人航空機のリスク評価の紹介	135
リスク認知	リスクベースの安全と責任について	131
レジリエンス	「診断報告書の確認不足」	119
レセプト情報	日本の傷害ピラミッド	133
労働安全衛生法	労働安全に必要な安全教育について	1
労働災害	労働災害に関する心理研究	36
ワ行		
ワークロードマネジメント	緊急時対応力向上への考察	129

「安全安心社会研究」PDF化のご案内

長岡技術科学大学 安全安心社会研究センターでは、安全安心社会の構築に寄与することを目的に、本センターの活動とその成果をまとめました「安全安心社会研究」を定期的に発行しております。

本誌をより多くの方々にご覧いただけるよう各号全文ならびに論文別にPDF化し、ホームページ（https://safety.nagaokaut.ac.jp/）上に掲載いたしましたのでお気軽にご覧下さい。

なお、冊子送付をご希望される方は下記までご連絡下さい。

【連絡先】 長岡技術科学大学　安全安心社会研究センター
〒940-2188　新潟県長岡市上富岡町1603-1
Tel：0258-47-9754（直）
Mail：info@safety.nagaokaut.ac.jp

◉編集後記

安全安心社研究センター　センター長　福田　隆文

ここに、第８号をお届けできることをうれしく思います。読まれた皆様の感想はいかがでしょうか。

特集のテーマの選定は１年前からでした。最初は関係の方にアイデアを伺いながらテーマを徐々に固めました。テーマが決まれば、次は適任の方を探し、執筆をお願いします。本号のテーマは「“人”を知って産業事故を防ぐ」でした。安全確保において過度に人に頼ることは避けなければなりませんが、人が要である事も間違いありません。人の特性を知ってさらに安全な設計を考えるために役立つことを考え、人に関わる行動分析、設計、教育の３編の執筆を依頼しました。また、期せずしてOG投稿でも人に関する投稿をいただきました。また、センター客員研究員からは幅広い分野の短報、依頼原稿である書籍・文献の紹介と小冊子にしては盛りだくさんになっています。本冊子が皆さんにとって有用であることを願っています。

最後に、お願いです。是非、感想をお聞かせください。本センター宛郵便、FAX（0258-47-9573）、E-mail（info@safety.nagaokaut.ac.jp）のいずれでも結構です。

令和元年度　安全安心社会研究センター組織

センター長
長岡技術科学大学　システム安全専攻　教授　福田　隆文

副センター長
長岡技術科学大学　情報・経営システム工学専攻　教授　塩野谷　明

担当教員
長岡技術科学大学　機械創造工学専攻　教授　上村　靖司
長岡技術科学大学　電気電子情報工学専攻　教授　岩橋　政宏
長岡技術科学大学　環境社会基盤工学専攻　教授　杉本　光隆
長岡技術科学大学　環境社会基盤工学専攻　教授　細山田得三
長岡技術科学大学　システム安全工学専攻　教授　門脇　敏
長岡技術科学大学　システム安全工学専攻　教授　阿部雅二朗
長岡技術科学大学　システム安全工学専攻　准教授　木村　哲也
長岡技術科学大学　システム安全工学専攻　准教授　大塚　雄市
長岡技術科学大学　システム安全工学専攻　准教授　芳司　俊郎
長岡技術科学大学　システム安全工学専攻　実務家教授　坂井　正善
長岡技術科学大学　システム安全工学専攻　実務家准教授　宮地由芽子

事務局
長岡技術科学大学　安全安心社会研究センター　永井　真弓

令和元年度　安全安心社会研究センター客員研究員〈アイウエオ順〉

五十嵐広希（玉川大学）
今枝　幸博（村田機械株式会社）
岩岡　和幸（王子ネピア株式会社　安全衛生環境管理室　室長）
越前屋　睦（吉川鐵工株式会社　システム統括本部）
大賀　公二（有人宇宙システム株式会社　安全開発保証部　部長）
大村　宏之（一般社団法人日本食品機械工業会　事業部　部長）
奥田　真司（西華産業株式会社　営業統括本部　業務部建設担当）
川瀬健太郎（日清オイリオグループ株式会社）
櫻井　　剛（イーソル株式会社　技術本部　シニアエキスパート）
杉本　　旭（長岡技術科学大学　名誉教授）
野沢　義則（八戸市立市民病院　臨床工学科兼医療安全管理室　技士長）
松浦　裕士（日本認証株式会社　事業企画推進部　部長）
三上　喜貴（長岡技術科学大学　学長アドバイザー、特任教授、名誉教授）
吉澤　厚文（日本原子力発電株式会社　フェロー）