

鉄道重大インシデント調査報告書

伊賀鉄道株式会社伊賀線上林駅構内における鉄道重大インシデント
(「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に
列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」に係る
鉄道重大インシデント)

平成22年 6 月 25 日

運輸安全委員会

本報告書の調査は、本件鉄道重大インシデントに関し、運輸安全委員会設置法に基づき、運輸安全委員会により、鉄道事故等の防止に寄与することを目的として行われたものであり、本事案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 後藤 昇 弘

《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」

伊賀鉄道株式会社伊賀線上林駅構内における鉄道重大インシデント

(「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」に係る鉄道重大インシデント)

鉄道重大インシデント調査報告書

鉄道事業者名：伊賀鉄道株式会社

インシデント種類：車両障害（鉄道事故等報告規則第4条第1項第8号の「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」に係る鉄道重大インシデント）

発生日時：平成21年5月1日 14時44分ごろ

発生場所：三重県伊賀市
伊賀線 ^{うえぼやし}上林駅構内（単線）

平成22年5月24日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長	後藤昇弘
委員	松本陽（部会長）
委員	中川聡子
委員	石川敏行
委員	宮本昌幸
委員	富井規雄

目 次

1	鉄道重大インシデント調査の経過	1
1.1	鉄道重大インシデントの概要	1
1.2	鉄道重大インシデント調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	調査の実施時期	1
1.2.3	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	2
2.2	鉄道施設に関する情報	4
2.3	車両に関する情報	5
2.3.1	車両	5
2.3.2	側扉に関する情報	6
2.3.3	側扉制御回路に関する情報	6
2.3.4	戸閉め電磁弁に関する情報	8
2.3.5	車掌スイッチに関する情報	8
2.3.6	限定SWに関する情報	8
2.3.7	論理装置に関する情報	9
2.3.8	TG及びTGから論理装置までの配線に関する情報	10
2.3.9	車体の接地と接地線に関する情報	11
2.3.10	運転状況記録装置等に関する情報	11
2.4	乗務員に関する情報	11
2.5	異常時の取扱いに関する情報	11
2.5.1	開ボタンを操作しても側扉が開かない場合の取扱い	11
2.5.2	走行中に戸閉表示灯が滅灯した場合の取扱い	11
2.6	気象等に関する情報	12
2.7	事実を認定するための調査及び試験	12
2.7.1	本件編成の側扉の開閉状況に関する調査	12
2.7.2	車体配線に関する調査	12
2.7.3	側扉制御回路を構成している機器に関する調査	13
2.7.4	扉保安に関する回路を作動させるための機器に関する調査	14
2.7.5	本線走行試験	15
2.7.6	同社の運転士に対するアンケート調査	16
2.7.7	停車中に側扉が開かないという類似の事象について	16

2.8	その他必要な事項	16
2.8.1	比土駅及び上林駅の線路沿線の工事について	16
2.8.2	比土駅及び上林駅の線路沿線の施設について	17
3	分析	17
3.1	本重大インシデント等の発生状況からの分析	17
3.2	側扉制御回路に関する分析	17
3.2.1	回路の構成機器に異常が発生した可能性について	17
3.2.2	回路ツナギに異常が発生した可能性について	18
3.3	扉保安に関する回路に関する分析	19
3.3.1	扉保安リレー及び扉開放リレーに異常が発生した可能性について	19
3.3.2	扉保安に関する回路の配線に異常が発生した可能性について	19
3.4	本重大インシデント等の発生の経過に関する分析	20
3.4.1	伊賀神戸駅出発時の状況について	20
3.4.2	比土駅に停車中の状況について	20
3.4.3	上林駅の停車直前における状況について	21
3.4.4	上林駅出発以降の状況について	21
3.5	論理装置等に関する分析	22
3.5.1	論理装置内部の回路に異常が発生した可能性について	22
3.5.2	論理装置に入力する速度情報に異常が発生した可能性について	23
3.6	停止検知信号に異常な出力が発生した時点と消滅した時点に関する 分析	24
3.6.1	停止検知信号に異常な出力が発生した時点について	24
3.6.2	停止検知信号の異常な出力が消滅した時点について	24
3.7	本件運転士の取扱いに関する分析	25
3.8	走行中に側扉が開いた場合の異常把握手法に関する分析	25
3.8.1	情報の内容について	25
3.8.2	情報の取得手段について	25
3.9	再発防止対策について	26
4	原因	26
5	参考事項	27

添付資料

付図 1	伊賀線路線図	28
付図 2	現場付近の地形図	28
付図 3	本件列車の編成の運行予定	29
付図 4	戸閉表示灯の取付け位置	29
付図 5	側扉制御回路図（右側扉に関する回路部分の抜粋）	30
付図 6	車掌スイッチ等（右側）の設置状態	30
付図 7	車掌スイッチ開ボタンの構造と作動機構	31
付図 8	扉限定スイッチの構造と作動機構	31
付図 9	A T S 論理装置の車体配線との接続状態	32
付図 1 0	A T S 論理装置（停止検知機能部分）ブロック図	32
付図 1 1	速度発電機と A T S 論理装置との結線図	33
付図 1 2	点検カード「扉が開かない場合の取扱い」	33
付図 1 3	側扉制御回路の変更	34

1 鉄道重大インシデント調査の経過

1.1 鉄道重大インシデントの概要

伊賀鉄道株式会社の伊賀線伊賀神戸駅発、上野市駅行き2両編成の上り第1472列車は、平成21年5月1日（金）ワンマン運転により伊賀神戸駅を定刻（14時36分）に出発し、上林駅に定刻から約2分遅れて（14時44分ごろ）到着した。同列車が上林駅に停止する直前に、ホームがない側である同列車右側（前後左右は列車進行方向を基準とする。）の旅客用乗降口の扉がすべて開いた。その後、同列車は旅客用乗降口の扉の開閉を手動扱いにするとともに監視者を添乗させて上野市駅まで運転を継続し、同駅で同編成の以降の運転を打ち切った。本重大インシデント発生時、同列車には9名の旅客が乗車していたが、旅客用乗降口の扉が開いたことによる乗客の転落はなく、負傷者はなかった。

1.2 鉄道重大インシデント調査の概要

1.2.1 調査組織

本件は、鉄道事故等報告規則第4条第1項第8号の「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」（車両障害）に該当し、列車の走行中に旅客用乗降口の扉が開いた事態で、運輸安全委員会設置法施行規則第2条第6号の定める、特に異例と認められるものとして調査対象となった。

運輸安全委員会は、平成21年5月1日、本重大インシデントの調査を担当する主管調査官ほか1名の鉄道事故調査官を指名した。

中部運輸局は、本重大インシデントの調査を支援するため、職員を現場に派遣した。

1.2.2 調査の実施時期

平成21年 5月 2日	現場調査、車両調査及び口述聴取
5月 3日	扉保安に関する回路のリレーの調査及びATS論理装置の作動状態調査
6月 2日～ 3日	ATS論理装置の基板調査
9月 3日	車両調査
12月 22日	ATS論理装置の部品調査
平成22年 1月 15日	本線走行試験

1.2.3 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

2.1 運行の経過

本重大インシデントに至るまでの経過は、伊賀鉄道株式会社（以下「同社」という。）の上り第1472列車（以下「本件列車」という。）の運転士（以下「本件運転士」という。）及び上野市駅の事務所に勤務していた同社の運転指令者（以下「本件指令」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

(1) 本件運転士

伊賀神戸駅において、本件列車の折り返し時の車両状態確認を行ったが異常はなかった。

本件列車は伊賀神戸を定刻（14時36分）に出発し、上林駅の一つ手前の駅である比土^{ひと}駅に定刻に到着した。そして、上り列車の場合にプラットホーム（以下「ホーム」という。）のある側となる列車の右側の‘扉限定スイッチ’¹（以下「限定SW」という。）を「開」操作したが、本来開くはずの列車最前部右側の‘旅客用乗降口の扉’（以下「側扉」という。）が開かなかった。扉電源表示灯²の状態を確認したところ、正常に点灯していた。本件列車の場合、同駅は限定SWを操作する駅であったが、試しに車掌スイッチ開ボタン（以下「開ボタン」という。）を操作してみた。しかし、限定SWを「開」操作したときと同様に側扉は全く開かなかった。

そこで、後部車両の乗務員室へ移動し、点検カード³に従って処置を行った。扉電源スイッチは「入」状態であり、扉・ベル回路用配線遮断器⁴（以下「扉・ベル遮断器」という。）が「入」状態であることも確認したが、とりあえず扉・ベル遮断器を一度「切」として再度「入」としてみた。そして後部車両の乗務員室から、本件列車右側の限定SW及び開ボタンを操作してみたが、側扉は全く開かなかった。

¹ 「扉限定スイッチ」とは、特定の側扉を開閉するスイッチであり、本件列車の場合、操作位置に一番近い旅客用乗降口の扉のみ開閉できる。

² 「扉電源表示灯」とは、扉電源スイッチの投入状態を示すもので、扉電源スイッチが「入」状態の時に点灯する表示灯である。

³ ここでいう「点検カード」とは、運転士が乗務の際に携帯し、異常発生時の対処方法が示されたマニュアルである。

⁴ ここでいう「扉・ベル回路用配線遮断器」とは、列車内に引き通された扉制御用電源線（D0線）に蓄電池からの電力供給や遮断を行うための直流低圧用配線遮断器である。

扉・ベル遮断器を一度切り入りしたので状況が変わった可能性があると思い、先頭車両の乗務員室に戻り、本件列車右側の限定SWの「開」操作と開ボタンの操作を再度行ったが状況は変わらなかった。そこで、乗務員室内にある右側側扉の空気経路を制御する主三方コックを反位側とし、ホームに降りて列車の一番前の側扉を外側から開き、旅客の乗降を誘導した。本件指令に上記の状況を連絡したところ、「車側灯⁵の完全滅灯と戸閉表示灯⁶の点灯を確認して注意運転で運転を継続して下さい」という指示があったので、主三方コックを定位側に戻して側扉を閉め、比土駅を約2分遅れて(14時40分頃)に出発した。

その後、上林駅に停車する直前までの間、本件列車には異常は全くなかった。上林駅に停車するために停止ブレーキ操作を行っていたところ、停止目標の1.5mくらい手前の位置で、突然客室の方から側扉が開く際に発生する「ガラガラ」という音がした。このときの速度は速度計で確認していないが、体感で5km/hくらいだったと思う。発生時刻は14時44分ごろだった。列車が停止した後に後方(車内)を見ると、ホームと反対側である右側の側扉がすべて開いていた。これはまずいと思い、まず初めに乗客の中に転落者がいないことを確認し、次に各車両の乗務員室にある扉解除スイッチ⁷を「切」操作したところ側扉は閉まった。右側の側扉がすべて開いていたにもかかわらず、車掌スイッチ閉ボタン(以下「閉ボタン」という。)ではなく扉解除スイッチを操作した理由は、比土駅で側扉が全く開かなかったので、車掌スイッチが使い物にならないのではないかと考えたためである。

その処置が終わり本件指令に再度連絡したところ、「側扉を開くには乗務員室内の主三方コックを使い手動扱いで行うこと、猪田道駅^{いだみち}から助役を添乗させるので注意運転で運転を継続するように」との指示があった。そこで、注意運転により本件列車を上野市駅まで運転し、上野市駅で車両を交換して、次の列車に乗務した。

(2) 本件指令

当日の運転状況は定時運行であった。本件運転士からは連絡が2回あり、以下のようなやりとりがあった。

1回目の連絡は14時39分ごろ比土駅から、「比土駅到着後に、限定SW及び車掌スイッチを操作したが、いずれの場合も側扉は開かなかった。後部車両

⁵ 「車側灯」とは、各車両の外部側面の上部に設ける赤色灯であり、車側灯の側の扉が一つでも開いている場合に点灯する。

⁶ 「戸閉表示灯」とは、運転士が側扉の開閉状態を確認できるようにする目的で乗務員室内に設けられるものであり、列車内のすべての側扉が閉まっている場合のみ点灯する表示灯である。運転士知らせ灯ともいう。

⁷ ここでいう「扉解除スイッチ」とは、「切」操作をすることにより戸閉め電磁弁の負極側回路を接地から切り離して側扉が開くことを防止するスイッチであり、通常は「入」状態になっている。

の乗務員室に移動し、点検カードを参考に扉・ベル遮断器を点検したが異常はなかった。念のため、扉・ベル遮断器をいったん切ったあと再度投入し、後部車両の乗務員室から開ボタンを操作してみたが、側扉は開かなかった。先頭車両の乗務員室に戻り、再度開ボタンを操作したが状況は変わらなかった。何をやっても側扉が開かないので、運転室主三方コック（右側）を「反位」とし、扉手動扱いで旅客の乗降を行った」という内容だった。そこで、「点検カードに従い、先頭車両の運転台及び後部車両の運転台で側扉を開く操作を行ったが、いずれの場合も開かない件、了解しました。添乗の手配を行いますので、車側灯の完全滅灯と戸閉表示灯の点灯を確認して以後注意して運転を継続して下さい」と伝えた。

2回目の連絡は、14時44分ごろ上林駅からあり、「上林駅到着時に、何もしていないのにホームと反対側の側扉がすべて開いた」という内容だった。「転落者の有無を確認するように」と伝えたところ、本件運転士から「転落者はいない、両運転台の扉解除スイッチを『切』とした」との応答がすぐにあった。そこで、「上林駅でホームと反対側の側扉がすべて開き、転落者がいない件、了解しました。また、扉解除スイッチを『切』とした件、了解しました。それでは以後、運転室主三方コックを『反位』として、手動扱いでお客様の乗降扱いを行い、注意して運転を継続して下さい。猪田道駅から助役の添乗の手配を行っております」と伝えた。本件運転士は特にあわてた様子もなく、ふだんどおり落ち着いていたと思う。

なお、本重大インシデント（上林駅に停車する直前に本件列車の右側の側扉がすべて開いた事態）の発生時刻は、14時44分ごろであった。

（付図1 伊賀線路線図、付図2 現場付近の地形図、付図3 本件列車の編成の運行予定、付図4 戸閉表示灯の取付け位置 参照）

2.2 鉄道施設に関する情報

同社の伊賀線は、伊賀上野駅から伊賀神戸駅を結ぶ営業キロ16.6kmの全線単線の路線であり、動力は電気（直流1,500V）、軌間は1,067mmである。

本重大インシデントが発生した上林駅は伊賀神戸駅から二つ目の駅であり、ホームは上り列車である本件列車の場合には列車の左側がホーム側になる。また、本件列車が上林駅の一つ前に停車した比土駅のホームは、上り列車である本件列車の場合には列車の右側がホーム側になる。

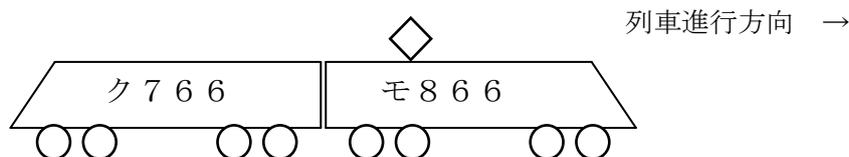
なお、同社は第二種鉄道事業者であり、鉄道施設及び車両は第三種鉄道事業者である近畿日本鉄道株式会社（以下「A社」という。）が所有している。鉄道施設の保守管理は、同社とA社との間で締結されている契約に基づきA社が実施している。

2.3 車両に関する情報

2.3.1 車両

(1) 諸元の概要

車種	直流電車（1,500V）
編成両数	2両
編成定員	248名（座席定員120名）
ブレーキ装置の種類	電磁直通空気ブレーキ及び保安ブレーキ
制御方式	直並列抵抗制御式
記号番号	



(2) 検査履歴等

本重大インシデントが発生する直近における本件列車の車両編成(以下「本件編成」という。)の検査履歴は、表1に示すとおりである。これらの検査において、自動戸閉め装置⁸の各機器には電気的特性及び機能の異常は記録されていなかった。なお、全般検査、重要部検査及び状態・機能検査の一部、並びに異例の場合の対応については、同社とA社との間に結ばれた協定に基づきA社が実施している。車歴は表2に示すとおりである。平成6年9月にワンマン運転化工事を実施しているが、それ以降に本重大インシデントと同様の事象は報告されていない。

表1 検査履歴

検査等の種類	検査周期	実施日（出場日）
全般検査	8年	平成14年 3月14日
重要部検査	4年又は走行距離が60万km以内	平成18年 2月 9日
状態・機能検査	3ヶ月	平成21年 3月13日
列車検査	10日	平成21年 4月30日

表2 車歴

年 月	内 容
昭和37年11月	新製
昭和59年 3月	伊賀線転用工事
平成 6年 9月	ワンマン運転化工事
平成18年 2月	列車無線更新工事
平成20年 7月	扉限定回路取付け工事

⁸ ここでいう「自動戸閉め装置」とは、電気装置としては側扉制御回路上の扉・ベル遮断器から接地用刃形スイッチまでの間のスイッチ、表示灯、リレー及び配線などを指す。また、機械装置としては戸閉め電磁弁、戸閉め機、配管などを指す。

2.3.2 側扉に関する情報

本件編成の車両で使用されている側扉は、2枚扉を1組とした引き戸式である。側扉は本件編成の各車両（モ866、ク766）の左右の側面に2箇所ずつ設けられている。側扉が開く場合は、戸閉め電磁弁が動作することにより圧縮空気が戸閉め機のシリンダー（開側）に供給され、扉が開く仕組みになっている。

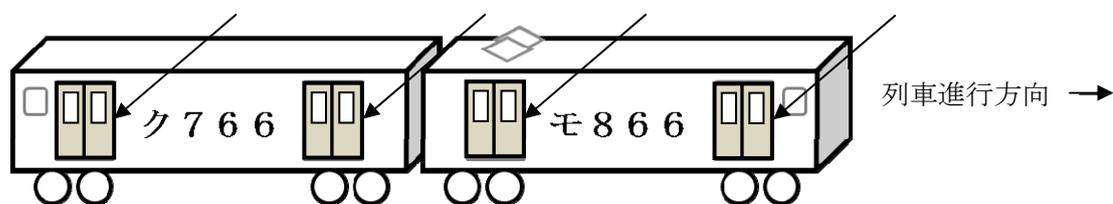


図1 本重大インシデントが発生した側扉

2.3.3 側扉制御回路に関する情報

本件編成の側扉制御回路中の本重大インシデントに関係する部分を抜粋したものが付図5である。以下に側扉が開閉する際の機器の作動順序等について説明する。

なお、スイッチ類や線記号については、同図の当該部分を示すものとする。

(1) 右側の側扉を開く場合の機器の作動順序について

扉・ベル遮断器を投入すると、直流100V母線（GA1線）から扉制御電源引通し線（DO線）に100Vが印加されてDO線は活線状態となる。さらに、扉電源スイッチを「入」操作すると、扉指令電源線（DOR線）が100V加圧されるため、操作を行ったそれぞれの乗務員室から、車掌スイッチ及び限定SWの操作を行うことが可能になる。この状態から、すべての側扉を開く場合にはキースイッチ（以下「キーSW」という。）と開ボタンを操作する。すると扉開指令線（DRA13線）に100Vが印加され、モ866の床下にある扉制御リレー盤箱内に収められている扉制御2リレー（以下「Ry2R」という。）と扉制御3リレー（以下「Ry3R」という。）が順番に動作する。その結果、戸閉め電磁弁指令線（DR線）に100Vが印加され、各車の各扉の戸閉め電磁弁が動作状態となり側扉は開く。Ry2Rが動作する回路には、同リレーの接点を介して同リレーのコイルを励磁させる自己保持回路が組み込まれていることから、開ボタンから手を離してもRy2Rは動作状態を継続するためRy3Rも同様に動作状態を継続し、側扉は開いた状態を維持する。Ry2R及びRy3Rの負極側の回路であるDGR線は、扉開放リレーの接点と常時「入」である接地スイッチとの間に接続されているため、扉開放リレーの動作状態にかかわらず接地される回路になっている。一方、戸閉め電磁弁の負極側回路であるDER線は常時「入」

である扉解除スイッチを介してDGR1線となり、扉開放リレーの接点の非接地側に接続されているため、戸閉め電磁弁の動作は扉開放リレーの動作状態の影響を受ける回路となっている。

(2) 右側の側扉を閉める場合の機器の作動順序について

側扉を閉める場合にはキーSW及び閉ボタンを操作する。扉閉指令線（以下「DRA21線」という。）に100Vが印加されるため、モ866の床下にある扉制御リレー盤箱内に設けられている扉制御1リレー（以下「Ry1R」という。）が動作する。その結果、Ry1Rの接点が開くことによってRy2Rの自己保持回路が解かれRy2RとRy3Rは非動作状態となるため、DR線への電圧印加が断たれて各車の戸閉め電磁弁が非動作状態となり、側扉は閉まる。

(3) 戸閉め電磁弁のコイルの加圧経路について

戸閉め電磁弁のコイルの加圧経路は、正極側であるDR2線については、限定SWが「開」操作された場合にはDR1線から、また開ボタンが操作された場合にはDR線からと、2つの異なる加圧経路を経るが、負極側については、どちらもDER線を経て接地する回路となっている。

(4) 扉保安に関する回路について

側扉制御回路には列車の走行中に列車乗務員が誤って開ボタンを操作した場合や100V加圧線がDRA13線やDR線に混触した場合でも、ATS論理装置⁹（以下「論理装置」という。）の‘停止検知機能の設定速度’¹⁰（以下「停止検知速度」という。）以上であれば側扉が開かないように制御する扉保安に関する回路が組み込まれている。列車の速度が停止検知速度以上になると、論理装置内にあるDXR1リレー（以下「DXR1」という。）及びDXR2リレー（以下「DXR2」という。）が動作してそれぞれのリレーの接点が開く。その結果、乗務員室内の開き戸の内側に設置された扉保安リレーが動作し、扉開放リレー指令線（以下「DPR線」という。）に100Vが印加される。続いて扉開放リレーが動作すると、その接点が開くことにより戸閉め電磁弁の負極側の回路であるDER線を接地から切断するため、戸閉め電磁弁のコイルへの100V印加を阻止して側扉が開かないようにする回路構成となっている。

(付図5 側扉制御回路図（右側扉に関する回路部分の抜粋） 参照)

⁹ 本件における「ATS論理装置」は、①その時点における列車の許容速度と走行速度を比較し、走行速度が許容速度を超過した場合にはブレーキを動作させる「ATS速度照査機能」及び②走行中に側扉が開くことを防止するために、走行速度があらかじめ設定した停止検知速度より低くなったときに停止状態と判定し、装置内部に設けられたリレーを非動作状態にする「停止検知機能」などを有する。

¹⁰ 設定速度は、本件編成の場合、速度上昇時は10.7±0.5km/h、速度降下時は9.9±0.5km/hである。

2.3.4 戸閉め電磁弁に関する情報

本件編成の車両で使用されている戸閉め電磁弁は、最低動作電圧値以上の電圧が印加されることにより動作する。戸閉め電磁弁の動作時には、二室空気ダメから戸閉め機のシリンダー（開側）に圧縮空気を供給するとともに戸閉め機のシリンダー（閉側）に込められていた圧縮空気を大気中に排出して側扉が開く。また、印加電圧が釈放電圧値以下になると戸閉め電磁弁が非動作状態となり、戸閉め機のシリンダー（開側）の圧縮空気を排出すると同時に二室空気ダメから戸閉め機のシリンダー（閉側）に圧縮空気を供給し、側扉は閉まる。

2.3.5 車掌スイッチに関する情報

車掌スイッチは操作した側のすべての側扉を一括で開閉させる目的で設けられたものであり、本件編成では乗務員室内の左右の側面に配置されている。進行方向右側の側扉を開閉させるための車掌スイッチは、乗務員室の左側にある運転台の反対側にあり、運転士がいすから離れないと操作することができない位置に取付けられている。車掌スイッチの上部には開ボタン、下部には閉ボタンが、さらに正面には側扉を開閉する前に乗客の注意を喚起させるためのブザーを鳴動させる扉予告ボタンが設けられている。開ボタン及び閉ボタンはバネ復帰式であり、鍵穴に差し込んだ車掌キー¹¹を操作することによって、押しボタンの正極側にあるキーSWの接点を閉じた場合のみ、開ボタン及び閉ボタンの操作が有効となる。

（付図6 車掌スイッチ等（右側）の設置状態、付図7 車掌スイッチ開ボタンの構造と作動機構 参照）

2.3.6 限定SWに関する情報

限定SWは、編成車両中の特定の側扉のみ開閉させる目的で設けられたものであり、乗務員室内の左右の側面に配置されている。進行方向右側の側扉を開閉させるための限定SWは、乗務員室の左側にある運転台の反対側にあり、運転士がいすから離れないと操作することができない位置に取り付けられている。限定SWは、鍵穴に差し込んだ車掌キーを操作することによって内部の接点が閉じられると車掌キーを操作した車両の乗務員室に一番近い側扉のみの戸閉め電磁弁を加圧する回路になっている。同社では、一部の駅の限られた時間帯を除いて限定SWが使用されており、車掌スイッチよりも使用頻度は高い。

（付図6 車掌スイッチ等（右側）の設置状態、付図8 扉限定スイッチの構造と作動機構 参照）

¹¹ ここでいう「車掌キー」とは、車掌スイッチや限定SWを操作する際に使用される鍵で、同社の場合、一人の運転士に一つの車掌キーが貸与されている。

2.3.7 論理装置に関する情報

本件編成には、2.3.3(4)に記述した論理装置がモ 8 6 6 及びク 7 6 6 に搭載されている。製造年月は 2 台とも 1 9 8 6 年 3 月である。

(1) 車体との配線接続について

論理装置と車体配線との接続状態を示したものが付図 9 である。以下の説明において、機器類や線記号については、同図の当該部分を示すものとする。

論理装置には、G A 1 線から制御用配線遮断器（以下「制御遮断器」という。）を介した制御母線（T 線）と T 線から制御スイッチと A T S 解除スイッチを介した Z 1 0 0 線が電源線として接続されている。また、速度発電機¹²（T G）からの信号線である N 1 線及び N 2 線や、停止検知機能で使用される D O R 線及び扉保安リレー指令線（D O P 線）が接続されている。

（付図 5 側扉制御回路図（右側扉に関する回路部分の抜粋） 付図 9 A T S 論理装置の車体配線との接続状態 参照）

(2) 装置の作動について

制御遮断器が「入」となると T 線が 1 0 0 V 加圧され、論理装置内部の D C - D C コンバータに 1 0 0 V が入力される。D C - D C コンバータは、入力された 1 0 0 V を外部とのインターフェイス用電源の 2 4 V と論理集積回路用電源の 5 V に電圧変換して装置内の各部位に供給する。その結果、付図 1 0 に示すように発振回路から基準クロックが出力されて集積回路等にパルスが供給されるため、論理装置は作動状態となる。論理装置が作動状態になると、先頭車両の論理装置の A T S 速度照査機能及び停止検知機能と、後部車両の論理装置の停止検知機能が有効になる（脚注 9 参照）。なお、装置内においてプログラム制御されている部位は A T S レコーダ一部のみである。

(3) 停止検知機能を実現する仕組み

論理装置のうち、停止検知機能に関係する部分を示したのが付図 1 0 である。なお、以下の説明において使用される記号は、同図の当該部分を示すものとする。

停止検知機能は走行中に側扉が開くことを防止する目的で設けられており、詳細については、付図 1 0 に示す論理装置内部の信号の流れのとおりである。基本的には T G から出力される走行速度に応じた交流電圧は、直結型波形整形回路によりパルス信号に変換され、歯数補正スイッチ（以下「歯補正 S W」という。）の設定により T G の歯数に対する補正が行われ、‘列車速度に対応するパルス’（S V）になる。一方、同装置内では、車輪径に対する補正を車

¹² ここでいう「速度発電機」とは、車軸端部に取り付けられ、車両の走行速度に応じた電圧及び周波数を持つ交流波形を出力する装置である。内部には 3 本の巻線がある。

輪径補正スイッチ（以下「径補正SW」という。）の設定により行うことで、停止判定の基準となる‘停止検知速度に対応するパルス’（VP）も生成している。

これら生成されたパルス（SV、VP）は、停止検知用比較器において、それぞれの周波数（列車速度及び停止検知速度に相当）が比較され、列車速度が停止検知速度より高いと判定された場合には、装置内の停止検知信号（以下「5KD」という。）は出力状態となり、大容量高絶縁型のリードリレー¹³であるDXR1及びDXR2を動作させる。その結果、DOR線とDOP線との間に直列に組み込まれているDXR1及びDXR2の接点は閉じ、DOR線とDOP線は導通状態となる。一方、列車速度が停止検知速度より低いと判定された場合には、DXR1及びDXR2は動作しないためDOR線とDOP線間の回路は断たれた状態となる。

なお、論理装置のもう一つの機能であるATS速度照査機能については、列車の走行速度がATS信号の速度以上となった場合にATS非常ブレーキが動作する仕組みとなっており、論理装置内にあるATSレコーダーに異常時の情報が記録される。また、同装置内の波形整形回路には、直結型波形整形回路の他に発振型波形整形回路があり、TG内部にあるコイルの断線検知¹⁴を行っている。

（付図10 ATS論理装置（停止検知機能部分）ブロック図 参照）

（4） その他の情報について

リードリレーの接点寿命は、メーカーによると動作回数が約600万回である。

2.3.8 TG及びTGから論理装置までの配線に関する情報

本件編成に取り付けられているTGは、ク766の乗務員室側から数えて3番目の車軸端に取り付けられている。TGの歯車の歯数は90である。本件編成の場合、TGの内部の1本の巻線から一对の配線（N1線、N2線）がモ866及びク766の論理装置までシールド線¹⁵により接続されている。

付図11に示すように、ク766に取り付けられたTGから、同車両の論理装置までの配線長は約22mであり、TGからモ866の論理装置までの配線長は約

¹³ 「リードリレー」とは、ガラス管などに封入された磁性を有するリレー接点を、ガラス管の周囲に巻いたコイルから生ずる磁束によって動作させるリレーであり、動作時間が短く、保守の手間がかからない等の特徴がある。

¹⁴ ここでいう「断線検知」とは、発振型波形整形回路において、停車中でも自己発振している約10km/h相当のパルスが消失した場合に断線と認識し、ATS非常を作動させるものである。

¹⁵ 「シールド線」とは、電気信号を流す内部導線の外周を絶縁体が覆い、絶縁体の外周を金属箔や細い導線などの導電体で覆った電線である。導電体を接地することにより電磁的ノイズの侵入や輻射を低減できる。比較的周波数の低い回路で多用される。

24mである。

(付図11 速度発電機とATS論理装置との結線図 参照)

2.3.9 車体の接地と接地線に関する情報

本件編成はモ866とク766の2両で組成されているが、電動車であるモ866の4本の輪軸に設けられている接地装置によって接地されている。ク766の車体とモ866の車体との間には接地渡り線が接続されている。蓄電池の負極側は車体に接続されているため、100V回路の帰線電流は引通し線ではなく車体を介して流れている。

2.3.10 運転状況記録装置等に関する情報

本件編成には、運転状況記録装置やモニター装置等は搭載されていないため、運転時の車両情報の記録は2.3.7(3)に記述したATSレコーダー以外には残されない。

2.4 乗務員に関する情報

本件運転士 男性 59歳

甲種電気車運転免許

昭和50年2月19日

2.5 異常時の取扱いに関する情報

2.5.1 開ボタンを操作しても側扉が開かない場合の取扱い

同社の点検カードの「扉が開かない場合の取扱い<ワンマン車両>」によると、全車両の側扉が開かない場合は、以下の処置を行うよう指導されている。

- (1) 扉電源スイッチの状態を確認する。
- (2) 上記(1)の結果が「入」のときは、扉・ベル遮断器の状態を確認する。
- (3) 上記(2)の結果が「入」のときは、扉手動扱い、係員添乗で注意運転とする。
- (4) 上記(2)の結果が「切」のときは、扉・ベル遮断器をリセットした後に「入」とし、再度、側扉を開く操作を行う。
- (5) 上記(4)の結果、側扉が開かないときは、扉手動扱い、係員添乗で注意運転とする。

(付図12 点検カード「扉が開かない場合の取扱い」 参照)

2.5.2 走行中に戸閉表示灯が滅灯した場合の取扱い

同社の運転内規(乗務)の第54条「戸閉表示灯が点灯しない場合」によると、「列車運転中、戸閉表示灯が滅灯した場合は、直ちに列車を停止させ、その状況を

運転指令者に報告した後、車両点検を行うこと」とされている。

2.6 気象等に関する情報

本重大インシデント発生当日の現場付近の天候は晴れであり、本重大インシデント発生時刻の約15分後である15時の気温は24.3℃で、湿度は26%であった。

2.7 事実を認定するための調査及び試験

2.7.1 本件編成の側扉の開閉状況に関する調査

本重大インシデント発生当日の本件編成については、上野市駅10時38分発下り1073列車から営業運転に入り、本重大インシデントが発生した上林駅の一つ手前の比土駅までに8本の列車で70駅において側扉の開閉操作を行っていたが、同社によると運転指令者には側扉の異常に関する報告はなかったとのことである。また、本件編成を1471列車として運行していたときに上野市駅から乗務した本件運転士は、本件列車の比土駅までは車両には異常がなかったが、比土駅において本件列車の右側のすべての側扉が開かない状態となり、次の上林駅の停車直前にホームと反対側の右側のすべての側扉が突然開いたと口述している。

さらに、本重大インシデントが発生した翌日に実施した本件編成の調査では、側扉の開閉制御は正常に機能し、側扉の開閉状態及び扉保安に関する回路の作動状態に異常はなかった。その後、本件編成は今後調査が必要となる扉保安リレー及び扉開放リレーと論理装置を交換し、営業運転を再開したが、「本重大インシデント及び比土駅における右側側扉の開閉不能」（以下「本重大インシデント等」という。）と同様の事象は発生していない。

2.7.2 車体配線に関する調査

本重大インシデント等に関係する可能性のある車体配線について調査を実施した。調査結果を以下に示す。

2.7.2.1 側扉制御回路及び扉保安に関する回路の絶縁調査

本重大インシデント等に関係する可能性のある配線と100Vが加圧される可能性のあるその他の配線との間の絶縁抵抗を同社が測定した結果、同社の判定基準値に対し、いずれの線も大きな値であり問題がなかった。

さらに、側扉制御回路及び扉保安に関する回路の配線において列車走行時の動揺及び振動等によって混触が発生した可能性を検証するため、上述した配線の中の一部の配線の状態を営業列車において調査したが、走行中の混触は発生しなかった。

一方、各車の車端部床下に設けられている「乗務員室側の接続箱」及び「連結面側の接続箱」を目視で確認したが、それぞれの接続箱や蓋に異常はなく、接続箱と

蓋との隙間や取付け状態にも問題がなかった。接続箱の内部は汚損や腐食がない状態で雨水等が浸入した痕跡もなかった。各車のジャンパ連結器についても、同様に雨水等が浸入した痕跡はなかった。

2.7.2.2 側扉制御回路及び扉保安に関する回路の断線調査

本重大インシデント等に関係する可能性のある配線の導通チェックを同社が行った結果、同社の判定基準値に対し、いずれの場合も小さな値であった。

2.7.3 側扉制御回路を構成している機器に関する調査

本重大インシデント等に関係する可能性のある機器について調査を実施した。調査結果を以下に示す。

2.7.3.1 車掌スイッチについて

開ボタン及び閉ボタンを押した場合や手を離した場合の各ボタンの動きにせり¹⁶はなかった。また、同社が行った目視による車掌スイッチの分解調査において、異物の混入や接点の荒れなどの異常は確認できなかった。

2.7.3.2 限定SWについて

同社が行った目視による限定SWの分解調査において、異物の混入や接点の荒れなどの異常は確認できなかった。また、車掌キーを操作した場合の作動機構上の問題もなかった。

2.7.3.3 Ry2R及びRy3Rについて

同社は、モ866の床下にある扉制御リレー盤箱内に収められているRy2R及びRy3Rの目視検査と分解調査を行ったが、異常は認められなかった。さらに、コイル抵抗及び接点の接触抵抗を測定したところ、いずれの測定値も判定基準値内であった。

2.7.3.4 扉解除スイッチについて

本重大インシデントが発生した翌日の調査時には、既に「入」の状態に復位された状態であったが、正常に機能していた。

2.7.3.5 接地スイッチについて

本重大インシデントが発生した翌日の調査時には、スイッチは「入」の状態で正

¹⁶ ここでいう「せり」とは、摩耗などにより部品が変形した結果、滑らかな動きができなくなった状態を示す。

常に機能していた。

2.7.4 扉保安に関する回路を作動させるための機器に関する調査

扉保安に関する回路を作動させるための機器には、扉保安リレー及び扉開放リレー、論理装置、TG等がある。それぞれの機器について調査した結果を以下に示す。

2.7.4.1 扉保安リレー及び扉開放リレーについて

扉保安リレー及び扉開放リレーを分解調査したが、部品の損傷や問題となるような接点の荒れはなかった。また、リレー動作時の可動部のせりもなかった。論理装置を車体から取り外し、実施した動作試験においてもリレーの誤動作は発生しなかった。各リレーの電気的特性の測定結果もすべての項目で基準値内であり問題がなかった。

2.7.4.2 論理装置について

同社は、モ866とク766に搭載されていた論理装置を取り外し、装置単体で調査を行った。調査は、論理装置内の複数の基板から停止検知機能に関する基板を選び、本重大インシデントに関する可能性がある回路中の素子の動作状態及び信号レベルについて実施した。調査結果の概要を以下に示す。

- (1) 車両制御電源相当の印加電圧として定格電圧に設定した試験及び電圧下限値と電圧上限値に設定した試験を実施した結果、同装置内のDC-DCコンバータの出力値はいずれの場合も基準値内であり、電源部の出力電圧値に問題はなかった。また、DC-DCコンバータの出力波形を確認したが、波形に乱れはなかった。
- (2) 同装置内のDC-DCコンバータ（±5V出力）を基板上の回路から切り離し、仕様上の下限値と上限値を基板の回路に強制的に印加して試験を行ったが、いずれの場合も装置は正常に機能した。停止検知機能に関する基板上の各箇所の測定値もすべて基準値内であり、問題がなかった。
- (3) 停止検知機能試験を行った結果、車輪径830mm、TG歯数90歯の条件下において周波数換算で、速度上昇時に 103 ± 5 Hz、速度下降時に 95 ± 5 Hzの規格値に対し、測定値は速度上昇時に 104 Hz、速度下降時に 93 Hzであり、検知速度は速度上昇時及び速度下降時とも基準値内であった。
- (4) 停止検知機能に関する素子が実装された基板を目視及び拡大鏡で調査したが、ハンダクラックは発見されなかった。
- (5) 論理装置内の素子が温度上昇によって誤動作を引き起こした可能性を検証するため、同社は論理装置の箱の内部及び外部に温度センサを取り付けた状

態で約一週間本線で調査を行った。その結果、外気温が24℃程度であれば、箱の外部温度が性能保証温度の上限である40℃に達することはなかった。なお、論理装置は50℃で24時間連続運転しても誤動作しないことがメーカーによって確認されている。

- (6) 歯補正SWについて、本重大インシデント発生時に「閉じていた接点」及び「開いていた接点を閉じた場合の接点」の接触抵抗、振動や衝撃などによって接点の接触位置が移動する可能性を検証するためにダイヤル式スイッチの操作力、異物の侵入の有無などについて調査を実施したが、測定値などに異常はなかった。なお、歯補正SWの設定値は90歯であり、正しい設定値であった。
- (7) 径補正SWについて、歯補正SWと同様な調査を行ったが、接点の接触抵抗やダイヤル式スイッチの操作力などの測定値に異常はなかった。なお、径補正SWの設定値は830mmであり、正しい設定値であった。
- (8) 論理装置に使用されているDXR1及びDXR2について、コイル抵抗の測定及び動作電圧、復帰電圧、接点の接触抵抗などの動作特性を同社が測定した結果、測定値はすべて仕様を満たした値であった。外観及び内部のガラスの状態や組み立て状態にも破損及び変形や接続不良などの異常はなく、異物の混入もなかった。

なお、論理装置はATS非常が動作した場合には、そのときの情報を内部のATSレコーダーに記録する機能を有しているが、本重大インシデントにおいてはATS非常が動作する状況でなかったため、記録が残されていなかった。

2.7.4.3 TGについて

TGの蓋を外し、車軸の端部に取り付けられたTGの駆動ピンの状態及び駆動ピンの回転を発電機の回転子に伝達するTGの円盤の状態を目視で確認した結果、駆動ピンには折損や異常な摩耗はなく、円盤にも割損や駆動ピン結合部の異常摩耗などはなかった。

TGの内部の巻線には、車軸の回転速度（列車の走行速度）に応じた正弦波が出力される。そこで、通常であれば出力が0Vである停車時におけるTGの内部の巻線の出力波形を、論理装置内部の直結形波形整形回路の入力位置で調査した。その結果、継続時間は1μ秒以下であるが、波形整形回路の検出レベルを大きく超過したピーク電圧値を持つ出力波形を確認した。

2.7.5 本線走行試験

同社は、本件編成と本件運転士による試運転列車を運転し、再現試験を実施した。

走行時の側扉制御回路は、本件運転士に一番近い右側の側扉以外は戸閉め電磁弁が動作しない回路とし、5(2)に後述するような対策が既に施されていた側扉制御回路を、本重大インシデントの発生時点の状態に戻して行った。この状態で比土駅を出発後、速度が10km/h以上となったところで開ボタンを操作し、上林駅に停車するまでの状態をレコーダーに記録して確認した。その結果、停車直前に側扉が開くという本重大インシデントと同様の状態が再現し、以下の点を確認した。

- (1) DPR線が無加圧状態となってから、側扉が開いたことを本件運転士が認識するまでの時間は約2秒(平均減速度は約2km/h/s)であった。
- (2) 側扉が開いた時点の速度は、約6km/hであった。
- (3) 停車位置は正常であった。

2.7.6 同社の運転士に対するアンケート調査

同社に所属する運転士に、本重大インシデントと同様の事象の発生状況について調査したが、同社の第二種鉄道事業としての運輸開始実施日(平成19年10月1日)以来一度も発生していないという回答があった。

2.7.7 停車中に側扉が開かないという類似の事象について

本件編成に搭載されている論理装置と同じ形式の論理装置を搭載したA社の編成に、過去において停車中に側扉が開かないという類似の事象が発生しており、その内容は以下のようなものであった。

平成17年2月23日(11時26分ごろ)、A社のa駅において、A社の第1145列車(1233系インバータ車+1252系インバータ車の全4両)の側扉が開かない状態となった。当該列車はb駅を発車する際に論理装置の動作状態を示す表示等が点灯しない状態となり、さらに次のc駅までに65km/hの速度制限を受けるものの照査速度45km/hを表示したまま走行していた。当該列車はATS解除扱いとして運転を継続したが、a駅に到着後に最後尾の車両から開ボタンを操作したところ、側扉が開かない状態となった。先頭車両からも側扉を開く操作を試みたが側扉は開かなかったため、先頭車両の扉・ベル遮断器を切り入りした後で最後尾車両から開ボタンを再度操作したところ側扉は開いた。その後、約15km先のd駅までは側扉の開閉に異常がなかった。側扉が開かなかったことについて、A社はTG歯補正SWの一時的な接触不良が原因であると推定していた。

2.8 その他必要な事項

2.8.1 比土駅及び上林駅の線路沿線の工事について

同社によると、同社が把握している線路沿線工事はなかったとのことであった。

2.8.2 比土駅及び上林駅の線路沿線の施設について

比土駅と上林駅の線路沿線には、大きい送信出力を持つ放送局などの常設の施設は特に見当たらない。

3 分析

3.1 本重大インシデント等の発生状況からの分析

本重大インシデントは、本件列車が上林駅に停車直前に右側側扉がすべて開いたという事態であるが、2.1(1)に記述したように、比土駅で右側側扉が全く開かないという異常が既に発生しており、二つの異常は同じ右側の側扉で発生していた。2.7.1に記述したように、本件編成は同日の10時38分から営業に投入されていたが、比土駅において右側側扉が開かない状態が発生する以前及び翌日の調査時には側扉の開閉状態には全く異常がなかった。

以上のように本重大インシデント等は、地理的に狭い範囲で、かつ限られた時間内において同一の部位で発生している事象であることから、2つの事象に関連性がある可能性が考えられる。

また、本重大インシデント等は本件編成中の右側すべての側扉において発生していることから、空気系統及び機械系統の異常が原因ではないと推定されるため、側扉制御回路中の引通し回路に関係する機器や配線について調査・分析を行った(図2参照)。

電気系統 (引通し線関係)				空気系統	機械系統
扉保安に関する回路		側扉制御回路			
論理装置等		論理装置等以外			
速度情報の異常	装置内回路の異常	(3.3に記載)	(3.2に記載)		
(3.5.2に記載)	(3.5.1に記載)				

■：状況より項目から排除

図2 本重大インシデント等に関係すると考えられる項目について

3.2 側扉制御回路に関する分析

3.2.1 回路の構成機器に異常が発生した可能性について

3.2.1.1 車掌スイッチ及び限定SWに異常が発生した可能性

2.7.1に記述したように、本件編成は営業運転開始から比土駅までの間に側扉の開閉操作を70回行っているが異常は確認されていない。また、本重大インシデン

ト等が発生した翌日の調査においても異常は確認されていない。さらに2.7.3.1及び2.7.3.2に記述したように分解調査においても異常がなかったことから、本重大インシデント等の発生は、車掌スイッチ及び限定SW自体の異常によるものではないものと推定される。

3.2.1.2 Ry2R及びRy3Rに異常が発生した可能性

Ry2R及びRy3Rについては、2.7.3.3に記述したように測定値に問題がないため、コイル断線や接点の状態に異常はなかったものと考えられる。また、2.7.1に記述したように、本重大インシデント発生後の営業運転においても同様の異常は生じていないことから、Ry2R及びRy3Rは本重大インシデントが発生したときも正常に機能していたものと考えられる。以上より、本重大インシデント等の発生はRy2R及びRy3R自体の異常によるものではないものと推定される。

3.2.2 回路ツナギに異常が発生した可能性について

3.2.2.1 側扉制御回路及び論理装置への電圧印加状態

2.1(1)に記述したように、比土駅における本件運転士の調査において扉・ベル遮断器が「入」状態であったこと、及び扉電源表示灯が点灯していたことが確認されていることから側扉制御回路のDOR線には電圧が正常に印加されていたものと考えられる。また、本件列車はATS非常が動作することもなく正常に運転されていることから、論理装置への電圧印加も正常であったと推定される。

3.2.2.2 側扉制御回路の電気絶縁

2.7.2.1に記述したように、本件列車の右側の側扉がすべて開く原因となり得るDRA13線及びDR線を含む側扉制御回路の各線と他の100V加圧線との間の絶縁測定を定置状態で行った調査結果に問題はなく、走行時の回路の状態を監視する調査結果でも異常は発生しなかった。さらに2.6に記述したように、本重大インシデントが発生した時点までの天候は降雨もなく、2.7.2.1に記述したように接続箱内には水が流れた痕跡もなく腐食もなかったことから、水によって配線間の電気絶縁が低下した可能性も低いと考えられる。以上より、側扉制御回路の電気絶縁が低下して本重大インシデントが発生した可能性は低いと考えられる。

3.2.2.3 戸閉め電磁弁とRy2R及びRy3Rの負極側の回路

2.3.3(1)に記述したように、戸閉め電磁弁と扉開放リレーの間に接続されているDER線とDGR1線は、扉開放リレーが動作したときには接地から切り離される回路となっている。一方、Ry2R及びRy3Rの負極側の配線であるDGR線は、

常時「入」である接地スイッチと扉開放リレーの接点との間に接続されており、扉開放リレーの動作状態と関係なく常時接地されている回路となっている。このため、R y 2 Rが一旦自己保持状態となった場合は、閉ボタンを操作しない限り自己保持状態が継続する。すなわち、列車の速度が上昇して論理装置の停止検知速度以上になると扉開放リレーが動作し、戸閉め電磁弁は負極側の回路が断たれて非動作状態となるが、R y 2 Rは動作状態を継続して、戸閉め電磁弁の正極側であるD R線は加圧状態を維持することになる。したがって列車の速度が低下して停止検知速度以下となった場合には、扉開放リレーが非動作状態となるため、戸閉め電磁弁は負極側の回路が再び構成されて動作し、側扉が開くことになる。

このような側扉制御回路では、混触が瞬間的に発生した場合であってもR y 2 Rの自己保持回路により扉開指令線の加圧が維持されることになる。したがってその状態で列車の運転を継続していると、列車速度が論理装置の停止検知速度以下になったときに本重大インシデントと同様の事態が発生するものと考えられる。側扉の開閉動作は列車が完全に停止した状態において列車乗務員の操作により行われるべきであるので、列車の速度が論理装置の停止検知速度以上のときは、戸閉め電磁弁の負極側回路とR y 2 Rの負極側回路の双方を開放するように回路を変更すべきである。

3.3 扉保安に関する回路に関する分析

3.3.1 扉保安リレー及び扉開放リレーに異常が発生した可能性について

側扉制御回路の一部である扉保安に関する回路について、その構成機器である扉保安リレー及び扉開放リレーの分解調査を行った。その結果、2.7.4.1 に記述したように電気特性に異常がなかったこと、せりによる可動部の動作不良もなくリレーの動作状態は良好であったことなどから、本重大インシデント等の発生は扉保安リレー及び扉開放リレー自体の異常によるものではないものと推定される。

3.3.2 扉保安に関する回路の配線に異常が発生した可能性について

扉保安に関する回路の配線について電気絶縁や断線等を調査したが、2.7.2.1 及び2.7.2.2 に示すように異常がなかったため、本重大インシデント等の発生は扉保安に関する回路の配線自体の異常によるものではないものと推定される。

3.3.1 及び 3.3.2 より、扉保安に関する回路の構成機器や配線自体に異常はないことが推定されたが、扉保安に関する回路の中には論理装置の内部にあるD X R 1 及びD X R 2の接点が組み込まれているため、D X R 1 及びD X R 2が動作した場合は、停車中であっても走行中と同じ状態になり、側扉が開かなくなる状態が発生すると推

定される。

3.4 本重大インシデント等の発生の経過に関する分析

上述した3.1～3.3の結果から、本重大インシデント等の発生経過に関する分析を行った結果を以下に示す。

3.4.1 伊賀神戸駅出発時の状況について

本件運転士は、伊賀神戸駅において本件列車の折り返し時の車両状態確認を行っているが、2.1(1)に記述したように本件編成に異常を認めていないこと、側扉は正常に開いていたことから、伊賀神戸駅出発時に閉ボタンを操作するまでは異常の発生はなかったものと推定される。

3.4.2 比土駅に停車中の状況について

側扉制御回路への電力供給については、3.2.2.1に記述したように問題はなかったこと、また、3.2.1に記述したように側扉制御回路の構成機器には異常がなかったことから、右側戸閉め電磁弁のコイルの正極側回路であるDR線及びDR2線に対する電圧印加は正常であったものと推定される。

一方、2.1(1)に記述したように本件運転士は開ボタン及び限定SWを操作したがいずれも開かなかったと口述していること、また2.3.3(3)に記述したように、右側戸閉め電磁弁のコイルの負極側回路であるDER線から接地までの回路は開ボタンを使用した場合と限定SWを使用した場合で共用していることから、側扉が開かなかった原因は、回路の共通部分である右側戸閉め電磁弁の負極側の回路の接地が断たれていたことにあると考えられる。右側戸閉め電磁弁の負極側の回路には、扉解除スイッチ及び接地スイッチと扉開放リレーの接点が設けられているが、2.7.3.4及び2.7.3.5に記述したとおり、扉解除スイッチ及び接地スイッチは「入」状態で正常に機能していることから、扉保安に関する回路中に組み込まれている扉開放リレーの接点が開いたものと考えられる。

以上のことから、右側戸閉め電磁弁の正極側であるDR2線には100Vが印加されたにもかかわらず、扉開放リレーの接点が開いていて右側戸閉め電磁弁の負極側の回路が構成されなかったために右側戸閉め電磁弁が動作せず、側扉が開かなかったものと考えられる。

なお、2.1(1)に記述したように比土駅停車後、本件運転士が最初に先頭車両の乗務員室から限定SWの「開」操作及び開ボタンの操作を行ったときに側扉が開かなかったことから、扉開放リレーの接点はそのとき既に開いた状態であったものと考えられる。さらに、先頭車両及び後部車両から側扉の開閉操作を行っているときや旅客の乗降扱いの後に運転室主三方コックを「定位」に戻したとき、加えて列車

の速度が論理装置の停止検知速度に達するまでのいずれの場合も側扉が開いていないことから、扉開放リレーの接点は列車の速度が論理装置の停止検知速度に達するまでは開いた状態を保持していたものと考えられる。

また2.1(1)に記述したように、先頭車両の通常の限定SW「開」操作及び開ボタンの操作では側扉が開かないため、本件運転士は後部車両に移動し、扉・ベル遮断器をいったん切って再度入りとしたが、その後、限定SW「開」操作や開ボタンを操作しているが、閉ボタン操作を行っていない。したがってRy2Rは自己保持状態を維持し、DR線に100Vが印加された状態で本件列車は比土駅を出発したものと推定される。

3.4.3 上林駅の停車直前における状況について

上林駅の停車直前に本件列車の右側の側扉がすべて開いた原因については、その時点でDR線と接地間の回路が構成されたためと考えられる。3.4.2に記述したように、Ry2Rが自己保持状態を維持したままで比土駅を出発したと推定されることから、DR線には既に100Vが印加されていたと推定されること、2.1(1)に記述したように、上林駅において「扉解除スイッチを切としたところ、側扉が正常に閉まった」と本件運転士が口述していることから本重大インシデント発生時には、DR線は加圧状態であったものと推定される。一方、右側戸閉め電磁弁の負極側に挿入されている扉開放リレーの接点は、何らかの異常により比土駅の出発時点で開いていたものと考えられることから、その異常が消滅し、かつ列車の速度が論理装置の停止検知速度以下であれば、開いていた扉開放リレーの接点が閉じて右側戸閉め電磁弁が動作し、側扉は開く状態であったものと推定される。

本件運転士は、2.1(1)に記述したように列車速度が体感で約5km/hのときに側扉が開く「ガラガラ」という音を聞いて本インシデントの発生に気付いたと口述していることから、上述した条件が成立し、扉開放リレーの接点が閉じて右側戸閉め電磁弁を動作させた結果、右側の側扉が開いたものと推定される。

3.4.4 上林駅出発以降の状況について

2.1(2)に記述したように、本件指令は先頭車両及び後部車両の扉解除スイッチを「切」とし、限定SWや車掌スイッチの操作でなく運転室主三方コックの操作による乗降扱いを指示しており、本件運転士も指示どおりの処置を行っている。この処置によって戸閉め電磁弁の負極側回路は接地を断たれる回路構成となることから、仮に何らかの異常が再現しても本重大インシデントと同様の事象が発生する可能性はなかったものと推定される。ただし、上林駅において閉ボタンは操作されていないため、上林駅以降においてもDR線は100V加圧されていたものと推定される。

3.5 論理装置等に関する分析

3.4に記述したように、本重大インシデント等は、扉保安に関する回路中にある扉開放リレーの接点が、何らかの原因により本件列車の速度が停止検知速度以下にもかかわらず開放する異常な状態となったことが関係して発生したものと推定される。そこで、扉開放リレーが停車中に動作する原因となり得る、論理装置の停止検知信号が異常な状態になった可能性について調査及び分析を行った。論理装置内部の回路に異常が発生した場合と、論理装置内部の回路は正常だが論理装置に入力される速度に異常があった場合の分析結果を以下に示す。

3.5.1 論理装置内部の回路に異常が発生した可能性について

3.5.1.1 波形整形回路及び周波数演算回路について

論理装置を車両から取り外して装置単体の調査を行った結果、停止検知信号の出力に係る基板には2.7.4.2(4)に記述したようにハンダクラックや素子の焼損などの異常はなく、集積回路の各素子における信号レベルもすべて基準値以内であり機能も正常であった。さらに、比土駅における異常は少なくとも1分以上継続していることから、回路内部でごくまれに発生する異常の可能性も低いと考えられる。

2.3.7(2)に記述したように、論理装置はレコーダー部のみプログラム制御され、その他の部分については電気回路によって制御されている。そのためプログラム制御の異常に起因する誤動作は発生しないと考えられる。また、本重大インシデントの発生時の気温は2.6に記述したように約24℃であったが、論理装置の箱外部の温度は仕様上の性能保証上限温度の40℃以下で作動していた可能性が高いと考えられ、論理装置内の基板の集積回路素子が熱によって誤動作した可能性は低いと考えられる。以上より、論理装置内部の波形整形回路及び周波数演算回路に異常が発生した可能性は低いものと考えられる。

なお、2.7.4.2(5)に記述したように、論理装置は50℃で24時間連続運転しても誤動作しないことも確認されているため、現状の使用環境は特に問題ないものと考えられる。

3.5.1.2 歯補正SW及び径補正SWについて

基板上で使用されている歯補正SWと径補正SWについては、接触抵抗やダイヤル操作力などについて調査を行ったが、2.7.4.2(6)及び2.7.4.2(7)に記述したように特に異常は認められなかった。以上より、歯補正SW及び径補正SWに異常が発生した可能性は低いものと考えられる。

3.5.1.3 DXR1及びDXR2について

論理装置が出力した停止検知状態を車体側に出力するためのDXR1及びDXR

2に対し、2.7.4.2(8)に記述したように分解調査を行ったところ、リードリレー内部のガラスの破損及び変形やガラス内部の接点に溶着痕などの異常は認められず、動作機構上の問題や電気特性についても問題がなかった。回路上もDXR1の接点とDXR2の接点は直列に接続されておりリードリレー単体の接点溶着等の異常に対しフェールセーフな構成となっていることから、扉保安に関する回路に対する異常な停止検知信号の出力はDXR1及びDXR2自体の異常によるものではないと推定される。

3.5.2 論理装置に入力する速度情報に異常が発生した可能性について

3.5.2.1 試験結果の分析

3.5.1に記述したように、論理装置内部の回路が正常であっても、TGから出力する交流信号を変換して得られる速度情報に誤りがあれば、扉保安に関する回路に誤った信号が出力される可能性がある。そこで、TGから論理装置に入力される交流信号の状態を確認するために、2.7.4.3に記述したように本件編成を停止状態として側扉を開閉させ、論理装置内の直結形波形整形回路入力端子における交流信号の波形を調査した。その結果、直結形波形整形回路の検知レベルを大きく超過した値が確認されたため、直結形波形整形回路出力端子からパルス(FV)が出力されていた可能性があると考えられる。しかし、速度入力波形が検知レベルを超過している時間が1 μ 秒以下と短く、かつそのような状態が一定時間継続しなければ5KDが出力状態にならないような遅延回路が設けられているため、DXR1及びDXR2は動作しなかった可能性が高いと考えられる。ただし、電圧レベルが検知レベルより高く、かつ持続時間の長いノイズが、直結形波形整形回路に一定時間継続して入力されるような状況が生じれば、5KDが出力状態となる場合がある。その場合のノイズは、波形が一定の周期をもつ場合には、2.7.4.2(3)に記述した停止検知速度(10km/h)相当の周波数である約100Hzより高い周波数であると考えられる。一方、ノイズ波形が一定の周期をもたない場合は、列車速度に相当するパルス(SV)に約100Hzの時よりも多いパルスを発生させるノイズであると考えられる。

3.5.2.2 ノイズ源について

本重大インシデント発生当時は、同社の車両は、2.3.1に記述したようにすべて本件編成と同じ直並列抵抗制御式車両であり、インバータ制御車のような半導体電力変換装置のスイッチングノイズは発生しないため、電動機を駆動するための電流がノイズ源であるとは考えにくい。また、比土駅において数分間異常が継続していることから、短時間で収束するサージが原因である可能性も低いと考えられる。こ

のように車体から発生したノイズである可能性が低いため、外部の何らかのノイズ源からのノイズが速度信号に重畳して論理装置に入力された可能性が考えられる。しかし、2.8.1 に記述したように、同社が把握する線路沿線の工事はなかったことから、工事用の機器から大きなノイズが生じた可能性はないと考えられ、かつ2.8.2 に記述したように、現場周辺には大きな送信出力を持つ放送局などの常設の設備も見当たらなかった。したがって、本重大インシデント等に影響を与えた可能性のあるノイズ源があるとすれば一時的なものであったと考えられる。さらに、当時の現場周辺のノイズ環境は記録データがなく推定が困難であるため、ノイズ源を明らかにすることはできなかった。

なお、論理装置の内部回路は低電圧の信号で動作していることから、低い電圧レベルのノイズであっても、正規の信号に与える影響は無視できない。したがって、TGから論理装置へ入力される速度信号についてはノイズの影響を受けにくくするような配慮が望まれる。

3.6 停止検知信号に異常な出力が発生した時点と消滅した時点に関する分析

3.6.1 停止検知信号に異常な出力が発生した時点について

以下に記述する(1)及び(2)より、異常が発生した時点は、伊賀神戸駅の出発時刻である14時36分頃から比土駅の到着時刻14時38分頃までの間と推定される。

- (1) 伊賀神戸駅では側扉は正常に開いていたこと。
- (2) 比土駅で最初に右側の扉限定スイッチを操作したときに側扉が開かない状態であったこと。

3.6.2 停止検知信号の異常な出力が消滅した時点について

以下に記述する(1)及び(2)より、異常が消滅した時点は、比土駅を出発した14時40分頃から上林駅に到着する直前の14時44分頃までの間と推定される。

- (1) 比土駅を出発するときに、側扉の開指令が出力されていたにもかかわらず、論理装置の停止検知速度以下の状態で側扉が閉まっていたこと。
- (2) 論理装置の停止検知速度が約10km/hで正常に機能した場合、側扉が開いたことを本件運転士が認識できたのは、2.7.5に記述したように速度が約6km/hの時点であり、2.1に記述した約5km/hとほぼ等しい。したがって上林駅直前に側扉が開いたのは、論理装置の停止検知機能が正常に機能したためであり、異常はそれ以前に消滅していた可能性が高いと考えられること。

したがって、比土駅周辺でノイズの影響を2分間程度継続して受ければ、本重大インシデント等の事象は起こり得ると考えられる。

3.7 本件運転士の取扱いに関する分析

2.1(1)に記述したように、本件運転士は比土駅出発時に閉ボタンを操作しなかったと口述しているが、この処置は2.5.1に記述した同社の点検カードの指示（側扉が開かない場合の処置）に従ったものであった。また、上林駅停車時の処置も2.5.2に記述した運転内規（乗務）の第54条の指示に沿ったものであった。したがって本件運転士の行った処置は、同社が定めたとおりであった。

一方、閉ボタンが操作されていれば、その時点でR y 2 Rの自己保持回路は解かれ、上林駅において側扉が開くことはなかったと考えられる。

3.8 走行中に側扉が開いた場合の異常把握手法に関する分析

3.8.1 情報の内容について

本件編成には列車速度が停止検知速度以上の場合に点灯する表示灯が設けられていないため、本件運転士は比土駅における異常の状況をより詳細に把握できず、その後の機器の操作や原因調査に有益な情報を得ることができなかった可能性があると考えられる。また、速度計の指示状態を確認することにより、ほぼ同様の結果が得られる可能性が考えられる。今回の論理装置のように半導体素子を使用した装置の誤動作は一過性で再現しないことが多いことに加え、本件編成には運転状況記録装置も搭載されていないため、上述したような表示灯や取扱いを異常時の確認内容として点検カード中に追加するなどして、その取扱いについての指導がより深められることが望ましいと考えられる。

3.8.2 情報の取得手段について

本重大インシデントのような事態が発生した場合は、運転士は直ちに異常を察知して列車を停止させ、乗客の転落の有無を確認することが最も重要であると考えられる。本重大インシデントにおいて、本件運転士は戸閉表示灯の滅灯によって異常を察知したのではなく、側扉が開く際の音によって側扉が開いたことを察知したが、開いた側扉の位置が本件運転士の近傍でなかったならば側扉が開いたことを察知することは困難であったと考えられる。本重大インシデントのような事態は、側扉が開いた位置に影響されずに確実に把握できる戸閉表示灯の滅灯によって把握されるのが好ましいと考えられるが、本件編成の戸閉表示灯は運転席左側壁面の床面上約1.6mの位置に設置されており、前方注視中である運転士の視界から外れる可能性も考えられる。戸閉表示灯の取付け位置や輝度が適切でなければ、停車中の側扉の閉め操作時に確認することは容易でも、走行中の滅灯を速やかに認識することは困難であると考えられる。2.5.2に記述したように、同社の運転内規（乗務）の第54条「戸閉表示灯が点灯しない場合」においても「列車運転中、戸閉表示灯が滅

灯した場合は、直ちに列車を停止させ、その状況を運転指令者に報告した後に、車両点検を行うこと」とされているが、夜間と比較して視認性が低下すると考えられる日中帯に戸閉表示灯が滅灯した場合に直ちに列車を停止させることは、本件編成の現状では困難であると推測される。

以上のことから、戸閉表示灯については、運転士が側扉が開いたことをより察知しやすいように配慮された設計であることが望まれる。

3.9 再発防止対策について

本重大インシデントは、3.4に記述したようにR y 2 Rが自己保持状態のままで比土駅を出発したために発生したものと推定される。したがって、自己保持状態を確実に解くために、いったん開ボタンを操作した場合には、たとえ側扉が開かない状態であっても閉ボタンを操作するといった取扱方法の変更や、付図13に示すように、列車の速度が停止検知速度以上になった場合には扉開放リレーの動作によりR y 2 Rの自己保持回路が強制的に解かれるような回路に変更することが望ましいと考えられる。これらの対策は、仮に何らかの原因でノイズが論理装置の速度信号に重畳した場合でも有効でフェールセーフ側に動作することから、効果的な対策であると考えられる。

また、TGから論理装置へ入力される速度信号については、ノイズの影響を受けにくくするような配慮が望まれる。

(付図13 側扉制御回路の変更 参照)

4 原因

本重大インシデントは、本件列車が上林駅に停車する直前に以下の2つの要因が組み合わさったため、右側の側扉がすべて開いたことにより発生したものと推定される。

- (1) A T S 論理装置から異常な停止検知信号が出力されたために側扉が開かない状態になったと考えられる前駅（比土駅）において、状況確認のため本件運転士の行った処置により側扉を開くためのリレーであるR y 2 Rが自己保持状態となり、右側側扉の開指令が出力されたままの状態の前駅を出発していたこと。
- (2) 上林駅に停車直前ではA T S 論理装置からの異常な停止検知信号の出力が既に消滅しており、列車の速度がA T S 論理装置の停止検知機能の設定速度以下となったために開いていた扉開放リレーの接点が閉じ、戸閉め電磁弁の負極側回路が構成されたこと。

比土駅を出発する際に側扉の開指令が出力されたままの状態となったことについて

は、以下に記述する2つの事柄が組み合わさったためであると推定される。

- (1) 側扉が開いていなかったため、本件運転士は扉開指令が出力されていることに気付かなかつたと考えられること、及び同社が定めた点検カードの「扉が開かない場合の取扱い」の内容に、車掌スイッチ閉ボタン操作について指示されていなかったことから、本件運転士が車掌スイッチ閉ボタンを操作しなかったこと。
- (2) 側扉制御回路において、戸閉め電磁弁開指令線（DR線）を間接的に加圧するためのリレーであるRy2Rの自己保持回路が、列車の速度がATS論理装置の停止検知機能の設定速度以上になった場合にも解かれない回路であったこと。

なお、ATS論理装置から異常な停止検知信号が出力されたことについては、ATS論理装置自体には異常がないことから、速度信号にノイズが重畳したなどの可能性が考えられるが、その原因を明らかにすることはできなかった。

5 参考事項

同社では、本重大インシデントの発生後、側扉の開閉異常時における装置の取扱方法及び側扉制御回路について、以下の再発防止対策を実施した。

(1) 側扉制御回路の変更

扉開指令に関係するリレーであるRy2RとRy3Rの負極側配線を扉解除スイッチと扉開放リレーの接点間（DGR1線）に接続するように回路を変更し、列車の速度がATS論理装置の停止検知機能の設定速度以上になるとRy2Rの自己保持回路が解かれるようにして、扉開指令を解消するようにした。

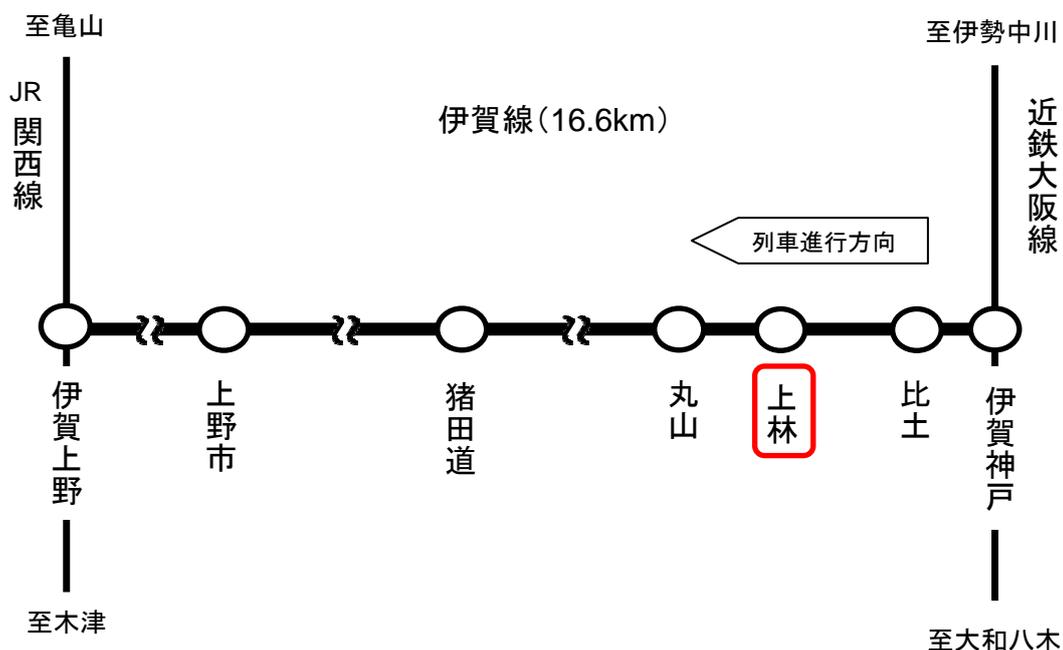
なお、同社は平成21年10月末までに、同社の編成すべてについて改修作業を完了した。

（付図13 側扉制御回路の変更 参照）

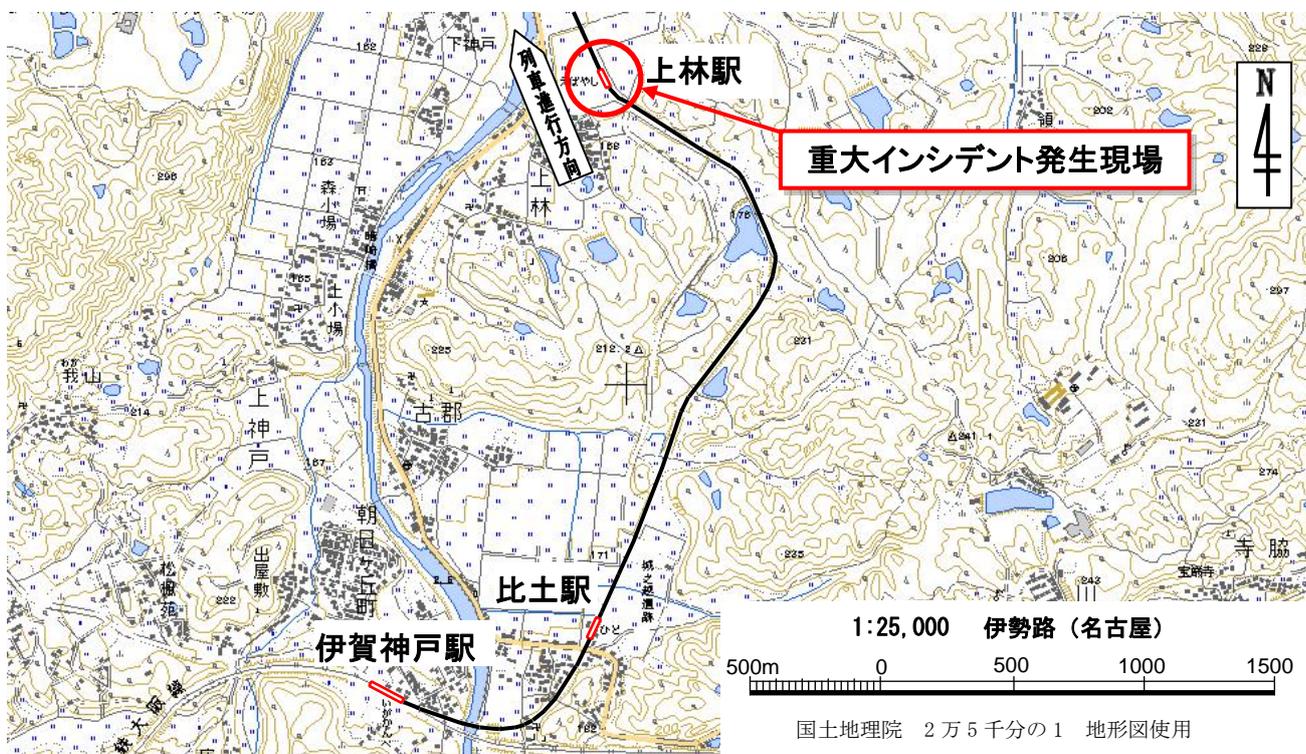
(2) 側扉の開閉異常時における装置の取扱方法の変更

点検カード中の「扉が開かない場合の取扱い<ワンマン車両>」において、側扉を開くための処置を行っても状況が改善しない場合の取扱いについて、『車掌スイッチ閉ボタンを操作してRy2Rの自己保持回路を解く』ように修正した。変更時期は、平成21年5月2日である。

付図1 伊賀線路線図



付図2 現場付近の地形図



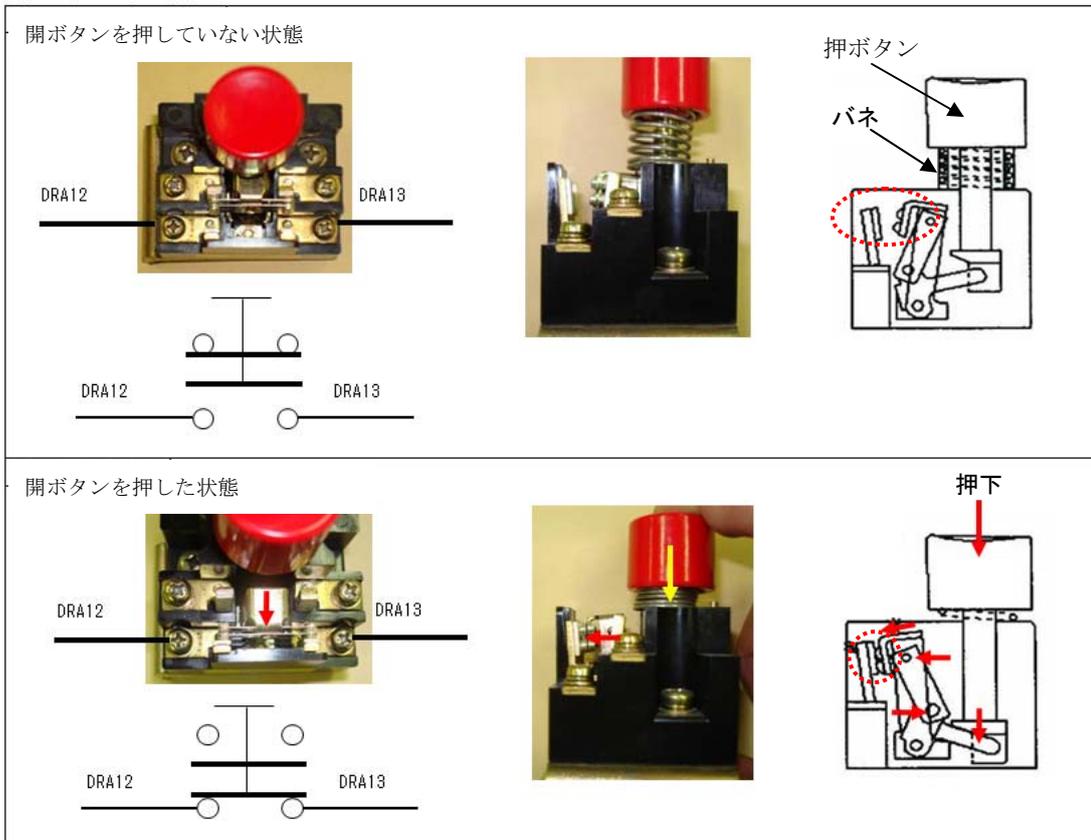
付図3 本件列車の編成の運行予定



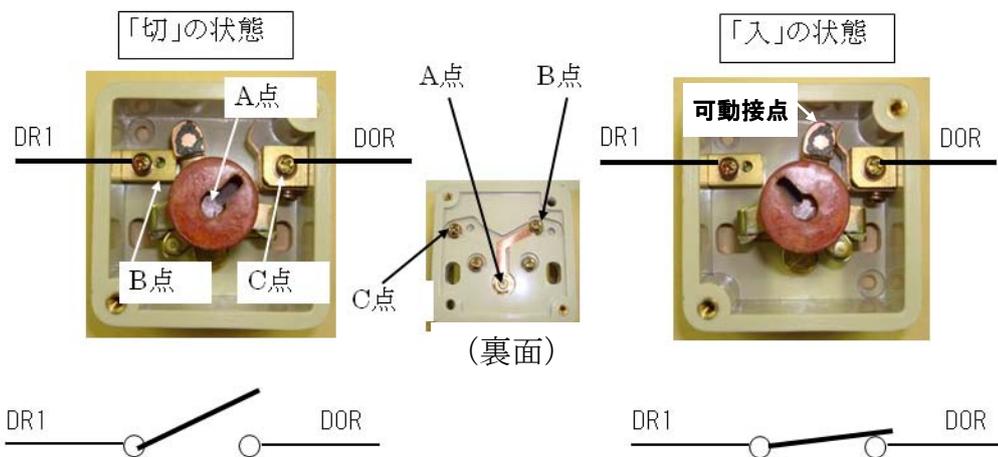
付図4 戸閉表示灯の取付け位置



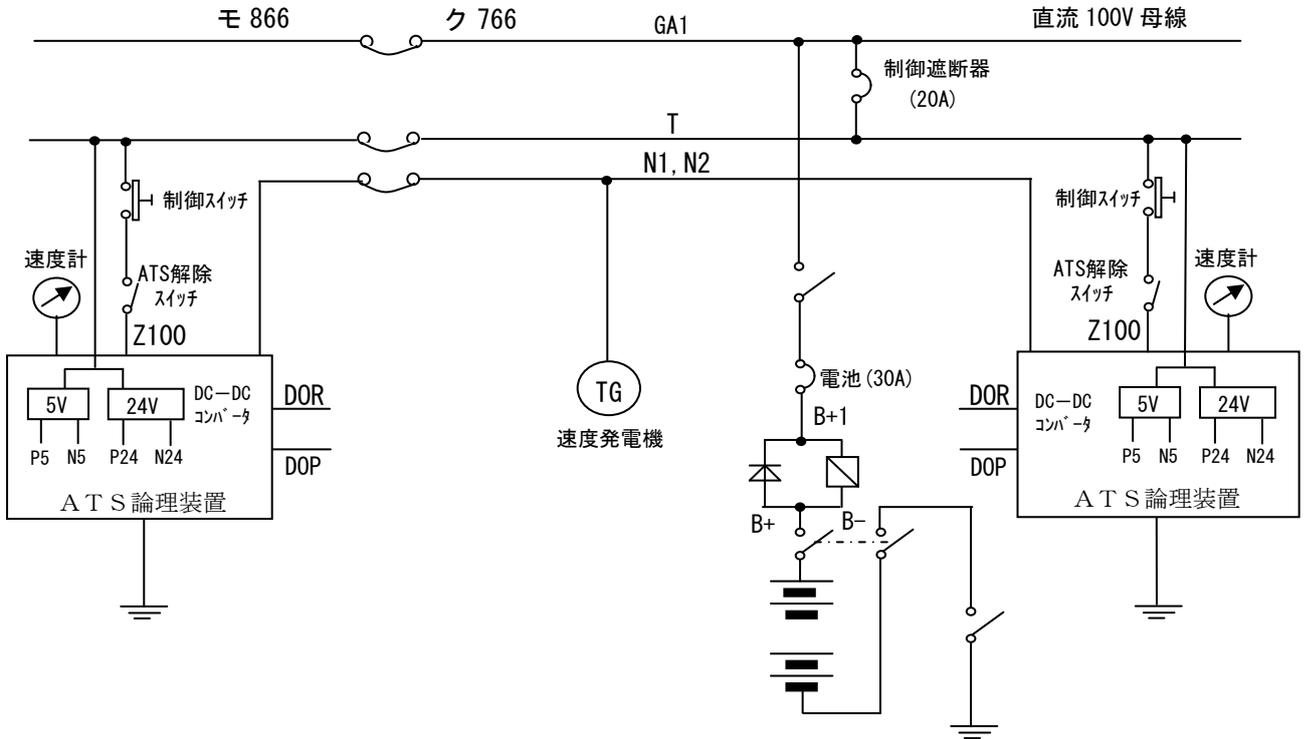
付図7 車掌スイッチ開ボタンの構造と作動機構



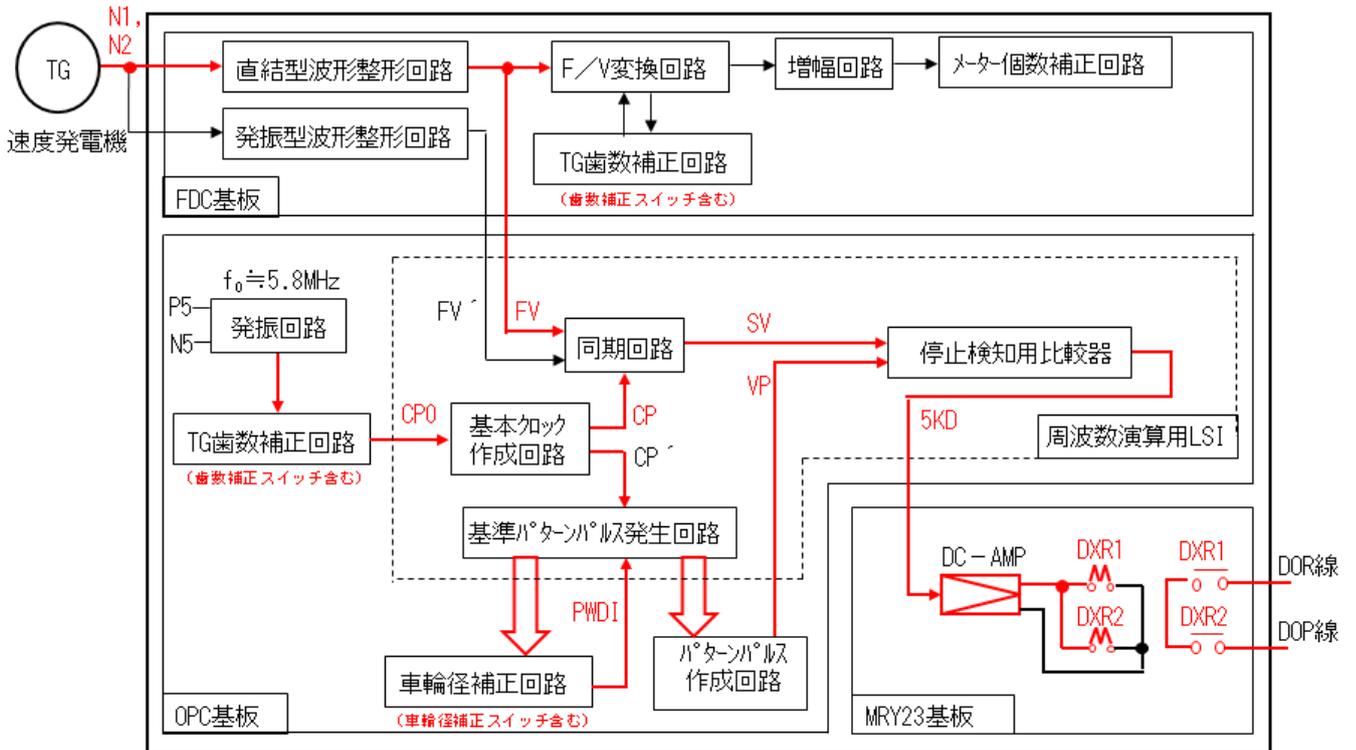
付図8 扉限定スイッチの構造と作動機構



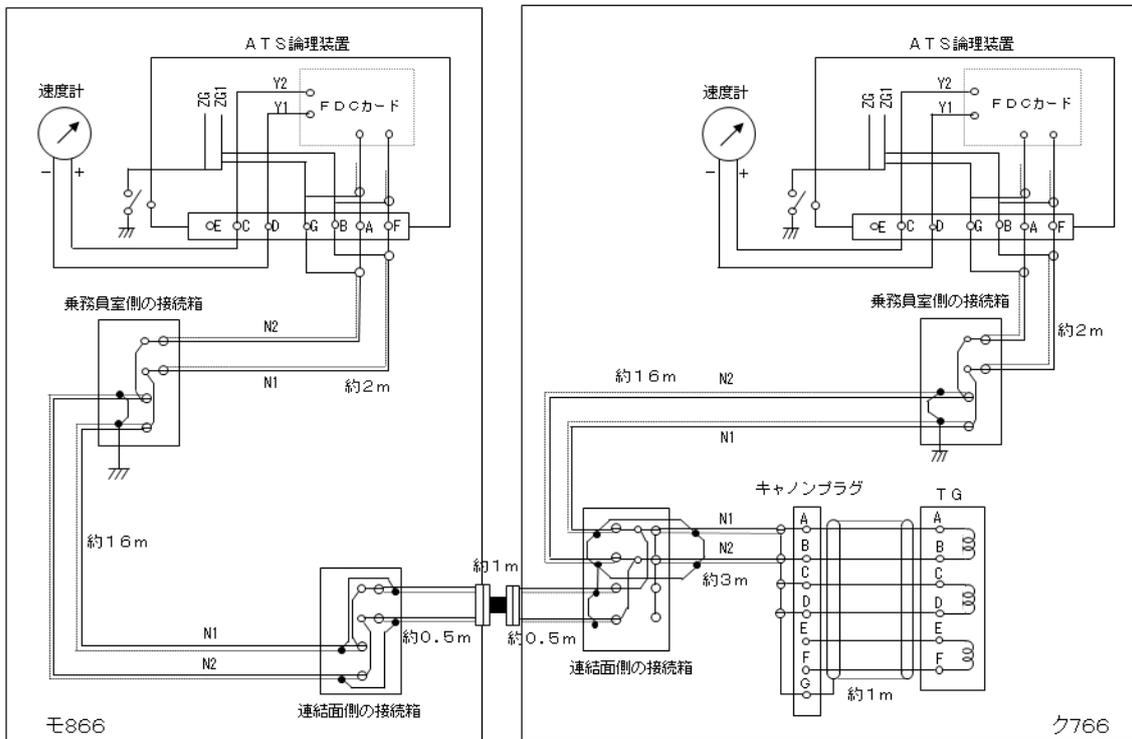
付図9 A T S 論理装置の車体配線との接続状態



付図10 A T S 論理装置（停止検知機能部分）ブロック図

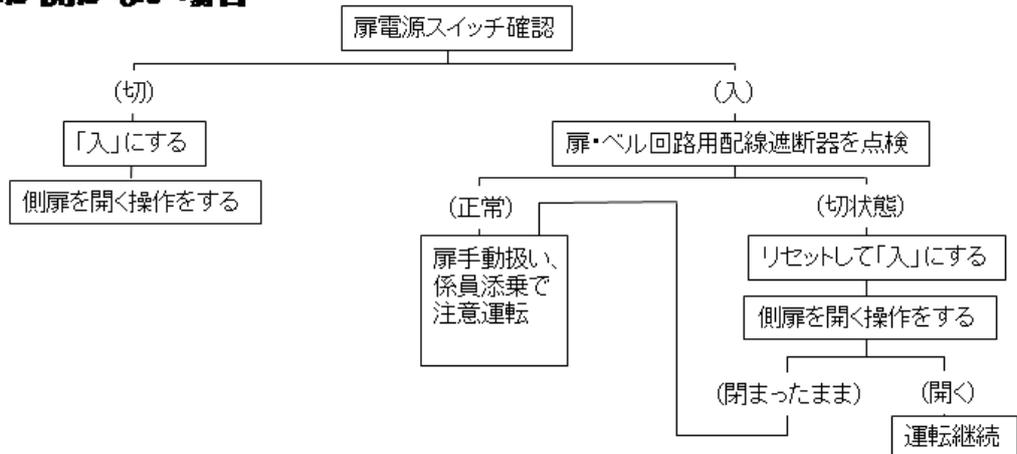


付図 1 1 速度発電機と A T S 論理装置との結線図



付図 1 2 点検カード「扉が開かない場合の取扱い」

全車両の扉が開かない場合



付図 1 3 側扉制御回路の変更

