

鉄道重大インシデント調査報告書

I 豊橋鉄道株式会社渥美線豊島駅～神戸駅間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)

II 九州旅客鉄道株式会社大村線彼杵駅～川棚駅間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)

III 長崎電気軌道株式会社大浦支線大浦海岸通り停留場～大浦天主堂下停留場間における鉄道重大インシデント

(「本線路を運転する車両が停止信号を冒進し、他の車両の進路を支障した事態」及び軌道事故等報告規則第2条第7号の「前各号に掲げる事態に準ずる事態」に係る鉄道重大インシデント)

平成22年10月29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」

I 豊橋鉄道株式会社渥美線豊島駅～神戸駅間における
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：豊橋鉄道株式会社

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10月2日 8時35分ごろ

発生場所：愛知県田原市

渥美線 豊島駅^{としま}～神戸駅間^{かんべ}（単線）

新豊橋駅起点16k528m付近

平成22年9月27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

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

豊橋鉄道株式会社の渥美線^{みかわたはら}三河田原駅^{しんとよはし}発新豊橋駅行き3両編成の上り第84列車は、平成21年10月2日（金）、神戸駅を定刻（8時34分）に出発した。神戸駅～豊島駅間を走行中、列車の運転士は車掌から旅客用乗降扉が開いているとの報告を受けたため、直ちに非常ブレーキを使用し列車を停止させた。停止後、確認したところ先頭車両の左側前寄り（前後左右は列車の進行方向を基準とする。）の旅客用乗降扉が開いていたため、施錠する処置を行って運転を再開した。

同列車は引き続き高師駅^{たかし}まで営業運転を行った後、車両基地に入庫した。

なお、列車には乗客約60名及び乗務員2名が乗車していたが、旅客用乗降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」であって、列車の走行中に客室の旅客用乗降扉が開いたものであり、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10月2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調査の支援のため、職員を現場に派遣した。

1.2.2 調査の実施時期

平成21年10月 3日、 4日	車両調査及び口述聴取
平成21年10月13日	口述聴取

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、豊橋鉄道株式会社（以下「同社」という。）の三河田原駅発新豊橋駅行き3両編成の上り第84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。）、本件列車の車掌（以下「本件車掌」という。）及び運転指令の口述によれば、概略次のとおりであった。

(1) 本件運転士

三河田原駅で折り返して本件列車となる新豊橋駅7時42分発三河田原駅行き第75列車に乗務し、定刻（8時20分）に三河田原駅に到着した。三河田原駅で折り返しするために運転台を移動した際には、旅客用乗降扉（以下「ドア」という。）に異常は認められなかった。

本件列車は、三河田原駅で旅客の乗車終了ののち、戸閉め表示灯¹が点灯したことを確認して、定刻（8時32分）に出発した。

¹ 「戸閉め表示灯」とは、運転士にドアの開閉状態を知らせる表示灯をいい、すべてのドアが閉じているときに点灯し、ドアが1ヶ所でも開いているときに消灯する。

次の神戸駅も異常なく定刻（８時３４分）に出発し、豊島４号踏切（新豊橋駅起点１６ｋ５１８ｍ、以下「新豊橋駅起点」を省略。）手前辺りを運転していた際、車内巡回していた本件車掌が乗務員室に入ってきて「ドアが開いている」と言ったので、それを聞いて直ちに非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

停止後、確認したところ、‘先頭車の前寄り左側のドアの向かって左側のドア’（付図３参照、以下「本件ドア」という。）が開いており、手で押すと本件ドアは抵抗なく動く状態であった。

そのため、本件ドアを手で閉じた後施錠し、運転を再開した。なお、運転台の戸閉め表示灯は、ドアが開いている間も点灯していた。

このため、運転指令に列車無線で「走行中本件ドアが開いたため施錠したこと」及び「戸閉め表示灯が点灯していたこと」を報告した。運転指令からは、「本件車掌に本件ドアを注意させるように」との指示を受けた。

その後、運転指令から高師駅で車両交換するという連絡があったため、定刻の８時５８分に到着した高師駅で本件列車から降りて、乗務が終了した。

(2) 本件車掌

本件運転士と同じく、第７５列車に乗務したときは、ドアに異常は認められなかった。

本重大インシデントが発生した直前の神戸駅及びその前の三河田原駅では列車左側にホームがあり、ドアを閉めた後の出発確認時にはすべての車側灯が消灯していることと、異常がないことを確認している。

次の豊島駅は無人駅のため駅の出口に近い方で集札する必要があったため、神戸駅を出発後、先頭車両の方に向かって巡回しつつ移動した。この時、各車両には２０名程度の乗客があったが、立っている乗客もちらほらと見えた。

先頭車両の真ん中辺りに来たときに、本件ドアが「ガラーン、ガラーン」という感じで開いたり閉まったりしているのに気付いたため、急いで運転室の本件運転士にドアが開いている旨を申告した。本件運転士は直ちに非常ブレーキを掛け、自分も車内放送で非常ブレーキが掛かるので注意するようにとの案内を行った。停車後、本件運転士とともに本件ドアが開いている状態を確認し、手動で閉じた後、施錠してから運転を再開することとした。

このため、車内放送で、ドア故障が起きて停車したことと、応急措置を行って運転再開することと、危険なのでドア付近に近寄らないよう乗客に伝えたあと、車内巡回に戻った。

その後、列車内で通常の業務を行いながら、時々、本件ドアの方に注意を払っていたが、^{おおしみず}大清水駅で朝の改札の業務を終えて便乗してきた助役が本件ド

アの監視を申し出たのでお願いした。

なお、本件運転士にドアが開いていることを連絡しに行こうとした際、座席にいた1人の乗客からドアが開いている旨の声を掛けられていたため、ドアの処置後この乗客にいつから開いていたかを尋ねたところ、「分からないが、ドアの方を見たら開いていた」という回答があった。

(3) 運転指令

本件運転士から8時40分少し前に列車無線で「走行中ドアが開いたので開かないように鍵を掛けたこと」と「戸閉め表示灯が点灯していた」との報告があった。戸閉め表示灯が点灯したままの状態であったならば、ドアは大きく開いていないものと考え、本件運転士に「ドアのところで本件車掌に気を付けさせるように」と指示をした。

そのあとすぐ車両区に列車のドアが開いたことと、その際戸閉め表示灯が点灯した状態であったことを連絡した。次に、列車無線で本件運転士を呼び出して、高師駅で本件列車は車両交換する旨を指示するとともに、故障したドアの位置を確認した。その後、本件列車の乗客を救済するため別の列車の手配等を行った。

後日、同社が車掌に声を掛けた乗客から当時の状況等を改めて確認したところ、概略次のとおりであった。

当日は、豊橋にある会社に出勤するため三河田原駅で乗車し、本件ドア反対側のベンチシートに座って手荷物の整理を行っていた。神戸駅を出発後すぐに、本件ドアが全部開いていた状態であったため、本件車掌にその旨の声を掛けた。ただし、三河田原駅出発時も含め、本件ドアがいつから開いていたのかは分からない。

なお、本重大インシデントの発生場所及び時間は、運転士が制動を開始した16k528m付近及び8時35分ごろと思われる。

(付図1 渥美線路線図、付図2 本重大インシデント現場付近地形図、付図3 本件ドアの車両内位置図、付図4 本重大インシデント現場付近線路状況 参照)

2.2 鉄道施設及び車両等に関する情報

2.2.1 鉄道重大インシデント発生現場に関する情報

本重大インシデントが発生した神戸駅～豊島駅間(約1.5km)は、緩急のこう配が連続する区間であり、さらに左右に半径300～400mの曲線が続いている。

(付図4 本重大インシデント現場付近線路状況 参照)

2.2.2 鉄道施設

渥美線は、新豊橋駅～三河田原駅間（単線）を結ぶ営業キロ18.0km、駅数は16駅（1面1線の駅は6駅。終日無人駅は10駅）の全線単線の路線である。

本列車については三河田原駅から神戸駅までは、ホームは列車の左側に位置している。

2.2.3 車両

2.2.3.1 概要

車種	直流電車（1，500V）
編成両数	3両
編成定員	420名（座席定員144名）
記号番号	1800系



本件列車は、他の鉄道事業者で使用していた車両（昭和42年新製）を、平成12年に同社が購入したものである。

2.2.3.2 検査歴

使用開始	平成12年12月22日
全般検査	平成20年 3月11日
月検査	平成21年 9月 9日
列車検査	平成21年 9月30日

戸閉め装置（2.2.4 参照）について、全般検査では、車体から外し分解検査を行っているが、検査記録には異常は記録されていない。また、月検査では、機構が目視できる状態で割りピンの有無及びドア関係の機能良否等の確認を行っているが、異常があったとは記録されていない。

また、列車検査で行っている戸閉動作及び機能の確認においても、異常があったとは記録されていない。

なお、当日の出庫点検でも異常はなかったとのことであった。

2.2.4 ドアに関する情報

本件列車のドアは、両開き引戸で車両片側に3ヶ所ずつ設置されている。ドアは、戸開電磁弁、戸閉電磁弁を通った圧縮空気を動力として開閉する構造となっている。

なお戸開電磁弁は、電圧（+100V）が加えられた間だけ、ドア開側に圧縮空気を送る。

(1) ドアを開閉する装置の概要

乗務員室に設置されている「乗務員が操作する機器」と「個別のドアに設置されている「ドアの開閉を行う装置」（以下「戸閉め装置」という。）から構成されている。

この乗務員が操作する機器については、最前部車両、最後部車両のいずれからでも操作が行える構造になっており、駅によっては、運転士がドアの扱も行っている。

なお、戸閉め装置は各々のドア上部の鴨居部分^{かもい}に設けられている。

(2) ドアの構造

① ドア支持方法等

ドアは、付図5に示すように鴨居部分に納められたレールに戸車により懸垂した状態で取り付けられ、ドア本体が開閉の際、上下に動かないようにするためのガイドローラーが取り付けられている。

② 戸閉め装置

圧縮空気で動くドアエンジン²が、付図5のように車体に取り付けられている。

ドアを動かす力は、ドアエンジンから連結金具、連結ピン、連結板、ドアの順に伝わっていく構造になっている。

また、ドアエンジンのピストン棒が動く範囲を直接制限するような案内・レール等は設けられていない。

本件ドアエンジンには、可動するピストン棒等とシリンダーの隙間に空気が漏れないようにするためのゴム製の部品が挟み込まれているため、ピストン棒の先端がピストン棒の軸方向から多少振れても、それによって生じるゴム部品の変形が許容範囲に収まるならば作動する。

(3) 戸閉めスイッチ関係

両開き式ドアの片側のドアの連結板が戸閉めスイッチを押すことで、ドアが閉まったことを検知する仕組みであり、スイッチを作動させる方のドアの連結板が正常に動けば車側灯が消灯し、運転士知らせ灯が点灯する。

通常はドアエンジンによって両側のドアが同期して動くようになっているため、両側のドアが開いた状態は、片側のドアに設けられた戸閉めスイッチの働きで検出ができる。

² 本件列車のドアエンジンでは、圧縮空気の力でドアを動かす力を発生させる部分と両側のドアを同時に動かすために動作方向を変換させる機構部分が一体となっている。

ただし、このような構造から、戸閉スイッチとリンクしていない反対側のドアの連結ピンが抜けた場合には、ドアが走行中に開閉してもそれを電氣的に検出することはできない。本件ドアでは、以下(4)に記述するとおり連結ピンが無くなっていたことから、その開閉状態を検出することはできなかった。

(4) 連結ピン

連結ピンは、ドアエンジンとドアをつなぐ、直径約1cm、長さ約2.5cmの円柱状鋼棒に脱落防止用の割りピンを入れるための穴が開いた部品で、受注生産品である。

本重大インシデント発生直後に同社が確認した際には、連結ピンとこれを止める割りピンが無くなっており、本件ドアは手で動かせる状態であった。その後、後述2.6.2の調査の過程で、紛失していた連結ピンと割りピンの一部が車内で発見された。

なお、本重大インシデント発生後、調査前に同社により、本件ドアに新品の連結ピンと割りピンが取り付けられていた。

(付図5 本件ドア概略図、付図6 本件ドアの戸閉スイッチと戸閉回路の動作、付図7 ドアエンジン接合部の組立(概念)、写真1 本件ドアの連結板と本件連結ピンの状況、写真2 本件ドアのドアエンジン接合部のはめ合わせ状態 参照)

2.3 乗務員等に関する情報

本件運転士 男性 24歳

甲種電気車運転免許

平成17年12月20日

本件車掌 男性 20歳

運転指令 男性 44歳

2.4 気象等に関する情報

当時の現場付近の天気 雨

2.5 戸閉め装置の保守基準等

同社の本件ドアで使用している戸閉め装置メーカーが作成した戸閉装置の検査・修理限度表には、ドアエンジンを車体から取り外して分解検査を行う際に圧縮空気での力を発生させるピストン、シリンダー部分の内径、外径の標準値とその限度値や軸の曲がり限度や歯車軸の外径限度等が記述されている。

ただし、連結板、連結ピン及び連結金具の部品に関しては、使用の可否を判断する

限度値等を定めていない。

2.6 事実を認定するための調査及び試験

2.6.1 本件ドアの作動状況等の調査

本重大インシデント発生後、同社の車両基地で車両を調査した。

レール部及びドア下端部ガイドレール部について、変形、動作時振動・異音等の有無、他部位との接触状態等を確認したが、異常は認められなかった。

本件ドアの開閉確認を行ったが、開閉に伴う振動、音等に異常は認められなかった。

なお、本重大インシデント発生時、同社がいったん本件ドアを取り外しているが、戸閉め装置本体の取り付け状態が変わるような力を加えていないこと、及び本件ドア再取り付け時に取り付け状況が変わる調整部材の追加・取り外しを行っていないとの報告が同社からあったことから、機械装置の接続・稼働等の状況については、本重大インシデント発生時の状況がほぼ保存されていると考えられる。

また同社によると、この本件ドアは、前回の全般検査以降おおよそ1年半使われている。

(付図5 本件ドア概略図 参照)

2.6.2 本件ドアの戸閉め装置周辺部分（連結板）の調査

ドアエンジンからの力は、連結金具、連結ピン、連結板を介して本件ドアへ伝わる構造になっているため、構成するそれぞれの部分について調査を行った。

2.6.2.1 連結板

連結板は、写真1のように連結ピン用の角丸長方形（縦長）の穴（以下「連結板穴」という。）が開けられた厚さ約5mmの鉄製の板である。連結板は、付図7のように、連結ピンの円柱形状の円周部分が連結板穴に当たるように使われる。このとき穴内の連結ピンは上下方向の遊びを持つことになるため、ドアの上下動等がドアエンジンに直接伝わらないようになっている。

連結板穴は下半分については写真1の部分拡大写真のように変形している。

なお、ドアエンジンが作動していない状態（ピストン棒の伸縮する軸方向以外に力が働いていない状態のこと）での連結ピンと連結板穴のはめ合わせ状況については、写真2のAとほぼ同倍率同角度で別途撮影された写真2のBとを対比すると、連結ピンの位置は写真2のCの破線の円で示す位置にあることがわかる。このことから、ドアエンジン取り付け時の収縮させた時点では、連結ピンは連結板穴の下方には接触してないことが確認できる。

2.6.2.2 連結ピン

同社によると、本件車両の使用の開始から本重大インシデント発生に至るまで、本件ドアの連結ピンを交換した履歴はないとのことであった。

また、同社によると、保有車両の連結ピンが全体に摩耗していたため交換が必要と判断して、平成20年8月に交換用連結ピンを購入したとのことであった。

(1) 連結ピンの発見状況

本件車両を調査したところ、連結ピンが本件ドア戸袋の中の高さ約1.7m、戸袋口からおよそ20～30cm奥の位置で発見された。(以下「本件連結ピン」という。)

なお、ドア上方の戸袋との隙間は1.5cm程度であるため、人の手が容易に入る場所ではない。

(2) 本件連結ピン形状

本件連結ピンは写真1のBのように全体に発錆しているものの、表面はなめらかであった。中央部の連結板が当たっていると思われる部分が、全周にわたって凹んでいるほか、その凹みの両端部はなだらかな凸部となり、更に連結ピンの両端部に向かって凹んでいる。

また割りピン差し込み穴開口部については、新品の連結ピンでは、ドリルで開けたような丸い穴であるにもかかわらず、発見された本件連結ピンでは変形し、円柱周方向にやや伸びたようになっている。

割りピン穴内部のせん孔加工時の切削時の跡は、本件連結ピンの円柱周方向に合致する方向のものについては、摩滅してなくなっている。

なお、本件連結ピン発見時、表面へのほこりのたい積等は認められなかった。

(3) 本件列車の他連結ピンの形状等

本件列車の本件ドア以外から取り外した連結ピンについても、本件連結ピンと同じように、すべて中央部に凹みが認められた。この凹みについては、連結ピンの中心軸を挟んだ対称位置の2箇所が顕著に減っているもの(中心軸に垂直な断面が楕円形様となっている。)と、ほぼ全周にわたっているように見られるものがあった。

2.6.2.3 割りピン

割りピンは、呼び径3.0mmのSUS304の鉄製で、ドアエンジン側の連結金具に固定されているため、自然に脱落することはない。

なお、同社によると割りピンの再使用はしていないため、取り外す都度新品に交換しているとのことである。

(1) 割りピンの発見状況

割りピンの所在を確認するために本件ドアを外した際に、くの字形に曲がった割りピン切片1本（以下「本件割りピン」という。）を発見した。

なお、このドアを外す前に床下、座面、及びその下、並びに戸袋の中の床面に割りピンが落ちていないことを確認している。

(2) 本件割りピンの形状等

写真4のようにくの字型に曲がった割りピンの足部分のみが発見された。同社によると、「発見した際には、その表面にはほこりのたい積等はなかったもので、脱落してから間もないと思った」との報告があった。

また、発見された足部分が本件ドアで用いられていたとすると、その長さや形状から、割りピン足先から「連結ピンと連結金具とのすり合わせ面（写真4の連結ピン穴に当たる部分の下側）」付近までの長さとはほぼ一致する。

なお、同社では、割りピンを当該形状、寸法に加工して用いることはないことを説明している。

(3) 本件列車他ドアの割りピンの形状等

本件列車に用いられていた部品は本重大インシデント調査の時点ではすべて交換されていたため、詳しい情報は得られなかった。

2.6.2.4 連結金具

ドアエンジンの組み立て状態を表す図では、連結ピンを入れる穴の直径は10mmとなっている。

(1) 確認時の形状

割りピンが取り付けられる連結ピン穴のドアが動く方向の直径は約10.6mm、それと直角の方向では10.4～10.6mm程度となっている。

(2) 連結金具と連結ピンのはめ合わせ状況

割りピン穴のドアが動く方向の直径は約3.5mm、それと直角の方向では約3.4mmとなっている。

本件連結ピンに本件割りピンと同じ呼び径である3.0mmの新しい割りピンを挿入し割らずに試験を行った際、ドアエンジンに圧縮空気を供給せずにドアが手で自由に動かせる状態の時は、割りピンは抵抗なく抜くことができた。しかし、通常の使用状態のようにドアエンジンに圧縮空気を供給してドアを閉めた時は、ドアを閉じる際の力の一部が加わるため割りピンを引き抜く際抵抗が生じていたものの、手で抜くことは可能であった。

(付図5 本件ドア概略図、付図6 本件ドアの戸閉スイッチと戸閉回路の動作、付図7 ドアエンジン接合部の組立（概念図）、写真1 本件ドアの連結板と本

件連結ピンの状況 参照)

2.6.3 割りピンを付けずにドア開閉を行った際の連結ピンの状態確認試験

本件ドアの連結ピンにどのような力が働いているかを確認するため、本重大インシデント発生時に使用していた連結金具、連結ピンを使用し、“正常な取り付けから割りピンを抜いた”状態で当該ドアの開閉試験を行った。

なお、試験に用いた連結板は、本重大インシデント発生時に使われていたものと同じように穴が変形しているものを使用した。同時に、この試験により割りピンがなくなればただちに連結ピンが脱落するかどうかを確認する。

(1) 新品の連結ピンにおける状態

新品の連結ピンを用いてドア開閉試験を行った際に、連結ピンが数mm程度ずれる状態が認められた。

なお、本件ドアの連結ピン取り付け箇所には連結ピンが連結金具から抜け落ちるだけの空間的な余裕があり、今回、22回の開閉で連結ピンが1cm近くせり出してきたため、このまま開閉を継続すると脱落して回収できなくなる恐れがあることから、試験を中止した。

(2) 本件連結ピンにおける状態

本件連結ピンを用いてドア開閉試験を行った。

その結果、本件連結ピンが正規の位置から約1mm飛び出したり、引っ込んだりするが、次の開閉動作以降に元の位置に戻る様子が確認された。その後全部で100回開閉したが、この開閉試験では連結ピンが脱落するほどずれるような状態にはならなかった。

(3) 連結ピンに共通した状態

連結金具のピン穴に連結ピンを差し込んだ場合、新品及び使用済みのいずれの連結ピンでも車内から見て向かって右側に回転する傾向が認められた。

1開閉動作後に新品の連結ピンで90度、使用済みピンで30度近く右側に回転する場合もあった。

(写真3 ドア開閉試験 参照)

2.6.4 割りピン端面の観察 (本件割りピン及び未使用割りピン)

本件割りピンの両端面 (以下それぞれの端面を「割りピン端面1」、「割りピン端面2」という。写真4参照)、及び比較するために未使用の割りピンの端面 (以下「未使用ピン端面」という。) を、走査型電子顕微鏡 (以下「電子顕微鏡」という。) 及び光学顕微鏡を用いて観察した。

(1) 割りピン端面 1

目視及び光学顕微鏡を用いた観察では、割りピン端面部分等には、切断された際に見られる一定方向にそろって延びる傷等は認められなかった。

電子顕微鏡を用いた観察では、疲労破壊に特徴的なストライエーション様の模様が半円周付近に見られた。半円直線部分の上部縁付近では、引きちぎられたような様相がみられた。

(2) 割りピン端面 2

目視及び光学顕微鏡を用いた観察では、半円周方向から半円直線辺方向へそろって延びる傷が認められた。

(3) 未使用ピン端面

目視及び光学顕微鏡を用いた観察では、半円周方向から半円直線辺方向にそろって延びる傷が認められた。

(写真4 割りピンの状態、写真5 割りピン端面の顕微鏡写真 参照)

2.7 本重大インシデントと類似した車両不具合発生等に関する情報

同社によれば、過去において連結ピン又は割りピンに起因する車両不具合が発生したことはないということであった。

ただし、本重大インシデント発生1年くらい前から、連結ピンの摩耗を認識しており、全般検査等のタイミングで新品の連結ピンへの取り替えを順次実施していた。なお、本件列車については、連結ピンを購入する以前（平成20年3月）に全般検査を実施していたので、遅くとも平成24年3月の重要部検査時には交換を行う予定とのことであった。

3 分析

3.1 ドアが開いた状況に関する分析

2.2.4(4)に記述したように、本重大インシデント発生直後の確認では本件連結ピン、割りピンの所在が不明となっていたが、2.6.1に記述したように新しい部品を差し込んだドアの開閉試験では異常がなかったことから、この連結ピンの脱落によりドアが開いたものと認められる。

また、2.1(1)で運転士が本件ドアを「手で押すと本件ドアは抵抗なく動く状態であった」という口述も、連結ピンが脱落してドアエンジンとドアがつながっていない状況と一致する。

3.2 本件割りピンの観察から分かったこと

2.6.4(3)に記述した未使用ピン端面で観察された半円直線辺方向にそろって延びる傷が、2.6.4(2)に記述した割りピン端面2でも観察されたことから、この傷が割りピン製作の際に発生したこん跡であると考えられる。

また、2.6.4(1)で記述したように割りピン端面1に、使用過程で何度も力が加えられて破断するような疲労破壊に特徴的なこん跡が認められることから、使用過程で破断したものであると考えられる。

3.3 連結板穴の変形

2.6.2.1に記述したように連結板穴は下方及び左右方向にめくれたような変形が発生している。この箇所 contacts する部品はドア開閉時の力を伝える連結ピンのみであることから、ドア開閉時の力によって変形したものと推定される。

3.4 本件連結ピンの脱落までの状況

3.4.1 脱落した連結ピンの特定

当該部品については、2.2.4(4)に記述したように受注生産品であるため同一品を容易に入手することはできない。さらに、2.6.2.2(1)で記述したように発見された箇所が戸袋内床面より高い上、車内戸袋側の隙間は人の手が容易に入らないほど狭いため切断された部品が人為的に放置された可能性は低い。

このため、本件連結ピンは、使用過程で脱落したものと考えられる。

連結ピンの特定について、2.6.2.2(2)に記述したように、発見時に、全体に、発錆があるものの、ほこりのたい積等は認められなかったこと、及び表面はなめらかであったことから、本件連結ピンは本重大インシデント発生直前まで使用されていたものと考えられる。

また、写真1のBのように摩滅しているため、平成20年8月に同社が購入した連結ピンの予備品ではないものと考えられる。さらに、同社では本件ドアの連結ピンを交換したことはない旨述べているため、戸袋内で本件連結ピンは、本件車両が同社に譲渡された平成12年以前から本件ドアに使用されていたものであると考えられる。

3.4.2 本件連結ピンの脱落の要因

本件連結ピンは鋼製の割りピンで連結金具に固定されており、3.4.1に記述したように、本件連結ピンは本件ドアで用いられていた物と考えられ、これが破損していないため、本件連結ピンが脱落したのは、割りピンが破断し脱落したことによるものと認められる。

3.4.3 本件連結ピンの脱落時期

2.1(2)に記述したように、車掌は三河田原駅行き第75列車に乗務しており、到着時のドア扱い時に、乗務員室に近い本件ドアの異常に気付かない可能性は低いと考えられる。よって、ここまでの間では本件連結ピンが脱落していないと考えられる。

2.1(1)及び(2)に記述した本件運転士及び本件車掌の口述から、本件ドアは本重大インシデント発生時、開いたり、閉じたりしており、これ以前の時点でドアエンジンとドアをつなぐ連結ピンが脱落したものと認められる。

同様に本件運転士が「手で押すと抵抗なく動いた」と口述していることから、ピンが抜けた状態では、当該線区のこう配、曲線等の状況及びノッチの入り切り時の衝動等によりドアが開閉する可能性があったと考えられる。

このことから、本件ドアの本件連結ピンは三河田原駅発車以降に脱落した可能性があると考えられる。

3.5 割りピンの脱落までの状況

3.5.1 脱落した割りピンの特定

本件割りピンについては、2.6.4(1)で観測された割りピンの端面1には、疲労破壊に特徴的なストライエーション様の模様が認められているため、切断された部品ではないと推定される。

このとき、2.6.2.3(2)に記述したように割りピン発見時にほこりのたい積等がなく、脱落して間もないと思われるような状態であり、2.7に記述したように、本重大インシデント以外に、平成12年12月22日に同社が車両を購入した以降において連結ピン又は割りピンの落失に起因する車両不具合が発生したことはないことから、本件割りピンは、本重大インシデント発生の直前まで使用されていた割りピンであると考えられる。

3.5.2 割りピン破断の要因

2.6.3(3)に記述したように本件連結ピンは、ドア開閉時に連結金具に差し込まれた状態で回転する傾向がある。これは、2.6.2.2(2)に記述したように連結ピンの割りピン穴開口部が円柱周方向にやや伸びたように変形していたことから、この金属部分を変形させ得る力が生じていたと考えられる。

同様に、2.6.2.4(2)に記述したように、連結金具にせん孔された割りピン穴開口部も、ドアが動く方向へやや伸びている。この連結ピンと連結金具の該当する箇所には差し込まれているのは割りピンだけであるため、割りピンによって連結ピン及び連結金具が変形させられたものと考えられる。

この時、同じ力が割りピン自体も変形させるため、これにより割りピンが破断したものと考えられる。

3.5.3 割りピン破断の仕組み

通常の状態では、ドアを開閉させる力は、ピストン棒からドアエンジン側連結金具を通じて直接連結ピンに伝わり、この連結ピンからドア側の連結板を通じてドアに伝わる。この際には、連結ピンを止めている割りピンには大きな力は働かないものと考えられる。しかしながら、2.6.2.4(2)の記述にあるように、割りピンにドアを開く際の力が加わった状態が確認されたことと、2.6.3(3)に記述したように、ドアの開閉動作をした際に連結ピンが車内から見て向かって右側に回転する傾向が認められたことから、付図8に示すように以下のような現象が生じた可能性が考えられる。

- ① ドアを閉める際に連結ピンがわずかに回転し、これによりドアエンジン側連結金具の割りピンの穴（以下「連結金具の割りピンの穴」という。）と、連結ピンの割りピンの穴とがずれる。
- ② 穴がずれることにより、割りピンが、連結ピンの割りピンの穴の端部付近と連結金具の割りピンの穴の端部付近とに挟まれる。
- ③ 本来ならドアを閉める際のピストン棒からドアエンジン側連結金具を通じて直接連結ピンに伝わるべき力の一部が、ドアエンジン側連結金具から割りピンを介して連結ピンに伝わる。

この現象により、割りピンには連結ピンの割りピン穴端部付近において本来想定していないせん断力が作用する可能性があると考えられる。このせん断力はドアの開閉時に繰り返し作用するものと考えられ、この繰り返して作用するせん断力が、割りピンを破断させた可能性があるものと考えられる。

なお、ドア側の連結板穴の変形や連結ピン自体の変形が、連結ピンの回転及び連結ピンの割りピン穴端部における割りピンに作用するせん断力に影響した可能性も考えられるが、その影響の程度については明らかにすることはできなかった。

3.5.4 割りピンが脱落した時期

割りピンは、折り曲げて使うため折り曲げ箇所強度が低下することから、通常は再使用されることはない。

なお、割りピンに関するJIS規格（B-1351）でも、曲げの回数に関しては「…約90度3回繰り返して折り曲げても、割れが生じてはならない。…」とのみ規定しているだけである。

同社では、2.6.2.3に記述したように割りピンの再使用はしていないため、

2.2.3.2 に記述した全般検査（平成20年3月11日）時に割りピンが新しくなっているものと考えられる。

本件割りピンは直前の月検査（平成21年9月9日実施）では異常が認められていないことから、脱落はこの月検査以降に発生したものと考えられる。

3.6 再発防止対策

本件車両のドアの仕組みでは、2.2.4(3)に記述したように戸閉スイッチとリンクしていない反対側のドアの連結ピンが抜けた場合、走行中に開閉してもそれを電氣的に検出できず、ドアが開いても戸閉め表示灯が点灯したままの状態になることから、連結ピンの脱落を防ぐことが非常に重要である。

このため、連結ピンの脱落を防ぐための割りピンの保守点検において、損傷状況の確認をより徹底する必要がある。

一方、割りピンが破断しないようにするには、せん断力が作用しないようにすることが重要である。しかし、本件では、せん断力は、3.5.3 に記述したように、ドアを閉める際のピストン棒からドアエンジン側連結金具を通じて直接連結ピンに伝わるべき力の一部が、割りピンの穴がずれることにより、ドアエンジン側連結金具から割りピンを介して連結ピンに伝わったため、作用した可能性があると考えられる。このため、連結ピンの回転などの影響を割りピンが受けないように、ドアエンジン接合部の構造自体を改良することも有効な方法であると考えられる。

4 原因

本重大インシデントは、本件ドアで使用していた連結ピンが脱落したことによりドアが固定されなくなり、列車の運転時の衝動等によってドアが開いたものと推定される。この連結ピンの脱落については、連結ピンの脱落を防止する目的で使用されていた割りピンが破断し、脱落したことによるものと考えられる。

また、割りピンが破断した理由については、割りピンに本件ドア開閉時の力の一部がせん断力として繰り返し作用した可能性があると考えられる。

5 参考事項

5.1 戸閉め装置の検査周期の短縮と割りピンチェックシートの作成

同社では、戸閉め装置の在姿状態、動作の良否、割りピンの有無等を月検査（84

日ごと) で実施していたが、本重大インシデントが発生したため、42日ごとに実施するように変更した。

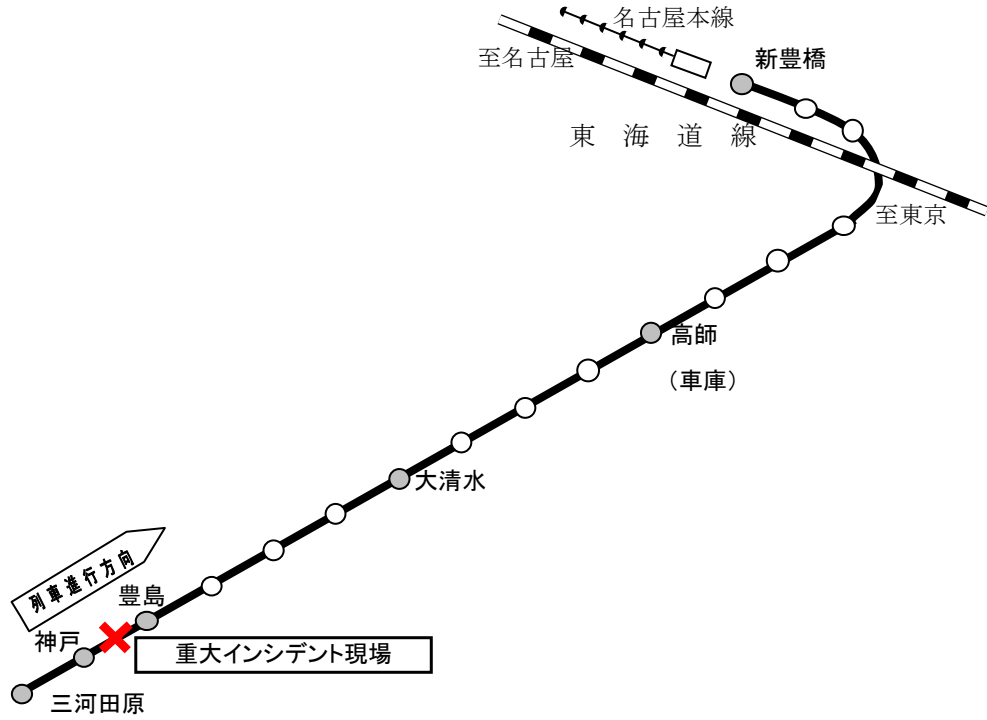
また、従来は、全般・重要部・月検査で戸閉め装置に異常がない場合、車両単位で「異常がなかった」という記録しか残していなかったが、個別ドアごとの記録が残るようなチェックシートを作成した。

5.2 連結ピン交換の実施

列車購入時より使用していた連結ピンは、平成21年12月までにすべて新品に交換した。

付図1 渥美線路線図

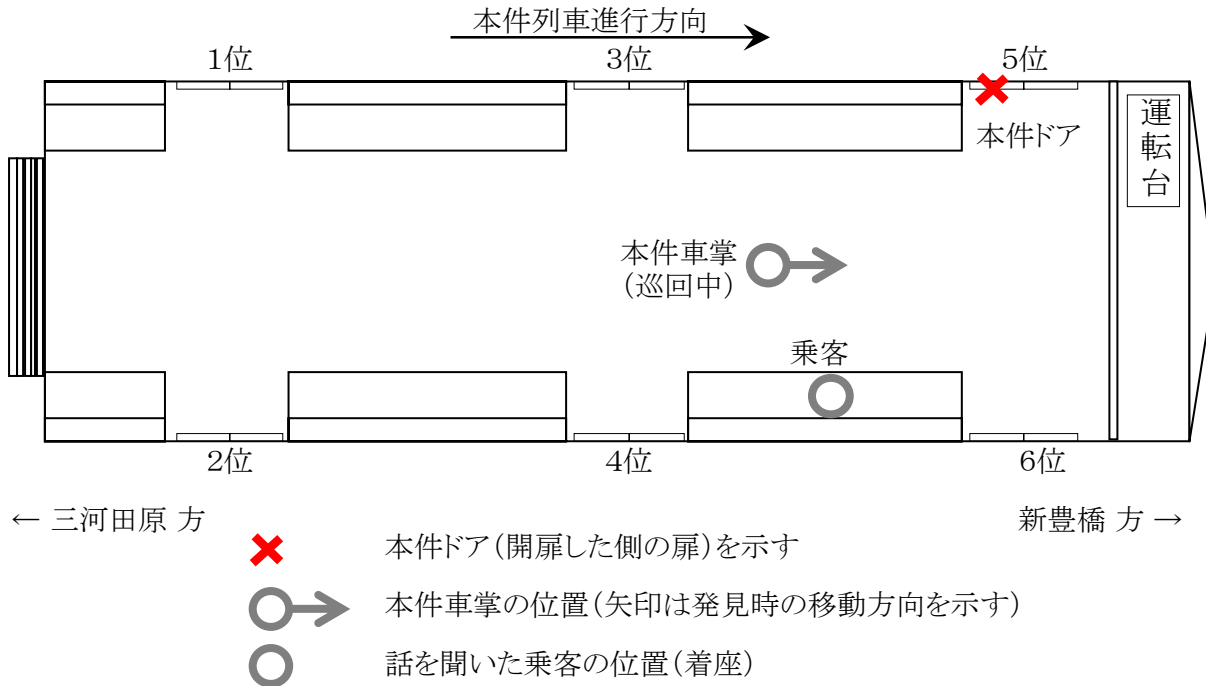
渥美線 新豊橋駅～三河田原町駅 18.0 km (単線)



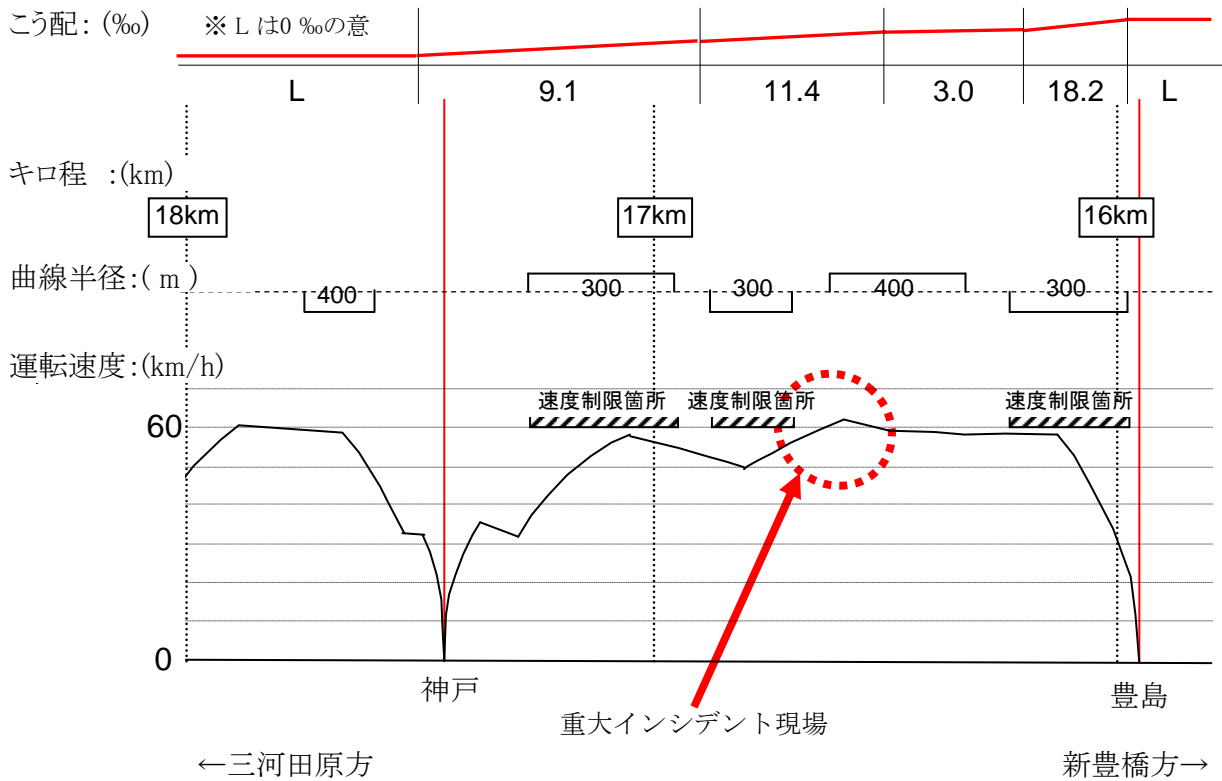
付図2 本重大インシデント現場付近地形図



付図3 本件ドアの車両内位置図



付図4 本重大インシデント現場付近線路状況



付図5 本件ドア概略図

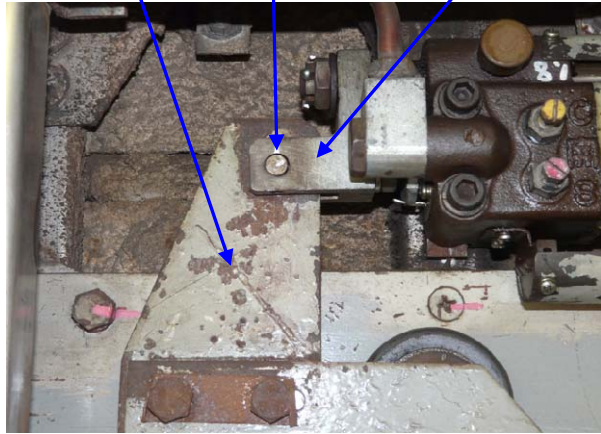
左側ドアを外した状態で撮影



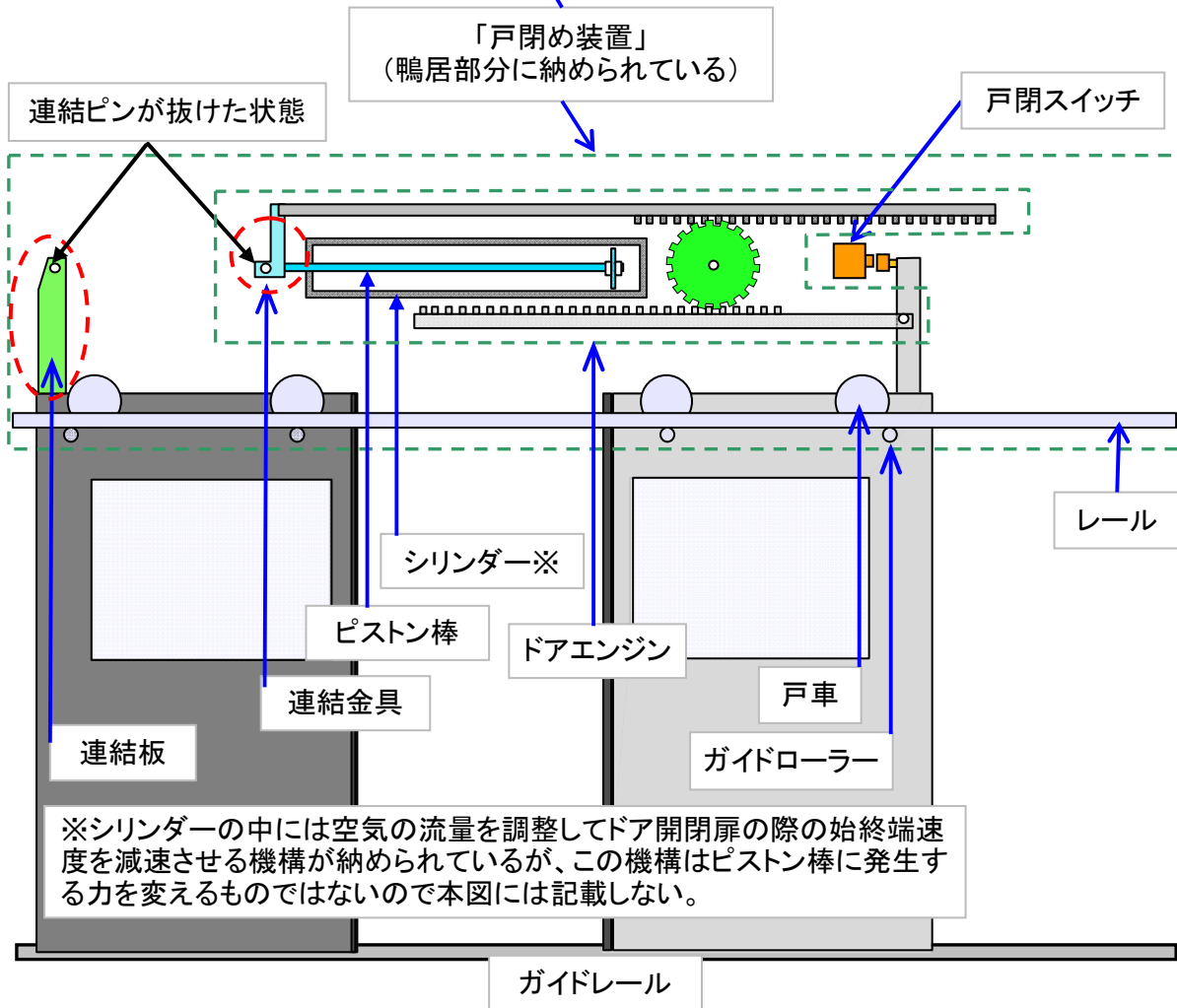
連結板

連結ピン

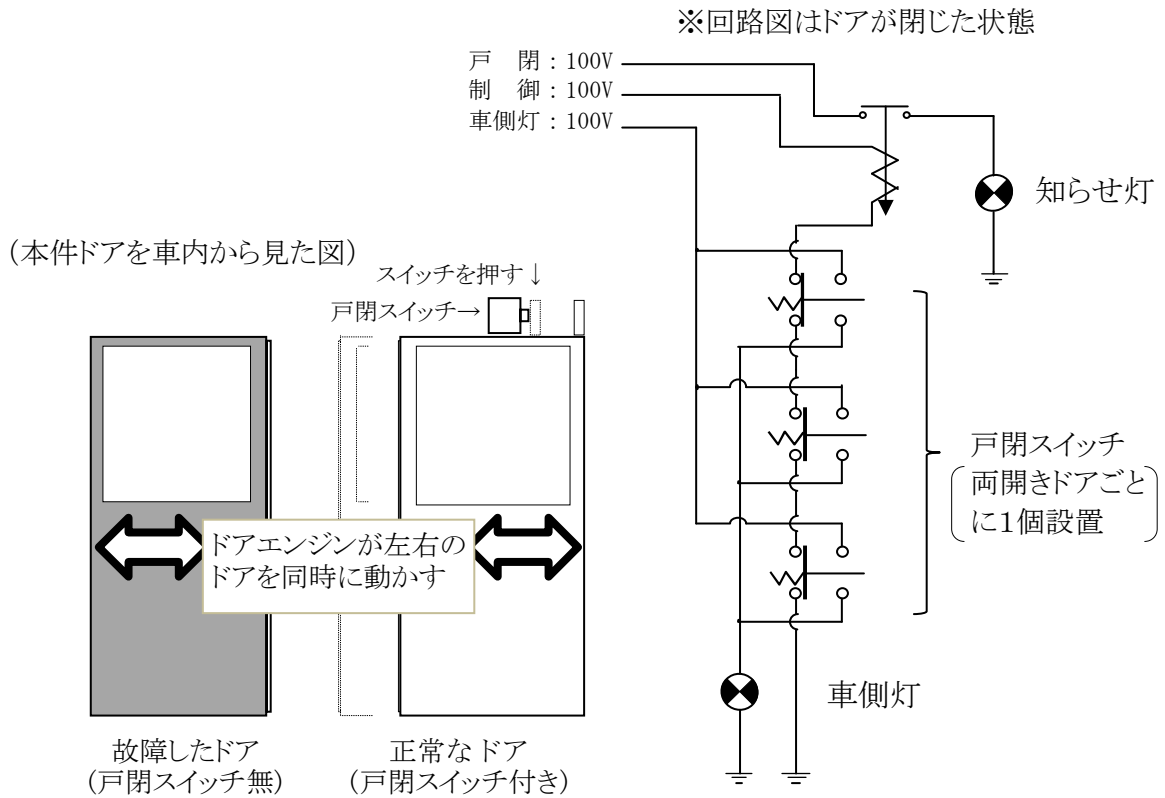
連結金具



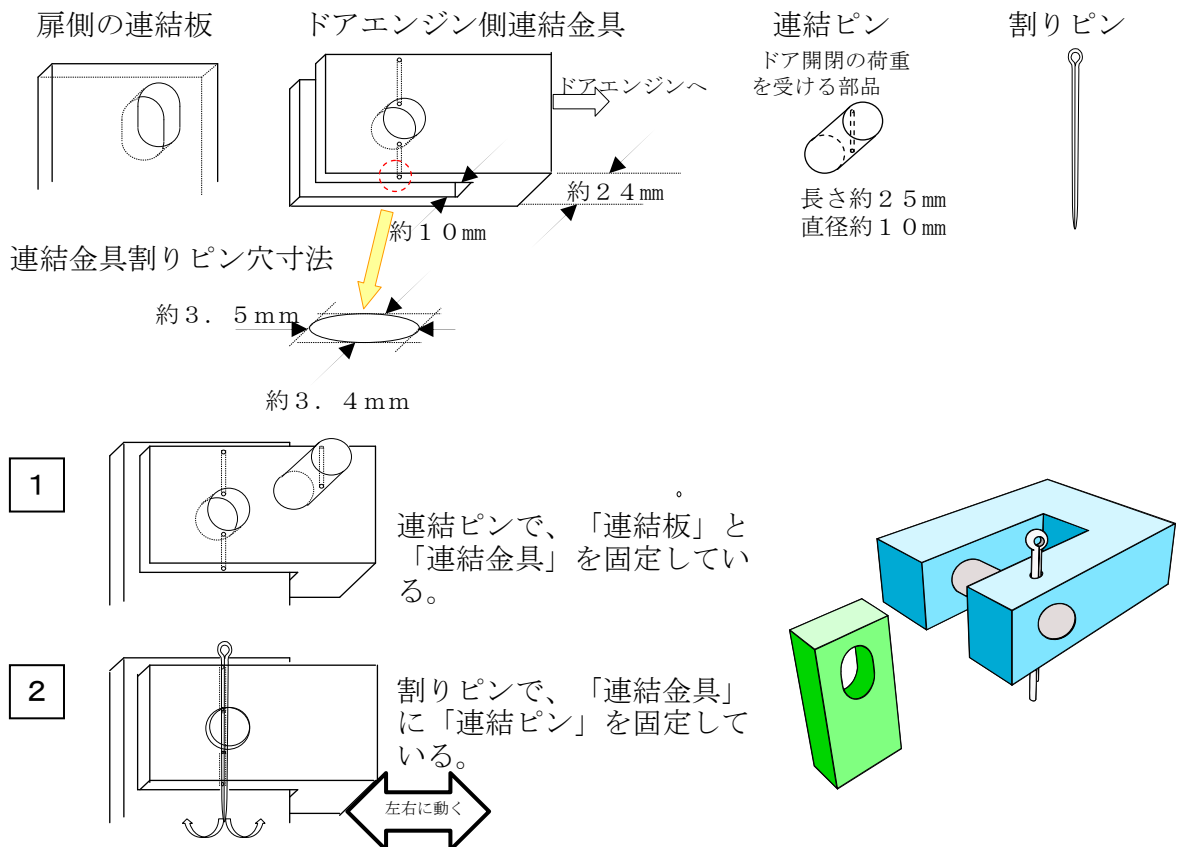
連結ピンを入れた状態で撮影



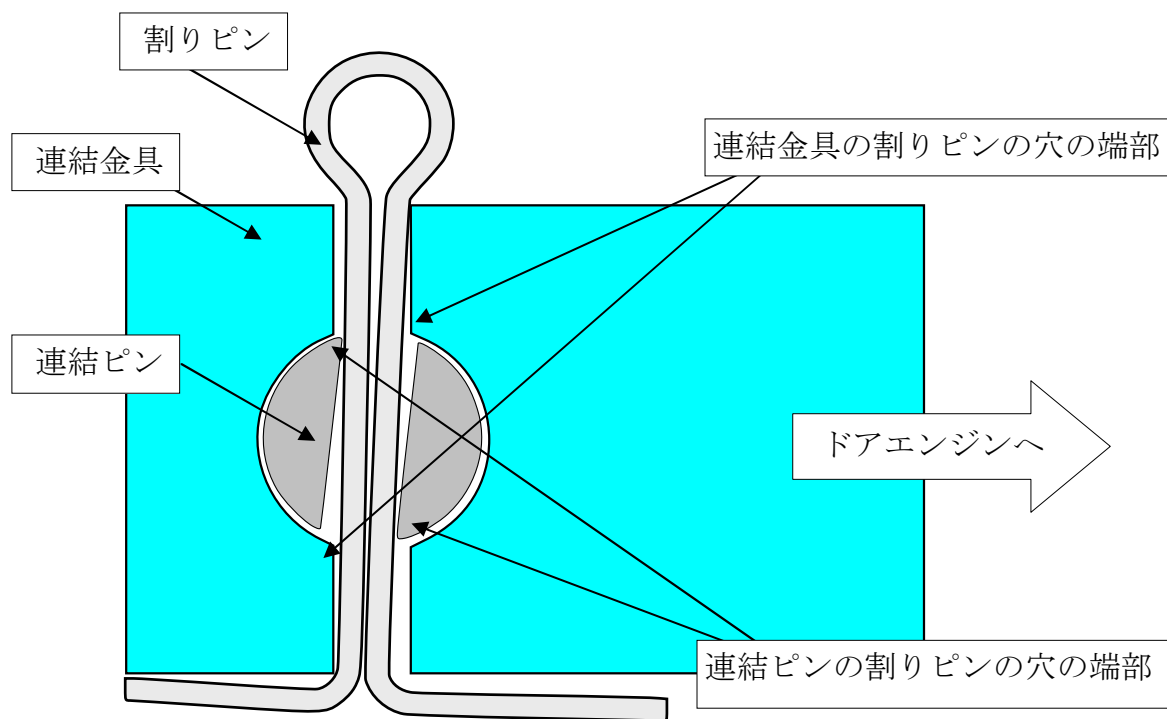
付図6 本件ドアの戸閉スイッチと戸閉回路の動作



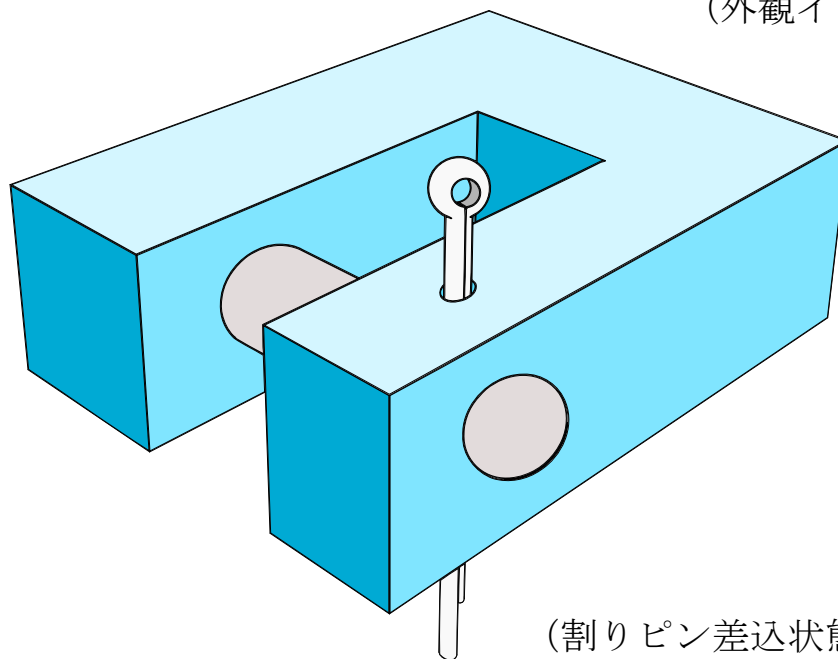
付図7 ドアエンジン接合部の組立 (概念図)



付図8 連結板、連結ピン、割りピンの関係図（透視図）



(外観イメージ図)



(割りピン差込状態の写真)



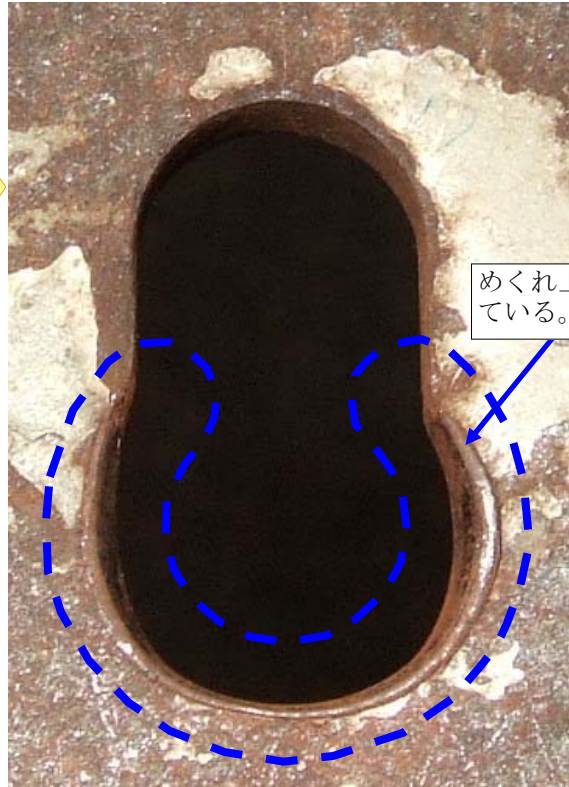
写真1 本件ドアの連結板と本件連結ピンの状況

A. 連結板(ドア側の金具)
(インシデント発生時点の金具)



青点線で囲まれた箇所については、めくれ上がったような変状が確認できる。

連結板穴部分を拡大した写真



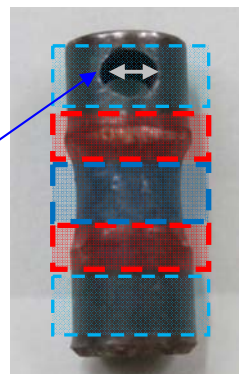
めくれ上がっている。

B. 本件ドア戸袋内から発見された本件連結ピン
(全周を撮影)



《参考》
未使用の連結ピンを撮影

割りピン差し込み穴開口部が
円柱周方向にやや伸びている



盛り箇所

えぐれ箇所

痩せた箇所

写真2 本件ドアのドアエンジン接合部のはめ合わせ状態

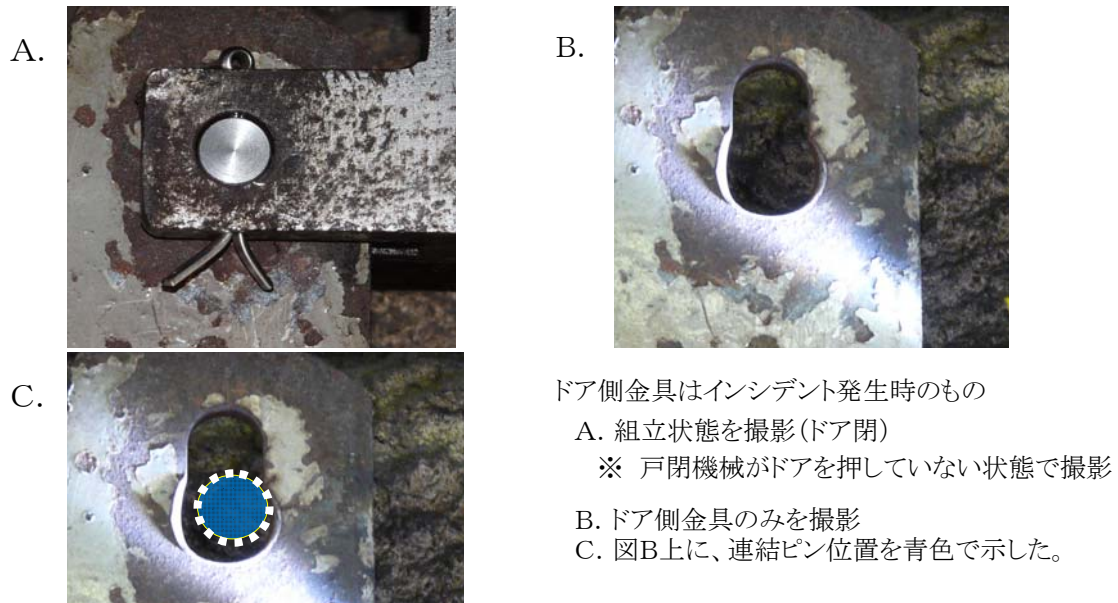
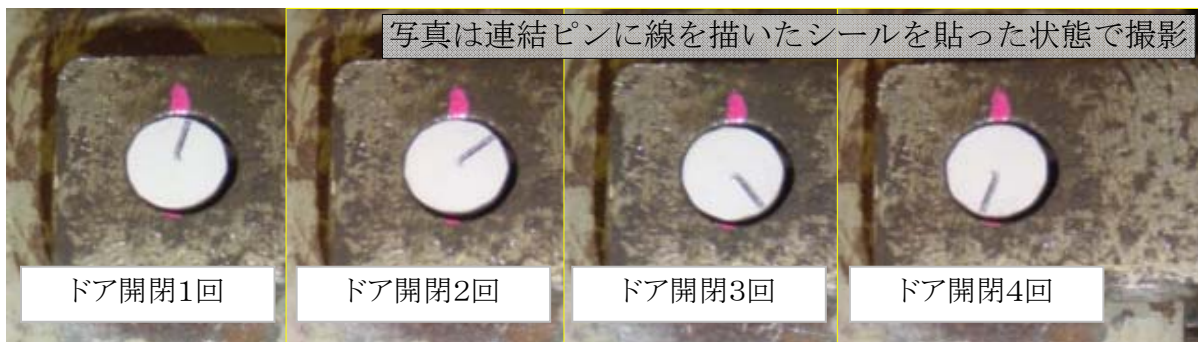


写真3 ドア開閉試験

本件列車の本件ドアの箇所で行った。
 (割りピンを差し込んでない状態で実施。なお、連結板はインシデント発生後交換したもの。)
 なお、写真は全てドア閉扉状態で撮影した。

A. 本件列車から取り外した連結ピン(中央部がくびれた形状)と連結板を用いた場合



以下の事柄が認められた。

- 連結ピンが右回りに回転する傾向があること
- 連結ピンが、時折、軸方向に移動するが、以降の開閉動作で定常位置へ戻ること
- ドア開閉を100回行っても連結ピンが脱落しなかったこと
- ドア閉扉状態で連結ピンを指で軽く押さえたが、連結ピンは軸方向には動かなかったこと

B. 未使用の連結ピンを用いた場合 (次開閉でピンが脱落すると思われるため、22回の開閉扉後試験を中止)

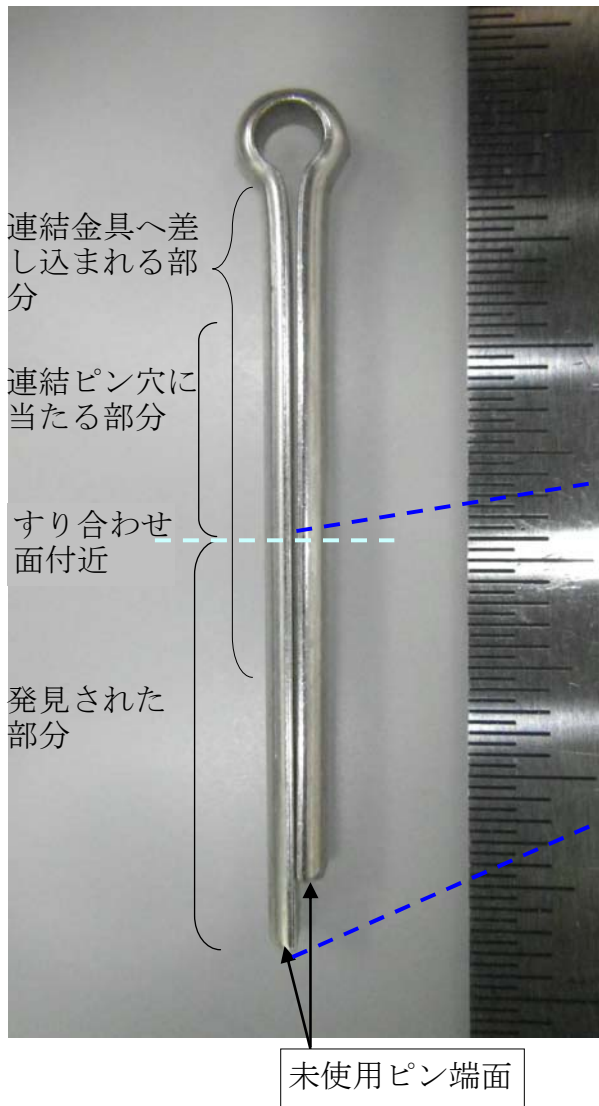


- 以下の事柄が認められた。
- 連結ピンが右回りに回転する傾向があること
 - 連結ピンが軸方向にせり出してくる (左の写真で約1cm迫り出してきた)

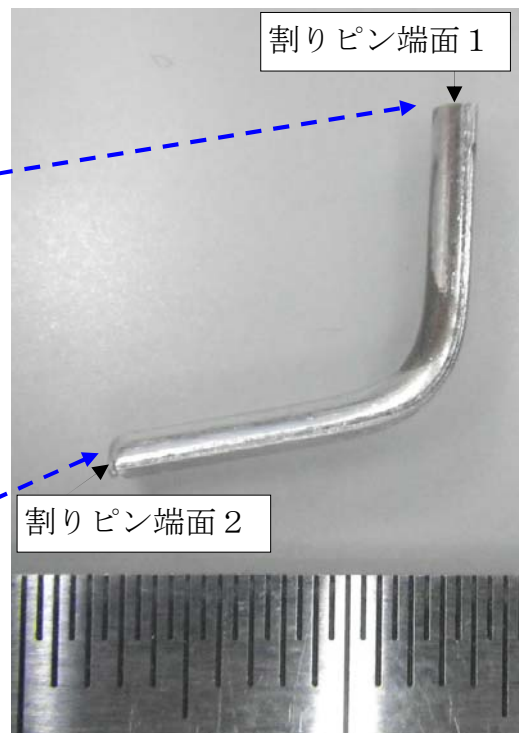
写真4 割りピンの状態

未使用の割りピン

本件割りピンの足



本件割りピンの長さや形状から、未使用割りピンを連結金具に差し込んだ際の「足先から連結ピンと連結金具とのすり合わせ面」付近までの長さとはほぼ一致する。



(割りピンのイメージ)

・横



・断面

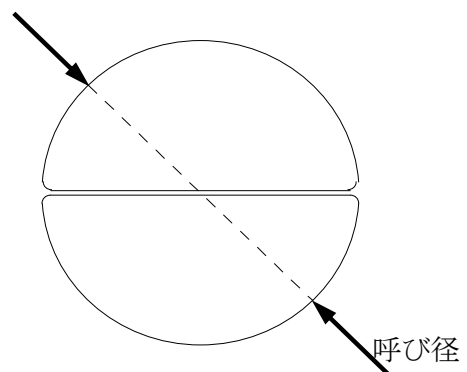
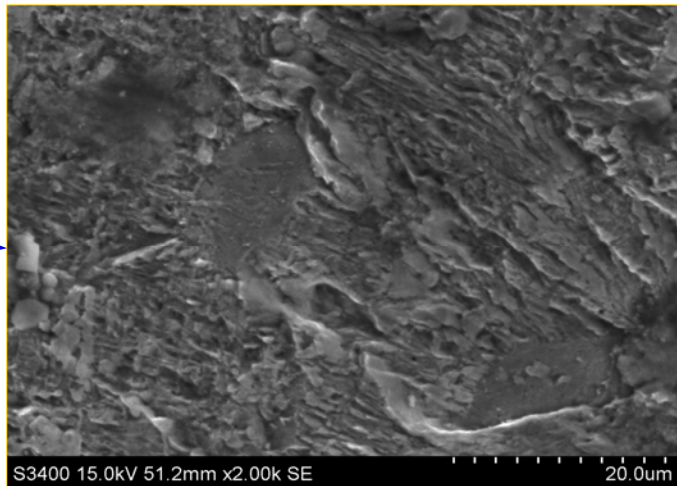
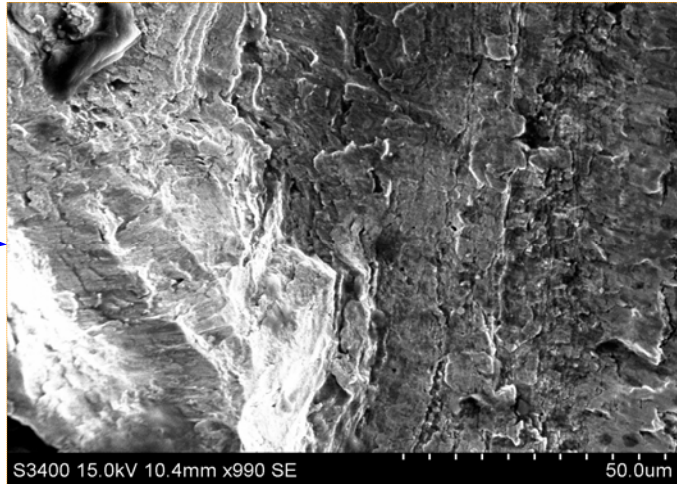
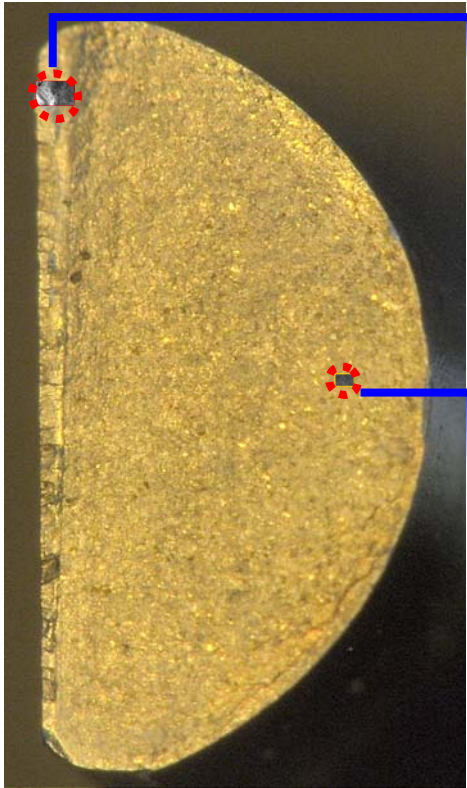


写真5 割りピン端面の顕微鏡写真

割りピン端面1

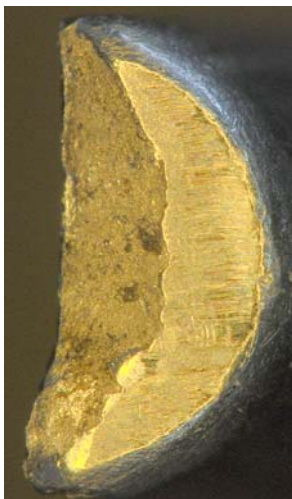
光学顕微鏡写真(色調補正無し)

走査型電子顕微鏡写真



割りピン端面2

光学顕微鏡写真(色調補正無し)



比較用 未使用ピン端面

光学顕微鏡写真

割りピン両端面を揃えて撮影(凹凸強調モード。色調補正有り)

