

(Ⅳ-6) レール削正車導入に伴う故障の信頼性解析例

日本機械保線KK 正員 久保田信平

日本機械保線KK 平野利雄

日本機械保線KK 正員 佐藤吉彦

1. 要 旨 当社は大型保線機械を使用して、主として新幹線の軌道保守の業務を行っているが、機械の故障は、その業務の遂行に対する影響が大きく、重大な関心事であった。また、機械の進歩とともに構造が複雑になるなど、故障の量や質にも変化が起り、故障を数値的に把握することが是非、必要であると考えられた。そこで、導入以来個人的に残してきた故障の全データのメモに基づき、レール削正車2台（以下、A車、B車という）について信頼性の解析を行ったので報告する。

2. 解析方法 故障率と時間の関係として良く知られるものには、バスタブカーブがあり、初期故障の故障率減少過程から、偶発故障期の故障率一定過程を経て、摩耗故障の故障率増加過程に到るとされている。この使用経年と故障発生確率の関係は、ワイブル分布のパラメーターの変化と対応させて説明されていることが多い。即ち、時間の経過とともに破損していく部品の集合を考え、時刻 t までに破損する確率を $F(t)$ とし、確率密度を $f(t)$ とすると、時刻 t に破損する確率（故障率関数） $\lambda(t)$ は

$$\lambda(t) = f(t) / 1 - F(t) \quad (1)$$

で与えられる。 $f(t)$ をワイブル分布とすると、

$$\lambda(t) = \frac{m}{x_0} (x - x_u)^{m-1} \quad (2)$$

で与えられ、この関数はパラメーター x_0 , x_u , m によって変化するが、 $x_0 = 1$, $x_u = 0$ とすると、

$$\lambda(t) = m \cdot x^{m-1} \quad (3)$$

となり、 $\lambda(t)$ は m の値によって次のように分類される。

$m > 1$ 摩耗故障（時間経過とともに故障率が增大する）

$m < 1$ 初期故障（時間経過とともに故障率が減少する）

$m = 1$ 偶発故障（時間が経過しても一定の故障率を示す）

ところでワイブル分布の表示には、ワイブル確率紙による表現が最も便利であるが、非常に小さい発生確率を表現するのに不便な点もある。そこで発生確率の小さいものをする場合、両対数紙の縦軸に累積発生件数横軸に時間をとって、対数で示して良いことが経験的に知られている¹⁾。両対数紙上では直線で表示されるが、この直線の勾配とバスタブカーブの関係は、次のようであるとされている。

第Ⅰ期（故障率減少過程）・・・・・・ 勾配 $< 45^\circ$

第Ⅱ期（故障率一定過程）・・・・・・ 勾配 $= 45^\circ$

第Ⅲ期（故障率増加過程）・・・・・・ 勾配 $> 45^\circ$

そこで、縦軸に累積故障件数、横軸に累積削正延長を月単位でとって図示し、そのグラフの勾配を判断基準として、レール削正車の故障の状況について考察する。

3. 故障発生の全般的状況 レール削正車の導入以来の故障全件数を、表1の5つの部位に分類して経過月毎に図示したのが図1および図2である。この中には、集塵装置の下ダストコンテナの曲がり（強度不足）や空気回路そのものを変更するという、設計に基因する故障から、端子のゆるみやパイロットランプの球切れという、偶発故障まで含まれている。また、年度別に見るとB車は装置別の故障発生の比率がほぼ一定しているが、A車のほうは初年度は電気装置

表1 装置分類

装 置 分 類	装 置 名
1. 動力装置	主エンジン ドイッセン 動力伝達装置
2. 作業装置	削正装置 検出装置 集塵装置
3. 電気装置	機殻装置 電気装置 電子装置 運転室
4. 油圧装置	
5. 車体・走行装置	走行・制動装置 空気装置 車体・その他

の故障が多く、2年目は電気装置以外で故障が多く発生している。装置別の故障発生の比率もA車とB車で異なっている。

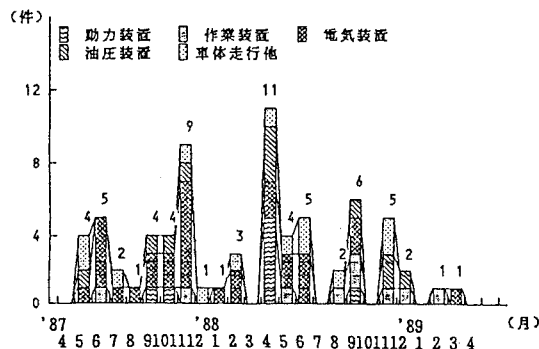


図1 装置別故障件数表 (A車)

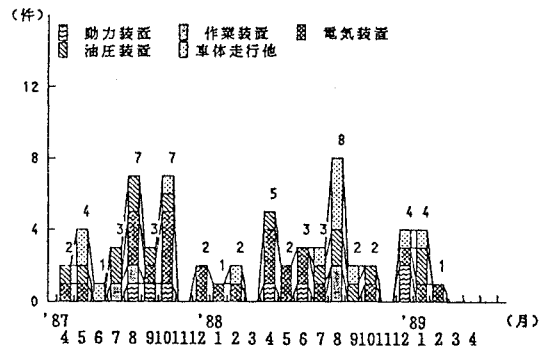


図2 装置別故障件数表 (B車)

4. 考 察 図3はA車の故障全数のグラフであるが、全般として見れば一点鎖線の45°を下回る曲線となっており、初期故障の過程を着実に進行し、安定の時期に向かっている。同様に装置分類別にみると次のようになる。動力装置の故障件数はそれほど多くはなく、故障率一定過程にある。作業装置も故障件数はそれほど多くはないが、A車とB車では異なった動きをしており、B車が安定し、故障率減少過程にあるのに比べ、図4のA車は一貫して増加の過程にあり注意を要する。電気装置は故障件数の大層を占めているが、故障率減少過程に入り、これが全体の故障率減少をもたらしている。油圧装置の故障件数は中程度で、故障率一定過程に入っている。車体・走行装置他の故障件数も中程度で、故障率一定過程に入っている。

以上をまとめると次のようになる。

- (1) 全体としては現在初期故障の段階にあるが、これはその故障の大層を占める電気装置によるもので他はほぼ故障率一定の安定期に入っている。
- (2) 部位別分類では電気装置の故障が約40%を占めている。
- (3) A車の作業装置については、今後も十分留意する必要がある。

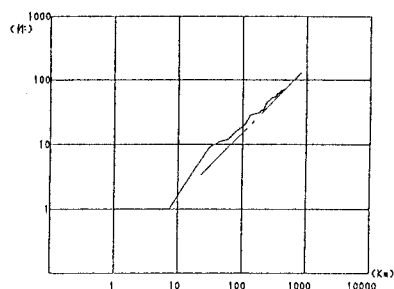


図3 累積故障件数-故障全体 (A車)

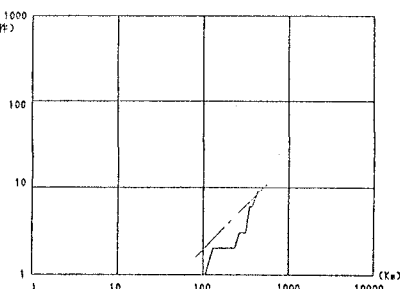


図4 累積故障件数-作業装置 (A車)

5. まとめ 今回レール削正車に対して用いた手法は、新規導入した機械の現状を知るのに十分有効であることがわかったので、今後導入する作業機械についても同様な追跡を行うのが適当である。

6. 文 献 1) 杉山 亨, 山崎立良: "レールおよび分岐器の破損統計の一事例", 鉄道技術研究所速報, No. 70-138 (1970. 9)