

ボロノイ領域を用いた
コンビニエンスストアの店舗分布に関する分析

指導教員 五島 洋行 教授

法政大学 理工学部 経営システム工学科

経営数理工学研究室

学籍番号:11X4007

氏名:石毛 達也

学科名	経営システム工	学籍番号	11x4007
申請者氏名	石毛 達也		
指導教員名	五島 洋行		

論文要旨

論文題目	ボロノイ領域を用いたコンビニエンスストアの店舗分布に関する分析
------	---------------------------------

本研究では、研究対象地におけるコンビニエンスストアを母点としたボロノイ領域を生成し、領域面積と形態因子の都市ごとの評価を行う。

都市におけるコンビニエンスストアの立地分析などの研究は行われているが、複数都市間における比較などは行われていない。そこで本研究では、横浜市とさいたま市、京都市の店舗分布の特徴を求める。具体的には、コンビニエンスストアの店舗立地を母点としたボロノイ領域を生成し、各領域の面積と周長から形態因子を算出する。その統計分布から都市ごとの特性を定量的に表現することを目的とする。実際に、店舗分布を地図に重ねることで、各都市の分布の特徴が視覚的にわかった。各都市の形態因子の代表値によって、各都市の共通性がわかった。各都市の領域面積を比較することで、研究対象地域における店舗分布の特徴が明らかになった。

目次

第1章 はじめに.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的.....	1
第2章 先行研究.....	2
2.1 先行研究の特徴.....	2
2.2 先行研究の課題と本研究の方向性.....	2
第3章 関連知識.....	3
3.1 ポリゴン.....	3
3.2 座標データ.....	4
第4章 提案手法.....	5
4.1 グリーンの定理.....	5
4.2 内外判定.....	6
4.3 ボロノイ領域.....	7
第5章 分析結果.....	9
5.1 分析対象地域.....	9
5.2 形態因子の対数が正規分布に従うことの適合度検定.....	12
5.3 ボロノイ領域と形態因子にもとづく店舗出店の分析.....	19
第6章 おわりに.....	25
参考文献.....	26
謝辞.....	27

第1章 はじめに

本章では、本研究の研究目的やコンビニエンスストアの店舗立地の重要性に関する説明を行う。

1.1 研究背景

都市内部における小売業は、そこに居住する人々の購買行動や通勤行動などの日常生活圏を反映するという理由から、都市システムや内部構造を分析するための重要な指標とされている。コンビニエンスストアは、大規模小売店舗法によって、それまでの急成長を望めなくなった大手小売店がその対抗策として開発を進めた業種である。また、小売業の近代化という名目のもと、政府による政策的にもその導入が進められた業態でもある。その後の発展は、目覚ましいものであり、最近では飽和状態ともいわれるほどである。その高密度かつ広範囲に分散した店舗では、食料品や日用雑貨などの商品提供のみならず、公共料金等の代金収納、ATM 設置など多岐にわたるサービスを提供している。その社会的意義の大きさから、小売業のなかでも特別に注目すべき業態といえる[7]。

1.2 研究目的

現在のコンビニエンスストアは、フランチャイズ契約の店舗が大半であり、運営の仕方や敷地、商品配列のレイアウトなどは規格化されているため、店舗ごとの競争力は立地に左右される。人口や交通量などの立地条件が店舗設置の重要な決定要因になっていると思われる。従来は、これらの立地条件から店舗分布を予測していたが、店舗分布から立地条件を推定することは行われていない。本研究ではその前段階として、各都市における店舗分布の特徴を求める。具体的には、コンビニエンスストアの店舗立地を母点としたボロノイ領域を生成し、各領域の面積と周長から形態因子を算出する。その統計分布から都市ごとの特性を定量的に表現することを目的とする。

第2章 先行研究

コンビニエンスストアの店舗立地分布の分析は、オペレーションズリサーチなどの分野で研究されている。代表的な研究として、コンビニエンスストアの立地と人口や道路、商圈の関係について経年別の変化を分析している。

2.1 先行研究の特徴

コンビニエンスストアの立地分布に関する研究:札幌市を事例として(2004)

文献[6]では、GISを用いて札幌市におけるコンビニエンスストアの店舗立地の人口や道路との関係と商圈について、チェーン別および経年別に分析している。商圈とは、店舗を母点としたボロノイ領域である。その分析の結果、研究対象期間が10年という短い期間で、コンビニエンスストアは出店戦略を次々と変化させている。はじめは、チェーンごとに棲み分けをおこない、徐々に互いの商圈を侵略し、主要道路沿立地の獲得競争をおこなっている。また展望として、近年では主要道路沿いも密度を増し、更なる戦略が展開されることが考えられる。このように都市の状態に敏感に反応を示すコンビニエンスストアは、都市像を映す特別的な都市基盤施設であると述べている。

2.2 先行研究の課題と本研究の方向性

文献[6]は、コンビニエンスストアの店舗のボロノイ領域を用途別に分け、面積の経年変化から店舗数の増加を明らかにしている。また、一店舗あたりの商圈下人口は、商圈面積が減少しているものの、大きな変動がなく、店舗あたりの人口が一定であることを明らかにした。しかし、ボロノイ図から都市の人口や道路の分布などの都市像を定量的に表現することは、この論文では試みられていない。

そこで本研究では、手始めとして都市の状態に敏感に反応を示すコンビニエンスストアは、都市像を映す特別な都市基盤施設であると考え、それらの地理的な分布から都市ごとの特徴を表現することを目的とする。

第3章 関連知識

本章では、本研究で扱うデータに関する説明やその入手方法をまとめている。

3.1 ポリゴン

ポリゴンとは、多角形や多辺形を意味する。本研究で扱うポリゴンは、2次元コンピュータグラフィックスにおいて、三角形や四角形の組み合わせで物体を表現するときの各要素を指す。本研究では、地方公共団体コードが与えられているポリゴンを使用する。

地方公共団体コードは、行政処理を行う上で使用するためのコード番号として自治省(2001年1月6日より総務省)が1968年に導入したものであり、日本工業規格(JIS)にも全国の都道府県・市区町村を表すコードとして指定されている。全国の市区町村には、それぞれ地方公共団体コードが振られており、表1は、神奈川県地方公共団体コードの一部を表している。政令指定都市にもコードが振られていることがわかる。

本研究で扱うデータでは、横浜市の地方公共団体コードとポリゴンが存在しない。したがって、横浜市のポリゴンは、区のポリゴンを結合し、横浜市のポリゴンとして使用する。表1において、神奈川県地方公共団体コードの一部分を表す。太字は政令指定都市を表し、…は区の省略を示す。

表 1. 神奈川県地方公共団体コードの一部分

地方公共団体コード	支庁市郡	区町村
14100	横浜市	横浜市
14101		鶴見区
14102		神奈川区
⋮		⋮
14118		都筑区
14130	川崎市	川崎市
14131		川崎区
⋮		⋮
14137		麻生区
14201	横須賀市	横須賀市

3.2 座標データ

本研究では、NTT タウンページ株式会社が提供しているタウンページに収録されているコンビニエンスストアの店舗住所データを扱う。東京大学空間情報科学研究センターが提供する CSV アドレスマッチングサービスによって、住所データを建物レベルの経度緯度の座標データに変換している。座標データは、建物レベルの精度であるため、同一住所の店舗は座標点を共有する。それらの店舗座標を母点としたボロノイ領域を生成する。市の境界付近に位置するボロノイ領域は、全方向からの影響を受けないため、密集地におけるボロノイ領域とは条件が異なる。したがって、本研究では、市の境界をまたがるようなボロノイ領域をもつ母点は内外判定によって取り除き、分析対象としない。市区町村境界のデータは、国土交通省国土政策局国土情報課が提供する国土数値情報ダウンロードサービスから入手している。

第4章 提案手法

本章では, 分析に至るまでに用いた定理や係数に関する説明を行う.

4.1 グリーンの定理

閉曲線や閉曲面で囲まれた領域の面積や体積の計算においては, グリーンの定理やストークスの定理などの方法が知られている. グリーンの定理は機械的に面積を算出するには良いが, 境界線上を一周するように順番に位置データが並んでいることを前提とする.

閉曲線 C を各市区町村の領域を表すポリゴンとする. ポリゴンで囲まれた領域の内部を各市区町村の面積とする. あるボロノイ領域の経度, 緯度データ数を n とし, i 番目の経度, 緯度データはそれぞれ X_i, Y_i と表す. X_i, Y_i は, 面積計算のために(1)のように変換する.

$$\begin{aligned}x_i &= (X_i - \bar{X}) \cos(Y_i) \times \frac{40000}{360} \\y_i &= (Y_i - \bar{Y}) \times \frac{40000}{360} \\(0 \leq i \leq n-1)\end{aligned} \quad (1)$$

ただし,

- $\bar{X}$: ある市区町村の経度の平均値
- $\bar{Y}$: ある市区町村の緯度の平均値

である.

各ボロノイ領域の面積を算出するために

$$P = -\frac{1}{2}y, Q = \frac{1}{2}x \quad (2)$$

とにおいて, グリーンの定理を適用する.

$$\begin{aligned}S &= \iint_D \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) dx dy = \int_C P dx + Q dy \\&= \int_C \left(-\frac{1}{2}y \quad \frac{1}{2}x \right) (dx \quad dy)^t = \frac{1}{2} \int_C \begin{vmatrix} x & dx \\ y & dy \end{vmatrix} \\&\cong \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} \begin{vmatrix} x_i & x_{i+1} - x_i \\ y_i & y_{i+1} - y_i \end{vmatrix} = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} \begin{vmatrix} x_i & x_{i+1} \\ y_i & y_{i+1} \end{vmatrix}\end{aligned} \quad (3)$$

ただし, $i=0$ と $i=n$ は, 始点と終点を表し C は閉曲線なので 同一の点を表す.

4.2 内外判定

点の内外判定アルゴリズムとして, Winding number や Even-odd rule などの方法が知られている[5]. 文献[1]では, 実二次元平面上で三角関数を用いる二つのアルゴリズムを提案している. 本研究では, 点の内外判定アルゴリズムとして, Winding number を使用する.

関数 $f(z)$ は複素平面上の領域 D 内で正則であるとする. D 内に反時計回りを正とする回転の向きをもった単一閉曲線 C があって, C の内部は D に含まれているとする. 点 a が C の内部にあれば,

$$f(a) = \frac{1}{i2\pi} \int_C \frac{f(z)}{z-a} dz \quad (4)$$

が成り立ち, この関係をコーシーの積分表示という.

文献[3], [4]より, 任意の閉曲線 C が点 $z=a$ を正の向きに回る Winding number を $n(C;a)$ とすれば,

$$n(C;a) = \frac{1}{i2\pi} \int_C \frac{dz}{z-a} \quad (5)$$

となる. ただし, C は点 a を通らないものとする. すなわち, 点 a が閉曲線 C の内部にあるとき $n(C;a) \neq 0$ となり, 外部にあるとき $n(C;a)=0$ となる. C がポリゴン P の場合,

$$\begin{aligned} n(P;a) &= \frac{1}{i2\pi} \sum_{k=0}^{N-1} [\log(z_{k+1}-a) - \log(z_k-a)] = \frac{1}{i2\pi} \sum_{k=0}^{N-1} \log\left(\frac{z_{k+1}-a}{z_k-a}\right) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{i2\pi} \sum_{k=0}^{N-1} \log\left(\frac{|z_{k+1}-a|}{|z_k-a|} \frac{\exp(i\text{Arg}(z_{k+1}-a))}{\exp(i\text{Arg}(z_k-a))}\right) = \frac{1}{i2\pi} \sum_{k=0}^{N-1} [\log\left(\frac{|z_{k+1}-a|}{|z_k-a|}\right) + i\text{Arg}\left(\frac{z_{k+1}-a}{z_k-a}\right)] \\ &= \frac{1}{2\pi} \sum_{k=0}^{N-1} \text{Arg}\left(\frac{z_{k+1}-a}{z_k-a}\right) \end{aligned} \quad (7)$$

となる. 点 a が P の内部にある時, 頂点列の向きの正負により ± 1 の値をとる. ただし, ある k で $\text{Arg}\left(\frac{z_{k+1}-a}{z_k-a}\right) = \pm\pi$ または計算不能の場合, 点 a はポリゴンの境界上にある.

4.3 ボロノイ領域

d 次元ユークリッド空間を $\mathbf{R}^d$ 内に特に指定された n 個の点の集合を $S = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ とする.
2点 P, Q のユークリッド距離を $l(P, Q)$ と書き,

$$R(S; P_i) = \{P \in \mathbf{R}^d \mid l(P, P_i) < l(P, P_j), j \neq i\} \quad (8)$$

とおく. $R(S; P_i)$ は, S の中で最も近いものは P_i であるという性質をもつ点 $P \in \mathbf{R}^d$ をすべて集めてできる集合である[2]. 空間 $\mathbf{R}^d$ は, $R(S; P_1), R(S; P_2), \dots, R(S; P_n)$ とそれらの境界に分割される. この分割図形を S に対するボロノイ図とよぶ. S に属す点を母点とよび, $R(S; P_i)$ を母点 P_i のボロノイ領域とよぶ. 本研究では, $d=2$ とする. 図1は, 横浜市内のコンビニエンスストアの店舗を母点としたボロノイ図である.

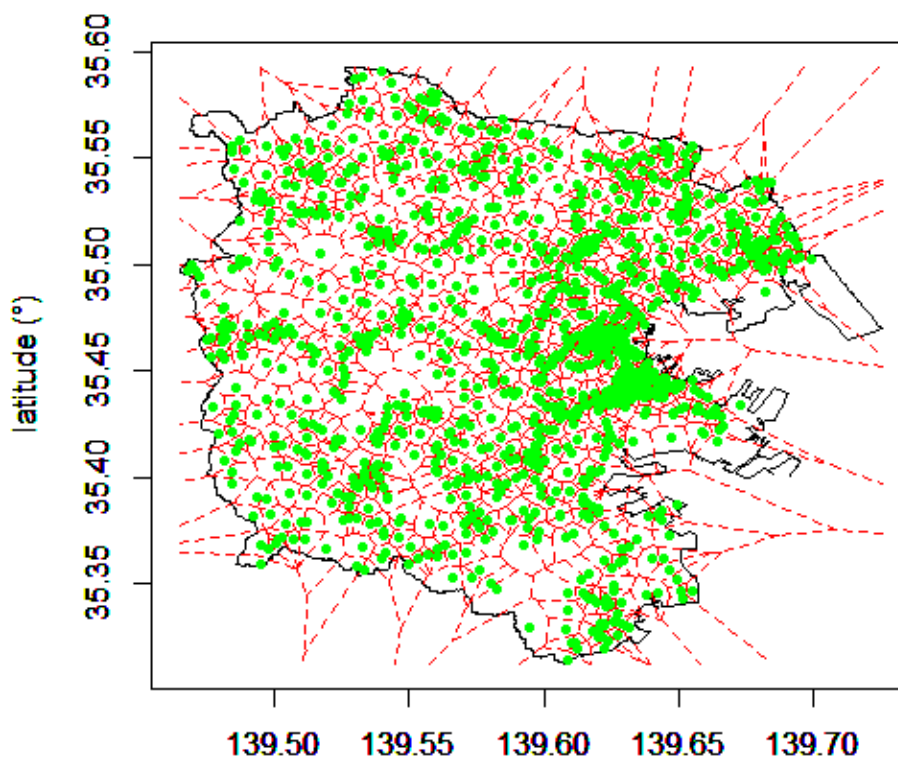


図1. 神奈川県横浜市内コンビニエンスストアのボロノイ図

4.4 形態因子

すべてのボロノイ領域の形状を統計的に扱うために形態因子を用いる. 本研究における形態因子とは, 閉じた図形の面積を S , 周長を L とするときの

$$F = 4\pi S/L^2 \quad (9)$$

である. 形態因子は, 図形が円るとき最大値 1 となり, 正方形のとき $\pi/4$ となる. 一般的に, 正多角形の角数が増えるほど, 数値は 1 に近くなる. 円との差異の大きい図形ほど 0 に近づく. 視覚的にわかりやすいように, 図 2 に多角形の形態因子と同様の形態因子をもつ楕円を描く.

形態因子は, 非平衡熱力学分野や流体力学分野などにおいて, 環境変化における粒子を母点としたボロノイ細胞の形状変化を数値によって評価するために用いられている.

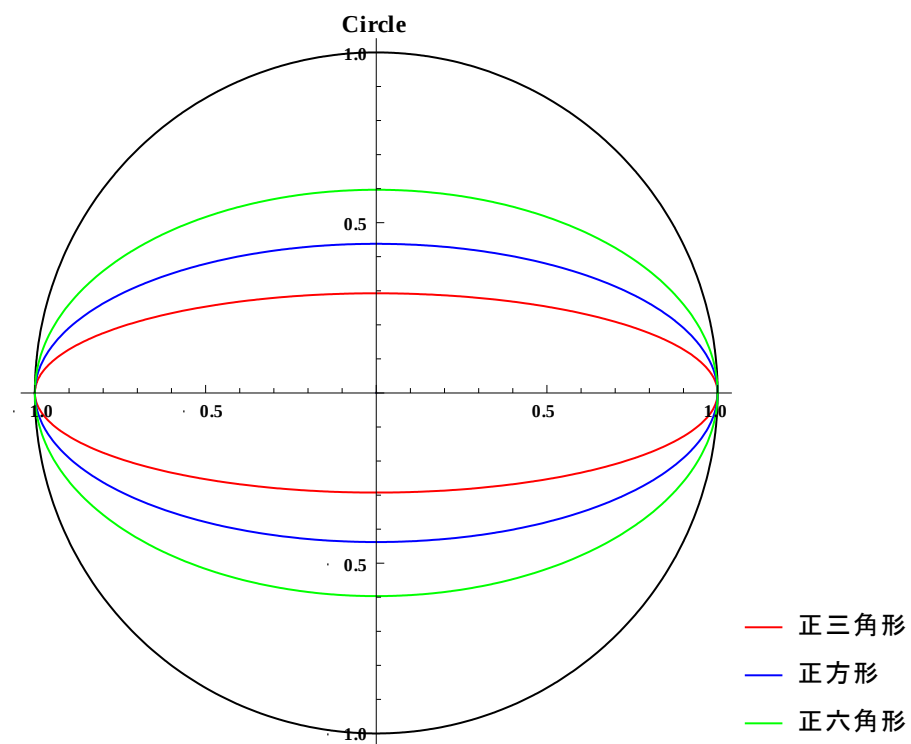


図 2. 各多角形の形態因子と同様の形態因子をもつ楕円

第5章 分析結果

本章では、コンビニエンスストアの店舗分布を実際の地図に照らし合わせ、分析対象地域の簡単な特徴の説明を行う。また、各都市の特徴を表す特性値の算出を行う。

5.1 分析対象地域

①横浜市

横浜市は、神奈川県の大府所在地であり、18区から成る政令指定都市である。面積の大きさは、京都市に次ぐものの、総人口は本研究で取り扱う分析対象地域都市のなかで最も多い。図3内の点は、横浜市内のコンビニエンスストアの店舗分布を表している。

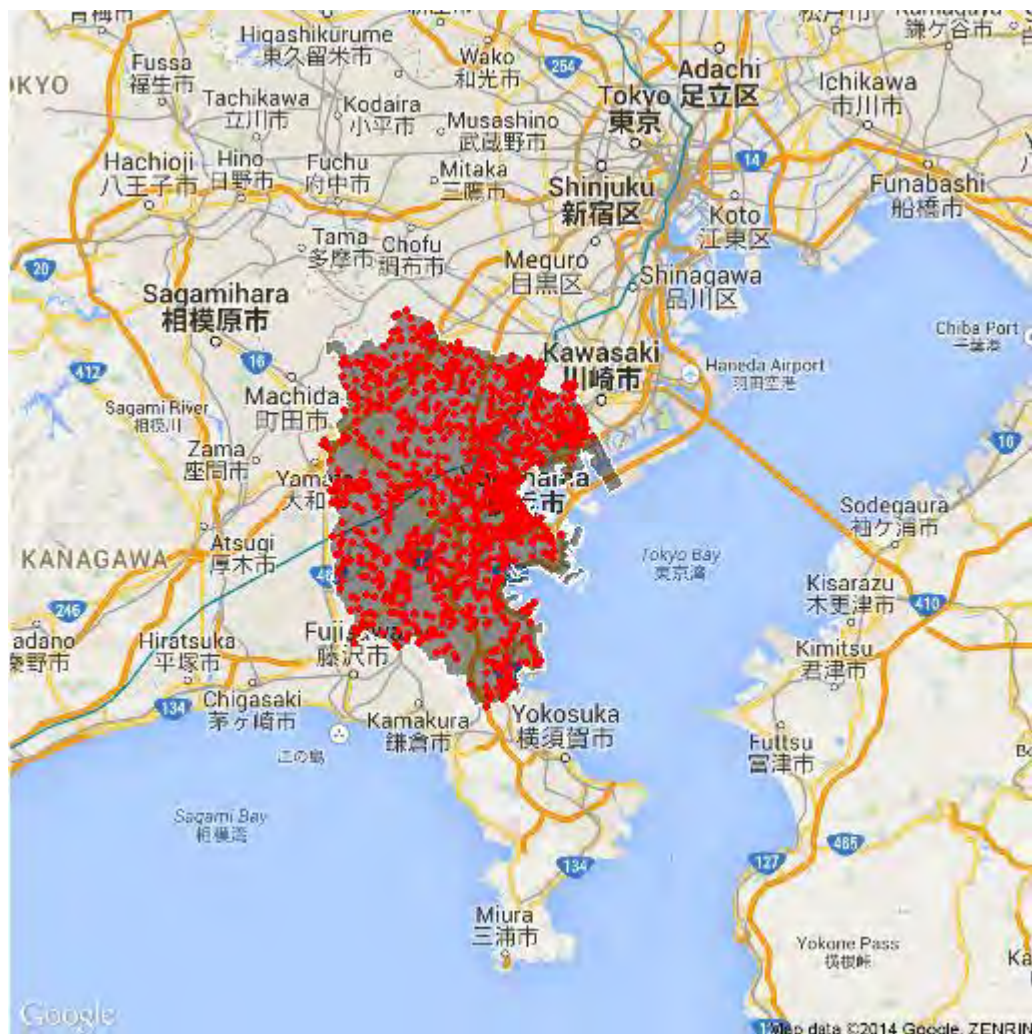


図 3. 神奈川県横浜市におけるコンビニエンスストアの店舗分布

②さいたま市

さいたま市は、埼玉県の県庁所在地であり、10区から成る政令指定都市である。面積の大きさと人口の両数値は、本研究で取り扱う分析対象地域都市のなかで最も低い。

図4内の点は、さいたま市内のコンビニエンスストアの店舗分布を表している。

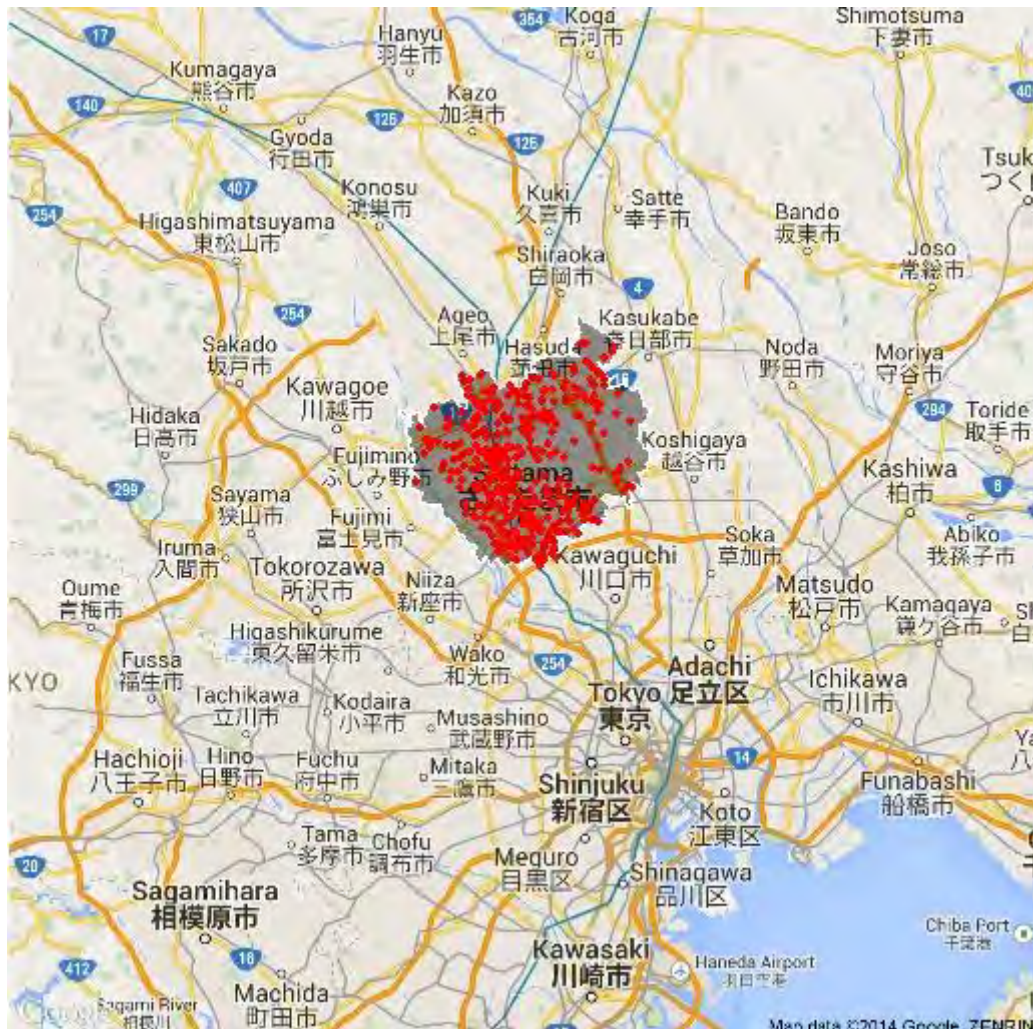


図4. 埼玉県さいたま市におけるコンビニエンスストアの店舗分布

③京都市

京都市は、京都府の府庁所在地であり、11区から成る政令指定都市である。面積の大きさは、本研究で扱う分析対象地域都市のなかで最も多い。総人口は、横浜市の人口数の4割であり、2番目である。

図5内の点は、京都市内のコンビニエンスストアの店舗分布を表している。京都市の北部は、山岳地帯となっており、コンビニエンスストアの店舗が分布しておらず、南部に集中している。



図 5. 京都府京都市におけるコンビニエンスストアの店舗分布

5.2 形態因子の対数が正規分布に従うことの適合度検定

横浜市の形態因子 F のヒストグラムを図 6 に示す.

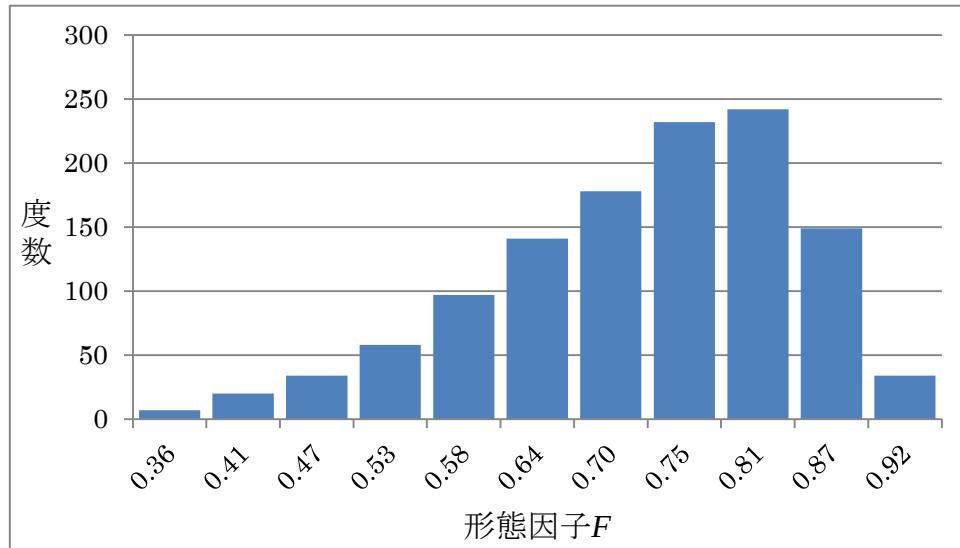


図 6. 横浜市の形態因子(F)のヒストグラム

正規分布に近づけるため, 形態因子 F に対して

$$f = \log(-\log F) \quad (10)$$

の変換をおこなう. 形態因子 f のヒストグラムを図 7 に示す.

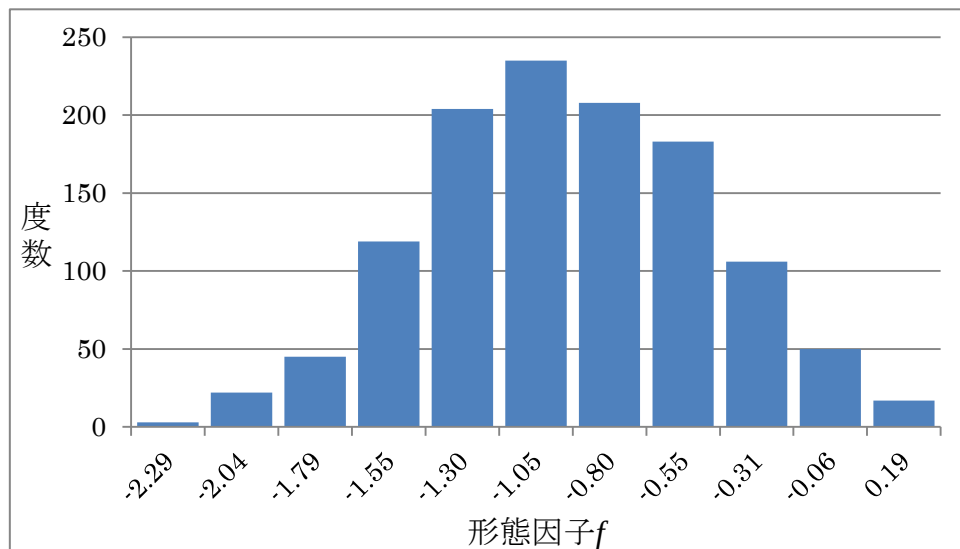


図 7. 横浜市の形態因子(f)のヒストグラム

形態因子 f が正規分布に従うか視覚的に判断するため、Q-Q plot を行う。 f の Q-Q plot を図 8 に示す。

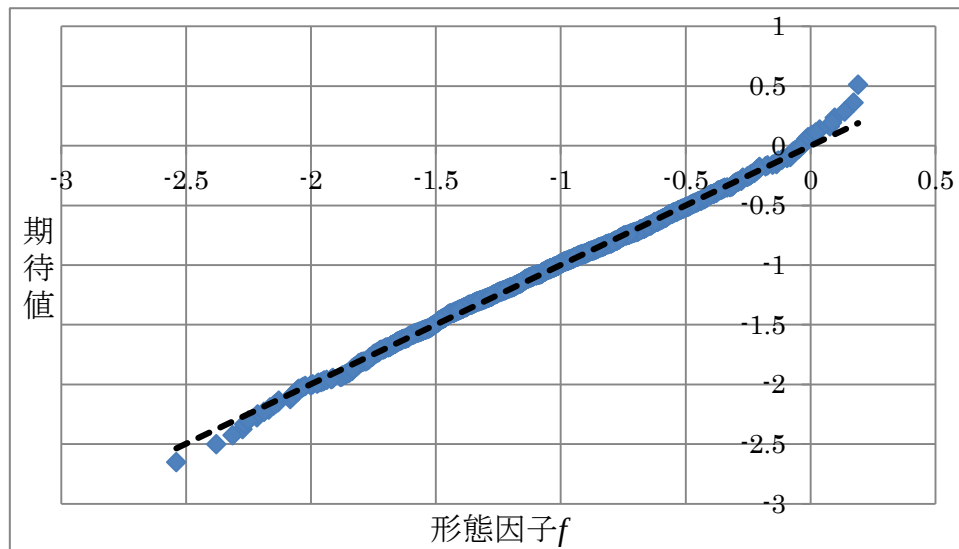


図 8. 横浜市の形態因子(f)の Q-Q plot

図 7 と図 8 から、視覚的に形態因子 f が正規分布に適合していると思われる。この結果の妥当性をみるため、 f の度数分布に対し、正規分布の適合度検定を行う。 f の値を、スタージェスの公式より 11 の区間に分割する。それぞれの区間に入るものの個数を y_i とする。

このとき帰無仮説を

$H_0: f$ の度数分布が $N(-1.072, 0.473^2)$ の正規分布からのサンプルである

とする。表 2 より、 $\sum_{i=1}^n (y_i - np_i)^2 / np_i = 9.863$ である。 $n=11$ である。いま、 $\chi^2(0.05, 8) = 15.51$ であるので、 H_0 は棄却されない。つまり、 H_0 を仮定することが不適切であるということは、いえない。以降、 f は $N(-1.072, 0.473^2)$ の正規分布に従うと仮定する。

表 2. 横浜市内店舗の形態因子(f)に対する適合度検定

平均	分散	標準偏差	店舗数	データ区間数		
-1.072	0.224	0.473	1192	11		
データ区間	観測度数(y_i)	分布関数	密度関数(p_i)	期待度数(np_i)	$(y_i - np_i)$	$(y_i - np_i)^2 / np_i$
~-2.290	3	0.005	0.005	5.998	8.989	1.499
~-2.042	22	0.020	0.015	18.082	15.349	0.849
~-1.794	45	0.064	0.043	51.679	44.612	0.863
~-1.546	119	0.158	0.095	112.906	37.138	0.329
~-1.298	204	0.316	0.158	188.585	237.616	1.260
~-1.049	235	0.519	0.202	240.839	34.091	0.142
~-0.801	208	0.716	0.197	235.175	738.476	3.140
~-0.553	183	0.863	0.147	175.590	54.909	0.313
~-0.305	106	0.947	0.084	100.238	33.205	0.331
~-0.057	50	0.984	0.037	43.747	39.105	0.894
次の級	17	1	0.016	19.162	4.672	0.244
合計	1192	—	1	—	—	9.863

f が $N(-1.072, 0.473^2)$ の正規分布と仮定することにより, F の確率密度関数を得ることができる.

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(\log(-\log x) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \frac{-1}{x \log x} \quad (11)$$

そのとき, 横浜市の形態因子の中央値は 0.710 である.

図 9 は, F のヒストグラムと $N(-1.072, 0.473^2)$ の正規分布を F に逆変換し, 期待密度を重ねた図である.

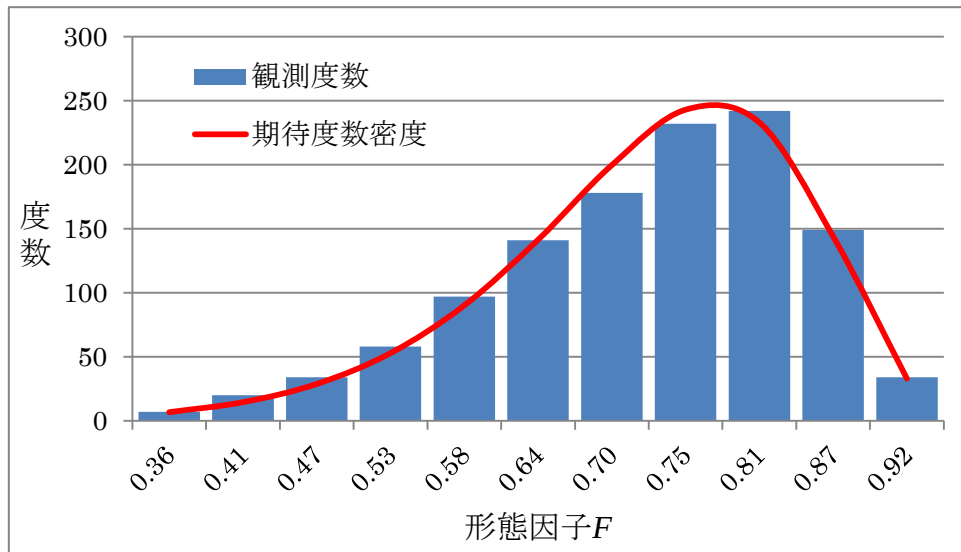


図 9. 横浜市の形態因子のヒストグラムと期待度数密度関数

正規分布を仮定することの妥当性をみるため, モンテカルロシミュレーションを行う. すなわち, 店舗総数と同数の緯度経度の一様乱数を発生させ, それをボロノイ領域の母点とし, コンビニエンスストアの形態因子の分布を分析する.

図 10 は, 横浜市内の実際の店舗を母点としたボロノイ図である. 図 11 は, 緯度経度の乱数をそれぞれ発生させ, それらを母点としたボロノイ図である.

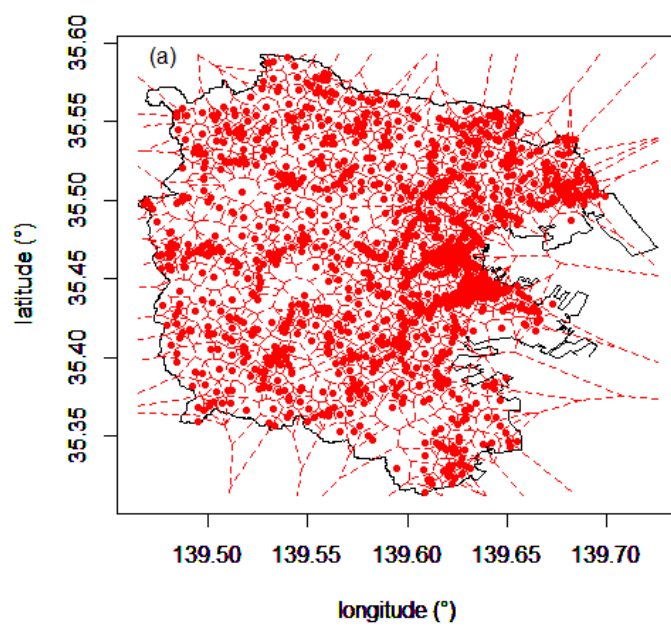


図 10. (a)神奈川県横浜市内コンビニエンスストアのボロノイ図

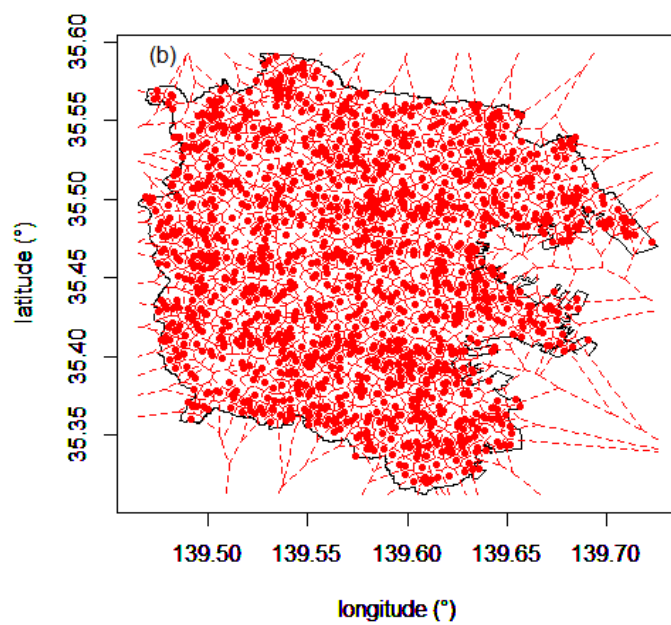


図 11. (b)緯度経度の乱数を母点としたボロノイ図

緯度経度の乱数を母点としたボロノイ領域の形態因子 f に対して, 適合度検定を行う.

このとき帰無仮説を

$H_0: f$ の度数分布が $N(-1.151, 0.420^2)$ の正規分布からのサンプルであるとする. 表 3 より, $\sum_{i=1}^n (y_i - np_i)^2 / np_i = 13.608$ である. $n=11$ である. いま, $\chi^2(0.05, 8) = 15.51$ であるので, この場合も H_0 は棄却されない. つまり, H_0 を仮定することが不適切であるということは, いえない. 以降, f は $N(-1.151, 0.420^2)$ の正規分布に従うと仮定する.

表 3. 緯度経度の乱数を母点としたボロノイ領域の形態因子(f)に対する適合度検定

平均	分散	標準偏差	店舗数	データ区間数		
-1.151	0.177	0.420	1152	11		
データ区間	観測度数(y_i)	分布関数	密度関数(p_i)	期待度数(np_i)	$(y_i - np_i)$	$(y_i - np_i)^2 / np_i$
~-2.354	2	0.002	0.002	2.409	0.168	0.070
~-2.113	14	0.011	0.009	10.242	14.122	1.379
~-1.873	35	0.043	0.032	36.772	3.142	0.085
~-1.632	79	0.126	0.083	95.867	284.507	2.968
~-1.391	190	0.284	0.158	181.529	71.765	0.395
~-1.15	281	0.500	0.217	249.703	979.480	3.923
~-0.909	228	0.717	0.217	249.545	464.181	1.860
~-0.668	166	0.874	0.157	181.183	230.528	1.272
~-0.428	105	0.957	0.083	95.563	89.049	0.932
~-0.187	41	0.989	0.032	36.609	19.278	0.527
次の級	11	1	0.011	12.576	2.483	0.197
合計	1152	—	1	—	—	13.608

図 12 は、 F のヒストグラムと $N(-1.151, 0.420^2)$ の正規分布を F に逆変換し、期待密度を重ねた図である。

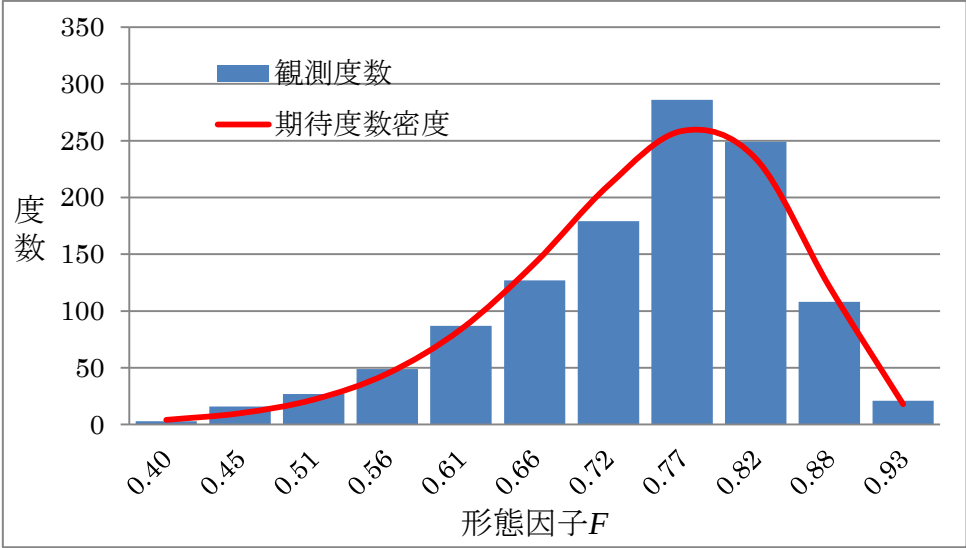


図 12. 緯度経度の乱数を母点としたボロノイ領域の
形態因子のヒストグラムと期待度数密度関数

数式(11)より、横浜市における緯度経度の乱数を母点としたボロノイ領域の形態因子の中央値は、0.729 である。さいたま市や京都市の実データとモンテカルロシミュレーションについて、同様の手順でそれぞれの中央値の算出を行う。表 4 には、それぞれの適合度検定の値がまとめられている。ただし、京都市の実データのみ仮説が棄却された。したがって、京都市の実データのみ、実際の形態因子の中央値を扱う。

表 4. さいたま市と京都市の適合度検定における検定量と $\chi^2(0.05, \phi)$ の棄却域

都市	データ	自由度 (ϕ)	$\chi^2(0.05, \phi)$	検定量
さいたま市	実データ	6	12.592	5.975
	モンテカルロシミュレーション	6	12.592	8.727
京都市	実データ	7	14.067	16.524
	モンテカルロシミュレーション	7	14.067	7.422

5.3 ボロノイ領域と形態因子にもとづく店舗出店の分析

ボロノイ領域の性質として、二つの母点間に存在する線分は、二点を結ぶ線分の垂直二等分線上に存在する。本研究では、その線分を店舗間の境界と考え、線分の数だけ隣接する店舗が存在するとする。

① 横浜市

図 13 は、横浜市内におけるコンビニエンスストアの隣接店舗数別のヒストグラムである。隣接店舗における最頻値は、6 件である。

図 14 は、横浜市の形態因子 F のヒストグラムにおける度数を隣接店舗数別に色分けしており、形態因子の区間ごとの隣接店舗数の割合を示している。視覚的に、形態因子が高いほど柱における隣接店舗数の割合が大きくなっていることがわかる。表 5 から領域面積の平均と標準偏差が他の都市と比較して低いため、横浜市内全域に均一に分布しており、比較的密に分布していることがわかる。

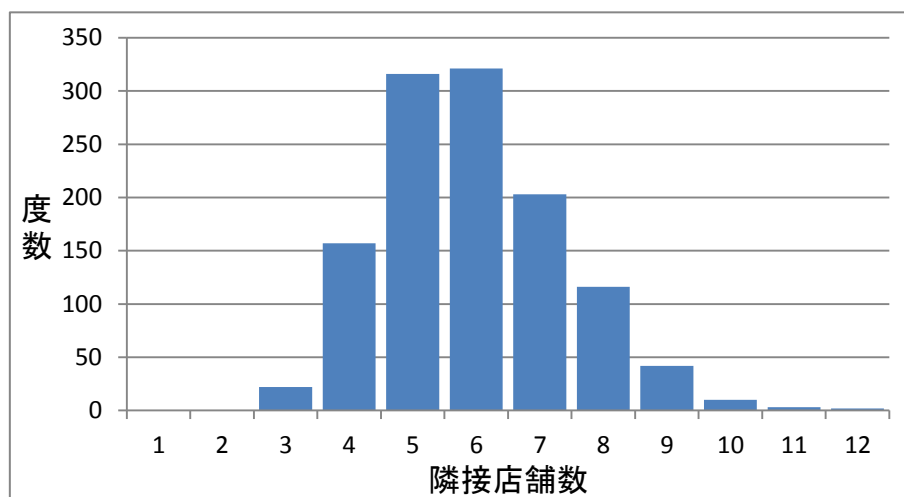


図 13. 横浜市内コンビニエンスストアの隣接店舗数のヒストグラム

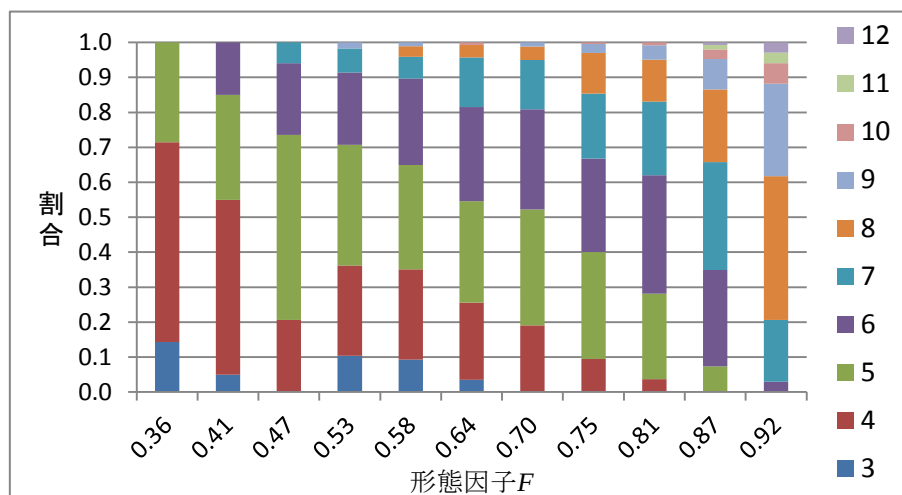


図 14. 形態因子 F のヒストグラムにおける隣接店舗数別の内訳の割合表示

② さいたま市

図 15 は、さいたま市内におけるコンビニエンスストアの隣接店舗数別のヒストグラムである。隣接店舗における最頻値は、6 件である。また、隣接店舗数の最小値が 4 件であり、他の都市と比べて 1 件高くなっている。

図 16 は、さいたま市の形態因子 F のヒストグラムにおける度数を隣接店舗数別に色分けしており、形態因子の区間ごとの隣接店舗数の割合を示している。他の都市と比較して、表 5 の形態因子の平均が最も高く、標準偏差が最も低いことから、最も円に近い形態因子を持つことがわかる。

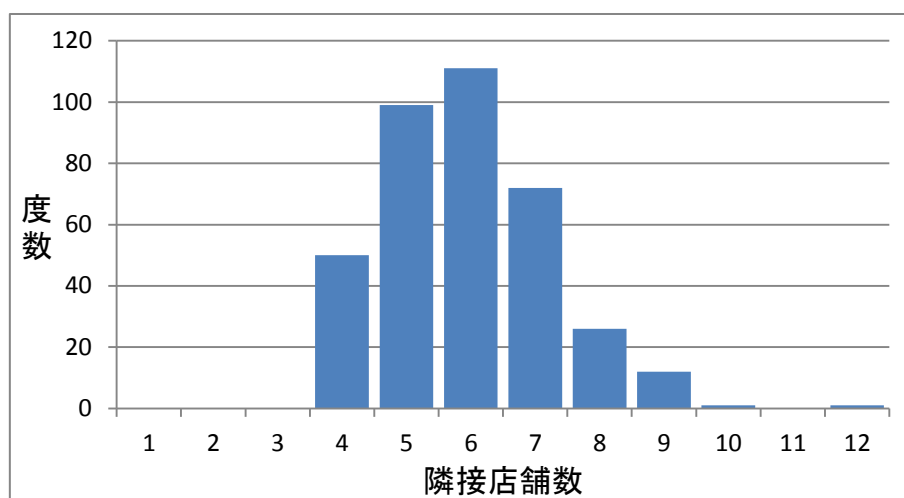


図 15. さいたま市内コンビニエンスストアの隣接店舗数のヒストグラム

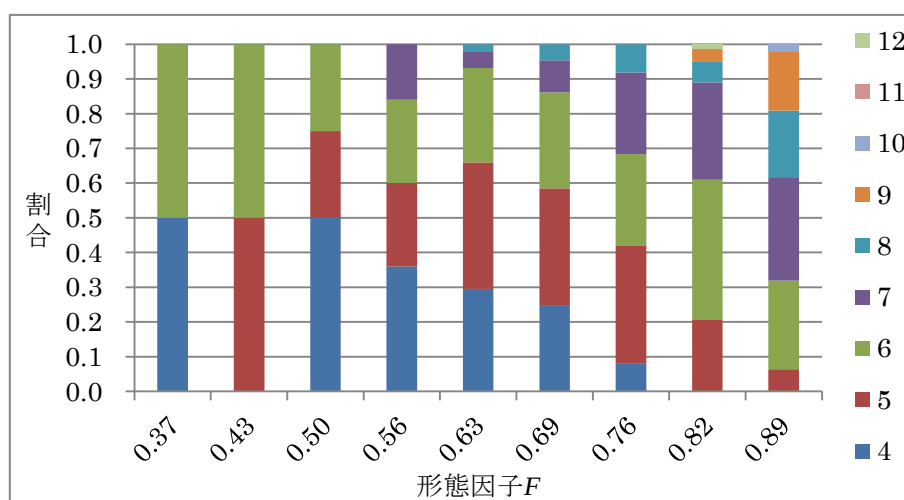


図 16. 形態因子 F のヒストグラムにおける隣接店舗数別の内訳の割合表示

③ 京都市

図 17 は, 京都市内のコンビニエンスストアの隣接店舗数別のヒストグラムである。隣接店舗における最頻値は, 5 件である。

図 18 は, 京都市の形態因子 F のヒストグラムにおける度数を隣接店舗数別に色分けしており, 形態因子の区間ごとの隣接店舗数の割合を示している。他の都市と比較して, 表 5 の領域面積の平均と標準偏差が最も高いことから, 地域により疎密のばらつきが大きいといえる。

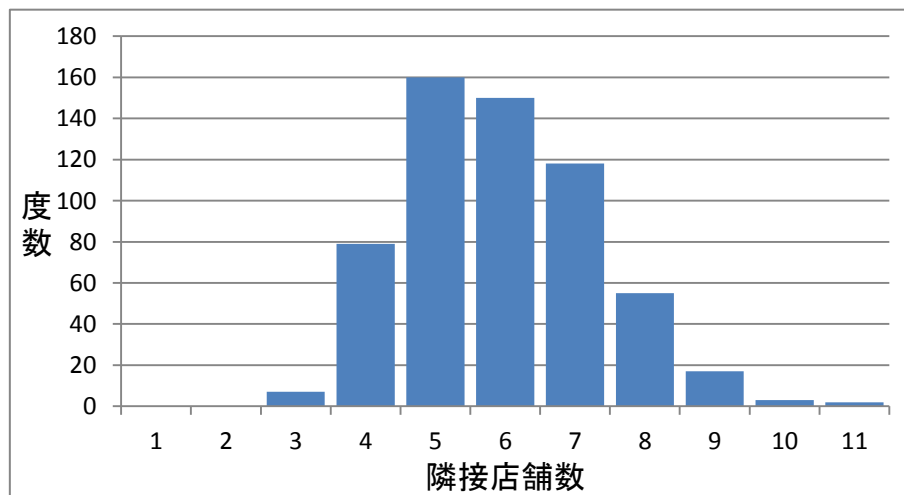


図 17. 京都市内コンビニエンスストアの隣接店舗数のヒストグラム

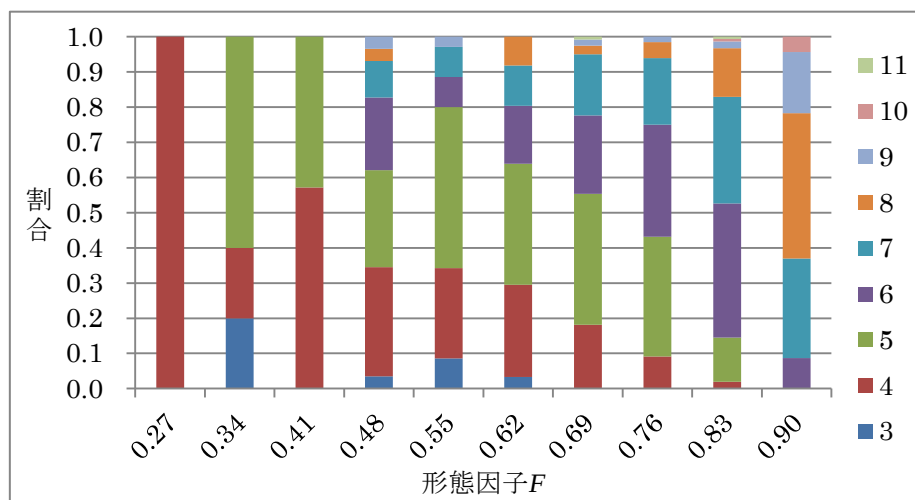


図 18. 形態因子 F のヒストグラムにおける隣接店舗数別の内訳の割合表示

表 5. 各都市の基本的な統計量

		平均	標準偏差	中央値	正規分布による中央値
横浜市	面積(S)	0.286	0.282	0.211	—
	形態因子(F)	0.693	0.118	0.711	0.710
	形態因子(f)	-1.072	0.473	-1.076	—
さいたま市	面積(S)	0.409	0.420	0.312	—
	形態因子(F)	0.709	0.105	0.724	0.723
	形態因子(f)	-1.126	0.431	-1.130	—
京都市	面積(S)	0.516	3.153	0.197	—
	形態因子(F)	0.688	0.123	0.705	—
	形態因子(f)	-1.051	0.475	-1.050	—

形態因子の代表値の評価に楕円を用いる. 具体的には, 各都市の形態因子の代表値を求め, その値と同値の形態因子をもつ楕円を描くことで各都市の形態因子の視覚的な評価を行う. 楕円を描くにあたって, 第二種完全楕円積分を用いた. 第二種完全楕円積分とは,

$$E(m) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - m^2 \sin^2 \theta} d\theta \quad (12)$$

である. ここで, 長半径を 1, 短半径を b としたときの楕円の周長は,

$$L(b) = 4E\left(\sqrt{1 - b^2}\right) \quad (13)$$

となる. 楕円の形態因子は, $F = \frac{4\pi(\pi b)}{L^2(b)}$ である. 漸化式 $b_n = \frac{FL^2(b_{n-1})}{4\pi^2}$ を用いた数値計算に

より短半径を求める. 図 19 は, 各都市の形態因子の中央値と同一の形態因子をもつ楕円を重ね合わせた図である. 各都市の面積や人口, 店舗数など様々な条件が異なるものの, それらの中央値の最大値と最小値の差は, $\max(F) - \min(F) = 0.018$ となっており, 視覚的に識別不能なほど似ている.

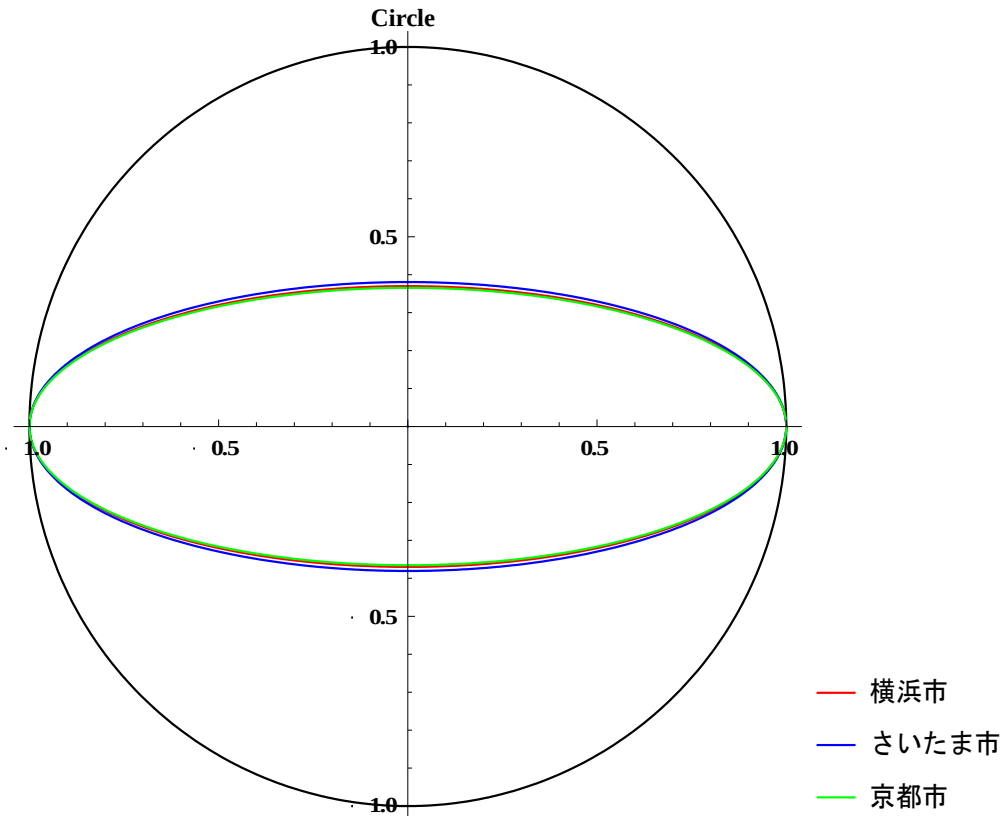


図 19. 各都市の形態因子の中央値と同一の形態因子をもつ楕円

第6章 おわりに

本研究では、定量的に各都市における店舗分布の特徴を求めることを目的とし、研究対象地域に対してボロノイ領域を用いたコンビニエンスストアの分布の分析を行ってきた。

先行研究では、コンビニエンスストアの立地と人口や道路、商圈の関係について経年別の変化を分析し、コンビニエンスストアの店舗のボロノイ領域を用途別に分け、面積の経年変化から店舗数の増加を明らかにしている。また、一店舗あたりの商圈下人口は、商圈面積が減少しているものの、大きな変動がなく、店舗あたりの人口が一定であることを明らかにした。しかし、複数都市間でボロノイ領域の特徴を比較することは、この論文では試みられていない。したがって、本研究では、地理的な情報から都市ごとの特徴を述べることを試みた。

研究対象地域の各都市の地図上にコンビニエンスストアの店舗座標を重ねたところ、それぞれの都市ごとに特徴のある分布をしていることが明らかになった。横浜市は、他の都市と比較して面積が大きいにも関わらず、各店舗はまんべんなく分布していた。さいたま市は、横浜市と同様に、市内全域に店舗が均一に分布していることが視覚的にわかる。京都市は、研究対象地域において最も面積が大きい。その広大な地域を所有しているにもかかわらず、北部が山岳地帯のためコンビニエンスストアの分布は、南部に集中しており、視覚的に疎密がはっきりした分布をしている。

ボロノイ領域の性質として、二つの母点間に存在する線分は、二点を結ぶ線分の垂直二等分線上に存在する。本研究では、その線分を店舗間の境界と考え、線分の数だけ隣接する店舗が存在するとする。形態因子の区間ごとの隣接店舗数の割合を示した図から、形態因子が増えるにつれ、隣接店舗数も増加していることが視覚的にわかる。

各都市の形態因子の中央値を代表値として楕円により視覚化した。その結果、各都市の面積や人口、店舗数など様々な条件が異なるものの、視覚的に識別不能なほど似ていた。形態因子を用いることで都市の共通性がわかった。

京都市のボロノイ領域面積の分散に注目すると、三都市間で最も大きいことから、店舗の分布仕方の疎密差が大きいことがわかる。また、横浜市のボロノイ領域面積の分散が小さいことから、比較的均一に店舗が分布していることがわかる。領域面積によって、研究対象地域における店舗分布の特徴が明らかになった。

最後に今後の課題を述べる。コンビニエンスストアの分布と都市の特徴を表す人口の分布や交通量との関係性を明らかにする。そして、コンビニエンスストアの店舗分布を基準として、商業や福祉施設などの分布の評価を行いたい。

参考文献

- [1] 浅野孝夫, 今井浩:”計算とアルゴリズム”, オーム社, p.182, 2000.
- [2] 杉原厚吉:”なわばりの数理モデル”, 共立出版, p.3, 2009.
- [3] 犬井鉄郎, 石津武彦, “複素函数論”, 東京大学出版会, pp.108–155, 1966.
- [4] L.V.Ahlfors, 笠原乾吉, ”複素解析”, 現代数学社, pp.122–125, 1982.
- [5] K.Hormann and A.Agathos.”The point in polygon problem for arbitrary polygons”,
Computational Geometry, vol.20, no.3, pp.131–144, 2001.
- [6] 遠田博史, 奥俊信, 森傑, ”コンビニエンスストアの立地分布に関する研究:札幌市を事例
として”, 日本建築学会大会講演梗概集, vol.2004, pp.797–798, 2004.
- [7] 岩野直, ”都市内部におけるコンビニエンスストアの立地展開”, 北海道地理, vol.2002,
no.76, pp.37–49, 2002.