

## 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 5月20日現在

機関番号：13301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23760478

 研究課題名（和文） 連結・時間信頼性を考慮した総合リスク対応型交通ネットワーク  
デザイン体系の確立

 研究課題名（英文） General risk transportation network design with connectivity/time  
reliability

研究代表者

中山 晶一郎 (NAKAYAMA, Shoichiro)

金沢大学・環境デザイン学系・准教授

研究者番号：90334755

研究成果の概要（和文）：事故やOD交通量変動等による所要時間の変動に対する時間信頼性や災害時等の備えとしての連結信頼性を考慮することは、レベルや形態は異なるものの、交通ネットワークの総合的なリスク問題と捉えることができる。これらのリスク・信頼性の問題を均衡理論の枠組みの中でモデルの確率化として統一的に扱った理論的に精緻な交通ネットワークデザイン体系を確立した。

研究成果の概要（英文）：Travel time reliability associated with traffic accidents and OD demand variation and connectivity reliability for disasters can be interpreted as a general risk problem although their levels and forms are different. A transportation network design system with their risk and reliability problems was developed in a unified network equilibrium.

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	3,400,000円	1,020,000円	4,420,000円

研究分野：交通工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木計画学・交通工学

キーワード：連結信頼性，時間信頼性，交通均衡，ネットワークデザイン

## 1. 研究開始当初の背景

現代社会は様々なリスクにさらされており、安全・安心で災害に強いまちづくりが社会的に求められている。阪神淡路大震災の経験を持ち出すまでもなく、災害時における交通の重要性は広く知られている。また、災害時だけでなく、日常でも事故その他が原因で所要時間が通常よりも超大になることは誰しも経験するところである。このように交通に対する災害等の比較的長期にわたる道路閉鎖・途絶に対する信頼性（連結信頼性）とともに日常時の定時性や所要時間の信頼性（時間信頼性）へのニーズは非常に高い。また、人口減少時代に突入し、これまででも需要予測は容易ではなかったが、それがより困

難になってきている。道路整備だけでなく、耐震等のための補強・維持管理の観点からは、将来需要予測リスクも大きな課題であると言える。以上のような様々なリスクに対処することができる道路計画や交通政策などが必要であろう。

## 2. 研究の目的

連結・時間信頼性便益を考慮したネットワークデザイン体系の主要部分である最適化モデル、確率ネットワーク均衡モデル、リスク感度分析モデルを最初に構築するとともに、連結・時間統合信頼性評価手法を確立する。これらがネットワークデザイン体系の基本となる。さらに、中・細街路リンクを集約

して計算コストを削減できるネットワーク集約サブモデルなどを組み込み、基本体系を高度化する。これを金沢道路ネットワークに適用し、構築したモデル体系の有用性や妥当性等を検証する。

### 3. 研究の方法

これまで確率的利用者均衡 (SUE) があったが、これは確率効用理論に基づいた経路選択を用いた交通均衡であり、算出される交通量はその名称に反して確定的なものである。信頼性分析では、交通量や旅行時間の分布やばらつきを明確に算出する必要があり、SUEではそれを行うことは難しい。これまでに既にそれが可能となる交通量・旅行時間が各々の確率分布に従う確率交通均衡の基礎モデルを開発し、これまでの研究蓄積が極めて豊富である。このモデルは日常時の所要時間変動を対象としているため、それに災害等によるリンク途絶や交通容量低下を確率事象として取り入れる。

Connors らは交通需要が変化した時の感度分析による旅行時間変化を算出した。あるエリアの中・細街路網の通過交通をその交通需要とみなし、Connors らの結果からそれを一つの集約リンクとみなした集約リンクコスト関数を設定できる。このネットワーク集約サブモデルにより対象リンク数を減少させ、計算時間の大幅な短縮が可能となる。

提案するモデルを金沢市道路網に適用し、本モデルの妥当性等の検証や実務的な操作性向上を検討する。

### 4. 研究成果

これまで連結信頼性はノード間が連結される確率で定量化されるが、確率としての定量化は便益評価に用いにくく、時間信頼性との統合も容易とは言えない。そこで、交通需要があるノード間が連結されず、そのノード間の移動をあきらめると移動するの選択を上位の選択とし、移動する場合はどの経路を選択するのかわを下位の選択とするネスティッド・ロジット・モデル (NL モデル) により、道路利用者の行動をモデル化した。また、これまでに時間信頼性のための交通均衡の確率化のフレームワークを構築したが、この確率化フレームワークにリンク途絶等の連結確率と上述の NL モデルを導入することで、連結・時間信頼性の両方を確率理論の枠内で統一的に扱う手法を開発した。

ネットワーク形状、リンク強度・容量、料金を予算制約・均衡制約の下で、社会便益が最大となるように求めることができる。これを変分不等式形式の均衡制約付き最適化問題として定式化した。これは通常最適化手法では局所解に陥る等の問題が生じるため、シミュレーティッド・アニーリング手法を用

いて、解探索の際に確率的なゆらぎを導入し、局所解から脱出させ、そのゆらぎを徐々に小さくすることで全域最適解を求める手法を開発した。

### 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 12 件)

- 1) 中山晶一郎：旅行時間感度に対する交通システムの day-to-day ダイナミクスの基礎的な一考察，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol. 68, No. 5, pp. I\_793-I\_804, 2012.12. フル査読有 (インターネットでの公開は来年度)
- 2) 中山晶一郎，道下健二，高山純一：経路重複を考慮したネットワーク上での経路選択パラメータ推定法：リンクベースの最尤法，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol. 68, No. 5, pp. I\_741-I\_750, 2012.12. フル査読有 (インターネットでの公開は来年度)
- 3) 安藤正幸，高山純一，中山晶一郎，桑原雅夫，埴正浩：ヘリコプターによる OD 交通量調査の実施例と静的推計 OD 交通量の動的解析への適用性検証，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol. 68, No. 5, pp. I\_615-I\_624, 2012.12. フル査読有 (インターネットでの公開は来年度)
- 4) Nakayama, S., Takayama, J., Nakai, J. and Nagao, K.: Semi-dynamic traffic assignment model with mode and route choices under stochastic travel times, Journal of Advanced Transportation, Vol. 46, pp. 269-281, 2012.7. フル査読有 (DOI: 10.1002/atr.208)
- 5) 高橋雅憲，高山純一，中山晶一郎：石川県能登半島地震時における道路交通情報提供方策に関する研究，土木学会論文集 F6 (安全問題)，Vol. 67, No. 2, pp. I\_53-I\_58, 2012.1. フル査読有 (URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejsp/67/0/\\_contents/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejsp/67/0/_contents/-char/ja/))
- 6) 高橋雅憲，高山純一，中山晶一郎：ゲリラ豪雪による緊急車両への影響とその対策に関する一考察，土木学会論文集 F6 (安全問題)，Vol. 67, No. 2, pp. I\_167-I\_172, 2012.1. フル査読有 (URL: <https://www.jstage.jst.go.jp/browse>)

[/jsce.jsp/67/0/\\_contents/-char/ja/](https://www.jsce.jp/67/0/_contents/-char/ja/)

- 7) 中井惇弥, 中山晶一朗, 高山純一, 長尾一輝: 道路旅行時間の不確実性を考慮した時間帯別均衡配分モデル及びその金沢都市圏におけるLRT導入への適用, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No. 5, pp. I\_465-I\_472, 2011.12. フル 査 読 有 ( URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/\\_contents/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/_contents/-char/ja/))
- 8) 今村悠太, 中山晶一朗, 高山純一: 旅行時間のパーセンタイル値に基づく利用者均衡配分モデルによる信頼性評価法とその金沢市道路ネットワークへの適用, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No. 5, pp. I\_625-I\_634, 2011.12. フル 査 読 有 ( URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/\\_contents/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/_contents/-char/ja/))
- 9) 安藤正幸, 高山純一, 中山晶一朗: 交通流観測結果によるLogit型経路選択モデルの検証, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No. 5, pp. I\_435-I\_453, 2011.12. フル 査 読 有 ( URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/\\_contents/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/_contents/-char/ja/))
- 10) 岡本裕也, 中山晶一朗, 高山純一: 感度分析による経路集約化法を用いた確率的利用者均衡配分の効率的計算, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No. 5, pp. I\_481-I\_489, 2011.12. フル 査 読 有 ( URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/\\_contents/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/_contents/-char/ja/))
- 11) 稲田裕介, 中山晶一朗, 高山純一: 都市高速道路の時間・日交通量の変動特性と分布形状に関する一考察, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No. 5, pp. I\_553-I\_561, 2011.12. フル 査 読 有 ( URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/\\_contents/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/_contents/-char/ja/))
- 12)
- 13) 中野晃太, 高山純一, 中山晶一朗: 高速道路における救急車専用退出路の設置効果分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No. 5, pp. I\_137-I\_144, 2011.12. フル 査 読 有 ( URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/\\_contents/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejipm/67/5/_contents/-char/ja/))

[学会発表] (計 10 件)

- 1) Nakayama, S., Tsuchikura, S. and Takayama, J.: A method of evaluating network connectivity from the viewpoint of road transportation reliability, Proceedings of the 5th International Symposium on Transportation Network Reliability, pp. 3-15, 2012.12. (12月18日発表)
- 2) Nakayama, S.: Tsallis-generalization of logit model, Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, pp. 539-546, 2012.12. (12月15日発表)
- 3) Ha, P.T.T., Nakayama, S. and Takayama, J.: A semi-dynamic traffic assignment model case study: Kanazawa City, Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, pp. 657-664, 2012.12. (12月16日発表)
- 4) 安藤正幸, 高山純一, 中山晶一朗, 戸瀬暖: 道路整備に伴う経済波及効果算定手法の提案, 第32回交通工学研究発表会論文集, pp.531-536, 2012.9. (9月19日発表)
- 5) Nakayama, S. and Connors, R.: A Semi-Dynamic Traffic Assignment Model with Unique Network Quasi-Equilibrium, 4th International Symposium on Dynamic Traffic Assignment: 4-6 June 2012 on Martha's Vineyard, Massachusetts, USA. (6月4日発表)
- 6) Okamoto, Y., S. Nakayama and J. Takayama: A sensitivity analysis method of aggregating route flows under stochastic user equilibrium, Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, pp. 781-788, 2011.12. (12月17日発表)
- 7) Okamoto, Y., S. Nakayama and J. Takayama: Network Route Aggregation with Sensitivity Analysis for Expressway Pricing, 91st Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C. (2012年1月25日発表)
- 8) 道下健二, 中山晶一朗, 高山純一: 大規模ネットワークでの経路選択パラメータの最尤推定法及びその金沢道路ネットワークへの適用, 第46回土木計画学研究発表会, 埼玉大学, 2012. (11月2日発表)

- 9) 土倉悟, 中山晶一郎, 高山純一: 時間信頼性と連結信頼性に基づく道路ネットワーク評価法の開発, 第46回土木計画学研究発表会, 埼玉大学, 2012. (11月2日発表)
- 10) 中山晶一郎: ネットワーク上でのパラメータ推定の特性についての一考察, 第46回土木計画学研究発表会, 埼玉大学, 2012. (11月3日発表)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中山 晶一郎 (NAKAYAMA, Shoichiro)  
金沢大学・環境デザイン学系・准教授  
研究者番号: 90334755

### (2) 研究分担者

該当なし

### (3) 連携研究者

該当なし