

鉄道総合技術研究所 正会員 矢澤英治

鉄道総合技術研究所 正会員 竹下邦夫

1. はじめに

10m弦正矢法に代わる次世代の軌道検測車の構成手法として、偏心矢法が実用段階になっている。偏心矢法は測定弦長により検測特性が大きく異なるため、検測誤差を含めたときに目的とする軌道狂いの波長帯域において所要の検測精度が得られているか十分に検討する必要がある。本報告では、そのためのシミュレーションプログラムの概要と、その適用例を紹介する。

2. シミュレーションの概要

このシミュレーションは、模擬検測部と、波形変換部で構成している。

模擬検測部は、図1のようにセンサそのものの誤差と、通り狂いの測定系では測定梁の振動によるセンサの変位による誤差を加えながら、模擬軌道の形状から軌道検測波形を求めるものである。模擬軌道はマイクロLABOCS II+のデータ形式を利用しており、任意の形状が入力可能である。センサ誤差とセンサの振動による誤差は正規分布乱数と仮定して、その標準偏差の値が設定可能である。なお、センサの振動による誤差は、実際には正規分布でなく、振動による上下変位がある値を越えた場合に生じる。この点で現状は実際より厳しい結果を出力しているので、今後改良していく予定である。

模擬検測部で得られた偏心矢波形は、実際の偏心矢法軌道検測車のシステムと同様に、波形変換部で正矢狂いに変換する。変換にはデジタルフィルタを用いるが、このフィルタは設計により変換時に生じる誤差が異なってくる。このシミュレーションによって、軌道検測車上でのリアルタイム処理のために、実用的な精度を維持できる範囲で、可能な限りフィルタのデータ点数を減らすための検討を行うことができる。

こうして得られた波形を、3台車検測車、あるいは偏心矢弦長を変更した場合の波形と比較して、ある弦長の偏心矢法による検測精度が相対評価できる。この評価は乱数の初期値を変更しながら同じ模擬軌道の検測を数十回シミュレーションし、生じた誤差を比較することにより行う。なお、波形変換部の計算、および得られた波形の誤差評価には、マイクロLABOCS II+を利用している。シミュレーションフローを図2に示す。

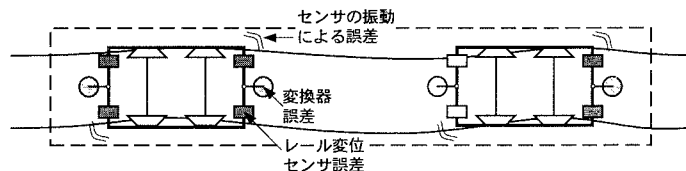


図1 軌道検測車に生じる誤差のイメージ

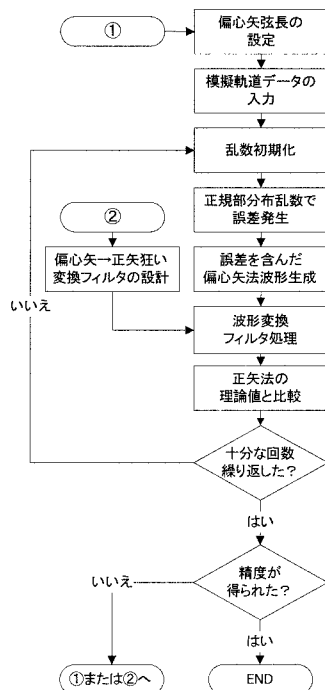


図2 シミュレーションフロー

キーワード：軌道検測車，検測精度，シミュレーション，偏心矢法，正矢法

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL 042-573-7278 FAX 042-573-7291

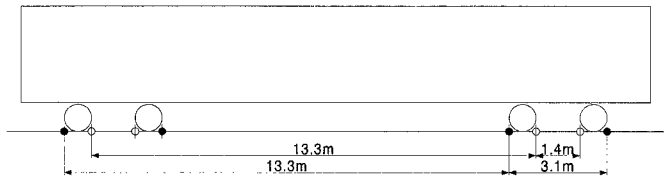


図3 検討対象の偏心矢法検測車の構成

3. 適用例

このシミュレーションプログラムを用いて、20m級の車体を持つ偏心矢法軌道検測車の通り狂い測定系の構成について検討した。今回は図3のように、これまでの偏心矢法検測車と同様、レール変位センサを台車の外側に配置する場合（3.1, 13.3m弦偏心矢）と、センサ取付部の振動低減をねらい、センサを台車内に配置する場合（1.4, 13.3m弦偏心矢）を検討した。この場合の検測特性を図4に示す。与えた誤差は、センサ誤差およびセンサの振動による誤差とも標準偏差0.3mmである。

模擬軌道のパワースペクトルを図5に示す。新幹線の軌道状態のやや悪い区間を模擬したものである。この模擬軌道を検測した偏心矢法の波形を正矢狂いに変換した例を図6に示す。

検測誤差の比較を図7に示す。誤差を標準偏差で表現して、3.1, 13.3m弦偏心矢法の場合に最大0.271mm、1.4, 13.3m弦偏心矢法の場合に最大0.450mmとなる。同じ誤差を与えた場合の3台車検測車の誤差は最大0.239mmであり、3.1, 13.3m弦偏心矢法は3台車検測車とほぼ同等、1.4, 13.3m弦偏心矢法は3台車検測車よりやや悪い精度である。

さらに、1.4, 13.3m弦偏心矢法の場合に、センサの振動による誤差を1/6にした場合、加えてセンサ自体の誤差を2/3にした場合の解析を行った。この結果も図7に併せて示したが、センサの振動低減だけでは3台車検測車の精度に及ばず、この弦長で実用的な波形を得るためにはセンサ自体の精度向上が必要となることがわかる。

4. おわりに

今回提案したシミュレーションにより、測定弦長と検測系に生じる誤差をパラメータとした検測精度の比較がある程度可能となり、今後の軌道検測車の概略設計時の、測定弦長の選択に活用できる見通しが得られた。

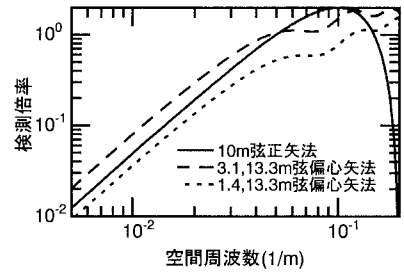


図4 検討対象の偏心矢法の検測特性

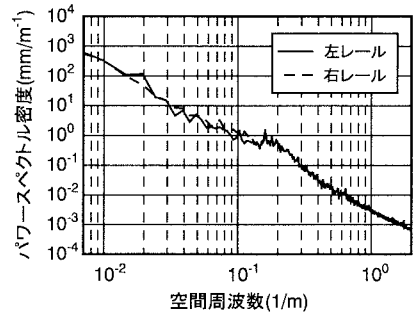


図5 模擬軌道のパワースペクトル

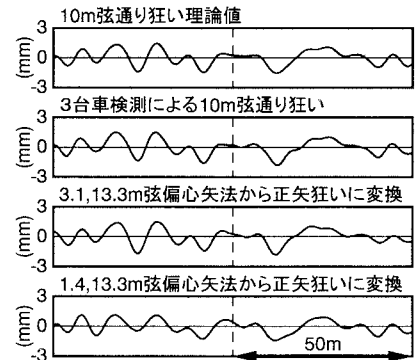


図6 軌道検測シミュレーション波形例

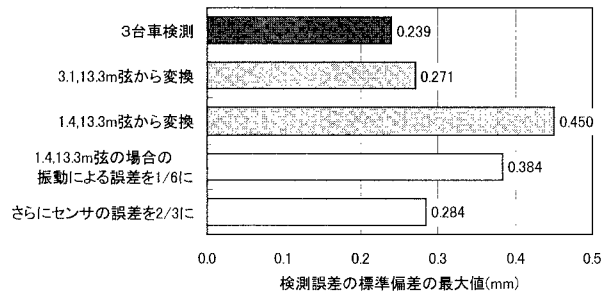


図7 各解析条件での検測誤差