商店の凝集性からみた谷地形と都市活動分布の関連について

On the relation between valley topography and urban activity distribution in the term of cohesiveness of shops

坂本哲史*・吉川徹・三宅貴之****
Tetsushi Sakamoto*・Tohru Yoshikawa** ・Takayuki Miyake**

In the current urban space, while new cities are being created due to the changing times, the original personality of the land has gone down. Even so, the terrain existing as the basis of the space is an inherent personality of the place. Thus, especially intricate terrain such as valleys possibly shows unique influence on human urban activities, not flat terrain. Based on this background, this study analyzed the recent distribution of shops in the valley based on the contrast between valley topography and places where shops agglomerate, in order to clarify the effect of valley topography in the 23 wards of Tokyo. The result showed that, in the narrow area around the valley topography, the commercial area gathers in the valley area. It also suggested that a compressing effect that brings about agglomeration of shops exists in places where a valley narrows and valleys meet.

Keywords: Distribution of shops, Land characteristic, Valley area, Valley line
商店分布，土地特性，谷圏域，谷線

１．はじめに

1-1. 背景

都市における空間には、建築物・道路・人・地形など様々な要素が集積して存在している。そして時代の移り変わりにより他地域との交流が進むにつれて地域を越えた共通性の高い形態の建物が多く建設され、新しい都市がつくられていく一方、場所の固有性が減少し、その土地本来が持つ個性が薄れてしまっていることがしばしば指摘される。しかし、空間の基礎として存在している「地形」は、その場所がもつ潜在的な構造であることからその場所がもつ固有の性格であるといえる。このことから、特に複雑な地形を持った巨大都市である東京に関しては、地形という切り口からその場所の固有性を見い出す試みが数多くなされてきた[1)2)3)]。それらの地形のなかでも谷のような入り組んだ地形の地域には、人間の都市活動に対して、平坦な地形にはない特有の影響を及ぼす力が存在していると考えられ、東京におけるそれに着目した言説[4)5)]も見られる。「谷地形」の影響を受ける代表的な都市活動としては、商店分布が考えられる。商店分布の要因としては平坦な地域を通るのが一般的な鉄道や幹線道路が極めて重要であるが、上記の言説からは谷地形という入り組んだ土地特性が商店分布にもたらす特有の影響もあると考えられるので、地形の要因を数値的にも分析する意義はあると思われる。地形が商店分布にもたらす影響の研究としては、道の傾斜と商店の連続が途切れる箇所に関係があることを示した羽賀ら[6)]のものなど、傾斜に着目したものが多く存在する。さらに商店分布以外に関しても、傾斜は多くの研究で分析されている[7)8)9)]。しかし、これらの研究での言及が少ない谷の中の平坦な領域でも、たとえば谷間の狭まる箇所においては回遊性、流動性の変化を通じて商店の凝集がある可能性がある。

1-2. 目的

そこで本研究では、谷底のポテンシャル、谷地形がもたらす影響を、商店分布の観点から明らかにすることを目的とする。このため、東京23区内において谷地形が谷の中を含めてもたらす複雑な影響を、谷地形と商業が集積する圏域、特に商店が凝集する箇所との対比から見い出していく。

1-3. 方法の概要

谷地形における商店の分布については、歴史的な観点で都市の成り立ちを考えると、谷地形があって鉄道・幹線道路がそれに沿って敷設され、その影響と谷地形がもたらす影響が複合的に作用していると考えられる。しかし、その複合的な影響を時系列的に分析するにはデータ収集などの制約が大きい。そこで本研究は、第一歩として現状を把握する調査分析、すなわち谷底における最近の商店分布の分析を行う。このために、まず、分析に用いる地形分析手法の定義と谷底の抽出法を示したのち、それをもとに谷底における商店分布を定量的に分析し、現状を把握する。次に、谷底での商店凝集箇所を抽出していくことで、谷地形がもたらす特有の地域特性について考察する。

1-4. 対象地域

東京都心は、地形の起伏が激しく、谷が形成されている地域が点在している。本研究では、その中でも、主に微地形区分にて谷地形に区分される地域で、商業の集積があり、山の手内の台地と低地が複雑に入り組んでいる4つの地区（赤坂、麻布十番、代々木八幡、白山）を対象地域とする。各地域の状況を比較する事で、谷地形特有の土地特性の有無を考察していく。対象地区それぞれに関しては、丘に囲まれて谷底が形成されている1.5km×1.5kmの範囲で分析を行う。なお、谷地形としてしばしば注目されるものの[10)11)]、鉄道がもたらす影響が非常に強いターミナル駅である渋谷駅などは除外した。

1-5. 使用するデータ

使用する都市空間のデータは、「東京都都市計画GISの平成23年度土地利用現況図データ」として、その土地利用種別において

* 非会員 ユニゾホールディングス株式会社（UNIZO Holdings Company, Limited）
** 正会員 首都大学東京大学院都市環境科学研究科（Tokyo Metropolitan University）

専用商業施設と住商併用建物の二つの商業系の建物を“商店”と定義づけて分析を行う。また、この商店の二つの建物データを結合したのち、分析しやすくするため建物ポリゴンデータの重心を算出し、ポイントデータに変換して分析を行う。地形データに関しては、「基盤地図情報の数値標高モデル5mメッシュデータ」を用いる。

2. 地形分析手法

本章では、谷地形における商店分布の凝集性を分析していくにあたり、地形データから必要なデータを作成していく。その中で作成するデータの定義や抽出法を示していく。

2-1. 標高

標高データの扱いに関しては、標高のラスタデータのままでは商店と地形の空間的関係を数値化しづらいため、DEMデータ（少数浮動点）を整数切捨て変換したのち、ポリゴン化する補正を行い、分析を進める。

2-2. 傾斜角

地形を分析していくにあたり、傾斜角は標高の変化を捉えるものとして有効な地形分析手法の要素である。ArcGIS上で標高データをもとに傾斜角を算出する際の方法は、相場らの研究[9]によるものを用いた。図3に傾斜角の概念図を示す。この方法では、処理対象セル(e)を中心とする3×3の近傍セルにあわせた平面を想定する。それぞれの標高値からx方向の傾斜(dz/dx)およびy方向の傾斜（dz/dy）を求めて、そこから傾斜角（slope_degrees）を算出する。傾斜角の値は小さくなるほど地表は平らになり、大きいほど地表が急勾配になる。傾斜角は標高データと同様に、ポリゴン化して分析を行う。

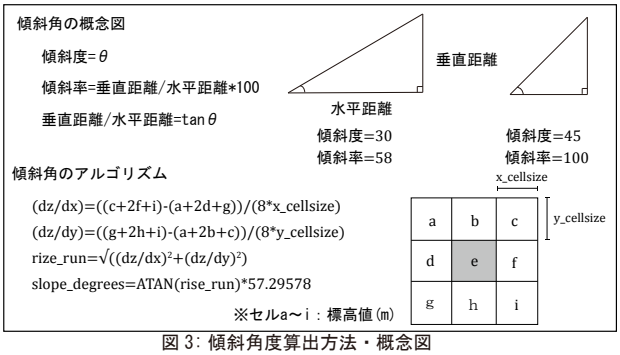

図 3: 傾斜角度算出方法・概念図

2-3. 谷線の抽出

谷線は、周辺より標高の低い地点が繋がる箇所（線）である。谷線が通る箇所は、谷地形を見ていく上で標高の低い箇所であることが容易に判断できることから、地形が生み出している要素の一つとして地形分析手法において有効である。そこで本研究では標高データから谷線を抽出する方法として、流水線を求めて、一定の流量を有した流路網を抽出するアルゴリズムの方法を紹介している中山ら[12]の研究や、ArcGIS上の水文解析機能における流路網抽出によって谷筋を導き出している坂井ら[13]による研究を参考にした。これらを踏まえて、特定のセルに着目したときに、傾斜などの土地条件が作用してそのセルに隣接する8つのセルがどの方向に流れるかを判定した結果として得られる有向線分を谷線とした。以下に、上記の文献を参考にした本研究の谷線の抽出手順を示していく。谷線を抽出していくにあたっての水文解析における手順を図4に示す。

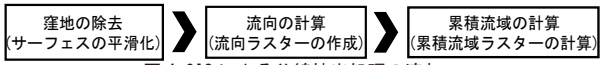

図 4:GIS による谷線抽出処理の流れ

ⅰ. 窪地の除去（サーフェスの平滑化）

DEM標高データ内に窪地が存在すると次の工程で示す累積セルの計算処理がうまく進行しないことから、窪地を埋める処理（標高増量処理）を行う。

ⅱ. 流向の計算（流向ラスターの作成）

任意セルを囲む８つの隣接セルのうち、標高値が最も低いセルの方向を流向として採用し、各セルに数値化した8種類の流向を与えたラスター画像を作成する。

ⅲ. 累積流域の計算（累積流域ラスターの計算）

任意のセルに流れ込むセルの累積量（累積流域）を算定する。谷地形を呈する場合に正の整数値をとり、谷次数が高次な谷ほど累積数が多くなる。その後、累積セル数の多い箇所を抽出することで谷線を抽出していく。その際に、累積セル数が少ない場合、未発達な谷地形を抽出している場合が多い。つまり累積流域の値が低いほど構成される谷線が多く広い範囲にわたり、累積流域が高いほど構成される谷線が少なく狭い範囲にしか現れない。そこで累積セル数がある一定の閾値以上を有するセルに値として1を割り当て、閾値未満の全てのセルはNoDataを割り当てる条件判定処理を行う。なお、今回設定する閾値に関しては、丘に谷線が可能な限り入り組まず分岐点が構成されることを目指して多数回の試行を行い、結果として累積流域の閾値を4000以上とすることとした（図6参照）。

2-4. 谷圏域抽出

本研究では谷底においての商店凝集箇所を分析するので、谷を定義・抽出するための作業を行う。対象地域が含まれる東京都心部は地形の入り組みが複雑であり、平地が広がる丘陵部から坂などの傾斜部分があって谷底の平地が広がるという地形区分となる。そこで本研究では、各対象地域に適した谷圏域を抽出するにあたり、相場ら[9]の傾斜地の定義である傾斜角10度以上という条件を考慮し、対象地域において傾斜地を除いた範囲として傾斜角10度以下の部分を抽出するなどの試行を行った。また、それぞれ

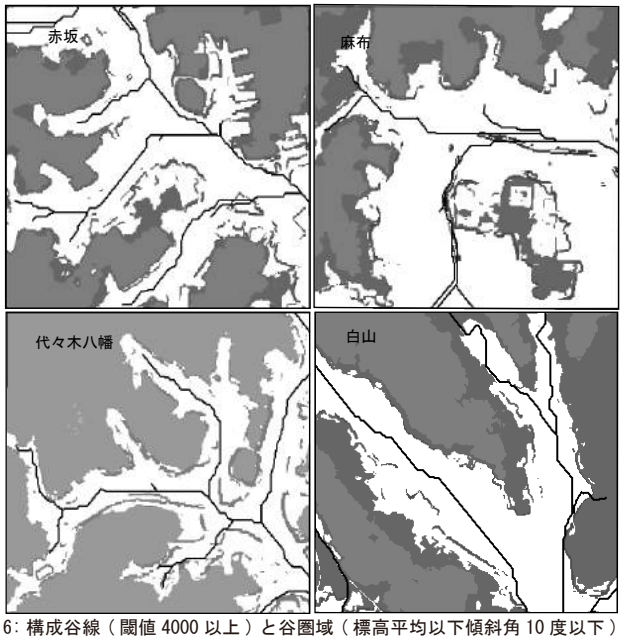

図 6: 構成谷線（閾値 4000 以上）と谷圏域（標高平均以下傾斜角 10 度以下）

の対象地域に対応させるための方法として対象の範囲内の標高平均を算出し、その数値以下の範囲を抽出した。その結果、平地でも谷底部分を除いた丘の平地を排除でき、それぞれの対象地域に適した圏域となる標高平均以下かつ傾斜角10度以下の範囲を「谷圏域」として定義して抽出した（図6参照）。

2-5. コスト距離

地形条件を考慮したツールとしてArcGISのコスト距離がある。これは、ユークリッド距離が位置間の距離として直線であるのに対して、地表上の移動（今回はセルのコスト特性の重みを傾斜値にする）を考慮して算出できる有効な手法であるので、本研究で採用した。その説明と算出法を以下に示す。算出法としては、コスト距離ツールは各セルから最も近いソース位置までの最短加重距離（累積移動コスト)を求める。その際のアルゴリズムを図8に示す。1つのノードから別のノードへの移動コストは、ノードの空間的な向きによって決まり、セルがどのように連続しているかも移動コストに反映される。また、本研究で算出したコスト距離は、標高・傾斜角と同様の理由のため整数変換してポリゴン化を行う。その際、数値が小数点第3位以下のため、1000倍する処理をした数値を用いた。

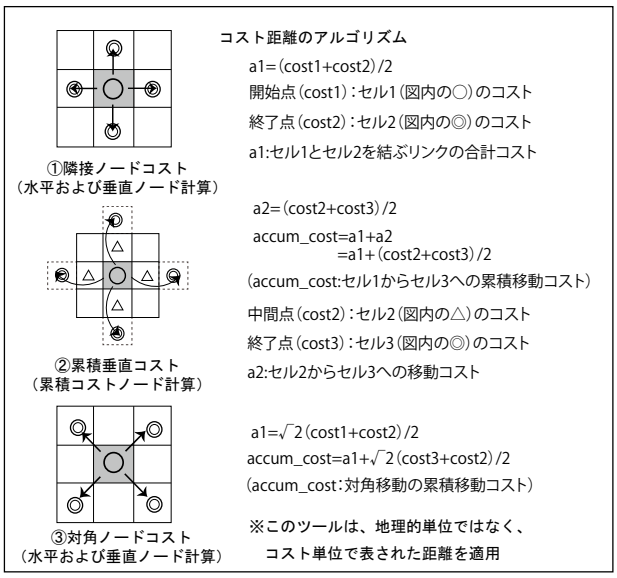

図 8: コスト距離算出方法・概念図

3. 谷地形と商店分布の空間的関係

本章では、前章で抽出したデータをもとに谷地形における商店分布の空間的関係を定量的に分析する。その中で、標高と商店、鉄道駅・幹線道路と商店、谷線と商店それぞれの空間的関係を分析し、谷圏域における商店分布の要因を示している。

3-1. 標高・傾斜からみた商店分布分析

まず、エリア全体での商店分布を標高値、傾斜値を用いて集計し分析する。

3-1-1. 商店の標高分布

各地域の商店がどの標高に分布しているかを図9の分布図と図10のグラフからみていく。各地域での標高の平均値（赤坂:19、麻布:16、代々木八幡:32、白山:17）を考慮してみると、どの地域の商店もおおよそ標高平均以下に大半の商店が分布している。そして標高が高くなるにつれて商店数は減少していく。このことは、谷圏域を抽出した際に標高平均を区切り値としたことの根拠を与えている。

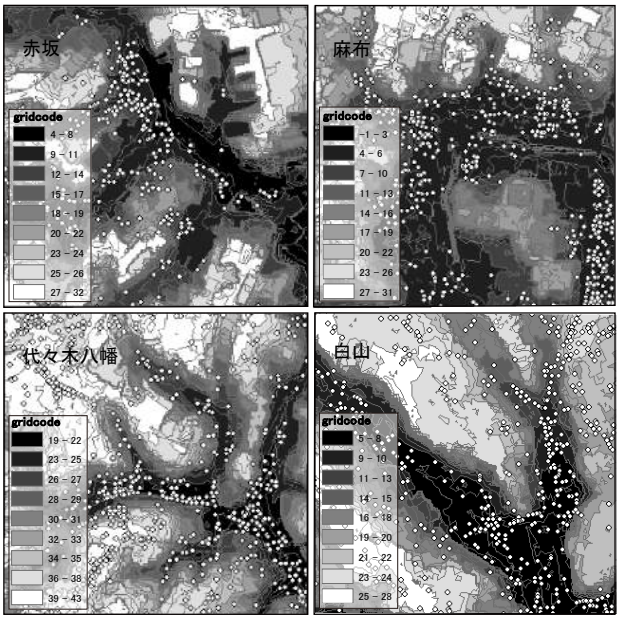

図 9: 標高からみた商店分布図

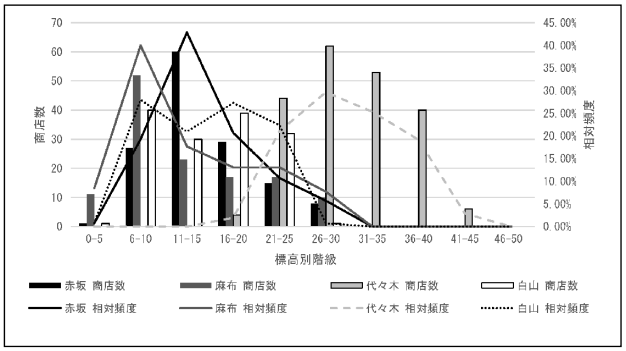

図 10: 標高商店分布グラフ

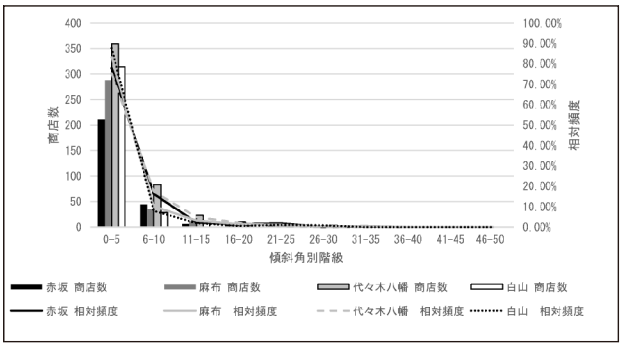

図 11: 傾斜角商店分布グラフ

3-1-2. 商店の傾斜角分布

傾斜角分布においては、図11の傾斜角商店分布グラフにて傾斜角の低い階級に商店が分布していることが明確である。またこのグラフから、2-4の谷圏域抽出の過程で述べた相場ら[9]の傾斜地の定義である傾斜角10度が境目となり、傾斜角10度以下に商店が多く分布している傾向が確認できる。このことは、谷圏域抽出において傾斜角10度以下という条件を加えたことの根拠となっている。さらに図11から、傾斜角10度以下では、どの地域においても傾斜角0-5度の箇所に約7割以上の商店が分布することがわかる。

以上をまとめると、標高分布と傾斜角分布をあわせてみてみると、谷圏域として抽出した箇所（標高平均以下かつ傾斜角10度以下）に多くの商店が分布していることがわかった。

3-2. 谷圏域内における商店の鉄道・幹線道路の要因

上記の内容から、本節では谷圏域内の商店のみに着目し、鉄道・幹線道路・谷線の要因に関して探っていく。

3-2-1. 鉄道の要因

鉄道の要因の要因を探るために本研究では「国土数値情報」の「平成28年度の鉄道データ」を用いる。ここでそれぞれの地区内にある鉄道駅、路線情報を表1に、谷圏域内の商店と鉄道駅の空間的な関係の分布図を図12に示す。また鉄道駅から商店までの距離分布を示したものが図13のグラフである。鉄道路線は、主に平らである谷筋を通っているが、商店分布を鉄道駅からの距離関係をみると、どの地区も分布の距離にばらつきがあり、駅から少し離れた箇所から分布が高くなりその後ゆるやかに減少していく傾向がある。その結果、谷圏域の広がりの範囲では、鉄道駅近隣に商店が集積しているとは判断できないことが分かった。すなわち谷圏域が示す谷底では、鉄道駅の要因はさほど強くないといえる。

表 1: 地区内周辺の鉄道駅一覧

地区名	駅・路線名
赤坂	東京メトロ銀座線・南北線溜池山王駅、東京メトロ銀座線・丸の内線赤坂見附駅、東京メトロ丸の内線・千代田線国会議事堂駅、東京メトロ南北線・有楽町線・半蔵門線永田町駅、東京メトロ南北線六本木一丁目駅、東京メトロ千代田線赤坂駅、都営大江戸線六本木駅
麻布	東京メトロ日比谷線神谷町駅、東京メトロ日比谷線六本木駅、東京メトロ南北線・都営大江戸線麻布十番駅、都営大江戸線赤羽橋駅、都営三田線三田駅、JR東海道線田町駅
代々木	京王線幡ヶ谷駅、小田急線代々木八幡駅、小田急線参宮橋駅、小田急線東北沢駅、小田急線・メトロ千代田線代々木上原駅、東京メトロ千代田線代々木公園駅、小田急線・メトロ千代田線代々木上原駅、東京メトロ千代田線代々木公園駅
白山	東京メトロ丸の内線茗荷谷駅、東京メトロ南北線本駒込駅、東京メトロ南北線後楽園駅、東京メトロ南北線東大前駅、都営三田線白山駅、都営三田線大江戸線春日駅

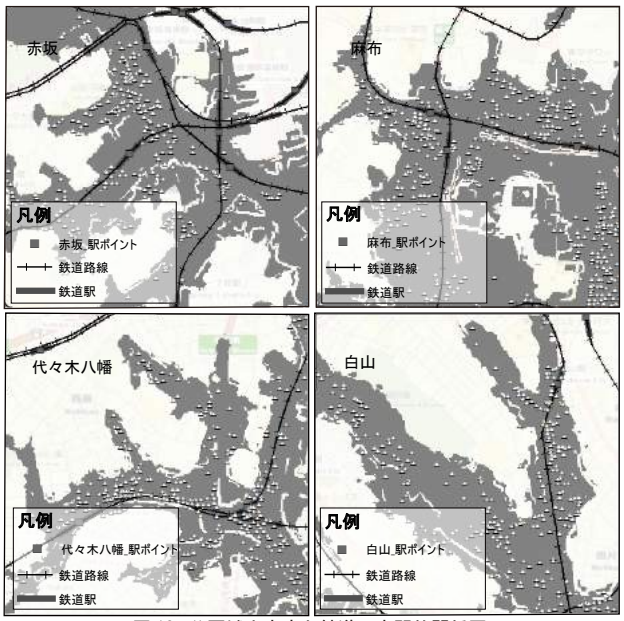

図 12: 谷圏域内商店と鉄道の空間的関係図

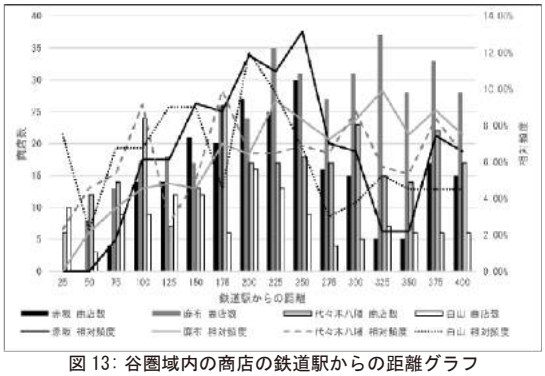

図 13: 谷圏域内の商店の鉄道駅からの距離グラフ

3-2-2. 幹線道路の要因

一方、幹線道路の要因を探るために使用するデータとして「ArcGISデータコレクション道路網2014」を用い、幹線道路を定義する。このデータから、各地区に通る道路幅や道路種別を考慮した結果、道路網データ属性のspeed_codeに基づき、道路幅員13m以上の道路種別全てと道路幅員5.5m以上13m未満かつ、道路種別にて都市高速道路、一般国道、主要地方道、一般都道府県道、指定市の一般市道となるものを「幹線道路」として定義し抽出した。鉄道駅と同様に幹線道路の分布図を図14に示し、幹線道路から商店までの距離分布のグラフを図15に示した。分布図を見ると、幹線道路に関しても鉄道と同様に平らである谷筋の谷圏域内を多くが通っている。そこで距離分布のグラフをみると、どの地区に関しても幹線道路に近い距離に商店が多く、距離が遠くなるにつれて商店数は減少していく。特に白山に関しては、その傾向が顕著であることが分かり、幹線道路の要因が強いといえる。一方、代々木においては比較的緩やかに減少しているので幹線道路の要因が強いとはいえない。

3-3. 谷圏域における商店の谷線からの距離

前項までは、谷地形における商店分布の要因として都市の交通の骨格となる鉄道と幹線道路という二要素を取り上げた。さらに本節では谷地形特有の地形が及ぼしている要因の一つであり、周辺より標高の低い地点を結んだ「谷線」（前記2-3節参照）からの距離に着目することで低い標高にどれだけ商店が集中している

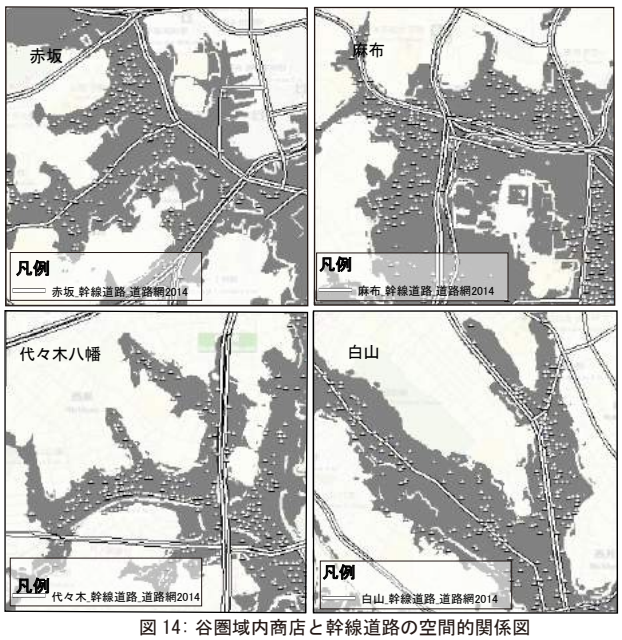

図 14: 谷圏域内商店と幹線道路の空間的関係図

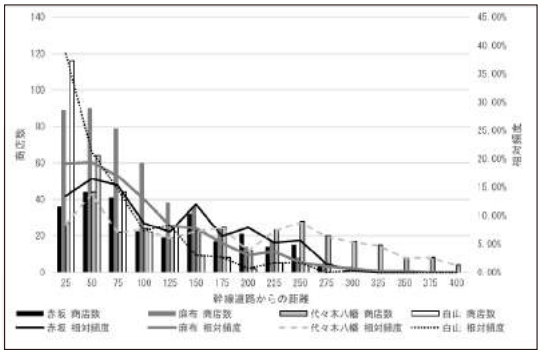

図 15: 谷圏域内の商店の幹線道路からの距離グラフ

のかをみる。鉄道駅、幹線道路の分析と同様に分布図と距離分布のグラフを図16･17に示す。これらより、商店は谷線付近に集中している。そして谷線から遠くなるにつれて減少する右肩下がりのグラフ概形となっている。このことから標高の低い地点に商店が多く集まっているといえる。しかしその中でも麻布に関しては、谷圏域の谷幅が広いこともあり、谷線の近い距離に商店は集中しているが、比較的谷線から離れた箇所にも商店の分布は広がっている。図13、15、17を比較してみてみると分かるように、谷線からの距離に関しては商店数、相対頻度ともに近距離に多くの商店が分布していることが分かった。

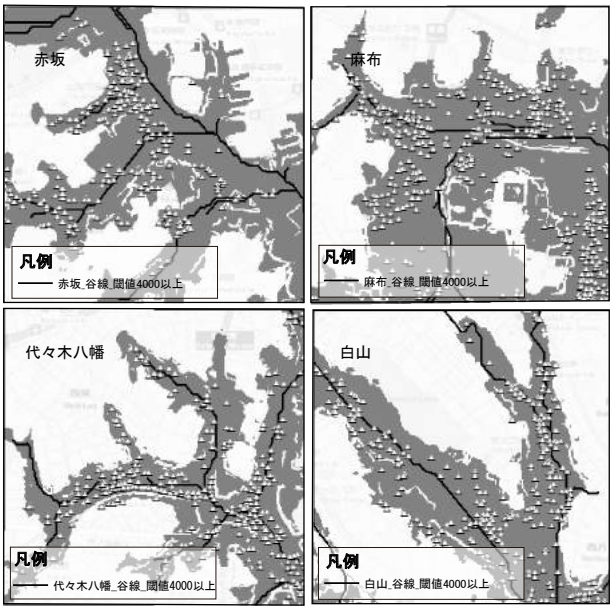

図 16: 谷圏域内商店と谷線からの空間関係図

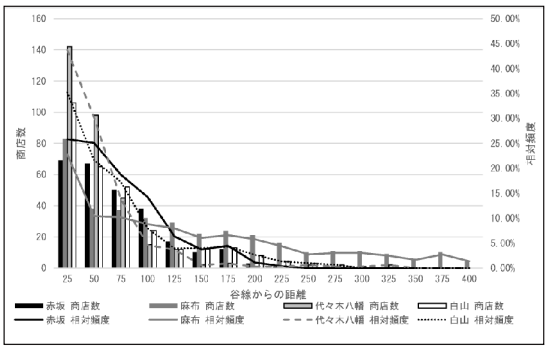

図 17: 谷圏域内商店の谷線からの距離グラフ

4. 商店の凝集する箇所

本章では、前章までの谷圏域のマクロな分布の結果をより掘り下げるため、谷圏域内でのミクロな分布に着目して、商店の凝集する箇所を分析していく。

4-1. 収縮した谷圏域抽出

谷地形のなかでの商店の凝集を図るために抽出される谷圏域自体をより収縮させる。上記の3章より谷線からの距離要因が強いことが判明しているので、それを用いて谷圏域の形状を整え、より収縮した谷圏域を抽出する。このために、2-5で述べた「コスト距離」を利用して谷圏域を、谷線からの一定以内のコスト距離圏域で切り取り抽出する。コスト距離の範囲をどの閾値で区切るかについて試行錯誤を重ねた結果として、コスト距離1以下の範囲で抽出することにした。その理由として、傾斜による加重が少ないことから谷と考えることが妥当であり、しかも前節の谷圏域の商店凝集箇所がおおよそ覆えているからである。それに加え、細かいポリゴンや傾斜が高い所に囲まれている飛び地箇所などを除去するために、谷圏域のポリゴン形状を整える補正処理を行った（図18参照）。その際の商店数の変化を表2にてみてみると、数としては減っているが図18から観察する限り凝集している箇所は削られていないことから、商店の凝集のある箇所への影響を除いた谷圏域の形状が整えられた。

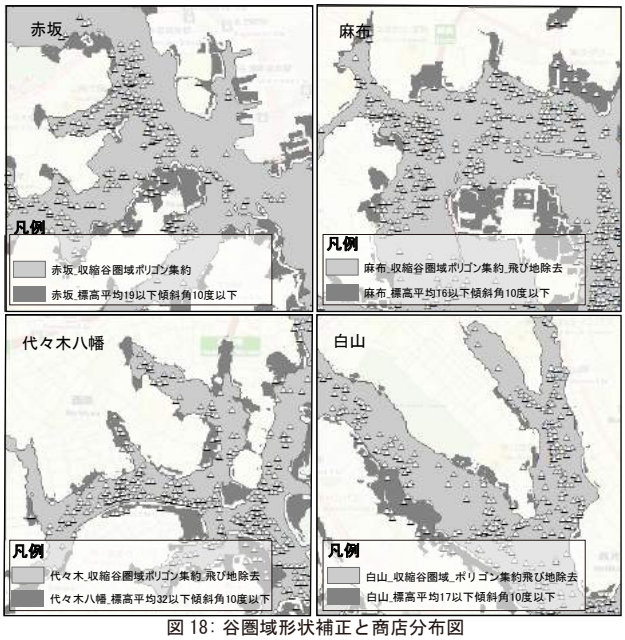

図 18: 谷圏域形状補正と商店分布図

表 2: 谷圏域形状補正による商店数・割合

	赤坂	麻布	代々木	白山
地区内商店数	314	543	611	522
旧谷圏域内商店数	269	467	325	301
旧谷圏域内商店割合	85.67%	86.00%	53.19%	57.66%
新谷圏域内商店数	241	431	282	281
新谷圏域内商店割合	76.75%	79.37%	46.15%	53.83%

4-2. 谷圏域内における商店密度　-境界線からのバッファ-

次に、前節で抽出した谷圏域内における商店密度を詳しくみていく。その方法として谷圏域の境界線からバッファを内側に広げることで、谷圏域内における商店が凝集する箇所について探っていく。その方法により谷圏域境界線からの距離帯別商店密度を求めたグラフを図19に、その分布図を図20に示した。商店密度は、境界線付近よりは、少し離れたおおよそ75m付近まで高まり、その後減少していく。また、境界線からバッファを広げると各地区の谷幅も分かりやすく、なかでも代々木八幡は谷幅が狭くより絞られた圏域となっている。その一方、麻布に関しては谷幅が広くその分商店分布も拡がる。地区比較をすると地形の入り組みが複雑で谷幅が狭いほど商店の凝集は高まることが示唆される。

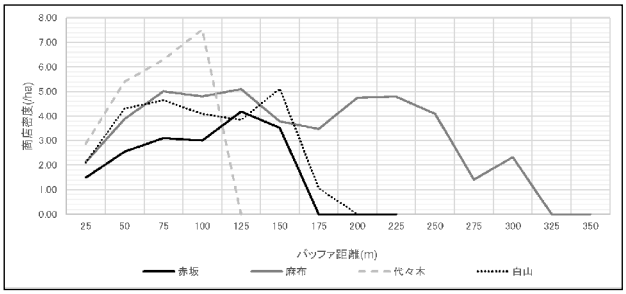

図 19: 谷圏域境界線バッファ距離帯別商店密度 (/ha)

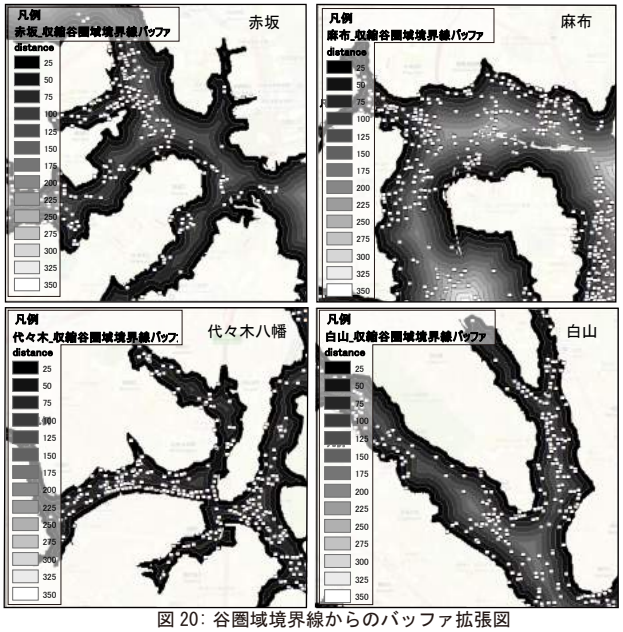

図 20: 谷圏域境界線からのバッファ拡張図

4-3. 商店凝集の分析-絞り-

さらに谷圏域内において商店が凝集する箇所として予想される、谷幅の狭まる箇所や谷の出会う場を数値化することによって、谷地形において商店が凝集する箇所の「絞り」を特定し、谷地形がもたらす地域特性を明らかにしていく。

4-3-1. 谷の狭まる箇所

谷圏域内における谷幅の狭まる箇所の商店の凝集をみるために谷幅を算出する。谷幅の算出方法は、図21に示すように、まず境界線からのバッファをもとにして作成した軸線（谷圏域の中心を繋ぐ）から垂線をひいた。その際、湾曲部分や合流部分で垂線が重なる部分は削除する。その後、隣接する垂線の平均長を算出し、その箇所の谷幅と定義する。さらに、商店の凝集

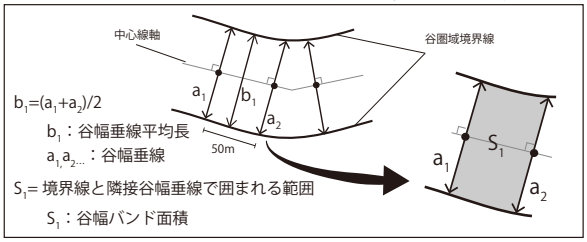

図 21: 谷幅・谷幅バンド面積算出方法簡略図

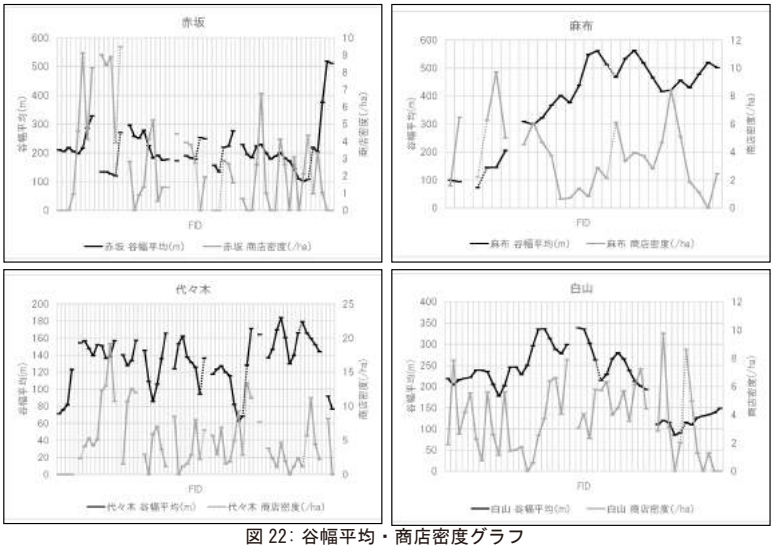

図 22: 谷幅平均・商店密度グラフ

の指標としての商店密度を計算するために、垂線と谷圏域のポリゴン境界線で囲まれた領域ごとに面積を算出した。この際、谷の出会い場として次項で分析する合流地点のポリゴンと谷底の端などに存在する小さな窪みは除外した。その結果をグラフ化したものを図22に示す。グラフ内の点線部分は、連続していない谷幅のつながりである。そこでグラフから谷幅、商店密度の前後変化（増加・減少）を＋－で示した（表3）。図22と表3を観察すると、谷幅が減少し商店密度が増加する傾向が少なくない箇所で見られる。なかでも麻布は全体として（－＋）の組み合わせが占める割合が高く、谷幅が狭まると商店密度が高くなるという関係が観察され、絞りの作用が示唆される。麻布でこの関係が顕著である理由として、主要な谷が１本で谷としての形状が単純であることが考えられる。

4-3-2. 谷の出会う場

谷の出会う場、つまり谷が合流する箇所での商店の凝集を見るために、前項の分析において谷の出会い場箇所のポリゴンのみを抽出して商店密度を算出した（表4）。白山、代々木に関しては商店密度平均以上が半数程度であるが、他地区は商店密度平均以上が大半であり、出会い場の商店密度は高いということが示唆された。

5. 結論

本研究では、東京都心の4各地域について谷圏域における商店の凝集について分析した。谷圏域に商圏は凝集し、さらに谷が狭まる場所と谷の出会う場に、商店の凝集をもたらす絞りの作用があることが示唆された。今後の課題としては、谷地形における商店分布だけでなく、商店が集まることによる人間の都市活動への影響の分析が挙げられる。

表 3: 谷幅・商店密度の変化

赤坂_変化(谷幅・商店密度)	
(＋＋)	7
(－－)	10
(＋－)	11
(－＋)	8
その他	6

麻布_変化(谷幅・商店密度)	
(＋＋)	5
(－－)	4
(＋－)	5
(－＋)	9

代々木_変化(谷幅・商店密度)	
(＋＋)	9
(－－)	9
(＋－)	12
(－＋)	11
その他	3

白山_変化(谷幅・商店密度)	
(＋＋)	13
(－－)	11
(＋－)	10
(－＋)	8
その他	1

表 4: 谷圏域内出会い場商店密度

赤坂	平均商店密度		2.79657143
FID	面積(ha)	商店数	商店密度(/ha)
9	3.07492	19	**6.1790254**
15	4.71979	25	**5.2968505**
25	2.09717	10	**4.7683321**
27	1.73493	9	**5.1875253**
33	2.21772	0	0
39	3.55378	9	2.53251482

麻布	平均商店密度		3.73310204
FID	面積(ha)	商店数	商店密度(/ha)
3	1.31702	6	**4.5557258**
8	10.7172	54	**5.0386102**

代々木	平均商店密度		4.90856662
FID	面積(ha)	商店数	商店密度(/ha)
5	1.23113	4	3.24905294
15	1.89758	10	**5.269869**
20	1.52177	8	**5.2570251**
27	2.76642	5	1.8073895
36	1.10439	2	1.81094938
47	2.29153	20	**8.727805**
49	1.84016	5	2.71715215
63	1.6991	11	**6.4740262**

白山	平均商店密度		3.69412844
FID	面積(ha)	商店数	商店密度(/ha)
23	5.11868	10	1.95362902
37	3.0916	18	**5.8222341**

参考文献

1)鈴木博之, 東京の「地霊」ゲニウスロキ, 1990, 文藝春秋　2)中沢新一, アースダイバー, 2005, 講談社　3)陣内秀信, 東京の空間人類学, 1992, 筑摩書房　4)皆川典久, 東京「スリバチ」地形散歩, 2012, 洋泉社　5)今尾恵介, 東京凸凹地形散歩, 2017, 平凡社新書　6)羽賀正和, 吉川徹, 2011, 微地形が小売り商店立地分布に与える影響 - 下北沢を対象としたケーススタディ - , 都市計画論文集Vol. 46, No1　7)角皆貴紀, 2010, GIS用いた微地形と街路パタンによる地域分析と記述 - 東京・神田川流域を対象として - , 早稲田大学創造理工学研究科建設工学専攻修士論文　8)細谷基之, 2008, 地形に着目した街路網生成シミュレーション - 東京山の手を対象として - , 首都大学東京大学院建築学域平成18年度修士論文　9)相場健一, 吉川徹, 2012, 地形的呼称が付いた建物の分布から見た地域認識に関する分析, 多摩ニュータウン研究No. 14　10)ハイライフ研究所, 谷底から平面立体への街づくりがスタートする渋谷,
2012, http://www.hilife.or.jp/datafile2012/05.pdf(2017.7閲覧)　11)東京大学羽村研究室, 生きろ、大地とともに, 2013, http://bin.t.u-tokyo.ac.jp/dss/img/studio/studio_2013sumsh_output1.pdf(2017.7閲覧)　12)中山大地, 小寺浩二, 2000, 地形学・水文学における地理情報の処理手法について-数値地形モデルを用いた流域地形計測の試み-, 法政大学計算科学研究センター研究報告, 13, pp1-6　13)坂井佑介, 敦賀屋研次郎, 龍見栄臣, 大野亮一, 2013, DEMを用いた渓流の面的形状の把握, 砂防学会, Vol. 66, No. 2, pp64-68
14)ArcGIS Desktopウェブページ, https://pro.arcgis.com/ja/pro-app/(2018.1閲覧)