

5. 運転状況記録装置を活用した運転状況分析による安全性向上への取組み

交通システム研究領域 ※吉永 純 佐藤 安弘 千島 美智男 森 裕貴

1. はじめに

平成 17 年 4 月に発生した列車脱線事故への対策の一つとして、特定要件に該当する車両に常時記録型の運転状況記録装置の搭載が義務づけられており、現在、多くの鉄道事業者で整備が進められている。

この装置は、航空・鉄道事故調査委員会（当時）が発出した建議（19 年 6 月）において、事故等以外の事象についても鉄道事業者等が必要な分析を行い、事業者間で活用すべき、との指摘がなされており、安全性向上に資するものとして期待されている。

本稿では、現状での運転状況記録装置の利用状況及び利用のための課題について述べるとともに、今後利用していくための取組みについて述べる。

2. 運転状況記録装置の利用のための課題

2. 1. 鉄道での利用状況の調査

装置の搭載が義務付けられた車両（新造・既存車）を有する鉄道事業者は約 90 社局に渡るが、整備率は約 85%（24 年 3 月）と急速に進んでいる。記録方式は映像記録式ではなく、数値データにより車両の動向を常時記録する方式がほとんどを占めている。

交通研では 23 年度において、大手民鉄会社を中心とした 10 社に装置の利用状況を聞き取り調査したところ、発生した事故等や設備故障等の分析以外にはほとんど利用されていない状況であった（図 1）。

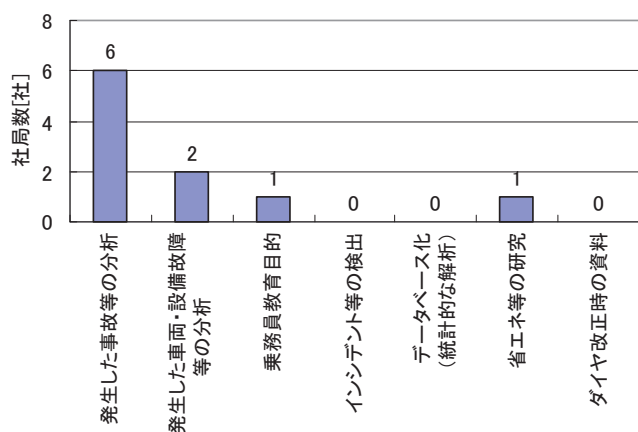


図 1 運転状況記録装置データの利用状況

他方、装置メーカ（3 社）を対象とした閲覧ソフトウェアに関する調査でも、日時が特定されたデータの閲覧・分析には優れており、事後解析に適した構成となっているが、顕在化していない事象の検出のような分析法に対しては不向きな仕様となっていることが分かった。

図 2 は、データの利用方法について、基礎的なものから高度なものに階層化して表したものである。前述の航空・鉄道事故調査委員会の建議は、現在行われているような、事故等の事後解析等を超えたデータの利用方法について、その必要性や安全性向上の効果を指摘しているものと位置づけることができる。

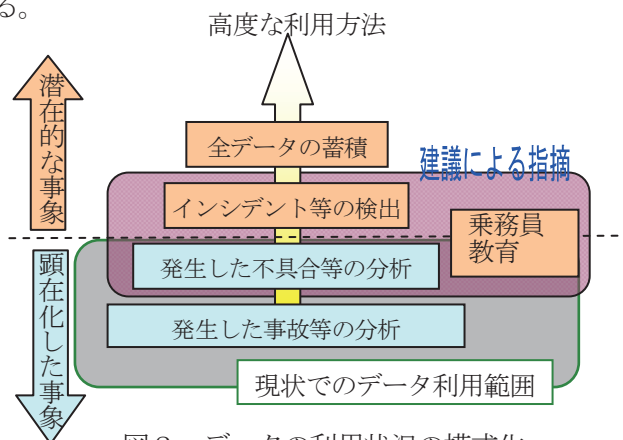


図 2 データの利用状況の模式化

2. 2. 鉄道での利用のための課題

現状において、顕在化している事象の解析以外の利用方法が行われない理由についても鉄道事業者に聞き取りにより調査した。その結果、以下の指摘が挙げられている。

(1) データ回収のための作業量

列車を入庫させ記憶媒体を取り出し、データ読み取り装置にセットする必要がある、データの回収や必要なデータの特定に時間がかかる。

(2) 分析ソフトウェアの不足

専用の分析ソフトがなく、手間が膨大である。

(3) データ回収の制度・物理的制約

回収作業の実施には権者の指示が必要な内規を定めている。物理的にもセキュリティ上の理由で常時施錠されている（図3参照）。

併用型装置（他の車載機器の記録機能を利用する方式）の場合、データ回収・解析に専門知識も必要。

(4)その他

その他に以下のような指摘もあった。

- ・責任追求型の使われ方への懸念がある。
- ・装置の導入に多大なコストを要しており、さらに人手やコストをかけてデータを利用することは現状では困難。



図3 運転状況記録装置の搭載例（専用ケース内）

2. 3. 自動車分野での課題への対処

自動車分野では同様の装置として、カメラで映像を記録する、ドライブレコーダが普及している。

国土交通省では、搭載しただけでは事故防止効果は期待できない、として、自動車運送事業者向けの有効活用のための調査報告書（21年3月）や事故防止マニュアル（21年10月）をとりまとめている。

鉄道とはシステムも状況も異なるが、課題や解決策には共通点が見られることから対策を抜粋する。

(1)データ回収のための作業量について

会社の状況に応じて、以下のような導入レベルを選択することが提案されている。いずれのレベルでも、得られた映像を安全教育に利用し、安全性向上効果があることが述べられている。

- [レベル 1]事故等を起こした車両のデータのみ回収
- [レベル 2]新人や事故惹起者等の特定者の事故・ヒヤリハットを毎日回収
- [レベル 3]乗務員全員にヒヤリハットの自己申告を促し、その映像を回収

[レベル 4]全車両の事故・ヒヤリハットを回収

(2)データ回収上の制約やその他の課題について

責任追及型の利用の懸念や、コストの問題については、ドライブレコーダ導入後に事故の減少、事故処理の円滑化等の実際の効果が得られるに従い解消された事例が示されている。

以上のように、継続できる範囲でデータ回収をする

ことと、その結果得られるメリットによりデータ回収する意義が理解されていくことが述べられている。

3. 鉄道での活用方法の検討

3. 1. 鉄道事業者の活用事例について

鉄道において考えられる、データの活用をすることにより得られるメリットについて述べる。

事故等の減少や事故等の際にも客観的な記録が得られる利点がまず挙げられる。

さらに運転状況記録装置には、車両の各種データを記録する「トレインレコーダ」としての側面があるため、この観点から、記録されたデータから何か初めて分かったという経験の有無についても鉄道事業者を対象に調査を行った。その結果、車両検修関係のみならず、信号保安装置等の設備の管理等に役立つという事例が得られている。以下に一部を紹介する。

(1)設備管理関係

- ・ATS やブレーキ動作状況から、ある中継信号機の視認距離が短いと判明し、建植位置を変えた。
- ・ホームドア指令信号と戸閉記録の比較から、リレーのバタつきが判明した。
- ・ORP（過走防護装置）の動作点調整に活用した。

(2)車両検修関係

- ・ブレーキ圧センサの配線の接触不良を検出した。
- ・車両走行試験での測定機材替わりになる。その場でブレーキ距離等が表示できる。
- ・車両走行試験時に確認できなかった気象条件でのブレーキ性能等を確認できる。

(3)その他の使い方

- ・ECO 運転のための研究に利用している。

3. 2. データの技術的な特徴・誤差補正

運転状況記録装置で取得されるデータは、以下のような技術的な特徴が見られる。これにより、内容の理解がより困難となっている。

- ①データが膨大（0.2秒間隔の連続記録方式のため）
- ②データの意味合いは、さまざま（例：指令時か、実際の動作時か）
- ③複数のデータで記録領域を共用する場合がある（記録領域の有効活用のため）
- ④速度・位置の誤差（速度発電機の特性、滑走・空転、車輪径設定誤差により数%の誤差が生じる）

①については、時刻やデータ列を限定し、必要なデータのみ切り出すソフトウェアの利用が考えられる。②、③、④については、車種によっても取得されるデータやデータの意味合いも異なると思われる。そのため、意味する内容や定義、指令場所のデータか動作場所のデータかといった属性を明確化しておくだけではなく、データ間の関連性や、データに含まれる誤差の特徴も把握しておかなければ、迅速なデータの解読は難しいと考えられる。これは時折、データを取り出して閲覧する機会を設け、データに見慣れておくことが有効と考えられる。

特に④の位置及び速度情報に含まれる誤差の影響は大きいことから、この誤差の補正方法や基点を決定する方法を検討しておくことは重要と考えられる。

位置誤差は、一般に走行距離に対して数%程度生じる。速度検知部の構造や、車輪とレール間のすべり等に起因し、加速時と減速時でも発生量が異なるものであることから、画一的に除去することは困難である。

そこで専用ソフトを用いずに補正できる方法として、一般的な表計算ソフトを活用した簡易な誤差補正方法を検討した。取得したデータのまま市販の表計算ソフトにより距離-速度曲線を作成すると、図4（上は各駅停車、下は快速運転）の駅A~駅Eの真の位置と比較し、各列車は誤差を生じている。この図により、ある地点を何 km/h で走行したかを見ようとした場合には、含まれる誤差が大きすぎると考えられる。

そこで、駅停車位置を基点として位置をある程度補正する方法を検討する。

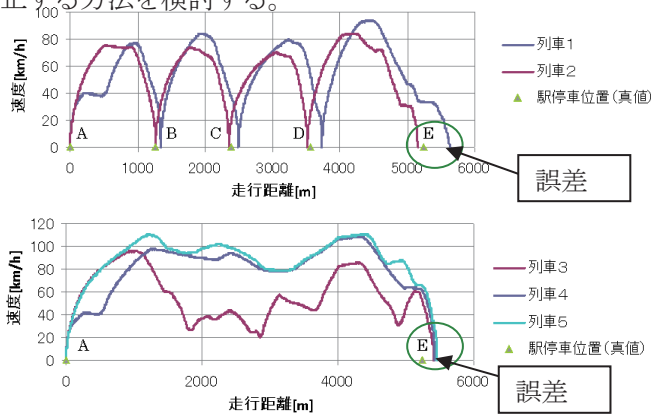


図4 距離-速度曲線の作画例（誤差を含む）

この走行例の場合、表1のように駅間距離（真値）と比較し、誤差の発生傾向は列車毎にほぼ同じである。そのため、表1の比率を係数として各駅間の走行距離データを除算することで真値と符合させる補

正を行う。速度についても位置と同じく、この係数による除算により補正する。

表1 真の各駅間距離との比較

区間	列車1	列車2	列車3	列車4	列車5
A→B	105.8%	99.8%	103.3%	103.6%	104.4%
B→C	102.2%	96.9%			
C→D	105.8%	99.6%			
D→E	103.1%	98.4%			
平均	104.4%	98.4%	103.3%	103.6%	104.4%

ただしこの補正方法は、所定停車位置に正しく停車した前提により補正を行うため、駅でオーバーランがあった場合には、検出できない場合がある。その場合、停止位置修正のための後進運転操作や後進速度、次駅までの距離等を利用してオーバーランの発生を検出する必要がある。

補正した結果は図5のように駅位置と符合する運転曲線となった。同図には距離-時間曲線及びノッチ操作についても同時に作画したが、これらの比較により列車相互の運転操作の比較や次節のような標準運転曲線との対比により、他と異なる傾向を示す運転データを検出する目的では利用可能と考えられる。

また同図からは、ブレーキ指令からブレーキ動作までの応答時間、その日の天候でのブレーキ距離や減速力等の、車両検修に関する情報も読み取れる。

その他、駅停車中の客扱い時間を実測することが出来ると考えられ、ダイヤ改正時や慢性的な遅延原因の究明に役立つものと考えられる。

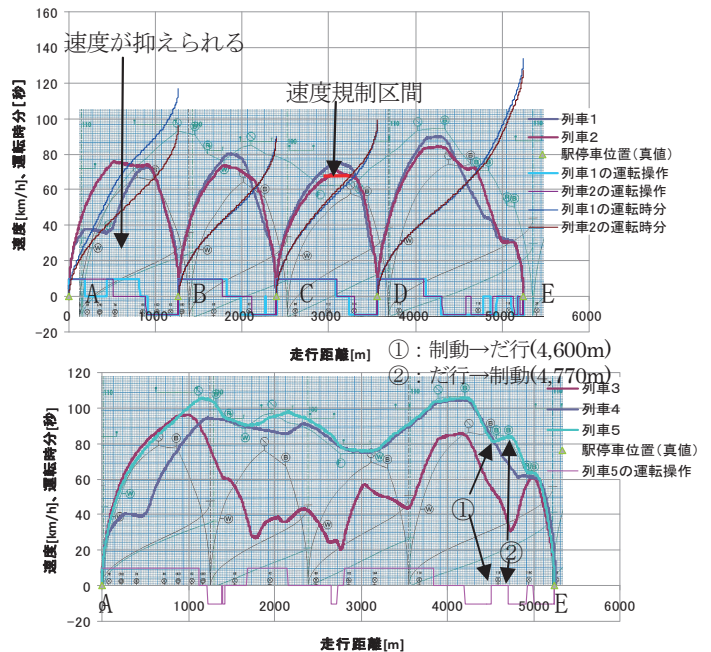


図5 距離-速度曲線の作画例（誤差補正処理後）

3. 3. 運転状況の簡易な把握・分析例

前掲の図5は、簡単な重ね合わせにより速度、運転時分を比較したものだが、運行実態を視覚的に捉えることができる。こうした図表は、安全教育やダイヤ改正時の資料としての利用が考えられる。

同図中、列車1はA-B駅間で運転速度を抑えて20秒程運転時分を要し、その後は高い速度で運転している。安全上の問題はないが、C-D駅間において曲線部の制限速度とほぼ同じ速度（速度発電機の誤差は含まれる。）で通過し、D駅到着時には運転時分が短縮されている様子が見られる。

列車5についても、D-E駅間において、D-E駅間の下り勾配中で減速せず、場内信号機まで比較的高い速度を保ち、運転時分を稼いでいる様子が見られる。

3. 4. シミュレータによる運転状況の再現例

当研究所の「列車運行安全性評価シミュレータ」(図6)は、軌道回路や保安装置(ATS-S、ATS-P相当等)を含む任意形状の線路を作成できる機能を開発したもので、線路上には運転状況記録装置で取得したデータに従い列車を走行させることによって、シミュレーション映像により前後方や信号等の状況を視覚的にも再現できる機能を有している。また、計画ダイヤからの遅延の算出や駅着発時間の記録も可能である。

本シミュレータでの運転記録装置データの再現により、前後の列車との位置関係、信号機の視認可否等のインシデントの背景要因についても分析が可能と考えている。

また本シミュレータは、鉄道で一般的な図表に基づきデータ入力できるよう、入力手順とインターフェースを工夫している。今回は当該鉄道事業者の協力により標準運転曲線及び線形図等(閉塞割を含む)を入手し図5の路線をシミュレータ上に作成し、各駅までの所要時分が標準運転曲線とシミュレータで同じ秒数になることにより確認を行った。



図6 列車運行安全性評価シミュレータ 外観

前掲の図5の列車1は、C-D駅間の曲線部内でも力行を続けて制限速度付近まで速度を上げている。その状況を図7に示す。この映像は、回復運転の方法の妥当さの判断等の材料になると考えられる。

他方、列車5は、D-E駅間の下り勾配の途中で制動を止めてだ行し、E駅の場内信号機付近まで高い速度を保っている。だ行運転に切り替えた①の地点のシミュレーション映像を図8に示す。直線区間で、先方の場内信号機の青を見通せるために運転士は、高い速度で運転をしていると推定できる。

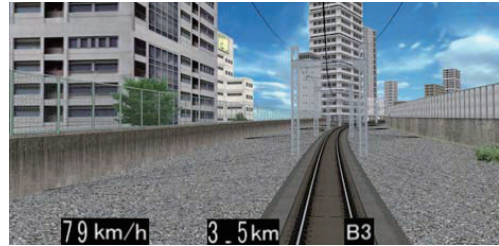


図7 曲線速度制限付近までの力行運転の再現

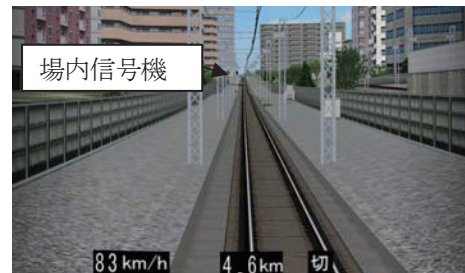


図8 ブレーキ点を遅らせる運転法の再現

4. まとめ

運転状況記録装置は導入コストが多額であるが、事故等の分析以外にデータを活用した事例はごく一部の鉄道事業者に限られている。データが利用されない理由はデータ回収の手間、制度的な制約等である。

これらの課題は、自動車運送事業者の事例では効果が実感できることで解決するとされている。鉄軌道においてもインシデント等の検出目的以外も含め、何らかの目的に用いてメリットがあれば、建議の指摘する、記録装置の活用につながっていくと考えられる。

また、専用ソフトやシミュレータを用いずとも、表計算ソフト上の簡単な誤差補正により複数列車運行データを比較するだけでも、様々な状況の読み取りが可能で、データを閲覧する価値は高いと考える。

当研究所では、今後とも鉄道事業者の協力を得て、大多数の列車運行データが得られるようになった状況を活かした、安全性向上や、運行ダイヤの研究に取り組んで参りたいと考えている。