

IV-175

20m代表値を用いた軌道狂い進みの分布特性とその要因分析

○フジ地中情報株式会社 正会員 上野昌喜
 東京大学工学部 正会員 家田 仁
 国鉄新幹線総局 正会員 越野佳孝

1. はじめに

軌道は、列車の繰り返し荷重、各種環境条件等により各部が変位・変形を起こし順次破壊されいわゆる“軌道狂い”を生ずる。この軌道破壊量を定量的に把握する事は、軌道状態の悪化に対処すべき保守作業に於て重要な問題となる。既往の研究に於て軌道狂い進みを扱ったものとしては、軌道検測記録（昭和48年～50年度のマヤチャート）より国鉄在来線のうちから数箇所を求め分析したものが報告されている。^{注1} その当時の在来線の軌道状態は、輸送量の増大、列車速度の向上等から漸次悪化の傾向を示していた。しかしながら、現在の軌道状態は軌道構造の強化、大型保線機械の導入等により安定しているものと報告されており、本研究ではこれらの事を考慮し軌道狂いに寄与する因子の再検討及び全国に亘る大量のデータを用いて解析を行なったものである事から、東京大学大型計算機を利用して改めて因子の寄与度を統計的解析により明確にしようとするものである。

2. 狂い進みの算出

現在、国鉄在来線では高速軌道検測車（マヤ34型）により年4回（特定線区では2回）以上、軌道の動的な狂いが検測されている。ここでは、軌道の破壊量を把握する方法として検測記録の1つである磁気テープ（MT）から高低狂いの推移を100日当たりの狂い進みとしてとらえ求めた。調査対象区間は、昭和58年～59年度で列車通過トン数、平均速度がほぼ一定であること、有道床軌道の一般区間で軌道構造、路盤状態の変化していない事を条件としこの結果、在来線29鉄道管理局、総延長265.54kmに及ぶ大量かつ最新のデータを国鉄より入手した。このMTから、解析対象箇所の高低狂い、P値を抜粋、10m代表値を20m代表値に変換、ソーティングを行ない、更に作業実績データを入力して（図1）に示すように軌道狂いの推移を着目して狂い進みを（式1）により求めた。

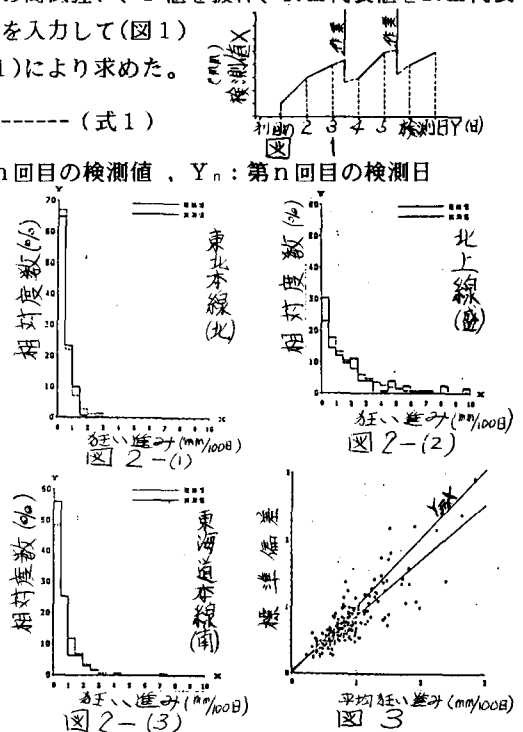
$$S = \frac{\sum (X_n - X_{n-1})}{\sum (Y_n - Y_{n-1})} \times 100 \quad \text{----- (式1)}$$

ここで、S：軌道狂い進み（mm/100日）、 X_n ：第n回目の検測値、 Y_n ：第n回目の検測日

尚、軌道中に作業実績があった場合には作業効果の評価となり狂い進みとして捕る事ができないのでその期間は除外した。

3. 狂い進みの分布特性

狂い進みの分布特性を検討するために、調査対象区間から任意に線区を選び出し分布図を描いてみたところ（図2）、いずれも指数分布形状に類似した形となった。そこで、指数分布による理論値を算出し χ^2 検定の結果、これら線区の有意水準は概ね従うものと判断された。更にこれが、全線区に亘って適合するかどうかを判定するため、狂い進みとその区間別標準偏差を算出しグラフ（図3）を描き最小2乗法により回帰式 $Y = 0.82099X + 0.05131$ が得られた。そこでこれを傾き1の直線式と比較検討するためにAIC検定を行



なったところ完全な指数分布とまではみなされないまでも大差が認められない事から、ほぼ指数分布の形状と判断でき、以下の解析には軌道狂い値として各区間の平均値を求める事とした。

4. 狂い進みの要因分析

軌道破壊に影響を及ぼすと考えられるものとして既往の研究に於ては、年間通過トン数、平均速度、構造係数、継ぎ目の有無、路盤状態を考えたものであったが、本研究に於てはこれら因子の他に軌道状態の良否を表わす因子(軌道狂い指数P値あるいは平均狂い)が大きく関与するものと考え、各因子が狂い進みに及ぼす寄与度を改めて重回帰分析により把握しようとモデルを(式2)の様に仮定した。

$$S = A \cdot T^{\beta_1} \cdot V^{\beta_2} \cdot R_1^{\beta_3} \cdot R_2^{\beta_4} \cdot R_3^{\beta_5} \cdot R_4^{\beta_6} \cdot L^{\beta_7} \cdot M^{\beta_8} \cdot P^{\beta_9} \quad \text{----- (式2)}$$

ただし、S: 平均狂い進み(mm/100日), T: 通過トン数(百万トン/年), V: 平均速度(km/h)

$R_1 \sim R_4$: 路盤状態を表わす変数(表1参照)

L: 継ぎ目の有無を表わす変数

(定尺レール=1, ロングレール=0)

P: 軌道状態の良否を表わす変数

M: 構造係数, $\beta_1 \sim \beta_9$: 回帰係数, A: 定数

重回帰分析を行なう前にクラスター分析により対象区間を類似という観点から見たグループに分類し、(図4)に示す様な(1)~(4)について各々解析を行なった。t-検定による因子の絞り込みで最終的に求められた結果を(表2)に示す。尚、説明変数の数は(1)ではモデル式の通り9個、(2)では $R_1 \sim R_4$ を除外した5個、(3)及び(4)では更にLを除外した4個とした。また、軌道状態を表わす変数としては、実務上よく使われるP値を用いる事とした。

この解析に於いて(1)、(2)では最終的には平均P値のみが残り、また(4)についてもP値の効果を調整する変数として多変量回帰上用いられる負の相関となった”速度”も残ったもののいずれにせよ狂い進みに対する寄与度は、他の因子に比べ平均P値がかなり高いものであると評価できる。

表 1

	R_1	R_2	R_3	R_4
高 梁	10.0	1.0	1.0	1.0
良	1.0	10.0	1.0	1.0
可	1.0	1.0	10.0	1.0
不 可	1.0	1.0	1.0	10.0

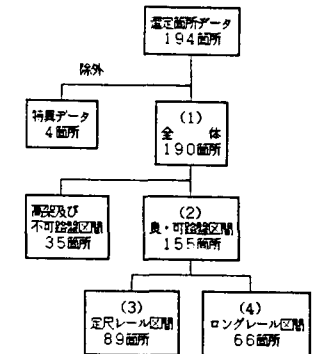


表 2

分類箇所	回 帰 式	相関係数	F 値	t 値
(1)全 体190	$S=2.78 \times 10^{-1} \cdot P^{0.357}$	0.481	$56.50 > F_{189}^1 (0.01)=6.77$	$7.51 > t_{189} (0.01)=2.60$
(2)良・可155	$S=2.84 \times 10^{-1} \cdot P^{0.348}$	0.465	$42.27 > F_{154}^1 (0.01)=6.80$	$6.50 > t_{154} (0.01)=2.61$
(4)ロングレール66	$S=1.45 \times 10^{-1} \cdot V^{-1.142} \cdot P^{0.436}$	0.571	$15.25 > F_{65}^2 (0.01)=4.96$	$V: 1.87 > t_{65} (0.10)=1.67$ $P: 5.14 > t_{65} (0.01)=2.66$

尚、既往の研究に於て、狂い進みを示す回帰式は(式3)が得られている。そこで、既往の研究に於て扱ったデータに更に本研究と同様にP値を加え重回帰分析を行ったところ(式4)を得た。

$$S=2.09 \times 10^{-3} \cdot T^{0.31} \cdot V^{0.93} \cdot M^{1.10} \cdot L^{0.21} \cdot R^{0.26} \quad \text{----- (式3)}$$

$$S=5.80 \times 10^{-3} \cdot T^{0.488} \cdot M^{0.927} \cdot L^{0.183} \cdot R^{0.193} \cdot P^{0.732} \quad \text{----- (式4)}$$

これよりP値の狂い進みに及ぼす寄与度が構造係数と並んで非常に高いという事が確認できた。以上の事から、マヤチャートから読み取った安定性の高いデータを扱った既往の研究に比べ、本研究では10m区間の最大絶対値を20m代表値に集約したデータを用いたため、軌道狂いの位置合せ、狂いの極性が不明であるという点などから精度の点でやや問題が残ったが、軌道狂い進みに対して軌道状態の良否が大きく寄与している事を明らかにした事により今後の軌道保守に一つの新たな知見を加える事ができたと考えられる。

注) 杉山徳平 鉄道技術研究所報告 No.1081 ”軌道狂い進みの実態調査とその解析” P1~P10 昭和53年7月