

# 都市緑地高精度解析プログラム High-Precision Analysis Program for Urban Vegetation

赤川 宏幸  
片岡 浩人  
井口 雄太

Hiroyuki Akagawa  
Hiroto Kataoka  
Yuta Iguchi

## 1. はじめに

都市緑地の機能は、ヒートアイランドの緩和、生き物環境の保全、CO<sub>2</sub>吸収による地球温暖化対策と、多岐にわたる。また、昨今の建設事業においては、緑量の多い、高品質な緑地を整備する環境配慮型の開発が多く進められており、緑地の機能の重要性がますます高まっている。今後は、これらの機能を計画段階から、より正確に把握し、事業後の緑地の維持管理へと活かす取り組みが必要である。本報では、都市緑地の高精細な抽出方法と、それを用いた緑地機能の評価プログラム、ならびに都市熱環境解析、パードネットワーク解析、緑地のCO<sub>2</sub>吸収量解析への適用事例について報告する。

## 2. 細密都市緑地情報の抽出

### 2.1 高解像度衛星データと航空機レーザデータによる緑地抽出

都市開発計画や建築計画の策定時において、整備される予定の緑地の迅速な評価を行うためには、解析に必要なデータの事前整備、あるいは即時入手可能であるかどうか重要である。Table 1は、本研究で使用したデータ種類の一覧である。近年、パングロ(白黒)で50cm、マルチスペクトルで2m程度の高解像度人工衛星データの入手が容易になっており、複数の衛星データから、希望の季節の画像が選択可能である。本研究では、都市域の緑地の水平位置情報をWorldView-2の衛星データから抽出することとした。データ入手にあたっては、オフナディア角(撮影角度)が大きく(天頂からの撮影により近く)、雲量が小さい画像で、さらに植物の葉を十分認識できる季節を選択した。

Fig. 1に、緑地セル抽出の手順を示す。緑地の判別にあたっては、植物の葉の活性度を判定する正規化植生指標(NDVI : Normalized Difference Vegetation Index)を用い

た。NDVIは、WorldView-2のRED(赤:624-694nm)とNIR1(近赤外:765-901nm)のバンドを用いて、 $(NIR1-Red)/(NIR1+Red)$ で表される。通常は、この値が0.2前後以上で植生と判定されるが、今回は、解像度50cmのパングロ画像と目視で比較しながら閾値を調整した。同時に、都市域特有の高層ビルの影にあり判定されなかった緑地の追加や明らかに誤判読される地物の除外を行った。こうした作業を、評価対象地の周辺について重点的に行うことで作業の効率化を図った。

都市内樹木の樹高の情報に関しては、高解像度の都市表面高さデータ(DSM: Digital Surface Model)、および地表面高さデータ(DEM: Digital Elevation Model)を用いて解析した研究例がある<sup>1)2)</sup>。近年、多種の航空機レーザデータが市販されるようになり、特に都市域においては、入手が容易となった。そこで、解像度1mのこれらのデ

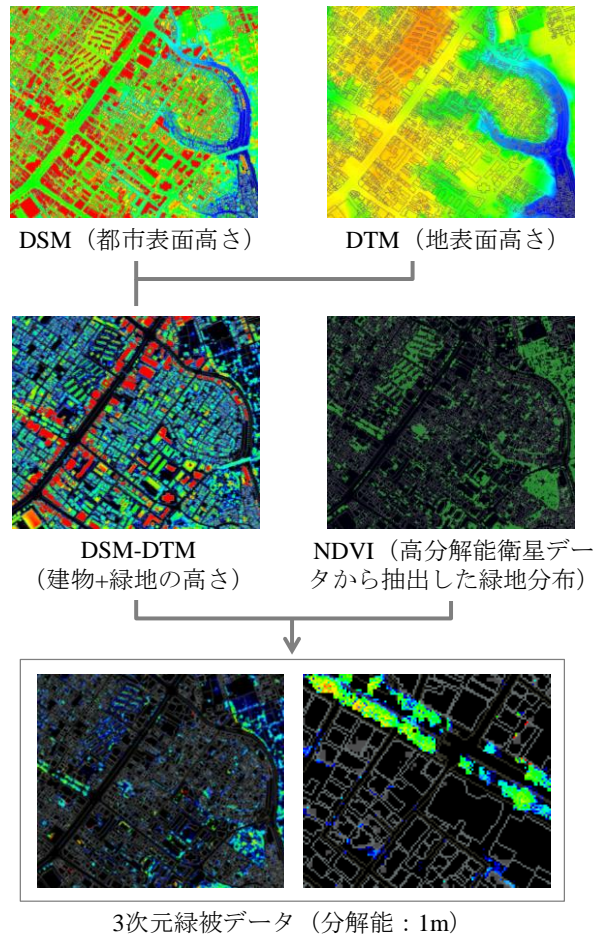


Fig. 1 緑地セル抽出の手順  
Procedures for Extraction of Vegetation Pixels

Table 1 使用したデータの種類の  
Data used in Programs

データの種類	内容
高解像度衛星データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>WorldView-2 (パングロ・4バンドマルチスペクトル)</li> <li>パングロ50cm相当, オルソ補正*</li> <li>マルチ2.0m相当, オルソ補正</li> </ul>
航空機レーザデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>1mメッシュ点群 (DSM, DEM), オルソ補正</li> <li>高さ精度±15cm, 水平精度±50cm</li> </ul>
デジタル航空写真	<ul style="list-style-type: none"> <li>25cm解像度, オルソ補正</li> </ul>

\*オルソ補正...正射投影によって歪を補正した画像

ータを入手し、差分を取ることで地物の地上高を評価した。衛星データから抽出した緑地の水平位置データと合成することで、都市内の3次元緑被データが抽出できる。なお、樹冠/樹高比率は自由に設定可能である。

Fig. 2に、抽出された緑地の3次元モデルの表示例を示す。前述の一連の緑地抽出の結果、細かい誤判読は避けられない。これらの解消のため、3次元モデルを扱うユーザーインターフェイス上で、緑被の追加、消去する機能を追加した。

### 2.2 衛星データと地上実測との比較検証

3次元緑被分布の精度を検証するため、高さ10~12mのケヤキ10本を対象として、実測に基づく樹冠体積との比較検証を実施した。プログラム内のケヤキの抽出の状況をFig. 3に示す。樹高測定の様子をPhoto 1に示す。デジタル航空写真から判読した樹冠面積と、実測による樹高、樹冠高/樹高比率から推定されたケヤキ10本の総樹冠体積が約7,000m<sup>3</sup>に対し、プログラムによる樹冠体積は約4,700m<sup>3</sup>と、約33%小さい値となった。なお、プログラムで使用する樹冠高/樹高比率は、10本の実測の平均値0.58を使用した。過小評価となった原因として、衛星データとDSMデータのサンプル年が調査年とずれていた点、および樹冠のエッジが影の影響等で十分に抽出されなかった点が挙げられる。衛星データは2012年で約1年前のデータであったが、DSMデータは2006年と約7年前のデータであった。現在、市販データの整備は急速に進んでいることから、精度の向上が期待される。

## 3. 都市熱環境解析の入力データ

緑地やヒートアイランド対策技術による気温低減の効果を予測評価するために、数値シミュレーションによる都市や街区の熱環境解析がしばしば行われる。この際、樹木や緑地のデータ入力に関しては、将来的にはBIMデータ等と連携することによって自動入力することが期待されるが、現在は、現実的な手法として手入力に頼らざるを得ない。しかし、計画段階における樹木の位置や樹高を入力する場合には、現実との乖離が大きくなり、正しい計算結果が得られない。また、実際の樹冠の水平位置、高さ等を正確に入力することは困難であった。さらに、計画地以外の周辺の緑被に関しては、情報不足もあり、簡素化して入力されるケースが多い。そこで、第2章で抽出した3次元緑被データを、プリ処理の段階で自動入力、編集できるツールを開発した。使用する解析プログラムは都市気候シミュレータAppias<sup>®</sup>である<sup>3)</sup>。衛星データや航空機レーザデータは、数年ごとに更新が可能であり、常に実際に近い緑被の状態を再現することが可能となった。

Fig. 4は、従来の樹木の入力状況と、本プログラム適用後の入力状況の違いを示す。樹冠部分の自動入力によって、モデル作成時間の短縮を図れるだけでなく、よ

り正確な緑地のボリュームをモデル内に再現することができる。一方で、樹冠の放射熱環境を扱う際には、1mという細かい格子サイズが計算時間の増大につながる。

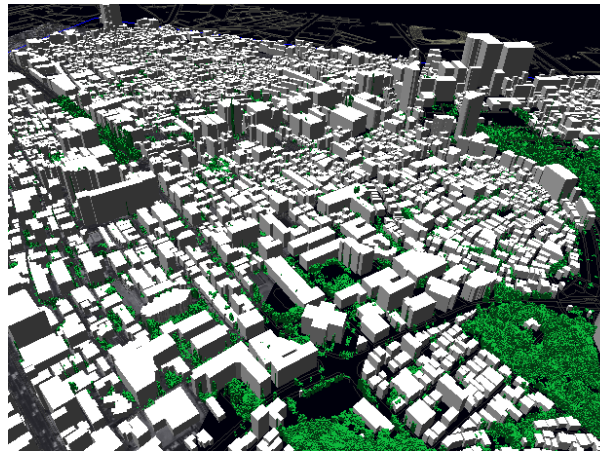


Fig. 2 抽出された緑地の3次元モデル  
3-Dimensional Model of Extracted Vegetation

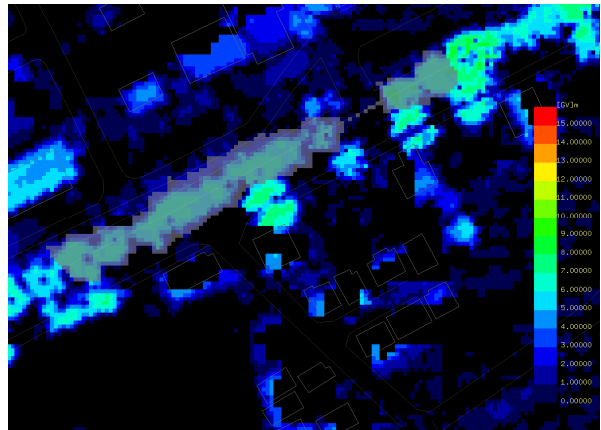
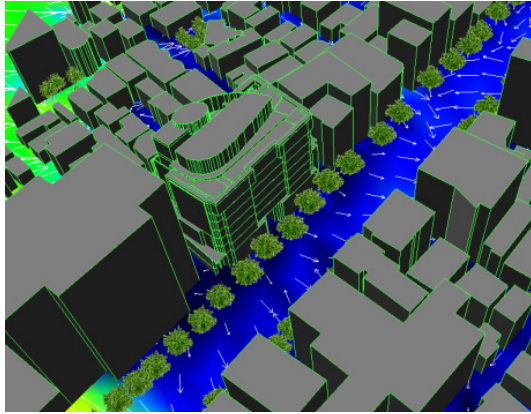


Fig. 3 ケヤキ10本の抽出(多角形で選択中)  
Extraction of 10 Japanese Zelkovas  
(Selecting by a Polygon)

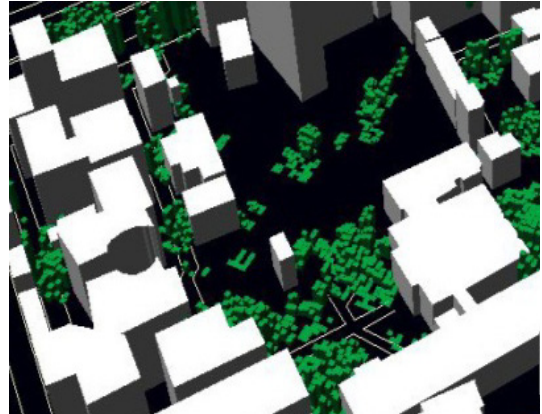


Photo 1 ケヤキの樹高測定  
Measurements of Height of Japanese Zelkova

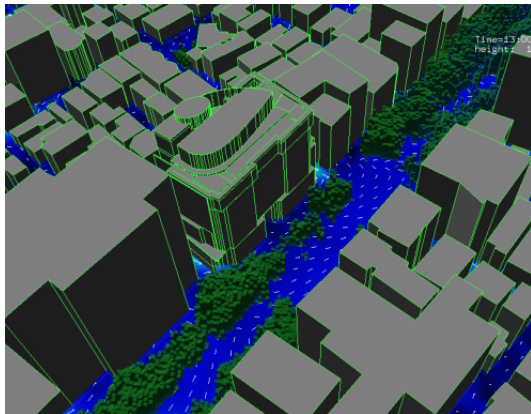




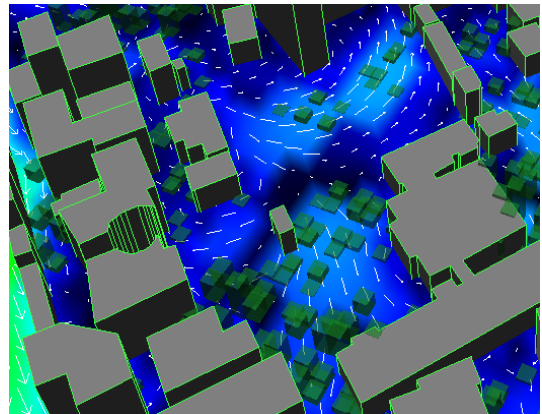
以前のプログラム



1m解像度(デフォルト)



本プログラム



計算格子と同じ解像度

Fig. 4 Appias<sup>®</sup>上での樹木の入力状況の違い  
Appearance of Trees in Previous and Present  
Computation Model for Appias<sup>®</sup>

Fig. 5 樹冠格子サイズの調整機能  
Adjustability of Vegetation Grid Size

そこで、ボリュームサイズを変えずに、樹冠解像度を解析解像度に合わせる機能を追加した。Fig. 5 に、樹冠の解像度変更の様子を示す。これにより計算時間の大幅な短縮が図ることが可能となった。

#### 4. 緑被率／緑の連続性(バードネットワーク)

潤いある緑景観を創出するためには、質、量ともに充実した緑地が必要であり、事前に計画地の周囲がどのような緑環境なのかを定量的に把握することが重要である。また、人工物に覆われた都市空間において、緑地は様々な野生生物の生息域(ハビタット)としての役割を持ち、都市の生物多様性保全の重要な拠点となっている。近年の都市開発においては、整備する緑地の生物学的位置づけを計画段階から検討、評価し、都市の生態系ネットワーク再生の手助けになることが期待されている。

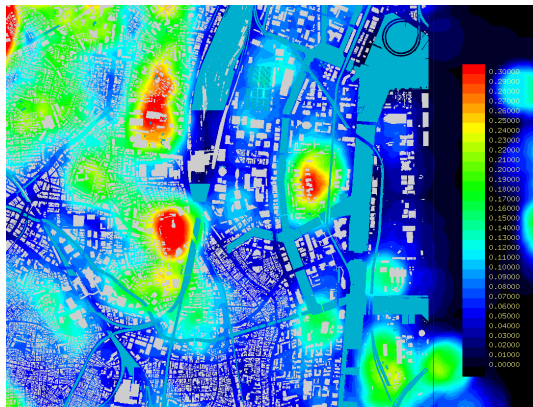
これまでも衛星データを用いて緑地を抽出し、鳥類の生息確率を評価する研究が行われている。橋本ら<sup>4)</sup>によれば、大都市である大阪市内で、安定してシジュウカラが生息するような緑地を整備するためには、半径 200m の円内に 32%の樹冠面積が必要となる。しかし、11.5%

程度の緑被率が確保されていれば、シジュウカラの個体は絶えず周辺から補充され、高い確率で生息するとも予想されている。こうした観点から、緑の少ない都市域においては、市街地に点在する緑の連続性が重要である。

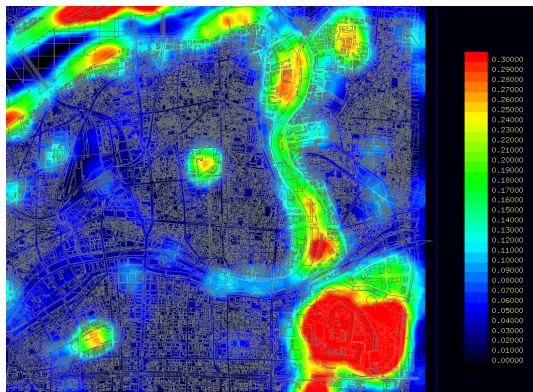
Fig. 6 は、本研究で開発した緑被率マップツールで作成した、半径 200m 内の緑被率分布の例を示す。緑被率 11.5%は水色に対応し、30%以上の赤色エリア(シジュウカラの生息確率の高いコアエリア)との連続性を判断することができる。今後、シジュウカラだけではなく、緑地を生息域とする飛翔性生物の移動経路の評価に利用が期待できる。また、バードネットワークだけではなく、緑景観の評価や、道路の緑陰分布などの街の快適性評価にも応用が可能である。こうしたマップは、緑地整備計画の従前従後の差異の評価に利用されたり、広域計画における緑地配置の比較に利用されたりする。

#### 5. 樹木の CO<sub>2</sub> 吸収量の推定

都市緑化によるCO<sub>2</sub>吸収は、重要な地球温暖化対策の一つである。今後、開発計画内の樹木が1年に吸収するCO<sub>2</sub>量を的確に把握することも、緑地評価の一側面とし



品川駅周辺



大阪市内

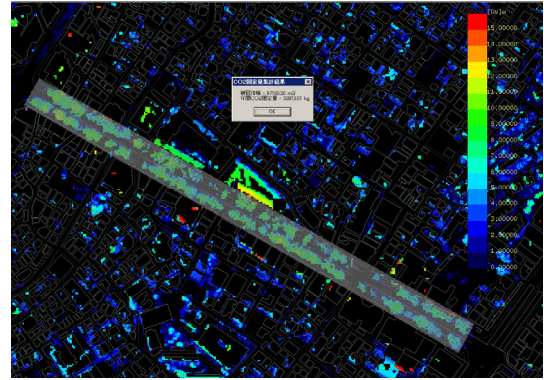
Fig. 6 半径200mの緑被率の解析例  
Example of Analysis of Green Coverage Ratio  
within 200m Radius

て、求められていくと考えられる。過去の研究例<sup>2)</sup>では、NDVI画像と航空機レーザデータを用いて樹冠のボリュームを評価し、CO<sub>2</sub>吸収量を評価している。本研究では、これらの解析作業をプログラムとしてツール化し、作業の効率化を図った。CO<sub>2</sub>吸収量の原単位には、様々な提案があるが、ここでは、筆者らが実際の都心部の人工地盤緑地において、毎木調査により算出した樹冠の単位体積当たりのCO<sub>2</sub>吸収量0.35kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>を用いた。この実測値の算出に際し、総CO<sub>2</sub>吸収量は4.0ton-CO<sub>2</sub>/年、総樹冠面積は5,300m<sup>2</sup>、平均樹高は3.75mを用いた。また、樹冠高/樹高比率は2.2節の地上データとの比較検証で使用した0.58を用いた。なお樹冠の形状は、本プログラムの想定樹冠形状と合致するように円柱を模擬している。

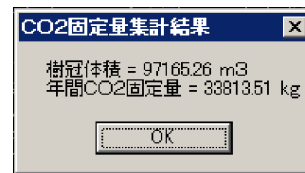
Fig. 7は、街路樹の樹冠体積とCO<sub>2</sub>吸収量を試算した例である。この例では選択範囲が矩形形状をしているが、任意の多角形状が可能である。

## 6. まとめ

都市緑地の多面的な環境効果を評価するため、高精度の緑地データを用いた解析プログラムを開発した。都市



解析図



結果ウィンドウ

Fig. 7 街路樹のCO<sub>2</sub>吸収量の解析例  
Example of Analysis of the Amount of CO<sub>2</sub> Absorption

緑地データの抽出には、高分解能衛星データ、航空機レーザデータを使用し、分解能1mの3次元緑被データを整備した。これらの緑被データは、都市熱環境解析、パードネットワーク解析、緑地のCO<sub>2</sub>吸収量解析の各プログラムの入力データとして利用され、一連のツールとして運用される。

ヒートアイランド対策、都市景観、生物多様性と、都市緑地を取り巻く環境は年々変化し、その重要性が高まっている。また、今後、都市域の再開発においても、緑地の事業性が大きく求められる機会が増えることが予想される。本プログラムにより、即時性と高精度を兼ね備えた多面的な緑地機能評価が実現可能となり、今後の事業提案等への活用が期待される。

## 参考文献

- 1) 藤原, 他: 地球環境の衛星モニタリングに関する研究, 国土技術政策総合研究所年度報告, 2004
- 2) 半田, 他: 大規模公園におけるレーザスキャナを用いた樹木計測からCO<sub>2</sub>固定量の算出に関する研究, ランドスケープ研究, Vol.68, No.5, pp.889-892, 2005.3
- 3) 片岡, 他: 数値都市気候モデル「Appias(アッピラス)®」の開発, 大林組技術研究所報, No.73, 2009
- 4) 橋本, 他: ロジスティック回帰をもちいた都市におけるシジュウカラの生息環境適合度モデル, ランドスケープ研究, Vol.65, No.5, pp.539-542, 2002.3

本論文で使用した地図データの許諾番号:  
Z09KA第039号(ゼンリン)