

名古屋市における市民マラソンコースの最適ルート解析

2012SE243 田畑重紀斗 2012SE245 田口峻

指導教員：三浦英俊

1 はじめに

普段何気なくテレビなどで目にするマラソンであるが、コースを決める際には沢山の案が挙げられている。住民に対しての悪影響をなるべく与えないようにしつつ、参加者をより多く集め、参加するしない関係なく、多くの人を楽しめるようなコース作りがされている。そこで、マラソンコースを実際に作成し、既存のマラソンコースと比較して、よりよいマラソンコース案を作成できないかと考え本研究を行うことにした。

2 本研究の方針

名古屋市の観光スポットをより多く回り、交通規制をなるべく少なく抑えるマラソンコースの作成を目的とする。コース作成においては、日本陸上競技連盟競技規則に記載されている、マラソンコースのルールにのっとったコース設定を行う。計算には LINDO 社の Excel のアドインソフト What's Best! を用いて最適化を行う。実際に使用されているマラソンコースとの比較を行い、どういった違いがあるのかや、なぜ違いが生じるのかを考察する。考察をもとに、より良いマラソンコースへつなげられるような観点を見つけ改善していく。

3 市民マラソンの近年の傾向

京都マラソンでは世界遺産、観光名所を巡り、五山を望むことができる京都らしいコース作りが行われている。ランナーからの「もっとまちなかを走りたい」や「コース後半の狐坂の負担が大きい」といった声を参考に、2016 年開催予定の京都マラソンではコースの変更がされているマラソンに参加するためには 1 万円ほどの参加費が必要なため、参加者の満足度を高めるために工夫のあるコース作りが行われている。横浜マラソンにおいても、楽しみながら走れるコース作りを目指しており、ポイントとして観光名所や景観を重視している。景観を重視する中で、横浜マラソンは首都高速湾岸線をマラソンコースの一部に加えており、他のマラソンにはないコース作りをすることで参加者の満足度を高めようと試みている。

これらのように、全国各地で行われる市民マラソンでは各地域の特徴を生かしたコース作りを行い、参加者の増加や満足度を高めることを目指している。

4 名古屋におけるマラソンの規模

名古屋市では名古屋シティマラソンや名古屋ウィメンズマラソンなどを代表に数々のマラソン大会が行われている。名古屋シティマラソン 2015 には、ハーフマラソンとクウォーターマラソン合わせて 14050 人が参加した。2012 年には 22660 人が参加していた。ここ 4 年間で徐々に減少し

てしまっているが、1 万人を越える参加者を集めることができる。なお、名古屋シティマラソンではフルマラソンは実施していない。また、名古屋ウィメンズマラソン 2015 においては、エリートの部では 461 名、一般の部では 17385 名が参加した。定員は 2 万人としていたため、2000 名ほど足りていないことになる。近年のデータを調べると、マラソン参加者数は増加の傾向があるため、今後も増えていくことは大いに考えられる。

5 交通規制、交通量の扱いについて

マラソンは主に一般道路を使って行う競技である。道路競争の主催者は、競技者および競技役員の安全を確保しなければならない。そのために主催者は道路を全面通行止めにして、自動車の通行を遮断しなければならない。交通規制を行うと、周りの住民や、普段その道路を利用している人にとって、悪影響を及ぼすことになる。そのため、マラソンコースとして使用する道路と交通規制をかける時間に関して安易に決めるわけには行かない。マラソンの主催者は交通規制をかける時間の設定も行い、近隣住民への迷惑を最小限におさえるよう努力をしている。ちなみに本研究で比較対象として用いる名古屋ウィメンズマラソン 2016 のマラソンコースで使用される道路の総交通量は 493,251 台となっている。

以上より、マラソンコースとして使用する道路の総交通量に制限をかけて計算を行っていく。マラソンコースとして使用する道路の総交通量をできる限り少なくすることで、周りの住民たちに配慮ができたマラソンコースの作成を行いたい。

6 距離と交通量のデータ

名古屋市内の主要道路を抽出し、道路の交差点間の距離を Google Maps によって測定し、距離データとして扱う。交通量に関しては、平成 22 年度名古屋市一般交通量概況に記されている、平日の午前 7 時から午後 7 時までの 12 時間交通量のデータを用いて計算を行う。交通量の単位は台である。

7 スポットについて

本研究ではじゃらんをもとに名古屋市内 24 箇所のスポットの選択を行った。選択した 24 箇所のスポットには以下のように番号をつける。

- ①ナゴヤドーム
- ②名古屋大学
- ③東山スカイタワー
- ④星が丘テラス
- ⑤名古屋市博物館

- ⑥瑞穂運動競技場
- ⑦大高緑地
- ⑧日本ガイシアリーナ
- ⑨名古屋港水族館
- ⑩白鳥庭園
- ⑪熱田神宮
- ⑫大須観音
- ⑬鶴舞公園
- ⑭吹上ホール
- ⑮サンシャイン栄
- ⑯オアシス 21
- ⑰名古屋テレビ塔
- ⑱ミッドランドスクエア
- ⑲名古屋城
- ⑳名城公園
- ㉑名古屋市役所
- ㉒愛知県庁
- ㉓庄内緑地公園
- ㉔徳川園

24箇所のスポットの番号を地図上に表すと図1のようになる。

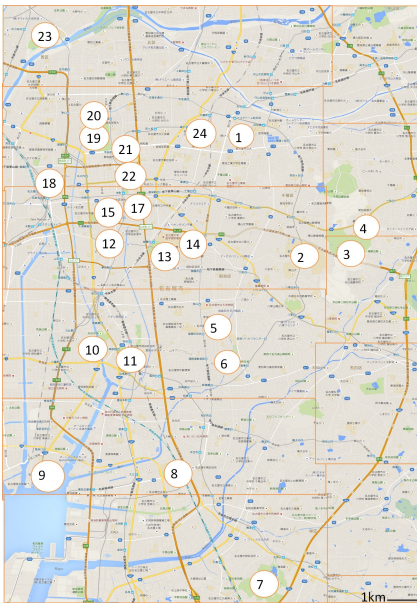


図1 スポットの所在地

8 マラソンコースのルール

- 標準距離の道路競走においては、スタート地とフィニッシュ地の2点間の直線の距離は、そのレースの全距離の50%以下とする。

- 測定誤差許容範囲は、全長の0.1% (すなわち42m) より長くなってはならない。
- スタート地とフィニッシュ地の2点間の標高の減少は全体として1,000分の1 (0.1%) を超えないことが望ましい (即ち1kmあたり1m)。

9 巡回セールスマン問題

本研究では巡回セールスマン問題を応用した形で問題に取り組んでいる。巡回セールスマン問題 (Traveling Salesperson Problem : TSP) は、すべての頂点を1回ずつ通って巡回する最良の経路を見つける問題のことである。総移動距離を最小に抑えることを目的とすることが一般的である。しかしながら、距離ではなく時間やコストを最小に抑えることを目的とすることもできる。

10 定式化

以下のように記号を定義する。

P : スポットの集合

I : 交差点の集合

N : 交差点の個数

d_{ij} : 交差点 (i, j) 間の距離

t_{ij} : 交差点 (i, j) 間の交通量

$x_{ij} =$

$$\begin{cases} 1 & \text{交差点 } i \text{ から交差点 } j \text{ に行く} \\ 0 & \text{交差点 } i \text{ から交差点 } j \text{ に行かない} \end{cases}$$

$$(i \in I, j \in I)$$

$z_p =$

$$\begin{cases} 1 & \text{スポット } p \text{ を通過する} \\ 0 & \text{スポット } p \text{ を通過しない} \end{cases}$$

$$(p \in P)$$

u_i : 点ポテンシャル

以上の記号を用い、この問題の定式化を以下に示す。目的関数は、通過するスポット数の最大化である。

目的関数

$$\max \sum_{p \in P} z_p$$

制約条件

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in I} d_{ij} x_{ij} \leq 42.195 (\text{km}) \quad (1)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in I} t_{ij} x_{ij} \leq 493,251 (\text{台}) \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} x_{is} - \sum_{j \in I} x_{sj} = 0 (s = 1, \dots, N) \quad (3)$$

$$u_i - u_j + Nx_{ij} \leq N - 1 (i, j = 2, 3, \dots, N) \quad (4)$$

$$x_{ij} \in 0, 1 (i, j \in I) \quad (5)$$

制約条件の説明は以下のとおりである。

- (1) 総距離が 42.195km を超えない制約.
- (2) 名古屋ウィメンズマラソン 2016 のコースの総交通量 493251 台以下に抑える制約.
- (3) 流量保存則.
- (4) 部分巡回路排除制約.
- (5) 道路を使うか使わないかを表すバイナリ変数

11 高低差の測定

本研究では作成したマラソンコースについて考察をする際に、高低差の観点を取り入れていく。高低差を計るために Google Maps を用いて、使用する道路について約 100 メートル間隔で緯度経度を調べた。収集した緯度経度のデータを元に、グラフを作成し考察に活用していく。

12 実行結果

使用したコンピュータの CPU は Intel Core i5 2.50GHz, メモリは 2.0GB である。計算には 4 分 27 秒の時間を要した。計算結果として総交通量 482541 台, 総距離 38.9km で 11 箇所のスポットを通過できるマラソンコースが得られた。今回得られたマラソンコースを Google Maps で表すと、図 2 のようになる。マラソンコースの大部分が長い直線のコースになっており、参加者にとって走りやすいコースとなっている。ナゴヤドームの南東にある平和公園周辺は曲線が多くなっている。道が入り組んでしまっている部分はなく、シンプルなマラソンコースであると言える。また、求めたマラソンコースの高低差を図 3 の青いグラフで表している。6km 地点から 12km 地点の間と 20km 地点と 25km 地点の間では、高低差が激しくなっている。終盤になるにつれて平坦な道を使う頻度が増えている。スタート地点と比較して、最大で高さ 52 メートルの位置を走る部分があることが図 3 から読み取ることができる。コースの評価としては高低差がありながらも、景観を楽しみながら走ることができるコースであるといえるだろう。

13 名古屋ウィメンズマラソン 2016 のフルマラソンコース

名古屋ウィメンズマラソン 2016 で使用されるフルマラソンコースについて、通過するスポット数と総交通量について計測した。名古屋ウィメンズマラソン 2016 のマラソンコースでは、通過できるスポットは 8 箇所、使用する道路の総交通量は 493251 台である。ウィメンズマラソンのコースを Google Maps で表すと、図 4 のようになる。マラソンコースの外形を見ると、直線の部分が非常に多く、曲

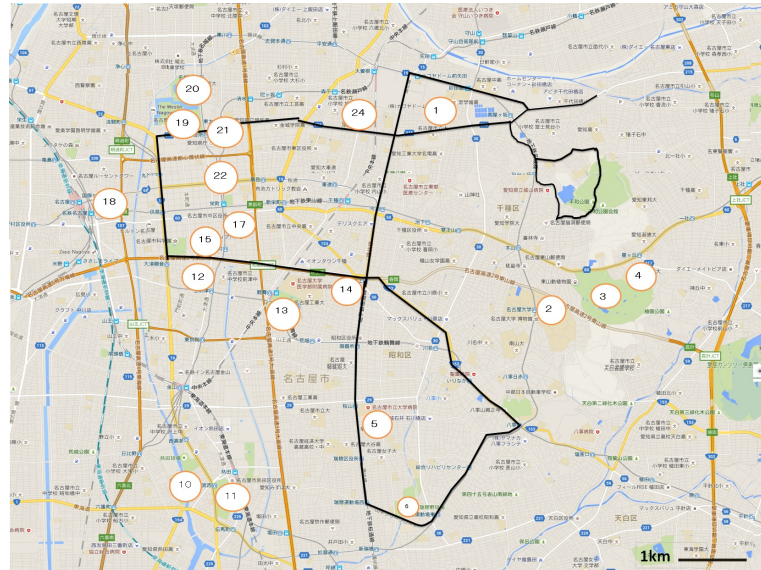


図 2 求めたマラソンコース

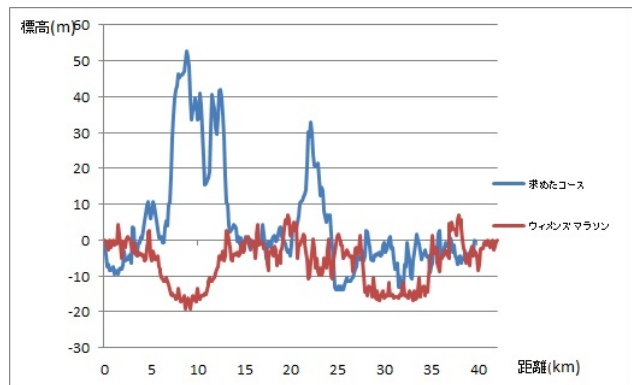


図 3 マラソンコースの高低差のグラフ

がり角がほとんどないシンプルなコースになっている。また本研究で作成したマラソンコースの高低差を求めたように、名古屋ウィメンズマラソン 2016 で使用されるマラソンコースについても高低差を求めた。これを図 3 の赤色のグラフが表している。グラフより、スタート地点との標高差が最高でも約 20 メートルとなっていることが分かる。マラソンコース全体を見ても、急な坂道はそれほどなく、終始なだらかなコースになっている。実際に使用されているだけに、参加者にとっては走りやすいマラソンコースであるといえる。マラソンコース全体としては、曲がる回数が少なく、高低差もほとんどないため、参加者にとっては非常に走

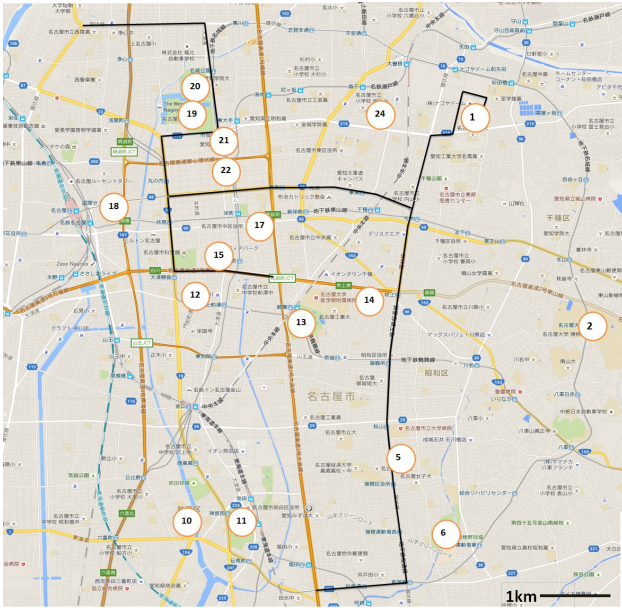


図4 名古屋ウィメンズマラソン 2016 コース

りやすいコースであるといえるだろう。

14 既存のコースとの比較

本研究で求めたマラソンコースと名古屋ウィメンズマラソン 2016 で使用されるマラソンコースについて比較を行うと、本研究で求めたマラソンコースのほうが総交通量が 10710 台少なく、スポット数は 3 箇所多いことが分かる。より多くのスポットを通過できることは参加者にとってメリットである。また総交通量が少ないことは、近隣住民や普段からその道路を使っている自動車の運転手への迷惑も少なく抑えられる。コース全体の外形を見ると、どちらのコースも曲がり角は少なく、曲がる度に減速や加速を何度もせず済む。2つのマラソンコースには瑞穂陸上競技場の南側と名城公園の北側、平和公園周辺に大きな違いが存在している。高低差に関するグラフに着目してみると、今回の計算で求めたマラソンコースのほうが高低差が激しいことが明らかとなった。参加者にとっては上下動が少ない名古屋ウィメンズマラソン 2016 のコースのほうが走りやすく、時間内に完走できる可能性が高くなるだろう。

15 おわりに

本研究では名古屋市内の道路を使用したマラソンコースの作成を行った。交通量をなるべく少なくする中でスポットを最大限回ることを目的として最適化計算をした。計算の結果として、11 箇所のスポットを通過するマラソンコースを作成することができた。スポット数に着目すると、既存

のコースと比べてよい結果が得られた。しかし、計算で求めたルートについて高低差のグラフを描き視覚的に見えるようにしてみると、坂による上下が激しくなっていることがわかった。一方で既存のコースにおいては、坂が極力少なくなるように設定されていることが読み取れた。上り坂や下り坂によりペースを崩したり、体力に影響を与えたりする坂道はできる限り少ないほうが、参加者にとっては好ましい。今後の研究では坂道に関する道路データを収集し、そのデータを計算に取り入れることで、平坦な道を選択しやすくなるようにしていく必要がある。実際のマラソンコースとして採用され、多くの参加者をひきつけられる魅力あるマラソンコースにするには、スポット数や交通量以外にも、さまざまな視点からの試行錯誤が必要であるのではないだろうか。

16 今後の課題

- マラソンコースの高低差が極力少なくなるように、緯度経度に関するデータを収集し、制約条件として取り入れる。標高データを記号 h_i とし、制約条件に

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in I} |h_i - h_j| x_{ij} < H \quad (H \text{ は定数}) \quad (6)$$

を加えて計算を行う。

- 各地点で通過タイムを考え、それに応じて交通規制をかける時間を区間ごとに決定する。
- 作成したマラソンコースをもとに、歩行者や自動車などの迂回ルートを考える。

参考文献

- [1] 名古屋シティマラソン大会データ
<http://city.marathon-festival.com/data/>
2015 年 9 月アクセス
- [2] 名古屋ウィメンズマラソン大会データ
<http://womens.marathon-festival.com/data/>
2015 年 9 月アクセス
- [3] じゃらん
<http://www.jalan.net/>
2015 年 5 月アクセス
- [4] 陸上競技ルールブック 2015
<http://www.jaaf.or.jp/athlete/rule/>
2015 年 5 月アクセス
- [5] Google Maps
<https://www.google.co.jp/maps>
2015 年 9 月アクセス
- [6] 名古屋市『平成 22 年度名古屋市一般交通量概況』