

特集

「安全」を考える

鉄道分野におけるヒューマンエラー検知技術の研究

Study of Detection Technologies for Human Errors on Railway Operation

水間 毅^{*1}, 吉永 純^{*1}

Takeshi MIZUMA, Jun YOSHINAGA

Our laboratory is now researching and developing the event recorder for train operation and continues the monitor running of this proto type which is composed of imaging sensors. Through these monitor running, we can find the possibility of detection on human errors mainly on drivers by analyzing these information. Therefore, we show the examples of our developed event recorder for train operation by infrared sensor and test results. Furthermore, we show the brief experiment result of detection of human error representative of difference of actual and normal speed.

Keywords: event recorder, infrared sensor, speed detection, GPS.

1 緒言

鉄道分野においては、従来、運転士のミスに対しては、信号設備を整備することにより安全を確保してきた。そして、ある程度、運転士の技能の専門性に頼っていた部分があり、ヒューマンエラーと言う観点からの検討があまり行われていなかった。しかし、福知山線の脱線事故を受けて、国土交通省においても、ATSの設置範囲の拡大、運転状況記録装置の設置といった施策が出され、運転士のヒューマンエラーも考慮されるようになってきた。

従って、交通研では、運転士の動作を鉄道特有の事象を考慮して検知することにより、その中からヒューマンエラーとして認識できないかという研究を実施しているのです、それらに関する概要を示す。

2 運転士の動作に関する検知技術

鉄道の運転士は、ノッチを操作することにより、駆動、制動を行うため、ノッチという運転士の「操作」を通して、「列車の状態」が反映される。従って、ノッチからの情報を検知することにより、ヒューマンエラーに関する検知が可能ではないかと考えられる。

本章では、運転士の動作を映像で監視して、ある程度の運転士の状況によりエラーを検知するシステムの開発を行っているのです、それについて説明する。

連絡先: 水間 毅, 〒182-0012 調布市深大寺東町 7-42-12, 交通安全環境研究所 交通システム研究領域,
e-mail: mizuma@ntsel.go.jp

^{*1} 交通安全環境研究所

Table 1 Desirable specification for future event recorder.

Train information	Contents
(1) Time	Can be revised accurately
(2) Position	Can be revised by wayside
(3) Speed	
(4) Brake operation	Notch position
	Every operation on EB
	Brake cylinder pressure
	Equivalent brake Signal
(5) Powering operation	Notch position
	Main circuit current
(6) Operation of ATS	Every command by ATS
	Operation status
(7) Operation of ATC	Every command by ATC
	Operation status
(8) Operation of security brake	
(9) Door information	Open, close information
Performance	
(1) Recording time	Over 1 day
(2) Sampling time	Under 0.2 sec.
(3) Memory storage time	Over 5 days
Other	
Imaging system	Ahead of train

2.1 映像型運転状況記録装置

これは、省令において設置が定められた運転状況を記録する装置のうち、赤外線カメラ等の映像により、速度、ノッチ、電流、位置を記録するものである。

Table 1 に運転状況記録装置に求められる望ましい仕様を示す。

上記の項目を映像により取得することで、運転士の操作が直接的に把握できるので、画像解析等を行えばヒューマンエラーの検知へ発展することも可能である。

2.2 映像によるヒューマンエラー検知の試み

交通研では、上記の運転状況記録装置を2台のカメラで構成する映像型を開発中であり、そのモニターンを実施しているところであるが、その際に、運転士の動作そのものを検知して、画像解析によりヒューマンエラーを検出することも可能となる。現在は、運転士の標準的な動作を記憶しておき、その動作からのずれをエラーとして判定して、運転士や運行管理システムに警報を伝えるシステムの開発を行っている。

例えば、運転士の頭部やノッチを握索している腕部を常時モニターして、(1)一定以上の動きが見られない時や(2)一定のラインを超える動作があった時を「エラー予兆」と判定して、警報を鳴動あるいはランプを点灯させる等のシステムが考えられる。そして、その警報を運転士が解除しない場合に「ヒューマンエラー」と判定して、ブレーキ等を出力させることにより事前に安全を確保できるシステム構築が可能となる (Fig. 1 参照)。

3 運転士のヒューマンエラーに関する検知技術

運転士がヒューマンエラーを犯した時、その結果は

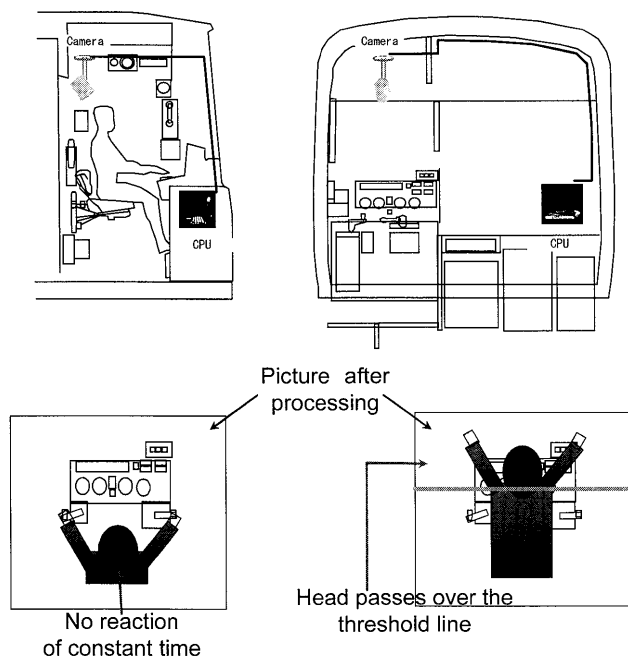


Fig. 1 Camera position and principle of human error detection.

列車の速度に反映されることに着目して、標準運転曲線と実運転曲線の偏倚からヒューマンエラーを検出する試みが考えられる。ここでは、標準運転曲線の作成方法、実運転曲線と標準運転曲線との差からヒューマンエラーを検出する方法について紹介する。

3.1 GPS と速度発電機による運転曲線記録

標準運転曲線や実運転曲線を作成するには、列車の位置、速度データを連続的に取得すれば可能であり、速度データは速度計等から取得可能である。しかし、列車の位置に関しては、列車の絶対位置を把握しない限り正確には特定できない。そのため、GPS により、列車の絶対位置を特定し、その後の列車位置は、GPS と速度発電機からの速度の積分値のハイブリッドにより検出する方法を開発して、実運転曲線を作成するソフトウェアを製作した。また、標準運転曲線をその実運転曲線作成ソフトウェアに入れ込み、それと実運転曲線と比較することが可能なソフトウェアを作成した。

Fig. 2 にデータの取得状況の例を示し、Fig. 3 に標準運転曲線と実運転曲線を比較したものを示す。

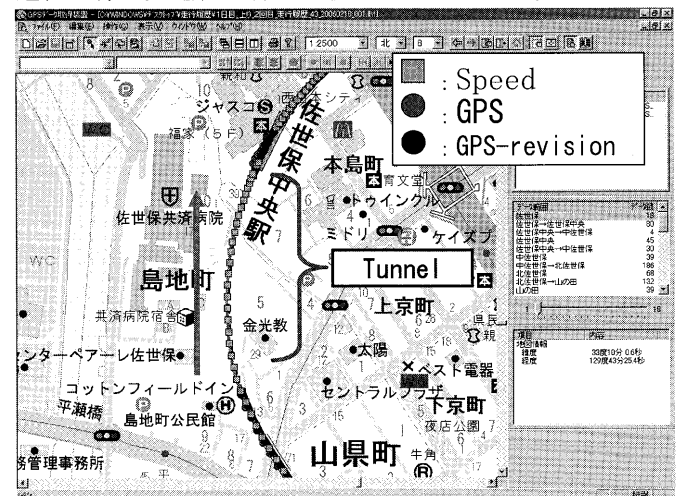


Fig. 3 Comparison between actual and reference speed.

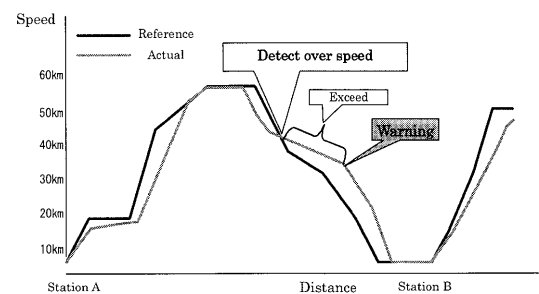


Fig. 4 Example of warning information by detection sequence.

3.2 実運転パターンと標準運転曲線によるヒューマンエラー検知の試み

Fig. 3 のような形で、実運転曲線と標準運転曲線を比較すると、運転士のノッチ操作の傾向が把握できる。

そして、実運転曲線が標準運転曲線を越えた場合（速度が超過した場合）を検知し、それがある程度時間以上経過した場合に警報を発するというシーケンスにより、ヒューマンエラーを検知する手法を開発した（Fig. 4 参照）。

一般に、ヒューマンエラーの結果として生じる事象としては、速度超過が考えられ、その場合、一時的な速度超過、継続的な速度超過が考えられる。従って、一時的な速度超過の場合に対しては、標準運転曲線のある速度以上超過した場合に警告を出し、継続的な速度超過の場合には、速度超過量の時間積分値がある値を超えた場合に警告を出すアルゴリズムを開発した。

4 交通研での実験概要

交通研では、上記のようなコンセプトを実現する様々な装置を製作して、実車両に搭載して走行実験による検証を行っている。ここでは、そのいくつかの試みについて紹介する。

4.1 運転状況記録装置による実験

鉄道の運転状況に係る情報を映像により取得する装置を開発し、それを実車両に搭載して、検証中である。Fig. 5 に、交通研が開発した映像型運転状況記録装置の構成を示し、Fig. 6 に、カメラと記録装置（本体）を車内に搭載している例を示す。

現状では、カメラは赤外線と CCD のハイブリッド型として 2 台設置して 1 台は前方映像による位置を、もう 1 台は運転台の計器の動作状況を 1 秒間に 30frame で連続的に記録している。

また、Fig. 7 に運転台を記録した映像例を示すが、計器の状況が記録出来るだけでなく、運転士のノッチ操作の様子や動作まで記録可能となり、これらの操作、動作の解析を行うことによりヒューマンエラーを検出する可能性も示唆された。

4.2 列車位置検知システムによる実験

列車の位置を GPS と速度発電機により把握して、予め記憶していた標準運転曲線（位置－速度曲線）と比較して、速度超過が一定の割合以上になったら、運転士の誤操作として警報を発するシステムを開発して、

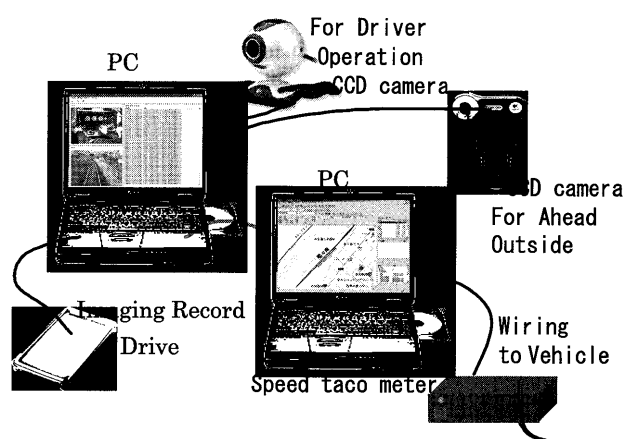


Fig. 5 System structure of recording system by image.

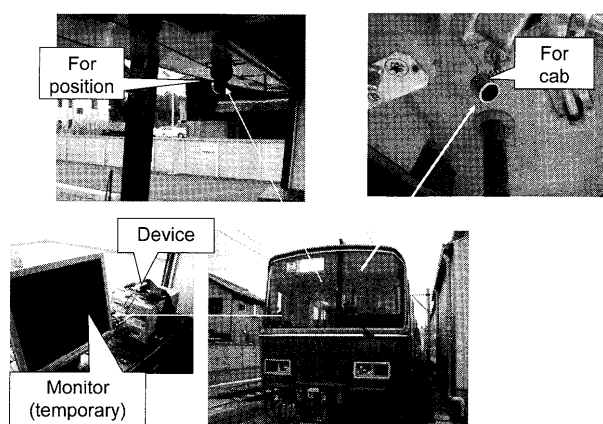


Fig. 6 Monitor run for inspection of system.

実車両に搭載して、実験を行った。その概念を Fig. 8 に示す。

また、Fig. 9 に、設定した標準運転曲線（赤・点線）と実運転曲線（青・実線）を比較して、その差が一定以上になったところで速度超過警報を発生（紫・下線）した例を示す。

標準曲線を、実際よりも低めに設定して、実運転速度との乖離を大きくするようにして実験を行ったので、駅間に 2 回ほど警報が発出されていることが確認される。これにより、速度を検出して、標準速度パターンと比較するという簡単なアルゴリズムを設定しても、ある程度、誤差が大きくなれば、実走行において、警報を発生することが可能で、ヒューマンエラー検出の可能性があることが確認された。参考として、Fig.10 に、実際の実験の様子（警報が発出された様子）のモニター画面例を示す。



Fig. 7 Example of imaging pictures by infrared ray camera.

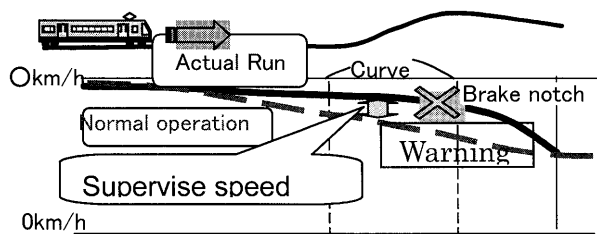


Fig. 8 Algorithm of abnormal condition.

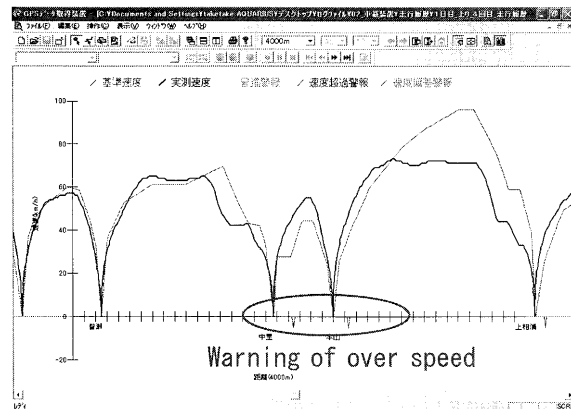


Fig. 9 Example of warning system by comparison with actual and normal speed.

5 結言

以上、交通研が現在研究を進めている、運転状況記録装置の開発、ヒューマンエラー検出方法の開発の概要を述べ、簡易的な走行実験の結果を述べた。おおむね、速度、映像等の情報から標準からのずれを検出して、警報を発生するシステムは確立されたと言える。



Fig.10 Example of monitoring system for over speed detection.

しかし、ヒューマンエラーとこれらのずれとの関係は今後、さらなる精査が必要と思われる。

参考文献

- [1] 水間 毅, 吉永 純, 山口 知宏, 鉄道用運転状況記録装置(映像型)の開発, 平成18年度 交通安全環境研究所 研究発表会 講演概要, pp.115-118, 2006.
- [2] 吉永 純, 水間 毅, 山口 知宏, 鉄道におけるヒューマンエラー事故防止技術の開発, 平成18年度 交通安全環境研究所 研究発表会 講演概要, pp.143-144, 2006.