

# インフラ利用者等の意見データを用いた ロジックモデルの検証に関する実証的研究

岡元 貴弘<sup>1</sup>・松島 格也<sup>2</sup>・山下 欣也<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 非会員 京都大学大学院 工学研究科都市社会工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)  
E-mail: okamoto.takahiro.25u@st.kyoto-u.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 京都大学大学院 工学研究科都市社会工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)  
E-mail: matsushima.kakuya.7u@kyoto-u.ac.jp

<sup>3</sup> 法人正会員 阪神高速技術株式会社 品質安全管理室 (〒550-0005 大阪市西区西本町 1-4-1)  
E-mail: kinaya-yamashita@hex-eng.co.jp

アセットマネジメントの実践においては、ロジックモデルにおけるアウトカム指標が達成されているかどうかを定量的に確認し、必要に応じて施策を修正するプロセスが重要である。本研究では高速道路利用者の記述式の顧客満足度調査を用いてアウトカムの定量的評価な指標を提案し、当該指標の時系列変化からマネジメント施策の効果を分析する。分析を通じて、マネジメント施策が利用者の反応に有意な変化をもたらすことを示し、ロジックモデルのアウトカム指標の変化量によって導入効果を定量的に把握することを目指す。

**キーワード**: アセットマネジメント, ロジックモデル, 自然言語処理, 変化点検知

## 1. はじめに

我が国では、全体としての社会資本の高齢化が進みつつあり、これから数十年後に、社会資本の維持、管理、更新費用が急激に増加することが予想される。この社会課題を踏まえて、我が国でもアセットマネジメントに関する取り組みが普及しつつある。

社会資本を運営する管理者は、アセットマネジメントを通して、保有する社会資本を良好な状態に維持管理し、効果的、効率的に運営し、その価値を増大すべく運用することが期待される。アセットマネジメントは顧客にとっての「成果」に着目しており、社会資本を有効に運用管理することにより、もたらされる成果を最大化するために行うマネジメントととらえることができる。

このマネジメントシステムは、施設資産に人員や資金等を投資し管理を行い、施設資産の維持、向上を継続的に計ることを目標とする。その方法は、組織全体で整合性のなされた意思決定がなされるように、データに基づき、成果を測定し、改善するものでなければならない。その評価指標は、利用者等のニーズに基づく「資産価値」であるべきである。なぜなら、社会資本は利用者ニーズを反映した運営が求められるので、利用者ニーズは意思決定プロセスに反映されなければならないからである。

このように客観性や実用性を重視した目標管理の仕組みが求められている。

本研究では、構造物の老朽化の進行の課題に直面している都市高速道路に着目し、阪神高速道路を例として維持管理マネジメント手法について検討する。阪神高速道路のマネジメントに関しては、既に、坂井ら<sup>1)</sup>が、企業における内部統制論とリスクマネジメントに着目し、阪神高速維持管理ロジックモデル(Hanshin Expressway Logic Model: 以下、HELMという)を用いた戦略的な維持管理のための方法論を提案している。HELMについては、維持管理業務のうち、ライフサイクルコスト(以下、LCCという)等による工学的評価が困難な「清掃」、 「保守点検」業務を対象とするとともに、土木施設の本体構造物の補修を含む総合的な内容となっており、各々の活動の実施が期待する成果へ至る過程を把握し、定量的な指標、管理水準を設定することで、個々の業績達成度を評価し、最適な規模(頻度、体制)を提示するツールとして提案されている。

しかし、HELMでは、利用者ニーズを反映した目標管理の在り方に関する議論が不足している。維持管理業務(インプット)の結果、阪神高速道路に対する利用者からの評価を定量的に計るアウトプット指標が未整備である。以上の問題意識の下、本研究では、時系列で登録さ

れた高速道路利用者の記述式意見データを与件情報とし、高速道路の維持管理者が行う維持管理業務に関する、利用者からの評価を検出する手法を提案する。

## 2. 本研究の基本的な考え方

### (1) 維持管理体系構築の必要性

有料道路事業者は利用者から通行料金を徴収し、その対価として高速道路サービスを提供していることから、道路利用者やその他ステークホルダーに対する説明責任を向上させるために、策定した維持修繕計画が検証可能である必要がある。維持修繕計画を検証可能にするためには、維持修繕計画の策定ルールをあらかじめ決めておく必要があり、一方で、検証される維持修繕計画が適切と判断されるためには、策定ルールが客観的な根拠に基づいている必要がある。

一般的に、道路のサービス水準と維持修繕費には相関関係にあり、維持修繕費を多く費やすとサービス水準が向上し、維持修繕を抑制するとサービス水準は低下する。しかし、維持修繕費を増加させると限りなくサービス水準が向上する訳ではなく、過度の維持修繕は交通規制による損失が発生し、逆にサービス水準が低下する。よって、維持修繕には最適な水準が存在すると考えられる。つまり、維持修繕体系を構築するにあたり、「最大のサービスを最小コストで実現すること」、つまり「費用対効果の最大化」が最終目的となる。

費用対効果の最大化を実現するために、必要な事項と手順を以下に示す。

- 1) 構造物の状態（アウトプット）を正確に把握すること
- 2) 構造物の状態に対するサービス水準（アウトカム）を正確に把握すること
- 3) 構造物の状態を正確に予測すること
- 4) 予測結果と現状（アウトプット、アウトカム）から適切な維持修繕計画を立案すること
- 5) 維持修繕計画にしたがって施策を適切に実施すること
- 6) 施策の実施効果（アウトプット、アウトカム）を正確に把握すること

構造物の状態とサービス水準が正確に把握でき、どれらの将来の推移を正確に予測できれば、正しい情報によって意思決定を行うことができる。正しい情報に基づいて適切な意思決定ができれば、最適な維持修繕計画を立案できる。さらに、計画に従って施策を適切に実施した後、構造物の状態とサービス水準が正確に把握できれば、施策の効果や妥当性を検証することができる。現実的には、上記の1)～6)の完全実施は難しいが、より効率

的な維持修繕を行うには、可能な限り上記の理想を目指すことが望ましいと考えられる。

### (2) 利用者満足度向上の必要性

維持修繕の判断に客観性を持たせて説明責任を果たすためには、構造物の状態を適切な方法で予測し、コストが最小となる対策時期やいつどの程度の予算が必要となるのかを事前につ博しておく必要がある。そのため、LCC が最小となる最適な対策時期と予算制約を考慮した場合の構造物の状態と費用の推移を自動的に予測計算するシステムとしてブリッジマネジメントシステム（以下、BMS という）を構築し、将来的な道路の機能水準、必要予算額、補修の優先順位等を算出し、維持管理計画を策定するうえでの支援システムとして開発する流れがある。これによって、効率的な維持修繕費の配分が可能となり、より適切な維持修繕計画を立案するとともに、立案根拠を明確にすることによって、説明責任の向上を果たした（計画的アセットマネジメント）。

BMS によって、計画的な維持修繕計画の立案が可能となるが、BMS は構造物の状態（アウトプット）に着目しており、利用者の利便性は反映していない。今後は、利用者の利便性に関する施策の実施効果を把握するために顧客満足度調査等のアウトカム指標を用いた評価、検証方法の検討を行うとともに、維持修繕費として対策費用を投資したことによる構造物の状態の回復（アウトプット）だけではなく、利用者の利便性向上（アウトカム）の把握を目指す「利用者満足型アセットマネジメント」を行う必要がある。顧客満足度調査等により利用者の利便性を把握することによって、投資効果を直接的に把握することが可能になる。

### (3) 利用者満足型アセットマネジメントのマネジメントサイクル

ここでは坂井らが提案した「利用者満足型アセットマネジメント」の手順と全体像を引用する。まず、計画段階(PLAN)では、BMS<sup>2)</sup>による予測に基づいて投資判断を行い、維持修繕計画を立案する。次に、活動段階(DO)では、維持修繕計画に基づいて予算を設定し、施策（補修、補強）を実施する。続いて、結果段階(CHECK)では、点検と顧客満足度調査によって、それぞれ構造物の状態と利用者のサービス水準を把握することで、施策の実施効果を確認する。さらに、検証段階(ACTION)において、ロジックモデルに基づいて施策の評価、検証を行う。以上の結果を計画段階(PLAN)に反映し、スパイラルアップを図る。ロジックモデルとは、最終的な成果（例えば、道路運営であれば、「顧客満足度の向上」や「道路通行車のリスク軽減」等が想定される）を設定し、それを実現するために、具体的にどのような中間的な成果が必要か、

さらに、その成果を得るためには何を行う必要があるのかを体系的に明示するツールである。すなわち、評価対象となる施策、事業を実施することによって、どのような影響があり、最終的にどのような成果を上げていくのかについて、複数の段階、手順に分けて表現しつつ、それぞれの一連の関連性を整理、図式化することにより、施策や事業の意図を明らかにする。ロジックモデルは主に、結果から評価、検証段階の支援ツールとして位置づけられる<sup>3)</sup>。

坂井ら<sup>4)</sup>は、阪神高速道路株式会社（以下、阪神高速と略す）を例として、都市高速道路の維持管理業務全体をリスク管理目標、手段体系として整理し、維持管理業務において達成すべきリスク管理水準とそれを実施するための維持管理業務の内容をロジックモデルとして表現した。このロジックモデルにおいては、日常の維持管理業務の活動状況、頻度、最終アウトカムを道路利用者が享受する「道路走行に関する安全性」、「構造物に関する信頼性」等とした。ここでは、利用者の立場からみた最終アウトカムに対して、道路管理者の立場からみた事象（中間アウトカム：リスク）を設定した。

#### (4) 本研究の目的

本章をまとめると、有料道路事業者は説明責任を伴った維持修繕を実行するために、構造物の状態とサービス水準が正確に把握して、維持修繕施策の効果や妥当性を検証する必要がある。とりわけ、利用者満足型アセットマネジメントを行うには、顧客満足度調査等により利用者の利便性を把握することによって、施策の実施効果を直接的に把握する必要がある。しかし、坂井らのロジックモデルは、利用者の立場からみた最終アウトカムに対して、道路管理者の立場からみた事象をアウトプット指標として評価に用いている。真に利用者目線で維持修繕施策の効果を検証するには、管理者目線ではなく、利用者目線に立ったアウトプット指標を用いて、利用者の立場からみた最終アウトカムを評価すべきである。そこで、本研究では、時系列で登録された高速道路利用者の記述式意見データを与件情報とし、高速道路の維持管理者が行う維持管理業務に関する、利用者からの評価を検出する手法を提案する。

### 3. 本研究が用いる顧客満足度情報

#### (1) 概説

本章では、本研究で用いる顧客満足度調査を紹介する。阪神高速道路株式会社では、お客様センター、郵送、パーキングエリアに設置されているポスト投函を通じて、利用者、近隣住民から、阪神高速道路に寄せられた意見

を収集している。収集した情報は阪神高速道路グループ各社内において共有されており、グループ会社では共有された情報を実施する事業に有効活用する方法を模索している。この意見集には、阪神高速道路に対して強い関心をもつステークホルダーの声が反映されていると考えられる。したがって、本研究では、この意見集を用いて、阪神高速道路グループが提供するサービス水準に対する利用者の満足度を評価するものとする。なお、本研究では2008年4月から2018年3月に寄せられた意見集を分析対象とする。

#### (2) 意見集の基礎情報

##### a) 意見内容の分類

分析対象期間中に、意見集には27806件の意見が含まれている。阪神高速では意見集を独自に9つの項目に分類分けしている。図-1は、意見集の内容を阪神高速の分類分けに従った場合の項目ごとの件数である。意見集の多くは、料金収受に関するもので占められていることがわかる。本研究の目的に沿った分析を行うために、これ以降、3)交通情報提供、4)道路管理、5)渋滞、6)道路計画建設、7)沿道環境景観に関する意見のみを分析対象とする。また、いくつかの意見は複数の内容が含まれており、その場合は分割を行った。この結果、分析対象となる意見の件数は、5835件となった。

##### b) 意見件数の推移

意見集には各意見が寄せられた日付情報も記録されているので、時系列分析を行うことも可能である。図-2は、1日ごとの意見数の推移である。図から読み取れる通り、1日ごとの意見件数は概ね5件以下であり、0件の日もある。このまま分析を行うと日によって、意見内容にばらつきが生じる。したがって、意見内容を平準化させるために、一定期間近接した意見をまとめた部分時系列を用いて分析を行うことにする。

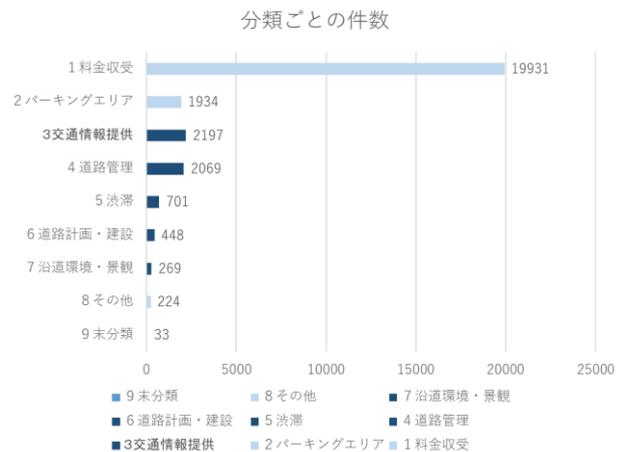


図-1 分類ごとの件数

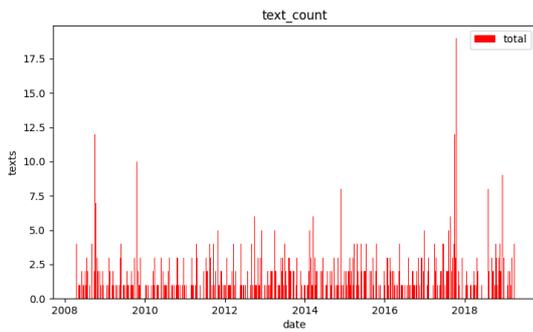


図-2 意見件数の推移

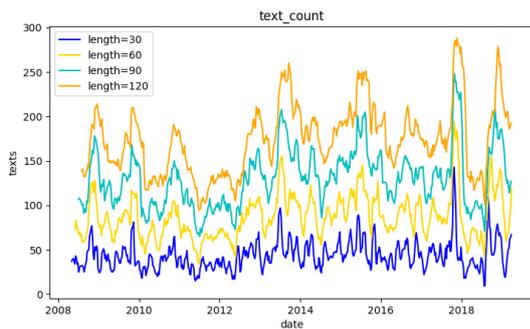


図-3 平滑期間を変動させたときの意見件数の推移

この意見集の長さを $T$  (日), 任意の日付を $t$  おく。今, 日付 $t$ の直近 $M$ 日分に含まれる意見を, 日付 $t$ に寄せられた意見とみなす。この直近 $M$ 日分を, 本研究では平滑期間と呼称する。長さ $M$  (日)の「窓」を1日ずつずらしていくことで, 次々に長さ $M$ の時系列片をつくる。これにより, 元々の長さが $T$  (日)であった意見集は, 長さ $T - M + 1$  (日)の意見集に変換される。さらに, 中長期的なトレンド傾向を捉えやすくするために,  $T - M + 1$  (日)分のうち, 7日ごとに取り出した時系列片の集合を, 部分時系列として本研究では扱う。

図-3は平滑期間を変動させたときの意見集の推移である。図-3より, 平滑期間が長くなるほど, 意見件数の推移の増減傾向が際立つことが読み取れる。意見件数と意見内容に直接の関連はないが, 平滑期間を長くするほど, 意見内容の傾向の抽出も容易になることが予想される。一方で, 平滑期間が長くなるほど, 傾向変化が生じるまでにタイムラグが発生し, オンタイムでの変化検知が難しくなることが予想される。この2点のバランスを鑑みて, 本研究では平滑期間を $M = 90$  (日)とする。

### c) 意見件数の推移とリフレッシュ工事の関連性

阪神高速では, 道路の老朽化対策として, 通行止・車線規制を伴う大規模補修工事を定期的を実施しており, 舗装の打替え, 橋梁の伸縮継手補修, ジョイントの取り

替えなどを行っている。表-1は, 分析対象期間における大規模補修工事履歴である。

図-4は, 平滑期間 $M = 90$ のときの意見件数の推移である。グラフ中の縦線は大規模補修工事が行われたことを表す。縦線の色は, 紫色は神戸線, 水色は湾岸線, 橙色は神戸山手線と新神戸トンネル, 緑色はその他路線を表す。例えば, 2017年10月に行われた湾岸線補修工事や, 2018年11月に行われた堺線, 西大阪線補修工事の前後では意見件数が一時的に多くなっていることがわかる。これは, 工事による渋滞, 騒音や, 迂回経路の案内など, 工事関連の苦情が増えるためである。大規模補修を行うと, 必ずしも意見件数が増加するわけではないが, 大規模補修工事は意見件数が増える1つの要因であることは推察される。

### (3) 注目する単語の選定

本研究では, 道路状態に対する利用者の満足度を意見集から評価するにあたり, 2種類のキーワードに着目する。1つ目は, 「欲しい, 対策, 危険」など要望や不満を連想させる単語である。要望や不満を連想させる単語

表-1 大規模補修工事履歴

| 期間              | 路線         | 期間             | 路線       |
|-----------------|------------|----------------|----------|
| 08/5/29 ~ 6/6   | 3号神戸線      | 14/11/26~12/4  | 12号守口線   |
| 09/5/24 ~ 6/3   | 3号神戸線      | 15/5/26 ~ 6/3  | 3号神戸線    |
| 09/10/18~10/26  | 16号大阪港線    | 15/10/13~10/24 | 5号湾岸線    |
| 10/10/19~10/27  | 14号松原線     | 16/1/25 ~ 2/8  | 31号神戸山手線 |
| 10/11/9 ~ 11/17 | 3号神戸線      | 16/11/1 ~ 11/9 | 3号神戸線    |
| 12/5/29 ~ 6/6   | 3号神戸線      | 17/10/1 ~ 11/1 | 5号湾岸線    |
| 12/11/26 ~ 12/4 | 13号東大阪線    | 18/11/2~11/12  | 15号堺線    |
| 13/11/6 ~ 11/14 | 11号池田線     | 18/11/2~ 11/12 | 17号西大阪線  |
| 14/9/1~14/10/11 | 32号新神戸トンネル |                |          |

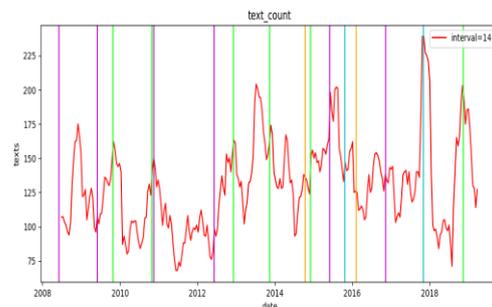


図-4 意見件数の推移

表-2 大規模補修工事履歴

| 要望・不満<br>(語群A) | 意見件数 | 維持管理<br>(語群B) | 意見件数 |
|----------------|------|---------------|------|
| 欲しい            | 785  | 音             | 249  |
| ほしい            | 762  | 路面            | 195  |
| 対策             | 368  | 補修            | 137  |
| お願い            | 364  | 緊急            | 130  |
| 対応             | 242  | 騒音            | 119  |
| 悪い             | 203  | ガラス           | 108  |
| 危険             | 200  | 壁             | 106  |
| 改善             | 200  | 舗装            | 83   |
| 危ない            | 165  | 振動            | 77   |
| 困る             | 147  | ゴミ            | 71   |

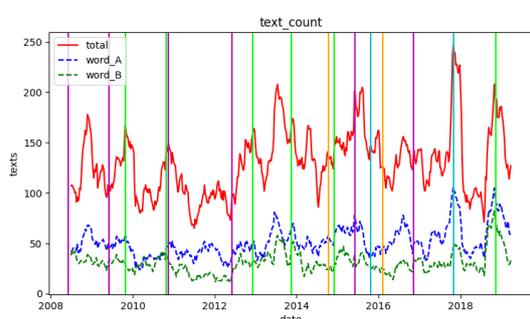


図-5 意見件数の推移

が出現する意見集の内容を把握することで、利用者が阪神高速に対してどのようなことに不満を抱いているのかを把握することができると考えられる。2つ目は「路面、補修、騒音」など道路の維持管理に関する単語である。維持管理に関連した単語が出現する意見集に着目することで、利用者が阪神高速の道路状態に関してどのような感想を抱いているのかを把握することができると考えられる。表-2 は意見集に出現する要望、不満を表す単語と、道路の維持管理に関する単語と出現する意見件数である。紙面の都合上、それぞれ10個のみ記載する。以降では、意見集に出現する要望、不満に関連した単語を語群A、維持管理に関連した単語を語群Bとする。

図-5は、語群Aと語群Bが出現する意見件数の推移である。図の赤線は時系列片に含まれる意見件数であり、図-4と同様である。青線は赤線のうち語群Aを含む意見件数である。緑線は赤線のうち語群Bを含む意見件数である。図-4から語群Aと語群Bを含む意見件数の増減は、それぞれ赤線の意見件数合計と連動していることが読み取れる。

#### (4) サービス水準の評価手法

道路状態に対する利用者の満足度を評価するにあたり、利用者が阪神高速に対して、不満に感じていたり、改善してほしい内容のうち、道路状態に関する内容はどれほど占められているのかを、意見集から定量的に評価することが考えられる。仮に、利用者の不満要因として、道路状態のウエイトが大きいのであれば、阪神高速は道路の維持管理体制を見直すべきであろう。逆に、道路状態のウエイトが小さいのであれば、阪神高速はその経営リソースを他項目の改善にあてるべきであろう。図-6は、意見集のうち、語群Aと語群Bが含まれる意見件数をベン図で示した図である。約半数の意見に語群Aまたは語群Bが含まれており、全体の1割ほどの意見には語群Aと語群Bの両方が含まれていることがわかる。

利用者が道路維持管理に関して、何らかの要望・不満がある場合、要望・不満の意味を表す単語(語群A)と、道路維持管理に関連した単語(語群B)の両方を含んだテキスト数が増加すると考えられる。語群Aと語群Bが同時に出現するテキスト数はどの程度あるのか、定量的な評価指標を時系列的に作成すれば、その指標は道路維持管理に対する利用者からの満足度・信頼度を示すロジックモデルのアウトカム指標になりえる。

図-7は、語群Aと語群Bが同時に出現する意見件数の推移である。黄線は語群Aと語群Bが同時に出現する意見件数である。青線は赤線のうち語群Aを含む意見件数である。緑線は赤線のうち語群Bを含む意見件数である。

このように、同時に出現する回数を粗頻度といい、単語の関連度を評価するうえでの基本指標となるが、その

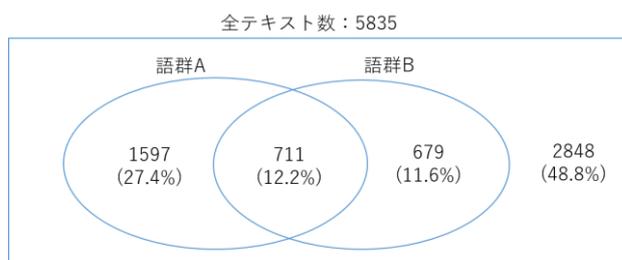


図-6 語群Aと語群Bのベン図

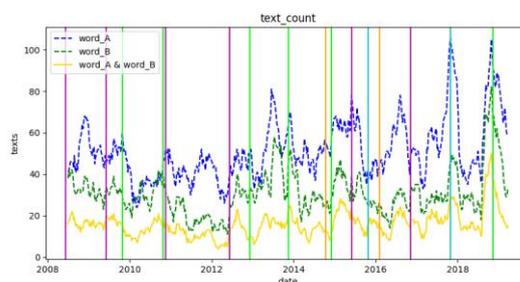


図-7 語群Aと語群Bの同時出現意見件数

精度は必ずしも高いとは言えない。なぜなら、もともと出現頻度が高い単語であれば、粗頻度も自然に多くなるであろうし、逆に出現頻度が低い単語であれば、粗頻度も自然に少なくなるであろう。すなわち、単語の関連度を評価するためには、粗頻度に加えて、それぞれの単語の単独の出現回数や、意見件数の合計など他の情報の加味して評価するべきである<sup>5)</sup>。この考察については今後の課題としたい。

#### 4. おわりに

本論文では、研究背景として、「利用者満足型アセットマネジメント」を実践するために、道路管理者が用いる指標ではなく、顧客満足度調査など利用者の意見を反映した情報から、サービス水準を評価する必要性を論じた。その上で、本研究では、阪神高速道がお客様センター、郵送、パーキングエリアに設置されているポスト投函を通じて収集している利用者意見集に着目して、その基礎情報を紹介した。さらに、本研究では、利用者が阪神高速に対して、不満に感じていたり、改善してほしい内容のうち、道路状態に関する内容はどれほど占められているのかを、意見集を通して時系列的に評価することで、道路状態に関するサービス水準の時系列推移を評価することを試みている。阪神高速では、お客さまの声をグループ内で共有できるようにVOCシステムを構築しており、グループ会社ごとの役割課題や意見をそれぞれで認識し、サービス水準向上に取り組んでいる。本研究を通して、お客様の声を定量的に評価できれば、お客様目線に立ったより良い道路環境の提供につながるものと考えられる。

今後の研究展望としては、要望、不満を表す単語と道路維持管理に関連した単語の関連度を粗頻度よりも精度良く評価する手法を考察する必要がある。また、サービス水準の評価指標を通して道路維持管理に関するインプットの成果を検証するには、指標の時系列的なトレンド変化を検出できることが望ましいと考えられる。トレンドの変化点を検出する手法としては、特異値分解で次元削減を行い、時系列情報の特徴パターンを求め、それに基づき変化度を求める特異スペクトル変換<sup>6)</sup>や、逐次モンテカルロ法を用いた時系列モデルに、二段階学習を適用して、変化点を検出する手法<sup>7)</sup>が想定される。

#### 参考文献

- 1) 坂井康人, 西林素彦, 荒川貴之, 小島大祐, 小林潔司: 高速道路の効果的な維持管理を目的としたロジックモデル (HELM) の検討, 第 62 回土木学会年次学術講演会, 2007.

- 2) 片山大介, 西林素彦, 関上直浩: 阪神高速道路の橋梁マネジメントシステムについて, 第 26 回日本道路会議, 2005
- 3) 坂井康人, 荒川貴之, 井上裕司, 小林潔司: 阪神高速道路橋梁マネジメントシステムの開発, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.17, pp.63-70, 2008
- 4) 坂井康人, 上塚晴彦, 小林潔司: ロジックモデル (HELM) に基づく高速道路維持管理業務のリスク適正化, 建設マネジメント研究論文集, 土木学会, Vol.14, pp.125-134, 2007
- 5) 石川慎一郎: 言語コーパスからのコロケーション検出の手法, 統計数理研究所レポート, 190, 1-28, 2006
- 6) 井出剛, 杉山将: 異常検知と変化検知, pp.116-122, 講談社
- 7) 貝戸清之, 数実浩佑: 統計的変化点検出に基づく社会基盤施設の早期異常検知, REAJ 誌 Vol.37, No. 3 (通巻 223 号), 2015