L-40

列車の運行シミュレータを用いた踏切到達時間の予測に関する検討

A study on the prediction of the level crossing arrival time using the train service simulator

○谷聡一郎[1]，松村太陽[2]，小野隆[2]

Souichiro Tani[1], Taiyo Matsumura[2] , Takashi Ono[3]

Abstract: Most of the level crossings are closed for a long time in the capitals of Japan.　These level crossings which are specially defined are existing about 600 locations.　It is the social problem there are many people who cross the rail when level crossing is closing.　Therefore we aim to predict the time train come and to provide this information in front of the level crossing.　In this study, we made a simulator of the moving train and calculated the predicted time in actual railway section about 3 km.

1. はじめに

近年，朝ラッシュ時を中心に踏切が長時間遮断したままの状態，いわゆる「開かずの踏切」が全国に約 600 箇所存在しており，大きな社会問題となっている[1][2]．このような踏切では，いつ開くのかがわからず歩行者が無理に渡ろうとすることで発生する踏切事故が問題点として挙げられている．本研究では，列車が踏切を通過する時間を予測し，利用者に情報を提供することを目的としている[3]．本稿では列車の運行を模擬するシミュレータを用いて，実路線における列車の踏切到達時間の予測について検討を行った．

2. 実データの取得

Figure 1 は列車の運行シミュレータに適用する実データを測定した実路線 S の概要である．駅数は A 駅から E 駅までの 5 駅ある．この実路線は複線となっており，上り線のみで測定を行った．列車種別は全駅に停車する各駅停車，全駅を通過する特急，B 駅のみ停車する急行の 3 種類ある．特急と急行は E 駅で先行する各駅停車を追い越すパターンとなっている．測定日数は，平日 6 日間で時間帯は通勤時間である午前 7 時から午前 9 時までの 2 時間とした．これは，平日の朝は列車の運行本数が最も多く，鉄道の利用者も多い時間帯であるため，踏切に予測結果を提示した場合の効果が大きいと考えたからである．なお，該当の時間帯に上り線を走行する列車は 47 本である．測定項目は，全 47 本の各駅の到着時刻，出発時刻，踏切到達時刻とした．以上のデータから，今回は，各駅停車の 19 本に対して，踏切の到達時間の予測を行った．

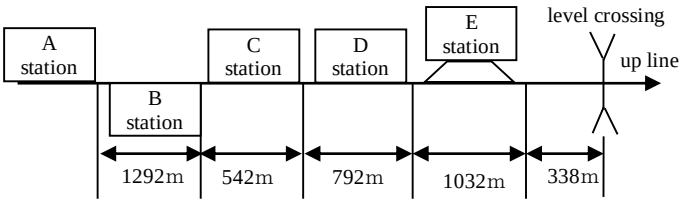

Figure 1. The actual route data.

3. 予測方法

予測は，列車が各駅のダイヤと信号現示に従って走行するものとして行った．まず，踏切や駅の位置，ダイヤといったデータを読み込み，次にこの区間の最高速度パターンの作成を行う．このパターンは区間全域で一定の値であり，列車はこれ以上の速度を出す事が出来ない．続いて，各駅への停止パターンの作成，駅出発時刻の設定を行う．列車が区間内に存在する場合，続行列車に対する信号現示パターンを作成する．ここで列車の速度が信号現示で示される値に達したとき，列車はその速度で走行する．また列車が駅で停車している場合，出発時刻となることで列車は出発できる．そして列車が踏切に到着した場合は，その列車に関してシミュレーションを終了させる．これにより先行列車に遅延が発生している場合，続行列車はその信号現示パターンの影響を受けるため，走行速度の低下や一時停止をシミュレーションできる．尚，計算は 1 ms 毎に行った．

以上の方法より列車の運行をシミュレーションし，踏切到達時間の予測を行った．

4. 予測結果

シミュレータの精度を確認するために実路線 S の測定データを真値として誤差の算出を行った．シミュレーションは A 駅出発時から計算を開始した．

1：日大理工・院(前)・電気　2：日大理工・教員・電気

Figure 2 はある 1 日の誤差を算出した結果である．誤差の最大値は，第 15 列車の踏切到達時の 69 s であった．また列車が踏切に近づくにつれて，後続列車との運転間隔が徐々に詰まっていくため，誤差が大きくなっていることがわかった．

Figure 3 は測定を行った 6 日間の各駅及び踏切での誤差の最大値を示している．列車が踏切に近づくにつれて，誤差は徐々に大きくなった．誤差の最大値は B 駅 32 s ，C 駅 30 s ，D 駅 50 s ，E 駅 86 s ，踏切 96 s という結果となり，6 日間での誤差の最大値は 2 日目の踏切到着時の 96 s であった．

次に，実データの測定結果を基に駅の停車時間を設定したときのシミュレーションを行った．列車の各駅の停車時間を測定データと同値に設定することで，駅での乗降時間などによる誤差を無くした．Figure 4 は，ある 1 日の誤差を算出した結果である．誤差の最大値は，第 2 列車の踏切到達時の 40s であった．これより，各駅の停車時間を測定データと一致させることにより，予測誤差を短縮することができた．

Figure 5 は列車の各駅の停車時間を測定データと同値に設定した場合の 6 日間の各駅及び踏切の誤差の最大値を示す．シミュレーションを行った 6 日間の各駅及び踏切の到着時の誤差の最大値は B 駅 32 s ，C 駅 26 s ，D 駅 25 s ，E 駅 45 s ，踏切 56 s という結果となった．誤差の最大値は 2 日目の踏切到着時の 56 s であった．

以上の結果より，開発したシミュレータは，実路線の実測データを概ね再現できる精度を持つことが確認できた．以上より，3 km 以下の区間で運行計画の乱れを考慮して列車の運行を予測することができ，列車運行シミュレータは運行実績を模擬できると考えた．

5. おわりに

実路線 S の測定データを基に，列車の運行シミュレータにより踏切到達時間の予測を行った．その結果，3km 以下の実路線 S において，最大誤差が 96 s 以下の予測を行うことができた．さらに各駅の停車時間を測定データと一致させることにより，最大誤差が 56s 以下となり，予測誤差を短縮することができた．これより，踏切の待ち時間を利用者へ提示できる見通しが得られた．

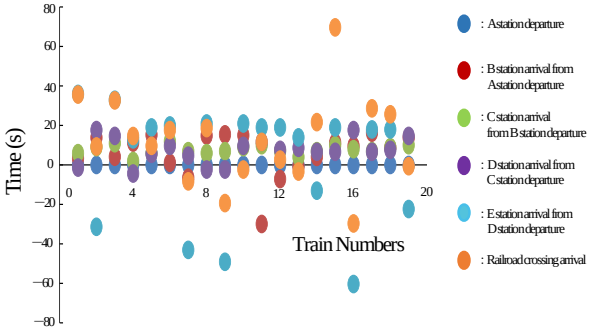

Figure 2. Calculation result of the error.

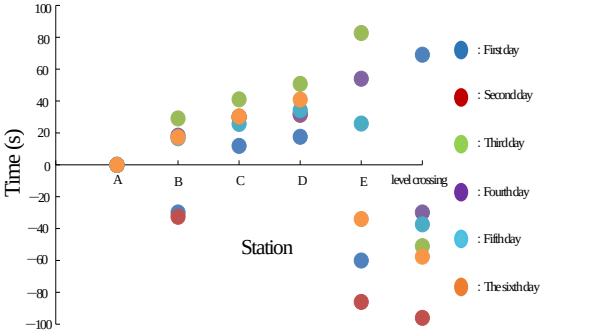

Figure 3. Calculation result of the error for 6 days.

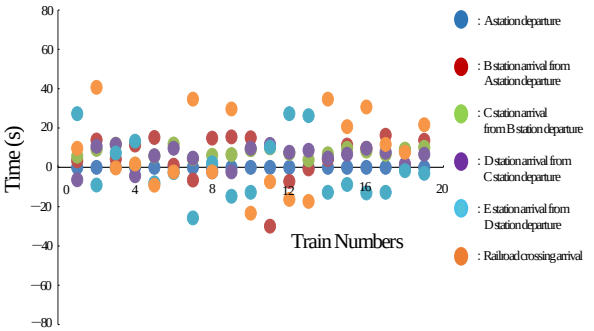

Figure 4. Calculation result of the error.

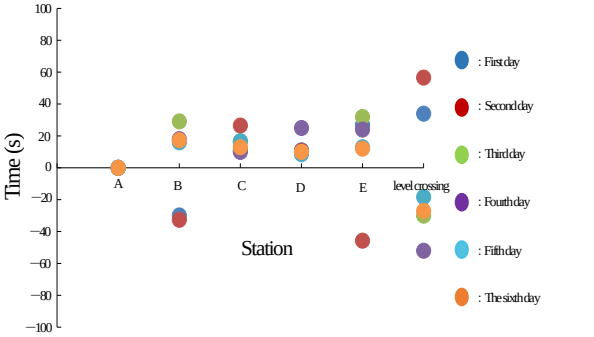

Figure 5. Calculation result of the error for 6 days.

参考文献

[1] 国土交通省道路局：踏切交通実態総点検，2012

[2] 全国連続立体交差事業促進協議会：緊急対策踏切リスト（1960 箇所），連立協資料，pp.1-7，2007

[3] T.Tanoue, T.Matsumura, K.Koizumi, T.Nakajima and T.Ono, The SICE Annual Conference 2013, TuBT11.3, pp.2309-2310, 2013