

ヨーロッパ鉄道の安全管理における共通安全手法（CSMs）に関する調査研究

長岡技術科学大学 システム安全系 教授 平尾裕司

1. 調査研究の目的

鉄道の安全においてリスク管理を適用することの重要性については日本においても共通に理解されているが、その具体的な方法については今後の検討によるところが多い。そのようなことから、鉄道へのリスク管理適用の今後の検討に資することを目的として、ERA(European Railway Agency)によるヨーロッパ鉄道の安全管理に関する調査研究を昨年度（2007年度）に行った¹⁾。その結果、以下のことが明らかになった。

1. ヨーロッパ鉄道は、定量的な安全レベルを定める共通安全目標（CSTs*）と、その達成および関係安全要件をどのように評価するかを示す共通安全手法（CSMs）によってリスク管理をベースとした安全管理の実現をめざしている。
2. CSTsとして、鉄道における個人リスク（換算死亡者数/旅客列車・km）を用い、EUメンバー国の全てが現時点でクリアできる ALARP の許容可能領域の上限値を検討している。
3. CSMsについては、リスク評価とアセスメント手法として既に使用されている技術・規格類や同様な参照システムがあれば、それら従来からの安全確保の方法の適用を認め、該当する従来からの方法が適当でないときのみ明示的なリスク評価を行うことを ERA が勧告している。

これら前年度の成果を踏まえ、ヨーロッパ鉄道の安全管理についてより明確にするために CSMs について、特に、EU 域内の列車制御システムの認証にも関係するリスク評価についてその後の進展を含めて調査研究を行った。

2. 共通安全手法（CSMs）による鉄道の安全管理

(1) ERA における鉄道の安全管理に関する検討

ヨーロッパの鉄道安全に関する EU 指令として、EU 域内の鉄道の安全向上と鉄道輸送サービス市場へのアクセス改善を目的とした 2004/49/EC (Railway Safety Directive) が 2004 年に制定された²⁾。これを受けて、その実施・管理組織としての ERA がフランス Valenciennes に設置された。ERA の設置目的と使命は Regulation (EC) No.881/2004(Agency Regulation) で規定されている³⁾。

ヨーロッパ鉄道の安全管理において、Railway Safety Directive は最重要ドキュメントである。このドキュメントで規定されている各条項を実現・達成するために期限を定め ERA を中心として鉄道の安全管理確立のための諸活動が行われている。また、Agency Regulation によって ERA の具体的な活動内容が定められている。

* 略語のフルスペルは P.13 に記載してあります。

このような ERA における鉄道の安全管理に関する活動として、安全管理システム (SMSs)、CSTs や CSMs が Safety Unit 内の 2 つの Sector で検討されている。SMSs は、上下分離方式となっているヨーロッパの鉄道事業者とインフラ管理者に対して各国の安全管理当局 (国土交通省に相当) が認可 (Safety Certification and Authorisation) するためのものであり、Safety Certification Sector が担当している⁴⁾。また、CSTs や CSMs は、鉄道の輸送および設備に関するリスクアセスメント方法であり、Safety Assessment Sector が担当している⁵⁾。

(2) SMSs

前項で述べたように、SMSs は、上下分離方式となっているヨーロッパの鉄道事業者とインフラ管理者に対する各国の安全管理当局のための安全管理システムである。Railway Safety Directive の第 9 条には次の 4 項が SMSs の要件として規定されている。

1. インフラ管理者と鉄道事業者による CSTs 達成のための SMSs 制定
2. Annex III による SMSs 要求事項
3. インフラ管理者の鉄道事業者に対する列車運転の保証
4. 毎年ごとの安全レポートの提出

実際には、これらの要件は大まかであり詳細な記述とはなっていない²⁾。

このような SMSs による鉄道の安全管理を実現するために、対象とする SMSs が Railway Safety Directive の第 9 条に適合するか判断する Assessment Criteria を ERA が作成している⁶⁾。この Assessment Criteria についても、細部まで記述したものではなく、各国の鉄道事業者、インフラ管理者にとって大きな負担にはなっていないと考えられる。

SMSs は、2012 年から EU 域内での実施を義務化することで進められている⁷⁾。

(3) CSMs

CSMs は、鉄道の輸送および設備に関するリスクアセスメント方法であり、前項の SMSs が組織的な管理に重点があるのに対して、より技術的で運転・設備を対象としているとみることができる。CSTs は、広くは CSMs の範疇に入るとみてよい。

CSTs は、ヨーロッパにおける鉄道の共通安全目標値であり、鉄道の安全レベルを維持・向上することを目的とする。これは SMSs においても、鉄道事業者とインフラ管理者に直接関係する目標値であり、2008 年に ERA によってその算出方法が勧告として示されている⁸⁾。その算出方法については、昨年度の報告書でも述べられているように、Eurostat のデータに加重移動平均などの処理を加え、CSTs は各 EU メンバー国 (25 国) の鉄道安全レベル (NRVs) を現時点で全て満足するとともに、各国においてはそれぞれの現行の安全レベルを下回ることは許容しない。このような CSTs は EU メンバー国のなかで最も安全レベルが低い国の値で決定されその意味が疑問となるが、安全管理のための共通の枠組構築のための一過程とみるべきであろう。なお、CSTs の具体的な単位は、換算死亡者数/旅客列車・km など事故データに基づくものである。

設備の更新や新システムの開発などにおいては、リスクアセスメントが必要であり、その意味で

CSMsは重要なものである。2007年にERAによって具体的にどのようにリスクアセスメントを行うべきかCSMsに関する勧告が出されている⁹⁾。この勧告の特徴は、最初にハザードの同定および分類を行い、鉄道システムに対する変更や新規性の影響の大きさに応じて安全への影響評価のためのリスク受容原則を選択するというもので、コストなども考慮した現実的で妥当なものと考えられる。

このようなCSMsのERAによる勧告を基本として、Railway Safety Directiveの第6条第3項(a)CSMsのリスク評価・アセスメントを対象としたRegulation案が現在検討されており、近日中に公開されることになっている¹⁰⁾。Regulationとして正式に制定されれば、リスク評価・アセスメントの方法として規制力を有することになる。

3. リスク評価手法

CSMsのリスク評価・アセスメントの方法として、Regulation案では以下のような方法をとる。

1. 鉄道事業者あるいはインフラ管理者のうちの当事者が、対象とする鉄道システムの変更(新技術の採用を含む)の安全への影響を考察する。鉄道システムの変更が安全への影響がないと判断された場合には、リスク管理プロセスの適用は必要とされない。
2. 鉄道システムの変更が安全に影響すると判断された場合、専門家の判断によって次の3つのうちの1つの対応をとる。
 - ① 安全への影響が大きくない場合、当事者が自分の安全手法を適用する
 - ② 安全への影響が大きい場合、本Regulationを適用する
 - ③ 安全への影響が大きいかつ特別に安全当局の関与が必要とされる場合、別に規定されている手順・手法を適用する
3. 上記②の本Regulationを適用したケースとして、安全への影響の評価には、次の3つのリスク許容原則の1つあるは複数適用する。
 - a. 実績のある技術・規格類によるリスクアセスメント (code of practice)
 - b. 参照システムとの比較によるリスクアセスメント (similar reference system)
 - c. 明示的なリスクアセスメント (explicit risk estimation)

安全への影響の評価のためのa～cの原則の適用には、変更の内容が関係する。変更の内容およびその安全への影響が大きい場合には、c. 明示的なリスクアセスメントによる定量的な解析(たとえば危険故障の発生確率 10^9 など)が必要とされる。これらリスク許容原則は、図1に示すERAによる勧告によって示されたものである⁹⁾。

なお、明示的なリスクアセスメントにおけるリスク評価基準等の詳細については、現在ERAで検討が行われている段階である。

4. 列車制御システムの認証

鉄道の安全管理における重要な事項の一つに列車制御システムの認証がある。現在、RAMS規格(EN 50126 / IEC62278)、鉄道信号システムを対象とした規格類(EN50129 / IEC62425 EN50128 / IEC62280など)を適用して新たな装置・システムの開発が行われるとともに、設備の改修なども行わ

れるが、その認証に多くの時間とコストを要している。

このような認証に対して、認証を行う独立なアセッサー（ISA）と装置・システムに責任を持つ妥当性確認者との役割を明確にすることによってそのプロセスを合理化できるという指摘がある¹¹⁾。その指摘では、妥当性確認者の責任範囲まで及んでアセッサーが膨大な安全立証ドキュメント（セーフティケース）を要求している場合があるためとし、アセッサーと妥当性確認者の役割を明確にすることによって認証に必要なセーフティケースを最小限に抑えることが可能としている。

このような列車制御システムの認証は、CSMsにおいて図1の左側にある Independent Assessment と位置付けされる。システム開発には多くの段階があるとともに関係する組織も多く、Independent Assessment には認証機関、安全管理当局、鉄道事業者、インフラ管理者が関与する。現在、ERA では Independent Assessment の具体的内容について検討を行っている。

なお、CENELEC では、RAMS 規格と鉄道信号規格類を一つの規格にまとめるとともに、その適用のガイダンスについて検討を進めている。

5. まとめと考察

以上、昨年度行った ERA による鉄道の安全管理に関する調査結果を踏まえ、CMSs を中心にその後の進展を含めて調査した結果を述べた。以下にこれらのまとめと考察を行う。

1. EU における鉄道の安全管理に関して、その実現のための考え方から実現方策まですべてが Railway Safety Directive の各条の内容に基づいて進められている。また、その活動の中心となる ERA の活動についても Agency Regulation で規定されている。

このようなことから、EU の政策としての鉄道の安全管理の位置づけが明確になっているとともに、Directive、Regulation など EU 発行のドキュメントが重要な意味を持つことがわかる。

2. SMSs については、上下分離方式をとるヨーロッパの鉄道の安全管理におけるプロセス・手続きを規定する意味合いが強い。2012 年から EU 域内で実施が義務化されるが、細部まで規定したものではなく各国の鉄道事業者、インフラ管理者にとって大きな負担とはなっていないと考えられる。
3. Railway Safety Directive による安全管理の実現にあたっては、EU 各国のコンセンサスが必要となるため、技術的側面をもつ CSMs に厳しい基準を組み込むには困難が伴うと予想される。事実、CSTs は EU 域内の最も安全レベルが低い国の値で決定されていてその意味が疑問となるが、安全管理のための共通の枠組構築のための一過程とみるべきであろう。
4. 規制力を有する CSMs の Regulation 案が検討されている。鉄道システム変更の安全への影響評価法として、
 - a. 実績のある技術・規格類によるリスクアセスメント (code of practice)
 - b. 参照システムとの比較によるリスクアセスメント (similar reference system)
 - c. 明示的なリスクアセスメント (explicit risk estimation)

の3つのリスク許容原則のうち、1つあるいは複数を用いることが求められることになる。

これは、明示的なリスクアセスメントで定量的な評価を行う際にも、他の2つのリスクアセ

メントで適用される従来からの安全原則・技術を重視し、併用して検討することの必要性を意味していると考えられる。最近改定された機械類の重要な安全規格でパフォーマンスレベルとよばれる定量的安全指標の適用を必要とする ISO 13849 規格においても、設計に関する安全技術の原理・原則が定量的評価以前に必要な前提要件であることを明確にしておき、このような動きとも一致する。

5. CMSs を列車制御システムの認証などに適用する場合には、明示的なリスクアセスメントにおけるリスク評価基準、Independent Assessment の具体的内容が明確になっていることが必要であるが、これらの詳細はまだ ERA で検討されている段階にある。

しかしながら、ヨーロッパ鉄道の安全管理における昨年度からの進展として、SMSs の 2012 年からの実施の義務化、CSMs の Regulation 制定への動きなど、Railway Safety Directive によってその実現に向けて着実に進んでいる。これに伴って、鉄道の安全管理の全体像がより明確になってきた。

6. 以上のようなヨーロッパにおける鉄道の安全管理は、体制や制度は異なっているものの、日本においても鉄道へのリスク管理適用の検討に参考となる点が多いと考えられる。

略 語

ALARP: As Low As Reasonably Practicable

CSTs: Common Safety Targets

CSMs: Common Safety Methods

CSIs: Common Safety Indicators

ERA: European Railway Agency

NRVs: National Reference Values

RAMS: Reliability, Availability, Maintainability and Safety

SIL: Safety Integrity Level

SMSs: Safety Management Systems

THR: Tolerable Hazard Rate

文 献

- 1) 平尾：ERA (European Railway Agency) による鉄道の安全管理に関する調査研究、リサーチ・ダイジェスト、Ken-yusha Annual Review No. 10 (2008.5)
- 2) Directive 2004/49/EC of the European Parliament of the Council of 29 April 2004 on safety on the Community's railways and amending Council Directive 95/18/EC on the licensing of railway undertakings and Directive 2001/14/EC on the allocation of railway infrastructure capacity and levying of charges for the use of railway infrastructure and safety certification (Railway Safety Directive)
- 3) Regulation (EC) No.881/2004 of the European Parliament and Council of 29 April 2004

establishing a European railway agency (Agency Regulation)

- 4) Safety Certification and Authorisation,
(ア) http://www.era.europa.eu/core/Safety/Pages/Safety_Certification.aspx
- 5) Safety Assessment Sector,
(ア) http://www.era.europa.eu/core/Safety/Pages/Safety_Assessment.aspx
- 6) Safety Management System, Assessment Criteria for Railway Undertakings and Infrastructure Managers to be used by National Safety Authorities when assessing conformity with requirements in safety certificates and safety authorisations in accordance with Article 10(2)(a) and 11(1)(a) of Directive 2004/49/EC published by the European Railway Agency, 31/05/2007
SafeCert Team – ERA Safety Unit
- 7) Corinna Salander: A sector-wide approach to Safety Certification – the future vision for the railways–, ERA Safety Conference 2008
- 8) European Railway Agency Recommendation on the Common Safety Methods for calculation, assessment and enforcement to be used in the framework of the 1st set of Common Safety Targets (ERA/REC/01-2008/SAF)
- 9) European Railway Agency Recommendation on the 1st set of Common Safety Methods (ERA-REC-02-2007-SAF)
- 10) T. Breyne: Safety Assessment Sector: Future challenges, ERA Safety Conference 2008
- 11) IRSE-ITC: Towards the One Page Safety Case: Less Paper and More Assurance (to be published by Signal + Draht)
- 12) ERA に関する資料
① ERA のホームページ <http://www.era.europa.eu/> から得ることができる。

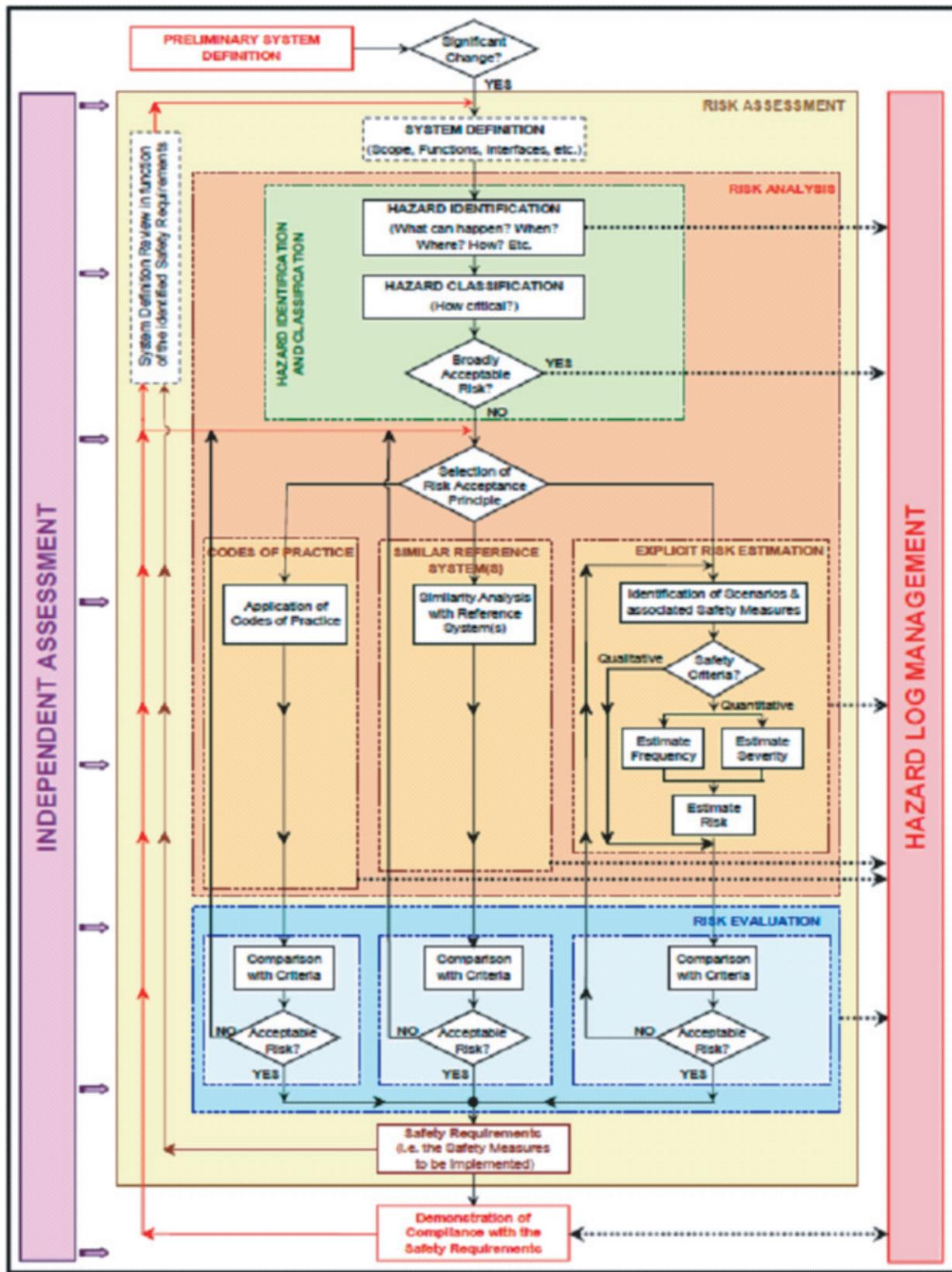


図1 CSMsにおけるリスクアセスメントのフレームワーク⁹⁾