

鉄道事故に起因する時間費用の推計方法に関する研究

Research on the estimation of time cost on a railway accident *

吉澤智幸**, 高田和幸***

By Tomoyuki YOSHIKAWA** and Kazuyuki TAKADA***

1. はじめに

首都圏では、通勤目的トリップの 60%以上が鉄道を利用しており、一度事故が生じると多くの旅客の移動が妨げられる。東京都内、とりわけ山手線内では、鉄道ネットワークが密に張り巡らされており、事故が発生しても他の代替路線を利用して移動することが可能な状況にある。しかしながら山手線の外側では、代替路線がある地域は限られており、都心と郊外とを結ぶ路線で事故が生じ運行が停止した際には、移動困難者が多数発生し、多額の社会費用が発生している。

道路ネットワークの信頼性について分析を行った研究事例は数多く見られるが¹⁾⁻³⁾、鉄道ネットワークの信頼性に関する研究はほとんど行われていない。藤生ら⁴⁾は、鉄道事故の発生状況、事故発生時の運行停止時間について統計分析を行い、それぞれの確率分布を特定化している。そこで、本研究では、鉄道事故の発生分布や運行停止時間分布を用いて、旅客の時間費用の推計を試みた。

2. 使用データと時間費用の推計フロー

本研究では、国土交通省関東運輸局が取りまとめている鉄道運転事故等届出書(平成 14 年度)に記載された事故を分析対象とした。また対象地域を都市交
通年報⁵⁾で扱っている範囲に限定し、計 537 件の事故データを分析に用いた。

当事故統計データには、事故発生日時、場所、事故原因、最大遅延時間、死傷者数等に関する情報が含まれている。

また、事故が発生した際に、不通区間を通過する旅客数を大都市交通センサス⁶⁾を用いて求めた。

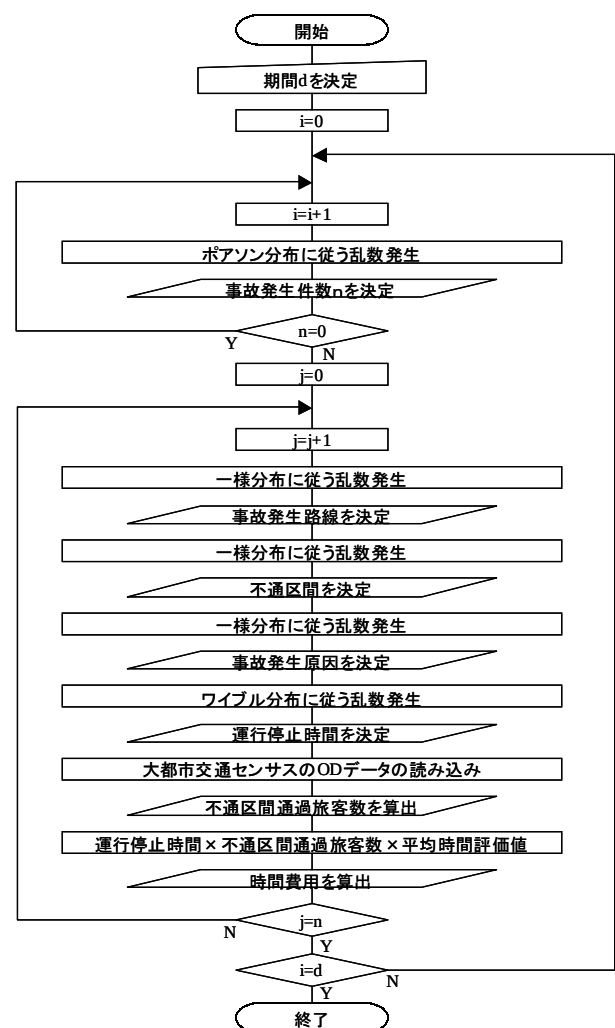


図-1 時間費用の推計フロー

本研究で行った旅客の時間費用の推計フローを図 1 に示す。1)事故統計より同定したポアソン分布に従う乱数を発生させ、1日当りの事故発生件数を決定する。2)1 回当りの事故について、一様乱数を発生させ、事故発生路線のシェアに対応させた事故発生路線を決定する。3) 一様乱数を発生させ、決定された路線の不通区間を決定する。4) 一様乱数を発生させ、事故発生原因のシェアに対応させた事故発生原因を決定する。5)事故原因別に同定されたワイブル分布に従う乱数を発生させ、事故による運行停止時間を決定する。6)大都市交通センサスを読み込み、事故発生

*キーワード: 鉄道ネットワーク, 公共交通計画, 鉄道計画

**学生員, 東京電機大学大学院理工学研究科建設工学専攻

***正員, 博士(工学), 東京電機大学理工学部建設環境工学科

(〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂,

TEL:049-296-2911, E-mail:takada@g.dendai.ac.jp)

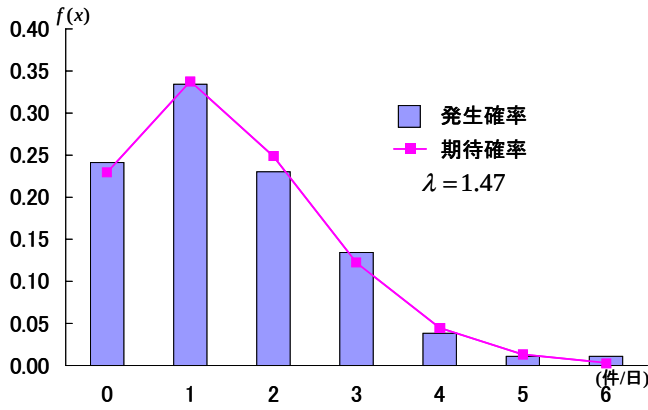


図-2 事故発生件数の分布型

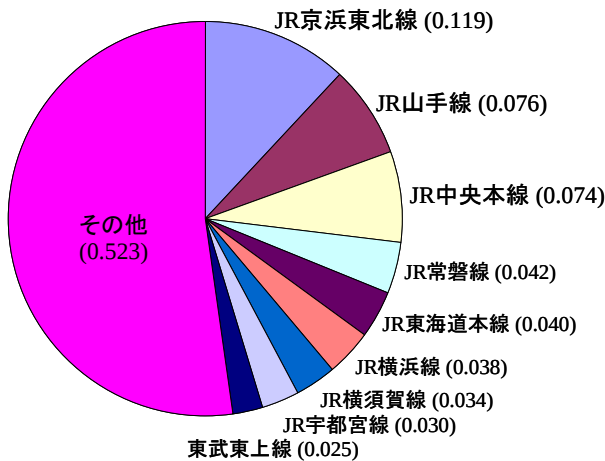


図-3 事故発生路線の内訳

時に不通区間を通過する旅客数を算出する。7)運行停止時間と不通区間通過旅客数に時間評価値を乗じることにより1日当りの時間費用を推計する。また推計において、1日当りの鉄道営業時間を16時間、時間評価値を2000円と設定した。

3. 時間費用算出に用いる各確率分布の同定

時間費用の算出に用いた各確率分布について、記す。

(1) 事故発生件数について

事故発生件数の分布について考察した。ランダムに発生する事象の単位時間当りの発生回数がポアソン分布に従うことから、ここでは1日当りの事故発生件数がポアソン分布に従うと考えた。

全事故を集計して1日当りの事故の平均件数を求め、分布の適合度検定を行った。その結果、事故発生件数がポアソン分布に従っていることが検証された。図2は、事故発生件数の分布形を示している。一方、事故原因別に1日当りの発生件数を求め、分布の適合度検定を行った。その結果、適合度の統計的有意

表-1 事故発生原因の分類

事故原因	例
自殺	
車両障害	電気装置、ブレーキ装置等
人災	ホーム上で接触、ホームから転落等
天災	雷害、水害、風害等
踏切外事故	線路内支障、線路内立ち入り等
車両外装置故障	信号故障等
踏切事故	直前横断、側面衝突等

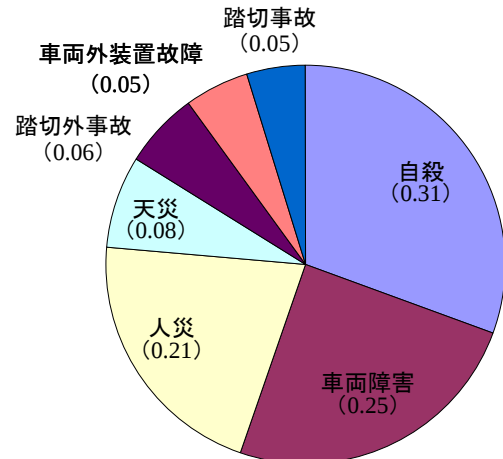


図-4 事故発生原因の内訳

性は検証されなかった。よって、これ以降は全事故のモデルを用いて推計を行う。

(2) 事故発生路線について

事故発生路線の内訳を図3に示す。JR山手線、JR京浜東北線などの路線で事故件数が多いことが見て取れる。これらの路線は利用客が多く、駅構内での接触事故が起きやすいためと考えられる。一方、JR常磐線、JR宇都宮線、東武東上線のような、代替する路線がない路線においても、事故が多発していることが見て取れる。

(3) 事故発生原因について

鉄道運転事故等届出書においては、事故発生原因を49に区分しているが、本研究では表1に示す8つの原因に区分した。

事故発生原因の内訳を図4に示す。図に示す通り、運行の遅延を伴う事故の多くが、「自殺」によるものである。また「車両障害」、「人災」による事故の割合も多いことが見て取れる。これら自殺、人災などは、鉄道事業者が制御不可能な事故原因であり、事故の発生を完全に抑えることが不可能であることを示している。

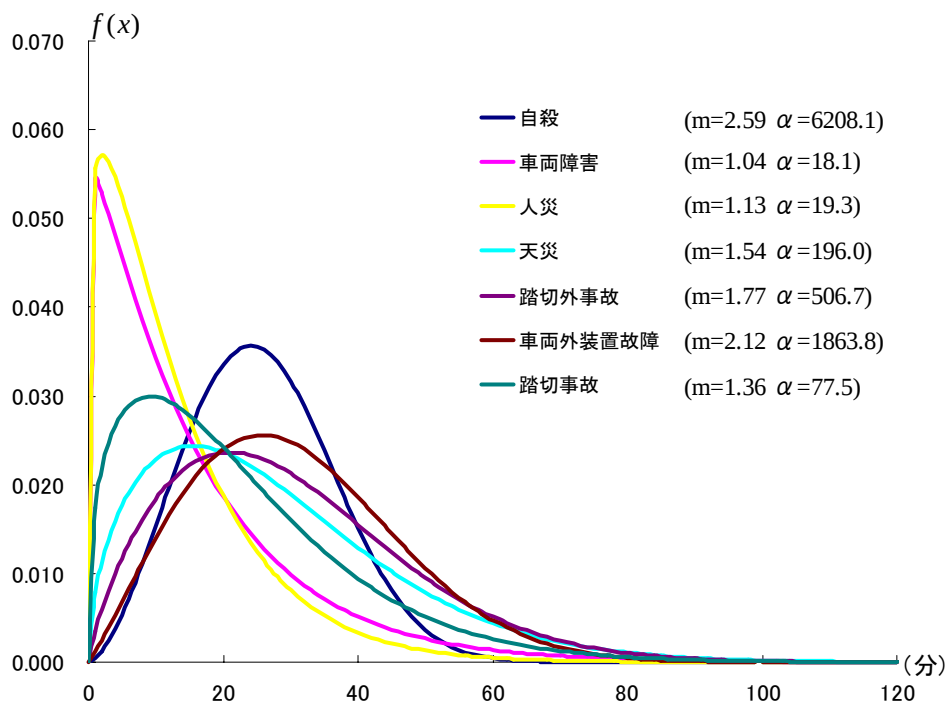


図-5 平均運行停止時間の分布形

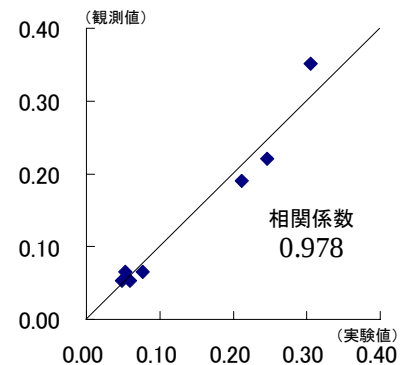


図-6 事故発生路線の再現性

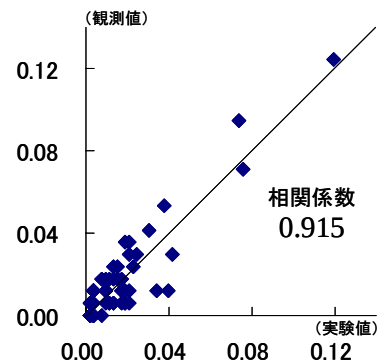


図-7 事故発生原因の再現性

(4) 平均運行停止時間について

鉄道事故統計には、事故により最も長く停車した列車が、再び運行を開始するまでの時間（最大運行停止時間）が記録されている。ただし、この停止時間長を移動制約を受けた旅客の損失時間とすると、総損失時間を過大評価することになる。そこで本研究では、この最大運行停止時間を半分にして、全旅客の損失時間とした。

ここでは事故による列車の運行停止時間は(1)式の確率密度関数で表されるワイブル分布に従っているとした。

$$f(x) = \frac{m\alpha^{m-1}}{\alpha} \exp\left(-\frac{x^m}{\alpha}\right) \quad (1)$$

(1)式中の m, α は、それぞれ関数形とスケールを表すパラメータである。

事故原因別の平均運行停止時間分布のパラメータ値を推定し、分布の適合度検定を行った。その結果、全ての原因に対し、有意水準 10% で有意とみなされ、ワイブル分布に従っていることが検証された。図 5 は事故原因別に推定したパラメータ値と推定したワイブル分布の分布形を示している。

4. 損失時間の推計に関する考察

(1) 事故発生件数の再現性

本研究では実験期間を 100 日に設定し、図 2 のポアソン分布に従う乱数を発生させ、1 日当りの事故発生件数を決定した。事故統計における事故発生平均件数は 1.47 であるのに対し、実験における平均発生件数は 1.63 であった。

(2) 事故発生路線の再現性

事故 1 件における事故発生路線は 0 から 1 間の一様乱数を発生させ、その値を図 3 で特定化したシェアと照らし合わせて決定した。再現性の検証を図 6 に示す。相関係数は 0.915 となった。このことより、実験により発生させた乱数には信頼性があり、事故発生路線を再現していると言える。

(3) 事故発生原因の再現性

事故 1 件における事故発生原因は 0 から 1 間の一様乱数を発生させ、その値を図 4 で特定化したシェアと照らし合わせて決定した。再現性の検証を図 7 に示す。相関係数は 0.978 となった。このことより、実験で発生させた乱数には信頼性があり、事故発生原因を再現していると言える。

表-2 運行停止時間の再現性

	観測値(分)			実験値(分)		
	n	μ	σ	n	μ	σ
自殺	135	26.0	10.6	59	24.9	10.6
車両障害	43	15.9	15.2	38	12.5	11.9
人災	43	13.1	12.4	32	12.8	11.5
天災	29	27.6	18.6	11	27.5	12.9
踏切外事故	24	30.1	17.3	9	18.0	10.1
車両外装置故障	23	30.5	15.4	11	25.5	11.9
踏切事故	19	22.1	17.1	9	24.8	15.2

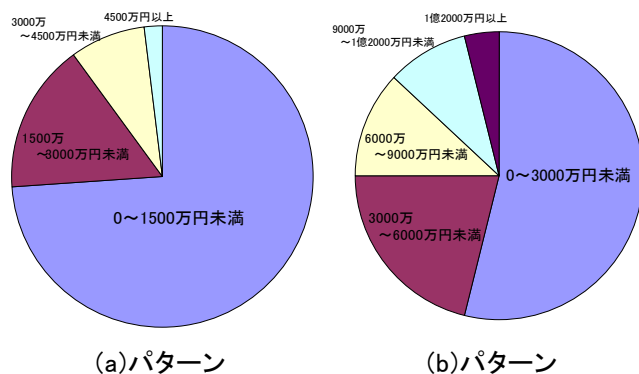


図-8 時間費用の分布

(4) 運行停止時間の再現性

運行停止時間は(3)で決めた事故原因のワイブル分布に従う乱数を発生させ決定した。再現性の検証を表 2 に示す。全ての要因について平均値の差を検定し、統計的に差が無いことを確認した。このことより、実験で発生させた乱数は、運行停止時間を再現していると言える。

(5) 移動困難者数の算出

移動困難者数は大都市交通センサスの鉄道定期券利用者から、以下の(a), (b), 2 パターンで算出した。

- (a) 事故発生駅に隣接する駅の間でのサービスが停止することと設定し、事故発生駅での乗降客、乗換客、及びサービスが停止している区間を通過する旅客
 (b) 事故発生路線の全ての駅においてサービスが停止することと設定し、当路線を利用する全ての旅客

(6) 時間費用の推計

時間費用は、事故当たりの損失時間に、事故による移動困難者数を掛けて総時間費用を求め、これに時間評価値を掛けて推計した。本研究では(a), (b), 2 パターンについての時間費用を推計した。両パターン毎の時間費用の推定結果を年間の損失額に換算したものを図 8 に示す。(a)パターンについては 1 年間の

総時間費用は約 36 億円であった。また、(b)パターンの 1 年間の総時間費用は約 147 億円であった。

5. まとめ

本研究では、事故発生件数、事故発生路線、事故発生原因、運行停止時間の統計分布を用いて、旅客の損失時間を算出し、鉄道事故に伴う時間費用の推計を行った。その結果、年間の総時間費用は 36 億円から 147 億円程生じていることが明らかになった。今回の設定において、1) 旅客の不通区間の迂回行動については考慮されておらず、4. で求めた推計値は過大評価となっている可能性がある。従って、今後は迂回の可能性を考慮した推計を行う必要がある。2) 全ての駅の事故発生確率を等しく設定しているが、実際はターミナル駅など旅客数が多い駅で事故が多発している可能性があり、今後は旅客数の大小を考慮して精緻化を行う必要がある。3) 移動困難者は鉄道定期券利用者のみを算出しており、過小評価をしている可能性がある。従って、今後は鉄道普通券利用者を考慮した推定を行う必要がある。4) 事故の発生時間帯は考慮されていないため、1 日当りの事故は営業時間の 16 時間で割って 1 日としている。従って、今後は事故発生時間を考慮して精緻化を行う必要がある。

参考文献

- 1) 田中伸治, 高橋清, 家田仁: 日本列島周辺で発生する地震が全国ネットワークに与える影響の評価手法, 土木学会第 52 回年次学術講演会, pp574-575, 1997
- 2) 山地由顕, 塚口博司, 林孝之: 震災復興における道路ネットワークの信頼評価, 土木学会第 58 回年次学術講演会, pp457-458, 2003
- 3) 近藤光男, 青山吉隆: わが国の中都市における道路ネットワークの評価に関する研究, 土木学会第 46 回年次学術講演会, pp436-437, 1991
- 4) 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, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004
- 5) 国土交通省総合政策局監修: 平成 14 年版 都市交通年報, 財団法人 運輸政策研究機構
- 6) 国土交通省: 平成 12 年版 大都市交通センサス, 国土交通省