

(続紙 1)

京都大学	博士（工学）	氏名	山 本 隆
論文題目	都市間高速道路における対面通行規制時の交通容量と戦略的な工事計画に関する研究		
（論文内容の要旨） 本論文では、都市間高速道路の経年劣化への抜本的対応策として、都市間高速道路のリニューアルプロジェクトに着目し、工事実施時の対面通行規制を対象に、規制形態が交通円滑性に及ぼす影響を定量的かつ体系的に捉え、社会的影響を緩和可能な通行規制方式を含む戦略的な工事計画の立案に資する成果を得ることを目的としている。なお、本研究における「戦略的な工事計画」の定義は、「渋滞発生の可能性を把握し、渋滞を確度高く予測して、社会的影響を評価した上で、交通安全性を含めた対策の下、策定される社会的な影響が少ない工事計画」としている。加えて、先進運転支援システム ADAS への依存より、漫然運転が誘発される可能性、そして安全な施工箇所の確保の上で重要な工事規制材を ADAS が検知できない可能性等の課題が想定されている。 本論文の構成は以下の通りである。第 1 章は「序論」であり、高速道路リニューアルプロジェクトと称する大規模更新事業の概要および実施動向を整理している。その上で、次の研究目的を示している。1)対面通行規制において発生する渋滞の先頭地点や渋滞が発生・定着する条件を明らかにする。2)交通容量の値と、交通容量の変動要因を明らかにし、対面通行規制時の交通容量推定モデルを構築する。3)ADAS の普及により、漫然運転が増え、その結果大規模更新のための交通規制区間において、事故増加の傾向が見受けられるか検証する。そして、4)ADAS を搭載した車両の工事規制材に対する反応の有無ならびに精度について検証する。 第 2 章「既往研究のレビューと本研究の位置づけ」では、工事規制時の交通影響分析に関わる技術指針類を整理した上で、指針類の根拠に位置付けられる基礎研究についてレビューしている。具体的には「工事規制時の交通現象」、「工事規制時の交通容量分析・交通容量推定モデルの構築・適用」、「工事規制時の交通需要及び渋滞発生傾向」、および、「工事規制時の交通需要及び渋滞発生傾向」について研究論文レビューを行い、それを踏まえて本研究の特徴及び新規性について論じている。大規模更新工事については、高速道路上下線同時での工事実施で、工事進捗に応じて変化する車線シフトを伴い、交通円滑性や安全性への影響が大きいにも関わらず、対面通行規制時の渋滞発生・定着条件の明確化を試みている研究、ならびに、工事規制時の交通容量推定手法に関する研究は皆無に近いことを指摘している。加えて、安全・確実な工事履行の観点から「交通規制時の交通事故分析に関する研究」についても、先進運転支援システム ADAS に着目してレビューを行ったが、安全な施工空間の確保の点で、重要な工事規制材に対する ADAS の反応に関する研究が皆無に近いことを示し、通行規制下における安全かつ効率的な施工箇所の維持・増進を目指した実務的研究の重要性を論じている。 第 3 章「分析対象工事規制と渋滞発生状況」では、対面通行規制を主とした工事規制時の渋滞発生に着目し、渋滞先頭位置を定める条件について、実証的に分析している。工事による通行規制下において、渋滞先頭地点、いわゆるボトルネックの位置を決定し得るメカニズムについて、ビッグデータの一種である、ETC2.0（Electronic Toll Collection）プローブデータを用いて分析している。実際には 2017 年～2021 年に実施されたリニューアルプロジェクトの工事規制 38 規制を対象として、渋滞先頭地点別に			

京都大学	博士（工学）	氏名	山 本 隆
渋滞が発生・定着する条件について考察している。その結果、工事規制始端部と比して、規制区間内の方が渋滞先頭となりやすいことを明らかにした。3箇所以上のサグを含む単路部では、上流から2番目以降のサグで渋滞定着が確認される傾向にあり、工事規制区間内の交通については、より多くのサグを通過することで渋滞発生確率が高まる可能性が示唆されている。 第4章「工事規制時の交通容量と変動要因分析」では、ETC2.0 プローブデータより渋滞中の速度プロファイルを分析し、53箇所の渋滞先頭地点を抽出した。各地点の車両感知器データを用いて、交通容量を算出し、その変動の影響要因候補を抽出している。影響要因候補は、大別して気象、交通、規制の各条件に関するものを想定している。その結果、交通容量の変動に及ぼす降雨や明暗の影響、大型車混入率の影響の高さを把握した。渋滞先頭地点別にみると、規制始端部の渋滞中交通流率が最も高く、規制区間内の合流部、単路部、車線シフト部の順に低くなることを明らかにしている。規制区間内合流部といった車両合流を含む平面線形の地点では渋滞中交通流率が高くなる一方、車線シフト部では低く、これらより平面線形の影響を示唆している。 第5章「交通容量推定モデルの検討」では、対面通行規制時の交通容量推定モデルを構築している。この交通容量推定モデルを用いて、渋滞先頭地点や規制区間延長、大型車混入率、縦断勾配が統計的に有意な影響を及ぼすことを把握し、第4章の交通容量変動要因の分析結果と同傾向であることから、交通容量モデルの説明力を確認した。加えて渋滞先頭地点を既知とするか否かで、交通容量モデルの説明力がどの様に変化するか、モデルの推定結果より検証した。渋滞先頭地点を表す変数の中では、車線シフト部ダミーが統計的に有意であり、これを説明変数に加えたモデルでは、自由度調整済み決定係数で0.78ないし0.79、加えない場合でも0.62は維持しており、この交通容量推定モデルは、工事实績が無い区間の工事計画立案時に、参考にできる交通容量値を算出できるものと考えられる。 第6章「工事規制の交通への影響と安全性に関する検討」では、大規模工事規制の事例分析を通して、工事計画および交通規制計画立案に際して、今後の検討が望まれる実務上の課題を明らかにしている。特に交通需要変動や渋滞発生傾向に関する知見の不足が課題として示唆されている。具体的には、工事ステップ毎の詳細な工事内容に基づき、想定される時間帯別の交通需要を踏まえて施工方法や規制方法の工夫、渋滞規模に応じた広報計画や迂回誘導策の検討などを行うべきとしている。 戦略的な工事計画の立案、実施の観点からは、大規模更新では規制形態が施工段階に応じて変化する中で、施工現場の安全性を担保する必要がある。その一方で、自動運転の開発・実用化に向けた過程の中で、先進運転支援システム ADAS を搭載した車両が増える傾向にあり、ADAS に相当依存しているドライバーも少なからず存在していること、加えて工事規制区間での接触事故が増加傾向にあることを踏まえて、ADAS 搭載車両の工事規制材に対する反応有無およびその正確性を検証した。実験の結果、ADAS 機能は工事規制材に反応しにくい可能性が高いことを明らかにした。これより、工事規制計画にあたっては、工事規制区間の視認性向上や情報提供により漫然運転に伴う事故防止のための工夫が必要である。 第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、都市間高速道路の経年劣化への抜本的対応策としての都市間高速道路のリニューアルプロジェクトに着目し、工事実施時の対面通行規制を対象に、交通容量を中心として、ETC2.0 プローブデータを用い、渋滞先頭地点とその特徴を明らかにするとともに、渋滞地点別に渋滞が定着する条件を示している。また渋滞先頭地点別の交通容量（渋滞中交通流率）を推定するため、渋滞先頭地点別の交通容量や、気象条件、交通条件等が交通容量の変動に及ぼす要因を ETC2.0 プローブデータを用いて統計的に明らかにしている。これらは ETC2.0 データの車両挙動データにより精緻に分析している点や、分析の対象を対面通行規制にしている点で、既往研究には見られないものである。また昨今、交通容量の低下が指摘されており、最新の知見という点でも有益と考えられる。更に工事規制時の交通容量推定モデルを構築しており、その結果、交通容量が明らかに減少する条件として、規制区間内の車線シフト部、規制区間長が長い場合等が示唆された。長期に渡るリニューアル工事に伴う交通規制の影響を緩和し、安全な対面通行規制を考究する上で、学術面のみならず実務的にも意義の高い成果を得ている。

対面通行規制時の交通容量に加えて、交通需要及び渋滞の発生頻度や規模、発生地点といった渋滞発生傾向について明らかになっていないことも課題としても認識し、幾つかのリニューアルプロジェクトを対象とした実証分析を行い、交通容量推定モデルの実務上の課題を示しており、高速道路の老朽化に伴う更新工事が今後も継続することが想定される中、学術面にくわえて実務面でも重要な視点を提示している。

更に、工事規制時の安全性にも着目し、先進運転支援システム ADAS の普及に伴う工事規制区間における安全性向上の可能性について検証するため、テストコース内に工事規制材を設置し、その効果を実験により明らかにしている。その結果、現状の工事規制材に ADAS が反応する可能性は低く、工事規制区間の安全性改善には、大きな貢献を期待することは現在のところ難しいことが示された。

以上より、本論文は研究蓄積の乏しい都市間高速道路の工事規制区間を対象とし、円滑かつ安全な交通実現のために、車線規制形態を明示的に考慮しつつ、渋滞発生・定着要件の導出や交通容量推定モデルの構築等、有用な知見を提示しており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 6 年 12 月 13 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。