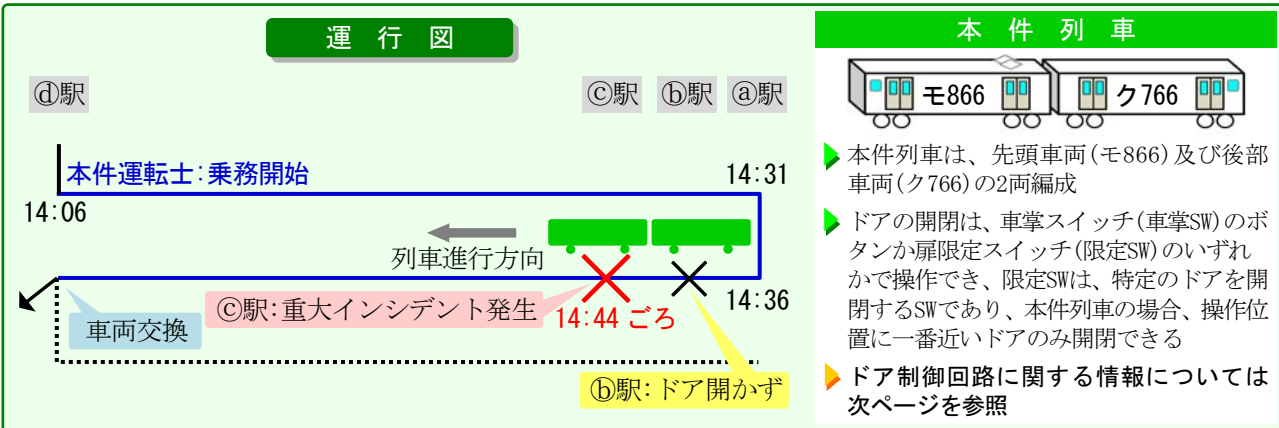


重大インシデント調査事例

扉制御回路の扉開指令が出力されたままの状態で行中、
駅停車直前に旅客用乗降扉が開いた事例

事例④

概要：①駅発①駅行きの本件列車(2両編成)は、平成21年5月1日(金)ワンマン運転により①駅を定刻(14時36分)に出発し、③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③駅に停止する直前に、ホームがない側である同列車右側の旅客用乗降扉(ドア)がすべて開いた。その後、同列車はドアの開閉を手動扱いにするとともに監視者を添乗させて①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、ドア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。



インシデントの経過	主な要因等
<p>14時36分</p> <p>本件列車(①駅行き)が、ワンマン運転により、①駅を定刻に出発</p> <p>③駅に定刻に到着</p> <p>ホーム側となる右側の限定SWを「開」操作したが、列車最前部右側のドアが開かず</p> <p>試しに車掌SWの開ボタンを操作したが、右側ドアは開かず</p> <p>点検カードに従って、扉電源SW及び扉・ベル回路用配線遮断器(扉・ベル遮断器)の確認を行ったが異常は確認できず</p> <p>後部車両と先頭車両の限定SW及び車掌SW開ボタンを操作したが、右側ドアは開かず</p> <p>手動扱いでドアを開閉し、乗客が乗降</p> <p>指令に連絡し、「注意運転で運転を継続して下さい」との指示を受ける</p>	<p>③駅は、限定SWを操作する駅となっていた</p> <p>扉電源SW、扉・ベル回路用配線遮断器とも「入」状態であり、扉電源表示灯(扉電源スイッチが「入」状態の時に点灯)も正常に点灯していた</p> <p>右側戸閉め電磁弁が動作しなかった</p> <p>ATS論理装置の停止検知回路に異常な出力が発生しており、列車の速度が同装置の停止検知機能の設定速度(※1)以下(駅停車中)にもかかわらず、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く状態となった</p>
<p>14時40分ごろ</p> <p>③駅を約2分遅れて出発</p>	<p>詳細は「重大インシデント等の発生の経過に関する分析」及び「ATS論理装置に関する分析」(18ページ)を参照</p>
<p>14時44分ごろ</p> <p>③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、突然客室の方からドアが開く際に発生する「ガラガラ」という音を聞く(速度は体感で5km/h)</p> <p>列車停止後に、③駅ホームと反対側である右側のドアがすべて開いているのを確認</p> <p>乗客の中に転落者がいないことを確認後、各車両の扉解除SWを「切」操作したところ右側のドアが閉まる</p> <p>指令に連絡後、乗客の乗降を手動扱いとして注意運転で運転を継続し(途中助役が添乗)、①駅で車両を交換</p>	<p>※1 停止検知機能の設定速度(停止検知速度)は、速度上昇時は10.7±0.5km/h、速度降下時は9.9±0.5km/hとしていた</p> <p>本件列車は、Ry2Rリレーが自己保持状態のまま③駅を出発した</p> <p>③駅出発から③駅到着直前までの間に、ATS論理装置の停止検知回路に発生していた異常な出力が消滅した</p> <p>本件列車の速度がATS論理装置の停止検知速度以下となり、開いていた扉開放リレーの接点が開いて、右側戸閉め電磁弁が動作し、右側ドアがすべて開いた</p> <p>詳細は「重大インシデント等の発生の経過に関する分析」(18ページ)を参照</p>

ドア制御回路に関する事実情報

《右側ドアの開閉に関する回路について》

▶ 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 線は活線状態となり、さらに扉電源 SW を「入」操作すると、扉指令電源線(DOR 線)が 100V 加圧されるため、それぞれの乗務員室から、車掌 SW 及び限定 SW の操作を行うことが可能になる(回路図 — 線)

◆車掌 SW でドアを開く場合

▶ キーSW と車掌 SW の開ボタンを操作すると、扉開指令線(DRA13 線)に 100V が印加され、扉制御リレー盤箱内に収められているリレーである Ry2R と Ry3R が順番に動作し、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ドアが開く(回路図 — 線)

※ Ry2R が動作する回路には、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、ドアは開いた状態を維持する

◆限定 SW で特定ドア開く場合

▶ 限定 SW は、鍵穴に差し込んだ車掌キーを操作すると接点が閉じ、扉限定リレーが動作して、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(回路図 — 線)

◆ドアを閉める場合

▶ キーSW と車掌 SW の閉ボタンを操作すると、扉閉指令線(DRA21 線)に 100V が印加されるため、扉制御リレー盤箱内に設けられているリレーである Ry1R が動作し、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ドアが閉まる(回路図 — 線)

◆負極側回路について

▶ 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 SW との間に接続されているため、扉開放リレー(後述の「扉保安に関する回路について」参照)の動作状態にかかわらず接地される回路になっている(回路図 — 線)

▶ 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 SW 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(回路図 — 線)

《扉保安に関する回路について》

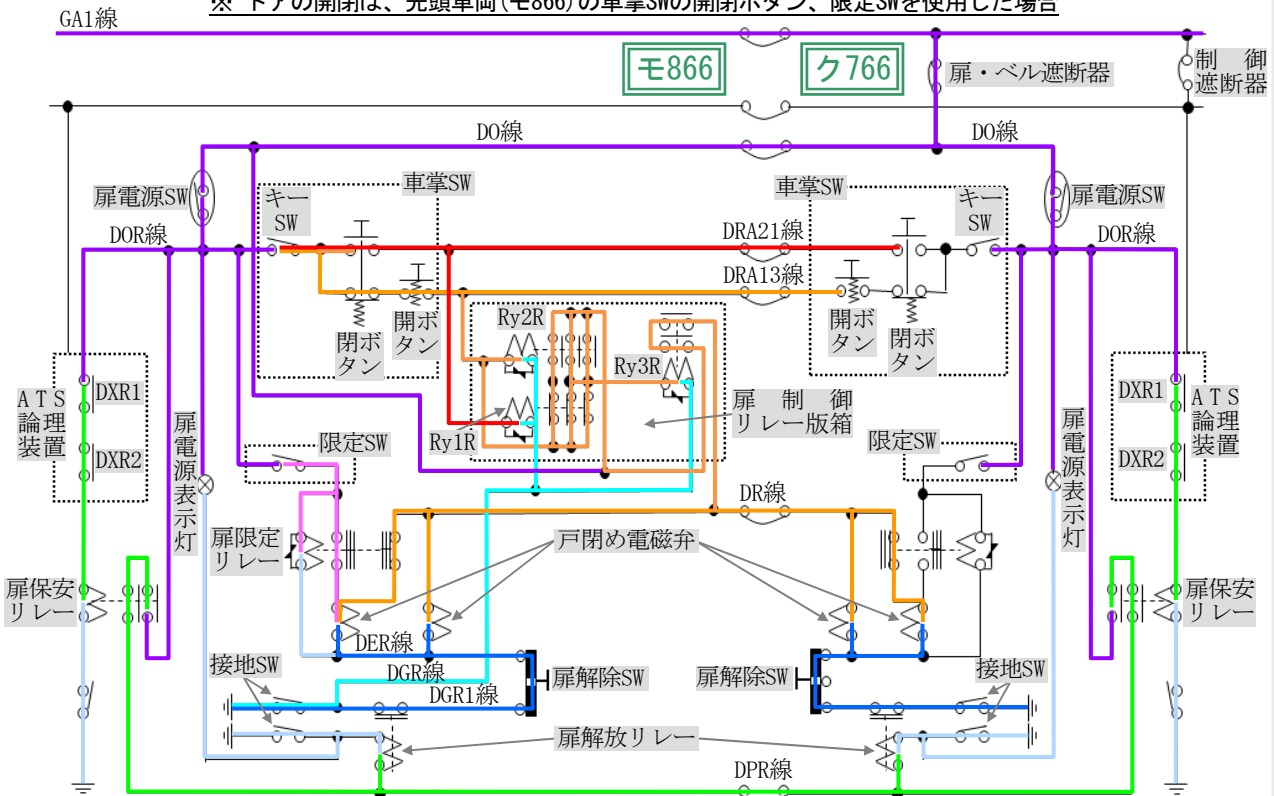
▶ ドア制御回路には列車の走行中に列車乗務員が誤って開ボタンを操作した場合や 100V 加圧線が DRA13 線や DR 線に混触した場合でも、列車の速度が ATS 論理装置の停止検知速度以上であればドアが開かないように制御する扉保安に関する回路が組み込まれている

◆列車の速度が『停止検知速度』以上となった場合

▶ ATS 論理装置内の停止検知回路で、信号が出力状態となり(列車が走行状態にあることを表す)、同装置内のリレーである DXR1 及び DXR2 が動作し、その結果、扉保安リレーが動作して、扉開放リレー指令線(DPR 線)に 100V が印加され、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、戸閉め電磁弁への 100V 印加を阻止してドアが開かないようにする(回路図 — 線)

ドア制御回路図(右側ドアに関する回路部分の抜粋)

※ ドアの開閉は、先頭車両(モ866)の車掌SWの開閉ボタン、限定SWを使用した場合



重大インシデント等の発生の経過に関する分析

本件列車の状況

ATS論理装置の停止検知回路に異常な出力が発生

列車の速度がATS論理装置の停止検知速度以下にもかかわらず扉開放リレーの接点が開いたままとなった

右側戸閉め電磁弁の正極側が印加されても、負極側の回路が構成されず、同電磁弁が動作しない状態

⑥駅で、限定SW、車掌SWを扱ってもドアが開かなかった

⑥駅で、点検カードに従って、扉電源SW及び扉・ベル遮断器の確認を行い、車掌SWの開ボタンを操作したが、同SWの開ボタンを操作せず、手動で開閉を行った

本件列車は、Ry2Rが自己保持状態のままとなり、右側戸閉め電磁弁の正極側であるDR線は加圧状態を維持したまま、⑥駅を出発した

⑥駅出発から⑨駅到着直前までの間に、ATS論理装置の停止検知回路に発生していた異常な出力が消滅

ATS論理装置の停止検知機能が正常になった

⑨駅に停車するためブレーキ操作を行っていたとき、列車の速度がATS論理装置の停止検知速度以下となって、右側戸閉め電磁弁が動作し、右側ドアがすべて開いた

ドア制御回路等

- 戸閉め電磁弁と扉開放リレーの間に接続されている負極側回路である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
- 扉制御リレー盤箱内のリレーであるRy2R及びRy3Rの負極側回路であるDGR線は、常時「入」である接地SW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

- 列車の速度が上昇してATS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
- 車掌SWの開ボタンが操作され、Ry2Rが一旦自己保持状態となった場合は、車掌SWの開ボタンを操作しない限り、列車の速度に関係なくRy2Rの自己保持状態が継続して、戸閉め電磁弁の正極側であるDR線は加圧状態を維持する

本件鉄道事業者が定めた点検カードの「扉が開かない場合の取扱い<ワンマン車両>」には、車掌SWの開ボタン操作について記載されていなかった

- 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って接点が閉じ、戸閉め電磁弁の負極側の回路が構成されて、同電磁弁が動作し、ドアが開く

ATS論理装置に関する分析

▶ 本件車両の停止検知機能は、基本的には、ク766に取り付けられた速度発電機(※2)から出力される走行速度に応じた交流電圧をもとに、ATS論理装置内で、列車速度に対応するパルス及び停止検知速度に対応するパルスを生成し、それぞれの周波数(列車速度及び停止検知速度に相当)を比較して行われ、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、ATS論理装置内の停止検知回路からの信号が出力状態となり、同装置内のリレーであるDXR1及びDXR2を動作することにより扉開放リレーの接点が開き、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

※2 速度発電機(TG)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

⑥駅に停車中にもかかわらず扉開放リレーの接点が開いたことについては、ドア制御回路の扉保安に関する回路の構成機器(扉保安リレー、扉開放リレー)や配線には異常がなかったことから、ATS論理装置の停止検知回路に異常な出力が発生した可能性がある

ATS論理装置内部の回路について調査した結果、異常はなかった

ATS論理装置に入力する速度情報について調査した結果、TGからATS論理装置に入力される交流信号の波形に、同装置内のパルス変換回路の検知レベルを大きく超過した値が確認された(同値の継続時間は1μ秒以下と短かった)

ATS論理装置の停止検知回路には、このような状態が一定時間継続しなければ信号が出力状態にならないよう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

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、ATS論理装置内のパルス変換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、停止検知回路から異常な出力が発生する可能性があるが、このようなノイズは、短時間で収束するサージである可能性は低く、本件列車が直並列抵抗制御式車両であることから、本件列車の車体がノイズ源である可能性は低い

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ATS論理装置に入力された可能性が考えられる

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ことなどから、
ノイズ源を明らかにすることはできなかった

走行中にドアが開いた場合の異常把握手法に関する分析

走行中にドアが開いた場合は、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り、このような事態は、戸閉表示灯(※3)の滅灯によって把握されるのが好ましいと考えられますが、報告書では、本件編成の戸閉表示灯の設置位置では、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困難であると推測しています。また、報告書では、異常を把握するための情報の内容として、列車速度が停止検知速度以上の場合に点灯する表示灯の設置等についても触れています。

※3 戸閉表示灯とは、運転士がドア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、列車内のすべてのドアが閉まっている場合のみ点灯する

本件鉄道事業者(同社)の内規においては「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」とされていた

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、戸閉表示灯は前方注視中である運転士の視界から外れる可能性がある

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

本重大インシデントにおいて、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、側扉が開く際音によって側扉が開いたことを察知した



【異常を把握するための情報の内容について】

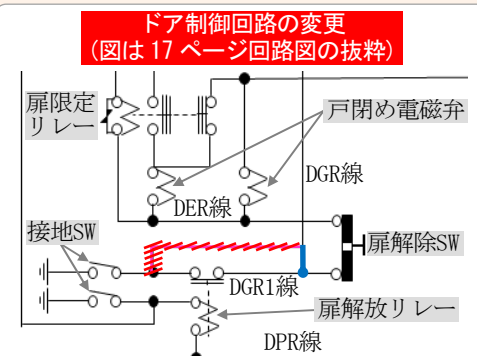
本件編成には列車速度が停止検知速度以上の場合に点灯する表示灯が設けられていないため、運転士は①駅における異常の状況をより詳細に把握できず、その後の機器の操作や原因調査に有益な情報を得ることができなかった可能性があると考えられる。また、速度計の指示状態を確認することにより、ほぼ同様の結果が得られた可能性が考えられる。今回のATS論理装置のように半導体素子を使用した装置の誤動作は一過性で再現しないことが多いことに加え、本件編成には運転状況記録装置も搭載されていないため、上述したような表示灯や取扱いを異常時の確認内容として点検カード中に追加するなどして、その取扱いについての指導がより深められることが望ましいと考えられる。

再発防止に向けて

当委員会は、同種インシデントの再発防止の観点から、次のとおり分析しています。

同種インシデントの再発防止に関する分析

- ◆ 本重大インシデントは、Ry2Rが自己保持状態のままで①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う取扱方法の変更や、右図に示すように、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Ry2R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ATS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。



※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上記変更のための改修作業を完了した(赤の配線を青の配線に変更)

本事例の調査報告書は当委員会ホームページで公表しております。(2010年6月25日公表)

<http://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/raillway/serious/RI10-1-1.pdf>

事故防止分析官の

ひとつ

本重大インシデントのドア制御回路では、ATS 論理装置の停止検知機能が動作しても、戸閉め電磁弁の正極側回路が加圧したままの状態を維持するよう構成されていました。ATS 論理装置の停止検知機能を含む扉保安に関する回路は、走行中にドアが開く事態を防止するための重要かつ有効な機能となりますので、その回路構成にあたっては細心の注意が必要です。