

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：32619

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25630219

研究課題名(和文) 東日本大震災における都区内道路グリッドロック下での動的経路選択の行動原理の解明

研究課題名(英文) ROUTE CHOICE BEHAVIOR ON TOKYO ROAD NETWORK GRIDLOCK AFTER THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE

研究代表者

岩倉 成志 (IWAKURA, SEIJI)

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号：20223373

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、東日本震災時の大規模グリッドロック状態下におけるドライバーの経路選択の行動原理を解明することを目的とする。東日本大震災時の道路パフォーマンスをより正確に把握するために、時々刻々のリンク交通状況のデータ整備方法を検討した。結果として4種類の異なる5分毎の交通観測データをデジタル道路地図上に統合した上で、さらにベイズ更新によってリンク速度の期待値を算定した。次いで、ベイズ更新によって得られた時々刻々のリンク速度データとNAVITIMEの点列の走行経路情報を用いて、交通混乱下におけるドライバーの経路選択の逐次意思決定構造を解明するために、震災時と平常時の経路選択モデルを構築した。

研究成果の概要(英文)：A massive traffic congestion and urban gridlock has been observed in many places of central Tokyo, when the Great East Japan Earthquake occurred on March 11, 2011. Serious traffic congestion generated by the Great East Japan Earthquake, prevented the transportation of emergency vehicle. These are very important issues from the point of view of urban disaster prevention. In this study, we have developed a map-matching technique to integrate multi observed velocity data in the Japan standard digital road map data. This approach was successful in building a database that can be grasped at a high density extensive and longtime traffic conditions after the earthquake. Furthermore, the gridlock every upbound and downbound traffic lanes were identified. A route choice behavior model was developed using the Navitime probe data after the earthquake.

研究分野：交通計画

キーワード：東日本大震災 グリッドロック 都区内道路 道路渋滞 データ統合 ベイズ更新 ビッグデータ

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災では都区内全域で自動車交通の著しい渋滞が発生、大震災時の道路ネットワークの脆弱さが浮き彫りとなった。一方、わが国ではプローブカーデータの整備が進められ、今回の大規模なグリッドロック現象がプローブカーデータによって初めて観測されたが、都区内全域の大規模渋滞を想定した実証分析、これに伴う動的経路選択行動に関する研究事例は極めて少ない。

著者らは2011年度に都内3000台のタクシープローブデータを利用して東日本大震災当日の交通状況をデジタル道路地図上に展開し、時々刻々変化するDRMリンク上の旅行速度から、グリッドロック箇所の特定とその拡大プロセスを明らかにするとともに、ボトルネック箇所の候補を抽出した。特に地震発生直後に首都高速が全線通行止めになり、大量の車両が一般道へ強制流出させられたことで、首都高速出口周辺部を起点とした渋滞の拡大プロセスを検討してきた。

この研究によって多くの示唆を得ることができたが、一方で単一のプローブカーデータに基づく分解能上の分析精度の課題も浮き彫りになってきている。これに加えて、供給側の道路パフォーマンスの検討や需要側であるドライバーの動的な行動特性の解明が、今後確実視されている東南海地震や首都直下地震時を想定した交通運用方法の検討、ひいては東京都区部の耐災性向上のためにも早急に究明すべき事項であるとの問題意識を持っている。

2. 研究の目的

本研究では、東日本震災時の大規模グリッドロック状態におけるドライバーの逐次行動原理を解明する。具体的には、東日本大震災時の道路パフォーマンスをより正確に把握するために、複数の異なる交通観測データを融合し、時々刻々のリンク交通状況のデータ整備方法を検討すること、次いで、この

時々刻々のリンク速度データとプローブカーの走行経路情報を用いて、交通混乱下におけるドライバーの経路選択の逐次意思決定構造を解明する。

前者では、複数のプローブカーのリンク速度データ(タクシー、バス、一般車、貨物車)と日本道路交通情報センター(情セン)及び常時観測(常観)データ等を融合した精度情報付きリンク速度データの整備方法を開発し、区道以上レベルでのリンク速度データを作成する。後者では、東日本大震災時の一般車と貨物車の経路情報と、上述の時々刻々のリンク速度データを用いて、通過交差点ごとのドライバーの動的な意思決定構造を内包した離散選択モデルの開発を試みる。

3. 研究の方法

A. 複数データを統合した精度情報つき逐次リンク速度の整備

A1. 複数の道路速度データの収集

民間プローブカーデータ、タクシープローブデータ、情センデータの複数の観測データを入手する。

A2. 道路速度データのリンクマッチングと精度確認

各速度データは、観測ポイントやデータ精度が様々であることから、デジタル道路地図データと整合させる形で5分毎リンク毎に6種類の速度データをマッチングさせる。

A3. 精度情報つきリンク速度データの作成方法の検討

都区内道路を網羅しているが、速度が10km/h単位のカテゴリとなっている情センデータを事前情報とし、他の3種類のデータを事後情報として、精度情報(観測台数)を反映したベイズ推定などの応用によって、より正確な5分ピッチのリンク速度データを推定する方法を検討する。

A4. 精度情報つきリンク速度データの作成

A3で開発した複数データの統合方法を用いて、2011年3月11日および前週の3月4

日の都区内道路の5分ピッチのリンク速度データを構築する。

B.グリッドロック現象下での経路選択行動モデルの開発

B1.プローブカーデータによる経路選択情報の収集

プローブカーデータの単位時間毎の位置座標情報をもとに、震災当日および前週3月4日の時々刻々の移動経路を分析し、Aで作成した5分ピッチの当該リンクの速度データを付与する。

B2.震災時の動的経路選択の行動仮説の検討

まず、震災時の選択経路の状況と通常時(3月4日)の選択経路とを比較し、相違の程度を分析する。次に特定の地点間で選択された経路を列挙し、経路の想起集合(選択肢集合)を抽出する。その上で、通常時との比較、震災時の代替経路間の比較をもとに、経路の選択要因(例えば、選択決定地点までの渋滞通過時間や速度、選択決定地点から先の渋滞状況、主要幹線道路上か否かなど)の抽出を行う。要因の抽出に際しては、限定合理的なドライバーの経路選択方略や経路の想起集合の道路状況に伴う動的な変化を念頭においた検討を行う。

B3.動的経路選択モデルの開発

B2で検討した選択要因をサービス水準データとして整備する。申請段階では通過交差点ごとの右左折選択モデルを構造化プロビットモデルやPath-size Logitなどの離散選択モデルベースで個人ごとに構築することを試みる。右左折判断は判断地点までの走行状態や選択結果に依存すると考えられ、系列相関の発生が想定されることから、これを考慮した誤差構造を内包するモデル化を検討する。加えて、合理的選択を前提とせず、限定合理的なモデル構造も併せて検討する。

B4.精度検証

プローブカーデータの実績経路に対する動的経路選択モデルの経路追従性を検証す

る。

4.研究成果

A.複数データを統合した精度情報つき逐次リンク速度の整備

A1.複数の道路速度データの収集

本研究で統合する4種類のデータの特性を表1に示す。対象データは、路側感知器データとして道路交通情報センターの渋滞統計データ、タクシープローブデータと民間プローブデータの2種類のプローブデータに加えて、GPSの軌跡データであるNAVITIMEの点列データを用いる。表1に示す様に、最も高いカバー率の渋滞統計データでもカバー率は50%程度に留まっている。これらのデータについて、集計区分を5分としてDRMリンクベースに統合を行う。なお、統合する各データの期間は、2011年3月11日~3月12日の2日間と、震災1週間前の2011年3月4日~3月5日のデータである。

表1 統合データの特性とカバー率

データ名	集計時間区分	観測データ	DRMリンク情報	統合後生成データ	リンクカバー率
HITACHI タクシープローブ	5分	リンク旅行時間(秒)	有	リンク旅行速度	39%
民間プローブ	15分	リンク旅行時間(秒)	有	リンク旅行速度	48%
JARTIC 渋滞統計データ	5分	渋滞長 二段階速度区分	無	[渋滞長] [速度区分]	54%
NAVITIME 点列データ	秒単位	GPS 軌跡データ	無	リンク旅行速度 [経路情報]	45%

A2.道路速度データのリンクマッチングと精度確認

4種の観測データ中、渋滞統計データとNAVITIMEについては、DRMの測地座標が異なるため、DRMリンクベースにマップマッチングを行った上で、4種のデータをDRM上で統合した。

DRM上に展開した統合データの一部を可視化(詳細表現)したものを図1に示す。

幹線道路などでは4種類のデータが獲得され、それぞれのデータの相違が把握できる。また、プローブカーやNAVITIMEデータで速度が観測できていないリンクでも渋滞統計データで補完できていること、細街路では渋

滞統計データが観測されていない速度が、プローブカーデータで観測できていることがわかる。

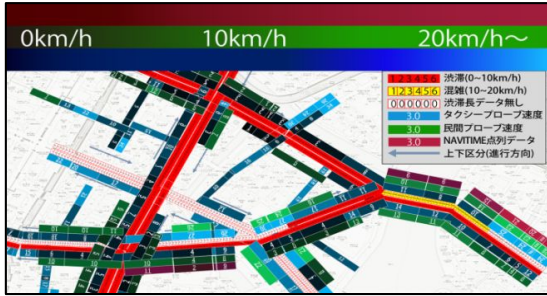


図2 統合データの可視化の例

時間帯ごとに統合データが DRM ネットワークをどの程度データがカバーしているかを図3に記す。カバー率は、以下の様に定義している。カバー率=(データ存在リンク数/DRM 対象リンク) ,DRM リンク数が約 60000 リンクに対して、約 49000 リンクのデータが存在し、結果、集計区分は全時間帯で約 74% 程度となる。

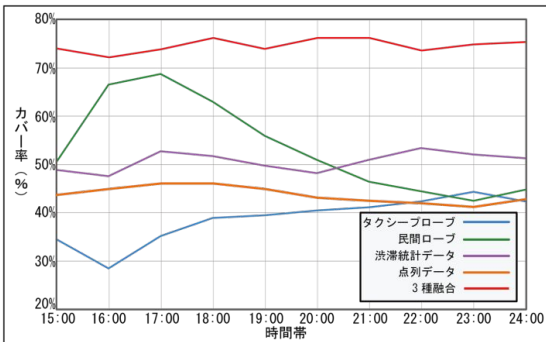


図3 観測データと統合データのリンクカバー率

渋滞統計データの 10km/h 以下の速度区分に存在する同一リンクでの速度の整合性を表したグラフを図4に示す。点線は全データに対する対象速度区分に存在した比率を表し、実線は累積比率を表している。これは、渋滞統計データの 10km/h 以下の速度区分の中に統合したデータがどの程度整合したかを表している。渋滞統計データの速度区分 10km/h 以下に一致した3種類のデータは 65% となった。各種プローブの速度区分を 15km/h 以下まで緩めて渋滞統計データとの整合性を比較すると 87% 一致していることになる。

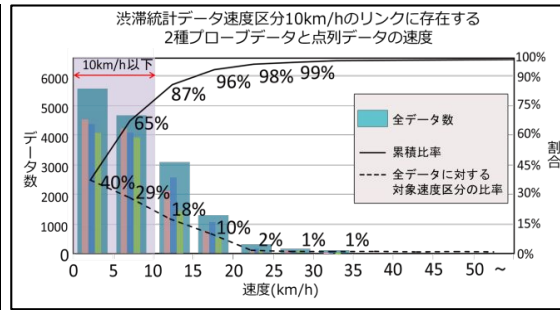


図4 統合データの渋滞統計との整合性

A3.精度情報つきリンク速度データの作成方法の検討

ベイズ更新によって4種のリンク速度を融合する方法を検討した。都区内道路を安定的に網羅しているが、速度区分が 10km/h 以下、20km/h 以下の2段階でしか観測できていない渋滞統計データを事前情報とする。他の3種類のデータを事後情報として、5分ピッチのリンク速度データを次式で与えた。 μ_1 が4種のリンク速度データを融合した期待値となる。

$$\mu_1 = \frac{\frac{n\bar{x}}{\sigma^2} + \frac{\mu_o}{\sigma_o^2}}{\frac{n}{\sigma^2} + \frac{1}{\sigma_o^2}}$$

ここで、 μ_o と σ_o^2 が渋滞統計データの平均

値と分散の設定値となる。この設定値の与え方は、今後詳細な検討を行う必要があるが、本研究では平均値を 5km/h、分散を 25km/h とした。渋滞統計データで5分間に観測されたデータのうち 84% が 10km/h 以内で走行している状態と仮定した。 n は5分ピッチの統合データでリンク上に存在するプローブカーデータの数、 \bar{x} はその平均値、 σ^2 は分散で尤度情報として与えた。

A4.精度情報つきリンク速度データの作成

以上の方法に基づいて、都区内の各リンクの期待値をすべて算出した。

B.グリッドロック現象下での経路選択行動モデルの開発

B1.プローブカーデータによる経路選択情報の収集

震災時におけるドライバーの利用経路は、NAVITIMEの点列データを用いた。東京駅～永代橋を起終点として取得された経路を図5に、その所要時間に表2に示す。表定速度が700m/hから1km/hでしかない。ドライバーCは平常時の最短経路を選択しているが、ドライバーBは、主要幹線道路の渋滞を迂回して細道路を走行して、渋滞の迂回に成功していると言える。一方、ドライバーDとEは、迂回に失敗している。震災時特有の迂回により走行台キロが増加し、渋滞を助長させた可能性が高い。

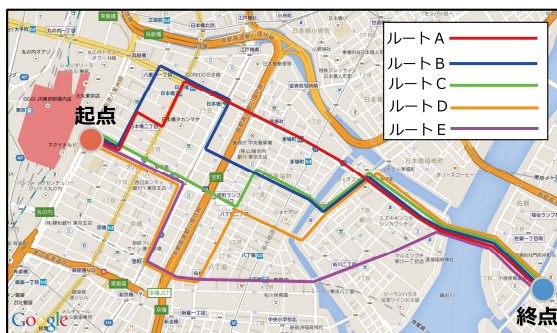


図5 震災時の走行経路の例

表2 図5経路の震災時と平常時の走行時間

ルート	経路長 (km)	震災時 所要時間 (分)	平常時 所要時間 (分)	所要時間 (震災-平常) (分)
ルートA	2.8	190	8	182
ルートB	2.9	171	11	160
ルートC	2.4	178	8	170
ルートD	2.8	228	8	220
ルートE	3.1	263	12	251

B2.震災時の動的経路選択の行動仮説の検討

経路選択の要因として、起終点間の所要時間、次リンクの渋滞発生回数、右左折回数、主要道路の利用率が影響しているとの仮説をおいた。

B3.動的経路選択モデルの開発

結果的に動的経路選択モデルの開発には至っておらず、ODの経路長を考慮した静的な経路選択モデルを開発した結果を以下に示す。

モデル構造は、三輪富生ら(2005)によるOD

距離によるスケールパラメータを構造化したロジットモデルを応用した。

$$p_i = \frac{\exp^{\mu V_i}}{\sum_i \exp^{\mu V_i}}$$

$$\mu_{rs} = \frac{\theta\pi}{\sqrt{\sigma}} \frac{1}{D_{rs}}$$

D_{rs} は、OD内の最短経路の距離である。

パラメータ推定結果を表3に示す。スケールパラメータがほぼ同等のため、各パラメータの感度比較を行う。震災時のドライバー行動は次リンクの渋滞発生頻度の強く反応するものの、国道や都道などの主要道を選択する傾向が強いことがわかる。

表3 震災時の経路選択モデル

説明変数	震災時		平常時	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
スケールパラメータ	-0.859	-19.9	-0.776	-20.3
行先リンクの渋滞発生回数	-4.33	-9.5	-1.812	-4.2
都道利用率	15.671	5.3	4.887	8.7
国道利用率	17.994	6.4	9.551	9.8
旅行時間	-0.272	-5.7	-0.188	-14.6
右左折回数	-0.194	-6.1	-0.443	-11.2
初期尤度	-5433.965		-4985.759	
最終尤度	-4733.294		-4389.455	
修正済尤度比	0.175		0.1452	

B4.精度検証

B3で構築した経路選択モデルの再現性を確認した結果、図6に示すように、一部の類似経路に集中し、再現性は確保できていない。モデリング上の課題として、選択肢集合の形成の方法や、経路重複の構造化の検討があげられる。一方で数多くのODパターンを解析し、集計値としてルート選択割合の傾向を分析する必要がある。



図6 震災時の経路選択モデルの再現性

<引用文献>

三輪富生, 森川高行, 倉内慎也; プローブカーデータを用いた動的な経路選択行動に関する基礎的研究, 土木計画学研究論文集, Vol.22 No.3,477-486,2005

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

清田裕太郎, 岩倉成志, 野中康弘: 東日本大震災時のグリッドロック現象に基づく都区道路のボトルネック箇所の考察, 土木学会論文集 D3(土木計画学)特集号 Vol.70 No.5, pp.1059-1066,2014.12

〔学会発表〕(計 7件)

清田裕太郎, 岩倉成志, 野中康弘: プローブデータに基づく東日本大震災時のドライバーの経路選択要因の分析, 第51回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2015.6

清田裕太郎, 月舘権二, 岩倉成志, 野中康弘: 複数プローブデータと渋滞統計データの融合による東日本大震災時の都区部渋滞データ構築, 第50回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2014.11

清田裕太郎, 月舘権二, 岩倉成志, 野中康弘: プローブデータと渋滞統計データの融合による東日本大震災時の都区部の渋滞データの構築, 第69回土木学会年次学術講演会概要集 CD-ROM, 2014.9

清田裕太郎, 月舘権二, 岩倉成志, 野中康弘: プローブデータと渋滞統計データの融合による東日本大震災時の都区部の渋滞データの構築, 第34回交通工学研究発表会, CD-ROM, 2014.8

清田裕太郎, 野中康弘, 岩倉成志: 東日本大震災時のグリッドロック現象における首都高速流入交通の一般道への影響分析, 第48回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2013.11

清田裕太郎, 岩倉成志, 野中康弘: 東日本大震災時のグリッドロック現象における首都高速の影響分析, 第68回土木学会年次学術講演会概要集 CD-ROM, 2013.9

清田裕太郎, 岩倉成志, 野中康弘: 東日本大震災時のグリッドロック現象における首都高速の影響分析, 第47回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2013.6

〔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〕

TBS 『緊急!池上彰と考える“巨大地震”...その時 命を守るために...2』, 2014年2月26日にて, リンク統合データを放映

6. 研究組織

(1)研究代表者

岩倉成志 (IWAKURA, Seiji)

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号: 20223373

(2)研究分担者

毛利雄一 (MOHRI, Yuichi)

(財)計量計画研究所・研究員

研究者番号: 60246692

(3)連携研究者

野中康弘 (Nonaka, Yasuhiro)

(株)道路計画・研究員

牧村和彦 (MAKIMURA, Kazuhiko)

(財)計量計画研究所・研究員