

新規路線の配置計画問題

2020SS058 小野裕心

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

鉄道移動の不便な点の1つとして、本研究では目的地までの鉄道経路が地図上で見ると遠回りであり、道路距離の割に移動時間がかかることについて着目する。図1は長久手市と長久手市の南に隣接している日進市を示している。赤線は鉄道路線を、青丸は長久手古戦場駅、黒丸は日進駅を示している。図1から分かるように青(長久手古戦場駅)から黒(日進駅)までの鉄道移動は、地図上で見るとかなり遠回りをしていて、不便である。

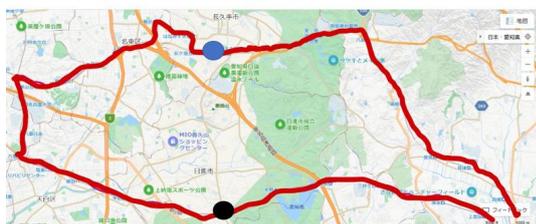


図1 長久手市-日進市の鉄道路線

このような不便さを改善するために、本研究では対象とする路線に対して、各駅から各駅までの移動時間の合計が最小になるように、新規路線を配置する。

2 モデルの説明

図2のように、各駅から各駅までへと向かうときに、新規路線を使わない経路を通った場合と、新規路線を使う経路を通った場合の所要時間を比べて、どちらか短い方をそのペアの経路として採用し、それらの所要時間の合計が最小となるような新規路線を設置する。また、ODペアとは出発地と目的地のペアであると定義する。

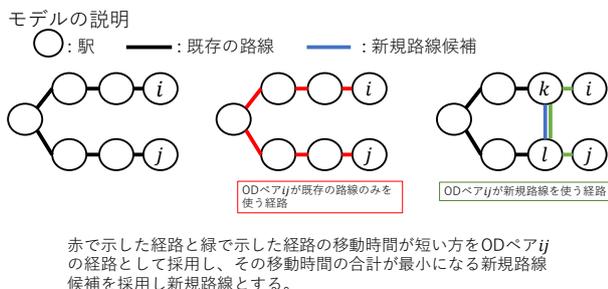


図2 モデルの説明

3 定式化

問題を定式化するにあたり以下の記号を定義する。 N : 駅の集合。

w_i : 駅 $i \in N$ の利用者数。

d_{ij} : 既存の路線を使う場合の駅 $i \in N$ から駅 $j \in N$ までの移動時間 (分)。

e_{ij} : 駅 $i \in N$ から駅 $j \in N$ までの直線距離 (km)。

$x_{kl} = \begin{cases} 1: \text{駅 } k \in N \text{ から駅 } l \in N \text{ に新規路線を設置する。} \\ 0: \text{上記以外。} \end{cases}$

$y_{ijkl} = \begin{cases} 1: \text{OD ペア } (i, j) \text{ が路線 } (k, l) \text{ を使う。} \\ 0: \text{上記以外。} \end{cases}$

これらを用いて定式化を行うと以下ようになる。

$$\begin{aligned} \min. & \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} w_i d_{ij} (1 - \sum_{k \in N} \sum_{l \in N} y_{ijkl}) \\ & + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in N} \sum_{l \in N} w_i (d_{ik} + e_{kl} + d_{lj}) y_{ijkl} \end{aligned}$$

$$\text{s.t. } x_{kl} = x_{lk} \quad k \in N, l \in N \quad (1)$$

$$\sum_{k \in N} \sum_{l \in N} x_{kl} = 2 \quad (2)$$

$$y_{ijkl} \leq x_{kl} \quad i \in N, j \in N, k \in N, l \in N \quad (3)$$

$$\sum_{k \in N} \sum_{l \in N} y_{ijkl} \leq 1 \quad i \in N, j \in N \quad (4)$$

$$x_{kl} \in (0, 1) \quad k \in N, l \in N \quad (5)$$

$$y_{ijkl} \in (0, 1) \quad i \in N, j \in N, k \in N, l \in N \quad (6)$$

目的関数の第1項: ODペア (i, j) が新規路線を使わない場合の移動時間である。

目的関数の第2項: ODペア (i, j) が新規路線を使う場合の移動時間である。

- (1): 新規路線は往復路で設置する。
- (2): 設置する新規路線は1本のみである。
- (3): 設置していない路線は使えない。
- (4): ODペア (i, j) は新規路線を1回まで使える。
- (5)(6): バイナリ制約。

4 計算する実データ

本研究では、3つの実データを用いて計算する。既存の路線の所要時間は文献[1]を参照した。また、各ノードの重みである、乗降者数は文献[2]を参照した。そして、各駅間の道路距離はグーグルマップで全て手作業で調べた。

データ 1 は、はじめに紹介した長久手市から日進市へ鉄道移動する際の経路である、八草駅ー藤が丘駅ー本山駅ー八事駅ー日進駅の路線である。図 3 はデータ 1 の路線を路線図で、図 4 はデータ 1 の路線を地図で示している、赤線がデータ 1 の路線を表している。



図 3 データ 1(鉄道路線) 図 4 データ 1(地図)

この路線に対しては、新しく設置する路線は実際に設置するとして現実的に考えたのではなく、モデルとして考えた、設置費用や新規路線をどれくらいの人が利用するかは考慮していない。データ 2 は藤が丘駅ー今池駅ー御器所駅ー赤池駅の路線である。図 5 はデータ 2 の路線を路線図で、図 6 はデータ 2 の路線を地図で示している、赤線がデータ 2 の路線を表している。



図 5 データ 2(路線図) 図 6 データ 2(地図)

この路線には現在、本山駅ー八事駅に路線が通っているが 2003 年までは図 5, 6 のように路線は通っておらず、本研究のモデルではどこの駅間に路線を設置するか、実験した。データ 3 は藤が丘駅ー伏見駅ー赤池駅の路線である。図 7 はデータ 3 の路線を路線図で示している、図 8 はデータ 3 の路線を地図で示している、赤線がデータ 3 の路線を表している。



図 7 データ 3(路線図) 図 8 データ 3(地図)

この路線には現在本山駅ー八事駅、今池駅ー御器所駅、栄駅ー上前津駅間に路線が通っているが、データ 3 の路線に対し本研究のモデルではどこの駅間に路線を設置するか、実験した。

5 実データの計算結果

計算実験を行う際に、新規路線での 1km 当たりの移動時間は 40[s], 60[s], 120[s] の 3 パターン、ノードの重みは各

駅の乗降者数、重みなしの 2 パターン、新規路線の本数は 1 本、2 本、3 本の 3 パターンのパラメータの組み合わせで、データ 1 には 9 パターン、データ 2, 3 には 6 パターンずつ計算実験を行った。ここに記すデータ 1 の実験パターンは、新規路線での 1km 当たりの移動時間が 60 秒、各ノードの重みが各駅の乗降者数、新規路線の本数が 1 本である。データ 1 を実行した結果、新規路線を設置する駅間は上社駅ー原駅であった。図 9 はデータ 1 の結果を路線図で、図 10 はデータ 1 の結果を地図で示している、赤線がデータ 1 の路線、緑線が新規路線を表している。



図 9 データ 1 の結果 (路線図) 図 10 データ 1 の結果 (地図)

ここに記すデータ 2 の実行パターンは、新規路線での 1km 当たりの移動時間が 60 秒、各ノードの重みが各駅の乗降者数、新規路線の本数が 1 本である。データ 2 を実行した結果、この路線には現在、本山駅ー八事駅間に名城線が通っていますが、本研究のモデルでは、新規路線を配置する駅間は星ヶ丘駅ー塩釜口駅間となった。図 11 はデータ 2 の結果を路線図で、図 12 はデータ 2 の結果を地図で示している、赤線がデータ 2 の路線、緑線が新規路線を表している。



図 11 データ 2(路線図) 図 12 データ 2(地図)

6 おわりに

データ 1 の結果の新規路線は利便性がかなりあるように感じた。また、データ 2 の結果の新規路線は現在の路線と近い駅間で利便性も高いと感じた。今後の課題としては、名古屋市全体の路線や愛知県全体の路線の実データを用いて計算実験を行いたい。

参考文献

- [1] Yahoo!路線情報 <https://transit.yahoo.co.jp/>
- [2] 『オープンポータル』 <https://opendata-web.site/>
- [3] 瀬戸線 清水:『まるはち交通センター』 <http://www.maruhachi-kotsu.com/>