

RA2021-1

# 鉄道事故調査報告書

- I 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  
鉄道人身障害事故
- II 京浜急行電鉄株式会社 本線 神奈川新町駅構内  
列車脱線事故（踏切障害に伴うもの）
- III 会津鉄道株式会社 会津線 塔のへつり駅～湯野上温泉駅間  
列車脱線事故
- IV 筑豊電気鉄道株式会社 筑豊電気鉄道線 楠橋駅～筑豊香月駅間  
列車脱線事故（踏切障害に伴うもの）

令和3年2月18日

本報告書の調査は、鉄道事故に関し、運輸安全委員会設置法に基づき、運輸安全委員会により、鉄道事故及び事故に伴い発生した被害の原因を究明し、事故の防止及び被害の軽減に寄与することを目的として行われたものであり、事故の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会  
委員長 武田 展雄

## 《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 分 析」に用いる分析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合  
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合  
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合  
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合  
・・・「可能性が考えられる」  
・・・「可能性があると考えられる」

I 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  
鉄道人身障害事故

# 鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：株式会社横浜シーサイドライン

事故種類：鉄道人身障害事故

発生日時：令和元年6月1日 20時15分ごろ

発生場所：神奈川県横浜市

金沢シーサイドライン 新杉田駅構内

令和3年1月25日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長 武田展雄

委員 奥村文直（部会長）

委員 石田弘明

委員 柿嶋美子

委員 鈴木美緒

委員 新妻実保子

## 要旨

### <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。

### <原因>

本事故は、新杉田駅における折り返し時に、本件列車が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ため発生したものと認められる。

本件列車が進行方向の設定と意図せず<sup>りきこう</sup>力行して逆の方向に発車したことは、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両目で断線して無加圧状態となり、2000型車両の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ためと推定される。さらに駅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、また後退検知機能や他の手法により本事故のような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ものと考えられる。

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、ステンレス製の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結果、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て妻土台に地絡したためと考えられる。

本事故の背景には、2000型車両の設計・製造プロセスにおいて、同社、車両メーカー及び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可能性が考えられる。

# 目 次

1	鉄道事故調査の経過	1
1.1	鉄道事故の概要	1
1.2	鉄道事故調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	調査の実施時期	2
1.2.3	事実情報の提供	2
1.2.4	経過報告	2
1.2.5	原因関係者からの意見聴取	2
2	事実情報	2
2.1	運行の経過	3
2.1.1	列車の運行状況	3
2.1.2	司令員、駅員の口述	3
2.1.3	列車の運転状況の記録	4
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	5
2.2.1	乗客の乗車状況と負傷状況	5
2.2.2	救護に関する情報	6
2.3	車両及び鉄道施設に関する情報	7
2.3.1	車両の主な諸元	7
2.3.2	本路線の運転制御システムの概要	7
2.3.3	新杉田駅の設備	10
2.3.4	司令区の監視体制等	10
2.4	車両及び鉄道施設の損傷、痕跡に関する情報	10
2.4.1	本事故発生直後の車両状態	10
2.4.2	車両の損傷及び痕跡の状況	11
2.4.3	鉄道施設の事故後の状況	11
2.5	進行方向の指令線の断線に関する情報	11
2.5.1	断線した進行方向の指令線の状況	11
2.5.2	本機器室内の配線等の状況	14
2.6	車両メーカーにおける配線作業等に関する情報	16
2.6.1	車両製造時の配線及び結線作業	16
2.6.2	配線及び結線作業後の確認	17
2.6.3	車両完成時の検査	17
2.7	同社における定期検査等に関する情報	17
2.7.1	本件車両の定期検査履歴等	17

2.7.2	本件車両の改造履歴.....	18
2.8	逆走に関する情報.....	18
2.8.1	進行方向設定.....	18
2.8.2	モーター制御.....	19
2.8.3	異常走行の検知機能.....	20
2.8.4	運転保安システムの動作状況.....	21
2.8.5	他の新交通システムにおける進行方向の設定方法.....	21
2.9	2000型車両の設計に関する情報.....	22
2.9.1	2000型車両導入時の手続き等.....	22
2.9.2	2000型車両の設計プロセス.....	22
2.9.3	設計会議の検討内容.....	23
2.9.4	同社、車両メーカーの設計体制等の認識.....	23
2.9.5	車両メーカー、装置メーカーの各装置の仕様等の認識.....	25
2.9.6	安全性の検証.....	27
2.10	気象に関する情報.....	27
2.11	検証試験に関する情報.....	28
2.11.1	ケーブル束の配線作業状況の確認.....	28
2.11.2	F線の断線部及びケーブル束の調査.....	28
2.11.3	地絡の再現試験.....	29
2.11.4	ケーブル束に加わる荷重の測定.....	30
2.11.5	制御遮断器の遮断動作に関する調査.....	31
2.11.6	電線の振動試験.....	32
2.11.7	逆走に関する再現試験.....	34
3	分析.....	34
3.1	本事故発生に至るまでの経過に関する分析.....	34
3.2	断線に関する分析.....	35
3.2.1	断線に至る経過.....	35
3.2.2	本機器室の配線状況.....	35
3.2.3	車両製造時の配線作業等.....	36
3.2.4	定期検査等.....	36
3.2.5	制御遮断器の遮断動作.....	36
3.2.6	電線の保護.....	38
3.3	逆走の発生に関する分析.....	38
3.3.1	本事故時の信号の伝送等.....	38
3.3.2	前後進回路及び進行方向設定.....	39



3.3.3	モーター制御.....	41
3.3.4	異常状態時の安全確保.....	41
3.4	車両設計に関する分析.....	44
3.4.1	2000型車両の設計・製造プロセス.....	44
3.4.2	同社、車両メーカー、装置メーカーの認識等.....	46
3.4.3	安全性の検証.....	47
3.5	車両及び地上設備の強度に関する分析.....	48
4	結 論.....	49
4.1	分析の要約.....	49
4.1.1	逆走の発生.....	49
4.1.2	断線の発生.....	51
4.1.3	車両設計.....	51
4.2	原因.....	52
5	再発防止策.....	53
5.1	必要と考えられる再発防止策.....	53
5.1.1	断線の防止.....	53
5.1.2	逆走の防止.....	54
5.1.3	車両設計.....	54
5.2	事故後に講じた処置.....	55
5.2.1	同社が講じた措置.....	55
5.2.2	車両メーカーが講じた措置.....	56
5.3	事故後に国土交通省が講じた措置.....	57
6	勸 告.....	58
7	意 見.....	59

## 添 付 資 料

付図1	金沢シーサイドラインの路線図.....	61
付図2	新杉田駅の事故現場略図.....	61
付図3	本路線の地上及び車上システムの構成.....	62
付図4	進行方向切替え時（下り）の車上システムの制御の流れ.....	63
付図5	新杉田駅の地上設備と列車停止位置.....	64
付図6	車両の主な損傷状況.....	65
付図7	2000型車両の設計・製造の経緯.....	66

# 1 鉄道事故調査の経過

## 1.1 鉄道事故の概要

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。

## 1.2 鉄道事故調査の概要

### 1.2.1 調査組織

本事故は、軌道事故等報告規則（昭和62年運輸省・建設省令告示第1号）第6条の規定により準用する鉄道事故等報告規則（昭和62年運輸省令第8号）第3条第1項第6号に規定する鉄道人身障害事故に該当し、かつ、無人で自動運転<sup>\*1</sup>を行う列車が進行方向の設定とは反対方向に意図せず力行して進行（以下「逆走」という。）したものであることから、運輸安全委員会は、運輸安全委員会設置法施行規則（平成13年国土交通省令第124号）第1条第3号に定める「特に異例と認められるもの」として、調査対象とした。

運輸安全委員会は、令和元年6月1日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか3名の鉄道事故調査官を指名した。その後、令和元年8月19日に1名の鉄道事故調査官を追加指名した。また、委員を事故現場等に派遣した。

関東運輸局は、本事故調査支援のため、職員を事故現場等に派遣した。

本事故調査に際し、一般社団法人電線総合技術センター（以下「電線の技術専門機関」という。）に、列車の進行方向を伝える指令線の電線が断線に至ったメカニズム等についての分析を委託した。

本事故は自動運転システムが関与した可能性が考えられることから、令和元年9月9日に、本事故調査に従事する専門委員を任命し、調査するべき専門分野として自動運転システム及び安全性の検証方法に関する分析を指定した。（表1 専門委員と調査するべき専門分野 参照）

---

\*1 ここでいう「自動運転」とは、列車操縦作業の一部又は全部を自動化した列車の運転制御をいい、ATC（脚注4参照）の防護下で、列車操縦作業である出発、速度制御、駅停車（定位置停止制御）、緊急時のブレーキなどの一部又は全部を自動化したものをいう。

表1 専門委員と調査すべき専門分野

所 属	職 名	氏 名	調査すべき専門分野
国立大学法人 長岡技術科学大学	名誉教授	平尾裕司	自動運転システム及び 安全性の検証方法

### 1.2.2 調査の実施時期

令和元年6月1日～3日	現場調査、車両調査及び口述聴取
令和元年6月5日～6日	車両調査及び口述聴取
令和元年6月12日	口述聴取
令和元年6月17日	再現試験及び口述聴取
令和元年7月10日～8月8日	口述聴取
令和元年8月29日～11月15日	委託調査
令和元年9月2日	再現試験
令和元年9月6日～令和2年7月13日	口述聴取

### 1.2.3 事実情報の提供

運輸安全委員会は、令和元年6月14日に、その時点までの調査結果に基づき、国土交通省鉄道局に対して、列車の進行方向を伝える指令線の断線、機器の動作記録、モーター制御装置の仕様等に関する情報提供を行った。

### 1.2.4 経過報告

運輸安全委員会は、令和2年2月27日に、それまでに判明した断線と逆走に関する調査分析結果について経過報告を行い、断線の防止策、本路線の車両\*2における逆走の防止策等を公表した。

### 1.2.5 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

## 2 事実情報

\*2 本報告書では、「車両」は車体、走り装置などで構成される構造体を、「列車」は列車番号が付けられて本線を走行している編成車両をいう。

## 2.1 運行の経過

### 2.1.1 列車の運行状況

株式会社横浜シーサイドライン（以下「同社」という。）の金沢シーサイドライン（以下「本路線」という。）は、新杉田駅～金沢八景駅間10.8km（複線）の区間を、無人の自動運転で運行している新交通システム<sup>\*3</sup>である。

同社によると、本事故で運用されていた車両は、事故発生当日、4時52分並木中央駅発新杉田駅行き始発上り列車として運行を開始した後、本事故発生までに新杉田駅と金沢八景駅間を15往復運行した。19時15分新杉田駅発金沢八景駅行き下り1905列車、19時43分金沢八景駅発新杉田駅行き上り1910列車として運行し、20時15分新杉田駅発並木中央駅行きの下り2009B列車（以下「本件列車」という。）として運行した後、並木中央駅から車両基地に入庫する予定であった。当日は出庫から本事故の発生まで、特に列車の遅延や異常の検出等はなく運行していた。

本件列車は、新杉田駅の1番線を定刻の20時15分に出発したところ、本件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。

（付図1 金沢シーサイドラインの路線図 参照）

### 2.1.2 司令員、駅員の口述

事故発生の状況について、司令区で列車の運行を監視していた司令員2名及び新杉田駅の駅員3名の口述の総合によれば、それぞれの概略は以下のとおりであった。

#### (1) 司令員

当日は指令卓の前でモニターを確認していたところ、本件列車に非常ブレーキが掛かったとの情報が表示された。

情報が表示されたのとほぼ同時に、乗客から車内通報ボタンにより「電車が反対に走りました。負傷者が数名いるようです」と通報があった。さらに新杉田駅の駅員からも負傷者が多数いるとの連絡が入った。モニターで新杉田駅の1番線を確認すると、本件列車が駅端部の車止めに衝突して停止していたので、すぐに運行中の全列車の運転を列車抑止した。

乗客の通報によると、本件列車は20時15分に反対方向に発車してすぐ衝突したとのことであった。

---

\*3 「新交通システム」とは、都市内の交通機関のうち、自動運転を行うような新しいシステムを取り入れた軌道系交通機関の総称である。主として、コンクリート軌道上を車長8m程度のゴムタイヤ車両が数量連結して走る交通システムを指すことが多い。ガイドウェイシステムやモノレール、ミニ地下鉄、リニアモーターカーなどがあり、車両が有人運転と無人運転により運行される形態がある。

本件列車には、発車するまで異常を示す警報は出ていなかった。

## (2) 駅員

駅員数名は、いずれも本件列車が見えない位置にいたが、日常業務では聞いたことのない、モーターなのかタイヤの走行音なのかわからない音が聞こえて、その直後に「ガシャン」という感じの衝撃音が聞こえた。20時15分の並木中央駅行きの列車が出るという意識は頭の片隅にあったので、音が聞こえたのは20時15分頃だったと思う。

### 2.1.3 列車の運転状況の記録

本件列車には、運転状況記録装置が搭載されていた。

車上の同装置及び地上の装置で、本事故前後に記録された運行データによると、本件列車は新杉田駅において20時14分41秒に下りの進行方向が設定された後の20時14分57秒に走行を開始し、20時15分05秒に最高速度25km/hになると共に非常ブレーキが動作し、1秒後に速度がほぼ0km/hになっていた。また、同装置には非常ブレーキが動作した時に3両目の側扉が開になった記録があった。なお、車上及び地上の運転状況記録装置に、進行方向の設定に関する異常を示す記録はなかった。(表2 本件列車の主な運行データ 参照)

表2 本件列車の主な運行データ

記録時刻	記録箇所	データ	備考
20:14:40	地上	進行方向指令(下り)	地上から車上へ送信
20:14:41	地上	進行方向状態(上り→下り)	車上から地上へ送信
20:14:55	地上	出発指令	地上から車上へ送信
20:14:56	車上	ブレーキ緩解	
20:14:57	車上	走行開始	ノッチON(力行指令)
20:15:05	車上	速度25km/h、非常ブレーキ	最高速度、減速開始
20:15:06	車上	速度0km/h	停止

\*車上の運転状況記録装置の時刻は地上システムに合わせて補正した。

運転状況記録装置のデータによると、最高速度までノッチがONのまま、モーター電流が約400A、ブレーキ圧力が0kPaであったが、非常ブレーキ指令がONになりノッチが切れてから、しばらく遅れてモーター電流が小さくなりブレーキ圧力が立ち上がっていた。(表3 事故時の運転状況記録装置の主なデータ 参照)

表3 事故時の運転状況記録装置の主なデータ

記録時刻	速度 (km/h)	A T C <sup>*4</sup> 信号	非常ブレーキ 指令 OFF:0、ON:1	ノッチ OFF:0、ON:1	モーター 電流 (A)	ブレーキ 圧力 (kPa)
20:15:04.4	22	40 信号 <sup>*5</sup>	0	1	392	0
20:15:04.6	22.5	40 信号	0	1	392	0
20:15:04.8	23.5	40 信号	0	1	396	0
20:15:05.0	24	40 信号	0	1	396	0
20:15:05.2	25	40 信号	0	1	396	0
20:15:05.4	23.5	40 信号	0	1	428	0
20:15:05.6	16	40 信号	1	0	428	0
20:15:05.8	4.5	—	1	0	176	148
20:15:06.0	1.5	ORP信号 <sup>*6</sup>	1	0	0	264

\*時刻は地上システムに合わせて【P11の1行目等多数の例あり】補正した。

なお、本件列車の車両が下り1905列車として運行されていた際に、幸浦駅<sup>さちうら</sup>～産業振興センター駅間で、2.3.2で記述する列車の進行方向をモーター制御装置等に伝える指令線であるF線（以下単に「F線」という。）が、加圧状態から無加圧状態に変化した記録が残されていた。

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

### 2.2.1 乗客の乗車状況と負傷状況

本件列車には、25名が乗車しており、そのうち17名が負傷（12名が重傷<sup>\*7</sup>した。なお、1両目から5両目まで（以下、車両は金沢八景駅方から数え、前後左右は金沢八景駅行き下り列車の進行方向を基準とする。）の乗客の乗車位置を図1に、乗客の負傷状況を表4に示す。

\*4 「ATC」とは、自動列車制御装置（Automatic Train Control）の略称であり、先行列車の位置や線路の条件に応じて連続的に指示された速度制限信号に基づき連続して列車速度を照査して、列車速度が制限速度を超えた場合、列車速度を制限速度以下になるよう連続的に制御するシステムである。

\*5 「40信号」とは、ATCにより運転する列車の運転台の車内信号現示装置に許容運転速度を示す信号として現示されるATC信号をいい、「40信号」の場合の許容運転速度は40km/hであることを示す。

\*6 「ORP信号」とは、端末駅においてオーバーランしないための過走防護制御を行うための信号であり、後述の過走防護区間で列車の速度が、5km/h以下で1秒経過後に7.5km/h以上になると非常停止する。

\*7 「鉄道運転事故等報告書等の様式を定める告示」（平成13年国土交通省告示第1387号）に基づき、「重傷者」には、30日以上医師の治療を要する負傷者を、「軽傷者」には、重傷者以外の負傷者を計上している。

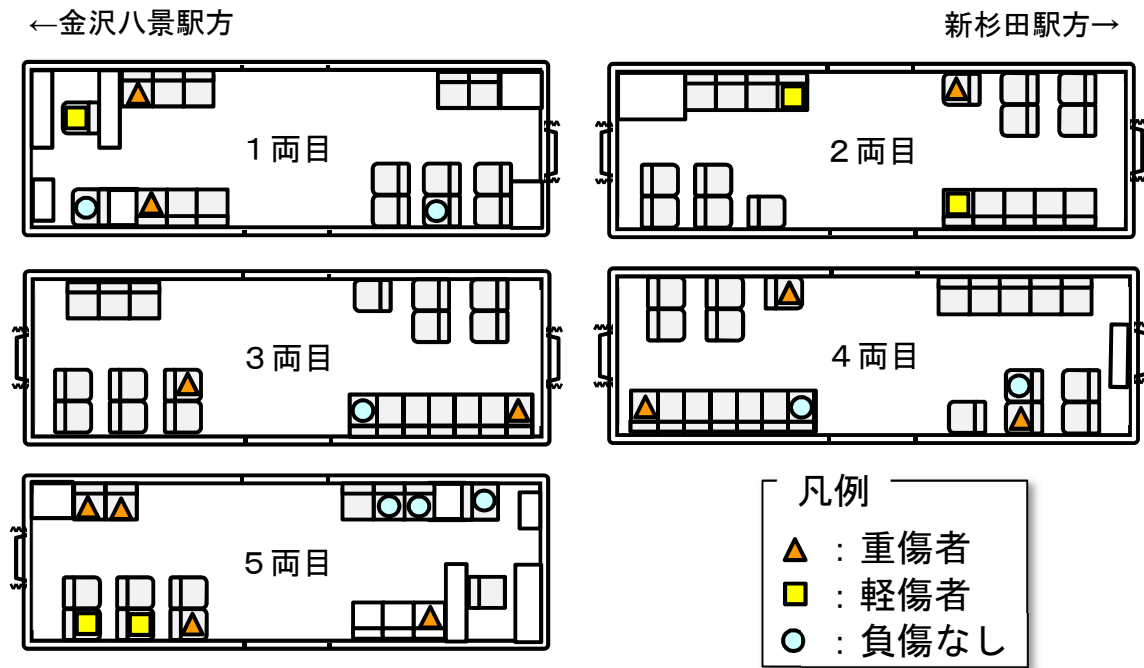


図1 乗客の乗車位置

表4 乗客の負傷状況

車両	乗客数	負傷状況
1 両目	5 名	重傷 2 名 (うち骨折 2 名)、軽傷 1 名、負傷なし 2 名
2 両目	3 名	重傷 1 名、軽傷 2 名
3 両目	3 名	重傷 2 名 (うち骨折 1 名)、負傷なし 1 名
4 両目	5 名	重傷 3 名 (うち骨折 1 名)、負傷なし 2 名
5 両目	9 名	重傷 4 名 (うち骨折 2 名)、軽傷 2 名、負傷なし 3 名
総数	25 名	負傷者 17 名 (うち重傷 12 名、軽傷 5 名)、負傷なし 8 名

### 2.2.2 救護に関する情報

本事故発生後、同社は新杉田駅の駅員等により乗客の救護を開始している。同社の記録によると、20時17分に司令区から新杉田駅に「救急車手配」の連絡を行っている。

また、本件列車の各車に搭載されている防犯ビデオの映像によると、20時18分に新杉田駅の駅員が1両目の乗務員用の扉から乗車し、乗客の状況の確認や車両からの救出等を開始した。20時30分に救急隊が到着し、20時56分に全ての負傷した乗客の救出が完了した。なお、新杉田駅の駅員の口述によると、新杉田駅には可動式ホーム柵が設置されていたが、衝突後の1両目の側扉と位置が合った4

両目の可動式ホーム柵を手動で開扉し、1両目の側扉から各車両の乗客を降車させたとのことである。

(付図2 新杉田駅の事故現場略図 参照)

## 2.3 車両及び鉄道施設に関する情報

### 2.3.1 車両の主な諸元

本件列車の車両の主な諸元は次のとおりである。

車種	直流電車（直流750V）
車両形式	2000型
基本編成両数	5両
編成	第41編成
新製年月	平成25年3月
累積走行距離	約52.2万km（運用開始から本事故発生まで）
編成全長	42,000mm
車体長さ（各車両）	8,000mm
編成重量	52,880kg（完成時）

2000型車両は平成22年10月に初編成が同社に納入され、試験走行などを経て平成23年2月より営業運転が行われている。その後、平成26年までに16編成が製造され、さらに令和元年に2編成が増備された。（図2 本件列車の編成参照）



図2 本件列車の編成

### 2.3.2 本路線の運転制御システムの概要

本路線は、地上と車上の装置間で運行に必要な情報を相互に伝送し、列車に乗務員（運転士や車掌など）が乗務しない無人の自動運転で運行している。

列車の運転制御指令や運行の監視は、司令区にある列車集中制御中央装置\*8、

\*8 「列車集中制御中央装置」とは、各駅の転てつ器及び信号取扱機能を、一箇所に集中して自動で遠隔制御する装置をいう。



A T O地上装置<sup>\*9</sup>、各駅のA T C地上装置<sup>\*10</sup>などが行っている。

各駅のプラットホームには可動式ホーム柵が設置されており、列車が所定の位置に停車した場合に可動式ホーム柵及び車両の旅客乗降口である側扉が自動的に開閉する構造となっている。列車が各駅に停車している間、各駅に設置されている駅A T O地上装置<sup>\*11</sup>と車両の駅A T O車上装置<sup>\*12</sup>との間で進行方向の設定や車両の扉制御などの情報を伝送し、駅を出発した後の列車は、車両のA T O車上装置<sup>\*13</sup>が作成する走行パターンに従い走行する。

本路線には走行路の幅方向の中心にA T C及び列車検知（T D）装置<sup>\*14</sup>用（以下「A T C／T D用」という。）のループコイルが敷設されている。車両の1両目と5両目にはA T C／T D用の車上アンテナが搭載され、地上から車上にはA T C信号として制限速度信号が、車上から地上には列車検知用の信号がそれぞれ送信される<sup>\*15</sup>。A T C車上装置<sup>\*16</sup>はA T C信号と速度を比較することにより速度超過を監視し、異常走行<sup>\*17</sup>が発生したときには減速又は停止するようになっている。

列車の自動運転による運行時、折り返し駅である新杉田駅又は金沢八景駅において行われる進行方向を設定する制御は次のとおりである。

まず、列車が折り返し駅に停車中、駅A T O地上装置は車両の定点域<sup>\*18</sup>停止状態や出発進路の開通などを確認した後、車両の駅A T O車上装置に前進指令又は後進指令（以下「進行方向指令」という。）を送信する（付図4① 参照）。

次に、駅A T O車上装置は、駅A T O地上装置からの進行方向指令を受信し、進

---

\*9 本路線の「A T O地上装置」は、駅出発制御、定速運転制御、駅定位置停止制御などを自動的に行う。なお、「A T O」とは、Automatic Train Operation（自動列車運転）の略で、出発制御、定時運転制御、定位置停止制御などを自動で行うシステムのことをいう。

\*10 本路線の「A T C地上装置」は、地上に敷設された閉そく区間ごとのA T C及び列車検知用のループコイルに、許容速度に対応した変調信号電流を重畳した高周波信号電流を流す装置をいう。

\*11 本路線の「駅A T O地上装置」は、自動運転における駅部の制御、司令区と全線の列車との間で情報の授受、運転司令区と各駅の駅設備機器との間で情報の授受を行う。

\*12 本路線の「駅A T O車上装置」は、地上からの自動運転を行うための情報を受信し、車上の制御回路や装置に情報を与えるとともに、車両状態、故障等の情報を地上へ送信する。

\*13 本路線の車両の「A T O車上装置」は、許容速度、駅部での制御指令、地点情報、制御指令等、地上からの制御情報に基づき、列車を自動的に駅間走行制御し、駅の定位置に停止制御するよう適切なノッチ等を出力する。

\*14 ここでいう「列車検知（T D）装置」とは、列車の走行位置を検知する装置で、本路線では、先頭車両の車上のアンテナからチェックイン信号を、後尾車両の車上アンテナからチェックアウト信号を出力し、列車が閉塞区間に進入するとその地上のループコイルはチェックイン信号を、進出するとその前方の隣接閉塞区間の地上ループコイルがチェックアウト信号を受信する。なお、「T D」とは、Train Detection（列車検知）の略である。

\*15 普通鉄道ではレールに信号電流を流して、A T C信号の送信や列車検知を行う。

\*16 本路線の車両の「A T C車上装置」は、閉そく区間ごとのループコイルに流れている高周波信号電流を先頭車両の車上アンテナで受信し、この信号出力と主電動機に取り付けられている速度発電機の出力を比較し、列車が制限速度以上で走行している場合、列車速度を自動的に制御又は停止させる装置をいう。

\*17 ここでいう「異常走行」とは、速度超過や逆走などの走行に関する異常のことをいう。また、異常走行に加え、装置の異常や側扉の閉状態異常など、車両に発生する異常な状態を「異常状態」という。

\*18 本路線の「定点域」とは、駅の可動式ホーム柵の開閉制御が可能な範囲のことをいう。

行方向が下りの場合は194E線を、上りの場合は195E線を加圧する<sup>\*19</sup>（同②参照）。1両目及び5両目に搭載されている先頭継電器盤<sup>\*20</sup>は、194E線が加圧状態のときは1両目を、195E線が加圧状態のときは5両目を先頭車両に設定し、さらに進行方向が下りの場合は編成内に引き通されている運転台<sup>\*21</sup>選択用の指令線である194G線と、列車の進行方向をモーター制御装置とATC車上装置の後退検知機能に伝える指令線であるF線を、進行方向が上りの場合は同じく195G線とR線を加圧する（同③、④参照）。なお、2.8.1で記述するように、F線及びR線による進行方向の指令は、車両の走行方向の指令であり、列車の進行方向と異なるときがある。

駅ATO車上装置は、194G線又は195G線が加圧状態となっていることにより、車両で進行方向が設定されたとして、地上の駅ATO地上装置に前進状態又は後進状態の信号（以下「進行方向状態」という。）を送信する（同⑤参照）。

また、F線及びR線は直流電源引通し線<sup>\*22</sup>から1両目と5両目にある配線用遮断器（以下「制御遮断器」という。）及び先頭継電器盤を介して編成内に引き通されており、1両目、3両目及び5両目に搭載されているモーター制御装置に入力される。なお、下り走行中のF線又は上り走行中のR線の加圧状態は、先頭継電器盤によって保持され、次の折り返し駅において駅ATO地上装置からの進行方向指令の信号が切り替わると、駅ATO車上装置は194E線と195E線の加圧状態を切り替え、それに伴いF線及びR線の加圧状態が反転する。なお、ATC/TD用の車上アンテナの信号は、194G線及び195G線の加圧状態により、列車の進行方向が下りの場合は1両目が、上りの場合は5両目が有効になるように切り替わる。出発時刻になり車両の側扉及び可動式ホーム柵が閉状態となると、駅ATO地上装置は駅ATO車上装置に出発指令を出力し（同⑥参照）、列車が走行を開始する。

（付図3 本路線の地上及び車上システムの構成、付図4 進行方向切替え時（下り）の車上システムの制御の流れ 参照）

---

\*19 ここでいう「加圧する」とは、駅ATO車上装置内で、直流100Vが印加されている電線と194E線や195E線を接続し、これらの指令線に直流100Vの電圧を印加することをいう。

\*20 本路線の車両の「先頭継電器盤」は、両先頭車両に設置され、進行方向、自動・手動運転の切替え、インチング走行等に関する継電器等で構成される装置のことをいう。なお、「インチング走行」とは、駅停止時に何らかの理由で定位置より前方又は後方に停止した場合、自動運転で走行し再度停止位置合わせを行う走行のことをいう。

\*21 ここでいう「運転台」とは、先頭車両に搭載されている運転操作を行うための機器をいう。本路線の車両では、上り走行時は5両目の、下り走行時は1両目の運転台が選択される。

\*22 ここでいう「直流電源引通し線」とは、2両目と4両目の蓄電池等の電源装置から出力される直流100Vを編成全体に引通している電源供給用の電線のことをいう。

### 2.3.3 新杉田駅の設備

新杉田駅には、上り列車が定位置に停止できずに過走（オーバーラン）しないようにするための過走防護信号区間と、金沢八景駅方へ向かって続く出発信号区間（上り列車は到着信号区間）（以下「出発信号区間」という。）のそれぞれにATC/TD用のループコイルが敷設されている。

列車が新杉田駅の定点に停止した場合、1両目のATC/TD用の車上アンテナは、過走防護信号区間と出発信号区間の境界（以下「信号区間境界」という。）から24,586mm金沢八景駅方の上にある。

新杉田駅は折り返し駅で行き止まりとなっているため、定点停止位置から約24,500mmの過走余裕区間が設けられており、それ以上走行すると走行路終端部の車止めに衝突する。車止めにはストローク1,000mmの油圧式緩衝装置が取り付けられ、列車の過走を前提に、最大速度10km/hで衝突した場合においても、車両のブレーキ力とともに列車を停止するように設計されている。

（付図2 新杉田駅の事故現場略図、付図5 新杉田駅の地上設備と列車停止位置参照）

### 2.3.4 司令区の監視体制等

司令区には、各駅のホーム状態が映し出されている監視モニター、各列車の位置及び編成番号が表示される運行表示画面やその他電力、防災、車両基地、駅設備の故障等を監視する監視盤などが設置され、3人の司令員で、1名は電力等の設備を、2名はモニター等により全列車、全駅の状態を監視している。新杉田駅、並木中央駅、金沢八景駅の有人駅以外は全て無人駅であるが、司令区から監視カメラ及びテレビモニターを活用して、各駅の可動式ホーム柵、放送装置、防災管理設備等を遠隔操作するとともに、異常時には全編成又は列車を個別に選択して非常停止すること等、安全確保と運営管理を一括で行っている。

## 2.4 車両及び鉄道施設の損傷、痕跡に関する情報

### 2.4.1 本事故発生直後の車両状態

本事故発生直後の本件列車は以下の状態であった。

- (1) 1両目の前部標識灯が点灯。
- (2) 5両目の後部標識灯が点灯。
- (3) 1両目及び5両目の制御遮断器は「入」状態。
- (4) 1両目から5両目までのF線及びR線が共に無加圧状態（0V）。

## 2.4.2 車両の損傷及び痕跡の状況

主に2両目から5両目までの連結部及び車端部を中心に損傷が見られ、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。なお、1両目と2両目の連結部には大きな損傷は見られなかった。

(付図6 車両の主な損傷状況 参照)

## 2.4.3 鉄道施設の事故後の状況

本事故により、2.3.3で記述した新杉田駅1番線の終端部の車止めの油圧式緩衝装置が、本件列車の衝突により約1,000mm伸びてガイドエンドに当たって止まった。油圧機構から油漏れが発生したものの、その他の駅設備に大きな損傷は発生しなかった。(図3 事故後の油圧式緩衝装置の状態 参照)



図3 事故後の油圧式緩衝装置の状態

## 2.5 進行方向の指令線の断線に関する情報

### 2.5.1 断線した進行方向の指令線の状況

本事故発生後の車両状態の調査において、本件列車の1両目（以下「本件車両」ということがある。）の客室の後部左側の機器室（以下「本機器室」という。）内で、2.3.2で記述した進行方向（車両の走行方向）をモーター制御装置等に伝える指令線であるF線が断線し、断線部の片側は、構体の床板近くに取り付けられた妻構え<sup>\*23</sup>の部材（以下「妻土台<sup>\*24</sup>」という。）に溶着していた。(図4 本件車両のF線の経路と断線箇所 参照)

\*23 「構え」とは、車体の構造を意味し「妻構え」は車体の妻の構造、「側構え」は車体の側面の構造のことをいう。なお、「妻」とは車体の一部で、一般に、屋根と台枠（車体の土台となる骨組）とを結んで、車体の両端を構成する部分のことである。

\*24 「妻土台」とは、妻構えを構成する部材のうち、垂直の部材（妻柱）を支える最下部にあるまくらぎ方向の水平部材のことをいう。

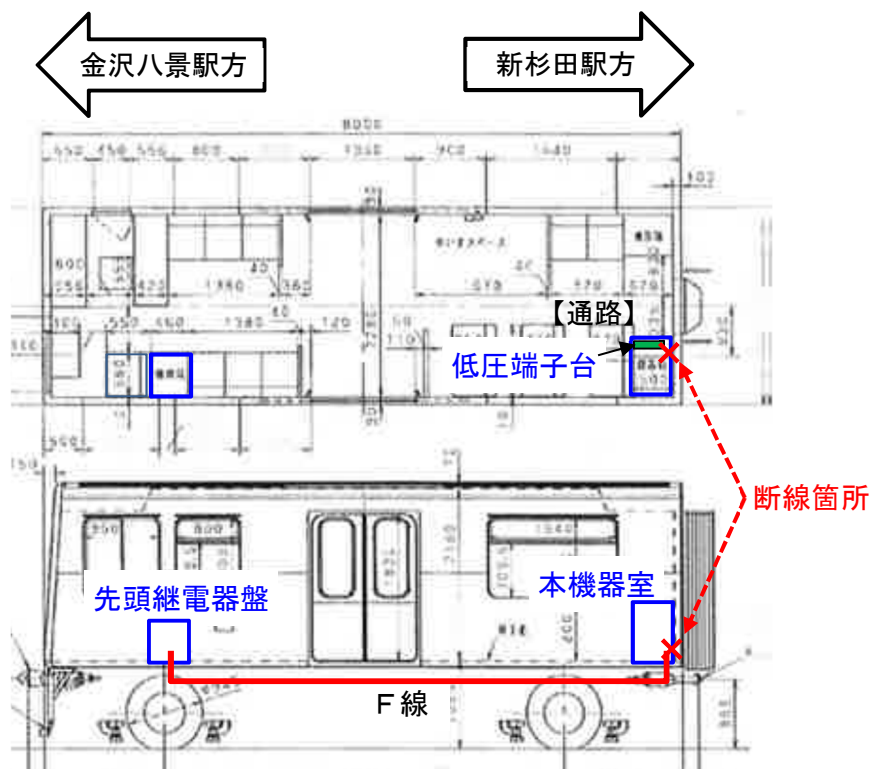


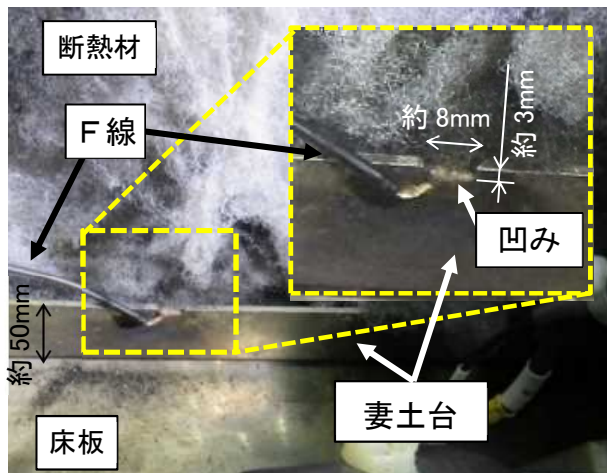
図4 本件車両のF線の経路と断線箇所

F線は、先頭継電器盤から、床下を經由し、本機器室の床板にある配線穴から床上に立ち上がり、本機器室の通路側に設置されている低圧端子台に接続されるものであるが、本機器室内の妻土台の上部で断線し、低圧端子台に接続される側の電線が妻土台に溶着していた。一方、先頭側に接続される側の電線の先端部はやや丸みを帯びた状態となっていた。なお、断線した先頭側の電線は制御遮断器盤や先頭継電器盤に接続する側であり、溶着した低圧端子台側の電線はモーター制御装置や2両目に接続する側である。

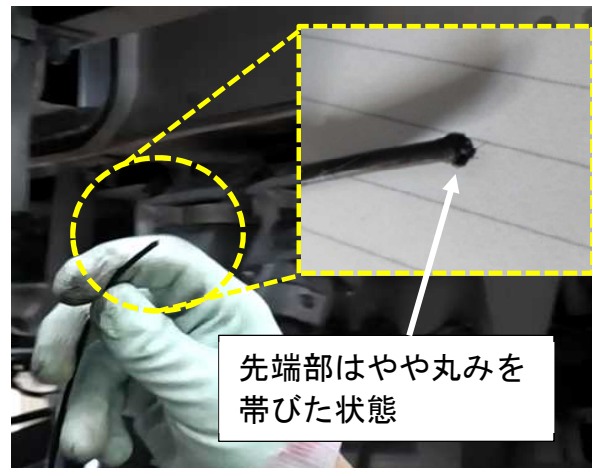
また、妻土台の溶着部は幅約8mm、深さ約3mmで凹んでおり、その周辺の部材の両面には黒い物質が付着していた。

さらに、妻土台の最も近くに配線されていたケーブル束<sup>\*25</sup>の溶着位置近傍にあった箇所には、黒い物質が付着し、一番外側のケーブルは被覆が破れていた。(図5断線部近傍の状況 参照)

\*25 本報告書では、「電線」は単芯の線のことを、「ケーブル」は多芯の線のことを、「電線等」は電線及びケーブルのことを、「ケーブル束」は複数の電線等を束ねたものをいう。



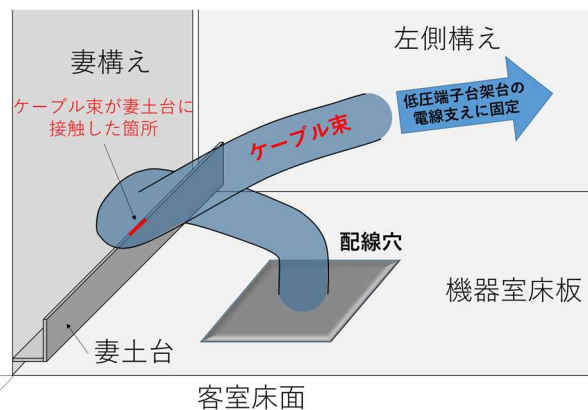
車両の部材への溶着状況  
(低圧端子台側電線)



本断線状況 (先頭側電線)



溶着位置近傍のケーブル束の状況



本機器室内のケーブル束の状況

図5 断線部近傍の状況

F線として使用されている電線は、標準仕様の電線より軽量化仕様の電線（以下「軽量化電線」という。）であった。同社によると、本路線の車両はゴムタイヤで走行しており、軌道等の構造物の負荷荷重、乗車定員、ゴムタイヤの耐久性などの観点から車両を軽量化する必要があり、標準仕様の電線より約20%軽い軽量化電線の一部を採用したとのことである。（表5 F線で使用された電線の特性 参照）

なお、軽量化電線を扱う際の注意事項として、日本鉄道車輛工業会規格（JRIS）のJ1000「鉄道車両—電線及びケーブル一般規則」には、次のように記述されている。

#### 10 注意事項

車両用電線を取り扱う際には、次の事項について注意しなければならない。

- a) 電線は、絶縁体を損傷すると絶縁特性が低下し、絶縁破壊に至ることがあるので、損傷させないように丁寧に扱わなければならない。特に、被覆材が薄い軽量化電線及び絶縁体の表面が柔らかいハロゲンフリー電線は、次の注意が必要

である。

- 1) (省略)
- 2) 振動などを受ける使用環境に配慮して、電線と金属片との接触又は接触を避けるような配線経路及び適切な余長の確保に努め、電線被覆に損傷を与えることのないような養生処理を徹底する必要がある。

車両メーカーによると、2000型車両を製造していた当時、軽量化電線を民鉄用の普通鉄道の車両（以下「普通鉄道車両」という。）に時々適用しており、扱いについては標準電線より注意が必要との認識はあったとのことである。

表5 F線で使用された電線の特性

絶縁体材質	ふっ素樹脂 ETFE (ETFE: Ethylene Tetra Fluoro Ethylene)
公称断面積	1.25 mm <sup>2</sup>
絶縁体厚さ（公称値）	0.4 mm
概算質量	1.6 kg/km
絶縁抵抗	32,000 MΩ・km
カットスルー特性*26	120～137 N
摩耗特性*27	767～975回

## 2.5.2 本機器室内の配線等の状況

本機器室には元空気タンク\*28 2本や通路側に低圧端子台が設置され、配線穴を經由し床上に立ち上げられている総数約340本の電線及びケーブル（以下「電線等」という。）は、配線穴近傍で接続先ごとに振り分けられている。そのうち、本機器室の妻構え近傍を經由し通路側に配線された電線等は、それぞれゴムバンドによる保護材（以下「電線側の保護材」という。）と結束バンドで4つのケーブル束にまとめられ、縦に積み重ねて結束され全体が大きなケーブル束となり、低圧端子台を取り付ける架台（以下「低圧端子台架台」という。）の電線支えに固定されていた。本件事故後に低圧端子台に接続されていたF線を、ケーブル束の結束から外しながら配線穴方向への経路を探った結果、F線は4つのケーブル束のうち、妻土台に近い一番下のケーブル束に入っていた。（図6 本機器室内の機器配置とケーブル束の配

\*26 「カットスルー特性」とは、電線の外傷摩耗特性の一つで、エッジ部強圧に対する耐性のことをいう。電線に90° シャープエッジの治具を5mm/1分で加えた時の短絡時の荷重で求める。

\*27 「摩耗特性」とは、電線の外傷摩耗特性の一つで、ぎ装（脚注29参照）配線時の金属エッジ部への摩耗耐性のことをいう。電線に、シャープエッジの部材を2ポンド（907g）で押しつけながら往復動作し、短絡するまでの回数で求める。

\*28 「元空気タンク」とは、空気圧回路上で、全ての空気圧機器に供給するための圧縮空気を蓄えるための空気タンクのことをいう。

線経路、図7 本機器室内の状況（調査時） 参照）

なお、図7は、F線の経路を調査するために、低压端子台に結線していた電線等を外し、一番下のケーブル束の結束を解いた状態である。

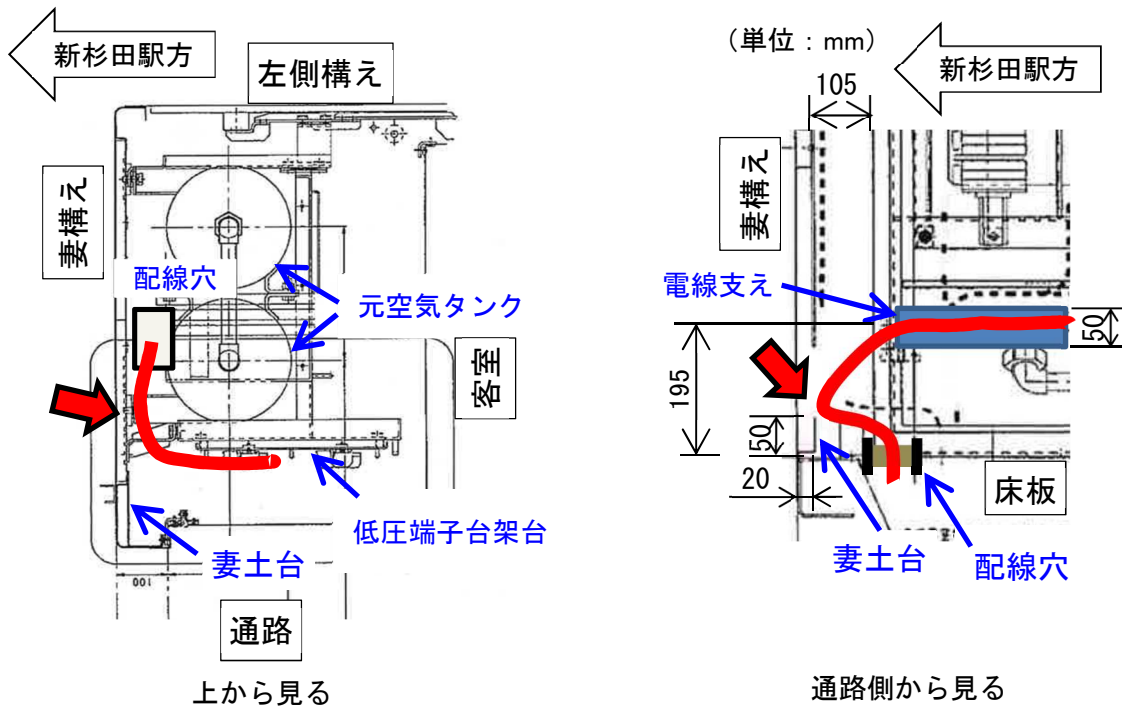
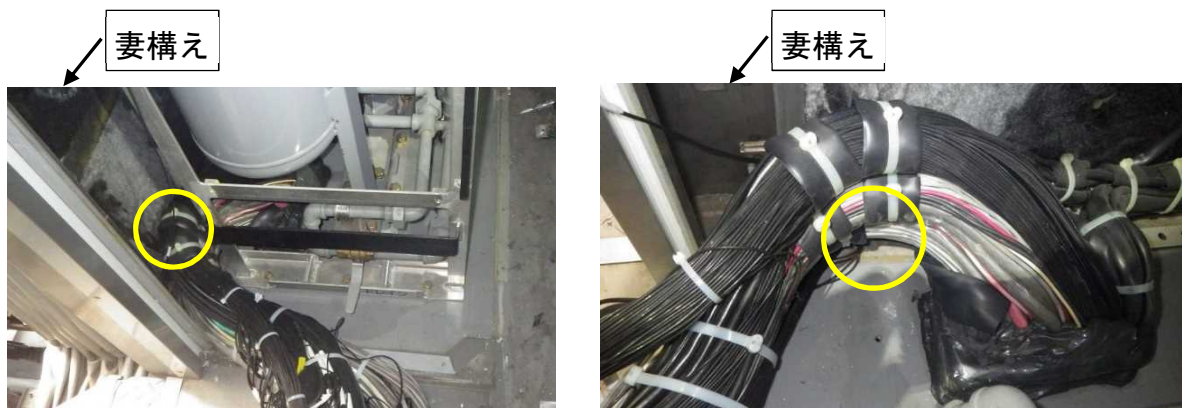


図6 本機器室内の機器配置とケーブル束の配線経路



通路側から見た配線状況  
（\*○印のケーブル束の裏側で断線）

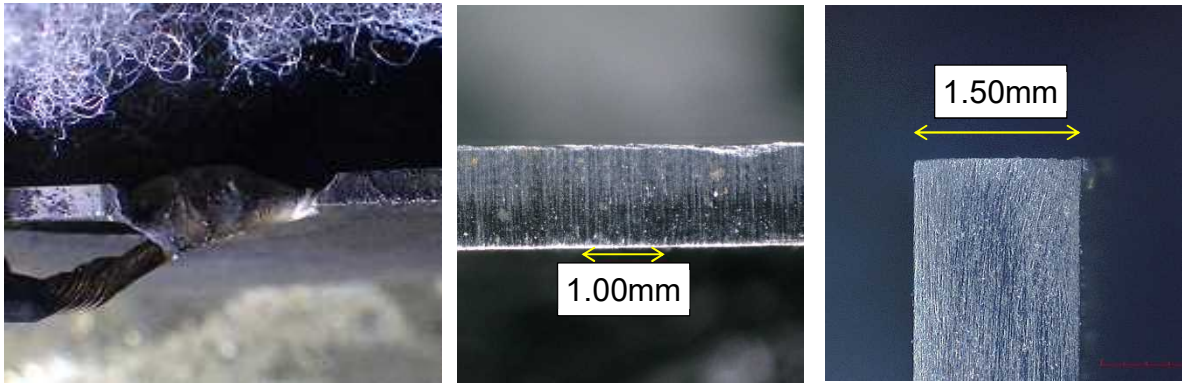
元空気タンク、低圧端子台架台を外した  
状態

図7 本機器室内の状況（調査時）

妻土台は板厚が1.5mmのステンレス板で、本機器室では上面が床上から約50mm、妻構えから約20mm内側に離れて取り付けられている。妻土台の上面はレーザー切断された角形の形状で、構体や機器の架台、あるいは内装等の車両の部材（以下「車両の部材」という。）に取り付ける電線等への傷つき防止用の樹脂製の保護材（以下「車両の部材側の保護材」という。）は取り付けられておらず、表面には妻構



えの内面に貼られている断熱材用の接着材が付着していた。角部はほぼ直角で、面取りや研磨仕上げはされておらず、手で触るとざらざらした状態であった。(図8 妻土台の上面部形状 参照)



F線の溶着部近傍

顕微鏡写真  
(表面洗浄状態)

断面形状

図8 妻土台の上面部形状

## 2.6 車両メーカーにおける配線作業等に関する情報

### 2.6.1 車両製造時の配線及び結線作業

本件車両を製造した車両メーカーは、本機器室内の配線要領として「妻配線要領」を作成し、ケーブル束の配線穴から低压端子台までの配線経路等を示している。

車両メーカーによると、本機器室内の配線作業手順は次のとおりである。

- (1) 配線穴より立ち上がっている電線等を経路別に振り分け、さらに経路別に電線等を整理して結束し、ケーブル束としてまとめる。
- (2) 元空気タンク、低压端子台架台、低压端子台本体等を取り付ける。
- (3) (1)のケーブル束を通路側の低压端子台架台の電線支えに最終的に固定し、その後に各電線等を低压端子台などに結線する。

なお、(1)の作業は主に電線等の敷設を担当とする配線作業者が、(2)の作業は主に装置等を取り付けるぎ装<sup>\*29</sup>担当者が、(3)の作業は主に電線等の端子台などへの結線を担当する結線作業者が行った。

配線作業におけるケーブル束の経路やまとめ方などは、担当の配線作業者に委ねられているが、本ケーブル束のような箇所では、経路を確定した後に予備的に結束し、加えて電線側の保護材と結束バンドで締めるなど、2段階で結束するとのことであった。

また、配線作業を行う際は、電線等と車両の部材が接触しないよう離隔をとるよ

\*29 「ぎ装」とは、車両に取り付けられる各種機器、配線、配管などを製造工程で取り付ける工程のことをいう。

うにし、接触する可能性がある場合は、電線側か車両の部材側のどちらか片方又は両方に保護材を取り付けることを基本としているとのことであった。

なお、車両ごとに「ぎ装処理要領書」が作成され、運転室、室内、天井の「骨当たり部保護」の処理要領として「ビニルホース、自在ブッシュ」が記載されていた。

車両メーカーによると、これらのぎ装処理要領書や妻配線要領は、<sup>きょうあい</sup>狭隘部の配線保護など一般的な注意点及び大まかな指示を記載するものであり、配線作業を行う上での個別の注意喚起を行うものではないとのことである。

## 2.6.2 配線及び結線作業後の確認

車両メーカーによると、配線作業後に配線した電線等は、配線作業等が目視や触手により、車両の部材等と接触していないか、あるいは電線等の結束状態などについて確認するものである。本機器室の配線穴から低圧端子台までの妻土台近傍の最終的な配線状況については、2.6.1の(3)の作業において結線作業者が確認するものであったが、妻構えと低圧端子台架台との隙間が狭いなどの理由で目視や触手等により確認することが困難であったとのことである。また、低圧端子台の結線作業用のチェックシートはあったものの、配線穴から低圧端子台までの配線状態を確認するチェック項目はなかった。

## 2.6.3 車両完成時の検査

車両メーカーの車両完成時の検査は、配線作業とは別の部署が実施している。

2000型車両の「完成車両検査項目チェック表」を確認したところ、配線状況の確認項目はなかった。

車両メーカーによると、配線状況の確認項目がないのは、当該チェック表の「機能試験準備通電前点検」で行う「導通試験」が配線確認を兼ねているためとのことであった。また、本機器室の配線状況等は、配線作業後から車両完成前間に検査する機会はないとのことであった。

## 2.7 同社における定期検査等に関する情報

### 2.7.1 本件車両の定期検査履歴等

同社の車両の定期検査については、同社が関東運輸局に届け出ている「車両整備心得」に定められている。

同車両整備心得には検査の種類ごとに区分が定められ、配線関係の検査は、月検査、重要部検査、全般検査の「一般電気装置」の「継電器・電磁弁・配線等」で実施され、検査項目は「電線、接続箱、その他付属部品の損傷及び取付状態」であり、主に目視で検査することになっている。

重要部検査及び全般検査では、検査項目に「絶縁特性」が加わり、検査方法は「絶縁抵抗試験及び絶縁耐圧試験」となっている。さらに、重要部検査及び全般検査では、総合検査を行うこととされており、その検査項目は「制御回路の機器の制御及び保護機能」であり、検査方法は「測定」となっている。

本事故の直近に実施された本件車両の月検査及び重要部検査の結果を確認したところ、「損傷及び取付状態」について「良好」の記録があった。さらに、重要部検査では、直流電源引通し線と車体間の絶縁抵抗測定及び絶縁耐圧試験を実施しており、その結果の記録に問題はなかった。

また、総合検査の「制御回路の機器の制御及び保護機能」において、F線を使用する制御及び機能に問題がないことが確認されていた。(表6 本件車両の検査等の検査周期及び実施日 参照)

表6 本件車両の検査等の検査周期及び実施日

検査等の種類	検査周期	実施日
新製時検査	—	平成25年3月22日
重要部検査	4年	平成29年3月30日
月検査	3月を越えない期間ごと	令和元年5月21日
列車検査	3日を越えない期間ごと	令和元年5月30日
全般検査	8年	未実施 (令和3年3月までに実施予定であった)

## 2.7.2 本件車両の改造履歴

本件車両の改造履歴を確認した結果、本機器室を改造した記録はなかった。

## 2.8 逆走に関する情報

### 2.8.1 進行方向設定

2.3.2に記述したように、列車は折り返し駅に停車中、駅ATO地上装置から列車の進行方向指令を受信し、194G線又は195G線の加圧状態により先頭車両の設定や各装置等の進行方向を反対方向に設定する。

車両メーカーによると、駅停止時にバックインチング走行<sup>\*30</sup>等を行う場合、駅ATO地上装置における車両への進行方向指令と車両からの進行方向状態が不一致となるエラーを避けるよう、先頭継電器盤は194G線及び195G線の加圧状態は変えずに、F線及びR線の加圧状態のみを入れ替えることによりモーター制御装

\*30 ここでいう「バックインチング走行」とは、インチング走行のうち、駅停止時に何らかの理由で定位置より前方に停止した場合、自動運転で後進走行し再度停止位置を合わせる走行のことをいう。

置がモーターを反対方向に駆動させ、列車を後方に走行させるようにした。当初駅 A T O 車上装置は、車両の進行方向状態として、F 線及び R 線の加圧状態を駅 A T O 地上装置に送信することとしていたが、2.9.2 及び 2.9.3 に記述する同社及び車両メーカーによる設計会議等において、上記の理由により 1000 型車両と同様に 194 G 線及び 195 G 線の加圧状態を送信する方式とした。

また、2000 型車両は F 線及び R 線の進行方向指令とは別に、A T O 車上装置及び先頭車両の運転台の主幹制御器から P 線で力行指令がモーター制御装置に入力されており、力行条件が成立すると P 線が加圧状態となり、モーター制御装置に力行指令が入力される。

## 2.8.2 モーター制御

モーター制御装置には、内部に進行方向を記憶するメモリ機能（以下「進行方向のメモリ機能」または単に「メモリ機能」という。）がある。この進行方向は、F 線及び R 線の加圧状態によりメモリ機能に設定され、その進行方向に従って列車の下り方向又は上り方向にモーターを駆動する。2000 型車両は、走行中、常に F 線又は R 線のいずれか一方が加圧状態であるが、折り返し駅等で列車の進行方向が切り替わり、F 線と R 線の加圧状態が変化するとメモリ機能の進行方向が更新される。これらのメモリ機能の情報については、モーター制御装置の機能仕様書に記載されており、F 線及び R 線が共に無加圧状態となった場合、メモリ機能は以前の進行方向を維持するようになっている。なお、機能仕様書には、何らかの理由で F 線及び R 線が共に加圧状態となった場合は、車両は保護動作によって力行しないことが記載されているが、F 線及び R 線が共に無加圧状態となった場合に、力行指令が入力した時の動作についての記載はない。（表 7 F 線及び 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 参照）

表 7 F 線及び 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）

2000 型車両では、列車の進行方向が下りの場合、本事故のように 1 両目の機

器室内等でF線が断線すると、1両目、3両目及び5両目に搭載されている全てのモーター制御装置に入力されるF線及びR線が共に無加圧状態となり、メモリ機能の情報が更新されず以前の進行方向情報のままであった。新杉田駅で下り方向に折り返して運転する際、ATO車上装置からの力行信号を受信すると、F線及びR線が共に無加圧状態であるため、モーター制御装置はメモリ機能が維持している以前の進行方向である上にモーターを駆動するようになっていることから、全てのモーターが進行方向とは逆の上りに駆動する。

なお、モーター制御装置の装置メーカー（以下「装置メーカーA」という。）によると、「進行方向のメモリ機能は、普通鉄道車両で、回生ブレーキ動作時の回生動作において車輪の回転方向を認識するためなどに使用され、また、力行指令は、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」とのことである。

### 2.8.3 異常走行の検知機能

2000型車両は、速度超過、側扉の閉状態異常、ATC信号の無信号状態、元空気圧力低下、後退などを検知すると、ATC車上装置などにより減速や非常ブレーキが動作する。

ATC車上装置には、一つの機能として後退検知機能が設けられ、列車の後退を検知している。ATC車上装置の装置メーカー（以下「装置メーカーB」という。）によると、2000型車両の後退検知機能は、普通鉄道車両用と同様に車両が上り勾配における起動時等に緩やかに後退した場合などを想定しているとのことである。後退検知機能が動作する条件は、次のとおりである。

- (1) F線又は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<sup>\*31</sup>があること
- (2) 速度が3～20km/hであること
- (3) (1)と(2)の条件が1秒以上継続すること

装置メーカーBの口述によると、後退検知機能は、進行方向等が正しく入力されることを前提としているとのことであり、上記の(1)から(3)までの全ての条件が同時に成立し、車両が進行方向と逆方向に走行した場合に後退したものと認識して非常ブレーキを動作させる。

なお、後退検知機能は、2.8.1に記述した、手動運転による退行運転及びバックインチング走行において、実際の車両の走行方向に対して、後退検知機能が有効となるように、進行方向指令としてF線とR線を用いている。

---

\*31 ここでいう「位相検知」とは、速度発電機からの、2つの正弦波信号の位相差の信号を検出することをいう。この信号により車輪の回転速度と方向を検出する。

#### 2.8.4 運転保安システムの動作状況

2000型車両には運転保安システムとしてATC車上装置や列車検知（TD）装置が搭載されている。

本件列車は、2.3.3 に記述したように、新杉田駅に到着後、駅ATO車上装置が駅ATO地上装置から下りの進行方向指令を受信し、1両目を先頭車両に設定したため、1両目のATC/TD用の車上アンテナの信号が有効となる。

本件列車が逆走した時、有効となっていた1両目のATC/TD用の車上アンテナは出発信号区間上にあり、表3に記述したように、ATC信号が40信号であったことから非常ブレーキは動作せず、発車前の定位置から終端部側に24,500mm 走行した時点で5両目が車止めに衝突した。その後86mm 走行した時点でこの車上アンテナは過走防護信号区間に入り、さらに車止めを押し込みながら終端部側に914mm 進んだ位置で本件列車は停止した。なお、ほぼ停止した時点でATC車上装置がORP信号を認識したため、過走防護区間においても非常ブレーキは動作しなかった。

2.1.3 に記述したように、運転状況記録装置に記録されたデータによると、ATC車上装置は、ATC信号として、発車時には40信号を、衝突後にはORP信号を認識している。なお、ATC受信器のATC信号の認識の切替えには、約0.5秒の時素<sup>\*32</sup>が設けられている。ATC車上装置は、ATC信号や速度信号の入力信号の異常や演算回路の故障検知を行うが、走行中にこれらの異常は検知されていなかった。

（付図5 新杉田駅の地上設備と列車停止位置 参照）

#### 2.8.5 他の新交通システムにおける進行方向の設定方法

無人の自動運転を行う他の鉄軌道事業者（6社）における進行方向の設定方法については、国土交通省鉄道局が開催した第3回「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」の資料及び運輸安全委員会による聞き取り調査によると、いずれの路線においても、地上及び車上の装置で、地上からの進行方向指令、モーター制御装置の進行方向の認識、ATC装置の進行方向の認識について複数を照合し、不一致の場合走行しないシステムとなっていた。しかし、本路線では他の6社と異なり、地上からの進行方向指令とモーター制御装置への進行方向指令を照合するようになっていなかった。

---

\*32 ここでいう「時素」は、信号が変化しその状態が継続した場合に、変化したことを認識するための時間をいう。

## 2.9 2000型車両の設計に関する情報

### 2.9.1 2000型車両導入時の手続き等

本路線は平成元年に開業し、別の車両メーカーにより設計及び製作された1000型車両が有人の手動運転方式で運行され、平成4年から乗務員添乗による自動運転を、平成6年から無人の自動運転による運行を開始した。

同社によると、1000型車両の老朽化などにより、無人の自動運転で運行されることを基本とする新型車両を導入することとし、総合評価方式<sup>\*33</sup>により、価格だけでなく、技術面等を含めた総合的な評価を行うために、国内の主要車両メーカー5社を選定し、各社から技術提案書を受領し総合的な評価を行った上で、平成20年12月に車両メーカーと2000型車両の製造請負契約を締結した。契約した車両メーカーは、1000型車両の車体を共同企業体の一つとして製造した経験はあったものの、初めての新交通システムの車両（以下「新交通システム車両」という）の設計であった。同社は、軌道法に基づき、平成21年10月に神奈川県知事へ車両の設計変更を申請し、同年12月に認可された。2000型車両の初編成は、平成22年10月に同社に納入された。

（付図7 2000型車両の設計・製造の経緯 参照）

### 2.9.2 2000型車両の設計プロセス

車両メーカーが示した車両の設計・製造プロセスの例によると、事業者が車両メーカーに提示する仕様書に基づき、車両メーカーは提案内容を検討し、技術提案書を事業者に提出する。事業者と車両メーカーで複数回の打合せを経て契約が締結された後、設計会議が行われ、図面や資料等を基に検討が行われる。詳細設計が終了する時期には、車両メーカー内で設計審査等が開催され、設計の妥当性や安全性などが審議される。その後、製造に入り事業者の中間検査や完了検査などを経て、事業者へ納入され運用されるとのことである。

車両メーカーによると、2000型車両もほぼ同様の設計・製造プロセス（以下「2000型車両の設計・製造プロセス」という。）であったとのことである。（図9 2000型車両の設計・製造プロセス 参照）

---

\*33 ここでいう「総合評価方式」とは、従来の価格のみによる自動落札方式とは異なり、「価格」と「価格以外の要素」（例えば、初期性能の維持、施工時の安全性や環境への影響）を総合的に評価する落札方式であり、具体的には入札者が示す価格と技術提案の内容を総合的に評価し、落札者を決定する落札方式のことをいう

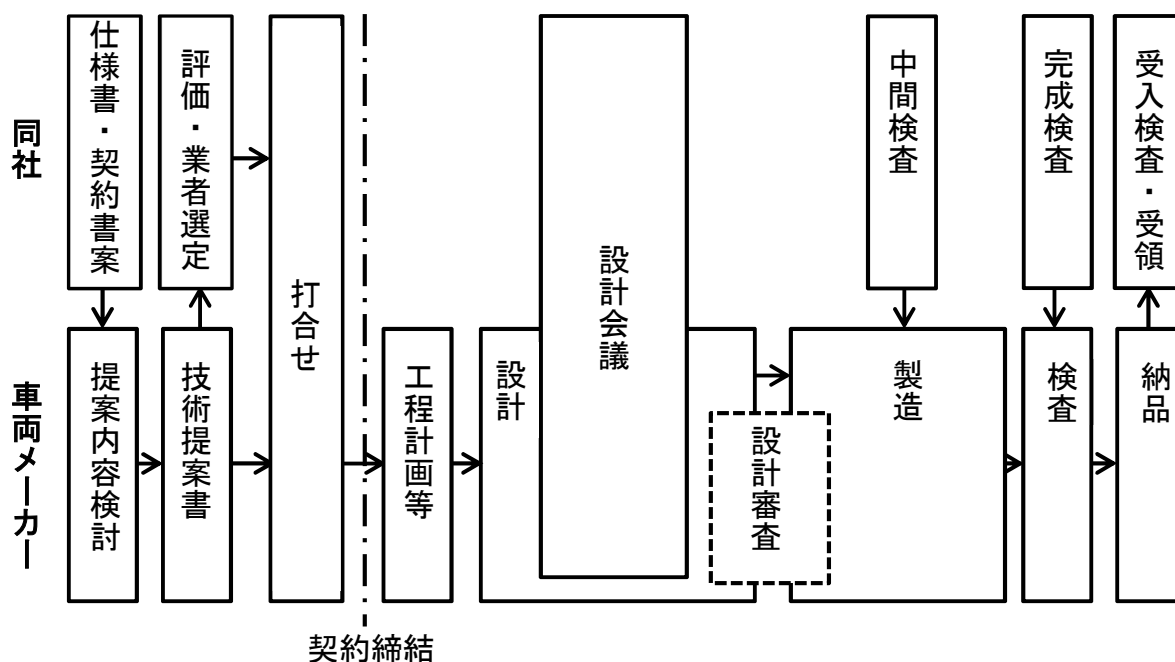


図9 2000型車両の設計・製造プロセス

### 2.9.3 設計会議の検討内容

新たな車両を設計する場合、事業者と車両メーカー等による設計会議が開催され、様々な事項が検討されることが多い。同社及び車両メーカーによると、同社車両メーカーは、平成20年12月から平成22年6月まで、計32回設計会議を開催し、さらに同社、車両メーカー及び装置メーカーによる設計打合せが平成20年12月から平成22年7月まで、計31回開催されたとのことである。

平成20年12月2日の第1回設計会議及び平成20年12月19日の第2回設計会議の議事録によると、いずれの会議においても車両メーカーが製造工程案や車上機器一覧表などの資料を提出し、製造工程、搭載機器の配置、装置メーカーの選定等に関する検討が行われていた。以降の会議では、主に車両メーカーから、それまでに設計した構体、ぎ装、システム等に関する図面や資料が提出されていた。併せて、設計・製造工程及びATC車上装置やモーター制御装置等の装置メーカーの選定など2000型車両の設計及び製造に関する様々な事項が検討対象となっていた。これらの検討内容については、特に問題がない場合は同社及び車両メーカーでその内容が合意され、問題点や確認事項等があった場合は両社で議論が行われるなど、回を重ねるにしたがって徐々に詳細な内容が検討されていた。

### 2.9.4 同社、車両メーカーの設計体制等の認識

2000型車両を設計した際の、同社と車両メーカーの設計体制、基本的な考え方及び本路線の既存設備との統合について確認を行った結果、両者の間には、いく



つかの認識の相違があった。

「設計体制」について、同社は「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」とのことであったが、車両メーカーは「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。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。また、2000型車両は設計会議で設計した」とのことであった。

「設計の基本的な考え方」について、同社は「1000型車両にこだわる必要はなく、新規設計でも構わない」とのことであったが、車両メーカーは「1000型車両との混在運用となることや、国内の鉄道車両はそれまでの実績等を踏まえて、ノウハウや経験を生かしながら設計されることが多いことから、1000型車両及び普通鉄道車両の実績があり信頼度の高い部分を一部活用するなどして設計した」とのことであった。

「本路線の既存設備との統合」について、同社は「初めての車両更新であったことから、当然設計ノウハウはなくマンパワーも少ないことから、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、既設地上設備とのインターフェースを保ち、車両トラブルがシステム全体に影響を及ぼさないよう、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」とのことであったが、車両メーカーは「例えばATOの機能については、地上装置、車上装置、ATC装置などが関係した複雑に構成された高度に専門化されたシステムであり、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。また、制御装置などの極めて専門性が高いものについては、装置メーカーの企業秘密として開示されないところもあり、近年のエレクトロニクス化の進展に伴い、その範囲は拡大傾向にある」とのことであった。

これら設計体制や基本的な考え方等に関しては、契約前の打合せ等で確認や調整が行われていたとのことである。

(表8 同社と車両メーカーの設計体制等の認識 参照)

表8 同社と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	車両メーカーは、製造請負契約に基づき、搭載機器も含	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

	<p>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>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>

#### 2.9.5 車両メーカー、装置メーカーの各装置の仕様等の認識

2000型車両に搭載されたモーター制御装置及び後退検知機能の仕様に関し、車両メーカー及び装置メーカーに確認した結果、それぞれにつき、車両メーカーと装置メーカーの間には認識の相違があった。「モーター制御装置の進行方向のメモリ機能」について、車両メーカーは「メモリ機能の情報を力行時に使用する仕様であるという認識を得ることはできなかった」、「一般的にはブレーキ時のみ使用するものと考えている」とのことであったが、装置メーカーAは「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おり、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」とのことであった。

また、後退検知機能について、車両メーカーは「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」とのことであったが、装置メーカーBは「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。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」とのことであった。

なお、車両メーカーは、2.8.2に記述したモーター制御装置がモーターを駆動する方向に関する仕様や、2.8.3に記述した後退検知機能の動作条件等について、「一連の設計の終盤に両装置の「機能仕様書」が装置メーカー側から提出されたが、その内容のうち特徴的な部分についての記載がなく、また具体的な説明や提起がなかった」としている。(表9 車両メーカーと装置メーカーの各装置の仕様に関する認識参照)

表9 車両メーカーと装置メーカーの各装置の仕様に関する認識

	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AT</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>

	C装置の機能の一部として明記している。	
--	---------------------	--

### 2.9.6 安全性の検証

同社、車両メーカー、装置メーカーのいずれも、今回のような逆走という事象の発生については想定していなかったと口述している。2000型車両の安全性については、同社及び車両メーカーによると、2.9.3に記述した設計会議の中で検証し、その中で、指令線の断線等の異常として一部の制御回路について検討及び対策がなされていたが、前後進回路における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。(表10 同社と車両メーカーの異常状態に対する検討の認識 参照)

また、車両メーカーが同社に提出した提案書には、製品品質向上のための取組として、車両メーカー内で設計部内品質会議（ミニデザインレビュー。以下「MDR」という。）と設計・製造・品質保証部門等による設計審査等を行うことが記載されていた。MDRでは構体及びぎ装について実施されており、システム関係については、複数の関係者によりブレーキ回路を中心に実施したとのことであった。また、設計審査は計画部、生産管理部、品質保証部、営業部、生産技術部、製造部などにより構体、ぎ装、システムについてまとめて審査されており、審査項目の一つである「安全性や環境への考慮」に関しては「指摘事項なし」であった。

表10 同社と車両メーカーの異常状態に対する検討の認識

	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。

### 2.10 気象に関する情報

本事故当日の天気は晴れであった。

## 2.11 1 検証試験に関する情報

### 2.11.1 ケーブル束の配線作業状況の確認

本機器室において、ケーブル束を配線穴から低圧端子台架台の電線支えに固定する配線作業の状況を調査した。

その結果、ケーブル束を低圧端子台架台の外側を通す場合、ケーブル束全体が妻構えに近づきやすい状況であった。また、低圧端子台架台の電線支えは、図6に示したように、中心が床板から195mmの高さにある。そのため、ケーブル束全体を持ち上げつつ電線支えに固定しないと、ケーブル束の下端付近が妻土台の上面に接する状態であった。

さらに、このケーブル束の配線作業を行うにあたり、妻土台はケーブル束の背面にあるため、配線作業者の作業位置から妻土台が見えない状況であったことや、図5に示した妻構えに貼られた断熱材により、妻土台が妻構えより内側に立っている状態が把握しにくいことを確認した。

### 2.11.2 F線の断線部及びケーブル束の調査

F線の断線部及びケーブル束について、電線の技術専門機関において調査を行った。

その結果、ケーブル束には107本の電線等が入っており、F線以外に断線した電線等は確認されなかったが、絶縁体に斜めに傷がついているケーブルが確認され、表面に付着していた黒い物質は煤であった。また、F線が溶着した妻土台の表面分析を行った結果、溶着部の表面はステンレスと銅の合金となっていた。ステンレスの融点は1,400℃以上であることから、短絡時に高温となったことが確認された。(図10 他のケーブルの傷、図11 溶着部の表面分析箇所 参照)



図10 他のケーブルの傷



図11 溶着部の表面分析箇所

### 2.11.3 地絡の再現試験

2.5.1に記述したF線の断線状況から、直流電源引通し線の直流100Vの電源が、F線を通り、妻土台に地絡<sup>\*34</sup>した可能性が考えられたことから、本件車両とは別の2000型車両の編成（以下「試験編成」という。）の車両にF線と同種の電線を敷設し、直流100Vを印加して車両に取り付けた部材に地絡させることにより、断線時の状況を把握する再現試験を実施した。

本再現試験で仮設配線は、試験編成の1両目と5両目に仮設した制御遮断器と同種の遮断器（以下「仮設遮断器」という。）と継電器（以下「仮設継電器」という。）を介して配線し、それぞれの仮設遮断器と地絡地点近傍の3箇所で電流を測定した。（図12 地絡の再現試験の接続図 参照）

妻土台と同一の材質及び板厚の部材を構体に固定し、これに絶縁体を傷つけた仮設電線を接触させたところ、スパークが発生し仮設電線が破断した。破断した仮設電線は、本件車両におけるF線と同様に先端部がやや変色し、かつ、妻土台に相当する部材は仮設電線との接触部が溶損した。（図13 地絡の再現試験の状況 参照）

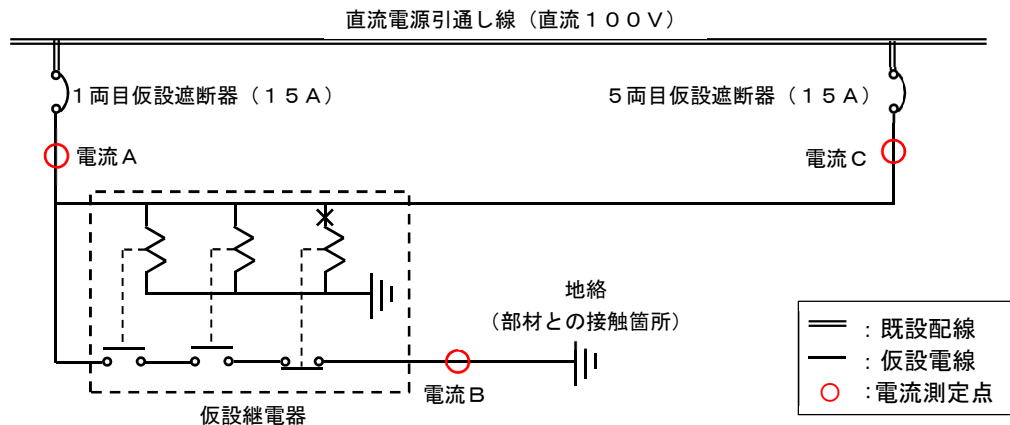


図12 地絡の再現試験の接続図

\*34 ここでいう「地絡」とは、蓄電池等の電源装置から直流100Vを印加している直流電源引通し線が、アースである構体に負荷を介さず直接接触することをいう。

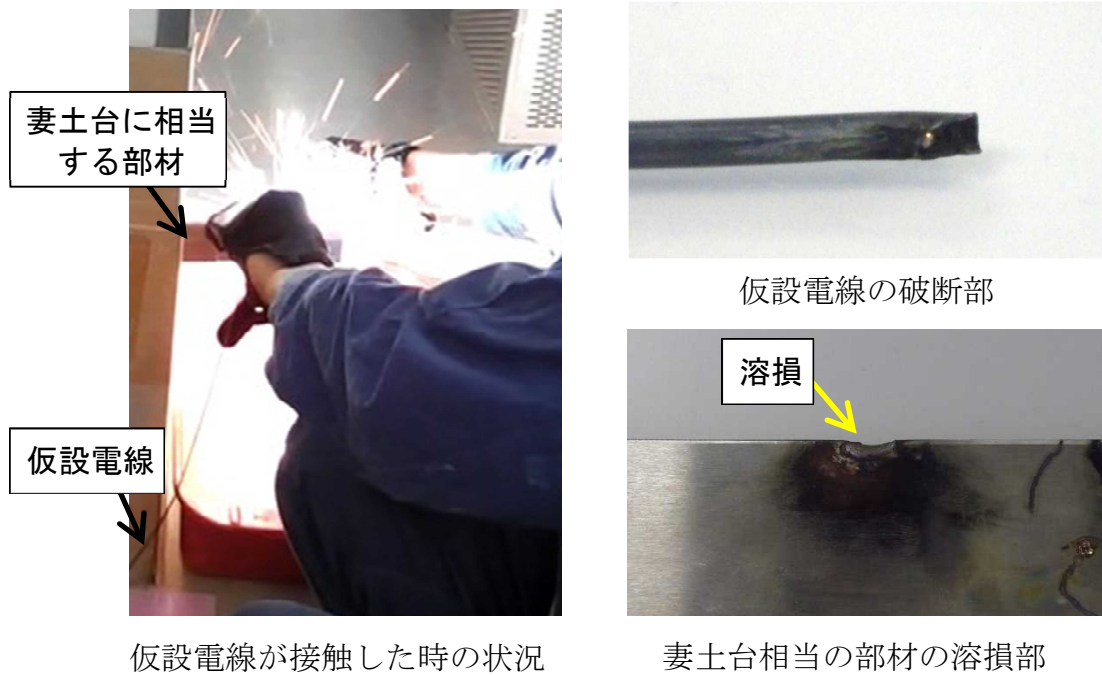
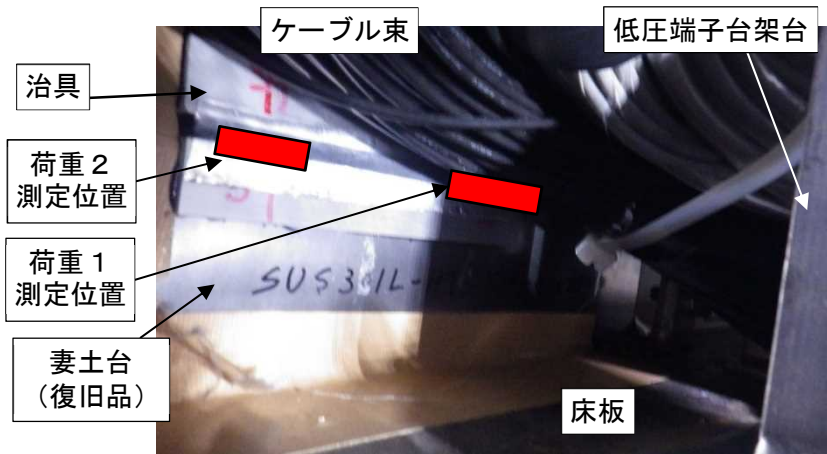


図 1 3 地絡の再現試験の状況

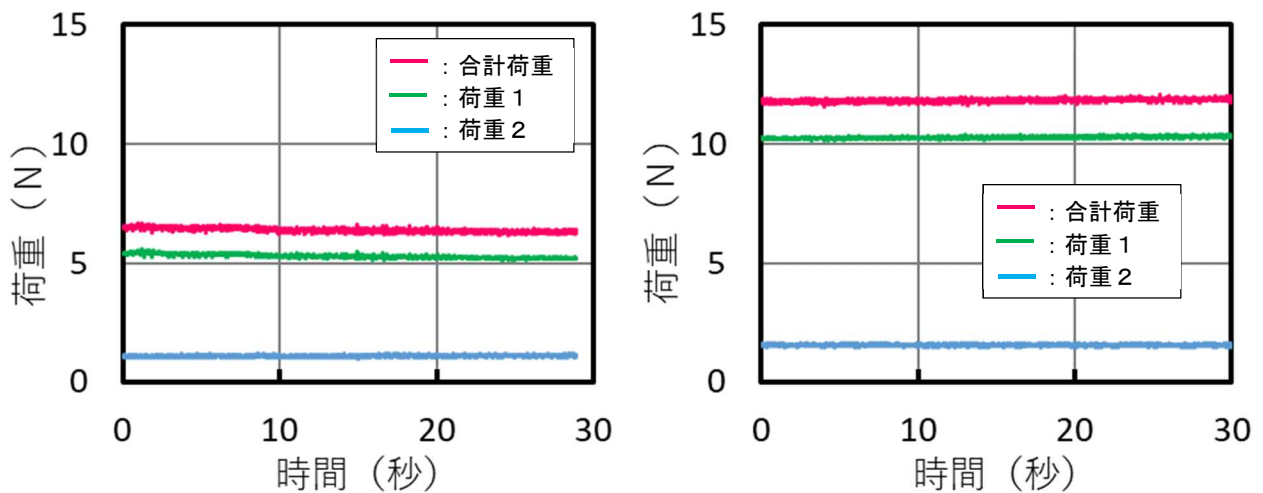
#### 2. 11. 4 ケーブル束に加わる荷重の測定

2. 11. 1に記述したように、本機器室内の一番下のケーブル束は、低圧端子台架台の電線支えの固定状態によっては、下端が妻土台に接することが確認されたことから、ケーブル束に加わる荷重を、治具を介して2箇所測定した。

その結果、ケーブル束に加わる荷重は、ケーブル束を低圧端子台架台の電線支えに固定する高さや状態により変化し、固定を極力再現した状態で約6.4N、電線支えの固定を一部外して極力ケーブル束を妻土台に乗せた状態においても約12Nであった。なお、ケーブル束を固定する高さが高い場合、荷重は0Nになった。(図1.4 ケーブル束の荷重測定 参照)



荷重測定の状態



ケーブル束の固定を再現した状態

ケーブル束の固定を一部外した状態

荷重測定結果

図14 ケーブル束の荷重測定

### 2.11.5 制御遮断器の遮断動作に関する調査

2.3.2に記述したように、F線は直流電源引通し線から、定格電流15Aの制御遮断器及び先頭継電器盤を介して接続されている。本事故時に本件車両と5両目の制御遮断器は「入」状態のままであり、遮断していなかった。

制御遮断器の負荷側には、F線やR線などの制御回路のほか、編成内の3台のモーター制御装置の電源線が接続されている。制御遮断器は、モーター制御装置の制御電源の定格電流3.5A、F線等の制御回路の電流(約1A)を考慮し、定格電流15A(3.5A×3台+1A=11.5Aとなる。)が選定され、一方の制御遮断器が「切」状態になった場合においても、他方の制御遮断器により電源が供給される。

2.11.3に記述した地絡の再現試験では絶縁体を傷つけた仮設電線を地絡させてお



り、その場合は1両目及び5両目の仮設遮断器は「入」状態のままで遮断動作をしなかった。地絡地点に流れた電流Bは最大100A、1両目の仮設遮断器に流れた電流Aは最大84A、5両目の仮設遮断器に流れた電流Cは最大15Aであり、いずれも通電時間は0.27秒であった。(図15 地絡電流の測定結果 参照)

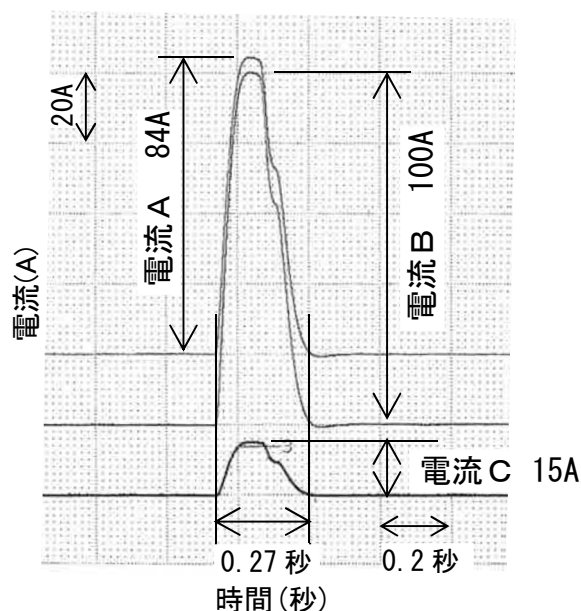


図15 地絡電流の測定結果

#### 2.11.6 電線の振動試験

本件車両で使用している電線の妻土台に対する耐摩耗性及び車両の部材側の保護材の電線の傷つき防止効果を明らかにするため、電線の技術専門機関において電線の振動試験を実施した。この振動試験においては、本件車両のF線と同種の電線(以下「振動試験電線」という。)を、妻土台と同じ材質及び板厚の材料で製作した治具の端面に当て、荷重を負荷しながら振動試験機で全体を加振した。治具は、端部が妻土台の上面と極力同じ状態となるよう、レーザーで切断した。また、車両の部材側の保護材の電線の傷つき防止効果を検証するために、治具に妻土台に取り付けたものと同種の保護材を取り付けた状態についても試験を実施した。

走行中の車両では上下・左右・前後の3方向の振動が振動試験電線に加わるため、治具全体を45度傾け、荷重及び振動が斜めに加わるようにした。

加振に用いた振動データは、同社が全般検査の試運転で測定した本機器室近くの床板の振動加速度データを用いて作成し、荷重は2.11.4で測定した荷重を参考に、鉛直方向に7Nと14Nとした。(図16 振動試験の状況 参照)

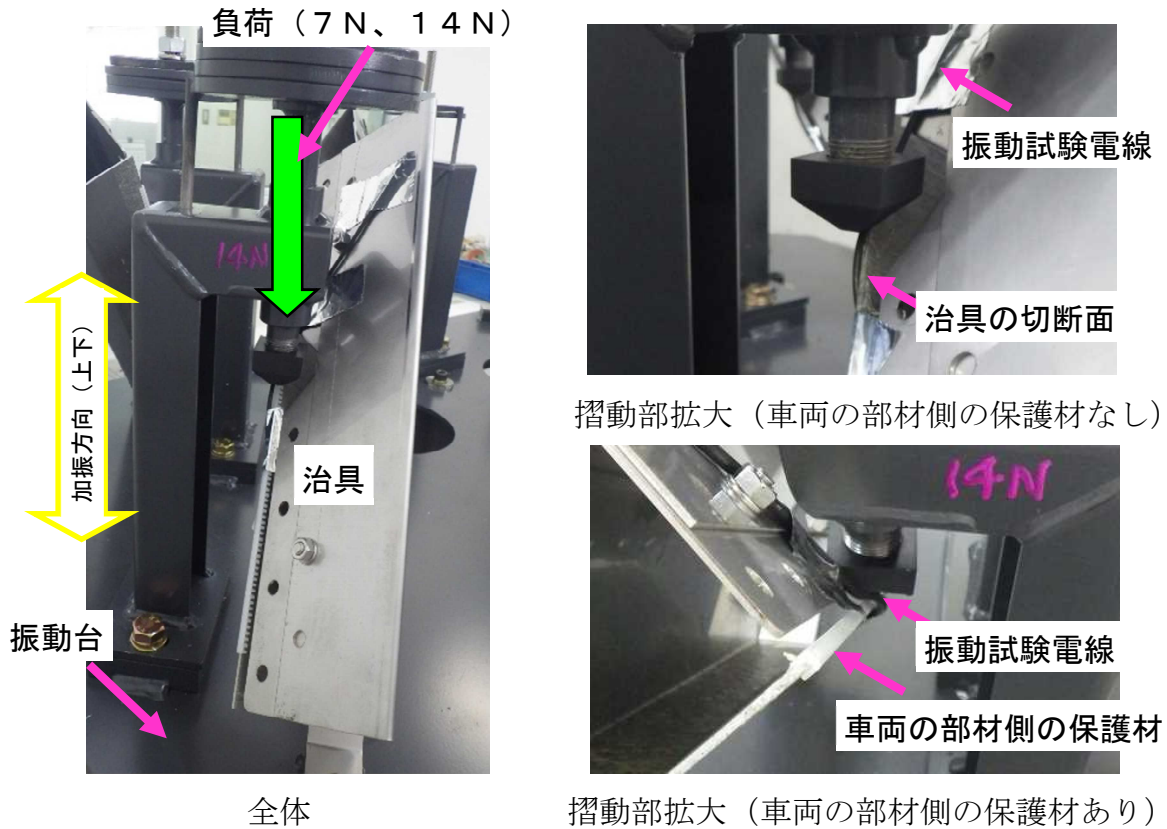


図 1 6 振動試験の状況

5日間又は14日間加振した後に、それぞれ振動試験電線の絶縁体の最大傷深さを測定した結果、本試験条件において、主に次のような結果が得られた。

- ・ 負荷荷重7Nと14Nのいずれの場合も絶縁体に傷がつくことを確認した。
- ・ 14日間の加振で絶縁体の厚さが10%以上減少した。
- ・ 振動試験電線は、治具に車両の部材側の保護材を取り付けた場合においても絶縁体は無傷ではなく、絶縁体の最大傷深さは同保護材を付けなかった場合とほぼ同じであった。(図17 振動試験による振動試験電線の最大傷深さ 参照)

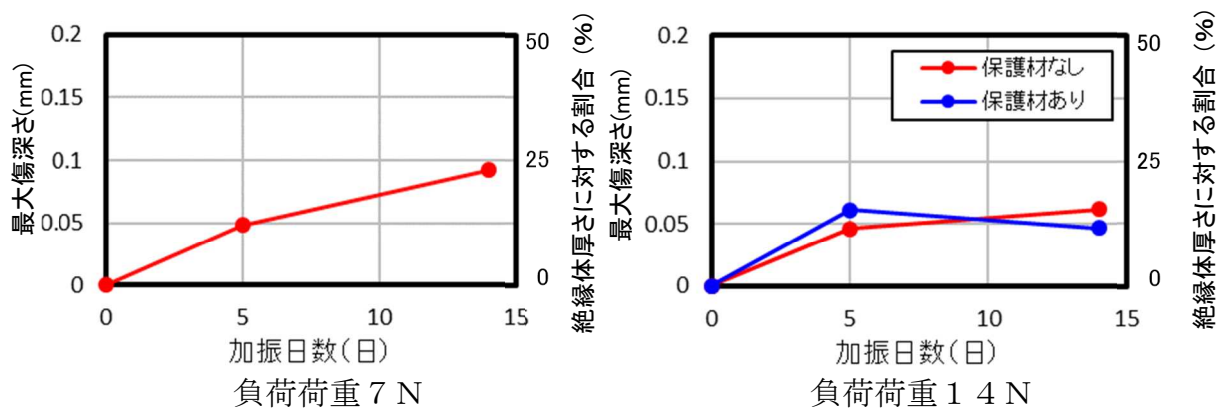


図 1 7 振動試験による振動試験電線の最大傷深さ

### 2.11.7 逆走に関する再現試験

F線が本機器室で断線した際の車両の走行状況等を確認するために、同社の車両基地内の試験線路において、本件車両とは別の車両を使用し、事故時の逆走の事象に関する再現試験を実施した。再現試験の主な手順は次のとおりである。

- (1) 自動運転で列車の進行方向を上りに設定し、走行した後に停止
- (2) 本機器室の低圧端子台でF線を断線
- (3) 列車の進行方向を下りに設定
- (4) 自動運転で出発

その結果、同車両は(3)で列車の進行方向を下りに設定していたにもかかわらず、上り方向に発車した。これにより、F線が断線すると、設定されている列車の進行方向と逆方向に車両が走行することを確認した。

## 3 分析

### 3.1 本事故発生に至るまでの経過に関する分析

本事故は、新杉田駅において本件列車のモーター制御装置が、本件列車の進行方向とは逆の方向にモーターを駆動して車両が車止めに衝突したものであり、本事故の発生に至るまでの経過は次のとおりであったと考えられる。

2.5.1に記述したように、事故後の調査において本件列車の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2.1.3に記述したように、本件列車の2列車前の下り1905列車の幸浦駅～産業振興センター駅間において、F線が加圧状態から無加圧状態に変化していた記録から、この時にF線が1両目機器室の妻土台に地絡して断線が発生したものと推定される。2.4.1に記述したように、F線が地絡した時に制御遮断器が遮断動作しなかったことから、F線及びR線が共に無加圧状態となったものの、2.8.2の表7に記述したように、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、当該列車の進行方向である下りにモーターを駆動し、下り1905列車は金沢八景駅まで運行できた。

金沢八景駅において折り返しの上り1910列車として運行するにあたり、列車の進行方向が上りに切り替わった時、R線が加圧状態となったために、F線の断線の影響を受けることなくモーター制御装置はモーターを駆動する方向を上りに切り替え、新杉田駅まで運行した。

さらに、新杉田駅において折り返しの下り2009B列車として運行するにあたり、列車の進行方向が下りに切り替わった時、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、2.1.3に記述したように、運転状況記録装置のデータから、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。また、本件列車が車止めに衝突した衝撃で3両目の側扉が一瞬開いたため非常ブレーキが動作し、2.4.3に記述したように車止めの油圧式緩衝装置が約1,000mm伸びてガイドエンドに当たった状態で本件列車が停止したと推定される。

### 3.2 断線に関する分析

#### 3.2.1 断線に至る経過

2.4～2.7の調査の結果、F線は車両製造時から妻土台の上面に接触した状態であったものと考えられる。加えて、妻土台の上面はレーザーで切断されたほぼ直角の断面であったことなどから、車両の走行中の振動によりF線の絶縁体が徐々に摩耗し、本件列車の2列車前の下り走行中に妻土台に地絡したものと推定される。また、F線が妻土台に溶着し、2.11.2に記述したように、近くに配線されていたケーブル束の溶着位置近傍に煤が付着していた状況などから、F線が地絡した際に妻土台との接触部で発生した熱によって短時間で先頭側に接続する側の電線が断線し、低圧端子台に接続する側の電線が妻土台へ溶着したものと推定される。

#### 3.2.2 本機器室の配線状況

2.3.1に記述したように、2000型車両の各車体の長さは8mで床下の機器の搭載スペースが小さいことから、2.5.2に記述したように、床上の本機器室内に元空気タンクなどを設置せざるを得なかった。その中でF線を含むケーブル束は、床板の配線穴から元空気タンク及び低圧端子台架台の外側を通り、妻構え近傍を經由し通路側に向けて配線されていた。このため、F線が入っていたケーブル束は妻土台に近づいたものと考えられる。さらに、2.11.4に記述したように、ケーブル束を低圧端子台架台の電線支えに固定する状態によって妻土台に加わる荷重が変わる状況であった。

これらのことから、本件車両では配線作業におけるケーブル束の固定高さが低かった等により、最終的にケーブル束の最も外側又はその近傍にあったF線及び一部のケーブルが妻土台と接触していたものと考えられる。

また、ケーブル束内のF線の状態について、2.6.1に記述した車両メーカーの作業手順や、他の車両の同じケーブル束の配線状況等を調査した結果、F線は他の電線等と共に結束されており、F線を含むケーブル束全体の一部が妻土台に接していたものと推定される。

### 3.2.3 車両製造時の配線作業等

2.6.1に記述したように、配線作業において、通常は電線等と車両の部材が接触しないよう注意するものの、2.11.1に記述したように、このケーブル束の配線作業では作業員からケーブル束に隠れて妻土台が見えないことなどから、ケーブル束が妻土台に接触することに対する注意が不足していた可能性が考えられる。また、車両メーカーは車種ごとにぎ装処理要領書や妻配線要領を作成していたが、記載内容は一般的な注意点及び大まかな指示であり、本機器室の妻土台への接触など、配線作業を行う上での個別の注意喚起の記載はなかった。

その結果、2.6.1(1)に記述したケーブル束をまとめる作業において、ケーブル束や妻土台への電線側や車両の部材側の保護材の取付けが不足し、さらに(3)の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付かなかった可能性が考えられる。

2.6.3に記述したように、本機器室内の配線状態については、配線作業後に検査担当部署では検査されず、かつ車両完成後は容易に確認できない状態となっていた。そのため、ケーブル束と妻土台の接触状態を発見することはできなかったものと考えられる。なお、軽量化電線の扱いは、絶縁体の傷つき等に対し標準電線よりさらに慎重に扱う必要があるが、当該箇所が狭隘であったことに鑑みれば、本ケーブル束の配線状態を、目視のほか、触診や鏡あるいはファイバースコープなどを用いて作業後に検査していれば、妻土台への接触を発見していた可能性があったものと考えられる。

### 3.2.4 定期検査等

2.7.1に記述したように、同社の定期検査における本件車両の電線等の検査内容としては、目視検査のほか、絶縁抵抗測定、絶縁耐圧試験などが行われていた。

一般的に、鉄道車両には多くの電線が敷設されているが、電源の引通し線については独立状態にして高電圧を印加して絶縁抵抗測定や絶縁耐圧試験を実施するものの、個別の電線の状態を検査するためには多くの結線部分を外す必要があり、それが機器の不具合を誘発する懸念がある。よって、個別の電線等の検査は行わず、検査の最後に行う各機器の動作確認等で確認することが多い。

このため、同社の定期検査によりF線の状態を把握し、断線を予見することは困難であったと考えられる。

### 3.2.5 制御遮断器の遮断動作

2.11.3に記述したように、地絡の再現試験によると、本件車両の制御遮断器には、制御回路とモーター制御装置の制御電源用の定常分の電流に加え、2.11.5に記述し

た電流Aと同等の地絡電流がさらに流れたものと推定される。定常分の電流は約5.6A、電流Aの実効値は約59.4Aであるため、制御遮断器に流れた電流65Aは遮断器の定格電流15Aに対し約433%であったと考えられる。通電時間は0.27秒であるから、図18に示すように、ほぼ遮断しない領域であった。

一般的に、遮断器は接続している電気回路の入り切りや、過電流が一定時間継続して流れたときに、遮断動作することによって電線等や機器の損傷等を防止するために設置されるものであり、2000型車両では、前後進回路に非常ブレーキに関わる回路が含まれている。本件車両の制御遮断器は指令線等の制御回路(約1A)と合わせ、モーター制御装置の制御電源(約10.5A)を供給することができる定格電流であった。従って、本事故のF線の地絡のような電流特性では遮断動作しなかったものと考えられる。

仮にF線やR線などの前後進回路の指令線のみが定格電流5Aの制御遮断器に接続されていた場合、いずれかの指令線が地絡すると、制御遮断器の定格電流に対し約1,300%の電流が流れることになり、制御遮断器が遮断動作する可能性が高い。仮に制御遮断器が遮断動作した場合、車両は非常ブレーキが動作し走行不能となるため、本事故は発生しなかったものと考えられる。(図18 制御遮断器の動作特性 参照)

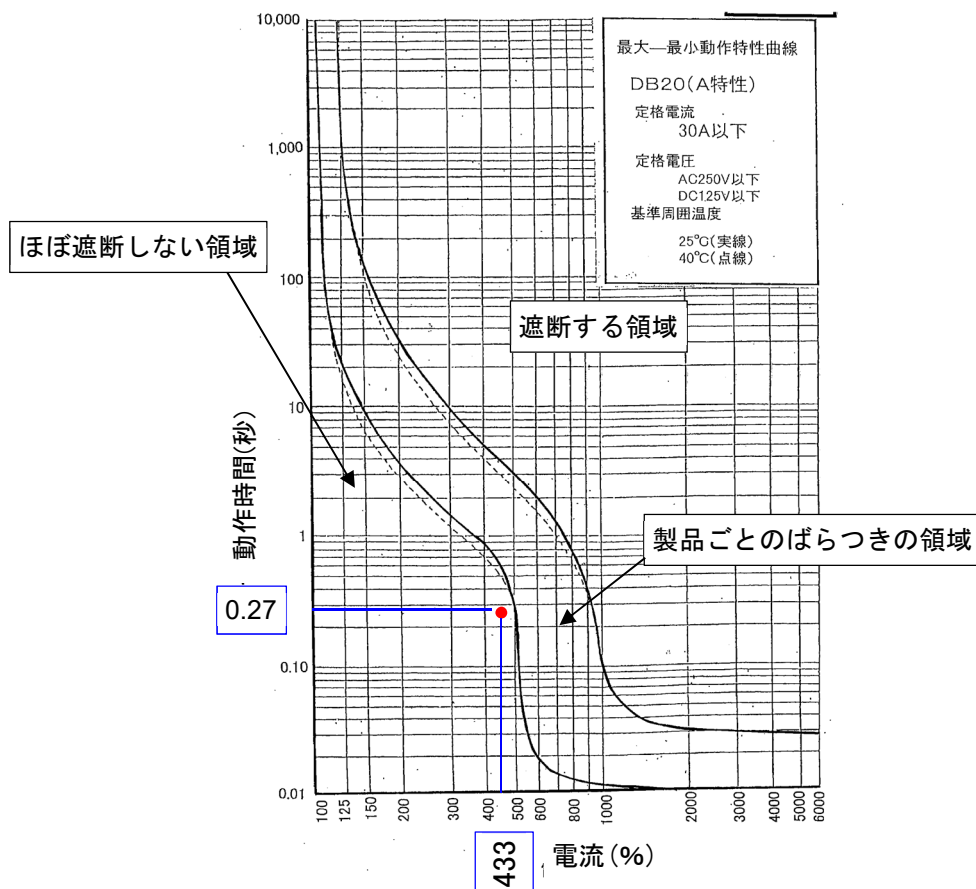


図18 制御遮断器の動作特性

### 3.2.6 電線の保護

2.5.1に記述したように、車両の一部に使用されていた軽量化電線は、特に絶縁体の傷つきに対する注意が必要であった。また、2.11.6に記述した電線の振動試験において、F線と同種の振動試験電線は一定の荷重が加わった状態で妻土台と同等の部材に接触し、振動を加えると絶縁体が傷つくことや、車両の部材側の保護材を取り付けた場合、絶縁体の最大傷深さが同保護材を取り付けない場合とほぼ同じであったことなどを確認した。

このことから、車両の部材との接触による電線の絶縁体の摩耗に対し、2.5.2に記述したゴムバンド等による電線等側の保護材は、絶縁体の傷つき防止効果が期待できるものの、2.11.6に記述したように、車両の部材側の保護材は完全に絶縁体の傷つきを防止できない場合がある。電線等と車両の部材との離隔をとることが困難で、両者が接触する可能性がある場合には、まず電線等側の保護を行うべきである。さらに、車両の部材側の保護材を取り付ける場合は、同保護材の角部が丸い形状のものや、異なる材質のものを使用するなど、保護材で電線等を損傷しないよう注意する必要がある。また、特に配線作業後に容易に検査できない箇所や内装パネルの背面などの隠蔽部は、長期にわたり無検査となることを念頭に、車両の部材側も角部を面取りすることなどについても検討する必要があると考えられる。

## 3.3 逆走の発生に関する分析

### 3.3.1 本事故時の信号の伝送等

本事故においては、2.5.1に記述したF線の断線が発生したことにより、地上及び車上では次のように信号が伝送したものと考えられる。

- (1) 駅ATO地上装置から下りの進行方向指令を受けた駅ATO車上装置は、駅ATO地上装置に下りの進行方向状態を送信した。その結果、駅ATO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。
- (2) 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、ATO車上装置から力行信号を受信したため、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。
- (3) (2)によって列車は逆方向に発車したが、ATC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。(図19 本事故時の信号の伝送及び各装置における認識 参照)

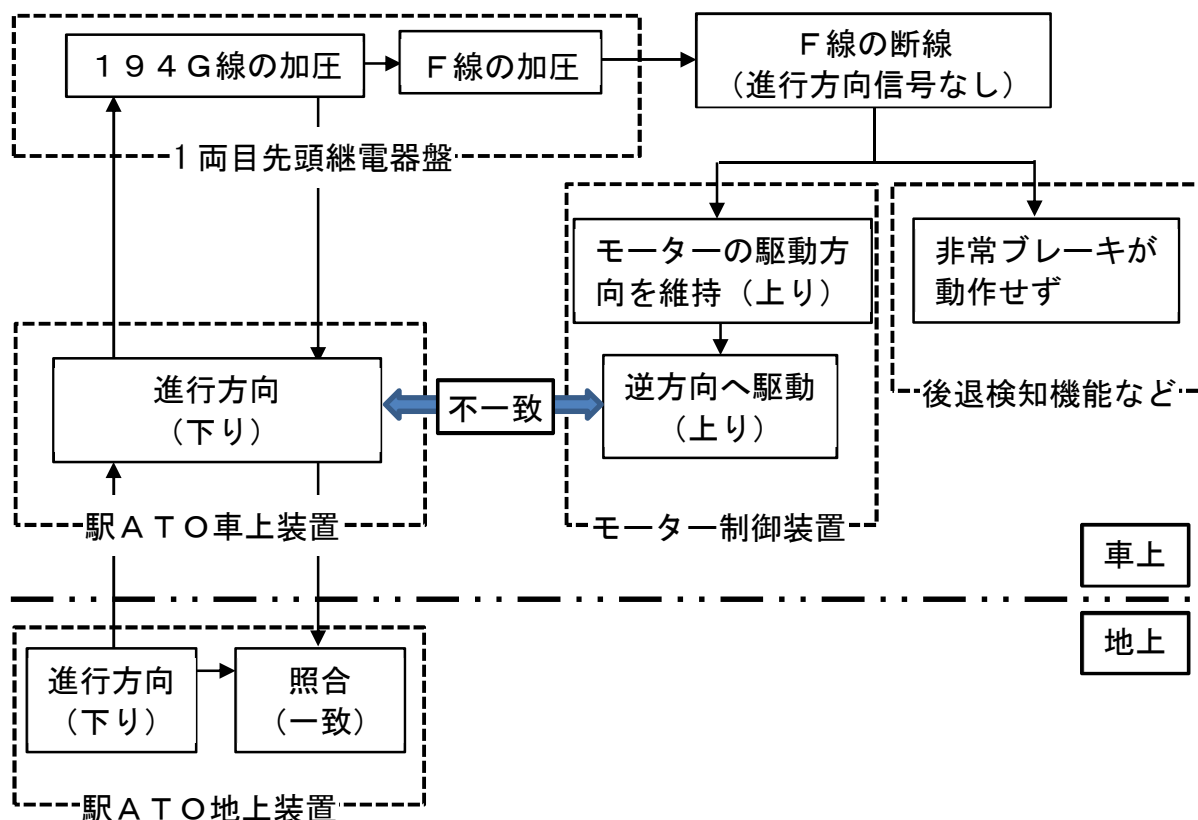


図19 本事故時の信号の伝送及び各装置における認識

### 3.3.2 前後進回路及び進行方向設定

2.3.2に記述したように、2000型車両の前後進回路では、モーター制御装置への進行方向指令にはF線及びR線が用いられていたが、駅ATC車上装置は運転台選択用の指令線である194G線及び195G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。そのため駅ATC車上装置からモーター制御装置への進行方向指令が正しく伝送されない場合、モーター制御装置はメモリ機能が維持している以前の進行方向にモーターを駆動することから、駅ATC車上装置が地上に送信する進行方向状態の方向とモーター制御装置がモーターを駆動し車両が走行する方向が不一致となる可能性があった。

本事故においては、F線の断線によりモーター制御装置への進行方向指令が正しく伝送されない状態となっていたが、駅ATC地上装置は、駅ATC車上装置から送信された194G線及び195G線の加圧状態による進行方向状態を車両の走行方向と認識していた。2.1.3に記述したように、本事故時の地上及び車上の装置が記録したデータを確認したところ、本件列車の走行開始前の進行方向の設定等において異常を示す記録はなかったことから、駅ATC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、実際に車両が逆方向に走行することを検知できなかったものと推定される。



また、2.8.1 及び表 1 1 に示すように、力行指令と進行方向指令は別の指令線でモーター制御装置に入力され、またモーター制御装置はメモリ機能で進行方向を維持している。よって、進行方向指令に異常が発生した場合においても、力行指令が入力された時点で、以前の進行方向にモーターを駆動し力行できる条件が成立する。しかし、普通鉄道車両の前後進回路では、一般に力行指令は進行方向指令が入っている条件でモーター制御装置に入力される。よって、進行方向指令の指令線が断線した場合、力行指令も入力されなくなるため、車両は力行することができないというフェールセーフ性を有している。また、1000型車両は、2000型車両と同様に力行指令と進行方向指令が別の指令線でモーター制御装置に入力されていたが、モーター制御装置に進行方向を記憶する機能がなかったために、進行方向の指令線が断線した場合、進行方向が設定されないことから、本事故のように逆走する事象は発生しなかったと推測される。よって、2000型車両のモーター制御装置を含めた前後進回路は、進行方向指令に異常が発生した場合に対する配慮が、普通鉄道車両ほど十分ではなかったと考えられる。(表 1 1 車種ごとのモーター制御装置への力行指令、進行方向指令の入力の違い 参照)

表 1 1 車種ごとのモーター制御装置への力行指令、進行方向指令の入力の違い

車種	普通鉄道車両	1000型車両	2000型車両
モーター制御装置への指令の流れ			
	力行指令は進行方向指令が入っている条件で入力される。	力行指令と進行方向指令は別の指令線を入力される。	力行指令と進行方向指令は別の指令線を入力される。
※	モーター制御装置は力行指令、進行方向指令共に入力されずモーターを駆動できない。	モーター制御装置は進行方向を認識できないためモーターを駆動できない。	モーター制御装置はメモリ機能で維持された以前の進行方向にモーターを駆動する。

※進行方向指令の信号線が断線した時のモーター制御装置の動作

### 3.3.3 モーター制御

2000型車両のモーター制御装置は、2.8.2に記述したように、メモリ機能が以前の進行方向を維持するため、進行方向の指令線であるF線及びR線が共に無加圧状態の場合、維持された方向にモーターを駆動するようになっていた。

本事故では、F線の断線が本機器室で発生し、本件車両、3両目、5両目に搭載されていた全てのモーター制御装置に入力されるF線及びR線が共に無加圧状態となったため、力行指令が入力された時点で全車両のモーター制御装置が本件列車の進行方向と逆の上りにモーターを駆動したものと推定される。

F線及びR線の加圧状態は、2.3.2に記述したように、新杉田駅、金沢八景駅の折り返し駅で地上から列車の進行方向を転換させる信号を受信するまで車上の先頭継電器盤で保持され、モーター制御装置は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。しかし、2.9.3に記述した設計会議においては、2.9.6に記述したように前後進回路に関し、異常状態時の検討が行われておらず、また、モーター制御装置の動作については、2.8.2に記述した機能仕様書の記載内容から把握する必要があったが、F線及びR線が共に無加圧状態となった場合のモーター制御装置の進行方向のメモリ機能の影響については、検討されていなかった。2000型車両の前後進回路において、モーター制御装置がメモリ機能で進行方向を維持することは、前後進回路に異常がない場合は正常に進行方向を設定することができるため特に問題とならないが、本事故のように進行方向指令に異常があった場合やメモリ自体の故障により更新不良等が発生した場合は、力行指令が入力すると逆走を発生させうる危険な事象の潜在的な原因になっていたものと考えられる。

なお、3.3.2に記述したように、同社の1000型車両は、装置メーカーAとは異なるメーカーのモーター制御装置に進行方向を記憶する機能がなかったために、進行方向の指令線が断線した場合においても、本事故のように逆走する事象は発生しないと推測され、本路線において逆走する事象は2000型車両のみで発生するものであったものと推定される。

### 3.3.4 異常状態時の安全確保

2.9.5に記述したように、装置メーカーBによると、2000型車両の後退検知機能は普通鉄道車両を基にした一般的な仕様で、上り勾配区間における後退の検知を前提としており、進行方向指令が入力されていることが動作条件の一つとなっていたため、本件列車の逆走を検知できなかったものと推定される。一般に列車は、進行方向が設定されていない状態で走行することは異常走行であることから、2.8.3に記述した後退検知機能が動作する条件に、進行方向指令が入力されていないとき

があれば、位相検知した時点で、列車の異常走行を検知できたものと考えられる。なお、この動作条件においては、列車に進行方向が設定されていない時、意図せず前方あるいは後方に走行する転動<sup>\*35</sup>を検知できるようになる。また、本件列車においてATC/TD用の車上アンテナの信号は、2.1.3に記述した運転状況記録装置等の記録から正常に1両目に切り替わっていたと推定され、車止めに衝突した直後に過走防護区間に入ったと考えられる。しかし、2.8.4に記述したように、ATC信号の認識の切替えに0.5秒の時素が設けられているために過走防護区間においても非常ブレーキが動作しなかったと推定される。

有人運転と無人運転の列車において異常状態が発生した時の安全確保を考えるとそれぞれの異常状態を検知する箇所は異なり、有人運転の列車では、乗務員が本事故のような逆走を含む異常状態を検知し非常停止措置を行うなどが期待されている。一方、無人運転の列車では、システムで全ての異常状態を検知し、安全を確保する必要がある。例えば本事故のような逆走や転動が発生した場合、後退検知機能や他の手法により検知し、直ちに停止させることが必要である。(図20 有人運転と無人運転の列車の安全確保の構成 参照)

しかし、2000型車両は、無人運転用の車両にもかかわらず、2.8.3に記述したように、後退検知機能は進行方向指令が入力されていないときは後退を検知できないものであり、その他のシステムで異常状態を検知できなかった。無人運転の列車では後退検知機能や他の手法により異常状態を検知し安全を確保する必要があるが、2000型車両では、本事故のような逆走という異常状態を検知し、安全を確保する機能が不足していたものと考えられる。(図21 2000型車両の安全確保の構成 参照)」

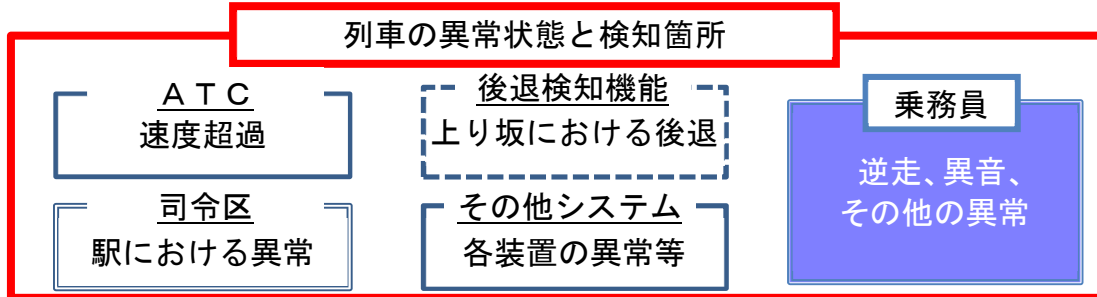
---

\*35 ここでいう「転動」とは、車両が停止中、意図せず前方あるいは後方に動き出すことをいう。勾配区間において停止中、ブレーキ力が低下した場合などに発生する。

— : 有人運転の列車の場合    — : 無人運転の列車の場合

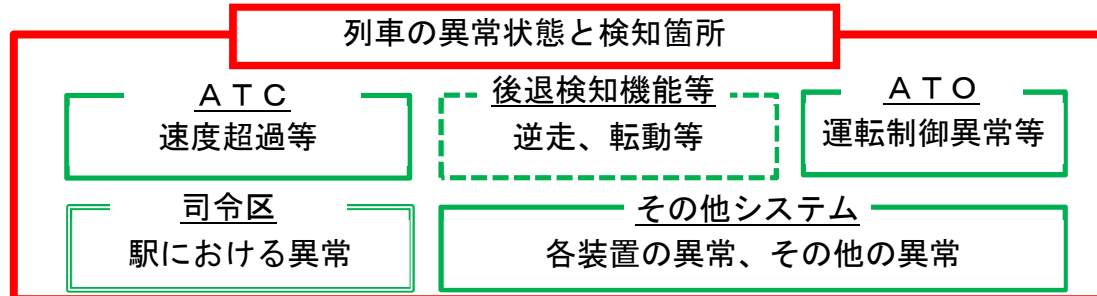
□ : 装置による検知    □ : 機能による検知    □ : 人による検知

有人運転の列車の場合の例



⇒乗務員は、異常状態を検知し安全を確保することが期待されている。

無人運転の列車の場合の例

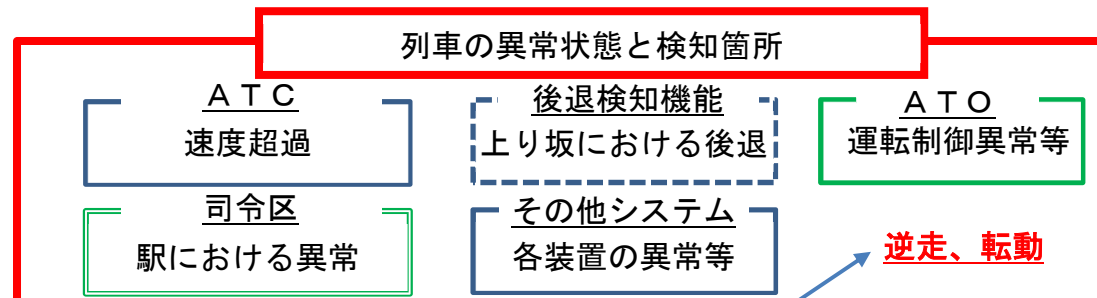


⇒いずれかのシステムで全ての異常状態を検知し、安全を確保する必要がある。

図 2 0 有人運転と無人運転の列車の安全確保の構成

— : 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



検知する機能なし

⇒本路線の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。

図 2 1 2 0 0 0 型車両の安全確保の構成

### 3.4 車両設計に関する分析

#### 3.4.1 2000型車両の設計・製造プロセス

2.9.2に記述した2000型車両の設計・製造プロセスでは、製造請負契約締結後に直ちに設計のフェーズに入っている。

ここで、運転保安設備の安全性を実現するために示された鉄道に関する技術上の基準を定める省令（平成13年国土交通省令第151号）第63条の解説に記載されている「安全性が要求されるシステムのライフサイクル<sup>\*36</sup>」等を参考にすると、鉄軌道システムの設計・製造プロセスでは、設計が行われる前に、関係者の基本的な考え方あるいは責任の所在等を確認や調整をするフェーズ（以下「設計体制等の確認や調整のフェーズ」という。）や、安全性を確保するために必要な要件等を整理するフェーズ（以下「安全要件の抽出のフェーズ」という。）を設け、それぞれを十分に実施する必要があると考えられる。さらに、設計の最終段階では、発注者からの仕様書及び安全要件の抽出のフェーズで整理された安全要件等に基づき、設計した内容の安全性の検証を行うフェーズ（以下「安全性の検証のフェーズ」という。）を設け、十分に実施する必要がある。これらをまとめると、車両を含む様々なシステムに適用できる一つの設計・製造プロセスが考えられる（以下「考えられる設計・製造プロセス」という。）。

（図22 考えられる設計・製造プロセス 参照）

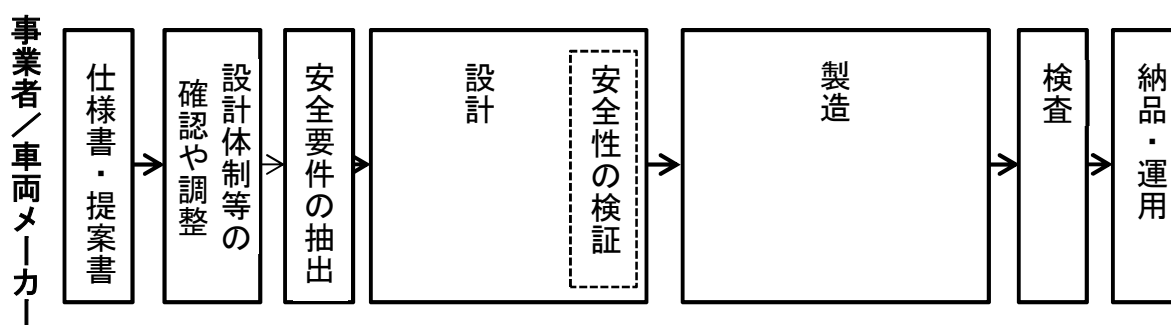


図22 考えられる設計・製造プロセス

2.9.3に記述した2000型車両の設計会議の議事録を確認すると、第1回設計会議では、製造工程、搭載機器の配置、装置メーカーの選定等に関して検討しており、以降、構体、ぎ装、システム、設計・製造工程など2000型車両の設計及び製造に関する様々なことが検討されていた。しかし、同社、車両メーカー、装置メーカー間でどこが責任を持って設計に当たるか等の設計体制や、各装置に対し各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等の確認や調整を行った

\*36 ここでいう「ライフサイクル」とは、一般に製品の概念設計から使用後の廃棄までに必要な活動の流れを示したものである。

記録は確認できなかった。また、2000型車両の設計が始まる前の打合せ等で、設計・製造において注意すべき事項が十分に整理されていなかった。すなわち、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ものと考えられる。

本路線は、2.3.2に記述したように、車上システムと地上システムが連携して列車を運行している。また、3.3.4に記述したように、2000型車両は無人運転であるために、システムで全ての異常状態を検知し安全を確保する必要がある。これらを考えると、無人運転の新交通システムは有人運転の普通鉄道より複雑なシステムになる。それに対し、2.9.4に記述したように、本路線の既存設備との統合について、同社は「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」とのことであったが、車両メーカーは「例えばATOの機能については高度に専門化されており、全てについては把握しえなかった」とのことであった。また車両メーカーによると、「制御装置などの極めて専門性が高いものについては、装置メーカーの企業秘密として開示されないところもある」とのことであった。

近年、車両の搭載機器の電子化が進み、ソフトウェアによる制御が一般的になっているが、ますます複雑化が進む車両の設計において、システムインテグレーションの重要性が高まっていると考えられる。ここでの車両のシステムインテグレーションは、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こととするが、そのためにはまず、契約締結前を含め、事業者、車両メーカー、装置メーカーの設計及び責任体制等を明確にすることが重要であると考えられる。しかし、2000型車両の設計においては、2.9.4に記述したように、この車両のシステムインテグレーションを事業者が行うのか、車両メーカーが行うのか、あるいは共同で行うのかの認識が、同社と車両メーカーで異なる状態であった。

車両等の設計においては、各装置が、単体としては問題なく機能するものの、それらの装置を組み合わせることで、システム全体として新たな問題が発生するような事象が考えられる。そのような事象を事前に検出し、対策を講じるためには、関係者間で確認・調整された設計体制等において、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が、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。

### 3.4.2 同社、車両メーカー、装置メーカーの認識等

2.9.4及び2.9.5に記述したように、同社と車両メーカーの間では設計体制や基本的な考え方あるいは本路線の既存設備との統合に対する認識が、車両メーカーと装置メーカーの間では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に相違があった。このことは、3.4.1に記述したように、2000型車両の設計・製造プロセスにおいて設計前の段階で、同社及び車両メーカーは設計体制や基本的な考え方等に関し、車両メーカーと装置メーカーはそれぞれの仕様等に関し、確認・調整が不足していたために発生したものと考えられる。

2.9.4に記述したように、車両メーカーは、1000型車両及び普通鉄道車両での実績等を重視して設計を行い、各装置は装置メーカーが安全性を含めて責任をもって設計していると考えていた。装置メーカーが提案した装置は普通鉄道車両で実績があることから、2000型車両にも適用できると判断されたために、装置メーカーから機能仕様書が提出された後も詳細な仕様を十分に確認することが不足したままで、採用された可能性が考えられる。

その結果、2000型車両の前後進回路は、3.3.2に示した1000型車両をベースとした前後進回路に、3.3.3に記述した普通鉄道車両用の進行方向のメモリ機能があるモーター制御装置が組み込まれた構成となった。このように普通鉄道車両や1000型車両と異なる構成となったために、モーター制御装置がメモリ機能で進行方向を維持するという、逆走の発生に対する潜在的な原因が発生したものと考えられる。すなわち、前後進回路は1000型車両で、モーター制御装置は普通鉄道車両でそれぞれ実績があったが、その組合せによって、新たな危険の原因が発生したものと考えられる。2000型車両の設計においては、普通鉄道車両用で使用されていた装置を新たな新交通システム車両に搭載するにあたり、それまでの実績だけでなく、これまでの普通鉄道車両の設計との差異を十分に把握する必要があったと考えられる。

なお、モーター制御装置の機能仕様書には、表7で示したメモリ機能で進行方向を維持することは記載されていたが、F線及びR線が共に無加圧状態のときに力行指令が入力された場合の動作については記載されていなかった。このメモリ機能が、回生ブレーキ時だけでなく力行時にも使用され、さらに進行方向指令が断線した場合、折り返し駅において力行指令が入力されると逆走に至る危険の原因になることに気付くためには、仕様書に記載されている内容を確認するだけでなく、それらを様々な不具合発生の可能性と結びつけて検討する必要があった。しかし、メモリ機能の有無やその影響に関する検討が設計会議や装置メーカーを交えた設計打合せ等で行われていなかったため、同社及び車両メーカーはモーター制御装置の詳細な機能について認識が不足していたと考えられる。すなわち、2.9.2に記述した2000

型車両の設計・製造プロセスが、十分にシステムインテグレーションを意識した体制でなく、同社及び車両メーカーはモーター制御装置の詳細な機能についての認識も不足していたことから、不具合の発生しうる様々な状況を想定した検討に至らなかったものと考えられる。

また、後退検知機能に関し、車両メーカーと装置メーカーBの間で認識の相違があったが、3.4.1に記述した「設計体制等の確認や調整」が十分に行われず、それぞれの仕様の認識の確認及び調整が不足したまま搭載された結果、3.3.4に記述した2000型車両の安全確保の構成において、逆走という異常走行を後退検知機能や他の手法により検知する機能がない状態になったと考えられる。

### 3.4.3 安全性の検証

同社及び車両メーカーによると、2000型車両の安全性の検証については、2.9.6に記述したように、設計会議及び車両メーカーのMDRや設計審査で行われたとのことである。

しかし、2000型車両の設計・製造プロセスにおいて、3.4.1の図22に示した設計・製造プロセスにある設計体制等の確認や調整、安全要件の抽出が十分に実施されなかったため、3.4.2に記述したように、設計体制の確認や調整が十分でない状態で設計が進み、さらに過去に無人運転の列車が逆走した事例がなかったことから今回のような逆走という事象の発生については想定されていなかった。2000型車両の設計・製造において注意すべき事項が十分に整理されなかったことから、設計会議及び車両メーカーのMDRや設計審査等において、前後進回路などのシステムに関する安全性の検証が十分実施できなかった可能性が考えられる。その結果、3.4.2に記述した2000型車両の前後進回路におけるモーター制御装置がメモリ機能で進行方向を維持することが、逆走を発生させうる、危険な事象の潜在的な原因であることを抽出できずに気付かなかったものと考えられる。

3.3.4に記述したように、無人運転の列車における安全確保について、有人運転の列車との相違点などについてさらに詳細な検討が必要であったと考えられる。無人運転の列車の異常状態は後退検知機能や他の手法で検知し安全を確保する必要があるが、後退検知機能等の目的や各社の一般的と認識している仕様等の確認や調整が不足していた。これらが不足していたことから、本事故のように逆走する可能性を想定した上で、後退検知機能や他の手法により安全を確保することに至らなかったものと考えられる。

これまでの国内の鉄道車両は、それまでの実績等を踏まえ担当者のノウハウや経験を生かしながら設計されることが多い。それまでの実績の有無は重要な判断基準であるが、無人運転用の車両など新たに設計する車両等においては、車両及び搭載



する装置についてその目的及び特徴を踏まえ、これまでの普通鉄道車両の設計との差異を十分に把握した上で、より慎重に詳細な検討が必要であると考えられる。安全性に関し設計会議などで多角的に検討されるものの、検討事項に欠落が発生する可能性があり、また時間をかけて検討回数を重ねても、その検討事項の欠落に気付かない恐れがある。このような設計手法は従来からの経験に基づいた手法と言えるが、ますます複雑化が進む車両システムの設計においては、全ての内容を網羅的に検討するのは限界に近い場合があると考えられる。

近年、海外向け車両ではRAMS規格<sup>\*37</sup>への適合が求められることもあるが、FTA<sup>\*38</sup>やFMEA<sup>\*39</sup>などの危険な事象の発生やその原因について分析するいわゆる“ハザード分析”を含む体系的な安全性解析を実施することは、これまで国内向け車両ではあまり行われてきていなかった。危険な事象としての脱線、火災、衝突等を想定してそれらに至る発生経路や発生原因を解析することや、電線の断線、短絡あるいは機械部品の折損、脱落等の影響を網羅的に解析することで危険な事象につながる条件を欠落なく抽出・評価することが期待できることから、走行制御や運転保安システムに新たなシステムを導入する時などには、設計期間を十分確保し適宜実施することが必要であると考えられる。

したがって、必要な設計期間を確保し、3.4.1に記述した設計・製造プロセスにおいて、安全要件の抽出のフェーズで体系的な安全性解析によって抽出した安全要件について、安全性の検証のフェーズでシステム全体が十分に安全性を確保しているかを網羅的に確認する必要があると考えられる。

### 3.5 車両及び地上設備の強度に関する分析

2.7.1に記述したように、直近の定期検査では「損傷及び取付状態」が良好であったこと、2.1.1に記述したように、本件列車は本事故の当日、出庫から事故発生まで特に問題なく運転していたことから、2.4.2に記述した中間連結器や貫通路の渡り板の折れ曲がりなどの損傷は、本件列車が車止めに衝突したために発生したものと考えられる。

2.1.3の表3の運転状況記録装置に記録された0.2秒間隔のデータによると、最高速度25km/hで車止めに衝突し、0.4秒後にノッチ指令がOFFになり、さら

---

\*37 「RAMS規格」とは鉄道信号をはじめ、車両や電力設備など鉄道システム全般を対象とし、安全と輸送品質の確保を目的として、システムのライフサイクルにおける一連のプロセスと各フェーズにおける実施内容を規定したIEC規格のことをいう。RAMSとは、reliability (信頼性)、availability (可用性)、maintainability (保守性)、safety (安全性)の頭文字である。

\*38 「FTA」とはFault Tree Analysis (故障の木解析)の略で、好ましくない事象について、発生経路、発生原因及び発生確率を解析する技法のことをいう。

\*39 「FMEA」とはFailure Mode and Effect Analysis (故障モード影響解析)の略で、構成要素の故障モードとその上位アイテムへの影響を解析する技法のことをいう。

に0.2秒後にブレーキ指令がONになっている。衝突から0.2秒後から0.4秒間はモーター電流が396Aから428Aに上昇しており、この間は力行していたものと考えられる。衝突から0.6秒後からモーター電流が小さくなることと併せて、ブレーキ圧力が立ち上がっている。

このことから、本件列車は、衝突から約0.8秒でほぼ停止し、その間の最大減速度は $37.5\text{ km/h/sec} = 10.4\text{ m/sec}^2$ であったと推定される。

本件列車の質量は52,880kgであったことから、車止めに衝突した5両目の連結器から約550kNの圧縮荷重が印加した可能性がある。車両の構体は、一部損傷したものの、台枠に大きな損傷は見られず、十分な強度があったものと考えられる。

なお、地上側設備にも約550kN相当の衝撃力が印加したものと考えられるが、2.4.3に記述したように、車止めの油圧緩衝装置が約1,000mm伸びて油漏れが生じた以外大きな損傷は見られず、駅設備を含め衝突に耐えられる強度があったものと考えられる。

## 4 結 論

### 4.1 分析の要約

#### 4.1.1 逆走の発生

本事故は、新杉田駅において本件列車のモーター制御装置が、本件列車の進行方向とは逆の方向にモーターを駆動して車両が車止めに衝突したものである。事故後の調査において、本件列車の1両目の機器室で列車の進行方向をモーター制御装置に伝える指令線であるF線が断線しており、その断線は、車両の運転状況記録装置の記録から、本件列車の2列車前の下り1905列車の幸浦駅～産業振興センター駅間において発生したものと推定される。モーター制御装置は、F線及びR線が共に無加圧状態となった場合においても、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る。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、本件列車の進行方向が上りから下りに切り替わった時、F線の断線によりF線及びR線が共に無加圧状態となり、モーター制御装置は、力行指令を受信した時点で、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、線路終端部の車止めに速度約25km/hで衝突したものと推定される。(3.1)<sup>\*40</sup>

---

\*40 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関連する「3. 分析」の主な項番号を示す。

本事故において、地上及び車上では次のように信号が伝送したものと考えられる。

- (1) 駅A T O車上装置は、駅A T O地上装置に下りの進行方向状態を送信し、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。
- (2) モーター制御装置は、A T O車上装置から力行信号を受信したため、進行方向のメモリ機能が維持していた本件列車の進行方向と逆である上りにモーターを起動した。
- (3) 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。

#### (3.3.1)

2000型車両では、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ため、駅A T O車上装置からモーター制御装置への進行方向指令が正しく伝送されない場合、駅A T O車上装置が地上に送信する進行方向状態とモーター制御装置がモーターを駆動する方向が不一致となる可能性があった。しかし本件列車では、駅A T O地上装置は車両の進行方向が正常に設定されたと認識し、実際に車両は逆方向に走行することを検知できなかったものと推定される。

また、力行指令は、進行方向指令とは別の指令線でモーター制御装置に入力され、モーター制御装置はメモリ機能で進行方向を維持しているため、進行方向指令に異常が発生した場合においても、力行指令が入力された時点で、モーターを駆動し力行できる条件が成立する。(3.3.2)

走行中、F線及びR線の加圧状態は車上の先頭継電器盤で保持され、モーター制御装置は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。2000型車両の前後進回路においては、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、進行方向指令に異常があった場合に、力行指令が入力すると逆走を発生させうる、危険な事象の潜在的な原因になっていたものと考えられる。(3.3.3)

2000型車両の後退検知機能は、装置メーカーBにおける普通鉄道車両や他の新交通システム車両を基にした仕様であった。異常状態が発生した時の安全確保を考えると、有人運転の列車では、乗務員が異常状態に対し非常停止措置を行うなどの対応がなされる一方、無人運転の列車では、システムで異常状態を検知し、安全を確保する必要がある。しかし2000型車両は、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。(3.3.4)

#### 4.1.2 断線の発生

F線は車両製造時から妻土台の上面に接触した状態であったものと考えられる。車両の走行中の振動によりF線の絶縁体が徐々に摩耗し、本件列車の2列車前の下り走行中に妻土台に地絡したものと推定される。(3.2.1)

本機器室内において、F線を含むケーブル束は、床板の配線穴から元空気タンク及び低圧端子台架台の外側を通り、妻構え近傍を經由し通路側に向けて配線されていたため、妻土台に近づいたものと考えられる。さらに、ケーブル束の低圧端子台架台の電線支えに固定する高さが低かった等により、最終的にケーブル束の最も外側又はその近傍にあったF線及び一部のケーブルが妻土台と接触したものと考えられる。(3.2.2)

配線作業において、このケーブル束の配線作業では作業員からケーブル束に隠れて妻土台が見えないことなどから、ケーブル束が妻土台に接触することに対する注意が不足していた可能性が考えられる。2000型車両のぎ装処理要領書や妻配線要領には本機器室の妻土台への接触等について、配線作業を行う上での個別の注意喚起の記載がなかった。それらの結果、ケーブル束や妻土台へ車両の部材側の保護材の取付けが不足し、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付かなかった可能性が考えられる。また、本機器室内の配線状態については、配線作業後に検査担当部署では検査されず、かつ車両完成後は容易に確認できない状態となっていた。そのため、ケーブル束と妻土台の接触状態を発見することはできなかったものと考えられる。(3.2.3)

同社の定期検査における本件車両の電線等の検査内容としては、目視検査のほか、絶縁抵抗測定、絶縁耐圧試験などが行われていたが、同社の定期検査によりF線の状態を把握し、断線を予見することは困難であったものと考えられる。(3.2.4)

本件車両の制御遮断器には、指令線等の制御回路とモーター制御装置の制御電源が接続されており、F線の地絡時には制御回路とモーター制御装置の制御電源用の定常分の電流に加え、さらに地絡電流が流れたものと推定される。しかし、この地絡電流は、当該制御遮断器の動作特性から、ほぼ遮断しない領域であった。(3.2.5)

電線の振動試験において、F線と同種の振動試験電線は、一定の荷重が加わった状態で妻土台と同等の部材に接触し、振動が加わると絶縁体に傷が付いた。車両の部材との接触による電線の絶縁体の摩耗に対し、電線等側や車両の部材側の保護を行う必要があると考えられる。(3.2.6)

#### 4.1.3 車両設計

鉄軌道システムの設計・製造プロセスでは、設計が行われる前に、設計体制等の確認や調整のフェーズ、安全要件の抽出のフェーズ、設計の最終段階では、設計し

た内容の安全性の検証のフェーズを設け、それぞれを十分に実施することが必要である。しかし、2000型車両では、設計が始まる前に設計体制等の確認・調整や安全要件の抽出が十分に実施されずに具体的な設計が始まったものと考えられる。

近年、ますます複雑化が進む車両の設計において、2000型車両の設計においては、車両の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。

#### (3.4.1)

同社と車両メーカーの間では設計体制や基本的な考え方が、車両メーカーと装置メーカーの間では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について、確認や調整が不足していたと考えられる。1000型車両及び普通鉄道車両での実績等を重視して設計が行われる中で、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、採用された可能性が考えられる。その結果、1000型車両をベースとした前後進回路に、普通鉄道車両で用いられる進行方向のメモリ機能があるモーター制御装置が組み込まれ、モーター制御装置がメモリ機能で進行方向を維持することが逆走の発生に対する危険な事象の潜在的な原因となったものと考えられる。(3.4.2)

2000型車両の設計・製造プロセスにおいて、2000型車両の設計・製造において注意すべき事項が整理されなかったことから、設計会議及び車両メーカーのMDRや設計審査等において、前後進回路などのシステムに関する安全性の検証が十分実施できなかつた可能性が考えられる。その結果、逆走の発生に対する危険な事象の潜在的な原因を抽出できずに気付かなかつたものと考えられる。

また、有人運転と無人運転の列車の安全確保の相違点などの検討が不足していたことから、本事故のように逆走する可能性を想定した上で、安全を確保することに至らなかつたものと考えられる。

これまでの国内の鉄道車両は、それまでの実績等を踏まえて設計されることが多いが、新たに設計する車両においては、車両及び搭載する装置についてその目的及び特徴を踏まえ、これまでの普通鉄道車両の設計との差異を十分に把握した上で、より慎重に詳細な検討が必要であると考えられる。

車両及び地上を含めたシステム全体が十分に安全性を確保しているかを網羅的に確認する必要があることから、走行制御や運転保安システムに新たなシステムを導入する時などには、FTAやFMEAなどのいわゆるハザード分析を含む体系的な安全性解析を適宜実施することが必要であると考えられる。(3.4.3)

## 4.2 原因

本事故は、新杉田駅における折り返し時に、本件列車が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ため発生したものと認

められる。

本件列車が進行方向の設定と意図せず力行して逆の方向に発車したことは、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両目で断線して無加圧状態となったため、2000型車両の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ためと推定される。さらに駅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、また後退検知機能や他の手法により本事故のような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ものと考えられる。

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、ステンレス製の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結果、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て妻土台に地絡したためと考えられる。

本事故の背景には、2000型車両の設計・製造プロセスにおいて、同社、車両メーカー及び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可能性が考えられる。

## 5 再発防止策

### 5.1 必要と考えられる再発防止策

#### 5.1.1 断線の防止

車両メーカーは、長期にわたる使用期間において所要の性能を発揮できるよう、配線作業において、電線等の配置や固定方法等を検討し、電線等と車両の部材との間に十分な離隔をとる必要がある。また、狭隘部など電線等と車両の部材が接触するおそれのある箇所には、電線側及び車両の部材側に適切に保護材を取り付けるなど、配線作業の要領書や図面などにより、作業員への個別の注意喚起を行うことが重要である。さらに、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。

### 5.1.2 逆走の防止

2000型車両においては、本事故のような逆走を防止するために、次の対策が必要と考えられる。

- (1) 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情報を用いる必要がある。さらに、編成途中における信号の伝送経路に異常が発生したことを想定したシステムであることが望ましい。
- (2) モーター制御装置は、列車の進行方向が入力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ようにする必要がある。
- (3) 無人の自動運転システムであることから、列車に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回転を検知したときには直ちに停止させる必要がある。

### 5.1.3 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。

#### (1) 考えられる設計・製造プロセスの実施

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、図22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必要がある。

#### (2) 設計体制等の確認や調整の実施

「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必要がある。

#### (3) 安全要件の抽出の実施

「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、F T AやF M E A等の危険な事象の発生やその影響にかかわる分析手法を適用した体系的な安全性解析などを適宜実施し、安全確保に必要な要求事項等を整理する必要がある。

#### (4) 安全性の検証の十分な実施

「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必要がある。

### 5.2 事故後に講じた処置

#### 5.2.1 同社が講じた措置

本事故後に同社が講じた逆走の再発防止策は次のとおりである。

(1) A T O車上装置の出発条件リレーの動作条件に、F線又はR線が加圧状態を検知するリレーの接点を入れる回路変更をした。

また、地上側において車両が走行する方向の認識を正確に把握するため、駅A T O車上装置を介して地上側へ進行方向状態を戻す指令線を、これまでの運転台選択用の指令線（194G、195G）から、F線及びR線に変更するとともに、そのF線及び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した。

(2) モーター制御装置について、F線又はR線のいずれかが加圧状態であるときのみ、力行及び回生ブレーキ制御を行うようソフトウェアを変更した。

(3) A T C車上装置について、進行方向の指令線であるF線及びR線が断線等により、共に無加圧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にソフトウェアを変更した。

(4) 車両の進行方向指令回路の更なる信頼性の向上のため、停止位置後方修正リレー<sup>\*41</sup>を廃止した。

その他、次の措置を講じた。

(5) 2000型車両の全編成における機器室内の配線状態を確認し、車両の部材と近い電線等に電線側や車両の部材側の保護材を取り付けた。

(6) 2000型車両の自動運転システムに関わるハザード分析を実施し、安全性に問題がある箇所が無いか確認を実施した。その結果、(1)～(4)の対策事項以外で、安全上に問題がある箇所はないことを確認した。

---

\*41 ここでいう「停止位置後方修正リレー」とは、自動運転において、列車が駅の停止位置をオーバーランして停止した場合に、列車の位置修正を行う際に使用するリレーのことをいう。



- (7) 本事故では、負傷した乗客の人数に対して、直後に対応した駅係員の人数の方が少なく、乗客の個人情報聴取することや、搬送人数などを正確に把握することが困難であったことから、「連絡先カード」を作成し、同様な事象が発生した際に負傷者に配布して、後日乗客から連絡を頂ける体制を整備するとともに、搬送人数の把握等ができるようにした。

#### 5.2.2 車両メーカーが講じた措置

本事故後に車両メーカーは、配線作業に関し、次の措置を講じた。

- (1) 低圧端子台の結線作業のチェックシートを改訂し、配線状態及び電線の保護の状態に関する項目を追加した。また、これらの従事員への教育指導の徹底などを行った。
- (2) 配線処理要領書に、電線及び構体の保護に関し、図解した具体例を明示した。また、作業指示書作成要領に、電線と構体間の距離や電線の傷の確認などを追加した。
- (3) 請負作業で行った配線・結線作業については、初品検査を関係者で実施し、手直し後受取とすることを明確にした。
- (4) 配線状況に関する記録写真について、書式を統一した上で公式なものとして管理し、共有することにした。
- (5) 配線作業中の現車を設計・製造関係者で確認し、特に狭隘部の配線状況や配線保護について確認の上、設計要領書や製造指示書に追加した。新車設計時における指示漏れや現物確認の必要性があると考え、現車確認や図面及び要領書をブラッシュアップすることで指示を強化した。
- (6) 設計、製造部門等の関係者による「狭隘部の配線処理要領検討ワーキング」を立ち上げ、「狭隘部配線レビュー」や現車での狭隘部配線審査を組み合わせ実施し、設計図や配線処理要領等にフィードバックすることとした。

また、製品安全の向上に向けた取組として、次の措置を講じた。

- (7) 製造で安全上重要な作業について教訓化を図るために制定した「十戒」において、電線被覆に関する注意内容を改め、一層の喚起を図った。
- (8) 作業者に対して教育を行うとともに、平成30年に制定した「十戒」の制定の経緯や作業場の重要な箇所について、管理者による再周知を行い、意識の向上を図った。
- (9) 平成30年に制定した「製品安全」設計の掟（十の掟）」について、本件事故の前より実施している、設計上の変化点に関する安全上のリスクについてレビューする「新機軸レビュー」等に活用し、製品安全向上を図った。

### 5.3 事故後に国土交通省が講じた措置

- (1) 令和元年6月2日、同社に対し、鉄道の安全輸送の確保について、原因究明と再発防止対策を指示した。
- (2) 令和元年6月2日、全国の鉄軌道事業者に対する「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で発生した鉄道人身障害事故について」（国鉄技第18号、国鉄施第25号、国鉄安第8号）及び案内軌条式鉄道事業者に対する事務連絡「金沢シーサイドラインで発生した鉄道人身障害事故について（情報提供）」を発出し、事故概要を周知するとともに、引き続き、鉄軌道の安全・安定輸送の確保に努めるよう指示した。
- (3) 令和元年6月3日、全国の鉄軌道事業者に対する「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で発生した鉄道人身障害事故について」（国鉄技第19号、国鉄施第30号、国鉄安第9号）を発出し、同社から報告のあった調査状況を周知するとともに、無人の自動運転で運行している同社以外の6事業者に対し、原因が究明されるまでの間は、特に折り返し駅での列車の運行に十分注意するよう指示した。
- (4) 令和元年6月3日夕方から4日早朝にかけて、金沢シーサイドラインの手動運転による運行再開のために実施した確認試験に鉄道局及び関東運輸局が立ち会った。
- (5) 令和元年6月6日、無人の自動運転を行っている7事業者を集め、本事故の情報共有や事故防止に関する意見交換等を実施した。
- (6) 令和元年6月14日、「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」を設置し、第1回検討会を開催した。同検討会において、同種事故の再発防止に向けて、関係者間で情報共有や再発防止対策の検討等を進めた。（計3回開催）
- (7) 令和元年7月19日、第3回検討会において、モーター制御装置の動作などについては、他の手法において問題がないことを確認しているものの、FTA等による分析も安全性評価手法としては有効と考えられることから、リスク分析に関する専門家から、FTA、FMEAなどの危険な事象の発生やその原因について分析する手法について情報提供するとともに、逆走以外の重大リスクの一つであるブレーキの不作動についてFTA等による安全性の検証を実施するよう指導した。
- (8) 同日、同検討会において、中間とりまとめ<sup>\*42</sup>を公表した。
- (9) 令和元年8月23日夜間から24日早朝及び8月30日夜間から31日早朝

---

\*42 「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（国土交通省、令和元年、<http://www.mlit.go.jp/common/001300038.pdf>）

にかけて、本路線の再発防止対策施工後の自動運転再開のために実施した確認試験に鉄道局及び関東運輸局が立ち会った。

- (10) 令和2年2月27日、無人の自動運転を行っている7事業者及び車両メーカー等を集め、運輸安全委員会からの経過報告等について意見交換等を実施した。

## 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、図 2 2 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、システムの特性に依じて、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、6 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、国土交通大臣に対して、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、6 で述べた各事項の制度化について検討すること。

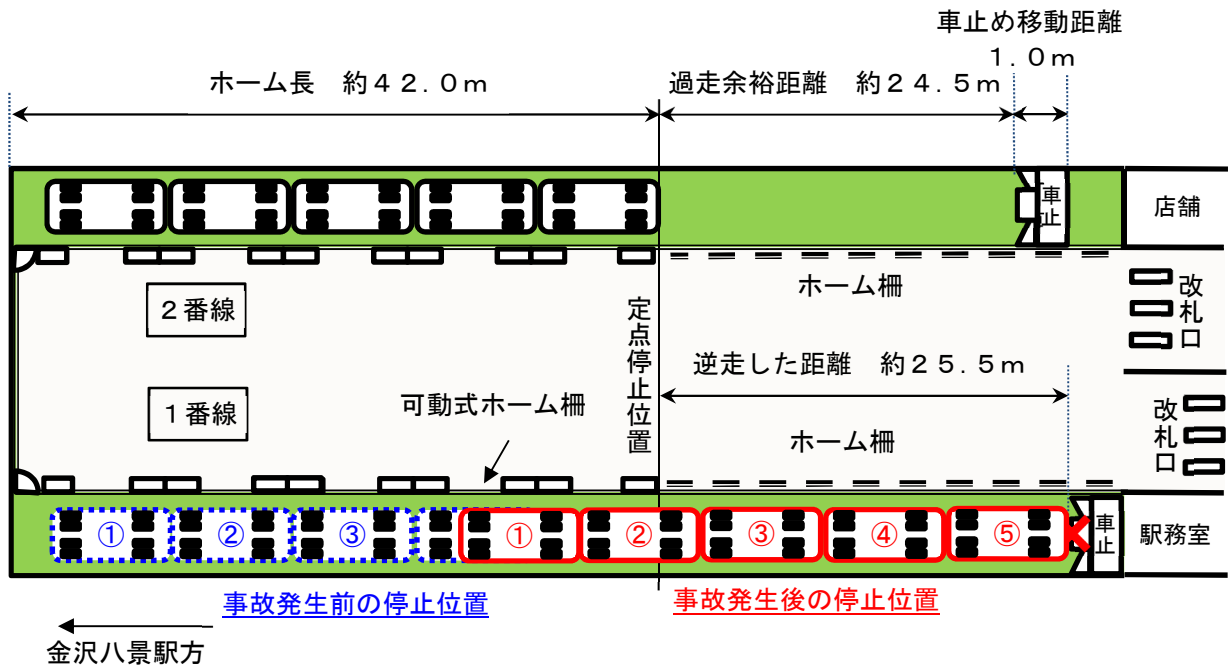
以上

付図1 金沢シーサイドラインの路線図

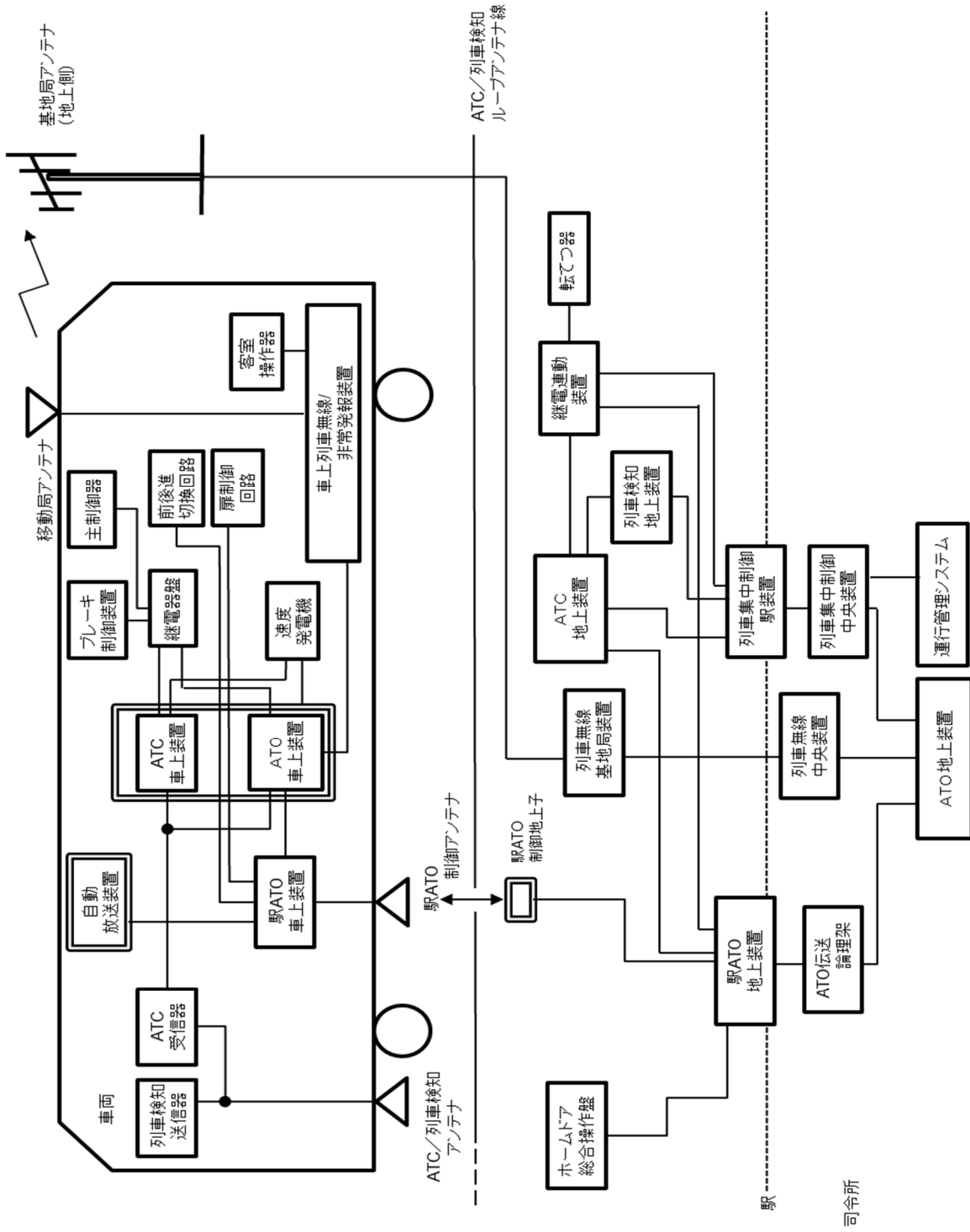


※国土地理院の地理院地図（電子国土 Web）を使用して作成

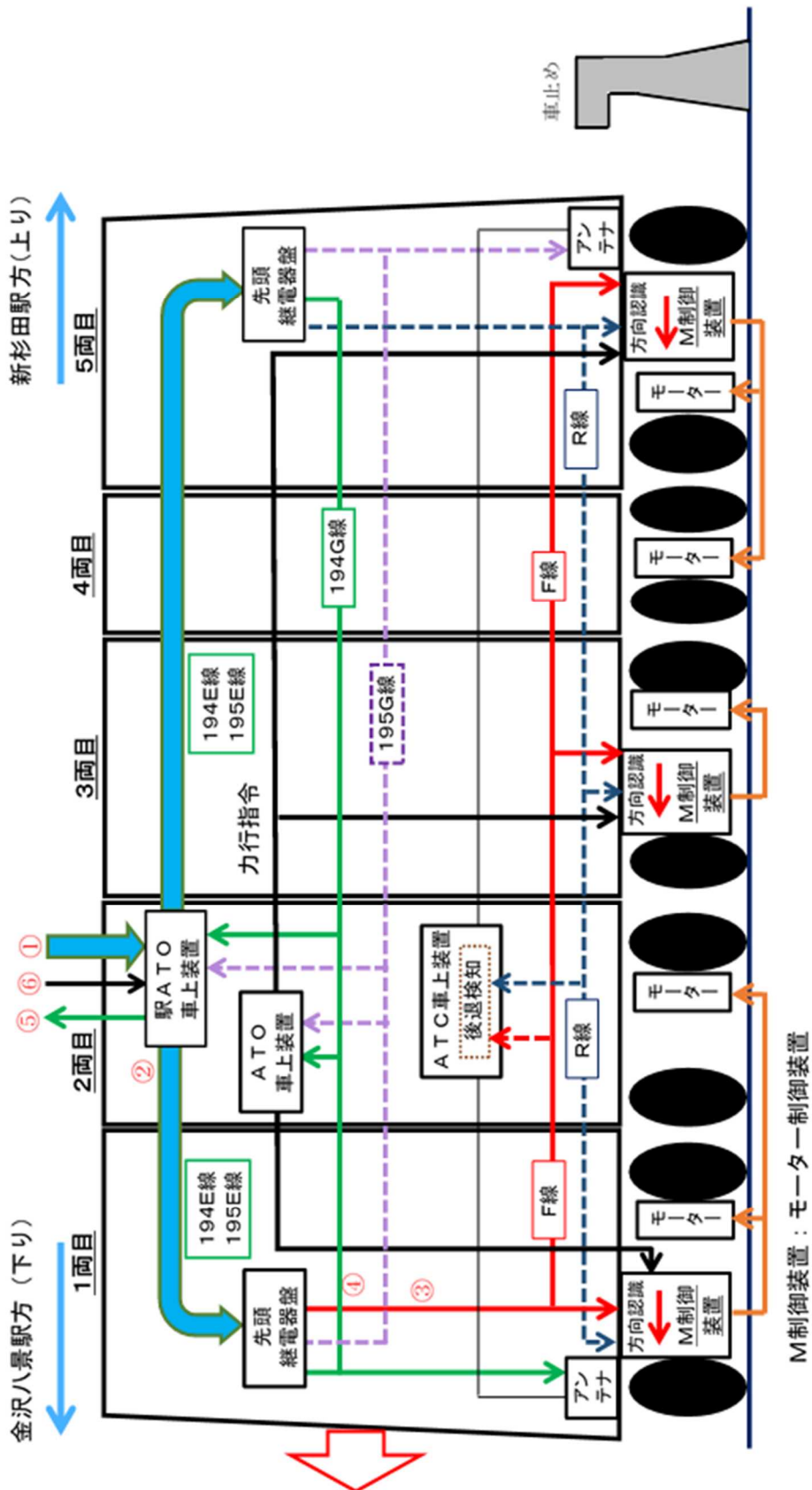
付図2 新杉田駅の事故現場略図



付図3 本路線の地上及び車上システムの構成

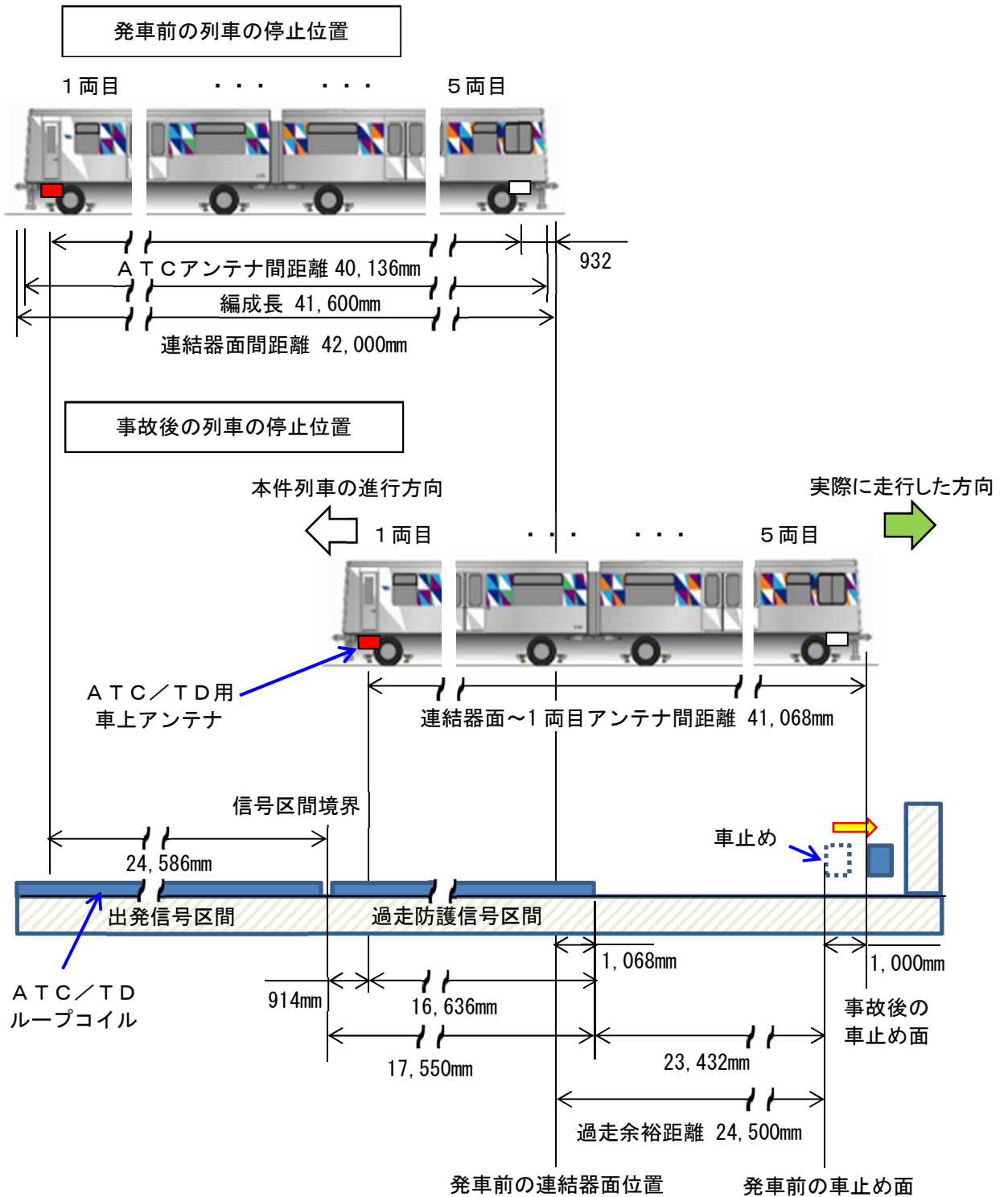


付図4 進行方向切替え時（下り）の車上システムの制御の流れ





付図5 新杉田駅の地上設備と列車停止位置



## 付図6 車両の主な損傷状況



車止めへの衝突の状況（5両目）



天井パネルのゆがみ  
（4両目の新杉田駅方）



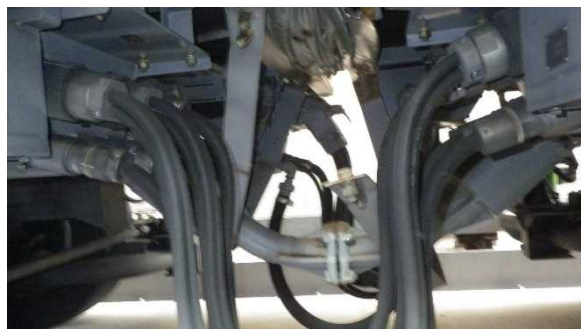
車内（4両目～5両目連結部）



車内（2両目～3両目連結部）

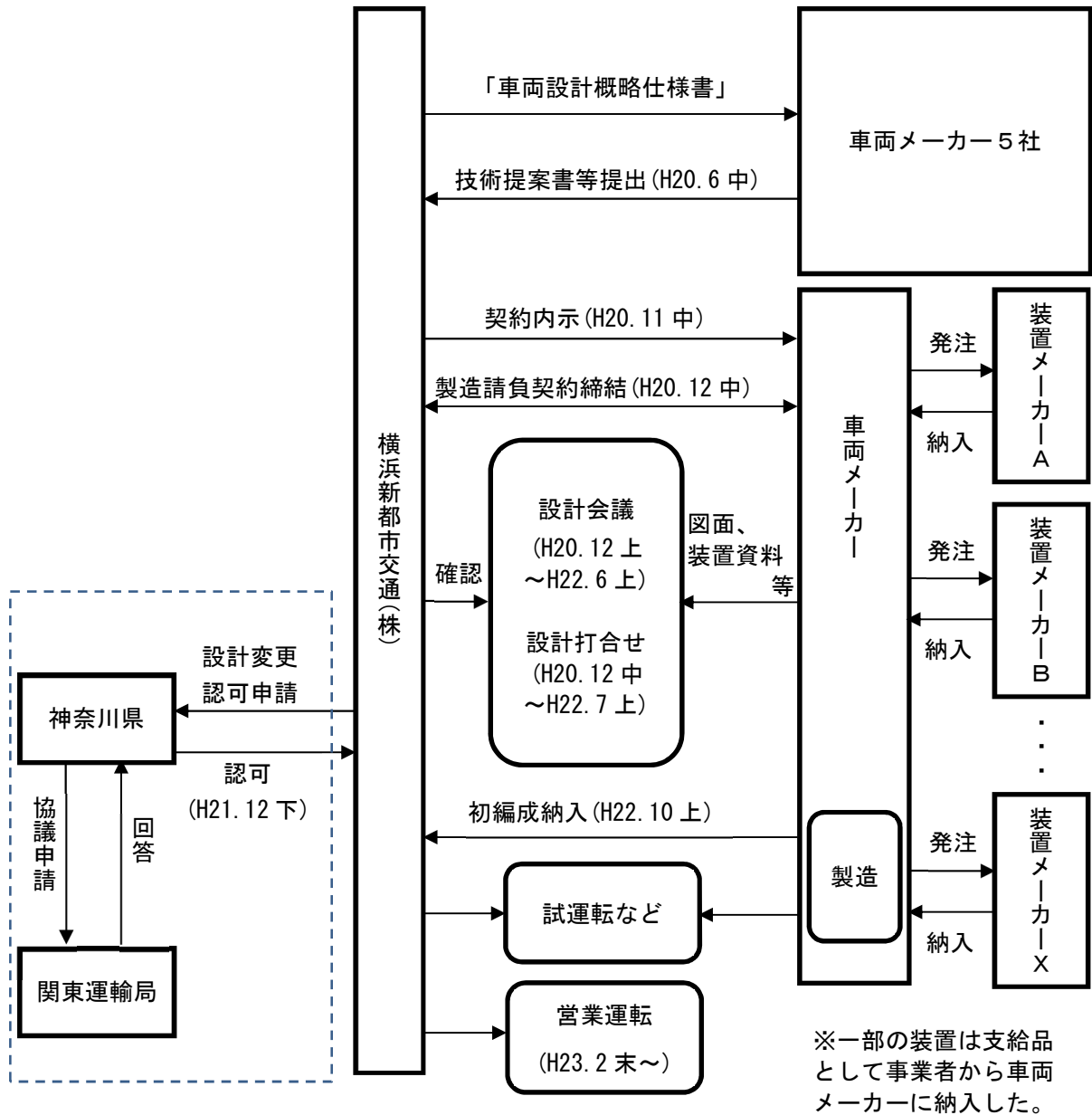


妻板の凹み（2両目新杉田駅方）



中間連結器の曲がり（4両目～5両目）

付図7 2000型車両の設計・製造の経緯



※ 横浜新都市交通(株)は2000型車両の設計・製造当時の社名であり、同社は平成25年10月1日に社名を(株)横浜シーサイドラインに変更した。