

## 信号の保全・工事におけるヒューマンエラーの研究



石瀬 裕之\*



遠藤 明久\*\*



佐々木 敦\*

信号装置の機器取替や配線変更などの工事後は、機能確認試験により関係機器の正常動作を確認する。機能確認試験に使用するチェックリストは、作成方法が定められ、ダブルチェック体制ができています。しかし、試験実施時には試験補助員がミスしても、試験責任者が気づかない可能性がある。

機能確認試験でエラーが発生するシナリオを題材にして信号技術者にヒアリングを実施した。ヒアリングで出た意見やベテラン社員の経験などから事故事例集を作成し、試験責任者がエラーを発見できる方策を検討した。また、機器室内などの信号機器には、さまざまな表示が取り付けられているが、これらの表示類について、「わかりやすさ」「間違いにくさ」の観点から調査を実施し、適切な表現を提案した。

●キーワード: 信号装置、機能確認試験、チェックリスト、ヒューマンエラー

### 1. はじめに

信号装置は、列車の在線、進路の開通などの条件により、信号機に停止・進行の信号を現示し、列車の安全を確保するものである。信号装置の正常動作は、機能確認試験によって保証しているが、この機能確認試験に不備があった場合は、重大な事故につながる可能性がある。

機能確認試験において試験補助員がミスした場合でも、試験責任者が誤りを発見できる方策を研究した。

### 2. 信号工事における試験と事故の可能性

#### 2.1 機能確認試験の方法

信号装置の工事後に機能確認試験を行う際には、図1のように機器室や現場に多くの試験補助員が配置される。試験補助員は、試験の進捗に合わせて移動し、信号機、転てつ機、ATS、リレーなどの状態確認のほか、軌道回路の短絡や電流・電圧などの測定を行う。

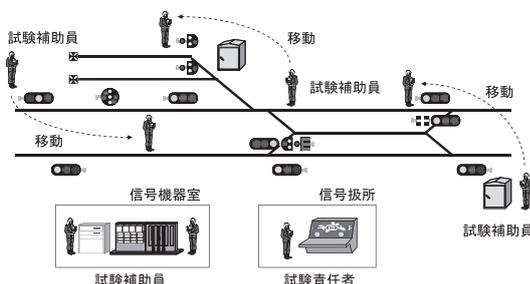


図1 信号の機能確認試験時の要員配置の例

機能確認試験はあらかじめ作成されたチェックリストに従って実施される。試験補助員が行う試験手順や確認項目は、試験責任者から無線や携帯電話などで指示され、試験補助員は指示に従って、軌道回路の短絡、信号機、転てつ機、リレーなど現場機器の状態の報告、電圧・電流の測定などを行い、結果を試験責任者に報告する。

#### 2.2 試験時のヒューマンエラーと事故の可能性

チェックリストは、「信号設備試験調整要領」により、作成方法および、承認体制が定められており、チェックリストの不備などによる鉄道運転事故・輸送障害など（以下、これらをまとめて「事故」という）は減少している。

試験補助員がミスしても、機器や配線の施工が正しかった場合は事故に直結しない。図2は下り第3閉そく信号機（減速4現示）の現示試験の例である。下り第1閉そくに配置された試験補助員が、下り1T軌道回路を短絡するときに誤って下り2Tを短絡したときには、下り第3閉そく信号機に減速現示（YG）が出るべきところ、注意現示（Y）が出て、チェックリストどおりにならない。

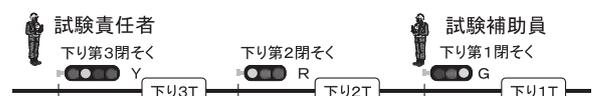


図2 試験補助員のエラーを発見できる例

しかし、作業ミスと同時に試験ミスが発生するような二重誤りの場合は、試験補助員1人のエラーによって、信号設備が異常のまま工事を終了させてしまう可能性がある（図3）。本テーマでは、機能確認試験を確実に実施し、工事に伴う事故

\* JR東日本研究開発センター 安全研究所

\*\* ジェイアール東日本メカトロニクス(株) (元 安全研究所)

を防止する方策について研究した。

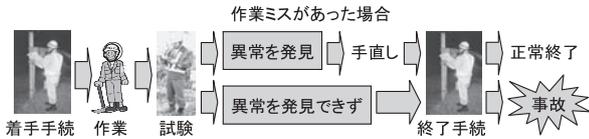


図3 信号工事における試験の流れ

## 3. 信号技術者へのヒアリング

信号技術者が持っているエラー発見のノウハウを調査するため、ベテラン社員にヒアリングを実施した。また、比較のため、若手社員に対するヒアリングも行った。

### 3.1 用意したシナリオ

今回のヒアリングでは、5つのシナリオを用意した。下記のシナリオはその一部である。

#### 【シナリオ1・転てつ機の転換試験】

転てつ機の定位・反位は、一定のルールで決められており、分岐器の直線側が定位とは限らない。図4の転てつ機の開通方向の試験を題材とした。

責任者：21号転てつ機の開通方向はどちらですか

補助員：21号定位です

責任者：21号反位に転換しました

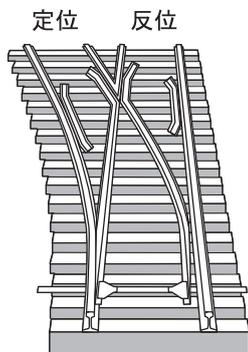
補助員：21号反位開通です

責任者：21号定位に転換しました

補助員：21号定位開通です

責任者：21号試験終了します

(実際は定位と反位が逆であった) 図4 転てつ機21号の試験



【正しい試験方法】

責任者：21号の開通方向はどちらですか

補助員：21号、右開通です

(分岐器によって異なる定位／反位では言わない)

#### 【シナリオ2・1柱2機の信号機の現示試験】

図5のように1本の信号機柱に2つの信号機が設置してある信号機の試験を題材とした。

責任者：2L進路取りました

補助員：進行が出ました

責任者：2L復位します

補助員：停止になりました

(実際は進行現示になったのは

3Lであった)

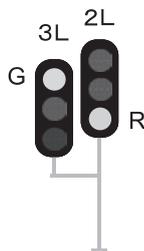


図5 信号機2L,3Lの試験

【正しい試験方法】

責任者：2Lの現示は何ですか

補助員：2L、R停止です

(結果を誘導するような言い方はしない)

あるいは、信号機名称も言わず、

責任者：〇〇さん、現在の現示は何ですか

補助員：2L、R停止。3L、G進行です

と両方の現示を確認させる。

### 3.2 ヒアリング結果

事故シナリオのうち、信号設備試験調整要領の用語と異なる例(シナリオ1)については、要領どおりに言うべきであるという回答がベテラン、若手とも多かった。

シナリオ2については、若手社員からはあまり意見は出なかったが、ベテラン社員からは、「2L進路取りました」とは言わず、「いま、現示は何ですか?」と聞くべきという意見が多かった。また、別の聞き方、例えば、信号機名称でなく、位置(右の信号機)というような言い方をさせる、といったノウハウが示された。複雑な構内では、場所や設備の配置を明示した略図を持たせる方法も挙げられた。

## 4. 事故事例集の作成

### 4.1 事例収集方法

信号設備の不具合のうち、機能確認試験の不備によるものは少ない。実際に発生した事故だけでは、事例集として十分な事故パターンを集めることは不可能であった。件数を確保するため、社内外の信号技術者との意見交換から、試験中に誤りに気づき、事故を未然に防止した例や、起きる可能性があるものも含めた事例集とした。

### 4.2 収集した事故事例

機能確認試験に関する事故の具体例を示す。実際の事故は複数の要因が関連していることが多いが、機能確認試験の部分に限定した。

#### 【事例1・ATS-S地上子の取付位置を間違えたもの】

ATS-S地上子の新設作業で、地上子の取付位置が進行

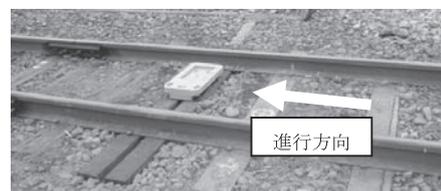


図6 ATS-S地上子の取付位置を誤った例

方向に向かって左側につけるところ、図6のように誤って右側に取り付けられていた。

試験でのやりとりは次のとおりである。

責任者：地上子の取付位置を測定してください

補助員：軌道中心からの離れ210mm、レール面からの高さ70mmです

責任者：離れ、高さは基準値内です

〔試験責任者がエラーを発見できる可能性〕

取付位置を報告したときに、向きを確認する。

#### 【事例2・中継信号機の現示試験】

中継信号機の現示試験の際に、試験補助員が信号機の真下で現示を確認したため、進行現示の際に中央の電球が滅灯していることを見落とした。(図7)

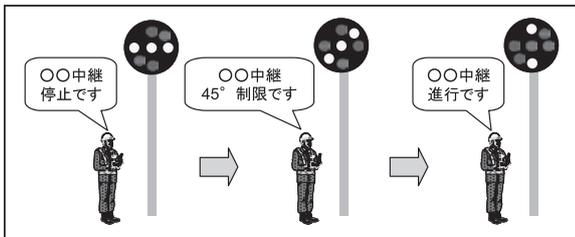


図7 中継信号機の現示試験でのエラー

〔試験責任者がエラーを発見できる可能性〕

試験補助員の立ち位置を確認する。また、すべての電球の点灯を見たか確認する。

#### 4.3 事故事例の検討結果

各事例において、試験補助員が正しく試験を実施することは当然であるが、万一上記の事例2で、「すべての電球の点灯を確認しましたか?」と問いかけるなど、多くの事故は試験責任者の追加の確認で防げた可能性がある。試験責任者がこのようなノウハウを共有することで、事故の減少につながると思われる。

## 5. 信号機器への表示の実態調査

### 5.1 目的と方法

比較的大規模な駅の機器室内で、各種表示の実態調査を行った。

- ①メーカーが製品に取り付けている表示
- ②保守区所で作成した表示およびマニュアル類
- ③工事が施工時に記入した表示

これらの表示の中から、用語の統一が取れているか、意味が直感的に理解しやすいか、複数の解釈が起らないか、実

際の行動をイメージしやすいか、などといった観点で調査した。

### 5.2 表現や意味が統一されていない例

保守作業や取替工事を行う際に、信通指令の集中監視装置に故障情報を送信しないようにするスイッチがある。これは、通常「保守スイッチ」「作業スイッチ」という名称が付けられていることが多いが、一般的に「入」にしても故障情報が指令に送信されないだけで、機器の機能は停止せず、列車の運転には影響を与えない。図8と図9は、定常状態監視装置の例である。どちらも用途は同じであるが、センサの種類によって、スイッチの名称、形状が異なり、用語は統一されていない。



図8 接点センサの「保守作業」スイッチ



図9 停電検知センサの「作業」スイッチ

図10は、ATS-Pの機器架にあるスイッチで、こちらも「保守用SW」という似た名称が付けられている。



図10 ATS-Pの「保守用SW」

しかし、この「保守用SW」はATS-Pの電文出力を停止するものであり、「集中監視装置に故障情報を送信しない」機能とはまったく異なる。

このため、ATS-Pでの「保守用SW」の意味を知らないと、ATS-Pの故障調査時などに誤って「切」にするおそれがある。「保守用SW」を「切」にした場合、列車が地上子を通りながらも、ATS-Pの停止パターンが更新されず、信号が進行であるにもかかわらず、ATS-Pが働き、ブレーキがかかって列車は停止することになる。

### 5.3 わかりやすい例

図11は電子連動装置のシステムリセットスイッチである。電子連動装置には、ほかに現場機器などのリセットスイッチなど

があり、軽故障発生のときなどに取扱うことがある。システムリセットスイッチは通常、列車運転中に操作することはなく、扱くと再立上げに数分かかるため、「取扱禁止」などの表示がしてあることが多い。この例では、誤って扱わないようカバーをかけている。



図11 システムリセットスイッチ

しかし、工事などでソフトウェアを変更した場合や、連動装置に異常が発生した場合などには取扱う必要があるため、ただ「取扱禁止」のみの表示であった場合は保守係員にとって注意事項がわからない可能性がある。図12はシステムリセットスイッチの取扱いについて、担当のメンテナンスセンターで表示したものである。



図12 電子連動装置に表示した注意事項

この例では、「システムリセットは扱い禁止 扱うときは〇〇踏切監視必要」と表示され、特に十分な準備ができていない異常時に忘れがちな踏切の監視が必要であることを示している。

## 5.4 調査結果から考えられる事故の可能性

5.2と5.3に示した例から、表示類の表現方法によって、発生する可能性のある事故を次に挙げる。

- ①作業時に信通指令に故障情報が出ないようにする「保守スイッチ」とATS-Pの出力を停止する「保守用スイッチ」が同じ機能であると思われ、ATS-P地上装置の検査時に誤って扱い、列車が停車する。
- ②「リセットスイッチ」が多くあり、集中監視装置のメモリーリセットや機器単体のリセットの際に、連動装置を再立上げする「システムリセット」を扱う。
- ③異常時や工事の際に、「扱い禁止」の表示のある機器を操作する必要がある発生し、確認すべき事項を理解しないまま扱って、想定した範囲外の輸送障害や設備故障を発生させる。

## 5.5 事故を誘発しにくい表示の案

5.4で挙げた事故を誘発しにくいと考えられる表示の案を次に示す。

- ①「保守スイッチ」のように機能が明確でない用語は避け、「故

障情報出力停止」「ATS-P電文出力停止」など機能を表示する。

- ②「リセット」のように影響範囲が明確でない用語は避け、「システムリセット」「カウンターリセット」「〇〇装置リセット」など対象を表示する。
- ③扱う可能性のある機器やスイッチ類には、「扱い禁止」だけでなく、「列車運転中扱い禁止」「扱う際は〇〇踏切監視員配置のこと」「感電注意・停電させてから作業のこと」「列車間合いで扱うこと」など扱い時の注意事項を表示する。

## 5.6 表示類の種類と傾向

機器室内での表示類では、一部メーカーの表示がアルファベットの略号でわかりにくいという指摘があった。また、「保守作業スイッチ」や「リセット」など似た名称のものが多いという点も挙げられた。

一方、主に技術センターやメンテナンスセンターで作成した表示では、事故例を反映したものが見られた。実際によく見かけられた例を挙げる。

- ①動作・落下の向きが逆のもの（特にリレー）に注意表示や矢印表示をしているもの
- ②電子機器で異常時対応マニュアルを自作し、カードケースに入れて当該装置にぶら下げているもの
- ③電子機器の表示灯の正常状態を写真で表示

これらは、実際に保守をしている社員によって、自分たちだけでなく、機器故障時に呼び出された社員にもわかりやすいように作成されており、事故防止や異常時の早期復旧に役立っている。

## 6. おわりに

機能確認試験において、試験補助員がミスをして、やりとりや確認方法を工夫することで、試験責任者がエラーを発見できる可能性が高くなる。ベテラン社員は、エラーを発見して事故を未然に防止するノウハウを持っており、このノウハウを若手社員などにも広めることで、試験の不備による事故を減らすことが可能である。

機器室内の表示が不適切な場合は、作業員のエラーを誘発する可能性があるが、適切な表現や作業実態に合った注意表示は事故防止や早期復旧に有効である。適切な表示方法についての情報を共有化し、ガイドラインを定めることで、事故を減らしていけると考えられる。