

ネットワーク指標に基づく店舗間の競合構造分析

鈴木 勇登†

伏見 卓恭†

†東京工科大学・コンピュータサイエンス学部

1 はじめに

近年、コンビニ、スーパー、家電専門店、ドラッグストアなどの実店舗数は増加傾向にある。これらの店舗間には、協調関係にあるものや競合関係にあるものが存在する。実店舗を持つ特定の店舗の競合関係にあたるのは、同じ商品を扱っている、同じ市区町村に位置している、または、店舗間の距離が近い、同じ業態の店舗（コンビニエンスストア、スーパーマーケットなど）である。したがって、競合関係にある店舗より優位に立つためには、店舗を条件の良い立地場所に出店する必要がある。すなわち、人々の行動パターンや既存の店舗との位置関係を考慮した最適な立地場所を求めることは重要な研究課題である。

本間らは、従来店（非効率的だが多様な施設）とコンビニ（効率的だが画一的な施設）の競合関係を、数理モデルを用いて明らかにしている [1]。店舗の選択にネスティッドロジットモデルを用いて、「来客数が増えるなら”従来店”から”コンビニ”に転換する」というルールで時間発展するモデルを構築した。結果として、1) 従来店およびコンビニと競合する第3の業態が存在していた；2) 従来店は互いに競合しないため、商店街を形成する傾向があった；3) コンビニの出店位置はチェーン内の物流の効率を重視して決定された；という3点を結論としているが、一般的なデータには適用できないという問題点がある。

ネットワーク分析の分野では、他のノードからのアクセス容易性に焦点を当てた近接中心性と媒介中心性という指標がある [2]。またこれらの指標を道路ネットワークに適用させた研究は広く行われている [3, 4, 5]。これらの指標は、他ノードへの平均距離と最短経路上への出現比率に基づき、ネットワークの全ノードのアクセス容易性を定量化しランキングするが、住民が競合関係にある複数店舗の中から1店舗を確率的に選択することを考慮していない。

そこで本研究では、住民は位置的に近傍にある店舗群を距離に反比例する確率で選択することを考慮した選択的近接中心性と、目的地への最短経路上にある店舗群を等確率で選択する選択的媒介中心性を提案する。

Competitive Structure Analysis among Stores Based on Network Centralities

†Yuto Suzuki †Takayasu Fushimi

†School of Computer Science, Tokyo University of Technology

2 提案手法

本研究では、交差点ノードの一部として店舗ノードを含むような道路ネットワークに対して、住民がいくつかの店舗の中から確率的に各店舗を選択することを加味した新たな中心性指標を提案する。ノード集合 \mathcal{V} 、店舗集合 $\mathcal{U} \subset \mathcal{V}$ 、エッジ集合 \mathcal{E} からなる道路ネットワークを $G = (\mathcal{V}, \mathcal{U}, \mathcal{E})$ とする。

まず、既存の近接中心性と媒介中心性について説明する。出発地ノード v から店舗ノード u までの距離を $d(v, u)$ とした時、店舗ノード $u \in \mathcal{U}$ の近接中心性は

$$C(u) = \sum_{v \in \mathcal{V}} d(v, u)^{-1} \quad (1)$$

と定義される。出発地ノード s から目的地ノード t への最短経路数を $\sigma_{s,t}$ 、そのうち店舗ノード u を通過する経路数を $\sigma_{s,t}(u)$ とした時、店舗ノード $u \in \mathcal{U}$ の媒介中心性は

$$B(u) = \sum_{s \in \mathcal{V}} \sum_{t \in \mathcal{V}} \frac{\sigma_{s,t}(u)}{\sigma_{s,t}} \quad (2)$$

と定義される。

つづいて、提案する近接中心性と媒介中心性について説明する。 v を出発する住民に店舗群 \mathcal{U} の中から u が選ばれる確率を $p_v(u; \mathcal{U}) = \frac{d(u,v)^{-1}}{\sum_{u' \in \mathcal{U}} d(u',v)^{-1}}$ で定義する。すなわち、住民は距離に反比例して、より近い店舗を高い確率で選択するモデルである。店舗 $u \in \mathcal{U}$ の選択型近接中心性は

$$C(u; \mathcal{U}) = \sum_{v \in \mathcal{V}} p_v(u; \mathcal{U}) = \sum_{v \in \mathcal{V}} \frac{d(u,v)^{-1}}{\sum_{u' \in \mathcal{U}} d(u',v)^{-1}} \quad (3)$$

と定義する。出発地ノード s から目的地ノード t への最短経路上に $u' \in \mathcal{U}$ が出現する回数を $\sigma_{s,t}(\mathcal{U}) = \sum_{u' \in \mathcal{U}} \sigma_{s,t}(u')$ とした時、 s から t へ移動する住民に店舗群 \mathcal{U} の中から u が選ばれる確率を $p_{s,t}(u; \mathcal{U}) = \frac{\sigma_{s,t}(u)}{\sum_{u' \in \mathcal{U}} \sigma_{s,t}(u')}$ で定義する。すなわち、住民は最短経路上に複数の店舗がある際、そのうちのいずれかを一様確率で選択するモデルである。店舗 $u \in \mathcal{U}$ の選択型媒介中心性は

$$B(u; \mathcal{U}) = \sum_{s \in \mathcal{V}} \sum_{t \in \mathcal{V}} p_{s,t}(u; \mathcal{U}) = \sum_{s \in \mathcal{V}} \sum_{t \in \mathcal{V}} \frac{\sigma_{s,t}(u)}{\sum_{u' \in \mathcal{U}} \sigma_{s,t}(u')} \quad (4)$$

と定義する。

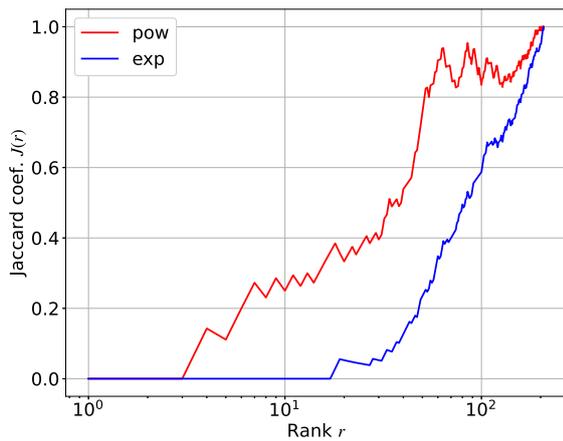


図 1: 既存近接中心性ランキングとの類似度

3 評価実験

紙面の都合上、八王子市における道路ネットワークとコンビニ店舗の実データを用いた近接中心性に関する実験結果のみを示す。道路エッジ数は $L = |E| = 35,966$ 、交差点ノード数は $N = |V| = 12,324$ 、そのうち店舗ノード数は $M = |U| = 207$ である。

図 1 に、既存近接中心性 E と提案する選択型近接中心性 P のランキング結果の類似性を示す。横軸に順位 r 、縦軸に 2 つのランキング E と P における上位 r 位までの店舗集合の類似度を表す Jaccard 係数 $J(r) = \frac{|E(r) \cap P(r)|}{|E(r) \cup P(r)|}$ をプロットした。赤線は距離の逆数を $\exp(-\log(d(u, v))) = d(u, v)^{-1}$ としたべき乗減衰に基づき、青線は $\exp(-d(u, v))$ とした指数減衰に基づく提案近接中心性であり、それぞれ既存近接中心性との類似度をプロットした。べき乗減衰に基づく選択型近接中心性では、上位 10 店舗に満たないうちに既存近接中心性のランキングと一致し始めている。しかしながら、指数減衰に基づく選択型近接中心性は、上位 10 店舗を超えた後に既存手法のランキングと一致し始めている。これは、既存近接中心性が距離の逆数で定義されており、その点でべき乗減衰に基づく手法と共通しているからだと考えられる。一方、指数減衰に基づく中心性とは大きく異なることが分かる。

図 2 に、既存近接中心性と提案する選択型近接中心性のランキング上位 10 件の店舗ノードをプロットした地図を示す。赤色が提案近接 pow 版、青色が提案近接 exp 版、灰色が既存近接中心性、黒色がその他の店舗ノードである。

既存近接中心性に注目すると、図 1 から分かる通り、上位 10 店舗中、提案近接 pow 版によって導き出

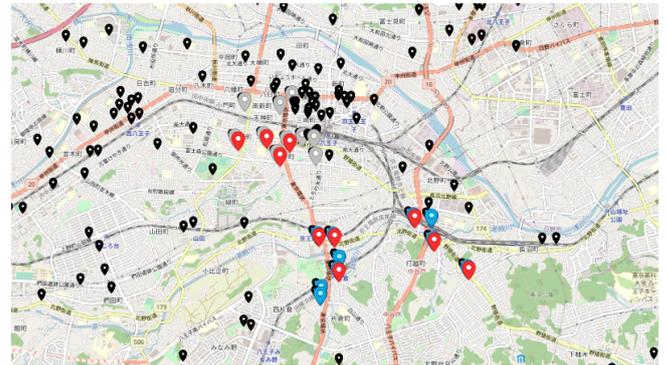


図 2: 近接中心性上位ノード

された店舗と 4 店舗が一致しており、提案近接 exp 版とは 1 店舗とも一致していない。次に提案近接 exp 版に注目すると提案近接 pow 版によって導き出された店舗と 6 店舗と一致している。提案近接 pow 版によって導き出された上位 10 店舗は全ての店舗が既存近接中心性、提案近接 exp 版の上位 10 店舗と一致している。一方、上位店舗の位置は比較的近傍であることが見て取れる。したがって、店舗の集合としては類似しないが、店舗間距離としては大きくは異ならないと結論付けられる。

4 おわりに

今回の中心性ランキング間の類似度を出したことから、既存近接中心性と選択型近接中心性が一致しないことが分かったが、どちらの方が人々のアクセスが集中するのかの評価はしていない。今後はこの辺りを示せるようにしていきたい。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 (No.19K20417) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 本間健太郎, 宇野求. 混在する“多様な施設(従来店)”と“画一的な施設(コンビニ)”の競合モデル. 日本建築学会計画系論文集, 第 78 巻, pp. 2565–2571, 2013.
- [2] L. Freeman. Centrality in social networks: Conceptual clarification. *Social Networks*, Vol. 1, No. 3, pp. 215–239, 1979.
- [3] P. Crucitti, V. Latora, and S. Porta. Centrality Measures in Spatial Networks of Urban Streets. *Physical Review E*, Vol. 73, No. 3, pp. 036125+, March 2006.
- [4] K. Park and A. Yilmaz. A Social Network Analysis Approach to Analyze Road Networks. In *Proceedings of the ASPRS Annual Conference 2010*, 2010.
- [5] 伏見卓恭, 齊藤和巳, 池田哲夫, 風間一洋. 災害時の道路閉塞を想定した道路ネットワークの空間分割. 第 122 回数理モデル化と問題解決研究発表会 (MPS122), 2019.