

人工衛星画像を用いた都市緑地と土地条件の関連性に関する研究

Research on the relationship between the change of green spaces and the land condition in cities with artificial satellite images

山岸 裕* 藤原宣夫* 今井靖晃** 瀬戸島政博**
Yutaka YAMAGISHI Nobuo FUJIWARA Yasuteru IMAI Masahiro SETOJIMA

Abstract : This research aimed at clarifying the relationship between the change of green spaces and the land condition in cities. Nine cities in the Kanto district were investigated with LANDSAT/TM images and various geographic information data in three times of 1984, 1990 and 1999, using GIS. As the result of that, the followings were clarified. 1) On the geographical features condition: The ratio of green coverage became higher as the gradient became bigger and the sea level became higher. 2) On the social condition: Decreasing of green space was remarkable in private land. The ratio of green coverage became lower as the population density became higher and the land price became higher. And, decreasing of the ratio of green coverage was remarked even in the low population density place. 3) On the city planning condition: The ratio of green coverage in the business district and the industry special area were low, and the residual ratios of woods in them were low too. And, the land-use regulations related to green spaces were effective on continuing green spaces.

Key words : LANDSAT/TM, ratio of green coverage, geographical features, land use, regulations system

1. はじめに

都市において緑地の保全手法を検討するためには、都市全体の緑地の分布と変化の要因を把握することが必要である。緑地の分布と変化は、標高や傾斜といった地形的条件に加え、地価、人口密度、土地利用規制といった社会的条件にも影響されると考えられ、要因の把握には、これらの土地条件と緑地の分布・経年変化との関係を調査する必要がある。しかし、このような調査は、主として航空写真と地図を用いた地道な作業を要するため、個々の都市レベルで行われた事例¹⁾はあるが、複数の都市を対象として行われた事例は見つけられなかった。そこで、本研究では、人工衛星画像と GIS を用いることにより、複数の都市を対象とした調査を実施した。

LANDSAT から供給される LANDSAT/TM 画像は、1984 年から画像が入手可能なこと、広域的な画像が入手可能なこと、比較的安価で入手可能なことなどの利点がある。また、最近、標高、傾斜などの地形的条件、地価、人口密度などの社会的条件などの土地情報がデジタルデータとして市販されるようになり、GIS を用いた効率的な分析が可能となっている。

2. 研究方法

2.1 対象都市

緑地の変化が著しいと思われる関東平野内の都市を対象とすることとし、さいたま市、千葉市、船橋市、世田谷区、練馬区、武蔵野市、横浜市、平塚市、鎌倉市の 9 自治体を選定した。

2.2 都市緑地の抽出

都市緑地の抽出時期は、現在、10 年前、20 年前を目安とし、LANDSAT/TM 画像の供給開始時期、撮像画像の雲量、後述する土地情報の作成時期との整合の関連から 1984、90、99 年の 3 時期とした。

抽出作業は、教師付き分類（最尤法）により、緑地として樹林地、草地、農地を対象として行った。ただし、緑地の分類は、草地と農地間で誤判別が多いため²⁾、以降の分析では、草地と農地は区分せずに扱った。

LANDSAT/TM 画像はなるべく雲・雲影の少ない画像を選定したが、1 時期でも雲・雲影がかかっている部分については、緑地の抽出対象とはせずに、その他に分類した。雲・雲影域は、9 都市全体の合計面積の 12.5% であったが、横浜市については緑地保全地区の約 4 割が雲に覆われていたため、緑地関連の土地利用規制の分析については、横浜市を除く 8 都市で行った。

* 国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure and Transport

** 国際航業株式会社 Kokusai Kogyo Co., Ltd

2.3 土地情報の収集

2.3.1 対象とする土地条件

土地条件は、以下のものを対象とした。なお、社会的条件のうち、用途地域区分、緑地関連の土地利用規制については、都市計画的条件とした。

(1) 地形的条件

①標高、②傾斜方位、③傾斜度

(2) 社会的条件

①土地所有区分、②地価、③人口密度

(3) 都市計画的条件

①用途地域区分（第一種住居専用地域、第二種住居専用地域、住居地域、近隣商業地域、商業地域、準工業地域、工業地域、工業専用地域）

②緑地関連の土地利用規制（農用地区域、保安林区域、風致地区、緑地保全地区、首都圏近郊緑地保全区域及び同特別保全区域、歴史的風土保存地区及び同特別保存地区）

2.3.2 データの詳細

土地条件は、市販されている地理情報を用いた。使用した土地条件データを表－1に示す。

地形的条件の標高、傾斜方位、傾斜度については、時系列的に大きな変化はないものと考えられるため、1999年近傍データを用いて作成した。

社会的条件の土地所有区分、地価、人口密度については、3時期それぞれの近傍年のデータを用いた。土地所有区分については、細密数値情報の土地利用区分から、「道路用地」、「公園・緑地等」、「その他の公共公益施設用地」を『公共施設用地』、「河川・湖沼等」を『河川・湖沼等』、それ以外の区分を『民有地』として作成した。地価は、1984年と1990年については、細密数値情報の地価データ（点）を、1999年については、国土数値情報と都道府県地価調査の地価データ（点）を用いてTINを発生させ地価データとした。人口密度は、国勢調査の結果を3次メッシュデータ化した地域メッシュ統計データを用いた。このデータは、ひとつひとつの3次メッシュに面積と人口が属性として付与されているため、この2つの属性を用いてkm²あたりの人口を算出し人口密度とした。都市計画的条件の用途地域区分、土地利用規制については、市販されている最新のもの（1989年）を用いた。なお、用途地域区分は、平成4年(1992)に、住居系用途地域の細分化がなされ12種類に変更されているが、本研究では、市街化調整区域・市街化区域、用途地域では、住居系、商業系、工業系等の大きな括りでの分析を行った。

2.4 分析項目

以下の項目について、LANDSAT/TM画像の空間分解能である30m×30mを基本単位として分析を実施した。

2.4.1 緑地分布及び樹林地規模の現状及び経年変化の実態把握

9都市全体及び各都市の緑地分布及び経年変化を把握するために、1984、90、99年の3時期の緑被率を算出するとともに、樹林地については面積規模の経年変化を把握した。

2.4.2 土地条件との関連性分析

土地条件と緑地の分布及び経年変化の関連性を9都市全体で分析した。分析項目は、以下に示すとおりである。

(1) 地形的条件と現状緑地分布の関係

1999年の緑被率を標高別、傾斜方位別、傾斜度別に求め比較した。なお、標高については、表－2に示すとおり、標高差の大きい千葉市、横浜市、平塚市、鎌倉市の4都市を対象として行った。

(2) 社会的条件と緑地分布及び経年変化の関係

3時期の土地条件と緑被率及び経年変化の関連性を分析した。

(3) 都市計画的条件と緑地分布及び樹林地経年変化の関係

1999年の緑被率を用途地域別、緑地関連の土地利用規制別に算出し比較した。緑地

表－1 使用した土地条件データ

土地条件	使用したデータ			
	名称	作成年	発行元	データタイプ
標高、傾斜方位、傾斜度	数値地図50mメッシュ(標高)	2001	国土地理院	ラスター(50mメッシュ)
土地所有区分	細密数値情報(10mメッシュ土地利用)	1984、1989、1994	国土地理院	ラスター(10mメッシュ)
地価	細密数値情報(地価)	1984、1990	国土地理院	ベクター(ポイント)
	国土数値情報(地価公示(点)、都道府県地価調査(点))	1999	国土交通省	ベクター(ポイント)
人口密度	地域メッシュ統計(昭和60年国勢調査)(平成2年国勢調査)(平成7年国勢調査)	1985、1990、1995	(財)統計情報研究開発センター	ラスター(1kmメッシュ)
用途地域区分	細密数値情報(集約ファイルV)	1989	国土地理院	ベクター(ポリゴン)
土地利用規制	細密数値情報(土地規制区域)	1989	国土地理院	ベクター(ポリゴン)
9都市区分	全国市区町村界データ	1996	株式会社	ベクター(ポリゴン)

の経年変化は、土地情報のデータが1989年のものであるため、1990年から1999年にかけての樹林地面積の変化（（1990年の樹林地面積／1999年の樹林地面積）×100）を樹林地の残存率とし、比較した。

3. 結果

3.1 緑地分布及び樹林地規模の現状及び経年変化の実態把握

緑被率の算出結果を表-2に示す。

緑被率は、9都市すべてにおいて減少傾向にあり、9都市全体では、1984年には41%であったのに対し、1990年には37%、1999年には30%と減少している。

樹林地について見ると9都市全体では、緑被率と同様に減少傾向にあるが、特に、1990年から1999年にかけての減少が顕著であった。都市別に見ると、平塚市、鎌倉市はむしろ増加傾向にあった。そのほかの都市では、減少していたが、千葉市、練馬区の減少は緩やかであった。このように、樹林地では、都市により、樹林地率の変化に差がみとめられた。

9都市全体の樹林地規模の変化を図-1に示した。図より3時期ともに5ha未満と25ha以上の樹林地合計面積が大きく、5ha～25haの中間の樹林地合計面積が小さいことがわかる。これは、都市周辺部等の比較的大規模な緑地と都市部における5ha未満の小規模な緑地が多いことを意味していると考えられる。また、1984年から1999年にかけての樹林地面積の減少では、5ha未満の樹

表-2 各都市の緑被率及び変化

(上段:1984年、中段:1990年、下段:1999年)

	緑被率(%)			行政区域面積(ha)	標高(m)
	樹林地	樹林地以外			
さいたま市	13.9	29.3	43.3	16,833	0~30
	12.2	23.8	36.0		
	9.0	21.4	30.4		
千葉市	33.0	15.3	48.3	27,208	0~110
	32.8	13.5	46.3		
	30.8	10.6	41.4		
船橋市	24.0	21.6	45.6	8,564	0~40
	23.7	20.7	44.4		
	16.3	14.4	30.7		
世田谷区	12.9	6.1	19.0	5,808	0~60
	12.9	4.9	17.8		
	8.1	3.7	11.8		
練馬区	13.8	13.6	27.4	4,816	10~60
	11.1	12.7	23.8		
	10.8	12.7	23.5		
武蔵野市	11.5	12.0	23.5	1,073	40~70
	11.4	11.5	22.9		
	7.5	11.6	19.0		
横浜市	16.7	21.3	38.0	43,471	0~160
	16.7	16.8	33.5		
	10.5	12.9	23.3		
平塚市	17.9	25.7	43.6	6,788	0~200
	17.6	22.3	39.8		
	18.0	17.6	35.6		
鎌倉市	35.3	17.7	53.0	3,953	0~160
	31.7	13.0	44.7		
	35.5	8.9	44.3		
9都市全体	20.9	20.1	41.0	118,514	0~200
	20.3	16.7	37.0		
	16.5	13.3	29.8		

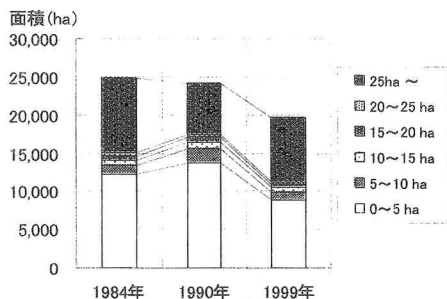


図-1 樹林地規模と変化(9都市)

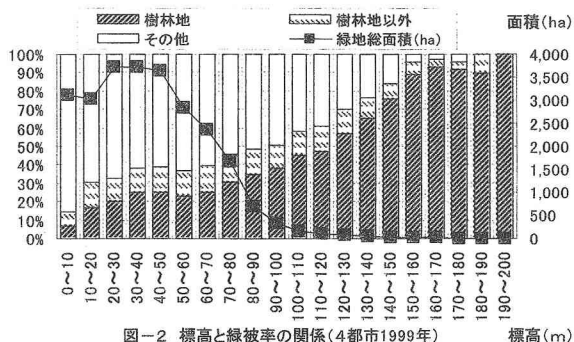


図-2 標高と緑被率の関係(4都市1999年)

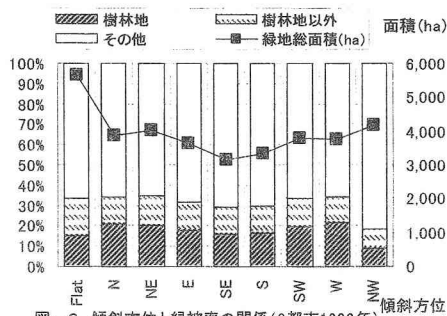


図-3 傾斜方位と緑被率の関係(9都市1999年)

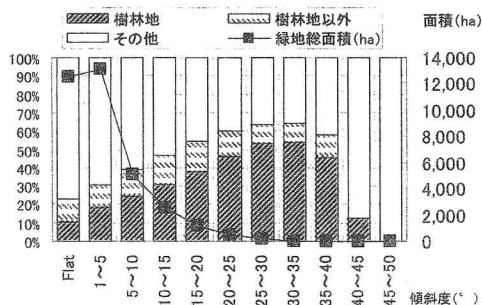


図-4 傾斜度と緑被率の関係(9都市1999年)

林地面積の減少が大きい。

3.2 土地条件との関連性分析

3.2.1 地形的条件と現状緑地分布の関係

1999年の緑地分布と標高、傾斜方位、傾斜度の関係を、それぞれ、図2、図3、図4に示す。図中棒グラフは緑被率を折線グラフは緑地面積を表す。

(1) 標高

標高は、高くなるほど緑被率が高い傾向にあった。しかし、緑地のほとんどは、標高100m以下に存在するものであった(図-2)。

(2) 傾斜方位

傾斜方位について、当初、北向き斜面の緑被率が高いのではと予想していたが、今回の調査結果からは、NW(北東向き)斜面でのみ緑被率が低かった。なお、緑地面積は、Flatが大きく、その他は、傾斜方位間での明瞭な差はなかった(図-3)。

(3) 傾斜度

傾斜度は、0~35°の範囲においては、

表-3 土地所有区分と緑被率の変化

(上段:1984年、中段:1990年、下段:1999年)

土地所有区分 (3区分)	緑被率(%)		区域面積 (ha)	土地所有区分 面積比率(%)
	樹林地	樹林地以外		
公共施設用地	9.5	10.2	19.7	6.6
	10.4	12.2	22.6	6.8
	8.4	9.4	17.8	7.1
河川・湖沼等	15.7	28.7	44.4	1.6
	15.3	25.0	40.3	1.6
	17.7	19.2	36.8	1.7
民有地	21.7	20.6	42.3	91.8
	21.1	16.9	38.0	91.5
	17.0	13.5	30.5	91.3
計	20.8	20.0	40.9	118,514.0
	20.3	16.7	36.9	118,514.0
	16.4	13.3	29.7	118,514.0

大きくなるほど、緑被率が高い傾向にあった。なお、35°を超える区分では、緑地面積が10ha程度と極端に少なく十分なデータを得られなかった(図-4)。

3.2.2 社会的条件と緑地分布及び経年変化の関係

(1) 土地所有区分

各土地所有区分の市区域の全体に占める割合は、表-3に示すとおり、3時期を通じてそれほど変化はなく、9都市全体では、公共施設用地が7%、河川・湖沼等が2%、民有地が91%程度である。

緑被率は、河川・湖沼等が3時期を通じ最も高く(36.8%~44.4%)、次いで民有地となっており(30.5%~42.3%)、公共施設用地(17.8%~22.6%)に比べ2倍程度の値を示した。民有地のこの値の大きさは、郊外の山林等が含まれるためと考えられる。また、緑被率の減少は、主として民有地での減少によるものであることがわかる。

(2) 地価

地価については、3時期を通じて高くなるほど、緑被率が低くなる傾向がみとめられた。経年変化では、特に、1984年から1990年にかけて20万円/㎡

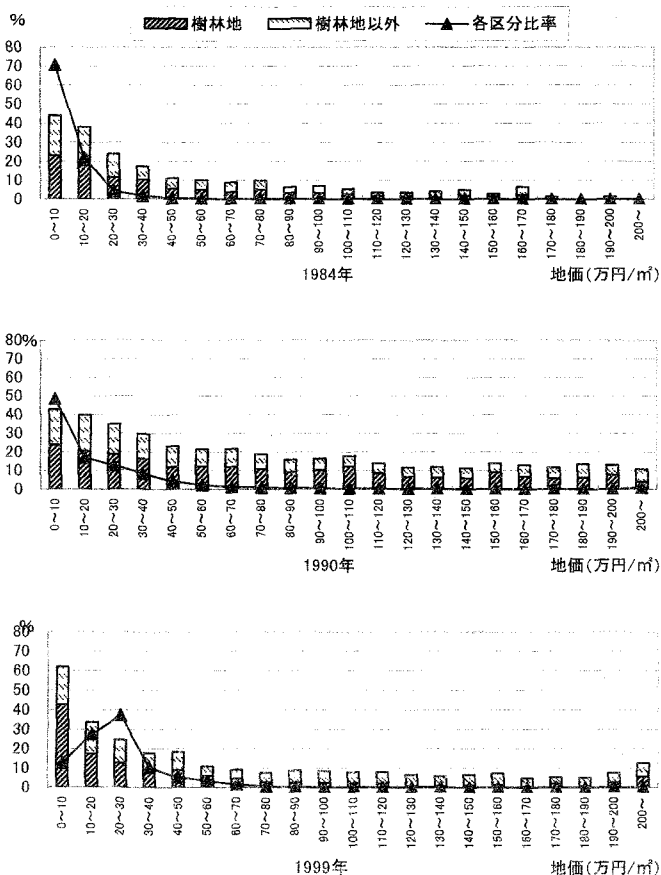


図-5 地価と緑被率の変化(9都市)

上の区分での緑被率の上昇がみられるが、これは、地価が、1984年から1999年にかけて増加傾向（平均で19.2万円/㎡）にあるためである（図－5）。

（3）人口密度

人口密度については、3 時期とも人口密度が高いほど、緑被率が低くなる傾向にあった。また、全体的傾向として、1990 年から 1999 年にかけての緑被率の減少がみてとれる。さらに、人口密度の低いところでも緑被率が低下していることがわかる。また、この傾向は、樹林地についても同様である（図－6）。

3.2.3 都市計画的条件と緑地分布及び樹林地経年変化の関係

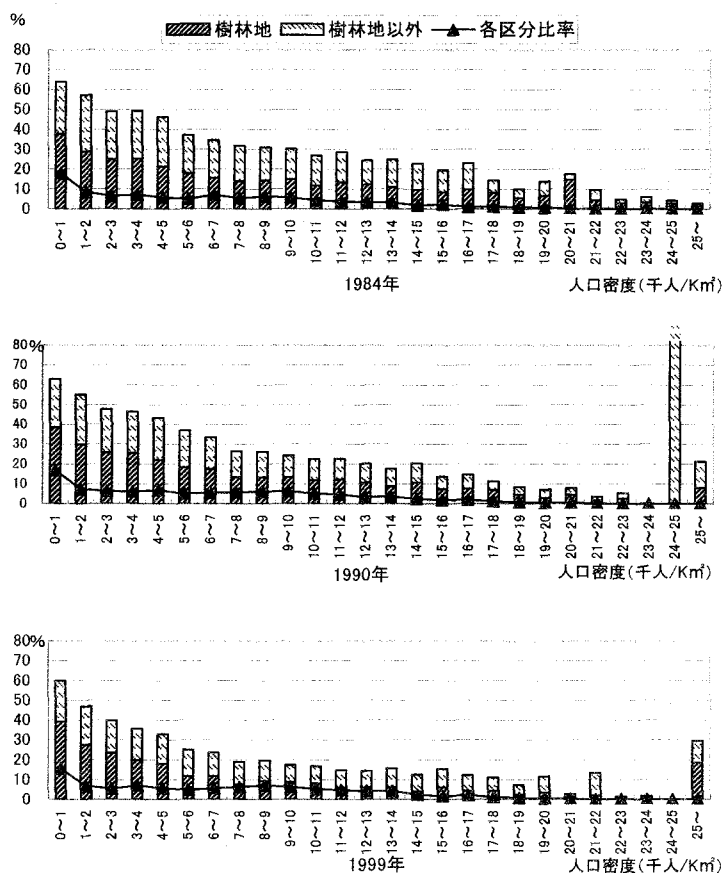
（1）用途地域区分

1999 年時点での緑被率は指定外（市街化調整区域）が最も高く、指定地区では、近隣商業地域、商業地域、工業専用地域は低い傾向にあった（図－7）。

（図－7）。世田谷区、練馬区、武蔵野市は、行政区のすべてあるいはほとんどが市街化区域であり、緑被率が低い理由が納得できる（表－4）。商業系地域での緑被率の低さは、高度な土地利用を反映したものと思われる。樹林地の残存率でも緑被率と同様に、指定外（市街化調整区域）が92%と最もよく残存しており、商業地域、工業専用地域では、残存率が5割程度と減少率が大きかった（図－8）。

（2）緑地関連の土地利用規制

すべての緑地関連の土地利用規制区域合計の面積は、横浜市を除く8都市の全体の行政区面積の約22%であ



図－6 人口密度と緑被率の変化（9都市）

表－4 各都市の都市計画的条件の面積(1989年(単位:ha))

土地条件	都市	さいたま市	千葉市	船橋市	世田谷区	練馬区	武蔵野市	横浜市	平塚市	鎌倉市	合計
都市計画区域	市街化区域	10,002	12,313	5,556	5,728	4,788	1,073	32,523	3,152	2,434	77,569
	市街化調整区域	6,831	14,895	3,008	80	28	—	10,950	3,636	1,086	40,514
用途地域	第一種住居専用地域	1,168	3,276	1,738	2,920	2,769	494	13,770	368	1,259	27,762
	第二種住居専用地域	2,354	2,562	1,245	1,492	821	264	4,436	914	470	14,558
	住居地域	4,746	3,113	1,436	680	693	116	6,378	857	358	18,377
	近隣商業地域	244	502	90	471	298	112	1,435	180	96	3,428
	商業地域	340	437	269	114	92	54	1,802	85	29	3,222
	準工業地域	974	729	318	50	110	34	1,468	283	60	4,026
	工業地域	187	487	126	1	5	—	1,657	140	129	2,732
	工業専用地域	67	1,208	333	—	—	—	1,585	325	32	3,550
土地利用規制	農用地区域	4,461	2,184	736	—	—	—	—	1,657	55	9,093
	保安林区	—	—	—	—	—	—	—	27	107	134
	風致地区	284	—	486	885	451	—	—	59	2,138	4,303
	緑地保全地区	—	—	—	4	—	—	—	—	—	4
	近郊緑地保全地区	1,116	740	—	—	—	—	—	—	223	2,079
	近郊緑地特別保存地区	—	64	—	—	—	—	—	—	—	64
	歴史的風土保存地区	—	—	—	—	—	—	—	—	942	942
	歴史的風土特別保存地区	—	—	—	—	—	—	—	—	241	241

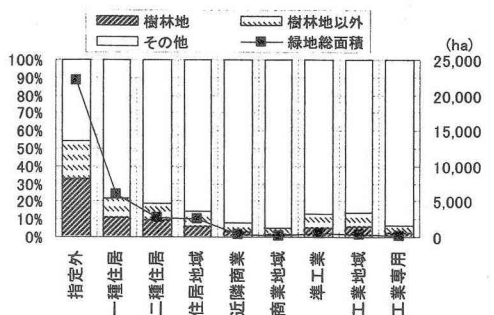


図-7 用途地域と緑被率の関係(9都市1999年)

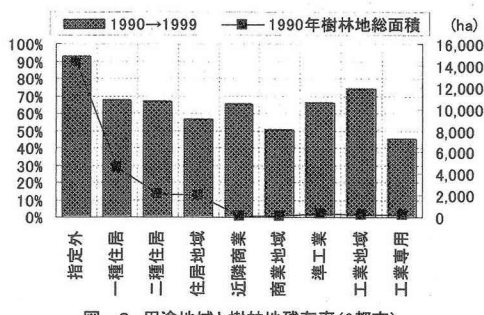


図-8 用途地域と樹林地残存率(9都市)

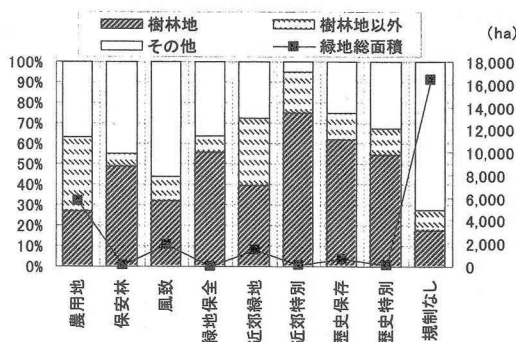


図-9 土地規制区域と緑被率

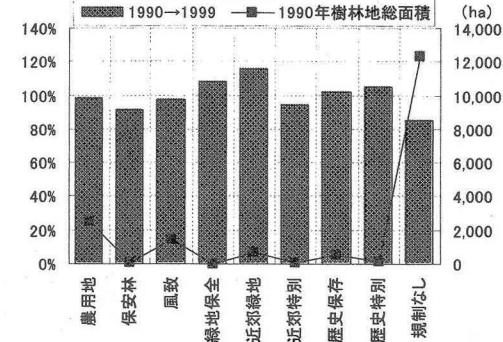


図-10 土地規制区域と樹林地残存率(8都市)

った。緑被率は規制なしの区域(27%)より、いずれの土地利用規制区域においても高かった(図-9)。樹林地の減少については、規制なしの区域の残存率の85%に対し、土地利用規制区域では、いずれもそれを上回り、法律による土地利用規制が緑地保全に一定の役割を果たしていることが確認された。特に、首都圏近郊緑地保全区域の緑地の残存率は116%と増加していた(図-10)。なお、歴史的風土保存地区、歴史的風土特別保存地区の指定は鎌倉市だけである。また、農用地区域は、世田谷区、練馬区、武蔵野市では、指定されていない。

4 おわりに

本研究では、人工衛星画像とGISを用いることにより、複数の都市を対象とした都市緑地と土地条件の関連性に関する調査を実施した。その結果、①地形的条件では、標高が高いほど、傾斜度は大きいほど緑被率は高い。②社会的条件では、民有地の緑地の減少が顕著。人口密度、地価は高いほど緑被率は低く、人口密度の低いところでも緑被率は低下してきている。③都市計画的条件では、商業地域、工業専用地域の緑被率が低く、樹林地の残存率も小さい。緑地関連の土地利用規制は有効であった。などの関連性を知ることができた。

しかし、本研究では、9都市を対象として実施したが、9都市のみでは、面積的にも少なく、簡所的に偏りもあることが予想され、関東圏内全域での同様の調査も技術的には比較的容易に可能であることから、区域を広げた検討も必要であると考えられる。

また、個々の都市において、緑地保全施策を進めていくためには、その土地条件にあった施策を講じていくことが必要であると考えられる。特に、市街化区域がほとんどである大都市部では、緑地の減少に拍車がかかっており、法律でカバーしきれない部分については、条例等により有効性のある緑地保全施策を進めていくことや、街路樹や施設緑地により緑化を進めていく必要があると思われる。都市によっては、樹林地の減少していない都市や減少の緩やかなところもあることから、それぞれの都市の実情をさらに分析し、実効性のある緑地保全施策を進めていくことが必要であると考えられる。

(参考文献)

- 1) 阿部初香：航空写真による横浜市の緑被率の測定と緑被率の将来変化の予測、東京農工大学卒業論文、

78pp、1997

- 2) 藤原宣夫、山岸 裕：都市緑地調査における人工衛星技術の活用に関する調査、国土技術政策総合研究所資料 No.68、2003.3
- 3) 山岸 裕、藤原宣夫：都市緑地調査における人工衛星技術の活用に関する研究、土木技術資料、Vol.45,NO.3,pp.62-67、2003.3
- 4) 齊藤郁雄、朴明浩、石原修：ランドサットTMデータによる土地被覆変化の抽出に関する研究、日本建築学会計画系論文集第 561 号, 79-84, Nov., 2002