

概要

道路ネットワークの混雑状況を知ることは道路の管理者および利用者の双方にとって重要である。混雑状況を示す主要な指標は旅行時間である。旅行時間を知るためには現況の旅行時間を直接測定するのが確実であり、実際、我が国においては多くの旅行時間観測システムが実装され活用されている。しかし、実際の観測においては、各種リソースの制約によりネットワークの一部のリンクしか測定できないことがある。そのような状況で道路ネットワーク全体の混雑を評価するには、何らかの方法で未観測リンクの旅行時間を推定しなくてはならない。

本研究では、デジタル道路マップ (DRM) がもつネットワーク情報を利用し、未知の道路ネットワークの混雑を部分的観測から推測する方法を提案する。DRM から作成される「ネットワークの幾何構造」「全リンクの非混雑時の旅行時間 (自由流旅行時間)」の情報と、旅行時間を観測したリンク (既観測リンクと呼ぶ) の旅行時間の2つの情報を入力とし「等旅行時間の原則 (Wardrop の第1原理)」を前提とした上で、旅行時間が不明のリンク (未観測リンクと呼ぶ) の旅行時間を推定するシステムを構築する。

提案方法は数学的には「交通量を変数として含まない Wardrop 均衡問題」として定式化される。この問題は「ネットワーク幾何構造」「自由流旅行時間」「既観測リンクの観測旅行時間」「OD ペア (ただし交通量の情報は不要)」を所与とし、なおかつ「Wardrop の第1原理 (どの車両ももっとも旅行時間が短い経路を使用) が成立」を前提とする方程式系である。この方程式系は各未観測リンクの旅行時間を解として持つ。この方程式系の解はほとんどの場合は幅を持った値としてしか定まらない。特に、未観測リンクの本数が多い場合は、解の集合は高次元空間上の複雑な多角形となるため、その形状を直接記述することは不可能である。

複雑な解空間から実務上有用な情報を得るために、本研究では「最悪リンク旅行時間」「最小最良リンク旅行時間」「最大最良リンク旅行時間」の3つの指標を提案する。「最悪リンク旅行時間」は解空間の中での最大値を意味する。のこり2つは、解空間のパレート最良面上の最小値および最大値を意味する。パレート最良面は、各リンクの旅行時間が小さい方向に寄っている状況を示しているため、「最小最良リンク旅行時間」「最大最良リンク旅行時間」はネットワーク全体での混雑がもっとも小さい場合の旅行時間を示す指標となる。

これらの指標の計算は Wardrop の第1原理が含む相補性条件および多目的最適化におけるパレート面の処理という数学的に難しい問題を含む。本研究ではこれらの問題点を解決し、大規模ネットワークにおいて現実的な時間でこれらの指標を計算するアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムでは、混雑が観測された既観測リンクに対する可能な迂回路を列挙し、それらに含まれるリンク旅行時間を変数として含む線形計画法を解くことにより各指標を計算する。

提案した方法は机上のテストネットワークと大阪市内の実ネットワーク上で検証された。いずれにおいても、実際のリンク旅行時間は「最小最良リンク旅行時間」と「最大最良リンク旅行時間」のあいだに概ね収まる傾向があること、また、「最悪リンク旅行時間」は過大推測になることがわかった。

提案方法を DRM のネットワークで実際に使用できるようにコンピュータ上にシステムを実装した。このシステムは DRM データと既観測リンクの実測旅行速度データを入力値とし、未観測リンクの推定最大旅行速度 (最大最良旅行時間から計算した旅行速度) を出力値とする。システムは「DRM データからの対象ネットワークの切り出し」「対象ネットワークの簡略化」「既観測リンクの実測旅行速度データの入力」「未観測リンクの推定最大旅行速度の計算と出力」の4つのプロセスからなる。例として、大阪市内の概ね 15km×19km からなるエリア内の主要道路ネットワークに対しシステムを適用し、提案方法が DRM ネットワーク上で適用できることを示した。