

ETC 設備の劣化過程・故障傾向の分析

Analysis of Deterioration Process and Failure Tendency of ETC Facilities

指導教授 桑原 雅夫 吉岡 慶祐

7065 鈴木 莉奈

1. はじめに

ETC 設備は多くの機器によって構成され、その一部が故障すると使用できなくなる。つまり、料金所において円滑で安定した通行を実現していくためには、ETC 設備についても構造物や他の付属施設同様に定期点検とそれに基づく予防保全策を講じていくことが肝要であり、これに加えて突発的な故障に対しても復旧時間を最小化するための備えが重要となる。

これに対し、ETC 設備の故障によりレーンが閉鎖されることでどの程度の社会損失が発生し、この値を最小化するためにはどのような方策を講じていくべきかといった検討が東北大学などにおいて行われている¹⁾。しかし、ここでの検討は故障データを用いたレーンそのものの閉鎖確率と閉鎖時間によるアプローチであり、ETC 設備を構成する機器の劣化過程に基づくものではない。そのため、機器の部品個々に対する備蓄方法などを含めた維持管理計画を提示するまでには至っていない。

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 設備を構成する代表的機器を取り上げ、その劣化過程と特徴について分析を行うことを目的とする。

2. 本研究の概要

2.1 ETC 設備を構成する機器と故障の特徴

ETC 設備は、図-1 に示すように発進制御機や車両検知器など多くの機器によって構成されている。

また、ETC 設備の故障原因は、西日本高速道路ファシリティーズ株式会社の故障データによれば、図-2 に示すように摩耗・劣化と製造不良が全体の 40% を占め、車両事故による故障の割合も多い。ETC 設備を構成する機器は個々の独立した製品である。そのため、個々の機器がどのような故障の劣化過程をたどり、その発生にどのような

図-1 ETC 設備を構成する機器²⁾

特徴があるのかを明らかにすることは極めて重要である。

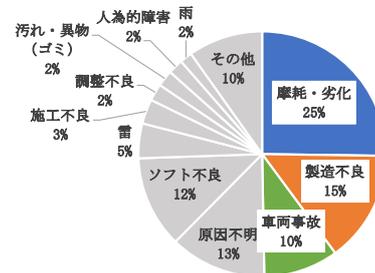


図-2 ETC 設備の故障原因

2.2 対象とする機器と使用データ

本研究では ETC 設備の中でも「発進制御機」と「車両検知器」に着目し、それぞれにおいて代表的な故障原因である「摩耗・劣化」、「製造不良」について分析する。使用するデータは、西日本高速道路ファシリティーズ株式会社が管轄している近畿エリア内のスマート IC を除いた IC, TB, JCT における各機器の「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。この2つのデータより、運用開始日時と故障までの経過年数を取得した。なお、データは 2000 年から 2018 年の間に運用が開始されたもののうち、2014 年から 2018 年の間に故障した機器データを扱う。複数回故障した機器は 2 回目以降も対象とし、2 回目以降は前回の処置終了日時から故障発生日時までの期間とする。また、製造不良については初期段階で故障が発生することを想定し、ここでは 2 年以内に故障した機器データを扱う。故障しなかった機器に関しては、観測終了時刻を 2019 年 1 月 1 日とした。

3. 対象機器の劣化過程とその特徴

3.1 対象機器の生存確率

劣化過程の特徴を把握するため、ワイブル劣化ハザードモデルにより生存確率を推定する。

ワイブル分布の確率密度関数 $f(t)$ は式(1)で表される。また、式(2)は式(1)より導かれる生存関数 $S(t)$ であり、これは経過年数 t において生存する確率である。管理データと故障データから得られる 1 か月ごと ($t_j = 1, 2, 3, \dots, J$) の故障の記録から式(3)の尤度関数を最大化するようにパラメータ a, b を推定する。

$$f(t) = ab(b \cdot t)^{a-1} \cdot \exp(-bt^a) \quad (1)$$

$$S(t) = \exp(-bt^a) \quad (2)$$

$$L(a, b) = \max_{a,b} \prod_{j=1}^J \{h(t_j)S(t_j)\}^\delta S(t_F)^{(\delta-1)} \quad (3)$$

$$\delta = \begin{cases} 1, & t \leq t_F \\ 0, & t > t_F \end{cases}$$

ここで、 a は加速度パラメータ、 b は速度パラメータを表す。時刻 t は、設置からの経過年数、 t_F は故障により観測が終了した時刻である。また、 δ は観測期間内における故障の有無を表すダミー変数である。

図-3は、発進制御機の摩耗・劣化と車両検知器の製造不良の生存確率を示したものである。これらと比較すると、故障原因によって傾向が異なることがわかる。特に、車両検知器の製造不良は、突発的に発生する故障であり、運用開始直後からランダムに発生している。発進制御機の摩耗・劣化は、経年劣化であり機器の特徴から気象条件、交通条件（交通量・駆動回数）などが故障の要因として考えられる。

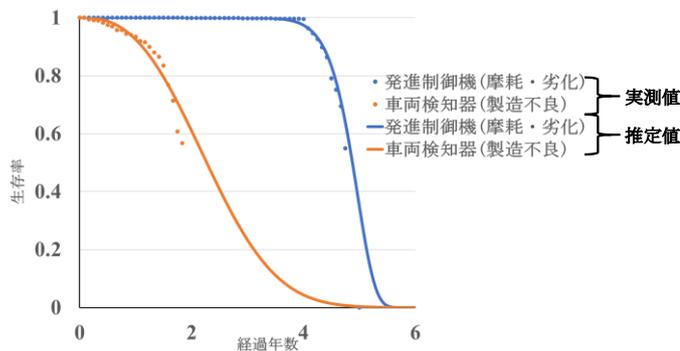


図-3 故障原因別の生存率

3. 2 発進制御機の劣化過程の特徴

(1) 気象条件による特徴

図-3に示した高速道路事務所管内にある気象台観測所データより平均気温や降水量などの気象条件を比較したところ、対象が近畿エリア内ということもあり有意な差は見られなかった。そのため、今回の結果だけでは気象条件が劣化過程に影響を及ぼしている可能性があるとは必ずしも言えない。

(2) 交通条件による特徴

次に、交通条件について詳しく見るため個々の IC・TB に着目する。図-4は、京都高速道路事務所を例に IC・TB 別に1レーン・1年あたりの故障回数を示したものである。IC・TBによって故障頻度に違いが生じていることがわかる。さらに、図-5は、図-4で示した IC・TB において故障回数と累積交通量、駆動回数の関

係について示している。その結果、交通量、駆動回数ともに故障回数と関係があることが確認された。その中でも、特に駆動回数との関係性が高いことがわかる。

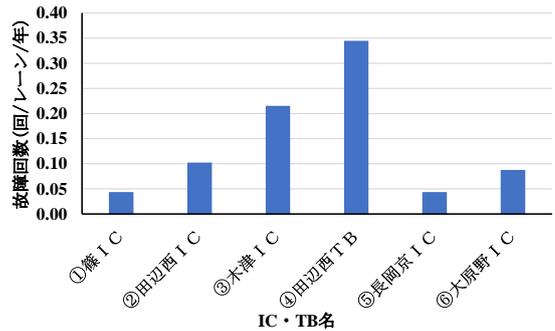


図-4 高速道路事務所別故障回数

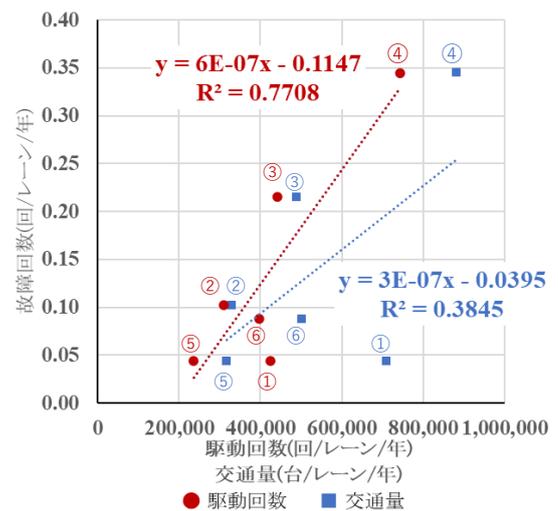


図-5 交通条件での故障傾向

4. まとめ

本研究では、発進制御機と車両検知器について摩耗・劣化と製造不良の生存確率を推定したところ、それらに大きな差異があることが確認された。また、発進制御機の摩耗・劣化は交通条件、とりわけ駆動回数が影響を及ぼす可能性が高いことがわかった。今後は、今回影響を確認できなかった気象条件の違いにも着眼して分析エリアを拡充する必要がある。

また、ETC 設備を構成する機器については、それぞれ固有の故障過程と特徴を有しているものと考えられる。そのため、今回対象とした機器と故障原因以外についても同様の分析を引き続き行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 国立大学法人東北大学, 高知工科大学, 西日本高速道路エンジニアリング関西株式会社, 西日本高速道路ファシリティーズ株式会社: 道路設備の予防保全に関する研究, 2020.5.
- 2) 一般財団法人 ITS サービス高度化機構: ETC 便覧, pp.18-25, 2020.