

軌道検測データの位置ずれの実態とその補正手法の検討

東海旅客鉄道(株) 正会員 福島 誠志

1. はじめに

近年、軌道状態管理の各種システム化や軌道整備手法の高度化が進むなか、軌道検測データの用途は従来と比べ大きく広がっている。一方で、この軌道検測データの測定ごとの微妙な位置ずれや、サンプリング間隔の微妙な変化が問題となっている。これは軌道検測データが車輪の回転パルスに同期してサンプリングされるため、測定開始位置の微妙なずれや、雨や雪による車輪の空転や滑走の影響、あるいは車輪の摩耗による車輪径の微小な変化などの影響を受けるためと考えられる。今回、相互相関演算やアップサンプリング処理などを組み合わせることにより、軌道検測データの位置ずれを正確に補正する手法を考案した。実際の軌道検測データを用いて検証を行った結果、この手法の有効性を確認することができたので紹介する。

2. 軌道検測データの位置ずれ

表 1 は東海道新幹線の軌道検測データにおいて、同一区間に含まれるデータ個数を測定ごとに集計したものである。それぞれの区間においてデータ個数に若干のばらつきが確認できる。一方、図 1 は東海道本線の軌道検測データであり、連続する 2 回の高低狂いと両者の差分を示している。両者の波形にはほとんど差が見られないにもかかわらずその差分はゼロになっていない。

これらのことから複数の軌道検測データには微妙な位置ずれが存在していることが確認できる。このことは、MTT（マルチプルタイタンパ）施工のように現場のキロ程と軌道検測データを正確に一致させたい場合や、波形の時系列変化を詳細に解析する上では大きな問題となる。

3. 位置ずれ補正手法の検討

この微妙な位置ずれの問題を解決するため、アップサンプリング処理と相互相関演算を組み合わせ、位置ずれを正確に補正するアルゴリズムを検討した。図 2 に処理の流れを示す。

3.1 アップサンプリング処理

より正確な調整を実現するため、まず生データをゼロ挿入法によりアップサンプリングする。これにより例えば 25cm サンプリングのデータを 25 倍にアップサンプリングすれば、1cm レベルでの正確な位置あわせが可能となる。

3.2 相互相関演算によるずれ量の補正

一般に軌道狂いは短期間で大きく変化することは稀であるため、直近のデータとの相互相関を計算すれば、極めて高い相関が得られる。このことを利用して一定区間ごとに測定データを切り出し、前後の相互相関を計算することで位置ずれの量を把握し補正を行う。補正されたデータは、元のサンプリング間隔にダウンサンプリングして直近データとのデータ個数を一致させる。

表 1 区間 1km に含まれるデータ個数

	D010903	D010911	D010925	D011003	D011016	D011029
323k000m	4005	4007	4004	4003	4004	4003
324k000m	3985	3985	3982	3981	3982	3982
325k000m	4004	4006	4003	4003	4003	4002
326k000m	4004	4003	4001	4000	4000	4001
327k000m	4001	4003	4000	3999	4000	4000

※サンプリング間隔:0.25m

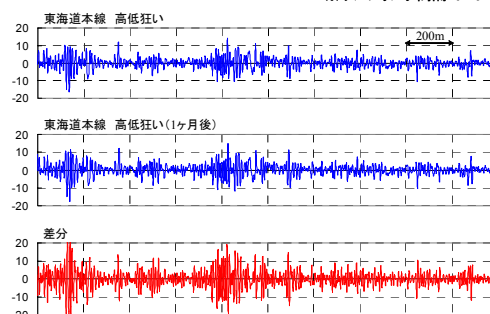


図 1 連続する 2 回の測定データとその差分

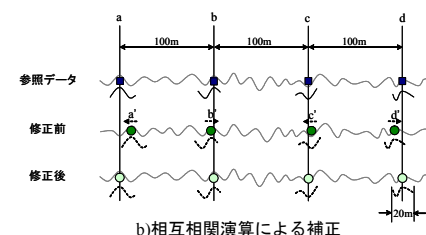
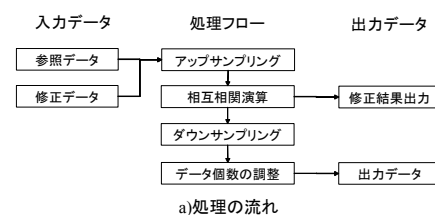


図 2 位置ずれ補正手法

キーワード：軌道狂い、軌道検測データ、相互相関、ゼロ挿入法

連絡先：〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道(株) 技術開発部 軌道管理 G TEL 0586-47-5380

3.3 データ処理により実現されること

これらの一連の処理によって以下のことが実現される。

- ・ アップサンプリング処理及び相互相関演算により微小な位置ずれがすべて補正される。
- ・ 任意の区間のデータ個数とサンプリング間隔を揃えることができるため、複数のデータの直接的な引き算が可能になる。
- ・ 可搬式軌道検測装置などで軌道検測データと現場のキロ程とのずれ量を把握することにより、現場のキロ程との正確なつきあわせが可能となる。

4. 実測された軌道検測データでの検証

新幹線及び在来線の軌道検測データにより本手法の検証を行った。それぞれの測定周期は新幹線が10日に1回、在来線が1ヶ月に1回である。結果を図3及び図4に示す。図は直近2回の高低狂いのデータ（①及び②）と両者の差分（③及び④）を示しており、③は補正なしでの差分結果、④は本手法による補正をしたデータとの差分結果である。図中のハッチングをした箇所は2回の測定の際にMTT施工が行われている。両者のキロ程が正確に一致していれば、差分演算の結果は2回の測定の際に軌道狂いが大きく変化していない箇所では小さな値を示し、軌道整備等により軌道狂いが変化した箇所では大きな値を示すはずである。

しかしながら③では、微妙な位置ずれのために、本来小さな値を示すべき箇所（軌道狂いが大きく変化していない箇所）でも、あたかも大きな軌道狂いの変化があったかのような値を示している。一方、④ではMTT施工が行われた箇所とそれ以外の箇所との差を明確に確認できる。このことから今回の補正手法により、正確な位置の補正が行われていることが確認できる。

図5は補正後の修正結果出力の例であり、各点における位置ずれの補正量を示している。図より位置ずれは同一方向に発生しているわけではなく、その方向、量ともにばらつきがあることがわかる。また東海道新幹線の例では0kmから20kmの区間で比較的大きな位置ずれが発生していることが確認できる。この区間はR2500未満の急曲線が多いことから、曲線部においてレールと車輪の接触位置が変化することにより、エンコーダを装備した車輪の車輪径が相対的に変化していることが想定されるが、このことは列車速度等を勘案しながら今後検証を重ねていく必要がある。

5. おわりに

今回、軌道検測データの位置ずれやサンプリング間隔不整の問題を解決するため、相互相関演算やアップサンプリング処理を組み合わせることによりデータの補正をする手法を考案した。実際の軌道検測データによる検証結果から、本手法により微小な位置ずれやサンプリング間隔の補正が可能であることが確認された。

本手法を利用して軌道検測データのキロ程を正確に補正することは、軌道状態管理へのさまざまな応用が期待できる。軌道状態のモニタリングという視点で考えれば、軌道狂いの進展や軌道整備による軌道状態の変化を定量的に扱うことが可能となるため、より合理的な軌道整備計画の策定や施工効果の正確な把握に役立てられる可能性がある。また、軌道整備作業の高精度化や合理化という視点で考えれば、MTT施工時の位置あわせへ応用することにより、より精密な軌道整備や作業効率の向上が期待できる。今後はこれらの具体的な応用について検討を進めていく予定である。

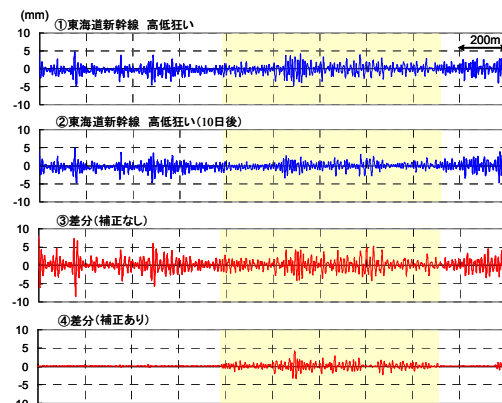


図3 新幹線データでの補正結果

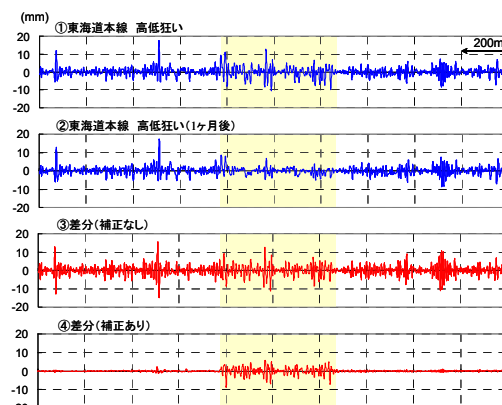


図4 在来線データでの補正結果

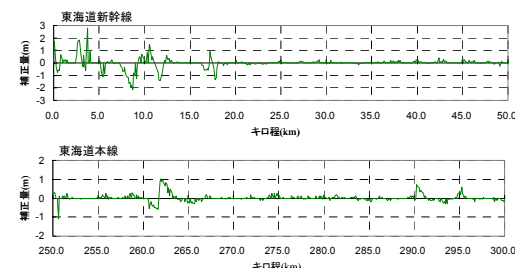


図5 各地点における位置ずれの補正量