

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04061

研究課題名(和文) MFDを用いたネットワーク交通流ブレイクダウンリスクマネジメント

研究課題名(英文) Network traffic management focussing on Breakdown Risk using MFD

研究代表者

吉井 稔雄 (YOSHII, TOSHIO)

愛媛大学・理工学研究科(工学系)・教授

研究者番号：90262120

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：ネットワーク交通流ブレイクダウン現象が発生したときのリスクとして、交通渋滞リスク、交通事故リスク、環境リスクの算定方法を考案した。交通渋滞リスクの評価に関しては、トリップ断念行動を含むドライバー行動モデルを取り入れて需要変化を内生化した形で取り扱い可能なシミュレーションモデルを開発し、同モデルによって算定する。交通事故リスクならびに環境リスクは、上記シミュレーションモデルの出力結果に基づいて評価する。ブレイクダウン発現の予測を行うための基礎資料として、集計QKのヒステリシス解析を行うとともに、47都道府県の県庁所在地中心部の道路ネットワークを対象として各都市におけるMFDの特徴を把握した。

研究成果の概要(英文)：A method of evaluating the risk is developed, which consists of traffic congestion risk, traffic accident risk, and environmental risk, when the network traffic flow breakdown phenomenon occurs. As for the evaluation of traffic congestion risk, we develop a network traffic simulation model which can deal with the demand change by incorporating the driver behavior model. The traffic accident risk and environmental risk are evaluated based on the output of the simulation model. A hysteresis analysis of the aggregated QK was carried out, and MFD on road networks in the center of the capital of 47 prefectures are analyzed for understanding their characteristics.

研究分野：交通工学

キーワード：交通事故 交通渋滞 環境 MFD

1. 研究開始当初の背景

道路ネットワークを対象としたマクロ交通流理論に関する研究は、1960年代に始まり、静的な枠組みでの理論構築がなされている。しかしながら、静的な枠組みで構築された理論を動的な交通流マネジメントに活用することは容易ではなかった。1990年代には、計算機の性能向上に伴って、交通ネットワークシミュレーションを用いたネットワーク交通流の動的解析に関する研究が開始され、現在では、シミュレーションを用いた多数の交通流マネジメント手法が提案されている。しかしながら、シミュレーションを用いた手法は、理論的裏付けに乏しくアドホックなマネジメント手法であるとの問題点を抱えている。そこで、道路ネットワークをマクロに捉え、ネットワーク規模の交通状態量に着目して、同交通状態量である集計交通流率と集計交通密度の関係（以下では“集計 QK 関係”）を示す MFD に基づいた交通流理論を構築し、同理論に基づくネットワーク交通流制御手法が提案された。また、研究代表者らは、MFD に基づく交通流理論を用いたランプ流入制御手法を提案し、実高速道路ネットワークと実 OD を用いたシミュレーション解析を行って、同流入制御手法が大きな制御効果を有する可能性があることを示した。

2. 研究の目的

これらの研究成果を踏まえ、ネットワーク交通流ブレイクダウン現象が発生したときのリスクとして、交通渋滞リスク、交通事故リスクの算定方法を構築するとともに、適切な交通マネジメント実施に向けて、集計 QK のヒステリシス解析を行うとともに、47 都道府県の県庁所在地都市の道路ネットワークを対象に各都市における MFD の特徴を把握する。

3. 研究の方法

(1)交通渋滞リスク

ブレイクダウン現象発現時には、極めて激しい渋滞が発生することからトリップを断念する交通が頻出するものと考えられる。このため、交通渋滞によるリスクは、需要変化による社会的損失を考慮した上で評価することが必要となる。そこで、トリップ断念行動を含むドライバー行動モデルを構築し、同モデルを取り入れて需要変化を内生化した形で取り扱い可能なシミュレーションモデルを開発した。交通渋滞リスクは同シミュレーションモデルによって算定する。

(2)交通事故リスク

ブレイクダウン現象発現時に発生する渋滞によっては、交通事故発生リスクも高まると考えられる。そこで、ブレイクダウン現象発現時の交通事故による社会的損失を評価するために、(1)のシミュレーションモデルの出力結果に基づいて交通事故損失を評価するモデルを開発した。モデルの開発に際しては交通流状態によって動的に変化する事故リスク値を評価する必要があることから、高速道路、幹線道路ならびに生活道路の別に動的に変化する事故リスクを算定するモデルを構築する。

(3)MFD 解析

阪神高速道路ネットワークを対象として、上述のシミュレーションモデルを用いて MFD のヒステリシス解析を行う。さらに、47 都道府県の県庁所在地都市の道路ネットワークを対象に各都市における MFD の特徴を把握するために、各道路ネットワークを対象として ETC2.0 プローブ車両による集計 QK を piecewise linear 回帰モデルを用いて解析する。

4. 研究成果

(1)交通渋滞リスク

交通流シミュレーションには SOUND を用いる。SOUND はリンク毎に QK 関係を設定し、そこから導かれる車両速度—車頭距離に従って、スキューピングインターバル毎に個々の車両をネットワーク上で移動させる交通流シミュレーションモデルである。図 1 に示すように、各リンクには交通容量を設定し、QK 平面上の自由流側は原点を始点に傾き 60(km/h)の線分、渋滞流側は、傾き -20(km/h)の線分を描くことで、QK 関係を設定する。

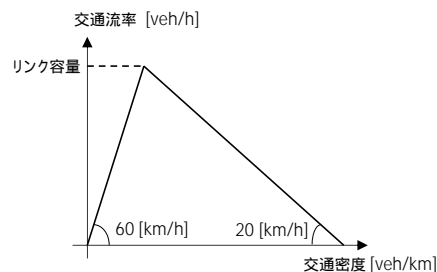


図 1 各リンクに設定する QK 関係

さらに、高速道路ネットワークにおける交通渋滞リスクを算定するためのモデルでは、高速道路の利用を断念するトリップ、すなわち一般街路を利用するトリップの出現を表

現するモデルを構築した。同モデルでは、流入リンクの混雑のため、ネットワークへの流入が叶わない車両の待ち台数、言い換えると流入リンク始点での待ち行列が一定数を越えた場合に、トリップを断念する現象をモデル化した。同モデルによって、流入リンクを始点とする需要が減少する、すなわち、需要変動を取り扱うシミュレーションモデルを開発した。

(2)交通事故リスク

(2-1)高速道路の交通事故リスク推定モデル

高速道路の事故リスクは、車両1億台 kmあたりの事故発生件数と定義し、交通流要因、道路幾何構造要因および環境要因の各カテゴリーの組み合わせ(以下、「走行状態カテゴリー*i*」という。)の別に式(1)にて算定する。

$$R_{ij} = \frac{N_{ij}}{L_i} \times 10^8 \quad (1)$$

R_{ij} : 走行状態カテゴリー*i*別の事故形態*j*の事故発生リスク[件/10⁸台・km]

N_{ij} : 走行状態カテゴリー*i*別の事故形態*j*の事故件数[件]

L_i : 走行状態カテゴリー*i*別の総走行台キロ[台・km]

交通事故は稀に起こる現象であるから、以下の(2)式、(3)式に示されるポアソン回帰モデルを用いて分析を行った。

$$\mu_{ij} = \lambda_{ij} t_i = \exp(a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n) t_i \quad (2)$$

$$P(Y = y_{ij} | \lambda_{ij}, t_{ij}) = \frac{e^{-\lambda_{ij} t_{ij}} (\lambda_{ij} t_{ij})^{y_{ij}}}{y_{ij}!} \quad (3)$$

μ_{ij} : 走行状態カテゴリー*i*の事故形態*j*の事故発生件数の期待値 [件]

λ_{ij} : 走行状態カテゴリー*i*の事故形態*j*の事故発生リスク [件/10⁸台・km]

t_i : 走行状態カテゴリー*i*の走行台キロ [台・km]

x_k : 事故発生リスクに影響を与える要因(ダミー変数), $k=1 \sim n$

a : 定数項

b_k : ダミー変数の係数, $k=1 \sim n$

分析の結果、追突事故、車両接触事故、施設接触事故の別に交通流状態に応じて事故リスクを算定するモデルを構築した。また、渋滞流中で追突事故のリスクが高まる

こと、勾配のある道路区間で追突事故や車両接触事故のリスクが高まること、急カーブ区間や雨天時に施設接触事故の事故リスクが高まる、といった知見が得られた。

(2-2)幹線道路の交通事故リスク推定モデル

幹線道路の交通事故リスクについても、車両1億台 kmあたりの事故発生件数と定義し、上記と同様のポアソン回帰モデルを用いて、モデル分析を行った。

分析の結果、交通量、車線数、交差点密度や沿道状況が事故リスクに影響を与えたとの知見が得られた。また、これらの変数を説明変数として動的な事故リスクを推定するモデルを構築した。

(2-3)生活道路の交通事故リスク推定モデル

活道路の交通事故リスクに関しては、交差点における事故と単路部における事故とに区別し、交差点については、車両通行回数1億回あたりの事故発生件数、単路部については車両1億台 kmあたりの事故発生件数と定義し、それぞれ上記と同様にポアソン回帰モデルを用いてモデル分析を行った。

交差点事故リスク推定モデルでは、交差する道路の幅員別に交差点のサイズを区分し分析を行った結果、幅員5.5m~13.0mの道路が交差する交差点において、自転車対車、人対車の事故リスクが高まること、幅員13.0m以上の道路(幹線道路)と幅員5.5m~13.0mの道路が交差する交差点において車両単独事故の事故リスクが高まること、などの知見が得られた。また、交通量や土地利用状況を説明変数として、交差点サイズの別に事故リスクを算定するモデルを構築した。

単路部事故リスク推定モデルでは、車両相互、自転車対車、人対車、単独事故の事故リスクを、幹線道路、生活道路の走行台キロで推定するモデルを構築し、生活道路における事故リスクが、幹線道路の事故リスクの7倍から10倍程度であることを示した。また、交通量や土地利用状況を説明変数として、生活道路単路部における事故リスクを算定するモデルを構築した。

(3)MFD解析

阪神高速道路ネットワークを対象として、MFDのヒステリシス解析を行った結果を図2に示す。同図より、エリア交通密度の増加に伴ってエリア交通流率が低下していることが読み取れる。また、エリア交通密度が一定レベルを超えると、その交通流状態推移の傾

きが大きくなる．すなわち，ネットワーク交通流のブレイクダウン現象が発現することが確認された．このことから，ネットワークブレイクダウンの発現を回避するためには，交通流状態推移の傾きが急になる前にネットワークの交通密度を管理する交通マネジメントを実施することが有用であると考えられる．

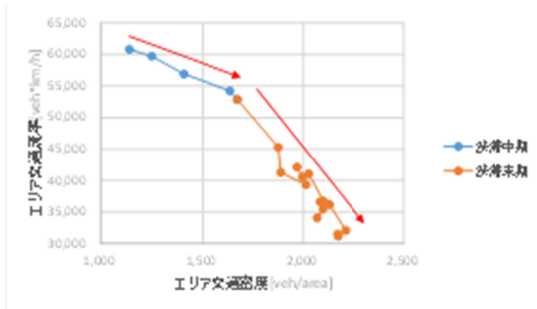


図2 エリア交通流状態推移の例

図3,4には，松山市中心部および東京都心における集計 QK 状態図を示す．両図を比較すると，東京での集計 QK 状態プロットのバラツキが大きく，かつ2本の回帰直線の傾きの違いが大きいことが読み取れる．すなわち対象ネットワークの違いによって MFD が大きく異なることが示された．

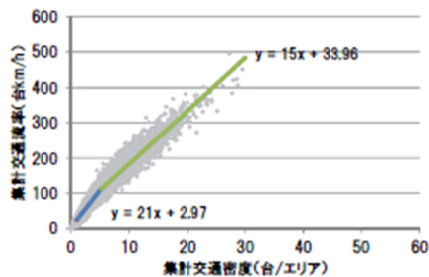


図3 松山市中心部における集計 QK

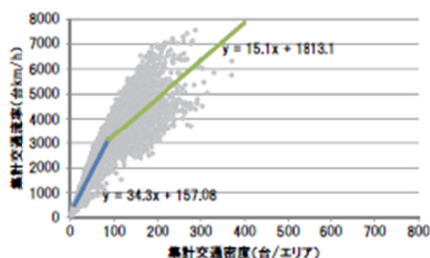


図4 東京新宿区における集計 QK

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)

尾高慎二, 吉井稔雄, 神戸信人: ETC2.0 データを用いた生活道路における事故リスク算定手法, 交通工学論文集, 査読有, 4巻1号, 2018, pp246-251.

DOI: https://doi.org/10.14954/jste.4.1_A_246
Yasuhiro Shiomi, Kazuki Watanabe, Hideki Nakamura, and Hirokazu Akahane: Assessing the safety of signalized intersections: The influence of geometric attributes and regionality on traffic-accident risks, Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, 査読有, 2679, 2017, pp71-79.

DOI: <https://doi.org/10.3141/2659-08>

兵頭知, 吉井稔雄: センサス道路における時間帯交通量別交通事故リスク分析, 土木学会論文集 D3, 査読有, Vol.72 No.54, 2016, ppl-1283-1-1291.

Satoshi Hyodo, Toshio YOSHII: Analysis of the impact of the traffic states on traffic accident risk, Proceedings of 22st World Congress on Intelligent Transportation Systems, 2015.

[学会発表](計18件)

西内裕晶, 吉井稔雄, 倉内慎也, 大藤武彦, 市川暢之: SP 調査による新潟都市圏道路網における交通事故リスク情報提供時の経路選択行動分析, 第56回土木計画学研究発表会, 2017.

坪田隆宏, 山本篤志, 吉井稔雄, 倉内慎也: ETC2.0 データを活用した生活道路の交通事故リスク分析, 第56回土木計画学研究発表会, 2017.

佐藤理久斗, 柳原正実, 小根山裕之, 割田博: 首都高速道路を対象とした事故発生時空間転換行動パターン分析, 第56回土木計画学研究発表会, 2017.

Toshio YOSHII: Mitigation of Traffic Congestion, 2nd International Conference on Transdisciplinary Research of environmental Problems in Southeast Asia, 2016.

塩見康博, 渡部数樹, 中村英樹, 赤羽弘和: 交差点幾何構造を考慮した交通事故リスク要因の分析, 第51回土木計画学研究発表会, 2015.

[図書](計1件)

小根山裕之他: 都市の技術(改訂版), 技報堂出版, 2015, 269

[その他]

国際研究集会[計2件]

Frontier of the MFD Study, Ehime Univ., Matsuyama, JAPAN, 2018.6

Frontier of the MFD Study(2), Ehime Univ., Matsuyama, JAPAN, 2018.10

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉井 稔雄 (YOSHII, Toshio)
愛媛大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：90262120

(2) 研究分担者

塩見 康博 (SHIOMI, Yasuhiro)
立命館大学・理工学部・准教授
研究者番号：40422993

小根山 裕之 (ONEYAMA, Hiroyuki)
首都大学東京・都市環境科学研究科・教授
研究者番号：90313105

倉内 慎也 (KURAUCHI, Shinya)
愛媛大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号：90314038