

踏切道に於ける警報時間の予測に関する検討
 — 運転曲線の予測 —

Examination Concerning Forecast of Time When Crossing Rod Opens in Level Crossing
 — Run Curve Prediction —

○松村太陽¹, 小泉健太郎², 中島隆³, 小野隆¹

*Taiyo Matsumura¹, Kentaro Koizumi², Takashi Nakajima³, Takashi Ono¹

Abstract: Authors are examining the system which predicts the waiting time in a crossing. In this paper, the neural network which predicts the run curve of the future was created from the run data of the basic operating train. Next, based on another run data, the train predicted the time which arrives at start point for warning. As a result, the prediction from which an error will be less than ± 2 seconds was obtained 97.4%, and it was able to be shown that it can predict by this system.

1. はじめに

踏切利用者にとって開かずの踏切^[1]は、目の前の踏切がいつ開くのかという不満から、線路内に進入し事故に繋がる危険性が高い。そこで本研究では、踏切警報時間^[2]を予測し、利用者へ提示することで危険を回避することを目的としている。今回、長時間の予測時に必要となる運転曲線を階層型ニューラルネットワーク(以下 N.N.)を用いて予測する方法について検討した。

2. N.N.の構成と運転曲線の予測方法

図 1 は N.N.の構成を示したものである。N.N.は入力層、隠れ層、出力層からなり、運転曲線を学習させることで隠れ層を決定し、これを用い予測を行った。

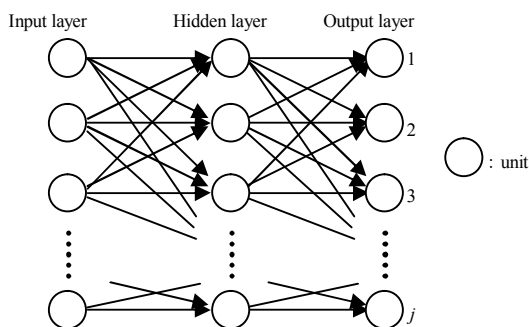


Figure 1. Composition of N.N.

図 2 は、列車が 2T と 3T の軌道回路境界にいる場合について、ある軌道回路 3T に於いて運転曲線を予測する N.N.の入出力要素を示したものである。

N.N.の入力要素は、これまでの運転曲線 $V_1, V_2, \dots, X_1, X_2, \dots$ が分かっているものとし、 T_n 秒前に於ける軌道回路境界からの距離 X_n と速度 V_n とし、出力要素は予測した運転曲線として、 T_n 秒後に於ける軌道回路境界からの距離 X'_n と速度 V'_n とした。

次に、4T の軌道回路での予測を行うには、3T に於

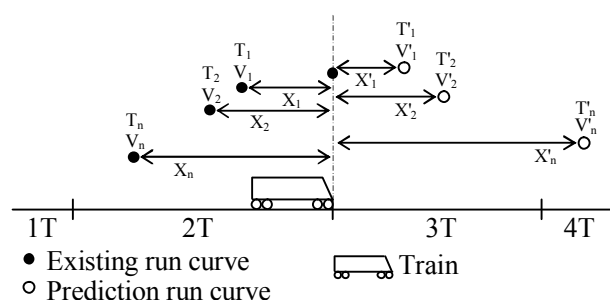


Figure 2. N.N. I/O elements

いて予測した運転曲線の任意の時刻に於ける距離と速度を用いるため、3T の N.N.で出力した距離と速度の離散値を連続値としておく必要がある。そこで N.N.により予測した値から、3 次スプライン補間を行うことで運転曲線を求めることにした。ここで、運転曲線は、同一の軌道回路であっても列車種別や信号の条件などにより分類できる。そこで予測精度を向上させるため、N.N.を制限速度、進路、列車種別、編成長により分類を行った。なお、列車の動きが同一と考えられるものについては、予測に係る処理速度を考慮しまとめることとした。

3. 走行データの作成

学習を行うために必要な実際の走行データは、リアルタイムに予測することを考慮し、軌道回路リレーの動作状態から求めることとした。しかしながら列車の位置と時刻は離散的であるため、これから速度を算出し、3 次スプライン補間を行うことで連続的な走行データとなる運転曲線を算出した。

4. 警報開始点到達時間の予測シミュレーション

運転曲線の予測精度を検討するため、ある 2 箇所の踏切の上りと下りそれぞれで、列車が警報開始点を含む軌道回路へ進入し始めてから警報開始点へ到達する

1 : 日大理工・教員、2 : 日大理工・院(前)、3 : 日大短大・教員

までの時間を予測した。N.N.の学習と予測結果の評価には、軌道回路の動作状態や列車種別などのログデータを用いた。このときの条件を以下に示す。

(1)学習及び予測期間と予測間隔

平日 2 日間の朝 4 時 30 分 30 秒から翌朝 2 時 0 分 0 秒までを学習に使用し、別の平日 1 日間の同一時間帯を使用して予測を行った。予測は、0.5 秒ごとに 10 分後までを求める処理とした。

(2)踏切の設置

図 2(1)は踏切 A、同図(2)は踏切 B の制御範囲を示したもので、踏切 A は制御範囲に連動駅を含むが、踏切 B は含まない例である。各踏切の制御方式は、列車種別を考慮した点検知式である。警報開始点には停車列車用と通過列車用があり、駅 1, 3, 4 のような非連動駅ではそれぞれ 1 つずつ設置されている。一方、駅 2 のような連動駅では、進路に応じて設置されている。

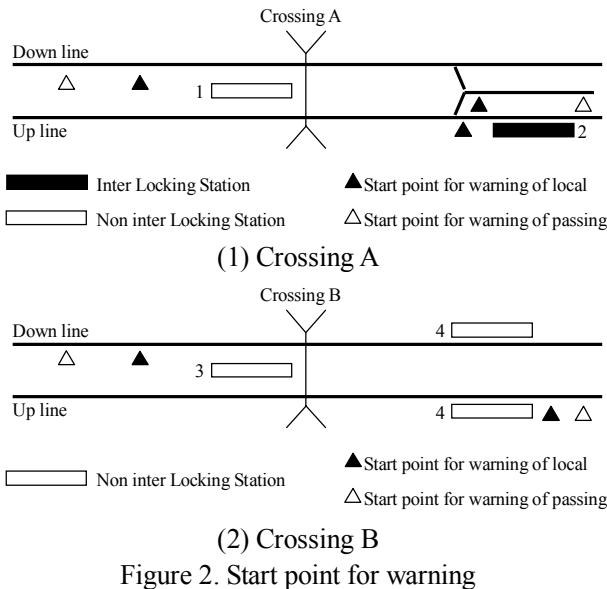


Figure 2. Start point for warning

(3)列車種別と列車長

列車種別は、各駅、快速等の 7 種類とした。また列車長は、8 両編成と 10 両編成の 2 種類とした。

5. 結果

表 1(1)は踏切 A、同表(2)は踏切 B に於ける警報開始点へ到達するまでの時間について、実測値により求めた値と、N.N.で求めた予測値を比較した結果である。

踏切 A の予測値は、1 秒未満の誤差を許容したとすれば 51.8%、2 秒未満で 97.4%が一致した。誤差が最大となった実測値が 13 秒の列車は、多くの列車が平均 5 秒で通過している軌道回路に於いて、平均速度の 38%しか速度を出していない特殊な場合である。次に踏切 B の予測値は、誤差が 1 秒未満で 79.3%、2 秒未満で 95.3%が一致し、踏切 A と比較し良好な結果が得られ

Table. 1. Predicted result for start point for warning

(1) Crossing A

		Measured value [s]												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Predicted value [s]	1	15												
	2			1										
	3		2	8										
	4			1	28	12			1					1
	5					25	36		1					
	6				1	32	21							
	7					1	3	2						
	8													
	9													
	10													
	11													
	12													
	13													

(2) Crossing B

		Measured value [s]																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Predicted value [s]	1	63	16																	
	2	2	1																	
	3																			
	4	2			4															
	5					1														
	6						68													
	7						1	1												
	8							34	1											
	9								1											
	10							1	7	6	2									
	11								1											
	12																			
	13													1						
	14																			
	15															2			1	
	16														1	6		2	1	1
	17																			
	18																3		2	
	19																			

た。これは、踏切 A の上り停車列車用の警報開始点は、列車が低速で走行する前駅の停止位置目標付近に設置されているが、踏切 B の警報開始点は上り、下り、停車列車、通過列車共に、列車が高速で走行する箇所に設置されているためである。これらより、軌道回路境界に於いて、進入側の運転曲線から進出側の運転曲線を予測することが可能であることが分かった。

6. まとめ

踏切道に於ける遮断かん開扉時刻の予測を行うための基礎検討として、N.N.を用いて運転曲線を予測する手法を提案した。また、本方式により信号の条件や線路条件などを考慮した運転曲線の予測が可能であることを確認した。これにより、遮断時間の予測が行える見込みを示した。

7. 参考文献

[1] 国土交通省：「踏切交通実態総点検結果」, 2007
 [2] 松村, 小野：「交差誘導線を用いた連続的な列車位置検知方式による踏切警報定間制御に関する研究」, 電気学会論文誌 A, 基礎・材料・共通部門誌, Vol.129, No.8, pp.500-506, 2009