

2312 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2）

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

Fundamental study on the development of a new safety device that unifies existing safety equipment mounted on a Shinkansen maintenance car. Part II

Hiroshi ISHIGAMI, Hiroshi TAKASU, West Japan Railway Company, 1-2-12, Matsuzaki, Abeno, Osaka
Chizuru NAKAGAWA, Railway Technical Research Institute, 2-8-38, Hikari, Kokubunji Tokyo

Five safety devices are mounted on a Shinkansen maintenance car in the present. Now the drivers bear a heavy burden to control and monitor these equipments and such complicating devices affect driver's ability to drive safely. We examined problems of current interface and proposed user-friendly monitor designed to unify these equipments. In this study, we compared the monitor applied ergonomics knowledge to the monitor simulated current devices through laboratory experiment and questionnaire and presented the results about user-friendly and visibility.

キーワード：保守用車、保安装置、画面デザイン、操作性・視認性

Keywords: maintenance car, safety device, design of monitor screen, the operativeness and the visibility

1. はじめに

新幹線保守用車の運転台には、事故の度に次々保安装置が後付けされ、本来の運転操作についての注意を低下させる恐れのある状況となっている（図1）。本論文では、これらの保安装置の表示部分をモニタ画面上に集約させる場合の、画面デザインによる操作性・視認性の違いを、実験とアンケートにより検証した結果を述べる。

2. 実験概要

複数の保安装置の情報をモニタ画面上に表示する場合、どのような画面デザインが、操作性や視認性に優れているのかを確かめるために、3種類の画面デザインを比較する実験とアンケートを実施した。

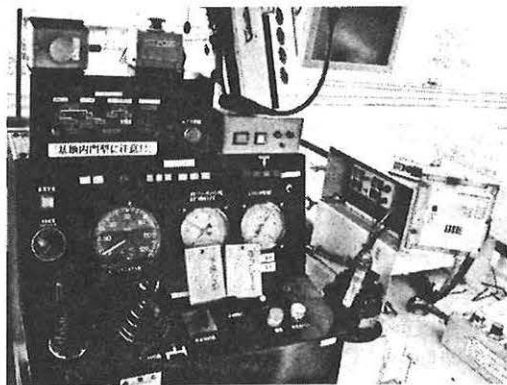


図1 新幹線保守用車の運転席

2.1 実験協力者

実験は2回に分けて実施し、1回目の実験協力者は、当社の本社社員、2回目は、当社のグループ会社であり新幹線保守用車の運転業務を担っている株式会社レールテックの社員である（表1）。1回目は、実験結果に現行保安装置を使い慣れていることによる影響を排除することを目的としており、2回目は、一般的な実験協力者で使いやすいと評価されたものが、現役オペレータでも同様な評価になるかを確かめるためである。

表1 実験協力者の群

所属	年齢範囲（平均年齢）	人数
当社社員	29～55歳（37歳）	27名
現役オペレータ	23～50歳（36歳）	10名

2.2 実験課題

数々の保安装置のうち、比較的使用頻度の高い、接近警報装置、保守用車ATS^{（注1）}、衝突防止装置^{（注2）}の3種類の保安装置を操作する課題を設定した（以下、それぞれ、「接近警報操作課題」「保守用車ATS操作課題」「衝突防止装置操作課題」という）。保守用車の計器盤を模擬したシミュレータでの運転操作やデッドマンの確認行為と並行して、これら3種類の保安装置の突発的な動作に対して、確認行為やブレーキ操作等によって応答する課題である。いずれも保安装置一元化モニタ画面（以下、「保安用画面」という。）に情報が提示される。

なお、現行の保安装置は、装置により警報音が各々異なるため、画面変化だけではなく警報音を聞き分けることでも、どの装置が動作したかを認識できる。しかし、本研究では、画面デザインの評価を行うことを目的としているため、今回の実験では、すべての保安装置動作時の警報音を同一とし、画面からの情報のみでどの装置が動作したかを判断することとした。

2.3 評価方法

画面デザインの評価については、実験課題における応答時間とエラー率に加えて、実験終了後に実施したアンケートの結果を用いた。

3. 画面デザイン

3.1 画面A（現行模擬型）

画面Aは、現在の新幹線保守用車に装備されている保安装置のインタフェースを再現したものである（図2）。

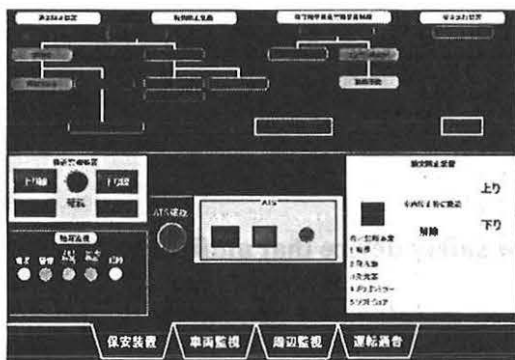


図2 画面A

3.2 画面B（現行改良型）

画面Bは画面Aを基本に、改良を加えたものである（図3）。改良点は以下の6点である。

- ・ 重複情報の排除
- ・ 運転および保守作業中における不要情報を排除
- ・ デッドマンのカウントダウンに数字表示を追加
- ・ 同一線路上を走行中の他の保守用車との離隔距離表示を追加
- ・ 操作指示、状況表示を追加
- ・ 視認性向上のためにボタン形状を統一

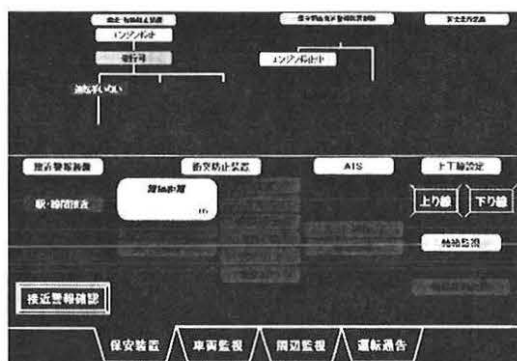


図3 画面B

3.3 画面C（機能整理型）

画面Cは、現状の保安装置の系統にこだわらない機能整理型の画面である（図4）。詳細については、「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）」で述べた。

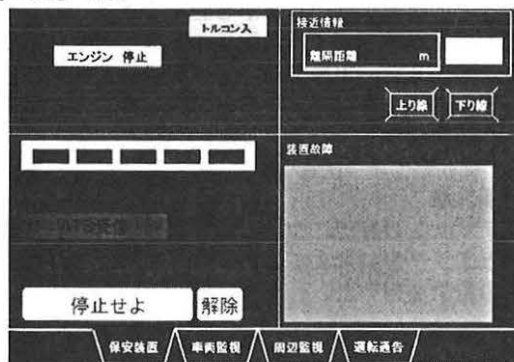


図4 画面C

4. 結果

4.1 実験課題の結果

各保安装置操作課題における、警報音鳴動から行為開始までの応答時間（図4、6、8）とエラー率を算出した（図5、7、9）。それぞれ図の左側は当社社員実験の、右側は現役オペレータ実験の結果である。図4、6、8の縦軸は応答時間の平均値と標準偏差である。図5、7、9の縦軸はエラー率である。

また、ここで言う「エラー」とは、誤った取扱いをした場合と、定められた時間内に操作を完了できなかった場合を言う。

4.1.1 接近警報装置操作課題の結果

応答時間は、当社社員、現役オペレータ共に画面BとCの平均応答時間が短く、画面Aが最も長かった。画面AとB、画面AとCに統計的な有意差が見られた（図4）。

エラー率は、画面Aで特に高い結果となり、他の画面は低い結果となった。当社社員、現役オペレータとで統計的な結果に違いが見られ、当社社員では、画面AとB、画面AとCに統計的な有意差が見られたが、現役オペレータでは、画面AとBだけに統計的な有意差が見られた（図5）。

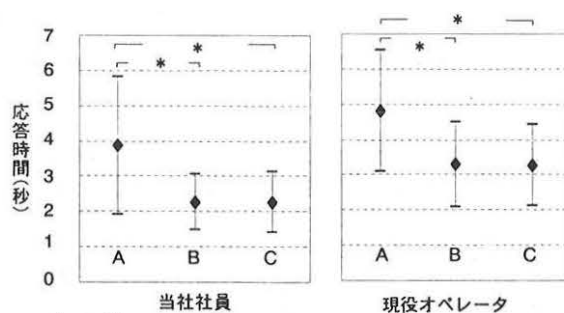


図4 接近警報装置操作課題（応答時間）

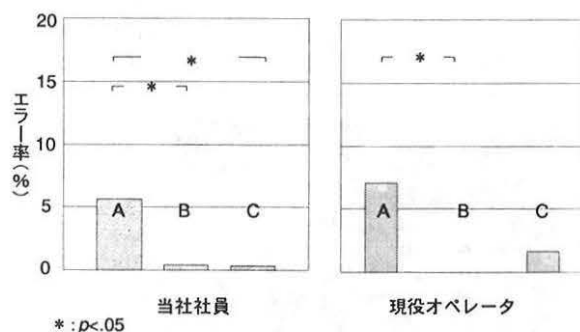


図5 接近警報装置操作課題（エラー率）

4.1.2 保守用車ATS操作課題の結果

応答時間は、当社社員、現役オペレータ共に画面Cの平均応答時間が最も短く、その次に画面B、Aと続いた。画面AとCに統計的な有意差がみられた（図6）。エラー率は、画面Aで特に高い結果となり、画面B、Cと続いた。画面AとB、画面AとCに統計的な有意差が見られた（図7）。

この課題では、操作性・視認性の違いが応答時間と比較してエラー率の方に顕著に現れた。

4.1.3 衝突防止装置操作課題の結果

応答時間は、当社社員、現役オペレータ共に画面BとCの平均応答時間が短く、画面Aが最も長かった。画面AとB、画面AとCには統計的な有意差が見られた（図8）。

エラー率に、統計的な有意差は見られなかった（図9）。

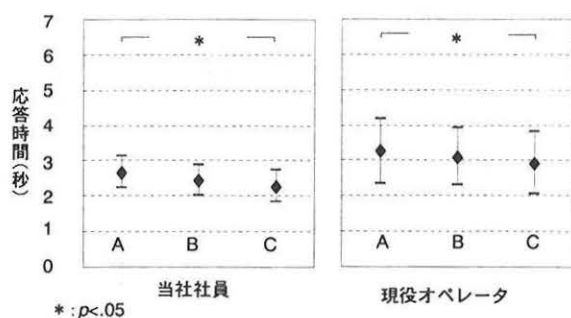


図 6 保守用車 ATS 操作課題（応答時間）

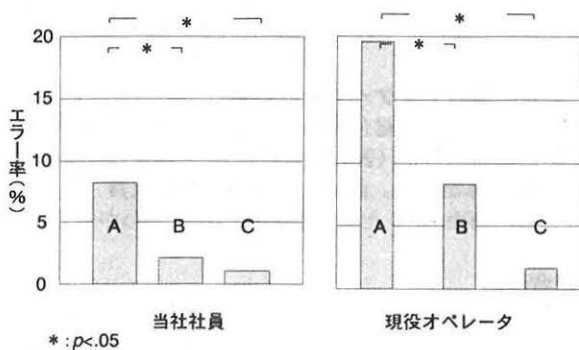


図 7 保守用車 ATS 操作課題（エラー率）

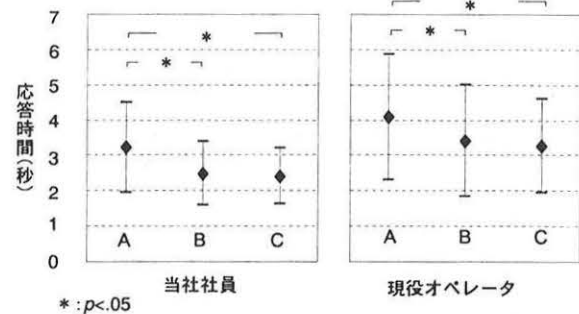


図 8 衝突防止装置操作課題（応答時間）

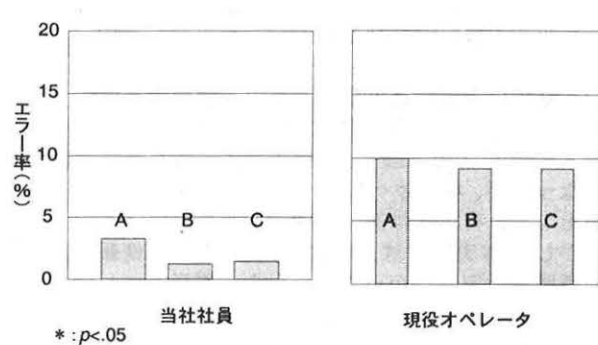


図 9 衝突防止装置操作課題（エラー率）

4.1.4 実験の総合評価

各保安装置操作課題の結果からは、当社社員、現役オペレータで応答時間、エラー率の数値の大小に多少の違いはあるものの、画面間の比較としてはどれも同様の傾向を示していることがわかった。このことから、一般的な実験協力者の結果と現役オペレータとの評価は、ほぼ同一であると言える、画面 A と比較して画面 B、C が優れていると言える。

4.2 アンケートの結果

アンケートの質問項目と、その回答の一部を表 2、3 に示す。それぞれ表の左側は当社社員の、右側は現役オペレータの結果である。数値は、各実験協力者の回答の平均値である。

4.2.1 視認性・操作性の評価

当社社員では、表 2 のすべての質問で画面 C、B、A の順に評価が高かったが、現役オペレータでは、いくつかの質問で、異なる評価となった質問項目があった。

以下に、現役オペレータのアンケート結果について記す。

「色使い（質問 3）」や「表示類の配置（質問 5）」については、画面 B が A より低い評価になった。これは、画面 B が A の改良版であるために、使い慣れた画面 A の感覚で画面 B を見たときに、色や配置の違いにとまどったためと推察される。「何が起きているか理解できたか（質問 8 の突防）」、「何をすべきか理解できたか（質問 9 の突防）」では、画面 C が B よりも低い評価となった。これは、警報表示に現役オペレータにとって親しみのない言葉を使用したために、操作時に戸惑ったためであることが実験後のヒアリングでわかった。他の質問と全く異なる評価結果になったのが、「すぐに適切な行動がとれたか（質問 10）」であり、画面 A、B、C の順に評価が高

表 2 アンケート質問項目と結果（その 1）

番号	質問内容	装置	当社社員			現役オペレータ		
			画面 A	画面 B	画面 C	画面 A	画面 B	画面 C
3	色使い	—	2.0	3.2	4.0	3.1	2.4	3.2
5	表示類の配置の見やすさ	—	2.1	3.1	4.2	3.0	2.9	3.3
6	注意喚起の配色の目立ち具合	—	1.5	3.6	4.3	2.2	2.9	3.8
8	何が起きているか理解できたか	接近	1.9	4.0	4.4	2.1	3.8	4.1
		突防	2.1	4.0	4.6	2.3	3.9	3.8
		ATS	2.3	3.7	4.5	2.5	3.5	4.0
9	何をすべきか理解できたか	接近	2.6	4.1	4.3	3.3	3.4	3.6
		突防	2.7	4.1	4.3	3.2	3.3	3.2
		ATS	2.9	4.0	4.2	3.0	3.2	3.5
10	すぐに適切な行動がとれたか	接近	2.4	4.2	4.3	3.0	2.4	2.2
		突防	2.5	4.0	4.1	3.1	2.8	2.5
		ATS	2.7	4.0	4.2	3.1	3.0	2.6
—	全質問（1～10）の平均値	—	2.1	3.7	4.3	2.7	3.2	3.5

表 3 アンケート質問項目と結果（その2）

番号	質問内容	当社社員			現役オペレータ		
11	離隔距離表示の有用性	—	2.9	2.8	—	3.9	3.8
12	カウントダウン表示の有用性	—	3.8	—	—	3.4	—
13	使われている色数	4.2	2.6	3.0	3.6	2.4	2.8
14	表示されている情報量	4.2	3.9	2.7	3.3	3.2	2.4

質問 1～12 の選択肢（1：悪い、2：やや悪い、3：普通、4：やや良い、5：良い）

質問 13、14 の選択肢（1：少ない、2：やや少ない、3：丁度良い、4：やや多い、5：多い）

いという客観評価と主観評価とは全く異なる評価となった。画面 C について、実際には適切な行動を「とれている」のに、主観的には「とれていない」と感じているのは、画面 A に対する慣れの影響と考えられる。

4.2.2 離隔距離表示とカウントダウン表示の有用性

「離隔距離表示の有用性（質問 11）」は、当社社員では、画面 B、C 共に 3 を下回り、離隔距離表示の有用性は低い評価となったが、現役オペレータでは、画面 B、C 共に 4 に近い値となり、有用性は高い評価であった。

しかし、本実験では、離隔距離表示からの情報を必要とする課題を設定しなかったことから、現役オペレータの評価は、画面デザインとしての評価ではなく、日常業務における離隔距離表示の必要性から出た評価だと考えられる。

デッドマンの「カウントダウン表示の有用性（質問 12）」は、画面 B のみの表示であるが当社社員、現役オペレータ共に 3 を超える値になったことからカウントダウンの数字表示の有用性は高いと言える。

4.2.3 色数、情報量について

「色数（質問 13）」については、当社社員、現役オペレータ共に画面 C で 3（ちょうど良い）に近い評価となった。「情報量（質問 14）」については、当社社員では、画面 C で、他の画面よりも 3（ちょうど良い）に近い評価となったが、現役オペレータでは、2（やや少ない）に近い評価となった。なお、画面 A については、当社社員、現役オペレータ共に色・情報量が多すぎるという評価であった。

4.2.4 画面 A と実際の運転台について

本研究においては、画面 A を実際の保安装置のインタフェースとみなして、他の 2 つの画面と比較することで、どの画面デザインが適切かということを検討してきた。そこで、実際に、画面 A は実際の保安装置のインタフェースとしてみなして良いかについて（質問 15）と、画面 A と実際のインタフェースのどちらが操作しやすいか（質問 16）について、日頃保守用車の運転業務を担っている現役オペレータのみを対象にアンケートを行った（表 4）。

表 4 アンケート質問項目と結果（その3）

番号	質問内容	点数
15	画面 A は実際のインタフェースを模擬できているか	1.7
16	画面 A と実際のインタフェースはどちらが操作しやすいか	3.0

質問 15 の選択肢（1：できている、2：ややできている、3：ややできていない、4：できていない）

質問 16 の選択肢（1：実際の運転台、2：やや実際の運転台、3：普通、4：やや画面 A、5：画面 A）

「画面 A は実際のインタフェースを模擬できているか（質問 15）」の結果から、画面 A は実際の保安装置のイン

タフェースとしてみなしても問題ないことがわかった。また、「画面 A と実際のインタフェースはどちらが操作しやすいか（質問 16）」の結果から、画面 A も実際の保安装置も操作性の評価としては違いがないことがわかった。

4.2.5 各画面のアンケートの総合点

アンケート結果を総合評価するために、画面毎に全質問の平均値を算出した（表 2 の最下段）。平均値は、質問 1～10 を用いて算出した。画面 C の評価が当社社員、現役オペレータ共に画面 A、B と比較して高いことがわかった。

5. 総合評価

当社社員と現役オペレータともに、各保安装置操作課題による応答時間、エラー率による評価では、画面 A に対して、画面 B、C が高い評価になった。アンケートによる主観評価においては、画面 C、B、A の順に評価が高かった。以上の結果から、画面 C が最も操作性・視認性に優れていると言える。

6. まとめ

実験結果とアンケートの結果から、今回比較した画面デザインでは、現行模擬型の画面 A が低い評価となったことから、現行の保安装置のインタフェースに問題があることがわかった。また、機能整理型の画面 C が最も高い評価となったことから、今後の画面デザイン改善は、画面 C の機能整理型を基本として、新しい保安装置の持つ機能面を考慮しながら検討を進めていく。特に、実験で明らかになった画面表示の文言や離隔距離表示の取り扱いを重点的に検討していく予定である。

ただし、本研究は、実験室内の実験である。今後は、本研究で得られた知見を基礎として、さらに操作性・視認性の優れた画面デザインを検討していくとともに、実際の運転場面による実験や検証を行うことで、より実用性の高い画面デザインの構築を目指す。

最後に、実験にご協力いただきました株式会社レールテックの現役オペレータ及び関係者の皆様、研究の推進に関してご指導、ご協力頂きました財団法人鉄道総合技術研究所の関係者の皆様に深謝致します。

注釈

（1）保守用車 ATS：保守用車が駅構内において分岐器の割り出し方向へ侵入した場合に、分岐器の手前で保守用車を自動的に一旦停止させる装置。

（2）衝突防止：保守用車同士の衝突・追突事故を防止するために、保守用車を自動的に一旦停止させる装置。