

用途間の相互関係・混合度に着目した
土地利用構造の定量化と評価に関する研究

2018年 3月

巖 先鏞

用途間の相互関係・混合度に着目した
土地利用構造の定量化と評価に関する研究

巖 先鏞

システム情報工学研究科

筑波大学

2018年 3月

目次

表目次	iv
図目次	vi
第 1 章 研究の背景と目的	1
1.1 研究の背景	1
1.1.1 都市計画における土地利用	1
1.1.2 用途間の相互影響の重要性	2
1.2 研究の目的	4
1.3 既存研究の考察	5
1.3.1 土地利用パターンの定量化と混合土地利用の効果に関する研究	5
1.3.2 土地利用配置モデルに関する研究	10
1.3.3 土地利用規制と土地利用の関係に関する研究	11
1.4 論文の流れ	12
第 2 章 用途間の空間関係を考慮した混合度指標の開発	15
2.1 はじめに	15
2.2 混合度指標の定義	15
2.2.1 空間範囲の定義	15
2.2.2 隣接度	16
2.2.3 集積度	16
2.2.4 近接度	17
2.3 混合度指標の性質	19
2.3.1 仮想土地利用パターン	19
2.3.2 混合度指標によるパターンの区別	19
2.3.3 3つの指標の関係	20
2.3.4 構成比の変化による指標の範囲の変化	25
2.4 ポリゴンデータにおける土地利用パターンと混合度指標	26
2.4.1 使用データ	26
2.4.2 代表地区における混合度指標の比較	29
2.5 まとめ	35
第 3 章 用途間の相互作用を考慮した土地利用配置モデル	37
3.1 はじめに	37
3.2 土地利用配置モデル	38
3.2.1 Reference point 手法による定式化	38

3.2.2 Reference point の設定	39
3.3 ヒューリスティックアルゴリズムによる土地利用パターンの探索	40
3.4 用途間における評価基準と土地利用パターンの対応関係	41
3.4.1 用途間における評価基準の設定	41
3.4.2 配置モデルにおけるパラメータの設定	42
3.4.3 結果パターンの Class 区分	43
3.4.4 評価基準と結果パターンの関係分析	45
3.5 計画理論の評価基準への適用	62
3.5.1 混合度指標における評価基準の設定	62
3.5.2 計画理論の概念図とモデルの結果の比較	64
3.6 まとめ	67
第4章 東京都区部における土地利用パターンの類型化	69
4.1 はじめに	69
4.2 東京区部における混合度の計測	70
4.2.1 使用データ	70
4.2.2 混合度指標	70
4.3 東京区部における混合度指標の分布	74
4.4 混合度指標に基づいた市街地の類型化	82
4.4.1 因子分析による混合度指標間の関係	82
4.4.2 クラスタ分析による混合土地利用パターンの類型化	85
4.4.3 類型別土地利用パターンの特徴	87
4.4.4 従来の地域区分との関係	93
4.5 まとめ	98
第5章 混合度指標に基づいた混合土地利用の効果の定量化	101
5.1 はじめに	101
5.2 混合土地利用の地価への影響に基づいた土地利用パターンの評価	102
5.2.1 地価及び説明変数	102
5.2.2 地価推定モデルの関数型の選定	106
5.2.3 地価の推定結果の比較（住宅地）	108
5.2.4 地価の推定結果の比較（商業地）	113
5.2.5 地価との関係に基づいた土地利用パターンの評価	114
5.3 交通手段分担率と混合度の関係	118
5.3.1 東京区部における交通手段分担率	118
5.3.2 混合度指標に基づいた地区分類と交通手段分担率	118
5.3.3 混合度と手段分担率の関係	120
5.4 まとめ	122

第 6 章	東京区部の用途地域別の土地利用構成比・混合度の変化	123
6.1	はじめに	123
6.2	使用データ	124
6.3	東京区部における用途別構成比の変化	125
6.3.1	区部全体における面積の用途別構成比の変化	125
6.3.2	地区別に見た用途別の構成比の変化	127
6.4	東京区部における土地利用混合度の変化	131
6.4.1	土地利用遷移を考慮した土地利用変化量	131
6.4.2	土地利用混合度の定義	132
6.4.3	用途地域・地区別の混合度の変化	133
6.4.4	住宅からみた商業の混合度の変化	134
6.4.5	住宅からみた工業の混合度の変化	139
6.5	地価の観点から見た土地利用変化の評価	144
6.6	まとめ	146
第 7 章	おわりに	147
7.1	本研究の結論	148
7.2	今後の課題と展望	152
参考文献	155	
謝辞	.....	163

表目次

表 1.1	混合土地利用の効果の分析に用いられた混合度指標の分類	9
表 1.2	土地利用配置モデルの比較	11
表 2.1	考慮する指標による区別される土地利用パターンの数	20
表 2.2	Core compact city indicators	28
表 2.3	用途別構成比の比較 (1-a, 1-b)	31
表 2.4	混合度の比較 (1-a, 1-b)	31
表 2.5	用途別構成比の比較 (2-a, 2-b)	32
表 2.6	混合度の比較 (2-a, 2-b)	32
表 2.7	用途別構成比の比較 (3-a, 3-b)	33
表 2.8	混合度の比較 (3-a, 3-b)	33
表 2.9	用途別構成比の比較 (4-a, 4-b)	34
表 2.10	混合度の比較 (4-a, 4-b)	34
表 3.1	Reference point の設定	40
表 3.2	用途 W と B, 用途 B 同士の指標による Class 区分	44
表 3.3	対象評価基準の一覧	45
表 3.4	全体と該当評価基準集合における構成比による Class の Type 区分	45
表 3.5	用途 W と B の間の混合度指標による結果パターンの Class の区分	46
表 3.6	用途 B 同士の混合度指標による結果パターンの Class の区分	48
表 3.7	用途 G と W の間の混合度指標による結果パターンの Class の区分	50
表 3.8	Class 別の結果パターンの比較 (W1)	52
表 3.9	Class 別の結果パターンの比較 (W2)	54
表 3.10	Class 別の結果パターンの比較 (W3)	55
表 3.11	Class 別の結果パターンの比較 (W4)	56
表 3.12	Class 別の結果パターンの比較 (W5)	58
表 3.13	Class 別の結果パターンの比較 (W6)	59
表 3.14	6つの評価基準別の土地利用パターンの特徴のまとめ	61
表 3.15	近隣住区における土地利用ガイドライン	63
表 3.16	ニューアーバニズムにおける土地利用ガイドライン	63
表 3.17	3つの計画理論に基づいた混合度評価基準	64
表 3.18	計画理論の評価基準に基づいた結果パターン	65
表 4.1	混合度指標の記述統計	75
表 4.2	隣接性パターン行列	83
表 4.3	集積性パターン行列	83

表 4.4	近接性パターン行列.....	83
表 4.5	混合度による類型別のゾーンの数と面積.....	86
表 4.6	正井（1968）の手法による区分と混合度指標による区分のクロス集計.....	94
表 4.7	土地利用パターンによる木造住宅密集地区の分類.....	97
表 5.1	住宅用途の地価測定地点における混合度間の相関関係.....	104
表 5.2	変数の記述統計.....	105
表 5.3	関数系によるモデルの適合度（AIC）の比較.....	106
表 5.4	OLS による推定の適合度と空間自己相関の検定.....	106
表 5.5	3つのモデルによる地価の推定結果の比較（住宅地）.....	110
表 5.6	比例変数の弾力性（モデル C）.....	111
表 5.7	3つのモデルによる地価の推定結果の比較（商業地）.....	113
表 5.8	住宅用途の地価を高める土地利用パターン.....	117
表 5.9	混合度因子得点と手段分担率の関係（徒歩）.....	120
表 5.10	混合度因子得点と手段分担率の関係（自動車）.....	121
表 6.1	用途地域別構成比と構成比差.....	126
表 6.2	用途別構成比と構成比変化比による用途地域別地区数とカイ二乗検定結果.....	129
表 6.3	東京区部における土地利用遷移面積と遷移率.....	131
表 6.4	住宅用途からみた商業用途の混合量と混合強度の変化比による用途地域別地区数とカイ二乗検定結果.....	136
表 6.5	住宅用途からみた工業用途の混合量と混合強度の変化比による用途地域別地区数とカイ二乗検定結果.....	140
表 6.6	東京区部における用途構成比と混合度の変化した土地利用の変化.....	143
表 6.7	用途地域別の土地利用混合による住宅用途への影響（2011 年度）とその変化率.....	145
表 6.8	用途地域別の土地利用混合による商業用途への影響（2011 年度）とその変化率.....	145

目次

図 1.1	土地利用構成比が同じであるが土地利用混合形態が異なる地区	1
図 1.2	住工混在のルールづくり	2
図 1.3	保育所の騒音による増設の反対	2
図 1.4	混合土地利用のメリット	3
図 1.5	隣接関係に基づいた指標の測定例	6
図 1.6	本研究の構成	13
図 2.1	隣接・集積・近接による空間範囲の定義	16
図 2.2	土地利用パターンと指標の関係	17
図 2.3	仮想土地利用パターンの生成空間（トーラス型）	19
図 2.4	仮想土地利用パターンにおける3つの指標間の関係（21:4）	20
図 2.5	仮想土地利用パターンにおける3つの指標間の関係（17:8）	21
図 2.6	仮想土地利用パターンにおける3つの指標間の関係（13:12）	21
図 2.7	土地利用パターンの変化による指標の変化	23
図 2.8	用途のペアに対して2つの指標が決まったとき残りの指標の変化幅	24
図 2.9	用途別構成比による指標値の分布	25
図 2.10	構成比が異なる土地利用パターンの混合度指標の大小関係の例	25
図 2.11	int_{ti} 測定のための土地利用データの処理	27
図 2.12	用途別構成比による地域の分類	30
図 2.13	用途別構成比による類型別の平均用途構成比	30
図 2.14	混合度比較の代表地区の一覧	30
図 2.15	代表地区における土地利用パターンの比較（1-a, 1-b）	31
図 2.16	標準化した混合度の比較（1-a, 1-b）	31
図 2.17	代表地区における土地利用パターンの比較（2-a, 2-b）	32
図 2.18	標準化した混合度の比較（2-a, 2-b）	32
図 2.19	代表地区における土地利用パターンの比較（3-a, 3-b）	33
図 2.20	標準化した混合度の比較（3-a, 3-b）	33
図 2.21	代表地区における土地利用パターンの比較（4-a, 4-b）	34
図 2.22	標準化した混合度の比較（4-a, 4-b）	34
図 3.1	ヒューリスティックアルゴリズム	41
図 3.2	D によるセル間の距離	43
図 3.3	反復回数による目的関数の値の変化	43
図 3.4	結果パターンにおける用途 W と B, 用途 B 同士の指標の分布	44
図 3.5	用途 W と B の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係（ $D=2$ ）	

.....	47
図 3.6 用途 W と B の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係 ($D=3$)	47
.....	47
図 3.7 用途 B 同士の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係 ($D=2$)	49
図 3.8 用途 B 同士の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係 ($D=3$)	49
図 3.9 用途 G と B の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係 ($D=2$)	50
図 3.10 用途 G と B の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係 ($D=3$)	50
.....	50
図 3.11 影響範囲による結果パターンの Class の違いと指標値の比較	51
図 3.12 影響範囲による結果パターンの Class の違いと指標値の比較	52
図 3.13 影響範囲による結果パターンの Class の違いと指標値の比較 ($D=3$ の C414WB)	53
.....	53
図 3.14 影響範囲による結果パターンの Class の違いと指標値の比較 ($D=2$ の C314WB)	53
.....	53
図 3.15 影響範囲による結果パターンの Class の違いと指標値の比較 ($D=3$ の C414BB)	56
.....	56
図 3.16 影響範囲による用途 B 同士の Class 別の Int_{WB} の分布	60
図 3.17 用途 B 同士の Class 別の Adj_{WB} の分布	60
図 3.18 近隣住区概念図	64
図 3.19 ラスタ化した概念図	64
図 3.20 概念図とモデルの結果パターンの指標の比較 ($R:C:G:P=77:8:9:6$)	66
図 4.1 個別ポリゴンにおける隣接度の分布	71
図 4.2 個別ポリゴンにおける集積度の分布	72
図 4.3 個別ポリゴンにおける近接度の分布	73
図 4.4 公共用途 (P) からみた用途別混合度指標の分布 (等量区分)	76
図 4.5 商業用途 (C) からみた用途別混合度指標の分布 (等量区分)	77
図 4.6 住宅用途 (R) からみた用途別混合度指標の分布 (等量区分)	78
図 4.7 工業用途 (I) からみた用途別混合度指標の分布 (等量区分)	79
図 4.8 混合度指標の間の相関関係 (住宅からみた商業)	80
図 4.9 混合度指標の間の相関関係 (住宅からみた工業)	81
図 4.10 因子得点からみた 3 指標の空間分布と得点区間別の面積割合	84
図 4.11 混合度指標の因子得点による地区分類	85
図 4.12 クラスタ毎の用途別割合及び因子得点の比較	86
図 4.13 居住系パターンの用途別構成比	87
図 4.14 居住系パターンの因子得点の比較	87
図 4.15 各類型別の代表地区の例 (B1~B3)	88

図 4.16	B1 の純化した住宅地（奥沢 5 丁目）	88
図 4.17	B1 の道路に集積している商業用途（奥沢 5 丁目）	88
図 4.18	B2 の点的に分布している商業用途（丸山 2 丁目）	88
図 4.19	工業系パターンの用途別構成比	89
図 4.20	工業系パターンの因子得点の比較	89
図 4.21	各類型別の代表地区の例（B4～B7）	90
図 4.22	B4 の分離されている工業用途（流通センター，北区豊島 4 丁目）	90
図 4.23	B4 の純化している住宅地	90
図 4.24	B5 の点的に分布している工業用途	90
図 4.25	B7 の住宅地内点滴に分布している商業・工業用途（荒川区東日暮里 6 丁目）	90
図 4.26	商業系パターンの用途別構成比	91
図 4.27	商業系パターンの因子得点の比較	91
図 4.28	各類型別の代表地区の例（B8～B11）	92
図 4.29	B10 の地区内の商業用途	92
図 4.30	B11 の商業による純化した地区	92
図 4.31	正井（1968）の東京都区部の地域区分	93
図 4.32	正井（1968）の手法による区分と混合度指標による区分の比較	95
図 4.33	木造住宅密集地域の分布	96
図 4.34	木造住宅密集地区分布と混合度による地域分類	97
図 5.1	東京区部における地価分布（等量 6 区分）	103
図 5.2	エントロピー（ <i>Ent</i> ）の測定結果（等量 6 区分）	103
図 5.3	<i>Ent</i> と集積度の比較の例	104
図 5.4	推定結果における残差の比較	112
図 5.5	住宅地における混合度による地価への影響	114
図 5.6	土地利用パターン例の混合度による効果の評価	116
図 5.7	B-2 地区（南小岩 6 丁目）の土地利用現況	117
図 5.8	C-1（西荻北 2 丁目）地区の土地利用現況	117
図 5.9	混合度に基づいた地区分類による自動車と徒歩の分担率の差	119
図 6.1	用途地域の分布（2012 年 8 月）	124
図 6.2	2001 年度の構成比と構成比変化による地区の分布	130
図 6.3	用途地域別の土地利用遷移率・遷移量	132
図 6.4	混合量と混合強度の変化	134
図 6.5	住宅用途からみた商業用途の混合量と混合強度の変化による地区の分布	137
図 6.6	商業用途の構成比と混合強度（ <i>S</i> ）の変化	138
図 6.7	住宅系用途地域における土地利用パターンの変化の例	138

図 6.8	住宅用途からみた工業用途の混合量と混合強度の変化による地区の分布...	141
図 6.9	工業構成比と混合強度 (S) の変化	142
図 6.10	住工業地域における土地利用パターンの変化の例.....	142

第1章 研究の背景と目的

1.1 研究の背景

1.1.1 都市計画における土地利用

土地利用という用語は、日常的に使われているものの、多くの人の共通的な認識から明確になっているとは言い難い。都市計画法では、都市計画とは「都市の健全な発展と秩序ある整備を図るための土地利用、都市施設の整備及び市街地開発事業に関する計画」としているが、その中の土地利用の定義は定まっていない。土地利用の定義について木内(1979)は、「都市の主要な社会経済活動を地表に投影したものにほかならない」としている。横山・池田(1988)は、「人間の土地を利用する活動」としており、吉川(1992)は、「人間による土地のあらゆる利用を広く意味する」こととしている。これらの土地利用の定義から「人間による土地の上での活動」が共通的な認識であると言える。

しかし、これらの土地利用の定義だけでは、土地利用に関する記述的な議論の展開が出来ず、数値的に表す必要がある。吉川(1992)は、土地利用に関する指標を作るとき、土地利用の強度と質という視点があると言及している。強度とは、「一定の土地の上にどれだけの機能が存在しているのかということ」であり、人口密度、建蔽率、容積率が強度を表す指標に相当する。質とは「土地の上に存在する機能の種類に着目する視点」であり、土地利用の混合状態が重要視されていると述べている。

土地利用の質が重要である理由は、様々な活動がお互いに影響を及ぼすためである。例えば、住宅地内に工場が立地していると、工場からの騒音、通過交通などで住宅へ悪影響がある一方、商業施設が住宅や工場の近くに立地していると、住民や通勤者によって便利である。その影響は単純に用途別の割合だけではなく、どのように配置されているかということにより、影響が異なる可能性がある。図 1.1 のように住宅と工場が分布している場合、図 1.1a のように分離されているパターンより、図 1.1b のように分かれているパターンにおいて、工場による悪影響がより発生する可能性が高い。さらに、図 1.1c のように第三の用途により囲まれて、バッファの役割を担っている場合、隣接による影響はないものの、騒音や臭いなど距離逓減の少ない事象が影響する可能性もある。従って、土地利用計画のプロセスの中で、どのような用途がどの程度（密度）必要かを定めるだけでなく、これらの用途をどこにおくべきかを定める必要があり、そのために土地利用混合の状態の把握は不可欠である。

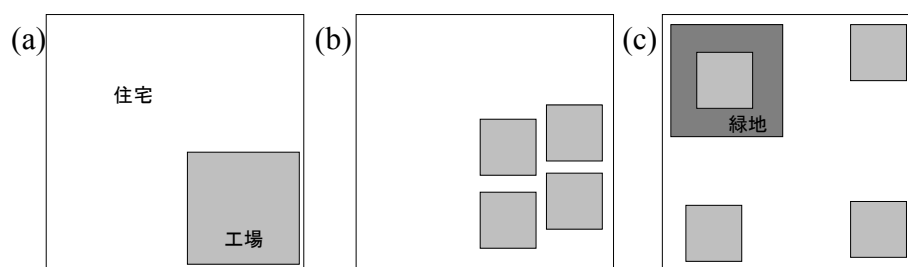


図 1.1 土地利用構成比が同じであるが土地利用混合形態が異なる地区

1.1.2 用途間の相互影響の重要性

これまでの土地利用計画は、お互いに不適合な用途を分離するための用途地域で代表される土地利用規制が行われてきた(Taleai, Sharifi, Sliuzas, & Mesgari, 2007). 工業化による経済成長を土台として急速に人口が増加した近代社会では、安全で快適な暮らしを守るために住宅と工場など不適切な用途の混在を避けることが重要な課題であり、生産効率を高める上でも用途の純化が好ましいと考えられていた. このような住宅と工業間の混在による問題は現在でも様々な地域で問題として認識され、住宅の住環境の悪化だけではなく、工場のものづくりが出来る環境を守ることも課題となっている (図 1.2).

住宅と工業以外の様々な用途の間で負の影響があることも見られる. 例えば、公園については、内閣府による治安に関する世論調査 (2017) で不安を感じる場所 5 位 (32.4%) と挙げられ、住環境の質に正の影響だけではなく、治安の観点から負の影響を及ぼす可能性がある用途である. また、最近では保育園の増設において近隣住民からの反対があることも見られる (図 1.3). しかし、保育園が住宅から離れると、移動における安全性、利便性の問題も起こる可能性があるため、負の影響があるものの簡単に分離できるとは言い難いケースでもある.



図 1.2 住工混在のルールづくり
出典: 日本経済新聞(2010.7.30)



図 1.3 保育所の騒音による増設の反対
出典: 日本経済新聞(2014.11.01)

今までの用途規制により、不適合な用途が分離されただけではなく、用途によってエリアが区分された都市構造は、異なる用途間の空間的な分離を引き起こし、移動距離の増加、自動車への依存度の増加、インフラの効率性の低下など問題が発生させたという批判もある (Song, Merlin, & Rodriguez 2013). そこで、図 1.4 のように混合土地利用によって社会・経済・環境的な利益が期待されており、コンパクトシティの特徴の一つとして混合土地利用が挙げられている(OECD, 2012).

しかし、混合土地利用の定義は明確ではなく、混合土地利用の具体的な姿が必ずしも定量的に明示されたものになっているとは言えない。混合土地利用が注目されてから、交通、地価、健康などの観点から様々な分野で土地利用による効果に関する実証分析が行われている。しかし、混合土地利用の効果は研究によって異なる結果が示されている。混合度指標としてよく使われるエントロピー指標の住宅価額への影響に関して、Song & Knaap (2004)は、戸建住宅におけるエントロピー指標が小さいほど、つまり、混合しないほど地価が高いと指摘している。一方、Cervero & Duncan (2004)は、エントロピー指標が大きいほど地価が高いと示している。また、Badoe & Miller (2000) は、土地利用と交通の関係における実証分析の結果が研究によって異なる理由として、総合的な分析、方法論の不在、データの限界を挙げている。混合土地利用効果の曖昧さにより、混合土地利用がマーケティングスローガンの一つとして退歩する危険性があるという主張もある(Rowley, 1996).

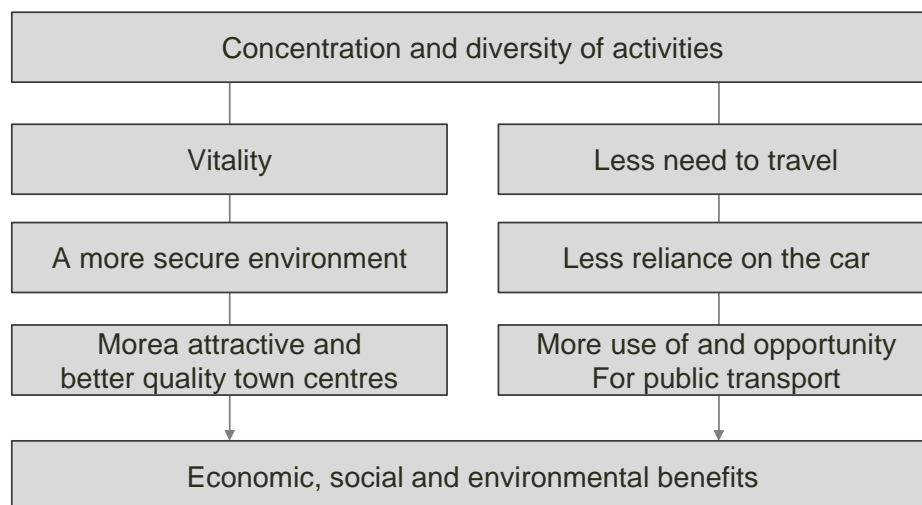


図 1.4 混合土地利用のメリット
出典: Coupland (1997, p. 3)

このような用途間の相互影響を空間計画に取り入れるためには、土地利用混合の状態の定量的な把握と相互影響の分析が不可欠である。また、用途間の影響関係が把握できたとき、各用途を空間的にどのように配置すべきかを理解することは土地利用計画における基礎となると考えられる。実際の土地利用は各個人の意味決定によるものの、都市をどのように誘導していくのか土地利用計画を立てる上での基礎となり、空間的な計画としての実現に寄与すると考える。

1.2 研究の目的

以上の背景をもとに、本研究では、用途間の空間的に純化・混合による相互影響を考慮した土地利用計画のための手法の提案し、土地利用混合の現況を明らかにした上で、望ましい土地利用構造の解明と土地利用規制の評価に寄与することを目標とし、1) 土地利用用途間の空間関係に着目した土地利用パターンの定量化手法の開発、2) 用途間の混合を考慮した土地利用配置モデルによる用途間の評価基準と土地利用パターン間の関係の解明、3) 東京区部における土地利用パターンの定量化、4) 混合土地利用の影響の定量化と各評価に基づいた土地利用パターンの評価、5) 東京区部の用途地域別の土地利用構成比・混合度の変化の分析の5つの部分に分けて研究を進める。

第一に、用途間の空間関係を考慮した土地利用混合度の定量化手法を開発し、土地利用パターンと指標の関係を明らかにする。混合土地利用の効果の分析や具体的な空間計画の実現における前提条件は、土地利用混合の状態を明らかに把握することである。しかし、土地利用混合の測定のために使われている指標が複合化、多様化された土地利用混合構造を明らかに説明しているとは言い難い。そこで、用途間の3つの空間関係（隣接性、集積性、近接性）に着目し、一般的なポリゴン形式の土地利用図を用い、土地利用混合の状態を定量的に明らかにし、汎用的に使える指標を開発する。

第二に、用途間の空間関係における評価基準が与えられたとき、その評価を高くする土地利用パターンの特徴を明らかにする。そのため、3つの混合度指標とそれに対する評価基準を考慮した土地利用配置モデルを提案する。その上で、多様な評価基準に応じて現れる土地利用パターンの特徴を明らかにし、都市計画におけるインプリケーションについて考察する。

第三に、提案した混合度指標に基づき、実際の土地利用パターンがどのようになっているかを定量的に把握する。対象地域は東京都区部とし、住宅、商業、工業、公共、その他の5つの用途を考慮し、土地利用パターンの類型化を行う。類型化を行うことにより、それぞれの類型に対応する課題とその解決策を解明が可能となる。

第四に、隣接度、集積度、近接度の3つの混合度指標に基づき、混合土地利用の効果を地価と交通手段分担率から分析することによって、混合が土地利用の価値を高める効果があるかどうかを定量的に把握する。土地利用混合は肯定的な効果だけではなく異なる用途との混合により、生活環境の悪化、混雑などをもたらす可能性もある。特に、同じ用途であっても空間関係によってその効果が異なるかを検証することにより、正と負の効果を同時に考慮したときの土地利用パターンの空間的な特徴を明らかにする。

第五に、土地利用規制による土地利用変化の評価のため、東京区部における用途地域別の土地利用変化を分析することにより、土地利用規制が望ましい土地利用パターンの実現に寄与しているか否かを明確にする。用途別構成比と混合度の2つの観点から土地利用変化を定量化し、用途地域による土地利用変化の違い把握し、地価との関係に基づいてその変化を評価する。

1.3 既存研究の考察

混合土地利用は、持続可能な都市構造における重要な要素の一つとして認識されており、これまで混合土地利用が与える影響を中心としての実証分析と用途間の空間関係を考慮した土地利用配置に関する研究がなされてきた。そこで本節では、本研究と関係する研究課題について既存研究の整理を行い、これまでの研究で明らかになったことを整理するとともに、課題を抽出し、本研究の位置づけを明確にする。

1.3.1 土地利用パターンの定量化と混合土地利用の効果に関する研究

(1) 混合度指標の分類

混合土地利用は、一定な空間範囲で近くにある土地利用や活動やお互いに影響を与えるという概念に基づいている(Song et al., 2013)。既存研究で混合度の効果の測定のため使われてきた指標は、その空間範囲によって分類することができる。Song et al. (2013)は、既存研究における混合度指標を全体指標 (Integer index) と分割指標 (Divisional index) に区分した。全体指標は、ある地区全体における用途別の面積を用いる指標であり、エントロピー指標、Herfindahl-Hirschman 指標などが挙げられる。一方、分割指標は地区におけるより細密なレベルにおける指標であり、Exposure 指標、Gini 係数などが挙げられる。しかし、土地利用の最小単位である敷地などを単位とした指標については考慮されていない。

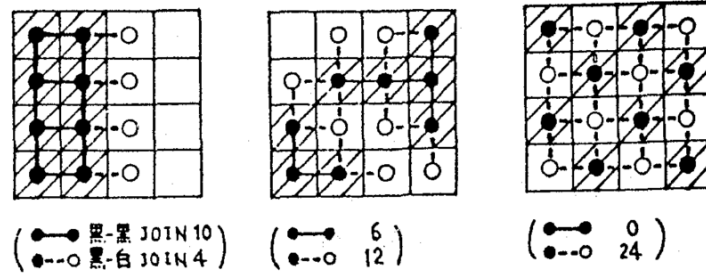
本研究の着眼点は、土地利用の最小単位における用途間の空間関係を考慮できる指標を提案することであり、個別敷地やセル単位における混合度に着目する。個別敷地を単位として測定した指標は、非集計データに基づいた混合土地利用の効果を分析した研究で多く用いられてきた。

個別敷地単位における混合度指標の空間範囲は、隣接性 (Adjacency)、集積性 (Intensity)、近接性 (Proximity) に分けられる。まず、隣接性に関する指標は、測定単位において同・異用途とどの程度接しているかを測る指標であり、その空間的な範囲は、連続して接している敷地や地区に限られる。次に、集積性に関する指標は、一定距離内にどの程度の同・異用途が存在しているかを測る指標であり、半径や行政区画などの空間範囲が事前に定義される。最後に、近接性に関する指標は、同・異用途への到着しやすさを測る指標であり、最寄の異なる用途までの距離のみまたは距離とその量によって定義される。

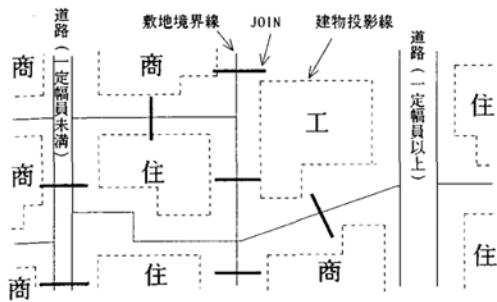
(2) 隣接関係に基づいた指標

小出 (1977)と吉川 (1999)はメッシュデータを用いて土地利用の用途間の Join の数を用いて隣接集塊性を表す指標を提案した。玉川 (1982)は、Join に加えて、同じ用途で構成されている塊の数として Clump 数、隣接を生成する確率を用いたエントロピー指標を提案し、土地利用の隣接状態の秩序性を定量化している (図 1.5 の(a))。Kockelman (1997) はムーア近傍の領域内の異なる用途間の隣接の度合を表す指標として、Dissimilarity 指標を提案した (図 1.5 の(c))。これらの指標は、メッシュ化された土地利用データに基づいたものである。メッ

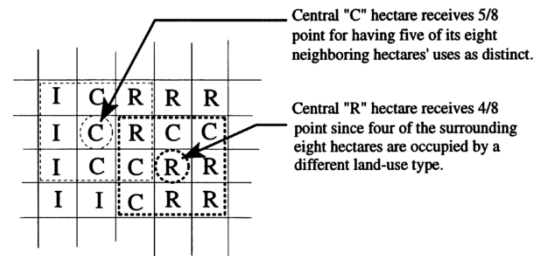
シュデータに基づいた指標は、元のポリゴン型の土地利用図から変換が求められ、メッシュの精度による影響が問題点として挙げられる。



(a) 玉川 (1982)の Join の定義



(b) 福島 (1994)のポリゴン型への Join 指標の適用



(c) Kockelman (1997)の Dissimilarity 指標の定義



Figure 2 Interaction method procedure

(d) Manaugh & Kreider (2013)の Intersection index

図 1.5 隣接関係に基づいた指標の測定例

ポリゴンデータにおける隣接の割合を表す指標として提案された Manaugh & Kreider (2013)の Intersection 指標 (図 1.5 の(d)) と Guo, Peeta, & Somenahalli (2017)一般化した Dissimilarity 指標は、用途間の構成比のバランスのみ考慮するエントロピー指標に比べ、それぞれ手段分担率と地価の説明力が高いことが示された。しかし、2つの指標は基準となるポリゴンと隣接しているポリゴンの用途が同じか異なるかのみ考慮しており、用途の種類が区別できないことに限界があると言える。用途種類を考慮した指標として、吉川 (1992)は、東京都のポリゴン形式の土地利用図から用途別の塊の境界線長、面積から塊の形態を定量化し、異なる用途間の隣接長から異用途間の混合状態を把握した。福島 (1994)は、玉川 (1982)の手法をポリゴンデータに適用しており、隣接長は考慮せずに、隣接本数のみで混合状態の把握を試みた (図 1.5 の(b))。

(3) 集積関係に基づいた指標

一定範囲内 (半径, 行政区域) の土地利用用途別の面積, 割合, 数などは集積度の観点から使われている代表的な指標である。Song & Knaap (2004)は、TAZ (Traffic analysis zone) 内の商業, 集合住宅, 公共, 工業, 公園の割合を用いて地価への影響を分析した。Jacobs-Crisioni et al. (2014) は、異なる2つの用途の面積をかけることにより、用途間の相互作用の程度を表し、携帯電話の通話の数と比較を行い、同じ場所に異なる用途を配置することは活動のレベルを促進させることができること示した。Song et al. (2013)によって全体指標として分類されているエントロピー指標 (*Ent*) と Herfindahl-Hirschman 指標 (HHI) はある地区内における集積度のバランスを測る指標であると言える。Kockelman (1997)により、交通と混合土地利用の関係が分析されてから、*Ent* は数多くの研究で用いられてきた。*Ent* は以下のように定義される。

$$Ent = \frac{\sum_k p_k \ln(p_k)}{\ln(K)} \quad (1.1)$$

ここで、 p_k は測定範囲における用途 k の面積の割合、 K は用途の種類数である。この値が1に近いほど用途別の構成比のバランスが取れており、より混合していると解釈できる。多くの研究で、混合土地利用の効果を示すことが出来たが、いくつかの限界が指摘されている (Hess, Moudon, & Logsdon 2001)。

- 空間的なパターンが考慮できない。
- 土地利用の種類の違いが反映できない。
- 割合が逆転されても指標の値は変化しない。

吉川 (1993)は、領域全体における構成比を用いると、領域内でも場所によって土地利用の混合状態に差異があることが反映できないこと、領域の境界の外側の土地利用の混合状態が考慮できないことを指摘し、地点ごとのある半径内の土地利用構成比として定義される土地利用構成比関数によるミクロな土地利用混合を把握する手法を提案した。

都心部における建物の床利用は立体的に混合していることから、立体的な土地利用を考慮した研究も見られる。上田・佐藤 (1990)は、各土地利用用途の階層別の床面積を考慮し、

測定時点から 100m 半径内の各用途別床面積と数による構成比から Simpson 指標を算出することにより、大分市の中心部における混合度を測定した。その結果、住宅地域では、土地利用単位の数が住宅に集中している傾向がある一方、商業地域では土地利用単位の数はばらつくが面積的には商業に集中している傾向があることを明らかにした。しかし、街区単位の混合度に着目しているため、用途別の分布の違いを定量化するには限界があると言える。

(4) 近接関係に基づいた指標

到着しやすさの程度を表す指標として、よく用いられている指標は、最寄りの用途までの直線距離またはネットワーク距離である。近接性を混合度と区別した研究も見られる、出発地と目的地の距離を短くして多様性のある環境を作る(Song et al., 2013)という混合土地利用の定義からみると、近接性も土地利用の混合程度を表す指標であると言える。Lee & Moudon (2006)は直線とネットワーク距離の両方を用い、歩行行動の有無の関係を分析し、徒歩行動を説明する際に目的地までの距離は重要であることを示した。Matthews & Turnbull (2007) は、商業用途までの直線距離とネットワーク距離が住宅の地価に及ぼす影響を分析した。直線距離が増加するほど負の外部効果が減るため、地価は上昇する一方、ネットワーク距離が増加するほど利便性が下がるため、地価は下落する関係があることを示した。しかし、用途までの直線距離のみ用いた Song & Knaap (2004)の研究では、商業用途までの直線距離が増加するほど地価が下落する反対の結果を示している。

既存研究における混合度指標はメッシュデータを用いることにより情報が損失されること、一部の空間関係のみ考慮していることが課題として挙げられる。表 1.1 は先行研究における混合度指標をまとめたものであり、用途間の空間関係を隣接性、集積性、近接性に区分することができ、一部の指標だけでは土地利用パターンの定量化が不十分であると考えられる。しかし、今までの土地利用の定量化・混合度の評価に関する研究では、一部の空間関係のみ考慮しており、複数の指標を用いた研究もあるものの、同じ用途に対して3つの空間関係を同時に考慮した研究は見られない。そこで、本研究では、複数の空間関係を同時に考慮することでより土地利用パターンをより詳細に把握することに着目する。

表 1.1 混合土地利用の効果の分析に用いられた混合度指標の分類

先行研究	従属変数	土地利用区分	混合度指標		
			隣接性	集積性	近接性
Song & Knaap (2004)	住宅価格	集合住宅, 商業 公共, 教育, 工業, 公園		用途別構成比 エントロピー指標	最寄の用途までの距離
Cervero & Kockelman (1997)	自動車移動距離 手段選択	小売店, 地区センター, 娯 楽, 公園	Dissimilarity 指標	エントロピー指標 単位面積当たり用途別の施設の数	1/4mile 以内に小売店がある住宅用途 の割合
Manaugh & Kreider (2013)	手段分担率	住宅, 商業, 公共, 教育, 工業, 公園	Intersection 指標	エントロピー指標	
Matthews & Turnbull (2007)	住宅価格	集合住宅, 小売店, ホテ ル, 業務, 公共, 教育 文化, 病院, 工業		用途別構成比	最寄の非住宅用途までの直線距離 最寄の商業用途までの直線・ネットワ ーク距離
Guo et al. (2017)	住宅価格	住宅, 商業, 娯楽, 教育/公 共, 農業, 空地	Dissimilarity 指標	エントロピー指標	距離抵抗関数により重み付けした面積 の総和
Cervero & Duncan (2004)	価格	戸建住宅, 集合住宅, 小売 店, サービス, 業務 交易, 農業, その他		エントロピー指標	1mile 以内に小売店がある就職者の割 合
Kockelman (1997)	自動車移動距離 自動車保有有無 手段選択		Dissimilarity 指標	エントロピー指標	
Brown et al. (2009)	BMI, 過体重 肥満度	戸建住宅, 集合住宅, 小売 店, 業務, 娯楽, 教育, 公 園		エントロピー指標 1km 半径内の用途別面積	公園までの距離
Christian et al. (2011)	外部活動の頻度	住宅, 小売店 業務, 娯楽, 福祉, 公園/ス ポーツ, その他		エントロピー指標	
Lee & Moudon (2006)	徒歩時間	小売店, レストラン, 業 務, Mixed-use, 教会など 23 区分		一定距離内の用途別の敷地の数 一定距離内の用途別の敷地の面積	最寄の用途までの直線・ネットワーク 距離
Hino et al. (2014)	徒歩時間	住宅, 商業, 娯楽, 工業, 空地/その他		エントロピー指標 500m 内の商業の割合	
Jacobs-Crisioni et al. (2014)	携帯電話通話数	業務, 会議場所		用途別の面積	

1.3.2 土地利用配置モデルに関する研究

用途間の関係を考慮した土地利用配置モデルに関する研究に関する考察を行う。土地利用配置問題（Multi-site land use allocation problem, MLUA）は、一般的に異なる土地利用用途を複数の場所に配置する問題である(Aerts, Eisinger, Heuvelink, & Stewart, 2003)。

用途間の関係を考慮する際に、考慮された空間関係を見ると、まず、隣接している空間に着目した研究が多く見られる。Aerts, Eisinger, Heuvelink, & Stewart (2003)は、グリッドパターンにおける同じ用途間の連続性とコンパクト性（Compactness）に着目して、線形計画問題により定式化を行い、空間の大きさと目的関数の形態による性能に関する考察を行った。K. Cao et al. (2012)は、9つの目的関数を考慮し、遺伝的アルゴリズムによる（GA）グリッド空間における配置モデルを提案し、実際の都市に適用した。考慮した目的関数の中で、用途間の空間関係を考慮したコンパクト性と用途間の適合性（Compatibility）を考慮しており、隣接したセルとの関係のみ考慮している。

一定距離以内の空間を考慮する例として、Stewart & Janssen (2014)は、ポリゴンベースの空間において、同用途間のコンパクト性を高める土地利用パターンを求めた。Masoomi, Mesgari, & Hamrah (2013)は用途間の適合性と依存性（Dependency）を目的関数として用いた。デルファイを用いて設定された適合性と依存性に基づき、実際のポリゴンベースの空間における土地利用配置を行った。奥平 (1976)は、距離抵抗を考慮した集積関係による活動の地域的配分において 3 つの業種で構成されている空間に対して距離抵抗を考慮した隣接による正または負の影響、立地による費用を考慮して規範的なパターンを求めた。玉川 (2000)は、土地利用用途間の影響関係について、2 の異なるレベルの範囲の影響を考慮した。その結果から、細長い集塊パターンがミクロ純化とマクロ混在のロジックを満たせるパターンであることを示した。渡辺ら (2006)は、市街地と緑地の間関係について、市街地と緑地間の平均距離（市街地—市街地、緑地—緑地、市街地緑地）、緑地が市街地と隣接している辺率を考慮し、それぞれに対する評価基準が変えながら現れる結果パターンの特徴を調べており、緑地の配置に対する様々な意図があるがいくつかのパターンにまとめることができることを示した。Haque & Asami (2011)は、隣接関係における不適合度（incompatibility）を最小化し、地価を最大化する配置モデルを提案し、実際のポリゴンベースの土地利用データに適用した。地価への影響を与える要因として、街区内の用途別の割合や地区センターまでの距離なども考慮した。特に一つの敷地に複数の土地利用を許容していることが特徴的である。

表 1.2 は、先行研究における土地利用配置モデルをまとめたものである。ほとんどの研究は、一つの空間関係のみ考慮しており、異なる空間関係による影響はあまり考慮されていない。Haque & Asami (2011)は、隣接関係に加え、近接や集積による地価への影響は一部考慮しているが、特定地域を対象としており、一般化できる規範的な結果であるとは言い難い。多くの研究が事前に与えられた単一評価基準に基づいた結果について論じている一方、奥

平 (1976)と玉川 (2000)は、複数の評価基準に基づいた土地利用の規範的な特徴について論じたが、より多くの評価基準と多様な空間関係から生まれる土地利用パターンについて議論することが必要である。そこで、本研究では、用途ペアにおける複数の空間関係を考慮する指標に基づき、同じ用途ペアであっても空間関係により影響関係が異なる場合も考慮し、現れる土地利用パターンの規範的な特徴について論じる研究として位置づけられる。

表 1.2 土地利用配置モデルの比較

先行研究	考慮用途数	適用空間	空間関係	評価基準
奥平 (1976)	3 (任意)	グリッド (仮想空間)	・ 距離抵抗を考慮した集積関係	・ 任意の複数の評価基準 ・ 任意の複数の基準
玉川 (2000)	4 (任意)	グリッド (仮想空間)	・ 距離抵抗を考慮した集積関係	・ 同じ用途ペアにおいても距離による異なる影響関係も考慮
渡辺ら (2006)	2 (市街地, 緑地)	グリッド (仮想空間)	・ 平均距離 (近接性) ・ 辺率 (隣接性)	・ 任意の複数の評価基準 ・ 正・負における対象関係有
Aerts, Eisinger, Heuvelink, and Stewart (2003)	2 (任意)	グリッド (仮想空間)	・ 隣接関係	・ 同用途間のコンパクト性
Haque and Asami (2011)	7 (住宅, 商業, 業務, 学校, 大学, 病院, 公共)	ポリゴン (実際都市)	・ 全ての用途ペア: 隣接関係 ・ 住宅用途: 集積, 近接関係	・ Delphi 法による単一評価基準 ・ 正・負における対象関係有
K. Cao et al. (2012)	5 (住宅, 商業, 工業, 緑地, 未開発地)	グリッド (実際都市)	・ 隣接関係	・ AHP 法による単一評価基準 ・ 正・負における対象関係有
Stewart & Janssen (2014)	3 (自然, 低密, 高密)	ポリゴン (実際都市)	・ 集積関係	・ 同用途間のコンパクト性

1.3.3 土地利用規制と土地利用の関係に関する研究

市街地における土地利用変化の動向を用途地域制に代表される都市計画的規制手段との関連で分析することは、都市の土地利用計画及び住環境整備計画を策定する上で重要である(石坂, 1992)。そのため、土地利用変化における土地利用規制の効果に関する多くの研究成果が蓄積されている。

用途地域制は、地区計画などの規制に比べて規制の内容が緩やかではあるものの、日本の都市計画において基礎的な規制であり、全国の市街地に広く指定されている点で用途地域と土地利用変化との関係の実態から知見を提供することは有意義である(吉川ら, 1990; 市古ら, 1999)。市古ら (1999)は用途地域指定替えによる土地利用構成比及び用途別容積率の変化を分析し、用途の混在化と用途間の容積率の差の拡大が進んだことを示した。しかし、構成比率の変化だけでは、ある変化がどのような用途間遷移による結果なのかを把握することはできない。一方、吉川ら (1990)は用途地域指定の土地利用規制効果を検討するため、3時点 (1974・1979・1984年)の土地利用データを用い、各土地利用の構成比の変化だけではなく、用途間の遷移傾向も用途地域別に分析した。特に、各用途地域の指定の趣旨に基づき、用途地域別の適合・不適合用途の変化に着目した。近年の用途地域と土地利用変化の関

係に関する研究として、特定用途地区の活用実態(矢代ら, 2014), 市街地調整区域や非線引き区域における用途地域の指定動向に関する研究(福王寺ら, 2015)などが見られる。

これらの研究は、土地利用の遷移は用途間の空間的な分布の変化を伴うため、ある用途間の同じ量の遷移が起こっても現れる土地利用パターンは異なってくる可能性も存在するが、それに関する分析はなされていない。そこで、本研究では、土地利用規制と土地利用変化の関係を用途別の量的な変化と空間的な分布の変化の両面から明らかにする研究として位置づけられる。

1.4 論文の流れ

本論文は以下の全7章で構成される。

第1章では、上述の研究の背景と目的、既存研究のレビュー等について記述する。

第2章では、用途間の空間関係を考慮した隣接性・集積性・近接性の3つの混合度指標を提案する。提案した指標により意図している土地利用パターンの特徴が反映できるかに関する検証と指標が持つ性質と空間パターンの特徴の関係を明らかにするため、仮想の土地利用パターンと実際のポリゴン型の土地利用データに適用する。

第3章では、各指標に対する評価基準が与えられたとき現れる規範的な土地利用パターンの特徴を明らかにするため、隣接・集積・近接の関係による用途間の相互影響を考慮した土地利用配置モデルを提案し、多様な評価基準による土地利用パターンの空間的な特徴について考察を行う。

第4章では、東京区部を対象として、2011年度の土地利用データを用い、提案した指標による土地利用パターンの定量化を行い、東京区部における土地利用混合の実態意は把握する。混合度指標に基づいて東京区部の土地利用パターンの類型化を行い、その特徴について考察する。

第5章では、混合土地利用の効果の定量化に着目して分析を行う。住環境を構成する様々の要素の評価・比較が容易であることから住環境の評価で多く用いられる経済評価の一つであるヘドニック分析により、混合度の地価への影響は定量化する。そのため、空間的な自己相関を考慮した手法に基づき、混合度を考慮しないモデル、代表的な混合度指標であるエントロピー指標を考慮したモデル、3つの空間混合度指標を用いたモデルによる東京区部の地価の推定結果の比較することにより、土地利用パターンの評価における混合度指標の有効性の検証する。次に、実証分析の結果から得られた地価と混合度の関係に応じた土地利用パターンの空間的な分布特徴について考察を行う。さらに、集計単位全体における混合度指標を用い、土地利用パターンと交通分担率の関係を分析する。

第6章では、土地利用の変化を量的（構成比）、空間的（混合度）に区分して定量化し、2001年と2011年の東京区部の土地利用データを用い、地区・用途地域単位で詳細なスケールでの土地利用変化を分析する。用途地域によるその変化の違いを考察することにより、土地利用規制と土地利用変化の関係を明らかにし、その変化を評価する。

最後に、第7章にて、本研究で得られた主な結論と残された課題について述べる。

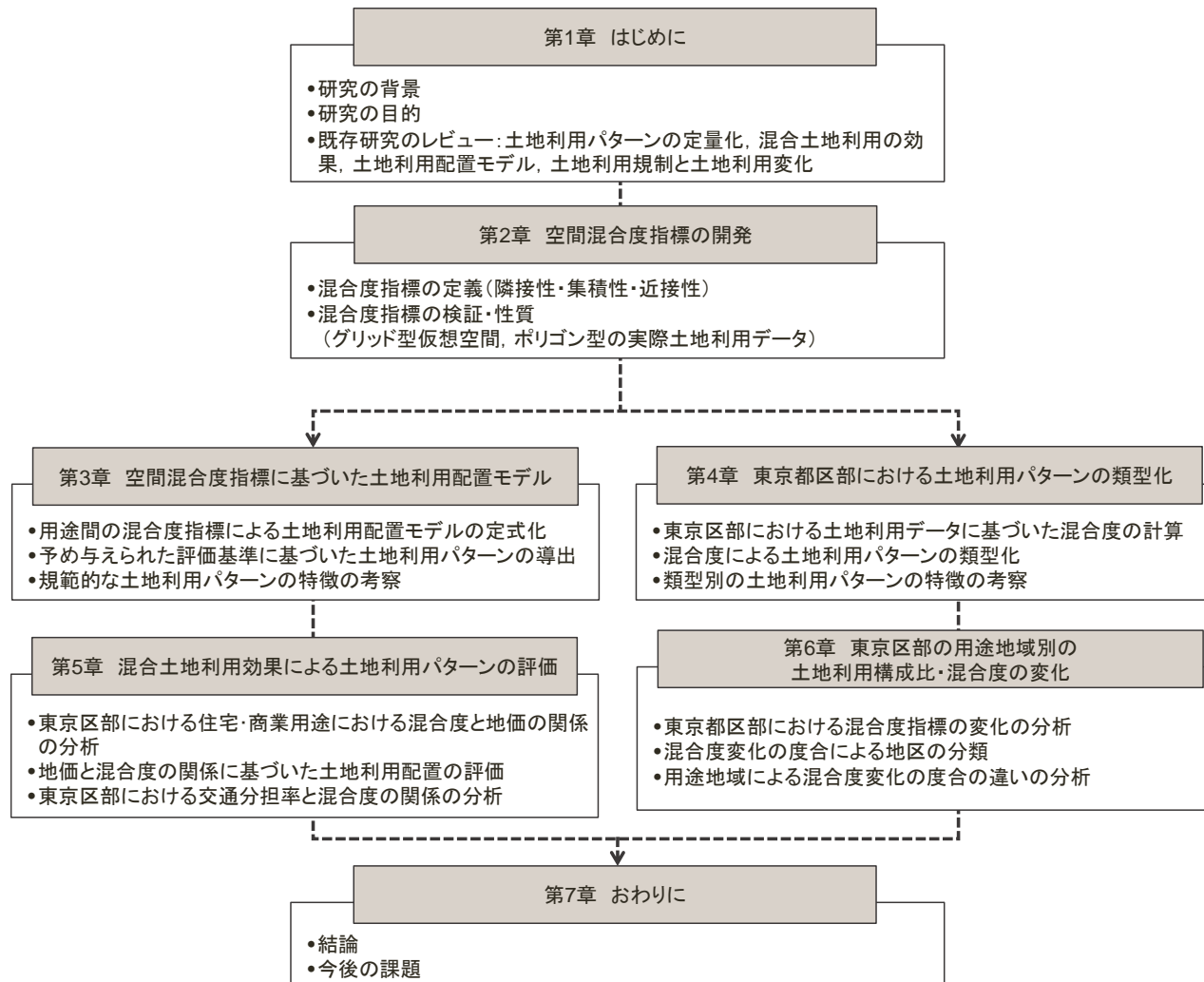


図 1.6 本研究の構成

第2章 用途間の空間関係を考慮した混合度指標の開発

2.1 はじめに

混合土地利用の効果の分析や具体的な空間計画の実現における前提条件は、土地利用混合の状態を明らかに把握することである。土地利用混合状態を表すため、異なる空間関係を表す多様な指標が提案されてきたものの、実際の土地利用の定量化には一部の空間関係しか用いられなかったため、多様化された土地利用混合状態を明らかに説明しているとは言い難い。第2章では、土地利用用途間の空間関係を考慮した混合度指標の提案し、仮想空間と東京区部の土地利用データを用い、指標の値とそれによって把握される土地利用パターンの特徴を明らかにする。同・異用途間の相互関係により市街地環境への正・負の影響を定量的に市街地整備計画や土地利用計画に取り入れるための基礎となり、第3章から6章の基礎として位置づけられる。

本章は以下のように構成される。まず2.2節では、用途間の隣接性・集積性・近接性を考慮した混合度指標の定義を行う。2.3節では、グリッドパターンの仮想の土地利用パターンを用い、指標の性質、土地利用パターンの特徴と指標の関係に関する考察を行う。2.4節では、3つの指標によるポリゴン型の土地利用データを用い、指標の定義と合致する定量化ができるかを検証する。

2.2 混合度指標の定義

2.2.1 空間範囲の定義

混合土地利用の効果（メリット・デメリット）の種類とその程度は、空間上の同・異用途の分布に関係していると考えられる。1.3節の既存研究のレビューから、既存研究における混合度指標は、隣接性、集積性、近接性の3つの空間関係に分類できた。その3つの区分に従い、用途間の分布を定量的に表すため、本研究では、隣接性（同・異用途間の隣接の程度）、集積性（一定距離内にある同・異用途の量）、近接性（異用途間の距離）の3の関係における空間範囲を図2.1のように定義する。

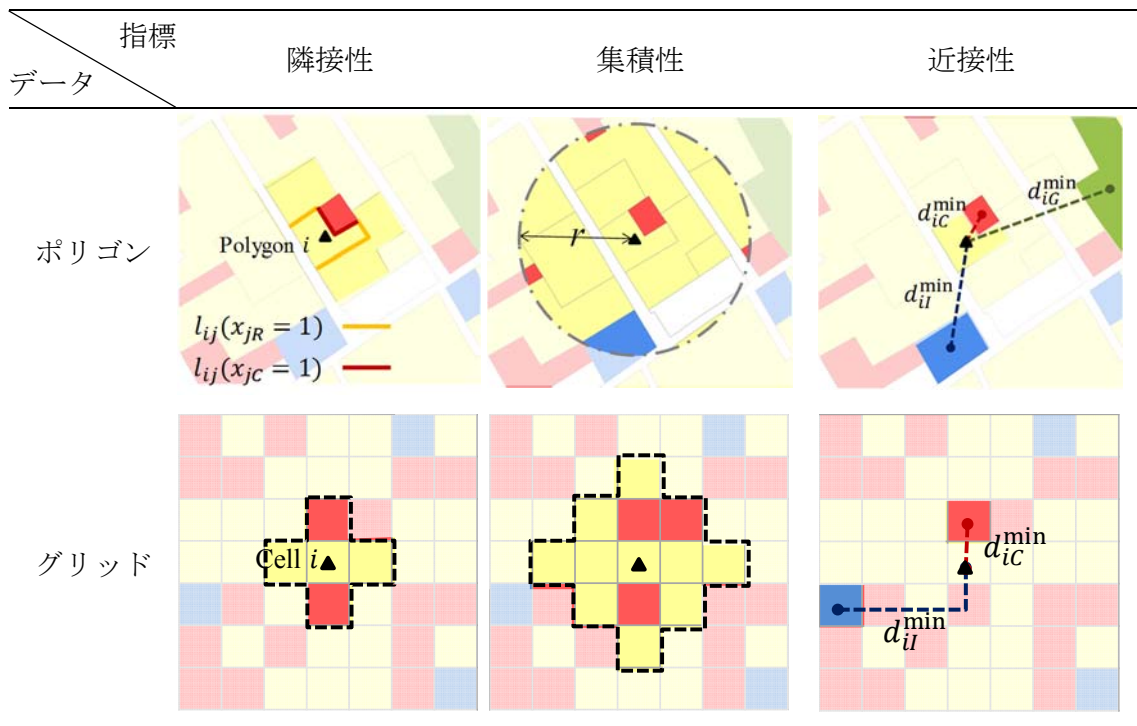


図 2.1 隣接・集積・近接による空間範囲の定義

2.2.2 隣接度

ある敷地が隣接する敷地に接している長さを接面と呼ぶことにすると、等積の正方形の一辺の長さに対する接面長さの比を用途別に分けたもので定める。すなわち、敷地*i*の用途*l*に対する隣接度を

$$adj_{il} = \sum_{j|x_{jl}=1} \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i}} \quad (2.1)$$

と定義する。ここで、

a_i : 敷地*i*の面積, l_{ij} : 敷地*i*と敷地*j*の接面

$$x_{jl} = \begin{cases} 1 & \text{敷地}j\text{の用途が}l\text{の場合} \\ 0 & \text{それ以外の用途の場合} \end{cases}$$

である。この値が大きくなるほど隣接の度合いが高いと見なす。接している全ての用途に対する指標の合計の最小値は敷地が円形の場合の $2\sqrt{\pi}$ である。

2.2.3 集積度

一定範囲内の量的集積を表す指標であり、敷地の重心から距離 D (影響範囲) 以内の範囲にある用途別敷地の割合である。敷地*i*の用途*l*に対する集積度を以下のように定義する。

$$int_{il} = \frac{\sum_{j|d_{ij}<r, x_{jl}=1} a_j}{\sum_{j|d_{ij}<D} a_j} \quad (2.2)$$

d_{ij} : 敷地*i*と敷地*j*の重心間直線距離

全ての用途に対する集積度の合計は 1 となる。集積度は、吉川 (1993)が提案した土地利用構成比関数ベクトルの個別要素と同じ意味である。

2.2.4 近接度

重心から最寄りの用途別の敷地までの距離の逆数で定義する。敷地*i*の用途*l*に対する近接度は以下ようになる。但し、 $x_{il} = 1$ のとき、 $prox_{il}$ は定義しない。

$$prox_{il} = \frac{1}{d_{il}^{min}} \quad (2.3)$$

$$d_{il}^{min} = \min_{j|x_{ij}} d_{ij} \quad (2.4)$$

敷地別の 3 つの混合度を集計単位別に地域集計する際には、各敷地の面積により重み付けした平均をとることにより、ある地区における隣接性、集積性、近接性 (Adj_{kl} , Int_{kl} , $Prox_{kl}$) を定義する。

$$Adj_{kl} = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i adj_{il}}{\sum_i a_i} \quad (2.5)$$

$$Int_{kl} = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i int_{il}}{\sum_i a_i} \quad (2.6)$$

$$Prox_{kl} = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i prox_{il}}{\sum_i a_i} \quad (2.7)$$

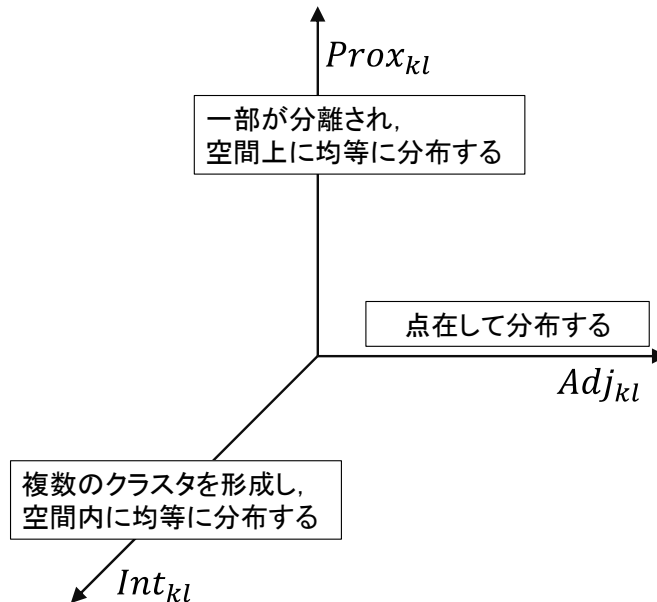


図 2.2 土地利用パターンと指標の関係

これらの値が大きくなるほど、ある地区で用途*k*と用途*l*がより混合していると見なす。 Adj_{kl} は隣接している敷地のみを考慮するため、その値が高くなると($k \neq l$)、用途*l*が点的に

用途 k に隣接する分布となり、 Adj_{kk} が大きくなると用途 k により純化された塊を形成する分布となる。敷地の面積が一般的に異なるため、 Adj_{kl} と Adj_{lk} の測定において用いる接面の長さは同じであっても指標値は異なる値を持つ。 Adj_{kl} が Adj_{lk} より高いことは平均的に用途 k の敷地が広いことを意味し、2つの用途間の平均的な敷地の大きさを比較することができる。

Int_{kl} は用途 k から一定距離内の用途 l の敷地の面積を考慮しているため、用途 k と l の割合が同じ2つのパターンに対して Int_{kl} が低いことは、用途 l の偏りがあることを意味する。 Int_{kl} と Adj_{ll} が高くなると用途 l が塊を形成し、偏りなく分布するパターンとなる。 Int_{kl} は地域 D と隣接している地域の用途の割合に影響を受け、周辺の地域の用途の構成比が地域 D と異なることにより、 Int_{kl} と Int_{lk} の値が生じ、 Int_{kl} が Int_{lk} より高ければ地域 D の用途 k の割合が周辺より高いと解釈できる。2つの値の比較により周辺地域との構成比の差が把握できる。

$Prox_{kl}$ が高くなると地域の中で用途 l が均一に分布することとなる。 $Prox_{kl}$ と Adj_{kl} がそれぞれ高くなると用途 l が点的に分散する傾向があるが、その分布に空間的な偏りがあると Adj_{kl} のみ高くなる。用途 k と l の割合が同一であり、 $Prox_{kl}$ が $Prox_{lk}$ より高いことは、用途 l が用途 k に比べ、ある地区内により均一に分布していると解釈できる。

全てのセルが面積 1 の正方形であるグリッドパターンにおける混合度指標は以下のように表現される。

$$Adj_{kl} = \frac{1}{NT} \sum_i^T \sum_{j|j \in NC_i}^T x_{ik} \cdot x_{jl} \quad (2.8)$$

$$Int_{kl} = \frac{1}{AT} \sum_i^T \sum_{j|i \neq j, d_{ij} < D}^T x_{ik} \cdot x_{jl} \quad (2.9)$$

$$Prox_{kl} = \frac{1}{T} \sum_i^T \sum_{j|i \neq j}^T x_{ik} \frac{1}{d_{il}^{\min}} \quad (2.10)$$

ここで、 T は空間内のセルの数、 NC_i はセル i の隣接セルの集合、 N は NC_i に属しているセルの数、 A は一つのセルから距離 D 以内に重心が含まれるセルの数である。

2.3 混合度指標の性質

2.3.1 仮想土地利用パターン

2.2 節で定義した 3 つの混合度指標の性質について考察を行うため、グリッド空間上に仮想の土地利用パターンを作成して分析を行う。グリッド空間は 5×5 の 25 セルで構成されているトーラス型の空間である。図 2.3 の赤い枠はセル 1 から距離の算出の際に考慮されるセルの範囲である。セルの間の距離はマンハッタン距離で定義され、隣接集合 (NC_i) はノイマン近傍を用いる。(2.8)から(2.10)における A は $2D(D + 1)$ であり、 N は 4 となり、 D は 2 と設定して分析を行う。

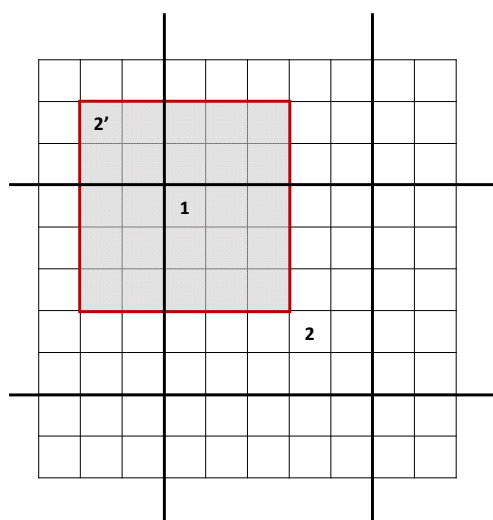


図 2.3 仮想土地利用パターンの生成空間(トーラス型)

2.3.2 混合度指標によるパターンの区別

土地利用パターン変化することにより、指標の値がどのように変化するかを見るため、構成比が一定である仮想の土地利用パターンを生成した。まず 2 つの用途で構成されている土地利用パターンから考察を行う。2 つの種類の用途で構成されるパターンの数は $C(p, q)$ であり、ここで、 p は全てのセルの数、 q は用途 1 の数である。しかし、この中では方向のみ異なるパターンや反転によって一致するパターンも含まれている。用途の数が u であるとき、混合度指標の数は $3u^2$ であり、仮想土地利用パターンにおいて全ての指標の値が同じであれば同一なパターンと見なす。

表 2.1 は、考慮される指標によって区別されるパターンの数を表している。構成比が 15:10 である場合、 Adj_{12} のみ考慮すると、15 個のパターンのみ区別できるが、用途 1 からみた用途 2 の 3 つの混合度指標を同時に考慮すると 372 個のパターンが区別されることが見られる。さらに、12 個の全ての指標を同時に考慮すると 1,689 個のパターンが区別される。

表 2.1 考慮する指標による区別される土地利用パターンの数

Proportion Category1:2	①Adj ₁₂	②Int ₁₂	③Prox ₁₂	①×②×③	12 指標
23:2	2	2	5	5	5
21:4	5	7	19	56	68
19:6	8	11	19	174	300
17:8	11	14	13	320	854
15:10	15	18	9	372	1689
13:12	15	18	6	347	2266

2.3.3 3つの指標の関係

図 2.4, 図 2.5, 図 2.6 は, 生成されたパターンにおける指標間の関係と土地利用パターンの例を表している. 3つの指標間の相関関係はあるが, パターンの種類が多くなるほど相関係数は小さくなり, 異なる情報を持つ指標であることが分かる.

具体的に土地利用パターンによる指標の変化を見るため, 図 2.7 に 3つの指標の値に該当する用途 1 と 2 の構成比が 17:8 の時の土地利用パターンを表している.

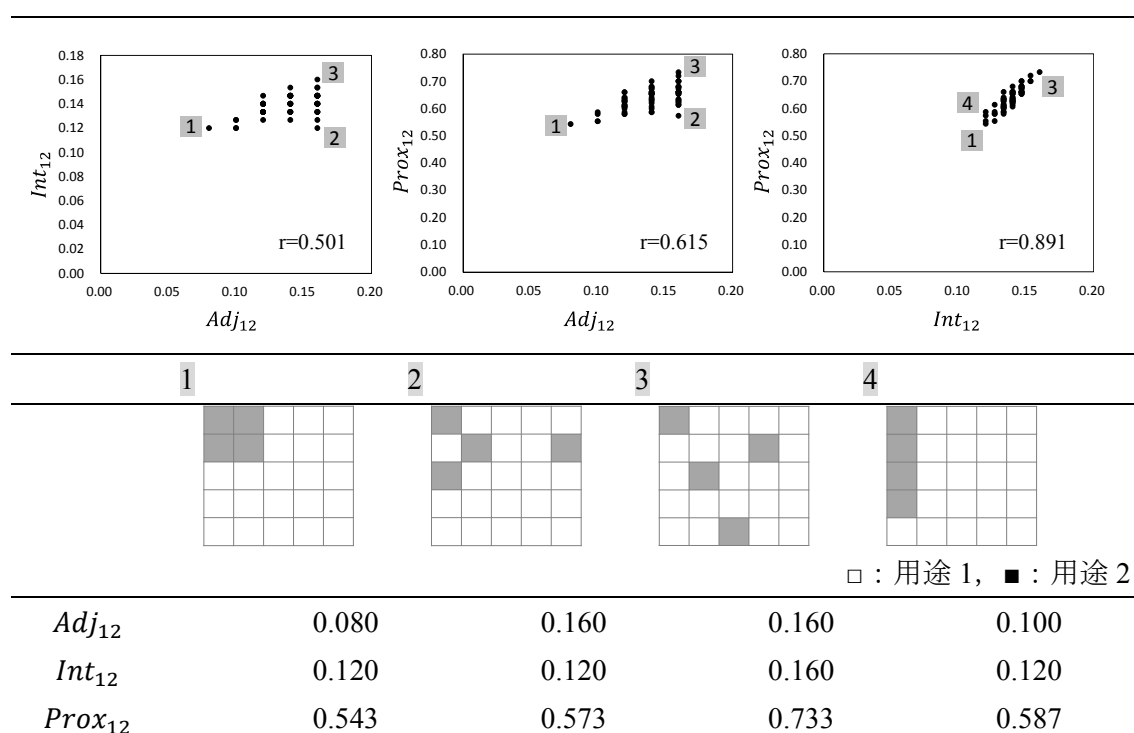


図 2.4 仮想土地利用パターンにおける 3つの指標間の関係(21:4)

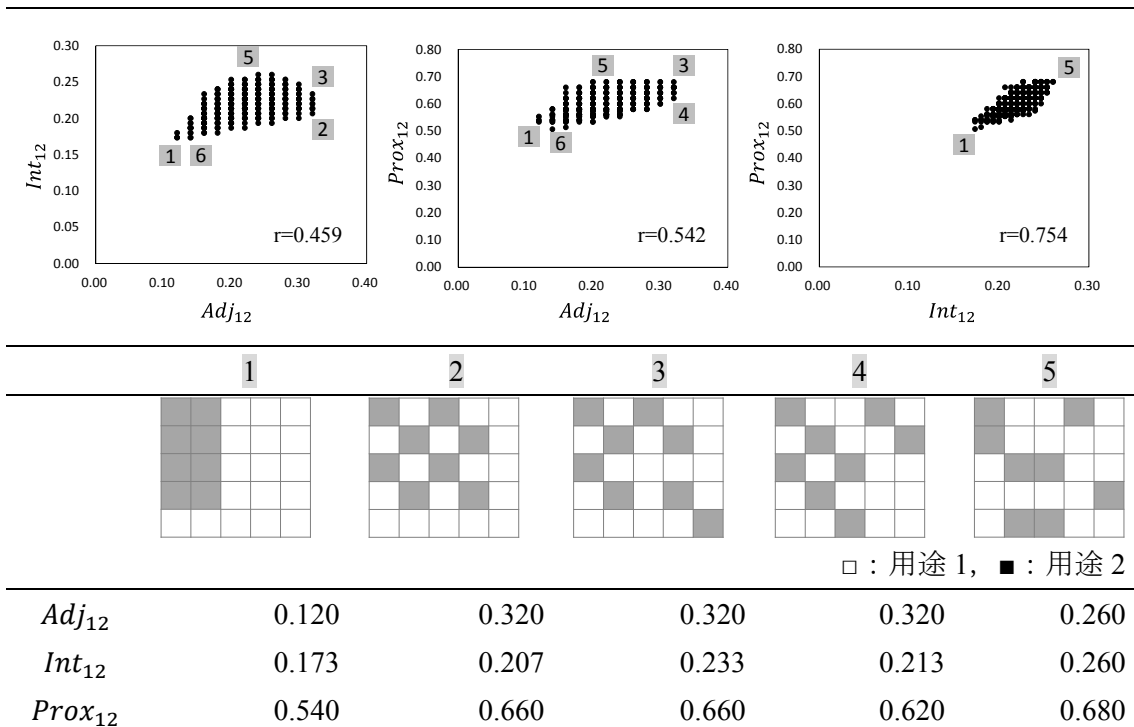


図 2.5 仮想土地利用パターンにおける3つの指標間の関係(17:8)

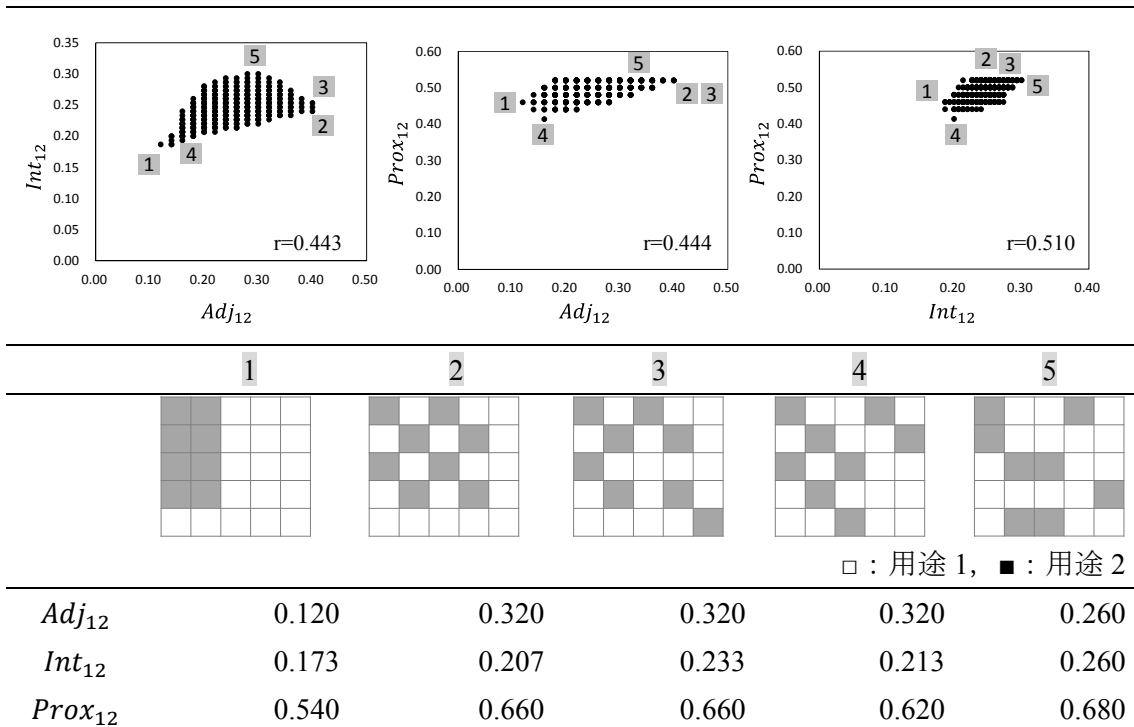


図 2.6 仮想土地利用パターンにおける3つの指標間の関係(13:12)

隣接性と土地利用パターンの関係を見ると、用途 2 がばらばらになるほど Adj_{12} は大きくなる。図 2.6 から見られるように、 Adj_{12} が大きくなるほど Int_{12} と $Prox_{12}$ も大きくなる傾向があるが、空間的な偏りがあると Int_{12} と $Prox_{12}$ は相対的に小さい値をとることが読み取れる。パターン(b-1)と(b-2)を比較すると、 Adj_{12} は 0.20 として同じであるが、(b-2)における用途 2 がより固まっているため Int_{12} が小さい。

集積性と土地利用パターンの関係を見ると、 Adj_{12} と $Prox_{12}$ の値が固定されれば、 Int_{12} の値が大きくなるほど均等な大きさの複数の用途 2 の塊を形成される。 Adj_{12} と Int_{12} が共に大きいパターン(f-1)を見ると、隣接した塊は形成されないが、用途 2 が分散して固まっている傾向が見られる。

近接性と土地利用パターンの関係を見ると、用途 2 が空間上に均等に分散して分布するほど $Prox_{12}$ が大きい値をとる。 Adj_{12} と Int_{12} の値が固定されると、用途 2 がばらばらになることにより、 $Prox_{12}$ が大きくなる傾向が見られるが、 $Prox_{12}$ とは異なり、均等な大きさで分離される傾向は見られない。例えば、パターン(a-1)と(d-1)を比較すると、一つの用途 2 のセルが塊から離れているだけで(d-1)の $Prox_{12}$ が大きいことが読み取れる。以上の土地利用パターンと 3 つの指標間の関係を図 2.2 のようにまとめられる。

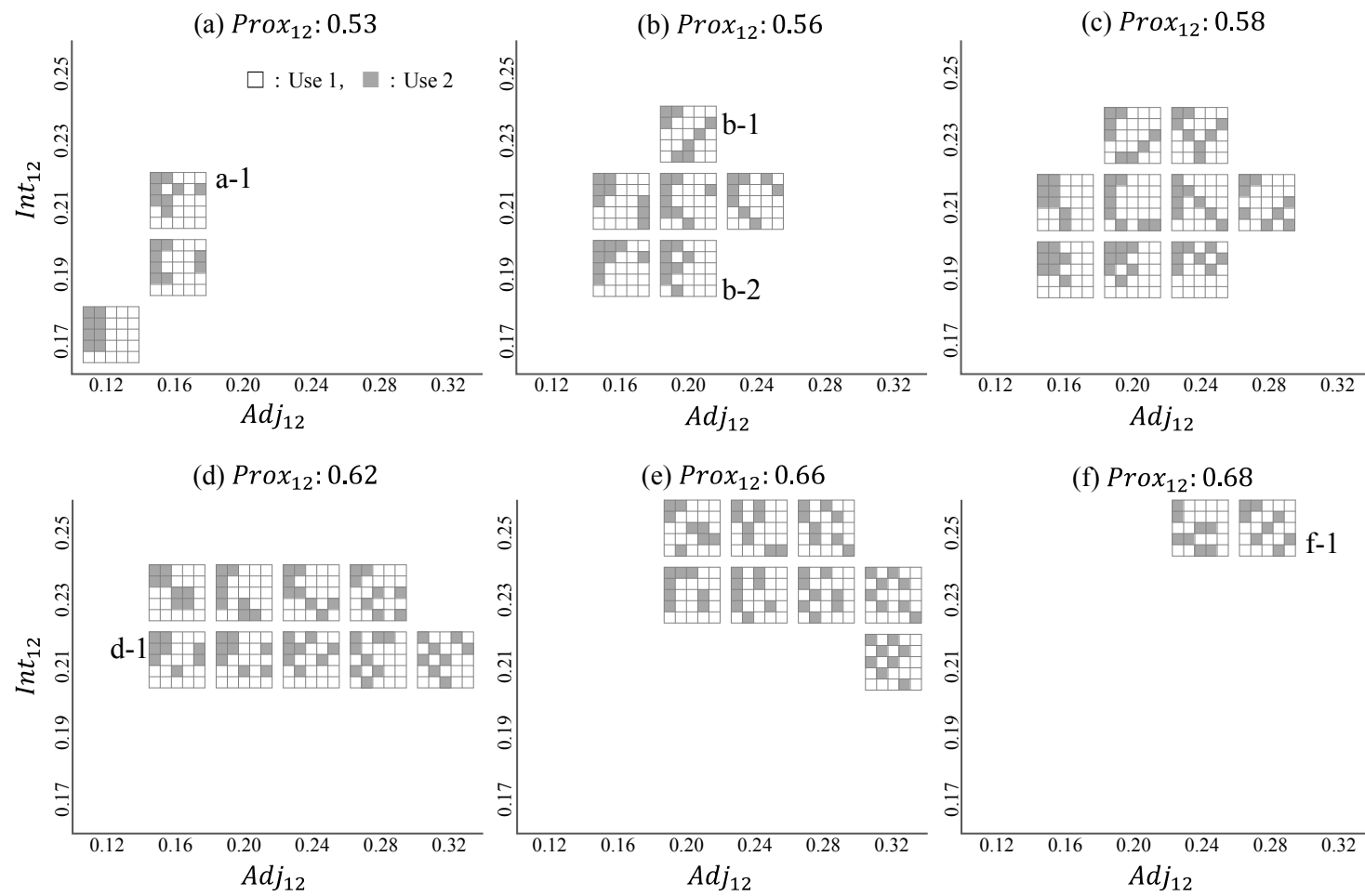


図 2.7 土地利用パターンの変化による指標の変化

指標間の相関関係に加え、ある用途ペアに対して2つの指標が決まったとき、残りの指標が取る値の範囲を調べた。2つの指標が決まったとき、取れる指標がほぼ一定であれば、3つの指標が表す土地利用パターンに関する情報が重複しているといえ、2つの指標が決まっても取れる範囲が広がれば、3つの指標からの全ての値が有意な情報を持つと言える。

式 (2.11)は、用途 k と l における隣接性が x 、集積性が y となったとき、近接性が取れる値の範囲を他の混合度の制約がないときと比べた指標の変化幅を表している。この値が大きいほど、2つの指標が決まっても残りの指標が様々な値を取ることを意味する。

$$\frac{Prox_{kl}^{max}|Adj_{kl}=x,Int_{kl}=y - Prox_{kl}^{min}|Adj_{kl}=x,Int_{kl}=y}{Prox_{kl}^{max} - Prox_{kl}^{min}} \quad (2.11)$$

図 2.8 を見ると、変動幅が 0.8 を取る場合も見られ、3つの指標が有意な情報を持っているといえる。用途2が少ない場合には、変動幅が小さい傾向があるものの、集積性と近接性が決まったとき隣接性の変動幅は 0.5 以上の場合も見られ、数が均等ではない場合にも有意であることが分かる。

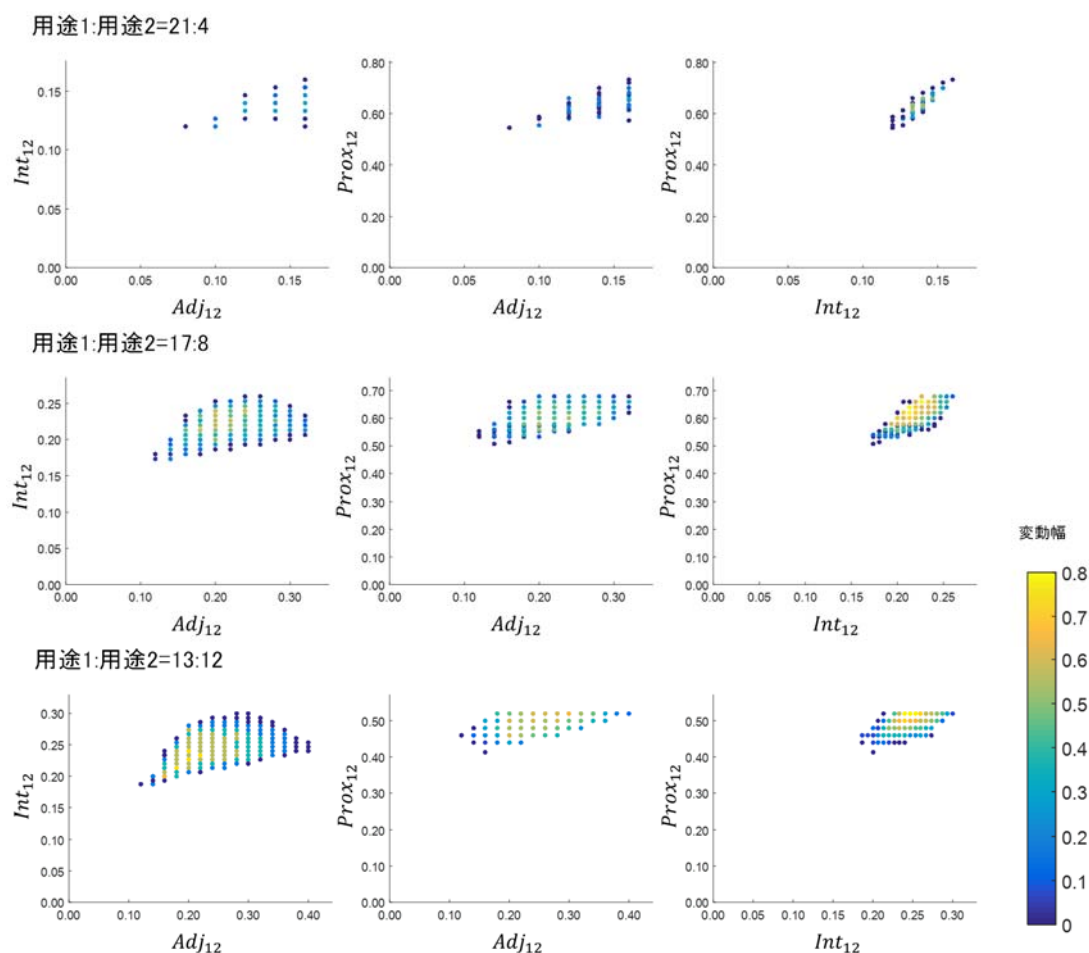


図 2.8 用途のペアに対して2つの指標が決まったとき残りの指標の変化幅

2.3.4 構成比の変化による指標の範囲の変化

用途別の構成比により、各指標が持つ値の範囲をみるため、指標の値の分布を分析した。図 2.9 は 2 種類の用途を持つ仮想土地利用パターンにおける Adj_{12} , Int_{12} , $Prox_{12}$ の箱ひげ図である。2 つの用途の構成比が均等である場合, Adj_{12} と Int_{12} は最大値をとる一方, $Prox_{12}$ は、逆に最小値をとることが見られる。提案した指標は考慮する用途ペア両方の量が考慮される指標であり、近接性は特に一つあれば良いという指標であるため、用途 1 の数が少なくなることによって指標値が小さくなる傾向があることが見られる。図 2.10 は、異なる構成比を持つパターンの指標値を比較したものである。その結果をみると、用途 2 の数によって指標の値が決まることではなく、用途間の分布の違いが説明できると考えられる。

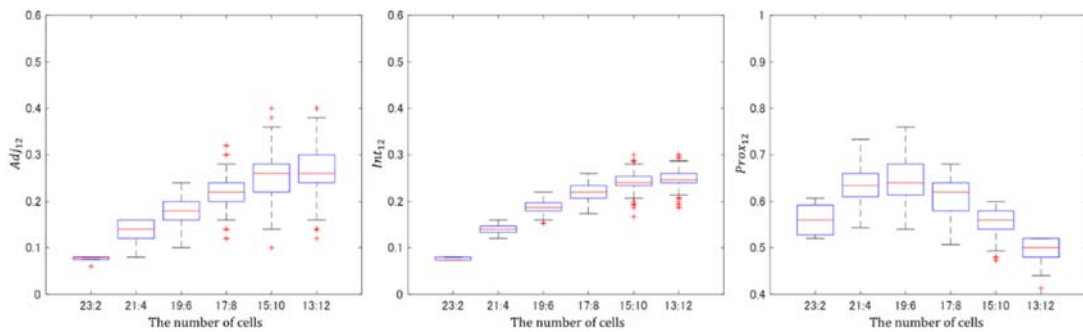


図 2.9 用途別構成比による指標値の分布

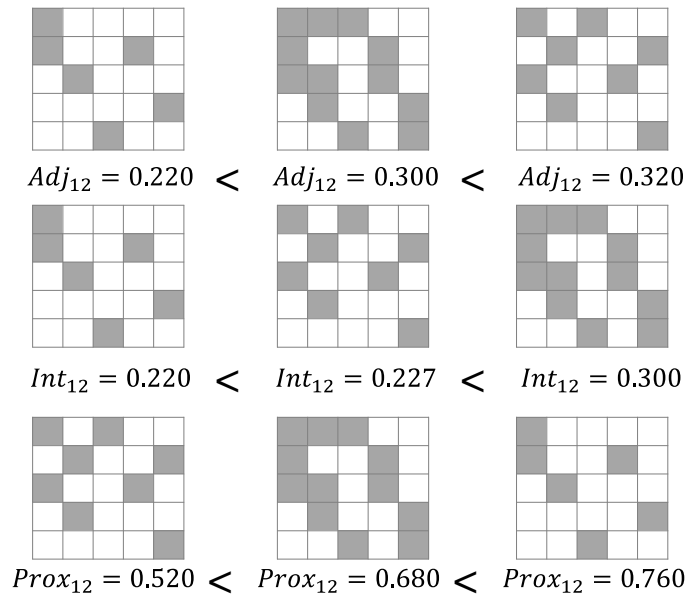


図 2.10 構成比が異なる土地利用パターンの混合度指標の大小関係の例

2.4 ポリゴンデータにおける土地利用パターンと混合度指標

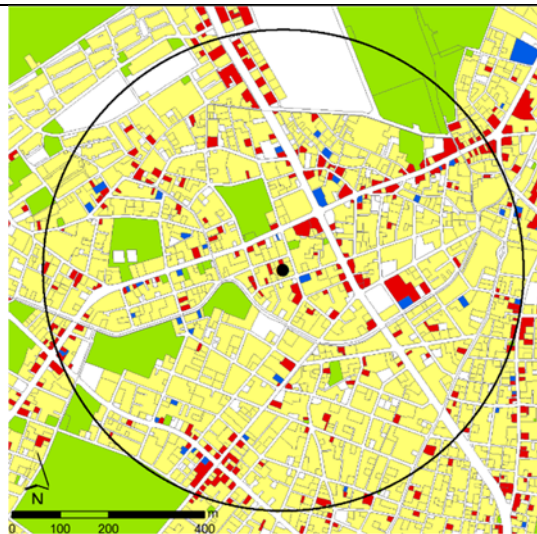
2.4.1 使用データ

使用データは、混合度測定に使うデータは、「東京都都市計画地理情報システムデータ」の中の東京都区部土地利用現況調査レイヤーと都市計画情報レイヤーである。土地利用現況調査レイヤー（2011 年度）は、ほぼ個別の敷地に相当するポリゴン単位で面積と代表用途が把握できる。土地利用現況調査レイヤーにおけるポリゴンは、隣接の敷地が同じ用途である場合、敷地の区分がされていない場合がある。つまり、一つのポリゴンに複数の敷地が含まれており、実際の法律上の定義とは異なる単位である。分析においては公共用地（官公庁、教育文化、原生医療、供給処理施設）、商業用地（事務所、専用商業、住商併用、宿泊・遊興、スポーツ・興行施設）、住宅用地（独立、集合住宅）、工業用地（専用工場、住居併用工場、倉庫運輸施設）の 4 つの区分を用いることとする。

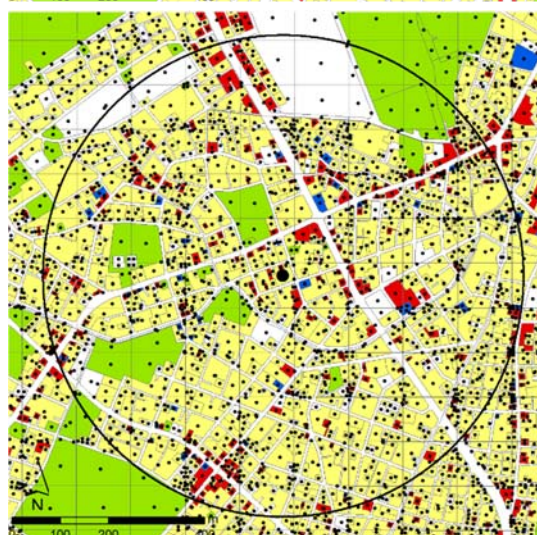
集計単位毎の混合度は、用途別の個別敷地の混合度の面積による加重平均であるため、ある程度用途別の敷地の数があることが望ましい。また、混合度と手段分担率の関係の分析も行うことも考慮し、集計単位は第 5 回東京都圏パーソントリップ調査の小ゾーンを用いる。一定規模の敷地数の確保のため、用途別の敷地数が 10 以下の小ゾーンは除き、249 ゾーンを対象とする。

集積性の測定において、基準となるポリゴン i の重心から D 以内に重心があるポリゴン j の用途別の面積から計算する。その際、公園など大きなポリゴンの一部が半径 D 以内に含まれる場合、用途別の割合が過小・過大になる恐れがある。具体的に言うと、ある大きいポリゴンの一部の狭い面積しか含まれないものの重心が半径 D 以内にあることで全体の面積が用いられると該当用途の割合が過大・他の用途の割合は過小になる。逆に、広い面積が含まれるものの重心が含まれないと、その用途の面積が除かれ、他の用途の割合が過大になる。それを防ぐため、まず全体のポリゴンと 100m メッシュによってより細かいポリゴンに予め分割しておき、分割されたポリゴンを j の集合とする。次に、分割する前のポリゴン i の重心から D 以内にあるポリゴン j の面積を用途別の集計することで割合を測定する。一部のポリゴンを対象として半径 D のバッファと正確に重なる用途別の割合と分割されたポリゴンを用いた重心間の距離による計算結果を比較した結果、大きい差はなく、過小・過大の問題がほぼないことを確認した。具体的な処理の流れは図 2.11 と通りである。区部以外の地域が測定半径に含まれる場合、その部分の土地利用も測定半径内の区部の土地利用の構成比と同じだと仮定し、区部内の面積のみを用いて各用途別の割合を計算する。但し、海面が含まれる場合、半径 D の円からデータの陸地部のポリゴンを引いたポリゴンの面積をその他の用途として考慮する。

① ポリゴン単位の土地利用データ



② 100m メッシュによるポリゴンの分割



③ 分割されたポリゴンの面積計算

④ 分割されたポリゴンの重心点の作成

⑤ 基準ポリゴン (i) の重心から D 以内に
含まれる分割されたポリゴンの重心 (j) の面積を集計

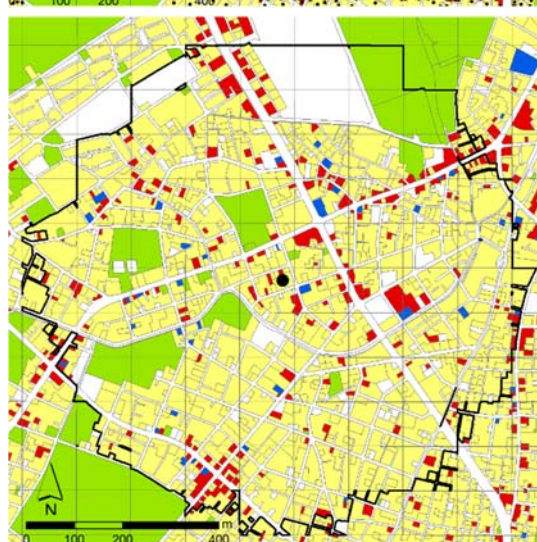


図 2.11 int_{ij} 測定のための土地利用データの処理

測定範囲の測定における測定半径 (D) は事前に決める必要がある。吉川 (1993)は、ミクロな土地利用混合状態を把握するため、地点別のある半径内の用途別の構成比を用いている。複数の半径の候補があるとき、赤池情報量基準を適用して各地点における最適な半径を求める方法を提案している。しかし、東京区部の全ての地点を対象として同様な計算を行うことは難しく、都市計画的に意味がある半径を用いることとする。コンパクトシティの政策では、徒歩圏内でローカルサービスと職業へアクセス可能な「Walkable city」がより魅力的になると主張している(OECD, 2012)。表 2.2 は、OECD (2012)がコンパクトシティの指標として提案している指標であり、徒歩圏内 (例えば、半径 500m 以内) に公共交通があるか、ローカルサービスへアクセス可能か、公園があるのかななどを重要な指標として挙げている。

表 2.2 Core compact city indicators

Category		Indicator	Description
Indicators related to compactness	Dense and proximate development patterns	1. Population and urban land growth	Annual growth rate of population and urban land within a metropolitan area
		2. Population density on urban land	Population over the surface of urban land within a metropolitan area
		3. Retrofitting existing urban land	Share of urban development that occurs on existing urban land rather than on greenfield land
		4. Intensive use of buildings	Vacancy rates of housing and offices
		5. Housing form	Share of multi-family houses in total housing units
		6. Trip distance	Average trip distance for commuting/all trips
		7. Urban land cover	Share of urban land in a metropolitan area
	Urban areas linked by public transport systems	8. Trips using public transport	Share of trips using public transport (for commuting/for all trips) in total trips
		9. Proximity to public transport	Share of population (and/or employment) within walking distance (e.g. 500 metres) of public transport stations in total population
		10. Matching jobs and homes	Balance between jobs and homes at the neighbourhood scale
	Accessibility to local services and jobs	11. Matching local services and homes	Balance between local services and homes at the neighbourhood scale
		12. Proximity to local services	Share of population within walking distance (e.g. 500 metres) of local services
		13. Trips on foot and by bicycle	Share of trips on foot and by bicycle (for commuting/for all trips) in total trips
Indicators related to the impact of compact city policies	Environmental	14. Public space and green areas	Share of population within walking distance (e.g. 500 metres) of green space accessible to the public
		15. Transport energy use	Transport energy consumption per capita
	Social	16. Residential energy use	Residential energy consumption per capita
		17. Affordability	Share of household expenditure on housing and transport in total household expenditure
	Economic	18. Public service	Expenditure on maintaining urban infrastructure (roads, water facilities, etc.) per capi

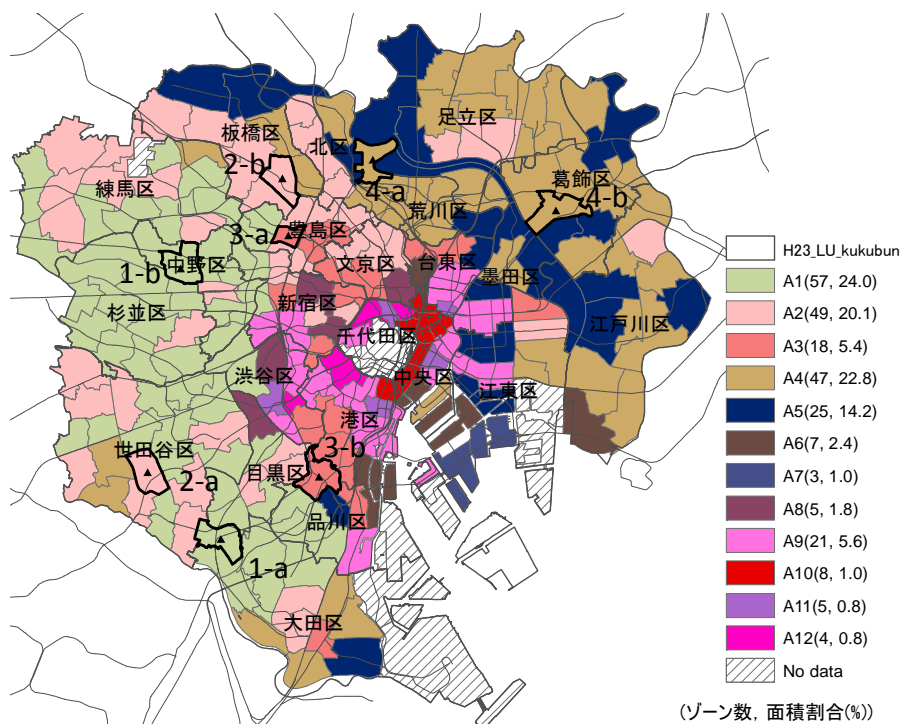
医療・福祉施設、商業施設や住居等がまとまって立地し、高齢者をはじめとする住民が公共交通によりこれらの生活利便施設等にアクセスできるなど、福祉や交通なども含めて都市全体の構造を見直し、「コンパクトシティ・プラス・ネットワーク」の考えで進めていくことを目的とし、立地適正化計画制度が創設され、立地適正化計画の作成について具体的な

取組を行っている都市は、357都市（2017年7月31日基準）である(国土交通省)¹。その中で拠点の設定において徒歩圏が重要となっており、立地適正化計画における都市機能誘導区域内に、必要な都市機能を誘導し、町の活力の維持・増進、持続可能な都市構造の再構築を積極的に図る地域である「中心拠点地区」の設定基準の中では、「バス・軌道の停留所・停車場（ピーク時運行本数（片道）が3本以上）から半径500mの範囲内」が挙げられている(国土交通省)²。そこで、徒歩圏が様々なサービスや拠点の基準となっていることから、本研究の集積性の測定における半径（D）は500mとする。

2.4.2 代表地区における混合度指標の比較

ポリゴンデータにおいても、指標の定義の時意図した土地利用パターンが把握できるか検証するため構成比が似た地区を選んで混合度指標の違いを比較する。東京区部の各小ゾーンの用途構成比を用いたK-meansクラスタ分析により、12クラスタに分類し、その中で住宅中心のA1とA2、副都心としてA3、住工混在地域としてA4を選択し、各クラスタから地区を2つずつ選んだ。各クラスタの分布と用途別の構成比を図2.12と図2.13に表している。

図2.14は8地区に対して用途ペア間の混合度を表したものである。3の混合度指標を持つ範囲が異なり、同じスケールで比較を行うため、混合度指標については、z-scoreを用いて標準化を行い、グラフとして表した。数字が同じ上下の組は、用途別の割合はほぼ同一であるが、混合度指標では違いが見られる。



¹ http://www.mlit.go.jp/en/toshi/city_plan/compactcity_network.html

² http://www.mlit.go.jp/toshi/city/sigaiti/toshi_urbanmainte_tk_000029.html

図 2.12 用途別構成比による地域の分類

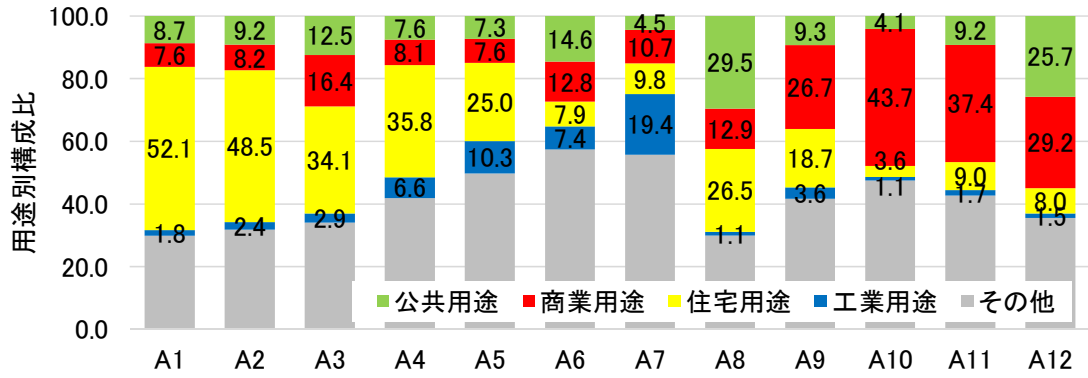


図 2.13 用途別構成比による類型別の平均用途構成比

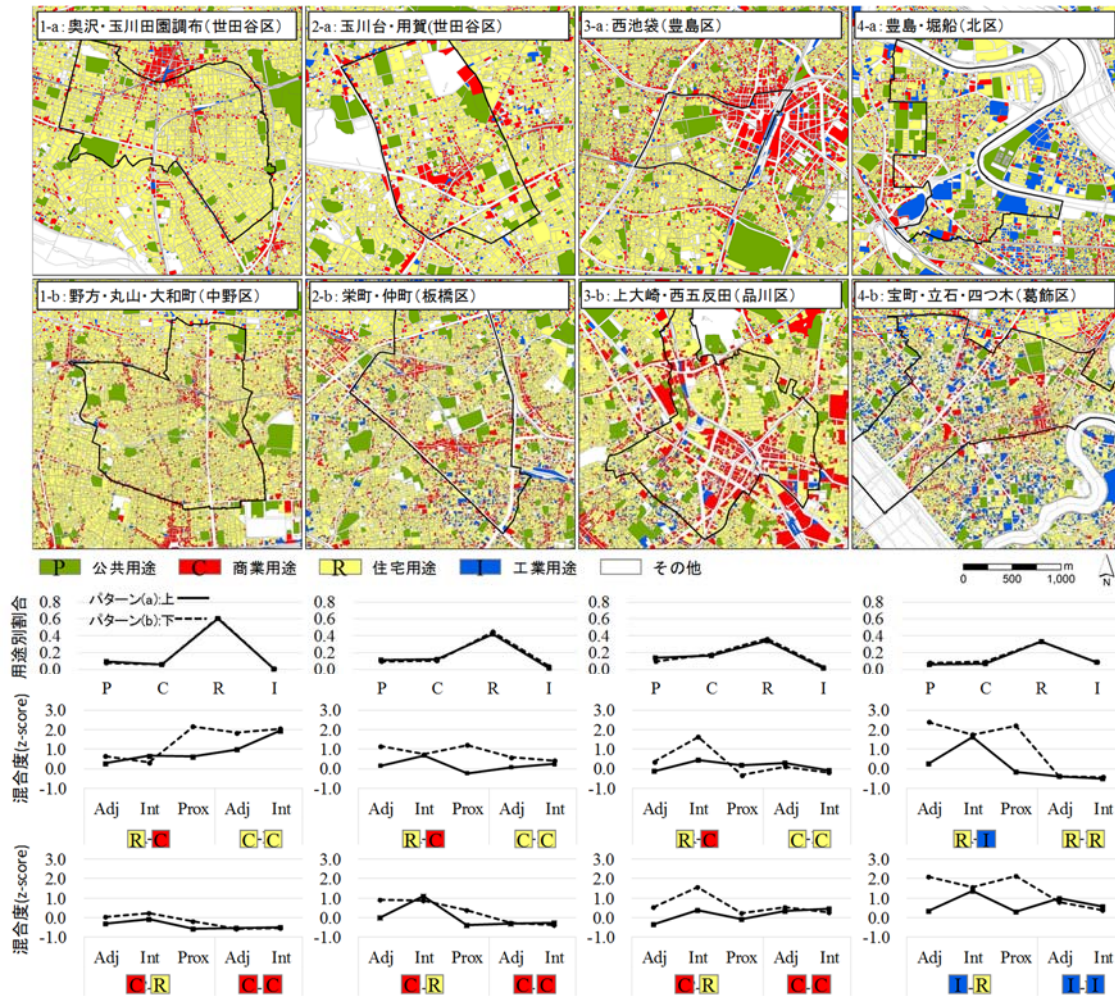


図 2.14 混合度比較の代表地区の一覧

(1) 地区(1-a)と(1-b)

住宅を基準として地区(1-a)と(1-b)を比較すると、 Adj_{RC} を比較すると、大きい差はないが、地区(1-b)が若干大きく、住宅地の中により商業が点的に分布しているためである。 Int_{RC} をみると該当地区周辺の自由が丘駅を中心とした商業の集積地があるため、地区(1-a)の値が大きい。 Adj_{RC} と Int_{RC} に比べ、 $Prox_{RC}$ の値に大きい差が見られる。地区(1-a)は商業用途が線状に連なって立地している一方で(1-b)は点的な商業用途が全地域に均一に分散していることを指標の値から読み取れる。

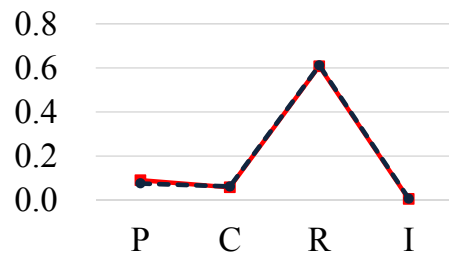


表 2.3 用途別構成比の比較(1-a, 1-b)

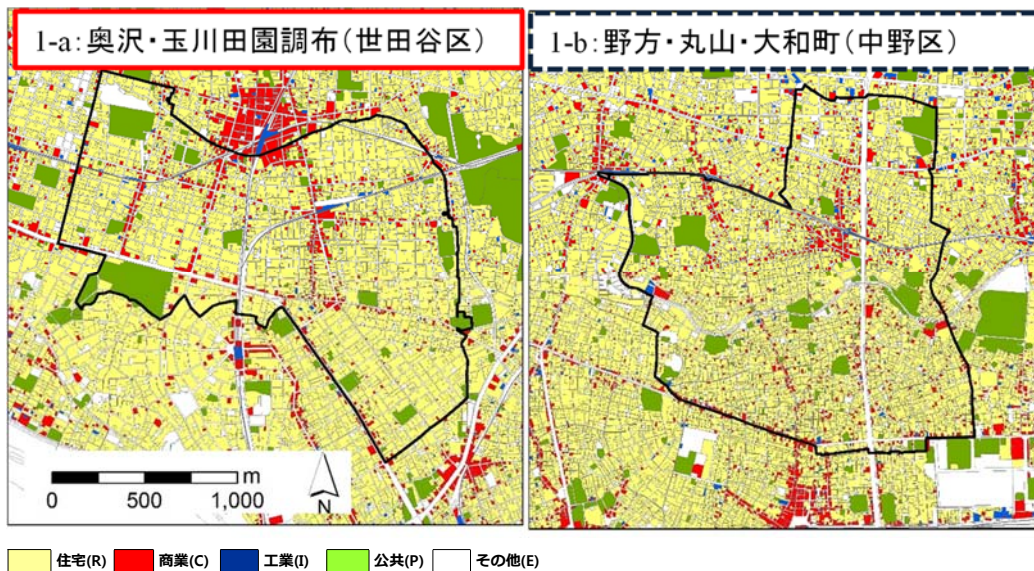


図 2.15 代表地区における土地利用パターンの比較(1-a, 1-b)

表 2.4 混合度の比較(1-a, 1-b)

		1-a	1-b
R-C	Adj	0.1843	0.2105
	Int	0.0437	0.0388
	Prox	0.0163	0.0246
R-R	Adj	1.2042	0.9017
	Int	0.3697	0.3606
C-R	Adj	0.1042	0.1237
	Int	0.0332	0.0372
	Prox	0.0035	0.0049
C-C	Adj	0.0235	0.0201
	Int	0.0058	0.0041

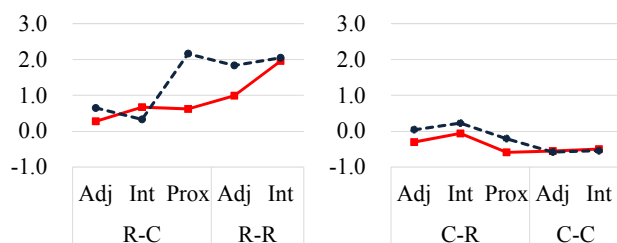


図 2.16 標準化した混合度の比較(1-a, 1-b)

(2) 地区 (2-b)は(2-a)

地区 (2-b)は(2-a)と比べ、 Adj_{RC} と $Prox_{RC}$ がともに大きく、商業用途の敷地が散在していることと対応している。一方で、集積性は一定距離内の量のみを考慮する指標であるため、 Int_{RC} はほぼ同じ値をとる。商業用途を基準として比較してもほぼ同一傾向がみられる。但し、地区(1-a)と(1-b)の場合、商業用途の割合が低く、指標値も低くなることにより、 $Prox_{RC}$ においては差が大きい一方で、 $Prox_{CR}$ においてはあまり差がない結果を表している。

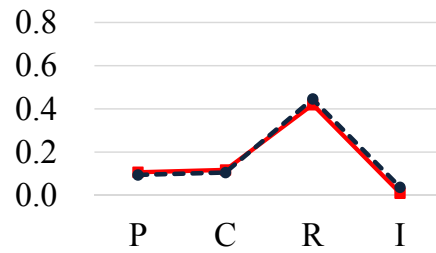


表 2.5 用途別構成比の比較(2-a, 2-b)
 $Prox_{RC}$ においては差が大きい一方で、 $Prox_{CR}$ においてはあまり差がない結果を表している。

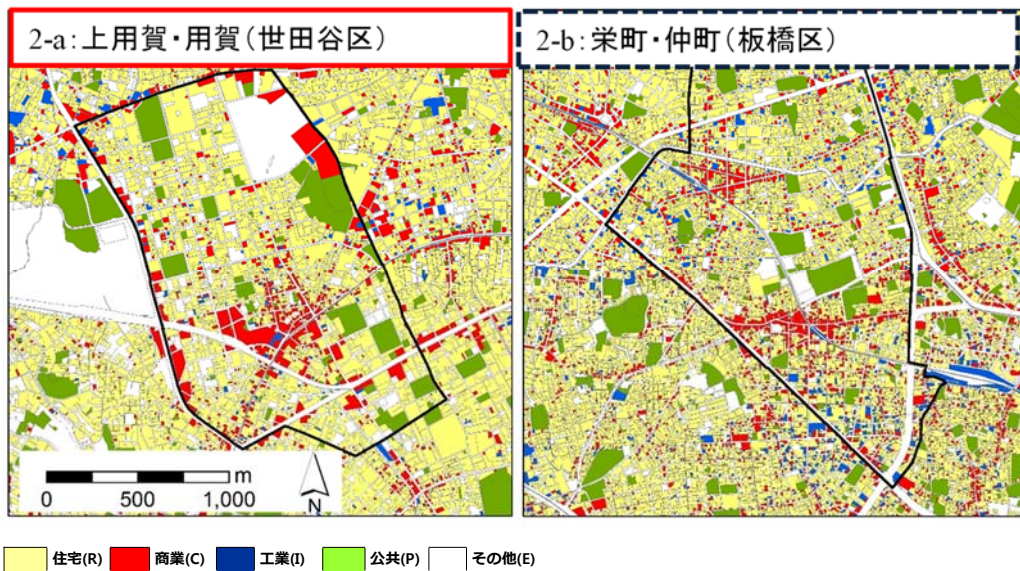


図 2.17 代表地区における土地利用パターンの比較(2-a, 2-b)

表 2.6 混合度の比較(2-a, 2-b)

		1-a	1-b
R-C	Adj	0.1752	0.2459
	Int	0.0438	0.0446
	Prox	0.0117	0.0195
R-R	Adj	0.5751	0.7543
	Int	0.1856	0.2015
C-R	Adj	0.1210	0.1736
	Int	0.0496	0.0464
	Prox	0.0043	0.0072
C-C	Adj	0.0541	0.0579
	Int	0.0150	0.0115

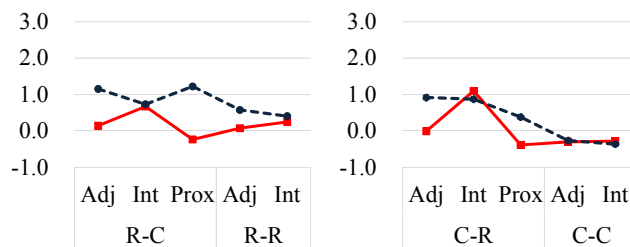


図 2.18 標準化した混合度の比較(2-a, 2-b)

(3) 地区(3-a)と(3-b)

地区(3-a)と(3-b)を比較すると、 Int_{RC} の値に大きな差が見られる。地区(3-a)の場合、池袋駅を中心とした商業集積地が偏っているため、地区全体における Int_{RC} は大きくない。一方、地区(3-b)における商業の分布は地区の中心を通りながら、長く分布しているため、地区全体における Int_{RC} が大きい値をとる。

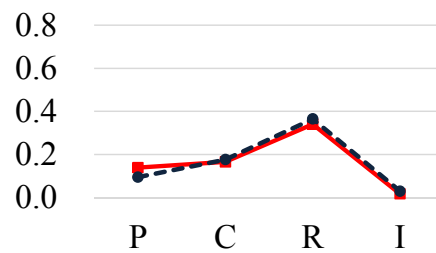


表 2.7 用途別構成比の比較(3-a, 3-b)

同じレベルの隣接性と近接性を持つパターンにおいて、異なる用途間の集積性が低くなることは、偏りがあること意味する。

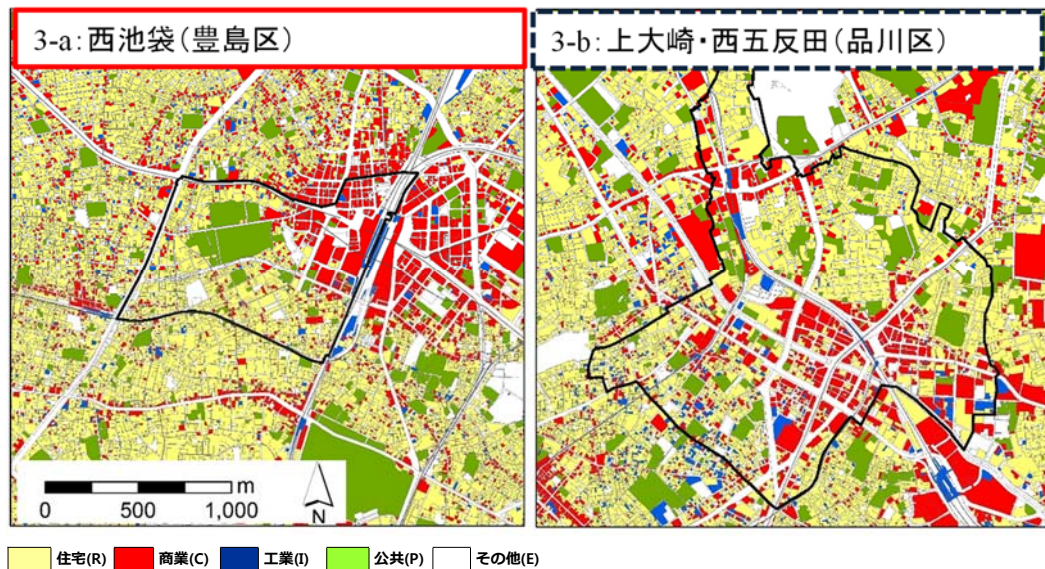


図 2.19 代表地区における土地利用パターンの比較(3-a, 3-b)

表 2.8 混合度の比較(3-a, 3-b)

		3-a	3-b
R-C	Adj	0.1564	0.1899
	Int	0.0405	0.0575
	Prox	0.0140	0.0112
R-R	Adj	0.6539	0.5886
	Int	0.1501	0.1392
C-R	Adj	0.1008	0.1523
	Int	0.0395	0.0560
	Prox	0.0054	0.0066
C-C	Adj	0.1295	0.1532
	Int	0.0453	0.0366

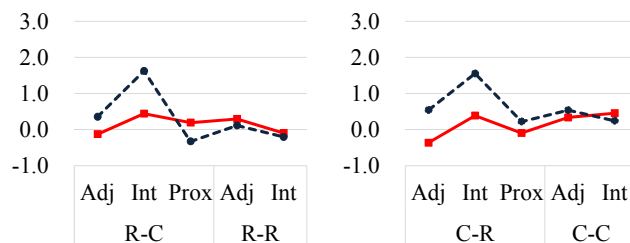


図 2.20 標準化した混合度の比較(3-a, 3-b)

(4) 地区(4-a)と(4-b)

地区(4-a)と(4-b)も住宅と工業用途間に(2-a)と(2-b)の関係と類似の傾向が見られる。

Int_{RI} はほぼ同じだが、(4-a)は Adj_{RI} や $Prox_{RI}$ は小さく、敷地が大きく塊を形成している一方、(4-b)は Adj_{RI} や $Prox_{RI}$ が大きく、住工混在地域であることがわかる。以上のように、用途別の割合からは区分できない土地利用

パターンを、用途ペア間の混合関係をみることにより明確に区分することが可能となる。

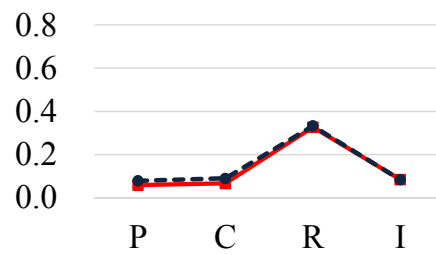


表 2.9 用途別構成比の比較(4-a, 4-b)

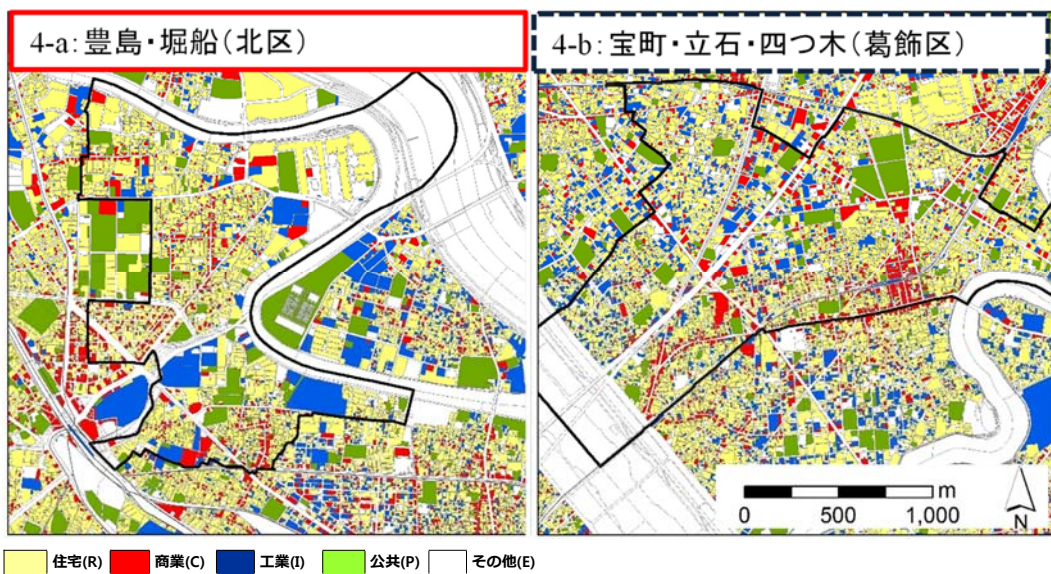


図 2.21 代表地区における土地利用パターンの比較(4-a, 4-b)

表 2.10 混合度の比較(4-a, 4-b)

		4-a	4-b
R-I	Adj	0.0775	0.1978
	Int	0.0291	0.0302
	Prox	0.0080	0.0182
R-R	Adj	0.4083	0.4109
	Int	0.1090	0.1170
I-R	Adj	0.0593	0.1339
	Int	0.0270	0.0288
	Prox	0.0023	0.0055
I-I	Adj	0.0487	0.0428
	Int	0.0104	0.0088

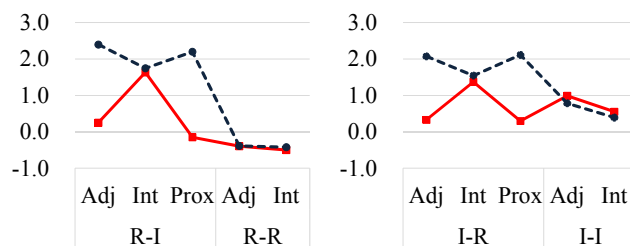


図 2.22 標準化した混合度の比較(4-a, 4-b)

2.5 まとめ

本研究では、一般的なポリゴン形式の土地利用図から用途間の空間関係に着目した混合度指標を開発した。土地利用パターンの定量化において、既存の研究のように単一の指標では空間的な分布の違いが十分に反映できないことから、空間内の用途別のポリゴンの細かさ、散在の程度を定量化するための隣接性、用途間の量的な混合を表すための集積性、空間内の分布の均等さを表すための近接性の3つの混合度指標を定義した。グリッドとポリゴン型のデータにおける各指標の値による土地利用パターンの特徴を明らかにし、3つの指標の組合せにより、土地利用パターンの空間的な分布の違いが定量化できることが明らかになった。

その結果、下記のことが明らかになった。

- 隣接性は、同・異用途間の隣接の程度を表すための指標であり、接面の長さを同面積の正方形の一辺の長さで除した値を用いる。用途 k からみた用途 l の隣接性 (Adj_{kl}) は、 $0\sim$ 無限大の範囲を持つ。但し、グリッドパターンにおいては、 $0\sim r_k$ (ここで、 r_k : 測定対象空間の面積における用途 k 割合) の範囲を持つ。 Adj_{kl} が 0 であれば、用途 k と l が隣接していないことを意味し、 Adj_{kl} が大きくなるほど用途 k の中で用途 l がばらばらに分布しているパターンとなる。
- 集積性は、影響範囲内の用途別の量を表すために、基準となる地点から一定範囲内の用途別割合を用いる。用途 k からみた用途 l の集積性 (Int_{kl}) は、 $0\sim r_k$ の範囲を持つ。 Int_{kl} が 0 であれば、用途 k から影響範囲内に用途 l が存在しないことで、空間的に完全に分離されているパターンである。用途 k と l の面積の構成比が一定である場合、 Int_{kl} が大きくなるほど大きさが均等な複数の塊を持つパターンとなる。
- 最後に、近接性は、空間内の分散の程度・行きやすさを考慮するための重心間の距離の逆数を用いる指標である。用途 k からみた用途 l の近接性 ($Prox_{kl}$) は、 $0\sim$ 無限大の範囲を持つ。但し、セルのサイズが 1 であるグリッドパターンにおいては、 $0\sim r_k$ の範囲を持つ。 $Prox_{kl}$ が 0 であれば、対象空間内に用途 k が存在しないパターンであり、この値が大きいほど用途 l が分散して分布しているパターンとなる。
- 3つの指標に相関関係があるが、構成している用途の割合が均等であるほど相関関係が小さく、それぞれの指標とその組合せにより、土地利用パターンが説明できる有意な情報を持つ。隣接性と集積性は用途間の量的なバランスが取れたとき最大値をとる一方、近接性は、量的なバランスが取れると最大値が小さくなる性質を持つ。
- 実際の東京都の土地利用パターンについて、同じ構成比を持っている地区を選定し、混合度指標を比較した結果、住宅と商業・工業用途の隣接性・近接性が高いと商業・工業用途が地区内に散在しているパターンであり、住宅からの集積性が低いことは地区内の商業用途の分布に偏りがあることが分かった。
- 用途の空間的な分布の違いを3つの指標から区分でき、それぞれの土地利用混合状態が生活の質に及ぼす影響の定量化に適用できることが分かった。

第3章 用途間の相互作用を考慮した土地利用配置モデル

3.1 はじめに

本章では、混合土地利用における評価基準と具体的な土地利用パターンとの関係を明らかにするため、3つの混合度指標に対する評価基準に基づいた土地利用配置モデルを提案する。ある混合度指標における評価基準は、その混合が利害関係者に与える影響の度合を表し、人々の選好と考えることができる。例えば、住宅用途周辺に工業用途の集積度が大きいと騒音、公害、通過交通など、住宅用途における負の効果をもたらすおそれがある。その場合、住宅用途は工業用途の集積による混合に対する評価は否定的であると考えられる。また、住宅用途の近くに商業用途があり近接度が大きい場合、住宅用途の立場からは買い物の利便性の増加、自動車利用の必要性の減少などといったメリットがあり、肯定的に評価されると考えられる。

このように様々な用途間の隣接度、集積度、近接度において評価基準が与えられたとき、意思決定者における重要な課題は、「どのように土地利用を配置すれば負の関係を持つ混合を防ぎ、正の関係を持つ混合を増やすことができるか」であると言える。実証分析結果や利害関係者へのアンケートなどに基づいた評価基準によって、望ましい土地利用パターンの具体案を提示することは、混合土地利用を空間計画として実現させる際に重要な課題である。また、評価基準が決まったとしてもそれに応じた土地利用パターンを具体化することは容易ではなく、異なる空間関係を同時に考慮することが求められる。

本章は以下のように構成される。まず、3.2節では、土地利用配置モデルの定式化を行う。その際、異なる混合度指標を同時に考慮するため、Reference point 手法を用いる。3.3節では、定式化した土地利用配置モデルの解をまとめるためのヒューリスティックアルゴリズムについて説明を行う。3.4節では、グリッドパターンにおける混合度に対する評価基準と現れる土地利用パターンの特徴の関係について考察を行う。3.5節では、モデルの結果の妥当性を検証するため、近隣住区の土地利用方針に基づいた評価基準を用い、モデルの結果と近隣住区概念図を比較する。

3.2 土地利用配置モデル

ある空間における用途間の混合と、それに対する評価は、混合度指標 ($Adj_{kl}, Int_{kl}, Prox_{kl}$) の大きさとそれぞれの指標に対する評価基準 ($w_{kl}^{Adj}, w_{kl}^{Int}, w_{kl}^{Prox}$) によって決まることとする。 $w_{kl}^{Adj}, w_{kl}^{Int}, w_{kl}^{Prox}$ は、それぞれ用途 k が l と隣接、集積、近接による混合に対して持つ評価基準であり、その値が正であれば、その混合度が大きければ大きいほど土地利用パターンの評価値が高く、負であれば、その混合度が小さければ小さいほど良いパターン評価値が低いことを意味する。このように設定すると、用途の数が u であるとき $3u^2$ 個の目的関数を持つ多目的問題として考えることができる。

$$\text{Max } w_{kl}^{Adj} Adj_{kl} \quad (3.1)$$

$$\text{Max } w_{kl}^{Int} Int_{kl} \quad (3.2)$$

$$\text{Max } w_{kl}^{Prox} Prox_{kl} \quad (3.3)$$

3.2.1 Reference point 手法による定式化

多目的問題を解くため、パレート最適化手法 (Pareto-based methods) と重み付き総和 (Weighted-sum methods) が多くの研究で使われてきた。パレート最適化手法は目的関数の相対的な重要性が独立であるという仮定の上で解を求める手法である一方、重み付き総和手法は複数の目的関数を一つの目的関数に結合することで単一目的問題として解を求める手法である。パレート最適化手法の場合、その解の多様性が最適化プロセスにおける収束の非効率性が問題として挙げられる。一方で、重み付き総和手法の場合、より効率的に解を求めることが可能ではあるが、目的関数の結合が難しいことと非凸状の解を求めることができないことが弱点として指摘されている (Mohammadi, Nastaran, & Sahebgharani 2016)

Stewart, Janssen, & van Herwijnen (2004) は、重み付き総和による解の場合、ある目的関数は良く満たされる反面、ある目的関数についてはあまり満たされない問題があると指摘している。そこで、彼らは一般化された goal programming method 手法である reference point 手法を用いている。Reference point 手法の特徴は、得られた解はパレート最適であるということである (Stewart & Janssen 2014)。

$$\text{Min } \sum_r w_r \left[\frac{z_r^* - z_r}{z_r^* - g_r} \right]^Y \quad (3.4)$$

ここで、 $z_1, z_2, z_3, \dots, z_M$ は個別目的関数であり、 z_r^* は z_r の理想の値 (例えば z_r の最大値)、 g_r は目的関数 r における Reference point (目標値)、 w_r は目的関数 r の相対的な重要度である。

3 つの混合度指標における目的関数を $s_1, s_2, s_3, \dots, s_R$ ($R=3u^2$) とし、それに対する評価基準を $w_1, w_2, w_3, \dots, w_R$ とすると以下のように書くことが可能である。

$$\text{Min} \sum_r^R |w_r| \left[\frac{s_r^* - s_r}{s_r^* - s_r^-} \right]^\gamma \quad (3.5)$$

Subject to

$$\sum_k^u x_{ik} = 1 \quad (3.6)$$

$$\sum_i^T x_{ik} = N_k \quad (3.7)$$

ここで、

$$x_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{セル } i \text{ の用途が } k \text{ の場合} \\ 0 & \text{それ以外の用途場合} \end{cases}$$

N_k は用途 k のセルの数、 s_r^* は s_r の理想の値、 s_r^- は s_r の最も悪い値で、例えば w_r が正であれば、 s_r の最大値が s_r^* であり、最小値が s_r^- である。 γ は目的関数の違反が大きくなることに対するペナルティーであり (Li & Parrott 2016), Stewart (1991) の結果に基づき、ここでは $\gamma = 4$ と設定した。土地利用配置モデルの適用のため、第 2 章の仮想空間の土地利用パターンで用いた空間と同様にトーラス構造を持つグリッド空間を用い、空間の大きさ化 7×7 とする。

3.2.2 Reference point の設定

Reference point 手法を用いる際に、Reference point (s_r^*, s_r^-) はパラメータとして与えられる。Reference point は実行可能な領域内・外のいずれかに設定することが可能である (Deb & Sundar 2006)。

マンハッタン距離に基づいてセル間の距離が定義される場合、一つのセルにおける隣接しているセルの数は最大 4 であり、影響範囲 D 内のセルの数は $2D(D+1)$ である。 Adj_{kl} の最大値は、用途が k で全てのセルが 4 つの用途が l であるセルと隣接しているときの値であり、最小値は用途が l であるセルと隣接していないときの値である。同様に、 Int_{kl} の最大値は影響範囲 D 内の全てのセルの用途が l であるときの値であり、用途が l であるセルがないときの値が最小値である。 $Prox_{kl}$ の場合、基準セル以外における最寄の用途 l までの距離を用いるため、用途が k である全てのセルの隣に用途が l のセルがある場合、 $Prox_{kl}$ は最大である。用途 k のセルから最寄の用途 l のセルまでの距離が $\max_{i \neq j} d_{ij}$ であると $Prox_{kl}$ は最小の値ととり、用途 l のセルが隣接しているなら $Prox_{kl}$ が最大の値をとる。表 3.1 は評価基準による s_r^* と s_r^- をまとめたものである。

表 3.1 Reference point の設定

	最大値	最小値	$w_{kl} > 0$		$w_{kl} < 0$	
			s_r^*	s_r^-	s_r^*	s_r^-
Adj_{kl}	$\frac{N_k}{T}$	0	$\frac{N_k}{T}$	0	0	$\frac{N_k}{T}$
Int_{kl}	$\frac{N_k}{T}$	0	$\frac{N_k}{T}$	0	0	$\frac{N_k}{T}$
$Prox_{kl}$	$\frac{N_k}{T}$	$\frac{N_k}{T} \frac{1}{\max_{i \neq j} d_{ij}}$	$\frac{N_k}{T}$	$\frac{N_k}{T} \frac{1}{\max_{i \neq j} d_{ij}}$	$\frac{N_k}{T} \frac{1}{\max_{i \neq j} d_{ij}}$	$\frac{N_k}{T}$

3.3 ヒューリスティックアルゴリズムによる土地利用パターンの探索

(3.4)に基づいた土地利用パターンを求める際、図 3.1 のランダム交換によるヒューリスティックプロセスを用いる。先行研究の中でもランダム交換による土地利用配置を行った例が見られる(玉川 2000; Slager & de Vries 2013)。

- ① 初期パターンの設定：用途別のセルの数に基づき、ランダムで各セルに用途を配置し、初期パターンとする (X_{Lo})。
- ② 代案パターンの生成：初期パターンからランダムで2つのセルを選択し、そのセルの用途を相互交換したパターンを代案パターンとする。初期パターンから $n-1$ 個の代案パターンを生成する。
- ③ 混合度指標の計算：初期パターンを含めた n 個のパターンごとに混合度指標を計算する。
- ④ 目的関数の計算：③の混合度指標の値と評価基準 (w_{kl}^{Adj} , w_{kl}^{Int} , w_{kl}^{Prox}) から式(4.15)による目的関数を計算する。
- ⑤ パターンの評価：④の結果に基づき、目的関数の値が最も小さいパターンを選び、そのパターンを X_{Lo} とする。
- ⑥ 反復回数の判断：反復回数が最大反復回数 (I) 以下であれば②に戻り、 I であるとプロセスを終了する。

上記のプロセスによる結果は、初期パターンに依存する可能性があり、局所的最適解が得られることを防ぐため、①～⑥のプロセスを M 回行い、得られた M 個のパターンの中で目的関数の値が最も小さいパターンを最終的な解とする。

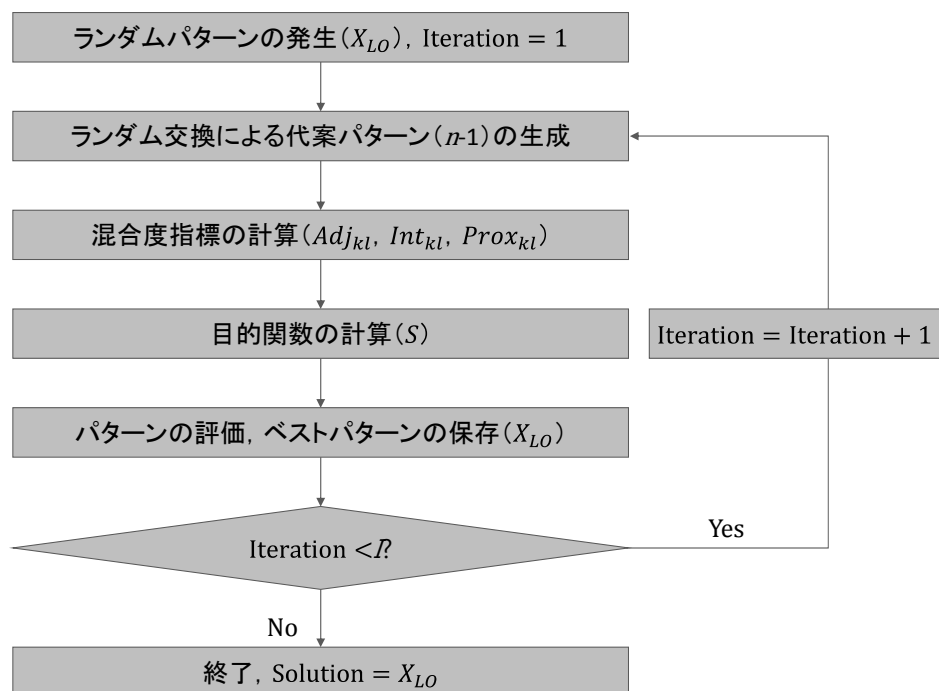


図 3.1 ヒューリスティックアルゴリズム

3.4 用途間における評価基準と土地利用パターンの対応関係

3.4.1 用途間における評価基準の設定

本研究では、特定の評価基準を満たしている土地利用パターンを抽出することではなく、多様な評価基準とそれを満たす土地利用パターンの特徴間の対応関係を求めることを目的としているため、複数の評価基準を設定した上で、その結果パターンの特徴を見ていく必要がある。

それに関する先行研究として、奥平(1976)は 3 つの用途間において、同・異用間の交流、反発を考慮した 8 種類の基準を設定し、それによる土地利用パターンの特徴を論じている。玉川(2000)は同用途間の純化と異用途間の混合のみを考慮した基準を設定し、「マイクロ純化・マクロ混合」の計画ロジックによる土地利用パターンの特徴として細長い集塊パターンを生起させる傾向があると分析した。これらの研究は、限られている評価基準に対する土地利用パターンの特徴について論じた点では意義深いと思われる。

しかし、その結果をより一般化するためには、評価基準の設定においていくつかの課題が挙げられる。まず、実際の土地利用において全ての用途間の影響関係を把握することは難しく、把握されなかった用途間の関係により、土地利用パターンが大きく変わる可能性もある。従って、より多様な評価基準を考慮した土地利用パターンの特徴を論じる必要がある。次に、同じ用途のペアでも空間関係による影響関係が異なる場合もある。玉川(2000)は、2 つの異なるレベルの範囲による影響関係の複合化を行ったが、同じ指標に対する影響範囲による

影響関係の違いのみ考慮している。本研究では、異なる空間関係を表す3つの指標間の影響関係の複合化を考慮する。そこで、W, B, Gの3つの用途で構成されている空間を想定し、以下のように用途間の関係を設定する。

- 同用途の間には隣接による影響関係のみを考慮し、負の関係は存在しないこととする。また、空間内での支配的な用途の同士には正の関係のみを考慮する。
- 異用途の間には、正・影響ない・負の3つの関係が存在することとする。
- 評価基準は対称関係である。
- 式(3.6)では、 w^r により各指標における重要度に差をつけることができるが、本研究では、全ての指標に対する需要度差は考慮せず、均等であることとする。

隣接性における評価基準 (W^{Adj}) は 108 種類であり、同用途間の関係を考慮しない集積性、近接性における評価基準は (W^{Int} , W^{Prox}) は 27 種類である。さらに、その組合せを考慮するため、設定する全ての評価基準の種類は 78,732 となる。

$$\begin{array}{ccc}
 W^{Adj} & & W^{Int}, W^{Prox} \\
 = \begin{pmatrix} & +1 & -1/0/+1 \\ -1/0/+1 & & 0/+1 \\ -1/0/+1 & & -1/0/+1 \end{pmatrix} & = & \begin{pmatrix} & 0 & -1/0/+1 \\ -1/0/+1 & & 0 \\ -1/0/+1 & & -1/0/+1 \end{pmatrix} \\
 108 \text{ 種類} & & 27 \text{ 種類}
 \end{array}$$

3.4.2 配置モデルにおけるパラメータの設定

提案したモデルにより土地利用配置を行うため、用途別のセルの数 (N_k)、影響範囲 (D)、ヒューリスティックアルゴリズムにおける最大反復回数 (I) の設定を行う。2.3 節と同様にトラス型のグリッド空間を用いる。空間の大きさは 7×7 とし、3種類の用途別の数は用途 W が 25 個、用途 B と G がそれぞれ 12 個あるパターンについて考察を行う。

次に、影響範囲については $D=2$ と $D=3$ の2つの影響範囲について分析を行う。マンハッタン距離によりセルの間の距離を定義しており、 D が 3 より大きくなると、任意の2つのセルの間の距離が 2 つになる問題がある。図 3.2 を見ると、 d_{12} は 3 である一方、 $d_{12'}$ は 5 となり、 $D=4$ であれば、同じセルが異なる距離においてダブルカウントされる。同じセルが異なる距離によりダブルカウントされることを防ぐため、最大影響範囲として 3 を用いる。

最後に、最大反復回数の設定について述べる。ヒューリスティックの方法を用いるため、反復回数 (I) により結果パターンにおける目的関数の値が異なる可能性がある。目的関数の値が収束できる反復回数を求めるため、反復回数の増加による目的関数の変化を分析した。図 3.3 は、 n を 10、 M を 4 と設定したとき、全ての評価基準における反復回数 200 回ごとの目的関数の減少率の分布を表している。600 回以後の減少率はほぼ 0 であり、目的関数が収束していると判断し、 I を 800 回と設定したときの結果を用いる。

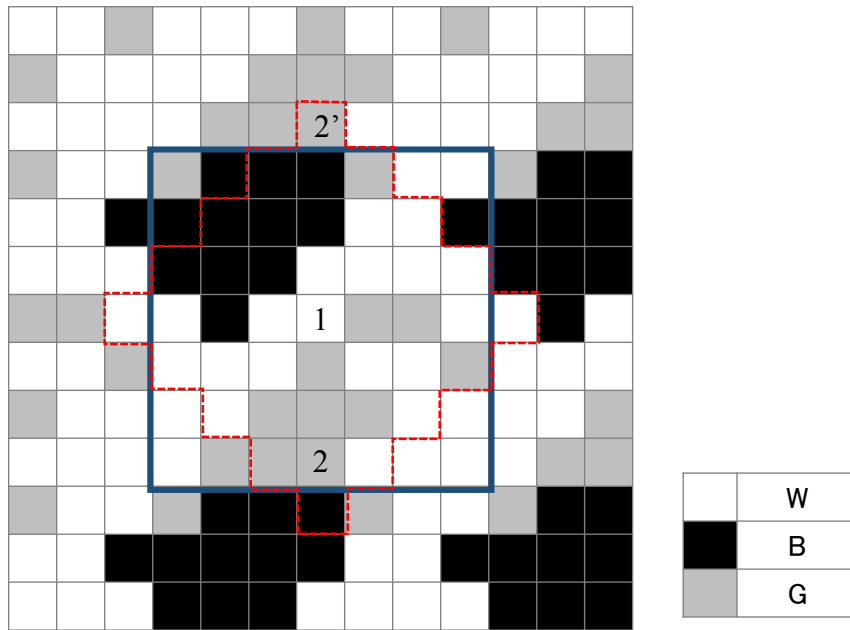


図 3.2 D によるセル間の距離

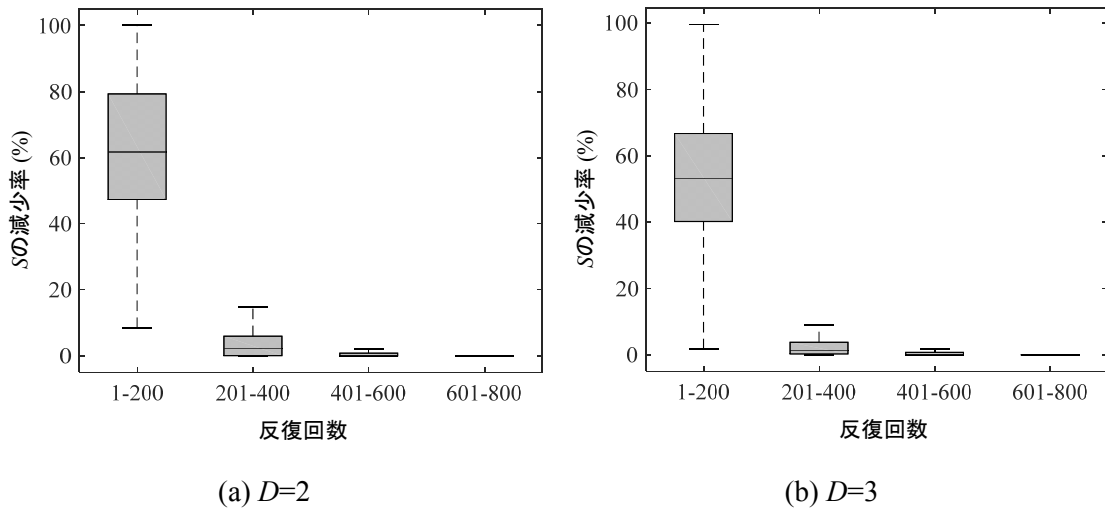


図 3.3 反復回数による目的関数の値の変化

3.4.3 結果パターンの Class 区分

モデルの結果パターンについて特徴を見るため、指標の値により類型化を行う。 $D=2$ と $D=3$ の結果パターンを合わせた 157,464 パターンについて、各指標の平均と標準偏差に基づき、Class1 ($< \text{平均} - 0.5 \text{ 標準偏差}$)、Class2 ($\geq \text{平均} - 0.5 \text{ 標準偏差} \ \& \lt \text{平均}$)、Class3 ($\geq \text{平均} \ \& \lt \text{平均} + 0.5 \text{ 標準偏差}$)、Class4 ($\geq \text{平均} + 0.5 \text{ 標準偏差}$) の 4 つの Class に区分する。但し、同じパターンでも D により集積性の値は異なるため、 $D=2$ の結果パターンの集積性の値は $D=3$ として新たに計算した値を使い、全てのパターンの平均値と標準偏差を求めた。ある 2 つの

用途のペアを考慮すると、隣接性、集積性、近接性により、64個のClassに区分することが出来る。例えば、ある結果パターンがC122_{WB}として分類されたら、Adj_{WB}はClass1、Int_{WB}はClass2、Prox_{WB}はClass2であるパターンを意味する。表3.2は、WとBの間、用途B同士の指標におけるClassの分類基準値とClassごとの結果パターンの割合を表しており、図3.4は指標値の分布を表している。

表 3.2 用途 W と B, 用途 B 同士の指標による Class 区分

区分	Mean -0.5SD	Mean	Mean +0.5SD	D=2				D=3			
				Class1	Class2	Class3	Class4	Class1	Class2	Class3	Class4
Adj _{WB}	0.068	0.090	0.113	33.9%	17.0%	19.9%	29.2%	36.4%	19.0%	20.0%	24.6%
Int _{WB}	0.105	0.114	0.123	31.4%	19.6%	15.3%	33.8%	33.7%	19.9%	14.9%	31.5%
Prox _{WB}	0.337	0.368	0.398	32.2%	18.0%	17.5%	32.3%	34.4%	18.1%	18.8%	28.7%
Adj _{BB}	0.072	0.097	0.121	33.4%	16.5%	17.2%	32.9%	27.8%	13.8%	17.1%	41.3%
Int _{BB}	0.061	0.069	0.078	33.7%	18.1%	14.0%	34.2%	37.6%	14.7%	12.5%	35.2%
Prox _{BB}	0.198	0.216	0.235	22.7%	15.8%	23.3%	38.2%	21.3%	14.1%	22.2%	42.4%
Adj _{GB}	0.039	0.058	0.077	32.7%	17.3%	18.0%	32.0%	35.9%	18.3%	16.1%	29.7%
Int _{GB}	0.054	0.061	0.069	33.5%	16.6%	17.1%	32.8%	27.8%	13.8%	17.2%	41.2%
Prox _{GB}	0.162	0.184	0.206	36.3%	13.9%	16.9%	32.9%	34.6%	12.8%	15.0%	37.6%

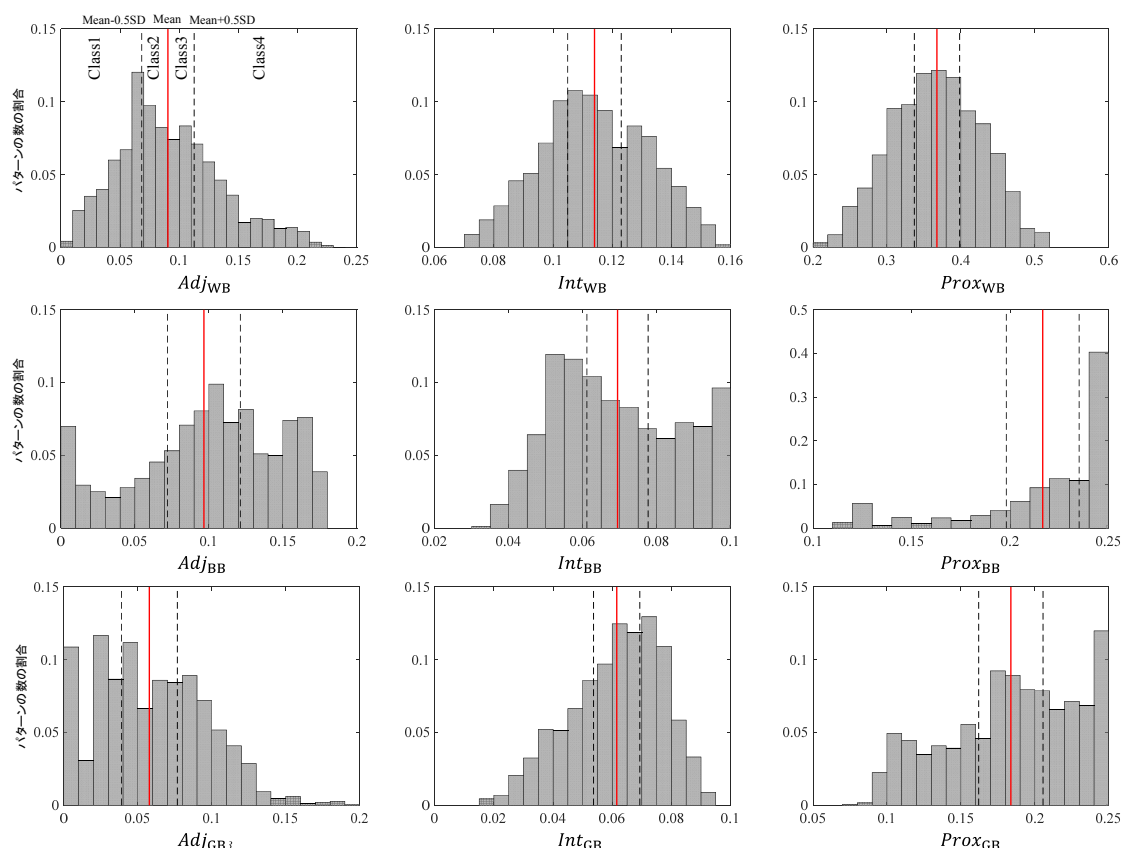


図 3.4 結果パターンにおける用途 W と B, 用途 B 同士の指標の分布

3.4.4 評価基準と結果パターンの関係分析

土地利用配置モデルによる土地利用パターンを求めるためには、評価基準である w_{kl}^{Adj} , w_{kl}^{Int} , w_{kl}^{Prox} を事前に与える必要がある。この評価基準は適合性(Cao et al., 2012; Mohammadi et al., 2016)や依存性(Masoomi et al., 2013)という概念として適用されてきた。その値を設定する際、多くの先行研究では専門家に対するアンケート(Haque & Asami, 2011; Masoomi et al., 2013)を用いている。しかし、決まった評価基準があるとは言い難く、社会・経済・物理的な背景によってその基準は異なると考えられる。

そこで、主要な用途間の関係に関する評価基準が与えられたとき、残りの指標における多様な評価基準を満たせる特徴を導くことに着目する。78,732 個の評価基準の中で、用途 W と B の関係に注目し、表 3.3 の基準を満たす評価基準集合を対象として土地利用パターンの特徴について述べていく。例えば W1 は用途 W と B の間の混合度指標における評価基準が全て正の場合、W2 は用途 W と B の間の混合度指標における評価基準が w_{WB}^{Adj} のみ無関係となる場合であり、各パターンの評価基準数はそれぞれ 2,916 個となり、その評価基準集合による結果パターンにおける共通的な土地利用パターンの特徴を分析する。特に、同じ用途間であっても指標による評価基準が異なる場合の特徴についても考察する。

表 3.3 対象評価基準の一覧

区分	W1	W2	W3	W4	W5	W6
w_{WB}^{Adj}	+1	0	-1	-1	-1	-1
w_{WB}^{Int}	+1	+1	+1	-1	-1	+1
w_{WB}^{Prox}	+1	+1	+1	-1	+1	-1
合計	2,916	2,916	2,916	2,916	2,916	2,916

各評価基準集合における共通的なパターンの特徴を見るため、各評価基準集合と全体評価基準集合における用途 W と B の間の指標と用途 B 同士の指標による Class 別の構成比を計算し、表 3.4 のように Class を 3 つの Type に分類した。Type1 と Type2 に分類される Class は、該当評価基準集合を満たしているパターンの特徴であり、特に Type2 は、該当評価基準集合で特に多く出るパターンの特徴であると言える。Type3 は、逆に該当評価基準集合ではあまり出ないパターンである。

表 3.4 全体と該当評価基準集合における構成比による Class の Type 区分

区分	全体評価基準集合	該当評価基準集合
Type1	割合が大きい上位 5 つの Class	該当評価基準集合における構成比が 5%以上であり、全体評価基準集合における構成比より大きい。
Type2	上位 5 つの Class ではない	
Type3	上位 5 つの Class	全体における構成比により、該当評価基準集合における構成比が小さい。
Type4	その他	

表 3.4 と表 3.5 は、それぞれ用途 W と B の間の指標による Class 別の構成比、用途 B 同士の指標による Class 別の構成比である。但し、6 つの全ての評価基準の集合において Type4 に該当する Class は除いて表している。 w_{WB}^{Int} と w_{WB}^{Prox} が正である W1, W2, W3 における Class の Type と、3 つの指標の中で 2 以上の評価基準が負である W4, W5, W6 における Class の Type は逆の傾向を示している。また、図 3.5 と図 3.6 は、各評価基準の集合において上位 5 つの Class において用途 W と B の間の評価基準以外に Class の違いに最も関係のある評価基準とそれによる Class 別の割合を表している。Class の違いに最も関係がある評価基準については、指定した 6 個の評価基準を除いた 21 個において評価基準の値 (-1/0/+1) と上位 5 つの Class のクロス集計に対する χ^2 検定の結果、有意確率 (p) が最も小さい評価基準を選んだ。それぞれの各評価基準集合と結果パターンの特徴について述べていく。

表 3.5 用途 W と B の間の混合度指標による結果パターンの Class の区分

Class	全体 (%)	W1(+/+)		W2(0/+)		W3(-/+)		W4(-/-)		W5(-/+)		W6(-/+)	
		D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3
C111	21.40	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.03	89.03	91.84	11.66	11.69	18.79	30.62
C112	3.20	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.24	0.00	0.14	17.90	23.15	1.17	0.21
C113	0.62	0.00	0.00	0.03	0.34	0.00	0.31	0.00	0.00	5.32	5.56	0.03	0.00
C121	3.38	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.34	6.45	5.21	1.85	0.93	21.36	25.72
C122	2.09	0.00	0.00	0.07	0.89	0.14	0.99	0.03	0.07	11.73	7.41	2.71	0.34
C131	1.19	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.17	0.07	0.14	0.17	0.03	12.59	15.57
C141	0.91	0.00	0.00	0.00	2.19	0.00	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	7.27	10.36
C212	1.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	4.66	6.76	1.71	0.07
C213	0.86	0.00	0.00	0.10	0.03	0.14	0.07	0.00	0.00	3.57	5.18	0.14	0.00
C221	1.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	0.86	0.07	0.07	14.33	8.44
C222	2.32	0.00	0.00	0.45	0.55	0.24	0.41	0.07	0.07	5.93	7.41	5.21	1.10
C223	1.92	0.00	0.00	0.99	0.79	1.37	1.37	0.00	0.00	7.20	11.39	0.07	0.00
C243	2.51	0.00	0.00	2.43	9.95	2.81	16.67	0.00	0.00	3.22	0.99	0.07	0.00
C244	1.37	0.00	0.00	5.80	9.71	7.99	13.17	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
C334	1.11	1.89	0.79	3.19	1.20	5.01	1.85	0.00	0.00	0.58	0.82	0.00	0.00
C343	1.39	0.27	2.09	1.37	5.01	1.95	5.45	0.00	0.00	0.51	0.21	0.00	0.00
C344	6.06	5.32	10.46	26.06	31.62	46.54	34.71	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00
C434	3.58	6.58	1.17	4.15	0.17	1.41	0.00	0.00	0.00	0.17	0.45	0.00	0.00
C444	16.35	84.53	82.92	45.68	22.43	20.34	3.33	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
Type1~3 の小計		96.43	94.55	81.72	79.18	81.31	73.70	95.47	97.05	62.00	79.90	79.56	90.71

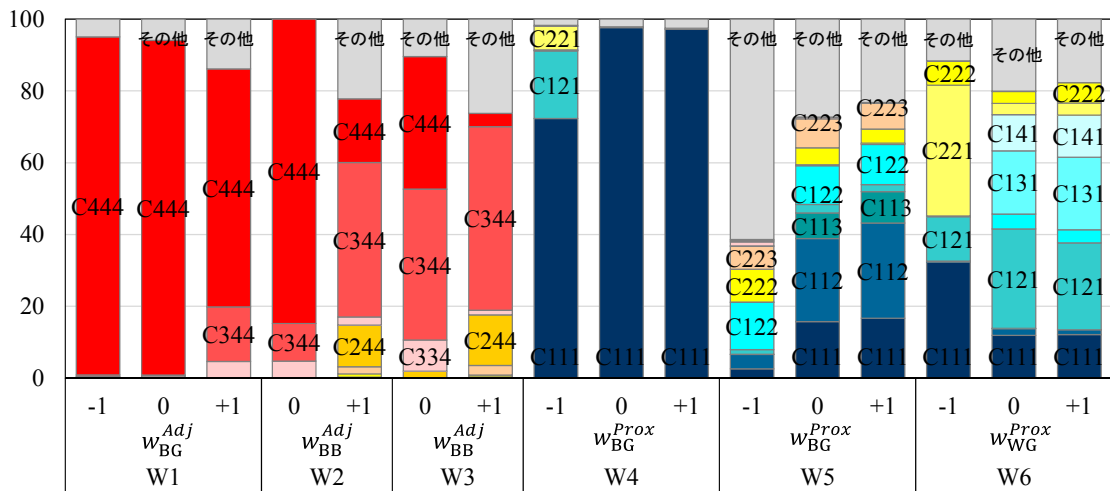


図 3.5 用途 W と B の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係 ($D=2$)

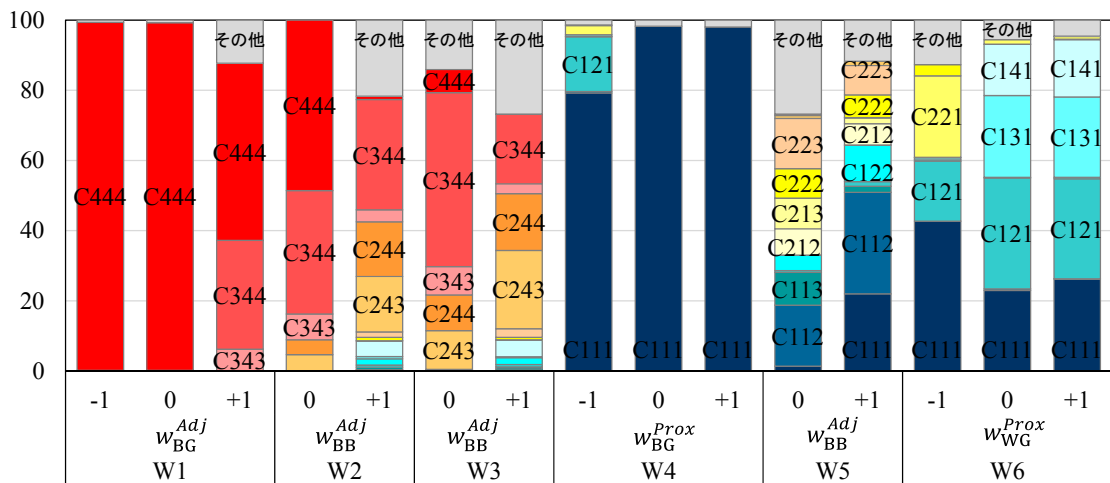


図 3.6 用途 W と B の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係 ($D=3$)

表 3.6 用途 B 同士の混合度指標による結果パターンの Class の区分

Class	全体 (%)	W1		W2		W3		W4		W5		W6	
		D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3
C111	14.29	31.41	50.41	23.18	19.65	12.72	13.10	0.31	0.48	3.19	3.09	1.68	1.27
C112	3.28	8.98	9.50	9.43	3.19	5.76	4.29	0.00	0.00	0.38	0.38	1.85	0.75
C113	1.93	11.42	3.84	8.33	2.37	8.98	2.30	0.00	0.00	0.27	0.10	0.48	0.17
C121	5.02	15.33	2.64	3.22	0.34	2.37	0.31	0.55	0.86	4.39	4.25	1.34	0.89
C213	3.53	4.22	10.60	5.14	10.46	9.22	9.12	0.03	0.03	0.89	1.13	2.57	3.57
C214	2.01	8.47	6.72	9.02	5.21	11.15	4.49	0.00	0.00	0.34	0.82	2.43	0.14
C314	3.86	0.72	8.61	12.89	12.07	14.64	11.97	0.00	0.00	1.41	2.13	6.89	5.28
C343	2.52	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	5.18	4.49	1.85	2.02	1.30	0.79
C414	3.62	0.00	0.00	5.49	22.46	7.48	25.65	0.03	1.20	0.24	1.54	2.47	14.20
C424	2.70	0.00	0.00	2.91	5.80	6.72	4.70	0.31	0.55	1.61	7.00	2.43	8.02
C434	3.37	0.00	0.00	2.57	5.21	5.32	7.92	3.33	3.26	3.43	5.93	6.55	11.08
C443	5.24	0.00	0.00	0.21	0.14	0.10	0.03	9.57	9.53	13.07	11.73	6.31	5.01
C444	20.65	0.00	0.00	0.03	1.34	0.93	3.64	62.89	65.26	23.05	24.04	28.05	31.62
Typel~3 の 小計		76.34	88.48	76.95	82.68	85.39	71.74	78.50	76.13	45.10	58.16	50.82	77.37

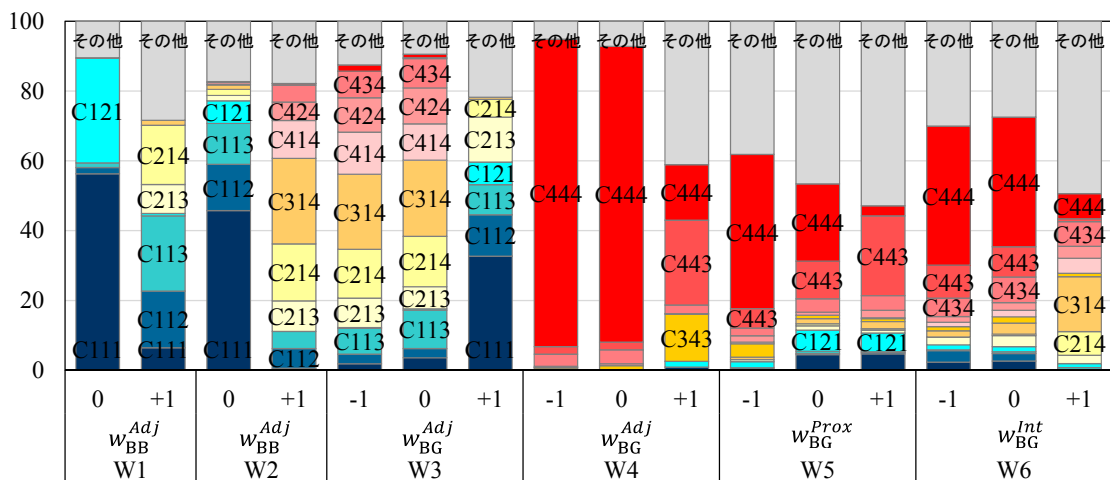


図 3.7 用途 B 同士の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係 ($D=2$)

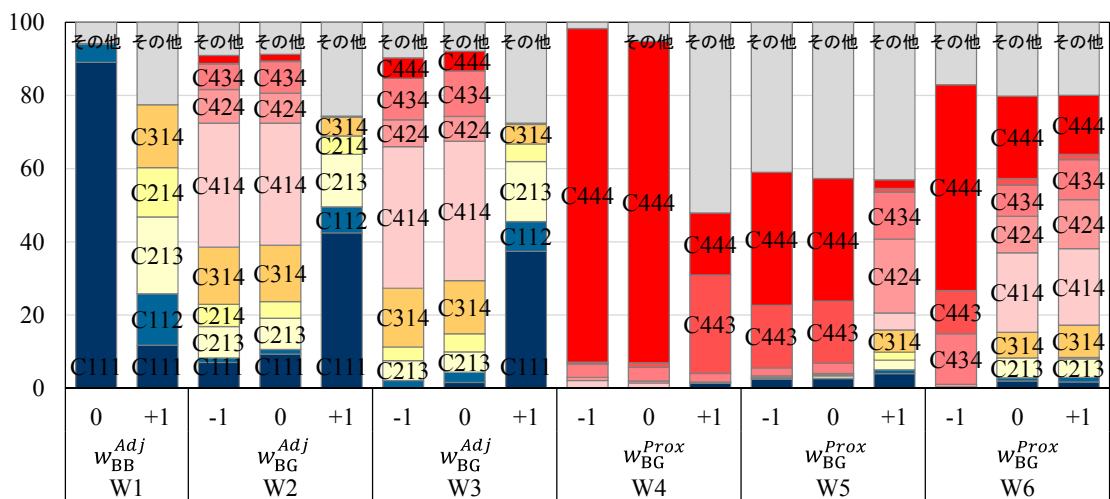


図 3.8 用途 B 同士の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係 ($D=3$)

表 3.7 用途 G と W の間の混合度指標による結果パターンの Class の区分

Class	全体	W1		W2		W3		W4		W5		W6	
		D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3	D=2	D=3
C111	19.24	23.59	24.01	22.87	22.19	22.53	21.60	12.14	11.52	21.81	20.10	19.58	17.04
C112	2.95	5.56	6.76	5.62	5.01	4.15	4.80	0.86	0.27	1.13	1.51	1.34	3.53
C131	2.41	3.26	4.22	2.40	4.63	1.95	5.52	0.38	2.57	1.99	2.13	0.45	3.36
C243	2.82	2.33	2.85	1.17	3.16	1.27	2.33	0.62	3.74	2.09	6.76	0.34	0.82
C344	4.72	1.71	0.45	4.87	3.33	5.04	4.80	8.98	10.32	3.74	5.97	6.52	8.44
C424	2.59	6.89	5.28	6.00	6.93	6.52	6.34	0.03	0.03	0.72	1.47	2.54	4.77
C434	4.34	8.26	1.58	10.19	5.04	8.61	4.84	1.75	0.93	3.70	2.64	10.46	7.82
C444	16.82	2.23	5.49	7.85	9.36	9.57	9.88	29.94	27.23	22.67	20.20	22.22	19.72
Typel~3 の小計		48.25	43.55	57.41	51.85	56.41	57.78	53.67	50.27	53.05	57.17	60.12	56.55

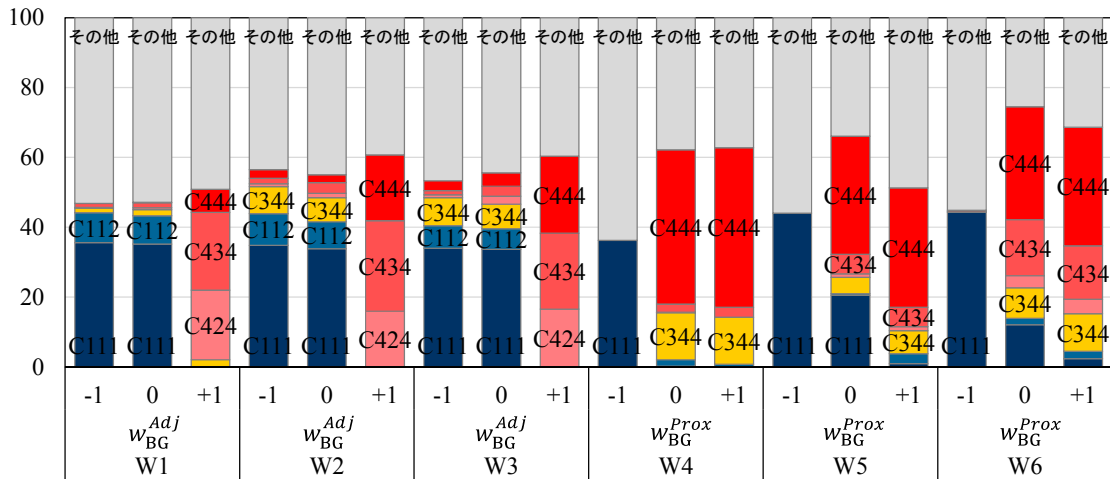


図 3.9 用途 G と B の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係(D=2)

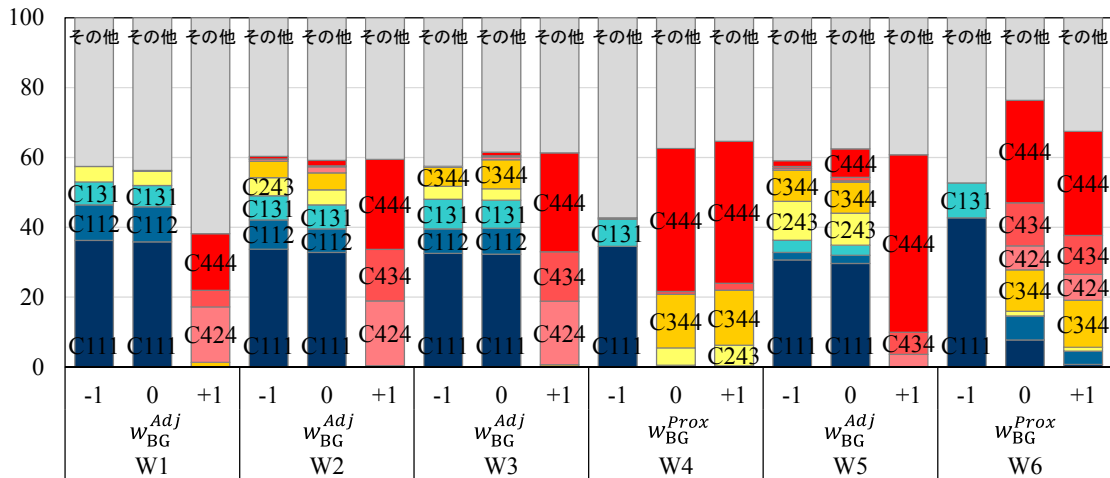


図 3.10 用途 G と B の Class の違いに影響が大きい評価基準と Class の関係(D=3)

(1) W1のパターンの特徴

用途 W と B において両方の影響範囲における $C444_{BW}$, $D=2$ の時の $C434_{BW}$, $D=3$ の時の $C344_{BW}$ が Type1 に分類され, $C444_{BW}$ が W1 によるパターンの 80% を占めている. 用途 B 同士の混合度による Class の分布を見ると, $C111_{BB}$ が Type1 として分類され, 半分程度を占めている. その特徴を見ると, Adj_{WB} , Int_{WB} , $Prox_{WB}$ が同時に大きくするため用途 B が空間全体に分散しているパターンが現れる.

用途 B が塊を形成して分散して分布している $C112_{BB}$, $C214_{BB}$ が Type2 として分類され, 全体と比べて W1 で見られる特徴であり, 特に w_{BB}^{Adj} が正の値を持つと多く現れる. そのとき, 影響範囲が広いほど塊が大きくなり, $D=3$ の結果パターンにおける結果パターンからは, 用途 B 間の隣接性と近接性が両方大きい $C314_{BB}$ の割合が大きい一方, $D=2$ の結果パターンからは近接性のみ $C113_{BB}$ の割合が大きい. 図 3.11 は $D=2$ の結果パターンが $C113_{BB}$ の評価基準に対して, $D=3$ の結果パターンの Class 別の割合と指標の値を表している. $C213_{BB}$ の割合が最も大きいことから, 同じ評価基準に対して $D=3$ の場合の用途 B の塊が大きいことが読み取れる. 大きい塊を形成しても Int_{WB} の値は $C113_{BB}$ の時とあまり変わらず, Adj_{BB} も大きくすることができるため, $D=3$ では大きい塊が現れる.

w_{BB}^{Adj} が 0 であれば, $C111_{BB}$ が多く表れ, 全体的に分散して分布している特徴が見られる. 但し, 図 3.7 を見ると $D=2$ の結果からは用途 B が隣接せずに集まって分布するパターン ($C121_{BB}$) が表れている. 図 3.12 は $D=3$ の結果パターンが $C111_{BB}$ の評価基準に対して, $D=2$ の結果パターンの Class 別の割合と指標の値を表している. $C121_{BB}$ における用途 W と B 間の隣接性と集積性を見ると, $C111_{BB}$ に比べて Adj_{WB} の値にはほぼ差がなく, Int_{WB} は大きい. すなわち, $C121_{BB}$ であれば, Adj_{WB} と Int_{WB} が同時に大きいパターンであることが分かる.

用途 G について見ると, 用途 W と B が隣接しているため, 用途 G と B の間の混合においては $C111_{GB}$ が多く現れる. 主に w_{BG}^{Adj} が正であるとき用途 B に隣接して全体に分散して分布している $C424_{GB}$, $C434_{GB}$ が結果パターンとして出る.

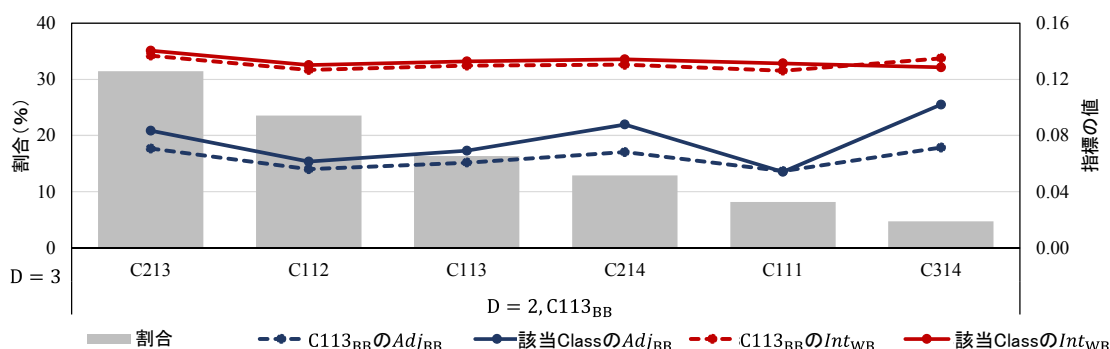


図 3.11 影響範囲による結果パターンの Class の違いと指標値の比較
($D=2$ の $C113_{BB}$, $w_{BB}^{Adj} = +1$)

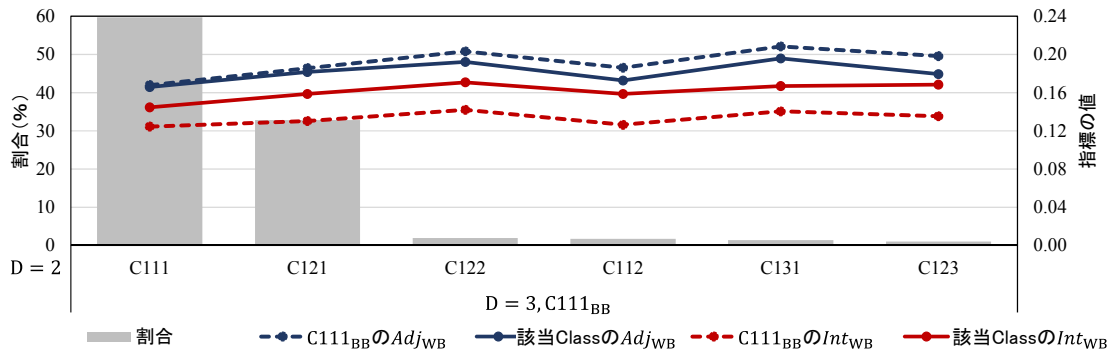


図 3.12 影響範囲による結果パターンの Class の違いと指標値の比較
 ($D=3$ の $C111_{BB}$, $w_{BB}^{Adj} = 0$)

表 3.8 Class 別の結果パターンの比較 (W1)

Class _{WB}	D=2			D=3		
	Class _{BB} Class _{GB} 割合	Class _{BB} Class _{GB} 割合	Class _{BB} Class _{GB} 割合	Class _{BB} Class _{GB} 割合	Class _{BB} Class _{GB} 割合	Class _{BB} Class _{GB} 割合
C344 5.3%**	C112 C424 29.03%*	C112 C434 16.13%	C113 C424 12.26%	C112 C444 10.16%	C111 C424 9.51%	C111 C414 7.21%
	C111 C334 21.88%	C121 C434 20.31%	C111 C434 10.94%			
	C224 C111 5.31%	C111 C434 5.23%	C121 C111 4.87%	C314 C111 7.65%	C111 C111 7.11%	C111 C112 3.52%
C434 6.6%						
C444 84.5%						

*Class_{BB} Class_{GB} 該当Class_{WB}における構成比, **該当重み集合におけるClass_{WB}の割合 □用途W ■用途B ▒用途G

(2) W2 のパターンの特徴

W2 の場合の用途 W と B の混合度の指標による Class の分布を見ると、Type1 としては、 $C444_{BW}$ 、 $C344_{BW}$ が分類され、用途 W が用途 B に隣接するより、用途 W 同士の順化された塊を形成する方の評価値が高いため、 $C344_{BW}$ の割合が W1 より大きく、 $C244_{BW}$ が Type2 として分類される。用途 B 同士の指標による Class の分布を見ると、 Adj_{BB} と $Prox_{BB}$ の Class が Int_{BB} の Class より大きいパターン Type1 と 2 に分類され、特に $C314_{BW}$ が両方の影響範囲において多く、W1 に比べて用途 B の塊が大きいパターンが現れている。実際の土地利用計画において多極分散型の配置は、同用途間の純化の中で、集積と近接による混合を高めるパ

ターンであると言える。

影響範囲により用途 B の塊の大きさに差が見られ、影響範囲が狭い場合の結果パターンでの塊が小さい傾向が見られる。図 3.13 は $D=3$ では $C414_{BW}$ のパターンが結果パターンとして得られた評価基準について、 $D=2$ の時の結果パターンの Class を表しており、 $C314_{BB}$ 最も多く、同じ評価基準に対してより小さい用途 B の塊が形成されていることが見られる。 $D=2$ のときには、塊が大きい $C414_{BB}$ のパターンより、塊が小さい $C314_{BB}$ や $C214_{BB}$ のパターンの Int_{WB} が大きいパターンであることが分かる。一方、小さい塊が分散して分布するため、 Adj_{WW} の値は小さくなっており、 Int_{WB} と Adj_{WW} のトレードオフ関係があることが分かる。 $D=3$ のときには、用途 B の塊を大きくすることにより、 Int_{WB} の値をほとんど変化させないまま、 Adj_{WW} を高くすることができる (図 3.14)。2 つの用途間の混合において、影響範囲が広いほど、数が少ない用途が複数の大きい塊を形成していることが同用途間の純化と集積による異用途間の混合を同時に満たせるパターンの特徴であると言える。

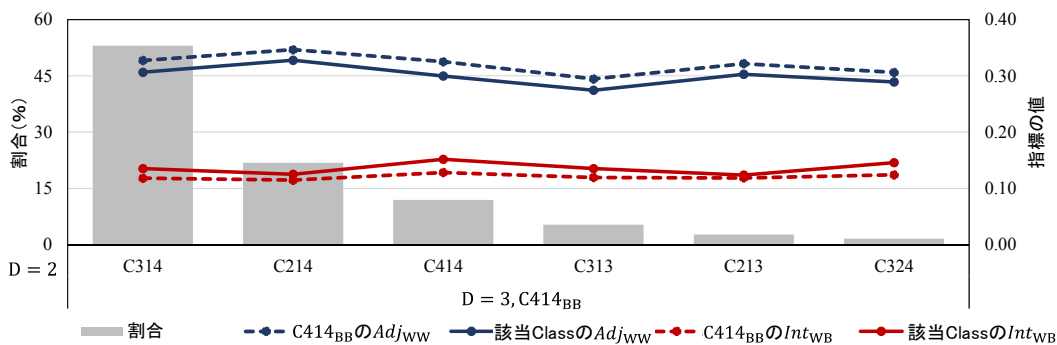


図 3.13 影響範囲による結果パターンの Class の違いと指標値の比較 ($D=3$ の $C414_{WB}$)

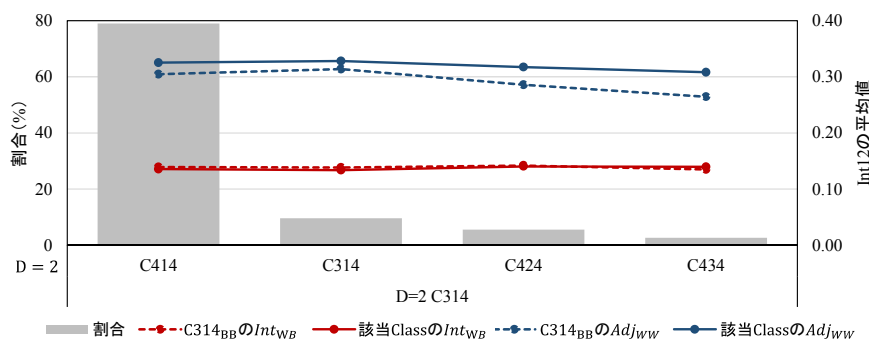


図 3.14 影響範囲による結果パターンの Class の違いと指標値の比較 ($D=2$ の $C314_{WB}$)

表 3.9 Class 別の結果パターンの比較 (W2)

Class _{WB}	D=2			D=3		
C243 2.4%**				C414 C112 10.69%	C414 C243 7.59%	C212 C312 5.52%
C244 5.8%	C214 C344 11.83%*	C314 C344 11.83%	C314 C244 8.28%	C414 C112 12.37%	C414 C243 10.60%	C414 C222 8.83%
C343 1.4%				C111 C412 15.07%	C111 C434 9.59%	C424 C111 8.90%
C344 26.1%	C314 C112 10.92%	C434 C111 8.03%	C424 C111 7.76%	C434 C111 13.34%	C414 C111 12.80%	C424 C111 12.36%
C444 45.7%	C414 C111 8.86%	C111 C434 6.16%	C324 C111 5.33%	C111 C424 7.65%	C111 C322 6.88%	C314 C111 6.88%

*Class_{BB} Class_{GB} 該当Class_{WB}における構成比, **該当重み集合におけるClass_{WB}の割合 □用途W ■用途B ▒用途G

(3) W3 のパターンの特徴

W3 の場合、両方の影響範囲において、 w_{WB}^{Adj} が負であるため C344_{WB} が最も多く現れる。用途B 同士の Class を見ると、W2 と同様に Adj_{BB} と $Prox_{BB}$ が大きく、 Int_{BB} は小さい Class が Type1 と 2 として分類され、複数の大きい用途 B 塊が形成することが W3 を満たすパターンの特徴である。例えば、住宅と公園の関係を考えると、公園が近くにあることは、住民の利便性を向上させるが、人の通りが少ない深夜に治安が悪いなどの影響も考慮と考えると、複数の規模のある公園の配置が望ましいと言える。

Adj_{BB} と $Prox_{BB}$ の Class が 3 以上の割合が W2 に比べて大きいことから、用途 B よりまとまっているパターンが現れていることが分かる。図 3.15 は、D=3 の結果で結果パターンが C414_{BB} である評価基準の集合において D=2 の時の結果パターンの分布と、その時の Adj_{WB} と Int_{WB} の平均値を表している。C414_{BB} が結果として現れるのは 20% 未満であり、結果パタ

ーンとしてC314_{BB}が40%以上を占めている. そのとき Int_{WB} を見ると, $D=3$ の時のC414_{BB}における Int_{WB} の平均値との差はあまりない. すなわち, 同じレベルの Int_{WB} において, 影響範囲が狭いほど複数の小さい用途Bの塊が現れることが見られる. 但し, 用途BがC414_{BB}に比べて分散して分布するため, Adj_{WB} が多少大きくなることが図 3.15 から読み取れ, トレードオフ関係があることを示している.

表 3.10 Class 別の結果パターンの比較 (W3)

Class _{WB}	D=2			D=3		
C243 2.8%**				C434 C111 10.91%	C414 C112 8.23%	C444 C111 7.61%
C244 8.0%	C214 C344 11.16%*	C314 C344 6.01%	C314 C334 5.58%	C414 C112 11.72%	C434 C111 9.38%	C444 C111 9.11%
C334 5.0%	C111 C444 15.75%	C111 C434 14.38%	C113 C444 12.33%			
C343 2.0%				C111 C412 15.72%	C111 C444 7.55%	C424 C111 6.92%
C344 46.5%	C424 C111 13.04%	C434 C111 10.32%	C414 C111 5.16%	C434 C111 13.34%	C414 C131 12.25%	C414 C111 9.88%
C444 20.3%	C414 C111 14.50%	C113 C333 6.24%	C314 C111 5.56%			

*Class_{BB} Class_{GB} 該当Class_{WB}における構成比, **該当重み集合におけるClass_{WB}の割合 □用途W ■用途B ▒用途G

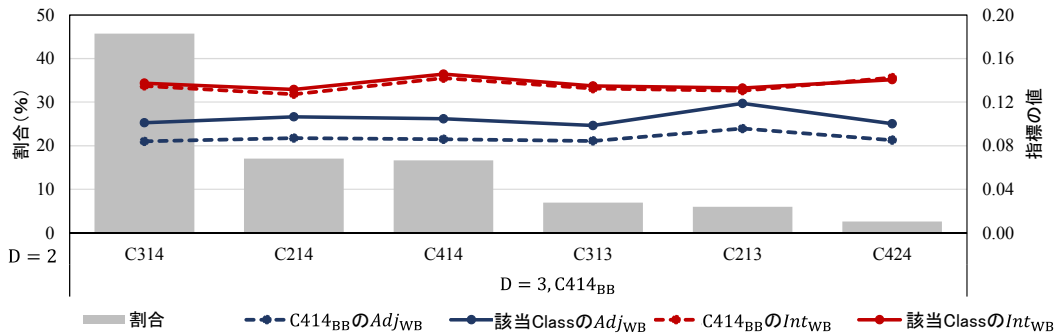


図 3.15 影響範囲による結果パターンの Class の違いと指標値の比較 (D=3 のC414_{BB})

(4) W4 のパターンの特徴

W4 は、用途 W と B の間の全ての指標による混合が負の影響を持つため、両方の影響範囲においてC111_{WB}とC444_{BB}それぞれ約 90%と 60%を占めている。表 3.11 におけるそのパターンの特徴を見ると、用途 B 同士が一つの塊を形成しており、用途 G が用途 B を囲んで緩衝地帯の役割をしているパターンが多く現れている。但し、 w_{BG}^{Prox} が負であるときには、C121_{WB}が結果パターンとして出る場合が見られる。その分布を見ると、用途 B がコンパクトな塊を形成して W との隣接はある程度抑えることができたが、用途 G も塊を形成しているため、Int_{WB}は多少大きい値を取ることが読み取れる。すなわち、用途 G が緩衝地帯としての役割をするための条件として w_{BG}^{Prox} が負ではないことが挙げられる。奥平 (1976)は、他から嫌われるものが中央部にまとまって配置される結果を示したが、中央の概念がないトラス空間を用いている本研究では、同じ用途がまとまって塊を形成している結果を表している。

表 3.11 Class 別の結果パターンの比較 (W4)

Class _{WB}	D=2			D=3		
C111** 89.0%	C444 C444 9.78%*	C444 C344 8.20%	C444 C111 7.24%	C444 C444 9.52%	C444 C111 8.92%	C444 C344 8.85%
	C444 C111 52.13%	C444 C211 21.28%	C443 C312 10.64%	C444 C111 40.79%	C444 C211 21.05%	C443 C312 17.76%
C121 6.4%						

*Class_{BB} Class_{GB} 該当Class_{WB}における構成比, **該当重み集合におけるClass_{WB}の割合 □用途W ■用途B ▒用途G

(5) W5 のパターンの特徴

W5 の結果パターンにおける用途 B 同士の Class の分布を見ると、 w_{WB}^{Adj} と w_{WB}^{Int} が負であるため、用途 B が塊を形成することにより、用途 W と B が分離されている C444_{BB} と C443_{BB} の割合が大きい。塊を形成しながら $Prox_{WB}$ を大きくするパターンとして、一部の用途 B が塊から離れている C443_{BB} が見られる。 w_{BG}^{Prox} が負ではない場合、表 3.12 の C112_{BB} の中で用途 G の中で用途 B が散在しているパターンも W5 を満たせるパターンとして多く見られる。表 3.5 と表 3.6 における Type1~3 に含まれる結果パターンの割合が小さく、指定の 3 つの評価基準以外の評価基準により、多様なパターンが現れると言える。

(6) W6 のパターンの特徴

W6 では、両方の影響範囲において C121_{WB} が Type1 と分類され、C131_{WB}、C141_{WB} のように Int_{WB} のみ大きいパターンが Type2 として現れている。用途 B 同士における Class の分布を見ると、用途 B が一つのコンパクトな塊を形成している C444_{BB} と細長い塊を形成している C314_{BB} が Type1 として分類された。

D=3 の時には、用途 B が複数の塊を形成する傾向がある C414_{BB} が多く現れ、そのパターンの特徴を見ると、コンパクトな用途 B の塊を用途 G が囲んでいることが読み取れる。図 3.16、図 3.17 は、D=3 の結果における w_{WB}^{Adj} が負ではないときの用途 B 同士の Class 別の Int_{WB} 、 Adj_{WB} の分布を表している。用途 B 同士の集積性が小さいほど、 Int_{WB} は大きく Adj_{WB} は小さい傾向が見られる。一方、同じパターンについて D=2 としたときの Int_{WB} の値の分布を見ると、C314_{BB} の以外の Class では、用途 B が複数の塊を形成しているものの C444_{BB} に比べて Int_{WB} が小さいことが読み取れる。すなわち、影響範囲が広い場合には、複数の用途 B の塊を形成し緩衝地帯を置くことで、 Int_{WB} を大きくしながら Adj_{WB} も小さくすることが可能である一方、影響範囲が狭い場合には、 Int_{WB} の低下の可能性を示唆する。

細長い塊を形成する C314_{BB} は、両方の影響範囲で多く現れる。複数のコンパクトな塊とは異なり、用途 W から影響範囲内に含まれない用途 B はなく、影響範囲が狭い場合にも用途 W と B の隣接を抑えながら Int_{WB} を大きくすることが可能パターンである。

表 3.14 は、各評価基準と代表的な土地利用パターンの特徴をまとめたものである。

表 3.12 Class 別の結果パターンの比較 (W5)

Class _{WB}	D=2			D=3		
C112 17.9%**	C233 C444 8.24%*	C443 C233 7.85%	C444 C111 5.94%	C233 C444 6.81%	C121 C444 6.67%	C444 C111 6.52%
C113 5.3%	C314 C344 14.84%	C443 C132 12.90%	C443 C232 11.61%	C443 C132 20.37%	C433 C243 10.49%	C443 C122 5.56%
C122 11.7%	C444 C111 38.30%	C443 C213 7.60%	C443 C122 5.85%	C444 C111 42.13%	C342 C311 7.41%	C444 C221 4.17%
C212 4.7%				C434 C141 10.66%	C444 C111 7.11%	C111 C444 6.60%
C213 3.6%				C433 C243 9.27%	C214 C444 8.61%	C333 C243 5.96%
C222 5.9%	C444 C111 20.81%	C324 C231 5.20%	C433 C232 5.20%	C444 C111 32.87%	C433 C232 5.56%	C342 C311 4.17%
C223 7.2%	C444 C111 24.76%	C324 C344 12.38%	C423 C233 10.00%	C444 C111 42.47%	C324 C344 7.23%	C434 C232 4.52%

*Class_{BB} Class_{GB} 該当Class_{WB}における構成比, **該当重み集合におけるClass_{WB}の割合 用途W 用途B 用途G

表 3.13 Class 別の結果パターンの比較 (W6)

Class _{WB}	D=2			D=3		
C111 18.8%	C224 C444 8.76%	C324 C444 8.03%	C444 C111 8.03%	C414 C344 8.85%	C223 C444 5.49%	C444 C112 4.93%
C121 21.4%	C444 C111 23.92%	C443 C311 4.82%	C443 C312 4.49%	C444 C111 18.67%	C414 C344 6.13%	C414 C444 6.13%
C131 12.6%	C444 C111 24.80%	C313 C444 5.45%	C314 C444 4.63%	C444 C111 29.07%	C443 C312 7.05%	C444 C112 6.61%
C141 7.3%	C314 C434 23.11%	C112 C434 9.91%	C314 C424 9.91%	C314 C434 20.53%	C414 C424 15.23%	C414 C434 8.94%
C221 14.3%	C444 C111 26.32%	C434 C232 14.35%	C444 C222 12.92%	C414 C244 27.24%	C444 C111 22.36%	C434 C131 6.50%
C222 5.2%	C444 C111 11.18%	C333 C222 4.61%	C334 C232 4.61%			

*Class_{BB} Class_{GB} 該当Class_{WB}における構成比, **該当重み集合におけるClass_{WB}の割合 用途W 用途B 用途G

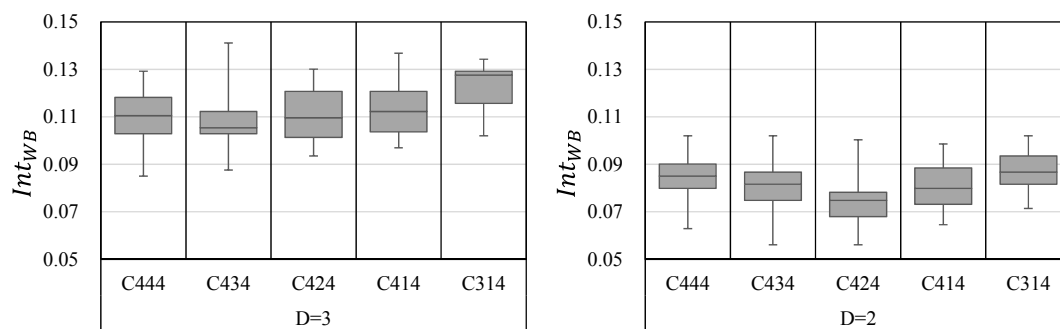


図 3.16 影響範囲による用途 B 同士の Class 別の Int_{WB} の分布

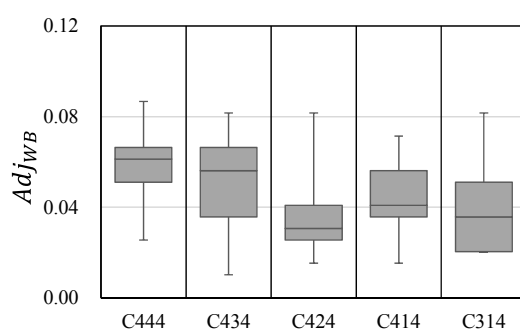


図 3.17 用途 B 同士の Class 別の Adj_{WB} の分布

表 3.14 6つの評価基準別の土地利用パターンの特徴のまとめ

基準	w_{WB}^{Adj}	w_{WB}^{Int}	w_{WB}^{Prox}	結果パターンの特徴
W1	+1	+1	+1	<ul style="list-style-type: none"> 少数の用途 (B) が多数の用途 (W) の中で分散して分布する w_{BB}^{Adj} が正の値である場合、用途 B の小さい塊が形成され、影響範囲が広いほど塊が大きい。 w_{BB}^{Adj} が 0 である場合、影響範囲が短いと用途 B が隣接せずに集まって分布することが、Adj_{WB} と Int_{WB} を同時に大きくするパターンである。
	$D=2, w_{BB}^{Adj}=0$		$D=2, w_{BB}^{Adj}=1$	
W2	0	+1	+1	<ul style="list-style-type: none"> 用途 B が複数の塊を形成して分散しており、W1 に比べて塊が大きい。 影響範囲が広いほど塊が大きいパターンが現れ、用途 W 同士の隣接による順化と用途 W と B の間の集積による混合が同時に達成できる。
	$D=2$		$D=3$	
W3	-1	+1	+1	<ul style="list-style-type: none"> 用途 G が緩衝地帯の役割をするよりは、W2 より用途 B の塊の大きさが大きくコンパクトな塊を形成することで用途 W と B の間の隣接を防ぐパターンが多く現れている。 影響範囲が狭いと Int_{WB} を大きくするため、複数の小さい用途 B の塊が分散して分布する。その代わりに影響範囲が広い結果より Adj_{WB} が大きい値と取る。
	$D=2$		$D=3$	
W4	-1	-1	-1	<ul style="list-style-type: none"> 用途 B が純化された大きい塊を形成する。 第三の用途 (G) において w_{GB}^{Prox} が負ではない場合、用途 G が用途 B を囲んで緩衝地帯としての役割をしているパターンが現れる。 w_{GB}^{Prox} が負であり、用途 G が他の用途から嫌われる場合、それぞれの用途が純化した塊を形成する。
	$D=2, w_{GB}^{Prox} \neq -1$		$D=2, w_{GB}^{Prox} = -1$	
W5	-1	-1	+1	<ul style="list-style-type: none"> 用途 B が純化された大きい塊を形成している中で、一部の用途 B が塊と離れて配置されるパターンが多く現れる。 w_{GB}^{Prox} が負ではない場合、用途 G の中で用途 W が散在して分布することで、Adj_{WB} と Int_{WB} を押さえながら $Prox_{WB}$ を大きくすることが出来る。
	$D=2, w_{GB}^{Prox} = -1$		$D=2, w_{GB}^{Prox} \neq -1$	
W6	-1	+1	-1	<ul style="list-style-type: none"> w_{GB}^{Prox} が負である場合、用途 B に純化した塊を形成する。 w_{GB}^{Prox} が負ではない場合、影響範囲に関係なく、細長い用途 B の塊を形成し、その周辺に用途 G を緩衝地帯として配置する。 影響範囲が広い場合のみ、複数の用途 B を配置し、その周辺に用途 G を緩衝地帯として配置する。
	$D=2$ または 3		$D=3$	

3.5 計画理論の評価基準への適用

3.5.1 混合度指標における評価基準の設定

前節では、任意の評価基準に対する土地利用パターンの共通的な特徴について論じた。ここでは、実際の土地利用計画のガイドラインが与えられたとき、その基準を満たす土地利用パターンを具体化することが出来るかについて試みる。実際の都市空間へ土地利用配置モデルを適用した多くの研究では、専門家に対するアンケート(Haque & Asami, 2011; Masoomi et al., 2013)を用いている。しかし、決まった評価基準があるとは言い難く、社会・経済・物理的な背景によってその基準は異なると考えられる。

そこで、3つの指標と配置モデルの結果に妥当性があるかを検証するため、既存の計画理論に基づいた評価基準を設定し、計画理論で目指している土地利用パターンの再現が可能かを分析していく。本研究で対象とする計画理論は、土地利用含めた近隣単位で計画理論である近隣住区(Perry, 1929)、ニューアーバニズム(Congress for the New Urbanism, 2000)を用いる。これらの計画理論は、当代において有効な計画理論として注目され、その理論に基づいた実際の都市計画も作成されたため、本研究での対象とする。2つの計画理論における土地利用計画が定量的に明記されていなく、定性的な記述によって提示されている。従って、本研究では、その定性的な記述と概念図から用途間の混合度における評価基準を作成する。

その際に評価基準は3.4節と同様に、正の関係、考慮しない、負の関係の3つのみに区分し、正や負の関係の程度の差は考慮しないこととする。また、2つの計画理論で共通的に記述がある住宅(R)、商業(C)、公共(P)、公園(G)の4つの用途間の関係のみに限定する。例えば、近隣住区の場合、“They can at least be distributed among two or three districts, only by shops, thus reducing their contact with residence to a minimum(Perry, 1929, p 76)”と記述されており、住宅と商業の隣接は最小とし、複数の商業用途のみによる地区(district)を形成することが望ましいと解釈でき、 w_{RC}^{Adj} は負、 w_{CC}^{Adj} と w_{RC}^{Int} 、 w_{RC}^{Prox} は正の値を持つと設定した(NE4)。このように、近隣住区、ニューアーバニズムの3つの計画理論に基づいた評価基準を表3.15と表3.16にまとめた。表3.17、その評価基準から設定した w_{kl}^{Adj} 、 w_{kl}^{Int} 、 w_{kl}^{Prox} の値である。

表 3.15 近隣住区における土地利用ガイドライン

土地利用に関する記述	W_{kl}^{Adj}	W_{kl}^{Int}	W_{kl}^{Prox}
NE1 “Sites for the school and other institutions having service spheres coinciding with the limits of the unit should be suitably grouped about a central point, or common” (Perry, 1929, p 34).	PP+ PP+		
NE2 “One or more shopping districts, adequate for the population to be served, should be laid out in the circumference of the unit, preferably at traffic junctions and adjacent to similar districts of adjoining neighborhoods” (Perry, 1929, p 35).	CP-	CP-	CP-
NE3 “A dispersal of open spaces has several advantages. It makes it possible to put each main space in the center of a block and surround it with house site” (Perry, 1929, p 64).	RG+ GG-		RG+
NE4 “The implications which follow are obviously that (1) Small shops belong within the neighborhood unit, and they (2) should be bunched rather than miscellaneous scattered throughout the unit area. Assembling them in one district is probably impracticable, but they can at least be distributed among two or three districts, only by shops, thus reducing their contact with residence to a minimum” (Perry, 1929, p 76).	RC- CC+	RC+	RC+
NE4 (Diagram) Single use block of residential use (Perry, 1929, p 88)	RR+		

表 3.16 ニューアーバニズムにおける土地利用ガイドライン

土地利用に関する記述	W_{kl}^{Adj}	W_{kl}^{Int}	W_{kl}^{Prox}
NU1 “Districts generally emphasize a special single use.”	RR+ CC+ PP+ GG+		
NU2 “Many activities of daily living should occur within walking distance, allowing independence to those who do not drive, especially the elderly and the young.”		RC+ RP+ RG+	
NU3 “Concentrations of civic, institutional, and commercial activity should be embedded in neighborhoods and districts, not isolated in remote, single-use complexes.”		CP+	
NU4 “A range of parks, from tot-lots and village greens to ball fields and community gardens, should be distributed within neighborhoods.”			RG+ CG+ PG+

Congress for the New Urbanism (2000, p. 340)

表 3.17 3つの計画理論に基づいた混合度評価基準

	k	R				C				G				P			
		R	C	G	P	R	C	G	P	R	C	G	P	R	C	G	P
近隣住区	w_{kl}^{Adj}	1	-1	1	0	-1	1	0	-1	1	0	0	0	0	-1	0	1
	w_{kl}^{Int}	0	1	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1	0	0
	w_{kl}^{Pro}	0	1	1	0	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	-1	0	0
ニューア ーバニズ ム	w_{kl}^{Adj}	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	w_{kl}^{Int}	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
	w_{kl}^{Pro}	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0

3.5.2 計画理論の概念図とモデルの結果の比較

土地利用配置モデルによって評価指標に基づいた土地利用パターン具体化ができるかを検証するため、近隣住区概念図と土地利用配置モデルから導出されたパターンの比較を行う。モデルの適用空間を 10×10 の空間を用いることとし、近隣住区概念図を図 3.19 のように 100 個のセルに区分して、道路を除いた各セルの中で面積の割合が最も大きい用途をセルの代表用途とした。その結果に基づき、用途別のセルの数は、住宅 77 セル、商業 8 セル、公園 9 セル、公共 6 セルとする。

近隣住区は 160ac (約 0.65km^2) を基本的な地区の面積としているため、一つのセルの面積は約 $6,475.0\text{m}^2$ であり、一遍の長さは約 80m となる。集積性において、学区を基準として 1/4mile の影響範囲を考慮すると半径は約 400m であるため、モデルにおける D は 5 とする。

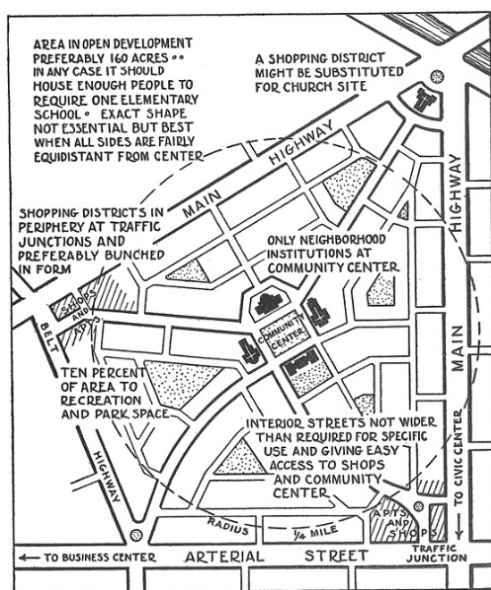
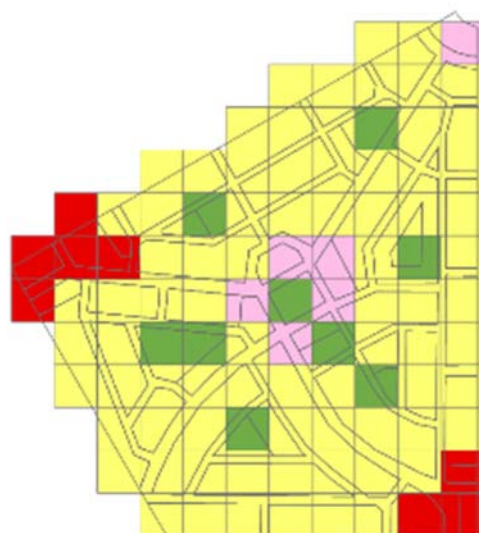


図 3.18 近隣住区概念図
出典: Perry (1929)



■ 住宅 ■ 商業 ■ 公園 ■ 公共
図 3.19 ラスタ化した概念図

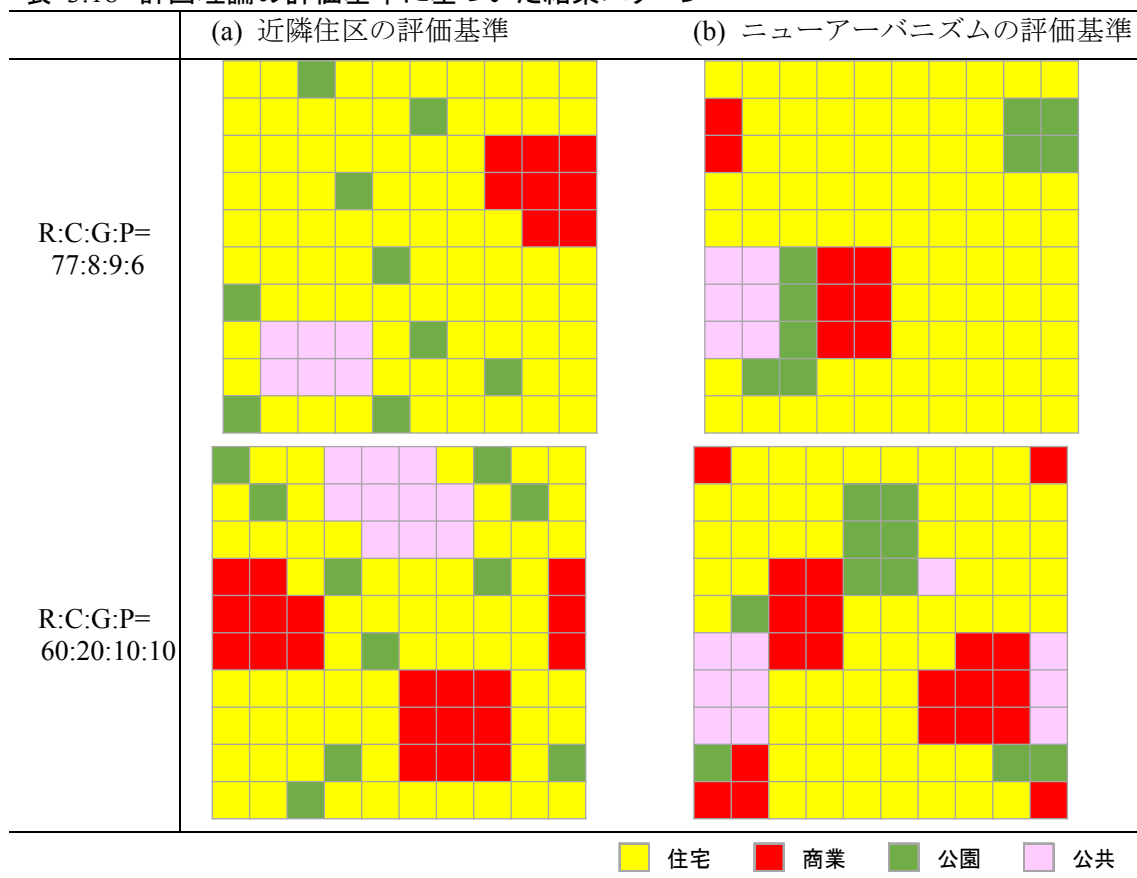
表 3.18 は、近隣住区の概念図から計算した用途別の割合を用いた結果パターン (a) と非住宅の用途を多く設定した割合を用いた結果パターン (b) を表している。図 3.1 の手順に従って 20 個の結果パターンを得た上で、最も目的関数の値が小さいパターンを選んだ結果である。近隣住区の代表的な特徴として以下の 4 つが挙げられる。

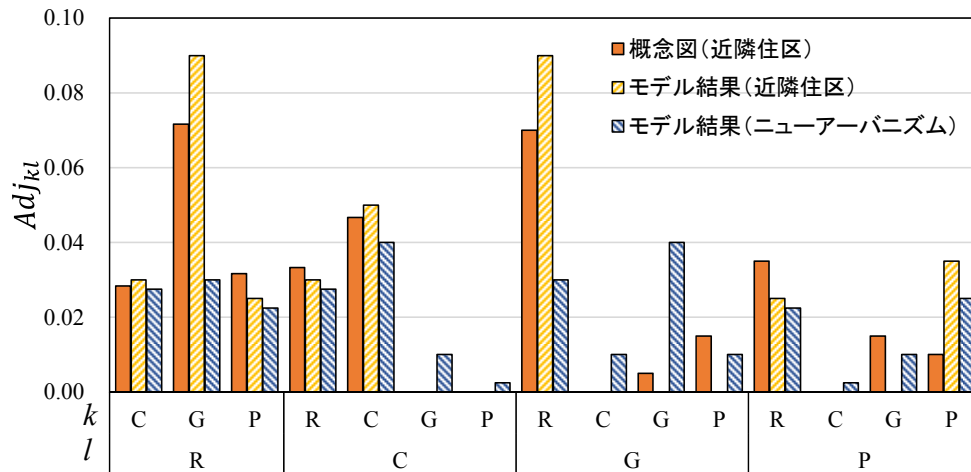
- 中心部に集中した学校と公共施設 (NE1)
- 分散した公園 (NE3)
- 外縁部に位置している複数の商業地区 (NE2 and NE4)

モデルの結果のパターンを見ると、近隣住区の評価基準による結果パターンから塊を形成している公共用途と商業用途、点的に分散した公園が見られ、近隣住区の土地利用パターンの特徴が再現できたと考えられる。図 3.20 は、概念図から計算した混合度指標とモデルの結果パターンの指標を比較したものである。近隣住区の結果パターンにおける大きい Adj_{RG} と $Prox_{RG}$ 、小さい Adj_{GG} がその特徴を定量的に表しているといえる。

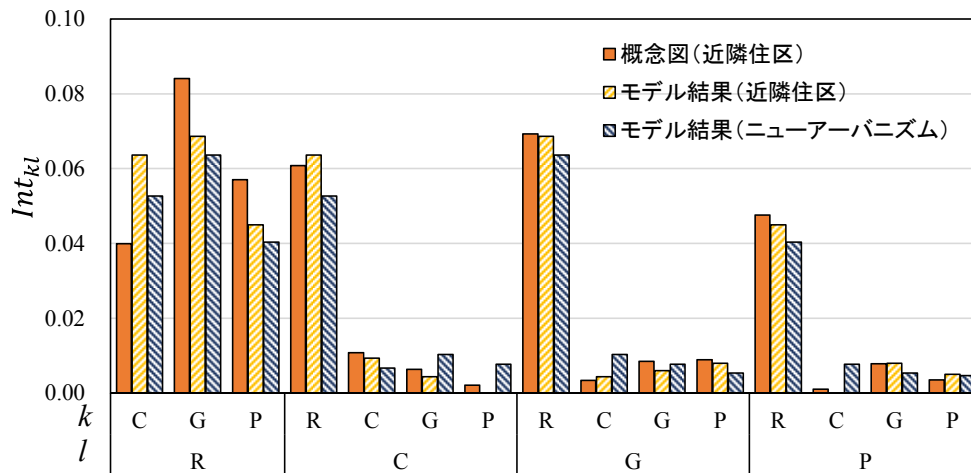
商業用途が少ないときには単一の商業の塊が現れる一方、商業の数が多い結果からは複数の塊を持つパターンが現れ、3.4 節の W3 や W5 から現れる特徴と一致していることが分かる。以上の結果から、3 つの混合度指標に基づいた土地利用配置モデルが、評価基準に応じた土地利用パターンの具体化ができることが示された。

表 3.18 計画理論の評価基準に基づいた結果パターン

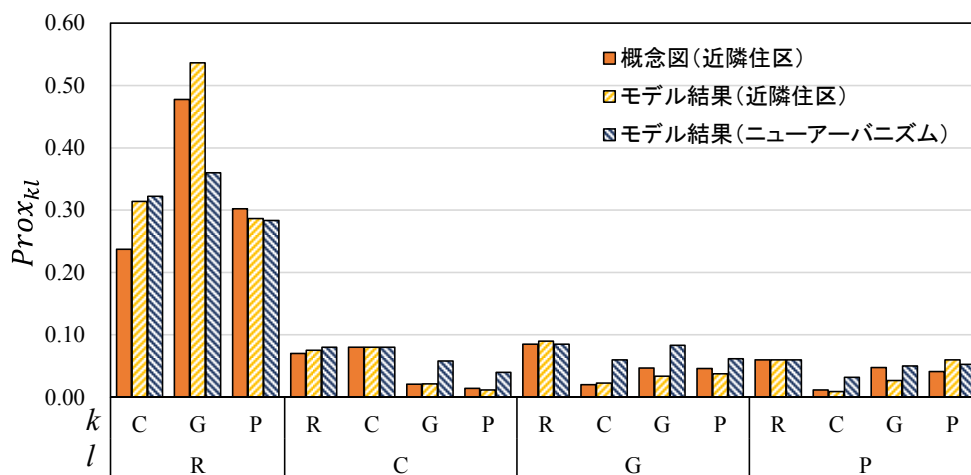




(a) 隣接性



(b) 集積性



(c) 近接性

図 3.20 概念図とモデルの結果パターンの指標の比較(R:C:G:P=77:8:9:6)

3.6 まとめ

本章では、混合度指標に対する様々な評価基準を満たせる土地利用パターンの特徴を明らかにするため、3つの混合度指標を考慮した土地利用配置モデルを開発し、仮想空間における各指標に対する評価基準と土地利用パターンの特徴について述べた。さらに計画理論の土地利用ガイドラインに基づいた土地利用パターンの具体化に適用した。その結果、用途間の評価基準、影響範囲などの違い及び、評価基準の組合せにより、現れる土地利用パターンの代表的な特徴を検出することが可能であった。

その結果、以下のことが明らかになった。

- ある2つの用途間の隣接性・集積性・近接性の指標に対する評価基準が正であれば、少数の用途が空間内に分散して分布する一方、同じ用途間の隣接性、異なる2つの用途間の集積性・隣接性が正であれば、少数の用途が塊を形成して分布する。集積性における影響範囲が広いほど、現れる塊が大きい。実際の土地利用計画において多極分散型の配置は、同用途間の純化の中で、集積と近接による混合を高めるパターンであると言える。
- ある2つの用途間の集積と近接による効果は正であるものの、隣接による負の効果がある場合には、少数の用途が塊を形成するか、少数の用途と負の関係を持たない用途の中で分散して分布するパターンが現れる。例えば、住宅と公園の関係を考えると、公園が近くにあることは、住民の利便性を向上させるが、人の通りが少ない深夜に治安が悪いなどの影響も考えると、複数の規模のある公園の配置が望ましいと言える。
- ある2つの用途間の3つの混合が全て負の影響を及ぼすなら、各用途が純化した塊を形成する傾向が見られる。その中で集積性が正の効果を持つ場合、影響範囲にかかわらず細長い塊が形成され、その周辺に第三の用途が緩衝帯として配置されるパターンが現れる。その配置パターンは、玉川(2000)の研究においてマイクロ純化マクロ混合のロジックから得られるパターンに似ており、沿道型開発方式がこのパターンに相当すると言える。影響範囲が広い場合には、複数の塊を形成することも隣接と近接の負の効果を抑えながら集積性を大きくするパターンとなる。但し、第三の用途が緩衝帯として配置されるためには、考慮している2つの用途と第三の用途間の隣接や近接による負の効果がないという条件が挙げられる。
- 近隣住区の土地利用ガイドラインに従った評価基準を用いて土地利用配置モデルを適用した結果、計画理論の概念の特徴として、分散している公園、複数の塊を持つ商業用途などが再現された。提案したモデルにより、ある評価基準が予め与えられたとき望ましい土地利用の規範的な土地利用パターンを具体化され、土地利用計画に資することができると考えられる。

第4章 東京都区部における土地利用パターンの類型化

4.1 はじめに

第3章では、第2章で定義した隣接性・集積性・近接性について、各指標に対する評価基準に基づいて現れる土地利用パターンの特徴について考察を行った。本章では、その指標に基づき、東京都区部を対象とした土地利用の定量化を行い、東京都における土地利用パターンの特徴を明らかにする。

都市・地域計画において土地利用の把握は不可欠であり(吉川, 1992), 人口, 建物, 道路土地利用などに関する指標を用いて土地利用の定量化が行われてきた。東京都区部を対象とした研究に限定してみると, 森村ら(1978)は整備計画に対応する地域の定量的な把握のため, 用途地域, 基盤施設, 用途別延床, 人口密度などの指標から東京都区部を8種類に分類した。高見沢(1984)は, 低層高密度市街地を対象とし, 木造建物密度, 基盤整備の有無, 建ぺい率, 棟数密度などの指標から, 住宅単体の改善, 相隣環境の改善, 年齢・世帯変化への対応の3つのテーマの対策に合わせた類型化を行った。市街地に関する指標に基づき, 市街地をいくつかに分類し, それぞれの類型に対応する課題とその解決対策を整理・解明することは都市計画の方法論として意義がある(若林ら, 2017)。

土地利用に着目してみると, 土地利用の定量化のための様々な指標が提案されてきたものの, 土地利用パターンのみを対象とした市街地の定量化はあまり見られない。土地利用だけに着目した研究としては, 用途別の構成比を用いた正井(1968)程度が挙げられる。市街地の類型化において一部の土地利用指標(用途別構成比)が他の指標と組合せて用いられたものは見られるが, 土地利用の空間的な分布が十分に把握できたとは言いがたい。

そこで, 土地利用混合度指標を用いて, 東京区部における土地利用パターンの定量化を行い, どのような土地利用パターンがどこに存在しているのかを明らかにする。本章は下記のように構成される。まず, 4.2節では, 使用データと指標について説明を行う。4.3節では, 住宅, 商業, 工業, 公共の4つの用途における混合度指標を計算して, その分布特徴について論じる。4.4節では, 混合度指標に基づいた類型化を行い, 類型別土地利用パターンの特徴を明らかにする。また, 既存手法による類型化の結果と比較することで, 混合度指標により新たに把握できる東京都区部の土地利用特徴について考察する。

4.2 東京区部における混合度の計測

4.2.1 使用データ

混合度測定に使うデータは2.4節と同様に「東京都都市計画地理情報システムデータ」の中の東京都区部土地利用現況調査レイヤーと都市計画情報レイヤーである。分析においては公共用地（P：官公庁，教育文化，原生医療，供給処理施設），商業用地（C：事務所，専用商業，住商併用，宿泊・遊興，スポーツ・興行施設），住宅用地（R：独立，集合住宅），工業用地（I：専用工場，住居併用工場，倉庫運輸施設）の4つの区分を用いることとする。

4.2.2 混合度指標

本章では東京区部を対象として実際のポリゴンデータを用いた混合度の測定を試みる。2.2節で定義したポリゴンデータにおける混合度の定義を用いる。

$$adj_{il} = \sum_{j|x_{jl}=1} \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i}} \quad (2.1)$$

$$Adj_{kl} = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i adj_{il}}{\sum_i a_i} \quad (2.5)$$

$$int_{il} = \frac{\sum_{j|d_{ij}<r, x_{jl}=1} a_j}{\sum_{j|d_{ij}<D} a_j} \quad (2.2)$$

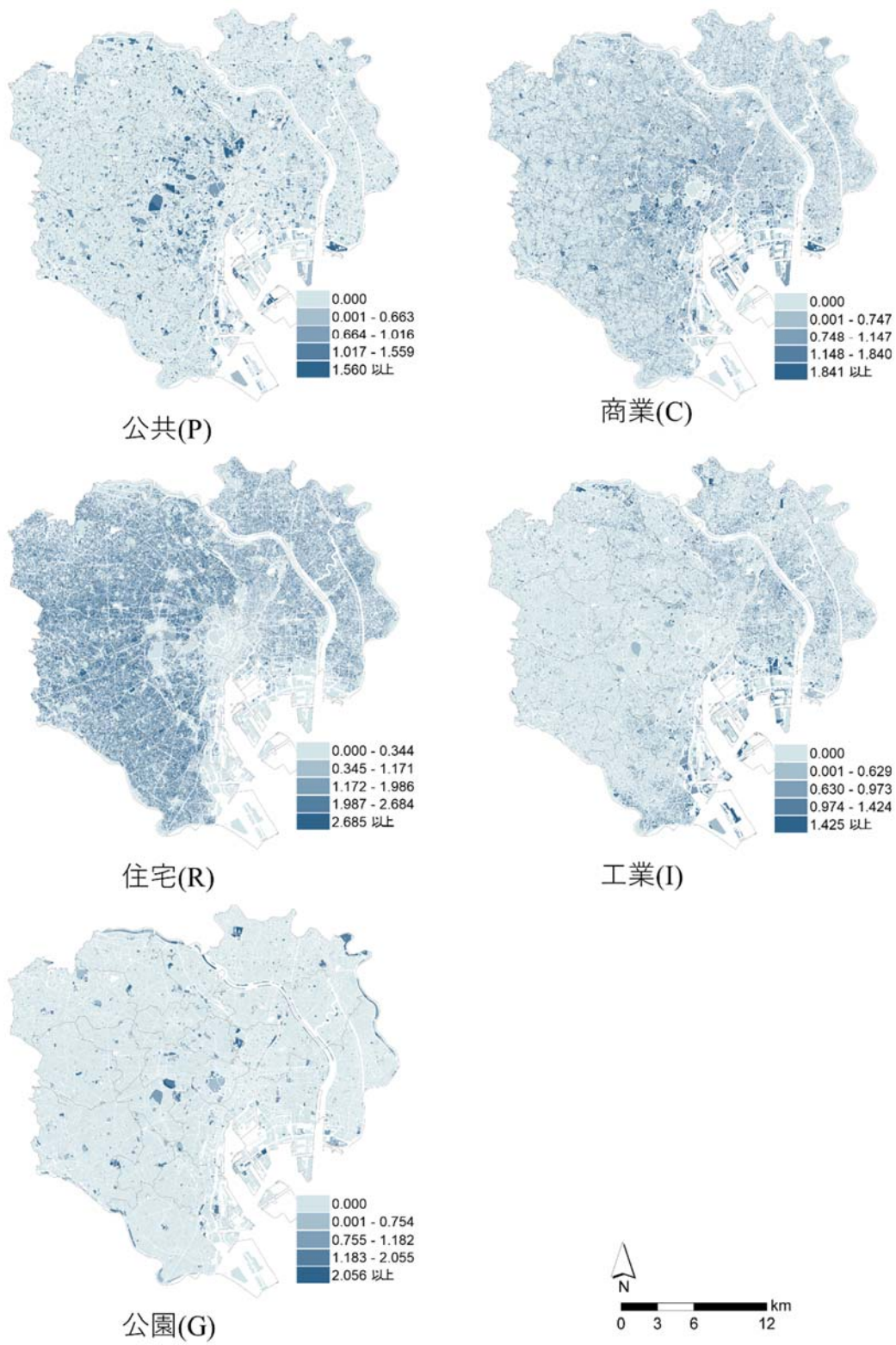
$$Int_{kl} = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i int_{il}}{\sum_i a_i} \quad (2.6)$$

$$prox_{il} = \frac{1}{d_{il}^{min}} \quad (2.3)$$

$$Prox_{kl} = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i prox_{il}}{\sum_i a_i} \quad (2.7)$$

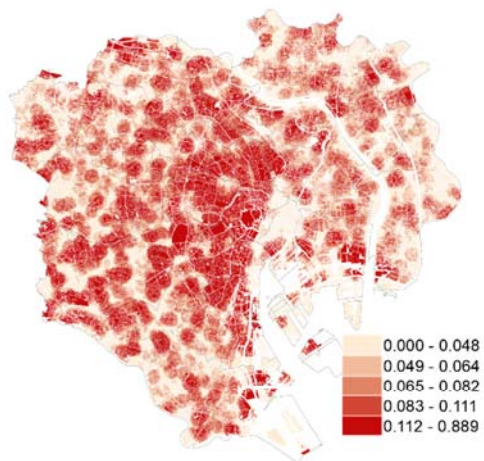
$$d_{il}^{min} = \min_{j|x_{ij}} d_{ij} \quad (2.4)$$

図 4.1～図 4.3 は個別ポリゴンにおける用途別の adj_{il} , int_{il} , $prox_{il}$ を表している。集積度は用途の多寡によって水準が決まる傾向があるが，集積度が同じレベルの地点であっても隣接度と近接度の指標は異なる値をとる傾向が見られる。このように 3 つの指標を同時に考慮することで同じ用途であっても空間関係による地価との関係の違いを把握することが可能になる。

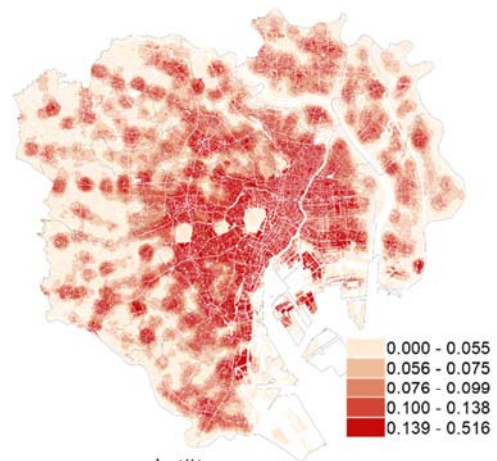


*対象ポリゴンの数を等量で5区分されるように各指標のレンジを設定した。
 但し、0の値を持つポリゴンの数が全体の1/5を超える場合、0の値を除き、等量で4区分している

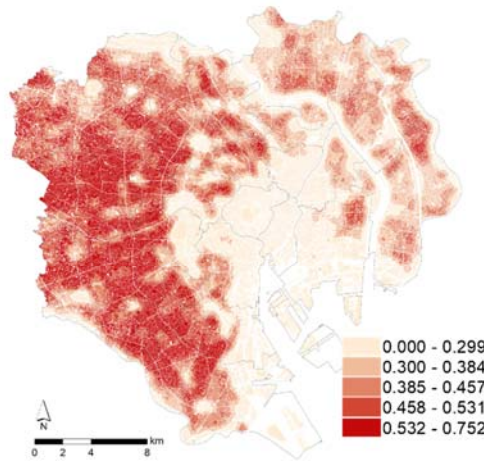
図 4.1 個別ポリゴンにおける隣接度の分布



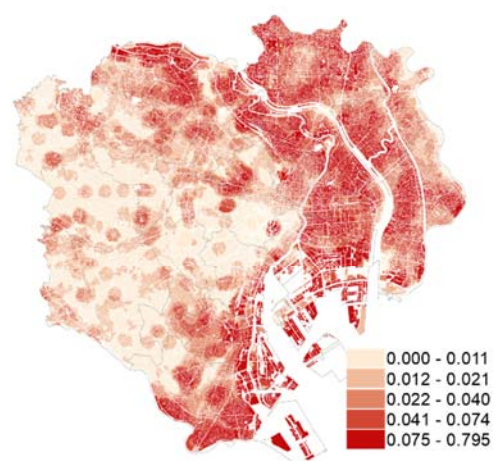
公共(P)



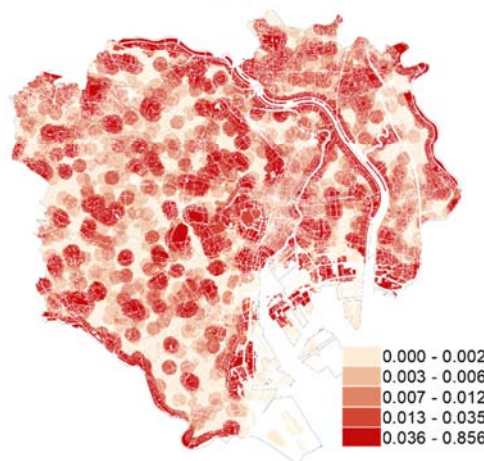
商業(C)



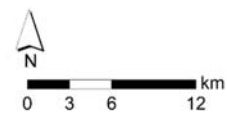
住宅(R)



工業(I)

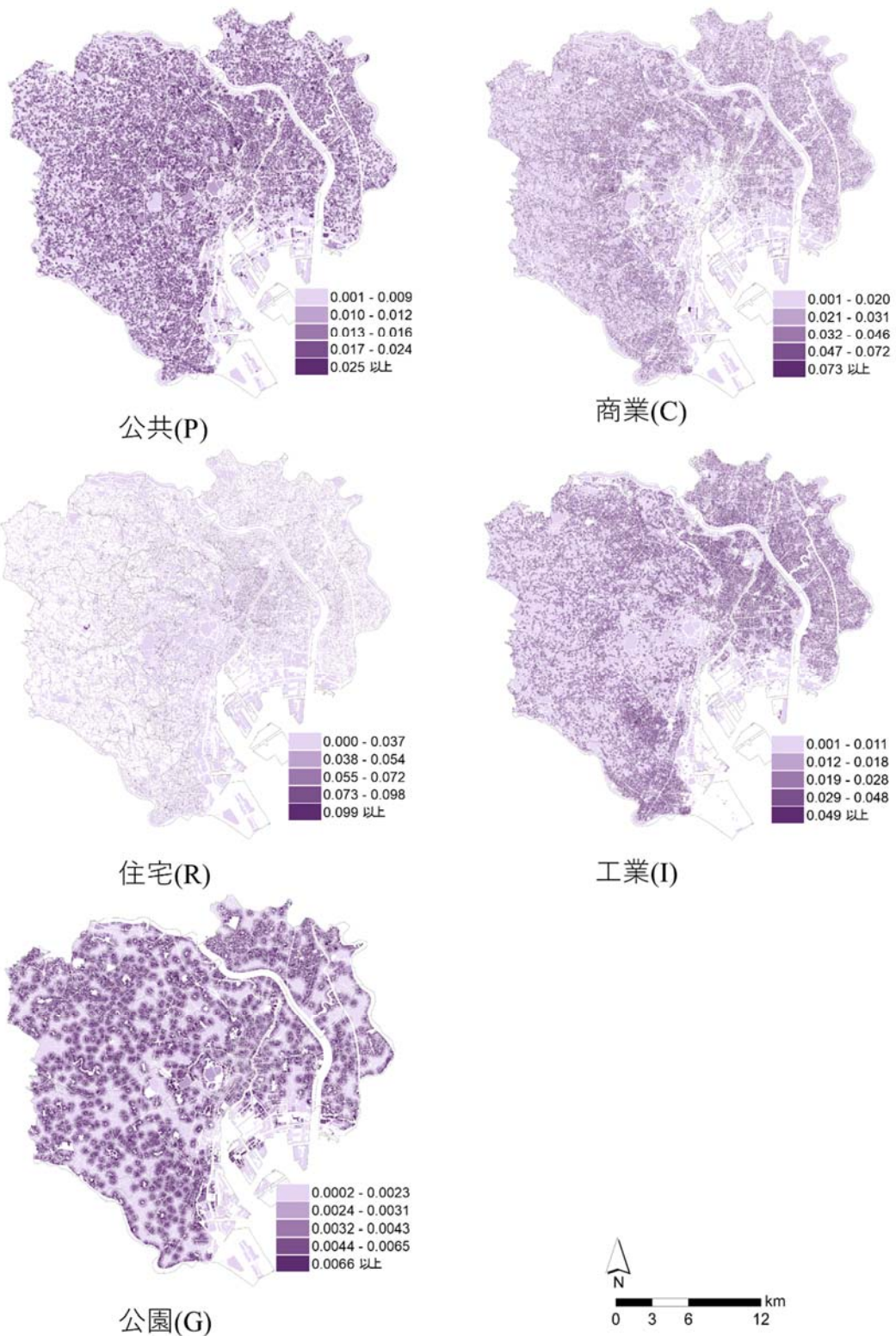


公園(G)



*対象ポリゴンの数を等量で5区分されるように各指標のレンジを設定した。
 但し、0の値を持つポリゴンの数が全体の1/5を超える場合、0の値を除き、等量で4区分している

図 4.2 個別ポリゴンにおける集積度の分布



*対象ポリゴンの数を等量で5区分されるように各指標のレンジを設定した。
 但し、0の値を持つポリゴンの数が全体の1/5を超える場合、0の値を除き、等量で4区分している

図 4.3 個別ポリゴンにおける近接度の分布

4.3 東京区部における混合度指標の分布

東京区部における全用途間の混合度は、隣接性、集積性はそれぞれ 16 通り、近接性は 12 通りあり、その平均と標準偏差は表 4.1 の通りである。空間的な違いを把握するために、図 4.4～図 4.7 に混合度の分布を表す。

まず、 Adj_{RC} と Int_{RC} を見ると、港区、新宿区、渋谷区など都心・副都心地域で大きい一方、 $Prox_{RC}$ は山手通り沿いの目黒区、杉並区、中野区などの地域で大きい。後者は、都心の周辺と比べて商業の割合は小さいが、細かく分散しており、近接性が高くなる。

Adj_{RI} 、 Int_{RI} 、 $Prox_{RI}$ の分布は工業用途の多寡によって水準が決まってくるが、細かく見ると、住工混合の様相により 3 指標の差が見られる。

Adj_{PP} と Int_{PP} が港区、文京区、渋谷区で大きいこと、 Adj_{PR} と Int_{PR} は西側では全般的に大きい、東側では Int_{RR} が大きくても Int_{PR} が小さく、住宅地において公共施設の分布に偏りがあると考えられる。商業用途から見ると、都心は Adj_{CC} と Int_{CC} が大きく、商業用途中心の純化した地域となっている。 $Prox_{CR}$ は台東区を中心に大きい値をとる地域が集まっており、商業の割合が大きくかつ分散している。 Adj_{II} は零細敷地の多い墨田区と江東区で大きい。

図 4.8、図 4.9 は、全ての地区において住宅からみた商業と工業の混合度間の相関関係を表したものである。仮想空間での結果と同様にある程度の相関関係は見られるが、3 つの指標を同時に考慮することで土地利用パターンの空間的な違いが把握できる。

地区 RC-1 は、 Adj_{RC} が最も大きい地区であり、商業用途が住宅と隣接して分布している地区である。RC-2 の恵比寿・代官山地区は、 Int_{RC} が最も大きい地区であり、住宅と商業用途の構成比が共に約 30%であり、仮想空間の分析から両方の用途の構成比が均等の場合、最大値をとることと一致する結果であると言える。RC-3 は $Prox_{RC}$ が最も大きい地区であり、小規模の商業用途が地区全体に均等に分散していることが読み取れる。

地区 RI-1 は、 Adj_{RI} が最も大きい地区であり、工業用途が住宅と隣接して分布している地区である。RI-2 は Int_{RI} が最も大きい地区であるが、大規模の工業用途が住宅と離れて分布しているため、 Adj_{RI} は相対的に小さい値をとる。RI-3 における工業用途の構成比は 4%未満であるが、住宅地に広く点的に分布しているため、多くの住宅における工業用途への距離が短く、地区全体の $Prox_{RI}$ が大きい値をとる地区である。

表 4.1 混合度指標の記述統計

	Adj_{kl}		Int_{kl}		$Prox_{kl}$	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
P-P	.0456	.0742	.0152	.0269	-	-
P-C	.0271	.0327	.0109	.0107	.0016	.0007
P-R	.0771	.0582	.0317	.0178	.0019	.0008
P-I	.0079	.0094	.0034	.0032	.0012	.0005
C-P	.0169	.0224	.0114	.0113	.0022	.0018
C-C	.0894	.1189	.0265	.0412	-	-
C-R	.1214	.0568	.0341	.0141	.0057	.0038
C-I	.0219	.0211	.0047	.0043	.0031	.0026
R-P	.0489	.0277	.0322	.0169	.0059	.0024
R-C	.1653	.0698	.0340	.0145	.0129	.0054
R-R	.5482	.3578	.1601	.1024	-	-
R-I	.0634	.0561	.0126	.0101	.0087	.0043
I-P	.0048	.0091	.0034	.0032	.0006	.0005
I-C	.0225	.0251	.0046	.0044	.0015	.0013
I-R	.0452	.0428	.0126	.0105	.0018	.0017
I-I	.0200	.0290	.0047	.0103	-	-

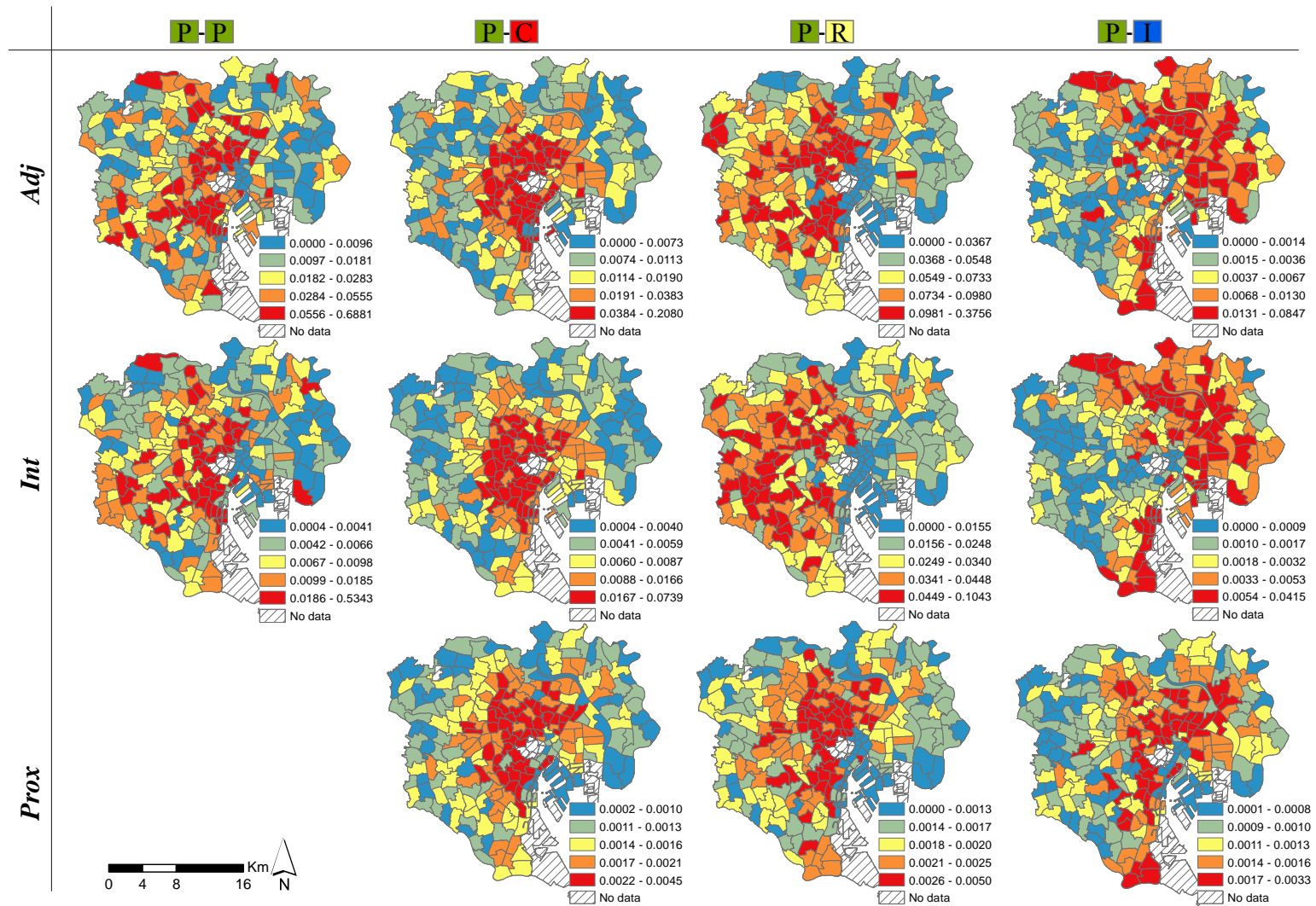


図 4.4 公共用途(P)からみた用途別混合度指標の分布(等量区分)

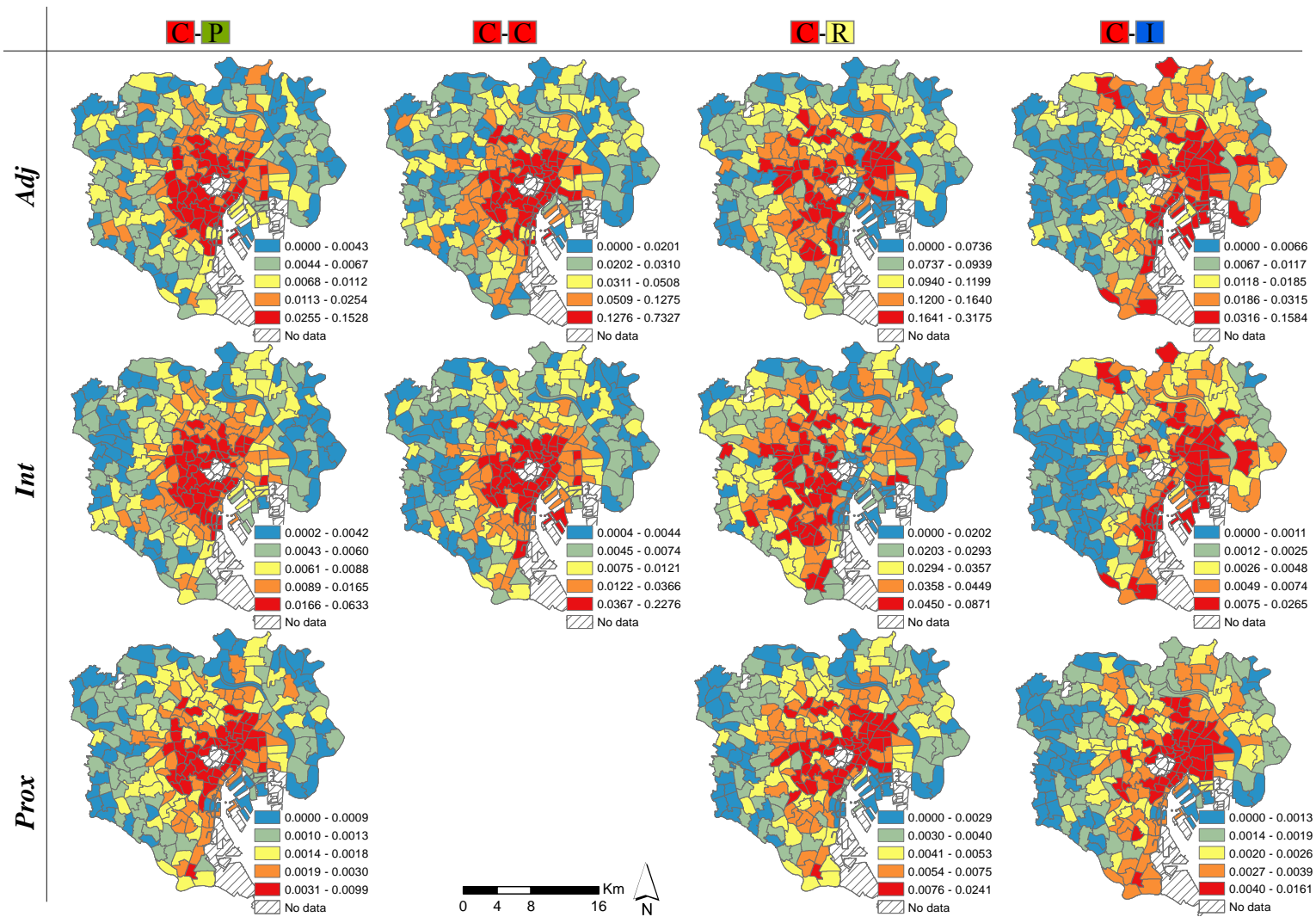


図 4.5 商業用途(C)からみた用途別混合度指標の分布(等量区分)

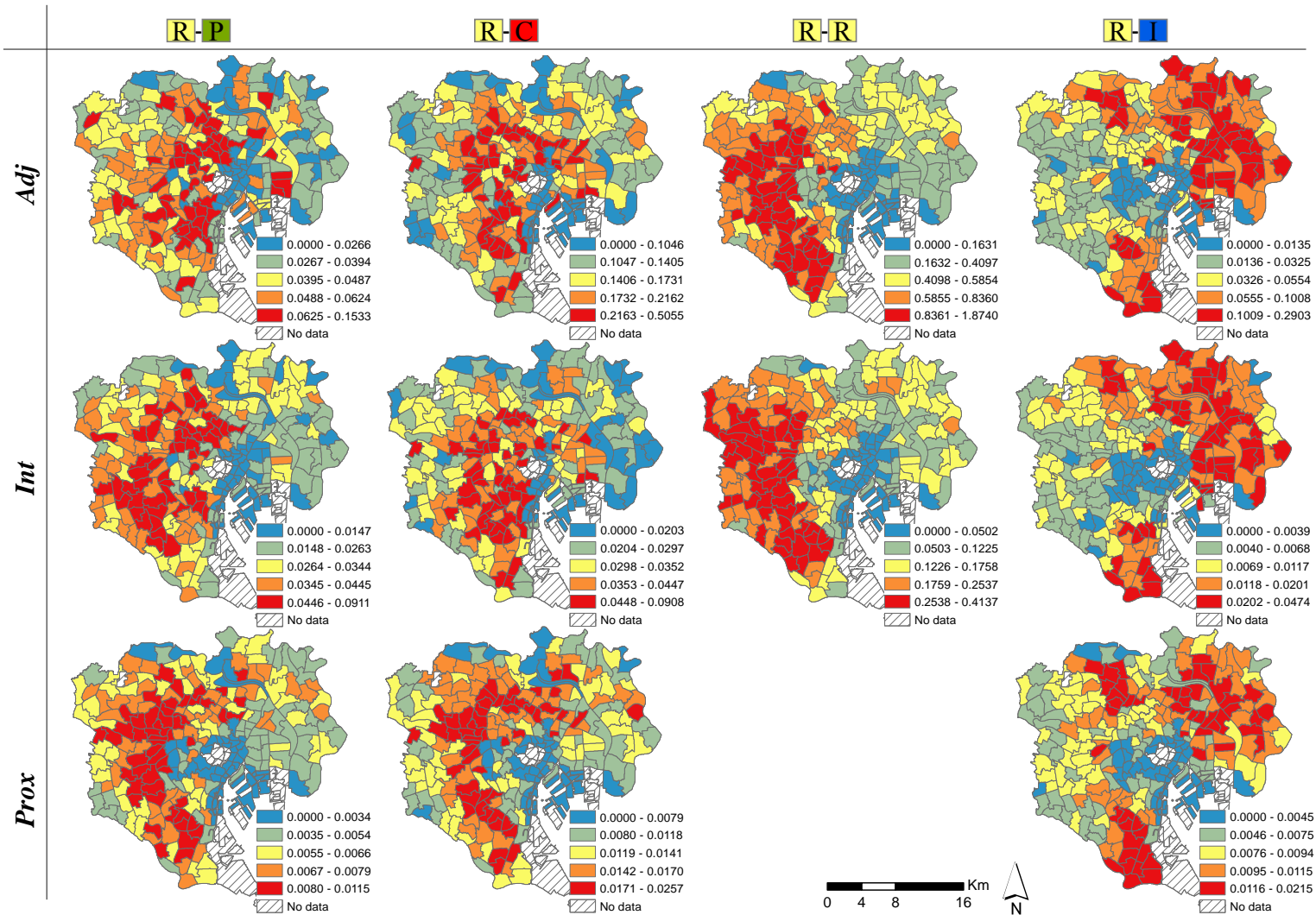


図 4.6 住宅用途(R)からみた用途別混合度指標の分布(等量区分)

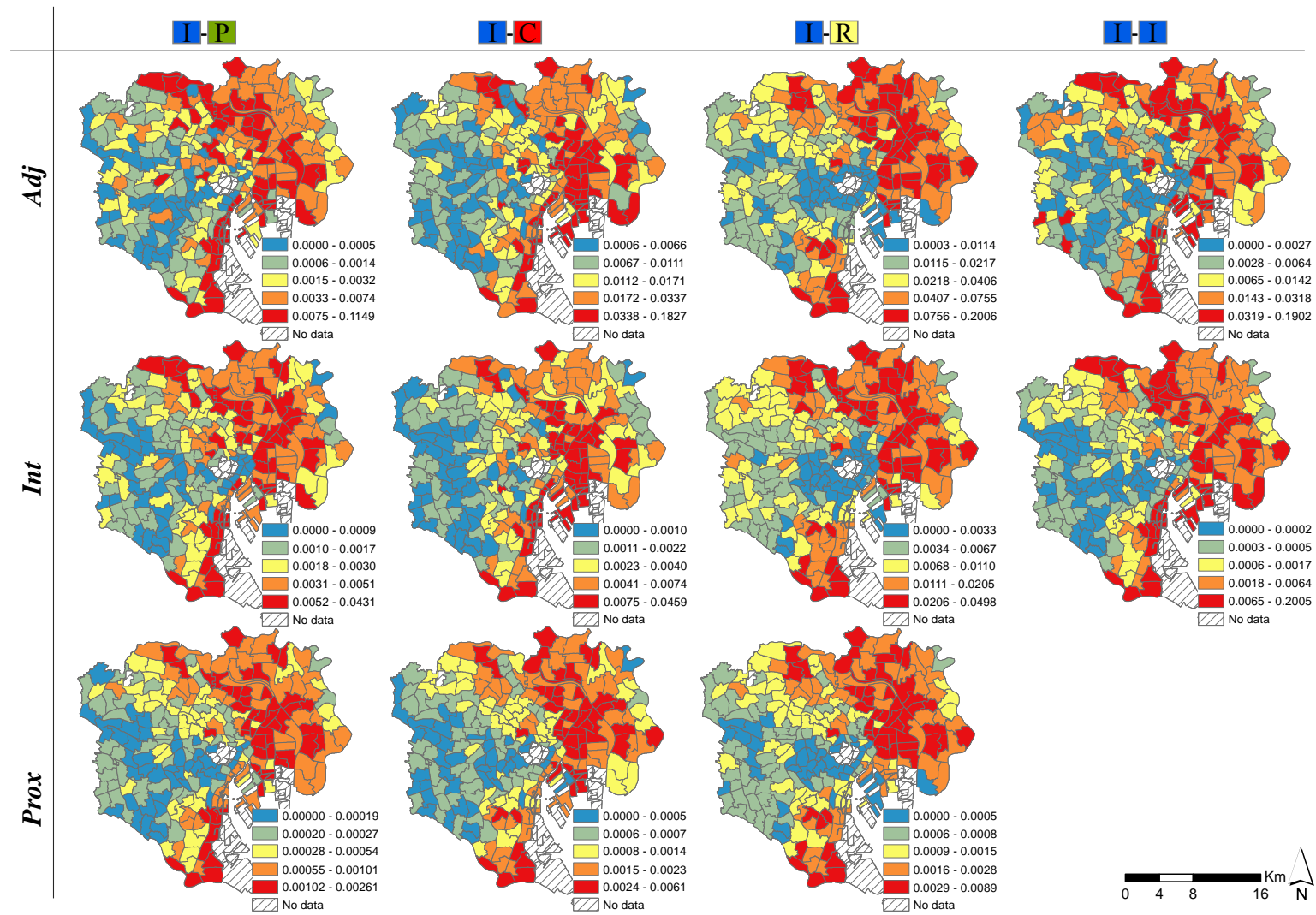


図 4.7 工業用途(I)からみた用途別混合度指標の分布(等量区分)

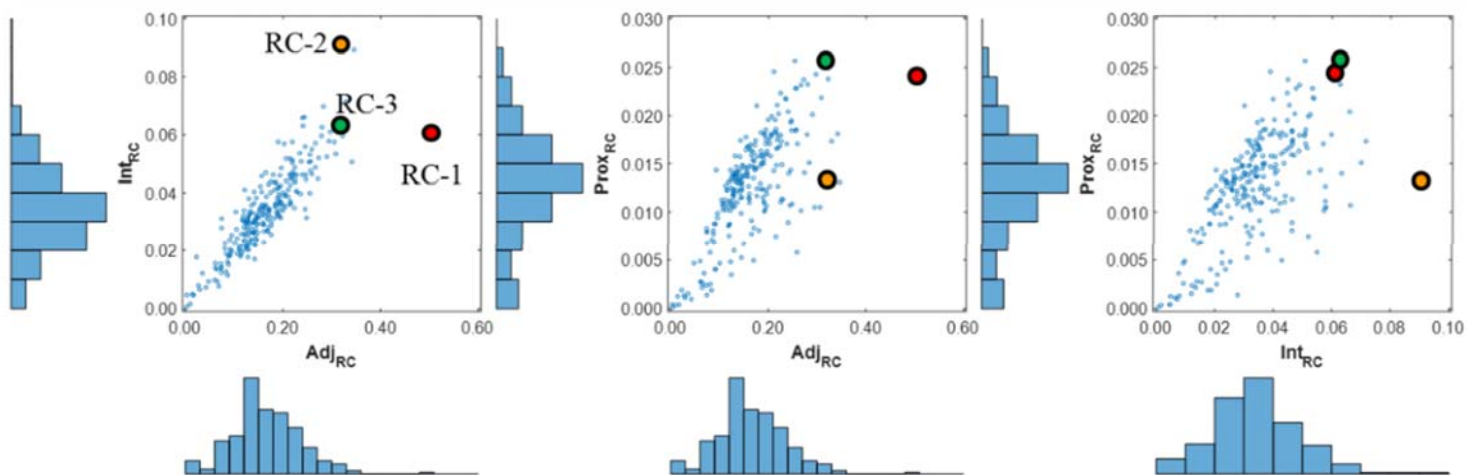
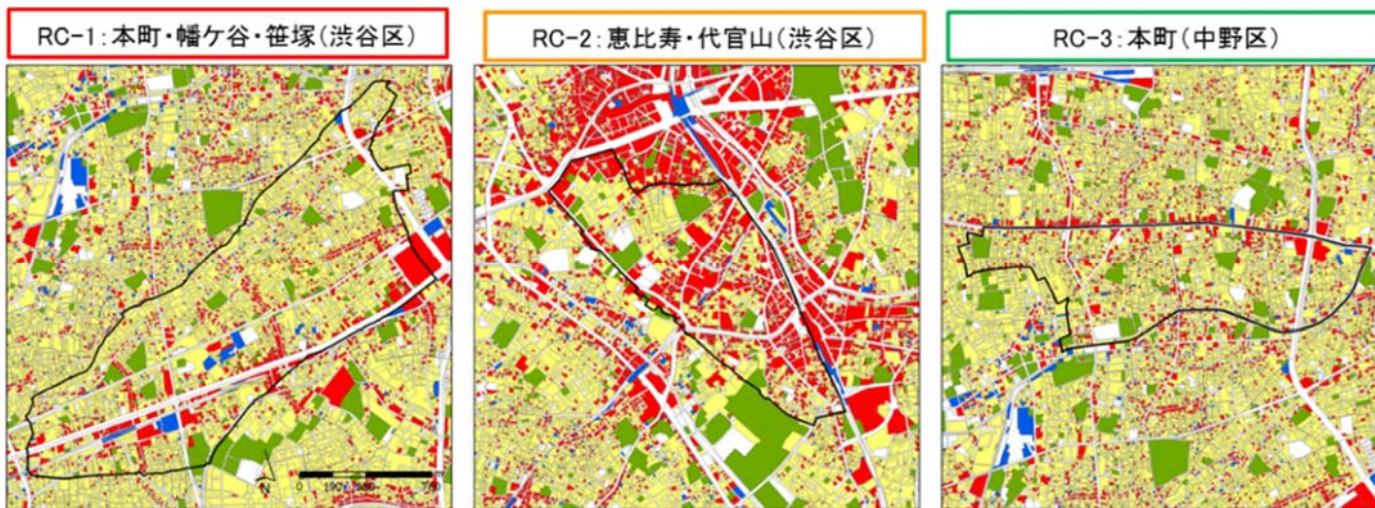


図 4.8 混合度指標の間の相関関係(住宅からみた商業)

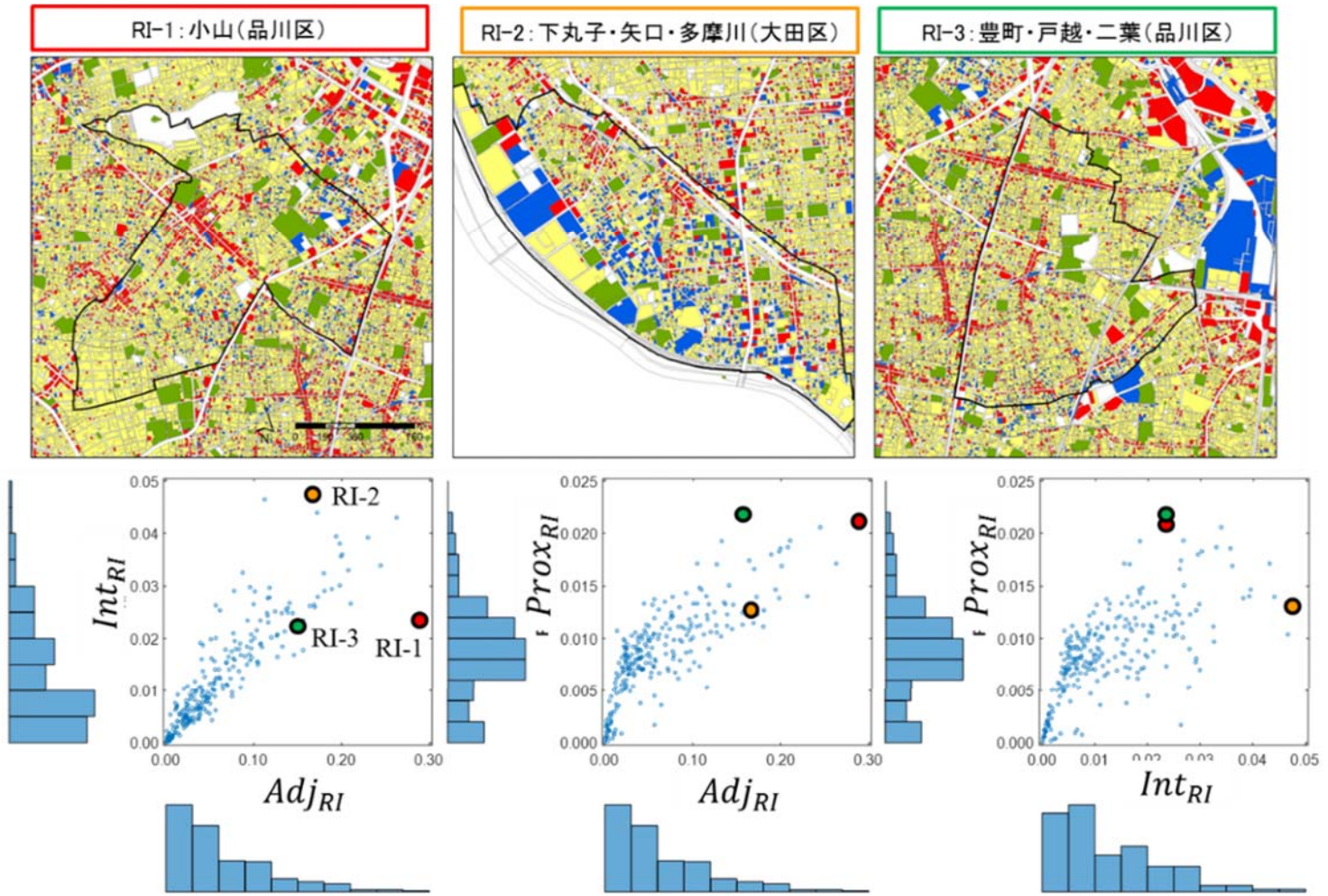


図 4.9 混合度指標の間の相関関係(住宅からみた工業)

4.4 混合度指標に基づいた市街地の類型化

本章では、用途ペア毎の混合度指標により地域内の用途間の空間分布の差を把握できることを利用して、より適切な地区分類による市街地の類型化を試みる。混合度による分類結果と既存手法による結果を比較することで、市街地分類における混合度指標の意義を考察する。

4.4.1 因子分析による混合度指標間の関係

指標間の構造を考慮して44変数の情報を要約するため、因子分析を行い、混合度指標間の関係を明らかにする。3つの指標毎に因子分析を行い、結果として各4因子が抽出された(表4.2~表4.4)。図4.10に因子得点の空間分布を示す。

隣接性は用いる接面の長さをを用い、集積性はお互いの面積を考慮しているため、一方の指標値が高くなると逆の指標値も高くなる傾向があり、同じ因子に分類される結果となる。使用している東京都の土地利用現況調査データは、隣接している敷地の用途が同じであれば、敷地の区分ができないため、指標の値にも影響がある。特に、住宅用途について、敷地の区分ができない部分が多い。ある2つの用途間(用途*k*と*l*)の混合度において、一つの用途のみ基準とした値を見ているのではなく、両方の用途からの指標(用途*k*から用途*l*、用途*l*から用途*k*)を考慮しており、ある用途ペアにおける2つの隣接性指標は同じ因子と分類され、同じ用途ペアにおいて方向による値の大小関係はある程度一致しており、データの限界による問題はあまりないといえる。

隣接性と集積性に関する因子はほぼ同じような結果となり、第I因子である工業用途との混合の因子得点が-0.5以下となるゾーンが39.4%を占めており、現在の東京区部では、工場用途と他の用途は一部の地域の以外では分離されている傾向が浮き彫りになった。工業用途と全ての用途に対する指標が同じ因子と分類され、用途による混合度の差あまりないことを表す。第II因子は商業と公共の混合及び住宅の排除を表す因子であり、都心及び副都心に因子得点の高い値が集中している。第III因子は商業と住宅の混合を表す因子であり、商業用途間の隣接性や集積性の因子負荷量は低く、小規模の商業用途が住宅と混合しているパターンとなる。隣接性と集積性の空間的な分布の差が見られ、例えば、墨田区では隣接性は高い一方、集積性は低い土地利用パターンとなっている。第IV因子は、隣接性については公共用途と住宅の混合及び公共用途同士の隣接、集積性については公共用途と住宅の混合及び商業同士の排除を表している。その分布を見ると、隣接性の場合、港区、文京区で高い値が見られる一方で、集積性の場合、住宅地が中心である西側で高い値が見られる。

近接性は基準となる用途毎に因子が形成される。第I因子と第III因子は、工業と公共用途が多い東側と都心周辺で高くなる。しかし、単に各用途の割合の大小を表しているわけではなく、他用途との近接性により値は違いを持つ。用途の割合の空間分布とは異なり、第IV因子は台東区の周辺で、第II因子は山手通り周辺で高い値が現れる。

表 4.2 隣接性パターン行列

		因子 I	因子 II	因子 III	因子 IV
工業 混合	P-I	.780	.091	-.146	.338
	C-I	.584	.425	.143	-.281
	R-I	.693	-.341	.287	-.111
	I-P	.662	.008	-.157	.178
	I-C	.664	.197	-.012	-.220
	I-R	.810	-.292	.248	-.142
	I-I	.704	-.097	-.146	-.057
商公混合	P-C	.024	.828	.052	.379
	C-P	-.092	.835	.099	.126
住宅排除	C-C	-.197	.808	.123	-.186
	R-R	-.337	-.605	.233	.216
住商 混合	C-R	.000	.403	.877	.054
	R-C	-.041	-.047	.906	.187
住公混合 公共隣接	P-P	.030	.260	-.050	.481
	P-R	-.034	-.070	.170	.846
	R-P	-.041	-.199	.322	.659
寄与率 (%)		27.8	21.2	16.4	10.1

表 4.3 集積性パターン行列

		因子 I	因子 II	因子 III	因子 IV
工業 混合	P-I	.906	.184	-.122	.164
	C-I	.660	.129	.129	-.467
	R-I	.794	-.335	.125	.064
	I-P	.934	.126	-.096	.112
	I-C	.733	.132	.053	-.391
	I-R	.815	-.323	.092	.054
	I-I	.617	-.051	-.162	-.138
商公混合	P-P	.011	.567	-.100	.362
	P-C	-.021	.921	.136	-.038
住宅排除	C-P	-.076	.880	.200	-.141
	R-R	-.308	-.537	.195	.462
住商 混合	C-R	-.005	.085	.962	.038
	R-C	.020	.050	.942	.115
住公混合 商業排除	P-R	-.054	.116	.150	.862
	C-C	-.259	.511	.068	-.601
	R-P	-.090	.014	.255	.822
寄与率 (%)		35.7	23.5	14.3	9.8

表 4.4 近接性パターン行列

		因子 I	因子 II	因子 III	因子 IV
工業から 近接性	I-P	.976	-.106	.039	-.065
	I-R	.972	.096	.013	.025
	I-C	.960	-.033	-.017	.121
住宅から 近接性	R-C	-.065	1.003	.007	.098
	R-P	-.143	.911	.073	-.149
	R-I	.505	.727	-.005	-.044
公共から 近接性	P-R	-.121	.154	.957	-.063
	P-C	-.129	-.083	.920	.183
	P-I	.321	-.032	.882	-.026
商業から 近接性	C-R	-.010	.155	.025	1.008
	C-I	.198	-.044	-.024	.926
	C-P	-.148	-.168	.075	.886
寄与率 (%)		33.7	29.3	22.7	10.5

因子抽出法:主因子法 ,
 回転法:直接オブリミン
 P:公共, C:商業, R:住宅, I:工業

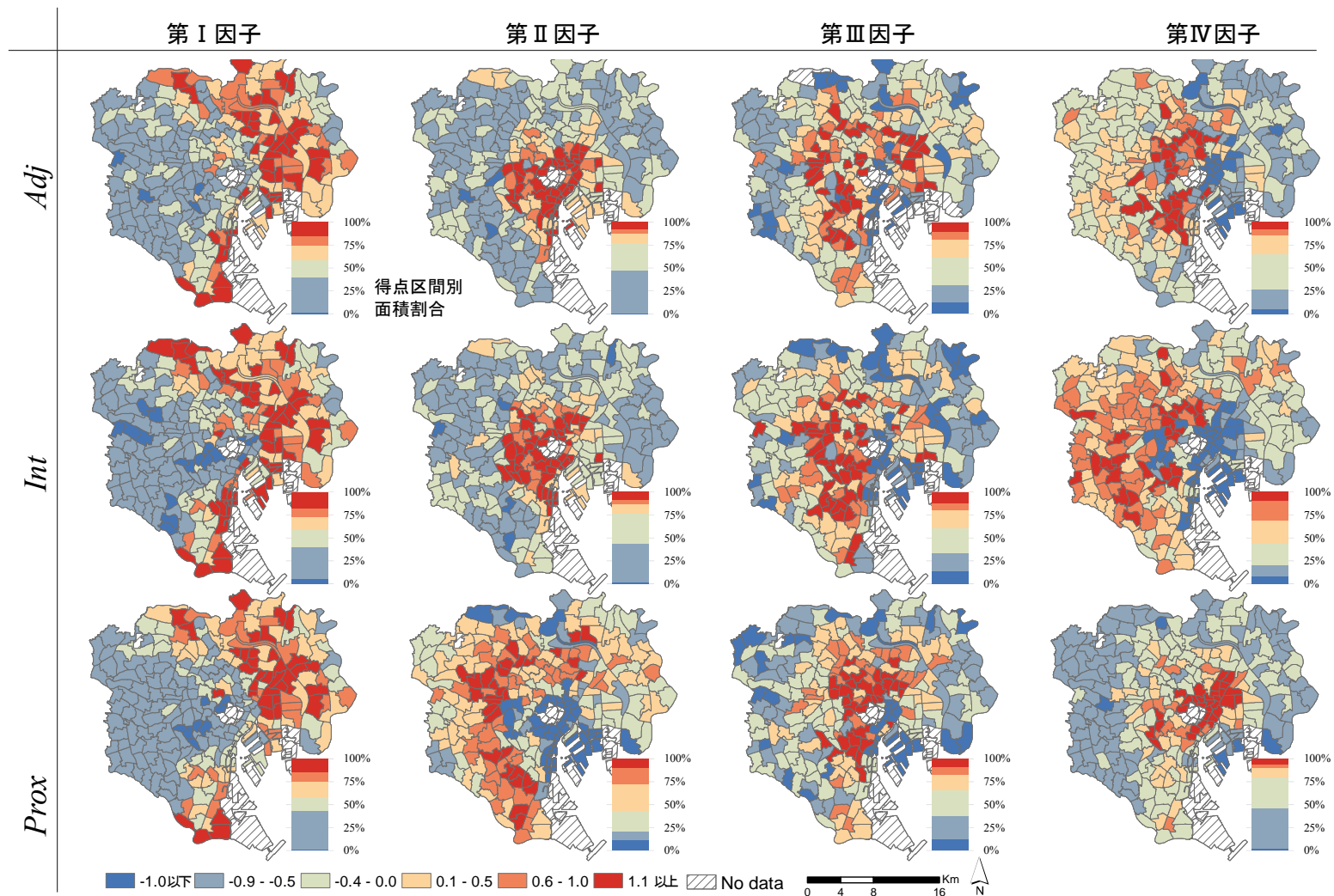


図 4.10 因子得点からみた3指標の空間分布と得点区間別の面積割合

4.4.2 クラスタ分析による混合土地利用パターンの類型化

混合度指標の特徴を活かして、市街地の類型化を行うために、混合度指標の因子得点を用いたクラスタ分析を行い、用途別割合による結果（図 2.12）と対比する。K-means クラスタ分析により、12 類型に分類した結果が図 4.11 である。図 4.12 は因子得点による 12 個クラスタを用途別の割合によって 3 つに分け、各因子得点の平均値を比較したものであり（ゾーンの数が 1 である B12 は除外）、表 4.5 は、その因子得点に基づいた地区名を表している。

2 つの結果を比べると、混合度指標を用いた結果においては、隣接しているゾーン同士は同じクラスタに分類される傾向があり、都心区部と周辺区部の間には、用途の割合による結果からは見られない類型（B2：住宅中心の隣接・集積・近接による商業混合地域、B7：隣接による住商工混合地域）が見られる。図 2.12 で示した 8 地区の区分の結果を見ると、用途別の割合による分類では同じクラスタになるが、混合度指標を用いることで異なる分類となることわかる。

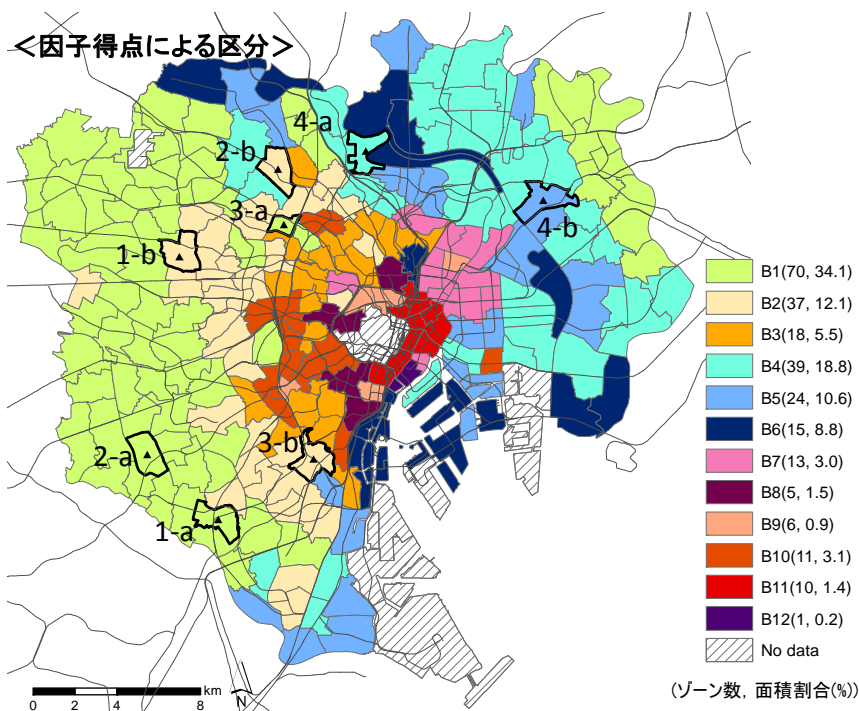


図 4.11 混合度指標の因子得点による地区分類

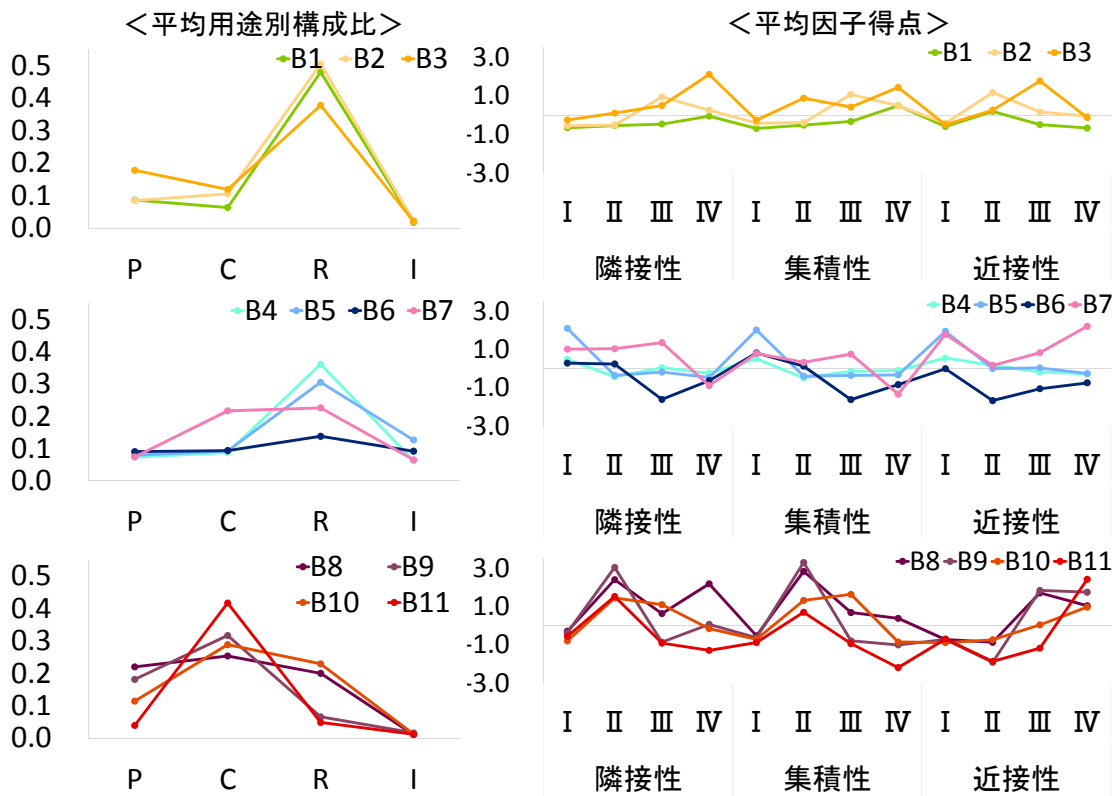


図 4.12 クラスタ毎の用途別割合及び因子得点の比較

表 4.5 混合度による類型別のゾーンの数と面積

地域	ゾーン数	面積割合 (%)
B1	70	31.1
B2	37	13.4
B3	18	6.4
B4	39	19.5
B5	24	10.6
B6	15	8.8
B7	13	3.0
B8	5	1.5
B9	6	0.9
B10	11	3.1
B11	10	1.4
B12	1	0.2

4.4.3 類型別土地利用パターンの特徴

(1) 住宅系パターン (B1~B3)

住宅が中心のグループ (B1~B3) の類型化の結果について考察を行う。B1 は、全ての因子において値が低く、「住宅間隣接した純化地域」である。その分布を見ると、主に区部の西側と東外縁部に分布していることが読み取れる。B1 類型の例として世田谷区の奥沢・玉川田園調布地区が挙げられる。図 4.15 の土地利用パターンを見ると住宅によって純化された街区が多く、商業用途は街路に沿って分布していることが読み取れる。

B2 の隣接性と集積性の第Ⅲ因子 (商業と住宅の混合) が高く、近接性の第Ⅱ~Ⅳ因子が高いことが見られる。この結果から、B2 では、住宅と商業がより混合しており、「住宅中心の隣接・集積・近接による商業混合地域」であると解釈できる。代表地区で選んだ B1 の奥沢・玉川田園調布地区と B2 の野方・丸山・大和町地区は、図 4.13 を見ると住宅と商業用途の構成比はほぼ同じ地区であるため、図 2.12 の構成比からは同じ類型に分離された地区である。しかし、混合度指標では異なる土地利用パターンとして分類され、隣接性の第Ⅲ因子と近接性の第Ⅱ因子で大きい。図 4.15 における野方・丸山・大和町地区の土地利用の分布を見ると、商業用途が細かく分散しており、図 4.18 のようにクリーニング店や居酒屋が住宅地の中で点的に立地していることが見られる。B2 の分布を見ると、都心区部と周辺区部の間に多く分布しており、木賃ベルトの分布と類似であると考えられる。

B3 は、住商混合に関する因子の値が高く、それに加え、住宅と公共の隣接と集積による混合を表す隣接性と集積性の第Ⅳ因子、公共からの近接性の第Ⅲ因子の値が高く、「隣接・集積による住商公混合地域」であることが分かる。学校などの公共用途が多く集まっている文京区や港区で多く見られる。B2 に比べて住宅の割合が小さいため、図 4.12 の隣接性と集積性の第Ⅲ因子の値が B2 に比べて相対的に低い、集積性の第Ⅲ因子の差より、隣接性の第Ⅲ因子の差が小さく、B2 のように商業用途が住宅地内に散在しているパターンであることが分かる。

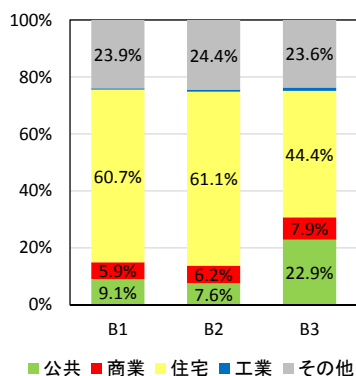


図 4.13 居住系パターンの用途別構成比

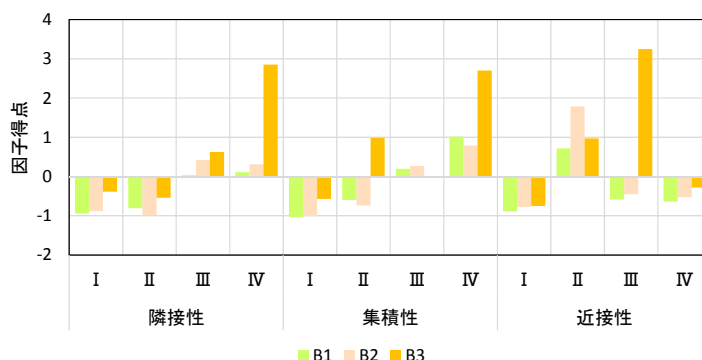


図 4.14 居住系パターンの因子得点の比較

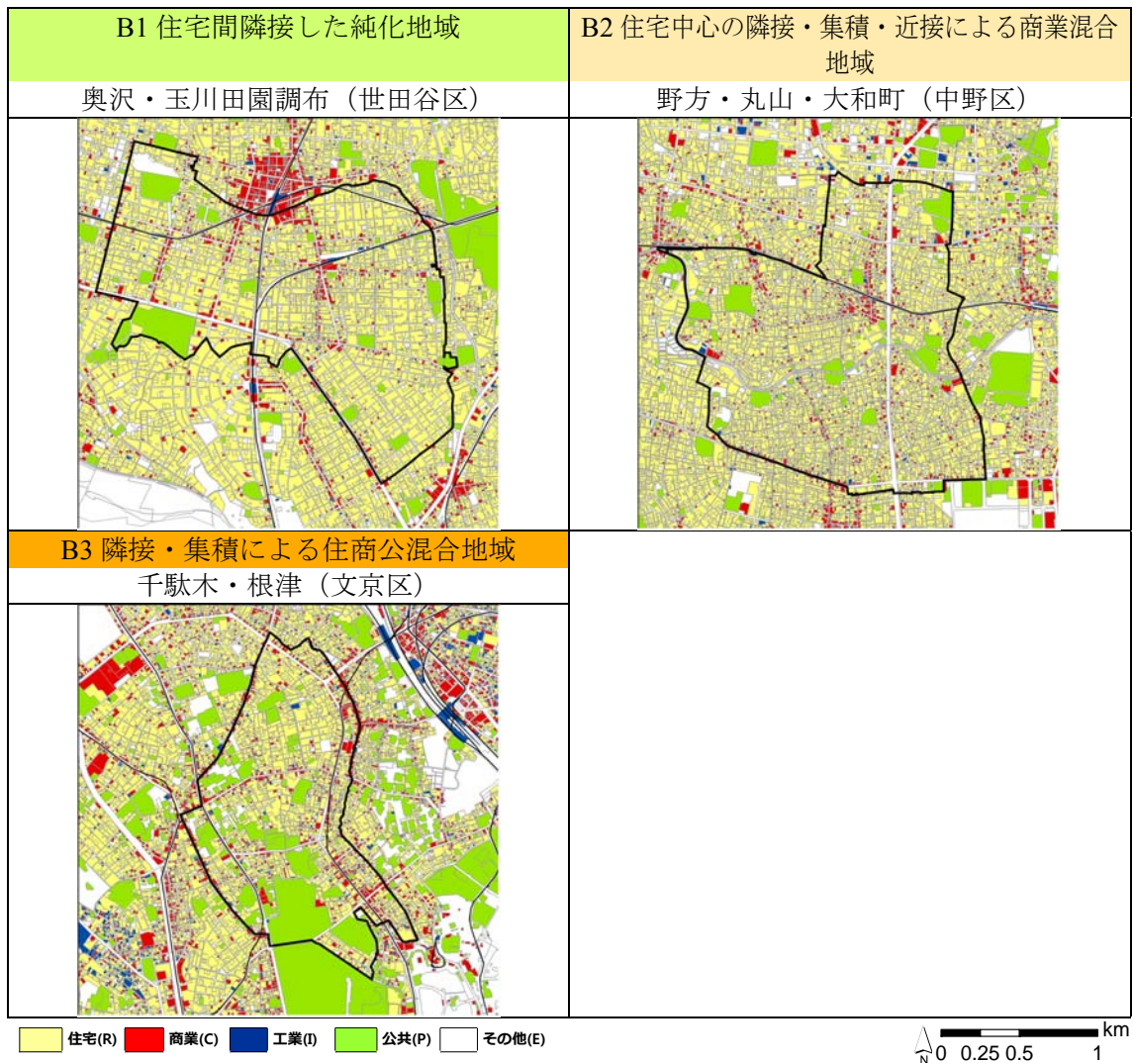


図 4.15 各類型別の代表地区の例(B1～B3)



図 4.16 B1 の純化した住宅地(奥沢5丁目)



図 4.17 B1 の道路に集積している商業用途(奥沢5丁目)



図 4.18 B2 の点的に分布している商業用途(丸山2丁目)



(2) 住工混在系パターン (B4~B7)

工業用途との混合が見られるグループ (B4~B7) の類型化の結果について考察を行う。

B4 は、住宅と工業の混合を表す因子の中で、集積性の第 I 因子のみで多少値が高く、隣接性の第 I 因子は全体平均と大きい差はないことが見られる。北区の豊島・堀船地区を見ると、大規模の工業用途が住宅地と離れて立地しており、図 4.23 のよおうに住宅地内には工業用途はあまり見られない。そこで B4 は、工業用途を含んでいるものの住宅用途とは空間的に分離されている「住宅中心の工業分離地域」と解釈できる。

B5 は、隣接性と集積性の第 I 因子の値が 4 つの工業系パターンの中で最も高い。葛飾区の宝町・立石・四つ木地区の例を見ると、住宅地の中に多くの工業用途が点的に分散していることが読み取れ、「隣接・集積・近接による住工混合地域」と呼ぶ。図 4.19 構成比から見ると、B4 の豊島・堀船地区と B5 の宝町・立石・四つ木地区における工業用途の割合は 8.5% としてほぼ同じであり、図 4.20 の集積性の第 I 因子の値もほぼ同じ値を取ることが読み取れる。しかし、隣接性と近接性の第 I 因子を見ると B5 の値が高く、工業用途が点的に分散しているパターンであることが定量的に分かる。

B6 は、工業用途の構成比は B5 の次に高いが、住工の混合を表す因子の値が高くなく、住宅用途が少なく、大規模の工業団地などの工業が中心である地域である。その分布を見ると、沿岸部と板橋区などの限られている地域に分布している。土地利用の例を見ると、住宅と工業が分離されていることが読み取れ、「住工分離・工業集積地域」として解釈できる。

最後に B7 は、第 IV 因子を除いた全ての隣接性・集積性の因子における値が高く、住宅・商業・工業がお互いに分離されず、混合している「隣接・集積による住商工混合地域」である。特に隣接性の第 III 因子の平均値が最も大きい類型である。主に台東区と墨田区に分布しており、その例である日暮里地区を見ると、図 4.25 のように住宅地内に小規模の工場、事務所などが散在していることが見られる。

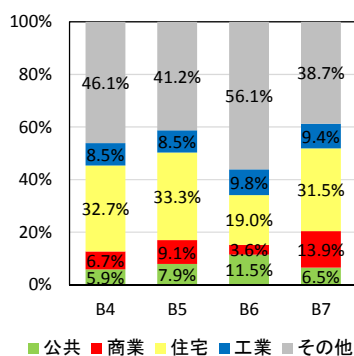


図 4.19 工業系パターンの用途別構成比

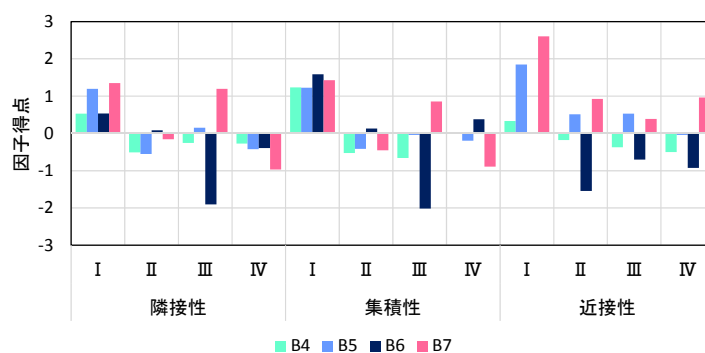


図 4.20 工業系パターンの因子得点の比較

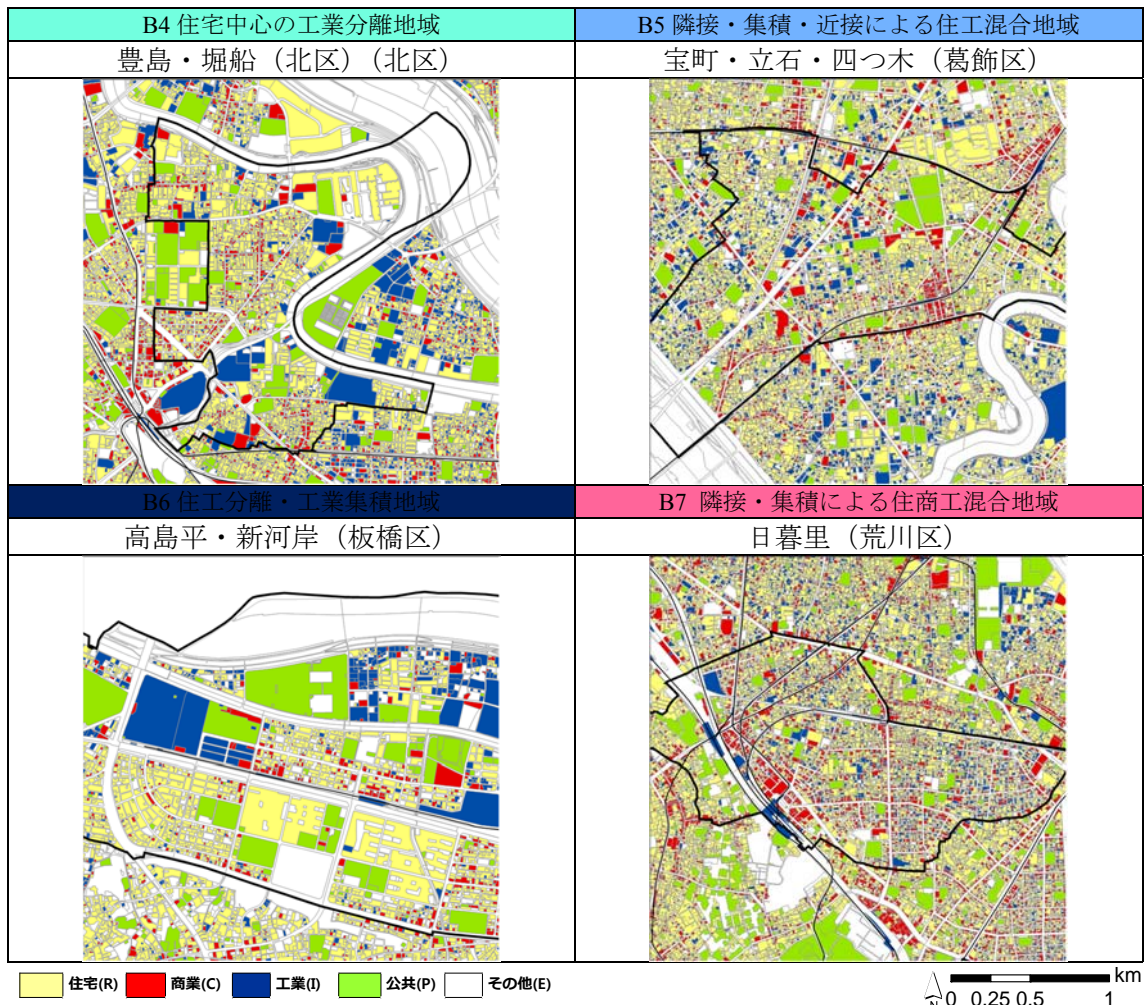


図 4.21 各類型別の代表地区の例(B4~B7)



図 4.22 B4 の分離されている工業用途（流通センター、北区豊島4丁目）



図 4.23 B4 の純化している住宅地（北区豊島6丁目）



図 4.24 B5 の点的に分布している工業用途（葛飾区宝町1丁目）



図 4.25 B7 の住宅地内点滴に分布している商業・工業用途（荒川区東日暮里6丁目）

(3) 商業系パターン (B8~B11)

最後に商業系パターンである (B8~B11) の類型化の結果について考察を行う。このグループに属する類型は、全て住宅排除と商公の混合を表す隣接性・集積性の第Ⅱ因子の値が大きく、商業中心地域であると言える。

まず、B8 は、商業と公共、住宅と公共の混合を表す隣接性・集積性の第Ⅱと第Ⅳ因子の値が高く、「隣接・集積による商公住混合地域」である。全ての類型の中で公共用途の平均構成比が最も大きい類型である。隣接性の第Ⅱと第Ⅳ因子が高いが、図 4.28 を見ると、細かい住宅と商業のポリゴンがお互いに隣接している一方、公共用途は細かく分散していることではないことが見られる。

B9 は、B8 と比べ、公共と住宅の混合を表す隣接性と集積性の第Ⅳ因子が小さく、商業と公共用途で構成されている地域であり、「隣接・集積による商公混合地域」として解釈できる。増上寺やオランダ大使館が立地している芝大門・浜松町地区がその例として挙げられる。図 4.26 の構成比を見ると、住宅用途はほぼなく、公共用途と商業用途で構成されている地区である。

B10 は、住宅と商業の混合を表す隣接性と集積性の第Ⅲ因子の値が高く、図 4.12 における住宅と商業用途の構成比はそれぞれ 23%と 29%であるため、「商業中心の隣接・集積による住商公混合地域」であると言える。この地域では、住宅と商業の隣接性と集積性が共に高いことから、空間的に分離されず、それぞれの用途の細かいポリゴンが混ざっているパターンであることが分かる。住宅からみた商業の集積性が最も高い恵比寿・代官山地区がこの類型の代表地区である。B11 は、「商業による純化地域」であり、東京駅を中心とした都心部に分布している。

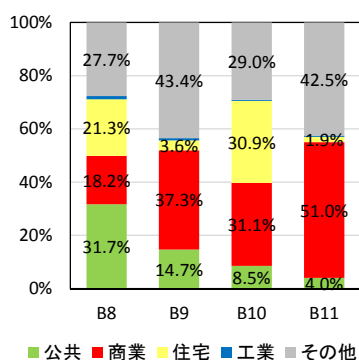


図 4.26 商業系パターンの用途別構成比

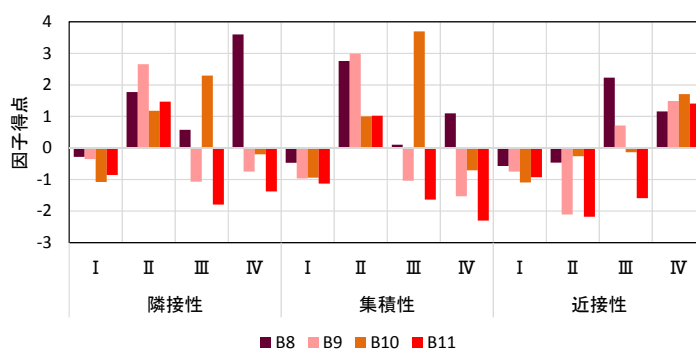


図 4.27 商業系パターンの因子得点の比較

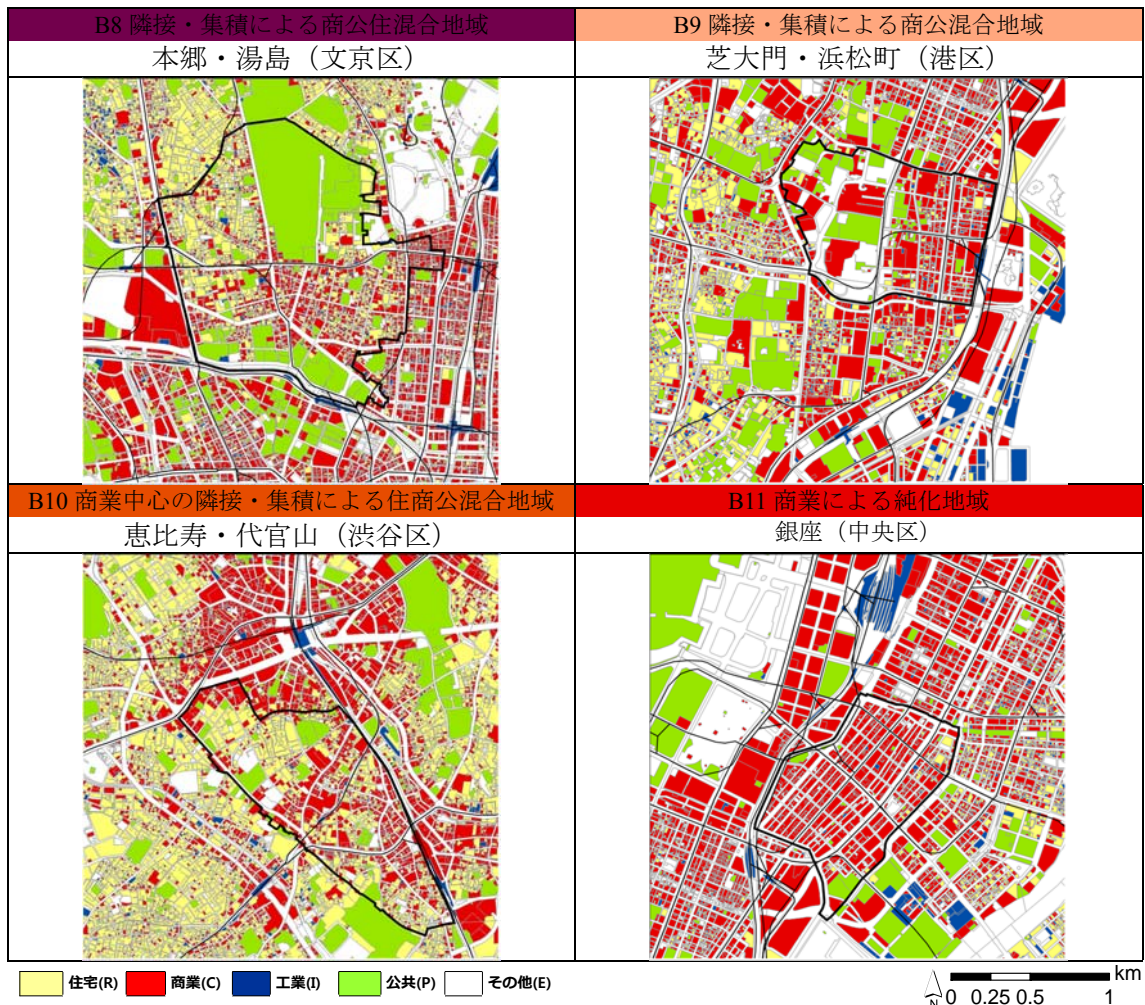


図 4.28 各類型別の代表地区の例(B8～B11)



図 4.29 B10 の地区内の商業用途
(渋谷区猿楽町)



図 4.30 B11 の商業による純化した地区
(中央区銀座4丁目)

4.4.4 従来の地域区分との関係

従来の地域分類と比べ、混合度指標を用いることにより、どのような新たに得られた情報が得られたかを見るために、既存研究における地域分類との結果と比較を行う。人口、道路指標、建物指標などにより多くの地区分類が行われてきたが、ここでは、土地利用に着目した正井 (1968)の手法による分類、防災都市づくり推進計画(東京都都市整備局, 2016)における木造住宅密集地域との比較を行う。

(1) 正井 (1968)の分類との比較

正井 (1968)は、土地利用のみに着目して地域分行い、土地利用の定量的な把握を試みた。混合度指標を用いることからどのような新しい情報が得られるかを考察するため、土地利用用途に関する情報のみ考慮している点で、正井 (1968)の分類手法を比較対象とする。

正井 (1968)は、1960年の東京都土地利用現況図から1kmメッシュ毎の用途別構成比に基づき、メッシュ毎の土地利用をある用途で代表させるのではなく、土地利用の組合せの形で分類を行った。具体的な手順は以下の通りである。

第一に、用途別の構成比から、地区の2/3以上の面積を占める土地利用種目(A)、1/3から2/3の面積を占める土地利用種目(B)、1/3以下を占める土地利用種目(C)を求めた。第二に、商業・公共・工業・住宅・農業という5つの比較的単純な地区(軽度混在地区)、商業・住宅、公共・農業・空地、工業・住宅、工業・農業・空地、住宅・公共、住宅・農業という6種類の比較的単純な混在地区(中度混在地区)、商業・公共・工業・住宅・農業をそれぞれ主体とした比較的極端な混在地区(高度混在地区)、顕著な卓越土地利用のない地区(極度混在地区)に分類し、図4.31のように17区部に分類した。

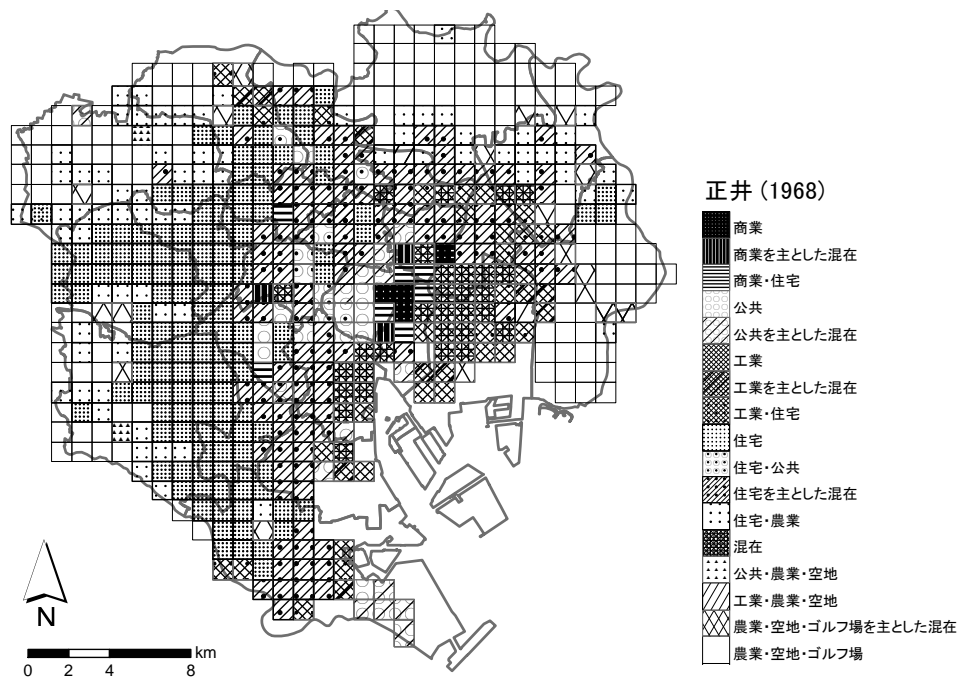


図 4.31 正井 (1968)の東京都区部の地域区分

その方法による分類結果と本研究の分類結果を比較するため、同様な方法で小ゾーンを分類した。そのため、まず、住宅、商業、工業、公共用途の面積のみを考慮し、4つの用途による面積を1としたときの用途別の構成比を求め、以下の基準に従って分類した。

- ① Aに該当する用途がある場合：住宅・商業・工業・公共という地区
- ② Bに2つの用途が現れる場合：住宅・商業，住宅・公共，商業・公共，工業・公共地区
- ③ Bに1つの用途が現れる場合：住宅・商業・工業・公共をそれぞれ主体とした混在地区
- ④ A，Bに該当する用途がない場合：混在地区

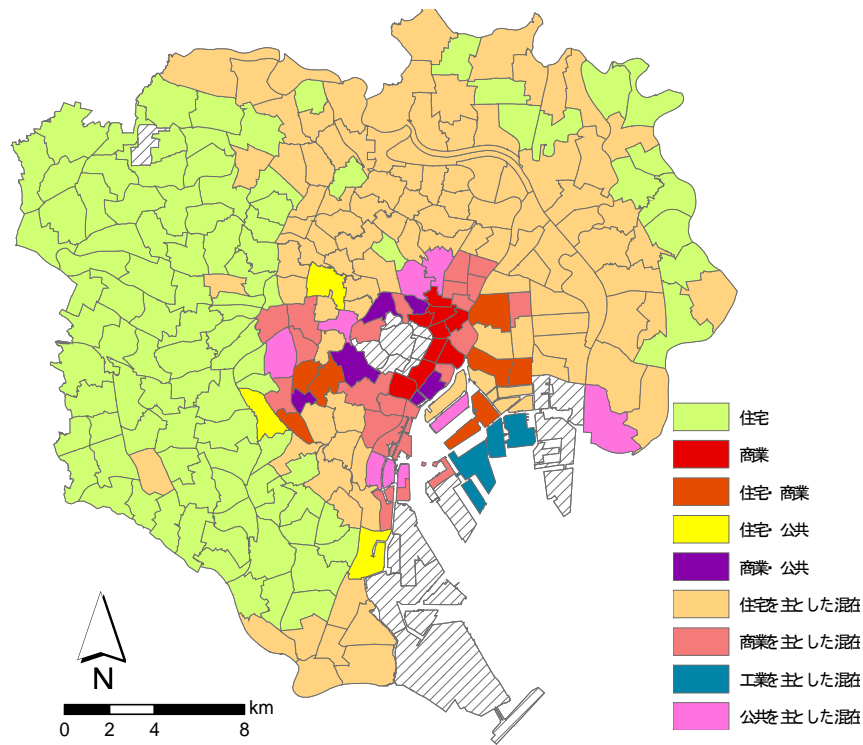
上記の手順に従って、249ゾーンが9の地区に分類された。図4.32は、正井の手法による分類と混合度指標による分類の分布を比較したものである。表4.6は、正井の手法による分類結果と混合度指標による分類結果のクロス集計である。「住宅」と分類された地区は、混合度指標による分類では、B1，B2，B4に細分されることが見られる。住宅用途が支配的な地区であるものの、住宅用途と商業用途の空間的な分布が考慮することにより、異なる土地利用パターンであることが分かる。

「住宅を主とした混在」と分類された地区は、8種類に細分され、B4とB5に分類された地区が多い。B4とB5は工業用途を含んでいる地域であり、混合度指標による分類では、工業用途を含んでいるかどうかだけではなく、工業用途が分散しているか集積しているかにより細分された。その結果から、工業用途が立地している地域の中でも、住宅地内に工業用途が散在しているパターンと、住宅と工業が分離されている地域があることが分かる。一方、「商業」と分類された地区は、B11の「商業による純化地域」とほぼ一致していることが見られる。

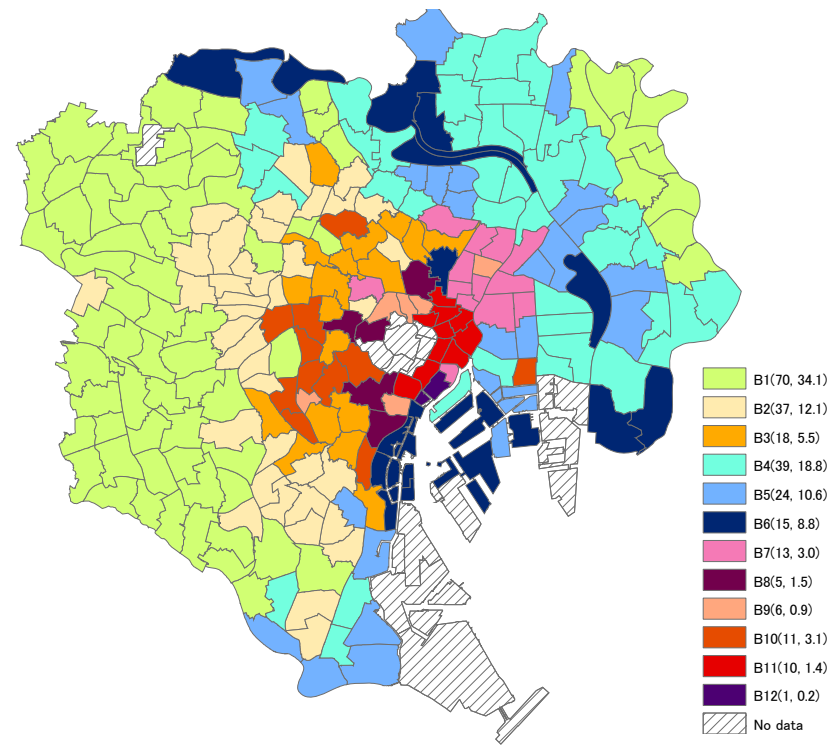
正井の分類は、無理に土地利用を単純化することではなく、土地利用の組合せの形で土地利用を定量的に把握したことで意義があると言える。本研究の手法は、混合度指標により、用途間の空間関係を考慮することで、正井を分類より詳細な分類ができたといえる。

表 4.6 正井(1968)の手法による区分と混合度指標による区分のクロス集計

正井	混合度												合計	
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12		
1 住宅	62	28		8										98
2 商業											9			9
3 住宅・商業				1		1	1			4				7
4 住宅・公共			2		1									3
5 商業・公共									3	1		1		5
6 住宅を主とした混在	7	9	16	30	22	6	6			2				98
7 商業を主とした混在						2	6	3	3	4	1			19
8 工業を主とした混在					1	2								3
9 公共を主とした混在	1					4		2						7
合計	70	37	18	39	24	15	13	5	6	11	10	1		249



(a) 正井 (1968)の手法による分類結果



(b) 混合度指標による分類結果

図 4.32 正井 (1968)の手法による区分と混合度指標による区分の比較

(2) 木造住宅密集地区

実際の市街地の整備において、本研究での分類の適用可能性を見るため、一つの例として木造住宅密集地区における土地利用パターンの特徴を分析した。

防災都市づくり推進計画(東京都都市整備局, 2016)では、震災時に延焼被害のおそれのある老朽木造住宅が密集している地域として「木造住宅密集地区」を定義しており、以下の基準によって抽出した。

- ① 昭和 55 年以前の老朽木造建築物棟数率 30%以上
- ② 住宅戸数密度 55 世帯/ha 以上
- ③ 補正不燃領域率 60%未満

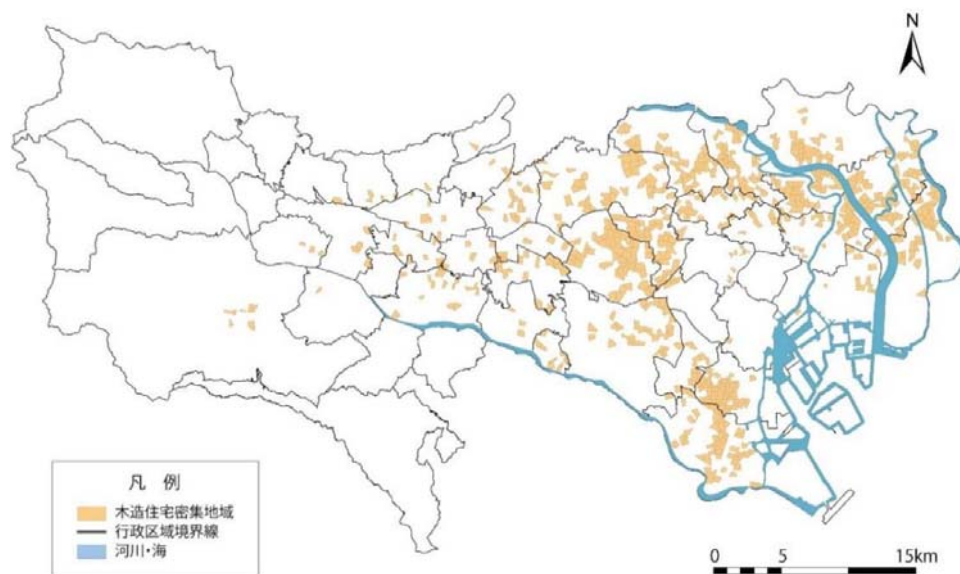


図 4.33 木造住宅密集地域の分布
出典:東京都都市整備局 (2016, p. 1-9)

図 4.34 は、混合度による分類と木造住宅密集地区を重ね合わせたものである。表 4.7 を見ると、全体の木造住宅密集地区の 37%は B1 の「住宅間隣接した純化地域」であり、その次に、23%は B2 の「住宅中心の隣接・集積・近接による商業混合地域」である。住宅と工業の混合地域にも多く分布しており、B4 の「住宅中心の工業分離地域」が 20%、B5 の「隣接・集積・近接による住工混合地域」が 12%であることが分かる。

本研究のだけでは、各土地利用パターンにおける具体的な整備方法までの提案まではできないが、土地利用パターンにより、木造住宅密集地区の中での整備の優先順位や方向性などが異なることが考えられる。例えば、住宅地内に商業は工業が散在している場合には、震災の時、火災・延焼の危険性が高い優先順位が高いと考えられる。また、火災の危険性がある用途がまとまっている場合には、一部の道路の整備だけで、市街地の延焼を防げる一方、散在している場合には、一部の道路の整備だけでは、市街地の延焼を防ぐことは出来ない可能性もある。実際の市街地整備において、土地利用パターンを考慮することで、地域の特性に合わせた良質な市街地の形成に寄与できると考える。

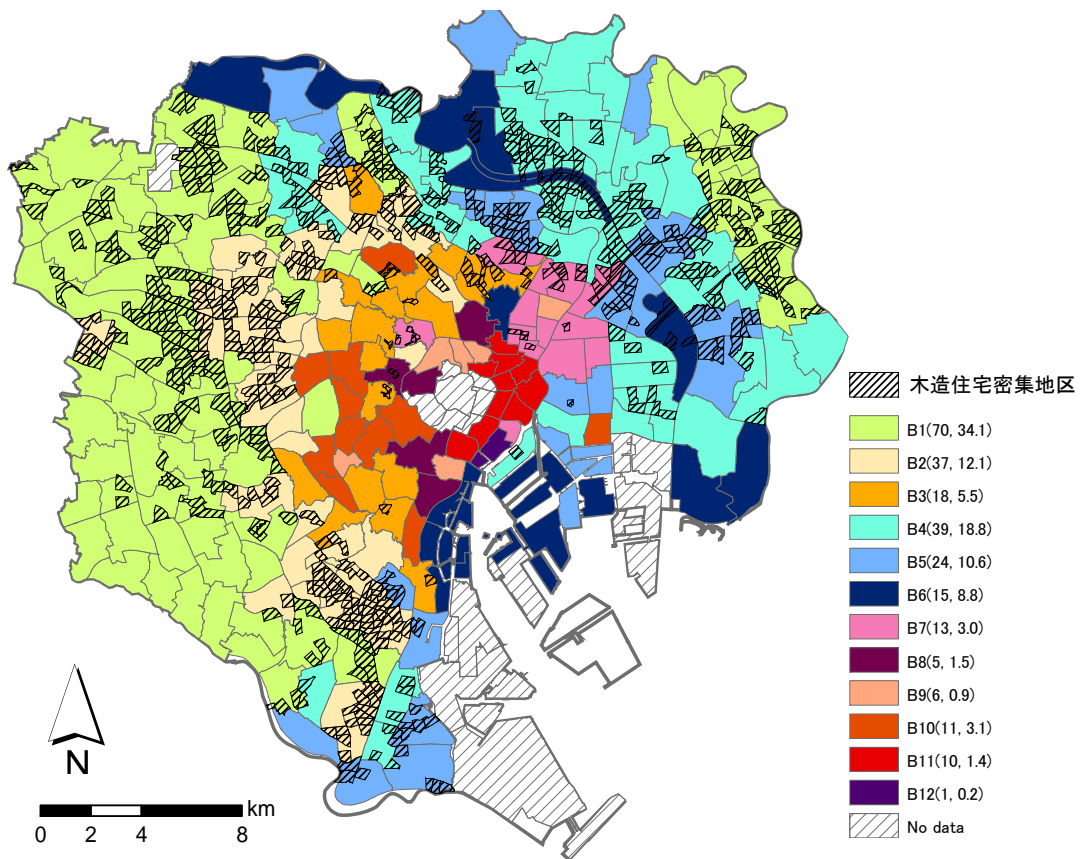


図 4.34 木造住宅密集地区分布と混合度による地域分類

表 4.7 土地利用パターンによる木造住宅密集地区の分類

類型	町丁目		面積割合
	数	面積	
B1 住宅間隣接した純化地域	201	42.7	37.4%
B2 住宅中心の隣接・集積・近接による商業混合地域	172	26.5	23.2%
B3 隣接・集積による住商公混合地域	22	2.9	2.5%
B4 住宅中心の工業分離地域	117	22.4	19.7%
B5 隣接・集積・近接による住工混合地域	76	14.1	12.3%
B6 住工分離・工業集積地域	8	2.3	2.0%
B7 隣接・集積による住商工混合地域	26	3.1	2.7%
B8 隣接・集積による商公住混合地域	1	0.1	0.1%
B10 商業中心の隣接・集積による住商公混合地域	1	0.1	0.1%

4.5 まとめ

第4章では、隣接性・集積性・近接性の3つの指標を用い、用途間の空間関係を考慮することでより詳細な土地利用パターンの定量化を行った。そのため、東京区部を対象として2011年度の土地利用データを用い、住宅、商業、工業、公共の4つの用途に着目し、最小単位である土地利用ポリゴン単位で混合度測定を行った。その測定値を小ゾーン単位で集計し、その分布の特徴を調べた。また、隣接性と集積性のそれぞれ16個の指標、近接性12個の指標を用い、土地利用パターンの類型化を行った上で、各類型の土地利用パターンの特徴を明らかにした。次に、既存手法による分類、木造住宅密集地区の分布との比較を行い、混合度指標を用いることで土地利用の細分化ができること、細分化した土地利用パターンの特徴を市街地計画へ反映できる可能性があることが示唆された。

その結果、下記のことが明らかになった。

- 住宅と商業用途の混合度から見ると、港区、新宿区、渋谷区など都心・副都心地域で隣接性と集積性が大きい一方、近接性は山手通り沿いの目黒区、杉並区、中野区などの地域で大きい。後者は、都心の周辺と比べて商業の割合は小さいが、細かく分散している地域である。工業用途は他の用途から分離されている傾向があり、住宅と工業用途の隣接性は零細敷地の多い墨田区と江東区で大きく、住宅と工業が混合している地域は一部の地域に限られている。公共用途の分布を見ると、東側の集積性が小さく、公共施設の分布に偏りがある
- 東京区部における土地利用パターンの分類の結果、12個のパターンに分類することができた。「住宅間隣接した純化地域」の面積の割合が31%として最も多く主に西側の住宅地に分布している。その次に多いのは19.5%を占めている「住宅中心の工業分離地域」であり、工業用途があるものの住宅とは分離されている地域である。その次に「住宅中心の隣接・集積・近接による商業混合地域」が13.4%を占めており、山手線の西部の外側に隣接して分布しており、商業用途が住宅地内に散在している特徴が見られる。
- 用途別の構成比のみ考慮した正井(1968)の手法によると9種類のパターンに分類されたが、混合度指標を考慮する分類では12種類の土地利用パターンに分類され、より詳細な分類ができた。商業用途で純化されている地域は両方の分類の結果がほぼ一致していたが、住宅用途の構成比が大きく、構成比による「住宅」、「住宅用途と主とした混在」地域は、混合度指標により、住宅と商業・工業が空間的に分離されている地域（住宅間隣接した純化地域、住宅中心の工業分離地域）と細かく分散して混合している地域（住宅中心の隣接・集積・近接による商業混合地域、隣接・集積・近接による住工混合地域）の異なるパターンに細分されることが分かった。
- 実際の市街地の整備において、本研究での分類の適用可能性を見るため、木造住宅密集地区における土地利用パターンの特徴した結果、老朽木造建築物棟数率、住宅戸数密度、補正不燃領域率に基づいた抽出された地区が混合度指標によりさらに9つの土

土地利用パターンに細分され、「住宅間隣接した純化地域」、「住宅中心の隣接・集積・近接による商業混合地域」、「住宅中心の工業分離地域」の順で面積の割合が大きいことが分かった。各土地利用パターンの特徴は、整備における優先順位の決定や手法の具体化における基礎となると考えられる。

第5章 混合度指標に基づいた混合土地利用の効果の定量化

5.1 はじめに

混合土地利用の効果に関する先行研究の課題としては、土地利用混合を定量化するために使われている指標が用途の空間的分布を十分に反映できていないことが挙げられる。また、その効果に基づいた具体的なパターンまで論じた研究はほとんど見られない。第3章では、混合度に対する評価基準が決まったら、その評価を高くする土地利用パターンを具体化できることを明らかにした。

本章では、上述の隣接度、集積度、近接度の3つの指標を用いて土地利用混合の効果を地価と交通分担率の観点から明らかにすることにより、土地利用純化・混合が土地利用の価値を高める効果があるかを定量的に把握する。さらに、実証分析結果に基づいた望ましい土地利用パターンの具体化を目的とする。特に隣接度、集積度、近接度に分解した指標を用いることで同じ用途との混合であっても空間関係により、影響が異なるかということも検証する。

本章は以下のように構成される。まず5.2節では、混合度指標と地価の関係を分析する。特に、同じ用途であっても空間関係による地価への影響関係が異なるかを検証し、3つの混合度指標を同時に考慮することの意義を考察する。そのため、まず、混合度を考慮しないA) ベースモデル、既存の混合度指標を用いるB) エントロピーモデル、空間混合度指標を用いるC) 空間混合度モデルの3つの地価推定モデルについて、空間的自己相関を考慮するSARAR (Spatial autoregressive models with autoregressive disturbances) に基づいた定式化を行う。次に、3つのモデルによる推定結果の適合度を比較し、各混合度指標と地価の関係を考察する。さらに、空間混合度モデルの推定結果に基づいて、東京都区部における土地利用パターンを評価し、地価を高める土地利用配置について論じる。5.3節では、地区単位の混合度指標を用い、混合度土地利用の主な効果として注目されている交通への影響を検証する。地価とは異なり、ある地区単位で交通手段分担率に関するデータが得られるため、まず、2.5節で測定した小ゾーン単位の隣接性、集積性、近接性を用いる。次に、4.4節の地区分類による手段分担率の違いを検証する。最後に、混合度指標の因子得点を用いた回帰分析を行い、交通手段分担率に影響を与える可能性がある土地利用の特徴を明らかにする。

5.2 混合土地利用の地価への影響に基づいた土地利用パターンの評価

5.2.1 地価及び説明変数

土地利用は、住環境を構成する多くの要素の中で一つとして考えることができる。住環境は安全性から持続可能性まで様々な要素から成立し、それぞれの要因の数は非常に多い(浅見, 2001)。住環境を評価する方法には、物的指標評価（例：建て詰まり感は平均建蔽率で表すこと）、心理評価（例：満足もしくはやや満足と回答する住民の比率）、経済評価があり、その中で、経済評価は、貨幣単位という一元的な経済指標に帰着させることで、要因間の比較は極めて容易になる(浅見, 2016)。経済的に評価する手法としては、ヘドニック分析、仮想市場評価法、コンジョイント分析などが使われている。ヘドニック分析は、個別の不動産価値とその不動産が位置している環境の関係を明らかにする手法であり(Bartholomew & Ewing, 2011)、信頼性及び分析効率性の点で他手法よりも優れていると言える(浅見, 2016)。近隣環境や土地利用の効果を評価のため、多くの先行研究(Cervero & Duncan, 2004; Guo et al., 2017; Song & Knaap, 2004)でも用いられていることから、土地利用混合度の評価において地価を用いたヘドニック分析を行う。

(1) 地価データ

地価データとしては、国土交通省国土数値情報から得られる「平成 23 年地価公示データ」及び「平成 23 年都道府県地価調査データ」を結合して用いる。東京都区部においては、一つの地点に対して 2 つの調査の両方にデータがある場合、地価公示のデータを用いることとする。この 2 つの地価データを「東京都都市計画地理情報システムデータ」結合することにより、各測定地点の用途を特定した。

コントロールとして用いられる建物構造属性が空欄または建設中である地点は対象外とし、住宅用途は、1,147 地点（地価公示：864 地点、都道府県地価：283 地点）、商業用途は 864 地点（地価公示：603 地点、都道府県地価：261 地点）を対象とする（図 5.1）。

(2) 空間混合度指標

混合度指標としては、第 4 章で測定したポリゴン別の混合度 (adj_{iu} , int_{iu} , $prox_{iu}$) を用いる。用いるデータは、「東京都都市計画地理情報システムデータ」の中の東京都区部土地利用現況調査レイヤーと都市計画情報レイヤーである。土地利用用途は、公共用地 (P)、商業用地 (C)、住宅用地 (R)、工業用地 (I)、公園 (G)、その他 (O) の 6 つに区分する。集積度における半径 (D) は、2.4 節と同様に徒歩圏を想定した 500m とする。

土地利用現況調査レイヤー上の公園・運動場等として分類されているポリゴンは、都市公園だけではなく、墓地なども含まれている。そこで、市民の活動・憩いの場として活用できる公園のみを対象とする。そのため、公園・運動場等のポリゴンの中で、東京都地理情報システムの都市計画情報レイヤーの公園・緑地（2011 年）に含まれるポリゴンのみを公園として定義し、その以外はその他として分類する。区部全体における構成比をみると、公共

8.9%, 商業 9.2%, 住宅 34.2%, 工業 5.6%, 公園 4.2%, その他 37.9%である。そのうち、その他は道路がおよそ半分を占めている。

空間混合度と比較ため、 Ent 指標を用い、その結果を比較する。 Ent と集積度の測定における半径 D 以内の用途別を用いており、2.4 節と同様な方法で測定を行った。

$$Ent = \frac{\sum_k p_k \ln(p_k)}{\ln(K)}$$

p_k は地価の測定地点から半径 D 以内の用途 k の面積の割合、ここで K は 6 である。図 5.2 は Ent の測定結果である。

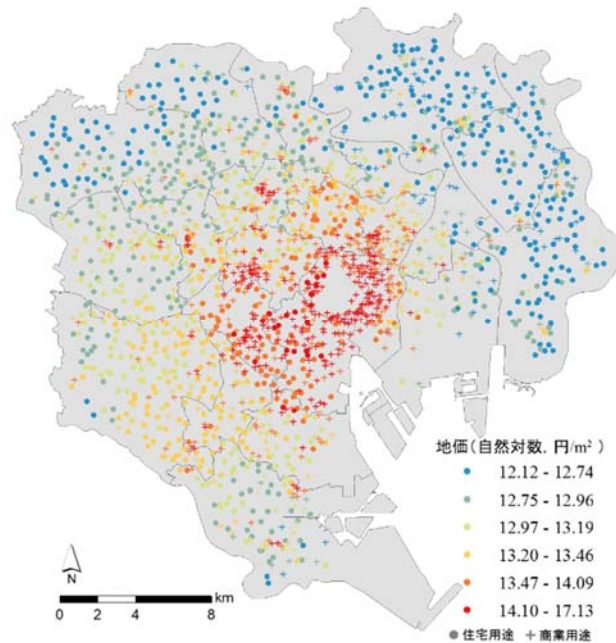


図 5.1 東京区部における地価分布(等量 6 区分)

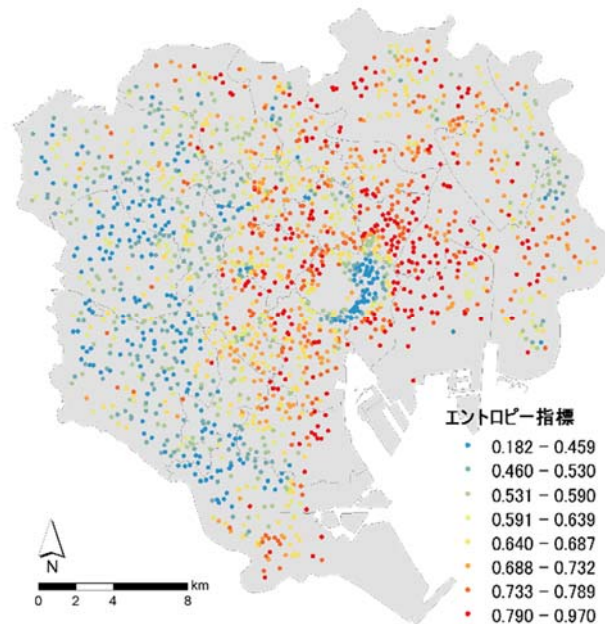


図 5.2 エントロピー(Ent)の測定結果(等量 6 区分)

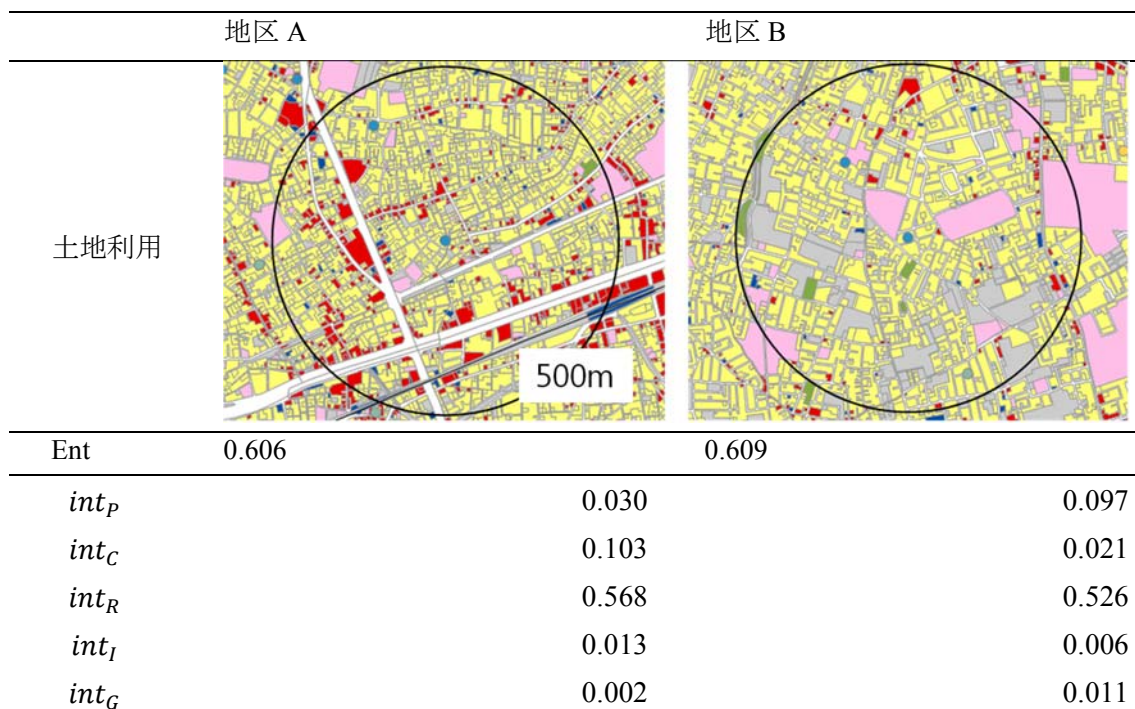


図 5.3 Ent と集積度の比較の例

区部の西側で Ent の値が小さいが、集積度の分布では Ent の値が同じであっても用途別の割合は異なることが見られる。図 5.3 の地点 A と B を例としてみると、 Ent はそれぞれ 0.606 と 0.609 としてほぼ同じであるものの、商業の集積度は 0.103 と 0.021 として差が大きい。そのことから 3 つの指標を用いることで用途の差を考慮した混合度と地価の関係が把握できる。

表 5.1 は住宅用途の地価測定地点における混合度指標間の相関関係を表している。隣接度と集積度、集積度と近接度の間には相関係数が小さく、異なる空間関係を説明している指標である。一方、隣接度と近接度の場合、公園を除いた用途で相関係数が大きい。対象用途と接続していなければ隣接度は 0 となる一方、近接度は連続的な値を持つ指標である。隣接度が大きいと必ずと近接度も大きいため相関係数は大きいとなるが、異なる空間関係を表す指標だと言える。

表 5.1 住宅用途の地価測定地点における混合度間の相関関係

	公共用途			商業用途		住宅用途			公園			
	adj	int	$prox$	adj	int	adj	int	$prox$	adj	int	$prox$	
adj		.073	.524		.283	.672		.365	.666		.098	.158
int	.073		.068	.283		.185	.365		.445	.098		.198
$prox$	.524	.068		.672	.185		.666	.445		.158	.198	

(3) コントロール変数

地価に影響を及ぼす可能性がある変数をコントロール変数として用いる。先行研究(牛島・吉田, 2009; 上杉・浅見, 2013)を参考にし, (1) 宅地属性 (地積, 建物構造), (2) 法律規制 (指定容積率), (3) 道路状況 (前面道路幅員, 道路率), (4) 鉄道アクセシビリティ (最寄の駅までの道路距離, 最寄の駅から東京駅までの鉄道による移動距離) を用いる。地価データに含まれているデータを基にし, 変数を構築した。前面道路幅員は, Mapple10000 データ (平成 21 年) に基づいた 4 段階区分の幅員 (1: 4m 未満, 2: 4m~5.5m, 3: 5m~13m, 4: 13m 以上) を用いる。また, 道路率は, 東京都土地利用データを用いて集積度と同じ方法で地点毎に半径 500m の面積の割合を測定した。東京駅までの鉄道による移動距離は, 国土数値情報の鉄道ネットワークデータを扱って計算する。表 5.2 は, 地価の推定に用いるデータの記述統計である。

表 5.2 変数の記述統計

変数	住宅用途		商業用途	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
地価(自然対数, 円/m ²)	12.991	.430	13.88	.957
地積(m ²)	222.9	259.1	395.5	973.3
構造ダミー(SRC)(0:その他, 1: SRC 構造)	.048	.214	.336	.472
構造ダミー(RC)(0:その他, 1: RC 構造)	.185	.388	.341	.474
容積率(%)	220.1	113.6	503.6	186.2
前面道路幅員(4 段階区分)	2.323	.781	2.869	.921
最寄駅までの道路距離(km)	.725	.475	.333	.330
東京駅までの鉄道移動距離(km)	12.464	4.211	8.27	4.44
道路率(% , 半径 500m 以内)	19.271	3.336	24.35	6.94
エントロピー指標(<i>Ent</i>)	.713	.084	.649	.139
隣接度 (<i>adj_P</i>)	.107	.360	.120	.367
公共 集積度 (<i>int_P</i>)	.090	.057	.092	.062
近接度 (<i>prox_P</i>)	.016	.016	.019	.015
隣接度 (<i>adj_C</i>)	.494	.727	1.008	1.086
商業 集積度 (<i>int_C</i>)	.090	.057	.214	.126
近接度 (<i>prox_C</i>)	.037	.026	•	•
隣接度 (<i>adj_R</i>)	1.482	1.106	1.029	1.046
住宅 集積度 (<i>int_R</i>)	.442	.117	.287	.182
近接度 (<i>prox_R</i>)	•	•	.052	.041
隣接度 (<i>adj_I</i>)	.138	.372	.155	.437
工業 集積度 (<i>int_I</i>)	.033	.035	.035	.039
近接度 (<i>prox_I</i>)	.023	.020	.026	.024
隣接度 (<i>adj_G</i>)	.010	.120	.005	.076
公園 集積度 (<i>int_G</i>)	.027	.044	.023	.038
近接度 (<i>prox_G</i>)	.005	.004	.005	.005
サンプル数	1147		864	

5.2.2 地価推定モデルの関数型の選定

ベースモデル（モデル A）、モデル A にエントロピー指標を加えたエントロピーモデル（モデル B）、モデル A に空間混合度指標を加えた空間混合度モデル（モデル C）の 3 つのモデルを用いて地価を推定し、その結果を比較する。まず、混合度変数の投入によるモデルの適合度の変化を見るため、モデル A とモデル B、C を比較する。次に、モデル B と C の比較を行い、既存の *Ent* と比べ、混合度を空間関係の観点から細分した 3 つの指標が土地利用混合度と地価の関係をどれだけ良く説明できるかを明らかにする。

地価推定の時よく使われている関数形の選定において、独立変数が 0 の値を持つ場合、変数の対数変換が困難であるがゆえに、linear-linear と log-linear の関数による推定結果を比較した（表 5.3）。その結果、より適合度が良い log-linear の関数を用いることとする。

地価データは地理座標を持った空間データであるため、一般的な最小二乗法（OLS）を用いた推定結果はデータにおける空間依存性によるバイアスを持つ可能性がある（LeSage & Pace, 2009）。従って、OLS による推定を行い、Moran's *I* 統計とラグランジュ乗数検定を実施した。表 5.4 の lag と error のラグランジュ乗数が両方 0.1% 有意であることから従属変数及び残差の両方に空間依存性が確認された。

表 5.3 関数系によるモデルの適合度(AIC)の比較

区分		モデル A	モデル B	モデル C
住宅用途	linear-linear	31,186.7	31,181.2	30,532.1
	log-linear	475.8	442.1	-277.5
商業用途	linear-linear	27,776.5	27,672.8	27,742.0
	log-linear	1,351.3	1,215.5	995.1

表 5.4 OLS による推定の適合度と空間自己相関の検定

区分	住宅用途 (Cutdist=1,500m)			商業用途 (Cutdist=2,000m)		
	A	B	C	A	B	C
Moran's <i>I</i> (error)	0.66	0.65	0.43	0.49	0.43	0.26
Lagrange Multiplier (lag)	2431.58	2369.63	1241.55	911.81	720.62	330.71
Robust LM (lag)	227.39	240.36	364.57	119.31	122.49	90.48
Lagrange Multiplier (error)	2591.08	2529.34	1121.15	1217.26	955.60	353.53
Robust LM (error)	386.89	400.07	244.17	424.76	357.47	113.30
Lagrange Multiplier (SARMA)	2818.47	2769.70	1485.72	1336.58	1078.09	444.01

そのため、空間的自己相関を考慮した SARAR モデルを用いることにする。これに基づいた3つのモデルは、以下のように定義される。

$$\text{モデル A : } P = \alpha + \rho WP + \beta X + u \quad (5.1)$$

$$\text{モデル B : } P = \alpha + \rho WP + \beta X + \gamma E + u \quad (5.2)$$

$$\text{モデル C : } P = \alpha + \rho WP + \beta X + \delta M + u \quad (5.3)$$

$$u = \lambda Wu + \epsilon \quad (5.4)$$

ここで、 n は観測点の数、 m と o はそれぞれコントロール変数の数、空間混合度変数の数、 P は $n \times 1$ の観測地点の地価の自然対数ベクトル、 α は定数項、 X 、 E 、 M は、それぞれ $n \times m$ のコントロール変数、 $n \times 1$ のエン트로ピー指標、 $n \times o$ の空間混合度指標ベクトル、 β 、 δ はそれぞれ $m \times 1$ 、 $o \times 1$ の回帰係数ベクトル、 γ は Ent の回帰係数である。 W は $n \times n$ の空間重み行列、 u は $n \times 1$ の空間的な依存性のある誤差項、 ρ と λ はそれぞれ従属変数と残差の自己回帰パラメータ、 ϵ は $n \times 1$ の空間的従属性のない誤差のベクトルである。

W を定義する際に、 k 近傍法による最寄の観測点を考慮すること、打切り距離 (*Cutdist*) 以内の観測点を考慮することが多い。また、2つの観測点の距離が近いほど空間関係が強くなると仮定することが一般的であるが、その場合は、距離の逆数を用いることが多い(Pandit, Polyakov, Tapsuwan, & Moran, 2013)。以上の仮定により、重み行列 W の成分の w_{ij} は下記のように定義できる。

$$w_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_j c_{ij}} \quad (5.5)$$

$$c_{ij} = \frac{1/d_{ij}}{\sum_j 1/d_{ij}}, \quad d_{ij} \leq \textit{Cutdist} \quad (\text{さもなくば } 0) \quad (5.6)$$

モデルの推定は Geodaspace を用い、一般化モーメント法 (GMM) に従って行う。その際、*Cutdist* は 500m から 3,000m まで 500m の間隔で設定して分析を行い、適合度の最もいい 1,500m を選んだ。

5.2.3 地価の推定結果の比較(住宅地)

(1) ベースモデル (モデル A)

表 5.5 のコントロール変数のみを考慮したモデル A の推定結果によれば、推定値と実測地の相関を表す疑似決定係数 (Pseudo R^2), 空間疑似決定係数 (Spatial Pseudo R^2) がそれぞれ 0.904 と 0.210 である。従属変数における空間ラグの考慮において、疑似決定係数は実測値に基づいた推定値を用い、空間疑似決定係数は独立変数によって推定された値を用いる。変数の分布の仮定しない GMM (Generalized method of moments) による推定を行っているため、AIC などによる適合度の判断ができず、相対的な適合度の比較は空間疑似決定係数を用いることが多い(Anselin & Rey, 2014)。地価推定におけるモデル A の適合度は高いとは言えない。地積、構造ダミー (SRC, RC)、容積率、前面道路幅員は、地価と正の関係、最寄駅までの道路距離は負の関係を表し、先行研究と一致する結果である。ところが、東京駅までの鉄道移動距離は先行研究と異なり、正の関係を表している。東京駅周辺に地価が高い地点が集中しているため、地点間の空間関係を考慮しないモデルでは東京駅へのアクセシビリティが地価と正の影響を持つと分析された。一方、空間自己回帰を考慮した分析では、逆の関係を持つと分析されたと考えられる。このモデルによりコントロール変数の影響は説明できるが、土地利用混合による影響は把握できない。

(2) エントロピーモデル (モデル B)

そこで、エントロピーモデルを用いて、まず *Ent* を考慮して推定を行うと、空間疑似決定係数は 0.293 となり、A より高い適合度が得られる。*Ent* は地価と負の関係を表し、Song & Knaap (2004)や Guo, Agrawal, Peeta, & Somenahalli (2016)の結果と一致しており、純化されるほど地価が高いことを示す。しかし、この指標では、用途の種類の差違が反映されない、自由度が少ない、混合の意味が曖昧であるなどといった問題が挙げられる。

(3) 空間混合度モデル (モデル C)

そこで、さらに空間混合度モデルによる推定結果を見ると、空間疑似決定係数は 0.752 となり、モデル B より推定結果が大幅に改善されることがわかる (表 5.5)。14 個の混合度指標のうち、12 個の変数が有意である。表 5.6 は、ダミー変数を除き、各指標の平均値を基準とした場合、1%の増加による地価の変化率 (弾力性) を表す。但、一つの観測点におけるある独立変数の変化は、その観測点だけではなく、スピルオーバー効果によって他の観測点の従属変数に変化を起こすため、全ての観測点においてある独立変数が 1 単位変化したとき、空間的な効果を含んだ効果は $\beta(1 - \rho)^{-1}$ である (Kim, Phipps, & Anselin, 2003)。ここで、 ρ は表 5.5 の従属変数における自己回帰パラメータである。表 5.6 の値は、 $\beta(1 - \rho)^{-1}$ に各指標の平均値を掛けた値であり、絶対値が大きい順で並べたものである。住宅、商業の集積度の弾力性が大きく、それぞれ 0.919 と 0.402 であり、最寄駅までの道路距離 (-0.307) より

地価への影響が大きく、その次に、商業への近接度、公共の集積度の影響が大きいという結果になっている。

住宅用途に対する混合度のうち、 int_R の正の係数は一定範囲内の住宅によって純化されるほど地価が高いことを示し、エントロピー指標の負の関係と一致する結果と言える。 int_R 以外に adj_R が地価と有意な負の関係を表している。隣接度はポリゴンの形も反映している指標であり、住宅間の隣接による負の効果ではなく、ポリゴンの形態による結果であると考えられる。住宅間の隣接度が高いと形状が細長いまたは複雑とある傾向があり、土地の有効な活用ができずに adj_R が負の影響を及ぼす結果となったと考えられる。

商業用途の混合については全ての指標が有意であり、 adj_C と int_C は正の関係、 $prox_C$ は負の関係を表している。 adj_C は正の関係を表しているが、住宅の立場から商業の隣接のメリットがあるとは限らない。商店街や商業集積地域の中に立地している場合 adj_C が大きい、その場合、住宅だけではなく商業など他の用途への変更も可能であるため、土地の活用価値が高いと評価されたと考えられる。 int_C が大きいと徒歩距離以内に多くの商業用途の存在による活動の多様性が期待されるため、地価の価額に正の影響を与えたと考えられる。一方、 $prox_C$ が大きいと最寄りの商業用途による騒音、プライバシー問題などの問題が発生する恐れがあるため、負の影響を及ぼすと考えられる。Matthews & Turnbull (2007)の結果においても、商業用途と直線距離に近いほど地価が低いと分析され、商業と住宅の近接によるネガティブな効果が存在することが示されている。

工業用途との混合の場合、 int_I と $prox_I$ が共に負の関係を表している。一方、公共用途の場合、 int_P と $prox_P$ が共に正の関係を表し、公共用途の中で64.7%を占めている教育文化施設へのアクセシビリティが反映されていると考えられる。公園との関係において adj_G 、 int_G の正の関係は景観、市民の活動・憩いの場の提供などによる住宅地のアメニティの向上が反映されている一方、 $prox_G$ の負の関係は公園が不安な場所として認識されていることによる影響と考えられる。例えば、内閣府の治安に関する世論調査(2017)によると、公園は犯罪に遭うかもしれない不安な場所として上位5位になっている。

他のコントロール変数の空間的な効果を考慮した地価への影響見ると、建物構造がRCの場合、そうではない場合と比べ、21.8%地価が高く、SRCの場合、96.7%地価が高いと解釈できる。

表 5.5 3つのモデルによる地価の推定結果の比較(住宅地)

	A: ベースモデル		B: エントロピーモデル		C: 空間混合度モデル	
	係数	標準誤差	係数	標準誤差	係数	標準誤差
定数項	.545	.319 *	.856	.323 ***	1.986	.315 ***
地積 (対数)	.000	.000 ***	.000	.000 ***	.000	.000 ***
構造ダミー (RC)	.047	.012 ***	.048	.012 ***	.040	.011 ***
構造ダミー (SRC)	.179	.022 ***	.173	.022 ***	.167	.021 ***
容積率	.001	.000 ***	.001	.000 ***	.001	.000 ***
前面道路幅員	.047	.005 ***	.047	.005 ***	.051	.005 ***
最寄駅までの道路距離	-.096	.011 ***	-.092	.011 ***	-.079	.010 ***
東京駅までの鉄道移動距離	.012	.002 ***	.010	.002 ***	.006	.002 ***
道路率	.000	.000 **	.000	.000 **	.000	.000 *
エントロピー指標 (<i>Ent</i>)			-.233 .057 ***			
公共	隣接度_ (<i>adj_P</i>)				-.016	.012
	集積度_ (<i>int_P</i>)				.291	.095 ***
	近接度_ (<i>prox_P</i>)				.476	.264 *
商業	隣接度_ (<i>adj_C</i>)				.033	.007 ***
	集積度_ (<i>int_C</i>)				.843	.126 ***
	近接度_ (<i>prox_C</i>)				-.898	.206 ***
住宅	隣接度_ (<i>adj_R</i>)				-.016	.004 ***
	集積度_ (<i>int_R</i>)				.391	.069 ***
工業	隣接度_ (<i>adj_I</i>)				.004	.014
	集積度_ (<i>int_I</i>)				-.409	.162 **
	近接度_ (<i>prox_I</i>)				-1.007	.262 ***
公園	隣接度_ (<i>adj_G</i>)				.052	.031 *
	集積度_ (<i>int_G</i>)				.242	.117 **
	近接度_ (<i>prox_G</i>)				-1.734	.916 *
自己回帰パラメータ_従属変数 (ρ)	.933	.022 ***	.923	.022 ***	.812	.023 ***
自己回帰パラメータ_残差 (λ)	.203	.061 ***	.186	.063 ***	.175	.062 ***
疑似決定係数	.904		.906		.919	
空間疑似決定係数	.210		.293		.752	

***は 1%, **は 5%, *は 10%水準で係数が有意であることを表す。

表 5.6 比例変数の弾力性(モデル C)

指標			
集積度_住宅 (int_R)	0.919	近接度_工業 ($prox_I$)	-0.123
容積率	0.678	地積	0.094
東京駅までの鉄道移動距離	0.412	隣接度_商業 (adj_C)	0.086
		集積度_工業 (int_I)	-0.073
集積度_商業 (int_C)	0.402	近接度_公園 ($prox_G$)	-0.045
最寄駅までの道路距離	-0.307	近接度_公共 ($prox_P$)	0.041
近接度_商業 ($prox_C$)	-0.175	集積度_公園 (int_G)	0.035
集積度_公共 (int_P)	0.140	道路率	-0.003
隣接度_住宅 (adj_R)	-0.126	隣接度_公園 (adj_G)	0.003

図 5.4 は 3 つのモデルによる推定結果における残差を表している。モデル A の残差とモデル B の残差を比べると、 Ent の投入による残差の変化は大きくなく、一部の地域のみで残差が減少することがわかる。世田谷区と杉並区は、純化された土地利用（小さい Ent ）が地価に正の影響を与える地域であり、板橋区と北区は、混合された土地利用（大きい Ent ）が地価に負の影響を与える地域であることがわかる。

モデル A と C を比較すると、全地域において残差が減少し、モデル B よりもさらに減少することがわかる。板橋区、北区、荒川区はモデル B によって過大に推定された地価が工業との混合による負の影響が考慮でき、負の残差が小さくなった地域である。世田谷区、渋谷区、港区は住宅・商業の集積による正の影響が混合度指標によって他の用途と区分でき、正の残差が減少したことが読み取れる。

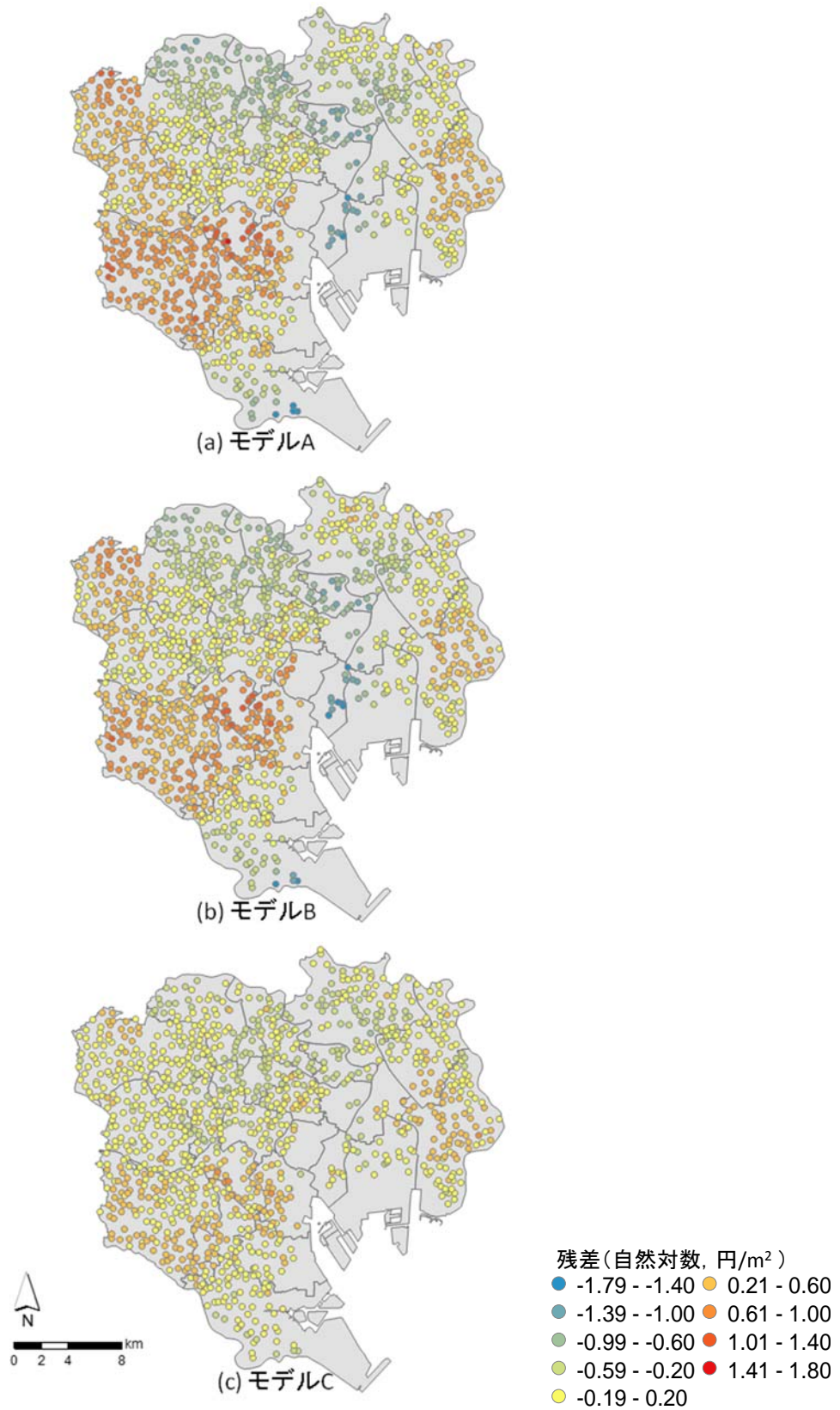


図 5.4 推定結果における残差の比較

5.2.4 地価の推定結果の比較(商業地)

表 5.7 は、商業用途における地価の推定の結果である。 int_C の正の関係は、住宅用途と同じようにモデル B の Ent の負の関係と一致する結果である。公共用途と住宅用途に対する近接度は、商業の地価に負の影響を及ぼす結果である。 $prox_P$ の負の係数は用途制限による土地活用の活用度の低下と関係があると考えられる。公共用途の多くの部分を占めている教育文化施設の周辺に指定される文教地区の内では、ホテル、旅館、映画館、ナイトクラブなどの用途の建築が制限される。従って、2つの用途は商業用途と分離して配置した方が地価の観点から良いと言える。

表 5.7 3つのモデルによる地価の推定結果の比較(商業地)

	A : ベースモデル		B : エントロピーモデル		C : 空間混合度モデル	
	係数	標準誤差	係数	標準誤差	係数	標準誤差
定数項	4.885	.933 ***	6.192	.885 ***	5.691	.880 ***
地積 (対数)	.000	.000 ***	.000	.000 ***	.000	.000 ***
構造ダミー (RC)	-.035	.029	-.030	.029	-.040	.029
構造ダミー (SRC)	.141	.035 ***	.146	.035 ***	.104	.035 ***
容積率	.003	.000 ***	.003	.000 ***	.002	.000 ***
前面道路幅員	.005	.013	.008	.013	.003	.013
最寄駅までの道路距離	-.345	.044 ***	-.336	.043 ***	-.294	.044 ***
東京駅までの鉄道移動距離	.011	.010	.001	.009	.016	.009 *
道路率	-.499	.340	-1.110	.338 ***	-1.485	.435 ***
エントロピー指標 (Ent)			-.777	.127 ***		
公共	隣接度_ (adj_P)				.020	.038
	集積度_ (int_P)				-.226	.347
	近接度_ ($prox_P$)				-2.619	.907 ***
商業	隣接度_ (adj_C)				.000	.013
	集積度_ (int_C)				.920	.384 **
住宅	隣接度_ (adj_R)				-.023	.017
	集積度_ (int_R)				-.112	.304
	近接度_ ($prox_R$)				-1.265	.355 ***
工業	隣接度_ (adj_I)				-.023	.038
	集積度_ (int_I)				-.204	.541
	近接度_ ($prox_I$)				-.802	.696
公園	隣接度_ (adj_G)				.027	.190
	集積度_ (int_G)				-.140	.441
	近接度_ ($prox_G$)				-4.613	2.984
自己回帰パラメータ_ 従属変数 (ρ)	.558	.065 ***	.515	.059 ***	.529	.060 ***
自己回帰パラメータ_ 残差 (λ)	.722	.073 ***	.683	.070 ***	.648	.080 ***
疑似決定係数	.840		.849		.861	
空間疑似決定係数	.717		.758		.794	

***は 1%, **は 5%, *は 10%水準で係数が有意であることを表す。

5.2.5 地価との関係に基づいた土地利用パターンの評価

地価を高める具体的な土地利用パターンを論じるため、表 5.5 の推定結果に基づき、区部全体の住宅用途のポリゴンにおける土地利用混合度が住宅の地価に及ぼす影響を計算し、地区単位で集計を行う。地区 D における土地利用混合による影響 (PM_D) は以下のように算出する。

$$PM_D = \frac{1}{A_R^D(1-\rho)} \sum_m \sum_{i \in D} a_i \delta_m mix_{im} \quad (5.7)$$

ここで、 δ_m は混合度係数 m の回帰係数、 mix_{im} はポリゴン i における混合度係数 m の測定値、 A_R^D は地区 D における住宅用途のポリゴンの面積である。この値が大きいほど土地利用混合状況が地価に正の影響を及ぼす地区であることを意味する。

集積度の測定において半径 500m の土地利用を考慮するため、集計単位が小さいと周辺地区の土地利用に大きく影響され、当該地区の土地利用パターンの評価にならない。従って、本研究では、地区計画の単位となるゾーンレベルであるパーソントリップ調査の小ゾーンを集計単位とする。住宅用途の面積の割合が 40% 以上 (7 種類住宅系用途地域における住宅用途の割合の平均値: 39.9%) 129 ゾーンに対して A_R^D を計算したものが図 5.5 住宅地における混合度による地価への影響である。中央線沿線、東急東横線沿線、世田谷区の東側に土地利用混合による正の効果の大きい地区が集中しており、区部の東側は土地利用混合による正の影響が小さいことが見て取れる。

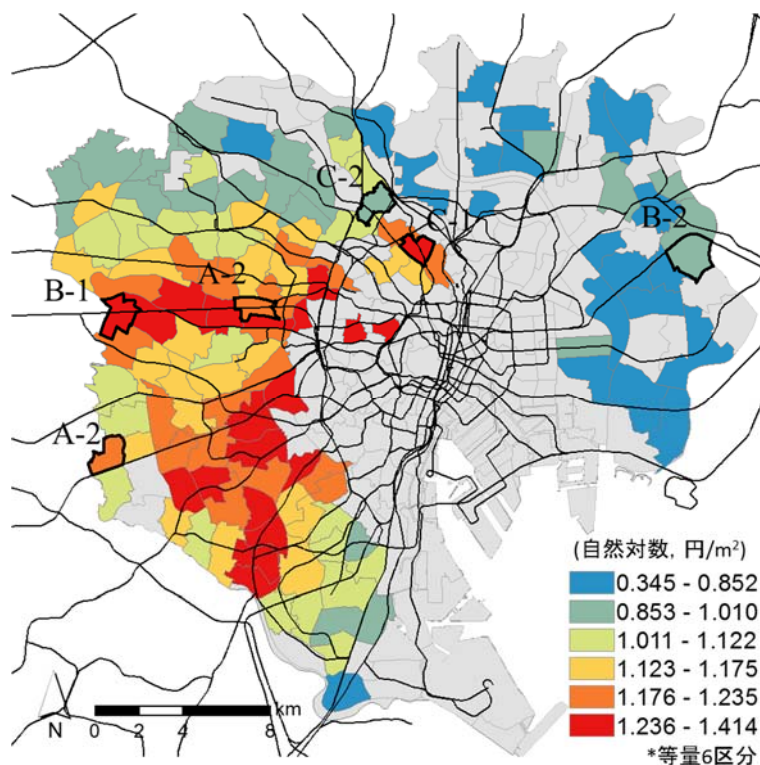


図 5.5 住宅地における混合度による地価への影響

図 5.6 は、用途間の配置によって、混合度の効果が大きく異なる地区の例である。まず、地区 A-1 と A-2 を比較すると、公共用途による集積度はほぼ同じであるが、A-1 の方が近接度による正の影響が大きい。それは、多数の公共用途が地区内に均等配置されているためである。すなわち、複数の施設の地区内で均等に置くことが公共用途から正の効果をもたらし、高めるパターンである。次に、B-1 と B-2 を比較すると集積度による影響は同じであるものの、B-2 の近接度による負の影響が小さいことが読み取れる。これは、商業用途の場合、塊を形成して配置することが良いことを意味している。但し、一定距離内には商業の塊があるような大きいレベルでの配分も考慮する必要がある。最後に、C-1 と C-2 を比較すると公園が一つの塊を形成している C-1 の方が近接度による負の効果を防ぐことができ、商業用途と同様に塊を形成した配置が良いことがわかる。用途が集積した上で商業用途が塊を形成しているパターンであることが分かる。工業用途の場合、基本的に住宅地から排除することが地価を高める。集積度よりは近接度による負の影響が大きいため、住宅地内に配置するしかない場合には、商業と公園の例から分かるように工業用途による塊を形成することが良い。以上の結果から、地価を高める土地利用パターンをまとめると表 5.8 のように整理できる。

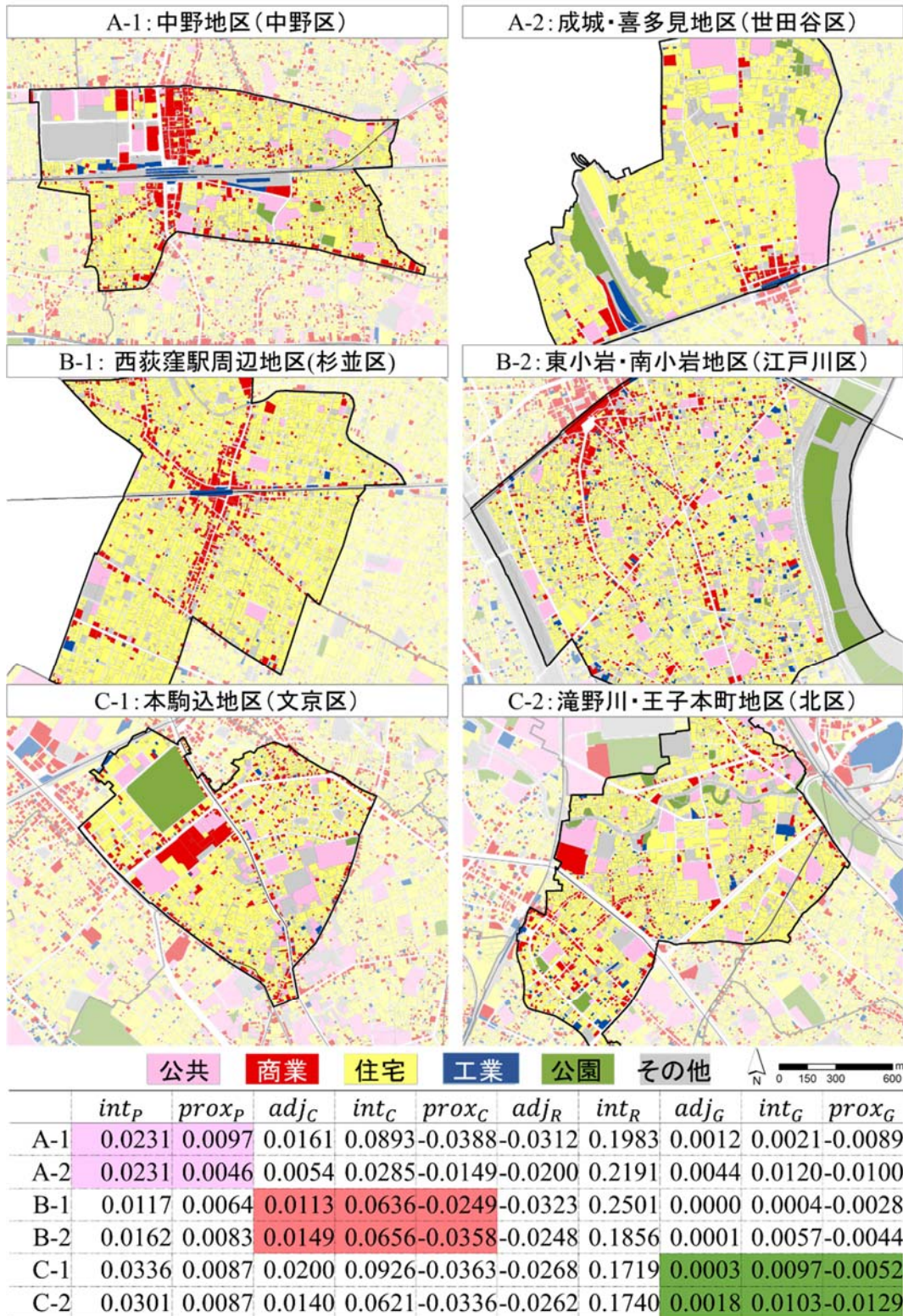


図 5.6 土地利用パターン例の混合度による効果の評価



(a) 地区内の商業用途間の隣接により形成されている商店街 (b) 住宅地内に点的に分布している商業用途

図 5.7 B-2 地区(南小岩 6 丁目)の土地利用現況



(a) 純化されている住宅地 (b) 集積して塊を形成している商業用途

図 5.8 C-1(西荻北 2 丁目)地区の土地利用現況

表 5.8 住宅用途の地価を高める土地利用パターン

混合度	影響関係	土地利用パターン	
公共	集積度	+	集積度と近接度を共に高めるため、複数の塊を均等に地区内に配置
	近接度		
商業	隣接度	+	近接度による負の影響が大きくなる分散的な配置を避け、商業により純化した塊を形成するように配置
	集積度	+	
	近接度	-	
住宅	隣接度	-	複雑な土地利用ポリゴンの形状を避け、住宅により純化した塊を形成するように配置
	集積度	+	
工業	集積度	-	基本的に住宅地から排除し、集積度より近接度による負の影響が大きいため、工業用途の塊を形成
	近接度	-	
公園	隣接度	+	近接度を高める分散的な配置を避け、規模がある公園を住宅からの徒歩圏内に配置
	集積度	+	
	近接度	-	

5.3 交通手段分担率と混合度の関係

3.2 節では、個別ポリゴン単位における混合度を用いることで、地価と混合土地利用の関係を説明した。本節では、地区単位の隣接性、集積性、近接性を用いて、地区全体の土地利用パターンと交通手段分担率の関係を考察する。

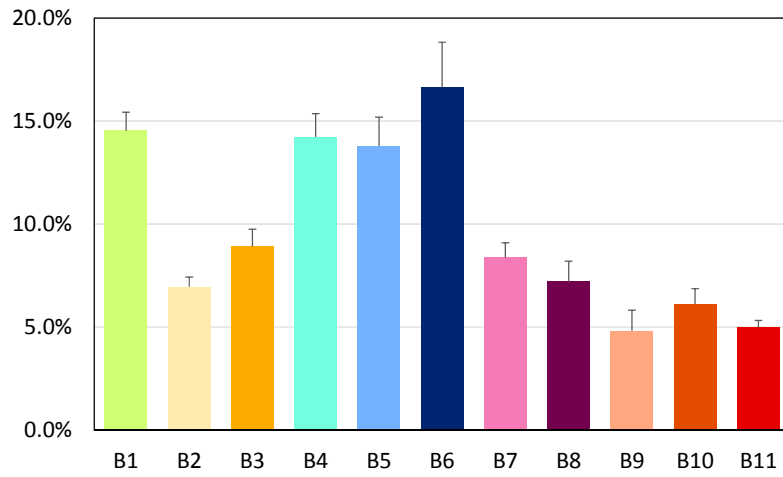
5.3.1 東京区部における交通手段分担率

混合度の高低はアクセシビリティにも影響を及ぼす可能性がある。そこで、土地利用混合度と交通手段選択の関係を、第 5 回東京都市圏パーソントリップ調査の手段別の分担率を用いて分析する。トリップ長の短いと考えられる私事目的のトリップ（区全体発生集中トリップ数の 15.4%）のみを対象とする。

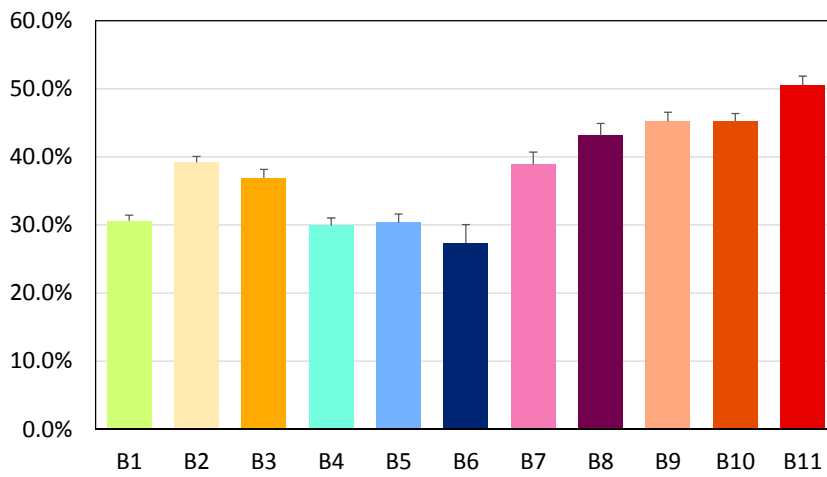
5.3.2 混合度指標に基づいた地区分類と交通手段分担率

回帰分析を行う前に、2.6 節で行った地区分類の結果を用い、土地利用パターンと交通手段分担率に関係があるかを見るため、分散分析を行った。11 区（B12 は除外）分による平均の差は 0.1%水準で有意であり、混合度を考慮した分類で、分担率の違いを説明できることがわかる。図 5.9 は、各類型における自動車・徒歩分担率の平均と分散分析の結果を表している。

住宅系の類型の中では、B1 の自動車分担率が高く、徒歩の分担率が低い一方、B2 の自動車分担率が低く、徒歩の分担率が高い一方、ことが見られる。B2 は「住宅中心の隣接・集積・近接による商業混合地域」であり、住宅と商業の混合が分担率へ影響を与える可能性があると考えられる。さらに、どのような混合が分担率に有意な影響を与えているかを明らかにするため、12 個の因子得点による分担率の回帰分析を行う。



(a) 自動車



(b) 徒歩

図 5.9 混合度に基づいた地区分類による自動車と徒歩の分担率の差

5.3.3 混合度と手段分担率の関係

混合度指標は、2.5 節で小ゾーン単位の 4 つの用途間の混合度指標に基づいた 12 因子得点を用いる。Manaugh & Kreider (2013)は、混合度と交通手段分担率の関係を分析することにおいて、年齢、収入、人口密度など交通行動に影響がある指標も加えており、本研究でも年齢、就業者密度、建物密度も変数として含めた。

表 5.9 と表 5.10 は回帰分析した結果となり、両方のモデルで有意ではない因子は省略している。モデル 1（徒歩分担率）の結果を見ると、商業と住宅の混合を表す集積性の第Ⅲ因子は正の有意な関係を表し、徒歩の分担率の向上に寄与する。集積性の第Ⅰ因子が高くなると徒歩の分担率に正の影響となるが、工業から他の用途への近接性を表す近接性の第Ⅰ因子は徒歩の選択に負の影響を与えており、多くの工業用途が分散して分布していると徒歩の選択が減ることとなる。

表 5.9 混合度因子得点と手段分担率の関係(徒歩)

変数	モデル 1：徒歩分担率			
	B	ベータ	有意確率	VIF
(定数)	.009		.903	
建物密度	.059***	.466	.000	2.728
就業者数密度 (人/km ²)	6.230×10 ⁻⁶ ***	.185	.000	1.850
平均年齢	.005***	.118	.005	1.197
隣接性_第Ⅰ因子 工業混合	-	-	-	-
隣接性_第Ⅱ因子 商公混合・住宅排除	-	-	-	-
集積性_第Ⅰ因子 工業混合	.020***	.218	.006	4.234
集積性_第Ⅱ因子 商公混合・住宅排除	-	-	-	-
集積性_第Ⅲ因子 住商混合	.009***	.100	.054	1.841
近接性_第Ⅰ因子 工業から近接性	-.044***	-.495	.000	5.254
近接性_第Ⅱ因子 住宅から近接性	-	-	-	-
近接性_第Ⅳ因子 商業から近接性	.022***	.247	.000	3.118
Adjusted R ²	.643			

***0.1%水準で有意，**1%水準で有意，*5%水準で有意，

-: 該当モデルでは有意ではなく，変数として入力されていない。

モデル2（自動車分担率）の結果を見ると、工業との隣接、住宅と商業の隣接は自動車の分担率を高めるが、集積性の因子は自動車の利用率を減らすことに寄与することがわかる。また、住宅と商業から他の用途への近接性を表す近接性第Ⅱ因子と第Ⅳ因子が自動車分担率を減らす傾向が見られる。これらの結果から同じ用途間の混合であっても空間関係によりその効果が異なることが明らかとなり、より具体的な土地利用政策の提案が可能となると考えられる。

表 5.10 混合度因子得点と手段分担率の関係(自動車)

変数	モデル2：自動車分担率			
	B	ベータ	有意確率	VIF
(定数)	.220***		.000	
建物密度	-.048***	-.486	.000	3.904
就業者数密度 (人/km ²)	-5.093×10 ⁻⁶ ***	-.190	.024	3.669
平均年齢	-	-	-	-
隣接性_第Ⅰ因子 工業混合	.036***	.492	.000	7.845
隣接性_第Ⅱ因子 商公混合・住宅排除	.038***	.526	.000	7.233
集積性_第Ⅰ因子 工業混合	-.030***	-.424	.001	7.891
集積性_第Ⅱ因子 商公混合・住宅排除	-.019***	-.267	.000	2.531
集積性_第Ⅲ因子 住商混合	-.018***	-.249	.012	5.054
近接性_第Ⅰ因子 工業から近接性	-	-	-	-
近接性_第Ⅱ因子 住宅から近接性	-.039***	-.559	.000	5.743
近接性_第Ⅳ因子 商業から近接性	-.016***	-.222	.004	3.071
Adjusted R ²	.525			

***0.1%水準で有意，**1%水準で有意，*5%水準で有意，

-: 該当モデルでは有意ではなく，変数として入力されていない。

5.4 まとめ

本章では、土地利用混合度を細分した隣接度、集積度、近接度の3つの指標により、東京区部を対象として、土地利用混合度と地価・交通分担率の関係の定量化を試みた。また、用途間関係に基づいた土地利用評価ができ、混合度指標の有効性が示された。本章の成果である混合度と地価・交通分担率の関係は、東京区部に限ったものである。

本章では、以下のことが明らかになった。

(1) 混合土地利用と地価の関係

- 地価の推定に関しては、A) ベースモデル、B) エントロピーモデル、C) 空間混合度モデルの推定結果を比較した。結論として、モデルBは、モデルAに比べて適合度が改善され、純化された土地利用の地価が高いという結果を示した。しかし、用途の種類による差は反映されず混合度の意味が曖昧であり、土地利用混合度と地価の関係が十分に把握できない。
- モデルCは用途純化による地価への影響を考慮した上で、混合度の様々な側面による影響を把握することができ、モデルBより改善された推定結果を得ることができた。その結果から土地利用混合度と地価の関係の説明に適切であることが分かった。
- 東京都区部における住宅用途の推定結果をみると、住宅、商業、公共、公園の順で徒歩圏内の面積の割合（集積度）が地価に対し正の影響を与える。一方、工業までの距離が短い、つまり工業用途への近接度が大きいほど、あるいは工業の集積度が大きいほど地価に負の影響を与えることが明らかになった。特に、商業・公園との混合において集積度が大きいほど地価が高い一方で、近接度が大きいほど地価が低い。
- このように混合度を3つの指標へ分解することにより、同じ用途との混合が空間関係によって異なる地価への影響も見出すことが可能である。その結果に基づき、商業用途は塊を形成して配置することにより、商業用途が近くにあることによる負の効果を防ぎながら、徒歩圏内の商業の割合を確保するなどの、価値を高めるための土地利用配置を明らかにした。

(2) 混合土地利用と手段分担率の関係

- 同じ用途間の混合であっても空間関係によって影響が異なる。
- 住宅と商業・工業の集積による混合は、徒歩の分担率の向上に寄与し、自動車の分担率を低下させる。
- 住宅における工業との隣接による混合は、自動車の分担率と正の関係を表し、近接による工業との混合は、徒歩の分担率と負の関係を表した。その結果から、多くの工業用途が分散して分布していると徒歩の選択が減ることが示唆された。

第6章 東京区部の用途地域別の土地利用構成比・混合度の変化

6.1 はじめに

前章まででは、混合度指標の提案（第2章）、混合度を考慮した土地利用配置モデル（第3章）、東京区部における土地利用パターンの定量化（第4章）、混合度指標に基づいた混合土地利用の効果の定量化（第5章）について論じてきた。本章では、市街地における土地利用変化の動向を用途地域制に代表される都市計画的規制手段と関連して分析していく。

従来の土地利用変化に関する研究は、主に量的な変化に着目されてきた。しかし、将来の土地利用計画を考えると、量的な側面だけではなく、用途の空間分布の測面からの変化を把握することも重要である。土地利用の用途の空間分布を取り上げた例として、欧米を含む多くの都市で重要な計画概念として注目されている混合土地利用の効果の研究に着目すると、地区内における用途別面積だけではなく、徒歩圏内での用途別面積、用途間の距離など具体的な空間関係も考慮したものがある(Song & Knaap, 2004)。また、土地利用データの整備が進んだことを背景として、土地利用規制による土地利用変化を空間的に分析することが可能となりつつある。そもそも用途地域制が望ましい土地利用を実現する制度として有効であるかどうかを判断するためには、量的な観点だけでなく、空間関係も考慮した土地利用変化の分析が必要である。

そこで本章は、詳細な土地利用データを用い、最近の土地利用変化を、用途構成比と混合度の変化の両方の観点から分析することにより、2000年代初頭の東京区部における土地利用の量的のみならず空間的な変化をも用途地域別に把握し、用途地域別の土地利用変化の評価を試みることを目的とする。

用途地域は、適正かつ合理的な土地利用を実現することを目的としているが、用途別の空間的な配置まで規制していることではない。しかし、用途別の配置に影響を与えると考えられる容積率、建ぺい率、敷地の大きさなどは用途地域をベースとして指定されており、用途地域別の土地利用変化を明確にすることは、それと関連した規制の評価、改善を考える際に基礎として活用できる。そこで、以下、6.2節では使用するデータを説明し、6.3節では土地利用変化の量的な面である用途別構成比の変化を分析する。そして、6.4節では、混合度指標を用いて各用途地域別に用途間の空間関係の変化を述べる。6.5節では、現在の土地利用規制が地価の観点から価値が高い土地利用の実現にどの程度寄与しているのかを議論するため、5.2節の混合度と地価の関係も基づき、土地利用の変化を評価する。

6.2 使用データ

本論文では、東京区部を対象に、土地利用変化と用途地域の関係を把握することとし、ポリゴン単位で代表用途と面積を属性として持つ 2001 年度と 2011 年度の区部土地利用現況調査データを使用する。土地利用現況調査データでは、隣接の敷地が同じ用途である場合、敷地の区分がされていない場合があり、一つのポリゴンに複数の敷地が含まれている場合もある。ここでは、実際の法律上の敷地ではなく、土地利用現況調査データ上の最小単位のポリゴンを基本単位として分析することとする。

各ポリゴンの用途は住宅用地（R：独立，集合住宅），商業用地（C：事務所，専用商業，住商併用，宿泊・遊興，スポーツ・興行施設），工業用地（I：専用工場，住居併用工場，倉庫運輸施設），公共用地（P：官公庁，教育文化，原生医療，供給処理施設），その他（E）の 5 つに区分する。本論文では、その中で、構成割合の大きい R，C，I の 3 つの用途に着目して分析を行う。

用途地域については、「東京都都市計画地理情報データ」の中の都市計画情報レイヤーの 2012 年 8 月時点の用途地域を基準として用いる（図 6.1）。ここでは、区部全体における面積の割合が大きい主要 6 用途地域（1 低住専，1 中住専，1 住，近商，商業，準工）を主な分析対象とする。但し、用途地域が変更された場合、該当用途地域における変化とは限らない。2004 年の用途地域と比較した結果、6 つの用途地域のいずれにおいても用途地域の変更があった領域の面積は 1%未満であり、用途地域の変化による影響はほとんどないと考え、用途地域全体の分析は 2012 年の用途地域を基準とする。

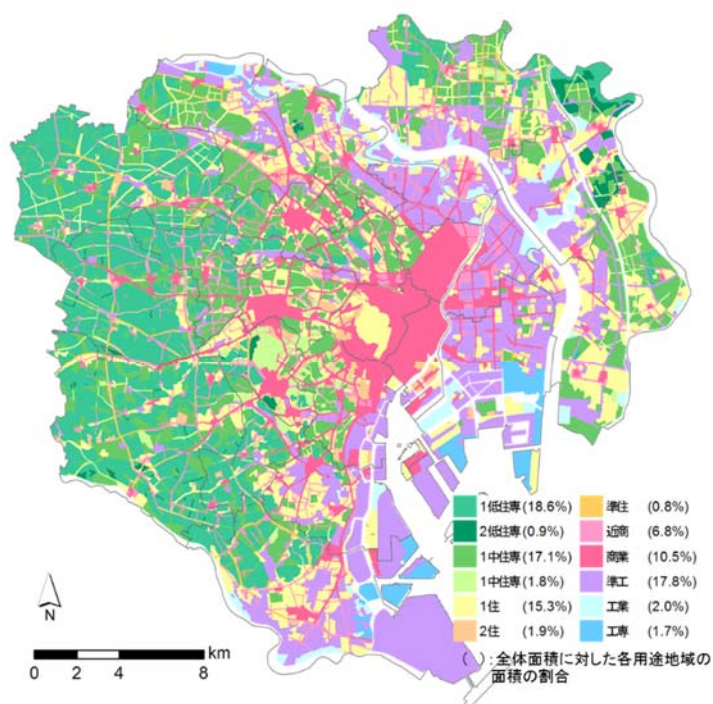


図 6.1 用途地域の分布(2012 年 8 月)

6.3 東京区部における用途別構成比の変化

6.3.1 区部全体における面積の用途別構成比の変化

表 6.1 は、2011 年度の土地利用における面積の用途別の構成比（用途別構成比）と、その 2001 年度の用途別構成比からの変化の差分を用途地域別に表したものである。R は工専を除いた全ての用途地域で増加しており、準工での構成比の増加（4.29 ポイント）が最も大きい。C は全体的に減少している中で工業系用途地域のみで増加が見られる。I は、工専以外の全ての地域で減少している。

土地利用混合度を測る指標として Kockelman (1997)等多くの研究で用いられるエントロピー指標 (*Ent*) とその変化を 5 つの用途別の構成比から計算する。*Ent* の変化は大きくないが、住居系及び近商では、住宅の構成比の増加と商業・工業用途の減少によって、*Ent* が小さくなっており、土地利用純化が進行したことが読み取れる（表 6.1）。一方で、住宅用途の構成比が小さかった商業及び工業系では、住宅の構成比の増加による *Ent* の増加が見られ、混合が進んでいる。しかしながら、*Ent* の変化が同じであっても、構成比の変化は異なり、用途別にどのような変化があったのかまでを把握するには不十分である。例えば、商業と準工両方の *Ent* は増加したが、商業では C の構成比が減少した一方、準工では増加した。このように構成比と *Ent* は空間的な分布が考慮できず、空間的なパターンの変化を把握することが難しいという弱点がある。

表 6.1 用途地域別構成比と構成比差

用途地域		用途別面積構成比*					Ent**
		R	C	I	P	E	
第1種低層住居専用 (1低住専)	2011	56.27	2.25	0.92	6.36	34.20	0.618
	変化	2.07	-0.11	-0.28	0.04	-1.71	-0.013
第2種低層住居専用 (2低住専)	2011	44.36	4.07	2.91	6.18	42.49	0.702
	変化	3.37	-0.33	-0.66	0.34	-2.72	-0.011
第1種中高層住居専用 (1中住専)	2011	43.61	4.04	1.86	14.32	36.17	0.753
	変化	1.92	-0.18	-0.46	-0.15	-1.12	-0.013
第2種中高層住居専用 (2中住専)	2011	29.78	11.55	1.97	21.14	35.56	0.860
	変化	0.84	-0.26	-0.36	0.28	-0.50	-0.006
第1種住居 (1住)	2011	40.17	6.28	2.80	11.40	39.35	0.780
	変化	1.72	-0.14	-0.78	0.22	-1.03	-0.012
第2種住居 (2住)	2011	25.87	22.68	1.98	16.81	32.67	0.888
	変化	3.91	-0.12	-0.90	-0.73	-2.17	-0.010
準住居 (準住)	2011	37.01	23.62	6.15	2.63	30.59	0.832
	変化	3.00	0.93	-1.52	0.33	-2.73	-0.009
近隣商業 (近商)	2011	35.12	27.01	4.06	3.79	30.00	0.830
	変化	2.81	-1.56	-1.05	0.30	-0.51	-0.011
商業	2011	16.28	34.51	3.49	7.36	38.37	0.832
	変化	2.40	-0.85	-0.38	0.12	-1.29	0.009
準工業 (準工)	2011	24.04	8.43	16.06	7.41	44.06	0.869
	変化	2.81	0.39	-1.19	0.09	-2.10	0.010
工業	2011	18.61	6.79	22.75	11.11	40.74	0.896
	変化	4.29	1.55	-8.26	-0.22	2.64	0.020
工業専用 (工専)	2011	0.35	5.92	36.53	14.72	42.47	0.746
	変化	-0.17	0.83	2.64	0.23	-3.53	0.011
全体	2011	36.83	9.95	5.90	9.52	37.79	0.843
	変化	2.24	-0.14	-0.76	0.06	-1.39	-0.008

*2011年度構成比は%，構成比の変化は%の差（ポイント）として表している。

**Entの変化は，2011年度と2001年度の値の差を表している。

6.3.2 地区別に見た用途別の構成比の変化

上述したように、同じ用途地域でも地域による違いや用途別構成比の水準による変化の違いがあると考えられる。そこで、2001年度の用途別構成比と、2001年度と2011年度の用途別構成比の比（構成比変化比）によって区分した用途地域別の地区数を分析する。集計単位は第5回東京都市圏パーソントリップ調査の小ゾーン（264ゾーン）を基本とし、各小ゾーンを用途地域ポリゴン毎に分割したものを集計単位として定義する。同じ小ゾーン内の同一用途地域ポリゴンであれば、空間的に不連続でも1つの地区とする。但し、地区別に分析する際、用途地域が変更された面積の割合が無視できないほど大きい地区もある。従って、用途地域の変更面積が全体の5%以上の地区は本節の分析から除外する。

2001年度の用途別構成比により、全体地区を等量で3区間（低・中・高）に区分する。その際、ある用途の構成比が0である場合は除くこととする。次に、構成比変化比は、全ての6つの用途地域と小ゾーンによって分割された地区を対象とし、1より大きい区間を同量で3分割した上位の2/3の地区（増加地区）と、1より小さい区間を同量で3分割した下位2/3の地区（減少地区）、そして残りの地区（変化なし地区）に区分し、2001年度の用途別構成比と構成比変化比によって地区を分類する。表6.2と図6.2に、構成比の大きい6用途地域について、用途別構成比と構成比変化比別の地区の数、カイ二乗検定の結果及びその空間的な分布を表す。

(1) 住居系用途地域

Rの変化を見ると、3つの用途地域で共に構成比の変化がない地区が有意に多い。既存の構成比が大きいため、変化比は他の用途地域と比べて小さい。Iの変化を見ると、住居系用途地域では不適合な用途であるため減少した地区が多い。

1低住専では、Cの2001年度の構成比が大きく、2011年度の構成比は減少した地区の数が期待値より多い。例えば、目黒区でその地区が多く見られる。一方、Cの構成比が小さいかつ増加した地区が有意に多く、1低住専で許容されている住商併用住宅の増加がその原因であると考えられる。1中住専では、1低住専と同様にCの構成比は大きく構成比の減少した地区の数が期待値より多い。

1住では周辺の住居系用途地域と比べて許容される用途が多いため、Rが減少した地区が有意に多く、Cの構成が高いかつ増加した地区の数が有意に多い。その変化は住居系用途地域の割合が高い区部西部で多く見られる。

(2) 商業系用途地域

近商では、全体的にRの増加した地区が多い。Cの構成比が減少した地区もあるが、住居系用途地域に比べて、変化がない地区の数が有意に多い。商業では、近商と同様にRの増加した地区、Cの変化がない地区が有意に多い。都心部の商業地域では、Cの構成比の変化がほとんど見られない一方で、幹線道路などに沿って線形に指定されている（路線型）商業地域では減少した地区が多い傾向が見られる。Iの変化を見ると、増加した地区の数が相対

的に多い。増加した I の多くは運輸施設であり、駐車場の増加が一つの原因として挙げられる。

(3) 準工業地域

ほとんどの地区で R が増加しており、C の構成比の増加した地区が有意に多く、特に沿岸部で多く分布している。一方、減少した地区の数は相対的に少ない。他の用途地域と同様に I が減少した地区が多いが、I の構成比が大きい地区では構成比の変化のない地区が有意に多い。

以上のように、地区別に構成比を見ることで、地区毎の変化の量的特徴を捕らえることができるが、空間的なパターンの変化やその地区間の差違は捕らえることができないという問題がある。

表 6.2 用途別構成比と構成比変化比による用途地域別地区数とカイ二乗検定結果

構成比	構成比 変化比	R							χ^2 (p)	C							χ^2 (p)	I							χ^2 (p)
		1 低住専	1 中住専	1 住	近商	商業	準工	1 低住専		1 中住専	1 住	近商	商業	準工	1 低住専	1 中住専		1 住	近商	商業	準工				
低	減少	3	7	19	9	11	8	37.15 (0.00)	14	27	35	27	30	21	19.11 (0.04)	28	28	36	29	35	31	26.00 (0.00)			
	変化なし	11	19	22	7	6	6		7	16	19	30	21	13		4	22	22	19	13	20				
	増加	22	32	28	51	46	39		15	15	17	10	14	21		4	8	11	19	17	4				
中	減少	1	6	11	7	7	4	75.62 (0.00)	19	27	34	30	30	13	35.22 (0.00)	24	35	41	38	22	32	24.52 (0.01)			
	変化なし	24	30	35	10	9	7		8	20	23	30	25	15		10	17	23	17	26	20				
	増加	10	23	24	50	46	43		9	11	14	7	10	27		1	6	6	11	16	3				
高	減少	1	6	13	5	7	2	112.41 (0.00)	24	31	20	25	19	18	45.97 (0.00)	21	28	41	35	26	23	24.64 (0.02)			
	変化なし	29	40	40	13	8	13		7	16	23	33	37	19		13	29	24	28	28	30				
	増加	6	12	16	49	48	38		5	11	28	9	9	18		2	1	4	4	11	2				
全体	減少	5	19	43	21	25	14	205.82 (0.00)	57	85	89	82	79	52	65.78 (0.00)	73	91	118	102	83	86	48.57 (0.00)			
	変化なし	64	89	97	30	23	26		22	52	65	93	83	47		27	68	69	64	67	70				
	増加	38	67	68	150	140	120		29	37	59	26	33	66		7	15	21	34	44	9				

*地区の数 (残差分析による調整済み標準化残差), ■5%水準で期待値よりも該当小ゾーン数が有意に多い区間, ■有意に少ない区間

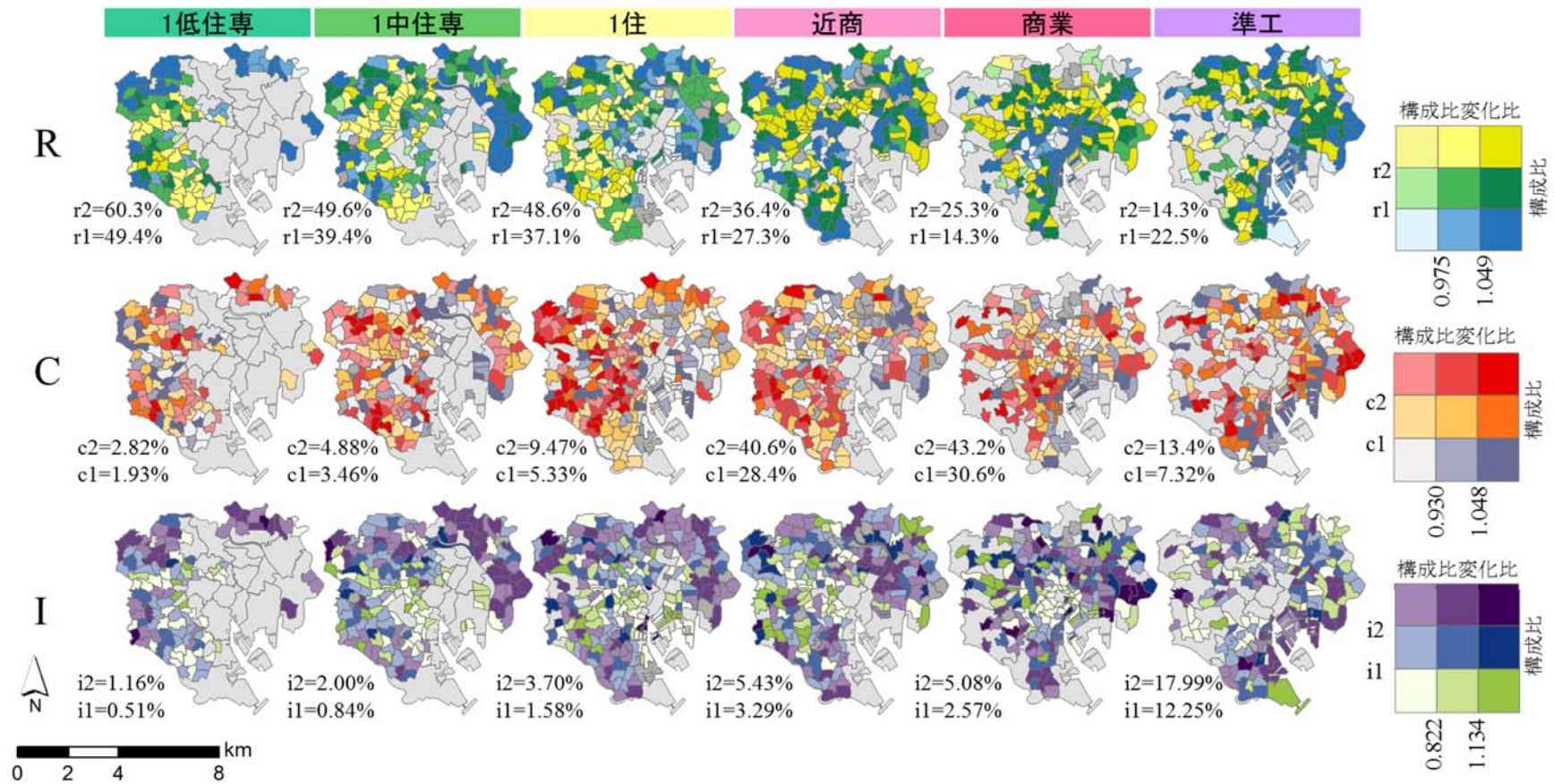


図 6.2 2001 年度の構成比と構成比変化による地区の分布

6.4 東京区部における土地利用混合度の変化

6.4.1 土地利用遷移を考慮した土地利用変化量

以上の問題に対応する一つの方法が混合度指標を用いて変化を記述することである。本章では混合度の変化を調べることにするが、その準備として、本節では、2章で説明したポリゴン単位での変化を土地利用遷移として分析する。土地利用遷移の把握のため、まず2001年度と2011年度の土地利用現況調査のデータを交差させることにより、2時点の用途の変化を判別する。次に、5つの用途間の遷移面積を集計する。2001年度と2011年度の間の用途 m の n への遷移率 (tr_{kl}) を下記のように定義する。

$$tr_{mn} = \frac{A_{mn}}{\sum_n A_{mn}} \quad (6.1)$$

ここで、 A_{mn} は2001年度と2011年度の間に用途が m から n に遷移した面積の総和である。 tr_{mn} の結果を見ると、その他の用途を除くと tr_{IR} が最も大きく、 tr_{CR} が次に続く(表6.3)。Cの構成比の減少率は2%にもならないものの、2001年度面積の2割弱が他の用途へ遷移し、また、2011年度面積の2割弱は他の用途から遷移されたものである。その結果から土地利用遷移による用途別分布に変化があった可能性を示唆している。

表 6.3 東京区部における土地利用遷移面積と遷移率

2001(m) \ 2011(n)	R	C	I	P	E	合計	$\sum_{n|m \neq n} tr_{mn}$
R	186.6* (92.5)	3.1 (1.5)	0.8 (0.4)	1.1 (0.5)	10.3 (5.1)	201.7 (100.0)	7.5%
C	5.6 (9.5)	47.8 (81.1)	0.8 (1.3)	0.6 (1.0)	4.2 (7.1)	58.9 (100.0)	18.9%
I	4.3 (10.9)	1.9 (4.8)	28.5 (73.3)	0.3 (0.9)	3.9 (10.1)	38.8 (100.0)	26.7%
P	0.9 (1.7)	0.5 (0.9)	0.1 (0.2)	50.9 (92.2)	2.8 (5.0)	55.2 (100.0)	7.8%
E	17.4 (7.6)	4.8 (2.1)	4.3 (1.9)	2.7 (1.2)	199.3 (87.2)	228.5 (100.0)	12.8%
面積合計	214.8	58.0	34.4	55.5	220.4	583.2	
$\sum_{m|m \neq n} A_{mn} / \sum_m A_{mn}$	13.1%	17.7%	17.2%	8.4%	9.6%		

* A_{mn} , km² (tr_{mn} , %)

遷移率が大きくてもその用途地域で起こった遷移面積が多いとは言えない。異なる面積を持つ用途地域間における土地利用遷移の量的な比較のため、ある用途地域全体に対する土地利用遷移面積 (A_{mn}) の割合を土地利用遷移量 (tp_{mn}) として以下のように定義し、用途地域別の遷移量を図 6.3 に示す。

$$tp_{mn} = \frac{A_{mn}}{\sum_{m,n} A_{mn}} \quad (6.2)$$

住居系用途地域における tr_{CR} と tr_{RC} の差が大きい一方、 tp_{RC} と tp_{CR} の差は小さくなく、R から C に遷移したことによる住商の間の空間関係の分布の変化も考えられる。商業系用途地域においても住商の間の遷移による土地利用パターンの変化が、準工では、I から C と R への遷移による空間分布の変化が予測される。遷移量から見ると、近商で土地利用変化が多かったことがわかる。

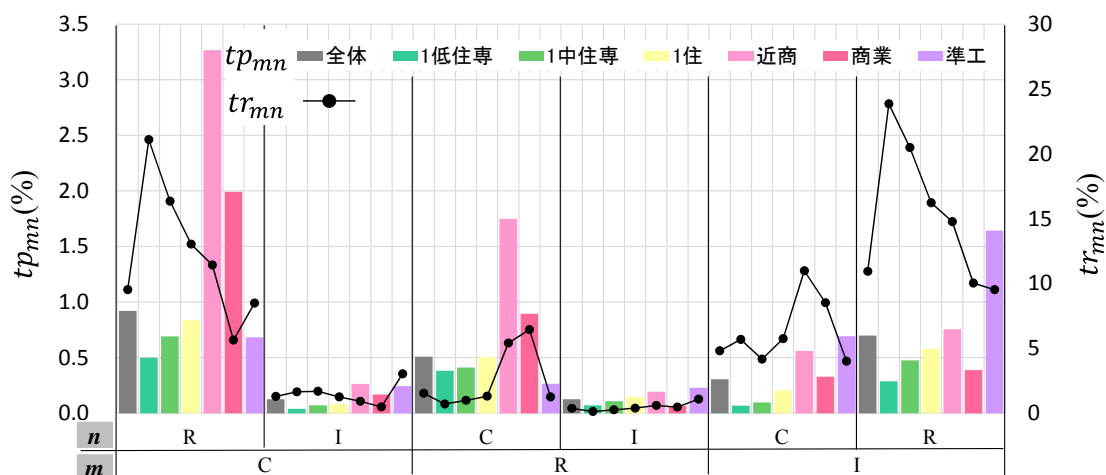


図 6.3 用途地域別の土地利用遷移率・遷移量

6.4.2 土地利用混合度の定義

土地利用遷移の分析から、構成比の変化が小さくても比較的大きな用途間遷移があったことが明らかとなった。そこでここでは、土地利用遷移によって用途地域毎に空間的なような土地利用の変化があったかを混合度指標を用いて分析することとする。ポリゴン単位に基づいた分析であるため、区部全体における空間的な分布ではなく、各用途地域内でミクロなレベルで分析を行う。

ある地区における用途 k と l の間の土地利用混合度を隣接性 (Adj_{kl}^Q)、集積性 (Int_{kl}^Q)、近接性 ($Prox_{kl}^Q$) の観点から定義しており、本章では、それぞれ隣接、集積、近接による混合量 (Quantity of mixture) と呼ぶ。混合量指標は、考慮する両方の用途の構成比の変化に影響を受ける指標である。例えば、 Int_{kl}^Q の場合、他の用途から k への遷移による用途 k の構成比の増加があった場合、用途 l の面積が増加しなくてもその値が大きくなることもある。そこ

で、用途 k の単位面積における混合強度（Strength of mixture）として Adj_{kl}^S , Int_{kl}^S , $Prox_{kl}^S$ を以下のように定義する。

$$Adj_{kl}^S = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i adj_{il}}{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i} \quad (6.3)$$

$$Int_{kl}^S = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i int_{il}}{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i} \quad (6.4)$$

$$Prox_{kl}^S = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i prox_{il}}{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i} \quad (6.5)$$

ここで、 a_i はポリゴン i の面積である。

混合量と混合強度の双方から混合度の変化を分析する。2001 年度と 2011 年度の混合量と混合強度の変化を見る際に、2 時点の比を用い、その値が 1 との大小で、用途 k からみた l の混合量と混合強度の増減を判断する。

混合強度は、ある単位面積のポリゴンにおける混合による住環境への影響の度合である。一方、混合量は地区全体における影響の総和である。例えば、 R と I 間の $Prox_{kl}^S$ が増加しているが、その増加による R への影響があまりなければ、 $Prox_{kl}^Q$ の増加したものの地区全体における影響はないと言える。一方、 $Prox_{kl}^S$ は増加することによる負の影響が大きいが、 $Prox_{kl}^Q$ は減少したものであれば、その負の影響が一部の R に限定されていると解釈できる。

6.4.3 用途地域・地区別の混合度の変化

混合度変化については、 R を中心として他の用途との混合度の変化について考察を行う。図 6.4 は、東京区部全体及び用途地域別の混合度変化を表している。商業地域では Adj_{RC}^Q は増加し、 Adj_{RC}^S しており、他の用途地域では、 Adj_{RC}^Q と Adj_{RC}^S が共に減少しており、住宅と隣接している商業用途の減少が多かったと考えられる。 Int_{RC}^Q と Adj_{RC}^S

同じ用途地域であっても地区によって混合度の変化が異なる可能性があるため、構成比の変化と同じように小ゾーンを用途地域別によって分割した地区を集計単位として混合度の変化を分析する。混合度変化比は、構成比変化比と同じ方法で混合量と混合強度によってそれぞれ 3 つの区間に区分する。その際に用途地域の変化があった面積の割合が 5% 以上である地区は除く。

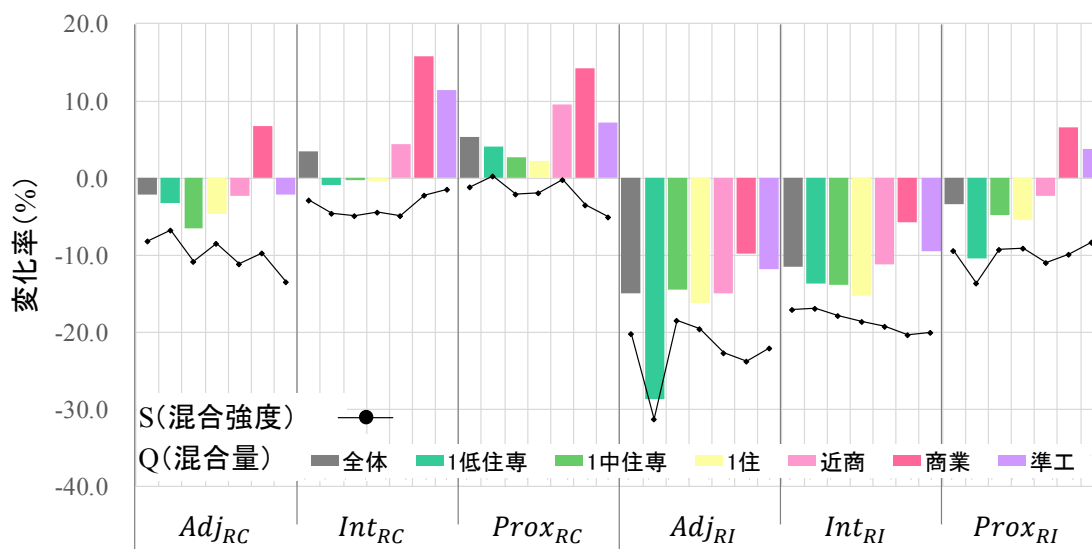


図 6.4 混合量と混合強度の変化

6.4.4 住宅からみた商業の混合度の変化

表 6.4 は、住宅からみた商業の混合量と混合強度の変化別の地区の数とそのカイ二乗検定の結果であり、図 6.5 は地区別の混合度の変化の分布である。 Adj_{RC}^Q と Adj_{RC}^S は両方とも減少しており、特に Int_{RC}^S 、 $Prox_{RC}^S$ の減少幅に比べて Adj_{RC}^S の減少幅が大きく、隣接関係における R と C の分離が進んだと言える。混合強度は減ったが、R が増えたため Int_{RC}^Q と $Prox_{RC}^Q$ の増加が見られる。

(1) 住居系用途地域

1 低住専では、 Adj_{RC}^Q と Adj_{RC}^S 、 Int_{RC}^Q と Int_{RC}^S の両方が減少した地区が有意に多く、近接と集積による R と C の分離が進んだと解釈できる。但し、 Adj_{RC}^Q と Adj_{RC}^S 、 $Prox_{RC}^Q$ と $Prox_{RC}^S$ が共に増加した地区が有意に多い。東京都の 1 低住専では許容されている併用住宅が住居地内で点的に分散して増加したことを意味する。図 6.5 の地区 (a) は、商業用途の増加と共に隣接度が増加した 1 低住専の地区の例であり、小規模の商業用途が住宅用途と隣接して増加したことが見られる。

1 中住専・1 住では 1 低住専と同様に近接と集積による R と C の分離が進んだ。1 住での C の減少率は約 2% である一方、 Int_{RC}^S の減少率はその 2 倍以上であり、R 周辺での C の減少が著しく、空間的な分離がより進んだと言える (図 6.6)。図 6.5 の地区 (c) では商業用途の面積が増加したものの、住宅用途と接していない規模の面積が大きい商業用途が増えたため、隣接度は減少したことが読み取れる。用途地域によって同じ用途だとしても許容される床面積が異なる。東京都の場合、1 低住専では、床面積 150m² 以下の店舗の建てられるため、地区 (a) のように小規模の商業施設が点的に増えることが他の用途地域に比べて多かったと考えられる。1 中住専では、建てられる単一の建物の床面積が 1 低住専より大きく、住

宅と隣接した商業用途の減少と比較的に大きい商業用途の立地が隣接度における住商分離の原因として解釈できる。図 6.5 の地区 (c) は、商業用途の面積構成比は維持されているが、隣接度の変化は減少した地区の例である。住宅地と接していた商業用途が住宅へ遷移されたため、構成比の変化は大きくないが、 Adj_{RC}^Q 、 Adj_{RC}^S の隣接度の減少の割合は大きい地域である。

3 つの住居系地域で共通的に $Prox_{RC}^Q$ と $Prox_{RC}^S$ が共に変化のない地区の数が有意に多い。C が減少したものの、最寄の C までの距離の変化はあまりない。

(2) 商業系用途地域

共通的に Adj_{RC}^S と Int_{RC}^S の変化はなく、 Adj_{RC}^Q と Int_{RC}^Q は増加した地区が多く、R が C と分離されず 2001 年度の混合関係を保ちながら増加したことが分かる。

近商では、 Adj_{RC}^S は減少したが、 Adj_{RC}^Q の変化のない地区の数が有意に多く、C と隣接していた細長い R の減少や C と隣接していない R の増加による結果である。 Int_{RC}^S は減少したものの、R の増加により Int_{RC}^Q には変化がなかった地区が多い。 $Prox_{RC}^S$ がないまたは増加し、 $Prox_{RC}^Q$ が増加した地区が有意に多く、C が減少したものの、地区全般に分散して分布しているためである。

商業地域では、 Adj_{RC}^S は減少したものの Adj_{RC}^Q は増加した地区が多く、C と隣接していない R だけではなく、隣接している R も多く増加したことを意味する。 Int_{RC}^S は減少したものの、R の増加が著しく結果的に Int_{RC}^Q が増加した地区が多く見られる。 $Prox_{RC}^Q$ は増加し、 $Prox_{RC}^S$ は減少した地区の数が有意に多いことは、R のポリゴンの大きさの増加 (約 16%) したためである。

(3) 準工業地域

全体における C の増加にもかかわらず Adj_{RC}^S と Int_{RC}^S が減少した地区が有意に多く、住商が空間的に分離されたと解釈できる。そのため、沿岸部などでは C が集積して増加したため、 Int_{RC}^S と Int_{RC}^Q の両方が増加した地区も有意に多いことがわかる。

$Prox_{RC}^Q$ の変化がなく、 $Prox_{RC}^S$ が減少した地区が多い。R から最寄の C までの距離は増えたが、R の構成比の多く増加したため、混合量は増加したと解釈できる。

表 6.4 住宅用途からみた商業用途の混合量と混合強度の変化比による用途地域別地区数とカイ二乗検定結果

Q	S	Adj						χ^2 (p)	Int						χ^2 (p)	Prox						χ^2 (p)
		1低 住専	1中 住専	1住	近商	商業	準工		1低 住専	1中 住専	1住	近商	商業	準工		1低 住専	1中 住専	1住	近商	商業	準工	
R | C	減少	45 (2.15)	79 (4.26)	84 (3.32)	48 (-2.92)	33 (-5.31)	47 (-0.83)	224.26 (0.00**)	39 (4.33)	58 (5.00)	55 (3.15)	22 (-3.61)	15 (-4.95)	17 (-2.91)	257.37 (0.00)	19 (1.94)	35 (3.74)	28 (1.09)	11 (-3.36)	17 (-1.37)	13 (-1.47)	
	減少 変化 なし	1 (-1.78)	8 (0.33)	13 (2.48)	7 (-0.33)	10 (1.05)	0 (-2.39)		1 (-1.91)	9 (0.46)	14 (1.72)	7 (-0.61)	13 (1.48)	4 (-1.70)		0 (-1.88)	3 (-0.96)	11 (2.39)	5 (0.91)	6 (0.63)	1 (-1.79)	
	増加	0 (-1.13)	1 (-0.66)	2 (-0.12)	2 (-0.16)	4 (2.26)	1 (-0.53)		0 (-1.45)	2 (-0.61)	3 (0.29)	4 (0.82)	4 (1.58)	1 (-1.11)		0 (-1.78)	2 (-1.27)	7 (1.34)	5 (-0.21)	8 (1.94)	3 (-0.54)	
	減少	1 (-4.46)	12 (-3.46)	21 (-2.23)	54 (4.76)	37 (1.43)	37 (2.97)		11 (-2.52)	20 (-2.37)	29 (-2.11)	58 (3.72)	40 (0.52)	40 (2.20)		17 (1.03)	24 (0.56)	32 (1.86)	18 (-1.57)	16 (-1.93)	21 (0.35)	
	変化 なし	31 (3.28)	42 (2.86)	36 (0.45)	23 (-2.20)	25 (-1.58)	18 (-2.07)		37 (4.20)	42 (1.47)	48 (1.87)	35 (-0.71)	17 (-4.03)	21 (-1.95)		28 (3.75)	38 (2.97)	51 (4.31)	14 (-3.73)	9 (-4.51)	14 (-1.93)	
	増加	1 (-0.72)	2 (-0.69)	9 (2.50)	4 (0.10)	3 (-0.35)	1 (-1.18)		6 (1.01)	5 (-0.67)	12 (1.70)	6 (-0.83)	5 (-1.06)	6 (0.04)		5 (-0.91)	17 (2.66)	16 (2.52)	9 (-0.96)	4 (-2.45)	6 (-1.02)	
	減少	0 (-2.45)	2 (-2.42)	2 (-2.84)	10 (0.34)	25 (6.12)	9 (0.66)		0 (-3.21)	4 (-2.65)	3 (-3.82)	15 (-0.49)	43 (7.97)	17 (1.53)		2 (-4.44)	12 (-3.64)	14 (-4.37)	30 (-1.07)	67 (7.09)	51 (5.86)	
	増加 変化 なし	7 (-1.83)	14 (-1.66)	9 (-3.71)	35 (2.34)	39 (3.49)	22 (0.95)		4 (-2.79)	9 (-2.72)	12 (-3.03)	39 (3.46)	36 (3.19)	23 (1.17)		7 (-3.05)	15 (-3.14)	18 (-3.28)	65 (6.38)	42 (1.75)	29 (0.40)	
	増加	23 (3.28)	11 (-2.11)	25 (0.23)	20 (-0.90)	20 (-0.80)	20 (1.04)		11 (-0.72)	22 (0.18)	25 (0.37)	17 (-1.67)	23 (-0.38)	26 (2.32)		31 (3.52)	25 (-0.40)	24 (-2.17)	46 (2.79)	27 (-1.32)	17 (-1.86)	

*地区の数 (残差分析による調整済み標準化残差), ■5%水準で期待値よりも該当小ゾーン数が有意に多い区間, ■有意に少ない区間

**期待度数が5未満の区間が全ての区間に対して20%以上であるため, モンテカルロ法によるカイ二乗検定から算出した有意確率である.

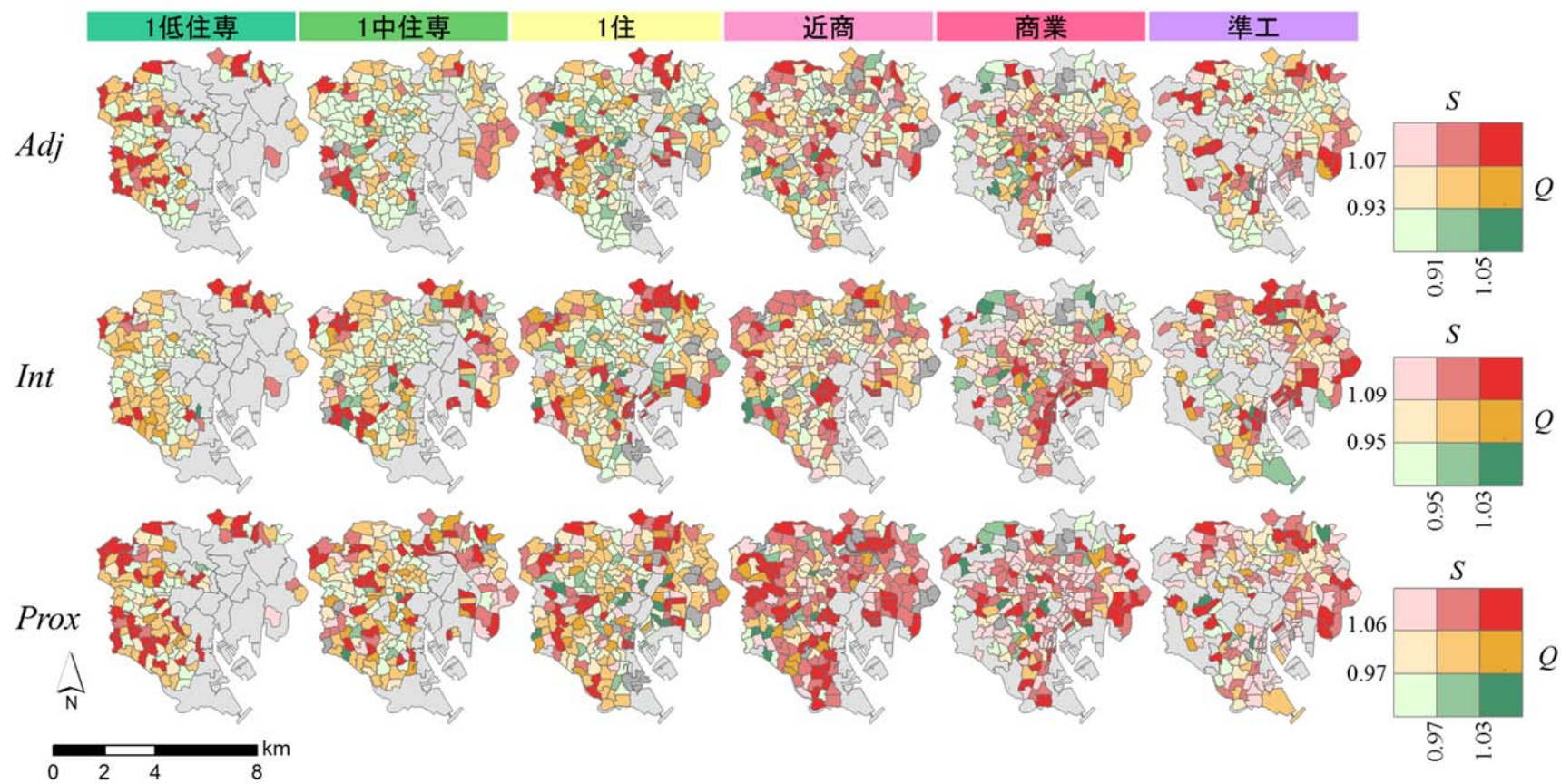


図 6.5 住宅用途からみた商業用途の混合量と混合強度の変化による地区の分布

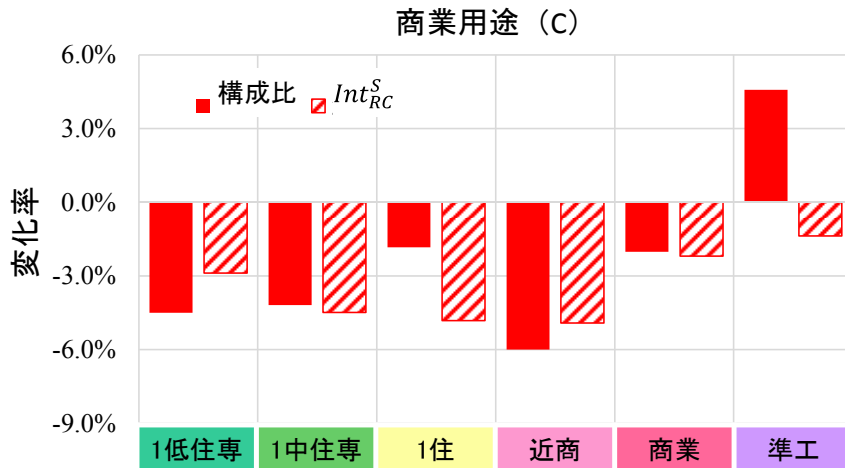


図 6.6 商業用途の構成比と混合強度(S)の変化

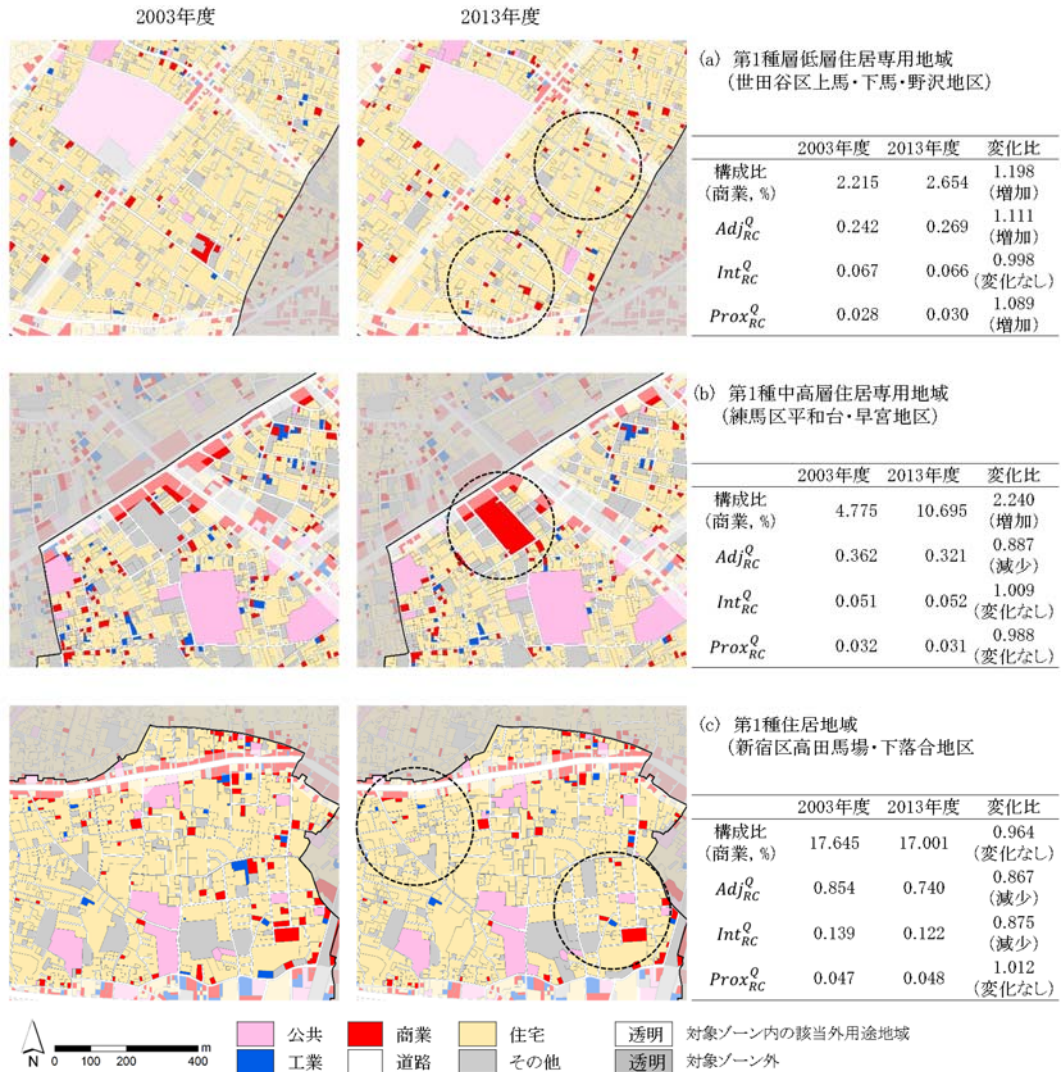


図 6.7 住宅系用途地域における土地利用パターンの変化の例

6.4.5 住宅からみた工業の混合度の変化

全ての指標が減少しており、住宅と工業の分離が進んだことが見て取れる。 Adj_{RI}^Q が最も大きく減少しており、住宅と隣接していた工業用途の減少が著しかった。

(1) 住居系用途地域

2001年に比べ、Iの構成比が大きく減少したため、全体の傾向と同様に3つの指標から混合量・強度が減少したことがわかる。1中住専と1住では $Prox_{RI}^Q$ と $Prox_{RI}^S$ の変化がない地区の数も多い。Iの中で一部の種類が許容されているためである。

(2) 商業系用途地域

住居系と同様に混合度が減少した地区が多く、住工分離が進んだことがわかる。近商で、 Adj_{RI}^S は減少し、 Adj_{RI}^Q の変化はない地区の数が相対的に多いことは、Iと隣接していないRの増加がその変化の原因である。 $Prox_{RI}^S$ は減少したものの、Rの増加によって $Prox_{RI}^Q$ が増加した地区が多い。

商業地域では、近商と同様に Adj_{RI}^S は減少し、 Adj_{RI}^Q の変化はない地区の数が相対的に多い。図5を見ると、商業地域全体におけるIの減少率より Int_{RI}^S が大きく、住工が空間的に分離されたと解釈できる。

(3) 準工業地域

Adj_{RI}^Q と Adj_{RI}^S の両方に変化がない地区の数が有意に多く、準工が面的に広がっている区部東部では隣接による住工分離はあまり進んでいないことがわかる。

図5における準工のIの構成比は約7%減少したが、 Int_{RI}^S はその3倍近く減少しており、R周辺の減少がより著しく、住工分離が進んだと解釈できる。

$Prox_{RI}^S$ は減少したものの、 $Prox_{RI}^Q$ が増加した地区が有意に多い。RからIまでの距離は増えたが、Iが住宅地内に残っており、 $Prox_{RI}^Q$ は増えたと解釈できる。

準工におけるIの構成比が大きく減少したものの隣接と近接の観点からは住工分離が進んだとは言いきれず、住宅地の中でIが分散して混在していることを意味する。

表 6.5 住宅用途からみた工業用途の混合量と混合強度の変化比による用途地域別地区数とカイ二乗検定結果

Q	S	Adj							χ^2 (p)	Int							χ^2 (p)	Prox							χ^2 (p)
		1低 住専	1中 住専	1住	近商	商業	準工	1低 住専		1中 住専	1住	近商	商業	準工	1低 住専	1中 住専		1住	近商	商業	準工				
減少	減少	71 (4.86)	78 (0.32)	104 (2.67)	85 (-0.59)	68 (-2.23)	45 (-4.36)		62 (3.57)	85 (2.23)	94 (1.86)	74 (-1.57)	55 (-3.65)	56 (-1.76)		54 (4.62)	74 (3.78)	76 (2.58)	49 (-2.21)	40 (-2.99)	22 (-5.03)				
	変化 なし	3 (0.32)	3 (-0.58)	3 (-0.86)	4 (-0.37)	4 (-0.18)	7 (1.87)		3 (-1.19)	11 (0.77)	17 (2.41)	10 (-0.15)	9 (-0.21)	3 (-2.03)		4 (-0.22)	9 (0.80)	15 (2.74)	6 (-0.90)	7 (-0.24)	1 (-2.40)				
	増加	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)		1 (2.92)	0 (-0.45)	0 (-0.49)	0 (-0.49)	0 (-0.47)	0 (-0.43)		0 (-0.91)	1 (-0.18)	2 (0.62)	0 (-1.31)	3 (1.71)	1 (-0.09)				
R | I	減少	0 (-3.49)	4 (-3.43)	6 (-3.35)	28 (2.59)	31 (3.94)	25 (3.12)	151.71 (0.00**)	3 (-3.59)	12 (-2.99)	15 (-2.97)	37 (1.92)	36 (2.28)	42 (4.85)	154.53 (0.00**)	13 (-0.30)	9 (-3.34)	14 (-2.77)	38 (2.77)	31 (1.68)	28 (1.90)	230.51 (0.00**)			
	変化 なし	26 (-1.14)	64 (2.62)	61 (0.68)	47 (-1.92)	38 (-2.76)	59 (2.55)		29 (1.12)	44 (0.97)	51 (1.15)	47 (0.26)	32 (-1.93)	29 (-1.44)		23 (0.20)	49 (2.77)	58 (3.36)	32 (-1.85)	16 (-4.45)	33 (0.07)				
	増加	0 (-0.49)	0 (-0.64)	2 (2.89)	0 (-0.70)	0 (-0.66)	0 (-0.61)		0 (-0.69)	0 (-0.90)	1 (0.29)	2 (1.53)	1 (0.36)	0 (-0.86)		0 (-1.09)	0 (-1.43)	5 (2.46)	1 (-0.77)	2 (0.16)	2 (0.40)				
増加	減少	0 (-1.03)	0 (-1.36)	0 (-1.48)	0 (-1.49)	3 (1.20)	6 (4.26)		0 (-1.70)	0 (-2.23)	0 (-2.43)	3 (-0.89)	12 (4.11)	9 (3.02)		1 (-2.79)	3 (-3.23)	4 (-3.35)	18 (0.73)	38 (7.23)	15 (0.89)				
	変化 なし	2 (-1.47)	8 (-0.04)	5 (-1.61)	13 (1.33)	11 (0.89)	9 (0.64)		2 (-2.28)	10 (-0.80)	5 (-2.85)	18 (1.05)	24 (3.33)	15 (1.18)		4 (-3.03)	18 (-1.11)	10 (-3.71)	35 (2.07)	27 (0.72)	39 (4.73)				
	増加	4 (-1.80)	13 (-0.36)	14 (-0.65)	21 (1.29)	27 (3.50)	5 (-2.52)		6 (0.46)	8 (-0.04)	12 (1.01)	7 (-0.91)	13 (1.66)	2 (-2.22)		7 (-0.43)	7 (-1.90)	11 (-1.17)	19 (1.15)	18 (1.26)	15 (1.01)				

*地区の数（残差分析による調整済み標準化残差），■5%水準で期待値よりも該当小ゾーン数が有意に多い区間，■有意に少ない区間

**期待度数が5未満の区間が全ての区間に対して20%以上であるため，モンテカルロ法によるカイ二乗検定から算出した有意確率である。

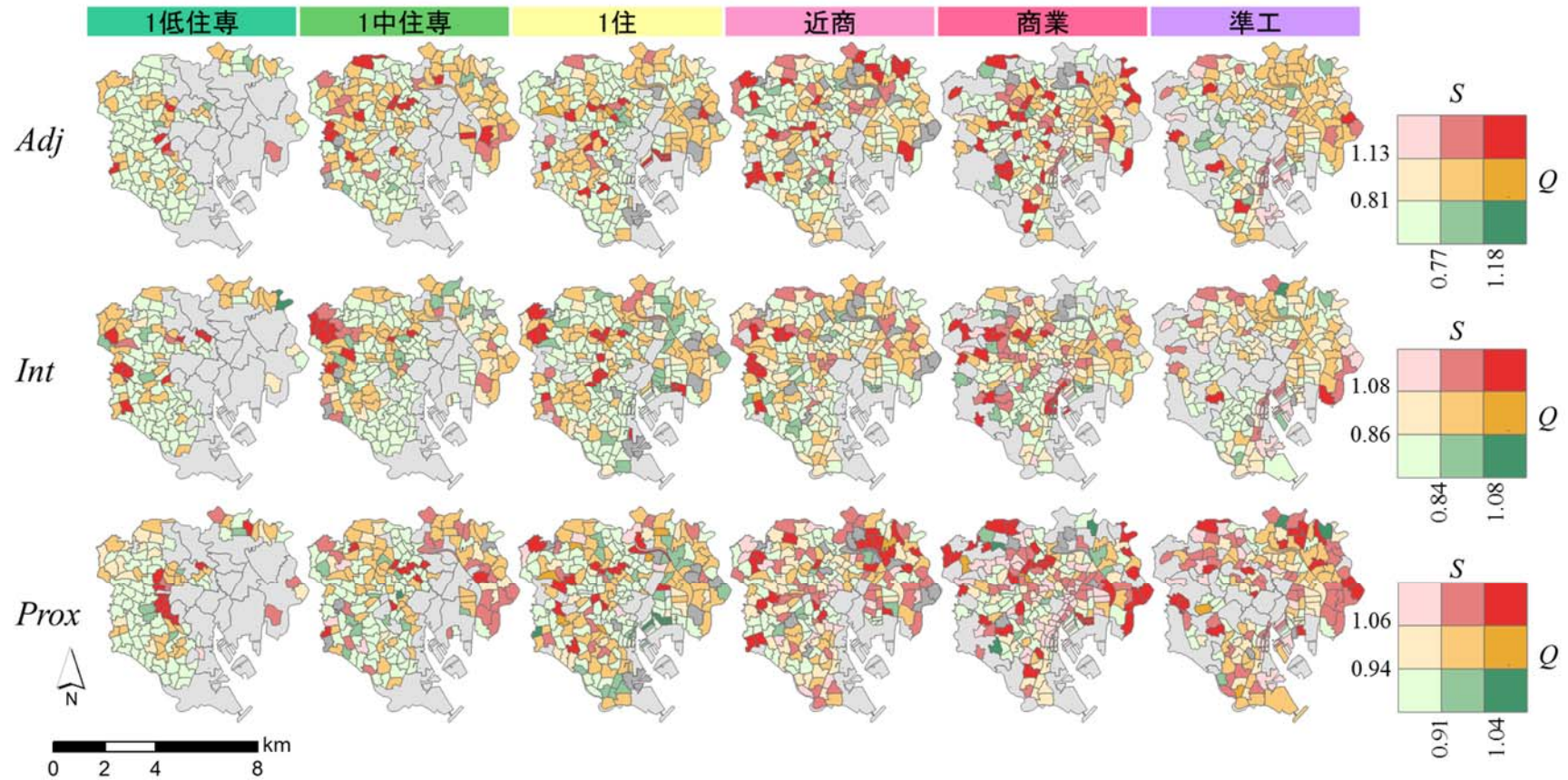


図 6.8 住宅用途からみた工業用途の混合量と混合強度の変化による地区の分布

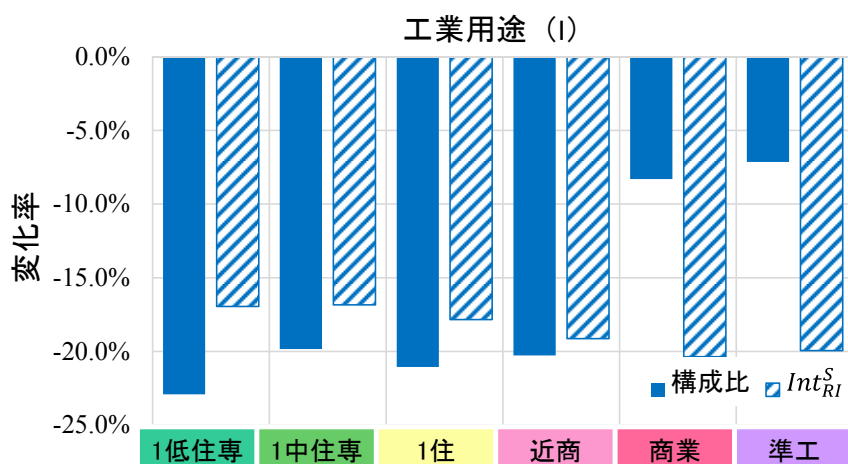


図 6.9 工業構成比と混合強度(S)の変化

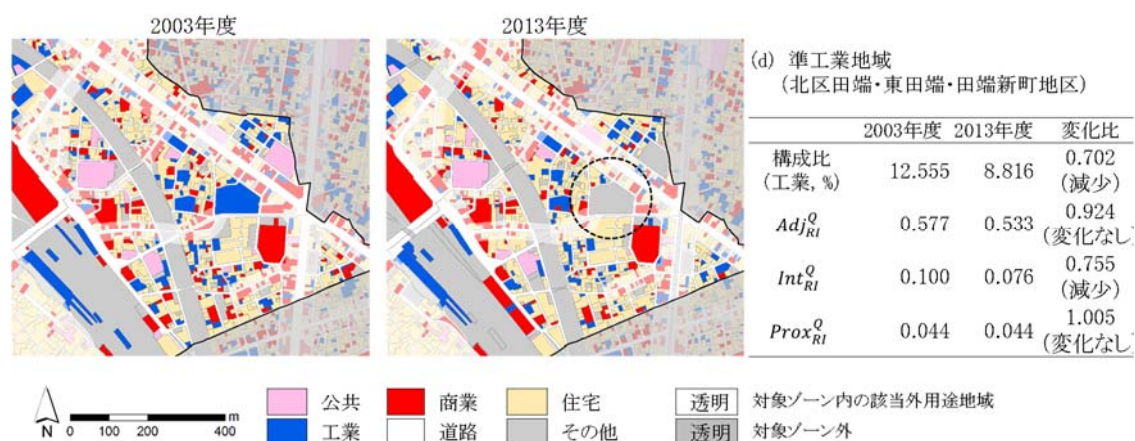


図 6.10 住工業地域における土地利用パターンの変化の例

表 6.5 は、用途地域別の混合度の変化の傾向をまとめたものである。これより住居系地域では、空間的パターンが R によって純化された街区を形成するように変化した傾向がある。商業系地域では、R と C が街区内に混在するように変化した。準工業用途地域では、R と C は分離されて増加し、I の面積の減少したものの、相変わらず R と I が街区内で混在していると言える。

表 6.6 東京区部における用途構成比と混合度の変化した土地利用の変化

	構成比の変化									混合度の変化												
	R			C			I			R - C				R - I								
	低	中	高	低	中	高	低	中	高	Adj_{RC}^Q	Adj_{RC}^S	Int_{RC}^Q	Int_{RC}^S	$Prox_{RC}^C$	$Prox_{RC}^S$	Adj_{RI}^Q	Adj_{RI}^S	Int_{RI}^Q	Int_{RI}^S	$Prox_{RI}^C$	$Prox_{RI}^S$	
全体	△*			▽			▽			▽	▽	△	▽	△	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
1 低住専				▲**		▼	▼							▲	▲	▼	▼					
1 中住専		●	●			▼				▼	▼	▼						▼	▼		▼	▼
1 住	●					▲							▼			▼	▼					
近商	▲			●	●	●				●	▼	●			●							
商業		▲	▲			●				▲	●	▲		▲	▼							
準工		▲	▲	▲	▲							●				●	●				▲	●

* ▽/△： 減少/増加（用途地域全体における構成比及び混合度の変化比）

** ▼/●/▲： 減少/変化なし/増加（表 2 と 4 において各用途地域において該当変化を表した地区数が最も多いかつ他の用途地域に比べて 5%水準で有意に多い）

6.5 地価の観点から見た土地利用変化の評価

現在の土地利用規制が望ましい土地利用の実現にどの程度寄与しているのかを議論するため、5.2節の混合度と地価の関係を基つき、混合度の変化により、地価の観点からの評価の変化を分析する。方法としては、2001年度と2011年度のそれぞれの混合度の地価への影響を式(6.6)により計算し、その変化率を住宅用途と商業用途に分けて算出したのが表 6.7、表 6.8 である。

$$PM_{zm} = \frac{1}{A_k^z} \sum_{i|i \in z} a_i \delta_m \text{mix}_{im} \quad (6.6)$$

ここで、 a_i はポリゴン*i*の面積、 δ_m は混合度指標*m*の回帰係数、 mix_{im} はポリゴン*i*における混合度指標*m*の測定値、 A_k^z は用途地域*z*における用途*k*のポリゴンの面積である。

表 6.7 の住宅用途についての影響の変化を見ると、全ての用途地域で住宅用途の地価を高める方向に土地利用パターンが変化したことが読み取れる。全ての用途地域において、評価の増加分において、住宅用途の集積度が大きくなったことによる正の影響の増加が最も大きく寄与しており、その次に工業用途の集積度と近接度が小さくなったことによる負の影響の減少が寄与していることが分かる。評価の減少分においては、住宅用途同士の隣接度が大きくなったことによる負の影響の増加、商業用途との集積度が小さくなったことによる正の影響の減少が大きい部分を占めている。すなわち、住宅用途同士の集積度を増加させる方向へ土地利用が変化しており、その変化が住宅用途の地価の観点からは望ましいと言える。

商業用途を基準として見ると、表 6.8 から見られるように 1 中住専と準工では商業用途の地価を高める方向に土地利用パターンが変化している一方、その以外の用途地域では、地価を低める方向に土地利用パターンが変化していると言える。1 中住専では、商業用途が減少したものの、商業用途が集まっている地域の商業用途が残っていることで、残っている商業用途の地価が高く評価されたためである。図 6.7 の地区 (b) がその例として挙げられる。準工では、住宅用途とは分離され、集まって増加したため、その地価が高く評価されたと言える。近商における土地利用の変化は、住宅用途の地価は高める方向であるものの、商業用途の地価は低める方向であると評価される。

表 6.7 用途地域別の土地利用混合による住宅用途への影響(2011 年度)とその変化率

	δ_m	1 低住専	1 中住専	1 住	近商	商業	準工
adj_{ic}	0.033	0.70 (-0.05)	1.05 (-0.13)	1.49 (-0.14)	2.96 (-0.37)	3.93 (-0.42)	1.48 (-0.23)
int_{ic}	0.843	4.99 (-0.23)	6.61 (-0.34)	7.84 (-0.36)	8.48 (-0.44)	14.60 (-0.33)	8.18 (-0.11)
$prox_{ic}$	-0.898	-2.22 (-0.01)	-2.81 (0.06)	-3.35 (0.06)	-5.26 (0.01)	-5.38 (0.20)	-3.40 (0.18)
商業合計	・	3.47 (-0.29)	4.85 (-0.40)	5.98 (-0.44)	6.18 (-0.79)	13.15 (-0.55)	6.26 (-0.16)
adj_{iR}	-0.016	-2.70 (-0.47)	-2.47 (-0.36)	-2.61 (-0.47)	-2.05 (-0.35)	-1.39 (-0.31)	-1.85 (-0.39)
int_{iR}	0.391	20.89 (0.81)	17.79 (0.80)	16.25 (0.81)	17.35 (0.76)	12.53 (0.66)	13.71 (1.12)
住宅合計	・	18.20 (0.34)	15.32 (0.44)	13.64 (0.35)	15.30 (0.41)	11.14 (0.36)	11.86 (0.73)
int_{iu}	-0.409	-0.62 (0.12)	-1.23 (0.27)	-1.75 (0.40)	-1.60 (0.38)	-1.65 (0.42)	-3.61 (0.90)
$prox_{iu}$	-1.007	-1.48 (0.23)	-2.12 (0.22)	-2.74 (0.28)	-3.11 (0.38)	-3.16 (0.35)	-4.09 (0.37)
工業合計	・	-2.10 (0.36)	-3.36 (0.48)	-4.49 (0.68)	-4.71 (0.76)	-4.81 (0.77)	-7.71 (1.27)
全体合計		19.57 (0.40)	16.81 (0.52)	15.13 (0.58)	16.77 (0.38)	19.48 (0.57)	10.41 (1.84)

**2011 年度の混合度による地価への影響(PM_{zm}^{2011}) × 100 (自然対数, 円/m²)

**2001 年度の混合度による地価への影響対比変化($(PM_{zm}^{2011} - PM_{zm}^{2001}) \times 100$ (自然対数, 円/m²))

表 6.8 用途地域別の土地利用混合による商業用途への影響(2011 年度)とその変化率

	δ_m	1 低住専	1 中住専	1 住	近商	商業	準工
int_{ic}	0.920	6.14 (-0.30)	8.59 (0.20)	10.28 (-0.02)	10.08 (-0.27)	24.45 (-0.14)	12.42 (0.20)
$prox_{iR}$	-1.265	-6.76 (-0.48)	-7.05 (-0.13)	-7.12 (-0.06)	-8.20 (-0.01)	-5.09 (0.05)	-4.80 (0.18)
全体合計		-0.61 (-0.78)	1.54 (0.06)	3.16 (-0.07)	1.89 (-0.28)	19.37 (-0.09)	7.62 (0.38)

**2011 年度の混合度による地価への影響(PM_{zm}^{2011}) × 100 (自然対数, 円/m²)

**2001 年度の混合度による地価への影響対比変化($(PM_{zm}^{2011} - PM_{zm}^{2001}) \times 100$ (自然対数, 円/m²))

6.6 まとめ

本章では、2000年代初頭における東京区部における土地利用変化を用途別面積構成比と混合度の観点から分析し、全体的な変化の傾向と主要6用途地域による変化の違いを分析した。量的な変化である構成比の変化だけでなく、用途間の空間的な分布の変化も把握が可能となり、結果として各用途地域の変化について以下のことが明らかになった。

- 構成比の変化から見ると、全体的にR（住宅）の増加とI（工業）の減少が著しく、C（商業）は若干の減少傾向が見られた。用途地域別に見ると、住居系では全体の傾向と一致している。1低住専でも全体のCの構成比は減少したものの、Cの構成比が小さい地区での併用住宅中心のCの増加が著しく見られる。商業系では、Rの増加が著しく、路線型の商業地域でCがより減少した。準工ではRとCの増加が見られ、Iは他の用途地域に比べて変化比は小さいが減少傾向が見られる。
- 土地利用遷移から見ると、全体的に工業から住宅、商業から住宅への遷移率が大きい。構成比の変化に比べて用途間の遷移があった面積の割合が大きく、相当な用途間の遷移が行われ、用途間の混合度の変化がある可能性が示唆された。
- 3つの混合度について、Rを中心としたCとIの混合量と混合強度の変化を分析した。Rから見たCの混合度の変化から見ると、全体的にCの構成比の減少を主な原因としてRにおける混合強度は隣接・集積・近接の3つの指標共に減少した。住居系用途地域では、隣接・集積による混合強度・量の両方において減少しており、住宅によって純化された近隣環境を形成する方向に変化したと言える。但し、1低住専では併用住宅の増加に伴う隣接による住商混合が見られ、規模の制限があるものの非住宅用途の増加などによる近隣問題が生じる可能性も考えられる。商業系用途地域では、Rの増加によって3つの指標における混合量が増加したことが見られ、Cと空間的に分離されずに増えてきた。一方、準工では、RとCの両方の構成比が増加したものの、3つの混合強度は減少した地区が多く、住商の空間的な分離が進行された。
- Rから見たIの混合度の変化から見ると、共通的に3つ指標による住工の混合強度が減少した。準工が面的に広がっている地区では、Iの周辺のRが増加したことにより、隣接による混合量が減少していない地区、近接による混合量が増加した地区も多く存在していることが示された。
- 5.2節の住宅・商業用途の地価と混合度の関係の分析に基づき、2001年度と2011年度の土地利用変化を評価すると、住宅の観点からは主に住宅用途同士の集積度が高くなることにより、全ての用途地域で地価を高める方向へ変化したことが分かる。一方、商業用途の地価を基準として見ると、近商での評価の減少が著しく、商業用途同士の集積が見られた1中住専と準工以外では商業用途の地価を低める方向へ変化した。
- 用途地域別の土地混合度の変化を明確にすることで、その変化が本来の目的と合致しているのかが把握でき、混合度に影響を与えると考えられる容積率、建ぺい率、敷地の大きさなどの評価、改善を考える際に基礎として活用できると考えられる。

第7章 おわりに

土地利用は、「人間による土地の上での活動」として定義することができ、土地利用を定量的に把握することは、人間による活動がどのように都市の空間上に分布しているのかを把握することだと言える。人間による活動の種類は土地利用用途として現れ、異なる土地利用の用途はお互いに影響を及ぼすため、都市・地域計画において土地利用混合の状態の把握と混合による影響の定量化は不可欠である。しかし、複合化、多様化された土地利用混合の状態の把握と用途間の混合による影響が定量的に明示されたものになっているとは言い難い。そこで、本研究では、用途間の空間的に純化・混合による相互影響を考慮した土地利用計画のための手法の提案し、土地利用混合の現況を明らかにした上で、望ましい土地利用構造の解明と土地利用規制の評価に寄与することを目標とした。これを達成するため、以下の5つの部分に分け、研究を進めた。

第一に、土地利用混合を定量的に把握するために、隣空間内の用途別のポリゴンの細かさ、散在の程度を定量化するための隣接性、用途間の量的な混合を表すための集積性、空間内の分布の均等さを表すための近接性の3つの混合度指標を開発し、仮想のグリッド型と実際都市のポリゴン型の土地利用パターンに対して指標の値により説明される土地利用特徴を明らかにし、3つの混合度指標がそれぞれ土地利用パターンを説明できる有意な情報を持つことを確認した。

第二に、各指標における評価基準が予め与えられたとき、評価基準と土地利用の規範的な特徴の間関係を明確にするため、土地利用配置モデルを構築した。そのモデルから、グリッド空間において、同・異用途間の隣接・集積・近接に対する評価基準、集積度における影響範囲の違いにより、現れる土地利用パターンの特徴が明らかになった。

第三に、東京都区部を対象として、3つの混合度指標に基づいた類型化により、既存の用途別の構成比だけでは区分できない土地利用パターンの特徴が把握できた。特に住宅地内の商業と工業用途の分布の違いにより、土地利用パターンが細分された。

第四に、住宅・商業用途における地価と混合度の関係の分析から、同じ用途との混合であっても空間関係により、地価への影響が異なることを確認した。その結果に基づき、地価の観点から東京都区部における土地利用の価値を高める土地利用の特徴が導き出された。

第五に、東京都区部における用途地域別の土地利用変化を構成比と混合度の両方の観点から明確にした上で、混合度と地価の関係に基づき、2000年代初頭の東京都区部における土地利用変化を評価することにより、土地利用規制への寄与について考察した。

本章では、これまで本研究で得られた結論と今後の課題についてまとめる。

7.1 本研究の結論

以下各章における本研究の主要な結果をまとめる。

第2章:用途間の空間関係を考慮した混合度指標の開発

土地利用混合状態を表すため、異なる空間関係を表す多様な指標が提案されてきたものの、実際の土地利用の定量化には一部の空間関係しか用いられなかったため、多様化された土地利用混合状態を明らかに説明しているとは言い難い。第2章は、他の4つの章の研究を進めるための基礎として位置づけられ、用途間の隣接性・集積性・近接性の観点から提案した混合度指標により、一般的なポリゴン形式の土地利用図から混合土地利用パターンを定量化する手法を開発し、各指標の値により定量化される土地利用パターンの特徴を明確にした。

- 隣接性は、同・異用途間の隣接の程度を表すための指標であり、接面の長さを同面積の正方形の一辺の長さで除した値を用いる。ある2つの用途間の隣接性が0であれば、完全に分離されて隣接していないことを意味し、その値が大きくなるほどお互いに境界線を共有しながら、散在しているパターンとなる。
- 集積性は、影響範囲内の用途別の量を表すために、基準となる地点から一定範囲内の用途別割合を用いる。ある2つの用途間の集積性が0であれば、影響範囲内にお互いの用途が存在しなく、完全に分離されその間に第三の用途が配置されているパターンであり、構成比が一定の中で、その値が大きくなるほど大きさが均等な複数のクラスターを持つパターンとなる。
- 最後に、近接性は、空間内の分散の程度・行きやすさを考慮するための重心間の距離の逆数を用い、ある用途から他の用途への行きやすさを表す指標である。ある2つの用途間の近接性が0であれば、対象空間内で2つの用途が一つまたは両方の用途が存在しないパターンであり、この値が大きいかほど量が少ない用途が分散して分布しているパターンとなる。
- 3つの指標に相関関係があるが、構成している用途の割合が均等であるほど相関関係が小さく、それぞれの指標とその組合せにより、土地利用パターンが説明できる有意な情報を持つ。隣接性と集積性は用途間の量的なバランスが取れたとき最大値をとる一方、近接性は、量的なバランスが取れると最大値が小さくなる性質を持つ。3つの指標はそれぞれ土地利用パターンが説明できる有意な情報を持つことを確認した。

第3章:用途間の相互作用を考慮した土地利用配置モデル

第3章では、混合度指標に対する様々な評価基準を満たせる土地利用パターンの特徴を明らかにするため、第2章で開発した3つの混合度指標を考慮した土地利用配置モデルを開発し、仮想空間における各指標に対する評価基準と土地利用パターンの特徴について述

べた。

その結果、下記のことが明らかになった。

- ある 2 つの用途間の隣接性・集積性・近接性の指標に対する評価基準が正であれば、少数の用途が空間内に分散して分布する一方、同じ用途間の隣接性、異なる 2 つの用途間の集積性・隣接性が正であれば、少数の用途が塊を形成して分布する。集積性における影響範囲が広いほど、現れる塊が大きい。実際の土地利用計画において多極分散型の配置は、同用途間の純化の中で、集積と近接による混合を志向しているパターンであると言える。
- ある 2 つの用途間の集積と近接による効果は正であるものの、隣接による負の効果がある場合には、少数の用途が塊を形成するか、少数の用途と負の関係を持たない用途の中で分散して分布するパターンが現れる。例えば、住宅と公園の関係を考えると、公園が近くにあることは、住民の利便性を向上させるが、人の通りが少ない深夜に治安が悪いなどの影響も考えると、複数の規模のある公園の配置が望ましいと言える。
- ある 2 つの用途間の 3 つの混合が全て負の影響を及ぼすなら、各用途が純化した塊を形成する傾向が見られる。その中で集積性が正の効果を持つ場合、影響範囲にかかわらず細長い塊が形成され、その周辺に第三の用途が緩衝帯として配置されるパターンが現れる。その配置パターンは、玉川 (2000)の研究においてマイクロ純化マクロ混合のロジックから得られるパターンに似ており、沿道型開発方式がこのパターンに相当すると言える。影響範囲が広い場合には、複数の塊を形成することも隣接と近接の負の効果を抑えながら集積性を大きくするパターンとなる。但し、第三の用途が緩衝帯として配置されるためには、考慮している 2 つの用途と第三の用途間の隣接や近接による負の効果がないという条件が挙げられる。
- 近隣住区の土地利用ガイドラインに従った評価基準を用いて土地利用配置モデルを適用した結果、計画理論の概念の特徴として、分散している公園、複数の塊を持つ商業用途などが再現された。提案したモデルにより、ある評価基準が予め与えられたとき望ましい土地利用の規範的な土地利用パターンを具体化され、土地利用計画に資することができると考えられる。

第 4 章: 東京都区部における土地利用パターンの類型化

第 4 章では、第 2 章で定義した隣接性・集積性・近接性の指標に基づき、東京都区部の 2011 年度の土地利用データを用い、を対象とした土地利用の定量化を行った。その結果、既存の構成比のみ考慮する手法では把握できなかった空間的な分布の違いが詳細に把握され、12 種類の土地利用パターンに分類され、それぞれの土地利用パターンの特徴を考察した。

その結果、下記のことが明らかになった。

- 住宅と商業用途の混合度から見ると、港区、新宿区、渋谷区などの都心・副都心地域で隣接性と集積性が大きい一方、近接性は山手通り沿いの目黒区、杉並区、中野区な

どの地域で大きい。後者は、都心の周辺と比べて商業の割合は小さいが、細かく分散している地域である。工業用途は他の用途から分離されている傾向があり、住宅と工業用途の隣接性は零細敷地の多い墨田区と江東区で大きく、住宅と工業が混合している地域は一部の地域に限られている。公共用途の分布を見ると、区部の東側の集積性が小さく、公共施設の分布に偏りがある

- 東京区部における土地利用パターンの分類の結果、12個のパターンに分類することができた。「住宅間隣接した純化地域」の面積の割合が31%として最も多く、主に西側の住宅地に分布している。その次に多いのは19.5%を占めている「住宅中心の工業分離地域」であり、工業用途があるものの住宅とは分離されている地域である。その次に「住宅中心の隣接・集積・近接による商業混合地域」が13.4%を占めており、山手線の西部の外側に隣接して分布しており、商業用途が住宅地内に散在している特徴が見られる。
- 用途別の構成比のみ考慮した正井(1968)の手法によると9種類のパターンに分類されたが、混合度指標を考慮する分類では12種類の土地利用パターンに分類され、より詳細な分類ができた。商業用途で純化されている地域は両方の分類の結果がほぼ一致していたが、住宅用途の構成比が大きく、構成比による「住宅」、「住宅用途と主とした混在」地域は、混合度指標により、住宅と商業・工業が空間的に分離されている地域（住宅間隣接した純化地域、住宅中心の工業分離地域）と細かく分散して混合している地域（住宅中心の隣接・集積・近接による商業混合地域、隣接・集積・近接による住工混合地域）の異なるパターンに細分されることを示した。

第5章: 混合度指標に基づいた混合土地利用の効果の定量化

第5章では、土地利用パターンの評価のため、異なる要素間の比較が可能である経済評価の手法の中でヘドニック分析を行い、混合土地利用パターンを評価し、住宅の観点から望ましいと言える土地利用パターンの特徴を明らかにした。また、交通行動との関係についても混合度指標を適用した。その結果、下記のことが明らかになった。

- 地価の推定に関しては、A) ベースモデル、B) エントロピーモデル、C) 空間混合度モデルの推定結果を比較した。結論として、モデルBは、モデルAに比べて適合度が改善され、純化された土地利用の地価が高いという結果を示した。しかし、用途の種類による差は反映されず混合度の意味が曖昧であり、土地利用混合度と地価の関係が十分に把握できない。
- モデルCは用途純化による地価への影響を考慮した上で、混合度の様々な側面による影響を把握することができ、モデルBより改善された推定結果を得ることができた。その結果から土地利用混合度と地価の関係の説明に適切であることが分かった。
- 東京都区部における住宅用途の推定結果をみると、住宅、商業、公共、公園の順で徒歩圏内の面積の割合（集積度）が地価に対し正の影響を与える。一方、工業までの距離が短い、つまり工業用途への近接度が大きいほど、あるいは工業の集積度が大き

いほど地価に負の影響を与えることが明らかになった。特に、商業・公園との混合において集積度が大きいほど地価が高い一方で、近接度が大きいほど地価が低い。

- このように混合度を3つの指標へ分解することにより、同じ用途との混合が空間関係によって異なる地価への影響も見出すことが可能である。その結果に基づき、商業用途は塊を形成して配置することにより、商業用途が近くにあることによる負の効果を防ぎながら、徒歩圏内の商業の割合を確保するなどの、価値を高めるための土地利用配置を明らかにした。
- 住宅と商業・工業の集積による混合は、徒歩の分担率の向上に寄与し、自動車の分担率を低下させる。住宅における工業との隣接による混合は、自動車の分担率と正の関係を表し、近接による工業との混合は、徒歩の分担率と負の関係を表した。その結果から、多くの工業用途が分散して分布していると徒歩の選択が減ることが示唆された。

第6章:東京区部の用途地域別の土地利用構成比・混合度の変化

第5章の結果から、同・異土地利用間の混合の状態により土地利用パターンの価値が異なることが分かった。そこで、第6章では、2000年代初頭の東京区部における土地利用の量的のみならず空間的な変化をも用途地域別に明らかにし、用途地域別に土地利用の空間的パターンがどのように変化しているかを把握し、土地利用規制別の土地利用変化を地価の観点から評価した。その結果、下記のことが明らかになった。

- 構成比の変化から見ると、全体的にR(住宅)の増加とI(工業)の減少が著しく、C(商業)は若干減少の傾向が見られた。用途地域別に見ると、住居系では全体の傾向と一致している。1低住専でも全体のCの構成比は減少したものの、Cの構成比が小さい地区での併用住宅中心のCの増加が著しく見られる。商業系では、Rの増加が著しく、路線型の商業地域でCがより減少した。準工ではRとCの増加が見られ、Iは他の用途地域に比べて変化比は小さいが減少傾向が見られる。
- 土地利用遷移から見ると、全体的に工業から住宅、商業から住宅への遷移率が高い。構成比の変化に比べて用途間の遷移があった面積の割合が大きく、相当な用途間の遷移が行われ、用途間の混合度の変化がある可能性が示唆された。
- 3つの混合度について、Rを中心としたCとIの混合量と混合強度の変化を分析した。Rから見たCの混合度の変化から見ると、全体的にCの構成比の減少を主な原因としてRにおける混合強度は隣接・集積・近接の3つの指標共に減少した。住居系用途地域では、隣接・集積による混合強度・量の両方において減少しており、住宅によって純化された近隣環境を形成する方向に変化したと言える。但し、1低住専では併用住宅の増加に伴う隣接による住商混合が見られ、規模の制限があるものの非住宅用途の増加などによる近隣問題が生じる可能性も考えられる。商業系用途地域では、Rの増加によって3つの指標における混合量が増加したことが見られ、Cと空間的に分離されずに増えてきた。一方、準工では、RとCの両方の構成比が増加したものの、3つの混合強度は減少した地区が多く、住商の空間的な分離が進行された。

- R から見た I の混合度の変化から見ると、共通的に 3 つ指標による住工の混合強度が減少した。準工が面的に広がっている地区では、I の周辺の R が増加したことにより、隣接による混合量が減少していない地区、近接による混合量が増加した地区も多く存在していることが示され、I の構成比が大きく減少したものの住工分離が進んだとは言いきれないことが示唆された。
- 5.2 節の住宅・商業用途の地価と混合度の関係の分析に基づき、2001 年度と 2011 年度の土地利用変化を評価すると、住宅の観点からは主に住宅用途同士の集積度が高くなることにより、全ての用途地域で地価を高める方向へ変化したことが分かる。一方、商業用途の地価を基準として見ると、近商での評価の減少が著しく、商業用途同士の集積が見られた 1 中住専と準工以外では商業用途の地価を低める方向へ変化したと言える。

以上の成果から本研究の結果、ミクロな土地利用混合状態が住環境へ影響を及ぼしていることを明らかとした。そこで、望ましい土地利用計画のためには、ミクロな用途間の配置の考慮も必要であり、本研究の成果からより細かい規制・誘導が求められると言える。しかし、本研究で用いた隣接度・集積度・近接度は、用途地域で代表される面的な土地利用規制と連動している指標ではないため、望ましい土地利用構造が明らかとなったとしても土地利用パターンを規制・誘導することは難しい。但し、現在運用されている地区計画では、詳細な用途の指定、配置をコントロールすることができるため、その制度の活用がミクロな土地利用混合状態のコントロールに活用できると考えられ、より細かい規制・誘導の手法の工夫も必要ではないか考えられる。

7.2 今後の課題と展望

本研究では、1) 土地利用用途間の空間関係に着目して土地利用パターンの定量化手法の開発、2) 土地利用配置モデルによる評価基準とパターンの関係、3) 東京区部における混合度指標による土地利用パターンと混合の効果の定量化、4) 用途地域別の土地利用変化の評価を行ったが、平面的な土地利用のみの考慮や、東京区部という限定された地域に限った結果での結果であることから、以下のような課題が残されている。

- 立体的な利用を考慮した土地利用パターンの定量化：本研究では、代表用途と平面的な面積のみを考慮した指標・手法を提案した。都市の高密化と建物の垂直的な複合化が進行しつつあり、さらなる都市の集約化が求められているため、建物の延べ床面積などを考慮した土地利用パターンの定量化が今後の課題として考えられる。
- 土地利用配置モデルの高度化及びポリゴン型の土地利用パターンへ適用：全ての用途間において集積度の影響範囲が一様な場合のみ考慮している。しかし、影響範囲が異なる関係も考えられ、そのとき現れる土地利用パターンの特徴の議論も必要である。また、本研究では、混合度に対する評価基準と現れるパターンの規範的な特徴

を導出することを目的としたため、全てのセルの大きさが同じであるグリッド空間を前提としている。実際の都市における土地利用計画を考えるためには、適用可能な空間の一般化が必要である。

- 多様な地域・スケールにおける土地利用パターンの分析：本研究の提案手法は、ポリゴン型の土地利用データに基づいたものであり、多様な地域・スケールへの適用することが考えられる。今回の分析では、近隣単位のマクロなスケールに着目したが、都市レベルでの分析への応用も考えられる。また、東京区部だけではなく地方都市間の比較、異なる国との比較により、異なる土地利用制度、物理的な環境による土地利用パターンの特徴の分析も行う必要がある。
- 多様な観点・詳細な用途区分による混合土地利用の効果の検証：本研究では土地利用を一つの住環境と考え、地価による土地利用パターンの価値を評価した。また、土地利用パターンが交通パターン（手段選択や頻度など）と強く関係しているという先行研究に基づき、交通手段分担率と混合度の関係も分析した。しかし、地価に現れない土地利用パターンの正・負の評価もあると考えられ、その効果を定量化するための地価・交通分担率以外の指標を探し、より多様な観点から土地利用による住環境の価値を評価する必要がある。また、本研究では住宅、商業、工業、公園、公共、その他の用途区分を用いたが、より詳細に土地利用用途を区分して純化・混合の効果を見ることも必要である。さらに、集積度の場合、影響範囲が異なる可能性があるため、測定範囲の違いによる効果の分析も今後の課題として挙げられる。
- 多様な土地利用規制と物理的な環境による土地利用の変化：日本の都市計画における最も基礎的である用途地域と構成比・混合度の変化を分析した。しかし、用途地域では用途別の分布を規制していることではなく、用途地域をベースとして容積率、建ぺい率、敷地の大きさ、用途別の規模などが指定される。従って、どの要因が混合度の変化に影響を及ぼすかを分析することで土地利用への誘導のための示唆点を得ることができると考えられる。さらに、混合度は、該当地区の周辺の土地利用も含むため、周辺の土地利用規制による影響も考慮する必要がある。

参考文献

- 奥平耕造 (1976). 都市工学読本: 都市を解析する. 彰国社.
- 横山浩・池田禎男 (1988). 新体系土木工学55(都市計画1-土地利用-). 技報堂出版.
- 吉川徹 (1992). 土地利用解析手法に関する一連の研究. 東京大学博士論文.
- 吉川徹 (1993). 土地利用構成比関数: ミクロな土地利用混合を把握する一手法. GIS-理論と応用, **1**, 109-119.
- 吉川徹 (1999). メッシュデータに立脚した同種・異種土地利用の集塊性の把握手法. 日本建築学会計画系論文集, **520**, 227-232
- 吉川徹・岡部篤行・浅見泰司・金子忠明 (1990). 用途地域指定の趣旨からみた土地利用遷移の分析-神奈川県川崎市を対象とした実態分析-. 都市計画論文集, **25**, 373-378.
- 牛島光一・吉田あつし (2009). 小学校における教育の質は地価に影響するか?—東京都特別区の地価データを用いた検証—. 応用地域学研究, **14**, 37-47.
- 玉川英則 (1982). 土地利用の秩序性の数理的表現に関する考察. 日本都市計画学会学術研究発表会論文集, **17**, 73-78.
- 玉川英則 (2000). 土地利用パターンシミュレーションモデルの複合化とそのインプリケーション. 都市計画論文集, **35**, 1039-1044.
- 高見沢実 (1984). 居住環境整備を指向した東京区部低層高密度市街地の類型化, 日本都市計画学会学術研究論文集, **19**, 103-108.
- 国土交通省. 都市再生整備計画事業 (旧まちづくり交付金) ,
http://www.mlit.go.jp/toshi/city/sigaiti/toshi_urbanmainte_tk_000029.html, 最終アクセス:
2018.1.7.
- 国土交通省. 立地適正化計画制度.
http://www.mlit.go.jp/en/toshi/city_plan/compactcity_network.html, 最終アクセス: 2018.1.7.
- 市古太郎・玉川英則・中林一樹 (1999). 土地利用変容のGIS分析からみた東京区部西部における1996年用途地域指定替えの実態に関する研究. 都市計画論文集, **34**, 853-858.
- 若林建吾・巖先鏞・鈴木勉 (2017). 東京区部における建物指標と道路指標を考慮した市街地分類に関する研究. 都市計画論文集, **52(3)**, 711-716.
- 小出治 (1977). 土地利用混合度の適用並びにその検定. 日本都市計画学会学術研究発表会論文集, **12**, 79-84.
- 上杉昌也・浅見泰司 (2013). 社会的混合の観点からみた居住者属性による近隣効果に関するへ

- ドニック分析. 都市計画論文集, **48**(3), 663–668.
- 上田和徳・佐藤誠治 (1990). 階層別床利用から見た都心部の立体的土地利用解析. 日本都市計画学会学術研究論文集, **25**, 385-390.
- 森村道美・土田旭・高山恵・白神浩志 (1978). 既成市街地の整備対策検討のための地域区分について (既成市街地の住宅と環境). 建築雑誌, **93**(1135), 47-54.
- 正井泰夫 (1968). 東京23区の土地利用. 地図, **6**(4), 1–7_4.
- 石坂公一 (1992). 土地利用遷移行列の分析手法に関する考察 首都圏市街化区域における住居系用途を中心とした土地利用変化動向の分析 その1. 日本建築学会計画系論文報告集, **436**, 59–69.
- 浅見泰司 (2001). 住環境—評価方法と理論. 東京大学出版会.
- 浅見泰司 (2016). 住環境の経済評価. 都市住宅学, **2016**(92), 8–11.
- 渡辺貴史・鈴木勉・横張真 (2006). 市街地との混合度から見た緑地の適正配置パターンの分析. 都市計画論文集, **41**(1), 8–14.
- 東京都都市整備局 (2016). 防災都市づくり推進計画.
- 内閣部 (2017). 世論調査.
- 福王寺峻平・松川寿也・佐藤雄哉・中出文平・樋口秀 (2015). 市街地の縮小を想定した都市計画区域の再編に関する研究:松本市・宇都宮市・相模原市を対象として. 都市計画論文集, **50**(3), 974–979
- 福島徹 (1994). GISデータを用いた土地利用評価指標. GIS-理論と応用, **2**(1), 75–82.
- 木内信蔵 (1979). 都市地理学原理. 古今書院.
- 矢代孝明・佐藤雄哉・松川寿也・中出文平・秀樋口 (2014). 平成10年以降に指定された特別用途地区の活用実態に関する研究. 都市計画論文集, **49**(3), 477–482.
- 巖先鏞・鈴木勉 (2016). 用途間の隣接性・集積性・近接性の観点から見た混合土地利用パターンの定量化. 都市計画論文集, **51**(3), 867-874.
- 巖先鏞・鈴木勉 (2017). 空間的土地利用混合度指標を用いた住宅地地価分析による土地利用パターンの評価. 都市計画論文集, **52**(3), 1356-1363.
- Aerts, J. C. J. H., Eisinger, E., Heuvelink, G. B. M., & Stewart, T. J. (2003). Using Linear Integer Programming for Multi-Site Land-Use Allocation. *Geographical Analysis*, **35**(2), 148–169.
- Anselin, L., & Rey, S. J. (2014). *Modern Spatial Econometrics in Practice: A Guide to GeoDa, GeoDaSpace and PySAL*. Chicago, IL: GeoDa Press LLC.
- Badoe, D., & Miller, E. (2000). Transportation–land-use interaction: Empirical findings in North

- America, and their implications for modeling. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **5**, 235–263.
- Brown, B. B., Yamada, I., Smith, K. R., Zick, C. D., Kowaleski-Jones, L., & Fan, J. X. (2009). Mixed land use and walkability: Variations in land use measures and relationships with BMI, overweight, and obesity. *Health & Place*, **15**(4), 1130–41.
- Cao, K., Huang, B., Wang, S., & Lin, H. (2012). Sustainable land use optimization using boundary-based fast genetic algorithm. *Computers, Environment and Urban Systems*, **36**(3), 257–269.
- Cervero, R., & Duncan, M. (2004). Neighbourhood composition and residential land prices: does exclusion raise or lower values? *Urban Studies*, **41**(2), 299–315.
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **2**(3), 199–219.
- Christian, H. E., Bull, F. C., Middleton, N. J., Knuiman, M. W., Divitini, M. L., Hooper, P., ... Giles-Corti, B. (2011). How important is the land use mix measure in understanding walking behaviour? Results from the RESIDE study. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, **8**(1), 55.
- Congress for the New Urbanism. (2000). Charter of the New Urbanism. *Bulletin of Science, Technology and Society*, **20**(4), 339–341.
- Coupland, A. (1997). *Reclaiming the City: Mixed Use Development*. Taylor & Francis.
- Deb, K., & Sundar, J. (2006). Reference point based multi-objective optimization using evolutionary algorithms. In *Proceedings of the 8th annual conference on Genetic and evolutionary computation - GECCO '06* (p. 635). New York, New York, USA: ACM Press.
- Guo, Y., Agrawal, S., Peeta, S., & Somenahalli, S. (2016). Impacts of Property Accessibility and Neighborhood Built Environment on Single-Unit and Multiunit Residential Property Values. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **2568**, 103–112.
- Guo, Y., Peeta, S., & Somenahalli, S. (2017). The impact of walkable environment on single-family residential property values. *Journal of Transport and Land Use*, **10**(1), 241–261.
- Haque, A., & Asami, Y. (2011). Optimizing urban land-use allocation: case study of Dhanmondi Residential Area, Dhaka, Bangladesh. *Environment and Planning B: Planning and Design*, **38**(3), 17–24.
- Hess, P. M., Moudon, A. V., & Logsdon, M. G. (2001). Measuring land use patterns for transportation research. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **1780**, 17–24.
- Hino, A. A. F., Reis, R. S., Sarmiento, O. L., Parra, D. C., & Brownson, R. C. (2014). Built environment and physical activity for transportation in adults from Curitiba, Brazil. *Journal of Urban Health*,

91(3), 446–462.

- Jacobs-Crisioni, C., Rietveld, P., Koomen, E., & Tranos, E. (2014). Evaluating the impact of land-use density and mix on spatiotemporal urban activity patterns: An exploratory study using mobile phone data. *Environment and Planning A*, **46**(11), 2769–2785.
- Kim, C. W., Phipps, T. T., & Anselin, L. (2003). Measuring the benefits of air quality improvement: A spatial hedonic approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, **45**(1), 24–39.
- Kockelman, K. (1997). Travel behavior as function of accessibility, land use mixing, and land use balance: Evidence from San Francisco Bay area. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **1607**, 116–125.
- Lee, C., & Moudon, A. V. (2006). The 3Ds+R: Quantifying land use and urban form correlates of walking. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **11**(3), 204–215.
- LeSage, J. P., & Pace, R. K. (2009). *Introduction to spatial econometrics*. CRC Press.
- Li, X., & Parrott, L. (2016). An improved Genetic Algorithm for spatial optimization of multi-objective and multi-site land use allocation. *Computers, Environment and Urban Systems*, **59**, 184–194.
- Manaugh, K., & Kreider, T. (2013). What is mixed use? Presenting an interaction method for measuring land use mix. *Journal of Transport and Land Use*, **6**(1), 63–72.
- Masoomi, Z., Mesgari, M. S., & Hamrah, M. (2013). Allocation of urban land uses by multi-objective particle swarm optimization algorithm. *International Journal of Geographical Information Science*, **27**(3), 542–566.
- Matthews, J. W., & Turnbull, G. K. (2007). Neighborhood street layout and property value: The interaction of accessibility and land use mix. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, **35**(2), 111–141.
- Mohammadi, M., Nastaran, M., & Sahebgharani, A. (2016). Development, application, and comparison of hybrid meta-heuristics for urban land-use allocation optimization: Tabu search, genetic, GRASP, and simulated annealing algorithms. *Computers, Environment and Urban Systems*, **60**, 23–36.
- OECD. (2012). *Compact City Policies: A Comparative Assessment*. *OECD Green Growth Studies*. OECD Publishing.
- Pandit, R., Polyakov, M., Tapsuwan, S., & Moran, T. (2013). The effect of street trees on property value in Perth, Western Australia. *Landscape and Urban Planning*, **110**(1), 134–142.
- Perry, C. A. (1929). The neighborhood unit: A scheme of arrangement for the family-life community. In *Regional study of New York and its environs, VIII, neighborhood and community planning, Monograph 1* (pp. 22–140). New York: Regional Plan of New York and its Environs.

- Rowley, A. (1996). Mixed-use development: Ambiguous concept, simplistic analysis and wishful thinking? *Planning Practice and Research*, **11**(1), 85–98.
- Slager, C. T. J., & de Vries, B. (2013). Landscape generator: Method to generate landscape configurations for spatial plan-making. *Computers, Environment and Urban Systems*, **39**, 1–11.
- Song, Y., & Knaap, G.-J. (2004). Measuring the effects of mixed land uses on housing values. *Regional Science and Urban Economics*, **34**(6), 663–680.
- Song, Y., Merlin, L., & Rodriguez, D. (2013). Comparing measures of urban land use mix. *Computers, Environment and Urban Systems*, **42**, 1–13.
- Stewart, T. J. (1991). A Multi-Criteria Decision Support System for R&D Project Selection. *The Journal of the Operational Research Society*, **42**(1), 17.
- Stewart, T. J., & Janssen, R. (2014). A multiobjective GIS-based land use planning algorithm. *Computers, Environment and Urban Systems*, **46**, 25–34.
- Stewart, T. J., Janssen, R., & van Herwijnen, M. (2004). A genetic algorithm approach to multiobjective land use planning. *Computers & Operations Research*, **31**(14), 2293–2313.
- Taleai, M., Sharifi, A., Sliuzas, R., & Mesgari, M. (2007). Evaluating the compatibility of multi-functional and intensive urban land uses. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **9**(4), 375–391.

論文目録

公表済み論文(学位請求論文と関係あり)

- (1) 嚴先鏞, 鈴木勉, 「用途間の隣接性・集積性・近接性の観点から見た混合土地利用パターンの定量化」, 都市計画論文集, Vol.51, No.3, 2016, pp. 867-874
- (2) 嚴先鏞, 鈴木勉, 「空間的土地利用混合度指標を用いた住宅地地価分析による土地利用パターンの評価」, 都市計画論文集, Vol.52, No.3, 2017, pp. 1356-1363
- (3) 若林建吾, 嚴先鏞, 鈴木勉, 「東京区部における建物指標と道路指標を考慮した市街地分類に関する研究」, 都市計画論文集, Vol.52, No.3, 2017, pp.711-716.

査読のない発表論文(学位請求論文と関係あり)

- (1) Sunyong Eom and Tsutomu Suzuki, “Measures and Spatial Allocation Model for Incorporating Interaction by Land Use Mix”, International Conference of Asia-Pacific Planning Societies, 2017.
- (2) 嚴先鏞, 鈴木勉, 「建物密度と乗降者数を考慮した歩行者空間の量的水準の分析」, 2015年度東京大学空間情報科学研究センター全国共同利用研究発表大会, 2015
- (3) Sunyong Eom and Tsutomu Suzuki, “A Study on Relationship between Land Use Mixture and Physical Built Environment”, Tsukuba Global Science Week, 2015
- (4) Sunyong Eom and Tsutomu Suzuki, “Land Use Mixture and Physical Built Environment”, 55th ERSA CONGRESS, 2015
- (5) Sunyong Eom and Tsutomu Suzuki, “Mixed Land Use Allocation with Spatial Objectives: Adjacency, Intensity, and Proximity”, the 10th Triennial Conference of the Association of Asia-Pacific Operational Research Societies, 2015
- (6) Sunyong Eom and Tsutomu Suzuki, “Comparative Analysis of Measures for Land Use Mix”, the International Symposium on City Planning, 2014.

謝辞

このような形で論文をまとめることができたのは、長きにわたり様々な形で周りの方々からご指導や支援を頂いたおかげです。

最初に、留学生生活を始めてから長い間指導して頂いた鈴木勉先生との出会いがなければ、この論文の完成はありませんでした。最初の研究計画から暖かく時には厳しく導いて頂きまして、心より深く感謝の意を表します。先生の研究に対する姿勢は、今後の研究者としての生活への大きな手本となりました。

また、韓国漢陽大学の李明勲先生には、学部2年生の時から指導して頂き、研究の面のみではなく、留学生活の面に対してもご相談に乗っていただき、ここまで至ることができました。心より感謝の意を表します。

首都大学東京の吉川徹先生、筑波大学の糸井川栄一先生、有田智一先生、梅本通孝先生からは、論文の調査で厳しいご評価やご指導を頂きまして、より充実した研究成果を得ることができました。また、糸井川栄一先生、梅本通孝先生には、研究だけではなく、リスク工学での生活面に対しても貴重なアドバイスをいただきました。吉川徹先生には、ジョイントセミナーをはじめ、日韓共同研究、都市計画学会、論文調査で頂いた貴重なアドバイスは、研究成果を得るのには欠かせないものでした。また、筑波大学の澤義明先生、谷口綾子先生には、研究会やTAを担当した授業などで、大学生活や研究における貴重なアドバイスを頂きました。心より感謝の意を表します。

都市解析を研究されている先生方からも、学会や研究会などの場を通じてたくさんのアドバイスをいただきました。慶応義塾大学の栗田治先生、田中健一先生、鶴飼孝盛先生、東京大学の本間裕大先生、東京海洋大学の渡部大輔先生には、夏ゼミで一緒にさせていただき、研究だけではなく様々相談についてご助言を頂きました。また、東京大学の浅見泰司先生、貞広幸雄先生には、ジョイントセミナーで一緒にさせて頂き、研究を幅広く触れる貴重な機会を頂きました。心より感謝の意を表します。

また、都市空間解析研究室の仲間たちには、刺激を受けることと共に、精神的な励みとなりました。長谷川大輔さん、佐藤祥路さん、安成光さん、西沢昂さん、安達修平さんからの暖かい支援と励みに、心から感謝を表します。

このように、本論文はは前を書き上げられないくらい多くの方々のご指導・ご協力により完成したものです。心より感謝の意を表します。

最後に、長きにわたってこれまで暖かく支えてくれた家族に心より深く感謝の意を表します。

2018年1月 都市空間解析研究室にて
嚴 先鏞