

高分解能衛星画像及び GIS を用いた都市内緑地評価に関する研究
—低解像度衛星データを用いた緑地把握手法の問題点抽出と再検討—

A Study on evaluation for vegetation in urban area with GIS and high-resolution satellite data
- Reexamination of method to extract vegetation zones with the precedent satellite data -

廣田福太郎¹
Fukutaro Hirota

森杉雅史²
Masafumi Morisugi

方偉華²
Fang Weihua

井村秀文²
Hidefumi Imura

ABSTRACT: In a process of building an urban greening planning, it is critical point how to grasp the distribution and extent of small-scale vegetation dispersed in urban area. However, the precedent satellite image data has contained less quality in resolution, so most of precedent researches depend heavily on some statistical vegetation indexes alternatively, as NDVI. In this study, we extract small-scale vegetation with NDVI from IKONOS, high-resolution satellite data that is available recent years. These extracted materials are assumed to be more accurate than any others. Then we reexamine several problems in calculating vegetation from low-resolution satellite image data and prove priority of IKONOS data.

KEYWORD ; NDVI, IKONOS, precedent satellite, high-resolution satellite

1 はじめに

都市部の緑には、気温調節機能や、大気浄化機能などの都市環境の基盤を支える役割がある。また、人工的な都市景観に潤いと美しさをもたらし、市民に休息やレジャーの場を提供するなど、市民の生活の質を向上する上で重要な意味を持つ。しかしながら、一般的に都市内緑被面積は減少傾向にあり、名古屋市を例にとると平成2年から平成7年の5年間で775ha減少している¹⁾。有限な都市空間に、住民が十分な充足感を得るように緑地を配置するためには、都市内に分布している公園等の比較的大きなスケールの緑地とともに、街路樹や庭園等、小規模の緑の分布状況を正確に把握する必要がある。これまでは緑地の現状を把握する手段として、衛星データ、行政情報等が用いられてきた。しかし、従来のLANDSAT、SPOT等の衛星（以下低分解能衛星）画像データは十分な分解能を持たなかったため、衛星データから得た植生指標と航空写真の画像判読結果からの回帰的な緑地面積推計が一般的であり、都市内の微小緑地を正確に抽出することは困難であった。また、行政情報は公園・緑地等について敷地面積全体を緑と捉えており、必ずしも緑の現状を反映しているものではなかった。しかし、ここにおいて、近年利用が可能となったIKONOSのデータを用いることで都市内の小規模緑地をより正確に把握する試みがなされ始めている。例えば羽柴ら(2000)は、IKONOSで撮影された4m解像度のMulti spectral画像に拡張処理を施して、鉢植え、花壇等の極めて微少な植生の抽出を試みており、一定の成果をあげている²⁾。

高分解能かつ継続的な観測が可能なプラットフォームから得られる情報は、刻々と変化する都市部の緑地を把握する上で極めて有効である。都市部における微小緑地の面積及び配置が、正確かつ周期的に把握可能となれば、空間的な制約の多い都市部の緑地計画を効率的に進めることが可能となる。そこで本研究では航空写真に近い分解能と周期的観測が可能なIKONOSデータを利用して、都市部に分散した緑地を高精度で抽出する手法の検討を行う。また、従来の低分解能衛星データから都市部の緑被面積を算出する場合の問題点を再検討し、IKONOSから得られる画像を用いて算出した緑被面積との比較、分析を行う。

¹ 名古屋大学工学研究科 Graduate School of Engineering, Nagoya University

² 名古屋大学環境学研究科 Graduate School of Environment, Nagoya University

2 緑被面積の算出

今回の解析のフローを図-1 に示す。

まず、True color 表示の IKONOS 画像から画像判読により緑被面積を求めた (図-1①)。次に可視バンドと近赤外バンドを用いて 1m 解像度の植生指標を算出した。(図-1②)。本来ならば LANDSAT, SPOT 等の従来の衛星画像データを用いて、IKONOS データから算出した緑被面積と比較すべきであるが、今回はエリア、撮影時期等の制約上適当なデータが手に入らなかったため、1m 解像度植生指標の 30m×30m グリッド内における平均値を、低解像衛星データから算出する植生指標の代替として作成した (図-1③)。また、1m 解像度の植生指標を用いて教師付き分類を行い、緑地、非緑地に分類後、画素数をカウントすることで緑被面積を算出した (図-1④)。

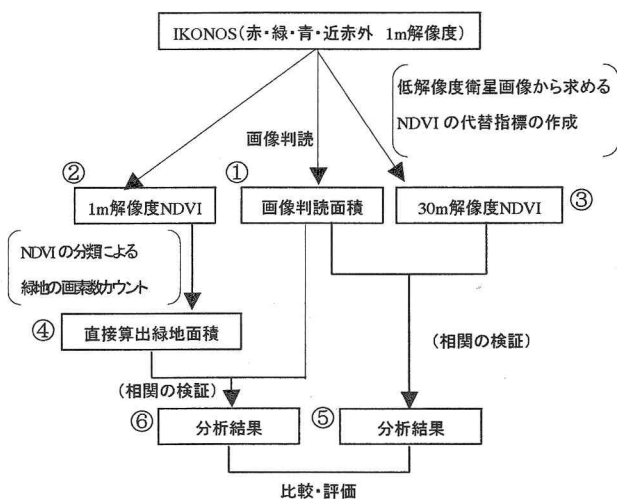


図-1 解析のフロー

2.1 テストエリア

今回の解析ではテストエリアとして、愛知県名古屋市千種区四谷通り周辺 1200m×1200mの範囲を選定した (図-2)。この地域には、都市部としては比較的大きな緑被面積をもつ寺院及び小学校、水辺周辺に緑が広がる名古屋大学キャンパス内の鏡ヶ池、商業施設が集積した地下鉄本山駅周辺、それらの東西に広がる住宅地が含まれている。



図-2 テストエリア (四谷通り周辺)

2.2 IKONOS データの概要

撮影日：2001 年 4 月 7 日 13 時 39 分
 撮影エリア：名古屋市千種郵便局周辺
 解像度：1m
 バンド：可視光 (赤・緑・青) 近赤外
 データビット数：8bit

2.3 画像判読

テストエリアを 30m×30m のグリッドに分割し、得られる総数 1600 グリッドのうち 60 グリッドをサンプルエリアとした。サンプルエリア内の緑被部分を画像判読により抽出し、緑被面積を算出した。抽出した一例を図-3 に示す。また、本研究で算出したサンプルエリアの全てのパラメータは表-1 に示す。

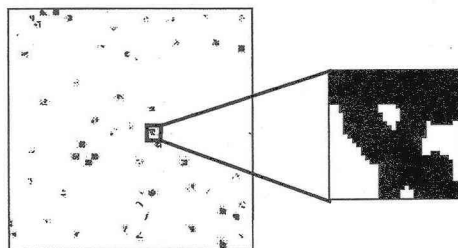


図-3 画像判読

2.4 1m 解像度 NDVI 及び 30m 解像度 NDVI の算出

植物の活性度を推定する指標は、可視光赤の波長帯において吸収率が高く、近赤外の波長帯で高い反射率を示すという植物の分光特性を利用して数多く提案されている。本研究では最も一般的な指標として利用頻度の高い NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) を採用した。NDVI は画素に対応する緑被率が高いほど値は大きくなる。また葉の重なりが増すことによっても値は増加し、とりうる値の範囲は-1~1の範囲に正規化される³⁾、⁴⁾、⁵⁾。欠点として画素内に含まれる土壌の影響を受けやすいことが指摘されており、土壌の影響を考慮した SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) 等の指標も考案されているが、今回対象としたエリアは都市部であり、比較的土壌の影響は小さいと見なす。NDVI の計算式を式(1)に示す。

$$NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red} \quad (1) \quad \begin{array}{l} NIR : \text{近赤外バンド} \\ red : \text{可視光赤バンド} \end{array}$$

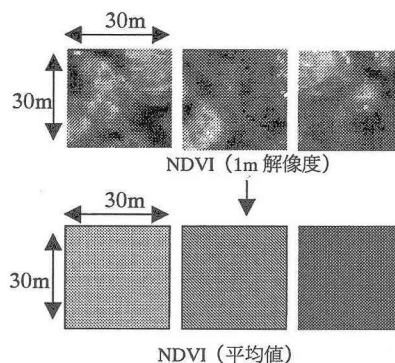


図-4 30m解像度 NDVI の算出

式(1)を用いて、IKONOS で取得されたデータから 1m 解像度 NDVI を算出した。また、1m 解像度 NDVI の 30m グリッド内における平均値を算出し、低分解能衛星データから算出するべき NDVI の近似指標とした。その概念図を図-4 に示す。

2.5 NDVI_k の分類による緑被面積の直接算出

1m 解像度 NDVI の値を画像判読結果と比較することで、緑地・非緑地の境界値を推定した。境界値を NDVI_k とすると、今回入手したデータでは NDVI_k = 0.224~0.265 の範囲にあると判断された。この境界値を用い、NDVI_k = 0.224, NDVI_k = 0.242, NDVI_k = 0.265, について非緑地 < NDVI_k < 緑地と仮定して教師付き分類を行った (図-5)。次に緑地に分類された画素数をカウントすることで各グリッドの緑被面積を算出した。

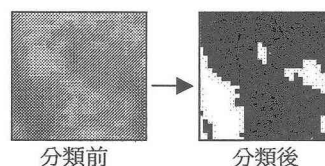


図-5 NDVI_k による緑地の抽出

3 分析

画像判読結果と 30m 解像度 NDVI の関係を分析することで、低分解能衛星データを用いて緑被面積を推計する際の問題点を検討した (図-1⑤)。次に 1m 解像度 NDVI の分類による直接算出面積と、画像判読結果との回帰分析を行い、1m 解像度 NDVI を用いた緑被面積算出の有効性を検証した (図-1⑥)。

3.1 画像判読結果と 30m 解像度 NDVI の関係分析

画像判読により求めた緑被面積と 30m グリッドの NDVI 平均値の回帰分析を行った。散布図を図-6、回帰式を式(2)に示す。概ね直線的な結果が出たが、いくつかのポイントで大きな残差

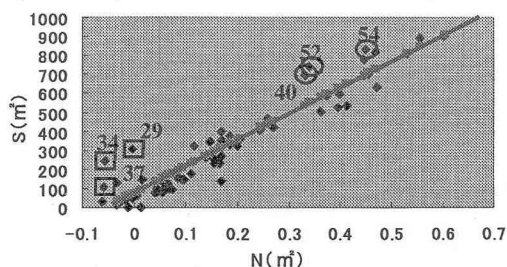


図-6 画像判読面積と NDVI 平均値の散布図

がでた。残差±150 m²以上のポイントについては以下で考察する。

$$S = 67.37 + 1408N \quad (2) \quad \begin{array}{l} S: \text{画像判読面積} \\ (4.352) \quad (23.11) \\ N: \text{NDVI} \end{array}$$

$$() \text{内は } t \text{ 値} \quad \overline{R^2} = 0.900$$

(1) ポイント 29, 34, 37

低面積域ではこの3点で大きな残差が確認された。特にポイント 29, 34 については+250 m²前後の残差があった。この3点はいずれも鏡ヶ池周辺のグリッドであり、総面積の50%以上を水面が占めていた(図-7)。これは緑被部分では非常に高い反射率を示す近赤外域の電磁波が、水面ではほとんど反射しないことにより、グリッド内のNDVIの平均値を引き下げたための誤差だと考えられる。今回用いたのは IKONOS データから算出した NDVI の90 m²あたりの平均値であるが、LANDSAT 等の数十メートル解像度のデータを用いて緑被面積を回帰的に算出する場合、上記の理由により水域周辺の緑地を過小評価する可能性がある。

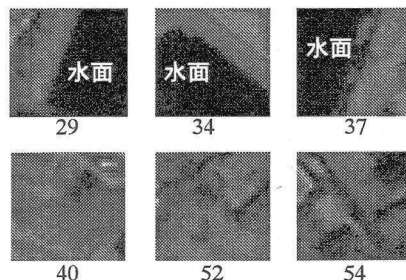


図-7 残差の大きかったグリッド

(2) ポイント 40, 52, 54

これらの残差の原因としては第一に画像判読段階での誤差が考えられる。極端に分散し、境界が不明確な緑地を拾い落とした可能性がある。第二に補正方法を適用しなかった土壌の影響が予想以上に大きかったこと、第三に他の人工的な土地被覆物でNDVI 平均値に影響を与えたものが存在した可能性が考えられる。

3.2 画像判読結果と1m 解像度 NDVI による直接算出面積の関係分析

画像判読結果と教師付き分類による直接算出面積の回帰分析を行った。散布図を図-8、回帰式を式(3)、(4)、(5)に示す。NDVI_k=0.224, 0.242, 0.265において、それぞれR²=0.951, R²=0.940, R²=0.931であり、すべての境界値において3.1の結果R²=0.900に比べ回帰直線に当てはまりの程度が高い。残差が±150 m²を超える点はNDVI_k=0.224で1点(ポイント40)、NDVI_k=0.242で2点(ポイント40, 52)、NDVI_k=0.265で3点(ポイント29, 40, 52)に限られた。何れも3.1で同様に大きな残差が確認されたグリッドである。すなわち、画像判読段階の誤差、土壌の影響、他の人工的な土地被覆物の影響等が原因と考えられる。NDVI のみによる分類で緑地と誤認される可能性のある人工的な土地被覆

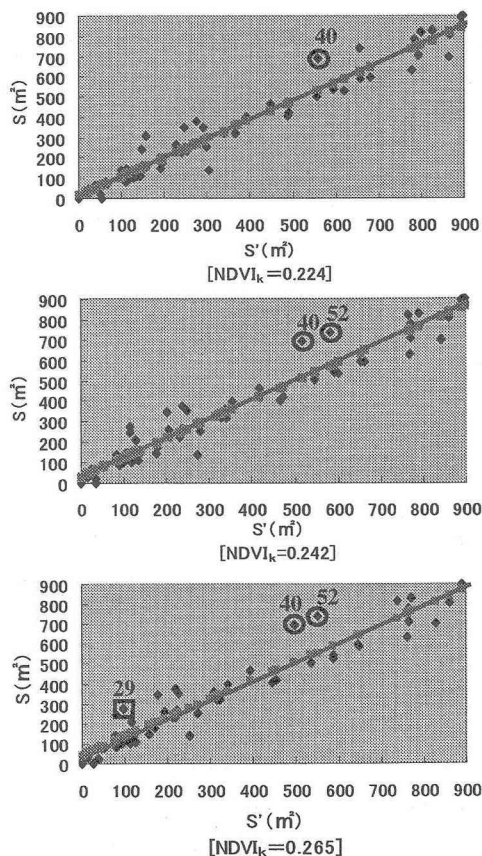


図-8 画像判読面積と直接算出面積の散布図

物については 3.3 で考察する。3.1 で特に大きな残差が確認された鏡ヶ池周辺のグリッドについては、 $NDVI_k=0.265$ 分類のポイント 29 で 150 m^2 以上の残差を示したのみであった。

この結果から、1m 解像度の植生指標を用いて教師付き分類を行い、緑地、非緑地に分類後、画素数をカウントすることで算出した緑被面積が高い精度を有することが実証された。さらに高い精度を求める場合、より慎重な境界値の設定が必要になるが、高精度の航空写真を用いての画像判読、詳細なグラントゥールスの実施により可能になると考えられる。

$$NDVI_k=0.224$$

$$S=11.97+0.929S'$$

$$(4.352) \quad (23.11)$$

(3)

$$NDVI_k=0.265$$

$$S=31.25+0.928S'$$

$$(1.012) \quad (34.11)$$

(4)

$$NDVI_k=0.265$$

$$S=40.89+0.930S'$$

$$(3.061) \quad (28.44)$$

(5)

$$\overline{R^2}=0.951$$

$$\overline{R^2}=0.940$$

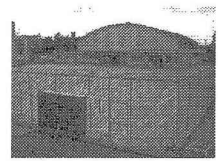
$$\overline{R^2}=0.931$$

S : 画像判読面積 S' : 直接算出面積

3.3 緑地と誤認される可能性のある人工構造物

1m 解像度 NDVI が特に高いレンジで現れる人工的な土地被覆物に関して考察する。

緑地以外で特に高い NDVI が確認されたのはテニス等に使われるハードコート (図-9) と工事現場等で頻繁に使用される青色のビニルシート (図-10) である。両者とも近赤外域で緑地以上の高い反射率を示しており、それぞれの NDVI の平均値はテニスコートで 0.257、ビニルシートで 0.301 であった。本研究においてはテニスコートが 2 つの境界値で、ビニルシートは全ての境界値で緑地に分類されたことになる。両被覆物ともに広い面積を持つことが多く、都市内における微小緑地の把握を試みる場合注意を要する。



IKONOS 画

現地撮影

図-9 テニスコート



IKONOS 画

現地撮影

図-10 ビニルシート

4 結論及び今後の課題

1m×1m 解像度の IKONOS データを用い、教師付き分類によって直接算出した緑被面積が、低分解能衛星画像データを想定した 30m 解像度の NDVI に比べ、画像判読面積とより高い相関を見せることを確認した。すなわち、従来の低分解能衛星画像データを用いて回帰的に緑被面積推計する場合、その結果は水面等のノイズに多大な影響を受けてしまうが、IKONOS の高分解能画像データを用いて直接的に緑地面積を算出することで、それらのノイズを回避できることを示した。今後の課題を以下に示す。

本来ならば LANDSAT、SPOT 等の低分解能衛星データから算出した NDVI と IKONOS データから算出した緑被面積を比較すべきであるが、今回は入手データの都合により IKONOS データから求めた NDVI の 30m グリッド内における平均値を、その代替として使用した。今後、実際の低分解能衛星データとの比較、分析を行う必要がある。また、今回は、都市内の緑地をすべて単一のものとし、樹木や草の種類の違いによる分光特性の差は考慮しなかった。今後はそれらの差を考慮し、より精密な緑被分類を行う必要がある。さらに、緑地の量的な広がりや算出するだけでなく、空間的な配置構造や緑の質的側面、及び季節の変動も考慮した分析を行い、都市部の緑地計画をより効率的に行うための支援システムの構築を検討する。

表-1 パラメータ表

id	座標X	座標Y	画像判読面積 (m ²)	NDVI 平均値	直接算出面積 (NDVIk=0.224) (m ²)	直接算出面積 (NDVIk=0.242) (m ²)	直接算出面積 (NDVIk=0.265) (m ²)
1	30	1080	270	0.1701	268	238	224
2	30	1140	320	0.2021	367	342	323
3	60	150	32	-0.0242	21	17	14
4	90	240	406	0.2469	488	466	446
5	120	60	328	0.1874	340	316	301
6	120	720	176	0.1109	197	179	172
7	120	870	144	0.0949	153	139	124
8	150	90	346	0.1474	247	203	176
9	180	30	591	0.3737	660	652	648
10	180	480	352	0.1696	291	249	225
11	180	1080	83	0.0569	114	91	81
12	240	30	831	0.4482	825	790	772
13	270	930	232	0.1551	254	231	219
14	300	60	463	0.2599	451	417	395
15	330	390	42	-0.0022	21	13	10
16	330	750	698	0.4464	864	843	829
17	330	1140	254	0.1562	300	281	270
18	360	690	807	0.5308	869	863	862
19	390	780	900	0.6013	898	896	890
20	420	570	374	0.1880	276	238	220
21	420	750	819	0.4673	800	765	739
22	450	210	145	0.0165	113	107	103
23	480	30	15	-0.0323	2	0	0
24	510	120	90	0.0746	116	90	80
25	510	240	0	0.0147	56	36	27
26	510	630	124	0.0673	141	128	117
27	540	450	421	0.2696	493	473	456
28	570	240	399	0.1696	392	354	341
29	570	1110	272	-0.0020	157	117	98
30	600	600	101	0.0462	129	118	113
31	630	270	27	-0.0604	16	11	11
32	630	780	147	0.0969	192	176	158
33	630	930	77	0.0559	65	51	46
34	630	990	243	-0.0559	147	117	80
35	630	1140	318	0.1166	341	327	317
36	660	60	76	0.0428	68	56	50
37	660	1050	208	-0.0333	143	128	117
38	690	510	360	0.2075	374	337	311
39	690	630	594	0.3994	683	661	645
40	690	930	691	0.3326	560	519	498
41	720	690	706	0.4547	793	773	763
42	780	60	107	0.0759	144	136	126
43	810	180	152	0.0878	156	131	114
44	810	330	0	-0.0101	0	0	0
45	840	780	630	0.4707	777	768	762
46	870	540	99	0.0709	104	101	95
47	870	900	258	0.1409	228	205	192
48	870	1110	538	0.4116	596	590	587
49	930	60	39	-0.0153	23	20	14
50	960	930	20	-0.0303	50	35	39
51	990	180	530	0.3966	620	602	588
52	1020	1020	738	0.3399	656	581	550
53	1020	1170	502	0.3633	555	547	536
54	1080	840	137	0.1701	304	273	253
55	1080	1050	781	0.4457	783	773	766
56	1100	60	110	0.0626	134	123	111
57	1110	210	891	0.5552	894	891	891
58	1110	990	228	0.1686	242	230	214
59	1110	1140	136	0.0550	99	82	78
60	1140	630	62	0.0056	37	23	19

5 参考文献

- 1) 名古屋市：http://www.city.nagoya.jp/
- 2) 羽柴秀樹・亀田和昭・田中総太郎・杉村敏郎：高分解能衛星画像データによる都市域の小規模植生分布の抽出，土木学会論文集，VolVII，pp27-38，2000
- 3) 長谷川均：リモートセンシングデータ解析の基礎，古今書院，1998
- 4) 大林成行：実務者のためのリモートセンシング，フジ・テクノシステム，1995
- 5) 平野勇二郎・泉岳樹・柴崎亮介・一ノ瀬俊明：都市緑化によるヒートアイランド緩和効果とその省エネルギー効果の検討，第28回環境システム研究論文発表会講演集，pp437-442，2000