

BIM モデルを活用した電車線路設計業務支援システムの現状と今後

○ [電] 林 壮 (東日本旅客鉄道株式会社)

[電] 根崎 誠 (東日本旅客鉄道株式会社)

[電] 貴志 俊英 (東日本旅客鉄道株式会社)

[電] 猿田 裕司 (東日本旅客鉄道株式会社)

高橋 久範 (株式会社富士テクニカルリサーチ)

The Current and Future of Design for Overhead Catenary Systems Using BIM Models

○ Takeshi Hayashi (East Japan Railway Company), Makoto Nezaki (JR East),

Toshihide Kishi (JR East), Yuji Saruta (JR East)

Hisanori Takahashi, (Fuji Technical Research Inc)

East Japan Railway Company (JR East) is promoting the introduction of BIM models into the design work of its Overhead Catenary System. BIM model is a 3D model with attribute information associated with it, and the attribute information includes facility name, shape, size, weight, and quantity. In order to use BIM models in Overhead Catenary System, various functions are required, such as creation of 3D models, floor plans, pillar drawings, and quantity tables, as well as strength and catenary studies. This paper describes the current status of BIM model utilization and future development in our Overhead Catenary System.

キーワード: 電車線路, 設計, BIM モデル, 3D モデル, 測量

Key Words: Overhead Catenary System, Design, BIM model, 3D model, Measurement

1. 概要

筆者らは、電車線路設備の設計業務に BIM(Building Information Model)モデルを導入すべく、株式会社富士テクニカルリサーチの点群処理ソフト「Galaxy-eye」への機能追加という形で様々な機能開発を進めている。本稿では、JR 東日本の電車線路工事部門の点群データの活用状況や、開発しようとしている電車線路設計業務支援システムの今後の展望について述べる。

2. BIM データ

2.1 三次元モデル

(1) 点群データ

点群データとは、写真測量や三次元レーザースキャナ等で取得した三次元上の位置情報と、色などの情報を統合したデータである。図 1 は PC 上に表示した点群データである。遠目で見ると写真のように見えるが、座標と色情報を持った点の集合体である。



図 1 点群データ例

点群データを活用すると、従来は夜間にしか実施できない線路内立入が必要な測量等の作業が軽減できるほか、以下のような利点がある。

- ・ 既設設備の距離や位置関係等が確認できる

- ・ 施工前に、完成時の自系統設備と他系統設備の離隔を確認できる
 - ・ クレーン等の重機の動作範囲を確認できる
- しかし、点群データは、以下の観点からそのままの形で設計に利用することは難しい。
- ・ 距離を測る際に、選択する点によって測定値が変わる
 - ・ 設備と設備の境界が明確にならない
 - ・ 座標と色の情報しか持っていないため、設備の種類や用途等を判別できない

(2) 三次元モデル

点群データの問題を解決するには、図2のように設備ごとに点群データをまとめる必要がある。点群データを元に三次元空間上に作成した設備の形状データを三次元モデルと呼ぶ。この三次元モデルを三次元空間上に配置すると、物理的な支障の有無が判断できるようになる。

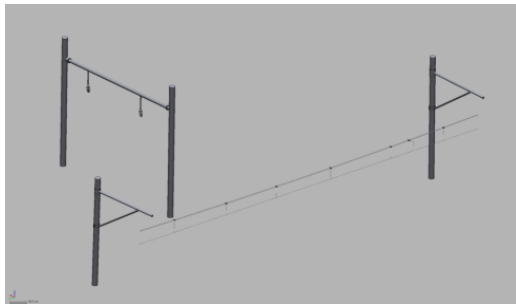


図2 三次元モデル

しかし、三次元モデルも座標や色のデータしか保持しておらず、電車線設備の設計に活用するためには設備の材質や寸法等の情報を別途付与しなければならない。

2.2 属性情報と BIM モデル

設備の諸元（名称・用途・仕様・定格等）や寸法等をまとめた情報を属性情報と呼ぶ。BIM モデルとは、三次元モデルに属性情報を結び付けたもので、これを測量、設計、施工、保守の各段階で発注者・受注者間で共有することで、双方の業務効率化が可能になる。筆者らは、図3のように、設計者が三次元空間上に三次元モデルを配置し、属性情報を付与することで BIM モデルを作成する機能を有するソフトウェアの開発を進めている。

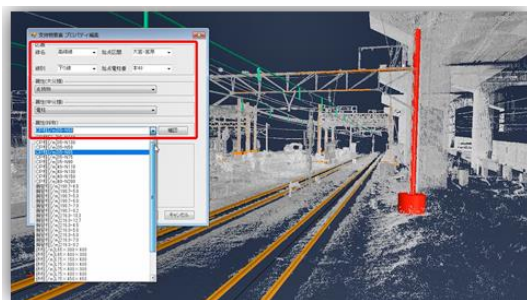


図3 電柱の BIM モデル例

3. 電車線路設備の設計業務の現状

3.1 測量

現状、電車線路設備の工事設計の際には、夜間に線路閉鎖、き電停止の手続きを行い、線路内で図4のような架線測定器や巻き尺、レーザー距離計等を用いて人力で既設設備の測量を行っている。夜間にはそれ以外の工事や保守作業も行われているため、測量前に線路閉鎖やき電停止の競合調整が必要となる。競合調整期間を考慮すると、測量は計画してから早くても2週間後となる。測量作業が一晩で終わらない場合は再度計画しなければならない、測量だけで一か月を超えることも往々にしてある。



図4 架線測定器

測量の過程に三次元レーザースキャナ等を活用すると、一度の測量で現地の状況を把握する事が可能となる。また、線形や駅構内等の状況が大幅に変わらない限り、一度取得した点群データはほとんど変わらないため、測量をし忘れたりした項目があった場合の再測量は不要となる。さらに、線路脇にスペースのある場所では、昼間でも三次元レーザースキャナが使用できるため、測量を計画した翌日に点群データを取得する事も可能である。

3.2 設計・積算

測量の結果をもとに強度検討、架線配置などを検討し、使用する材料・労務を積算する。これらは各装柱について行わねばならない。例えば JR 東日本で進めている架線更新（インテグレート化）工事では、1 ドラムの工事で施工エリアが最大 1.6km と広範囲に及ぶため、強度検討や積算等の作業量は大きなものになる。

3. 電車線路設計業務支援システム

3.1 測量方法の確立

(1) 測量手段の選定

点群データを取得する手段の一つに、図5のような据え置き型三次元スキャナがある。これは、スキャナから照査されたレーザーが対象物に反射し返ってくる時間から、対象物との距離を測定するものであり、1秒間に数十万点の点情報を取得できる測量機器である。



図5 据置型三次元スキャナ撮影風景

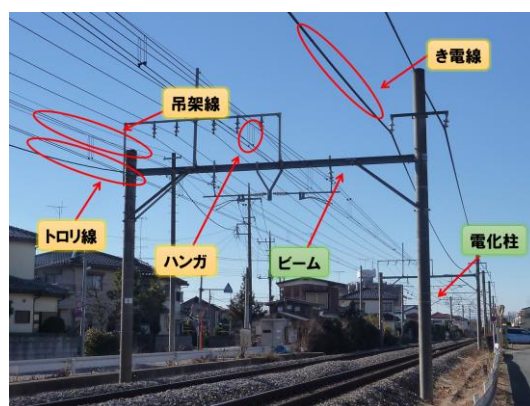


図6 電車線路設備

(2) 撮影

撮影（点群データの取得）は夜間作業で行うため、行き当たりばったりで作業しているとあっという間に時間切れとなるので、事前に撮影ポイントを検討しておく必要がある。スキャナの性能を考慮し、電車線路装柱の前後に撮影ポイントを設定し、直線状ではなくジグザグに撮影することで、撮影箇所削減と精度の両立を図る方法を確認した。これにより取得した点群データを事務所で合成することで、既設設備を三次元空間上に表現できるようになる。

3.2 三次元モデルの自動作成

(1) 支持物

撮影した複数の点群データをまとめて一つの三次元上に配置する事を合成という。この合成したデータを用いて、三次元モデル化の検証を行った。

まずは図6にある電車線路設備のうち、支持物である電柱、ビームのモデル化を検討した。これらは比較的大きな設備のため、比較的容易に認識できることが分かった。

(2) 線条類

図6にあるように、トリ線やき電線、吊架線等の線条類は以下の点で支持物とは異なる。

- ・太さが数 cm～数 mm 単位と小さい
- ・地上から 5m 以上の上空に存在する
- ・風等により撮影中に静止しない

これらにより、一般的な三次元レーザースキャナ等で撮影してもモデル化可能な点群データを取得することは困難であることが分かった。この問題に対しては、現状では高性能な三次元レーザースキャナを選定することと、撮影時間を延ばして高精度の点群を取得する撮影を行うことで対処する。将来的にスキャナの性能が向上すると、短時間で高精度の点群データを取得できるようになると考える。

3.3 装柱図作成

モデル化した三次元モデルの活用例として、筆者らは装柱毎の装柱図の作成と、離隔を測定する機能を開発した。従来は図7のようにCADソフト等で設計者が装柱毎に図面作成していたが、図8のような図を半自動的に作成可能となった。

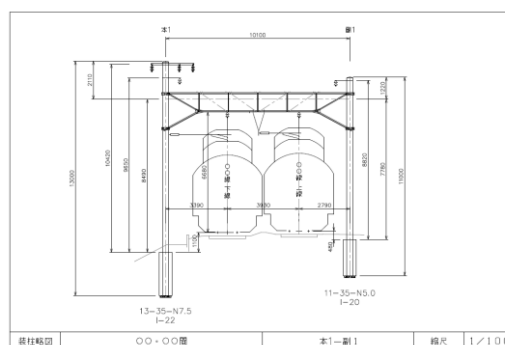


図7 従来の装柱図例

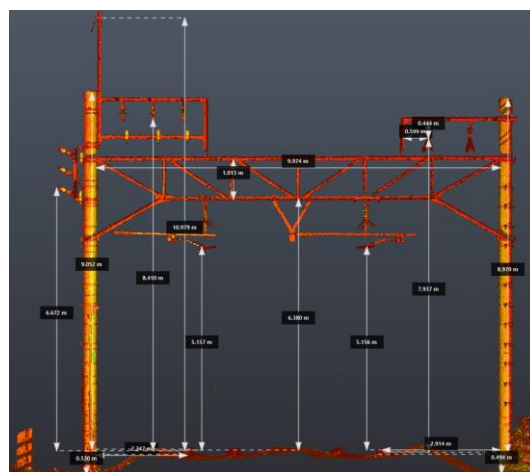


図8 装柱図作成機能

3.4 線条類の配置

電車線路設備の工事では、既設の線条類を張り替える作

業がある。この場合、新設する線条類をどのように支持するか、どこに仮吊りするかといった三次元的な構想が必要となる。これを従来は二次元の平面図や装柱図を用いて検討していたが、BIM モデルを用いると、三次元空間上で視覚的に施工中、施工後の状況を把握できるようになる。

4. 今後の開発

4.1 自動モデル化機能の機能向上

現在は電柱、ビーム、線条類のモデル化機能の一部を開発したが、ビームには やぐら や 下束 等の諸設備が付随していたり、電柱からはビームではなくブラケットや腕金が接続していたりすることもある。電車線路設備全てのモデル化が実現することで、平面図や装柱図の半自動作成が可能となる。このため、認識可能な設備を増加させることは、今後の開発を進めるうえで必須となる。

4.2 強度検討機能

JR 東日本 東京電気システム開発工事事務所では、図 9 のような iPad 上で強度検討を行うアプリ (ReDOCS) を開発し設計業務に活用している。当面は、ReDOCS とのデータ連携を行うことで、BIM モデルで作成した装柱図から図 10 のように ReDOCS の装柱図を作成し、図 11 のように強度検討を瞬時に行えるようにすることを検討している。将来的には、このアプリを電車線路設計業務支援システムに取り込むことで、BIM モデルを配置しただけでその装柱の強度検討結果をリアルタイムで確認可能としたいところである。



図 9 強度検討アプリ「ReDOCS」



図 10 ReDOCS 装柱略図画面

強度判定結果 (4線路R1000駅構内)									
基礎情報		基礎情報		基礎情報		基礎情報		基礎情報	
No.	電柱番号	材 質	規格	許容 耐力 (kN)	基礎 係数	基礎 係数	基礎 係数	基礎 係数	基礎 係数
1	1000	STK400線心橋脚	線心橋脚R1000	10.000	1.0	10.000	10.0	0.00	強度OK
2	1001	STK400線心橋脚	線心橋脚R1000	10.000	1.0	10.000	10.0	0.00	強度OK
3	1002	STK400線心橋脚	線心橋脚R1000	10.000	1.0	10.000	10.0	0.00	強度OK
4	1003	STK400線心橋脚	線心橋脚R1000	10.000	1.0	10.000	10.0	0.00	強度OK
5	1004	STK400線心橋脚	線心橋脚R1000	10.000	1.0	10.000	10.0	0.00	強度OK
6	1005	STK400線心橋脚	線心橋脚R1000	10.000	1.0	10.000	10.0	0.00	強度OK
7	1006	STK400線心橋脚	線心橋脚R1000	10.000	1.0	10.000	10.0	0.00	強度OK
8	1007	STK400線心橋脚	線心橋脚R1000	10.000	1.0	10.000	10.0	0.00	強度OK
9	1008	STK400線心橋脚	線心橋脚R1000	10.000	1.0	10.000	10.0	0.00	強度OK
10	1009	STK400線心橋脚	線心橋脚R1000	10.000	1.0	10.000	10.0	0.00	強度OK

図 11 ReDOCS 強度判定画面

4.3 積算連携機能

現状の工事業務の流れでは、設計と積算は全く別物であり、データの連携は行われていない。筆者らが目指す電車線路設計業務支援システムでは、BIM モデルを配置することで、そのモデルの新設・撤去・移転等の施工にかかる費用の算出や数量表の作成等、積算業務との連携が可能なデータを出力し業務を省力化できるようにすることを考えている。

4.4 平面図作成機能

現状の設計業務では、CAD ソフトを用いて平面図を作成した後に、全く別個の図面として装柱図を作成している。今後は、BIM モデルを配置したら装柱図と平面図の両方を作成できるように業務の流れを変えていきたい。

5. 終わりに

本稿では、JR 東日本の電車線路工事部門における、点群データ活用の取り組みについて述べた。今後の生産年齢人口減少やコロナ禍での業務への取り組み方の変化により、電車線路部門の設計も変革の時を迎えている。今後の設計業務の軽減のためにも、将来にわたり使用可能なシステムの開発が必要となる。今後は点群処理ソフト「Galaxy-eye」に本稿に挙げた機能を追加し、設計業務を革新したいと考える。

参 考 文 献

- 1) 猿田裕司,加藤洋,東森一範: BIM を活用した電車線路設備測量の検証,電気学会産業応用部門,ROMBUNNO.5-23, 2019.
- 2) 林壮,根崎誠,猿田裕司,佐藤寿人,西森隆行: 電車線路支持物強度検討アプリ ReDOCS の開発,鉄道と電気技術, Vol. 31, No. 10, pp.24-29, 2020.