都市内の緑被の把握手法に関する技術的問題について

春 田 章 博*
井 上 忠 佳**

A Study on the Technical Problem of How to Grasp Greenery Occupancy in an Urban Area

Akihiro HARUTA
Tadayoshi INOUE

摘要：都市内の緑被を把握する手法のうち、カラー空中写真、赤外カラー空中写真、人工衛星データを資料とした手法について、共通の調査地を設定し、その判読結果を比較検討した。カラー空中写真は判読は正確であるが、抽出・図化や集計に人為差が現われやすい傾向にあった。赤外カラー空中写真のデジタル解析処理では、部分的に不確実なところがあり、補正が必要であったが、総合的な抽出・把握結果は良好であった。人工衛星データは、他2データほど詳細でなく、むしろ緑被の概要を把握するのに適していた。

1. はじめに

都市内の緑化については、緑ゆたかなうるおいのある都市環境の形成を目的として、緑のマスタープラン、都市緑化推進計画等の諸計画が策定され、これをもとにして各種の具体的な施策が進められている。このような施策の基礎資料として、また施策推進のモニター等のため、緑被の現状や時系列的な変化（経年変化）を的確に把握することは極めて重要な問題であると考えられる。

このような都市の緑被を把握する指標¹⁾として現在、以下に示すようなものが使われている。

- (1) 緑被率：樹林、草地、農地等植物で覆われた土地（緑被地）面積の、区域（敷地）全体の面積に対する割合
- (2) 緑視率：ある地点において人間の視野内に占める緑の見かけの量の割合

(3) 緑視域：ある一定規模以上の樹木や樹林が望み得る範囲

(4) 植樹本数：樹高3m以上の樹木（高木）の本数
このうち「緑被率」は、緑の立体的な広がりや把握できないこと、緑被の質的な違いを区別しがたいこと等の問題があるが、結果がわかりやすく指標化しやすいこと等の点から最もよく用いられている。

しかしながら、実際の運用には、調査や計画の目的が多様であるから、それぞれの目的によって調査手法を使い分けることが必要であるが、現状ではそれらの関係は必ずしも明確ではなかった。そのため、代表的な調査手法と、把握できる緑被の内容との関係について整理することが必要であると考えた。

このようなことから、本研究では、緑被のうち樹木緑被（樹木で覆われた土地面積で草地、農地、水面を含ま

図-1 本研究で対象とした緑被

*：抽出の対象とならない緑被

* (株)カーター・アート環境計画

** (財)国際レジャー博覧会協会

ないもの。図－1参照)を主な対象とし、このような緑被を把握するため現在よく使われている3つの代表的な調査手法について、共通の調査地を設定し、解析した。そして、各調査の結果を比較検討することにより、それぞれの手法で把握できる緑被の状態や面積、質等に関する技術的な問題点について検討を行った。

2. 調査の方法

(1) 調査方法

(1) カラー空中写真の判読

建設省国土地理院撮影のカラー空中写真(表－1)を縮尺1:2,500に拡大し、画像のきめ、色調、パターン等に着目し目視判読することにより緑被を抽出した。図化は、この写真上に透明フィルムをのせ、抽出した領域を記入する方法とした。作業では、密着焼き空中写真を実体視し、判読の際の補助資料とした。

(2) 赤外カラー空中写真のデジタル解析処理

縮尺1:10,000程度で撮影した赤外カラー空中写真(表－2)を光学フィルターにより分解し、R、G、Bの3つの画像データとした。データ化(標本化)では、地上での大きさ1m×1mを1データ(1ピクセル)になるよう対応させてサンプリングした。

画像分類にあたっては、合成画像と先述のカラー空中

写真の判読からトレーニングフィールドを選定し、土地被覆分類用カテゴリデータを作成した。表－3に分類のカテゴリ(6区分)を示す。つぎに、これらの値をランドトゥルスデータとして与えマルチレベルスライス(多次元レベルスライス)法によって土地被覆分類を行った。

分類された画像からさらに「樹木」のみを抽出し、緑被抽出画像を作成した。

(3) 人工衛星データのデジタル解析処理

解析処理で使用したデータは、1984年7月31日に観測されたランドサット5号TMデータで、Path-Low:107-35(バルク補正済み)である。データから当該調査地を含む512ピクセル×512ラインを切り出した。これは、地上範囲約15km×15kmの地域である。また、7チャンネルのデータから表－4に示すチャンネル²⁾を選択しカラー合成画像を作成した。

画像分類にあたっては、合成画像と地形図(国土地理院:縮尺1/25,000や1/50,000)や先述の解析で用いたカラー空中写真、赤外カラー空中写真を参考にしながらトレーニングフィールドを選定し、土地被覆分類用カテゴリデータを作成した。表－5に分類のカテゴリ(8区分)を示す。この分類では、緑被の抽出を主目的としたため「緑の多い住宅地」のような中間カテゴリを定義していない。したがって、このような内容の数値

表－1 撮影諸元(カラー空中写真)

撮 影 年 月 日	1984年10月26日
撮 影 時 刻	10時52分頃
使 用 カ メ ラ	RC-10 N3565
画 面 距 離	15/4 UAG Nr 13057 f = 153.12 mm
撮 影 高 度	1,630 mm
番 号	CKT-84-1 C-21-25(学園東地区) CKT-84-1 C-21-26(学園西地区)

表－2 撮影諸元(赤外カラー空中写真)

撮 影 年 月 日	1986年8月25日
撮 影 時 刻	13時40分頃
使 用 カ メ ラ	RC-10
画 面 距 離	NAG II 7148 f = 213.67 mm
撮 影 高 度	2,186 mm
使 用 フ イ ル ム	空中写真用赤外カラーフィルム
撮 影 コ ー ス	オーバーラップ 60% サイドラップ 30%
縮 尺	1:10,000

表－3 赤外カラー空中写真における土地被覆分類のカテゴリ区分

1. 樹 木
2. 畑 地
3. 建 築 物
4. 裸地・道路等
5. 影
6. (未分類)

表－5 ランドサットデータにおける土地被覆分類のカテゴリ区分

1. 樹 林
2. 市 街 地
3. 水 域
4. 畑 地
5. 草 地
6. 大規模施設
7. 道 路 等
8. (未分類)

表－4 ランドサットデータのチャンネル選択

配 色	青	緑	赤
トゥルーカラー合成画像	TM1 ch	TM2 ch	TM3 ch
フォールスカラー合成画像	TM2 ch	TM3 ch	TM4 ch
ナチュラルカラー合成画像	TM3 ch	TM5 ch	TM7 ch

図-2 研究対象地区（東京都小平市）

をもつピクセルではその面積割合によって「樹林」か「市街地」のどちらかに区分されることとなる。

土地被覆分類は、これらのデータを用いて最尤法によって行った。

分類された画像からは、さらに「樹林」のみを抽出し、緑被抽出画像を作成した。

（２）調査対象地

調査対象地は、東京都小平市学園西町と学園東町の２地区である（図-２）。両地区とも大正末期に開発され、いまだ低層住宅が主体の住宅地³⁾であり、地区内には、畑地や大木を有する社寺林、屋敷林がみられる。面積は、各々約40 ha（合計約80ha）である。

３．結果と考察

（１）カラー空中写真の判読

空中写真の判読については現在まで多くの知見が集積されており、これらを適用することにより、都市内の緑被はかなりよく抽出された。

緑被の判読・図化の結果を図-３（学園東町）に示した。拡大された空中写真を用いたため判読・図化は容易であった。しかし、一枚の写真だけでは高さの情報が不足し、高木と低木（もしくは地被）の区別がつかないこともあり実体視が不可欠であった。

判読結果を現地で確認したところ、大規模な緑被地から民有地の庭の樹木、低木の緑被地（写真-１）までよく読めていた。

図-3 緑被抽出図（小平市学園東町）

写真-1 カラー空中写真で判読で抽出することのできた緑被

写真-2 撮影時期により抽出できない落葉樹の樹冠
左: 1984年10月26日撮影 (カラー空中写真)
右: 1986年8月25日撮影 (赤外カラー空中写真)

国土地理院の空中写真は、普通秋～冬期に撮影されるため、落葉樹木は葉をほとんどつけていない。このような写真では緑被を抽出・図化することは事実上困難である (写真-2)。また、この時期は太陽高度が低いため、建物等による日陰部分が大きくなりやすく、小面積の緑被ではそのような陰に入り込み判読できない傾向もみられた。これらのことから、国土地理院の撮影した空中写真は、緑被抽出の資料としては必ずしも適切なものではないことが示唆された。

一方、空中写真を用いて行う方法では、判読・図化に

写真-3 緑被抽出画像 (学園東町、部分)

図-4 異なる調査者による緑被抽出図³⁾

表-6 調査者の違いによる判読結果の比較

場 所	街区面積(A)	判読結果(B)	異なる調査者による判読結果(C)	差率 (%)
学園東町 (1)	17,933	4,485	3,904	581(3.2)
" (2)	18,160	3,565	3,107	458(2.5)
" (3)	18,387	3,665	2,797	868(4.7)
" (4)	17,820	2,546	1,588	958(5.4)
" (5)	17,820	3,910	3,033	877(4.9)

注1) 単位は注釈のあるもの以外はピクセル数

注2) 求積には赤外カラー空中写真の解析システムにより二値化して求めた。

注3) ※欄()内は(B-C)/Aの百分率(単位: %)を示す。

おける調査者の差異も認められた。図-4は異なる調査者による抽出結果³⁾である。緑被として抽出している形状はおおよそ等しいことから判読の判断が異なるのではなく、その図化に調査担当者の個人差が表れているものと考えられた。表-6は、代表的な区画について異なる調査者による抽出結果を比較したものであるが、双方には区画全面積の3～5%程度の差異が認められた。

(2) 赤外カラー空中写真のデジタル解析処理

赤外カラー空中写真による緑被抽出画像を写真-3 (学園東町) に示した。

赤外カラー空中写真の標本化に際しては、地上で1m×1mの大きさをピクセルのデータとしている。標本化では、ピクセル内の画像は平均化されるため、理論的に

写真-4 デジタル解析処理により抽出できた代表的な緑被 (民有地内の樹木)

写真-5 抽出が困難であった活力の低い樹木 (クロマツ)

はピクセルの50%以上の面積、すなわち、 0.25m^2 以上であれば緑被として検出できることになる。このようなことから、現地で小面積の緑被をさがし出し、それがどのように解析されているか比較検討を行った。

結果を現地で確認したところ、団地内にある単木の高木や街路樹から低木の緑被地、民有地の庭の低木等の小面積の緑被までよく抽出されていた(写真-4)。

しかしながら、デジタル解析処理だけでは、目視による判読より不確実な部分があり、活力の低い樹木(写真-5)、枝葉密度の極めて低い樹木や植栽密度の低い緑被地、また、反射レベルの高い物体に近接した位置関係にある緑被地では、判読が不安定になる傾向が認められた。

また、畑地はデジタル解析処理による画像分類だけでは正しく把握されない傾向があった。解析結果を現地で検討したところでは、作付状況によって分類結果が大きく異なっており、苗のようなところでは「道路・裸地」に、陸稲等のように葉や生体量の多いものでは「樹木」に誤分類される傾向が認められた。これは、畑地には作物の播種から収穫直前までの多くの生育段階があり、そのため多様な反射スペクトルを呈することに起因すると考えられた。このような部分では、あらかじめ目視等により区分するような作業をしておくことが必要であり、デジタル解析処理だけで区分することはかなりむずかしい。

い。

デジタル処理では、抽出された緑被の求積・集計については、計算機内でおこなうため、高速で効率的にでき、精度上も問題となることはなかった。また、判読(分類)が瞬時にできるため、全体を通じて作業効率は著しく向上した。

(3) 人工衛星データのデジタル解析処理

人工衛星(ランドサット)データの解析では、よく使用されている MSS(マルチ・スペクトル・スキャナー：公称解像度80m)ではなく、より精密な TM(セマティック・マップパー：公称解像度30m)を使用した。

作成されたカラー合成画像(写真-6)や分類画像(写真-7)をみると、ある程度のもともったものであれば明瞭に区分されており、市街地、湖沼及びその周辺の森林、工場、競馬場、飛行場や滑走路、ゴルフ場やその中の樹林等にいたるまでよく読めていた。解析精度は旧来に比べかなり向上している。しかしながら、その精度は MSS の縮尺 1 : 200,000 オーダーより大幅に改善されたものの、それでも縮尺 1 : 50,000 オーダーに対応するものであって、大規模な緑被地の検出や分布状態や概要の把握にはきわめて適しているが、単木の樹木がわかる先述した2つの方法の精度には及ばないと考えられた。事実、分類画像をみると小規模の緑被地はほ

写真-6 フォールスカラー合成画像

写真-7 土地被覆分類画像

図-5 検知器と緑被の関係の模式

図-6 検知されない緑被の模式図

とんど抽出されていない。調査対象地内では、学園東町一丁目に1ピクセル、同町二丁目に2地点各2ピクセルが緑被と判読されたにすぎない。前者は公園を中心とした樹林で地上では約40m×70mの大きさであり、後者は、屋敷林で地上では約80m×80mの大きさであった。一般に都市内の緑被地はTMの公称解像度である30m×30mより小さいスケールで存在することが多く、そのような緑被では抽出されないかまた抽出されても安定的ではなく抽出結果の確実性に乏しいと考えられた。

また、緑道のように連続する緑被地の分類では、分類後の画像が連続しない傾向が認められた。これは、図-5のようにランドサットの検知器が地上の樹林と角度をもって走査したとき、1つのピクセル内に占める緑被の割合は必ずしも大きくならない場合があり、このようなピクセルでは、その周辺のスペクトル値が取得されるため分類結果が安定しないと考えられた。このことは、図-6のように、解像度以上の大きさの緑被であっても、検知器との位置関係で各ピクセルの緑被の割合が50%未満となるようであれば抽出されない可能性があることを示し、理論上では、42.4m×42.4mの大きさである。このことはまた、人工衛星データでは、ひとつの画面内での判読の精度が一定しない可能性があることを示唆するものである。

4. おわりに

本研究では都市の緑の指標として緑被（樹木緑被）を選び、これを把握する代表的な3つの手法について、共通の地域を調査し、緑被の把握状態の比較検討をおこなった。

カラー空中写真を資料とする手法では、判読を人間の目で行うため精度は良好であったが、その図化や面積集計に差異があらわれやすい傾向にあること、判読や集計作業に多くの時間と人力がかかる等の問題があるとみられた。また、国土地理院撮影の空中写真を緑被抽出の資料とすることには、落葉や陰の点から望ましくないもの

と考えられた。

赤外カラー空中写真では、デジタル解析処理（マルチレベルスライス法）によって行った。結果では、分類能力で目視より劣る場合があり、部分的に判読等による補正が必要と考えられたが、通常の緑被であれば、小面積の緑被までよく検出ができていた。また、緑被の求積・集計は、高速で高精度であり、総合的な作業能率は良好であると考えられた。

人工衛星データでは、むしろ緑被の概要を把握するのに適しているといえるものであり、30m×30m以上のかかなり大面積の緑被地でなければ安定した抽出ができない。

検討した以上の3つの方法はそれぞれ特質があり、緑被抽出の目的によってはどれが優れているとは一概には言い切れない面もあった。したがって、対象とする緑被の大きさや、要求される調査精度によりこれらの方法を選択すべきものであると考えられた。

本研究の解析には建設省土木研究所道路部緑化研究室の画像解析装置（ID-301）と同研究所の大型電子計算機（HITAC M-280）を使用した。また、赤外カラー空中写真は、同緑化研究室から提供をうけた。関係の各位に対し、ここに感謝の意を表します。

引用・参考文献

- 1) ㈱日本造園コンサルタント協会・㈱都市緑化基金編（1985）：都市緑化推進計画策定の手引：東京法規出版 49-50
- 2) 建設省土木研究所・株式会社パスコ（1985）：TM画像の処理・解析手法に関する基礎的検討 53-72
- 3) 建設省土木研究所道路部緑化研究室（1986）：地域制緑地（風致地区）に関する調査 31-34、付図
- 4) 日本リモートセンシング研究会編（1981）：画像の処理と解析：共立出版 199-208
- 5) 建設省国土地理院測図部国土基本図課（1984）：画像及び地図情報による自然環境調査・把握手法の開発に関する研究 10-22

Summary : The purpose of this study is to compare three methods to grasp greenery occupancy in an urban area, that is, decipherment of color aerial-photo, image processing of color IR aerial-photo and image processing of LANDSAT data.

The following results are obtained,

- (1) Decipherment of color aerial-photo is read accurately and has a tendency to induce a difference on the stage of extraction, mapping and totalizing.
- (2) Image processing of color IR aerial-photo is able perform good extraction, mapping and totalizing in spite of the necessity of partial modifications because of its digital processing.
- (3) LANDSAT data is suitable for the global grasp of greenery occupancy.