

既存施設を考慮した空間ネットワーク上での施設配置 Facility allocation over spatial network based on existing configuration

宋 鵬[†]
Peng Song

大久保 誠也[†]
Seiya Ookubo

齊藤 和巳*
Kazumi Saito

1. はじめに

近年、オープンデータが様々な研究分野で利用されている。そのような分野として、複雑ネットワークの重要なクラスの一つである空間ネットワークがある。オープンデータである代表的な空間ネットワークデータとして、オープンストリートマップサイトから得られる都市道路網データ (OpenStreetMap データ, OSM データ [2]) がある。本データを用いることにより、施設配置や防災対策に関するより良い手法の開発が期待できる。

OSM データを持ちいた研究として、先行研究 [1] がある。災害時に一部の道路リンクが切断され、道路網が複数のサブネットワークに分断されることを想定しており、各サブネットワークに一時避難所や物資蓄積庫を配置する問題を扱っている。

本研究では、既存施設を考慮した新規施設配置問題に対する手法を提案する。提案手法は、様々な問題に対して汎用的に使用できる手法であり、最良優先探索 (best-first search) を用いている点に特徴がある。また、コンビニエンスストアの新規店舗配置問題に対して適用することにより、提案手法の有効性を検証する。

2. 提案手法

本研究では、道路網データと住人分布、複数グループの既存施設位置情報が入力されたとき、あるグループの利用人数が最大となる新規施設位置を出力する問題について考える。例えば、コンビニエンスストアにおいて、セブンイレブングループの利用者が最大となるような新規店舗配置位置を求める問題となる。

本研究では、汎用的な手法とするため、人の性格や好みなどは考慮せず、人々は最寄りの施設を利用すると仮定する。まず、多数の移動主体 (住民など) が起点 (交差点) から目的地 (コンビニエンスストアなど) に移動する基本行動モデルを定義する。 $G = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$ を道路網の無向グラフ構造とし、 $\mathcal{V} = \{u, v, w, \dots\}$ は交差点に対応するノードの集合、 $\mathcal{E} = \{e = (u, v), \dots\}$ は交差点間の道となるリンクの集合とする。また、 \mathcal{D} を目的地の集合とし、それぞれを最寄りのノード (交差点) に対応させ $\mathcal{D} \subset \mathcal{V}$ であるとする。同様に、住民の起点もノードに対応させ、ノード u が起点の主体数を $n(u)$ とし、その総数を $N = \sum_{u \in \mathcal{V}} n(u)$ とする。一方、各リンク $e = (u, v)$ に対し、ノード間距離、平均移動速度、及び、(平均) 移動時間 $t_G(u, v)$ が付与されるとする。ある経路の移動時間を、経路上にあるリンクの移動時間の総和とする。このとき、任意のノードペア u と w の間の移動時間 $t_G(u, w)$ を、すべての経路のうち、もっとも移動時間を最小とする経路の移動

時間として定義する。このとき、目的地 $v \in \mathcal{D}$ が最寄になるノード集合 $\mathcal{C}(v; \mathcal{D})$ は以下の式となる。

$$\mathcal{C}(v; \mathcal{D}) = \{u \in \mathcal{V} \mid t_G(u, v) < \min_{w \in \mathcal{D} - \{v\}} t_G(u, w)\}$$

このとき、ノード v を最寄りのノードとする住民数 $f(v; \mathcal{D})$ は以下ようになる。

$$f(v; \mathcal{D}) = \sum_{u \in \mathcal{C}(v; \mathcal{D})} n(u)$$

新施設の場所を決める際、到達できる住民数 $f(v; \mathcal{D})$ が最大になる場所を最優場所と定義する。最優場所 \hat{x} は以下の式により求められる。

$$\hat{x} = \arg \max_{x \in \mathcal{V}} f(x; \mathcal{D} \cup \{x\})$$

複数の施設を選ぶ場合は、1つずつ施設を決定し、決定するつど $\mathcal{D} \leftarrow \mathcal{D} \cup \hat{x}$ と更新する。

施設の集合 \mathcal{D} には、 K 個のグループの施設が含まれているとし、交差点 $v \in \mathcal{D}$ にある施設のグループ番号を $z(v) \in \{1, \dots, K\}$ と表す。他のグループから、利用者を最大限引き抜くように施設を配置することを考える。まず、既存施設におけるグループ k を利用する交差点 $v \in \mathcal{V}$ の集合 \mathcal{V}_k は次のようになる。

$$\mathcal{V}_k = \bigcup_{\{v \mid z(v)=k, v \in \mathcal{D}\}} \mathcal{C}(v; \mathcal{D})$$

そして、 $x \in \mathcal{V}$ にグループ k の新規施設を建てた際、グループ k 以外のグループから引き抜いた人数 $f_k(x; \mathcal{D} \cup \{x\})$ は次のようになる。

$$f_k(x; \mathcal{D} \cup \{x\}) = \sum_{u \in \mathcal{C}(x; \mathcal{D} \cup \{x\}) \setminus \mathcal{V}_k} n(u)$$

他のグループから、最大の利用者数を引き抜ける施設 \hat{x}_k は、以下の式により求められる。

$$\hat{x}_k = \arg \max_{x \in \mathcal{V}} f_k(x; \mathcal{D} \cup \{x\})$$

3. 計算機実験

提案手法の有効性や特性を調べるため、東京都内のコンビニエンスストアに対して提案手法を適用した。

OSM データを元に道路網の構造 $G = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$ を求めた。また、2011年6月時点の東京都内にあるコンビニエンスストアのデータ [3] より施設を6つのグループに分け、 $k=1$ をセブンイレブン、 $k=2$ をファミリーマート、 $k=3$ をローソン、 $k=4$ をサークルKサンクス、 $k=5$ をミニストップ、 $k=6$ をその他とした。

[†] 静岡県立大学 経営情報イノベーション研究科

* 神奈川大学 理学部

表 1: 各コンビニエンスストアにおける新店舗候補値と来店客数

	新店		セブンイレブン		ファミリーマート		ローソン		サークル K サンクス		ミニストップ	
	候補地 x	来店数 f	候補地 x	来店数 f_k	候補地 x	来店数 f_k	候補地 x	来店数 f_k	候補地 x	来店数 f_k	候補地 x	来店数 f_k
1	832840	15689	675596	14812	675596	14812	830626	15292	832840	15689	675596	14812
2	675596	14812	101930	13483	812786	13592	675596	14812	675596	14812	101930	14359
3	101930	14359	328214	12934	672763	12365	672763	12336	101930	14298	252524	14007
4	252524	14007	581249	12502	141880	12330	104182	12326	252524	14007	10242	13581
5	141880	13395	165636	12162	104182	12303	30702	12237	141880	13395	141880	13395



(a) 配置図 a



(b) 配置図 b

図 1: 各コンビニエンスストア最優場所配置図

都市道路網データのノード数は 471,066, リンク数は 846,756 となり, コンビニエンスストア数は 5,310 である. 人口データは, 2015 年国勢調査による 500m メッシュデータを利用し, 各メッシュに入るノード (交差点) に人口を等分割り当てた.

表 1 に, 提案手法により選ばれた店舗設置候補地の上位 5 つを示す. ここで, 設置候補地 x は交差点番号, 来店客数 f や f_k は目的関数の値である. 新店はグループ間競争を考慮しない場合の設置候補地であり, 他は各グループにおける設置候補地である. また, 図 1 に, 1 番目の候補地を地図上にプロットした結果を示す. 赤く縁取りされているのが, 各グループの候補地である.

図 1(a) のように, サークル K サンクスとミニストップと新店では経緯度 35.613057 139.370508 のに候補地が置かれた. サークル K サンクスの交差点番号は異なっているが, 隣の交差点であった. この周辺は住宅が多いものの, コンビニエンスストアは無いため, 選ばれたものと思われる. そして, 図 1(b) のように, セブンイレブンとファミリーマートとローソンでは, 経緯度 35.613057, 139.370508 のところにある結果となった, 先と同様に, 住宅が多く住民数が多いが, コンビニエンスストアは少ないため, 選ばれたものと思われる. また, この地域は川沿いにあるため, 川の北側と南側でリンク構造の繋がりが弱くなっている. 川の北側にはコンビニエンスストアが 1 軒あるが南側にはないため, 南側の住人が多数利用するものと考えられる.

表 1 を見ると, (新店) の候補地 x の番号 832840, 675596, 101930, 252524, 141880 が他のグループ結

果にも現れている. また, 来店客数が一致している部分も多い. これは, 今回の実験においては, 同グループの店舗間における競合の影響は少なく, 来店する人数を最大化することが重要であることを示唆している.

4. おわりに

本研究では, 既存施設配置を考慮した新規施設配置問題に対する手法を提案した. 加えて, 既存施設がグループに属している場合において, グループの利用者を最大化する新規施設配置問題についての手法も提案した. また, 計算機実験により, 提案手法の特性の評価を行った. その結果, 妥当な場所を選択していることがわかった. 今後の課題は, さまざまなデータに対して適用し, 提案手法の特性を明らかとすることで, 汎用性を高めることである.

謝辞 本研究は, 科学研究費補助金基盤研究 (C)(No.17K01302) の助成を受けた.

参考文献

- [1] 塚本竜太郎, 齊藤 和巳, "移動中心性と移動連結性による都市避難地の比較評価," 情報処理学会第 79 回全国大会 (IPSJ2017), Mar.2017.
- [2] Open Street Map, www.openstreetmap.org
- [3] 高橋三雄, 2011 年 6 月号 (No.207) 58~61 ページ連載「フリーソフトによるデータ実践 GIS」第 12 回