

京都大学	博士（工学）	氏名	飛ヶ谷 明 人
論文題目	交通障害及び道路ネットワーク性能の変動を考慮した都市高速道路の巡回計画策定に関する研究		
（論文内容の要旨） 本論文は、都市高速道路の巡回班の基本巡回計画策定手法の構築及び評価を行ったものであって 8 章からなっている。 第 1 章は序論であり研究の背景を述べ、本研究で焦点となる阪神高速道路の交通管理の課題に触れた上、本研究のめざすところや全体構成について整理した。 第 2 章では、阪神高速道路の交通管理の実態及び基本巡回の必要性について整理した上で、本研究の実務への適用可能性とその意義、研究の全体像について述べている。 第 3 章では、本研究のキーワードとなる「交通障害」、「道路ネットワーク性能」、「交通管理巡回」の 3 つのキーワードに関する既往研究について整理し、本研究の新規性は「OD 特性を考慮した障害発生時の交通量変動分析」、「発生箇所の特性を考慮した交通障害発生時における簡便な渋滞損失時間推定方法の構築」、「交通障害発生による道路ネットワーク性能変動を考慮した都市高速道路の交通管理巡回の定量的評価」の 3 点を行うことにあるとしている。 第 4 章では交通障害発生時の交通量変動について、阪神高速 1 号環状線、14 号松原線における事例分析を踏まえて考察を加えている。また、渋滞損失時間推定の入力値として、障害発生時の交通量推定が必要であり、平土休の曜日区分と時刻、交通障害発生時の渋滞損失時間発生レベルを入力変数とする、ニューラルネットワークモデルを用いた障害発生時の交通量推定モデルを構築した。その結果、主に入出口交通量について、全ての交通障害が交通量増減に影響を与えているとは限らないこと、入口によって交通障害による交通量減少が明確に観察できない入口があることを示した。区間交通量について、区間下流側の交通障害による交通量減少が見られること、区間上流側の交通障害発生によって時刻毎に観察すると減少・増加の両現象が観察された。これは渋滞が延伸するとともに区間速度が低下し、断面交通量は一時的に減少するが、渋滞解消時には回復した速度と高密度な交通流が流入し、一時的に断面交通量が増加するという結果から推察されたものである。これらの結果を踏まえて、交通障害発生時の交通量推定モデルの構築を行い、交通量推定を行った結果、交通障害発生時の交通量推定が一定程度以上の精度で推定可能であることを示した。 第 5 章では、交通量、交通障害継続時間、前時間帯渋滞損失時間を入力変数とする交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを構築した。ここでは、15 分を単位時間帯とし、ニューラルネットワークを用いて、各時間帯の渋滞損失時間を推定するモデルとした。これは交通障害リスクを算定するために時間帯毎、交通障害発生箇所毎に渋滞損失時間推定を行う必要があり、簡便な手法で発生箇所の特性を考慮した交通障害発生時の渋滞損失時間推定を行う必要があったためである。モデル構築にあたり 11 号			

京都大学	博士（工学）	氏名	飛ヶ谷 明 人
池田線下り福島先頭渋滞、14号松原線上り駒川先頭渋滞が渋滞損失時間の発生が顕著であったため、本モデルの適用対象として選定し、推定している。その結果、駒川先頭渋滞のような、放射路線単路部の渋滞損失時間は高い精度で推定することが可能であり、福島先頭渋滞のケースに示される通りに、環状線のように複雑な織込み区間を伴う路線における渋滞損失時間についても、一定程度以上での精度で推定可能ではあるが、精度向上の余地があることが分かった。 第6章では、巡回間隔の路線間での大きな偏りを防ぎつつ、所与の巡回班数の制約の下で効果的な基本巡回計画策定を目指して、数理計画問題としての定式化、モデル構築を行った。また仮想ネットワーク及び設定した交通障害リスクを用いて、配備巡回班数や配備地点、交通障害発生シナリオを変化させ、構築したモデルの感度分析を行った。なお4章で示した障害発生時の交通量推定手法、及び、5章で述べた障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを活用して、交通障害リスクを算定し、基本巡回計画策定問題の入力として活用する。定式化した数理計画問題は遺伝的アルゴリズムにより、近似解を効率的に求めることとした。 本研究における交通障害リスクとは「各リンクにおいて交通障害が発生した際の渋滞損失時間の期待値（交通障害発生確率×交通障害発生による渋滞損失時間の増分）」と定義し、交通障害リスクを最大化するように巡回計画を策定した。目的関数としての交通障害リスクの最大化の意味は、一定時間間隔で道路状況に異変が生じていないか監視するために、交通障害リスクの高い区間をできるかぎり手厚く巡回し、障害発生時の迅速な現場への到着の可能性を高めることで、その影響を緩和することにある。その結果、本モデルを用いて基本巡回計画に関する計算を行うことで、所与の配備班数・配備地点などの条件下で、より効果的な基本巡回経路の策定可能性を示すとともに、一定の制約条件下において巡回に必要な配備班数の算定の可能性も示した。また、基本巡回中の発生を想定した交通障害発生シナリオを用いて、交通障害発生を考慮した上で、巡回に必要な配備班数、巡回経路について計算可能であることを示した。 第7章では、阪神高速道路ネットワーク（大阪管内）を対象として、蓄積データに基づき、交通障害リスクの高い区間を示すとともに、第6章で構築した基本巡回計画策定モデルを用いて基本巡回経路の計算を行った。その結果、現状の基本巡回計画に基づき設定した条件で大阪管内の基本巡回を行うためには、最低6台の配置は必要であり、対象ネットワークにおいて、基地配置は各放射路線の端部に配置するより、環状線付近に集中配置する方が効果的に巡回可能であることを示した。加えて、本研究で構築した基本巡回策定モデルを用いた巡回ルート算出結果は、どのケースも現状の基本巡回計画よりも高い交通障害リスク合計値を示しており、本モデルの適用により、障害リスクへの対応可能性という点で、より効果的な基本巡回ルートを算定できる可能性を示した。また、交通障害発生シナリオを計14ケース設定し、巡回に関して感度分析を行った結果、発生し得るかなり厳しい一連の交通障害に対しても、現状に加えて交通障害対応班を1台配備すれば、対応出来る可能性が高まることを示した。 第8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)

本論文では、都市高速道路の巡回班の基本巡回計画を対象に、巡回経路策定手法の構築を目的としている。従来主に道路管理者の経験を基に策定されてきた基本巡回計画について、定量的評価法を構築し、評価結果に基づき、交通障害リスクの対応の観点で、効果的な巡回計画を策定するアプローチとした。評価に際し、交通障害発生確率と障害発生時の渋滞損失時間の増分の積として定義される「交通障害リスク」を導入した。より重大な障害の迅速な発見・対応の観点から、期待される交通障害リスクの最大化を目的関数とする基本巡回計画策定モデルを構築した。また交通障害リスクの算定上必要となる障害発生時の交通量推定モデル、渋滞損失時間推定モデルも構築した。

得られた成果の概要は以下の通りである。

1. 障害発生時の交通量推定モデルを構築した。阪神高速 1 号環状線、14 号松原線を対象として、障害発生時の交通量変動について基礎分析を行い、曜日・時間帯・障害の程度が、利用交通量の変動と関係を有することを明らかにした。これらを入力変数としたニューラルネットワークとして交通量推定モデルを構築し、一定程度以上の精度で障害発生時の利用交通量の変化を推定可能であることを示した。
2. 障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを構築した。阪神高速 11 号池田線下りおよび 14 号松原線上りの渋滞に対する基礎分析の結果、区間交通量、入口交通量、各区間の交通障害継続時間、前時間帯の渋滞損失が、推定対象の渋滞損失時間と関係を有することを示した。これらを入力変数としたニューラルネットワークとして、渋滞損失時間推定モデルを構築し、一定程度以上の精度で推定可能であることを示した。
3. 一定の巡回班数の下で、都市高速道路の各区間を偏りなく巡回しつつ、障害リスクの高い区間を可能な限り巡回するため、「交通障害リスク」を最大化する基本巡回計画策定モデルを構築した。阪神高速ネットワークを想定し試算を行った結果、一定の制約条件下において、本手法は効果的な基本巡回経路の策定を可能とすることを示した。加えて現実の障害発生状況に基づき想定したシナリオを用いて、基本巡回計画策定の際に決定された、必要な配備班数、巡回経路の妥当性について検証した。

以上まとめると、本論文で提案した方法論は、限られた予算・人的資源の制約下で、都市高速道路の効果的な基本巡回計画の事前検討に資するものであり、障害対応を主としたマネジメントの高度化を目指す上で有用と考えられる。また OD 交通特性も踏まえつつ障害発生時の交通量変動特性について明らかにし、加えて簡便で必要な精度水準を満足する障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを構築するなど、研究蓄積が十分ではなかった分野についても研究を行っており、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、平成 27 年 2 月 23 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。