立ち寄り行動を考慮した介在機会型の施設配置問題

02502670　慶應義塾大学　*福本創一朗　FUKUMOTO Soichiro
01107680　慶應義塾大学　栗田　治　KURITA Osamu

1. はじめに

本研究では人々の移動途中での立ち寄り行動に着目し，集客数を最大化する複数施設の配置問題を考える．施設配置問題は大きく分けて2つに分類することが出来る．移動の目的地が最初から施設である場合と，ある目的で移動している途中に施設に寄る場合である．これらについては鈴木[1][2]に詳しく書かれていて，前者を近隣需要，後者をフロー需要に基づく施設配置と命名している．

本研究は[1], [2]の捕捉可能トリップ最大化問題に類似するが，客の立ち寄りを確率モデルで定式化している点に大きな特徴がある．買い物行動における衝動買いなどのように，施設に立ち寄ることを考えてなかった人が突然施設に寄ってしまうような例は枚挙に暇がない．本モデルではこのような行動を介在機会モデルによって記述する．すなわち人々は施設のことを一切考えずトリップの終点に向かって移動を開始し，トリップの途中目にする施設(機会)の数が多ければ多いほど施設に立ち寄る可能性が大きくなると想定するのである．

2. モデルの作成

$[0,1]$の線分領域にn軒の施設(以下店と呼ぶ)を配置することを考える．人々のトリップの起点をx，終点をyとして，それぞれのトリップ密度を$\lambda(x)$，$\mu(y)$ $(0 \le x, y \le 1)$で与える．そして両者の間にそれぞれの密度の積に比例したトリップが発生すると仮定する．またn軒の店の座標は$0 \le r_1 \le r_2 \le \cdots \le r_n \le 1$としておく．

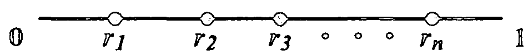

図1　線分領域とn軒の店．

すべての店の魅力は同じであり，客がトリップの途中で店に入る回数はたかだか1回と仮定する．目にした店に入る確率をpとすれば，出発してから$j-1$軒目までは入店せず，j軒目の店に入る確率は$(1-p)^{j-1}p$なる幾何分布で与えられる．また出発してからj軒通過しても入店しない確率は$(1-p)^j$となる．よって，j軒の店を通り過ぎるまでにいずれかの店に入る確率を$f(j)$とすると

$$f(j) = \sum_{h=1}^{j} (1-p)^{h-1} p = 1-(1-p)^j \qquad (1)$$

と計算される．

このとき例えば起点が$0 \le x < r_1$，終点が$r_2 < y < r_3$の範囲にあるトリップが目にする店の数は2軒だから，このようなトリップのうちで店に入るトリップの量は

$$\int_0^{r_1} \lambda(x)dx \times \int_{r_2}^{r_3} \mu(y)dy \times f(2) \qquad (2)$$

となる．図2はトリップの起終点の組合せとそれぞれのトリップが店に入る確率を図示したものである．

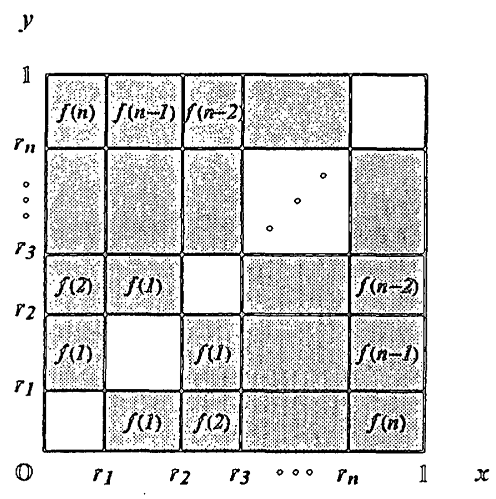

図2　起終点の組合せと店に入る確率．

(2)式の如き量をすべての場合に関して足し合わせば店数nのときの領域内全店での入店者数の総計が以下のように求められる：

$$P_n = \sum_{i=0}^{n} \int_{y=r_i}^{r_{i+1}} \{ \sum_{j=0}^{i} f(j) \int_{x=r_{i-j}}^{r_{i-j+1}} \lambda(x)\mu(y)dx + \sum_{j=0}^{n-i} f(j) \int_{x=r_{i+j}}^{r_{i+j+1}} \lambda(x)\mu(y)dx \} dy \qquad (3)$$

これが最大となるような施設の配置$r_1, r_2, \cdots, r_n$を求めればよい．

このような領域内全体の入店確率を最大化する問題では競合店の存在は考慮していないことになる．本モデルでは全店トータルの売上(来客数)に注目しており，また客にとってはどの店に行ってもサービスの質は同じであることから，例えばチェーン店の社長が領域内にn軒の支店を配置するためのモデルであると解釈できるだろう．

3. 数値例

トリップ密度が一様($\lambda(x)=\mu(y)=1$)のときの$r_i (i=1,2,\cdots,n)$の座標は計算の結果

$$r_i=\frac{1+(i-1)p}{2+(n-1)p} \tag{5}$$

となる．

具体的に店数4のときで考えてみると，各r_iの座標は

$$r_1=\frac{1}{2+3p},\ r_2=\frac{1+p}{2+3p},\ r_3=\frac{1+2p}{2+3p},\ r_4=\frac{1+3p}{2+3p}$$

となり，横軸に店に入る確率pをとって縦軸に各r_iの座標のグラフを描くと以下の図3のようになる．

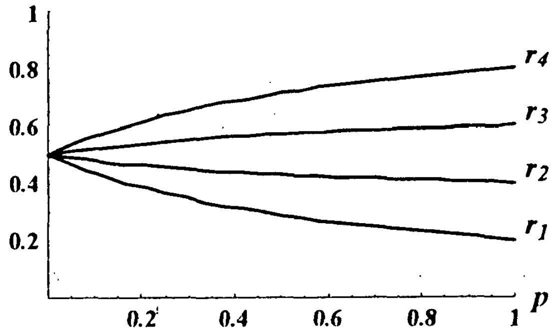

図3　店数4のときのr_i.

pが1に近づくと全てのトリップが最初に横切った店に入店するようになる．その場合は等間隔の配置が望ましいのである．逆にpが0に近づくと移動者は殆ど入店しなくなるのですべてのr_iを通過交通量が最大となる点に集中するのがよい，という次第である．(注：起終点のトリップ密度が一様なとき通過交通量は中央で最大[3]である．)

4. いくつかのモデルとの比較

近隣需要に基づく①Minisum型問題，フロー需要に基づく②迂回距離最小化問題，③捕捉可能トリップ最大化問題，④介在機会型問題($p=0.3$)の4つを比較する(①～③は文献[1]，[2]による)．ただし店数4，起終点のトリップ密度は一様($\lambda(x)=\mu(y)=1$)とした．

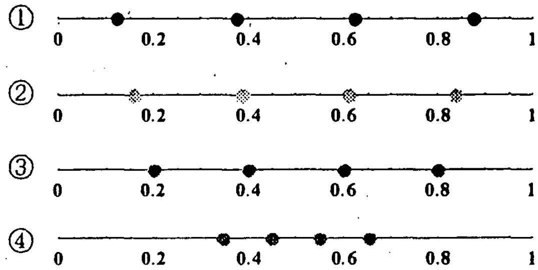

図4　店数4のときの比較.

図4から①→④の順に徐々に領域中央よりの配置になっているのが見て取れる．ここから施設利用者の立場に立った問題(①,②)と比べて，施設経営者の立場に立った問題(③,④)が通過交通量に大きく影響を受けていることが分かる．

5. まとめ

介在機会型の施設配置問題を定式化した．本モデルは$p=1$とすれば捕捉可能トリップ最大化問題[1][2]となる．つまり店に入らないトリップも考慮したという意味で捕捉可能トリップ最大化問題を一般化したモデルということができる．

本モデルは施設配置に限らず多くの問題に適用できる．例えば時間軸上でCMの回数と時点をどのように与えれば売上を最大化できるか，といった最適化モデルへの応用も魅力的である．

6. 参考文献

[1]鈴木勉(2002)：フロー需要に基づく施設配置モデルと需要構成が施設配置に与える影響，第37回日本都市計画学会学術研究論文集，pp.115-121.
[2]鈴木勉(2002)：線分都市におけるフロー捕捉型施設の最適配置，日本ＯＲ学会秋季研究発表会アブストラクト集，pp.152-153.
[3]腰塚武志(1992)：都市域の流動に関する理論的考察，第27回日本都市計画学会学術研究論文集，pp.343-348.