

電気転てつ機の検査周期適正化に向けた ロック調整の統計的発生予測モデル

情報通信技術研究部 情報解析研究室
研究員 稲場 亘

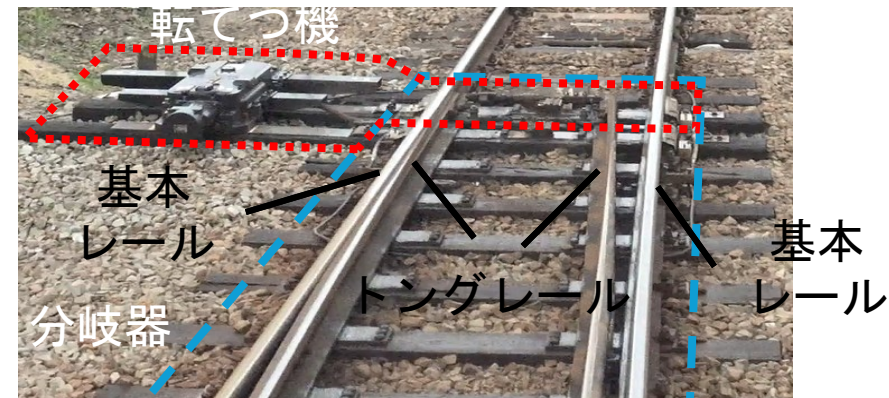
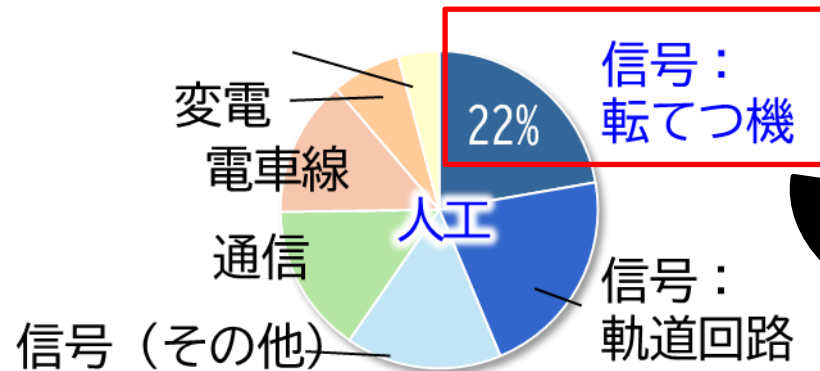
発表の背景・目的

- 労働人口減少により、メンテナンスを担う技術者が減少
- 安全性の確保を前提としたメンテナンス業務の省力化が急務(特に地方部)

業務実態調査(JR四国)

→ 転てつ機等の定期検査に要する人工が多大(電気系統)

3～4回／年: リスク(不具合発生率等)に応じた適正度の検討は不十分

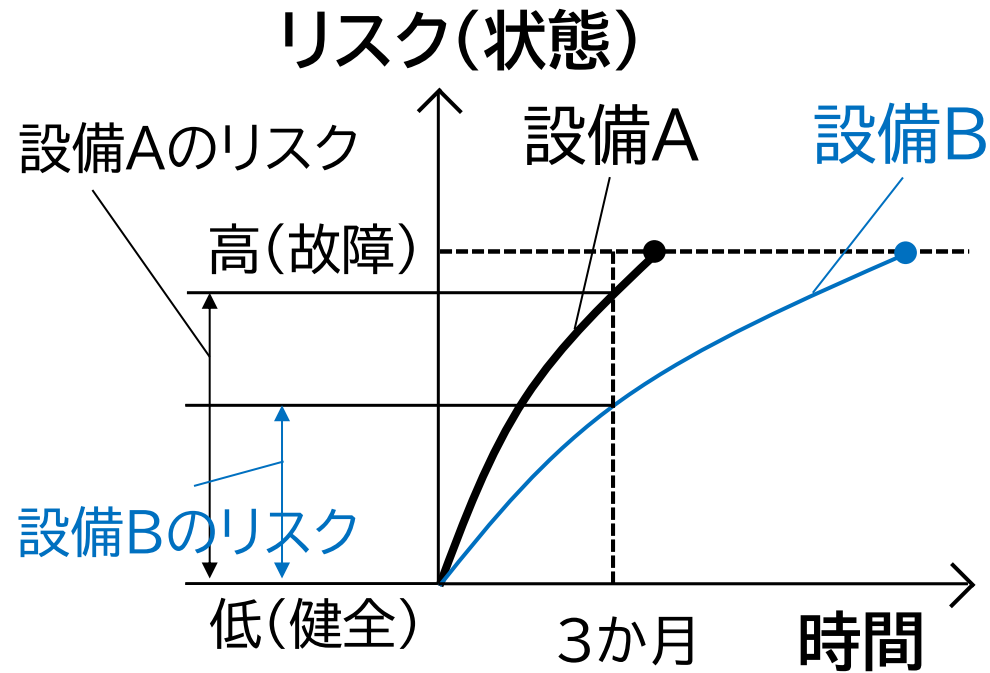


検査周期の見直しを検討可能な手法を開発

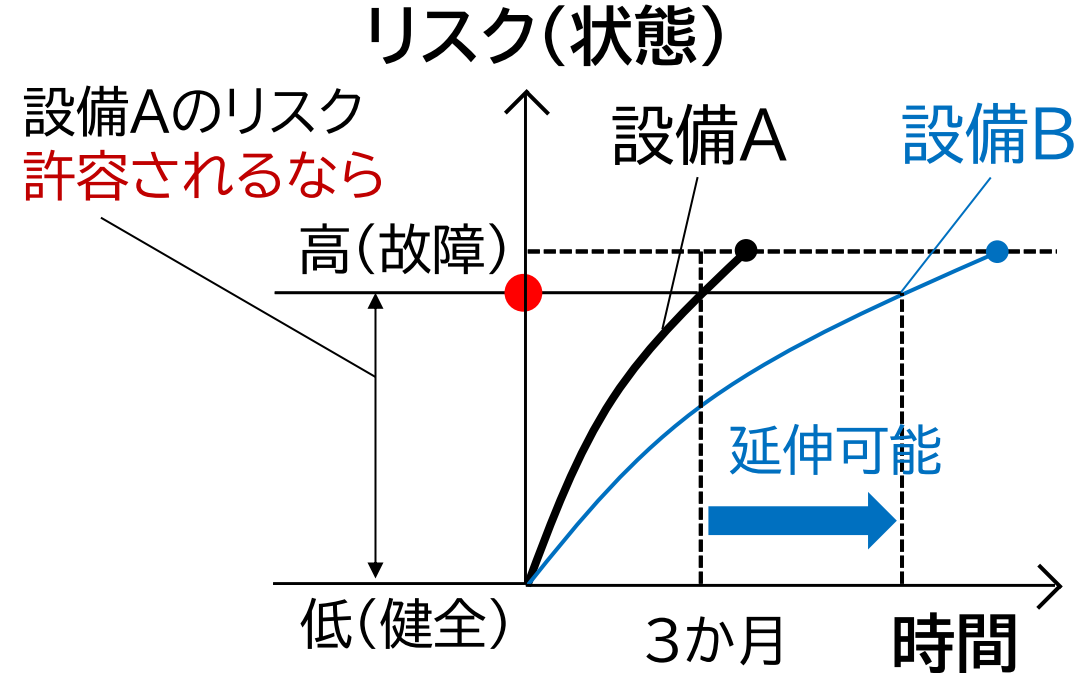
- 発表の背景・目的
- 本研究の考え方
- モデルの構築
- 適用事例(モデル)
- 適用事例(周期延伸可否の判断)
- おわりに

- 発表の背景・目的
- **本研究の考え方**
- モデルの構築
- 適用事例(モデル)
- 適用事例(周期延伸可否の判断)
- おわりに

検査周期の見直し



同じ検査周期だと許容しているリスクが異なる

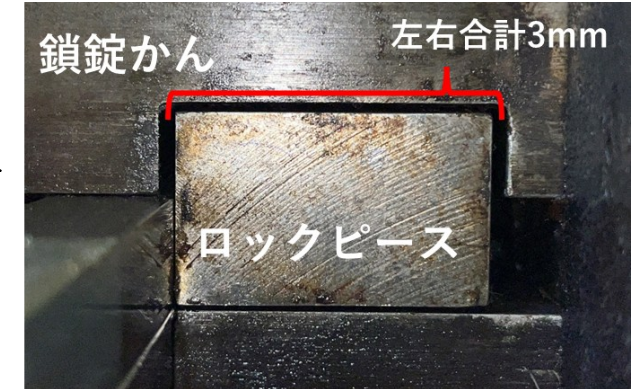
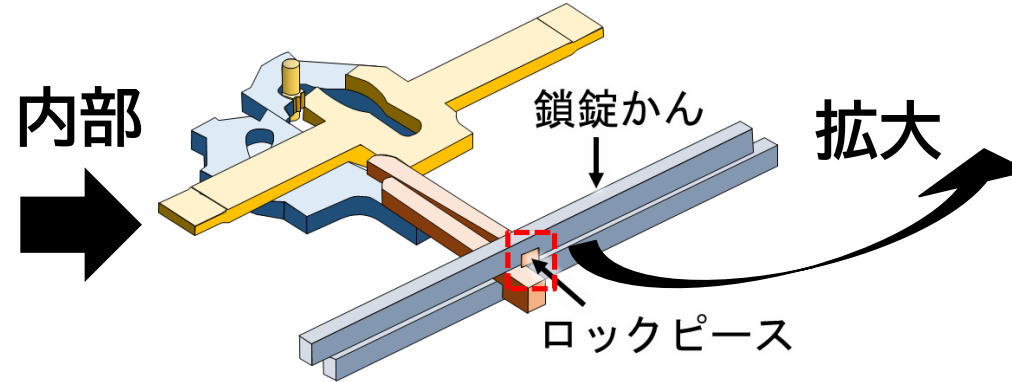
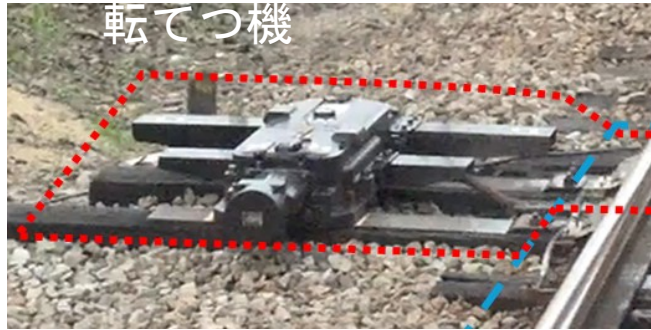


許容リスクは変えずに設備Bの検査周期を延伸可能

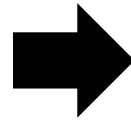
設備1台1台のリスクのばらつきの評価が重要

転てつ機のロック調整

Railway Technical Research Institute



結果記入



検査日	ロックN	ロックR
4/17	○	○
7/10	△→○	○
...	...	...

○:調整せず
△→○:調整実施

日々の定期検査で転てつ機の状態が記録された検査記録が蓄積

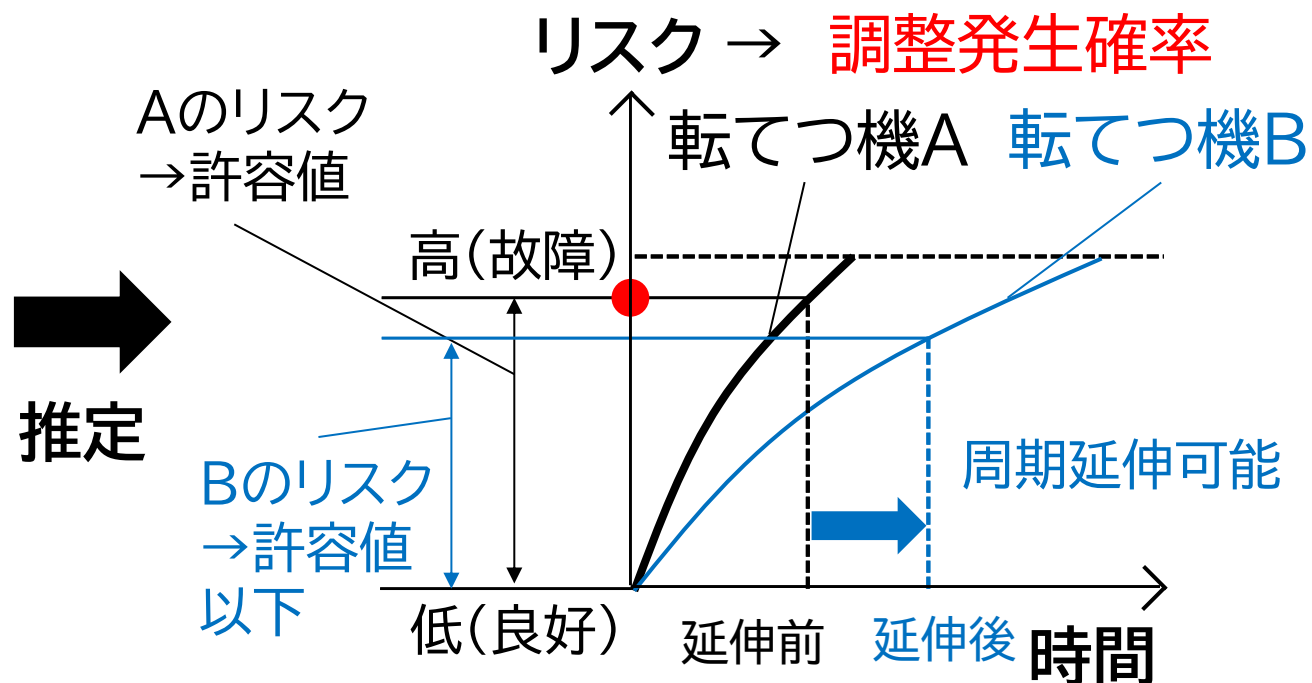
本研究の目的

- ① 検査記録からロック調整の統計的発生予測モデルを構築して、転てつ機1台1台のリスクを定量化
- ② リスクに基づき、周期延伸可否を判断する方法を提案

検査記録

検査日	ロックN	ロックR
4/17	○	○
7/10	△→○	○
...	...	...

離散評価値



- 発表の背景・目的
- 本研究の考え方
- モデルの構築
- 適用事例(モデル)
- 適用事例(周期延伸可否の判断)
- おわりに

統計的発生予測モデルの定式化

Railway Technical Research Institute

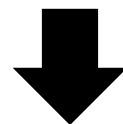
混合ワイブルハザードモデル

調整発生確率 $F(t)$: t 日間使用した転てつ機にロック調整が必要となる確率

$$F(t) = 1 - \exp\{-\varepsilon_k \exp(\underbrace{\beta_1 + \text{日動作回数}\beta_2 + \text{種別}\beta_3}_{\text{台帳等から取得できる設備諸元の影響}})t^m\}$$

台帳等から取得できる設備諸元の影響
→ 回帰パラメータで表現

設備諸元のみで説明できない設備ごとの個体差の影響
→ 異質性パラメータで表現



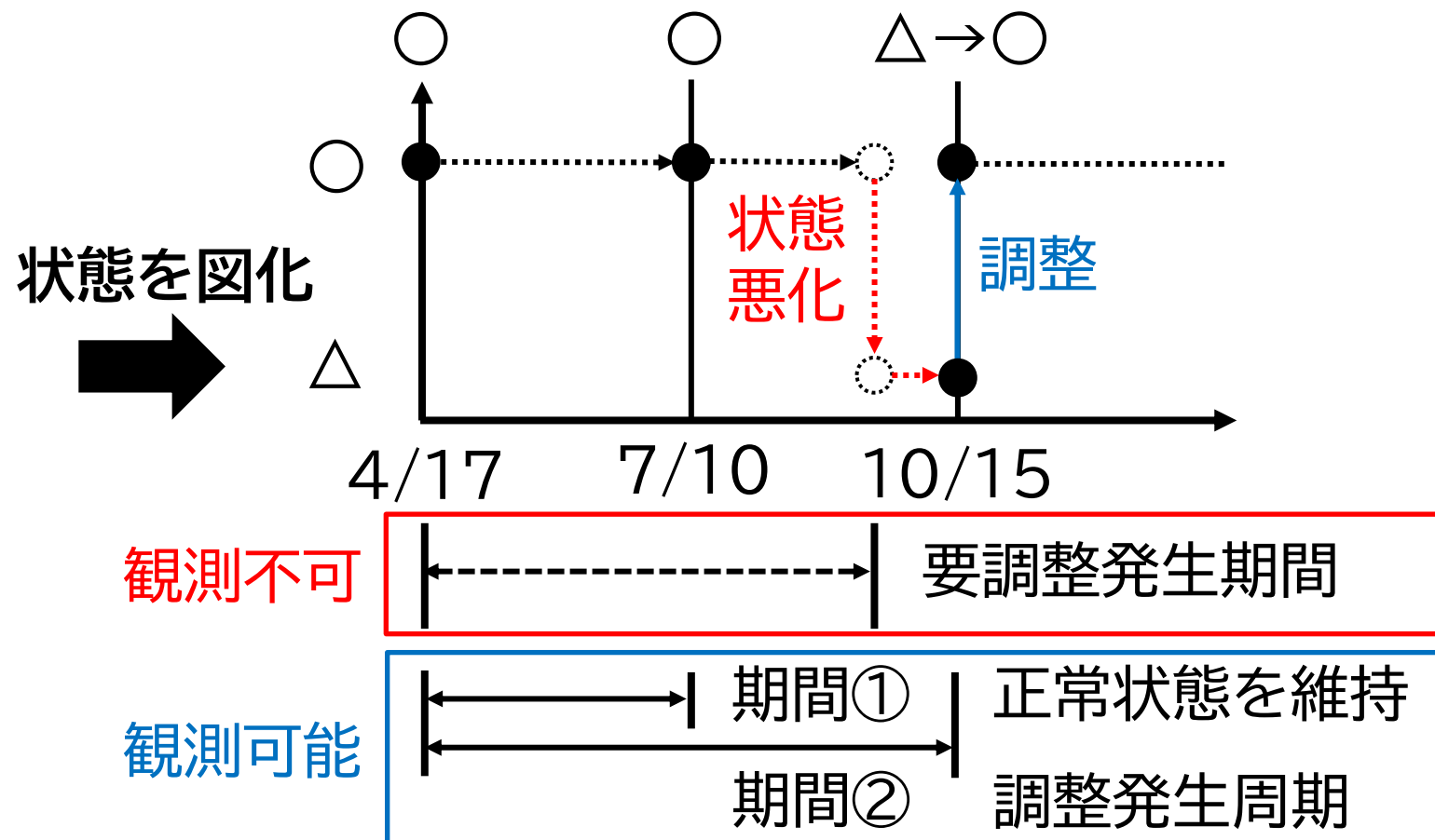
要因の切分けや明示が困難でも、実態として存在する個体差を考慮可能

統計的発生予測モデルの推定

検査記録

検査日	種別	ロック
4/17	取付	○
7/10	保全	○
10/15	保全	△→○
...	...	...

検査日と検査日における
設備状態が記録



期間①と期間②をもとに、要調整発生期間を予測

統計的発生予測モデルの推定

データセットの作成手順

1. 調整時に期間①と期間②を集計
 - ・ 集計開始日: 取付日
 - ・ 集計終了日: 最後の検査日
 - ・ 使用開始日: 取付日、調整日
2. 台帳から動作回数と種別を取得
3. 1と2を結合

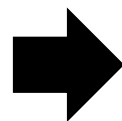
検査記録(設備1)

検査日	種別	ロック
4/17	取付	○
7/10	保全	○
10/15	保全	△→○

+

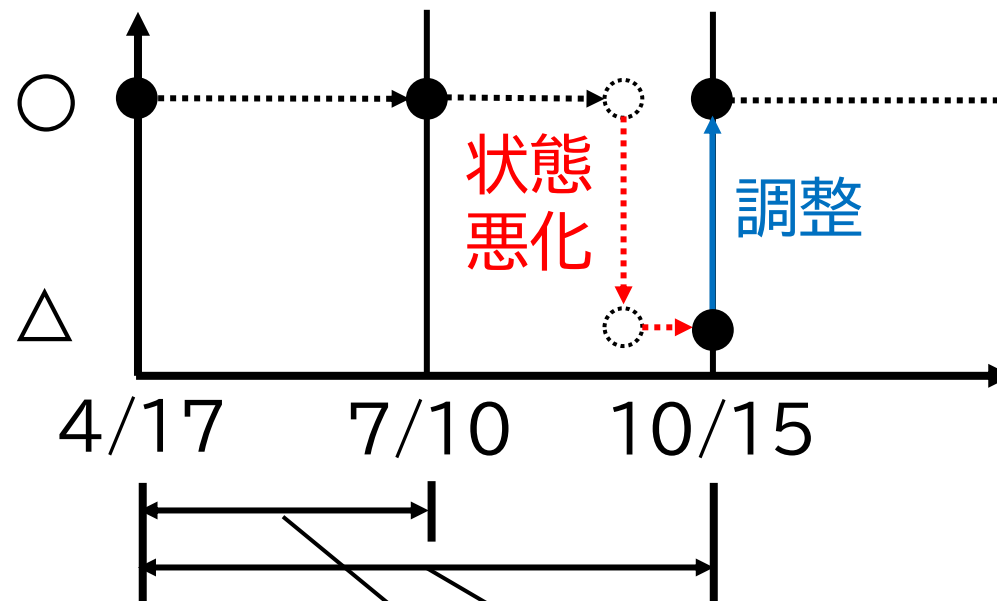
台帳

設備	回数	種別
1	50	普通
...	...	...
280	10	弾性



データセット

	設備	期間①	期間②	回数	種別
1	1	84	181	50	普通
...	...	...	...	...	...
3025	280	...	...	10	弾性



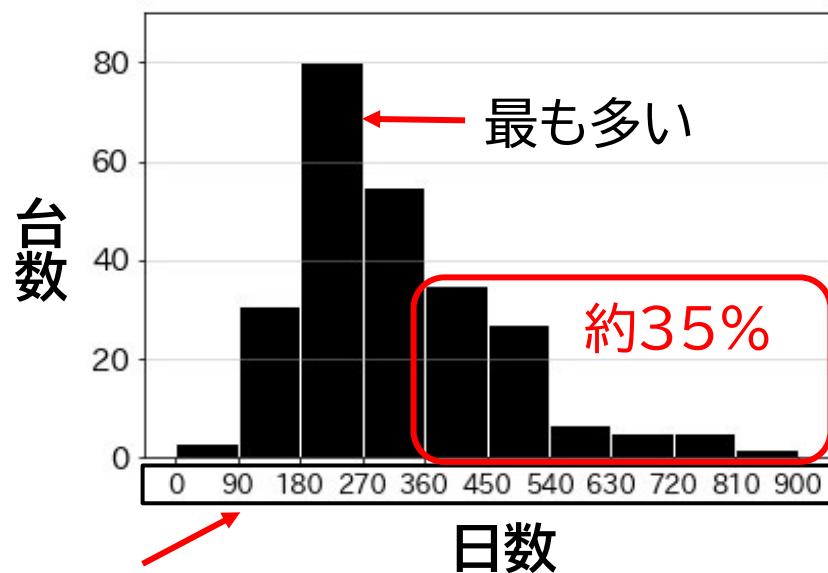
- 発表の背景・目的
- 本研究の考え方
- モデルの構築
- 適用事例(モデル)
- 適用事例(周期延伸可否の判断)
- おわりに

データの概要と特徴

ケーススタディの対象

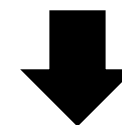
- 線区: 280台(予讃線: 高松～松山)
- 期間: 2009年度～2023年度(15年間)

調整発生周期(期間②)の平均値



約3か月ごと

- 2回目と3回目の定期検査の間に調整する転てつ機が最大
- 1年以上調整されない転てつ機も存在



転てつ機ごとのばらつきが無視できない

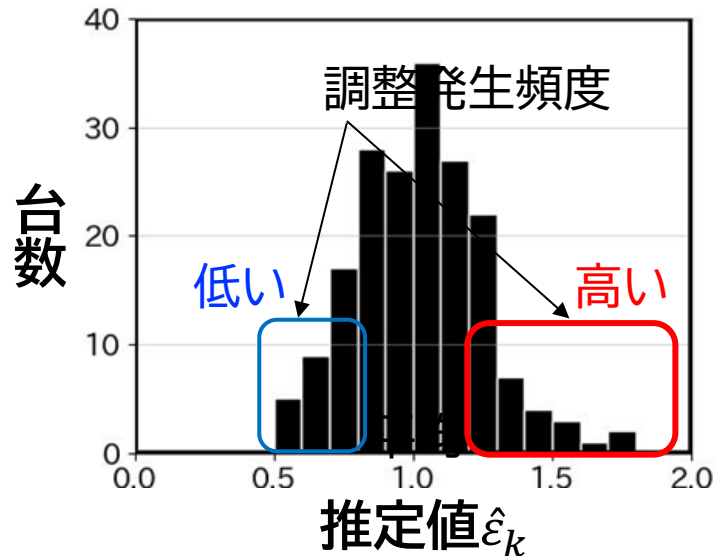
パラメータ推計結果

回帰パラメータ

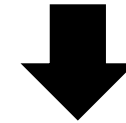
		推計値	有意性	符号条件	採択
$\hat{\beta}_1$	定数項	-4.771	○	-	○
$\hat{\beta}_2$	種別	0.034	×	-	-
$\hat{\beta}_3$	動作回数	0.469	○	○	○

動作回数大→調整発生確率大

異質性パラメータ(動作回数以外)



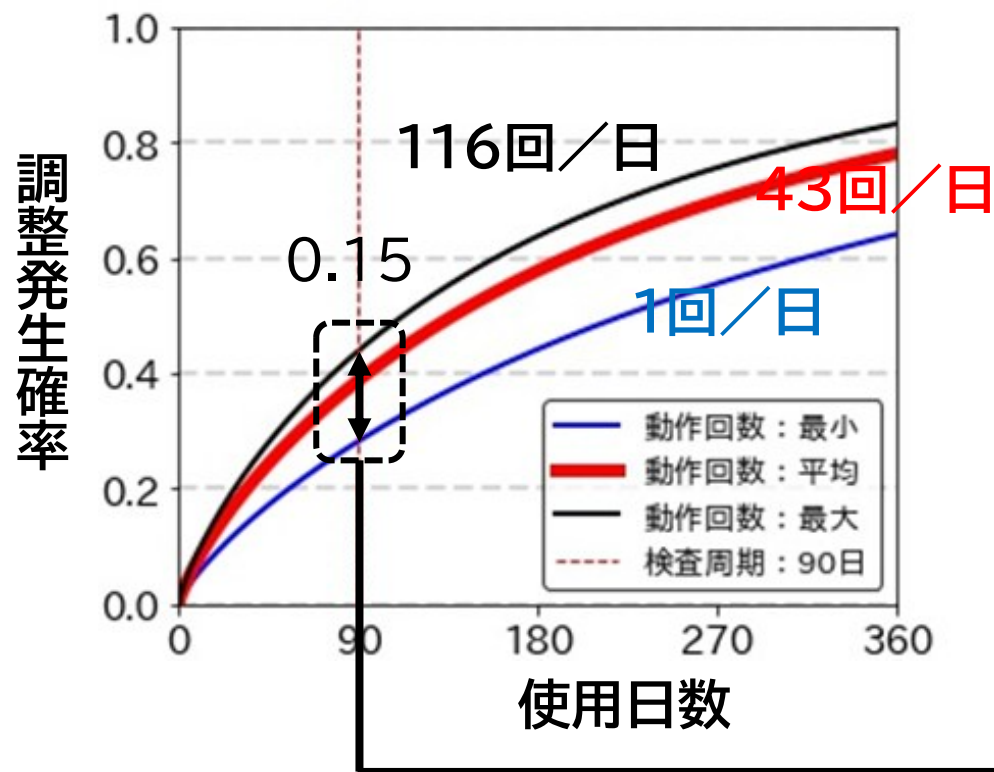
- 多くの転てつ機は1.0(平均)付近に分布
- 1.5を上回る転てつ機も一定数存在



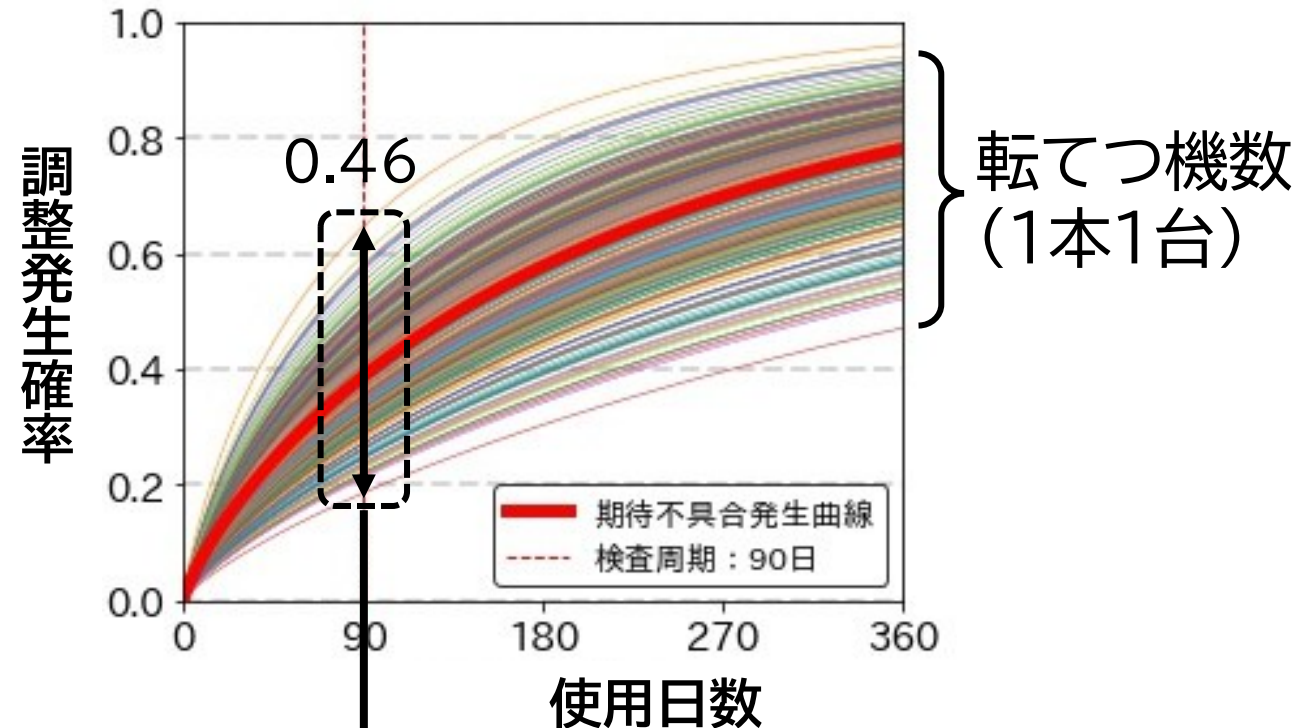
動作回数のみで調整発生頻度の説明は困難

調整発生確率の算出結果

動作回数だけの影響



動作回数以外の影響

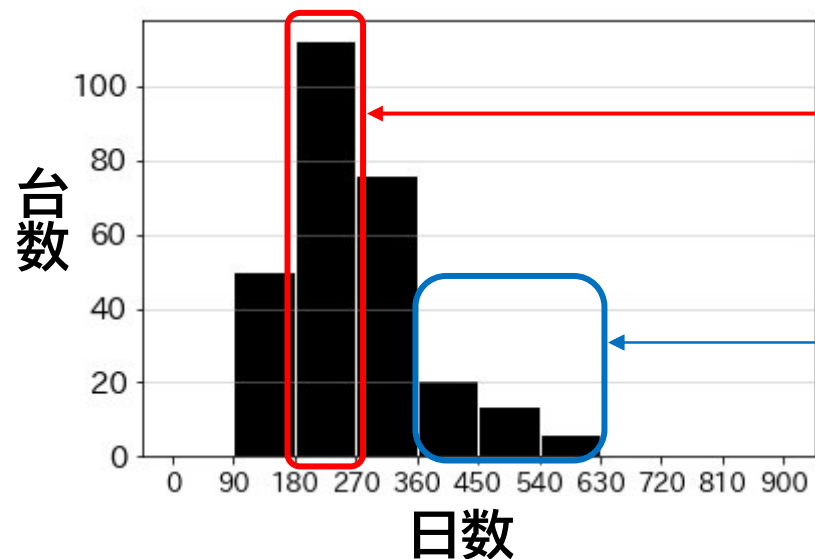


動作回数だけの影響 < 動作回数以外の影響

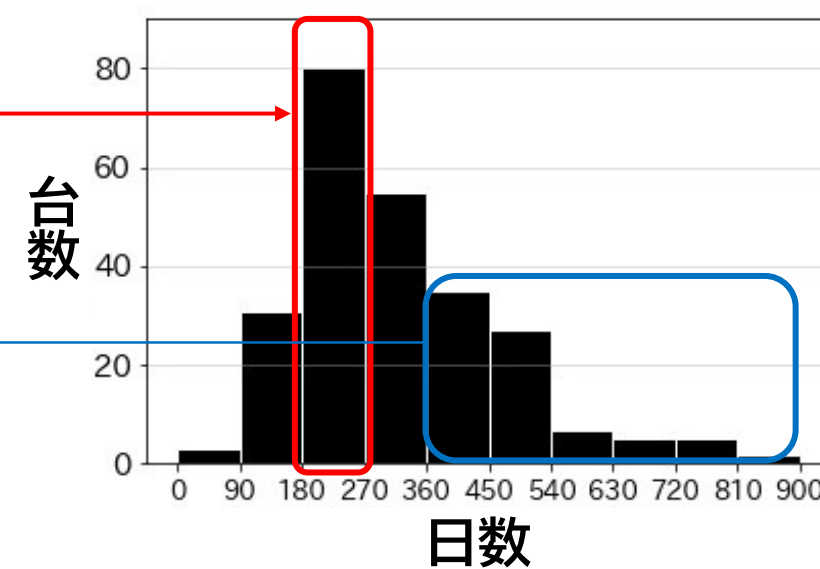
動作回数以外の要因の考慮により調整発生確率のばらつきが表現

妥当性の検証

要調整発生期間の推定値



調整発生周期の実績値



- 180日以上270日未満に該当する転てつ機が最大
- 極端に長い一部を除き、360日以上の転てつ機が一定数表現

転てつ機ごとの調整発生頻度の違いが調整発生確率のばらつきに反映

- 発表の背景・目的
- 本研究の考え方
- モデルの構築
- 適用事例(モデル)
- 適用事例(周期延伸可否の判断)
- おわりに

周期延伸可否の判断

過去の検査記録と台帳情報



⋮

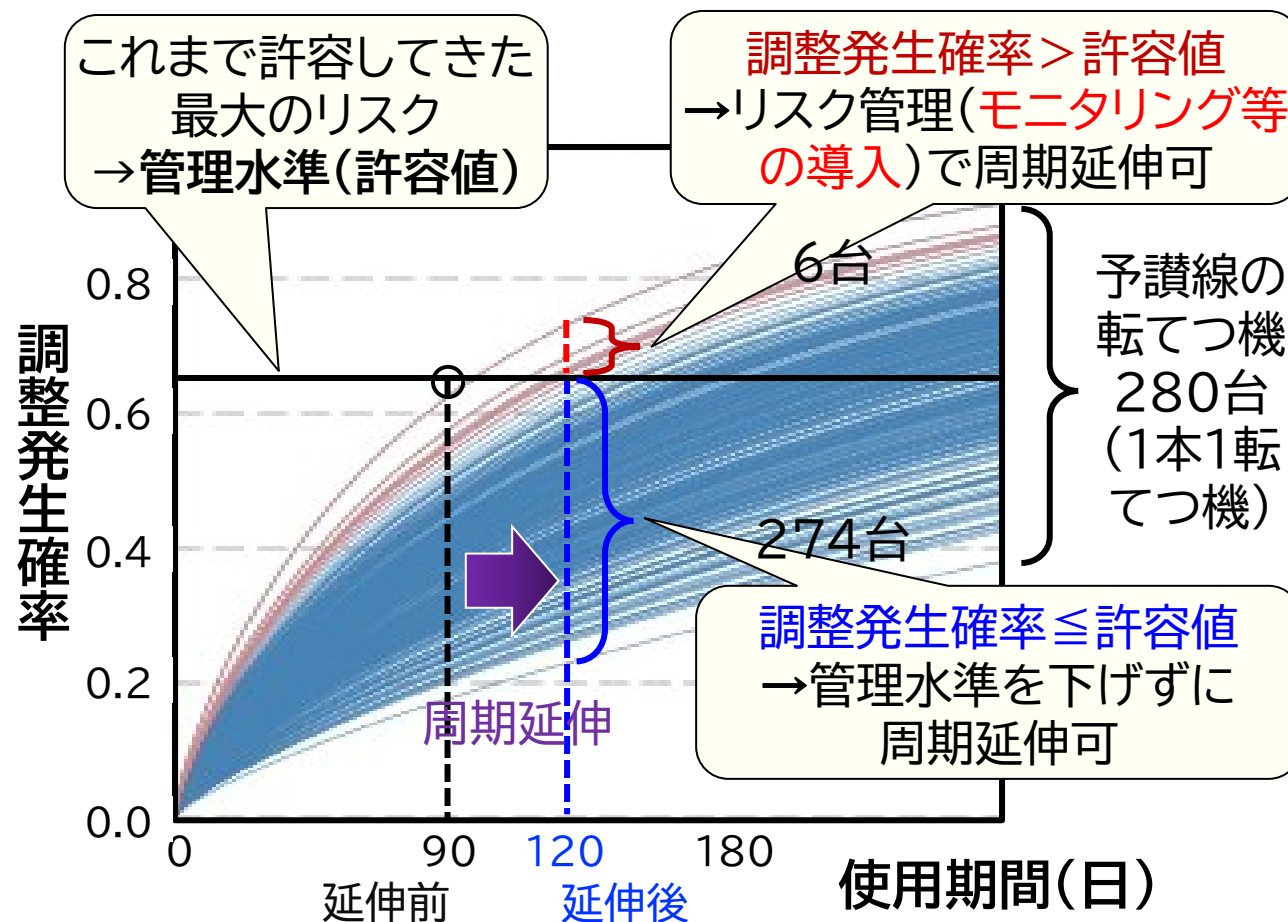


検査記録				
検査日	1	2	...	280
4月2日	△ ○	○	...	△ ○
...	...	...	...	...
7月5日	△ ○	△ ○	...	○

+

台帳(設備特性)	
	動作回数
1	50
2	50
...	...
280	2

統計分析
設備特性
+
個体差



- 発表の背景・目的
- 本研究の考え方
- モデルの構築
- 適用事例(モデル)
- 適用事例(周期延伸可否の判断)
- おわりに

- ① 検査記録を用いてロック調整の統計的発生予測モデルを構築し、
転てつ機1台1台の調整発生確率を推定
- ② 周期延伸後の調整発生確率と周期延伸前の許容値との比較により、
管理水準を低下させずに周期延伸可否を判断する方法を提案

同種の検査記録が蓄積されていれば適用可能であり、さまざまな設備のリスク定量化、周期延伸可否の判断に活用可能

活用事例

JR四国殿が、予讃線の転てつ機280台の保全検査の検査周期を約3か月から約4か月に延伸する決定を支援

※ 本研究は、四国旅客鉄道株式会社との共同研究および国立大学法人大阪大学との共同研究に基づき実施しました。

稲場亘、松岡弘大、為広重行、貝戸清之：検査記録の不完備性を考慮した
転てつ機の統計的不具合発生予測、鉄道工学シンポジウム論文集、
Vol.28、No.1、pp.144-151、2024.