

サポートベクトルマシンを用いた軌道検査・土木検査の相関性検証

東京地下鉄(株)	正会員○岩本佑太	東京地下鉄(株)	正会員 亀井啓太
東京地下鉄(株)	正会員 劔持尚樹	東京地下鉄(株)	正会員 小川大貴
東京地下鉄(株)	非会員 畠山恭輔	産業能率大学	非会員 福中公輔

1. はじめに

東京地下鉄株式会社（以下、「東京メトロ」という。）では、全9路線、営業キロ195.1キロ、1日に約724万人のお客様にご利用いただいている。最も古い路線は開業後90年が経過しており、将来にわたりお客様に安全にご利用いただけるよう日々のメンテナンスを確実に行っていくことが重要である。

東京メトロでは、構造物を維持管理していく上で、線路などの軌道（保線）分野、トンネルなどの土木分野のそれぞれの面から検査項目等を定め、保守を行っている。現状、法令で定められている軌道検査（写真1）は1年毎、土木検査である通常全般検査は2年毎、特別全般検査（写真2）は20年毎に行っている。各々の検査は対象こそ異なるが、同じ区間を検査している。そこで、それぞれの検査を相互に補完することで、安全性の向上を図ることができるのではないかと考え、特に列車運行に重大な影響を与える可能性が有る土木検査におけるコンクリートのはく離・浮きを軌道の検査結果から予測することを目的とし、パターン認識モデルの1つであるサポートベクトルマシンを用いて統計的な分析を行った。

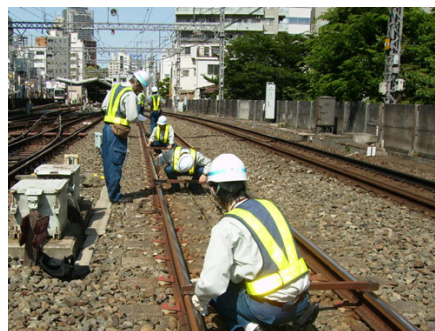


写真1 軌道検査の様子



写真2 特別全般検査の様子

2. 分析方法

本研究では、東京メトロ東西線中野駅～南砂町駅間のトンネル部を対象とした。平成27年度に実施した特別全般検査により得られたはく離・浮きを目的変数とし、平成27年度に実施した一般軌道変位検査結果、まくらぎ等部材検査結果、電食詳細検査結果を説明変数とし、軌道検査結果からはく離・浮き箇所を推定した。なお、一般軌道変位検査が5m毎に測定されているため、その他の検査結果に関しては、

表1 使用変数

検査名	変数	判定方法	対象
一般軌道変位検査	説明変数	基準値	軌間、水準、通り、高低、平面性の設計値に対するずれ
電食詳細検査	説明変数	目視 腐食量	電食によるレールの損傷等（個数・種類）
まくらぎ等部材検査	説明変数	目視 損傷度合	まくらぎに関連する部材のき損等（個数・種類）
特別全般検査	目的変数	近接目視 打音	土木構造物の入念な検査（判定・打音判定）

		実際の結果	
		無	有
予測結果	無	① (正解)	③ (ミス)
	有	② (誤警報)	④ (正解)

図1 信号検出理論

キーワード 地下鉄トンネル、維持管理、サポートベクトルマシン、信号検出理論

連絡先〒110-8614 台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄株式会社 工務部軌道課・土木課 03-3837-7230

当該5m区間に変状が「有」または「無」の二値にデータを変換し、データセットを作成した。表1に使用変数、表2に使用データ(抜粋)を示す。また、分析手法はサポートベクトルマシンを用い、信

表2 使用データ(抜粋)

キロ程	軌間 狂い	水準 狂い	通り 左狂い	通り 右狂い	高低 左狂い	高低 右狂い	平面性	はく離・ 浮き	電食詳 細検査	まくらぎ 部材検 査
1380	0.1	0.9	-0.7	0.1	1.4	2.4	-0.7	有	無	無
1385	1.6	3	-0.1	-1.4	-2	-2.1	0.5	無	無	無
1390	0.3	2	-1.3	-0.6	-1.3	-0.2	-1	無	無	有
1395	1	4.9	0.3	0.1	0.4	-1.5	-1.3	無	無	無
1400	0.8	1.1	0.9	0.3	-1.9	-1	-1.3	有	有	無
1405	-0.5	2.9	-4.6	-2.8	1.1	0.9	-2.3	無	無	無

号検出理論(図1)に従い分析結果の評価を行った。評価基準は、Ⅰ：予測モデルの妥当性を検証するためにモデル精度(図1における①+④)/全体)の観点から評価を行った。また、業務として活用することができるかを検証するために、Ⅱ：実際の結果と比べどの程度モデルから検出できるかを表す検出率(図1における④/(③+④))、Ⅲ：モデルで予測した結果がどの程度適合しているかを表す適合率(図1における④/(②+④))の観点から評価を行った。

3. 解析結果・考察

全データのうち8割(2732件)を学習用データ、2割(683件)を検証用データとし、学習用データで構築したルールを検証用のデータに適用し一致率を確認した。信号検出理論に基づく予測結果を図2に示す。結果は、モデル精度64.8%、検出率25.3%、適合率30.7%となった。モデル精度はある程度の結果が得られたが、業務への実用化には適用が難しい結果となった。改善点としては、①手法・データのチューニングが充分されていなかった可能性が有り、チューニン

		実際の結果	
		無	有
予測結果	無	①397 (正解)	③136 (ミス)
	有	②104 (誤警報)	④46 (正解)

図2 解析結果

グを最適化すること、②トンネルの構造(開削トンネルまたはシールドトンネル)、竣工年、曲率半径、軌道敷設材質(バラスト道床またはコンクリート道床)など諸元データを追加し、双方に関連するデータを与えることの2点を改良することで精度の向上を図ることができるのではないかと考えている。

4. まとめ

確実かつ効率的な維持管理の実現や更なる安全性の向上を目指して、蓄積された軌道構造物の検査結果と、土木構造物の検査結果を、サポートベクトルマシンを用いて統計処理し、軌道構造物の検査結果から土木構造物のコンクリートのはく離・浮きの因果関係を分析した。その結果、用いたモデル精度はある程度の結果が得られた一方、検出率・適合率の観点から実用化に向けては課題を残した。ただし、本研究では東西線一路線のトンネル区間を対象としたため、今後、得られた結果を実際の運用に落とし込むためには、サンプル数を増やし、分析結果の深度化を図りたい。また、構造諸元など、軌道・土木双方に共通する指標を追加することで、精度の向上を目標に分析を行っていく。

参考文献

- 1) C. Cortes and V. Vapnik, Support-Vector Networks, Machine Learning, 20(3):273-297, September 1995
- 2) Vladimir N. Vapnik. The Nature of Statistical Learning Theory. Springer, New York, 1995