

2311 新幹線保守用車の保安装置一元化のための基礎的検討 (その1) —操作性とわかりやすさを考慮した一元化装置画面のデザイン—

Fundamental study on the development of a new safety device that unifies existing safety equipment mounted on a Shinkansen maintenance car. Part I — Design of a more user-friendly and intelligible control panel for the new device —

○中川 千鶴 (鉄道総研) 石上 寛 (西日本旅客鉄道) 高須 洋 (西日本旅客鉄道)

○Chizuru NAKAGAWA, Railway Technical Research Institute, 2-8-38, Hikari-cho, Kokubunji-shi, Tokyo
Hiroshi ISHIGAMI, Hiroshi TAKASU, West Japan Railway Company

Five units of safety equipment are mounted on a Shinkansen maintenance car at present. In order to develop a new device that unifies the existing safety equipment, we studied on a screen design for the new device. We attempted to define the basic requirement in view of safety and user-friendly concept, and designed a new screen readily recognizable by operators of track maintenance car; equipped with an intelligible control panel adopting a color scheme for caution and warning; locations on the screen, sounding and a blinking signal.

キーワード: 保守用車, 運転台, 保安装置, ヒューマンエラー, 人間工学

Key Words: Maintenance Car, Driver's cabin, Safety Equipment, Human error, Ergonomics

1. はじめに

日本の新幹線の安全性と安定輸送を支える柱の1つは、日々の弛まぬ保守・点検・整備にある。これを担う新幹線保守用車には、終電から始発までという限られた時間内で、迅速かつ確実な作業が求められている。

様々な経緯から、新幹線保守用車の運転台には5種類の保安装置が後付けで別々に装備され、現在に至っている。このため、個々の装置はそれぞれ独立した構造で運転台に点在しており、保守用車もMo(モーターカー)、高速確認車など多種多様であることから、保安装置の配置も一貫していない。このため、点在する保安装置への対応はオペレータ(保守用車の運転手)の負担を大きくしており、運転台のインターフェースの改良が求められている。

そこで、本研究では、この5種類の保安装置を統合し、認知性・操作性の高い一元化装置の開発を目的とし、これを実現するための情報提示画面のデザインを検討し、実験により、より適した画面デザインを選定した。

本法はその第1報として、画面デザインのコンセプトおよび設計経緯について報告する。続く第2報では、実験による最適画面検証について発表を行う。

2. 統合する5種類の保安装置

2.1 接近警報装置

他の保守用車や駅、線閉が接近すると、ランプ点灯およ

びブザー音が鳴動して知らせる。確認ボタンがあり、これを押すとブザー音が小さくなる(図1(a))。

2.2 保守用車自動停止装置(ATS)

ATS信号の受信により作動して電子音が鳴動し、ブレーキ操作がないと制動ブレーキがかかる。手動ブレーキ操作もしくは解除スイッチを押すことで解除される。

2.3 軸箱監視装置

軸箱の温度を監視するための装置で、異常が検出されると警報が発せられる。測定データが記録される。

2.4 衝突防止装置

同じ線の保守用車との離隔距離・速度とブレーキ曲線の照査を行い、ブレーキ曲線を超過している場合に、制動ブレーキがかかる。「解除」ボタンで制動ブレーキを解除する。

2.5 MSCS (Multi-safety check system)

以下の3つを集約したものである。

(1) 逸走防止装置・転動防止装置: 手歯止め、手ブレーキや運転士の有無の状態をモニタし、走行可能状態かを示す

(2) 保守用車接近警報制御装置: 接近警報装置の電源が入っているかを監視する

(3) 安全走行装置: デッドマン装置であり、時速5km以上で作動し、一定時間確認ボタンを押さないと警報音が鳴り回転灯が作動し、警報エアーを吹き出した後に制動ブレーキがかかる

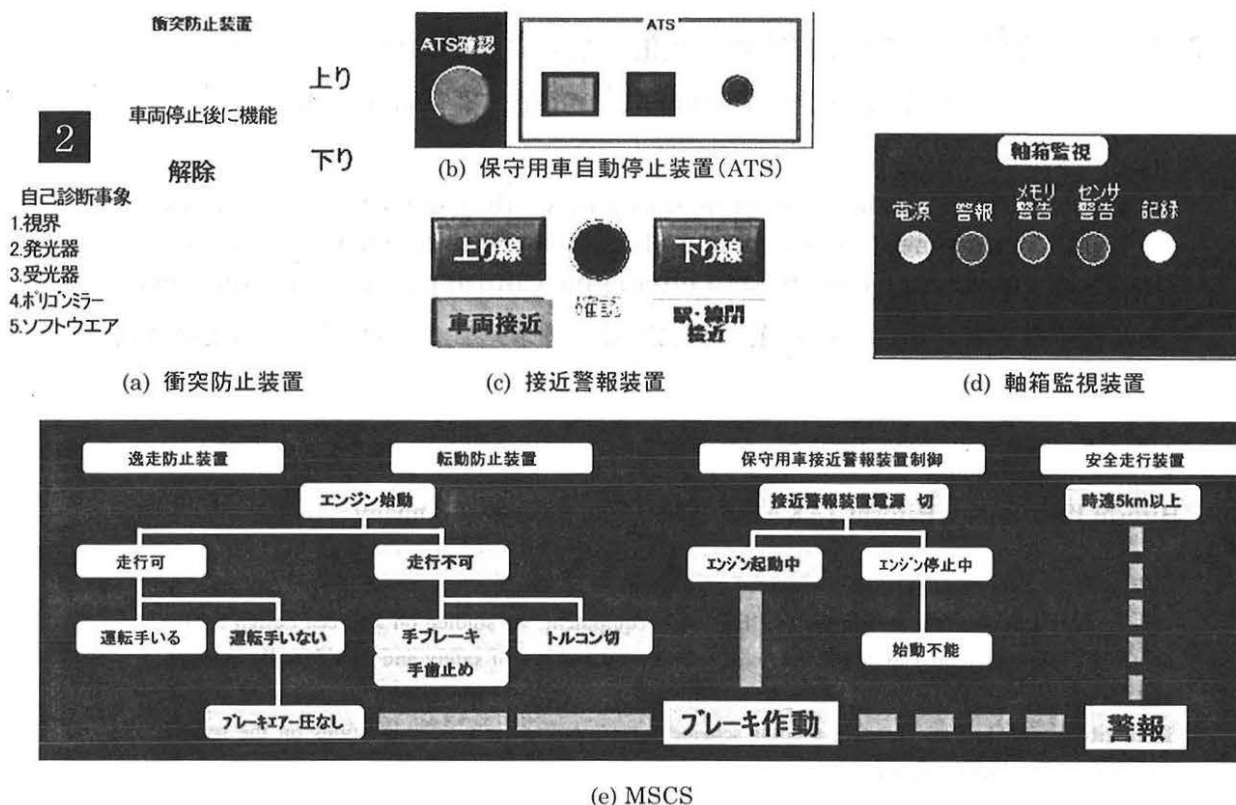


図 1 現状の5つの保安装置の模式図

3. コンセプトの設定

本研究の目的は、複数の独立した保安装置が点在することによるオペレータの負担を軽減することにある。ここで重要となるのは、「どのように」改善するか、つまり、何を指すかである。このため、保守用車運転の「あるべき姿」を定義し、その実現には何が必要かを検討した。なお、検

討を進めるにあたっては、実際のオペレータへのヒアリング調査結果を踏まえて行った。

保守用車の運転は、通常オペレータが行うが、必ず責任者と二人体制で乗務する。現在は、保安装置が点在するため、保安装置の一部の対応は責任者が行うことがある。このような状態を踏まえ、「あるべき姿」を表 1のように定義する。

表 1 保安装置の「あるべき姿」とそれを実現するための条件

No	あるべき姿	実現条件
1	過度の負担を課さない	・作動した保安装置への対応のために、運転姿勢を崩す必要がない ・常に保安装置を見る必要がない ・保安装置警報音の過度の音量による精神的負担を与えない ・警報音の不必要な継続による精神的負担および慣れによる認知低下を引き起こさない ・画面の配色や輝度、文字の大きさの最適化(眼精疲労の防止)
2	必要な保安情報が呈示される (不要な情報は呈示されない)	・不必要な情報、重複した情報を呈示しない ・必要な情報が必要な人に呈示される(二画面化) ・知りたいときに知りたい情報が得られる
3	事態がすぐに理解できる	・異常時に注意喚起する(音と画面の併用) ・色・空間・時間(点滅)に意味を持たせ、直感的に事態把握できる ・音声と画面の両面でサポートすることにより、迅速かつ落ち着いた対応を可能とする
4	的確な行動がとれる	・対応策の情報を呈示する ・確実に状況を把握し、対策を講じる ・取るべき行動を妨げない(妨げる例:過剰な音量による精神的衝撃が初動を遅らす)
5	フェールセーフが実現されている	・最悪の事態はシステム側の制動ブレーキ等で必ず防止する ・保安装置が万一故障しても、運転可能か判断でき、運転再開ができる

- (1) 過度の負担を課さない
- (2) 必要な保安情報が呈示される
- (3) 事態がすぐに理解できる
- (4) 的確な行動がとれる
- (5) フェールセーフが実現されている

上記5項目に対する実現条件も表1の左側にまとめた。

これらは一見当たり前のことのようにだが、図1に示す現状の中で、これら全てを満たすものはない。また、保守用車の作業は次の二つの特徴がある。

- ①限られた時間で作業を行う
- ②営業線の運行に支障してはならない

このため、オペレータはできるだけ早く作業を終えて基地に確実に帰ることを最優先とし、停止することを極端に恐れる傾向がある。したがって、運転時や保守作業時に必要な情報のみを呈示し、的確かつ迅速な対応がとれるようサポートする必要がある。よって、表1のコンセプトを踏まえて以下のように保安装置一元化画面を構築した。

4. 画面デザインの構築

4.1 直感的な事態把握

(1) 空間に意味を持たせる

画面上の空間を情報の意味から分割し、同類の意味を同じ空間に呈示することにした。そこで空間を4分割し、対応する情報は、①運転走行条件、②上下線設定・接近情報、③保安装置情報、④故障情報の4つに分類した。図2に4分割状態を示す。

(2) 色に意味を持たせる

この代表的なものは信号機である。ここでも社会通念を踏襲して、以下のように色に意味付けを行った。

- ・赤：危険（即対応せよ）
- ・黄：注意せよ
- ・青：正常停止（安全）
- ・緑：正常運転／起動可能

信号機と異なるのは、安全が青と緑の二色である点であ

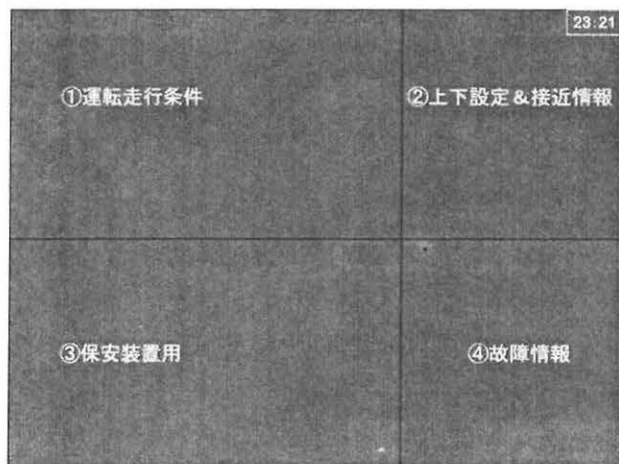


図2 意味的空間分割

る。これは、運転作業では、正常な状態として、①正常停止中、②正常走行中の2つがあること、また、停止状態の把握（始動できない理由は何か）が重要であることが理由である。

4.2 必要なときに必要な情報をいち早く

(1) 注意喚起（音声と画面上の点滅表示）

保安装置画面は、本来の業務を阻害しないために、「通常は監視の必要がない」、「短時間で必要な情報が得られる（注視時間の短縮化）」ものでなくてはならない。このため、必要なとき、つまり、みるべき「とき」とみるべき「情報」がわかるよう、注意喚起が必要であり、みるべき「とき」を知らせるのは音声、「情報」を知らせるのは、先に述べた色に加え点滅させる方法がある。特に音声情報は、オペレータの作業や視線を阻害せずに情報が伝えられるという点で極めて有効な方法だが、本稿では画面デザインに関する報告なので、ここでは言及しない。

(2) 必要な情報：注意・警告

ここでの注意と警告を以下のように定義する。

【注意】

- ① 走行は続けてよいが、車両、線閉、ATSなど事故に繋がる可能性のあるものが近くにある。
- ② 運転に支障はないが、不具合がある（故障）

【警告】

- ① 速やかに停止あるいは徐行しなければ事故が生じる可能性がある。
- ② 運転に支障を及ぼす恐れのある不具合がある（故障）
- ③ 走行不能である（例：制動ブレーキ作動中、手歯止めあり）

ここでの注意と警告は、4.1(2)の色と連動し、注意は黄色、警告は赤に対応する。保安装置はこの注意と警告をオペレータに知らせるために設置されたものである。特に警告時は即座に的確な行動（主にブレーキ操作）が求められる。

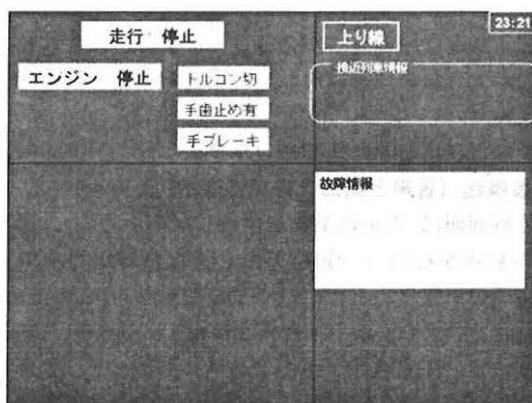
4.3 画面デザイン

上記のデザインコンセプトに基づき、作成した画面サンプルを図3に示す。

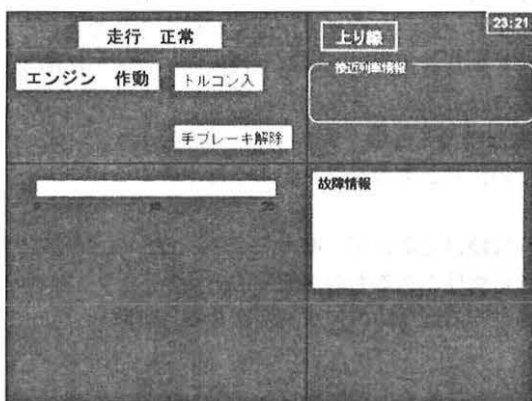
(a)は正常停止状態を示し、左上の①運転走行条件エリア（図2参照）の上段に「走行停止」、その下に関連する運転情報が青で示される。

(b)は正常走行状態を示し、左上①運転走行条件画面の上段に「正常走行」、その下に関連運転情報が緑色で示されている。また、右上の②上下設定&接近情報エリアには、上り線設定であることが示される。

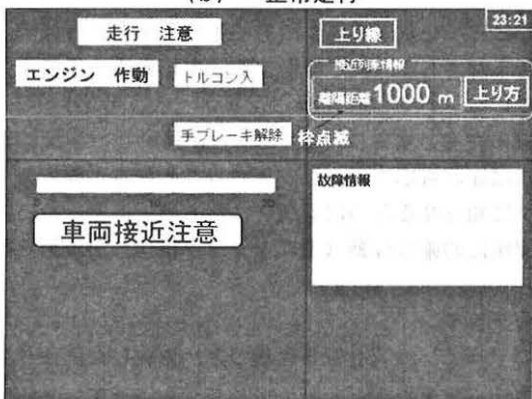
(c)は警告レベルの離隔距離ではないところに保守用車がいることを示しており、運転走行条件の上段に「走行注意」（黄色）、左下の保安装置用エリアに「車両接近注意」という警告（黄色）と「減速せよ」という行動指示が掲示されている。この場合は、4.2(1)でのべたように、離隔距離を囲む枠の点滅と音声による注意喚起も行い、確実に注意情報を伝える。



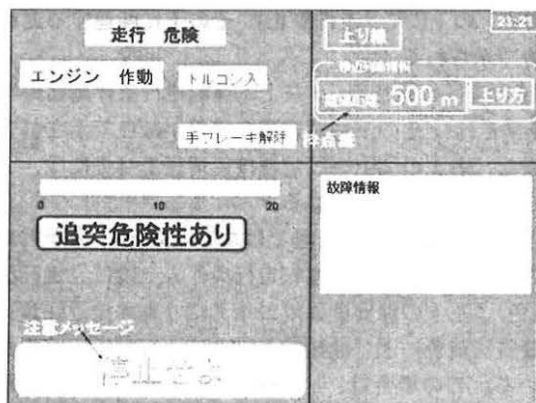
(a) 正常停止



(b) 正常走行



(c) 車両接近 (注意レベル)



(d) 車両接近 (警告レベル)

図 3 画面サンプル

(d)は警告レベルの離隔距離に保守用車がいることを示しており、運転走行条件の上段に「走行危険」(赤)、左下の保安装置用エリアに「追突危険性あり」という警告(赤)と「停止せよ」という行動指示が掲示されている。この場合も、離隔距離を囲む枠の点滅と音による注意喚起も行い、確実に警告情報を伝える。

この例では示していないが、故障情報もレベルに応じて色分けされたものが右下の故障情報エリアに表示される。

図 4 に実験画面の例を示す。実験については本稿に続く「その 2」で報告する。

5. まとめ

独立して設定されている保守用車保安装置の一元化に伴う画面デザインを検討した。デザインコンセプトの設定においては、保安装置の「あるべき姿」をユーザー側から定義し、それを実現するための条件を整理し、実際の画面デザインに落とし込む作業を行った。落とし込みの作業では、空間、色、音、時間(点滅)に意味付けしたものをを用いることで、シンプルで直感的な画面構築を目指した。

6. おわりに

現段階は一提案に過ぎず、これを元にさらに最適な画面へとブラッシュアップする予定である。また、今回言及しなかった輝度や文字の大きさなども、実場面に合わせた検討が必要である。音声や音量の選定も今後の課題であり、現在検討を進めている。フェールセーフを確実に実現し、かつ迅速な保守作業を可能にするには、保安装置だけでなく、システム全体のトータル設計が必要である。

参考文献

- 1) Moseley, M. J., Griffin, M. J. 松本忠雄(訳): 振動環境における視覚的表示と手作業のためのデザインガイド 第1部: 視覚的表示, 労働科学, 64(9), 422-434, 1998

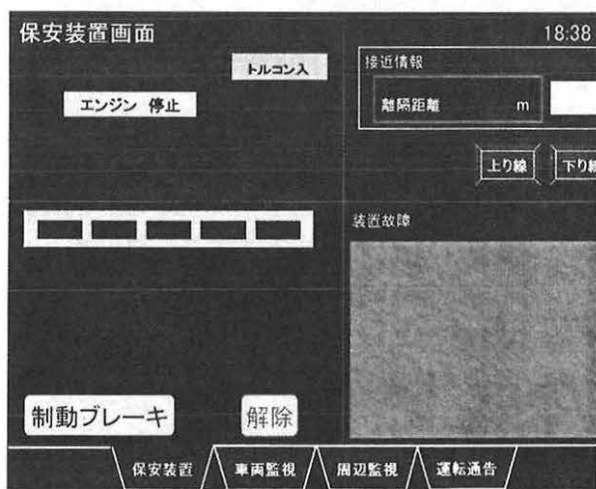


図 4 実験画面