

利用者の巡回行動に着目した宿泊施設の最適立地問題

津山 伸之（沼田 一道 准教授， 田中 健一 助教）

1. 背景および目的

我々が利用する施設の一つとして宿泊施設がある。宿泊施設は通常，それ自身が目的地となることはなく，いくつかの目的地を訪問する際に利用する，という特徴をもつ。宿泊施設の利用に際しては，訪問地との距離が利用者に選ばれる重要な要因の一つとなる。そのため，利用者は目的地を訪問し易いように，出発点である宿泊施設を選択すると考えられる。

このような背景から本研究では，利用者の巡回行動を前提として，多くの利用者を獲得できる立地場所を求める施設配置問題を提案する。具体的には，対象領域に複数の訪問候補点と既存の宿泊施設があると想定する。利用者は，宿泊施設を起点としていくつかの目的地を訪問し再び宿泊施設に戻る際に巡回路長が最小となる宿泊施設を選択すると仮定する。以上の想定のもとで，新規の宿泊施設の配置場所として，最も多くの利用者を獲得できる地点を求める問題を提案する。

2. 宿泊施設の最適立地問題

2.1 状況設定

図 1 に示す状況を想定し，以下を仮定する。

- (1) 利用者の訪問候補点の集合を U として， U の要素数を n とする。
- (2) 既存の宿泊施設(以後，既存宿と呼ぶ)を m 個とする。
- (3) 利用者は U の部分集合を訪問点集合として選択して巡回すると仮定し，部分集合を S_k ($k=1, \dots, 2^n - 1$) と表す。(以後， S_k をトリップ k と呼ぶ)。
- (4) トリップ k を行う人数を h_k 人 ($k=1, \dots, 2^n - 1$) とする。
- (5) 利用者は，宿泊施設を起点として訪問点集合を巡り再び宿泊施設に戻る際に巡回路長が最小となる宿泊施設を選択すると仮定する。

以上の想定のもとで，新規の宿泊施設の配置場所として，最も多くの利用者を獲得できる地点を求める問題を提案する。以後，新規の宿泊施設を新規宿と呼ぶ。

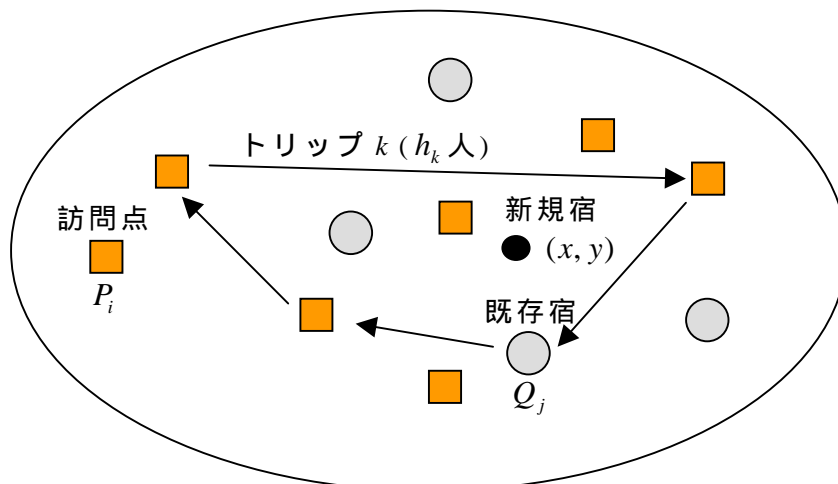


図 1：宿泊施設利用者の巡回行動

2.2 定式化

前節で述べた問題を定式化するため、まず記号を定義する。訪問候補点を P_i ($i=1, \dots, n$)、既存宿を Q_j ($j=1, \dots, m$)、新規宿候補点の座標を (x, y) 、訪問点集合を S_k ($k=1, \dots, 2^n - 1$) と表す。目的関数は、座標 (x, y) に新規宿を置いたときの新規宿の利用者数であり $C(x, y)$ と表す。 $C(x, y)$ は次のように記述できる。

$$C(x, y) = \sum_{k=1}^{2^n - 1} h_k \cdot \alpha_k(x, y) \quad (1)$$

$\alpha_k(x, y)$ は、トリップ k に対し、新規宿 (x, y) を出発点とする場合が、他のどの既存宿を出発点とする場合よりも、最短巡回路長が短くなる場合は 1、そうでないときは 0 をとる関数である。

$$\alpha_k(x, y) = \begin{cases} 1 & a_{xyk} \leq b_{jk} \quad (j=1, \dots, m) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

a_{xyk} : 点 (x, y) に置かれた新規宿を出発点とするときのトリップ k の最短巡回路長

b_{jk} : 既存宿 Q_j ($j=1, \dots, m$) を出発点とするときのトリップ k の最短巡回路長

このとき、求める問題は

$$\max_{x, y} C(x, y) \quad (3)$$

と表すことができる。

3. 数値実験

3.1 実験の概要

(1) 式の最適解を解析的に求めるのは困難なため、ここでは新規宿の候補地を対象領域に離散的に与え、目的関数値を計算する。以下を仮定する。

1. 対象領域を正方形で与える。
2. 訪問候補点は 6 点、既存宿は 3 点とする。
3. 対象領域を縦横 10×10 の正方形メッシュに区切り、各メッシュの中心点を新規宿候補点とする。
4. $h_k = 1$ ($k=1, \dots, 2^n - 1$) とする。(全てのトリップは同じ頻度で生起する。)

以上の状況において、各新規宿候補点に新規宿を立地した際の目的関数値を比較し、宿泊施設の最適な立地場所の特性を調べる。

実験は、それぞれ既存宿や訪問候補点の位置を変化させて 4 通り行う。

3.2 実験結果・考察

実験結果を図 2~5 に示す。また、新規宿の建設前と建設後における、各宿泊施設(既存宿と新規宿)の獲得人数 $C(x, y)$ とその割合をそれぞれ表 1~8 に示す。

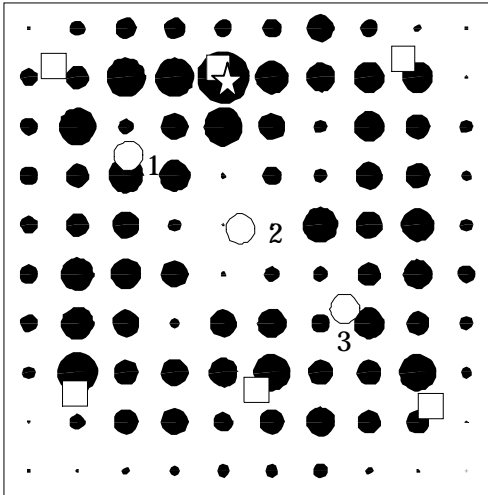


図 2：数値例

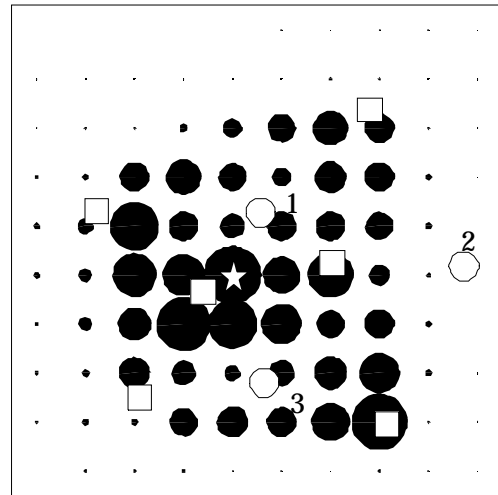


図 3：数値例

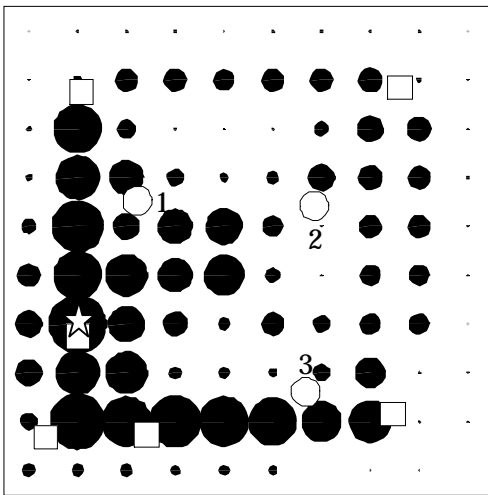


図 4：数値例

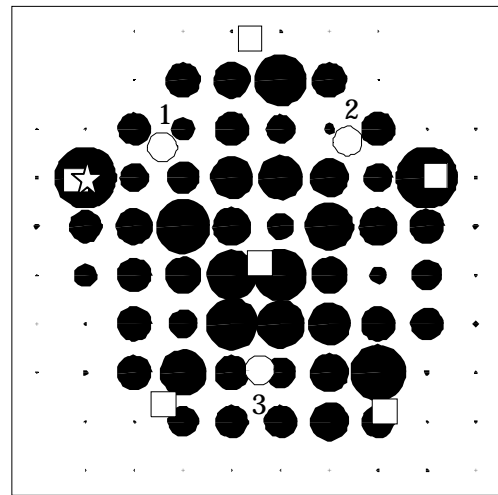


図 5：数値例

○ ... 既存宿 □ ... 訪問候補点 ☆ ... 新規宿の最適立地点

表 1：数値例 新規宿建設前

出発点	既存 1	既存 2	既存 3
人数	22	25	16
割合	34.9%	39.7%	25.4%

表 2：数値例 新規宿建設後

出発点	既存 1	既存 2	既存 3	新規宿
人数	6	22	8	27
割合	9.5%	34.9%	12.7%	42.9%

表 3：数値例 新規宿建設前

出発点	既存 1	既存 2	既存 3
人数	32	2	29
割合	50.8%	3.2%	46.0%

表 4：数値例 新規宿建設後

出発点	既存 1	既存 2	既存 3	新規宿
人数	13	2	15	33
割合	20.6%	3.2%	23.8%	52.4%

表 5：数値例 新規宿建設前

出発点	既存 1	既存 2	既存 3
人数	19	20	24
割合	30.2%	31.7%	38.1%

表 6：数値例 新規宿建設後

出発点	既存 1	既存 2	既存 3	新規宿
人数	5	16	12	30
割合	7.9%	25.4%	19.1%	47.6%

表 7：数値例 新規宿建設前

出発点	既存 1	既存 2	既存 3
人数	22	21	20
割合	34.9%	33.3%	31.8%

表 8：数値例 新規宿建設後

出発点	既存 1	既存 2	既存 3	新規宿
人数	4	13	14	32
割合	6.4%	20.6%	22.2%	50.8%

図 2～5 において，四角い点が訪問候補点 6 点，丸い点が既存宿 3 点，星型の点が新規宿を立地するのに最も適した点である。既存宿の番号は図上に示してある番号に合わせて既存 1，既存 2，既存 3 とする。黒く丸い点は格子状に配置した新規宿候補地であり，新規宿を立地するのに良い場所ほど大きな点で表されている。

今回の設定に対する実験結果から読み取れる傾向を以下にまとめる。

- ・ 訪問候補点の凸包が新規宿の立地に適した領域である。
- ・ 最適な出発点は凸包の境界上，またはその付近に現れる場合が多い。
- ・ 既存宿がある周辺は新規宿候補地としては適さない。

なお，凸包とは最も外側にある点を直線で結んでできる線分とその内側の領域のことである[3]。

4. 今後の課題

本研究では，利用者の巡回行動に着目し，多くの利用者を得られる宿泊施設の最適立地問題を提案した。

今後の課題としては，対象領域を正方形以外の場合についても実験を行い，領域形状が結果に与える影響を分析することが挙げられる。また，各トリップを行う人数 h_k を様々なパターンに設定して，最適立地場所の傾向を調べることも重要である。

参考文献

- [1] 森 雅夫，松井 知己：「オペレーションズ・リサーチ」，朝倉書店(2004)
- [2] 岡部 篤行，鈴木 敦夫：「最適配置の数理」，朝倉書店(1992)
- [3] 久保 幹夫，田村 明久，松井 知己：「応用数理計画ハンドブック」，朝倉書店(2002)