

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 11 日 現在

機関番号：34416
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2011～2012
課題番号：23710185
研究課題名（和文）機械学習理論を用いた社会的インフラシステムの維持管理評価手法の開発と実用化
研究課題名（英文）Evaluation of Infrastructure Facilities Using Machine Learning
研究代表者 尹 禮分（ YUN YEBOON ） 関西大学・環境都市工学部・准教授 研究者番号：10325326

研究成果の概要（和文）：本研究では社会的インフラシステムの一つである下水道維持管理計画するために、機械学習理論を用いた管渠の定量的・客観的な老朽度および損傷度合いの評価法および下水道管渠の合理的・効率的な点検調査方法の提案を目的として、1年目は下水道管渠を対象とし、維持管理の実態調査結果をもとに管渠の諸元・調査結果と道路陥没との関連性を把握し、管渠の老朽度・損傷度合の評価法について考察を行った。最終年度には老朽度・損傷度合の評価に基づき、点検・調査すべき箇所を選定法を提案し、道路陥没に大きな影響を与えらると思われる重要要因を統計的解析手法や計算知能手法を用いて解析を行った。

研究成果の概要（英文）：In this research, we suggest a method using support vector machines (SVM) to evaluate objectively and effectively sewerage systems. Utilizing the characteristics of SVM, we elicit relevant attributes (factors) to collapse of roads from basic data and inspection for the sewerage systems in which road subsidence has occurred due to damaged sewer pipes. Calculating latent risk degree of each sewerage system, we decide a priority for maintaining preventively, properly and efficiently. Finally, the effectiveness of the proposed method will be investigated through some real inspection data.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：社会システム、維持管理

### 1. 研究開始当初の背景

日本では下水道普及率の上昇に伴い、下水道管渠のストックは膨大な量となっており、その総延長は約 40 万 km に達し、今も増加する状況にある。管渠施設の中には、標準耐用年数 50 年経過管が約 7 千 km、30 年経過管でも約 7 万 km を占め、管路施設の老朽化や損傷などに起因した道路陥没も増加傾向

にある。下水道管の敷設後 30 年を経過した時点で陥没箇所が急増し、2007 年には約 4700 件の道路陥没事故が発生し、道路交通や市民生活に与えている弊害は大きい（図 1）。

下水道施設が供用開始後社会的インフラシステムとしてその機能を適正に発揮するためには、改築修繕・維持管理するための手法が必要となっており、今は社会基盤施設全

般において維持・管理・再生する技術の研究開発が促進されている。しかし施設や設備に対する調査・点検箇所を合理的かつ効率的に選定する方法がなく、しかも社会基盤施設の老朽度や損傷度合を高精度で客観的に判定できる手法もないのが現状である。



〈平成12年 東京都港区高輪〉



〈平成15年 東京都墨田区〉

図1：管路施設に起因した陥没事故  
(出典：国土交通省ホームページ)

## 2. 研究の目的

上記で述べたように、我々の生活に密接に関係している社会基盤施設が所定の機能や役割を果たすためには日常の維持管理が重要になってくる。そのために、定期的に点検が行われ、損傷があればその程度を判断した上で必要な補修対策がとられるのが現状である。しかし、損傷程度の判定は点検技術者の主観に頼る部分があり、評価者が変われば評価そのものが変わってしまう。しかも報告されている損傷状況と、それに対する補修の対応に食い違いが生じる場合があり、点検結果による補修基準が曖昧で

ある。社会的インフラシステムの維持管理による有効利用が求められる昨今にあつて、既存の社会基盤施設の保守事業は急務であるが、これをより効率的に実施するため一層高精度かつ客観性を有した点検評価手法の確立が不可欠である。

そこで、本研究では、社会的インフラシステムの一つである下水道維持管理計画するために、機械学習理論を用いた管渠の定量的・客観的な老朽度および損傷度合いの評価法および下水道管渠の合理的・効率的な点検調査方法の提案を目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、1990年代統計的学習理論に基づき機械学習理論として提案されたサポートベクターマシン（以下 SVM という）を下水道管渠施設の維持管理評価手法に取り組む。

本研究申請者は、多目的最適化の手法を取り入れた SVM に関する基礎研究とその応用について研究しており、これまで種々の SVM モデル（トータル SVM、 $\mu$ -SVM、 $\mu$ - $\nu$ -SVM）を開発した。特に  $\mu$ - $\nu$ -SVM は既存の方法に比べて少ないサポートベクターで精度の高い識別ができ、かつ計算時間も少なくて済むことが示されている。

$\mu$ - $\nu$ -SVM を用いることにより、下水道管渠施設の大量のデータを短時間でかつ精度良く評価できると期待される。また、SVM を用いることで、各管渠施設の老朽度や損傷度合が客観的・定量的に評価でき、さらに抽出されたサポートベクター（重要と思われるデータのこと）の情報を活かすことで、点検・調査すべき（重要度の高い）箇所と、逆に対策の緊急度が低いと思われる箇所を効率的かつ合理的に選定することができると思われる。その結果、従前のような対処療法的維持管理ではなく、限られた財政のなかで適正な維持管理と調査による計画的な改築修繕ができるようになり、その結果、道路陥没などによる交通事故の誘発や補修期間中の交通障害と下水道利用の停止など日常生活に及ぼす不便を軽減することが期待される。本研究で構築した維持管理評価手法は、今回対象になった下水道管渠施設だけではなく、老朽化が進んでいる上水道管渠、橋梁、港湾などのいわゆる社会基盤施設にも適用できると期待する。

具体的にはまず下水道管渠の点検データを基に、統計的学習理論を用いた老朽度・損傷

度合の評価法を提案し、既存の老朽度評価法との比較検証を行う。次に、老朽度・損傷度合の評価に基づき、点検・調査すべき箇所の選定法を提案し、管渠の老朽化や損傷に起因して生じた道路陥没に大きな影響を与えると思われる重要な要因を統計的解析手法や計算知能手法を用いて解析する。最後にケーススタディを実施し、提案手法の有効性及び適用性について検討する。

#### 4. 研究成果

機械学習理論を用いた管渠の定量的・客観的な老朽度および損傷度合の評価法および下水道管渠の合理的・効率的な点検調査方法の提案を目的として、初年度は下水道管渠を対象とし、維持管理の実態調査結果をもとに管渠の諸元・調査結果と道路陥没との関連性を把握し、管渠の老朽度・損傷度合の評価法について考察を行った。最終年度では老朽度・損傷度合の評価に基づき、点検・調査すべき箇所の選定法を提案し、道路陥没に大きな影響を与えると思われる重要要因を、統計的解析手法や計算知能手法を用いて解析を行った。さらに、大阪市下水道局から提供されたデータを用いて、ケーススタディを行い、提案した維持管理評価手法の有効性及び実用性についての検討を行い、これまでの成果をもとに総合的な管渠の維持管理方法を提案できた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 13 件)

- (1) Y.B.Yun, H.Nakayama, Utilizing expected improvement and generalized data envelopment analysis in multi-objective genetic algorithms, *Journal of Global Optimization*, 2013年1月 (accepted), 査読有
- (2) Y.B.Yun, H.Nakayama, M.Yoon, On the use of data envelopment analysis in evaluation of sewerage systems, *Proceedings of The 5th International Conference on Optimization and Control with Applications (OCA2012)*, 199–204 頁, 2012 年 12 月, 査読有
- (3) Y.B.Yun, T.Iida, K.Furukawa, H.Nakayama, Evaluation of sewerage systems using data envelopment analysis, *Proceedings of The 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems/The 13th International Symposium on Advanced Intelligent Systems*, PaperNo. 355, 733–737 頁, 2012 年 11 月, 査読有
- (4) H.Nakayama, Y.B.Yun, Y.Uno, Parameter tuning of large scale support vector machines using ensemble learning with applications to imbalanced data sets, *Proceedings of IEEE Systems, Man, Cybernetics Conference 2012*, PaperNo.1224, 2815–2820 頁, 2012 年 10 月, 査読有
- (5) J.G.Eom, H.S.Seo, Y.B.Yun, M.Yoon, Comparison of customer classification performance using machine learning, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, Vol.14, No.5(B), 2441–2450 頁, 2012 年 10 月, 査読有
- (6) Y.B.Yun, Evaluation of sewerage systems by using data envelopment analysis, *Proceedings of The 7th International Symposium in Science and Technology*, 192–195 頁, 2012 年 8 月, 査読無
- (7) 尹禮分, 中山弘隆, 期待改善量と一般化包絡分析法を用いたパレート最適解の生成法, *システム制御情報学会論文誌*, Vol.25, No.8, 189–195 頁, 2012 年 8 月, 査読有
- (8) D.J.Park, Y.B.Yun, M.Yoon, Prediction of bankruptcy data by machine learning techniques, *Korean Data and Information Science Society*, Vol.23, No.3, 569–577 頁, 2012 年 5 月, 査読有
- (9) 中山弘隆, 尹禮分, 計算知能の逐次近似多目的最適化への応用, *オペレーションズ・リサーチ誌*, Vol.57, No.5, 270–275 頁, 2012 年 5 月, 査読有
- (10) Y.B.Yun, Y.Hisata, T.Nakai, Game theoretical approaches concerning R&D, *Journal of Information and Optimization Sciences*, Vol. 33, No. 1, 115–133 頁, 2012 年 1 月, 査読有
- (11) Y.B.Yun, S.Osako, T.Nakai, Optimal inventory control for deteriorative goods considering delays of deliveries,

Journal of Information and Optimization Sciences, Vol. 33, No. 1, 103-114 頁, 2012 年 1 月, 査読有

- (12) Y.B.Yun, H.Nakayama, M.Yoon, Evolutionary multi-objective optimization using expected improvement and generalized DEA, Proceedings of IEEE Systems, Man, Cybernetics Conference 2011, 663-668 頁, 2011 年 10 月, 査読有
- (13) 尹禮分, メタモデルと多目的最適化手法, システム制御情報学会学会誌, Vol.55, No.9, 367-373 頁, 2011 年 9 月, 査読有

〔学会発表〕(計 3 件)

- (1) 田中聡, 中山弘隆, 尹禮分, 多目的最適化問題における満足化トレードオフ法を用いたロバスト設計, 第 54 回自動制御連合講演会, PaperNo. 2E104, 1164-1165 頁, 2011 年 11 月 19 日, 査読有, 豊橋技術科学大学
- (2) Y.B.Yun, H.Nakayama, Utilizing expected improvement and generalized data envelopment analysis in multi-objective genetic algorithms, The 21st International Conference on Multiple Criteria Decision Making, 2011 年 6 月 13 日-17 日, 査読有, The University of Jyväskylä (Finland)

- (3) 西口純也, 近田智洋, 中山弘隆, 尹禮分, 荒川雅生, 能動学習型最適化を用いたビル空調制御, 第 55 回システム制御情報学会研究発表講演会, PaperNo. T35-3 in CD-ROM, 425-426 頁, 2011 年 5 月 18 日, 査読有, 大阪大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

尹 禮分 ( YUN YEBOON )

関西大学・環境都市工学部・准教授

研究者番号: 10325326