

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

○ [土] 吉田 尚史 [土・機] 田中 博文 [土] 西本 正人 [土] 三和 雅史 (鉄道総研)

Examination of method for assigning unified kilometerage to railway facility management data and deployment to unified management system

○Takafumi Yoshida, Hirofumi Tanaka, Masahito Nishimoto, Masashi Miwa,
(Railway Technical Research Institute)

We are working on the construction of a unified management system for register data and inspection data to realize cross-sectional facility management for railway facilities managed in each section such as track, civil engineering, electricity, and signal. At this time, it is common to use kilometerage as the position information of the track section, however, there are various methods for holding the position information, such as latitude and longitude may be used in other sections. Therefore, we examined a method of assigning unified kilometerage and deployed to the unified management system.

キーワード: LABOCS, 軌道管理, キロ程, 一元管理, 鉄道設備管理

Key Words: LABOCS, track maintenance, kirometerage, unified management, railway facility management

1. はじめに

鉄道設備の維持管理のため、軌道や土木、電力、信号等の各分野において様々な検査が日々実施され、それぞれの分野で管理している設備台帳データとともに検査データが記録・管理されている。このような各分野で管理・取得されているデータを統合できれば、設備管理の品質を向上させることが可能になると考え、著者らは、台帳データや検査データの一元管理システムの開発に取り組んでいる¹⁾。

検査データをメンテナンスに効率的に活用するためには、検査結果の位置情報が重要であるが、分野の違いやデータの種類によって位置情報の管理方法はしばしば異なっている。ここで、軌道分野のデータの位置情報としてはキロ程を用いるのが一般的であり、設備台帳データや、軌道検測車等による軌道検測データのような時系列データ、レール傷のような帳票データ等、あらゆるデータがキロ程と関連付けて管理されている。このようなキロ程ベースの時系列データの処理に特化し、様々な角度から分析・加工できる機能を備えた、軌道保守管理データベースシステム (LABOCS) が JR 各社や一部の民鉄に導入されており、主に保線業務に活用されてきた²⁾。ただし、LABOCS では帳票データについては未対応である他、近年、画像や音声、動画等の多種多様なデータが取得されており、これらのデ

ータを組み合わせることで活用することによりメンテナンスの効率化が期待される。本稿では、多種多様なデータをキロ程ベースで一元管理するため、緯度経度を用いたキロ程付与方法を開発したので報告するとともに、本方法の一元管理システムへの適用を検討したので報告する。

2. LABOCS における位置情報の扱い方

2.1 LABOCS の概要

LABOCS は、高度なデジタル信号処理機能を有した時



図1 LABOCS の概要

系列データ解析システムであり、図1のように、軌道変位や車両動揺、設備台帳データ等の鉄道に関する多様なデータを、様々な角度から分析・加工できるソフトウェアである³⁾。

2.2 LABOCS におけるキロ程ベースの位置情報付与

一般的に、軌道検測データ等の位置情報はキロ程により付与されている。一方、線路の長さは、線路改良等によって増減することがあるが、これに伴ってキロ程を変更すると、設備台帳を全て更新しなければならない他、これまでの検査データのキロ程ともずれが生じてしまう。そこで、キロ程が重複する場合には「重キロ」を、キロ程が断絶する場合には「断キロ」を挿入することで対応している。このため、軌道検測データのように、測定開始点からのサンプリング間隔×データ数による累積距離により算出されたキロ程と地上のキロポストで示される線路のキロ程は必ずしも一致しない。更には、車輪の空転や滑走が発生する場合もあるため、測定時期の異なる軌道検測データ同士でデータ数は必ずしも一致しない。

そこで、距離サンプリング化されたデジタルデータのデータ番号と、地上のキロ程との対照を行う必要がある。そのため、軌道検測車での測定においては、軌道検測データと同時に測定された地上子の検知信号を用いて地点対照を行っている。LABOCSではこの処理を「キロ程補正」と呼んでおり、図2に示すように「キロ程・データ番号対照表 (KDT 表)²⁾」という概念を用いている。同図では、サンプリング間隔 1m の場合の例を示している。ここで、LABOCS における KDT 表の記号の意味は、

S: 重キロ・断キロが存在しないキロポストの記号

C,B: C と B がセットで、B-C の長さの断キロがあることを示す記号

C,W: C と W がセットで、C-W の長さの重キロがあることを示す記号

である。これにより、測定時期の異なる軌道検測データでも高精度な位置情報を統一的に付与することができ、検測データ同士の位置合わせも可能となる。

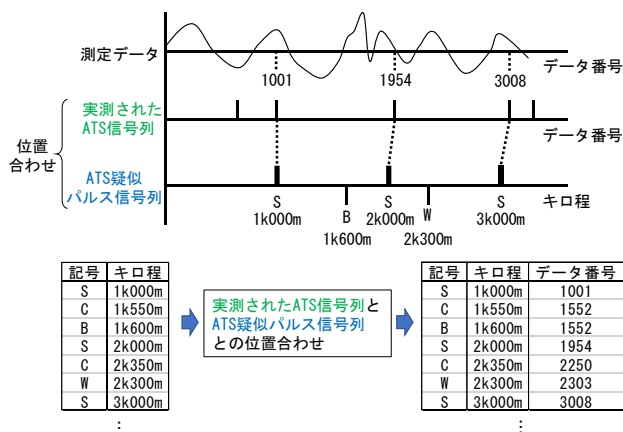


図2 LABOCS におけるキロ程補正の概念

3. 緯度経度情報を活用したキロ程付与方法

2.2 節のように、従来、LABOCS では位置情報としてキロ程を持つデータを扱ってきたが、写真データのようにキロ程を持たないデータについては、そのままではLABOCSで扱うことができない。この時、GPS 機能付きのカメラで撮影された写真データであれば、位置情報として緯度経度を持っている。この緯度経度とキロ程を対応付けて位置情報を統一化できれば、キロ程による一元管理が可能になると考えられる。そこで、以下のように、緯度経度を活用してキロ程を付与方法を検討した。

3.1 キロ程付与方法の概要

緯度経度情報を持ったあるキロ程付与対象点 D に対してキロ程を付与方法を以下に示す。この時、鉄道 GIS（地理情報システム）等で一般的に管理されている場合が多い 1km ポスト毎の緯度経度情報を既知として、キロポスト間のある点 D へのキロ程付与方法を検討する。図3は、D に対するキロ程を付与方法の手順である。

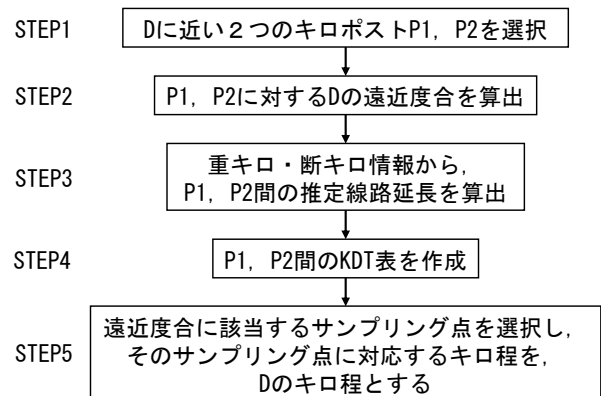


図3 ある点Dに対するキロ程付与方法の手順

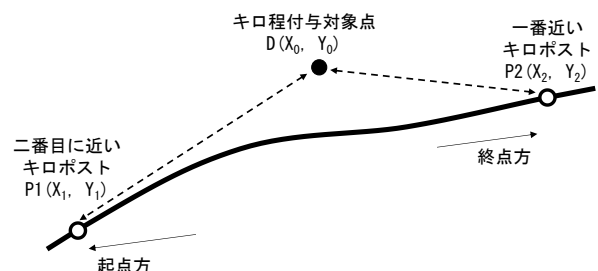


図4 Dに対するP1, P2の決定イメージ

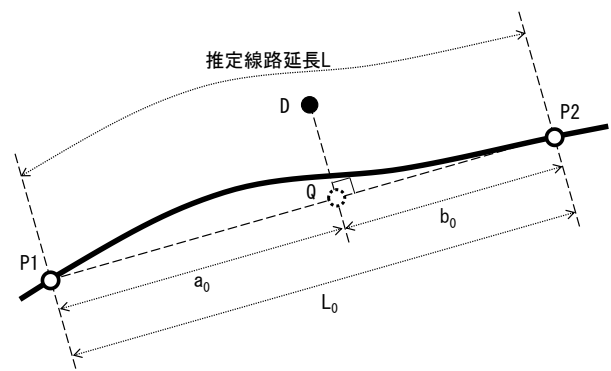


図5 P1, P2に対するDの遠近度合

STEP1: 図4のように、Dとキロポストの緯度経度を活用して、Dから一番近いキロポストと二番目に近いキロポストを特定する。ここで特定された2つのキロポストの内、起点方のキロポストをP1、終点方のキロポストをP2とする。

STEP2: 図5のように、P1とP2を結ぶ線分を求め、この線分の長さ(P1,P2間の直線距離)を L_0 とする。また、この線分に対してDから下ろした垂線との交点Qを求め、P1とQとの距離 a_0 、P2とQとの距離 b_0 を求める。そして、 L_0 に対する a_0 の比率「 a_0/L_0 」を、P1に対するDの遠近度合とし、 L_0 に対する b_0 の比率「 b_0/L_0 」を、P2に対するDの遠近度合とする。

STEP3: P1、P2間の推定線路延長 L ($\neq L_0$)を算出する。この時、P1、P2間に重キロまたは断キロが存在するかによって、以下のように L の算出方法を定式化できる。

(i) 重キロおよび断キロが存在しない場合
$$L = \Delta S = M2 - M1 \dots \dots \dots (1)$$

$M1$: P1のキロ程, $M2$: P2のキロ程,
 ΔS : P1とP2のキロ程の差

(ii) 重キロが存在する場合
$$L = (Mc - Mw) + \Delta S \dots \dots \dots (2)$$

Mw : 記号Wが付与されたキロ程,
 Mc : 記号Wと組となる記号Cが付与されたキロ程

(iii) 断キロが存在する場合
$$L = \Delta S - (Mb - Mc) \dots \dots \dots (3)$$

Mb : 記号Bが付与されたキロ程,
 Mc : 記号Bと組となる記号Cが付与されたキロ程

STEP4: P1、P2間のKDT表を作成する。表1に、KDT表作成例を示す。

STEP5: 表1のように作成したサンプリング点の中から、遠近度合「 a_0/L_0 」に該当するサンプリング点を、
$$N \times (a_0/L_0) \dots \dots \dots (4)$$

N : P1、P2間のデータサンプル数

によって算定する。そして算定されたサンプリング点(デ

表1 KDT表の作成例

(i) 重キロ断キロがない場合		(ii) 重キロがある場合		(iii) 断キロがある場合	
		※キロポストに5mの重キロ		※キロポストに5mの断キロ	
データ番号	キロ程	データ番号	キロ程	データ番号	キロ程
0	OK000M	0	OK000M	0	OK000M
1	OK001M	1	OK001M	1	OK001M
2	OK002M	2	OK002M	2	OK002M
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
90	OK090M	95	OK095M	85	OK085M
91	OK091M	96	OK096M	86	OK086M
92	OK092M	97	OK097M	87	OK087M
93	OK093M	98	OK098M	88	OK088M
94	OK094M	99	OK099M	89	OK089M
95	OK095M	100	W OK100M	90	OK090M
96	OK096M	101	W OK101M	91	OK091M
97	OK097M	102	W OK102M	92	OK092M
98	OK098M	103	W OK103M	93	OK093M
99	OK099M	104	W OK104M	94	OK094M
100	OK100M	105	B OK100M	95	B OK100M
101	OK101M	106	OK101M	96	OK101M

ータ番号)に対応するキロ程を、Dのキロ程とする。

3.2 キロ程付与精度の試算

(1) 緯度経度を既知とする間隔によるキロ程付与精度

3.1節のキロ程付与方法を用いたキロ程付与の精度を試算した。まず、1kmポストの緯度経度が既知の場合を想定する。図6に、1km区間の全延長を半径1000mの円曲線と仮定して、円弧上の点Dを少しずつずらしながら、円弧上の点Dのキロ程①と点Dから弦へ引いた垂線との交点の按分キロ程②との差異を示す。同図より、最も大きい箇所では8.2m程度の差異が生じていることがわかる。

ここで、レール傷台帳のように管理単位として0.1mが用いられることもある。このような場合にも対応できるように、キロ程付与精度をさらに向上させるため、100mポストの緯度経度を用いた場合のキロ程付与精度を試算した。

図7は、100mポストの緯度経度が既知の場合の、半径1000mの円曲線におけるキロ程付与例である。同図に示すように、最も大きい箇所でも0.008mというわずかな差異となっている。このように、既知とするキロ程間隔を小さくすることで、キロ程付与精度を向上させることができる。

(2) 曲線半径によるキロ程付与精度

100mポストの緯度経度を既知として、曲線半径が小さい時のキロ程付与精度を試算した。表2は、100m中で最も差異が大きくなる21m地点における曲線半径別のキロ程付与精度の試算結果である。同表より、半径290m以上であれば、0.1m以内の誤差の範囲でキロ程付与できることがわかる。

一方、半径280m以下では差異が0.1mよりも大きくなっている。このような

表2 曲線半径別の
キロ程付与精度

曲線半径 [m]	①のキロ 程[m]	②のキロ 程[m]	①と②の 差異[m]
1000	21	20.992	0.008
500	21	20.968	0.032
400	21	20.950	0.050
300	21	20.911	0.089
290	21	20.904	0.096
280	21	20.897	0.103
200	21	20.798	0.202
160	21	20.684	0.316

①のキロ程 [m]	②のキロ程 [m]	①と②の差異 [m]
100	93.870	6.130
190	181.850	8.150
200	191.798	8.202
210	201.776	8.224
220	211.785	8.215
300	292.805	7.195
400	395.882	4.118
500	500.000	0.000
600	604.118	-4.118
700	707.195	-7.195
800	808.202	-8.202
900	906.130	-6.130

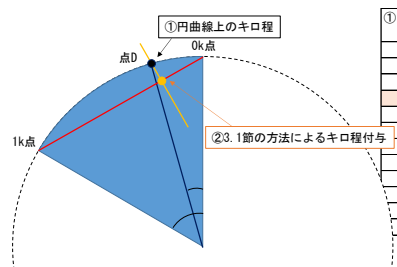


図6 1kmポストの緯度経度利用で
半径1000mの場合のキロ程付与の精度

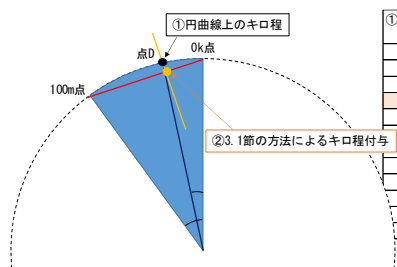


図7 100mポストの緯度経度利用で

①のキロ程 [m]	②のキロ程 [m]	①と②の差異 [m]
10	9.994	0.00600
19	18.992	0.00795
20	19.992	0.00800
21	20.992	0.00802
22	21.992	0.00801
30	29.993	0.00700
40	39.996	0.00400
50	50.000	0.00000
60	60.004	-0.00400
70	70.007	-0.00700
80	80.008	-0.00800
90	90.006	-0.00600

急曲線で 0.1m 以内のキロ程付与精度を確保する場合、100m ポストよりも短い間隔で緯度経度を取得しておく必要がある。ここでは、普通鉄道における最小曲線半径 160m を想定して、50m 間隔の緯度経度を既知とした場合のキロ程付与精度を試算した。図 8 に試算結果を示す。同図より、最大でも約 0.04m の差異となっており、0.1m 以内の誤差の範囲に抑えられることがわかる。

以上のように、曲線半径や必要となるキロ程付与精度に応じて一定間隔の緯度経度情報を準備しておき、本キロ程付与方法を適用することで、実用的な誤差の範囲で、緯度経度を活用したキロ程付与が可能となる。

4. 一元管理システムへのキロ程付与方法の適用検討

3 章に示したキロ程付与方法について、一元管理システムへの適用を検討した。図 9 に、現在開発を進めている一元管理システムのプロトタイプを示す。図のように、複数分野の検査データとともに検査帳票を同時に閲覧でき、さらに不良箇所の検査写真も同時に閲覧できる等、多様なデータを俯瞰的に確認することができる。

図 10 に、一元管理システムにおける位置情報統一化のイメージを示す。図中の、「キロ程⇄緯度経度対照マスタ」

表 3 キロ程⇄緯度経度
対照表例

キロ程	緯度	経度
0k400m	35.70133	139.44
0k401m	35.70134	139.44
0k402m	35.70135	139.44
0k403m	35.70136	139.44

表 4 距離標の緯度経度
リスト例

キロ程	緯度	経度
1k000m	35.9970	139.4370
1k100m	35.9975	139.4372
1k200m	35.9979	139.4375
1k300m	35.9982	139.4340

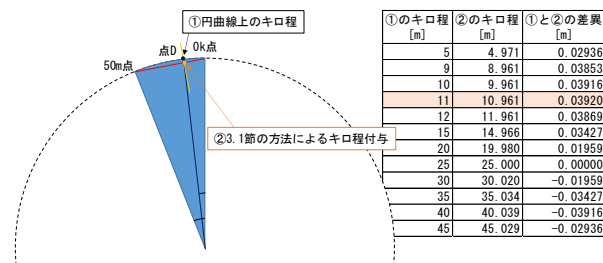


図 8 50m 間隔の緯度経度利用で
半径 160m の場合のキロ程付与の精度



図 9 一元管理システムの画面例

により、各データの位置情報を統一化して、一元管理を実現している。現状のプロトタイプでは、キロ程⇄緯度経度対照マスタとして、表 3 のように詳細なキロ程単位での対照表を予め準備しておくことでキロ程と緯度経度を対照させている。これはプロトタイプとしての仮の機能であり、システム実用化に向けてキロ程と緯度経度の対照の自動化を検討している。

そこで、本稿のキロ程付与方法の適用を検討する。図 11 は、本方法適用によるキロ程付与の自動化のイメージである。表 4 のような距離標の緯度経度リストを一度作成するだけで、緯度経度を持つデータに対して、実用的な誤差の範囲のキロ程を自動的に付与できる。これにより、多様なデータの一元管理を効率的に実施できるようになると考えられる。

図 11 キロ程付与の自動化のイメージ

5. おわりに

本稿では、緯度経度を活用してキロ程を付与する方法を検討した。本方法により、緯度経度を持つデータに対して、実用的な誤差の範囲でキロ程付与が可能となる。

本方法を、現在開発中の一元管理システムへ適用することで、鉄道設備に関する多様なデータの位置情報を統一して一元管理でき、鉄道設備全体としてのメンテナンスを効率化できると考えられる。今後、一元管理システムの開発を継続して進め、鉄道設備管理の更なる効率化に寄与することを目指す。

参 考 文 献

- 1) 吉田尚史, 田中博文, 三和雅史: 鉄道施設の各種検査データ一元管理システムの試作と詳細な位置情報統一化法の検討, 第 75 回土木学会全国大会, 2020.
- 2) 吉田尚史, 田中博文, 西本正人: 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, p.23~25, 2020.
- 3) 吉村彰芳・吉田康夫・細川岳洋・菊池勝浩: 「軌道保守管理データベースシステム: マイクロ LABOCS-II+ の開発」, 鉄道総研報告, Vol.6, No.11, p.69~78, 1992.

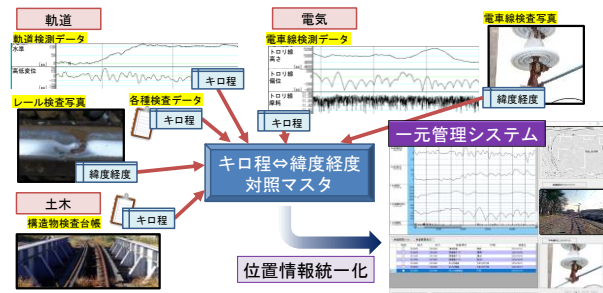


図 10 一元管理システムにおける位置情報統一化