

事務連絡
令和4年2月24日

一般社団法人 日本鉄道電気技術協会 専務理事 殿
一般社団法人 日本鉄道車両機械技術協会 車両部長 殿
一般社団法人 信号工業協会 業務部長 殿

} 単名各通

国土交通省 鉄道局
技術企画課長補佐

「無人で自動運転を行う鉄軌道のシステム等の設計及び製造並びに改造時の安全性や信頼性に係る評価の適切な実施について」に関する対応について

昨年2月、運輸安全委員会から、令和元年6月に株式会社横浜シーサイドラインで発生した事故に係る鉄道事故調査報告書を公表し、国土交通大臣（鉄道局）あてに鉄道事故防止及び鉄道事故が発生した場合における被害の軽減のため、鉄軌道事業者及び車両メーカー等は、より慎重に設計前に設計体制等の確認や調整、安全要件の抽出のフェーズを設け、それぞれを十分に実施し、設計後等に安全性の検証を十分に行うことについて指導するよう勧告されたところです。

また、鉄道局では、無人で自動運転を行う鉄軌道の事故防止に関する検討会を開催し、勧告内容を踏まえ、報告書としてとりまとめましたので、業務のご参考としていただきますようお願い致します。

なお、各鉄道事業者には、各地方運輸局等を通じ、別紙のとおり通知したことを申し添えます。

別紙

国鉄技第88号
令和4年2月24日

各地方運輸局鉄道部長 殿
内閣府沖縄総合事務局 運輸部長 殿

国土交通省鉄道局
技術企画課長
(公印省略)

無人で自動運転を行う鉄軌道のシステム等の設計及び製造並びに
改造時の安全性や信頼性に係る評価の適切な実施について

運輸安全委員会が、令和元年6月1日に株式会社横浜シーサイドラインの金沢シーサイドライン新杉田駅構内で発生した事故に係る鉄道事故調査報告書を公表し、国土交通大臣（鉄道局）あてに鉄道事故防止及び鉄道事故が発生した場合における被害の軽減のため、鉄軌道事業者及び車両メーカー等は、より慎重に設計前に設計体制等の確認や調整、安全要件の抽出のフェーズを設け、それぞれを十分に実施し、設計後等に安全性の検証を十分に行うことについて指導するよう勧告したことを受け、鉄道局では、無人で自動運転を行う鉄軌道の事故防止に関する検討会を開催し、勧告内容を踏まえたとりまとめを行ったので、管下鉄軌道事業者に対して、今後、無人で自動運転を行う鉄軌道のシステム等の設計及び製造並びに改造にあたっては、これらの情報を提供し、安全性や信頼性に係る評価が適切に行われるよう指導されたい。

なお、本件については、（一社）日本鉄道車輛工業会及び（一社）日本鉄道車両機械技術協会等の関係団体に対し、別紙1及び別紙2のとおり通知したことを申し添える。

無人で自動運転を行う鉄軌道のシステムの製造及び改造の設計にあたっての取組み

1. はじめに

令和元年6月1日に株式会社横浜シーサイドライン新杉田駅構内で発生した鉄道人身傷害事故については、令和3年2月18日に運輸安全委員会から鉄道事故調査報告書が公表されるとともに、下記2. のとおり国土交通大臣に対して勧告がなされたところである。

これを受け、鉄道局においては、無人で自動運転を行う鉄軌道のシステムの製造及び改造の設計にあたって検討すべき事項について、横浜シーサイドライン以外の6事業者等へ調査を行い、結果を下記3. にとりまとめたところ、以下に示すものである。

2. 運輸安全委員会からの勧告（令和3年2月18日）の概要

運輸安全委員会の事故調査報告書においては、「近年ますます複雑化が進む車両の設計において、鉄軌道における運転士又は前頭に緊急停止操作を行う係員が乗務しない列車の自動運転システム等の設計及び製造並びに改造にあたっては、システムインテグレーションを実施する設計体制を構築した上で、危険な事象につながる条件を設計前に欠落なく抽出・評価し、その対策を安全要件事項として反映することが重要であり、製造や運用を含めたライフサイクル全体を対象とした安全監理が必要である。その中で、鉄軌道事業者及び車両メーカー等はより慎重に設計前に設計体制等の確認や調整、安全要件の抽出のフェーズを設け、それぞれを十分に実施し、設計後等に安全性の検証を十分に行うべきものと考えられる。」とされた上で、以下の4項目が勧告されている。

- 1) 運転士が乗務しない列車の自動運転をするためのシステムの製造及び改造の設計にあたっては、設計・製造プロセスを参考に、「設計体制等の確認や調整」、「安全要件の抽出」、「安全性の検証」の各フェーズを設け、それぞれを十分に実施する。
- 2) 「設計体制等の確認や調整」のフェーズでは、システムインテグレーションを実施する設計体制を構築し、その中で会社間の役割や責任分担、各装置に対し各会社が標準としている仕様あるいは一般的と認識している仕様などを確認し調整する。
- 3) 「安全要件の抽出」のフェーズでは、発生が想定される異常状態に対して、網羅的な安全性の確認がなされるよう、システムの特성에応じて、体系的な

安全性解析などを実施し、安全確保に必要な要求事項等を整理する。

- 4) 「安全性の検証」のフェーズでは、上記3)で抽出した安全要件などについて、システム全体が十分に安全性を確保しているかなど、設計の結果を検証する。

※システムインテグレーション：

地上設備を含めた全体システムを俯瞰し、各装置の目的、仕様、特徴を踏まえたうえで、関係者の統一された認識の下、不具合の発生しうる様々な状況を想定し、安全性の高い車両に構成することを言う。

3. 運輸安全委員会への勧告に対する各フェーズへの対応について

今般、上記に示された3つのフェーズ、すなわち「設計体制等の確認や調整」、「安全要件の抽出」、「安全性の検証」について、横浜シーサイドライン以外の6事業者等への調査を実施した結果、設計当時には、現在用いられているFTA^{※1}やFMEA^{※2}などの手法による検証が行われていなかった路線もあったが、各事業者等からは当時の知見に基づいてそれらに類似する安全要件の抽出、またその検証作業が行われていた。

また、開業後の設備更新などの機会を通じ、検証作業は続いており、各事業者等において安全性のさらなる向上に向けた取組が続けられていた。

調査において、各事業者等から受けた具体的な報告内容を以下のようにとりまとめた。なお、これらの事項は、今後、無人で自動運転を行う鉄軌道のシステムの製造及び改造の設計を行う場合に留意すべき事項となるものと考えている。

※1：FTA(Fault Tree Analysis)

信頼性や安全性の観点から好ましくない事象を最初に挙げて（頂上事象）、そのような事象に至る要因等を解析する手法

※2：FMEA(Failure Modes and Effects Analysis)

部品レベルで起こる故障がシステムの出力にどのように影響するかを解析する手法

(1) 「設計体制等の確認や調整」

システムインテグレーションを実施する設計体制を構築し、その中で会社間の役割や責任分担、各装置に対し各会社が標準としている仕様あるいは一般的と認識している仕様などを確認し調整する

「危険な事象につながる条件を設計前に欠落なく抽出・評価し、その対策を安全要件事項として反映することが重要」との観点から、適切な設計体制等を構築し、鉄道事業者とメーカー間など関係者間で認識の相違を生じな

いようにすることが重要である。

本件について、各事業者等からの報告によれば以下のとおり

〔システムインテグレーターの責任明示の例〕

- 発注仕様書において、設計、製造に関して車両メーカーに責任がある旨を定めていた。
- 発注仕様書において、車両メーカーがシステムインテグレーターとなることを定めていた。

〔関係者による合議体を組成した例〕

- 設計体制は、鉄道事業者、浮上システムの開発会社、車両メーカー・装置メーカーの三者で設計から製作、試験、開業まで行う体制を構築していた。
- 鉄道事業者のほか、車両メーカーや設計コンサルタント等を構成メンバーとした「監理事務所」を設置し、その中で車両メーカーが全体を一元的に管理していた。

以上のようにシステムインテグレーターとしては、発注仕様書等において車両メーカーがその役割を担うことを明らかにしていたほか、関係者による合議体を組織した場合などがあり、関係者間で認識の相違を生じないよう必要な体制が構築されていた。

(2) 「安全要件の抽出」

発生が想定される異常状態に対して、網羅的な安全性の確認がなされるよう、システムの特性に応じて、体系的な安全性解析などを実施し、安全確保に必要な要求事項等を整理する

欧州等においては、許容されるリスクという考え方により安全が数値で規定されているが、日本では、数値だけではなく、新しいシステム・技術が、従来のシステム・技術に比して同程度以上の安全性が確保されているのか、という議論が重要となっている。

複雑化する車両の設計等に対応するためには、無人で自動運転を行う鉄軌道でこれまで行われていた安全性評価の手法に加え、FTA や FMEA 等の手法も活用しつつ、新しいシステム・技術が、従来のシステム・技術に比して同程度以上の安全性が確保されているのか、という点についてより精緻に評価を行っていくことが重要である。

本件について各事業者からの報告によれば以下のとおり。

〔安全性解析の例〕

- 鉄道事業者は発注仕様書で安全性・信頼性設計書を提出するよう車両メーカーに指示し、車両メーカーにおいて、安全確保に必要な要求事項等を整理していた。
- 頻繁な設計協議の中で、FMEA 的な考え方を適用し、安全確保に必要な要求事項等を整理していた。
- 無人運転を行っている他社の事故事例を参考にして、発生が想定される異常状態(動作)を整理し、安全確保に必要な要求事項等を整理していた。
- 設計会議の中で新交通システムの設計基準検討委員会等で定めた設計基準に基づき、安全確保に必要な要求事項等を整理していた。

以上のように過去の不具合や事故事例等を参考に設計会議等の中で安全が確保されているか繰り返し議論を行う事例や安全性・信頼性に係る設計書の提出をメーカーに求めた事例など、当時の知見に基づき、必要となる安全要件の抽出が行われていた。

(参考) FMEA 及び FTA について (別紙)

(3) 「安全性の検証」

抽出した安全要件などについて、システム全体が十分に安全性を確保しているかなど、設計の結果を検証する

(2) で抽出した安全要件に基づき、設計上の安全性が確保されているかを検証することや検証時に新たな要件が見つかった場合には必要な対応を行い、安全性を高めていくことが重要である。

また、検証にあたっては、設計・製造のプロセスで評価された安全性が運行開始後においても引き続き確保されていることを確認するアウトプットとしての側面も重要であり、プロセスとアウトプットの両面から安全性の適切な検証体制を構築することが重要である。

本件について各事業者からの報告によれば以下のとおり。

〔安全性検証の例〕

- 検査・試験段階での安全性の検証において、設計時には想定していなかった安全要件に気が付いた場合は躊躇なく改修やソフト変更を実施するなどして設計の結果を検証していた。
- 安全要件の抽出のフェーズで整理した課題について、設計、品質管理に

反映するとともに、システムの機能・安全性を車両搭載前及び搭載後（実車）において確認し、設計の結果を検証していた。

- 新規設計時の試験調整作業で各機器の動作記録を活用し、システム全体の健全性確認を実施するなどして、設計の結果を検証していた。
- システム全体の安全性検証を研究機関に依頼し、設計の結果を検証していた。

以上のように抽出した安全要件などについては、実機を通じた試験等により検証を行い、その結果に応じて必要な改修を行うなどの対応を行っていたほか、研究機関に依頼し、設計の結果を検証したなど各事業者等において必要となる安全性の検証が行われていた。

4. おわりに

無人で自動運転を行う鉄軌道のシステムの製造及び改造の設計にあたっては、「設計体制等の確認や調整」、「安全要件の抽出」、「安全性の検証」の各フェーズにおいて、それぞれを十分に実施することが重要であり、3. においてこれまでの各事業者による取組み事例などを示した。

これらにより、横浜シーサイドライン以外の無人で自動運転を行っている6事業者においては、いずれの事業者も当時の知見に基づき、安全性の検証がなされていることを確認した。

今後、無人で自動運転を行う鉄軌道のシステムの製造及び改造の設計を行う者に対して、これらの情報を提供し、引き続き、安全性や信頼性に係る評価が適切に行われる必要がある。

※1 FMEA(Failure Modes and Effects Analysis)

部品レベルで起こる故障がシステムの入力にどのように影響するかを解析する手法。

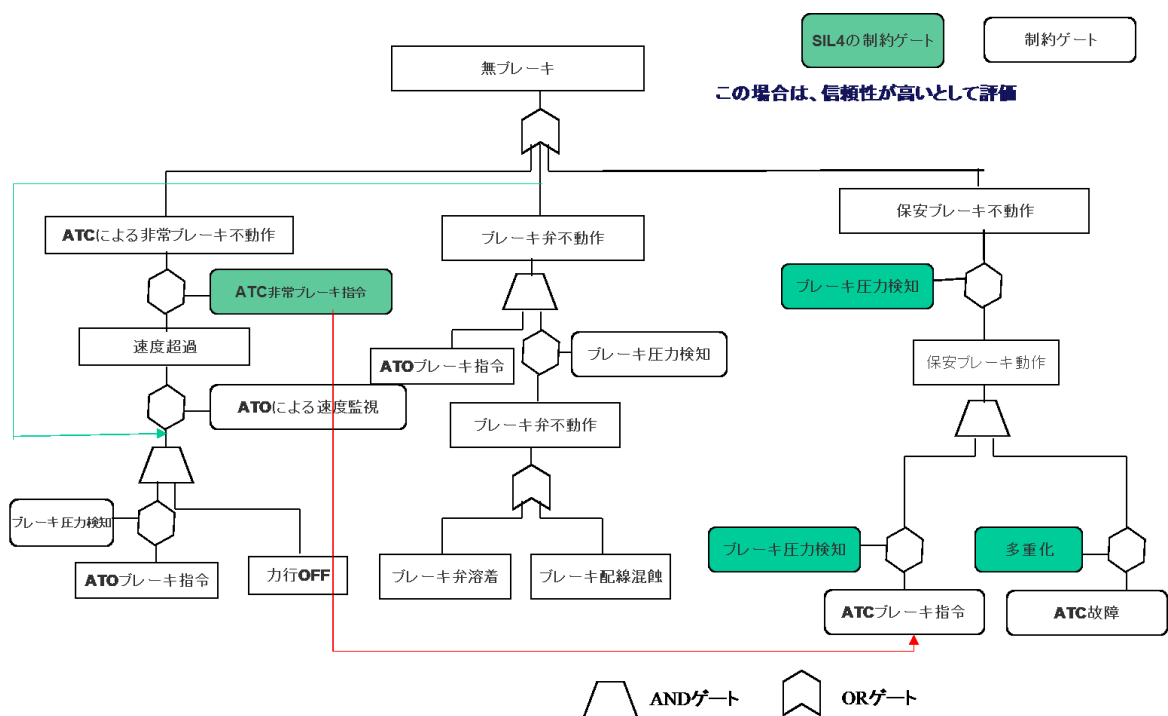
(イメージ)

サブシステム	構成部品、機能	故障モード	影響	故障検知	評価
ATO車上装置	コネクタ	断線	動作停止	ATO動作停止検知	○
		短絡(混蝕)	誤動作(逆走)	短絡検知	検知回路の信頼性
	力行指令	断線	動作停止	ATO動作停止検知	○
		短絡	力行継続	短絡検知	検知回路の信頼性
		誤動作	暴走	ATCで検知	○
ATC車上装置	コネクタ	短絡(混蝕)	誤動作(逆走)	短絡検知	検知回路の信頼性
	非常ブレーキ指令	短絡	無ブレーキ	短絡検知	検知回路の信頼性
		断線	非常ブレーキ指令	回路構成	○
ATO-VVVF	配線	断線	動作停止	VVVF故障検知	VVVF故障検知の信頼性
		短絡(混蝕)	動作継続	短絡検知	検知回路の信頼性

※2 FTA(Fault Tree Analysis)

信頼性や安全性の観点から好ましくない事象を最初に挙げて(頂上事象)、そのような事象に至る要因等を解析する手法。

(イメージ)



運委参第99号

令和3年2月18日

国土交通大臣

赤羽 一嘉 殿

運輸安全委員会

委員長 武田 展雄

株式会社横浜シーサイドライン新杉田駅において発生した
鉄道人身障害事故に係る勧告について

本件事故の直接の原因は、列車の前後進回路が断線したことにより、モーターの駆動方向が線路終端側の上り方向に向いたまま、走行が開始されたことによるものであるが、このような障害発生時における危険な事象を排除できなかった背景には、車両の設計・製造プロセスにおいて、「設計体制等の確認や調整」、「安全要件の抽出」、「安全性の検証」が十分に実施されていなかったことが考えられる。

近年ますます複雑化が進む車両の設計において、鉄軌道における運転士又は前頭に緊急停止操作を行う係員が乗務しない列車の自動運転システム等の設計及び製造並びに改造にあたっては、システムインテグレーションを実施する設計体制を構築した上で、危険な事象につながる条件を設計前に欠落なく抽出・評価し、その対策を安全要件事項として反映することが重要であり、製造や運用を含めたライフサイクル全体を対象とした安全管理が必要である。その中で、鉄軌道事業者及び車両メーカー等は、より慎重に設計前に設計体制等の確認や調整、安全要件の抽出のフェーズを設け、それぞれを十分に実施し、設計後等に安全性の検証を十分に行うべきものと考えられる。

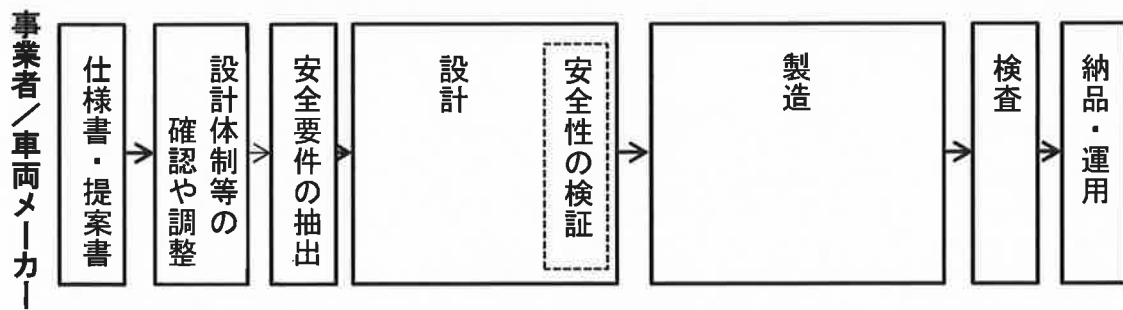
このことから、当委員会は、本事故調査の結果を踏まえ、鉄道事故防止及び鉄道事故が発生した場合における被害の軽減のため、運輸安全委員会設置法第26条第1項の規定に基づき、国土交通大臣に対して、下記の施策を講じるよう勧告する。



記

国土交通省鉄道局は、全国の鉄軌道事業者及び鉄道車両の設計・製造に関わるメーカーに対して、以下の事項の指導を徹底すべきである。

- (1) 運転士が乗務しない列車の自動運転をするためのシステムの製造及び改造の設計にあたっては、別紙に示した設計・製造プロセスを参考に、「設計体制等の確認や調整」、「安全要件の抽出」、「安全性の検証」の各フェーズを設け、それぞれを十分に実施する。
- (2) 「設計体制等の確認や調整」のフェーズでは、システムインテグレーションを実施する設計体制を構築し、その中で会社間の役割や責任分担、各装置に対し各会社が標準としている仕様又は一般的と認識している仕様などを確認し調整する。
- (3) 「安全要件の抽出」のフェーズでは、発生が想定される異常状態に対して、網羅的な安全性の確認がなされるよう、システムの特성에応じて、体系的な安全性解析などを実施し、安全確保に必要な要求事項等を整理する。
- (4) 「安全性の検証」のフェーズでは、上記(3)で抽出した安全要件などについて、システム全体が十分に安全性を確保しているかなど、設計の結果を検証する。



設計・製造プロセス