

鉄道用運転状況記録装置（映像型）の開発

開発目的とプロトタイプ製作

交通システム研究領域

水間 毅

吉永 純

山口 知宏

1. はじめに

平成17年4月25日に発生した、JR西日本福知山線の列車脱線事故を契機として、鉄道の技術基準で求めるべき安全水準のあり方等を検討するため、国土交通省が「技術基準検討委員会」を設置し、同年11月29日に中間とりまとめがなされた。その中で、事故時の運転状況（速度やブレーキの状況等）を把握するための記録装置の設置が必要とされたことから、国土交通省は、同年11月に「運転状況記録装置に係る検討会」を設置してその仕様等を検討し、その結果を踏まえて、平成18年3月に技術基準省令を改正して運転状況記録装置の設置を義務付けた。

鉄道用の運転状況記録装置は、日本の現状では、専用装置は少なく、今後、その開発を進めていく必要があるとともに、車両に搭載されているモニタ装置や保安装置を改良して新たに記録装置として実用化させていく必要がある。しかし、記録装置を車両に搭載する際に、設置、ギ装、配線等に大幅な工事が必要で、それに伴う安全性の確認も重要となる。

それに対して、CCDカメラ、赤外線カメラ等により必要な情報を映像で取得する記録装置は、車両の大改造を伴わず、簡易に設置できるという利点を有している。従って、我々は、映像型の鉄道用運転状況記録装置を製作して、実用に供するための各種走行実験を行うこととした。

本稿では、運転状況記録装置の開発目的を述べるとともに製作したプロトタイプの概要と走行試験結果について述べる。

2. 運転状況記録装置の開発経緯

2.1. 内外における現状

イギリスやアメリカでは、鉄道用運転状況記録装置の設置が義務付けられており、その仕様も決められている。表1に、イギリス、アメリカにおける記録装置の仕様の一部を示す。

表1 記録装置の仕様概要（抜粋）

	イギリス GM/RT 2472	アメリカ FRA 49 CFR Part229
データ収集間隔	規定なし	1秒
適用車種・時期	2007年12月 までに設置	30 mile/h以上の 機関車
記録項目	速度、時間、ドア 開閉、ブレーキ、 力行指令等	速度、時間、距離(1 feet 毎)、ブレー キ、非常ブレーキ 指令等

日本においても、運転情報を記録する専用の装置が実用化されてはいるが、普及はしておらず、むしろ、車載装置の故障情報等を記録、管理するためのモニタ装置がVVVFインバータ制御車を中心に搭載されている。

図1に、日本における運転情報の記録装置の形態の概要を示すが、用途によって機能は様々である。例えば、保安装置からの情報は故障情報等をトリガとして作動するが、そのサンプリング周期は0.1秒以下であり、車内情報管理システムでは、様々な車両からの情報を連続的に取得しているが、そのサンプリング周期は2秒程度となっている。

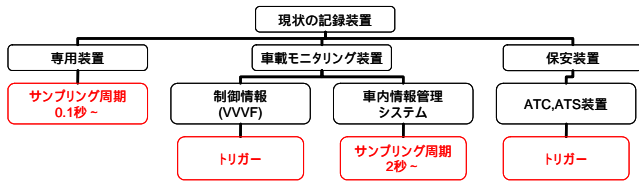


図1 日本における記録装置の概要

2.2. 運転状況記録装置の省令化

以上の状況の中、日本において、運転状況記録装置の実用化を図る場合、最低限の仕様を決める必要がある。本節では、運転状況記録装置の省令化の流れ、その中で映像型の位置付け、及び自動車分野での映像型記録装置の現状について述べる。

2.2.1. 検討会の概要 平成17年11月から開催された、「運転状況記録装置に係る検討会（座長：東京大学 須田教授）」では、運転状況記録装置で記録する項目、仕様について検討し、その結果を受けて、技術基準の解釈基準に記録すべき項目が表2のように決定された。

表2 運転状況記録装置で記録すべき項目

列車の運転に関する 基本情報	時間、速度、位置（速度と時間から算出する場合も含む）
運転士の操作に関する 基本情報	制御設備の操作装置の状況 常用ブレーキ装置の操作装置の状況
保安装置の情報	ATSまたはATCの動作
運転指令と運転士等との通話	音声、時刻
記録時間	直近の1日以上

2.2.2. 映像型の開発目的 表2で示された記録すべき項目については、基本的には、全て、車載機器、装置の入出力端子等から取得可能であるが、現在、モニタ装置等の記録装置を搭載していない鉄道事業者は、新たに、配線を変更して、記録装置を設置する必要がある。これは、車両の改造コストが増大するだけでなく、配線変更、取り回しに伴う新たな危険要因（誤配線による誤動作等）も増加することになる。

従って、表2の項目をカメラ等の映像情報で取得し、求められる仕様要件が満足されるのであれば、設置が簡易で配線等の変更もないことより、コスト、安全面での利点が大いことになる。そこで、我々は、映像型による運転状況記録装置を開発することとした。

2.2.3. 自動車関係の状況⁽²⁾ 自動車については、(1) 運行管理に必要な運行データを提供し、(2) 事故発生時において直前までのデータを記録する、(3) 行政による監査等に必要な資料を提供する目的で、一定の条件以上でトラック、バス、タクシー等に、既に運行記録計の装備が義務づけられている。さらに、映像型記録装置についても、平成16年度「映像記録型ドライブレコーダーの搭載効果に関する調査報告書（国土交通省自動車交通局）」において要求される基本性能が示されている。そこで示された、事故証憑や事故解析・ヒヤリハット解析のために要求される基本性能を表3に示すが、自動車事故解析が基本のため、データ記録時間が短い(4秒～15秒)のが特徴である。

表3 自動車のドライブレコーダーに要求される基本機能

		事故証憑	事故解析 ヒヤリハット
周辺情報	車外前方映像		
位置・時刻	GPS		
車両情報	速度		
	前後加速度		
操作情報 ON/OFF	ブレーキ		
	ウinker		
データ記録時間（秒）		前3、後1	前10、後5
サンプリング周期（秒）		0.2	0.2

:必須、:推奨

3. 鉄道用運転状況記録装置（映像型）の開発

前章において、鉄道用運転状況記録装置の主な性能要件と自動車での基本性能要件が示されているが、これらを基に、交通安全環境研究所では、独自の映像型の装置の開発を行い、走行試験を実施中であるので、本章ではそれらを説明する。

3.1. 仕様と製作

技術基準の解説では、今後の鉄道車両に設置すべき運転状況記録装置の望ましい仕様も示されている。その概要を表4に示すが、ここでは、前方映像の取得も含まれており、今後、映像型の重要性は増していくものと思われる。そこで、我々は、この表4の仕様を満足する装置を開発することとした。

表4 今後の運転状況記録装置に望まれる仕様

車両情報	時間	電波時計による補正
	位置	トラボンによる補正
	速度	
	常用ブレーキ装置の 操作装置の状況	ノッチ操作状況 非常は種別毎記録
	制御設備の操作装置 の状況	ノッチ操作状況
	ATSの動作	信号種別 動作状況(確認等)
	ATCの動作	信号種別、動作状況
	ドア開閉情報	指令、ランプ
	保安ブレーキの動作	
	BC圧、等価ブレーキ 力信号、主回路電流等	電気車の場合、回生 動作状況
非車両情報	前方映像	(想定外の事故対応)
性能	記録時間	1日分以上
	メモリ保持時間	5日以上保持
	最小記録間隔	0.2秒以下
	耐性等	通常時動作保証 異常時記録媒体保護

表5 交通研で開発した映像型運転状況記録装置

車両情報	表4での項目全てを前方映像、車内カメラで 取得	
	GPSによる時間、速度、位置情報取得	
非車両情報	前方映像	前方映像カメラ
性能	記録時間	1日~7日
	メモリ保持時間	5日以上
	最小記録間隔	0.03秒~0.1秒
	耐性等	振動: 1G 衝撃: 325G



写真1 開発した運転状況記録装置本体

また、我々は、GPS 情報を利用した列車位置検知システムも開発しているので、それも利用した装置の開発を行った。表5に開発した装置の仕様概要を示し、そのシステム構成を図2に、装置本体を写真1に示す。

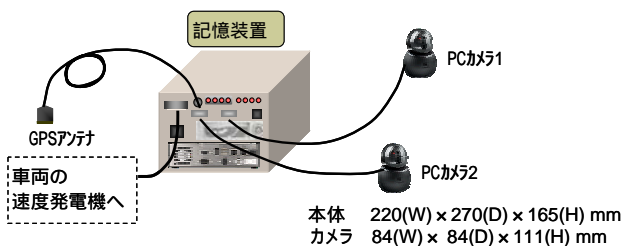


図2 映像型運転状況記録装置のシステム構成

カメラは CCD カメラと CCD + 赤外線併用カメラの2種類を検討し、前方映像は位置取得用として、車内の前方窓上に、車内映像は、運転士の操作、各種メータの動作状況が把握できるように運転台の上部に接続することを考えて小型のものを選定した。またGPS アンテナは運転台上に設置した。

3.2. 走行実験結果概要

各鉄道事業者の協力を得て、基本的な性能確認を行った上で、現在は耐久試験を実施している。

写真2に、装置とカメラの設置状況を示し、写真3に出力画面例を示す。現在も、実車両に搭載して9月2日から連続走行を行っている最中である。



写真2 映像型運転状況記録装置の設置状況

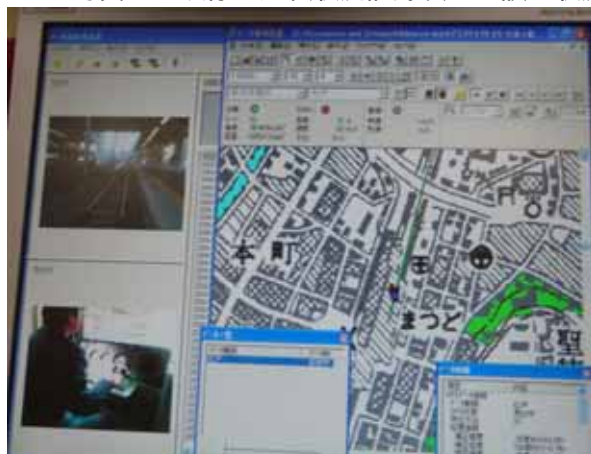


写真3 出力画面例

表示用モニターには、前方映像（位置確認）と車内映像（運転操作、動作状況確認）の他に、GPS で検知した列車の位置、速度を路線図上に示している。

3.2.1. CCD カメラの特徴 本 CCD カメラによる映像出力の例を写真4に示すが、CCD カメラは性能も良く、運転台の表示器の数値等も読み取り可能であるが、夜間や太陽がカメラに入ると、画面が判読不能となる場合も見られた。



写真4 CCDカメラによる夜間映像例

3.2.2. 赤外線カメラの特徴 これに対して、CCD と赤外線カメラの併用カメラの場合、昼間はCCDによる映像、夜間は赤外線による映像と画面を切り換え（自動）で取得し、ほぼ、全時間帯にわたって判読可能であった。写真5に、夜間の映像データを示すが、計器の針の振れまで詳細に確認可能である。

以上の結果を受けて、表6に、CCDカメラと赤外線カメラにおける出力比較を示す。

4. おわりに

以上、鉄道用運転状況記録装置について、現在の状況を述べ、映像型の開発目的を述べた上で、交通研で開発した記録装置の概要とその試験結果を述べた。現状は、長期走行試験を実施中であるが、データとしては、十分、仕様を満足するものが得られている。そして、カメラによる特徴の差も確認できたので、今後は、例えば、車内の運転状況は赤外線カメラにより取得し、前方映像については、CCDカメラにより取得するといった、カメラの組合せ、または最適なカメラの選択について検討していく予定である。

さらに、こうした取得データの評価方法、耐振動性、衝撃性に関する評価手法、基準を検討していく予定である。鉄道用運転状況記録装置（映像型）は、比較的安価なコストでかつ安全上のリスク増大を伴うことなく設置でき、かつ多くの情報を取得可能であるので、今後の、鉄道の安全性向上、インシデントの解析に大きな貢献をする可能性がある。本開発を一つの契機として、映像型装置の実用化が早期に実現することが望まれる。



写真5 赤外線カメラによる夜間映像例

表6 CCDカメラと赤外線カメラの比較

	CCDカメラ	赤外線カメラ
昼間時	解像度の良い画像を取得	-
夜間時	光がないと判読不能	判読可能（白黒）
利点	小型化可能	夜間も画像の取得可能
欠点	太陽光による white out	赤外線の反射

参考文献

(1)水間他「運転状況記録装置（映像型）の開発」 電気学会 交通・電気鉄道研究会 TER-06-63,2006.8