

ETC 機器の生存確率にもとづく最適点検間隔のシミュレーション分析

日本大学 学生会員 ○掛上 寛希 東北大学 正会員 桑原 雅夫
 日本大学 正会員 吉岡 慶祐 日本大学 正会員 下川 澄雄

1. はじめに

ETC 施設の劣化・故障は交通流に多大な影響を及ぼし、渋滞を誘発することで社会経済への損失を生み出すため、適切な維持管理の計画が重要となる。一方で、施設の点検・更新には大きな費用が発生するため、ETC 施設を構成する各機器の生存確率に基づいて、科学的に点検間隔を設定することが望まれる。

そこで本研究では、ETC 設備の維持管理計画の策定を行う一環として、ETC を構成する機器の生存確率を推定し、これを用いた数値シミュレーションから、社会損失が最小となる点検間隔を求めることを目的とする。なお、本研究は佐津川ら¹⁾の、ETC 設備における最適な補修施策を導出するための方法論の提案・実証分析に対し、機器の生存期間や点検者の熟練度による判断の違いといったランダム性を考慮した数値シミュレーションを行うものである。

2. 使用データ

本研究では、西日本高速道路ファシリティーズ（株）が維持管理する関西・中国・四国・九州の4地方のスマートICを除いたIC・TB・JCを対象とし、各機器の「管理データ」、各機器の故障理由と日時が記録された「故障データ」を用いる。2013年1月1日から2020年12月31日の間に運用が開始された機器とする。

3. ETC 施設の故障に関する基礎分析

ETC 施設での点検時における機器の更新は、表-1に示す通り、事後保全、予防保全、点検時発見故障の3つに分類され、発生件数の多い4機器について、それぞれ表中に示す件数が記録されている。図-1は、これを発生時期順の累積分布として示したものである。なお、現状では約6か月に1回の頻度で点検を実施し

ているとのことから、6か月を1期として考える。これによると、事後保全と点検時発見故障の発生時期は類似しており、予防保全は事後保全と点検時発見故障に比べ早い時期（5～7期）に集中していることがわかる。

なお、故障データから点検時に機器の更新を実施する際の基準を探ろうとしたが、その傾向を見出すことはできなかった。

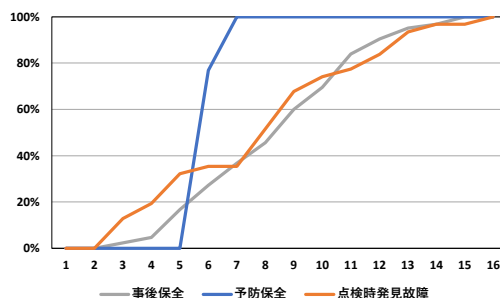


図-1 各点検項目の累加曲線図（発進制御機）

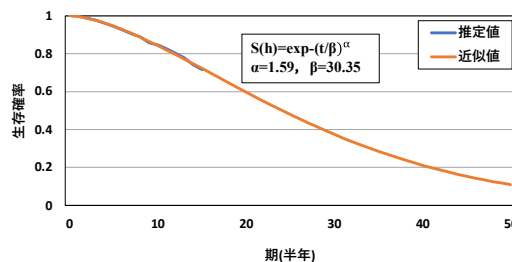


図-2 発進制御機の生存確率

4. 数値シミュレーション分析

前章の分析において、点検の間隔や機器の更新に関する明確な判断基準は見出せなかった。そこで、点検間隔と故障データをもとに、数値シミュレーションから社会損失（点検費用 C_I ・更新費用 C_R ・利用者損失 L の総和）が最小となる点検間隔を探る。ここでは、点検で観測可能な摩耗劣化による故障が多く、故障した際に ETC レーンの開鎖を引き起こす機器として、発進

表-1 点検における更新の分類と各機器別の発生件数

分類	機器更新時の状態による分類	車両検知器 軸数センサー	発進制御機 駆動部	車線表示板 表示板	車線監視制御盤 車線監視モニタ	合計
事後保全	機器の故障発見後に、当初の要求性能が発揮できる状態に修復する作業	325	125	30	115	595
点検時発見故障	レーン閉鎖にはなっていないが、点検時に故障を発見、対応を行ったもの	59	31	23	13	126
予防保全	機器使用中の故障を未然に防ぐもの	148	26	0	0	174
合計		532	182	53	128	895

キーワード ETC 施設, 生存確率, 社会損失, 点検間隔

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 道路マネジメント研究室 TEL:047-469-5503

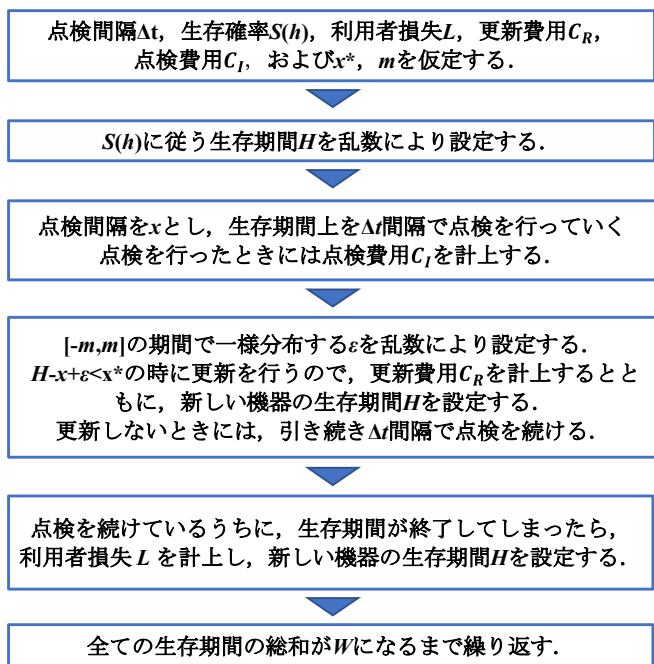


図-3 シミュレーション方法

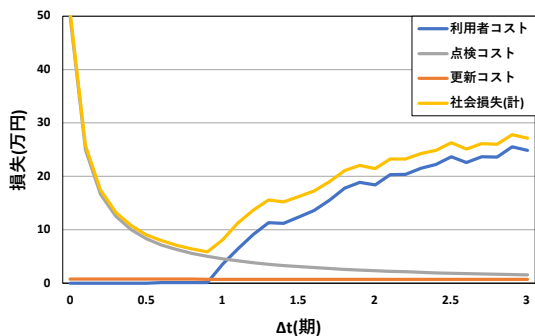


図-4 シミュレーション結果 (x*=1, m=0)

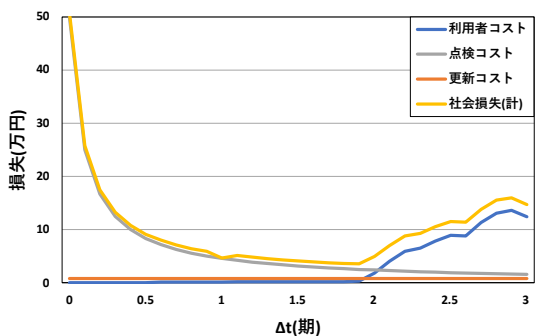


図-5 シミュレーション結果 (x*=2, m=0)

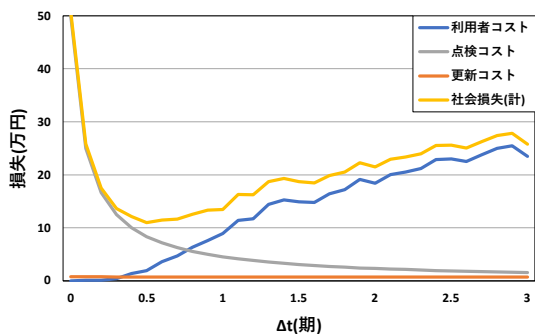


図-6 シミュレーション結果 (x*=1, m=1)

制御機を対象とする。図-2は、別途推定した発進制御機の生存確率を示しており、この生存確率に基づいて生存期間 H がランダムに決定されるものとする。シミュレーションの手順は図-3に示すとおりである。

図-4～6は、故障前の劣化を点検で発見できる期間の平均値 x^* と、点検者の主観的な違いによる変動幅 m を変化させたときの、点検間隔 Δt と年間あたりの各費用とその総和である社会損失の関係を示したものである。なお、費用の原単位は佐津川ら¹⁾の研究を参考に、 $L=1,000$ (万円)、 $C_R=20$ (万円)、 $C_I=5$ (万円)とし、シミュレーション期間は $W=10,000$ 期としている。

これらの図によると、点検間隔が短いほど点検費用が高くなり、反対に、点検間隔が長いほど利用者損失が高くなるトレードオフの関係となり、全体の社会損失が最小となる最適な点検間隔があることが確認できる。ここで、図-4、5の比較より、故障前の期間 x^* が大きいと最適点検間隔も長くなり、それは x^* とほぼ同程度の期間であることが分かる。また、図-4、6の比較より、点検者の主観的な違いによる変動幅 m が生じると、最適点検間隔はそれよりもさらに小さくなることも確認できる。

5. まとめ

本研究では、生存確率に基づいた数値シミュレーション分析より、社会損失を最小化する点検間隔を求め、点検者の主観的な違いによる変動幅が大きいと最適な点検間隔は短くなることが明らかとなった。これは、点検間隔の適正化を図るためには、点検者の主観的な違いによる変動幅を最小化することで、社会的損失を低減できることを示している。

ただし、本シミュレーションは特定の機器のみを対象にしており、かつ費用の原単位等のパラメータの設定に多くの仮定を置いていることから、十分な検証が必要である。

なお、本研究にあたり、西日本高速道路ファシリティーズ (株) よりデータ提供いただいた。ここに感謝申し上げる次第である。

参考文献

1) 佐津川功季, 水谷大二郎, 川崎洋輔, 金田威夫, 桑原雅夫: 故障時交通渋滞による経済損失を考慮したETC設備の最適補修施設に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.78, No.3, pp.105-121, 2022