

## 軌道検測における波形処理の影響の検証

鉄道総研 正会員 ○坪川 洋友  
 鉄道総研 正会員 矢澤 英治

## 1. はじめに

現在、新幹線の高速区間では、40m弦による管理が行われている。実際に現場で軌道管理に用いる40m弦波形は、軌道検測車で測定された10m弦正矢波形もしくは偏心矢波形に、フィルタ処理や小数第1位より下の桁を丸めるなどの処理（以下では波形処理という）が施されている場合がある。新幹線のさらなる高速走行に際して、軌道管理に対する要求が厳しくなることを考慮すると、波形処理を行う時に発生する誤差量を検討しておく必要がある。本研究では、模擬軌道データを作成し、10m弦正矢法と偏心矢法での擬似測定を行い、波形処理により生じる誤差が、精度におよぼす影響について検討を行った。

## 2. 模擬軌道データの作成方法

今回のシミュレーションを行うために、高低の模擬軌道データを作成した。長波長帯域(20m~300m)に関しては実際の軌道の長波長高低狂いから復元した波形、短波長帯域(1.5m~20m)に関しては偏心矢高低狂いから復元した波形のパワースペクトルを求めて両者を合成し、波長1.5~300mのスペクトルとした。ここからホワイトノイズにその波長特性を与えるフィルタを作成し、任意の長さの模擬軌道波形を作成できるようにした。作成した模擬軌道は延長100kmとした。そのパワースペクトルを図1に示す。

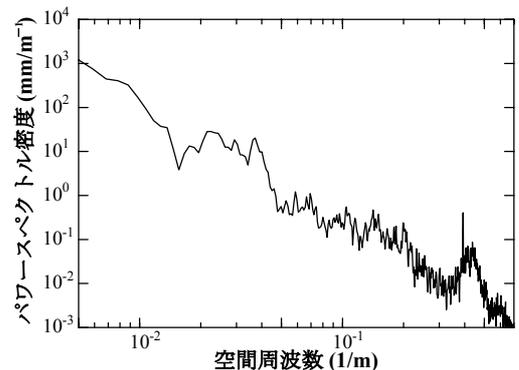


図1 模擬軌道のパワースペクトル

## 3. 40m弦検測波形での誤差の検討

40m弦検測波形への変換過程で、検測波形に波形処理を施しているが、この処理の際に誤差が生じると、目標値超過箇所を見誤る可能性がある。そこで、模擬軌道波形から10m弦と偏心矢の検測波形を求め、40m弦検測波形への変換過程で生じる誤差の検討を行った。理想的な40m弦波形は、模擬軌道波形から直接求めた40m弦波形とし、誤差の標準偏差を算出した。(図2) また、中心線処理を模擬するため、6~100mのバンドパスフィルタ処理を施した波形についても、同様に誤差の標準偏差を算出した。(図3) なお、本シミュレーションでは、偏心矢の弦長は2.5, 14.25m弦とした。

図2より、10m弦波形で小数第1位より下の桁を丸めた場合では、偏心矢波形で桁を丸めて40m弦へ変換した場合と比べて、5倍程度の誤差となる。これは誤差の最大値でみると0.5mmに相当し、目標値超過箇所を見誤る可能性があると考えられる。これは、偏心矢法の方が正矢法よりも長波長での検出倍率が高いので、桁を丸めた結果の分解能が相対的に良いためである。

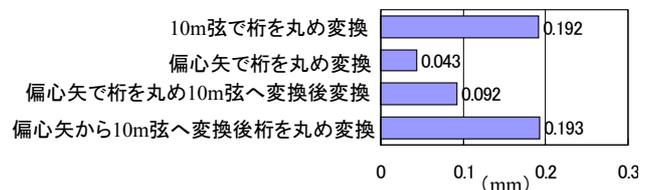


図2 40m弦検測波形との誤差の標準偏差

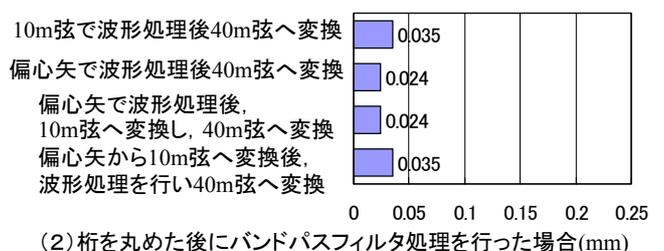
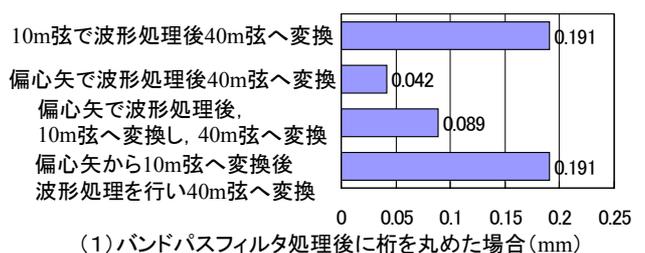


図3 40m弦にBPF処理後の波形との誤差の標準偏差(6~100m)

キーワード: 模擬波形, 標準偏差, 丸め誤差

連絡先: 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel:042-573-7278 Fax:042-573-7296

また、図3よりバンドパスフィルタ処理を行う手順によって、誤差に明らかな差が見られることから、波形処理の順序についても注意が必要である。

#### 4. 復元波形での誤差の検討

復元処理を含めた誤差を検討するため、10m弦、偏心矢波形から、波長帯域6m～100mと6m～150mの復元波形を求めた。これと、模擬軌道波形に同じ帯域のバンドパスフィルタをかけて得た波形との差をとり、それぞれの標準偏差と最大値を算出した。通常復元波形の中心線処理のカットオフは100m程度であるが、本解析では、300km/h以上の高速走行に備えて、現在より長い波長帯を考慮する必要性も考えられることから、カットオフを150mとしたケースを試してみた。図4、図5に、波長帯域6m～100mでの標準偏差と最大値の結果をそれぞれ示す。

図4より、偏心矢波形から直接復元波形に変換する場合に、最も模擬軌道波形に近い波形を求めることができ、他の方法と比べて標準偏差で0.01の差がある。しかし、どの方法でも小数第1位で桁を丸めた影響は明らかではない。

次に、図5の差の最大値で比較すると、上に述べたように、偏心矢から直接復元波形に変換したものが最も誤差が小さく、偏心矢から10m弦波形に変換し、小数第1位で桁を丸めて復元した場合の誤差と比較すると約0.1mmあった。この誤差は、波長帯域を長く取った6m～150mの場合でさらに大きくなり、約0.15mmの差となった。

図6には、実検測復元波形と模擬軌道波形の確率密度分布を示す。今回作成した模擬軌道波形よりも、実検測復元波形の分布のほうが、広い範囲に分布しており、今回のシミュレーションよりも実際の軌道では、誤差が大きくなる可能性がある。また、通りについては、平面曲線の存在より長波長の現象がより大きく、長い帯域まで考慮にいと誤差が大きくなることが考え

られる。これは補修指示量の誤差につながることであり、波形処理による誤差の影響を考える必要があると思われる。

#### 5. おわりに

模擬軌道波形を作成し、10m弦正矢法、偏心矢法から40m弦、復元波形を求め、波形処理時に発生する誤差量の検証を行った。40m弦波形に変換して比較すると、10m弦波形で小数第1位で桁を丸めた場合では、偏心矢波形で桁を丸めた場合と比べて、標準偏差で5倍程度の誤差となる。また、検測波形から求めた復元波形と、模擬軌道波形の比較では、6m～150mの波長帯域では丸め誤差の影響が最大で0.15mmとなった。今後、軌道整備に対する要求が厳しくなることを考えると、波形処理方法を検討する必要があるものと思われる。

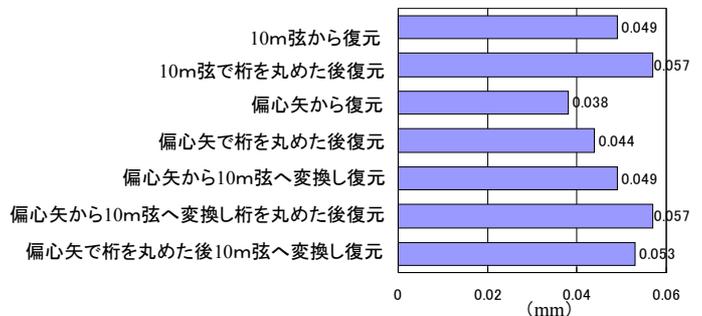


図4 模擬軌道波形と復元擬似波形の差の標準偏差

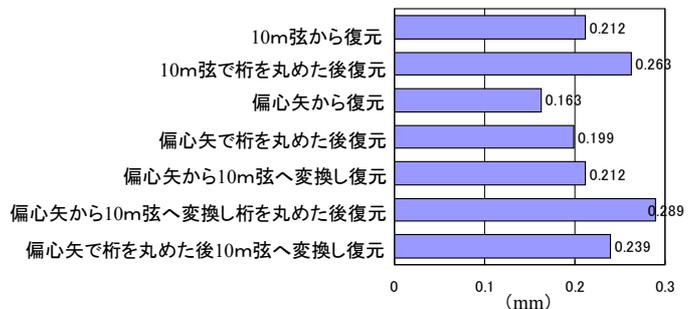


図5 模擬軌道波形と復元擬似波形の差の最大値

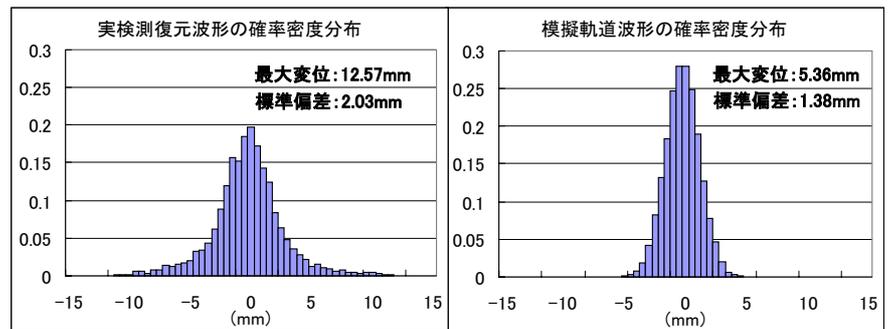


図6 実検測復元波形と模擬軌道波形の確率密度分布