

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26420522

研究課題名(和文) 新しい重要度指標とパスセット選択法による道路網の信頼度改善の実用的近似解法の構築

研究課題名(英文) Reliability and importance analyses for large size highway network with newly developed pathsets selection

研究代表者

若林 拓(若林拓史)(Wakabayashi, Hiroshi)

名城大学・都市情報学部・教授

研究者番号：00135542

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：天災の多い我が国では、種々の災害を前提に対策を施した道路網の構築と維持が不可欠である。道路網の信頼性を向上させるためには、信頼性向上への寄与度の高いリンクの発見法が重要であり、重要度評価と呼ばれている。本研究の目的は以下の通りである。

1) 並列ネットワークでの公平性を考慮した新しい重要度指標の提案と『コスト-リンク信頼度関数』との組み合わせを提案する。下記3)で計算を実行する。 2) 主要パスの利用によって大規模道路網で効率的に計算できる実用的近似解法を開発する。 3) 道路ネットワーク規模を徐々に拡大させて新しい方法の精度および実用性の検討を行う。

研究成果の概要(英文)：Since natural disasters often occur, constructing a highly reliable highway network for national resilience is an urgent necessity. However, it is difficult to improve all the links due to budget constraints. Therefore, it is important to select a quantitative index for importance analysis; identifying key links to improve network reliability. Then, network reliability is efficiently improved and maintained. Reliability analysis and importance analysis methods are developed by authors. However, there are some subjects in applying these analyses to a large size highway network. Thus, this research discusses these problems. Importance analysis has two major areas of concern; developments of a new index and reduction of calculation work and memory size. Thus, the research aims to develop the relevance of an index proposed by the authors and develop an efficient method for approximate calculations. This paper focuses on the approximate calculation method for a large size highway network.

研究分野：土木計画学・交通計画・道路網信頼性向上策

キーワード：交通ネットワーク信頼性 信頼性向上策 重要度評価 改良型クリティカルリティ重要度 効率的計算法の開発 部分的パスセット 費用便益分析

1. 研究開始当初の背景

天災の多い我が国では、種々の災害を前提に対策を施した道路網の構築と維持が不可欠である。主ルートが機能低下した場合に備えて効果的に代替ルートを整備することにより信頼性の高い道路ネットワークが構築できる。しかし、これらの代替ルートの整備必要箇所の指摘やその効果を客観的に評価できる指標は従来少なかった。道路網において重要度評価を扱った既往研究は、阪神淡路大震災前後のネットワーク評価¹⁾、交通制御の観点から重要リンクを評価する方法²⁾、費用・リンク信頼度関数による方法³⁾、連結強度と連結迂回率により強化すべきリンクを指摘する方法⁴⁾等がある。また、関連する研究として、リスク評価に基づく道路施設の維持管理法⁵⁾や道路網の斜面危険度の評価法⁶⁾がある。

重要度指標の目的は、システムの信頼度を効率的に向上させるためのものであり、確率重要度 (*RI*: Reliability Importance) やクリティシティ重要度 (*CI*: Criticality Importance) 等の指標が提案されている^{7),8)}。しかし、これら従来の重要度指標では、i) 並行する代替リンクの改善を無視する傾向があり、従来指標を実際の道路網に適用すると歪んだ結果を導くという短所および、ii) 費用対効果を考慮できないという短所があった。そこで、本研究では、主に以下の点を明らかにすることを目的としている。【引用文献】は後述。

2. 研究の目的

上記『研究開始当初の背景』で述べたように、本研究では以下の点を明らかにすることを目的とする。

- ① 従来指標の問題点を抽出・克服した新しい指標を提案するとともに従来指標との比較を行う。
- ② 大規模道路網に適用可能な近似解法を

提案する。厳密解法は計算時間を要するため、適切なパスセットの選択により計算時間とメモリ量を大幅に削減する効率的計算法を研究する。

本研究では、我が国の『国土強靱性』を向上させるために、上記 i)、ii)の短所を克服した新しい重要度指標を提案し、この重要度指標による信頼性向上効果を評価する。具体的には、上記 i)に対しては新しい重要度評価指標 *ICI* 指標を提案し、ii)に対しては『コストーリンク信頼度関数』によって、信頼性向上のための指標の性能評価を行った。具体的な研究の方法は以下の通りである。

3. 研究の方法

1) 上記問題点を克服するため並列ネットワークでの公平性を考慮した新しい重要度指標の提案と『コストーリンク信頼度関数』との組合せを提案した。この新しい指標は、従来から提案されている *RI*、*CI* の長所を受け継ぎ、短所を補完する指標である。下記 3)で計算実行を行った。

2) 計算量を大幅に削減するために、主要パスの利用によって大規模道路網で効率的に計算できる実用的近似解法を開発した。

3) 道路ネットワーク規模を徐々に拡大させて新しい方法の精度および実用性の検討を行った。

まず、新しい重要度指標 *ICI* の特性の研究と大規模ネットワークでも計算可能な効率的計算法の開発を中心に以下の時系列で研究を実施した。

(1) 操作性のよい小規模ネットワークにおいて、*RI*、*CI*、*ICI* の 3 指標の特性の比較分析を行った。

(2) *RI*、*CI*、*ICI* の 3 重要度指標によるノード間信頼度の改善効果と費用対効果分析を行った。

(3) リンク信頼度を与件とし、ノード間信頼度を出力とするコンピュータプログラムを

改良し、ネットワークの拡大に備えた。

(4) (3)のプログラムに ICI 等を計算する偏微分過程ステップを追加した。

(5) 少数のミニマルパスによる重要度評価の近似解法を開発し小規模ネットワークに適用した。

(6) 対象ネットワークを徐々に拡大し、3種類のネットワークで方法論の実用性を検討した。

4. 研究成果

(1) RI 、 CI 、 ICI の数理的特性を整理した。

このなかで、 RI は、偏微分によって表現された特定のリンク信頼度によるノード間信頼度改善の勾配である。これに対して、 CI は、ノード間信頼度の増分のリンク信頼度の増分に対する比の極限值として定義される。 ICI は、ノード間信頼度の増分のリンク不信頼度の増分に対する比の極限值として定義される。

(2) ブール演算アルゴリズムの構築と改善・偏微分計算過程の追加:ブール演算法(詳細は交付申請書に記しているので省略)のアルゴリズムに偏微分計算のサブルーチンを追加した。

(3) 平成 26 年度では、『2. 研究の目的』の①に対して、ブリッジネットワーク(4 ノード 5 リンク)での ICI 指標の RI 指標および CI 指標に対する優位性を数値計算で明らかにした。

(4) 平成 27 年度では、ネットワーク規模を田の字型ネットワーク(9 ノード 12 リンク)へ拡大し、同時にリンク信頼度の初期値を 2000 組の乱数発生で与え、 ICI 指標の優位性の一般的傾向を明らかにした。結論は、すべてのケースにおいて、 ICI 指標の方が費用対効果・リンク信頼度改善の公平性の点で優れていることが明らかとなった。すなわち、一般的傾向として新しく開発した ICI 指標が優れていることが明らかとなった。

(5) 平成 28 年度、29 年度ではネットワーク規模を拡大させ、提案した指標の一般的傾向を明らかにし、実規模ネットワークでも十分使用できる可能性があることを明らかにした。

(6) これらの研究成果は、EWGT2014、土木計画学研究発表会 2015 年春大会、同 2015 年秋大会および EWGT2015 にて発表済みである。2016 (平成 28) 年度では、土木計画学研究発表会 2016 春大会(2 編)、EWGT2016 にて発表した。2017 (平成 29) 年度では、同上春大会、秋大会、都市情報学研究にて発表した。

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 15 件)

① 長江貴弘・若林拓史(2018): 道路網の信頼度計算における近似解法の必要性(Necessity of Approximate Method in Highway Network Reliability Calculation),土木計画学研究・講演集(Proceedings of Infrastructure Planning), No.57, CD-ROM(PDF-No.19-01, 9pages). (査読なし)

② 藤田 衛・若林拓史 (2018): 自然災害時における道路網強靱化のためのリンク信頼度推定法 (Estimation Method for Link Reliability towards Highly Reliable Road Network under Natural Disaster Environment), 都市情報学研究, No.23, pp.039-051, 2018. (査読付き)

③ 長江貴弘・若林拓史(2017): 道路網の信頼性改善のための各種重要度指標の特性分析(Characteristic Analysis of Various Importance Indices for Effective Highway Network Reliability Improvement), 土木計画学研究・講演集, No.56, CD-ROM(PDF-No.140, 10pages). (査読なし)

④ 藤田 衛・若林拓史・長江貴弘(2016): 自然災害による孤立集落発生防止のためのリンク信頼度推定法~岐阜県飛騨地方を対象として~(Estimation Of Link Reliability for Degradable Road Network under Natural Disaster Environment), 土木計画学研究・講演集, No.54, CD-ROM(PDF-No.69, pp.534-539, 6pages). (査読なし)

⑤ 長江貴弘・若林拓史(2016): 高信頼度の道路網における新たな重要度指標の利用

(Utilization of Practical Importance Indices for Effective Highway Network Reliability Improvement), 土木計画学研究・講演集, No.54, CD-ROM(PDF-No.63, pp.474-481, 8pages). (査読なし)

⑥ Hiroshi Wakabayashi and Takahiro Nagae (2016). Reliability and Importance Analyses for Large Size Highway Network. The 19th Euro Working Group on Transportation, EWGT2016, Program and Abstracts. (査読付き)

⑦ 長江貴弘・若林拓史(2016): 道路網の効率的な連結信頼性向上のための重要度指標の大規模ネットワークの適用性(Development of an Importance Index for Effective Highway Network Reliability Improvement), 土木計画学研究・講演集, No.53, CD-ROM(PDF-No.28-05, pp.2530-2538, 9pages). (査読なし)

⑧ 藤田 衛・若林拓史・長江貴弘(2016): 自然災害による孤立集落発生防止のためのリンク信頼度推定の試み(Estimation of Link Reliability for Degradable Road Network under Natural Disaster Environment), 土木計画学研究・講演集, No.53, CD-ROM(PDF-No.61-02, pp.993-999, 7pages). (査読なし)

⑨ 長江貴弘・若林拓史(2015): 道路網の連結信頼性の改善過程における重要度指標の種類による差異 (Highway Network Reliability Improvement and Difference in Improved Links by Several Importance Indices), 土木計画学研究・講演集, No.52, CD-ROM(PDF-No.245, pp.1688-1695, 8pages). (査読なし)

⑩ Takahiro Nagae and Hiroshi Wakabayashi (2015). Highway Network Reliability Improvement aiming at Efficient Calculation. The 6th International Symposium on Transportation Network Reliability (INSTR 2015). (査読付き)

⑪ Takahiro Nagae and Hiroshi Wakabayashi (2015). Differences in Network Reliability Improvement by Several Importance Indices. Available online at www.sciencedirect.com ScienceDirect, Transportation Research Procedia Volume 10, 2015, Pages 155-165, Peer-review under responsibility of Delft University of Technology, ISSN 2352-1465, DOI: 10.1016/j.trpro.2015.09.065. 18th Euro Working Group on Transportation, EWGT 2015, 14-16 July 2015, Delft, The Netherlands. Published by Elsevier B.V. (査読付き)

⑫ 長江貴弘・若林拓史(2015): 道路網における効率的な連結信頼性向上法 (Effective Highway Network Reliability Improvement), 土木計画学研究・講演集, No.51,

CD-ROM(No.187, 10pages). (査読なし)

⑬ 若林 拓(2015): ナンバープレート観測に基づく種々の旅行時間信頼性指標の特性 (Travel Time Variation and Reliability Indices based on License Plate Identification), 名城大学総合研究所紀要, No.20, pp.49-52. (査読なし)

⑭ 長江貴弘・若林拓史(2014): 道路網の連結信頼性向上法と各種重要度指標による改善対象リンクの相違 (Effective Highway Network Reliability Improvement and Difference in Course of Link Improvement by Several Importance Indices), 土木計画学研究・講演集, No.50, CD-ROM(No.268, 13pages). (査読なし)

⑮ Hiroshi Wakabayashi and Shuming Fang (2014). Comparison of Importance Indices for Highway Network Reliability Improvement Combined with Cost-Benefit Analysis. In: Jorge Freire de Sausa and Riccardo Rossi (Ed.). Computer-based Modelling and Optimization in Transportation, Advances in Intelligent Systems and Computing 262, (Selected Papers from EWGT2013), pp.265-280. Springer, Switzerland. (ISBN 978-3-319-04629-7, ISSN 2194-5357, DOI: 10.1007/978-3-319-04630-3) (ISBN 978-3-319-04630-3 (eBook), ISSN 2194-5365 (electronic)). (査読付き)

(引用文献)

- 1) 若林拓史: 阪神淡路大震災における道路網連結信頼性と確率重要度による重要区間の評価, 土木計画学研究・論文集, No.13, pp.391-400, 1996.
- 2) 若林拓史・大野隆晴・鈴木宏章: 道路ネットワークの重要度評価: 確率重要度とクリティシティ重要度による信頼性向上効果, 土木計画学研究・論文集, Vol.22, No.4, pp.751-759, 2005.
- 3) Nicholson, A. (2007). Optimising Network Terminal Reliability. Proceedings of the 3rd International Symposium on Transportation Network Reliability, CD-ROM, 2007.
- 4) 栄徳洋平・横井祐治・溝上章志: 連結強度による道路ネットワーク評価方法の提案, 第28回交通工学研究発表会論文報告集, pp.169-172, 2008.
- 5) 杉浦聡志・金森吉信・高木朗義・倉内文孝・森本博明: リスク評価に基づいた道路施設の総合維持管理手法の開発, 土木学会論文集F4(建設マネジメント), Vol.67, No.4, I_103-I_112, 2011.
- 6) 本城勇介・町田裕樹・森口周二・原 隆史・沢田和秀・八嶋厚: 岐阜県飛騨県域を対象とした道路斜面危険度評価, 土木学会論文集

C(地圏工学), Vol.67, No.3, 299-309, 2011.

7) Barlow, R.E. and Proschan, F. (1975).
Statistical Theory of Reliability and Life Testing:
Probability Models, pp.26-28. Holt, Rinehart and
Winston, New York.

8) Henley, E. J. and Kumamoto, H.:Reliability
Engineering and Risk Assessment, Prentice-Hall,
Inc., 418-436, 1981.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

若林 拓史(若林 拓)(WAKABAYASHI
Hiroshi)

名城大学・都市情報学部・教授

研究者番号：00135542