

点検等現場業務の効率化に向けた「現場情報の活用方法」の検討

東京大学大学院情報学環（正会員）○門間正挙，石川雄章

1. はじめに

社会資本の管理者は、橋梁、トンネル等の保有施設の変状（損傷）等を詳細に把握するために定期的に行う点検や検査（以下、「定期点検」という）を実施している。社会インフラの高齢化が進む一方、点検を実施する現場技術者の減少が想定されることから、点検作業の効率化と安全性の確保を両立する現場の支援方策が求められている。

本研究では、これまでの研究¹⁾²⁾から整理した「点検等現場業務の将来像」の実現に向けた課題に対応するため、定期点検で取得している点検データなどの現場情報を対象に、データマイニング手法を用いて定期点検の対象施設に関する新たな知見，規則性を見出し、「点検等現場業務の効率化」に向けた改善提案を行うことを検討した。

2. 検討方法

本研究は、東京大学大学院情報学環の「情報技術によるインフラ高度化」社会連携講座³⁾における講座研究として、首都高速道路(株)、東京地下鉄(株)、東日本旅客鉄道(株)、日本電信電話(株)（以下、「インフラ企業」）、及び(株)日立製作所、アビームコンサルティング(株)の6社と東京大学が2012年4月から2013年3月にかけて共同して行った。

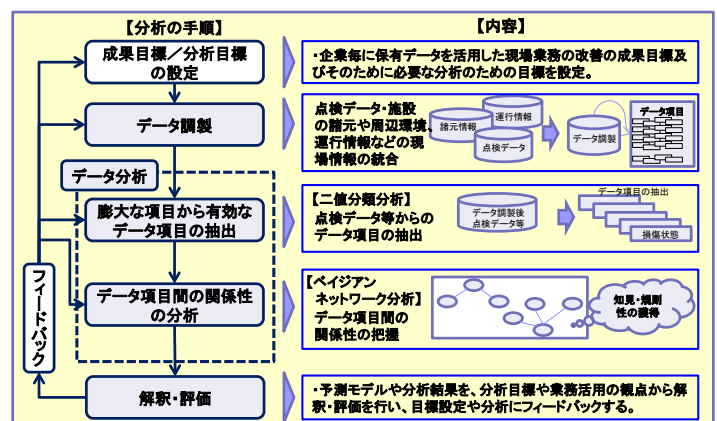
検討方法は、1)データ分析の手順を整理した上で、2)分析結果の考察と解釈及び評価を行い、3)現場業務における分析結果の活用の可能性を整理した。検討にあたっては、東京大学にインフラ企業から点検データなどの提供をいただき、東京大学がデータ分析を行い、インフラ企業への調査・ヒアリング等を実施した上で整理・分析を行い、7者が参加する検討会（1回/月）で研究を進めた。

3. 分析手順の整理

本研究の対象となる定期点検の点検データは、点検結果の記録が目的であり、分析に有効と思われるデータは別のデータベースに蓄積されている場合もある。そのため、点検データに施設の諸元や周辺環境、交通量や運行状況などの施設の運営情報を結合し、分析に適したデータ（以下、「点検データ等」という）に処理した（本研究では「データの調製」と定義）（表1）。その上で、点検データ等の中のデータ項目が施設の損傷などの点検結果に影響しているのかを見つけ出すことを、データマイニングの第一段階とした。これを要因の抽出と定義し、本研究では二値分類分析モデルを用いて抽出を実施した。次に、点検結果に影響しているデータ項目間同士の関係性の分析を行った。関係性を分析することでデータ項目間の依存関係を把握し、点検データ等から、施設の損傷有無の発生条件の推定を行うなどの新たな知見や規則性の獲得を目指した。データマイニングによる分析結果は、分析目標や現場業務での活用の観点から解釈・評価を行った。解釈・評価により得られた知見を、成果目標や分析目標の設定やデータの調製、データ分析の各手順にフィードバックし、現場業務の効率化に向けた改善提案の具体化につなげることが可能となった（図1）。

【表 1 分析対象の点検データ等の内容】

企業	データの内容	データ調製後	
		データ数	項目数
A	施設の点検データ	約14万件	23項目
B	構造物(橋梁)の検査データ	約30万件	32項目
	建設年データ		
	運行情報データ		
C	構造物(橋梁)の点検データ	約1.5万件	17項目
	構造物(橋梁)の諸元データ		
	交通量データ/気象データ		



【図 1 本研究におけるデータ分析の手順と内容】

4. 分析結果の考察と解釈及び評価

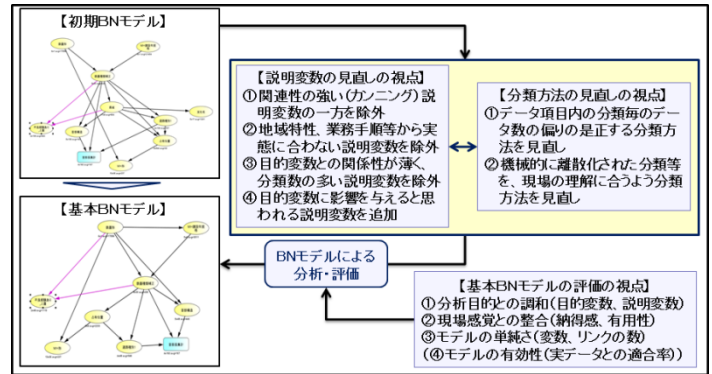
(1) 要因の抽出（二値分類分析）

点検データ等から、定期点検における保有施設の状態を示す損傷評価ランクなどを目的変数として二値化（例キーワード 社会資本，維持管理，点検データ，検査データ，データマイニング，ベイジアンネットワーク
連絡先 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院情報学環 TEL03-5841-1070

例えば、損傷評価ランクがAかそれ以外の2つに分類)した上で、データマイニングツールによりモデル化し、目的変数に影響を与えている点検データ等の項目を貢献度として数値化して抽出した。インフラ企業によって点検データ等の構成が異なるが、「地域」や「損傷状態」を示すデータ項目が目的変数への貢献度が高いデータ項目として抽出された。貢献度があるデータ項目は、点検データ等のうち、1/3から4/5のデータ項目であった。

(2) 関係性の分析(ベイジアンネットワーク分析)

ベイジアンネットワーク(BN)は、データ間の定性的関係をグラフ構造、定量的関係を確率で表した確率モデルである。グラフ構造は推定されたデータ間の関係を視覚的に理解するのに適しており、確率を用いる点是不確実性を含む事象を扱うのに有効である。本研究では、ソフトウェア”BayoNet”⁴⁾を用いてグラフ構造の決定や確率推論の実施などの分析を行った。グラフ構造の決定にあたっては、a)二値分類分析で抽出されたデータ項目(説明変数)のままグラフ構造を設定したモデル、b)業務実態に合わない説明変数を除外するなどした説明変数見直しモデル、c)説明変数内の分類(記録内容)を集約するなどした分類方法見直しモデル、の3つのモデルを作成し、分析と評価を通じた比較により検討の基本となるモデル(基本BNモデル)を設定した(図2)。あるインフラ企業の分析では、b)においては、二値分類分析で「地域」が抽出されていたが、全国で実施した点検結果からの地域性以外の損傷要因を把握するため、「地域」を表す説明変数を除外し、c)では、施設の長さを示す数値について、構造的な特徴を示すように分類に集約した。このような比較の結果、説明変数内の分類方法を見直したモデルの評価が高かったため、これを基本BNモデルとした。基本BNモデルの分析結果から目的変数への影響が大きい説明変数が明らかになったことにより、「損傷等の現象を精緻に表現することは困難だが、データ間の関連性の傾向を素早く把握するために有効であり、現場業務での有効活用の可能性がある」ことが示唆された。

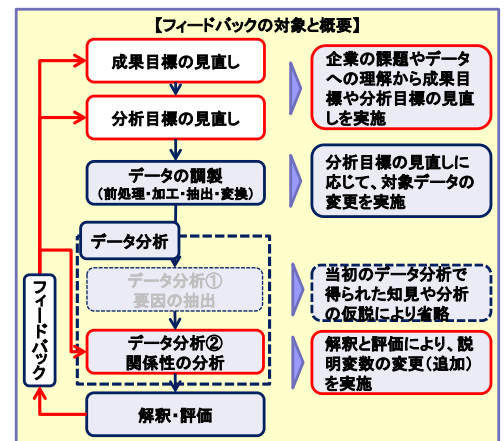


【図2 基本BNモデルの設定手順】

企業の分析では、b)においては、二値分類分析で「地域」が抽出されていたが、全国で実施した点検結果からの地域性以外の損傷要因を把握するため、「地域」を表す説明変数を除外し、c)では、施設の長さを示す数値について、構造的な特徴を示すように分類に集約した。このような比較の結果、説明変数内の分類方法を見直したモデルの評価が高かったため、これを基本BNモデルとした。基本BNモデルの分析結果から目的変数への影響が大きい説明変数が明らかになったことにより、「損傷等の現象を精緻に表現することは困難だが、データ間の関連性の傾向を素早く把握するために有効であり、現場業務での有効活用の可能性がある」ことが示唆された。

(3) 考察と解釈及び評価

基本BNモデルのモデル構造だけでは、説明変数内のどの分類が「損傷の有無」や「損傷評価ランク」の予測などに影響を与えているかが不明であったため、説明変数を選択の上で基本BNモデルの確率推論結果による出現確率を整理し、検証用データ等による検証結果による正解率(損傷有予測施設数/原データでの不良施設数)などから、評価を行った。この解釈と評価により、当初設定した分析目標及び対象施設の点検データ等の内容や、分析結果に対する理解が深まった。また、分析の実施と意見交換を通じて、「企業内の課題」などの実態を確認するとともに、データ分析結果から業務で活用可能な「成果目標」の見直しや分析対象施設の絞り込みなどの意見・情報をデータ分析の手順にフィードバックさせ(図3)、分析結果の現場業務への活用方法を具体的に検討した。



【図3 フィードバックの対象と概要】

5. おわりに

本研究を通じて、記録・蓄積が主眼であった点検データ等について、データ分析手順に沿ったデータ分析を行うことで、現場業務の効率化に向けた改善に寄与する成果をあげることができた。具体的には、「分析で劣化の可能性の高い条件を抽出し、対象施設を優先的に点検するルール」の提案や「企業の点検マニュアルでの着目個所に分析により発生確率を追記することで、点検を実施する現場技術者の理解を支援」する可能性を提示することができた。

今後は、本研究での知見を活かし、インフラ企業における現場情報の分析結果を通じて、点検データ等の現場情報を活用した現場層とマネジメント層・経営層とを繋ぐインフラ管理指標の検討及び提案を行う予定である。

参考文献 1) 石川雄章, 市川暢之, 二宮利江: 情報技術活用による現場作業の支援方策の体系化, 第66回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2011. 2) 石川雄章, 市川暢之, 田中克直, 二宮利江: 点検業務に関するセンシング情報の活用, 第67回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2012. 3) <http://www.advanced-infra.org/> 4) 繁樹 算男, 本村 陽一, 植野 真臣: ベイジアンネットワーク概説, 培風館, 2006.