(29) 高分解能衛星画像を用いた住宅地沿道部の植生環境指標の提案

平井　聡雄[1]・羽柴　秀樹[2]・園部　雅史[3]

[1]正会員　株式会社パスコ（〒153-0064 東京都目黒区下目黒 1-7-1）
E-mail: aikair8792@pasco.co.jp

[2]正会員　日本大学　教授　理工学部土木工学科（〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14）
E-mail:hashiba.hideki@nihon-u.ac.jp

[3]正会員　日本大学　助教　理工学部土木工学科（〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14）
E-mail: sonobe.masashi@nihon-u.ac.jp

住宅地の緑被環境を評価する指標として，行政では緑被率や沿道部の緑化率を使用している．しかしながら，これらは植生の有無のみを評価しており，植生分布の偏りや育成状況の多様性などは十分に反映されていない．ここでは，住宅地の道路沿道部の緑被環境の評価のため，高分解能衛星画像を使用した調査の効果が検討された．その結果，解析画像上の植生セル間を関連づけるための重力モデルと該当セル自身の植生活性度を示す NDVI 値を関連づけることにより植生状況を反映した指標値を提案し，これまでの指標値と比較してその有効性が確認された．また，提案する指標値を用いて千里ニュータウンの植生環境を地区ごとに街路樹を含む道路と含まない道路に分けて評価し，その効果が考察された．

Key Words : NDVI, gravity model, vegetation cover, residential area, WorldView-3

１．はじめに

都市部の緑はやすらぎの場の提供やヒートアイランド対策といった様々な機能を兼ね備えている．住宅地においても植生の保全や量的な確保が必要とされており，地区計画や建築協定によって緑化が推進されている．しかし，不動産売買の観点から宅地分割化が近年増えており [1]，それに伴って緑地の減少も報告されている [2]．

行政では広域な都市に対しては緑被率，住宅地に対しては沿道部の緑化率 [3]といった指標で都市部の植生環境を評価し，守ろうとしている．これまで都市内部の植生に対し，植生分布情報から得られる CON 値 [4]や重力モデル [5]などの指標値が研究されており，植生へのアクセシビリティに対する研究 [6]や土地利用との関係性について指標化を試みた研究 [7]なども多く存在している．一方，都市の植生分布に関する研究の多くは中分解能衛星データを用いた，広域な範囲での比較的大規模な緑地を対象としたものが多く，個々の道路沿道での生垣や街路樹といった小規模な植生までは検討対象に含まれていない．

植生環境調査について，衛星画像，空中写真，ドローンによる撮影，現地調査と様々な調査方法があるが，高分解能衛星画像データを用いた都市緑化への調査の適用はまだ十分には行われていない．高分解能衛星が有する経済的かつ広範囲を高詳細に解析できる点や，今後打ち上げが数多く予定されており，利用の可能性が広がっていく観点から，現在求められている詳細な都市環境評価に高分解能衛星の利用が有効になってくると考えられる．

本研究では住宅地の道路沿道部において民有地の植栽と公道上の緑地を一体として対象とし，高分解能衛星画像によって植生の分布と植生の質の両面を取り入れた新たな植生量の指標化について検討した．また，提案指標について従来の評価指標との比較検討を行い，その有効性を考察した．その結果を用いて，大阪府の千里ニュータウンの沿道植生環境の評価を試みた．

２．対象地域と使用データ

(1)　対象領域・道路

大阪府の千里ニュータウンとして開発された青山台，藤白台，古江台，津雲台，高野台，竹見台，桃山台，佐竹台，新千里東町，新千里南町，新千里北町，新千里西町の 12 地区を対象とする．（**図-1**）

本研究では住宅地を対象としており，行政が管理している公道を対象道路として研究を行った．また，道路情報は行政が公開している情報を基に GIS 上で路線図を作成した．

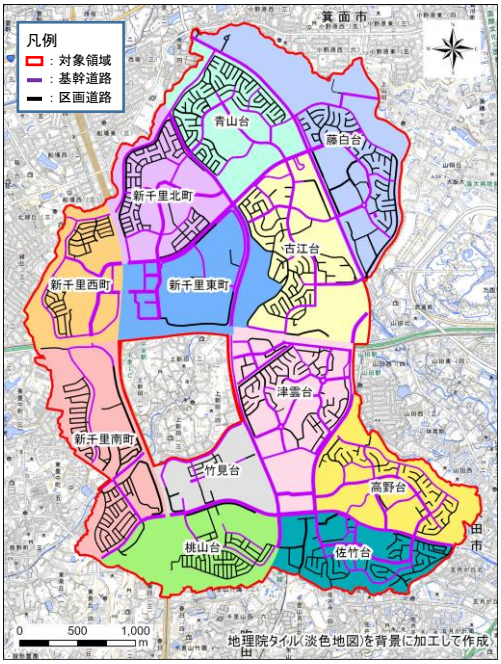


図-1　対象領域と対象道路

(2)　使用データ

本研究では WorldView-3 衛星により撮影された画像を使用した．ここでは，解析に対して都市構造物による日陰領域の影響をできるだけ低減させるため，1 年間で最も太陽高度が高い時期である春季後半の 2019 年 5 月 8 日に観測された画像データを使用した．空間分解能はマルチスペクトルで 1.4m である．取得画像は国土地理院が発行する数値標高モデル（DEM）の 10m メッシュ（標高）を用いて衛星画像データのオルソ化を行った．また，光学衛星画像データは季節差や大気による散乱・吸収の影響を除去する必要があるため，地表面反射率へ変換後に解析を行った．

(3)　植生抽出手法・精度

1～8 バンドのマルチスペクトル画像を用いて ISO クラスター法による教師なし分類を行い，得られた結果を画像判読と比較し植生域と判定できる分類項目をまとめて植生域として抽出した．

また，得られた植生域について，パンシャープン処理後の画像より植生域を目視で判読した領域と，画像分類により植生域と抽出した領域をピクセル単位で比較し，植生抽出精度を検証した．**表-1** の評価区分で抽出結果を分類し，以下の式(1),式(2)で抽出率，正答率を算出して精度検討を行った．抽出箇所は対象領域中心部の津雲台地区のうち，街路樹として植生が集積しているエリアと宅地内部にあり植生が分散しているエリアを含む範囲について計算し，抽出率が 81%，正答率が 93%であった．今回の抽出結果でおおむね植生域を把握できていると考え，これらのデータを用いて解析を行った．

$$抽出率（\%）= \{A/(A+B)\} \times 100 \qquad (1)$$

$$正答率（\%）= \{A/(A+C)\} \times 100 \qquad (2)$$

表-1　植生抽出精度の評価区分

評価区分		衛星画像からの抽出結果	
		植生(㎡)	植生以外(㎡)
目視確認結果	植生(㎡)	抽出(A)	未抽出(B)
	植生以外(㎡)	過剰抽出(C)	植生以外

(4)　重力モデルによる重み付け

植生の分布状況を考えるとき，植生域の面積の大小のみを評価するのではなく，植生分布の空間的な特性を反映させたものを検討した．本研究では道路空間の特性から半径が 5m となるよう植生セルの周囲 5×5 画素 のセルを対象として，植生セルに対し周囲の植生セル数の多さによる重み付けを行った [5]．ここでは，重力モデルを応用して距離の 2 乗に反比例するように植生セルからのセル数に応じた重みづけを行った．また，他の指標と比較できるよう重み付けを行った値を最大値が 1 となるよう係数をかけ，周囲にどの程度植生があるのかセル自身に値を持った指標値 Index(g)を算出した．

(5)　NDVI による重み付け

正規化植生指標値 （NDVI）の算出には式(3)を用いた．ρBand5 は可視光赤波長帯域，ρBand7 は近赤外波長帯域の観測バンドにおける反射率を示す．得られた正規化指標値は-1 から+1 の値となり，+1 に近づくほど植生活性度が高い傾向を示す．NDVI による重み付けを用いることで，植生の質の特性を反映させた指標となると考えられる．

$$NDVI = (\rho Band7 - \rho Band5) / (\rho Band7 + \rho Band5) \quad (3)$$

(6)　提案する指標値

本研究では，周囲に生息している植生との関係性を含む指標値である重力モデルによる重み付けの値と，植生セル自身の活性度を表した NDVI 値を掛け合わせた，正規化重力植生指標値(NGV)を提案する．

提案する指標値の算出方法を式(4)に示す．

$$NGV = Index(g) \times NDVI \qquad (4)$$

(7)　比較のための植生指標値の集計方法

NGV により算出された各植生セルでの指標値を対象領域内の対象道路に沿って合計し，道路沿道における植生分布特性を評価した．ここでは，対象道路のうち歩道や街路樹がある道路を基幹道路，歩道や街路樹がない道路を区画道路として分類して考察した．（**図-1**）

基幹道路では道路幅員の 1.5 倍，区画道路では道路幅員の 2 倍の範囲でバッファー領域を作成し，算出した指標値をその領域内で合計した．この合計した値を本研究では対象道路沿道での植生量として定義した．また比較を行うため，各地区内で合計した値を道路延長で割り，提案する植生量の 1m あたりの指標値を算出した．本研究では 1m あたりの植生量として定義し比較した．

３．提案する指標値の検証結果

(1) 提案指標の特性評価結果

最初に，植生の集魅性と NDVI の関係性を分析するため，横軸に Index(g)，縦軸に NDVI を取り，各セルの値を青の点，近似曲線をオレンジの破線で示した．ここでは代表して青山台地区を**図-2** に示す．相関係数は 0.61 と 2 つの指標値はおおむね正の相関を示しており，他の地区についても概ね同じ傾向が示された．また，指標値の特性を衛星画像および現地調査と照らし合わせて整理すると**図-3** のような特性が考察された．既往の重力モデルによる手法をそのまま高分解能衛星画像に適用した場合，街路樹や生垣といった小規模な植生では植生セルの集積度が低下し，指標値によって比較することが難しくなる．本提案手法である NDVI と掛け合わせることで，都市部の植生状況を比較する点で既往の研究で対象としていた森林や公園の樹木と同等に生垣や街路樹といった小規模な植生を含めて比較することが可能となった．また，提案する指標値では街路樹・生垣と芝生において同様の値をとる場合もある．これらは集魅度が違うため，重み付けした植生指標値の分布図を見ることによって違いを概略的に識別することが可能となる．

(2) 従来指標と提案指標との比較

既往の評価指標である緑被率，重力モデルによる重み付け値（Index(g)）[5]と本研究で提案する指標値（正規化重力植生指標値：NGV）の効果を比較検討した．緑被率，重力モデルとの比較を**図-4** に示す．緑被では植生の有無のみ判断でき，周囲の植生間の関係性はとの関係性は反映されていない．また，重力モデルでは街路樹といった植生が集積している箇所で多くの指標値が最大値を示し，そのような箇所での植生状況の違いは十分に表現されていない．今回提案する指標値では，植生の集積状況と植生の活性状況を含めて表現することが可能となり，提案指標値を道路延長で割ることによって 1m あたりの植生量として比較することが可能となった．

次に沿道の緑化率 [3]と提案する指標値（NGV）の比較を**表-2** に示す．ここでは対象領域のうち，沿道部の緑化率がほぼ等しい 2 区間（区間 a,b）を選定し，道路長さのうち植生長さをの割合を表す緑化率と提案手法を用いた 1m あたりの植生量を算出して，区間 a と区間 b について比較を行った．沿道部の緑化率では，道路延長に対して道路に面している植生の長さしか表現できていないが，提案手法を用いることで，植生の有無だけでなく周囲との関係性ならびに植生の質について反映させた指標値を提示できている．ここでは，両区間で 1m あたりの植生量が約 2 倍の差で表現できており，提案する指標値を用いることによって現地の植生環境の集魅性や活性度といった現地の状況をより効果的に評価することが可能になったと考えられる．

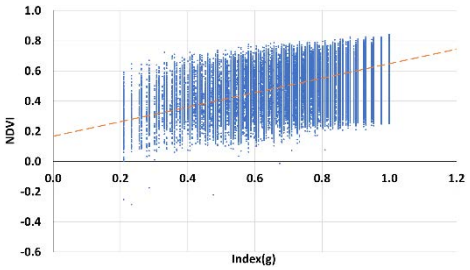


図-2 植生の集塊性と NDVI の関係性
（青山台地区での検証）

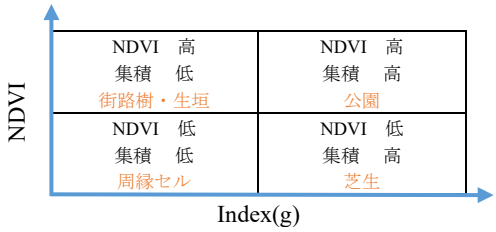


図-3 提案指標の特徴と現地の植生との対応

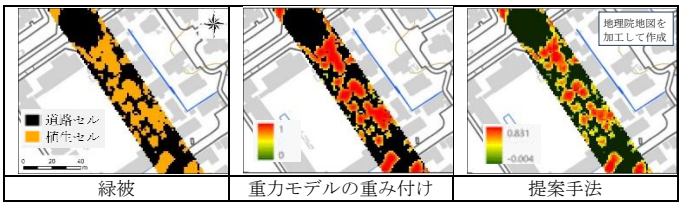


図-4 従来指標と提案手法との比較

表-2 沿道の緑化率との比較データ

	植生長さ(m)	道路長さ(m)	緑化率(%)	植生量 (1m あたり)
a	80.8	91.3	88.4	1.588
b	92.4	104.7	88.2	0.862

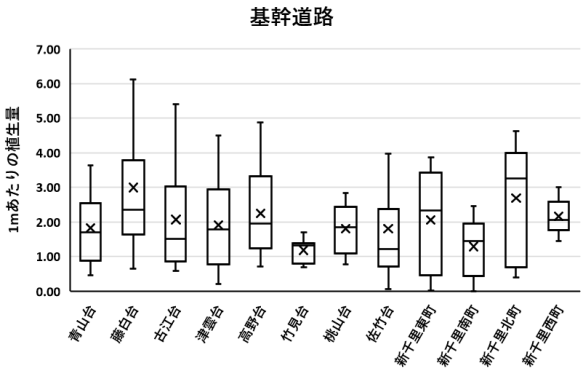


図-5 基幹道路での提案指標値の比較

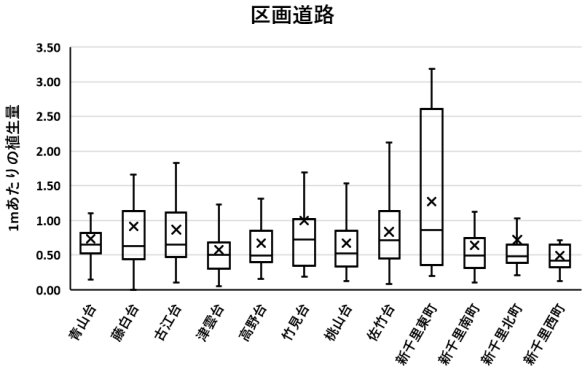


図-6 区画道路での提案指標値の比較

４．提案指標による対象住宅地の植生環境評価

(1) 1m あたりの植生量の地区ごとによる比較

対象住宅地において，今回提案した 1m あたりの植生量を地区ごとに比較したものを**図-5**, **図-6** に示す．縦軸に各道路の 1m あたりの植生量，横軸に地区名を取り，箱ひげ図を用いて比較した．

基幹道路では，地区内での差が大きい地区が多い中，竹見台や新千里西町では地区内における 1m あたりの植生量の差が小さい．また，指標値の最大値と最小値の差が大きい地区を比較しても，新千里東町や新千里北町では四分位範囲が大きく地区内での植生の濃淡差があるが，藤白台や古江台では四分位範囲が小さく，地区内において植生のばらつきが小さい．津雲台と新千里北町では最大値と最小値が似ているが，平均値ならびに中央値に差があり，新千里北町の方が提案する指標値が高い植生が多く存在していることがわかる．一方，津雲台と桃山台では平均値と中央値は近いが，地区内の指標値の最大値と最小値に差があり，植生の分布状況に違いがあることが示された．

区画道路では，新千里東町において地区内の区画道路の本数が少ないため，第三四分位数が大きくなっているが，中央値と平均値は多くの地区において大きく変わらない．青山台と新千里北町では平均値，最大値，最小値の値は近いが，新千里北町が第三四分位数は小さく，提案する指標値が少ない植生が多く分布していることがわかる．また，津雲台と新千里西町では平均値と中央値は似ているが，最大値と最小値の大きさが違うため，新千里西町の方が地区内における植生セルの 1m あたりの植生量の値のばらつきが小さいことが示された．

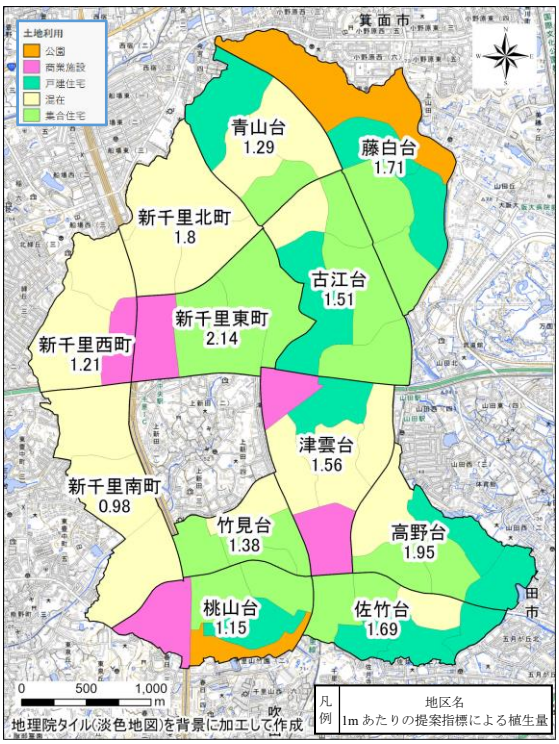


図-7　地区ごとの植生量と土地利用の関係性

(2) 土地利用と地区ごとの比較

各地区の状況について示したものを**図-7** に示す．地区ごとで算出した 1m あたりの植生量と土地利用数字は地区全体の 1m あたりの植生量を記載している．新千里東町では商業施設と集合住宅，公園しか土地利用がなく戸建住宅が配置されていないが，それ以外の地区では戸建て住宅と集合住宅が混在している．地区全体で比較すると，新千里東町が 2.14 で最も値が大きく，新千里南町が 0.98 で最も値が小さい結果になった．新千里東町では大規模な敷地が多く，沿道部に占める植生の割合が高いことから値が大きくなったと考えられ，新千里南町では府道 2 号線沿いの植生が小さく抽出できていなかったことから値が小さくなったと考えられる．

５．おわりに

本研究は住宅地沿道域の小規模な植生に対し，高分解能衛星画像を使用して従来の重力モデルと NDVI による各指標値を融合した新たな正規化重力植生指標値（NGV）を検討し，その効果を検証するとともに，大阪府・千里ニュータウンの沿道植生環境の評価を試みた．その結果，新たな指標値の提案と有効性を確認し考察することができた．また提案指標を用いることで，住宅地内の各沿道の植生環境を住宅地の土地利用状況との関係も踏まえながらより効果的にかつ詳細に評価できた．

今後は本研究で得られた知見を基に，他の住宅地でも検証を行い成果の比較を行うことで，住宅地での道路沿道空間の緑化整備への効果的な方針や考察が行えると考えられる．

ACKNOWLEDGEMENTS : Worldview-3 image used in this study include copyrighted material of Maxar, Inc. All Rights Reserved.

謝辞：本研究は日本大学大学院在学時に行った研究を基にまとめた論文となります．論文投稿に際し，ご協力いただいた皆様へ感謝申し上げます．

参考文献

1)東京都：東京の土地 2019 (土地関係資料集) <https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp/seisaku/tochi/2019/tochisiryou-02.pdf >(入手 2021.4.25).
2)田川圭佑, 加我宏之, 下村泰彦, 増田昇:昭和初期に開発された堺市大美野住宅地における住宅更新と接道部の緑の変化実態に関する研究,都市計画学会都市計画論文集, Vol.45, No.3, pp. 775-780, 2010.
3)国土交通省:敷地細分化抑制のための評価指標マニュアル < https://www.mlit.go.jp/common/001225098.pdf > (入手 2021.4.25)
4)原科幸爾，恒川篤史，武内和彦,高槻成紀:本州における森林の連続性と陸生哺乳類の分布，ランドスケープ研究，Vol.62,No.5,pp.569-572, 1998.
5)小林優介，福井弘道，石川幹子：小流域を単位とした森林分布の評価方法とその適用, 都市計画学会都市計画論文集,Vol.36, No.3, pp.271-276, 2001.
6)吉田直樹，北詰恵一:緑地の集魁性と人のアクセシビリティによる都市緑地空間分析, 都市計画学会都市 計画論文集,Vol.40, No.3, pp.115-120, 2005.
7)宮崎隆昌，板本守正，中澤公伯:メッシュデータによる土地利用異用途間距離の算定とその性質,日本建築学会計画系論文集,No.539,pp.171-178, 2001