

慣性正矢軌道検測装置用高精度演算ユニットの開発

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	吉田昌史
鉄道総合技術研究所	正会員	坪川洋友
鉄道総合技術研究所		岡井忠生

1. はじめに

鉄道総研では、慣性正矢法を用いて、図1に示す小型軌道検測装置の開発を進めており、このうちセンサユニットの構成部品である2軸レール変位計の開発について昨年までに報告してきた^{1), 2), 3)}。今回は、センサユニットの信号を高精度に処理する演算回路の概要と、この演算回路による検測試験結果について報告する。

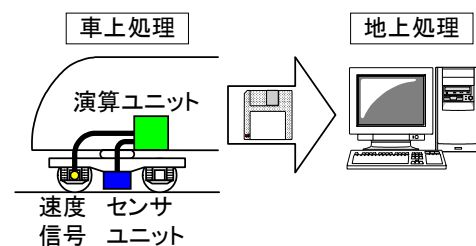


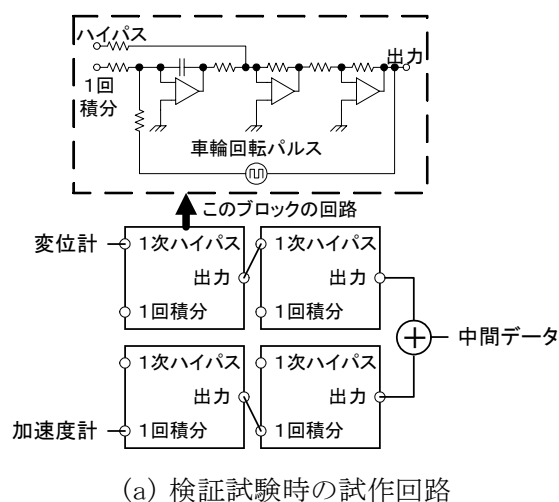
図1 慣性正矢軌道検測装置のイメージ

2. 高精度演算ユニットの開発

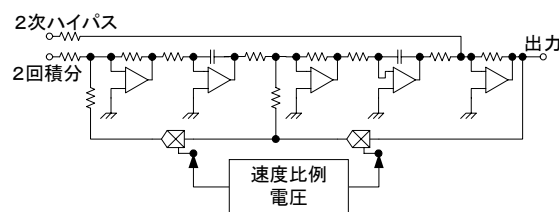
慣性正矢法は、加速度の2回積分処理に正矢法の検測特性を利用することによって慣性測定法の欠点を補ったものである。したがって、これまでの慣性測定法では得られなかった曲線正矢のような長い波長の成分も得ることができる。その反面、温度ドリフトなどで装置内部に直流誤差が生じると、それが検測誤差に直結する。このため、今回の高精度演算ユニットは、測定環境によるゼロ点の変化を極力避けるよう回路を構成した。

文献1)での検証試験時の試作回路と、今回の高精度演算ユニットの回路の違いを図2に示す。試作回路は1回積分回路ブロック4組の設計であり、各ブロックの特性差による誤差の発生が疑われた。このため今回の演算ユニットでは、2回積分回路1組の特性差が生じない設計として精度を向上させた。さらに出力端では双方の加算が終わった中間データが得られ、加算器が不要な簡素な回路とすることができた。

この積分演算は、図3のように、速度に応じてカットオフ周波数とゲインを連続的に変更して行うため、速度検出誤差も積分誤差に結びつく。試作回路では速度発電機の回転パルスによるスイッチングで積分回路のカットオフを変更する構造であったため、回転パルスのジッタ（繰り返し信号の周期の揺らぎ）による誤差も疑われた。このため、今回の演算ユニットでは、車輪の回転パルスをコンピュータで常時監視し、直前の入力に比べて極端に時隔が異なる場合補正演算を行い、ノイズやジッタの影響を受けにくい回路とした。そして、この速度検出回路の最終段では速度比例の電圧を発生させ、積分演算回路側はこの電圧信号によりカットオフの変更を行う構成に変更し、速度信号に起因する誤差の低減を図った。



(a) 検証試験時の試作回路



(b) 今回の演算ユニットの回路

図2 慣性正矢検測装置の演算回路

キーワード：軌道検測、慣性正矢法、2回積分、検測誤差、検測下限速度

連絡先：〒158-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 Tel:042-573-7278 Fax:042-573-7296

完成した演算回路は、鉄道総研構内で走行試験を行い、再現性誤差が標準偏差にして0.5mmという検測精度の目標を、通り検測では20km/h、高低検測では15km/h以上で達成したことを確認している⁴⁾。

3. 営業線検測走行試験結果

既存の検測車との性能比較を行うため、今回製作した演算ユニットを搭載した慣性正矢検測装置を、モーターカーの端部に仮設し、営業線での走行試験を実施した。モーターカーの軸重は検測車とほぼ同等であり、検測結果も同等の動的検測となることが期待されたが、軸から仮設した装置まで約2m離れているため、慣性正矢検測装置の結果にはこの荷重条件の差異が含まれている。また、走行試験から検測車による測定まで、約2週間が経過している。このふたつの条件の違いを考慮すれば、今回の検測波形は現行検測車と十分な一致を見ていると考えられ、慣性正矢検測装置は実用上十分な精度を有しているといえる。

その中でも違いの大きい箇所としては、高低のごく長い波長の現象があるが、これは今回の演算ユニットでもわずかに生じた、回路内の直流誤差成分の影響と推測される。また、EJ部での通り検測波形に違いが見られるが、これにはジャイロ・変位計・加速度計の各センサ信号の位相差の影響が考えられる。これらの各信号の位相差補正を行うことにより、装置の検測精度がさらに向上できるという見通しが得られた。

4. おわりに

以上のことから、慣性正矢検測装置は時速20km/h以上で、ほぼ目標としていた検測精度が得られたと言える。今後、直流誤差および位相差補正のための機構の実装と、現状では耐久性の問題を有している速度検出回路の改良を行い、もう一段実用化に近い段階に引き上げていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 矢澤, 竹下, 高木, 岡井, 森高: 台車搭載形慣性正矢軌道検測装置の試作, 土木学会第56回年次学術講演会, IV-279, 2001年10月
- 2) 矢澤, 竹下, 岡井, 篠脇: 台車搭載形慣性正矢軌道検測装置の改良と走行試験, 土木学会第57回年次学術講演会, IV-089, 2002年9月
- 3) 矢澤, 竹下, 岡井: 2軸レール変位計の操作安定性向上と性能確認試験, 土木学会第58回年次学術講演会, IV-071, 2003年9月
- 4) 矢澤, 岡井: 慣性正矢軌道検測装置実用化に向けた性能向上, 鉄道総研報告, Vol. 18, No. 3, pp. 35-40, 2004年3月

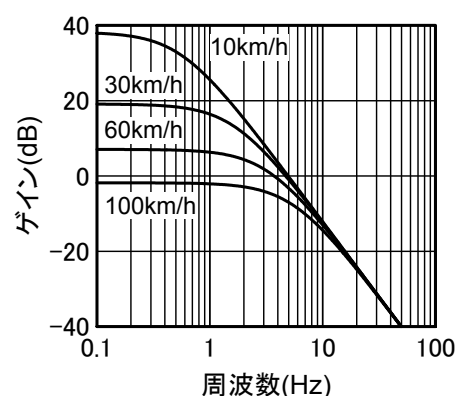


図3 速度と積分回路の周波数特性

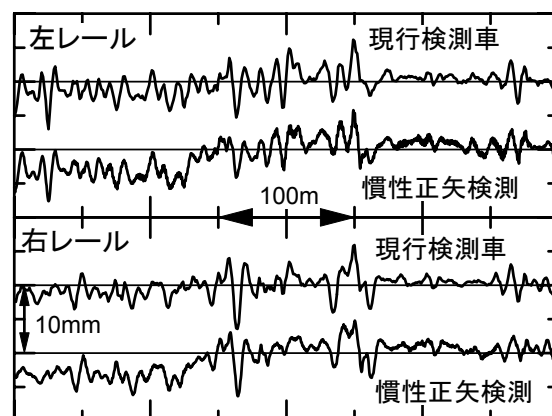


図4 営業線での高低検測結果

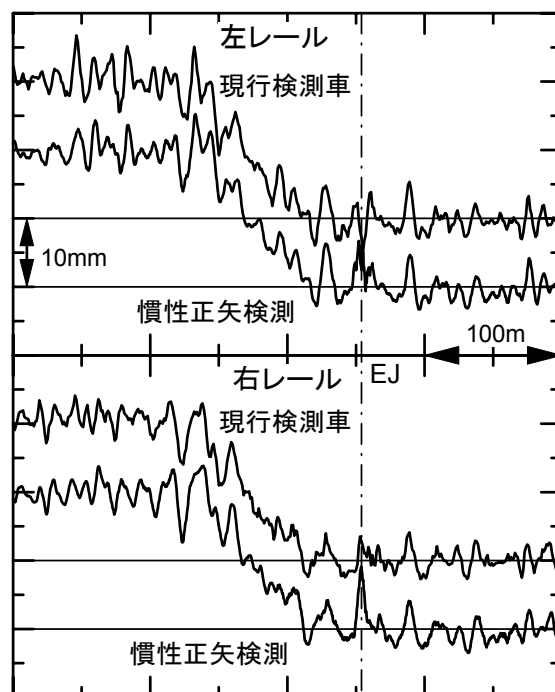


図5 営業線での通り検測結果