

機械システム調査開発
26—D—7

原因系に基づく安全管理の方法論の体系化
に関する調査開発
報告書

平成 27 年 3 月

一般財団法人 機械システム振興協会
委託先 特定非営利活動法人 社会システム研究フォーラム

序

現在、我が国ではデフレ経済から成長経済への移行を目指す様々な試みが進められていますが、その動きをより強固なものにするには、長年培ってきた多種多様な技術革新の芽を大きく育てる仕組み、即ち具体的な戦略づくりが必要であります。

一般財団法人機械システム振興協会（以下、「協会」という。）では、平成 26 年度から調査開発事業の中核として「イノベーション戦略策定事業」を、外部組織の皆様とともに始めました。

本事業の目的は、機械システムによる新たな社会変革を目指す革新的・先進的技術を基にした戦略づくり、きっかけづくりであります。このため関連する複数の分野の関係者が一同に会して議論を行い、現状の問題点や課題を検討・整理し、実現すべきシステムの姿及びその実現方策・道筋等を策定するものです。

「原因系に基づく安全管理の方法論の体系化に関する調査開発」は、上記事業の一環として、危険源を予め予測した機械システムの安全管理方式の可能性といった新たな概念構成を主眼に置いて、特定非営利活動法人 社会システム研究フォーラムに委託して実施し、多様な分野の関係者とともに協会も参加して議論・検討を行いました。また、協会に「機械システム開発委員会」（委員長：政策研究大学院大学名誉教授 藤正 巖氏）を設置し、そのご指導・ご助言を受けました。

この成果が、機械システムによる新たな社会変革が進展されるきっかけとなれば幸いです。

平成 27 年 3 月

一般財団法人 機械システム振興協会

はじめに

本報告書は、平成 26 年度「原因系に基づく安全管理の方法論の体系化に関する調査開発」として、一般財団法人機械システム振興協会殿より受託した調査開発の成果を取りまとめたものであります。

これまで安全管理のために考えられてきたリスクアセスメント手法の問題点としては、殆どのアセスメント手法が被害を防止することに主眼を置いているために、トラブルの顕在化を待って対策を立てる結果系の管理となっており、予め危険源のすべてを網羅することがないために「想定外」の事故を許してしまう弱点を持っていることです。

この数年間に起こった 4 件の化学プラントの爆発事故や鉄道事故、航空機のトラブルなどの事故の直接の原因としては、化学プラント事故では現場担当者に必要な知識や情報が不足していたり、鉄道事故では必要な点検を怠っていたりと、安全管理の方法以前の問題と考えられる面もあります。しかし、事故後によく「想定外」という言葉が出てくるように、事故前からそのような危険が対象機器や施設に内包されていることが「想定」されていなかった場合が多いのも現実です。

私達は機械システムを運転、使用する前に、そのシステムが内包している危険源を可能な限り多岐に亘って想定し（潜在的危険源の想定）、システムが使用される運転条件、環境条件の下でそれらの危険源がどのように現実的な危険へと「成長」するかを検討し、その危険の成長を回避するような対策を講ずる方法を考え、これを原因系に基づく安全管理の方法と名付け、この具体的方法論について検討しました。

また本調査開発では、安全管理の優等生ともいべき日本の新幹線、及び航空機での安全管理について、東海旅客鉄道株式会社（JR 東海）取締役・常務執行役員 総合技術本部長五十嵐一弘氏と、宇宙航空研究開発機構（JAXA）航空技術実証研究開発室 乱気流事故防止機体技術実証（SafeAvio）プリプロジェクトチーム チーム長町田 茂氏の両氏に講演して頂きました。ご多忙の中、快く時間を割いてお話いただいたことに厚く御礼申し上げます。

本調査開発の実施にあたり、当調査研究委員会の各位、ご指導とご協力をいただいた関係各位及び一般財団法人機械システム振興協会殿に厚く御礼申し上げます。

平成 27 年 3 月

目 次

I	調査開発の目的	1
II	調査開発の実施体制	2
III	調査開発の内容	5
1.	安全管理の構造	5
1.1	従来の結果系に基づく安全管理手法の概観	5
1.2	原因系に基づく安全管理	13
2.	新しい安全管理の構成	15
2.1	危険源の想定	15
2.2	探索のための情報源の整備	23
2.2.1	ビッグデータ活用の可能性	23
2.2.2	代表的なビッグデータ活用例	23
2.2.3	起点・背景理解のスモールデータ取込	28
2.2.4	ビッグデータ活用例の検討	29
2.3	具体例による安全管理 ー工業用途の調節弁ー	31
2.3.1	現状の安全管理	31
2.3.1.1	調節弁保全の現状	31
2.3.1.2	事後保全と予防保全	32
2.3.1.3	偶発故障と劣化故障	32
2.3.1.4	調節弁の部品構成	33
2.3.1.5	不具合現象と原因	34
2.3.2	新しい安全管理	34
2.3.2.1	故障の進展モデル	34
2.3.2.2	原因系の相関	35
2.3.2.3	原因系の設備安全管理	37
3.	個々の機械システムでの安全管理事例	38
3.1	航空機の安全管理	38
3.1.1	航空機運航の安全性	38
3.1.2	航空機の安全確保の体制	40
3.1.3	安全確保で重要な MSG	43
3.1.4	航空機事故の未然防止策	44
3.1.5	未然防止策の例としての損傷許容評価	46
3.1.6	想定外への対応	47

3.1.7	技術の限界に挑むことの重要性.....	49
3.1.8	対処療法から予防・予知へ.....	49
3.1.9	航空機安全性確保の今後.....	51
3.2	東海道新幹線の安全管理.....	52
3.2.1	東海道新幹線の安全管理に関する講演要旨.....	52
3.2.2	原因系にもとづく考察.....	58
3.2.2.1	東海道新幹線の特長とその背景.....	58
3.2.2.2	安全を確保する取り組み.....	60
3.2.2.3	管理方式の進展——点から線へ.....	64
3.2.2.4	危険源の評価.....	65
3.2.2.5	東海道新幹線の安全管理の実績と今後の方向性.....	66
4.	実現に向けての課題.....	67
4.1	原因系危険源探索システム.....	67
4.2	社会システムへの展開.....	77
4.3	今後の課題.....	80
5.	調査開発の成果（まとめ）.....	82
6.	今後の課題.....	82