

画像によるパンタグラフすり板計測装置の開発

Development of visual measuring system for pantograph slider



三島 潤一郎*



一木 剛*



杉浦 芳光*

Addressing the need for a low-cost measuring system for pantograph inspection and maintenance, we developed a visual measuring system for pantographs.

The system employs two digital cameras for three-dimensional analysis to measure pantograph slider thickness.

Initially, measurement was conducted in a laboratory from a distance of four meters, where it was found that it is possible to measure the thickness of the slide plate with margin of under one millimeter.

Currently, the system is being tested in a train maintenance depot.

●キーワード：計測装置、ステレオカメラ、画像処理、パンタグラフすり板、摩耗

1. はじめに

電子光学部品の性能向上、データ処理能力の向上が進んだことから、高度な画像処理がこれまでより安価に出来るようになってきた。また、車両のメンテナンスについては、よりコストダウンが求められている。そこで、今後も発展が期待できるため、画像を用いたパンタグラフすり板計測装置を開発した。デジタルカメラを2台使用したステレオカメラ方式での基礎試験を行い、4mの距離から1mm以下の精度ですり板の厚さを計測できることを確認した。そこで、屋外環境下で実際のすり板の測定精度を確認するため、実際にフィールドに設置する試作機を製作し、その試作機を車両基地の入口の線路脇に設置して計測精度を検証した。

2. 計測装置の開発

2.1 測定原理

図1は、三次元計測におけるカメラ位置と、任意の点Pとの位置関係、および、関連するパラメータを示した図である。この基準カメラを基に、参照カメラとの視差を計算することで、座標を求める。三次元計測は、撮影画像の任意の点Pの二次元座標値P(x,y)から、基準となるカメラのレンズ中心を原点とした、三次元座標値P(X,Y,Z)を算出する処理であり、式(1)が導き出される。すなわち、三次元座標値P(X,Y,Z)において、座標値X,Yは、Zの関数である。座標値Zは視差D、焦点距離f、および、基線長bから算出できる。

$$X = \frac{x \cdot Z}{f} = \frac{x \cdot b}{D}, Y = \frac{y \cdot Z}{f} = \frac{y \cdot b}{D}, Z = \frac{f \cdot b}{D} \dots (1)$$

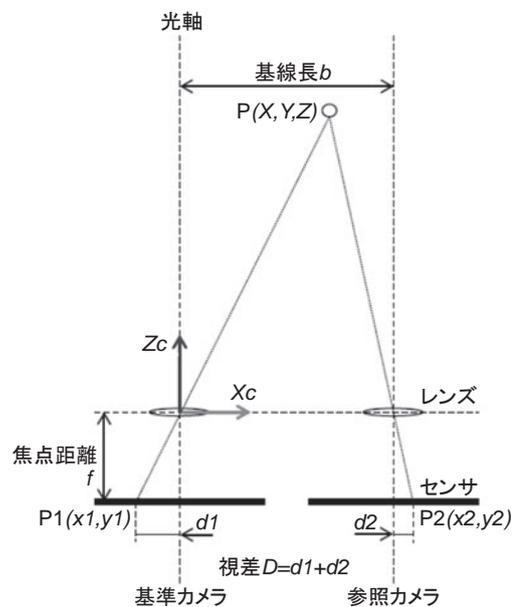


図1 三次元計測における各パラメータ

このモデルを用い、図2のようにすり板のマクラギ方向の角部を検出し、その断面形状を得ることで、すり板の摩耗量を測定する方式を用いた。角部の検出には、すり板上面とすり板側面のコントラスト差を用いた。

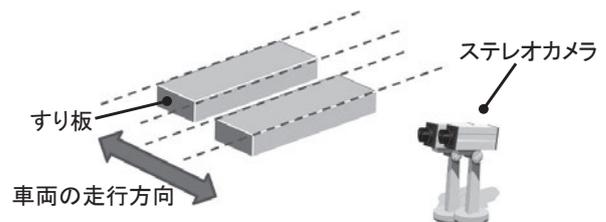


図2 ステレオカメラによる測定イメージ

基礎検討として、室内で実際に摩耗したすり板を用いた測定試験により、約4m離れた位置から計測をおこなった。室内での試験撮影の例を図3に示す。撮影によって得られた

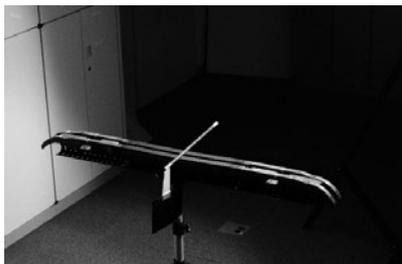


図3 室内試験撮影例

計測結果と、実測値を比較した結果、検査単位の1mm以下の誤差ですり板の厚さを計測できる見込みがあったため、実際に車両センターに設置できる装置を開発・製作し、その動作を検証することとした。

3. フィールド試験

3.1 試験用計測装置

設置したすり板計測装置を図4に示す。計測装置は、①すり板をステレオ画像で撮影するカメラ、②車体を検知するためのセンサ、③パンタグラフを検知するためのセンサ、④すり板を照らすための照明、⑤車号を読み取るためのアンテナ、⑥画像を解析しすり板の断面形状を計算する制御器、から構成されている。計測装置から得られたデータと、すり板の厚さを実測したデータを比較し、計測精度を検証した。

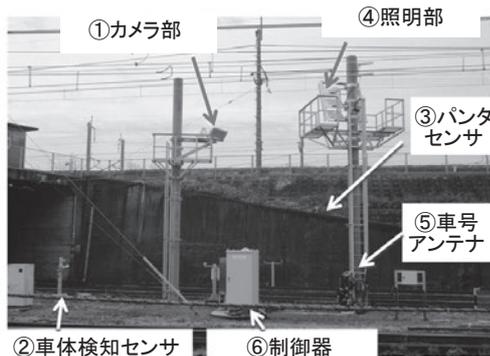


図4 開発した試験用すり板計測装置

3.2 すり板の厚さの計測

計測は、車体検知センサが車両の通過を検知すると、設定時間後にカメラ、パンタグラフ用センサおよび照明が起動する。パンタグラフ用のセンサがパンタグラフを検知すると、ステレオカメラのシャッターを同時に切って撮影する。車両通過中には車両に取り付けられたRFIDタグを読み取る。なお、RFIDは別の検査装置に用いられているもので、無線局免許が不要な規格のものである。車体撮影した画像は、制御装置で処理される。撮影されたすり板の例を図5に示す。

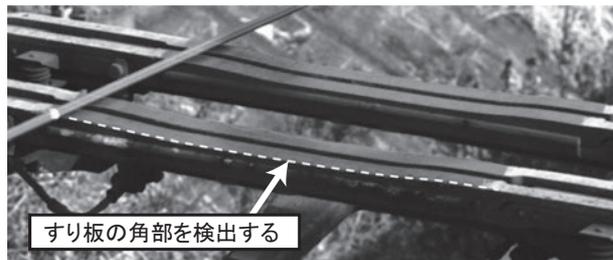


図5 すり板の角部検出例

制御装置は、撮影された画像からすり板の形状を認識し、その角部を検出する。検出されたすり板の断面形状を三次元的に算出し、その座標を算出する。算出された座標から、すり板の断面形状を出力する。図6に算出された断面形状の例を示す。その際、すり板の角部の形状から、滑らかな状態で無いものや撮影条件で判定の信頼性が低い場合には、測定結果の他に、その部分の画像および注意を促す表示を行い、人間による判定を行えるようにしている。なお、カメラでは撮影できない架線に隠れた部分については、計測が出来ないため、その部分を補間するようにした。

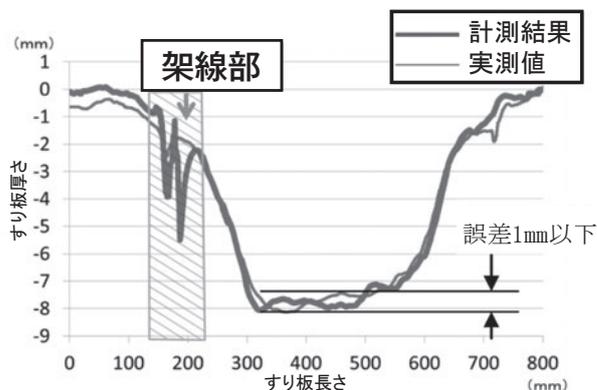


図6 すり板計測結果例 (断面形状)

4. おわりに

今回、開発したすり板計測装置を用いれば、すり板の形状を1mm以下の精度で認識し、すり板の厚さの計測が可能であることが分かった。今後は、季節による太陽の位置の変化、雪等の環境の影響について評価を継続し、通年を通したすり板計測装置の動作の検証を行う。