

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 21 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21760393

研究課題名（和文） 積雪寒冷地における冬期交通解析法の開発

研究課題名（英文） Development of a transportation analysis method in cold regions

研究代表者

内田 賢悦（UCHIDA KENETSU）

北海道大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：90322833

研究成果の概要（和文）：本研究では、積雪寒冷地における冬期の交通ネットワーク信頼性評価を念頭に置き、不確実性下における交通ネットワーク解析手法の開発を行なった。開発を目指す解析法では、交通容量、交通需要および移動時間の認知に関する不確実性を明示的に表現されている。積雪寒冷地においては、特に冬期にこれらの不確実性が交通行動に与える影響は大きく、さらに、軌道系交通等を含めた交通システムを総合的に捉える必要があると考えられるため、マルチモーダルネットワークを対象としたモデル開発を行なった。

研究成果の概要（英文）：In this study, a model which addresses the passenger's travel behavior under uncertainties has been developed for the purpose of analyzing travel time reliability in winter transport network. The uncertainties addressed in the model are those of traffic capacity, travel demand and the passenger's perception of travel time. Railway transport network as well as road transport network has been addressed in the model.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：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：移動時間信頼性、交通ネットワーク、冬期交通

1. 研究開始当初の背景

積雪寒冷地における冬期交通管理の遂行およびその計画を検討する上で、以下に示す 3 つの課題が残されていた。

- ・冬期に交通機能が脆弱となる地域の特定化およびその影響の定量化
- ・上記の地域に対する交通施策の経済効果推計
- ・冬期の効率的な道路・路面管理計画の立案

こうした課題に対応するためには、冬期交通に関する不確実性下における交通利用者の交通行動を

適切に表現した交通解析モデルが必要となる。

自然災害等を対象とした不確実性下における交通行動を解析する研究は、いくつか存在する。それらの研究では、交通ネットワーク上のある道路区間が途絶する場合、あるいは、一部の交通機能が麻痺する場合等、確定論的なシナリオ分析を行なっている場合が多い。こうした研究では、交通容量等の交通状況を記述する変数が確定的に表現されるため、不確実性に対応した施策の検討ができないという課題が残されていた。冬期の降雪を

想定した場合、道路交通への影響は広範囲（面的）なものとなる。さらに、その影響は確率的なものとして捉えざるを得ない。したがって、ある道路区間の途絶や一部の交通機能麻痺等、確定論に基づく解析結果から、上記の3課題に対応するには限界がある。

一方では、交通需要および移動時間の認知に関する不確実性を考慮した道路ネットワーク解析法が近年開発されつつある。しかし、道路交通は降雪の影響を受けるが、地下鉄はその影響から独立している関係を考えて、道路ネットワークのみを対象とする解析法により、上述の3課題に対して十分な検討が行なえるとは考えにくい。以上から、マルチモーダルネットワークを対象とし、さらに、冬期の直接的な影響と考えられる交通容量の低下および不確実性の増大までも同時に扱う解析法の開発が必要不可欠である。

2. 研究の目的

積雪寒冷地における交通管理・計画の課題と位置づけられる①冬期に交通機能が脆弱となる地域の特化およびその影響定量化、こうした地域への②交通施策の経済効果推計、および③冬期の効率的な道路・路面管理計画の立案に資する積雪寒冷地における冬期交通ネットワーク解析法の開発を行なう。開発する解析手法では、交通ネットワーク上のリンク交通量や移動時間は、互いに相関を持つ確率変数として表現されることになる（図1）。

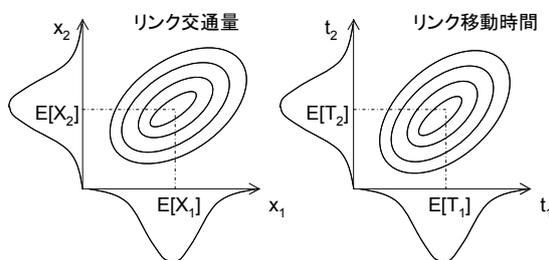
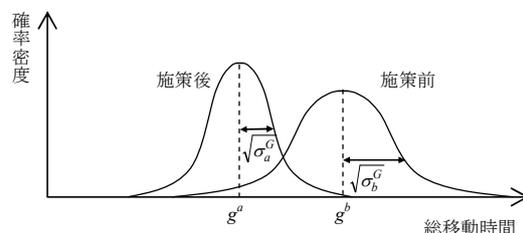


図1. 確率的変数

こうした確率変数を前提とし、上述した3つの課題に対応する。ここでポイントとなるが、確率変数の期待値だけではなく、その分散もとり入れた評価を行なうことである。たとえば、冬期の移動時間を考える場合、正の相関があるリンクから構成される経路のリスク（分散）は大きいため、移動時間の平均値が小さくても移動時間信頼性は低いと判断できる。また、このような経路によって他地域と結ばれている地域は、冬期の交通機能が脆弱になっていると判断できる。開発する解析法により、こうした影響を定量的に評価することだけではなく、冬期の交通機能が脆弱である地域への交通施策実施効果の評価も可能となる。さらには、交通行動に影響する不確実性をとり入れた解析法であるため、自然災害時の交通影響評価法お

よび交通施策の効果分析法、あるいは、道路投資に対する効率評価法として適用すれば、不確実性を反映した検討が可能になるものと考えられ、広範囲な問題への適用が期待される。

移動時間信頼性を導入した冬期交通ネットワーク解析が可能になる点が本研究の特色である。本研究では、交通容量、交通需要および移動時間の認知の不確実性を扱うが、特に交通容量に関する不確実性は、技術的な困難性からこれまで解析的なモデルとして表現することができていなかった。本研究では、Brasの方法（R.L. Bras and K.P. Georgakakos. Real Time Nonlinear Filtering Techniques in Streamflow Forecasting -A Statistical Linearization Approach-, Third International Symposium on Stochastic Hydraulics, pp.95-105, 1980.）を適用し、交通容量の不確実性を表現することを試みる。本研究で提案する解析法により、交通ネットワークの総移動時間の確率分布を求めることが可能となり、冬期の不確実性を踏まえた交通施策の効果検討が可能となる（図2）。



従来の評価: $b = VOT \cdot (g^b - g^a)$

移動時間信頼性も考慮した評価:

$$b^* = VOT \cdot (g^b - g^a) + VOR \cdot (\sqrt{\sigma_b^G} - \sqrt{\sigma_a^G})$$

VOT: 時間価値

VOR: 移動時間信頼性の価値

図2. 不確実性下の交通施策による効果

3. 研究の方法

本研究では、はじめに、確率的交通容量の推定モデルの開発を行った。ここでは、国道に設置されたトラフィックカウンタデータの利用を前提としたモデル開発を行った。このことにより、夏期と冬期の交通容量を推計することが可能となった。具体的な推計方法としては、交通密度と速度の関係を表すk-vモデルを対象に非線形最小二乗法を適用し、関係するパラメータ値の推計を行なった。ここで得られたk-vモデルをq-vモデルに変換することにより、交通容量の平均を推計すると同時に、関係するパラメータ値の不偏分散を推計することによって、交通容量の分散も推計可能となった（図3）。確率的交通容量の推計結果から、冬期の道路移動時間関数（冬期BPR関数）を推定する方法の開発も行った（図4）。

上記で開発した手法の有効性を検証するため、北海道の国道に設置されたトラフィックカウンタデータを入手し、夏期と冬期の確率的交通容量の

推計を行った。その結果、冬期の確率的交通容量は、夏期のものと比較すると、その平均は低下するものの、その分散はほぼ一定の値をとることが明らかとなった。すなわち、季節によって交通容量の平均は変化するが、その分散は一定となることが示された。ここで得られた知見を活用すると、冬期間の除排雪等の冬期道路・路面管理作業下における交通容量の変化を特徴付けることが可能となる。すなわち、冬期道路・路面管理によって交通容量の平均は増加するが、その分散は一定となる。冬期道路交通解析が困難であるもう1つの理由は、冬期路面・道路管理によって、交通容量が頻繁に変化するため、冬期間を通じたサービスレベルの定量化が困難である点にある。しかしながら、上述の知見を適用することにより、冬期間を通じた確率的交通容量の推計が可能となった。その詳細は、紙面の制約から第5章の文献④に譲ることにするが、簡単に表現すると、冬期道路・路面作業前後の確率的交通容量に畳み込み積分を適用することによって、冬期間を通じた確率的交通容量を推計できるようになった。

最後に利用者均衡配分モデルへ確率的変量の導入することによって、不確実性下の交通行動解析モデルの開発を行った。移動時間の認知に関する不確実性は、ランダム効用理論により表現した。その他の確率的変量は、交通容量と交通需要である(図5)。さらに、道路交通と軌道系交通の複雑な相互作用を記述することにより、マルチモダルネットワークモデルへの拡張を行った。ここで開発したモデルを適用することにより、冬期の確率的交通容量が移動時間に与える影響を定量的に評価することが可能となった。

4. 研究成果

不確実性下の交通行動を解析するための手法開発は、交通に関わる世界中の研究者がそのテーマとしてとりあげており、開発の急がれる喫緊の研究課題である。本研究課題の成果は、国内外の主要ジャーナルに掲載され、高い評価を得ている。特に、第5章に示す雑誌論文④の研究論文は、「平成23年度土木学会論文賞」を受賞した。先述した通り、これまで困難とされてきた冬期間を通じた確率的交通容量の推計技術を開発し、さらに、そうした確率的交通容量下の移動時間信頼性評価のためのネットワークモデルを開発したことが高く評価されるものと考えられる。この授賞団体である公益社団法人土木学会は、国内の交通問題を扱う研究者・実務者はもちろん、土木全般の問題を扱う研究者・実務者の多くが所属する国内最大の学会である。したがって、土木学会論文賞の受賞によって、本研究課題による成果は少なくとも国内において大きなインパクトを与えたことが実証されたものと捉えている。

本研究課題による成果は、現在実施中の平成24年度から2カ年に渡る研究課題「時間価値・移動時間信頼性価値を内生化する均衡型交通ネットワークモデルの構築、若手研究(B)」の基礎をなす

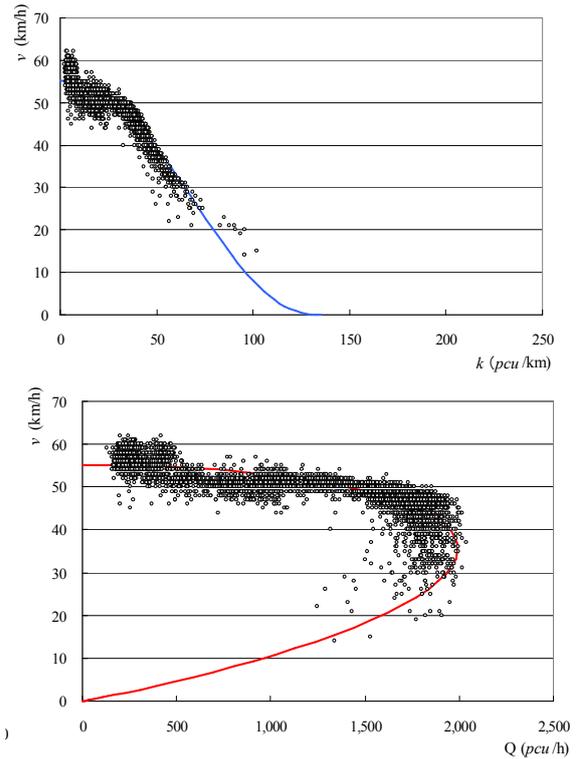
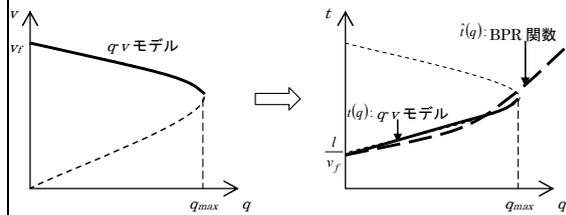


図3. 交通容量の推定



定式化

$$\min \int_0^{q_{\max}} (t(q) - \hat{t}(q))^2 dq,$$

w.r.t. $\alpha, \beta,$

s.t. $\alpha > 0, \beta > 0.$

図4. 冬期移動時間関数の推定

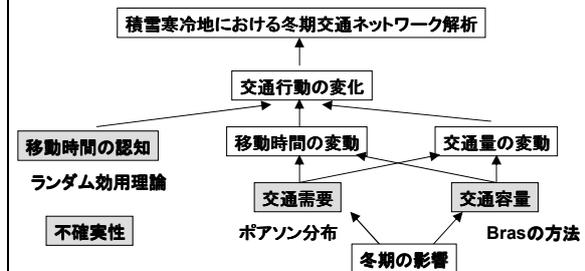


図5. 開発モデルの概要

ものである。上記研究課題では、交通施策の実施による便益評価を行う上で必要不可欠であるが、その推計が困難であった時間価値・時間信頼性価値を交通ネットワークモデル中で同時推することを試みるものであり、これまでの交通施策による便益評価における諸問題の解決を目指すものである。以上から、本研究課題は、今後の発展可能性も高く評価されているものと考えられる。

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 7 件)

- ① 橋本信之, 内田賢悦, 加賀屋誠一: 移動時間信頼性を考慮した道路の除排雪レベルの評価に関する研究, 地域学研究, 41, 695-704, 2012, 査読有.
- ② 内田賢悦: 移動時間信頼性を考慮した需要変動型均衡配分モデル, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 67, 60-69, 2011, 査読有.
- ③ Sumalee, A., Uchida, K. and Lam, W. H. K.: Stochastic multi-modal transport network under demand uncertainties and adverse weather condition, Transportation Research Part C, 19, 338-350, 2011, 査読有.
- ④ 内田賢悦: 交通容量の確率的変動が道路ネットワークの移動時間に与える影響に関する研究, 土木学会論文集 D, 66, 431-441, 2011, 査読有.
- ⑤ Kenetsu UCHIDA and Kazunori MUNEHIRO: Impact of Stochastic Traffic Capacity on Travel Time in Road Network, Transportation Research Board 89th Annual Meeting, Compendium of papers CD-ROM, 2010, 査読有.
- ⑥ Sumalee, A., Uchida, K. and Lam, W. H. K.: Stochastic multi-modal transport network under demand uncertainties and adverse weather condition, The 18th international symposium of transportation and traffic theory, Companion Volume, 18, 19-41, 2009, 査読有.
- ⑦ 内田賢悦: 需要・供給・認知の確率変動を反映した利用者均衡配分, 土木学会論文集 D, 65, 386-398, 2009, 査読有.

[学会発表] (計 5 件)

- ① 内田賢悦: 道路ネットワーク上の移動時間と移動時間信頼性の価値に関する研究, 第 44 回土木計画学研究発表会, 2011.11.26, 岐阜大学.
- ② 内田賢悦, 加賀屋誠一: 確定的利用者均衡配分による移動時間信頼性評価手法に関する研究, 日本地域学会第 48 回年次大会学術発表論文集, 2011.10.8, 和歌山大学.
- ③ 内田賢悦: 道路ネットワークにおける時間価値と時間信頼性価値の同時推計モデル, 第 43 回土木計画学研究発表会, 2011.5.29, 筑波大学.

- ④ 内田賢悦: 確定的利用者均衡配分を用いた移動時間信頼性評価に関する基礎的研究, 第 41 回土木計画学研究発表会, 2010.6.5, 名古屋工業大学.
- ⑤ 内田賢悦: 確率的交通容量の推計とネットワーク移動時間信頼性に関する研究, 第 40 回土木計画学研究発表会, 2009.11.21, 金沢大学.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内田 賢悦 (UCHIDA KENETSU)

研究者番号: 90322833

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし