

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 (第4回)

日 時：令和3年3月9日（火）10：00～11：30

場 所：2号館-共用会議室 2A・2B（WEB併用）

一 議 事 次 第 一

1. 開 会

2. 挨拶

3. 議 事

（1）鉄道人身障害事故の調査報告書概要報告

（2）運輸安全委員会からの勧告等を受けた対応について

4. 閉 会

《配布資料》

資料1 （株）横浜シーサイドライン 鉄道人身障害事故の調査報告の概要
（運輸安全委員会資料）

資料2 横浜シーサイドライン鉄道人身障害事故に関する鉄道局の対応

(株) 横浜シーサイドライン 金沢シーサイドライン 鉄道人身障害事故 (令和元年6月1日発生)

調査報告 説明資料

運輸安全委員会

令和3年2月

1. 鉄道事故調査の経過

黒字のタイトル、各項目の・：経過報告記載事項
青字のタイトル、各項目の_：調査報告新規事項

1. 軌道経営者：株式会社横浜シーサイドライン
2. 事故種類： 鉄道人身障害事故
3. 発生日時： 令和元年6月1日(土) 20時15分ごろ (天気：晴れ)
4. 発生場所： 金沢シーサイドライン 新杉田駅構内(神奈川県横浜市)
5. 関係列車： 下り 第2009B列車(新杉田駅発並木中央駅行 5両編成)
6. 乗車人員： 乗客25名 (無人の自動運転のため乗務員は乗車していない)
7. 死傷者数： 負傷者17名 (重症12名)
8. 概要： 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発並木中央駅行き5両編成の下り第2009B列車は、令和元年6月1日(土)、無人の自動運転で始発の新杉田駅を定刻(20時15分)に出発したところ、列車の進行方向である下りと反対方向の上りに発車して、線路終端部の車止めに衝突した。列車には乗客25名が乗車しており、そのうち17名が負傷した。
9. 経過報告： 令和2年2月27日

2. 事実情報

運行の経過 <報告書P.3~4>、車両に関する情報 <報告書P.7~10>

新杉田駅～金沢八景駅間 10.8km(複線)



※この図は、国土地理院の地理院地図(電子国土Web)を使用して作成

← 金沢八景駅方 (下り)

新杉田駅方 (上り) →



○車両の損傷及び痕跡の状況

- ・ 中間連結器の曲がり、妻板の変形、天井パネル及び床板の変形、貫通路の渡り板の変形などが発生した。



車止めへの衝突の状況
(5両目)



妻板の凹み
(2両目新杉田駅方)



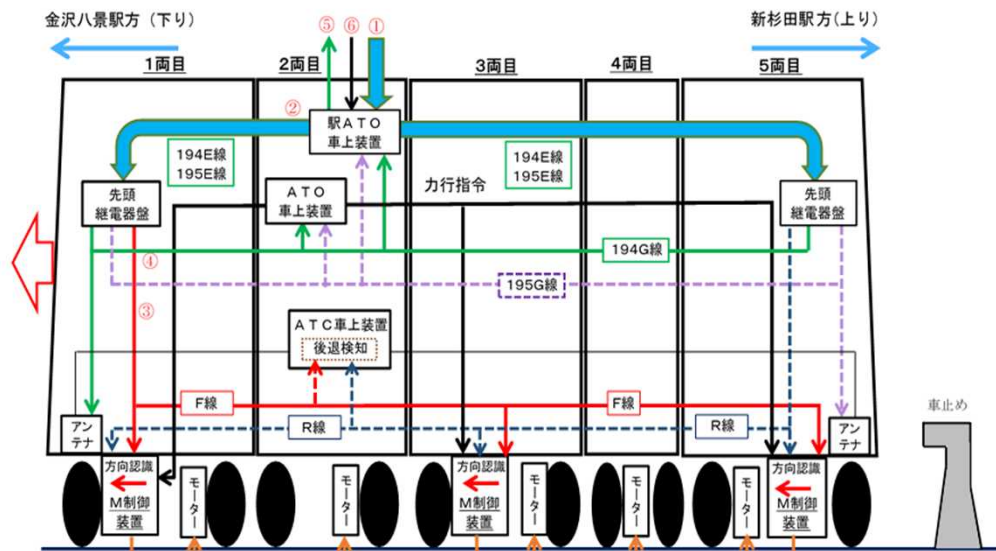
車内(2両目~3両目連結部)



中間連結器の曲がり
(4両目~5両目)

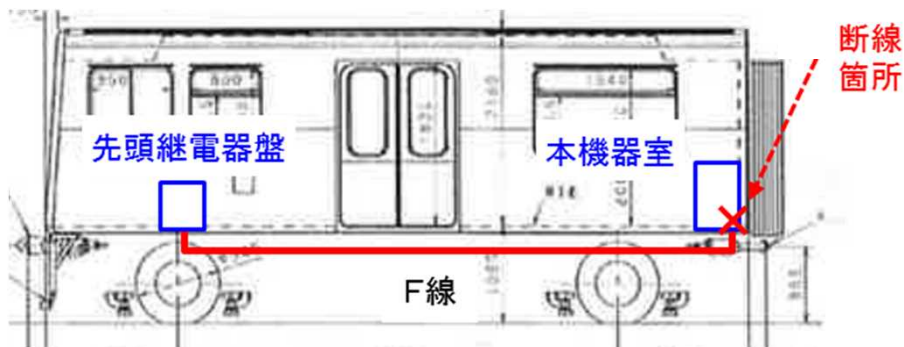
○鉄道施設の事故後の状況

- ・ 終端部の車止めの油圧式緩衝装置が、約 1,000mm伸びていた。



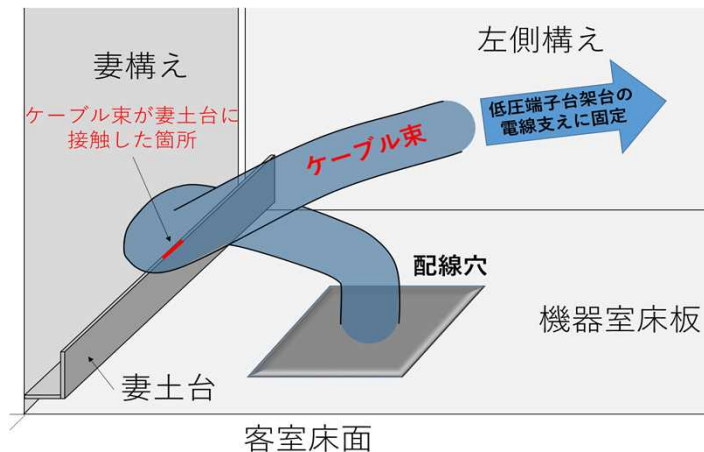
M制御装置：モーター制御装置

車上システムの制御の流れ

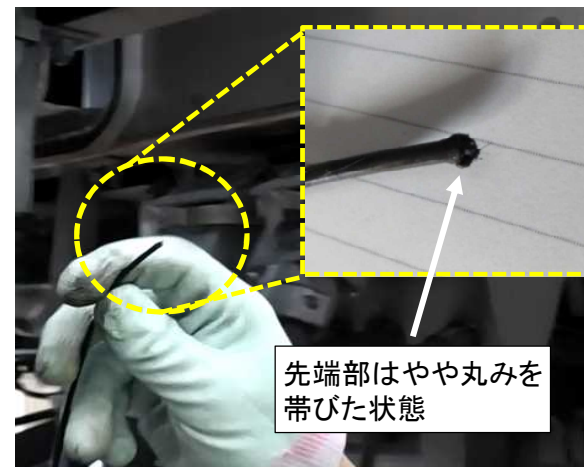


本件車両のF線の経路と断線箇所

本件車両の機器室内で、モーター制御装置、後退検知機能に進行方向を伝える指令線であるF線が断線していた。



機器室内のケーブル束の状況



断線状況(先頭側電線)

○ モーター制御

- ・ F線、R線が共に無加圧となると、モーター制御装置は以前の方向を維持する。

F線とR線の加圧状態とモーター制御装置がモーターを駆動する方向の関係

F線の状態	R線の状態	モーター制御装置がモーターを駆動する方向
無加圧	無加圧	以前の方向を維持
加圧	無加圧	新杉田駅 → 金沢八景駅（下り方向）に設定
無加圧	加圧	金沢八景駅 → 新杉田駅（上り方向）に設定
加圧	加圧	（保護動作）

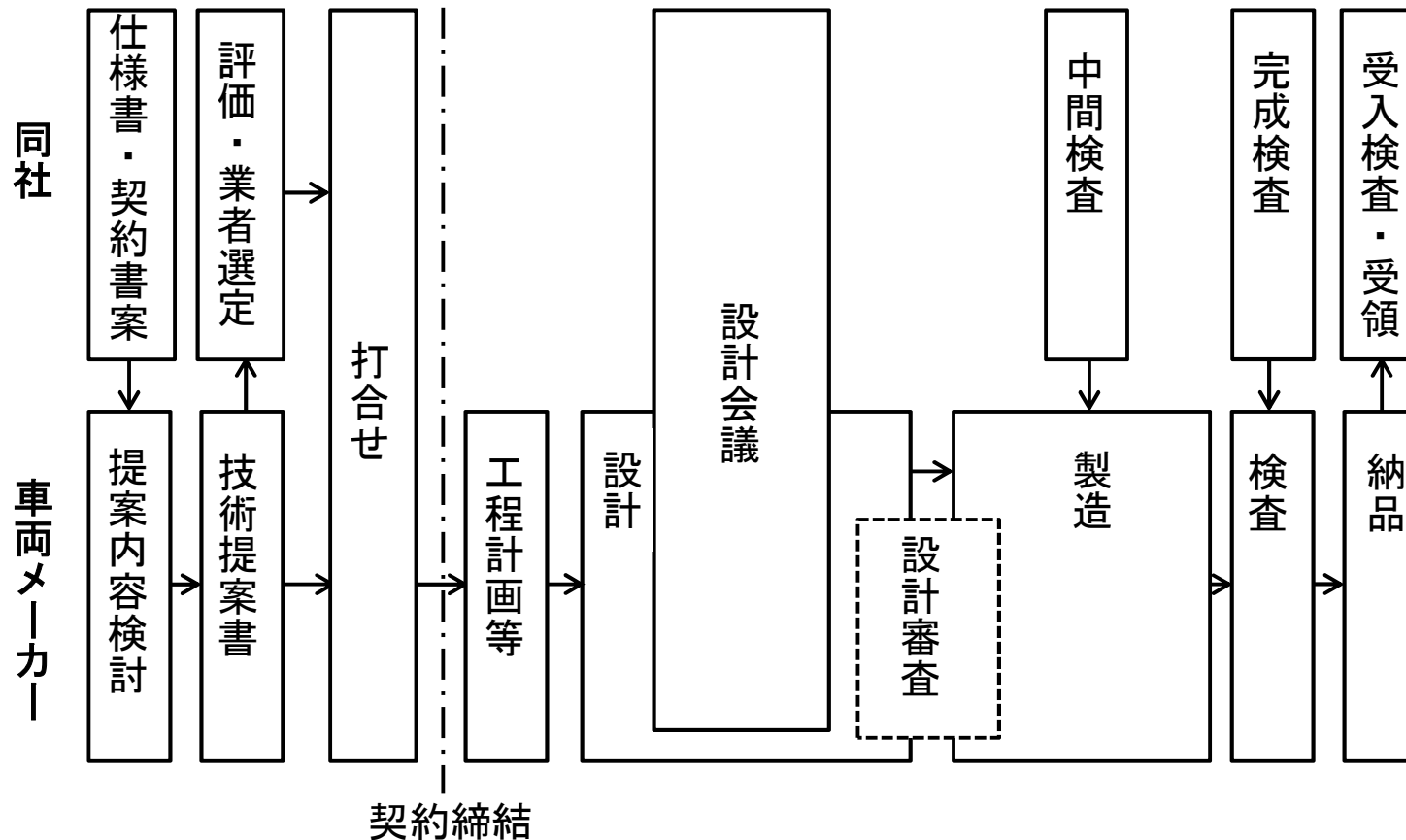
○ 異常走行の検知機能

- ・ A T C車上装置の後退検知機能が動作する条件は3つ。
 - ① F線またはR線の加圧状態による進行方向信号の入力があり、かつ位相検知（車輪の回転検知）がある。
 - ②、③ 省略
- ・ 本事故時は本来加圧状態であるべきF線が断線し、①の条件が成立しなかったため、後退検知機能が動作しなかった。

○ 2000型車両導入時の手続き等

- ・ 総合評価方式により、国内の主要車両メーカー5社の中から、平成20年12月に車両メーカーと製造請負契約を締結した。

○ 2000型車両の設計プロセス



契約締結後に直ちに設計に入っている。

○同社、車両メーカーの設計体制等の認識

	同社	車両メーカー
設計体制	<p>車両メーカーは、製造請負契約に基づき、搭載機器も含めた設計を担い、車両全体の設計、製作の責任を持つ。</p> <p>また、設計会議は実質車両メーカーが主催し、車両メーカーの設計に対し、確認及び修正を要請した。</p>	<p>車両メーカーは、構体及び各装置の取付構造やインターフェース等を設計し、車両として組み上げる立場にある。</p> <p>装置メーカーは各装置について安全性を含めて責任をもって設計製造する。</p> <p>また、設計会議は同社が主催し、2000型車両は、設計会議で設計したものである。</p>
設計の基本的な考え方	<p>1000型車両の情報は提供するものの、こだわる必要はなし。新規設計でも構わない。</p>	<p>初めての新交通システム車両の設計であり、1000型車両及び普通鉄道車両の実績を基に設計した。</p>
本路線の既存設備との統合	<p>設計検討の中心を車両メーカーにお願いする契約条件だった。基本的に車両メーカーが、本路線の状況及び地上設備を熟知し、きちんと検討するよう仕様書に記載した。</p>	<p>例えばATOの機能は、地上装置、車上装置、ATC装置などが複雑に構成された高度に専門化されており、各装置の機能や装置間のやり取りの全てについては把握しえず、設計会議等で得られた情報に基づき設計を行い、同社の承認を受けている。</p>

同社、車両メーカーの認識に相違がみられた。

○車両メーカー、装置メーカーの各装置の仕様等の認識

	車両メーカー	装置メーカー
モーター制御装置の進行方向のメモリ機能	<p>一般的にはブレーキ時のみ使用するものと考えている。普通鉄道車両の力行制御においての大原則は、走行すべき方向を示す指令線が加圧されなければモーターを起動しないということだと言える。</p>	<p>装置メーカーA: 力行時と回生ブレーキ時共に、進行方向の整合性を取るために同一条件で成立したメモリ機能の情報を使用している。 進行方向のメモリ機能を有するモーター制御装置は普通鉄道車両に採用されている自社の標準仕様である。 また、力行指令について、前後進回路でF線もしくはR線の確立との整合性が取られてモーター制御装置へ入力される前提と考えている。</p>
後退検知機能	<p>後退検知機能は、後退による列車衝突等を防止するための重要な運転保安システムであり、一般の普通鉄道車両では、意図した後退（逆転ハンドルを「後進」とした場合）以外は全て非常ブレーキを掛けるものである。 この考え方は大部分の鉄道事業者で認識されている。また、車両メーカーの発注仕様書では、後退検知機能をATC装置の機能の一部として明記している。</p>	<p>装置メーカーB: ATC車上装置の付帯機能であり運転保安システムではない。普通鉄道車両等で実績があり、進行方向を受信し、その方向に対する後退を検知するのは一般的な仕様である。</p>

車両メーカーと装置メーカーの間に認識の相違がみられた。

○安全性の検証

	同社	車両メーカー
異常状態に対する検討	異常発生時を想定した動作や地上への警報の内容等について、 ある程度の時間をかけて検討し、それに基づいて設計提案を受けた内容のチェックや、車両メーカー等への設計指示を行ったものと認識しており、一概に不足していたとは思っていない。	設計会議の中で検討を行っており、 何らかの理由により指令されない方向へ移動した場合を想定し、その異常時のバックアップとして後退検知機能をATC車上装置に設けている。 。

設計会議の中で検証したが、進行方向の指令線の異常に関しては検討されていなかった。

3. 分析

- ・ 本件列車の1両目の機器室でモーター制御装置への進行方向指令であるF線が断線しており、これは本件列車の2列車前に、F線が1両目機器室の妻土台に地絡して断線が発生し、F線及びR線が共に無加圧状態となった。モーター制御装置はメモリ機能が以前の進行方向を維持するようになっていたため、当該列車は金沢八景駅まで運行できた。
- ・ 金沢八景駅で折り返しの上り列車は、F線の断線の影響を受けることなく、新杉田駅まで運行した。
- ・ 新杉田駅において折り返しの下り列車として運行するにあたり、F線の断線によりF線及びR線が再び共に無加圧状態となり、力行指令を受信した時点で、モーター制御装置は、進行方向のメモリ機能が維持していた以前の上り方向にモーターを駆動し、出発した直後の20時15分ごろに、線路終端部の車止めに速度約25km/hで衝突した。

○断線に至る経緯 <調査報告P28～29>

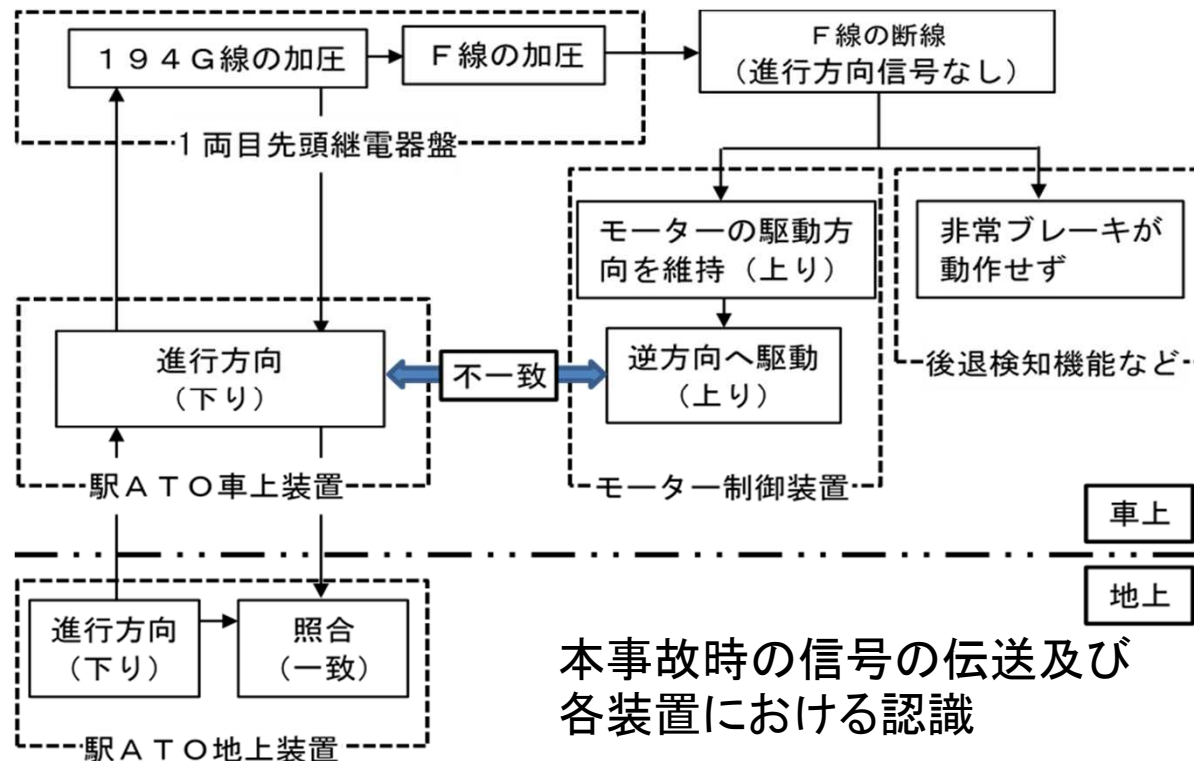
- ・ F線を含むケーブル束が妻土台と接触していたため、**車両の走行中の振動により妻土台の上面との摩擦でF線の絶縁体が徐々に摩耗し、走行中に妻土台に地絡したところ断線した。**

○車両製造時の配線作業等

- ・ 作業員からケーブル束がほとんど見えないことなどから、**作業員のケーブル束が妻土台に接触することについての意識が不足した。**
- ・ ケーブル束や妻土台への**保護材の取り付けが十分に行われず、さらにケーブル束の最終的な固定作業においても、ケーブル束が妻土台に接触した状態に気づかなかった。**
- ・ **配線作業後に検査される機会がなく、かつ車両完成後は見ることはできない状態となっていた。そのため、ケーブル束の接触状態を発見することができなかった。**

○本事故時の信号の伝送等<調査報告P28~29>

- ・ 駅A T O地上装置は車両への進行方向指令と車両からの進行方向状態が下りで一致したと判断した。
- ・ モーター制御装置は、進行方向をメモリ機能が維持していた上り方向にモーターを駆動するようになっていたことから、本件列車の進行方向と逆である上り方向にモーターを起動した。
- ・ A T C車上装置にある後退検知機能や他の手法により異常走行を検知せず、列車が車止めに衝突するまでブレーキが動作しなかった。



○前後進回路及び進行方向設定

- ・ 駅 A T O 車 上 装 置 は 運 転 台 選 択 用 の 指 令 線 の 加 圧 状 態 に よ る 進 行 方 向 状 態 を 地 上 に 送 信 し て い た。

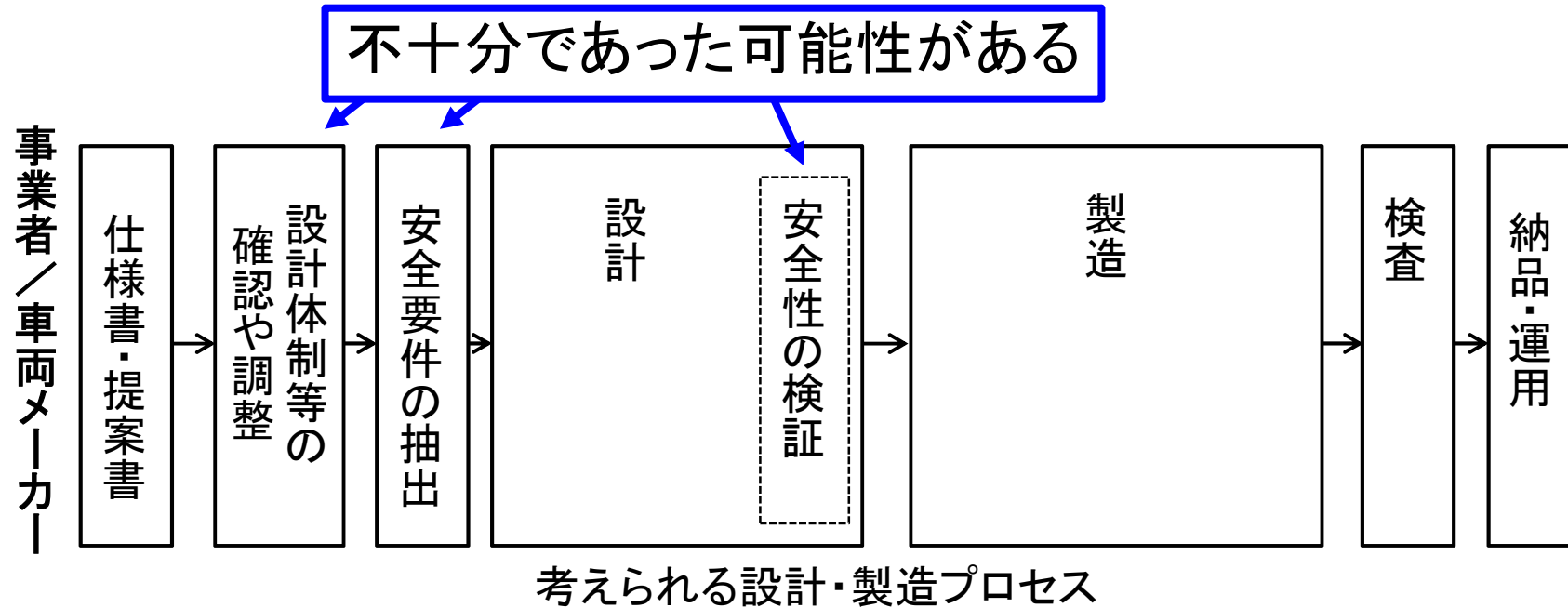
○モーター制御

- 一 走 行 中 、 常 に 進 行 方 向 指 令 を 受 信 し て い る た め 、 モ ー タ ー 制 御 装 置 の メ モ リ 機 能 は 、 無 く て も 問 題 な く 列 車 は 運 行 す る こ と が 可 能 で あ っ た。
- 二 モ ー タ ー 制 御 装 置 の メ モ リ 機 能 で 進 行 方 向 を 維 持 す る こ と は 、 危 険 な 事 象 の 潜 在 的 な 原 因 に な っ て い た。

○異常状態時の安全確保

- 一 後 退 検 知 機 能 は 、 普 通 鉄 道 車 両 等 を 基 に し た 仕 様 で あ っ た 。 異 常 状 態 に 対 し て 、 安 全 を 確 保 す る 機 能 が 不 足 し て い た も の と 考 え ら れ る。

○2000型車両の設計・製造プロセス



- ・「設計体制等の確認や調整」、「安全要件の抽出」、「安全性の検証」のフェーズを設け、十分に実施する必要がある。
- ・システムインテグレーション*をどこが行うのかが不明確であった。

*：「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、特徴を踏まえた上で、関係者の統一された認識の下、不具合の発生す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」と定義。

○2000型車両の設計・製造プロセス

- 設計体制等の確認や調整、安全要件の抽出が十分に行われることなく、具体的な設計が始まった。
- 同社にとって初めて更新する車両であり、また車両メーカーにとっても2000型車両は初めての新交通システム車両の設計であったことから、より慎重に設計体制等の確認や調整、安全要件の抽出を実施し、設計後等に安全性の検証を十分に行えるようにするべきであったものと考えられる。

○同社、車両メーカー、装置メーカーの認識等

- ・ 同社と車両メーカーの間：設計体制や基本的な考え方
- ・ 車両メーカーと装置メーカーの間：モーター制御装置や後退検知機能の仕様などに対する認識。

確認・調整が不足

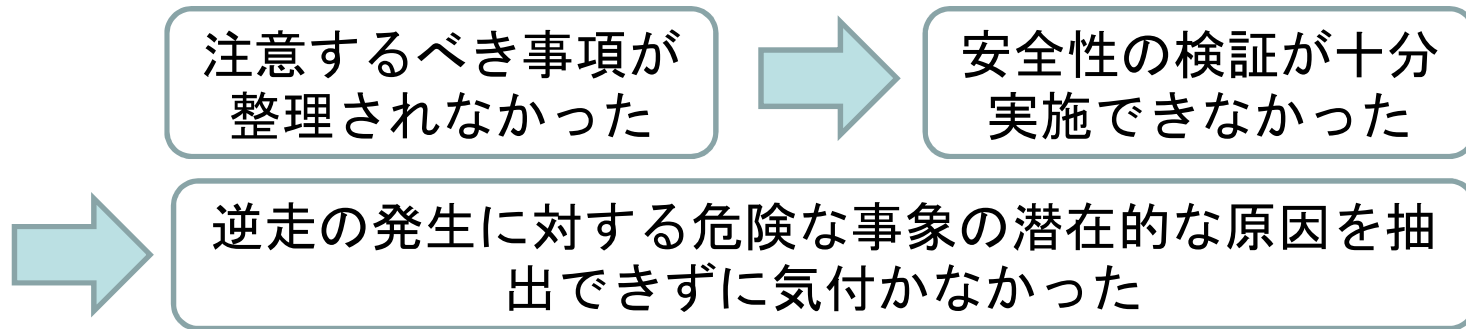
- ・ 1000型車両及び普通鉄道車両での実績等を重視して設計
- ・ 装置メーカーが提案した装置の詳細な仕様を十分に確認することが不足したままで、採用された

1000型車両をベースとした前後進回路

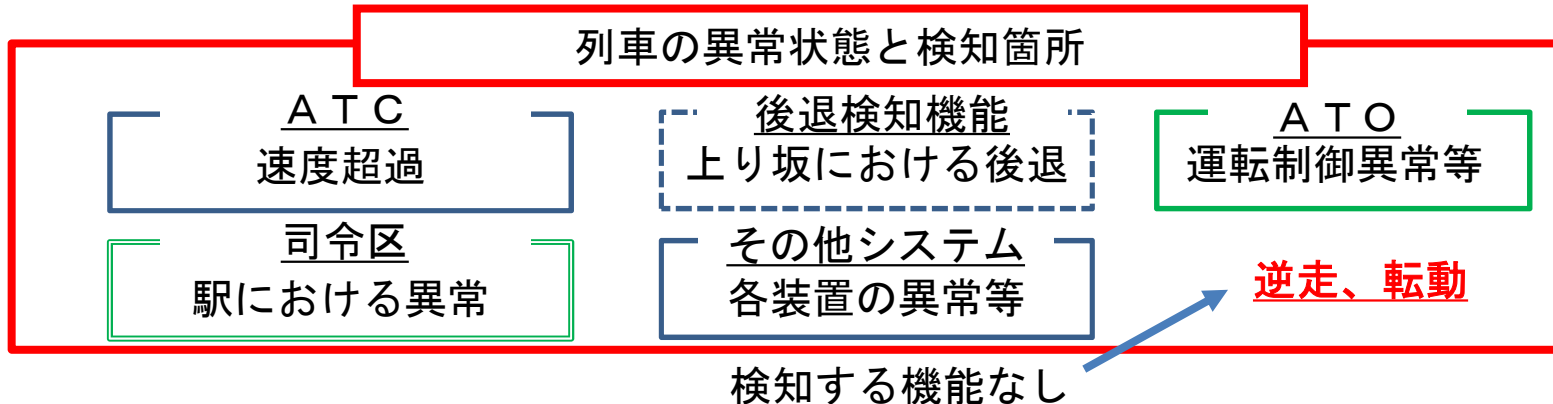
普通鉄道車両用の機能を持つモーター制御装置

メモリ機能で進行方向を維持することが
逆走の発生という**危険な事象の潜在的な原因**

○安全性の検証



— : 有人運転の列車の場合 — : 無人運転の列車の場合
 □ : 装置による検知 □ : 機能による検知 □ : 人による検知



⇒システム全体で逆走を検知する機能がなく、安全が確保されなかった。

2000型車両の安全確保の構成

4. 結 論

- ・ 本件列車の進行方向をモーター制御装置に伝える指令線のF線が1両目で断線したため、モーター制御装置が進行方向のメモリ機能で維持していた上り方向にモーターを駆動した。
- ・ 駅ATO車上装置がモーター制御装置への入力とは別の運転台選択用の指令線の加圧状態により進行方向状態を地上に送信していたため、駅ATO地上装置は列車の進行方向が正常に設定されたと認識した。
- ・ 後退検知機能や他の手法により、逆走を検知する機能がなかったため、非常停止などの対応ができなかった。
- ・ F線が断線したのは、機器室内のF線を含むケーブル束に電線側の保護材の取付けが十分に行われずに配線され、妻土台に接触していたが、配線作業後に検査されなかった。
- ・ 2000型車両の設計・製造プロセスにおいて、同社、車両メーカー、装置メーカーの間で設計体制、基本的な考え方、仕様等の認識に関する確認・調整や、設計前に安全要件の抽出が十分に実施されなかったために、逆走の発生に対する危険な事象の潜在的な原因が発生し、また、安全性の検証が不足したため、この危険な事象の潜在的な原因があることや、逆走等の異常状態に対する安全確保が不足していたことに気付かなかった。

5. 再発防止策

○断線の防止 <調査報告P32>

- ・車両メーカーは、配線作業において、電線等の配置や固定方法等を検討し、電線等と車両部材との間に十分な離隔をとる必要がある。
- ・電線等と車両部材が接触するおそれのある箇所には適切に保護材を取り付けるよう、配線作業の要領書や図面などにより、作業員へ個別箇所の注意喚起を行うことが重要である。
- ・完成後に配線状態の十分な検査が難しくなる箇所については、製造途中においても検査を実施する必要がある。

○逆走の防止策

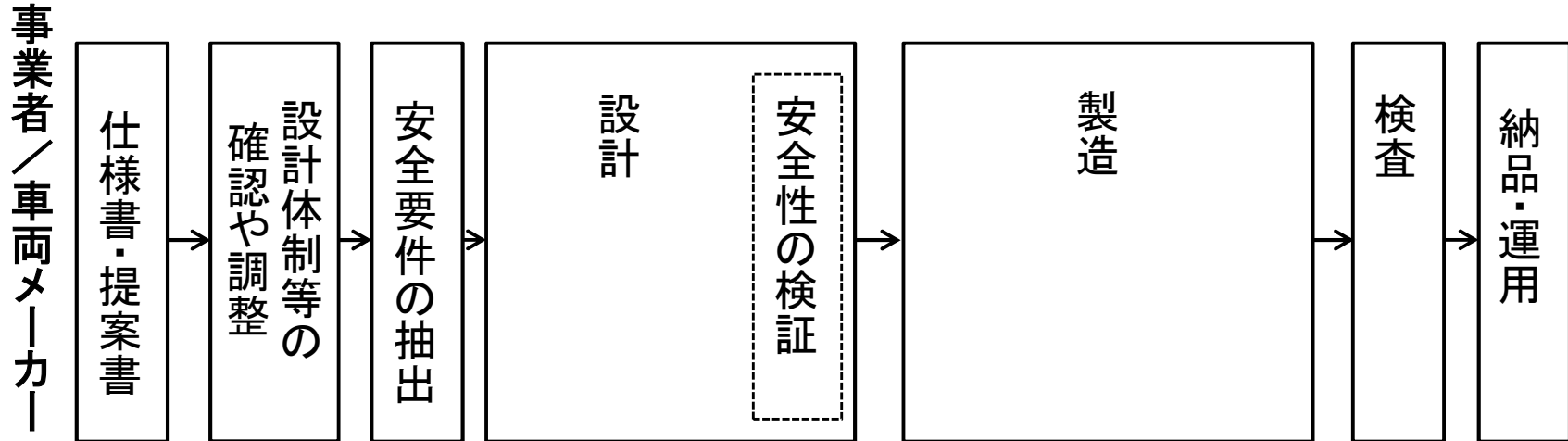
- ・地上へ送信する車両の進行方向状態の情報は、車両のモーター制御装置に入力される指令線の状態を用いる必要がある。
- ・モーター制御装置は、上りまたは下りの進行方向が設定されている場合のみモーターを駆動するものとし、進行方向が不定の場合には、力行信号を受信しても力行しない仕様とする必要がある。
- ・無人の自動運転システムであることから、列車が設定されている進行方向と逆方向に走行した場合だけでなく、進行方向がない状態でも車輪の転動を検知したときには直ちに停止させる必要がある。

○車両設計

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。

○車両設計

(1) 考えられる設計・製造プロセスの実施



(2) 設計体制等の確認や調整の実施

- ・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
- ・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

(3) 安全要件の抽出の実施

- ・発生が想定される異常状態に対して、体系的な安全性解析などを適宜実施

(4) 安全性の検証の十分な実施

- ・安全要件などについて、安全性を確保しているか設計の結果を検証

6. 勧告

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**にした上で、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、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。

7. 意見

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、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。

このことから、勧告に記述した国土交通大臣に対する勧告と併せて、将来の自動運転システム普及時の事故等発生防止のために講ずべき施策として、運輸安全委員会設置法第28条の規定に基づき、国土交通大臣に下記のとおり意見を述べる。

記

国土交通省鉄道局は、将来の自動運転システムの普及に備え、同システムの設計及び製造並びに改造の際の危険な事象の潜在的な原因の発生を予防する観点から、勧告で述べた**各事項の制度化**について検討すること。

事故発生直後の対応

○ 当該事故を受け、令和元年6月14日に、「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^(※1)」(以下、「検討会」という。)を設置した。

(※1) 有識者、研究機関、無人の自動運転を行う鉄軌道事業者及び国土交通省で構成

○ 令和元年7月の第3回検討会で、中間とりまとめとして、以下を確認した。

・当該事故の原因が断線による逆走と推定されること

・横浜シーサイドラインの実施する再発防止対策が有効であること

・他の無人で自動運転を行っている6事業者では、断線による列車の逆走を防止でき^(※2)、また、逆走しても列車を停止できる^(※3)システムとなっていること(別紙参照)

(※2) 進行方向指令線が断線した場合、モーターは起動しない

(※3) 後退検知機能がある

運輸安全委員会の勧告等への対応

○ 検討会において、車両メーカーからもヒアリングを行い、横浜シーサイドラインと他の事業者で、システムの安全確保にあたっての責任体制や安全性の検証方法等がどのように異なっていたか等を確認する。

○ その結果を踏まえ、今後、無人による自動運転システムが導入される場合に必要な対策を検討する。

事業者名	無人による自動運転開始時期	モーター制御装置		進行方向指令線が断線した場合の後退検知機能等	
		メモリ機能	進行方向指令線が断線した場合のモーター起動		
(株)横浜シーサイドライン (金沢シーサイドライン)	1000型車両 (注1)	平成6年4月	無	起動しない	動作しない
	2000型車両 (注2)	平成23年2月	有	起動する	動作しない
神戸新交通(株) (ポートアイランド線、 六甲アイランド線)	昭和57年8月 平成2年6月	無	無	起動しない	動作する
大阪市高速電気軌道(株) (南港ポートタウン)	平成3年10月	無	無	起動しない	動作する
(株)ゆりかもめ (東京臨海新交通臨海線)	平成7年11月	無	無	起動しない	動作する
(株)舞浜リゾートライン (ディズニーリゾートライン) ※ 添乗員が乗車	平成13年7月	無	無	起動しない	動作する
愛知高速交通(株) (東部丘陵線)	平成18年4月	無	無	起動しない	動作する
東京都 (日暮里・舎人ライナー)	平成20年3月	無	無	起動しない	動作する

(注1)横浜シーサイドラインは、平成元年7月の開業時には有人で運行されていたが、平成6年から無人の自動運転に改良された。

(注2)2000型は、他事業者の車両と異なりメモリ機能があり、また、後退検知機能等があっても進行方向指令線が断線した場合に動作しないシステムであった。これは、普通鉄道車両をもとに設計されていたことが原因と推定されている。