

S2-5-1. 電車線路設計における測量支援装置の開発

[電] ○内野 亮 [電] 阿部 芳久 [電] 松本 義弘 (東日本旅客鉄道株式会社)

Development of Field Measuring System for designing Overhead Line Equipment
Akira Uchino, Yoshihisa Abe, Yoshihiro Matsumoto, (East Japan Railway Company)

To improve the efficiency of field surveys about overhead line, we have developed the measuring equipment which consists of a laser range finder and a computer. With this system, we can make a field surveys without depending on human power and manage measured data. As a result of comparison between two methods, using human power as former and using this system, we have found that this system has high reliability.

キーワード：レーザ、電車線、現地測量、測量装置

Keywords: Laser, Overhead Line, Field survey, Measuring equipment

1. はじめに

電車線工事を設計するにあたりまず最初に行う現地測量は、従来より測定竿や巻尺といった人手による計測器を使用して実施している。このような手法は時間、労力ともにかかり、個人による測定のばらつきが考えられる上、設計に必要な測量後のデータ整理に多くの時間を要しているのが現状である。

そこで今回、人手に頼らない現場測量の支援システムを開発し、近年導入が進んでいる架線検測車のデータや運転台から撮影したデジタル映像等と融合可能なものとすることによって、電車線工事に要する設計業務を効率化することを考案した。測量方式として画像処理計測方式とレーザ光計測方式を比較検証した結果、測定精度やコストの比較により、レーザ光方式を採用したり。ここでは、実際に測量支援システムを開発し、実際の設備の測量に使用してその実用性を確認した²⁾ので報告する。

2. 従来の現場測量の手法

2.1 現場における測量手法

電車線路設備の現場測量において、主に測量対象となる項目を図 1 に示す。電車線路設備の測量は、基本的にレール中心 (RC) および、レール高さ (RL) を基準とした位置関係を mm 単位で測定している。図 1 において、トロリ線、吊架線およびビーム高さなど、上空方向の設備は釣竿状の測定竿で測定し、隣接線との線路間隔である線間ゲージや、レールと電柱との間隔である建植ゲージといった水平方向の設備は巻尺を使用して測定している。ところがこういった手法は、一つ一つの測定に人手を要する上に、夜間の線路上といった悪条件で行うため、

測量道具の使い方や目盛りの読み方は個人により若干の違いがあるため、測定者による測定誤差を生じるのはやむを得ないのが実情である。

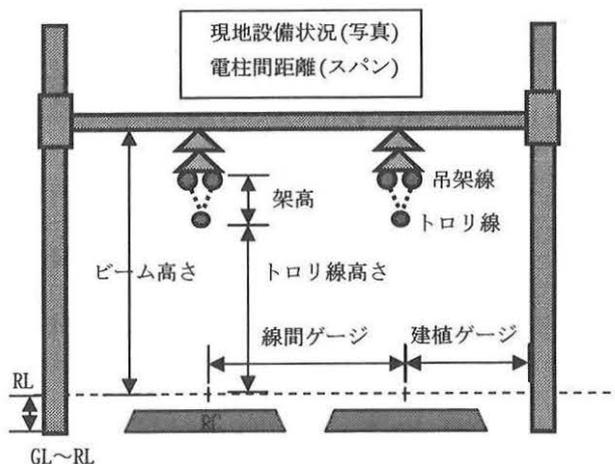


図 1 現場測量の項目

2.2 現場測量の準備およびデータ整理

現場測量を行う手順として、まず測量を行う範囲と作業上の安全を考慮した全ての線路について線路閉鎖手続きをとる必要がある。そして現場測量前に測定データの記入シートを個々で作成して現場で測量を行い、測量後に測定データをパソコンに入力しなおす必要がある。このように、現場測量を通じた設計業務は、効率性の面で改善の余地があると言える。

3. 測量支援システムの開発

3.1 開発の方針

以上までの現状を踏まえ、線路内での人手による測量作業および測量データ管理から脱却した、効率的な現地測量手法ができる測量支援システムを開発した。当システムでは、線路内における測量作業を支援するのみでなく、測量項目、測量データがダイレクトにパソコンで処理され、測量前後を通じたデータ管理が可能となる仕様とした。

3.2 レーザ光の設定

3.2.1 距離測定用レーザ

近年、計測技術の進歩によりさまざまな波長(色)、距離精度を持ったレーザ距離計が実用化されている。本システムでは、電車線路設備の現場測量といった特殊な条件を考慮した上で、測定精度、夜間における視認性、人体への安全性、および汎用技術の有効活用といった観点から表 1 に示すレーザ距離計を選定した³⁾。

表 1 レーザ距離計の諸元

距離精度	±1mm (10m)、±3mm(40m)
距離範囲	～40mまで
スポット径	φ6mm (10m)
波長、強度	635nm(赤色)、クラス2(IEC)

3.2.2 測定点検出用レーザ

レーザは指向性に優れ、表 1 に示すように測定点のスポットは 6mm 程度である。そのため、測量現場において、レーザ距離計が検出している測定箇所を瞬時に把握することが難しい。そこで、①墨出しレーザ(線路と直角方向に墨出し線を示し、レーザ距離計の位置を明らかにする)、②クロスポイントレーザ(2つのレーザ光を振幅させて墨出し線の中で交差し、交点を示すことによりレーザ距離計のスポットを明らかにする)といった2種類のレーザを目印機能として搭載し、測定能率の向上を図った。このようにして得られる測定点を図 2 に示す。次に、レーザ距離計による測量装置の基本構成を図 3 に示す。電車線設備の測量においては、あくまで RC、RL を基準点とした測量が必要なため、直線距離ではなく、水平、

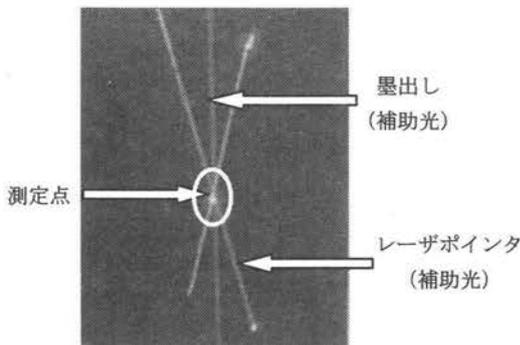


図 2 視認性を向上した測定点

垂直距離を測定する必要がある。そこで、レーザ距離計に角度計を設置し、水平および垂直距離を算出する構成とした。

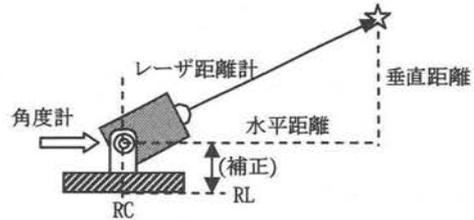


図 3 測量の基本構成

3.3 ソフトウェアの設定

本装置にはパソコンを搭載し、測定器と接続してレーザ距離計の制御及び、測定データの管理を行うこととした。また、測量前の測量箇所の設定や、測量後の測定データの集計を個人のパソコンで管理できるように、エクセルと互換性をもつソフトウェア構成とした。以下に、今回開発したソフトウェアの構成及び、測量に伴う操作の流れを示す。

- (1) 測定する項目設定を、入力フォーマットにしたがってエクセルなどの表ソフトで作成し、事前に当システムのソフトウェアに読み込む(図 4)。

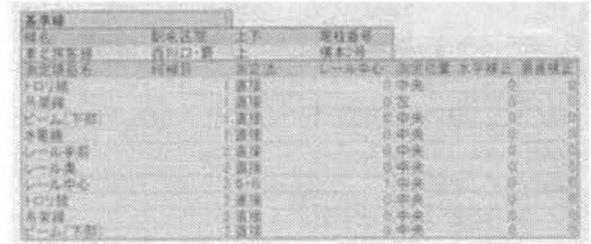


図 4 入力フォーマット

- (2) デジタルカメラで撮影された現地写真がある場合、測定項目を設定し、測定データとリンクさせる。
- (3) 画面上の「測定開始」ボタンを選択することによりレーザ距離計が測定を開始し、計測した直線距離及び角度計によって対象物までの水平および鉛直距離を算出し(図 3)、数値を表示する。
- (4) 測定が済んだ項目を、レール中心から線で表示する。
- (5) 測定箇所を表示させるとともに、コメント入力を可能とする。なお、(2)～(5)による測定中の画面を図 5 に示す。
- (6) 測定結果をエクセルなど表ソフトと互換性のあるフォーマットで出力する(図 6)。

以上のソフトウェア構成とすることにより、現場測量における測定箇所の設定、現場における測量の実施およびデータ管理、さらに測量後のデータ集計が全てソフトウェア上で行えることとなり、現場測量業務の効率化に大きく貢献するシステムとなっている。

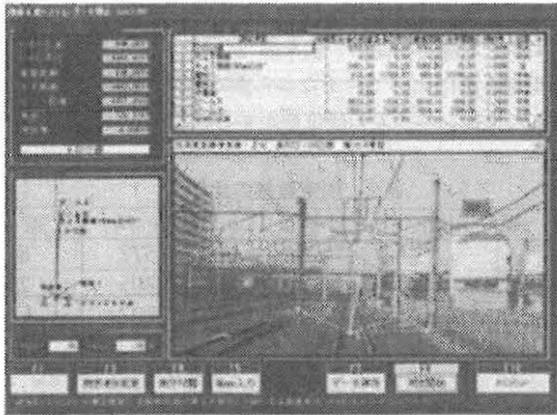


図 5 測定画面

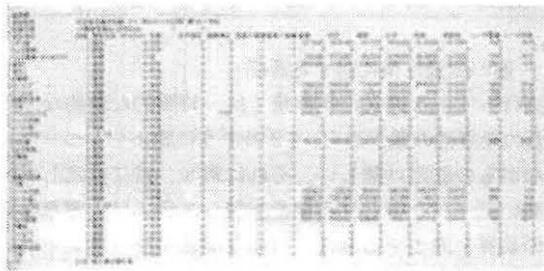


図 6 出力フォーマット

3.4 測量機構の改善および複数線の同時測量

3.3 までで、基本的な測量及びデータ処理までの機能を確立することができた。ここではさらに、実際の現場環境を考慮することにより加えた改良点を示す。

電車線路設備では、およそレール中心 (RC) の真上にトロリ線及び吊架線が設備されるため、レーザ距離計が固定されている場合トロリ線が障害物となり、吊架線が測定できないことが考えられる。そこで、図 7 のように、レーザ距離計を一定距離スライドさせて障害物を避けて距離測定を行い、ソフトウェア上で移動距離を補正する演算を組み込んだ。また、傾斜計と角度の読み込み装置をとりつけ、自動的にレールカントに基づいた測量を行えるようにした。

さらに、利便性を向上するため、測量支援システムを一つの線路上に載線したままで、複数線の設備を同時に測量する機能を追加した。そのために、レーザ測定器で隣接線レールまでの距離も含めて電車線路設備を測定することで、隣接線レールを基準とした隣接線の設備データが算出できるような演算機能を持たせた。図 8 に、複数線の電車線路設備の測量イメージを示す。

3.5 測量支援システムの外観構成

これまでに、今回開発したシステムの仕様を示したが、最終的にはこれらを統合した測量支援システムを構成し、それを線路上に設置して電車線路設備の測量作業を行うこととなる。そこで、システムの構成として、

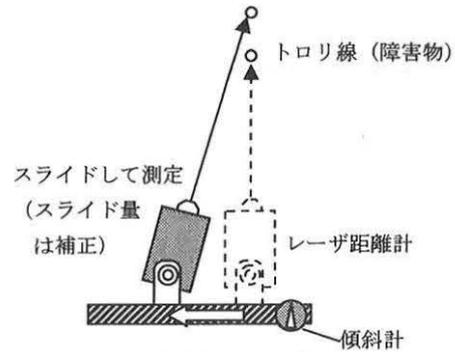


図 7 障害物への対応

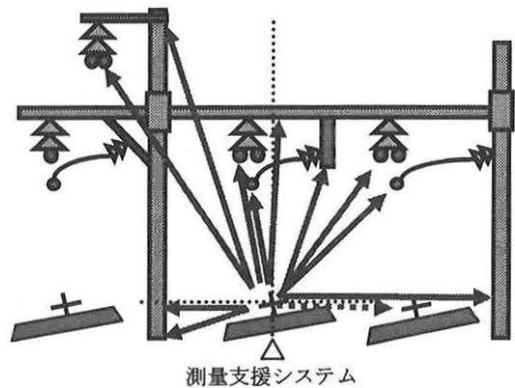


図 8 隣接線の測量イメージ

(1) 軌陸作業車に搭載するタイプ

(2) 可搬式の簡易タイプ

の 2 種類を検討したが、線路内への搬入出や運搬の利便性を考慮した結果、(2)の可搬式タイプを採用することとし、4つの車輪を付加することでレール上を移動しながらの測量を可能とした。また、人が容易に装置を移動させることができるように、手押し器具を追加した。

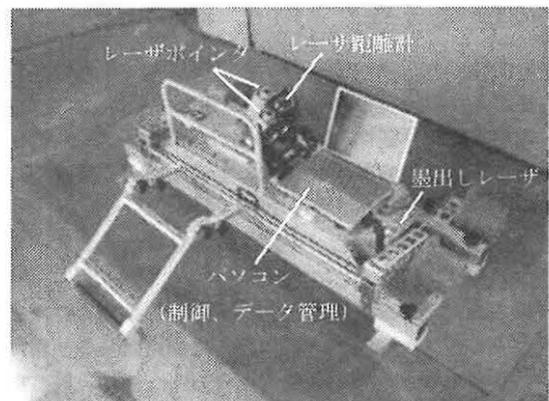


図 9 測量支援システム外観図

さらに、測定台下部および車輪はいずれも絶縁物とし、信号現示に影響を及ぼす軌道短絡を防止している。なお、測定器と接続したパソコンを同じ測定台に配置し、操作の

利便性を図った。

これら全体のシステムが連続して稼動するように、一般的に夜間に現場測量ができる線路閉鎖時間を考慮し、4 時間以上の使用時間を確保するバッテリー(12V/5Ah)を搭載することで基本構成とした。図 9 に、今回開発した装置の外観を示す。なお、以上までの機器類を可能な限りコンパクトに配置した結果、今回開発した装置の形状は、幅 1277mm×奥行き 654mm×高さ 453mm となった。

4. 開発した測量支援システムの評価

4.1 手測量との比較

以上までの開発を経て、実設備がある営業線において、測量支援システムを使用した現場測量を行い、性能を評価した(図 10)。なお、従来の手測量も同箇所で行うことにより、今回開発したシステムを利用した場合との測量データについて比較を行った。



図 10 測量の様子

4.2 測量データとの比較

従来の手測量とレーザ光による測量支援システムを比較した場合に生じる誤差として、次のような要素が考えられる。

- ・計測時の測定竿の傾きや、巻尺使用時の巻尺の水平さの確認が人目に頼っているために誤差を生じる。
- ・測定装置の目盛りの読み方で数 mm の誤差が生じる。
- ・ビームは、測定竿をビームの上面に“引っ掛けて”いるので、鋼材の厚みが誤差となる。
- ・吊架線、トロリ線は、手測定の場合は線条の太さやトロリ線の磨耗量が差として現れる。

以上のような事柄を踏まえ、まず、線条の太さや実測したレール高さの補正を行い、さらに測定器具の使用にも細心の注意を払った上で手測定を行った。次に、同じ項目を測量支援システムで測定して比較したところ、表 2 に示す結果となった。結果として、いずれの項目でも誤差が 10mm 以内と、開発した測量支援システムによる測量データの高い信頼性を確認できた。また、同一箇所を複数回測定しても、得られるデータはほぼ一貫しており、手測定に比べて

測定の再現性についても優れていることを確認した。また、測定に要した測定時間の一例を表 3 に示す。これより、従来の測定手法に比べて若干ながら測定時間の短縮が見られ、開発した支援システムの優位性が示された。

表 2 測定数値の比較

単位[mm]	手測量	支援システム	差
ビーム	6,564	6,572	8
吊架線	5,803	5,805	2
トロリ線	5,088	5,092	4
建植ゲージ	2,504	2,508	4

表 3 測定時間の比較

単位[分]	手測量	支援システム	差
4線跨ビーム	13	11	-2
6線跨ビーム	16	13	-3

4.3 一連の測量作業に対する評価

従来行ってきた通常の手測量では、時間的な制約など現場測量の効率性の観点から、4.2 のように誤差を一つ一つ補正しながらの測定は難しい。それに対し、常に安定して精度の高いデータを得られる測量支援システムは、電車線路設計の品質を向上する非常に有効な測量手法と考えられる。

さらに、現場測量にまつわるデータ処理が基本的に全て電子データとしてソフトウェア上で効率的に行えるため、他のデータベースとの互換性を持たせることによって、より発展的な設計業務が可能となる。その上、隣接線の測定機能により、事前準備として複数線路の線路閉鎖手続きを必ずしも行わなくても同様の測量が可能であるなど、今回開発した測量支援システムによる設計および測量業務の効率化効果は十分大きいと考えられる。

5. まとめ

電車線路設計を効率化する現地測量を実現することを目的に、レーザ光を用いた測量支援システムを開発した。そのシステムを使用して実際に測量を行い、測定データの高い信頼性を確認した。また、事前準備から現場での測量、さらにデータ処理までの流れが一つのシステムで可能となることから、現場測量を通じた設計業務の効率化に大きな効果が期待できる。今後は本システムの実使用を進めて利便性の検証を深め、電車線路設計におけるさらなる効率化、また品質向上を図っていく予定である。

文 献

- 1) 「電車線路設計における設計調査手法の一考察」2003 年電気学会産業応用部門全国大会 阿部芳久、他
- 2) 「電車線路設計における測量支援システムの開発」2004 年電気学会産業応用部門全国大会 内野亮、他
- 3) 「レーザ光線による障害防止対策要綱」労働省基発第 39 号(1985.1.27)