

運転操縦支援方策の研究



武田 祐一* 末永 裕之** 香西 恵介*

運転士は信号機の建植位置や停止ブレーキポイントなどを記憶して運転を行っているが、湘南新宿ラインなど新しい線区の拡充に伴い、記憶量は増加する傾向にある。さらに、構内での入換運転については、複雑な線路形状ゆえ記憶量が更に増加する状況になっていると思われる。そこで、本研究では、運転士の記憶を補完し、エラーを低減することを目的として、車上での情報支援方法について研究することとした。開発コンセプトを「運転台の高機能化に対応し、必要に応じて記憶の再確認が可能な支援情報の提供」と「乗務員区所だけで支援情報の作成更新ができるシステム」として取組んだ。作成した操縦支援装置を使用し評価試験を行った結果、「実業務との親和性」「一次的な失念など確認エラーの低減効果」「線見など新人への養成ツールとしての付加価値の利用」などへの有効性が確認できた。

キーワード： 運転操縦支援、信号確認、速度制御、駅停車、入換運転

1 はじめに

新たな線区を担当する運転士が本線や構内の運転操縦のために習得すべき情報には、諸規程やマニュアル等の知識のほか、担当線区における信号機の建植位置、速度制限箇所、制限・停止ブレーキポイント及び各駅の停止位置目標等がある。これらの情報の多くは、運転士の記憶の中にあり、この記憶が作業を行ううえでの基準となっている。これらの情報の中でも、信号機や標識については、形状は統一されているものの建植位置については、線形などの影響を受け必ずしも一定していない。

また、湘南新宿ラインなど新しい線区の拡充に伴い、記憶量も増加する傾向にある。さらに図1で示すような複雑な構内での入換運転については、記憶量がさらに増加する状況にな

っていると思われる。

そこで、本研究では、操縦支援情報を提供できる装置および乗務員区所で信号機など設備の変更時に情報の更新ができるシステムを作成し、運転士の記憶を補完することを目的として、車上での情報支援方法について研究することとした。

2 支援情報

2.1 運転操縦に必要な情報

運転士が操縦を行なうために必要とする信号機など地上設備から得られる情報を概略すると表1のようになり、信号現示以外は建植位置など予め把握可能である。

2.2 支援の要件

支援の方法については、車上での情報提供を主体とするが、同一箇所に信号機が複数建植されている場合については、看板の取り付けなど地上

表1：運転操縦に必要な情報

作業 情報	起動 (開通・非開通)	速度制御 (速度制限)	停止制御 (停止地点)
固定 情報	-	曲線・分岐器 下り勾配 特殊制限 運転速度	停止位置目標 車両停止標識 主信号機等
変動 情報	信号現示	信号現示	(合図表示)

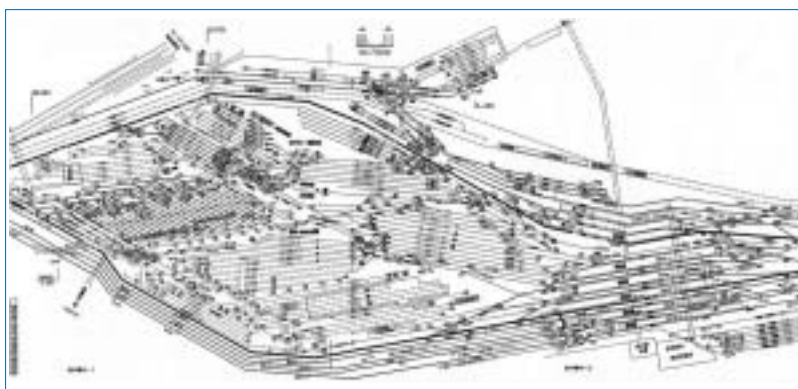


図1：広く複雑な配線を有する構内
(品川駅・田町電車区構内)

側における仮設も含め検討することとした。

支援情報を提供する際の要件と考える内容について表 2 に示す。

表 2：支援情報とその要件

支援情報		作業支援の要件
本線 運転	信号確認	<ul style="list-style-type: none"> ・信号機の確認位置に接近したことがわかる ・確認位置において該当信号機へ、運転士の視線を速やかに誘導できる ・自列車の確認すべき信号を識別できる
	速度制限	制限区間の開始地点と終了地点がわかり、ブレーキ取扱い地点がわかる
	駅停車	<ul style="list-style-type: none"> ・ホームへの進入速度を適正に制御でき、そのためのブレーキ取扱いができる ・自列車の停止位置がわかる
入換運転		<ul style="list-style-type: none"> ・入換信号機を個別に識別でき、その防護範囲がわかる ・自車の停止位置がわかる

2.3 情報の表現方法

運転操縦に必要な情報は、その殆どが視覚情報であり、それらは地上側にある。従って運転士は、目にしている光景の中に確認すべき情報を探し求める。この探し出す作業が簡単であるほど、記憶への負担は軽減される。

そのためには、地上側の光景の中に確認すべき情報を容易に識別出来る特徴を見出せるか、あるいは設けることが必要であり、車上の支援情報にはその特徴が示されていないなければならない。具体例として、入換信号機には信号機本体か、またはその近傍に番号付きの看板を設置し、識別性を高める検討を行った。

3 本線運転時の支援情報

図 2 は、本線運転時の支援情報の例である。

車上装置の画面は、時刻表、設備情報(図・写真等)操縦ガイダンスに分割し、あらかじめ設定した箇所に対応して支援情報を表示する。また、右側最下段には、操作ボタンを設け、操縦支援の必要の有無を選択できるようにした。

操縦支援を要求された場合には、通常ICカードによって、走行する線路、区間の情報が自動的に表示されるが、一部の情報のみ(たとえば、駅の場内信号機の情報)検索したい場合にも簡単な設定で検索することを可能とした。

上記の画面構成・操作方法を基本とし、信号確認、速度制限、駅停車について、現状と表 2「支援情報とその要件」に示した各要件との対比を行い、支援すべき情報の内容を検討した。

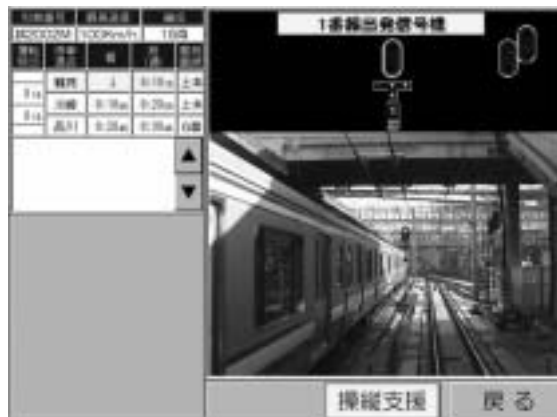


図 2：車上装置の画面表示(本線運転の例)

3.1 信号確認

図 3 は東海道線の品川駅構内の信号機である。5 個の場内信号機が並んでおり、支援に際しては自列車の進路の信号機を明示する必要がある。このような課題に的確に対応するために、表 2 の中の信号確認に関する作業支援の要件である、

- (1)信号機の確認位置に接近したことがわかる
- (2)確認位置において該当信号機に運転士の視線を速やかに誘導できる
- (3)自列車の確認すべき信号を識別できる

を満たすために下記の情報を採用することとした。

- (1)信号機位置を示した確認位置からの写真
- (2)運転士の目に映る信号配置と確認する信号機がわかる絵
- (3)信号機名称

図 4 は上記の情報を考慮した品川駅場内信号機の支援画面である。画面上部に信号機の配列を表示し、確認すべき信号機を黄色で枠取りし、また写真上の信号機についても同様に黄色で囲みわかりやすくした。



図 3：東海道線場内信号機(品川駅)

3.2 速度制御

運転士は速度制限箇所を記憶しており、速度を制御しながら



図4：信号機確認支援画面
(矢印の先が枠取部)

ら運転している。同じカーブでも列車の性能により通過速度が異なっている場合もあり、速度制御を開始する地点が違うなど、一時的な失念や勘違いによるエラーが生じる懸念も考えられる。エラーの低減に向けて的確に情報を与えるために、表2の速度制限に対する作業支援の要件である、

- (1)制限区間の開始地点と終了地点がわかり、ブレーキ取扱い地点がわかる

を満たすために、下記の情報で支援を行うこととした。

- (1)制限区間への接近と制限の解除の表示
- (2)速度制限種別と制限速度
- (3)速度超過の恐れがある場合の音声と表示の警告

図5は上記の情報を考慮した速度制限の支援画面である。制限区間に接近すると画面右下に速度制限種別と制限速度を表示する。また、速度超過の恐れがある場合には、「ブレーキ」の表示と音声で、速度が制限以下に下がるまで警告し、制限速度以下になると両者の表示が消える仕組みとした。

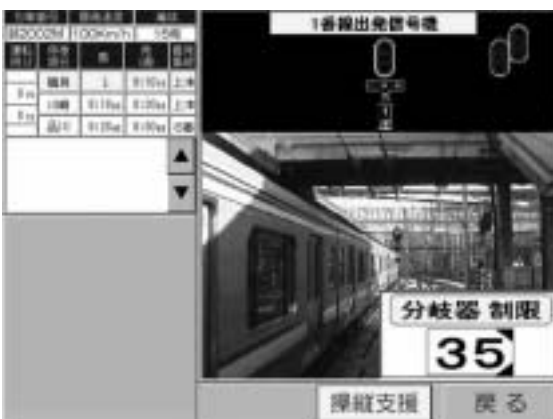


図5：速度制限支援画面

3.3 駅停車

列車を構成する車両数の違いにより停止位置も異なり、車両数の勘違い、思い込みなどにより誤った位置に停止してしまうエラーが考えられる。そこで、表2中の駅停車の作業支

援の要件である、

- (1)ブレーキ取扱い地点がわかる
- (2)停止位置がわかる

を満たすために下記の情報で支援を行うこととした。

- (1)標準的なブレーキ開始地点から停止位置目標を写した遠方からの写真
- (2)停止位置目標の配置図

図6は上記の情報を考慮した駅停車の支援画面である。標準的なブレーキ開始地点の手前でこの図を表示する。停止位置目標の配置図の中で、当該列車のものをオレンジ色で枠取りし下図では、9両・10両・15両編成停止位置目標を配置、15両停止目標を示す。写真上の停止目標の位置にも同様に枠取りしわかりやすくした。



図6：駅停車支援画面(矢印の先が枠取部)

4 入換運転時の支援情報

本線に比して乗務頻度が少ない構内の入換運転では、入換信号機が輻輳する箇所において、自進路の入換信号機の識別が重要になるため、現場の協力を得て地上の入換信号機にもナンバー(入信名称)表示を施した。これによって入換信号機を明確に個別化し、車上で提供される情報と照合し易いようにするとともにエラーを誘発させないようにした。また、入出区の入換においては入換ルートの情報が必要であるため、入換信号機の防護区間を明示する目的で、確認すべき入換信号機の図・写真と停止すべき地点および残距離を画面に表示した。図7は、入換運転時の支援画面例である。

次の目標地点が遠く見通せない場合も考慮し、図8のように遠方から目標地点を見た写真を表示し、信号などの目標物の抽出を容易にするようにした。

通常の入出区は構内作業の影響により入換ルートが日々変わり、入換信号機の進路表示によってルートが示される。このため、運転士の取り扱いとして一旦停止後、地上の表示を運転士が識別し、図9で示すように、支援画面の左側に表

示されるボタンを押下することで防護区間、残距離等の支援情報が提供される構成とした。

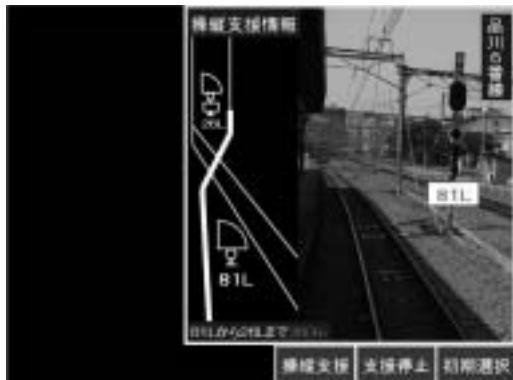


図7：進路と次目的地までの距離表示

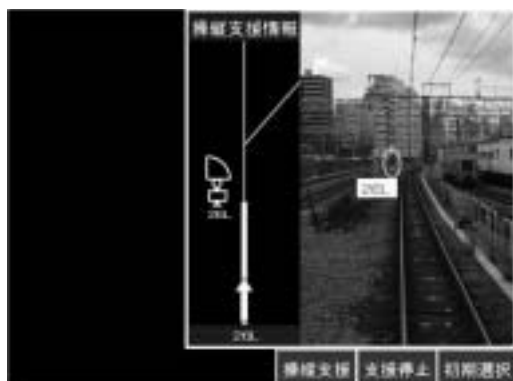


図8：遠方からの入換信号機支援画面

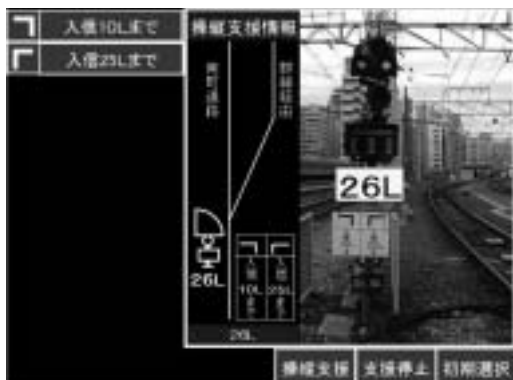


図9：進路選択画面

5 システム構成

これまで述べてきた運転操縦支援装置を有効活用するためには、エンドユーザーが自主的に管理出来ることが要件となる。従って、設備が変更になり、支援情報の修正や追加が必要な場合でも、乗務員区所に対応出来るシステムの開発を目指した。

図10に運転操縦支援全体システムの概要を示す。

- (1)乗務員区所には情報管理用の端末を新たに設置し、輸送総合システムからダイヤ情報をICカードに出力し、入換

の計画や地上設備の更新等があればデータをICカードに追加する。

- (2)運転操縦支援装置には、予め担当線区の地上設備やキロ程など基本となるデータベースを構築してある。設備情報の修正や追加がある場合にはICカードによって、更新情報がダイヤ情報と共に読み込まれる。
- (3)距離計算機能については、速度パルスのカウントにより走行距離を算出するが、ATS-P地上子の電文を受信した場合には、距離補正を行い列車の現在位置の精度を向上させた。

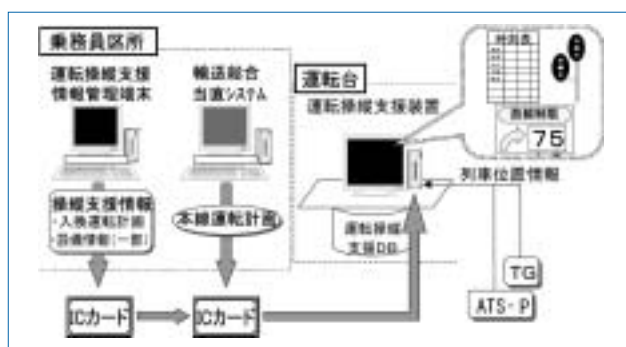


図10：運転操縦支援装置システム

6 運転操縦支援装置

図11は、支援情報を表示するJR東日本で開発した次世代通勤近郊型車両(ACTレイン)¹⁾の運転台モニターである。端末の選定にあたっては、ITの活用、低コスト、乗務員の操作性、視認性、アプリケーションの開発が容易であることを前提としているため、汎用PCを採用した。

留意した点は、車両の振動に耐えられる点を考慮して、工場内での振動試験、温度マージン試験および車上搭載による長期の耐久試験を実施した。

図12はACTレインの運転操縦支援装置の構成である。PCを車両に仮設し、車両制御システムの制御のもと、表示機2(図11のモニター)に支援情報を表示する。画面の表示については、故障情報など緊急性の高い情報を常に優先するようにしている。



図11：ACTレイン運転台モニター

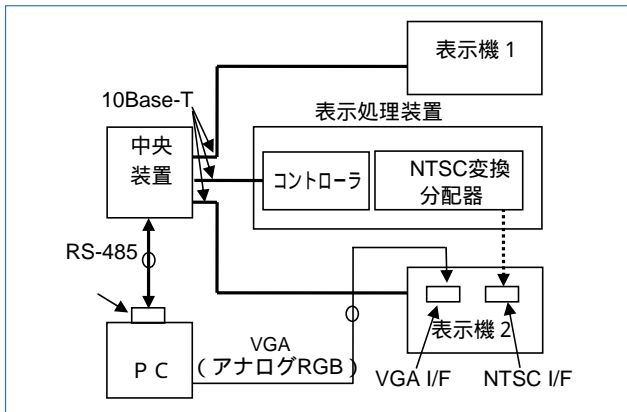


図12：運転操縦支援装置構成図 (ACTレイン)

7 乗務員区所装置

7.1 乗務員区所装置の概要

操縦支援画面の左側に表示する列車時刻データなどの行路のデータは、輸送総合システムから抽出したデータを活用する。地上設備が変更になった場合に運転操縦支援情報の管理端末で情報を編集し、ICカードを媒体として車上装置内のデータベースを修正する。

7.2 設備データの編集

区所装置での「設備データ編集」及び図13に本線運転用の設備情報編集事例として「駅停止位置目標情報設定」の画面を示す。「設備データ編集」では、本線用として「駅情報」「駅停止位置目標情報」「信号機情報」「ATS-P情報」「表示画像」「速度制限情報」「作業画像」、構内用として、「構内番線情報」「構内分岐情報」「構内表示画像」の各情報の設定が可能である。

例示した「駅停止位置目標情報設定」では、本線で使用するすべての駅の停止位置目標を列車の編成両数別に設定でき、停止位置目標、駅名、番線名、編成両数、速度照査開始キロ程、停目キロ程、情報表示開始キロ程・表示終了キロ程、表示画像ファイルの編集が可能である。他の情報



図13：駅停止目標設定画面

についても同様に、設備情報の変更や線区の特情に合わせたメンテナンスが可能である。

特に、画像については、指導用のビジュアル教材を用いて簡単に行えるようにした。

7.3 乗務員区所での編集のメリット

支援画面の編集・設定は、乗務員区所で作成できるようした。その効果として、

- (1) 運転士の意見に柔軟に対応できる
- (2) 設備の改廃に伴う情報の変更に対応できる

などのメリットがある。

図14は入換標識から入換運転を開始する際の支援画面である。枠内のコメントの様に、注意事項などを乗務員区所で自由に盛り込める機能とした。



図14 乗務員区所での編集例

8 評価試験

2000年10月に東海道本線 東京～横浜間および田町電車区構内において、試作した運転操縦支援情報を185系電車運転台に仮設したモニターに表示し、田町運転区、東京電車区、上野運転区の指導員および乗務員による現車試験を実施した。

その評価について、本線運転では「速度制限の把握」に対して有効性が高いことがわかり、入換運転では、入換信号機の固体識別を高めた点および最終目的地が同一で、複数の入換ルートがある場合に対応できる点など、全般的に高い評価を受けた。しかしながら、実適用のためには評価サンプル数を増やし判断する必要があること、また精度の高い評価のためには、実際に近い試験環境が望ましいことから、次世代通勤車両として企画段階にあったACTレインを用いることとした。先述のとおりACTレインの運転台には乗務員へ情報提供できるモニターが2台あり、そのうちの1台(表示器2)が支援情報で提供する写真等も鮮明に表示できる能力があることから当モニターを使用することとした。また、ACTレインで採

用された新しい技術が、今後新造される車両にも適用される相乗効果も併せて考慮した。

試験計画を策定するに際して、前回の試験においてニーズが高かった入換運転に特化し、更に高精度の評価を得ることを念頭に置き取り組むこととした。

評価試験は2002年8月に田町電車区と品川駅構内において、当構内の入換作業を実際に担当する6つの乗務員区所、31名の運転士を対象に行った。

9 評価試験結果

操縦支援装置を用いて入換運転を行った乗務員にアンケートを実施した。主な評価結果とそこから得られた知見を以下に述べる。

9.1 信号機の確認

信号機を風景の中から見つけるための機能の良否について、以下の観点からの確認を行った。

- (1)実物写真による信号を摘出する面での有効性
- (2)信号機の「番号表示」と車上の支援情報との照合のしやすさ

評価として上記の項目について有効性が確認でき、特に信号機に「番号表示」を行った場合に、情報との照合をさらに容易に行えることが確認できた。しかし、写真画像では距離感が掴みづらいため、信号機までの残距離の連続表示が必要であることが判明した。

9.2 停止位置の確認

停止位置目標の見つけやすさについて、以下の観点から確認を行った。

編成両数毎の停止位置目標の位置の認識のしやすさ

評価として、編成両数毎の停止位置目標の位置関係を示す配置図の有効性が確認できた。しかし、9.1項と同じく、停止位置目標までの連続した残距離表示が必要であることが判明した。

9.3 加減速制御中の画面確認

加減速制御をしながら支援画面を確認する場合も想定して、実際の車両操縦場面における支障の有無を以下の観点から確認を行った。

- (1)操縦動作中での支援画面の確認
- (2)モニターと前方視界との位置関係

評価として、運転操縦は十分に可能であることが確認できた。よりスムーズな操縦のためには、画面から目を離しても情

報が得られるように、目標物までの距離等を音声でガイダンスすることが有効であると考えられる。

モニターと前方視界との位置関係については視線移動が少ない位置での支援が有効であることが確認できた。

9.4 信号機の防護区間の認識

入換信号機から先の進路が多数分岐している場合もあるため、以下の観点から確認を行った。

- (1)進路を選択する際のエラー発生しにくさ
- (2)次の停止地点のわかりやすさ

評価として、多数進路がある場合の進路の選択時に、配線図が予め表示される効果によりエラーが発生しにくく、また、停止点の明確化ができることについて有効性が確認できた。

9.5 業務への適用の可否

支援の有効性について全体評価を行うとともに、日々の実作業への適用の可否につて、以下の観点から評価を行った。

- (1)実業務との親和性
- (2)一次的な失念など確認エラーの低減効果
- (3)線見など新人への養成ツールとしての付加価値的利用面

これらの評価の結果、業務への適用について違和感なく使用できるシステムであること、一時的失念や思い込みに対して、確認すべき元となる情報が提供されることによるエラーの低減に寄与できることが評価できた。

また、異常時において急遽の入出区などの場合に、ルートや信号機をガイダンスすることによるエラーの低減、さらには新人運転士等への養成ツールとしての有効性があることもわかった。

10 おわりに

今回の研究において、操縦支援装置の有効性が確認できたことから、今後の新造車両への搭載に向けた検討の基盤づくりができたものとする。

参考文献

- 1) 大澤 光行：21世紀にふさわしい車両をめざして
JR East Technical Review ,No.1(2002) ,pp.9-12.