

旅費や休憩時間を考慮した観光地訪問順の最適化

2019SS075 高銚颯

指導教員：小市俊悟

1 はじめに

行きたい観光地をリストアップし、訪問順を決めたが、実際には効率よく観光することができず、行きたい観光地に行けずに終わってしまうことがあるだろう。このような問題を解決するために本研究では、整数計画モデルを用いて、観光地を効率よく訪問するための最適な観光地選択と経路を導き出すことを目指す。そのために、観光地をいくつか調査し、その都道府県内での人気度やそれらの間の移動に必要な経路時間や費用を調べ、訪問経路を求めるための整数計画問題を定式化する [1, 2]。目的関数には、多くの観光地を訪問したか、多くの時間を費やして観光したか、人気の高い観光地を多く訪問したか、の3つの目的関数を用意し、それぞれの最適経路を様々な観点から比較し、どのような目的関数設定するのが良いかを探る。また目的関数に現れる項の係数を変えることで、より個人の考えに合わせた結果が得られるかを探る。

2 定式化

経路を導く上で2つの条件を用意する。1つ目は観光する時間は10時から17時の間を想定とした7時間とし、最後は出発点に戻るものとする。2つ目は旅行予算(移動にかかるお金と入館料)を4000円以内とする。

また、現実的な結果が得られるようにいくつか工夫する。第一に、12時前に着く最後の観光地の到着時刻と13時以降に着く最初の観光地の到着時刻には最低1時間の差を設けることで、12時から13時の間に1時間の休憩をとることができるようにする。第二に、観光地ごとに午前か午後どちらかの時間帯が混んでいて、どちらが空いているかをあらかじめ与え、空いている時間帯に観光地を訪れるようにする。

出発点はあらかじめ指定されるものとして、それを0で表す。出発点0も観光地の1つとする。

2.1 記号の定義

- V : 出発点0を除く観光地の集合
- V_0 : 観光地の集合, すなわち, $V_0 = V \cup \{0\}$
- D_{ij} : 観光地 i から j への移動所要時間 ($i, j \in V_0$)
- C_{ij} : 観光地 i から j への移動にかかる費用 ($i, j \in V_0$)
- M_i : 観光地 i の入館料 ($i \in V_0$)
- W_i : 観光地 i における平均滞在時間 ($i \in V_0$)
- N_i : 観光地 i の魅力値 ($i \in V_0$)
- KA_i : 観光地 i は午前の方が混雑しているとき1, そうでなければ0 ($i \in V_0$)
- KP_i : 観光地 i は午後の方が混雑しているとき1, そうでなければ0 ($i \in V_0$)

- T : 制限時間
- C : 旅行予算
- M : 十分に大きな数 (具体的には $M = 100000$)

2.2 変数の定義

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & (i \text{ から } j \text{ へ移動するとき}) \\ 0 & (\text{その他}) \end{cases} \quad (i, j \in V_0, i \neq j)$$
$$y_i = \begin{cases} 1 & (\text{観光地 } i \text{ を訪問する}) \\ 0 & (\text{その他}) \end{cases} \quad (i \in V_0)$$
$$r_{ij} = (i \text{ から } j \text{ への枝に割り当てられる観光経路における番号, ただし, 観光経路に使われないときは } 0) \quad (i, j \in V_0, i \neq j)$$
$$t_i = (\text{観光地 } i \text{ の到着時刻, ただし, 訪問しないときは } 0) \quad (i \in V_0)$$
$$a_i = \begin{cases} 1 & (13 \text{ 時以降に } i \text{ に着く}) \\ 0 & (i \text{ に } 12 \text{ 時前に着く,} \\ & \text{または } i \text{ に行かない}) \end{cases} \quad (i \in V_0)$$
$$tam = (12 \text{ 時前到着観光地の中で, 最も遅い到着時刻})$$
$$tpm = (13 \text{ 時以降到着観光地の中で, 最も早い到着時刻})$$
$$lam_i = \begin{cases} 1 & (\text{観光地 } i \text{ が } 12 \text{ 時前到着の最遅地のとき}) \\ 0 & (\text{その他}) \end{cases} \quad (i \in V_0)$$
$$lpm_i = \begin{cases} 1 & (\text{観光地 } i \text{ が } 13 \text{ 時以降到着の最早地のとき}) \\ 0 & (\text{その他}) \end{cases} \quad (i \in V_0)$$
$$L_{ij} = \begin{cases} 1 & (12 \text{ 時前到着最遅観光地 } i \text{ から } 13 \text{ 時以降} \\ & \text{到着最早観光地 } j \text{ へ移動するとき}) \\ 0 & (\text{その他}) \end{cases} \quad (i, j \in V_0, i \neq j)$$

2.3 目的関数

次に挙げる3つの目的関数(1)訪問観光地数最大化,(2)観光時間最大化,(3)人気観光地数最大化を考える。いずれの目的関数も最終項は t_i を所望の値にするための項であり、それ以外が本質的な目的に対応する。

(1) 訪問観光地数最大化

変数 y_i の和が実際に訪れた観光地の数の総和となる。これを目的関数とし、それを最大化する。

$$\max. 25000 \sum_{i \in V_0} y_i - \sum_{i \in V_0} t_i$$

(2) 観光時間最大化

変数 x_{ij} が観光地 i から j に移動したかを表し、変数 y_i が i を訪問したかどうかを表すので、 $D_{ij}x_{ij}$ と $W_i y_i$ の和が観光時間となる。旅行を満喫するというので、これを目的関数とし、それを最大化する。

$$\max. 25000 \sum_{i, j \in V_0, i \neq j} D_{ij} x_{ij} + 25000 \sum_{i \in V_0} W_i y_i - \sum_{i \in V_0} t_i$$

(3) 人気観光地数最大化変数 y_i が観光地 i を訪問したかどうかを表すので、 $N_i y_i$ の和が実際に訪れた観光地の魅力値の総和となる。これを目的関数とし、それを最大化する。

$$\max. 50000 \sum_{i \in V_0} N_i y_i - \sum_{i \in V_0} t_i$$

2.4 制約式

すべてを載せられないので、一部の特徴的な制約式を紹介する。お昼の1時間休憩を確保するための制約式や、観光地の混雑度を考慮する制約式などは次のようになる。

$$t_i + W_i y_i + D_{i0} x_{i0} \leq T \quad (i \in V) \quad (1)$$

$$\sum_{\substack{i, j \in V_0, \\ i \neq j}} C_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in V_0} M_i y_i \leq C \quad (2)$$

$$D_{ij} L_{ij} + W_i \lambda m_i + 3600 \leq t_{pm} - t_{am} \quad (i, j \in V_0, i \neq j) \quad (3)$$

$$\sum_{i \in V_0} ((1 - a_i) K A_i + a_i K P_i) \leq 0 \quad (4)$$

(1) 式：観光地 i に着いた時刻と i での滞在時間、 i から駅に戻る時間の総和が制限時間 $T (=25200$ 秒) を満たす

(2) 式：移動にかかる費用と入館料の総和が、旅行に使えるお金の制限 $C (=4000$ 円) に収まる

(3) 式：12時から13時の間に休憩を1時間とする

(4) 式：訪問する観光地は混雑している時間帯を避ける制約

3 計算結果

gurobi を用いて解いたところ、目的関数 (2) 観光時間最大化に関する最適経路は表 1 のようになった。

表 1 目的関数 (2) に関する観光地訪問経路

順序	観光地	滞在時間秒	移動時間秒
1	広島駅 (出発点)	0	0
2	厳島神社	7200	3480
3	広島平和記念資料館	3600	15600
4	広島城	3600	20520
5	広島駅 (終着点)	0	25200

4 設定の変更

目的関数 (2) 観光時間最大化の中の係数を 1~60000 で 5000 刻みで変更し、最適経路の変化を見る。ただし、最終項 $\sum_{i \in V_0} t_i$ の係数は変更せず、常に -1 とする。

結果として、第一項と第二項の係数の関係が、小大、大小、同程度に応じて、A, B, C の経路が得られ、それを次の表 2, 3, 4 に示す。経路 A は第二項に対応する観光地に滞在する時間を多くとれるようにした経路、経路 B は観光地間の移動にかかる時間を多くとれるようにした経路、経路 C は滞在時間や移動にかかる時間を同等に考え、それらのバランスをとった経路であるといえる。

表 2 目的関数 (2) に関する観光地訪問経路 A

順序	観光地	滞在時間秒	移動時間秒
1	広島駅 (出発点)	0	0
2	縮景園	3600	600
3	ひろしま美術館	7200	4980
4	広島平和記念公園	1800	12660
5	原爆ドーム	600	14580
6	広島平和記念資料館	3600	15540
7	広島城	3600	20460
8	広島駅 (終着点)	0	25140

表 3 目的関数 (2) に関する観光地訪問経路 B

順序	観光地	滞在時間秒	移動時間秒
1	広島駅 (出発点)	0	0
2	原爆ドーム	600	900
3	厳島神社	7200	6240
4	広島平和記念公園	1800	18300
5	広島平和記念資料館	3600	20160
6	広島駅 (終着点)	0	24780

表 4 目的関数 (2) に関する観光地訪問経路 C

順序	観光地	滞在時間秒	移動時間秒
1	広島駅 (出発点)	0	0
2	厳島神社	7200	3480
3	広島平和記念資料館	3600	15600
4	広島城	3600	20520
5	広島駅 (終着点)	0	25200

5 おわりに

本研究では、整数計画モデルを用いて旅費や休憩時間を考慮した観光地訪問順の最適化を行い、観光地を効率よく訪問するための最適な観光地選択と経路を導き出すことを行った。目的関数には、(1) 訪問観光地数最大化、(2) 観光時間最大化、(3) 人気観光地数最大化の3つを用意し、個人の考えに合わせた最適経路が得られるようにした。その結果、目的関数ごとに複数の経路を得ることができた。これにより、様々な方の個人に合わせた最適経路を得ることができたと考える。しかし、目的関数によっては制約が厳しすぎる所もあったので、さらに複数の経路が得られるように改善したい。

参考文献

- [1] 一休: 「広島観光で行きたい名所! 広島旅行おすすめ人気スポット 30 選」 <https://www.ikyuu.com/kankou/area8044/> (参照 2022-5-30)
- [2] Yahoo 「乗換案内、時刻表、運行情報 - Yahoo!路線情報」. <https://transit.yahoo.co.jp/> (参照 2022-5-30)