

リモートセンシングによる緑被面積率を用いた行政区画別環境評価

Environmental evaluation of administrative districts by green coverage ratio using remote sensing technique

中山康孝*・成田健一**

Yasutaka NAKAYAMA, Ken-ichi NARITA

要旨：関東全域の複数の自治体(市区)を対象にリモートセンシング手法による緑被面積率の算定を行い、緑の残存量と人口密度の関係を環境評価指標として行政区画別の環境評価を試みた。その結果、人口密度が同程度の自治体間で緑被面積率に最大で約50%の差異がみられた。また、開発で多くの緑を失った自治体と緑を残した開発が行なわれた自治体とを分類でき、一例として緑被面積率30%で比較すると、両者の収容人口の間に2倍の差異が確認できた。高人口密度地域に限っては、緑被面積率と戸建住宅率に対応関係があることが示唆された。

キーワード：土地利用 土地被覆 リモートセンシング TM データ 植生指標 緑被面積率

Abstract: Ratio of green coverage about 70 administrative districts in Kanto Plane was evaluated by vegetation index of Landsat TM data. Then efficiency of land use in development was analyzed using relations between this green area ratio and population density. There is large difference in remaining green area among districts having similar population density. Consequently, as for the population capacity under the condition of 30% green coverage, for example, there is the difference about double amount between the development protecting green space effectively and that losing green space carelessly. And results also show a tendency that efficiency of development in early stage is lower than that of well-developed stage. Regarding to the districts with high population density, difference of green coverage was partly explained by the ratio of single house and multiple dwelling house.

Key Word: land use, land cover, remote sensing, TM data, vegetation index, green coverage

はじめに

近年、都市化に伴い緑の量は減少傾向にある。とりわけ都市域においては、地価の高騰などの諸問題を要因に土地の細分化がみられ、それに伴って緑地も線的、点的な小面積のものが多い。小規模緑地を抽出する手法としては航空機リモートセンシングが有効である(梅干野・水田, 1991)が、経済面での制約等から地理情報の取得エリアが限定されてしまうのが実態である。そこで本報では、衛星リモートセンシングにより、関東全域の複数の自治体(市区)を対象に、都市環境及び生態系への寄与という観点から、まとまった緑の残存量を算定する。そして、緑被面積率と人口密度の関係を環境評価指標として行政区画別に環境評価することを目的とした。

1. 研究方法

(1) 自治体(市区)の選定

自治体(市区)の選定においては関東全域を対象とする。選定条件としては、1997年における行政区画別の人口、面積の関係が大きく分散すること(図1)、さらに地形による誤差要因を避けるため、傾斜地が少なく低地や台地など平坦地が優占することを原則とし、結果的に70の自治体を選定した。

(2) 使用したデータ

緑の残存量の算定には、1997年4月14日取得のLandsatTM データを用いた。また、季節変化による植物活性度の比較検討を目的として、1995年11月19日取得のデータも用いた。一方、行政区画別の人口、面積等の社会データは、1997年3月31日現在の人口データが記載された平成9年版全国市町村要覧から引用した。

(3) 解析方法

TM データの関東シーンから、選定した70の個々の自

*日本工業大学大学院工学研究科建築学専攻

**日本工業大学工学部建築学科

治体を抽出するに際しては国土地理院出版の1:25000スケールの地形図をスキャナーで読み込み、部分的な行政境界線を複数つなぎ合わせて一つの行政境界線を完成させることによりポリゴンを作成する手法を用いた。

緑被面積率の算定に際しては、植物内のクロロフィルが太陽光を可視域の赤で低反射、近赤外域で高反射する植物の特性を利用した植生指標の一つであるTVI(Transformed Vegetation Index)を用いた。

$$TVI = \left\{ \frac{IR - R}{IR + R} \right\}^{1/2} \times 100$$

IR:近赤外域バンド(TMバンド4)

R:可視域赤バンド(TMバンド3)

植生指標には、近赤外域と可視域の単純な差をとったDVI(Difference Vegetation Index)、それを両波長域の和で基準化したNDVI(Normalized Differential Vegetation Index)などいくつかの指標が提案されている。NDVIはDVIに比べ、地形や建物の陰影の影響を受けにくいよう工夫されたもので、最もよく用いられる。TVIはさらにNDVIの平方根をとることで、両波長域の差が小さい植被境界部での感度が大きくなるという特徴がある。今回解析したシーンにおいて、TVIの分布はゼロを除いた最低値が7となった。TMデータのトゥルーカラー画像からの判読、10mメッシュ細密数値情報との比較、グランドトゥルースなどから、TVIの算定結果が7である場所において植生が確認できた。そのため、本研究では緑地と非緑地の判断基準である閾値を7とした。

なお植生指標は、異なる季節のシーンを複数用いるなどの工夫を加えた場合を除き、植生の有無を判定するには適しているが植生自体の分類には適していない。そこで、植生の分類については、水域、草地、樹林地、畑地、水田、裸地、空港・工業用地、低層市街地、高層市街地の9つのカテゴリーを設けた土地被覆分類を別途、教師付きの最尤法により行い検討した³⁾。

2. 緑被面積率の算定結果

図6は1997年4月14日の千葉県佐原市における緑被分布である。図5に示す1995年11月19日の緑被分布と比較すると、緑被分布に大幅な差異がみられる。そこで、図7に示す教師付き最尤法による土地被覆分類と図6の1997年4月14日の緑被分布を比較すると、4月のシーンにおいてTVIでは水田を植生として判別していないことが確認できる。そこで、選定した70の自治体すべてを対象にTVIにより算定した緑被面積率と教師付き最尤法4種(草地、樹林地、畑地、水田)による緑被面積率を比較した(図3)。その結果、複数の自治体で差異が確認された。水面においては近赤外域の反射がほとんどなくなるため、4月14日の時点で灌水状態にある水田

に限ってはTVIにより正確な緑被分布を把握することができなかったと思われる。水田における灌水の有無が緑被面積率の算定に影響を及ぼした自治体は、羽生市、春日部市、越谷市、幸手市、水戸市、小山市などである。最も顕著に影響が出たのが佐原市であった。本研究では緑被面積率を環境評価指標としているため、水田も緑被面積の中に含めることが望ましい。そこで、選定した70の自治体すべてを対象に以下の手順で灌水状態にある水田の面積を算定する補正を別途加えた。

- ① 9種の土地被覆分類画像を、水田を1・水田以外を0と2値化する。
- ② TVIによる緑被分布画像を、緑地を1・非緑地を0と2値化する。
- ③ 土地被覆分類の2値化画像①からTVIによる緑被分布の2値化画像②を減算することにより、灌水状態にある水田のみ1として抽出される。
- ④ この面積を算定し、灌水状態の水田を認識していない補正前の緑被面積に加算する。

図8は、以上③までのプロセスにより抽出した、TVIで緑として判別されていない灌水状態にある水田分布の一例である。この補正をすべての自治体に対して行った。以上の補正を加えた後の緑被面積率と教師付き最尤法4種の合計による緑被面積率との関係を図4に示す。この補正により、かなりの改善が見られたが、補正後もTVIによる緑被面積率と教師付き最尤法4種の緑被面積率が一致していない自治体がいくつかみられた。図10に、一致していない代表的な自治体である国分寺市、幸手市、龍ヶ崎市などの、最尤法による土地被覆分類のカテゴリー別面積率を示す。これらの自治体では畑地の面積率が大きいことから、植生の無い畑地が、最尤法では畑地として4種面積に含まれているためと考えられる。ここではTVIによる緑被の有無を重視し、以上の誤差が今回の環境評価に大きくは影響しないと見なし、解析を進めた。

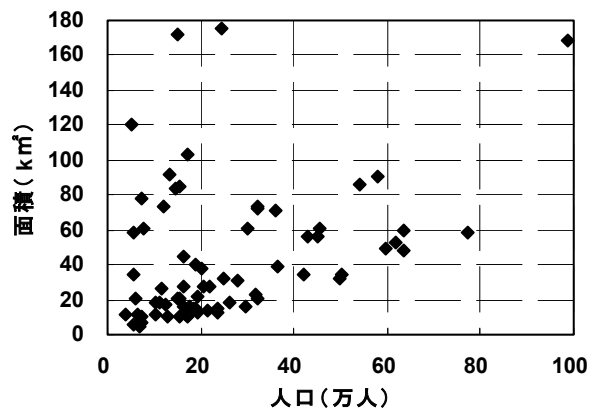


図1.解析対象とした自治体(市区)の人口と面積の関係

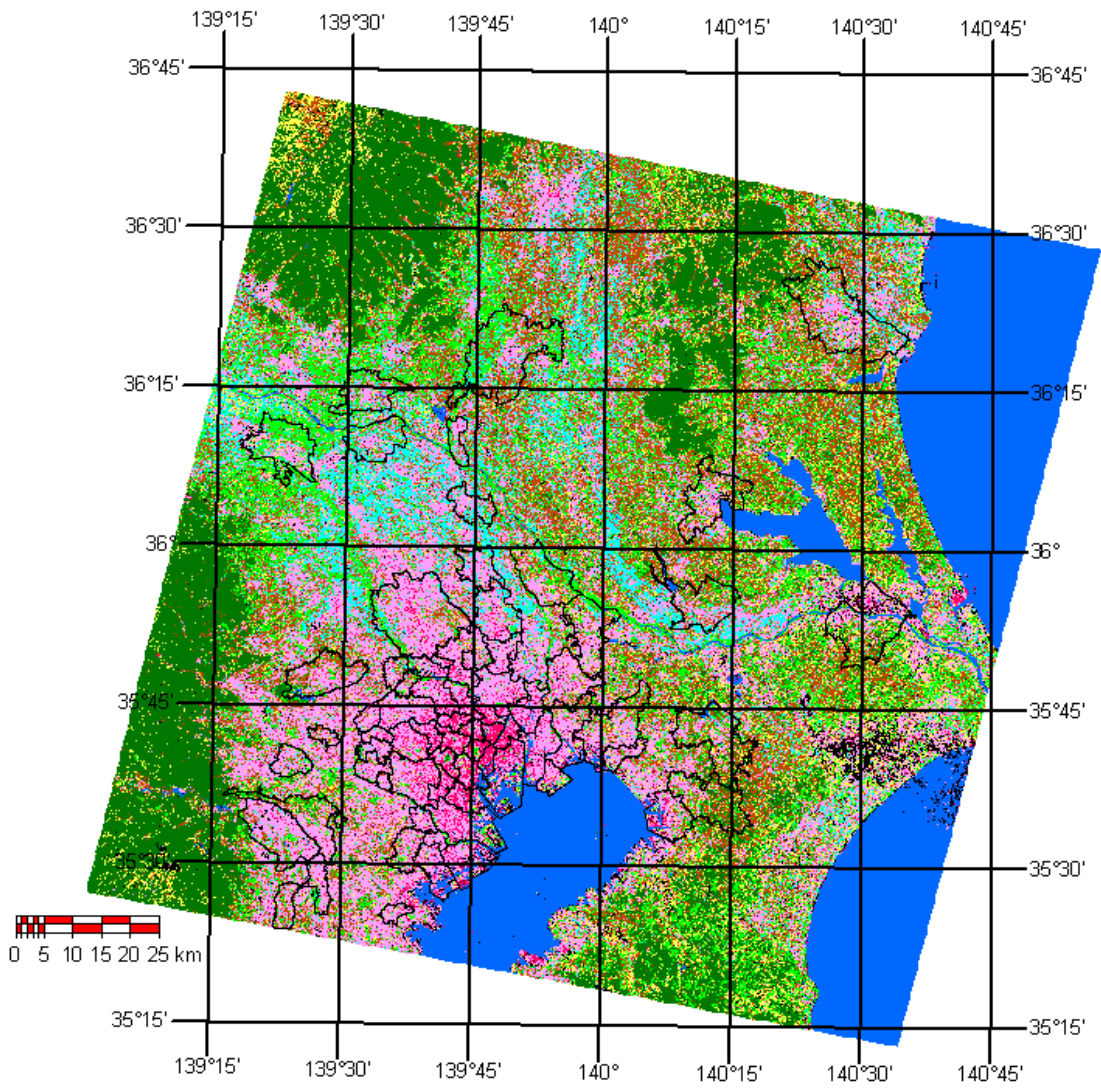


図2.解析対象とした自治体(市区)の位置
[教師付き最尤法による土地被覆分類]

- | | | | |
|---|----|---|---------|
|  | 水域 |  | 裸地 |
|  | 草地 |  | 空港・工業用地 |
|  | 樹林 |  | 低層市街地 |
|  | 畑地 |  | 高層市街地 |
|  | 水田 | | |

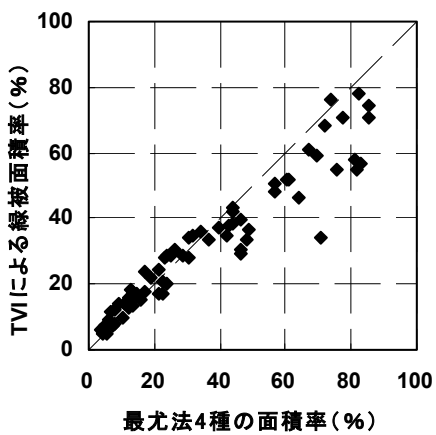


図3.補正前の TVI と最尤法 4 種の面積率

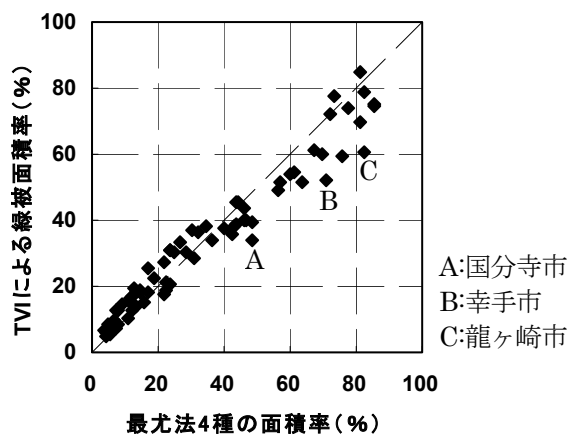


図4.補正後の TVI と最尤法 4 種の面積率

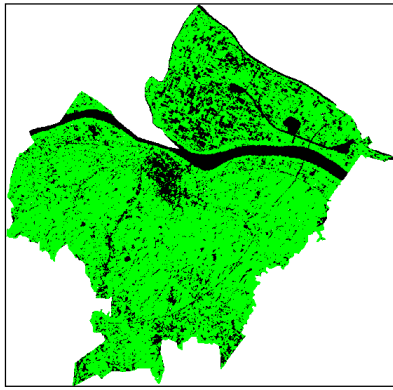


図 5.佐原市の緑被分布(1995年11月19日)

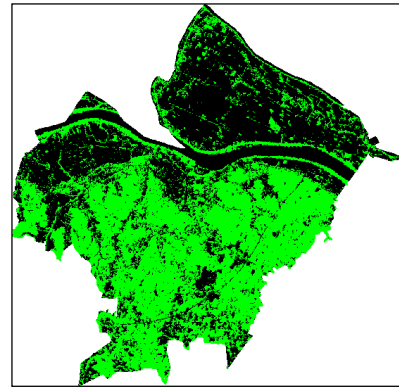


図 6.佐原市の緑被分布(1997年4月14日)

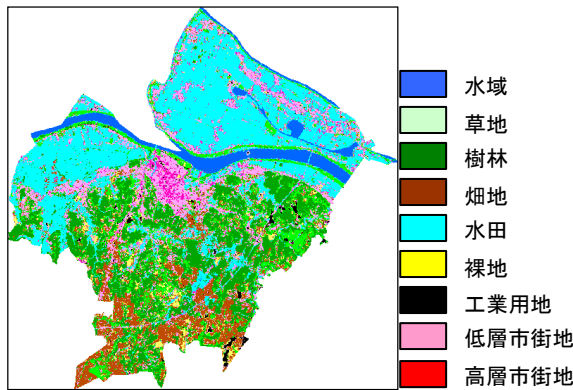


図 7.佐原市の土地被覆分類(1997年4月14日)

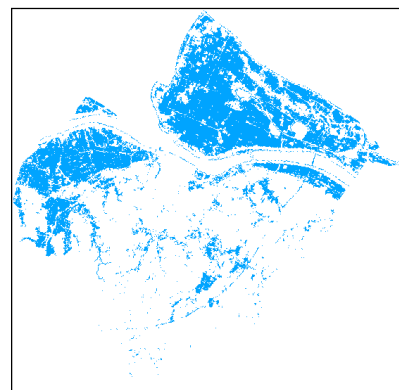


図 8.佐原市の灌水状態の水田分布(1997年4月14日)

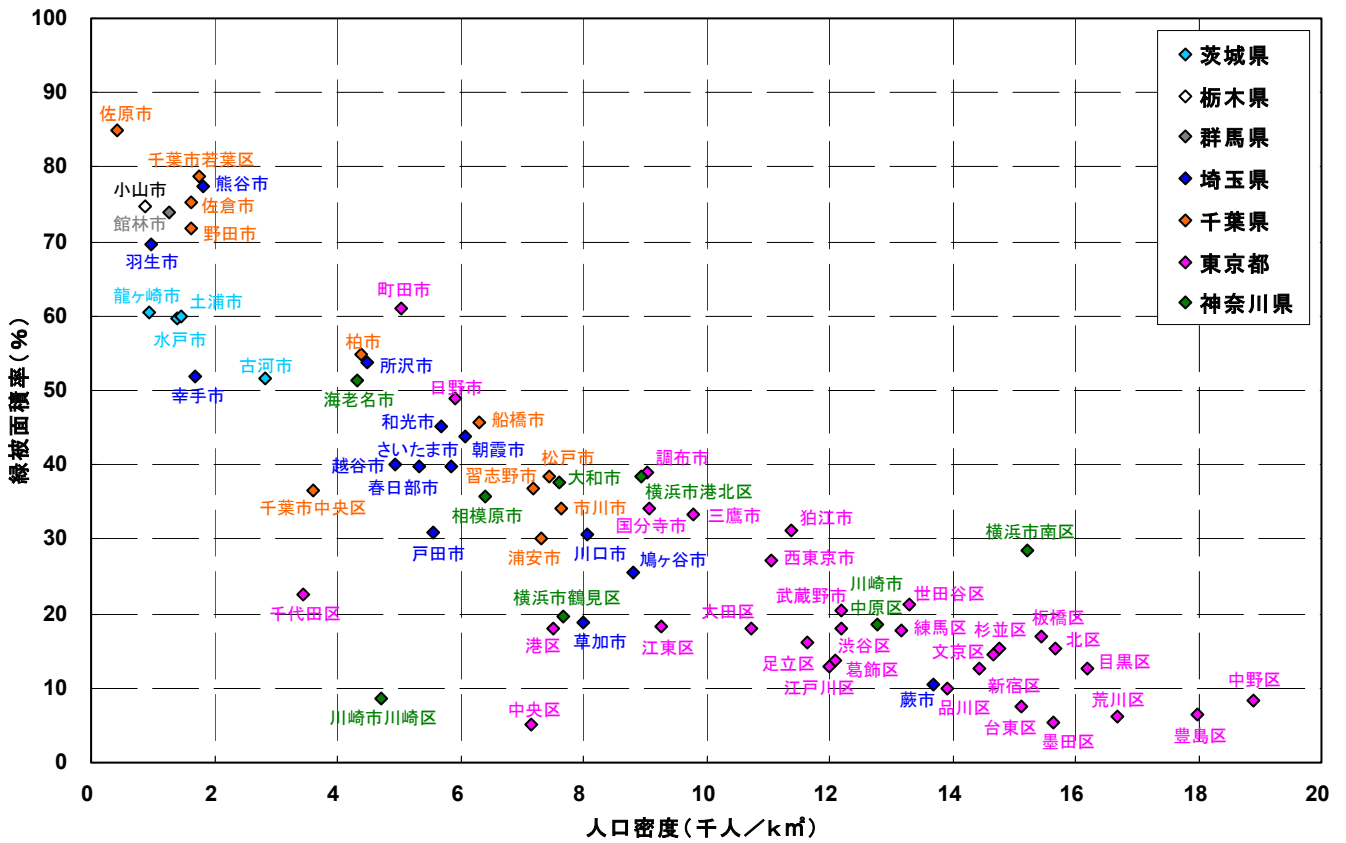


図 9.行政区画別の人口密度と緑被面積率の関係

3. 緑被面積率を用いた環境評価

(1) 人口密度との関係

図9に、行政区画別の人口密度と緑被面積率の関係を示す。人口密度がほぼ同程度の自治体に着目し比較した場合、千葉市若葉区と幸手市(人口密度2千人/km²規模)で緑被面積率に30%近い差異がみられた。その他に、町田市と川崎市川崎区(人口密度5千人/km²規模)で緑被面積率に約50%、町田市と越谷市(人口密度5千人/km²規模)で20%、調布市と鳩ヶ谷市(人口密度9千人/km²規模)で約15%、横浜市南区と台東区(人口密度15千人/km²規模)で20%以上の差異がみられた。町田市、日野市、船橋市、調布市、狛江市、横浜市南区などは緑を残した開発が行われた自治体と言える。一方、幸手市、越谷市、戸田市、草加市、などは開発で多くの緑を失った自治体と言える。東京23区に着目すると、他県の各都市に比べ、都市化が非常に進行しているため、それに伴って緑被面積率も低い。しかし、板橋区と台東区(人口密度15千人/km²規模)や北区と墨田区(人口密度16千人/km²規模)をそれぞれ比較すると、人口密度が同程度であるにもかかわらず緑被面積率に2倍以上の差異がみられる。このように他県に比べ緑被面積率が低い東京都の各都市間でも緑被面積率に比較的大きな差異がみられた。また、東京都中央区、千代田区、港区などは、昼間人口と夜間人口の差が大きいため、川崎市川崎区、横浜市鶴見区、大田区、江東区は工業用地や倉庫用地が多いことから、いずれも人口密度に対して緑が少ないという結果になっている。

図11は図9の結果に、開発で多くの緑を失った自治体と、緑を残した開発を行った自治体について、概略の傾向線を加筆したものである。一つの目安として緑被面積率30%を考えた場合、開発で多くの緑を失った自治体では人口密度が6千人/km²程度であり、緑を残した開発を行った自治体では12千人/km²程度であった。このことから、開発の仕方により収容人口に2倍程度の差異を確認できた。また、傾向線が下に凸となることから、開発初期の段階と開発後期の段階を比較すると、同規模の人口増加に対して開発初期では緑の損失量が多く、開発後期では緑の損失量が少ないことがわかる。これは、開発初期の段階では多くの緑を損失した平面的な開発が行われ、ある一定の都市化が進行した後は、緑を残した高層化の開発にシフトしていく傾向を反映しているのではないかと考えられる。

図12に、行政区画別の人口密度と、先の最尤法4種から水田と畑地を除いた、草地と樹林の合計面積率の関係を示す。東京都の自治体の中では、町田市においてこの合計面積率が非常に高い結果となっている。これは、

緑被中の農地の割合が比較的小さく、丘陵地であることを反映し、樹林地としての緑が多く残っていることを表している。また、熊谷市、羽生市、幸手市に着目すると、TVIによる緑被面積率に比べ、草地と樹林の面積率が大幅に減少していることがわかる。すなわち、これらの自治体では緑被面積率のほとんどを水田と畑地が占めており、主に樹林地や草地が開発により失われていることがわかる。

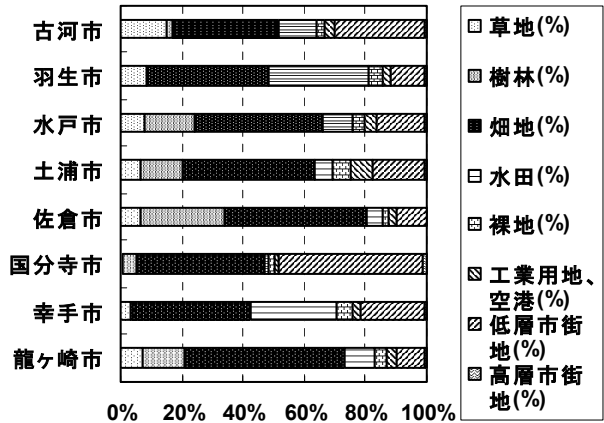


図10.最尤法による土地被覆カテゴリー別面積率

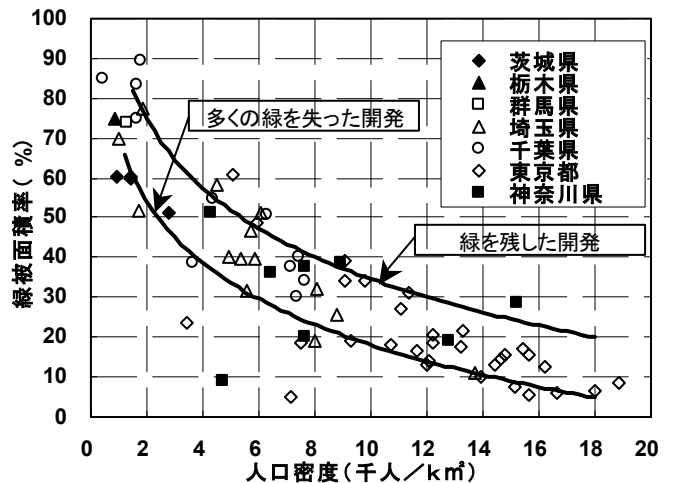


図11.開発の仕方による緑被面積率の相違

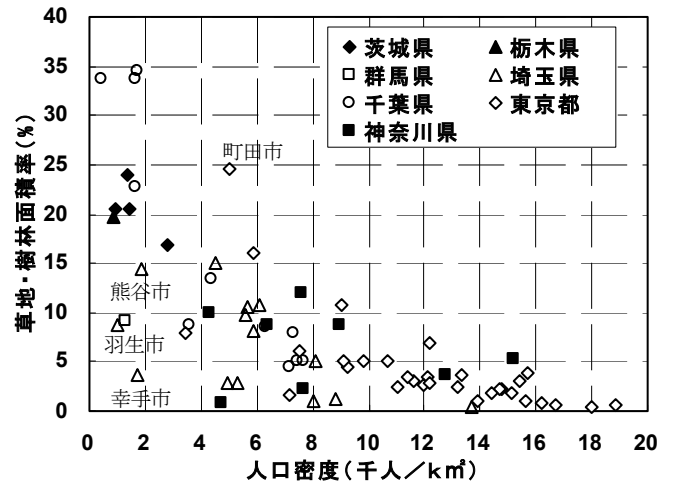


図12.人口密度と草地・樹林面積率の関係

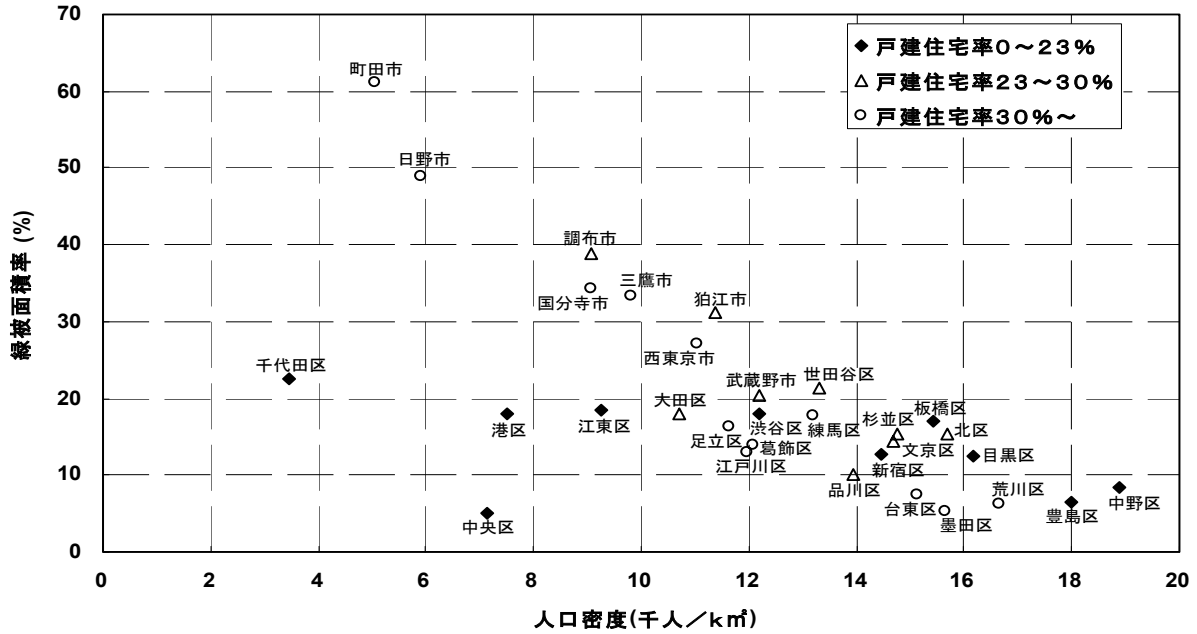


図 13.戸建住宅率による緑被面積率の相違

(2) 戸建住宅率との関係

抽出した 70 の自治体の中でも東京都の自治体に限っては、戸建住宅率と集合住宅率のデータが入手できたため、戸建住宅率と緑被面積率の関連性の考察を試みた。戸建住宅と集合住宅を比較した場合、同程度の人口増加を仮定すると、戸建住宅率が高い自治体では多くの緑を失う平面的な開発が行なわれ、緑被面積率が低くなることが予想される。一方、集合住宅率が高い場合には、高層化の開発が行なわれ、地表面がより多く開放されることが予想できる²⁾。

図 13 に、東京都における戸建住宅率と緑被面積率の関係を示す。人口密度が 12 千人/km² 以上の高人口密度の自治体に着目すると、戸建住宅率が低い武蔵野市、渋谷区、世田谷区、杉並区、文京区、板橋区、北区、目黒区などでは緑被面積率が高く、戸建住宅率が高い葛飾区、江戸川区、台東区、墨田区、荒川区などでは緑被面積率が低い傾向がみられる。このことから、高人口密度の自治体に限っては緑被面積率と戸建住宅率との間で関連性があることが示唆された。

まとめ

リモートセンシング手法を用いて行政区画別の緑被面積率を算定し、緑の残存量と人口密度を環境評価指標に環境評価を試みた。その結果、人口密度が同程度の自治体間で緑被面積率に顕著な差異が確認された。他県の各都市に比べ、都市化が進行し緑被面積率が低い東京都の自治体間でも緑被面積率に比較的大きな差異がみられた。同じ緑被面積率で比べた場合、緑を残した開発では収容人口が多くなり、多くの緑を失った開発では収容人口が

少ないという結果から、各自治体が行なった開発の効率性についておおむね把握することができた。なお、今回の解析では空間分解能が約 30m の衛星データを用いているため、街路樹や戸建住宅の庭園をはじめとした小面積緑地は結果として評価されていない。このような事実を踏まえると、都市化が非常に進行して、建て詰まり状態にある自治体が僅かなスペースを利用して行なった緑化などが、結果として反映されていないという指摘は覚悟しなければならない。また、このような緑被面積率の評価において、ゴルフ場を緑と認めるか否かという議論もあると思われるが、今回は植生指標の一つである TVI によりクロロフィルの反応がある一切の場所を緑として位置付けたことから緑としてカウントした。今後の展望としては、ひとまとまりの緑の規模や線的、点的な緑に関すること、連続した緑のネットワークなどについて更なる追求を考えている。

補注

- 1) なお、町田市・所沢市など丘陵地を含む自治体も一部対象としたが、緑地/非緑地の判別には大きな問題は無いと判断し選定した。
- 2) ただし、今回の解析の空間解像度では、戸建住宅の庭園の緑は把握されないことは、結果の解釈において注意しなければならない。
- 3) 図 1 に示す関東全域の最尤法分類では、特に佐原市と熊谷市において地図との不整合が明らかであったため、別途トレーニングデータを作成し解析した。

引用・参考文献

梅干野見・水田敏也(1991) 航空機 MSS データによる都市の緑被分布の抽出, 日本リモートセンシング学会・第 11 回学術講演会論文集, pp.167~168
 市町村自治研究会(1997) 全国市町村要覧. 第一法規, 東京, pp134~193