

3D-05

# 鉄道における輸送障害時の復旧見込み予測システムの研究開発

日高 洋祐<sup>†1</sup> 野崎 真希<sup>†2</sup> 三田 哲也<sup>†3</sup>  
東日本旅客鉄道株式会社

## 1. はじめに

鉄道交通においては計画されたダイヤに対する運行精度の正確性は世界一と言われるが、輸送障害が発生するとダイヤに対する正確性が担保されず大きなサービス低下となる。また今後のオンデマンド交通等流動予測に伴う運行ダイヤの最適化においても、運行障害の問題は大きな影響がある。そこで本研究開発では、輸送障害が発生し運行が停止されたケースを想定し、その復旧・運行再開までの時間を予測するシステムを考案した。具体的には、過去の発生事象をモデル化し、その影響因子を統計処理によって抽出する。システムにはその影響因子を入力し、再開過程で判明する影響因子もリアルタイムに反映、復旧予測時間の再計算を行うシステムとその評価について報告する。

## 2. 要件定義

運転再開見込み時間を予測するための代表的な先行研究としては、杉山らによるものがある。特に、鉄道人身事故における復旧時間予測に関する研究では、復旧作業プロセスを単純化し、警察による現場調査の段階のみによって復旧時間の予測を試みている。運転再開時間の予測にあたり、各復旧作業プロセスの所要時間を考慮するというのは自然である。しかし、復旧作業プロセスを細分化するとモデルが非常に複雑になり、理論定式化が困難になるばかりでなく、モデルのパラメータを得るために必要な過去の事象データの数が膨大になることから、実用的な予測精度を得られないモデルになる恐れがある。これを避けるために、杉山らのように復旧作業プロセスを単純化してモデル化するというのは有効な手法であり、本研究でも復旧作業プロセスを整理した後、モデル化のために単純化することにする。特定の段階のみによって予測モデルを構築するのではなく、運転再開時間に大きく影響すると思われる要因は予測モデルに考慮することとする。既往研究の成果と課題を踏まえ、以下の手順に従って予測モデルを作成する。

・復旧作業プロセスを整理し、運転再開に大きく影響するプロセスを抽出して単純化する。

「Research and development of anticipation system for prediction of recovery at transport failure in railway」

†1 Yousuke HIDAKA · East Japan Railway Company

†2 Maki NOZAKI · East Japan Railway Company

†3 Tetsuya MITA · East Japan Railway Company

- ・各復旧作業プロセスの所要時間を確率分布（連続関数）で表現する。
- ・各復旧作業プロセスの組み合わせによって、各時刻における運転再開確率を表現し、運転再開予測時間を求める。
- ・過去の事象データを用いて予測式のパラメータを推定し、精度を検証する。
- ・システムに組み込み運用性・有用性を検証する

## 3. システム開発

### 3.1 輸送障害時作業プロセスの可視化

輸送障害発生時は、関係者やプロセスが複雑化しているため、復旧作業フローを分析し、作業や情報伝達の流れをモデル化した。復旧作業プロセスをKJ法により整理しフロー図化した。時系列に並べ替えながら、And条件とOr条件で結合していく。(図1) ※図の簡略化のため、記号を当てはめて記載する。

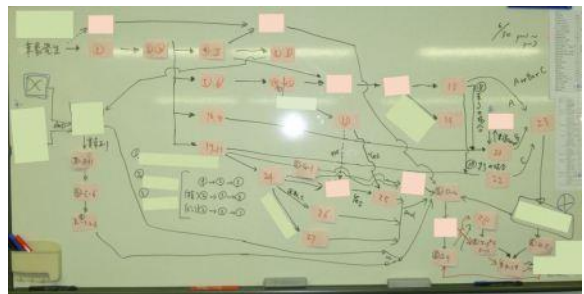


図1 プロセス整理作業

各フローをそのまま予測モデル式および進捗状況の配信に用いると情報入力が増大となり、一旦各プロセスのデータを入力した後、予測モデル式のパラメータとして有意である項目のみを抽出した。(図2)

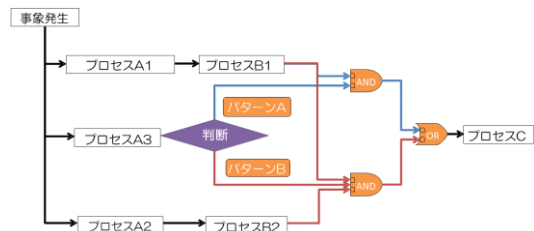


図2. 有意性のあるプロセスを抽出したモデル

抽出した項目は、予測モデル式に入力されるだけでなく詳細な進捗情報として、リアルタイムに情報配信する。

過去の事象データ (667 件) を用いて、各プロセスの所要時間を分析した。以下に各プロセスの基本統

計量とヒストグラムを示す。ヒストグラムは、いずれも値が大きい方に裾を引いている形状をしている。

● プロセスA1の基本統計量

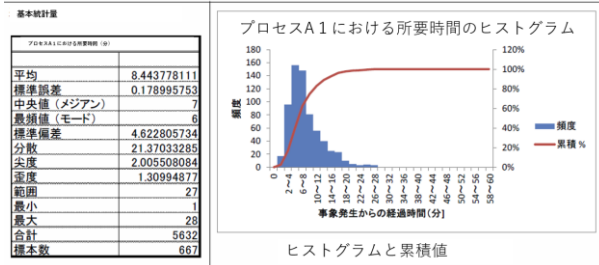


図 3. プロセスごとの基本統計量サンプル

3.2 情報提供システムのプロトタイプ開発

3.2.1 全体要件定義

開発システムの要件としては、以下の3点を定義した。

- 入力された情報は進捗情報として出力
- 運転再開までの進捗情報の入出力機能を保有
- 進捗情報を用いて、運転再開までの見込み時間を予測・出力する機能を保有

システムによる出力としては「再開までの作業進捗情報」、「運転再開見込み時間予測情報」とした。

3.2.2 運転再開見込み時間算出システムの開発

入力情報として抽出したパラメータおよび条件分岐に従って、予測モデル式を構築した。

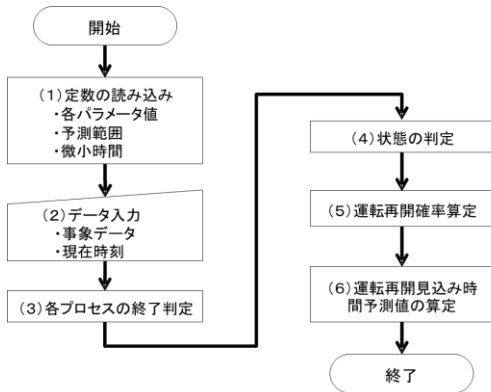


図 4. 時間算出機能のフロー

予測モデル式の重み付け関数については、過去の数百件の事象データベースをもとに、所用時間やプロセスを整理し、システムでの入力情報とするパラメータを説明変数とした。また、事象発生から  $T_0$  分後にまだ運転再開が果たされない場合において、時刻  $t$  に運転再開する確率を算定し、運転再開見込みの予測時間を推定するモデルを作成した。構築したフロー図に従い、パラメータの新規入力がない限りは同条件において予測時間を再計算する。運転再開見込み時間の予測値をピンポイントの時間ではな

く、一定の幅を持たせた場合の予測精度を検証した。80%の確率で実際の運転再開時間が予測した時間の中に納まるように誤差許容値を設定し、運転再開見込み時間を予測した結果を示す。

状態	発生件数	運転再開見込み時間の予測間隔			予測精度	
		最小値	最大値	平均値	正当数	正答率
1	54	-	-	-	-	-
2	197	27	29	28.6	175	88.8%
3	157	45	62	51.8	146	93.0%
4	0	-	-	-	-	-
5	15	20	23	20.5	12	80.0%
6	120	36	43	39.2	115	95.8%
7	0	-	-	-	-	-
8	0	-	-	-	-	-
9	219	47	53	49.0	182	83.1%
10	0	-	-	-	-	-
11	0	-	-	-	-	-
12	27	46	69	53.3	26	96.3%
13	7	55	67	60.7	7	100.0%
14	0	-	-	-	-	-
15	0	-	-	-	-	-
16	74	48	66	56.6	68	91.9%
17	61	49	64	59.2	51	83.6%
18	0	-	-	-	-	-
19	0	-	-	-	-	-
合計	931				782	84.0%

図 5. 再開見込み結果

4. まとめ

本研究は、輸送障害発生時の現場社員への情報提供の精度や正確かつ迅速な伝達方法の実現のため、下記3点を実施した。

- プロセスの可視化
- 運転再開時間の予測モデル構築
- リアルタイム運転再開予測システム開発

過去の事象データを用いて、モデルの予測精度を検証した。その結果、事象発生から30分後に運転再開見込み時間が実際の運転再開時間に対して誤差10分以内である確率は約61%、誤差11分以内である確率は約66%、誤差15分以内である確率は約78%であった。また、事象発生から30分後に運転再開見込み時間を80%の確率で正答するように誤差許容値を設定して予測した場合、実際の運転再開時間が運転再開見込み時間間隔に収まっている確率は84%であった。今後は本モデルを用いた機械学習による精度向上や要素として外部データを取り入れたモデル自体の改良などを実施していく予定である。

【参考文献】

1) 杉山陽一, 土屋隆司: 鉄道人身事故における復旧時間予測に関する研究: 電気学会研究会資料. TER, 交通・電気鉄道研究会2007(14), pp. 41-45, 2007-05-23  
 2) 藤生慎, 吉澤智幸, 高田和幸: 首都圏における鉄道事故の発生と運行停止時間の確率分布の推定, 第59回土木学会年次学術講演会講演概要集59, 2004, pp. 619-620