

## 東京区部における用途地域区分別の土地利用構成比と混合度の変化に関する研究

### A Study on the Relation between Land Use Regulation and Composition/Mixture Indices in Tokyo Ward Area

嚴 先鏞\*・鈴木 勉\*\*  
Sunyong Eom\*, Tsutomu Suzuki\*\*

Clarifying how land use change and regulation are related is an important task for establishing land use planning. This study aims to investigate the land use change in Tokyo ward area between 2001 and 2011, according to zoning in terms of land use composition and mixture. First, the increase of residential use and the decrease of industrial use were considerable, and the change within same zoning varied according to prior composition and location. Second, considerable areas of land use transition imply the possibility of change in spatial distribution. Third, the increase of residential use occurred with the increase of quantity of mixture with commercial use in the commercial zone despite a decrease of the strength, but residential zone showed a decrease of the mixture in both strength and quantity. Despite a decrease of industrial use, mixture with residential use did not necessarily decrease regarding adjacency and proximity.

**Keywords:** land use, composition, transition, mixture, zoning regulation

土地利用, 構成比, 遷移, 混合, 用途地域

#### 1. はじめに

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<sup>1)</sup>。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<sup>2)3)</sup>。市古ら<sup>3)</sup>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、構成比の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<sup>2)</sup>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。しかし、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。このように、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、量的な面だけではなく、用途の空間分布の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<sup>4)</sup>。

確かに、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<sup>5)</sup>、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<sup>6)</sup>などが見られる。しかし、既存の市街地における用途間の空間関係まで考慮した土地利用変化と土地利用規制の関係に関する研究はほとんどない。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。

土地利用データの整備が進んだことを背景として、敷地レベルでの用途間の混合度に着目した研究も見られ、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。嚴・鈴木<sup>7)</sup>は、ある地区における用途間の土地利用混合度を隣接性、集積性、近接性の観点から定義し、3つの指標により、用途間の空間的な分布の違いが区分できることを示した。まず、隣接性は、用途間の接している辺の長さにより定義される指標であり、同じ面積であっても接している辺が長いほどある二つの用途間の隣接性が高い土地利用である。次に、集積性は、一定範囲内の用途別の割合により定義され、一定範囲内の割合が大きいほど集積性が高い。最後に、近接性は、最寄りの用途までの距離の逆数により定義される指標であり、ある二つの用途が近いほど近接性が高い土地利用である。3つの混合度指標の変化を分析することで、用途地域における用途間の空間関係がどのように変化したかを把握できる。

そこで本研究は、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

\* 正会員 公益財団法人豊田都市交通研究所 (Toyota Transportation Research Institute)

\*\*正会員 筑波大学システム情報系 (University of Tsukuba)

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も用途地域別に明らかにし、上記の隣接性、集積性、近接性の指標に基づき、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明らかにすることを目的とする。以下、第2章では使用するデータを説明し、第3章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、第4章では、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。最後に、第5章にて本研究を総括する。

## 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を目的とし、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。

本研究では、土地利用の用途と用途地域の用途を区分するため、土地利用における用途は、「利用用途」と呼ぶ。各ポリゴンの利用用途は住宅用地（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、厚生医療、供給処理施設）、その他（E）の5つに区分される。本論文では、その中で、構成割合の大きいR、C、Iの3つの利用用途に特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。

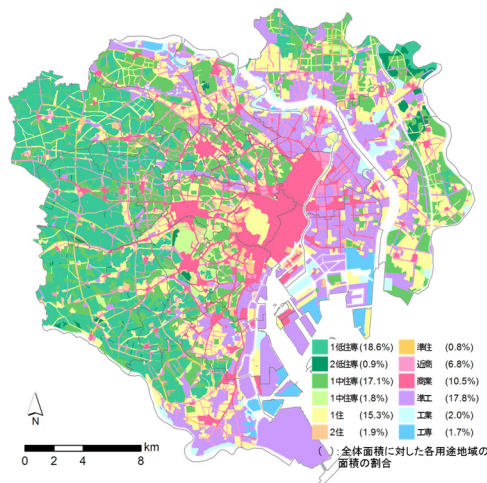


図1 用途地域の分布(2012年8月)

土地利用変化は、用途地域の変更がないという条件の下での変化と用途地域の変更に伴う変化に分けられ、本研究では、前者の土地利用変化を対象とする。2004年の用途地域と2012年の用途地域を比較した結果、主要6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、ほとんど用途地域の変化がないという条件の下での変化であると見なすことができる。

## 3. 東京区部における利用用途別構成比の変化

### 3.1 区部全体における面積の利用用途別構成比の変化

表1は、土地利用における面積の利用用途別の構成比（利用用途別構成比）と土地利用混合度を測る指標として先行研究<sup>9)</sup>で多く用いられているエントロピー指標（ $Ent$ ）について、2011年度の値と2001年度の値からの変化の差分を用途地域別に表したものである。 $p_k$ を利用用途 $k$ の面積の構成比、 $K$ を利用用途の種類の数とすると、 $Ent$ は以下のように定義される。本研究では、5つの利用用途別の構成比を用いて算出した。

$$Ent = \frac{\sum_k p_k \ln(p_k)}{\ln(K)} \quad (1)$$

表1 用途地域別の利用用途の面積構成比と  $Ent$  の変化

用途地域		利用用途別面積構成比					$Ent$
		R	C	I	P	E	
第1種低層住居専用 (1低住専)	2011年度*	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年度*	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年度*	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年度*	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年度*	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年度*	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年度*	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年度*	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年度*	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年度*	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年度*	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年度*	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年度*	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年度の利用用途別の面積構成比(%)と  $Ent$  の値を表している。

\*\*2011年度の2001年度との構成比と  $Ent$  の差を表している。

利用用途別の構成比の変化を見ると、Rは工専を除いた全ての用途地域で増加しており、工業での構成比の増加（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、準住と工業系用途地域では増加している。Iは、工専以外の全ての用途地域で減少している。

$Ent$  の変化は大きくないが、住居系及び近商では、Rの構成比の増加とCとIの構成比の減少によって、 $Ent$  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1）。一方で、Rの構成比が小さかった商業及び工業系

では、R 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様々な値を取り得る。したがって、利用用途別の構成比にどのような変化があったのかまで把握するには不十分である。例えば、商業と準工両方の *Ent* は増加したものの、C の構成比から見ると、商業では構成比が減少した一方、準工では増加しており、各利用用途別の異なる変化が *Ent* だけでは考慮できない。さらに、空間的なパターンの変化も把握することが難しいという弱点もある。

### 3.2 地区別に見た利用用途別の構成比の変化

上述のように同じ用途地域でも地域による違いや利用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 年度の利用用途別面積の構成比（構成比）と、2001 年度と 2011 年度の利用用途別面積の比（面積変化比）によって区分した用途地域別の地区数を分析する。ある利用用途に対する面積変化比が 1 より大きければ、2001 年度に比べて 2011 年度の構成比が増加したことを意味する。

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毎に分割したもの（以後、地区と呼ぶ）を集計単位と定義する。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、地区別に分ける際、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 R、C、I の利用用途別の構成比により、地区を用途地域別に 3 区間（低・中・高）に区分する。その際に、各利用用途の構成比が 0 である場合は除き、各区間に含まれる地区数が等量となるように区分した。

次に、面積変化比は、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 より大きい区間を地区数が等量になるように 3 分割した上位の 2/3 の地区（増加地区）、1 より小さい区間を等量で 3 分割した下位の 2/3 の地区（減少地区）、残りの地区（変化なし地区）に区分し、

表2 利用用途別構成比と面積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	面積 変化比	R							$\chi^2$ (p)	C							$\chi^2$ (p)	I							$\chi^2$ (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 (-1.39)	7 (-0.99)	19 (2.77)	9 (-0.75)	11 (0.23)	8 (-0.29)	37.15 (0.00)	14 (-0.62)	27 (0.47)	35 (1.05)	27 (-0.63)	30 (0.43)	21 (-0.91)	19.11 (0.04)	28 (3.09)	28 (-0.86)	36 (-0.23)	29 (-1.85)	35 (0.07)	31 (0.48)	26.00 (0.00)			
	変化 なし	11 (1.58)	19 (2.53)	22 (2.61)	7 (-2.27)	6 (-2.39)	6 (-1.80)		7 (-1.47)	16 (-0.46)	19 (0.69)	30 (2.91)	21 (0.43)	13 (-1.14)		4 (-2.45)	22 (1.73)	22 (0.68)	19 (-0.04)	13 (-1.70)	20 (1.39)				
	増加	22 (-0.25)	32 (-1.35)	43 (4.31)	51 (2.48)	46 (1.82)	39 (1.73)		15 (2.24)	15 (-0.05)	17 (-0.47)	10 (-2.32)	14 (-0.93)	21 (2.21)		4 (-1.14)	8 (-0.91)	11 (0.68)	19 (2.45)	17 (1.90)	4 (-2.26)				
中	減少	1 (-1.54)	6 (-0.06)	11 (1.64)	7 (0.02)	7 (0.26)	4 (-0.78)	75.62 (0.00)	19 (1.19)	27 (0.52)	34 (0.84)	30 (0.24)	30 (0.48)	13 (-3.23)	35.22 (0.00)	24 (1.68)	35 (0.87)	41 (0.64)	38 (0.44)	22 (-3.70)	32 (0.49)	24.52 (0.01)			
	変化 なし	24 (4.70)	30 (3.17)	35 (3.35)	10 (-3.53)	9 (-3.44)	7 (-3.43)		8 (-1.62)	20 (0.02)	23 (-0.39)	30 (1.99)	25 (0.77)	15 (-1.21)		10 (-0.52)	17 (-0.56)	23 (0.08)	17 (-1.29)	26 (1.54)	20 (0.67)				
	増加	10 (-3.51)	23 (-2.98)	24 (4.19)	50 (3.33)	46 (3.10)	43 (3.73)		9 (0.43)	11 (0.64)	14 (-0.55)	10 (-2.57)	10 (-1.46)	27 (5.24)		1 (-1.80)	6 (-0.51)	6 (-1.08)	11 (1.18)	16 (3.40)	3 (-1.70)				
高	減少	1 (-1.50)	6 (0.15)	13 (2.81)	5 (-0.72)	5 (0.38)	2 (-1.61)	112.41 (0.00)	24 (3.60)	31 (2.48)	20 (-2.08)	25 (-0.30)	19 (-1.77)	18 (-1.03)	45.97 (0.00)	21 (1.09)	28 (-0.24)	41 (1.80)	35 (0.46)	26 (-1.74)	23 (-1.28)	24.64 (0.02)			
	変化 なし	29 (5.05)	40 (4.68)	40 (3.14)	13 (-4.06)	8 (-5.10)	13 (-2.70)		7 (-2.46)	16 (-1.85)	23 (-1.16)	33 (2.04)	37 (3.41)	19 (-0.63)		13 (-0.94)	29 (1.11)	24 (-1.62)	28 (-0.30)	30 (-0.06)	30 (1.81)				
	増加	6 (-4.08)	12 (-4.70)	16 (-4.76)	49 (4.43)	48 (4.80)	38 (3.62)		2 (-1.34)	7 (-0.75)	28 (3.76)	9 (-2.02)	9 (-1.89)	18 (1.93)		2 (-0.33)	1 (-1.69)	4 (-0.39)	4 (-0.32)	11 (3.56)	2 (-1.03)				
全体	減少	5 (-2.52)	19 (-0.61)	43 (4.16)	21 (-0.86)	25 (0.50)	14 (-1.46)	205.82 (0.00)	57 (2.38)	85 (1.99)	89 (-0.09)	82 (-0.40)	79 (-0.48)	52 (-2.98)	65.78 (0.00)	73 (3.38)	91 (-0.14)	118 (1.28)	102 (-0.56)	83 (-3.09)	86 (-0.18)	48.57 (0.00)			
	変化 なし	64 (6.61)	89 (5.99)	97 (5.19)	30 (-5.68)	23 (-6.33)	26 (-4.56)		22 (-3.21)	52 (-1.34)	65 (-1.30)	93 (3.98)	83 (2.70)	47 (-1.71)		27 (-2.20)	68 (1.29)	69 (-0.56)	64 (-0.93)	67 (-0.09)	70 (2.23)				
	増加	38 (-4.53)	67 (-5.21)	68 (-7.61)	150 (5.89)	140 (5.60)	120 (5.23)		29 (0.82)	37 (-0.82)	59 (1.55)	26 (-3.98)	33 (-2.46)	66 (5.37)		15 (-1.94)	21 (-1.66)	34 (-1.13)	24 (2.19)	44 (4.81)	9 (-2.95)				

\*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当該地区数が有意に多い区間、■有意に少ない区間

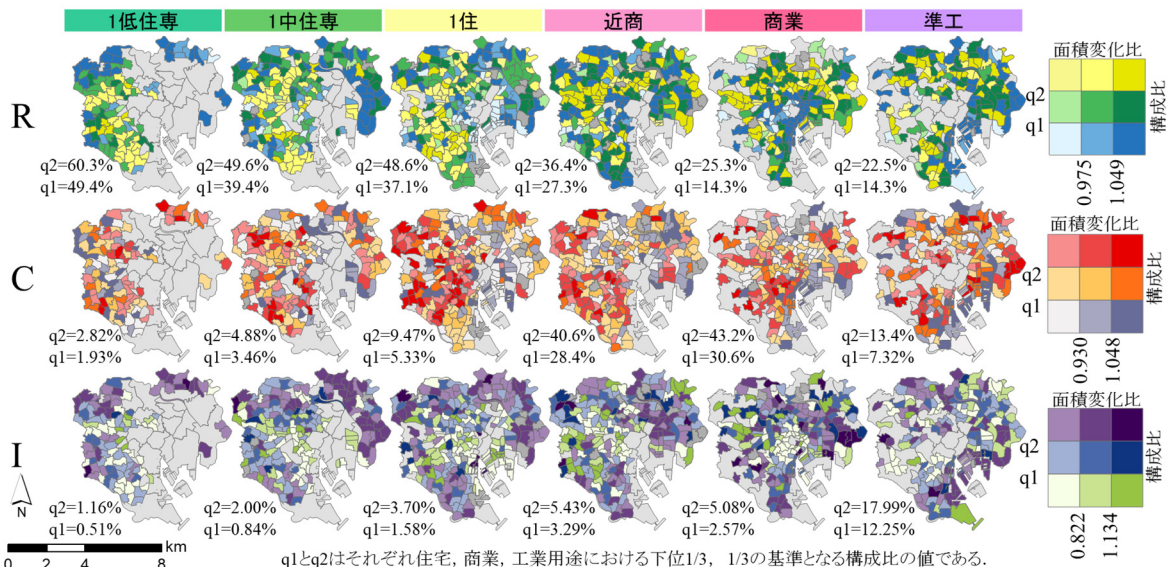


図2 2001 年度の構成比と面積変化比による地区の分布



2001 年度の土地利用別構成比と面積変化比によって地区を分類する。表2と図2に、構成比の大きい6用途地域について、土地利用別構成比と面積変化比別の地区の数とカイ二乗検定の結果と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、表2の全体において、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率は小さいため、変化比は他の用途地域と比べて小さい。

C の変化を見ると、1低住専では、C の2001 年度の構成比は大きく、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は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利用用途が多いため、R が減少した地区が有意に多く、C の構成比が大き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西部で多く見られる。

I の変化を見ると、主要6つの用途地域全体でIの構成比が減少している中で、工場・倉庫の立地を完全に制限している1低住専では、全体的に減少した地区が有意に多く、特に工業の構成比が低い地区での減少が著しい。

#### 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、前節同様、空間的なパターンの変化やその地区間の差は捕らえることができないという問題がある。

### 4. 土地利用混合度の変化

#### 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

ることとするが、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時点の利用用途の変化を判別する。次に、5つの利用用途間の遷移面積を集計する。2001年度と2011年度の間の利用用途mの面積に対する利用用途nへの遷移した面積の割合( $tr_{mn}$ 、以下、利用用途遷移率と呼ぶ)を下記のように定義する。

$$tr_{mn} = \frac{A_{mn}}{\sum_n A_{mn}} \quad (2)$$

ここで、 $A_{mn}$ は2001年度と2011年度の間に利用用途が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、その他の利用用途を除くと $tr_{IR}$ が最も大きく、 $tr_{CR}$ が次に続く(表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割弱が他の利用用途へ遷移し、また、2011年度面積の2割弱は他の利用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利用用途別分布に変化があった可能性を示唆している。

表3 東京区部における土地利用遷移面積と利用用途遷移率

	2011(n)	R	C	I	P	E	合計	$\sum_{n m \neq n} tr_{mn}$
2001(m)								
R	186.6*	(92.5)	3.1	0.8	1.1	103	201.7	7.5%
C	5.6	(9.5)	47.8	0.8	0.6	4.2	58.9	18.9%
I	4.3	(10.9)	1.9	28.5	0.3	3.9	38.8	26.7%
P	0.9	(1.7)	0.5	0.1	50.9	2.8	55.2	7.8%
E	17.4	(7.6)	4.8	4.3	2.7	199.3	228.5	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%		

\* $A_{mn}$ :  $\text{km}^2$  ( $tr_{mn}$ :%)

利用用途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( $A_{mn}$ )の割合を全体面積対比遷移率( $tp_{mn}$ 、以後、全体遷移率と呼ぶ)とし、以下のように定義した。用途地域別の全体遷移率を図3に示す。

$$tp_{mn} = \frac{A_{mn}}{\sum_{m,n} A_{mn}} \quad (3)$$

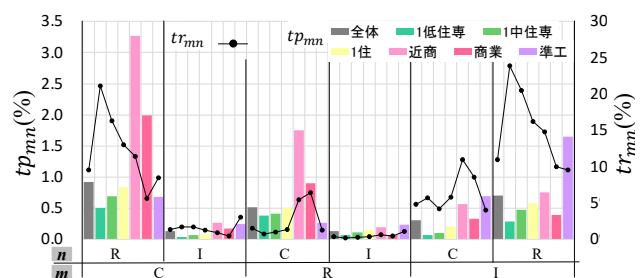


図3 用途地域別の利用用途遷移率・全体遷移率

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 $tp_{CR}$ の差は大きくなく、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。全体遷移率から見ると、近商で土地利用変化が多かったことがわかる。

#### 4.2 土地利用混合度の定義

土地利用遷移の分析から、収支では構成比の変化が小さくても比較的大きな利用用途間遷移があった明らかとなった。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。

嚴・鈴木<sup>5)</sup>は、ある地区における利用用途 $k$ 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いる。各指標は、ほぼ個別の敷地に相当する土地利用現況調査レイヤーにおけるポリゴン単位で計算されるため、区部全体における空間的な分布ではなく、各地区内におけるミクロなレベルでの分析を行う。本研究では、それぞれ隣接、集積、近接による**混合量** (Quantity of mixture) と呼ぶ。

$$Adj_{kl}^Q = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i adj_{il}}{\sum_i a_i}, adj_{il} = \sum_{j|x_{jl}=1} \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i}} \quad (4)$$

$$Int_{kl}^Q = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i int_{il}}{\sum_i a_i}, int_{il} = \frac{\sum_{j|d_{ij}<r, x_{jl}=1} a_j}{\sum_{a_{ij}<r} a_j} \quad (5)$$

$$Prox_{kl}^Q = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i prox_{il}}{\sum_{i|i \in D} a_i}, prox_{il} = \frac{1}{d_{il}^{\min}} \quad (6)$$

ここで、 $a_i$  : ポリゴン $i$ の面積、 $l_{ij}$  : ポリゴン $i$ と $j$ が接している辺の長さ、 $x_{jl}$  : ポリゴン $j$ の利用用途が $l$ であれば1 (さもなければ0)、 $d_{ij}$  : ポリゴン $i$ と $j$ の重心間直線距離、 $d_{il}^{\min} = \min_{j|x_{jl}=1} d_{ij}$  : ポリゴン $i$ から最寄りの利用用途 $l$ のポリゴンとの中心間直線距離である。 $r$ は500mと設定し、 $k$ と $l$ が同じである場合、 $Prox_{kl}^Q$ は定義しないものとする。

混合量指標は、考慮する両方の利用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、他の利用用途から $k$ への遷移による利用用途 $k$ の構成比の増加があった場合、利用用途 $l$ の面積が増加しなくてもその値が大きくなる可能性がある。そこで、利用用途 $k$ 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。

$$Adj_{kl}^S = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i adj_{il}}{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i} \quad (7)$$

$$Int_{kl}^S = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i int_{il}}{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i} \quad (8)$$

$$Prox_{kl}^S = \frac{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i prox_{il}}{\sum_{i|x_{ik}=1} a_i} \quad (9)$$

混合量と混合強度の双方から混合度の変化を分析し、3.2節で定義した地区単位で集計を行う。一つの小ゾーン内に同じ用途地域が隣接して指定されている場合、連続していない複数の領域が1つの地区を構成していることもある。地区が空間的に不連続している場合にも、混合量は1つの値として集計する。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時点の指標の値の比を用い、その値が1との大小で、利用用途 $k$ からみた $l$ の混合量と混合強度の指標から混合度が高くなったのか、あるいは低くなったのかを判断する。

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。

#### 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を中心として他の利用用途との混合度の変化について考察を行う。図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。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、面積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3.2節と同様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。表4は、そのクロス集計とのカイ二乗検定の結果であり、図6と図7は地区別の混合度の変化の分布である。

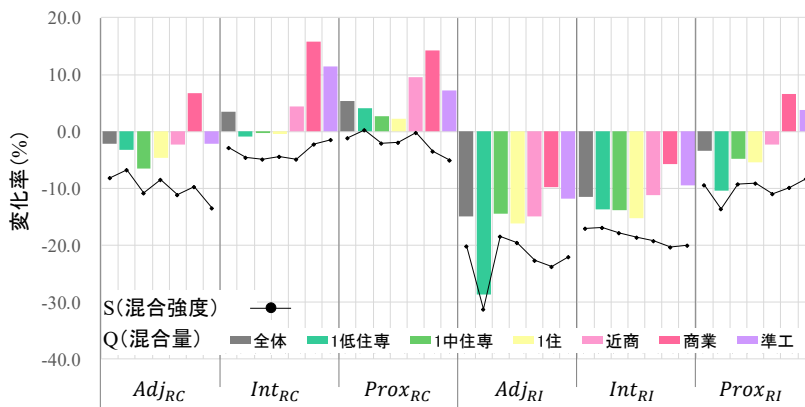


図4 混合量と混合強度の変化

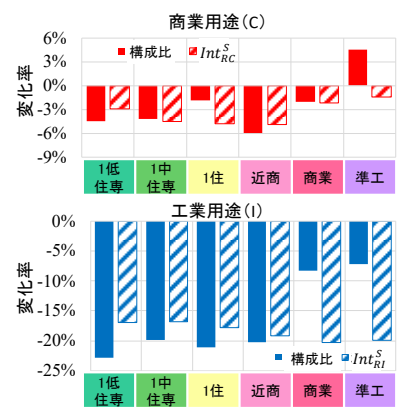


図5 構成比と混合強度 (S) の変化

#### 4.4 住宅からみた商業の混合度の変化

図4より、Rが増えたため、 $Int_{RC}^Q$ と $Prox_{RC}^Q$ が増加した一方、 $Adj_{RC}^Q$ は減少したことがわかる。混合強度を見ると、 $Adj_{RC}^S$ の減少幅が、特に $Int_{RC}^S$ 、 $Prox_{RC}^S$ の減少幅に比べて大きく、隣接関係におけるRとCの分離が進んだと言える。

##### 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、隣接と集積による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。

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。図5は、用途地域別のCとIの構成比と $Int_{RC}^S$ と $Int_{RI}^S$ の変化率を比較しているものである。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。

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、最寄りの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 $Adj_{RC}^Q$ と $Int_{RC}^Q$ は増加した地区が多く、 $Adj_{RC}^S$ と $Int_{RC}^S$ の変化はないことから、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、 $Adj_{RC}^Q$ の変化がなく、 $Adj_{RC}^S$ は減少した地区の数が多い。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。 $Int_{RC}^Q$ は変化

がなかった地区が多いことは、 $Int_{RC}^S$ は減少したものの、Rの増加したためである。Cが減少したものの、 $Prox_{RC}^Q$ が増加し、 $Prox_{RC}^S$ が変化しない又は増加した地区が有意に多いことは、CがRと分離されず、全般に分散して分布しているためである。

商業地域では、 $Adj_{RC}^Q$ は増加したが $Adj_{RC}^S$ は減少した地区が多く、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。 $Int_{RC}^Q$ が増加したが $Int_{RC}^S$ は減少した地区が多いことは、混合強度は減少したものの、Rの全体構成比の増加が著しかったためである。

$Prox_{RC}^Q$ は増加し、 $Prox_{RC}^S$ は減少した地区の数が多いことは、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RとCの構成比が増加したものの、 $Adj_{RC}^Q$ と $Int_{RC}^Q$ の変化はなく、 $Adj_{RC}^S$ と $Int_{RC}^S$ が減少した地区が有意に多いことから、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、 $Int_{RC}^Q$ と $Int_{RC}^S$ 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から最寄りの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。

#### 4.5 住宅からみた工業の混合度の変化

図4を見ると、全ての指標が減少しており、RとI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、Rと隣接していたIの減少が著しかったと解釈できる。

表4 住宅用途からみた商業用途・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							$\chi^2$ (p)	Int							$\chi^2$ (p)	Prox							$\chi^2$ (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)	39 (4.33)	58 (5.00)	55 (3.15)	22 (-3.61)	15 (-4.95)	17 (-2.91)	19 (1.94)	35 (3.74)	28 (1.09)	11 (-3.36)	17 (-1.37)	13 (-1.47)	257.37 (0.00)	288.54 (0.00)				
	減少 変化なし	1 (-1.78)	8 (0.33)	13 (2.48)	7 (-0.33)	10 (1.05)	0 (-2.39)	0 (-1.91)	9 (0.46)	15 (1.72)	7 (-0.61)	13 (1.48)	4 (-1.70)	0 (-1.88)	11 (-0.96)	5 (2.39)	6 (0.91)	6 (0.63)	0 (-1.79)						
	増加	0 (-1.13)	2 (-0.66)	2 (-0.12)	2 (-0.16)	2 (2.26)	1 (-0.53)	0 (-1.45)	2 (-0.61)	2 (0.29)	4 (0.82)	4 (1.58)	1 (-1.11)	0 (-1.78)	2 (-1.27)	3 (1.34)	2 (0.21)	5 (1.94)	3 (-0.54)						
	減少	12 (-4.46)	21 (-3.46)	21 (-2.23)	34 (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)						
	減少 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)	19 (-1.95)	28 (3.75)	38 (2.97)	51 (4.31)	9 (-3.73)	14 (4.51)	14 (-0.93)						
	増加	1 (-0.72)	2 (-0.69)	2 (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)	0 (-0.91)	1 (2.66)	17 (2.52)	9 (-0.96)	4 (-2.45)	6 (-1.02)						
R   I	減少	2 (-2.45)	2 (-2.42)	2 (-2.84)	10 (0.34)	25 (6.12)	9 (0.66)	3 (-3.21)	4 (-2.65)	3 (-3.82)	15 (-0.49)	43 (7.97)	17 (1.53)	5 (-4.44)	12 (-3.64)	14 (4.37)	30 (1.07)	67 (7.09)	51 (5.86)	154.53 (0.00)**	230.51 (0.00)**				
	減少 変化なし	14 (-1.83)	7 (-1.66)	14 (-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	25 (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)	27 (-2.17)	46 (2.79)	27 (-1.32)	17 (-1.86)						
	減少	71 (4.86)	108 (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)						
	減少 変化なし	3 (0.32)	3 (-0.58)	3 (-0.86)	4 (-0.37)	4 (-0.18)	1 (1.87)	3 (-1.19)	11 (0.77)	17 (2.41)	10 (-0.15)	9 (-0.21)	3 (-2.03)	4 (-0.22)	15 (0.80)	6 (2.74)	6 (-0.90)	1 (-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)	0 (2.92)	0 (-0.45)	0 (-0.49)	0 (-0.49)	0 (-0.47)	0 (-0.43)	0 (-0.91)	1 (-0.18)	1 (0.62)	0 (-1.31)	3 (1.71)	0 (-0.09)						

\*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地区数が多い区間、■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。



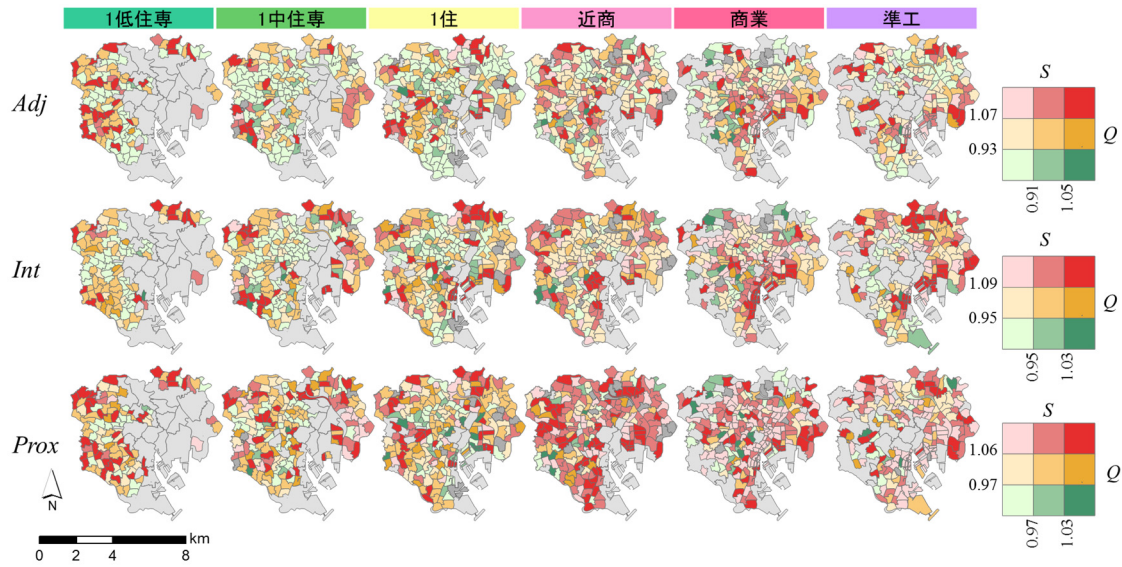


図6 住宅用途からみた商業用途の混合量と混合強度の変化による地区の分布

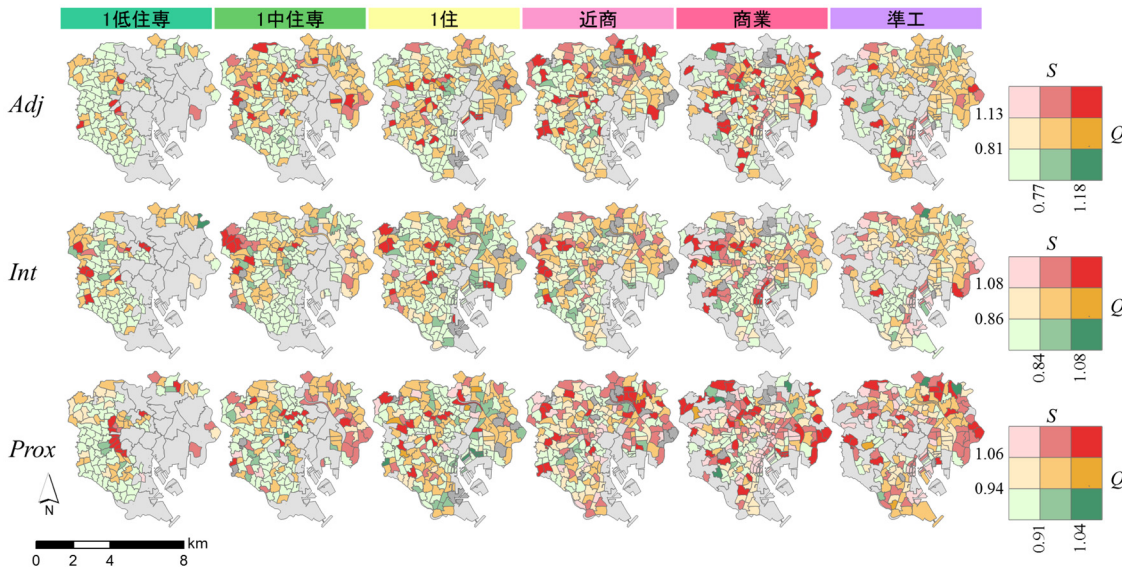


図7 住宅用途からみた工業用途の混合量と混合強度の変化による地区の分布

#### 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、 $Adj_{RI}^Q$ の変化はなく、 $Adj_{RI}^S$ は減少した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。Rの増加によって $Prox_{RI}^Q$ が増加した地区が多いが、 $Prox_{RI}^S$ は減少したことから、近接による住工混合の強度は低くなっている。

商業地域では、近商と同様に $Adj_{RI}^Q$ の変化はなく、 $Adj_{RI}^S$ は減少した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、 $Int_{RI}^S$ はその約20%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。 $Prox_{RI}^Q$ は増加したものの、 $Prox_{RI}^S$ は減少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が住宅地内に残ったまま、Rの構成比の増加したため、 $Prox_{RI}^Q$ 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り、商業系地域では、RとCが街区内に混在するように変

表5 東京区部における利用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	$Adj_{RC}^0$	$Adj_{RC}^1$	$Int_{RC}^0$	$Int_{RC}^1$	$Prox_{RC}^0$	$Prox_{RC}^1$	$Adj_{RI}^0$	$Adj_{RI}^1$	$Int_{RI}^0$	$Int_{RI}^1$	$Prox_{RI}^0$	$Prox_{RI}^1$	
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と比べて5%水準で有意に多い）

化し、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。

## 5. 結論と今後の課題

本研究では、2000年代初頭における東京区部における土地利用変化を利用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、利用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。

- (1) 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。
- (2) 土地利用遷移から見ると、全体的に工業から住宅、商業から住宅への利用用途遷移率が高い。構成比の変化に比べて利用用途間の遷移があった面積の割合が大きく、相当な利用用途間の遷移が行われ、利用用途間の混合度の変化がある可能性が示唆された。
- (3) 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利用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。

- (4) 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。

今後の課題としては、より細分化した利用用途区分による混合度の変化の把握、土地利用混合の変化と住環境の関係、用途地域別の差の原因として考えられる密度（容積率・建ぺい率）、床面積の制限、道路状況など具体的な規制内容と物理的な環境の考慮が挙げられる。

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 25242029, 26560162 による助成、JSPS 韓国との共同研究および大林組研究助成を受けた。また、東京都都市整備局より電子データ利用許可を頂いた。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- [1] 石坂公一 (1992): 土地利用遷移行列の分析手法に関する考察, 日本建築学会計画系論文集, **436**, 59-69.
- [2] 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.
- [3] 市古太郎・中林一樹・玉川英則 (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.
- [4] Song, Y. and Knaap, G.-J. (2004): Measuring the effects of mixed land uses on housing values, *Regional Science and Urban Economics*, **34**(6), 663-680.
- [5] 矢代孝明・佐藤雄哉・松川寿也・中出文平・樋口秀 (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.
- [6] 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, 都市計画論文集, **50**(3), 974-979.
- [7] 嚴先輔・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—東京都 23 区における地区分類と手段別分担率との関係の分析—, 都市計画論文集, **51**(3), 867-874.
- [8] 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.

(2017 年 9 月 19 日 受付)