

⑦ 多数の列車の運転状況記録装置データの分析による 安全性向上への取り組み

交通システム研究領域

※吉永 純

1. はじめに

平成 18 年の技術基準改正により、一定要件に該当する列車には運転状況記録装置(以下「記録装置」という。)の搭載が義務づけられた。しかし、事故や故障等の場合以外の利用はまだ限られている。

航空・鉄道事故調査委員会(当時)が発出した建議(平成 19 年 6 月)では、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旨が指摘されるなど、日常運行データを安全性向上につなげることが期待されている。しかし、普及している記録装置は、映像ではなく速度やブレーキ操作等の数字の羅列を記録するもののため、人間にとって解釈が困難なことから、有用な情報は可視化することが必要と考えられる。

本稿は、記録装置の運行データから、実際の運行におけるブレーキ操作タイミングや余裕時分を推定する取り組みについて述べるものである。

2. 研究の方法

2. 1. 研究の方法

急曲線部や分岐部は、曲線半径や車種等に応じて相応の速度制限が設定され、速度制限標識が設けられる。運転士は標識に頼らずとも、位置・車種別の速度に十分習熟しているが、ブレーキ操作遅れも散見され、また、平成 17 年に生じた事故を受け、曲線部の制限速度より手前の直線部の速度が高く脱線の恐れがある箇所には保安装置を整備するなど、重要な箇所では保安装置によるバックアップも進められている。

現状では、ブレーキ動作の遅れが何らかの状況下で生じ想定より速く列車が進行した場合、保安装置があっても対処しきれずに速度超過となる可能性は残っている。

実際の運転状況と、想定とが乖離している場合にこうした可能性が高まることから、事故やインシデントの無い通常の運転データを記録装置から取り出し、曲線部や分岐器部等の速度制限部の手前の区間が、どの

ように運行され、余裕がどの程度あるかを、同一の区間の複数の列車のブレーキ操作の位置、そのばらつき及びダイヤ計算上の速度曲線(以下「標準曲線」という。)と比較することにより分析する。

2. 2. 研究に利用する実験データについて

次の方式の一般的な記録装置のデータを利用する。

- (1) 各データは、200ms 毎の常時記録方式
- (2) 時計誤差は生じるが、誤差は把握可能
- (3) 運行速度は、0.5km/h 刻み(四捨五入)
- (4) 加減速操作の時刻は、操作された時刻を記録

なお車種によって車輪径の誤差等が考えられるため、同一車両の、連続する日時のデータを利用する。

記録装置上の時刻をもとに快速運転を行う列車(上り 9 本)から同一の駅間(3 駅間: A 駅→B 駅、B 駅→C 駅、C 駅→D 駅)をソフトウェアによって抽出するため、解析するデータは 9 本×3 駅間の 27 区間となる。なお、運転士が同一の場合も含まれている。

3. データ解析

3. 1. 運行状況の確認

はじめに駅発車時の遅延時分と、次駅までの所要時分の長短を調査した。その結果、駅発車は全列車が定刻だが、所要時分には長短の差があり(表 1)、運転士の運転傾向の差が現れている可能性がある。

そのため、本稿の運転曲線を示す図では、同表の色彩により所要時分別に塗り分けて作画している。

表 1 駅間所要時分の長短

区間	30秒～15秒 早着(赤系色)	～0秒(定刻) (灰色系)	～15秒遅延 (黄色系)	～30秒遅延 (青系色)
A～B駅 [該当の試番]	2列車 [4.5回目]	1列車 [6回目]	3列車 [1.2.7回目]	3列車 [3.8.9回目]
B～C駅 [該当の試番]	2列車 [4.5回目]	4列車 [2.3.7.9回目]	3列車 [1.6.8回目]	0列車
C～D駅 [該当の試番]	2列車 [4.5回目]	5列車 [2.3.6.7.9回目]	2列車 [1.8回目]	0列車

3. 2. 曲線部の減速操作

鉄道の運転では、運転操作が少ないことが省エネ・乗り心地の点で望ましいため、小刻みなブレーキ力の調整は駅部を除き通常見られない。そのため、ブレーキを動作させた位置は、速度制限に向け減速した位置

(「ブレーキ指令点」とする。)と考えることができる。

図1は、25km/h以上の大幅な減速が必要な、A駅→B駅間の急曲線部(360R。保安装置整備済み)付近の運転曲線と、ブレーキ指令点を示したものである。

標準曲線(緑色)では1,500m付近で約85km/hから減速しているが、記録装置のデータではより速い運転(高速運転)と、より低速の運転(低速運転)の2グループに分かれている実態が見られる。またブレーキ指令点は、速度に応じて前後に移動している。

車両の減速性能及び勾配や走行抵抗による速度変化分を考慮し、非常ブレーキで速度制限まで減速可能な距離(「安全上の限界」と呼ぶ。)を求めたところ、同図中の紫色点線の位置となった。高速運転の場合、ブレーキ指令点からの距離では180m、時間では7秒(空走時間は非考慮)程度の余裕であると分かった。

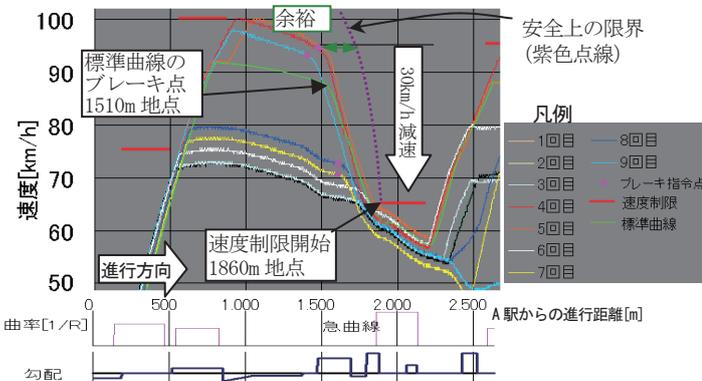


図1 急曲線に対するブレーキ指令点の分布状況

他方、図2はA駅→B駅間の比較的緩い曲線部(600R)である。標準曲線は90km/hから減速しているが、図1と同様、低速運転・高速運転のグループに分かれ、ブレーキ指令点はまちまちとなっている。

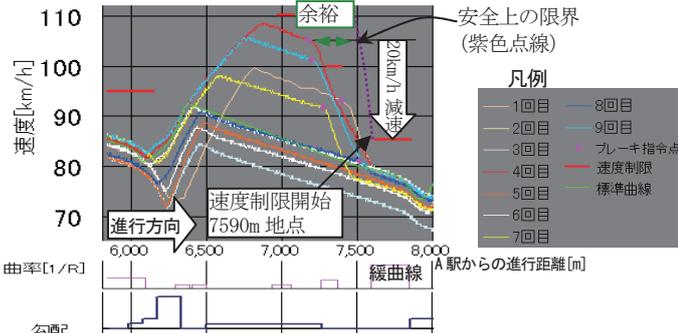


図2 緩曲線に対するブレーキ指令点の分布状況

3. 3. 分岐器部の減速操作

次に、駅場内の分岐器に向けて減速する際のブレーキ指令点の位置について調査した。その結果、曲線に対する場合と違いどの速度でも200m以内にブレーキ指令点が集中しており、位置のばらつきが小さい特徴があることが分かった(後述の図3参照)。

3. 4. 減速操作の余裕時分の分析

曲線に対するブレーキ指令点は速度により変わる傾向があるため、ブレーキ遅れ等が生じる素地があると思われる。そこで、速度制限箇所毎に安全上の限界と、ブレーキ指令点からの余裕時分を計算した。

ただし、今回サンプル数が少ないため、統計処理(95%区間推定)を行い通常運行時のブレーキ指令点の最大・最小の範囲を算出した。図3は、ブレーキ指令点の平均を0mとして、安全上の限界(白線)を示したものである。表2は、安全上の限界に至るまでの運転操作の余裕時分と、その最短の場合(最も遅いブレーキ指令点からの残り時間)を算出したものである。

表2から余裕は平均5~8秒程である。速度制限のある付近は特に高い注意力をもって運転されているが、万一のブレーキ操作の遅延時には、低速で運転されているグループの方が、その後、対処できる余裕時分がほとんど無い(表2塗色部分)状況と言える。

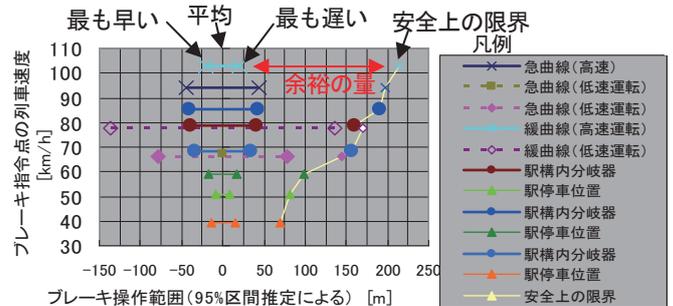


図3 ブレーキ指令点の変動範囲と余裕距離

表2 ブレーキ指令点からの余裕時間

減速する対象	平均速度[km/h]	余裕時分平均[s]	余裕時分最短[s]
急曲線(高速運転)	94	7.6	5.9
急曲線(低速運転)	66	6.5	4.5
緩曲線(高速運転)	103	7.5	6.7
緩曲線(低速運転)	77	7.9	1.6
駅構内分岐器	78	8.2	5.4
駅停車位置	46	5.2	4.9

4. まとめ

実運行では、定時運行時でも標準曲線より速い運転や、逆に低速でのこぎり状の運転も見られ、個人差と考えられる。ブレーキ失念時には5~8秒程度の余裕時分があるが、低速で運転するグループの方が曲線部で速度超過に至るまでの時間が短く、余裕が少ない状況で運転されていると分かった。

今回は運転士5名分の比較的少ないデータのため、データを増やすことで実運行の状況を精度高く把握できると考えられる。それにより、標準曲線の変更や、保安性を高めるべき曲線部の抽出など、実運行を踏まえた対策が可能となると考えられることから、データの精度向上について取り組んで参りたい。