

地点に依存する魅力度を考慮した新規店舗の最適立地問題

大和 史明（沼田 一道 助教授，田中 健一 助手）

1. はじめに

映画館や飲食店等の商業施設経営者が新規店舗をオープンする際、最も重要な指針とするものは店舗の収益性である。客の店舗の選択行動をハフモデルにより記述し、既存の店舗位置を所与としたときに客を最も多く獲得できる店舗の位置を求める問題は古くから研究されてきた[1, 2]。

ハフモデルは、各店舗の選択確率を店舗がもつ魅力度と客の移動コストから求めるモデルである[1, 2]。既存のハフモデルの魅力度は店舗自体の実力（駐車場の有無，床面積，品揃えの良さ，サービス内容，等々）のみを考慮したものとなっている。しかしながら，現実の客の店舗選択行動を考えると，店舗の魅力度は店舗自体の実力のみならず，店舗の立地条件にも依存すると考えられる。

そこで本研究では，店舗の魅力度がその立地条件にも依存するという構造を導入し，ハフモデルを拡張する。この拡張されたハフモデルを用いて客の店舗選択行動を記述し，新規店舗をオープンする際にどこに立地すれば最も客を集めることができるかという問題を分析する。

2. 地点依存型のハフモデル

ハフモデルは，複数の店舗集合が与えられたときに，人々が各店舗をどのくらいの頻度で選択するかを記述するモデルである。ハフモデルで記述される客の店舗の選択確率は，(1)移動コストが小さい店舗ほど高くなり，(2)店舗自体の魅力度が大きいほど高くなる。既存のハフモデルでは，(2)の店舗の魅力度を，店舗そのものがもつ固定的な値として与えている。本研究ではこのモデルを拡張し，店舗の魅力度は立地条件にも依存すると考えてモデル化を行う。以下にその概要を説明する。

ある領域内に n 個の店舗が存在すると仮定し，領域内の任意の点を (x, y) と表す。領域内のある地点にいる客の店舗 j までの所要時間を t_j とする。また，店舗 j の位置を (x_j, y_j) と表す。客は各店舗に以下の力で引き付けられるものと仮定する：

$$f_j = \alpha_j(x_j, y_j) \cdot e^{-\gamma t_j} \quad (j=1, \dots, n). \quad (2.1)$$

ここで， γ は距離抵抗係数とよばれるもので，客がどれだけ移動コストに対して抵抗を感じるかを示す係数である。(2.1)式の f_j は， $\alpha_j(x_j, y_j)$ に関する増加関数であり， t_j に関する減少関数である。ここで，魅力度 $\alpha_j(x_j, y_j)$ は以下のように与えられるものとする：

$$\alpha_j(x_j, y_j) = a_j + \varphi(x_j, y_j) \quad (j=1, \dots, n). \quad (2.2)$$

第一項の a_j は，店舗そのものがもつ魅力度を表し，第二項の $\varphi(x_j, y_j)$ は立地に依存する魅力度を表す。 $\varphi(x_j, y_j)$ は，店舗 j が地点 (x_j, y_j) に立地した際に獲得する魅力度を意味し，以下のような状況に対応する。例えば，映画館に映画を観に行く行動を考えよう。このとき，等距離に同一の映画館が2個存在する場合に，従来のハフモデルでは，どちらも等しい確率で選択される結果となる。しかしながら，映画館を選択する行動を考えると，周辺の商業施設の充実度が高い映画館の方が選択される確率が高くなると考えることもできる。これは，店舗の側から見ると，商業施設の充実度が高い場所に立地する方が，多くの客を獲得できるという構造を表している。なお，店舗の固定的な魅力度のみを扱う既存のハフモデルは，(2.2)式において $\varphi(x_j, y_j) = 0$ とした場合に対応する：

$$\alpha_j(x_j, y_j) = a_j \quad (j=1, \dots, n). \quad (2.3)$$

従来のハフモデルに習い，ある地点 (x, y) にいる客が $(n$ 個の店舗のうち) 店舗 j を選択する確率 p_j を以下のように記述する：

$$p_j = \frac{f_j}{f_1 + \dots + f_n} = \frac{\alpha_j(x_j, y_j) \cdot e^{-\gamma t_j}}{\alpha_1(x_1, y_1) \cdot e^{-\gamma t_1} + \dots + \alpha_n(x_n, y_n) \cdot e^{-\gamma t_n}}. \quad (2.4)$$

さらにある領域 S の客の分布 (単位面積当たりの人数) を $\rho = \rho(x, y)$ と表す．ここで $\rho(x, y)$ は

$$\iint_S \rho(x, y) dx dy = N \quad (2.5)$$

を満たし，領域 S の総客数が N 人であることを意味する．領域 S に存在する店舗 j の獲得客数を ϕ_j とすると

$$\phi_j = \iint_S p_j \cdot \rho(x, y) dx dy \quad (2.6)$$

となる．ここで，定義より $\sum_{j=1}^n \phi_j = N$ である．

3. 新規店舗の最適立地モデル

領域 S に n 個の競合店舗が存在するとき， $n+1$ 番目の店舗が最も多くの客を獲得できる立地場所を求める問題を定式化する．いま， $n+1$ 番目の店舗の位置を (x_{n+1}, y_{n+1}) とする．このとき，新規店舗の獲得客数は以下のように表される．ただし，新規店舗の魅力度 $\alpha_{n+1}(x_{n+1}, y_{n+1})$ は所与とする：

$$\phi_{n+1}(x_{n+1}, y_{n+1}) = \iint_S p_{n+1} \cdot \rho(x, y) dx dy = \iint_S \frac{f_{n+1}}{\sum_{j=1}^n f_j + f_{n+1}} \cdot \rho(x, y) dx dy. \quad (2.7)$$

$n+1$ 番目の店舗の獲得客数 ϕ_{n+1} は x_{n+1}, y_{n+1} の二変数関数となる．本研究では， ϕ_{n+1} を最大化する店舗の位置 (x_{n+1}^*, y_{n+1}^*) を決定する問題を扱う．

4. 数値実験

3 節で定式化した新規店舗の最適立地モデルを以下の 2 つのケースに適用し数値実験を行う．4.1 節では，仮想的な都市モデルを用いた解析を行う．4.2 節では，現実の都市におけるデータを用いた解析を行う．既存のハフモデルを用いた最適立地と本研究で提案したハフモデルを用いた最適立地の結果を比較し，傾向の分析を行う．図 4.1 から図 4.4 に正方形の仮想領域における解析結果を，図 4.7 から図 4.10 に首都圏の皇居を中心とする一辺 40km の正方形領域における実データを用いた解析結果を示す．各図における白丸は適当に定めた 5 個の既存店舗の位置を表す．また，図中の色が白くなるほど新規店舗が多くの客を獲得できることを示している．

4.1 仮想都市における数値実験

図 4.1 と図 4.2 に，距離抵抗係数 $\gamma = 0.2$ のときの，新規店舗が獲得する客数の等高線図を示す．図 4.1 は既存のハフモデルを用いた結果であり，図 4.2 は提案モデルにおいて地点に依存する魅力度の関数 $\varphi(x, y)$ として中心で最大値を取る (独立な二次元) 正規分布を想定した結果である．図 4.3 と図 4.4 は，距離抵抗係数 $\gamma = 0.4$ として同様の分析を行った結果である．以下に図から読み取れる傾向をまとめる：

- 提案モデルでは，既存モデルより中心部における立地の有利さが現れている．
- 提案モデルにおいて，距離抵抗係数 $\gamma = 0.2$ の結果は $\gamma = 0.4$ の結果と比較し中心部における立地の有利さが現れている．

4.2 実データを用いた数値実験

首都圏の皇居を中心とする一辺 40km の正方形領域を 40×40 の 1600 個の 1km の正方形メッシュで敷き詰め、各メッシュにおいて以下のデータを利用する。各メッシュの人口は平成 7 年国勢調査のデータを利用し(図 4.6)、地点に依存する魅力度 $\varphi(x, y)$ として平成 8 年事業所・企業統計調査より得られた各メッシュにおける飲食店事業所数のデータを利用する。また、メッシュ間の移動時間は、首都圏の鉄道を利用した最短所要時間を使用する。図 4.7 から図 4.10 は、以上のデータを用いて 4.1 節と同様の分析を行った結果である。以下に図から読み取れる傾向をまとめる：

- 各図に共通する傾向として鉄道路線に沿って出店に有利な場所が分布している様子が表れている。
- 提案モデルは既存モデルよりも都心部に店出に有利な場所が分布している様子が表れている。
- 提案モデルにおいて、距離抵抗係数 $\gamma = 0.2$ の結果は $\gamma = 0.4$ の結果と比較し都心部に店出に有利な場所が分布している様子が表れている。

5. まとめと今後の課題

既存のハフモデルでは考慮されなかった地点に依存する魅力度を導入したハフモデルを提案した。このモデルを用いて新規店舗の立地分析を行った。本モデルを用いて、逐次的に(最適な位置に)店舗を立地する問題を考えることもできる。さらにそれを用いて、商業集積の発展過程を記述することも可能となる。

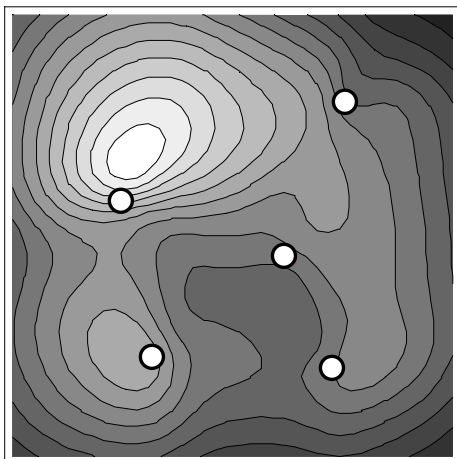


図 4.1 $\gamma = 0.2$, 魅力度一定の場合 .

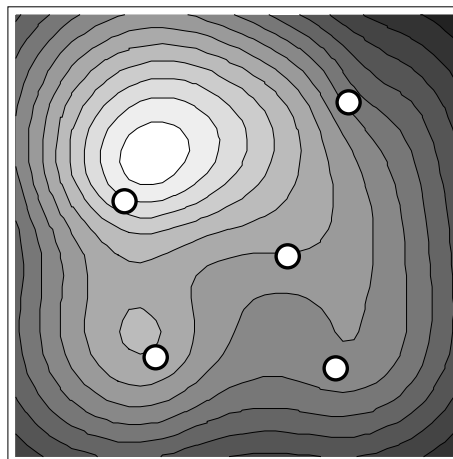


図 4.2 $\gamma = 0.2$, 魅力度が正規分布型の場合 .

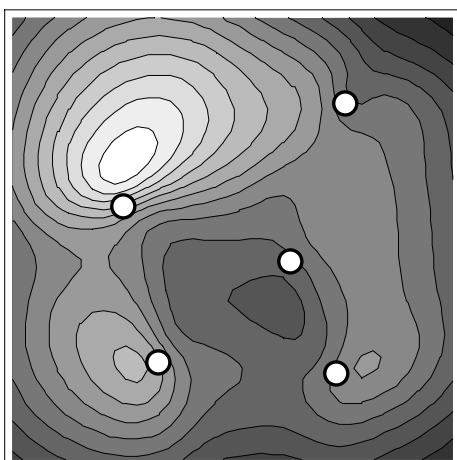


図 4.3 $\gamma = 0.4$, 魅力度一定の場合 .

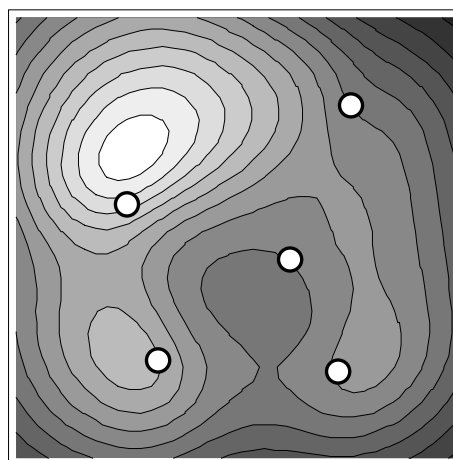


図 4.4 $\gamma = 0.4$, 魅力度が正規分布型の場合 .

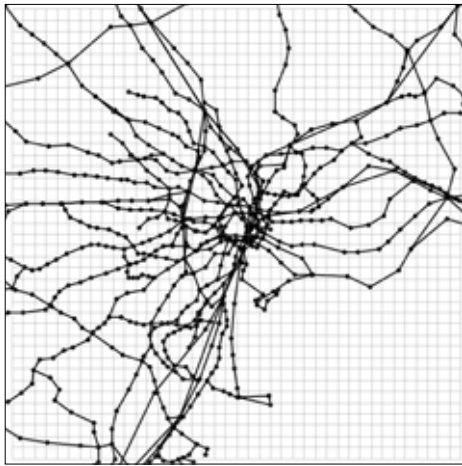


図 4.5 首都圏の鉄道網 .

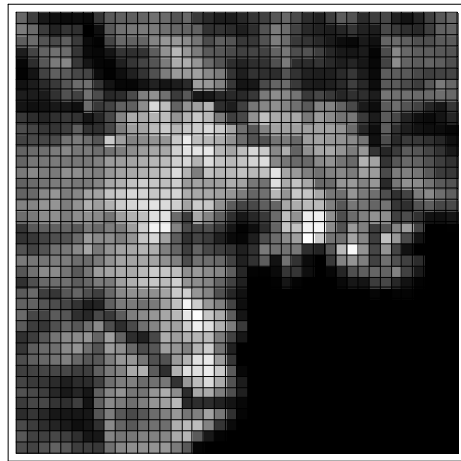


図 4.6 首都圏の人口分布 .

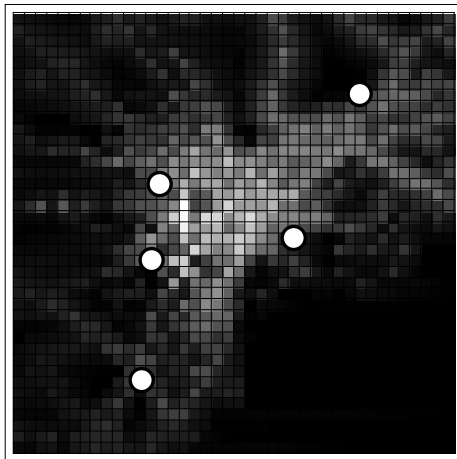


図 4.7 $\gamma = 0.2$, 魅力度一定の場合

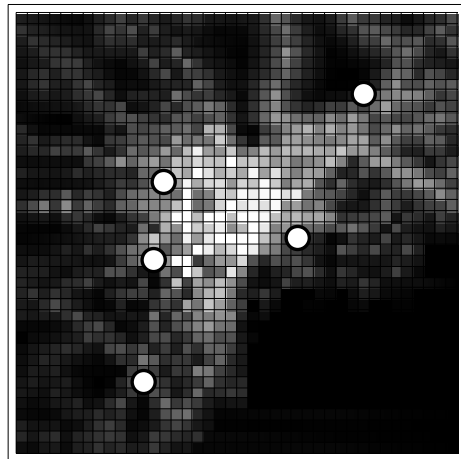


図 4.8 $\gamma = 0.2$, 魅力度が飲食店舗数に比例する場合 .

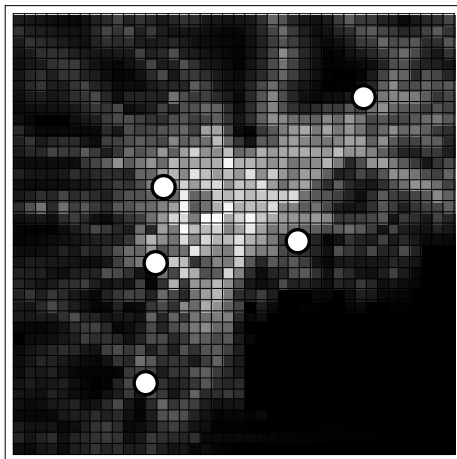


図 4.9 $\gamma = 0.4$, 魅力度一定の場合

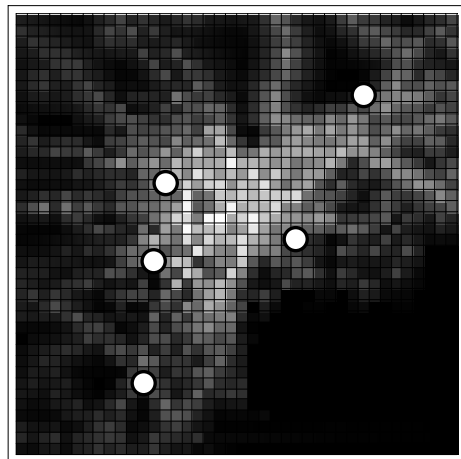


図 4.10 $\gamma = 0.4$, 魅力度が飲食店舗数に比例する場合 .

謝辞

本研究で使用したデータは、中央大学理工学部長の田口 東先生ならびに田口研究室の鳥海重喜氏より提供していただきました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1]T. Drezner (1995): Competitive Facility Location in the Plane, *Facility Location*, pp. 285-300.
- [2]栗田 治 (2003):客の店舗選択行動を導入したホテリングの立地競争モデル - ハフモデルに基づく2店舗立地のダイナミクス - , 都市計画論文集, No.33, pp. 157-162.