

## 98. 多種類の都市施設の相互立地関係の構造に関する研究

### A study on structure of spatial relations among multiple urban facilities

鄭 起宅\*・鈴木 勉\*\*

Kitaeck Jeong\* and Tsutomu Suzuki\*\*

Grasping how facilities distribute and relate to other facilities is important in locating urban facilities and to problems caused by interaction among them. Based on point pattern analysis techniques, many researches for analyzing locations of facilities had appeared up to the present. However, there are many facilities mingled in a metropolis in the present because of diversification of human society. Interactions among facilities are diversifying and being complicated. Therefore, it is needful to analyze spatial mutual relations of multiple facilities and design a methodology. Recently, it is possible to compute huge calculations and gather various data. Based on nearest neighbor methods and quadrat methods, this paper processes methods for analyzing relations of mutual locations of urban facilities, using a hundred kinds of facilities data for Tokyo 23 wards.

*Keywords:* point pattern, spatial distribution, spatial structure, location, multiple facilities  
点パターン, 空間分布, 空間構造, 立地, 多種類施設

#### 1. はじめに

施設がどのように分布しているか、すなわち施設が相互にどのような立地関係になっているのかを空間的に計量的に把握することは、都市施設の立地やそれに関わる問題において重要であり、様々な分析法が研究されてきた。大別すると、単一種類施設がどのように分布するかと2種類の異なる施設の分布の間どのような関係があるかの二つの方向で議論されてきた。ところが、近來の都市施設の多様化により施設間の相互作用が複雑になり、単純に2施設の間だけでなく混在する多くの種類の施設間に存在する相互作用を総体的に把握する必要が生じてきている。一方、情報技術・計算機の急速な発達により、多量のデータを容易に入手して膨大な計算を行うことが可能になった。種類の異なる施設分布間の空間的関係を分析した研究として、まず三木(1982)<sup>1)</sup>が挙げられる。この研究では5種の小売店を対象に、ある距離より近い関係を近接関係と定義し、近接関係にある施設の塊を1つの施設群と見なし、各施設群を構成する小売店種類と数によってパターン化した分析を行っている。ところが、この研究では商店街などを形成する小売店だけに注目しており、それ以外の多様な施設間の関係を分析するには適切な方法であるとはいえない。一方、貞広(1998)<sup>2)</sup>は商業施設の従う確率密度関数を用いて数十種類の商業施設について商業空間の構造を分析した。ところが、この方法ではある商業施設が商業集積地に立地するかしないかはわかるが、各施設間の直接的な立地関係はわからない。

本研究ではより網羅的に東京23区の100種類の都市施設の立地分布を対象として、2つのアプローチにより施設間の相互立地関係を分析する方法を取り上げ、全ての施設を一斉に分析し、それを用いて多種類の施設間の相互立地関係の構造の総体的把握を試みることを目的とする。

#### 2. 都市施設の相互立地関係

例えば一般的に駅の周辺には流動人口が多く、ファーストフード店も多くは駅の近くに立地する。図1から見ても駅とファーストフード店の空間的分布は似ていると考えられる。一方、墓地は流動人口が少ないところに多く分布し、駅から離れているところに分布していると考えられる。図2から見ても駅と墓地の空間的分布は全く異なると考えられる。このように、本研究では施設間の相互作用を空間的指標として計量化した概念として相互立地関係を定義することを考える。

施設の相互立地関係は2つの側面から考えることができる。まず、施設間の距離関係に着目すると、ある種類の商業施設の間には競争原理が働き、相手からなるべく離れて立地する性質がある。一方、集積および周遊効果を得るため施設がお互い近い距離に立地する場合もある。このように基盤施設や迷惑施設のように直接影響を与える施設からの距離は、施設の立地にとって重要な意味を持つ。距離は、施設と施設間に作用する関係の基本概念である。

次に、施設が立地する空間に着目すると、施設間に直接緊密な関係があったり、同じ利用者を対象とする場合、同じ地区に立地しやすいし、そうでない施設はそれぞれ他の地区に立地しやすいといったことが考えられる。空間をいくつか分割してできる各部分領域に含まれる施設の構成は、その部分領域の特性を表している。

これらの2側面は点分布パターン分析方法としてよく知られている最近隣距離法と方格法に対応すると考えることができる。増山(2008)<sup>3)</sup>がこれらの2つの手法の差について考察しているように、両者の結果に一致する部分と一致しない部分の両方が存在する。この研究でも2種類の施設分布間の関係性を分析するときに、これらの方法を用いる。

3章では本論文の対象地域とデータを説明し、4章で最近隣距離法と方格法からそれぞれ分布パターンと相互立地関

\*学生会員 筑波大学大学院システム情報工学研究科 (University of Tsukuba)

\*\*正会員 筑波大学大学院システム情報工学研究科 (University of Tsukuba)

係を分析する方法を説明し分析を行う。そして5章では4章の結果を用いて両方の手法それぞれが持つ意味を生かしつつ、クラスター分析を用いて全ての施設の相互立地関係の構造を総体的に分析する。

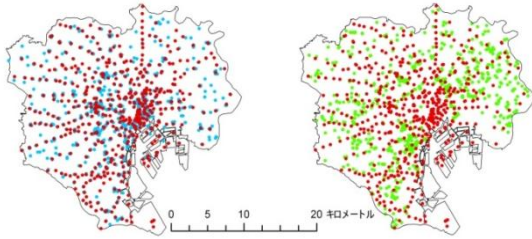


図1 駅(赤)とファーストフード店(青) 図2 駅(赤)と墓地(緑)

### 3. 対象地域と使用するデータ

対象地域としてサンプル数が多く、かつ多様な種類が混在している大都市を設定する。また、領域形状が複雑でなく単純なほうが望ましい。このような理由から本研究では東京都23区を対象地域とする。本研究では施設の規模は考慮に入れず、すべての施設を同等に取り扱う。そして、国土数値情報公共施設データから20種類、MAPPLE デジタル地図データから20種類、iタウンページからアドレスマッチングで60種類、全部で100種の施設データを使用する。

### 4. 2 施設間相互立地関係の分析

#### (1) 最近隣距離法

面積  $S$  の領域に  $A, B$  2種類の施設があるとす。  $A$  種類施設の数  $N_A$  と、  $B$  種類施設の数  $N_B$  とし、両者の総数を  $N$  とする。この場合  $A$  と  $B$  種類施設相互間の最近隣距離の平均  $H$  は

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{N_A} d_{AB_i} + \sum_{i=1}^{N_B} d_{BA_i}}{N} \quad (1)$$

となる。ここで、  $d_{AB_i}$  は  $i$  番目の  $A$  施設から  $B$  施設への最近隣距離であり、  $d_{BA_i}$  は  $i$  番目の  $B$  施設から  $A$  施設への最近隣距離である。両施設がそれぞれ一様ランダムに分布する場合  $H$  の期待値は

$$H_r = \frac{N_A}{N} 2\sqrt{N_B/S} + \frac{N_B}{N} 2\sqrt{N_A/S} \quad (2)$$

のように求められる。そして施設数の差に対して

$$h = H/H_r \quad (3)$$

のように標準化することができる<sup>4)</sup>。

#### (2) 方格法

$A, B$  2種類の施設があるとす。対象領域がメッシュに分割されているとすると、各メッシュにそれぞれ何個の施設が含まれるか数え、その相関係数を求めることができる。 $i$  番目のメッシュに含まれる施設の数  $C_{ai}, C_{bi}$  とすると、次のような式で相関係数<sup>9)</sup>が求められる。本論文では、東京23区で  $1\text{km}^2$  の618個のメッシュを設定し分析を行う。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^t C_{ai} C_{bi} - (\sum_{i=1}^t C_{ai})(\sum_{i=1}^t C_{bi})/t}{\left[ \left\{ \sum_{i=1}^t C_{ai}^2 - \frac{1}{t} (\sum_{i=1}^t C_{ai})^2 \right\} \left\{ \sum_{i=1}^t C_{bi}^2 - \frac{1}{t} (\sum_{i=1}^t C_{bi})^2 \right\} \right]^{1/2}} \quad (4)$$

#### (3) 分析結果

100種類施設間の全て  ${}_{100}C_2=4950$  組の  $h$  と  $r$  値を計算した結果を散布図で図3に示す。 $h$  と  $r$  の間には相互に反比例の関係が見られるが、 $h$  が大きい場合は必ずしもそうではない。 $r$  は相関係数であるので-1から1の間の値をとるが、都市空間の特性上河川や森林など施設が立地できない場所も多いため負の値にはなりにくいことがわかる。

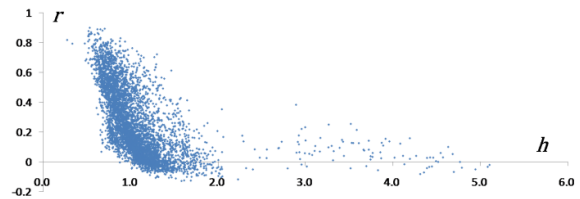


図3 h と r 値の散布図

### 5. 施設相互立地関係の構造の分析

4章で求めた100種類の施設間の2つの指標の計算結果を  $100 \times 100$  の行列(対称行列)にする。その指標値の各行または列内での順位を順序尺度として多次元尺度構成法(MDS)を用い、各施設を2次元平面にプロットした。二次元の表現では限界はあるが、この平面上で近いほど指標値が高く、遠いほど指標値が低いことを表すことになる(方格法の場合1から  $r$  を引いた値の行列を用いる)。そして最近隣距離法と方格法の両方から、その結果を用いて施設の相互立地関係の総体的構造の分析を行う。最近隣距離は施設間の相対的距離に、方格法は施設が立地する空間に着目するため、意味が異なると考え、それぞれの分析手法を取り上げる。

#### (1) 最近隣距離法

図4にMDSの結果を示す。これを見るとほぼ中央に駅を含め多くの商業施設が分布し、同じ特徴を有する他の施設が各方向別に分布する。全体で  $h$  値の数は4950個存在し、各  $h$  値は2つの施設間の関係を表す。1つの  $h$  値を1つのリンクとするとそれにリンクされる施設は2つである。全体の  $h$  値を昇順で並べたとき、あるパーセント水準で切ってそれに含まれる  $h$  値のみ考えるとき、各施設が何回リンクされたかを累積リンク回数と定義する。各パーセント水準での累積リンク回数を表1に示す。これを見ると施設によって累積リンク回数の変化の様相が異なることがわかる。各水準(1から100まで)での変化量でクラスター分析(ユークリッド距離によるWard法)を行い、5つのクラスターに分類した。各クラスターで代表的な施設のグラフを図6に示す。

**集積地立地型(T1):** 本研究では商業施設の割合が多く、都市空間での集積は主に商業施設で起こりやすい。表1から見ると10%水準までは居酒屋が最も高く、商業集積の中心を構成していると考えられる。また、公共施設では駅が10%水準まで最も高く、図5の駅と居酒屋の分布を同時に見ると、居酒屋は路線沿いに分布しており、駅が商業集積地の基盤施設になっていると考えられる。図4でT1の分布を見ると中央部にほとんどが分布していることが分かる。

公共施設型(T2) : 表1で消防署, 図書館など公共施設を見ると 20~30%水準ぐらいで急激に増加していることがわかる. T1 の居酒屋や駅よりも高くなる傾向が見られる. 図5で消防署の分布を見るとほとんど万遍なく均等に分布している. このような公共施設はミニマックス配置に従うため,

どの施設からもあまり遠くならなく分布する. ただし, 一般的に集積地とは離れて分布するため, 低いソープセント水準ではリンク回数が上がらない. また, 食肉店のようにT1より身近な商業施設が含まれている. MDS 平面のほぼ中央にあり, 他のT1,T3,T4の間に分布していることが分かる.

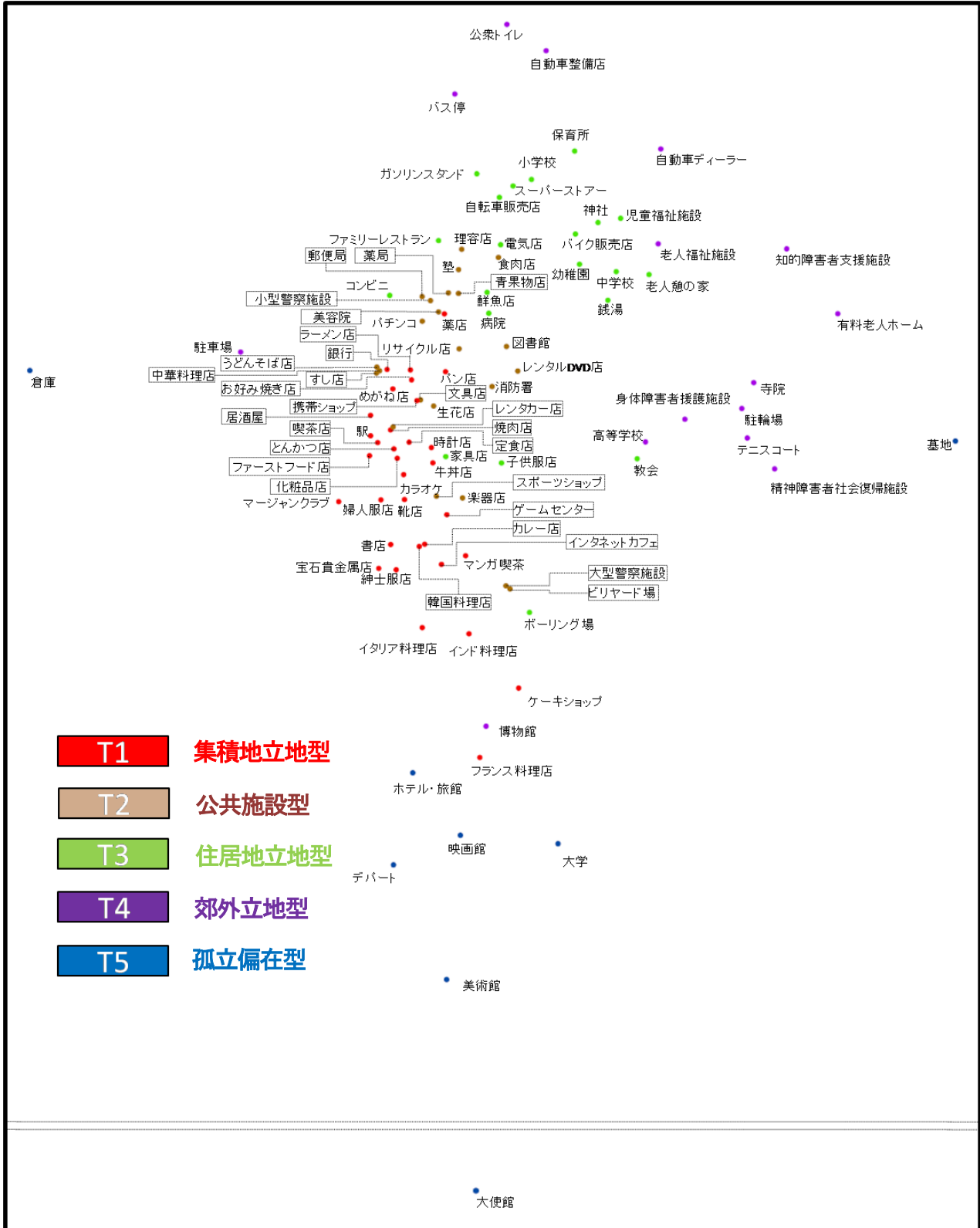


図4 最近隣距離法を用いたMDSによる施設分布図

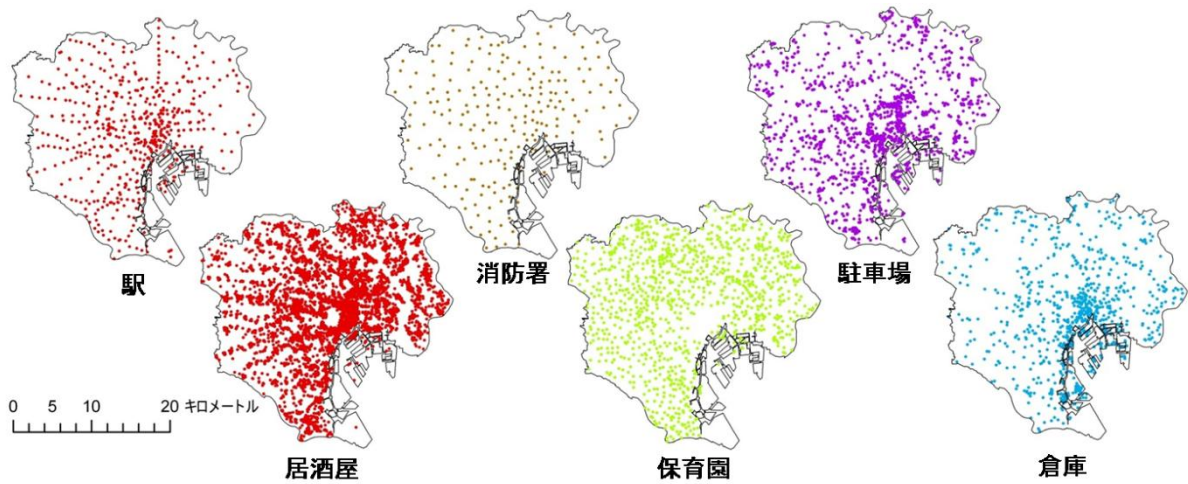


図5 各施設の分布図

表1 各施設のパーセント水準別累積リンク回数(10%水準, 90%の順で降順)

施設種類	個数	1%	5%	10%	20%	30%	50%	70%	80%	90%	95%	99%	施設種類	個数	1%	5%	10%	20%	30%	50%	70%	80%	90%	95%	99%
居酒屋	9433	15	33	42	57	61	72	86	89	96	97	99	消防署	214	0	0	4	48	72	85	92	93	96	98	99
牛丼店	387	8	20	32	41	50	68	82	89	97	98	99	青果物店	1845	0	2	4	22	37	63	79	89	91	97	98
カレー店	741	6	20	32	40	48	64	77	86	92	98	99	ケーキショップ	246	0	3	4	11	21	40	60	73	90	95	99
駅	553	2	16	29	37	47	65	82	90	97	98	99	子供服店	272	0	3	3	10	24	58	82	94	97	98	99
焼肉店	1924	4	19	29	45	58	68	83	87	96	97	99	食肉店	1102	0	2	3	21	34	61	79	88	92	95	98
喫茶店	3149	1	17	28	46	59	74	84	88	96	97	99	ホテル・旅館	483	0	1	3	10	18	28	40	51	67	85	99
カラオケ	555	6	19	28	38	48	64	79	87	95	98	99	楽器店	588	0	0	2	27	39	64	83	90	97	98	99
靴店	924	4	13	28	38	50	65	78	86	94	98	99	リサイクル店	1242	0	0	2	24	48	69	86	90	93	97	98
とんかつ店	833	1	13	27	37	52	70	84	89	96	98	99	鮮魚店	827	0	2	2	11	34	65	81	89	92	97	98
マージャンクラブ	1081	3	20	27	36	44	62	74	84	91	96	99	ファミリーレストラン	1305	0	0	2	7	29	59	83	88	91	95	98
ファーストフード店	1053	4	16	26	42	51	64	78	88	97	97	99	高等学校	326	0	1	1	1	4	24	85	93	96	98	99
銀行	1622	1	11	26	43	54	68	82	88	96	97	98	中学校	542	0	1	1	3	7	41	76	88	93	95	98
めがね店	1099	4	18	25	43	57	67	81	85	94	97	98	幼稚園	765	0	1	1	2	14	51	77	88	92	96	98
化粧品店	2374	0	2	24	41	55	72	83	87	97	97	99	老人憩の家	400	0	0	1	2	2	36	75	87	92	94	98
携帯ショップ	743	1	11	24	40	49	66	81	88	94	98	99	児童福祉施設	633	0	0	1	3	9	37	69	81	91	94	98
韓国料理店	777	1	10	24	37	46	60	76	86	92	98	99	スーパーストア	901	0	0	1	4	21	51	77	86	91	93	98
宝石・貴金属店	1173	3	16	24	34	45	59	74	82	91	94	99	小学校	898	0	1	1	4	13	48	73	84	91	93	98
定食店	1106	3	10	23	40	54	68	83	91	97	98	99	映画館	90	1	1	1	4	8	19	26	38	57	83	99
時計店	687	4	6	23	40	56	68	84	87	96	98	99	デパート	46	1	1	1	2	4	12	29	39	53	78	99
書店	314	0	14	21	32	39	58	71	83	96	98	99	家具店	808	0	0	0	2	17	58	81	89	98	98	99
すし店	4306	1	12	21	35	47	71	83	87	96	97	98	ボーリング場	49	0	0	0	2	7	42	92	96	97	98	99
薬店	909	1	7	21	43	49	72	84	90	94	97	98	図書館	220	0	0	0	34	65	82	93	94	95	98	99
お好み焼き店	1019	2	6	20	36	55	68	82	88	94	97	98	身体障害者援護施設	92	0	0	0	0	5	75	89	95	98	99	
中華料理店	3841	2	6	19	32	46	71	81	87	96	97	98	教会	396	0	0	0	0	2	53	85	89	95	97	99
婦人服店	1311	4	10	19	37	44	62	76	85	92	96	99	テニスコート	105	0	0	0	0	1	32	76	95	97	99	
ラーメン店	2989	2	6	18	40	49	73	80	89	96	97	98	病院	441	0	0	0	4	26	71	86	92	94	97	98
パン店	841	0	4	17	40	51	70	84	90	96	98	98	博物館	110	0	0	0	2	5	23	47	66	93	98	99
インド料理店	441	1	12	17	29	37	58	74	83	91	97	99	精神障害者社会復帰施設	51	0	0	0	0	0	23	62	93	97	99	
イタリア料理店	1491	0	12	17	36	45	60	74	79	90	96	99	銭湯	622	0	0	0	1	12	57	81	86	92	96	98
大型警察施設	85	0	7	16	43	67	89	96	97	98	98	99	駐車場	1331	0	0	0	0	1	17	58	77	92	96	98
生花店	2159	0	4	16	31	44	70	82	89	96	98	99	駐輪場	160	0	0	0	0	3	38	79	92	95	98	
美容院	8780	0	6	16	32	45	68	82	87	92	97	98	自転車販売店	920	0	0	0	13	31	59	82	88	92	94	98
紳士服店	595	0	6	16	27	36	54	70	80	92	97	99	老人福祉施設	586	0	0	0	1	2	12	66	81	91	96	98
まんが喫茶	168	5	12	15	30	37	53	77	87	98	98	99	バイク販売店	872	0	0	0	5	44	73	89	91	95	99	
パチンコ	509	1	7	15	25	39	62	81	88	93	97	98	神社	983	0	0	0	4	36	64	82	91	95	98	
うどんそば店	3500	1	4	14	26	40	69	83	88	96	97	98	ガソリンスタンド	1115	0	0	0	1	4	40	66	76	91	93	98
小型警察施設	794	1	5	14	27	44	72	84	91	94	97	98	電器店	2173	0	0	0	12	31	52	75	87	90	95	98
郵便局	1070	1	8	14	24	40	70	83	90	94	97	98	保育園	1051	0	0	0	3	7	32	62	76	90	92	98
インターネットカフェ	191	2	10	13	23	36	51	74	80	95	98	99	寺院	2068	0	0	0	3	6	21	47	67	88	97	98
レンタルDVD店	294	0	6	13	36	59	79	91	93	95	97	99	自動車ディーラー	634	0	0	0	1	9	31	61	87	92	98	
ゲームセンター	228	2	6	11	27	36	52	74	88	98	98	99	知的障害者援護施設	115	0	0	0	0	4	31	52	83	94	98	
ビリヤード場	112	1	4	10	24	37	66	85	90	98	98	99	バス停	4339	0	0	0	3	10	41	57	81	90	98	
文具店	1166	0	3	10	34	49	73	84	88	96	98	99	有料老人ホーム	59	0	0	0	0	3	24	39	80	91	99	
薬局	3982	0	3	10	28	40	63	80	90	91	97	98	自動車整備店	2417	0	0	0	1	3	15	40	53	80	87	98
スポーツショップ	522	0	1	8	28	39	65	80	89	96	98	99	公衆トイレ	1687	0	0	0	0	6	26	48	75	88	98	
レンタカー店	402	0	1	7	20	39	62	84	90	96	99	99	大学	122	0	0	0	0	9	21	33	60	84	99	
理容店	3908	0	2	7	20	32	56	78	87	90	96	98	墓地	925	0	0	0	1	3	5	14	25	53	73	98
塾	2418	0	0	6	22	44	65	80	88	91	96	98	倉庫	964	0	0	0	0	2	4	14	41	83	98	
コンビニ	4168	0	2	5	12	23	57	81	89	93	96	98	美術館	69	0	0	0	0	3	8	13	19	35	58	99
フランス料理店	668	0	3	5	10	22	42	57	61	79	92	99	大使館	116	0	0	0	0	1	2	2	3	6	50	

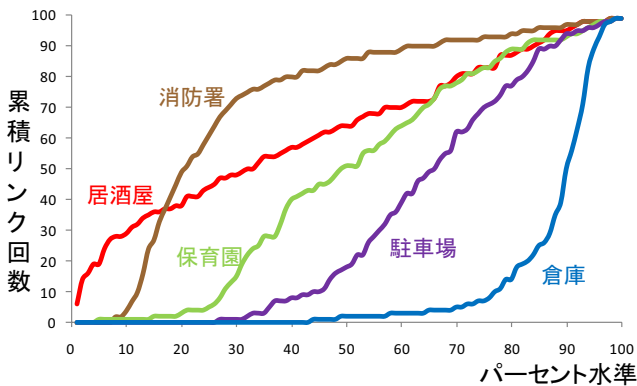


図6 パーセント水準と累積リンク回数関係

**住居地立地型(T3)**: 小中学校と保育園および日常的な商業施設で構成されている。T1よりは弱いがある程度かたまりを形成している。図6で見ると全体で中立的性質があることが分かる。

**郊外立地型(T4)**: 多くは郊外に分布する施設で構成されている。駐車場は、都心だけでなく郊外にも多く分布する。

**孤立偏在型(T5)**: 表1を見ると大使館のようにパーセント水準が上がってもリンク回数にほとんど変化がない施設がある。そのような施設は図4で見ると中央の塊から離れて外側にある施設である。特に大使館は都心に顕著に偏在する施設であり、MDS空間上でもあまりにも離れているので間の距離を若干省略して表現している。図5に見るように倉庫は準工業地域や臨海部に多く分布する。これらの施設は他の施設に比べて立地に偏りが大きいことが分かる。

## (2) 方格法

図7にMDSの結果を示す。駅を含め、商業施設の多くが左側に塊を形成している。ここでMDSの結果を用いてクラスター分析(ユークリッド距離によるWard法)を行うと、図7に示したように5つのクラスターに分類することができることが分かる。

**集積地商業型(C1)**: 商業施設多数が含まれる。そして駅および駐車場、郵便局、小型警察施設(交番など)などの駅周辺や集積地に分布しやすい公共施設が含まれる。中心には居酒屋や駅などがあり、T1と同様に駅を中心とする集積商業地域に主に分布する施設の集合と考えられる。

**日常商業型(C2)**: スーパーストアを含め青果物店、鮮魚店、食肉店、銭湯、自転車販売店、塾などはC1の商業施設に比べて比較的に日常的な商業施設である。

**郊外・住居型(C3)**: 小中学校および保育園、幼稚園、図書館など住居に密接な施設が含まれる。居住人口の多い郊外に多く分布している。また、自動車ディーラー、自動車整備店、ガソリンスタンド、バイク販売店などの自動車関連施設も郊外に多く分布する傾向がある。

**都心非商業型(C4)**: 図7を見ると、C3に対して正反対にあることがわかる。美術館、博物館、大学、大使館などは都心に多く分布する性質があるが、C1から離れていることから商業集積地域と直接的な関連のない施設が含まれると考えられる。また、倉庫は商業施設の少ない準工業地域に多

く、準工業地域は都心周辺臨海部に多い。

**その他型(C5)**: C4まで取り上げた施設とあまり関連のない施設が含まれる。バス停、消防署などはMDS平面の中央に近く、他の種類の施設とも概ね均等に離れていると考えられる。

方格法で用いた各618個メッシュにそれぞれこれら5つのクラスターの構成比を計算し、その構成比に従って再び全てのメッシュにクラスター分析(ユークリッド距離によるWard法)を行った。そして5つのクラスターに分類することができた。各クラスター(S1,S2,S3,S4,S5)の平均値を表2に示す。また、図8に図示する。

立地類型S1はC1の割合が非常に高く、都心部とJR線沿いに多くが分布している。集積商業立地地域と考えられる。立地類型S3ではC2が相対的に高く、C3もある程度含まれており、日常的な商業施設が多いと考えられる。また、立地類型S2はS1とS3の中間の性格を持つことがわかる。そして立地類型S4ではC3が高く、主に郊外に分布している。最も住居的性質を持つ地域と考えられる。立地類型S5は多くが臨海部で見られるが、臨海部は準工業地域が多いためC1やC2など施設の比率が少なく、相対的にC3~C5施設が多いことがわかる。

## 6. まとめ

東京23区の100種類の施設分布データを用いて、最近隣距離法と方格法の2方法から多種類相互立地関係を分析し、それらの総体的な構造を分析する手法を提案した。この手法を用いることによって、都市に存在する様々な施設間の複雑な関係構造、例えばある施設と関係が近い、または遠い施設は何かや、似たような関係特性を持った施設は何かなどに対する理解を深めることができる。ある特定場所に施設を設置・撤退する際には、都市全体で得た分析結果を基準とし、周辺施設の立地状況と比較することで周辺へ与える影響や立地適合性などを考える参考になり得る。また、ある商業施設を立地させる際、どのような施設があるところに立地すれば良いかなど立地戦略の基準として参考になりうる。

相互立地関係を分析する方法としてOpenshaw(1979)<sup>5)</sup>が考案した任意の点から距離を用いる方法なども試してみたが、MDSでうまく表現されなかった。一方、この研究では統計的検証は行っていないが、今後、現実的適用を行う際には考慮されるべきであろう。また、今回の1kmメッシュだけでなく様々なスケールのセルで分析してみる必要がある。そして今回用いたデータは商業施設の割合が多く、新たに別種類の施設データの存在次第で分析の結果も変わる可能性がある。工場や住宅、マンションなどについても今後データを追加して分析してみる必要がある。また、時系列のデータを取り、その変化によって相互立地関係構造の変化を考察したり、他の大都市とも比較してその違いについて考察することも必要であろう。

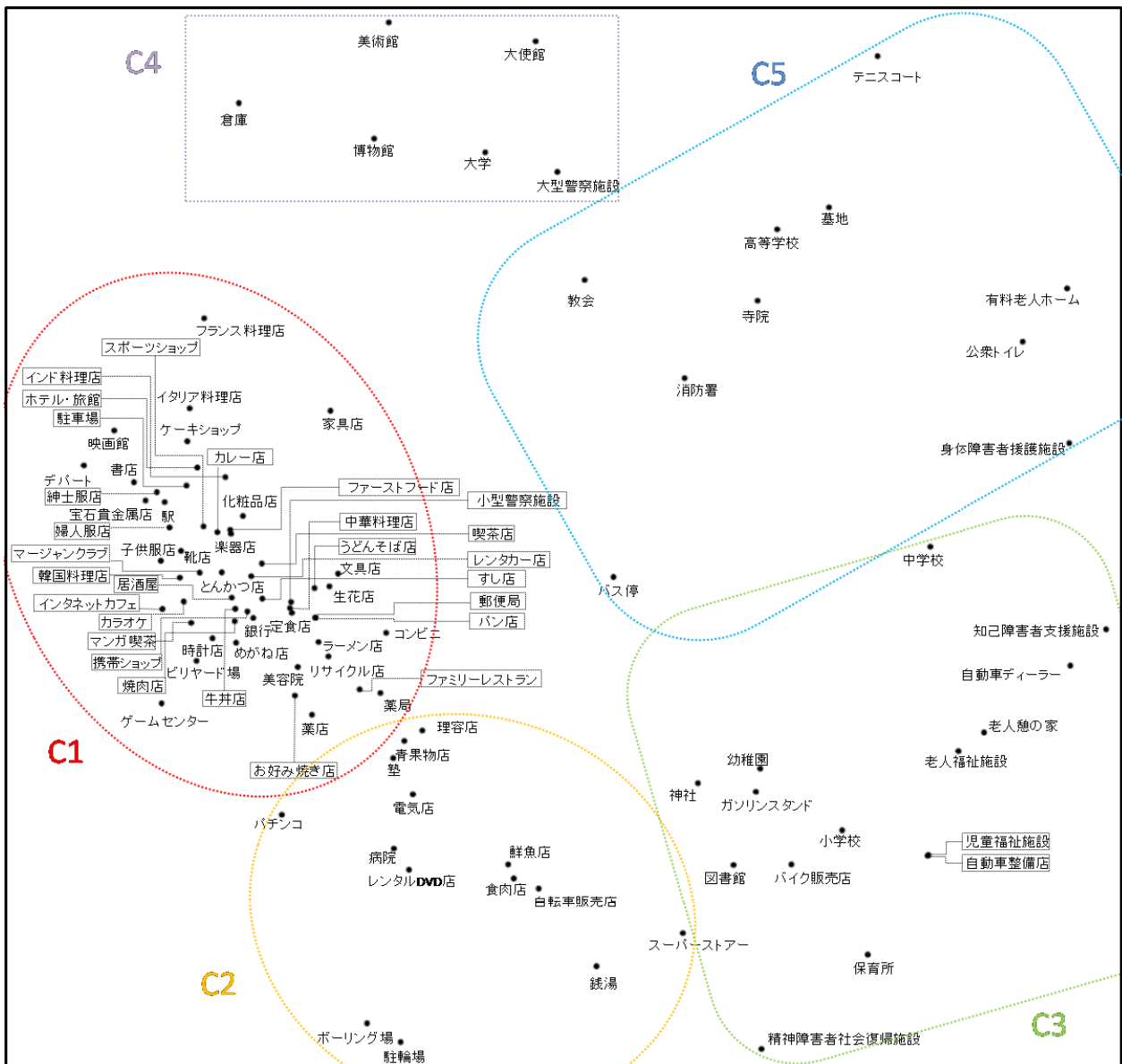


図7 方格法を用いたMDSによる施設分布図

表2 各立地類型の平均施設クラスター構成比

類型	C1	C2	C3	C4	C5	数
立地類型S1	0.814	0.083	0.034	0.015	0.055	93
立地類型S2	0.688	0.158	0.080	0.006	0.067	118
立地類型S3	0.574	0.174	0.141	0.010	0.101	172
立地類型S4	0.437	0.146	0.213	0.019	0.186	179
立地類型S5	0.242	0.036	0.170	0.182	0.371	54
施設無し	-	-	-	-	-	2

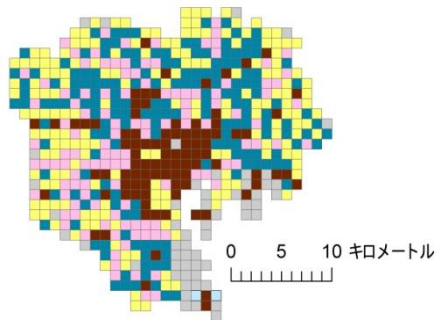


図8 東京23区の立地類型分布

参考文献

- 1) 三木富士夫(1982) : 業種の異なる小売店相互の近接関係について, 日本都市計画学会学術研究発表会論文集, 17, 79-84.
- 2) 貞広幸雄(1998) : 大都市における商業空間構造の分析手法, 都市計画, 216, 74-79.
- 3) 増山篤(2008) : ポイントの空間分布パターンを判別する分析方法間での分析結果の相互従属性, 都市計画論文集, 43, 41-49.
- 4) 杉浦芳夫(2003) : 地理空間分析, 朝倉書店.
- 5) Openshaw, S. and Taylor, P. J. (1979): A million or so correlation coefficients: three experiments on the modifiable areal unit problem, pp. 127-144, in Wrigley, N. ed., *Statistical Applications in the Spatial Sciences*, Pion: London.
- 6) Upton, G. and Fingleton, B. (1985): *Spatial Data Analysis by Example*, Wiley.