

マルコフ連鎖モデルによる首都圏土地利用の推定 — 細密数値情報データベースを利用して —

村 山 祐 司

- | | |
|-------------------------------|-------------|
| I はじめに | III-2 方向別 |
| II 1974年から1984年にかけての土地利用変化の概略 | III-3 24地域別 |
| III マルコフ連鎖モデルによる1994年の土地利用推定 | IV むすび |
| III-1 距離帯別 | |

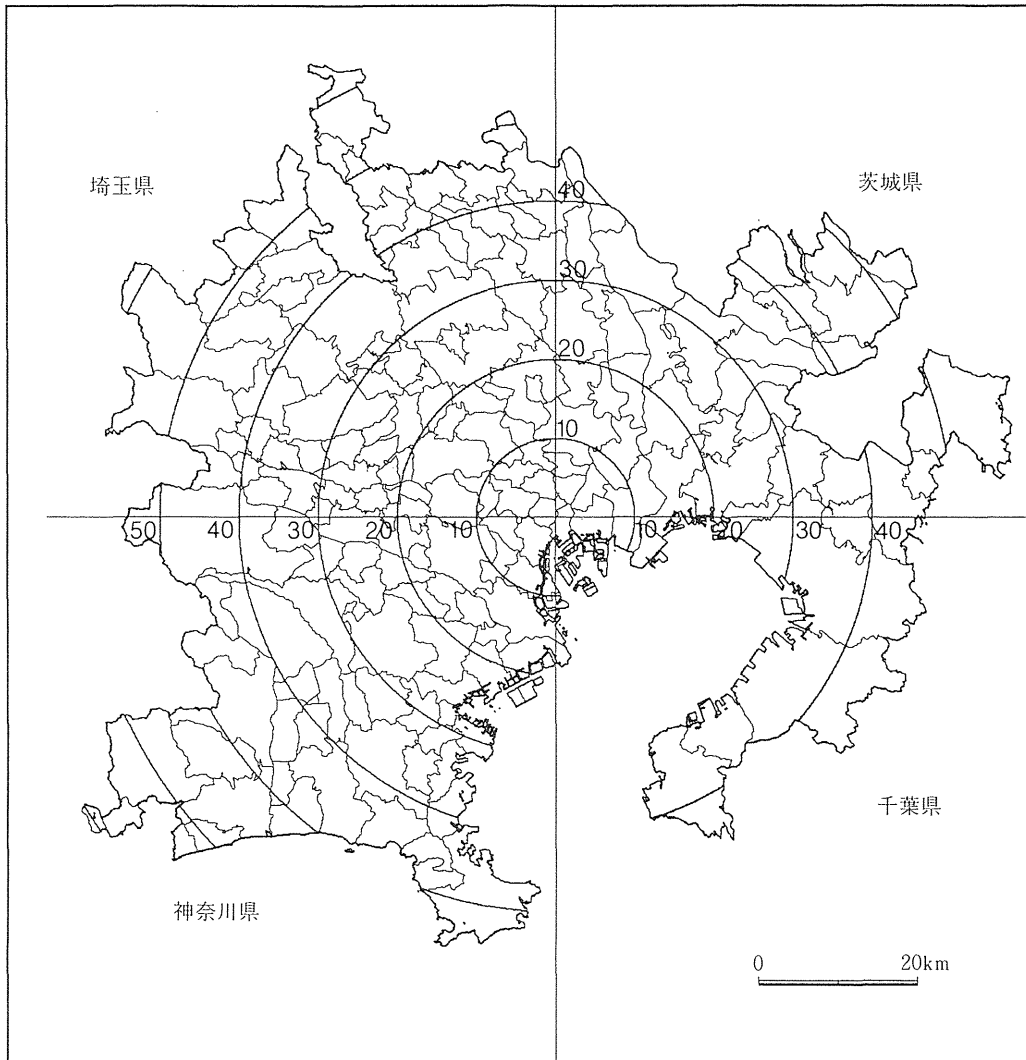
I は じ め に

本研究は、マルコフ連鎖モデルを援用して、1974年から1984年にかけての土地利用変化をもとに1994年における首都圏の土地利用構成を推定することを試みる。人文地理学研究第16号「首都圏における土地利用変化の定量的分析—細密数値情報を利用して—」（1992年、81-110ページ）では、1974年から1979年にかけての土地利用変動をもとに1984年の土地利用を推定したが、本研究はこれをさらに拡張させ、東京大都市圏における将来の土地利用構成を予測しようとするものである。

1950年代後半から始まる高度経済成長は、農村部から都市部への急激な人口移動を引き起こした。特に東京への人口集中は著しく、都市域の郊外への拡大が進展した。それにともない農村的土地利用から都市的土地利用への転換が著しく進んだ。しかし1973年の第1次オイルショック以後は、急激な都市化は弱まり土地利用の変化は安定的に推移してきた。従って本研究が対象とする時期は、マルコフ連鎖モデルの適用に適していると考ええる。

研究対象は首都圏整備法に基づく規制市街地および近郊整備地帯に属する地域（1974年時）で、第1図の範囲（6324.5平方キロ、632,450メッシュ）に相当する。対象とする土地利用は第1表に示される15種目（1.山林・荒地等、2.田、3.畑・その他の用地、4.造成中地、5.空地、6.工業用地、7.一般低層住宅地、8.密集低層住宅地、9.中・高層住宅地、10.商業・業務用地、11.道路用地、12.公園・緑地等、13.その他の公用公益施設用地、14.河川・湖沼等、15.その他）である。本分析においては、便宜上これら15種目を農村的土地利用（1～3）、漸移的土地利用（4と5）、都市的土地利用（6～10）、公共的土地利用（11～13）、その他の土地利用（14と15）の5グループに区分する。利用するデータは国土地理院が作成した細密数値情報データベース（100メートル・メッシュ）である。

分析手順を以下に示す。1)東京駅を中心に半径10km毎7ゾーンに区分し、それぞれのゾーン毎に15行15列の推移確率行列（1974-84年）を作成する。そして7つの行列それぞれにマルコフ連鎖モデルを適用して、1994年における7地域の土地利用構成比を予測する。2)東京駅を中心に北東、北西、南西、南東の4方向に区分し、それぞれの地域毎に推移確率行列（1974-84年）を作成する。そして



第1図 研究対象地域

4つの行列それぞれにマルコフ連鎖モデルを適用して1994年の土地利用構成比を推定する。3)距離帯別7ゾーン、方向別4地域を相互にクロスさせ全部で24の地域を設定し(第1図参照), 1)および2)と同様な解析を行う。4)以上の分析で求められた1994年の土地利用構成比と1984年の実際の構成比とを比較し, 10年間における土地利用変化を定量的に把握する。

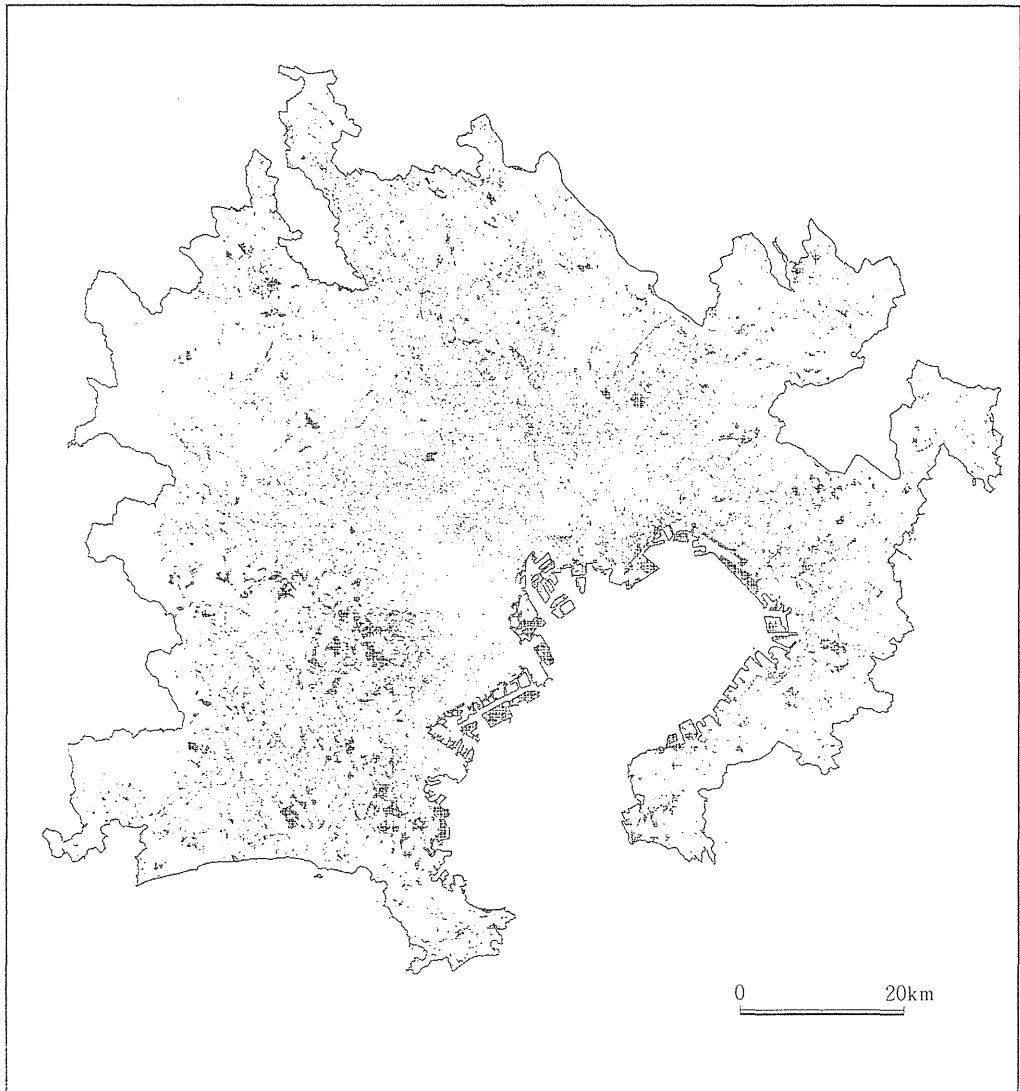
Ⅱ 1974年から1984年にかけての土地利用変化の概略

第2図は, 1974年から1984年にかけて土地利用が変化したメッシュをプロットしたものである。東京湾岸部, 多摩丘陵, 横浜市南部で大規模な土地利用変化がみられる。杉並, 目黒, 世田谷などの東京都区部や対象地域の縁辺部では, 土地利用はあまり変化していない。

第1表 土地利用分類項目

コード	分 類 区 分		定 義	
1	農 村 的 土地利用	山 林 ・ 荒 地 等	樹林地, 竹林, 篠地, 笹地, 野草地 (耕作放棄地を含む), 裸地, ゴルフ場等.	
2		田	水稻, 蓮, くわいなどを栽培している水田 (短期的な休耕田を含む) をいい, 季節により畑作物を栽培するものを含む.	
3		畑・その他の用地	普通畑, 果樹園, 桑園, 茶園, 苗木畑, 牧場, 牧草地, 採草放牧地, 畜舎, 温室等の畑及びその他の農地をいう.	
4	漸 移 的 土地利用	造 成 中 地		宅地造成, 埋立等の目的で人工的に土地の改革が進行中の土地をいう.
5		空 地		人工的に土地の整理が行われ, 現在まだ利用されていない土地及び簡単な施設からなる屋外駐車場, ゴルフ練習場, テニスコート, 資材置場等を含む.
6	都 市 的 土地利用	工 業 用 地		製造工場, 加工工場, 修理工場, 採掘場, 採石場, 発電所, ガス製造工場などの用地をいい, 工場に付属する倉庫, 原料置場, 生産物置場, 厚生施設等も含む.
7		住宅地	一般低層住宅地	3階以下の住宅用建物からなり, 1区画あたり100m ² 以上の敷地で, 建物の密集していない住宅地をいい, 農家の場合は屋敷林を含め1区画とする.
8			密集低層住宅地	3階以下の住宅用建物からなり, 1区画100m ² 未満の敷地で, 建物の密集している住宅地をいう.
9			中高層住宅地	4階建以上の中・高層住宅の敷地からなる住宅地をいう.
10		商 業 ・ 業 務 用 地		小売店舗, スーパー, デパート, 卸売, 飲食店, 映画館, 劇場, 旅館・ホテル等の商店, 娯楽, 宿泊等のサービス業を含む用地及び企業の事務所, 銀行, 新聞社, 放送局, 流通施設, その他これに属する用地.
11		道 路 用 地		有効幅員 4 m 以上の道路, 駅前広場等で工事中, 用地買収済の道路用地も含む.
12	公 共 的 土地利用	公 園 ・ 緑 地 等		公園, 緑地, 動・植物園, 墓地, 寺社の境内地, 遊園地等の公共的性格を有する施設及び総合運動場, 競技場, 野球場等運動競技を行うための施設用地をいう.
13		そ の 他 の 公 共 的 公益施設用地		公共業務施設, 教育文化施設, 供給処理施設, 社会福祉施設, 鉄道用地, バス発着センター, 車庫, 港湾施設用地, 空港等の用地をいう.
14	その他の 土地利用	河 川 ・ 湖 沼 等		河川 (河川敷, 堤防を含む), 湖沼・溜池, 養魚場, 海浜地をいう.
15		そ の 他		防衛施設, 米軍基地, 基地跡地, 演習場, 皇室に関係する施設及び居住地等をいう.

第2表は, 1974年から84年にかけて土地種目が変化した面積の上位30位 (研究対象全域) を示したものである. 全体的にみて, 農村的土地利用 (山林・荒地, 畑, 田など) から漸移的土地利用 (空地や造成中地など) への変化, 漸移的土地利用から都市的土地利用への変化, あるいは農村的土地利用から都市的土地利用への変化が卓越する. 第1位は, 空地(5)から一般低層住宅地(7)への転換で,



第2図 土地利用が変化したメッシュ(1974-84年)

67.01km²の面積を占める。神奈川県東部で大規模な土地利用変化がみられる。第2位の畑・その他の用地(3)から一般低層住宅地(7)への変化は東京都区部で少ない。また第3位の山林・荒地等(1)から空地(5)への変化は、多摩川と荒川に挟まれた地域で少なく、多摩丘陵地域で卓越する。

これらの土地利用変化をもとに、1974年以降10年間の種目別土地利用変化を模式化したのが第3図である。図中の矢印は10年間の土地利用の変化を示し、矢印の太さは1974年当時の当該土地利用面積に対して変化した土地利用面積の割合を表す。円内の凡例は、当該土地利用がその土地利用のままで10年間(1974-84年)留まっている割合を示す。したがって、値が低い土地利用ほど他の土地利用への転換が進んでいることになる。

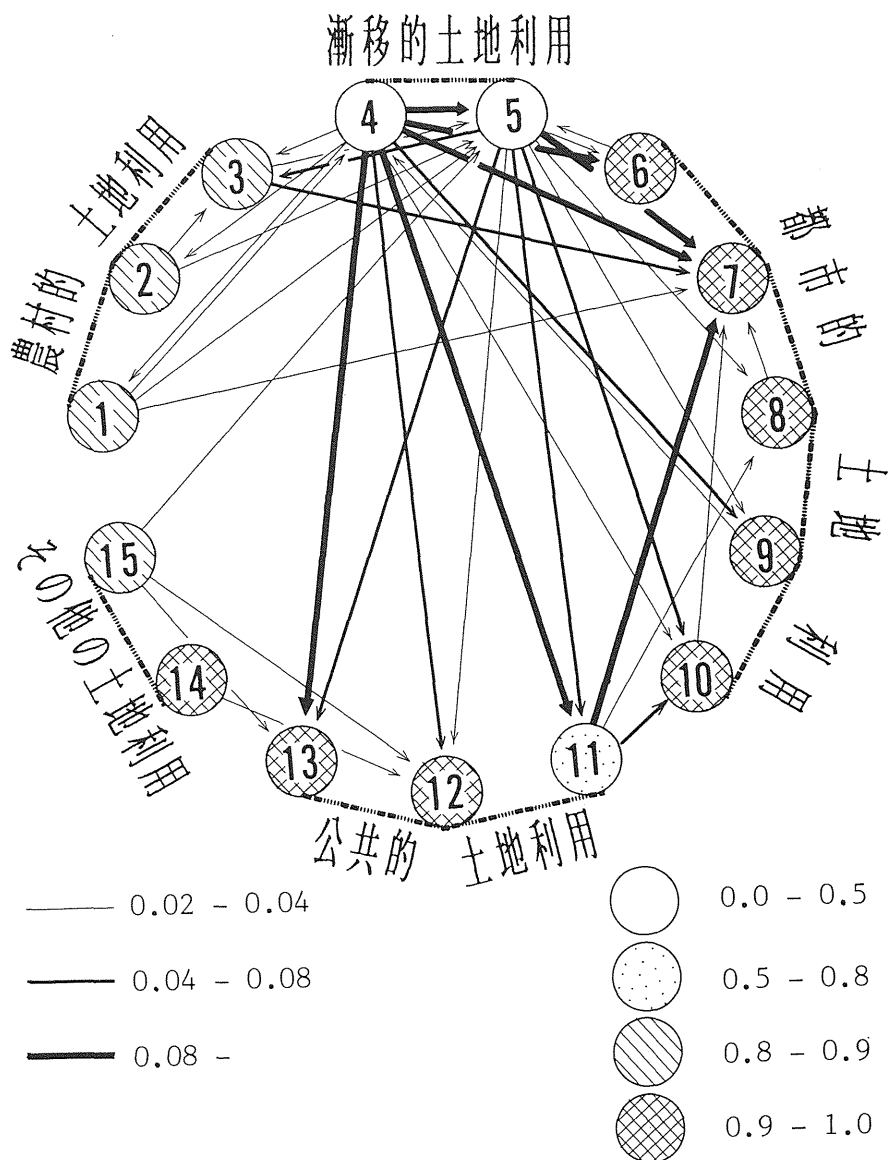
第2表 土地利用変化の上位30位（1974-84年）

1974年の土地利用	→	1984年の土地利用	面積(km ²)
1. 空地		一般低層住宅地	67.01
2. 畑・その他の用地		一般低層住宅地	52.02
3. 山林・荒地等		空地	41.39
4. 山林・荒地等		造成中地	34.23
5. 山林・荒地等		一般低層住宅地	28.44
6. 造成中地		空地	28.14
7. 田		空地	26.02
8. 空地		道路用地	24.51
9. 畑・その他の用地		空地	22.51
10. 道路用地		一般低層住宅地	21.29
11. 空地		その他の公共公益施設用地	20.63
12. 山林・荒地等		畑・その他の用地	20.03
13. 田		畑・その他の用地	17.84
14. 空地		商業・業務用地	17.04
15. 造成中地		一般低層住宅地	16.45
16. 山林・荒地等		その他の公共公益施設用地	16.15
17. 海		造成中地	15.89
18. 造成中地		その他の公共公益施設用地	15.63
19. 空地		畑・その他の用地	15.37
20. 田		その他の公共公益施設用地	13.21
21. 造成中地		道路用地	12.93
22. 空地		工業用地	12.84
23. 田		一般低層住宅地	12.79
24. 畑・その他の用地		山林・荒地等	12.72
25. 道路用地		商業・業務用地	12.06
26. 造成中地		工業用地	11.74
27. 空地		中・高層住宅地	11.52
28. 畑・その他の用地		道路用地	11.29
29. 畑・その他の用地		その他の公共公益施設用地	10.96
30. 山林・荒地等		道路用地	9.93

他の種目への変化が少ない土地利用は都市的土地利用や公共的土地利用である。一方他の種目への変化が著しいのは、漸移的土地利用である造成中地(4)と空地(5)である。

最大の矢印は造成中地(4)から空地(5)への転換で、その値は0.199である。つまり1974年の造成中地面積の19.9%が10年間に空地に変わったことになる。第2位は空地(5)から一般低層住宅地(7)の0.193である。別の土地利用へ変化する割合が最も高いのは、矢印の発地が集中している造成中地(4)で、10年間造成中地のまま留まっている割合は0.156にすぎない。一方矢印の着地が集中する土地利用は一般低層住宅地(7)であり、造成中地(4)や空地(5)や道路用地(11)からの転換が卓越する。

全体的に考察すると、漸移的土地利用と農村的土地利用から都市的土地利用や公共的土地利用への転換が大きな割合を占める一方、都市的土地利用から農村的土地利用や漸移的土地利用や公共的土地利用への転換、また公共的土地利用から漸移的土地利用や農村的土地利用への転換は少ない。



注1) 図中の番号は以下の土地利用を示す。1. 山林・荒地等 2. 田 3. 畑・その他の用地 4. 造成中地 5. 空地 6. 工業用地 7. 一般低層住宅地 8. 密集低層住宅地 9. 中・高層住宅地 10. 商業・業務用地 11. 道路用地 12. 公園・緑地等 13. その他の公共公益施設用地 14. 河川・湖沼等 15. その他

注2) 図中の矢印は、1974年から1984年にかけての土地利用の変化を示し、その値は1974年当時の当該土地利用面積に対する変化した土地利用面積の割合を示す。円内の凡例は、当該土地利用がその土地利用の状態で10年間(1974-84年)留まっている割合を示す。

第3図 種目別土地利用変化とその割合(1974-84年)(対象地域全域)

Ⅲ マルコフ連鎖モデルによる1994年の土地利用推定

第3図で示される1974年から84年にかけての土地利用変化が84年以降の10年間持続すると仮定すれば、1994年の土地利用はいかなる構成比を占めるであろうか。どの種目が構成比を高め、どの種目が構成比を低めるであろうか。この間に答えるため、マルコフ連鎖モデルを適用し1994年の土地利用構成比を推定する。以下のマルコフ連鎖モデル式を用いる。

$${}_{t+1}L = {}_tL \cdot P$$

ここで、 ${}_{t+1}L$ は1994年の土地利用の構成比ベクトル、 ${}_tL$ は1984年の土地利用の構成比ベクトルである。ベクトルの要素値の合計は1.0である。 P は1974年から84年にかけての土地利用変化の推移確率行列で、各種目の行和は1.0である。

対象地域全体にマルコフ連鎖モデルを適用した結果、第3表が得られた。構成比が1984年と比べて減少したのは、山林・荒地等(1)、田(2)、畑・その他の用地(3)、河川・湖沼等(14)、その他(15)の5種目である。それ以外の10種目は構成比が増加している。増加面積が最大の土地利用は一般低層住宅地(7)で、1994年には1984年と比べて1.77%増えている。10年間の変化率でみると、中・高層住宅地(9)が最大で、1994年には1984年の1.285倍になっている。ついで公園・緑地等(12)、商業・業務用地(10)の変化率が高い。低密の住宅地と比べて、高度な都市的土地利用の方が変化率が高くなっている。

1974-84年の土地利用の変化と比べて、1984-94年の方が構成比の変動幅は小さくなっている。たと

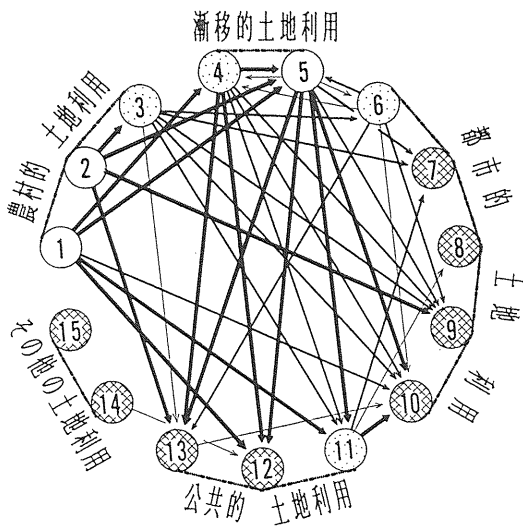
第3表 実際の土地利用構成比(1974年, 84年)とマルコフ連鎖モデルによる推定構成比(1994年)(研究対象全域)

土 地 利 用	1974年	1984年	1994年(推定)	84/74 ¹⁾	94/84 ²⁾
1. 山林・荒地等	22.49%	20.53%	18.34%	0.913	0.893
2. 田	14.25	12.82	11.82	0.900	0.923
3. 畑・その他の用地	16.79	15.88	14.70	0.946	0.926
4. 造成中地	2.23	1.00	1.06	0.448	1.060
5. 空地	5.48	3.82	3.94	0.697	1.031
6. 工業用地	3.61	3.96	4.03	1.097	1.018
7. 一般低層住宅地	15.58	18.91	20.68	1.214	1.094
8. 密集低層住宅地	1.80	2.34	2.36	1.300	1.009
9. 中・高層住宅地	1.08	1.58	2.03	1.463	1.285
10. 商業・業務用地	2.60	3.36	4.01	1.292	1.193
11. 道路用地	3.30	3.71	3.90	1.124	1.051
12. 公園・緑地等	1.97	2.46	2.98	1.249	1.211
13. その他の公共公益施設用地	4.03	5.10	6.00	1.266	1.176
14. 河川・湖沼等	3.75	3.53	3.30	0.941	0.935
15. その他	1.04	1.00	0.85	0.962	0.850
合 計	100.00%	100.00%	100.00%		

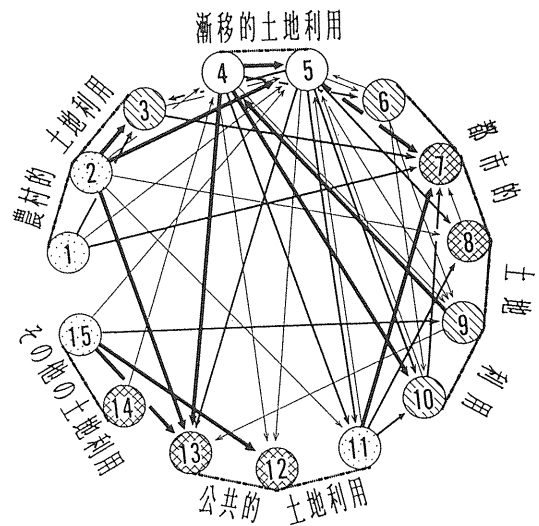
注：1) 84年の構成比を74年の構成比で除した値。

2) 94年の推定構成比を84年の構成比で除した値。

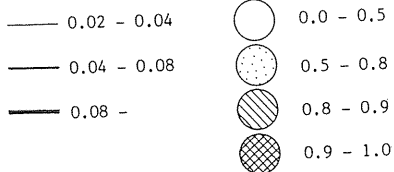
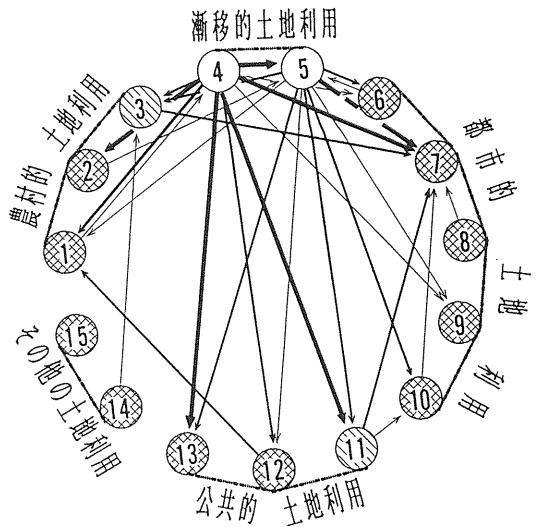
1) 0~10km



2) 10~20km



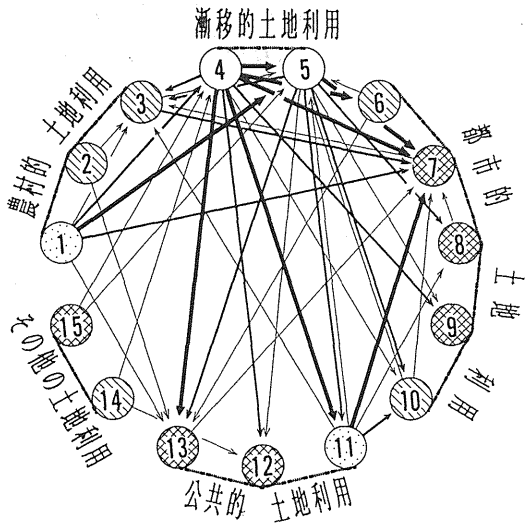
5) 40~50km



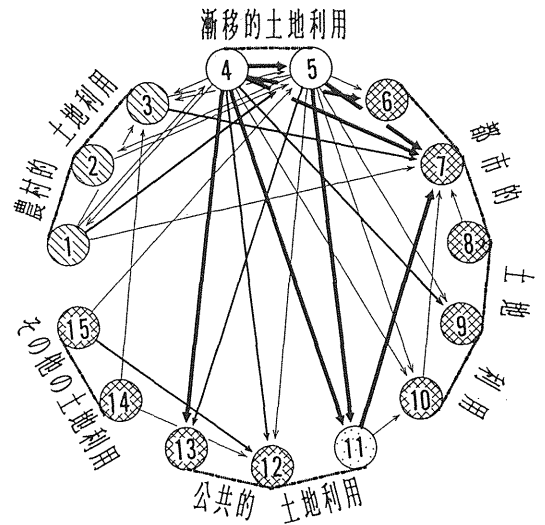
注1) 図中の番号は以下の土地利用を示す。 1. 山林・荒地等 2. 田 3. 畑・その他の用地 4. 造成中地 5. 空地 6. 工業用地 7. 一般低層住宅地 8. 密集低層住宅地 9. 中・高層住宅地 10. 商業・業務用地 11. 道路用地 12. 公園・緑地等 13. その他の公共公益施設用地 14. 河川・湖沼等 15. その他

第4図 種目別土地利用変化と

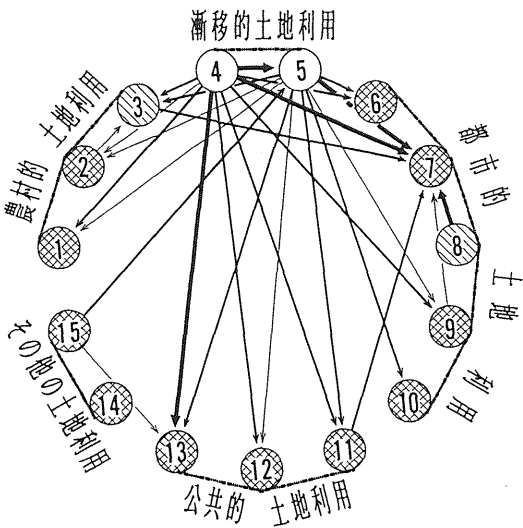
3) 20~30km



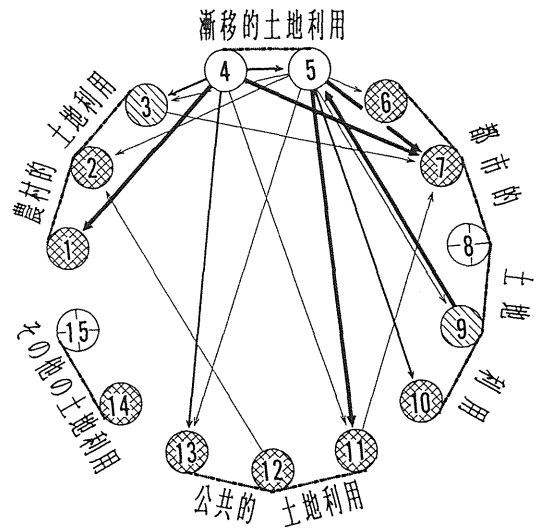
4) 30~40km



6) 50~60km



7) 60~70km



注2) 図中の矢印は、1974年から1984年にかけての土地利用の変化を示し、その値は1974年当時の当該土地利用面積に対する変化した土地利用面積の割合を示す。円内の凡例は、当該土地利用がその土地利用の状態で10年間(1974-84年)留まっている割合を示す。

その割合(1974-84年)(距離帯別)

例えば中・高層住宅地(9)の変化は74-84年においては1.463であったのに84-94年は1.285, そして密集低層住宅地(8)は74-84年が1.300の変化率であったのに84-94年は1.009にすぎない。したがって、1984-94年の土地利用変化は、74-84年の土地利用変化と比べて変わり方が緩やかであることがわかる。なお漸移的土地利用である造成中地(4)と空地(5)は、1974-84年においては構成比を減少させたのに対し、1984-94年は構成比を高めているのは注目に値する。

Ⅲ-1 距離帯別

1974年や1984年における実際の構成比をみてもわかるように、東京都心部から離れるほど農村的土地利用の割合(種目番号1, 2, 3)は増え、都市的および公共的土地利用(種目番号6~13)の割合は減少する。また漸移的土地利用(種目番号4, 5)は縁辺部に向かうにつれて構成比を高める。

第4図は10年間(1974-84年)における土地利用変化を距離帯別に図化したものである。0~10km地帯はそれ以外の6地帯と比べて矢印の本数が最も多く、土地利用の変動が激しい地帯であるといえる。この地帯の特徴は、工業用地(6)、一般低層住宅地(7)、密集低層住宅地(8)など低密な都市的土地利用への転換が少ないことである。とくに一般低層住宅地(7)への転換が少ないのはこの地帯だけである。これに対して、中・高層住宅地(9)や商業・業務用地(10)など高度な都市的土地利用や公共的土地利用への転換は活発である。農村的土地利用からそれ以外の土地利用への転換の割合が高いのもこの地帯の特徴である。造成中地(4)から他の種目への転換割合は0.515と他の地帯と比べて格段に高く、したがって0~10km地帯では造成中地(4)からの転換が進んでいない。10~20kmの地帯では、0~10km地帯で卓越した空地(5)から都市的土地利用や公共的土地利用への転換が少なくなっている。

20~70kmの5地帯における土地利用変化の説明は省略するが、全体的には、次の3つの特徴が指摘できる。1)都心から縁辺部に向かうにつれて農村的土地利用の変化率(1974-84年)は小さくなる。つまり、都心から離れるほど、農村的土地利用から他の土地利用への転換が進んでいない。2)都心から離れた距離帯ほど矢印の本数が少なくなる。つまり縁辺部ほど10年間の土地利用の転換速度は遅く、土地利用の転換は不活発である。3)中・高層住宅地(9)と商業・業務用地(10)に代表される高度で高密度な都市的土地利用への転換は20kmまでの範囲で卓越し、20kmを越えると少なくなる。

以上の土地利用変化をもとに15行15列の推移確率行列(1974-84年)を作成し、7つの距離帯それぞれにマルコフ連鎖モデルを適用した結果、第4表に示される土地利用構成比を得た。表中に示される「差」は、マルコフ連鎖モデルにより推定された1994年の土地利用構成比から1984年の土地利用構成比をマイナスした値である。したがって、表中の構成比に差を加えると1994年の推定構成比を導くことができる。差の値がマイナスであることは、その土地利用面積が94年には減少することを、プラスであることは増加することを意味する。農村的土地利用に関する3種目は60~70km圏を除く全距離帯で差がマイナスの値を示し、94年には面積が減少する。とくに、20~50kmの距離帯で農村的土地利用の減少が著しい。漸移的土地利用については、20km圏までは造成中地(4)と空地(5)とも94年には面積が減少するが、20~40km圏では、造成中地(4)の面積は減少するのに対し空地(5)の面積は増加することが予想される。40~60km圏では、1994年にはこれら両方の土地利用とも面積の増加が

第4表 実際の土地利用構成比（1984年）とマルコフ連鎖モデルによる推定構成比（1994年）との差（距離帯別）

土地利用	0～10km		10～20km		20～30km		30～40km		40～50km		50～60km		60～70km	
	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差
1. 山林・荒地等	0.45%	-0.28	2.06%	-0.38	11.53%	-2.98	15.90%	-2.64	31.20%	-2.16	47.59%	-1.85	40.00%	-0.28
2. 田	0.02	-0.01	1.60	-0.52	10.17	-1.17	16.12	-1.19	17.76	-0.97	14.45	-0.96	12.56	0.13
3. 畑・その他の用地	0.17	-0.01	10.20	-1.20	20.15	-1.75	16.75	-1.32	17.41	-1.20	14.48	-0.46	20.58	-0.76
4. 造成中地	1.96	-0.37	1.52	-0.47	1.27	-0.09	1.11	-0.16	0.68	0.39	0.32	0.63	0.24	-0.07
5. 空地	3.56	-0.97	6.84	-1.79	6.17	0.12	3.91	0.65	2.02	0.35	0.90	0.32	1.63	-0.34
6. 工業用地	4.81	-0.80	6.46	-0.27	3.43	-0.02	5.10	0.27	2.76	0.22	1.87	0.15	2.23	0.00
7. 一般低層住宅地	19.86	-0.89	33.40	1.16	21.02	2.47	18.85	2.40	14.61	1.81	10.39	1.05	12.68	0.85
8. 密集低層住宅地	10.79	-0.25	6.42	-0.14	4.14	0.12	1.06	0.04	0.23	0.02	0.05	0.00	0.01	-0.01
9. 中・高層住宅地	3.28	1.37	2.53	0.76	2.53	0.67	1.70	0.36	0.66	0.22	0.34	0.10	0.14	0.13
10. 商業・業務用地	21.40	1.01	6.14	1.33	3.17	0.79	2.25	0.62	1.37	0.35	1.07	0.20	1.23	0.21
11. 道路用地	8.94	-0.08	4.93	0.42	2.96	0.47	4.47	0.01	2.85	0.11	2.10	0.12	2.72	-0.12
12. 公園・緑地等	6.09	0.77	4.67	0.51	3.26	0.63	2.22	0.72	1.36	0.24	0.75	0.31	0.64	0.15
13. その他の公共公益施設用地	12.08	1.00	8.33	1.04	6.64	1.18	4.69	0.90	2.80	0.77	3.24	0.48	1.52	0.26
14. 河川・湖沼等	5.53	-0.35	4.48	-0.29	2.49	-0.27	3.81	-0.31	3.80	-0.16	2.04	-0.04	3.82	-0.13
15. その他	1.06	-0.15	0.42	-0.16	1.07	-0.17	2.06	-0.35	0.49	0.01	0.41	-0.05	0.00	0.00
合計	100.00%		100.00%		100.00%		100.00%		100.00%		100.00%		100.00%	

注：1）「構成比」は、1984年の実際の土地利用面積の割合を示す。

2）「差」は、マルコフ連鎖モデルにより推定された1994年の土地利用構成比から1984年の実際の土地利用構成比をマイナスした値である。

予想される。つまり漸移的土地利用は、1994年には都心から離れるほど構成比を高めるであろう。

都市的土地利用は、1994年になると都心から離れるにしたがって、構成比を高める傾向がある。工業用地(6)は30km圏までは面積を減らすだが、30km圏より外側では面積が増加することが予想される。中・高層住宅地(9)と商業・業務用地(10)は、全距離帯で面積を増やすであろう。

公共的土地利用では、0～10km圏と60～70km圏で道路用地(11)の面積が減るだけで、他の公共的土地利用はすべて、全距離帯で面積の増加が予測される。その他の土地利用（種目番号14、15）では、40～50km圏でその他(15)が若干増加することを出いて、全距離帯で面積の減少が予想される。

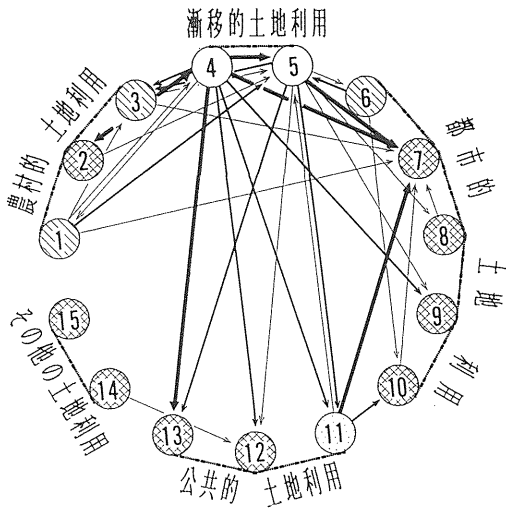
全体的にみると、20～30km圏と30～40km圏では他の圏域と比べて84年から94年にかけて土地利用の変動が激しいことが特徴となっている。

Ⅲ－2 方向別

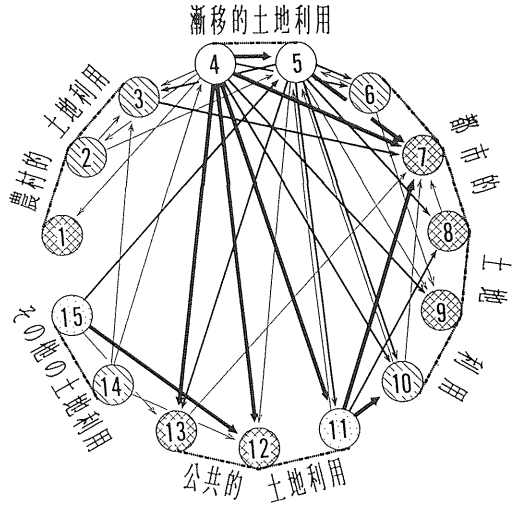
第5図は、方向別に関して1974年から84年にかけての土地利用変化のパターンを模式化したものである。北西方向は矢印が最も多く、土地利用変化が一番活発である。北西方向では、造成中地(4)から空地(5)・一般低層住宅地(7)・道路用地(11)・公園・緑地等(12)・その他の公共公益施設用地(13)への転換が卓越する。前節の距離帯別の変化模式図と比べて、4方向別の変化の違いはそれほど顕著に認められない。

4方向にマルコフ連鎖モデルを適用した結果、第5表を得た。農村的土地利用の面積は全方向で減少し、都市的土地利用は北東方向と北西方向で全種目が面積を増やす。南西方向と南東方向でも少数の種目を除いて都市的土地利用は構成比を高める。1994年の土地利用推定に関しても、前述した距離帯の分析ほど方向による土地利用変化の差異は認められない。

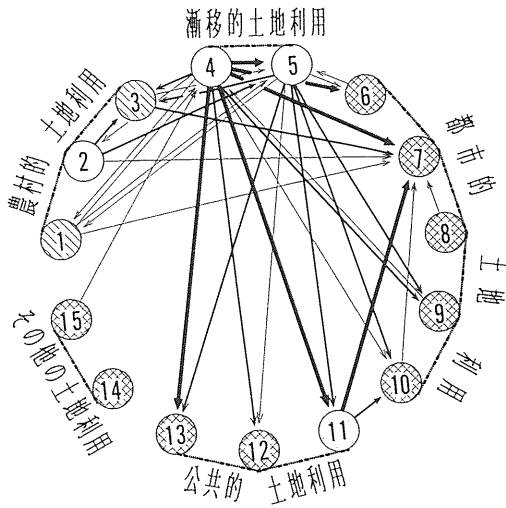
1) 北東方向



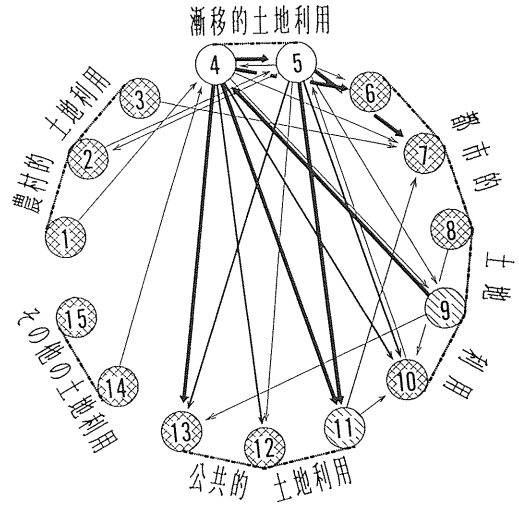
2) 北西方向



3) 南西方向



4) 南東方向



—— 0.02 - 0.04

—— 0.04 - 0.08

—— 0.08 -

○ 0.0 - 0.5

● 0.5 - 0.8

▨ 0.8 - 0.9

▩ 0.9 - 1.0

注1) 図中の番号は以下の土地利用を示す。 1. 山林・荒地等 2. 田 3. 畑・その他の用地 4. 造成中地 5. 空地 6. 工業用地 7. 一般低層住宅地 8. 密集低層住宅地 9. 中・高層住宅地 10. 商業・業務用地 11. 道路用地 12. 公園・緑地等 13. その他の公共公益施設用地 14. 河川・湖沼等 15. その他

注2) 図中の矢印は、1974年から1984年にかけての土地利用の変化を示し、その値は1974年当時の当該土地利用面積に対する変化した土地利用面積の割合を示す。円内の凡例は、当該土地利用がその土地利用の状態10年間(1974-84年)留まっている割合を示す。

第5図 種目別土地利用変化とその割合(1974-84)(方向別)

第5表 実際の土地利用構成比（1984年）とマルコフ連鎖モデルによる推定構成比（1994年）との差（方向別）

土地利用	北東方向		北西方向		南西方向		南東方向	
	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差
1. 山林・荒地等	16.06%	-2.98	19.13%	-1.38	23.93%	-2.56	24.95%	-1.74
2. 田	21.77	-1.56	14.73	-1.30	3.62	-0.48	13.43	-0.19
3. 畑・その他の用地	16.79	-0.85	19.95	-1.96	11.92	-0.82	12.67	-0.58
4. 造成中地	0.75	0.25	0.33	0.21	1.08	-0.02	3.44	-0.73
5. 空地	4.74	0.20	3.14	0.09	2.91	0.41	6.49	-1.01
6. 工業用地	2.69	0.10	2.85	0.23	4.95	-0.09	7.17	0.02
7. 一般低層住宅地	14.17	2.05	17.61	1.78	26.70	1.69	11.00	1.49
8. 密集低層住宅地	2.72	0.00	3.86	0.08	1.09	-0.02	0.40	-0.01
9. 中・高層住宅地	1.42	0.35	1.20	0.45	2.07	0.59	1.63	0.33
10. 商業・業務用地	2.83	0.86	3.11	0.63	4.10	0.38	3.09	1.01
11. 道路用地	3.04	0.23	2.57	0.27	4.60	0.10	6.48	0.11
12. 公園・緑地等	2.06	0.67	2.72	0.61	2.73	0.32	1.80	0.44
13. その他の公共公益施設用地	4.30	1.06	4.55	0.98	6.34	0.68	4.95	0.95
14. 河川・湖沼等	6.24	-0.38	3.12	-0.36	2.45	-0.05	1.89	-0.01
15. その他	0.42	0.00	1.13	-0.33	1.51	-0.11	0.61	-0.08
合計	100.00%		100.00%		100.00%		100.00%	

注：1)「構成比」は、1984年における実際の土地利用面積の割合を示す。

2)「差」は、マルコフ連鎖モデルにより推定された1994年の土地利用構成比から1984年における実際の土地利用構成比をマイナスした値である。

Ⅲ－3 24地域別

マルコフ連鎖モデルにより推定された土地利用構成比は、第6表に示される。24地域全体に共通する特徴は次の2点である。第1に山林・荒地等(1)、造成中地(4)、空地(5)の3種目は10年間における変動が大きい。第2に、都市的土地利用の各種目は差の値がゼロに近く、したがって1984年と1994年の構成比はほぼ類似している。

24地域の推定構成比は、84年の土地利用構成比と比べてどのくらいの開きがあるだろうか。どの地域での推定が84年の構成比ともっとも類似しているだろうか。その程度を検討するために「差」に関する標準偏差を求めて図化した（第6図）。標準偏差値が小さいほど全体的にみて94年の土地利用構成推定値と84年の土地利用構成比が類似し、10年間の変動が少ないことになる。標準偏差値が最小なのは、10～20kmの南西方向で0.417である。最大は3.720の10～20kmの南東方向である。

0～30kmの南東方向は値が高いが、これは埋立地における土地造成の影響と思われる。20km圏内と40km圏外は標準偏差値が低く、84年の構成比と94年の構成比に関して、大きな変動はないことを示唆する。しかし20～30km、30～40km圏は比較的変動が大きい。この地帯では複雑な土地利用変化が起きていることが類推できる。

土地利用の変動をエントロピーの変化からも検討してみよう。エントロピー値を測定することにより土地利用構成比の均等性を測定する。

$$E = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

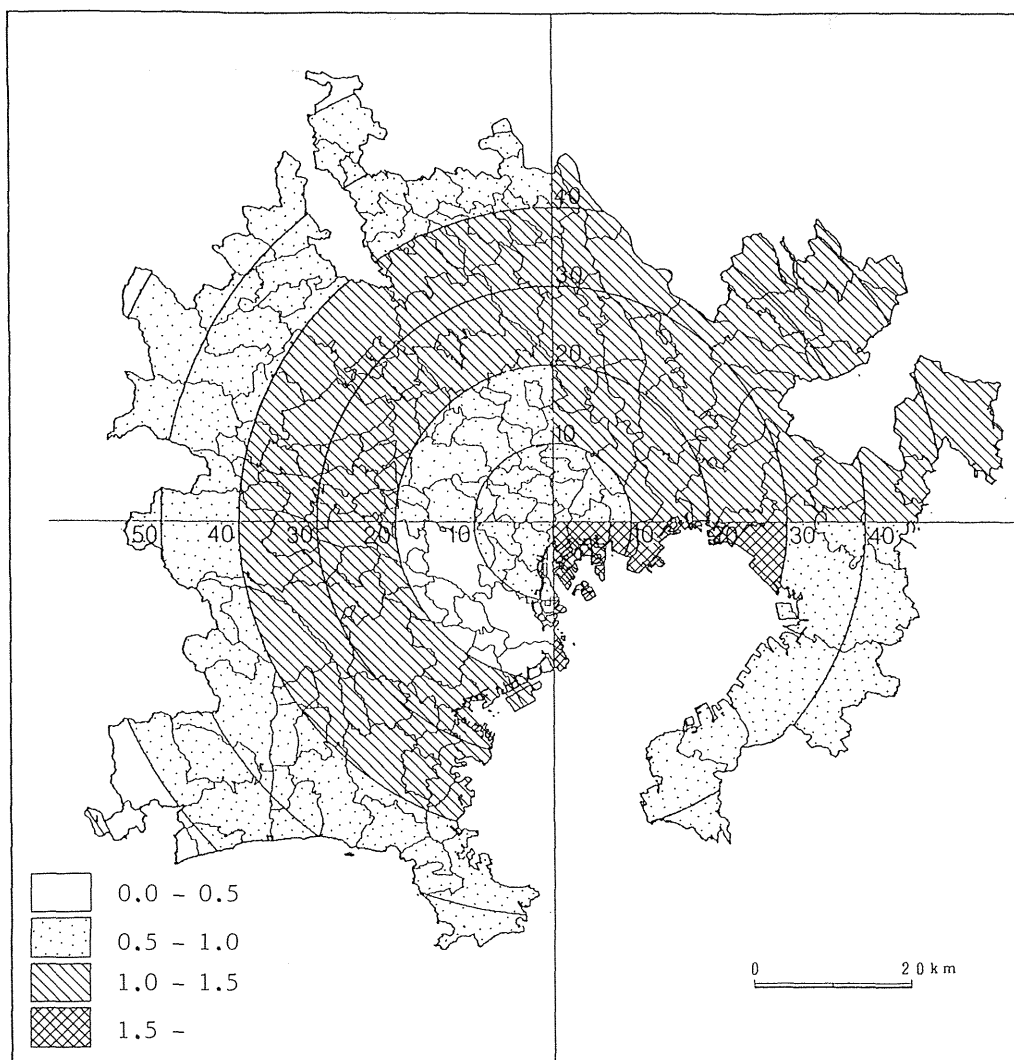
第6表 実際の土地利用構成比（1984年）とマルコフ連鎖モデルによる推定構成比（1994年）との差（距離帯・方向別）

土地利用	0-10km						10-20km						20-30km					
	北東方向		北西方向		南東方向		北東方向		北西方向		南東方向		北東方向		北西方向		南東方向	
	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差
1. 山林・荒地等	0.38%	0.04	0.21%	-0.06	0.45%	-0.12	0.99%	-0.99	2.22%	-0.39	1.42%	-0.30	2.89%	-0.52	0.00%	0.00	14.34%	-3.72
2. 田	0.06	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.30	-1.23	0.63	-0.33	0.15	-0.04	0.00	0.00	15.90	-1.76
3. 畑・その他の用地	0.42	0.08	0.03	-0.01	0.04	-0.04	0.23	-0.09	15.13	-1.58	11.18	-1.24	5.72	-0.90	0.83	-0.12	20.99	-1.30
4. 造成中地	0.37	-0.06	0.09	0.09	0.19	-0.07	10.59	-2.08	0.61	-0.33	0.23	0.35	0.64	-0.17	19.06	-9.50	0.52	0.04
5. 空地	2.59	-0.15	1.00	-0.22	1.13	-0.54	13.37	-4.39	9.84	-2.66	6.85	-1.63	2.41	-0.23	14.97	-6.71	6.66	-0.22
6. 工業用地	7.46	-1.08	1.80	0.13	1.71	-0.29	10.37	-2.68	5.91	-0.28	5.28	-0.32	7.45	-0.47	11.11	1.32	2.15	0.14
7. 一般民営住宅地	9.87	-0.76	30.65	-1.54	28.28	-1.36	4.53	0.77	26.38	1.87	33.02	0.56	44.14	0.30	11.98	4.64	18.85	-0.29
8. 低層住宅地	14.76	-0.48	12.91	-0.21	9.47	-0.18	2.40	-0.09	6.66	-0.23	11.30	-0.14	2.10	-0.07	0.19	-0.01	3.05	0.12
9. 中・高層住宅地	2.68	1.13	3.44	0.69	3.09	1.54	4.29	2.71	2.77	0.56	2.74	1.12	2.50	0.69	1.55	0.08	2.54	0.50
10. 商業・業務用地	23.95	0.52	19.71	0.66	21.78	0.66	19.03	2.82	4.84	2.21	7.03	0.62	6.53	0.41	5.76	6.43	1.73	0.96
11. 道路用地	10.39	0.03	7.78	-0.27	7.79	0.14	11.40	-0.41	5.15	0.31	4.11	0.78	5.12	0.11	10.89	0.50	1.97	0.19
12. 公園・緑地等	5.62	0.92	5.66	0.26	7.70	0.05	5.02	2.38	3.83	0.54	4.74	0.80	5.76	0.18	2.77	0.62	1.96	0.75
13. その他の公共施設用地	8.87	0.79	12.67	0.58	16.27	0.15	10.00	3.32	6.77	1.26	6.63	0.93	10.73	0.66	13.83	2.63	4.92	1.36
14. 河川・湖沼等	12.58	-0.93	2.37	-0.08	0.56	0.08	6.82	-0.41	5.54	0.00	3.72	-0.92	3.86	0.02	6.47	0.34	2.88	0.01
15. その他	0.00	0.01	1.68	-0.02	1.54	-0.02	0.95	-0.86	0.05	-0.04	1.12	-0.38	0.00	0.03	0.59	-0.18	1.54	0.05
合計	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	

土地利用	30-40km						40-50km						50-60km					
	北東方向		北西方向		南東方向		北東方向		北西方向		南東方向		北東方向		北西方向		南東方向	
	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差	構成比	差
1. 山林・荒地等	16.40%	-2.94	10.85%	-1.95	19.40%	-4.23	18.64%	-1.27	23.15%	-3.99	25.90%	-1.35	33.05%	-1.63	52.20%	-3.04	38.15%	-4.52
2. 田	30.32	-2.03	16.62	-1.66	1.44	-0.41	17.74	-0.44	37.66	-1.08	21.05	-1.73	5.61	-0.54	13.55	0.62	22.42	-0.74
3. 畑・その他の用地	17.65	-0.08	24.75	-2.93	10.86	-1.02	11.20	-0.62	14.69	-6.15	22.34	-1.68	12.72	-1.05	20.85	-0.26	18.87	-1.01
4. 造成中地	1.28	-0.45	0.31	0.11	1.61	-0.12	1.47	-0.37	0.60	1.19	0.49	0.21	0.73	-0.22	1.47	1.71	0.76	2.61
5. 空地	3.01	1.23	3.07	0.45	3.52	1.03	6.57	-0.35	2.20	1.13	2.01	0.36	1.99	0.11	2.29	-0.02	1.90	1.04
6. 工業用地	2.11	0.56	3.66	0.30	4.94	0.02	10.47	0.15	1.12	0.07	2.44	0.49	4.87	0.07	0.21	0.10	1.10	0.57
7. 一般民営住宅地	10.95	2.39	18.48	2.98	30.80	2.38	13.53	1.60	7.85	2.38	13.03	2.02	22.80	1.57	5.66	0.52	5.05	0.25
8. 低層住宅地	0.48	0.00	1.91	0.14	1.07	0.00	0.42	-0.01	0.15	-0.02	0.43	0.04	0.18	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
9. 中・高層住宅地	0.56	0.05	1.30	0.36	3.49	0.88	1.35	0.10	0.32	0.18	0.48	0.22	1.21	0.30	0.00	0.02	0.00	0.00
10. 商業・業務用地	0.77	0.48	2.15	0.88	3.57	0.42	2.36	0.64	0.61	0.22	1.32	0.47	2.22	0.41	0.21	-0.02	0.94	0.28
11. 道路用地	2.68	-0.07	2.76	0.18	5.99	0.03	7.16	-0.19	2.02	0.26	2.38	0.03	4.23	0.10	1.39	-0.04	1.55	0.83
12. 公園・緑地等	2.04	0.91	2.59	0.99	2.44	0.62	1.62	0.23	0.50	0.53	1.68	0.27	1.72	0.24	0.69	0.05	0.58	0.50
13. その他の公共施設用地	2.61	0.93	4.45	1.32	6.66	0.68	4.90	0.55	1.57	0.88	2.89	0.84	3.98	0.74	0.91	0.36	6.38	0.24
14. 河川・湖沼等	9.11	-0.98	3.64	-0.23	1.07	-0.09	1.70	0.50	7.54	-0.36	3.54	-0.17	3.32	-0.09	0.42	-0.01	2.29	-0.06
15. その他	0.03	0.00	3.46	-0.84	3.14	-0.18	0.87	-0.02	0.02	-0.02	0.02	-0.02	1.37	-0.02	0.15	0.01	0.01	-0.01
合計	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	

注：1）「構成比」は、1984年における実際の土地利用面積の割合を示す。

2）「差」は、マルコフ連鎖モデルにより推定された1994年の土地利用構成比から1984年における実際の土地利用構成比をマイナスした値である。



第6図 推定された1994年の土地利用構成比と1984年の土地利用構成比との差に関する標準偏差の分布

ここで n は土地利用の種目数, p_i は種目 i の構成比率である。本研究の場合 $n=15$ である。土地利用構成比が均等であるときエントロピーは最大になり, 1つの土地利用だけで占有されるとき最小になる。

推定された1994年の土地利用のエントロピーをみると(第7表), 値が最大なのは10~20km圏の北東方向(0.833), 最小は50~60km圏の北西方向(0.547)である。距離帯別では20~30km圏が最大値を示し, ついで30~40km圏が高い値を示す。したがって20~40km圏の地帯は, 他の地帯よりも土地利用構成比がより均等であるといえる。時系列的にみると, 0~10km, 10~20kmの地帯では年を追う毎にエントロピーが小さくなる一方, 30km圏以遠では年毎に大きくなっている。したがって,

第7表 土地利用に関するエントロピー値の変化(1974年-1994年)

	1974年	1984年	1994年(推定)
全 体	0.822	0.831	0.839
0～10km	0.821	0.807	0.794
北東方向	0.783	0.789	0.790
北西方向	0.734	0.730	0.721
南西方向	0.724	0.712	0.707
南東方向	0.785	0.821	0.820
10～20km	0.841	0.823	0.805
北東方向	0.836	0.841	0.833
北西方向	0.832	0.815	0.795
南西方向	0.740	0.722	0.710
南東方向	0.712	0.809	0.800
20～30km	0.849	0.854	0.851
北東方向	0.801	0.818	0.827
北西方向	0.802	0.814	0.816
南西方向	0.847	0.847	0.832
南東方向	0.766	0.853	0.828
30～40km	0.816	0.833	0.842
北東方向	0.707	0.738	0.760
北西方向	0.783	0.809	0.822
南西方向	0.800	0.805	0.797
南東方向	0.813	0.824	0.832
40～50km	0.692	0.720	0.741
北東方向	0.629	0.663	0.688
北西方向	0.673	0.709	0.734
南西方向	0.727	0.734	0.744
南東方向	0.482	0.524	0.553
50～60km	0.594	0.617	0.636
北東方向	0.614	0.655	0.687
北西方向	0.505	0.528	0.547
南西方向	0.643	0.652	0.660
60～70km	0.605	0.624	0.640
南西方向	0.587	0.609	0.629

20km 以内では特定の小数の土地利用へ集中する方向に向かっているのに対し、30km 以遠では構成比は均等化の傾向にあることが指摘できる。20～30km 圏では、エントロピー値は1974年から84年にかけて高くなったが、1994年には再び低くなっており、20km 圏内と30km 圏外の傾向の中間的性格を有する。

30km 圏内の南東方向は、3 地帯とも74年より84年がエントロピーが高いが、94年にはまた低くなっている。これは、74年には空地や造成中地など特定の土地利用に占有されていたのが、84年には各種の都市的土地利用への転換が進められ均等化に向かったのに対し、94年にはその傾向が弱まったことを示唆する。

Ⅳ む す び

東京大都市圏では、農村的土地利用の減少、そして都市的土地利用の増加が1974年から84年にかけてみられたが、マルコフ連鎖モデルを適用した結果によると、1994年にはそれが一層進展することが予想される。農村的土地利用の減少はとくに20～50km圏の範囲で著しく、都市的土地利用は都心から離れるにしたがって、つまり縁辺部に向かうほど構成比を高めることが予測される。

20～40km圏の地帯は4方向とも土地利用変化が著しく、推定された1994年の土地利用構成比と1984年の構成比との違いが大きい。方向別では南東方向（0～30km圏）で土地利用の変容（東京湾岸部での造成）が著しい。北東方向も1984年から1994年にかけて土地利用の変動が激しい。10年間における構成比の変動が最も少ないのは南西方向の10～20km圏である。これは、他の種目への転換が少ない一般低層住宅地(7)の割合がこの地域で高いからである（1984年で44.1%）。

1974年から94年にかけての土地利用変化に着目すると、20km圏内では特定の少数の種目への土地利用転換が進んでいるのに対し、30km以遠では特定の種目に片寄らず、土地利用の構成比は均等化の方向にある。

今後の課題として次の2点が残されている。第1に、本研究では100mメッシュを用いたが、細密数値情報データベース自体は、10mメッシュでデータが収集されている。10mメッシュを用いると、対象数63万2450の100倍のメッシュを扱わなければならない、その膨大さのため筑波大学の大型計算機の能力を超え、今回は10mメッシュ単位の解析を断念せざるを得なかった。しかし、10mメッシュの方がより精密な分析結果を導けるのは明らかであり、今後検討すべき点である。

第2に、本研究におけるマルコフ連鎖モデルでは、74-84年の土地利用変化がそれ以後の10年間継続するという仮定のもと、94年の土地利用構成比を推定した。実際には84年から94年にかけての社会・経済的变化や土地政策の影響をうけて、94年の土地利用構成比はモデル通りに推移していないかもしれない。1994年の調査結果がでた時点で、94年の実際の構成比と本モデルによって導かれた構成比との比較を行い、その差がいかなる要因によってもたらされたかを検討することも今後の課題として残されている。

本論文を作成するにあたって、文部省科研費総合研究(A)「わが国における大都市圏の構造変容に関する地理学的研究」（課題番号04301091、研究代表者：筑波大学高橋伸夫教授）および多目的統計データバンク・プロジェクト（筑波大学社会工学系）の研究経費を使用しました。以上記して感謝申し上げます。

The Estimation of the Land Use Change in the Tokyo Metropolitan Area

Yuji MURAYAMA

This study tries to estimate the future land use pattern in the Tokyo Metropolitan area, using the numerical information data base on the land use compiled by the National Geographical Institute. The Tokyo Metropolitan area being divided into 24 districts based upon the distance and direction from Tokyo Station, the land use in these 24 districts in 1994 is predicted by applying the Markoff's chain model. Transition probability matrix is established in terms of 15 land use items between 1974 and 1984.