

利用者均衡配分を用いたマラソンコース設定時の道路混雑予測

2015SS027 加藤直人

指導教員：三浦英俊

1 はじめに

本研究ではマラソンコース設定時の道路混雑予測について考察する。マラソン大会が開催されると、大会周辺の一般道路は長時間の交通規制が発生する。交通規制が発生することで周辺道路に迂回する必要がある。そのため迂回道路の利用者が普段より増えるため、大会周辺の道路は一般には混雑してしまう。

そこで、利用者均衡配分を用いて道路網全体の混雑予測をする。前提条件として利用者全員はカーナビゲーションシステムや交通情報案内などで、道路の混雑状況を知っていて、常に目的地までの最短時間となる経路を選択することができるかと仮定する。

2 研究の目的

今回の研究テーマの題材として名古屋ウィメンズマラソンを題材とする。世界最大の女子限定マラソンとされており、2018年は21915名が出走している。アップダウンが少ないコースなため、初心所でも完走しやすいコースとされている。また、制限時間は7時間とされており、本研究では同様に一般交通量も7時間分の台数として考えた。

過去の卒業研究 [1] では、既存の名古屋ウィメンズマラソンのコースよりも規制される交通量を減らすための新しいコースの作成を目的とした研究を行ってきた。

まず本研究の前半では、 3×3 の格子状モデルを用いて、道路混雑予測を行った。

次に、実際の名古屋ウィメンズマラソンコース周辺を模した道路網モデルを用いて道路混雑予測を行う。交通規制によって、普段の時と比べてどのくらい道路網全体に影響があるか利用者均衡配分を用いて比較する。また、もし外周道路を一方通行にしてみた場合、どのような結果が得られるのかについても考察する。道路閉鎖が、道路網全体に与える影響を評価することが目的である。

3 研究の概要

交通量配分手法の一つである利用者均衡配分を用いて、道路における利用者の交通量を均衡配分する。それぞれの利用者は自分にとって最も所要時間の少ない経路を選択する。その結果として、「起終点間が存在する経路のうち、利用される経路の所要時間は皆等しく、利用されない経路の所要時間よりも小さいか、せいぜい等しい」[2]という均衡状態となるよう利用者に割り当てられる。

平成27年度の道路交通センサス [3] より、それぞれのノードに通過する一般交通量を調べた。OD経路が分からないため推定した。外のノードから発生するODの内、通過交通のODに50%、交通規制地区を目的地とするOD

に50%の交通量を流すようにした。

それぞれのノード間のリンクは往復二本ずつあり、別のリンクとして設定した。リンク所要時間はノード間が最短距離となる経路を調べて、時速40kmで走行した場合で考える。また南北約15km、東西約10kmの道路網である。

(1) 通常状態モデル (モデル1)

図1のモデル図は、名古屋市の中心部の道路網を表しており、通常状態モデルとする。ノード8個、リンク28本である。

(2) マラソン開催中通行止めモデル (モデル2)

通常状態モデルの道路網内でマラソン大会が開催されたときの道路網である。つまり、ノード7とノード8に対して向かうリンクとノード7とノード8から出ていくリンクがすべて閉鎖されている場合である。

(3) マラソン開催中外周道路一方通行モデル (モデル3)

マラソン大会開催中に、もし外周道路を一方通行にしてみた場合の道路網である。つまり、マラソン開催中通行止めモデルから派生したモデルである。

以上の3つのモデルで比較を行うこととする。

*利用者均衡配分を用いたときの条件

・OD経路は最大で3通りとして考える。

・リンク所要時間関数は以下の式を用いる。

$$t(x) = d(1 + 0.1(x/1500)^2) \text{ (分)}$$

x はリンク流量、 d は各リンクに流れる利用者交通量が0の時にかかるリンクの所要時間を長さで表す。

・ただしマラソン開催中外周道路一方通行モデルの道路網では、外周道路を一方通行にした場合で考えているため、以下のリンク所要時間関数を用いる。

$$t(x) = d(1 + 0.1(x/3000)^2) \text{ (分)}$$

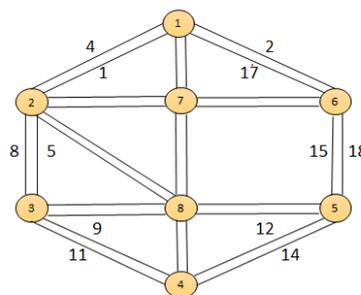


図1 通常状態モデル

4 定式化

目的関数

minimize

$$\sum_{a \in L} \int_0^{x_a} t_a(w) dw \quad (1)$$

制約式

$$\sum_{k=1}^{N_{rs}} h_k^{rs} = q_{rs} \quad (rs \in G) \quad (2)$$

$$h_k^{rs} \geq 0 \quad (rs \in G)$$

$$x_a = \sum_{rs} \sum_k \delta_{ak}^{rs} h_k^{rs}$$

G : OD ペア rs の集合

x_a : リンク a の交通量

h_k^{rs} : OD ペア rs の k 番目経路の交通量

q_{rs} : OD ペア rs の OD 交通量

δ_{ak}^{rs} : OD ペア rs の経路行列の要素

N_{rs} : OD ペア rs の経路数

L : リンクの集合

t_a : リンク a の所要時間

C_k^{rs} : OD ペア rs の k 番目の所要時間

U_{rs} : OD ペア rs の最短所要時間

式 (1) は均衡解が満足すべき条件を出すための目的関数を表している。式 (2) は OD ペア rs の交通量を、OD ペア rs の各経路の交通量を足し合わせたものと同じ事表している。また、各 OD 経路の交通量は 0 以上となる制約がある。以上の定式化を解く理由としては、KKT 条件が利用者均衡配分を表しているからである。KKT 条件により、均衡解が満足すべき条件は以下で与えられる。

$$h_k^{rs} (C_k^{rs} - U_{rs}) = 0$$

$$(C_k^{rs} - U_{rs}) \geq 0$$

$$\sum_{k=1}^{N_{rs}} h_k^{rs} = q_{rs} \quad (rs \in G)$$

$$h_k^{rs} \geq 0 \quad (rs \in G)$$

5 分析の結果と提案

(1) 道路網全体の混雑状況の比較

表 1 はそれぞれの道路網全体の混雑状況を表している。平均移動時間は、総移動路時間から OD の数を割ったものを表している。道路網通常状態モデルの平均移動時間は、809 分となった。それに対して、マラソン開催中通行止めモデルの平均移動時間は、1113 分であった。つまり、マラソンが開催されることで、普段の名古屋市一部の道路網は約 1.37 倍混雑することが分かった。また、マラソン開催中外周道路一方通行モデルの平均移動時間は 2387 分であった。マラソン開催中通行止めモデルと比べて、約 2.14 倍も増加してしまった。つまり、マラソンが開催された場合は外周道路は一方通行にするよりも、対面通行のままが良いといえる。

表 1 道路網全体の混雑状況

モデル	1	2	3
平均移動時間	809 分	1113 分	2387 分

(2) OD 経路の比較

東西・南北の OD 経路を例に挙げて比較して見た。表 2 の OD 経路は、それぞれ起点から終点までの最短所要時間を表している。モデル 1 とモデル 2 を比較して見ると、マラソンが開催されることによってそれぞれの OD 経路は、10 分以上所要時間が増加することが分かった。またモデル 2 とモデル 3 を比較した場合も、4 つの OD 経路とも所要時間が増加している。ノード 2 → ノード 6 へ向かう経路は、モデル 3 の場合一方通行であり、遠回りするため所要時間が特に増加したといえる。平均移動時間と同様に、マラソンが開催された場合は外周道路は対面通行のままが良いといえる。

表 2 東西・南北の OD 経路の所要時間

OD 経路	1	2	3
6 → 2	19.3 分	41 分	46.5 分
4 → 1	41.9 分	58.4 分	61.6 分
2 → 6	17.9 分	31.8 分	85.9 分
1 → 4	42.1 分	58.5 分	70.8 分

(3) 各リンクの混雑状況の比較

表 3 は各リンクの混雑状況を表している。マラソンが開催されることによってリンク 11 とリンク 14 が混雑する。どちらも名古屋市中心部に向かうリンクが混雑している。

表 3 各リンクの混雑状況

モデル1			モデル2		
リンク	流量 x_a	$t_a(x_a)$	リンク	流量 x_a	$t_a(x_a)$
1	1642.0	12.6	1	4165.8	17.5
2	1808.5	16.7	2	3406.2	19.1
4	1013.5	10.9	4	2526.1	12.7
5	1213.5	25.8	5	3396.8	34.0
8	1060.5	25.0	8	3771.1	36.7
9	1764.6	5.9	9	3734.8	7.3
11	1795.2	6.0	11	4823.1	11.5
12	2319.9	9.9	12	4922.9	13.4
14	2052.5	9.2	14	5224.2	16.3
15	1949.1	18.2	15	3776.9	21.6
17	1673.7	16.1	17	4401.9	23.5
18	2226.7	19.7	18	4525.2	25.2

6 おわりに

今回名古屋市中心部で開催されるマラソンコースで道路混雑予測を行い、平均移動時間や OD 経路とかなり影響があることが分かった。特に平均移動時間では、マラソンが開催されることで約 1.37 倍も増加することとなった。いずれも多くの利用者に影響があることが言える。

参考文献

- [1] 足立陽平：マラソン大会における交通規制時間を用いたコース設計，南山大学 理工学部，2018
- [2] 森杉壽芳，宮城俊彦：『交通都市プロジェクトの評価-例題と演習-』。出版社：コロナ社，東京，1996
- [3] 国土交通省：「H27 年度 道路交通センサス一般交通量調査」