

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3回）

日 時：令和元年 7月19日（金）9：30～11：30

場 所：合同庁舎2号館低層棟共用会議室3A・3B

一 議 事 次 第 一

1. 開 会

2. 議 事

- (1) 逆走防止等の措置について
- (2) 横浜シーサイドラインの再発防止対策の確認について
- (3) 無人で自動運転を行う鉄軌道の安全性評価手法について
- (4) 中間とりまとめについて
- (5) その他

3. 閉 会

《配布資料》

- 資料1-1 各社における停止位置後方修正リレーの設置状況等の状況
- 資料1-2 各社における逆走を防止するシステム等の状況
- 資料2 金沢シーサイドライン 新杉田駅構内で発生した鉄道人身障害事故について
(報告)
- 資料3 鉄道人身障害事故の再発防止対策案に対する(公財)鉄道総合技術研究所による評価
の概要【最終報告】
- 資料4 交通システムの安全性評価手法(無人の自動運転の安全評価に関して)
- 資料5 「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」中間とりまとめ(案)
- 参考 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2回)概要

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
名簿

	会社名	役職等
座長	東京大学大学院	工学研究科電気系工学専攻 教授 古関 隆章
委員	(独)自動車技術総合機構 交通安全環境研究所	交通システム研究部長 佐藤 安弘
委員	(公財)鉄道総合技術研究所	研究開発推進部次長 平栗 滋人 車両制御技術研究部長 山本 貴光
委員	横浜シーサイドライン	常務取締役技術部長 田中 耕
委員	東京都交通局	車両電気部長 奥津 佳之
委員	ゆりかもめ	執行役員技術部長 菅野 正平
委員	舞浜リゾートライン	取締役安全マネジメント推進担当部長 トランジット部長 渡邊 貴志
委員	愛知高速交通	常務取締役運輸技術部長 加藤 寿
委員	大阪市高速電気軌道	取締役鉄道事業本部長 中村 和浩
委員	神戸新交通	取締役運輸技術部長 吉田 雅好
委員	国土交通省鉄道局	技術審議官 江口 秀二 技術企画課長 岸谷 克己 安全監理官 佐々木 純

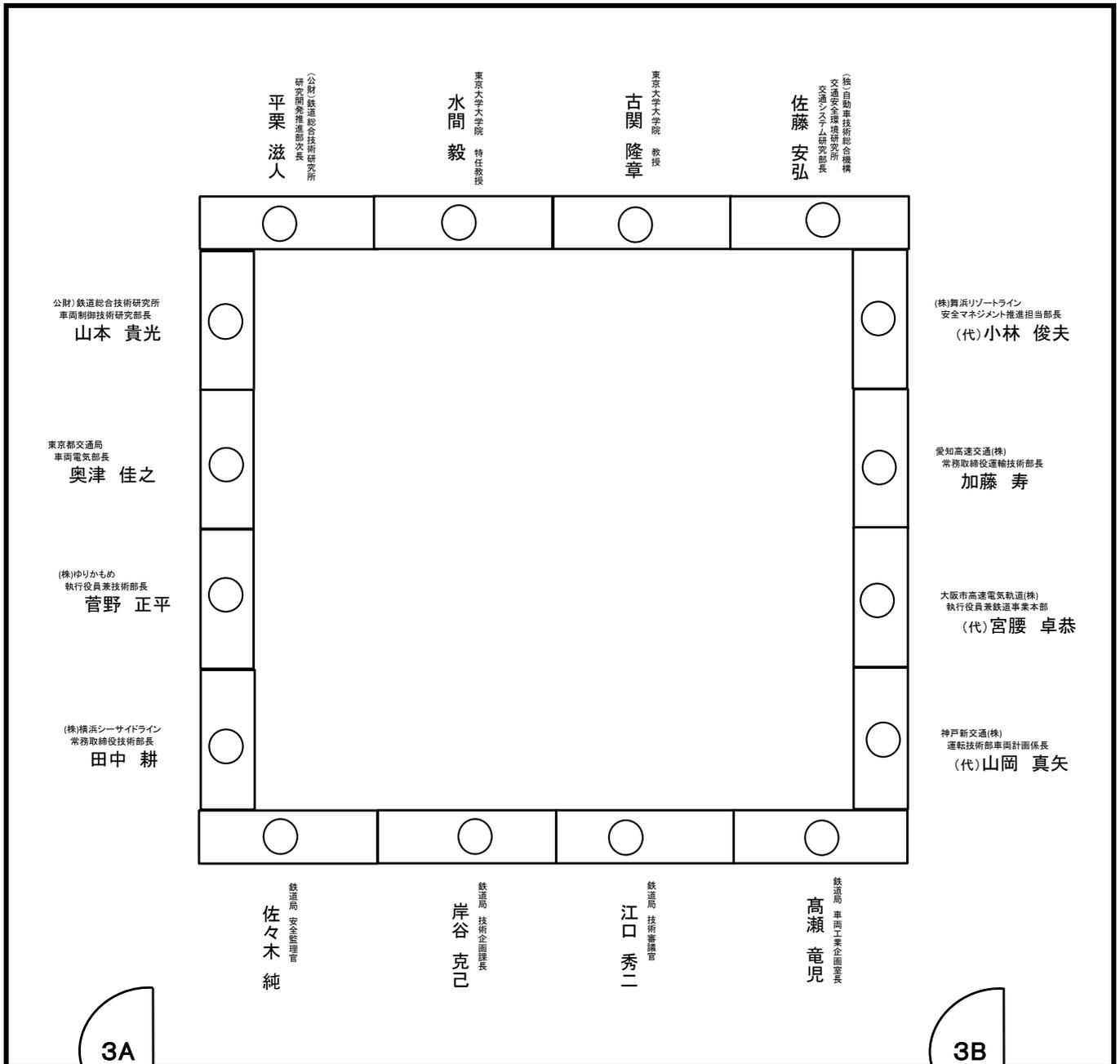
※今回、以下の有識者がリスク分析に関する専門家として参加
 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻
 特任教授 水間 毅

配席図

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3回)

日時: 令和元年7月19日(金)9:30~11:30

場所: 中央合同庁舎2号館 低層棟共用会議室3A・3B



各社における停止位置後方修正リレーの設置状況等

事業者名	停止位置後方修正リレーの有無	有の場合の動作概要	仮に駅でオーバーランした場合に列車を定位置に戻す手法	仮に停止位置修正リレーが誤作動した場合の逆走の可能性
(株)横浜シーサイドライン (金沢シーサイドライン) 【再発防止対策実施後】	無	-	運転士による運転操作	-
(株)ゆりかもめ (東京臨海新交通臨海線)	無	-	運転士による運転操作	-
東京都 (日暮里・舎人ライナー)	有	指令の操作により約2km/hで停止位置修正	指令による遠隔操作 又は 運転士による運転操作	なし (故障とみなし 非常ブレーキ動作)
(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、環状運転	無	-	運転士による運転操作	-
愛知高速交通(株) (東部丘陵線)	無	-	運転士による運転操作	-
大阪市高速電気軌道(株) (南港ポートタウン線)	無	-	運転士による運転操作	-
神戸新交通(株) (ポートアイランド線、 六甲アイランド線)	有	指令の操作により3km/h以下で停止位置修正	指令による遠隔操作 又は 運転士による運転操作	なし (故障とみなし 非常ブレーキ動作)

各社における逆走を防止するシステム等の状況(まとめ)

- 横浜シーサイドライン以外の各事業者ともに、列車出発時に、地上・車上の装置等における進行方向に係る情報※を複数系統で照合し、これらのいずれかが一致しない場合走行しないなど、フェールセーフを考慮したシステムとなっている。
 ※ 地上からの進行方向指令(①)、モーター制御装置の方向(②)、ATC(自動列車制御装置)の認識方向(③)
- 横浜シーサイドラインにおいても、今回の事故を踏まえた再発防止対策の実施により、逆走に対する同等の安全性が確保される予定。

事業者	概要
(株)横浜シーサイドライン (金沢シーサイドライン) 【再発防止対策実施後】	<ul style="list-style-type: none"> ・ 駅ATO(自動列車運転装置)地上装置で①と②を照合し、不一致の場合、走行しない。 ・ ATC/ATO車上装置で②と③を照合し、不一致の場合、走行しない。
(株)ゆりかもめ (東京臨海新交通臨海線)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 駅ATO地上装置で①と②・③を照合し、不一致の場合、走行しない。 ・ 車上の車両統合管理システムで①と②・③を照合し、不一致の場合、走行しない。
東京都 (日暮里・舎人ライナー)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 駅ATO地上装置で①と②・③を照合し、不一致の場合、走行しない。 ・ ATO車上装置で②と③を照合し、不一致の場合、走行しない。
(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、環状運転	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地上運輸管理装置で①と③を照合し、不一致の場合、走行しない。 ・ ATO車上装置で②と③を照合し、不一致の場合、走行しない。
愛知高速交通(株) (東部丘陵線)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 折り返し駅では、駅ATO地上装置で①と②・③を照合し、不一致の場合、走行しない。 ・ ATO車上装置で①と②・③を照合し、不一致の場合、走行しない。
大阪市高速電気軌道(株) (南港ポートタウン線)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 駅ATO地上装置で①と②を照合し、不一致の場合、走行しない。 ・ ATO車上装置で②と③を照合し、不一致の場合、走行しない。
神戸新交通(株) (ポートアイランド線、 六甲アイランド線)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運行管理システムで①と②・③を照合し、不一致の場合、走行しない。 ・ ATO車上装置で②と③を照合し、不一致の場合、走行しない。

※ 通常想定されるケースではないが、何らかの要因により、①を受信できない環境となる駅間停車時に、②及び③が同時に本来の進行方向と逆転する現象が発生した場合であっても、各社ともに、閉塞区間のATC信号を地上から受信することにより、非常ブレーキが作動し停止するシステムとなっている。

令和元年7月19日
株式会社横浜シーサイドライン

金沢シーサイドライン 新杉田駅構内で発生した鉄道人身障害事故について (報告)

1. 発生日時： 令和元年6月1日 (土) 20時15分
2. 発生場所： 新杉田駅1番線
3. 発生列車： 新杉田駅発 並木中央行き下り第2009B列車 (5両編成)



4. 概況：

20時15分、並木中央駅行き第2009B列車の第41編成が始発である新杉田駅折り返し時、出発時間になり車両の扉閉、ホームドア閉動作が終了後、本来、車両進行方向が金沢八景駅側に起動するところ、逆方向の車止め側に起動を開始し、約24m進行して車止めに衝突し停止した。

なお、衝突に伴う衝撃により複数の旅客が負傷した。

5. 負傷者

：17名 (重傷者 13名 軽傷者 4名)
(事故発生一カ月経過後の状況および、不明者の所在判明による変更)

6. 調査：

以下の調査を実施した。

○衝突直後の現車状況確認

- (1) 前照灯の点灯状態確認。1号車側が「点灯」
- (2) 尾灯の点灯状態確認。5号車側が「点灯」
- (3) 1号車運転台の車内信号現示「01信号」表示確認。
- (4) 車両連結間の寸法測定。

○各種記録データを読み出し【衝突時までの状況確認】

(5) 1号車搭載の運転状況記録装置の記録データを抽出、読み出しを実施し、以下のデータが記録されているのを確認した。

- ① 車両は、力行最大ノッチ(14ノッチ)で加速を開始し、約7.5秒後速度25km/hに達した時点から急激に減速し、約1秒後に停止している。
- ② 速度25km/hより急減速開始約0.4秒後に非常ブレーキが動作。
- ③ 衝突時、車両の運転台設定は1号車「入」、5号車「切」を確認。しかし、「F」または「R」線の加圧はどちらも無い状態であった。

- ④ 起動開始時のATC信号は「40信号」、車両が停止（衝突により）とほぼ同時に「ORP20信号」を受信している。
- ⑤ 当該編成の発車16秒前に、進行方向切換信号を受信し先頭運転台認識が「5号車→1号車」に、進行方向認識が「R線→切り」を受信していた。
- (6) ATC/O制御装置の走行データについても採取。
- (7) 地上側駅ATO装置の信号送受信記録を確認するも、特に異常な信号送受信は確認できず。

○この状況より、「F」線の加圧がないことが何らかの要因であるものと推測し、ぎ装配線の調査を実施。

- (8) 衝突した車両の状態、1号車～5号車までの「F」線の加圧状態を測定したところ、全車無加圧「0V」の状態であることを確認。
- (9) 同じく、1号車～5号車の「R」線の加圧状態を測定し、全車無加圧（0V）を確認。
- (10) 1号車の前後進切換回路に係わるリレーの目視点検 ⇒異常なし
- (11) 確認されている現象より、車両の前後進回路等において、先頭運転台の設定は正常であるもFR線等が無加圧となった場合の挙動について、各機器の動作条件等を再確認した。
その結果、VVVF制御装置のソフトが、FR線の入力がいずれもない場合、直前の進行方向の認識が保持されることとなっているのがわかり、その状態で力行指令が入力されると、認識している直前の進行方向に走行してしまうことが判明。

(12) 前後進回路のうち「F」線の加圧条件となる以下の箇所のリレー等の確認。

①5号車 継電器盤リレー調査

- ア. リレーの動作状態を目視確認 ⇒異常は確認できず
- イ. リレーのコイル加圧回路の接点等の導通確認を実施 ⇒異常確認できず
- ウ. F1線—F線間のリレーの接点の導通状態確認 ⇒異常は確認できず

②1号車 継電器盤リレー調査

- ア. リレーの動作状態を目視確認 ⇒異常は確認できず
- イ. リレーのコイル加圧回路の接点等の導通確認を実施 ⇒異常確認できず
- ウ. F1線—F線間のリレーの接点の導通状態確認 ⇒異常は確認できず

③1号車、継電器盤から連結端部側端子台までの間「F」線の導通状態をテスターで確認 ⇒ 導通なし【異常確認】

④測定方法の検証をするため、同様の手法で「R」線の導通状態を確認したところ問題はなかった。【導通あり】

(13) F線の加圧が無くなった箇所を特定するため、運転状況記録装置のデータを詳細に確認したところ、事故発生の一往復前の幸浦⇒産業振興センター駅間で加圧が切れているのを確認した。

○「F」線の1号車ぎ装配線調査

- (14) 1号車、継電器盤から端子台間のF線をぎ装コネクタに振動を与えながら導通確認 ⇒不具合箇所確認できず
- (15) 継電器盤のコネクタを分解、内部配線確認 ⇒異常なし
- (16) 端子部のF線の確認 ⇒異常なし
- (17) 床下配線のツナギ箱を開けF線の配線状態を確認。

- ① 継電器盤直下のツナギ箱付近の配線状態は異常なし。
 - ② 転線箱にて配線状態を確認するため、F線を引っ張ったところ破断した状態で抜けてしまったのを確認。
- (18) 断線箇所を特定するため、1号車4位側の機器箱、端子台、元空気タンク、近傍の座席シートを取外し、ツナギ箱配線立ち上がり部の配線状態を確認。
⇒F線が妻構体の最下部付近の内骨に接触し、断線しているのを発見した。

7. 原因について（推定）

(1) 逆走運転

逆走については、以下の状況により発生したものと推定する。

- ① 新杉田駅折り返し下り発車時、車両の先頭運転台の設定が5号車から1号車へ切替るも、進行方向指令「F」は加圧されず、「R」と共に無加圧となった。
- ② VVVF制御装置は、進行方向の入力「F」が無い場合、ソフト処理で直前の進行方向の認識「R」を継続した。
- ③ 先頭運転台設定の切替は問題なく行われたため、司令には特に異常表示上がらず。
(地上側は前後切替が正常に行われた認識)
- ④ 地上側は車両から異常等の情報が上がらなかったため、そのまま次駅南部市場駅への出発指令を車両に向けて送信。
- ⑤ 車両は出発指令を受信したため、ATO制御装置より力行指令を出力した。VVVF装置は力行指令を受けると、進行方向信号（F線）の入力がないため、直前まで運行していた上り方向に制御を開始してしまった。

(2) 「F」線の断線について（調査中）

現時点では推定ではあるが、F線が妻構体内骨と長期にわたり接触したことにより、電線が損傷して断線に至ったものと考えられる。

8. 検査履歴 【第41編成：()内は本事象発生までの走行距離】

- (1) 新製 : 平成25年3月22日 (522,067.65 km)
- (2) 重要部検査 : 平成29年3月30日出場 (190,139.27 km)
- (3) 月検査 : 令和元年5月21日 (2,887.80 km)
- (4) 列車検査 : 令和元年5月30日 (951.00 km)

9. 緊急点検

当該編成を除く全編成を対象に以下の点検を実施した。

- (1) 車両前後進回路の電気的特性（絶縁測定、導通確認等）の緊急点検を実施。
- (2) ATC受信器、ATC/O制御装置、ブレーキ装置の機能及び手動運転車両走行、過走防護機能の安全性の確認試験を実施。
- (3) ツナギ箱配線立ち上がり部の配線処置不良の有無について緊急点検を実施。

10. 再発防止対策 今後の対策案

現時点での推定原因を踏まえ、万一、進行方向「F」または「R」線に断線等の発生により、指令を各機器に伝達できなくなった場合においても、車両が異常な走行開始等しない

よう様々な改修案の検討を進めた結果、以下の内容について再発防止策を案として今後具体的な検証をしていきたい実施します。

- (1) 自動列車運転装置機器の出発条件リレーの動作条件に、「F」線、「R」線加圧状態を検知するリレーの接点を入れる回路変更をする。

この出発条件リレーは、駅ATO車上装置経由で地上側へ送信する“車両正常”信号の送信条件であるため、これにより地上側から自動運転での“出発指令”を送信しないようにする。

また、地上側において車両の進行方向の認識を正確に把握するため、駅ATO車上装置を介して地上側へ進行方向状態を戻す信号線を、これまでの先頭車両を認識する信号線（194G, 195G）から、「F」線、「R」線に変更するとともに、その「F」線、「R」線も編成中のループ回路として、その情報を末端側から取得するようにする。

これにより、万一断線等の理由により、編成中に正確な進行方向情報が伝わらなかった場合において、その情報を地上で検知し警報として表示させるようにする。

○更なるバックアップ対策として、以下の機器の機能の変更及び、追加をする。

- (2) VVVV制御装置について、「F」または「R」線の加圧入力があるときのみ、力行および回生ブレーキ制御を行うソフトに変更する。

- (3) ATC制御装置について、進行方向を検知している「F」線、「R」線が断線等により、共に無加圧となった状態で車両の走行を検知したとき、非常ブレーキが動作するようソフトを変更する。

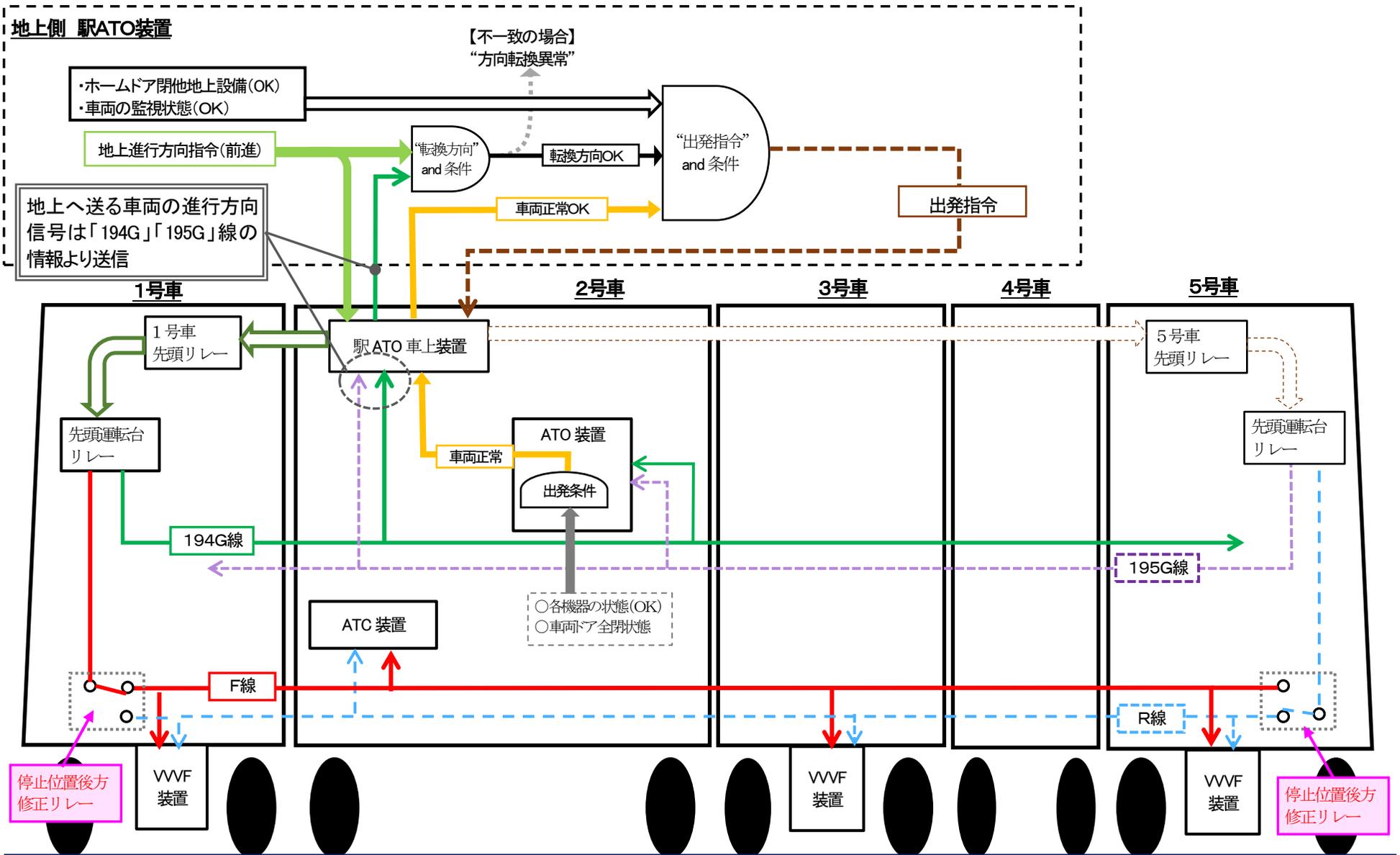
- (4) 進行方向指令回路のさらなる信頼性の向上のため、※停止位置後方修正リレーを廃止する。

※自動運転において、車両が駅本来の停止位置をオーバーランして停止した場合に、車両の停止位置修正を行う際に使用するリレー

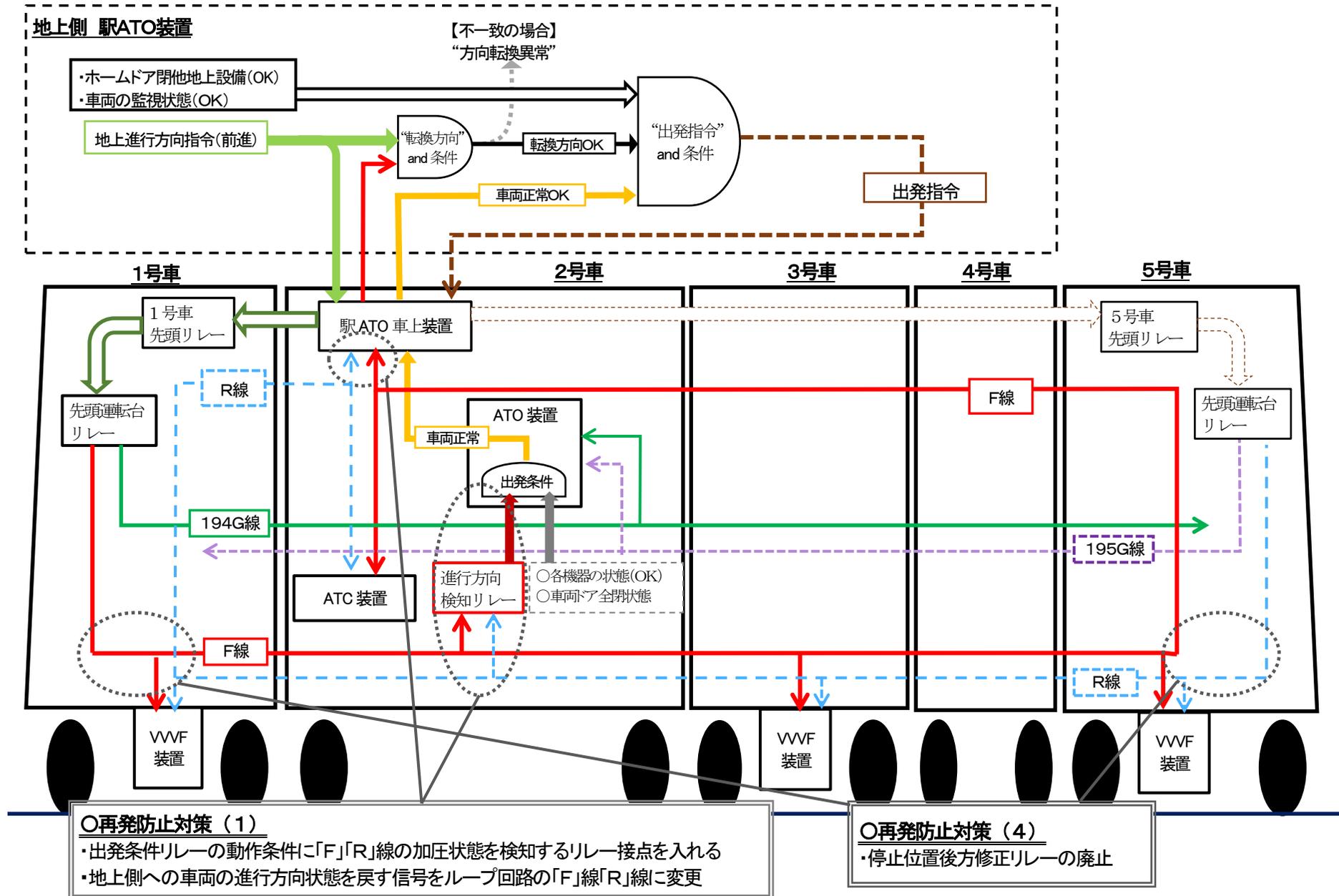
~~今後、新たな事実が判明した場合は、追加で対策を実施する。~~

以上

○現状回路の概略図（車両の進行方向が下りの状態を示す）



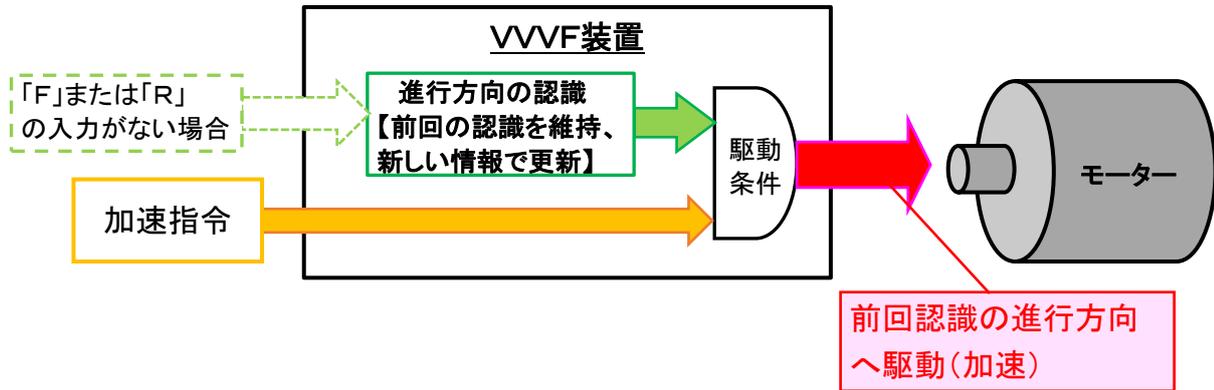
○再発防止対策実施後の回路概略図（車両の進行方向が下りの状態を示す）



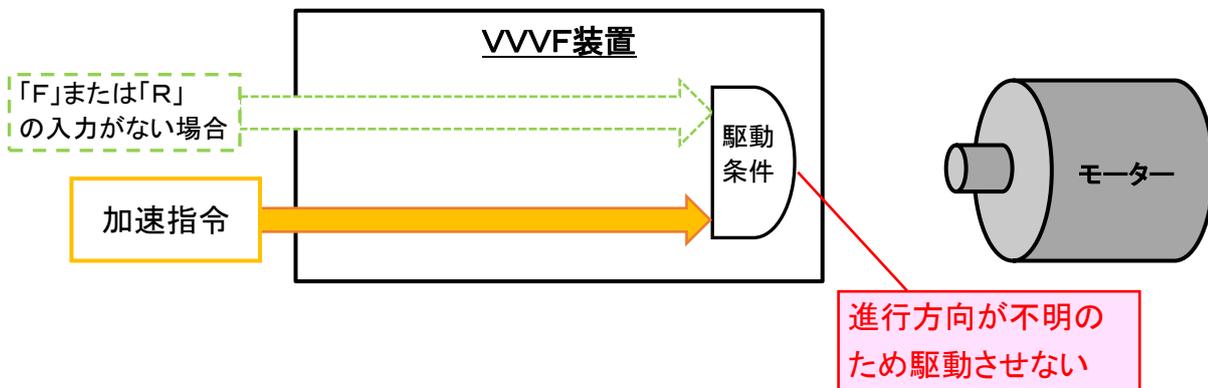
○再発防止対策（2）

VVVF装置の力行制御等に進行方向「F」「R」線の入力があることを条件に追加

○従来の機能



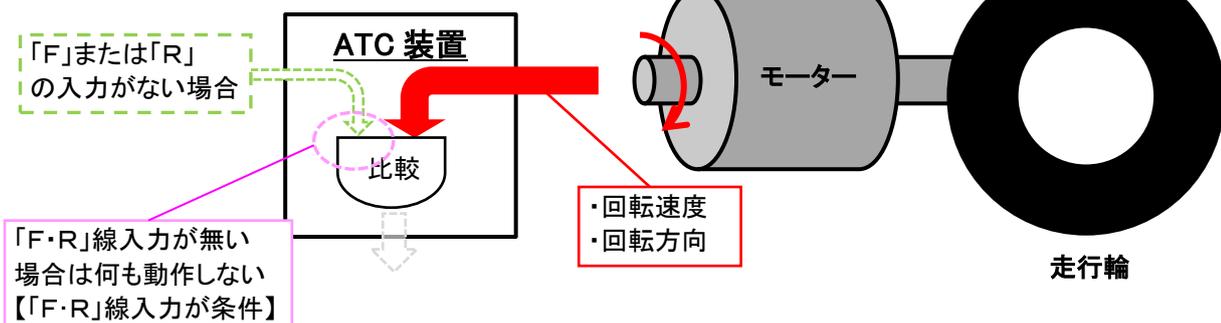
○機能の変更後



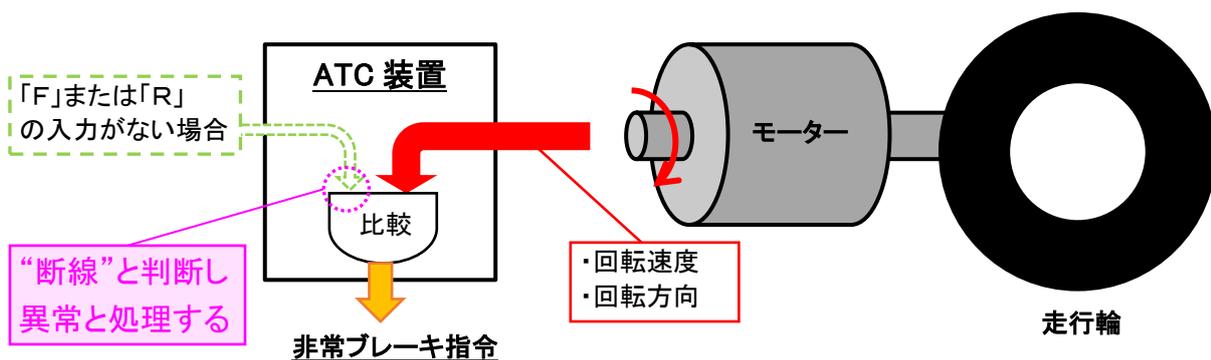
○再発防止対策（3）

ATC制御装置のソフト変更(進行方向「F」「R」線が断線の時に非常ブレーキが作用)

○現在(F・R線の断線検知機能なし)



○ソフト変更内容(従来に追加)



令和元年7月19日
株横浜シーサイドライン

鉄道人身障害事故の再発防止対策案に対する（公財）鉄道総合技術研究所
による評価の概要について【最終報告】

1. 背景

令和元年6月1日に、金沢シーサイドライン新杉田駅にて発生した鉄道人身障害事故に伴い、「横浜シーサイドライン新杉田駅逆走事故に関する評価及び指導」について公益財団法人鉄道総合技術研究所へ委託し、この度、下記の4つの再発防止対策案の有効性、図面及び資料に示される他機能への影響の有無について、以下のとおり、評価の最終報告を受けました。

2. 鉄道総研による評価

(1) 評価を受けた再発防止対策案の内容

- ・対策1：自動列車運転装置機器の出発条件リレーの動作条件に、「F」線、「R」線加圧状態を検知するリレーの接点を入れる回路変更をする。
また、地上側へ車両の進行方向状態を戻す信号線を、先頭車両を認識する信号線（194G、195G）から、編成中のループ回路の末端側から取得する「F」線、「R」線の信号に変更する。
- ・対策2：VVVF制御装置について、「F」または「R」線の加圧入力があるときのみ、力行および回生ブレーキ制御を行うソフトに変更する。
- ・対策3：ATC制御装置について、進行方向を検知している「F」線、「R」線が断線等により、共に無加圧となった状態で車両の走行を検知したとき、非常ブレーキが動作するようソフトを変更する。
- ・対策4：進行方向指令回路のさらなる信頼性の向上のため、停止位置後方修正リレーを廃止するようにシステムを変更する。

(2) 再発防止対策案に関する調査事項について

①事象発生メカニズムに関する調査

【調査では“「F」線の断線”についての評価は対象外とした】

②対策案の有効性に関する調査

③対策案の他への影響調査

(3) 評価内容

今回のF線またはR線の断線を要因とする逆走事象および停止位置後方修正リレーの誤動作による逆走可能性を対象として、各種図面及び資料を元に調査して頂いた結果は以下のとおりであった。

- ①対策1は「F」線「R」線の断線発生時に出発を妨害することから逆走防止対策として有効であると評価できる。
- ②対策2は車両として安全側動作であり有効であると評価できる。
- ③対策3はF線、R線とも無加圧となった場合において万が一車両が力行したときに停止させるための対策として有効であると評価できる。
- ④対策4はF線、R線の断線と停止位置後方修正リレー誤動作が共に発生した場合の

悪影響を排除する方法として有効であると評価できる。

各対策案 1 から 4 が車両および ATC/ATO 装置の正常動作に対して悪影響を及ぼさないことも確認された。

以上

2019.07.19

東京大学 大学院

水間 毅

交通システムの安全性評価手法(無人の自動運転の安全性評価に関して)

1. ヨーロッパにおける安全原則による評価と日本の安全に関する考え方

- ・ヨーロッパでは安全原則により、鉄道だけではなくあらゆる産業において、許容されるリスクに関する考え方が決められている。
- ・日本では、鉄道は、鉄道原因による死傷者を出さないという考え方の下に、安全に関する考え方が決められている。
- ・そのため、ヨーロッパでは、許容リスクという考え方により安全が数字で規定されるが、日本では、数字だけでなく、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るかの議論が重要となっている。

2. 日本の安全性評価方法の流れ

- ・従来のシステム、技術と同程度以上の安全性が確保されているかを示すことが日本の安全性評価の方法の主流であるが、近年では、FMEA^{※1}やFTA^{※2}といったリスク分析手法を用いて安全性を評価する方法が取り入れられている。
- ・しかし、こうした手法を取り入れる場合でも、数字だけで評価するのではなく、従来と同程度以上の安全性が確保されるかという点からの評価も重要となっている。

3. 無人の自動運転に関する安全性評価

- ・無人の自動運転についても、従来のシステム、技術と同程度以上の安全性が確保されていることを安全性評価で確認してきたところであるが、FMEA や FTA のリスク分析手法によっても安全性評価を行うことが望ましい。

※1 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。

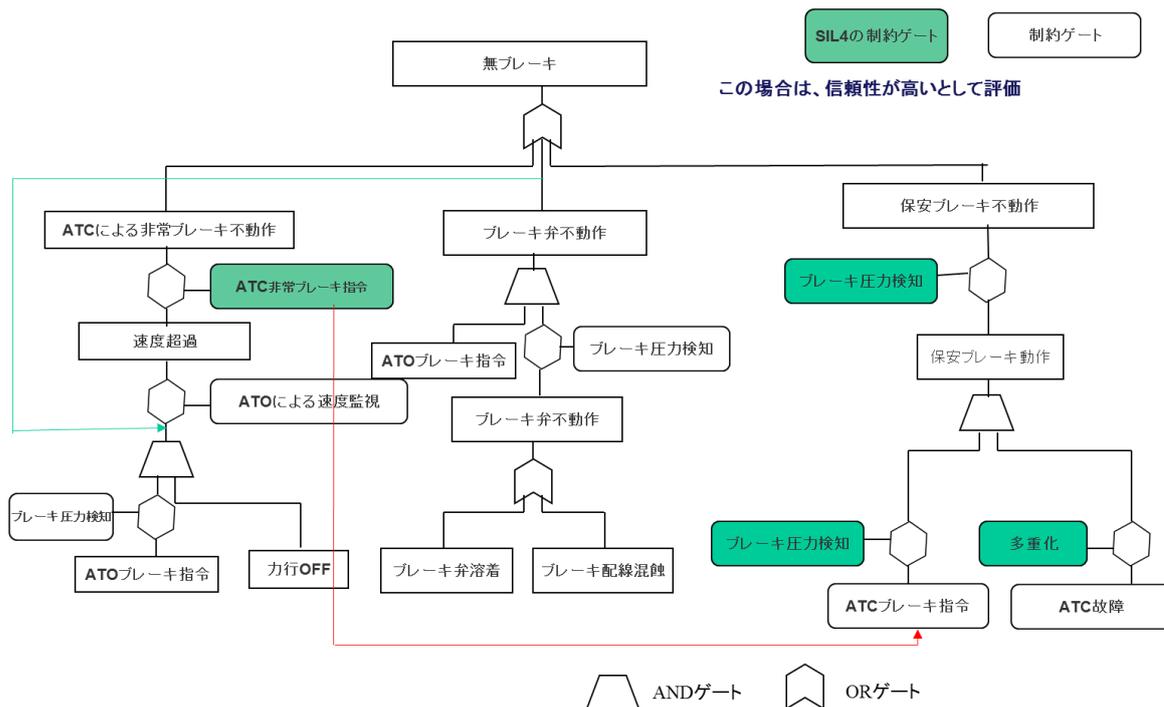
(イメージ)

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	○
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
			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)



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2回）
概要

1. 日 時： 令和元年6月27日(木) 15:30～17:30
2. 場 所： 経済産業省別館302各省庁共用会議室
(東京都千代田区霞ヶ関1-3-1)
3. 委 員： (別紙のとおり)
4. 結果概要：

【議事（1）（断線以外の逆走の要因について）関係】

- 断線以外の逆走の要因として、横浜シーサイドライン及び交通安全環境研究所から、何らかの要因により回路の一部の継電器（リレー）が誤動作するなど、F線及びR線が入れ替わる事象が発生した場合に列車が逆走する可能性がある旨の報告があった。次回会合までに、各委員において逆走防止及びそれによる危険の防護について確認することとした。
- この確認が終了するまでは、引き続き、念のため指令による始発駅の出発監視の強化等を継続することを確認した。

【議事（2）（横浜シーサイドラインの再発防止対策案について）関係】

- 横浜シーサイドラインから、再発防止対策案について説明があった。
- これについて、他委員から、同様の対策を講じている等の観点から有効であるとの発言があった。
- また、横浜シーサイドラインから、これらの対策案について、併せて公益財団法人鉄道総合技術研究所による評価を実施中である旨の報告があった。

【議事（3）（その他）関係】

- 今回の事故以外のリスクに関し、次回会合において、リスク分析に関する専門家を交えた議論を行うこととした。

以上