

道路ネットワークのモード分離に向けての予備的な実験および考察

八千代エンジニアリング株式会社 正会員 ○加藤 直樹 石井 明 菊池 恵和 菅原 宏明

1. 背景・目的

近年、自動運転技術の進展や移動ニーズのパーソナル化により道路空間を移動する主体は多様化しており、電動キックボード、小型モビリティ、自動配送ロボットといった新たなモビリティも登場している。一方、道路空間の幅員には制約があり、速度性能やサイズが異なる多様なモビリティが狭い道路空間に混在することになれば、流動性や快適性の低下に加え、渋滞・事故リスクの増大を招きかねない。この課題への対応として道路ネットワークをモードごとに分離することが考えられる。本稿におけるモードとは、例えば、高速モードと低速モードのような速度による分類を想定している。その場合、道路ネットワークのどの区間を高速モードまたは低速モードに設定すれば良いのかという問題が生じる。そこで、本稿では、道路ネットワークの各区間の理想的なモード構成を検討するための予備実験を行い、その結果からモード構成に求められる要件を考察するとともに、その際の課題を把握することを目的とする。

2. 実験方法

本稿では、最もシンプルな2モード（例：高速モードと低速モード）を想定し、それぞれのモードで走行するモビリティの移動性を損なわないように道路ネットワークの各エッジをモード0とモード1に分類する0-1整数計画問題（組合わせ最適化問題）として考えた。対象とする道路ネットワークは都心の一部を抽出（エッジ数375、ノード数264）して主要ノード（駅、商業施設、主要病院などを想定）3箇所と任意のセントロイドノード50箇所の150通りのODペアを設定した。なお、主要ノードについては、地理的に分散している場合と集中している場合の2パターンを設定した（図-1、図-2）。各ODペアに対しては、モード0のエッジを走行するモビリティM0と、モード1のエッジを走行するモビリティM1を想定し、OD間の最短経路距離に対する迂

回距離の総和が最小になるようなモードの組み合わせを求めた。なお、各モードのエッジのみでOD間を移動することは不可能であるため、異なるモードのエッジを通行可とする代わりにペナルティを加味した。式-1に目的関数を示した。

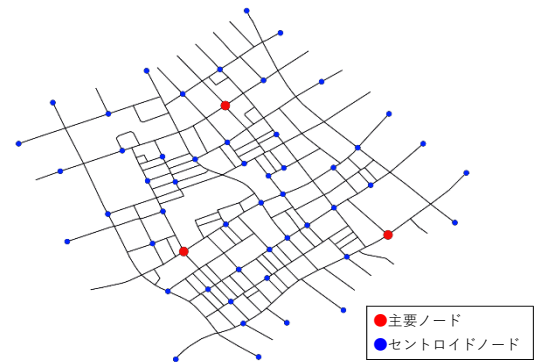


図-1 道路網-主要ノード分散型

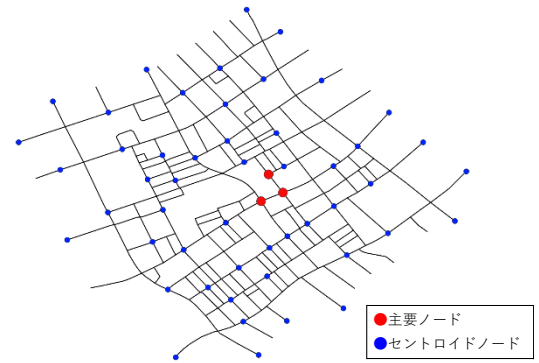


図-2 道路網-主要ノード集中型

$$\underset{e_{mode}}{\text{minimize}} \sum_{OD} \{(D_{ij}^0 - D_{ij}) + (D_{ij}^1 - D_{ij})\} \cdots \text{式-1}$$

where

$$e_{mode} : \{0, 1\} \forall e \in E$$

D_{ij} : OD ペア $i-j$ 間の最短経路距離

D_{ij}^0 : OD ペア $i-j$ 間の M0 の最短経路距離

D_{ij}^1 : OD ペア $i-j$ 間の M1 の最短経路距離

M0 の最短経路距離は、 $e_{mode} = 1$ のエッジの延長を10倍し、M1 の最短経路距離は $e_{mode} = 0$ のエッジの

キーワード モード別道路ネットワーク、0-1 整数計画問題、遺伝的アルゴリズム

連絡先 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー

八千代エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 TEL03-5822-2571

延長を10倍してそれぞれ最短経路探索により求めた。
また、最適化には遺伝的アルゴリズムを用いた。

3. 実験結果

実験結果を図-3と図-4に示した。図中の線の太さは経路の集中度合（集中するほど太い）を表す。

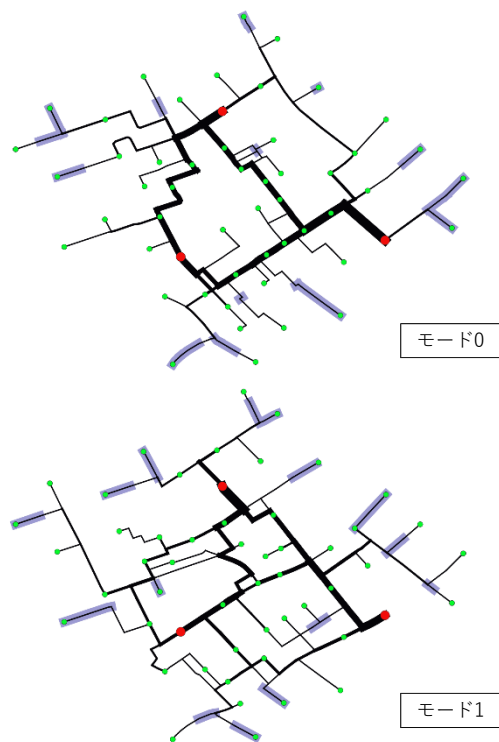


図-3 主要ノード分散型のモード分離結果

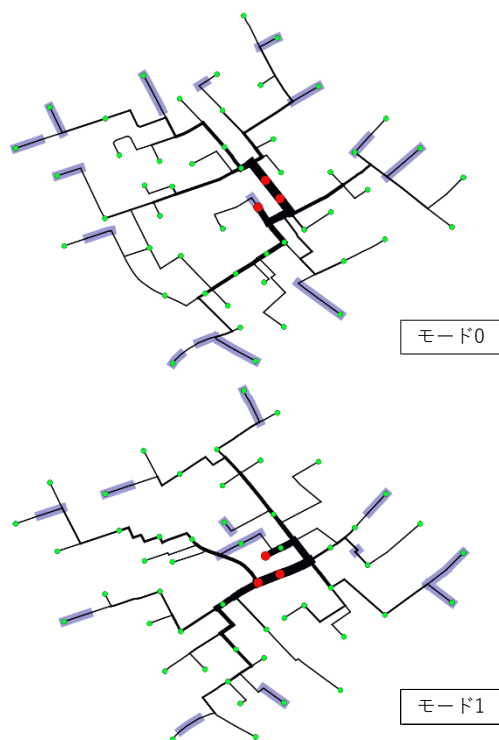


図-4 主要ノード集中型のモード分離結果

いずれのネットワークでも、主要ノードを含み経路が集中する骨格的な部分（図中の太線）と、そこから起点に至る枝的な部分（図中の細線）で構成されている。また、異なるモードのエッジ（図中の薄紫太線）も含まれているが、端末の枝部分に限定されており、概ね、2モードを分離するネットワークが得られた。

4. 考察

道路ネットワークのモード分離の要件について次の3つの観点から考察した。

観点1：明解さ

まず気になるのは「分かり難さ」である。自モードの道路の全体像が捉え難く、右左折も多いため、経路の選択や空間的な関係性の把握が困難になる。原因は組み合わせがエッジ単位であるためで、主要交差点間のようにまとまった区間を単位とすれば直線区間も多くなり、組み合わせの要素数（決定変数の数）の劇的な削減も期待できる。

観点2：交通容量

経路が集中するところは相応の容量が必要となる。本稿では交通容量は加味しなかったが、容量を考慮する場合、自動車交通については容量や密度と速度や時間の関係についての知見が蓄積されているが、新たなモビリティや異なるモビリティが混在する空間についての知見も必要となる。さらに、容量を考慮した経路や移動時間を求めるにはシミュレーションが必要になるが、膨大な組み合わせに対してのシミュレーションは計算時間の観点で現実的ではない。適切な代理モデルの検討が必要である。

観点3：諸施策との整合性

道路の拡幅・改良計画やウォークアブルなどのまちづくり施策との整合性も必要である。今回はすべてのエッジのモードを自由に設定できることを仮定したが、実際には、主要な道路はモードを固定した上で最適なモード構成を求めることが必要である。

5. まとめ

モード分離の要件を検討するため、0-1 整数計画問題に定式化した予備実験を行い、その結果を3つの観点から考察した。そして「新たなモビリティ構成に対応した交通容量」と「交通シミュレーションの代理モデル」という課題を把握した。これらは現在、先行研究の調査を実施しているところである。