

敷地形状と建物棟数密度及び道路延長密度に関するモデル分析  
—敷地—建物の原則及び格子状の道路網パターンに基づいて

薄 井 宏 行

## 論文概要

望ましい住環境を実現するためには、現行の建物形態規制を再考する余地があると指摘されている。建物形態は敷地形状と建物形態規制に依存する一方で、敷地形状の多様さは建物形態を多様にするため、その結果として実現する住環境を把握することは困難だからである。従って、現行の建物形態規制を再考するためには、地域における敷地形状を分析することで、その現状を把握することが重要である。ところが、個々の敷地形状に関する空間データを入手することは容易でない。

このような背景を踏まえて、本論文では、個々の敷地形状が未知のとき、地域における敷地形状を分析する手法を検討する。建物形態を規定する指標として、敷地の間口と奥行に着目し、地域における敷地の平均間口及び平均面積（ネット）をそれぞれ間口及び面積とする矩形敷地を「モデル敷地」と定義する。このとき、「モデル敷地」の奥行は、地域における敷地の平均間口に対する平均面積（ネット）の比として定義される。

「モデル敷地」の形状は、地域における建物棟数密度と道路延長密度のバランスに依存する。一方で、建物棟数密度と道路延長密度は、それ自体が地域における平均的な住環境を反映する。前者は地域における建物間の平均相隣距離や建蔽率を反映し、建物の近傍における通風の良し悪しや火災発生時における延焼リスクを反映する。また、後者は地域における移動の効率性を反映する。このように、両者は、住環境の保健性、安全性、利便性及び快適性を反映する。そこで、「モデル敷地」の形状と建物棟数密度及び道路延長密度の関係を理論的かつ実証的に考察することで、地域における平均的な住環境を反映する密度指標値と敷地形状の平均像との関係を論じる。

第1章では、研究の背景と目的、既往研究の整理と本論文の位置づけ、論文の構成そして実証分析において使用する空間データを明確にしている。

第2章では、モデル敷地の間口、奥行、及び間口奥行比と建物棟数密度及び道路延長密度の関係について理論的かつ実証的に論じている。また、建物前面後退距離と地域における建物棟数密度及び道路延長密度の関係について論じている。

正方格子状の地域モデルを想定し、地域におけるモデル敷地の間口、奥行、そして間口奥行比を、建物棟数密度及び道路延長密度の関数として定式化することで、1)モデル敷地の間口は建物棟数密度（グロス）に反比例し、かつ道路延長密度に関する上に凸の2次関数となること、2)モデル敷地の間口が最大となる道路延長密度が存在すること、3)モデル敷地の奥行は建物棟数密度に依存せず、道路延長密度、地域の形状及び交差点密度に依存すること、4)モデル敷地の奥行は道路延長密度の凸関数となること、5)モデル敷地の間口奥行比は道路延長密度の単調減少関数となること、6)建物棟数密度（グロス）の増加はモデル敷地の奥行の増加に寄与する一方で、道路延長密度の増加はモデル敷地の間口の増加に寄与することを理論的に示している。

また、東京23区を対象に、モデル敷地の間口、奥行、そして間口奥行比の分布を示し、1)最頻値はそれぞれ11m, 16m, そして1.4であること、2)モデル敷地の間口と奥行の大小関係を決定する基準は道路延長密度の単調減少関数で与えられること、3)モデル敷地の間口奥行比の分布は道路網の充実度と比較して建物棟数密度が高い地域と低い地域を示していることを明らかにしている。

さらに、地域における建物前面配置自由度の平均  $\bar{D}_{Free}$  に着目し、1)  $\bar{D}_{Free}$  は道路延長密度の単調減少関数であること、2)道路延長密度が低い地域ほど、道路網整備は  $\bar{D}_{Free}$  の減少に寄与する一方で、道路延長密度が高い地域では、道路網整備よりもネットの実建蔽率を緩和するほうが  $\bar{D}_{Free}$  の減少に寄与すること、3)東京23区における  $\bar{D}_{Free}$  の最頻値は5mであること、4)モデル敷地の奥行と間口奥行比の変化に対して、モデル敷地の奥行に対する建物前面後退距離の平均  $\bar{D}_s$  の比及び  $\bar{D}_{Free}$  に対する  $\bar{D}_s$  の比は概ね安定傾向にあり、 $\bar{D}_{Free}$  の約半分を  $\bar{D}_s$  に割り当てる傾向にあることを示している。

一方で、第2章では、これらの結果を得るために、以下の三つの仮定を設けている。

第一に、正方格子状の地域モデルを仮定している。ところが、実市街地における地域の形状及び道路網パターンは不定形である。このため、想定する地域の形状及び道路網パターンの違いがモデル敷地の間口、奥行及び間口奥行比の算出結果に及ぼす影響を考察する余地が残されている。

第二に、地域における敷地の平均奥行と平均間口奥行比を考える代わりに、モデル敷地の奥行と間口奥行比を考えている。なぜなら、敷地の平均奥行や平均間口奥行比は、建物棟数密度や道路延長密度を用いて直接的に定式化することができないためである。

第三に、地域に存在するすべての建物について、建物と道路の近接性が成立することを仮定している。

上記の三つの仮定の妥当性について、第3章から第6章において論じている。

第3章では、道路延長密度が同じとき、想定する地域形状及び道路網パターンの違いが、敷地の平均間口の算出結果の違いに及ぼす影響を理論的に考察している。その結果、1)地域形状が正方形でない地域において、地域形状は正方形と想定するとき、道路網パターンがランダムパターンの場合における敷地の平均間口  $\bar{F}_k$  は実際よりも短くなること、2)想定する道路網パターンに関らず、敷地の平均間口が等しくなるような道路延長密度  $\lambda_0$  が存在する一方で、 $\lambda > \lambda_0$  のとき、その差は  $\lambda$  の2乗に比例して急速に拡大することを明らかにしている。

また、実市街地を対象に、想定する地域形状及び道路網パターンの違いが敷地の平均間口の算出結果に及ぼす影響を検証した結果、1)地域形状を正方形と想定することによる、 $\bar{F}_k$  の算出結果の違いはほとんど生じないこと、2)想定する道路網パターンの違いによる、敷地の平均間口の算出結果の違いは、平均5%であり、最大でも約20%であること、3)道路網パターンがランダムパターンをなす地域における敷地の平均間口は、格子状パターンをなす

地域における敷地の平均間口よりも短くなるものの、その程度を実市街地において検証した結果、両者の差の平均は約4%であり、最大でも約20%であることがわかった。加えて、4)実市街地における道路延長密度は $\lambda_0 < \lambda < \lambda_R^*$ の範囲に分布すること、5) $\lambda$ と $\lambda_0$ の乖離度を確認した結果、その最頻値は0.2であることを明らかにしている。

さらに、想定する地域形状及び道路網パターンの違いがモデル敷地の奥行の算出結果に及ぼす影響を検証した結果、正方格子状パターンを想定するとき、1)地域形状が細長いほど、モデル敷地の奥行の相対誤差は大きくなること、2)正方格子状パターンを想定する場合と実市街地における地域形状及び道路網パターンを考慮する場合の両者における交差点密度の大小関係によって、モデル敷地の奥行の相対誤差に及ぼす影響は異なること、3)正方格子状パターンを想定するとき、実市街地における地域形状及び道路網パターンを考慮する場合と比較すると、モデル敷地の奥行は約10%短くなることを明らかにしている。

従って、モデル敷地の間口及び奥行を算出するために、規範的な道路網パターンとして正方格子状パターンを想定するとき、これらの性質を考慮する必要があることを指摘している。

第4章では、地域における敷地の平均奥行を簡便に推定する方法について論じている。

まず、ノンパラメトリック検定の一つである、二種類の変数の値が既知の場合の条件付検定を用いる方法に基づいて、地域における敷地間口と敷地奥行の独立性を検定する方法を構築している。

つぎに、道路網パターンが格子状の地域として東京都墨田区石原3丁目、不規則な地域として東向島5丁目を選定し、敷地の間口と奥行の独立性を検定した結果、有意水準1%のもとで、敷地間口と敷地奥行の独立性は成立することを明らかにしている。また、敷地の平均奥行 $\bar{D}$ と敷地の平均間口に対する平均面積の比 $\bar{s}/\bar{F}$ の相対誤差を算出した結果、1)石原3丁目の場合は4%、東向島5丁目の場合は21%であること、2)両者の町丁目において、 $\bar{s}/\bar{F}$ は $\bar{D}$ を過小に推定することを明らかにしている。とくに、東向島5丁目のように、道路網パターンや建物配置が不規則である場合、 $\bar{D}$ と $\bar{s}/\bar{F}$ の相対誤差は大きくなる傾向にあり、その差の程度は17%となることを明らかにしている。

第5章では、面ボロノイ分割を用いる方法に基づいて建物と道路の近接性を定義し、バッファ領域を用いる方法はどの程度の精度で建物と道路の近接性を判定できるのか検証している。東京都文京区千駄木2丁目を対象に、道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ を算出した結果、 $BF^*$ は4mであることを明らかにしている。また、擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法とバッファ領域を用いる近接性判定方法の判定精度比較を行った結果、後者の方法では、道路に対する壁面後退距離が長い建物について判定精度が劣るものの、両者の近接性判定精度の差は0.2%から3.3%であることを明らかにしている。さらに、当該町丁目における建物のうち、15%から18%の建物は道路に近接しないことを明らかにしている。一方で、分析に要する時間を比較した結果、後者の方法は前者の方法の約11分の1である。



従って、近接性判定精度と分析に要する時間と手間を勘案すれば、バッファ領域を用いる近接性判定方法は、擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法の代替的方法として用いることができるという結論を得ている。

第6章では、道路境界線からの最適バッファ距離を簡便に推定する方法を構築している。

既往研究で得られた知見に基づいて、任意の町丁目における道路境界線からの最適バッファ距離は、町丁目の平均敷地面積（グロス）をもつ正方形敷地の奥行 $D$ に線形比例すると仮定している。建物棟数密度を用いて任意の町丁目における正方形敷地奥行 $D$ の値を算出し、 $D$ が10m, 12.5m, 15m, 17.5m, 20mとなる町丁目を選定し、選定した町丁目における道路境界線からの最適バッファ距離を算出している。道路境界線からの最適バッファ距離を被説明変数とし、正方形敷地奥行を説明変数とする単回帰分析（ただし、定数項は0とする）を行った結果、道路境界線からの最適バッファ距離は正方形敷地奥行に比例定数0.35を掛ければ推定可能であることを明らかにしている。決定係数は0.74である。従って、算出が容易な建物棟数密度を用いて道路境界線からの最適バッファ距離を簡便に推定できることを明らかにしている。

また、本推定方法を用いて、東京23区の各町丁目における建物と道路の近接性を判定し、道路に近接しない建物棟数の割合を算出した結果、1)当該割合の度数分布は単峰性を有すること、2)平均と最頻値はそれぞれ21.1%と20%であること、3)東京23区のすべての町丁目の約半数において、当該割合は20%未満となること、4)都心部とくに格子状の道路網パターンをもつ町丁目では、当該割合は10%未満となる一方で、それ以外の町丁目では、当該割合は20%前後となることを明らかにしている。

比例定数 0.35 は、都市計画的にも興味深い数値である。簡単なモデルを構築することによって、道路境界線からの最適バッファ距離の都市計画的な意味を理論的に見出すことを試みた。その結果、道路境界線からの最適バッファ距離は、ある町丁目における前面道路境界線からの平均的な建物壁面後退距離であることを明らかにしている。これは、敷地所有者が法律を遵守して建築面積を最大化しようとした結果であると解釈できる。また、正方形敷地奥行  $D$  に対する建物壁面後退距離の比  $\beta$  を導出し、 $D$  に対する  $\beta$  の感度分析を行った結果、 $\beta$  の増加率は  $D$  の逆減関数であることを明らかにしている。これは、比例定数 0.35 の安定性を保証する上で重要な示唆を与える。

第7章では、本論文の総括と今後の課題について述べている。

主な結論はつぎのとおりである。

個々の敷地形状が未知のとき、モデル敷地に着目することで、地域における敷地形状を分析する手法を検討した。現実の都市空間は、様々な形状をもつ敷地とその集合である街区、そして街区の集合と互いに双対関係にある道路網で構成される。このような不定形の都市空間における敷地形状の平均像を捉えるために、1)正方格子状の地域モデル、2)敷地の

間口と奥行の独立性，3)一敷地一建物の原則を想定する妥当性を検証した．その結果は，第3章から第6章までに各章において述べているとおりである．もし，1)から3)までを想定することが妥当であるならば，a)モデル敷地に着目すること，b)不定形の都市空間を正方格子状の地域モデルに変換することは妥当であり，c)第2章におけるモデル敷地の形状分析の結果は，現実の都市空間における敷地形状の平均像を捉えたものであるといえよう．

# 目 次

第1章 序論.....	1
1.1 研究の背景と目的.....	1
1.2 既往研究の整理と本論文の位置づけ .....	5
1.2.1 敷地形状に関する既往研究.....	5
1.2.2 建物棟数密度や道路延長密度などの密度指標に関する既往研究.....	7
1.2.3 建物と道路の近接性に関する既往研究 .....	9
1.2.4 本論文の位置づけ .....	9
1.3 論文の構成 .....	10
1.4 本論文で使用する空間データ .....	13
第2章 敷地形状及び建物後退距離と建物密度及び道路密度.....	14
2.1 はじめに.....	14
2.2 既往研究の整理と本章の位置づけ.....	16
2.3 モデル敷地の間口と奥行の理論的導出.....	17
2.3.1 モデル敷地の間口（敷地の平均間口） .....	19
2.3.2 モデル敷地の奥行 .....	22
2.3.3 モデル敷地の間口奥行比 .....	27
2.4 実市街地におけるモデル敷地の間口と奥行の算出及び考察 .....	29
2.5 地域におけるモデル建物の奥行と「すき間」の奥行 .....	37
2.6 本章のまとめ.....	43
第3章 想定する地域形状及び道路網パターンの違いがモデル敷地の 間口及び奥行の算出に及ぼす影響 一道路延長密度は不変の条件下において一.....	45
3.1 はじめに.....	45
3.2 既往研究の整理と本章の位置づけ.....	46
3.3 地域における街区境界線の総延長の導出.....	47
3.3.1 街区境界線の総和（道路網パターンが格子状パターンの場合） .....	47
3.3.2 街区境界線の総和（道路網パターンがランダムパターンの場合） .....	48
3.4 地域形状と道路網パターンの違いに着目した敷地の平均間口の比較.....	53
3.4.1 地域における敷地の平均間口の導出.....	53
3.4.2 想定する地域形状の違いが敷地の平均間口に及ぼす影響 .....	55
3.4.3 想定する道路網パターンの違いが敷地の平均間口に及ぼす影響.....	56

3.5 実市街地における検証.....	59
3.6 想定する地域形状及び道路網パターンの違いが モデル敷地の奥行の算出結果に及ぼす影響.....	62
3.7 本章のまとめ.....	65
第4章 敷地の平均奥行の推定とその精度.....	66
4.1 はじめに.....	66
4.2 既往研究の整理と本章の位置づけ.....	68
4.3 敷地間口と敷地奥行の独立性の検定方法.....	70
4.4 実市街地における敷地間口と敷地奥行の独立性の検証.....	75
4.5 本章のまとめ.....	81
第5章 建物と道路の近接性判定方法の比較分析.....	82
5.1 はじめに.....	82
5.2 既往研究の整理と本章の位置づけ.....	85
5.3 擬似面ボロノイ分割を用いる建物と道路の近接性判定方法.....	86
5.3.1 擬似面ボロノイ分割を行う方法.....	86
5.3.2 擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法と結果.....	87
5.4 道路中心線を生成元とする近傍領域を用いる近接性判定方法.....	88
5.4.1 道路境界線からの最適バッファ距離の算出方法.....	89
5.4.2 前面道路幅員階級別の最適バッファ距離の算出.....	93
5.4.3 町丁目で一律に最適バッファ距離を設定する必要性.....	95
5.4.4 バッファ領域を用いた場合の近接性判定結果.....	96
5.5 近接性判定の精度比較と分析に要する時間比較.....	99
5.5.1 近接性判定精度比較.....	99
5.5.2 分析に要する時間と手間.....	102
5.6 本章のまとめ.....	103
第6章 建物と道路の近接性判定のための最適な道路近傍距離と建物棟数密度.....	104
6.1 はじめに.....	104
6.2 既往研究の整理と本章の位置づけ.....	105
6.3 道路境界線からの最適な道路近傍距離を建物棟数密度で推定する方法.....	106
6.3.1 建物棟数密度を用いて正方形敷地の一辺長を表す方法.....	106
6.3.2 最適バッファ距離を算出するための距離の計測対象とする町丁目の選定.....	108
6.3.3 対象町丁目における道路境界線からの最適バッファ距離と 正方形敷地奥行の関係.....	109

6.3.4 建物棟数密度を用いた道路境界線からの最適バッファ距離の推定式.....	116
6.3.5 実市街地における建物と道路の近接性 .....	117
6.4 道路境界線からの最適バッファ距離の都市計画的意味.....	119
6.5 本章のまとめ .....	122
第7章 本論文の総括と今後の課題.....	124
7.1 本論文の総括 .....	124
7.2 今後の課題 .....	129
参考文献 .....	131
発表論文等.....	135
謝辞 .....	136

## 図目次

図1-1：論文の構成 .....	12
図2-1：正方格子状の地域モデル .....	20
図2-2：角地の扱い .....	20
図2-3：建物棟数と間口総数の関係 .....	25
図2-4：建物棟数に対する間口総数の相対度数分布 .....	25
図2-5：実市街地における建物・街区・道路網（鳥越1丁目） .....	29
図2-6：道路面積の理論値と実測値の関係 .....	31
図2-7：道路面積の理論値に対する実測値の比の相対度数分布 .....	31
図2-8：モデル敷地の間口（敷地の平均間口）の相対度数分布 .....	33
図2-9：モデル敷地の奥行の相対度数分布 .....	33
図2-10：モデル敷地の間口奥行比の相対度数分布 .....	34
図2-11：モデル敷地の間口奥行比の分布（東京23区の町丁目別） .....	34
図2-12：道路延長密度と建物棟数密度の関係 .....	36
図2-13：モデル敷地の奥行とモデル建物の奥行 .....	37
図2-14：道路延長密度と建物前面配置自由度の関係 .....	39
図2-15：道路延長密度の相対度数分布 .....	39
図2-16：建物前面配置自由度の相対度数分布 .....	41
図2-17：建物前面配置自由度の分布（東京23区の町丁目別） .....	41
図3-1：正方格子状パターン .....	47
図3-2：凸多角形ランダムパターン .....	48
図3-3：ランダムな帯と閉凸領域の境界 .....	49
図3-4：交差点部における街区境界線の消失 .....	50
図3-5：地域の境界上における街区境界線の補正 .....	51
図3-6：想定する道路網パターンの違いによる敷地の平均間口の違い .....	58
図3-7：地域形状を表す指標 $\tau$ の分布（東京23区の町丁目別） .....	60
図3-8： $\bar{F}_R(\tau)/\bar{F}_G, \bar{F}_R(4)/\bar{F}_G, \bar{F}_R(\tau)/\bar{F}_R(4)$ の相対度数分布 .....	60
図3-9： $r$ の相対度数分布と $\bar{F}_R/\bar{F}_G$ の散布図 .....	61
図3-10： $\bar{D}_G$ に対する $\bar{D}$ の相対誤差の度数分布 .....	64
図4-1：街区における表境界線と裏境界線 .....	66
図4-2：建物と道路網を生成元とする面ポロノイ領域 .....	67
図4-3：墨田区の道路網パターン .....	76
図4-4：敷地形状（左：東向島5丁目，右：石原3丁目） .....	76

図4-5：間口と奥行の分布（石原3丁目の場合） .....	77
図4-6：間口と奥行の分布（東向島5丁目の場合） .....	77
図5-1：擬似面ボロノイ分割と擬似面ボロノイ領域 .....	86
図5-2：近接性判定フロー（擬似面ボロノイ分割を用いる場合） .....	87
図5-3：バッファ距離の設定の違いによる近接性判定エラー .....	88
図5-4：GIS上で計測した各距離 .....	89
図5-5：距離Aと距離Bの度数分布（距離A：黒色，距離B：灰色） .....	91
図5-6：距離Aと距離Bの度数分布の概形（距離A：上，距離B：下） .....	91
図5-7：道路境界線からのバッファ距離と近接性判定エラー総数 .....	94
図5-8：町丁目で一律にBFを設定した場合の判定エラー総数 .....	95
図5-9：近接性判定フロー（バッファ領域を用いる場合） .....	96
図5-10：建物と道路の近接性判定結果（擬似面ボロノイ分割を用いた場合） .....	97
図5-11：建物と道路の近接性判定結果（バッファ領域を用いた場合） .....	98
図5-12：近接性判定方法による近接性判定結果の違い .....	101
図5-13：擬似面ボロノイ分割を用いた方法によって 道路に近接すると判定されない建物 .....	101
図6-1：正方形敷地奥行と建物セットバック距離 .....	107
図6-2：Dの度数分布 .....	108
図6-3：距離Aと距離Bの度数分布（赤：距離A，青：距離B）南台4丁目の場合 .....	110
図6-4：道路境界線からのバッファ距離と接道判定エラー総数の関係 （南台4丁目の場合） .....	110
図6-5：建物の配置と用途地域・法定建蔽率（南台4丁目の場合） .....	110
図6-6：対象町丁目における距離Aと距離Bの度数分布（赤：距離A，青：距離B） .....	111
図6-7：対象町丁目における道路境界線からのバッファ距離と 接道判定エラー総数の関係 .....	112
図6-8：各町丁目における建物の配置と用途地域・法定建蔽率 .....	113
図6-9：正方形敷地奥行と道路境界線からの最適バッファ距離の回帰分析結果 .....	116
図6-10：道路に近接しない建物棟数割合の度数分布 .....	118
図6-11：道路に近接しない建物棟数割合（東京23区の町丁目別） .....	118
図6-12：モデル化した正方形敷地と建物 .....	119

## 表目次

表1-1：都市空間の物的構成要素と空間スケールの関係 .....	2
表2-1：建物前面後退距離の平均に対するモデル敷地の奥行の比 .....	42
表3-1：想定する地域形状及び道路網パターンの分類 .....	45
表4-1：基本統計量 .....	80
表4-2：仮説の検定結果及び敷地の平均間口の推定精度 .....	80
表5-1：面ボロノイ分割を用いる方法とバッファ領域を用いる方法の長所と短所 .....	83
表5-2：前面道路幅員別の距離Aと距離Bの基本統計量 .....	90
表5-3：前面道路幅員階級別の近接性判定エラー総数の割合 .....	93
表5-4：近接性判定方法の違いによる道路に近接する建物棟数とその割合 .....	99
表6-1：道路境界線からの最適バッファ距離と正方形敷地奥行の関係 .....	114
表6-2：接道判定エラー率 .....	115
表6-3： $\alpha$ と $\beta$ の比較 .....	121



## 第1章 序論

### 1.1 研究の背景と目的

望ましい住環境を実現するためには、現行の建物形態規制を再考する余地があると指摘されている。大方(2010)が指摘するように、建物形態は敷地形状と建物形態規制に依存する一方で、敷地形状の多様さは建物形態を多様にするため、その結果として実現する住環境を把握することは困難だからである<sup>1)</sup>。従って、現行の建物形態規制を再考するためには、地域における敷地形状を分析することで、その現状を把握することが重要である。

ところが、敷地形状を分析することは容易でない。理由は主に二つある。第一に、敷地の定義が明確でないからである。柳沢・山島(2005)が指摘するように、敷地は建物形態規制の基礎となる空間単位であるにも拘らず、敷地の概念や定義は曖昧である<sup>2)</sup>。本論文では、一棟の建物が存在する一団の土地を「敷地」と定義する。つまり、建物一棟ごとに一つの敷地が接道して存在すると考える。以降、この考え方を「一敷地一建物の原則」と記そう。第二に、敷地形状に関する空間データを入手することは容易でないからである。確かに、建築確認申請のときに特定行政庁へ提出する「建築計画概要書」を閲覧することによって、敷地形状を把握することができる。ところが、建築計画概要書が永年保存されていない場合や大量閲覧が制限される場合もあるため、地域における全ての敷地形状を把握することは容易でないのが現状である。

このように、地域における敷地形状を分析することは重要であるにも拘らず、前述した理由により容易でない。このため、代替となる分析方法を検討する必要がある。河中(1988)は、敷地を研究する意義として、「建築アプローチ」と「街区アプローチ」の二つの観点を挙げている<sup>3)</sup>。前者の考え方は、敷地上における個々の建物に着目する一方で、後者の考え方は、都市を構成する空間単位としての街区及び道路網と建物の集合との関係に着目する。表1-1は、都市空間における主な物的要素の諸量及び位相関係を空間スケールの大小関係に基づいて整理したものである。各物的要素は、建物のような点的要素、道路網のような線的要素、そして敷地、街区、地域のような面的要素に分類される。また、建物は敷地上に存在し、敷地の集合は街区を形成し、街区の集合は道路網と互いに双対関係にあると同時に、一つの地域を形成する。従って、建物、敷地、街区そして地域は、それぞれ包含関係にある。とくに、敷地は建物を包含する最小の単位であると同時に、建物と近接性を評価する際の最小の単位でもある。建物と道路の近接性は、建物の災害安全性や道路へのアクセス容易性を確保するために重要な性質である<sup>4)</sup>。

表1-1：都市空間の物的構成要素と空間スケールの関係

	← 都市空間スケール（包含関係） →				
	小				大
	建物	敷地	街区	道路網	地域
建物	<b>◆長さ・面積</b> ・建物面積 ・建物間口 ・建物奥行  <b>◆形 状</b> ・間口奥行比	<b>◆密度指標</b> ・建蔽率	<b>◆建物棟数</b>  <b>◆密度指標</b> ・街区建蔽率 ・建物棟数密度  <b>◆位相関係</b> ・建物間の相隣関係	<b>◆長さ・面積</b> ・建物前面 後退距離  <b>◆位相関係</b> ・近接性	<b>◆建物棟数</b>  <b>◆密度指標</b> ・地域建蔽率 <b>・建物棟数密度</b>
敷地		<b>◆長さ・面積</b> ・敷地面積 ・敷地間口 ・敷地奥行  <b>◆形 状</b> ・間口奥行比	<b>◆統計量</b> ・敷地面積の平均 ・敷地間口の平均 ・敷地奥行の平均  ・間口奥行比の平均	<b>◆長さ・面積</b> ・接道長  <b>◆位相関係</b> ・接道	<b>◆統計量</b> <b>・敷地面積の平均</b> <b>・敷地間口の平均</b> <b>・敷地奥行の平均</b>  <b>・間口奥行比の平均</b>  <b>◆分 布</b> ・敷地間口と奥行の分布 ・敷地面積の分布 ・間口奥行比の分布 ・敷地間口と奥行の独立性
街区			<b>◆長さ・面積</b> ・街区面積 ・街区周長  <b>◆形 状</b> ・正方形 ・矩形 ・多角形	<b>◆長さ・面積</b> ・街区短辺長	<b>◆長さ・面積</b> ・街区周長の総延長  <b>◆形 状</b> ・形状分布  <b>◆分 布</b> ・街区周長の分布
道路網				<b>◆長さ・面積</b> ・道路延長 ・道路幅員 ・道路面積  <b>◆交差点数</b>	<b>◆密度指標</b> <b>・道路延長密度</b> ・道路率  ・交差点密度 ・4叉路と3叉路の構成比  <b>◆統計量</b> ・道路幅員の平均  <b>◆形 状</b> ・格子状 ・ランダム
地域					<b>◆長さ・面積</b> ・地域面積 ・地域周長  <b>◆形 状</b> ・正方形 ・矩形 ・多角形

本論文では、街区アプローチの考え方に基づいて、地域における敷地形状を分析する。つまり、地域における街区境界線と街区面積の総和がそれぞれ既知のとき、「一敷地一建物の原則」に基づいて、敷地の間口と面積の算術平均を算出する。河中(1988)が指摘するように、敷地の間口と奥行は敷地の細長さに関係し、敷地上の建物形態や配置を強く規定する<sup>3)</sup>。そこで、地域における敷地の平均間口及び平均面積（ネット）をそれぞれ間口及び面積とする矩形敷地を「モデル敷地」と定義する。このとき、モデル敷地の奥行は、敷地の平均間口に対する平均面積（ネット）の比として定義される。

「モデル敷地」に着目する理由は主に二つある。第一に、個々の敷地形状に関する空間データを使用せずに、地域における敷地形状の平均像を分析することができるからである。第二に、都市を構成する物的要素の密度指標と「モデル敷地」の形状との関係を分析することができるからである。とくに、地域における建物棟数密度と道路延長密度のバランスは「モデル敷地」の形状を決定する。一方で、建物棟数密度と道路延長密度はそれ自体が地域における平均的な住環境を反映する。前者は地域における建物間の平均的な相隣距離や建蔽率を反映し、建物の近傍における通風の良し悪しや火災発生時における延焼リスクを反映する。また、後者は地域における移動の効率性を反映する。このように、建物棟数密度と道路延長密度は、住環境の保健性、安全性、利便性及び快適性を反映する<sup>5)</sup>。そこで、「モデル敷地」の形状と建物棟数密度及び道路延長密度の関係を理論的かつ実証的に考察することで、地域における平均的な住環境を反映する密度指標値と敷地形状の平均像との関係を論じる。

このとき、以下の三つの問題を解決する必要がある。

第一に、想定する地域形状及び道路網パターンの違いがモデル敷地の形状に及ぼす影響を検証する必要がある。現実の都市空間において、地域形状及び道路網パターンは不定形である。他方、理論的に扱いやすくするためには、規範的な地域形状及び道路網パターンを想定する必要がある。もし、想定する地域形状及び道路網パターンの違いがモデル敷地の形状に影響を及ぼさなければ、理論的に扱いやすい地域形状及び道路網パターンを想定することは妥当である。

第二に、敷地間口と敷地奥行の独立性を検証する必要がある。敷地間口と敷地奥行が互いに独立であるならば、敷地間口の平均に対する敷地面積の平均の比を算出することで、敷地奥行の平均を簡便に推定することができる。

第三に、現実の都市空間において、「一敷地一建物の原則」はどの程度の割合で成立するのか検証する必要がある。

本節の最後に、本論文の成果を踏まえた今後の展望を示そう。

第一に、モデル敷地の形状に着目することによって、公示地価や路線価等の鑑定価格と地域における敷地形状の平均像との関係に加えて、鑑定価格と地域における建物棟数密度

や道路延長密度の関係が定量的に明らかになるであろう。これは、実務上も有効である<sup>10)</sup>。一見すると、モデル敷地の形状そのものが重要に思われる。実は、地域における建物棟数密度と道路延長密度の組合せが、モデル敷地の形状の代理変数として、公示地価や路線価等の鑑定価格に影響を及ぼすことが考えられる。

第二に、地域における敷地形状の分布関数の特定である。具体的には、地域における敷地間口、敷地奥行、そして間口奥行比の分布関数である。一見すると、地域によって分布関数は異なるように思われる。もし、それぞれの分布関数を規範的な分布関数として定式化することが可能であり、分布関数の母数を地域の密度指標から推定することができれば、ある地域において、どのような形状の敷地がどのくらい存在するか把握できる。つまり、個々の敷地に関する形状のデータが未知の場合においても、地域の密度指標が既知であるならば、敷地形状の分布関数を推定することができると考えられる。そして、密度指標に基づいて、都市空間をより具体的に把握することができるようになるだろう。

第三に、建物棟数密度及び道路延長密度の経年変化に着目するによって、地域におけるモデル敷地の形状の経年変化を把握することができる。近年、とくに東京都心部においては、大街区化とそれに伴う建物の大規模化が進んでいる。このような都市空間の変化は、建物棟数密度や道路延長密度の変化を伴うだけでなく、地域における敷地形状の平均像の変化も伴う。他方、過去から今日にかけて、モデル敷地の形状が変化した過程を追跡することもできるだろう。そして、ある時点におけるモデル敷地の形状は、その時点における平均的な住環境を考察する際の視点を与えるだろう。確かに、都市空間の部分を見ることは重要である。一方で、都市空間は部分の集合でもあるため、全体の視点から部分を考察する姿勢が不可欠である。モデル敷地という考え方はこの姿勢を具体例に示すものである。

このように、本論文の成果は、都市計画学の観点だけでなく、不動産鑑定等の実務的な観点からも、有益な示唆を与えるものであると考えられる。

## 1.2 既往研究の整理と本論文の位置づけ

本節では、敷地形状、建物棟数密度や道路延長密度などの密度指標、そして建物と道路の近接性に関する既往研究を整理したうえで、本論文の独自性を明確にする。

### 1.2.1 敷地形状に関する既往研究

敷地形状に関する主な既往研究として、1)敷地形状の推定方法について論じたもの、2)実市街地における敷地面積、敷地間口そして敷地奥行それぞれの度数分布の傾向を論じたもの、3)地域における典型敷地の特定方法を論じたもの、4)最適な敷地面積及び敷地形状を経済学的なモデル分析に基づいて論じたもの、5)敷地面積及び敷地形状の貨幣価値をヘドニック価格法を用いて論じたものがある。

1)について、Gao and Asami(2005)は、敷地面積と敷地間口が所与のもとで、建物形状と街区形状から敷地境界線を推定する方法を提案している<sup>6)</sup>。

2)について、材野ほか(1979)は、敷地間口の度数分布は収束傾向にある一方で、敷地面積と敷地奥行の度数分布は収束せずになだらかな分布を示し、両者の度数分布は互いに似ていることを明らかにしている<sup>7)</sup>。玉置・近藤(1981)は、敷地間口と敷地面積はいずれも固有の収束範囲をもち、両者の変動係数を比較した結果、とくに敷地間口の収束性が高いことを明らかにしている<sup>8)</sup>。河中(1988)は、接道方位別に敷地間口と敷地奥行の平均値を算出した結果、接道方位別の平均値の差は認められないことを明らかにしている<sup>3)</sup>。Asami and Maniruzzaman(1996)は、一方向に接道する矩形敷地について、奥行が所与の場合、ある基本単位間口が存在し、間口は基本単位間口の倍数に集中するかどうか統計的に検証している。その結果、間口の度数分布は基本単位間口の倍数に優位に集中しない一方で、弱い単峰性の分布となることを実証している<sup>9)</sup>。

3)について、Asami and Niwa(2008)は、街区および地域における典型的な敷地形状を特定する手法を提案している。個々の敷地に関する形状のデータが既知の場合において、任意の二つの敷地を表す多角形の重心が一致するように重ね合わせたとき、二つの多角形の和集合の面積に対する和集合と積集合の差の面積の比を‘lot-difference distance’と定義し、任意の敷地 $i$ と敷地 $j \neq i$ の $i$ に関する‘lot-difference distance’の和を最小化する敷地 $j$ を「典型敷地」と定義している。実市街地における典型敷地を特定した結果、a)街区形状の違いに関らず、典型敷地は矩形となる傾向にあること、b)典型敷地の奥行は街区短辺の長さの約半分となる傾向にあることを明らかにしている<sup>10)</sup>。

4)について、Colwell and Scheu(1989)は、敷地形状を矩形と仮定することで、敷地の間口と奥行を変数とする便益最大化問題を定式化し、最適な敷地形状及び面積を明らかにしている。敷地の価値はCobb-Douglas型の関数で定式化されると仮定し、敷地の造成費用は面積と間口に比例すると仮定することで、最適な敷地間口及び敷地奥行を便益最大化問題の最適解として、単位面積当たりの敷地価値や造成費用等の各パラメータを用いて導出している。また、a)各パラメータの変化が最適な敷地面積及び敷地形状の変化に及ぼす影響、b)敷地面積及び敷地奥行の規制を考慮した場合における最適な敷地面積及び敷地形状を明らかにしている<sup>11)</sup>。Cannaday and Colwell(1990)は、敷地割を最適化する観点から、単位面積当たりの便益最大化問題を定式化することで、最適な敷地形状を導出している。敷地割を考慮するかどうかで、各パラメータの変化が最適な敷地形状に及ぼす影響は異なることを明らかにしている<sup>12)</sup>。Asami(1995a)とAsami(1995b)は、敷地形状の評価関数を公理的に導出している<sup>13),14)</sup>。

5)について、Gao and Asami(2007)は、ヘドニック価格法を用いることで、敷地形状及び面積が再開発事業に及ぼす影響を貨幣価値に基づいて評価している<sup>15)</sup>。

このように、敷地形状に関する既往研究では、いずれも個々の敷地に関する形状について、ややもすれば実証的な議論に終始している。ところが、本論文のように、個々の敷地に関する形状のデータが未知の場合において、敷地の形状と建物棟数密度や道路延長密度の関係を理論的かつ実証的に論じた既往研究は存在しない。

### 1.2.2 建物棟数密度や道路延長密度などの密度指標に関する既往研究

建物棟数密度や道路延長密度などの密度指標に関する既往研究として、1)人口から必要な敷地面積と建築面積を割り出すことによって、都市の大きさを算定する方法を論じたもの、2)都市施設までの最近隣距離と建物棟数密度や道路延長密度の関係について理論的に論じたもの、3)市街地の平均的な建蔽率や建物の相隣関係と建物棟数密度の関係について理論的に論じたもの、4)都市空間における移動とエネルギー消費の観点から最適な道路網について論じたものがある。

1)について、高山(1949)は、都市計画技術上の常套手段として、密度、配置、動きの三つの概念を通じて都市を分析し、総合することを挙げている。とくに、密度の概念では、敷地面積あたりの人口密度、建築面積あたりの人口密度、そして敷地の建蔽率に着目することで、人口から必要な敷地面積と建築面積を割り出し、都市の大きさを算定することを検討している<sup>16), 17), 18)</sup>。

2)について、腰塚(1985)は、都市施設として建物等の点的施設と道路等の線的施設に着目し、a)任意の地点から最寄りの点的施設までの距離は点密度—地域における点的施設の総数を面積で除したもの—と深い関係にあり、前者は後者の逆数の平方根に比例すること、b)任意の地点から最寄りの線的施設までの距離は線密度—地域における線的施設の総延長を面積で除したもの—と深い関係にあり、前者は後者の逆数に比例することを明らかにしている<sup>19)</sup>。また、腰塚(1992)は、建物敷地の接道義務規定により、建物棟数密度と道路延長密度の間には一定の関係があることを示唆している<sup>20)</sup>。

3)について、腰塚(1988)は、市街地の平均的な物的環境を考察する場合、建物棟数密度が建蔽率に劣らず重要である指摘している。地域における見かけの建蔽率は真の建蔽率と建物棟数密度に依存し、建蔽率が同じであっても建物棟数密度が高いほど、見かけの建蔽率は高くなることを理論的に示している。さらに、建蔽率と建物棟数密度の間には相関関係があることを示し、計測が容易でない建蔽率を計測が容易な建物棟数密度を用いて推定できる可能性に言及している<sup>21)</sup>。また、腰塚・古藤(1989)は、地域における建蔽率は建物棟数密度の平方根に比例する理論式を導いている。理論式を実市街地に応用した結果、理論式は建物棟数密度と建蔽率の関係をよく説明することを示している<sup>22)</sup>。郷田(1996)と郷田(1997)は、都市という3次元空間において建物に占められないで残る空間を「空隙」と定義することで、空隙を定量化する方法を提案し、実市街地を対象に空隙の分布を把握している<sup>23), 24)</sup>。

4)について、腰塚(1994)は、格子状の道路網を想定することで、走行時間や走行エネルギーを最小にする道路延長密度を理論的に導出した結果、走行エネルギーを最小にする道路延長密度は走行時間を最小にする道路延長密度よりも高いことを明らかにしている<sup>25)</sup>。渡部・鈴木ほか(1999)は、移動時間と交通量の観点から最適な格子状道路網について数理的に考察した結果、a)平均移動時間を基準にした場合、正方格子状の道路網パターンが最適となること、b)最大通行量を基準にした場合、相似格子状の道路網パターンが最適となることを明らかにしている<sup>26)</sup>。

このように、建物棟数密度や道路延長密度に関する既往研究では、それぞれが個別に論じられている。ところが、本論文のように、両者の関係を論じている既往研究は、腰塚(1992)に限られている。また、密度指標という観点から、敷地形状を扱った既往研究は存在しない。



### 1.2.3 建物と道路の近接性に関する既往研究

建物と道路の近接性に関する既往研究として、1)空間オブジェクトの近接性を判定する手法を論じたもの、2)敷地形状と建物形状の関係を定量的に論じたものがある。

1)について、Okabe *et al.*(2000)は、地図上の空間オブジェクトが互いに隣接しているかどうかを判断するための方法として、ボロノイ図が有効であると指摘している<sup>26)</sup>。Gold(1989)は、建物と道路が互いに近接しているかどうかを判断するための方法として、面ボロノイ図が有効であると指摘している<sup>28)</sup>。Okabe and Sugihara(2012)は、道路等のネットワーク沿いにある建物等の空間オブジェクトの分布傾向を分析する場合、空間オブジェクトをネットワーク上に位置づける方法を提案している<sup>29)</sup>。

2)について、Asami and Ohtaki(2000)は、敷地に建てられる建物の形状予測を試みた結果、敷地奥行が増加するに伴って、建物は道路境界線から後退して建てられる傾向にあると指摘している<sup>30)</sup>。

このように、建物と道路の近接性に関する既往研究では、面ボロノイ図の有効性が指摘されている。ところが、本論文のように、面ボロノイ図の有効性について、代替手法との比較分析を行った既往研究は存在しない。

### 1.2.4 本論文の位置づけ

本論文の主な独自性は以下のとおりである。

第一に、個々の敷地に関する形状のデータが未知の場合において、地域における敷地の形状と建物棟数密度や道路延長密度の関係を理論的かつ実証的に論じていることである。第二に、建物と道路の近接性判定方法について、既往研究で指摘されている手法の有効性を代替手法との比較分析により検証していることである。

## 1.3 論文の構成

本論文は7章で構成される．図1-1に，本論文の構成を示す．

第1章では，序論として，研究の背景と目的，既往研究の整理と本論文の位置づけ，そして論文の構成を明確にする．

第2章から第4章では，モデル敷地の形状に関する指標として，1)平均間口，2)平均間口に対する平均敷地面積の比，3)間口奥行比に着目することで，モデル敷地の形状解析を行う．後者二つの指標は，それぞれ平均奥行と平均間口奥行比の代替指標である．以降，1)から3)の指標をそれぞれモデル敷地の間口，奥行，そして間口奥行比と定義しよう．モデル敷地の形状に関する指標と地域における建物棟数密度及び道路延長密度の関係について，理論的かつ実証的な分析を行う．

第2章では，正方格子状の地域モデルを仮定し，地域におけるモデル敷地の間口，奥行，そして間口奥行比を，地域における建物棟数密度と道路延長密度の関数として定式化する．そして，モデル敷地の形状に関する指標と地域における建物棟数密度及び道路延長密度の関係を理論的に考察する．また，東京23区における各町丁目を対象に，モデル敷地の形状に関する指標の分布を考察する．さらに，モデル敷地の奥行とモデル建物の奥行の差を建物壁面配置自由度と定義し，建物壁面配置自由度と平均建物後退距離の関係を考察する．

第3章では，第2章のように，正方格子状の地域モデルを想定することが，地域における平均間口の算出結果に及ぼす影響を理論的かつ実証的に考察する．規範的な地域形状として正方形と凸多角形，規範的な道路網パターンとして格子状パターンとランダムパターンを想定する．正方格子状パターンと凸多角形ランダムパターンそれぞれの場合について，地域における平均間口を建物棟数密度と道路延長密度の関数として定式化する．密度指標が不変のもとで，地域形状と道路網パターンの違いが平均間口の算出結果に及ぼす影響を理論的に考察する．また，東京23区における各町丁目を対象に，地域形状と道路網パターンの違いによる平均間口の相対誤差の分布を考察する．

第4章では，地域における建物敷地の平均奥行を簡便に推定する方法を検討する．平均奥行の推定量として，第2章において扱った平均間口に対する平均敷地面積の比（モデル敷地の奥行）に着目する．その際，地域における間口と奥行が互いに独立である必要がある．このため，実市街地を対象に，間口と奥行の独立性を統計的に検定し，地域における道路網パターンや建物配置の違いに着目することで，検定結果を考察する．また，平均奥行と平均間口に対する平均敷地面積の比の相対誤差を算出し，地域における道路網パターンや建物配置の違いに着目することで，推定結果を考察する．

第5章と第6章では、第2章から第4章までの各章において仮定した「一敷地一建物の原則」を想定する妥当性を検討するために、建物と道路の近接性を判定する方法を構築する。

第5章では、建物と道路の近接性を判定する方法として、1)建物ポリゴンと道路ネットワークを生成元とする面ボロノイ分割を用いる方法、2)道路ネットワークの近傍領域を生成する方法の二つに着目する。両者の方法における建物と道路の近接性判定精度を検討する。

第6章では、第5章において検討した、道路ネットワークの近傍領域を生成する方法において、最適な近傍距離を簡便に設定する方法を検討する。そのために、地域における平均敷地面積（グロス）をもつ正方形敷地を考え、当該正方形敷地の辺長と最適な近傍距離の関係について、実市街地を対象に分析し、正方形敷地の辺長から最適な近傍距離を推定する式を得る。正方形敷地の辺長は地域における建物棟数密度（グロス）の逆数の平方根で与えられる。また、当該推定式を用いて、東京23区の各町丁目における建物と道路の近接性を判定し、道路に近接しない建物棟数の割合を算出することで、「一敷地一建物の原則」を想定する妥当性を検討する。

第7章では、本論文の総括と今後の課題について述べる。

◆第1章：序論

- ・背景：住環境を検討する上で敷地形状の分析は重要
- ・課題：敷地形状に関する空間データを入手することは容易でない
- ・目的：個々の敷地形状が未知の場合に敷地形状を分析する方法を検討
- ・方法：モデル敷地（地域における平均間口と平均敷地面積をもつ矩形敷地）  
⇒地域における敷地形状の平均像に着目

①正方格子状の地域モデルを想定して敷地形状を分析する妥当性

◆第2章：敷地形状及び建物後退距離と建物密度及び道路密度

- ・正方格子状の地域モデルを想定して「一敷地一建築物の原則」に基づいてモデル敷地の間口と奥行を定式化  
⇒①正方格子状の地域モデルを想定する妥当性を検証【第3章】  
⇒③一敷地一建築物の原則を想定する妥当性を検証【第6章】
- ・平均奥行の代わりに「平均間口に対する平均敷地面積の比」に着目  
⇒②敷地の間口と奥行の独立性を想定する妥当性を検証【第4章】

◆第3章：想定する地域形状及び道路網パターンの違いが平均敷地間口及び典型奥行の算出に及ぼす影響

- ・正方格子状の地域モデルを想定する場合の影響を検討

②敷地の間口と奥行の独立性を想定する妥当性

◆第4章：平均敷地奥行の推定とその精度

- ・間口と奥行は互いに独立かどうかを統計的に検定
- ・平均敷地間口に対する平均敷地面積の比から平均敷地奥行を推定

③一敷地一建築物の原則を想定する妥当性

◆第5章：建物と道路の近接性判定方法の比較分析

- ・「一敷地一建築物の原則」を判定する方法の構築
- ・建物と道路の位置関係に基づいて両者の近接性を判定する方法として「面ボロノイ分割を用いる方法」と「バッファ領域を用いる方法」に着目し、両者の近接性判定精度を比較

◆第6章：建物と道路の近接性判定のための最適な道路近傍距離と建物棟数密度

- ・「バッファ領域を用いる方法」においてバッファ距離を簡便に推定する方法を検討
- ・東京23区を対象に「一敷地一建築物の原則」を仮定する妥当性を検討

◆第7章：本論文の総括と今後の課題

- ・結論：個々の敷地形状が未知の場合においても、①正方格子状の地域モデル、②間口と奥行の独立性、③一敷地一建築物の原則を考えることによって、地域における敷地形状の平均像を分析できる。

図1-1：論文の構成

## 1.4 本論文で使用する空間データ

第2章から第6章までの各章において、実市街地を対象にGISを用いた実証分析を行い、その結果について考察を行う。実証分析において使用する空間データはつぎの二種類である。道路リンクデータと道路ポリゴンデータとして、道路幅員の分類が詳細である昭文社の「mapple10000デジタルデータ(shape版)」を使用する。道路リンクは、道路ポリゴンの中心線と一致する。また、建物ポリゴンデータとしてゼンリンの「Z-map-TOWN II (shape版)東京都データセット」を使用する。

前者と後者のデータの取得年次は、それぞれ2007年と2005年である。また、前者と後者の地図情報レベルは、それぞれ10000と2500である。

道路データと建物データの提供元が異なる理由は二つある。第一に、「mapple10000デジタルデータ(shape版)」の場合、道路データについては道路幅員の分類が詳細である一方で、建物データについては公共施設等の主要なものに限られるからである。第二に、「Z-map-TOWN II (shape版)東京都データセット」の場合、建物データについては公共施設等の主要な建物に限らず全ての建物について存在する一方で、道路リンクデータや道路ポリゴンデータが存在しないからである。両者の欠点を補うために、道路データとして「mapple10000デジタルデータ(shape版)」を使用し、建物データとして「Z-map-TOWN II (shape版)東京都データセット」を使用する。

## 第2章 敷地形状及び建物後退距離と建物密度及び道路密度

### 2.1 はじめに

都市空間は、主に道路空間と建物空間の二種類の物的空間要素で構成されている<sup>31)</sup>。芦原(1986)は、西欧の都市では、道路空間と建物空間の境界の明瞭さが建物の輪郭線を明瞭にしている一方で、日本の都市では、両者の境界は不明瞭であると指摘している<sup>32)</sup>。槇ほか(1980)は、不明瞭な境界領域を「すき間」と呼び、形態と領域性の観点から日本の都市空間を特徴づけるものの一つであると指摘している。「すき間」を意識的に残す態度は、敷地と家屋、あるいは敷地と前面道路との関係においても随所に見出すことができる<sup>33)</sup>。本論文では、敷地における建物前面と前面道路境界線の間に存在する領域を「すき間」と定義し、前面道路境界線からの建物前面後退距離を「すき間の奥行」と定義する。

和田(2007)は、日本の都市とフランスをはじめとする欧州の都市における建物配置の考え方の違いに着目し、日本における建蔽率規制の意味を再考している。日本における建蔽率規制は、敷地内における建物の配置を決めるものではないため、建物が道路沿いに配置されることもあれば、敷地の奥に配置されることもある。一方で、フランスでは、建蔽率は補助的にのみ扱われているのに対して、建物前面後退距離が重視されている。建物が沿道で連続する地区においては、建物前面位置を建築線に合わせるものが法定都市計画で定められている<sup>34)</sup>。このように、日本の都市で見られる「すき間」は、敷地内における建物前面位置の自由度の高さの表れであると考えられる。Marshall(2005)は、1963年に発表された'Buchanan Report on Traffic in Towns'が道路と建物の基本的な関係を変えたとは指摘している。従来、都市の街路網は格子状パターンをなし、建物前面は街区と街路の境界線上に配置する作法が主流であった。ところが、前述のレポートにより、道路網を段階的に構成する考え方が提唱された。この結果、道路空間と建物空間の密接なつながりは失われる一方で、道路の配置と建物の配置の自由度が増加し、「すき間」が増加するようになった<sup>35)</sup>。

このように、「すき間」については、国内外を問わず、都市計画制度及び道路網パターンなどの物的都市構造の観点から論じられている。ところが、「すき間」の奥行と道路密度及び建物密度の関係について理論的に論じた既往研究は存在しない。ある地域において、道路密度が高いほど、敷地奥行は平均的に短くなり、それに応じて「すき間」の奥行も平均的に短くなると考えられる。また、日本の都市における「すき間」の奥行は、建物前面が道路に接しているかどうかではなく、敷地の接道義務規定及び建蔽率などの密度規制の下で、建物前面位置が定まる結果の表れであると思われる。

本章では、正方格子状の地域モデルを想定することによって、モデル敷地の間口、奥行及び間口奥行比を建物棟数密度及び道路延長密度の関数として定式化する。第1章において

定義したように、モデル敷地の間口、奥行及び間口奥行比は、それぞれ地域における敷地の平均間口、平均間口に対する平均面積の比そして平均間口の二乗に対する平均面積の比である。また、モデル敷地と互いに相似な「モデル建物」を考えることによって、モデル敷地の奥行とモデル建物の奥行の差を「建物前面配置自由度」と定義する。建物前面配置自由度に着目することによって、「すき間」の奥行は、地域における建物密度及び道路密度とどのような関係にあるのか論じる。

## 2.2 既往研究の整理と本章の位置づけ

「すき間」の奥行は、1)道路境界線に対する建物前面後退距離、2)建物と道路の近接性と関係する。

1)について、腰塚(1988)は、地域における建物近傍の空地面積と建蔽率及び建物棟数密度について理論的に考察し、建物一棟あたりの面積が増加すれば、建物近傍の空地面積は減少することを示している<sup>21)</sup>。Asami and Ohtaki(2000)は、敷地に建てられる建物の形状予測を試みた結果、敷地奥行が増加するに伴って、建物前面は後退する傾向にあることを指摘している<sup>30)</sup>。腰塚(1985)は、都市平面上で直線が一様にランダムに分布する仮定の下で、任意の地点から最も近い直線までの最近隣距離の平均が地域の線密度に反比例することを理論的に示している<sup>19)</sup>。腰塚(1992)は、原則的に建物は道路に面していなければならないので、建物棟数密度と道路延長密度は互いに比例すると指摘している<sup>20)</sup>。斉藤(2004)は、格子の密度と建物配置の規則が同じ条件の下で市街地形成シミュレーションを行い、格子の形状によって街区と道路網のパターンがどのように変化するか考察している<sup>36)</sup>。

2)について、薄井・浅見(2010b)は、建物と道路の近接性を判定する方法として、a)擬似面ボロノイ分割を用いる方法と、b)道路中心線を表す線オブジェクトを生成元とする近傍領域を用いる方法に着目し、両者の判定精度は0.2%から3.3%であることを明らかにしている<sup>37)</sup>。薄井・浅見(2010a)は、地域における建物棟数密度を用いて、道路中心線を表す線オブジェクトを生成元とする近傍領域の近傍距離を推定する方法を示している。道路境界線からの最適な近傍距離 $BF^*$ は、地域における平均敷地面積（グロス）をもつ正方形敷地奥行に比例し、比例定数は0.35であることを明らかにしている。また、 $BF^*$ の都市計画的な意味は、地域における前面道路境界線からの平均的な建物前面後退距離であることを理論的に示している<sup>38)</sup>。

本章は、1)第3節において、地域におけるモデル敷地の間口と奥行を建物棟数密度と道路延長密度に着目して理論的に導出及び考察を行っている点、2)第4節において、実市街地を対象に地域におけるモデル敷地の間口奥行比を理論的導出結果に基づいて算出及び考察を行っている点、そして、3)第5節において、モデル敷地とモデル建物の奥行の差に着目し、地域における「すき間」の奥行を理論的に導出及び考察を行っている点において、既往研究とは異なる独自性を有する。



## 2.3 モデル敷地の間口と奥行の理論的導出

地域における建物棟数密度と道路延長密度の關係に着目することで、モデル敷地の間口と奥行を理論的に導出する。いま、地域の面積を $S$ 、建物棟数を $n$ とすると、グロスの建物棟数密度は：

$$\rho_G = \frac{n}{S}. \quad (2-1)$$

一方で、地域内における道路面積を $S_R$ とすると、ネットの建物棟数密度は：

$$\rho_N = \frac{n}{S - S_R}. \quad (2-2)$$

ただし、地域の面積 $S$ には、公園や駐車場などの接道する空地が含まれる一方で、建物棟数 $n$ には接道する空地の個数が含まれないため、 $\rho_G$  及び  $\rho_N$  は空地の個数を考慮する場合よりも小さくなる。

二つの式を比較すると、 $\rho_G$  は地域における道路面積に無関係であるのに対して、 $\rho_N$  は $S_R$ の関数となる。ここで、地域における道路（地域の境界をなす道路を含む）の延長を $A$ 、道路幅員の平均を $\bar{w}$ 、地域の周長を $L$ とする。また、五叉路以上の交差点は存在しないとし、地域における三叉路と四叉路の数をそれぞれ $v_3$ と $v_4$ とすると、 $S_R$ は地域の道路網の充実度を示す三つの変数を用いて次式のように表される：

$$S_R(\bar{w}, A, v) = \bar{w}A - \left( \frac{\bar{w}}{2}L + \bar{w}^2 \right) - \left( v_4\bar{w}^2 + v_3\frac{\bar{w}^2}{2} \right). \quad (2-3)$$

ただし、(2-3)式の右辺の第一括弧内は地域の境界をなす道路のうち、地域に含まれない部分の面積である。また、右辺の第二括弧内は交差点部における重複部分の面積である。

いま、地域における三叉路と四叉路を、1)地域内にある場合、2)地域の境界上にある場合に分けて考えよう。1)の場合、三叉路と四叉路の数をそれぞれ $v_{3in}$ と $v_4$ とする。2)の場合、地域外に伸びる道路は対象とせず、四叉路が地域外に伸びる道路の始点となる場合は三叉路とみなすとき、地域の境界上にある全ての交差点を三叉路として扱うことができる。この場合に該当する三叉路の数を $v_{3peri}$ とする。三叉路一つ当たりの重複部分の面積と四叉路一つ当たりの重複部分の面積は、それぞれ $\bar{w}^2/2$ と $\bar{w}^2$ となるから、(2-3)式の右辺の第一括弧と第二括弧の和は：

$$-\left( \frac{\bar{w}}{2}L + \bar{w}^2 + \frac{2\kappa_4 + \kappa_3}{2}v\bar{w}^2 \right) = -\left\{ \frac{\bar{w}}{2}L + (1 + cv)\bar{w}^2 \right\}. \quad (2-4)$$

ただし、 $v_3 = v_{3in} + v_{3peri}$ 、 $v = v_3 + v_4$  である。また、 $\kappa_3 = v_3 / v$ 、 $\kappa_4 = v_4 / v$  は地域における三叉路と四叉路の構成比率を表し、 $c \in [0.5, 1]$  は、 $v = v_3$  のとき0.5、 $v = v_4$  のとき1となる。従って、(2-2)式から(2-4)式より、 $\rho_N$  は次式のようになる：

$$\rho_N(\bar{w}, A, v) = \rho_G \frac{1}{1 - \bar{w} \left\{ \frac{A}{S} - \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{S} - \bar{w} \frac{(1 + cv)}{S} \right\}}. \quad (2-5)$$

ところで、(2-5)式において、敷地の接道といった位相的空間関係を明示的に扱うことはできない。そこで、まず敷地の接道義務と「一敷地一建物の原則<sup>39)</sup>」の下で、地域における建物棟数密度と道路網の充実度の関係を敷地の平均間口を介して理論的に考える。つぎに、実市街地における建物棟数密度と道路網の充実度の関係について考察しよう。

### 2.3.1 モデル敷地の間口（敷地の平均間口）

図2-1のように、一辺の長さが $\sqrt{S}$ で東西方向及び南北方向にそれぞれ $m$ 個（ $m \geq 1$ ）の街区をもつ正方格子状の地域モデルを考える．図中の白線は、地域の境界をなす道路の中心線を表す．このとき、街区を囲む道路境界線の総延長<sup>(1)</sup>は：

$$L_B = 4 \cdot \frac{\sqrt{S} - m\bar{w}}{m} \cdot m^2 = 4m(\sqrt{S} - m\bar{w}). \quad (2-6)$$

ここで、 $m$ と $A$ の関係は $A = 2(m+1)\sqrt{S}$ となるから、

$$L_B = 2\sqrt{S} \left( \frac{A}{\sqrt{S}} - 2 \right) - \left( \frac{A}{\sqrt{S}} - 2 \right)^2 \bar{w}. \quad (2-7)$$

図2-2のように、交差点に面する角地の扱いを単純化して考えよう．1)-aと1)-bは、三叉路と四叉路が地域内にある場合について、それぞれに面する4つの敷地と3つの敷地を描いたものである．同様に、2)-aと2)-bは、三叉路と四叉路が地域の境界上にある場合について描いたものであり、地域に含まれない敷地は対象としない．このとき、2)-aと2)-bの区別は不要である．1)-aと1)-bに該当する交差点数はそれぞれ $v_4$ と $v_{3in}$ 、2)の場合に該当する交差点数は $v_{3peri}$ であるから、交差点に面する建物棟数はそれぞれ $4v_4$ 、 $3v_{3in}$ 、そして $2v_{3peri}$ となる．角地は二方向に間口をもつから、間口の数、1)-aの場合、 $2 \cdot 4v_4 = 8v_4$ 、1)-bの場合、二方向と一方向に間口をもつ建物棟数はそれぞれ $2v_{3in}$ と $v_{3in}$ だから、 $2 \cdot 2v_{3in} + 1 \cdot v_{3in} = 5v_{3in}$ 、2)の場合、 $2 \cdot 2v_{3peri} = 4v_{3peri}$ となる．従って、地域における間口の総数 $n_F$ は：

$$n_F = 8v_4 + 5v_{3in} + 4v_{3peri} + \{(n+4) - (4v_4 + 3v_{3in} + 2v_{3peri})\}. \quad (2-8)$$

ただし、(2-8)式の右辺の中括弧は交差点に面していない敷地の間口の数である．また、地域の四隅にある角地は二方向に間口をもつため、4を加えた．(2-8)式の右辺を整理すると：

$$\begin{aligned} n_F &= (n+4) + 4v_4 + 2(v_{3in} + v_{3peri}) \\ &= n + 4 + (2\kappa_3 + 4\kappa_4)v \\ &= n + 4(1 + cv). \end{aligned} \quad (2-9)$$

(2-9)式から、三叉路と四叉路がそれぞれ一つずつ増加することは、建物棟数がそれぞれ2棟及び4棟増加することと等価であることがわかる．(2-7)式の両辺を $n_F$ で割ると、敷地の平均間口 $\bar{F}$ が得られる：

<sup>(1)</sup> 地域内における敷地の接道長の総和と同義である．

$$\bar{F} = \frac{S}{n} \cdot \frac{n}{n_F} \left\{ 2 \left( \frac{A}{S} - \frac{2}{\sqrt{S}} \right) - \left( \frac{A}{S} - \frac{2}{\sqrt{S}} \right)^2 \bar{w} \right\}. \quad (2-10)$$

また,  $A/S \gg 2/\sqrt{S}$  ならば, つぎの近似式が成立する:

$$\bar{F} \approx \frac{1}{\rho_G} \cdot \frac{n}{n_F} \lambda (2 - \lambda \bar{w}). \quad (2-11)$$

ただし,  $\lambda = A/S$  は単位面積当たりの道路延長密度である.

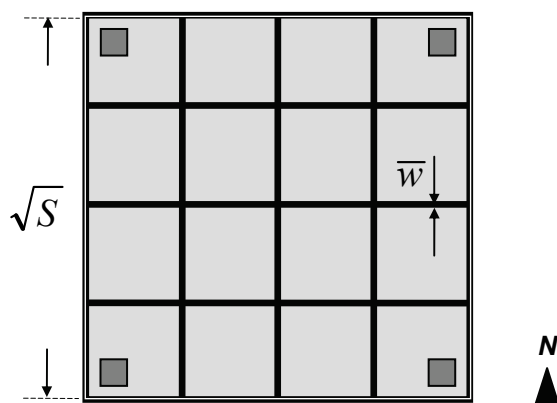


図2-1：正方格子状の地域モデル

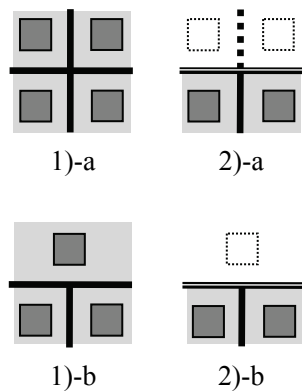


図2-2：角地の扱い

(2-10)式と(2-11)式から、地域における敷地の平均間口  $\bar{F}$  は、道路延長密度  $\lambda$ 、グロスの建物棟数密度  $\rho_G$ 、建物棟数に対する敷地間口の総数の比  $n_F/n$ 、そして道路幅員の平均  $\bar{w}$  を用いて算出することができる。また、 $\bar{F}$  について、二つの性質がわかる。第一に、 $\bar{F}$  は  $\rho_G$  に反比例し、 $n_F/n = 1 + 4(1 + cv)/n > 1$  より、 $c$  と  $v/n$  に反比例することがわかる。第二に、 $\lambda$  を変数とする上に凸の2次関数となる。従って、 $\bar{F}$  が最大となる  $\lambda$  が存在し、 $\bar{F}$  の最大値  $\bar{F}_{\max}$  とそのときの道路延長密度  $\lambda^*$  はそれぞれつぎのようになる：

$$\bar{F}_{\max} = \frac{n}{n_F} \cdot \frac{S}{n\bar{w}} = \frac{n}{n_F} \cdot \frac{1}{\rho_G \bar{w}}, \quad (2-12)$$

$$\lambda^* = \frac{1}{\bar{w}} + \frac{2}{\sqrt{S}}. \quad (2-13)$$

$\lambda < \lambda^*$  のとき、 $\lambda$  の増加は  $\bar{F}$  の増加に寄与するのに対して、 $\lambda < \lambda^*$  のとき、 $\lambda$  の増加は  $\bar{F}$  の減少に寄与する。また、(2-12)式から、 $\bar{F}_{\max}$  は  $\rho_G$  と  $\bar{w}$  の積の逆数と  $n/n_F$  の積となることがわかる。さらに、(2-13)式から、 $\lambda^*$  は  $\bar{w}$  の逆数のほかに、右辺第2項のように地域の面積規模の影響を受けることがわかる。面積が小さいほど、規模の影響は大きい。

ところで、敷地の平均間口の下限を  $\bar{F}_{\inf}$  とすると、(2-10)式は：

$$\rho_G \leq \frac{1}{\bar{F}_{\inf}} \cdot \frac{n}{n_F} \left\{ 2 \left( \frac{A}{S} - \frac{2}{\sqrt{S}} \right) - \left( \frac{A}{S} - \frac{2}{\sqrt{S}} \right)^2 \bar{w} \right\} \quad (2-14)$$

となる。従って、敷地の接道義務と「一敷地一建物の原則」の下で、グロスの建物棟数密度の上限  $\sup \rho_G$  は、道路延長密度  $\lambda$  と敷地の平均間口の下限  $\bar{F}_{\inf}$ 、 $n_F/n$ 、そして道路幅員の平均  $\bar{w}$  を用いて算出することができる。とくに、 $\bar{F}_{\inf}$  と  $\bar{w}$  を所与とすると、 $\sup \rho_G$  は  $\lambda$  を変数とする上に凸の2次関数となり、 $\sup \rho_G$  の最大値とそのときの  $\lambda$  はそれぞれつぎのようになる：

$$\max \sup \rho_G = \frac{n}{n_F} \cdot \frac{1}{\bar{F}_{\inf} \bar{w}}, \quad (2-15-1)$$

$$\lambda = \lambda^*. \quad (2-15-2)$$

$\lambda < \lambda^*$  のとき、 $\lambda$  の増加は  $\sup \rho_G$  の増加に寄与するのに対して、 $\lambda < \lambda^*$  のとき、 $\lambda$  の増加は  $\sup \rho_G$  の減少に寄与する。従って、限られた地域により多くの建物をたてるという効率性の観点において、最適な道路延長密度が存在することがわかる。また、(2-15-1)式から、 $\sup \rho_G$  の最大値は  $\bar{F}_{\inf}$  と  $\bar{w}$  の積の逆数と  $n/n_F$  の積となる。 $\bar{F}_{\inf}$  と  $\bar{w}$  はそれぞれ敷地の接道長と前面道路幅員に対応することに注目すると、 $\sup \rho_G$  の最大値は接道義務規定と関係する二つの長さの積の逆数と  $n/n_F$  の積となる。

### 2.3.2 モデル敷地の奥行

敷地形状は矩形であると仮定すると、敷地の平均面積（ネット） $\bar{s}$ を $\bar{F}$ で割れば、地域における平均敷地面積と平均敷地間口をもつ矩形敷地の奥行が得られる。地域における敷地の平均面積（ネット） $\bar{s}$ は、ネットの建物棟数密度 $\rho_N$ の逆数となる：

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho_N} \equiv \bar{s} &= \frac{S}{n} \left[ 1 - \bar{w} \left\{ \frac{A}{S} - \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{S} - \bar{w} \frac{(1+cv)}{S} \right\} \right] \\ &\approx \frac{1}{\rho_G} \left\{ 1 - \bar{w} \left( \lambda - \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{S} - \bar{w} \frac{cv}{S} \right) \right\}. \end{aligned} \quad (2-16)$$

(2-16)式から、敷地の平均面積（ネット） $\bar{s}$ は、建物棟数密度（グロス）の逆数に加えて、道路延長密度 $\lambda$ 、地域形状を反映する指標 $L/S$ 、そして道路網パターンを反映する指標 $cv/S$ に依存することがわかる。

(2-16)式の両辺を $\bar{F}$ で割れば、地域における平均敷地面積と平均敷地間口をもつ矩形敷地の奥行が得られる。これをモデル敷地の奥行 $\bar{D}$ と定義すると：

$$\begin{aligned} \bar{D} \equiv \frac{\bar{s}}{\bar{F}} &= \frac{1 - \bar{w} \left\{ \frac{A}{S} - \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{S} - \bar{w} \frac{(1+cv)}{S} \right\}}{\frac{n}{n_F} \left( \frac{A}{S} - \frac{2}{\sqrt{S}} \right) \left\{ 2 - \left( \frac{A}{S} - \frac{2}{\sqrt{S}} \right) \bar{w} \right\}} \\ &\approx \frac{n_F}{n} \cdot \frac{1 - \bar{w} \left( \lambda - \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{S} - \bar{w} \frac{cv}{S} \right)}{\lambda(2 - \lambda\bar{w})}, \quad \text{if } \frac{A}{S} \gg \frac{2}{\sqrt{S}}. \end{aligned} \quad (2-17)$$

(2-17)式から、敷地の接道義務と「一敷地一建物の原則」の下で、 $\bar{D}$ は建物棟数密度に依存せず、道路延長密度、地域の面積に対する周長の比 $L/S$ 、道路網パターンを反映する指標 $(1+cv)/S$ 、平均道路幅員 $\bar{w}$ 、そして $n_F/n$ に依存することがわかる。

$\bar{D}(\lambda)$  のグラフの概形を把握するために、道路延長密度  $\lambda$  に対する  $\bar{D}$  の感度分析を行おう。  
 $\bar{D}$  の  $\lambda$  を変数とする第1次導関数は：

$$\frac{d\bar{D}(\lambda)}{d\lambda} \approx -\frac{n_F}{n} \cdot \frac{\bar{w}^2 \lambda^2 + 2(1 + \bar{w}A)\bar{w}\lambda + 2(1 + \bar{w}A)}{\lambda^2 (2 - \lambda\bar{w})^2} = \frac{n_F}{n} \cdot \frac{h_1(\lambda)}{\lambda^2 (2 - \lambda\bar{w})^2}. \quad (2-18)$$

ただし、

$$A \equiv \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{S} + \bar{w} \frac{cv}{S}. \quad (2-19)$$

いま、 $\bar{D} > 0$  であることに加えて、実市街地では  $\lambda < 1/\bar{w}$  が成立するため、 $\lambda$  の定義域を  $\lambda \in (0, 1/\bar{w})$  とする。このとき、 $d\bar{D}(\lambda)/d\lambda$  の符号は、 $h_1(\lambda)$  の符号に一致する。ここで、 $h_1(\lambda)$  は  $\lambda$  を変数とする上に凸の2次関数であることに注意すると、 $h_1(\lambda)$  の判別式は：

$$\det = 4\bar{w}^2 (1 + \bar{w}A)^2 - 8\bar{w}^2 (1 + \bar{w}A) = 4\bar{w}^2 (\bar{w}A + 1)(\bar{w}A - 1). \quad (2-20)$$

$\bar{w}$  と  $A$  の積は、1) 地域の外周道路の面積の半分と、2) 交差点部の面積の総和の両者の和が地域面積に占める割合であるため、明らかに  $\bar{w}A < 1$  が成立する。ゆえに、 $h_1(\lambda)$  の判別式の符号は負である。従って、 $h_1(\lambda)$  の符号は常に負となることから、

$$\frac{d\bar{D}(\lambda)}{d\lambda} < 0, \quad \text{for } \forall \lambda \in \left(0, \frac{1}{\bar{w}}\right). \quad (2-21)$$

よって、 $\bar{D}$  は  $\lambda$  の単調減少関数となる。

また、 $\bar{D}$  は  $\lambda$  の凸関数かどうか確認するために、 $\bar{D}$  の  $\lambda$  を変数とする第2次導関数を導出すると：

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \bar{D}(\lambda)}{d\lambda^2} &\approx -\frac{n_F}{n} \cdot \frac{2\bar{w}^3 \lambda^3 + 6(1 + \bar{w}A)\bar{w}^2 \lambda^2 + 4(1 + \bar{w}A)\bar{w}\lambda - 8(1 + \bar{w}A)}{\lambda^3 (2 - \lambda\bar{w})^3} \\ &= \frac{n_F}{n} \cdot \frac{h_2(\lambda)}{\lambda^3 (2 - \lambda\bar{w})^3}. \end{aligned} \quad (2-22)$$

$\lambda = 0$  のとき、

$$\frac{d^2 \bar{D}(\lambda)}{d\lambda^2} \approx \frac{n_F}{n} \cdot \frac{8(1 + \bar{w}A)}{\lambda^3 (2 - \lambda\bar{w})^3} > 0 \quad (2-23)$$

だから、 $\lambda \in (0, 1/\bar{w})$  における  $d^2 \bar{D}(\lambda)/d\lambda^2$  の符号を確認しよう。 $h_2(\lambda)$  は  $\lambda$  の3次関数である。

$h_2(\lambda)$ が極小となるときの $\lambda$ と極大となるときの $\lambda$ は、それぞれ次式のようになる：

$$\lambda_1 = \frac{1}{\bar{w}}(1 + \bar{w}A) \left\{ 1 - \sqrt{1 + \frac{1}{3(1 + \bar{w}A)}} \right\} < 0, \quad (h_2(\lambda) \text{が極小のとき}) \quad (2-24-1)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{\bar{w}}(1 + \bar{w}A) \left\{ 1 + \sqrt{1 + \frac{1}{3(1 + \bar{w}A)}} \right\} \in \left( \frac{1}{\bar{w}}, \frac{2}{\bar{w}} \right). \quad (h_2(\lambda) \text{が極大のとき}) \quad (2-24-2)$$

(2-24-1)式と(2-24-2)式から、 $\lambda \in (0, 1/\bar{w})$ において、 $d^2\bar{D}(\lambda)/d\lambda^2$ は単調増加関数となる。この結果と(2-23)式から、

$$\frac{d^2\bar{D}(\lambda)}{d\lambda^2} > 0, \quad \text{for } \forall \lambda \in \left( 0, \frac{1}{\bar{w}} \right). \quad (2-25)$$

したがって、(2-21)式と(2-25)式から、 $\bar{D}$ は $\lambda$ の凸関数となる。

ここで、 $n_F$ と $n$ の関係に着目しよう。(2-9)式から、 $n_F$ は $n$ と $v$ の両者に線形比例する。もし、 $n_F$ を $n$ から推定することができれば、 $\bar{D}$ は建物棟数に依存せず、地域の形状と道路網パターンを反映する指標のみに依存する。図2-3は、東京23区内の各町丁目を対象に横軸を $n$ 、縦軸を $n_F$ とする散布図を描いたものである。図2-3から、 $n_F$ と $n$ は互いに強い正の相関関係にあることがわかる。また、図2-4は、 $n_F/n$ の相対度数分布を描いたものである。図2-4から、1)  $n_F/n$ の分布は単峰性を有すること、2)  $n_F/n$ の最頻値は1.2となること、3)  $n_F/n$ の分布は最頻値の近傍に集中しており、東京23区内の約半数の町丁目において、 $n_F/n \cong 1.2$ となることがわかる。

そこで、 $n$ を説明変数、 $n_F$ を被説明変数とする単回帰分析（ただし、定数項は0とする。）を行い、 $n_F$ を簡便に推定する式を求めよう。単回帰分析の結果、 $n_F$ の推定式はつぎのようになる：

$$\hat{n}_F = 1.27n. \quad (2-26)$$

ただし、決定係数 $R^2$ は0.98である。いま、(2-17)式の $n_F$ に $\hat{n}_F$ を代入するとき、 $\bar{D}$ は次式のようになる：

$$\bar{D} \approx 1.27 \frac{1 - \bar{w} \left( \lambda - \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{S} - \bar{w} \frac{cv}{S} \right)}{\lambda(2 - \lambda\bar{w})}, \quad \text{if } \frac{A}{S} \gg \frac{2}{\sqrt{S}}. \quad (2-27)$$

このように、 $n_F/n$ は概ね一定である性質に着目することによって、 $\bar{D}$ は建物棟数に依存せず、道路延長密度、地域の形状、そして道路網パターンを反映する指標のみに依存することがわかる。



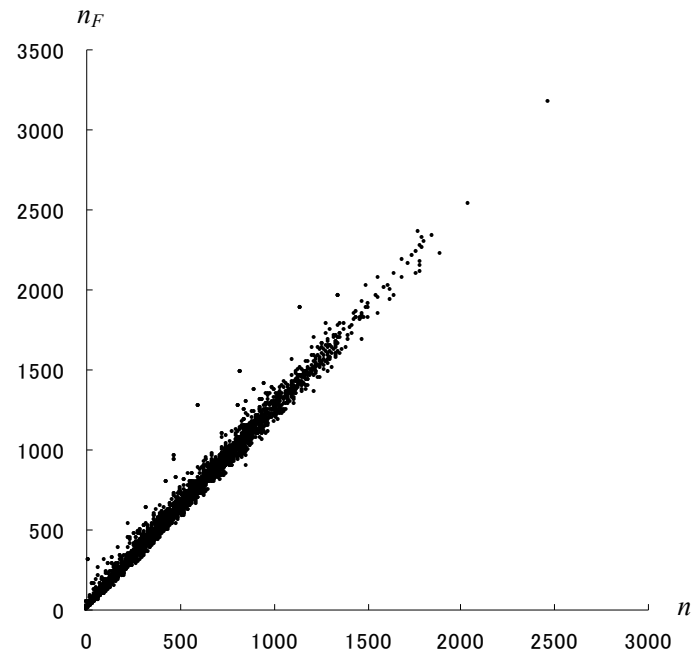


図2-3：建物棟数と間口総数の関係

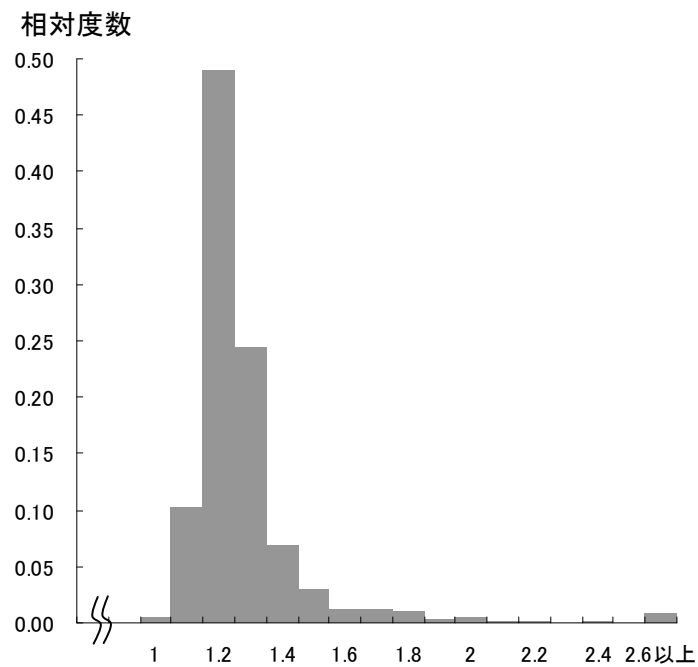


図2-4：建物棟数に対する間口総数の相対度数分布

とくに、 $L/S$ は地域のとり方に依存する指標である。つまり、地域の面積が同じ場合でも、地域形状が細長いほど、 $L/S$ の値は大きい。また、 $cv/S$ は地域における交差点密度 $v/S$ と三叉路及び四叉路の構成比率の積である。従って、道路延長密度が同じ場合でも、1)地域形状が細長く、2)交差点密度が高く、3)四叉路の割合が高い地域ほど、 $\bar{D}$ は長くなることがわかる。この性質は、都市空間を俯瞰的に把握するとき、有効な示唆を与える。すなわち、地図上において、敷地の奥行を把握する場合、地域のとり方や道路網パターンの違いは、我々の直感に影響を及ぼす。加えて、そのバイアスの程度を定量的に把握することができる。

本章のように、地域形状及び道路網パターンは正方格子状と想定することがモデル敷地の算出結果に及ぼす影響については、3.6節において実市街地を対象に検証する。

### 2.3.3 モデル敷地の間口奥行比

$\bar{F}$  に対する  $\bar{D}$  の比を、モデル敷地の間口奥行比  $\bar{\gamma}$  と定義すると、次式のようになる：

$$\begin{aligned}\bar{\gamma} \equiv \frac{\bar{D}}{\bar{F}} &= \rho_G \left( \frac{n_F}{n} \right)^2 \frac{1 - \bar{w} \left\{ \frac{A}{S} - \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{S} - \bar{w} \frac{(1+cv)}{S} \right\}}{\left( \frac{A}{S} - \frac{2}{\sqrt{S}} \right)^2 \left\{ 2 - \left( \frac{A}{S} - \frac{2}{\sqrt{S}} \right) \bar{w} \right\}^2} \\ &\approx \rho_G \left( \frac{n_F}{n} \right)^2 \frac{1 - \bar{w} \left( \lambda - \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{S} - \bar{w} \frac{cv}{S} \right)}{\lambda^2 (2 - \lambda \bar{w})^2} \\ &= \rho_G C(\lambda), \quad \text{if } \frac{A}{S} \gg \frac{2}{\sqrt{S}}.\end{aligned}\tag{2-28}$$

$\bar{\gamma}$  のグラフの概形を把握するために、道路延長密度  $\lambda$  に対する  $\bar{\gamma}$  の感度分析を行おう． $\bar{\gamma}$  の  $\lambda$  を変数とする第1次導関数は：

$$\begin{aligned}\frac{d\bar{\gamma}(\lambda)}{d\lambda} &\approx -\rho_G \left( \frac{n_F}{n} \right)^2 \cdot \frac{3\bar{w}^2 \lambda^2 - 2(3 + 2\bar{w}A)\bar{w}\lambda + 4(1 + \bar{w}A)}{\lambda^3 (2 - \lambda \bar{w})^3} \\ &= \rho_G \left( \frac{n_F}{n} \right)^2 \cdot \frac{h_3(\lambda)}{\lambda^3 (2 - \lambda \bar{w})^3}.\end{aligned}\tag{2-29}$$

このとき、 $d\bar{\gamma}(\lambda)/d\lambda$  の符号は、 $h_3(\lambda)$  の符号に一致する． $h_3(\lambda)$  は  $\lambda$  を変数とする上に凸の2次関数であることに注意すると、 $h_3(\lambda)$  の判別式は：

$$\det = 16\bar{w}^2 \left( \bar{w}A + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \left( \bar{w}A - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) < 0.\tag{2-30}$$

前述したように、 $\bar{w}$  と  $A$  の積は、1) 地域の外周道路の面積の半分と、2) 交差点部の面積の総和の両者の和が地域面積に占める割合である．実市街地において、明らかに  $\bar{w}A < \sqrt{3}/2 \cong 0.87$  が成立する．ゆえに、 $h_3(\lambda)$  の判別式の符号は負である．従って、 $h_3(\lambda)$  の符号は常に負となることから、

$$\frac{d\bar{\gamma}(\lambda)}{d\lambda} < 0, \quad \text{for } \forall \lambda \in \left( 0, \frac{1}{\bar{w}} \right).\tag{2-31}$$

よって、 $\bar{r}$ は $\lambda$ の単調減少関数となる。これは、 $C(\lambda)$ が $\lambda$ の単調減少関数であることと等価である。このとき、(2-28)式から、 $\rho_G$ が増加すると $\bar{r}$ は増加する一方で、 $\lambda$ が増加すると $\bar{r}$ は減少することがわかる。つまり、 $\rho_G$ の増加は $\bar{D}$ の増加に寄与する一方で、 $\lambda$ の増加は $\bar{F}$ の増加に寄与する。また、前述したように、道路延長密度が同じ場合でも、1)地域形状が細長く、2)交差点密度が高く、3)四叉路の割合が高い地域ほど、 $\bar{r}$ は大きくなることがわかる。

## 2.4 実市街地におけるモデル敷地の間口と奥行の算出及び考察

前節で導出した結果を用いて、実市街地における建物棟数密度と道路網の充実度の関係进行分析してみよう。対象とする地域は、東京都23区内にある3,115の町丁目である。ただし、運河等の水面及び多摩川河川敷は分析対象から除外する。

図2-5のように、任意の町丁目における、道路延長 $A$ 、交差点数 $v$ 、平均道路幅員 $\bar{w}$ 、道路面積 $S_R$ 、街区面積 $S-S_R$ 、そして建物面積 $S_B$ をGIS上で計測する。ただし、町丁目の境界上に存在する交差点の数については、町丁目内に伸びる道路の始点となる交差点の数のみ計測する。

道路延長 $A$ と交差点数 $v$ を計測するとき、町丁目の境界上に存在する道路網の扱いを工夫する必要がある。図2-5の台東区鳥越1丁目のように、道路網と町丁目界は概ね一致する一方で、両者の相対位置の僅かな違いが、 $A$ と $v$ の計測結果に大きな違いをもたらすためである。本論文では、薄井・浅見(2010b)の方法に基づいて道路リンク $e$ の近傍領域 $N(e)$ を生成し、 $N(e)$ が町丁目界を含むならば、道路 $e$ と町丁目界は一致すると判定することにする<sup>37)</sup>。道路網の集合 $G(V, E)$ から町丁目界と一致する道路リンクの集合 $E' = \{e | e \in N(e)\}$ を除いた道路網の集合 $G(V, E'' = E - E')$ を生成し、 $E''$ を町丁目 $k$ ごとに分けたもの $E'' = \bigcup_k E_k''$ を考え、 $E_k''$ と重なる交差点 $v \in V$ を計測することで、任意の町丁目における交差点数 $v$ を計測することができる。また、図2-5の街区と重なる $N(e)$ を近傍領域にもつ道路リンクの総延長を町丁目ごとに集計することで、任意の町丁目における $A$ を計測することができる。さらに、 $\bar{w}$ を次式で定義する：

$$\bar{w} \equiv \sum_i \frac{w_i A_i}{A}. \quad (2-32)$$

ただし、 $w_i$ と $A_i$ はそれぞれ任意の町丁目における幅員階級 $i$ の道路幅員の代表値と道路延長を表す。



図2-5：実市街地における建物・街区・道路網（鳥越1丁目）

図2-6は、横軸を道路面積の理論値 $S_R(\bar{w}, A, v)$ 、縦軸を道路面積の実測値 $S_R$ とする散布図を描いたものである。ただし、 $S_R$ は任意の町丁目と共通部分の道路ポリゴン面積をGIS上で計測したものである。図2-6から、 $S_R(\bar{w}, A, v)$ は $S_R$ よりも過大傾向にあることがわかる。また、図2-7は前者に対する後者の比： $r = S_R / S_R(\bar{w}, A, v)$ の相対度数分布を描いたものである。 $r$ の平均と標準偏差はそれぞれ0.86と0.17である。図2-7から、 $r$ の分布は単峰性を有し、平均と最頻値はほぼ一致することがわかる。 $S_R(\bar{w}, A, v)$ は $S_R$ よりも過大傾向にあることは、町丁目界をなす道路の幅員の扱い方に起因すると考えられる。図2-5から、町丁目界をなす道路のうち、1)約半分は隣接する町丁目に含まれ、2)その幅員は町丁目内の道路の幅員と比較して広いことがわかる。1)については、(2-3)式の右辺の第一括弧で補正している。また、2)から、町丁目界をなす道路の平均幅員は $\bar{w}$ よりも広い傾向にあるため、 $S_R(\bar{w}, A, v)$ は $S_R$ よりも平均で14%大きくなると考えられる。このように、 $r$ の平均が0.86であることは、 $S_R$ を簡便に推定する際に有効な知見であろう。以降、 $S_R$ を用いて、モデル敷地の間口 $\bar{F}$ 、奥行 $\bar{D}$ 、そして間口奥行比 $\bar{y}$ を算出する。

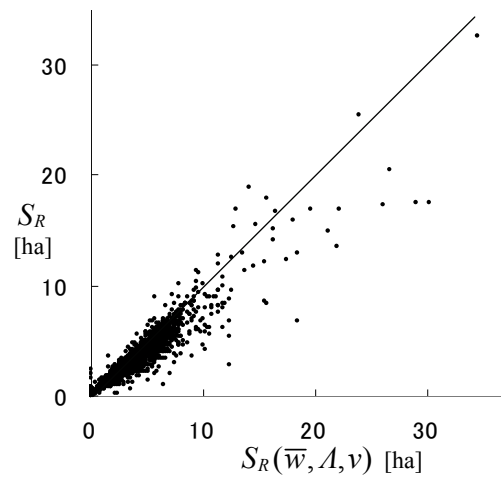


図2-6：道路面積の理論値と実測値の関係

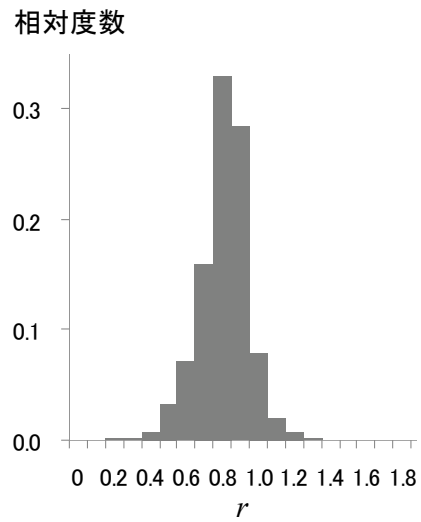


図2-7：道路面積の理論値に対する実測値の比の相対度数分布

(2-10)式, (2-17)式及び(2-28)式を用いて, 東京23区におけるモデル敷地の間口 $\bar{F}$ , 奥行 $\bar{D}$ , そして間口奥行比 $\bar{\gamma}$ の分布を求めよう. 図2-8と図2-9は,  $\bar{F}$ と $\bar{D}$ の相対度数分布をそれぞれ描いたものである. 図2-8と図2-9から,  $\bar{F}$ と $\bar{D}$ の相対度数分布は単峰性を有し, 30m以下における $\bar{F}$ と $\bar{D}$ の最頻値はそれぞれ11mと16mであることがわかる.

図2-10は,  $\bar{\gamma}$ の相対度数分布を描いたものである. 図2-10から,  $\bar{\gamma}$ の相対度数分布も単峰性を有し, 最頻値は1.4であることがわかる. 従って, 東京23区では, 平均的に敷地の間口よりも奥行を若干長めにとる傾向にあるといえる. 一方で, 図2-11は東京23区内の各町丁目別に $\bar{\gamma}$ の値を算出した結果をコロプレスマップで示したものである. 図2-11から, 都心を中心に敷地の間口を相対的に長くとる町丁目が連坦しているのに対して, 都心から半径5kmから10kmの範囲において敷地の奥行を相対的に長くとる町丁目が分布していることがわかる.



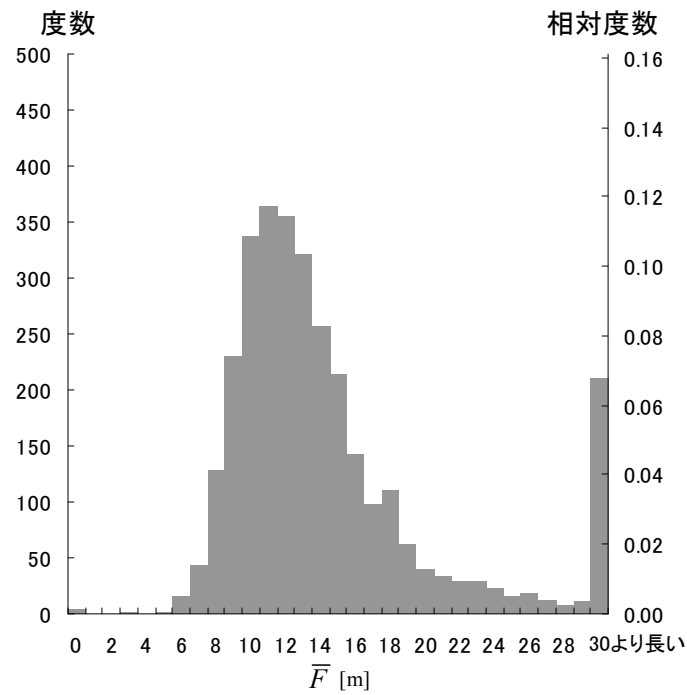


図2-8：モデル敷地の間口（敷地の平均間口）の相対度数分布

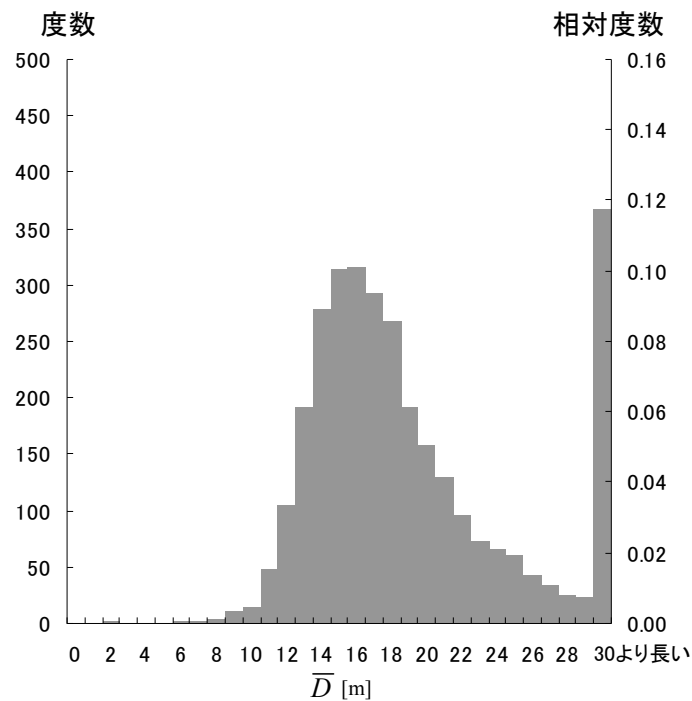


図2-9：モデル敷地の奥行の相対度数分布

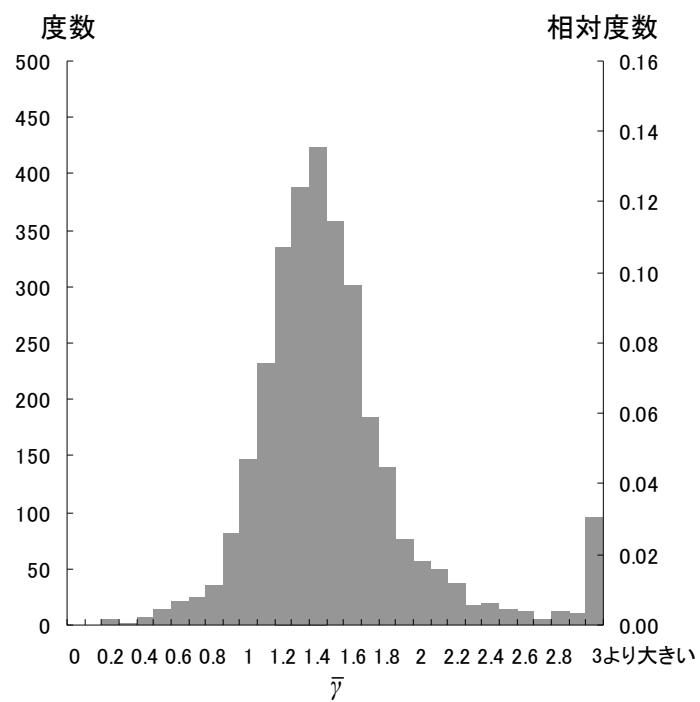


図2-10：モデル敷地の間口奥行比の相対度数分布

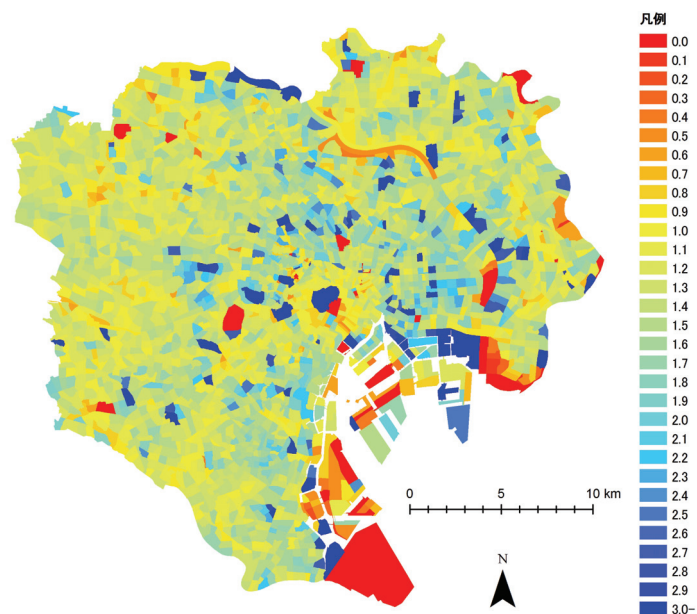


図2-11：モデル敷地の間口奥行比の分布（東京23区の町丁目別）

$\bar{\gamma}$  の分布を道路延長密度と建物棟数密度の関係に着目して考察してみよう．図2-12は，横軸を道路延長密度 $\lambda$ ，縦軸を $C(\lambda)$ とする散布図を描いたものである．黒色の点は，道路幅員の平均 $\bar{w}$ ，交差点密度 $v/S$ ， $c$ ， $n_F/n$ ， $L/S$ の値として東京23区全体の平均値（ $\bar{w} = 8.7\text{m}$ ， $v/S = 45\text{個/ha}$ ， $c = 0.56$ ， $n_F/n = 1.38$ ， $L/S = 124\text{m/ha}$ ）を用いて描いたものであり，灰色の点は各町丁目の値を用いて描いたものである． $c = 0.56$ となることから，図2-5（ $c = 0.70$ ）と比較すると，東京23区では三叉路が多いことがわかる．図2-12において，灰色の点は黒色の点の近傍に分布していることがわかる．また， $\lambda$ が増加するに伴って， $C(\lambda)$ は単調減少していることから， $C(\lambda)$ は $\lambda$ の単調減少関数とみなせる． $\rho_G$ と $\bar{\gamma}$ の次元はそれぞれ[棟/ $\text{m}^2$ ]と無次元量であるため， $C(\lambda)$ の次元は[ $\text{m}^2/\text{棟}$ ]となる．(2-18)式より， $\rho_G = 1/C(\lambda)$ ならば， $\bar{\gamma} = 1$ となる．従って， $C(\lambda)$ は各町丁目の道路延長密度に応じて決まる正方形敷地の平均面積を表し， $\bar{F}$ と $\bar{D}$ の大小関係を決定する基準となる．各町丁目において，a)  $1/\rho_G < C(\lambda)$ ならば， $\bar{F} < \bar{D}$ となるのに対して，b)  $1/\rho_G > C(\lambda)$ ならば， $\bar{F} > \bar{D}$ となる．よって，図2-11は， $\bar{\gamma}$ の分布を介して，建物棟数密度が道路網の充実度と比較して高い地域と低い地域を示していると解釈することもできる．敷地奥行が相対的に長い町丁目では， $\lambda$ が低く $\rho_G$ は高い一方で，敷地間口が相対的に長い町丁目では， $\lambda$ が高く $\rho_G$ は低い．

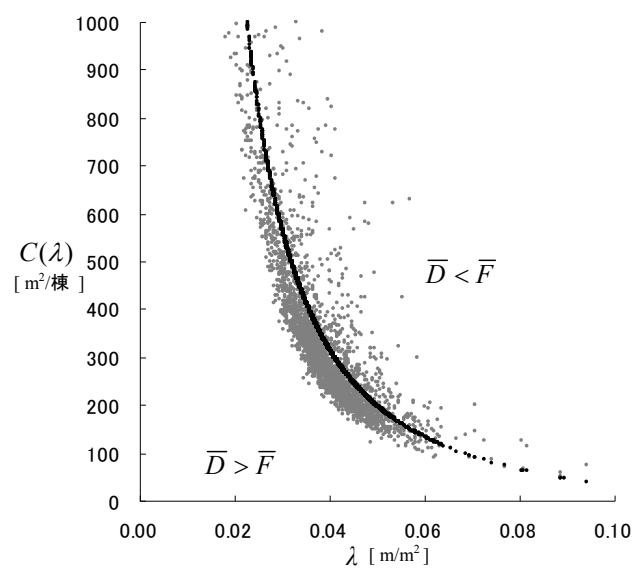


図2-12：道路延長密度と建物棟数密度の関係

## 2.5 地域におけるモデル建物の奥行と「すき間」の奥行

地域におけるモデル建物の奥行を定式化し、建物前面の配置自由度に着目することで、「すき間」について論じよう。

図2-13のように、ネットの実建蔽率が $\mu$ の地域において、敷地と建物は互いに矩形かつ相似であると仮定しよう。このとき、(2-33)式かつ(2-34)式をみたす $\bar{F}_B$ と $\bar{D}_B$ を間口と奥行とする矩形建物を「モデル建物」と定義する：

$$\mu \bar{F} \bar{D} = \bar{F}_B \bar{D}_B, \quad (2-33)$$

$$\frac{\bar{D}_B}{\bar{F}_B} = \frac{\bar{D}}{\bar{F}} = \bar{\gamma}. \quad (2-34)$$

このとき、 $\bar{D}_B$ は $\mu$ と $\bar{D}$ を用いて次式のように表せる：

$$\bar{D}_B = \sqrt{\mu} \bar{D}. \quad (2-35)$$

ここで、建物前面の配置自由度 $\bar{D}_{Free}$ を $\bar{D}$ と $\bar{D}_B$ の差：

$$\bar{D}_{Free} = \bar{D} - \bar{D}_B = (1 - \sqrt{\mu}) \bar{D} \quad (2-36)$$

で定義しよう。このとき、(2-17)式と(2-36)式から、 $\bar{D}_{Free}$ は建物棟数密度 $\rho_G$ に依存せず、道路延長密度 $\lambda$ 、道路幅員の平均 $\bar{w}$ 、交差点密度 $v/S$ 、 $n_F/n$ 、そして $\mu$ に依存することがわかる。また、 $\bar{D}_{Free}$ は $\mu$ の平方根に比例して小さくなる。

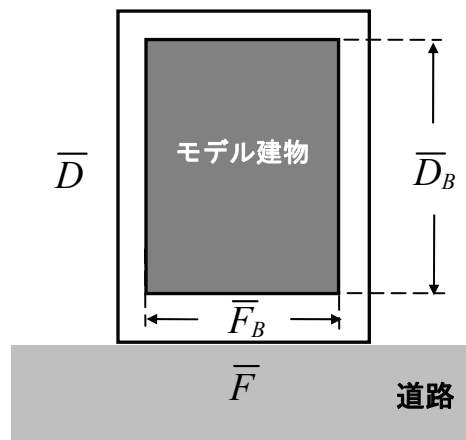


図2-13：モデル敷地の奥行とモデル建物の奥行

図2-14は、横軸を $\lambda$ 、縦軸を $\bar{D}_{Free}$ とする散布図を描いたものである。ただし、 $\bar{D}_{Free}$ を算出する際に、 $\bar{w}$ 、 $v/S$ 、 $c$ 、 $n_F/n$ 、そして $L/S$ の値として東京23区全体の平均値を用いた。図2-14から、a)  $\bar{D}_{Free}$ は $\lambda$ の単調減少関数であること、b)  $\lambda$ が増加するほど、 $\lambda$ の増加に伴う $\bar{D}_{Free}$ の減少率は低下することがわかる。つまり、 $\lambda$ が低い地域ほど、道路網整備は $\bar{D}_{Free}$ の減少に寄与する一方で、 $\lambda$ が高い地域では、道路網整備よりも建蔽率を緩和するほうが $\bar{D}_{Free}$ の減少に寄与する。

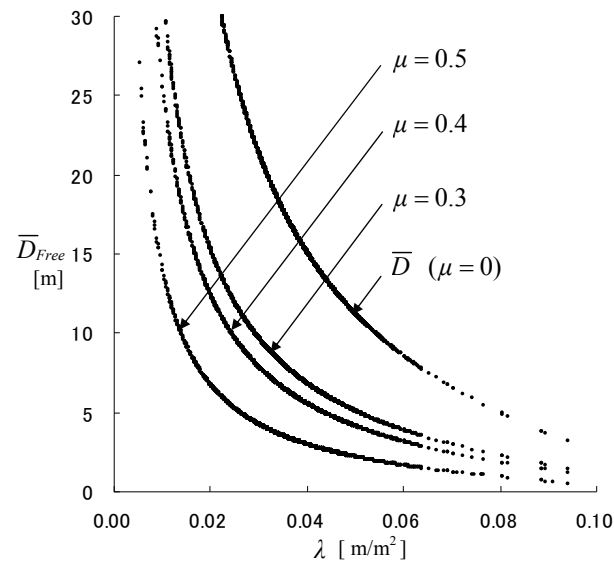


図2-14：道路延長密度と建物前面配置自由度の関係

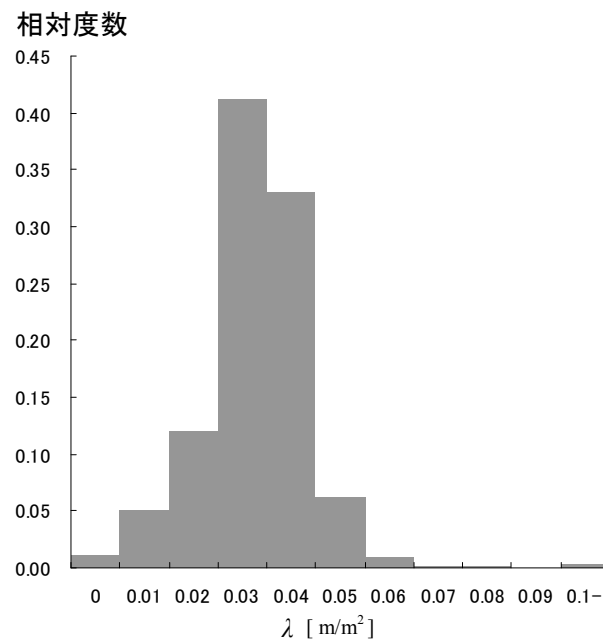


図2-15：道路延長密度の相対度数分布

(2-36)式を用いて、東京23区における  $\bar{D}_{Free}$  の分布を求めてみよう。図2-16は、 $\bar{D}_{Free}$  の相対度数分布を描いたものである。図2-16から、30m以下における  $\bar{D}_{Free}$  の最頻値は5mであることがわかる。一方で、 $\bar{D}_{Free} = 0$ つまり建物前面が道路境界線とほぼ一致する町丁目は33ヶ所存在する。図2-17は、東京23区内の各町丁目別に  $\bar{D}_{Free}$  の値を算出した結果を、コロプレスマップで示したものである。図2-17から、 $\bar{D}_{Free}$  がほぼ0となる地域は、都心を中心に震災復興計画及び戦災復興計画により道路網パターンが格子状に改変された地域であることがわかる。一方で、 $\bar{D}_{Free}$  が5m前後である地域は、都心から半径5km以遠に分布していることがわかる。



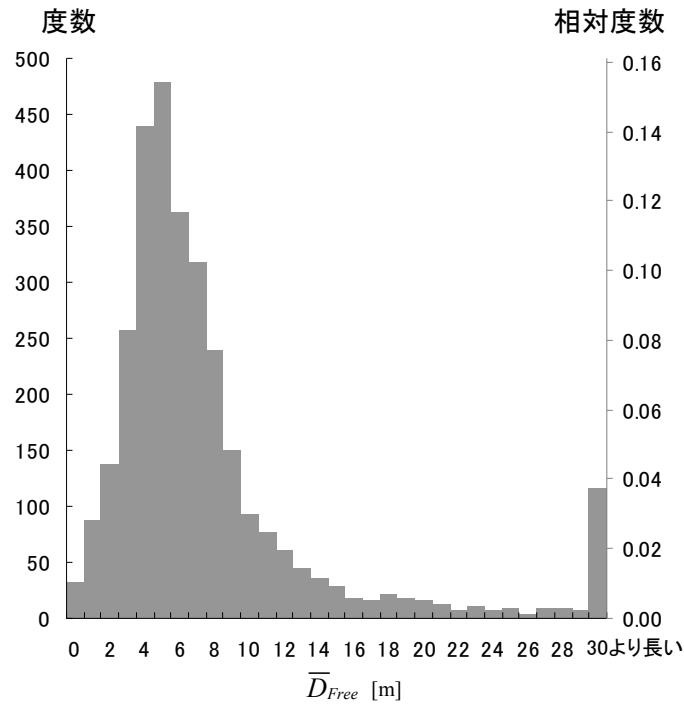


図2-16：建物前面配置自由度の相対度数分布

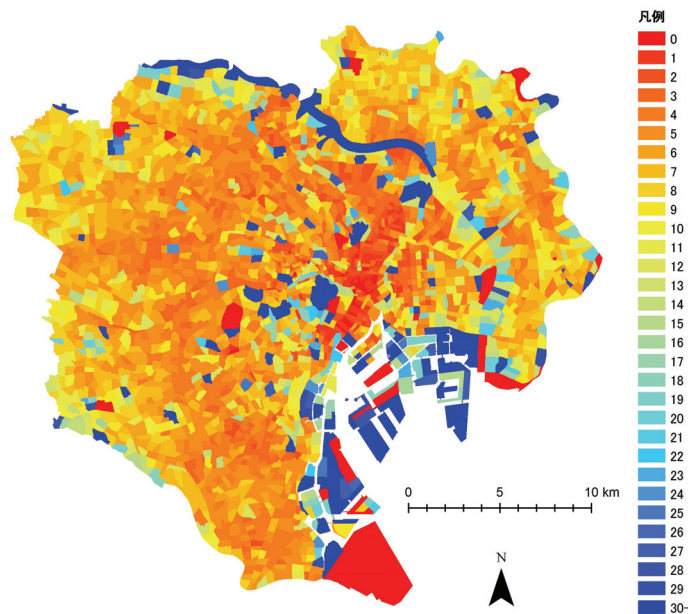


図2-17：建物前面配置自由度の分布（東京23区の町丁目別）

ところで、 $\bar{D}_{Free}$  は地域における平均的な「すき間」の奥行の上限とみなすこともできる。実市街地において、建物前面後退距離の平均  $\bar{D}_S$  は、個々の敷地にかかる規制の下で、つぎの不等式をみたす：

$$0 \leq \bar{D}_S \leq \bar{D}_{Free}. \quad (2-37)$$

表2-1は、平均敷地面積（グロス）をもつ正方形敷地奥行の辺長がそれぞれ10m, 12.5m, 15m, 17.5m, そして20mとなる町丁目における  $\bar{D}_S / \bar{D}$  と  $\bar{D}_S / \bar{D}_{Free}$  を算出した結果である。ただし、 $\bar{D}_S$  は、各町丁目における道路境界線から建物壁面までの距離を薄井・浅見(2010b)の方法に基づいて計測し、その平均を算出したものである<sup>37)</sup>。表2-1から、a)  $\bar{D}$  に対する  $\bar{D}_S$  の比は0.1から0.2であること、b)  $\bar{D}_{Free}$  に対する  $\bar{D}_S$  の比は0.4から0.6であることがわかる。従って、 $\bar{D}$  及び  $\bar{\gamma}$  の変化に対して、 $\bar{D}_S / \bar{D}$  と  $\bar{D}_S / \bar{D}_{Free}$  は概ね安定しているといえる。また、 $\bar{D}$  及び  $\bar{\gamma}$  の大小に関らず、 $\bar{D}_{Free}$  の約半分を  $\bar{D}_S$  に割り当てる傾向は、(2-36)式を用いて道路延長密度  $\lambda$  から  $\bar{D}_S$  を推定する際の有効な知見であろう。

**表2-1：建物前面後退距離の平均に対するモデル敷地の奥行の比  
及び建物前面後退距離の平均に対する建物前面配置自由度の比**

町丁目	$\rho_G$ [棟/ha]	$\lambda$ [m/ha]	$\bar{D}_S$ [m]	$\bar{D}_{Free}$ [m]	$\bar{D}$ [m]	$\bar{\gamma}$	$\bar{D}_S / \bar{D}$	$\bar{D}_S / \bar{D}_{Free}$
京島3丁目	98.4	482	1.3	2.8	12.1	1.86	0.11	0.46
千駄木2丁目	63.4	503	1.7	3.0	13.1	1.33	0.13	0.57
湯島3丁目	44.4	461	1.3	2.8	14.1	1.27	0.09	0.46
上石神井南町	32.3	360	3.2	8.3	18.5	1.32	0.17	0.39
南篠崎町2丁目	25.0	411	3.3	7.5	17.6	1.02	0.19	0.44

## 2.6 本章のまとめ

本章では、モデル敷地の間口、奥行及び間口奥行比と建物棟数密度及び道路延長密度の関係について理論的かつ実証的に論じた。また、「すき間」の奥行と地域における建物棟数密度及び道路延長密度の関係について論じた。

第3節では、正方格子状の地域モデルを想定し、地域におけるモデル敷地の間口、奥行及び間口奥行比を、建物棟数密度及び道路延長密度の関数として定式化することで、1)モデル敷地の間口は建物棟数密度（グロス）に反比例し、かつ道路延長密度に関する上に凸の2次関数となること、2)モデル敷地の間口が最大となる道路延長密度が存在すること、3)モデル敷地の奥行は建物棟数密度に依存せず、道路延長密度、地域の形状及び交差点密度に依存すること、4)モデル敷地の奥行は道路延長密度の凸関数となること、5)モデル敷地の間口奥行比は道路延長密度の単調減少関数となること、6)建物棟数密度（グロス）の増加はモデル敷地の奥行の増加に寄与する一方で、道路延長密度の増加はモデル敷地の間口の増加に寄与することを理論的に示した。

第4節では、東京23区を対象に、地域におけるモデル敷地の間口、奥行及び間口奥行比の分布を示し、1)最頻値はそれぞれ11m、16m、そして1.4であること、2)モデル敷地の間口と奥行の大小関係を決定する基準は道路延長密度の単調減少関数で与えられること、3)モデル敷地の間口奥行比の分布は道路網の充実度と比較して建物棟数密度が高い地域と低い地域を示していることがわかった。

第5節では、地域における建物前面配置自由度の平均  $\bar{D}_{Free}$  に着目し、1)  $\bar{D}_{Free}$  は道路延長密度の単調減少関数であること、2)道路延長密度が低い地域ほど、道路網整備は  $\bar{D}_{Free}$  の減少に寄与する一方で、道路延長密度が高い地域では、道路網整備よりもネットの実建蔽率を緩和するほうが  $\bar{D}_{Free}$  の減少に寄与すること、3)東京23区における  $\bar{D}_{Free}$  の最頻値は5mであること、4)モデル敷地の奥行及び間口奥行比の変化に対して、モデル敷地の奥行に対する建物前面後退距離の平均  $\bar{D}_s$  の比及び  $\bar{D}_{Free}$  に対する  $\bar{D}_s$  の比は概ね安定傾向にあり、 $\bar{D}_{Free}$  の約半分を  $\bar{D}_s$  に割り当てる傾向にあることを示した。

一方で、本章では、これらの結果を得るために、以下の三つの仮定を設けている。それぞれの仮定の妥当性については、続章において検証する。

第一に、正方格子状の地域モデルを仮定している。ところが、実市街地における地域の形状及び道路網パターンは不定形である。このため、想定する地域の形状及び道路網パターンの違いがモデル敷地の間口、奥行及び間口奥行比の算出結果に及ぼす影響を考察する余地がある。第3節で既述したように、モデル敷地の奥行及び間口奥行比は、地域の形状、交差点密度そして三叉路と四叉路の構成比に依存する。地域形状を正方形と仮定することは、モデル敷地の奥行及び間口奥行比を過小に算出することに寄与する一方で、地域内の

交差点を全て四叉路と仮定することは、モデル敷地の奥行及び間口奥行比を過大に算出することに寄与する。このように、理論的な考察から、正方格子状の地域モデルを仮定する際の問題点が明らかとなった。第3章では、実市街地を対象に正方格子状の地域モデルを仮定する妥当性を検証する。

第二に、敷地奥行の平均と間口奥行比の平均を考える代わりに、敷地の平均間口に対する敷地の平均面積の比  $\bar{s}/\bar{F}$  と敷地の平均間口の二乗に対する敷地の平均面積の比  $\bar{s}/\bar{F}^2$  を考えている。なぜなら、敷地の平均奥行や間口奥行比の平均は、建物棟数密度や道路延長密度を用いて直接的に定式化することができないためである。ところが、敷地間口と敷地奥行の分布が互いに独立であるならば、モデル敷地の奥行（地域における敷地の平均間口に対する平均面積（ネット）の比）を算出することによって、敷地奥行の平均を簡便に推定することができる。第4章では、実市街地を対象に、敷地の間口と奥行の分布は互いに独立かどうかを検証する。

第三に、地域に存在するすべての建物について、建物と道路の近接性が成立することを仮定している。第5章では、実市街地を対象に、仮定の妥当性を検証する。

### 第3章 想定する地域形状及び道路網パターンの違いが モデル敷地の間口及び奥行の算出に及ぼす影響 —道路延長密度は不変の条件下において—

#### 3.1 はじめに

本章では、第2章のように、モデル敷地の間口と奥行を定式化するときに、正方格子状の地域モデルを想定する妥当性を検証する。

都市計画では、市街地における平均的な物的環境を把握する際に、規範的な道路網及び街区のパターンとして格子状パターンを想定する場合が多い。その理由として、格子状パターンが有する規則性と理論的な扱いやすさの二点を指摘することができよう。槇(1980)が指摘するように、格子状パターンは均等な敷地を生み出すための高度に実利性をもったシステムである<sup>40)</sup>。この空間的な均等性が、建物棟数密度や道路延長密度といった密度指標に着目することで、市街地の平均的な物的環境を理論的に把握しやすくしている。確かに、道路地図を眺めてみれば、格子状パターンを有する市街地がある一方で、格子状でない不規則なパターンを有する市街地もあることがわかる。もし、パターンの違いが市街地の平均的な物的環境を把握する際に影響を及ぼさなければ、冒頭の想定は妥当であるといえる。

本章では、市街地の平均的な物的環境を表す指標として、敷地の平均間口 $F$ に着目する。 $F$ は、地域における間口の総数 $n_F$ に対する街区境界線の総延長 $L_B$ の比で定義される。 $n_F$ は建物棟数 $n$ 、交差点数 $v$ 、及び四叉路と三叉路の構成比 $c$ に依存し、 $L_B$ は道路延長 $A$ に依存する。そこで、 $L_B$ を定式化する際に、規範的な道路網パターンとして、格子状パターンとランダムパターンの2種類を想定する。また、地域形状として、正方形と凸多角形の2種類を想定する。このとき、表3-1のように、4通りのパターンを考えることができる。このうち、正方格子状パターンと凸多角形ランダムパターンについて、 $L_B$ と $F$ を定式化する。道路延長密度は不変の条件下で、1)道路網パターンがランダムパターンの場合において、想定する地域形状の違いが $F$ の算出結果に及ぼす影響、2)地域形状が正方形の場合において、想定する道路網パターンの違いが $F$ の算出結果に及ぼす影響を理論的に考察し、実市街地を対象にその影響を検証する。

表3-1：想定する地域形状及び道路網パターンの分類

		道路網パターン	
		格子状	ランダム
地域形状	正方形	正方格子状	正方ランダム
	凸多角形	凸多角形格子状	凸多角形ランダム

## 3.2 既往研究の整理と本章の位置づけ

1)市街地における敷地間口の重要性を論じた研究, 2)道路網延長などを規範的な道路網パターンを想定して算出する方法を論じた研究がある。

1)について, 玉置・近藤(1981)は, 敷地間口と面積はいずれも固有の収束範囲をもち, 両者の変動係数を比較した結果, とくに間口の収束性が高いことから, 敷地間口が敷地空間の決定要因として重要であると指摘している<sup>8)</sup>。薄井・浅見(2011)は, 正方格子状の地域モデルを想定することで, 地域における敷地の平均間口を建物棟数密度と道路延長密度の関数として定式化している<sup>41)</sup>。

2)について, 腰塚(1978)及び栗田(1997)は, 道路網をランダムな直線の実現値とみなすことにより, 道路網延長の推定式を積分幾何学に基づいて演繹的に導出し, 実測値と比較している<sup>42),43)</sup>。腰塚・小林(1983)は, 矩形格子状の道路網を想定することで, 直線距離に対する道路距離の比の平均を理論的に導出し, 理論値と実測値を比較した結果, 両者はほぼ一致すると指摘している<sup>44)</sup>。古山(1986)は, 格子状パターンとランダムパターンの道路網における最短巡回路長を理論的に導出し, 両者を比較した結果, 道路網パターンの違いは最短巡回路長にほとんど影響を及ぼさないと指摘している<sup>45)</sup>。

本章は, 道路延長密度が同じとき, 想定する地域形状及び道路網パターンの違いが, 敷地の平均間口の違いに及ぼす影響を理論的に考察している点において, 既往研究とは異なる独自性を有する。以降, 第3節において, 地域形状及び道路網パターンが正方格子状パターン及び凸多角形ランダムパターンそれぞれの場合について, 地域における街区境界線の総延長を定式化する。第4節において, 正方格子状パターン及び凸多角形ランダムパターンそれぞれの場合について, 敷地の平均間口を定式化する。そして, 想定する地域形状及び道路網パターンの違いが敷地の平均間口に及ぼす影響を理論的に考察する。第5節では, 実市街地を対象に, 想定する地域形状及び道路網パターンの違いが, 敷地の平均間口の算出結果の違いに及ぼす影響を考察する。第6節では, 想定する地域形状及び道路網パターンの違いが, モデル敷地の奥行(敷地の平均間口に対する敷地の平均面積の比)の算出結果の違いに及ぼす影響を考察する。

### 3.3 地域における街区境界線の総延長の導出

本節では，地域形状と道路網パターンの違いに関らず，地域の面積及び道路延長は等しいという条件の下で，地域における街区境界線の総延長を導出する．

#### 3.3.1 街区境界線の総和（道路網パターンが格子状パターンの場合）

図3-1のように，一辺の長さが $\sqrt{S}$ で東西方向及び南北方向にそれぞれ $m_G$ 個（ $m_G \geq 1$ ）の街区をもつ正方格子状の道路網と街区を考える．道路幅員の平均を $\bar{w}$ とし，図中の白線は道路中心線を表す．このとき，街区境界線の総延長 $L_B$ は：

$$L_B = 4 \cdot \frac{\sqrt{S} - m_G \bar{w}}{m_G} \cdot m_G^2 = 4m_G(\sqrt{S} - m_G \bar{w}). \quad (3-1)$$

また，地域内における道路網延長 $A$ は：

$$A = 2(m_G - 1)\sqrt{S}. \quad (3-2)$$

ただし，地域の境界をなす道路の延長は含まれない．(3-1)式と(3-2)式から $m_G$ を消去すると：

$$L_B = -(A + 2\sqrt{S}) \left\{ A - 2 \left( \frac{\sqrt{S}}{\bar{w}} - 1 \right) \sqrt{S} \right\} \frac{\bar{w}}{\sqrt{S}}. \quad (3-3)$$

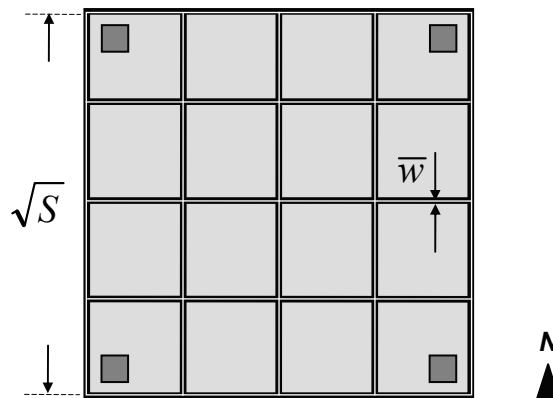


図3-1：正方格子状パターン

### 3.3.2 街区境界線の総和（道路網パターンがランダムパターンの場合）

前小節では、地域の形状が矩形かつ道路網パターンが格子状パターンの場合について論じた。ところが、実際の市街地では、地域の形状は不定形かつ道路網パターンは不規則である。そこで、地域の形状を凸多角形の場合に一般化し、道路網パターンがランダムパターンをなす場合について論じる。

まず、地域における道路網延長を推定するための式を導出しよう。図3-2のように、面積と周長がそれぞれ $S$ と $L$ の閉凸領域 $K$ を地域とする。ランダムな直線 $G_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) が地域 $K$ と交わるとき、弦の長さ $\sigma_i$ の平均は次式で与えられる<sup>46)</sup>：

$$E[\sigma_i] = \frac{\int_{K \cap G_i \neq \emptyset} \sigma_i dG_i}{\int_{K \cap G_i \neq \emptyset} dG_i} = \frac{\pi S}{L}. \quad (3-4)$$

いま、地域 $K$ と交わる直線の本数が $m$ 本のとき、弦の長さの総和の推定値は：

$$E[\sigma_i] = \frac{\sum_i \sigma_i}{m} \Leftrightarrow \sum_i \sigma_i = mE[\sigma_i] = m \frac{\pi S}{L}. \quad (3-5)$$

$m$ 本のランダムな直線分の集合 $\{G_i \mid G_i \cap K \neq \emptyset\}$ を地域内における道路網とみなせば、地域内における道路網延長の推定値は：

$$\hat{\Lambda} = mE[\sigma_i] = m \frac{\pi S}{L}. \quad (3-6)$$

ただし、地域の境界をなす道路の延長は含まれない。

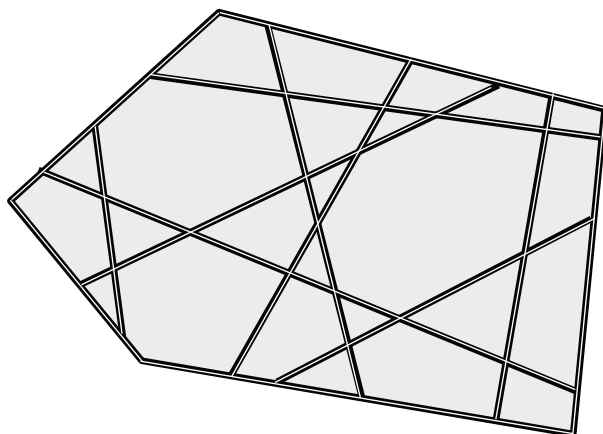


図3-2：凸多角形ランダムパターン



つぎに、地域における街区境界線の総和を推定するための式を導出しよう．図3-3のように、地域 $K$ の境界 $\partial K$ よりも $\bar{w}/2$ だけ内側に境界 $\partial K_{\text{in}}$ をもつ地域を $K_{\text{in}}$ とする．このとき、 $K_{\text{in}}$ の面積 $S_{\text{in}}$ と周長 $L_{\text{in}}$ は：

$$S_{\text{in}} = S - \frac{\bar{w}}{2}L + \pi\left(\frac{\bar{w}}{2}\right)^2, \quad (3-7-1)$$

$$L_{\text{in}} = L - \pi\bar{w}. \quad (3-7-2)$$

直線 $G_i$ が $K_{\text{in}}$ と交わる時、弦の長さ $\sigma_{\text{in}}(i)$ の平均は：

$$\begin{aligned} E[\sigma_{\text{in}}(i)] &= \frac{\pi S_{\text{in}}}{L_{\text{in}}} = \frac{\pi S}{L} \cdot \frac{1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{\bar{w}L}{S} + \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\bar{w}^2}{S}}{1 - \frac{\pi\bar{w}}{L}} \\ &\approx \frac{\pi S}{L}, \quad \text{if } \pi\bar{w} \ll L, \quad \bar{w}L \ll S, \quad \bar{w}^2 \ll S. \end{aligned} \quad (3-8)$$

また、幅が $\bar{w}$ で中心線が $G_i$ と一致する帯を $B_i$ とし、ランダムな帯 $B_i$ が $K$ と交わる時、 $B_i$ と $K$ の共通部分の境界 $\partial(B_i \cap K)$ の長さ $u_i$ の平均は<sup>46)</sup>：

$$E[u_i] = \frac{2\pi S + \pi\bar{w}L}{L + \pi\bar{w}} \approx \frac{2\pi S + \pi\bar{w}L}{L}, \quad \text{if } \pi\bar{w} \ll L. \quad (3-9)$$

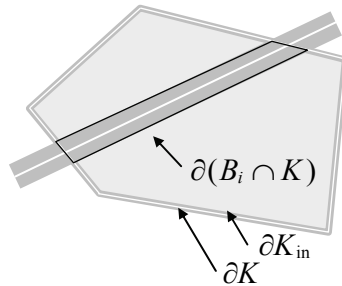


図3-3：ランダムな帯と閉凸領域の境界

ここで、図3-4の黒線部分のように、帯 $B$ が1本増加すると、既存の帯 $B$ と地域の境界上における交差点部において、街区境界線は消失する． $m$ の増加に伴って、地域内及び地域の境界上における交差点数は増加するため、交差点部における街区境界線の消失を考慮する必要がある．また、消失部分の長さ $w'$ は、任意の2本の帯 $B$ のなす角の大きさや帯 $B$ と $\partial K$ のなす角に依存する．以降、1)地域の境界上における消失と、2)地域内の交差点部における消失の二つの場合にわけて考えよう．

**1)の場合**，次式で推定することができる：

$$E[u_i - 2\sigma_i] = E[u_i] - 2E[\sigma_i] = \frac{2\pi S + \pi\bar{w}L}{L + \pi\bar{w}} - 2\frac{\pi S}{L}, \quad \text{if } \pi\bar{w} \ll L.$$

$$= \frac{\pi(L^2 - 2\pi S)}{L(L + \pi\bar{w})} \bar{w} \approx \left(1 - \frac{2\pi S}{L^2}\right) \pi\bar{w}, \quad \text{if } \pi\bar{w} \ll L. \quad (3-10)$$

**2)の場合**，図3-4のように、任意の2本の帯が互いになす角の大きさを $\varphi$ とすると、 $w'$ と $\bar{w}$ の関係は：

$$\bar{w} = w' \sin \varphi \Leftrightarrow w'(\varphi) = \frac{\bar{w}}{\sin \varphi}, \quad \varphi \in (0, \pi). \quad (3-11)$$

ここで、 $\varphi$ の確率密度関数は次式のようなになる<sup>47)</sup>：

$$f(\varphi) = \frac{1}{2} \sin \varphi. \quad (3-12)$$

従って、 $w'$ の平均 $\bar{w}$ は次式のようなになる：

$$\bar{w}' = E[w'(\varphi)] = \int_0^\pi w'(\varphi) f(\varphi) d\varphi = \int_0^\pi \frac{\bar{w}}{\sin \varphi} \cdot \frac{1}{2} \sin \varphi d\varphi = \frac{\pi}{2} \bar{w}. \quad (3-13)$$

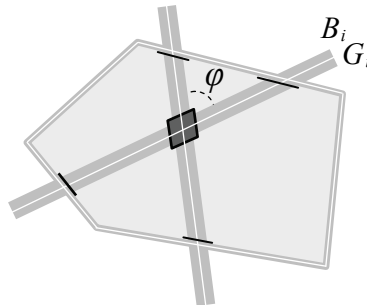


図3-4：交差点部における街区境界線の消失

(3-8)式, (3-10)式, (3-13)式より, 街区境界線の総延長 $L_B$ の推定値は次式のようになる:

$$\begin{aligned}\hat{L}_B &= (L - \eta \bar{w}) + m \cdot 2E[\sigma_{in}(i)] - (4E[v_{in}] \bar{w}' + m \cdot E[u_i - 2\sigma_i]) \\ &\approx (L - \eta \bar{w}) + 2m \frac{\pi S}{L} - 4 \cdot \frac{m(m-1)\pi S}{L^2} \cdot \frac{\pi}{2} \bar{w} - m \frac{(L^2 - 2\pi S)}{L^2} \pi \bar{w}.\end{aligned}\quad (3-14)$$

ただし, 交差点数 $v_{in}$ の平均 $E[v_{in}]$ は次式で与えられる<sup>46)</sup>:

$$E[v_{in}] = \frac{m(m-1)\pi S}{L^2}.\quad (3-15)$$

また,  $\eta \bar{w}$  は地域の境界をなす街区境界線を算出する際の補正項である.  $\eta$  は地域の形状を反映する係数であり, 凸多角形の角数を $J$ とすると, 図3-5のように次式を満たす:

$$\sum_{j=1}^J P_j H_{j1} + P_j H_{j2} = \bar{w} \sum_{j=1}^J \tan\left(\frac{\pi - \theta_j}{2}\right) = \eta \pi.$$

ここで,  $\eta$  の変域について考えよう.

$$\bar{\theta}_j = \frac{(J-2)}{J} \pi, \quad J \geq 4.$$

$$\bar{w} \sum_{j=1}^J \tan\left(\frac{\pi}{2} - \frac{(J-2)}{2J} \pi\right) = \bar{w} \sum_{j=1}^J \tan\left(\frac{\pi}{J}\right) = \bar{w} J \tan\left(\frac{\pi}{J}\right).$$

$J=4$ のとき,  $\eta=4$ となる. また,  $J \rightarrow \infty$  のとき,

$$\lim_{J \rightarrow \infty} J \tan\left(\frac{\pi}{J}\right) = \lim_{J \rightarrow \infty} \frac{\tan\left(\frac{\pi}{J}\right)}{\frac{\pi}{J}} \pi = \pi.$$

従って,  $\eta$  の変域は  $\pi < \eta \leq 4$  となる.

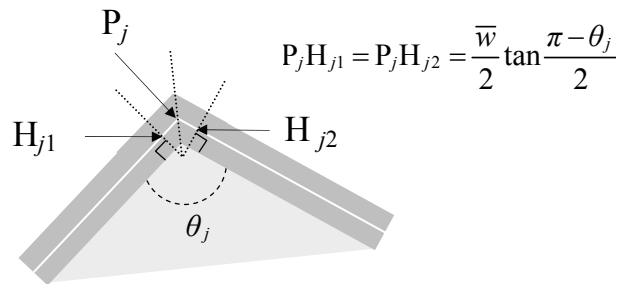


図3-5 : 地域の境界上における街区境界線の補正

このとき、(3-6)式と(3-14)式から $m$ を消去すると：

$$L_B \approx (L - \eta \bar{w}) - 2A \left[ A - \left\{ \left( \frac{2\pi S}{L} - \frac{L}{2} \right) + \frac{S}{\bar{w}} \right\} \right] \frac{\bar{w}}{S}. \quad (3-16)$$

(3-3)式と(3-16)式を比較すると、道路網パターンの相違に関らず、 $L_B$ は $A$ の2乗に比例して減少することがわかる。

ここで、 $L = \tau \sqrt{S}$  とすると、 $\tau \geq 4$  は地域形状を反映する。いま、 $S$ が一定の下で、 $\tau = 4$  のとき、地域形状は正方形となり、 $\tau$  が大きいほど、地域形状は細長の多角形となる。

$$L_B \approx \tau \sqrt{S} - \eta \bar{w} - 2A \left[ A - \left\{ \left( \frac{2\pi}{\tau} - \frac{\tau}{2} \right) + \frac{S}{\bar{w}} \right\} \sqrt{S} \right] \frac{\bar{w}}{S}. \quad (3-17)$$

### 3.4 地域形状と道路網パターンの違いに着目した敷地の平均間口の比較

地域における敷地の平均間口を導出し、道路網パターン及び地域形状の違いに着目した敷地の平均間口の違いを比較しよう。以降、道路網パターンの違いに関らず、地域における間口の総数 $n_F$ は、第2章で既述した方法に基づいて、次式から算出する：

$$n_F = (n + 4) + 4v_4 + 2v_3. \quad (3-18)$$

ただし、 $v_4$ と $v_3$ は、それぞれ実市街地における四叉路と三叉路の総数を表す。このため、 $n_F$ は定数として扱う。

#### 3.4.1 地域における敷地の平均間口の導出

(3-3)式の両辺を $n_F$ で割ると、格子状パターンをなす地域における平均間口 $\bar{F}_G$ が得られる：

$$\bar{F}_G = \frac{L_B}{n_F} = -\frac{1}{\rho_G} \cdot \frac{n}{n_F} \left( \frac{A}{S} + \frac{2}{\sqrt{S}} \right) \left\{ \frac{A}{S} - \left( \frac{\sqrt{S}}{\bar{w}} - 1 \right) \frac{2}{\sqrt{S}} \right\} \bar{w}. \quad (3-19)$$

$\bar{F}_G > 0$  より、道路延長密度 $\lambda = A/S$ の定義域は：

$$\lambda \in \left( 0, \frac{2}{\bar{w}} - \frac{2}{\sqrt{S}} \right).$$

(3-19)式から、 $\bar{F}_G$ は $\lambda$ に関する上に凸の2次関数となることがわかる。従って、 $\bar{F}_G$ を最大化する $\lambda$ が存在し、 $\bar{F}_G$ の最大値とそのときの $\lambda$ はそれぞれつぎのようになる：

$$\bar{F}_{G \max} = \frac{1}{\rho_G} \cdot \frac{n}{n_F} \left( \frac{1}{\bar{w}} - \frac{2}{\sqrt{S}} \right), \quad (3-19-1)$$

$$\lambda_{G^*} = \frac{1}{\bar{w}} - \frac{2}{\sqrt{S}}. \quad (3-19-2)$$

また、(3-17)式の両辺を $n_F$ で割ると、ランダムパターンをなす地域における平均間口 $\bar{F}_R$ が得られる：

$$\bar{F}_R = \frac{L_B}{n_F} \approx -\frac{1}{\rho_G} \cdot \frac{n}{n_F} \left[ 2 \cdot \frac{A}{S} \left[ \frac{A}{S} - \left\{ \left( \frac{2\pi}{\tau} - \frac{\tau}{2} \right) \frac{1}{\sqrt{S}} + \frac{1}{\bar{w}} \right\} \right] \bar{w} - \left( \frac{\tau}{\sqrt{S}} - \eta \frac{\bar{w}}{S} \right) \right]. \quad (3-20)$$

$\bar{F}_R > 0$  より、道路延長密度 $\lambda = A/S$ の定義域は：

$$\lambda \in \left( 0, \left( \frac{1}{2\bar{w}} - \frac{(\tau^2 - 4\pi)}{4\tau} \cdot \frac{1}{\sqrt{S}} \right) + \frac{\sqrt{\det}}{4\bar{w}} \right).$$

ただし,

$$\det \equiv \left\{ \left( \tau - \frac{4\pi}{\tau} \right)^2 - 8\eta \right\} \left( \frac{\bar{w}}{\sqrt{S}} \right)^2 + 4 \left( \tau + \frac{4\pi}{\tau} \right) \frac{\bar{w}}{\sqrt{S}} + 4.$$

(3-20)式から,  $\bar{F}_R$  は  $\lambda$  に関する上に凸の2次関数となることがわかる. 従って,  $\bar{F}_R$  を最大化する  $\lambda$  が存在し,  $\bar{F}_R$  の最大値とそのときの  $\lambda$  はそれぞれつぎのようになる:

$$\bar{F}_{R \max} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\rho_G} \cdot \frac{n}{n_F} \left[ \frac{1}{\bar{w}} + \left( \tau + \frac{4\pi}{\tau} \right) \frac{1}{\sqrt{S}} + 2 \left\{ \frac{1}{2} \left( \tau - \frac{4\pi}{\tau} \right)^2 \right\} - \eta \right] \frac{\bar{w}}{S}, \quad (3-20-1)$$

$$\lambda_R^* = \frac{1}{2\bar{w}} - \frac{(\tau^2 - 4\pi)}{4\tau} \cdot \frac{1}{\sqrt{S}} = \frac{1}{2\bar{w}} - \frac{t(\tau)}{\sqrt{S}}. \quad (3-20-2)$$

ただし,

$$t(\tau) \equiv \frac{\tau^2 - 4\pi}{4\tau}. \quad (3-20-3)$$

(3-20-2)式から,  $\bar{F}_R$  を最大化する  $\lambda$  は,  $\bar{w}$  の逆数のほかに, 地域の面積規模の影響を受けることがわかる. 地域の面積  $S$  が十分に大きいとき,  $\lambda_R^*$  は  $\bar{w}$  の逆数のみに依存することに注意すると, 次式の関係が成立する:

$$\lambda_R^* \approx \frac{1}{2} \lambda_G^*. \quad (3-21)$$

$S$  が十分に大きいとき,  $\bar{w}/S \ll 1$  かつ  $1/\sqrt{S} \ll 1$  だから,

$$\bar{F}_{R \max} \approx \frac{1}{2} \bar{F}_{G \max} \quad (3-22)$$

従って, 1)  $\lambda_R^*$  は  $\lambda_G^*$  の約1/2倍となること, 2)  $\bar{F}_{R \max}$  は  $\bar{F}_{G \max}$  の約1/2倍となることがわかる.

### 3.4.2 想定する地域形状の違いが敷地の平均間口に及ぼす影響

ランダムパターンをなす地域における平均間口  $\bar{F}_R$  は、地域形状を反映する指標  $\tau$  に依存する。地域形状は正方形であると想定することは、地域形状に関らず  $\tau (\geq 4)$  の値を4に設定することと等価である。そこで、 $\bar{F}_R$  の  $\tau (\geq 4)$  に対する感度分析を行うことで、地域形状の違いが敷地の平均間口に及ぼす影響について論じよう。

(3-20)式の両辺を  $\tau$  について偏微分すると、 $\bar{F}_R$  の  $\tau$  に関する第1次偏導関数が得られる：

$$\frac{\partial \bar{F}_R}{\partial \tau} \approx -\frac{1}{n_F} \cdot \frac{4\pi \bar{w}A + (\bar{w}A - S)\tau^2}{\tau^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{S}}. \quad (3-23)$$

さらに、(3-23)式の両辺を  $\tau$  について偏微分すると、 $\bar{F}_R$  の  $\tau$  に関する第2次偏導関数が得られる：

$$\frac{\partial^2 \bar{F}_R}{\partial \tau^2} \approx \frac{1}{n_F} \cdot \frac{8\pi \bar{w}A}{\tau^3} \cdot \frac{1}{\sqrt{S}} > 0. \quad (3-24)$$

これと、

$$\frac{\partial \bar{F}_R(4)}{\partial \tau} \approx -\frac{1}{n_F} \cdot \left(1 - \frac{\pi + 4}{4} \cdot \frac{\bar{w}A}{S}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{S}} > 0, \quad \text{if} \quad \frac{\bar{w}A}{S} < \frac{4}{\pi + 4} \quad (3-25)$$

より、次式が成立する：

$$\frac{\partial \bar{F}_R}{\partial \tau} > 0, \quad \text{for} \quad \tau \geq 4. \quad (3-26)$$

従って、 $\bar{F}_R$  は  $\tau (\geq 4)$  の下に凸の単調増加関数となる。

$\bar{F}_R$  が  $\tau (\geq 4)$  の下に凸の単調増加関数のとき、 $\bar{F}_R(4)$  は最小となる。つまり、任意の地域形状のうち、 $\bar{F}_R$  が最小となる地域形状は正方形である。従って、地域形状が正方形でない地域において、地域形状は正方形と想定するとき、 $\bar{F}_R$  は実際よりも短くなる。

後述するように、実市街地において、地域形状を正方形と想定するとき、 $\bar{F}_R(4)$  に対する  $\bar{F}_R(\tau)$  の比の平均は1.04である。従って、地域形状の違いが  $\bar{F}_R$  に及ぼす影響は小さいといえる。そこで、以降は地域形状を正方形と想定して議論を進めよう。

### 3.4.3 想定する道路網パターンの違いが敷地の平均間口に及ぼす影響

道路網パターンが格子状パターンとランダムパターンそれぞれの地域における敷地の平均間口を比較しよう．議論の見通しをよくするために，道路網パターンの違いに関らず，a) 地域の面積は等しい，b) 地域の形状は正方形，c) 間口の総数 $n_F$ は等しいとする．つまり， $\tau = 4$ かつ $\eta = 4$ とする．このとき，(3-20)式は：

$$\bar{F}_R = \frac{L_B}{n_F} \approx -\frac{S}{n_F} \left[ 2 \cdot \frac{A}{S} \left[ \frac{A}{S} - \left\{ \frac{1}{\bar{w}} - \left( 2 - \frac{\pi}{2} \right) \frac{1}{\sqrt{S}} \right\} \right] \bar{w} - 4 \left( \frac{1}{\sqrt{S}} - \frac{\bar{w}}{S} \right) \right]. \quad (3-27)$$

$\bar{F}_R > 0$  より，道路延長密度 $\lambda = A/S$ の定義域は：

$$\lambda \in \left( 0, \left( \frac{1}{2\bar{w}} - \frac{(4-\pi)}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{S}} \right) + \frac{\sqrt{\det}}{4\bar{w}} \right).$$

ただし，

$$\det \equiv (\pi^2 - 8\pi - 16) \left( \frac{\bar{w}}{\sqrt{S}} \right)^2 + 4(\pi + 4) \frac{\bar{w}}{\sqrt{S}} + 4. \quad (3-27-1)$$

$\bar{F}_R$  と  $\bar{F}_G$  の差： $d(\lambda)$ をとると，地域の面積と形状が同じ条件のもとで，道路網パターンの違いによる敷地の平均間口の差が得られる：

$$d(\lambda) = \bar{F}_R - \bar{F}_G \approx -\frac{S}{n_F} \cdot \frac{A}{S} \left( \frac{A}{S} - \frac{\pi}{\sqrt{S}} \right) \bar{w}. \quad (3-28)$$

(3-28)式から， $d(\lambda)$ は道路延長密度 $\lambda$ を変数とする，上に凸の2次関数となることがわかる． $d(\lambda)$ の最大値とそのときの $\lambda^*$ はそれぞれつぎのようになる：

$$d(\lambda)_{\max} = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{\bar{w}}{n_F} \cong 2.46 \frac{\bar{w}}{n_F}, \quad (3-28-1)$$

$$\lambda^* = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{S}} \cong 1.57 \sqrt{S}. \quad (3-28-2)$$

また， $d(\lambda) = 0$ となるとき， $\lambda$ は：

$$\lambda = 0, \quad \lambda = \frac{\pi}{\sqrt{S}}. \quad (3-29)$$



(3-28-1)式から、 $n_F$ が十分に大きい場合、 $d(\lambda)_{\max} \cong 0$ となる。従って、地域の面積と形状が同一の条件のもとで、 $\bar{F}_R$ と $\bar{F}_G$ の大小関係は次式のようになる：

$$\bar{F}_R < \bar{F}_G, \quad \text{if} \quad \frac{\pi}{\sqrt{S}} < \lambda < \left( \frac{1}{2\bar{w}} + \frac{(4-\pi)}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{S}} \right) + \frac{\sqrt{\det}}{4\bar{w}}, \quad (3-30)$$

$$\bar{F}_R \cong \bar{F}_G, \quad \text{if} \quad 0 < \lambda < \frac{\pi}{\sqrt{S}}. \quad (3-31)$$

つまり、道路延長密度 $\lambda$ が(3-30)式の不等式を満たすとき、地域の面積、形状及び道路延長密度が同一の条件のもとで、格子状パターンをなす地域における敷地の平均間口は、ランダムパターンをなす地域における敷地の平均間口よりも長い。一方で、道路延長密度 $\lambda$ が(3-31)式の不等式を満たすとき、 $\bar{F}_R \cong \bar{F}_G$ が成立する。このとき、正方格子状パターンを想定することは、 $\bar{F}$ の算出結果に影響を及ぼさない。

図3-6は、 $\bar{F}_R$ と $\bar{F}_G$ そして $d(\lambda)$ のグラフの概形を描いたものである。図3-6から、 $\lambda$ が(3-30)式を満たすとき、 $d(\lambda)$ は $\lambda$ の2乗に比例して急速に拡大することがわかる。つまり、想定する道路網パターンの違いによって、 $\bar{F}$ の値は大きく乖離する。この理由はつぎのように考えられる。第一に、ランダムパターンの場合における交差点数のほうが正方格子状パターンの場合よりも平均的に多いからである。第二に、ランダムパターンの場合における交差点部の街区境界線の消失部分の長さは、正方格子状パターンの場合の $\pi/2$ 倍となるからである。これら二つの理由から、道路延長密度が同じであっても、ランダムパターンの場合における街区境界線の消失部分の長さの総和は、正方格子状パターンの場合よりも大きくなる。よって、 $\bar{F}_R$ は $\bar{F}_G$ よりも短くなる。

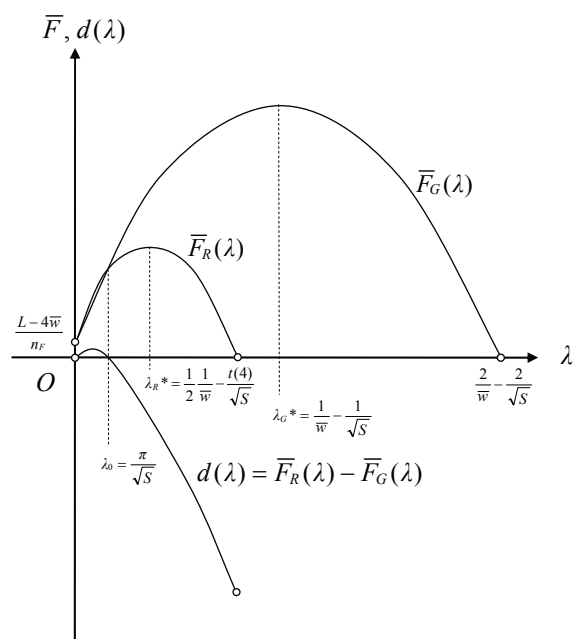


図3-6：想定する道路網パターンの違いによる敷地の平均間口の違い

### 3.5 実市街地における検証

実市街地を対象に、1)想定する地域形状の違いと、2)想定する道路網パターンの違いが敷地の平均間口の算出結果に及ぼす影響を考察しよう。対象とする地域は、東京23区内にある3,115の町丁目である。図3-7は、東京23区内の各町丁目別に $\tau$ の値を算出した結果をコロプレスマップで示したものである。色が濃い町丁目ほど、地域形状は正方形から乖離する。図3-7から、多くの町丁目において、地域形状は凸多角形であることがわかる。また、 $\tau$ の値の分布から、地域形状は概ね正方形であることがわかる。

まず、地域形状を正方形と想定する際の影響について考察するために、 $\bar{F}_R(\tau)/\bar{F}_R(4)$ に着目しよう。図3-8において、濃灰色の度数分布は、東京23区内の各町丁目別に $\bar{F}_R(\tau)$ 及び $\bar{F}_R(4)$ を算出し、 $\bar{F}_R(\tau)/\bar{F}_R(4)$ の相対度数分布を描いたものである。図3-8から、1)最頻値は1、2)東京23区内の約33%の町丁目において1となることがわかる。また、平均は1.04である。従って、地域形状を正方形と想定することによる、 $\bar{F}_R$ の算出結果の違いはほとんど生じず、最大でも約10%である。よって、想定する地域形状の違いが $\bar{F}_R$ の算出結果に及ぼす影響は小さいといえる。

つぎに、想定する道路網パターンの違いが敷地の平均間口の算出結果に及ぼす影響について考察するために、 $\bar{F}_R(4)/\bar{F}_G$ に着目しよう。図3-8において、薄灰色の度数分布は、 $\bar{F}_R(4)/\bar{F}_G$ の相対度数分布を描いたものである。図3-8から、最頻値は0.94であることがわかる。また、 $\bar{F}_R(4)/\bar{F}_G$ の平均は0.95であり、全町丁目の約96%において、 $\bar{F}_R(4)/\bar{F}_G$ は0.8から1.0までの範囲に分布する。従って、想定する道路網パターンの違いによる、敷地の平均間口の算出結果の違いは、平均5%であり、最大でも約20%である。

ここで、 $\bar{F}_R(\tau)/\bar{F}_R(4)$ と $\bar{F}_R(4)/\bar{F}_G$ の積：

$$\frac{\bar{F}_R(\tau)}{\bar{F}_G} = \frac{\bar{F}_R(4)}{\bar{F}_G} \cdot \frac{\bar{F}_R(\tau)}{\bar{F}_R(4)} \quad (3-32)$$

に着目することで、想定する地域形状及び想定する道路網パターンの違いが、敷地の平均間口の算出結果に及ぼす影響について考察しよう。図3-8において、黒色の度数分布は、 $\bar{F}_R(\tau)/\bar{F}_G$ の相対度数分布を描いたものである。図3-8から、最頻値は0.94であることがわかる。また、 $\bar{F}_R(\tau)/\bar{F}_G$ の平均は0.96である。

前節で既述したように、道路網パターンがランダムパターンをなす地域における敷地の平均間口は、格子状パターンをなす地域における敷地の平均間口よりも短くなる。その程度を実市街地において検証した結果、両者の差の平均は約4%であり、最大でも約20%であることがわかった。



図3-7：地域形状を表す指標  $\tau$  の分布（東京23区の町丁目別）

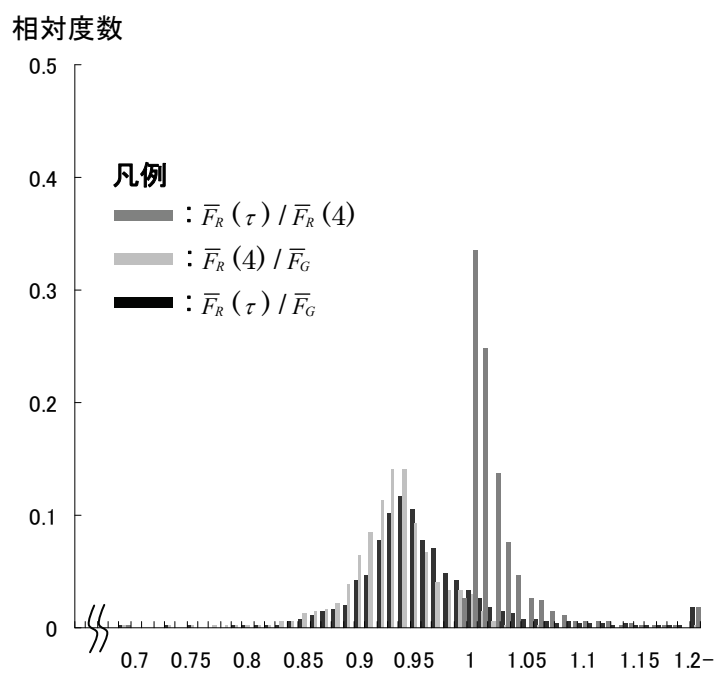


図3-8： $\bar{F}_R(\tau) / \bar{F}_G$ ,  $\bar{F}_R(4) / \bar{F}_G$ ,  $\bar{F}_R(\tau) / \bar{F}_R(4)$ の相対度数分布

ところで、(3-29)式より、 $\bar{F}_R = \bar{F}_G$  が成立するとき、 $\lambda$  は次式を満たす：

$$\lambda_0 = \frac{\pi}{\sqrt{S}}. \quad (3-33)$$

実市街地における  $\lambda$  と  $\lambda_0$  の乖離度を確認するために、次式を考えよう：

$$r \equiv \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_R^* - \lambda_0}. \quad (3-34)$$

$r$  の値が0のとき、 $\lambda = \lambda_0$  となる。また、 $r$  の値が1のとき、 $\lambda = \lambda_R^*$  となる。つまり、 $r$  の値が0に近いほど、 $\lambda$  は  $\lambda_0$  の近傍にある。図3-9は、 $r$  の相対度数分布と  $\bar{F}_R / \bar{F}_G$  の散布図を描いたものである。図3-9から、 $r$  の最頻値は0.2であり、その分布は単峰性を有することがわかる。また、 $r$  の平均は0.21である。このとき、 $\bar{F}_R \cong 0.96 \bar{F}_G$  が成立する。

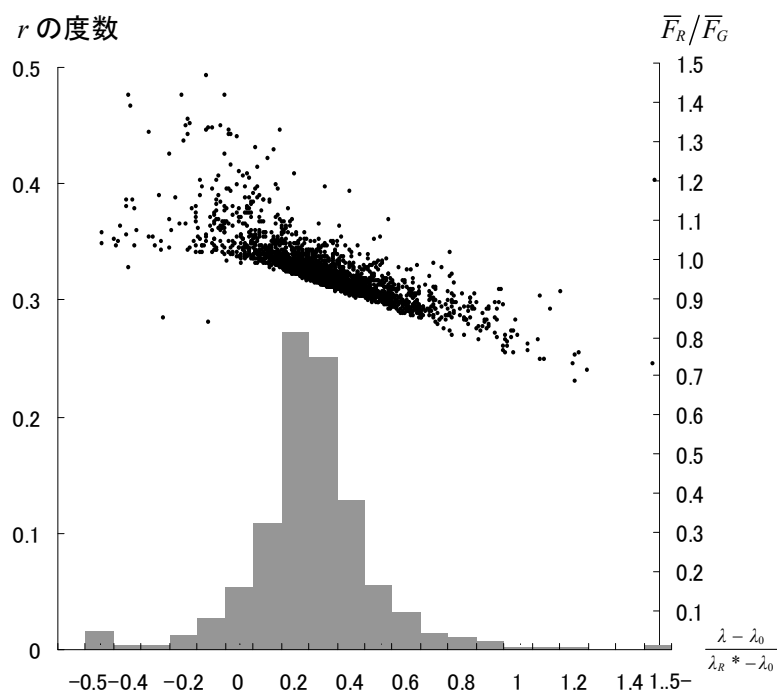


図3-9： $r$ の相対度数分布と  $\bar{F}_R / \bar{F}_G$  の散布図

### 3.6 想定する地域形状及び道路網パターンの違いがモデル敷地の奥行の算出結果に及ぼす影響

本節では、想定する地域形状及び道路網パターンの違いがモデル敷地の奥行の算出結果に及ぼす影響を考察する。2.3.2節で既述したように、モデル敷地の奥行は：

$$\bar{D} \approx \frac{n_F}{n} \cdot \frac{1 - \bar{w} \left( \lambda - \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{S} - \bar{w} \frac{cv}{S} \right)}{\lambda(2 - \lambda\bar{w})}, \quad \text{if } \lambda \gg \frac{2}{\sqrt{S}}. \quad (3-35)$$

道路延長密度が同じ場合でも、1)地域形状が細長く、2)交差点密度が高く、3)四叉路の割合が高い地域ほど、 $\bar{D}$  は長くなる。

地域形状は正方形であると想定するとき、地域の周長は  $L = 4\sqrt{S}$  となる。一方で、地域の面積が同じ場合でも、地域形状が細長いほど、地域の周長は長くなる。3.3.2で既述したように、ある地域の周長  $L$  は、 $L = \tau\sqrt{S}$  ( $\tau \geq 4$ ) となる。このとき、 $\bar{D}$  は次式のようになる：

$$\bar{D} \approx \frac{n_F}{n} \cdot \frac{1 - \bar{w} \left( \lambda - \frac{\tau}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{S}} - \bar{w} \frac{cv}{S} \right)}{\lambda(2 - \lambda\bar{w})}. \quad (3-36)$$

また、道路網パターンは格子状であると想定するとき、地域に存在する交差点数は  $F/4S$  となる。従って、地域形状は正方形かつ道路網パターンは格子状パターンであると想定するとき、 $\bar{D}$  は次式のようになる：

$$\bar{D}_G \approx \frac{n_F}{n} \cdot \frac{1 - \bar{w} \left( \lambda - \frac{2}{\sqrt{S}} - \frac{\bar{w}}{4} \lambda^2 \right)}{\lambda(2 - \lambda\bar{w})}. \quad (3-37)$$

このとき、 $\bar{D}_G$  に対する  $\bar{D}$  の相対誤差は次式のようになる：

$$\varepsilon(\tau, c, v, \lambda) \equiv \frac{\bar{D} - \bar{D}_G}{\bar{D}_G} \approx \frac{\bar{w} \left\{ \left( \frac{\tau}{2} - 2 \right) \frac{1}{\sqrt{S}} + \bar{w} \left( \frac{cv}{S} - \frac{\lambda^2}{4} \right) \right\}}{1 - \bar{w} \left( \lambda - \frac{2}{\sqrt{S}} - \frac{\bar{w}}{4} \lambda^2 \right)}. \quad (3-38)$$

(3-38)式から、地域形状が細長いほど、 $\varepsilon$ は大きくなることがわかる。一方で、 $\bar{D}$ と $\bar{D}_G$ それぞれの場合における交差点密度の大小関係によって、 $\varepsilon$ に及ぼす影響は異なる。 $cv/S > \lambda^2/4$ のとき、 $\bar{D} > \bar{D}_G$ となる。他方、 $cv/S < \lambda^2/4$ のとき、 $\varepsilon$ の符号は地域形状に依存する。つまり、道路網パターンが格子状の場合と比較して、交差点密度が十分に低いとき、地域形状が細長い場合であっても、 $\bar{D} < \bar{D}_G$ となる。

(3-38)式を用いて、 $\bar{D}_G$ に対する $\bar{D}$ の相対誤差を算出してみよう。図3-10は、東京23区内の各町丁目別に $\bar{D}_G$ と $\bar{D}$ を算出し、 $\bar{D}_G$ に対する $\bar{D}$ の相対誤差 $\varepsilon$ の度数分布を描いたものである。図3-10から、1) $\varepsilon$ の最頻値は0.1であること、2)東京23区内にある全町丁目のうち、約25%の町丁目において、 $\varepsilon$ の絶対値は10%未満であることがわかる。 $\varepsilon$ の平均は0.14である。つまり、地域形状及び道路網パターンは正方格子状パターンであると想定するとき、実市街地における地域形状及び道路網パターンを考慮する場合と比較すると、モデル敷地の奥行は約10%短くなる。

ところで、 $\varepsilon$ は、想定する地域形状及び道路網パターンが同じであっても、道路延長密度 $\lambda$ の変化に依存する。このため、 $\lambda$ に対する相対誤差 $\varepsilon$ の感度分析を行おう。 $\varepsilon$ の $\lambda$ を変数とする第1次導関数は：

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \lambda} &\approx \frac{\frac{1}{4} \bar{w} \lambda^2 - \frac{1}{2} \left\{ 1 + \bar{w}^2 \left( \frac{\bar{w}}{2} \cdot \frac{\tau}{\sqrt{S}} + \frac{cv}{S} \right) \right\} \lambda + \left( \frac{\tau}{2} - 2 \right) \frac{1}{\sqrt{S}} + \bar{w} \frac{cv}{S}}{\left\{ \frac{1}{\bar{w}} - \left( \lambda - \frac{2}{\sqrt{S}} - \frac{\bar{w}}{4} \lambda^2 \right) \right\}^2} \\ &= \frac{h_4(\lambda)}{\left\{ \frac{1}{\bar{w}} - \left( \lambda - \frac{2}{\sqrt{S}} - \frac{\bar{w}}{4} \lambda^2 \right) \right\}^2}. \end{aligned} \quad (3-39)$$

$h_4(\lambda)$ は $\lambda$ を変数とする下に凸の2次関数である。軸の方程式は：

$$\lambda = \frac{1}{\bar{w}} + \bar{w} \left( \frac{\bar{w}}{2} \cdot \frac{\tau}{\sqrt{S}} + \frac{cv}{S} \right) > \frac{1}{\bar{w}}. \quad (3-40)$$

いま、 $\lambda$ の定義域を $(0, 1/\bar{w})$ とすると、 $\lambda \in (0, 1/\bar{w})$ において、 $h_4(\lambda)$ は単調減少関数となる。ここで、 $\lambda = 1/\bar{w}$ のとき、 $h_4(\lambda)$ は：

$$h_4(1/\bar{w}) = -\frac{1}{4} \left( \frac{1}{\bar{w}} + \tau \bar{w}^2 \right) + \frac{1}{2} \left\{ \frac{\bar{w}}{\sqrt{S}} cv + (\tau - 4) \right\} \frac{1}{\sqrt{S}} \quad (3-41)$$

となることから、 $h_4(\lambda)$ の符号は、地域の面積、形状、道路網パターン、道路幅員の平均に依存することがわかる。 $h_4(0) > 0$ であることに注意すると、中間値の定理より、 $h_4(0)$ と $h_4(1/\bar{w})$ が互いに異符号ならば、 $h_4(\lambda) = 0$ となる実数解が $(0, 1/\bar{w})$ に存在する。これは、 $\partial \varepsilon / \partial \lambda = 0$ となることと等価である。つまり、 $\lambda$ に対する相対誤差 $\varepsilon$ の最大値が存在する。一方で、 $h_4(0)$ と $h_4(1/\bar{w})$ が互いに同符号ならば、 $h_4(\lambda) = 0$ となる実数解は $(0, 1/\bar{w})$ に存在しない。これは、 $(0, 1/\bar{w})$ において、 $\partial \varepsilon / \partial \lambda > 0$ となることと等価である。つまり、相対誤差 $\varepsilon$ は $\lambda$ の単調増加関数となる。いずれの場合においても、道路延長密度 $\lambda$ が増加するに伴って、相対誤差 $\varepsilon$ は増加することがわかる。

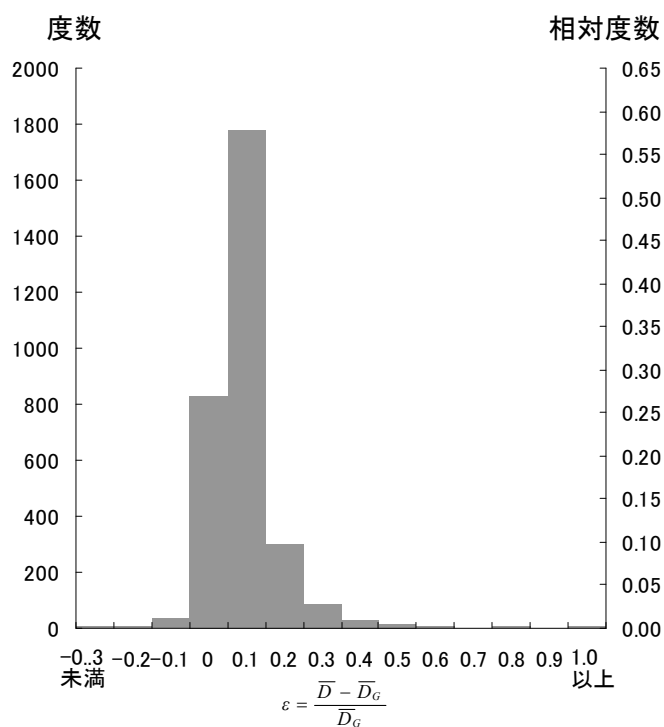


図3-10 :  $\bar{D}_G$ に対する $\bar{D}$ の相対誤差の度数分布



### 3.7 本章のまとめ

本章では、第2章のように、正方格子状の地域モデルを想定する妥当性を検証するため、道路延長密度が同じとき、想定する地域形状及び道路網パターンの違いが、敷地の平均間口の算出結果の違いに及ぼす影響を理論的に論じた。その結果、1)地域形状が正方形でない地域において、地域形状は正方形と想定するとき、敷地の平均間口  $\bar{r}_r$  は実際よりも短くなること、2)想定する道路網パターンに関らず、敷地の平均間口が等しくなるような道路延長密度  $\lambda_0$  が存在する一方で、 $\lambda > \lambda_0$  のとき、その差は  $\lambda$  の2乗に比例して急速に拡大することを明らかにした。

また、実市街地を対象に、想定する地域形状及び道路網パターンの違いが敷地の平均間口の算出結果に及ぼす影響を検証した結果、1)地域形状を正方形と想定することによる、 $\bar{r}_r$  の算出結果の違いはほとんど生じないこと、2)想定する道路網パターンの違いによる、敷地の平均間口の算出結果の違いは、平均5%であり、最大でも約20%であること、3)道路網パターンがランダムパターンをなす地域における敷地の平均間口は、格子状パターンをなす地域における敷地の平均間口よりも短くなるものの、その程度を実市街地において検証した結果、両者の差の平均は約4%であり、最大でも約20%であることがわかった。加えて、4)実市街地における道路延長密度は  $\lambda_0 < \lambda < \lambda_R^*$  の範囲に分布すること、5) $\lambda$  と  $\lambda_0$  の乖離度を確認した結果、その最頻値は0.2であることを明らかにした。

さらに、想定する地域形状及び道路網パターンがモデル敷地の奥行の算出結果に及ぼす影響を検証した結果、1)地域形状が細長いほど、モデル敷地の奥行の相対誤差は大きくなること、2)正方格子状パターンを想定する場合と実市街地における地域形状及び道路網パターンを考慮する場合の両者における交差点密度の大小関係によって、モデル敷地の奥行の相対誤差に及ぼす影響は異なること、3)正方格子状パターンであると想定するとき、実市街地における地域形状及び道路網パターンを考慮する場合と比較すると、モデル敷地の奥行は約10%短くなることを明らかにした。

従って、地域におけるモデル敷地の間口及び奥行を算出するために、規範的な道路網及び街区のパターンとして正方格子状パターンを想定するとき、これらの性質を考慮する必要がある。

## 第4章 敷地の平均奥行の推定とその精度

### 4.1 はじめに

本章では、地域における敷地形状の平均像を分析するために、モデル敷地の奥行から地域における敷地の平均奥行を推定することを考える。

敷地は都市を構成する基本的な要素の一つであり、敷地の接道義務規定の下で少なくとも一方向は道路と接する。河中(1984)が指摘するように、住宅をとりまく様々な住環境の質を考える場合に、相隣レベルの住環境を規定するものとして、敷地とくにその形状は極めて重要である<sup>48)</sup>。敷地形状に関する主な指標として、敷地の間口、奥行そして間口奥行比がある。地域におけるこれらの指標の平均値は、地域における敷地形状の平均像を把握するために重要である。図4-1のように、間口は街区と道路の境界線（以降、「表界線」と記す。）の一部をなす。一方で、奥行は、区画整理された住宅地のように表界線と裏界線が互いに平行でない限り、一意に定まらない。国税庁は、不整形敷地における奥行の測り方として、敷地面積を間口で割る方法を示している<sup>49)</sup>。いま、任意の敷地*i*について、面積を $s_i$ 、間口を $F_i$ 、そして奥行を $D_i$ とすると：

$$D_i \equiv \frac{s_i}{F_i}. \quad (4-1)$$

従って、不整形敷地における $D_i$ は、間口が $F_i$ の矩形敷地に等積変形した場合の奥行とみなすことができる。以降、 $D_i$ を敷地の奥行と定義しよう。

$D_i$ を算出するためには、 $s_i$ と $F_i$ の情報が必要である。とくに、地域における敷地の平均奥行を算出するためには、全ての敷地に関する $s_i$ と $F_i$ の情報が必要である。ところが、敷地形

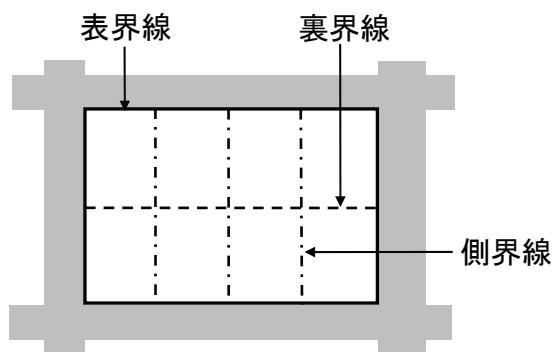


図4-1：街区における表界線と裏界線

状に関する空間データを入手することは容易でない<sup>6), 37)</sup>。そこで、薄井・浅見(2010b)の方法に倣い、図4-2のように、建物ポリゴン $B_i$ と道路中心線で構成される道路網 $R$ を生成元とする面ボロノイ領域を生成し、街区と共通する部分を抽出する。このうち、 $B_i$ を生成元とする面ボロノイ領域 $V(B_i)$ を建物 $B_i$ の敷地とみなし、 $V(B_i)$ の面積を $s_i$ 、 $V(B_i)$ と表界線の共通部分の長さを $F_i$ と定義する。このとき、地域における敷地の平均奥行 $\bar{D}$ について、つぎの近似式が成立するかどうか検証する：

$$\bar{D} \approx \frac{\bar{s}}{\bar{F}}. \quad (4-2)$$

ただし、 $\bar{F}$ は地域における敷地間口の算術平均、 $\bar{D}$ は敷地奥行の算術平均、そして $\bar{s}$ は敷地面積の算術平均である。以降、 $s_i$ 、 $F_i$ 、そして $D_i$ をそれぞれ敷地 $i$ における面積、間口そして奥行の観測値として扱う。他方、面積 $s$ 、間口 $F$ 、そして奥行 $D$ をそれぞれ連続型確率変数として扱う。(4-2)式が成立するためには、つぎのように、間口と奥行が互いに独立である必要がある。 $s = FD$ の両辺の期待値をとると、 $E[s] = E[FD]$ となる。 $F$ と $D$ が互いに独立のとき、 $E[s] = E[F]E[D]$ が成立するから、次式が成立する：

$$E[D] = \frac{E[s]}{E[F]}. \quad (4-3)$$

いま、 $E[s]$ 、 $E[F]$ 及び $E[D]$ はそれぞれ未知であるから、代わりにそれぞれの不偏推定量 $\bar{s}$ 、 $\bar{F}$ 及び $\bar{D}$ を用いると、(4-2)式が成立する。このとき、 $\bar{s}$ と $\bar{F}$ はそれぞれ地域の建物棟数密度（ネット）及び道路延長密度の関数となることから、地域における全ての敷地に関する $s_i$ と $F_i$ の情報が未知であっても、 $\bar{s}$ と $\bar{F}$ から簡便に $\bar{D}$ を推定することができる。

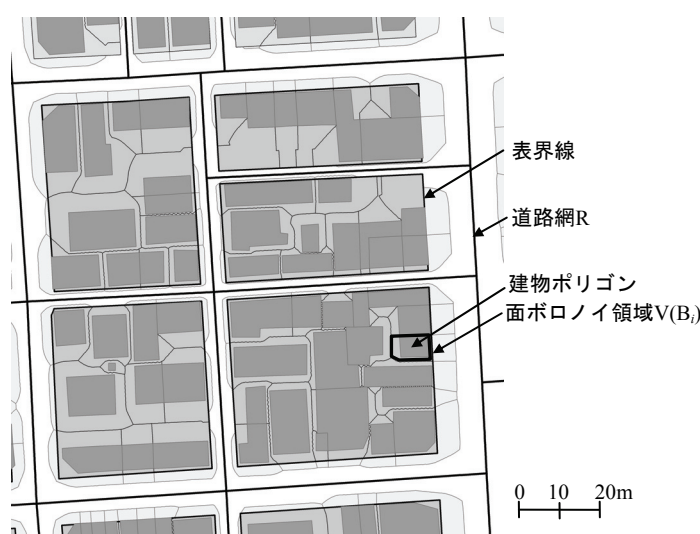


図4-2：建物と道路網を生成元とする面ボロノイ領域

## 4.2 既往研究の整理と本章の位置づけ

敷地形状に関する既往研究を整理すると、1)敷地形状の推定方法について論じたもの、2)実市街地における敷地の面積と間口及び奥行の分布の傾向を論じたもの、3)モデル敷地の間口、奥行及び間口奥行比について、それぞれの分布の地域別傾向や建物棟数密度及び道路延長密度との関係を理論的かつ実証的に論じたもの、4)典型敷地の特定方法を論じたものがある。

1)について、Gao and Asami(2005)は、敷地面積と敷地間口が所与のもとで、建物形状と街区形状から敷地境界線を推定する方法を提案している<sup>6)</sup>。薄井・浅見(2010b)は、建物ポリゴン $B_i$ を生成元とする面ボロノイ領域 $V(B_i)$ を、近似的に建物 $B_i$ の敷地とみなすことで、建物と道路の近接性を判定し、その精度を検証している<sup>37)</sup>。

2)について、材野ほか(1979)は、敷地間口の度数分布は収束傾向にある一方で、敷地面積と敷地奥行の度数分布は収束せずになだらかな分布を示し、両者の度数分布は互いに似ていることを明らかにしている<sup>7)</sup>。玉置・近藤(1981)は、敷地間口と敷地面積はいずれも固有の収束範囲をもち、両者の変動係数を比較した結果、とくに敷地間口の収束性が高いことを明らかにしている<sup>8)</sup>。河中(1988)は、接道方位別に敷地間口と敷地奥行の平均値を算出した結果、接道方位別の平均値の差は認められないことを明らかにしている<sup>3)</sup>。Asami and Maniruzzaman(1996)は、一方向に接道する矩形敷地について、奥行が所与の場合、ある基本単位間口が存在し、間口は基本単位間口の倍数に集中するかどうか統計的に検証している。その結果、間口の度数分布は基本単位間口の倍数に優位に集中しない一方で、弱い単峰性の分布となることを実証している<sup>9)</sup>。

3)について、薄井・浅見(2011)は、東京23区の町丁目ごとに、敷地間口の算術平均を算出し、敷地間口の算術平均に対する敷地面積の算術平均の比を典型奥行と定義することで、敷地形状の地域別傾向を論じている<sup>41)</sup>。薄井・浅見(2012)は、想定する地域形状及び道路網パターンの違いが、地域における敷地の平均間口の算出結果に及ぼす影響を検証した結果、a)地域形状の違いは平均間口の算出結果にほとんど影響を及ぼさないこと、b)道路網パターンの違い平均間口の算出結果に及ぼす影響は、平均5%、最大でも約20%であることを明らかにしている<sup>50)</sup>。

4)について、Asami and Niwa(2008)は、街区および地域における典型的な敷地形状を特定する手法を提案している。個々の敷地に関する形状のデータが既知の場合において、任意の二つの敷地を表す多角形の重心が一致するように重ね合わせたとき、二つの多角形の和集合の面積に対する和集合と積集合の差の面積の比を‘lot-difference distance’と定義し、任意の敷地 $i$ と敷地 $j \neq i$ の $i$ に関する‘lot-difference distance’の和を最小化する敷地 $j$ を「典型敷地」と定義している。実市街地における典型敷地を特定した結果、a)街区形状の違いに関らず、典型敷地は矩形となる傾向にあること、b)典型敷地の奥行は街区短辺の長さの約半分となる傾向にあることを明らかにしている<sup>10)</sup>。

本論文では、第1章において定義したように、地域における敷地の平均間口と敷地の平均面積（ネット）をもつ矩形の敷地である「モデル敷地」を考える。このとき、モデル敷地の奥行を用いて敷地の平均奥行を推定することを検討する。

本章は、地域における敷地の平均奥行を簡便に推定する方法について論じている点において、既往研究とは異なる独自性を有する。以降、第3節において、敷地間口 $F_i$ と敷地奥行 $D_i$ が互いに独立かどうかを統計的に検定する方法を説明する。第4節において、実市街地を対象に $F_i$ と $D_i$ が互いに独立かどうかを検定し、 $\bar{D}$ を $\bar{s}/\bar{F}$ から簡便に推定する際の精度を検証する。そして、第5節において、本章のまとめと今後の課題を示す。

### 4.3 敷地間口と敷地奥行の独立性の検定方法

地域における敷地間口と敷地奥行が互いに独立かどうかを統計的に検定する方法を説明する。以降、この性質を「独立性」と呼ぶことにしよう。 $F$ と $D$ の同時確率密度関数を $f(F, D)$ ,  $F$ と $D$ の周辺確率密度関数をそれぞれ $f_1(F)$ ,  $f_2(D)$ とすると、 $F$ と $D$ が互いに独立のとき、次式が成立する：

$$H_0 : f(F, D) = f_1(F)f_2(D) \quad \text{for } \forall F, D. \quad (4-4)$$

仮説 $H_0$ の検定方法は主に二つある。一つは、 $\chi^2$  検定を用いる方法である。もう一つは、竹内(1963)のノンパラメトリック検定を用いる方法である<sup>51)</sup>。両者の方法は、 $F$ と $D$ の分布型が未知の場合でも適用可能である。 $\chi^2$  検定を用いる方法は、二種類の質的変数の独立性を検定するのに適した方法である。このため、 $F$ と $D$ のように二種類の量的変数の独立性を検定する場合、分割表を用いて集計するときに、連続型変数を離散変数化する必要がある。一方で、竹内(1963)の方法では、連続型変数を離散変数化する必要はない。このため、本論文では、後者の方法を採用する。

竹内(1963)の方法は、無作為化の原理に基づく検定方法である<sup>52)</sup>。この方法では、統計量の分布を得る際に、母集団からの無作為標本抽出を繰り返す代わりに、地域における敷地間口の集合 $\{F_i | i = 1, \dots, n\}$ と敷地奥行の集合 $\{D_i | i = 1, \dots, n\}$ が既知という条件のもとで、 $F_i$ の並べ方を固定した場合における $F_i$ と $D_j$ の積和を考える。このとき、統計量は $\{F_i | i = 1, \dots, n\}$ と $\{D_i | i = 1, \dots, n\}$ が既知のときの条件つき分布に従う：

$$\bar{s}(t_k) = \frac{\sum_{i=1}^n F_i D(t_k(i))}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n s(t_k(i))}{n}. \quad (4-5)$$

ただし、 $t_k(i)$  は $D_i$ の添字： $i = 1, \dots, n$ の置換を表す：

$$t_k \equiv \begin{pmatrix} 1 & 2 & \cdots & i & \cdots & n \\ t_k(1) & t_k(2) & \cdots & t_k(i) & \cdots & t_k(n) \end{pmatrix}. \quad (4-6)$$

$t$ の添字 $k$ は置換の集合 $\{t_k | k=1, \dots, n!\}$ のうち任意の置換を表す添字である。いま、 $\bar{s}(t_k)$ の集合 $\{\bar{s}(t_k)\}$ を母集団とすると、置換の総数は $n!$ 通りであることから、母集団の大きさは $n!$ となる。後述するように、中心極限定理より、 $\bar{s}(t_k)$ は正規分布に従うことから、実市街地における敷地面積 $s_i$ の算術平均：

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i D_i}{n} \in \{\bar{s}(t_k) | k = 1, \dots, n!\} \quad (4-7)$$

を正規化したものを検定統計量とする有意性検定を行うことができる．もし、 $F_i$ と $D_j$ が互いに独立でないならば、 $F_i$ と $D_j$ は正の相関関係または負の相関関係にある． $F_i$ と $D_j$ が正の相関関係にある場合、 $\bar{s}$ の値は有意に大きくなるのに対して、 $F_i$ と $D_j$ が負の相関関係にある場合、 $\bar{s}$ の値は有意に小さくなる．一方で、 $F_i$ と $D_j$ が互いに独立であるならば、任意の $F_i$ が生起した場合における $D_j$ の条件つき確率は、 $F_i$ の違いに関らず等しくなる：

$$\Pr\{D_j | F_i\} = \Pr\{D_j\} \quad \text{for } \forall F_i. \quad (4-8)$$

従って、 $\{F_i | i = 1, \dots, n\}$ の並べ方を $i$ の昇順とすると、任意の $F_i$ について、 $D_j$ の違いに関らず、組合せ $(F_i, D_j)$ の生起確率は一樣になる．このとき、組合せ $\{F_i, D(t_k(i))\}$ の和集合：

$$U(k) = \bigcup_{i=1}^n \{F_i, D(t_k(i))\} \quad \text{for } \forall k \in \{1, \dots, n!\}. \quad (4-9)$$

の生起確率は次式のようになる：

$$\Pr\{U(k)\} = \frac{1}{n!} \quad \text{for } \forall k \in \{1, \dots, n!\}. \quad (4-10)$$

ここで、 $U(k)$ の分布は一樣であつても、 $\bar{s}(t_k)$ の値が等しくなるような $U(k)$ が複数存在する場合もあることに注意すると、 $n$ が十分に大きいとき、中心極限定理より、 $s(t_k)$ が従う分布に関らず、 $\bar{s}(t_k)$ は正規分布 $N(E[\bar{s}(t_k)], V[\bar{s}(t_k)])$ に従うとみなすことができる．以降、仮説 $H_0$ のもとで、 $E[\bar{s}(t_k)]$ と $V[\bar{s}(t_k)]$ の導出方法を説明する．

仮説 $H_0$ のもとで、 $\bar{s}(t_k)$ の平均 $E[\bar{s}(t_k)]$ は：

$$\begin{aligned} E[\bar{s}(t_k)] &= \sum_{k=1}^{n!} \bar{s}(t_k) \Pr\{U(k)\} \\ &= \frac{\sum_{k=1}^{n!} \bar{s}(t_k)}{n!} \\ &= \frac{1}{n!} \sum_{k=1}^{n!} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n F_i D(t_k(i))}{n} \right\}. \end{aligned} \quad (4-11)$$

(4-11)式に基づいて、 $E[\bar{s}(t_k)]$ を算出する場合、 $n \times n!$ 個の $F_i D_j$ の和の平均を考えなければならない．ところが、つぎのように考えることで、 $F_i$ と $D_j$ それぞれの算術平均を考えれば十分である． $D(t_k(1)), \dots, D(t_k(n))$ の並べ方は $n!$ 通り存在する．このとき、 $\{F_i | i = 1, \dots, n\}$ の並べ方を $i$ の昇順とすると、 $F_i$ と $D(t_k(i))$ の積和は $n!$ 通り存在する．(4-11)式において、 $\bar{s}(t_k)$ を $k=1$ から $k=n!$ まで変化させて加えることは、 $D(t_k(i)) = D_j \in \{D_j | i = 1, \dots, n\}$ と $F_i$ の積 $F_i D_j$ を重複して加える

ことと等価である．たとえば， $D(t_k(i)) = D_j$  とすると， $\{D(t_k(i)) \mid i \neq j\}$  の並べ方は  $(n-1)!$  であるから，積和：

$$F_i D_j + \sum_{i \in J \setminus j} F_i D(t_k(i))$$

は  $(n-1)!$  通り存在する．つまり， $F_i D_j$  を  $(n-1)!$  回重複して加えることになる．従って，次式が成立する：

$$\sum_{k=1}^{n!} \left\{ \sum_{i=1}^n F_i D(t_k(i)) \right\} = (n-1)! \sum_{i=1}^n F_i \sum_{j=1}^n D_j. \quad (4-12)$$

このとき，(4-11)式は：

$$\begin{aligned} E[\bar{s}(t_k)] &= \frac{1}{n} \cdot \frac{(n-1)!}{n!} \sum_{i=1}^n F_i \sum_{j=1}^n D_j \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n} \cdot \frac{\sum_{j=1}^n D_j}{n} \\ &= \bar{F} \bar{D}. \end{aligned} \quad (4-13)$$

(4-13)式から，仮説 $H_0$ のもとで， $\bar{s}(t_k)$  の平均は $F_i$ と $D_j$ それぞれの算術平均の積となることがわかる．

また， $\bar{s}(t_k)$  の分散 $V[\bar{s}(t_k)]$ は：

$$\begin{aligned} V[\bar{s}(t_k)] &= \sum_{k=1}^{n!} \{ \bar{s}(t_k) - E[\bar{s}(t_k)] \}^2 \Pr\{U(k)\} \\ &= \frac{\sum_{k=1}^{n!} \{ \bar{s}(t_k) - E[\bar{s}(t_k)] \}^2}{n!} \\ &= \frac{1}{n^2} \cdot \frac{1}{n!} \sum_{k=1}^{n!} \left\{ \sum_{i=1}^n (F_i D(t_k(i)) - \bar{F} \bar{D}) \right\}^2. \end{aligned} \quad (4-14)$$

ここで，(4-12)式を導出する手順と同様に考えると，

$$V[\bar{s}(t_k)] = \frac{1}{n^2} \cdot \frac{(n-1)!}{n!} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (F_i D_j - \bar{F} \bar{D})^2$$



$$= \frac{1}{n} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (F_i D_j - \bar{F} \bar{D})^2}{n^2}. \quad (4-15)$$

(4-15)式の最右辺において、 $F_i D_j = s_{ij}$ とおくと、

$$V[\bar{s}(t_k)] = \frac{1}{n} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (s_{ij} - \bar{s})^2}{n^2}. \quad (4-16)$$

ただし、

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n s_{ij}}{n^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n F_i D_j}{n^2} = \bar{F} \bar{D}. \quad (4-17)$$

いま、 $s_{ij}$ の母平均と母分散をそれぞれ：

$$E[s_{ij}] = \mu_{s'}, \quad (4-18-1)$$

$$V[s_{ij}] = E[(s_{ij} - \mu_{s'})^2] = \sigma_{s'}^2 \quad (4-18-2)$$

とおくと、

$$\begin{aligned} E\left[\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (s_{ij} - \bar{s})^2}{n^2}\right] &= E\left[\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \{(s_{ij} - \mu_{s'}) - (\bar{s} - \mu_{s'})\}^2}{n^2}\right] \\ &= \frac{n^2 - 1}{n^2} \sigma_{s'}^2. \end{aligned} \quad (4-19)$$

となることから、 $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (s_{ij} - \bar{s})^2 / n^2$  は  $\sigma_{s'}^2$  の不偏推定量でない。 $\sigma_{s'}^2$  の不偏推定量は：

$$E\left[\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (s_{ij} - \bar{s})^2}{n^2 - 1}\right] = \sigma_{s'}^2 \quad (4-20)$$

より、次式のようになる：

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (s_{ij} - \bar{s})^2}{n^2 - 1} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (F_i D_j - \bar{F} \bar{D})^2}{n^2 - 1}. \quad (4-21)$$

(4-16)式と(4-21)式から、 $\bar{s}(t)$ の不偏分散は：

$$V_{\text{un}}[\bar{s}(t_k)] = \frac{1}{n} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (F_i D_j - \bar{F} \bar{D})^2}{n^2 - 1}. \quad (4-22)$$

ここで、 $\bar{s}$ を正規化することで、 $\bar{s}$ の有意性検定に基づいて、次式の仮説検定を行う：

$$H_1 : \left| \frac{\bar{s} - E[\bar{s}(t_k)]}{\sqrt{V_{\text{un}}[\bar{s}(t_k)]}} \right| = \left| \frac{\bar{s} - \bar{F} \bar{D}}{\sqrt{V_{\text{un}}[\bar{s}(t_k)]}} \right| < Z_\alpha. \quad (4-23)$$

仮説 $H_1$ が成立するとき、有意水準 $\alpha$ のもとで、 $\bar{s} = \bar{F} \bar{D}$ が成立する。つまり、 $F_i$ と $D_i$ の独立性を検定することは、 $\bar{s} \approx \bar{F} \bar{D}$ の近似の精度を検証することと同値である。(4-23)式を次式のように変形する：

$$\frac{|\bar{s} - \bar{F} \bar{D}|}{\bar{s}} < \frac{\delta_\alpha}{\bar{s}}. \quad (4-24)$$

ただし、

$$\delta_\alpha \equiv Z_\alpha \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (F_i D_j - \bar{F} \bar{D})^2}{n^2 - 1}}. \quad (4-25)$$

(4-24)式の右辺から、仮説 $H_0$ が成立するときの $\bar{s}$ と $\bar{F} \bar{D}$ の相対誤差の範囲がわかる。また、 $\bar{D}$ を $\bar{s}/\bar{F}$ から推定する際の精度を検証するために、(4-24)式を次式のように変形する：

$$\left| \bar{D} - \frac{\bar{s}}{\bar{F}} \right| \bigg/ \frac{\bar{s}}{\bar{F}} < \frac{\delta_\alpha}{\bar{s}}. \quad (4-26)$$

(4-26)式の右辺から、仮説 $H_0$ が成立するときの $\bar{D}$ と $\bar{s}/\bar{F}$ の相対誤差の範囲がわかる。次節において、(4-26)式を用いて、実市街地における $\bar{D}$ の推定精度を検証する。

## 4.4 実市街地における敷地間口と敷地奥行の独立性の検証

以降、地域として町丁目を考える．東京都墨田区の町丁目を対象に， $F_i$ と $D_j$ の独立性の検定を行う．また， $F_i$ と $D_j$ の独立性が成立するとき， $\bar{D}$ を $\bar{s}/\bar{F}$ から推定する際の精度を検証する．

東京都墨田区を対象とする理由は，道路網パターンや建物の形状及び配置が多様であるためである．図4-3のように，墨田区南部の場合，震災復興事業や戦災復興事業による土地区画整理が実施されたため，道路網パターンは概ね格子状である．他方，墨田区北部の場合，震災や戦災の難を逃れた地域であるため，道路網パターン是不規則である．本章では，前者の地域として石原3丁目，後者の地域として東向島5丁目を対象地域とする．図4-4のように，石原3丁目の街区形状は概ね矩形であるのに対して，東向島5丁目の街区形状は矩形のものから不整形のものまで多様である．

まず，対象地域における $F_i$ と $D_i$ の分布を確認しよう．図4-5と図4-6は，それぞれ石原3丁目と東向島5丁目における $F_i$ と $D_i$ の散布図を描いたものである．

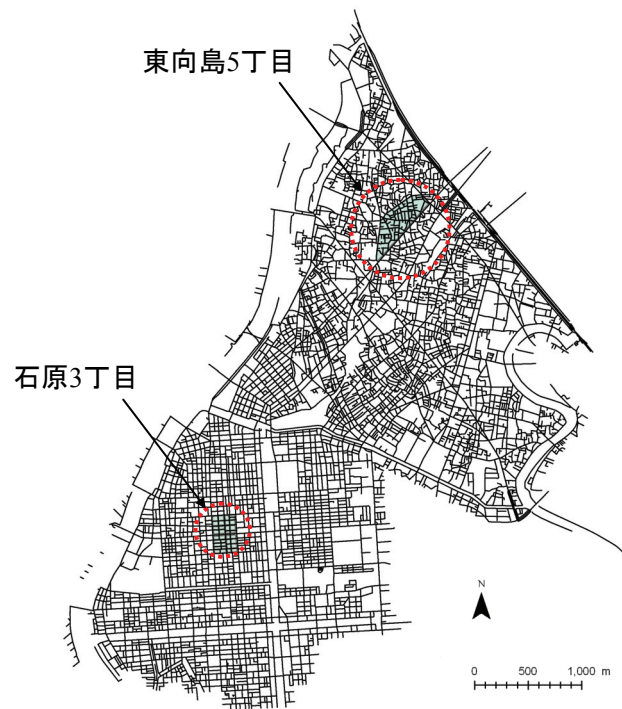


図4-3：墨田区の道路網パターン

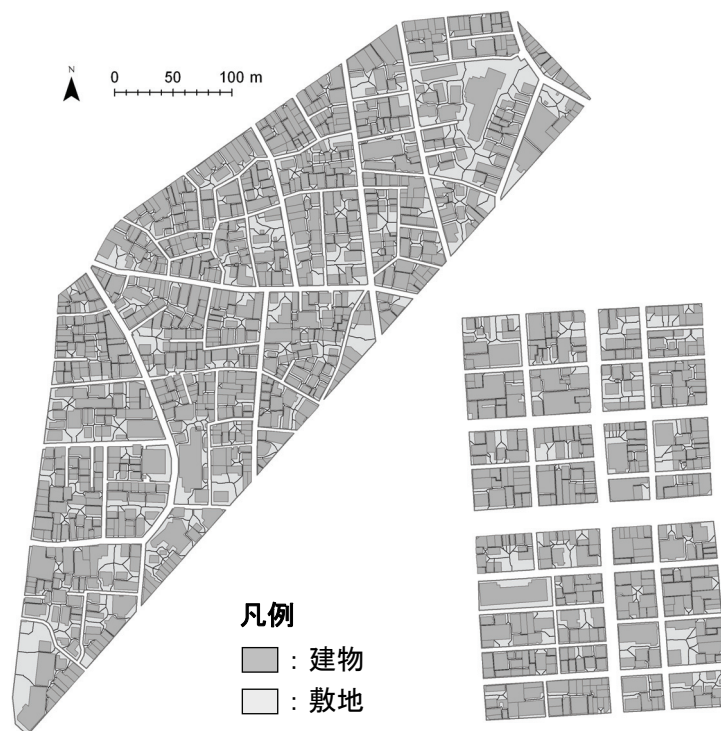


図4-4：敷地形状（左：東向島5丁目，右：石原3丁目）

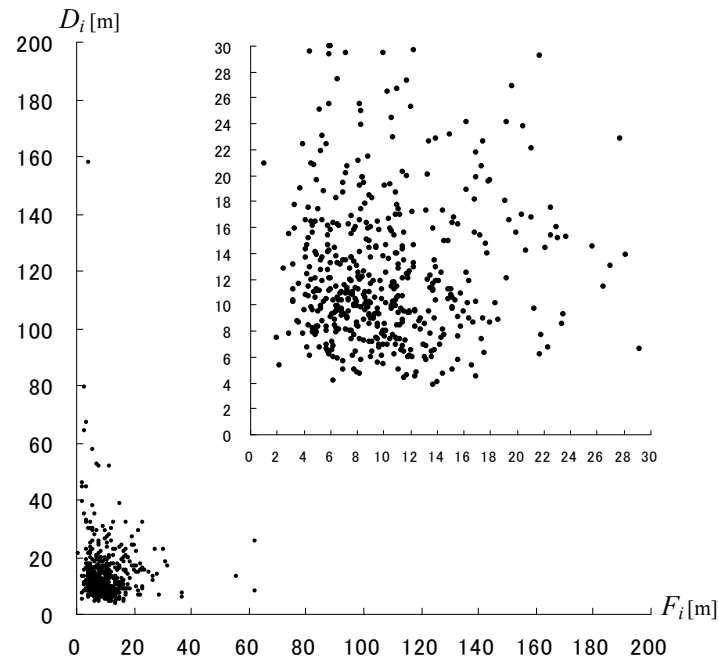


図4-5：間口と奥行の分布（石原3丁目の場合）

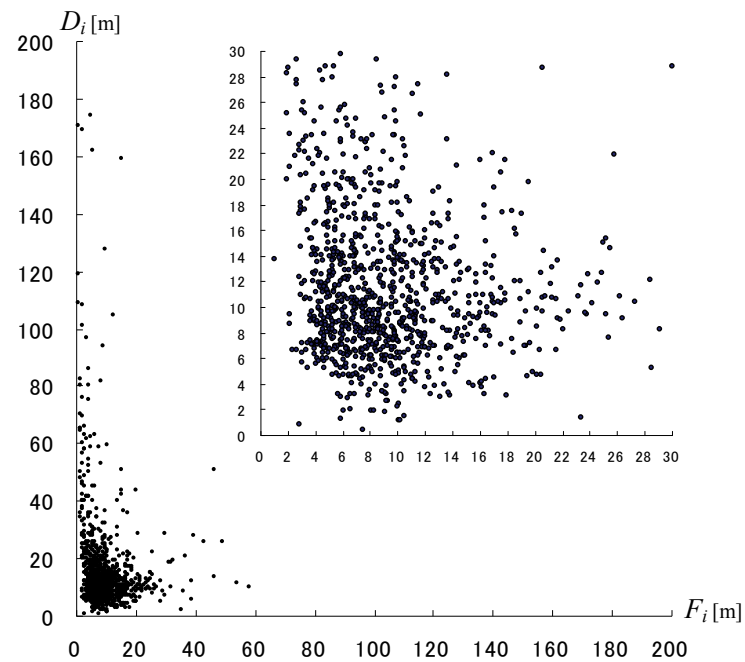


図4-6：間口と奥行の分布（東向島5丁目の場合）

また、表4-1と表4-2は、それぞれ $F_i$ と $D_i$ に関する基本統計量と仮説の検定結果を示したものである。

図4-5と図4-6から、一見すると、 $F_i$ と $D_i$ に相関関係はみられない。表4-1のように、石原3丁目と東向島5丁目における $F_i$ と $D_i$ の相関関係 $r$ は、それぞれ-0.07と-0.13である。 $r$ の無相関性を統計的に検定するために、帰無仮説を $r = 0$ とする $t$ 検定を行おう。帰無仮説の採択域は次式で与えられる：

$$|r| < r_\alpha = \frac{t_\alpha}{\sqrt{(n-2) + t_\alpha^2}}. \quad (4-27)$$

ただし、 $t_\alpha$ と $n$ は、それぞれ有意水準 $\alpha$ のときの $t$ 分布のパーセント点と $(F_i, D_i)$ の組合せ総数を表す。 $t$ 検定の結果、石原3丁目の場合、有意水準5%のもとで帰無仮説は採択されるのに対して、東向島5丁目の場合、帰無仮説は棄却されることがわかった。従って、東向島5丁目の場合、 $F_i$ と $D_i$ に有意な負の相関があるといえる。この理由として、後述するように、旗竿敷地における奥行の過大算出によるものが考えられる。

$F_i$ と $D_i$ のばらつき具合を確認するために、変動係数を算出しよう。変動係数は、算術平均に対する標準偏差の比である。 $F_i$ の変動係数を算出すると、石原3丁目の場合は0.63となるのに対して、東向島5丁目の場合は0.67となる。従って、敷地間口のばらつきは東向島5丁目のほうが石原3丁目よりも大きい。他方、 $D_i$ の変動係数を算出すると、石原3丁目の場合は0.77となるのに対して、東向島5丁目の場合は1.93となる。従って、敷地奥行のばらつきは東向島5丁目のほうが石原3丁目よりも大きい。

敷地奥行の変動係数に差が生じる原因として、1)道路網パターンの違いによるもの、2)旗竿敷地における奥行の過大算出によるものが考えられる。1)について、石原3丁目のように道路網パターンが格子状の場合、街区形状は矩形となり、その辺長は隣接交差点間距離によって定まるため、敷地奥行のばらつきは生じにくい。一方で、東向島5丁目のように道路網パターンが不規則の場合、街区形状は不整形となる。図4-1のように、表界線と裏界線は互いに平行にならないため、敷地奥行のばらつきが生じやすい。また、2)について、二つの要因を考えることができる。第一に、旗竿敷地を矩形敷地に等積変形することに起因する過大算出がある。旗竿敷地の間口は、同一面積をもつ矩形敷地の間口よりも短い。このため、敷地奥行が(4-1)式のように定義される場合、旗竿敷地における奥行は、同一面積をもつ矩形敷地の奥行よりも長くなる。第二に、旗竿敷地の総数が多いほど、平均間口は短く、平均奥行は過大算出される。このように、道路網パターンの違いや建物配置の違い、そして旗竿敷地を矩形敷地に等積変形することによって、敷地奥行のばらつきに差が生じることに加えて、その差の程度を変動係数に基づいて評価した結果、約2.5倍となることがわかった。

つぎに、仮説 $H_1$ の検定結果を考察しよう。表4-2から、石原3丁目の場合、有意水準5%のもとで仮説は採択されるのに対して、東向島5丁目の場合、仮説は棄却されることがわかる。有意水準1%のもとでは、東向島5丁目についても仮説は採択されることがわかる。従って、有意水準1%のもとでは、 $F_i$ と $D_i$ の独立性は成立するといえる。

$\bar{D}$ と $\bar{s}/\bar{F}$ の相対誤差について検証しよう。石原3丁目の場合、相対誤差は4%であり、東向島5丁目の場合は、相対誤差は21%であることがわかる。従って、両者の町丁目において、1) $\bar{s}/\bar{F}$ は $\bar{D}$ を過小に推定すること、2)東向島5丁目のように、街区形状が不整形かつ面積が大きい場合、相対誤差は大きくなる傾向にあるといえる。

$\bar{s}/\bar{F}$ は $\bar{D}$ を過小に推定する要因として、 $D_i$ の定義及び $s_i$ と $F_i$ のばらつきが考えられる。(4-1)式より、 $D_i = s_i/F_i$ である。つまり、 $s_i$ のばらつきが大きいほど、 $D_i$ のばらつきは大きくなる。表4-1から、石原3丁目と東向島5丁目において、 $F_i$ の変動係数はそれぞれ0.63と0.67となる一方で、 $s_i$ の変動係数はそれぞれ0.92と1.38となる。つまり、両者の町丁目において、敷地間口の変動係数はほぼ等しい一方で、東向島5丁目における敷地面積の変動係数は石原3丁目における敷地面積の変動係数の1.5倍となることがわかる。また、両者の町丁目において、敷地面積の変動係数は敷地間口の変動係数よりも大きい。これらの要因のため、 $\bar{s}/\bar{F}$ は $\bar{D}$ を過小に推定し、敷地面積の変動係数が大きいほど、 $\bar{D}$ と $\bar{s}/\bar{F}$ の相対誤差は大きくなると考えられる。

このように、道路網パターンの違いや建物配置の違いによって、敷地奥行の推定精度に差異が生じることに加えて、その差の程度は約17%となることがわかった。

表4-1：基本統計量

	石原3丁目	東向島5丁目
敷地総数（うち接道敷地）	412 (376)	927 (796)
$(F_i, D_i)$ の組合せ総数 = 間口総数	517	1107
$\bar{F}$ [m], $F_i$ の標準偏差[m], 変動係数	10.48, 6.61, 0.63	9.36, 6.27, 0.67
$\bar{D}$ [m], $D_i$ の標準偏差[m], 変動係数	14.04, 10.77, 0.77	17.12, 33.04, 1.93
$\bar{s}$ [m <sup>2</sup> ], $s_i$ の標準偏差[m <sup>2</sup> ], 変動係数	141.87, 131.09, 0.92	131.44, 182.93, 1.38
$\sqrt{V_{un}[\bar{s}(t_k)]}$	7.14	11.64
相関係数 $r$	-0.07*	-0.13

表4-2：仮説の検定結果及び敷地の平均間口の推定精度

	石原3丁目	東向島5丁目
$r_\alpha (\alpha=0.05)$	-0.09	-0.06
$Z = \frac{\bar{s} - \bar{F}\bar{D}}{\sqrt{V_{un}[\bar{s}(t_k)]}}$	-0.74*	-2.37**
$\delta_\alpha / \bar{s} (\alpha=0.01)$	0.13	0.23
$\delta_\alpha / \bar{s} (\alpha=0.05)$	0.10	0.17
$\left(\bar{D} - \frac{\bar{s}}{\bar{F}}\right) / \frac{\bar{s}}{\bar{F}}$	0.04	0.21



## 4.5 本章のまとめ

本章では，地域における敷地形状の平均像を分析するために，モデル敷地の奥行から地域における敷地の平均奥行を簡便に推定することを考えた．

まず，ノンパラメトリック検定の一つである，二種類の変数の値が既知の場合の条件付検定を用いる方法に基づいて，地域における敷地の間口と奥行の独立性を検定する方法を構築した．

つぎに，道路網パターンが格子状の地域として東京都墨田区石原3丁目，不規則な地域として東向島5丁目を選定し，敷地の間口と奥行の独立性を検定した．その結果，有意水準1%のもとで， $F_i$ と $D_i$ の独立性は成立することがわかった．また， $\bar{D}$ と $\bar{s}/\bar{F}$ の相対誤差を算出した結果，1)石原3丁目の場合は4%，東向島5丁目の場合は21%であること，2)両者の町丁目において， $\bar{s}/\bar{F}$ は $\bar{D}$ を過小に推定することがわかった．とくに，東向島5丁目のように，道路網パターンや建物配置が不規則である場合， $\bar{D}$ と $\bar{s}/\bar{F}$ の相対誤差は大きくなる傾向にあり，その差の程度は約17%となることがわかった．他方，街区形状の違いや面積の違いが， $\bar{D}$ と $\bar{s}/\bar{F}$ の相対誤差に及ぼす影響を定量的に明らかにする余地がある．また，敷地の間口と奥行が互いに独立の場合でも，実市街地においては，間口が長く奥行は短い敷地の割合は少ない．このような傾向が $\bar{D}$ と $\bar{s}/\bar{F}$ の相対誤差に及ぼす影響についても考察する余地がある．さらに，本章で対象地域とした石原3丁目と東向島5丁目に加えて，より多くの地域を対象に，間口と奥行の独立性を検証する余地がある．これらについては，今後の課題としたい．

第2章で詳述したように， $\bar{s}$ と $\bar{F}$ はそれぞれ地域の建物棟数密度（ネット）及び道路延長密度の関数となることから，地域における全ての敷地に関する $s_i$ と $F_i$ の情報が未知であっても， $\bar{s}$ と $\bar{F}$ から簡便に，かつ約4%から21%の精度で $\bar{D}$ を推定することができる．

## 第5章 建物と道路の近接性判定方法の比較分析

### 5.1 はじめに

敷地は、市街地を構成する基本単位であり、建築基準法第3章の通称「集団規定」の基礎となる空間単位である<sup>39)</sup>。集団規定は、建物が一定の密度で集積する場合に、環境上、防災上の観点から敷地単位で適用されるものである。一方で、建物単位で適用される規定として、建築基準法第2章の通称「単体規定」がある。単体規定は個々の建物の安全性と快適性を図る規定であり、集団規定を前提に成立することが保障される。

集団規定の一つに、建築基準法第43条の通称「接道義務規定」がある。これは、任意の敷地における日常時の交通機能を確保することに加えて、災害時の避難や消火活動などの安全機能を確保することを目的に設けられた規定である。敷地が接道義務規定を満たすためには、敷地は幅員4m以上の道路に2m以上接していなければならない。以降、本節では、幅員4m以上の道路を「道路」と記す。

敷地の接道状況は、建築確認申請の際に特定行政庁へ提出する「建築計画概要書」を閲覧すれば把握可能である。確かに、少数の敷地の接道状況を把握する場合、建築計画概要書を閲覧することによって、敷地の接道状況を把握することができる。ところが、広範囲の地域にある大量の敷地の接道状況を把握する場合、つぎの二つの理由により、大量の建築計画概要書を閲覧することによって全ての敷地の接道状況を把握することはできない。第一に、建物一棟ごとに閲覧申請を行う必要があり、申請者側だけでなく特定行政庁の負担も大きいからである。横浜市のように、建築計画概要書の大量閲覧を制限する特定行政庁も存在する。第二に、建築基準法では、建築計画概要書の永久保存が義務付けられていないからである。確かに、平成11年5月1日施行の建築基準法施行規則一部改正以降に建築確認がなされた建物については、当該建物が滅失または除却されるまで建築計画概要書の保存が義務付けられている。ところが、それより前に建築確認がなされた建物については、建築計画概要書の保存年限が5年であったため、今日保存されていない可能性もある。本章では、データの制約上、2005年時点を対象に議論を進める。

広範囲の地域にある敷地の接道状況を把握する場合、GISの援用が期待される。柳沢・山島(2005)によると、全国における特定行政庁の約4割が「敷地台帳」を作成している。近年、GISを用いた敷地情報管理が期待されており、地図情報と台帳情報が結びついた形で敷地情報管理が実現することによって、敷地の接道状況の確認作業の効率化が期待されている。ところが、敷地の空間データの整備は進んでいないのが現状である。高ほか(2003)が指摘するように、大都市における地籍調査の進捗率は低い。東京都の場合、地籍調査の進捗率は全体の20%未満である<sup>53)</sup>。地籍調査に基づいて建物敷地の空間データが整備されることを踏

まえば、敷地の空間データが十分整備されるまでには長い年月を要するであろう。従って、敷地の空間データを入手することは容易でなく、GISを用いて敷地の接道状況を直接的に把握することは困難である。

そもそも、接道義務規定の目的は、建物が密集する市街地において、建物と道路の近接性を保障し、建物の災害安全性や道路へのアクセス容易性を確保するためである。よって、建物が道路に近接するかどうかは、敷地の接道状況よりも重要であるといえる。また、敷地の概念と定義について曖昧な点が多いなか<sup>19)</sup>、敷地の接道状況を直接的に把握するよりも、建物と道路の近接性を把握するほうが現実的である。さらに、建物の空間データを入手することは敷地の空間データを入手するよりも容易である。そこで、建物と道路の位置関係から、建物と道路の近接性を判定することを考えよう。

GISを用いて建物と道路の近接性を判定する方法は主に二つある。一つは、面ボロノイ分割を用いる方法である。この方法では、建物ポリゴンと道路ポリゴンの両者を生成元とする面ボロノイ分割を行い、建物ポリゴンから生成される面ボロノイ領域が道路ポリゴンから生成される面ボロノイ領域と接するかどうかを判定する。前者の面ボロノイ領域が後者の面ボロノイ領域に接するならば、建物は道路に近接すると判定できる。「一敷地一建物の原則<sup>19)</sup>」に従えば、建物ポリゴンから生成される面ボロノイ領域は近似的に建物敷地と見なせるため、建物敷地の近似的な接道判定が可能であると思われる。もう一つは、道路中心線を生成元とする近傍領域（以降、「バッファ領域」と記す。）を用いる方法である。この方法では、道路中心線を表すリンクを生成元とする近傍領域を生成し、当該近傍領域と建物ポリゴンが互いに重なるならば、建物は道路に近接すると判定できる。

両者の方法には、表5-1のように長所と短所がある。面ボロノイ分割を用いる方法の場合、建物と道路の近接性判定結果はバッファ距離の設定に依存しないという利点がある。一方で、市販のGISアプリケーションには面ボロノイ分割を行う機能が実装されていないため、実用性に欠ける。他方、バッファ領域を用いる方法の場合、建物と道路の近接性判定結果はバッファ距離の設定に依存するという欠点がある一方で、市販のGISアプリケーションにはバッファ距離を生成する機能が実装されていないため、実用性に欠ける。

**表5-1：面ボロノイ分割を用いる方法とバッファ領域を用いる方法の長所と短所**

手法	長所	短所
面ボロノイ分割を用いる方法	近接性判定の精度はバッファ距離の設定に依存しない	手間を要する
バッファ領域を用いる方法	分析が容易	近接性判定の精度はバッファ距離の設定に依存する

第2章から第4章において、全ての建物の敷地は接道する考え方―「一敷地一建物の原則」―に基づいて議論を進めてきた。ところが、実市街地においては、必ずしも「一敷地一建物の原則」が成立するとは限らない。そこで、実市街地において、「一敷地一建物の原則」がどの程度の割合で成立するか検証する余地がある。本章では、建物と道路の近接性に基づいて、「一敷地一建物の原則」がどの程度の割合で成立するのか検証する。面ボロノイ分割を用いる方法に基づいて建物と道路の近接性を定義し、バッファ領域を用いる方法はどの程度の精度で近接性を判定できるのか検証する。第4節では、面ボロノイ分割の近似である擬似面ボロノイ分割を用いる方法によって、建物と道路の近接性判定を行う。第5節では、バッファ領域を用いる方法における最適なバッファ距離を算出し、バッファ領域を用いる方法によって建物と道路の近接性判定を行う。第6節では、両者の近接性判定精度を比較し、バッファ領域を用いる方法が擬似面ボロノイ分割を用いる方法の代替的方法になりうるかどうかを検討する。第7節で本章のまとめを述べる。

## 5.2 既往研究の整理と本章の位置づけ

建物と道路の近接性に関する既往研究として、1)空間オブジェクトの近接性を判定する方法を論じたもの、2)建物間の隣接関係を把握する方法を論じたものがある。

建物と道路の近接性を把握する方法に関する既往研究として、Okabe *et al.*(2000)とGold(1989)がある。Okabe *et al.*(2000)は、地図上の空間オブジェクトが互いに隣接しているかどうかを判断するための方法として、面ボロノイ図が有効であると指摘している<sup>27)</sup>。Gold(1989)は、建物と道路が互いに近接しているかどうかを判断するための方法として、面ボロノイ図が有効であると指摘している<sup>28)</sup>。ところが、建物と道路が近接しているかどうかをGISの援用によって把握することは行っていない。

また、建物間の隣接関係を把握する方法に関する既往研究として、阪田・寺木(2003)と寺木・阪田(2003)がある。阪田・寺木(2003)は、建物同士の隣接関係を把握するために、多角形の辺を微小線分に分割し、点ボロノイ分割を応用した面ボロノイ分割ツールを試作した。面ボロノイ分割ツールの問題点として、正確かつ実用時間内で面ボロノイ分割を行うための適切な細線分化数を設定する理論が構築されていないことを挙げている<sup>54)</sup>。寺木・阪田(2003)は、建物ポリゴンの代表点を母点とする点ボロノイ分割と先述した面ボロノイ分割ツールを用いた場合の隣接判定を比較検証した。その結果、建物が密集している市街地では、点ボロノイ分割が面ボロノイ分割の近似になっているとは言えないと結論づけている<sup>55)</sup>。

本章は、建物と道路の近接性判定方法として、擬似面ボロノイ分割を用いる方法とバッファ領域を用いる方法に着目し、両者の判定精度を比較検討している点において既往研究とは異なる独自性を有する。

### 5.3 擬似面ボロノイ分割を用いる建物と道路の近接性判定方法

本節では、建物ポリゴンと道路ポリゴンの両者を生成元とする擬似面ボロノイ分割を行う方法を示し、擬似面ボロノイ分割を用いた場合の近接性判定結果を示す。

#### 5.3.1 擬似面ボロノイ分割を行う方法

第1節で既述したように、市販のGISアプリケーションでは面ボロノイ分割を行うことができない。そこで本稿では、面ボロノイ分割の近似である擬似面ボロノイ分割を行うことにする。擬似面ボロノイ分割とは、生成元となるポリゴンの辺を充分多くの点で近似し、充分多くの点を母点とする点ボロノイ分割である。図5-1上のように、分割結果として充分多くの点ボロノイ領域が生成される。図5-1下のように、同一建物ポリゴンの辺または同一路路ポリゴンの辺から生成される母点をもつ点ボロノイ領域をディゾルブすることによって、建物ポリゴン及び道路ポリゴンを生成元とする擬似面ボロノイ領域が生成される。

擬似面ボロノイ分割の問題点は、建物ポリゴンや道路ポリゴンの辺を充分多くの点で近似する際の適切な点の総数が明らかにされていないことである。阪田・寺木(2003)が指摘するように、点の総数と分析時間との間にはトレードオフの関係が存在する。つまり、点の総数を増加すれば分割精度が高まる一方で、分析時間は増加する。本章では、建物ポリゴンや道路ポリゴンの辺を充分な数の微小線分に分割し、微小線分の端点と中点上に点を生成することによって、建物ポリゴンや道路ポリゴンの辺を点に変換する点近似を行った。適切な点の総数を設定する方法は今後の課題である。

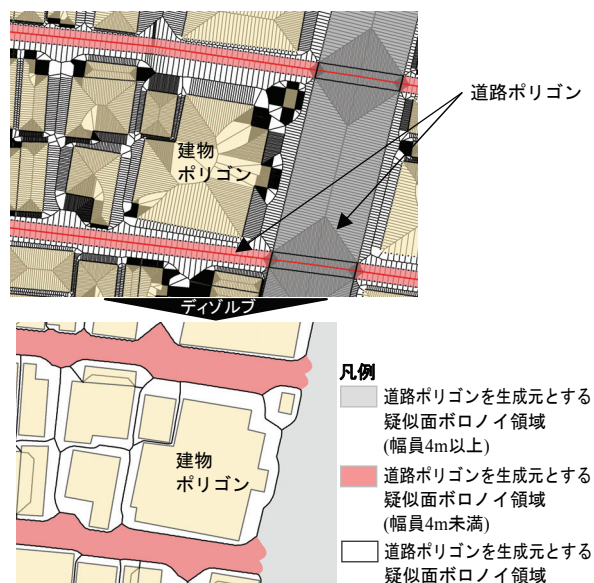


図5-1：擬似面ボロノイ分割と擬似面ボロノイ領域

### 5.3.2 擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法と結果

東京都文京区千駄木2丁目を対象に、建物と道路の近接性判定を行う。当該町丁目を対象地域として選定した理由は、様々な道路幅員をもつ道路が存在し、建物の形状や配置に多様性があるからである。近接性判定フローを図5-2に示す。近接性判定結果は図5-10のようになる。

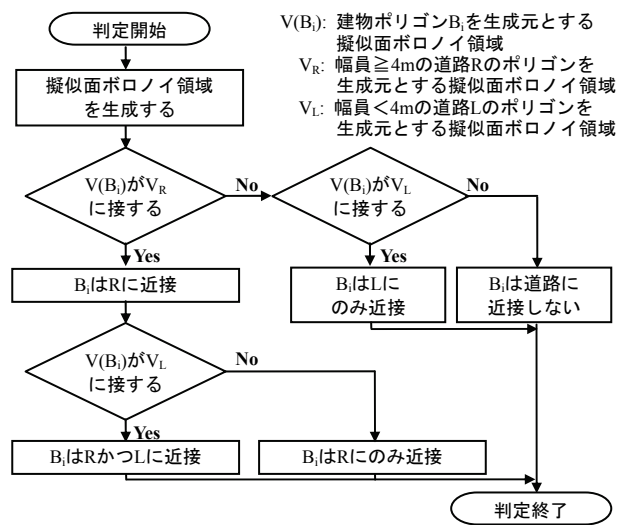


図5-2：近接性判定フロー（擬似面ボロノイ分割を用いる場合）

## 5.4 道路中心線を生成元とする近傍領域を用いる近接性判定方法

第1節で既述したように、バッファ領域を用いて建物と道路の近接性を判定する場合、道路リンクを中心とするバッファ距離の設定が問題となる。

たとえば、図5-3の黒色で示した建物ポリゴンのように、道路中心線からのバッファ距離が短すぎる場合、当該建物ポリゴンは南側にある道路リンクから生成されるバッファ領域と重ならない。このため、当該建物ポリゴンは実際には道路Sに近接しているにも拘らず、近接していないと判定されるエラーが生じる。一方で、道路中心線からのバッファ距離が長すぎる場合、当該建物ポリゴンの北側にある道路リンクから生成されるバッファ領域と重なってしまう。このため、当該建物ポリゴンは実際には道路Nに近接していないにも拘らず、近接していると判定されるエラーが生じる。

以上の考察から、バッファ距離が短すぎることによる近接性判定エラー総数 $S_1$ とバッファ距離が長すぎることによる近接性判定エラー総数 $S_2$ は互いにトレードオフの関係にあると考えられる。従って、 $S_1$ と $S_2$ の和を最小化するようなバッファ距離が存在すると予測される。本章では、このようなバッファ距離を「道路幅員/2 + 道路境界線からの最適バッファ距離」で定義し、「道路中心線からの最適バッファ距離」と呼ぶことにする。ただし、道路幅員の値は「mapple10000デジタルデータ(shape版)」の属性値を用いる。本節では、道路境界線からの最適バッファ距離を算出する方法と道路中心線からの最適バッファ距離を用いた場合の近接性判定結果を示す。

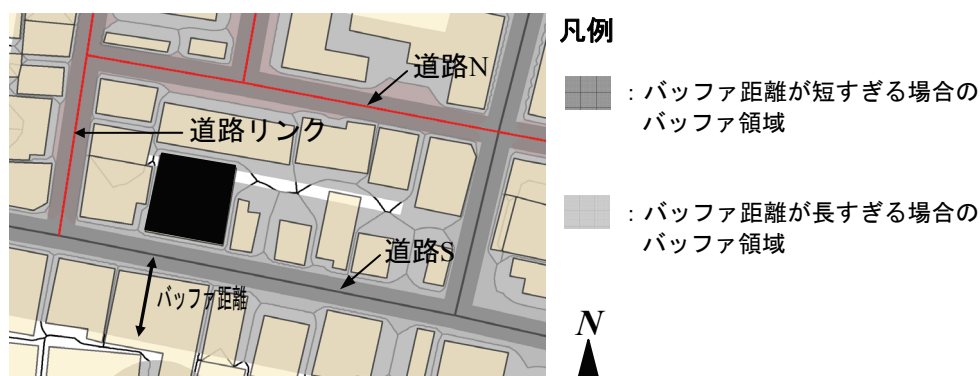


図5-3 : バッファ距離の設定の違いによる近接性判定エラー



### 5.4.1 道路境界線からの最適バッファ距離の算出方法

道路境界線からの最適バッファ距離（以降、 $BF^*$ と記す.）を算出するために、図5-4に示す各距離をGIS上で計測する。たとえば建物1の場合、距離Aは道路境界線から建物壁面までの距離であり、距離Bは道路境界線から建物1の後背建物の壁面までの距離である。後背建物とは、任意の建物に対して前面道路と反対側にある建物のことである。建物1のように後背建物の特定が難しい場合、距離Bが最小となる建物をその建物の後背建物とする。このとき、建物1の後背建物は建物3となる。道路境界線と建物壁面が互いに平行でない場合、距離Aは建物壁面線の midpoint から道路境界線に下ろした垂線の長さとして定義する。同様に、道路境界線と後背建物の壁面が互いに平行でない場合、距離Bは後背建物壁面線の midpoint から道路境界線に下ろした垂線の長さとして定義する。また、建物3のように、近接する道路の特定が難しい場合、道路へ接続する幅員2mの通路を確保できるかどうかを判定する。幅2mかつ奥行き可変の矩形領域を道路境界線に対して垂直に動かし、建物3の近傍領域において建物と重ならないように配置できるならば、通路を確保できると判定する。このとき、建物は通路が接続する道路に近接すると判定する。一方で、通路を確保できない場合、建物は道路に近接していないと判定する。さらに、建物4のように、二方向の道路に近接する場合、二方向の道路に関して距離Aと距離Bを計測する。建物4の後背建物は、建物5と建物7である。

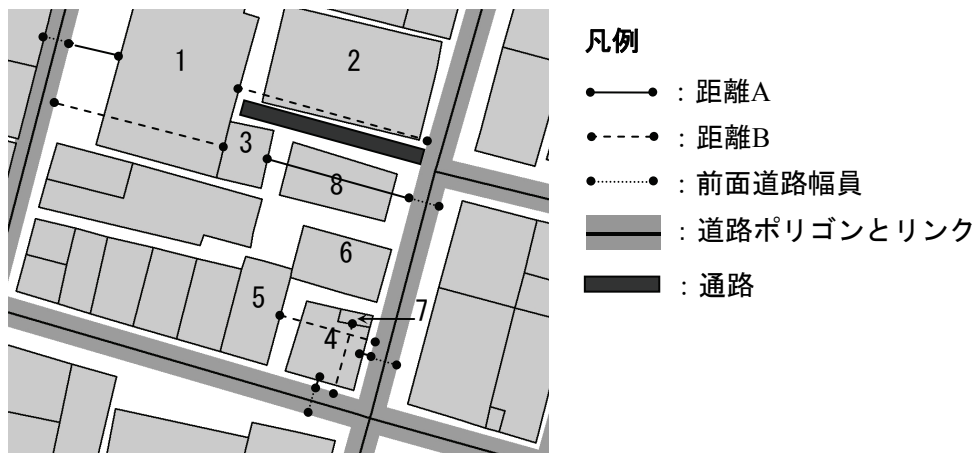


図5-4 : GIS上で計測した各距離

各距離の計測対象とした地域は、東京都文京区千駄木2丁目である。当該地域に存在する建物ポリゴンの個数は929であり、このうち前述した方法によって道路に近接しないと判定される建物ポリゴンの個数53を除くと、計測した距離A、距離B、前面道路幅員の三つの値を格納したデータの個数は1196となる。取得したデータの組合せを前面道路幅員の階級ごとに分け、このうち、度数が比較的高い、(a).1m以上2m未満 (N = 203)、(b).2m以上3m未満 (N = 276)、(c).3m以上4m未満 (N = 374)、(d).4m以上5m未満 (N = 194) の場合を対象に分析を行った。

表5-2は、前面道路幅員の階級が(a)から(d)それぞれの場合における距離Aと距離Bの基本統計量である。また、図5-5は距離Aと距離Bの度数分布図である。距離Aの度数分布の特徴は、道路境界線からの距離が増加するに伴って、度数が単調減少することである。一方で、距離Bの度数分布の特徴は、概ね山型の分布をしていることである。従って、距離Aと距離Bの度数分布の概形は図5-6のようになる。図5-6上の縦縞部分は、道路境界線からの任意のバッファ距離（以降、 $BF$ と記す。）に対して、実際には近接しているにも拘らず、近接していないと判定されるエラー総数 $S_1$ を表す。図5-6下の横縞部分は、実際には近接していないにも拘らず、近接していると判定されるエラー総数 $S_2$ を表す。図5-6から、 $BF$ が増加するに伴って $S_1$ は減少する一方で、 $S_2$ は増加することがわかる。従って、 $S_1$ と $S_2$ の和を最小化するような道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ が存在することがわかる。

表5-2：前面道路幅員別の距離Aと距離Bの基本統計量

	距離A 前面道路幅員階級				距離B 前面道路幅員階級			
	a	b	c	d	a	b	c	d
サンプル数 (N)	203	276	374	194	203	276	374	194
平均	1.1	1.65	1.83	2.06	9.82	11.8	13.7	13.7
中央値	0.8	1.05	1.1	1	8.5	10.2	11.3	11.8
最頻値	0.5	1	0.8	0.8	7.3	8.5	10	8.5
標準偏差	1.18	2.37	2.62	3.07	5.23	5.81	8.87	8.18
分散	1.39	5.59	6.85	9.43	27.3	33.7	78.6	66.9
尖度	21.4	17.8	31.7	8.63	6.63	4.27	21.1	10.2
歪度	4.01	3.96	4.82	2.95	2.22	1.83	3.7	2.55
範囲	9.4	16.9	27.3	17.4	30.3	38.5	85.9	62.4
最小	0	0	0	0	2.9	3.3	2.6	2.2
最大	9.4	16.9	27.3	17.4	33.2	41.8	88.5	64.6

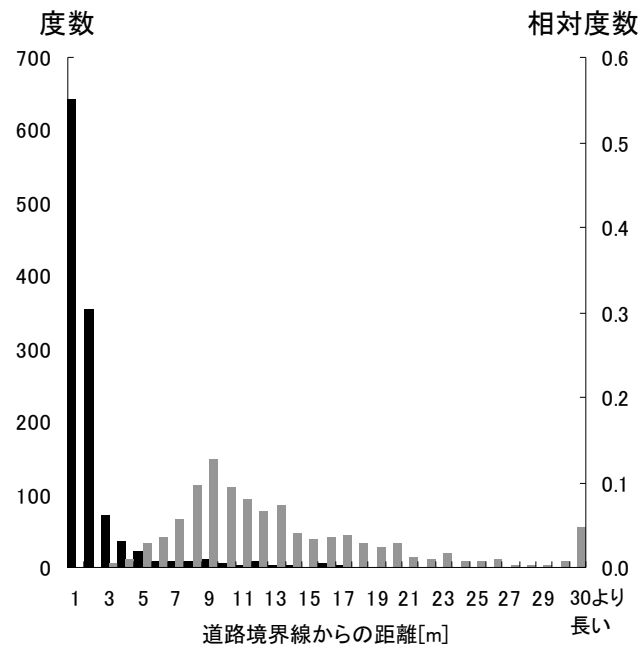
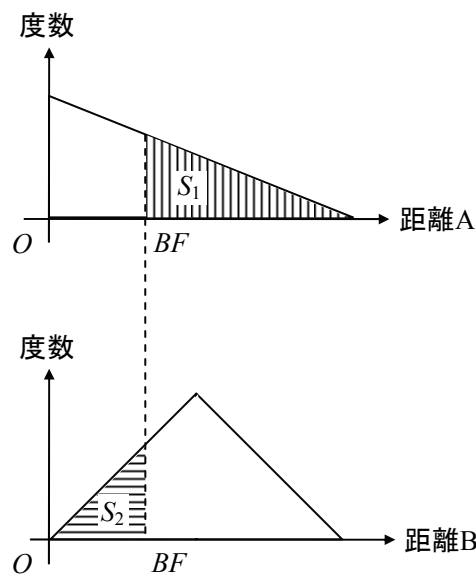


図5-5：距離Aと距離Bの度数分布（距離A：黒色，距離B：灰色）



※原点Oは道路境界線上

図5-6：距離Aと距離Bの度数分布の概形（距離A：上，距離B：下）

$BF^*$ は、非線形計画問題の最適解として求めることができる。いま、道路境界線からの距離を $x$ 、距離Aの密度関数を $f_A(x)$ 、距離Bの密度関数を $f_B(x)$ とすると、 $BF^*$ はつぎの最適化問題の最適解となる：

$$\min_{BF} \int_{BF}^{A_{\max}} f_A(x) dx + \int_{B_{\min}}^{BF} f_B(x) dx. \quad (5-1)$$

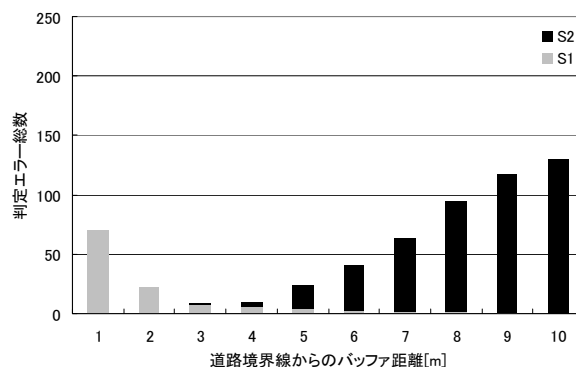
ただし、 $A_{\max}$ は距離Aの最大値、 $B_{\min}$ は距離Bの最小値である。目的関数の第1項は $S_1$ 、第2項は $S_2$ を表す。(5-1)式の最適化問題の厳密解を算出するためには、密度関数を推定する必要がある。本章では、(5-1)式の最適化問題を直接的に解く代わりに、 $BF$ を自然数と見なして(5-1)式の最適化問題を近似的に解くことによって $BF^*$ を算出する。

### 5.4.2 前面道路幅員階級別の最適バッファ距離の算出

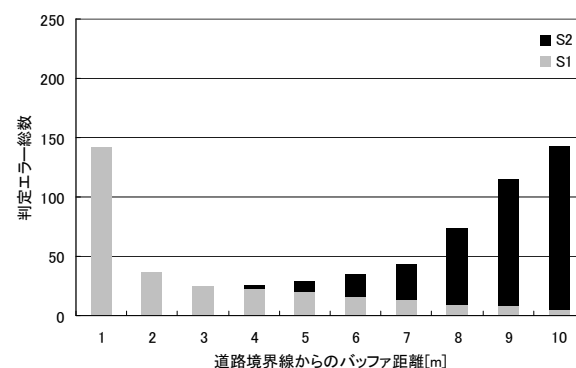
前小節で述べた方法によって、前面道路幅員の階級別に $BF^*$ を算出する。図5-7は、 $BF$ を横軸とする近接性判定エラー総数 $S_1+S_2$ の度数分布を前面道路幅員の階級別に描いたものである。図5-7から、近接性判定エラー総数 $S_1+S_2$ が最小となるような $BF^*$ は、(a)の場合3m、(b)の場合3mまたは4m、(c)の場合5m、(d)の場合4mであることがわかる。 $BF^*$ を用いた場合における前面道路幅員階級別の近接性判定エラー総数の割合は、表5-3の通りである。表5-3から、近接性判定エラー総数の割合は4.4%から13.4%であることがわかる。

表5-3：前面道路幅員階級別の近接性判定エラー総数の割合

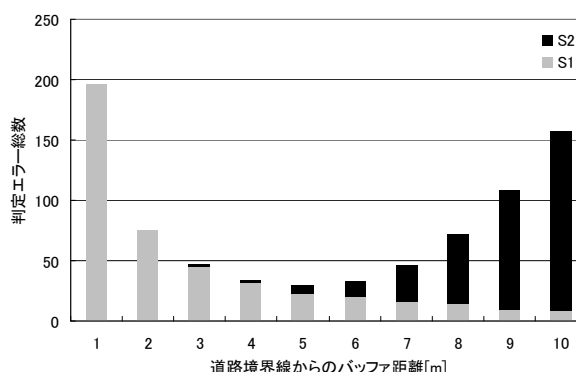
	前面道路幅員の階級			
	a	b	c	d
判定エラー総数： $S_1+S_2$	9	24	29	26
サンプル数： $N$	203	277	373	194
判定エラー割合： $(S_1+S_2)/N$ [%]	4.4	8.7	7.8	13.4



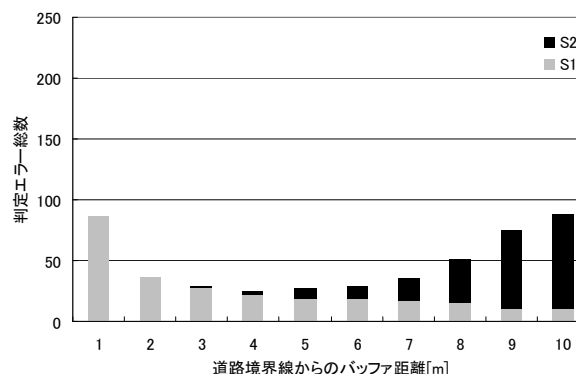
(a). 前面道路幅員1m以上2m未満の場合



(b). 前面道路幅員2m以上3m未満の場合



(c). 前面道路幅員3m以上4m未満の場合



(d). 前面道路幅員4m以上5m未満の場合

図5-7：道路境界線からのバッファ距離と近接性判定エラー総数

### 5.4.3 町丁目で一律に最適バッファ距離を設定する必要性

前小節では、度数が比較的高い前面道路幅員の階級を対象に $BF^*$ を算出した。ところが、前面道路幅員が5m以上の場合、前面道路幅員別に $BF^*$ を算出するのに必要なサンプルデータの数を確認することができないため、前面道路幅員別に $BF^*$ を算出することはできない。この問題を解決するために、前小節で取得した1196個のサンプルデータ全てを用いて、町丁目で一律に $BF$ を設定する。

図5-8は、町丁目で一律に $BF$ を設定した場合の近接性判定エラー総数に関する度数分布である。図5-8から、 $BF$ が4mのときに近接性判定エラー総数の最小値は106となる。このとき、近接性判定エラー総数の割合は8.9%である。従って、町丁目で一律に $BF$ を設定する場合、 $BF^*$ は4mであることがわかる。

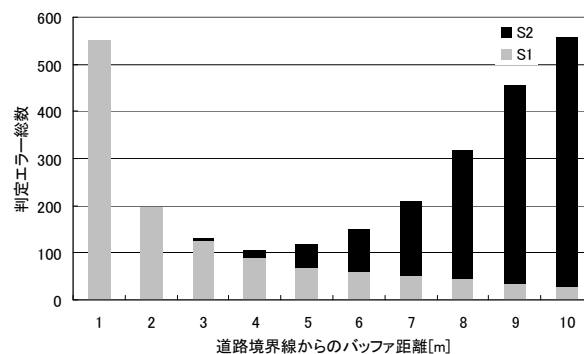


図5-8：町丁目で一律に $BF$ を設定した場合の判定エラー総数

#### 5.4.4 バッファ領域を用いた場合の近接性判定結果

東京都文京区千駄木2丁目を対象に、BFを4mと設定した場合の近接性判定を行う。近接性判定フローを図5-9に示す。近接性判定結果は図5-11のようになる。

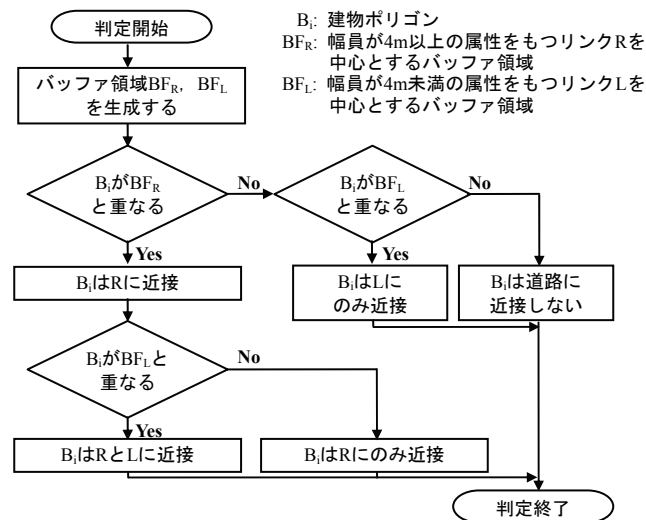


図5-9：近接性判定フロー（バッファ領域を用いる場合）





図5-10：建物と道路の近接性判定結果（擬似面ポロノイ分割を用いた場合）

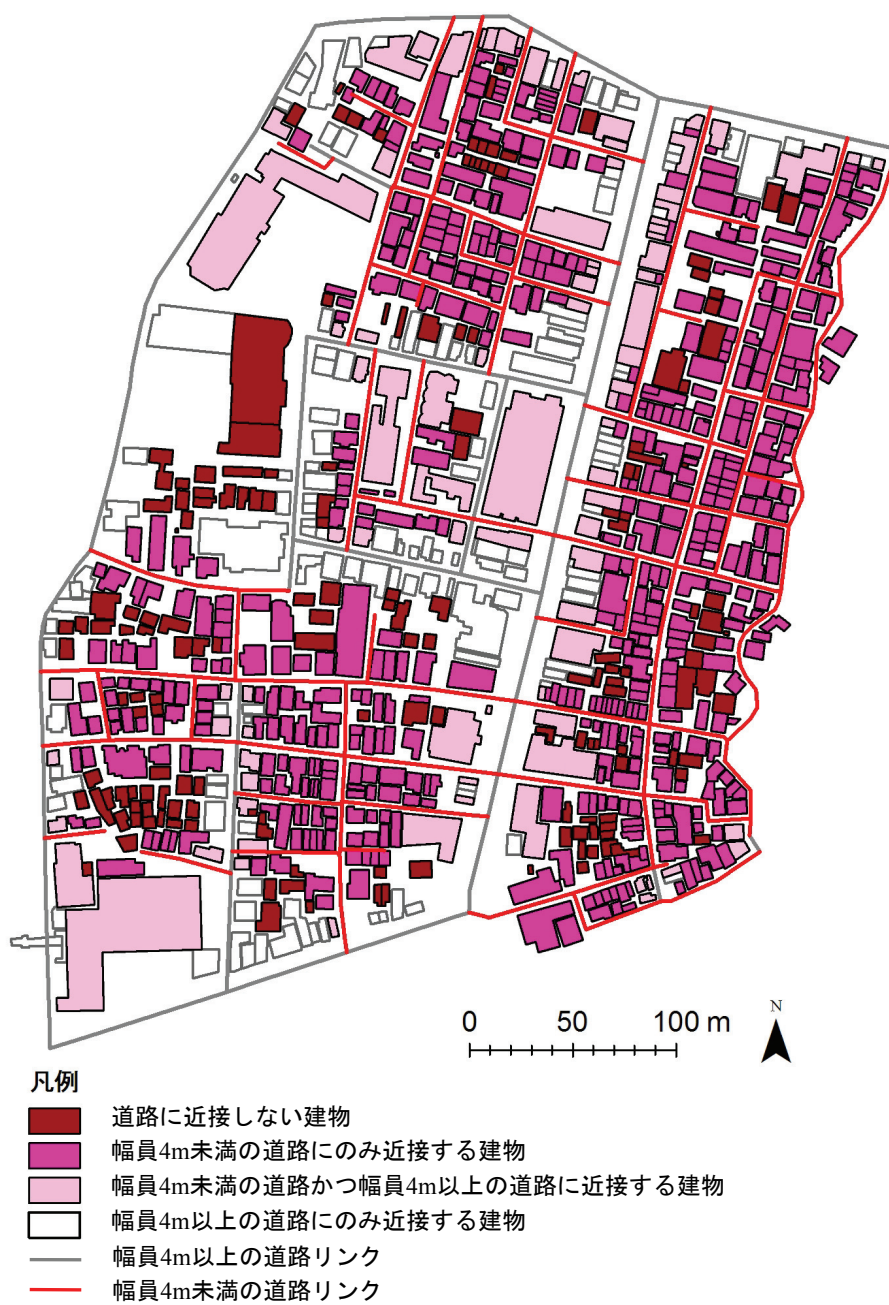


図5-11：建物と道路の近接性判定結果（バッファ領域を用いた場合）

## 5.5 近接性判定の精度比較と分析に要する時間比較

本節では、バッファ領域を用いる近接性判定方法と擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法の精度比較を行い、実用性で優位な前者の方法が判定精度の点で優位な後者の方法の代替的方法として用いることができるかどうか検討する。また、実用性を考慮すると、分析に要する時間と手間も重要であるため、二つの方法それぞれにおいて分析に要する時間と手間を比較する。

### 5.5.1 近接性判定精度比較

近接性判定精度を比較するために、二つの方法それぞれについて、道路に近接すると判定される建物棟数とその割合を算出する。表5-4は、算出結果をまとめたものである。表5-4から、つぎの三つのことがわかる。1)幅員4m未満の道路に近接する建物棟数割合の差は3.2%、2)幅員4m未満の道路にのみ近接する建物棟数割合の差は1.4%、3)幅員4m以上の道路にのみ近接する建物棟数割合の差は0.2%である。ともに、バッファ領域を用いる方法のほうが、擬似面ボロノイ分割を用いる方法よりも、道路に近接すると判定される建物棟数割合は0.2%から3.2%低い。一方で、道路に近接しないと判定される建物棟数割合については、バッファ領域を用いる方法のほうが、擬似面ボロノイ分割を用いる方法よりも3.3%高いことがわかる。町丁目における建物のうち、15%から18%の建物は道路に近接しない。

表5-4：近接性判定方法の違いによる道路に近接する建物棟数とその割合

	擬似面ボロノイ分割を用いる方法 ※左：生成元がポリゴン 右：生成元がリンク		バッファ領域を用いる方法
	建物棟数（下段：割合[%]）		
(a)道路に近接しない建物	139 (15.0)	148 (15.9)	170 (18.3)
(b)幅員4m未満の道路に近接する建物	655 (70.5)	650 (69.9)	626 (67.3)
(c)幅員4m未満の道路にのみ近接する建物	551 (59.3)	554 (59.6)	538 (57.9)
(b)幅員4m以上の道路にのみ近接する建物	135 (14.5)	131 (14.1)	133 (14.3)
(e)建物(a)+(b)+(d)	929 (100.0)	929 (100.0)	929 (100.0)

また、二つの方法による近接性判定結果の違いを明らかにするために、つぎの条件に該当する建物ポリゴンを把握する。

- (a). バッファ領域を用いる近接性判定方法では道路に近接していると判定される一方で、擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法では道路に近接していないと判定される建物ポリゴン。
- (b). 擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法では道路に近接していると判定される一方で、バッファ領域を用いる近接性判定方法では道路に近接していないと判定される建物ポリゴン。

図5-12は、条件(a)、(b)に該当する建物ポリゴンを示したものである。条件(a)に該当する建物のうち、黒色の丸で囲まれた建物を拡大したものが図5-13の建物1である。図5-13から、建物1を生成元とする擬似面ボロノイ領域は道路ポリゴンを生成元とする擬似面ボロノイ領域に接していないことがわかる。このため、擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法の場合、建物1は道路に近接していないと判定される。一方で、条件(b)に該当する建物は、いずれも道路に対する壁面後退距離が長い建物であることがわかる。

ところで、道路網は線的施設であるため、道路に関する空間データはポリゴンデータではなく、道路中心線を表すリンクデータとして提供されている場合もある。そこで、擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法において、道路ポリゴンと建物リンクをそれぞれ生成元として用いた場合の近接性判定結果の差に着目しよう。表5-4から、近接性判定結果の差は1%未満であることがわかる。従って、情報量の多いポリゴンデータの代わりにリンクデータを使用する場合、1%未満の誤差の範囲内で建物と道路の近接性を判定することができる。

以上の結果から、バッファ領域を用いる近接性判定方法の場合、道路に対する壁面後退距離が長い建物について判定精度は劣る一方で、近接性判定誤差は3%程度であることがわかる。



図5-12：近接性判定方法による近接性判定結果の違い



図5-13：擬似面ポロノイ分割を用いた方法によって道路に近接すると判定されない建物

### 5.5.2 分析に要する時間と手間

二つの近接性判定方法における分析に要する時間と手間を比較する。擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法の場合、建物ポリゴンや道路ポリゴンの辺を点近似するのに約110分要し、生成した点を母点とするボロノイ分割を行うのに78秒要した<sup>(1)</sup>。従って、近接性判定を行うための事前分析を行うのに約112分要する。一方で、バッファ領域を用いる方法の場合、コードで与えられている道路幅員を数値化するのに約10分要する。図5-2あるいは図5-9で示した近接性判定フローに従って近接性判定するのに要する時間は、二つの方法においてほぼ同じである。従って、近接性判定に要する時間と手間という観点から二つの方法を比較すれば、バッファ領域を用いる近接性判定方法のほうが容易であると判断できる。

従って、バッファ領域を用いる近接性判定方法の場合、擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法の約11分の1の所要時間で、判定誤差3%程度の精度で建物と道路の近接性を判定することができる。よって、近接性判定の精度比較結果と分析の手間を勘案すれば、バッファ領域を用いる近接性判定方法は擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法の代替的方法として用いることができるといえる。

---

<sup>(1)</sup> Dell Vostro 1000 AMD Athlon (tm) 64×2 Dual-Core Processor TK-53 1.70GHz, 896 MB RAM の計算機環境で実行した場合の時間である。

## 5.6 本章のまとめ

本章では、建物と道路の近接性に基づいて、「一敷地一建物の原則」がどの程度の割合で成立するのか検証した。面ボロノイ分割を用いる方法に基づいて、建物と道路の近接性を定義し、バッファ領域を用いる方法はどの程度の精度で建物と道路の近接性を判定できるのか検証した。第5節では、東京都文京区千駄木2丁目を対象に、道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ を算出した結果、 $BF^*$ は4mであることが明らかとなった。第6節では、擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法とバッファ領域を用いる近接性判定方法の判定精度比較を行った。その結果、後者の方法では、道路に対する壁面後退距離が長い建物について判定精度が劣るものの、両者の近接性判定精度の差は0.2%から3.3%であることが明らかとなった。また、当該町丁目における建物のうち、15%から18%の建物は道路に近接しないことがわかった。一方で、分析に要する時間を比較した結果、後者の方法は前者の方法の約11分の1である。従って、近接性判定精度と分析に要する時間と手間を勘案すれば、バッファ領域を用いる近接性判定方法は、擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法の代替的方法として用いることができるという結論を得た。

ところが、バッファ領域を用いる近接性判定方法には課題が残されている。道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ 算出する際にサンプルデータを取得する手間を要することである。もし、道路境界線からの最適バッファ距離を簡便に推定することができれば、バッファ領域を用いる接道判定方法はより有用な接道判定方法である。次章では、道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ を簡便に推定する方法を構築する。

## 第6章 建物と道路の近接性判定のための 最適な道路近傍距離と建物棟数密度

### 6.1 はじめに

第5章では、バッファ領域を用いる接道判定方法と面ボロノイ分割を用いる接道判定方法の精度比較を行った結果と分析に要する時間と手間を比較した結果から、前者の方法は後者の方法の代替的な方法として用いることができるという結論を得た。ところが、前者の方法を用いる際には課題が残されている。それは、道路境界線からの最適バッファ距離を算出する際にサンプルデータを取得する手間を要することである。もし、道路境界線からの最適バッファ距離を簡便に推定することができれば、バッファ領域を用いる接道判定方法はより有用な接道判定方法である。そこで本章では、道路境界線からの最適バッファ距離を簡便に推定する方法を構築する。

道路境界線からの最適バッファ距離を簡便に推定するために、道路境界線からの最適バッファ距離の意味を考えてみよう。確かに、5.4節で示したように、道路境界線からの最適バッファ距離は接道判定エラー総数を最小化する問題の最適解として算出される。この最適解の意味を別の視点で解釈してみると、敷地奥行という制約の下で建物奥行が決められた結果であると解釈できないだろうか。つまり、敷地奥行の自由度が高いほど建物奥行の自由度は高まり、敷地内に空地を確保する余裕が生じる。その結果、敷地奥行が長いほど建物壁面は道路境界線からセットバックすると考えられる。道路リンクを中心とするバッファ領域は、道路の近傍に存在する建物を把握するために生成される。建物が道路の近傍に存在するかどうか、換言すると、道路境界線からのバッファ距離は建物壁面の後退距離と深い関係があるのではないだろうか。

敷地奥行は、敷地面積が大きいほど長い傾向にある。任意の地域における平均的な敷地面積は建物棟数密度を用いて算出可能である。腰塚(1988)が指摘するように、建物棟数密度を用いる利点は、計測が容易なことである<sup>21)</sup>。本章では、建物棟数密度を用いて任意の地域における平均敷地面積（グロス）の正方形敷地の一辺長を算出し、正方形敷地の一辺長と道路境界線からの最適バッファ距離の関係を定量的に考察する。第3節では、建物棟数密度を用いて道路境界線からの最適バッファ距離を簡便に推定する方法を示し、当該方法を用いて東京23区の各町丁目における建物と道路の近接性がどの程度成立するのか考察する。第4節では、本節で議論した道路境界線からの最適バッファ距離の都市計画的意味を定量的に考察する。



## 6.2 既往研究の整理と本章の位置づけ

本章に関係する既往研究として、1)建物間の隣棟関係を分析したもの、2)敷地形状と建物形状の関係を論じたものがある。

1)について、腰塚(1988)は、市街地の平均的環境を表す指標として、建物棟数密度が建蔽率に劣らず重要であると指摘している。見かけの建蔽率は真の建蔽率と建物棟数密度に依存し、建蔽率が同じであっても、建物棟数密度が高いほど見かけの建蔽率は高くなることを理論的に示している。さらに、建蔽率と建物棟数密度の間には相関関係があることを示し、計測が容易でない建蔽率を計測が容易な建物棟数密度を用いて推定できる可能性に言及している<sup>21)</sup>。腰塚・古藤(1989)は、腰塚(1988)の内容を深化させ、任意の地域における建蔽率は建物棟数密度の平方根に比例する理論式を導出している。理論式を実市街地に応用した結果、理論式は建物棟数密度と建蔽率の関係をよく説明することを示している<sup>22)</sup>。

2)について、Asami and Ohtaki(2000)は、敷地に建てられる建物の形状予測を試みた結果、敷地奥行が増加するに伴って、建物は前面道路境界線から後退して建てられる傾向にあることを明らかにしている<sup>30)</sup>。

本章は、計測が容易な建物棟数密度を用いて、最適な道路近傍距離を簡便に推定する方法を考えている点において、既往研究とは異なる独自性を有する。また、最適な道路近傍距離の都市計画的な意味を理論的に考察している点においても、既往研究とは異なる独自性を有する。

### 6.3 道路境界線からの最適な道路近傍距離を建物棟数密度で推定する方法

本節では、建物棟数密度を用いて道路境界線からの最適バッファ距離を推定する。まず、ある地域の建物棟数密度を用いて、平均敷地面積（グロス）をもつ正方形敷地の一辺長を表すことができることを示す。つぎに、正方形敷地の一辺長と道路境界線からの最適バッファ距離の関係を定量的に考察するために、6つの町丁目を対象にサンプルデータを取得し、道路境界線からの最適バッファ距離を算出する。最後に、回帰分析によって敷地奥行の平均と道路境界線からの最適バッファ距離の関係式を求める。

#### 6.3.1 建物棟数密度を用いて正方形敷地の一辺長を表す方法

建物棟数密度とは、単位面積あたりの建物棟数である。建物棟数密度が高い地域ほど、建物が密集している地域であると判断することができる。確かに、建物の密集具合を示す指標として、建物棟数密度のほかに建蔽率や容積率が存在する。しかし、建蔽率や容積率が密度指標以外の意味をもたないのに対して、建物棟数密度は計測し易い密度指標というだけでなく、建物棟数密度の逆数はグロスの平均敷地面積を表す。さらに、敷地が正方形であるという仮定の下では、建物棟数密度の逆数の平方根は地域内に存在する敷地の平均的な奥行を与える。いま、地域の単位として町丁目を考える。任意の町丁目の面積と建物棟数をそれぞれ $S$ と $n$ で表すと、建物棟数密度は：

$$\rho = \frac{n}{S}. \quad (6-1)$$

となる。建物棟数密度の逆数は、任意の町丁目における敷地面積の平均を表す。建物棟数密度の逆数の平方根は、敷地が正方形であると仮定した場合の敷地奥行 $D$ ：

$$D = \sqrt{\frac{1}{\rho}}. \quad (6-2)$$

となる。以降、敷地が正方形であると仮定した場合の敷地奥行 $D$ を「正方形敷地奥行」と記す。

Asami and Ohtaki(2000)によると、敷地奥行が増加するに伴って、自動車の駐車スペースや庭を確保する余裕が生じるため、建物はセットバックして建てられる傾向にある<sup>30)</sup>。従って、図6-1のように正方形敷地奥行 $D$ が長いほど、道路境界線からの最適バッファ距離は長くなり、両者の間には比例関係が存在すると考えられる。次小節では、正方形敷地奥行 $D$ が長いほど道路境界線からの最適バッファ距離が長くなるかどうか検証する。

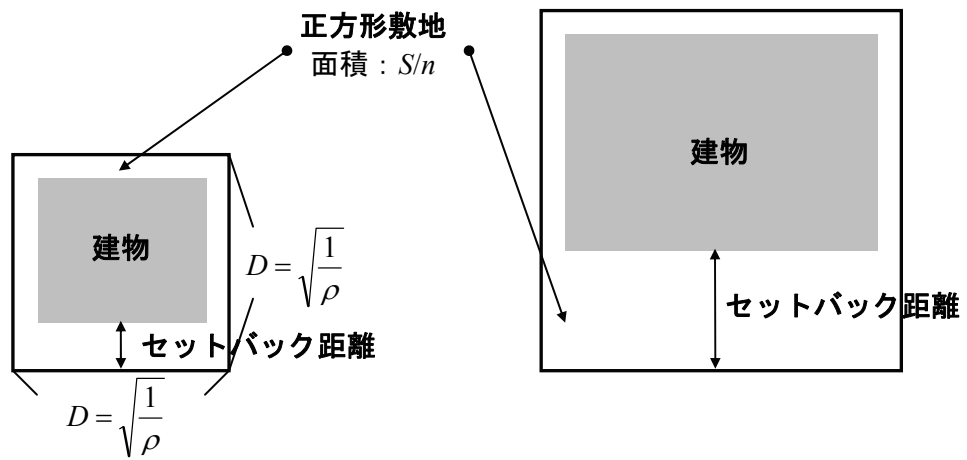


図6-1：正方形敷地奥行と建物セットバック距離

### 6.3.2 最適バッファ距離を算出するための距離の計測対象とする町丁目の選定

5.4.1で既述した方法によって道路境界線からの最適バッファ距離を算出するために、距離の計測対象とする町丁目の選定を行う。選定方法はつぎの通りである。

図6-2は、東京23区の全ての町丁目における正方形敷地奥行 $D$ の度数分布を描いたものである。図6-2から、 $D$ の最頻値は15mであることがわかる。 $D$ が10m, 12.5m, 15m, 17.5m, 20mとなる町丁目を選定した結果、墨田区京島3丁目、中野区南台4丁目、文京区千駄木2丁目、文京区湯島3丁目、練馬区上石神井南町、江戸川区南篠崎町2丁目が該当した。ただし、これらの町丁目を選定する際には、極端に大きい面積をもつ空地や建物が少ない町丁目を選定するよう注意した。図6-5と図6-8は、選定した町丁目における建物の配置と用途地域・法定建蔽率を示したものである。二つの図から、建物棟数密度が減少するに伴って、建物の奥行や距離 $B$ が増加する傾向にあることがわかる。

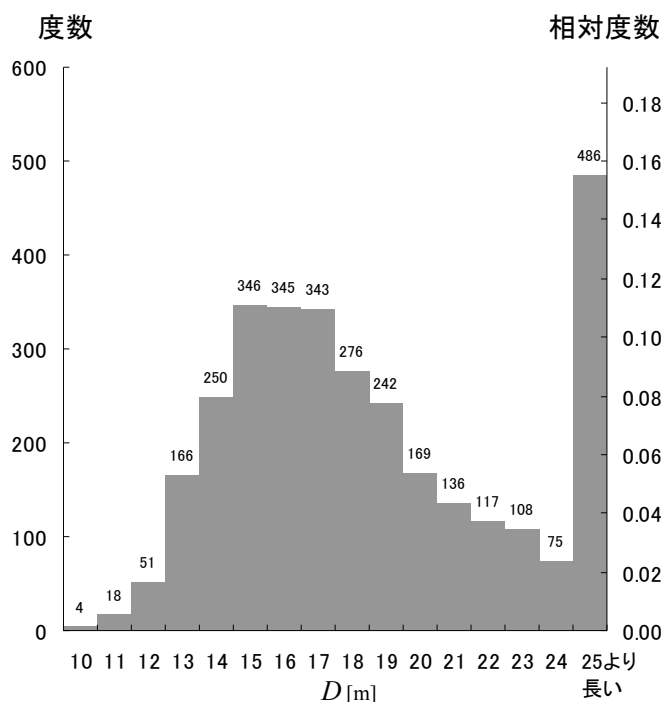


図6-2 :  $D$ の度数分布

### 6.3.3 対象町丁目における道路境界線からの最適バッファ距離と正方形敷地奥行の関係

町丁目で一律に道路境界線からのバッファ距離 $BF^*$ を設定するために、対象町丁目において距離Aと距離Bを計測する。距離Aと距離Bの定義は、5.4.1において説明したとおりである。図6-3と図6-6は、対象町丁目における距離A、距離Bの度数分布を描いたものである。千駄木2丁目の場合と同じように、距離Aの度数分布は、道路境界線から建物壁面の距離が増加するに伴って単調減少している。一方で距離Bの度数分布は、最頻値(モード)を頂とする山型の分布をなしている。対象町丁目において一律に $BF^*$ を設定するために、図6-4と図6-7のように接道判定エラー総数の和 $S_1$ と $S_2$ に関するヒストグラムを描き、 $BF^*$ を算出する。

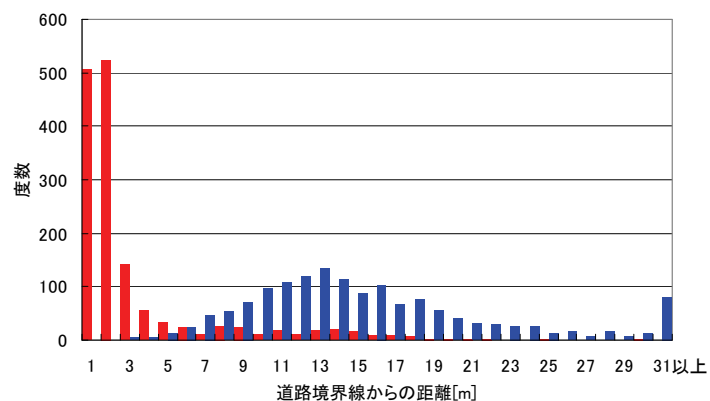


図6-3：距離Aと距離Bの度数分布（赤：距離A，青：距離B）南台4丁目の場合

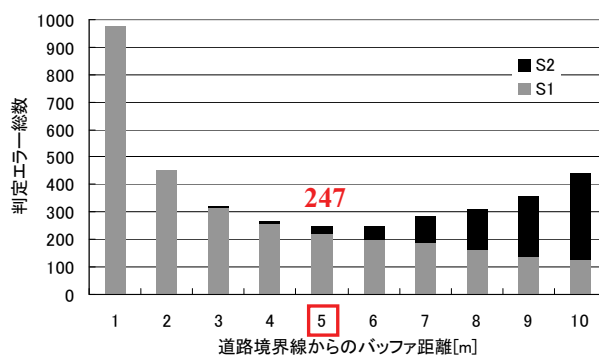


図6-4：道路境界線からのバッファ距離と接道判定エラー総数の関係（南台4丁目の場合）

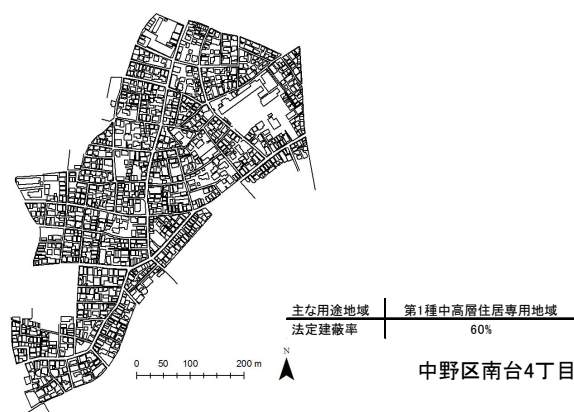
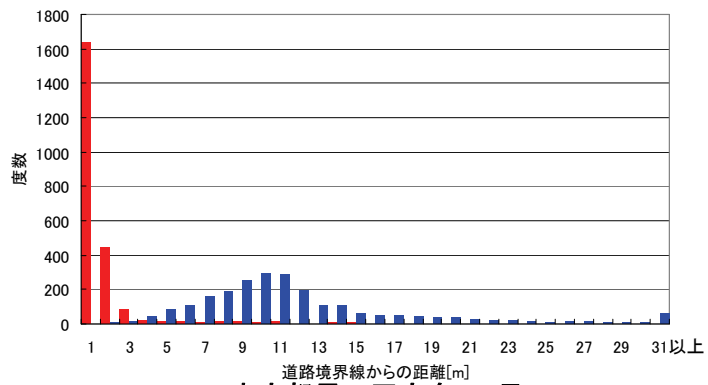
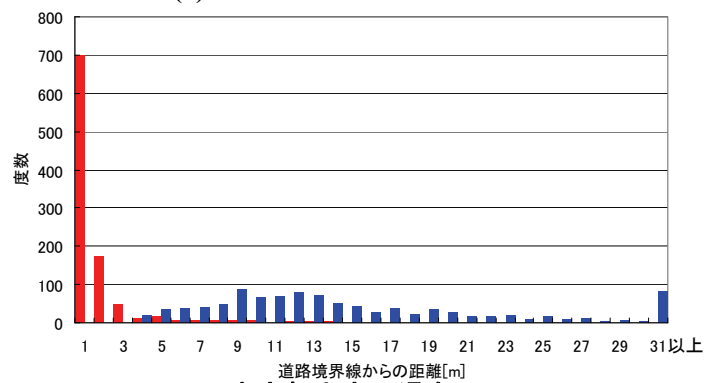


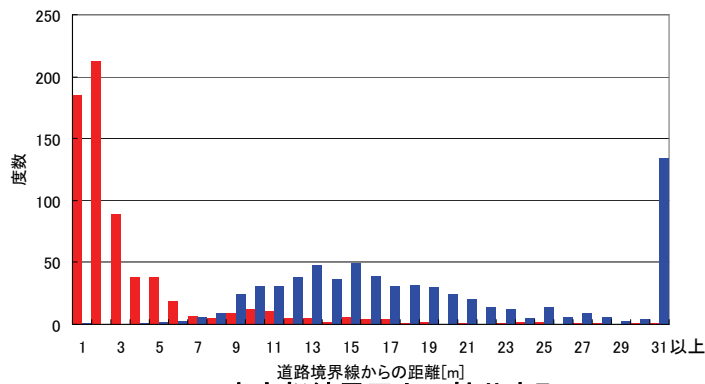
図6-5：建物の配置と用途地域・法定建蔽率（南台4丁目の場合）



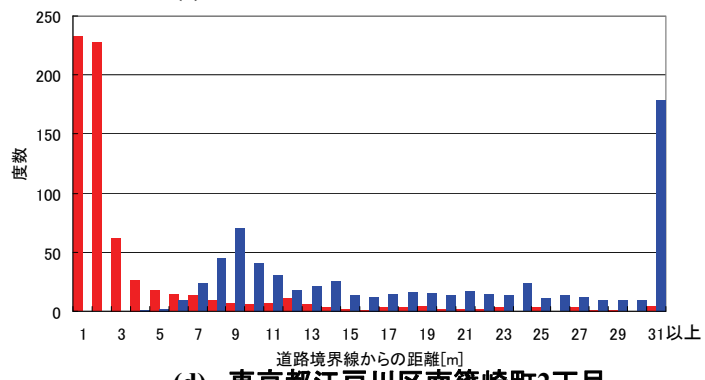
(a). 東京都墨田区京島3丁目



(b). 東京都文京区湯島3丁目

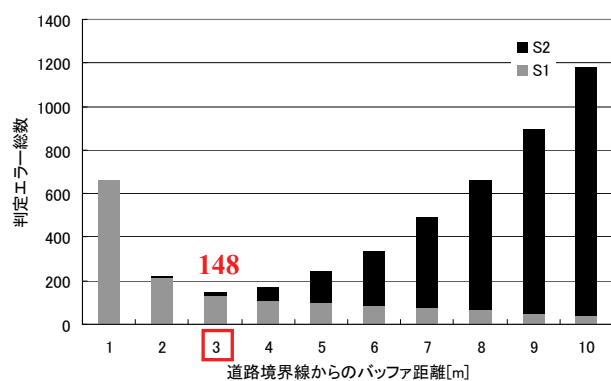


(c). 東京都練馬区上石神井南町

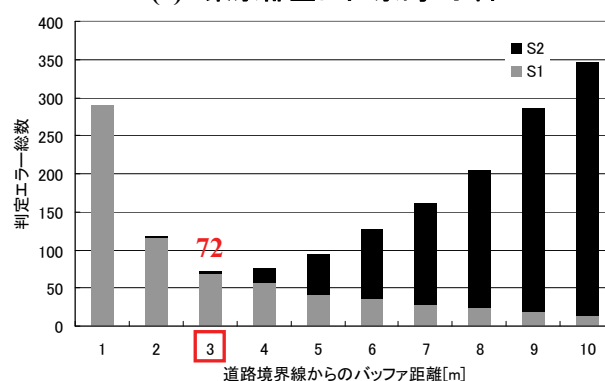


(d). 東京都江戸川区南篠崎町2丁目

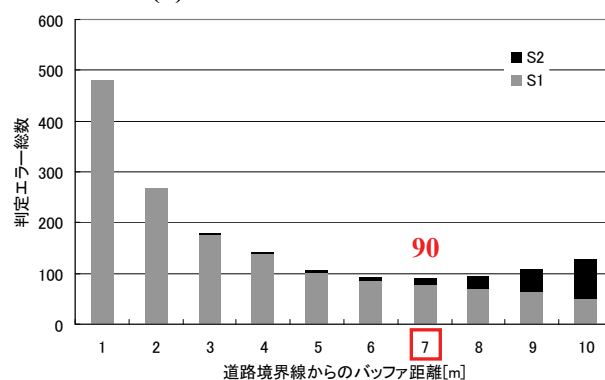
図6-6：対象町丁目における距離Aと距離Bの度数分布（赤：距離A，青：距離B）



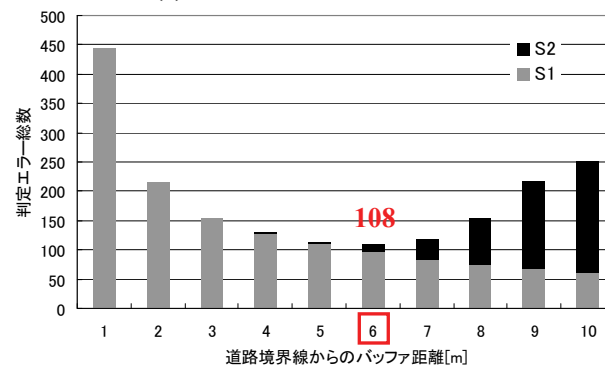
(a). 東京都墨田区京島3丁目



(b). 東京都文京区湯島3丁目



(c). 東京都練馬区上石神井南町



(d). 東京都江戸川区南篠崎町2丁目

図6-7：対象町丁目における道路境界線からのバッファ距離と接道判定エラー総数の関係



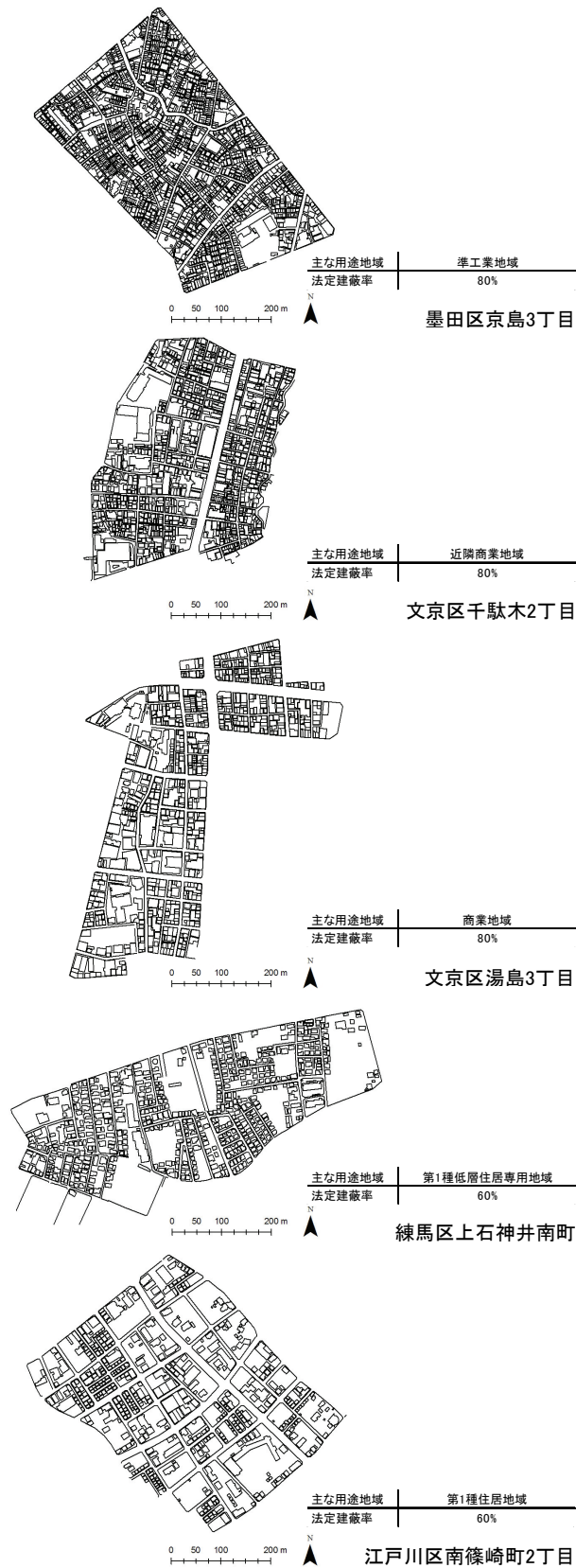


図6-8：各町丁目における建物の配置と用途地域・法定建蔽率

図6-4と図6-7から、各町丁目において接道判定エラー総数の和 $S_1$ と $S_2$ を最小化するような $BF$ が存在することがわかる。京島3丁目における $BF^*$ は3m、南台4丁目における $BF^*$ は5m、千駄木2丁目における $BF^*$ は4m、湯島3丁目における $BF^*$ は3m、上石神井南町における $BF^*$ は7m、そして南篠崎町2丁目における $BF^*$ は6mである。

$BF^*$ の算出結果を表6-1にまとめる。表6-1から、正方形敷地奥行 $D$ が増加するに伴って、道路境界線からのバッファ距離 $BF^*$ は増加傾向にあることがわかる。また、湯島3丁目を除けば、 $D$ に対する $BF^*$ の比 $\alpha$ の値は、概ね0.3から0.4になることがわかる。一方で、湯島3丁目のように $\alpha$ の値が比較的小さい町丁目が存在することがわかる。また、南台2丁目と千駄木2丁目のように建物棟数密度がほぼ同じ町丁目であっても、 $BF^*$ は互いに異なる場合もあることがわかる。

湯島3丁目において $\alpha$ の値が小さい要因として、土地利用の特徴が考えられる。図6-8から、湯島3丁目一帯は商業用途の土地利用が卓越する町丁目である。このため、建物は道路境界線からセットバックせずに建てられる傾向にある。このため、 $\alpha$ の値は小さい。一方で、その他の町丁目では住宅用途の土地利用が卓越する。Asami and Ohtaki(2000)によると、敷地奥行が増加するに伴って建物はセットバックして建てられる傾向にあるという考察は、住宅地を対象にして得られたものである<sup>30)</sup>。従って、住宅用途が卓越する町丁目に限定すれば、 $D$ が長いほど $BF^*$ は長くなる傾向にあるといえる。

表6-1：道路境界線からの最適バッファ距離と正方形敷地奥行の関係

町丁目	データ 総数	棟数密度 [棟/ha]	正方形敷地奥行 $D$ [m]	$BF^*$ [m]	$\alpha$
京島3丁目	2303	98.4	10	3	0.30
南台4丁目	1486	64.2	12.4	5	0.40
千駄木2丁目	1047	63.4	12.5	4	0.32
湯島3丁目	988	44.4	15	3	0.20
上石神井南町	664	32.3	17.5	7	0.40
南篠崎町2丁目	677	25	20	6	0.30

ここで、幅員4m以上の道路に接する敷地上に存在する建物棟数 $n$ と、バッファ領域を用いる接道判定方法によって幅員4m以上の道路に接する敷地上に存在すると判定される建物棟数 $n'$ を算出し、 $n$ に対する両者の差の絶対値：

$$error = |n - n'|. \quad (6-3)$$

の割合（接道判定エラー率） $error/n$ を算出する．表6-2は算出結果を示したものである．表6-2から、接道判定エラー率は3.7%から27.1%であることがわかる．また、 $n > n'$ である町丁目もあれば、 $n < n'$ である町丁目もあることがわかる．前者の場合、実際には幅員4m以上の道路に接する敷地上に建物が存在するにも拘らず、未接道敷地上に存在すると判定されるエラーが卓越している．一方で、後者の場合、実際には未接道敷地上に建物が存在するにも拘らず、幅員4m以上の道路に接する敷地上に存在すると判定されるエラーが卓越していることがわかる．前者に該当する町丁目は、京島3丁目、千駄木2丁目、南篠崎町2丁目である．とくに、千駄木2丁目においてエラーが顕著であり、 $n'$ は $n$ よりも27.1%少ない．一方で、後者に該当する町丁目は、南台4丁目と上石神井南町である．とくに南台4丁目においてエラーが顕著であり、 $n'$ は $n$ よりも17.6%多い．従って、バッファ領域を用いる接道判定方法の場合、-27%から+18%の誤差で接道判定を行うことができるといえる．

表6-2：接道判定エラー率

町丁目	$n$	$n'$	$error$	$error/n \times 100$ [%]
京島3丁目	630	596	34	5.4
南台4丁目	511	601	90	17.6
千駄木2丁目	306	223	83	27.1
湯島3丁目	572	606	34	5.9
上石神井南町	432	448	16	3.7
南篠崎町2丁目	450	415	35	7.8

### 6.3.4 建物棟数密度を用いた道路境界線からの最適バッファ距離の推定式

6.3.2では、対象町丁目における道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ を算出し、正方形敷地奥行 $D$ との関係を定量的に考察した。その結果、 $D$ に対する $BF^*$ の比 $\alpha$ の値は、概ね0.3から0.4となることがわかった。従って、 $D$ から $BF^*$ をある程度の正確さで推定することができると思われる。そこで、 $D$ を説明変数とし、 $BF^*$ を被説明変数とする単回帰分析を行い、 $BF^*$ を簡便に推定する式を求める。ただし、他の町丁目と比較して $\alpha$ の値が小さく、かつ土地利用の特徴が異なる湯島3丁目は、対象から除外することにする。

図6-9は、 $D$ を横軸、 $BF^*$ を縦軸とした場合の散布図である。単回帰分析(ただし、定数項は0とする)の結果、道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ の推定式は：

$$\hat{BF}^* = 0.35D. \quad (6-4)$$

である。決定係数 $R^2$ は約0.74である。ここで、(6-2)式より、正方形敷地奥行 $D$ は棟数密度の逆数の平方根である。従って、(6-4)式を用いれば、計測が容易な建物棟数密度から任意の町丁目における $BF^*$ を簡便に推定することが可能であるといえる。

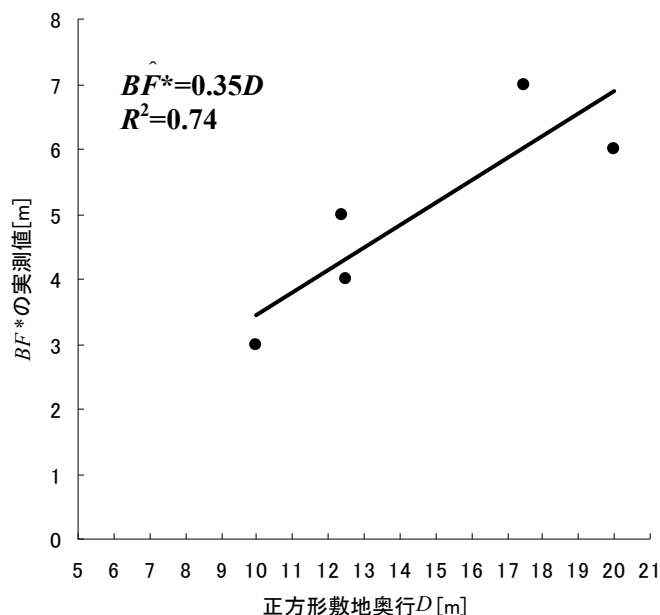


図6-9：正方形敷地奥行と道路境界線からの最適バッファ距離の回帰分析結果

### 6.3.5 実市街地における建物と道路の近接性

本小節では、(6-4)式を用いて、東京23区の町丁目ごとに道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ を推定し、建物と道路の近接性を判定する。

図6-10は、東京23区のすべての町丁目における道路に近接しない建物棟数割合の度数分布を描いたものである。図6-10から、1)当該割合の度数分布は単峰性を有すること、2)最頻値は20%であることがわかる。平均は21.1%である。東京23区のすべての町丁目のうち約半数において、道路に近接しない建物棟数割合は20%未満となる。また、図6-11は、東京23区のすべての町丁目における道路に近接しない建物棟数割合のコロプレスマップを描いたものである。図6-11から、都心部とくに格子状の道路網パターンをもつ町丁目において、道路に近接しない建物棟数割合は10%未満となることがわかる。一方、それ以外の町丁目の場合、道路に近接しない建物棟数割合は20%前後となることがわかる。

従って、第2章のように、地域におけるモデル敷地の間口と奥行を算出するために、「一敷地一建物の原則」を想定するとき、これらの性質を考慮する必要がある。

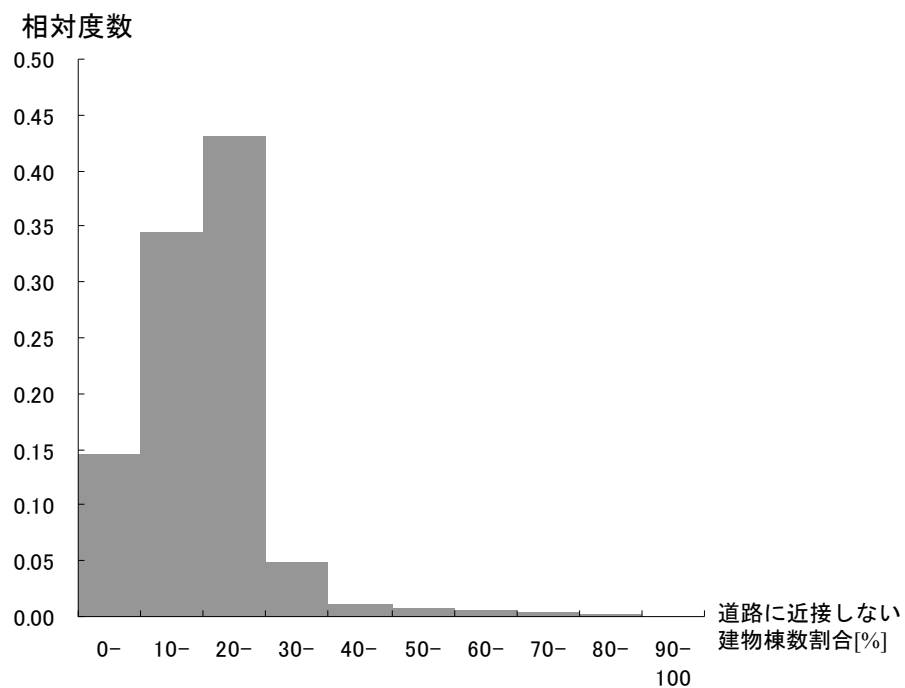


図6-10：道路に近接しない建物棟数割合の度数分布

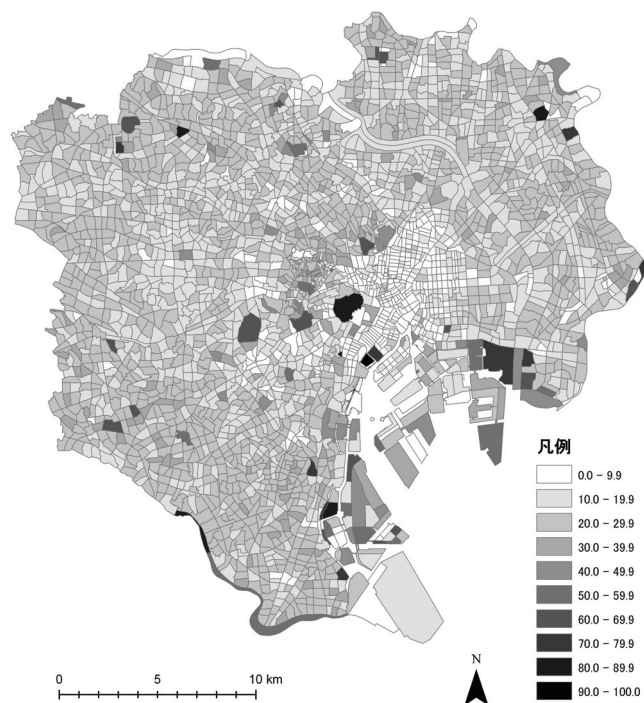


図6-11：道路に近接しない建物棟数割合（東京23区の町丁目別）

## 6.4 道路境界線からの最適バッファ距離の都市計画的意味

前節では、任意の町丁目における正方形敷地奥行 $D$ に対する道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ の比 $\alpha$ の値を算出し、 $BF^*$ は $D$ に比例定数0.35を掛ければ推定可能であることを示した。比例定数0.35は、正方形敷地奥行 $D$ と道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ を結びつけるという意味のほかに、都市計画的な意味があると考えられる。このことを簡単なモデルを構築して理論的に示してみよう。

いま、図6-12のように一辺の長さが $D$ の正方形敷地を考える。民法第234条により建物は図中太線の敷地境界線から50cm後退して建てられるとする<sup>56)</sup>。用途地域が住居系の場合、法定建蔽率の上限は60%であることが多いことから、建蔽率は60%とする。敷地所有者は建築面積を最大化しようとする場合には、建物奥行 $D_B$ は以下の方程式を満たす：

$$(D - 0.5 \times 2)D_B = 0.6D^2. \quad (6-5)$$

(6-5)式の左辺は、敷地一辺の長さ $D$ から左右50cm引いたものと建物奥行 $D_B$ との積であり、建築面積を表す。右辺は建蔽率と敷地面積の積であり、左辺と同じく建築面積を表す。(6-5)式を $D_B$ について解くと：

$$D_B = \frac{0.6D^2}{D-1}. \quad (6-6)$$

となるから、前面道路境界線からの建物壁面後退距離 $D_S$ は：

$$D_S = D - (0.5 + D_B) = D - \left( 0.5 + \frac{0.6D^2}{D-1} \right). \quad (6-7)$$

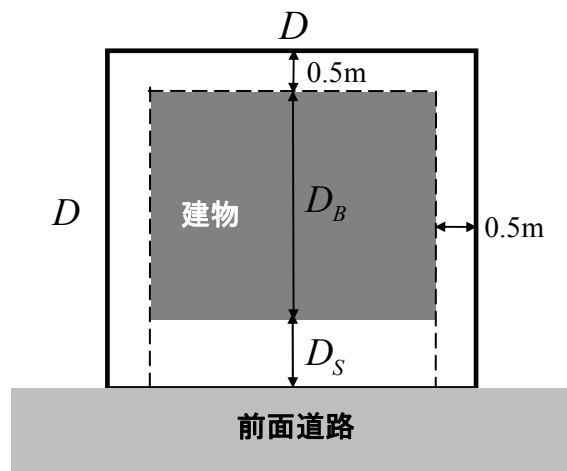


図6-12：モデル化した正方形敷地と建物

従って、正方形敷地 $D$ に対する建物壁面後退距離 $D_s$ の比 $\beta$ は：

$$\beta = \frac{D_s}{D} = 1 - \left( \frac{0.5}{D} + \frac{0.6D}{D-1} \right) \quad (6-8)$$

ここで、正方形敷地奥行 $D$ に対する $\beta$ の感度分析を行う。(6-8)式の両辺を正方形敷地奥行 $D$ で微分すると：

$$\frac{d\beta}{dD} = \frac{0.5}{D^2} + \frac{0.6D}{(D-1)^2} > 0. \quad (6-9)$$

さらに、(6-9)式の両辺を正方形敷地奥行 $D$ で微分すると：

$$\frac{d^2\beta}{dD^2} = - \left\{ \frac{1}{D^3} + \frac{1.2}{(D-1)^3} \right\} < 0. \quad (6-10)$$

(6-9)式と(6-10)式から、正方形敷地奥行 $D$ が長くなるに伴って $\beta$ の値は増加するものの、その増え方は逓減的であることがわかる。つまり、 $\beta$ の増加率は $D$ の逓減関数である。これは、比例定数 $\alpha$ の安定性を保証する上で重要な示唆である。

表6-3は、表6-1に示した各町丁目における $\beta$ の値を(6-8)式を用いて算出した結果である。表6-3から、 $\beta$ の値は概ね0.3となり、 $\alpha$ の値と近いことがわかる。このことから、道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ の都市計画的な意味は、ある町丁目における前面道路境界線からの平均的な建物壁面後退距離であると考えられる。つまり、道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ は、敷地所有者が法律を遵守して最大限の建築面積を確保しようとした結果の表れであると解釈できる。

一方で、湯島3丁目のように、 $\alpha$ と $\beta$ の差が比較的大きい町丁目も存在する。先述したように、湯島3丁目は商業用途の土地利用が卓越する地域であり、用途地域は商業地域である。用途地域が商業地域である場合、建蔽率の上限は70%から80%であるため、用途地域が住居系の場合よりも平均的な建物壁面後退距離は短くなると考えられる。そこで、(6-8)式において建蔽率を0.6から0.7に増やすと、湯島3丁目における $\beta$ の値は0.22となる。この値は、湯島3丁目における $\alpha$ の値に近い。

以上のモデル分析の結果から、住宅用途の地域において比例定数 $\alpha$ の値は0.3付近で安定するといえる。また、用途地域の違いによる法定建蔽率の上限をパラメータとして考慮することによって、(6-4)式による $BF^*$ の推定精度を向上することができると考えられる。



表6-3 :  $\alpha$  と  $\beta$  の比較

町丁目	正方形敷地奥行 $D$ [m]	$\alpha$	$\beta$ (建蔽率60%)	$\beta$ (建蔽率70%)
京島3丁目	10	0.3	0.28	-
南台4丁目	12.4	0.4	0.3	-
千駄木2丁目	12.5	0.32	0.3	-
湯島3丁目	15	0.2	0.32	0.22
上石神井南町	17.5	0.4	0.33	-
南篠崎町2丁目	20	0.3	0.34	-

## 6.5 本章のまとめ

本章では、道路境界線からの最適バッファ距離を簡便に推定する方法を構築した。

既往研究で得られた知見に基づいて、任意の町丁目における道路境界線からの最適バッファ距離は、町丁目の平均敷地面積（グロス）をもつ正方形敷地の奥行に線形比例すると仮定した。棟数密度を用いて任意の町丁目における正方形敷地奥行 $D$ の値を算出し、 $D$ が10m, 12.5m, 15m, 17.5m, 20mとなる町丁目を選定し、選定した町丁目における道路境界線からの最適バッファ距離を算出した。道路境界線からの最適バッファ距離を被説明変数とし、正方形敷地奥行を説明変数とする単回帰分析（ただし、定数項は0とする）を行った結果、道路境界線からの最適バッファ距離は正方形敷地奥行に比例定数0.35を掛ければ推定可能であることがわかった。決定係数は0.74である。従って、算出が容易な建物棟数密度を用いて道路境界線からの最適バッファ距離を簡便に推定できることがわかった。

また、本推定方法を用いて、東京23区の各町丁目における建物と道路の近接性を判定し、道路に近接しない建物棟数の割合を算出した結果、1)当該割合の度数分布は単峰性を有すること、2)平均と最頻値はそれぞれ21.1%と20%であること、3)東京23区のすべての町丁目の約半数において、当該割合は20%未満となること、4)都心部とくに格子状の道路網パターンをもつ町丁目では、当該割合は10%未満となる一方で、それ以外の町丁目では、当該割合は20%前後となることがわかった。

比例定数0.35は、都市計画的にも興味深い数値である。本章の後半では、簡単なモデルを構築することによって、道路境界線からの最適バッファ距離の都市計画的な意味を理論的に見出すことを試みた。その結果、道路境界線からの最適バッファ距離は、ある町丁目における前面道路境界線からの平均的な建物壁面後退距離であることがわかった。これは、敷地所有者が法律を遵守して建築面積を最大化しようとした結果であると解釈できる。また、正方形敷地奥行 $D$ に対する建物壁面後退距離の比 $\beta$ を導出し、 $D$ に対する $\beta$ の感度分析を行った結果、 $\beta$ の増加率は $D$ の逓減関数であることがわかった。これは、(6-4)式における比例定数0.35の安定性を保証する上で重要な示唆を与える。

ただし、これらの結論を導く過程ではいくつかの仮定を設けた。敷地形状を正方形と仮定したことや、道路境界線から必ず建物壁面をセットバックするといった仮定である。ところが、現実にはこれらの仮定は必ずしも成立するものではない。湯島三丁目において $\alpha$ の値が比較的小さい理由は、商業用途の土地利用が卓越するという地域的要因のほかに、これらの仮定の不備に起因するものであると考えられる。

今後の課題は三つある。第一に、今後もより多くのサンプルデータを取得し、(6-4)式の妥当性を検証することである。第二に、用途地域の指定や土地利用の違いによる比例定数 $\alpha$ の違いを検証する余地がある。そして第三に、正方形敷地の仮定を緩和することをはじめ、モデルの精緻化を図る余地がある。実際には、敷地面積が同じであっても間口と奥行の比が1:1であるとは限らない。むしろ、間口と奥行は確率変数として扱うべきであろう。

任意の町丁目における敷地の間口と奥行の分布を把握し，間口と奥行が従う確率分布を特定したい．

## 第7章 本論文の総括と今後の課題

### 7.1 本論文の総括

本論文では、モデル敷地に着目することで、地域における敷地形状の平均像を分析する手法を検討した。また、モデル敷地と建物棟数密度及び道路延長密度の関係を理論的かつ実証的に考察することで、地域における平均的な住環境を反映する密度指標値と敷地形状の平均像との関係を明らかにした。

第2章では、モデル敷地の間口、奥行及び間口奥行比と建物棟数密度及び道路延長密度の関係について理論的かつ実証的に論じた。また、「すき間」の奥行と地域における建物棟数密度及び道路延長密度の関係について論じた。

正方格子状の地域モデルを想定し、モデル敷地の間口、奥行そして間口奥行比を、建物棟数密度及び道路延長密度の関数として定式化することで、1)モデル敷地の間口は建物棟数密度（グロス）に反比例し、かつ道路延長密度に関する上に凸の2次関数となること、2)モデル敷地の間口が最大となる道路延長密度が存在すること、3)モデル敷地の奥行は建物棟数密度に依存せず、道路延長密度、地域の形状及び交差点密度に依存すること、4)モデル敷地の奥行は道路延長密度の凸関数となること、5)モデル敷地の間口奥行比は道路延長密度の単調減少関数となること、6)建物棟数密度（グロス）の増加はモデル敷地の奥行の増加に寄与する一方で、道路延長密度の増加はモデル敷地の間口の増加に寄与することを理論的に示した。

また、東京23区を対象に、地域におけるモデル敷地の間口、奥行及び間口奥行比の分布を示し、1)最頻値はそれぞれ11m, 16m, そして1.4であること、2)モデル敷地の間口と奥行の大小関係を決定する基準は道路延長密度の単調減少関数で与えられること、3)モデル敷地の間口奥行比の分布は、道路網の充実度と比較して建物棟数密度が高い地域と低い地域を示していることがわかった。

さらに、地域における建物前面配置自由度の平均  $\bar{D}_{Free}$  に着目し、1)  $\bar{D}_{Free}$  は道路延長密度の単調減少関数であること、2)道路延長密度が低い地域ほど、道路網整備は  $\bar{D}_{Free}$  の減少に寄与する一方で、道路延長密度が高い地域では、道路網整備よりもネットの実建蔽率を緩和するほうが  $\bar{D}_{Free}$  の減少に寄与すること、3)東京23区における  $\bar{D}_{Free}$  の最頻値は5mであること、4)モデル敷地の奥行と間口奥行比の変化に対して、モデル敷地の奥行に対する建物前面後退距離の平均  $\bar{D}_S$  の比及び  $\bar{D}_{Free}$  に対する  $\bar{D}_S$  の比は概ね安定傾向にあり、 $\bar{D}_{Free}$  の約半分を  $\bar{D}_S$  に割り当てる傾向にあることを示した。

一方で、第2章では、これらの結果を得るために、以下の三つの仮定を設けた。

第一に、正方格子状の地域モデルを仮定した。ところが、実市街地における地域の形状及び道路網パターンは不定形である。このため、想定する地域の形状及び道路網パターンの違いがモデル敷地の間口、奥行及び間口奥行比の算出結果に及ぼす影響を考察する余地が残された。モデル敷地の奥行及び間口奥行比は、地域の形状、交差点密度そして三叉路と四叉路の構成比に依存する。地域形状を正方形と仮定することは、モデル敷地の奥行と間口奥行比を過小に算出することに寄与する一方で、地域内の交差点を全て四叉路と仮定することは、モデル敷地の奥行と間口奥行比を過大に算出することに寄与する。このように、理論的な考察から、正方格子状の地域モデルを仮定する際の問題点が明らかとなった。

第二に、敷地の平均奥行と間口奥行比の平均を考える代わりに、モデル敷地の奥行と間口奥行比を考えた。なぜなら、敷地の平均奥行や間口奥行比の平均は、建物棟数密度や道路延長密度を用いて直接的に定式化することができないためである。

第三に、地域に存在するすべての建物について、建物と道路の近接性が成立することを仮定した。

上記の三つの仮定の妥当性について、第3章から第6章において論じた。

第3章では、道路延長密度が同じとき、想定する地域形状及び道路網パターンの違いが、敷地の平均間口の算出結果の違いに及ぼす影響を理論的に論じた。その結果、1)地域形状が正方形でない地域において、地域形状は正方形と想定するとき、道路網パターンがランダムパターンの場合における敷地の平均間口  $\bar{F}_R$  は実際よりも短くなること、2)想定する道路網パターンに関らず、敷地の平均間口が等しくなるような道路延長密度  $\lambda_0$  が存在する一方で、 $\lambda > \lambda_0$  のとき、その差は  $\lambda$  の2乗に比例して急速に拡大することを明らかにした。

また、実市街地を対象に、想定する地域形状及び道路網パターンの違いが敷地の平均間口の算出結果に及ぼす影響を検証した結果、1)地域形状を正方形と想定することによる、 $\bar{F}_R$  の算出結果の違いはほとんど生じないこと、2)想定する道路網パターンの違いによる、敷地の平均間口の算出結果の違いは、平均5%であり、最大でも約20%であること、3)道路網パターンがランダムパターンをなす地域における敷地の平均間口は、格子状パターンをなす地域における敷地の平均間口よりも短くなるものの、その程度を実市街地において検証した結果、両者の差の平均は約4%であり、最大でも約20%であることがわかった。加えて、4)実市街地における道路延長密度は  $\lambda_0 < \lambda < \lambda_R^*$  の範囲に分布すること、5)  $\lambda$  と  $\lambda_0$  の乖離度を確認した結果、その最頻値は0.2であることを明らかにした。

さらに、想定する地域形状及び道路網パターンがモデル敷地の奥行の算出結果に及ぼす影響を検証した結果、正方格子状パターンを想定するとき、1)地域形状が細長いほど、モデル敷地の奥行の相対誤差は大きくなること、2)正方格子状パターンを想定する場合と実市街地における地域形状及び道路網パターンを考慮する場合の両者における交差点密度の大小関係によって、モデル敷地の奥行の相対誤差に及ぼす影響は異なること、3)正方格子状パタ

ーンを想定するとき、実市街地における地域形状及び道路網パターンを考慮する場合と比較すると、モデル敷地の奥行は約10%短くなることを明らかにした。

従って、地域におけるモデル敷地の間口及び奥行を算出するために、規範的な道路網及び街区のパターンとして正方格子状パターンを想定するとき、これらの性質を考慮する必要があることがわかった。

第4章では、地域における敷地の平均奥行を簡便に推定する方法について論じた。

まず、竹内(1963)のノンパラメトリック検定を用いる方法に基づいて、地域における敷地の間口と奥行の独立性を検定する方法を構築した。

つぎに、道路網パターンが格子状の地域として東京都墨田区石原3丁目、不規則な地域として東向島5丁目を選定し、敷地の間口と奥行の独立性を検定した。その結果、有意水準1%のもとで、間口と奥行の独立性は成立することがわかった。また、敷地の平均奥行 $\bar{D}$ と敷地の平均間口に対する平均面積の比 $\bar{s}/\bar{F}$ の相対誤差を算出した結果、1)石原3丁目の場合は4%、東向島5丁目の場合は21%であること、2)両者の町丁目において、 $\bar{s}/\bar{F}$ は $\bar{D}$ を過小に推定することがわかった。とくに、東向島5丁目のように、道路網パターンや建物配置が不規則である場合、 $\bar{D}$ と $\bar{s}/\bar{F}$ の相対誤差は大きくなる傾向にあり、その差の程度は約17%となることがわかった。

第5章では、面ボロノイ分割を用いる方法に基づいて建物と道路の近接性を定義し、バッファ領域を用いる方法はどの程度の精度で建物と道路の近接性を判定できるのか検証した。東京都文京区千駄木2丁目を対象に、道路境界線からの最適バッファ距離 $BF^*$ を算出した結果、 $BF^*$ は4mであることが明らかとなった。また、擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法とバッファ領域を用いる近接性判定方法の判定精度比較を行った。その結果、後者の方法では、道路に対する壁面後退距離が長い建物について判定精度が劣るものの、両者の近接性判定精度の差は0.2%から3.3%であることが明らかとなった。さらに、当該町丁目における建物のうち、15%から18%の建物は道路に近接しないことを明らかにした。一方で、分析に要する時間を比較した結果、後者の方法は前者の方法の約11分の1である。従って、近接性判定精度と分析に要する時間と手間を勘案すれば、バッファ領域を用いる近接性判定方法は、擬似面ボロノイ分割を用いる近接性判定方法の代替的方法として用いることができるという結論を得た。

第6章では、道路境界線からの最適バッファ距離を簡便に推定する方法を構築した。

既往研究で得られた知見に基づいて、任意の町丁目における道路境界線からの最適バッファ距離は、町丁目の平均敷地面積（グロス）をもつ正方形敷地の奥行 $D$ に線形比例すると仮定した。建物棟数密度を用いて任意の町丁目における正方形敷地奥行 $D$ の値を算出し、 $D$ が10m, 12.5m, 15m, 17.5m, 20mとなる町丁目を選定し、選定した町丁目における道路境

界線からの最適バッファ距離を算出した。道路境界線からの最適バッファ距離を被説明変数とし、正方形敷地奥行を説明変数とする単回帰分析（ただし、定数項は0とする）を行った結果、道路境界線からの最適バッファ距離は正方形敷地奥行に比例定数0.35を掛ければ推定可能であることがわかった。決定係数は0.74である。従って、算出が容易な建物棟数密度を用いて道路境界線からの最適バッファ距離を簡便に推定できることがわかった。

また、本推定方法を用いて、東京23区の各町丁目における建物と道路の近接性を判定し、道路に近接しない建物棟数の割合を算出した結果、1)当該割合の度数分布は単峰性を有すること、2)平均と最頻値はそれぞれ21.1%と20%であること、3)東京23区のすべての町丁目の約半数において、当該割合は20%未満となること、4)都心部とくに格子状の道路網パターンをもつ町丁目では、当該割合は10%未満となる一方で、それ以外の町丁目では、当該割合は20%前後となることがわかった。

比例定数0.35は、都市計画的にも興味深い数値である。簡単なモデルを構築することによって、道路境界線からの最適バッファ距離の都市計画的な意味を理論的に見出すことを試みた。その結果、道路境界線からの最適バッファ距離は、ある町丁目における前面道路境界線からの平均的な建物壁面後退距離であることがわかった。これは、敷地所有者が法律を遵守して建築面積を最大化しようとした結果であると解釈できる。また、正方形敷地奥行 $D$ に対する建物壁面後退距離の比 $\beta$ を導出し、 $D$ に対する $\beta$ の感度分析を行った結果、 $\beta$ の増加率は $D$ の逆関数であることがわかった。これは、比例定数0.35の安定性を保証する上で重要な示唆を与える。

確かに、本論文の目的は第2章において達成されている。ところが、第2章において得られた結論は、1)不規則な都市空間を正方格子状の地域としてモデル化し、2)一敷地一建物の原則と3)間口と奥行の独立性の仮定に基づいて得られたものである。もし、これらの仮定を設けることが、現実の都市空間において妥当であるならば、第2章において得られた結論は一般に成立するものであるといえよう。つまり、一見すると現実の都市空間は複雑な様相を呈していても、正方格子状の地域モデルに変換することによって、見通しのよい議論をすることができる。

とくに、敷地の間口と奥行の独立性が成立することは、モデル敷地の奥行 $\bar{s}/\bar{F}$ から敷地の平均奥行 $\bar{D}$ を推定する妥当性の根拠である。このとき、敷地の平均奥行は建物棟数密度に依存せず、道路網に関する密度指標のみに依存する。この性質は、敷地形状を平均間口と平均奥行に着目して考える際に、建物棟数密度と道路延長密度は互いに主従関係にあることを意味する。つまり、地域における敷地形状の平均像を検討する場合、1)道路延長密度の値によって敷地の平均奥行が決まり、2)道路延長密度と建物棟数密度の両者の値の組合せによって敷地の平均奥行と間口奥行比が決まることがわかった。

日端(2005)が指摘するように、密度指標は住環境における一つの総合指標である一方で、密度指標のみから具体的に都市空間をイメージすることは困難である<sup>57)</sup>。また、河中(1988)

が指摘するように、敷地は都市空間を構成する基本的な単位であり、住環境を考察する場合の観点の一つである<sup>3)</sup>。そこで、本論文では、モデル敷地に着目することによって、地域における平均的な住環境を反映する建物棟数密度と道路延長密度のバランスが敷地形状の平均像を決定することを理論的かつ実証的に示した。このように、本論文の成果は、密度指標と敷地形状という住環境を考察する際の主要な着眼点について、新たな解釈を示した。



## 7.2 今後の課題

本論文は、都市空間を構成する様々な物的要素のうち、敷地に着目をしたものである。そして、敷地形状の多様さのなかに平均像を見出すことで、地域における平均的な住環境を反映する建物棟数密度と道路延長密度との関係を明らかにした。両者の密度は、住環境を評価するうえで主要な指標である一方で、その基準設定の視点は異なる。前者は地域における建物間の平均的な相隣距離や建蔽率を反映し、建物の近傍における通風の良し悪しなどの保健性や火災発生時における延焼リスクなどの安全性を反映する。一方で、後者は地域における移動の効率さなどの利便性を反映する。前節において既述したように、敷地形状を間口と奥行に着目して考える際に、建物棟数密度と道路延長密度は互いに主従関係にある。一方で、住環境の安全性と利便性の優先順位は、安全性のほうが高い。

このように、住環境と敷地形状は、建物棟数密度と道路延長密度を介して複雑な関係にあることがわかる。現状において、様々な観点から、建物棟数密度と道路延長密度の基準が独立に設定されている。現状における密度指標の基準は、敷地形状の観点から望ましい住環境を実現しうるものなのだろうか。もし、望ましくない場合、どのように是正すべきだろうか。建物棟数密度と道路延長密度の基準を網羅的に把握することで、モデル敷地の形状の観点から、その妥当性を検証する余地がある。

また、モデル敷地の形状は地域によって多様性を示す一方で、建物形態規制の考え方は敷地形状の多様性を考慮していない。確かに、同一の地域においても、敷地形状は多様である。しかし、大方(2010)が指摘するように、地域における敷地形状や街区形状の多様さに応じた建物形態規制を検討する必要があるだろう。地域における敷地形状の平均像を示す点において、モデル敷地という考え方は建築形態規制を検討する基本になると考えられる。具体的な検討は今後の課題としたい。

さらに、建物棟数密度と道路延長密度に着目することによって、都市空間とくに同一の地域における敷地形状の多様性をより具体的に把握する観点から、つぎの二点を明らかにする余地がある。

第一に、地域における敷地形状の分布関数の特定である。具体的には、地域における敷地間口、敷地奥行、そして間口奥行比の分布関数である。本論文では、一貫して平均に着目している。他方、都市空間をより具体的に把握するためには、平均に加えて、ばらつきに着目する必要がある。一見すると、地域によって分布関数は異なるように思われる。もし、それぞれの分布関数を規範的な分布関数として定式化することが可能であり、分布関数の母数を地域の密度指標から推定することが可能であるならば、ある地域において、どのような形状の敷地がどのくらい存在するのか把握可能である。つまり、個々の敷地に関する形状のデータが未知の場合においても、地域の密度指標が既知であるならば、敷地形状の分布関数を推定することができると考えられる。そして、密度指標に基づいて、都市空間をより具体的に把握することができるようになる。

第二に、建物棟数密度及び道路延長密度の経年変化に着目し、地域におけるモデル敷地の形状の経年変化を把握することである。本論文では、一時点における議論に終始した。確かに、一時点における都市空間を具体的に把握することは重要である。加えて、都市空間の変化を具体的に把握することはより重要である。近年、とくに東京都心部においては、大街区化とそれに伴う建物の大規模化が進んでいる。このような都市空間の変化は、建物棟数密度や道路延長密度の変化を伴うだけでなく、地域における敷地形状の平均像の変化も伴う。一方で、過去から今日にかけて、モデル敷地の形状が変化した過程を追跡することもできるだろう。

## 参考文献

- 1) 大方潤一郎(2010),「建築形態規制の解体と再構築:街並指定力の放擲」,都市計画, vol.59, no.2, pp.22-25, 日本都市計画学会.
- 2) 中川智之・柳沢厚(2005),「敷地概念とその管理」,柳沢厚・山島哲夫(編),『まちづくりのための建築基準法 集団規定の運用と解釈』, p.35, 学芸出版社.
- 3) 河中俊(1988),「住環境の観点からみた敷地コントロールに関する研究」,建築研究報告, no.117, 建設省建築研究所.
- 4) 岡辺重雄(2005),「集団規定と単体規定のつながり」,柳沢厚・山島哲夫(編)『まちづくりのための建築基準法 集団規定の運用と解釈』, p.72, 学芸出版社.
- 5) 荒井一弘(2001),「付録 住環境評価指標」,浅見泰司(編),『住環境 評価方法と理論』,付録pp.1-57, 東京大学出版会.
- 6) Gao, X. and Asami, Y.(2005), 'Estimating the boundary lines of land lots with a multiobjective optimization approach', *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol.32, pp.581-596.
- 7) 材野博司・檜山知見・沼山茂(1979),「街区 その4:街区の基本単位・敷地割」,日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1491-1492, 日本建築学会.
- 8) 玉置伸悟・近藤達男(1981),「歴史的既成市街地内居住地における宅地間口の収束性について:金沢市におけるケース・スタディ」,日本建築学会論文報告集, vol.302, pp.107-119, 日本建築学会.
- 9) Asami, Y. and Maniruzzaman(1996), 'A statistical test of the critical shape hypothesis for residential lots', *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol.23, pp.575-590.
- 10) Asami, Y. and Niwa, Y.(2008), 'Typical lots for detached houses in residential blocks and lot shapes analysis', *Regional Sciences and Urban Economics*, vol.38, pp.424-437.
- 11) Colwell, F. P. and Scheu, T.(1989), 'Optimal lot size and configuration', *Journal of Urban Economics*, vol.26, pp.90-109.
- 12) Cannaday, E. R. and Colwell, F. P.(1990), 'Optimization of Subdivision Development', *Journal of Real Estate Finance and Economics*, vol.3, pp.195-206.
- 13) Asami, Y.(1995a), 'On the evaluation of residential lots: with a focus on their shape', *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol.22, pp.149-174.
- 14) Asami, Y.(1995b), 'Evaluation of the shape of residential lots in land readjustment projects', *Regional Science and Unrban Economics*, vol.25, pp.483-503.
- 15) Gao, X. and Asami, Y.(2007), 'Influence of lot size and shape on redevelopment projects', *Land Use Policy*, vol.24, pp.212-222.
- 16) 高山英華(1949),「都市計画によりみる密度に関する研究」,東京大学博士論文.
- 17) 中島直人(2008),「高山英華による都市計画の学術的探求に関する研究 『都市計画の方

- 法について』の歴史的文脈に着目して」, 都市計画論文集, vol.43, no.3, pp.169-174, 日本都市計画学会.
- 18) 東秀紀(2010), 「東京の都市計画家 高山英華」, pp.195-201, 鹿島出版会.
  - 19) 腰塚武志(1985), 「都市施設の密度と利用者からの距離との関係について」, 昭和60年度 第20回日本都市計画学会学術研究論文集, vol.20, pp.85-90, 日本都市計画学会.
  - 20) 腰塚武志(1992), 「3 空間分布モデル」, 日本建築学会(編)『建築・都市計画のためのモデル分析の手法』, pp.35-50, 井上書院.
  - 21) 腰塚武志(1988), 「棟数密度に関する理論的研究」, 昭和63年度 第23回日本都市計画学会学術研究論文集, vol.23, pp.19-24, 日本都市計画学会.
  - 22) 腰塚武志・古藤浩(1989), 「棟数密度による有効空地の推定」, 1989年度 第24回日本都市計画学会学術研究論文集, vol.24, pp.337-342, 日本都市計画学会.
  - 23) 郷田桃代(1996), 「既成市街地における空隙の定量分析」, 日本都市計画学会学術研究論文集, vol.31, pp.13-18, 日本都市計画学会.
  - 24) 郷田桃代(1997), 「既成市街地における建物と空隙の立体的特性に関する研究—東京の高密度地域を対象としたケーススタディを通して—」, 日本都市計画学会学術研究論文集, vol.32, pp.493-498, 日本都市計画学会.
  - 25) 腰塚武志(1994), 「走行時間や走行エネルギーを最小にする道路密度」, 日本都市計画学会学術研究論文集, vol.29, pp.319-324, 日本都市計画学会.
  - 26) 渡部大輔・鈴木勉・石田東生・古屋秀樹(1999), 「領域形状が交通ネットワーク必要量に与える影響に関する数理的研究」, 日本都市計画学会学術研究論文集, vol.34, pp.769-774, 日本都市計画学会.
  - 27) Okabe, A., Boots, B., Sugihara, K., and Chiu, S.N.(2000), *Spatial tessellations: concepts and application of Voronoi diagrams*, p.188, John Wiley.
  - 28) Gold, C.M.(1989), 'Spatial adjacency—a general approach', *Proceedings of the Auto-Carto 1989*, pp.298-312.
  - 29) Okabe, A. and Sugihara, K.(2012), *Spatial analysis along Networks: statistical and computation methods*, pp.34-35, John Wiley.
  - 30) Asami, Y. and Ohtaki, T.(2000), 'Prediction of the shape of detached houses on residential lots', *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol.27, pp.283-295.
  - 31) Hillier, B. and Hanson, J.(1984), *The social logic of space*, p.21, Cambridge University press.
  - 32) 芦原義信(1986), 「隠れた秩序 二十一世紀の都市に向って」, pp.91-96, 中央公論社.
  - 33) 槇文彦ほか(1980), 「見えがくれする都市 江戸から東京へ」, p.44, 鹿島出版会.
  - 34) 和田幸信(2007), 「フランスの景観を読む 保存と規制の現代都市計画」, pp.228-230, 鹿島出版会.
  - 35) Marshall, S.(2005), *Streets & Patterns*, pp.3-7, Spon Press.
  - 36) 斉藤千尋(2004), 「街区パターンと市街地形状における格子の効果 —建物の隣接関係の都

- 市空間への影響の研究―」, 都市計画論文集, vol.39, no.3, pp.347-352, 日本都市計画学会.
- 37) 薄井宏行・浅見泰司(2010b), 「建物と道路の近接性判定方法の比較分析」, GIS- 理論と応用, vol.18, no.2, pp.53-62, 地理情報システム学会.
- 38) 薄井宏行・浅見泰司(2010a), 「GISを用いた建物敷地の接道判定のための簡便なバッファ距離設定方法」, 日本建築学会計画系論文集, vol.75, no.651, pp.1175-1180, 日本建築学会.
- 39) 中川智之・柳沢厚(2005), 「敷地概念とその管理」, 柳沢厚・山島哲夫(編), 『まちづくりのための建築基準法 集団規定の運用と解釈』, p.38, 学芸出版社.
- 40) 楨文彦(1980), 「見えがくれする都市 江戸から東京へ」, p.79, 鹿島出版会.
- 41) 薄井宏行・浅見泰司(2011), 「建物後退距離と建物および道路密度」, 都市計画論文集, vol.46, no.3, pp.829-834, 日本都市計画学会.
- 42) 腰塚武志(1978), 「道路網と交差点」, 都市計画, no.103, pp.36-41, 日本都市計画学会.
- 43) 栗田治(1997), 「任意の領域の道路延長を推定する公式—Thickness函数を用いた腰塚の推定公式の一般化—」, 日本都市計画学会学術研究論文集, vol.32, pp.145-150, 日本都市計画学会.
- 44) 腰塚武志・小林純一(1983), 「道路距離と直線距離」, 日本都市計画学会学術研究論文集, vol.18, pp.43-48, 日本都市計画学会.
- 45) 古山正雄(1986), 「模式的道路網とそれを用いた最短巡回路の長さに関する考察」, 日本建築学会計画系論文報告集, no.364, pp.143-149, 日本建築学会.
- 46) Luis, A. Santaló(2004), *Integral Geometry and Geometric Probability*, Cambridge University Press.
- 47) 腰塚武志(1976), 「積分幾何学について(2)」, オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, vol.21, no.10, pp.591-596, 日本オペレーションズ・リサーチ学会.
- 48) 河中俊(1984), 「住宅の敷地規模基準およびその提案に関する史的考察」, 日本都市計画学会学術研究論文集, vol.19, pp.115-120, 日本都市計画学会.
- 49) 国税庁, 不整形地の奥行距離の求め方,  
<http://www.nta.go.jp/shiraberu/zeiho-kaishaku/shitsugi/hyoka/03/11.htm>, 2013年2月10日.
- 50) 薄井宏行・浅見泰司(2012), 「想定する地域形状および道路網パターンの違いが平均間口の算出に及ぼす影響 - 道路延長密度は不変の条件下において-」, 都市計画論文集, vol.47, no.3, pp.829-834, 日本都市計画学会.
- 51) 竹内啓(1963), 「数理統計学 データ解析の方法」, pp.234-236, 東葉経済新報社.
- 52) P. G. ホーエル(著), 浅井晃・村上正康(訳)(1978), 「入門数理統計学」, pp.311-312, 培風館.
- 53) 高曉路・浅見泰司・勝又済・河中俊(2003), 「敷地境界線の統計的推定」, 地理情報システム学会講演論文集, vol.12, pp.37-42, 地理情報システム学会.

- 54) 阪田知彦・寺木彰浩(2003),「GIS建物データに対するボロノイ分割ツールの試作」, 地理情報システム学会講演論文集, vol.12, pp.79-84, 地理情報システム学会.
- 55) 寺木彰浩・阪田知彦(2003),「ボロノイ分割による隣棟の判定」, 地理情報システム学会講演論文集, vol.12, pp.89-92, 地理情報システム学会.
- 56) 中川智之・柳沢厚(2005),「敷地概念とその管理」, 柳沢厚・山島哲夫(編),『まちづくりのための建築基準法 集団規定の運用と解釈』, p.60, 学芸出版社.
- 57) 日端康夫(2005),「都市計画における密度論の三十年」, 都市計画, vol.54, no.3, pp.11-15, 日本都市計画学会.

## 発表論文等

1. 薄井宏行・浅見泰司(2010a), 「GISを用いた建物敷地の接道判定のための簡便なバッファ距離設定方法」, 日本建築学会計画系論文集, vol.75, no.651, pp.1175-1180, 日本建築学会. [第6章]
2. 薄井宏行・浅見泰司(2010b), 「建物と道路の近接性判定方法の比較分析」, GIS- 理論と応用, vol.18, no.2, pp.53-62, 地理情報システム学会. [第5章]
3. 薄井宏行・浅見泰司(2011), 「建物後退距離と建物および道路密度」, 都市計画論文集, vol.46, no.3, pp.829-834, 日本都市計画学会. [第2章]
4. 薄井宏行・浅見泰司(2012), 「想定する地域形状および道路網パターンの違いが平均間口の算出に及ぼす影響 - 道路延長密度は不変の条件下において-」, 都市計画論文集, vol.47, no.3, pp.829-834, 日本都市計画学会. [第3章]
5. 薄井宏行・浅見泰司(2013), 「敷地の平均奥行の推定とその精度」, 都市計画論文集, vol.48, no.3, pp.357-362, 日本都市計画学会. [第4章]

## 謝辞

博士論文を執筆するにあたって、多くの方々のお世話になった。私一人だけでは、博士論文を完成させることは到底できなかったと思う。まず、お世話になったすべての方々に謝意を表したい。なかでも、以下の方々は、博士論文を完成させるうえで欠かせない方々である。

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻の浅見泰司教授は、博士論文の主査であるとともに、私が修士課程に進学してから今日に至るまで、研究をご指導頂いた最大の恩師である。博士論文の内容は、私と浅見泰司教授の共同研究の成果である。とくに、第2章から第4章までの内容は、私が修士課程修了後に仕事と両立させて取り組んだ研究成果である。浅見泰司教授は、私が執筆した論文初稿を学会誌の査読に耐えうるように、改善点を指摘して頂いた。その過程で学んだことは、建設的なコメントのあり方である。浅見泰司教授の建設的なコメントは、私を大いに悩ませた一方で、成長するきっかけでもあった。ここに記し、謝意を表したい。

東京大学空間情報科学研究センターの貞広幸雄教授は、博士論文の副査であるとともに、私が修士課程に進学してから今日に至るまで、公私ともに厳しくも温かくご指導頂いた。博士論文を完成させることができたのも、貞広幸雄先生の叱咤激励によるところが大きい。もし、貞広幸雄先生の強力な叱咤激励がなければ、博士論文の執筆に着手できなかっただろう。ここに記し、謝意を表したい。

博士論文の副査である東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻の小出治教授、同研究科社会基盤専攻清水英範教授、同大学院情報学環の石川徹准教授は、博士論文全体の目的と結論を明確にするきっかけを与えてくれた。ここに記し、謝意を表したい。

東京大学住宅・都市解析研究室の先輩及び後輩にもお世話になった。とくに、現東京理科大学の稲坂晃義助教と現首都大学東京の相尚寿特任助教は、身近な博士号取得者の先輩として親身に相談に乗って頂いた。また、後輩の関口達也氏は、研究を進めるうえでいろいろ助けて頂いた。ここに記し、謝意を表したい。

筑波大学都市空間解析研究室の鈴木勉教授は、卒業論文の指導教員として厳しくご指導頂いた。もし、鈴木勉教授のご指導がなければ、博士論文は無論、今日まで研究を進めることすら困難であったと思う。ここに記し、謝意を表したい。



学会発表においても、多くの方々から建設的なコメントを頂いた。とくに、日本都市計画学会学術研究発表会では、南山大学の腰塚武志教授や東京海洋大学の渡部大輔准教授をはじめ、研究を発展させるうえで有益なコメントを頂いた。ここに記し、謝意を表したい。

最後に、私の家族、とくに母の薄井直子に謝意を表したい。

平成25年9月14日  
薄井宏行