

慣性測定法による短波長軌道狂いの測定精度の検証

J R東海 正会員 ○小林 幹人

J R東海 正会員 三輪 昌弘

1. はじめに

軌道狂いが車両走行特性値に与える影響は軌道狂いの波長や波数、波形などによって異なるが、輪重変動や横圧に対しては、短波長軌道狂いの影響が大きい。しかし一般的に用いられている 10m 弦正矢軌道狂いは、その検出特性から 5m 以下の波長が捉えられず、最近の 2 台車検出車で行われている偏心矢測定でも一定以下の波長は精度良く捉えることができない。そのため、局所的な浮きマクラギなど輪重変動の大きい箇所の軌道狂いを見落とす可能性がある。一方、軸箱加速度を 2 回積分して軌道変位を求める慣性測定法では差分法のような弦長による検出特性がないため、理論上は短波長まで正確に捉えることができる。更に短波長域で軸箱加速度の応答が大きくなるのが測定上有利に働くため、十分な測定精度が得られる可能性がある。そこで、慣性測定法による短波長軌道狂いの測定精度について検証を行った。

2. 測定方法およびデータ処理方法

高低狂いは新幹線電気軌道総合試験車（以下、T4編成）の4号車2軸で取得した軸箱上下加速度をデジタルフィルタでハイパス処理し、2回積分して変位に変換した。デジタルフィルタによる処理では短波長から長波長まで広い波長域を含めようとするとフィルタ次数が非常に大きくなり扱いにくくなるが、今回は短波長域に着目するため長波長側は10m弦正矢で利得が0.1まで下がる50m波長でカットし、短波長側は1m波長からとした。また、加速度計は慣性測定法の場合、分解能の高いサーボ加速度計が使用されることが多いが、高速走行で短波長をみる場合にはひずみ型加速度計でも十分な応答が得られると考えたため、T4編成に設置されているものをそのまま使用した。

通り狂いはレール／車輪間の横動遊間があり、軸箱左右加速度のみでは正確な測定ができないため、レールとの離れを測定する光式センサに加速度計を取り付けて測定する方式とした。ちなみにこの方式は過去にHISTIMで採用されている¹⁾。なお、この加速度計はサーボ加速度計を使用した。

測定精度は再現性誤差（慣性測定で2回測定したときの誤差の標準偏差）と整合性誤差（慣性測定と偏心矢測定の誤差の標準偏差）で評価した。標準偏差を求めるロット長は10m弦正矢では1mサンプリングで500m、1-5m波長では0.1mサンプリングで50mとした。評価区間は250～270km/hで測定が行われた延長30kmの区間とし、再現性誤差では2005年8月19日と21日の測定データを、整合性誤差では8月19日の測定データを使用した。なお、測定の間で保守作業が行われた箇所のデータは除外した。

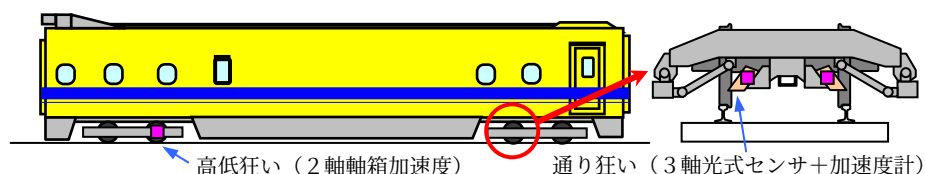


図-1 慣性測定法による測定位置(加速度計設置箇所)

3. 測定結果

測定波形例を図-2に示す。短波長軌道狂いの測定精度を調べる前に、まず10m弦正矢について慣性測定の精度評価を行った。10m弦正矢での再現性誤差を図-3、整合性誤差を図-4に示す。再現性では高低狂い、通り狂いとも偏心矢測定と同等の高い精度が得られた。一方、整合性では高低狂いで所々誤差の大きいロット（図中○で囲んだ点）があるが、これらは全て無道床橋りょうを含むロットである。無道床橋りょうでは車軸の載荷位置により桁のたわみ形状が変化するため、その影響が表れたものと考えられる。それ以外のロットでは誤差はほぼ0.3mm以内に収まっており、慣性測定で偏心矢測定と殆ど同じ値が得られていると考えられる。

キーワード 短波長軌道狂い、慣性測定法

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 J R東海 総合技術本部 技術開発部 TEL0568-47-5371

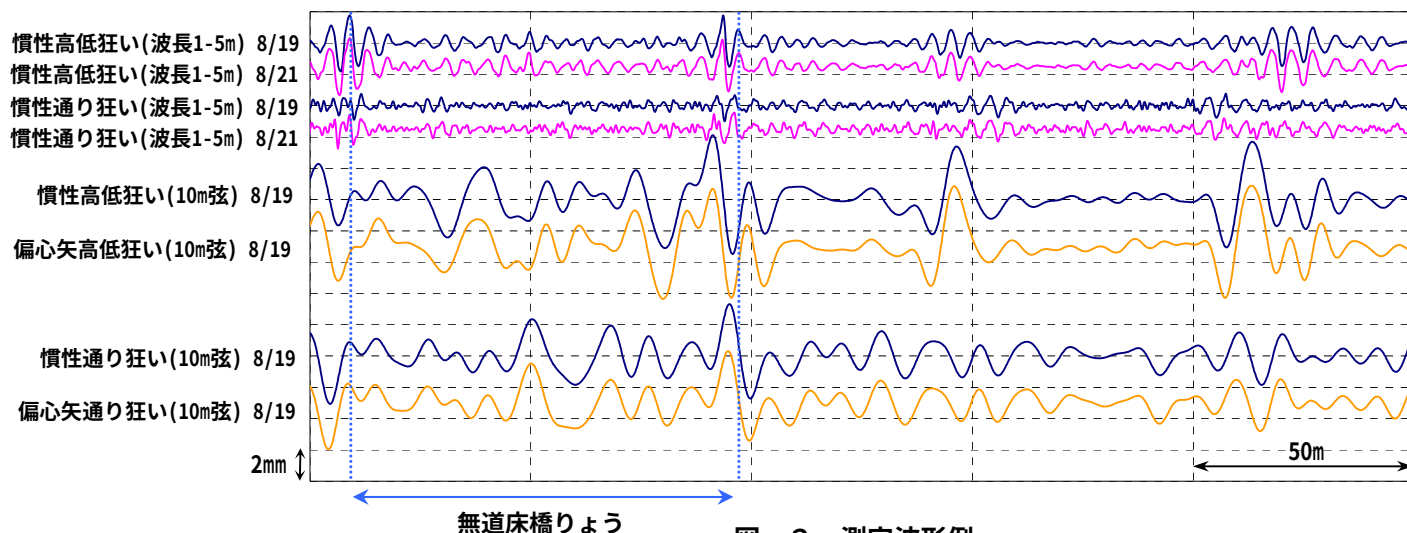
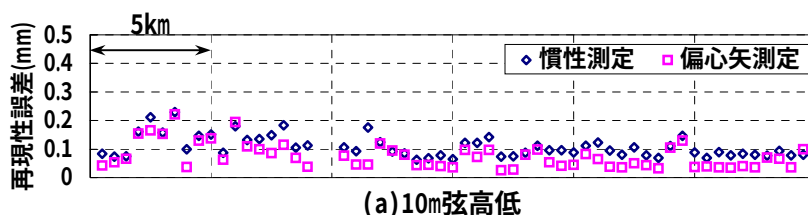


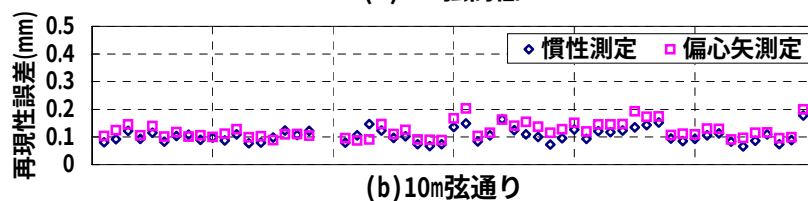
図-2 測定波形例

次に、慣性測定法で得られた1-5m波長の軌道狂いについて再現性誤差を求めた結果を図-5に示す。まず高低狂いでは再現性誤差がほぼ0.1mm以内という高い精度となった。この波長での高低狂いの最大値が3mm程度ということを考えても十分な精度と考えられる。

一方、通り狂いでは再現性誤差が0.3mm以内となっているが、この波長での最大値が2mm程度であることを考えると、あまりよい精度とはいえない。加速度積分から求めた高低狂いの精度が高かったことを考えると、通り狂いの誤差は主に光式センサの精度によるものと考えられる。しかし、波形の傾向は概ね一致しており、例えば2mmを超過した箇所を抽出した結果では再現性があるため、状態の悪い箇所を捉えることは可能と考えられる。



(a)10m弦高低



(b)10m弦通り

図-3 慣性測定法による再現性誤差(10m弦正矢)

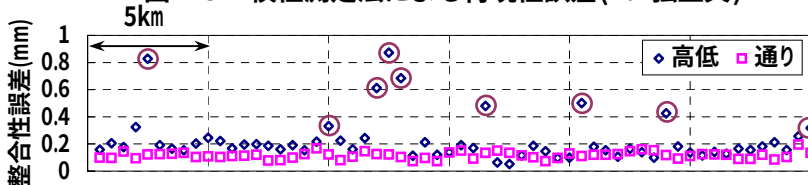


図-4 慣性測定法と偏心矢法の整合性誤差(10m弦正矢)

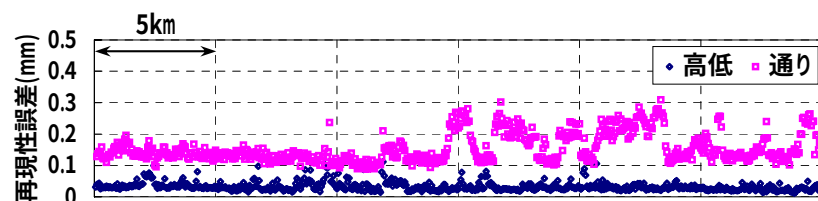


図-5 慣性測定法による再現性誤差(波長1-5m)

4. まとめ

慣性測定法による軌道狂いの測定精度を検証した結果、まず10m弦正矢では十分な精度があり、偏心矢法とほぼ同じ値が得られることがわかった。そのため、例えば営業列車で車体動揺の測定を行っている自動動揺測定装置に軸箱加速度から慣性測定法で軌道狂いを求める機能を付加し、マヤ間で進行する軌道狂いを監視するツールとして活用することができると考えられる。また、短波長軌道狂いについては、高低狂いで高い精度が得られた。通り狂いでは十分な精度が得られなかったものの、状態の悪い箇所を捉えることはできると考えられる。この結果から、慣性測定法により差分法で観測できない短波長の軌道狂いを捉え、輪重変動や横圧の発生箇所に対して的確に保守を行っていくことが期待できる。

参考文献

佐藤吉彦, 藤森聡二, 竹下邦夫, 服部登: HISTIMの開発と実用化, 鉄道技術研究報告 No.1359, 1987.3