

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：13301
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2017～2020
課題番号：17H03321
研究課題名（和文）大規模・異種の時空間データ融合による全国幹線道路ネットワークの脆弱・信頼性評価

研究課題名（英文）Vulnerability/reliability evaluation of arterial road network with time-space integration of large-scale and heterogeneous data

研究代表者
中山 晶一郎（NAKAYAMA, Shoichiro）
金沢大学・地球社会基盤学系・教授

研究者番号：90334755
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,000,000円

研究成果の概要（和文）：災害・日常時の両方で信頼性の高い日本の幹線道路ネットワークはどのようなものであるべきであるのかは重要である。そのために、ETC2.0をはじめとするプローブデータ（自動車移動軌跡データ）などの交通ビッグデータをこれまでに用いられてきた路側設置の車両感知器による交通量等のデータと融合させるとともに、道路ネットワークの交通状態のwithin-day/day-to-dayダイナミクス特性（一日の中の時々刻々の動的な変化及び日間の動的な変化の特性）などを解明するとともに、G空間や道路管理・点検データと時空間融合し、災害への脆弱性評価や通常時の所要時間の変化などの信頼性評価に活用できるようにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国の道路には非常に多くの自動車が走行しており、ETC2.0などのプローブデータ（自動車走行軌跡データ）はその総量としては極めて大量であるものの、サンプル率はさほど高くはなく、場所ごとに時々刻々と変化する交通状況を正確に把握することは難しい。路側に設置された車両感知器による交通量データはその地点の交通状況のある程度の精度で把握できるが、その地点のことしかわからない。これらの大規模・異種のデータを融合することによって、交通渋滞や交通混雑などを点ではなく、面的にある程度の精度で把握することができるようになり、これは社会的にも非常に意義があることと言える。

研究成果の概要（英文）：It is important to examine what is a reliable road network for both emergency and ordinary situations in Japan. In this research project, probe data including ETC2.0 as well as traffic counter data are integrated, and within-day/day-to-day dynamics of traffic states of road network was investigated. This enables us to evaluate vulnerability analysis of road network for disaster situations and to make a travel time reliability analysis under the ordinary situations.

研究分野：都市・交通工学

キーワード：脆弱・信頼性評価

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災等があり、信頼性の高い道路ネットワークの整備は最重要・急務である。災害時だけでなく、日常でも事故等で旅行時間（所要時間）が通常よりも超大になるのは不便であり、通常時でも道路の信頼性向上は必要である。災害・日常時の両方で信頼性の高い日本の幹線道路ネットワークはどのようなものであるべきであるのかを理論的かつ現実的に解明するために、ETC2.0などのプローブデータを活用することができる。プローブデータは自動車の時々刻々の位置情報のデータであり、自動車が走行している緯度経度のみならず、その走行速度なども分かる。プローブデータはエクセルやテキストファイルでは開くことすらできないほど大量のデータではあるものの、位置情報を記録するデバイスを付けた自動車の割合はかなり低いため、そこから得られた旅行速度などの情報には少なからずの誤差が生じる。このようにデータ量は大きいですが、誤差があるデータであるため、誤差の補正などを施す必要があり、その基礎となる理論やモデルの開発が極めて重要である。

2. 研究の目的

災害・日常時の両方で信頼性の高い日本の幹線道路ネットワークはどのようなものであるべきであるのかを理論的かつ現実的に解明する。そのために、ETC2.0 (Electronic Toll Collection system, version 2.0)をはじめとするプローブデータ（自動車移動軌跡データ）などの交通ビックデータをこれまでに用いられてきた路側設置の車両感知器による交通量等のデータと融合させるとともに、道路ネットワークの交通状態の within-day/day-to-day ダイナミクス特性（一日の中の時々刻々の動的な変化及び日間の動的な変化の特性）などを解明するとともに、G空間や道路管理・点検データと時空間融合し、災害への脆弱性評価や通常時の所要時間の変化などの信頼性評価に活用する。

3. 研究の方法

我が国の道路を走る自動車の数は膨大であり、ETC2.0をはじめとするプローブデータ（自動車移動軌跡データ）の総量は極めて大量で、まさにビックデータである。当然のことながら、このようなビックデータはエクセルどころかテキストファイルでも開くことはできず、SQL（関係データベース管理システム）等でのデータベースの作成が必要である。また、データベースから必要なデータを抜き取るPC作業には計算時間がかなりかかるため、その計算時間の削減方法などの検討も必要である。

このような交通ビックデータとこれまでに用いられてきた路側設置の車両感知器による交通量等のデータと融合させるために非負値行列分解および最尤推定法を用いた。各道路リンクの旅行速度を算出できると、そのリンク旅行速度の within-day や day-to-day ダイナミクスについて、時刻によって旅行速度がどのように変化するのか、変化しないのか、また、曜日によって旅行速度がどのように異なるのかなどについて、混合効果モデルを用いて、プローブデータの車両間の運転特性の違いによる旅行速度推定上の誤差等も含めて分析することができる。

4. 研究成果

ETC2.0をはじめとするプローブデータは極めて非常に大きなデータ（ビックデータ）であり、エクセルやテキストファイルでは開くことすらできない富士通交通・道路データサービスの商用車プローブデータやETC2.0 (Electronic Toll Collection system, version 2.0) のプローブデータを、SQL（関係データベース管理システム）を用いて、各車両の移動軌跡を把握する方法について検討を行った。具体的には各車両の離散時刻の車両位置の緯度経度データをつなぎ合わせて、その車両の移動軌跡を把握するために、それらプロットデータをL1ノルム正則化による回帰分析を行うことの適用可能性などを検討した。また、道路ネットワークのそれぞれのリンク内のプローブデータを集計する方法（リンク内の複数車両の複数の緯度経度プロットデータをどのように平均化するのかの方法）について検討し、各リンクの旅行速度を算出し、そのリンク旅行速度のwithin-dayやday-to-day ダイナミクスについて、時刻によって旅行速度がどのように変化するか、変化しないのか、また、曜日によって旅行速度がどのように異なるのかなどについて検討した。また、混合効果モデルを用いて、プローブデータの車両間の運転特性の違いによる旅行速度推定上の誤差について検討を行い、プローブデータを用いて、旅行速度を衰退するためにはどれほどのプローブデータサンプルが必要なのかなどの検討も行った。

単に対象道路リンクの車両の速度の平均をとると、信号等で停止した車両と停止しなかった車両が混在し、サンプルの中でたまたま信号で停止した車両が多かった場合、実際よりも平均走行速度を低く見積もることになってしまう。逆に、停止しなかった車両が多かった場合は速度を高く見積もることになる。より詳細にかつ精度よく道路リンクの交通状態を計測するために、車両の移動軌跡のプローブデータから、信号等による加減速の抽出方法の検討を行った。これによって、より詳細にかつ精度よく道路リンクの交通状態を計測が可能になると期待できる。

GIS（地理情報システム）や DRM（デジタル道路地図）の各種データと融合して災害への道路ネットワークの脆弱性を評価するために、石川県内の道路や道路構造物に関するデータの収集や整理を行った。様々なデータがあり、それぞれに多数のデータ項目があるため、それらの中で、災害への道路ネットワークの脆弱性の評価に影響する要因や項目等について検討を行った。また、それらのデータの統合的な管理マネジメントシステムの在り方などについても検討を行った。基本的にはGIS（地理情報システム）上で各道路構造物や道路リンク等の位置情報を整理することであり、位置情報以外の情報をそれらにどのように紐づけするのかを検討した。

現実の道路のプローブデータデータ（車両移動軌跡データ）及び車両感知器データ（地点常時観測データ）を非負値行列分解を用いて統合する手法を開発するとともに、それとは別の手法として、最尤推定法によって道路リンクのQV曲線（速度-交通量曲線）等を導出するとともに、これによって道路リンクの所要時間を推定できる手法を開発した。観測地点は限られるものの、市車両感知器データによってその地点の交通量はある程度の観測できる一方、プローブデータはサンプル率が低く、精度はそれほど高くないものの、多くの道路リンクの旅行速度を観測することができる。車両感知器データが得られない道路リンクについては、プローブデータでの旅行速度を推定したQV曲線で交通量等を推定し、トラカンデータで得られた地点の観測交通量と整合させるように補正する手法を開発した。これらを石川県内の国道8号を対象に現実の道路ネットワークに適用し、手法の妥当性や課題などの検討を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 山口 裕通, 小泉 奏子, 大澤 脩司, 中山 晶一郎	4. 巻 74
2. 論文標題 道路ネットワークの接続性強化に向けた防災拠点の重要度ランクの推定	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3	6. 最初と最後の頁 I_303-I_314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.74.I_303	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 大澤 脩司, 岡田 真由子, 中山 晶一郎, 山口 裕通	4. 巻 74
2. 論文標題 地震に対する道路の弱点箇所に基づく防災拠点間の接続性評価に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3	6. 最初と最後の頁 I_591-I_603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.74.I_591	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 中南 孝晶, 中山 晶一郎, 小林 俊一, 山口 裕通	4. 巻 74
2. 論文標題 固有値解析による固有ベクトルを利用した緊急輸送道路ネットワークの脆弱性評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3	6. 最初と最後の頁 I_1141-I_1148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.74.I_1141	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 KOZAWA Shunji, NAKAYAMA Shoichiro, KOBAYASHI Shun-ichi, YAMAGUCHI Hiromichi	4. 巻 76
2. 論文標題 EXAMINATION OF ROAD NETWORK EVALUATION METHOD USING MATRIX TREE THEOREM	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 I_889~I_897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.76.5_I_889	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 OGAWA Fukutsugu, CHIKATA Yasuo, NAKAYAMA Shoichiro	4. 巻 77
2. 論文標題 ANALYSIS OF BRIDGE INSPECTION FINDINGS USING THE STRUCTURAL TOPIC MODEL	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. F3 (Civil Engineering Informatics)	6. 最初と最後の頁 I_23 ~ I_29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejcei.77.2.I_23	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 BUI Tien Thiem, NAKAYAMA Shoichiro, YAMAGUCHI Hiromichi, KOIKE Kosuke	4. 巻 75
2. 論文標題 LINK-BASED APPROACH FOR SEMI-DYNAMIC STOCHASTIC USER EQUILIBRIUM TRAFFIC ASSIGNMENT WITH SENSITIVITY ANALYSIS MODEL	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 I_615 ~ I_625
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.75.I_615	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 YAMAGUCHI Hiromichi, KOIZUMI Kanako, OSAWA Shuji, NAKAYAMA Shoichiro	4. 巻 74
2. 論文標題 PRIORITY RANK ESTIMATION OF DISASTER PREVENTION BASE FOR ROAD NETWORK RELIABILITY	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 I_303 ~ I_314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.74.I_303	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 OSAWA Shuji, NAKAYAMA Shoichiro, FUJII Makoto, TAKAYAMA Jun-ichi, MIZOKAMI Shoshi	4. 巻 73
2. 論文標題 A STUDY ON DECISION METHOD FOR RESTORATION PRIORITY RANK IN ROAD NETWORK BASED ON ACCESSIBILITY INDEX AFTER NATURAL DISASTER	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 I_281 ~ I_289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.73.I_281	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Hiromichi Yamaguchi, Shoichiro Nakayama
2. 発表標題 ANALYZING VELOCITY DISPERSIONS OF PROBE VEHICLE DATA: A LINEAR MIXED MODEL APPROACH
3. 学会等名 Transportation Research Board 99th Annual Meeting
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 光澤駿治, 中山晶一郎, 山口裕通, 小林俊一
2. 発表標題 行列木定理を用いた道路ネットワーク評価方法の検討
3. 学会等名 第60回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上耕平, 中山晶一郎, 山口裕通, 小池光右, 干川順也
2. 発表標題 リンク速度と交通量を用いた最尤法による交通状態推定のための基礎的研究
3. 学会等名 第60回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 干川順也, 中山晶一郎, 山口裕通
2. 発表標題 プローブデータを用いた希望走行速度の推定手法に関する基礎的研究
3. 学会等名 第60回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 HaiTran Thanh, 小林俊一, 中山晶一郎, 山口裕通
2. 発表標題 最小木を利用した被災リンクの修復順序評価について
3. 学会等名 第60回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林俊一, 北倉大地, 中山晶一郎, 山口裕通
2. 発表標題 複数の拠点ノード間の相互接続性に着目したリンク重要度の評価について
3. 学会等名 第60回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田嶋真樹, 中山晶一郎, 山口裕通, 小林俊一
2. 発表標題 グラフ理論を用いた道路ネットワークの災害時連結性評価
3. 学会等名 第60回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇野敦伎, 中山晶一郎, 山口裕通
2. 発表標題 混合効果モデルを用いたプローブ車両速度変動評価
3. 学会等名 第60回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 干川順也, 中山晶一朗, 山口裕通
2. 発表標題 プローブデータを用いた道路網の交通混雑の面的推定及びその原因特定
3. 学会等名 平成30年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古屋健登, 中山晶一朗, 山口裕通, 熊谷成則
2. 発表標題 プローブデータとトラカンデータを組み合わせた分析を目指した走行速度比較
3. 学会等名 平成30年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 熊谷成則, 中山晶一朗, 山口裕通
2. 発表標題 プローブカーデータを用いたリンク別速度の日変動分析
3. 学会等名 平成30年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇野敦伎, 中山晶一朗, 山口裕通
2. 発表標題 プローブカーデータを用いた道路構造と速度の平均値・分散値との関係性分析
3. 学会等名 平成30年度土木学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古屋健登, 中山晶一朗, 山口裕通
2. 発表標題 プローブデータとトラカンデータの融合に向けた速度変動パターンの比較
3. 学会等名 平成30年度土木学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇野敦伎, 古屋健登・熊谷成則・小池光右・大澤脩司・中山晶一朗・山口裕通
2. 発表標題 プローブカーデータによる道路の旅?時間変動と道路構造の関係性分析
3. 学会等名 第57回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 光澤駿治, 中山晶一朗, 大澤脩司, 山口裕通
2. 発表標題 道路施設データ一元管理システムによるネットワーク脆弱性に着目した重要対策箇所選定方策の研究
3. 学会等名 第58回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上耕平, 中山晶一朗, 山口裕通, 小池光右
2. 発表標題 混雑の時空間移動を扱う準動的配分モデルの実用的アルゴリズムについての基礎的研究
3. 学会等名 平成30年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小池光右, 中山晶一朗, 山口裕通
2. 発表標題 混雑の時空間移動を考慮した準動的配分モデルの分担・配分統合モデルへの拡張
3. 学会等名 平成30年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田嶋眞樹, 中山晶一朗, 山口裕通, 中南孝晶
2. 発表標題 同時複数リンク切断を考慮したラプラシアン行列を用いた交通ネットワークの連結性評価
3. 学会等名 平成30年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中南孝晶, 中山晶一朗, 小林俊一, 山口裕通
2. 発表標題 緊急輸送道路ネットワークの複数分割を考慮した固有値解析によるリンク脆弱性評価
3. 学会等名 平成30年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山晶一朗
2. 発表標題 プローブ・トラカンデータをを用いた最尤法による交通状態推計
3. 学会等名 第56回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	寒河江 雅彦 (SASGAE Masahiko) (20215669)	金沢大学・経済学経営学系・教授 (13301)	
研究分担者	中西 航 (NAKANISHI Wataru) (70735456)	東京工業大学・環境・社会理工学院・助教 (12608)	
研究分担者	高山 純一 (TAKAYAMA Jun-ichi) (90126590)	金沢大学・その他部局等・その他 (13301)	
研究分担者	藤生 慎 (FUJIIU Makoto) (90708124)	金沢大学・地球社会基盤学系・准教授 (13301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------