

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 26 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560569

研究課題名(和文)次世代橋梁維持管理のためのクラウドソーシングの創出

研究課題名(英文)Crowdsourcing and Its Application in Bridge Management

研究代表者

河村 圭(KAWAMURA, Kei)

山口大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：70397991

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円、(間接経費) 750,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、Web技術やセキュリティなど情報通信技術を利用して、次世代橋梁維持管理のための「データ・情報・知」を流通させるプロトタイプシステムの構築を行った。さらに、蓄積されたデータ・情報の活用に関する研究として、橋梁点検にて蓄積されたひび割れ撮影画像データの活用を目的とした、デジタル画像から、ひび割れのみを抽出するためのソフトウェア開発の核となる画像処理アルゴリズムに関する知識の抽出手法に関する研究を行った。

研究成果の概要(英文)：In this study, the crowdsourcing prototype system for bridge management was developed by using information and communication technologies. In addition, an identification method of valid image processing parameters range to detect cracks on concrete surface was proposed. The characteristic feature of the proposed method is the combination of genetic algorithm and decision tree learning method. Genetic algorithm is applied to the optimization of image processing parameters and the information collection of solution space. CART(Classification And Regression Tree) is an algorithm used to generate a decision tree. In the process of proposed method, CART is used for classification of valid image processing parameter values. The source data for the classification is a set of search points of genetic algorithm.

研究分野：維持管理工学

科研費の分科・細目：構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：橋梁 維持管理 クラウドソーシング 情報基盤 情報流通 社会基盤 集合知

1. 研究開始当初の背景

我が国は、社会基盤施設を使いこなす保全が主体となる時代を迎えた中で、国民の社会・経済活動を支える道路交通網の持続・発展を支援するツールである橋梁維持管理支援システム(BMS: Bridge Management System)の重要性が広く認識されてきた。工学また経済学的な観点から、点検、診断、計画、データ管理に対する様々な研究が、本研究代表者ら、他の研究者また道路管理機関でなされており、東京都や青森県など先進的な自治体では、BMSの開発・運用を行っている。しかし、BMSの発展において、その出力結果となる維持管理シナリオなどの信頼性の向上という大きな問題点が存在したままであり、継続的なデータ・情報・知の蓄積が必須となっている。一方で、道路管理機関では、建設に携わった技術者の定年退職による知の流出が問題となっている。

国土交通省の動きは、社会基盤施設の建設・維持管理といったハード面のみならず、建設省(現国土交通省)が、公共事業・施設管理、地域づくりにおける国民との協働また共創を目的とした「コミュニケーション型国土行政の創造に向けて(平成3年)」を提言し、コミュニケーション型行政を支える、建設CALS/EC(生産・調達・運用支援統合情報システム/電子商取引)、GIS(地理情報システム)など、コミュニケーションの推進に必要な情報基盤に係るソフト面の研究開発を推進してきた。また、平成19年には、地理空間情報活用推進基本法が施行され、国土交通省では、地理空間情報の一層の活用を目指し、東京大学空間情報科学研究センターと共同研究を進め、平成20年より「地理空間情報流通実験コンソーシアム」を立上げた。この取組みの中で、地理空間情報プラットフォームを構築し、インターネット上で地域や環境などに関するサンプルデータを載せた試作版を公開し、幅広くデータ・情報を提供している。

米国の動きは、FHWA(Federal Highway Administration)が、10年前に「PONTIS」というBMSを開発し、45州以上が利用している。また、NBIS(National Bridge Inventory System)を整備し、59万を超える橋梁の台帳や点検データを蓄積し、インターネット上で公開している。この状況に満足せずFHWAは、20年間のLTBPP(Long-Term Bridge Performance Program)を計画し平成20年には、25.5百万ドルでRutgers Universityを中心とする技術チームと契約し、プログラムを開始した。これは、「定期的に詳細点検・評価・検査を行う橋梁」、「常時モニタリングする橋梁」、「徹底的に法医学司法解剖的な調査を行う退役橋梁」を選び、高品質の定量的データを集め、ライフサイクルコストや劣化予測モデルの改善、劣化機構の解明、補修・補強の効果の研究を進め、次世代BMSの開発を目指すものである。

2. 研究の目的

本研究では、次世代橋梁維持管理のための「知の流通基盤」を構築する。具体的には、Web(World Wide Web)技術やセキュリティなど情報通信技術を駆使した「共創の場」をインターネット上に構築し、道路交通網の持続的な発展を支える産官学民からなる集合知(Wisdom of Crowds)を創りだすクラウドソーシング(Crowdsourcing)の実現を目指す。ここで、集合知とは、多数の個人(組織)が参加することによって形成される知識を意味する。また、クラウドソーシングとは、個人(組織)が有するデータや経験を、インターネット上で流通させ、多数の人々からの新たなデータ・情報・知を調達、集約、さらに共創することである。

3. 研究の方法

本研究は、次世代橋梁維持管理のための「知の流通基盤」の構築に関する研究として、次の2つを主に行った。

(1) 橋梁維持管理データベースにおけるコミュニケーションスペースの開発

本研究代表者らは、合理的な維持管理を実施するための情報流通基盤となる橋梁維持管理データベースシステムを開発してきた。図1および図2には、それぞれデータベースシステムの機能図また点検データベースシステムの変状写真検索画面の例を示す。本研究では、本DBシステムに、ユーザ同士のコミュニケーションの場を提供することによって、知識や情報をユーザ全体で共有できるシステムを開発した。

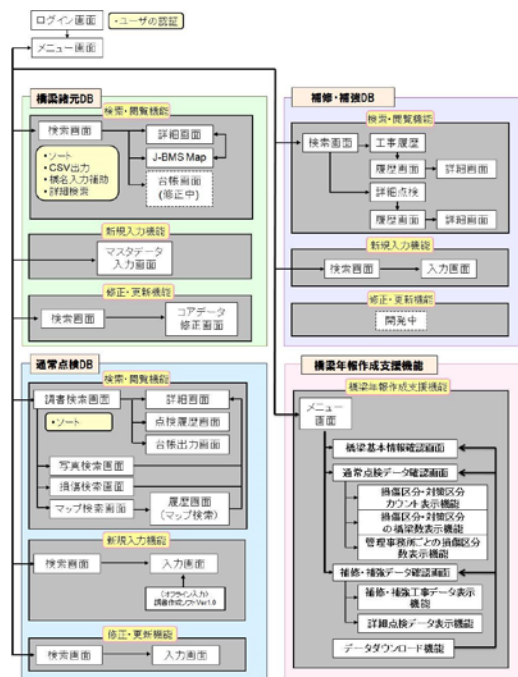


図1 橋梁維持管理DBシステム機能図



図2 変状写真検索画面例

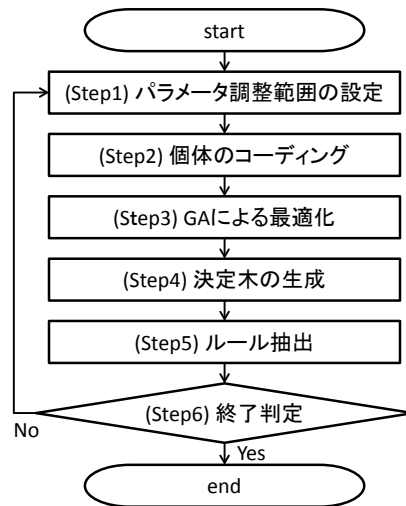


図3 提案手法フロー

(2) 蓄積データの活用に関する研究

本研究は、橋梁維持管理データベースに蓄積されたデータの活用に関する研究である。特に、本研究では、橋梁点検にて蓄積されたひび割れ撮影画像データを利用し、デジタル画像から、ひび割れのみを抽出するためのソフトウェア開発の核となる画像処理アルゴリズムに関する知識の抽出手法に関する研究を行った。

近年、センサ技術また情報処理技術が急速に発展しており、特に、画像センサと画像処理技術が多様な検査の自動化に応用されている。コンクリート施設の外観検査においても、目視点検の省力化また効率化を目的として、デジタルカメラ等により取得したコンクリート表面画像から変状を自動的に抽出する手法の研究および装置の開発が進んでいる。画像センサを利用した外観検査装置の開発では、ライティング手法および画像処理アルゴリズムの検討が必要となる。画像処理アルゴリズムの検討では、各種画像処理手法の選択や組合せ、さらには、各手法のパラメータ調整が重要となる。現在、これらの設計や調整は、開発者の知識や経験により行われており、時間を要する作業であるとともに、装置の精度に大きく影響する要因となっている。また、試行錯誤によりパラメータを設定していることから、その有効性が明確に示せないという問題がある。

本研究では、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm) (以下、GA と記述する) を近似最適解の探索へ利用するだけでなく、GA の解探索過程の情報を、決定木により分析することで解の有効範囲を抽出する手法を提案する。具体的には、ひび割れ抽出画像処理アルゴリズムに付随するパラメータ調整を対象とし、良好な画像処理を可能とするパラメータ有効範囲を特定した。図3には、提案手法のフローを示す。

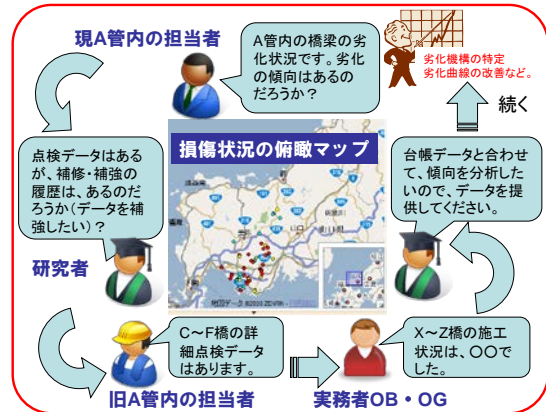


図4 コミュニケーションのイメージ

4. 研究成果

(1) 橋梁維持管理データベースにおけるコミュニケーションスペースの開発

本研究代表者らが開発した既存の橋梁維持管理データベースは、実務者と研究者のみがデータベースへのデータ蓄積や検索機能を使用することを想定したシステムであった。本研究では、実務者、研究者だけでなく、実務者 OB・OG や市民をユーザに加えることを想定しており、各ユーザは、データベース検索システムを利用するだけでなく、コミュニケーション機能を使用することにより、相互に情報を交換し、共有することが可能となる。ここで、図4には、データベースシステム上のコミュニケーションのイメージを示す。さらに、図5には、コミュニケーション機能の実装例を示す。コミュニケーション機能は、既存のデータベースシステムにユーザ間のコミュニケーション(情報の交換、共有など)が可能なコミュニケーション機能を加えたものである。具体的には、本機能では、電子地図上に橋梁の位置がマーカーとして示されており、マーカーをクリックすると橋



図5 コミュニケーション機能の実装例

梁の諸元や点検データが閲覧できるのみならず、コメント等を記述できるシステムとなっている。

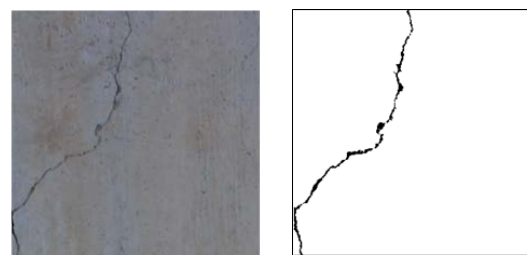
本報告書では、コミュニケーション機能の一部のみを紹介したが、本機能は、橋梁管理に関する技術や知識の空洞化を解決するツールの1つとして期待される。さらには、国民への説明責任へも活用が可能である。

(2) 蓄積データの活用に関する研究

本提案フロー(図3)の検証実験では、図6に示す画像サイズ 300×300 の画像および教師画像を検証用画像として用いた。なお、教師画像は、画像編集ソフトを用いて撮影画像のひび割れ部分を画素値が0(黒)になるように簡単になぞった後、2値化を行い作成した。なお、本教師画像の作成では、2値化後に、ノイズ除去は必要がなく、ひび割れのみが抽出された。

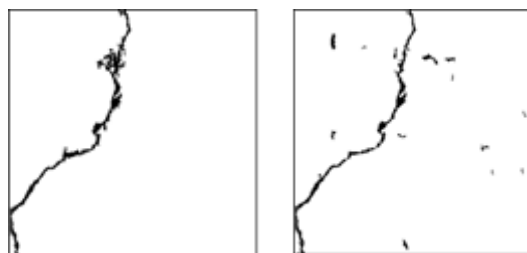
図7には、図6の画像を利用して図3の処理手順により有効な画像処理パラメータ範囲を抽出した際の結果を示す。図7(a)、(b)、(c)は、それぞれ抽出されたパラメータ範囲の上限、下限、および最良評価値を持つパラメータによる画像処理結果を示す。本結果を見ると、図3の手法により良好な知識が抽出されたことがわかる。本研究では、1枚の画像のみから、パラメータ範囲の抽出を行ったが、今後は、複数枚の学習用データからの有効パラメータ抽出手法へ拡張することにより、より汎用性の高いパラメータへ調整できると考える。

今回は、データベースへ蓄積されたデータからの知識抽出の活用例として、点検画像の有効活用を例示したが、今後は、同様な知識抽出ツールを開発することにより、単なるデータ蓄積・検索としてのデータベースの利用ではなく、情報・知識の抽出の基盤として、橋梁データベースを活用できると考えられる。



(a) 画像 A (b) 教師画像 A

図6 検証用画像



(a) 上限の結果 (b) 下限の結果



(c) 最良パラメータの結果

図7 抽出されたルールに従った画像処理

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- ① 河村 圭、吉野孝亮、Amir Tarighat、中村秀明、遺伝的アルゴリズムおよび決定木を用いたひび割れ抽出のための画像処理パラメータ有効範囲の特定、査読有、土木学会論文集F、Vol. 69、No. 2、2014、pp. I_13-I_23

[学会発表] (計7件)

- ① 河村 圭、吉野孝亮、遺伝的アルゴリズムおよび決定木を用いたひび割れ抽出のための画像処理パラメータ有効範囲の特定に関する研究、第38回土木情報学シンポジウム、2013年9月17日～9月18日、土木学会(東京都新宿区)
- ② 吉野孝亮、河村 圭、中村秀明、進化的アルゴリズムを利用したコンクリート画像からのひび割れ抽出に関する研究、平成25年度土木学会全国大会・第68回年次学術講演会、2013年9月4日～9月6日、日本大学(千葉県習志野市)
- ③ 高橋晃大、中村秀明、河村 圭、拡張現実(AR)を用いた災害情報用 Digital Signage アプリケーションの開発、日本

知能情報ファジィ学会第 28 回ファジィシステムシンポジウム講演論文, 2012 年 9 月 12 日～9 月 14 日、名古屋工業大学 (愛知県名古屋市)

- ④ 宮崎康平、中村秀明、河村 圭、スマートフォン(Android)を活用した災害情報共有システムの構築、日本知能情報ファジィ学会第 28 回ファジィシステムシンポジウム講演論文, 2012 年 9 月 12 日～9 月 14 日、名古屋工業大学 (愛知県名古屋市)
- ⑤ 池本崇志、青山貴彦、中村秀明、河村 圭、スマートフォン(Android)を活用した橋梁点検支援システムの開発、日本知能情報ファジィ学会第 28 回ファジィシステムシンポジウム講演論文, 2012 年 9 月 12 日～9 月 14 日、名古屋工業大学 (愛知県名古屋市)
- ⑥ 塩崎正人、掛橋孝夫、加藤健一、菊池典明、河村 圭、デジタルビデオカメラを用いた車載型計測に関する基礎実験、第 67 回土木学会年次学術講演会講演概要集、2012 年 9 月 5 日～9 月 7 日、名古屋大学 (愛知県名古屋市)
- ⑦ 河村 圭、川村保、橋梁維持管理データベースにおけるコミュニケーションスペースに関する研究、第 29 回日本道路会議論文集、2011 年 11 月 2 日、都市センターホテル (東京都千代田区)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河村 圭 (KAWAMURA, Kei)

山口大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：70397991