

周辺環境と空間ポテンシャルを考慮した 店舗集積の生成モデルの構築とその推定

稲垣 和哉¹・原 祐輔²・桑原 雅夫³

¹学生会員 東北大学大学院 情報科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻青葉6-3-09)

E-mail: inagaki@plan.civil.tohoku.ac.jp

²正会員 東北大学大学院助教 情報科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻青葉6-3-09)

E-mail: hara@plan.civil.tohoku.ac.jp

³正会員 東北大学大学院教授 情報科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻青葉6-3-09)

E-mail: kuwahara@plan.civil.tohoku.ac.jp

本研究では、店舗の集積に及ぼす影響として店舗の周辺環境と空間ポテンシャルを考慮し、店舗集積の生成モデルの構築とその推定を試みた。空間ポテンシャルの指標としてネットワーク分析におけるノードの媒介中心性を用いた。大阪市難波駅周辺において、媒介中心性の高い駅の周辺は店舗密度が高いという傾向が確認でき、店舗集積に空間ポテンシャルが及ぼす影響を考慮する必要性が示唆された。店舗集積の生成モデルに店舗の周辺環境のみでなく、空間ポテンシャルの影響を加えることで、店舗の周辺環境が店舗集積に及ぼす影響をより具体的に推定することが可能となる。

Key Words : *accumulation of facilities, surrounding environment, spatial potential, usage of city center, latent structure analysis,*

1. はじめに

人口減少・少子高齢化や画一的な巨大開発などの影響により、多くの中心市街地は衰退し均質化が進んでいる。このような状況を受け、まちづくりやリノベーションといった取り組みにみられるように、土地利用規制という面的な整備ではなく、既存のリソースに新たな機能を付与するという点的な整備で中心市街地の活性化を図ろうとする動きがある。しかし、活気が持続しない・周囲に波及しないといった事例が多く、取り組みがうまく機能していないのが現状である。このように中心市街地に調和しない計画が行われる要因として、中心市街地に対する空間的理解が十分でないことが挙げられる。

中心市街地の空間的理解にあたり、人々がそこでどのように時間を過ごすのかを考えることは有用であると考えられる。もし、中心市街地における人々の過ごし方に関するあらゆるデータ(性別, 年齢, 移動軌跡, 訪れた店舗, 滞在時間, 消費金額など)が揃っていれば、その中心市街地に対する空間的な理解は可能であろう。しかし、実際にそのようなデータを全て収集することは困難である。そこで、本研究では人々の中心市街地での過ごし方が店舗の集積に表れていると考える。つまり、店舗の集積パターンがその空間における人々の過ごし方と対応していると考えられる。

以上をふまえて、本研究では中心市街地に対する空間的理解を促す知見、特に実際の店舗の集積状況から集積パターンを見出し、中心市街地の各空間の使われ方を推定することを目的とする。

中心市街地の各空間の使われ方が推定出来れば、複雑な中心市街地の空間的把握のための情報提供や、空間の使われ方に基づいた店舗計画などに生かすことができ、中心市街地ごとの課題に合わせた具体的な施策が可能になる。

稲垣ら⁷⁾(以降、先行研究と呼ぶ)は店舗の集積パターン、特に各店舗の周辺環境に注目し、中心市街地における各空間の使われ方を推定した。しかし、ここでは店舗の集積は各店舗の周辺環境(空間の使われ方)という要因のみで生成されたという仮定をおいているが、他にも空間ポテンシャルなどが店舗集積に与える影響は大きいと考えられる。すなわち、先行研究において空間の使われ方と店舗の集積パターンにおいて一定の対応関係は認められたものの、その対応関係には空間ポテンシャルが店舗の集積に与える影響も含んでいる可能性が高い。

そこで、本研究では店舗の集積に大きな影響を与えていると考えられる要因として、空間ポテンシャルを個別に考慮する。先行研究において、Stochastic Block Modelを基に提案された店舗集積の生成モデルに対して、空間ポテンシャルが及ぼす影響を考慮したモデルに拡張する。

これにより、店舗の集積に与える要因を空間の使われ方と空間ポテンシャルに分けて考えることができる。

2. 中心市街地の空間評価に関する既往研究と本研究の位置付け

中心市街地の空間評価を行う研究はこれまでに様々なアプローチによって行われている。

(1) 定性的アプローチ

社会学的分析として、松澤²⁾は東京の繁華街は店舗カテゴリの分布に従い、三層構造を形成していることを発見した。中心域は装身用品店や喫茶店が、中間域は飲酒店や遊技場が、そして周縁域はラブホテルや駐車場が多く分布していることを示し、この傾向は都内における各繁華街において共通の傾向であることを明らかにした。しかし、ここで明らかにされたのは繁華街の街区構造と店舗カテゴリ分布の対応関係における規則性であり、空間の使われ方ではない。

次にファサード分析として、小泉・岸本³⁾は建物の高さやファサードの特徴について、銀座の街路を対象に景観分析を行った。結果として、現在の銀座の建築物の高さは街路の印象に良い影響を与えているということ、特徴的なファサードとそれぞれのファサードを構成する物理的要素の特徴は人々の街路に対する印象形成に強い影響を与えていることを明らかにした。しかし、空間の使われ方は必ずしもファサードに表れるとは限らず、ファサード分析で空間の使われ方を明らかにするのは困難である。

(2) 定量的アプローチ

都市構造の街路の幾何構造に着目した空間評価の既往研究として、ネットワーク分析を基礎とする研究が挙げられる。福山・羽藤³⁾はバルセロナの旧市街地において、街路と広場に着眼した都市構造の分析を行った。歩行者の行動圏域ごとにリンク媒介中心性という新たな指標を設定することで、街路ネットワーク及び広場立地の特性を歴史的形成過程との関連性から定量的に評価している。結果、250m、500m、1kmという3つの行動圏域ごとに異なる中心性の分布が街路の歴史的形成と整合性のある形で得られている。

また、Barthelemy et al.⁴⁾は19世紀に行われたパリ改造の都市構造に対する影響を街路ネットワークに対するノードの媒介中心性を用いることで、定量的に評価を行っている。結果、パリ改造以前は中心性の空間的分布が不安定であったが、パリ改造以後は安定し、現在のパリ中心部の街路ネットワークはこの時期に形成されたものであ

ると明らかにしている。

また、稲永ら⁵⁾は熊本市桜町周辺を対象に、Space Syntax 理論における移動指標 Int.V を用いて、賑わいと街路網の関係性について分析を行った。結果として、賑わいと街路網の関係には3つのパターンがあるということ、Int.V の高い街路は賑わいを生む基盤として機能するということを明らかにした。

ネットワーク分析は街路空間の結節点などを評価することができるが、それ以外の要素は捨象するため、結節点周辺における空間の使われ方を評価することはできない。

一方、情報科学分野では、人々の移動軌跡や店舗の業種及び位置情報に着目し、空間評価を行う研究が行われている。Yuan et al.⁶⁾はタクシーの移動軌跡と店舗情報を用いて都市における各地区の機能を推定した。しかし、推定されたのは商業地区やビジネス地区といった空間の機能であり、空間の使われ方ではない。

都市空間の使われ方に着眼した空間評価の既往研究として、先行研究が挙げられる。先行研究では、空間の使われ方が店舗集積に表れていると考え、店舗の集積パターンに着目することで中心市街地における空間の使われ方を推定した。(詳細は3章にて説明する。)しかし、店舗の集積は人々の空間の使われ方のみから生成されたという強い仮定をおいているため、実際に推定された空間の使われ方は、他の要因(特に空間ポテンシャルによる影響)も含んでいる可能性が高い。

そこで、本研究では店舗の集積に与える要因を空間の使われ方と空間ポテンシャルに分けて考えるために、空間ポテンシャルの店舗集積に対する影響を個別に考慮し、先行研究で提案された店舗集積の生成モデルの拡張を行う。

3. 店舗の共起関係に基づいた中心市街地の潜在構造分析

(1) 店舗の共起関係のグラフ化

先行研究では、店舗の共起関係(周辺環境)を関係データとして表現している。ここでいう関係データとは、各店舗間の共起関係である立地関係や業種関係を表す行列表現である。店舗の共起関係を関係データで表す利点は、個々の店舗のミクロな共起関係を利用することで、マクロな構造を把握できる点にある。

店舗 i を表すノード集合を N 、店舗 i, j 間の関係性を表すリンク y_{ij} の集合を E とする。本研究ではグラフは無向グラフを仮定するので $y_{ij} = y_{ji}$ である。ノード間の関係性は店舗間の距離と業種関係によって記述する。まず、店舗 i と店舗 j の距離が閾値以下であれば両者は空間的に共起していると定義する。次に、空間的に共起している店舗

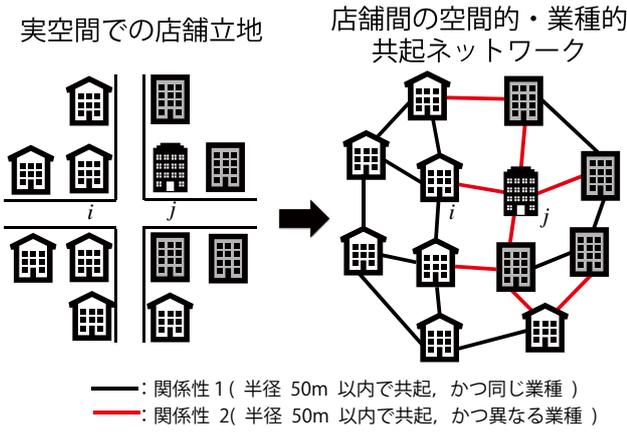


図-1 店舗の共起関係の関係データ化

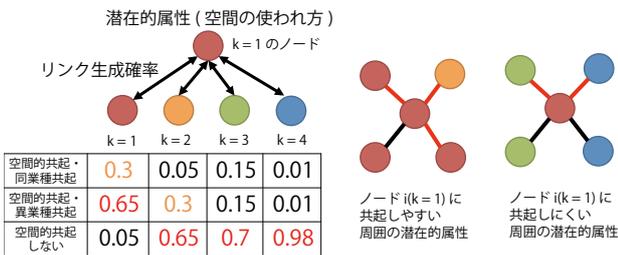


図-2 潜在的属性によるリンク生成メカニズム

間で両者の業種が同じであれば、同業種で共起していると定義する。ここで、業種とは分析者によって観測可能な限り詳細な店舗のカテゴリ(例えばロシア料理店、CDショップ、銀行など)を表す。以上のように、店舗間の空間的・業種共起関係を関係データへと変換する。この関係データ形成ルールを用いて、実空間上での店舗立地パターンを関係データ化する例を図-1に示す。図中の同形状の店舗は同業種であることを示している。左図を関係データ化し、グラフ表現すると右図になる。この図から店舗*i*は同業種と空間的に共起しており、店舗*j*は異業種と空間的に共起していることがわかる。

(2) 潜在的属性が生み出す共起関係

上記のような空間的・業種共起関係を生み出すメカニズムとして、先行研究では各店舗がもつ潜在的属性に起因すると仮定する。具体的には店舗*i*の潜在的属性 x_i と店舗*j*の潜在的属性 x_j の関係性によって、両者の共起関係が確率的に決定すると仮定する。この潜在的属性は空間の使われ方に相当し、空間の使われ方に基づいて店舗集積が進む傾向を規定している。

潜在的属性による関係データの生成メカニズムを説明する。潜在的属性の集合を K 、各潜在的属性を $k \in K$ とする。図-2の左図で示すように、潜在的属性 $k=1$ の店舗は他の潜在的属性($k=1, 2, 3, 4$)との空間的・業種共起確率が定義されている。このとき、店舗*i*が空間的・業種共起をする潜在的属性の店舗群の一例を図-2の右

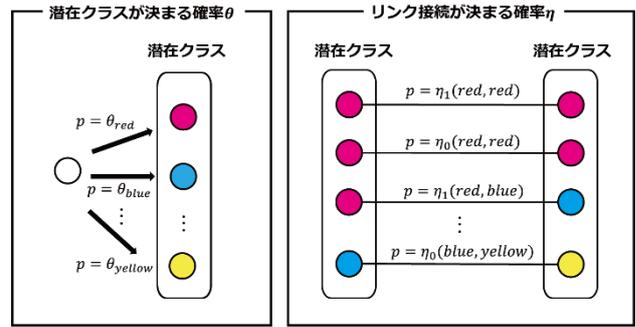


図-3 ノードのクラス所属確率とリンク生成確率

図に示す。このような各店舗の潜在的属性や潜在的属性間の関係性を店舗の空間的・業種共起関係から推定するために、次節で説明する Stochastic Block Model を用いる。

(3) Stochastic Block Model による定式化

Stochastic Block Model は Nowicki and Snijders⁸⁾によって提案された関係性データのモデリング手法である。このモデルは

- 1) 各ノードは単一の潜在クラスに属する
- 2) 各ノードが所属する潜在クラスにより定義されるノード間のリンク生成確率に従ってリンクが生成される

と仮定した関係性データの生成モデルである(図-3)。各ノードが各潜在クラスに所属する確率は θ 、リンク生成確率は η というパラメータで表される。Stochastic Block Model における潜在クラスは先行研究における空間の使われ方に対応する。

関係性ネットワーク \mathbf{y} はノード集合 N と関係性リンク集合 E によって構成される。先行研究では 3. (1) に記述したノード i, j 間の空間的・業種共起関係を具体的に以下のように定義する。

- 1) 店舗 i の半径 50 m 以内に店舗 j が空間的共起しており、かつ店舗 i, j が同業種であるとき

$$y_{ij} = y_{ji} = 1 \quad \forall i, j \in N$$
- 2) 店舗 i の半径 50 m 以内に店舗 j が空間的共起しており、かつ店舗 i, j が異業種であるとき

$$y_{ij} = y_{ji} = 2 \quad \forall i, j \in N$$
- 3) それ以外のとき

$$y_{ij} = y_{ji} = 0 \quad \forall i, j \in N$$

ノードが属する潜在クラスの集合を $K = \{1, 2, \dots, c\}$ とする。ノード i が所属する潜在クラスを x_i とし、その確率変数を X_i とする。このとき、ノード i が潜在クラス k に所属する確率を

$$\Pr(X_i = k) = \theta_k \tag{1}$$

と定義する。各ノードの所属確率が i.i.d. であることを仮定すると、確率変数 \mathbf{X} の同時分布は次のように表すこと

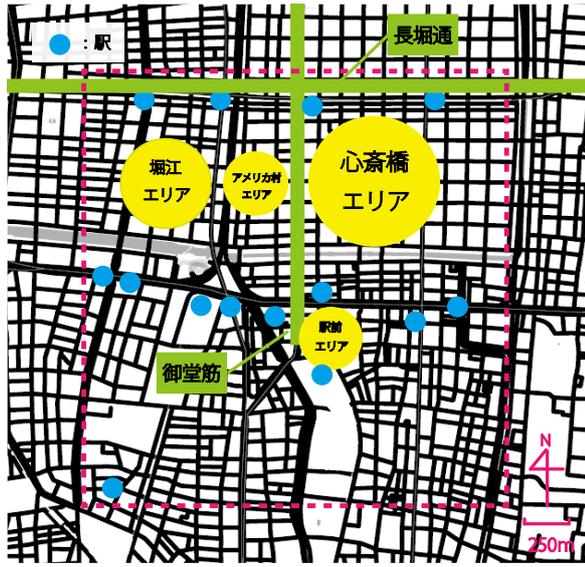


図-4 ケーススタディ対象地区(大阪市難波駅周辺)

が出来る。

$$\Pr(X_1 = x_1, \dots, X_N = x_N) = \theta_1^{m_1} \dots \theta_c^{m_c} \quad (2)$$

ここで、 m_k は潜在クラス k に属するノード数であり、

$$m_k = \sum_{i=1}^n I(x_i = k)$$

で表す。 $I(\cdot)$ は指示関数である。

次にリンク生成確率を定義する。リンク生成確率はノードの所属クラスにのみ依存するため、ノード i, j 間のリンク生成確率は

$$\Pr(y_{ij} = a | X_i = k, X_j = h) = \eta_a(k, h) \quad \forall k, h \in K \quad (3)$$

で表される。ここで、

$$\sum_{a \in A} \eta_a(k, h) = 1 \quad \forall k, h \in K$$

$$a \in A = \{0, 1, 2\}$$

を満たす。 A は観測可能なノード間の空間的・業種の共起関係を表す。

上記のモデルから、観測された関係性ネットワーク y が得られる確率は次のように表される。

$$\Pr(y | x, \theta, \eta) = \prod_{a \in A} \prod_{1 \leq k < h \leq c} (\eta_a(k, h))^{e_a(k, h)} \quad (4)$$

ここで、 $e_a(k, h)$ は潜在クラス k, h が関係 a である回数を表す。

次に i.i.d. の仮定より、 y, x の同時確率は

$$\begin{aligned} \Pr(y, x | \theta, \eta) &= \Pr(y | x, \theta, \eta) \cdot \Pr(x | \theta, \eta) \\ &= \prod_{a \in A} \prod_{1 \leq k < h \leq c} (\eta_a(k, h))^{e_a(k, h)} \cdot (\theta_1^{m_1} \dots \theta_c^{m_c}) \end{aligned} \quad (5)$$

であり、(5)のように式(2),(4)の積で表すことが出来る。しかし、各ノードが所属する潜在クラスは未観測のため周辺化し、以下の式が得られる。

$$\Pr(y | \theta, \eta) = \sum_{x \in K} \Pr(y, x | \theta, \eta) \quad (6)$$

これが関係性ネットワーク y の生成モデルである。

パラメータ (θ, η) に対して事前密度関数 $f(\theta, \eta)$ を仮定すると潜在変数 x の推定は次式のように事後予測分布で表される。

$$\Pr(x | y) = \int f(\theta, \eta, x | y) d\eta d\theta \quad (7)$$

パラメータ (θ, η) の推定は以下の事後分布に基づく。

$$f(\theta, \eta | y) = \sum_x f(\theta, \eta, x | y) \quad (8)$$

そしてこの条件付き分布 $f(\theta, \eta, x | y)$ を得るために Gibbs Sampling を用いる。

現在の $\theta^{(p)}, \eta^{(p)}, X^{(p)}$ が与えられている時、 $\theta^{(p+1)}, \eta^{(p+1)}, X^{(p+1)}$ の Gibbs Sampling の手続きは以下の通りである。

- 1) 完全データ $(X^{(p)}, y)$ が与えられているもとで、 $(\theta^{(p+1)}, \eta^{(p+1)})$ は (θ, η) の事後分布からサンプリングできる。
- 2) 各 $i=1, \dots, n$ に対して、 $\theta^{(p+1)}, \eta^{(p+1)}, X^{(p+1)}, y$ が与えられた下で、 X_i の条件付き分布から $X_i^{(p+1)}$ をサンプリングする。

以上の手続きを収束するまで繰り返せばよい。

(3) ケーススタディ

a) 対象地域

ケーススタディとして対象とするのは、図-4に示す大阪市難波駅周辺の約2.5 km四方で囲まれた地区である。南北に御堂筋が通っており、この御堂筋を境に東側に心齋橋地区、西側にアメリカ村及び堀江地区が広がっている。心齋橋地区は商店街を中心とした繁華街、アメリカ村・堀江地区は若者をターゲットとした個人店舗が集まっている地区である。そして難波駅周辺は、駅を中心に商業ビルやショッピングモールが立地する商業地区となっている。

b) データ概要

本研究が用いるデータは位置情報 SNS である foursquare⁹⁾ から入手したデータであり、店舗名、業種、緯度、経度の情報で構成されている。データ数は9032個、業種数は359個である。業種はfoursquare利用者により観測可能な範囲で詳細に設定されている。例えば、飲食店はスペイン料理店やロシア料理店など細分化されている。

c) 分析結果

以上をふまえて Stochastic Block Model を用いた中心市

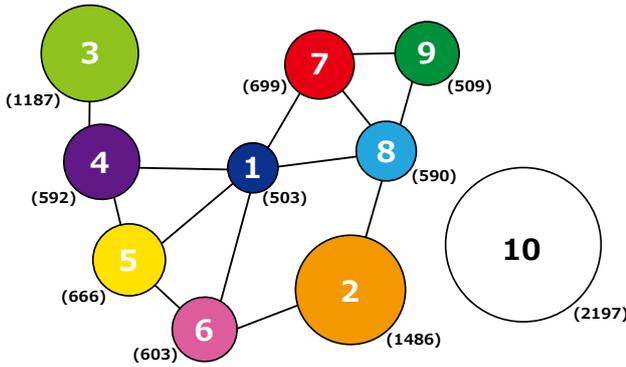


図-5 潜在クラス間の共起関係

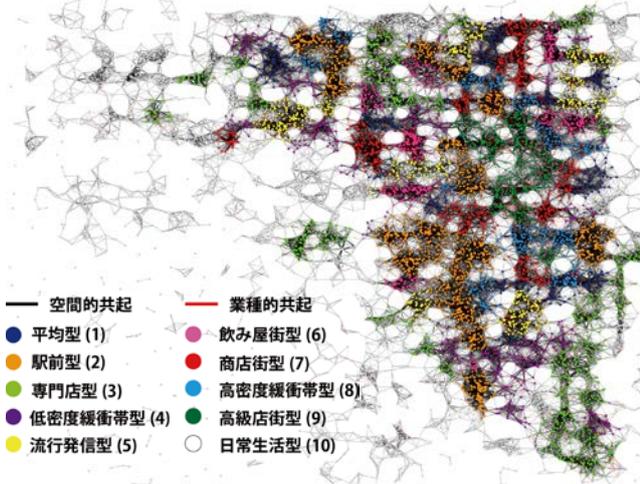


図-6 空間の使われ方の地理的分布

街地の潜在構造分析を行った。Stochastic Block Model を利用するにあたり、潜在クラス数は事前に決めておく必要がある。ここでは対象エリアを構成している潜在クラスは $K=10$ とした。

分析の結果、9032 の店舗それぞれに共起関係に基づいて潜在クラスを割り当てることができた。また、各潜在クラスごとに店舗の共起パターンが存在し定量的な特徴を有していること、店舗間のみならず潜在クラス間においても共起関係が存在することも明らかになった(図-5)。さらに、潜在クラスに属している店舗の業種構成や地理的な情報から、空間の使われ方が解釈できることが示唆された(図-6)。

しかし、先行研究における店舗集積の生成モデルは店舗の潜在的属性(空間の使われ方)の組み合わせのみに依存するという強い仮定をおいているため、明らかにされた共起パターンや推定された空間の使われ方は、その他の要因(特に空間ポテンシャルによる影響)も含んでいる可能性が高い。そこで、分析で得られた結果とは別に、鉄道駅の媒介中心性と店舗密度が高いエリアとの対応関係を検討する。図-7 より、媒介中心性の高い駅の周辺は店舗密度が高いという傾向が見られる。つまり、店

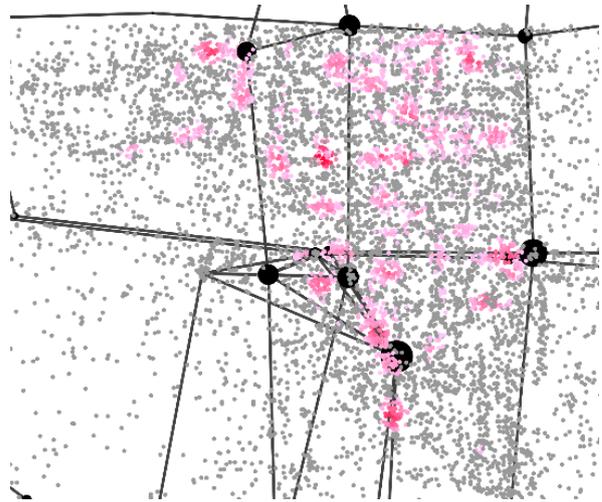


図-7 鉄道駅と店舗密度の地理的關係

舗の集積には空間の使われ方のみではなく、空間ポテンシャルも影響を及ぼしていると考えられる。そこで本研究では空間の使われ方を店舗集積から正確に推定するため、空間ポテンシャルによる影響を考慮し、店舗集積の生成モデルを拡張する。

4. 空間ポテンシャルを考慮した店舗集積の生成モデル

(1) 空間ポテンシャルの定義

本研究では、空間ポテンシャルの指標としてネットワーク分析におけるノードの媒介中心性を利用する。ノード k の媒介中心性 $C_b(k)$ はネットワークにおける全ノードペア間の最短経路においてノード k が経由される回数を表し、式(9)で定義される。

$$C_b(k) = \frac{\sum_{i \neq j \neq k} \sum_{j \neq i \neq k} \frac{\sigma_{ij}(k)}{\sigma_{ij}}}{\sigma_{ij}} \quad (9)$$

ここで、 σ_{ij} はノード i, j 間における最短経路数、 $\sigma_{ij}(k)$ はノード i, j 間における最短経路のうちノード k を経由する経路数である。このように、ノードの媒介中心性はネットワーク内の移動効率におけるノードの貢献度を表している。

本研究では店舗 s における空間ポテンシャル $\lambda(s)$ を鉄道ネットワーク及び道路ネットワークにおける結節点 k の媒介中心性と結節点 k と店舗 s 間の距離 d_{ks} を用いて表現し、式(10)のように定義する。

$$\lambda(s) = \sum_{k=1}^n \frac{C_b(k)}{d_{ks}^2} \quad (10)$$

ここで、各媒介中心性の影響は距離の二乗に反比例すると仮定し、道路の空間ポテンシャルと鉄道駅の空間ポテンシャルの和をとっている。

さらに全店舗に対して得られた空間ポテンシャルに対して、値の大きいものから順に10段階にランク付けを行

い、店舗の空間ポテンシャルを離散的に扱うこととする。

(2) 定式化

リンクの生成確率はノードの所属クラスと空間ポテンシャルに依存すると考え、式(3)を次のように拡張する。

$$\Pr(y_{ij} = a | X_i = k, X_j = h, P_i = m, P_j = n) = \eta_a(k, h) + \delta_a(m, n) \quad \forall k, h \in K \quad (11)$$

P_i は空間ポテンシャルのランクであり、 $1 \leq m, n \leq 10$ を満たす整数である。

また、

$$\sum_{a \in A} \{\eta_a(k, h) + \delta_a(m, n)\} = 1 \quad \forall k, h \in K, \forall m, n \in L$$

$$a \in A = \{0, 1, 2\}$$

を満たす。

これらより、観測された関係性ネットワーク \mathbf{y} が得られる確率は次のように表される。

$$\Pr(\mathbf{y} | \mathbf{x}, \theta, \eta, \delta) = \prod_{a \in A} \prod_{1 \leq k < h \leq c} \prod_{m, n \in A} \left(\eta_a(k, h) + \delta_a(m, n) \right)^{e_a(k, h, m, n)} \quad (12)$$

ここで、 $e_a(k, h, m, n)$ は潜在クラス k, h かつ空間ポテンシャル m, n が関係 a である回数を表す。

次に i.i.d. の仮定より、 \mathbf{y}, \mathbf{x} の同時確率は

$$\Pr(\mathbf{y}, \mathbf{x} | \theta, \eta, \delta) = \Pr(\mathbf{y} | \mathbf{x}, \theta, \eta, \delta) \cdot \Pr(\mathbf{x} | \theta, \eta, \delta) = \prod_{a \in A} \prod_{1 \leq k < h \leq c} \prod_{m, n \in A} \left(\eta_a(k, h) + \delta_a(m, n) \right)^{e_a(k, h, m, n)} \cdot (\theta_1^{m_1} \dots \theta_c^{m_c}) \quad (13)$$

と表せ、式(2)、(12)の積で表すことができる。

しかし、各ノードが所属する潜在クラスは未観測のため周辺化し、以下の式が得られる。

$$\Pr(\mathbf{y} | \theta, \eta, \delta) = \sum_{\mathbf{x} \in K} \Pr(\mathbf{y}, \mathbf{x} | \theta, \eta, \delta) \quad (14)$$

これが関係性ネットワーク \mathbf{y} の生成モデルである。

(3) パラメータ推定にむけて

式(13)の同時確率を最大にするようなパラメータ θ, η, δ を求めればよい。しかし、潜在クラス、空間ポテンシャルに応じたパラメータの組み合わせを考えると膨大なパターン数になり、実際に計算を行うのは困難である。そこで効率の良いパラメータ推定方法が必要となる。現在、具体的な推定方法については検討中であるため、結果は発表時に報告する。

5. おわりに

本研究では、店舗集積に及ぼす影響として店舗の周辺環境と空間ポテンシャルを考慮し、店舗集積の生成モデルの構築とその推定を試みた。先行研究では考慮されていなかった、空間ポテンシャルの店舗集積に対する影響をモデルに組み込むことで、店舗の周辺環境と店舗の集積の対応関係がより具体的に明らかになると予想される。店舗の周辺環境の理解をすることは、その空間の使われ方の理解に繋がると考えられ、本研究の目的達成には必要なステップである。

今後の課題としては以下のことが挙げられる。

- ・ 4. (2) で定式化した店舗集積の生成モデルにおいて、効率の良いパラメータ推定手法を確立する。
- ・ 実際に大阪市難波駅周辺のデータをモデルに適用し、本研究で提案した店舗集積の生成モデルの有用性を検討する。
- ・ 先行研究との分析結果と比較を行い、空間ポテンシャルが店舗集積に及ぼす影響を考慮した効果を検討する。

参考文献

- 1) 松澤光雄：繁華街を歩く東京編-繁華街の構造分析と特性研究-, pp.13-46, 総合ユニコム選書, 1986
- 2) 小泉光司, 岸本達也：銀座中央通りにおける建物高さ と建物ファサードに着目した景観分析 -個性的な街路景観創出を目的とした VR を用いた景観分析(その 1)-, 日本建築学会計画系論文集, No.613, pp.151-158, 2007.
- 3) 福山祥代, 羽藤英二：バルセロナの歴史的発展過程と歩行者の行動圏域を考慮した広場-街路のネットワーク分析, 土木学会論文集 D1(景観・デザイン), Vol. 68, No.1, pp.13-25, 2012.
- 4) Barthelemy, M., Bordin, P., Berestycki, H., and Gribaudo, M.: Self-organization versus top-down planning in the evolution of a city, *Scientific Reports*, 3:2153, 2013.
- 5) 稲永哲, 星野裕司, 増山晃太, 尾野薫：都市形成における賑わいと街路網の関係に関する研究, 景観・デザイン研究論文集, No.9, pp.49-60, 2010.
- 6) Yuan, J., Zheng, Y. and Xie, X.: Discovering Regions of Different Functions in a City Using Human Mobility and POIs, *Proceedings of the 18th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, pp.186-194, 2012.
- 7) 稲垣和哉, 原祐輔, 桑原雅夫：大阪市中心部における街区と店舗構成の共起関係を用いた都市構造の共クラスタリング, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, CD-ROM, 2015.

8) Nowicki, K. and Snijders, T. A. B. : Estimation and Prediction for Stochastic Blockstructures, *American Statistical Association Journal of the American Statistical Association*, Vol.96, No.455, 1077-1087, 2001.

9) foursquare, <https://ja.foursquare.com/>

(2015. 7. 31 受付)

CONSTRUCTION OF GENERATIVE MODEL OF ACCUMULATION OF
FACILITIES CONSIDERING SURROUNDING ENVIROMENT AND SPATIAL POTENTIAL
Kazuya INAGAKI, Yusuke HARA and Masao KUWAHARA