

鉄道設備データの一元管理のための統一的なキロ程付与方法の精度検証

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○吉田 尚史, 田中 博文, 三和 雅史

1. はじめに

鉄道設備の効率的な維持管理を支援するため、著者らは、鉄道設備に関する多様なデータの一元管理システムの開発を進めている¹⁾。データの一元管理においては、各データの位置情報が重要であり、著者らはこれまでに、緯度経度情報を持つデータにキロ程を付与する方法を開発した²⁾。ただし、文献²⁾では、本方法によるキロ程付与精度の検証を、円曲線のみでしか実施していないため、本稿では、他の線形にも適用して精度検証を実施した。

2. 一元管理システムにおける位置情報の扱い

一元管理システムについては、LABOCS をベースに開発を進めている。この LABOCS は、各種台帳や軌道検測データ等の多様なデータをキロ程ベースで管理し、分析・加工できるソフトウェア³⁾であり、現在、JR 旅客 6 社および一部の民鉄に導入されて主に保線業務で活用されている。

図 1 は、開発中の一元管理システムのプロトタイプの画面例である。各分野で個別に管理されている設備や検査のデータを位置情報(キロ程⇔緯度経度)によって紐づけることで、データの一元管理を実現している。

3. キロ程付与方法の概要と精度検証

これまでに、緯度経度情報を持つデータへキロ程を付与する図 2 のような方法を開発した。本方法は、

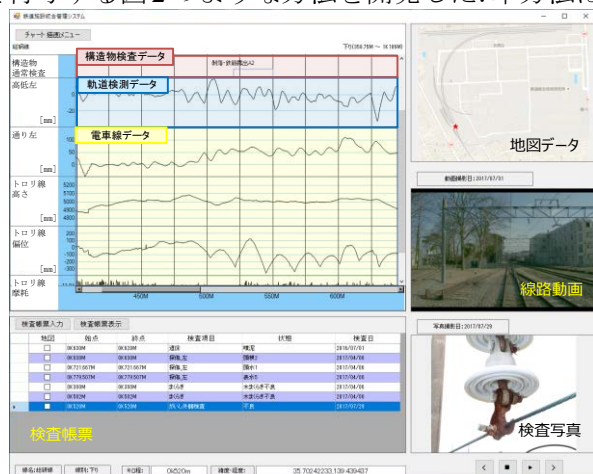


図 1 一元管理システムの画面例

キロ程を付与する対象点から一番目と二番目に近いキロポストの緯度経度情報を用いて、3 点間の位置関係からキロ程を付与するものである。具体的には、2 つのキロポスト間を直線で結び、点 D から直線へ引いた垂線との交点の按分キロ程を点 D へ付与する。

本方法を用いて、これまでに、円曲線上の点に対してキロ程を付与する場合での精度検証を行い、100m ポスト間で曲線半径 290m 以上であれば誤差 0.1m 以内の精度でキロ程の付与が可能という結果を得た。ただし、この検証では点 D を 1m 単位でずらしながら誤差を算出していたため、誤差が最大となる箇所を詳細に捉えていなかったことや、他の線形についての検証が未完であるという課題があった。

そこで、点 D のキロ程と直線上の按分キロ程との誤差(以下、「キロ程付与誤差」という)が最大となる点を幾何学的に詳細に求めるとともに、緩和曲線を含む曲線に対しても本方法を適用してキロ程付与誤差を検証した。以下では、これまでの検討結果を踏まえて、曲線半径 290m の曲線を想定する。

3.1 円曲線でのキロ程付与誤差の詳細な検証

図 3 に、想定した円曲線を示す。なお、ここでは簡単のため、緯度経度を x,y 座標に置き換え、円心を

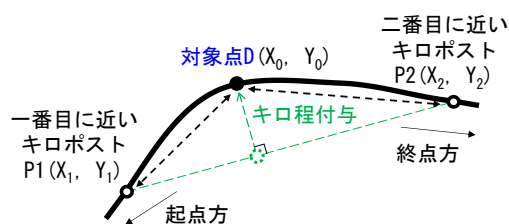


図 2 キロ程付与方法の概要

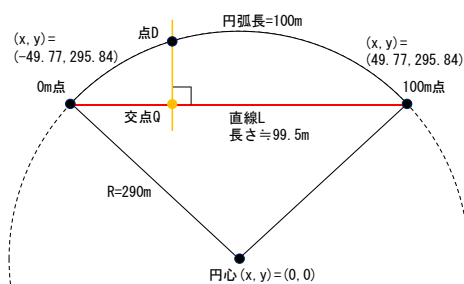


図 3 想定した円曲線

キーワード 鉄道設備, 一元管理, 位置情報, キロ程, LABOCS

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 公益財団法人鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7277

(0,0)として、0m 点と 100m 点の x,y 座標を曲線半径と角度から算出した。同図より、円弧長 100m に対して、直線 L の長さは 99.5m となることから、直線 L 上では $1m=0.995m$ と読み替えることとする。

ここで、円弧上を単位距離移動する時に直線 L 方向の移動距離が 0.995m となる時、すなわち、円弧の接線と直線 L のなす角を θ として、 $\cos \theta=0.995$ となる時に、移動距離の誤差が 0m になる。しかし、0m 点での θ は大きく、 $\cos \theta<0.995$ となるため、キロ程を付与する際に誤差が生じる。点 D を 0m 点から 100m 点方向へ移動させていく時、 θ が大きい内は、この誤差が徐々に蓄積されて行き、 $\cos \theta=0.995$ となる点で、キロ程付与誤差が最大となる。それ以降の点では $\cos \theta>0.995$ となり、蓄積されてきた誤差を打ち消すように誤差が減少して行く。

上記の、 $\cos \theta=0.995$ の時、 $\tan \theta=0.10$ となる。図 3 で直線 L の傾きは 0 のため、接線の傾きが 0.10 となる円弧上の点を求めることで、キロ程付与誤差が最大となる点を求められる。このように求めた点 D のキロ程は 21.14m であった。表 1 に、円曲線でのキロ程付与誤差をまとめた結果を示す。表のように、キロ程付与誤差が最大となる点を詳細に把握でき、同時に、0.1m 以内の誤差で抑えられていることを確認できる。なお、100m 点に近い側においても同様に 78.86m 点で誤差が最大となった。

3.2 緩和曲線を含む曲線でのキロ程付与誤差の検証

次に、図 4 のような緩和曲線を含む 100m の曲線に対して、3.1 節と同様の手法を適用した。緩和曲線の形状としては 3 次放物線を想定した。この時の直線 L の長さは 99.6m である。円弧あるいは 3 次放物線の接線と直線 L のなす角を θ として、 $\cos \theta=0.996$ となる点が、キロ程付与誤差が最大の点となる。

表 2 に、緩和曲線側と円曲線側それぞれでキロ程付与誤差を算出した結果を示す。表のように、緩和曲線側と円曲線側の何れにおいても誤差が最大となる点を詳細に算出できた。

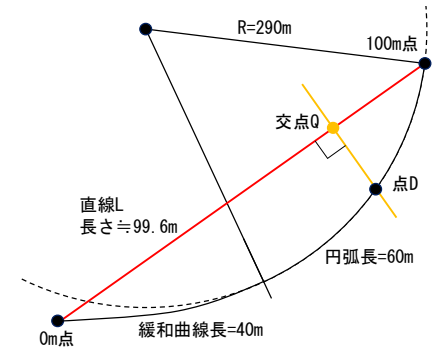


図 4 想定した緩和曲線と円曲線

側よりも円曲線側で誤差が大きくなることや、表 1 と比較して、100m 全長が円曲線の場合よりも緩和曲線を含む曲線では誤差が小さくなることからわかる。

3.3 全緩和曲線でのキロ程付与誤差の検証

長さ 50m の緩和曲線が 2 つ連なった 100m の全緩和曲線を想定して 3.1 節と同様の手法を適用した。表 3 に、キロ程付与誤差を算出した結果を示す。表のように、全緩和曲線においても誤差が最大となる点を算出でき、また、全緩和曲線における誤差は表 1 や表 2 と比較して非常に小さいことを確認できる。

以上のように、本方法は、緩和曲線を含む曲線にも適用でき、これまでの検討と同様に誤差 0.1m 以内の精度でキロ程を付与できる。

4. おわりに

本稿では、開発したキロ程付与方法について、緩和曲線を含む曲線にも適用してキロ程付与誤差を詳細に算出でき、その誤差を 0.1m 以内に抑えられることを確認した。今後は、本方法を複心曲線や反向曲線等を含む線形にも適用して精度検証するとともに、一元管理システムへの本方法の実装を目指す。

参考文献

1) 吉田尚史他：キロ程ベースでの位置情報一元化による鉄道設備統合管理システム，鉄道総研報告，Vol.35，No.4，pp.41-46，2021。
2) 吉田尚史他：鉄道設備管理データへの統一的なキロ程付与方法の検討と一元管理システムへの展開，J-RAIL2020，2020。
3) 吉田尚史他：軌道保守管理データベースシステム（LABOCS）Ver.4.2 のリリースと新機能，新線路，Vol.74，No.10，pp.23-25，2020。

表 1 円曲線での
キロ程付与誤差

①点0の キロ程[m]	②交点0の 按分キロ程[m]	①と②の差 [m]
10	9.928	0.071524
19	18.905	0.094823
20	19.905	0.095405
21	20.904	0.095629
21.1419	21.046	0.095632
22	21.904	0.095507
30	29.916	0.083504
40	39.952	0.047725
50	50.000	0.000000

表 2 緩和曲線を含む
曲線でのキロ程付与誤差

①点0の キロ程[m]	②交点0の 按分キロ程[m]	①と②の差 [m]
10	9.977	0.0234657
20	19.962	0.0377695
24	23.961	0.0392479
24.0904	24.051	0.0392704
25	24.961	0.0391478
30	29.964	0.0359842
40	39.984	0.0156774
50	50.019	0.0186665
60	60.056	0.0562357
70	70.085	0.0850636
78	78.094	0.0938189
78.0446	78.138	0.0938192
79	79.094	0.0936796
80	80.093	0.0932266
90	90.069	0.0688256

表 3 全緩和曲線での
キロ程付与誤差

①点0の キロ程[m]	②交点0の 按分キロ程[m]	①と②の差 [m]
10	9.996	0.00446
19	18.994	0.00629
19.9043	19.898	0.00631
20	19.994	0.00629
30	29.996	0.00436
40	40.000	0.00028
50	50.000	0.00000