

# 光学式レール変位検出装置

竹下 邦夫(日立ハイテクノロジーズ テクニカルアドバイザー)

## 軌道狂いと軌道検測車

鉄道のレールは毎日の列車走行によって最初は真直ぐであったものが歪んでいきます。この歪みを軌道狂いと呼び、列車の揺れを増大させると共に脱線の原因ともなります。したがって鉄道では軌道狂いを小さな状態に保つことが重要となります。この軌道狂いを測定するための車両が軌道検測車です。この車両は各種のセンサを備えており、今回の主題である光学式レール変位検出装置はその中で最も重要なセンサです。軌道狂いはレールに生じる狂いですから、レールの変位を検出するためのセンサが必要になります。レールの変位には上下方向と左右方向の2種類があり、上下方向は軌道検測車の走行車輪上下動から容易に検出できますが、左右方向は走行車輪左右動からは正確に求めることができません。したがって軌道検測車ではレール左右方向変位を求めるセンサが技術的困難度が高く重要なものになります。軌道検測車では測定車輪装置と呼ぶ図1

に示したような円盤状の車輪(測定車輪)をレール側面に押付けてレール変位を測定する装置が世界中で広く用いられています。日本でも従来この装置が広く用いられていましたが、軌道検測車の高速化に伴い、測定車輪の強度上の問題や追従性の悪化による測定精度の低下が問題となってきました。新幹線の開業により軌道検測車も高速で走行する必要が生じ、測定車輪装置に代わる新しいレール変位検出装置が必要になってきました。そのような要望により開発されたのが光学式レール変位検出装置です。



図1 測定車輪装置

## 撮像管方式の光学式レール変位検出装置

東海道新幹線の開業に合わせて、測定車輪装置を用いた新幹線用軌道検測車921-1(図2)が1962年に製作されました。この軌道検測車は200km/hの検測速度を目標に製作されましたが、走行試験の結果、測定車輪装置の強度上の問題が明らかとなり、実際の検測は160km/hで営業車が走行しない夜間に行われました。その後、山陽新幹線の開業時に、線路保守作業を夜間に行うため軌道検測車は昼間走行することが必要になりました。そこで測定車輪装置に代わる装置として光学式レール変位検出装置の開発を1968年に始めました。最初は斜め上方の投光器で照明したレールを真上に設置したカメラで撮影し、反射光のピークからレール変位を求める方法を試みましたが、あまり良い結果が得られず、1970年から新たに光切断法を利用する方法の開発を始めました。この方法は投光部からスリット光をレールに当て、レール表面上にできた光切断像



図2 新幹線用軌道検測車921-1

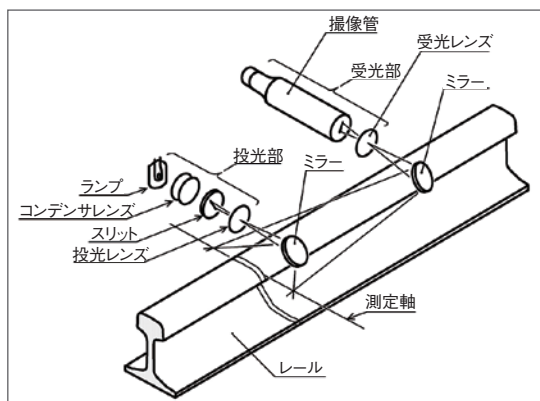


図3 撮像管方式の光学式レール変位検出装置の構成



図4 撮像管方式の光学式レール変位検出装置

を撮像管で撮影するものです。この撮像管は従来テレビカメラ等で用いられているものですが、ここでは光電子増倍管を組み込んで高速高感度を実現した特殊なものを用いています。この装置は図3および図4に示すような構造になり、軌道検測車の台車下部の軸箱に取付けた測定枠に設置されます。この装置は車両限界内に納めることができ、安全性も高く、またレール側面の変位を測定できるために測定精度を高めることができます。この装置では太陽光等の影響を除去するためにスリット光に断続光を用い、高速性を実現するために撮像管の偏向コイルを直接制御する等の工夫をしました。この装置は1974年に製作された電気軌道総合試験車(ドクターイエロー(図5))の921-11に搭載され、山陽新幹線博多開業時に210km/hでの昼間の検測を可能にしました。

### PSD方式の光学式レール変位検出装置

従来の軌道検測車は正矢法と呼ばれる検測手法を採っている関係で3台車構造の車体であり、300km/h領域での高速走行には不向きです。新幹線のスピードアップが進む中で、軌道検測車のさらなるスピードアップも必要になってきました。そこで偏心矢法と呼ぶ検測手法を用いて2台車の車体構造で検測が可能な2台車検測車の開発を1985年に始めました。この検測車では1台車当たりを設置する光学式レール変位検出装置の数が従来の2組から4組になります。そのため光学式レール変位検出装置の小型軽量化が必要になりました。そこで従来の撮像管に代わり、受光部に半導体素子であるPSD (Position Sensitive Device) を用い、光源として半導体レーザを用いるPSD方式の光学式レール変位検出装置の開発を1987年から始めました。この装置は図6および図7に示す構造で、1997年に製作された新幹線用の2台車検測車に搭載しました。

### これからのレール変位検出装置

現在、新しく製作される軌道検測車は2台車検測車が主流となり、PSD方式の光学式レール変位検出装置が用いられています。2台車検測車は偏心矢法を採っていますが、慣性正矢法と言う新たな検測手法を用いた検測装置の開発を鉄道総研で進めています。この装置は非常にコンパクトな構成のため従来の軌道検測車のように専用の車体を必要とせず、営業車の床下に取付けることも可能です。このような特長を生かすには、さらにコンパクトで高機能のレール変位検出装置が必要になります。そこで鉄道総研では三



図5 電気軌道総合試験車(ドクターイエロー)

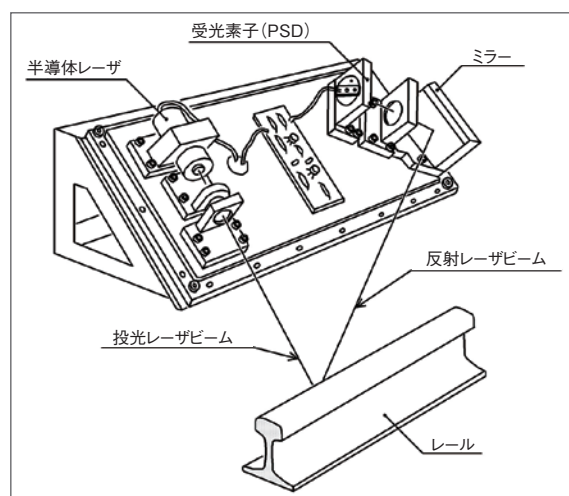


図6 PSD方式の光学式レール変位検出装置の構成

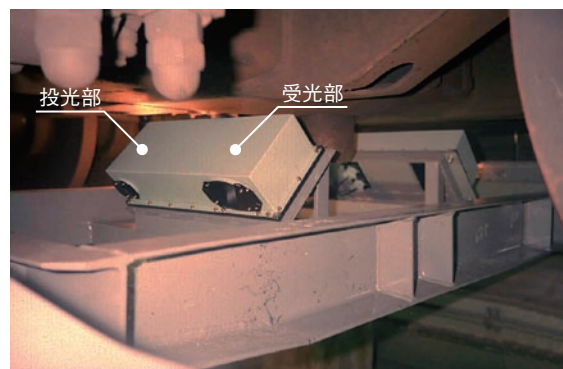


図7 PSD方式の光学式レール変位検出装置

角測量の原理を用いた2軸レール変位検出装置の開発を進めています。この装置ではレールの上下と左右の変位を同時に測定することができるので、従来のように台車の軸箱に取付ける必要がありません。このような車体に対する制約の少ない装置は高速走行にも有利であり、将来はこのようなレール変位検出装置が重要になると考えています。